

PISA 2006年調査 評価の枠組み



Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy: A Framework for PISA 2006

OECD生徒の学習到達度調査

国立教育政策研究所 ◆ 監訳



経済協力開発機構(OECD)

経済協力開発機構(OECD Organisation for Economic Co-operation and Development)は、民主主義を原則とする30か国の先進諸国が集まる唯一の国際機関であり、グローバル化の時代にあつて経済、社会、環境の諸問題に取り組んでいる。OECDはまた、コーポレート・ガバナンスや情報経済、高齢化等の新しい課題に先頭になって取り組み、各国政府の新たな状況への対応を支援している。OECDは各国政府がこれまでの政策を相互に比較し、共通の課題に対する解決策を模索し、優れた実績を明らかにし国内及び国際政策の調和を実現する場を提供している。

OECD加盟国は、オーストラリア、オーストリア、ベルギー、カナダ、チェコ、デンマーク、フィンランド、フランス、ドイツ、ギリシャ、ハンガリー、アイスランド、アイルランド、イタリア、日本、韓国、ルクセンブルグ、メキシコ、オランダ、ニュージーランド、ノルウェー、ポーランド、ポルトガル、スロバキア、スペイン、スウェーデン、スイス、トルコ、英国、米国である。欧州委員会もOECDの活動に参加している。

OECDが収集した統計や、経済、環境、社会の諸問題に関する研究成果は、加盟各国の合意に基づく条約、指標、原則と同様にOECD出版物として広く公開されている。

本書はOECDの事務総長の責任のもと発行される。本書で表明されている意見や主張は必ずしもOECDまたはその加盟国の公式見解を反映するものではない。

Originally published in English under the titles:

Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy : A Framework for PISA 2006

©2006, Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), Paris.

All rights reserved.

For this Japanese edition

©2007, National Institute for Educational Policy Research (NIER)

Published by arrangement with the OECD, Paris.

The quality of the Japanese translation and its coherence with the original text is the responsibility of National Institute for Educational Policy Research (NIER).¹⁾

PISA™, OECD / PISA™とPISAのロゴは経済協力開発機構(OECD)の商標であり、OECDからの書面による許可を得ずに使用することを禁ずる。

© OECD

書面による許可を得ずに本書を複製、転載、翻訳することを禁ずる。許可の申請はOECD Publishing : rights@oecd.org or by fax (33 1) 45 24 13 91へ。本書の一部を複写する場合の許可は、The Centre français d'explication du droit decopie (CFC), 20 rue des Grands Augustins, 75006 Paris, France (contact@cfcopies.com)へ。

日本語版 序

本書は、OECD 生徒の学習到達度調査（PISA）における 2006 年調査の枠組みを著した『*Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy – A Framework for PISA 2006*』の日本語版です。前回 2003 年調査の枠組みを翻訳、出版したのに引き続き、今回もこのような形で国際的な調査研究を広く紹介し、その成果を蓄積できることは、本調査に積極的に取り組んでまいりました私ども関係者の大きな喜びです。

すでにご案内のとおり、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、子どもの能力を測定しています。また、その調査結果が各国の教育の長所や短所を明らかにし、その分析結果が教育政策に資することを目的とする国際比較調査でもあります。

OECD-PISA 調査はこれまで 2000 年、2003 年と本調査を行い、さらに 2006 年に第 3 回目となる本調査を行ったところです。本書は、2006 年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について紹介、解説したもので、PISA 調査の手法、そして、世界的に新しい能力や学力とはどのようなものと考えられているのかを理解する上での基本的な資料と言えます。また、これまでも斬新な調査問題を開発・採用しているということで各方面から注目され、問い合わせも多く頂戴していますが、本書は 2006 年調査の中心分野であった科学的リテラシーをはじめとする問題例を数多く紹介しています。

PISA 調査では、読解力、数学的リテラシー、科学的リテラシーの 3 つの分野について評価を行っていますが、調査の設計上、読解力は第 1 回目の調査で、数学的リテラシーは第 2 回目の調査で、そして科学的リテラシーは第 3 回目の調査でそれぞれ中心的な評価分野とされました。したがって、2006 年調査は初めて科学的リテラシーが“主役”になったと同時に、これら 3 つの評価分野がすべて重点的に評価され、PISA 調査の 1 つのサイクルが完結したことによって、3 分野を体系的に捉える中で子どもに求められる能力を構造的に捉えることが可能となってきます。

翻訳は、本研究所内の PISA 調査プロジェクト・チームのメンバーがあたりました。

私どもは、本書を、2007 年 12 月に世界的な公表が予定されている 2006 年本調査の結果に対する理解を深めるための必携書と捉えています。12 月の結果公表に合わせて刊行を予定している 2006 年調査国際結果報告書と併せ、ご高覧いただければ幸いです。

平成 19 年 6 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1つとして、この度 *Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy – A Framework for PISA 2006* を刊行した。これは2000年、2003年に引き続き、第3回目として2006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年には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、また2003年には41か国・地域（OECD加盟国30か国、非加盟11か国・地域）、約27万6,000人の15歳児を対象に実施された。さらに、2006年には第3回目の調査が行われ、およそ60か国・地域が参加した。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越えた、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、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、2006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 調査の影響と広がり

そもそも国際的な学力比較調査は、自国の教育を他の国と比較することによって、置かれている状況を明らかにし、自国の教育の改善や見直しを図ることを目的として行われることが多い。国際比較調査であるPISA 調査も、当然こうした考え方に基づいてはいるが、今日、他の国際比較調査以上に、世界各国でPISA 調査の結果が大きな影響力を持つようになってきているのには訳がある。例えば国際教育到達度評価学会（IEA）のTIMSSなどと明らかに違うのは、各国における教育政策の企画立案に資する調査であることを掲げている点である。つまり、“自国の教育の改善や見直しを図る”ための客観的なデータや情報を提供することを主眼にしているのである。

日本の場合を見てみると、2001年12月にPISA 調査の初めての成果として2000年調査結果が公表された際、日本の生徒の学力水準は国際的にみてトップクラスにあるという分析がなされた。当時、日本の教育を巡る主要な関心の1つは、子どもの学力は低下しているのか、していないのかという点であったため、社会的とも言える関心事に一石を投じることとなった。PISA 調査では、いわゆる生徒の知識・技能に関わる側面だけでなく、それを左右する要因として生徒の学習の背景に

についても調査しており、この時、同時に、日本の生徒が宿題や自分の勉強をする時間の長さについては改善の余地があるとされ、文部科学省の「学びのすすめ」をはじめとする施策に影響を与えた。

また、2004年12月に2003年調査の結果が公表された時、マスコミを中心に、我が国の15歳児の読解力の成績が2000年に実施された第1回目の調査結果に比べ低下したという受け止め方がなされた。これを受け、文部科学省はワーキング・グループの立ち上げ、読解力向上プログラムの策定、指導資料の作成に急ぎ着手したほか、中央教育審議会における全国的な学力調査の実施及び学習指導要領の見直しに取りかかるなど、政策的に大きな転換が図られることとなった。教育改革を推進する上で個人の経験的な感想や意見だけに頼るのではなく、実証的なデータを通して、日本の教育の優れている点は何か、強化すべき点や改善すべき点は何かといった現状を客観的に捉えることが重要であるという考え方は、今や教育行政、教育研究、学校などの関係者の間で当たり前のようになってきているが、わずか数年前まで、むしろこうした考え方は教育における人間的な側面を否定するかのよう捉えられていたことを振り返ると、このこと自体が大きな転換であった。

日本以外の国の状況を見てみると、PISA調査の結果によって明暗を分けることとなったのが、ドイツとフィンランドである。

2000年調査に関して、ドイツはどの分野もOECD平均を下回り、しかも数学的リテラシーと科学的リテラシーの成績は下位グループに位置するという結果となった。この結果が公表されるや否や、ドイツ各紙はこれをセンセーショナルに伝え、ドイツの教育に対する危惧を露わにした。また、ドイツの教育行政関係者もこの結果を重く受け止め、いち早く各州文部大臣会議を通じて、理解の弱い生徒への援助、授業関連の教育の質の維持・向上、教員の資質向上等を重点課題とする7つの行動プログラムを打ち出した。地方分権が進んでいるドイツの場合、さらに州間の成績の差にも注目が集まり、州ごとに行われている教育政策の優劣にまで議論が発展した。これらを手始めとして、ドイツの教育界は一連の「PISAショック」の洗礼を受けることとなった。

これに対して、PISA調査の結果が、北欧のあまり目立たない国を一気に教育界の理想郷のように祭り上げてしまったという例もある。フィンランドは2000年調査において読解力1位、数学的リテラシー4位、科学的リテラシー2位といずれも成績がトップクラスであったことから、教育制度や教員養成制度、学校の管理運営スタイル、はては家庭における学習環境などに至るまでその“秘密”を探るべく、世界中からフィンランド詣でを受け入れなければならない事態となった。そして、2003年調査の結果はこうした状況にさらに拍車をかけることになった。

以上のような調査の影響の側面は、言い換えれば、一旦その結果が公表されるとそれが我々PISA調査に関わる者の手を離れて、様々な方面に影響を及ぼし始めることを示している。現在、こうしたPISA調査に対する関心の高さは世界的な広がりをもってきている。第1回目の調査参加国は32か国であったのが、第2回目には非OECD加盟国が増えたため全体で41か国が参加し、さらに第3回目の2006年本調査にはおよそ60か国・地域が参加している。

しかしながら、PISA調査の成果が教育政策にどのように取り込まれているのか、その影響について学術的に整理し、分析することはまだできておらず、これは今後の課題の1つであると考えている。

2 PISA 2006年調査の概要

2006年調査は基本的に2000年調査及び2003年調査の枠組みに基づいて行われているとって

よい。ただし、本書との関連で言えば、2006年調査はこれまでの2回の調査と以下の2点について異なっている。

まず、2000年調査では読解力が、2003年調査では数学的リテラシーが中心分野だったのに対して、2006年調査の中心分野は科学的リテラシーである点である。PISA調査は3年ごとに各分野のデータを収集する継続的な調査である。2000年調査、2003年調査、2006年調査いずれにおいても各分野は扱うが、それぞれの調査では、その中の1つが「中心」分野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がその分野に当てられ、より多くのデータ・情報が収集される。ちなみに、過去2回の本調査では、科学的リテラシーに関して結果報告の尺度の1つである習熟度レベルによる分析はできなかったが、今回、その分析に必要とされる十分なデータが得られることによって、これが可能となる。

なお、科学的リテラシーに関しては国際専門委員会などでの検討を経て、その定義や評価の枠組みの構成要素がリニューアルされている。これは科学的リテラシーに関する考え方が全く別のものになってしまったということではなく、過去の調査を踏まえ、中心分野となる2006年調査に向けて、さらにその概念的枠組みを深め、拡大したためである。例えば、求められる知識や技能を活用する能力だけでなく、科学的な事柄にどのくらい興味や関心があるか、あるいは科学的探究をどの程度支持するかなど、科学に対する態度を評価項目に含めている。

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 『OECD 生徒の学習到達度調査（PISA）2006年調査評価の枠組み』について

（1）内容・構成

今回翻訳した『2006年調査評価の枠組み』では、まずはじめにPISA調査の特徴、2006年調査の概要について記述し、続いて第1章「科学的リテラシー」、第2章「読解力」、第3章「数学的リテラシー」において、それぞれ各リテラシーの定義、各分野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。また、付録Aには、本書で紹介されている科学的リテラシーの問題例の多くが掲載されている。

各分野で紹介されている問題例は、科学的リテラシーが67例、読解力が3例、数学的リテラシーが34例であるが、これらにはユニットの形式で示されている問題例が含まれている。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1つ1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B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、科学的リテラシー、読解力、数学的リテラシー及び学校質問紙・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、質問紙以外の各分野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、2006年調査は科学的リテラシーが中心分野であるため、その概念等に関する解

説や問題例の取り上げ方は、読解力、数学的リテラシー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科学的リテラシーの問題例は、主に2006年予備調査（2005年に実施）において実際に使用したが、2006年本調査では使用しなかったものである。このように公表できる問題に制約があったのは、本書英語版が2006年本調査の実施中に作成、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・国際数学・理科教育動向調査）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2006年調査の科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。

また、読解力は2000年調査の中心分野であったため、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。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3つのユニットを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—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）を参照いただきたい。

さらに、数学的リテラシーは2006年調査では中心分野ではなかったため、本書で紹介されている問題例は科学的リテラシーほど多くはないが、2003年調査の評価の枠組みでも取り上げられていなかった問題例（2003年本調査及び2006年予備調査等で実際に使用した問題を含む）を新たに加えた内容となっている。

なお、どの分野においても、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汲み取りながら、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、国際センターの監督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」（文化的な偏差を小さくするために、PISA調査で用いられている架空の通貨単位）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、PISA調査に関してこれまで出版された日本語版国際結果報告書や『PISA 2003年調査 評価の枠組み』等で用いた用語と同じ表記を採用し、内容的にも連続するようにした。
- 英語版では図表がすべて「Figure」と表記され、章ごとに通し番号がつけられているため、日本語版でも章ごとの通し番号としたが、「Figure」については内容から判断してそれぞれ「図」

または「表」に区別して表記した。

- 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。
- 翻訳に当たっては、これまでの PISA 調査関連の日本語版報告書等を踏まえ、篠原真子国立教育政策研究所国際研究・協力部総括研究官が翻訳・整理したものを以下の者が校閲した。

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／はじめに・序文

三宅征夫 (同 教育課程研究センター基礎研究部長) 第 1 章／付録 A

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 1 章／付録 A

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 1 章／付録 A

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 1 章／付録 A

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 1 章／付録 A

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 1 章／付録 A

有元秀文 (同 教育課程研究センター基礎研究部総括研究官) 第 2 章

瀬沼花子 (同 教育課程研究センター基礎研究部総括研究官) 第 3 章

4 PISA 調査の成果物

PISA 調査に関する日本語版の主な刊行物には、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)、同様に、2003 年調査に関しては『PISA 2003 年調査 評価の枠組み』(国立教育政策研究所監訳、(株)ぎょうせい発行、2004 年 5 月初版発行)、『生きるための知識と技能—OECD 生徒の学習到達度調査 (PISA) 2003 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、2004 年 12 月初版発行) などがある。

また、OECD の出版物として刊行されている成果物としては、本書の原文を含め以下のものがある (2006 年 12 月現在)。

【PISA 2000 年調査に関する出版物】

- *School Factors related to Quality and Equity*
- *Messages from PISA 2000*
- *Reviews of National Policies for Education – Denmark : Lessons from PISA 2000*
- *What makes school systems perform?*
- *Student Engagement at School – A Sense of Belonging and Participation*
- *Learners for Life : Student Approaches to Learning*
- *Literacy Skills for the World of Tomorrow – Further Results from PISA 2000*
- *Reading for Change : Performance and Engagement across Countries*
- *Knowledge and Skills for Life : First Results from PISA 2000*
- *Manual for the PISA 2000 Database*
- *PISA 2000 Technical Report*
- *Sample Tasks from the PISA 2000 Assessment – Publications 2000*
- *Measuring Student Knowledge and Skills : The PISA 2000 Assessment of Reading, Mathematical and Scientific Literacy*
- *Measuring Student Knowledge and Skills : A New Framework for Assessment*

【PISA 2003 年調査に関する出版物】

- *Where immigrant students succeed – A comparative review of performance and engagement in PISA 2003*
- *Are Students Ready for a Technology-Rich World? What PISA Studies Tell Us*
- *PISA 2003 Technical Report*
- *PISA 2003 Data Analysis Manuals for SPSS and SAS users*
- *Learning for Tomorrow's World : First Results from PISA 2003*
- *Problem Solving for Tomorrow's World : First Measures of Cross-Curricular Competencies from PISA 2003*
- *PISA 2003 Assessment Framework – Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills*

【PISA 2006 年調査に関する出版物】

- *Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy – A Framework for PISA 2006*

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 2006 年調査の序文

- ・ 概要003
- ・ PISA 2006 年調査の基本的な特徴004
- ・ PISA 調査の独自性とは？007
- ・ 各分野における調査内容の概要008
- ・ 2006 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 科学リテラシー

- 1.1 はじめに016
- 1.2 分野の定義017
 - 1.2.1 科学リテラシー 019
- 1.3 分野の構成021
- 1.4 状況と文脈022
- 1.5 科学的能力025
 - 1.5.1 科学的な疑問を認識すること 025
 - 1.5.2 現象を科学的に説明すること 026
 - 1.5.3 科学的な証拠を用いること 026
- 1.6 科学的知識028
 - 1.6.1 科学の知識 (Knowledge of Science) 028
 - 1.6.2 科学についての知識 (Knowledge about Science) 028
- 1.7 科学に対する態度030
- 1.8 科学リテラシーの評価032
 - 1.8.1 調査の特徴 032
 - 1.8.2 科学リテラシーの評価の構造 035
 - 1.8.3 報告の尺度 036
- 1.9 要約037

第2章 読解力（読解リテラシー）

2.1	分野の定義	040
2.2	テキストの形式	040
	2.2.1 連続型テキスト	041
	2.2.2 非連続型テキスト	041
2.3	問題の特徴	043
	2.3.1 5つのプロセス（側面）	043
	2.3.2 問題の種類	047
	2.3.3 採点	048
2.4	状況	048
2.5	結果の報告	049
	2.5.1 読解力の尺度	049
	2.5.2 報告の方法	050
	2.5.3 問題の難易度の構築	052
	2.5.4 読解力における習熟度レベル	052
2.6	読解力問題例	059
	読解力問題例 1 ランニングシューズ	059
	読解力問題例 2 チャド湖	061
	読解力問題例 3 落書き	063
2.7	要約	064

第3章 数学的リテラシー

3.1	分野の定義	068
3.2	PISA 調査における数学的枠組みの理論的根拠	069
3.3	数学的リテラシー分野の構成	075
3.4	状況と文脈	077
3.5	数学的な内容——4つの包括的アイデア	078
	3.5.1 空間と形	079
	3.5.2 変化と関係	082
	3.5.3 量	085
	3.5.4 不確実性	088
3.6	数学的プロセス	091
	3.6.1 数学化	091
	3.6.2 能力	092
3.7	能力クラスター	094
	3.7.1 再現クラスター	094
	3.7.2 関連付けクラスター	097

3.7.3	熟考クラスター	099
3.7.4	問題の能力クラスター別分類	103
3.8	数学的リテラシーの評価	103
3.8.1	課題の特性	103
3.8.2	評価の構造	107
3.8.3	数学的習熟度の報告	107
3.8.4	器具や道具	108
3.9	要約	109
参考文献		111

付録 A 科学的リテラシー問題例

科学的リテラシー・問題 1:	飲料水をつくる	118
科学的リテラシー・問題 2:	虫歯	123
科学的リテラシー・問題 3:	暑い日の仕事	126
科学的リテラシー・問題 4:	マウス痘	128
科学的リテラシー・問題 5:	イトヨの習性	132
科学的リテラシー・問題 6:	喫煙	136
科学的リテラシー・問題 7:	星明り	140
科学的リテラシー・問題 8:	超音波検査	142
科学的リテラシー・問題 9:	リップグロス	145
科学的リテラシー・問題 10:	進化	148
科学的リテラシー・問題 11:	パン生地	152
科学的リテラシー・問題 12:	金星の太陽面通過	156
科学的リテラシー・問題 13:	健康上のリスクがあるか?	159
科学的リテラシー・問題 14:	触媒コンバーター	161
科学的リテラシー・問題 15:	集中治療	165
科学的リテラシー・問題 16:	風力発電	170

付録 B PISA 2006 年調査分野別国際専門委員会 176

PISA 2006 年調査 評価の枠組み

Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy
A Framework for PISA 2006

OECD 生徒の学習到達度調査

はじめに

1997年に着手されたOECD生徒の学習到達度調査（PISA：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う、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点、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点である。

PISA 2006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を継続した。評価分野は2000年調査及び2003年調査と同様であるが、今回は科学的リテラシーが中心分野であり、評価は改訂された枠組みのもと実施された。読解力は2000年調査及び2003年調査の枠組みと同じものが、また、数学的リテラシーについては2003年調査の枠組みと同じものが用いられており、それぞれ「*Measuring Student Knowledge and Skill – A New Framework for Assessment*」（OECD, 1999）及び「*The PISA Assessment Framework – Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills*」（OECD, 2003 a）として刊行されている。

同様にこの新しい報告書は、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、知識や技能が応用される文脈などの点について解説しながら、2006年調査の基本的な考え方を示している。また、問題例を幅広く紹介しながら評価分野をわかりやすく解説している。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、ロス・ターナー、バリー・マクレア及びジュリエット・メンデロヴッツ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。科学的リテラシー専門委員会の委員長は米国生物科学カリキュラム研究のロジャー・バイビーが、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・ランゲが務め、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・キルシュが2005年10月まで務めた後、オランダの言語テストサービスのジョン・デ・ヨングが委員長代理を務めている。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検討された。

本報告書は、OECD事務局、特にジョン・クレッセウェルとソフィア・バイセッテスによって作成され、OECD事務総長の責任において発行されたものである。

OECD-PISA

2006年調査の序文



概要

OECD 生徒の学習到達度調査（PISA）は、15歳の生徒が将来の生活で直面するであろう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 加盟国及び非加盟国の協同作業である。15歳を対象としているのは、ほとんどの OECD 加盟国においてこの年齢の生徒は義務教育修了段階にあるからであり、およそ10年以上にわたる教育で蓄積されてきた知識や技能、態度が今回の調査で測定されたことになる。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あるが、国及び国際的なレベルの専門的知識を活用することによって、各国の政策上の関心を一致させている。

PISA 調査は科学、数学、読解といった特定の認知分野の評価を、生徒の家庭的背景、学習に対するアプローチ、学習環境やコンピュータの利用に対する認識などに関する情報と結びつけている。PISA 2006年調査において優先度の高いものは、科学に対する生徒の態度に関する革新的な評価であり、調査ブックレットにおいて、関連する問の最後に態度に関する質問を盛り込んでいる。認知的問題と密接な関連のある態度項目を採用することによって、科学に対する興味や科学的探求に対する生徒の支援など、特定の分野に焦点を当てることができた。したがって、生徒の成績はこれらの背景的な要因と関連付けられることになる。

PISA 調査では、i) 翻訳、標本抽出及び調査の実施のメカニズムにおいて質の管理を徹底し、ii) 中でも、問題の開発・修正プロセス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) データ処理にあたって、現在到達しうる最先端の技術及び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知識、技能、態度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あて、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はいない。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ぬだけでなく、またその情報を応用することもできなければならぬ

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年サイクルで情報を収集し、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ものである。家庭や学校における生徒の技能と態度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 2006 年調査の概念的な枠組みを提供するものであり、科学、読解、数学の枠組みを含んでいる。このうち科学的リテラシーについては、学校に対する生徒の態度の評価について革新的な要素を組み込みながら、あらためて開発され、拡大された枠組みを含んでいる。この枠組みは、各分野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、分野とその側面を明らかにする。



PISA 2006 年調査の基本的な特徴

PISA 2006 年調査は、参加国が 1997 年に決めたデータ戦略の第 3 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) 及び『PISA 2003 年調査評価の枠組み—数学、読解、科学、問題解決能力 知識と技能』(OECD, 2003 a) は PISA 調査の第 1 サイクルと第 2 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。これらのサイクルの成果として、『生きるための知識と技能—PISA 2000 年調査速報』(OECD, 2001) 及び『明日の世界のための学習—PISA 2003 年調査速報』(OECD, 2004) が公表されているが、これらは PISA 調査のホームページ (www.pisa.oecd.org) でも情報を得ることができる。これらの結果によって、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 年調査及び 2003 年調査と同様、2006 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分野を対象としているが、中心的な分野は科学的リテラシーである。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 56 か国が 2006 年調査に参加したが、これは世界経済の約 90% を構成している。

PISA 調査の目的は、多くの生徒が広く義務教育を受けているような年齢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るため、15 歳の生徒を調査対象としており、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。教科横断的な能力の評価は、引き続き 2006 年調査の中でも行われている。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。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

コラム 1 ■ OECD-PISA 調査とは？

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 개국・地域（2000 年調査には 32 개국、2002 年に非加盟国を中心に実施した PISA プラスには 11 개국・地域）が、第 2 サイクルには（2003 年）41 개국・地域が参加。第 3 サイクルには（2006 年）56 개국・地域が参加。
- 各国 4,500 人～10,000 人の生徒を対象に実施。

内容

- PISA 2006 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分野について、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な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。
- 強調点は、プロセスの習熟、概念の理解、及び各分野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。
- テスト問題は選択肢形式及び論述形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、これにより合計およそ 390 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 3 年ごとに実施。調査の実施については 2015 年までの戦略計画が策定されている。
- 各サイクルにおいてそれぞれ「中心となる」分野が設定され、テスト時間の 3 分の 2 に相当する問題が準備される。他の分野は技能の主な特徴を示す補完的な役割を持つ。中心分野は 2000 年が読解力、2003 年が数学的リテラシー、2006 年が科学的リテラシーである。

成果

- 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。2006 年調査では、科学に対する生徒の態度を評価することに力点が置かれる。
- 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

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。数学についてしてみると、日常生活において数学的スキルを展開する際には、定量的に推論する能力や物事の関係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。読解力についてしてみると、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スキルである。

- 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スキルは生徒の発達に不可欠である。これらのスキルには、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。これらのスキル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スキルに焦点を当てる必要がある。

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・スキル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。PISA 調査を実施する度に、テスト時間の約3分の2を費やして1つの分野を特に綿密にテストしようとしている。「中心となる」分野は、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である。これによって、各分野における到達度は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年調査及び2003年調査と同様、2006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、調査問題からはおよそ390分の調査時間に相当する情報が得られる。調査問題は、いくつかの相互に関係付けられた13種類の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ようになっている。

PISA 調査は3種類の主な成果を提供する。

- 基本指標：生徒の知識とスキルに関する基本的な特徴。
- 背景指標：こうしたスキルがいかに関口的、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。

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当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、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異なる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：複数の調査分野を 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う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修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。



各分野における調査内容の概要

コラム 2 は 2006 年調査で評価した 3 つの分野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。

科学的リテラシー（第 1 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。
- 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：科学的知識の適用と科学的プロセスの使用に関する。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、テクノロジーにおける科学という 3 つの分野からなる。

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

コラム 2 ■ 分野の定義

科学的リテラシー

疑問を認識し、新しい知識を獲得し、科学的な事象を説明し、科学が関連する諸問題について証拠に基づいた結論を導き出すための科学的知識とその活用、及び科学の特徴的な諸側面を人間の知識と探求の一形態として理解すること、及び科学と技術（テクノロジー）が我々の物質的、知的、文化的環境をいかに形作っているかを認識すること、並びに思慮深い一市民として、科学的な考えを持ち、科学が関連する諸問題に、自ら進んで関わること。

読解力

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。

数学的リテラシー

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もとづき判断を行い、数学に携わる能力。

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。

数学的リテラシー（第3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つの包括的アイディア（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、数、代数、幾何などのカリキュラム構造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：生徒からの距離に基づいて、数学が用いられる状況を示している。この枠組みでは、私的、教育的、職業的、公共的、科学的状況という5つの状況に分類されている。

2006 年調査の実施及び結果報告の方法

前回、前々回の調査と同様、2006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。調査には様々なタイプの問題が含まれており、例えば、選択肢形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な解答を選ぶ、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。

調査では全ての生徒が全ての問に答えるとは限らない。PISA 2006年調査の調査問題は、それぞれ調査時間が30分に想定された13のクラスター（問題群）を組み合わせたものとなっている。科学が7つのクラスター、読解が2つのクラスター、数学が4つのクラスターである。配列に関する調査の設計に従って、これらのクラスターを13種類のブックレットに組み合わせており、各ブックレットとも4つのクラスターから成る。各生徒は、これらのうちの1種類のブックレットに2時間かけて取り組むことになる。各ブックレットには、科学に関するクラスターが少なくとも1つ含まれている。

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1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。

PISA 調査の結果は、3分野とも、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分野であり、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分野ではなかったため、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、読解力で用いられたのと同じアプローチにより、数学的リテラシーを6つの習熟度レベルに分類するアプ

ローチを構築した。また、数学的リテラシーには空間と形、変化と関係、量及び不確実性という 4 つの下位尺度があった。2003 年調査は読解力、数学的リテラシー、科学的リテラシーの経年変化を示した最初の機会となったが、2006 年調査ではこの分析にさらなる情報を加えることになるであろう。



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、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。2000 年調査及び 2003 年調査で用いた質問紙は、PISA 調査のホームページ (www.pisa.oecd.org) でも入手可能である。

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。
- 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、共同的な学習あるいは競争的な学習に必要とされる社会的技能。
- 科学の学習及び指導の側面。生徒の科学への動機づけ、科学への携わり方、科学に対する自信、科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あてた、IT の学習背景について。OECD は 2003 年調査のこの質問紙によって収集されたデータを分析して、報告書『*Are Students Ready for a Technology-Rich World? What PISA Studies Tell Us*』(OECD, 2005) を刊行している。
- 親を対象とする質問紙：生徒のこれまでの科学的な活動、生徒の学校に対する親の考え、生徒の意図された経歴における科学、科学知識へのニーズ及び労働市場における技能についての親の考え、科学と環境、教育サービスのコストについての親の考え、及び親の教育と職業など、様々なテーマに焦点を当てたものである。

生徒質問紙及び学校質問紙、並びにコンピュータの利用に関する質問紙や親を対象とする質問紙といったオプション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を表している。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。

PISA 運営理事会（PGB：PISA 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、各国調査責任者（NPM：National Project Managers）を通じて国レベルで PISA 調査を実施する。各国調査責任者は、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同時に、調査結果を検証、評価、分析し、報告書を刊行する。

PGB 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（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、PGB のための事務局として活動するとともに、PGB 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（PGB）及び実施レベル（NPM）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。

- 調査分野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。
- 各調査分野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。

分野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つけることによって、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

科学リテラシー

1.1 はじめに

PISA 2006年調査において特に重要なのは科学的リテラシーの評価であり、評価の中心分野である。科学的リテラシーがこのように詳細にテストされるのは初めてのことであり、また、2003年調査以降この分野にはかなりの改善がなされ、何を評価するかの解釈も拡大されることとなった。これは、科学的リテラシーの定義がより詳しくなったということだけでなく、評価の方法において将来 PISA 調査のすべての分野に関連のある重要な革新がもたらされたということである。初めての実験として、主たる評価手段に認知能力や知識のテストとともに態度に関する問を含めた。テストの中で示されている課題が、どの程度、生徒の興味や関心を喚起しているかを調べることによって、生徒が将来科学に取り組む上で重要な要素である態度や動機の特徴に関する評価を強化できるのである。これまでは、これらの側面に関する問は、こうした興味や関心、動機といった側面に関して、別の質問紙を用いてより一般的な用語で尋ねることに限定されてきた。

科学とテクノロジーを理解することは、若者が現代社会の生活への準備をすすめる上で中心的なものである。それは個人が、科学とテクノロジーが重要な役割を果たす社会に十分に参加することを可能とする。これはまた、人々の生活に影響する科学とテクノロジーに関する疑問についての公共政策を決定する際、個人が適切に参加することを可能とする。科学とテクノロジーを理解することは、すべての人々の個人の生活、社会的な生活、職業生活及び文化的な生活に大きく寄与する。

個人が日常生活において直面する様々な状況、問題及び疑問の大部分は、それらが十分に理解されたり、取り組まれたりする前であっても、科学とテクノロジーについての理解をいくらか必要とする。個人は、個人的なレベル、地域的なレベル、国家的なレベル、そして地球規模のレベルでさえ、科学とテクノロジーに関する疑問に直面する。このため、国の指導者は当該国のすべての人々がこれらの疑問に対処する準備がどの程度できているのかを問うようにしなければならない。これに関する重要な側面は、若者が学校を出た後、科学的な問にどのように答えるかということである。15歳児を評価することは、後の生活において、彼らがいかに科学とテクノロジーが関係する多様な状況にいかに対処するかを予測するものである。

したがって、15歳の生徒を対象として国際調査を行う基礎として、「市民が、科学とテクノロジーが関係する諸々の状況において、市民が何を知っていて、何に価値を認め、何をすることができるか？」を問うことは合理的であると考えられる。この問に答えることは、生徒たちの現在の知識、価値観、能力が将来必要とされるものに関連しているという観点において、生徒を評価する基礎作りとなる。その答えの中心が PISA 2006年調査における科学的リテラシーの定義の核心部分を成す以下の能力である。次の点において、生徒がいかにうまくできるだろうか。

- 科学的な疑問を認識する
- 現象を科学的に説明する
- 科学的な証拠を用いる

これらの能力は、生徒が科学に関する疑問に直面し、それに反応する中で、一方で知識と認知的能力を、他方で態度や価値観、動機を示すことを必要とするものである。

市民が科学とテクノロジーが関係する状況において、何を知っていて、何に価値を認め、何をすることができるかを特定するという課題は、簡単で直接的なものに見える。そうすることは科学的な理解についての疑問を提起するけれども、すべての科学的知識の習得を意味するものではない。

この枠組みは、市民が何を必要とするかに言及しようとするものである。市民にとって、どんな知識が最も適切か。この問への答えには、科学の学問上の基本的な概念を含むのは確かであるが、その知識は個人が生活で遭遇するような状況で用いられなければならない。また、人はしばしば、知識を生み出し、自然界に関する説明を提案する1つのプロセスとして、科学の理解をいくらか必要とする状況に遭遇する^(注1)。さらに、人は、科学とテクノロジーとの補完的な関係、及び科学に基づくテクノロジーがいかに普及し、現代生活の特徴に影響を与えているかについて認識しなければならない。

市民が科学とテクノロジーに関して何に価値を認めることが重要であろうか。その答えには、科学及び科学に基づくテクノロジーの社会に対する役割及び貢献と、様々な個人的、社会的、地球的な状況における科学とテクノロジーの重要性が含まれなければならない。したがって、個人が科学に対して興味や関心を持つこと、科学的探究のプロセスを支持すること、及び天然資源と環境に対する責任ある行動をとることを期待することは理に適っていると考えられる。

個人にとって科学に関連して、何をすることができることが重要であろうか。人はしばしば、与えられた証拠と情報から適切な結論を導かねばならない。証拠に基づいて、他者の主張を評価しなくてはならない。さらに個人的な意見と証拠に基づく言明を区別しなければならない。含まれている証拠はしばしば科学的であるが、科学はより一般的な役割も果たす。というのは、科学は、証拠に照らして考えや理論を検証する際の合理性に関心があるからである。もっとも、科学には創造力や想像力が含まれること、そして科学は、世界についての人間の理解を深める上で常に中心的な役割を果たしてきているという特質を持っていることを否定するものではない。

市民は、科学的と考えられる要求と科学的とは考えられない要求を区別することができるだろうか。一般の市民は通常、科学に関する主要な理論や潜在的な発展についての価値判断を求められることはない。しかしながら、広告における事実、法的問題における証拠、健康に関する情報、地域の環境や天然資源に関する疑問点を基盤として意思決定することを求められる。教養ある市民は、科学者が答えられる種類の疑問及び科学に基づく技術によって解決できる種類の問題と、このような方法では答えることのできないものとを区別できなければならない。

1.2 分野の定義

科学（理科）教育の望ましい成果に関する現在の考え方は、科学的知識（探究への科学的アプローチに関する知識を含む）と、社会に対する科学の貢献を評価することを強調している。これらの成果は、科学の重要な概念と説明を理解し、また、世界における科学の長所と限界について理解することを求めている。それらは、科学に対する批判的な立場と思慮深いアプローチを含んでいる（Millar and Osborne, 1998）。

こうした目標は万人のための科学教育を目指し、これを強調している（Fensham, 1985）。PISA 2006年調査で評価される能力は広い範囲にわたるとともに、個人としての利用、社会的責任、科学的知識の内在的価値及び外発的価値に関する側面を含むものである。

上述の議論は、PISA 2006年調査における科学的リテラシーの評価の核心部分を形成している。すなわちこの調査は、合理的かつ適切な個人的、社会的、地球的な状況において、15歳の生徒が何を知り、価値づけ、行動することができるかを明らかにする能力に焦点化すべきということである。この視点は、もっぱら学校の科学のプログラムの基礎を成す視点や、広く科学の学問のみに基

コラム 1.1 ■ 科学的知識とは：PISA 2006年調査の用語

「科学的知識」(scientific knowledge)とは「科学の知識」(knowledge of science)及び「科学についての知識」(knowledge about science)をまとめて指す用語であり、この枠組み全体を通じて用いられている。「科学の知識」とは、物理、化学、生物科学、地学・宇宙科学及び科学を基盤とするテクノロジーという主な領域をまたがる自然界の知識を指している。「科学についての知識」とは、科学の方法(「科学的探究」と目標(「科学的説明」)の知識を指している。

づいている視点と異なっている。だが、その視点は教育的な文脈や職業的な文脈に位置づけられる諸問題を含むとともに、科学的な原理を定義付ける知識、方法、態度及び価値が本質的には重要であると認めている。PISA 2006年調査の科学の評価における全般的な目的を最も良く表している用語が、「科学的リテラシー」である(Bybee, 1997 b; Fensham, 2000; Graber and Bolte, 1997; Mayer, 2002; Roberts, 1983; UNESCO, 1993)。

PISA 2006年調査は、生徒の「科学的リテラシー」の認知的側面及び情緒的側面の両者を評価することを目的としている。認知的な側面には、生徒の知識及びこの知識を効果的に用いることのできる能力が含まれるが、それは生徒が、科学の特徴及び個人的、社会的あるいは地球規模で関連する科学や科学的探究に特徴的なある種の認知プロセスを行うことのできる能力である。科学的能力を評価する上で、PISA 調査では、科学的知識が寄与できるような疑問とともに、現在あるいは将来に生徒が意思決定に巻き込まれるような疑問を扱う。生徒の科学的能力の観点から見れば、生徒は、疑問に関連する科学的知識を理解することによって、また情報にアクセスし評価する能力や、その疑問に関係する証拠を解釈する能力によって、さらにはその疑問の科学的側面及び技術的側面を認識する能力によって、そうした疑問に答えるのである(Koballa, Kemp and Evans, 1997; Law, 2002)。PISA 調査はまた、非認知的側面も評価する。すなわち、生徒が情意面でいかに反応するかという点である。彼らの反応の態度面とは、彼らの興味や関心、彼らが支持を持続すること、そして、彼らに行動を起こさせる動機である(Schibeci, 1984)。こうした検討を通じて、我々はPISA 2006年調査における「科学的リテラシー」の幅広い分野を定義づけることとなったのである。

「科学的リテラシー」という用語が選ばれたのは、それがすべての生徒に適用すべき科学教育の目標を示すものと考えられたこと、科学教育の目的に幅広さと応用的な性質を含められること、科学的知識が連続したものとして示されること、及び科学的探究に関連した認知能力を示していること、多次元的な内容であること、そして科学とテクノロジーとの間の関係性を含んでいることによる。同時に、その定義の中心にある科学的能力は、科学的リテラシーの基礎を特徴づけるとともに、PISA 2006年調査における科学的リテラシーの評価の目標——すなわち、その能力がどれだけ身に付いているかを評価すること——を特徴づけているのである(Bybee, 1997 a; Fensham, 2000; Law, 2002; Mayer and Kumano, 2002)。

コラム 1.2 ■ PISA 2006 年調査における科学リテラシー

PISA 2006 年調査の目的において、「科学リテラシー」^(註2)は個人個人の次の能力に注目する。

- 疑問を認識し、新しい知識を獲得し、科学的な事象を説明し、科学が関連する諸問題について証拠に基づいた結論を導き出すための科学的知識とその活用。
- 科学の特徴的な諸側面を人間の知識と探究の一形態として理解すること。
- 科学とテクノロジーが我々の物質的、知的、文化的環境をいかに形作っているかを認識すること。
- 思慮深い一市民として、科学的な考えを持ち、科学が関連する諸問題に、自ら進んで関わること。

以下で、この定義の意味をさらに説明する。

1.2.1 科学リテラシー

「科学」ではなくて「科学リテラシー」という用語を使用することで、伝統的な学校理科での知識を単に再生するよりむしろ様々な生活場面の状況に合わせて科学的知識を適用することに重点を置くという OECD-PISA 調査の考え方を強調している。知識を有効に活用することは、科学と科学的探究に特徴的なプロセス（科学的な能力）を適用することを必要とし、またそれは、科学的な事柄に関する個人個人の認識や興味・関心、価値観、及び行動に左右されている。生徒が科学的な能力を発揮できるためには、科学の知識と、知識を獲得する方法としての科学の特徴の理解（すなわち、科学についての知識）の両方が必要である。また、科学リテラシーの定義はこうした科学的な能力が発揮される傾向が個人個人の科学に対する態度と、科学が関係する諸問題に取り組む意欲に依存することを認めている。

疑問を認識し、新しい知識を獲得し、科学的な事象を説明し、証拠に基づいた結論を導き出すための知識とその活用

科学リテラシーの定義において、知識は、情報、事実や名称について想起する能力より多くを意味している。定義には、科学の知識（自然界に関する知識）と科学そのものに関する知識とが含まれる。前者は、基本的な科学的な概念と理論を理解することであり、後者は、人間活動としての科学の本質、及び科学的知識の力と限界に対する理解を含んでいる。科学的探究によって答え得る疑問であるかどうかを区別することもまた、科学についての知識とともにある特定の主題に関する科学的知識を要求している。「科学リテラシー」の定義において重要な点は、個人個人が自身による科学的探究を通してではなく、しばしば、図書館やインターネットなどのリソースを通じて新しい知識を獲得しなければならないということである。証拠に基づき結論を導き出すとは、情報とデータを知り、選択し、評価することを意味するが、一方で、明確な結論を出すために必要な情報がしばしば十分ではないこと、したがって、利用可能な情報について注意深く意識して考察することが必要になることを認識することを意味する。

人間の知識と探究の一形態としての科学の特徴的な諸側面

ここで表現されるように、「科学的リテラシー」は、科学者がいかにデータを得て、説明を提示するかについて生徒がある程度理解すべきであり、科学的な調査の重要な特徴と、合理的に科学から導かれると期待される種類の解について、生徒が認識すべきであることを意味している。例えば、科学者は、自然界の事物、生物、現象に関するデータを収集するために、観察や実験を行う。データは、一般的な知識となって、人間の様々な活動形態に使用されるような説明を提示するために使われる。科学の重要な特徴に含まれるものをいくつか上げると、データの収集とその活用、データ収集は着想と概念によって導かれ（しばしば仮説と呼ばれる）、適切性、状況、精度といった問題も含まれること、主張される知識の暫定的性質、懐疑的な見方を率直に受け入れる姿勢、論証の活用、現在の知識と歴史上の知識との関係づけ、証拠を獲得する際に用いた方法と手順を報告することなどである。

科学とテクノロジーが我々の物質的、知的、文化的環境をいかに作っているか

この文の主旨は、科学が人間の努力の賜であり、我々の社会と個人に影響を与えているという考え方を含んでいる。さらに、技術の発展もまた人間の努力の賜であるのである（Fleming, 1989）。その目的やプロセス、及び産物からみて科学とテクノロジーは異なるが、両者は相互に密接な関係を持ち、多くの点で補完的であるというのが実際のところである。この点から、ここに提示した科学的リテラシーの定義には、科学の本質、テクノロジーの本質及び両者の補完的な関係が含まれている。個人々人として、我々は公共政策を通じて決定を下し科学とテクノロジーの方向性に影響を与えている。科学とテクノロジーは、疑問に対する答えを提示したり、問題に対する解決方法を示したりする時に、社会的に矛盾するような役割を果たすが、新しい疑問や問題をも生み出す。

思慮深い一市民として、科学的な考えを持ち、科学が関連する諸問題に、自ら進んで関わること

この文の「科学が関連する諸問題に、自ら進んで関わること」の部分の意図するところは、注目したり、必要とされて行動をとる以上に広いものである。すなわち、現在及び将来の科学を基盤とする諸問題に興味を持ち続けたり、それに対して意見を持ったり、それに参加したりすることを意味している。この文の「思慮深い一市民として、科学的な考えを持ち」の部分は、個人々人の科学に対する態度や価値の様々な側面を示している。この表現は、科学的なトピックスに興味を持ったり、科学に関する諸問題について考えたり、テクノロジーや資源、環境に関する疑問に関心を持ったり、個人的な立場や社会的な立場での科学の重要性について熟考するような個人を意味している。

「科学的リテラシー」は必然的に、「読解力」及び「数学的リテラシー」を必要とする（Norris and Phillips, 2003）。例えば、「読解力」は、生徒が科学用語を理解していることを示す際に必要である。同様に、「数学的リテラシー」はデータを解釈する状況で必要となる。科学的リテラシーに関する PISA 2006 年調査の定義と評価において、他のリテラシーとの交差は避けられないが、各調査問題で測定する中心は、明確に「科学的リテラシー」の諸側面であるべきである。

PISA 2000 年調査及び 2003 年調査における科学的リテラシーの定義と比較すると、2006 年調査の定義は詳しくなり、かつ拡大された。過去 2 回の調査では、科学は中心分野ではなかったため、

次のように定義されていた。

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、証拠に基づく結論を導き出す能力である。(OECD, 1999, 2000, 2003 a)

2000年調査、2003年調査及び2006年調査における定義が言わんとしているところは基本的に同じであり、結論を導き出すために、個人の科学的知識を用いることにその中心がある。2000年調査と2003年調査の定義では、科学の知識及び科学に関する理解を科学的知識という用語の中に埋め込んでいたが、これに対して2006年調査の定義では「科学的リテラシー」のこの側面を分け、科学の特徴に関する生徒の知識を強調する用語を付け加えることによって、詳しく述べている。そしてどちらの定義も、自然界を理解し、最終的には自然界に関する情報を持った上で意思決定するための科学的知識の適用に言及している。PISA 2006年調査では、定義のこの部分は、科学とテクノロジーとの間の関係についての知識を加えることによって強調されているが、それは、前回及び前々回の調査の定義では詳述はされていないが、意図されていた科学的リテラシーの1つの側面である。今日の世界では、科学とテクノロジーは密接に関連し、お互いに相乗効果を持つことが多い。

前回及び前々回の調査の定義とは対照的に、PISA 2006年調査の「科学的リテラシー」の定義は、生徒が科学及びテクノロジーに関連する疑問に反応する際の態度の側面を明確に含むことによって、拡大された。要するに、2006年調査の定義は、態度に関する反応を加えたことを除けば、2000年調査及び2003年調査の定義と概念的には一致している。ただし、態度の要素は別に報告されるので、認知的側面の経年変化に対する影響はないということになる。その他、例えば、科学と科学を基盤とするテクノロジーについての知識を詳細に述べることといった変化は、前回及び前々回の調査の定義に埋め込まれた、あるいはその中にあるとみなされた特定の側面をさらに強調するものである。

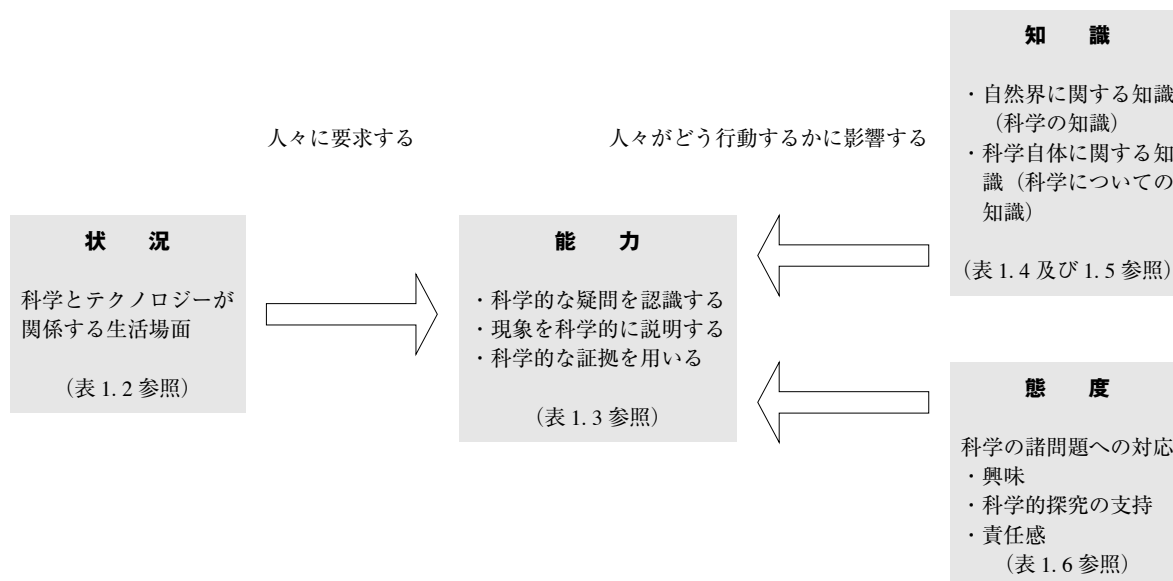
1.3 分野の構成

この枠組みが提起する「科学的リテラシー」の定義では、科学的リテラシーがあまり発達していない状況から、より一層発達している状況への連続体として示している。すなわち、個々人は多かれ少なかれ科学的にリテラシーを持っていると見なされるということであり、科学的にリテラシーを持っているか、あるいは持っていないかのどちらかである、とは見なされないということである (Bybee, 1997 a and 1997 b)。だから、例えば、「科学的リテラシー」があまり発達していない生徒は、結論を導き出したり、評価したりする際に、単純な科学的な事実に基づく知識を思い出したり、広く知られた科学的知識を用いたりすることができるかもしれない。また、科学的リテラシーがより発達している生徒の中には、予測したり、説明したり、科学的な調査を分析したり、データを証拠として関連付けたり、同じ現象に関する別の説明を評価したり、結論について正確に伝達するために、概念的なモデルを構築して、これを用いることのできる能力を示す者がいるであろう。

評価の目的からみれば、PISA 2006年調査における科学的リテラシーの定義は、次の4つの相互に関係した観点から特徴づけることができる。

- 状況：科学とテクノロジーが関係する生活場面を認識すること

図 1.1 ■ PISA 2006 年調査における科学的リテラシーの評価の枠組み



- 知識：自然界に関する知識と科学自体に関する知識の両者を含む科学的知識に基づいて、自然界を理解すること
- 能力：科学的な疑問を認識し、現象を科学的に説明し、証拠に基づいた結論を導き出すことを含む能力を示すこと
- 態度：科学に対する興味や関心、科学的探究の支持、天然資源や環境に対して責任ある行動をとるための動機付けを示すこと

以下のセクションでは、「科学的リテラシー」の相互に関係する側面についてあらためて詳述する。これらの側面に着目することで、PISA 2006 年調査の科学的リテラシーの枠組みは、科学教育の成果を全体として評価することに焦点を当てていることを強調した。PISA 2006 年調査の科学的リテラシーの考え方に基づいて、枠組みのこのセクションの構成の背後には次の質問がある。すなわち、

- 15 歳の生徒を評価するにはどのような文脈が適切か？
- 15 歳の生徒が示すことを無理なく期待できる能力とはどのようなものか？
- 15 歳の生徒が示すことを無理なく期待できる知識とはどのようなものか？
- 15 歳の生徒が示すことを無理なく期待できる態度とはどのようなものか？

1.4 状況と文脈

「科学的リテラシー」の重要な側面の 1 つは、様々な状況において科学に取り組むことである。科学的疑問を扱う際に、方法や表現の選択は、その疑問が提示されている状況にしばしば左右される。

状況とは、問題が設定されている生徒側の世界である。調査問題は、一般的な生活状況を設定しているが、それは学校生活に限定されていない。PISA 2006 年調査の科学的リテラシーの評価において、調査問題は自分自身、家庭及び仲間集団に関連する（個人的な）状況、地域社会に関連する（社会的な）状況、世界にまたがる生活に関連する（地球規模の）状況に焦点を当てている。さら

表 1.2 ■ PISA 2006 年調査における科学的リテラシーの「状況」

	個人的な状況 (自分自身、家族及び仲間集団)	社会的な状況 (地域社会)	地球的な状況 (世界にまたがる生活)
健康	健康の維持、事故、栄養	病気の制御、社会的伝染、食品の選択、コミュニティーの健康	流行（伝染病）の発生、感染症の蔓延
天然資源	個人の物質とエネルギー消費	人口の維持、生活の質、食料の確保、生産、流通、エネルギーの供給	再生可能と非再生可能、自然のシステム、人口増加、種の持続可能な利用
環境	環境に優しい行為、物質の使用と廃棄	人口分布、廃棄物処理、ゴミ処理、環境への影響、地方の気象	生物多様性、生態系の持続可能性、個体数制御、土壌の生成と流失
災害	自然災害と人為的災害、家を建てる際の決断	急激な変化（地震、激しい気象）、ゆっくりとした漸進的变化（沿岸の浸食、沈降）、リスク評価	気候変動、近代的戦争の影響
科学とテクノロジーのフロンティア	自然現象に関する科学的説明への興味、科学に基づく趣味、スポーツやレジャー、音楽と個人使用のテクノロジー	新素材、装置と処理、遺伝子操作、兵器テクノロジー、輸送	種の絶滅、宇宙探査、宇宙の起源とつくり

に、いくつかの課題に相応しいもう1つの状況は、「歴史的な状況」であり、それによって科学的知識の発展に関する理解を評価することができる。

問題の文脈は、ある状況の中で特別に設定されるもので、その問を形成するために用いられているすべての詳細な要素が含まれる。

PISA 2006 年調査では、調査参加国のカリキュラムに共通しているかどうかには制約されず、調査参加国の科学教育カリキュラムに関連する重要な科学的知識を評価する。その評価は、世界について思考させる重要な状況において、PISA 調査が焦点を当てる「科学的リテラシー」に応じて、科学的能力をうまく使えるかどうかの証拠を求めることで行われる。また、これには、自然界及び科学自体についての選択された知識の適用、科学的事象に対する生徒の態度の評価が含まれる。

表 1.2 は、調査問題において始まりの文脈として用いられる個人的な状況、社会的な状況、地球的な状況における科学の適用を示している。だが、これ以外の状況（例えば技術的な状況や歴史的な状況）や適用領域も用いられる。適用は多様で幅広い生活状況から描かれ、2000 年調査及び 2003 年調査の枠組みにおける科学的リテラシーの適用領域とも大体一貫している。適用領域は、「健康」「天然資源」「環境」「災害」及び「科学とテクノロジーのフロンティア」である。これらの適用領域において、「科学的リテラシー」は、生活の質を維持・向上させ、公共政策を発展させる上で、個人及び地域社会にとって一定の価値がある。

PISA 調査における科学的リテラシーの評価は、状況の評価するものではない。評価されるのは能力、知識及び態度であり、これらは状況に示されているかあるいは状況に関連したものである。その状況を選択するにあたっては、調査の目的が、義務教育修了段階までに生徒が身に付けている科学的能力、理解力及び態度を評価することにあることを、心に留めておくことが重要である。

調査問題で用いられている状況は、生徒の興味や関心及び生活への関連という観点から選ばれている。科学的リテラシーの調査問題は、調査参加国における言語及び文化的違いに配慮しながら開発されている。

科学的リテラシーの問題例 1 は「犯人を捕まえろ」と題する大問の一部である。刺激（設問部分）は新聞記事であり、この大問の状況を設定している。適用領域は、社会的状況における「科学とテクノロジーのフロンティア」である。

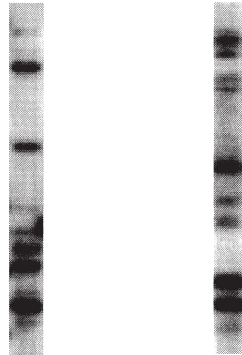
●科学的リテラシー問題例1：犯人を捕まえろ

犯人を見つける DNA

スミスバレー、昨日：

今日、スミスバレーで、無数の傷を負った男が亡くなった。警察は、何か争った跡があり、犯行現場で犠牲者のものとは一致しない血液が見つかったと述べた。警察は、この血液は犯人のものと考えている。

犯人を見つけるために、警察の科学班は血液サンプルからDNAプロファイルを準備した。コンピュータのデータベースと付き合いながら、有罪判決を受けた犯人のDNAプロファイルと照合したが、一致するものはなかった。



人物A

人物B

2人の人間から採取した典型的なDNAプロファイルの写真。棒は、それぞれの人のDNAの異なる断片を示す。それぞれの人は、異なるパターンの棒を持つ。指紋のように、これらのパターンにより人を特定できる。

警察はその日早朝、犠牲者との口論を目撃された一人の住民を逮捕し、容疑者のDNAサンプルを採取することの許可を申請した。

スミスバレー警察のセルゲナント・ブラウン氏は次のように述べた。「我々は、ほおの内側から危険のないようにけずり取る必要があるだけである。けずり取ったものから、科学班がDNAを取り出し、写真のようなDNAプロファイルをつくることができる」。

まったく同じ双子以外、2人の人間が同じDNAプロファイルを持つ可能性は10億分の1にすぎない。

犯人を捕まえろに関する問1

この新聞の記事では、DNAの実態について述べられています。DNAとは以下のうちどれですか。

- A 細胞のなかみが出てしまわないようにするための細胞膜の中にあるもの
- B 私たちの体を形成するよう指示するものから成る分子
- C 私たちの皮膚に酸素を運ぶ血液に見られるタンパク質
- D 体細胞でブドウ糖のレベルを調節する血液の中のホルモン

犯人を捕まえろに関する問2

科学的証拠によって答えることのできない疑問はどれか、次のうちから1つ選んでください。

- A 患者の死の医学的な理由あるいは生理学的な理由は何だったのか？
- B 自分の死について考えている患者はいたのか？
- C ほおをけずるのは、DNAの標本を安全に集める方法と言えるか？
- D あらゆる点で同じ双子は、DNAの特徴が確実に同じになるか？

1.5 科学的能力

PISA 2006 年調査は、表 1.3 に示す能力にプライオリティーを与えている。その能力とは、科学的に方向づけられた疑問を認識する能力、科学的知識に基づいて現象を記述したり、説明したり、予測したりする能力、証拠と結論を解釈する能力、意思を決定し、それを伝達するために科学的証拠を用いる能力である。これらの能力には、科学的知識——知識のある形態及び探究の方法として、科学の知識と科学自体に関する知識の両者——が含まれる。

表 1.3 ■ PISA 2006 年調査における科学リテラシーの「能力」

科学的な疑問を認識すること
<ul style="list-style-type: none"> ■ 科学的に調査可能な疑問を認識すること ■ 科学的情報を検索するためのキーワードを特定すること ■ 科学的な調査について、その重要な特徴を識別すること
現象を科学的に説明すること
<ul style="list-style-type: none"> ■ 与えられた状況において科学の知識を適用すること ■ 現象を科学的に記述したり解釈したりして、変化を予測したりすること ■ 適切な記述、説明、予測を認識すること
科学的証拠を用いること
<ul style="list-style-type: none"> ■ 科学的証拠を解釈し、結論を導き、伝達すること ■ 結論の背景にある仮定や証拠、推論を特定すること ■ 科学やテクノロジーの発展の社会的意味について考えること

いくつかの認知プロセスには特別な意味があり、「科学リテラシー」に関連している。科学的能力を伴う認知プロセスの中には、帰納的推論と演繹的推論、批判的思考と総合的思考、変換可能な表現（データを表に、表をグラフになど）、データに基づく建設的で伝達可能な主張と説明、モデルの観点から考察すること、数学を用いることが含まれる。

PISA 2006 年調査において、表 1.3 の科学的能力を強調する根拠は、科学的な調査にとってのこれらの能力の重要性による。それらは論理、推論、及び批判的分析に基礎を置いている。次に科学的能力について詳細に述べる。

1.5.1 科学的な疑問を認識すること

科学的な疑問と内容を、他の形式の疑問と区別できることが重要である。重要なのは、科学的な疑問そのものが、科学的証拠に基づく答えに役立たなければならないということである。「科学的な疑問を認識する」能力には、与えられた状況において科学的に調査できるような疑問を認識すること、及び与えられたテーマに関する科学的情報を検索するためのキーワードを特定することが含まれる。さらに科学的な調査の重要な特徴を認識することも含まれ、例えば、比較すべきものは何か、変化したり統制されるべき変数は何か、付加する情報として何が必要か、あるいはどのようにすれば適切なデータが得られるかなどである。

「科学的な疑問を認識する」ことは、生徒に科学自体に関する知識を持つよう求めることであるが、同時に、様々な程度で科学の知識も必要とする。「犯人を捕まえろ」の間 2（科学リテラシー問題例 1）では、生徒に、科学的に調査することのできない疑問を認識することを求めている。この間は主に、科学的に調査され得る種類の疑問についての生徒の知識（「科学的探究」に分類される、科学についての知識）を評価するものであるが、15 歳の生徒が期待される科学の知識

（「生命システム」に分類される）を身に付けていることも想定している。

1.5.2 現象を科学的に説明すること

生徒は、与えられた状況において、適切な科学の知識を適用することによって「現象を科学的に説明する」能力を示す。この能力には、現象を記述し、解釈し、変化を予測することが含まれるとともに、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が含まれる。「犯人を捕まえる」の間1（科学的リテラシー問題例1）は、DNAの適切な記述を認識するために、生徒に科学の知識（「生命システム」に分類される）を引き出すことを求めている。

1.5.3 科学的な証拠を用いること

「科学的な証拠を用いる」能力は、主張または結論に必要な証拠として、生徒に、科学的に見出された事柄を理解することを求めている。求められる解答には、科学についての知識あるいは科学の知識、もしくはその両者が含まれる。「マラリア」（科学的リテラシー問題例2）の間は、生徒に、蚊の生活環について示されている証拠に基づいて結論づけるよう求めている。この間は主に、ある生活環の標準的な表現（モデル）を解釈できるかどうかを評価するものであるが、これは科学についての知識（「科学的探究」に分類される——表1.5参照）となる。

「科学的な証拠を用いる」ことには、科学的情報にアクセスし、科学的証拠に基づく主張と結論を生み出すことが含まれる（Kuhn, 1992; Osborne, Erduran, Simon and Monk, 2001）。この能力にはまた、対立する結論から証拠に関係する結論を選択すること、結論がデータから導かれたプロセスの観点から、与えられた結論に賛成あるいは反対する理由を示すこと、及び結論に達するために立てられた仮定を特定すること、が含まれる。さらに、この能力の別の側面として、科学あるいはテクノロジーの発達の社会的意味を考えることが挙げられる。

生徒は、ある特定の人々に対して彼ら自身の言葉、図表、あるいはその他の適切な表現手段によって、彼らの証拠と決定を表現するよう求められる。手短に言えば、生徒は、証拠と結論あるいは決定の間の関係を明確にかつ論理的に示すことができなければならない。

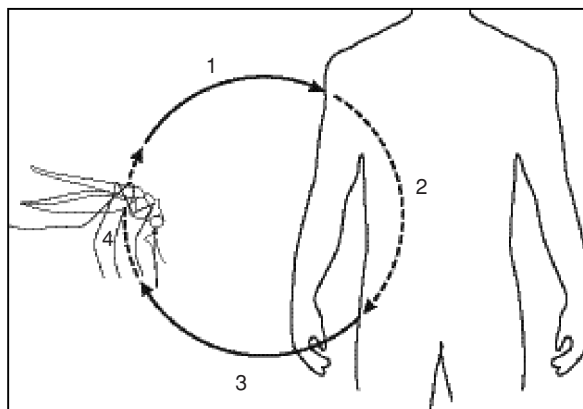
●科学的リテラシー問題例 2：マラリア

毎年、マラリアが原因で 100 万人以上の方が死んでいます。この病気の撲滅運動は近年、重大な局面に来ています。蚊は人から人へとマラリア原虫を媒介しますが、多くの殺虫剤はマラリアを媒介する蚊に効かなくなってきました。また、マラリア原虫に対しても薬の効果はほとんど無くなってきました。

マラリア原虫のライフサイクル

1

マラリア原虫は、蚊に刺されることによって人間に感染する。



4

原虫は蚊の体内でも繁殖するが、蚊は発病しない。

2

原虫は人間の体内で繁殖し、最初の病気の症状をひきおこす。

3

原虫は、感染した人間を刺した新たな蚊によって伝播される。

マラリアに関する問 1

以下は、マラリアが広がるのを予防する 3 つの方法を述べたものです。

マラリア原虫のライフサイクルの中で、この 3 つのそれぞれの方法が直接的に影響を与えるのは、どの段階 (1, 2, 3, 4) ですか。正しいと思う数字に○をつけてください。(1 つの方法が 2 つ以上の段階に影響することもあります。)

マラリアが広がるのを予防する方法	影響を受けるマラリア原虫のライフサイクルの段階			
蚊帳の中で寝る	1	2	3	4
マラリア用の薬を服用する	1	2	3	4
蚊に対する殺虫剤を用いる	1	2	3	4

1.6 科学的知識

先述のとおり、「科学的知識」(scientific knowledge)とは「科学の知識(knowledge of science)」(自然界に関する知識)及び「科学についての知識」(knowledge about science)を指す。

1.6.1 科学の知識 (Knowledge of Science)

PISA 2006年調査の科学的リテラシーにおいて評価された生徒の科学の知識について、ここで挙げている例は1つのみであるが、評価される知識の選択を明確な基準を用いて導くことは重要である。さらに、PISA調査の目的は、生徒の生活に関連する状況において、どの程度生徒が彼らの知識を適用することができるかを明らかにすることである。そのため、評価される知識は物理、化学、生物学、地球・宇宙科学及びテクノロジー^(注3)といった主な領域から、以下の3つの基準に従って選ばれている。

- 実際の生活場面との関連：科学的な知識は、個々人の生活にどの程度役に立つかという点で異なる
- 選ばれた知識は重要な科学的概念を表しており、それ故に恒久的な実用性を持つこと
- 選ばれた知識は15歳児の発達段階に適切であること

表1.4は、こうした基準を適用した結果、選ばれた「科学の知識」のカテゴリーと内容例を示している。この知識は自然界を理解し、個人的、社会的、及び地球的な状況における経験の意味を理解するのに必要である。これらの理由により、PISA 2006年調査の枠組みにおいて、主要分野の記述では「科学」ではなく「システム(体系)」という用語を用いる。その意図は、市民が物理学、生命科学、地球・宇宙科学及びテクノロジーの概念を様々に異なる状況において理解しなければならないという理念を伝えることである。

表1.4に示された例はカテゴリーの意味を示しているが、「科学の知識」の各カテゴリーに関する全ての知識を包括的に列挙する意図はない。「犯人を捕まえろ」の問1(科学的リテラシー問題例1)は「生命システム」における生徒の「科学の知識」を評価するものである。

1.6.2 科学についての知識 (Knowledge about Science)

表1.5は「科学についての知識」(knowledge about science)のカテゴリーと内容例を示している。最初のカテゴリーは「科学的探究」で、科学の中心的なプロセス及びそのプロセスを構成する多様な要素としての探究を柱としている。2つ目のカテゴリーは「科学的説明」であり、探究に密接に関係している。科学的説明は科学的探究の結果である。科学の手段としての探究(科学者がいかにデータを得るか)、及び科学の目標としての説明(科学者がいかにデータを使うか)と考えることもできる。表1.5に示された例は、このカテゴリーの一般的な意味を伝えるものであり、それぞれのカテゴリーに関連付けられたすべての知識を包括的に示そうとする意図はない。

科学的リテラシー問題例3は、「学校での『牛乳』調査」と題する大問の一部で、適用領域は歴史的状况及び健康に関する状況とされたものである。2問とも生徒の科学についての知識を評価するもので、「科学的探究」に分類される。問1は、その調査のもっともらしい目的を特定することを生徒に求めている(能力は「科学的な疑問を認識すること」)。問2に分類される能力もまた、「科学的な疑問を認識すること」となる(「科学的な証拠を用いる」ではない)。なぜなら前提(生

表 1.4 ■ PISA 2006 年調査における「科学の知識」のカテゴリー

物理的システム
<ul style="list-style-type: none"> ■ 物質の構造（例：粒子モデル、結合） ■ 物質の性質（例：状態変化、熱と電気の伝導性） ■ 物質の化学変化（例：反応、エネルギーの移動、酸とアルカリ） ■ 運動と力（例：速度、摩擦） ■ エネルギーとその変換（例：保存、散逸、化学反応） ■ エネルギーと物質の相互作用（例：光と電波、音波、地震波）
生命システム
<ul style="list-style-type: none"> ■ 細胞（例：構造と機能、DNA、植物と動物） ■ ヒト（例：健康、栄養、サブシステム（消化、呼吸、循環、排泄、それらの関係）、病気、繁殖） ■ 個体数（例：種、進化、生物多様性、遺伝的多様性） ■ 生態系（例：食物連鎖、物質とエネルギーの流れ） ■ 生物圏（例：生態系の助け、持続可能性）
地球と宇宙のシステム
<ul style="list-style-type: none"> ■ 地球システムの構造（例：地圏、大気圏、水圏） ■ 地球システムにおけるエネルギー（例：エネルギー源、地球気候） ■ 地球システムの変化（例：プレートテクトニクス、地球化学的循環、構成的な力と破壊的な力） ■ 地球の歴史（例：化石、起源と進化） ■ 宇宙における地球（例：重力、太陽系）
テクノロジーのシステム
<ul style="list-style-type: none"> ■ 科学に基づくテクノロジーの役割（例：諸問題の解決、人間の必要性や希望をかなえる助け、調査の計画と実行） ■ 科学とテクノロジーとの関係（例：テクノロジーは科学の発展に貢献する） ■ 概念（例：能率化、トレードオフ、コスト、リスク、利益） ■ 重要な諸原理（例：基準、制約、革新、発明、問題解決）

表 1.5 ■ PISA 2006 年調査における「科学についての知識」のカテゴリー

科学的探究
<ul style="list-style-type: none"> ■ 発端（例：好奇心、科学的な疑問） ■ 目的（例：科学的な疑問に答えるのに役立つ証拠を得ること、探究を方向づける今日的な発想やモデルや理論） ■ 実験（例：異なる疑問が異なる科学的調査を提案する、実験計画） ■ データのタイプ（例：定量的（測定）、定性的（観察）） ■ 測定（例：固有の不確実性、複製可能性、変動（変異）性、装置と手順の正確性と精度） ■ 結果の特性（例：経験的、試験的、検証可能な、反証可能な、自己修正的）
科学的説明
<ul style="list-style-type: none"> ■ タイプ（例：仮説、理論、モデル、法則） ■ 構成（例：データの表現、既存の知識と新たな証拠の役割、創造性と想像力、論理） ■ ルール（例：論理的に一貫しなければならない、証拠に基づく、歴史的知識と今日的知識） ■ 成果（例：新しい知識の生成、新しい手法、新しいテクノロジー、新しい疑問と調査を導く）

徒の3つのグループはどの妥当な方法においても有意な差がなかったということ)は明らかに調査の設計に関係することであるからである。

●科学的リテラシー問題例3：学校での「牛乳」調査

1930年、スコットランドのある地方の学校で大規模な調査が行われました。4か月間にわたり、無料で牛乳の支給を受ける子どもと、支給を受けない子どもにわけて実施しました。牛乳が支給される子どもは、先生が選びました。実施方法は以下のとおりです。

- 5,000人の子どもは、学校のある日には殺菌処理をしていない牛乳を一定量ずつもらいました。
 - 別の5,000人の子どもは、殺菌処理をした牛乳を上と同じ量ずつもらいました。
 - 残りの10,000人の子どもは牛乳を一切もらいませんでした。
- 調査の前と後に20,000人の子ども全員の体重と身長を測定しました。

学校での「牛乳」調査に関する問1

次の課題はこの調査の研究課題となりますか。それぞれに対し「はい」または「いいえ」に○をつけてください。

これは研究課題になりますか？	はい または いいえ
牛乳を殺菌するには何をしなければならないか	はい / いいえ
学校でも牛乳を飲ませることが、子どもにどう影響するか	はい / いいえ
牛乳の殺菌が子どもの成長にどう影響するか	はい / いいえ
スコットランドの異なる地方に住むことが子どもの健康にどう影響するか	はい / いいえ

学校での「牛乳」調査に関する問2

平均すると、調査の間に牛乳をもらった子どもたちは、牛乳をもらわなかった子どもたちよりも身長が伸び体重が増えました。

したがって、この調査から得られる1つの結論は、牛乳をたくさん飲んだ子どもたちは、牛乳をあまり飲まなかった子どもたちよりも成長が早いということです。

この結論を確かなものにするため、この調査で子どもたちを2つのグループに分けるときに必要な条件を1つあげてください。

1.7 科学に対する態度

人々の態度は、広く科学とテクノロジー、及び特に彼らに影響を及ぼす諸問題に対して、彼らが示す関心、注目及び反応に重要な役割を演じる。科学教育の目的の1つは、生徒が、科学的な諸問題に関わろうとする態度を育み、その結果、科学的及び技術的な知識を獲得して、それを個人や社会、地球規模の利益のために適用することである。

PISA 2006年調査における科学的リテラシーの評価は、生徒の態度を評価する上で、革新的な方法をとった。そこでは、生徒質問紙の中で、科学についてどう考えているかを問うだけでなく、科学的リテラシーの評価問題の一部において、受けているテストの課題についてどのような態度なの

か尋ねている。

調査では科学に対する態度に注目しているが、これは、個人の「科学的リテラシー」には、ある種の態度、信念、動機付けの方向性、自己効力感、価値そして最終的な行動が含まれるという考えに基づいている。PISA 2006年調査のために選ばれた態度とその特定領域は、態度に関する研究（例えば Gardner, 1975, 1984 ; Gauld and Hukins, 1980 ; Blosser, 1984 ; Laforgia, 1988 ; Schibeci, 1984）の検討や Klopfer (1976) の科学教育における情意的領域の構造といったものに支持され、かつそれらを基礎としている。

PISA 2006 調査における科学的リテラシーの評価は、「科学への興味・関心」「科学的探究の支持」「資源と環境に対する責任」という3つの領域において生徒の態度を評価するものである（表 1.6 参照）。これらの領域を選んだ理由は、生徒の科学に対する全般的認識、特徴的な科学的態度や価値、各国で国際的に立場の分かれた科学関連の諸問題のいくつかに対する生徒たちの責任感について、国際的な姿を伝えてくれるからである。これは、学校での理科や教師に対する生徒の態度を評価するものではない。評価の結果は、若者の間で科学を専攻する者が減少している問題に関する情報を与えてくれよう。

「科学への興味・関心」を選んだ理由は、それが成績やコース選択、職業選択そして生涯学習と強く関係しているからである。科学に対する（個人の）興味・関心と成績・成果との関係は、依然その因果関係には議論があるものの、40年来の研究課題となっている（例えば、Baumert and Köller 1998 ; Osborne, Simon & Collins, 2003）。PISA 2006年調査における科学的リテラシーの評価では、生徒の科学に対する興味・関心を、科学に関連した社会問題の知識、科学的な知識や技能を身に付けようとする意欲、科学関連の職業に対する考えといったものを通じて尋ねている。

「科学的探究の支持」は、科学教育の根本的な目的として広く認められているものであり、評価は正当化される。これは、Klopfer が 1971 年に述べた「科学的態度の採用」に類似する構成を持つものである。科学的探究の認識と支持は、生徒が科学に関連した生活場面に立ち向かう時に証拠を収集し、創造的に考え、合理的に推論し、批判的に反応し、結論を伝える上での、科学的な方法を重んじることを含む。

PISA 2006年調査においてこの領域は、意思決定する際の証拠（知識）の活用と、結論に導く際の論理と、合理性の尊重とを含む。

「資源と環境に対する責任」は、経済的妥当性の在り方とともに、国際的な関心事項である。この分野における態度は、1970年代から大きな研究テーマとなっている（例えば、Bogner and Wiseman, 1999 ; Eagles & Demare, 1998 ; Weaver, 2002 ; Rickinson, 2001）。2002年12月、国際連合は、決議 57/254により、2005年1月から10年間を「国連持続可能な開発のための教育の10年」と宣言した（UNESCO, 2003）。2005年9月のユネスコ国際実施計画は、持続可能性の3つの側面の1つとして、（文化を含む社会と経済とともに）環境を取り上げて、全ての教育において持続可能な発展の学習プログラムを含めるべきだとしている。

PISA 2006年調査は、生徒の態度に関するデータを、生徒質問紙による質問と、調査問題の状況に埋め込まれた問の両方で収集するが、後者の問は、関連する調査問題の直後に置かれ、これらの問題に対する態度について尋ねたものである。生徒質問紙では、「科学への興味・関心」「科学的探究の支持」、及び「資源と環境に対する責任」の3つの領域のすべてについて、生徒の態度に関する情報を、状況に埋め込まない方式で収集した。生徒質問紙によって、生徒の科学への取組についての追加的なデータ（例えば自己効力感、科学の楽しみ、学校外での科学活動の頻度など）が収集

されるとともに、生徒自身の生活（例えば、進学や職業選択）や社会（例えば社会・経済的利益）にとっての科学の価値に関する生徒の見方についてもデータが収集された。

状況に埋め込まれた問は、科学の学習への興味・関心と科学的探究の支持に関して用いられる。これは、評価に付加価値を与えてくれる。つまり、生徒の態度が状況設定の内と外で異なるかどうか、また生徒の態度は状況によって異なるかどうか、そして生徒の態度は大問レベルでみた成績と関係があるかどうか、といったことに関するデータを与えてくれる。「生徒の科学への興味・関心」（つまり、科学の学習への興味・関心）及び「科学的探究の支持」についてのある側面が、個人的、社会的、地球的な諸問題に焦点を当てて、埋め込まれた問を用いた調査問題で測定された。

PISA 2006 年調査の結果は、調査参加国の教育政策担当者に重要な情報を提供するであろう。生徒質問紙と態度に関する埋め込まれた問を通じて得られた豊富なデータは、科学リテラシーを身に付けていると考えられる行為への生徒の傾向に関して、新たな知見を与えてくれる。また、科学における態度と成績との相関関係については対立する報告があり、調査問題や質問紙によって集められた生徒の態度に関するデータ（生徒の「科学への興味・関心」「科学的探究の支持」及び「資源と環境に対する責任」と、生徒の成績との相関性の問題は依然残されている。この他、科学への取組と科学に関係する行動といった生徒質問紙から得られたデータも、生徒の成績と関連付けて報告されるだろう。

1.8 科学的リテラシーの評価

1.8.1 調査の特徴

PISA 調査における「科学的リテラシー」の定義によれば、調査問題（小問）は、ある状況の中で（表 1.2 参照）科学的な能力（表 1.3 参照）を用いることを求めている。これは、科学的知識の適用（表 1.4 及び 1.5 参照）を含み、科学的な事柄に対する生徒の態度（表 1.6 参照）を反映する。

図 1.7 は、図 1.1 に変更を加えたもので、PISA 2006 年調査の科学リテラシーの評価の枠組みにおける基本的な構成要素を表したものである。そこでは、PISA 調査の枠組みを評価問題（大問）の構造と内容に結びつけられるようになっている。図 1.7 は、評価活動を企画する道具として総合的に用いることも、また標準的な評価活動の結果を検討する道具として分析的に用いることもできるだろう。大問を構成する出発点として、刺激材料としての状況、質問や疑問に反応する能力、又は評価活動の中心となる知識や態度について検討することができる。

大問は、短い文章で書かれた特定の刺激材料、又は図表やグラフやダイヤグラムを持つテキスト、及び、様々な形態で、個別に採点される一連の小問によって構成されている。それは、すでに議論した3つの問題例（「犯人を捕まえろ」「マラリア」及び「学校での『牛乳』調査」）や付録 A にある問題例において例示されている。

PISA 調査がこうした問題構成を用いる理由は、状況をできるだけリアルに機能させるよう促し、その状況が、調査時間を有効に使いつつ実際の状況の複雑さを反映できるようにするためである。様々な状況について別々の問題を立てるよりも、いくつかの小問が課せられる状況を用いることで、生徒が各問に関連する素材に馴れるのに必要な時間を短縮する。しかしながら、1つの大問内で他とは別にそれぞれ点数をつけることの必要性が考慮されなければならない。この方法は異なる評価の状況の数を減らすので、状況のある適切な範囲まで確保することで、状況の選択に起因す

表 1.6 ■ PISA 2006 年調査における「態度」の評価のための領域

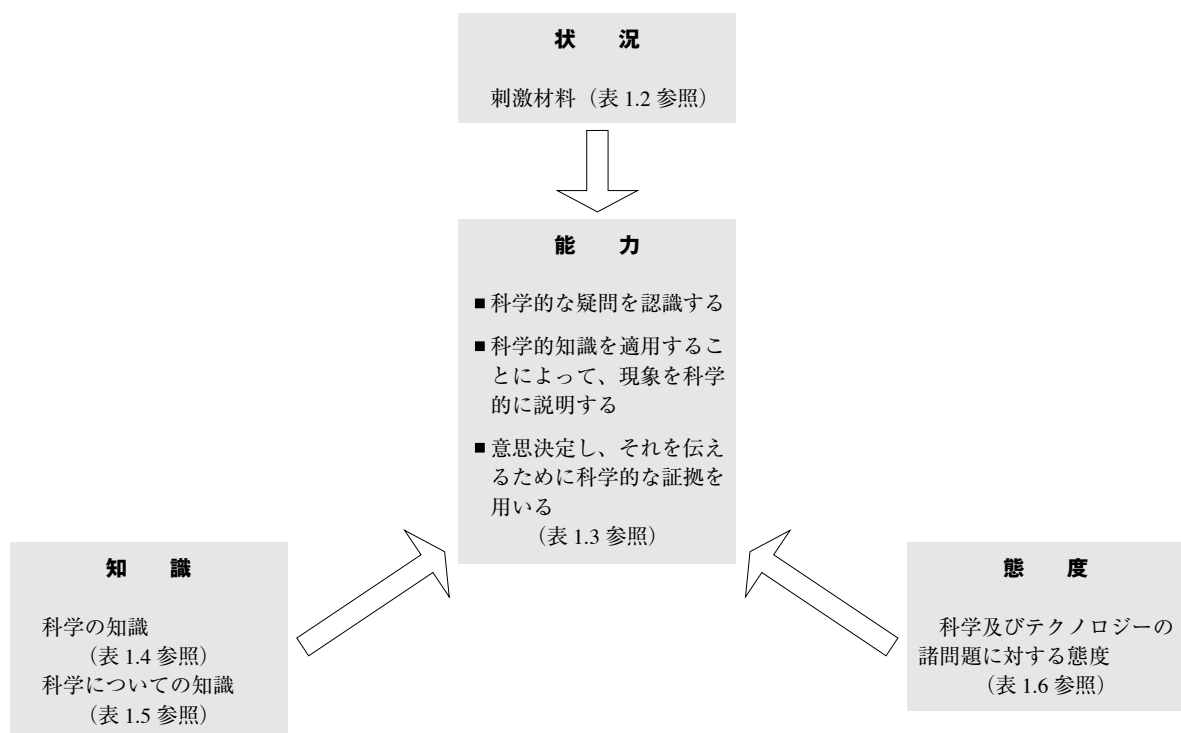
科学への興味・関心
<ul style="list-style-type: none"> ■ 科学と科学が関連する様々な問題や努力に好奇心を示すこと ■ 様々なリソースや方法を用いて、一層の科学的知識と技能を獲得することに意欲を示すこと ■ 科学が関連する職業を検討することを含んで、科学的情報を求めたり、科学への興味を継続させたりすることに意欲を示すこと
科学的探究の支持
<ul style="list-style-type: none"> ■ 異なった科学的見方や論点を検討する重要性を認めること ■ 事実に基づく情報を用いることと合理的な説明を支持すること ■ 結論を導く際に論理的で慎重な過程をとる必要性を表明すること
資源と環境に対する責任
<ul style="list-style-type: none"> ■ 持続可能な環境を維持することに対する個人としての責任感を示すこと ■ 個人の行動が環境に及ぼす影響の認識を示すこと ■ 天然資源を維持する行動に意欲を示すこと

るバイアスを最小限に抑えることの重要性についても認識する必要がある。

PISA 2006 年調査の大問には、生徒の科学的能力を見る認知的問題が4つまで組み込まれている。各小問は、科学的能力の1つを主として用い、科学の知識又は科学についての知識を必要としている。ほとんどの場合、1つ以上の能力及び1つ以上の知識カテゴリーが、1つの大問において（異なる小問により）評価された。

PISA 調査の枠組みで示される能力と科学的知識を評価するために、4つのタイプの調査問題が用いられた。調査問題の約3分の1は（単純な）選択肢形式問題で、4つの選択肢から1つを選ぶものである。また他の3分の1は、「マラリア」に関する問1（科学リテラシー問題例2）のような、求答形式問題か複合的選択肢形式問題となっている。「学校での『牛乳』調査」に関する問1

図 1.7 ■ 大問（ユニット）及び小問（アイテム）を構成し、分析するツール



(科学的リテラシー問題例3)は、各項目にはい／いいえで答えることを求めており、典型的な複合的選択肢形式問題となっている。残りの3分の1は、「学校での『牛乳』調査」に関する問2(科学的リテラシー問題例3)のように論述形式問題であり、いくぶん長い文による解答を求めている。

選択肢形式の問題と求答形式の問題は、3つの科学的能力に含まれる認知プロセスのほとんどを適切に評価するために用いられており、また論述形式の問題は伝達する能力を評価する機会を与えるものである。

問題の大部分は正答か誤答という2つの得点基準によって採点されるが、複合的選択肢形式及び論述形式の問題には部分正答もあり、問に正しく答えている部分もあるが、全体が正しいわけではないという場合に、その部分に対して得点が与えられる。部分正答がある問の場合、採点ガイドにおいて「完全正答」「部分正答」「誤答」が詳細に述べられている。「完全正答」「部分正答」「誤答」という分類は、生徒がその問に答えることのできる能力を示しているかどうかという観点から、生徒の解答を3つのグループに分けるものである。「完全正答」は、必ずしも完全に科学的に正しくなくても、科学的にリテラシーを持っている15歳の生徒に相応しいテーマを理解しているレベルを示すよう求めている。あまり洗練されていない解答、もしくは十分に正答とは言えない解答は「部分正答」とされ、完全に不正解で関係のない答えもしくは誤った答えは「誤答」とみなされる。「マラリア」に関する問1(科学的リテラシー問題例2)には部分正答があり、その採点基準は科学的リテラシー問題例4に示されている。

●科学的リテラシー問題例4：マラリアに関する問1の採点基準

完全正答

コード2：3問とも正解の場合。上から順番に、[1と3]、[2]、[1、3と4]

部分正答

コード1：3問中2問が正解の場合

または

正解は1問(またはそれ以上)であるが、いずれの間にも間違っていない場合

誤答

コード0：その他の解答

コード9：無答

PISA 2006年調査における科学的リテラシーの評価のために新たに含まれた大問のほとんどが、生徒の科学に関する学習への興味・関心を評価する小問、もしくは科学的探究の支持を評価する小問、あるいはその両者のタイプの小問を含んでいる。以下の科学的リテラシー問題例5にあるように、「犯人を捕まえろ」に関する大問の問3はその一例である。この小問は、科学を犯罪の解決に適用することに関して学びたいという興味・関心がどのくらいあるかを評価する3つの項目において、生徒に興味・関心の度合いを示すよう求めている。この問題例では回答における社会的な望ましさの影響を少なくするために、「まったくそう思う」「そう思う」「そう思わない」「まったくそう思わない」といった) どちらともつかない型にはまった選択肢よりもむしろ、(興味や関心が「高い」「中くらい」「低い」「全くない」という) 区別のはっきりした選択肢を用いている。

●科学的リテラシー問題例 5：「犯人を捕まえろ」の態度項目

犯人を捕まえろに関する問 3

次の項目についてどれくらい興味や関心を持っていますか。

それぞれの項目ごとに、あてはまる番号に1つ○をつけてください。

	興味や関心が			
	高い	中くらい	低い	全くない
a) 犯罪を解決する上で、DNA の利用についてもっとよく知ること	----- 1 -----	----- 2 -----	----- 3 -----	----- 4 -----
b) DNA を解明する作業がどのようなものかについてもっと学ぶこと	----- 1 -----	----- 2 -----	----- 3 -----	----- 4 -----
c) 犯罪が科学を用いてどのように解決できるのかについて理解を深めること	----- 1 -----	----- 2 -----	----- 3 -----	----- 4 -----

生徒に示された実際の問題では、態度の小問はそれぞれの項目が生徒にわかりやすいように網掛けになっていて、各項目に対する生徒自身の意見に該当する選択肢の番号に○をつけるようになっている。さらに、各ブックレットの冒頭に注意事項があり、そこには次のような指示が記載されている。

「問の中には、あることがらに関してあなたの態度や意見を聞くものがあります。これらの問は通常の間とは別にしてあり、網掛けで囲んであります。これらの問には「正解」「不正解」はなく、テストの点数には含まれませんが、正直に答えることが重要となります。」

生徒が「科学的リテラシー」に関する書かれた問題を理解し、これに答えるためには、ある程度の「読解力」が必要となるため、必要とされる「読解力」のレベルが課題となる。刺激材料と間にはできるだけ簡潔でわかりやすい言葉を使いつつ、意味が適切に伝わるようにしている。各段落に導かれている多くの概念は限定され、主に読解力あるいは数学的リテラシーを評価する間にはならないようにした。

1.8.2 科学的リテラシーの評価の構造

PISA 調査では、科学的リテラシーの枠組みの様々な要素を評価する問題がバランス良く含まれていることが重要である。表 1.8 は、科学の知識及び科学についての知識にそれぞれ関連する小問の望ましい配分目安を示したものである。そのバランスは、各カテゴリーに配分された得点の計に対する割合で示されている。表 1.8 はまた、多様な科学の知識と科学についての知識というカテゴリー間の望ましい得点の配分目安も示している。

科学的能力に関する望ましい配分は、表 1.9 に示すとおりである。

小問の文脈は個人的、社会的そして地球的規模の状況にわたっており、その割合は、およそ 1 対 2 対 1 である。大問に用いる適用領域は広範囲に選ばれたが、それはあくまでも、前述の 2 つの段落に示したような様々の制限を出来るだけ満たすことを条件に選ばれたものである。

大問の約 60% が、生徒の科学に関する学習への興味・関心又は科学的探究の支持を評価する 1 つか 2 つの態度の小問を含んでいる。これらの小問に対する回答は、全調査時間の約 11% を占めている。成績の経年変化の比較可能性を高めるために、前回及び前々回の PISA 調査でも用いた科

表 1.8 ■ 知識に関する望ましい得点配分

科学の知識	得点の割合(%)
物理的システム	15～20
生命システム	20～25
地球と宇宙のシステム	10～25
テクノロジーのシステム	5～10
小 計	60～65
科学についての知識	
科学的探究	15～20
科学的説明	15～20
小 計	35～40
計	100

表 1.9 ■ 科学的能力に関する望ましい得点配分

科学的能力	得点の割合(%)
科学的な疑問を認識する	25～30
現象を科学的に説明する	35～40
科学的な証拠を用いる	35～40
計	100

学のリテラシーの調査問題には、態度の小問は含まれていない。

1.8.3 報告の尺度

PISA 調査の目標を達成させるためには、生徒の成績に関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、2006年予備調査及び2000年本調査及び2003年本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、修正の可能性はある。

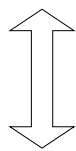
幅広い難易度を持つ調査問題を含めることで、尺度の構築が進展する。科学の習熟度を評価する上で、問題の難易度を決定する要因は次のものを含んでいる。

- 状況の一般的な複雑さ
- 科学的な考え、過程及び含まれる専門用語への精通度
- 問に対する解答に求められる論理の流れの長さ。つまり、十分な答えに到達するために必要なステップの数、及び各ステップが前のステップに依存する程度
- 抽象的な科学的考えや概念が、答えを作る過程で求められる程度
- 判断や結論、説明を行う上で用いる推論、洞察、一般化の程度

科学のリテラシーが中心分野ではないため限定的な情報しか得られなかった2000年調査は、科学の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(OECD, 2001)。

- 科学のリテラシー尺度の上端近くであるおよそ690点を獲得した生徒は予測したり、説明するための概念モデルを作り出すか、または使用できる。また、なにを検証すべきかを特定したり、実験計画を把握するために、科学的調査を分析することができる。さらに、対立する見解や異なった見通しを評価するためにデータを比較することや、詳細かつ正確に科学的記述ができ、科学的論証ができる。

図 1.10 ■ ある能力に基づいて尺度を報告する例

	<p>高い</p> <p>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することができる；科学的な論証や記述を詳細かつ正確に伝えることができる</p> <p>結論を導き出したり、評価したりする際に、競合するデータや一連の推論から適切な情報を選ぶことができる</p>
<p>低い</p>	<p>結論を導き出したり、評価したりする際に、常識的な科学的知識を用いることができる</p>

- およそ 550 点を獲得した生徒は予測したり、説明するために科学的知識を使用することができる、科学的調査によって解決されるべき疑問を認識することができる。さらに結論を導き出したり評価したりするために競合するデータや一連の推論から適切な情報を選び出すことができる。
- 尺度の下端近くであるおよそ 400 点を獲得した生徒は簡単な科学的知識（名称、事実、用語、簡単なルールなど）を想起することができ、結論を導き出したり評価したりする過程で常識的な科学的知識を使用できる。

2003 年調査では、科学的リテラシーの結果報告は 2000 年調査とほぼ同じ様な形式をとった (OECD, 2004)。しかし 2006 年調査では科学的リテラシーが中心分野であり、調査に使える時間が増えるため、科学的能力かあるいは 2 つの知識要素のいずれかに基づく独立した尺度を構築することができる。

2000 年調査及び 2003 年調査では、科学的リテラシーは表 1.3 に示されたような科学的能力の観点から 1 つの尺度によって報告された。その記述を検討することによって、2006 年調査の能力尺度の骨格を見出すことができる。例えば、図 1.10 に示されるような尺度は、「科学的証拠を用いる」能力から導くことができる。

あるいはまた、2 つの知識要素、すなわち科学の知識及び科学についての知識という異なる尺度を用いて報告することも可能である。これら 2 つの知識尺度により習熟度レベルを示す上で、能力はその中核をなすことになる。報告される実際の尺度及び明らかにされる習熟度レベルの数は、引き続き 2006 年調査の測定データを分析することによって決定される。

問題に埋め込まれた態度の小問及び生徒質問紙から得られるデータを用いることによって、「科学への興味・関心」及び「科学的探究の支持」に関する信頼できる尺度を用意することも可能となる。「資源と環境に対する責任」の尺度は、生徒質問紙から得られるデータによって構築されるであろう。

態度の小問の得点は「科学的リテラシー」の指標（すなわち全体的な得点）には盛り込まれない。むしろ、生徒の「科学的リテラシー」の輪郭の 1 つの要素を形作ることになるであろう。

1.9 要約

PISA 2006 年調査において、科学は初めて中心分野となった。「科学的リテラシー」の定義は、2000 年調査及び 2003 年調査時と比べて、より精緻になり、拡張された。主な新しい点は、科学的な問題に対する生徒の態度を含めたことである。それは単に別に行う質問紙調査においてではなく、同一問題に関連するテストの問題に並べて科学的問題に対する態度について追加の質問を行ったことである。加えて、科学の性質や方法論そのもの（彼らの科学についての知識）及び、科学を

表 1.11 ■ PISA 2006 年調査における科学的リテラシーの主な要素

能力	知識	態度
科学的な疑問を認識する 現象を科学的に説明する 科学的な証拠を用いる	科学の知識： 物理的システム 生命システム 地球と宇宙のシステム テクノロジーのシステム 科学についての知識： 科学的探究 科学的説明	科学への興味・関心 ⁽¹⁾ 科学的探究の支持 資源と環境に対する責任 ⁽²⁾
〈注〉 (1) 「科学についての学習への興味・関心」は問の中に埋め込む形で評価 (2) 問の中に埋め込む形で評価はせず		

基礎とするテクノロジーの役割についての、生徒の理解力を一層強調している。

PISA 2006 年調査の「科学的リテラシー」の定義は、現代の社会への備えとして 15 歳の生徒が何を知り、何に価値を認め、何をすることができるべきかという検討を出発点としている。「科学的リテラシー」の定義とその評価の中心は、科学及び科学的探究を特徴づけるコンピテンシーである。これらのコンピテンシーを発揮できる生徒の能力は、科学的知識、すなわち、自然界に関する知識と科学自体に関する知識、及び科学の諸問題に対する態度によるのである。

この枠組みは、PISA 2006 年調査（表 1.11 参照）において評価される科学的能力、知識及び態度、そして調査問題の状況を説明するものである。調査問題は、小問の状況を設定する刺激材料によりはじまる各大問ごとにグループ分けされた。小問が組み合わせられ、いくつかの小問では採点にあたって部分正答が採用された。態度に関する小問は半数以上の大問に含まれており、テスト時間全体の約 11% を占めた。

生徒の科学の知識を評価する小問と科学についての知識を評価する小問の割合はおよそ 3 対 2 である。他方、3 つの科学的能力のそれぞれは、小問の最低 25% で評価されている。これは、習熟度のレベル分けとともに、能力のそれぞれについて、あるいは 2 つのタイプの知識について、個別の尺度を構成することを可能とする。そして、埋め込まれた小問で評価される態度についても尺度を構成することが可能になる。

PISA 調査における科学的リテラシーの評価の枠組みを示す他の問題例は、付録 A に掲載したとおりである。

〔注〕

- (注 1) 本書を通じ、「自然界」には、テクノロジーによって設計され形成される「物質の世界」を含む人間活動によってもたらされる様々な変化を含んでいる。
- (注 2) PISA 調査における科学的リテラシーの概念である「リテラシー」は、DeSeCo（能力の定義と選択）プロジェクト（OECD, 2003 b）の「能力」の概念、すなわち態度と価値を含むだけでなく、知識と技能をも含む考え方が比較することができる。
- (注 3) 技術製品（飛行機、エンジン、コンピュータなど）のデザインの知識あるいは内部の動きの知識は想定されない。

第2章

読解力

(読解リテラシー)

2.1 分野の定義

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関わりながら、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あ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、基本的なリストをまとめるという方法によって非連続型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 (Documents or records) 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つけたものである。

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。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进行分类することは、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（Tables）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、構造化すなわち予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。

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（読解力が中心分野であった）2000 年調査と（読解力は中心分野ではなかった）2003 年調査及び 2006 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

表 2.1 ■ 読解力問題のテキストの形式・種類別割合

□ 読解力が中心分野の調査（2000年調査）
 ■ 読解力は中心分野でなかった調査（2003年調査及び2006年調査）

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 (%)	
	□	■	□	■
■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 ¹⁾	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	34	37

1. 四捨五入により項目の合計が計の欄と一致しない場合がある。

び非連続型テキストの割合を示している。2000年調査、2003年調査、2006年調査いずれにおいても、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、これら3回の調査では説明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べきかを特定する採点基準、である。これら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。

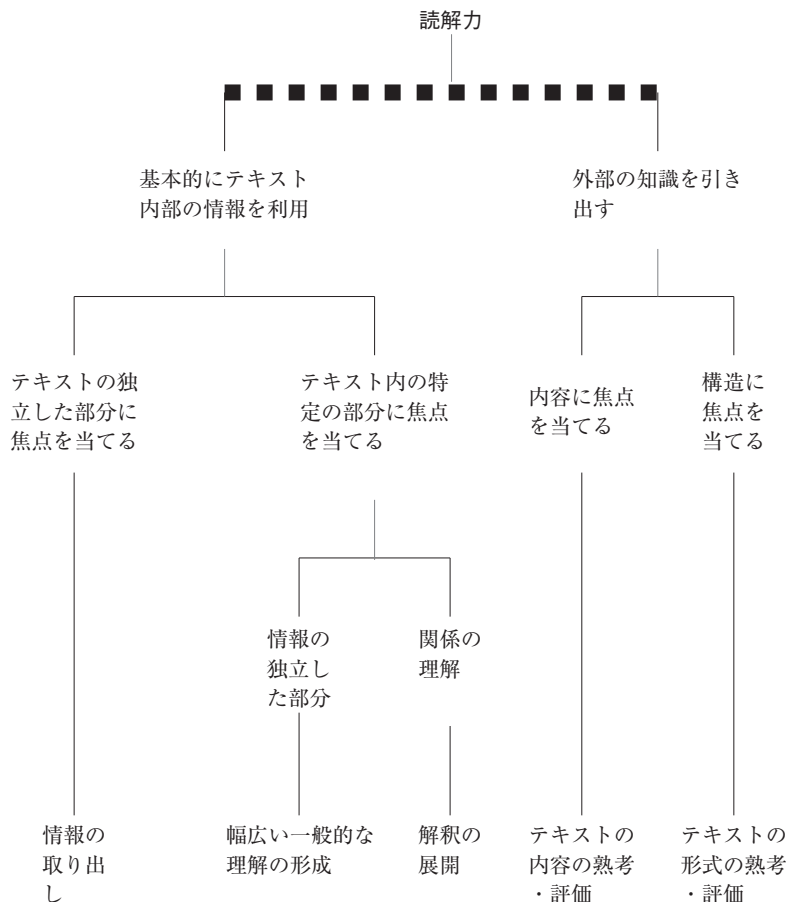
2.3.1 5つのプロセス（側面）

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かに関わらず、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)
- テキストの内容の熟考・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関わりなく、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の関係はあるが——各側面は同じ基礎的技能

図 2.2 ■ 読解力の5つのプロセス（側面）を区別する特徴



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関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関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関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付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、調査用紙の中で大問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興味を持つ。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。これには分類分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つ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。この様な課題は、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分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、たとえ結びつきを明白には説明できなくても、読み手は結びつ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、局部的に結びついているたった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つ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つけることを求める。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つ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

表 2.3 ■ 読解力問題の読解プロセス（側面）別割合

読解のプロセス（側面）	問題の割合（％）	
	読解力が中心分野の調査（2000年調査）	読解力は中心分野でなかった調査（2003年調査及び2006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

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・評価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。

●読解力問題の配分

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、2003年調査及び2006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。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

PISA 調査の読解力問題は、多肢選択形式、及び与えられたいくつかの解答の中から1つを選ぶのではなく、自分の答えを書くことを生徒に求めるような自由記述形式など様々な種類から成っている。問題の種類が異なればまた、異なる採点方法が必要となる。表 2.4 は、2000年調査、2003年調査及び2006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形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）が決められている求答形式問題、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形式問題、そして1つ以上の答を選択するよう求められる複合的多肢選択形式問題から成っている。

この表はまた、多肢選択形式問題及び自由記述形式問題が読解の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はないことを示している。多肢選択形式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

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

□ 読解力が中心分野の調査（2000年調査）
 ■ 読解力は中心分野でなかった調査（2003年調査及び2006年調査）

プロセス （側面）	問 題 の 種 類								計 ²	
	多肢選択形式問題の割合		複合的多肢選択形式問題の割合		求答形式問題の割合		自由記述形式問題の割合 ¹			
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	—	—	—	18	21	22	21
合計	42	29	6	7	9	21	44	43	100	100

1. この分類には短答形式の問題が含まれる。
2. 四捨五入により項目の合計が計の欄と一致しない場合がある。

目に示されている。対照的に、熟考・評価課題は2000年調査、2003年調査及び2006年調査のそれぞれ約20%で、多肢選択形式問題でみると2000年調査でわずか2%であった。内訳で見ると、採点者の採点が必要な自由記述形式問題の約20%が熟考・評価課題である。

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ている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、課題ごとに難易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形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も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

表 2.5 ■ 読解力問題の状況別割合

状 況	課題の割合 (%)	
	読解力が中心分野の調査 (2000年調査)	読解力は中心分野でなかった調査 (2003年調査及び2006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

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ついているのである。
- 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、読解力が調査の中心分野であった2000年調査の場合と、中心分野でなかった2003年調査及び2006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。

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。

生徒にとっての難易度、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。この難易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、問題反応理論（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、及びその難易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。この難易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

2006年調査は2000年調査及び2003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, 2001）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, 2002）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つ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。

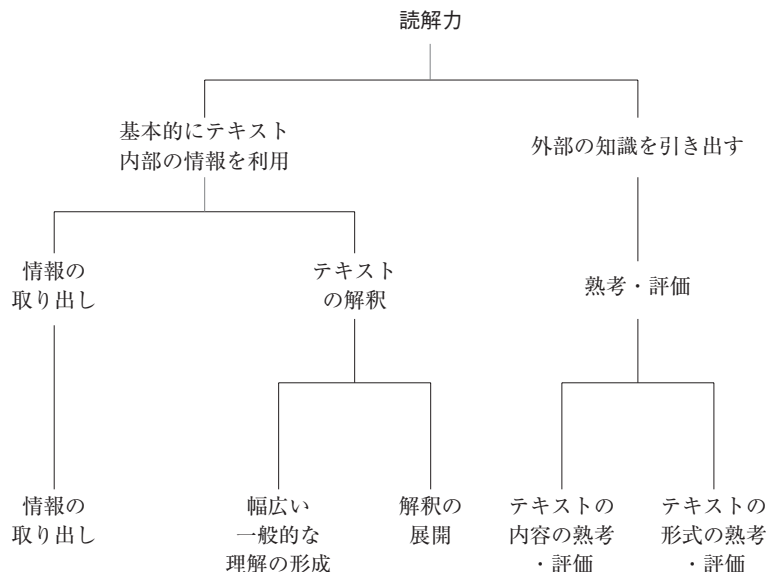
●読解プロセス（側面）の下位尺度

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中心分野ではないので、問題数が、中心分野であった2000年調査で用いられた141から約30に制限されること。したがって情報量は、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

2006年調査は2003年調査同様、「*Reading for Change : Performance and Engagement across Coun-*

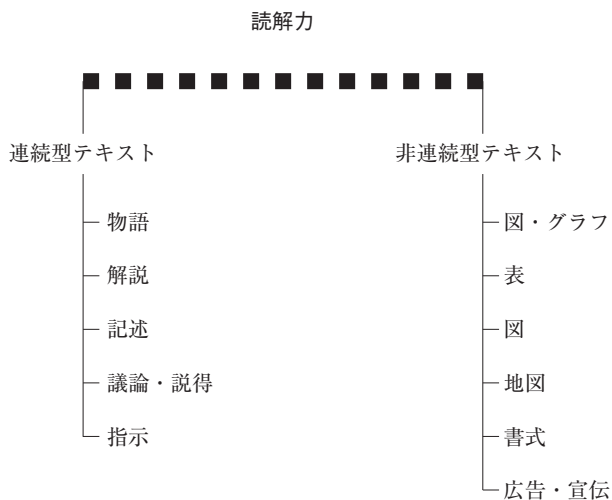
図 2.6 ■ 読解力の枠組みとプロセス（側面）の下位尺度との関係



tries」(OECD, 2002)でも報告されているような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 年調査及び 2006 年調査でも同様の配分である。

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易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

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



得ると同じように、各課題はその難易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 問題の難易度の構築

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、そのため難易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、自由記述形式問題の場合には、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、難易度（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% で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、その難易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。

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分野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。1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、それは同程度の難易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

表 2.8 ■ PISA 2000 年調査における読解力問題の例

読解力問題の難易度	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たてること（2点）。			○		○
727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たてること（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付けることにより、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付けることにより、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付けて評価すること（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関係を推論すること。		○		○	
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付けて、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つけること（2点）。			○	○	
529点：長い物語における出来事を結びつけることによって、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つけること（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見つけ出し、結びつけること。	○				○
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。		○		○	

題の難易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、難易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易度を左右する一方、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、また全体の難易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、読解力問題の難易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つけることから、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易度は、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易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、難易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、課題の難易度は、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易度を示すために、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。

●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成るいかなる仮説テストにおいても 50% の得点を挙げる事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成る調査に関しては、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、様々な難易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2.10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、この枠組みは、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、生徒が義務教育修了時において、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

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
<p>レベル5</p> <p>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、結びつけたることができる。いくつつかの情報は、テキスト本体の外に存在する場がある。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。</p>	<p>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な詳細な理解を示すことができる。</p>	<p>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>	<p>連続型テキスト：テキストの特定の部分が暗示的主題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>
<p>レベル4</p> <p>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、結びつけたることができる。それぞれの情報は、身近な文脈または形式をも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。</p>	<p>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。</p>	<p>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>	<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、いくつつかの段落にわたる言葉やテーマの結びつ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分けるために、また、比較されたり、結びつ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>
<p>レベル3</p> <p>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。</p>	<p>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、テキストのいくつつかの部分と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。</p>	<p>テキストの特徴を結びつけたり、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。</p>	<p>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つきを理解することができる。</p> <p>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つかの空間・言語・数値情報を結びつけ、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。</p>

レベル2	<p>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。</p>	<p>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。</p>	<p>テキストと外部の知識とを比較したり、結びつ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。</p>
レベル1	<p>1つ以上の明示的に記述された個々の情報を見つけて出すことができる。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。</p>	<p>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。</p>	<p>テキストにある情報と、一般的で日常的な知識との間を簡単な結びつけを行うことができる。</p>

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て出すために、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易度の課題に正解する確率（％）

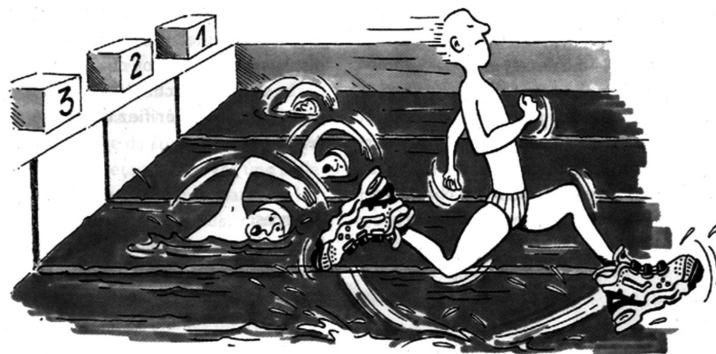
異なる習熟度レベル	難易度の異なる選ばれた課題			
	レベル1の 367点の問題	レベル3の 508点の問題	レベル4の 567点の問題	レベル5の 652点の問題
レベル1未満 (298点)	43	14	8	3
レベル1 (371点)	63	27	16	7
レベル2 (444点)	79	45	30	14
レベル3 (517点)	89	64	48	27
レベル4 (589点)	95	80	68	45
レベル5 (662点)	98	90	82	65

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分野における知識・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。

2.6 読解力問題例

読解力問題例 1 ランニングシューズ

楽しく走れるランニングシューズ



フランスにあるリヨン・スポーツ医学研究所は、14年間にわたり、スポーツをしている青少年やプロスポーツ選手のけがについて研究してきました。研究の結果、けがをしない最もよい方法は予防することで、それには良いシューズをはくことという結論がでました。

衝突、転倒、すり切れ……

スポーツに親しんでいる8～12歳の子供のうち、18%がすでにかかるとに損傷を抱えています。サッカー選手の足首の軟骨は衝撃に対してうまく反応せず、プロ選手の25%は特にそれが弱点であると自分でも気付いています。痛みやすいひざ関節の軟骨もまた、致命的な損傷を負う可能性があり、まさに少年時代（10～12歳）から注意しないと、これが原因で早くから骨関節炎に苦しむ可能性があります。股関節（こかんせつ）も負傷と無縁ではなく、特に疲労している場合、転倒または衝突によって骨折する危険があります。

この調査によれば、10年以上プレーしてきたサッカー選手は、すねまたはかかとのいずれかの骨が突出しています。これが「サッカー足」と言われているもので、くつ底と足首部分が柔らかすぎる

シューズをはいていることに起因する変形です。

保護、サポート、安定、吸収

シューズがかたすぎると、動きを制限されます。また柔らかすぎると、けがやねんごの危険が増大します。良いスポーツシューズとは、次の四つの基準を満たしていなければなりません。

第1に、外部からの保護、つまりボールや他の選手との衝突から保護し、グラウンドのでこぼこに対処し、こごえるような寒い日や雨の日でも足を暖かく、乾いたままに保たなければなりません。

次に、足、特に足首の関節をサポートして、ねんご、はれその他の問題の発生を防ぐこと。これはひざにまで悪影響を及ぼしかねないからです。

また、選手にとって十分な安定性があり、ぬれたグラ

ドでスリップしたり、カラカラに乾燥した地面ですべることがあってはなりません。

最後に、特にバレーボールやバスケットボールの選手は、常にジャンプをしてるので、強い衝撃を受けています。衝撃を吸収しなければなりません。

足の乾燥

足の豆、さらにはひび割れや水虫（菌性感染）などの小さいけれどもつらい症状を予防するため、シューズは、汗を発散させ、外部の湿気が浸入するのを防がなければなりません。これに最適な素材は皮です。皮は防水加工をすれば、雨にぬれた時にシューズに水がしみ込むのを降りはじめなら防ぐことができます。

出典：Revue ID (16) 1-15 June 1997.

「ランニングシューズ」は、フランス系ベルギー人の青少年向けにつくられた雑誌から引用された解説文である。テキストの用途としては教育的用途に分類できる。読解力問題に採用した理由の1つは、PISA 調査の対象である15歳児が高い関心を持つテーマであると考えられたからである。記事には魅力的な漫画のようなイラストがあり、また、わかりやすい小見出しで段落に分けられている。これはテキストの形式で言えば連続型テキストであり、若い運動選手のけがを予防するという観点からランニングシューズの質を判断する基準を述べながら、心理的に構築することの概要を示す説明的な文章の一例である。

実際にはこの問題には4つの小問があり、それらは情報の取り出し、解釈及び熟考の3つの側面すべてをカバーするこの刺激（課題文）に基づいて答えるようになっているが、これらの間は比較的簡単で、問題の難易度としてはレベル1に相当する。問のうちの1つを以下に例示する。

ランニングシューズに関する問

課題文によれば、スポーツシューズがかたすぎるといけない理由は何ですか。

正答：コード1（392点） 動きが制限されることに触れている解答

この問は、読む行為のタイプからみれば情報の取り出しに分類される。また、読み手に対して、1つの基準を考慮しながら明示的に記述されている情報を見つけ出すことを求めている。

問の難易度を左右する1つの要因として、その問の言葉が課題文の言葉と合致しているかどうかという点があげられる。この問題例では「かたい」という言葉が問にも課題文にもあって、読み手はそれらを直接合致させることができるため、情報を見つけやすくしているのである。

問の難易度を左右するもう1つの要因としては、課題文の中に情報が置かれた場所やどのくらい目立つかなどの点がある。例えば、課題文の最初の部分にある情報は通常見つけやすい。この問で求められている情報は課題文の中間あたりにあるのだが、小見出しによって分けられている3つの段落のうちの1つの冒頭近くにあるので、きわめて目立つ場所にあると言える。

この問が比較的簡単であるもう1つの理由としては、「動きを制限されます」という文を直接引用すれば正答となる点が挙げられる。しかしながら、例えば「スポーツシューズが楽に走るのをじゃまする」とか「だから動き回ることができる」など、自分の言葉を使って誤答となるケースが多かった。

一般的な誤答としては、「足をサポートする必要があるから」などのような、求められている答えと反対の答えを書いてしまうものがあつた。もちろんこれも課題文の中にある表現ではあるが。この種の答えを書いた生徒は、問にある「……かたすぎるといけない」という、否定する表現を見落としてしまったか、あるいはこの問には関係のない課題文のある段落のテーマに引きずられて、「かたい」と「サポート」という概念を勝手に結びつけてしまったのかもしれない。

読解力問題例 2 | チャド湖

図1は、北アフリカのサハラ砂漠にあるチャド湖の水位変化を示しています。チャド湖は、最後の氷河時代の紀元前20000年ごろに完全に姿を消しましたが、紀元前11000年ごろに再び出現しました。現在のチャド湖の水位は、西暦1000年とほぼ同じです。

図1

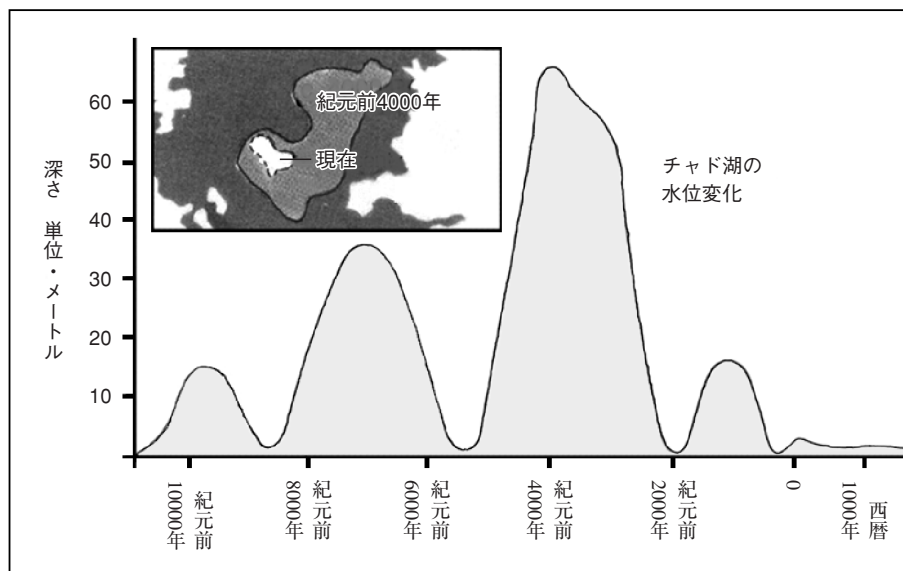
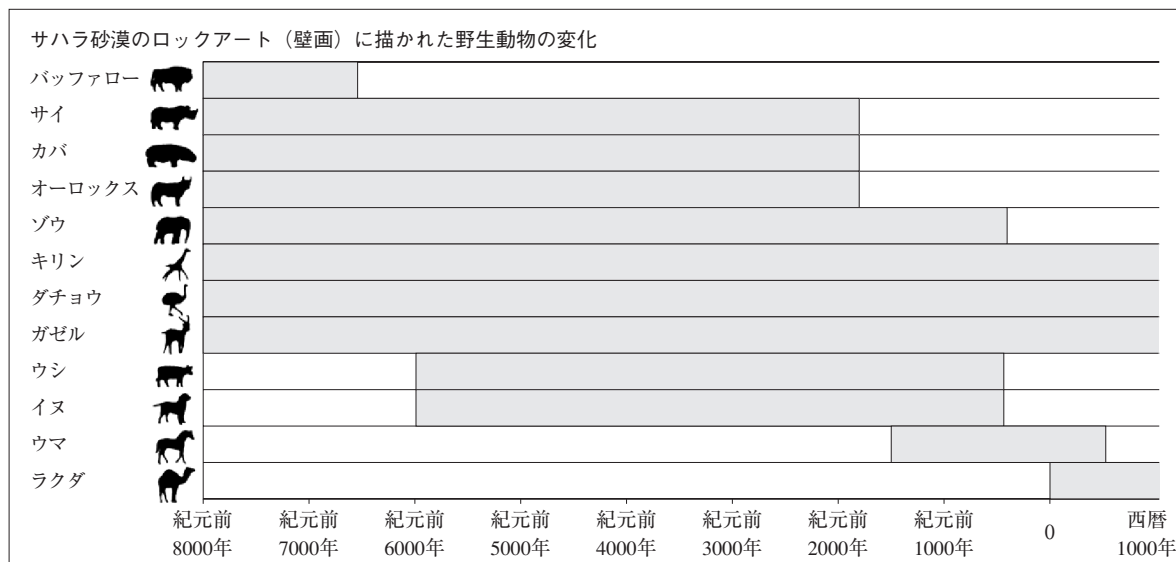


図2は、サハラ砂漠のロックアート（洞窟（どうくつ）の壁に描かれた古代の壁画）とそれに描かれた野生動物の変化を示しています。

図2



出典：Copyright Bartholomew Ltd. 1988. Extracted from The Times Atlas of Archaeology and reproduced by permission of Harper Collins Publishers.

「チャド湖」は、考古学アトラスから2つの図を引用したユニットである。図1は線グラフで、図2は水平のヒストグラムである。図1に挿入されている湖の小さな地図によって、非連続型テキストの3番目の形式が示されている。かなり短い文章も2つ用いられており、これらも刺激の一部となっている。しかし、この刺激に関わる課題は、ほとんどが非連続型の構成要素に関連付けられており、テキストの形式という側面からみれば非連続型に分類される。

いくつかの情報を並記することによって、作者は読み手に、チャド湖の水位の長年にわたる変化と、その環境下にある種の野生動物が存在していた時期との関係を推察することを求めている。

これは、教育的な状況において生徒が典型的に遭遇するような種類のテキストである。しかしながら、そのアトラスは一般的な読者のためにつくられたものであるから、このテキストは読解力の枠組みにおいては公的な状況として分類される。この刺激には全部で5つの小問があり、これらが3つの側面すべてをカバーしている。そのうちの1つの問は解釈に関するものであるが、それを以下に示す。

チャド湖に関する問

この問に答えるには、図1と図2から得た情報をまとめる必要があります。

サハラ砂漠のロックアートからサイ、カバ、オーロックスが姿を消したのは、以下のどの時期ですか。1つ選んでください。

- A 最後の氷河時代の始め
- B チャド湖の水位が最高だった期間の中ごろ
- C チャド湖の水位が1000年間以上にわたって低下し続けた後
- D とぎれることのない乾期の始め

正答：コード1（508点） C

この「解釈」に関わる課題は、生徒に、ある関係を理解するために非連続型テキストのいくつかの部分統合させることを求めている。生徒は、2つの図に与えられた情報を比較しなければならない。

2つのソースの情報を組み合わせるのに必要とされることが、この課題の難易度が普通程度であることを規定している。また、2つの異なるタイプの図が用いられている点もその難易度を左右する要因となっているとともに、読み手は、該当する情報がある形式から別の形式に置き換えるために、両者の構造を解釈する必要がある。

正答を選ばなかった生徒のうち最も多かったのが、選択肢Dの「とぎれることのない乾期の始め」を選択したケースであった。課題にあまり注意を払わなければ、この選択肢Dは間違った答えのうちで最も正答らしく見える。また、それを選んだ生徒は、彼らの目の前にある情報に基づかずに、むしろ課題の外のよく知られた知識に基づいて解答したと考えられる。

読解力問題例 3 落書き

学校の壁の落書きに頭に来ています。壁から落書きを消して塗り直すのは、今度が4度目だからです。創造力という点では見上げたものだけれど、社会に余分な損失を負担させないで、自分を表現する方法を探すべきです。

禁じられている場所に落書きするという、若い人たちの評価を落とすようなことを、なぜするのでしょうか。プロの芸術家は、通りに絵をつるしたりなんかしないで、正式な場所に展示して、金銭的援助を求め、名声を獲得するのではないのでしょうか。

わたしの考えでは、建物やフェンス、公園のベンチは、それ自体がすでに芸術作品です。落書きでそうした建築物を台なしにするというのは、ほんとに悲しいことです。それだけではなくて、落書きという手段は、オゾン層を破壊します。そうした「芸術作品」は、そのたびに消されてしまうのに、この犯罪的な芸術家たちはなぜ落書きをして困らせるのか、本当に私は理解できません。

ヘルガ

十人十色。人の好みなんてさまざまです。世の中はコミュニケーションと広告であふれています。企業のロゴ、お店の看板、通りに面した大きくて目ざわりなポスター。こういうのは許されるのでしょうか。そう、大抵は許されます。では、落書きは許されますか。許せるという人もいれば、許せないという人もいます。

落書きのための代金はだれが払うのでしょうか。だれが最後に広告の代金を払うのでしょうか。その通り、消費者です。

看板を立てた人は、あなたに許可を求めましたか。求めています。それでは、落書きをする人は許可を求めなければいけません。これは単に、コミュニケーションの問題ではないのでしょうか。あなた自身の名前も、非行少年グループの名前も、通りで見かける大きな製作物も、一種のコミュニケーションではないかしら。

数年前に店で見かけた、しま模様やチェックの柄の洋服はどうでしょう。それにスキーウェアも。そうした洋服の模様や色は、花模様が描かれたコンクリートの壁をそっくりそのまま真似たものです。そうした模様や色は受け入れられ、高く評価されているのに、それと同じスタイルの落書きが不愉快とみなされているなんて、笑ってしまいます。

芸術多難の時代です。

ソフィア

出典：Mari Hamkala

この問題の刺激（課題文）はフィンランドから提出されたもので、インターネット上に掲示された2通の手紙から成っている。我々はよく読み手として、異なる2つ以上の情報源の考え方を合成したり、比較、対照したりするが、この4つの小問を持つ刺激（課題文）は典型的なりテラシーの行為をシュミレーションするものとなっている。

この「落書き」に関する手紙はインターネット上で公開されたという設定のため、状況の観点では公的な状況に分類される。また、この2通の手紙は意見を発表し、ある考え方に読み手を説得しようとしていることから、より広い意味で連続型テキストに分類されるとともに、タイプとしては議論に分類される。

「ランニングシューズ」のように「落書き」の主題は、15歳児にとって興味深いものであると考えられる。落書きをする人が芸術家なのかあるいは心ない破壊者なのかという点について手紙の筆者の間でなされている議論は、調査を受ける者にとって真実味のある事柄である。

問の1つを下に例示するが、これは熟考・評価の側面を示したものである。

落書きに関する問

手紙に何が書かれているか、内容について考えてみましょう。

手紙がどのような書き方で書かれているか、スタイルについて考えてみましょう。

どちらの手紙に賛成するかは別として、あなたの意見では、どちらの手紙がよい手紙だと思いますか。片方あるいは両方の手紙の書き方にふれながら、あなたの答えを説明してください。

正答：コード1（581点）

片方または両方の手紙のスタイルについて意見を述べている。文体、議論の組立て、議論の説得力、論調、用語、読み手に訴える手法などの特徴を説明している。「よい議論」と述べている場合、それについての立証が必要である。

この課題文は生徒に、2通の手紙を比較して筆者の仕事を評価するために、公式的な知識を用いるよう求めている。この間に解答するには、よい手紙にしている要因を読み手自身が理解し、それを記述することが必要であるため、5つの側面のうち熟考に分類される。

正答には、手紙の筆者のうちの1人もしくは両者の論調あるいは論の進め方に触れるなど、いくつもの種類がみられた。典型的な正答例としては、「ヘルガの手紙は、落書きをする”芸術家”について直接的に言及する方法をとっているので、効果的である」や「私の考えでは、2番目の手紙の方がよいと思う。なぜならば、読み手が講義を受けているというよりも議論に参加しているという気持ちになるように、疑問を投げかけているからである」などがある。

正答とならなかった答えはあいまいであったり、実質的に課題文に関連していない一般的な意見について述べていたり、あるいは文体よりもその内容について述べていたりすることが多かった（例えば、「ソフィア（の手紙の方がよい）。なぜなら落書きは芸術の1つの形式であるから」）。

2.7 要約

PISA 調査における読解力とは、文字情報を読み解いたり、理解したりするような生徒の能力を単純に測定するというを超えたものである。PISA 調査における読解力にはまた、書かれたテ

キストを理解し、活用し、熟考することが含まれている。さらに、目標を達成したり、社会に積極的な市民として参加する上で読解力の重要性を考慮している。

生徒は異なる方法で読むことに取り組むという考え方がある。PISA 調査では、生徒が読むであろう雑誌・新聞の記事や小説などの連続型テキストと、図表、地図、グラフなどの非連続型テキストとを区別している。また、多肢選択形式、自由記述形式、選択肢（解答）が決められている求答形式など、様々な種類の問題が生徒に提示される。

PISA 調査における読解力は、情報の取り出し、テキストの解釈及びテキストの熟考・評価という3つの尺度で報告される。2000年調査では、生徒の読解力を評価するために5つのレベルの習熟度が開発された。最も高いレベルの生徒は、対立する情報を含む見慣れないテキストの中から複雑な情報を見つけ出すなどの高いレベルの課題をこなすことができるが、習熟度が最も低い場合、より明示的な情報で、その中にはむしろ対立する情報が無いような情報を見つけ出すことしかできない。習熟度レベルが最も高い生徒は、ある種のテキストにおいて筆者の意図するところを熟考することができると考えられるが、習熟度レベルが低い場合は、テキストにある情報と日常生活を単純に結びつけることができると考えられる。

読解力はPISA 調査の第1サイクルの中心分野であったが、2009年調査において再度中心分野となる。この枠組みは、その際にもう一度開発の状況を踏まえて検討されることになるであろう。

第3章

数学的リテラシー

3.1 分野の定義

PISA 調査における数学的リテラシー分野は、生徒が様々な状況において数学的に問題を設定し、定式化し、解決し、それを解釈するように、アイデアを有効に分析し、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関わる無数の課題に直面するようになってきている。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修了する時期）の能力に焦点を当てている。

PISA 調査では数学的リテラシーを次のように定義づけている。

数学的リテラシーとは、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、数学に携わる能力である。

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」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している。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つけることを含んでいる。

- 「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、アイディアは、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」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、数学と関連付けたり、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、娯乐的な要素も意味する。
- 「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、それにも関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をある程度持たない人間が、この様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、この様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。

3.2 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ついた、入り組んだ設計をもつ。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。

数学的リテラシー問題例 1：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。新しい公式は次の通りです。

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

この大問の問のねらいは、2つの公式と公式の違いが最大許容心拍数の計算にどのような影響をあたえるかをみるものである。

この問は、数学者が用いるような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。

- まず始めに、数学化あるいは数学化することのプロセスは現実に存在する問題から出発する。

この問題から明かなように、この事例における現実とは身体の健康とその状態を維持することであり、「運動する際の重要なルールとは、過度の激しい運動を避けるようにしないと体に悪い影響を及ぼすかもしれない」ということである。この問題は、健康を心拍数と結びつけた文章や「望ましい最大心拍数」に言及することによって、我々に現実に存在する問題から出発することへの注意を喚起しているのである。

- 次に、解答者は関連する数学を明らかにしようとし、そして、明らかにされた数学的な概念に従ってその問題を再構成する。

生徒は、2つの言葉の式に直面し、それらを理解しなければならず、これら2つの式を比較し、それらが数学的な用語では実際に何を意味するのかを問われている。公式は、望ましい最大心拍数とその人の年齢との間の関係を示している。

- 3つ目は、徐々に現実を取り除いていくことにかかわる。

その問題を厳密に数学的な問題に移行すること、すなわち現実を取り除くには異なる方法

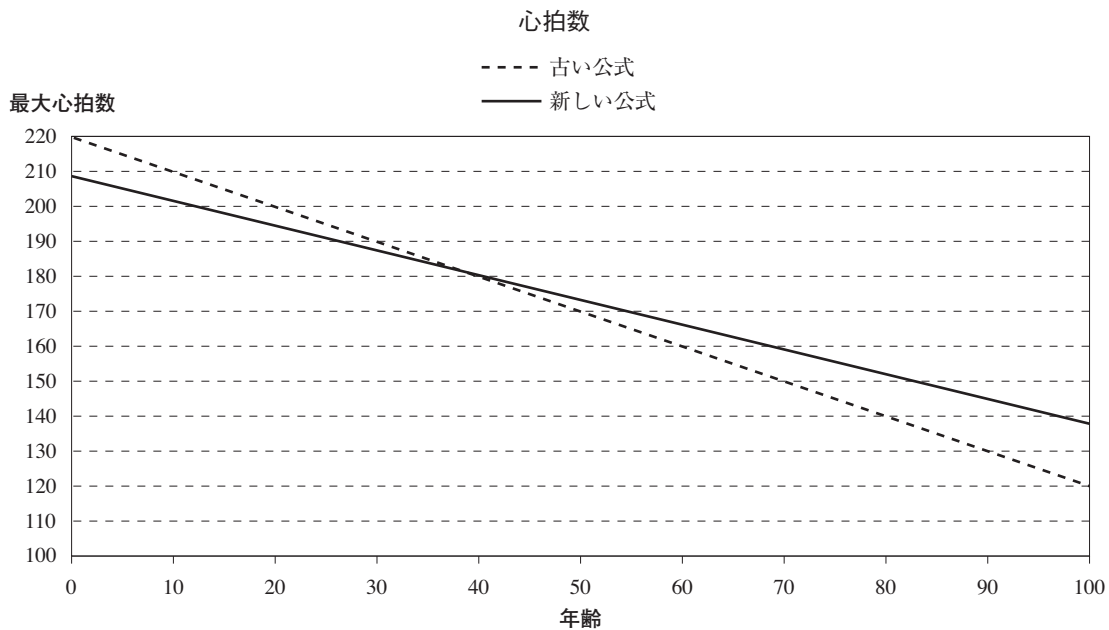
がある。1つは、 $y=220-x$ あるいは $y=208-0.7x$ などのように、言葉の式をより正式の代数表現に変える方法である。生徒は、 y が1分当たりの最大心拍数を示し、 x が年齢を示すということを覚えていなければならない。もう1つの厳密に数学的な方法は、言葉の式から直接グラフを描くことである。言葉の式が1次なので、これらのグラフは直線であるが、それぞれ傾きが異なるため交わる。

以上の3つの段階は、現実の世界の問題から数学的な問題へと我々を導いてくれる。

■ 4つ目は、**数学的な問題を解くこと**である。

数学的な問題とは、ここでは、2つの公式あるいはグラフを比べること、及びある年齢の人々の違いについて何かを言うことを指す。始める際のうまいやり方は、2つの公式が同じ結果になるのはどこか、すなわち2つのグラフの交点を見つけることである。すなわち、生徒は $220-x=208-0.7x$ という等式を解くことによって $x=40$ を得ることができ、 y が180となり、2つのグラフの交点が $(40, 180)$ であることがわかる。

この交点は下のグラフでも求めることができる。最初の公式の傾きが -1 で、2つ目の公式の傾斜が -0.7 なので、2つ目のグラフは最初のグラフよりも傾きがゆるやかであることがわかる。すなわち、 $y=220-x$ の直線は、 x が40よりも小さい場合は $y=208-0.7x$ の直線より上にあり、 x が40よりも大きい場合は下にある。



■ 5つ目は、**厳密に数学的な解答が、現実の世界からみてどのような意味があるのかを問うこと**である。

もし生徒が x は人の年齢を表し、 y が最大心拍数を表していることに気づけば、その意味はあまり難しいわけではない。40歳の人であれば2つの公式とも同じ結果となり、答えは最大心拍数が180となる。「古い」公式では若い人ほど心拍数が高く、例えば極端な話、0歳児の最大心拍数は古い公式では220となるが、新しい公式ではわずかに208である。しかしながら年齢の高い人、例えば40歳を超える人々の場合、最近の考え方の方が最大心拍数が高い。100歳の人の最大心拍数をみると、古い公式では120であるが、新しい公式では138である。もちろん生徒は、その公式には数学的な正確さが欠けており、あまり科学的で

はないような雰囲気を与えていることなど、その他多くの事に気づかなければならない。実際、公式は大体の方法を示しているに過ぎないので、注意が必要である。もう一点、0歳や100歳など極端な年齢の場合の結果はさらに注意を要する。

この例は、大規模な国際調査という制限の中でも使用でき、短い時間で解ける比較的簡単な問題であっても、それによって、数学化及び問題解決のサイクル全体を明確にすることができる、ということである。

以上のプロセスは、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関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。入手可能な情報は幾何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いく。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のプロセスの段階は、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し、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。今後ますます多くの職業において、数学的思考に基づいて概念や手順を理解し、伝え、これを使用して説明する能力が求められるであろう。数学化のプロセスの諸段階は、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、数学を、自らの必要性にしばしばかなう、力動的に変化に富み、関連性の高い学問であるとますます捉えるようになる。

PISA 調査が直面している実施上の問題は、数学化する能力の観点からみた場合、15歳児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、現実から数学へと進み、再び現実へ戻ってくるという全プロセスは、しばしば他の人との協力と適切な資料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。

問題解決の問題例において数学化を説明するために、次の「休暇旅行」の問題例について見てみ

る。これは PISA 2003 年調査で問題解決能力の問題として使用されたものである。この問題には 2 つの小問があり、休暇旅行で一泊するためのルートと宿泊場所を計画するというものである。生徒には、簡単な地図と地図上に示された町間の距離を示した表（複数の表現）が示された。

数学的リテラシー問題例 2：休暇旅行

これは、休暇旅行のために最適なルートを考える問題です。

図 1 と 2 は、この地域の地図と、各町間の距離を表しています。

図 1：町と町をつなぐ道路

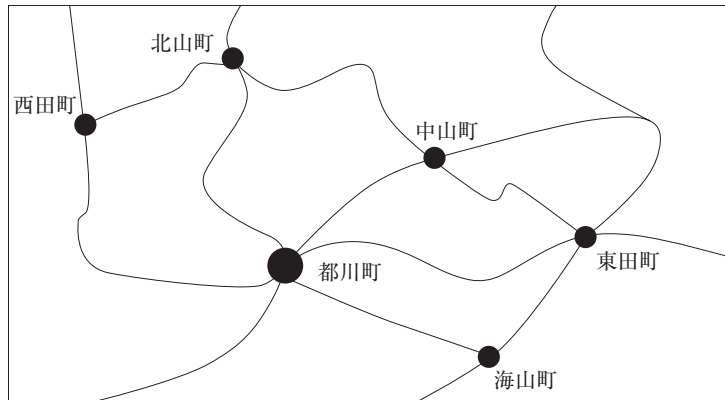


図 2：各町間の最短距離（キロメートル）

都川町						
西田町	550					
北山町	500	300				
中山町	300	850	550			
東田町	500		1000	450		
海山町	300	850	800	600	250	
	都川町	西田町	北山町	中山町	東田町	海山町

休暇旅行に関する問 1

東田町・西田町間の、道路上での最短距離を計算してください。

距離 _____ km

休暇旅行に関する問2

敏子さんは都川町に住んでいます。彼女は西田町と北山町に行きたいと考えています。彼女はいずれの日も300キロメートルまでしか移動できませんが、各町間のどこかで一泊キャンプし、旅の疲れを癒すことができます。

敏子さんは、どの町でも2晩は泊まることで、その町でまる1日観光ができるようにしたいと考えています。

下の図に、敏子さんが毎晩どこに泊まるか記入し、旅程表を完成させてください。

日	宿泊地
1	都川町・西田町間のキャンプ場
2	
3	
4	
5	
6	
7	都川町

この問題は、表面上は教科とのつながりはないが、離散数学とは明かな関係があることがわかるだろう。また、この問題を解くための方法は予め示されていない。生徒に問題が出されるとき、どの方法を使えばいいのか生徒が正確に知っているというような場合がよくある。しかしながら、現実の世界の問題解決では、どの方法を使えば良いかがすぐわかるというようなことはない。

さらに、数学化の5つの側面ははっきりしており、問題は現実の状況に置かれており、数学的概念（距離を示した図や表）や（現実のモデルとしての）地図によって構成され得る。生徒は余分な情報を取り除き、関連のある情報、特にその情報の数学的な側面に焦点を当てる必要がある。数学的に問題を解いたら、生徒は現実の状況から解答を確かめる必要がある。

その問題を解くためには、相対的にみて読解力があまり必要ではないものの、生徒は地図や距離を示す図からの情報を読み、解釈しなければならないことから、やはり複雑な問題であることに変わりはない。表から距離を求めるには、左から下に読むよりも、むしろ下の方から距離を読むことが求められる場合もある。例えば、東田町から海山町までの距離を決めるには、海山町から東田町までの距離を見つけるように方法を変換させる必要がある。(Problem Solving for Tomorrow's World – First Measures of Cross-Curricular Competencies from PISA 2003 [OECD, 2004])

問題例の問2は、同時に満たさなければならない多くの制限がある。すなわち、いずれの日も最大で300キロメートルまでしか移動できないこと、敏子さんが住んでいる都川町から出発して都川町にもどってくること、西田町と北山町に行くこと、彼女の休暇の目的を達成するためにどの町でも2泊すること、などである。

この問題はPISA調査の問題解決能力において用いられたものであるが、生徒は、問題解決能力の問題を解くのに、数学の問題を解くよりも相当多くの時間が割り当てられていたということに注目すべきである。

理想的には、15歳児が世界で出くわす数学的問題を解くために、自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ためには、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

についての情報を集める必要がある。明らかに、これは実際的ではない。その代わりに PISA 調査では、このプロセスの別の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、一連の調査問題をバランスよく作成するためにとられた方策について説明する。それは、これらの調査問題を選択することによって数学化の5つの側面が含まれるからである。その目的は、これらの調査問題に対する反応により、生徒を PISA 調査における数学的リテラシーの習熟度の尺度に位置づけるためである。

3.3 数学的リテラシー分野の構成

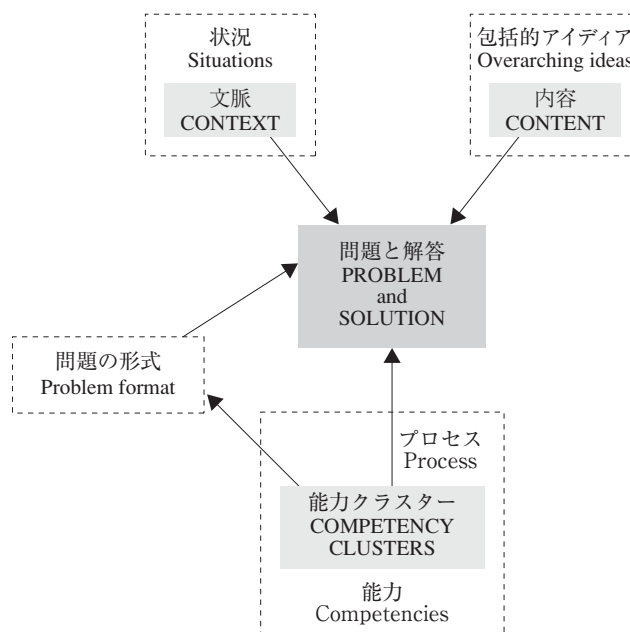
PISA 調査における数学的リテラシーの枠組みは、15 歳児が現実世界の諸問題に直面したとき、根拠の十分なやり方でどの程度数学を扱うことができるか、その理論的根拠、説明及び評価を与える。あるいは、より一般的な表現を使うならば、15 歳児は数学的にどの程度リテラシーがあるのかの評価を与える。調査される分野をより明確に説明するため、次の3つの構成要素が区別されなければならない。

- 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。
- 問題が生み出される現実の世界を数学に結びつけ、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図 3.1 に示す。各構成要素についての説明は後述する。

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と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生じる。PISA 調査の問題は、2つの方法で現実の世界からとられたものである。第一に、問題は生徒の生活に関係するいく分広い状況の中に存在している。状況は現実の世界

図 3.1 ■ 数学的リテラシーの分野の構成要素



の一部を形成し、図 3.1 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灰色の長方形で表されている。

前述の心拍と休暇旅行の問題例では、状況は私的な現実の世界であり、文脈は積極的な市民としてのスポーツ／健康の側面と休暇の計画の仕方である。

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な内容である。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説明することができる。この 4 つのカテゴリーは、数学的な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、これらの包括的アイディアは、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、なじみのある内容とはいく分異なる方法である。しかしながら、包括的アイディアは生徒が学習してきたと考えられる、一連の数学的トピックスを幅広く含んでいる。包括的アイディアは図 3.1 の右上にある大きな長方形によって表されている。包括的アイディアから、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ィ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するかを示している。

心拍の問題には、数学的な関係、及び判断するために 2 つの関係を比較することが関わっている。そこでこの問題は、包括的なアイディアで言えば変化と関係に属する。休暇旅行の問題には基本的な計算がいくらか必要であるが、その 2 つ目の間には分析的推論がいくらか必要である。その最も適切な包括的なアイディアは量である。

生徒が問題を解くために用いようとする数学的なプロセスは、数学的能力と呼ばれる。3 つの能力クラスターは、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んでいる。これらのクラスターは、生徒が彼らの世界と関わる際に生じる問題を解決するとき、数学的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の構成要素は、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で表されている。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。実際、この能力は数学的リテラシーの核心である。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良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、生徒が問題状況に有効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。

3.4 状況と文脈

数学的リテラシーの重要な側面の1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存在する。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、職業生活と余暇、これに続いて、日常生活で出くわす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設定である。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。

数学的リテラシー問題例 3：預金口座

ある銀行の預金口座に1000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。

預金口座に関する問

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。

この問題の状況は金融と銀行取引であり、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。この問題の文脈は、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文脈を提供している。これは、学校の数学の教科書にしばしば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ついているものである。

「真正な」(authentic) という用語は数学のテスト問題が、必ずしもある意味、真実かつ現実であるということを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。

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、その問題とそれに関わる数学との距離から考察することができる。課題が数学的な対象、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ことができ、課題は科学的な状況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つながりが問題の文脈において明らかである。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であり、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出会う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である。

数学的リテラシー問題例 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わけではなく、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1つである。このような問題は科学的状況に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出会うような課題であり、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出会う可能性が最も高いからである。

3.5 数学的な内容——4つの包括的アイデア

今日、多くの人々は数学を一般的な意味でパターンの科学であると捉えている。このため、この枠組みではこれを反映した包括的アイデアを選択した。すなわち、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、量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、いかなる学校段階の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、確率論と統計の要素により、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。

こうして、歴史的発展、分野の範囲、学校カリキュラムの主な構成要素の反映という条件を満たすため、2006年調査では以下に示す包括的アイデアが用いられている。

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

これらの4つの包括的アイデアにより、数学的な内容は十分な領域数に構成され、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、分類数は十分に小さくして、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いような細かい区分を避けた。

包括的アイデアの基本的な考え方は、多くの異なる状況や複数の状況において出くわし、意味のあ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し、伝統的な数学の内容の構造の場合も同様であるということである。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いて、ある1つの核心—重心—を所有していると考えられるが、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述べることとする。

3.5.1 空間と形

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出会う。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、その学習はあらゆる学校段階で可能であるとともに、望ましいものである (Grunbaum, 1985)。

対象の性質を理解し、その相対的な位置を知ることもまた重要である。生徒は物をどのように見て、なぜ、自分たちが見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し、空間及び構成物や形の位置を指示する方法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のと同様に、形とイメージや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次元の対象を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。

形は伝統的な幾何学と強く結びついているが、内容、意味、手法ははるかにその枠を超えている。実際の形との相互作用には、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。形を概念を把握するために、生徒は、対象がどのように類似し、また異なっているかを発見し、対象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。

いろいろな形は静止した物以上のものであると考えることが重要である。ある形をある物に変換することができ、こうしていろいろな形は変えられる。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エレガントに視覚化できる。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なければならない。次の節の図3.2にその一例を示す。

形と構造の学習は、形の構成要素を分析し、異なる表現や異なる次元で形を認識する際に、類似性と差異を探求することを必要としている。形の学習は、空間の把握の概念と密接に関連している (Freudenthal, 1973)。

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、これを地図に結びつけ、写真が撮影された地点を示すこと、地図を描く能力、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、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、これらすべてがこの包括的アイディアにおいて、生徒に関わってくる。

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、前から、横から、上から）に慣れているはずである。次の節の図3.3において示すように、彼らは、3次元の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、ただ単に対象の相対位置を理解するだけでなく、空間及び構造物の位置を指示することができなければならない。1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次元の対象を取り上げてその2次元の展開図を作る能力、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次元の対象が2次元で表示されていても同じである。この問題例を図3.4に示す。

空間と形の重要な側面は、以下の通りである。

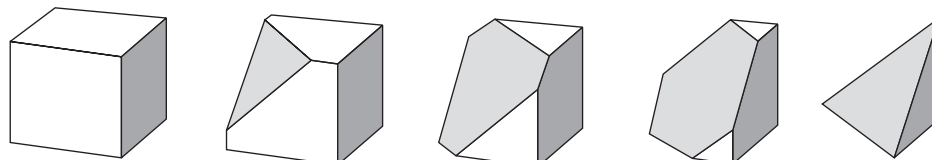
- 形とパターンの認識
- 視覚情報の説明、記号化、解読
- 形に対する動的な変化の理解
- 類似点と相違点
- 相対的な位置
- 2次元と3次元の表現とそれらの関係
- 空間に行くこと（旅することの意味）

●空間と形の問題例

図3.2は、形が変化する様子を見る際に、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「切断される」（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、

図3.2 ■ 立方体の様々な箇所を平面で切ったもの

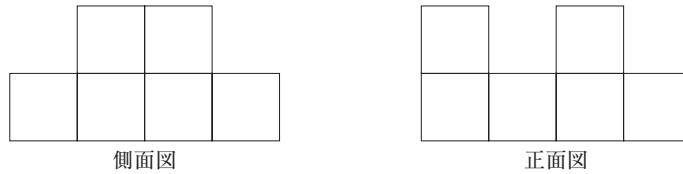
立方体を1つの平面で切り取った場合、どのような形ができますか。
また、立方体をこの方法で切り取った場合、面、辺、頂点はそれぞれいくつできますか。



次に、3次元の形の表現に慣れている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、立方体から成る対象の側面図と正面図が、図3.3に示されている。問題は次のとおりである。

図 3.3 ■ 立方体から作られた対象の側面図と正面図

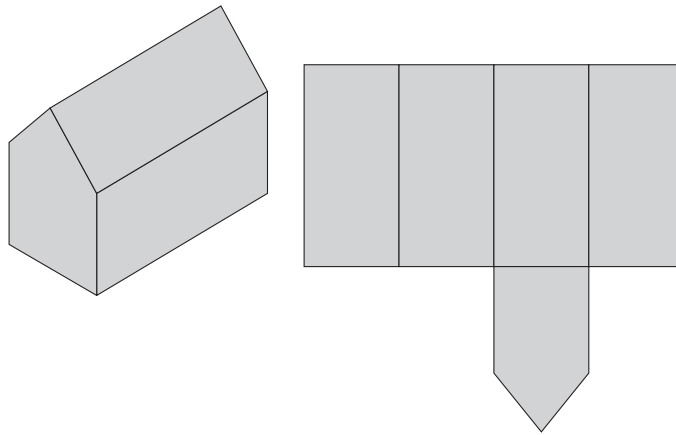
この対象を作るために、立方体を何個使いましたか。



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)。

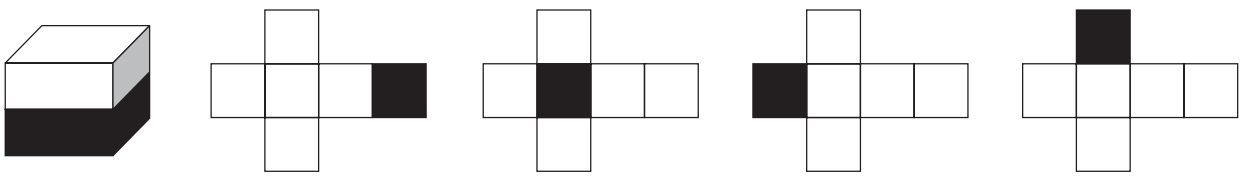
次の例は、納屋の2次元表示及びその不完全な展開図である。問題は、その展開図を完成させるものである。

図 3.4 ■ 3次元の納屋の2次元表示とその(不完全な)展開図



最後の問題例は前出の問題に似ているが、これを図 3.5 に示す (Hershkovitz et al., 1996 から引用)。

図 3.5 ■ 下の部分が黒い立方体



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。

3.5.2 変化と関係

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、それが離散であれ連続であれそのまま数学的な関数、すなわち一次関数、指数関数、周期関数または成長曲線に関わり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、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。

スチュワートは、変化のパターンに敏感であるために、以下の点を勧めている（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生じたとき、それを認識すること。
- これらのテクニック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、数値（例えば表で）、記号、グラフ、代数、図形など、様々な方法を用いて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）、指数的成長（乗法的過程）及び周期的成長、さらには指数的成長の特別な事例として時にはロジスティック成長の概念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、線形的成長と指数的成長の重要な違い、百分率的成長は指数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、相互に関連した対象や、構成要素が相互に関連した現象において生じる。要約で述べた問題例において、すべての事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、対象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ついている。依存状態は、ある特定の数学的対象の特性と変化が他の数学的対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。

変化と関係は関数的思考に関わる。関数的思考とは、すなわち関係によって、そして関係についての思考であるが、数学指導において最も基本的な指導目標の1つである (MAA, 1923)。15歳児にとって、これは生徒が変化の割合、傾きや勾配 (必ずしも数学的な方法でなくても)、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の概念を持つことを意味する。生徒はまた、いろいろなプロセスがどのくらい早く生じるか、また相対的に判断できなくてはならない。

この包括的アイデアは他の包括的アイデ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ついている。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ついている。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もできる様々な問題と結びついている。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、起きうる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割合であり、これは関数的従属性である。

●変化と関係の問題例

数学的リテラシー問題例 5：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。

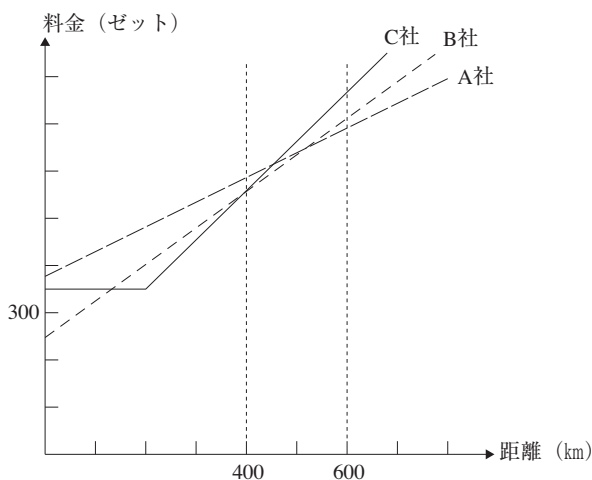
学校遠足に関する問

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、方程式と不等式を定式化し、有効に用いることが必要である。この問題は、グラフあるいは代数による方法によって、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、次の節で述べるように、不確実性の包括的アイデアと結びつける要素となっている。

この問題を次にグラフで示す。

図 3.6 ■ 学校遠足に対する 3つのバス会社の料金の見積り



次は、変化と関係に関する別の問題例である。

数学的リテラシー問題例 6：細胞の増殖

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 60000 個になる日に興味を持っています。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。

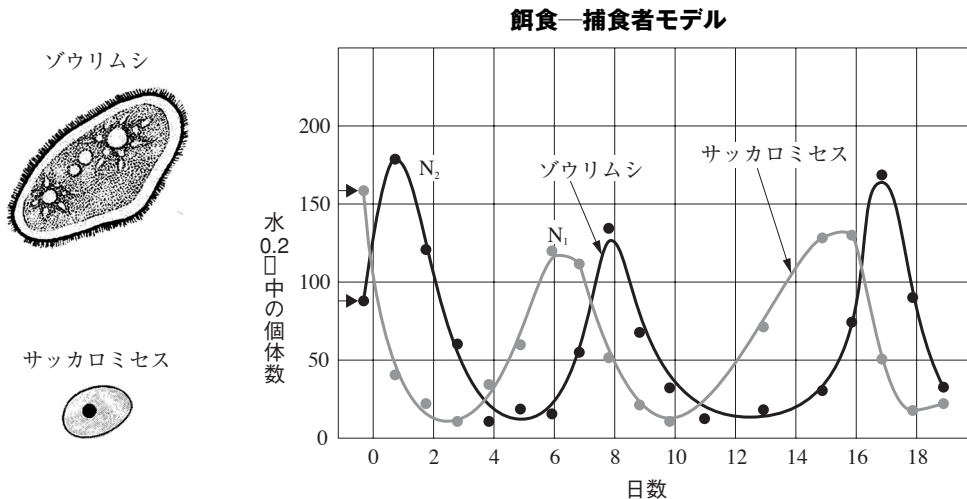
日数	4	6	8	10	12	14	16	18	20
細胞の個数	597	893	1339	1995	2976	2976	14719	21956	32763

細胞増殖に関する問

細胞の数が 60000 個に達するのはいつですか。

数学的リテラシー問題例 7：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。



餌食—捕食者に関する問

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。

3.5.3 量

量の重要な側面には、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。さらに、量は、様々な方法で我々に示される数进行处理すること及び理解することを扱う。

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。

大きさを計るとき、日常生活で最も重要な数の使用は、次において見ることができる。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。

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
- 見積り

「演算の意味」には、比較、比、パーセント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20000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、及び積に比例的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、データ選択や用いる演算やモデルによって必要とされる精確さの理論的根拠を与えることができる。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」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、概念的理解に結びつく創造性が評価されるべきである。

●量の問題例

数学的リテラシー問題例 8：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。

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

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

次に2つの数式の各項を加える。

$$101 + 101 + \dots + 101 + 101$$

この和の各項はすべて101であり、項の数は100であるため、

$$100 \times 101 = 10100 \text{ となる。}$$

積は求める最初の合計の2倍であるため、答えは10100の2分の1の5050となる。

●三角数

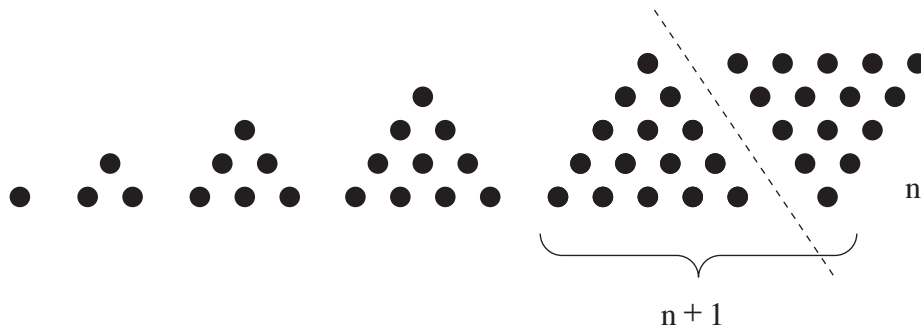
数のパターンを含む量的思考の問題例について、そのパターンの幾何学的表現との結びつきを実証して、もう少し詳しく述べることにしよう。これは、ガウスの問題に一般的な状況を与える式を示すことによって可能である。

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

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3.7に示す。

図 3.7 ■ 最初の5つの三角数



●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良いでしょうか。

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 ($100 \div 6 =$)、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	2200	440	2640

ミニバン：	1	10	2	13
	8	180	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。

数学的リテラシー問題例9：パーセント

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

パーセントに関する問

この2つのやり方には、違いがありますか。

この種の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出会う。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。

3.5.4 不確実性

科学やテクノロジーはほとんど確実性を扱わない。実際、科学的な知識が絶対的であるということとはめったにないし、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。不確実性はまた日常生活を表す。すなわち、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である。

包括的なアイデアの1つとして、不確実性は2つの関連するテーマ、すなわちデータと偶然があることを示唆している。これらの現象はそれぞれ、統計と確率という数学学習におけるテーマである。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と提案している（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とは、データ収集、データ分析、データ表示／視覚化、確率及び推論である。

学校カリキュラムにおけるデータ、統計、確率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・ムーア（David S. Moore）は、不確実性という包括的アイデ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。

統計とは、不確定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通りである。

- いろいろなプロセスにおけるちらばりの偏在
- いろいろなプロセスについてのデータの必要性
- ちらばりを念頭に置いたデータ生成の設計
- ちらばりの数量化
- ちらばりの説明

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。データは測定によって得られ、ある数によって表現される。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に把握することにつながる。

標本調査の設計は、統計における中心的な内容である。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歳児が不確実性に関する事柄を理解する上で不可欠である。

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。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確からしい道具に関する状況に基づくか、または、直観的に分析できたり、これらの道具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にも見ることができる。15歳児にとっても非常に重要な1つの段階は、データと確からしさの学習を全体的に捉えることである。そのような原則の1つは、簡単なデータの分析からはじめてデータの生成へ進み、続いて確率、推論へと進めることである。

この分野における特定の数学的概念と活動は以下の通りである。

- データの生成
- データ分析とデータ表現／視覚化
- 確率
- 推論

●不確実性の問題例

以下の問題例は包括的アイデアの不確実性について説明するものである。

数学的リテラシー問題例 10：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。

数学的リテラシー問題例 11：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34200ゼット、1980年に30500ゼット、1990年には31200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13500ゼット、1980年には13850ゼット、1990年には15777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。

数学的リテラシー問題例 12 : 犯罪の増加

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

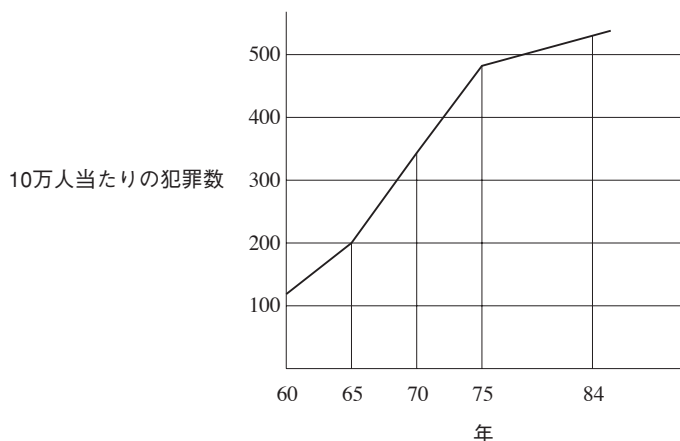


このグラフは、住民 100000 人当たりの犯罪件数を示しており、最初は 5 年間隔ですが、終わりの方は 1 年間隔になっています。

犯罪の増加に関する問 1

1960 年に報告された、100000 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。



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■

犯罪の増加に関する問 2

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。

3.6 数学的プロセス

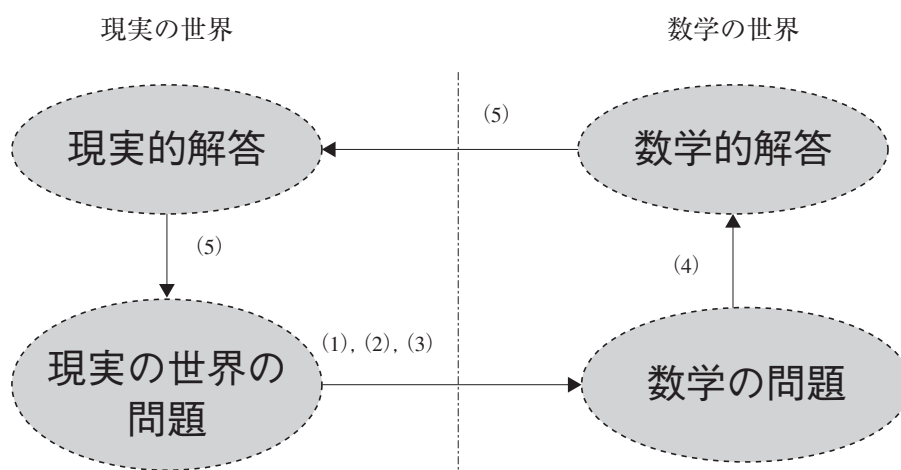
3.6.1 数学化

PISA 調査では、様々な状況で生徒が数学の問題の設定・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べる。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と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。

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論じた中で、数学化の5段階について概観した。この5段階を図3.8に示すとともに、以下に挙げる。

- (1) 現実に位置づけられた問題から始めること。
- (2) 数学的概念によって問題を構成し、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、次第に現実を取り除くこと。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換することができる。
- (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 3.8 ■ 数学化のサイクル



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。

- 現実に置か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と。これには、問題を数学的概念によ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こと。

- 既知の問題と同型の側面を認識すること。
- 問題を数学、すなわち数学的モデルに翻訳すること (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、その後の全てのプロセスは数学内で続けることができる。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。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。数学化のプロセスのこの部分は、一般的にはモデル化のサイクルの演繹部分と呼ばれている (Blum, 1996; Schupp, 1988)。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働くかもしれない。数学化の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い、表現を替えること。
- 記号言語、公式言語、専門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、数学化の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えること。
- モデルとその限界を批評すること。

この段階は図 3.8 の(5)で示す 2 か所に表示されていて、1 つは数学化のプロセスが数学的解答から現実的解答へと移行している様子を、もう 1 つは現実的解答が本来の現実世界の問題に関連付けられ戻ってくる様子を示している。

3.6.2 能力

前の節では数学化に含まれる主な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) とデンマーク人同僚の研究を基にし、現在のところ、8 つの特徴的な数学的能力を採用することとした。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。

- 思考と推論：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。

- 論証：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身に付けること（「何が起こり得るか（あるいは起こり得ないか）、なぜ起こり得るのか（得ないのか）」）、そして、④数学的議論を構成し、表現すること、が含まれる。
- コミュニケーション：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、他の人の文書または口頭による説明を理解することが含まれる。
- モデル化：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翻訳すること、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）についてコミュニケーションを行うこと、及び⑧モデル化のプロセスを監視し、コントロールすること、が含まれる。
- 問題設定と解決：これには、①様々な種類の数学的問題（「純粹」、「応用」、「自由記述形式」、「選択肢形式」など）を設定し、定式化し、定義づけすること、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。
- 表現：これには、①表現形式が異なる数学的な対象と状況について、及びいろいろ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、いろいろな形式の表現の中から選択し、表現を替えることが含まれる。
- 記号言語、公式言語、専門的言語、演算を使用すること：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文章や式を扱うこと、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。
- 器具や道具の使用：これには、①数学的な活動を支援する器具や道具（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これらの器具や道具の限界を知ること、が含まれる。

PISA 調査は、上述の能力を個別に評価するものではない。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）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、いろいろな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。

3.7 能力クラスター

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くかについて論じることとする。

3.7.1 再現クラスター

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テクニカルな技能の応用、記号を含む式や標準形でかかれた公式の操作、計算の実行などである。

- 思考と推論：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。
- 論証：これには、計算のプロセス、記述及び結果を含めて、標準的な量的プロセスをたどり、正当化すること、が含まれる。
- コミュニケーション：これには、見慣れた対象の名前や基本的な性質を再現したり、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、簡単な数学的事項について理解し、口頭あるいは文書で自分を表現すること、が含まれる。
- モデル化：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、有効に用い、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コミュニケーションを行うこと、が含まれる。
- 問題設定と問題解決：これには、①選択肢形式の練習された標準的な純粋数学的な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。
- 表現：これには、よく知られた数学的対象について、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、問題に含まれる表現の一部である場合にのみ含まれる。
- 記号言語、公式言語、専門的言語、演算を使用すること：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、記号や公式を含む簡単な文章や式を扱うこと、が含まれる。

- 器具や道具の使用：これには、見慣れた器具や道具の使用が導入され、練習された状態に近い文脈、状況、方法において、これらの使い方を知り、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は、次のキーワードすなわち、練習された事柄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、説明できる。

●再現クラスターの問題例

数学的リテラシー問題例 13

方程式 $7x - 3 = 13x + 15$ を解きなさい。

数学的リテラシー問題例 14

7, 12, 8, 14, 15, 9 の平均値を求めなさい。

数学的リテラシー問題例 15

1000 ゼットを 4% の利率で銀行に預金したとします。

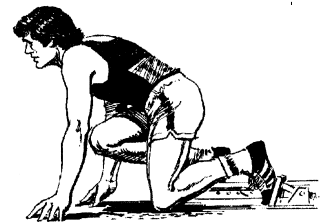
1 年後の預金残高は何ゼットになりますか。

数学的リテラシー問題例 16：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

反応時間に関する問

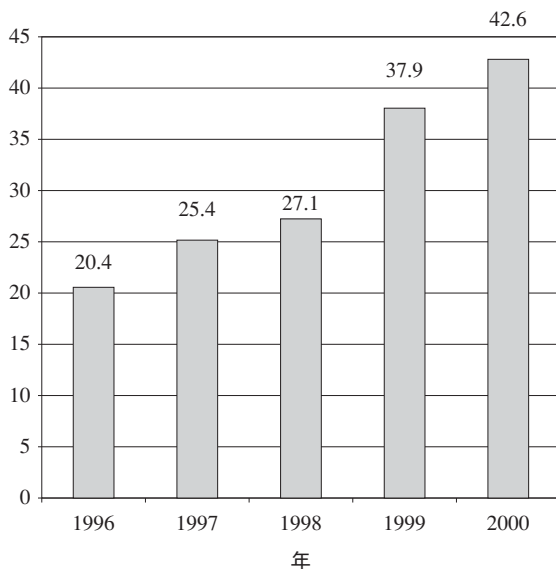
この競争の金メダル、銀メダル、銅メダルの獲得者を決定してください。下の表に選手のコース番号、反応時間、タイムを書き込んでください。

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

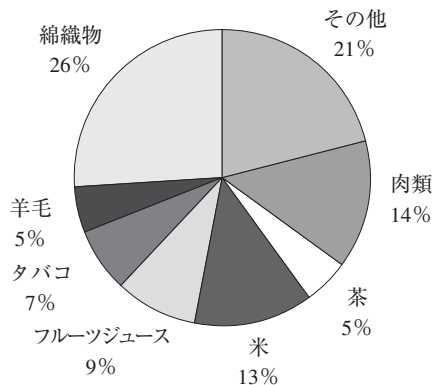
数学的リテラシー問題例 17：輸出

下のグラフは、通貨としてゼットを用いるゼットランド国の輸出に関する情報を表しています。

**1996—2000年のゼット国の年間輸出額
(単位：百万ゼット)**



**ゼット国の輸出品の分布
(2000年)**



輸出に関する問

2000年にゼットランド国が輸出したフルーツジュースの金額はいくらでしたか。

- A 1.8 百万ゼット
- B 2.3 百万ゼット
- C 2.4 百万ゼット
- D 3.4 百万ゼット
- E 3.8 百万ゼット

再現クラスターに分類される評価問題の境界線を明確にするために、問題例3で説明した「預金口座」の問題を、この再現クラスターには属さない例としてあげる。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、一連の推論と計算手順の応用を必要としており、再現クラスター能力の特徴ではない。

3.7.2 関連付けクラスター

関連付けクラスター能力は再現クラスター能力の上であり、決まり切ったものではないが、どちらかといえば身近、あるいは一見身近に見える状況において問題を解決する。これらの能力には以下のものが含まれる。

- 思考と推論：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、図形などで与えられる）を理解すること、②定義と主張を区別すること、及び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り引き続き練習された文脈と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。
- 論証：これには、①証明とより広い形式の議論及び推論を区別せずに簡単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。
- コミュニケーション：これには、見慣れた対象の名前や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、数学的事柄について理解し、口頭あるいは文書によって自分を表現することが含まれる。これにはまた、これらの事柄に関して他人が書いた文書または口頭による説明を理解すること、が含まれる。
- モデル化：これには、①モデル化されるべき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が見慣れたものとは異なる文脈において、現実を数学的構造に翻訳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。
- 問題設定と問題解決：これには、①選択肢形式の練習された標準的な純粋数学的な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やコミュニケーションの様式（図式、表、グラフ、言葉、絵）との間を関連付けている、より独立した問題解決である。
- 表現：これには、①数学的对象の見慣れた表現やあまり見慣れていない表現を解釈し、コード化し、解釈すること、及び②数学的对象や状況についてのいろいろな形式の表現を選び、表現を替えること、並びに③いろいろな形式の表現を変換し区別すること、が含まれる。
- 記号言語、公式言語、専門的言語、演算を使用すること：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釈し、解釈すること、及び②変数を使うこと、方程式を解くこと、見慣れた手順によって計算をすることなど、記号や公式を含む文章及び式を扱うこと、が含まれる。
- 器具や道具の使用：これには、見慣れた器具や道具について、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や状況や方法において、これらの使い方を知り、使用することができること、が含まれる。

関連付けクラスターに関する評価問題は通常、各包括的アイデアの、あるいは異なる数学カリ

キュラムの構成要素の事柄を統合し、関連付ける上で、あるいはまたある問題の異なる表現を結びつ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、練習した事柄を統合し、関連付け、適度に拡張する、というキーワードによって記述することができるだろう。

●**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。

数学的リテラシー問題例 18：距離

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。

距離に関する問

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。

数学的リテラシー問題例 19：貸し事務所の価格

お金の単位がゼッドの国で、新聞に下の2つの広告が出ました。

ビル A
貸し事務所有り
85 から 95 平方メートルは
1 ヶ月 475 ゼッド
100 から 120 平方メートルは
1 ヶ月 800 ゼッド

ビル B
貸し事務所有り
35 から 260 平方メートルは
1 平方メートルあたり
1 年間で 90 ゼッド

貸し事務所の価格に関する問

ある会社がある国で、110 平方メートルの事務所を 1 年間借りようとしています。費用をできるだけ少なくするためには、どちらのビルの事務所を借りればよいでしょうか。答えとその求め方も説明しなさい。[* IEA/TIMSS]

数学的リテラシー問題例 20：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]

ピザに関する問

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の言葉に変換し、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合っているかどうかをチェックし、その結果を伝える必要がある。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。

3.7.3 熟考クラスター

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プロセスについて、生徒が熟考する要素が含まれる。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み、よりオリジナルな（あるいは見慣れない）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。

- 思考と推論：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、主なポイントを特定することなどにより）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。
- 論証：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簡単な数学的推論を行うこと、②いろいろな形式の数学的議論の連鎖をたどり、評価し、構成すること、③発見法（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?」、「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。
- コミュニケーション：これには、①見慣れた対象の名前や基本的な性質を再現し、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、論理的関係など複雑な関係を含む事柄の説明に至るまで、数学的事柄について理解し、口頭あるいは文書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これらの事柄に関して他人の文書または口頭による説明を理解することが含まれる。

- **モデル化**：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、通常生徒の見慣れたものとはかなり異なる文脈において現実を数学的構造に翻訳すること、③モデル化の結果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（及びその結果）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、モデル化のプロセスを監視し、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。
- **問題設定と問題解決**：これには、①選択肢形式の練習された標準的な純粋数学的な問題や応用問題の再現をはるかに越えて、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、この様な問題を解決することが含まれる。しかしこの場合、よりオリジナルな問題解決のプロセスにおいては、いろいろな数学の分野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）とを関連付ける。また、③方略と解答について熟考することも含む。
- **表現**：これには、①数学的対象の見慣れた表現やあまり見慣れていない表現を解説し、コード化し、解釈すること、及び②数学的対象や状況についてのいろいろな形式の表現を選び、表現を替えること、並びに③いろいろな形式の表現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。
- **記号言語、公式言語、専門的言語、演算を使用すること**：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、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。
- **器具や道具の使用**：これには、①見慣れたまたは見慣れていない器具や道具について、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や状況や方法において、これらの使い方を知り、使用できること、が含まれる。また、②これらの器具や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、高度な推論、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だろう。

●熟考クラスターの問題例

数学的リテラシー問題例 21：生徒の身長

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。

生徒の身長に関する問

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

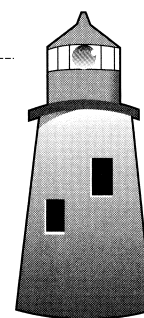
この問題はある意味極めて複雑である。表面的な読みでは間違っ了解釈をしてしまうなど、かなり正確な読解力が必要とされる。さらに、決定的な数学的情報を見つけるのが難しい。

状況はクラスの中でも多様であるし、時間が経っても多様である。男子と女子の平均がそれぞれ別個に論じられているが、続いて、身長が一番高いのは広美さん（女子生徒）で、一番低いのは弘さん（男子生徒）であることが述べられるなど、クラス全体の状況が用いられている。注意深く読まないと、（身長が一番高い）広美さんは女子で、（身長が一番低い）弘さんは男子であることを、見落としてしまうかもしれない。

この問題を難しくしていることの1つには、生徒が、その問題の最初の部分から得た（異なる身長についての）情報を、欠席した2人の生徒に関する2つ目の部分から得た情報と結びつけなければならぬことが挙げられる。ここで時間が経って変化したこととしては、最初に身長を測った日には欠席者が2人いたが、次の機会にはクラスの全員としてその2人の分を含んで平均身長を計算し直したという点である。しかしながら、その問題を解くにあたって、生徒は欠席した2人が男子のみなのか、女子のみなのか、それともその両者なのかは知らされない。加えて、解答する問いは1つではなく、実際には5つである。

さらに、正しく答えるために生徒は、含まれている統計的な概念を数学的に理解する必要がある。問題には、質問（「どうやって知るか?」「どうやってみつけるか?」「何が可能なのか?」「何が起きるか?」）を提起する力、文脈は見慣れたものであっても複雑であるテキストにおいて平均の概念を理解し、それを扱う力が含まれる。

以上の説明から、この問題は（PISA 調査の結果に示されているように）生徒にとって難しいだけでなく、再現クラスターに属していることが明らかであろう。

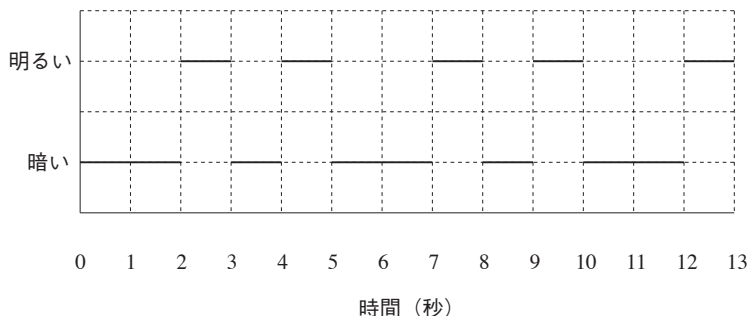


数学的リテラシー問題例 22：灯台

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。

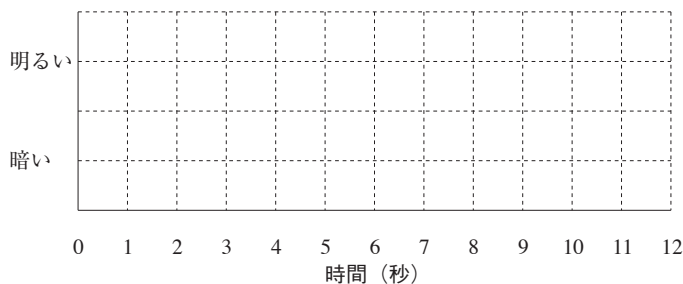
下の図は、ある灯台の光のパターンを示しています。明るい時間と暗くなる時間が交互になっています。



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1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。

灯台に関する問

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。



この問題例において、周期の考え方がそうであるように、この種のグラフは生徒にとってあまり馴染みのあるものではないという意味において、彼らは最初に導入部を理解しなければならない。さらに、提起された問はかなりオープンな性質を持っており、生徒は光の点滅について考えられるパターンをデザインするよう求められる。多くの生徒は、学校でこの種の記述式の問題に出会うことはあまりない。しかしながら、この構成的側面は、数学的リテラシーがあるということの本質的な要素である。すなわち、数学的な能力を用いるとは受動的な方法や得られた方法においてだけでなく、答えを構成することにもある。問題を解くためには、明るい時及び暗い時に等しく（1分間に30秒間）光りを出すということと、周期が6秒間であるという、2つの条件を満たすことが求められる。このような組み合わせは、生徒が概念レベルにおいて周期に取り組むことを不可欠なものとしており、これは熟考クラスターに関わる。

この特別な問題例は、海の近くに住んでいる生徒に有利な文脈であるとする声もあるかもしれな

い。確かにそうではあるが、数学的リテラシーは、地域の文脈とは異なる文脈において数学を用いる能力が関わっている。転移させるこの能力は、数学的リテラシーの本質的な能力である。ある文脈がある生徒たちにいくらか有利な状況であることもあるし、他の文脈では他の生徒たちに有利ということがあるかもしれないが、この問題の国別の分析ではそのことを示すデータはなかった。すなわち、海に面していない国の生徒の成績が、海に面している国の生徒の成績と異なるという結果にはならなかったということである。

3.7.4 問題の能力クラスター別分類

図3.9は能力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ができる。これを行う1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うかに基づきながら、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。どの能力もが熟考クラスターの説明に合うとみなされた場合、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うとみなされた場合には、問題は関連付け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うとみなされるはずだからである。

図 3.9 ■ 能力クラスターの概略図

数学的リテラシー		
再現クラスター	関連付けクラスター	熟考クラスター
<ul style="list-style-type: none"> ● 標準的な表現と定義 ● 決まり切った計算 ● 決まり切った手順 ● 決まり切った問題解決 	<ul style="list-style-type: none"> ● モデル化 ● 標準的な問題解決の翻訳及び解釈 ● うまく設定した複数の方法 	<ul style="list-style-type: none"> ● 複雑な問題解決及び問題設定 ● 熟考と洞察 ● オリジナルな数学的アプローチ ● 複数の複雑な方法 ● 一般化

3.8 数学的リテラシーの評価

3.8.1 課題の特性

この節では、生徒を評価するために用いられる調査の課題の詳細な特徴についてさらに考察する。また、課題の本質と問題の型について説明する。

●PISA 調査における数学の課題の本質

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歳児に適したものであるべきである。

問題文や情報、つまり導入文や実際の間や求められる解答を含む問題を採点するのは、訓練を受けた採点者である。さらに、自動的にコード化できない解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解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、詳細なコードが開発されている。

この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をかなり詳細に取り上げた。2006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1つに位置づけられる。2006年の数学的リテラシー調査のために選ばれた問題は、これらの状況に広くわたっている。

これに加えて、真正であると思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、この枠組みで説明した包括的アイディア（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つの包括的アイディアがうまく表現されることが確実となる。問題は、この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1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、PISA調査に含めるための問題を開発し、選択する際には、設問の表現の仕方を非常に注意深く検討している。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、文化的な偏りを助長するような問題の文脈を避けるように、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の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調査に含めるために選択された問題は、いろいろな難易度のものを含めている。さらに、この枠組みの主な分類（特に、能力クラスター及び包括的アイディア）は、広範な難易度の問題によって可能な限り示されるべきである。問題の難易度は、本調査用に問題を選択する前に、広範囲にわたる予備調査の問題の中で確立したものである。

●問題の種類

評価問題が作られるとき、生徒の達成度に関する問題の型の影響、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関連している。というのも、調査にあたっては大規模に国際比較を実施するという文脈が、調査可能な問題の型に関して重大な制約を課しているからである。

PISA調査は、自由記述形式の問題、短い解答を記入する問題、選択肢形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。調査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、選択肢形式は概して、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思なされている。この型については問題例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られた数の選択肢に関する1つの問題例を示している。この問題を解くためには、生徒は問題を数学の用語に翻訳し、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1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。

数学的リテラシー問題例 23：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時間にわたってあざらしを観察しました。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。

あざらしに関する問

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

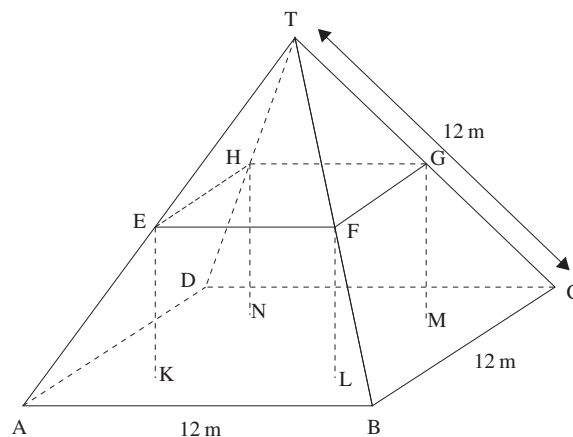
いくつかの高次の目標や、より複雑なプロセスのためには、他の型の問題のほうがしばしばよいとされる。短い語句で解答する問題は選択肢形式に似ているところがあるが、違うのは、正答か誤答かを容易に判断できるような解答を生徒自身が生み出すよう求められている点である。この型の問題の場合、推測することが関心事になるようなことはおそくないので、(評価される対象の構成に影響を与える) 選択肢を提示する必要はない。例えば、問題例 16 の場合正解は 1 つだけであって、それ以外の解答は誤答となる。

数学的リテラシー問題例 24 : 農家

この写真は農家で、屋根が四角すいの形をしています。



下の図は、生徒がこの農家の屋根の見取図に、実際の長さを書き入れたものです。



この見取図の、屋根裏部屋の床 ABCD は正方形です。屋根を支える柱は、四角柱 EFGH-KLMN の辺です。点 E は辺 AT の中点、点 F は辺 BT の中点、点 G は辺 CT の中点、点 H は辺 DT の中点です。この四角すいの辺の長さはすべて 12 m です。

農家に関する問

屋根裏部屋の床 ABCD の面積を求めてください。

屋根裏部屋の床 ABCD の面積 = _____ m²

自由記述形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。自由記述形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、解答をもたらし能力を示すことができることである。

数学的リテラシー問題例 25：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	132187	6.95	91281	61.87
スマトラ	473606	24.86	27981	18.99
カリマンタン (ボルネオ)	539460	28.32	6721	4.56
スラワジ (セレベス)	189216	9.93	10377	7.04
バリ	5561	0.30	2470	1.68
イリアン・ジャワ	421981	22.16	1145	5.02
合計	1905569	100.00	147384	100.00

インドネシアの主な難題の 1 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。

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

インドネシアに関する問

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。

PISA 調査の場合、数学の問題の約 3 分の 1 は自由記述形式問題である。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の基準に基づいて、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。これらの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、コード化の明確な基準を開発すること、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 調査では大問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問題文で結びつ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、文脈または問題に関わりを持つ機会が与えられる。大問の最初のほうの問題は、基本的に選択肢形式または短い語句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形式問題である。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（問題文が最初にある形式）を用いる 1 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1つの理由は調査時間を有効に使うため、生徒がその問題を理解するのに要する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が互いに独立している必要があることが認識されており、PISA 調査の課題、解答コード、採点基準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。

3.8.2 評価の構造

2003年調査は主要分野が数学であったが、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た。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であった。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た。2006年調査では数学に費やされる調査時間は減ったものの、数学に割り当てられる問題クラスターは2003年調査と同様の構成及びローテーションである。

数学の調査時間は、この枠組みで説明された4つの包括的アイディア（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は選択肢形式、約3分の1は短い語句で解答する問題であり、約3分の1が自由記述形式である。

3.8.3 数学的習熟度の報告

PISA 調査に対する解答データをまとめるため、5段階で説明される習熟度の尺度が作られた（Masters & Forster, 1996 ; Masters, Adams, & Wilson, 1999）。この尺度は統計的に作られたもので、データの結果を並べて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している。

いくつかの別の報告の尺度を開発することが検討された。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つの包括的アイディアに基づくことは、極めて明白であろう。別の報告の尺度は、測定学的な検討を含み、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た。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ーから、十分な数の問題が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った。さらに、このような各カテゴリーの問題は、適度にいろいろな難易度を持つようなものである必要があった。

この枠組みにおいて先に説明した能力クラスターは、認知的な要求と複雑さを広く高めることで概念的なカテゴリーを反映するものではあるが、テスト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、見慣れた事柄であることや、最近学習したり練習したりする機会があったことなどが含まれる。このように、再現クラスターの能力に関わる選択肢形式の問題（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を見慣れてい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、可能な限りいろいろな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、広く見れば正の相関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。

- 必要とされる解釈と熟考の種類と程度。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、複雑な推論、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。これらには、再現がたった1つの様式で用いられるような問題、及び、生徒が再現をいろいろな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が含まれる。
- 必要とされる数学的技能の種類とレベル。これらには、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の問題、及び、より高度な数学的知識と複雑な意思決定、情報処理、問題解決及びモデル化の技能が求められる多段階の問題が含まれる。
- 必要な数学的論証の種類と程度。これらには、まったく論証を必要としない問題、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、通常、よく知られた数学的事実やプロセスを再現したり、簡単な計算能力を応用したりしながら、見慣れた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プロセスを実行する。

より高い習熟度レベルの生徒は、通常、一段階のプロセス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、いろいろな情報を結びつけたり、いろいろな数学的概念や情報の表現を解釈したりする。通常彼らは、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。彼らは通常、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通常、見慣れ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、その他の高次な認知プロセス、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、コミュニケーションを行う。

3.8.4 器具や道具

PISA 調査では、生徒は通常学校で使用しているように、電卓及びその他の道具を使う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示している。生徒に電卓にアクセスし、使用することをシステムが認めるかどうかは、システムによる他の教育政策をどう決定するかということと基本的には異なるものではなく、PISA 調査がコントロールするものではない。

問題を解く際に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。

3.9 要 約

PISA 調査の目的は、数学に関して言えば、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当てて、評価の開発を進めてきた。PISA 調査における数学の評価では、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と理解に重点が置かれている。また、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。

この枠組みは PISA 2006 年調査における数学的リテラシーの定義について論じるとともに、問題の文脈を設定するものである。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当てている。これらの能力は、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。

参 考 文 献

- Baumert, J.** and **O. Köller** (1998), “Interest Research in Secondary Level I : An Overview” in L. Hoffmann, A. Krapp, K.A. Renniger and J. Baumert (eds.), *Interest and Learning*, Institute for Science Education at the University of Kiel, Kiel.
- Blosser, P.** (1984), “Attitude Research in Science Education”, ERIC Clearinghouse for Science, Mathematics and Environmental Education, Columbus.
- 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, Wein.
- Bogner, F.** and **M. Wiseman** (1999), “Toward Measuring Adolescent Environmental Perception”, *European Psychologist* 4 (3).
- Bybee, R.** (1997 a), *Achieving Scientific Literacy : From Purposes to Practices*, Heinemann, Portsmouth.
- Bybee, R.** (1997 b), “Toward an Understanding of Scientific Literacy” in W. Gräber and C. Bolte (eds.), *Scientific Literacy : An International Symposium*, Institute for Science Education at the University of Kiel, Kiel.
- Committee of Inquiry into the Teaching of Mathematics in Schools** (1982), *Mathematics Counts* (The Cockcroft Report), Her Majesty’s Stationery Office, London.
- 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.
- de Lange, J.** (1987), *Mathematics, Insight and Meaning*, CD-Press, Utrecht.
- de Lange, J.** (1995), “Assessment : No Change without Problems”, in T.A. Romberg (ed.), *Reform in School Mathematics*, SUNY Press, Albany.
- de Lange, J.** and **H. Verhage** (1992), *Data Visualization*, Sunburst, Pleasantville.
- Dossey, J.A.** (1997), “Defining and Measuring Quantitative Literacy”, in L. A. Steen, (ed.), *Why Numbers Count*, The College Board, New York.
- Eagles, P.F.J.** and **R. Demare** (1999), “Factors Influencing Children’s Environmental Attitudes”, *The Journal of Environmental Education*, 30 (4).
- Fensham, P.J.** (1985), “Science for All : A Reflective Essay”, *Journal of Curriculum Studies* 17 (4).
- Fensham, P.J.** (2000), “Time to Change Drivers for Scientific Literacy”, *Canadian Journal of Science, Mathematics, and Technology Education* 2, 9–24.

参考文献

Fey, J. (1990), “Quantity”, in L.A. Steen (ed.), *On the Shoulders of Giants : New Approaches to Numeracy*, National Academy Press, Washington, D.C.

Fleming, R. (1989), “Literacy for a Technological Age”, *Science Education* 73 (4).

Freudenthal, H. (1973), *Mathematics as an Educational Task*, D. Reidel, Dordrecht.

Freudenthal, H. (1983), *Didactical Phenomenology of Mathematical Structures*, D. Reidel, Dordrecht.

Gardner, P.L. (1975), “Attitudes to Science : A Review”, *Studies in Science Education* 2.

Gardner, P. L. (1984), “Students’ Interest in Science and Technology : An International Overview” in M. Lehrke, L.Hoffmann and P. L. Gardner (eds.), *Interests in Science and Technology Education*, Institute for Science Education at the University of Kiel, Kiel.

Gauld, C. and **A.A. Hukins** (1980), “Scientific Attitudes : A Review”, *Studies in Science Education* 7.

Gee, J. (1998), *Preamble to a Literacy Program*, Department of Curriculum and Instruction, Madison.

Gräber, W. and **C. Bolte** (eds.) (1997), *Scientific Literacy : An International Symposium*, Institute for Science Education at the University of Kiel, Kiel.

Grünbaum, B. (1985), “Geometry Strikes Again”, *Mathematics Magazine*, 58 (1).

Hershkowitz, R., B. Parzysz and **J. van Dormolen** (1996), “Space and Shape”, in Bishop, A. J., K. Clements, C. Keitel, J. Kilpatrick and C. Laborde (eds.), *International Handbook of Mathematics Education, Part I*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Kirsch, I.S. and **P.B. Mosenthal** (1989–1991), “Understanding Documents : A Monthly Column”, *Journal of Reading*, International Reading Association, Newark.

Klopfer, L. (1971), “Evaluation of Learning in Science”, in B. Bloom, J. Hastings and G. Madaus (eds.), *Handbook of Summative and Formative Evaluation of Student Learning*, McGraw-Hill, New York.

Klopfer, L.E. (1976), “A Structure for the Affective Domain in Relation to Science Education”, *Science Education* 60.

Koballa, T., A. Kemp and **R. Evans** (1997), “The Spectrum of Scientific Literacy”, *The Science Teacher* 64 (7).

Kuhn, D. (1992), “Thinking as Argument”, *Harvard Educational Review* 62 (2).

LaForgia, J. (1988), “The Affective Domain Related to Science Education and Its Evaluation”, *Science Education* 72 (4).

Langer, J. (1995), *Envisioning Literature*, International Reading Association, Newark.

Law, N. (2002), “Scientific Literacy : Charting the Terrains of a Multifaceted Enterprise”, *Canadian Journal of Science, Mathematics, and Technology Education* 2, 151–176.

LOGSE (1990), *Ley de Ordenacion General del Sistema Educativo*, LOGSE, Madrid.

Masters, G., R. Adams and M. Wilson (1999), “Charting Student Progress”, in G. Masters and J. Keeves (eds.), *Advances in Measurement in Educational Research and Assessment*, Amsterdam, Elsevier Science.

Masters, G. and M. Forster (1996), *Progress Maps*, Australian Council for Educational Research, Melbourne.

Mathematical Association of America - MAA (1923), *The Re-organization of Mathematics in Secondary Education : A Report of the National Committee on Mathematical Requirements*, MAA, Oberlin.

Mathematical Sciences Education Board - MSEB (1990), *Reshaping School Mathematics : A Philosophy and Framework of Curriculum*, National Academy Press, Washington, D.C.

Mayer, V.J. (ed.) (2002), *Global Science Literacy*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Mayer, V.J. and Y. Kumano (2002), “The Philosophy of Science and Global Science Literacy”, in V.J. Mayer (ed.), *Global Science Literacy*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Millar, R. and J. Osborne (1998), *Beyond 2000 : Science Education for the Future*, King’s College London, School of Education, London.

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, D.C.

National Council of Teachers of Mathematics - NCTM (1989), *Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics*, NCTM, Reston.

NCTM (2000), *Principles and Standards for School Mathematics*, NCTM, Reston.

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).

Niss, M. (1999), “Kompetencer og uddannelsesbeskrivelse” *Uddanneise*, 9.

Norris, S. and L. Phillips (2003), “How Literacy in Its Fundamental Sense is Central to Scientific Literacy”, *Science Education* 87 (2).

OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) (1999), *Measuring Student Knowledge and Skills : A New Framework for Assessment*, OECD, Paris.

OECD (2000), *Measuring Student Knowledge and Skills : The PISA 2000 Assessment of Reading, Mathematical, and Scientific Literacy*, OECD, Paris.

OECD (2001), *Knowledge and Skills for Life : First Results from PISA 2000*, OECD, Paris.

OECD (2002), *Reading for Change – Performance and Engagement across countries*, OECD, Paris.

参考文献

OECD (2003 a), *The PISA 2003 Assessment Framework : Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills*, OECD, Paris.

OECD (2003 b), *Definition and Selection of Competencies : Theoretical and Conceptual Foundations (DeSeCo)*, Summary of the final report “Key Competencies for a Successful Life and a Well-Functioning Society”, OECD, Paris.

OECD (2004), *Learning for Tomorrow’s World – First Results from PISA 2003*, OECD, Paris.

OECD (2005), *Are Students Ready for a Technology-Rich World? What PISA Studies Tell Us*, OECD, Paris.

Osborne, J., S. Erduran, S. Simon and M. Monk (2001), “Enhancing the Quality of Argumentation in School Science”, *School Science Review* 82 (301).

Osborne, J., S. Simon and S. Collins (2003), “Attitudes towards Science : A Review of the Literature and its Implications”, *International Journal of Science Education* 25 (9).

Rickinson, M. (2001), “Learners and Learning in Environmental Education : A Critical Review of the Evidence”, *Environmental Education Research* 7 (3).

Roberts, D. (1983), *Scientific Literacy : Towards Balance in Setting Goals for School Science Programs*, Science Council of Canada, Ottawa.

Schibeci, R.A. (1984), “Attitudes to Science : An Update”, *Studies in Science Education* 11.

Schupp, H. (1988), “Anwendungsorientierter mathematikunterricht in der sekundarstufe I zwischen tradition und neuen impulsen”, *Der Mathematikunterricht* 34 (6).

Steen, L.A. (1990), *On the Shoulders of Giants : New Approaches to Numeracy*, National Academy Press, Washington, D.C.

Steen, L.A. (ed.) (1997), *Why Numbers Count : Quantitative Literacy for Tomorrow’s America*, The College Board, New York.

Stewart, K. (1990), “Change”, in L. A. Steen (ed.), *On the Shoulders of Giants : New Approaches to Numeracy*, National Academy Press, Washington, D.C.

Sticht, T.G. (Ed.) (1975), *Reading for Working : A Functional Literacy Anthology*, Human Resources Research Organization, Alexandria.

Stiggins, R.J. (1982), “An Analysis of the Dimensions of Job-Related Reading”, *Reading World*, 82.

UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation) (1993), *International Forum on Scientific and Technological Literacy for All : Final Report*, UNESCO, Paris.

UNESCO (2003), “UNESCO and the International Decade of Education for Sustainable Development (2005–2015)”, *UNESCO International Science, Technology & Environmental Education Newsletter*, Vol. XXVIII, no. 1–2, UNESCO, Paris.

UNESCO (2005), *International Implementation Scheme for the UN Decade of Education for Sustainable Development*, UNESCO, Paris.

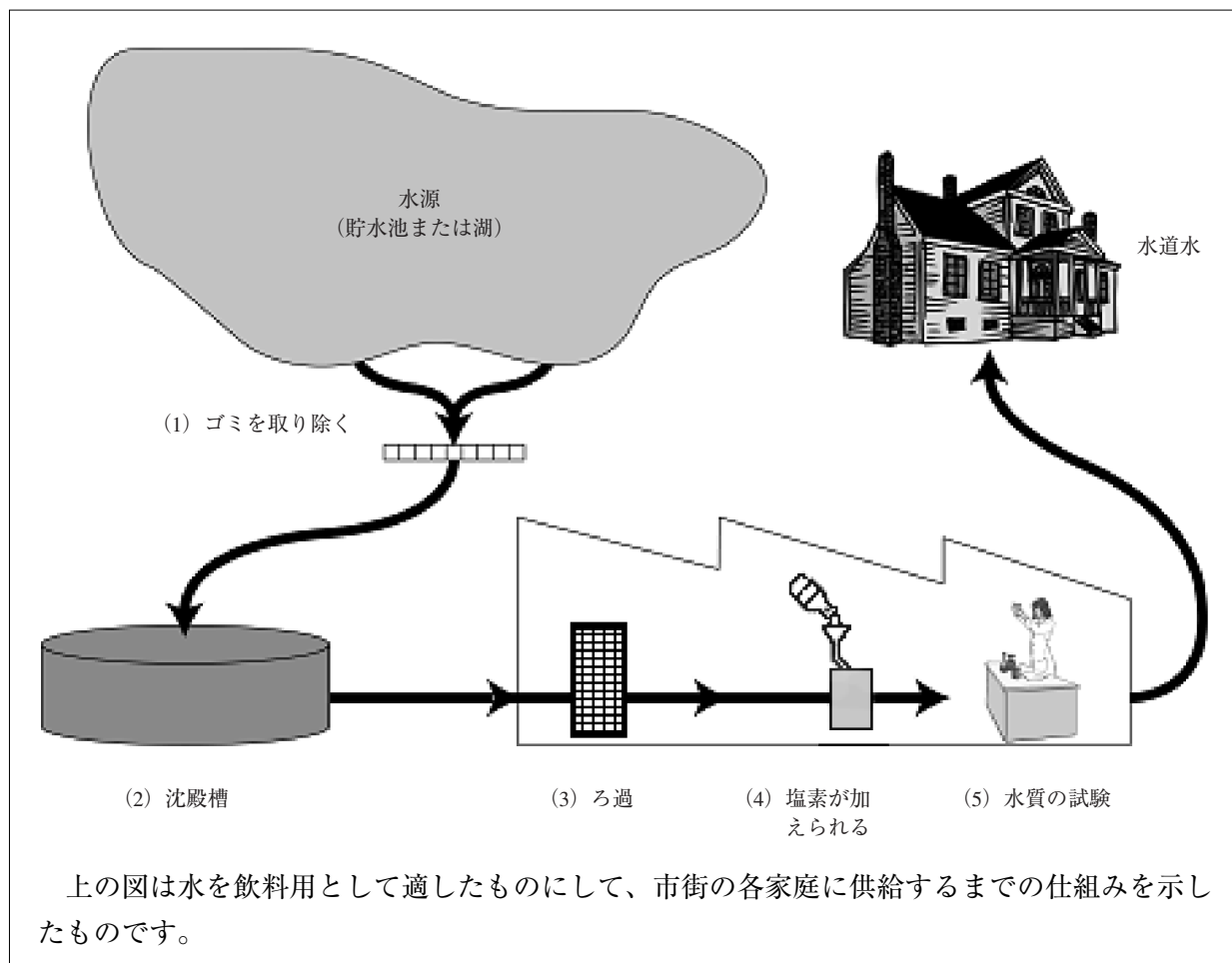
Weaver, A. (2002), “Determinants of Environmental Attitudes : A Five-Country Comparison”, *International Journal of Sociology* 32 (1).

付録 A

科学的リテラシー 問題例

科学的リテラシー・問題 1:

飲料水をつくる



問 1.1

飲料水に適した水源があることが重要です。地面の下にある水は地下水と呼ばれます。

湖や川のように地表にある水よりも地下水の方が細菌や粒子による汚染が少ないですが、それはなぜですか。

問 1.1 の採点基準

完全正答

コード 11: 地下水は地面を通過してろ過されたことにふれた解答

- 砂や土の中を通過していくと水がきれいになる。
- 自然にろ過されている。
- 水が地面の中にしみこんでいくとき石や砂でこされるから。

コード 12: 地下水は密封状態にあるため汚染の可能性から守られていること、あるいは地表水の方が汚染されやすいことに触れた解答

- 地下水は土の中にあるので大気汚染で汚くならない。
- 地下水は何かの下にあって空気にさらされていないから。
- 湖と川は空気によって汚染されたり、人が泳いだりするのできれいではない。
- 湖と川は人や動物によって汚染されているから。

コード13：その他の正解

- 地下水は細菌のエサが少ない水なので細菌が生きていけない。
- 地下水は太陽にさらされていない。ラン藻がある。

誤答

コード01：地下水が非常にきれいであることに触れた解答（すでに与えられている情報）

- それはきれいになっているから。
- 湖と川にゴミがあるから [理由が述べられていない]。
- 細菌が少ないから。

コード02：刺激（問題文）に示された図にある浄化過程に明らかに触れている解答

- 地下水はフィルターをとおり塩素が加えられているから。
- 地下水はそれを完全にきれいにするフィルターを通っている。

コード03：その他の解答

- それは何時も動いているから。
- かき回されていないので、底の泥が混じっていないから。

コード99：無答

問題の種類：論述形式

能力：現象を科学的に説明すること

知識カテゴリー：地球と宇宙のシステム（科学の知識）

適用領域：天然資源

状況：地球的

この問は、粒子と細菌による汚染という、水質の2つの側面に注目したものである。この問に答えるには、なぜ、処理されていない地下水の方が処理されていない地表にある水よりも汚染が少ないのかということを説明する、科学的な知識を応用することが求められる。

きれいな飲料水を飲めるということは、課題としての重要性が環境によって異なるとしても、どこに住んでいても人々の毎日の生活にとって重要である。問の分類は、現象を説明するためには科学の知識に基づく必要性があることと一致している。

この問は予備調査において良好に機能した問題であり、また弁別性についてもよい結果が得られた。生徒の約3分の2が正解しており、難易度は中程度であった。

問1.2

水の浄水処理は、異なった方法のいくつかの段階で行われます。図に表されている浄水過程は4段階あります（番号(1)～(4)）。第2段階で、水は沈殿槽に集められます。

この段階では、どのようにして水をきれいにするのでしょうか。

- A 水の中の細菌を殺す
- B 水に酸素を加える
- C 小石や砂を底に沈める
- D 毒素を分解する

問1.2の採点基準

完全正答

コード1：C 小石や砂を底に沈める

誤答

コード0：その他の解答

コード9：無答

問題の種類：選択肢形式

能力：現象を科学的に説明すること

知識カテゴリー：物理的システム（科学の知識）

適用領域：健康

状況：社会的

この大問の状況は、貯水池や湖に集められた水が家庭に供給される前にきれいにする方法を示している。この間には、池を設ける目的を認識したり、あるいは推論したりすることが含まれる。このように、この間は、池の中の粒子が重力の効果で沈殿することに関する生徒の知識を評価するものである。

予備調査の結果ではこの問題の難易度は中位であり、弁別性についても良い結果が得られたが、選択肢Bについては正解でない選択肢としてうまく機能しなかった。

問 1.3

浄化の第4段階で、塩素が水に加えられます。なぜ水に塩素が加えられるのですか。

問 1.3 の採点基準

完全正答

コード1：細菌（または微生物、ウイルス、病原菌）を除去する、殺菌する、あるいは分解することに触れている解答

- 細菌がいないようにするため。
- 塩素は細菌を殺す。
- すべての藻類を殺すため。

誤答

コード0：その他の解答

- 水の酸が少なくなって藻がなくなる。
- フッ化物のようなものだから。
- 水をもう少しきれいにして、残っているものを殺すため [「もの」が特定されていない]。
- それをきれいにして飲めるようにするために。

コード9：無答

問題の種類：論述形式

能力：現象を科学的に説明すること

知識カテゴリー：生命システム（科学の知識）

適用領域：健康

状況：社会的

前問のように、状況は、市民が飲料水に施されるいくつかの処理方法を知らなければならないという日常に関連したものである。

生命体への塩素の影響に関する知識は、なぜ塩素を水に加えるのかを説明する際に適用される。

したがって、知識カテゴリーは「生命システム」である。

この問は予備調査において生徒が比較的うまく機能し、弁別性についても十分な結果であった。全体として、問題の難易度は中の下であったが、一部の国では生徒にとって相当難しいという結果となった。

問 1.4

浄水場で水質検査に関わっている科学者が、浄水処理の後にもかかわらず水の中に有害な細菌がいることを発見したとします。

家庭で人々はこの水を飲む前にどんな処理をすべきですか。

問 1.4 の採点基準

完全正答

コード 11：水を沸かすことに触れた解答

- 沸かす。

コード 12：家で安全にできる他の浄水方法について触れた解答

- 塩素（消毒）錠剤を用いる。
- 非常に目の細かなフィルターを使う。

誤答

コード 01：各家庭では安全に行うことができないような、あるいは家庭で行うには現実的でないような「専門的な」方法に触れた解答

- バケツの中で塩素と混ぜてそれから飲む。
- もっと塩素、薬品、生物的方法を用いる。
- 水を蒸留する。

コード 02：その他の解答

- 再度水を浄化する。
- コーヒーのフィルターを使う。
- 浄水の過程が直るまで、ボトル入りの水を買う [聞かれていることに答えていない]。

コード 99：無答

問題の種類：論述形式

能力：現象を科学的に説明すること

知識カテゴリー：生命システム（科学の知識）

適用領域：健康

状況：社会的

この問は、家でやれるような方法でどのようにしてバクテリアを殺したり、除去したりすることができるかについて、生徒が知っているかを聞いている。したがって、知識カテゴリーは「生命システム」である。

この問は予備調査において、弁別性については十分な結果であり、各国を平均的にみてその難易度は中の下であった。しかしながら、国によって難易度に大きな違いが見られたため、本調査には含まないこととなった。

問 1.5

汚染された飲料水を飲むと、次のような健康上の問題が起こりますか。それぞれに対し、「はい」または「いいえ」に○をつけてください。

汚染された飲料水を飲むと、次のような健康上の問題が起こりますか？	はい または いいえ
糖尿病	はい / いいえ
下痢	はい / いいえ
HIV／エイズ	はい / いいえ

問 1.5 の採点基準

完全正答

コード1：3問とも正解の場合、いいえ、はい、いいえの順

誤答

コード0：その他の解答

コード9：無答

問題の種類：複合的選択肢形式

能力：現象を科学的に説明すること

知識カテゴリー：生命システム（科学の知識）

適用領域：健康

状況：個人的

この問は、いくつかの一般的な病気（遺伝的な病気、細菌による病気、ウイルス性の病気）が水で伝染するかどうかについての知識を評価するものである。

「現象を科学的に説明すること」に分類されてはいるが、知識を単に思い出すことによって解答するといった点から、この能力は低いレベルにある。知識カテゴリーは明らかに「生命システム」に含まれる。

この問題の難易度は低く、弁別については十分良い結果であった。正答は男子よりも女子の方が多かった。

問 1.6

次の項目についてどれくらい興味や関心を持っていますか。

それぞれの項目ごとに、あてはまる番号に1つ○をつけてください。

	興味や関心が			
	高い	中くらい	低い	全くない
a) 水が細菌汚染されているか確かめる検査方法を知ること	----- 1 -----	----- 2 -----	----- 3 -----	----- 4 -----
b) 水供給のための、薬品を使った処理についてさらに学ぶこと	----- 1 -----	----- 2 -----	----- 3 -----	----- 4 -----
c) 飲料水を通して伝染する病気にどのようなものがあるか学ぶこと	----- 1 -----	----- 2 -----	----- 3 -----	----- 4 -----

問題の種類：態度

態度：科学に関する学習への興味・関心

この問は、飲料水に関する科学的な課題を学習することに対して、生徒がどれだけ興味や関心を持っているかを評価するために設計された。これは大問の最後に置かれており、これによって、生徒は自分の意見を聞かれる前にその状況に慣れることができる。

水の汚染及び飲料水にするための処理における3つの側面に関して、どの程度情報を得たいと思うかについて答えることによって、生徒の興味や関心の度合いが示される。

予備調査の結果を解説的な要因で分析すると、3つの項目すべてが「興味・関心」の次元を相当に示していた。非常に興味・関心が高かったのは、項目cの飲料水を通して伝染する病気にどのようなものがあるか学ぶことであったが、これは個人の健康と安全に最も関連するものであった。

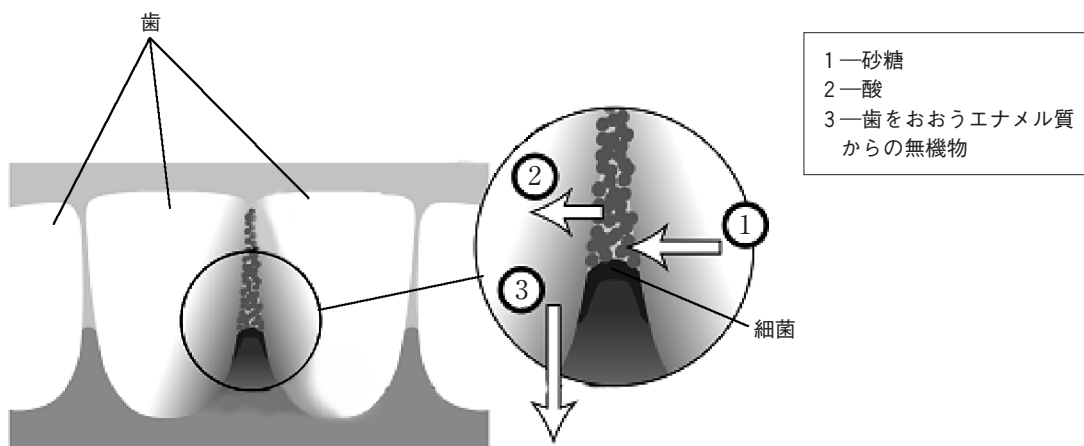
科学的リテラシー・問題2：

虫歯

私たちの口の中にすんでいる細菌が虫歯を引き起こします。歴史的に虫歯が問題になり始めたのは1700年代、サトウキビ産業が発展して砂糖が手に入るようになってからです。

現代では、私たちは虫歯についてたくさんを知っています。例えば：

- 虫歯を引き起こす細菌は砂糖を食べている
- 砂糖が酸に変わる
- 酸が歯の表面を傷つける
- 歯磨きは虫歯防止の役に立つ



問2.1

虫歯になるとき細菌はどんな役割をしますか。

- A 細菌はエナメル質を作る
- B 細菌は砂糖を作る
- C 細菌は無機物を作る
- D 細菌は酸を作る

問2.1の採点基準

完全正答

コード1：D 細菌は酸を作る

誤答

コード0：その他の解答

コード9：無答

問題の種類：選択肢形式

能力：科学的な証拠を用いること

知識カテゴリー：科学的説明（科学についての知識）

適用領域：健康

状況：個人的

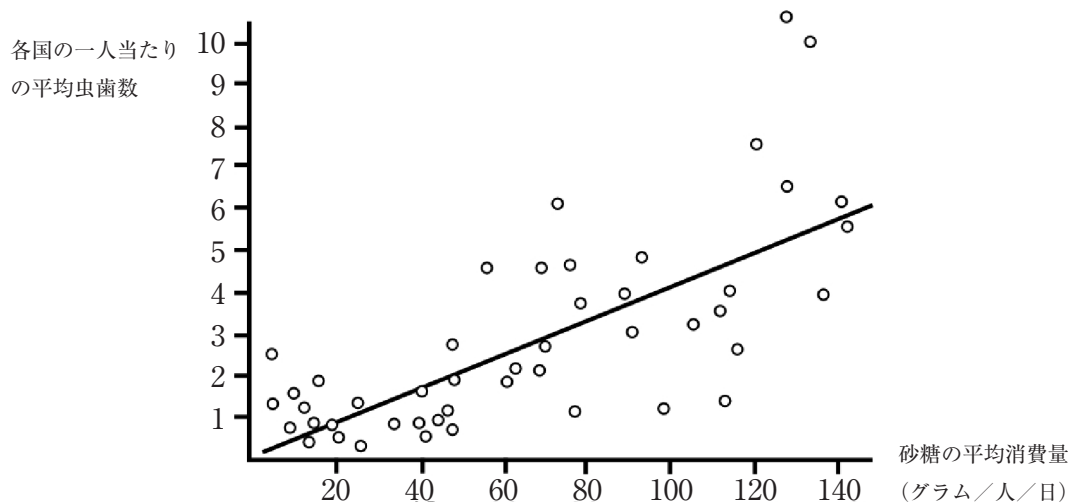
虫歯に関する情報は、図とテキストを用いて示されている。生徒は、与えられた情報から結論を選択するよう求められている。

ここでの科学は、結論を導く上で証拠を用いる能力のみを対象としているので、この問は主に「科学についての知識」を評価するものである。

この問は予備調査で良好に機能し、また弁別性についても良い結果が示された。さらに比較的簡単であることもわかった。

問 2.2

次のグラフは世界各国の砂糖の消費量と虫歯の多さを示しています。グラフの中の点が1つの国を表しています。



次の説明のうち、グラフのデータによって裏づけられているのはどれでしょうか。

- A 他の国よりも歯磨きの回数が多い国がある
- B 砂糖を食べる量が多い人ほど、虫歯になりやすくなる
- C 近年、多くの国で虫歯になる割合が増えた
- D 近年、多くの国で砂糖の消費が増えている

問 2.2 の採点基準

完全正答

コード1：B 砂糖を食べる量が多い人ほど、虫歯になりやすくなる

誤答

コード0：その他の解答

コード9：無答

問題の種類：選択肢形式

能力：科学的な証拠を用いること

知識カテゴリー：科学的説明（科学についての知識）

適用領域：健康

状況：個人的

この問は予備調査で良好に機能した。弁別性も十分な結果であり、難易度は中程度であった。

前問と同様、知識カテゴリーは「科学的説明」であり、能力には「科学的な証拠を用いること」が含まれる。しかしながら、ここではデータ（証拠）はグラフでしめされており、そのグラフを正確に解釈するためには、どの変数が座標に示されているのかについての正しい理解が必要となる。

問 2.3

一人当たりの虫歯の本数が多い国があります。

この国での虫歯に関する以下の疑問は、科学的な実験で説明することができますか。それぞれに対し「はい」または「いいえ」に○をつけてください。

この虫歯に関する疑問は科学的な実験で説明できますか？	はい または いいえ
水道水にフッ化物を入れることで、虫歯にどのような効果があるか	はい / いいえ
歯医者に1回かかる費用はいくらであるべきか	はい / いいえ

問 2.3 の採点基準

完全正答

コード1：2問とも正解の場合、はい、いいえの順

誤答

コード0：その他の解答

コード9：無答

問題の種類：複合的選択肢形式

能力：科学的な疑問を認識すること

知識カテゴリー：科学的探究（科学についての知識）

適用領域：健康

状況：社会的

この問は生徒に、科学的な実験によって答えられる疑問と、そうでない疑問とを区別することを求めるものである。それは主に、科学の方法論についての知識を適用することを意味しており、したがって知識カテゴリーは「科学的探究」となる。能力の分類は明らかに「科学的な疑問を認識すること」である。

予備調査ではこの問は中程度の難易度であり、弁別性は良好であった。

問 2.4

次の項目についてどれくらい興味や関心を持っていますか。
それぞれの項目ごとに、あてはまる番号に1つ○をつけてください。

	興味や関心が			
	高い	中くらい	低い	全くない
a) 顕微鏡で観察すると、虫歯の細菌はどのように見えるかを知ること	----- 1 -----	----- 2 -----	----- 3 -----	----- 4 -----
b) 虫歯を予防するワクチンの開発について学ぶこと	----- 1 -----	----- 2 -----	----- 3 -----	----- 4 -----
c) 砂糖を含まない食物がどのように虫歯の原因となりうるかを理解すること	----- 1 -----	----- 2 -----	----- 3 -----	----- 4 -----

問題の種類：態度

態度：興味・関心

この問は、虫歯の科学的側面に対する生徒の興味・関心を評価するために設計されたものである。すべての態度項目のように、この問も大問の最後に置かれ、これによって、生徒は自分の意見を聞かれる前にその状況に慣れることができる。

予備調査の結果の探索的因子分析では、3つの項目すべてが「興味・関心」の因子にかなり高い負荷量を示していた。

科学的リテラシー・問題3：

暑い日の仕事

問 3.1

ピーターさんは古い家の修復作業を行っています。彼は、ビンに入った水、金属製の釘、および材木1本を車のトランクの中に入れておきました。車は日なたに3時間以上置いていたため、車内の温度は約40℃まで上昇しています。

車内に残された3つの物がどうなるかを答えてください。それぞれに対し「はい」または「いいえ」に○をつけてください。

車内の物に次のことが起きますか？	はい または いいえ
3つの物の温度はすべて同じである	はい / いいえ
ある程度時間が過ぎると水が沸騰し始める	はい / いいえ
ある程度時間が過ぎると金属製の釘が赤く光り始める	はい / いいえ

問 3.1 の採点基準

完全正答

コード1：3問とも正解の場合。上から順番に、はい、いいえ、いいえ

誤答

コード0：その他の解答

コード9：無答

問題の種類：複合的選択肢形式

能力：科学的な疑問を認識すること

知識カテゴリー：物理的システム（科学の知識）

適用領域：科学とテクノロジーのフロンティア

状況：個人的

この大問は、他の科学的リテラシーの問題例とは異なる「スタイル」を持っている。これには一般的な問題文がなく、基本的な概念についての主な誤概念を明らかにするために設計された大問の1つである。本調査にはこのような大問は1つだけしか含まれていない。それは紙幅の関係と、そうした問題の多くが生徒の科学的リテラシーの全体的なレベルについて与えることのできた情報が不足したからである。

この問の予備調査の結果では、誤概念を持っている生徒はかなり多く、「3つの物の温度はすべて同じである」に正答したのは20%未満であった。この項目に正答した生徒とそうでなかった生徒との間の平均得点に、明らかな違いはなかった。男子の方が女子よりも正答率が高い傾向が見られた。2番目と3番目の項目については、生徒の約75%が正答した。

問3.2

ピーターさんはその日に飲む、熱いコーヒー（温度90℃）をカップ1杯と冷たいミネラルウォーター（温度5℃）をカップ1杯持っています。その2つのカップはまったく同じ作りで、大きさも飲み物の量も同じです。ピーターさんは気温が約20℃の部屋にその2つのカップを置いてきました。

10分後、コーヒーとミネラルウォーターの温度はそれぞれ何度くらいになっていますか。

- A 70℃ と 10℃
- B 90℃ と 5℃
- C 70℃ と 25℃
- D 20℃ と 20℃

問3.2の採点基準

完全正答

コード1：A 70℃ と 10℃

誤答

コード0：その他の解答

コード9：無答

問題の種類：選択肢形式

能力：現象を科学的に説明すること

知識カテゴリー：物理的システム（科学の知識）

適用領域：科学とテクノロジーのフロンティア

状況：個人的

多くの「誤概念」に関する問と同じように、この問の状況はどちらかと言えば作為的である。本調査でこの問が採用されなかった理由の1つはここにある。

予備調査でこの問の弁別性は十分な結果で、正答した生徒はおよそ50%であった。

問 3.3

次の項目についてどれくらい興味や関心を持っていますか。
それぞれの項目ごとに、あてはまる番号に1つ○をつけてください。

	興味や関心が			
	高い	中くらい	低い	全くない
a) カップの形が、コーヒーの冷める速度にどのように影響するかを理解すること	----- 1 -----	----- 2 -----	----- 3 -----	----- 4 -----
b) 木や水、鉄の中では原子の配列が異なっていることについて学ぶこと	----- 1 -----	----- 2 -----	----- 3 -----	----- 4 -----
c) 固体によって熱伝導がなぜ異なるのかを知ること	----- 1 -----	----- 2 -----	----- 3 -----	----- 4 -----

問題の種類：態度

態度：科学に関する学習への興味・関心

この問において、科学への興味・関心は、生徒が、物体の構造が熱伝導にいかに関与しているかに関する情報を得たいと思う度合いによって示される。問が大問の最後に置かれていることによって、生徒は自分の意見を聞かれる前に問の状況に慣れることができる。

予備調査の結果を探索的因子分析すると、3つの項目すべてが「興味・関心」の因子にかなり高い負荷量を示していた。予備調査で使用された他の状況と比較すると、このような状況に関する科学的情報を得たいという興味・関心はかなり低かった。中でも最初の2つの項目にその傾向が見られた。

科学的リテラシー・問題 4：

マウス痘

動物の種痘の原因となるポックス・ウイルスには様々な種類があり、それぞれの種類は通常1種類の動物のみに感染します。ある科学者が遺伝子工学を使ってマウス痘ウイルスのDNAを組換えたことをある雑誌が報じました。このようにして改造されたウイルスに感染したネズミは、すべて死んでしまいます。

ウイルスの改造研究は、人類の食料に損害を与える有害な小動物を管理制御するために必要なものであるとこの科学者は主張しています。研究に批判的な人たちは、研究所からウイルスが漏れ、他の動物に感染する恐れがあるとも言います。この人たちはまた、改造されたネズミのポックス・ウイルスが他の種、特にヒトに感染するようになってしまうことを心配しています。ヒトは天然痘と呼ばれるポックス・ウイルスに感染します。

天然痘に感染したヒトのほとんどが死に至ります。この伝染病は絶滅したと考えられていますが、天然痘ウイルスのサンプルは研究対象として、世界中の研究所に保管されています。

問 4. 1

研究に批判的な人たちは、マウス痘ウイルスがネズミ以外の種にも感染する可能性があるといっています。この問題を最も適切に説明しているものは、次の理由のうちのどれかを答えてください。

- A 天然痘ウイルスの遺伝子と改造されたマウス痘ウイルスの遺伝子は、全く同一である
- B マウス痘 DNA の突然変異により、ウイルスが他の動物種に感染するものに変化する恐れがある
- C 突然変異により、マウス痘 DNA が天然痘 DNA と全く同一になる可能性がある
- D マウス痘ウイルスの遺伝子の数と他のボックス・ウイルスの遺伝子の数は同じである

問 4. 1 の採点基準

完全正答

コード1：B マウス痘 DNA の突然変異により、ウイルスが他の動物種に感染するものに変化する恐れがある

誤答

コード0：その他の解答

コード9：無答

問題の種類：選択肢形式

能力：現象を科学的に説明すること

知識カテゴリー：生命システム（科学の知識）

適用領域：科学とテクノロジーのフロンティア

状況：地球的

遺伝子の改変及び突然変異の文脈は、既存の生態系に新しい種を導入することの影響、及び種を「飛び越える」病気の危険性が含まれており、話題性があり重要なトピックである。

しかしながら、この問は予備調査でうまく機能しなかった。弁別性が悪く、国間の結果の違いが受け入れられない水準であった。おそらく、いくつかの国ではカリキュラムに含まれていない内容であったからだと思う。加えて、誤答である選択肢 C を選んだ生徒の能力レベルは、正答である選択肢 B を選んだ生徒のそれに非常に近かった。その結果、この問は本調査には含まないこととなった。

問 4. 2

この研究の批判者の1人は、改造されたマウス痘ウイルスが研究所から漏れる可能性があることを恐れています。このウイルスはある種のネズミを絶滅させる可能性があります。

もし、ある種のネズミが絶滅した場合、結果として次のことが起こりそうですか。それぞれに対し「はい」または「いいえ」に○をつけてください。

ある種のネズミが絶滅した場合、結果として次のことが起こりそうですか？	はい または いいえ
食物連鎖に影響が及ぶ	はい / いいえ
餌が無くなり、飼い猫が餓死してしまう	はい / いいえ
今まで種子をネズミに食べられていた植物が一時的に増殖する	はい / いいえ

問 4.2 の採点基準

完全正答

コード1：3問とも正解の場合。上から順番に、はい、いいえ、はい

誤答

コード0：その他の解答

コード9：無答

問題の種類：複合的選択肢形式

能力：現象を科学的に説明すること

知識カテゴリー：生命システム（科学の知識）

適用領域：科学とテクノロジーのフロンティア

状況：地球的

この問に正答する上で、食物網の知識が要求される。生徒は、結論を導く上で証拠を用いるのではなく、むしろ、食物網の要素を取り除くことの影響を予測することが求められる。このため、この分類は「現象を科学的に説明すること」及び「生命システム」となる。

予備調査でこの問の弁別性は十分な結果であり、難易度は中位だった。

問 4.3

ある会社がネズミを不妊にするウイルスを作り出そうとしています。そのようなウイルスがあればネズミの数を管理制御することができるかもしれません。

もしこの会社が研究に成功したと仮定すると、次の質問のうち、ウイルスを散布する前に研究によって解明しておく必要がありますか。それぞれに対し「はい」または「いいえ」に○をつけてください。

次の質問は、ウイルスを散布する前に解明しておく必要がありますか？	はい または いいえ
ウイルスを散布する最適な方法は何か	はい / いいえ
ネズミがウイルスに対して抗体を持つまでにどれくらいの期間がかかるか	はい / いいえ
ウイルスが他の動物種にも影響を与えるかどうか	はい / いいえ

問 4.3 の採点基準

完全正答

コード1：3問とも正解の場合。上から順番に、はい、はい、はい

誤答

コード0：その他の解答

コード9：無答

問題の種類：複合的選択肢形式

能力：現象を科学的に説明すること / 科学的な疑問を認識すること

知識カテゴリー：生命システム（科学の知識） / 科学的探究（科学についての知識）

適用領域：科学とテクノロジーのフロンティア

状況：社会的

この問は予備調査できわめて良好に機能し、弁別性の結果も十分であった。難易度は中の下で

あった。

この問は本調査には含まれなかったが、それは、「科学についての知識」と「科学の知識」の両者を評価するものであったからである。生命システムの知識は、ウイルスを散布する前に解決すべき疑問であるかどうかを決定するのに必要である。科学の方法論に関する知識は、科学研究によって解決できる疑問かどうかを決めるのに必要である。

問 4. 4

次の項目についてどれぐらい興味や関心を持っていますか。

それぞれの項目ごとに、あてはまる番号に1つ○をつけてください。

	興味や関心が			
	高い	中くらい	低い	全くない
a) ウイルスの構造について学ぶこと	----- 1 -----	----- 2 -----	----- 3 -----	----- 4 -----
b) ウイルスがどのように突然変異を起こすのか知ること	----- 1 -----	----- 2 -----	----- 3 -----	----- 4 -----
c) ウイルスに対して身体がどのように防御しているのかをもっとよく理解すること	----- 1 -----	----- 2 -----	----- 3 -----	----- 4 -----

問題の種類：態度

態度：興味や関心

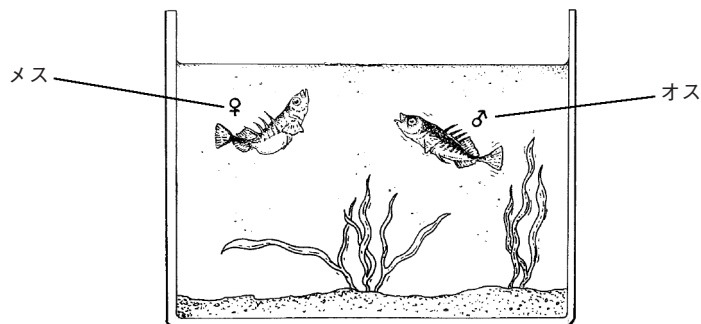
この問は、ウイルスの行動及び身体がウイルスに対していかに防御するかに関連する状況の要素に、生徒がどれだけ興味や関心を持っているかを評価するものである。他のすべての態度項目のように、この問はユニットの最後に置かれ、生徒は自分の意見を聞かれる前にその状況に慣れることができる。

予備調査の結果を探索的因子分析すると、3つの項目すべてが「興味・関心」の因子にかなり高い負荷量を示していた。ウイルスに対して身体がどのように防御しているのかをもっとよく理解すること（項目 c）に興味や関心を示す生徒の方が、他の2つの項目に興味や関心を示す生徒よりも多かった。

科学的リテラシー・問題5：

イトヨの習性

イトヨは水槽で飼いやすい魚です。

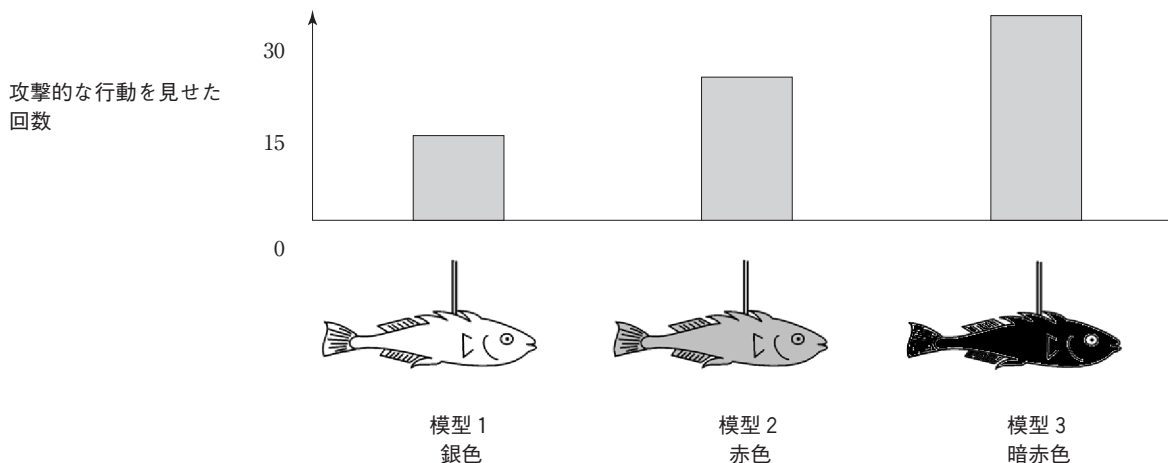


- 繁殖期になると、オスのイトヨの腹が銀色から赤に変わります。
- オスのイトヨは、競合する他のオスが自分のテリトリー（なわばり）に入り込んでくると、攻撃し追い払おうとします。
- 銀色をしたメスが近づくと、産卵させるために自分の巣へと導こうとします。

実験中、ある生徒は、どんなことがオスのイトヨの攻撃的な習性を引き出すかを調べてみたくなりました。

水槽にはオスのイトヨが1匹だけ入っています。生徒はロウでできた3種類の模型を作り、ワイヤーをつけました。それぞれをワイヤーでつるして同じ時間だけ水槽に入れてみました。そして、オスのイトヨが攻撃的に反応しロウの模型にぶつかってきた回数を記録しました。

実験の結果は下図の通りです。



問5.1

この実験では何を調べようとしているのかを教えてください。

問5.1の採点基準

完全正答

コード1：オスのイトヨの攻撃的な習性をもっとも強く引き出すのはどの色か、について触れた解答

- オスのイトヨは銀色の模型よりも赤色の模型に対してより攻撃的になるか。

- 色と攻撃的な習性との間に関連があるか。
- 魚の色はオスのイトヨによる攻撃的な反応を引き出すか。
- イトヨが最も危険を感じる魚の色はどれか。

誤答

コード0：その他の解答（刺激物・模型・魚の色に言及していないすべての解答を含む）

- 雄のイトヨの攻撃的な行動を引き出すのは何色か [比較の観点がない]。
- メスのイトヨの色はオスのイトヨの攻撃性を左右するか [最初の実験は魚の性別とは関係がない]。
- オスのイトヨが最も攻撃的に反応するのはどの模型か [魚／模型の色に対する言及が特段なされていない]。

コード9：無答

問題の種類：論述形式

能力：科学的な疑問を認識すること

知識カテゴリー：科学的探究（科学についての知識）

適用領域：科学とテクノロジーのフロンティア

状況：個人的

実験に関するすべての妥当な情報が示されており、そのため「科学についての知識」に分類される。状況に関する分類（「個人的」及び「科学とテクノロジーのフロンティア」）は、枠組みの説明、すなわち「自然界の理解を深める」と一致する。

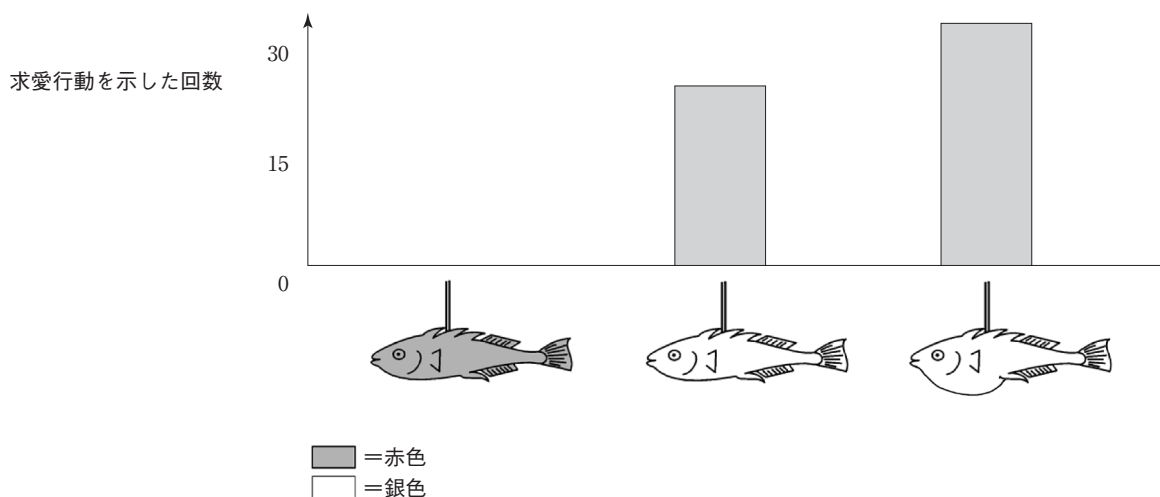
予備調査では適切な弁別性を示したものの、生徒の約25%しか正答せず、一般的には難しい問題であった。この大問は他の大問に比べ、15歳児の日常生活にあまり関連付けられていないと考えられることや、全体的に読みこなすのが大変であるといった理由から、本調査には含まなかった。

問 5.2

繁殖期にオスのイトヨがメスを見つけた場合、オスはダンスのような求愛行動を示し、メスの関心を引こうとします。2つ目の実験ではこの求愛行動について調べます。

今回もロウで作った3つの模型をワイヤーでつるします。1つは赤色、残りの2つは銀色にし、そのうちの1つは平らな腹に、もう1つは丸い腹にします。生徒は、ある一定の時間内にオスのイトヨがそれぞれの模型に求愛行動を示した回数を記録します。

実験の結果は下記の通りです。



3人の生徒が、2つ目の実験結果を基にそれぞれの結論を出しました。

その生徒たちの結論はグラフの情報から見て正しいかどうかを教えてください。それぞれに対し「はい」または「いいえ」に○をつけてください。

この結論はグラフからの情報から見て、正しいですか？	はい / または / いいえ
赤色はオスのイトヨの求愛行動を引き出す色である	はい / / / いいえ
オスのイトヨは腹の平らなメスのイトヨに最も強い反応を示す	はい / / / いいえ
オスのイトヨは腹の平らなメスのイトヨよりも腹が丸いメスに反応を示すことが多い	はい / / / いいえ

問 5.2 の採点基準

完全正答

コード1：3問とも正解の場合。上から順番に、いいえ、いいえ、はい

誤答

コード0：その他の解答

コード9：無答

問題の種類：複合的選択肢形式

能力：科学的な証拠を用いること

知識カテゴリー：科学的説明（科学についての知識）

適用領域：科学とテクノロジーのフロンティア

状況：個人的

図示されているデータを解釈するにあたっては、生徒はそのデータそのものの意味を説明すればよいのであって、他のいかなる外部の情報も引き出す必要がない。このため、この問題の知識カテ

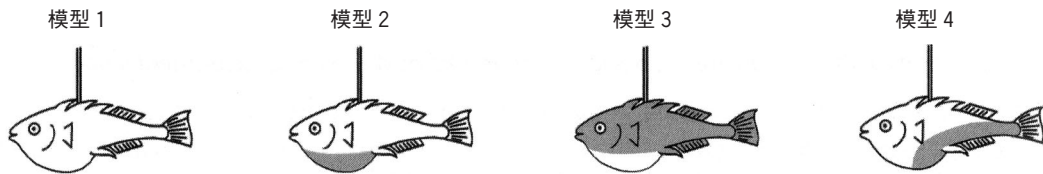
ゴリーは「科学的説明」（科学についての知識）に分類される。

予備調査において、この問題は相対的に弁別が非常に良いことがわかった。女子の方が男子よりも正答する傾向がみられた。

問 5.3

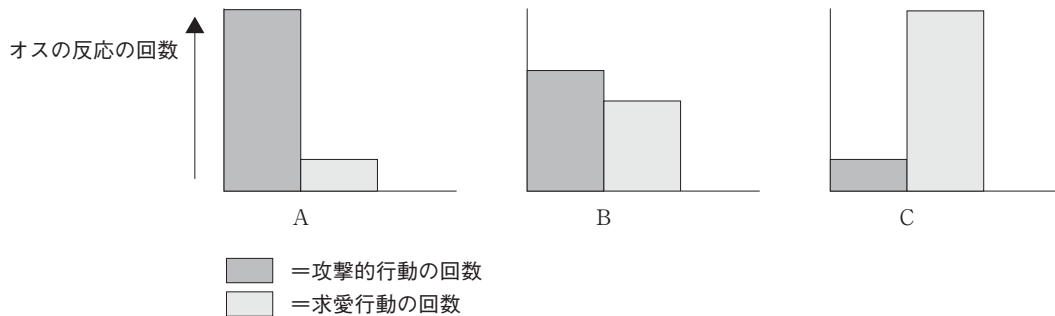
他の実験では、オスのイトヨは、赤色の腹の模型に対しては攻撃的な行動をとり、銀色の腹の模型に対しては求愛行動をとることがわかりました。

第3の実験では、下のような4つの模型を順番に使いました。



■ = 赤色
□ = 銀色

下の3つの図はオスのイトヨが上の模型に対してどのような反応が考えられるかを表したものです。



4つの模型それぞれに対してオスがとる反応はどれになると予想しますか。

それぞれの模型に対し A、B または C を記入してください。

	反応
模型 1	
模型 2	
模型 3	
模型 4	

問 5.3 に関する採点基準

完全正答

コード2：4問とも正解の場合。上から順番に、C、A、C、B

部分正答

コード1：4問のうち3問が正解の場合

誤答

コード0：その他の解答

コード9：無答

問題の種類：求答形式

能力：科学的な証拠を用いること

知識カテゴリー：科学的説明（科学についての知識）

適用領域：科学とテクノロジーのフロンティア

状況：個人的

この問題は予備調査においてうまく機能しなかった。弁別性が低く、完全正答もしくは部分正答であった生徒は全体の約3分の1にすぎなかった。残念ながら、問題が難しいということもあってデータが得られなかった。女子は男子よりも正答率が高い傾向が見られた。

科学的リテラシー・問題6：

喫煙

タバコは紙巻タバコや葉巻、パイプなどで吸われています。タバコに関連した病気により、毎日13,500人近くの方が世界中で死んでいるという研究結果が出ています。このまま行くと、2020年までには、世界における死因の12%がタバコによるものになると予想されています。

タバコの煙にはたくさんの有害な物質が含まれています。最も有害な物質はタール、ニコチンと一酸化炭素です。

問6.1

タバコの煙は肺へと吸い込まれます。タバコの煙に含まれるタールは肺に蓄積され、肺が正常に機能することを妨げます。

次のうち、肺の働きを説明しているものはどれかを答えてください

- A 酸素を豊富に含んだ血液を体中にする
- B 吸った空気から血液に酸素を移しかえる
- C 血液に含まれる二酸化炭素をすべて取り除き、血液をきれいにする
- D 二酸化炭素の分子を酸素分子に換える

問6.1の採点基準

完全正答

コード1：B 吸った空気から血液に酸素を移しかえる

誤答

コード0：その他の解答

コード9：無答

問題の種類：選択肢形式

能力：現象を科学的に説明すること

知識カテゴリー：生命システム（科学の知識）

適用領域：健康

状況：個人的

この大問は、調査の各国代表からは本調査に含めるべきであるとの声の高かった問題である。特にこの小問は喫煙を直接的に扱ったものではなく、肺の機能を扱っている。生徒は、正答を得るた

めには肺の機能についての知識を正しく引き出さなければならないので、知識カテゴリーは「生命システム」（科学の知識）に分類される。

予備調査では比較的良好に機能し、弁別性も十分であった。男子の方が女子よりも正答率がやや高い傾向が見られた。

問 6.2

喫煙は、肺ガンやその他の病気になる危険性を高めます。

喫煙することによって、次の病気にかかる可能性は高まりますか。それぞれに対し「はい」または「いいえ」に○をつけてください。

次の病気にかかる危険性は、喫煙によって高まりますか？	はい または いいえ
気管支炎	はい / いいえ
HIV 感染／エイズ	はい / いいえ
水ぼうそう	はい / いいえ

問 6.2 の採点基準

完全正答

コード1：3問とも正解の場合。上から順番に、はい、いいえ、いいえ

誤答

コード0：その他の解答

コード9：無答

問題の種類：複合的選択肢形式

能力：現象を科学的に説明すること

知識カテゴリー：生命システム（科学の知識）

適用領域：健康

状況：個人的

この問は、15歳児にとって関連性があるという条件を満たしている。生徒は、HIV感染／エイズや水ぼうそうはウイルスによって引き起こされるが、気管支炎は肺の病気なので非喫煙者よりも喫煙者に多く見られるということを知っておく必要がある。

この問は予備調査では十分には機能しなかった。生徒のおよそ70%が正答し、概して簡単な問題であると考えられたが、それでもその難易度については国間で大きな差があった。多くの国で弁別性が非常に低かった。また女子の方が男子よりも正答率が高い傾向が見られた。

問 6.3

人によっては禁煙をするため、ニコチンパッチを使う人もいます。皮膚に貼られたパッチからニコチンが血液へしみだすのです。これによって、禁煙をする際に喫煙したい気持ちや禁断症状を和らげることができます。

ニコチンパッチの効果を調べるため、禁煙を望む 100 人の喫煙者を無作為に選びました。彼らは 6 か月間にわたって研究に参加し、調査が終わるまでに何人が禁煙できたかを調べることでニコチンパッチの効果を測るといふものです。

下記のうち、最も適した実験計画はどれかを答えてください。

- A 参加者全員がニコチンパッチを貼る
- B ニコチンパッチなしで禁煙しようとしている 1 名以外は、全員ニコチンパッチを貼る
- C 禁煙をするにあたってニコチンパッチを貼るかどうか、それぞれに選ばせる
- D 無作為に選んだ半数の人にニコチンパッチを貼り、残り的人には貼らない

問 6.3 の採点基準

完全正答

コード 1：D 無作為に選んだ半数の人にニコチンパッチを貼り、残り的人には貼らない

誤答

コード 0：その他の解答

コード 9：無答

問題の種類：選択肢形式

能力：科学的な疑問を認識すること

知識カテゴリー：科学的探究（科学についての知識）

適用領域：健康

状況：個人的／社会的

この問が個人の健康の維持に関連したものであるか（この場合の状況は「個人的」に分類される）、あるいは社会の健康に関連したもの（この場合の状況は「社会的」）であるのかどうかについては、議論の余地がある。

この問に正しく答えるためには、実験計画で適切な統制群はどれかをよく理解することが求められる。予備調査ではこの問の難易度は中位であったが、弁別性は良かった。誤った選択肢 B は他の誤った選択肢に比べ幾分回答率が低いことがわかった。また、女子の方が男子よりも正答率が高い傾向が見られた。

問 6.4

人々に禁煙させるためにいろいろな方法がとられています。

下記のうち、技術にもとづいてこの問題に取り組む方法はどれかを答えてください。それぞれに対し「はい」または「いいえ」に○をつけてください。

喫煙を減らすための次の方法は技術にもとづいたものですか？	はい または いいえ
タバコを値上げする	はい / いいえ
タバコをやめるのを助けるニコチンパッチを生産する	はい / いいえ
公共の場所を禁煙にする	はい / いいえ

問 6.4 の採点基準

完全正答

コード1：3問とも正解の場合。上から順番に、いいえ、はい、いいえ

誤答

コード0：その他の解答

コード9：無答

問題の種類：複合的選択肢形式

能力：科学的な疑問を認識すること

知識カテゴリー：テクノロジーのシステム（科学の知識）

適用領域：健康

状況：社会的

この問は、何が技術に含まれるかについての生徒の理解を評価するために設計された。選択肢は、人々が喫煙しないようにするための経済的、技術的／化学的及び法律的な方法を述べている。科学に基づく技術の役割についての理解は、枠組みでは知識カテゴリーは「テクノロジーのシステム」（科学の知識）として分類されている。

この問は予備調査で良好に機能した。弁別性は良く、難易度は平均的であると分析された。

問 6.5

次の項目についてどれぐらい興味や関心を持っていますか。

それぞれの項目ごとに、あてはまる番号に1つ○をつけてください。

	興味や関心が			
	高い	中くらい	低い	全くない
a) タバコのタールがどのように肺の効率を低下させるかを知ること	----- 1 -----	----- 2 -----	----- 3 -----	----- 4 -----
b) ニコチンに習慣性があるのはなぜかを理解すること	----- 1 -----	----- 2 -----	----- 3 -----	----- 4 -----
c) 喫煙をやめた後に、身体がどう回復するかを学ぶこと	----- 1 -----	----- 2 -----	----- 3 -----	----- 4 -----

問題の種類：態度

態度：興味・関心

探索的因子分析の結果によれば、最初の項目は「科学への興味・関心」の因子はある程度の負荷量の値を示したが、健康と安全に対する興味・関心を示す因子に対してさらに高い負荷量の値を示した。他の2つの項目については、結果に国の間で一貫性がなかった。この大問が本調査に含められたとしても、これらの理由によりこの問は除外されたであろう。

科学的リテラシー・問題7:

星明り

敏夫さんは星を見るのが好きです。しかし、都会に住んでいるため、☆
 夜の星を良く見ることができません。☆
 去年、敏夫さんは田舎を訪れた際に山に登り、街中では見ることができなかつたたくさんの数の星を観察することができました。☆☆ ☆
☆
☆

問7.1

人が多く住む街中よりも田舎の方がたくさんの星を観察できるのはなぜですか。

- A 月が街中でより明るく、星の明かりをさえぎってしまうため
- B 田舎の大気には街中よりも光を反射するちりが多いため
- C 街中の灯りが明るすぎて、星が見えにくくなるため
- D 車や機械、家などから放出される熱が街中の空気の温度を上げているため

問7.1の採点基準

完全正答

コード1:C 街中の灯りが明るすぎて、星が見えにくくなるため

誤答

コード0:その他の解答

コード9:無答

問題の種類:選択肢形式

能力:現象を科学的に説明すること

知識カテゴリー:地球と宇宙のシステム(科学の知識)

適用領域:環境

状況:社会的

この問で正しい答えを選ぶためには、星からの明かりを解明することができる能力に基づいて、星とは関係のない明かりが及ぼす影響についての知識を生徒が持っている必要がある。このため、分類は「現象を科学的に説明すること—地球と宇宙のシステム」となる。

この問は予備調査できわめて良好に機能し、弁別性も適切で、男女間のバイアスあるいは文化的バイアスも最小であった。およそ65%の生徒が、この問に正しく答えることができた。

問7.2

敏夫さんは、明るさの弱い星を観察するため、大きな直径のレンズのついた望遠鏡を使っています。

大きな直径のレンズのついた望遠鏡を使うと明るさの弱い星が観察できるのはなぜですか。

- A レンズが大きくなると、より多くの光が集められるため
- B レンズが大きくなると、より拡大できるため
- C 大きなレンズほど、より広い空を見られるようにするため
- D 大きなレンズほど、暗い星の色を検出できるため

問7.2の採点基準

完全正答

コード1：A レンズが大きくなると、より多くの光が集められるため

誤答

コード0：その他の解答

コード9：無答

問題の種類：選択肢形式

能力：現象を科学的に説明すること

知識カテゴリー：物理的システム（科学の知識）

適用領域：科学とテクノロジーのフロンティア

状況：個人的

調査の各国代表は、この問を予備調査の他の問と比較して、本調査に含むべきかどうかの順位を低く評価した。予備調査では、この問は弁別性は適切で難易度は中位であった。驚くべき事に、誤答である選択肢Dを選ぶ生徒（45%）は、正答である選択肢Aを選ぶ生徒（30%）よりもかなり多かった。男子の方が女子よりも正答率が高い傾向が見られた。

科学的リテラシー・問題8：

超音波検査

超音波画像診断によって胎児を撮影する方法は多くの国で日常的に行われています。超音波は母親と胎児の両方にとって安全なものとされています。



医師は測定器の先端部をもって母親の腹部の上でそれを動かします。超音波が腹部内に伝わり、胎児の表面に当たって反射します。これらの反射波が測定器の先端部によって感知され、画像生成装置に転送されるのです。

問 8.1

超音波画像診断装置で画像を生成するためには、装置は胎児と測定器の先端部との距離を計算しなければなりません。

超音波は毎秒 1540 メートルの速さで腹部の中を伝わります。距離を計算するために、装置は何を測る必要がありますか。

問 8.1 の採点基準

完全正答

コード1：超音波が測定器の先端部（プローブ）から出て胎児の表面に反射し、戻ってくるまでの時間を測定しなければならないことに触れた解答

- 超音波が伝わる時間
- 時間
- 時間、距離 = 速度 / 時間 [公式は間違っているが、「時間」を足りない変数と正しく認識している]
- 超音波が赤ちゃんを見つける時間がわからなければならない。

誤答

コード0：その他の解答

- 距離

コード9：無答

問題の種類：論述形式

能力：現象を科学的に説明すること

知識カテゴリー：物理的システム（科学の知識）

適用領域：科学とテクノロジーのフロンティア

状況：個人的

この大問の状況は市民の生命、特に女性の生命に大きく関係している。しかしながら、大問の最初の問は後の2つの問とは異なっている。というのも、技術の影響あるいは機能というよりもむしろ、技術の背後にある科学に関するものだからである。男子は女子よりも正答率が高い傾向が見られた。

予備調査でこの問に正答した生徒はおよそ20%しかいなかったが、弁別性についてはとても良い結果が得られた。

問 8.2

胎児の画像はX線を使って撮影することもできます。しかし、女性は妊娠期間中には不必要なX線を腹部にあびることはなるべく避けるよう指導されます。

女性が妊娠期間に腹部にX線をあびないようにしなければならない理由を書いてください。

問 8.2 の採点基準

完全正答

コード1：X線は、胎児の細胞に悪影響がある

- X線は赤ちゃんに害をあたえる。
- X線は胎児に突然変異をもたらすかもしれない。
- X線は赤ちゃんの奇形の原因となり得る。
- 赤ちゃんが放射線をあびるかもしれないから。

誤答

コード0：その他の解答

- X線では赤ちゃんの画像をはっきりと撮影できない。
- X線は放射能を出す。
- 赤ちゃんがダウン症候群になる。
- 放射能は危険である。[不十分な解答。胎児（赤ちゃん）に対して危険だと考えられるものを明示しなければならない]
- 母親にとって次の赤ちゃんを産むことが難しくなる。[これは一般にX線に過度にさらされてはいけないことの原因である]

コード9：無答

問題の種類：論述形式

能力：現象を科学的に説明すること

知識カテゴリー：生命システム（科学の知識）

適用領域：健康

状況：個人的

予備調査の結果では、この問は簡単であり、生徒のおよそ75%が正答している。弁別性は適切で国間についても問題は特段なかった。驚くには値しないが、この問の正答率は男子よりも女子が高い傾向が見られた。

問 8.3

妊娠中の女性への超音波画像診断は、次の質問に答えを出せますか。それぞれの質問に対し「はい」または「いいえ」に○をつけてください。

超音波画像診断は、この質問に答えることができますか？	はい または いいえ
赤ちゃんが2人以上いるかどうか	はい / いいえ
赤ちゃんの目の色は何色か	はい / いいえ
赤ちゃんが順調に成長しているか	はい / いいえ

問 8.3 の採点基準

完全正答

コード 1：3 問とも正解の場合。上から順番に、はい、いいえ、はい

誤答

コード 0：その他の解答

コード 9：無答

問題の種類：複合的選択肢形式

能力：現象を科学的に説明すること

知識カテゴリー：物理的システム（科学の知識）

適用領域：健康

状況：個人的

この問は生徒のおよそ 70% が正答しており、かなり簡単な問であると考えられる。女子の方が男子よりも正答率が高い傾向が顕著であった。

この問は、超音波の性質についての知識及び何が発見できるかについて記述する必要がある。このため、「物理的システム」に分類される。しかしながら、これは、超音波の画像技術をよく知っている生徒にとっては簡単であり、そのような生徒ならば解答することができるような問でもある。このため、この大問は本調査には含まないこととなった。

問 8.4

次の項目についてどれぐらい興味・関心を持っていますか。

それぞれの項目ごとに、あてはまる番号に 1 つ ○ をつけてください。

	興味・関心が			
	高い	中くらい	低い	全くない
a) 身体に悪影響を与えずに、どのように超音波が体の中に入っていくのか理解すること	----- 1 -----	----- 2 -----	----- 3 -----	----- 4 -----
b) X 線と超音波の違いについて学ぶこと	----- 1 -----	----- 2 -----	----- 3 -----	----- 4 -----
c) 超音波の別の医学的利用について知ること。	----- 1 -----	----- 2 -----	----- 3 -----	----- 4 -----

問題の種類：態度

態度：科学に関する学習への興味・関心

探索的因子分析の結果によれば、3つの項目とも「科学への興味・関心」の因子に関して負荷量の値が高かったが、各項目とも、健康と安全に対する興味・関心を評価していると考えられる因子においてはさらに高い負荷量の値を示した。項目 a) や c) と同様に項目 b) にもこのことが当てはまるということは、項目 b) が健康と安全の問題に直接関係するものでないにしても、おそらく、状況が健康に強く関連する内容であるこの問の当然の結果であろう。

科学的リテラシー・問題 9：

リップグロス

下の表は、自分で作ることでできる2種類の化粧品の製法について説明したものです。硬いリップスティック（口紅）に対し、リップグロスは柔らかく、滑らかです。

リップグロス		リップスティック	
材料：		材料：	
ヒマシ油	5 g	ヒマシ油	5 g
ビーズワックス（蜜ろう）	0.2 g	ビーズワックス	1 g
パームワックス（椰子ろう）	0.2 g	パームワックス	1 g
染料	小さじ1杯	染料	小さじ1杯
食用香料	1滴	食用香料	1滴
作り方：		作り方：	
油と2種類のワックスは一様に混ぜるまでお湯の入った容器で温める。次に染料と香料を加えて混ぜる。		油と2種類のワックスは一様に混ぜるまでお湯の入った容器で温める。次に染料と香料を加えて混ぜる。	

問 9.1

リップグロスとリップスティックを作るためには、油と2種類のワックスを混ぜ合わせ、次に染料と香料を加えます。

この製法により作ったリップスティックは硬く、使いにくいものでした。もっと柔らかいリップスティックを作るためには、材料の配合をどのように変えれば良いかを説明してください。

問 9.1 の採点基準

完全正答

コード1：ワックスの量を減らす、または油の量を増やすことに触れた解答

- ビーズワックスとパームワックスを少なくする。
- ヒマシ油をもっと加える。
- 7gの油を入れる。

誤答

コード0：その他の解答

- 混ぜたものをもっと長い間、熱するとやわらかくなる。
- ワックスをあまり熱しないようにする。[材料の配合をどのように変えたらよいかを尋ねる間に答えていない]

コード9：無答

問題の種類：論述形式

能力：科学的な証拠を用いること

知識カテゴリー：科学的説明（科学についての知識）

適用領域：科学とテクノロジーのフロンティア

状況：個人的

化粧品の状況はこの年代の生徒にとっては日常的に関連のあることである。ただし、男子よりも女子の方が興味や関心が高い大問であろうと思われる。

この問は、なぜ一方の製法の方がもう一方の製法よりも柔らかくなるのかを結論付けるために、2つの製法で用いられる材料の量を比較することによって、解答を得ることができる。このため、この問は、知識カテゴリーは「科学的説明」（科学についての知識）に分類される。しかしながら、それは主な材料（油とワックス）の性質についての知識を持つことが助けになるとも考えられるので、その場合、知識カテゴリーは「物理的システム」（科学の知識）に分類され、能力は「現象を科学的に説明すること」となる。

予備調査でこの問に正答したのは生徒のおよそ65%であり、弁別性も良かった。女子の方が男子よりも正答率が高い傾向が見られた。

問9.2

油とワックスは互いに混ざりやすい物質です。水は油と混ぜ合わせることはできませんし、ワックスも水には溶けません。

リップスティックの材料を温めているときに、多量の水が入ってしまった場合、どのようなことが起こるかを答えてください。

- A 混合物はより滑らかで柔らかく出来上がる
- B 混合物はより硬くなる
- C 混合物は、ほとんど全く変化しない
- D 混合物の油っぽい固まりが水に浮かぶ

問9.2の採点基準

完全正答

コード1：D 混合物の油っぽい固まりが水に浮かぶ

誤答

コード0：その他の解答

コード9：無答

問題の種類：選択肢形式

能力：科学的な証拠を用いること

知識カテゴリー：科学的説明（科学についての知識）

適用領域：科学とテクノロジーのフロンティア

状況：個人的

この問は、この大問の他の問より日常的な関連が薄い。生徒は、提供された選択肢の中から適切に予想するために、問題文に示されている情報から推測しなければならない。このように、この問は、知識カテゴリーは「科学的説明」（科学についての知識）に分類される。

生徒の70%がこの問に正しく答えた。問9.1同様、女子の方が男子よりも正答率が高い傾向が

見られた。

問9.3

乳化剤と呼ばれる物質を加えると、油もワックスも水とよく混ざります。

なぜ、石鹼と水でリップスティックを落とすことができるのですか。

- A 水の中の乳化剤が石鹼とリップスティックを混ぜ合わせるから
- B 石鹼が乳化剤として働き、水とリップスティックを混ぜ合わせるから
- C リップスティックの中の乳化剤が水と石鹼を混ぜ合わせるから
- D 石鹼とリップスティックが合わさって乳化剤が形成され、水と混じり合うから

問9.3の採点基準

完全正答

コード1：B 石鹼が乳化剤として働き、水とリップスティックを混ぜ合わせるから

誤答

コード0：その他の解答

コード9：無答

問題の種類：選択肢形式

能力：科学的証拠を用いること

知識カテゴリー：科学的説明（科学についての知識）

適用領域：科学とテクノロジーのフロンティア

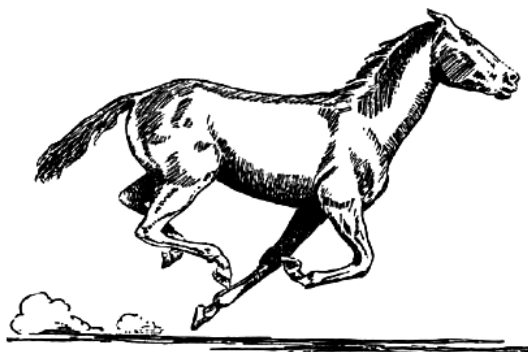
状況：個人的

この大問の他の小問とは異なり、予備調査で成績に男女差は認められなかった。先の問と同様に、提供された情報と一致する説明は4つの選択肢から選ばなければならない。このため、この問は先の問と同じ知識、能力のカテゴリーに分類される。

予備調査でこの問は良好に機能し、弁別性も良く、また難易度は中位であった。

科学的リテラシー・問題 10：

進化



今日、多くの馬は流線形をしていて、速く走ることができます。

科学者たちは、馬に似た動物の骨の化石を発見しています。彼らはそれらの化石を現生の馬の祖先だと考えています。科学者はまた、これらの化石の種がそれぞれ、いつの時代に生息していたのかを確定することもできました。

下記の表は 3 種類の化石と現生の馬に関する情報を表したものです。

名前	ヒラコテリウム	メソヒップス	メリキップス	エクウス (現生の馬)
生息した年代	5500 万年前から 5000 万年前	3900 万年前から 3100 万年前	1900 万年前から 1100 万年前	200 万年前から 現在まで
脚の骨 (同一縮尺)				

問 10.1

表の中で、現生の馬が 3 つの化石から長い時間をへて進化したものだということを示す証拠があります。それは何か、できるだけ詳しく説明してください。

問 10.1 の採点基準

完全正答

コード 1：脚の骨の変化について触れた解答

- 脚の骨はほとんど同じだが、徐々に変化している。
- 5500 万年から 200 万年前の間に指がくっついて 1 本になった。
- 指の数が減った。

誤答

コード0：その他の解答

- 脚が変化した。[説明が不十分]
- どれも「ツプス」と呼ばれている。
- 突然変異が原因で変化が起きた。[正しい答えだが、この問の答えになっていない]
- 脚の骨が同じ。[「徐々に変化した」という点に言及していない]

コード9：無答

問題の種類：論述形式

能力：科学的な証拠を用いること

知識カテゴリー：科学的説明（科学についての知識）

適用領域：科学とテクノロジーのフロンティア

状況：地球的

この大問で評価される知識は、「日常生活の関連」はあまりないかもしれないが、科学において最も重要な「主たる疑問」の1つに関するものであり、予備調査でもっと満足のいく結果が得られれば、本調査に含まれたかもしれない。

この問は、科学的説明をするという観点から、表にあるデータを比較分析することを含んでいる。このため、知識カテゴリーは「科学的説明」（科学についての知識）に分類される。ここに掲載された問は予備調査で使用した問がコーディングの信頼性に問題が生じたため、予備調査以降改訂したものである。

問 10.2

時代とともに馬がどのように進化してきたかを明らかにするために、科学者たちは今後どのような研究ができますか。

それぞれの説明に対し「はい」または「いいえ」に○をつけてください。

次の研究は、馬が時代とともにどのように進化してきたかを明らかにすることに役立ちますか？	はい または いいえ
異なる時代に生息していた馬の数を比較してみる	はい / いいえ
5000 万年から 4000 万年前に生息していた馬の祖先の化石を探してみる	はい / いいえ

問 10.2 の採点基準

完全正答

コード1：2問とも正解の場合。上から順番に、いいえ、はい

誤答

コード0：その他の解答

コード9：無答

問題の種類：複合的選択肢形式

能力：科学的な疑問を認識すること

知識カテゴリー：科学的探究（科学についての知識）

適用領域：科学とテクノロジーのフロンティア

状況：地球的

この大問では、科学的な疑問に答えようとするにはさらにどんな証拠がなければならないかを尋ねている。このため、進化あるいは自然選択（すなわち科学の知識）に幾分精通している必要がある。しかしながら、結局、主として必要な知識は、ここに挙げられている研究が実現可能なものかどうかを認識することである。このためこの問は、知識カテゴリーは「科学的探究」（科学についての知識）に分類される。

この問は予備調査で大変良好に機能し、弁別性は適切で、国間あるいは男女間のバイアスの有意な問題点はなかった。また、難易度は中位であった。

問 10.3

次のうち、進化論について最も良い説明をしているのはどれかを教えてください。

- A 実際に種の変化を見ることができないので、進化論は信じられない
- B 進化論は動物には当てはまるが、人間には当てはまらない
- C 進化論は現在では数多くの観察に基づいた科学的理論である
- D 進化論は科学実験によって真実であると証明された理論である

問 10.3 の採点基準

完全正答

コード 1：C 進化論は現在では数多くの観察に基づいた科学的理論である

誤答

コード 0：その他の解答

コード 9：無答

問題の種類：選択肢形式

能力：現象を科学的に説明すること

知識カテゴリー：生命システム（科学の知識）

適用領域：科学とテクノロジーのフロンティア

状況：地球的

予備調査の結果、この問には問題があることがわかった。誤答である選択肢 D を選ぶ生徒が、正答である選択肢 C を選んだ生徒とほとんど同じくらいの能力だったのである。さらに、国間で難易度に相当のばらつきがあり、多くの国で弁別性が非常に低かった。ここに掲載されたものでは、選択肢 C は予備調査で使用したものに、表現上、多少変更を加えている。

問 10.4

次の項目についてどれぐらい興味や関心を持っていますか。

それぞれの項目ごとに、あてはまる番号に1つ○をつけてください。

	興味や関心が			
	高い	中くらい	低い	全くない
a) どのように化石が鑑定されるかを知ること	----- 1 -----	----- 2 -----	----- 3 -----	----- 4 -----
b) 進化論の発展についてさらに学ぶこと	----- 1 -----	----- 2 -----	----- 3 -----	----- 4 -----
c) 現生の馬の進化についてより理解を深めること	----- 1 -----	----- 2 -----	----- 3 -----	----- 4 -----

問題の種類：態度

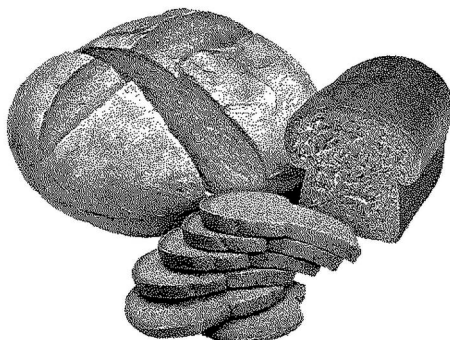
態度：科学に関する学習への興味・関心

この問は、進化科学に対する生徒の興味・関心を評価するために設計された。すべての態度項目同様、この問は大問の最後にあるので、生徒は意見を聞かれる前に、その状況に慣れることができる。

探索的因子分析の結果によれば、3つの項目とも「興味・関心」の因子に関してかなり負荷量が高く、他の因子への負荷量は低かった。最後の項目はその他の2つの項目と比較して、興味や関心が低かった。

科学的リテラシー・問題 11:

パン生地



パン生地を作るために、パン職人が小麦粉と水、塩、酵母菌（イースト）を混ぜます。材料を混ぜた後、発酵させるために生地を容器に入れて数時間放置します。発酵の間に生地の中では化学変化が起こります。酵母菌（単細胞菌）が、小麦粉の中のでんぷんと糖を二酸化炭素とアルコールに変化させます。

問 11.1

発酵することによって、パン生地が膨らみます。なぜパン生地は膨らむのですか。

- A 生地が膨らむのは、アルコールが作られ、気体になるため
- B 生地が膨らむのは、生地の中で単細胞菌が繁殖するため
- C 生地が膨らむのは、気体である二酸化炭素が発生するため
- D 生地が膨らむのは、発酵によって水が蒸気になるため

問 11.1 の採点基準

完全正答

コード1：C 生地が膨らむのは、気体である二酸化炭素が発生するため

誤答

コード0：その他の解答

コード9：無答

問題の種類：選択肢形式

能力：現象を科学的に説明すること

知識カテゴリー：物理的システム（科学の知識）

適用領域：科学とテクノロジーのフロンティア

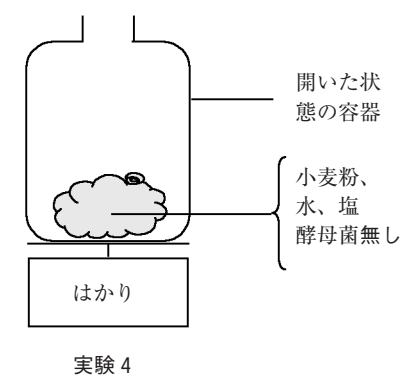
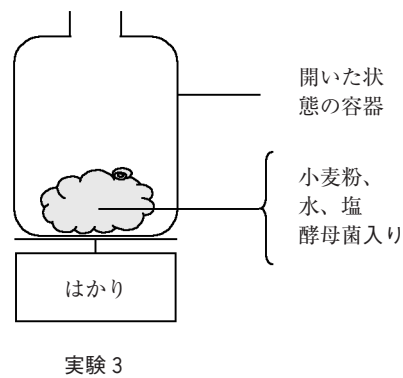
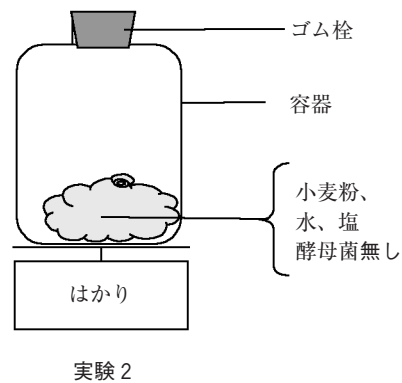
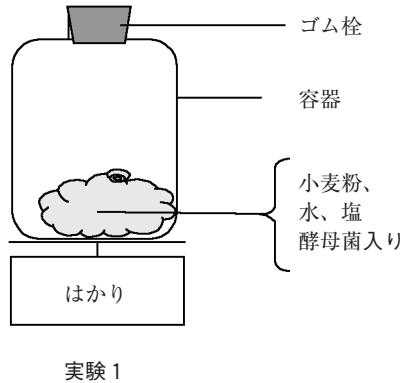
状況：個人的

予備調査で、この問は弁別性が適切で難易度が中位であるという結果となった。しかしながら、誤答である選択肢 A を選んだ生徒の能力レベルが、選択肢 C を選んだ生徒の能力レベルとほとんど同じであるという国が多かった。

問 11.2

生地をこねてから数時間後にパン職人が生地を測ったところ、質量が減っていました。

次の4つの実験では、開始時の質量は同じです。酵母菌が質量の減少の原因であるかどうかを知るためには、次の実験のうち、どの2つを比較すべきですか。



- A パン職人は実験 1 と 2 を比較すべきである
- B パン職人は実験 1 と 3 を比較すべきである
- C パン職人は実験 2 と 4 を比較すべきである
- D パン職人は実験 3 と 4 を比較すべきである

問 11.2 の採点基準

完全正答

コード 1：D パン職人は実験 3 と 4 を比較すべきである

誤答

コード 0：その他の解答

コード 9：無答

問題の種類：選択肢形式

能力：科学的な疑問を認識すること

知識カテゴリー：科学的探究（科学についての知識）

適用領域：科学とテクノロジーのフロンティア

状況：個人的

適切な答えを選ぶ際、生徒は変える必要のある変数（酵母菌入り／酵母菌無し）と統制が必要な変数（その他の材料）とを明らかにしておかなければならない。生徒はまた、栓をすると、問に示

されているような状況と対照的に、気体が容器から出て行くのを妨げてしまうことに気づかなければならない。このため、この問は、知識カテゴリーは「科学的探究」（科学についての知識）に分類され、能力は「科学的な疑問を認識すること」となる。

予備調査ではこの問に正しく答えることができた生徒は、4分の1ほどしかいなかった。また、弁別性も良くなかった。

問 11.3

生地の中で化学反応が起こり、酵母菌によって小麦粉のでんぷんと糖から二酸化炭素とアルコールが形成されます。

二酸化炭素とアルコールに存在する炭素原子はどこから来たものですか。それぞれの説明に対し「はい」または「いいえ」に○をつけてください。

次の説明は、炭素原子がどこから来たのかを正しく説明していますか？	はい または いいえ
炭素原子の一部は糖から来たものである	はい / いいえ
炭素原子の一部は食塩分子の一部である	はい / いいえ
炭素原子の一部は水から来たものである	はい / いいえ

問 11.3 の採点基準

完全正答

コード1：3問とも正解の場合。上から順に、はい、いいえ、いいえ

誤答

コード0：その他の解答

コード9：無答

問題の種類：複合的選択肢形式

能力：現象を科学的に説明すること

知識カテゴリー：物理的システム（科学の知識）

適用領域：科学とテクノロジーのフロンティア

状況：個人的

予備調査以後、回答する説明文の1つが削除された。削除された説明文を選んだ生徒は少なく、弁別性も逆方向に作用していた。改訂された問もまだ幾分難しいが、弁別性は適切になるとと思われる。

生徒は、正しい答えを得るために、砂糖、塩、水の原子構造の知識を引き出すことを求められている。この問は科学（物質科学の）の知識である。

問 11.4

膨らんだ（発酵した）パン生地をオーブンに入れて焼くと、生地の中の気体や蒸気の入っている穴が膨張します。

熱すると気体や蒸気が膨張するのはなぜですか。

- A 気体や蒸気の子が大きくなるため
- B 気体や蒸気の子の動きが速くなるため
- C 気体や蒸気の子の数が増えるため
- D 気体や蒸気の子のぶつかり合う回数が減るため

問 11.4 の採点基準

完全正答

コード 1：B 気体や蒸気の子の動きが速くなるため

誤答

コード 0：その他の解答

コード 9：無答

問題の種類：選択肢形式

能力：現象を科学的に説明すること

知識カテゴリー：物理的システム（科学の知識）

適用領域：科学とテクノロジーのフロンティア

状況：個人的

この問は、物質の粒子モデルに対する理解を評価するものである。選択肢 A と C には共通の誤概念がみられ、それぞれ生徒のおよそ 25%、20% が選択していた。この問に正答できたのは、生徒のおよそ 45% であった。

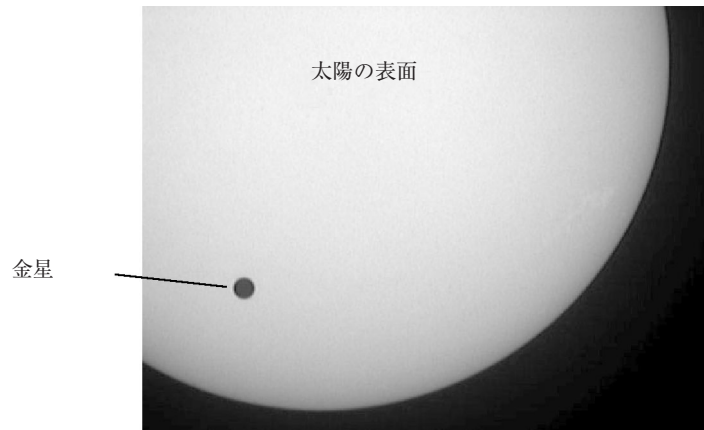
予備調査でこの問は全体的に弁別性が良く、難易度は中位であった。しかしながら、国間の難易度に幾分ばらつきがあり、本調査に含めるかどうかの優先度は低かった。

科学的リテラシー・問題 12：

金星の太陽面通過

2004年6月8日、金星が太陽面を通過するのを地球上の多くの場所から観察することができました。これは金星の「太陽面通過」と呼ばれ、金星が太陽と地球の間に来るときに起こります。前回、金星の太陽面通過があったのは1882年で、次回は2012年だとされています。

下図は2004年の金星の通過の写真で、太陽に向けた望遠鏡から画像を白い紙に投影したものです。



問 12.1

通過を観察するには白い紙に投影して行いますが、直接望遠鏡を覗いてはいけないのはなぜですか。

- A 太陽の光がまぶしくて、金星が見えなくなるから
- B 太陽は大きいため、拡大する必要がないから
- C 望遠鏡を通して太陽を直接観察すると目を傷めるから
- D 画像を小さくするために紙に投影する必要があるから

問 12.1 の採点基準

完全正答

コード1：C 望遠鏡を通して太陽を直接観察すると目を傷めるから

誤答

コード0：その他の解答

コード9：無答

問題の種類：選択肢形式

能力：現象を科学的に説明すること

知識カテゴリー：生命システム（科学の知識）

適用領域：健康

状況：個人的

この大問の状況は太陽系に関するものであるため、知識カテゴリーは表面的には「地球と宇宙のシステム」ということになる。だが、この問は、非常に強い太陽光は目に危険なことを生徒がわかっているかどうかを見るものなので、「生命システムの知識」に分類された。

この大問は、時間の経過とともに関心や関連性を持続できなくなると考えられたため、本調査に含めるかどうかの順位が低かった。さらに、予備調査では全体的にうまく機能しなかった。

この問に関しては、弁別性は受け入れられる範囲の最低であり、難易度はおおむね中位であった。男子の方が女子よりも正答率が高い傾向が見られた。誤答である選択肢 A を選んだ生徒の能力レベルが、正答である選択肢 C を選んだ生徒の能力レベルに近いという国もあった。

問 12.2

次のうち、太陽面を通過する時に地球から観察できる惑星はどれですか。

- A 水星
- B 火星
- C 木星
- D 土星

問 12.2 の採点基準

完全正答

コード 1：A 水星

誤答

コード 0：その他の解答

コード 9：無答

問題の種類：選択肢形式

能力：現象を科学的に説明すること

知識カテゴリー：地球と宇宙のシステム（科学の知識）

適用領域：科学とテクノロジーのフロンティア

状況：個人的／地球的

この問の状況に関する分類は難問である。これは「宇宙の構造」に関連しているが、グローバルな意味で言えばほとんど「フロンティア」の知識ではない。「自然界の理解」により近いと考えれば、（この大問の他の小問と同様）「個人的」な状況に分類される。問の「状況」と「適用領域」の分類はしばしば問題になるため、それらが、調査で様々な適切な状況を取り上げるため以上のいかなる目的にも用いられないことに注意することが重要である。

この問に正しく解答するために、生徒は、太陽面の通過が、地球と太陽の間にある惑星についてのみ地球から見ることができることを認識している必要があり、また、他の惑星と関連した地球の軌道半径を知っていなければならない。

予備調査でこの問は、国間で難易度に大きなばらつきがあるなど、全体として難しいことがわかった。男子は女子よりも正答率が高い傾向がみられた。弁別性は受け入れられる範囲の最低であった。

問 12.3

下の文ではいくつかの言葉に下線が引かれています。

天文学者の予測では、海王星から観測した場合に土星が太陽の面を通過するのが見えるのは、今世紀の終わりだとされています。

この下線を引いた単語をインターネットや図書館で検索語として使った場合、通過の予想時期を確認できるのはどれですか。検索に役に立ちそうな単語を3つあげてください。

問 12.3 の採点基準

完全正答

コード1：通過、土星、海王星の3語のみをあげた解答

- 土星／海王星／通過

誤答

コード0：その他の解答。4語あげた解答も含む

- 通過／土星／太陽／海王星
- 天文学者／通過／土星／海王星

コード9：無答

問題の種類：求答形式

能力：科学的な疑問を認識すること

知識カテゴリ：科学的探究（科学についての知識）

適用領域：科学とテクノロジーのフロンティア

状況：個人的

「与えられたトピックに関する科学的情報を検索するために、キーワードを特定すること」は、この枠組みで述べられている「科学的な疑問を認識する」能力を構成する要素である。

この問は予備調査でうまく機能しなかった。非常に難しく、生徒の13%しか正答しなかった。いくつかの言語で中心となる文章の翻訳に問題がみつかったため、問の難易度が上がった国もあった。だが、英語圏の国の平均正答率は13%であった。

科学的リテラシー・問題 13：

健康上のリスクがあるか？

あなたが農業用の肥料を生産する大きな化学工場の近くに住んでいると仮定します。近年、この地域では長期にわたって呼吸器系の障害で苦しんでいる人々があります。地域住民の多くは、これらの症状は、近くの化学肥料工場が排出している有害ガスが原因であると考えています。

化学工場が将来、地域住民の健康におよぼすかもしれない危険性について話し合う住民集会が開かれました。科学者たちは、集会で次のようなことを述べました。

化学薬品会社に雇われた科学者が述べた内容

「この地域の土壌の毒性を調査したところ、集めたサンプルからは毒性のある化学薬品の証拠は見つかりませんでした。」

地元住民に雇われた科学者が述べた内容

「この地域で長期にわたる呼吸器系障害の発生件数を、化学薬品工場から遠く離れた地域の件数と比較したところ、化学薬品工場の近辺の方が、件数が多いことがわかりました。」

問 13.1

化学薬品工場の所有者は会社に雇われた科学者が述べたことを利用して、「工場からの排出ガスによる地元住民への健康上のリスクはない」と主張しています。

会社側に雇われた科学者が述べたことが、工場の所有者の言い分を支持しているかどうか疑わしい理由を1つあげてください。

問 13.1 の採点基準

完全正答

コード1：科学者の発言が工場所有者の言い分を支持していることに疑問を投げかけている適切な理由を述べた解答

- 呼吸器系の障害を引き起こしている物質は毒性をもつものであるとは限らない。
- 呼吸器系の障害は、土壌に含まれたものではなく、大気中の化学物質によってのみ生じた可能性がある。
- 毒性物質は時間の経過と共に変化したり、分解したりする可能性があり、土壌の中では毒性のないものとして検出されるかもしれない。
- 土壌のサンプルがその周辺地域全体を代表するものかどうか分からない。
- 科学者はその会社からお金をもらっているから。
- 科学者が仕事を失うのを恐れた。

誤答

コード0：その他の解答

コード9：無答

問題の種類：論述形式

能力：科学的な証拠を用いること

知識カテゴリー：科学的探究（科学についての知識）

適用領域：災害

状況：社会的

この大問の状況は特に日常生活に関連があり、科学的な情報を評価することによって、よく理解した上で社会的関心事に判断を下すような個人の能力を扱うことである。この大問の2つの小問はいずれも、「科学的な証拠を用いる」能力を含んでいる。

この最初の間では、科学は、与えられた情報の妥当性、適切さ、及びその情報の信頼性について判断することを意味しており、知識カテゴリーは「科学的探究」（科学についての知識）に分類される。

すべての国間の統計は、この間の出来が全体的に良好であることを示していた。弁別性は良好で、男女間のバイアスもなく、難易度も中位であった。しかしながら、国間の難易度に相当のばらつきがあった。科学研究の誠実さを疑うような解答を受け入れなければならないことについて、専門家及び国の代表から不安の声が上がったことと、国間でばらついた結果となったため、この小問及び大問は本調査に含めないこととなった。

問 13.2

地元住民側の科学者は、化学工場の周辺における長期にわたる呼吸器系の障害の発生件数を、化学工場から遠く離れた地域のそれと比較しました。

この比較が適切なものでなかったと思えるような、2つの地域の違いを1つ答えてください。

問 13.2 の採点基準

完全正答

コード1：調査を行った地域の違いに焦点を当てた解答

- 2つの地域の人口が異なるかもしれない。
- 片方の地域は、より良い医療サービスを受けられるかもしれない。
- 2つの地域では老人の比率が異なるかもしれない。
- 地域が異なると、大気汚染物質も異なるかもしれない。

誤答

コード0：その他の解答

- 地域間の違いが大きいかもしれない。

コード9：無答

問題の種類：論述形式

能力：科学的な疑問を認識すること

知識カテゴリー：科学的探究（科学についての知識）

適用領域：災害

状況：社会的

この間は、条件制御されずに測定された結果に影響を与えるような変数を明らかにすることを生徒に求めている。主な課題は実験計画についてなので、分類は前問と同様知識カテゴリーは「科学的探究」（科学についての知識）となる。

予備調査でこの間は弁別性が良好であったが、非常に難しく、正答した生徒はおよそ25%しかいなかった。

問 13.3

次の項目についてどれぐらい興味や関心を持っていますか。

それぞれの項目ごとに、あてはまる番号に1つ○をつけてください。

	興味や関心が			
	高い	中くらい	低い	全くない
a) 農業用の化学肥料の化学的構成についてさらに知ること	----- 1 -----	----- 2 -----	----- 3 -----	----- 4 -----
b) 大気に放出された有害ガスに何が生じるのかを理解すること	----- 1 -----	----- 2 -----	----- 3 -----	----- 4 -----
c) 化学的な排出ガスによって生じる呼吸器系の病気について学ぶこと	----- 1 -----	----- 2 -----	----- 3 -----	----- 4 -----

問題の種類：態度

態度：科学に関する学習に対する興味・関心

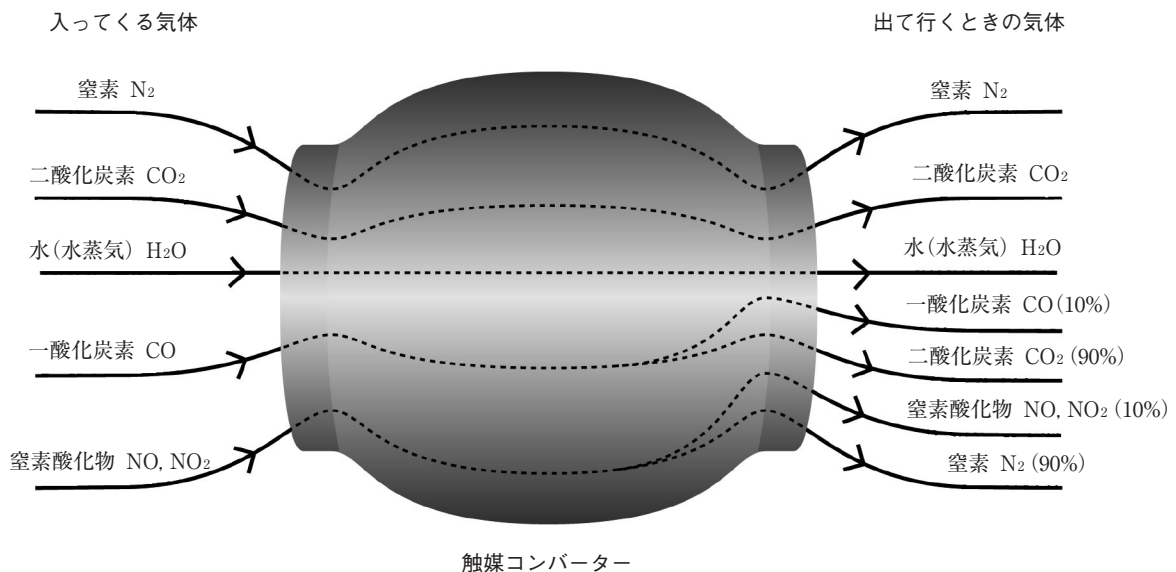
探索的因子分析によれば、3つの項目とも「科学への興味・関心」の因子に関して有意な負荷量を示した。2番目及び3番目の項目は明らかに健康と安全に関連しているものの、健康や安全に対する興味や関心を示していると考えられるような因子負荷の証拠はほとんどなかった。これら2つの項目については興味や関心がある程度見られたが、最初の項目については興味、関心はほとんど見られなかった。

科学的リテラシー・問題 14：

触媒コンバーター

車の排気ガスが人間や環境に及ぼす害を少なくするための触媒コンバーター（キャタライザー）が、最近の車のほとんどに装着されています。

有害な気体の約90%は、害の少ない気体へと変換されます。下の図は、気体がコンバーターに入り、どのようになって出て行くかを示しています。



問 14.1

上図に記されている情報をもとに、触媒コンバーターが排気された有害な気体をより害の少ない気体へとどのように変換しているか、例を1つあげてください。

問 14.1 の採点基準

完全正答

コード1：一酸化炭素または窒素酸化物のどちらかが他の化合物に変換されることを述べた解答

- 一酸化炭素が二酸化炭素に変換される。
- 窒素酸化物が窒素に変換される。
- 有害な気体を害のない気体に変換させる。例えば、一酸化炭素を二酸化炭素（90%）にする。
- 有害な一酸化炭素と窒素酸化物が、より害の少ない二酸化炭素と窒素に変換される。

誤答

コード0：その他の解答

- 気体があまり有害ではなくなる。
- 一酸化炭素と窒素化合物を浄化する。[説明が不十分である]

コード9：無答

問題の種類：論述形式

能力：科学的な証拠を用いること

知識カテゴリー：物理的システム（科学の知識）／科学的説明（科学についての知識）

適用領域：環境

状況：社会的

車の排気ガスによる大気汚染の状況は、ほとんどの市民にとって日常生活に関連する事柄である。ただし、その関連は、都市居住者と非都市居住者との間で、同じように共有されているわけではない。予備調査の結果を分析すると、この大問のこの小問に関しては男女間で多少の違いがあり、どちらかといえば男子の方が正答率が高いが、注目するほどのことではない。

生徒は通常、排気ガスが環境的に危険なものであるという知識、及び危険でないものはどれかという知識を、この大問に適用するので、この問は、知識カテゴリーは「物理的システム」（科学の知識）に分類される。しかしながら、図に示された情報は、触媒コンバーターによってその量が減少する気体は一酸化炭素と窒素化合物のみであることを示しているため、気体のうちの1つが、もしくはその他の気体が、あるいは両者が危険な気体に違いないと考えることができる。こうした推測の際、「科学的な」文脈で図を解釈することによって、生徒は科学を熟考することができるのである。このため、この最初の間を「科学についての知識」に分類し、知識カテゴリーを「科学的説明」とすることについては議論の余地がある。

問 14.2

気体の変化は触媒コンバーターの中で起こります。原子と分子という2つの用語を使って、何が起きているかを説明してください。

問 14.2 の採点基準

完全正答

コード 2：原子を再配列して異なる分子を形成するという基本的な概念を、原子と分子という用語を両方とも使って表現した解答

- 分子が分解し、原子が組み替えられて新しい分子ができる。
- 原子の配列が変わって、異なる分子になる。

部分正答

コード 1：再配列という基本的な概念を表現しているが、原子と分子について触れていない、または、原子と分子の役割について区別していない解答

- 原子の配列が変わって、異なる物質ができる。
- 分子が他の分子に変化する。
- 原子と分子が結合し、分裂することによってより害の少ない気体になる。[原子と分子の役割が異なること]
- $2(\text{NO}_2) = \text{N}_2 + 2\text{O}_2$

誤答

コード 0：その他の解答。問題文を単に繰り返し述べているものを含む

- 二酸化炭素が一酸化炭素に変化する。
- 分子がより小さい原子に分解される。[原子の再配列について言及していない]

コード 9：無答

問題の種類：論述形式

能力：現象を科学的に説明すること

知識カテゴリー：物理的システム（科学の知識）

適用領域：環境

状況：社会的

この問は、生徒が化学反応で起こることを理解しているかどうか、及びこの大問の特徴（原子と分子）を理解しているかどうかを直接的に評価するものである。そのため、この問は、知識カテゴリーは「物理的システム」（科学の知識）に分類される。

予備調査で、生徒はこの問で得点を得るのは非常に難しいことがわかった。完全正答した生徒はおよそ 15% で、部分正答の生徒も同じ位の割合であった。

問 14.3

触媒コンバーターから排出される気体の図をよく見た上で、有害な排気ガスを減らすために触媒コンバーターの開発に関わっているエンジニアや科学者が解決に取り組むべきであると思われる課題を 1 つ述べてください。

問 14.3 の採点基準

完全正答

コード 1：一酸化炭素や窒素酸化物など有害な気体除去法のさらなる改善、または、大気中に排出される気体から二酸化炭素を除去することなどに関する適切な解答

- すべての一酸化炭素が二酸化炭素に変換されているわけではない。
- 窒素酸化物から窒素に変換される量が十分ではない。
- 一酸化炭素から二酸化炭素へ、窒素酸化物から窒素へと変換する率を改善する。

- 変換された二酸化炭素は大気中に排出するのではなく、閉じ込めるべきである。

誤答

コード0：その他の解答

- 有害な気体を、もっと害の少ないものへとより完全に変換していく。[有害な気体のうちの少なくとも1つを明示しなければならない]
- ガスの排出を少なくする必要がある。
- 有害な気体を再利用する方法を見つけるべきである。
- 別の液体燃料で走る自動車をつくるべきである。

コード9：無答

問題の種類：論述形式

能力：科学的証拠を用いること

知識カテゴリー：物理的システム（科学の知識）

適用領域：環境

状況：社会的

この問に答えるには、この大問の最初の間（問14.1）で評価されたのと同様の知識・技能が求められる。よって、もしこの大問が本調査に含められたとしても、この2つ（問14.1と14.3）のうちの1つは削除されたであろう。

問14.4

次の項目についてどれぐらい興味や関心を持っていますか。

それぞれの項目ごとに、あてはまる番号に1つ○をつけてください。

	興味や関心が			
	高い	中くらい	低い	全くない
a) 発生する有害な煙が、車の燃料によってどう異なるのかを知ること	----- 1 -----	----- 2 -----	----- 3 -----	----- 4 -----
b) 触媒コンバーターの中で何が起きているのかをよりよく理解すること	----- 1 -----	----- 2 -----	----- 3 -----	----- 4 -----
c) 有害な排気ガスを出さない車について学ぶこと	----- 1 -----	----- 2 -----	----- 3 -----	----- 4 -----

問題の種類：態度

態度：科学に関する学習への興味・関心

探索的因子分析によれば、3つの項目とも「科学への興味・関心」の因子に関して有意に高負荷量の値が見られた。加えて、健康と安全への興味・関心を示していると考えられるような側面について負荷量が高い傾向が見られた。最後の項目は、他の2つの項目に比べ、興味・関心がより高かった。

科学的リテラシー・問題 15：

集中治療

多くの病気を治すには、特別に装備された手術室で行われる集中治療が必要です。



問 15.1

集中治療を受ける際、患者は痛みを感じないように麻酔をかけられます。麻酔は通常、鼻と口を覆うフェースマスクを使い、ガスの状態で投与されます。

麻酔ガスが作用するとき、人間のどの器官が関わっていますか。それぞれに対し「はい」または「いいえ」に○をつけてください。

次のものは、麻酔ガスの作用に影響を受けますか？	はい または いいえ
消化器官	はい / いいえ
神経系	はい / いいえ
呼吸器系	はい / いいえ

問 15.1 の採点基準

完全正答

コード1：3問とも正解の場合。上から順番に、いいえ、はい、はい

誤答

コード0：その他の解答

コード9：無答

問題の種類：複合的選択肢形式

能力：現象を科学的に説明すること

知識カテゴリー：生命システム（科学の知識）

適用領域：健康

状況：個人的／社会的

いつの時代も、家族に手術が必要とされるような場合がある。よって、この大問の状況は、この枠組みで概要が述べられている「日常生活の関連」の基準を満たすものである。状況は、それが患者の視点からの判断なのか、あるいは病院の視点からの判断なのかによって、「個人的」または「社会的」に分類される。

この問は予備調査で全体的に弁別性が良くなかったが、それは特に、最後の項目（呼吸器系）の弁別性が極めて悪かったためである。

問 15.2

手術室で使用する手術道具を殺菌しなければならない理由を説明してください。

問 15.2 の採点基準

完全正答

コード 21：道具が細菌・病原菌に汚染されていないこと、およびこれが感染の広がりを防いでいることの両方について触れた解答

- 細菌が体の中に侵入しないようにし、患者が感染することを防ぐため。
- そうすれば、細菌が手術中に他の人の体に侵入しないから。

部分正答

コード 12：道具が細菌に汚染されていないことについて触れているが、しかし感染の広がりを防いでいることについては触れていない解答

- 道具についた病原菌を殺すため。

コード 11：感染の広がりを防ぐことについては触れているが、しかしその道具が細菌に汚染してはいけないものであることについて触れていない解答

- そのため患者は感染しない。
- 病気のいかなる感染をも防ぐため。

誤答

コード 01：その他の解答

- 清潔にしておくため。
- 手術中、それらの道具は切開部分から体の内部に触れるため。

コード 99：無答

問題の種類：論述形式

能力：現象を科学的に説明すること

知識カテゴリー：生命システム（科学の知識）

適用領域：健康

状況：社会的

この問は予備調査で弁別性が極めて良好で、難易度も中位であった。女子の方が男子よりも正答率が高い傾向が見られた。

採点者は、多くの場合コード 11 と 12 を区別するのが難しく、もしこの問が本調査に含められたとすれば、二桁コードによる採点は採用されなかったであろう。

問 15.3

手術後、患者は食べたり、飲んだりすることができない場合、水や糖分、塩分を含んだ点滴（輸液）を受けます。時々、点滴には抗生物質や鎮痛剤が加わることもあります。

なぜ、手術後の患者にとって点滴による糖分が重要なのですか。

- A 脱水状態にならないため
- B 手術後の痛みを抑えるため
- C 手術後の感染を防ぐため
- D 必要な栄養分を補給するため

問 15.3 の採点基準

完全正答

コード 1：D 必要な栄養分を補給するため

誤答

コード 0：その他の解答

コード 9：無答

問題の種類：選択肢形式

能力：現象を科学的に説明すること

知識カテゴリー：生命システム（科学の知識）

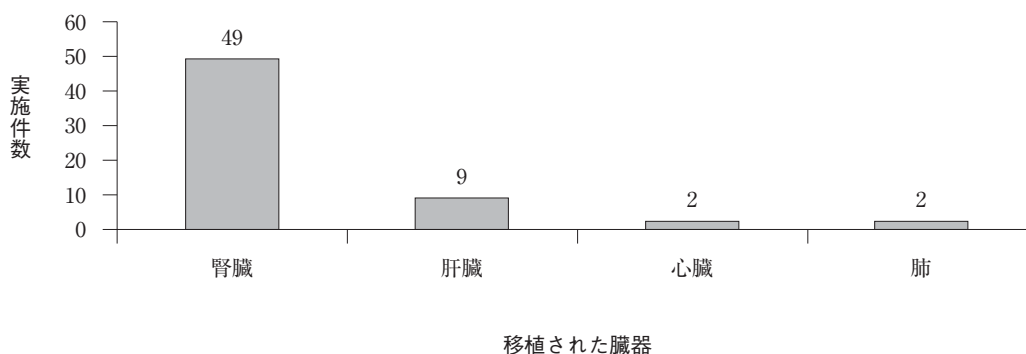
適用領域：健康

状況：個人的／社会的

予備調査の結果によれば、この問は非常に簡単で弁別性は良好であった。生徒のおよそ 70% が正答した。

問 15.4

集中治療には臓器移植などがありますが、この移植手術は現在一般的になってきています。下のグラフは、ある病院で2003年に実施された臓器移植の件数を示したものです。



上のグラフから、どのようなことが言えますか。それぞれの結論に対し「はい」または「いいえ」に○をつけてください。

上のグラフから次のことが言えますか？	はい または いいえ
肺移植を行った場合、心臓移植も行わなければならない。	はい / いいえ
人間の体の中で、腎臓が最も大事な臓器である。	はい / いいえ
移植をした患者は、腎臓病の患者が多い。	はい / いいえ

問 15.4 の採点基準

完全正答

コード1：3問とも正解の場合。上から順番に、いいえ、いいえ、はい

誤答

コード0：その他の解答

コード9：無答

問題の種類：複合的選択肢形式

能力：科学的な証拠を用いること

知識カテゴリー：科学的説明（科学に関する知識）

適用領域：健康

状況：社会的

この問は、グラフにおける科学的なデータを解釈し、適切な結論を導き出すことのできる生徒の技能を評価するものである。この問の問題文に示されているもの以外の特別な情報を導き出す必要はない。よって、知識の分類は「科学的説明」（科学についての知識）が適切である。

予備調査でこの問はきわめて良好に機能し、また弁別性も良好で、難易度は中位であった。

問 15.5

次の項目についてどれぐらい興味や関心を持っていますか。

それぞれの項目ごとに、あてはまる番号に1つ○をつけてください。

	興味や関心が			
	高い	中くらい	低い	全くない
a) 手術用の器具の殺菌方法について学ぶこと	----- 1 -----	----- 2 -----	----- 3 -----	----- 4 -----
b) 使われているさまざまな種類の麻酔薬について知ること	----- 1 -----	----- 2 -----	----- 3 -----	----- 4 -----
c) 手術中、患者の意識レベルを監視する方法を理解すること	----- 1 -----	----- 2 -----	----- 3 -----	----- 4 -----

問題の種類：態度

態度：科学に関する学習への興味・関心

この問は、手術の科学的な側面に対する生徒の興味や関心を評価するために設計された。すべての態度項目と同様、この問はユニットの最後にあるので、生徒は彼らの意見を尋ねられる前にこの文脈に慣れることができる。

探索的因子分析によれば、3つの項目とも「科学への興味・関心」の因子に関してはある程度の負荷が見られたが、健康と安全に対する興味・関心を示していると考えられるもう1つ別の因子にかなり高い負荷が見られた。興味・関心のレベルは3つの項目間でばらつきがあり、興味や関心が最も高かったのは最後の項目で、最も低かったのは最初の項目であった。

科学的リテラシー・問題 16:

風力発電

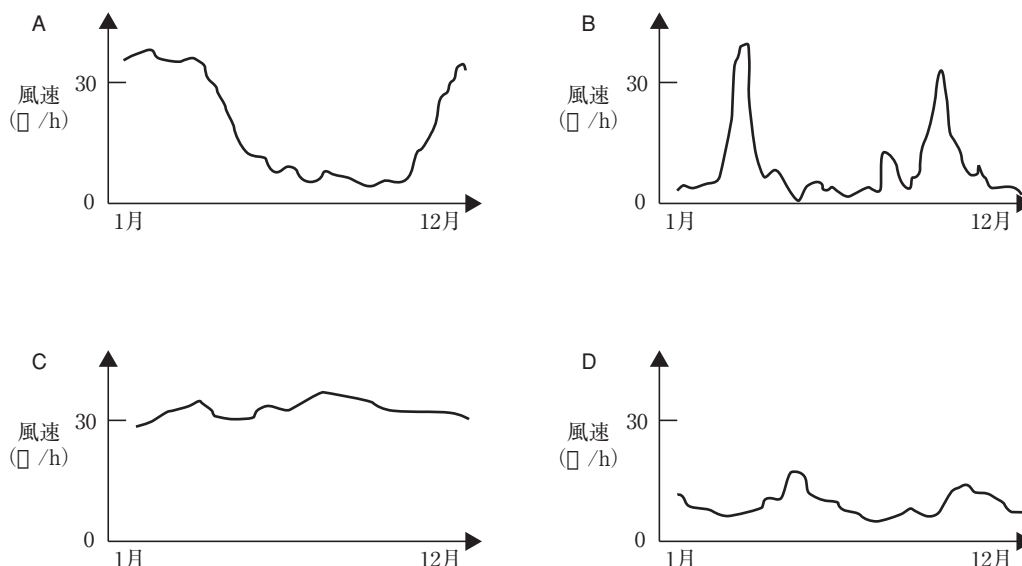
風力発電は、石油や石炭燃料による火力発電に代わる、エネルギー供給源の1つになるだろうと一般に考えられています。下の写真の装置は風車を持つ風力発電機で、その羽根は風の力で回転します。羽根の回転は、装置にある発電機が稼働して電力を発生させるのです。



風力発電

問 16. 1

下のグラフは、異なる4か所での1年を通じた平均風速を表したものです。風力発電機を設置するのに最も適している場所はどこですか。



問 16. 1 の採点基準

完全正答

コード1:C

誤答

コード0:その他の解答

コード9:無答

問題の種類:選択肢形式

能力:科学的証拠を用いること

知識カテゴリー:テクノロジーのシステム (科学の知識) / 科学的説明 (科学についての知識)

適用領域:天然資源

状況：社会的

電力を発生させる時代遅れの化石燃料の使用に対する懸念は、定期的にメディアで取り上げられている。実際にそれに取って代わることでできる燃料があれば、それは人々の生活スタイルに影響を与え、彼ら自身の環境問題を解決することができる。この大問は、調査の各国代表から、本調査に含めるべきであると高い優先順位が付けられた。

生徒はこの問を解く際に、風速が早くなればなるほど電力がより多く発生するという知識、及び常に風が吹くところがより適しているという知識を用いる必要がある。よって、カテゴリーは「テクノロジーのシステム」（科学の知識）に分類される。グラフのデータはその知識の観点から解釈されなければならないので、そのように考えれば、知識カテゴリーは「科学的説明」（科学についての知識）に分類される。

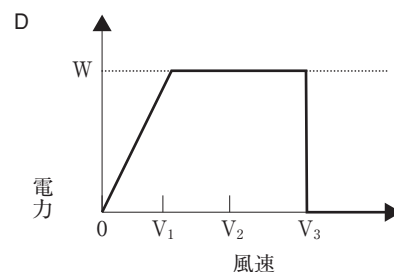
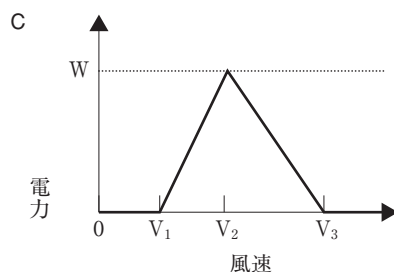
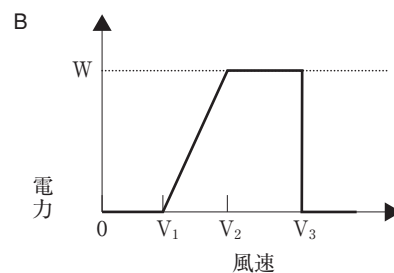
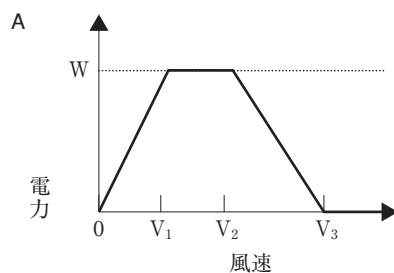
この問の予備調査で用いられたバージョンに正解した生徒は約 75% であり、非常に簡単なことがわかった。ここに示したバージョンの選択肢 C は、予備調査で使用したバージョンに比べ折れ線が多少下の方に描かれているため、この問を少し難しくしているかもしれない。

問 16.2

風が強いほど風車の羽根は速く回り、より多くの電力が発生します。しかし、実際の設定では風速と電力の間には、直接的な関係はありません。下記は、実際に設置されている風力発電装置の 4 段階の作動条件を述べたものです。

- 風速が V_1 に達すると、羽根が回転し始める。
- 風速が V_2 以上に達すると、安全面の理由から、羽根の回転は増えない。
- 風速が V_2 に達すると、電力は最高 (W) に達する。
- 風速が V_3 以上に達すると、羽根は回転を停止する。

次のグラフのうち、これらの作動条件における風速と電力の関係を最も適切に表しているのはどれですか。



問 16.2 の採点基準

完全正答

コード 1 : B

誤答

コード 0：その他の解答

コード 9：無答

問題の種類：選択肢形式

能力：科学的証拠を用いること

知識カテゴリー：科学的説明（科学についての知識）

適用領域：天然資源

状況：社会的

生徒は、提示されたグラフを解釈するに当たって、グラフの特徴に、ある条件を当てはめなければならない。その条件は、実験データと言うよりもむしろ技術的なデータを示すものである。この問が本調査に含められなかったのは、この問は主に数学的リテラシーを調査するためのものではないかという懸念があったことと、最初の文章が前の問に解答するためのヒントとなっているという懸念があったためである。

予備調査でこの問は難易度は中位であり、弁別性は適切であることがわかった。しかしながら多くの国で、誤答である選択肢 C を選んだ生徒の能力レベルが、正解である選択肢 B を選んだ生徒の能力レベルよりもあまり低くなかった。

問 16.3

同じ風速ならば、海拔が高いほど、風車の回転は遅くなります。

次のうち、同じ風速であるにもかかわらず、高い位置にある風車の方が羽根の回転が遅い理由を最も適切に説明しているものはどれですか。

- A 海拔が高くなるほど、空気の密度が小さくなるため
- B 海拔が高くなるほど、気温が下がるため
- C 海拔が高くなるほど、重力が小さくなるため
- D 海拔が高くなるほど、雨がよく降るため

問 16.3 の採点基準

完全正答

コード 1：A 海拔が高くなるほど、空気の密度が小さくなるため

誤答

コード 0：その他の解答

コード 9：無答

問題の種類：選択肢形式

能力：現象を科学的に説明すること

知識カテゴリー：地球と宇宙のシステム（科学の知識）

適用領域：天然資源

状況：社会的

この大問のすべての小問で同じであるが、この問は調査の各国代表から本調査に含めるべきであると評価されたが、予備調査の結果では、それを却下せざるを得ないような問題点が示された。特に、国間の難易度においてばらつきが見られ、かつ、誤答である選択肢 D はむしろばらつきが弱いことがわかった。男子の方が女子よりも正答率が高い傾向が見られた。

問 16.4

石炭や石油のような化石燃料を使った火力発電に比べたとき、風力発電の有利な点と不利な点を1つずつ答えてください。

有利な点

不利な点

問 16.4 の採点基準**完全正答**

コード2：有利な点と不利な点をそれぞれ1つずつ述べた解答

採点上の留意点：どの側面（設置経費あるいは運転経費など）に注目するかによって、風力発電の費用には有利な点も不利な点もあり得る。したがって説明なしで、含まれる経費について言及することは、有利な点であろうと不利な点であろうと、正答とするには不十分である。

[有利な点]

- 二酸化炭素 (CO₂) を排出しない。
- 化石燃料を消費しない。
- 風という資源は無くなる事がない。
- 一度風力発電機を設置したら、電力生産にかかるコストが安くすむ。
- 廃棄物や有害物質を排出しない。
- 自然の力を利用したクリーン・エネルギーである。
- 環境に優しく、かなり長い間使える。

[不利な点]

- 必要に応じた発電ができない [風速はコントロールすることができない]。
- 風力発電機の設置に適した場所は限られている。
- あまりにも強い風が吹いた場合、風力発電機が壊れる可能性がある。
- それぞれの風力発電機による発電量は比較的少量である。
- 場所によっては騒音の被害が起こり得る。
- 鳥が回転翼に衝突して死ぬ場合がある。
- 自然の景観が損なわれる。
- 設置費用が高い。

部分正答

コード1：有利な点と不利な点のうち正しく述べられているのが、どちらか一方だけである解答
(解答例は完全正答に準ずる)

誤答

コード0：有利な点と不利な点のどちらにも、上の条件を満たした正しい説明がなされていない解答

- 環境または自然によい。[一般的な解答であるため]
- 環境または自然に害がある。
- 風力発電を設置するのは、火力発電よりも費用が少ないから。[これは火力発電と同じ量の発電量を作るのに必要な風力発電は多くなる事実を無視している]
- あまり費用がかからない。

コード9：無答

問題の種類：論述形式

能力：現象を科学的に説明すること

知識カテゴリー：テクノロジーのシステム（科学の知識）

適用領域：天然資源

状況：社会的

これは予備調査において、生徒の解答の多くが完全正答あるいは部分正答となるような事態を招くなど、採点の難しかった問である。こうした困難のほとんどが、費用に関する言及であったため、そのような解答をどのように採点したらよいかを明瞭にするため、このバージョンには新たな採点基準が加えられた。

付録 B

PISA 2006 年調査分野別国際専門委員会

■ 科学的リテラシー国際専門委員会

Chair

Rodger Bybee

Biological Sciences Curriculum Study

Colorado Springs, United States

Ewa Bartnik

University of Warsaw

Warsaw, Poland

Peter Fensham

Monash University

Queensland, Australia

Paulina Korsnakova

Department of Educational Measurement

Bratislava, Slovak Republic

Robert Laurie

Department of Education of New Brunswick

New Brunswick, Canada

Svein Lie

University of Oslo

Blindern, Norway

Pierre Malléus

Ministry for National Education, Higher Education
and Research

Champigneulles, France

Michelina Mayer

National Institute for the Education of Instructional
Systems

Roma, Italy

Robin Millar

University of York

York, United Kingdom

Yasushi Ogura

National Institute for Educational Policy Research

Tokyo, Japan

Manfred Prenzel

University of Kiel

Kiel, Germany

Andrée Tiberghien

University of Lyon

Ste Foy les Lyon, France

■ 読解力国際専門委員会

Chair

John de Jong

Language Testing Services

Oranjestraat, Netherlands

Irwin Kirsch

Educational Testing Service

Princeton, New Jersey, United States

Marilyn Binkley

National Center for Educational Statistics

Washington, D.C., United States

Alan Davies

University of Edinburgh

Scotland, United Kingdom

Stan Jones

Statistics Canada

Nova Scotia, Canada

Dominique Lafontaine

Universite de Liège

Liège, Belgium

Pirjo Linnakylä

University of Jyväskylä

Jyväskylä, Finland

Martine Rémond

IUFM de Créteil

University of Paris 8

Andresy, France

■ 数学的リテラシー国際専門委員会

Chair

Jan de Lange

Utrecht University

Utrecht, Netherlands

Werner Blum

University of Kassel

Kassel, Germany

John Dossey

Illinois State University

Eureka, Illinois, United States

Zbigniew Marciniak

Warsaw University

Warsaw, Poland

Mogens Niss

IMFUFA, Roskilde University

Roskilde, Denmark

Yoshinori Shimizu

University of Tsukuba

Tsukuba-shi, Ibaraki, Japan

PISA 2006 年調査 評価の枠組み

OECD 生徒の学習到達度調査

2007 年 7 月 20 日 初版発行

監 訳 国立教育政策研究所

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。

©2007 Printed in Japan. 禁無断転載・複製

ISBN 978-4-324-08142-6(5107166-00-000) [略号：PISA 2006 年調査]

OECD生徒の学習到達度調査(PISA)の報告書

生きるための 知識と技能②

OECD生徒の学習到達度調査 (PISA)
2003年調査国際結果報告書

国立教育政策研究所／編

B5・定価3,990円税込

数学的リテラシーを軸に徹底検証。

世界的規模の継続調査だからこそ得られた貴重なデータを一挙公開。

- 知識の量や計算力などをみるのではなく、思考・解釈・推論等
ができ、的確にそれを表現できるかどうかを測った画期的な学
力調査。各国の関係者が待ちに待った、第2回目の調査内容と
結果を詳細に分析。
- 参加国が増え、全世界41か国27万6,000人、日本だけでも4,700人
の高校1年生が参加。数学的リテラシー、科学的リテラシー、
読解力、問題解決能力、さらには学校・子どもの学習環境につ
いても詳しく調査。

生きるための知識と技能

読解力に重点を置いた2000年調査国際結果報告書。

国立教育政策研究所／編

B5・定価3,000円税込

PISA2003年調査 評価の枠組み

国立教育政策研究所／監訳

B5・定価2,200円税込

URL:<http://www.gyosei.co.jp>



株式
会社 ぎょうせい

〒167-8088 東京都杉並区荻窪4-30-16
TEL03-5349-6666/FAX03-5349-6677