

思考力・判断力・表現力の評価手法について(4.3版)

久野 靖*

2017.4.3

1 はじめに

文部科学省による「大学入学者選抜改革推進委託事業」の1つとして、大阪大学・東京大学・情報処理学会が事業「情報学的アプローチによる『情報科』大学入学者選抜における評価手法の研究開発」を受託した。この事業の中に次のものが含まれる。

(1)「情報科」入試実施における評価手法の検討 — 次期学習指導要領を加味した知識体系の整理、理工系大学教育の分野別質保証、参照基準を考慮した「情報科」入試評価項目の検討、情報科での「思考力・判断力・表現力」評価手法の検討、模擬試験の問題作成と実施を行なう。

本文書ではこの下線部、すなわち、情報科での「思考力・判断力・表現力」評価手法について、検討した結果を報告している。

2 重要な前提

今回の検討に際しては重要な前提として、「思考力」「判断力」「表現力」とは何であるかについての包括的・網羅的定義は行なわないこととした。理由は、そもそもこれらのうちどれか1つだけだったとしても、その包括的・網羅的定義を定めることはそれ自体が挑戦的な課題であり、本事業の中だけで可能とは思われないからである。また、「判断」「表現」のためには当然「思考」も必要であり、これらの切り分けも簡単ではない。

そうする代わりに、今回の検討では「思考力」「判断力」「表現力」の「狭い定義」を天下一的に定め、それに基づいて問題を作成する、というアプローチを取った。

たとえば、思考力を狭く T であると定義するとは、ある受験者が T を持つならば、世の中の全般的な理解として、その受験者がその特定面について言えば「思考力」を持つと異論はないであろう、というような T を定めるわけである。なおかつ、その T を「問題を作ることが比較的容易であるように」定めることで、具体的な作題につなげる。

この方法に対する批判はもちろん、受験者が T とは違うような「思考力」を持つ場合にそれが計れないという点にある。それに対する回答は、提案する枠組みはそのような場合に、その別の面に対応する T' 、 T'' 、… を追加し、それに対応する問題を追加することを妨げない、というものである。実際、今回も「思考力」について複数の定義を示している。

とはいっても、新たに定義を増やすことは簡単なことではないから、作題が難しくならない範囲において、できるだけ「広く(汎用的に)」、この「狭い」定義を行なうことが、肝要であるといえる。

なお、ここまでの議論はすべて「一般的な」思考力・判断力・表現力について述べており、「はじめに」で述べた「情報科の」という限定は入っていない。情報科に固有の部分は、次のように、それぞれの力の「題材」「基準」として現れるものと考ええる。

*電気通信大学

- 思考力・判断力・表現力を計る問題の題材として、情報一般やコンピュータ・ネットワークなど情報技術に関するものを取り上げる。
- Tdに現れる「抽出される事項」として情報科学的なモデル化・抽象化の結果が含まれる。
- Juに現れる「判断の基準」として、情報倫理に関わる基準、計算量などコンピュータ科学に関わる基準が含まれる。
- Exに現れる「表現の手段ないし形式」として、プログラムや手順、状態遷移図やデータフロー図などの情報科学・情報技術に関わるものが含まれる。
- Exに現れる「表現のよしあしの基準」として、SNSやネットワーク上での行為としての適切性、コミュニケーション手段としての適切性などの基準が含まれる。

これらを以外の部分については汎用的能力となり情報科に限定されないが、このことは情報学の参照基準でも多くの汎用的能力について言及されていることと合致している。

3 思考力・判断力・表現力の便宜的定義

ここでは今回の検討の成果の1つである、前節で述べた意味での「作題に適した」思考力 (Tr、Tc、Td、Ti)、判断力 (Ju)、表現力 (Ex) の定義を、それを計るための問題に対する目論見と併せて示す。

(Tr) reading — (自分にとって必ずしも馴染みのない) 記述を読んで意味を理解する力 — 問題: 記法の定義やその定義を参照する記述の読解ができていないことを見る問題。

(Tc) connection — (一見関連が分からないところから) 結び付きを見出す力。 — 問題例: 多数の事項の中から結び付きを発見できるか見る設問。

(Td) discovery — (Tcで結び付きを発見したものを含めた事項の集まりに関して) 直接に示されていない事柄を発見する力。事柄としては、次のものが考えられる。

- 事項どうしの関連が持つ規則・規則性やトレードオフ。
- 事項に内在する問題・法則・原理。これらは「問題発見」「仮説構築」に相当する。
- 事項の特性や振舞いを説明する上で有用なモデル化や抽象化。
- 事項に対する現に記述されているのとは異なる視点。
- 事項が記述されている範囲 (文書等) 外のものとの関連。
- 事項の記述・表現に内在する意図。
- 事項の集まりに対する判断 (Ju) において有効・有用な基準。

—問題例: 事項の記述を与えた上で、上記のような新たな事柄を発見できるかを見る設問。

(Ti) inference — (Tcで結び付きを発見したものや Tdで発見したものを含めた) 事項・事柄の集まりに対し推論を適用する力—問題例: 推論の正しさ判別を見たり、推論そのものを構築させる。

(Ju) judgement — (優先順位づけを含め) 複数の事項 (トレードオフを含む) の中から、与えられた基準において上位ないし下位のものを選択する力。基準としては、次のものが考えられる。

- 個数、効率、金額などの理工学的に合理的な指標。
- 社会的、倫理的、道徳的な影響や重要度。
- 制約条件を与えることで順位が変化するような指標 (セキュリティ、安全などエンジニアリングデザイン的な指標)。

— 問題例: 設問によって与えられた事項や、Tc の結び付きの中から、Td で発見した事柄の中から、あるいは Ti の推論の道筋の中から、正しいものや重要なものを選ぶ設問。必要に応じて前提とする状況や制約を付記する。

(Ex) Expression — (与えられた基準において有用な) 表現を構築/考案/創出する力。基準としては、次のものが考えられる。

- 日本語記述としての適切性 (内容が過不足ない、把握しやすい提示順序、適切な接続関係の採用など)。
- 図や絵 (グラフや状態遷移図その他特定の図法によるもの、および一般的な模式図や絵の形のもの)・表などで事項を表現する場合の適切性。重要な事項が読み取りやすく表現されているか、アピールするかなど。
- 自分や他者の問題解決に資する表現としての適切性 (提示された問題の本質的な部分の選択や解決に至りやすい構造の選択など)。
- プログラムなど処理手順記述としての適切性 (求める結果の出力や構文規則への合致など)。
- 自分と必ずしも前提が共通しない他者に理解可能な表現としての適切性 (コミュニケーション内容としての適切性)。
- SNS やネットなどの場における行動の適切さ (誤解を生まない、他者に迷惑を掛けない、自分や他者にとって価値がある等)。
- 事実 (fact) と意見 (opinion) が明確に区別されている。

— 問題例: 設問によって与えられた事項や、Tc の結び付きについて、Td の発見した事柄について、あるいは Ti の推論の道筋について、適切な表現を構築する設問。Tr の記法や定義 (所与のものまたは自分で定める) を適切に活用した記述も含む。必要に応じて前提とする状況や制約を付記する。

4 抽象化能力との関連

4.1 抽象化とモデル化

抽象化 (abstraction) とは一般に言えば、複雑性を持つ事項に関連して不要な細部を除外し、直面している問題解決に必要な事柄のみを残す/取り出すことを指す。この場合に必要とされる力を前節の分類に従って挙げるなら、次のものになると考えられる。

- Td — もとの事項に関して、抽象化において考慮すべき要素を見出すことが必要である。
- Tc — 上記で見出された事項どうしの関連性について把握することが必要である。
- Ju — 要素のうち何を残すべきかを判断することが必要である。

ここで、残された事柄 (群) が整合性・完結性を持ち単独で利用可能なものであるときにそれを (元の事項の) モデル (model) と呼び、このプロセスをモデル化 (modeling) と呼ぶ。抽象化がモデル化である場合には、さらに次の力が必要である。

- Td(再), Ti — 残すべき要素の関連性に基づき、整合性・完結性があり利用可能な抽象化を考案する必要がある。
- Ju(再) — 複数の可能な抽象化から前項の基準に照らしてより優れたものを選択する必要がある。
- Ex — 選択した抽象化を外部化して表現する必要がある。

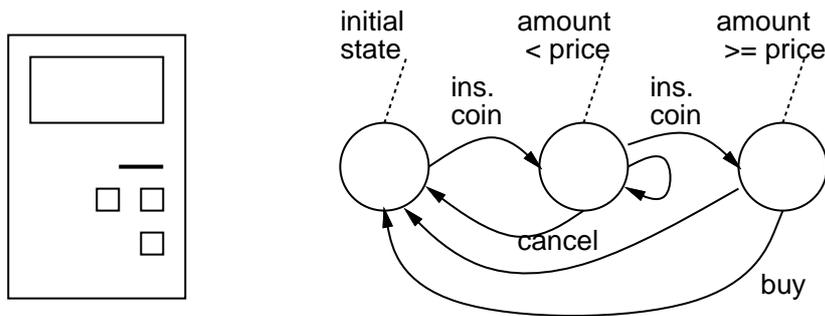


図 1: 自動販売機モデル

すべての抽象化が必ずしもモデル化とは言えない例を挙げる。たとえば「音とは媒質の振動である」という場合、抽象化は行なわれているが、「媒質の振動」という概念は単純すぎてそれ単独で利用可能とは思われないので、モデルは呼びにくそうである。もう少し多くの要素を残して、たとえば「振動の大きさと主成分の周波数」まで加えるのであれば、モデルと呼んでもよさそうである。

4.2 モデル化の例: 自動販売機

使い尽くされた例ではあるが、自動販売機を題材としてモデル化の過程を例示する(図1)。ここでは簡単のため、(1)商品が単一で、(2)コインのみを受け付ける販売機を考える。

前節の順番に従って考える。実在の自動販売機においてはその形とか商品の表示などいろいろな要素があるが、モデル化の眼目が販売機の動作であるなら、コインの投入や(商品ボタンあるいは取消ボタンによる)返却、商品の提供などの「出入り」に着目すべきと考えるだろう(Td)。また、これらを選ぶ時点で残すべきものとそうでないものの選別を行なっている(Ju)。

次に、上で挙げられた事項の関連性を把握する(Tc)。コインを投入したとき、商品の金額を上回れば購入ボタンが押せるようになり、そうでなければ押せない。いずれでも、返却ボタンを押せばコインは戻り、最初と同じ状態になる。購入ボタンが押せた場合、押せば商品が提供され、必要ならお釣りも返され、やはり最初と同じ状態になる。

さらに細かい事柄もありそうであるが、現在着目している内容で動作の理解には足りそうである。ここまでで販売機の動作が抽象化できたものとする。

次にこれらをもとにモデルを作る。上で「最初と同じ状態」とあるように、さまざまなモデル化の方法のなかでも「状態」に基づくモデルが有用であろうと考え(Ju)、「最初の状態」「コインは投入したがまだ購入ボタンは押せない状態」「購入ボタンは押せる状態」の3つがあるものと考えつく(Td)。

これらに対して先にあげた動作を矢線により記入することで状態遷移のモデルとして表現できる(Ex)。この状態遷移と上でまとめた動作の整合性を調べることで、モデルの正しさを検証する(Ti)。

ここで挙げた過程はこの通りには進まないかも知れないが、モデル化の過程で現れる「考える内容」はおおむねここに挙げたものようになるものと想像される。

4.3 コンピュータサイエンスにおける抽象化

コンピュータサイエンスの分野で抽象化という言葉は、システムを構築する手段として、抽象データ型(abstract data types)を設計し実装するという意味で用いられることも多い。この場合に必要とされる事柄を図2にまとめた。

まず、抽象化において「隠される部分」と「残される部分」を切り分けた区分線を定める必要がある。この区分線のことを抽象化界面(abstraction interface)と呼ぶ。そして、抽象化界面の内側にある機能呼び出すための操作(メソッド、関数)群のことはAPI(application programming interface)と呼ばれる。

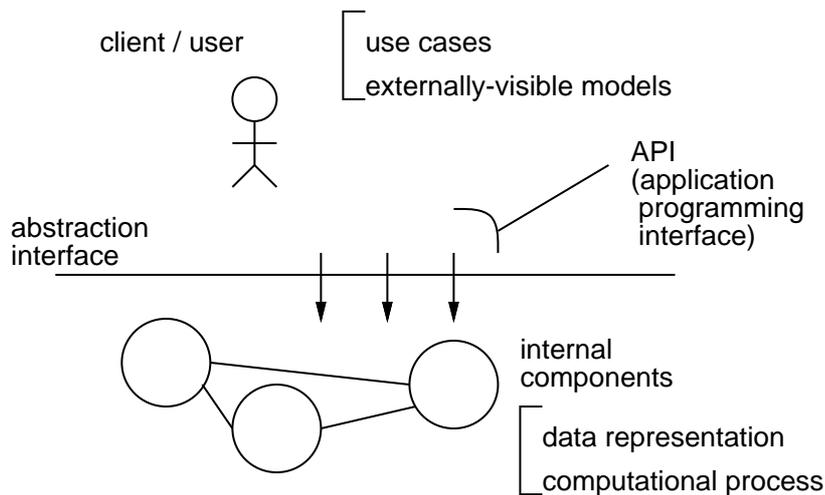


図 2: 抽象化に関連する要素群

適切な API を設計することは良い抽象化のために不可欠であるが、そのためにはその API を使う側がどのように使うか (ユースケース) を適切に定め、さらにそのユースケースに従って、使う側が抽象化界面によって隠された内部全体についてこのようなモデルに従っている、と考えれば済むような外部モデルを定めることが必要である。そして、その外部モデルに従ってシステムを利用する具体的な手段が API の操作群となる。

抽象化界面の内部について考えると、それ自体がある程度の複雑さを持ったシステムになっているはずであり (そうでなければ抽象化を必要としないだろう)、その内部でどのようなデータをどのように保持し、どのような計算によって API のサービスを提供するかを設計する必要がある。

ここでは 1 レベルの (1 つの抽象化界面から成る) 抽象化について述べたが、ネットワークやオペレーティングシステムなど複雑なシステムでは、このような界面が複数レベルにわたって存在する、階層構造のシステム (layered architecture) となっている。

最後に、このような抽象化されたシステムを設計・構築するのに必要な力について整理する。

- 抽象化界面の決定 — 前節の抽象化と同様 (Td, Tc, Ju)
- ユースケースの収集・策定 — Td, Tc, Ju, Ex
- 外部モデルの策定 — Td, Ti, Ex
- API の設計 — Td, Ex
- 内部実現の設計 — Tc, Td, Ti, Ex

5 中央教育審議会の整理との関連

5.1 本節の位置づけ

「重要な前提」で述べているように、本事業では思考力・判断力・表現力を天下一的に定義して構わないという立場ではあるが、そこでの定義が中央教育審議会等で議論されている内容と相反しないことは最低線として確認する必要がある。

ここで問題なのは、中央教育審議会でも思考力・判断力・表現力について包括的な定義はなされておらず、特定の場面を前提として「このようなもの」という説明がなされた文書が大半だという点である。

検討した結果、ここでは次の 4 つの資料の記載内容を対象として上記の確認を行なうこととした。

- 中央教育審議会 教育課程部会, 次期学習指導要領に向けたこれまでの審議のまとめ(第2部)(情報, 主として専門学科において解説される各教科・科目、道徳教育), 2016.8.26. [1], p6 別添 14-1 「情報科において育成を目指す資質・能力の整理」
- 中央教育審議会 総則・評価特別部会(第4回) 配布資料 資料 2-1 情報に関する資質・能力について, 2016.1.18. [5], p5 「資質・能力の三つの柱から整理した、高等学校卒業までに全ての生徒に育むべき情報に関わる資質・能力のイメージ(案)」
- 文部科学省高大接続システム改革会議(第1回) 資料 6, 2015.3.5 [6], p2 「新テストで評価すべき能力等(特に思考力・判断力・表現力等)のイメージについて(たたき台の一例)(1)」
- 文部科学省高大接続システム改革会議(第4回) 資料 1 高大接続システム改革会議(中間まとめ)(素案), 2015.7.13[7]. p23 「問題発見・解決のプロセスとプロセスの中で働く思考・判断・表現等のうち、特に重視すべきものの例」

これらのうち前2つは、現在行なわれている指導容量改訂のための中央教育審議会の資料で情報科において育成すべき資質・能力として思考・判断・表現に言及していることから取り上げている。

後2つは、中央教育審議会に先行して検討をおこなった高大接続改革会議の資料で、[6]については「思考力・判断力・表現力」についてそれ以前の文書から整理しまとめたもの、[7]は問題解決プロセスの各段階でのさまざまな思考・判断・表現についてまとめたものであることから取り上げている。この2つの資料は図3として掲載した。

これらの資料では後のものほど、「問題の発見・解決」「価値の創造」「考えの形成」「情報手段の活用」「分析」「評価」「洞察」仮説」「検証」「判断」などの一般的な用語が多く出現する。これらが重要なものとして挙げられることに異論はないが、これら一般的な用語をもとに「分析力を見る」「洞察力を見る」などの指針を構築しても、既にある問題の分類には役立つとしても新たな問題を構築する具体的な指針としては役立てにくいと考える。このことから、このような一般的な概念を表す箇所については「一般的概念」とだけ記し、検討しない。

5.2 情報科において育成を目指す資質・能力の整理

この資料は、本文書執筆時点で次期指導要領における情報科の内容・方針について記された最も新しい資料に含まれる別添資料であり、「思考力・判断力・表現力等」について情報科では次のものの育成を目指すとしている(付番は本文書)。

- (1) 様々な事象を情報とその結び付きの視点から捉える力
- (2) 問題の発見・解決に向けて情報技術を適切にかつ効果的に活用する力
 - (2-1) 必要な情報の収集・判断・表現・処理・創造に情報技術を活用する力
 - (2-2) プログラミングやシミュレーションを効果的に実行する力
 - (2-3) 情報技術を用いたコミュニケーションを適切に実行する力
- (3) 複数の情報を結び付けて新たな意味を見いだす力

これらのうち(1)については、まず事象の中から情報の部分を抽出する点、そして次に情報の結び付きを捉える点のいずれも、(Tc)「結び付きを見出す」がカバーしていると考えられる。

次に(2)については、(Ju)「事項の中から規定した基準に基づき選択」(Ex)「規定した基準において有用な表現の構築」の両方があてはまる。具体的には、(2-1)については、問題の発見や解決に有用という基準で事項を選択し(Ju)、また同じ基準で表現を創出する(Ex)。(2-2)については、適切なプログラムやシミュレーションを創出することから、(Td)「事柄の発見」に相当する。(2-3)については、他者に理解可能な表現を創出することから(Ex)に相当する。

最後に(3)については、新たな意味という基準に照らして事項(情報)を結び付けるという点で、(Tc)に相当する。

これらを総合すると、当該文書に記された「思考力・判断力・表現力等」は3節の定義に包含されていると考える。

5.3 高等学校卒業までに育むべき情報に関わる資質・能力

この資料は前記資料[1]にも参照されているもので、小学校から高校までを通した「3つの柱」(知識・技能、思考力・判断力・表現力等、学びに向かう力・人間性等)の育成目標を表の形で整理して記載している。

この文書ではまず、思考力・判断力・表現力等について「知っていること・できることをどう使うか」という説明が付されているが、これは極めて広い範囲を示す表現であり、本文書での定義内容も明らかにすべて含まれている。

次に、その内容について次のように記されている(付番は本文書)。

(1) 情報を活用して問題を発見・解決し新たな価値を創造したり、自らの考えの形成や人間関係の形成等を行なったりする能力。

(1-1) 目的に応じて必要な情報を収集・選択したり、複数の情報を基に判断したりする能力。

(1-2) 情報を活用して問題を発見し、解法を比較・選択し、他者とも協働したりしながら解決のための計画を立てて実行し、結果に基づき新たな問題を発見する等の能力。

(1-3) 相手や状況に応じて情報を的確に発信したり、発信者の意図を理解したり、考えを伝え合い発展させたりする能力。

(2) 問題の発見・解決や考えの形成等の過程において情報手段を活用する能力など。

(1)および(2)は前述の一般的概念に相当することから、検討しない。(1-1)～(1-3)については、より具体的であるので以下で検討する。

(1-1)については、必要な情報を選別するという点、また複数の情報を基にするという点はいずれも(Tc)に含まれると考える。その後の「…判断したりする能力」は、判断力の定義に判断力と書かれているのでとまどいがあるが、これをたとえば「推論を適用」のように読み替えられると解釈するならば、(Ti)に含まれることになる。

(1-2)については、「問題を発見」が2回出て来るが、これは記述に明記されていない事柄の発見と考えれば(Td)に含まれる。「解法を比較・選択」については、有効性などの基準に基づき選択するので(Ju)に含まれる。「計画を立てる」については、有効な手順を見出す部分は(Td)に、またそれを整理し表現する部分は(Ex)に含まれる。

(1-3)については、相手との適切なコミュニケーションを求めているという点で、(Ex)に含まれると考える。

これらを総合すると、当該文書に記された「思考力・判断力・表現力」は広い概念としての内容とより具体的な内容に2分され、前者は第3節の定義を包含し、後者は第3節の定義に包含されると考える。

5.4 「思考力・判断力・表現力等」についての整理のイメージ

5.4.1 「整理のイメージ」の由来

この資料は高大接続システム改革会議の第1回配布資料に含まれているので、その開催時点(2015.3.5)までに既存の資料を取りまとめて作られたことになる。この資料は1ページだけだが、思考力・判断力・表現力に関する多くの情報が盛り込まれている(図3上)。

具体的には、国立教育政策研究所による「論理的に思考する過程での活動」、文部科学省による「主として活用に関する問題の基本理念」、OECD PISA 調査の「読解力・数学的リテラシー・科学的リテラシー」「問題解決プロセスの側面」の4つのグループに分けて、思考力・判断力・表現力の要素となる側面を挙げている。本来であればそれぞれの元となった資料を再度当たるべきであるが、膨大な量となることが予想されるため、ここではこのまとめを元に検討する。

5.4.2 特定の課題に関する調査 (論理的な思考)

この部分では「論理的に思考する過程での活動」と題して、6つの行為が挙げられている。またそれら全体に対する注記として「上記(1)~(6)それぞれの活動において、思考の過程や結論を適切に表現することを評価する問題も合わせて出題」と記されている。この注記部分についていえば、それぞれの基準の上での適切な表現を見るという点から、(Ex)でカバーされる。6つの行為については以下の通りである。

- (1) 規則、定義、条件等を理解し適用する — 記述を読んで意味を理解するという点から、(Tr)でカバーされる。
- (2) 必要な情報を抽出し、分析する — 情報の抽出については、結び付きを見出すという点から、(Tc)に含まれる。分析については一般的概念と考える。
- (3) 趣旨や主張を把握し、評価する — 前半は記述を読解するという点から、(Tr)に含まれる。ただし、意図の発見という点は、(Td)に含まれる。評価という語は一般的概念と考える。
- (4) 事象の関係性について洞察する — 関係を見出すという点から、(Tc)に含まれる。ただし、関係性が規則性のようなものであれば、(Td)に含まれる。洞察という語は一般的概念と考える。
- (5) 仮説を立て、検証する — 仮説も検証も一般的概念であると考ええる。
- (6) 議論や論証の構造を判断する — 構造を理解する、見出すという点では、記述理解の(Tr)、関連性の理解の(Tc)、規則の発見(Td)に含まれる。判断という語は一般的概念と考える。

全体として、ここでは多くの一般的概念が挙げられているが、それを除外した具体性のある内容については、いずれも本文書の思考力・判断力・表現力の定義でカバーされていると考える。

5.4.3 全国学力・学習状況調査

この部分では、主として「活用」に関する問題の基本理念(この「活用」は知識や理解を前提としてそれを「活用」という意味で思考・判断・表現の部分に相当すると考えられる)として、次のものを挙げている。

- 知識・技能等を実生活の様々な場面に活用する力
- 様々な課題解決のための構想を立て実践し評価・改善する力など
 - 国語では、実生活や授業などでの言語活動を想定
 - 数学では、次のような数学的なプロセスを整理(事象の数学化、情報活用、数学的な解釈や表現、問題解決の構想・実践、結果の評価・改善、他の事象との関係、複数事象の統合、事象を多面的に見る)

これらのうち、上位の項目はいずれも一般的概念である。その後の国語と数学について言及されている部分であるが、国語については言語活動全般を言及しているので、一般的概念ではないが、範囲が広く作題につなげる指針とはなりにくい。数学の中で「他の事象との関係」「複数事象の統合」については、事項の関係を捉える(Tc)に含まれると考える。「事象を多面的に見る」については(Td)に含まれる。

「思考力・判断力・表現力等」についての整理のイメージ

I. 特定の課題に関する調査（論理的な思考） 【国立教育政策研究所】	II. 全国学力・学習状況調査 【文部科学省】	III. PISA調査（3分野）【OECD】	IV. PISA調査（問題解決能力調査）【OECD】
<p>＜論理的に思考する過程での活動＞</p> <p>①規則、定義、条件等を理解し適用する 資料から読み取ることができる規則や定義等を理解し、それを具体的に適用する</p> <p>②必要な情報を抽出し、分析する 多くの資料や条件から推論に必要な情報を抽出し、それに基づいて分析する</p> <p>③主旨や主張を把握し、評価する 資料は、全体としてどのような内容を述べているかを適確にとらえ、それについて評価する</p> <p>④事象の関係性について洞察する 資料に提示されている事象が、論理的にどのような関係にあるのかを見極める</p> <p>⑤仮説を立て、検証する 前提となる資料から仮説を立て、他の資料などを用いて仮説を検証する</p> <p>⑥議論や論証の構造を判断する 議論や論争の論点・争点について、前提となる暗黙の了解や根拠、また、推論の構造などを明らかにするとともに、その適否を判断する</p> <p>※上記①～⑥のそれぞれの活動において、思考の過程や結論を適切に表現することを評価する問題も併せて出題</p>	<p>【主として「活用」に関する問題の基本理念】</p> <p>・知識・技能等を実生活の様々な場面に活用する力</p> <p>・様々な課題解決のための構想を立て実践し評価・改善する力など</p> <p>○国語では、実生活の具体的な場面や生徒が授業などで実際に行っている言語活動を想定</p> <p>○数学では、次のような数学的なプロセスを整理</p> <ul style="list-style-type: none"> ・日常的な事象等を数学化すること ・情報を活用すること ・数学的に解釈することや表現すること ・問題解決のための構想を立て実践すること ・結果を評価し改善すること ・他の事象との関係を捉えること ・複数の事象を統合すること ・事象を多面的に見ること 	<p>【読解力】＜読む行為の側面＞</p> <p>①情報へのアクセス・取り出し 情報を見つけ出し、選び出し、集める</p> <p>②テキストの統合・解釈 テキストの中の異なる部分の関係を理解し、推論によりテキストの意味を理解する</p> <p>③テキストの熟考・評価 テキストと自らの知識や経験を関連付けたり、テキストの情報と外部からの知識を関連付けたりしながら、テキストについて判断する</p> <p>【数学的リテラシー】 ＜数学的プロセスの側面＞</p> <p>①定式化 数学を応用し、使う機会を特定することを含めて、提示された問題や課題を数学によって理解し、解決することができること</p> <p>②適用 数学的に推論し、数学的概念・手順・事実・ツールを使って数学的に問題を解決すること</p> <p>③解釈 数学的な解答や結果を検討し、問題の文脈の中でそれらを解釈すること</p> <p>【科学的リテラシー】 ＜科学的能力の側面＞</p> <p>①科学的な疑問を認識する能力 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</p> <p>②現象を科学的に説明する能力 現象を科学的に記述し、解釈し、変化を予測すること</p> <p>③科学的な証拠を用いる能力 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</p>	<p>＜問題解決のプロセスの側面＞</p> <p>①探究・理解 問題状況を観察し、情報を探究して、制約又は障壁を見つけ出す。与えられた情報及び問題状況を通じて、見つけた情報を理解していることが示される</p> <p>②表現・定式化 問題状況の各側面を表現するために、表やグラフ、記号、言語を用いる。関連要素とその相互関係に関する仮説を立てる</p> <p>③計画・実行 最終的な目標及びそれに向けての小さな目標を設定し、問題を解決するための計画又は方法を決定して、それに従って実行する</p> <p>④観察・熟考 問題解決へと至るそれぞれの段階・過程を観察する。途中経過を確認し、想定していない出来事と遭遇した場合、必要な処置を行う。解決に至る方法を様々な観点から熟考し、想定や別の解決策を批判的に評価し、追加情報や明確化の必要性を認識し、進捗状況を適切な方法で報告する</p>

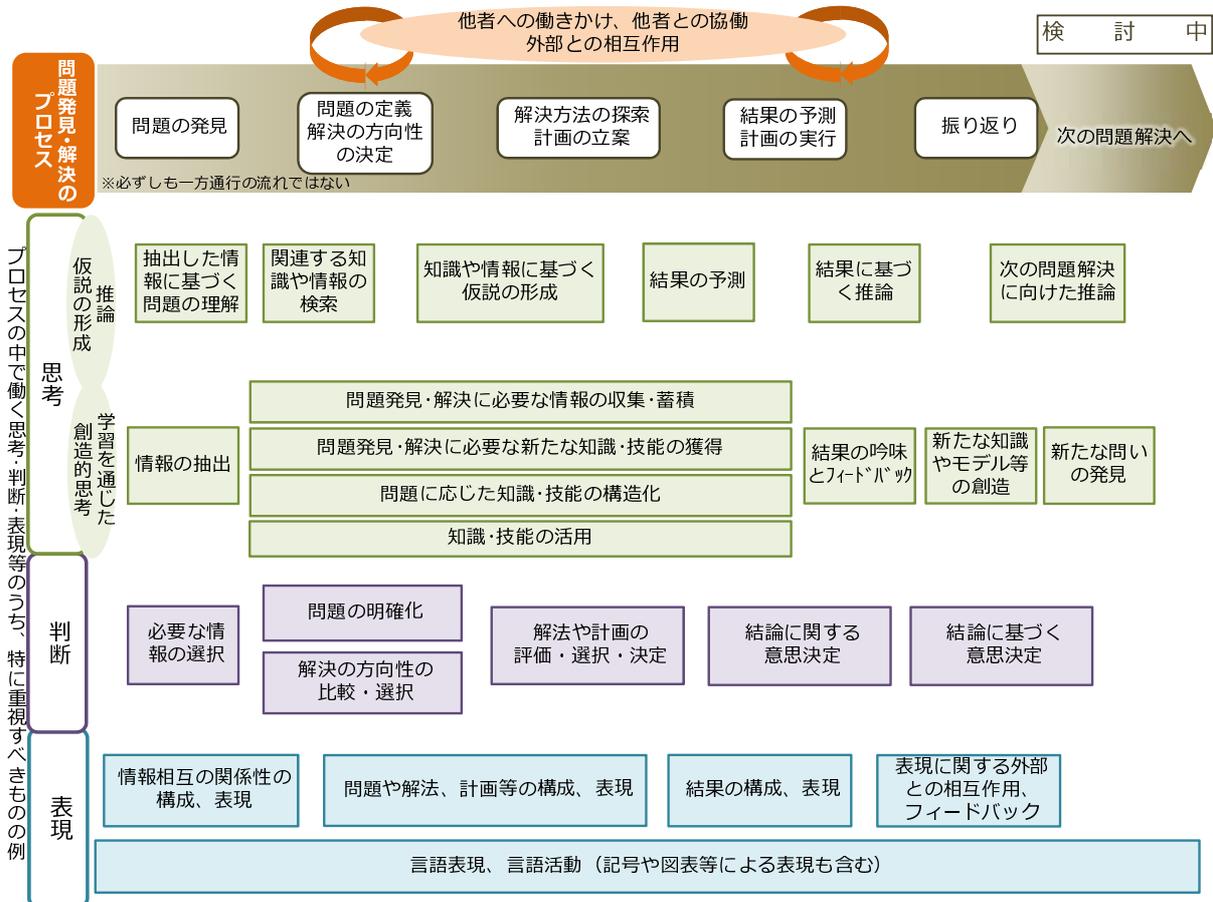


図 3: 「思考力・判断力・表現力等」についての整理のイメージ

5.4.4 PISA 調査 (3 分野)

この部分では、PISA 調査で見られている「読解力」「数学的リテラシー」「科学的リテラシー」についてそれぞれ具体的内容を整理している。まず「読解力」については次の通り。

- (1) 情報へのアクセス・取り出し — 情報を見つけ出し、選び出し、集める
- (2) テキストの統合・解釈 — テキストの中の異なる部分の関係を理解し、推論によりテキストの意味を理解する
- (3) テキストの熟考・評価 — テキストと自らの知識や評価を関連付けたり、テキストの情報と外部からの情報を関連付けたりしながら、テキストについて判断する

情報を見つけ出すこと、関連を理解することは、関連の発見 (Tc)、規則の発見 (Td) に含まれる。推論については (Ti) に含まれる。意味の理解は (Tr) に含まれる。関連づけについて、「自らの知識や評価」「外部からの情報」など「異質なもの間の関連づけ」に言及しているが、これはいずれも (Td) に含まれる。

次に、「数学的リテラシー」については次の通り。

- (1) 定式化 — 提示された問題や課題を数学によって理解し解決できる
- (2) 適用 — 数学的に推論し、数学的概念・手順・事実・ツールを使って数学的に問題を解決
- (3) 解釈 — 数学的な解答や結果を検討し、問題の文脈の中でそれらを解釈

これらはいずれも数学の文脈ということになるが、(1) は問題や課題の読解の点は (Tr)、そこから重要な要素や関連を見出すことは (Tc)、数学的な定式という外部のものとの関連づけは (Td) に含まれると考える。また (2) の推論については (Ti) に含まれると考える。(3) の数学的な解答と問題の文脈の関連づけは元の文脈における対応物の同定という点では (Td)、それを表現するという点では (Ex) に含まれると考える。

最後に、「科学的リテラシー」については次の通り。

- (1) 科学的な疑問を認識する能力 — 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
- (2) 現象を科学的に説明する能力 — 現象を科学的に記述し、解釈し、変化を予測する
- (3) 科学的な証拠を用いる能力 — 科学的証拠を解釈し、結論を導き、伝達する。結論の背景にある仮定・証拠・推論を特定する

これらはいずれも科学の文脈ということになるが、(1) の疑問の認識は「与えられた状況」と外部にある「科学的な定式化」の対応づけという関連づけであるため (Td) に含まれる。(2) の科学的に記述も上記と同じく、異質なもの間の関連づけであるため (Td) と言える。変化を予測については推論の適用 (Ti) に相当する。(3) については、解釈については推論の適用 (Ti)、伝達については表現の構築 (Ex)、仮定・証拠・推論の特定についてはそれらを発見することから (Td) に相当すると考える。またその一部ではより合理的なものを選択するという点で (Ju) に含まれる部分があると考えられる。

5.4.5 PISA 調査 (問題解決能力調査)

この部分は「問題解決のプロセスの側面」と記されており、PISA 調査のうち問題解決の側面について項目を挙げている。その内容は次の通り。

- (1) 探究・理解 — 問題状況を観察し、情報を探究して、制約または障壁を見つける
- (2) 表現・定式化 — 問題状況の各側面を理解するために、表やグラフ、記号、言語を用いる。関連要素とその相互関係に関する仮説を立てる
- (3) 計画・実行 — 最終目標および部分目標を設定し、問題解決の計画または方法を定め、実行する

(4) 観察・熟考 — 問題解決の各段階を観察する。想定外の事象に対処する。解決に至る方法を様々な観点から熟考し、想定や別解法を批判的に評価し、追加情報や明確化の必要性を認識し、進捗状況を適切な方法で報告する。

(1) については、事項の中から制約として働くものを見つけるという点で、(Td)の発見に対応する。(2)については、前半が(Ex)の表現の構築に相当し、後半は関連を見出す部分が(Tc)、仮説の発見が(Td)に相当する。(3)および(4)については、一般的事項または問題解決行動という特定のスキルに当たると考える。ただし(4)の中でも、複数の解法を比較選択する部分は(Ju)の判断に相当し、また適切な方法で報告については表現の(Ex)に相当すると考える。

5.4.6 問題発見・解説プロセスと思考・判断・表現

資料[7](図3下)は前記の通り、問題解決プロセスの各段階で求められる思考・判断・表現を列挙している。思考についてはさらに「推論・仮説の形成」と「学習を通じた創造的思考」に分けている。以下ではこれらの分類ごとに挙げられている項目について検討する。問題解決プロセスのどこの部分かについては、本稿では重要な区分ではないので、とくに分けて考えないこととした。

「思考: 推論・仮説の形成」についての事項は次の通り。

1. 抽出した情報に基づく問題の理解
2. 関連する知識や情報の検索
3. 知識や情報に基づく仮説の形成
4. 結果の予測
5. 結果に基づく推論
6. 次の問題解決に向けた推論

これらのうち、1の問題の理解については(Tc)の事項の関連抽出、3の仮説形成は(Td)5と6の推論については(Ti)の推論に含まれると考える。他の部分は一般的事項と考える。

「思考: 学習を通じた創造的思考」についての事項は次の通り。

1. 情報の抽出
2. 問題発見・解決に必要な情報の収集・蓄積
3. 問題発見・解決に必要な新たな知識・技能の獲得
4. 問題に応じた知識・技能の構造化
5. 知識・技能の活用
6. 結果の吟味とフィードバック
7. 新たな知識やモデル等の創造
8. 新たな問いの発見

これらのうち、7のモデルの構築は(Td)、それ以外はいずれも一般的事項に相当すると考える。

「判断」についての事項は次の通り。

1. 必要な情報の選択
2. 問題の明確化
3. 解決の方向性の比較・選択
4. 解法や計画の評価・選択・決定

5. 結論に関する意思決定
6. 結論に基づく意思決定

これらは2を除いては「複数のものから適切なものを選択する」という点で (Ju) でカバーされると考える。ただし5や6の意思決定は一般的事項とした方が適切かもしれない。

「表現」についての事項は次の通り。

1. 情報相互の関係性の構成、表現
2. 問題や解法、計画等の構成、表現
3. 結果の構成、表現
4. 表現に関する外部との相互作用、フィードバック
5. 言語表現、言語活動 (記号や図表等による表現も含む)

これらはいずれも表現を構築することがらであり、(Ex) でカバーされると考える。

6 How to Solve It のメタ戦略

6.1 How to Solve It の位置付けと本節の趣旨

“How to Solve It”(邦訳題名は「いかにして問題をとくか」) は Gorge Polya による古典的な名著であり [4]、主に数学の問題を題材に、問題を解くにはどのような方法を取るべきかを指南している。また近年、他の著者による、この本の内容をより平易に解説した和書 [3] も刊行されており、これらの内容は問題解決の分野における定番であるといえる。

問題を解くという活動は、思考・判断・表現いずれとも関係が深いことは言うまでもない。そこでここでは、これらの著書の見返しに整理されている問題を解くための一般戦略と、本文書で提案する思考・判断・表現の内容を比較し、これらにある程度の共通性があり、同書の戦略の多くは本文書で分類した思考・判断・表現のいずれかに相当することを確認した。以下に戦略の再掲と対応する本文書での分類を示す。戦略の分類は同書に掲載されたものを踏襲している。なお、本節の内容については東京大学の萩谷昌己氏に多くを依っている。

6.2 問題を理解すること

- 未知のものは何か。与えられているもの (データ) は何か。条件は何か。Tr
- 条件を満足させうるか。条件は未知のものを定めるのに十分であるか。又は不十分であるか。又は余剰であるか。又は矛盾しているか。Ti(特に矛盾の検出)
- 図をかけ。適当な記号を導入せよ。Ex
- 条件の各部を分離せよ。Tc / それをかき表すことかできるか。Ex
- 問題がなんであるのか (問題の定義)、何か原因になっているのか (原因の特定) を分析する。そこで考えられる原因はすべて列挙する。Tc

6.3 計画をたてること

- データと未知のものとの関連をみつけなければならぬ。Tc
- 色々な項目がお互いにどんなに関連しているか、又わからないことがわかっていることとどのようにむすびついているかを知る。Tc
- 関連がすくにはわからなければ補助問題を考えなければならぬ。Td

- 前にそれをみたことがないか、又は同じ問題を少しがかった形でみたことがあるか。似た問題を知っているか。役に立つ定理を知っているか。未知のものをよくみよ!そうして未知のものが同じか又はよく似ている、みなれた問題を思い起こせ。Tc
- 似た問題で既にといたことのある問題がここにある。それを使うことができないか。その結果をつかうことができないか。その方法を使うことができないか。Tc / それを利用するためには、何か補助要素を導入すべきではないか。Td
- 問題をいいかえることができるか。それを違ったいい方をすることができないか。Ex / 定義にかえれ。
- もし与えられた問題がとけなかったならば、何かこれと関連した問題をとこうとせよ。もっとやさしくてこれと似た問題は考えられないか。Tc / もっと一般的な問題は? もっと特殊な問題は? 問題の一部分をとくことができるか。Ti / 条件の一部をのこし、他をすてよ。ju / そうすればとの程度まで未知のものが定まり、との範囲で変わりうるか。データを役立たせうるか。未知のものを定めるのに適当な他のデータを考えることができるか。Td / 未知のもの若しくはデータ、あるいは必要ならば、その両方をかえることができるか。Ti / そうして新しい未知のもの、新しいデータとか、もっと互いに近くなるようにできないか。Td
- データをすべてをつかったか。条件のすべてをつかったか。問題に含まれる概念はすべて考慮したか。Ju
- 問題の原因について、それぞれ「可能性のある解決策を列挙」して、Td / 「ベストの解決を選択する」作業を行う。解決方法には、一時的解決と永久的解決があることに留意する。

6.4 計画を実行すること

- 解答の計画を実行するときに、各段階を検討せよ。その段階が正しいことをはっきりとみとめられるか。Ti
- 計画を着実に実行に移す。「勤勉は成功の母」、「思う念力岩をも通す」という諺を信じて、弱気にならずに努力する。

6.5 ふり返ってみること

- 結果をためすことができるか。議論をためすことができるか。Ti
- 結果をちがった仕方てみちびくことができるか。それを一目のうちにとらえることができるか。Ti
- 他の問題にその結果や方法を応用することができるか。Tc
- 解決策を実行後、問題か解決したかどうかの評価を行う。未解決の部分が残った場合、原因の特定が正しかったのか、解決策に不備かなかったのか、などを見直す。そして再び第2のステップに戻り、別の解決策を考え、実行し(第3のステップ)、その後また評価し(第4のステップ)、問題が解決するまでそれを続ける。

7 APCSP Computational Thinking Practices(CTP)

米国では高校でより進んだ内容を学ぶ AP(advanced placement) が制度化されており、高等教育に進む多くの高校生がこれを取っている。APには多くのプログラムが含まれるが、その中でも2016年から開始された“AP Computer Science Principles”([2]、以下 APCSP)は情報教育の設計ならびに評価という観点から興味深い。

このコースでは生徒が計算的思考 (computational thinking) のスキルを身につけ、それを進路のさまざまな方面で活かせるようになることをめざしている。APCSP では計算的思考のスキルを computational thinking practices (CTP) と呼ぶ複数の項目に分類し、カリキュラムにおける個々の学習目標との関連を示している。

CTP の内容そのものは汎用的なスキルであり、本文書で検討している思考力・判断力・表現力とも多く関連している。このため、CTP と本文書で提唱している各項目との対応づけを検討することを通じて、本文書の各項目が適切であるか確認をおこなった。以下の P1~P6 の記号は APCSP の文書で付したものである。

- P1: Connecting Computing — コンピューティングにおけるさまざまな概念と現実の結び付きを分かり、またそのことを説明できる。Tc Td Ex
- P2: Creating Computation Artifacts — コンピューティングでは DTM、アニメーション、Web サイト、プログラムなど多くのものを作り出す。その際に適切な方法を選択したりアルゴリズムを用いたりする。Td Ju Ex
- P3: Abstracting — 計算的思考では多段階の抽象化を使いこなす必要がある。それを表現したり記述し、またモデルを作ることもある。Tc Td Ex
- P4: Analyzing Problems and Artifacts — コンピューティングで成果物を作り出すにあたって、その方法論や戦略を分かって使いこなす必要があり、それらを多様なクリテリアに照らして分析・評価できる必要がある。Ti Ju
- P5: Communicating — 計算や情報技術について、また自分の作り出したものについて説明したりコミュニケーションを取る必要がある。Tr Ex
- P6: Collaborating — コラボレーションによってより多くのことや新しいことができるようになる。そのために協調活動のさまざまな側面を身につける必要がある。Tr Ex

8 作題手法の案

8.1 本節の位置づけ

ここでは3節に示したそれぞれの力について、それを見るための問題を作る具体的方法の例を収集する。この部分はとくに、今後の具体的な作題によって見直し、追加、変更が見込まれる。

8.2 [Tr-a] 用語や記法の定義と参照

一般に既知でないような用語や記法を定義し、その用語や記法を用いた記述が読解できることではじめて題意が分かるような設問。純粹にこの項目だけであれば、読解できることで直ちに分かるような設問となるが、通常は読解した結果が Tc、Ti 等他の力を要求する設問となると思われる。

設問例: アルファベット A~Z と演算 \diamond および \triangle が混ざって並んだ列を考える。列 s に対し、 $s \diamond$ は s を 2 回繰り返すこと、 $s \triangle$ は s を左右反転することを意味する。 s は空でもよい。演算は左から解釈する。

例: $AB \diamond \triangle \rightarrow ABAB \triangle \rightarrow BABA$

以下の選択肢のうち互いに同じ結果となるものをすべて挙げよ。

ア BABA \diamond

イ \diamond A $\diamond \diamond$

ウ ABBA \triangle

エ AB $\triangle \diamond$

オ A A A A △

カ B △ A △ ◇

(注記) 演算範囲を () で限定できる方が面白いかも

8.3 [Tc-a] 事項の並びに基づく思考問題

多数の事項を項目として並べる。その並べた事項の中から「○○であるような組 (2つ組、3つ組、任意の集合など) を選べ」という設問。ただし設問の条件は各項目と個別に照合可能なものであってはならない。

項目例: 1 2 5 8 11 13 14 (順序はランダム化した方がよい)

よい設問例: 「2つの数の対で、差が2であるものを挙げよ」

わるい設問例: 「偶数をすべて挙げよ」

付記: 設問の条件として、項目中に存在しない要素を想起しなければ解答できないようにすることで難易度を高められる。

例: 上記で「ある数 x が存在し、 x と 1 番目の数の差と x と 2 番目の数の差を足したものが x と 3 番目の数の差に等しいような 3 つの数を挙げよ」

8.4 [Tc-b] 長文による事項提示に基づく思考問題

任意の事項について記された長文を示す。その文章の中から「○○であるような組 (2-tuple, 3-tuple, set など) を選べ」という設問。ただし設問の条件は各要素と個別に照合可能なものであってはならない。

文例: 「正人は起きて、寒くはなかったが、シャツを着た。春子来る予定だったので。次に空腹だなど思い、パンを食べた。ジャムは塗らなかった。嫌いだったので。」

よい設問例: 「正人の動作とその理由の組を挙げよ。」

悪い設問例: 「出て来るもののうち、食物を挙げよ。」

付記: 設問の条件として、文章中に現れない事項を想起しなければ解答できないようにすることで難易度を高められる。

8.5 [Ti-a] 事項の並びによる思考問題 2

多数の事項を項目として並べる。その中から適切な部分集合を選ぶことで解答が得られる事項を問う。(または矛盾が生じる最小の集合を指摘する。)

項目例: $x == 1, y == x + 3, z == x + 4, t = 2 * z$

設問例: z の値を述べよ

設問例: t の値が定まらないことを述べる文章を作るとき必要な項目は?

8.6 [Ti-b] 長文による事項提示による思考問題 2

任意の事項について記された長文を示す。その文章の中かから「○○である (でない)」が示される記述の列を示す。(または矛盾の存在を指摘する。)

8.7 [Ju-a] 事項の並びによる判断問題

多数の事項を項目として並べる。その中からある基準に照らして重要度の大きいもの (=その基準の事項により多く影響を与えるもの) を選択させる。

項目例: 自動車の値段:200 万、米 1Kg の値段:2000 円、標準的なアパート家賃:10 万、親の月給:30 万、1 日の米消費量:300g、家族の人数:4 人、1カ月の日数:30 日。

設問例: この家族が飢えずに暮らして行けるか否か判断するのに必要とする事項を挙げよ。ただし食費以外の出費はなく…

8.8 [Ju-b] 長文による事項提示による判断問題

長文を用いて上記と同様に…

8.9 [Ex-a] 短冊型表現問題

文章の断片の集合を与え、指定した事項の論証や説明を構築させる。

項目例:

ア 自転車にはタイヤが2つついている

イ 自転車に乗るのには技能が必要である

ウ 自転車は人力によって動く

エ 自転車に乗る能力は多くの人か子供時代に身につける

オ 大人になってから自転車に乗ることを学ぶのは大変である

カ 自転車の駐輪が社会問題となっている

キ 自転車はエコである

ク したがって

ケ しかし

コ 一方

設問例: 「自転車の利用を促進することがよい理由」を平易に説明せよ

8.10 [Ex-a] 社会的事項を加味した表現問題

上記と同様だが社会的な状況を考慮した記述内容の選択を求める。

設問例: 「目が悪い人に対して説明する場合」など…

参考文献

- [1] 中央教育審議会 教育課程部会, 次期学習指導要領に向けたこれまでの審議のまとめ (第2部) (情報, 主として専門学科において解説される各教科・科目、道徳教育), 2016.8.26.
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/004/gaiyou/1377051.htm
- [2] CollegeBoard, AP Computer Science Principles — course and exam description, 2016.
<https://secure-media.collegeboard.org/digitalServices/pdf/ap/ap-computer-science-principles-course-and-exam-description.pdf>
- [3] 芳沢光雄, いかにして問題をとくか 実践活用編, 丸善, 2012.

- [4] Gorge Polya, 柿内賢信訳, いかにして問題をとくか, 丸善, 1954.
- [5] 中央教育審議会 総則・評価特別部会 (第4回) 配布資料 資料2-1 情報に関する資質・能力について, 2016.1.18.
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/061/siryu/1366444.htm
- [6] 文部科学省高大接続システム改革会議 (第1回) 資料6, p2, 新テストで評価すべき能力等 (特に思考力・判断力・表現力等) のイメージについて (たたき台の一例)(1), 2015.3.5.
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shougai/033/shiryu/1355804.htm
- [7] 文部科学省高大接続システム改革会議 (第4回) 資料1 高大接続システム改革会議 (中間まとめ)(素案), p23, 問題発見・解決のプロセスとプロセスの中で働く思考・判断・表現等のうち、特に重視すべきものの例, 2015.7.13.
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shougai/033/shiryu/1360077.htm