

日本語版 序

この度、経済協力開発機構（OECD）の「生徒の学習到達度調査」（PISA）における2003年調査の枠組み *The PISA 2003 Assessment Framework—Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills* を翻訳、出版することとなりました。

PISA 調査はすでにその2000年調査の国際結果が世界的に大きな反響を呼んでいるところですが、本書は、その第2回目として2003年に行われた調査がどのような考え方に基づいて設計され、どのような問題がどのように開発されたのかという、調査の枠組みを紹介したものです。2000年調査の結果の公表以来、PISA 調査は、これまでにない斬新な調査問題を開発・採用しているということでも各方面から注目されており、2000年調査国際結果報告に引き続き、こうした問題例をふんだんに紹介した基本的かつ重要な文献について、日本語版を刊行することができたことは、本調査に積極的に参加してまいりました私ども関係者の大きな喜びでもあります。

PISA 調査はOECDの教育インディケータ事業の一環として1997年から進められており、OECDを中心に加盟国はもとより非加盟国の参加も得て、多くの国で義務教育修了段階にあたる15歳児を対象に、これまで学校や様々な生活場面で学んできたことを社会生活で応用できる力をどれだけ習得しているかという観点から、子どもの力を測定しようとするものです。

本調査の国際的な総括責任者であるアンドレア・シュライヒャー OECD 教育局指標分析課長は、各国で行っているPISA 調査の講演や各種執筆文書等において、最近必ずといってよいほど、「実証的なデータに基づかずにものを言う人は、ただ単に個人的な意見を述べているにすぎない」(Without data, you are just another person with an opinion) というメッセージを強調しています。我が国について翻ってみると、これまで、学力をどう捉えるのかという共通の認識が必ずしも形成されてきたとは言えない中で、しかも信頼に足るデータが十分ではなかった中で、経験的、感覚的に学力を論じる傾向があったことは否めないのではないのでしょうか。それだけに、PISA 調査に取り組むことは、我が国の子どもたちの「生きるために必要な知識や技能」をどのように捉えるかという難問を考えていく上で、大きな意味があると考えております。

翻訳は、本研究所の所内プロジェクト・チームのメンバーがあたりました。

本書が、学力を巡る議論を一過性のものとせず、学力を科学的に捉えることで子どもたちの将来を真剣に考えようとしている方々の一助となることを願ってやみません。

平成16年3月

国立教育政策研究所国際研究・協力部長
OECD-PISA 運営理事会議長
OECD-PISA 調査プロジェクト・チーム総括責任者

渡 辺 良

日本語版解説

経済協力開発機構（OECD：Organisation for Economic Cooperation and Development）は教育インディケータ事業として進められている「生徒の学習到達度調査」（PISA：Programme for International Student Assessment）の成果の一つとして、昨年、*The PISA 2003 Assessment Framework——Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills* を出版した。これは2000年に引き続き、第2回目として2003年に行われた調査が、どのような考え方に基づいて設計され、どのような問題がどのように開発されたのかという、調査の枠組みを述べたもので、本書はこの基本的かつ重要な文献を全訳したものである。

PISA 調査はこれまで、第1回目の調査として2000年に、32か国（OECD加盟国28か国、非加盟国4か国）、約26万5,000人の15歳児を対象に実施された。PISA 調査は、学習内容の定着度を示す基礎学力やいわゆる応用問題を解く力といった従来の学力の捉え方を超えた、これからの社会生活をおくる上で必要な力がどの程度身に付いているのかを、データで示そうとする試みである。このため、2001年12月にその国際結果が世界的に公表されて以来、こうした「生きるために必要な知識や技能」を測定するために、斬新な調査問題を開発・採用しているということでも注目されている。

今後、2003年調査の国際結果の公表に向けてさらにPISA 調査に対する関心が高まると思われるが、今回の翻訳で、このような文献を我が国に広く紹介することの意義は大きいと考えている。そこで、日本語版の刊行にあたり、PISA 調査の概要及び本書の内容等について、以下に若干の解説を付すこととしたい。

1 PISA 調査の背景・経緯

(1) 教育インディケータ事業の一環としてのPISA 調査

先進国が加盟するOECDで教育インディケータの開発が正式事業として認められたのは1987年12月のことであり、それに先立つ11月にはアメリカにおいて「教育インディケータの開発に関する国際会議」が開催されている。そして翌1988年からはOECDに加盟するほとんどの国の参加によって教育インディケータ事業（INES：International Indicators of Education Systems）が開始された。

INES 事業が開始された1980年代後半、各国はどのような状況にあり、教育には何が求められていたのだろうか。

「グローバリゼーション」や「グローバル・ヴィレッジ」という言葉は今日でこそ我が国でも当たり前のように聞かれることとなり、実際、人や物や情報が地球規模で容易に移動したり、伝達できるために、各国で起こったことが国境を越えて瞬時に影響し合っているが、こうした状況の直接的な萌芽は1980年代後半にあったといっても過言ではない。この時期、世界市場における経済競争の中で各国が国際競争力を一層高めることが必要となり、各国でこれを支える優れた

人的資源の確保、すなわち人材養成手段としての教育の重要性が一層認識されるようになった。また同時に、財政事情の悪化とともに各国とも国の財政事情に国民の厳しい目が向けられるようになり、教育においても、自国の教育システムが、投入された資源（＝予算）に比して成果を挙げているのかいないのかが問われるようになった時期でもある。

こうした動きが顕著であったのがアメリカやイギリス、フランス、オーストラリアなどであり、特にアメリカやオーストラリアなど連邦制をとり、教育は伝統的に州が管轄する分権的な仕組みによって営まれ、国としての統一的な共通した基準がない国を中心に、国際的にみて自国の教育の現状がどのような水準にあるのか、その位置付けを示すインディケータへの要望が急速に高まったのである。

（2）PISA 調査の誕生

こうして、教育の量的発展をある程度達成した先進国が、次に質的な充実を目指して教育改革に取り組み始めたこの時期、教育の「アウトプット」（成果）を比較する視点、切り口としての「インディケータ」とそれらを数量化した統計データが求められるようになってきた。こうした中、1997年6月にフィンランドで開催された INES 総会において、今日の PISA 調査の原型ともいえる事業の提案がなされたのである。

PISA 調査は、多くの国で義務教育修了段階にある 15 歳児を対象に国際的な調査を実施し、比較可能な指標を開発することで、各国の生徒がどのくらいの水準にあるかについての情報、及び教育を改善し、その効率・効果を高めるための方向性、示唆などを提供することを目指すものとして開発されることとなった。教育システムの管理運営に携わっている学校教育関係者、生徒、保護者、さらには広く国民にとっても、子どもたちが将来生活していく上で必要とされる知識や技能などをどの程度身に付けているかを、国際的な水準に照らして知ることを目指したのである。

PISA 調査の参加国の中には、積極的に教育改革に取り組んでいる国が少なくない。これは、科学技術の進展、情報化、グローバリゼーションなど社会・経済構造の変化が急速に進む中で、経済・社会の発展に果たす教育・人材養成の役割、意義があらためて認識されているからである。

そこには、単に知識の量を増やす学力ではない、新たな学力を形成していこうとする姿勢が見られる。このため、各国はそれぞれの教育行政、政策立案及び教育水準の向上に役立てるためにそれらの実態や成果を簡潔に示す指標を必要としたのである。またそのためには、他国と比較することによって、自国の生徒の到達レベルを把握し、状況を分析、解釈するという手法が有効であると考えられたのである。特に、国として教育施策（インプット）の成果（アウトプット）をモニターする必要がある、PISA 調査はその有効な手段として期待されたのである。

2 | 2003 年 PISA 調査の概要——2000 年調査から 2003 年調査へ——

2003 年調査は基本的に 2000 年調査の枠組みに基づいて行われていると言ってよい。ただし、本書との関連で言えば以下の 2 点について異なっている。

まず、2000 年調査では読解力が主要領域だったのに対して、2003 年調査の主要領域は数学的リテラシーである点である。PISA 調査は 3 年ごとに各領域のデータを収集する継続的な調査で

ある。2000年調査でも2003年調査でも各領域は扱うが、それぞれの調査では、その中の一つが「主要」領域として詳細に調査されることになる。具体的には調査時間の3分の2がその領域に当てられ、より多くのデータ・情報が収集される。これにより、2003年調査では数学的リテラシーについて、結果報告の尺度の一つである5段階の習熟度レベルが採用され、これにより分析がなされる予定である（本書第1章参照）。ちなみに、2000年調査でこの方法が取られたのは読解力のみであった。また、科学的リテラシーは2006年調査の主要領域であり、現在、調査問題等の開発が進められている。

次に、2000年調査との大きな違いとして、2003年調査で新たに教科横断的能力をみようとする問題解決能力が領域の一つとして開発されたことが挙げられる。その内容は第4章に詳しい。

このほかPISA調査全体について詳細にみれば、調査参加国数、調査対象生徒数、質問紙の質問項目など違いは出てくるが、調査対象者（15歳児）、調査の目的とねらい、調査方法、出題形式、調査時間などの基本的な調査の進め方、そして読解力、数学的リテラシー、科学的リテラシーの定義内容や枠組みを構成する要素などについて大きな変更点はない。

3 『PISA 2003年調査評価の枠組み』について

（1）内容・構成

今回翻訳した『PISA 2003年調査評価の枠組み』では、まずはじめにPISA調査の特徴、2003年調査の概要について記述し、続いて第1章「数学的リテラシー」、第2章「読解力」、第3章「科学的リテラシー」、第4章「問題解決能力」と各章で、それぞれ各リテラシーの定義、各領域の枠組みを構成する要素、結果を示す尺度、問題例などについて詳述している。

各領域で紹介されている問題例は、数学的リテラシーが58例（うちユニットの形式で示されているものは13で、それぞれのユニットに含まれる小問の合計は27である）、科学的リテラシーが9例（ユニット数3）、問題解決能力が16例（ユニット数6）となっている。読解力に関する具体的問題例は、本書には掲載されていない。ここで、ユニットとは文章や図表、グラフ、写真、絵といった刺激ないしは題材、素材について、1つ以上の小問から成る大問を指している。PISA調査ではこれをUnitと表記し、それを構成するひとつひとつの小問をitemと称している。なお本書の文章中では、できるだけ日本の教育的文脈においてわかりやすくするために、これらをできるだけ問題、設問、調査問題、評価問題などと訳した。

本書の最後に、付録として分野別国際専門委員会のメンバーが掲載されている。これは調査の内容について指導・助言する組織で、読解力、数学的リテラシー、科学的リテラシー、問題解決能力及び学校質問紙・生徒質問紙について各委員会が設置されているが、本書では、質問紙以外の各領域に関連する委員会を紹介している。

（2）本書を読む際の留意点——問題例について——

上述のとおり、2003年調査は数学的リテラシーが主要領域であるため、読解力、科学的リテラシー、問題解決能力に比べて最も紙面を割いている。数学的リテラシーの概念についてもそうであるが、取り上げられた問題例もその説明の詳しさも、他の領域より充実した書きぶりとなっている。本書において取り上げられている問題例は、主に2003年予備調査（2002年に実施）で実際に使用したものである。ただしこれらは、2003年本調査では使用されなかった問題であ

る。このように、問題の公表に制約があったのは、本書英語版が2003年本調査のまさに実施中に作成、刊行されたためでもある。また、問題開発の過程で候補として取り上げられていたが、問題精選の過程で選ばれなかった問題や、IEA-TIMSS（国際教育到達度評価学会・第3回国際数学・理科教育調査）等、PISA調査以外を出典とする問題も例として含まれている。いずれにしても2003年調査の数学的リテラシーの考え方につながり、かつそれを反映したものである。また、採点基準が掲載されているものについては、実際に採点の際に使用された国際統一基準である。

さらに、2003年調査ではあらたに問題解決能力が調査領域に加わったことから、第4章で問題解決能力について詳述している。問題解決能力の概念等についてまとまった形で公表されるのは本書がはじめてである。また、問題例（ユニット）の半分は2003年予備調査で実際に使用したものの中から取り上げられている。

他方、読解力は2000年調査の主要領域であったため、2000年の調査結果の報告書等で中心的に扱われ、実際に使用した問題例も一番多く公表されている。むしろ公表できる問題はすでに様々な機会に公表しているので、本書では改めて実際の問題例を取り上げておらず、表2.8において読解力問題の難度を説明する際に、公表された問題が推測できるような形で紹介するにとどまっている。具体的問題例について知りたい向きは、本研究所編『生きるための知識と技能』を参照いただきたい。

科学的リテラシーは2006年に実施される調査において主要領域として扱われることになっており、本書で公表されている問題例は限られているものの、取り上げられている問題例には2003年予備調査で実際に使用した問題も含まれている。

なお、どの領域においても、予備調査もしくは本調査で実際に使用された問題は、概ね次のような手順で質のコントロールを受けたものになっている。すなわち、英語及び仏語による国際標準版と呼ばれる原文を、厳密な翻訳ガイドラインに基づいてそれぞれの言語ごとに日本語に訳し、両者を比較対照することによって問題の意図を十分に酌み取りながら、かつ日本の文化的、教育的文脈にあうように日本語版に整理し、国際センターの管理下で翻訳のチェックを受け、承認を受けている。したがって、本書で取り上げられている問題例のうち予備調査で実際に使用されたものについては、日本語版に翻訳された問題をそのまま紹介した。

しかしながら、予備調査・本調査で採択されなかったものについてはこうした厳密な翻訳承認手順を踏まえた日本語版は存在しないので、今回、あらたに翻訳した。原文で、例えば通貨単位を「zed」としているものは「ゼット」、「\$」と表記しているのは「ドル」としたが、外国人の名前で一般的なものはあえて日本人名に替えず、そのまま発音をカタカナ表記とした。また、問題文で図表等が使われている場合、予備調査及び本調査の際には、日本語版でも、原文に記載されているものを忠実に使用することとなっているので、本書においても、これに則って掲載している。

（3）翻訳について

- 翻訳はなるべく原文に忠実になるようにするとともに、前後の文脈からだけではわかりにくい箇所については多少言葉を補足して、できるだけわかりやすいものとなるよう心がけた。
- PISA調査で独自に用いられている用語等については、既刊の『生きるための知識と技能

——OECD 生徒の学習到達度調査（PISA）2000 年調査国際結果報告書——』（ぎょうせい）で用いた用語等と同じ表記を採用し、内容的にも連続するようにした。

- ただし本文中の明らかな誤りと思われる箇所は、できるかぎり訂正して翻訳した。
- 翻訳等は以下の者が担当した。

渡辺 良（国立教育政策研究所 国際研究・協力部長） 日本語版序・解説

長崎榮三（同 教育課程研究センター総合研究官） 第 1・4 章

三宅征夫（同 教育課程研究センター基礎研究部長） 第 3 章

鳩貝太郎（同 教育課程研究センター基礎研究部総括研究官） 第 3 章

松原静郎（同 教育課程研究センター基礎研究部総括研究官） 第 3 章

猿田祐嗣（同 教育課程研究センター基礎研究部総括研究官） 第 3 章

五島政一（同 教育課程研究センター基礎研究部総括研究官） 第 3 章

小倉 康（同 教育課程研究センター基礎研究部総括研究官） 第 3 章

篠原真子（同 国際研究・協力部主任研究官） 全体調整／はじめに・序文／第 2 章

4 PISA 調査の成果物

PISA 調査に関する日本語版の刊行物は、本書の他、2000 年調査の国際結果について我が国の結果を中心にみた『生きるための知識と技能——OECD 生徒の学習到達度調査（PISA）2000 年調査国際結果報告書——』（国立教育政策研究所編、株ぎょうせい発行、2002 年 2 月初版発行）がある。

また、本書の原文を含め、これまで PISA 調査の成果は様々な形で公表されてきたが、このうち OECD の出版物として刊行されているものは、次のとおりである（2004 年 1 月現在）。

- ・ *Measuring Student Knowledge and Skills: The PISA 2000 Assessment of Reading, Mathematical and Scientific Literacy, 2000*
- ・ *Knowledge and Skills for Life First Result from PISA 2000, 2001*
- ・ *Programme for International Student Assessment (PISA) Manual for the PISA 2000 Database, 2002*
- ・ *Programme for International Student Assessment (PISA) PISA 2000 technical Report, 2002*
- ・ *Reading for Change: Performance and Engagement across Countries results from PISA 2000, 2003*
- ・ *Literacy Skills for the World of Tomorrow Further Results from PISA 2000, 2003*
- ・ *The PISA 2003 Assessment Framework Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills, 2003*
- ・ *Learner for Life: Student Approaches to Learning: Results from PISA 2000, 2003*
- ・ *Student Engagement at School: A Sense of Belonging and Participation: Results from PISA 2000, 2003*

さらに、OECD から毎年出版されている *Education at a Glance* や *Education Policy Analysis* などにおいても PISA 調査の結果が引用されたり、新たな分析結果が掲載されているほか、インターネットでも調査についての情報が得られるようになっている（<http://www.pisa.oecd.org/>）。

日本語版 序 i

日本語版解説 ii

はじめに 002

OECD-PISA 2003 年調査の序文 003

| | |
|-------------------------------|-----|
| ・ 概要 | 003 |
| ・ PISA 2003 年調査の基本的な特徴 | 004 |
| ・ PISA 調査の独自性とは？ | 007 |
| ・ 各領域における調査内容の概要 | 008 |
| ・ 2003 年調査の実施及び結果報告の方法 | 010 |
| ・ 質問紙とその活用 | 011 |
| ・ PISA 調査における協力関係の発展とその評価の枠組み | 012 |

第 1 章 数学的リテラシー

| | |
|------------------------------|-----|
| 1. 1 領域の定義 | 016 |
| 1. 2 PISA 調査における数学的枠組みの理論的根拠 | 018 |
| 1. 3 領域の構成 | 021 |
| 1. 3. 1 状況または文脈 | 023 |
| 1. 3. 2 数学的内容——4つの「包括的アイデア」 | 025 |
| 1. 3. 3 数学的プロセス | 029 |
| 1. 4 数学的リテラシーの評価 | 040 |
| 1. 4. 1 課題の特性 | 040 |
| 1. 4. 2 評価構造 | 043 |
| 1. 4. 3 数学的習熟度の報告 | 043 |
| 1. 4. 4 支援手段及び道具 | 045 |
| 1. 5 要約 | 046 |
| 1. 6 問題例 | 047 |
| 1. 6. 1 数学ユニット 1：灯台 | 047 |

| | | |
|----------|----------------------|-----|
| 1. 6. 2 | 数学ユニット 2：郵便料金 | 051 |
| 1. 6. 3 | 数学ユニット 3：心拍 | 053 |
| 1. 6. 4 | 数学ユニット 4：居住面積に応じた支払額 | 056 |
| 1. 6. 5 | 数学ユニット 5：生徒の身長 | 058 |
| 1. 6. 6 | 数学ユニット 6：ブランコ | 060 |
| 1. 6. 7 | 数学ユニット 7：貯水タンク | 062 |
| 1. 6. 8 | 数学ユニット 8：反応時間 | 063 |
| 1. 6. 9 | 数学ユニット 9：積み木 | 065 |
| 1. 6. 10 | 数学ユニット 10：薬の濃度 | 069 |
| 1. 6. 11 | 数学ユニット 11：ねじれたビル | 072 |
| 1. 6. 12 | 数学ユニット 12：ロックコンサート | 076 |
| 1. 6. 13 | 数学ユニット 13：動く歩道 | 077 |
| 1. 7 | 包括的アイディアの詳述 | 078 |
| 1. 7. 1 | 量 | 078 |
| 1. 7. 2 | 空間と形 | 081 |
| 1. 7. 3 | 変化と関係 | 083 |
| 1. 7. 4 | 不確実性 | 087 |

第 2 章 読解力（読解リテラシー）

| | | |
|---------|---------------|-----|
| 2. 1 | 領域の定義 | 092 |
| 2. 2 | テキストの形式 | 092 |
| 2. 2. 1 | 連続型テキスト | 093 |
| 2. 2. 2 | 非連続型テキスト | 094 |
| 2. 3 | 問題の特徴 | 095 |
| 2. 3. 1 | 5つのプロセス（側面） | 096 |
| 2. 3. 2 | 問題の種類 | 100 |
| 2. 3. 3 | 採点 | 101 |
| 2. 4 | 状況 | 101 |
| 2. 5 | 結果の報告 | 102 |
| 2. 5. 1 | 読解力の尺度 | 102 |
| 2. 5. 2 | 報告の方法 | 103 |
| 2. 5. 3 | 問題の難度の構築 | 105 |
| 2. 5. 4 | 読解力における習熟度レベル | 108 |
| 2. 5. 5 | 読解力の習熟度レベルの解釈 | 109 |

第3章 科学リテラシー

| | |
|-----------------------------|-----|
| 3.1 領域の定義 | 114 |
| 3.2 領域の構成 | 117 |
| 3.2.1 科学的知識・概念 117 | |
| 3.2.2 科学的过程 118 | |
| 3.2.3 状況または文脈：適用に関する領域 120 | |
| 3.3 調査の特徴と問題例 | 121 |
| 3.3.1 科学ユニット1：あの病原菌を殺せ！ 122 | |
| 3.3.2 科学ユニット2：ピーター・ケアニー 123 | |
| 3.3.3 科学ユニット3：トウモロコシ 126 | |
| 3.4 評価の構造 | 128 |
| 3.5 報告の尺度 | 130 |
| 3.6 その他の課題 | 131 |

第4章 問題解決能力

| | |
|-----------------------------------|-----|
| 4.1 はじめに | 134 |
| 4.2 背景 | 134 |
| 4.3 領域の定義 | 136 |
| 4.4 領域の構成 | 137 |
| 4.4.1 問題の種類 139 | |
| 4.4.2 意思決定 140 | |
| 4.4.3 問題解決ユニット1：痛みを取る 141 | |
| 4.4.4 システム解析・設計 144 | |
| 4.4.5 問題解決ユニット2：CD売上の管理 145 | |
| 4.4.6 トラブル・シューティング 148 | |
| 4.4.7 問題解決ユニット3：自転車用空気入れ 149 | |
| 4.4.8 問題解決のプロセス 150 | |
| 4.4.9 問題の種類 요약 151 | |
| 4.4.10 状況 152 | |
| 4.5 2003年調査における問題解決能力の位置づけ | 152 |
| 4.5.1 主要な能力 152 | |
| 4.5.2 雇用動向及び求められる技能における問題解決能力 153 | |
| 4.6 調査の特徴 | 156 |
| 4.6.1 アクセス可能性と公正さ 156 | |

| | | |
|----------|--|-----|
| 4. 6. 2 | 計算機（電卓） | 156 |
| 4. 7 | 問題の形式等 | 156 |
| 4. 7. 1 | 多肢選択式問題 | 157 |
| 4. 7. 2 | 短い解答を記入する問題 | 157 |
| 4. 7. 3 | 自由記述式問題 | 157 |
| 4. 7. 4 | 問題のまとめり・ユニット | 158 |
| 4. 7. 5 | 採点ガイド | 158 |
| 4. 7. 6 | 2桁のコードによる採点 | 159 |
| 4. 7. 7 | 評価の一般構造 | 159 |
| 4. 8 | 分析と報告 | 160 |
| 4. 9 | 将来の PISA 調査における枠組み拡大の可能性 | 160 |
| 4. 9. 1 | 協力的問題解決（Collaborative problem solving） | 161 |
| 4. 9. 2 | コンピュータ支援伝達（Computer-based delivery） | 161 |
| 4. 10 | 問題例 | 162 |
| 4. 10. 1 | 問題解決ユニット 4：電池 | 163 |
| 4. 10. 2 | 問題解決ユニット 5：ローラー | 166 |
| 4. 10. 3 | 問題解決ユニット 6：本の販売 | 171 |
| | 参考文献 | 175 |
| | PISA 2003 年調査分野別国際専門委員会 | 180 |

PISA 2003 年調査 評価の枠組み

OECD 生徒の学習到達度調査

知識と技能

数学、読解、科学、問題解決

はじめに

1997年に着手されたOECD生徒の学習到達度調査（PISA：Programme for International Student Assessment）は、OECD加盟国政府の要請により、生徒の学習到達度という観点から、国際的に共通する枠組みで教育システムの成果をモニターするものである。OECD-PISA調査はなによりもまず、参加国から科学的、専門的な知識を有する人々が集まり、政策主導の共通利益に基づいて各国政府が共同で進めるといふ、協同の努力が形になったものであることに特徴がある。参加国は政策レベルのプロジェクトに対して責任がある。参加国からの専門家もまた作業部会で尽力しているが、その作業部会では、国際的な比較評価分野において利用可能な最も優れた実質的内容と技術的専門知識を、PISA調査の政策目標と連携させることが行われている。こうした専門家グループへの参加を通じて、参加国は、PISA調査の評価手段が国際的に妥当なこと、OECD加盟諸国の文化的な背景及びカリキュラムの内容を考慮したものであること、確固たる測定特性があること、そして、信頼性と教育的妥当性に強調点を置いたものであることを保証しているのである。

PISA 2003年調査では、OECD諸国によって1997年に採用されたデータ戦略とPISA 2000年調査で用いられた評価領域を継続した。しかしながら、2000年調査では読解力の評価を中心に行ったのに対して、2003年調査の焦点は数学的リテラシーに置かれている。この能力は、生徒が数学を特徴づけ、理解し、これに携わるとともに、生活において数学が果たす役割について、確実な根拠に基づき判断することのできる能力と定義づけられた。これに加えて、PISA調査の新しい要素として問題解決能力に関する評価も加えられ、この能力は、解決方法が明らかでない実際の教科横断的な問題を解決するために認知プロセスを用いることのできる能力、と定義づけられている。

本報告書は、生徒が習得する必要がある内容、実行する必要があるプロセス、知識・技能が応用される文脈などの点について解説しながら、2003年調査の基本的な枠組みを示している。また、一連の問題例を示しながら調査領域を解説している。これらは、オーストラリア教育研究所（ACER：Australian Council for Educational Research）のレイモンド・アダムス、バリー・マクレア、ロス・ターナー、マーガレット・ウーの指揮下にある専門委員会によって開発されたものである。数学的リテラシー専門委員会の委員長はオランダ・ユトレヒト大学のヤン・ド・ランゲ、読解力専門委員会の委員長は米国・教育評価サービスのアーウィン・キルシュ、科学的リテラシー専門委員会の委員長は英国のワイン・ハーレンが、そして、問題解決能力専門委員会の委員長は米国イリノイ州立大学のジョン・ドッセイが務めた。これら国際専門委員会のメンバーは、本報告書の付録に記載した。この枠組みはまた、各参加国の専門委員会でも検討された。

本報告書は、アンドレア・シュライヒャー及びクラウディア・タマツシアの責任の下OECD教育局が作成、OECD事務総長の責任において発行されたものである。

OECD-PISA 2003 年調査の序文



概要

OECD 生徒の学習到達度調査（PISA）は、15 歳の生徒すなわち義務教育修了段階にある生徒が、今日の社会が直面する課題に対してどの程度の準備ができているかを測定する、OECD 加盟諸国の協同作業である。PISA 調査は、カリキュラムにおける現在の変化を反映した知識・技能を評価するため、学校を基本とするアプローチの範囲を超え、日常生活で直面する課題に対する知識の活用の仕方までを対象とする、幅広いアプローチを採用している。これらの技能は、生徒が学校で学んだことを学校外の環境において適用し、また、彼らの選択や意思決定を評価することによって、生涯を通じて学習を継続することのできる能力を反映したものである。この調査は参加国政府が協同で実施するもので、これによって各国の政策上の関心と専門的な知識とを国及び国際的なレベルで結び付けている。

PISA 調査は読解力、数学的リテラシー、科学的リテラシーといった特定領域の評価を、重要かつ OECD 諸国の間でも優先順位の高い教科横断的な分野と結び付けている。2003 年調査においてこれらの領域は、問題解決能力の評価によって補足されており、さらには国際オプションとして行われた自己統制学習と情報技術の評価を通じてカバーされている。その結果はさらに、質問紙を通じて集められた生徒、家族、学校に関する背景的な情報と関連づけられている。PISA 調査では、i) 翻訳、標本抽出及びデータ収集のメカニズムにおいて品質管理を徹底し、ii) 中でも開発・修正プロセス、及び文化検討委員会への参加国の参加を通じて、調査資料における文化的、言語的な偏差をなくすようにするとともに、iii) データ分析に当たって最新の方法論を用いている。これらの方法を組み合わせることによって、質の高い手段が作り出され、教育システムと生徒の特性に関する理解を深めるために、卓越したレベルの妥当性と信頼性を持つ結果が生み出されている。

PISA 調査は、変化している世界にうまく適応するために必要な新しい知識と技能が、生涯を通じて継続的に取得されるという生涯学習のダイナミックなモデルに基づいている。PISA 調査は 15 歳の生徒が将来必要となるであろう事柄に焦点を当て、学んだことを用いて彼らができることは何かを評価しようとするものである。PISA 調査では、国のカリキュラムの共通部分をよく調べているが、それによって限定されていない。このため、PISA 調査では生徒の知識を評価する一方で、熟考する能力や知識や経験を現実世界の課題に応用する能力もみる。例えば、食品の安全性に関する科学的な助言を理解し、評価するためには、大人は栄養素の合成に関するいくつかの基本的な事実を知らなければならないだけでなく、またその情報を応用することもできなければならない。こうした知識と技能を意味する幅広い概念を表すために、「リテラシー (literacy)」という用語が用いられている。

PISA 調査は、3年サイクルで迅速かつ効率的な情報収集ができるよう設計された。生徒、学校及び国の読解力、数学的リテラシー、科学的リテラシーに関するデータを示すとともに、家庭や学校における生徒の技能の発達に影響する要因を洞察し、それらが相互にどのように作用するのか、そして、それが政策策定にとってどのような意味を持つのかを検討する。

本報告書は、PISA 2003 年調査の概念的な枠組みを提供するものである。その枠組みとは、読解力及び科学的リテラシーを評価するための2000年調査からの枠組みであり、数学的リテラシーに関しては評価を徹底的に行うための拡大された枠組みである。さらには、教科横断的な能力として問題解決能力を新たに評価するための枠組みである。この枠組みは、各領域について生徒が習得しなければならない内容、実行する必要があるプロセス、及び知識と技能が適用される文脈を定義づけている。最後に、本書では問題例を示して、領域とその側面を明らかにする。

PISA 2003 年調査の基本的な特徴

PISA 2003 年調査は、参加国が1997年に決めたデータ戦略の第2サイクルに位置づく。報告書『生徒の知識と技能の測定—評価のための新しい枠組み—』（OECD, 1999）は、PISA 2000年調査として知られる第1サイクルの基礎となった概念的な枠組みを示したものである。第1サイクルの結果は、『生きるための知識と技能—PISA 2000年調査速報』（OECD, 2001）*1として2001年12月に公表されたが、これによって国の政策決定者は自国の教育システムの成果を他の国と比較することが可能となった。2000年調査と同様、2003年調査も読解力、数学的リテラシー、及び科学的リテラシーの領域を対象としているが、主要な焦点は読解力から数学的リテラシーに移った。さらに、生徒が実際の生活環境における課題を解決する能力についても、問題解決能力の評価を通じて検討される。生徒はまた生徒の様々な背景について尋ねた質問紙にも回答するが、さらにその情報を補完するために、学校の校長先生や教頭先生にも質問紙に回答してもらった。OECD加盟30か国を含む42か国が、2003年調査に参加している。

PISA 調査の目的は、義務教育修了段階における教育システムの累積的な効果を評価することであり、15歳の生徒を調査対象とし、学校で行われる教育プログラムに在籍する場合も、職場で行われる教育プログラムに在籍する場合も含む。調査では各国最低150校、5,000～10,000人の生徒が対象となったが、これは生徒の特性の幅に基づいて結果を分類する上で、良好な標本抽出の基礎を提供するのに必要なものである。

PISA 調査の当初の目的は、読解力、数学的リテラシー、科学的リテラシーに関して、若者が成人後の生活で必要とされるであろう、より幅広い知識・技能の範囲を決定することであった。2003年調査ではさらに、新たな領域として問題解決を通じて教科横断的な能力を評価した。このように幅広い方向性をもったアプローチが採用された主な理由は、以下の通りである。

- 学校における学習ではある特定の知識の習得が重要となるが、成人後の生活ではその知識の応用は、より幅広い技能・概念の習得に決定的に依拠している。数学についてみてみると、日常生活において数学的技能を展開する際には、定量的に推論する能力や物事の関係

* 1 この出版物に関しては www.pisa.oecd.org でも情報を得ることができる。

コラム A ■ OECD-PISA とは？

主な特徴について

基本的な情報

- 参加国が共同開発し、教育プログラムに在籍する 15 歳の生徒に対して実施する国際的な標準化調査。
- 第 1 サイクルには 43 か国（2000 年調査には 32 か国、2002 年に非加盟国を中心に実施した PISA プラスには 11 か国）が、第 2 サイクルには（2003 年）42 か国が参加。
- 各国 4,500 人～10,000 人の生徒を対象に実施。

内容

- PISA 2003 年調査は読解力、数学的リテラシー及び科学的リテラシーの各領域について、ただ単に学校のカリキュラムの内容を習得したか否かというだけではなく、成人後の生活に必要とされる重要な知識・技能をどれだけ習得しているかをみるものである。また、新たに問題解決の領域について評価することによって問題解決能力もみているが、これは今後も PISA 調査の重要な領域の一つであり続ける。
- 強調点は、プロセスの習熟、概念の理解、及び各領域の様々な状況に対処する能力に置かれている。

方法

- 調査は紙と鉛筆を用いるもので、テストは各生徒に対して計 2 時間行う。
- テスト問題は多肢選択式及び自由記述式が混在する形となっている。問題は、現実の生活の流れに基づくまとまりとして構成されている。
- テスト問題は、生徒によって受けるテスト問題の組み合わせが異なるように配分され、これにより合計 7 時間分の調査を受けたのと同じように設計されている。
- 生徒は生徒の様々な背景に関して、約 30 分かかる質問紙にも取り組むが、これは自分自身及び家庭に関する情報を提供するものである。校長に対しては、約 20 分かかる学校質問紙への回答が求められる。

調査サイクル

- 評価は 2000 年、2003 年、2006 年の 3 年ごとに行われる。
- 各サイクルにおいてそれぞれ「中心となる」領域が設定され、テスト時間の 3 分の 2 に相当する問題が準備される。他の領域は技能の主な特徴を示す補完的な役割を持つ。中心領域は 2000 年においては読解力であり、2003 年には数学的リテラシー、2006 年には科学的リテラシーとなる。

結果

- 15 歳の生徒の知識・技能における基本的な特徴
- 生徒と学校の特性に関する背景指標
- 結果の経年変化をみるトレンド指標
- 政策の調査・分析のための貴重な知識データ・ベース

または依存関係を表現する能力の方が、単に見慣れた教科書の問題に答える能力よりも適している。読解力についてみてみると、書かれた資料を解釈する能力、及びテキストの内容と質について熟考する能力が中心的な技能である。科学について、大人の社会において何かを議論する際には、例えば植物や動物の名前を知っているというような特定の知識を持っていることは、エネルギー消費や生物多様性、あるいは人間の健康に関する幅広いトピックスを理解していることに比べ価値がない。問題解決については、問題を認識し、その本質を正確に系統立てて説明し、問題解決のための戦略をたてるために知識を用いたり、本来の問題により適合する解決策を調整し、解決策を他の人に伝える能力は将来の学習における基本的な技能と考えられる。

- 国際的にみれば、カリキュラムの内容に焦点を合わせることは、すべての国またはほとんどの国に共通するカリキュラムの要素に注目せざるを得ないことになる。このことは多くの国に妥協を強いることとなり、他の国の教育システムの長所と革新から学ぼうとしている政府にとっては価値のない調査になってしまう。
- 特定の幅広い一般的な技能は生徒の発達に不可欠である。これらの技能には、意思の伝達、適応力、柔軟性、問題解決能力及び情報技術の活用能力などが含まれる。これらの技能は教科横断的に発達されるもので、それらを評価するために教科横断的な能力に焦点をあてる必要がある。

生徒は、成人後の生活において知っておく必要がある事柄の全てを、学校で学ぶことができるわけではない。彼らが習得しておかなければならないのは、将来、首尾よく学習していくことができるための前提条件である。生徒は、1人であるいは集団で学ぶために、また学習プロセスにおける困難を克服するために、自分自身の学習を構成し、統制しなければならない。このためには、生徒は自分の思考プロセスと学習戦略・方法を自覚する必要がある。さらに、人々が共に活動し、お互いに依存し合う状況においては、ますます継続的な学習が必要となる。こうした側面を評価するため、自己統制学習に関する質問項目が2000年調査ではオプションとして、さらに2003年調査では主要な要素の一つとして採用された。

PISA 調査は単に、15歳の生徒の読解力、数学的リテラシー、科学的リテラシーについて、国間の比較だけを目的としているわけではない。これは継続プログラムであり、長期的には、各国の異なる下位人口集団においてだけでなく、様々な国における生徒の知識・技能の経年変化をモニターできるような一連の情報を開発しようとしている。各ケースとも、テスト時間の約3分の2を費やして1つの領域を特に綿密にテストしようとしている。「中心となる」領域は、2000年調査の場合は読解力であったが、2003年調査では数学的リテラシー、2006年調査では科学的リテラシーとなる。これによって、各領域における到達度は9年間かけて徹底的に分析されるとともに、経年変化については3年ごとに分析することができる。

2000年調査と同様、2003年調査において各生徒がテスト問題に取り組む時間の合計は2時間であったが、調査問題からは約7時間分におよぶ情報が得られる。調査問題は、いくつかの相互に関係づけられたブックレットに配分されている。各ブックレットは、各国の生徒及びある国において該当する下位集団の生徒別（男女別、あるいは生徒の家庭の社会・経済的な背景別など）に、全ての調査問題についてその到達レベルから推定値を割り出すのに必要な、十分な人数の生

徒が取り組む。生徒はまた約 30 分間、生徒質問紙に答える。

PISA 調査は 3 種類の主な成果を提供する。

- **基本指標**：生徒の知識と技能に関する基本的な特徴
- **背景指標**：こうした技能がいかに関口的、社会的、経済的、教育的な重要変数に関連しているかを示したもの。
- **経年指標**：継続的なデータ収集により示すことができるもので、学習到達度レベルと分布の変化、並びに生徒及び学校レベルでの背景的な変数と学習到達度との関係を示したもの。

指標は重要な課題に注目を集めるには適した手段ではあるが、必ずしも、政策上の疑問に対する解答を示すことができるとは限らない。このため、PISA 調査は単なる指標の報告を超える政策志向の分析計画を開発した。



PISA 調査の独自性とは？

OECD-PISA 調査は、生徒の到達度に関する最初の国際的な比較調査ではない。このほかにも過去 40 年間にわたり様々な調査が行われてきており、国際教育到達度評価学会（IEA：International Association for the Evaluation of Educational Achievement）、あるいは教育評価サービスの国際教育発達評価（IAEP：International Association of Educational Progress）によって開発されたものなどがある。これらの調査の質と範囲は長年の間にずいぶん改善されてきたが、限定された教科領域における生徒の到達度に関して、部分的で散発的な情報しか提供できていない。

より重要なことは、これらの調査はこれまで特定のカリキュラムに直接関連した学習成果のみに注目していたため、カリキュラムのうち、調査参加国に本質的に共通しているものの一部にしか焦点をあててこなかったことである。ある国独自のカリキュラムといった側面、あるいは少数の国に独特なカリキュラムといった側面については、そのカリキュラムが関係国にとっていかに重要なものであっても、必ずしも評価の対象として考慮されなかった。

PISA 調査は、いくつかの重要な点で明確なアプローチを採用している。

- **成り立ち**：各国政府のイニシアティブにより着手された事業で、その政策上の関心は結果をいかに示すかにある。
- **定期性**：複数の調査領域を 3 年ごとに更新するという方針により、各国は主要な学習目標を達成するための自国の進歩を、定期的にかつ予測可能な形でモニターすることができるようになった。
- **対象年齢**：義務教育修了段階の若者を対象に調査することは、教育システムの成果について有益な指摘を与えてくれる。OECD 諸国のほとんどの若者は 15 歳を超えても教育を継続しているが、通常、全ての若者が幅広い共通したカリキュラムによって教育を受ける基礎教育にあっては、15 歳はその初期の終わりにあたる。この段階において、今後、各個人がたどる継続的な学習の経路を含みながら、将来役に立つ知識・技能をどの程度取得したかを判定することは有益である。
- **調査対象の知識・技能**：これらは基本的に、国の学校カリキュラムに共通するものという

観点からではなく、むしろ将来の生活において重要であると考えられる技能という観点から定義づけられる。これが PISA 調査の最も基本的な特徴である。学校カリキュラムは伝統的に、習得する必要がある情報と技術の集大成という観点から概ね構築されてきた。伝統的にカリキュラムの領域においては、成人後の生活で広く活用する目的のために、各領域において発達した技能に焦点を当てるといことはあまりなされてこなかった。また、生活で実際に遭遇する状況において問題を解決したり、概念や理解を応用したりするといった、カリキュラム横断的に発達する広範な能力については、なおさら軽視する傾向があった。PISA 調査はカリキュラムに基づく知識や理解を除外するものではないが、主に、知識を応用するのに必要な幅広い概念や技能を習得しているかどうかという観点について調査する。さらに、PISA 調査は参加国の学校で特別に教えられてきたようなものの共通点によっても、特段制約されていない。

このように習得と幅広い概念について調査することを強調することは、人的資本の開発に対する国間の関心という観点からみて、極めて重要である。OECD は人的資本を次のように定義する。

「個人の中に統合されている知識、技能、能力その他の属性で、個人的、社会的及び経済的な幸福に関連するもの」

人的資本の推計は、せいぜい良くても学歴などの代用品を用いて導き出される傾向があった。人的資本に対する関心が拡大され、成人後の生活に社会的、民主的に十分参加できるような属性、及び人々が「生涯学習者」として備えることができるような属性にまで関心が及ぶようになると、従来の代用品が適切ではないことがますます明らかとなっている。

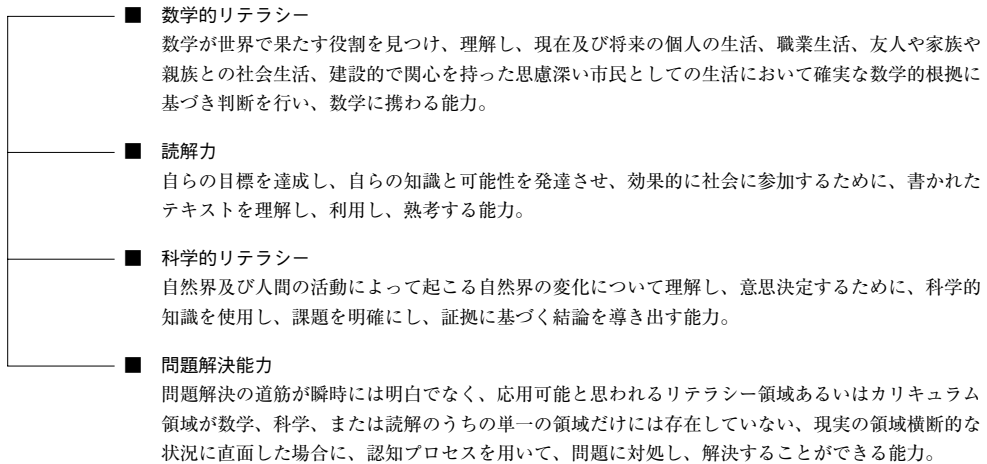
基礎的な学校教育の終了に近い段階で知識・技能に関して直接調査することによって、PISA 調査は、若者が成人後の生活に対してどの程度準備ができているのか、そして、ある程度は教育システムの有効性についても検討する。PISA 調査のねらいは、知識体系を教えたり、学習したりすることに関連するものではなく、(社会によって決定された)教育システムの基本的な目標に関連して、達成度を評価することである。学校や教育システムが今日の課題に焦点を合わせるように促されるとすれば、このような教育成果の観点が必要となる。

各領域における調査内容の概要

図 A は 2003 年調査で評価する 4 つの領域の定義を示している。これらの定義はすべて、社会に積極的に参加することができるような実用的な知識・技能を強調している。このような参加を行うためには、ただ単に外——例えば雇用主——から課された課題を遂行するといった能力以上のものが必要となる。これはまた、意思決定プロセスに参加する準備ができていることを意味する。PISA 調査におけるより複雑な課題では、生徒は、単に 1 つの「正しい」答えを持つ問題に答えるだけでなく、資料を熟考し、評価することが求められる。

数学的リテラシー (第 1 章において詳述) は、生徒が様々な状況において数学的課題に対して解答を提示し、定式化し、解決し、それを解釈するように、概念を有効に分析し、推論し、他者

図 A ■ 領域の定義



に伝達することのできる能力に関係している。数学的リテラシーは以下の点に関して評価される。

- **数学的な内容**：主として4つの「包括的な観念」（量、空間と形、変化と関係、及び不確実性）の点から定義づけられるが、二次的な意味においてのみ「カリキュラム構造」（例えば、数、代数、幾何）に関係して定義づけられる。
- **数学的プロセス**：一般的な数学的能力によって定義づけられ、数学的言語の使用、モデル化、問題解決能力が含まれる。しかしながら、与えられるいかなる数学的課題を実行するにも、能力のまとまりが必要であると考えられるので、こうした技能は異なる調査問題では析出されない。むしろ、調査問題は必要とされる思考技能の種類を定義づけする「能力クラスター」の観点から構成されている。
- **数学が用いられる状況**：枠組みは、状況と生徒との間の距離に基づいて、私的、教育的、職業的、公共的、科学的状況という5つの状況からなる。

読解力（第2章において詳述）は、生徒が自らの目標を達成するために、書かれたテキストを理解し、利用し、熟考する能力という観点から定義づけられている。リテラシーのこうした側面は、国際成人リテラシー調査（IALS：International Adult Literacy Survey）のような以前の調査によって十分に確立されているが、PISA 調査による「積極的な」要素の導入によってさらに検討された。この積極的要素とは、ただ単にテキストを理解するという能力だけでなく、自分自身の思考と経験を引き出しながらそれについて熟考する能力である。読解力は以下の観点から評価される。

- **テキストの形式**：生徒の読みの評価にあたっては、これまでしばしば、連続したテキストすなわち文章やパラグラフに構成された散文に焦点を当ててきた。PISA 調査ではこれに加えて、他の方法、つまり一覧表、書式、グラフ、図において情報を示す非連続型テキストを導入する。また、散文を物語、解説、論証などの様々な形式に区別する。この区別は、個々人は成人後の生活に関連する活動の中で、多くの種類の書かれた資料に遭遇するので、単に、通常学校で遭遇する限られた種類のテキストを読むことができるというだけ

では不十分である、という原則に基づいている。

- 読む行為のプロセス：生徒は最も基本的な読みの技能について評価されるわけではない。ほとんどの15歳児は、これらの技能をすでに習得していると考えられるからである。むしろ生徒は、情報を取り出し、テキストについての広い一般的な理解を形成し、これを解釈し、内容そしてその形式や特徴について熟考する際の習熟度を示すことが期待される。
- テキストが作成される用途によって定義づけられる状況：例えば、小説、個人的な手紙あるいは伝記は私的な用途のために、公式文書や告知文書は公的な用途のために、マニュアルや報告書は職業的な用途のために、さらに教科書やワークシートは教育的用途のために書かれる。ある状況ではよくできるが他の状況ではそうでもないといった場合があるので、調査には幅広い様々な種類の読解問題を含めることが望ましい。

科学的リテラシー（第3章において詳述）は、単に自然界を理解するためだけでなく、自然界に影響を与える意思決定に参加するために、科学的知識とプロセスを使用する能力として定義づけられる。科学的リテラシーは以下の観点から評価される。

- 科学的知識または概念：関連する現象の理解を助けるリンクを構成する。PISA 調査において、概念は物理、化学、生物学、地学、宇宙科学などに関連するなじみのあるものではあるが、それらは単に記憶するだけでなく、調査問題の内容に応じて応用される必要がある。
- 科学的プロセス：証拠に基づいて習得し、解釈し、行動する能力を中心とする。PISA 調査では、i) 科学現象の描写、説明、予測、ii) 科学的調査の理解、iii) 科学的証拠と結論の解釈という3つのプロセスからなる。
- 科学的状況または文脈：科学的知識と科学的プロセスの使用が適用されたもの。枠組みは、生活と健康における科学、地球と環境における科学、技術における科学という3つの分野からなる。

問題解決能力（第4章において詳述）は、解決の道筋も適用可能なリテラシー領域やカリキュラム領域も瞬時には明白ではないような、現実の教科横断的な問題を解決する認知プロセスを用いることのできる能力と定義づけられる。問題解決能力は以下の観点から評価される。

- 問題の形式：意思決定、システム解析・設計、トラブル・シューティングを含む問題解決プロセスをカバーするものである。これらはある特定の問題状況に適用されるもので、通常、教室の環境や学校のカリキュラムとは区別され、私的な生活、仕事、余暇、地域社会・一般社会が関係している。
- 問題解決プロセス：問題の性質を理解し、この特徴を描写し、表現し、解決し、これを熟考し、その結果を伝達することが含まれる。
- 状況または問題の文脈：問題の種類によってそれが適用される生徒の実生活の状況。

2003 年調査の実施及び結果報告の方法

2000 年調査と同様、2003 年調査はその実施可能性を確保するために、紙と鉛筆を使用するものとなっている。今後の調査サイクルでは他の調査方法も検討の予定である。調査には様々なタ

イプの問題が含まれており、例えば、多肢選択式問題や短い解答を記入する問題のように、1つの正しい解答と直接比較することが可能な単純解答を選ぶ、あるいは解答するといったものがある。これらの問題には正答か誤答しか存在しないので、技能としてはしばしば低い水準のものと評価される。またより建設的なのは、従来の調査でみられた解答とは異なり、生徒は、自分自身の解答をより幅広い構成体を測定するために設計されたものとして発展させることが求められる。これによって受け入れ可能な解答の範囲がより広くなり、部分的に正しい解答をも含むより複合的な採点が可能となる。

PISA 調査では、テキスト、表、チャート、挿絵などの刺激をもつ複数の課題をまとまりとするユニットが形成されており、リテラシーはこれらを通じて評価される。これは重要な特徴の一つであり、個々の設問ごとに全く新しい文脈を提示する場合よりも、はるかに深く掘り下げた問題が可能となる。また、到達度の多様な側面を評価できるようにつくられた資料をこなすために、生徒には多くの解答時間が与えられている。

2000 年調査の結果は、3 領域とも、平均得点を 500 点、標準偏差を 100 点とする尺度で示された。これは、OECD 諸国の約 3 分の 2 の生徒の得点が、400 点から 600 点の間に入るように換算したことを意味する。これらの得点はリテラシーのある側面における習熟の程度を示している。2000 年調査では読解力が中心的な領域であり、その習熟度は 5 つのレベルの知識・技能に区分された。このアプローチの主な長所は、課題を難易度と関連づけながら、生徒ができることは何かを述べる点にある。さらに結果は、情報の取り出し、テキストの解釈、熟考と評価、という読解の 3 つの下位尺度でも示された。数学的リテラシー及び科学的リテラシーでも習熟度レベルで示すことができるにはできたが、2000 年調査においてこれらは中心的な領域ではなかったため、データに制約があることがわかり、習熟度レベルは用いなかった。PISA 2003 年調査では、読解力で用いたアプローチを参考にしながら、数学的リテラシーの習熟度レベルを特定するようなアプローチを現在構築中である。加えて、2003 年調査においては読解力、数学的リテラシー及び科学的リテラシーについて前回調査の結果と比較してその変化をみるとともに、カリキュラム横断的能力として、問題解決能力のための新しい尺度が示される予定である。2000 年調査で読解力の結果の報告において用いられたプロセス同様、2003 年調査では、数学的リテラシーについて複数の下位尺度によって結果を示す可能性が高い。

質問紙とその活用

学習の背景に関する情報を収集するため、PISA 調査では、生徒とその学校長に対して、約 20～30 分間程度の質問紙に回答することを求めている。これらの質問紙*2 は生徒及び学校の特性の幅という観点から結果を分析する際に中心的なものとなる。

質問紙では以下のような情報を求めている。

- 生徒とその家族について。生徒とその家族の経済的、社会的、文化的資本を含む。
- 生徒の生活の側面。生徒の学習態度、習慣、学校や家庭環境における生活。

*2 2000 年調査で用いた質問紙は、インターネット (www.pisa.oecd.org) でも入手可能である。

- 学校の側面。例えば学校の人的及び物的リソース、公的・私的な管理運営及び財政、意思決定過程、人事。
- 教育の状況。学校の設置形態と種類、学級規模、親の関与のレベル。
- 自己統制学習の方法、動機づけと目標の志向、自己に関する認識メカニズム、行動統制の方法、学習状況の様々な形態に対する志向、学習スタイル、共同学習に必要とされる社会的技能。
- 数学の学習及び指導の側面。生徒の数学への動機づけ、数学への携わり方、数学に対する自信、数学の指導及び学習の到達度に関する学習方法の影響などを含む。

以上に加えて、2つの質問紙が国際オプションとして提供されている。

- コンピュータの利用に関する質問紙：次の点に焦点を当てている。i) 情報技術 (IT) を主として使用する場所や利用の種類など、IT の利用可能性及び使用について。ii) コンピュータを利用することによる生徒自身の効能やコンピュータを利用する際の態度など、IT に対する自信及び態度について。iii) 生徒がコンピュータやインターネットの使い方を学習した場所に焦点を当てた、IT の学習背景について。
- 教育歴に関する質問紙：次の3つの側面から、生徒の教育歴に関するデータを収集する。i) 留年、退学、転校あるいは転学 (学習プログラムの変更) など、生徒のこれまでの教育について。ii) 数学の授業の種類や教師の評価に焦点を当てながら、数学に関連する側面からみた生徒の教育状況について。iii) 生徒が最終的に受けるであろうと予想する教育段階及び30歳頃に就いていると予想する職業に焦点を当てながら、生徒の将来的な教育と職業について。

生徒質問紙及び学校質問紙を通して収集される背景情報は、PISA 調査によって入手可能な膨大な量の情報のごく一部でしかない。教育システムの一般的な構造を説明する指標 (その人口学的及び経済的背景——例えば、費用、在籍者数、学校及び教師の特性、教室におけるプロセス) 及びその労働市場の成果に対する影響については、すでに OECD によって定期的に開発され、適用されている。

PISA 調査における協力関係の発展とその評価の枠組み

PISA 調査は、繰り返し行われる、新しい種類の生徒の到達度調査を実施するために、OECD 加盟国政府が行っている協力的な努力のあらわれである。この調査は参加国の合意により協力的に開発されてきたもので、国の機関によって実施されている。参加した学校の生徒、教師、校長の建設的な協力は、開発及び実施といった全ての段階において、PISA 調査の成功にとって不可欠なものだった。

運営理事会 (GB: Governing Board) は上級政策レベルにおける各国の代表者の集まりで、OECD の目的に照らして PISA 調査の政策的優先順位を決定し、プログラムが実施される間、これらの優先順位が遵守されているかどうかを監視する。これには、指標の開発、評価手段の確立、及び結果の報告などに対する優先順位の設定が含まれる。参加国からの専門家は、異なる評価領域において国際的に入手可能な最も優れた技術的専門知識と、PISA 調査の政策目標をリン

クさせるための作業部会に参加している。これらの専門委員会に参加することにより、各国は調査手段が国際的に妥当であることを保証するとともに、OECD加盟国の文化的・教育的状況を考慮した調査になるようにしている。専門委員会はまた、評価資料が確固たる測定特性を持ち、調査手段が信頼できるとともに教育的妥当性を強く意識したものであることを保証している。

参加国は、合意された実施手順に従って、ナショナル・プロジェクト・マネージャー（NPM：National Project Managers）を通じて国レベルでPISA調査を実施する。ナショナル・プロジェクト・マネージャーは、調査実施の質の高さを保証する上で重要な役割を果たすとともに、調査結果を検証、評価、分析し、報告書を刊行する。

運営理事会によって確立された枠組みの範囲内で、調査の設計と実施はオーストラリア教育研究所（ACER）を中心とする国際コンソーシアムが責任をもっている。コンソーシアムにはこの他、オランダの国立教育測定研究所（CITO：National Institute for Educational Measurement）、米国のWESTAT及び教育評価サービス（ETS：Educational Testing Service）、並びに日本の国立教育政策研究所（NIER）がパートナーとして含まれている。

OECD事務局はプログラムの全体的な運営に対して責任を持っており、日常的にその実施をモニターし、運営理事会のための事務局として活動するとともに、運営理事会と実施主体である国際コンソーシアムとの間の調整仲介者としての役割を果たす。OECD事務局はまた、政策レベル（運営理事会）及び実施レベル（ナショナル・プロジェクト・マネージャー）両者において加盟国との密接な協議を行うことにより、PISA調査コンソーシアムと協力しながら、指標の作成、国際報告書の分析・準備及びその出版に関して責任を持つ。

PISA調査の枠組みは、1997年にプログラムが開始されて以来、継続的に開発されてきており、次のような手順より構成される一連の作業として説明することができる。

- 調査領域に対する定義の案を作成すること、及びその定義の基盤となっている仮定を記述すること。
- 各調査領域における生徒の到達度に関して、政策決定者及び研究者に報告するために構築された課題の編成方法を評価すること。評価課題を国際的に活用するために構築する際に、考慮すべき重要な特性を明確化すること。
- 他の大規模調査の実施から得られる既存の文献や経験に基づく定義により、調査を構築する際に用いられる主要な特徴を機能づけること。
- 変数を検証すること、及び多様な参加国の間で課題を理解することを困難にする要因を評価すること。
- 結果に対する解釈スキームを準備すること。

領域ごとに枠組みを構築し、検証することによる主な利益は、測定方法が改善されることであるが、この他にも次のように潜在的な利益がある。

- 枠組みは、評価の目的及び測定しようとする内容について議論するための共通の言語と媒体を提供する。このような議論によって、枠組みと測定目標などについて、共通認識の形成が促進される。
- 高い達成度を伴う種類の知識・技能を分析することは、習熟度の基準またはレベルを設定するための基礎を提供する。測定内容の理解やある特定の尺度に沿って得点を解釈する能

力が向上するにつれ、より豊かな情報の集合体を多様な顧客層に伝達するための経験的な基礎を発展させることができる。

- 高い達成度の根底をなす特定の変数を明らかにし、理解することは、時代の変化に応じて測定内容を評価し、調査を見直す能力を促進する。
- 測定内容を理解すること、そして生徒に関して我々が言っていることを結び付けることによって、公の政策、調査、及び研究の間に重要な連携を生むことになり、ひいては収集データの有用性を高めることにつながる。

第 1 章

数学的リテラシー

PISA 調査の目的は、参加国の教育システムが、15歳の生徒に対して、社会における市民として建設的な役割を果たすためにどの程度準備させることができているかをみる指標を開発することである。この調査は、生徒が学んできたカリキュラムの内容に限定するのではなく、むしろ生徒が日常生活で遭遇するような状況において、彼らが学んできたことを活用できるかどうかを明らかにすることに焦点を置いている。

1.1 領域の定義

PISA 調査における数学的リテラシーの領域は、生徒が様々な状況において数学的課題に対して問題を設定し、定式化し、解決し、それを解釈するように、概念を有効に分析し、推論し、他者に伝達することのできる能力に関係している。PISA 調査は、学校の教室で通常、遭遇する種類の状況や問題の範囲を超えて、現実世界における問題を重点的に取り上げている。現実の世界において、市民は買い物、旅行、料理、自分の私的な財務処理、政治課題について判断する際などに、数量的あるいは空間的な推論を行ったり、あるいは問題を明確にし、定式化し、解決に役立つその他の数学的能力を用いるような状況に何度も遭遇する。こうした数学の使用は、通常学校の教科書や教室においてみられるような種類の問題を通じて、生徒が学習し、練習した技能に基づいている。しかしながら、方向性があまりはっきりしていない場合や、どのような知識が適切で、それをいかに有効に適用するかについて生徒が決定しなければならない場合など、あまり構造化されていない状況においては、それらの数学的技能を応用する能力が必要になる。

PISA 調査における数学的リテラシーでは、15歳児を、教養のある思慮深い市民であり、知的な消費者であると見なすことができるとしている。どの国の市民も、ますます、数量的、空間的、確率的、またはその他の数学的な概念にかかわる無数の課題に直面するようになっていく。例えば、報道による情報の発信源（新聞、雑誌、テレビ、インターネット）は、いくつかの例を挙げると、天候、経済、薬品、スポーツなどの主題について、表、図、グラフなどの形で提供される情報に満ちている。市民に対しては、「地球温暖化と温室効果」、「人口増加」、「原油流出事故と海」、「水没する陸地」などの問題に関する情報が一斉に流されている。大事なことを言い残したが、市民は一定の書式を読み取ったり、バスや列車の時刻表を読んだり、金銭に関係してうまく取引したり、市場で最も有利な買い付けを決めたりといった必要に直面している。PISA 調査における数学的リテラシーでは、これらの問題に対して分別ある行動をとり、課題を遂行するために数学的な知識と理解を用いることのできる、15歳児（多くの生徒が正式な義務教育における数学の学習を終了する時期）の能力に焦点を当てている。

PISA 調査における数学的リテラシーの定義は次のとおりである。

数学が世界で果たす役割を見つけ、理解し、現在及び将来の個人の生活、職業生活、友人や家族や親族との社会生活、建設的で関心を持った思慮深い市民としての生活において確実な数学的根拠に基づき判断を行い、数学に携わる能力。

次のいくつかの説明的な注釈は、この領域の定義をさらに明確化するのに役立つ。

数学的リテラシー

「数学的リテラシー」という用語は、多様で、熟考を要し、かつ洞察を基礎とする方法で、無数の様々な状況において、機能的に使用される数学的な知識を強調するために選ばれたものである。もちろん、このような使用が実行可能であるためには多くの基本的な数学的知識と技能が必要であり、このような技能は我々のリテラシーに関する定義の一部を形成している。言語的な意味におけるリテラシーという言葉は豊かな語彙と、文法、発音学、正字法などに関する実質的な知識を前提としているが、これに限定することはできない。意思疎通のために、人間は、現実の世界で遭遇するそれぞれの状況に対処する際に、これらの要素を創造的な方法で結合する。同様に、数学的リテラシーは、数学的な用語や事実や手順に関する知識、あるいはある操作を遂行したり、特定の方法を実行する技能に限定することはできないが、他方、明らかにこれらを想定している。数学的リテラシーは、外部の状況によって課された要求に応じて、これらの要素を創造的に結び付けることを含んでいる。

……世界……

「世界」という用語は、個人が生活している自然的、社会的、文化的環境を意味している。フロイデンタール (Freudenthal, 1983) が、「我々の数学的な概念、構造、アイデアは、物理的、社会的、精神的な世界の現象を体系化するための道具として発明されたものである」(p.ix) と述べた通りである。

……携わる……

「携わる」という用語は、数学を使用して数学的問題を解くことを含む。数学についてコミュニケーションしたり、数学と関連づけたり、数学を評価したり、さらにはそのよさを知り楽しむことなどを意味する。したがって数学的リテラシーの定義は、狭い意味での及びさらなる学習のための前提としての数学の機能的な活用だけに限らず、数学の審美的、娯楽的な要素も意味する。

……個人の生活……

「個人の生活」とは、コミュニティの市民としての生活とともに、私的生活、職業生活、及び仲間や親族との社会生活を含む。

このような数学的リテラシーの概念が意味する決定的な能力とは、多様な状況あるいは文脈において、数学を使用して問題を設定し、形式化し、解決し、解釈することのできる能力を指す。この文脈は、純粋に数学的なものから、表面的には何ら数学的構造がみられない文脈まで幅があるが、いずれにしても、重要なのは問題を設定した者あるいは解決した者が数学的構造をうまく導入しなければならないということである。また、この定義は、数学を単に最小限知ればよいということではなく、日常的な状況から非日常的な状況に至るまで、単純な状況から複雑な状況に至るまで、数学を実行し、使用することを意味している。

自信、好奇心、興味・関心、物事をやってみたいあるいは理解したいという欲求など、数学に

関連する態度や感情は、数学的リテラシーの定義の構成要素とは言えないが、それにもかかわらず数学的リテラシーにとって重要な意味を持つ。原理的には、こうした態度や感情を持たずに数学的リテラシーを持つことは可能である。しかしながら実際には、自信、好奇心、興味・関心、数学的な要素からなる事柄をやってみたい、あるいは理解したいという欲求などがある程度持たない人間が、このようなリテラシーを発揮したり、実行したりするとは考えにくい。数学的リテラシーと相関関係があるものとして、このような態度や感情の重要性が認識されている。それらは数学的リテラシーそのものの評価に直接含まれているものではないが、PISA 調査の他の構成要素において考察される。

1.2 PISA 調査における数学的枠組みの理論的根拠

PISA 調査における数学的リテラシーの定義は、近年の社会・文化的リテラシー調査において反映されているように、言語構造及び使用についての幅広い統合的理論と一致している。ジェームズ・ギーの『リテラシー・プログラムへの序文』(James Gee, 1998)によると、「リテラシー」という用語は人間の言語使用を指している。言語を読み、書き、聞き、話す能力は、人間の社会的活動を媒介する上で最も重要な手段である。事実、人間のそれぞれの言語及び言語の使用は、多様な機能と複雑な方法で結び付いた、入り組んだ設計を持つ。ある個人がある言語の読み書きができるということは、その個人が言語の設計資源の多くを知っており、いくつかの異なる社会的機能のためにこれらの資源を使用できることを暗に意味している。類推的に言うと、数学を1つの言語とすれば、生徒は数学的な話法の中に含まれている設計の主要点(数学の特定の下位領域においてある操作を遂行する際の用語、事実、符号、記号、手順、技能、及び各下位領域にあるこれらのアイデアの構造)を学ばなければならないし、また、社会的な機能の観点から定義づけられている多様な状況において、決まり切った方法では解けない問題を解決するために、このようなアイデアを使用することを学ばなければならない。注意しなければならないのは、数学のための設計の主要点には、学校で共通して教えられている基本的な用語、手順及び概念を知ること、及びこれらの主要点がどのように構造化され、使用されるかを知ることが含まれるということである。不幸なことに、数学における設計の主要点についての構造を知らなくても、あるいは問題を解決するためにこれらの主要点をどのように使用するかを知らなくても、数学の設計の主要点について多くのことを知ることができるのである。このような PISA 調査の数学的枠組みを支援する「設計の主要点」と「機能」との間の相互作用を含むこれらの学問的概念は、次のような問題例によって示すことができる。

問題例 1：街灯

町議会は、小さな三角形の形をした公園に1本の街灯を設置することを決定しました。その街灯は公園全体を照らすものとします。街灯はどこに設置したらよいでしょうか。

この社会的な問題は、数学者が一般的な方略によって解くことができる。数学的枠組みではこれを数学化 (mathematising) と呼ぶ。数学化は5つの側面によって特徴づけることができる。

- ① 現実に存在する問題から出発すること。

街灯を公園のどこに設置するか。

- ② 数学的な概念によってその問題を構成すること。

公園の形を三角形と表現することができる。また、街灯についている1個の電灯のあかりは円で表現することができるので、街灯は円の中心にあることがわかる。

- ③ 問題のどの主要点が重要であるかを仮定したり、一般化したり、定式化したりするなどの過程を通じて、徐々に現実の形を整えていくこと（これにより、状況の数学的な特徴が明らかにされ、現実の問題を、状況を忠実に表現する数学的な問題へと変換することができる）。

この問題は、三角形に外接する円の中心を求める問題に変換される。

- ④ 数学的な問題を解くこと。そして、

三角形に外接する円の中心は、三角形の各辺の垂直二等分線の交点にあるという事実を使うために、三角形の二辺の垂直二等分線を引く。2つの二等分線が交わった点が円の中心である。

- ⑤ 現実の状況に即した形で数学的解答を解釈すること。

発見したこのことを、現実の公園に関係づけてみる。そして、この解答について熟考し、例えば、公園の3つの角の1つが鈍角である場合、街灯の位置は公園の外になってしまうことになるので、この解答は妥当ではないことを認識する。公園の中にある樹木の位置や大きさが、数学的解答の有用性に影響する他の要因であることを認識する。

以上のような手順は、広い意味において、しばしば数学者が数学を実行する時、また人々が今日可能な様々な仕事において数学を使用する時、あるいは知識ある思慮深い市民が現実の世界と十分にかかわるために数学を使用する時に、用いる方法の特徴づけるものである。実際、数学化することを学ぶことは、すべての生徒にとって主要な教育目標となるべきである。

今日、また近い将来において、きわめて複雑で急速に変化する社会に対応するため、すべての国々は数学的リテラシーを持つ市民を必要としている。近づくことが可能な情報は幾何学級数的に増大しつつあり、市民はこの情報をどのように処理するかを決定する必要がある。社会的議論は、その主張を支持するために次第に定量的な情報を必要とするようになってきている。数学的リテラシーが必要とされる1つの例としては、調査・研究の結論や主張が正しいかどうかについて、しばしば個人が判断や評価を下さなければならないということが挙げられる。このような議論からもたらされた主張が正しいかどうかを判断する力は、責任ある市民であるための重要な側面であり、その重要性は今後ますます高まるであろう。この枠組みにおいて論じられている数学化過程の段階は、このような複雑な状況において数学を使用する際の基本的な要素である。数学的概念を使用できなければ、結果として個人の決定において混乱をもたらす、疑似科学の影響を受けやすくなり、専門的、公共的生活において十分な情報に基づかないまま意思決定を行うこととなる。

数学的リテラシーを持つ市民は変化がいかに迅速に起こりつつあるかを理解し、その結果として生涯学習に開かれた必要性を認識する。成功した市民であるためには、これらの変化に対して創造的に、柔軟かつ実際的な方法で対応することが必要条件となる。学校で学んだ技能だけで

は、市民にとって成人としてのほとんどの生活を送る必要を満たすには十分ではないだろう。

能力があり、思慮深い市民であるための要件は、職場にもまた影響を与える。労働者に対しては肉体的な雑用を繰り返す作業を行うことは、次第に期待されなくなりつつある。むしろ、労働者に要求されることは、様々な高度に技術化された機器から出力される結果を主体的に恒常的に評価することであり、洪水のようにあふれる情報を処理し、集団としての問題解決に参加することである。今後多くの職業において考えられる傾向は、数学的思考に基づく概念を理解し、情報を伝達し、これを使用して説明する能力である。数学化過程の段階は、この種の数学的思考の基礎的な要素なのである。

最後に、数学的リテラシーを持つ市民はまた、数学について、自らの必要性を満たすことができるような、力動的で変化に富み、関連性の高い専門分野であると認識し、その認識を発展させることができる。

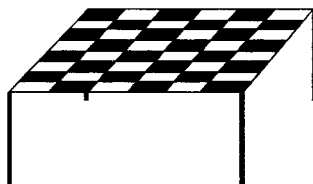
PISA 調査が直面している運用上の問題は、数学化する能力の観点からみた場合、15歳の生徒が数学的リテラシーを持っているかどうかをどのように評価したらよいかという点である。残念なことに、これは時間が限られた調査においては困難である。何故ならば、ほとんどの複雑で現実的な状況においては、現実から数学へと移行し、再び現実へ戻ってくるという完全な過程は、しばしば協力と適切な資源を見つけることを必要とし、相当の時間がかかるからである。

自由記述式の問題解決の問題において数学化を例証するため、第8学年のあるクラスの生徒が解いてみた「お祭り会場のゲーム盤」を問題例2でみてみよう (Romberg, 1994)。

問題例2：お祭り会場のゲーム盤

お祭りの会場では、正方形を市松模様にならべた盤に硬貨を投げるといったゲームが行われています。投げた硬貨が、その正方形同士の境界線に触れる形でとまった場合は負けとなります。また、硬貨が盤から落ちた場合は、その硬貨はゲームをしている人にもどされ、もう一度投げることができます。一方、硬貨が市松模様の正方形の1つに完全に入った場合は勝ちとし、硬貨と賞品がもらえます。

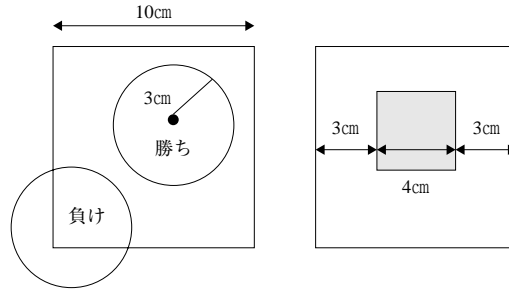
このゲームに勝つ確率はどのくらいですか。



明らかにこの問題例には現実味がある。第1に、生徒はゲームに勝つ確率が、正方形とコインの相対的な大きさに依存していることを理解することから始める (重要な変数の明確化)。次に、現実の問題を数学的な問題に変換するため、生徒は1つの正方形と1つより小さな円の関係を検討すべきであることを理解する (現実を都合よく変えること)。その上で、具体的な例を構築することを決める (「与えられた問題を解決できない場合は、自分で解決できる問題を解決せよ」——といった発見的問題解決法を用いて)。以下の全作業は、盤や賞品といったものではなく、この特定の問題に関して行われたことに注意する必要がある。この例で、硬貨の半径を仮

に3 cmとし、正方形の1辺を10cmとする。生徒は、ゲームに勝つためには、硬貨の中心が正方形の各辺から少なくとも3 cm離れていなければならないことを理解する。そうでないと、硬貨の縁が正方形の縁を越えてしまうからである。標本空間を1辺が10 cmの正方形とすれば、ゲームに勝つ事象空間は1辺が4 cmの正方形となる。この関係を下図に示す(図1.1)。

図1.1 ■ コイン投げで勝つ場合と負ける場合(左図)及び事象空間(右側)



勝つ確率は、標本空間及び事象空間それぞれの正方形の大きさの比率から得られる(この例の場合、 $p=16/100$)。次に、生徒は他の大きさの硬貨を検討し、解答を代数的用語で表現することによってその問題を一般化した。最後に、生徒はこの結果を発展させ、硬貨と正方形の相対的な大きさを様々な実際の状況に当てはめてみる。つまり、生徒は盤を作成し、実証的に結果を調べてみる(現実の状況の観点から数学的解答を解釈する)。

数学化の5つの側面のそれぞれが、この解答において明示されていることに注意する必要がある。問題は複雑であるが、すべての15歳の生徒は、この問題を解決するために必要な数学的な特徴を理解すべきである。しかしながら、このクラスの生徒はこの問題に、3日間取り組んだことに注意する必要がある。

理想的には、15歳の生徒が彼らの世界で遭遇する数学的問題を解くために、彼らが蓄えた数学的知識を使用できるかどうかを判断するには、こうした複雑な状況を数学化することのできる生徒の能力について、情報を集める必要がある。明らかに、これは非現実的である。その代わりPISA調査では、この過程の異なる部分を評価するための調査問題を準備することにした。以下の節では、釣り合いの取れた方法で、一連の調査問題を作成するために選択された方略について説明する。これによって、これらの選択された調査問題が数学化の5つの側面を包含することができるであろう。その目的は、PISA調査における数学的リテラシーの習熟度の尺度に生徒を位置づけるために、これらの調査問題に対する解答を用いることにある。

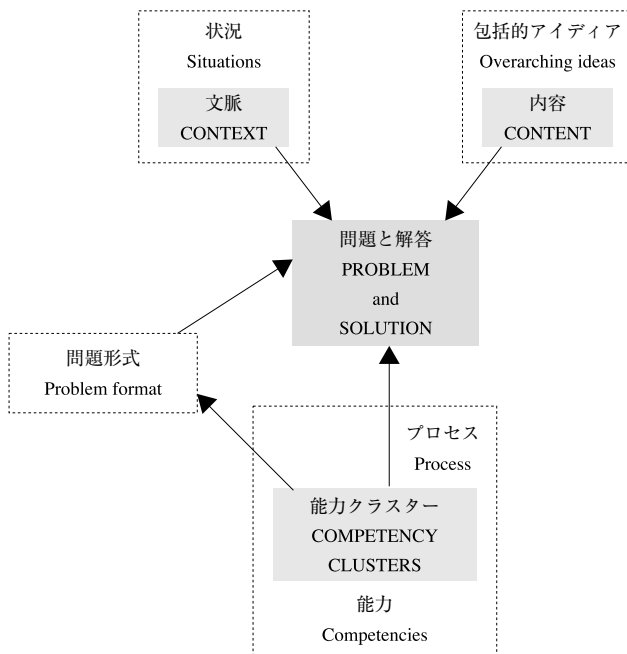
1.3 領域の構成

PISA調査における数学的枠組みは、15歳の生徒が現実世界の諸問題に直面したとき、根拠の十分なやり方で数学を扱うことができる程度について、その理論的根拠、説明及び評価を提供する。あるいは、より一般的な表現を使うならば、15歳の生徒は数学的にどの程度リテラシーを持っているかについて評価を提供する。調査される領域をより明確に説明するため、次の3つの構成要素が明らかにされなければならない。

- 問題が置かれている状況または文脈。
- 問題の解決のために用いられなければならない数学的な内容。これはある包括的アイデアによって構成される。そして最も重要なことは、
- 問題が生み出される現実の世界を数学に結び付け、これによって問題を解決するために活発に働かせなければならない能力。

これらの構成要素を視覚的に図 1.2 に示す。各構成要素についての説明は後述する。

図 1.2 ■ 数学的領域の構成要素



ある個人の数学的リテラシーの程度は、その個人が問題を解決するために数学的な知識・技能を用いる方法によって見ることができる。問題（及びその解答）は、個人の経験の中で様々な「状況または文脈」において発生する。PISA 調査の問題は、2つの方法で現実の世界から描かれたものである。第1に、問題は生徒の生活に関係する幅広い状況の中に存在している。状況は現実の世界の一部を形成し、上図の左上の大きな四角によって示されている。次に、その状況内で、問題はさらに具体的な文脈を持つ。これは状況を示す四角の中にある小さな四角で表されている。

上記の問題例において、状況は地域社会であり、文脈は公園における街灯であり（問題例 1）、及びお祭り会場のゲーム盤（問題例 2）である。

数学的リテラシーについて考える際に、考察しなければならない現実世界の次の構成要素は、人が問題を解決する際に注意を集中する数学的内容である。数学的内容（mathematical content）は、日常的な現象との相互作用から生じる種類の問題を網羅する4つのカテゴリーによって例証することができる。この4つのカテゴリーは、数学的内容そのものが人々に示す方法につ

いての概念に基づくものである。PISA 調査の目的からみて、この4つのカテゴリーは「包括的アイデア」(overarching ideas)と呼ばれ、量 (quantity)、空間と形 (space and shape)、変化と関係 (change and relationships)、及び不確実性 (uncertainty) である。これは、通常、学校で教えられている数学の授業やカリキュラムの構成要素の点からみて、なじみのあるアプローチとはいくらか異なっている。しかしながら、包括的アイデアは生徒が学習してきたと考えられるような、一連の数学的トピックスを幅広く含んでいる。包括的アイデアは図 1.2 の右上にある大きな長方形によって表されている。包括的アイデアからは、問題を解くために用いられる内容が抽出される。これは包括的アイデアの四角の中にある小さい四角によって示されている。

「文脈」と「内容」から問題の方にのびている矢印は、現実世界 (数学を含む) がどのように問題を構成しているかを示している。

公園に関する問題 (問題例 1) には、空間と形のアイデアに関する幾何学的な知識が含まれる。また、お祭り会場の問題 (問題例 2) には、(少なくともその初期段階においては) 不確実性を扱うことと、確率の知識を応用することが含まれている。

生徒が問題を解くために適用しようとする数学的なプロセスは、数学的能力 (mathematical competencies) として言及される。3つの能力クラスター (competency clusters) は、様々な種類の問題を解くために必要とされる異なる認識プロセスを包含している。これらのクラスターは、生徒が彼らの世界とかかわる際に生じる問題を解決するとき、数学のプロセスが一般的に用いられる方法を反映しているが、この点についての詳細は後の節で述べることとする。

こうして、この枠組みにおけるプロセス構成要素は、最初に一般的な数学的能力を示す四角で表され、次に、3つの能力クラスターを示す小さな四角が表されている。問題を解くために必要とされるこの特定の能力は問題の性質に関連するとともに、用いられた能力は見いだされた解答に反映されることとなる。この相互作用は、能力クラスターから問題と解答にのびている矢印によって表されている。

残りの矢印は、能力クラスターから問題の形式へとつながっている。ある問題を解くために用いられる能力は、問題の形式及びその明確な要求に関係している。

ここで述べた3つの構成要素は、性質が異なることを強調すべきである。状況または文脈は現実の世界における問題領域を決定し、包括的アイデアは、我々が世界を「数学的な眼鏡」で見する方法を反映したものであり、他方、この能力は数学的リテラシーの中核となる。ある特定の能力が生徒に利用できるようなものである場合にのみ、彼らは与えられた問題を首尾よく解くことができる状況にあると言える。数学的リテラシーの評価には、生徒が問題状況に前向きに適用することができる数学的能力をどの程度獲得しているかを評価することが含まれる。

以下の節では、これらの3つの構成要素についてより詳細に説明する。

1.3.1 状況または文脈

数学的リテラシーの重要な側面の一つは、数学に取り組むことである。つまり、様々な状況において数学を使用し、数学をすることである。数学的な処理ができるような課題を扱う場合、数学的な手法や表現を選択することは、問題が提示されている状況にしばしば依拠することが認めら

れてきた。

状況とは、課題が置かれている生徒の世界の一部である。これは、ある程度生徒から離れたところにある。PISA 調査の場合、最も生徒の身近にある状況は生徒の私的な生活である。続いて学校生活であり、職業生活、余暇である。これに続いて、日常生活で遭遇する地域の共同体や社会がある。生徒から最も遠いのは、科学的状況である。問題を解くため私的、教育的／職業的、公共的、科学的状況という4種類の状況が定義され、用いられる。

ある問題の文脈とは、ある状況内における特定の環境である。これには、問題を定式化するために用いられるすべての詳細な要素が含まれる。

以下の問題例を考察することとする。

問題例 3：預金口座

ある銀行の預金口座に 1,000 ゼットを預け入れるとします。預け入れの条件として選択肢が 2 つあり、1 つは年率 4 % の利率を受けるとするというもの、もう 1 つは預け入れたら直ちに銀行から 10 ゼットのボーナスを受け取り、利子を年率 3 % とするというものです。1 年間預け入れるとすると、どちらの選択肢が有利になりますか。また、2 年間の預け入れでは、どちらが有利ですか。

この問題の状況は「財務と銀行取引」であり、PISA 調査では「公共的」と分類される地域共同体・社会の状況である。本問題の文脈は、お金（単位：ゼット）と銀行口座の利子に関わっている。

この種の問題は、現実の世界に参加する者が実際に体験したり経験したりすることの一部であることに注意する必要がある。この文脈における数学の適用は問題の解決に直結しているため、数学の使用に真正な (authentic) 文脈を提供している*1。これは、学校の数学の教科書に頻繁に見られる問題と対照的であり、その場合の主な目的は、現実の問題を解決するために数学を用いるというよりも、むしろ、含まれている数学を練習することにある。この数学の使用における真正性 (authenticity) は、PISA 調査の問題の設計と分析において重要な側面であり、数学的リテラシーの定義に強く結び付いているものである。

もう 1 つ注意すべきは、調査問題で用いられているお金の単位を架空のものにしてあったり、問題には幾分かの虚構的要素があるということである。この虚構的要素が導入されたのは、一部の国の生徒が他の国の生徒に比べて優位にならないよう、公平になるようにするためである。

ある問題の状況と文脈は、その問題とそれに含まれる数学との間の距離の点から考察することができる。課題が数学的な事物、記号または構造のみに関係しており、数学的な世界以外の事柄に対して何ら言及していない場合には、課題の文脈は数学内であると考えることができ、課題は「科学的」な状況タイプに属すると分類される。PISA 調査にはこのような限定された範囲の課題が含まれ、そこでは問題とその背後にある数学との密接な連携が問題の文脈において明らかにされている。より典型的には、生徒が日常的な経験の中で出会う問題は、明示的な数学用語に

*1 「真正な」(authentic) という用語は数学のテスト問題が、ある意味、真実かつ現実であるということを目指すものではないことに注意する必要がある。PISA 調査の数学では、「真正な」という用語は、問題がただ単に数学を練習するための道具であるというよりも、むしろ、数学の使用が身近な問題を解くことに真に直結していることを意味している。

よって記述されているわけではない。これらは現実の世界の事象を指している。これらの課題の文脈は「数学外」と呼ばれ、生徒はこれらの問題の文脈を数学的な形式に変換しなければならない。一般的に言えば、PISA 調査は現実世界の何らかの状況において遭遇するかもしれない課題に強調点を置き、解答と解釈に影響を与える数学の使用のために、真正な文脈を提示しているのである。このことは、文脈が仮説的であっても何らかの現実的な要素が含まれていればまた、現実世界の状況からさほどかけ離れていないこと、数学を使用して問題を解決することが真正であると言えること、といったような課題を含むことを妨げるものではないことに注意する必要がある。問題例 4 は「数学外」の仮説的文脈を持つ問題を示している。

問題例 4：貨幣制度

単位が3ゼットと5ゼットだけの貨幣制度をつくるとします。この貨幣制度では何ゼットまで達することができるでしょうか。また、望ましい制度と言えるでしょうか。これらのことから、こうした制度をつくることは可能でしょうか。

この問題の特質は、それが現実世界に近いことから導き出されるのではなく、それが数学的に興味深いものでかつ数学的リテラシーに関連する能力を求めているということから導き出されるものである。仮説的シナリオを説明し、可能な制度や状況を探求するために数学を使用することは、現実にはあり得ないことであっても、数学の持つ最大の特徴の一つである。このような問題は「科学的」状況タイプに所属するものとして分類される。

要約すると、PISA 調査が最も重視しているのは、様々な現実世界の状況において遭遇するような課題であり、数学を使用して問題を解くことが真正であるような文脈を持つ課題である。解答とその解釈に影響を及ぼす数学外の文脈を持つ問題は、数学的リテラシーを評価する媒体として優先される。というのも、これらの問題は日常生活で遭遇する可能性が最も高いからである。

1. 3. 2 数学的内容——4つの「包括的アイディア」

数学的な概念、構造、アイディアは自然や社会、精神の世界における現象を組織化するための道具として発明されてきた。学校では、数学カリキュラムは歴史的に十分に確立された数学的思考の部門を反映するとともに、構造化された教授要目の開発を容易にするような内容の構成要素（算術、代数、幾何など）やそれらの詳細な内容を中心として、論理的に構成されてきた。しかしながら、現実の世界では、数学的処理ができるような現象が、さほど論理的に構成されているわけではない。ある1つの内容の構成要素の知識を応用することによって理解し、解答を出すことができるような方法や文脈を持って生じる問題は、極めてまれである。問題例2で示した「お祭り会場のゲーム盤」の問題は、きわめて多様な数学の領域から描き出される問題の1つの例である。

PISA 調査の目標は現実問題を解決する生徒の能力を評価することなので、我々がとった方略は、数学概念、構造、アイディアを説明することへの現象論的アプローチを使って、評価される一連の内容を定義づけることであった。これは、現象、及び現象が発生した問題の種類に関して内容を説明することを意味する。このアプローチは、領域の定義に一致した調査に確実に焦点を合わせているものの、他の数学調査や各国の数学カリキュラムに典型的に見られる一連の内容を

も網羅している。

数学的な内容を現象学的に構成することは決して新しい試みではない。2つの著名な出版物、*On the shoulders of giants: New approaches to numeracy* (Steen, 1990) [三輪辰郎訳、『世界は数理でできている』、丸善、2000年]と*Mathematics: The science of patterns* (Devlin, 1994) [山下純一訳、『数学パターンの科学—宇宙・生命・心の秩序の探究』、日経サイエンス社、1995年]は、この方法で数学を説明している。しかしながら、アプローチの分類や異なる現象学的カテゴリーの名づけ方においては、様々な方法が採られてきた。このアプローチの分類には、「深いアイデア」、「大きなアイデア」や「基本的アイデア」など、あるいは「包括的概念」、「包括アイデア」、「基本的概念」や「主要領域」など、あるいはまた「複合矛盾」を含むことが示唆された。2003年調査の数学的枠組みにおいては、「包括的アイデア」という表現を用いることとする。

数学の包括的アイデアはたくさん存在する。上述の出版物だけでも、パターン、次元、量、不確実性、形、変化、数えること、推論とコミュニケーション、運動と変化、対称と規則性、位置などが言及されている。PISA調査の数学的枠組みにおいては、どの概念を使用すべきであろうか。数学的リテラシーの領域に焦点を当てるという目的からみれば、数学の歴史的発展からもたらされ、数学の本質を明らかに示すことができるだけの十分な多様性と深さを包含し、また、受け入れ可能な方法で従来の数学的カリキュラムの構成要素を表すか、あるいは含んでいるような問題領域を選択することが重要である。

何世紀にもわたり、比較的具体的な幾何学とともに、圧倒的に数学は数に関する科学であった。メソポタミア、エジプト、中国において紀元前500年頃までに数の概念が誕生した。幾何学的測量の成果として得られた量も含め、数や量での演算が発展した。紀元前500年から紀元後300年頃にかけては、ギリシャ数学の時代であり、主として公理論としての幾何学の研究に重点が置かれた。数学を数と形の統一された科学として再定義したのはギリシャ人であった。次に大きな変化が生じたのは500年から1300年頃までのイスラム、インド、中国においてである。これによって数学の一分野としての代数学が確立され、さらに関係についての学問が確立された。17世紀にはニュートンとライブニッツにより、微積分学(変化、成長及び限界についての学問)が独立に発明され、これにより数学は数、形、変化及び関係に関する一つの統合された学問となった。

19世紀から20世紀にかけて、数学的知識及び数学を手段によって接近することができる一連の現象や問題は、爆発的に拡大した。これらには、無作為性や不確実性などの側面が含まれる。こうした発展により、「数学とは何か」という疑問に対して単純な答えを下すことはますます困難になった。新しい世紀が始まった今、多くの人々は数学をパターンの科学である(一般的な意味で)と考えるようになった。この結果、このような発達を反映する包括的アイデアの選択が可能となった。すなわち、量におけるパターン、空間と形におけるパターン、変化と関係におけるパターンは、数学に関するいかなる記述においても中心的で本質的な概念を形成するものであり、中学校・高等学校、大学等を問わず、いかなるカリキュラムにおいても、その中核を成している。しかしながら、数学においてリテラシーがあるということは、さらに多くの意味を持っている。数学的及び科学的な観点から、不確実性を扱うことは不可欠である。このため、確率理論

と統計学の要素により、4つ目の包括的アイデアが誕生することとなった。すなわち不確実性である。

したがって、歴史的発展、領域の範囲、学校カリキュラムの主要な構成要素の影響についての条件を満たすため、2003年調査では以下に示す包括的アイデアのリストが用いられる。

- 量 (quantity)
- 空間と形 (space and shape)
- 変化と関係 (change and relationships)
- 不確実性 (uncertainty)

これらの4つの包括的アイデアにより、数学的内容は十分な数の領域に編成され、テスト問題をカリキュラム全般にわたって確実に行き渡らせることができるようになった。しかし同時に、その数のある程度制限することによって、現実の状況に基づく問題に焦点を合わせることがうまくいかなくなるような、細かすぎる分類はさけられることとなった。

包括的アイデアの基本的な考え方は、多くの異なる状況において及びそれらを横断的に解釈し、立ち向かうことができる、現象と概念を網羅した1つの集合体である。各包括的アイデアは、まさにその本質により、何らかの一般化された内容次元を扱う、ある種の一般的概念であると認識することができる。これが示唆していることは、包括的アイデアは他のものと比較して鮮明に描写することはできないということである*2。むしろ、それぞれの包括的アイデアはある一定の観点、あるいは物の見方を示して、ある1つの核——重心——を所有していると考えられることができるが、その周辺部は幾分ぼやけているため、他の包括的アイデアと共有できる部分もある。原則的には、どの包括的アイデアも他の包括的アイデアと共有部分を持つ。4つの包括的アイデアについては以下の節で要約されているが、詳細については後述することとする。

●量 (Quantity)

この包括的アイデアは、世界を構成するためには数量化が必要であるということに重点を置いている。重要な側面には、相対的な大きさの理解、数のパターンの認識、量や現実の世界にある事物の数量化可能な属性を表すための数の使用（数えた結果や測定した結果）が含まれる。

量を扱う際に重要な側面は量的な推論である。量的推論の本質的な構成要素は、数の感覚、様々な方法で数を表すこと、演算の意味の理解、数の大きさに対する感覚、数学的に洗練された計算法、暗算、概算などである。

●空間と形 (Space and shape)

我々は、話し言葉、音楽、ビデオ、交通、建築物、絵画などいたるところでパターンに遭遇する。家屋、事務所の建物、橋、ヒトデ、雪片、都市計画図、クローバの葉、水晶、あるいは影など、形はパターンであると考えられることができる。幾何学模様は数多くの現象の比較的単純なモデルとして機能することができ、その研究はあらゆるレベルで可能であるとともに、望ましいものである (Grünbaum, 1985)。

形と構造の研究は、形の構成要素を解析し、異なる表現や異なる次元で形を認識する際に、類

*2 もちろん、これは伝統的な数学内容の構造の場合も同様である。

似性と差異を探求することを必要としている。形の研究は、「空間の把握」の概念と密接に関連している。これは、我々が生活している空間の中で生き、呼吸し、より多く理解して動くために、知り、探究し、征服することを学ぶことを意味する (Freudenthal, 1973)。

これを達成するためには、事物の物性を理解し、その相対的な位置を知ることが必要である。我々は物をどのように見て、なぜ、自分たちがみる見方で物を見るのかについて認識しなければならない。我々は、空間を通して、構造物と形を通して、行くことを学ばなければならない。つまり、本物の都市と同じ都市の写真や地図との間の関係を認識すると同様に、形と像すなわち視覚的表現との間の関係を理解することを意味する。さらにこれは、3次元の事物を2次元ではどのように表現できるのか、影はどのように形づくられ、どのように解釈しなければならないのか、遠近法はどのようなもので、それはどのように機能するか、といったことを理解することを含んでいる。

●変化と関係 (Change and relationships)

あらゆる自然現象は変化の表れであり、我々の回りにある世界は現象間の無数の一時的・恒久的な関係を示す。問題例の中には、成長によって変化する有機体、季節の移り変わり、潮の満ち引き、失業の周期、天候の変化、株価指数など様々ある。これらの変化の過程の一部は直接的な関数、すなわち一次関数、関数、周期関数または成長曲線、離散か連続を含み、そして、それらによって説明されたり、あるいはモデル化されることができる。しかし、多くの関係は異なるカテゴリーに入るので、存在する関係の種類を確定するためにはデータ分析が必要である。数学的関係はしばしば方程式または不等式の形をとる。しかし、より一般的な性質の関係（例えば、同値、整除性、包摂など）の形で現れる場合もあり得る。

関数的思考——つまり、関係の点から、また関係について考えること——は、数学教育における最も基本的な教科目標である (MAA, 1923)。関係は、記号表示、代数的表示、グラフ表示、表による表示、あるいは幾何学的表示など、様々な異なる方法で表現される。異なる表現方法は異なる目的を果たすためのものであり、異なる特性を持っている。このため、表現方法を変えることはしばしば、状況や課題を処理する際にきわめて重要となる。

●不確実性 (Uncertainty)

今日の「情報化社会」は、しばしば正確で科学的な、ある程度の確実性をもって示される豊富な情報を提供している。しかしながら、日常生活において我々は、不確実な選挙結果、橋梁の崩落、株式市場の暴落、信頼できない天気予報、的外れの人口成長率予測、一致しない経済モデルなど、我々の世界の不確実性を実証する数々の事象に遭遇するのである。

不確実性は2つの関連する主題、すなわちデータと偶然を示唆しようとするものである。これらの現象はそれぞれ、統計と確率という数学研究における主題である。学校カリキュラムに関する比較的最近の勧告は一致して、統計と確率は従来に比べ相当重要な地位を与えられるべきであることを示唆している (Committee of Inquiry into the Teaching of Mathematics in Schools, 1982; LOGSE, 1990; MSEB, 1990; NCTM, 1989; NCTM, 2000)。

この領域において重要な、特定の数学的概念と活動は、データ収集、データ分析、及び表示／視覚化、確率及び推論である。

ここで、数学的枠組みにおける最も重要な側面を取り上げることとする。すなわち、生徒が問

題を解こうとして集中するときの能力についての議論である。これらは、数学的プロセスという幅広い見出しの下で議論されている。

1.3.3 数学的プロセス

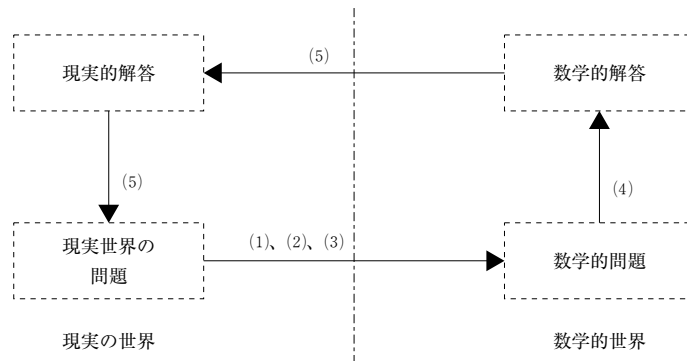
◎はじめに——数学化について

PISA 調査では、様々な状況で生徒が数学的問題の設定・定式化・解決・解釈を行う際に、数学的アイデアを有効に分析し、推論し、コミュニケーションする能力を持っているかどうかを調査する。このような問題解決を行うために、生徒には学校教育と生活経験を通じて獲得した技能・能力を用いることが求められる。PISA 調査では、生徒が現実生活の問題を解決するために使用する基本的なプロセスは、「数学化」と呼ばれている。

ニュートンは主著『自然哲学の数学的原理』において、「しかし、我々の目的は現象からのこの力の量と特性を描き出すこと、及び何らかの簡単な事例において発見したことを、原理として応用することだけである。これによって、我々はより複雑な事例においてその効果を数学的方法で見積もることがある」(Newton, 1687)と書き記しているが、これは数学化について述べたものかもしれない。

PISA 調査における数学的枠組みの理論的な根拠についてすでに述べた説明の中で、数学化の5段階について概観した。この5段階を図1.3に示す。

図 1.3 ■ 数学化サイクル



- (1) 現実に位置づけられた問題から開始すること。
- (2) 数学的概念に即して問題を構成し、関連する数学を特定すること。
- (3) 仮説の設定、一般化、定式化などのプロセスを通じて、次第に現実を整理すること。それにより、状況の数学的特徴を高め、現実世界の問題をその状況を忠実に表現する数学の問題へと変化することができる。
- (4) 数学の問題を解く。
- (5) 数学的な解答を現実の状況に照らして解釈すること。これには解答に含まれる限界を明らかにすることも含む。

図1.3が示唆しているように、5つの側面は3つの段階で議論される。

まず、数学化は問題を「現実」から数学に翻訳することを必要とする。このプロセスには以下のような作業が含まれる。

- 現実に位置づけられた問題からみて関連のある数学を特定すること。

- 問題を別の方法で表現する。これには、問題を数学的概念に従って構成することと適切な仮説を設定することが含まれる。
- 問題の言語と、問題を数学的に理解するのに必要な記号言語及び公式言語との間の関係を理解すること。
- 規則性、関係及びパターンを見つける。
- 既知の問題と同型の側面を認識する。
- 問題を数学、すなわち数学的モデルに翻訳する (de Lange, 1987, p.43)。

生徒が問題を数学的な形式に翻訳するやいなや、全てのプロセスは数学において継続できる。生徒は、すでに知られている数学的スキルや概念を用いて、「……が存在するか?」、「存在するならばその数は?」、「どのようにして見つけられるか?」といった疑問を提起するだろう。また、生徒は問題状況のモデルに働きかけたり、それを調節したり、規則性を確立したり、つながりを特定したり、活発な数学的議論を構築しようとするだろう。数学化プロセスのこの部分は、一般的にはモデル化・サイクルの演繹部分と呼ばれている (Blum, 1996 ; Schupp, 1988)。しかしながら、この段階では厳密に演繹的なプロセス以外のものが作用するかもしれない。数学化プロセスのこの部分には以下のものが含まれる。

- 異なる表現方法を使用し、切り替えること。
- 記号言語、公式言語、技術的言語と演算を用いること。
- 数学モデルを精緻なものにし、調整すること。また、モデルを結合し、統合すること。
- 論証すること。
- 一般化すること。

問題を解決する最後の手順（または複数の手順）には、数学化プロセスの全体とその結果について熟考することが含まれる。ここで、生徒は批判的な態度で結果を解釈し、プロセス全体を検証しなければならない。このような熟考はプロセスの全ての段階において行われるが、結論段階においては特に重要である。この熟考・検証プロセスの側面は以下の通りである。

- 数学的概念の範囲と限界を理解すること。
- 数学的議論について熟考し、結果を説明し、正当化すること。
- プロセスと解答を伝達すること。
- そのモデルと限界を批評すること。

この段階は図 1.3 の(5)で示す 2 か所に表示されていて、1 つは数学化プロセスが数学的解答から現実的な解答へと移行している様子を、もう 1 つは現実的な解答が本来の現実世界の問題に関連づけられ戻ってくる様子を示している。

●能力 (The competencies)

前の節では数学化の主要概念とプロセスに焦点を当てた。様々な状況、数学外の文脈及び数学内の文脈、包括的アイデアにおいて、数学化にうまく携わることのできる個人は、多くの数学的能力を身に付けている必要があり、これらは総合的な数学的能力を構成すると考えられる。これらの能力のそれぞれは、異なるレベルの習熟度で身に付く。数学化の異なる部分は、それに含まれる特定のものと必要な習熟のレベルの両者に関して、これらの能力を異なったやり方で必要とする。これらの能力を明確化し、検討するために、PISA 調査ではニス (Niss, 1999) と彼のオ

ランダ人同僚の研究に依拠し、彼らの現在の形式において、8つの特徴的な数学的能力を利用することとした。これに類似した定式化は、他の多くの研究においても見いだされる（例えば、Neubrand *et al.*, 2001 など）。しかしながら、用いられる用語は、著者によってその用法が異なる場合がある。

1. 思考と推論 (Thinking and reasoning) : これには、①数学に特有な質問をすること（「……はありますか」、「もしそうなら、その数はどのくらいですか」、「どのように見つけることができますか」）を示すこと、②これらの質問に対して数学が提示する答えの種類を知ること、③異なる種類の言明を区別すること（定義、定理、推測、仮説、例、条件付き主張）、そして、④与えられた数学的概念の範囲と限界を理解し、処理することが含まれる。
2. 論証 (Argumentation) : これには、①数学的な証明とはどのようなもので、他の種類の数学的な推論とどう違うかを知ること、②異なるタイプの一連の数学的議論をたどり、評価すること、③発見法に対する感覚を身に付けること（「何が起こり得るか（得ないか）、なぜ起こり得るのか（得ないのか）」）、そして、④数学的議論を構築し、表現すること、が含まれる。
3. コミュニケーション (Communication) : これには、①様々な方法で、数学的な内容を持つ事柄について口頭あるいは書面で自分を表現すること、並びに②これらの事柄に関する、他の人の書面または口頭による記述を理解することが含まれる。
4. モデル化 (Modelling) : これには、①モデル化される場や状況を構造化すること、②「現実」を数学的構造へと変換すること、③「現実」という観点から数学的モデルを解釈すること、④数学的モデルを扱うこと、⑤モデルを検証すること、⑥モデルとその結果についての批判を熟考し、分析し、提供すること、⑦モデルとその結果（結果の限界を含む）について伝達すること、及び⑧モデル化の過程を監視し、統制すること、が含まれる。
5. 問題設定と解決 (Problem posing and solving) : これには、①様々な種類の数学的問題（「純粹」、「応用」、「自由記述式」、「多肢選択式」など）を設定し、定式化し、定義づけること、②異なる種類の数学的問題を様々な方法で解くこと、が含まれる。
6. 表現 (Representation) : これには、①表現形式が異なる数学的な対象物と状況について、及び様々な表現の間の相互関係について、解読し、コード化し、変換し、解釈し、区別すること、また、②状況や目的に応じて、異なる形式の表現の中から選択し、切り替えることが含まれる。
7. 記号言語、公式言語、技術的言語、演算を使用すること (Using symbolic, formal and technical language and operations) : これには、①記号言語及び公式言語を解読し、解釈すること、②自然言語との関係を理解すること、③自然言語から記号言語／公式言語に変換すること、④記号及び公式を含む記述や式を扱うこと、⑤変数を使うこと、方程式を解くこと、計算を行うこと、が含まれる。
8. 支援手段と道具の使用 (Use of aids and tools) : これには、①数学的な活動を支援する各種支援手段及び道具（情報技術ツールを含む）について知り、これを利用することができること、また、②これら支援手段ならびに道具の限界を知ること、が含まれる。

PISA 調査には、上述の能力を個別に評価する調査問題を開発する意図はない。これらの能力

の間にはかなりの重複があり、数学を使用するとき、通常は同時に多くの能力を使用することが必要である。このため、個々の能力を評価するいかなる努力も人工的な作業に終わる可能性が高く、数学的リテラシーの領域における不必要な細分化をもたらす結果となる公算が高い。生徒が示すことのできる特定の能力は、個人によって大きく異なる。これはある面、すべての学習が経験を通じて起こるからで、「個々の知識構造は相互作用、交渉、協力のプロセスを通じて生じる」(de Corte, Greer, & Verschaffel, 1996, p.510) と言える。PISA 調査では、生徒の数学的知識の多くが学校で学習されると想定している。1つの領域についての理解は、徐々に習得される。より形式的で抽象的な表現及び推論の方法は、非形式的なアイデアを発展させるために設計された諸活動に携わる結果として、長い時間をかけて現れてくる。数学的リテラシーもまた、様々な社会的状況や文脈での相互作用を含む経験を通じて習得されるのである。

生徒の能力について生産的に説明し、報告するため、さらにはまた、生徒の長所や弱点について国際的な観点から説明するためには、ある種の構造が必要となる。理解したり管理したりできるようにこの構造を提供する1つの方法は、異なる数学的な問題を解くために必要とされる認知的要求の種類に基づいて、能力のクラスターを説明することである。

●能力クラスター (Competency clusters)

PISA 調査は、これらの能力が包含する認知活動を、3つの能力クラスター (competency clusters) に基づいて説明することとした。3つのクラスターとは、再現 (reproduction) クラスター、関連付け (connections) クラスター、及び熟考 (reflection) クラスターである。以下の節では、これらの3つのクラスターを説明し、各クラスターにおいて個々の能力がどのように働かについて論じることとする。

●再現クラスター (The reproduction cluster)

このクラスターの能力は、本質的には練習を積んだ知識を再現することに関連している。これらには、標準化された評価及び教室のテストで最も一般的に使用される能力が含まれる。これらの能力は事実に関する知識、ありふれた問題の表現の知識、同値の認識、身近な数学的対象物及びその特性の想起、決まり切った手順の実行、標準的アルゴリズムや技術的技能の応用、記号を含む式や標準形式による公式の操作、計算の実行などである。

1. 思考と推論 (Thinking and reasoning) : これには、①最も基本的な形式による質問 (「……いくつ?」、「どれだけ?」) を設定することやそれらに対応する種類の答え (「これだけの数……」、「これだけの量……」) を理解すること、②定義と主張とを区別すること、③数学的概念をそれが最初に導入された文脈、あるいは、引き続き練習された文脈などにおいて理解し、処理すること、が含まれる。
2. 論証 (Argumentation) : これには、計算手順、記述及び結果を含む標準的な量的過程をたどり、正当化すること、が含まれる。
3. コミュニケーション (Communication) : これには、身近な対象物の名前や基本的な特性を再現したり、通常は複数の方法により、計算とその結果を引用したりするなどのような、単純な数学的事項について理解し、口頭あるいは書くことで自分を表現すること、が含まれる。
4. モデル化 (Modelling) : これには、①うまく構築された身近なモデルを認識し、想起

し、活性化させ、利用すること、及び②このようなモデル（及びその解答）と「現実」との間を行ったり来たりしながら解釈すること、③モデルの結果について簡単に伝えること、が含まれる。

5. 問題設定と問題解決 (Problem posing and solving) : これには、①多肢選択式の練習された標準的な純粋問題や応用問題を認識し、再現することによって、問題を設定し、定式化すること、及び②典型的には1つの方法のみを使用して、標準的なアプローチと手順を援用し、用いることによって、この様な問題を解決すること、が含まれる。
6. 表現 (Representation) : これには、よく知られた数学的対象物について、身近で、練習された標準的な表現を解読し、コード化し、解釈することが含まれる。表現から表現への切り替えは、その切り替え自体が、包含された表現の確立された一部である場合にのみ含まれている。
7. 記号言語、公式言語、技術的言語、演算を使用すること (Using symbolic, formal and technical language and operations) : これには、①よく知られた文脈や状況において練習された決まり切った基本的な記号言語や公式言語を解読し、解釈すること、及び、②変数を使うこと、方程式を解くこと、決まり切った手順で計算をすることなど、記号を含む単純な記述や式及び公式を扱うこと、が含まれる。
8. 支援手段と道具の使用 (Use of aids and tools) : これには、身近な支援手段と道具の使用が導入され、練習されたという状態に近い文脈、状況、方法において、これらについて知り、使用できること、が含まれる。

再現クラスター能力を測定する評価問題については、次のキーワードすなわち、練習された材料を再現することと決まり切った演算を実行することによって、記述することとしたい。

●再現クラスターの問題例

問題例 5

方程式 $7x - 3 = 13x + 15$ を解きなさい。

問題例 6

7、12、8、14、15、9 の平均値を求めなさい。

問題例 7

69 % を分数で表しなさい。

問題例 8

直線 m は円の _____ である。



問題例 9

1,000 ゼットを 4 % の利率で銀行に預金したとします。

1 年後の預金残高は何ゼットになりますか。

再現クラスターに分類される評価問題との違いを明確にするために、問題例 3 で説明した預金口座の問題は、この再現クラスターには属さない例としてあげられる。この問題は、ほとんどの生徒が決まり切った手順を単純に応用するだけでは解答できるものではなく、再現クラスター能

力の特性には入らない一連の推論と計算手順の応用を必要としている。

●**関連付けクラスター (The connections cluster)**

関連付けクラスター能力は、単なる決まり切ったものではないが、どちらかといえば身近、あるいは擬似的に身近な状況にあって問題を解決する点において、再現クラスター能力に基づいて成り立っている。

再現クラスターで説明された能力に加え、関連付けクラスター能力には以下のものが含まれる。

1. 思考と推論 (Thinking and reasoning) : これには、①質問 (「どこで見つけることができるか?」、「どの数学が関係しているのか?」) をすることやそれらに対応する答えの種類 (表、グラフ、代数、図形などにより提供) を理解すること、②定義と主張並びに異なる種類の主張を区別すること、③数学的概念をそれが最初に導入された頃、あるいは、引き続き練習された頃からは多少異なる文脈において理解し、処理することが、含まれる。
2. 論証 (Argumentation) : これには、①証明とより幅広い形式の議論及び推論を区別しない単純な数学的推論を行うこと、②様々な異なる形式の数学的議論の連鎖をたどり、評価すること、③発見法に対する感覚を持つこと (例えば、「何が起こり得るか、得ないか、その理由は何か?」、「我々は何を知っているのか、何を得たいのか?」など)、が含まれる。
3. コミュニケーション (Communication) : これには、身近な対象物の名前と基本的な特徴を再現し、計算とその結果を (通常は複数の方法により) 説明することから、関係を含む事柄の説明に至るまで、数学的事象について理解し、口頭あるいは各国によって自分を表現することが含まれる。これにはまた、これらの事象に関する他人が書いた文書または口頭による記述を理解することが含まれる。
4. モデル化 (Modelling) : これには、①モデル化される場または状況を構造化すること、②あまり複雑ではないが通常生徒の身近にあるものとは異なった文脈において、「現実」を数学的構造に変換することが含まれる。これはまた、③モデル (及びその解答) と「現実」との間を行ったり来たりしながら解釈すること、及び④モデルの結果についてコミュニケーションすることが含まれる。
5. 問題設定と問題解決 (Problem posing and solving) : これには、①練習された多肢選択式での標準的な純粋問題や応用問題を再現することを越えて問題を設定し、定式化すること、及び②標準的なアプローチと手順を援用し、用いることによって、その様な問題を解決することが含まれる。しかしこの場合、異なる数学的領域と表現・コミュニケーションの様式 (図式、表、グラフ、言葉、絵) との間を関連づけている、より独立した問題解決である。
6. 表現 (Representation) : これには、①数学的対象物の身近な表現やそれほど身近ではない表現を解読し、コード化し、解釈すること、及び②数学的対象物や状況の表現の異なる形式との間で選択し、切り替えること、並びに③表現の異なる形式を変換し、区別することが含まれる。
7. 記号言語、公式言語、技術的言語、演算を使用すること (Using symbolic, formal and technical language and operations) : これには、①あまりよく知られていない文脈及び状況に

おける基本的な記号言語や公式言語を解説し、解釈すること、及び②変数を使うこと、方程式を解くこと、慣れた手順で計算をすることなど、記号を含む記述及び式や公式をはじめとする命題及び数式を扱うことが含まれる。

8. 支援手段と道具の使用 (Use of aids and tools) : これには、身近な支援手段及び道具について、これらの使用が導入され練習されたものとは異なる文脈・状況・方法において、これを知り、使用することができることが含まれる。

このクラスターに関連する評価問題は通常、各種の包括的アイディアからの材料、あるいは異なる数学カリキュラムの構成要素からの材料を統合し、関連づける上で、あるいはまたある問題の異なる表現を結び付ける上で何らかの証拠を必要とする。

能力の関連付けクラスターを測定する評価問題は、「統合」、「関連付け」、及び「練習された材料の適度な拡張」というキーワードによって記述することができる。

●関連付けクラスターの問題例

関連付けクラスターの最初の例は、問題例3の「預金口座」に示されている。関連付けクラスターの他の問題例を以下に示す。

問題例 10

メアリーの家は学校から2キロメートル、マーチンの家は5キロメートルのところにあります。メアリーとマーチンの家はどの位離れていますか。

この問題が最初に教師たちに示されたとき、彼らの多くは、答えが3キロメートルであることは容易に分かるとして、この問題が易しすぎるという理由からこれを却下した。別の教師のグループは、答えが存在しないという理由から、これは良い問題ではないと主張した。つまり、数値として1つの答えはないからというのである。3つ目の反応は、可能な答えが数多く存在するのでこれは良い問題ではない、というものであった。これ以上の情報がなければ、マーチンとメアリーの家は3~7キロメートルの間で離れていると結論づけることができるが、このような答えは問題としては望ましいものではないということからである。またある少数のグループは、これは優れた問題であると考えた。何故ならば、問題を解くためには質問をよく理解しなければならないからである。生徒に方略が知られていないためこれは真に問題解決であるといえ、このため、生徒がどのようにその問題を解いたらよいかという手がかりがなくても、これは美しい数学である。この問題を能力の関連付けクラスターと関連させているのは、この最後の解釈である。

問題例 11：事務所の賃貸

次の2つの広告がある国の新聞に掲載されました。その国の通貨はゼットです。

| 建物 A | 建物 B |
|-----------------------------|------------------------------|
| 事務所使用可能スペース 58~95 平方メートル | 事務所使用可能スペース 35~260 平方メートル |
| 月額賃料 475 ゼット | 年額賃料 1 平方メートル |
| 100~120 平方メートル | 当たり 90 ゼット |
| 月額賃料 800 ゼット | |

ある会社はその国で、事務所として 110 平方メートルを 1 年間賃借したいと考えています。建物 A と建物 B のどちらのほうが安く借りられますか？ 考え方も示しなさい。[*IEA/TIMSS]

問題例 12：ピザ

あるピザ店では、同じ厚さでサイズの異なる 2 種類の円形のピザを売っています。

小さい方は直径が 30 cm で、値段は 30 ゼットです。大きい方は直径が 40 cm で、値段は 40 ゼットです。[*PRIM, ストックホルム教育研究所]

どちらのピザのほうが得でしょうか。考え方も示しなさい。

これら両方の問題において、生徒は、現実の世界の状況を数学的な言語に変換し、適切に比較することができる数学モデルを作成し、その解答が当初の問題の文脈に適合しているかどうかをチェックし、その結果を伝達する必要がある。これらはすべて関連付けクラスターに関連する活動である。

●熟考クラスター (The reflection cluster)

このクラスターにある能力には、問題を解くために必要とされる、あるいはまた問題を解くために用いられる過程について、生徒の側で熟考するという要素が含まれる。これらの能力は関連付けクラスターよりも多くの要素を含有し、より「原型」に近い（あるいは身近ではない）問題設定において、解答の方略を計画し、実施することができる生徒の能力に関係している。関連付けクラスターで説明されている能力に加え、熟考クラスターの場合、能力には以下のものが含まれる。

1. 思考と推論 (Thinking and reasoning) : これには、①質問（「どこで見つけることができるか?」、「どの数学が関係しているのか?」、「問題または状況の本質的な側面は何か?」）を設定することや、それらに対応する答えの種類（表、グラフ、代数、図形、主要なポイントの特定などにより提供）を理解すること、②定義、定理、推測、仮説、特別な事例についての主張を区別すること、③これらの区別について熟考したり、あるいは積極的に発言したりすること、④新しい文脈または複雑な文脈における数学的概念を理解し、処理すること、及び⑤与えられた数学的概念の範囲と限界を理解し、処理し、結果を一般化することが含まれる。

2. 論証 (Argumentation) : これには、①証明することと、証明とより幅広い形式の議論及び推論を区別することを含めて単純な数学的推論を行うこと、②様々な異なる形式の数学的議論の連鎖をたどり、評価し、構築すること、③発見法 (例えば、「何が起り得るか、得ないか、その理由は何か?」、「我々は何を知っているのか、何を得たいのか?」、「どの特徴が重要か?」、「対象物はどのように関連しているか?」など)を使用すること、が含まれる。
3. コミュニケーション (Communication) : これには、①身近な対象物の名前と基本的な特徴を再現し、計算とその結果を (通常は複数の方法により) 説明することから、論理的関係を含む事柄の説明に至るまで、数学的事象について理解し、口頭あるいは書くことによって自分を表現することが含まれる。これにはまた、②これらの事象に関する他人が書いたことまたは口頭による記述を理解することが含まれる。
4. モデル化 (Modelling) : これには、①モデル化される場または状況を構造化すること、②複雑で、通常生徒の身近にあるようなものとはずいぶん異なる文脈において「現実」を数学的構造に変換させること、③モデルの解答についてコミュニケーションするという面を含みながら、モデル (及びその解答) と「現実」との間を行ったり来たりしながら解釈すること、④情報とデータを収集し、モデル化の過程を監視し、結果として得られたモデルを検証することが含まれる。さらに、⑤分析を通じて熟考すること、⑥批評を提供すること、⑦モデル及びモデル化についてより複雑なコミュニケーションを行うことを含む。
5. 問題設定と問題解決 (Problem posing and solving) : これには、①練習された多肢選択式の標準的な純粋問題と応用問題の再現を十分に越えて、問題を設定し、定式化すること、及び②標準的アプローチと手順を援用し、用いることによって、このような問題を解決することが含まれる。しかしこの場合、より原型的な問題解決の過程においては、異なる数学的領域と表現及びコミュニケーションの様式 (図式、表、グラフ、言葉、絵) との間を関連づけている。また、③方略と解答について熟考することも含む。
6. 表現 (Representation) : これには、①数学的对象物の身近な表現やそれほど身近ではない表現を解読し、コード化し、解釈すること、及び②数学的对象物や状況の表現の異なる形式の間で選択し、切り替えること、並びに③異なる表現の形式を変換し、区別することが含まれる。さらに、④表現を創造的に結合すること、及び非標準的な表現を発明することも含まれる。
7. 記号言語、公式言語、技術的言語、演算を使用すること (Using symbolic, formal and technical language and operations) : これには、①未知の文脈及び状況において実行される記号言語や公式言語を解読し、解釈すること、及び②変数を使うこと、方程式を解くこと、計算をすることなど、記号を含む記述や式及び公式を扱うことが含まれる。また、複雑な記述や式を扱ったり、慣れていない記号や公式言語を扱う能力やそのような言語と自然言語の間を理解し、変換する能力が含まれる。
8. 支援手段と道具の使用 (Use of aids and tools) : これには、①身近または身近ではない支援手段及び道具について、これらの使用が導入され、練習されたものとは相当異なる文脈・状況・方法において、これを知り、使用できることが含まれる。また、②これらの支援

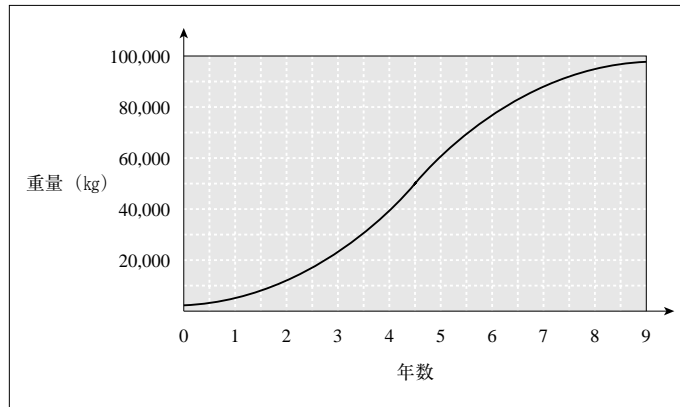
手段及び道具の限界について知ることが含まれる。

能力の熟考クラスターを測定する評価問題は、「高度の推論」、「論証」、「抽象化」、「一般化」及び「新しい文脈に適用されるモデル化」というキーワードによって説明することができる。

●熟考クラスターの問題例

問題例 13：魚の成長

水路に何匹かの魚が放流されました。次のグラフは、水路にいる魚の体重の合計で成長のモデルを示したものです。



ある漁師が、何年か待ってから水路の魚を捕る計画を立てたとします。水路から毎年捕れる魚の数を最大にするためには、何年間待たなければならないでしょうか。あなたの解答を導いた考え方も示してください。

問題例 14：予算

ある国では1980年の国防予算が3,000万ドルで、その年の国家予算は5億ドルでした。翌年の国防予算は3,500万ドルで、国家予算の合計は6.05億ドルでした。この2か年間のインフレ率は10%でした。

- A. あなたは、平和主義者協会で講演するよう依頼されたとします。あなたは、この時期の国防予算が減少したと説明するつもりです。どうしてそのように言えるのか、説明してください。
- B. あなたは、陸軍士官学校で講演するよう依頼されたとします。あなたは、この時期の国防予算が増加したと説明するつもりです。どうしてそのように言えるのか、説明してください。

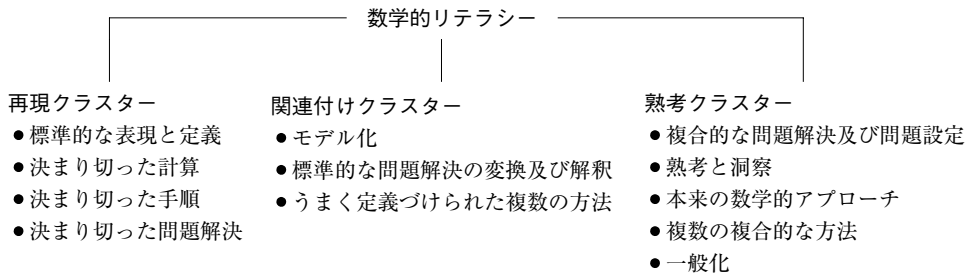
出典：de Lange and Verhage (1992年)、使用許可取得済み。

問題例 13 が、真正な文脈における数学的問題解決の定義に適合することは明らかである。生徒はいくぶん複雑で身近ではない問題において、自分自身の方略を考え出し、論証しなければならない。この問題が複雑であるのは、部分的には、グラフと文章の両方で提供される情報を注意深く結合する必要があるからである。さらに、生徒が直ちにわかるような答えは存在しない。生徒はグラフを解釈し、例えば、成長率が最大になるのは5年ほど後のことであることに気づかな

なければならない。問題に首尾よく答えるためには、生徒は出てきた答えを熟考し、自分の方略が成功したかどうかを考えなければならない。さらにまた、この問題は論証と「証明」の提示を求めている。一つのやり方としては試行錯誤法を用いることが考えられ、例えば3年しか待たない場合どのようなことになるかをみて、それ以降についても考えてみる。5年目の終わりまで待った場合、年間漁獲量は20,000kgに達する。これほど長く待てないとして、その1年前から漁を開始した場合、年間漁獲量は17,000kgである。長く待ちすぎた場合（例えば6年間）も、年間漁獲量は18,000kgである。したがって最適の結果は、5年間後に漁を開始する場合に得られる。

問題例14は、16歳の生徒を対象に徹底的に調査されたものである（de Lange, 1987, pp.87-90）。この問題は熟考クラスターの問題を極めて良く示している。すなわち、生徒はリテラシーの側面を直ちに認識し、しばしば、ある程度の一般化を行うことができた。というのは、解答の核心は、この問題における重要な数学的概念が絶対的成長度と相対的成長度を認識することにあるからである。もちろん、問題の背後にある重要な概念的アイデアを失うことなく、より年少の生徒が問題に取り組むことができるように、インフレの問題を省略することもできる。しかしその場合には、複雑性が失われてしまうことになり、その結果、必要とされる数学化が失われることになる。この問題をより「易しく」するもう1つの方法は、データを表や図式で示すことである。その場合には、数学化の側面はもはや必要ではなくなり——生徒は問題の核心から直ちに解き始めることができる。

図 1.4 ■ 能力クラスターの概略図



◎PISA 調査の数学における数学的プロセスの要約

図 1.4 は能力クラスターを概略的に図示して、クラスター間の違いを要約したものである。

これまで数ページにわたって説明してきた能力の説明を用いて、数学の問題を分類し、それらを能力クラスターのうちの1つに割り当てることは可能である。これを行う一つの方法は、問題の要求を分析し、次にその3つのクラスターのうちのどれが当該能力に関して最もその問題の要求に合致しているかに基づきながら、その問題に対して8つの能力それぞれを評価してみることである。任意の能力が熟考クラスターの説明に合致しているとみなされた場合、その問題は熟考能力クラスターに割り当てられる。そうではなく、1つ以上の能力が関連付けクラスターの説明に合致するとみなされた場合には、問題はそのクラスターに割り当てられる。それ以外の場合、問題は再現クラスターに割り当てられる。すべての能力は再現クラスター能力の説明に合致すると見なされるはずだからである。

1.4 数学的リテラシーの評価

1.4.1 課題の特性

前節において、PISA 調査における数学的リテラシーの領域が定義づけられ、評価の枠組みの構造が説明された。本節では、生徒を評価するために用いられる評価課題の詳細な特徴についてさらに考察する。また、課題の性質と課題の書式について説明する。

◎PISA 調査における数学のための課題の性質

PISA 調査は 15 歳児のリテラシー技能に関する国際的な調査である。使われるすべての調査問題は、OECD 諸国における 15 歳の生徒に適したものであるべきである。

通常、問題は何らかの刺激材料または情報、導入、実際の問題、及び求められる解答によって構成されている。さらに、自動的にはコード化できない回答を持つ問題に関しては、どの参加国であっても同様に、訓練を受けた採点者が生徒の回答を一貫した信頼できる方法でコード化することができるように、詳細なコード体系が開発されている。

本枠組みの初めの方の節で、PISA 調査における数学の問題で用いられる状況がかなり詳細に取り上げられた。2003 年調査では、各問題は、私的状況、教育的／職業的状況、公共的状況、及び科学的状況という 4 つのタイプのうちの一つに位置づけられる。2003 年調査の数学調査のために選択された問題は、これらの状況のタイプにわたる広がりを表す。

これに加えて、真正的であると見なしうる問題の文脈の方がよしとされる。つまり、PISA 調査は、現実の世界状況で遭遇する課題や、問題を解くために数学を使用することが真正的であるような文脈を持つ課題を、最も高く評価するということである。解答とその解釈に影響を与える文脈が数学外であるような問題が、数学的リテラシーを評価するための媒体として好ましいとされている。

問題は、本枠組みで説明した包括的アイデア（現象学的問題カテゴリー）に主に関連すべきである。2003 年調査用の数学の調査問題を選択することにより、4 つの包括的アイデアがうまく表現されることが確実となる。

問題は、本枠組みの中で説明されている数学的プロセスの 1 つ以上を含むとともに、能力クラスターのうちの一つに主に分類されるべきである。

生徒が問題にうまく取り組むことができるように、2003 年調査に盛り込むための問題を開発し、選択する際には、設問の表現の仕方が非常に注意深く検討されている。問題の言葉遣いは可能な限り簡潔で直接的なものとした。また、文化的なバイアスを助長するような問題の文脈が避けられるように、細心の注意が払われている。

PISA 調査に参加する生徒の能力範囲は非常に広範にわたると予想され、これに適応するため、PISA 調査に盛り込むために選択された問題には、幅広い難易度が示されている。さらに、本枠組みの主要な分類（特に、能力クラスター及び包括的アイデア）は、広範な難易度の問題によって可能な限り示すべきである。問題の難易度は、本調査用に問題を選択するよりも先に、広範囲にわたる予備調査の問題において確立されている。

●問題の種類

評価用具が作られるとき、生徒の達成度に関する問題の種類の影響、そして、評価される構造の定義に対する影響については、注意深く検討しなければならない。このことは特に、PISA 調査のようなプロジェクトにおいては特にその核心に関連している。というのも、調査に当たっては大規模に国際比較を実施するという文脈が、実行可能な問題形式の修理の範囲に関して厳密な制約を課しているからである。

PISA 調査は、自由記述式の問題、短い解答を記入する問題、多肢選択式の問題などを組み合わせることによって、数学的リテラシーを評価するものである。2003年調査の問題を作成する際には、それぞれの形式からほぼ同じ問題数が採用される。

PISA 2000年調査用の調査問題を開発し、使用した経験から、多肢選択式は概して、再現クラスター及び関連付け能力クラスターに関連する評価問題に最も適していると見なされている。この形式については問題例 15 を参照いただきたいが、これは、関連付け能力クラスター及び限定的な数の定められた解答選択肢に関連する一つの問題例を示している。この問題を解くためには、生徒は問題を数学用語に変換し、説明されている文脈の周期的性質を表現するモデルを考案するとともに、与えられた選択肢の一つに解答を合致させるように、そのパターンを拡張しなければならない。

問題例 15：あざらし

あざらしは、睡眠中でも呼吸しなければなりません。マーチンは1時間にわたってアザラシを観察しました。観察を開始したとき、あざらしは海の底に飛び込み、眠り始めました。そして8分後にはゆっくり浮き上がり、呼吸しました。

その3分後にあざらしは再び海の底に潜りましたが、この全行程は極めて定期的に繰り返されていました。

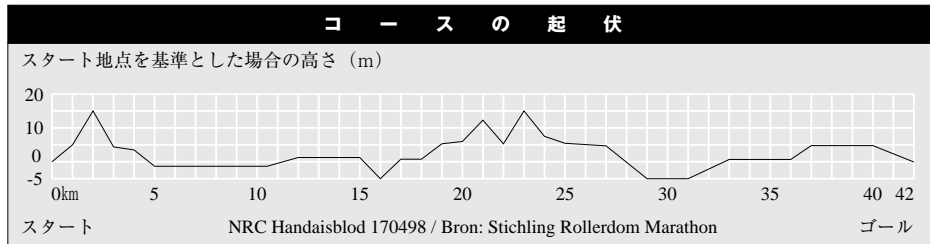
1時間後、あざらしは次のどの状態にありますか。

- A. 海の底にいる。
- B. 浮き上がる途中である。
- C. 呼吸中である。
- D. 海底に沈みつつある。

いくつかの高次の目標や、より複雑な過程にあっては、他の形式の問題のほうがしばしばよいとされる。閉じた短い文章で解答する問題は多肢選択式に似ているところがあるが、違うのは、正答か誤答かを容易に判断できるような解答を生徒自身が生み出すよう求められている点である。この形式の問題の場合、推測することが関心事になるようなことはおそくないので、(評価対象の構造に影響を与える) 選択肢を提示する必要はない。例えば、問題例 16 の場合正解は1つだけであって、それ以外の解答は誤答となる。

問題例 16：ロッテルダム・マラソン

1998年のロッテルダム・マラソンでは、テプラ・ロールペが優勝しました。彼女は、「平坦なコースで、走りやすかったわ。」と言いました。下の図は、ロッテルダム・マラソンのコースの起伏を示したものです。



コースで最も高い地点と最も低い地点の差は、何メートルですか。

_____ m

自由記述式問題は生徒のより幅広い解答を求めており、解答を生み出す過程は頻繁に高次の認知活動を必要とする。しばしば、このような問題は単に生徒に対して解答を出すよう求めるだけでなく、いかにその解答を導いたかという段階を示したり、説明したりすることを求めている。自由記述式問題の重要な特徴は、問題例 17 で例示されているように、一連の数学的な複雑さの水準によって、解答をもたらす能力を示すことができることである。

問題例 17：インドネシア

インドネシアはマレーシアとオーストラリアの間に位置しています。下の表は、インドネシアの人口のデータと島別の人口分布を示しています。

| 地域 | 面積 (km ²) | 総面積に対する割合 | 1980年の人口 (100万) | 総人口に対する割合 |
|---------------|-----------------------|-----------|-----------------|-----------|
| ジャワ/マドゥラ | 132,187 | 6.95 | 91,281 | 61.87 |
| スマトラ | 473,606 | 24.86 | 27,981 | 18.99 |
| カリマンタン (ボルネオ) | 539,460 | 28.32 | 6,721 | 4.56 |
| スラワジ (セレベス) | 189,216 | 9.93 | 10,377 | 7.04 |
| バリ | 5,561 | 0.30 | 2,470 | 1.68 |
| イリアン・ジャワ | 421,981 | 22.16 | 1,145 | 5.02 |
| 合計 | 1,905,569 | 100.00 | 147,384 | 100.00 |

インドネシアの主な難問の一つは、島々の人口分布が均等ではないことです。上の表から、総面積の7%を占めるにすぎないジャワ島に、人口のほぼ62%がいることがわかります。

インドネシアの不均等な人口分布を示すグラフ(複数可)を作ってみてください。

資料：de Lange and Verhage (1992年)、使用許可取得済み。

PISA 調査の場合、数学の問題の約3分の1は自由記述式問題である。これらの問題の解答については、専門的な判断を要素とするコード化説明書に基づいて、採点する訓練を受けた人がコード化することになっている。これら問題の採点結果について採点者の間で一致しない可能性

があるため、PISA 調査では採点者の信頼性調査を実施し、不一致の程度を監視している。こうしたタイプの調査における経験から、コード化の明確な説明書を開発すること、及び、信頼できる得点を得ることは可能であることがわかっている。

PISA 調査ではユニットという形式が用いられているが、これはいくつかの小問が共通の刺激材料で結び付けられているものである。この形式の課題を通して、生徒たちは次第に複雑になる一連の問題を問うことによって、文脈または問題にかかわりを持つ機会が与えられる。ユニットの最初のほうの問題は、基本的に多肢選択式または短い文章で解答するのに対して、これに続く問題は概して自由記述式問題である。この形式は各能力クラスターを調査するために用いることができる。

共通の刺激・課題の形式を用いる一つの理由は、これによって現実的な課題を考案し、さらにその課題に現実の生活状況の複雑さを反映することが可能となるからである。もう一つの理由は調査時間を有効に使うため、生徒が状況の主題に「入り込む」のに必要な時間を節約することができる。課題内ではそれぞれ設問の得点について互いに独立している必要があることが認識されているとともに、PISA 調査の課題、解答コード、得点化の説明書の設計においても考慮されている。使用する状況の数をより少なくすることによって生じる偏りを、最小限に抑えることが重要であるということも認識されている。

1.4.2 評価構造

2003 年調査の調査問題には、合計 210 分間の調査時間に相当する内容が含まれている。選択された調査問題は 7 つの問題クラスターに配置され、各問題クラスターは 30 分間の調査時間に相当する内容となっている。問題クラスターは、ローテーションによって調査ブックレットに配されている。

数学の調査時間は、本枠組みで説明された 4 つの包括的アイデア（量、空間と形、変化と関係、不確実性）、及び 4 つの状況（私的、教育的／職業的、公共的、科学的）について、できる限り均等になるように配分されている。3 つの能力クラスター（再現、関連付け、熟考）を反映する問題の割合は、約 1 : 2 : 1 である。問題の約 3 分の 1 は多肢選択式、約 3 分の 1 は閉じた短い文章で解答する問題であり、約 3 分の 1 が自由記述式である。

1.4.3 数学的習熟度の報告

PISA 調査の調査用紙に対する解答データを要約するため、5 段階で説明される到達尺度を作成する予定である (Masters & Forster, 1996; Masters, Adams, & Wilson, 1999)。この尺度は統計的に作成されるもので、順位づけされた結果データを尺度化するのに項目反応モデル化アプローチ (item response modelling approach) を使用している。全体的な尺度は、異なる国々の生徒の到達度を記述された 5 つのレベルで分類することによって、到達度の特徴を説明するために用いられ、こうして国際比較のための基準枠を提供することになる。

若干の別の報告尺度を開発することが検討されるであろう。このような下位尺度が 3 つの能力クラスターあるいは 4 つの包括的アイデアに基づくであろうことは、極めて明白である。別の報告尺度は、精神測定学的な検討を含みながら、かつ PISA 調査によって作成されたデータ分析

を経て、様々な根拠に基づいて決定される。これらの可能性を促進するため、それぞれの可能性がある報告カテゴリから、十分な数の調査問題がPISA調査の調査用紙に含まれるよう、確実に選択される必要がある。さらに、このような各カテゴリの問題は、適度に幅広い難易度を持つようなものである必要がある。

本枠組みにおいて先に説明した能力クラスターは、幅広く次第に高まる認知的な要求と複雑さの概念的なカテゴリを反映するものではあるが、調査問題の難易度に基づいて生徒の到達度を厳密に階層化するためのものではない。概念的な複雑さは、到達レベルに影響を与える問題の難易度を構成する1つの要素にすぎない。この他の要素としては、身近な事柄であることや、学習・実践する機会が最近あったことなどが含まれる。このように、再現クラスター能力にかかわる多肢選択式の問題（例えば、「次の形のうち、直方体はどれか？」という問いがあり、続いてボール、缶、箱、正方形が示された場合など）は、これらの用語の意味についてすでに知っている生徒にとっては非常に簡単だが、ここで使用されている用語に馴染みがない生徒にとっては非常に難しい問題となる。比較的難しい再現クラスターの問題及び比較的簡単な熟考クラスターの問題を想像することは可能であるし、また各クラスター形式の中には、可能な限り幅広い難易度を持つ問題を含めるべきではあるが、能力クラスターと問題の難易度との間には、幅広い肯定的な関係が存在すると考えられる。

問題の難易度と数学的習熟度が徐々に高くなることを裏づけている要因には、以下が含まれる。

- 必要とされる解釈・熟考の種類と程度。これには、問題の文脈から生じる要求の特徴、問題の数学的要求が明らかである範囲、あるいは生徒が自分の数学的解釈を問題にあてはめてみなければならないその程度、及び洞察力・複合的推論・一般化の能力が求められる範囲などが含まれる。
- 必要とされる再現技能の種類。これには、再現がたった1つの様式で用いられるような問題から、生徒が再現を異なる様式間で切り替えなければならないか、あるいはまた自分で適切な再現の様式を見つけなければならないような問題まで、幅広く含まれる。
- 必要とされる数学的スキルの種類とレベル。これには、生徒が基本的な数学的事実を再現し、簡単な計算処理を行うことが求められる一段階問題から、より高度な数学的知識と複合的な意思決定、情報処理、問題解決及びモデル化のスキルが求められる多段階問題を含む。
- 必要な数学的論証の種類と程度。これには、まったく論証を必要としない問題から、生徒がよく知られた論証を応用するような問題、さらには生徒が数学的論証を創り出さなければならないような問題、あるいは他の人々の論証を理解したり、与えられた論証や証明の正しさを判断したりしなければならないような問題が含まれる。

習熟度の一番低いレベルの生徒は、典型的には、よく知られた数学的事実やプロセスを再現したり、単純な計算能力を応用したりしながら、身近な文脈や数学的にうまく定式化された問題の認識を含む一段階の過程を実行する。

より高い習熟度レベルの生徒は、典型的には、一段階の処理過程より複雑な課題を実行する。彼らはまた、どの要素が適切かつ重要であり、いかにそれらが相互に関連し合っているか

を認識しながら、異なる情報を結び付けたり、異なる数学的概念・情報の表現を解釈したりする。典型的に彼らは、解答を出すために与えられた数学的モデルや定式化—これらはしばしば代数の形式をとるが—を使って作業を行ったり、解答を得るために一連の簡単な処理または計算を行ったりする。

一番高い習熟度レベルの生徒は、数学的問題に対するアプローチにおいて、より創造的で活動的な役割を果たす。彼らは典型的に、より複雑な情報を解釈し、多くの段階を処理する。また、彼らは問題の定式化を行い、しばしばその解決を促進するような適切なモデルを作成する。このレベルの生徒は典型的には、身近ではない問題の文脈であっても適切な道具と知識を特定し、応用することができる。同様に、適切な解法方略を特定する際に洞察力を発揮するとともに、その他の高次認識プロセス、すなわち一般化、推論、論証などの能力を発揮して、結果を説明し、伝達する。

1.4.4 支援手段及び道具

計算機（電卓）及びその他の道具の使用に関して、PISA 調査では、生徒が通常学校で使用しているように、それらを自由に使用することができるとしている。

このことは、生徒が達成できることを最も真正に調査することを表すとともに、教育システムの成果について最も多くの情報を伝える比較であることを示している。生徒が計算機（電卓）にアクセスし、使用することができるシステムを選択することは、そうではない指導方針—システムによって決められていて、PISA 調査によっても統制されない指導方針—と、基本的に異なるものではない。

問題を解く際に計算機（電卓）を使うことに慣れている生徒は、もし使用することができなければ、不利な条件で調査を受けることになるであろう。

1.5 要約

PISA 調査の目的は、15 歳児が数学を使用するという観点からみて、各国が、彼らが積極的、熟考的かつ知的な市民になるためにいかに効率的に準備してきたかを示す指標を開発することである。この目的を達成するために、PISA 調査では、生徒が学習してきたことを使い得るような範囲を決めることに焦点をあてて、評価の開発を進めてきた。

本枠組みは数学的リテラシーの定義を提供し、2003 年に数学的リテラシーの調査を行うための文脈を設定するものである。2003 年調査では、OECD 諸国が、自らの教育システムにおける何らかの重要な成果を監視することができるであろう。本枠組みのために選択された数学的リテラシーの定義は、読解力及び科学的リテラシーにおけるリテラシーの定義と一貫性があり、生徒が将来、社会に積極的に参加・貢献するメンバーになるための能力を評価する PISA 調査の方向性とも一致している。

PISA 調査の他の枠組みと一致する数学枠組みの主な構成要素には、数学の使用に関する文脈、数学の内容、及び数学のプロセスが含まれ、これらはそれぞれ、直接リテラシーの定義から出たものである。文脈及び内容についての議論は、市民としての生徒が直面する問題の特徴に焦点を当てているが、その一方で、プロセスについての議論は、それらの問題を解決するために生徒が発揮しなければならない能力に焦点をあてている。これらの能力は、いわゆる「能力クラスター」と呼ばれる 3 つのグループに分類されてきたもので、複雑な認知プロセスが構造化された評価プログラムにおいて機能する方法を合理的に処理することができるためのものである。

PISA 調査の数学の評価にあたって、日常的な経験から生じる問題を解決するための数学的な知識・理解に重点を置いているということは、世界中の異なる教育システムにおいて様々なレベルで達成されている理想を具体的に表現したものである。PISA 調査は、多様な数学の問題に対して、様々に程度が異なる固有の指導と構造を与えようとするものであるが、生徒が自ら思考しなければならないような真正な問題を志向するものでもある。

1.6 問題例

本節では、PISA 調査の数学枠組みの各側面について例を挙げて説明するために、若干の数学の問題が示されている。これらの問題には、本枠組みとの関連で問題の要素を説明するために、注釈が付けられている。

これは、OECD が提供する数学の問題例としては 3 番目のものである。最初は 7 つのユニット（全部で 14 の設問から成る）が *Measuring Student Knowledge and Skills* (OECD, 2000) において紹介され、次に 5 つのユニット（全部で 11 の設問から成る）が *Sample Tasks from the PISA 2000 Assessment* (OECD, 2002a) で紹介された。

ここでは 13 の完全なユニットを掲載しており、これには合計 27 の問題が含まれている。これら各問題は 2002 年に実施された予備調査で用いられたものであるが、その調査は、2003 年の本調査に向けて問題を精選するための過程の一部として実施された。様々な理由があったが、主として、最終的に問題を確定する上で複雑な均衡を取る必要があったために、これらの設問は本調査では選択されなかった。それらの一部には、国際調査で使用する場合には理想的とはいえないような測定上の特性がある。にもかかわらず、それらは例示する上で有用であり、授業で活用することも可能であると考えられる。

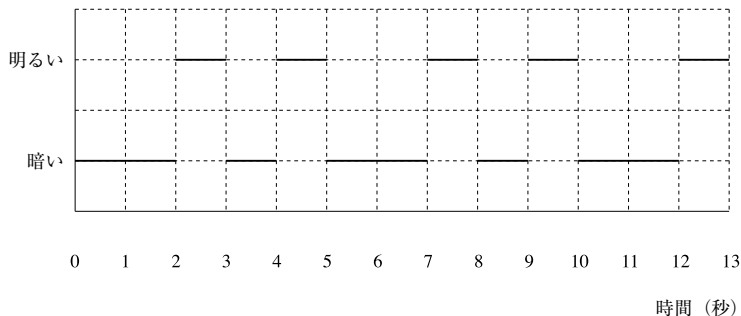
数学ユニット 1:

1.6.1 灯台

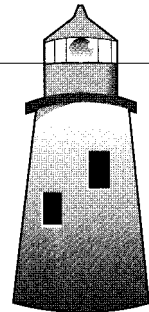
灯台は、一番上に標識灯がついています。灯台は、夜、船が岸の近くまで来たときに、どちらに進めばよいのかを教えてください。

灯台の照明は、決まったパターンで光りを点滅させます。どの灯台にも独自のパターンがあります。

下の図は、ある灯台の光のパターンを示しています。明るい時間と暗くなる時間が交互になっています。



これは規則的なパターンです。一定時間が過ぎると、そのパターンが繰り返されます。この一つのパターンが始まってから終わるまでの時間を周期と呼びます。パターンの周期がわかれば、この図を、簡単に何秒、何分、何時間でも延ばすことができます。



問題例：1.1

この灯台のパターンの周期は次のどれですか。

- A 2秒
- B 3秒
- C 5秒
- D 12秒

●問題例：1.1の採点基準

完全正答

コード1：解答C：5秒

誤答

コード0：その他の答え

問題形式：多肢選択式

能力クラスター：関連付け

包括的アイデア：変化と関係

状況：公共的

この真正な問題は生徒にとって馴染みのない方法で提示されているため、すぐに再現能力クラスターの範囲を出てしまう。そのグラフの表示は、全員でないにしろほとんどの生徒にとっては目新しいものである。この問題は最初から解釈と推論を必要とする。ほとんどの生徒はおそらく、状況を頭の中で模擬的に再現する。暗い—暗い—明るい—暗い—明るい—暗い—暗い—明るい……という具合である。グラフの表示、またはもっと言葉だけで示されるような他の表現によって、生徒は「リズム」を発見しなければならない。このように他の表現との間で関連付けを行う作業により、問題は確かに関連付け能力クラスターに適合することになる。

周期に関する基本的概念は単に数学の専門分野にとどまらず、日常生活においても重要である。予備調査によれば、ほとんどの生徒にとって、この問題は見かけは身近なものではなかったにもかかわらず、さほど難しいものではなかった。

この問題の文脈は、海の近くに住む生徒に有利であると言う人がいるかもしれない。しかしながら数学的リテラシーには、身近な文脈とは異なる状況において数学を使用する能力が含まれていることを指摘しなければならない。もちろん、海の近くに住む生徒が多少有利だというような側面があるかもしれない。しかし、この問題に関する国別の分析によれば、それは問題と無関係であり、内陸に位置する国の生徒も海に面した国の生徒も、達成度に変わりはなかったのである。

問題例：1.2

この灯台は、1分間に何秒間光を出しますか。

- A 4
- B 12
- C 20
- D 24

●問題例：1.2の採点基準

完全正答

コード1：解答 D：24

誤答

コード0：その他の答え

問題形式：多肢選択式

能力クラスター：関連付け

包括的アイデア：変化と関係

状況：公共的

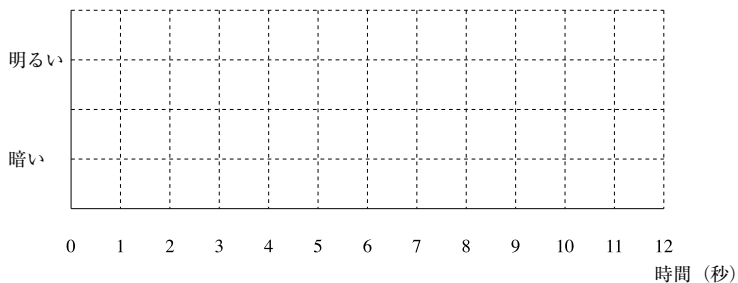
この問題例は問題例 1.1 より多少難解である。問題の性質も多少異なる。生徒は提供された視覚モデルを、時間的周期パターンを分析できるような数値モデルに変換しなければならない。生徒は問題例 1.1 の問題に正しく答えている必要はないが、その答えを使うことが1つの可能な方法である。したがって、周期は5秒間であるから1分間では12周期となるが、1回の周期で2回点減するので、正解は24秒間でなければならない。

このレベルの生徒が使用できるもうひとつの方法は、グラフの最初の10秒間または12秒間において、60を割り切ることのできる数字があるかどうかをみるというものがある。最初の10秒間を見ると点減が4回であることに気づき、これに6を掛ければ、答えはやはり24となる。しかしながら、これでは生徒が問題を完全に理解したかどうかの「証拠」は得られない。同じやり方を最初の12秒間に対しても試してみると、4回点減しているから、これを5倍して20秒間という結果になるが、この答えは誤っている。違いは、10秒間を選んだ場合、生徒は正確に2周期あることをつかんでいるが、12秒間を選んだときは、周期の倍数を正確につかんでいない点にある。

真正な問題であり難しくはないが、必要とされる段階が複数の手順のために、関連付けクラスターと結び付いた例である。

問題例：1.3

下の図に、1分間に30秒間の光を出す灯台の灯りのパターンを書いてください。このパターンの周期は6秒でなければなりません。



●問題例：1.3の採点基準

完全正答

コード2：6秒ごとに計3秒灯りがつき、計3秒暗くなるパターンが、6秒の周期でグラフに示されている。これは次のように書くことができる。

- 1秒と2秒の点灯（いくつかの方法が考えられる）または、
- 3秒の点灯を1回（4種類の方法で示すことができる）
- 2回の周期が書かれている場合、それぞれの周期のパターンは同じでなければならない。

部分正答

コード1：グラフは、6秒ごとに計3秒灯りがつき、計3秒暗くなるパターンを示しているが、周期が6秒ではないもの。2回の周期が書かれている場合、それぞれの周期のパターンは同じでなければならない。

- 1秒点灯、1秒間消灯を3回繰り返しているもの。

誤答

コード0：その他の答え

問題形式：自由記述式

能力クラスター：熟考

包括的アイデア：変化と関係

状況：公共的

「下の図に灯台の灯りのパターンを書いてください」という言葉遣いがすでに、この問題の「開いている」度合いを示している。設問は前の2つの設問に関連しているように思われるが、生徒の正答率はかなり低く、このためこの設問は「かなり難しい」こととなった。

生徒が、実際に何かを「構築する」あるいは「設計する」よう求められている点は興味深い。これは、数学的リテラシーの重要な側面の一つ、つまり、数学的な能力を受け身あるいは誘導的な方法で使用するだけでなく、解答を構築することを意味しているからである。この問題を解くことは決してありふれたことではない。なぜならば、2つの条件が満たされなければならないからである。すなわち、灯台の灯りがついている時間と消えている時間が等しいということ（「毎分30秒」と、周期が6秒間だということである。この組み合わせにより、すでに熟考能力クラスターでも指摘したことではあるが、生徒が概念レベルで周期を理解できることが重要となる。

数学ユニット2:

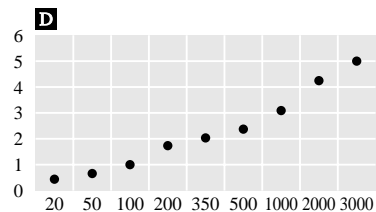
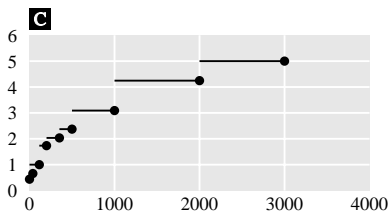
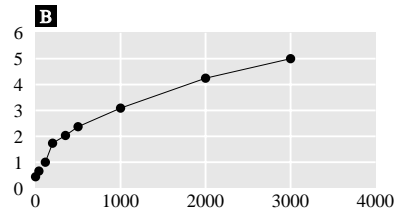
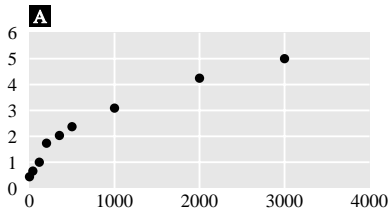
1.6.2 郵便料金

ゼッドランド国の郵便料金は、下の表に示すように、郵便物の重さを基準にして決められています（g単位未満の重さはg単位に四捨五入します）。

| 重さ（1グラム単位） | 料 金 |
|-------------------|----------|
| 20 g まで | 0.46 ゼット |
| 21 g - 50 g | 0.69 ゼット |
| 51 g - 100 g | 1.02 ゼット |
| 101 g - 200 g | 1.75 ゼット |
| 201 g - 350 g | 2.13 ゼット |
| 351 g - 500 g | 2.44 ゼット |
| 501 g - 1,000 g | 3.20 ゼット |
| 1,001 g - 2,000 g | 4.27 ゼット |
| 2,001 g - 3,000 g | 5.03 ゼット |

問題例：2.1

ゼッドランド国の郵便料金を最もよく表しているのは、次のどのグラフですか（横軸はグラム数、縦軸は料金（ゼット）を示します）。



●問題例：2.1の採点基準

完全正答

コード1：解答C

誤答

コード0：その他の答え

問題形式：多肢選択式

能力クラスター：関連付け
 包括的アイデア：不確実性
 状況：公共的

状況は明らかに公共的であり、問題はしばしば遭遇するものであるが、必ずしもこの形式とは限らない。日常生活では、市民は郵便物を郵便局の窓口に出し、送料がいくらになるかを尋ねるだけである。しかし、学識のある市民は多少なりとも、郵便料金のシステムやそのほかのシステムの構造についてよく考えてから行動すると思われる。多くの人々は、郵便料金がはじめは急が増えていくが、重さが増えるに従って料金の増え方が小さくなることを知っている。このような構造はかなり一般的なものである。

こうした構造を視覚的に表現できることに気づくことは、明らかに別の側面である。グラフは「段階グラフ」であり、生徒が学校のカリキュラムでこれを見かけることは全くないか、極めてまれである。生徒がこの問題をととても難しいと感じるのは、これが主な理由であろう。生徒はグラフの点と点を結び付ける訓練を受けていて、点と点を結ぶのに直線を使用すべきか、問題例 2.1 に示されているグラフ B のようにきれいな曲線で結び付けるべきか迷う。確かにグラフ B はグラフ A と異なり、どの重さであっても料金が示されているため、正解のように思われる。しかしながら、もちろんすべての料金が「存在」するわけではなく、料金の範囲は 0.46 ゼット、0.69 ゼット、1.02 ゼット……といったように、非常に限られている。したがって、グラフ B は不正解である。よって、重さと料金の表と最もよく一致しているのはグラフ C である。

もう1つ、この表とグラフとを結び付けることを複雑にしている要因は、グラフ A、B、C は使用されている尺度の関係で、最初の 500 グラムに対応する点を読むことが非常に難しいことである。最低料金まで表示したいと考える生徒にとっては、グラフ D が良いと思われるかもしれない。なぜなら、グラフ D は非常にわかりやすく表を表しているからであるが、その場合、生徒は尺度が直線的（水平的）でないことを認識できないかもしれない。けれども、グラフの上でひとつひとつばらばらになっている点は、表にあるような構造を表現できないことを理解するならば、生徒はこの選択肢を選ぶことはないであろう。

上述のことから、この能力クラスターは関連付けクラスターであることが明らかである。これは問題を解くために、馴染みのない表現と解釈の技能が必要とされるからである。

問題例：2.2

幸夫さんは友達に、40 グラムの品物と 80 グラムの品物の 2 つの品物を送ろうと思います。

ゼッドランド国の郵便料金に従い、2 つの品物を 1 つの郵便物として送ったほうが安いのか、それとも 2 つの品物を別々の郵便物として送ったほうが安いかを判断してください。それぞれの場合について、計算方法も示してください。

●問題例：2.2 の採点基準

完全正答

コード 1：2 つのものを別々の郵便物として送ったほうが安い。2 つの郵便物に分けた場合の料金は 1.71 ゼット、1 つの郵便物に両方を入れた場合の料金は 1.75 ゼット。

誤答

コード0：その他の答え

問題形式：自由記述式

能力クラスター：関連付け

包括的アイデア：量

状況：公共的

この問題例は問題例 2.1 より实际的であり、予備調査において、生徒が比較的簡単であると感じた問題である。

この問題例は関連付けクラスターに分類されるべきである。というのは、この問題は生徒にとっては身近であるとはいえないので、多少なりとも再現能力以上の能力を必要とするからである。幸夫さんは、それぞれ 40 グラムと 80 グラムの 2 つの品物を友人に送りたいと考えている。多少、直観に反するが、解答は表から容易に見つけることができる。40 グラムの送料は 0.69 セット、80 グラムは 1.02 セットであり、両方を合計すれば 1.71 セットとなる。1 個の小包で 120 グラムの場合は、送料は 1.75 セットである。この問題は数学的に複雑ではないが、数学的リテラシーの問題例としては適切である。つまり、このような問題は市民の生活の様々な状況において実際に発生するからである。

数学ユニット 3：

1.6.3 心拍

私たちは、健康のため、たとえばスポーツ中に、一定の心拍数を超えないように、体の動きを制限すべきです。

長い間、人間の 1 分間当たりの望ましい最大心拍数と年齢の関係は次の公式によって表されていました。

$$1 \text{ 分間当たりの望ましい最大心拍数} = 220 - \text{年齢}$$

最近の調査で、この公式に多少の修正を加えなければならないということがわかりました。新しい公式は次のとおりです。

$$1 \text{ 分間当たりの望ましい最大心拍数} = 208 - (0.7 \times \text{年齢})$$

問題例：3.1

ある新聞に次のような記事が出ました。「旧公式の代わりに新公式を使った結果、若年層の 1 分間当たりの望ましい最大心拍数は少し減少し、年長者の 1 分間当たりの望ましい最大心拍数は少し増加した。」

新公式を使うようになってから、1 分間当たりの望ましい最大心拍数が増加したのはどの年齢からですか。あなたの考えも式も示してください。

●問題例：3.1 の採点基準

完全正答

コード 1：41 または 40 を可とする。

$220 - \text{年齢} = 208 - 0.7 \times \text{年齢}$ から、 $\text{年齢} = 40$ となる。したがって、1 分間当たりの望ましい最大心拍数は、新しい公式で計算すると 40 歳以上の人から多くなる。

誤答

コード0：その他の答え

問題形式：自由記述式

能力クラスター：関連付け

包括的アイデア：変化と関係

状況：公共的／私的

この状況の分類はもちろん、人々が実際に自分の健康や体についてのデータに関心を持っているかどうかによって依拠している。この問題は（公式を使用しているため）若干科学的な性格のものであると言うこともできるが、実際には多くのスポーツマン・スポーツウーマン（ジョギング、サイクリング、ボートやウォーキングを楽しむ人など）が、運動中に、自分の心拍数を定期的に計測している。マイクロ・テクノロジーを使った安価な測定器が発売されたため、普通の人々もより一層健康に関心を持つことができるようになってきた。この状況は「公共的／私的」として分類することができる。

ここで処理の対象となっているのは、ありふれた問題解決であるというよりも、実際にはむしろモデル化であるため、関連付けクラスターへの分類はいささか直接的すぎるように思われる。また、包括的アイデアの変化と関係の場合も同様である。

この2つの公式を比較してみると、これらは共に手っ取り早い指針にすぎないけれども、特に、これらが部分的に「言葉」を使った公式として提示されているなど、人間の健康に係る極めて興味深い活動である。これは通常、生徒にとってはより身近なものと感じやすい。この問題を見て、生徒はまず、自分の年齢からどのような望ましい心拍数が導かれるかに興味を持つと思われる。PISA 調査の対象は15歳であるため、古い公式を使った場合、心拍数は毎分205（毎分という情報は与えられていないことはわかった上で）であり、新しい公式の場合は198（または197）である。これによって、生徒はすでに新聞の記事が正しいという印象を得たはずである。

提示されている問題例はこれよりももう少し複雑である。生徒は、いつ（どの年齢で）2つの公式が等しい結果を示すかを見つけなければならない。これは試行錯誤（多くの生徒たちの間で確立されているやり方）によって知ることができるが、より代数的な方法は $220 - a = 208 - (0.7 \times a)$ を使用する方法であり、これによって答えはおおよそ40となる。

数学的リテラシーの観点からみても、よりカリキュラム志向の数学の観点からみても、これは非常におもしろい適切な問題である。予備調査の結果によると、15歳の生徒にとってこの問題はかなり難しいものであった。

問題例：3.2

1 分間当たりの望ましい最大心拍数 $= 208 - (0.7 \times \text{年齢})$ という公式は、トレーニングが最も効果的になるのはいつかを特定するのにも使われます。調査によれば、心拍数が、1 分間当たりの望ましい最大心拍数の 80% のときにトレーニングが最も効果的になることがわかりました。

最も効果的なトレーニングのための心拍数を計算する公式を、年齢を用いて表してください。

◎問題例：3.2 の採点基準

完全正答

コード 1：1 分間当たりの望ましい最大心拍数の公式に 80% を掛けたものに等しい式。

- 心拍数 $= 166 - 0.56 \times \text{年齢}$
- 心拍数 $= 166 - 0.6 \times \text{年齢}$
- $h = 166 - 0.56 \times a$
- $h = 166 - 0.6 \times a$
- 心拍数 $= (208 - 0.7 \times \text{年齢}) \times 0.8$

誤答

コード 0：その他の答え

問題形式：自由記述式

能力クラスター：関連付け

包括的アイデア：変化と関係

状況：公共的／私的

この問題例は問題例 3.1 と全く同じ能力を測定しているように見える。(予備調査において) 正答率もほとんど同じである。しかしながら、注目すべき違いがある。問題例 3.1 の場合、生徒は 2 つの公式を比較して、両者の心拍数が同じになるのは何歳かを判断しなければならなかった。問題例 3.2 の場合、生徒には公式を「構成する」ことが要求されており、これは多くの国で、学校ではあまり要求されないことである。厳密に数学的な見地からは、この問題は決して難しいものではない。単純に式に 0.8 を乗じればよく、心拍数 $= (208 - 0.7 \times \text{年齢}) \times 0.8$ となる。このような簡単な代数式の操作であっても、実際的で現実的な文脈で表現された場合、多くの 15 歳の生徒にとっては実質的に難問と映る。

数学ユニット4：

1. 6. 4 居住面積に応じた支払額

賃貸マンションの住人たちが建物全体を買い取ることになりました。彼らは、自分の部屋の大きさに比例した額を支払うことにしました。

たとえば、すべての部屋を合わせた面積の5分の1を所有している人は、建物総額の5分の1を支払います。

問題例：4. 1

次の文のそれぞれについて、「真」または「偽」に○をつけてください。

| 文 | 真 / 偽 |
|---|-------|
| 一番大きな部屋に住んでいる人は、一番小さな部屋に住んでいる人より、1平方メートル当たりについて払う金額が多い。 | 真 / 偽 |
| 2つの部屋の面積とどちらかの価格がわかれば、もう一方の部屋の価格を計算することができる。 | 真 / 偽 |
| 建物の価格とそれぞれの所有者が支払った金額がわかれば、すべての部屋の面積が計算できる。 | 真 / 偽 |
| 建物の総額を10%下げると、それぞれの所有者の支払う金額も10%減る。 | 真 / 偽 |

●問題例：4. 1の採点基準

完全正答

コード1：上から、誤、正、誤、正と記した解答。

誤答

コード0：その他の組み合わせによる答え

問題形式：複合多肢選択式

能力クラスター：関連付け

包括的アイデア：変化と関係

状況：公共的

この問題では、15歳の生徒にとっては多少馴染みのない、社会における実際的な状況に関係したもので、比例的推論のかなり高いレベルの能力が求められている。用いられているのは複雑な多肢選択式の問題で、生徒は、関連する概念についてかなり徹底した理解力を示すことが求められている。これに加えて、生徒は一連の複雑な数学的命題を読んで、理解することが求められている。予備調査によると、この問題はかなり難解であることが判明した。

問題例：4. 2

この建物には3つの部屋があります。一番大きな部屋1号室の面積は95㎡です。2号室と3号室の面積はそれぞれ85㎡と70㎡です。建物の販売価格は300,000ゼットです。

2号室の所有者はいくら支払えばよいですか。考え方も示して下さい。

◎問題例：4. 2の採点基準

完全正答

コード2：102,000ゼット。計算は書かれていても、書かれていなくてもよい。単位は不要。

- 2号室：102,000ゼット
- 2号室： $300,000 \times \frac{85}{250} = 102,000$ ゼット
- 1平方メートル当たり $\frac{300,000}{250} = 1,200$ ゼット（1㎡の単価）。

したがって、2号室は102,000。

部分正答

コード1：計算方法は正しいが、小さな計算ミス（複数可）がある。

- 2号室： $\frac{85}{250} \times 300,000 = 10,200$ ゼット

誤答

コード0：その他の答え

問題形式：自由記述式

能力クラスター：関連付け

包括的アイデア：量

状況：公共的

問題例4.2は「実際の」面積を伴う「実際の」部屋という、さらに具体的な内容となっている。予備調査によると、この問題は、より抽象的であった最初の問題よりはかなり容易であることが判明した。

生徒にとって馴染みのない文脈で、多段階の問題解決が必要であることを考えるならば、本問題例を能力クラスターにおいて関連付けに分類することは適切である。

数学ユニット5：

1. 6. 5 生徒の身長

問題例：5. 1

ある日の数学の授業で、生徒全員の身長を測りました。男子の平均身長は160 cm、女子の平均身長は150 cmでした。女子で一番身長が高いのは180 cmの広美さん、男子で一番身長が低いのは130 cmの弘さんでした。

その日の欠席者は2人でしたが、次の日は2人とも出席しました。2人の身長を測り、平均を計算し直しました。驚いたことに、女子の平均身長と男子の平均身長は変わりませんでした。

これらのことからどのような結論が導き出されるでしょうか。

それぞれの結論について「はい」または「いいえ」に○をつけてください。

| 結 論 | この結論を導き出すことはできますか。 |
|----------------------|--------------------|
| 2人とも女子だった。 | はい／いいえ |
| 1人は男子、1人は女子だった。 | はい／いいえ |
| 2人とも身長が同じだった。 | はい／いいえ |
| 生徒全員の平均身長は変わらなかった。 | はい／いいえ |
| 一番身長が低いのは、やはり弘さんだった。 | はい／いいえ |

●問題例：5. 1の採点基準

完全正答

コード1：すべての結論に「いいえ」とした場合

誤答

コード0：その他の組み合わせによる答え

問題形式：複合的多肢選択式

能力クラスター：熟考

包括的アイデア：不確実性

状況：教育的

この分類はかなりわかりやすく、問題が統計概念の理解を必要とすることから不確実性に、また、学校という状況においてのみ遭遇するような問題であることから教育的に、さらに、かなり重みのある「コミュニケーション」の側面があることから、すなわち、生徒が真に、詳細に言葉を理解し、高度な基本概念を理解しなければならないことから熟考に分類することができる。またこの問題には、質問（「どうやったらわかるのか?」、「どうやって発見するのか?」、「何が起りうるのか?」、「もし……としたらなら、どうなるか?」）を設定する能力や、複雑な文脈において数学的概念（この場合は平均）を理解し、それを扱う能力が必要である。

適切な数学的内容や情報を特定する数学化の側面が、この問題例において重要である。表面的な読み方をすると誤解する。事実、状況は複雑で、1つのクラス内で状況が変化し、時間的にも変化している。「クラス」という存在を使用しながら男子の平均身長と女子の平均身長が別々に

述べられ、次に、女子で一番身長が高いのは広美さんで、続いて男子で一番身長が低いのは弘さんであることが述べられている。生徒は弘さんが男子であり、広美さんが女子であること——これが事柄の本質である——に気づくために、問題を注意深く読まなければならない。最初2人の生徒が欠席したが、翌日はこの2人の生徒が出席したので2人の身長を測定し、平均を計算し直したにもかかわらず、平均身長は変わらなかった、というのが時間的変動である。つまり、次の日にクラスの人数は増えたことになるが、増えた2人の生徒が女子であるのか、男子であるのか、あるいは女子と男子それぞれ1人ずつであるのかについて、問題文からはわからないのである。

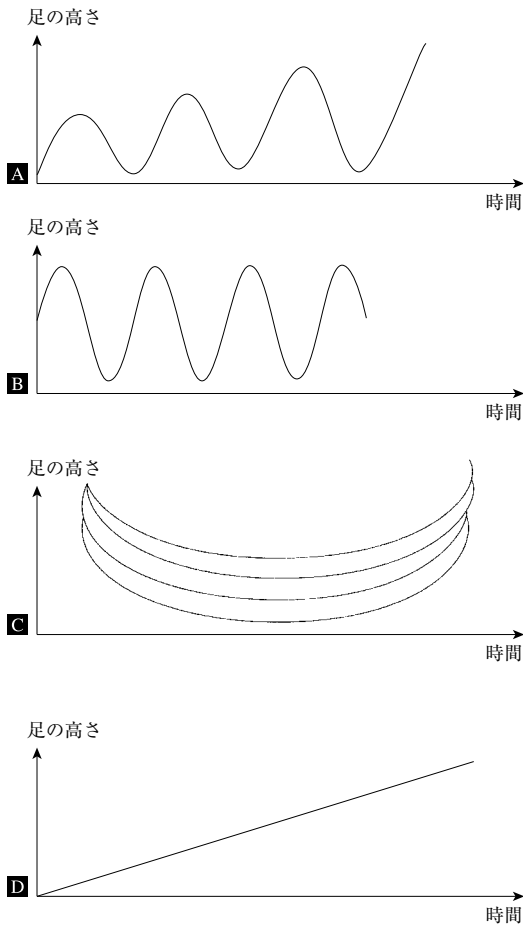
この問題の5つの部分を生徒が正しく理解するためには、生徒はデータとそれらのデータの統計的な要約との間の関係を、非常に複雑な方法で解きほぐすことが必要である。予備調査によれば、この問題は15歳の生徒にとって極めて難解な問題であることがわかった。

1. 6. 6 ブランコ

問題例：6. 1

正男さんは、ブランコに乗っています。正男さんはブランコをこぎ始め、できるだけ高く上がろうとしました。

ブランコをこいだとき、足が地上からどれだけの高さにあるかを一番よく表しているのは次のどの図ですか。



●問題例：6. 1 の採点基準

完全正答

コード1：解答 A

誤答

コード0：その他の答え

問題形式：多肢選択式

能力クラスター：関連付け

包括的アイデア：不確実性

状況：私的

この短い文章を最もよく表しているのはどのグラフか——この種の問題は一部の国においてかなり人気が高い。1970年代、カナダの数学教育者ジャンビエールは、速度を表すグラフを示し、これを最も良く表している競技場を特定させる問題を開発したが、これはどちらかといえば逆の尋ね方である。同様の問題が2000年調査でも使用されており、*Sample Tasks from the PISA 2000 Assessment* (OECD, Paris, 2002a) で紹介されている。

ブランコの場合、選択肢の中からすぐに正答ではないとわかるものがあるので、この問題は2000年調査の問題よりも簡単であると思われる。競技場の問題の場合は、明らかにそれほど簡単ではなかった。

選択肢Aはかなり適しているように思われる。Bの場合、足の位置が低い場所からスタートしていないし、ブランコをこぐにつれて次第に足の位置が高くなるという様子を表していない。Cはブランコの動きを単に視覚化したものにすぎないし、Dはブランコが全く振れていない。したがって正答は選択肢Aで、大多数の生徒はこの答えを選んだ。

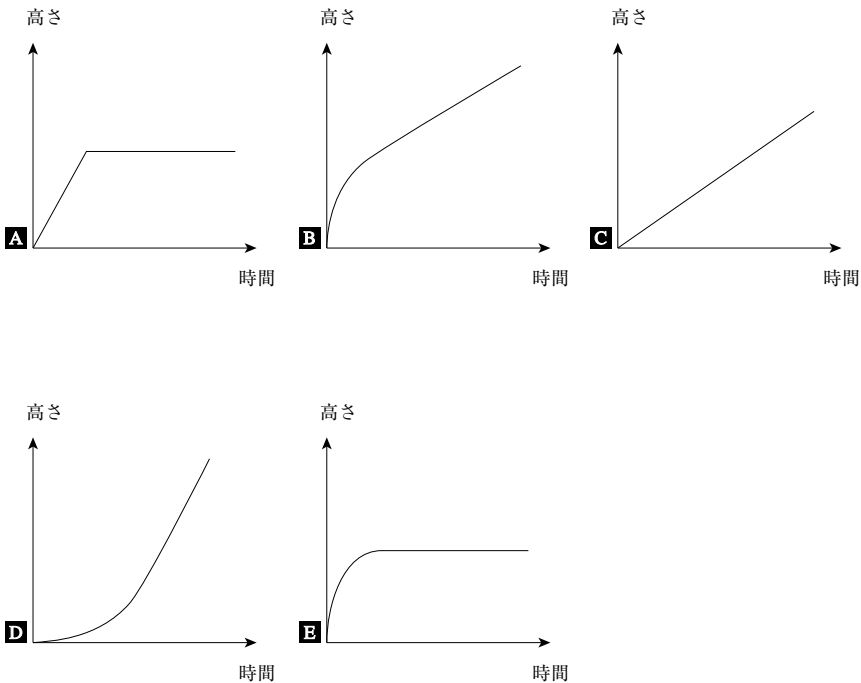
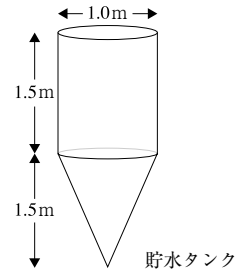
本問題は関連付けに分類するのが適切である。なぜなら、生徒は少なくとも2つの表現、すなわち文章とグラフを解釈し、結び付けなければならないし、最も適したグラフを文章と結び付けなければならないからである。この文脈は馴染みがあるので、解答の選択肢を見極める上でさらに実際の要素をもたらしていると考えられる。生徒は提示されている身近な文脈においてグラフを理解しなければならないが、グラフの表現はそれほど身近なものではない。

数学ユニット7:

1.6.7 貯水タンク

問題例：7.1

図のような形と大きさの貯水タンクがあります。
 はじめタンクは空でしたが、1秒に1リットルの速さで水が注入されました。
 時間の経過とともに水の表面の高さがどのように変わるかを表したグラフは、下のどれですか。



●問題例：7.1の採点基準

完全正答

コード1：解答B

誤答

コード0：その他の答え

問題形式：多肢選択式

能力クラスター：関連付け

包括的アイデア：変化と関係

状況：科学的

この問題例は、文章が短く、図もわかりやすいので、生徒が理解するのにそれほど難しいものではない。生徒は文章と図を結び付けること、その上で、彼らが理解したことをグラフで表わすと、どれになるかを考えることが求められている。これらの能力は関連付けクラスターに分類さ

れる。

この問題には、実際にはかなり余分な情報が含まれているのを見るのは興味深い。タンクの大きさが詳細に示され、注水の一定速度が毎秒1リットルであると説明されている。しかしながら、グラフは「包括的」すなわち「質的」なものだけだから、このような数値すべてが生徒の助けになるとは限らない。これは興味深い。なぜなら、数学の問題において余分な情報をみることはあまりないからである。しかし、現実の世界で問題に対処するときにはほとんどいつも、余分なものがみられる。実際、どの数学化の過程でも重要な部分は、関連する数学を見つけ出し、余分な情報を除外することにあるのである。

この問題は科学的な文脈を持つものとして分類されてはいるが、類似した問題は私的状況においても発生する。コップや花瓶、あるいはバケツに水をいっぱいに入れようとしているとき、特に容器が円柱形でない場合、水の溜まる早さは容器の形状に左右されることに気がつかないと、水面が急に上がってきたりして驚かされることがある。こうしたことを認識することは、数学的リテラシーの定義に当てはまるものである。

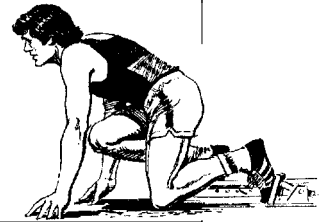
数学ユニット8:

1.6.8 反応時間

短距離競争において「反応時間」は、スターターのピストルが鳴ってから選手がスターティングブロックを離れるまでの時間です。「タイム」には、この反応時間と走った時間が両方とも含まれます。

下の表は、100メートル競走における8人の選手の反応時間とタイムを示しています。

| コース | 反応時間 (秒) | タイム (秒) |
|-----|----------|---------|
| 1 | 0.147 | 10.09 |
| 2 | 0.136 | 9.99 |
| 3 | 0.197 | 9.87 |
| 4 | 0.180 | 途中棄権 |
| 5 | 0.210 | 10.17 |
| 6 | 0.216 | 10.04 |
| 7 | 0.174 | 10.08 |
| 8 | 0.193 | 10.13 |



問題例：8.1

この競争の金メダル、銀メダル、銅メダルの獲得者を決定してください。下の表に選手のコース番号、反応時間、タイムを書き込んでください。

| メダル | コース | 反応時間 (秒) | タイム (秒) |
|-----|-----|----------|---------|
| 金 | | | |
| 銀 | | | |
| 銅 | | | |

●問題例：8.1の採点基準

完全正答

コード1：

| メダル | コース | 反応時間（秒） | タイム（秒） |
|-----|-----|---------|--------|
| 金 | 3 | 0.197 | 9.87 |
| 銀 | 2 | 0.136 | 9.99 |
| 銅 | 6 | 0.216 | 10.04 |

誤答

コード0：その他の答え

問題形式：自由記述式

能力クラスター：再現

包括的アイデア：量

状況：科学的

これは小数（量）の理解を扱う再現テスト問題であるが、反応時間によって何らかの冗長さ及び複雑さが加えられている。この冗長さとは、問題例8.1に答える上で必要ではない情報のことを指している。予備調査に参加した生徒の3分の2弱は正答を出した。これは、この問題が15歳の生徒にとって比較的容易であったことを示している。

問題例：8.2

これまで、スターターのピストルに0.110秒未満で反応できた人間はいません。

記録された選手の反応時間が0.110秒未満の場合は、選手がピストルの音を聞く前にスタートしたに違いないので、フライングが起きたとみなされます。

銅メダルの選手の反応時間がもっと短ければ、この選手は銀メダルを取る可能性がありましたか。答の理由も説明してください。

●問題例：8.2の採点基準

完全正答

コード1：「はい」で正しい説明がなされている。例えば、

- はい。もし銅メダルの選手の反応時間が0.05秒短ければ、2位とタイムが同じになる。
- はい。銅メダルの選手の反応時間が0.166秒以下であれば、銀メダルを取る可能性がある。
- はい。もし反応時間を考えられる限り最も短くできれば、9.93秒となり、銀メダルを取るチャンスは十分ある。

誤答

コード0：その他の答え。答えは「はい」だが、適切な説明がなされていない場合も含む。

問題形式：自由記述式

能力クラスター：関連付け

包括的アイデア：量

状況：科学的

この問題例は、数学的推論とある程度の言葉による推論を必要とする。問題例 8.1 に正しく解答したならば、第 6 コースの走者（銅メダル）のスタートが遅く（実際に全走者の中で最もスタートが遅い）、第 2 コースの走者（銀メダル）のスタートが非常に早い（全走者の中で最もスタートが速い）が、両者のタイムはほとんど同じであった（両者の違いはわずか 0.05 秒）ことを理解したことになる。両者の反応時間の違いはタイムの違いよりも大きいので、第 6 コースの走者は、反応時間がもう少し早ければ銀メダルを獲得していたかもしれない。

必要とされる解釈技能からみて、また、丸める程度が異なる小数を比較するというのはわかりきったことではないので、この問題は関連付け能力クラスターに分類される。

数学ユニット 9：

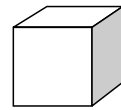
1.6.9 積み木

良子さんは次の図のような小さい立方体を積み上げてブロックを作るのが好きです。

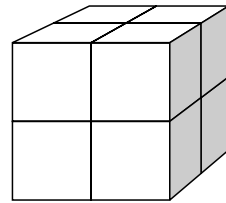
良子さんはこのような小さい立方体をたくさん持っています。彼女は、立方体を合わせて他のいろいろなブロックを作るのに糊を使います。

最初に、良子さんは、8 個の立方体を糊付けし、図 A のようなブロックを作りました。

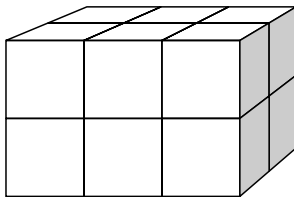
次に、良子さんは下の図 B と図 C のような中が詰まったブロックを作ることにしました。



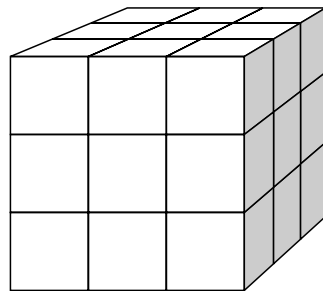
小さい立方体



図A



図B



図C

問題例：9.1

図 B のようなブロックを作るために、良子さんは何個の立方体が必要ですか。

答え： _____ 個

●問題例：9.1 の採点基準

完全正答

コード 1：12 個

誤答

コード0：その他の答え

問題形式：自由記述式

能力クラスター：再現

包括的アイデア：空間と形

状況：私的

どの問題群においても必ず、生徒の解答結果から判断して実に簡単な問題とかなり難しい問題が含まれている。この問題は、実際のところ簡単で、生徒はおそらくこうしたブロック（デュプロ、レゴなど）を使ったことがあって、正答を得るのに掛け算をする必要もないなど、彼らはこの問題を容易に想像することができる。図Bの場合、手前に6個の立方体、後ろ側にも6個の立方体があることがわかる。この問題は生徒にとって身近であるとともに容易であるため、これは明らかに再現問題である。

問題例：9.2

図Cのような中が詰まった立方体を作るために、良子さんは何個の立方体が必要ですか。

答え：_____個

◎問題例：9.2の採点基準

完全正答

コード1：27個

誤答

コード0：その他の答え

問題形式：自由記述式

能力クラスター：再現

包括的アイデア：空間と形

状況：私的

問題例9.2が問題例9.1と異なるのは、立方体の数が若干多くなっているということ（12個ではなく27個）であるが、概念的には同じ問題である。予備調査のデータによると、生徒はこの問題を比較的容易に解くことができた。この問題を解くために必要なのは極めて基本的な能力であることから、これは当然予想される。参加国の専門家もまた、このような問題が各国のカリキュラムに近いことを認めていた。

問題例：9.3

良子さんは、図Cに示されたようなブロックを作るとき、実際に必要な数よりも多くの小さな立方体を使ったことに気づきました。彼女は、ブロックの中が空洞になるように小さい立方体を貼り合わせても、図Cのように見えるブロックを作れることに気づきました。

図Cに示されたように見えるブロックで、中は空洞になっているものを作るのに、彼女は最低何個の立方体を必要としますか。

答え：_____個

●問題例：9.3の採点基準

完全正答

コード1：26個

誤答

コード0：その他の答え

問題形式：自由記述式

能力クラスター：再現

包括的アイデア：空間と形

状況：私的

問題例9.2では、小さい立方体を合わせて中のつまった立方体を作ることが求められたので、必要なのは27個の立方体であった。そうでないと図Cのようなブロックは崩れてしまうからである。しかし、小さい立方体を糊で貼り合わせるができるならば、27個より少ない立方体でブロックを作ることができる。「明白な」答えは26個（中央の立方体を取り除いた場合）であるが、この問題例についてはさらに気が付くことがある。問題文では、図Cのブロックとあらゆる方向から見て同じブロックを作るとは言っていないことである。立方体を糊で貼り合わせて図Cのような外観にするだけなら、さらに多くの立方体を取り除くことが可能となるため、このことは妥当である。しかしながら、問題文ではブロックの中が空洞になっているものを作るとしたらと尋ねることによって、このことが暗黙のうちに述べられている。他方で、用語や解釈の点から見れば、これは身近な問題とは言えない。

いくつかの理由から、この問題は関連付けクラスターに分類できる。すなわち、問題の本質を把握するために必要な数学化、図Cの中が空洞になっている状態を頭の中で想像する能力、正答を得るために含まれている推論と思考能力、及び標準的な手順あるいはアルゴリズムを欠いていること、である。

問題例：9.4

良子さんは、今度は、縦が小さい立方体6個分、横が小さい立方体5個分、高さが小さい立方体4個分の中がつまったように見えるブロックを作ろうと思いました。彼女はブロックの中にできるだけ大きな空洞を作って、ブロックに使う立方体をできるだけ少なくしたいと考えています。

良子さんがこのブロックを作るのに、最低何個の立方体が必要ですか。

答え： _____ 個

●問題例：9.4の採点基準

完全正答

コード1：96個

誤答

コード0：その他の答え

問題形式：自由記述式

能力クラスター：熟考

包括的アイデア：空間と形

状況：私的

問題例9.4においても、(問題文から)糊を使うことができることを想定する必要がある。問題文は、「小さい立方体がそれぞれ縦6個分、横5個分、高さ4個分で、中が空洞となっているようなブロックを作るためには、最低何個の立方体が必要ですか。」というものである。

先に注目したように、この問題に答えるために生徒が使えるような、標準的な問題解決型の発見的方法は存在しない。例えば縦3個分、横3個分、高さ3個分のブロックがあって、その中の空洞が立方体1個分であるようなブロックを想像するのは異なる。生徒は、頭の中で立方体1個をブロックの中から取り除いてみるのではなく、より数学的な推論を必要とする、もっと一般化可能な方法を見つけださなければならない。したがって、この問題を熟考能力クラスターに分類することは道理にかなっている。

生徒はどうしたら正しい答えを見つけることができるか。良いやり方はまず $6 \times 5 \times 4 = 120$ とし、最大120個の立方体がブロックを構成している状態から始めるとする。次に、頭の中でそのブロックの中心からできるだけ多くの立方体を取り除いてみる。縦が6個だから4個の立方体を、横は5個であるから3個の立方体を、高さは4個であるから2個の立方体をそれぞれ取り除くことができる。全体で $4 \times 3 \times 2 = 24$ 個となるので、 $120 - 24 = 96$ 個が正解である。これは優れたやり方であり、真に理解できていることを示している。授業でも、生徒に彼らの推論を説明させることによって、役に立つ指導技術を発見することができるかもしれない。

もう1つのやり方は、求められるブロックを作るのに必要な壁を考える方法である。この場合には、絵を書いてみることに役に立つかもしれない。

まず、前面の壁を作るために 5×4 個の立方体が、後ろの面の壁を作るためにさらに 5×4 個の立方体が必要である。前面と後ろ面の壁でカバーできるので、側面の壁に 6×4 個の立方体は必要ではない。したがって、側面の壁に必要な立方体は6個ではなくて4個であり、各側面に 4×4 個が必要となる。最後に底面と上面をカバーする必要があるが、すでに設けた部分は除外するとして、 3×4 個が2か所分必要である。全体で $5 \times 4 + 5 \times 4 + 4 \times 4 + 4 \times 4 + 3 \times 4 + 3 \times 4$ となり、答えは96となる。

疑いなく、生徒たちは様々に異なるやり方で問題を解くであろう。伝統的な意味では限られた解答方法しかないが、PISAのような調査によって、このような複雑な問題を処理する際に、生徒はどのようなやり方を創り出すか、あるいは使用するかを調べることができる。

この問題はかなり難解で、ほとんど厳密に数学内の問題ではあるが、それでも数学的リテラシーにとって不可欠な空間の視覚化といった能力・技能が必要とされる。

1.6.10 数学ユニット10： 薬の濃度

問題例：10.1

入院している女性がペニシリンの注射を受けました。ペニシリンは体内で徐々に分解され、注射の1時間後には、ペニシリンは60%のみが効き続けます。

このパターンはくり返されます。すなわち、1時間たつ毎に、それ以上に有効だったペニシリンの60%のみが効きます。

その女性が午前8時に300mgのペニシリンを投与されたとします。

下の表は、午前8時から午前11時までの間にその女性の血液中で効いているペニシリンの量を示しています。この表を完成させてください。

| | | | | |
|------------|-------|-------|-------|-------|
| 時刻 | 08:00 | 09:00 | 10:00 | 11:00 |
| ペニシリン (mg) | 300 | | | |

●問題例：10.1の採点基準

完全正答

コード2：3つの記入事項が全て正しい。

| | | | | |
|------------|-------|-------|-------|-------------|
| 時間 | 08:00 | 09:00 | 10:00 | 11:00 |
| ペニシリン (mg) | 300 | 180 | 108 | 64.8 または 65 |

部分正答

コード1：1つまたは2つが正しい。

誤答

コード0：その他の答え

問題形式：自由記述式

能力クラスター：関連付け

包括的アイデア：変化と関係

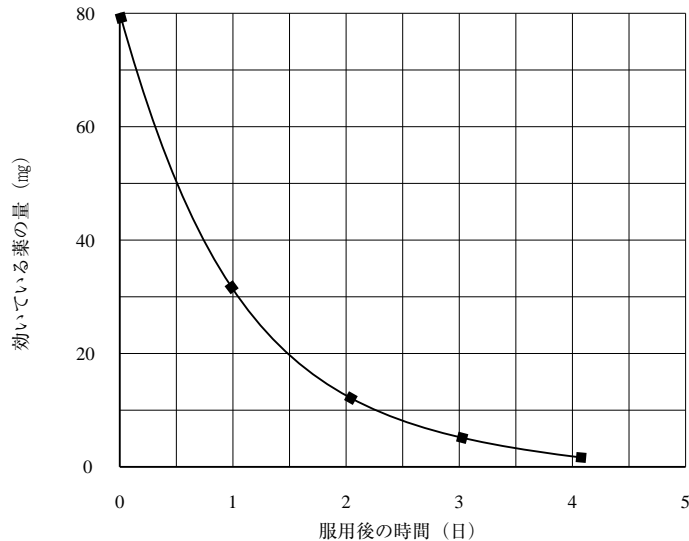
状況：科学的

問題例10.1はかなり単純であるように見えるかもしれないが、指数的な減少は多くの生徒にとって決してありふれた問題ではない。60%の60%の60%の……というのは単純な規則のように思われるが、このような問題の結果が示すように、実際はそうではない。百分率は小学校においてかなり広範に扱われるが、生徒は、異なる状況においてこの知識を使うことができるというほどにまでなっているわけではないことが、しばしばある。関連する数学的情報を特定できるということは、百分率あるいは指数的な減少を理解し（必ずしも数式それ自体を理解することではなく、その概念を理解すること）、始まりの値（300）を確認して、その過程を繰り返し応用できることを指す。

予備調査の対象となった生徒の多く（50%）が正解を見つけられなかったことは、興味深い事実である。これは、教授・学習過程の質及び／または有効性を判断する上で重要な情報である。

問題例：10.2

健一さんは、血圧をコントロールするため、80 mgの薬を服用しなければなりません。下のグラフは、最初の薬の投与量と、1日後、2日後、3日後、および4日後に健一さんの血液中に効いている薬の量を示しています。



1日目の終わりに効いている薬の量はどれだけですか。

- A 6 mg
- B 12 mg
- C 26 mg
- D 32 mg

●問題例：10.2の採点基準

完全正答

コード1：解答D：32 mg

誤答

コード0：その他の答え

問題形式：多肢選択式

能力クラスター：再現

包括的アイディア：変化と関係

状況：科学的

問題例10.2は問題例10.1よりも易しく、実際、グラフを読み取る以上の能力を必要としない。ここから導き出される結論は、この問題は再現能力を必要とするということである。しかしながら、この問題は多少馴染みのない文脈で示されており、何らかの解釈が必要である。

問題例：10.3

上の問題のグラフから、健一さんの血液中では、毎日、前日と比較してほぼ同じ割合で薬が効いていることが読み取れます。

1日の終わりに、前日投与された薬のおよそどれだけの割合が効いていますか。

- A 20%
- B 30%
- C 40%
- D 80%

●問題例：10.3の採点基準

完全正答

コード1：解答C：40%

誤答

コード0：その他の答え

問題形式：多肢選択式

能力クラスター：関連付け

包括的アイディア：変化と関係

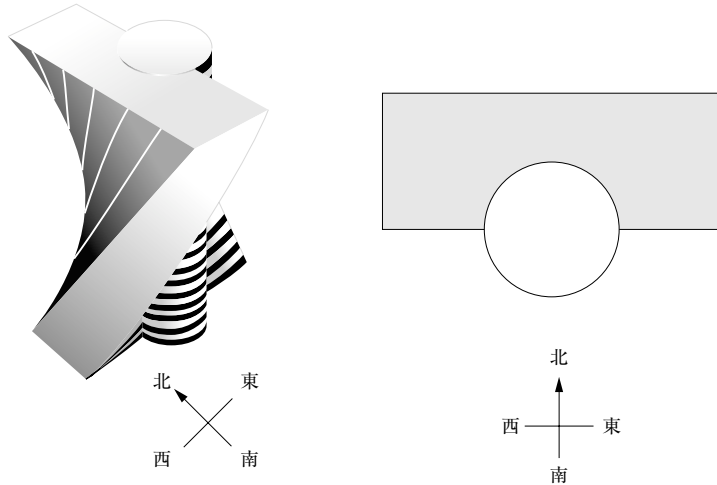
状況：科学的

問題例 10.3 は問題例 10.2 で提示されたグラフに関係している。問いは、この特定の状況において「(薬の) 減少率はどのくらいですか」というものである。この問題を多肢選択式で提示することにより、生徒は資料に基づいた推測を行うことができる。なぜなら生徒は、始まりの値が 80 で、次が (問題例 10.2 に正答している場合) 32 あるいは 30 前後 (問題例 10.2 に解答しないまま直接グラフを見た場合) であることがわかっているため、それは 8 分の 3 すなわち約 40% の減少と考えることができるからである。この問題文では解釈が必要なため、この問題は関連付け能力クラスターに分類される。

数学ユニット11:

1. 6. 11 ■ ねじれたビル

現代建築では、変わった形のビルが多く見られます。下の写真は、コンピュータの画面上で作った「ねじれたビル」とその1階の平面図です。方位記号は、ビルの向きを示しています。



ビルの1階には表玄関と店舗スペースがあります。1階より上には、マンションが20階あります。

各階の平面図は1階の平面図と似ていますが、各階の向きはすぐ下の階の向きとは少し違っていています。円柱形の部分には、エレベーターと各階のエレベーター・ホールがあります。

問題例：11. 1

このビルの高さをメートルで見積もってください。また、その理由も説明してください。

●問題例：11. 1 の採点基準

完全正答

コード2：説明が正しければ、50～90mの解答を可とする。その後に、例えば次のような正しい説明が続く。

- ビルの各階の高さは約2.5mである。階と階の間には多少の余分なスペースがある。従って、見積もりは $3 \times 21 = 63\text{m}$ である。
- 各階に4mの高さを取るとすると、20階で80m。これに1階の10mを足すと合計90mになる。

部分正答

コード1：計算方法も説明も正しいが、21階ではなく20階を使っている。例えば、

- それぞれのマンションの高さは3.5mと思われる。3.5mで20階なので合計70m。

誤答

コード0：その他の答え。例えば、説明がないもの、この他の誤った階数を使った解答、各階の

高さがありえない数字になっている解答等（高さの上限は4m位）。例えば、

- 各階の高さは5m前後なので 5×21 で105 m。
- 60m

問題形式：自由記述式

能力クラスター：関連付け

包括的アイデア：空間と形

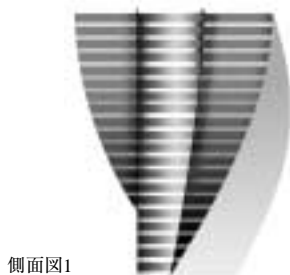
状況：公共的

このユニットの問題は、ある程度の想像力と洞察を必要とする。特に、空間を視覚的に想像する能力が求められるが、これはある程度身近な要素を持つとはいえ公共的な文脈であり、多くの生徒にとっては目新しい問題であると思われる。問題例 11.2 は、高層ビルの各階の高さがどれくらいと言えるのかについて、問題の趣旨にかなう判断を下すことを生徒に求めているが、その場合、各階の部屋で「見ることのできる」高さと、それ以外の部分をも含む階と階の間の空間の両者を指している。生徒は何らかの基本的なモデル化を実行する必要がある、視覚的な表現を数値的な表現に変換しなければならない。これらの能力は関連付けクラスターにかかわるものである。

予備調査では多くの生徒が関連付けクラスターに関する問題を解くことができていたが、この問題においては男子の方がわずかに成績が良かった。しかし、無答率が高く、多くの生徒が、求められるやり方で想像力を用いることを望まないか、あるいは用いることができなかった。

問題例：11.2

下の写真はねじれたビルを横から見た図です。



側面図1



側面図2

側面図1は、どの方向からかかれていますか。

- A 北から
- B 西から
- C 東から
- D 南から

●問題例：11.2の採点基準

完全正答

コード1：解答C：東から

誤答

コード0：その他の答え

問題形式：多肢選択式

能力クラスター：関連付け

包括的アイデア：空間と形

状況：公共的

問題例 11.2 は生徒に対して、建物の様々な視覚的表現を頭の中で比較すること、及びこれらの表現の間の関係を説明するいくつかの選択肢の中から、答を選択することを求めている。この問題は空間的推論が必要であるため、関連付けクラスターに分類される。

この問題は問題例 11.1 よりもかなり易しかったが、多くの参加国の測定特性が低かった。この問題は視覚的要求が高かったにもかかわらず、予備調査で用いられた図の質が適切ではなかったことが考えられる。

問題例：11.3

側面図 2 は、次のどの方向からかかれていますか。

- A 北西から
- B 北東から
- C 南西から
- D 南東から

●問題例：11.3 の採点基準

完全正答

コード 1：解答 D：南東から

誤答

コード 0：その他の答え

問題形式：多肢選択式

能力クラスター：関連付け

包括的アイデア：空間と形

状況：公共的

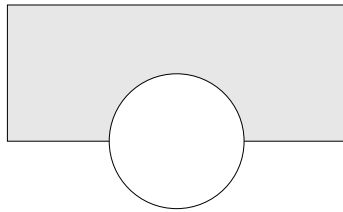
問題例 11.3 は問題例 11.2 に非常によく似ている。おもしろいことに、問題例 11.2 において異なる視覚的な手掛かりが2つの「側面図」によって示されていて、それらが問題例 11.2 と問題例 11.3 のための刺激としてそれぞれに使用されている。問題例 11.3 は問題例 11.2 よりも多少難度が高い。おそらく刺激における影の微妙さの故であり、また要求されている解釈のためであると考えられる。

問題例：11.4

マンションが入っている階は、いずれも1階から見ると「ねじれて」います。最上階（1階より上の20番目のフロア）は1階に対して直角になっています。

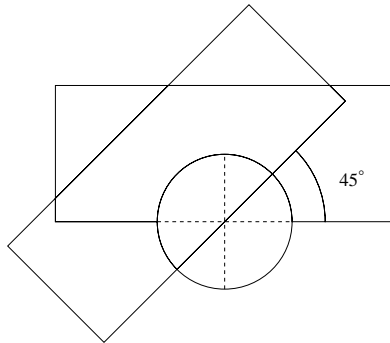
下の図は1階を表しています。

1階より上の10番目のフロアの平面図を、1階に対してどのような位置にあるかがわかるように、下の図にかいてください。

**●問題例：11.4の採点基準**

完全正答

コード2：図が正しい。すなわち回転の中心が正しく、反時計回りにかかっている。回転の角度は 40° から 50° までであればよい。



部分正答

コード1：回転の角度、回転の中心、または回転の方向のいずれかが誤っている。

誤答

コード0：その他の答え

問題形式：自由記述式

能力クラスター：関連付け

包括的アイデア：空間と形

状況：公共的

問題例11.4は生徒に対して、多くの段階を経てねじれの現象がどのように現れてくるかを想像し、10番目のフロアを図示するよう求めている。この場合も、空間的な推論が関係しているため、この問題は能力の関連付けクラスターに分類される。

この問題は比較的難度が高く、予備調査ではこれもかなり無答率が高かった。15歳の生徒に

とって、この種の幾何学的作図はかなり難問であったようである。

■ 数学ユニット12:

1. 6. 12 ■ ロックコンサート

問題例：12. 1

ロックコンサートのために100m×50mの長方形の広場を観客用に予約しました。コンサートのチケットは完売で、広場は立ち見のファンでいっぱいになりました。

下の数字のうち、コンサートの観客数に最も近いと推測されるのはどれですか。

- A 2,000 人
- B 5,000 人
- C 20,000 人
- D 50,000 人
- E 100,000 人

●問題例：13. 1 の採点基準

完全正答

コード1：解答C：20,000 人

誤答

コード0：その他の答え

問題形式：多肢選択式

能力クラスター：関連付け

包括的アイディア：量

状況：公共的

本数学枠組みでは、数学的リテラシーを持つ市民の量に関する武器（能力）の一部として、見積もる能力の重要性に焦点を当てている。この問題は、多くの15歳の生徒にとって身近であると考えられる文脈に位置づけることができる。しかしながら多少の解釈を行うと、この設問は生徒に対して、立ち見の群衆が占有する面積は（平均して）どのくらいかについて仮定を立てる際に、積極的な役割を求めていることがわかる。設定されているこの問題の種類と、この問題が暗示している数学的推論からみて、この設問は関連付けクラスターに分類される。

5つの選択肢が示されているので、生徒はそこから最も良いものを選べばよい。選択肢A（2,000人）の場合、1人あたり平均2.5平方メートルとなり、これでは満員のコンサートとは言えない。選択肢E（100,000人）の場合は1平方メートルあたり平均20人となるが、これはほとんど不可能で非現実的である。そこで生徒は、残った3つの選択肢、すなわち1平方メートルあたり1人、4人、または10人のうちのどれかを選ぶことになる。「チケットは完売で、広場は立ち見のファンでいっぱいになりました」と説明される状況を最も現実的に表しているのはどれであろうか。予備調査では約30%の生徒が、最も合理的なものとして選択肢C（20,000人）を選んだ。

1.6.13 数学ユニット13：動く歩道

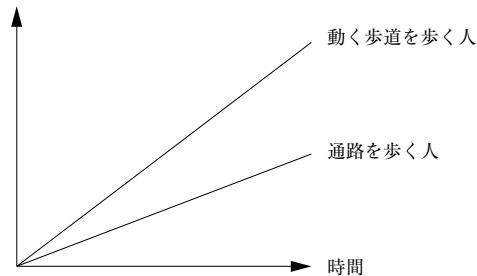
問題例：13.1

右は動く歩道の写真です。

下の距離と時間のグラフは、「動く歩道の上を歩いた場合」と、「動く歩道の横の通路を歩いた場合」の比較を示しています。



動く歩道の始点からの距離



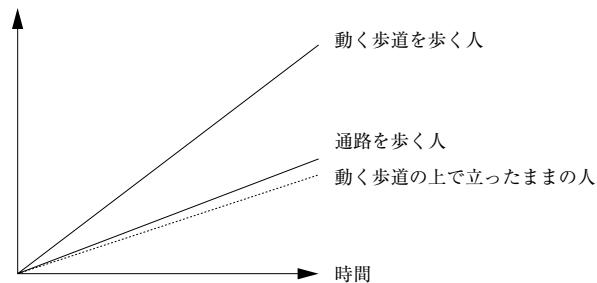
上のグラフにおいて、2人の人の歩く速度はほぼ同じと仮定し、動く歩道の上で動かずに立っている人の時間と距離の関係を表すグラフを書き込んでください。

●問題例：13.1の採点基準

完全正答

コード1：2本の線の下に線が描かれていれば可。ただし、横軸より「通路を歩く人」の線に近くなければならない。

動く歩道の始点からの距離



誤答

コード0：その他の答え

問題形式：多肢選択式

能力クラスター：熟考

包括的アイディア：変化と関係

状況：科学的

この問題に対する刺激は、公の場所でよく見かける光景である。また、15歳の生徒にとってより身近であると思われるような、その他の類似の現象を思い出させる（例えば、動いているエ

スキャレーターの上が歩いたり、エレベーターの脇に設置された階段を駆けおりたりすることなど)。しかしながら、問題の性質上、この設問は「科学的」な状況に分類される。

生徒は、描写された状況の数学的な表現を扱わなければならない。また、この表現を理解するために相当の想像力と洞察力を用いなければならない。そこで、この問題を解いて、適切な解答を提示するためには、かなり洗練された数学的推論が必要である。このような能力は、熟考クラスターの典型である。

予備調査ではこの問題の正答率が約15%で、生徒にとってかなり難しい問題であるということがわかった。

1.7 包括的アイデアの詳述

1.7.1 量

●概要

我々が住んでいる世界を体系づけるために、「大きい」または「小さい」、「高い」または「低い」、「少ない」または「多い」、「より多い」または「より少ない」など、物事を定量化する必要性が強く存在している。我々はそれらを定量化する一方で、周囲の世界におけるパターンを認識する。例えば、5個のリンゴ、5人の人間、5台の自動車、5つの品物といった集まりが共通してもっているものを「5つ」と呼ぶ。集合数1、2、3……は、これらのパターンを捉えて説明するやり方である。集合数は、計算活動の出発点であるとともに、偶数や奇数などより深いパターンを探するための源泉となる。

しかし集合数は、子どもたちにとって一番最初の現象学的出会いとは言えないかもしれない。子どもは、「小さい」とか「大きい」という概念を数と結び付けず定性的に理解することができる。これは大きさの異なる物（大きいビスケット対小さいビスケット）についても、物のあつまり（3つの品物対7つの品物）についても同様である。

大きさを計るとき、我々は日常生活で最も重要な数の使用を他にも見ることができる。長さ、広さ、かさ、高さ、速さ、重さ、気圧、金銭の価値などはすべて、測定を用いることによって定量化される。

定量的推論は量を扱うときの重要な側面である。これには以下のものが含まれる。

- 数の感覚
- 演算の意味を理解すること
- 数の大きさについて感覚を持つこと
- 的確な計算
- 暗算
- 見積もり

「演算の意味」には、比較、比、百分率などの演算を行う能力が含まれる。数の感覚とは、相対的な大きさ、異なる数の表現、数の同値な形式、及びこれらの概念の理解を用いて世界の属性を説明することなどを指す。

量にはまた、量及び見積もりに対する「感覚」を持つことが含まれる。数的結果が合理的かどうかを調べることができるようにするためには、現実の世界における量（測度）についての幅広い知識が必要である。自動車の平均速度は時速5キロか50キロかあるいは500キロか。世界の人口は600万人か、6億人か、60億人か、それとも600億人か。塔の高さはどれぐらいか。川幅はどれぐらいか。電子計算機の使用が頻繁になることを考えると、何桁になるかなどを素早く見積もれる能力は特に重要である。33×613はほぼ20,000であることが、すぐにわかる必要がある。この技能を発揮するためには、伝統的な筆算のアルゴリズムを暗記するといった練習を広く行う必要はない。位取りの意味を理解し、1桁の計算を柔軟に素早く応用するだけで十分である (Fey, 1990)。

適切な方法で数の感覚を用いることにより、生徒は比例、反比例、及び積に比例の推論を必要とする問題を解くことができる。また、変化率を推測し、データ選択の理論的根拠を説明し、用いる演算やモデルによって必要とされる水準の精度を達成することができる。さらに、自分の計算の理由や失敗例を示しながら、代替的なアルゴリズムを検討することができる。演算や比較を必要とする現実の世界にあるデータや数値的な関係に関する問題を解くために、演算や各演算の間の関係を含むモデルを開発することができる (Dossey, 1997)。

量という包括的アイディアにおいては、例えばガウスによって使用されたような「的確な」定量的推論の場があり、以下の問題例で説明する。15歳児を含む学校教育のレベルにおいては、概念的理解に結び付く創造性が評価されるべきである。

●問題例

1. ガウス

カール・フリードリヒ・ガウス (Karl Friedrich Gauss, 1777–1855) が通っていた学校の教師が、彼のクラスの全員に対して1から100までの数を足すようにと指示した。教師の狙いはどうも、その問題を解くことで、生徒たちを忙しくさせることであつたように思われる。しかし、ガウスは非常に優れた定量的推論を行うことができたため、この問題の解決に近道を見つけた。彼の考え方は次のようである。

和を2回書く、すなわち、次のように数式を昇順で書き、次に降順で書く。

$$1+2+3+\cdots+\cdots+98+99+100$$

$$100+99+98+\cdots+\cdots+3+2+1$$

次に2つの数式の各項を加える。

$$101+101+\cdots+\cdots+101+101$$

この和の各項はすべて101であり、項の数は100であるため、 $100 \times 101 = 10,100$ となる。

積は求める最初の合計の2倍であるため、答えは10,100の2分の1の5,050となる。

2. 三角数

数のパターンを含む量的思考の問題例について、そのパターンの幾何学的表現との結び付きを実証して、もう少し詳しく述べることにしよう。これは、ガウスの問題に一般的な状況を与える式を示すことによって可能である。

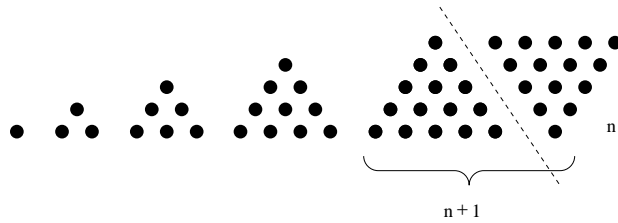
$$1+2+3+\cdots+\cdots+n=n(n+1)/2$$

この公式は幾何学的パターンを示し、よく知られていて、 $n(n+1)/2$ は三角数と呼ばれ

る。なぜなら、ボールを二等辺三角形に配置することによって得られる数だからである。

最初の5つの三角数1、3、6、10、15を図1.5に示す。

図 1.5 ■ 最初の5つの三角数



3. 比例的推論

異なる国の生徒たちが様々な方策によって解こうとするような問題を、どのように解決するかを見るのは興味深いことであろう。違いは特に比例的推論の分野にあると考えられる。ある国では、1つの問題について主として1つの方策が使用されるかもしれないが、もっと多くの方策を使用する国があるかもしれない。また、推論における類似性は、あまりよく似ていない問題を解く際にみられるかもしれない。このことは、TIMSS データに関する最近の研究結果とも一致している (Mitchell, J. *et al.*, 2000)。以下の3つの問題は、様々な異なる方策とその関係に関する点を例示している。

第1問： 今夜、あなたはパーティを開く予定で、ソフトドリンクを100缶購入したいと考えています。6缶入りのパックを幾つ購入すればよいでしょうか。

第2問： ハング・グライダーが、高さ120mの垂直な絶壁から滑空比1対22で飛び立とうとしています。パイロットは1,400m先の地点を目指しています。風が全くないものとして、パイロットはその地点に到達できるでしょうか。

第3問： ある学校は、学校主催のキャンプに行くために8人乗りのミニバンを借りたいと考えています。98人の生徒を運ぶとしたら、何台のミニバンをかりなければならないでしょうか。

第1問は、割り算の問題と見ることもできるが ($100 \div 6 = \underline{\quad}$)、割り算の余りをどう考えたらよいのかという解釈の余地を残しているため、生徒はその文脈に戻らなければならない。第2問は比例的推論によって答えることができる (1mの高さで22m飛行することができる。だから、120mの高さから始めて……)。第3問については、多くの生徒が割り算を使って答えるであろう。しかしながら、この3つの問題はすべて次のような比についての表を使って解くことができる。

| | | | | | | |
|------------|----|-------|-----|-------|----|-----|
| ソフトドリンクの缶： | 1 | 10 | 5 | 15 | 2 | 17 |
| | 6 | 60 | 30 | 90 | 12 | 102 |
| ハング・グライダー： | 1 | 100 | 20 | 120 | | |
| | 22 | 2,200 | 440 | 2,640 | | |
| ミニバン： | 1 | 10 | 2 | 13 | | |
| | 8 | 80 | 16 | 104 | | |

この類似性に気づくことは、数学的リテラシーに属する技能である。数学的リテラシーのある生徒は、1つだけ利用できる適切な道具またはアルゴリズムを探す必要はなく、彼らが利用できる非常に幅広い数多くの方策の中から、選択することができるのである。

百分率

カールは、定価 50 セットのセーターが 20% 引きで売り出されていたので、買いに出かけました。ゼッドランド国では 5% の消費税がかかります。店員は最初、定価に 5% の消費税を掛けてから、20% 割引きました。そのためカールは、最初に 20% を引き、それから 5% の消費税を掛けるべきだと、抗議しました。

この 2 つのやり方には、違いがありますか。

この種の定量的な思考を含む問題、及び結果として生じる暗算の必要性は、買い物などにおいて頻繁に遭遇する。このような問題を効果的に扱う能力は、数学的リテラシーにとって基本的なものである。

1.7.2 空間と形

●概要

数学において形は核心的であり、その重要性と魅力は次第に増大している。形は伝統的な幾何学と強く結び付いているが、内容、意味、手法ははるかにその枠を超えつつある。実際の形との相互作用には、我々を取り巻く視覚的な世界やその詳細の理解、視覚情報の記号化と解読を必要とする。それはまた、視覚情報の解釈も意味する。四角形概念を把握するために、生徒は、事物がどのように類似し、また異なっているかを発見し、事物の異なる構成要素を分析し、異なる次元や表現において形を認識できなければならない。

形を、ただ単に静止した事物として限定して考えないことが重要である。ある形は一つの存在として変化することが可能であり、また形は修正できる。こうした変化は場合によってはコンピュータ技術を使って極めて的確に視覚化できる。生徒は、形が変化するとき、パターンや規則性を認めることができるべきである。次の節の図 1.6 にその一例を示す。

形の研究のもう一つ重要で力動的な側面は、見る者の位置によって異なる形の相対的位置である。これを研究するため、我々は、単に事物の相対的位置を理解するだけでなく、事物はどのようにして、またなぜそのように見えるのかという疑問を検討しなければならない。形や像、2次元及び3次元の両方におけるそれらの表現との間の関係は、重要な役割を果たしている。

こうした思考が求められる例は無数に存在する。例えば、都市の写真を見て、これを地図に結び付け、写真が撮影された地点を示すこと。または、地図を描く能力。さらには、近くの建物が遠くの建物よりも大きく見える理由を理解すること。あるいは、鉄道の線路が水平線の近くで交わって見える理由を理解すること、などであるが、こうした疑問のすべてがこの包括的アイデアにおいて、生徒にとって実際的な価値を持っている。

生徒は3次元の空間で生きているため、3つの直交方向から物を見ること（例えば、前面、側面、上面）に慣れているはずである。次の節の図 1.7 において示すように、彼らは、3次元的な形の様々な表現が持つ力と限界に気づくべきである。また、ただ単に事物の相対位置を理解する

だけでなく、空間及び建造物や形を通して行くことができなければならない。一つの例を挙げれば、地図を読んで解釈し、A地点からB地点までの経路について、座標、共通の言葉あるいは絵などを使って指示を与えることである。

形についての概念的な理解にはまた、3次元的な事物を取り上げてその2次元的な展開図を作り上げる能力、あるいはその逆のことができる能力が含まれる。これは、3次元的な事物が2次元で表現されていても同じである。この問題例を下の図1.8に示す。

結論として、空間と形についての重要な側面を挙げるならば以下のとおりである。

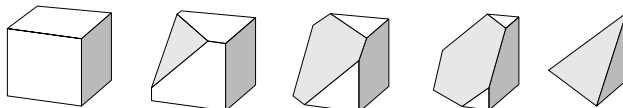
- 形とパターンの認識
- 視覚情報の説明、記号化、解説
- 形に対する力動的な変化の理解
- 類似性と差異
- 相対的な位置
- 2次元と3次元の表現とそれらの関係
- 空間に行くこと（旅することの意味）

●問題例

図1.6は、形が変化の様子を見る際に、柔軟性が必要であることを示すわかりやすい例である。これは、立方体が「分けられる」（つまり、立方体が平面によって切り取られる）様子を示している。これについては、様々に問うことができる。例えば、

立方体を1つの平面で切り取った場合、どのような形ができますか。
また、立方体をこの方法で切り取った場合、面、接辺、頂点はそれぞれいくつできますか。

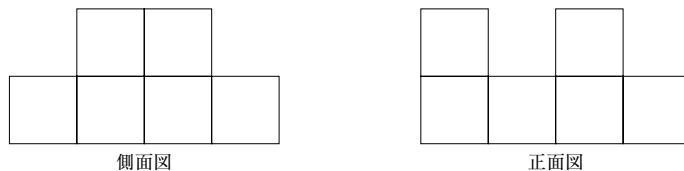
図 1.6 ■ 立方体の様々な箇所を平面で切ったもの



次に、3次元の形の表現に慣れていく必要があることを示す3つの問題例を示す。最初の問題例では、図1.7に示すような立方体から成る事物の側面図と正面図が、図1.7に示されている。問題は次のとおりである。

この事物を作るために、立方体を何個使いましたか。

図 1.7 ■ 立方体から作られた事物の側面図と正面図

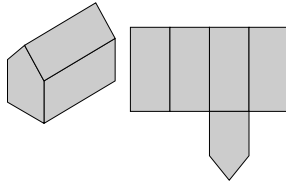


生徒と教師、両者の多くにとって驚くべきことであるかもしれないが、立方体の数の最大は20個であり、最小は6個である（de Lange, 1995）。

次の例は、納屋の2次元的表現及びその不完全な展開図である。問題は、その展開図を完成さ

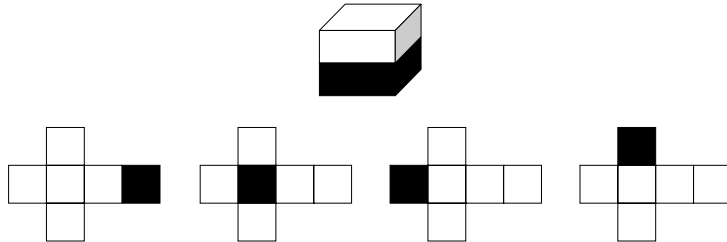
せるものである。

図 1.8 ■ 3次元の納屋の2次元的表現とその(不完全な)展開図



前出の問題に似ている最後の問題例を、図 1.9 に示す (Hershkovitz *et al.*, 1996 から引用)。

図 1.9 ■ 下の部分が黒い立方体



上の図の立方体は、下半分が黒く塗られている様子を示している。また、4つの展開図はそれぞれ、底になる部分を黒色で示している。この問題は、それぞれの展開図を立方体にしたときに、下半分が黒くなるよう、該当する部分を黒く塗って、展開図を完成させるよう求めるものである。

1.7.3 変化と関係

◎概要

シュワートは、変化のパターンに敏感であるために、我々には次の点が必要であると述べている (Stewart, 1990)。

- 変化を理解できる形で表現すること。
- 変化の基本的な形式を理解すること。
- 特別の種類の変化が発生したとき、それを認識すること。
- これらの技術を周りの世界に対して適用すること。
- 変化する世界をコントロールして、我々の最善の利益を生み出すこと。

変化と関係は、数值的 (例えば表で)、記号的またはグラフ的など、様々な方法を用いて視覚的に表現することができる。これらの表現形式の間の変換は最も重要であるが、また、変化の基本的な関係と種類を認識し、理解することも同じく重要である。生徒は、線形的成長 (加法的過程)、指數的成長 (乗法的過程) 及び周期的成長などの概念を認識すべきであり、さらには非形式的であってもよいから、指數的成長の一つとしてロジスティック的成長についても認識するべきである。

生徒は、これらのモデルの間関係についても知るべきである。すなわち、線形的成長と指數的成長の重要な違い、百分率的成長は指數的成長に等しいという事実、あるいはロジスティック

曲線が連続的状況または離散的状況において、どのようにして、またなぜ発生するかなどについて、認識すべきである。

変化は、相互に関係した事物のシステムにおいて、あるいは構成要素が相互に影響する現象において発生する。要約で述べた問題例において、すべての現象は時間とともに変化した。しかしながら、現実の生活における多くの例では、事物は様々な方法で相互に関連し合っている。例えば、

ギターの弦の長さを半分にすると、新しい音は元の音よりも1オクターブ高くなります。このように、音の高さは弦の長さに左右されます。

お金を銀行に預けた場合、口座残高は預けた額の大きさ、預入れと引出しの程度と回数、及び利率に左右されます。

関係は依存状態に結び付いている。依存状態は、ある特定の数学的事象の特性と変化が他の数学的事象の特性と変化に依存したり、あるいはこれに影響を及ぼす、という事実に関係している。数学的な関係はしばしば方程式あるいは不等式の形を取るが、より一般的な性質の関係もまたみることができる。

変化と関係は関数的思考を必要とする。15歳の生徒にとって、これは生徒が（必ずしも正式なやり方でなくても）変化の割合、傾き及び勾配、並びに1つの変数が他の変数に従属することなどについて、概念を持つことを意味する。生徒はまた、過程がどのくらい早く発生しているか、また相対的な方法においても判断できるべきである。

この包括的アイディアは他の包括的アイディアの側面と密接に関連している。数におけるパターンの研究は興味深い関係に結び付いている。フィボナッチ数列及び黄金比などがその例である。黄金比は、幾何学においても重要な役割を果たしている概念である。変化と関係はさらに空間と形において見ることができるが、例えば、周の長さまたは直径の長さが増加するにつれて、面積が増加するといった例である。ユークリッド幾何学も関係の学問と結び付いている。よく知られた例は三角形の3辺の関係で、三角形の2辺の長さがわかっていて、3つ目の辺の長さは不明であるが、その長さの範囲はわかっている場合である。この場合、3つ目の辺の長さの範囲は、他の2辺の長さの差の絶対値と和の絶対値の間である。他の幾つかの似たような関係が、三角形の様々な要素において存在している。

不確実性は、変化と関係の観点から見ることができる様々な問題と結び付いている。例えば、2個の公正に作られたさいころを転がして一方が4を示した場合、2個のさいころの目の合計が7を超える可能性はどのくらいか。答え（50%）は、好都合な結果の集合における問題としている確率の従属性に依存している。求められている確率は、このような結果をすべての可能な結果と比較した比率であり、これは関数的従属性である。

●問題例

学校遠足

ある学校ではクラスで遠足に行くことになり、バスを借りたいと考えています。そこで3つの会社に連絡して、料金について聞きました。

A社は基本料金375ゼットに、走行距離1km当たり0.5ゼットが加算される。

B社は基本料金275ゼットに、走行距離1km当たり0.75ゼットが加算される。

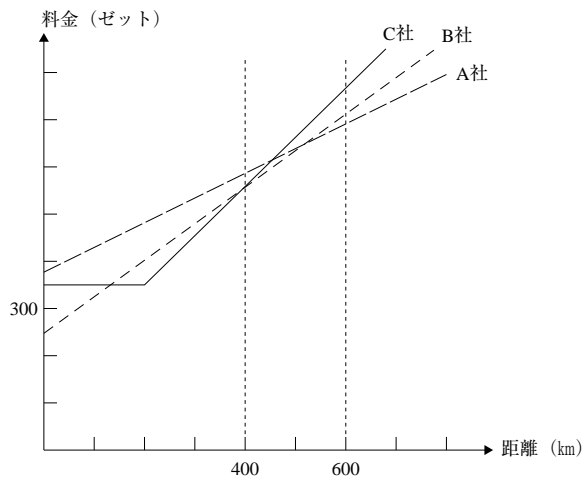
C社は200kmまで一律350ゼットで、200kmを越える分については1km当たり1.02ゼットを加算する。

遠足の走行距離が400kmから600kmの間であるとすると、そのクラスはどの会社のバスを借りたらよいでしょうか。

文脈における架空の要素は別として、この問題は実際に起こりうる。この問題を解くには、いくつかの関数関係を定式化し、活性化すること、及び方程式と不等式が必要である。この問題は、グラフ的あるいは代数的方法によって、あるいは両方を組み合わせて処理することができる。遠足の走行距離の合計が正確にはわかっていないことも、不確実性の包括的アイデアと結び付ける要素となっている。

この問題を図1.10のように示す。

図 1.10 ■ 遠足旅行に対する3つのバス会社の料金見積もり



細胞増殖

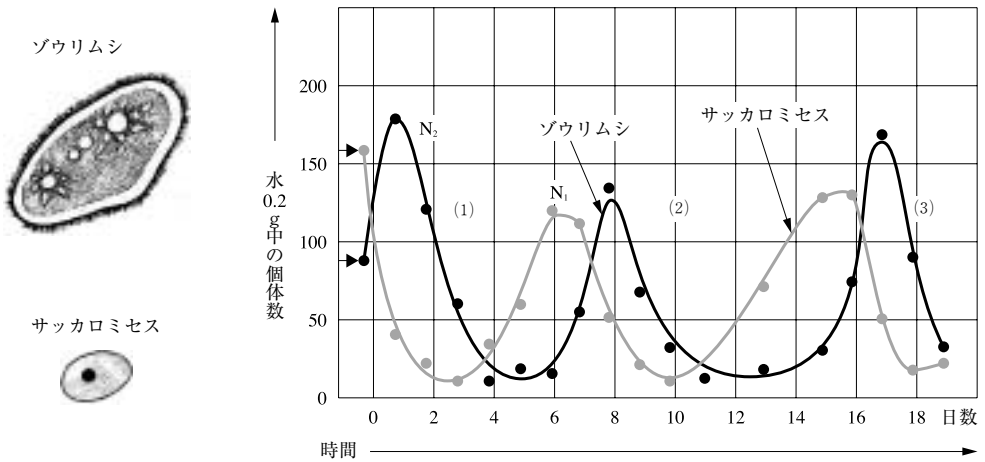
医師が細胞の増殖を観察しています。彼らは特に、細胞の数が60,000個になる日に関心を持っています。その日に実験を開始しなければならないからです。細胞の増殖の様子は、次の表の通りです。

| 日数 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 |
|-------|-----|-----|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| 細胞の個数 | 597 | 893 | 1,339 | 1,995 | 2,976 | 2,976 | 14,719 | 21,956 | 32,763 |

細胞の数が60,000個に達するのはいつですか。

餌食-捕食者

下のグラフは2種類の微生物——ゾウリムシとサッカロミセス（ビール酵母等）——の増殖の様子を示したものです。



2つの生物の一方（捕食生物）がもう一方（餌）を食べます。グラフから、どちらが捕食生物で、どちらが餌になっていると考えることができますか。

また、餌と捕食生物の現象について、捕食生物の増殖の速度は入手可能な餌の数に比例していると説明することができます。このことは、上のグラフにも当てはまりますか。

1.7.4 不確実性

◎概要

科学やテクノロジーはほとんど確実性を扱わない。科学は世界がいかに動いているのかを発見しようと努力を重ねてきて、ある程度成功した。だから我々は、過去において何が起こったのかを確信を持って説明することができ、将来において何が起こるのかについて正確に予測することができる。しかしながら、科学的な知識が絶対的であるということは、仮にあったとしても極めてまれであり、時として重大な誤りを犯す場合もある。したがって、最も科学的な予測であっても何らかの不確実性を免れることはできない。

学校カリキュラムにおけるデータ、統計、確率などの役割に関する勧告は、データ分析を強調している。このため特に、統計を特別な技能の集まりとして見ることは簡単である。デイビッド・S・モア (David S. Moore) は、不確実性という包括的アイディアが実際には何であるかを指摘した。PISA 調査の定義は、*On the Shoulders of Giants* (Steen, 1990) [三輪辰郎訳、『世界は数理でできている』、丸善、2000年] において示されているステーンの考え方、及び *Why Numbers Count* (Steen, 1997) において F. ジェームズ・ラザフォード (F. James Rutherford) によって示された考え方に従うものである。

変化と不確実性を知的に処理する能力は、データと偶然に関する指導目標である。変化は処理が難しい概念である。つづり方やかけ算から教育を受け始めた子どもたちは、世界は決定論によって支配されていると考える。また、少なくとも数で答えるような場合、彼らは、答は1つで一方が正しく、一方が間違っていると考えるよう学ぶ。変化は予想できない、不安なものである。

統計とは、不確実な経験データからの推論という、独特で重要な事柄を数学教育に導入するものである。この種の統計的思考は、あらゆる知的な市民にとって精神的な道具の一部であるべきである。核心的な要素は次のとおりである。

- 過程における変動の偏在
- 過程についてのデータの必要性
- 変動を念頭に置いたデータ生成の設計
- 変動の数量化
- 変動の説明

データとはただ単に数ではなく、ある文脈における数である。したがって、データを理解して解釈するためには、単に算数的な計算の実行よりも、むしろその文脈についての知識を連動することが必要となる。学校教育の初期に取り上げられる統計は基本的にそれ自体を目的として教えられるのではない。むしろ、量的な理解と推論を発達させ、問題を解く上で計算能力とグラフ能力を応用するのに効果的な方法だから、教えられるのである。

重要な事柄について、優れたデータを集めることは容易ではない。PISA 調査にとって、データは生徒に興味深く、関連性があり、実際の、かつ意味のあるものでなければならない。

データはある特性を測定することによって得られる。これはデータを数によって表現することを意味する。測定について考えることは、ある数が有益であるのに、他の数は筋違いだったり、

無意味だったりするのは何故かということをも十分把握することにつながる。第一に、測定するのに有効な方法は何か。長さは——精度の差はあるが、様々な目的のために通常定規が使用されることからわかるように——かなり測定しやすい。しかし、広さについては問題がある。身体測定の場合であっても、ある程度の不確実性が一役買っているからである。測定用具が重要であるだけでなく、要求される精度と測度の可変性も同様に重要である。

標本調査の設計は、統計における核心的な主題である。データ分析は、手元にある特定のデータがより大きな母集団を代表すると仮定しながら、そのデータを理解することに主眼が置かれる。単純無作為抽出標本の概念は、15歳の生徒が不確実性に関する事柄を理解する上で不可欠である。

次によく知られている問題例を示す。

1975年、著名な相談コラムニストであるアン・ランダースは、読者に次のような問いを投げかけました。

「妊娠の苦しみを最初からもう一度味わうとして、それでも、あななたは子どもを持ちたいと思いますか。」

これに対して、10,000人の回答者の70%が「いいえ」と答えました。

自発的な回答の場合、そのうちのほとんどの回答が、はっきりとした（否定的な）意見を持つ人々によって示されることはよく知られている。同じ質問でも、無作為抽出による全国規模の調査では、調査対象者である親の90%はもう一度子どもがほしいと回答した。

データ分析の本質は、データが何らかのより大きな母集団を代表するものかどうかを最初に検討することではなく、「データそれ自体に語らせる」ということである。

現象には不特定の個々の結果があり、しばしば反復結果のパターンは無作為である。偶然に対して我々が持っている直観は、確率の法則に大きく矛盾することが証明されている（Garfield & Ahlgren, 1988; Tversky & Kahneman, 1974）。これは、生徒が無作為性に触れる機会がいくぶん限られているからである。データについての勉強は、そのような経験に対して無理のない環境を提供している。このことは、なぜ、データ分析が形式的な確率や推論に優先することが、不確実性の学習・教育における重要な原則であるべきなのかということを説明している。大学レベルにおいても、多くの学生は形式的な規則性の勉強によっては取り除くことができない誤解のために、確率や推理を理解することができない。現在のPISA調査における確率の概念は、概して、コイン、さいころ、小さなコマといった偶然による仕掛けに関連する状況に基づくか、または、直観的に分析できたり、これらの仕掛けを使って適切にモデル化できるような、あまり複雑ではない現実世界の状況に基づく。

不確実性はまた、生徒の身長、読解力の点数、あるグループの収入などにおける自然の変化などの情報源でも見ることができる。15歳の生徒にとっても非常に重要な段階は、データと偶然の勉強を首尾一貫した全体として考えることである。そのような原則の一つは、単純なデータ分析からデータの生成へ、続いて確率から推論へと繋がるアイディアの進歩である。

この分野における特定の数学的概念と活動は以下のとおりである。

- データ生成——特定の性質を測定するのに有効な方法は何か。また、データは提案された

用途からみて妥当か。ここでは、批評的な態度が重要な役割を果たすが、統計の勉強の設計もまた重要である。

- データ分析とデータ表現／視覚化、データのグラフ的表現、平均値や中央値のような数値的記述
- 確率
- 推論。これは、調査対象の生徒にとってあまり重要な役割は果たさない。何故ならば、形式的処理と特定の手法は、通常、後期中等教育課程になるまで学ばないことが多いからである。

●問題例

以下の問題例は包括的アイデアの不確実性について例証する。

平均年齢

ある国の人口の40%が、少なくとも60歳である場合、その国の平均年齢が30歳である可能性はありますか。

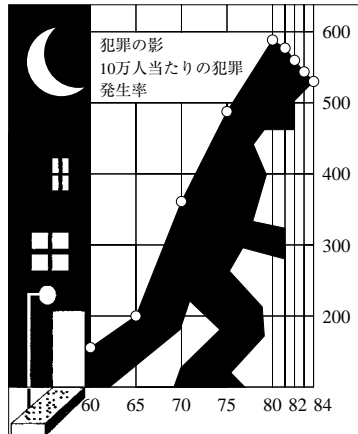
収入増？

ゼットランド国では過去20年間に国民の所得が減ったとも言えるし、増えたとも言えます。すなわち、1世帯当たりの収入の中央値は減少し、1970年に34,200ゼット、1980年に30,500ゼット、1990年には31,200ゼットでした。一方、国民1人当たりの収入は増加し、1970年には13,500ゼット、1980年には13,850ゼット、1990年には15,777ゼットでした。

世帯とは、同じ住所にいっしょに住んでいる者すべてから成ります。ゼットランド国において、国民1人当たりの収入が増加したのと同じ時期に、1世帯当たりの収入が減ることはあり得るかどうかについて、説明してください。

犯罪の増加

下のグラフは、ゼッドランド国の週刊誌『ニュース・マガジン』に掲載されたものです。

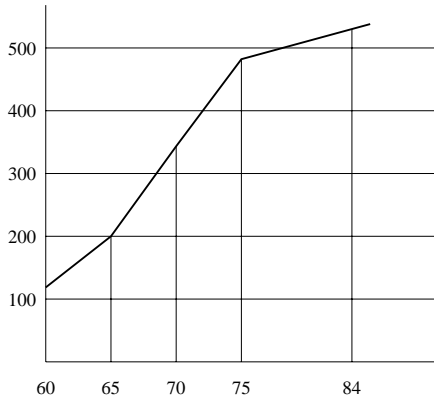


このグラフは、住民 100,000 人当たりの犯罪件数を示しており、最初は 5 年間隔ですが、終わりの方は 1 年間隔になっています。

1960 年に報告された、100,000 人当たりの犯罪件数は何件でしょうか。

また、警報装置メーカーは同じデータを使用して次のグラフを作成しました。

10万人当たりの犯罪数



犯罪倍増!!!
犯罪の増加を
止めよう!

■警報装置を買いましょう■

グラフの作成者は、どのようにして、またなぜこのグラフを考え出したのでしょうか。

警察は犯罪取締りが成功している様子を示したいと考えていたので、警報装置メーカーが作ったこのグラフをあまり歓迎しませんでした。

では、警察の目的に合うような、最近の犯罪件数が減少していることを示すグラフを作ってください。

第2章

読解力 (読解リテラシー)

2.1 領域の定義

読解及び読解力（読解リテラシー）についての定義は、社会、経済、文化の移り変わりとともに変化してきた。学習の概念、特に生涯学習の概念は、読解力についての認識及びこれに対する要求を拡大させた。読解力はもはや、学校教育の初期の段階でのみ習得される能力とはみなされなくなってきている。かわって、知識、技能、及び個人が生涯にわたって様々な状況において、仲間や自分がその一員である地域社会の人々との相互作用を通じて構築する方策といったように、拡大された解釈で捉えられるようになってきた。

PISA 調査参加国及び PISA 諮問グループによって選ばれた読解の専門家がかかわりながら、コンセンサスを形成することによって、PISA 調査の読解力の定義が次のように採用された。

読解力とは、自らの目標を達成し、自らの知識と可能性を発達させ、効果的に社会に参加するために、書かれたテキストを理解し、利用し、熟考する能力である。

この定義は、読解力の概念について、文章の解読と理解といった内容を超え、様々な目的のために書かれた情報を理解し、利用し、熟考することを含んだものとなっている。したがって、書かれたテキストから意味をくみ取るという、読み手の積極的かつ相互作用的な役割を考慮したものである。この定義はまた、私的な用途から公的な用途まで、また学校から職業にいたるまで、さらには積極的な市民としての生活から生涯学習の場面にいたるまで、読解力が若い成人のために果たす役割についての十分な範囲を認識したものとなっている。それは、読解力が個人の願望——学歴を得て仕事を得るといった明確なものから、個人の私的な生活を充実させるといった、あまり目的志向的ではないものまで含む——を成就することを可能にするという概念を表している。読解力はまた、公的な制度、大規模な官僚制度、複雑な法律体系などをもつ現代社会の要求を満たす上で、次第にその重要性が高まっている言語ツールを読み手に与えるものである。

読み手は彼らが読んでいるものを利用し、理解しようとする様々な方法で、与えられたテキストに反応する。このダイナミックなプロセスには多くの要因が関係しているが、その一部は PISA 調査のような大規模な調査で処理することができる。これらの要因には、読みの状況、テキストそのものの構造、及びテキストについて尋ねられている質問の特性（テストの規定）などが含まれる。これらすべての要因は読みのプロセスにおいて重要な構成要素であると考えられており、調査で用いられた問題の開発に当たってうまく処理された。

テキストの形式、問題の特性、及び評価の課題を構築し、さらにはその結果を解釈する状況を利用するために、これらの要因のそれぞれについて範囲が特定されなければならなかった。これによって各課題の分類が可能となり、さらには、最終的に調査結果において各構成要素の重み付けを考慮することができた。

2.2 テキストの形式

PISA 調査の中核として、連続型テキストと非連続型テキストとの区別がある。

- 連続型テキスト (Continuous texts) は、通常文章、そして段落から構成されている。これらは節、章、本といったより大きな構造になる場合もある。連続型テキストはまず、修辭的な目的すなわちテキストの種類によって分類される。
- 非連続型テキスト (Non-continuous texts) (いくつかのアプローチで知られており、非連続文書 (documents) とも言う) は、2つの方法で分類することができる。1つは、キルシュとモーゼンタール (Kirsch and Mosenthal, 1989-1991) の研究で用いられた形式的構造アプローチである。彼らの研究では、各種の非連続型テキストの形式を構築するよう基本的なリストをまとめるという方法によってテキスト进行分类する。このアプローチは、非連続型テキストの形式間の類似性と差違を理解する上で有用である。もう1つの分類方法は、これらのテキストのフォーマットを日常的に説明するものである。この第2のアプローチは、PISA 調査で非連続型テキスト进行分类する際に用いられたものである。

2.2.1 連続型テキスト

テキストの形式は、内容及び著者の意図によって連続型テキストを組織する上での標準的な方法である。

- 物語 (Narration) は、情報が対象の時間的な特性に言及しているような形式のテキストである。物語形式のテキストは、典型的には「いつ」または「どのような順序で」といった質問に対する答えを提供する。
- 解説 (Exposition) は、複数の要素で構成された概念または精神的な構造物として情報が提示されているような形式のテキスト、あるいは概念や精神的な構造物がその中で分析できるような要素を持つテキストである。テキストは、構成要素が意味ある全体として、またしばしば「どのようにして」といった質問によって、いかに相互に関連するかを説明するものである。
- 記述 (Description) は、情報が空間に存在する事物の特性に言及するような形式のテキストである。記述的テキストは典型的には「何か」といった質問に対する答えを提供する。
- 議論 (Argumentation) は、概念間の関係についての命題、あるいは他の命題間の関係を示す形式のテキストである。論証的テキストはしばしば、「なぜ」といった質問に答えるものである。議論的テキストは、もう1つ重要な下位分類である説得的なテキストに分類される。
- 指示 (Instruction) (命令 (injunction) と呼ばれることもある) は、何をなすべきかを指し示し、ある行動を特定する手順、規則、規範及び法令を含むような形式のテキストである。
- 文書または記録 (document or record) は、情報を標準化し、保存するよう設計されたテキストである。きわめて形式化されたテキストの特徴または形式的特徴によって特性づけられる。
- ハイパーテキスト (Hypertext) は、異なる配列で問題を読むことができることによって、読み手が様々な経路から情報に到達するような方法で、一連のテキストを結び付けたものである。

2. 2. 2 非連続型テキスト

非連続型テキストは、連続型テキストとは異なる体系化がなされているため、異なる種類の読みのアプローチが必要となる。読み手は、構造的アプローチについて検討する際に、キルシュとモーゼンタールの研究 (Kirsch and Mosenthal, 1989–1991) を参考にすべきである。彼らの研究によると、最も基本的な非連続型テキストはリストである。リストは、何らかの特性を共有する多くの記入事項からなる。この共有された特性は、リストのラベルまたはタイトルとして使用することもできる。リストは記入事項が順序づけされる場合 (ある学級の生徒の名前を五十音順に並べる場合など) もあるし、順序づけされない場合 (ある店の商品の在庫リストなど) もある。

以下に示すように、彼らのフォーマットによって非連続型テキストを分類することは、非連続型テキストのどの形式を PISA 調査に含めるかを検討する上で、なじみ深い方法を提供する。

- 図・グラフ (Charts and graphs) はデータを映像的に表現したものである。科学的論証のために用いられるとともに、雑誌や新聞で数字及び表にした公の情報を視覚的に示すために用いられる。
- 表・マトリックス (Tables and matrices)。表は行と列からなるマトリックスである。典型的には、各列と各行に記入されるすべての項目が特性を共有しており、このため、列と行のラベルはテキストの情報構造の部分を形成している。一般的な表には、予定表、一覧表、注文票、索引などがある。
- 図 (Diagrams) は、しばしば技術的な説明 (家庭用器具の部品を説明する場合など) や、解説及び説明のテキスト (家庭用器具の組み立て方法を図示する場合など) などで用いられる。しばしば、(ある物がどのように機能するかという) プロセスと (どのようにするかという) 手順を区別して図示する際に有用である。
- 地図 (Maps) は、ある場所とある場所の地理的な関係を示す非連続型テキストである。地図には様々な種類がある。道路地図は、ある特定された場所と場所の間の距離や経路を示す。テーマ別地図は、ある場所と社会的状況あるいは自然との関係を示す。
- 書式 (Forms) は、構造化されフォーマットされたテキストであり、読み手に対して特定の質問に特定の方法で答えることを求める。書式は、多くの組織がデータを収集する際に用いており、構造化すなわちあらかじめコード化された回答様式となっていることが多い。典型的な例としては、納税用紙、入国管理用紙、査証申請用紙、申込用紙、統計用質問紙などである。
- 情報シート (Information sheets) は、それによって情報を求めるというよりも、むしろ情報を提供するためのものであるという点で書式と異なる。情報シートは構造化された方法、及び読み手が容易にかつ迅速に特定の情報を確認できるようなフォーマットで情報を要約する。情報シートは、リスト、表、図、及び非常に複雑なテキストに基づく図表 (見出し、フォント、インデント、枠など) だけでなく多種多様なテキストの書式によって、情報を要約したり強調したりする。時刻表、価格リスト、カタログ、プログラムなどはこの種の非連続型テキストの例である。
- 宣伝・広告 (Calls and advertisements) は、読み手に何かをするよう呼びかけるためにデ

ザインされた文書で、例えば商品やサービスを購入したり、集会や会議に参加したり、選挙に行くことを呼びかけたりするものなどが含まれる。これらの文書の目的は、読み手をその気にさせることである。何かを誘ったり、注目すること及び行為することを求めているのである。広告、招待状、召喚状、警告、通告などはこの種の文書形式の例である。

- バウチャー (Vouchers) は、その所有者があるサービスを受ける権利があることを示すものである。そこに含まれる情報は、バウチャーが妥当であるか否かを示すのに十分でなければならない。典型的な例はチケットや請求書などである。
- 証明書 (Certificates) は、協定あるいは契約の妥当性を認定する書かれた文書である。それらは、形式よりもむしろ内容において形式化されている。与えられたステートメントが真実であることを証明する権限のある正当な者、1人以上のサインを必要としている。保証書、卒業証書、学位記、契約書などがこれらの特性を持つ文書である。

表 2.1 ■ 読解力問題のテキストの形式・種類別割合

| テキストの形式・種類 | テキストの形式・種類別にみた 問題の割合 (%) | | 全調査問題に占める読解力問題の テキストの形式・種類別割合 (%) | |
|--------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------------------|----------------------|
| | 読解力が中心の調査 (2000年調査) | 読解力が副領域の調査 (2003年調査) | 読解力が中心の調査 (2000年調査) | 読解力が副領域の調査 (2003年調査) |
| ■連続型 | | | | |
| 物語 | 21 | 17 | 14 | 11 |
| 解説 | 36 | 67 | 24 | 43 |
| 記述 | 14 | 17 | 9 | 11 |
| 議論・説得 | 20 | — | 13 | — |
| 指示 | 10 | — | 7 | — |
| 計 | 100 | 100 | 68 | 64 |
| ■非連続型 | | | | |
| 図・グラフ | 37 | 20 | 12 | 7 |
| 表 | 29 | 40 | 9 | 14 |
| 図 | 12 | — | 4 | — |
| 地図 | 10 | 10 | 3 | 4 |
| 書式 | 10 | 30 | 3 | 11 |
| 宣伝・広告 | 2 | — | 1 | — |
| 計 | 100 | 100 | 32 | 36 |

1. 四捨五入のため各項目の合計が計の欄と一致していない。

生徒たちが PISA 調査で読むように求められたテキストの配分及び多様性は、この調査の重要な特性であった。表 2.1 は (読解力が主要領域であった) 2000 年調査と (読解力が副領域であった) 2003 年調査における読解力問題について、それぞれの連続型テキスト及び非連続型テキストの割合を示している。2000 年調査でも 2003 年調査でも、問題の 3 分の 2 が連続型テキストであったことが容易にわかる。この分類でみると、2000 年調査でも 2003 年調査でも、説的テキストの占める割合が最も高かった。

2.3 問題の特徴

調査問題の特徴を説明するために 3 組の変数を用いる。すなわち、生徒に対する課題を設定す

るプロセス（側面）、生徒が課題における習熟度を示すよう求められる方法を設定する問題の種類、及び生徒の解答をどのように評価するべきかを特定する採点基準、である。これらの点がそれぞれ順次論議されるが、1つ目の点には相当の注意を払う必要がある。

2. 3. 1 5つのプロセス（側面）

PISA 調査では真正な読解の状況を刺激するために、テキストが連続型か非連続型にかかわらず、テキストを十分に理解することを伴う読解力の次のような5つのプロセスを測定する。調査対象生徒は、これらのプロセスのすべてにおいて彼らの習熟度を示すことが期待される。

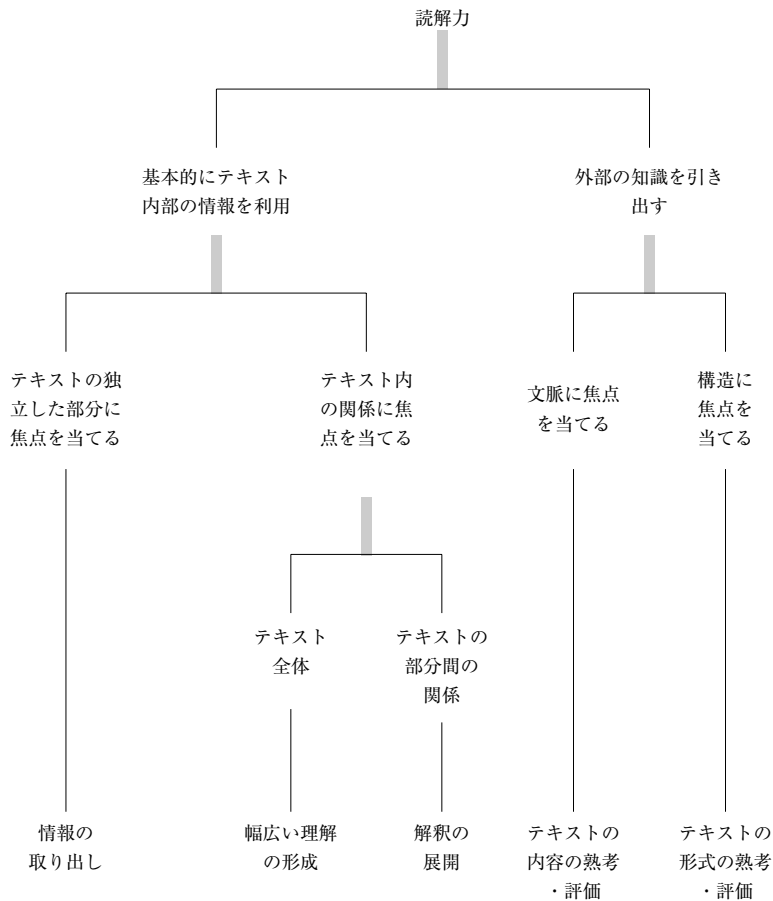
- 情報の取り出し (retrieving information)
- 幅広い一般的な理解の形成 (forming a broad general understanding)
- 解釈の展開 (developing an interpretation)
- テキストの文脈の熟考・評価 (reflecting on and evaluating the content of a text)
- テキストの形式の熟考・評価 (reflecting on and evaluating the form of a text)

テキストを十分に理解するには、これらのプロセスのすべてを必要とする。すべての読み手は、彼らの全体的な習熟度にかかわらず、調査問題のそれぞれについてある程度の能力を示すことができるであろう (Langer, 1995)。5つの側面の間に相互的關係はあるが——各側面は同じ基礎的技能を必要とするかもしれない——ある側面についてうまく達成できることが、他の側面の達成を保証するわけではない。これら5つの側面を、連続的な技能の階層または一連の技能を形成するものと捉えるのではなく、むしろそれぞれの読み手がどの発達段階においても持っている技能のすべてと捉える者もいる。

図2.2は、PISA 調査で測定される読解の5つのプロセスの重要な特徴を示したものである。この図は必然的に各プロセスを過度に簡略化しているが、それでも、各プロセス間の関係を体系化し、記憶するために有用な概要を提示している。この図で示されているように、5つのプロセスは4つの特徴から区別することができる。最初の特徴は、読み手が、基本的にテキスト内部にある情報を利用するよう期待されているのか、それとも外部の知識を引き出すことも期待されているのかに関係している。第2の特徴は、読み手が、テキストの独立した部分に焦点を当てるよう求められているのか、それともテキストに含まれている情報の内部の關係に焦点を当てるよう求められているのかに関係している。読み手が、情報の独立した部分を取り出すことを期待される場合もあるし、他方で、テキストの部分の間の關係について理解したことを示すよう求められることもある。テキスト全体かあるいはテキストの部分の間の關係に焦点を当てるのが、第3の特徴である。第4の特徴は、読み手が、テキストの形式・構造よりもむしろ内容・実質を扱うよう求められるかどうかに関連している。読解の5つのプロセスは、図2.2に示すように枝分かれした線の一番下に示されている。図の一番上から枝分かれの線をたどることにより、どの特徴がどのプロセスと関連しているかがわかる。

以下の議論は、各プロセスを機能的に定義づけようとするものであり、またこれを特定の種類の問題に関連づけようとするものである。それぞれのプロセスは1つのテキストについて論じられるが、調査用紙の中でユニットとして提示されているような、複数の小問からなる問題で用いられるテキストにも適用することができる。各プロセスの説明は2つの部分からなる。最初の部

図 2.2 ■ 読解力の5つのプロセス（側面）を区別する特徴



分はプロセスを概観したものであり、2つ目の部分ではプロセスが評価される特定の方法について説明している。

●情報の取り出し

日常生活の過程で、読み手は、電話番号やバス、列車の出発時間などある特定の情報を必要とすることがよくある。誰かの主張を支持したり、否定したりするためにある特定の事実を知りたいと思うこともある。こうした状況において、読み手は分離した情報を取り出すことに関心を持つ。このため、読み手は関連情報を読み取り、探し、定め、選択しなければならない。処理が必要とされるのはほとんどが文のレベルであるが、場合によっては複数の文あるいは異なる段落において情報が処理されることもある。

情報の取り出しが求められる評価課題の場合、生徒は、質問で与えられた情報をそのテキストにある言葉と同一あるいは同義の情報と一致させなければならないし、求められている新たな情報を見つけるために情報を利用しなければならない。これらの課題では、情報の取り出しはテキストそれ自体及び含まれている明白な情報に基づいている。情報を取り出す作業には、生徒が、質問で特定されている要件または特徴に基づいて情報を見つけることが必要となる。生徒はある質問の1つ以上の重要な要素、例えば文字、場所／時間、背景などを見つけ出したり、確認した

りしなければならないし、字義的または同義語的に合致するものを探さなければならない。

情報を取り出す作業にはまた、様々な程度の曖昧さがつきまとう。例えば、生徒は、テキストや表から時間や場所を示すといった明白な情報を選択するよう求められることもある。これと同じ種類のもっと難しい課題では、同義語的な情報を見つけることを求める場合もある。これには分類づけをすることができる能力が必要であるし、あるいは2つの類似した情報を区別することを求める場合もある。この理解のプロセスと結び付いた異なるレベルの習熟度は、課題の難易度に影響する要素を体系的に変化させることによって測定できる。

●幅広い一般的な理解の形成

読んだ内容について幅広い一般的な理解を形成するために、読み手はテキストを全体としてみるか、あるいは幅広い視野から考察しなければならない。読み手に幅広い一般的な理解を形成するよう求める評価課題は多種多様である。生徒は、主要なトピックスやメッセージあるいはテキストの一般的な目的や用途を明らかにすることによって、基本的な理解を示すかもしれない。例としては、読み手に対してテキストのタイトルやテーマを選択させたり、創らせたりする問題、あるいは単純な指示の順番を説明させる問題、さらにはグラフや表の主な次元を示す問題などがある。またこの他にも、生徒に対して物語の主人公、背景、境遇を説明させたり、文学的テキストの主題やメッセージを書かせたり、地図・挿絵の目的や使い方を説明させる問題などがある。

このプロセスの中には、生徒にテキストのある特定の部分を質問に適合させることを求める課題もある。例えば、テキストに主題または主要なアイデアが明らかに述べられている場合などに、こうしたことが求められる。他には、例えば、読み手が情報のある特定の分類の反復からその主題を推論しなければならないような場合で、生徒に、テキストの1つ以上の特定の参考情報に焦点を当てることを求めるような課題がある。主要なアイデアを選択することは、アイデアを階層化し、最も一般的で包括的なアイデアを選ぶことを意味する。このような課題は、生徒が主要なアイデアとあまり重要でない細部とを区別できるかどうか、あるいは、文章やタイトルから主題の要点が何かがわかるかを問うものである。

●解釈の展開

解釈を展開させることは、読み手に、読んだ内容をより具体的または完全に理解できるように、彼らが最初に受けた印象を広げるよう求める。この分類における課題は論理的理解を求めており、読み手はテキストの情報の構成を加工しなければならない。このため、たとえ結び付きを明白には説明できなくても、読み手は結び付きについての理解を示さなければならない。時には解釈を展開させるため、読み手は、局部的に結び付いているたった2つの文の配列を加工しなければならないこともあるが、これは、配列を示すために「第一に」とか「第二に」といったような結び付きを表す目印をおくことによって、さらに容易となると思われる。だが、もっと難しい課題の場合には（因果関係を示す場合など）、明示的な目印はどこにもないかもしれない。

このプロセスを評価するために用られる課題には、情報を比較・対照し、推論し、証拠を明確にし、一覧表にするといったことが含まれる。「比較・対照」の課題は、生徒に、テキストから2つ以上の情報を引き出すことを求める。こうした課題において1つ以上の情報源から明示的または暗示的情報を処理するために、読み手は、しばしば意図された関係または分類を推論しなければならない。この理解のプロセスはまた、生徒に、著者の意図を推論したり、その意図を推論

するために用いられた証拠を明らかにしたりすることを求めるような課題において評価される。

●テキストの内容の熟考・評価

テキストの内容を熟考・評価することは、読み手に、テキストの情報と他の情報源からの知識とを結び付けることを求める。読み手はまた、テキストにある主張を、世界についての彼ら自身の知識と対比させながら評価しなければならない。しばしば、読み手には自分自身の見解を明確に述べたり、正当化したりすることが求められる。これを行うために、読み手はテキストにおいて語られ、意図されていることについて、理解を深めることができなければならない。さらに、これまで持っている情報や他のテキストにあるような情報に基づき、自分の知識や信念に照らして、知的な表現をテストしなければならない。読み手は、抽象的に推論する能力だけでなく一般論的かつ具体的な知識を用いながら、テキストの中にある証拠を探し出し、これを他の情報源と比較・対照しなければならない。

この処理の分類の代表的な評価課題には、テキストの外部からの証拠や議論を提示することや、特定の情報、証拠の妥当性を評価すること、あるいは道徳的・美的規則（基準）と比較することなどが含まれる。生徒には、著者の議論を強めるであろう型にはまらない情報を提供したり、明らかにしたりすること、あるいはテキストに示されている証拠や情報が十分であるかどうかを評価することが求められる場合もある。

テキストの情報が結び付けられるような外部の知識は、生徒自身の知識や、PISA 調査で提示されたその他のテキスト、あるいは質問で明示的に提示されたアイデアからもたらされる場合がある。

●テキストの形式の熟考・評価

この分類の課題では、読み手にはテキストから離れてそれを客観的に考察し、その質と適切さを評価することが求められる。これらの課題においては、テキストの構造、ジャンル、使用域などについての知識が重要な役割を果たす。これらの特徴は著者の技術の基盤を成すものであるが、この種の課題に内在する基準を理解する上で非常に重要である。著者が何らかの特性を描写したり、読み手を説得したりするのにどの程度成功しているかを評価することは、実質的な知識だけでなく、言葉のニュアンスを見分ける能力にも左右される。例えば、どの形容詞を選択するかによって解釈が異なってくることを理解することなどである。

評価課題においてテキストの形式について熟考する際の特徴的な例としては、ある目的のためにある特定のテキストがどれだけ役に立つかを判断する問題や、ある一定の目標を達成する上で著者があるテキスト上の特徴をどのように用いているかを評価するような問題がある。生徒が、著者の文体の使い方について説明したり、批評したりすること、及び著者の目的と態度を明らかにするよう求められる場合もある。

表 2.3 は、上述の読解の 5 つのプロセス（側面）から生み出された 3 つの下位基準別に読解力問題の配分を示したものである。最も多い課題は調査問題の約 50% を占め、図 2.2 の 2 つの枝によって示されているように、あるテキストの中の関係性に焦点を当てるよう求めた問題である。これらの課題は、生徒に、幅広い理解を形成すること、あるいは解釈を展開することを求めている。これらは調査結果の報告の仕方からみて、テキストの解釈と呼ばれる単一のプロセスにまとめられている。2000 年調査及び 2003 年調査でテキストの解釈の次に多かった課題は全体の

29%で、生徒に、個々の情報を取り出す能力を示すよう求める問題であった。これらのプロセスは、幅広い理解を形成し、情報を取り出し、解釈を展開させるものであるが、読み手がテキスト内にもともと含まれている情報をどの程度理解し、利用できるかという点に焦点を当てるものである。

表 2.3 ■ 読解力問題の読解プロセス別（側面）別割合

| 読解のプロセス（側面） | 問題の割合（%） | |
|-------------|--------------------|---------------------|
| | 読解力が中心の調査（2000年調査） | 読解力が副領域の調査（2003年調査） |
| 情報の取り出し | 29 | 29 |
| テキストの解釈 | 49 | 50 |
| 熟考・評価 | 22 | 21 |
| 計 | 100 | 100 |

残りの約20%の課題は、テキストに提供された内容か情報、もしくはテキスト自体の構造と形式を熟考するよう生徒に求めるものである。

2.3.2 問題の種類

表2.4は、2000年調査及び2003年調査において、読解力問題の約43%が採点者による採点が必要な自由記述式問題であったことを示している。残りは、採点者による採点が若干必要な選択肢（解答）が決められている問題、及びいくつかの選択肢から1つの答を選択する多肢選択問題、そして1つ以上の答を選択するよう求められる多肢選択の複合問題からなっている。

この表はまた、多肢選択問題及び自由選択式問題が読解の3つのプロセスに配置されているが、各プロセスに均等に配分されているわけでないことを示している。多肢選択問題で最も多いプロセスは、あるテキスト内の関係性を解釈することに関連している。これは表2.4の第2列目に示されている。対照的に、熟考・評価課題は2000年調査及び2003年調査のそれぞれ約20%で、多肢選択問題でみると2000年調査でわずか2%であった。内訳でみると、採点者の採点が必要な自由記述式問題の約20%が熟考・評価課題である。

表 2.4 ■ 読解力問題の読解プロセス（側面）及び問題の種類別割合

| プロセス（側面） | 問題の種類 | | | | | | | | | |
|----------------|------------|----|--------------|---|----------------------|----|-------------------------|----|----------------|-----|
| | 多肢選択の問題の割合 | | 多肢選択の複合問題の割合 | | 選択肢（解答）が決められている問題の割合 | | 自由記述式問題の割合 ¹ | | 計 ² | |
| 情報の取り出し | 8 | | 2 | 4 | 6 | 14 | 13 | 11 | 29 | 29 |
| テキストの解釈 | 32 | 29 | 2 | 4 | 2 | 7 | 13 | 11 | 49 | 50 |
| 熟考・評価 | 2 | | 2 | | 0 | | 18 | 21 | 22 | 21 |
| 計 ² | 42 | 29 | 6 | 7 | 9 | 21 | 44 | 43 | 100 | 100 |

1. この分類には短い解答を記入する問題が含まれる。
2. 四捨五入のため各項目の合計が計の欄と一致していない。

2.3.3 採点

採点は、多肢選択問題については比較的単純で、生徒が示された答を選んだのか選んでいないのかといったように二者択一で採点する。もっと複雑な問題の採点の際に部分正答という基準が用いられ、生徒の解答が一部間違っただけのものより正答に近く、「ほとんど正しい」答えを書いているとみなされる場合は、部分的に得点が認められる。こうしたいくつかに分かれた採点方法のための計量心理学モデルは十分に確立されており、解答においてより多くの情報を利用するため、二者択一の採点方法よりも望ましい場合がある。しかしながら、多分岐式の採点の解釈はより複雑である。一方は完全正答、他方は部分正答といったように、課題ごとに難度についていくつかの尺度があるからである。部分正答の採点は、PISA 調査におけるいくつかのより複雑な自由記述式問題で用いられる。

2.4 状況

状況を定義づける方法は、欧州評議会（2001年）の言語に関する成果から借用したものである。私的な用途、公的な用途、職業的な用途、及び教育的な用途という読解の4つの状況変数が特定された。PISA 調査の読解力評価の意図は、教室の内外で起こるような読解について測定することだったが、状況を定義づける方法は、読むという行為が行われる場所にだけ基づくものではない。例えば、教科書は学校でも家でも読まれるが、これらのテキストを読むプロセスと目的は、環境の違いによってはほとんど変わらない。さらに読解には、著者の意図した用途や異なるタイプの内容、また読む対象や目的を他の人（教師や雇用者など）が決めることがあるという事実が関係している。

このように、本調査の目的に照らして、状況とは著者の意図した用途、テキストと暗示的または明示的に関連している他人との関係、及び一般的な内容に基づく、テキストの一般的な分類として理解することができる。サンプル・テキストは、読解力調査に含まれる内容を最大限多様なものとするため、様々な状況から引用された。本調査に含めるために選択されたテキストの出所にも、細心の注意が払われた。PISA 調査で用いられる読解力の幅広い定義と、参加国の言語的・文化的多様性との間のバランスを取ることが目指された。この多様性は、評価内容によって一部のグループに有利だったり不利だったりということがないようにする上で役に立った。

欧州評議会の成果から採用された4つの状況変数は、以下のとおりである。

- 私的な用途（Reading for private use (personal)）：このタイプの読解は、個人の実際的及び知的な興味を満たすために行われるものである。また、他の人々との個人的なつながりを維持したり、発展させたりするための読解が含まれる。典型的には内容は、私的な手紙、小説、伝記、興味の対象として読まれる情報提供テキストを含み、余暇や気晴らしのための活動として行われる。
- 公的な用途（Reading for public use）：このタイプの読解はより幅広い社会の活動に参加するために行われるものである。公的行事に関する情報だけでなく公的文書の使用が含まれる。一般に、これらの課題は多かれ少なかれ他の人と互いに匿名でつながることを意味して

いる。

- 職業的な用途（Reading for work (occupational)）：実際にはすべての15歳児が仕事で読まなければならないというわけではないが、労働の世界に入るための準備がどのくらいできているかを評価することは重要である。なぜなら、ほとんどの国で、彼らの50%以上は1、2年のうちに労働力になるからである。このタイプの原型的課題はしばしば「為すための読解」（Sticht, 1975 ; Stiggins, 1982）と呼ばれ、目の前の課題を達成することに結び付いているのである。
- 教育的な用途（Reading for education）：このタイプの読解は通常、より大きな学習課題の一部として情報を獲得することに関連している。教材はしばしば、読み手によって選択されるのではなくて教師が割り当てる。内容は通常、特に教授を目的に設計されたものである。原型的な課題は通常、「学ぶための読解」（Sticht, 1975 ; Stiggins, 1982）としてみなされている。

表2.5は、読解力が主たる調査領域であった2000年調査の場合と、副領域である2003年調査の場合において、4つの状況すべてについての読解力問題の割合を示したものである。2003年調査では、課題が各状況に均等に配分されている。

表2.5 ■ 読解力問題の状況別割合

| 状 況 | 課題の割合 (%) | |
|--------|---------------------|----------------------|
| | 読解力が中心の調査 (2000年調査) | 読解力が副領域の調査 (2003年調査) |
| 私的な用途 | 20 | 21 |
| 公的な用途 | 38 | 25 |
| 職業的な用途 | 14 | 25 |
| 教育的な用途 | 28 | 29 |
| 計 | 100 | 100 |

2.5 結果の報告

2.5.1 読解力の尺度

PISA 調査では、参加国の15歳児がそれぞれの国を代表するように標本として抽出された。また、本報告書の定義のように、読解力を可能な限り広い範囲で評価できるように読解力の課題が開発され、これら15歳児を対象に調査が行われた。しかしながら、個々の生徒に一連の課題のすべてに解答させることは不可能である。このため、課題の組み合わせ方を変えることによって異なるブックレットを用意し、結果として、すべての課題が国の代表性を持つ生徒の標本に対して実施されるようにした。このように、すべての課題を通じて生徒の習熟度を概観するということは難問なのである。

生徒にとっての難度、及び各問題に正しく解答することが求められる技能レベルの観点から配列された読解力の課題を想像してみたい。この難度と能力の連続体を理解するためにPISA調査で用いられた手続きは、項目反応理論（IRT: Item Response Theory）である。IRTは、ある

個人が、ある特定の課題の集まりから与えられた課題に正しく解答するであろう可能性を推測するために用いられる数学モデルである。この確率は、彼もしくは彼女の能力の観点からみた個人の習熟度、及びその難度の観点からみた複雑さを要約するような連続体に沿ってモデル化されている。この難度と習熟度の連続体は「尺度」と呼ばれる。

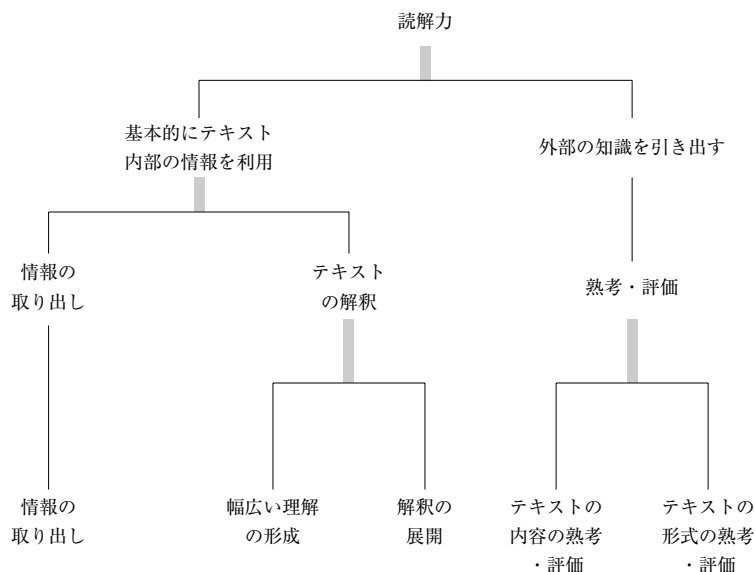
2.5.2 報告の方法

2003年調査は2000年調査で用いられた報告スキームに倣って、理論と解釈可能な政策的観点に基づく習熟度尺度によって、結果を報告するであろう。読解力調査の結果は、まず、平均得点を500点、標準偏差を100点とし、複数の要素から成る1つの読解力尺度で要約された。さらに生徒の成績は5つの下位尺度で示されたが、それは、3つのプロセス（側面）の下位尺度（情報の取り出し、テキストの解釈、熟考・評価；OECD, 2001a）及び2つのテキスト形式の下位尺度（連続型テキストと非連続型テキスト；OECD, 2002b）から成るものであった。これらの5つの下位尺度は、読解力の構成概念の多様な要素ごとに、下位グループと国間の平均得点及び分布を比較することを可能とする。これらの下位尺度の間には高い相互関係があるが、各下位尺度についての結果は参加国間の興味深い相互関係を示すと考えられる。このような特徴がみられれば、それは検討可能であり、用いられているカリキュラム及び指導方法に結び付けて考えることができる。現行カリキュラムをより良く教える方法に関する質問が重要であるような国もあるが、いかに教えるかだけでなく、何を教えるかに関連する質問が重要な国もある。

●読解プロセス（側面）の下位尺度

図2.6は、読解力の課題を3つのプロセスの観点から要約したものである。結果の報告にあたって、プロセスの下位尺度の数を5から3に減らしたのは次の2つの理由による。1つ目は実用的な理由で、2003年及び2006年の調査において読解力は主たる調査領域ではないので、問題数が、主たる調査領域であった2000年調査で用いられた141から約30に制限されたこと。した

図 2.6 ■ 読解力の枠組みとプロセス（側面）の下位尺度との関係

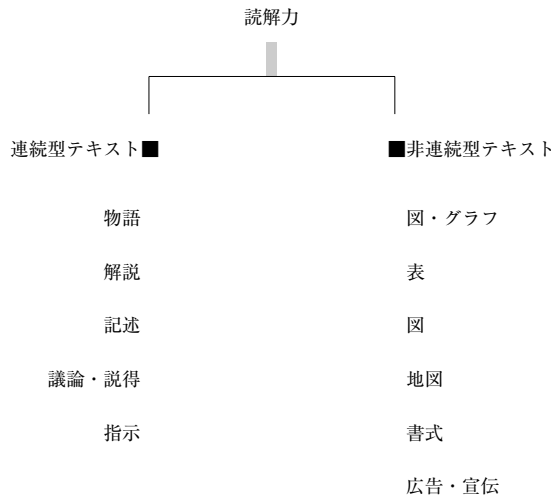


がって情報量は、5つのプロセス下位尺度についての傾向を報告するには十分ではないことである。2つ目の理由は概念的なものである。3つのプロセスの下位尺度は、図2.2に示されている5つのプロセスに基づいている。幅広い理解の形成と解釈の展開は「テキストの解釈」と1つにまとめられたが、これは幅広い理解の形成の場合、読み手はテキスト全体について情報を処理し、解釈の展開の場合はテキストの一部を他の部分と関連させながら情報を処理するからである。内容について熟考・評価することと形式について熟考・評価することの間の区別は、実際のところ幾分恣意的であると考えられたので、テキスト内容の熟考・評価とテキスト形式の熟考・評価を下位尺度「熟考・評価」とした。

●**テキスト形式の下位尺度**

2003年調査は、*Reading for change: Performance and engagement across countries* (OECD, 2002 b)でも報告されているように、テキスト形式の下位尺度に基づいて結果を報告する可能性がある。図2.7は、様々なテキスト形式、及び関連する課題を2つのテキスト形式の下位尺度とともに要約したものである。この方法でデータを整理することは、異なる形式でテキストを扱う能力が国によってどの程度異なるかを検証する機会を与えてくれる。2000年調査では結果を報告するために、課題の3分の2が連続型テキストの下位尺度を作成するために使用され、残りの3分の1が非連続型テキストの下位尺度を作成するために使用された。この2つのテキスト形式は2003年調査でも同様の配分となる。

図2.7 ■ 読解力の枠組みとテキスト形式の下位尺度との関係



5つの下位尺度それぞれだけでなく複数の要素からなる尺度での得点は、様々な習熟度の程度を表す。低い得点は生徒の知識と技能が非常に限られていることを示す一方、高い得点は、生徒が極めて高い知識と技能を持っていることを示す。問題反応理論を用いることにより、生徒の多様な下位集団の結果を要約できるだけでなく、調査に含まれている読解力問題の相対的難度を判断することが可能となる。言い換えれば、個々人がその評価課題における成績によって尺度上のある値を得ると同じように、各課題はその難度に応じて尺度上のある値を得るのであり、その値は、調査に参加する様々な国を横断する生徒の成績によって決定されるのである。

2.5.3 問題の難度の構築

PISA 調査で用いられる読解力問題の完全なセットは、テキストの形式、状況、課題の要件において多様であり、そのため難度においても幅広い。この範囲は、問題地図 (item map) として知られているものによって表現される。問題地図は、尺度によって生徒の読解力技能を視覚的に表現することができる。問題地図には、尺度値とともに公表された評価課題の中からいくつか選ばれたものについての簡単な説明が含まれる。これらの説明は、問題が評価することを明示している特定の技能を考慮しており、自由記述式問題の場合には、問題が正しいか否かを判断するのに用いられる基準を考慮している。説明を検討することにより、生徒に対して求められるプロセスの範囲と、読解力尺度に沿って様々な点で生徒が示す必要のある習熟度について、洞察が与えられる。

表 2.8 は、2000 年調査で用いられた問題のうちすでに公表されているものについて、難度 (得点) とその問題が生徒のどのような知識・技能をみようとしたのかを例示したものである。これを解釈する方法についての説明は有益だと思われる。それぞれの問題に割り当てられた得点は、尺度上のある得点を得たある人は、尺度上のその得点にあるすべての問題において等しい習熟度を持つ、という理論に基づいている。PISA 調査の目的に鑑みて、“習熟度” (proficiency) は、読解力尺度のある得点を得た生徒が、その得点の問題に正しく答えることができる可能性は、62% であることを意味すると定められた。例えば表 2.8 において、問題が 421 点を示す場合、読解力において得点が 421 点の生徒は、尺度上 421 点に位置づけられた問題に正しく答える可能性が 62% あることを意味する。これは、得点が 421 点未満の生徒は常に不正解であるということの意味するものではない。むしろ、得点が 421 点未満の生徒は 62% より低い確率で、その難度の問題に正しく答えることが予想されるということであろう。逆に言えば、得点が 421 点以上の生徒が問題に正しく答える可能性は 62% よりかなり高いということである。問題は、総合読解力の尺度上だけでなく、プロセスの下位尺度及び形式の下位尺度においても見られることに注意しなければならない。この例で尺度上の 421 点にある問題が生徒に求めているのは、2つの短いテキストそれぞれの主なアイデアを比較することによって、それらのテキストが共通点を持つという意図を明らかにすることである。それは解釈問題であり、このため連続型テキストの尺度上だけでなく、解釈テキストの尺度上にも現れる。

表 2.8 ■ PISA 2000 年調査における読解力問題の難度及びプロセスの種類・テキスト形式

| ○ プロセス（側面）の種類 ■ テキストの形式 読解力問題の難度 | プロセス（側面）の種類 | | | テキストの形式 | |
|--|---------------------|--------|-----------------------|-------------|------------------|
| | 出し 情報 の 取り | 解 釈 | 熟 考 ・ 評 価 | 連 続 型 | 非 連 続 型 |
| 822点：外部からの知識を、比較的身近でない主題に関する複合的な表にあるすべての関連情報とともに考慮することにより、予測できない現象についての仮説を設定すること（2点）。 | | | ○ | | ■ |
| 722点：記述されている複数の事例を分析し、樹形図に示されているカテゴリに適合させること。関連する情報の一部は脚注に示されている（2点）。 | | ○ | | | ■ |
| 705点：外部からの知識を、比較的身近でない主題に関する複合的な表にあるいくつかの関連情報とともに考慮することにより、予測できない現象についての仮説を設定すること（1点）。 | | | ○ | | ■ |
| 652点：暗示的なテーマまたは雰囲気と関連させながら、長い物語の結末について評価すること（2点）。 | | | ○ | ■ | |
| 645点：長い物語において、葛藤するアイデアが存在する場合、言葉のニュアンスを主題に関連付けること（2点）。 | | ○ | | ■ | |
| 631点：脚注の情報を用いて、樹形図にある情報を見つけ出すこと（2点）。 | ○ | | | | ■ |
| 603点：文章を長い物語の幅広い文脈に関連づけることにより、文章の意味を解釈すること（2点）。 | | ○ | | ■ | |
| 600点：グラフの証拠を、複合的な図表に暗示されている主題に関連づけることにより、著者の判断について仮説をたてること（2点）。 | | | ○ | | ■ |
| 581点：2通の公開された手紙のスタイルを比較、評価すること。 | | | ○ | ■ | |
| 567点：長い物語の結末をその筋に関連づけて評価すること（1点）。 | | | ○ | ■ | |
| 542点：公開された手紙で議論されている2つの現象の間の類推的關係を推論すること。 | | ○ | | ■ | |
| 540点：グラフに暗に示された開始日を明らかにすること。 | ○ | | | | ■ |
| 539点：雰囲気または目の前の状況と関連づけて、長い物語からの短い引用の意味を解釈すること（1点）。 | | ○ | | ■ | |
| 537点：見解に対する反論を正当化するため、長い物語からの証拠を個人的な概念に結び付けること（2点）。 | | | ○ | ■ | |

表 2.8 ■ PISA 2000 年調査における読解力問題の難度及びプロセスの種類・テキスト形式

| ○ プロセス（側面）の種類 ■ テキストの形式 読解力問題の難度 | プロセス（側面）の種類 | | | テキストの形式 | |
|--|---------------------|--------|-----------------------|-------------|------------------|
| | 出し 情報 の 取り | 解 釈 | 熟 考 ・ 評 価 | 連 続 型 | 非 連 続 型 |
| 529 点：長い物語における出来事を結び付けることによって、登場人物の動機を説明すること。 | | ○ | | ■ | |
| 508 点：異なる慣行により 2 つの図表の関係を推論すること。 | | ○ | | | ■ |
| 486 点：特定の目的に対する樹形図の適合性を評価すること。 | | | ○ | | ■ |
| 485 点：樹形図における数値情報を見つけ出すこと。 | ○ | | | | ■ |
| 480 点：ある 1 つの考え方を正当化するため、長い物語からの証拠を個人的な概念に結び付けること（1 点）。 | | | ○ | ■ | |
| 478 点：欠損値を推論するために、折れ線グラフの情報及びその導入部を探し出し、結び付けること。 | ○ | | | | ■ |
| 477 点：樹形図の構造を理解すること。 | | ○ | | | ■ |
| 473 点：関連するいくつかの情報が脚注にあるとき、樹形図に示されているカテゴリーを記述された事例に適合させること。 | | ○ | | | ■ |
| 447 点：物語の背景を理解するため、ある 1 つの段落にある情報を解釈すること。 | | ○ | | ■ | |
| 445 点：樹形図の変数と構造的特徴とを区別すること。 | | | ○ | | ■ |
| 421 点：2 つの短いテキストの共通の目的を明らかにすること。 | | ○ | | ■ | |
| 405 点：強固な形成体を含んでいるテキストの明示的な情報を見つけ出すこと。 | ○ | | | ■ | |
| 397 点：単純な棒グラフの主なアイデアをそのタイトルから推論すること。 | | ○ | | | ■ |
| 392 点：明白なテキスト構造を持つテキストの文学的な情報を見つけ出すこと。 | ○ | | | ■ | |
| 367 点：物語の短い、特定の節にある明白な情報を見つけ出すこと。 | ○ | | | ■ | |
| 363 点：見出しがあるテキストの明示的に記述された情報を見つけ出すこと。 | ○ | | | ■ | |
| 356 点：明白な小見出しを持ち、かなり冗長な記事の主題を認識すること。 | | ○ | | ■ | |

2. 5. 4 ■ 読解力における習熟度レベル

まさに、各国の生徒がそれぞれの国の15歳の母集団を代表するように抽出されたのと同じように、各読解力問題は読解力の領域のある種類の課題を代表している。このため、その問題は、15歳の生徒が習得すべき処理のあるタイプにおける習熟度と、テキストのある形式を扱う習熟度を表している。一つの明らかな疑問は、尺度の下の方に位置する課題と尺度の中央または上の方に位置する課題とを区別する要素は何かということである。また、課題が尺度上のほぼ同じ箇所であれば、それは同程度の難度を持つことになるといった何らかの特性を共有しているか、という疑問である。問題地図を大まかに検討しただけでも、各尺度の下の方に位置する課題は上の方に位置する課題とは異なっていることがわかる。各尺度に沿って一連の課題をより入念に分析することにより、ある順序だった情報処理能力と方策を表示することができる。読解力専門委員会のメンバーは、課題の難度に影響すると思われる一連の変数を特定するため、問題をそれぞれ検討した。その結果、難度はある程度はテキスト自体の長さ、構造及び複雑さによって決定されることが判明した。しかし、彼らがまた注目したのは、ほとんどの読解力問題のユニット（1つのユニットは1つのテキストと1組の質問から成る）において、質問が読解力尺度全体に及んでいたことである。これは、テキストの構造が問題の難度を左右する一方、その質問または指示に従って、読み手がそのテキストを処理しなければならない内容がテキストと相互に作用し、また全体の難度に影響することを意味する。

読解力専門委員会のメンバー及び調査の開発者は、読解力問題の難度に影響を与え得るいくつかの変数を特定した。情報の取り出し、解釈の展開、読まれた内容についての熟考などに関連するプロセスは、1つの重要な要因である。情報と情報を単純に結び付けることから、与えられた基準に従ってアイデアを分類すること、及びテキストのある節について批判的に評価し、仮定をたてることまで、プロセスの複雑さ及び精巧さには幅がある。求められたプロセスに加えて、情報の取り出し課題の難度は、解答に含まれるべき情報の数、情報が満たすべき基準の数、及び取り出された情報がある特定の方法で順序づけられる必要があるかどうかによって異なる。解釈課題及び熟考課題の場合は、消化・吸収が必要な情報量は難度に影響を与える重要な要因である。読み手の側に熟考を求めるような問題の場合、難度はテキストの外部から引用すべき知識が身近なものかどうかということによっても左右される。読解のすべてのプロセスにおいて、課題の難度は、要求された情報がいかに重要であるか、競合する情報がどのくらいあるか、また、その問題に答えるよう求められているアイデアや情報に、読み手が明らかに方向づけられているかどうかといった点に左右される。

2000年調査ではこの複雑さと難度を示すために、総合読解力尺度とそれぞれの下位尺度が、次のように5段階に分けられた。

| 習熟度レベル | 読解力の得点 |
|--------|-----------|
| 1 | 335～407 点 |
| 2 | 408～480 点 |
| 3 | 481～552 点 |
| 4 | 553～625 点 |
| 5 | 626 点以上 |

専門委員会は、読解力の各レベル内の課題が特徴と要件の多くを共有しており、より高いレベルまたは低いレベルの課題まで、体系立って異なっていると判断した。このため、これらのレベルは、尺度ごとによどのような中味の読解力が求められているのかを調査する有益な方法であると考えられる。この習熟度レベルを表2.9（次ページ）に概観する。このプロセスは、各調査サイクルの主要領域で繰り返し利用されるであろう。

2.5.5 読解力の習熟度レベルの解釈

読解力の習熟度の各レベルは、一連の課題や関連する知識・技能を表しているだけでなく、生徒によって示された一連の習熟度も表している。すでに述べたように、読解力レベルは当初、特性を共有するある課題を表すために、読解力専門委員会のメンバーによって設定された。これらのレベルはまた、統計上の特性をも共有している。各レベル内の平均的な生徒は、62%以内で平均的な問題に解答すると考えることができる。さらに、任意のレベルの下の方に位置する生徒は、そのレベルから無作為に抽出された問題からなるいかなる仮説テストにおいても50%の得点を挙げるができるという予測によって、各レベルの幅がある程度決められている。

それぞれの読解力尺度は知識・技能の発展の度合いを表しているため、あるレベルの生徒はその特定のレベルに関連する知識・技能だけでなく、より低いレベルに関連する知識・技能もまた同様に習得していることを示している。このように各レベルで想定される知識・技能は、それぞれよりも低いレベルにおいて築かれている習熟度の上に構築され、これを包含しているのである。これは、読解力尺度のレベル3と判断された生徒は、レベル3だけでなくレベル1とレベル2の課題にも習熟していることを意味する。これはまた、レベル1と2の生徒が平均的なレベル3の問題に正解する可能性は50%未満であると考えられることを意味する。言い換えれば、レベル3から引用された問題からなる調査に関しては、彼らは得点が50%未満であると予測されるということである。

表2.10は、総合読解力尺度においてある得点を得た個人が、様々な難度の課題に正解するであろう確率を示したものである。1つはレベル1の課題、もう1つはレベル3の課題、そしてレベル4、レベル5の課題である。得点が298点の生徒はレベル1未満とされるが、読解力尺度で367点に位置するレベル1の課題に正解する可能性はわずか43%であることが容易にわかるであろう。この生徒がレベル3の問題に正解する確率はわずかに14%であり、レベル5の問題に正解する可能性はほとんどない。レベル1の中程度の成績で習熟度が371点である生徒の場合、367点の問題に正解する確率は63%であるが、508点の問題に正解するのは4回に1回を多少上回る程度で、レベル5から選ばれた課題に正解する可能性はわずか7%に過ぎない。対照的に、レベル3に位置している生徒は、読解力尺度の367点に位置している課題に対して89%の確率で正解し、レベル3の中程度にある508点の課題の場合は64%となる。しかしながら、レベル5の中程度の問題に正解する確率は4回に1回程度（27%）である。最後に、レベル5の生徒はほとんどの課題に対して正解すると予測される。表2.10に示すように、総合読解力尺度において得点が662点である生徒は、367点の課題に98%の確率で正解し、レベル3（508点）の問題に正解する確率は90%、レベル5（652点）の真中付近から選択された課題に正解する確率は65%である。

表 2.9 ■ 読解力における習熟度レベルの特徴

| | 情報の取り出し | テキストの解釈 | 熟考・評価 |
|------|--|--|---|
| レベル5 | 深く埋め込まれた複雑な情報を見つけ出し、できる限り順序づけたり、結び付けたりすることができる。いくつかの情報は、テキスト本体の外に存在する場合がある。テキストのどの情報が課題に関連しているかを、推論することができる。かなりそれらしい、及び／または広範な対立情報を処理することができる。 | ニュアンスのある言葉の意味を解釈するか、あるいはテキストについての完全で詳細な理解を示すことができる。 | 特殊な知識を使って批判的に評価したり、仮説を立てたりすることができる。予想に反した概念を処理し、長く複雑なテキストに関する深い理解を導き出すことができる。 |
| | <p>連続型テキスト：テキストの特定の部分が暗示的主题や意図に対して持っている関係性を見分けるために、論述構造が明確または明白に特徴づけられていないテキストをうまく処理することができる。</p> <p>非連続型テキスト：長く詳しい表示物に示された多くの情報の間にあるパターンを特定することができる。場合によっては、表示物の外部にある情報を参考にする。読み手は、テキストの節を完全に理解するためには同一文書の中にある別の部分、例えば脚注を参照する必要があることを別途認識しなければならない。</p> | | |
| レベル4 | 深く埋め込まれた複数の情報を見つけ出し、できる限り順序づけたり、結び付けたりすることができる。それぞれの情報は、身近な文脈または形式を持つテキストの内部に存在する複合的な基準を満たす必要がある。テキストのどの情報が課題に関連しているかを、推論することができる。 | 見慣れない文脈において分類を理解し、適用するために、及びテキスト全体を考慮しながら、テキストのある節の意味を解釈するために、高いレベルのテキストに基づく推論を行うことができる。曖昧なもの、予想に反するアイデア、及び否定的に表現されるアイデアを処理することができる。 | テキストについて仮説を立てたり、批判的に評価したりするために、形式的または公的な知識を用いることができる。長く複雑なテキストを正確に理解していることを示すことができる。 |
| | <p>連続型テキスト：埋め込まれている情報を見つけ出し、解釈し、評価するために、あるいは、心理学的、形而上学的意味を推論するために、しばしば明確な論述が特徴づけられていない場合に、いくつかの段落にわたる言葉やテーマの結び付きを理解することができる。</p> <p>非連続型テキスト：しばしば、ラベルや特別な形式といった形成体の助けをほとんど借りないで関連する情報を見つけるために、また、比較されたり、結び付けられているようないくつかの情報を見つけ出すために、長く詳しいテキストを入念に調べることができる。</p> | | |
| レベル3 | 複合的な基準を満たす必要のある各情報の間の関係を見つけ出し、場合によっては認識することができる。重要な対立する情報を処理することができる。 | 主要なアイデアを特定し、ある関係性を理解し、単語や語句の意味を解釈するために、テキストのいくつかの部分統合することができる。多くの基準を考慮に入れた上で比較、対照、分類することができる。対立する情報を処理することができる。 | テキストの特徴を結び付けたり、比較したり、説明したり、評価したりすることができる。身近な日常的知識との関連においてテキストの詳細な理解を示したり、あまり一般的ではない知識を導き出すことができる。 |

連続型テキスト：テキスト編成の慣例がある場合にはこれを用い、また、情報を見つけ出し、解釈し、評価するために、文や段落における因果関係などの暗示的または明示的な論理の結び付きを理解することができる。

非連続型テキスト：1つの表示物を、第2の別の文書や表示物、場合によっては異なる形式のものに照らして考察することができる。または、グラフや地図にあるいくつかの空間・言語・数値情報を結び付け、提示された情報についての結論を導き出すことができる。

レベル2

複合的な基準を満たす必要のある情報を、1つ以上見つけ出すことができる。対立する情報を処理することができる。

テキストにおける主要なアイデアを特定し、関係性を理解し、簡単な分類を構築したり適用したりし、情報が重要でなく、低いレベルの推論が求められる場合に、テキストの限定的な部分における意味を解釈することができる。

テキストと外部の知識とを比較したり、結び付けたりすることができる。または、テキストの特徴を、個人の経験や意見から説明することができる。

連続型テキスト：情報を見つけ出したり、解釈したりするために、段落内の論理的結び付き及び言葉の結び付きを理解することができる。あるいは、著者の意図を推論するために、テキストをまたがる情報や個々の情報を総合することができる。

非連続型テキスト：簡単な樹形図や表など視覚的表現の基本的構造について、理解を示すことができる。または、グラフや表の2つの情報を結び付けることができる。

レベル1

1つ以上の明示的に記述された個々の情報を見つけ出すことができる。この情報は、典型的には1つの基準を満たすもので、テキスト内に対立する情報はほとんど存在しない。

テキスト内で求められた情報が重要でない場合に、身近な主題に関するテキストにおいて主題または著者の意図を認識することができる。

テキストにある情報と、一般的で日常的な知識との間の簡単な結び付けを行うことができる。

連続型テキスト：テキストの主要なアイデアについての印象を描写したり、テキストの短い節の中で明示的に記述されている情報を見つけ出すために、冗長性や段落の見出し、ありふれた出版物の慣例を用いることができる。

非連続型テキスト：直接的な方法では限られた情報しか提供せず、そのほとんどが言語テキストはわずかな単語や文に限定されている簡単な地図、折れ線グラフ、棒グラフなど、通常、単一の表示物において、別個の情報に焦点を当てることができる。

表 2.10 ■ 異なる習熟度レベルの生徒が異なる難度の課題に正解する確率 (%)

| | レベル1の 367点の問題 | レベル3の 508点の問題 | レベル4の 567点の問題 | レベル5の 652点の問題 |
|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| レベル1未満 (298点) | 43 | 14 | 8 | 3 |
| レベル1 (371点) | 63 | 27 | 16 | 7 |
| レベル2 (444点) | 79 | 45 | 30 | 14 |
| レベル3 (517点) | 89 | 64 | 48 | 27 |
| レベル4 (589点) | 95 | 80 | 68 | 45 |
| レベル5 (662点) | 98 | 90 | 82 | 65 |

表 2.10 はまた、最も高いレベル及び最も低いレベルに関する疑問を暗に提起している。読解力尺度の最も高いレベルに上限はなくても、極めて高い習熟度を持つ生徒が最高レベルの習熟度によって特徴づけられた課題を遂行できることは、ある程度確実に言える。問題はむしろ、読解力尺度の最も低いレベルの生徒の場合である。レベル1は335点から始まるが、各国におけるある割合の生徒は尺度上のこの得点より低いと考えられる。尺度上335点未満の読解力尺度は存在しないけれども、これらの生徒についてまったく読解力がないとか「完全にリテラシーがない」と言うのは間違っている。しかしながら、本調査において使用された一連の課題における生徒の成績に基づき、これらの生徒はレベル1から選択された課題において50%未満の成績であることが予測される。したがって、彼らはレベル1未満の成績であると分類される。

我々の社会で読解力技能を持たない若者は比較的少数であるため、本枠組みは、15歳の生徒が技術的な意味において読むことができるかどうかについて測定するものとはなっていない。つまり、PISA調査は15歳の生徒がどの程度流暢に読むことができるのかとか、単語認識課題または綴り方においてどの程度力があるのか、といった点を測定するものではない。しかしながら、PISA調査には、生徒が義務教育の終了時点において、学校の内外の様々な状況に広く見られるような幅広い連続型テキスト及び非連続型テキストを読むことの意味を構築し、拡大し、熟考できるべきであるという、現代的な考え方が反映されている。レベル1未満の生徒が読解力に関してどのような知識・技能を持っているかについて述べることはできないものの、彼らの習熟度レベルは、これらの生徒が読解を他領域における知識・技能の習得を助ける道具として独立的に使用することはできないであろうことを示しているのである。

第3章

科学リテラシー

若者にとって重要な生活技能とは、与えられた証拠と情報から適切で慎重な結論を導き出す能力、他の人の主張に対して提示された証拠に基づいて批評する能力、意見を言うことと証拠に基づいて述べることを区別する能力である。ここで科学には特別の役割がある。というのは、科学はアイデアや理論を身の回りの世界から得られた証拠に照らして合理的に検証することに関わっているからである。このことは、科学が、人間が世界に対する理解を深める上で常に中心的な役割を果たしてきた、創造性や想像力を排除するということを意味するものではない。「青天の霹靂」のように時に突然現れるアイデアは、アインシュタインが「外観の背後に横たわる秩序に対する感覚によって支持される直観の方法」(Einstein, 1933)と呼んだメカニズムによって把握されてきた。どのようなアイデアが「把握された」かは、歴史的に、その時点での社会的な受容性に依拠してきた。このため、科学的知識の発展は個人の創造性だけでなく、これが提起された文化にも左右される。しかし、いったん創造的に飛躍し、理解のための新しい理論的枠組みが明確に示されると、次には現実に照らして綿密に検証するという作業を行わなければならない。ホーキング (Hawking, 1988) は次のように書き記している。

「理論は、それが2つの条件を満たすなら良い理論であると言える。すなわちその要件とは、1つには、理論は任意の要素をわずかしか含まないモデルに基づいて、多くの種類の観察を正確に記述しなければならないということであり、2つ目に、理論は将来の観察結果について明確な予測をしなければならない」(Hawking, 1988, p. 9)。

これらの条件を満たさない理論、または検証できない理論は、科学的理論ではない。教育を受けた市民が、科学によって答えられるような質問と、科学では答えられない質問とを区別すること、また科学的なことと見せかけの科学とを区別できることは重要である。

3.1 領域の定義

すべての市民に対する科学（理科）教育の望ましい成果について、現在、次の点を強調した考え方がなされている。すなわちそれは、科学の重要な概念と説明の枠組み、科学的な知識に関する主張を裏づけるために科学が証拠を導き出す方法、及び現実の世界における科学の長所と限界について、広く理解を発達させることである。そうした考え方は科学を伴って、現実の状況に、この理解を適応させることのできる能力を高く評価し、科学的に主張が評価される必要があり、決断が下されるのである。ミラーとオズボーン (Millar & Osborne, 1998) は、現代の科学カリキュラムの焦点が「科学的・技術的情報を読んで理解し、その重要性を評価する能力」にあるとした。彼らの報告書では、次のように続けられている。

「このアプローチにおいて強調されているのは、いかに『科学を行うか』ということではない。どのようにして科学的知識を創り出すかということでもなく、あるいは期末試験のために手っ取り早く暗記することでもない。……このように生徒は、科学において、証拠を評価する能力を示すこと、理論と観察結果を区別すること、提出された主張の確実性を評価することが、求められるべきである」(Millar & Osborne, 1998)。

これらは、すべての生徒を対象とした科学教育の成果であるべきである。将来科学者となるかもしれない少数の生徒にとっては、これは科学的な考えを深く学習し、「科学を実行する」能力を発達させることにつながるであろう。

以上の事柄を念頭に置いた上で、PISA 調査の焦点となるべき科学教育の第1目標は、生徒が科学的リテラシーを有することであると考えられる。この用語は異なる様々な文脈でも使われてきた。例えば、万人のための科学とテクノロジーのリテラシーに関する国際フォーラム (UNESCO, 1993) は、次のような多様な見解を示している。

「作られた世界及び科学とテクノロジーの考え方の世界において能力を発揮するやり方で、理解力と自信を持って適切なレベルで役割を果たす能力」(UNESCO, 1993)。

科学的リテラシーに関する多くの異なる見解 (Shamos, 1995; Laugksch, 2000 による検討及び Graeber & Bolte, 1997 を参照) の中には、科学的リテラシーのレベルに関する考え方も含まれている。例えば、バイビー (Bybee, 1997) は4つのレベルを提唱したが、そのうちの下位の2つは、名称や事項についての知識から構成される「名目的な科学的リテラシー」と、限定された文脈において科学用語を使用できる者に適用される「機能的なリテラシー」である。これらは、PISA 調査の枠組み内で目標として掲げるには低すぎると考えられている。バイビーによって明らかにされた最も高いレベルの「多次元な科学的リテラシー」には、すべての市民のためというよりも、むしろ科学のエリートに相当するレベルで科学の性質とその歴史、文化における科学の役割の理解が含まれる。おそらく、科学的リテラシーについて、もっと達成可能な考え方を伝えるのを難しくしているのは、科学的リテラシーにこのレベルの専門的な思考が含まれると想定されているからであろう。PISA 調査における科学の枠組みの目的により適っているのは、バイビーの第3のレベル、すなわち「概念的・方法的な科学的リテラシー」である。

既存の多くの説を考慮した結果、PISA 調査では科学的リテラシーを以下のように定義する。

科学的リテラシーとは、自然界及び人間の活動によって起こる自然界の変化について理解し、意思決定するために、科学的知識を使用し、課題を明確にし、証拠に基づき結論を導き出す能力である。

以下、この定義に凝縮されている意味をさらに説明することとする。

科学的リテラシー

この用語を理解するためには、科学的知識 (科学についての知識という意味において) とこの知識を発展させるためのプロセスの両者が不可欠であるだけでなく、知識とプロセスの結合を強調することが重要である。以下に詳述するように、プロセスが科学的であるのは、それが理科の教科内容に関連して使用される場合だけである。したがって、科学的プロセスの使用には、必然的に理科の教科内容についてある程度理解していることが必要である。ここで採用されている科学的リテラシーという考え方は、世界の科学的側面について考える方法と理解することを結び付けることが有効であることを物語っている。

……科学的知識を使用し、課題を明確にし、証拠に基づき結論を導き出す……

上の定義において、科学的知識は単なる事実、名称、用語についての知識以上のものを意味している。科学的知識は、基本的な科学的概念、科学的知識の限界、人間活動としての科学の本質についての理解を含んでいる。明らかにされるべき課題は科学的探究によって答えられるものである。つまり、科学についての知識であるとともに特定の主題の科学的な側面についての知識である。証拠に基づき結論を導き出すとは、情報とデータを選択して評価するプロセスを知り、応用することを意味するが、一方で、しばしば明確な結論を出すために必要な情報が十分ではないこと、したがって、慎重かつ意識的に入手可能な情報について推測することが必要であると認識することを意味する。

……理解し、意思決定する……

これが意味していることは、第1に、自然界についての理解はそれ自体目標として評価されるときとともに、意思決定のために必要だということであり、第2に、科学的理解は意思決定に貢献できるけれども、決定そのものを行うことはまれだということである。実際的な決定は常に社会的、政治的、または経済的な状況のもとで行われ、科学的知識は、これらの側面に関連する人間にとっての価値の文脈において使用される。ある状況において価値に関する合意が存在する場合、科学的証拠を適用することは論議的とはならない。しかしながら、価値が異なっている場合には、意思決定における科学的証拠の選択と使用は、より一層、議論を引き起こすものとなる。

……自然界及び人間の活動によって自然界の変化……

自然界という用語は物理的な状況、生物、及びそれらの間の関係を表現する簡単明瞭な言い方である。自然界についての意思決定には、自分自身や家族、社会や世界的な問題に関連した科学に結びついた決定が含まれる。人間の活動による変化とは、人間の目的（単純及び複雑な技術）のために自然界を計画的に、また無計画に改変したこととその結果を指す。

ここで、科学的リテラシーは二分法ではないことに注目することは適切である。これについては後ほど詳述することとする。つまり、人々を科学的リテラシーがある、またはないと分類できることを示唆しているのではないということである。むしろ、科学的リテラシーにおいては、より低度の発達状態からより高度に発達した状態に至るまでの連続性が存在しているということである。例えば、科学的リテラシーがより低度の発達状態にある生徒は単純な科学的事実についての知識を思い出すことができ（例えば、名称、事実、用語、簡単なルール（きまり）など）、常識的な科学的知識を使って結論を下し、評価を行うことができるかもしれない。より高度に発達した科学的リテラシーをもつ場合は、単純な概念モデルを作り出したり、使用したりして予測を行ったり、説明したり、正確にこれを伝達し、実験計画に関して科学的調査結果を分析し、データを証拠として使いながら、別の見方や異なる見通しとその意味について評価し、正確に評価結果を伝達することができるのである。

3.2 領域の構成

科学的リテラシーに関する PISA 調査の定義は次の3つの側面によって構成される。

- 科学的知識または概念：これは具体的な領域内容への適用によって評価される。
- 科学的过程：これらは科学的であるため、科学の知識を必要とするが、評価においてはこの知識は成功するための主要な条件であってはならない。
- 状況または文脈：これらの中で知識とプロセスが評価され、科学に基づく論争の形をなす。

これらの科学的リテラシーの側面は別個に論じられているが、科学的リテラシーの評価においては、これらの3つの側面は、つねに統合されることを認識する必要がある。

これらの3側面の最初の2つは、調査問題の作成と生徒の到達度の特徴づけ・評価の両面で用いられる。第3の側面は、評価問題の作成において、科学の様々な状況の設定を適切に行うことに、確実な注意が十分に払われることとなった。

以下の節においては、これら3つの側面を詳しく取り上げる。これらの側面を展開する際に、PISA 調査の枠組みにおける評価の焦点が、確実に科学教育全体の成果に置かれるように配慮された。

3.2.1 科学的知識・概念

評価できるのは科学的な考えの一部のみである。さらに、PISA 調査の目的は生徒が持つことができるすべての知識について報告することではなく、現在と将来の生活に関連する文脈において、生徒がどの程度自分の知識を応用できるかを説明することである。対象となるすべての知識のリストを確認しようとしているわけではない。むしろ、選択のための基準が特定されたのである。こうして評価される知識は、物理、化学、生物学、地球・宇宙科学などの主な領域から、以下の3つの基準に従って選択されたものである。

- 第1の基準は、日常的状況との関連性である。科学的な知識には、日常生活にどの程度役に立つかという点で大きな差がある。例えば、相対性理論は長さや質量、時間、速度などの関係をより正確に説明することができるが、日常生活で遭遇する力や運動についての理解に関しては、ニュートンの法則の方が役に立つわけである。
- 第2の基準は、選択された知識や応用領域が近い将来や遠い将来において、持続的に生活との関係を持つことである。科学的リテラシーを中心とした調査が2006年に行われるという計画を想定した場合、知識に焦点を当てた今回の調査サイクルは、今後多年にわたり、科学と国の政策において重要性を保つものと考えられる。
- 第3の基準は、要求される知識と選択された科学的过程との組み合わせが可能であることである。これは、ただ単にラベルや定義を思い出すことだけが関係する場合には当てはまらない。

表3.1は、以上の基準を科学の主な領域の内容に適用した結果を示す。この表は主な科学的テーマを列挙し、また関連するいくつかの内容例を示す。これらの内容は自然界を理解し、新し

い体験を解釈するために必要である。この表は、特定の現象や事象の研究結果に依拠し、そこから導かれたものであるが、これらの事柄の研究から与えられる詳細な知識の範囲を超えている。表3.1に示した例はテーマの意味を伝えるためのものであるが、各テーマに関連するすべての知識が列挙されているわけではない。

表 3.1 ■ 科学的リテラシーを評価するための主な科学的テーマ

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ●物質の構造と性質（熱伝導率及び導電率） ●大気の変化（放射、伝導、圧力） ●化学的・物理的变化（物質の状態、反応速度、分解） ●エネルギーの移動（エネルギー保存、エネルギー散逸、光合成） ●力と運動（力の釣り合いと不釣り合い、速度、加速度、運動量） ●形態と機能（細胞、骨格、適応） ●人間生物学（健康、衛生、栄養） ●生理的变化（ホルモン、電解質、ニューロン） ●生命の多様性（種、遺伝子プール、進化） ●遺伝子操作（優性、遺伝） ●生態系（食物連鎖、持続可能性） ●地球と宇宙（太陽系、日変化及び季節変化） ●地質的变化（大陸移動、風化作用） |
|--|

3.2.2 科学的プロセス

プロセスとは、知識や理解を得るため、証拠やデータを発想したり、取得したり、解釈したり、あるいは使用したりする際に用いられる知的（また場合によっては物理的）な作用である。プロセスは教科内容に関係して使用されなければならない。教科内容と関係しないプロセスは無意味である。プロセスは広範な教科内容にいくらか関連させて使用することができる。すなわちプロセスは、教科内容が世界の科学的側面から導かれ、プロセスを使用した成果がさらなる科学的理解につながるものであるとき、科学的プロセスとなる。

一般に科学的プロセスとして説明されているものの内容は、我々を取り巻く世界から証拠を収集、解釈し、これから結論を出すために必要な技能と理解を含むという点で多岐に渡っている。証拠の収集に関連するプロセスには、実験状況の計画と設定、測定の実施及び適切な手段を使用する観察など、実際の探究と結び付いたプロセスが含まれている。これらのプロセスの発達は学校における科学教育の目標に含まれているため、生徒は科学的理解がどのように構築されるかを経験し、理解し、理想的には、科学的探究と科学的知識の本質を理解することができる。学校を卒業した後、生活においてこのような実践的な技能を必要とする者は少数であろうが、彼らは実践的で体験的な探究を通じて身に付けたプロセスと概念の理解を必要とすることとなる。さらに、伝統的に「科学的プロセス」と見なされてきた立場——結論が観察結果から帰納的に導かれるという考え方で、現在でも多くの教育現場の科学教育に反映されている——が、科学的知識の発達する方法とは相いれないことが厳しく論じられている（例 Ziman, 1980）。

ここで特定される科学的リテラシーは、単に証拠を集める能力よりも「証拠に基づき結論を出す」ために科学的な知識を使用することの方に高い優先順位を与えている。証拠やデータを主張や結論に関連づける能力は、科学に影響される自分の生活の諸側面において判断を下すためにすべての市民が必要とする事柄の中心であると考えられる。つまり、すべての市民は科学的知識が

どのような時に直接的な関連性を持っているのかを知り、科学で解決できる問題と解答できない問題とを区別することを必要とすることになる。すべての市民は、証拠が有効であるのはどのような場合か、その関係性とどのように収集されたかの両面で判断できなければならない。しかしながら、最も重要なことは、あらゆる市民は証拠と証拠から導き出された結論とを関連づけることができなければならない。また、個人的、社会的、全地球的なレベルで生活に影響を与える特定の行動指針の賛否両論について、証拠を比較検討できなければならないのである。

上述のような区別は、科学それ自体のプロセスと比較して、科学に関するプロセスを優先することであると簡単に要約することができる。表3.2に挙げられているプロセスは本来、科学に関して取り上げられたものであり、科学それ自体に適用されるものとして取り上げられたわけではないとして読まれることが重要である。表3.2にリストされたすべてのプロセスは科学的知識を必要とする。最初のプロセスでは科学的知識が本質的な要因である。第2、第3のプロセスでは、この知識は必要とされているがそれだけでは十分ではない。というのは、科学的証拠やデータを収集したり使用したりすることが本質的だからである。

表 3.2 ■ PISA 2003 年調査の科学的プロセス

科学的リテラシー

- プロセス 1：科学的現象を記述し、説明し、予測すること
- プロセス 2：科学的探究を理解すること
- プロセス 3：科学的証拠と結論を解釈すること

以下、これらのプロセスの一部について詳述する。

科学的現象を記述し、説明し、予測すること

このプロセスにおいて、生徒は所定の状況に適切な科学的知識を適用することにより、自らの理解力を示す。このプロセスには、現象を記述し、説明し、変化を予測することが含まれる。また、適切な記述と説明及び予測を認識したり、特定したりすることを含むだろう。

科学的探究を理解すること

このプロセスは、科学的に探究できる課題を認識し、伝達すること、またそのような探究に関わっている事柄を知っていることが必要となる。科学的に探究することが可能な課題を認識すること、または所定の状況において、調査可能な課題を示唆することが含まれる。また、科学的探究に必要な証拠を特定することや認識することも含まれる。例えば、比較すべき事柄は何か、変更または制御すべき変数は何か、必要な追加情報は何か、あるいは、関連するデータを収集することができるために取るべき措置は何か、などである。

科学的証拠と結論を解釈すること

これは、主張または結論のために、科学的に見出された事柄を証拠として解釈することを意味する。これには、科学的な情報を検索し、科学的証拠に基づいて結論を下し、伝達することが必要となるであろう。また、証拠に関係していくつかの別の結論から選択し、それについて伝達すること、提供されたデータの点から所定の結論について賛否両論の理由を示すこと、あるいは、結論に達するために立てられた仮定を特定すること、及び科学的結論に関する社会的な含意を熟考し、伝達することなども必要となるだろう。

これらの3つのプロセスの全部について、何らかの科学的知識が必要である。しかしなが

ら、第2と第3のプロセスの場合には、知識が主要な「要因」であるとはみなされない。というのは、目的が、有効な科学的証拠を収集し、評価し、伝達することに必要な知的プロセスを評価することだからである。一方、第1のプロセスにおいては、評価の対象は関係している科学的な考え方を理解することであり、この理解が主要な要因なのである。

上述の各プロセスについては、関係する科学的知識と適用される領域によって、調査問題の難度が幅広いことを指摘することは重要である。PISA 調査は、各国からのフィードバックと予備調査を通じて本調査のために選択された問題が、15歳の生徒にとって適切なレベルの難度を持つものであることを確かにするのである。

3. 2. 3 状況または文脈：適用に関する領域

先に述べたように、PISA 調査には、各国のカリキュラムの共通部分に制約されることなく、参加国の科学のカリキュラムに関する重要な科学的知識が含まれている。これは、科学のリテラシーに重点をおくことによって、現実の世界を反映し、科学の様々な考え方が必要となる重要な諸状況において、選択された科学的知識の適用と科学的なプロセスの使用を求めることで可能となっているのである。

表3.3は、今日及び将来の市民が理解する必要があり、決断しなければならない問題を提起する科学の適用に関する諸領域のリストである。ユニットと其中的の小問の選択において手引となるのは、これらの適用である。表3.3は、科学的知識とプロセスが評価される適用に関する諸領域を示す。

表 3.3 ■ 科学の評価のための適用に関する諸領域

| | |
|---------------|---|
| ●生活と健康における科学 | 健康、病気、栄養 種の維持と持続可能な利用 物理的システムと生物的システムとの相互依存関係 |
| ●地球と環境における科学 | 汚染 土壌生成と流失 気象と気候 |
| ●テクノロジーにおける科学 | バイオテクノロジー 物質の使用とゴミ処理 エネルギー利用 輸送 |

調査問題を作成する際、適用に関する領域を検討するだけでなく、検討される問題が提示される状況設定を検討することが必要となる。状況設定を選択する場合、評価の目的は、義務教育修了年限までに生徒たちが習得している技能と知識を適用する能力の評価であることを念頭に置くことが重要である。PISA 調査は、調査問題が一般的な生活状況において作成され、学校生活に限定されないことを要求している。学校内の状況設定では、科学的プロセスと知識は実験室または教室に限定されるかもしれない。しかし、参加国の理科のカリキュラムにおいては、次第にこれらを学校外の世界に適用する試みが増大している。

現実世界の諸状況には、我々個人に影響する問題（例えば食料、エネルギー利用）、あるいは

地域のコミュニティーに関係する問題（例えば給水処理あるいは発電所設置計画など）、あるいは世界市民としての問題（例えば地球温暖化、生物多様性の減少）がかかわっている。これらすべては、PISA 調査において使用される範囲の問題に反映されている。さらに発展的な状況設定として取り上げられたテーマは、歴史的な状況設定である。この場合、科学的知識の発展過程の理解を評価することができる。PISA 調査の枠組みにおいて、調査問題の焦点は、自己と家族（個人的）に関係する問題、地域社会（公共）に関係する問題、世界全般（グローバル）の生活にわたる諸問題に置かれ、科学的知識がどのように発展し、科学に関連した社会的決断にどのように影響するかを例証することに置かれている（歴史的な関連性）。

国際調査においては、調査問題に用いられる適用に関する領域が、すべての国での生徒の関心と生活との関連性の観点から選択されることが重要である。これらの領域はまた、科学的プロセスと知識の評価にも適切であるべきである。問題策定と選択において、文化的差異に対する鋭い感覚が非常に重要である。これは単に評価が妥当であるためだけでなく、参加各国における異なる価値体系と伝統を尊重するためである。調査問題のために選択された適用に関する領域は、異なる国々にわたって妥当かつ適切である一方、科学的知識と科学的プロセスの両方を使用したものになっていなければならない。

これらの適用に関する領域と状況設定を選択することにより、PISA 調査は科学のカリキュラムにおいて習得される可能性の高い知識の適用を評価しようとしている（ただし、習得した知識の一部は他教科ならびに学校外の情報源から得られた可能性がある）。しかしながら、要求される知識がカリキュラム内容に属する知識であったにせよ、その知識が学習した事実のみの枠を超えて科学的リテラシーの発達に影響を与えているかどうかを明らかにするため、PISA 調査は現実の生活を反映する問題の中でのその知識の適用を評価しているのである。以下の問題例は、この点を具体的に示したものである。

3.3 調査の特徴と問題例

科学的リテラシーに関する PISA 調査の定義に基づいて、各評価問題は、表 3.2 に示すプロセスのいずれかを使用することを必要とし、また、すでに述べたように、何らかの科学的知識を必要とする。以下の問題例が示しているように、ユニットとして特定されたものは、最初の刺激材料に結び付けられた複数の小問からなる。ユニット内の小問は、複数のプロセスと異なる科学的知識の使用について評価するかもしれない。他方、各問題は表 3.2 に挙げられた科学的プロセスのどれか 1 つを評価する。

この構造の理由の 1 つは、ユニットをできる限り現実的なものとし、その中にある程度、複雑な現実の生活状況を反映させることであった。もう 1 つの理由は、調査時間の効率的な使用、すなわち、状況の数を減らすことによって生徒がユニットの主題に「入っていく」ために必要な時間を短縮することであった。これによって、より多くの異なる状況での別個の質問ではなくて、1 つの状況についての複数の質問を提示することができる。ユニット内で得点を互いに関連させずに独立させる必要性が認識され、考慮されている。また、選択した状況の数が少ない場合、状況の選択がもたらす偏見を最小限に抑制することは、何よりも重要であると認識されている。

これらのプロセスを評価するための問題例は、その運用上の意味を伝達する助けとなるであろう。

科学ユニット1:

3. 3. 1 ■ あの病原菌を殺せ！

この問題例の2つの問題では、プロセス2が評価される。生徒は、免疫の歴史についての短いテキストを読むことが求められる。

11世紀という昔から、中国の医師たちは免疫システムを操作することを知っていた。天然痘の患者から採取したかさぶたを粉碎した粉を患者の鼻に吹き込むことにより、病気の軽い症状を起こすことが可能となり、これによってそれ以後の重い症状を防ぐことができた。1700年代になると、人々は乾燥したかさぶたを皮膚に擦りつけ、病気から自分を守った。こうした原始的な習慣がイギリス及びアメリカの植民地にもたらされた。1771年と1772年に天然痘が大流行したとき、ボストンの医師ザブディエル・ボイルストンは自分が考案したアイデアを実験した。自分の6歳になる息子と285人の人々の皮膚に傷をつけ、その傷に天然痘のかさぶたから採取した膿を擦りつけたのである。彼の患者は6人を除いて全員が生き延びたのであった。

問題例：1.1

ザブディエル・ボイルストンが実験したアイデアとは、どのようなものだったと考えられますか？

●問題例：1.1の採点基準

完全正答

コード2：以下の両方に言及する解答：

- 誰かを天然痘に感染させるとある程度の免疫が与えられるという概念及び
- 皮膚を傷つけることにより天然痘が血流に導入されるという概念

部分正答

コード1：上記のポイントのいずれかに言及する解答。

誤答

コード0：その他の答え

問題形式：自由記述式

プロセス：科学的探究を理解すること（プロセス2）

概念：人間生物学

状況：生活と健康における科学

問題例：1.2

ボイルストンのアプローチが、どの程度成功したかを判断するのに必要な情報を2つ示してください。

●問題例：1.2の採点基準

完全正答

コード2：以下の2つの情報を提供する解答。

- ボイルストンの処置をしなかった場合の生存率。
及び
- 彼の患者が、その処置とは別に天然痘にかかったかどうか。

部分正答

コード1：上記のポイントのいずれかに言及する解答。

誤答

コード0：その他の答え

問題形式：自由記述式

プロセス：科学的探究を理解すること（プロセス2）

概念：人間生物学

状況：生活と健康における科学

科学ユニット2：

3.3.2 ピーター・ケアニー

以下の4つの問題は、オーストラリア道路調査委員会に勤務するピーター・ケアニーについての比較的短い文章が刺激材料（導入文）となっているユニットの一部である。導入文は次のようになっている。

道路安全性向上のためにピーターが情報を収集するもう1つの方法は、狭い道路の交通状況を撮影するため、高さ13メートルの支柱上に設置されたTVカメラを利用することです。調査員はその画像から、車両の速度、車間距離、車両が使用した道路部分などについての情報を得ることができます。ある一定期間の後、道路に車線を引き、これによって交通事情が変化したかどうかを見るために、調査員はTVカメラを使用します。車両の速度は増したか、それとも低下したか？ 車間距離は縮まったか、それとも広がったか？ 車線があることによって、車両は道路の端の方を走行するようになったか、それとも道路の中央を走行するようになったか？ こうした事実が判明すれば、ピーターは狭い道路に車線を引くべきかどうかについて勧告を出すことができます。

問題例：2.1

ピーターは、自分の勧告に確信を持つために、狭い道路での撮影からの情報だけでなく、他の情報も集めてみようと思います。狭い道路に車線を引くことの影響に関して、彼が勧告するにあたって、次の事柄は役に立つでしょうか。

- | | |
|---------------------------------|--------|
| A. 他の狭い道路で同じことを行う。 | はい/いいえ |
| B. 他の広い道路で同じことを行う。 | はい/いいえ |
| C. 車線を引く前後の一定時期における事故の数を調べる。 | はい/いいえ |
| D. 車線を引く前後の一定時期における道路上の車両数を調べる。 | はい/いいえ |

●問題例：2.1の採点基準

完全正答

コード2：「はい」「いいえ」「はい」「いいえ」の解答

部分正答

コード1：「はい」「いいえ」「いいえ」「いいえ」の解答

誤答

コード0：その他の組み合わせの答え

問題形式：複合多肢選択式

プロセス：科学的探究を理解すること（プロセス2）

概念：力と運動

状況：テクノロジーにおける科学

問題例：2.2

狭く伸びた道路上に車線を引いた後、交通事情が下のように変化したことがわかったとします。

速度 車両はより速く走るようになった。

位置 車両は道路の端の方を走るようになった。

車間距離 変化なし

以上の結果に基づいて、狭い道路上に車線を引くことになりました。これは最善の決定でしょうか？ 賛成または反対の理由についても書いてください。

賛成： _____

反対： _____

理由： _____

●問題例：2.2の採点基準

完全正答

コード1：賛成または反対の解答で、理由が与えられた情報と一致しているもの。例えば、

- 賛成。なぜなら、車両の速度が上がったとしても、道路の端を走行するようになったので衝突の危険性が少なくなるから。
- 賛成。車両の流れが良いときは、あまり追い越しをしようとしなくなるから。
- 反対。車両の速度が速くなり、車間距離が同じであれば、緊急時に停止する際に余裕がないから。

誤答

コード0：賛成または反対の解答で、理由を示していないもの。または問題に関係のない理由を示しているもの。

問題形式：自由記述式

プロセス：科学的証拠と結論を解釈すること（プロセス3）

概念：力と運動

状況：テクノロジーにおける科学

問題例：2.3

自動車の運転手は、速度が速い場合には、遅い場合よりも車間距離を大きくとるように求められています。これは速度が速いほど、停止距離が長くなるからです。速い車の方が遅い車よりも停止距離が長くなる理由を説明してください。

理由： _____

●問題例：2.3の採点基準

完全正答

コード2：以下の事実を述べる解答。

- 車両が速く動いている時の方が運動量が大きいということは、与えられた力が同じ場合、停止する時は、速い車の方が遅い車よりも遠くまで動くことを意味する。

及び

- 速度をゼロにするまでの時間は、速度の速い方が長くかかる。したがって、その時間内に車はさらに動くことになる。

部分正答

コード1：上記の答えのどちらか1つだけを述べた解答。

誤答

コード0：その他の答え。あるいは、例えば「車が遅いと止まるまで時間がかかる」といった記述を繰り返した場合。

問題形式：自由記述式

プロセス：科学的現象を記述し、説明し、予測すること（プロセス1）

概念：力と運動

状況：テクノロジーにおける科学

問題例：2.4

テレビを見ていたピーターは、毎時45 kmで走行中の車両Aが、毎時60 kmで走行中の別の車両Bに追い越される様子を見ました。車に乗っている人にとって、車両Bの速度はどれぐらいと感じるのでしょうか？

- 毎時0 km
- 毎時15 km
- 毎時45 km
- 毎時60 km
- 毎時105 km

●問題例：2.4の採点基準

完全正答

コード2：解答B：毎時15 km

誤答

コード0：その他の答え

問題形式：多肢選択式

プロセス：科学的現象を記述し、説明し、予測すること（プロセス1）

概念：力と運動

状況：テクノロジーにおける科学

科学ユニット3：

3. 3. 3 トウモロコシ

以下の3つの問題は、「トウモロコシ」という問題例からのものである。導入文は、燃料としてトウモロコシを使用するアウケ・フェルベルダ氏についての新聞記事である。

……アウケ・フェルベルダ氏は、トウモロコシが、見た目こそ家畜用飼料だが、そのままの形で燃料にもなると指摘する。牛はトウモロコシを食べてエネルギーを得ているが、トウモロコシを家畜用飼料としてではなく燃料として売った方が農家にとってははるかに利益になるはずだと同氏は言う。

フェルベルダ氏は、環境に対する関心が高まっており、環境を保護するための法律が策定されていることを知っている。フェルベルダ氏が同時に考えなければならないのは、二酸化炭素に対する関心の高さだ。二酸化炭素は、温室効果の主な原因と考えられている。温室効果により、地球の大気平均温度が上昇すると言われる。ところが、フェルベルダ氏の見解によれば、二酸化炭素は何も悪くない。それどころか植物は二酸化炭素を吸収し、人間のための酸素に転換すると同氏は主張している。

フェルベルダ氏の話では「二酸化炭素は温室効果の主因ではないと主張する科学者も多い」ということだ。

問題例：3. 1

フェルベルダ氏は、燃料として使用されるトウモロコシと、食料として使用されるトウモロコシを比較しています。

下表の左側の列にはトウモロコシが燃焼したときに発生する事柄が列挙されています。

これらの事柄は、トウモロコシが動物の体の中でエネルギー源として働く場合にも起こりますか。

それぞれについて「はい」または「いいえ」に○をつけてください。

トウモロコシが燃焼したとき： これは、トウモロコシが、動物の体の中でエネルギー源として働いた場合にも起こりますか。

| | |
|------------|----------|
| 酸素が消費される | はい / いいえ |
| 二酸化炭素が発生する | はい / いいえ |
| エネルギーが発生する | はい / いいえ |

◎問題例：3. 1 の採点基準

完全正答

コード2：「はい」、「はい」、「はい」となる解答。（3つの事柄すべてについて正しく答えている

ことが必要で、1か所でも間違っている場合は、動物の体の中における食物の処理を正しく理解していないことを意味する。)

誤答

コード0：その他の組み合わせの答え

問題形式：複合多肢選択式

プロセス：科学的現象を記述し、説明し、予測すること（プロセス1）

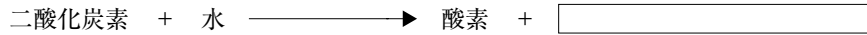
概念：化学的・物理的変化

状況：生活と健康における科学

問題例：3.2

この記事には、二酸化炭素の転換について「……二酸化炭素は、植物が吸収すると……酸素に転換される」と書かれています。

この転換には、二酸化炭素と酸素のほかにも、複数の物質が関係しています。この転換は次のように表すことができます。



上の□の中に、欠けている物質の名前を入れてください。

●問題例：3.2の採点基準

完全正答

コード1：次のいずれかの名称

- ・ グルコース（ブドウ糖）
- ・ 糖
- ・ 炭水化物
- ・ 糖質
- ・ デンプン

誤答

コード0：その他の答え

問題形式：自由記述式

プロセス：科学的現象を記述し、説明し、予測すること（プロセス1）

概念：化学的・物理的変化

状況：生活と健康における科学

問題例：3.3

記事の末尾で、フェルベルダ氏は、二酸化炭素が温室効果の主因ではないと主張する科学者について述べています。

由美子さんは、4種類の気体によって生じる温室効果を相対的に比較した、次のような表を見つけました。

気体分子当たりの相対的温室効果

| 二酸化炭素 | メタン | 窒素酸化物 | フロンガス |
|-------|-----|-------|--------|
| 1 | 30 | 160 | 17,000 |

この表から、由美子さんが、温室効果増大の主因がどの気体かを結論付けることはできません。由美子さんが、温室効果増大の主因がどの気体かを結論付けるには、この表のデータを他のデータと関連付ける必要があります。

由美子さんは次のどのデータを集める必要がありますか。

- A 4つの気体の発生源に関するデータ
- B 植物による4つの気体の吸収に関するデータ
- C 4種の分子の大きさに関するデータ
- D 大気中に4つの気体が含まれる量に関するデータ

●問題例：3.3の採点基準

ある物質の濃度はその作用の限度に影響を及ぼすという科学的な知識と、外部からの情報なしに妥当な結論は下すことはできないという認識との間には、密接な関係がある。

完全正答

コード1：解答D：大気中に4つの気体が含まれる量に関するデータ

誤答

コード0：その他の答え

問題形式：多肢選択式問題

プロセス：科学的証拠と結論の解釈（プロセス3）

概念：物質の構造と物性

状況：地球及び環境の科学

これらの問題に答えるために、生徒は科学（理科）のカリキュラムから得られる知識を用いて新しい状況に適用しなければならない。科学的な理解の評価が問題の主要な目的ではない場合、要求される知識は特別に高度なものではないので、うまく答えられるかどうかは、要求される特定のプロセスにおける能力に左右される。例えば問題例2.3、2.4、3.1及び3.2のように科学的な理解が主な目標である場合は、プロセスはこの理解を示すことになる。

3.4 評価の構造

ユニットは最大8つまでの小問から成り、それぞれ個別に採点される。ほとんどのユニットに

は、問題例 2.3 と 2.4 及び 3.1 と 3.2 に示されているように関連する科学の知識と理解を示すよう求める問題と、問題例 1.1、1.2、2.1 及び 3.3 のように、科学的調査による証拠とデータを収集して 1 つ以上のプロセスを用いるよう求める問題の両方が含まれている。先に述べたように、少なくとも科学（理科）が「副領域」である 2000 年調査及び 2003 年調査においては、PISA 調査には実践的な体験型の問題は含まれていない。

全体的な評価のため、プロセス間の望ましいバランスが得点割合の観点から与えられ、表 3.4 に示されている。ただしこれは、科学（理科）が PISA 調査の主領域となる 2006 年調査においては変更の可能性がある。

表 3.4 ■ 科学的プロセスにおける得点配分の目安

| 科学的プロセス | PISA 調査における 理科の問題の割合 (%) |
|-----------------------------|-----------------------------|
| 1. 科学的現象を記述したり、説明したり、予測すること | 40～50 |
| 2. 科学的調査について理解すること | 20～25 |
| 3. 証拠と結論を科学的に解釈すること | 20～25 |
| 合計 | 100 |

調査問題の中には、バランスがプロセス 1 に傾いているものもあれば、それ以外のプロセスに傾いているものもあるだろう。プロセス 2 及び 3 を評価する問題とプロセス 1 を評価する問題は、ユニットごとに見ることができるかもしれない。これには 2 つの理由があり、1 つは、生徒が学校の理科のカリキュラムから発展させるような、または学校の外から得たものを発展させるような、重要な科学的理解を包含するという目的を達成するためである。もう 1 つは、プロセスを使用する能力は、これが使用される状況に左右される度合いが高いためである。PISA 調査の目標は、科学的知識と科学的知識・証拠に基づいて結論を引き出す能力との組み合わせが、ともに価値ある学習成果であることを示唆している。ほぼ同数の得点がこれらの 2 つの成果に割り当てられるのは、これらの目的を果たすためである。

すでに述べたとおり、すべての問題は、学校における科学（理科）のカリキュラムを通じて生徒に身に付けさせるような科学的知識の使用に関連している。PISA 調査の科学問題がいくらか——決して全部でない——学校における理科の評価と異なるのは、PISA 調査においては、科学的知識を現実生活の諸状況に適用させることが求められている点である。同じように、証拠に基づいて結論を出す能力は、多くの学校における科学（理科）のカリキュラムの目標に見られるものである。PISA 調査は、プロセスが学校の実験室や教室の範囲を超えた状況で適用されることを要求している。生徒にとって、このことがどの程度まで目新しいことであるかは、現実の世界に適用することがどの程度まで生徒たちの体験したカリキュラムの一部となっているかということに依拠するだろう。

表 3.5 ■ 適用に関する領域における得点配分の目安

| 適用に関する領域 | PISA 調査における理科の問題の割合 (%) |
|-----------------|-------------------------|
| 1. 生活と健康における科学 | 30～40 |
| 2. 地球と環境における科学 | 30～40 |
| 3. テクノロジーにおける科学 | 30～40 |
| 合計 | 100 |

適用に関する領域について、表3.5はできる限り3つの主要領域が均等な広がりとなるようにすることを示している。

1つのユニットは、ある特定の刺激材料によって示される。刺激材料は短い文章や表、チャート、グラフ及び図に付随する文章などである。調査問題は多肢選択式で解答するもの、短い解答を記入させるもの、長い解答を記入させるものなどで、それぞれ独立して採点される。短い解答と長い解答との違いは、後者は複数の解答類型が必要であるのに対して、前者は1人の採点者で信頼できる採点が可能ということである。

科学（理科）が調査の副領域であったこれまでの、開発され、予備調査が行われたユニットと小問の数は限られていた。しかし、これまでの経験に基づき、2003年調査の問題形式を次のように要約することができる。

- 1つの例外を除き、ユニットは1つの小問ではなく、いくつかの小問から成る。すなわち、1つ以上の科学的知識・概念（表3.1）、科学的なプロセス（表3.2）、及び1つ以上の科学の適用に関する領域に関連する知識（表3.3）を求める調査問題を含み、調査用紙に解答を書く（または描く）ことが求められている。
- 調査問題は2003年調査及び2000年調査では、記述された形で提示された。ただし、科学（理科）が主要領域となる2006年調査では、他の形式による刺激材料による調査が行われるであろう。
- 一部の問題には読解及び／または数学がかかっている。しかし、何らかの科学的过程を含まずに、単に興味ある導入から情報を確認することだけを求めるような問題、あるいは断片的な事実の情報を思い出すことだけを求めるような問題は含まれていない。

この枠組みで特定される技能と理解の範囲を網羅するためには、広範な解答形式を必要とする。例えば、認識または選択を含む諸々のプロセスを妥当に評価できるように多肢選択式の問題が作成されなければならない。しかし、評価したりまたは伝達したりする能力を評価するには、記述式の方が妥当性と信頼性を提供する可能性が高い。しかしながら、最も適切な形式は問題内容に左右される。

3.5 報告の尺度

PISA 調査の目標を達成させるためには、生徒の成績に対する尺度の開発が不可欠である。尺度に到達するプロセスは反復的でなければならない。このため、予備調査及び2000年調査の結果に基づく当初の記述——科学の成績を評価する過去の経験と、科学学習及び認知発達に関する研究・調査の結果からの情報に基づく——は、今後さらに予備調査と本調査による多くのデータが累積されることにより、修正の可能性がある。

科学（理科）が副領域であって限定的な情報しか得られなかった2000年調査は、科学的リテラシーを習熟度尺度の観点から報告し、OECD加盟国の平均得点を500点、標準偏差を100点とした。習熟度のレベル分けはされなかったが、この尺度によって、生徒が実行できることを次の3つの点で記述することが可能であった。

- 科学的リテラシー尺度の上端近くにおいて（約690点）、生徒は次のことがおおむね可能

である。つまり、予測したり説明を与えたりするために、概念モデルを生成または使用できる。また、例えば実験のデザインを把握するために、あるいはテストされるべき考えを特定するため、科学的調査を分析できる。対立する見解や異なる見通しを評価するためにデータを比較できる。科学的な論証及び／または記述を、詳細かつ正確に伝達できる。

- 550点付近においては、生徒はだいたい次のことが可能である。つまり、科学的知識を使用し、予測または説明を行うことができる。科学的調査によって答えることができる課題を認識できる。及び／または科学的調査に含まれる詳細な事柄を特定できる。評価や結論を下すために、対立するデータや複数のつながりから関連する情報を選択できる。
- 尺度の下端近くにおいては（約400点）、生徒は次の事柄ができる。つまり、簡単な事実による科学的知識を思い出すことができる（例えば、名称、事実、用語、簡単なルール）。また、結論や評価を下すため、常識的な科学的知識を使用することができる。

2003年調査では、科学的リテラシーの結果報告はほぼ同じような形式になるであろう。しかし2006年調査では、使用可能な調査時間によって、広範な科学的知識と適用に関する領域を含めることができるようになるので、習熟度レベルを特定するための閾値を特定すること、及び表3.2に示す諸プロセスに関する下位尺度を報告することが可能となるだろう。したがって、これには科学的知識に関係する下位尺度（プロセス1）が含まれ、提示された状況における適用によって評価されることになるであろう。

また2006年調査においては、科学的リテラシーを主要領域として報告するために、表3.2に挙げた科学的プロセス全般にわたって、十分な情報が利用できるだろう。もちろんこれは、統計的、概念的及び政策的検討によって多少左右されるかもしれないが、いずれにしても、下位尺度を報告することが可能となれば、それぞれの国の科学（理科）教育において達成された成果を、望ましい成果と考えられる内容と詳細に比較することが可能となるという利点を与えられる。

様々な異なる問題の内容について、またこれに対する不正確な反応について報告することは、問題の統計量に対する重要な副産物である。これらの内容の分類は予備調査から生成され、生徒の実際の解答の類型に関連づけられることが望まれる。特定の問題に対する特定のタイプの解答について報告することは、尺度を例証し、これに対して意味ある分類を行うためにも必要である。これには、PISA調査において使用された一部の問題を公表することが含まれる。

報告の形式を一層発展させることは望ましいことであり、2006年の科学を中心とする調査の後に可能となると考えられる。その1つがユニットを横断的にみた問題のまとまりにおける成績であり、これによって、科学の適用に関する個々の領域についてみることができると考えられる。この情報は、現在検討中の問題に対して、十分かつ有効な注意が払われているかどうかを考察する上で有益である。

3.6 その他の課題

科学的リテラシーの評価問題に関する情報が長い文章で表されている場合、同様に、読解力についても評価することができる。同様に、情報が表やチャート、グラフなどの形式で表されている場合、情報を読み取る能力が評価される。また数の操作が要求される場合には、数学的リテラ

シーのある側面を評価することができる。こうした問題は、調査の統合パッケージの一部を形成するものである。他の問題は、証拠に基づく結論を出すことや、科学的な理解を示すことに関連する、科学的プロセスのみを評価するものである。

科学（理科）が「副」要素であった2000年及び2003年調査は、経年比較のための基礎を形成している。2000年調査及び2003年調査で評価問題の数が制限されていたことは（1回の本調査のデザインで、異なる問題のまとまりに対して異なる部分的標本の生徒による解答が可能であっても）、2006年調査と比較して、科学の適用に関する各領域についての問題数が少なかったということの意味する。このように、科学的リテラシーが副次的であった調査については、表3.2において示されたすべてのプロセスの評価を、また表3.1と3.3で明らかにされた一部の科学的知識（概念）と適用に関する領域を含んでいる。科学（理科）が主となる2006年調査においては、一段と総合的に科学的知識と適用に関する領域を取り上げることが可能となるだろう。

第 4 章

問題解決能力

4.1 はじめに

問題解決は、あらゆる国の学校プログラムにおける中心的な教育目標である。教育者と政策立案者は、特に、現実生活における生徒の問題解決能力に関心を持っている。これは、与えられた情報を理解し、批判的な特徴とその相互関係を明らかにし、外部的な表現を構築または適用し、問題を解決し、解決方法を評価、正当化、伝達することを意味する。このように表現される問題解決のプロセスは、数学、理科、言語科目、社会科だけでなくその他多くの内容領域など、カリキュラム全般にわたって見いだされる。問題解決は、将来の学習のため、社会に有効に参加するため、また個人的な活動を実行するための基盤を提供する。

問題解決は常に存在する人間活動である一方、その構成要素を概説し、生徒の成績の尺度を策定するための枠組みを発展させることは容易ではない。複数の著者は、問題解決の包括的な定義を行うための合意が不足していることについて述べている (Frensch & Funke, 1995 ; O'Neil, 1999 など)。しかし、学習及び関連するテーマについての多くの文献が存在するにも関わらず、それらは文脈にある用語の定義を明白に行わないまま問題解決について論じている (Bransford, Brown, & Cocking, 1999 ; PEG, 2001)。

PISA 調査は、国際的な基盤に基づいて生徒のリテラシーに関する調査を発展させ、運営し、解釈するものである。このプログラムの明白な目的は、生徒のリテラシーレベルをいくつかの領域においてモニターし、報告することである。しかしながら、このプログラムの焦点は、生徒が習得したカリキュラム知識のレベルを報告することには置かれていない。むしろ、このプログラムがその努力を集中させているのは、読解や科学、数学の知識・技能を適用することが求められる現実世界の状況において、生徒が持っている能力を説明することである。これらのリテラシー領域における生徒の到達度を反映したデータの収集だけでなく、PISA 2003年調査では、生徒の教科横断的な問題解決能力に関連するデータも収集している。

4.2 背景

PISA 調査における問題解決能力の枠組みを作成するため、今までになく新しい環境にある問題を解決する生徒の能力を評価する調査が、先行研究を基に行われた。いくつかの研究が、興味深い結果を提供し、革新的な形式を利用していることがわかった。そのいくつかを挙げると次の通りである。

- 患者の管理に関する事例研究に基づく「臨床的推論試験」(Boshuizen *et al.*, 1997)
- ビジネス教育における複雑で真正な意思決定に関する「総合テスト」(Seger, 1997)
- 科学的現象のシミュレーションを探究する際に用いられる直観的知識に焦点を当てた「仮想テスト」(Swaak & de Jong, 1996)

この調査についてより一般的な検討を行った結果、一連の妥当な先行研究が特定された。例えば数学では、問題志向型思考・学習の研究 (Hiebert *et al.*, 1996 ; Schoenfeld, 1992)、関連する評価方略の研究 (Charles, Lester & O'Daffer, 1987 ; Dossey, Mullis, & Jones, 1993) などの長い伝統

がある。心理学では、帰納的推理 (Csapó, 1997) や類比的推論 (Vosniadou & Ortony, 1989) に関する生徒の知識の重要性を詳述している。クライム (Klieme, 1989) は、教育的、認知心理学的及び測定の観点から問題解決を評価する統合的な論を示している。コリンズ、ロンバーグ、ジュルダック (Collis, Romberg and Jurdak, 1986) は、「超問題 (super items)」を用いた問題解決調査を開発したが、その超問題のそれぞれが、認知的複合性の後に続くレベルに焦点を当てている一連の問題から成っていた。もう一つの一連の努力は、課題の複合性のレベルを区別することに関連している。これらのほとんどは、ブルーム、ヘイスティングス、マダウス (Bloom, Hasting and Madaus, 1971) による独創的な研究の上に構築されたものである。このほか有望な研究には、TIMSS の行動的期待 (Robitaille & Garden, 1996) や多様な PISA 評価の枠組み (OECD, 1999 & 2000) などがある。

最近では、問題解決能力を教科横断的能力として評価することに対する関心が高まってきているが、にもかかわらず、問題解決能力の調査の検討 (Klieme 2000; Mayer 1992) からは、これについて何らの枠組みも明らかにされていない。過去5年間にわたり、大規模調査により、教科横断的問題解決能力をみるいくつかの試みが行われてきた。OECD-INES ネットワーク A (1995年) における研究で、トライヤーとペスカル (Trier and Peschar) は、問題解決能力を4つの重要な教科横断的能力の一つとして扱った。彼らはこのような調査のためにその実現可能性をみる予備調査を実施した。彼らの「問題」例は、テーマが青少年クラブの旅行を計画するといったようなもので、作文を書くような企画立案が課題であった。彼らは生徒のデータを収集することはできたが、解答を採点する際にいくつかの問題に遭遇した。

別個に研究をすすめるながら、フレンシュとファンケ (Frensch & Funke, 1995) はいくつかの実験的な計画調査の変形を立案し、他方、クライム (Klieme *et al.*) らはドイツのある州を対象に大規模調査を実施するために、問題解決能力をみる多肢選択式調査を開発した。この評価では、計画課題はいくつかの作業手順 (目標の明確化、情報収集、計画立案、意思決定、計画実施、及び結果の評価) に区分された。各課題は、調査対象者が一連の問題に取り組むことによってなされるものであるが、その問題は、目標の一貫性を判断し、地図や日程及びその他の文書を分析し、活動の順序について推論し、行動あるいはその他の問題解決行動を実施する上で考えられ得る間違いを究明することなどを内容としていた。生徒の問題解決能力を測定する類似のプロジェクトが「国際成人調査」(ISA) に含めて検討されているが、これは従来「国際成人リテラシー及び生活技能調査」(ALLS) として知られていた調査である (Binkley *et al.*, 1999)。

ドイツでは PISA 2000 年調査で 15 歳の生徒、650 名を対象にナショナル・オプションを実施した。これは、教科横断的問題解決能力をみる調査で、8つの調査から成り、その妥当性が検証された (Klieme, 2000)。この調査は、新たな測定手段の開発と検証のために、問題解決能力に関する基本的な認知研究からできるだけ多くのインプットを用いることを目的としていた。この結果、教科横断的問題解決能力の評価のために、紙と鉛筆を使用する方法と主にコンピュータを用いる方法の両方について、その実施可能性が証明された。結果には以下の事項が含まれている。

- 教科横断的問題解決能力は領域関連能力 (数学的リテラシー、科学的リテラシー及び読解力) から区別することができること。

- 分析的問題解決能力には、ハリー・オニール（Harry O'Neil, 1999）によって設計された「問題：タイヤのポンプ」、「プロジェクト・アプローチ」、及び類推的転移問題などを含む複数の指標が、共通要因に組み込まれていること。

PISA 調査における問題解決能力の枠組みは、実施可能性をみる予備調査と研究調査によって開発された原型を、2003 年調査において大規模に評価するモデルとして使えるようにすることが目的であった。

4.3 領域の定義

リチャード・メイヤー（Richard Mayer, 1992）は問題解決能力の評価に関する文書において、設計者は、以下のことを行わなければならないとしている。

- 問題を解決する者は、技能の統合を求めるような現実的で真正な課題の解決に到ることを目標に、高次の思考（または認識）過程に従事しなければならないこと。
- 生徒にとってなじみのない状況における方略を考えだすことを求めるような、決まり切った手順では解けない問題によって、調査対象者である生徒の能力をみること。

問題解決能力の調査は、調査対象者が重要な知識を使ったり、学習内容を融合させたり、概念、表現及び過程の統合が必要とされるような、決まり切った手順では解けない状況にまで及ぶべきである。

ある分野の一つの概念または別の概念を用いながら、研究または実践において問題解決能力の研究にかかわっているほとんどの人々は、生徒の問題解決能力について述べるに当たっての主要な焦点は、生徒が解決方法を述べたり、問題を解決したり、解決方法を報告する際にとる認識行動を説明することであると考えている。これを受けて、2003 年調査では問題解決能力について以下の定義を採用することとする。

問題解決能力とは、解決の道筋が直ちに明らかにされず、適用可能なリテラシー領域またはカリキュラム領域が数学、科学または読解の単一領域の中には存在しないような、現実の教科横断的状況に直面した場合、これを解決するために認識プロセスを使用できる能力のことである。

この定義において、いくつかの用語についてはさらに説明が必要である。

……認識プロセス……

この問題解決能力の側面は、理解し、特徴づけし、表現し、問題を解決し、熟考し、伝達することを応用することなど、問題解決行動の多様な構成要素やその基盤となっている認識プロセスを扱うものである。これらのプロセスについては、次の節においてより詳細に述べることとする。

……教科横断的……

問題解決能力に関して、現在の PISA 調査では、各領域において問題解決能力が言及されてい

る。読解力、数学的リテラシー及び科学的リテラシーの枠組みは、これらの各領域内における問題解決技能を評価している。問題解決能力に関する PISA 調査は、生徒の能力についての考察を、伝統的なカリキュラム領域の境界を越えた、より幅広い範囲の問題解決の問題に広げている。

……現実の……

上記の問題解決能力に関する定義は、現実の生活における問題を解決することを強調している。これらの問題は、現実生活の状況から生じることが容易にわかるような問題に直面した場合、これを解決するために、生徒個人が知識や方略を融合することを求めている。こうした問題は人々に対して、様々に異なるが時に関連もあるような表現をいろいろ使ってみたり、知識を検索し、応用するやり方においてある程度の柔軟性を示すことを求める。これらの問題は生徒に対して、関係する人々に直ちに影響を与えるような決定を下し、それを伝えることを求めている。

4.4 領域の構成

PISA 調査における問題解決能力の定義では、課題は必然的に、状況に特有の、または領域に特有な知識・方略に左右される。したがって、問題解決能力が評価される文脈、領域、状況は、細心の注意を払って選択されなければならない。以下の構成要素を検討する必要がある。

- **問題の種類**：問題解決能力の一般的な定義は、問題の種類幅広い範囲に及ぶと考えられる。2003年調査の目的のために、意思決定、システム解析・設計、及びトラブル・シューティングという3つ問題のタイプが選択された。これらについての詳細な検討は、次の節で示す。これら3つの問題の種類によって、問題解決領域において一般的に特徴付けられる問題解決プロセスのほとんどが、網羅されている。PISA 調査における問題解決能力の問題には、個人間の問題を解決するもの、あるいは論議的なテキストの分析といった形式は含まない。
- **問題の文脈**：この構成要素は、生徒が経験するような問題解決に関連する問題を、どのように位置づけるかにかかわっている。特に、選択する環境は、教室や生徒の学校カリキュラムからある程度距離のある方がよい。このため、2003年調査の問題は個人の私的な生活、仕事や余暇、地域社会や社会全般に関する文脈を使用すべきである。これらの文脈は、カリキュラム及びカリキュラム外の文脈を含みながら、個人的な空間から市民的な自覚にまで及ぶ連続体を網羅している。
- **関連する専門分野**：現実の生活における問題解決に焦点を当てて熟考するため、2003年調査における問題解決領域は、数学、科学、文学、社会科、技術及び商業などを含む幅広い範囲の専門分野を網羅している。したがって、問題解決能力は、PISA 調査の数学的リテラシー、科学的リテラシー、読解力という主要な領域を補足するものであって、これに関わる知識・技能はこれらの領域の一つに限定されるものではない。このため、これら主要な3領域との重複の可能性は回避されるわけである。

- 問題解決のプロセス：生徒はどの程度まで特定の問題に直面し、解決に向かって動き始めることができるであろうか。問題の性質を理解すること、変数や関係の明確化を通じて問題を特徴付けること、問題の表現を選択し、調整すること、解決に向かって進むこと、その作業を熟考すること、あるいは結果を伝達することについて、生徒はどのような証拠を示すことができるか。
- 推論技能：これらの問題解決プロセスのそれぞれは、ただ単に問題を解決する者の知識基盤だけでなく、その推論技能も必要としている。例えば、問題の状況について理解する際、問題を解決する者は事実と見解を区別する必要があるかもしれない。解答を作成する際、問題を解決する者は変数間の関係を明確にする必要があるかもしれない。方略を選択する際、問題を解決する者は原因と結果を考察する必要があるかもしれない。結果を伝達する際、問題を解決する者は情報を論理的な方法で整理する必要があるかもしれない。これらの作業はしばしば、分析的な推論、定量的な推論、類推的な推論、及び組合せ的な推論技能を必要とする。これらの推論技能は、問題解決能力の核心を形成するものである。

このように問題解決の行動は、ある一定の目標を達成するために結集された、多くの異なる認識プロセスの融合体であるが、その際、ある一つの教科領域にあるようなよく知られた手順、プ

コラム 4.1 ■ 推論技能のタイプ

解析的推論 (Analytic reasoning) は、必要十分条件を判定するにあたって、あるいは因果関係に密接に関係しているものが、問題の刺激において提供された制約及び条件の中で生じているかどうかを判定するにあたって、学習者が形式論理学から原理を応用しなければならない状況によって特徴づけられている。

定量的推論 (Quantitative reasoning) は、与えられた問題を解決するため、学習者が、数学の学問分野から数の感覚と計算に関連する特性及び手順を応用しなければならない状況によって特徴づけられている。

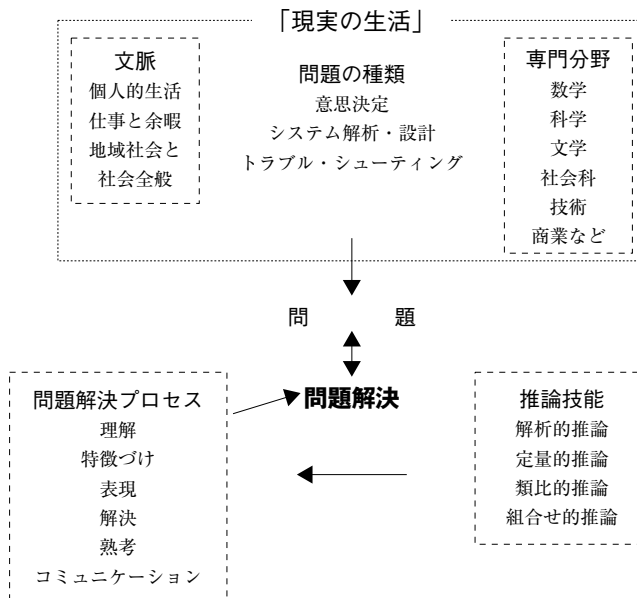
類比的推論 (Analogical reasoning) は、学習者が精通している問題に類似した文脈を持つ問題、あるいは学習者が過去に解決した問題基盤を含む問題を解決しなければならない状況によって特徴づけられている。新しい刺激材料における変数または文脈は変更されているが、強い影響を与える誘因または因果関係の仕組みは同じである。学習者は、類似した状況を持つ過去の経験に照らして解釈することにより、新しい問題を解決できる。

組合せ的推論 (Combinational reasoning) は、学習者が様々な要因を検討し、出現するすべての組合せを考慮し、いくつかの客観的な制約に関連した個々の組合せを評価し、その組合せから選択したり、順位を付けたりしなければならない状況によって特徴づけられている。

プロセス、ルーティンあるいはアルゴリズムを応用することだけでは、少なくとも明らかにその目標に到達することはできない。問題解決能力は、特定の範囲の課題及び状況内で多くのプロセスを創造し、評価できるような生徒の能力の観点から説明することができる。問題解決能力の評価は、様々な状況及び内容領域において用いられたプロセスを明確化し、できれば生徒の作業によって生み出されたものの質を解説し、定量化しようとするものである。

問題解決能力に関する2003年調査の要素を図4.1に示す。ここに示す関係は、このような調査が様々な分野からの文脈と知識内容に依拠するとともに、内容領域及び領域自体としての問題解決の中に見いだされる能力にも依拠していることを図示している。

図 4.1 ■ 問題解決の枠組みにおける主な構成要素



4.4.1 問題の種類

2003年調査における教科横断的問題解決能力の評価について、生徒の能力評価を問題解決の幅広い3つの領域に限定することが決定されたが、それらを「問題の種類」と呼ぶ。これら3つの問題の種類は、意思決定、システム解析・設計、及びトラブル・シューティングである。

意思決定、システム解析・設計、及びトラブル・シューティングは、日常的かつ現実の生活を分析的に推論する際の重要な側面を捉える、包括的な問題解決構造であり、この分析的推論は我々が今回の調査で評価しようとするものである。それらは、読解力、数学的リテラシー及び科学的リテラシーの内容領域に対する代わりのものを提供する。これらの評価において、調査を限定するために必要な構造を提供する明確な知識領域が存在している。問題解決能力を調査する際、強調されているのは知識領域よりもむしろプロセスである。しかしながら、プロセスをある種の構造に結び付けることなしに評価することはできない。提案されている3つの問題の種類は、問題解決プロセスを評価することができる包括的な構造を提供している。

4. 4. 2 意思決定

意思決定に関する問題においては、生徒は、いくつかの選択肢と制約が関係する状況を理解し、またその制約を満たすような決定をすることが求められる。例えば、「問題解決ユニット1：痛みを取る」においては、生徒は、患者の年齢、症状、その他の医学的条件を考慮に入れた場合、どの鎮痛剤が最も適切であるかを選択することが求められている。

上述のような意思決定の問題は、基本的に、与えられた情報と課題の要求を理解すること、満たさなければならない関連する特徴または制約を明確にすること、問題または選択肢の表現を創造すること、制約を満たすような決定をすること、解決方法が制約を満たすかどうかをチェックし、さらにその決定を伝達あるいは正当化することを求めている。この種の意思決定課題において、生徒は与えられた選択肢の中から1つを選択する必要がある。これを行う際、生徒は通常、各種の情報源からの情報を組合せ（組合せの推論）、最も優れた解決策を選択しなければならない。

意思決定問題は、より複雑な場合には難度が増す。例えば、車を買うという決断は、分析を必要とする情報が増える場合、情報が結び付きを必要とする複数の異なる表現を含んでいる場合、あるいは非常に多くの制約が付されなければならない場合などにおいては、より難しいものとなる。容易な意思決定課題を扱うことはできるが、課題の難易度が増すと処理できないという生徒も中にはいる。

意思決定課題の複雑性が高い場合、外部的な表現は非常に有用である。「問題解決ユニット1：痛みを取る」の場合、このような表現はすでに表の形式で構築されている。他の意思決定課題の場合、生徒は表や図、グラフなどの形式で、そのような表現を創造する必要があるかもしれない。適切な表現を創造したり、与えられた表現を適用したりする生徒の能力、例えばグラフを作ったり解釈したりする能力は、意思決定課題に関する生徒の到達度を左右する要因である。いったん表現が構築されるか、適用されると、生徒はその表現によって整理されるような情報を選択し、関連させ、比較し、最善の選択肢を選ばなければならない。

問題解決ユニット1:

4.4.3 痛みを取る

時折感じる痛みのために適切な鎮痛剤を選ぶことは、簡単なことではありません。というのは、市場には非常に数多くの鎮痛剤があって、どの薬も、あなたの痛みを取ると主張しているからです。

介護医療グループは、4種類の鎮痛剤について次のような情報を提供しました。



| 鎮痛剤名 | 特徴 | 効能 | 服用量 | 注意事項 |
|---------|--|---|--|--|
| アクアスピリン | 100% 溶けるアスピリン錠。錠剤を飲むことができない人に適する。 | 頭痛、筋肉痛、歯痛、背中の痛み、のどの痛み、炎症の緩和、発熱時の解熱。 | 成人及び12歳より上の小児：1錠または2錠をコップ半分の水に溶かし、必要に応じて4時間ごとに服用。ただし、24時間以内に8錠を超えて服用しないこと。 12歳以下の小児：12歳以下の小児には服用させないこと。 | 長期間にわたる服用は有害。 塩分摂取を制限されている人は服用不可。 |
| バラセム | パラセタモール100%。授乳中の母親、及びぜん息患者に適する。アスピリンのように胃壁を荒らすことがない。 | 頭痛、背中の痛み、歯痛、筋肉痛、関節炎、発熱時の解熱。 | 成人及び12歳より上の小児：1錠または2錠を4時間ごとに必要に応じて服用。 12歳以下の小児：0.5錠または1錠を、4時間ごとに必要に応じて服用。 | 長期間にわたる服用は有害。 |
| NoAx | 1錠当たり25mgのジクロフェナク・カリウムを含有。急性の痛み、炎症の緩和。痛みの緩和は、通常15～30分。 | 打撲傷、首の痛み、背中の痛み、ねんざおよび筋違い、偏頭痛、手術後の痛み。 | 成人及び14歳より上の小児：1錠または2錠を8時間ごとに服用。1日に6錠を超えて服用しないこと。 14歳以下の小児：14歳以下の幼児には服用させないこと。 | 空腹時の服用はしないこと。ぜん息または他の薬物治療を受けている場合には、医師と相談すること。目まい、足の腫れなど副作用の可能性あり。 |
| レリーフェン | 1錠当たり200mgのイブプロフェンを含有。アスピリンよりも胃に穏やかに効く。 | 頭痛、筋肉痛、及びリウマチ痛、歯痛、風邪の症状、背中の痛み、発熱時の解熱、炎症の緩和。 | 成人及び12歳より上の小児：1錠または2錠を4～6時間ごとに服用。24時間に6錠を超えてはならない。 12歳以下の小児：12歳以下の小児には不適。 | ぜん息、腎臓障害、アスピリンに対するアレルギー疾患の場合、あるいは妊娠中の場合、服用前に医師の診断を受けること。 |

問題例：1.1

与えられた情報から、4つの鎮痛剤について効き目が最も弱いものから最も強いものまで順番を付け、下の□の中に数字を入れてください。最も効き目の強いものを4とします。

- アクアスピリン
- パラセム
- NoAx
- レリーフェン

●問題例：1.1の採点基準

完全正答

コード1：上から2、1、4、3の順に記入した解答。

誤答

コード0：その他の答え

問題例：1.2

他の2つよりも、胃炎を起こす可能性が高い鎮痛剤を2つ、選んでください。

- A. アクアスピリン
- B. パラセム
- C. NoAx
- D. レリーフェン

●問題例：1.2の採点基準

完全正答

コード1：胃炎を起こす可能性が高い鎮痛剤として、AとCを挙げた解答。

誤答

コード0：その他の答え

問題例：1.3

マイケルのお母さんは、風邪をひいて頭痛がしたのでレリーフェンを服用しました。午前8時に2錠、午後1時に1錠、午後6時に2錠を服用しました。午後11時に就寝するとして、服用量の説明書きによれば、彼女は何錠服用することができますか。

●問題例：1.3の採点基準

完全正答

コード1：「1錠」と記入した解答。24時間以内に合計6錠を超えて服用できないため。

誤答

コード0：その他の答え

問題例：1.4

与えられた情報にもとづいて、次の患者それぞれに最も適した鎮痛剤を選んでください。

| 患 者 | 最も適した鎮痛剤に○をしてください |
|---|--------------------------|
| エンマ、10歳の女兒。風邪で発熱。 | アクアスピリン／パラセム／NoAx／レリーフェン |
| ジョージ、13歳の男児でぜん息持ち。足首をねんざ。痛みと炎症を抑える鎮痛剤が必要 | アクアスピリン／パラセム／NoAx／レリーフェン |
| ウィリアム、45歳の機械操作員。背中への痛みで長時間効く鎮痛剤で、毎日服用できる薬が必要。 | アクアスピリン／パラセム／NoAx／レリーフェン |
| スーザン、授乳中の母親。頭痛に苦しむ。 | アクアスピリン／パラセム／NoAx／レリーフェン |

●問題例：1.4の採点基準

完全正答

コード1：上から順に、パラセム、アクアスピリン、レリーフェン、パラセムに○を付けた解答。

誤答

コード0：その他の答え

決断を下した後、生徒はその決断を評価し、正当化し、外部の聴衆に伝えることができなければならぬ。問題の解決策を正当化し、伝達する能力は、生徒の意思決定能力の重要な側面である。

以上を要約すれば、意思決定課題は、与えられた情報を理解すること、妥当な選択肢と関係する制約を明らかにすること、外部表現を構築または適用すること、一連の与えられた選択肢の中から最善の解決策を選び、その決定を評価し、正当化し、または伝達することを求めているのである。

4. 4. 4 システム解析・設計

システム解析・設計の問題は、生徒に対して複雑な状況について分析することを求める。これは、その状況の論理を理解するためであり、及び／または問題における文脈の特徴間の関係について情報が与えられることにより機能し、ある目標を達成するシステムを設計するためである。例えば「問題解決ユニット2：CD売上の管理」では、生徒は、ある音楽店においてCDの売上を管理するための記録システムを分析し、設計することが求められている。

システム解析・設計の問題は、少なくとも2つの決定的な側面において意思決定の問題とは異なっている。すなわち、i) 生徒に対しては、1組の選択肢の中から1つを選択するのではなく、むしろシステムを解析するか、または問題の解決策を設計することが求められている。また、ii) 説明されている状況は通常、相互に関連する変数の複雑なシステムによって構成されており、その場合、ある1つの変数が他の変数に影響を及ぼし、解決策が必ずしも明確ではない。換言すれば、システム解析・設計の問題の特徴は、関連する変数間の関係が力動的な性質であることと、解答が1つではなくなる可能性があることである。この種の問題は、経済学とか環境科学といった専門分野においてはしばしば発生する。意思決定課題においては、変数は基本的にこのように複雑な方法で相互に作用することはなく、制約はもっと明確であって、結論を正当化するのはずっと容易である。

通常、システム解析・設計の問題は、関連する変数を特定化して、それらの変数がどのように相互に作用するかを見つけることを求める。このような問題の設定においては、生徒はまた、複雑な状況を分析してシステムを規定する諸関係を明らかにするか、あるいは、与えられた諸関係を満たして、適切な目標を達成するシステムを設計しなければならない。システム解析・設計に対する解答を評価し、正当化し、伝達する能力はまた、プロセス全体にとって不可欠な部分である。

意思決定問題の検討においてすでに考察したように、システム解析・設計の問題における難度はその複雑さにも影響される。状況が複雑になるにつれ（変数の数の点、またその相互関係の点において）、問題解決能力の問題の難度は増す。表現を創造したり、所定または既知の表現を応用したりすることは、問題解決のプロセスの必要部分である。

「問題解決ユニット2：CD売上の管理」において、生徒には、CD売上に関連する変数を特定すること、また情報を整理する最善の方法を判定するために、これらの変数間の関係を分析することが求められる。この例題はまた、生徒に、論理的推論を用いて情報を取り出す方法を案出するように求めている。

問題解決ユニット2:

4.4.5 CD 売上の管理



CD ショップ「ファイン・メロディ」は、店で販売する音楽 CD の記録管理システムを開発中です。彼らは、下の表に示すような2つの記録シートをコンピュータで作成しました。

記録シート1：各 CD の属性（1 行につき 1 つの CD）

| CD シリアル ID 番号 | CD タイトル | CD 会社 |
|---------------|---------------|----------|
| 14339 | 春祭り | NAXA |
| 10792 | 90 年代ヒット曲 | ファインスタジオ |
| 00551 | オペラ愛好家のためのアリア | ディジレック |

記録シート2：各 CD のトラックの属性（1 行につき 1 トラック）

| CD シリアル ID 番号 | トラック番号 | トラック名 |
|---------------|--------|-------------|
| 14339 | 1 | スプリング・フィーバー |
| 14339 | 2 | 春への跳躍 |
| 14339 | 3 | 真夜中のリズム |
| 10292 | 1 | 町のベスト・ダンス |

問題例：2.1

次の属性は、記録シート1、2のどちらに追加したらよいですか。

| 属性 | 入力例 | 「記録シート1」または「記録シート2」に○をつける |
|-------------------|--------------------------|---------------------------|
| アーティスト／バンド／オーケストラ | フェイ・ウェーバー／ベルリン・フィルハーモニック | 記録シート1／記録シート2 |
| CD の価格 | 15 ゼット／2 枚組 25 ゼット | 記録シート1／記録シート2 |
| 在庫状況 | 発注／在庫 | 記録シート1／記録シート2 |
| 作曲者 | ウォーレン・ジョーンズ／リー・ユアン | 記録シート1／記録シート2 |

●問題例：2.1の採点基準

完全正答

コード1：記録シート2、記録シート1、記録シート1、記録シート2の順で○をつけた解答

誤答

コード0：その他の組み合わせの答え

問題例：2.2

記録シート1に2つの属性を、また、記録シート2に2つの属性を入力例から追加してください。その際、すでにある属性は含めないこととします。

●問題例：2.2の採点基準

記録シート1に対する属性リスト：

- CDの著作権／発売年：例 ©1998
- 合計CD再生時間：例、78分
- CDカテゴリー：クラシック、ポピュラー、オルタナティブ

記録シート2に対する属性リスト：

- トラック再生時間：例 5'32"
- 録音年／場所：例 1998年3月、プラハ
- 作詞者：例 シャロン・グリーン

完全正答

コード2：以下を含む解答：

- 記録シート1に、上記の属性リストから2つの属性を記入し、かつ
- 記録シート2に、上記の属性リストから2つの属性を記入したもの。

部分正答

コード1：以下のような不完全な解答：

- 記録シート1についてのみ、2つの属性を記入。
または
- 記録シート2についてのみ、2つの属性を記入。
または
- 記録シート1と2についてそれぞれ1つの属性を記入。
または
- 記録シート1と2についてそれぞれ2つの属性を記入はしているが、入力例が無い場合。

誤答

コード0：その他の答え

問題例：2.3

記録管理システムにより、ユーザーは特定の CD を検索することができます。下は、() と “AND” 及び “OR” というキーワードを用いた、検索コマンドの書き方を示したものです。

- (1) ボーカリストのアーリーナ・エミールによる録音で、15 ゼット以下のすべての CD を探すには、次の検索コマンドを書くものとする。

(価格 < 15) AND (アーティスト=アーリーナ・エミール)

- (2) ボストンまたはシカゴ交響楽団によって録音されたベートーベンの第 5 交響曲のすべての CD を探すには、次の検索コマンドを書くものとする。

(トラックのタイトル=ベートーベン第 5 交響曲) AND (オーケストラ=ボストン OR シカゴ)

レコード会社 NAXA またはディジレックによって録音された、「昨夜の夢」という曲のすべての CD を探すための検索コマンドを書いてください。

●問題例：2.3 の採点基準

完全正答

コード 1：以下を含む解答：

(トラック=昨夜の夢) AND (会社=NAXA OR ディジレック)

重要なのは AND、OR 及び () の位置であることに注意すること。語句と () の順序は重要ではない。キーワード、例えば「トラック」や「会社」などの正確さは重要ではない。したがって、「トラック名」は「タイトル」としてもよいし、「会社」は「プロデューサー」としてもよい。

誤答

コード 0：その他の答え

解決策の評価、正当化、及び伝達は、システム解析・設計の課題の問題解決プロセスにおいて、きわめて重要な部分である。このような課題に対する解決策は一般に唯一でもなければ明白でもないし、考えられ得るそれぞれの解決策には、結び付けて考えることのできる長所または短所が存在する。

以上を要約すると次のように述べることができる。すなわち、システム解析・設計の課題は、通常、数々の相互に依存している変数間の複雑な関係を理解すること、決定的な特徴を明らかにすること、所定の表現を創造したり応用したりすること、複雑な状況を分析したり、特定の目標を達成するようなシステムを設計することを求めている。さらにまた、生徒が解析または設計に至るまで様々な段階を経る際に、数多くのチェックと評価をすることを含んでいるのである。

4. 4. 6 ■ トラブル・シューティング

トラブル・シューティングの問題は、生徒に、システムの主要な特徴を理解し、システムまたはメカニズムについて欠陥あるいは作動不良であるかどうかといった特徴を診断するよう求めるものである。例えば「問題解決ユニット3：自動車用空気入れ」において、ジェーンは、なぜ自分の自転車用タイヤの空気入れから空気が出ていないのか、理由を見つけるよう求められている。彼女は繰り返しポンプのハンドルを押したり引いたりするが、ポンプから空気が出てこない。ジェーンは、自転車用タイヤの空気入れがどのように動くのかを理解しない限り、あるいはもっと具体的に言えば、内部バルブと外部バルブの機能がどうなっていて、ピストンがどのように作動すれば空気がポンプの外からポンプのホースに連結された自動車のタイヤに入るかを理解しない限り、診断することはできないのである。

トラブル・シューティングの課題は、意思決定の課題やシステム解析・設計の課題とは明らかに区別することができる。トラブル・シューティングの問題には、与えられた1組の選択肢の中から最良のものを選択することも、与えられた条件に適合するシステムを設計することも含まれていない。むしろ、トラブル・シューティングの課題は、物理的システムや手順の作用など、原因を示すメカニズムの論理を理解することを求めている。例えば、小売会社は売上の数字が低下している原因を発見する必要があり、コンピュータ・プログラマーはプログラムの中にあるエラーを発見する必要がある。

3つの問題形式の構造の違いにもかかわらず、トラブル・シューティングの課題を解決しようと思う生徒はまた、装置や手順がどのように機能するかを理解（すなわち、メカニズムを理解）すること、解決しなければならない特定の問題を診断するために決定的な特徴を明らかにすること、適切な表現を創造または適用すること、問題を診断した上で解決策を提案すること、そして、その状況が求めているならばその解決策を実行すること、をしなければならない。

トラブル・シューティングの問題においては、表現がきわめて重要である。何故なら、表現はしばしば、言葉と画像による情報を統合することを求めるからである。「問題解決ユニット3：自転車用空気入れ」において、ジェーンはポンプのメカニズムを理解するため、画像と言葉による情報を統合しなければならない。他の状況において生徒は、言葉による説明から画像表現を創造したり、装置がどのように動くかを示す図面を言葉で説明したりする必要があるかもしれない。1つの表現から他の表現へと柔軟に移動する能力は、しばしばトラブル・シューティングの問題に関連する問題解決能力の重要な側面である。最後に、他の問題形式の場合と同様、トラブル・シューティングの問題においても評価、正当化、及び伝達は重要である。例えば「問題例3.2」において、主張を裏付けるために理由が示されなければならない。

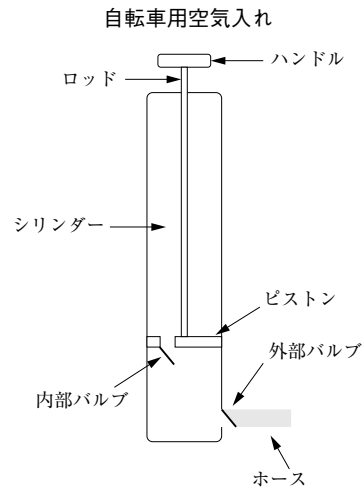
以上を要約すると、トラブル・シューティングの課題は、診断、解決策の提案、及び場合によってはその解決策の実行を伴うものである。その課題は、生徒が、装置または手順がどのように機能するかを理解すること、手元にある課題の適切な特徴を特定すること、また表現を創造したり、与えられた表現を適用することを求めている。

問題解決ユニット3:

4.4.7 自転車用空気入れ

昨日、ジェーンの自転車用空気入れが故障しました。繰り返しポンプのハンドルを上げたり下げたりしましたが、ホースから空気が出て来ませんでした。理由を知りたいと思って空気入れが入っていた箱の中を見てみると、次のような文章が書かれた紙が見つかりました。

ポンプのハンドルを引き上げると、空気は内部バルブを通してピストンと外部バルブの間のスペースに入ります。また、ハンドルを下げると内部バルブは閉ざされ、ピストンは外部バルブを通じて、ピストンの下にある空気を強制的に外に押し出します。

**問題例：3.1**

ハンドルの位置によって、バルブの動きが自転車用空気入れの働きにどのように影響するかについて説明してください。

◎問題例：3.1の採点基準

完全正答

コード2：ハンドルの両方の動きによって、どのようなことが起きるかを説明した解答。

- ハンドルを下げると、内部バルブは閉じ、外部バルブが開く。

かつ

- ハンドルを引き上げると、内部バルブが開き、外部バルブは閉じる。

部分正答

コード1：ハンドルの一方の動きによって、どのようなことが起きるかを説明した解答。

- ハンドルを下げると、内部バルブが閉じ、外部バルブが開く。

または

- ハンドルを引き上げると、内部バルブが開き、外部バルブは閉じる。

誤答

コード0：その他の答え

問題例：3.2

ホースから空気が出てこない原因について、2つの考えられる理由を述べてください。また、その2つの理由それぞれを裏付ける考え方を示してください。

●問題例：3.2の採点基準

考えられる理由と説明：

- 内部バルブが固定され閉じているため、空気がピストンの下にあるシリンダーに入ることができない。
- 外部バルブが固定され閉じているため、空気がホースから外に出ることができない。
- ピストンが摩耗しているため、空気を圧縮してホースに出ることができない。
- ピストンの下のシリンダー壁に漏れがあるため、空気を圧縮することができない。
- ホースの漏れ穴から空気が漏れてしまう。
- シリンダーに空気が入らない。

完全正答

コード2：2つの理由と説明を挙げているもの。

部分正答

コード1：説明とともに1つの理由を挙げているもの。

誤答

コード0：その他の答え

4.4.8 問題解決のプロセス

問題解決の枠組みを策定するには、問題解決に携わる生徒に関わるプロセスを特定する必要がある。これは決して容易ではない。というのは、様々な個人が問題を解決する方法は標準的な形式にはまらないからである。以下で提案されている過程は、先述の3つの問題形式についての認知的分析に基づいており、また認知心理学者たち（Mayer & Wittrock, 1996; Bransford *et al.*, 1999; Baxter & Glaser, 1997; Vosniadou & Ortony, 1989）による問題解決と推論に関する研究をはじめ、ポリヤ（Polya, 1945）による独創的研究も指針としている。提案モデルは、生徒の作業を検討し、問題解決の評価問題を整理するための組織的構造を提供する過程から成る。これらの過程が階層的であるとか、どんな特定の問題にもその解決に必要なであるといったようなことは仮定されていないことに注意する必要がある。個々人が力動的かつ同時に問題に直面し、構造化し、表現し、解決する際に、既存のモデルの狭い直線性を乗り越えるようなやり方で、解決に向けて動き出すかもしれない。実際、人間の認知システムの機能に関するほとんどの情報は、これが直線的な情報処理システムであるというよりは、むしろ並行的なものであるという見解を支持している。

- 問題の理解：これには、①生徒がどのようにしてテキストや図、公式または表を理解し、これから推論を引き出すか、②多様なソースから情報を関連づけるか、③関連する概念の理解の仕方について示すか、④与えられた情報を理解するために背景の知識から得られた情報を使用するかが含まれる。
- 問題の特徴づけ：これには、①生徒がどのようにして、問題の中の変数とそれらの相互関係を明確にし、②どの変数が関連してどの変数が関連していないかを決定し、③仮説を構築し、④文脈情報を検索、整理、考察して、批判的に評価するかが含まれる。
- 問題の表現：これには、①生徒がどのようにして、表やグラフなどの表現、記号あるいは

言葉による表現を構成したり、その問題を解決するために、与えられた外部の表現を応用したり、②ある表現形式からある表現形式へと変更するかが含まれる。

- 問題の解決：これには、①決断を下すこと（意思決定の場合）、②システムを解析したりある目標を達成するためのシステムを設計すること（システム解析・設計の場合）、または解決方法を診断し、提案すること（トラブル・シューティングの場合）などが含まれる。
- 問題の熟考：これには、①生徒がどのようにして、自らの解決策を検討し、追加の情報または明確化を求めるか、②解決策を再構築し、社会的または技術的に許容可能なものにするために自らの解決策を異なる観点から評価するか、及び③自らの解決策を正当化するかが含まれる。
- 問題の解決策のコミュニケーション：これには、生徒がどのようにして、外部の聴衆に対して自分の解決策を表現し、コミュニケーションするのに適した媒体と表現を選択するかが含まれる。

4.4.9 問題の種類的要約

表4.1は、3つの問題の種類的基本的な特徴を、目標、関連する問題の解決プロセス、及び問題に結び付けられている複雑さの原因の点から示したものである。

表 4.1 ■ 問題解決の種類の様相

| | 意思決定 | システム解析・設計 | トラブル・シューティング |
|-------------------|--|--|--|
| 目 標 | 制約がある中で、選択肢から選択すること。 | システムの各部分間の関係を明らかにすること。及び／またはシステムの各部分の関係を表現するために、システムを設計すること。 | 失敗、またはうまく機能しないシステム・メカニズムを診断し、修正すること。 |
| 関 連 する プ ロ セ ス | 複数の選択肢と制約、及び1つの特定の課題が存在するような状況を理解すること。 | 特定の課題に関連した所与のシステムと要件を特徴づける情報を理解すること。 | システム・メカニズムの主な特徴、その故障の状況、及び特定の課題の要求を理解すること。 |
| | 直接関連する制約を特定すること。 | システムの直接関連する部分を特定すること。 | 因果関係のある変数を特定すること。 |
| | 可能な選択肢を表現すること。 | システムの各部分の関係を表現すること。 | システムの機能を表現すること。 |
| | 選択肢の中から解答を決めること。 | 各部分間の関係を捉えるシステムを解析または設計すること。 | システムの故障を診断し、及び／または解決方法を提案すること。 |
| | 解答をチェックして、評価すること。 | システムの解析または設計をチェックして、評価すること。 | 診断と解決方法をチェックして、評価すること。 |
| | 解答をコミュニケーションまたは正当化すること。 | 解析をコミュニケーションしたり、提案された設計を正当化したりすること。 | 診断及び解決方法をコミュニケーションしたり、正当化したりすること。 |
| 考えられ得る 複雑さの原因 | 制約の数。 | 相互に関連する変数の数及び関係の性質。 | システム・メカニズムに相互に関連する部分の数。及びこれらの部分が相互に作用する方法。 |
| | 使用されている表現の数と種類（言語、画像、数字）。 | 使用されている表現の数と種類（言語、画像、数字）。 | 使用されている表現の数と種類（言語、画像、数字）。 |

4. 4. 10 状況

PISA 調査において問題解決能力を評価するに当たって、生徒は、何らかの新しい方法で知識・技能を適用すること、ある環境から別の環境へ能力を変換すること、意思決定、システム解析・設計、及びトラブル・シューティングの問題を処理する際に知識を用いることを求められるべきである。したがって、教科横断的問題解決の作業は、多くの場合、「生活技能」(life skills) という概念にアプローチするであろう。その問題には通常、私的生活、仕事や余暇、地域社会や社会全体に関連した現実生活の環境が埋め込まれている。

4. 5 2003 年調査における問題解決能力の位置づけ

読解、数学、科学はあらゆる教育システムにおける3つの主要な領域であるが、これらの領域が、成人生活のための準備として必要な技能のすべてを、生徒に提供しているわけではない。21世紀の市民及び労働人口の一員に期待される知識・技能について検討するならば、これらの期待がテクノロジーの発達と同じくらい急速に変化していることは明らかである。様々な形態のテクノロジーが多くの肉体労働の形態に取って代わったように、これから成人生活と仕事に参加する人々に対する期待の内容として、新しい知識・技能が伝統的内容に取って代わっている。PISA 調査は、生徒の変化に対応する能力、及び現在現れつつある主要な能力を必要とする問題解決能力を測定しなければならない。

4. 5. 1 主要な能力

技能または主要な能力のリストを開発することは、複数の OECD 事業における中心的な目標となってきたが、その中でも最も成果が明らかなのは DeSeCo 事業 (Rychen & Salganik, 2000) である。この研究により、主要な能力は多機能・多次元の性質を持ち、個人が領域横断的に注意深く検討して、高次の知的複雑さに対応できるようなものであることが判明した。主要な能力により、個人は積極的かつ内省的な方法で複雑な状況に対応することができる。特に主要な能力は、個人が、周囲の二次元的な見方や課題から、文脈や事象について複数の、場合によっては矛盾する解釈を明らかにできる有利な位置へと移ることができるよう支援する。したがって、主要な能力は複合的な知的プロセスを必要とする。必ずしも PISA 調査に含まれるものではないが、DeSeCo 事業の報告書では次の過程が挙げられている。

- パターンを認識、解析し、経験した状況と新しい状況との間の類似性を確立すること（複雑さへの対応）。
- 状況の認識、関連する特徴と関連しない特徴とを区別すること（認識の次元）。
- 所定の目的に到達するための適切な手段を選択し、提供された様々な可能性を認識し、判断を行い、これらを適用すること（規範の次元）。
- 社会性を身に付け、他人を信頼し、他の人の立場について耳を傾け、理解すること（協力の次元）。
- 現実の生活で自分自身及び他の人に起こる出来事について解釈し、世界及び自分の真の場

所と望ましい場所について認識し、説明すること（解釈・説明の次元）。

これらのプロセスについての評価は、領域横断的な活動として見た場合、問題解決が主要な能力の核心であることを示している。パターンの認識、抽象化、一般化、評価、及びこれらのプロセスに基づく関連行動計画の策定は、教育的、職業的、専門的な意思決定において、問題解決が寄与することができる中心的な部分である。複雑な文脈において状況を認識し、関連する特徴と制約を明確に描写することは、システムと構造を分析する上で、また、人間活動のあらゆる形式の問題に直面する行動計画を策定する上で、核心となる。指定された、あるいは望ましい目的に到達するため、適切な手段を選択することは、問題解決が人生や仕事で遭遇する困難に立ち向かう上で助けとなることを意味する。

4.5.2 雇用動向及び求められる技能における問題解決能力

今日の15歳児が10年以内に労働人口に参加した際に、彼らの生活に対する準備の度合いを評価する上で、彼らが遭遇する労働市場の特性を明らかにすることは重要である。雇用動向及び関連する技能の需要に関する研究・調査は、過去20年以上にわたり労働市場において重要な変化が起こっていることを示している（ILO, 1998; OECD, 2001b）。実業界や産業界において急速なテクノロジーの発達とグローバル化が進行した結果、高度な技能を持つ専門家と技術者に対する需要が増大した。続いて、これらの需要の結果、正規の教育でも職場における訓練においても、教育改革への要求が高まった。米国では、必要な技能習得に関する労働長官委員会（Secretary's Commission on Achieving Necessary Skills : SCANS）の報告書（U. S. Department of Labor, 1991）において、伝統的な学問領域の枠を超えるような、必要とされる知識と技能を学校が考え出す方法を提案した。SCANSの枠組みは5つの一般的な能力を伴う3つの基礎からなる（Stern, 1999）。技能の基礎は以下によって構成されている。

- 基本技能：読み方、書き方、算数、数学、聴き方、話し方
- 思考技能：創造的思考法、意思決定、問題解決、心の目で物を見ること、学習と推論の方法を知ること
- 個人の資質：責任感、自尊心、社会性、自己管理及び正直さ／誠実さ
関連する能力には以下が含まれる。
- リソース：時間、金銭、資料、施設・設備、及び人的資源などの管理
- 対人関係：チームに参加すること、他の人に教える上で助けること、顧客へのサービス、指導力の行使、多様性にうまく対応すること
- 情報：情報を獲得・評価し、組織化・維持し、解釈・コミュニケーションし、情報処理のためにコンピュータを使用すること
- システム：システムを理解し、成績を監視・調整し、システムを改善または設計すること
- テクノロジー：テクノロジーを選択し、課題にテクノロジーを応用し、施設・設備を維持・修理すること

このように、SCANSの基本的技能要素では読み・書き、数学などの主要な学問的教科が重要ではあるが、SCANSの報告書の作成者はDeSeCoと同様、問題解決能力及び批判的推論技能を別個の学習領域として分離した。これは、読解、数学及び科学において問題解決能力または批判

的思考力が不足していることを示すものではない。そこに示されていることは、問題解決という構成要素が学問領域が貢献することからは別個の、独立した、十分に認識された人間活動の領域として確立しているという、新しい広範な考え方が存在しているということである。

SCANS 及び DeSeCo の報告書は、労働力ニーズに関する現在の新しい概念によって求められている知識・技能を分析する2例に過ぎない。他の数多くの分析もまた、今日の生徒が必要としている包括的な職業関連技能について、同じような図式を提供している。マッカーレー (McCurry, 2002) は、このような報告書についての分析を提供している。それによると、将来の生活と仕事においては、伝統的な学問的領域に関係する知識・技能とは別に、問題解決能力または一般的思考能力が中心的能力となるとされている。

●PISA 調査の問題解決とリテラシー領域との比較

2003年調査における教科横断的問題解決能力の評価は、PISAで3つのリテラシーを評価する際の問題解決能力の研究、及び、現存するいくつかの重要な側面に関する心理学的研究における問題解決能力の研究とは異なっている。最初に、PISA調査で読解力、数学的リテラシー、及び科学的リテラシーを評価する場合、問題解決は個別領域における知識と理解を評価するために用いられるが、PISA調査で問題解決能力を評価する場合、強調点は問題解決プロセスそれ自体に置かれている。第2に、PISA調査における問題解決が3つのリテラシー領域における評価と異なっているのは、問題解決は、もっぱら1つの知識領域に依拠するのではなく、異なる学問領域からの情報を統合することを強調している点である。最後にPISA調査は、その解決方法の開放性の点で、及び、関連する批判的推論技能の複雑さの点で異なっている。

問題解決能力を測定する試みにおいて、PISA調査は、国際成人調査 (ISA) 並びにPISA 2000年調査においてドイツがナショナル・オプションとして行った調査の一部と、調査のアプローチ及び分析的な推論に焦点づけることを共有している。その反面、PISA調査はわずか3つの定義づけられた種類の問題を集中的に取り上げている。これにより、これらのアプローチにおいて生徒が使用する特定のプロセスを、より明確にかつより深く評価することが可能となる。おそらく最も重要なことは、PISA調査が他の大規模な学力調査と異なり、カリキュラムに準拠していないことである。むしろ、PISA調査は15歳の生徒の将来に対する備えを評価することを目指している。したがって、読解、数学及び科学の枠組みはすべてリテラシーの観点を強調し、これらの領域における主要な概念と技能が、成人生活に向けて生徒が準備する際に演じる役割を特定しているのに対して、PISA調査における問題解決は、学問領域を超える、包括的な問題解決能力及び推論技能に重点を置いている。

●知識よりもプロセスを評価

PISA調査における問題解決は、包括的な推論と問題解決プロセスに重点を置いているため、問題解決が教科領域ではないことを認識することが重要である。むしろ問題解決は、人が問題状況に直面する際に使用するプロセスの適用を問題にしているのである (NCTM, 2000)。このように、PISA調査における問題解決は、生徒が以下の事柄に対してどのように集中するかによって生徒の作業を検討するものである。

- 問題の性質を理解すること。
- その問題に固有の変数及び関係性を明らかにすることによって、問題の特徴づけること。

- 問題の表現を選択し、調整すること。
- 問題を解決すること。
- 問題の解決方法を熟考すること。
- 問題の解決方法をコミュニケーションすること。

ただ単に最終的な解決方法よりもむしろこれらのプロセスに重点を置くことにより、人々が問題解決に対してどのようにアプローチするかを理解することができる。メイヤー（Mayer, 1985）は、問題解決を検討するための情報処理のアプローチが課題分析に基づいている点に注目している。したがってこのアプローチは、問題解決が単なる調査の得点を超えて寄与するものについて、独自の説明を提供する。関連のあるプロセスを理解することはまた、教師が問題解決を指導する上で教育活動を準備できるようにする。

●問題解決の種類

すでに注目したように、PISA 2003年調査で用いられる3つの問題の種類は、意思決定、システム解析・設計、及びトラブル・シューティングである。これらの問題の種類はSCANS及びDeSeCoの提案にうまく適合するものである。問題解決の種類の数に制限されている主な理由は、問題解決を評価するために使える時間が限られていることである。非常に幅広い課題要求から問題解決の課題を選択することは可能であろうが、ありそうな方策を特定し、その問題が置かれている関連ある文脈を発展させるために、調査対象の問題の種類と要求を制限することが決定されたわけである。

PISA 調査の3つの問題解決形式において、多くの課題はスケジュールの設定、資源の配分、問題の原因追跡、情報の評価と整理、最善の選択肢の発見などを扱う問題に関連している。どの課題も読解、数学、科学についての徹底的な知識を必要としているわけではないが、これらはすべて論理的な思考と分析的な推論を必要とするものである。これらの課題は読解、数学、及び科学の領域には属していないが、むしろ、すでに述べた報告書によって明らかにされている問題解決の重要な基礎的技能を重点的に取り上げている。

問題解決の教科横断的側面を適切に測定するためには、以下の事項が重要となる。

- 評価は、提供されている解決方法の正しさに重点を置くのと同様、問題を解決する際に生徒が用いるプロセスに大きな重点を置いている。
- PISA 調査のリテラシー領域に関連して、領域特定型の問題解決能力というものもあり得るかもしれない。しかし、問題解決能力を教科横断的能力として評価するために用いられる問題は、カリキュラム分野の教科外の領域と結び付けられることによって、及び教科カリキュラムの境界を横断することによって、一般に単一の領域を超えている。
- 教科横断的問題解決能力は、（カリキュラム学習の変換を求める現実生活の状況に焦点づける）内容と（推論課題だけでなく複雑で力動的な現実生活の環境に焦点づける）背景の点で、教科領域の尺度を広げるような課題によって評価されるべきである。

教科横断的問題解決能力は、現在においても将来においても、労働人口にとって求められる技能の中核的な部分を形成するものであること、及び、PISA 調査の問題解決能力が、学問的な領域を超えて将来に対する生徒の準備について評価する上でのギャップを埋めるものであることは、明らかである。しかしながら、現在の問題解決の枠組みは、問題解決のすべての領域を網羅

しているわけではない。例えば、個人間及びグループにおける問題解決は、多くの雇用主によって重要であると見なされている。

4.6 調査の特徴

4.6.1 アクセス可能性と公正さ

調査は、教育プログラムの違いにかかわらず参加国の生徒にアクセスできるようなものであるべきである。これは、15歳の生徒が在学している学校のカリキュラムの違いにかかわらず、彼らが理解し、対応できるような問題であることを意味する。問題は、全ての生徒が容易に解釈可能な異なる表現モデル（グラフ、表、言葉、記号、画像など）によって作成されるべきである。さらにまた、問題の設計・構築においては、他の偏りの原因となるようなものを避けるよう配慮することが想定されている。例えば、過度の技術用語、難度の高い読解レベル／語彙、特定の個人的生活の経験などが必要とされる問題は避けるべきである。

4.6.2 計算機（電卓）

問題解決の調査では、生徒の計算能力に重点を置いていない。したがって、PISAの問題解決能力の調査に参加する全ての生徒は、彼らが普段教室で使用するような計算機（電卓）を使うことができるよう許可されるべきである。どのような場合に電卓が適切であるか、問題解決にとってどのように役に立つかという点についての知識に基づきながら、電卓を使用するか否かについては生徒個人が決定すべきである。いかなる問題も、その解答が電卓使用の有無のみに依拠するものであったり、あるいは、電卓を使用しない生徒が必要な計算をする際に重大な不利益を被ったりするようなものであってはならない。

4.7 問題の形式等

問題解決能力に関する従来の大規模調査において使用された問題の形式は、多肢選択式、○×式、または短い答えを記述するものであった。生徒が考えを書く必要がある場合と比較して、これらの問題の形式は信頼性が高く、より高い客観性を提供し、採点の費用を削減し、管理要件を緩和すると考えられたため用いられた。しかしながら、生徒が推論を行い、問題を解決し、そのような作業の結果をコミュニケーションする能力を適切に確かめるためには、もっと広範な生徒の作業記録が必要である。さらにまた、生徒の作業を適切に測定し、説明するには、問題に関連する状況における生徒の様々なタイプの思考を検討可能とすることが重要である。このため、2003年調査における教科横断的問題解決の評価には、より多様な問題形式が必要とされる。多肢選択式の問題に加えて、調査には短い解答を記入する問題及び自由記述式問題が含まれる。以下、これらの問題形式それぞれについて説明する。

4.7.1 多肢選択式問題

多肢選択式問題は、生徒がある特定の技能、知識または情報収集能力を習得しているかどうかを、迅速かつあまりお金をかけずに判定するのに適している。適切に設計された多肢選択式問題は生徒の知識と理解を測定できるだけでなく、生徒の問題解決方法の選択と応用についても測定することができる。多肢選択式問題は、正解を決定するために生徒が選択肢を「入れ込」んだり、選択肢を消すことができるような能力を超えて設計することもできる。しかしながら多肢選択式問題は、多くの文脈における生徒の問題解決能力の幅と深さを十分に確かめるといっては、いくぶん限界がある。

PISA 調査の問題解決能力に関して、多肢選択式問題は、

- 単純に数値を書き入れたり、問題に示されるグラフで大きさや寸法を概算して比較したりすることによって答えられるものであってはならない。
- 生徒がいかに問題において提示されている状況に対応するか、あるいは対応しないかを確かめるために、また、共通の誤答パターンでだますことのない、生徒の思考過程についての情報を提供するために設計された選択肢を設けるべきである。
- 他の形式の問題が生徒に求めているグラフや図の作成が複雑あるいは時間のかかるような場合に、用いられるべきである。

4.7.2 短い解答を記入する問題

短い解答を記入する問題によって、より高次の目標とより複雑なプロセスを、統制された解答形式において評価することができる。短い解答を記入する問題は多肢選択式問題と似ているが、この場合、生徒は正解または不正解を容易に判断できるような解答を求められる。短い解答を記入する問題の場合推測はさほど重要でなく、「専門家」による採点を必要とせず、かつ部分正答が問題にはならないような状況において、生徒が何を創り出すことができるのかを調べることができる。

PISA 調査での問題解決の評価において、短い解答を記入する問題は、

- 生徒が自分自身で問題の解答を創り出せるかどうかを調べるのが重要である場合に、使用されるべきである。
- 解答する際に生徒が必要とすることを明確に記述すべきである。
- 採点の迅速性と高い信頼性を確保するため、解答の幅を限定すべきである。

4.7.3 自由記述式問題

自由記述式問題により、生徒が問題に関する自分自身の理解に基づき解答することができるかどうか、問題にどのように解答するかについてコミュニケーションできるかどうかを確かめることができる。短い文による自由記述式問題の場合、数値、対象の正しい名称または分類、与えられた概念の例など、生徒は簡単な解答を示すことが求められる。

PISA 調査での問題解決の評価において、短い自由記述式問題は、

- 生徒が自分自身で問題の解答を創り出せるかどうかを調べるのが重要である場合に、使

用されるべきである。

- 解答に当たって生徒が必要なことを明確に記述すべきである。
- 生徒がその問題を理解している程度を調べるようにするべきである。

長い文による自由記述式問題は、生徒が自分の作業についてより完全な証拠を示したり、問題を解決する際により複雑な思考過程を用いたことを示したりすることを求める。いずれの場合においても、生徒には問題の文脈における（例えば、文章、絵、図、あるいはうまく順序づけられた手順によって）彼らの意思決定プロセスを明確にコミュニケーションすることが期待されている。

PISA 調査での問題解決の評価において、自由記述式問題は、

- 生徒に対して、情報や概念が提示された問題の解決を導く様子を示しながら、これらの情報または概念の統合を示すことを求めるべきである。
- 複合的な理解領域を引き出し、生徒が解答する際にそれらとの関連づけることを求めるべきである。
- 問題の状況が解答に至るには複合的であるような手順を必要とし、いくつかの異なる構成要素を持つ場合に、用いられるべきである。
- 生徒に対して、創り出された解答について説明したり、正当化することを求めるべきである。
- 訓練を受けた採点者が効率良く、かつ信頼性の高い採点を行うことができるように、基準に従って採点するべきである。

4. 7. 4 問題のまとめり・ユニット

いくつかの問題に対して生徒が深く取り組むことができるように（そしておそらくは、問題を解くことに対する動機づけを持つことができるように）、問題解決を評価する問題の多くは、テーマあるいはプロジェクト・ベースの状況について、あるまとめり・ユニットとして開発されるべきである。このようなユニットには複数の問題が含まれるべきであるが、それらはしばしば異なる表現を含むこともあるし、異なる問題形式によって測定されることもあるし、さらに共通するトピックスか文脈のどちらかに関連していることもある。いずれの場合においても、ユニットにおける問題はそれぞれ独立しているべきであり、少なくとも、ある問題に正答しなければその次の問題に答えられない、ということのないようにするべきである。

4. 7. 5 採点ガイド

問題に対する生徒の解答を評価するための採点ガイド・基準は、問題解決能力の主要な側面を評価する一般的な枠組みの範囲で構築されるべきである。このような採点基準は、生徒が以下の段階に到達するために行う作業を認識できるようにするべきである。すなわち、

- 与えられた情報に関して理解すること。
- 決定的な特徴とその相互関係を明らかにしたり、特徴づけたりすること。
- 問題の表現を作成または応用すること。
- 問題を解くこと。

- 問題の各側面をチェックし、評価または正当化すること。
- 問題の解答をコミュニケーションすること。

こうした採点基準において採点の最高レベルは、問題の完全な理解を反映し、正しい解答を求め、相当の洞察力を示す思考に正当な評価を与え、明確で適切かつ完全に展開された作業を反映するものであるべきである。このような解答は論理的に正しく、明瞭に記されており、誤りを含んではならない。与えられる例は十分に選択され、完全に展開されるべきである。

いくぶん低い採点レベルでは、生徒は問題についての明確な理解やある程度の洞察力、そして受け入れることのできるアプローチを示すような作業に携わることができるが、その解答の展開において多少の弱点がある。例を示すことはできるものの、完全に展開することはできないと考えられる。

これよりもさらに低いレベルでは、採用した論理的アプローチまたは選択した表現からわかるように、生徒は、概念レベルにおいては問題を理解していることを示す。しかし、全体としてそうした解答は十分に展開されてはいない。推論において重大な論理的誤りや欠点がある一方で、その解答には部分的に正しい作業が含まれている。示される例は誤っているか、不完全である。

最後に、完全な不正解または不適切な解答を、コードで示す誤答のレベルがある。このレベルでの採点では、与えられた問題に対する答えを出そうと努力した生徒と、無回答の生徒とは区別されるべきである。後者の場合は、時間が不足していたか、あるいは問題に答えようとする動機づけが不足していたことが考えられる。

全ての問題において、上述のような3つのポジティブな採点レベルがすべてみられるとは限らない点に注意する必要があるが、全体的には、問題解決の設問は生徒の異なるレベルの成績を引き出そうとしている。

4.7.6 2桁のコードによる採点

生徒の解答を採点することに加え、採点ガイド・基準は、生徒が与えられた問題を解く際にどのような方法を使用したのかをみるための採点の基盤、または生徒が正解を出すことができなかったのはなぜかを調べるための採点の基盤を提供すべきである。この採点形式は、生徒の思考の性質や生徒がどの程度高次の思考技能を自由に操れるかを把握しようとする際に有益である。このような採点は2重コード採点方法を使用することによって達成できるもので、TIMSS及びPISA 2000年調査でも使用された。このアプローチは、問題の採点において2桁のコードを採用する。コードの十の位の数字は、生徒が何点を得たか（完全正答かあるいは部分正答か）、誤答だったか、理解できない解答を書いたか、または無答だったかを示す。コードの一の位の数字は、解答が正解であった場合に生徒が使用したアプローチの種類を示す。点数を得られなかった場合、一の位の数字は生徒の作業を特徴づける誤答のパターンまたは誤りについての情報を示す。

4.7.7 評価の一般構造

教科横断的問題解決能力の調査問題は2つのクラスターからなるが、そのクラスターは1つ当たり30分の問題量となっている。3つの問題の種類（意思決定、システム解析・設計、及びト

ラブル・シューティング)は、それぞれ2:2:1の比率で出題されている。

各クラスターには、4~5つの異なるユニットにグループ分けされた問題が含まれている。約50%は1人の採点者が採点する問題であり(多肢選択式問題及び短い解答を記入する問題)、約50%は複数の採点者が採点する問題(自由記述式問題)である。各ユニットには、生徒に対して当該ユニットの重点問題を解くかあるいは解答方法を評価することを求める問題が、少なくとも1つは含まれている。

課題に対する情報のわかりやすさは多様である。与えられた制約によってあらかじめ構造化された情報を含む課題もあれば、生徒に対して、情報を取り出して自分で制約を構築することを求める課題もある。

相応しいやり方として、生徒に対する「問題」または課題が各問題の最初に明瞭に記載されるべきである。また、各ユニットには、生徒に対してどんな課題が求められているのか、どんな証拠を示す必要があるのかを明確に述べる導入部が設けられるべきである。

与えられたいかなるユニットでも、生徒の混乱を避けるため、出題のもとになっている資料は3点以内とするべきである。ただし一般的には、いかなるユニットも複数の専門的情報基盤に依拠すべきである。

4.8 分析と報告

教科横断的問題解決能力の調査結果を報告するに当たっては、2003年調査の他の主要な領域及び副次的な領域のために開発されたものとは別に、ある1つの尺度が開発されるであろう。

問題解決の教科横断的調査に関する報告書は、政策立案者、行政担当者、教師、親、生徒に生徒の問題解決能力の明快な実態を提供するよう、設計されるべきである。特に、結果報告書は以下について示すべきである。

- 生徒の問題解決能力の性質を尺度の様々なポイントで説明しながら、習熟度について示すこと。
- 問題の種類の相対的難易度を検討し、問題、文脈、その他の設計上の特徴にわたる生徒の能力を比較するため、PISA調査の他の領域で使用されたのと同じ問題マップを示すこと。
- 生徒の問題解決における成績とPISA調査の他の領域における成績との間の関係に関するデータを示すこと。
- 男女別、社会経済的地位別またはカリキュラム課程別など、生徒のある特定の低位集団別の成績に着目した特別報告書を提示すること。

4.9 将来のPISA調査における枠組み拡大の可能性

PISA調査における将来の教科横断的問題解決の評価について、2つの選択肢が検討されるべきである。これらの選択肢には、協力的問題解決能力(assessment of collaborative problem solving)の評価、及びクライム(Klieme)と彼の同僚が行っている研究に沿って設計されたコン

コンピュータ支援伝達評価 (computer-delivered assessments) が含まれている。

4.9.1 協力的問題解決 (Collaborative problem solving)

この選択肢のうち、協力的問題解決は、生徒が3人のグループで解答するような別の問題ブロックから成る。このようなブロックの問題は、通常の教科横断的調査にあるような問題から構築することができる。これにより、生徒が個人で答えを見つける場合と他の人と協力しながら答えを見つける場合とを比較することができる。このような評価ブロックでは、調査に参加する生徒の立場にたつて、概念の生成と形成、そしてグループの役割を発展させるための時間を見越す必要がある。

アメリカの大学入学試験委員会のペースセッター (Pacesetter) 計画 (2000年) は、こうした協力的問題解決の調査の作業モデルを提供している。問題解決及び教育一般における生徒の能力を期待することは、社会的または協力的学習を高く評価する環境において、これらの能力を発達させることを求めるものである。この場合、これらもまた評価されなければならない。生徒に対する各国特有の目標に協力的問題解決を関連づけるならば、将来の調査サイクルで、こうした調査が PISA 調査の教科横断的問題解決能力調査における国際オプションとして開発され得るであろう。

4.9.2 コンピュータ支援伝達 (Computer-based delivery)

力動的な状況での生徒の同時的な問題解決能力に対する国際的な関心は、クライム (Klieme, 2000) によって述べられた内容に沿った形で、コンピュータ支援伝達調査を行うことができるような調査オプションを開発するよう求めている。このような評価は、ダイナミックな環境における生徒の問題解決能力を豊富に示している。また、これらの評価によって、紙と鉛筆を使用する調査では示すことができないようなやり方で、複雑な環境において生徒がどのように作業を順序づけし、処理するかを考察することができる。この様なアプローチにより情報と、問題解決の方法の選択及び問題解決の形成との相互作用について研究することが可能となる。協力的問題解決の評価と同じように、コンピュータ支援調査の問題は、将来的な国際オプションとして検討されるべきである。

4.10 問題例

以下は、PISA 調査の教科横断的問題解決の評価で見られる一連の問題を例示するものである。これらの問題は2003年調査の予備調査において用いられたが、何らかの理由によって本調査では採用されなかったものである。しかしながら、気づいたすべての欠点が他に指摘されない限り修正されたので、本書においてこれらの問題は、調査で用いたユニット及び小問の例として提示されている。2003年調査は本書（原著）の印刷時点ではまだ終了していなかったため、調査の秘密保持の観点から、本調査で使用された問題は本書には含まれていない。

ここに示されている3つのユニットは先に示した3つの問題解決ユニットを補足するものである（問題解決ユニット例題1、2、3）。これらの6つのユニットは、2003年調査の問題解決調査で使用した多様な問題解決の状況を、かなり完璧に描いている。意思決定ユニットが2つ、システム解析・設計ユニットが2つ（解析が1つと設計が1つ）、トラブル・シューティングユニットが2つ（1つはシステムの文脈におけるもので、もう1つはメカニズムの文脈を用いている）示されている。ユニット中の様々な小問は、問題の形式及び解答の条件を十分に反映したものとなっている。

ユニット中の小問は、予備調査において何が期待され、典型的な生徒の解答はどのようなものだったかを示すために、説明及び注とともに枠内に提示されている。各ユニット問題に続いて採点基準が示されている。

問題解決ユニット4:

4. 10. 1 電池

問題解決ユニット4が生徒に示している問題状況は、ラジカセの電源としてどのメーカーの電池を買えば一番よいかを決めるというものである。晴美さんは4人の友人に実験に参加するよう頼み、実験ではそれぞれが2つのメーカーの電池を使用して、自分のラジカセに何時間電気を供給できるかを記録した。晴美さんと友達の詳細は、本問題例の2つの問題（問題例4.1及び4.2）に対する解答で使用できるよう、表として提供された。

これは、どの電池を買えば一番よいかを決める問題です。

晴美さんは、ラジカセに使っている電池の中で、あるメーカーの電池が他に比べて長持ちすることに気づきました。彼女が購入できて、彼女のラジカセに合う電池には、4つのメーカーがあります。彼女は友だちにどのメーカーの電池がもっともよいかを決める手助けを頼みました。

それぞれの友だちは自分のラジカセで2種類の電池を試してみました。表1は友だちの実験結果を示しています（友だちは1社の電池が切れるまで使ってから、別のメーカーの電池が切れるまで使いました）。電池の大きさはすべて同じです。

表1：各メーカーの電池の持続時間

| | 第1のメーカー | 持続時間 | 第2のメーカー | 持続時間 |
|-------|---------|------|---------|------|
| 晴美さん | 日本電池 | 5日 | 関西電池 | 5日 |
| 勇二さん | 東洋電池 | 4日 | 光電池 | 5日 |
| 恵美子さん | 関西電池 | 6日 | 光電池 | 5日 |
| 春夫さん | 光電池 | 3日 | 日本電池 | 4日 |
| さやかさん | 日本電池 | 7日 | 東洋電池 | 4日 |

問題例：4.1

晴美さんは言いました。「この調査では関西電池の電池が一番長持ちすることがわかったわ」。

調査の結果に基づき、彼女がなぜこう言ったのか理由を述べてください。

●問題例：4.1の採点基準

完全正答

コード1：● 関西電池の電池は平均持続時間 $(6+5) \div 2 = 5.5$ が一番長いから。

他の全ての電池の平均はそれより短い（日本電池=5.33、東洋電池=4、光電池=4.33）。

(注)：計算が示されていないなくても点を与えてよい。

または

関西電池の電池は5日以上もった。他の全ての電池の最小値はそれ以下である(4日、4日、3日)。

誤答

コード0：その他の答え

問題形式：自由記述式

問題解決のタイプ：意思決定

状況：個人的生活／科学的

この問題は生徒に対して、電池などの製品検査の性格と、そうした検査においてデータが果たす役割を理解することを求めている。データは表で与えられているので、電池の寿命を比較する何らかの形が、考えられ得る解答プランであると思われる。このため、生徒は比較すること、及び解答について何らかの形で正当化することが求められていることに気づくよう、要求されているのである。

電池の平均的な寿命を見つけて、関西電池の平均寿命が最も長いことからその電池の寿命が最も長いと結論づけることによって問題に解答するならば、生徒は情報を検討し、可能性を比較し、一般化を行い、その結果をコミュニケーションしたことになる。

ある生徒たちは、求められている事柄を理解することができなかった。彼らは、問題がラジカセの消費電力について尋ねたものと解釈したり、個々の生徒が実験した1つ目のメーカーの電池、あるいは2つ目のメーカーの電池のみに注目したりした。生徒によっては、「テレビ広告から分かる」などといった質問に関係ない理由を提示した者もいた。

この問題は、生徒が消費者経済において遭遇するような問題に幾分類似している。しかしながらこの問題は、ほとんどの生徒にとって、決まりきった手順で解答できるものではないので、彼らは新しいやり方で考えようとしたり、発見したことを説明しようとするであろう。

問題例：4.2

このテストの結果が信頼できないかもしれない2つの異なる理由を挙げてください。

●問題例：4.2の採点基準

正しい理由の例：

- 時間と使用目的(再生、巻戻し、音量等)について、日々の使い方が特定されていない。
- 調査標本数が小さすぎる。
- 測定が大雑把すぎる。「日」は何を意味するのか。
- 同じ種類の電池が、あるときは7日持続し、あるときは4日しか持続しないというこ

とは、結果に疑いの余地があることを意味する。

- ラジカセの電池の消費量は機種によって違うかもしれない。

完全正答

コード2：上記の解答例から、2つの正しい理由を明確に示している。

注：2つの理由は、同じことを述べる2つの理由ではなく、お互いに異なる内容でなければならない。

部分正答

コード1：上記の解答例から、正しい理由が1つしか挙げられていないもの。

誤答

コード0：その他の答え

問題形式：自由記述式

問題解決のタイプ：意思決定

状況：個人的生活／科学的

この問題は生徒に、調査が行われた際の条件を検討すること、電池の寿命における格差をもたらしている要因に注目すること、及び調査結果についてのいくつかの異なる説明を検討することを求めている。

中には、問題を理解することができず、問題例4.1で言及した理由がなぜ真実であるかを説明しようとする生徒もいた。あるいは、調査結果が何故信頼できないかもしれないのかについて、状況のある特定の側面に注目して理由を1つだけ示したり、または2つの理由を示すものそれらが同じことを意味しているような生徒もいた。例えばある生徒は、ラジカセによってはスイッチを入ったり／切ったりしたかもしれないということと、ラジカセを同じ時間だけ動かしていたとは限らないかもしれないということの2つの理由を示したが、これらは同じことを意味していた。

この問題に正しく解答するために、生徒は、電池の寿命を調査する課題について確実に理解することが求められる。これには、電池の寿命に関して考えられ得る要因を取り上げることができること、これらの要因間の相互関係を検討できること、これらの要因を上述の問題例4.1に解答する際に用いた要因と比較対照できること、晴美さんが出した結論が信頼できないとする2つの説明を注意深く伝達できること、が含まれている。

この問題に正しく答えられる能力は、生徒が科学的方法について経験しているかどうかに関連しているかもしれない。このため、この問題は本調査には含まれなかったが、問題例として使用されたのである。

問題解決ユニット5:

4. 10. 2 ローラー

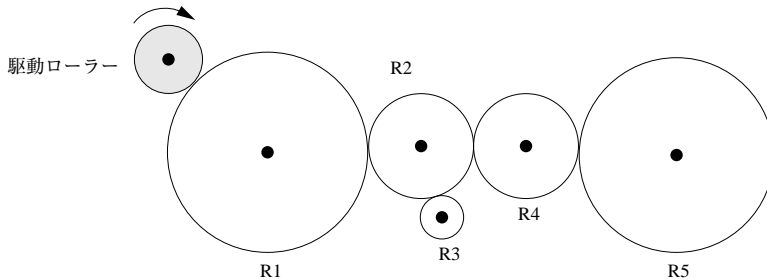
問題解決ユニット5は、ローラーがどのように回転するかについて分析することを扱う2つの文脈と、一組のローラーが特定の向きに回転するような駆動ベルトを設計しなければならないといった文脈を、生徒に提示するものである。

問題の導入部の材料として単純なローラーの仕組みが示され、駆動ローラーの回転方向を指定して、その仕組みでローラーがどのように回転するかについての情報を図示している。

この問題は、特定の向きに回転するローラーの仕組みに関するものです。

一組のローラーは、ローラー同士を接するように置き、回転させることができます。1つのローラーが駆動ローラーで、このローラーが他のローラーを回転させます。

問題例 : 5. 1



上のようにローラーが配置されています。

駆動ローラーと同じ方向に回転するローラーはどれでしょうか。また、駆動ローラーと反対の方向に回転するローラーはどれでしょうか。

ローラー このローラーは駆動ローラーと同じ方向に回転しますか、それとも反対の方向に回転しますか

| | |
|----|--------------|
| R1 | 同じ方向 / 反対の方向 |
| R2 | 同じ方向 / 反対の方向 |
| R3 | 同じ方向 / 反対の方向 |
| R4 | 同じ方向 / 反対の方向 |
| R5 | 同じ方向 / 反対の方向 |

●問題例：5. 1 の採点基準

完全正答

コード1：R1 から R5 の順に、「反対の方向」、「同じ方向」、「反対の方向」、「反対の方向」、「同じ方向」（R2 と R5 が同じ方向になる）。

誤答

コード0：その他の組み合わせの答え

問題形式：複合的多肢選択式

問題解決のタイプ：システム解析・設計

状況：個人的生活／仕事と余暇

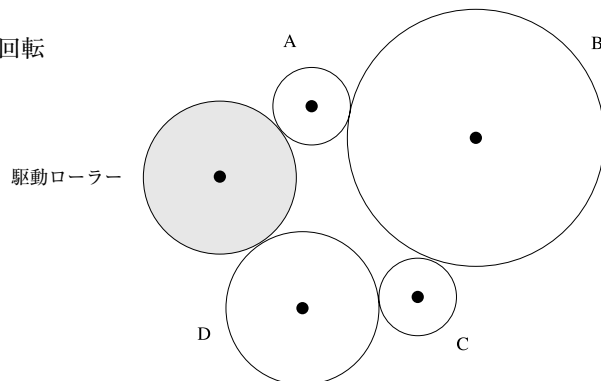
この問題に正しく解答するために、生徒は、ローラー間の関係と、駆動ローラーの動きの結果として一連のローラーにどのような動きが生じているかを理解しなければならない。生徒のこうした思考は、問題例にあるようなローラーの回転方向に関して規則を導き出すことを生徒に求めるが、おそらく、類似した、身近な環境において、接触するローラー同士の関係について彼らが理解する際も同様である。

この状況に関する生徒の直観的な理解に基づきながら、次に彼らは、接しているローラーが反対方向に回転する事を、ある種、一般化する。この一般化だけでは、問題に完全に解答するには十分でない。生徒はまた、A-B-Cが一連の接しているローラーであり、Aが時計方向に回転すれば、Bは反時計方向、Cは再び時計方向に回転するといった関係を推移的な関係として理解しなければならない。すなわち、この推移的な関係を理解することにより、生徒は一連の接しているローラーの回転を説明することができるようになるだろうし、おそらく、ある1つのローラーから隣のローラーへと動きが伝わって、それぞれのローラーが時計方向及び反時計方向に回転する様子を矢印で示すことができるようになるであろう。このような理解はまた、本来類推的なものである。

この問題に解答できるような生徒の発達した能力は、部分的には、機械の仕組みについての理解とその空間的な推論に基づいている。このため、この問題は本調査には含まれなかったが、問題例として使用されることとなった。

問題例：5. 2

このように配列されたローラーが回転しない理由を説明してください。



●問題例：5.2の採点基準

完全正答

コード1：駆動ローラーが時計回りに回転すると、Aは反時計回り、Bは時計回り、Cは反時計回り、Dは時計回りに回転し、駆動ローラーを反時計回りに回転させる力が加わるが、駆動ローラーはすでに時計回りに回転しているため、反時計回りに動かすことは不可能である。

または、これに類する記述（生徒が書いた文章と生徒が図に書いたマークをチェックすること）。

- それぞれのローラーが1つのローラーによって1つの方向に「押され」、接しているもう1つのローラーによって反対方向に押されるから。
- 駆動ローラーと、両隣のローラーのうち片方が同じ方向に回転しようとするから。
- ローラーはぶつかってしまう。例えば、BとCは同じ方向に動こうとする。
- ローラーAから駆動ローラーを止めようとする力が加わるから。ローラーAは駆動ローラーと反対方向に回転している。
- 車輪Aは、車輪Cと違う方向に車輪Bを回転させるので、車輪は回転しない。
- ローラーが回転するためには偶数のローラーが必要である。
- ローラーが奇数なので回転しない。
- ローラーは接しているので、その場合は偶数のローラーが必要である。

誤答

コード0：その他の答え。例えば、

- ローラーはつながっているが、まっすぐになっていないから。
- ローラーが合体していないから。
- 全てのローラーが反対方向に回転している。

問題形式：自由記述式

問題解決のタイプ：システム解析・設計

状況：個人的生活／仕事と余暇

問題例5.1と同じように、この問題は生徒に、接しているローラー同士の関係を理解する能力と、その理解をこの「輪」において接している複数のローラーに転移させる能力を求めている。

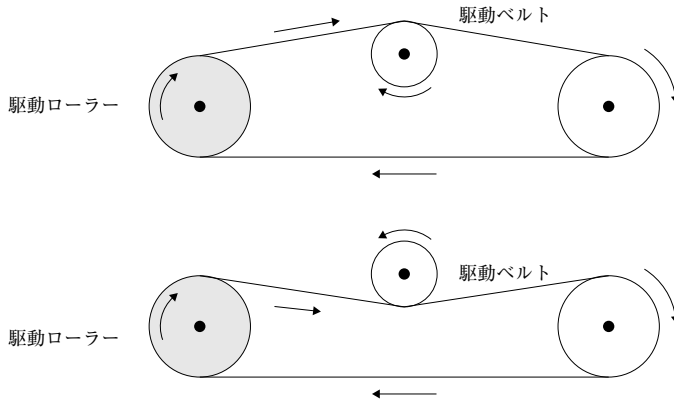
ここで生徒は、接しているローラーの回転方向に関する規則を導き出して、実験に当てはめなければならない。これはシステム解析の行為である。この問題が生徒に対して求めているのは、ある特定の問題文脈における事例が、空間的に配置された仕組みにおけるローラーの回転の仕方に関して生徒が作った規則と一致するかどうかをチェックすることである。

この問題における推論は、多くの生徒にとって目新しいものである。空間的に定義づけられた状況に遭遇する経験を持ち、ある特定の結果が起こり得ないという証拠を探ることを経験した生徒はほとんどいない。起こり得ないことを見いだすために仕組みを解析することは、ほとんどの学校における練習問題とは異なっている。多くの生徒の「説明」は、その仕組みをあちこち動か

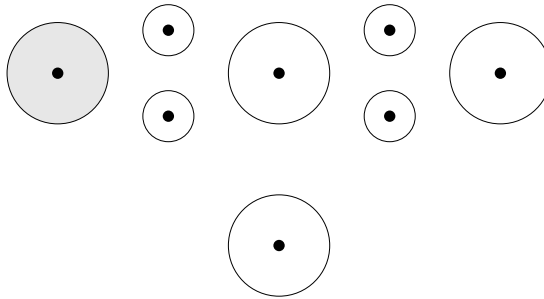
試してみても、結局は回転方向が一致しなかったことを矢印で示す程度であった。

問題例：5.3

ローラーを回転させるもう1つの方法は、駆動ローラーと他のローラーをつなぐ駆動ベルトを使う方法です。ここに2つの例を示します。



大きいローラーがすべて時計回りに回転し、小さいローラーがすべて反時計回りに回転するように、ローラーの周囲に駆動ベルトをかいてください。ベルトを交差させることはできません。

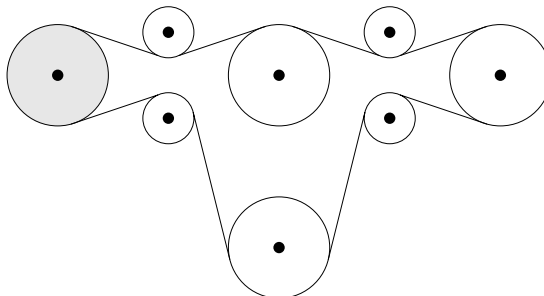


●問題例：5.3の採点基準

完全正答

コード1：下図のような解答

図にかかれたベルトが実際にローラーに触れていなくても、コード1を与える。



誤答

コード0：その他の答え

問題形式：自由記述式

問題解決のタイプ：システム解析・設計

状況：個人的生活／仕事と余暇

この問題は、駆動ローラーの動きに関係するローラーの動作、及び、他のローラーと駆動ベルトとの接触についての理解を必要とする。この場合、生徒は駆動ベルトの動作について、またローラーが駆動ベルトと同じ側にあるか、あるいは反対側にあるかによってローラーの回転方向が変わることについて、規則を導き出さなければならない。

いったんこの関係を導き出したならば、生徒はこの関係をチェックし、ある1つの設計を作り出さなければならない（この場合、提示されている1組のローラーのどちら側に駆動ベルトを通すかによる）。また、1組のローラーにおいて、求められる回転効果を生み出すための「仕組みを構築」しなければならない。生徒は設計を構築した上で、それがローラーにおいて求められる回転を創り出したことを確認するため、もう一度チェックする必要がある。

この問題には解答が複数あるが、生徒の解答で「非対称的な」設計を示したものはほとんどなかった。

問題解決ユニット6:

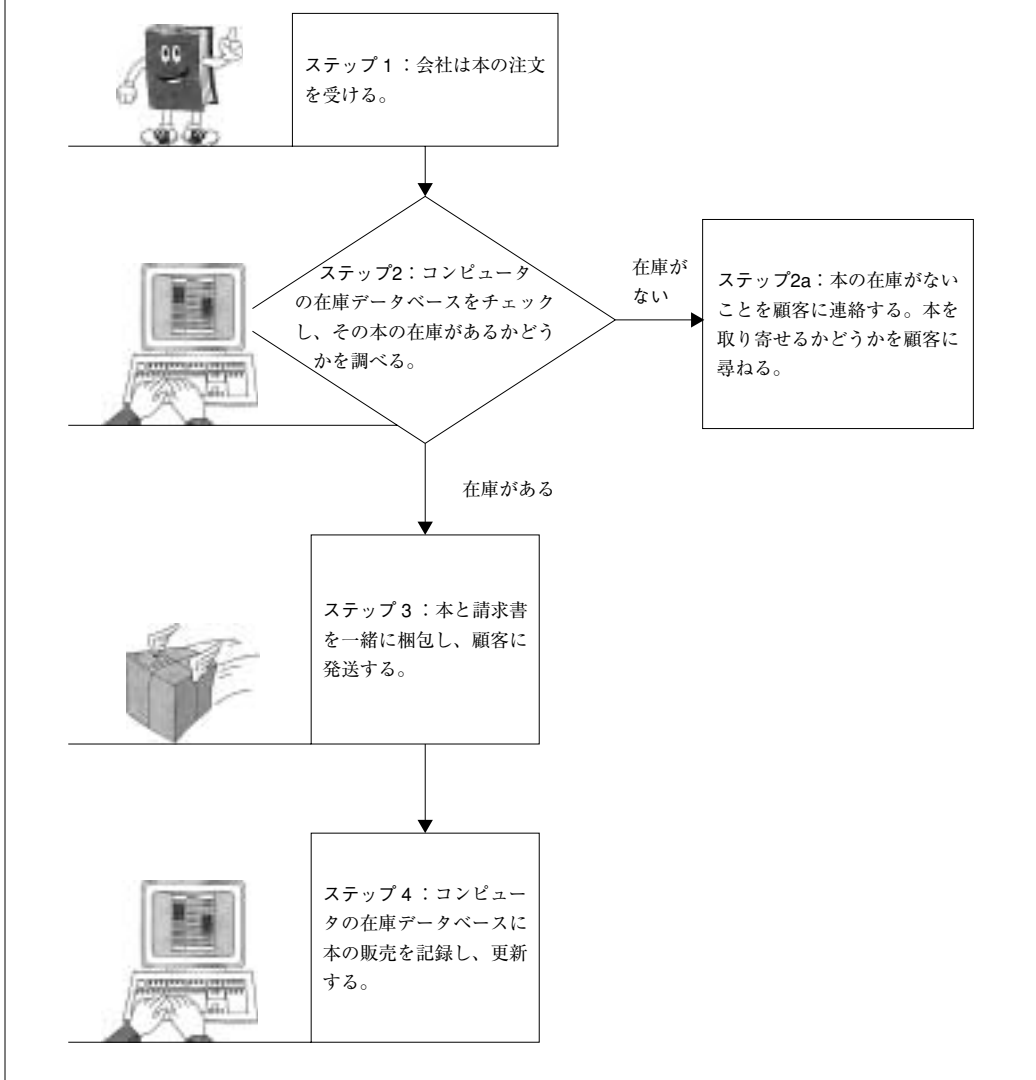
4. 10. 3 本の販売

問題解決ユニット6は、生徒に対して、書籍会社のインターネット注文システムに関連する問題文脈を示している。この問題は、書籍注文システムの分析、顧客の住所に関する問題が発生した場合のトラブル・シューティング、及び顧客のクレジット・カードを確認して、口座に料金を請求するという与えられた下位プロセスを挿入するための注文プログラムを変更することなどに関係している。

この問題は、インターネットによって会社に寄せられた書籍注文を処理する手順を示すフロー・チャートを提示することから始まっている。

光書籍販売会社は、インターネットを通じて本を販売しています。次の図は、本の注文を処理するステップを示しています。

図1：本の注文を処理するステップ



問題例：6.1

住所が正しくなかったために、顧客に送った本が戻ってきてしまいました。どのステップで間違いが起きた可能性がありますか。

ステップ このステップで間違いが起きた可能性がありますか

| | |
|-----|----------|
| 1 | はい / いいえ |
| 2 | はい / いいえ |
| 2 a | はい / いいえ |
| 3 | はい / いいえ |
| 4 | はい / いいえ |

◎問題例：6.1の採点基準

完全正答

コード1：「はい」、「いいえ」、「いいえ」、「はい」、「いいえ」の順で解答

誤答

コード0：その他の組み合わせによる答え

問題形式：複合多肢選択式

問題解決のタイプ：トラブル・シューティング

状況：仕事と余暇

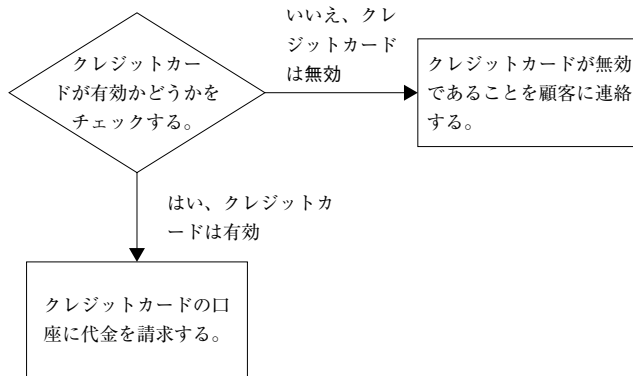
問題例6.1に正しく答えるために、生徒は、手順の様々な段階間の関係及び各手順に関連する指示を理解する必要がある。このような手続きの流れを理解することは、多くの連続的に設計されたビジネスの手順を分析して、トラブル・シューティングを行う際には不可欠である。この場合、この問題で取り上げられているような手順を実行するためには、意思決定の時間的側面が中心となる。

いったん手順を分析したならば、生徒は問題に示されている特定の問題を診断しなければならない。この問題の場合、プロセスには、「この種のエラーがここで発生したならば、このシステムにおいて、この後、小包または手紙の郵送にどのような影響が及ぼされるであろうか？」という形での条件的推論を含む、多くの検査を実行することが必要となる。必要とされるトラブル・シューティングの手順を正しく実行するために、生徒は、言葉と図による情報の両者が関連する設定において推論できなければならない。

問題例：6.2

光書籍販売会社は、代金の回収が難しい顧客に何度か悩まされました。そこで、同社では、本を注文するとき、顧客が、クレジットカードの番号を入力することになっています。

同社は図1の処理に、次のステップを加えようと考えています。



最初の処理プロセス（図1）のどの場所に、上記のクレジットカード情報の確認と処理をするためのステップを入れるべきですか。

- A ステップ1と2の間
- B ステップ2と3の間
- C ステップ2と2aの間
- D ステップ3と4の間
- E ステップ4のあと

●問題例：6.2の採点基準

完全正答

コード1：解答B：ステップ2と3の間。

注：本が顧客に送付されたことを会社が確認するまで、代金の引き落としはできない。

誤答

コード0：その他の答え

問題形式：多肢選択式

問題解決のタイプ：トラブル・シューティング

状況：仕事と余暇

問題例6.1と同様、この問題は、手順の連続的な局面を理解するために、言葉と図による情報から推論することを生徒に求めている。加えてこの設問では、関連する論理を注意深く分析することによって、また、注文手順の一部として顧客のクレジット・カードをチェックし、料金を請求するという与えられた下部プロセスを設けることによって、システムを設計しなければならない。下部プロセスを正しく設けられるかどうかは（手順2と3の間）、在庫がなければ顧客に料金を請求すべきでないということに気づくかどうかによって左右される。

多くの生徒は、選択肢A（手順1と2の間）を選択した。これは一部の会社で実際に行われて

いることかもしれない。このようにインターネットによる注文の経験があるかないかは、生徒によってずいぶん異なるため、この問題は本調査には含まれず、問題例として用いられることとなった。

参 考 文 献

- Baxter, G.P.** and **R. Glaser** (1997), *An Approach to Analysing the Cognitive Complexity of Science Performance Assessments* (Technical Report 452), National Center for Research on Evaluation, Standards and Student Testing (CRESST), Los Angeles, CA.
- Binkley, M.R., R. Sternberg, S. Jones** and **D. Nohara** (1999), *an Overarching Framework for Understanding and Assessing Life Skills*, Unpublished International Life Skills Survey (ILSS) Frameworks, National Center for Education Statistics, Washington, DC.
- Bloom, B.S., J.T. Hasting** and **G.F. Madaus** (1971), *Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning*, McGraw-Hill, New York, NY.
- Blum, W.** (1996), “Anwendungsorientierter Mathematikunterricht – Trends und Perspektiven”, in G. Kadunz *et al.* (eds.), *Trends und Perspektiven. Schriftenreihe Didaktik der Mathematik, vol. 23*, Hoelder-Pichler-Tempsky, Wien, Austria, pp. 15–38.
- Boshuizen, H.P.A., C.P.M. van Der Vleuten, H.G. Schmidt** and **M. Machiels-Bongaerts** (1997), “Measuring Knowledge and Clinical Reasoning Skills in a Problem-based Curriculum”, *Medical Education*, 31, Department of Educational Research and Development University of Limburg, Limburg, Netherlands, pp. 115–121.
- Bransford, J.D., A.L. Brown** and **R.R. Cocking** (eds.)(1999), *How People Learn : Brain, Mind, Experience, and School*, National Academy Press, Washington, DC.
- Bybee, R.W.** (1997), “Towards an Understanding of Scientific Literacy”, in W. Grabe and C. Bolte (eds.), *Scientific Literacy – An International Symposium*, IPN, Kiel, Germany.
- Charles, R., F. Lester** and **P. O’Daffer** (1987), *How to Evaluate Progress in Problem Solving*, National Council of Teachers of Mathematics, Reston, VA.
- College Board** (2000), See documents on the web at <http://www.collegeboard.com/about/association/pace/pacemath.html>
- Collis, K.F., T.A. Romberg** and **M.E. Jurdak** (1986), “A Technique for Assessing Mathematical Problem Solving Ability”, *Journal for Research in Mathematics Education*, 17(3), pp. 206–221.
- Committee of Inquiry into the Teaching of Mathematics in Schools** (1982), *Mathematics Counts* (the Cockcroft report), Her Majesty’s Stationery Office, London, United Kingdom.
- Council of Europe** (2001), *Common European Framework of Reference for Languages : Learning, Teaching, Assessment*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.
- de Corte, E., B. Greer** and **L. Verschaffel** (1996), “Mathematics Teaching and Learning”, in D.C Berliner and R.C. Calfee (eds.), *Handbook of Educational Psychology*, Macmillan, New York, NY, pp. 491–549.
- Csapó, B.** (1997), “The Development of Inductive Reasoning : Cross-sectional Assessments in an Educational Context”, *International Journal of Behavioral Development*, 20(4), pp. 609–626.
- Devlin, K.** (1994, 1997), *Mathematics, the Science of Patterns*, Scientific American Library, New York, NY.

Dossey, J.A. (1997), “Defining and Measuring Quantitative Literacy”, In L. A. Steen, (ed.), *Why Numbers Count : Quantitative Literacy for Tomorrow’s America* (pp. 173–186), The College Board, New York, NY.

Dossey, J.A., I.V.S. Mullis and C.Q. Jones (1993), *Can Our Students Problem Solve?*, National Center for Educational Statistics, Washington, DC.

Einstein, A. (1993), “Preface to M. Plank”, *Where is Science Going?*, Allen and Unwin, London, United Kingdom.

Fey, J. (1990), “Quantity”, In L.A. Steen (ed.), *On the Shoulders of Giants : New Approaches to Numeracy*, National Academy Press, Washington, DC.

Frensch, P. and J. Funke (1995), “Definitions, Traditions, and a General Framework for Understanding Complex Problem Solving”, in P. Frensch and J. Funke (eds.), *Complex Problem Solving : The European Perspective*, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ, pp. 3–25.

Freudenthal, H. (1973), *Mathematics as an Educational Task*, D. Reidel, Dordrecht, Netherlands.

Freudenthal, H. (1983), *Didactical Phenomenology of Mathematical Structures*, D. Reidel, Dordrecht, Netherlands.

Garfield, J., and Ahlgren, A. (1988), “Difficulties in Learning Basic Concepts in Probability and Statistics : Implications for Research”, *Journal for Research in Mathematics Education*, 19(1), pp. 44–63.

Gee, J. (1998), *Preamble to a Literacy Program*, Department of Curriculum and Instruction, Madison, WI.

Graeber, W. and C. Bolte (eds.)(1997), *Scientific Literacy – An International Symposium*, IPN, Kiel, Germany.

Grünbaum, B. (1985), “Geometry Strikes Again”, *Mathematics Magazine*, 58 (1), pp. 12–18.

Hawking, S.W. (1988), *A Brief History of Time*, Bantam Press, London, United Kingdom.

Hiebert, J., T.P. Carpenter, E. Fennema, L. Fuson, P. Human, H. Murray, A. Olivier and D. Wearne (1996), “Problem Solving as a Basis for Reform in Curriculum and Instruction : The case of Mathematics”, *Journal for Research in Mathematics Education*, 25(4), pp. 12–21.

International Labour Office (ILO) (1998), *World Employment Report 1998–1999 : Employability in the Global Economy – How Training Matters*, ILO, Geneva, Switzerland.

Kirsch, I.S. and P.B. Mosenthal (1989–1991), “Understanding Documents. A Monthly Column”, *Journal of Reading, International Reading Association*, Newark, DE.

Klieme, E. (1989), *Mathematisches Problemlösen als Testleistung*, Lang, Frankfurt/Main, Germany.

Klieme, E. (2000), *Assessment of Cross-disciplinary Problem Solving Competencies*, Unpublished paper for Network A, OECD–OECD/PISA, Paris, France.

Klieme, E., J. Ebach, H.J. Didi, A. Hensgen, K. Heilmann and H.K. Meisters (in press), *Problemlösetest für Sechste und Siebente Klassen*, Hogrefe, Göttingen, Germany.

de Lange, J. (1987), *Mathematics, Insight and Meaning*, OW and OC, Utrecht University, Utrecht.

Netherlands.

de Lange, J. (1995), “Assessment : No Change Without Problems”, in T.A. Romberg (ed.), *Reform in School Mathematics and Authentic Assessment*, Suny Press, Albany, NY.

de Lange, J. and **H. Verhage** (1992), *Data Visualization*, Sunburst, Pleasantville, NY.

Langer, J. (1995), *Envisioning Literature*, International Reading Association, Newark, DE.

Laugksch, R.C. (2000), “Scientific Literacy : A Conceptual Overview”, *Science Education*, 84 (1), pp. 71–94.

LOGSE (1990), *Ley de Ordenacion General del Sistema Educativo*, Madrid, Spain.

Masters, G., R. Adams and **M. Wilson** (1999), “Charting Student Progress”, in G. Masters and J. Keeves (eds.), *Advances in Measurement in Educational Research Assessment*, Elsevier Science, Amsterdam, Netherlands.

Masters G. and **M. Forster** (1996), *Progress Maps*, Australian Council for Educational Research, Melbourne, Australia.

Mathematical Association of America (MAA) (1923), *The Reorganization of Mathematics in Secondary Education ; A Report of the National Committee on Mathematical Requirements*, The Mathematical Association of America, inc, Oberlin, OH.

Mathematical Sciences Education Board (MSEB) (1990), *Reshaping School Mathematics : A Philosophy and Framework of Curriculum*, National Academy Press, Washington, DC.

Mayer, R.E. (1985), “An Information–processing Analysis of Mathematical Ability”, In R.J. Sternberg (ed.), *Human Abilities – An Information–processing Approach*, Freeman, New York, NY.

Mayer, R.E. (1992), *Thinking, Problem Solving, Cognition* (2nd ed.), Freeman, New York, NY.

Mayer, R.E. and **M.C. Wittrock** (1996), “Problem Solving Transfer”, in D.C. Berliner and R.C. Clafée (eds.), *Handbook of Educational Psychology*, Macmillan, New York, NY, pp. 45–61.

Mitchell, J., E. Hawkins, P. Jakwerth, F. Stancavage, and **J. Dossey** (2000), *Student Work and Teacher Practice in Mathematics*, National Center for Education Statistics, Washington, DC.

McCurry, D. (2002), *Notes towards an Overarching Model of Cognitive Abilities*, Unpublished report, Australian Council for Educational Research, Melbourne, Australia.

Millar, R. and **J. Osborne** (1998), *Beyond 2000 : Science Education for the Future*, King’s College London School of Education, London, United Kingdom.

National Council of Teachers of Mathematics (NCTM) (1989), *Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics*, NCTM, Reston VA.

National Council of Teachers of Mathematics (NCTM) (2000), *Principles and Standards for Mathematics*, NCTM, Reston, VA.

Neubrand, M., R. Biehler, W. Blum, E. Cohors–Fresenborg, L. Flade, N. Knoche, D. Lind, W. Löding, G. Möller and **A. Wynands** (Deutsche OECD/PISA–Expertengruppe Mathematik) (2001), “Grundlagen der Ergänzung des Internationalen OECD/PISA–Mathematik–Tests in der Deutschen

Zusatzerhebung”, *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik* 33(2), pp. 33–45.

Newton, I. (1687), *Philosophiae naturalis principia mathematica* Auctore Is. Newton, Trin. Coll. Cantab. Soc. Matheseos Professore Lucasiano, & Societatis Regalis Sodali. Imprimatur. S. Pepys, Reg. Soc. Praeses. Julii 5. 1686. Londoni, Jussu Societatis Regiae ac Typis Josephi Streater. Prostat apud plures Bibliopolas. Anno MDDCLXXXVII. (English Translation : *Mathematical Principles of Natural Philosophy*, published by University of California Press, Berkeley, 1934).

Niss, M. (1999), “Kompetencer og Uddannelsesbeskriveles” (Competencies and subject description), *Uddanneise*, 9, pp. 21–29

OECD (1999), *Measuring Student Knowledge and Skills – A New Framework for Assessment*, OECD, Paris, France.

OECD (2000), *Measuring Student Knowledge and Skills – The PISA 2000 Assessment of Reading, Mathematical, and Scientific Literacy*, OECD, Paris, France.

OECD (2001a), *Knowledge and Skills for Life – First Results from PISA 2000*, OECD, Paris France.

OECD (2001b), *The New Economy – Beyond the Hype : The OECD Growth Project*, OECD, Paris France.

OECD (2002a), *Sample Tasks from the PISA 2000 Assessment : Reading, Mathematical, and Scientific Literacy*, OECD, Paris, France.

OECD (2002b), *Reading for Change – Performance and Engagement across Countries*, OECD, Paris, France.

O’Neil, H. (1999), *A Theoretical Basis for Assessment of Problem Solving*, Unpublished paper presented at the Annual Meeting of the American Education Research Association, University of Southern California, Montreal, Canada.

Polya, G. (1945), *How to Solve It*, Princeton University Press, Princeton, NJ.

Problem Solving Expert Group (PEG) (2001), *Problem Solving and OECD/PISA 2003*, Unpublished paper, OECD/PISA, Paris, France.

Robitaille, D. and **R. Garden** (eds.) (1996), *Research Question and Study Design*, Pacific Educational Press, Vancouver, Canada.

Romberg, T. (1994), “Classroom Instruction that Fosters Mathematical Thinking and Problem Solving : Connections between Theory and Practice”, in A. Schoenfeld (ed.), *Mathematical Thinking and Problem Solving*, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ, PP. 287–304.

Ryjchen, D. and **L.H. Salganik** (2000), *Definition and Selection of Key Competencies (DeSeCo)*, OECD, Paris, France.

Schoenfeld, A.H. (1992), “Learning to Think Mathematically : Problem Solving, Metacognition, and Sense-making in Mathematics”, in D.A.Grouws (ed.), *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning*, Macmillan, New York, NY, PP. 334–370.

Schupp, H. (1998), “Anwendungsorientierter Mathematikunterricht in der Sekundarstufe I Zwischen Tradition und Neuen Impulsen” (Application-oriented mathematics lessons in the lower secondary between tradition and new impulse), *Der Mathematikunterricht*, 34(6), pp. 5–16.

- Seger, M.S.R.** (1997), "An Alternative for Assessing Problem Solving Skills : The Overall Test", *Studies in Educational Evaluation*, 23(4), pp. 373–398.
- Shamos, M.H.** (1995), *The Myth of Scientific Literacy*, Rutgers University Press, New Brunswick, NJ.
- Steen, L.A.** (1990), *On the Shoulders of Giants : New Approaches to Numeracy*, National Academy Press, Washington, DC.
- Steen, L.A.** (ed.) (1997), *Why Numbers Count : Quantitative Literacy for Tomorrow's America*, The College Board, New York, NY.
- Stern, D.** (1999), "Improving Pathways in the United States from High School to College and Career", *Preparing Youth for the 21st Century – The Transition from Education to the Labour Market*, OECD, Paris, France.
- Stewart, K.** (1990), "Change", In L.A. Steen (ed.), *On the Shoulders of Giants : New Approaches to Numeracy*, National Academy Press, Washington, DC.
- Sticht, T.G.** (ed.) (1975), *Reading for Working : A Functional Literacy Anthology*, Human Resources Research Organization, Alexandria, VA.
- Stiggins, R.J.** (1982), "An Analysis of the Dimensions of Job-related Reading", *Reading World*, 82, pp. 237–247.
- Swaak, J.** and **T. de Jong** (1996), "Measuring Intuitive Knowledge in Science : The Development of the What-if Test", *Studies in Educational Evaluation*, 22(4), pp. 341–362.
- Trier, U.** and **J. Peschar** (1995), "Cross-Curricular Competencies : Rational and Strategy for Developing a New Indicator", *Measuring What Students Learn*, OECD, Paris, France, pp. 99–109.
- Tversky, A.**, and **D. Kahneman** (1974), "Judgements under Uncertainty : Heuristics and Biases", *Science*, 185, pp. 1124–1131.
- UNESCO** (1993), *International Forum on Scientific and Technological Literacy for All*, Final Report, UNESCO, Paris, France.
- U.S. Department of Labor** (1991), *The Secretary's Commission on Achieving Necessary Skills (SCANS) : What Work Requires of Schools*, U.S. Department of Labor, Washington, DC.
- Vosniadous, S.** and **A. Ortony** (1989), *Similarity and Analogical Reasoning*, Cambridge University Press, New York, NY.
- Ziman, J.M.** (1980), *Teaching and Learning about Science and Society*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.

PISA 2003 年調査分野別国際専門委員会

●数学的リテラシー

国際専門委員会 (MEG)

Jan de Lange, Chair
Utrecht University
Utrecht, Netherlands

Werner Blum, Deputy Chair
University of Kassel
Kassel, Germany

Mary Lindquist, Deputy Chair
Columbus, GA, United States

Vladimír Burjan
EXAM
Slovak Republic

Sean Close
St Patricks College
Dublin, Ireland

John Dossey
Illinois State University
Normal, IL, United States

Zbigniew Marciniak
Warsaw University
Warsaw, Poland

Mogens Niss
IMFUFA, Roskilde University
Roskilde, Denmark

Kyungmee Park
Hongik University
Seoul, Korea

Luis Rico
Universidad de Granada
Granada, Spain

Yoshinori Shimizu
Tokyo Gakugei University
Tokyo, Japan

●読解力

国際専門委員会 (REG)

Irwin Kirsch, Chair
Educational Testing Service
Princeton, NJ, United States

Marilyn Binkley
National Center for Educational Statistics
Washington, DC, United States

Alan Davies
University of Edinburgh
Scotland, United Kingdom

Stan Jones
Statistics Canada
Nova Scotia, Canada

John H.A.L. de Jong
Language Testing Services
Velp, Netherlands

Dominique Lafontaine
Université de Liège
Liège, Belgium

Pirjo Linnakylä
University of Jyväskylä
Jyväskylä, Finland

Martine Rémond
Institut National de Recherche Pédagogique
Paris, France

●科学的リテラシー
国際専門委員会 (SEG)

Wynne Harlen, Chair
University of Bristol
United Kingdom

Peter Fensham
Monash University
Melbourne, Australia

Raul Gagliardi
Geneva, Switzerland

Svein Lie
University of Oslo
Oslo, Norway

Manfred Prenzel
Leibniz-Institute for Science Education
at the University of Kiel
Kiel, Germany

Senta A. Raizen
National Center for Improving Science
Education
Washington, DC, United States

Donghee Shin
Dankook University
Seoul, Korea

Elizabeth Stage
University of California
Oakland, CA, United States

●問題解決能力
国際専門委員会 (PSEG)

John Dossey, Chair
Illinois State University
Normal, IL, United States

Benó Csapó
University of Szeged
Szeged, Hungary

Wynne Harlen
Berwickshire, United Kingdom

Ton de Jong
University of Twente
Twente, Netherlands

Irwin Kirsch
Education Testing Service
Princeton, NJ, United States

Eckhard Klieme
German Institute for International Educational
Research
Frankfurt/Main, Germany

Jan de Lange
Utrecht University
Utrecht, Netherlands

Stella Vosniadou
University of Athens
Athens, Greece

PISA 2003 年調査 評価の枠組み
OECD 生徒の学習到達度調査

2004 年 5 月 10 日 初版発行

監 訳 国立教育政策研究所
東京都目黒区下目黒 6-5-22 (〒153-0064)

発行所 株式会社 きょうせい
本社 東京都中央区銀座 7-4-12 (〒104-0061)
本部 東京都杉並区荻窪 4-30-16 (〒167-8088)
電話番号 編集 03-3571-2126
営業 03-5349-6666

〈検印省略〉 URL : <http://www.gyosei.co.jp>

印刷／ぎょうせいデジタル株式会社

乱丁・落丁本は、送料小社負担にてお取り替えいたします。

©2004 Printed in Japan. 禁無断転載・複製

ISBN4-324-07407-0 (5106714-00-000) [略号：PISA 2003 年調査]
