

平成28～30年度文部科学省

大学入学者選抜改革推進委託事業

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

最終成果報告書

令和元年5月

受託機関	国立大学法人大阪大学
連携大学	国立大学法人東京大学
連携機関	一般社団法人情報処理学会

無断複製等禁止の標記について

委託業務に係る成果報告書の無断複製等の禁止の標記については、次によるものとする。

本報告書は、文部科学省の大学入学者選抜改革推進委託事業の委託費による委託業務として、国立大学法人大阪大学大学院情報科学研究科長尾上孝雄が実施した平成28～30年度「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」の成果を取りまとめたものです。

従って、本報告書の複製、転載、引用等には文部科学省の承認手続きが必要です。

目次

1. はじめに.....	1
2. 業務の背景と目的.....	2
3. 業務の概要.....	3
4. 本事業の実施課題.....	5
4.1 本事業の課題項目.....	5
4.2 業務実施体制.....	7
5. 研究開発内容と成果.....	11
5.1 「情報科」入試実施における評価手法の検討.....	11
5.1.1 次期学習指導要領を加味した知識体系の整理.....	11
5.1.2 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.....	20
5.1.3 情報科での「思考力・判断力・表現力」評価手法の検討.....	23
5.1.4 模擬試験の問題作成.....	39
5.2 「情報科」CBTシステム化に関する研究.....	41
5.2.1 「知識・技能」＋「思考力・判断力・表現力」を評価するためのCBTの機能性 検討.....	42
5.2.2 「情報科」試行用CBTプロトタイプシステムの仕様策定と実装.....	45
5.2.3 「情報科」CBTプロトタイプシステムを用いた模擬試験の実施および分析..	50
5.2.4 大規模CBTシステム構築への要求要件整理.....	61
5.3 情報技術による入試の評価に関する研究.....	62
5.3.1 AI/ビッグデータ技術による試験問題の評価.....	62
5.3.2 情報技術（AI/ビッグデータ）による作問検討.....	68
5.3.3 模擬試験結果とルーブリックによる検証.....	72
5.3.4 CBTの新たなユーザインタフェース検討.....	80
5.4 広報活動と動向調査研究.....	88
5.4.1 「情報科」大学入学者選抜に関するシンポジウムや大会セッションなどのイベント企画	89
5.4.2 高等学校や予備校などとの連携.....	91
5.4.3 産業界での情報関連スキルのニーズ調査.....	92
5.4.4 国内外の動向調査.....	92
5.4.5 他教科評価手法検討への知識供与.....	102
6. 提言.....	103
7. まとめと残された課題.....	106

- 別添資料 1 情報教育の参照基準
- 別添資料 2 思考力・判断力・表現力の評価方法と情報科への適用
- 別添資料 3 思考力・判断力・表現力を評価する問題作成手順
- 別添資料 4 試験問題 (V1、V2)
- 別添資料 5 ルーブリックの試験問題案
- 別添資料 6 大規模 CBT システム構築への課題とその解決策
- 別添資料 7 CBT システム V2 運用マニュアル
- 別添資料 8 CBT システム V2 試験問題定義書仕様書

1. はじめに

高大接続改革を実現するためには、高等学校教育と大学教育との間に位置する大学入学者選抜の改革が不可欠であり、各大学の入学者選抜において、「知識・技能」の十分な評価が行われるとともに、「思考力・判断力・表現力」や「主体性を持って多様な人々と協働して学ぶ態度」に関する評価がより重視されることとなるよう、改革を進める必要がある。

本委託事業は、このような背景を踏まえ、情報分野（教科「情報」）について、各大学における大学入学者選抜改革を進める上での具体的な課題や問題点を整理するとともに、知識・技能を活用して課題を解決するために必要な思考力・判断力・表現力を評価するための実践的で具体的な手法を構築し、その成果を全国の大学に普及することにより、各大学の入学者選抜改革を推進するものである。なお、主体性を評価することは対象外としている。

本節では、本委託事業に係わる背景あるいは問題点を述べる。

思考力・判断力・表現力を評価する方法を研究する場合、思考力・判断力・表現力とは何かが漠然としていては評価が難しいという問題点がある。コンピュータのプログラム化すべき内容は、漠然とした仕様として与えられることが多くて困るが、そのときの対策として、その判然とした仕様を具体的にプログラム化可能となる段階まで再帰的に細分化する方法を用いる。この方法を応用して、評価するという観点から、思考力・判断力・表現力を具体的に評価できるレベルまで細分化して具体化（定義）することから始めた。

次に、作問が不慣れな教員でも、思考力・判断力・表現力の細分化された定義に基づき評価する試験問題を作成することができるように、いくつかの具体的な手順をマニュアル化し、それに従って作成した試験問題の例を示した。これらの手順は、情報学における具体的な手続き化（汎用化）に相当する。ここまでの成果は、必ずしも情報科に限るものではなく、他の教科に関しても適用可能と考えている。

情報科に特定した試験問題を作問する場合、高校の教科「情報」で学習する内容を分析する必要がある。この場合の問題点として、高校の新学習指導要領の解説が公開される時期が、本委託事業の最終年度の夏ごろであり、それまで明確にならないということである。さらに、数学（算数）や理科とは異なり、情報で教える内容は、小学校・中学校・高等学校で一貫した学習指導要領が存在するとは言いがたい現状であるという問題点もある。たとえば、中学校を卒業した生徒が、情報分野に関してどのような能力をつけているかを想定することが容易ではない。この問題点の対策として、小学校・中学校・高等学校・大学専門基礎のそれぞれの課程で情報分野の内容で学習してほしいものを体系的に整理し、その中で高校課程の学習内容を想定し、本委託事業を進めた。この小学校から大学専門基礎課程までの学習内容を「情報教育の参照基準」と呼ぶ。具体的には、既に提案されている大学学士専門課程で学習すべき内容（情報学の参照基準）を最終的な目標として、そこに至るまでの学習内容を「外挿する」ように作成した。なお、情報教育の参照基準は、情報学の

専門家を育てるためのものではなく、文系理系を問わず万人がこれからの社会生活に必要とされる情報分野に関する学習内容である。

この情報教育の参照基準のうち高校で学習する内容が、高校教科「情報」の仮想的な新学習指導要領の内容と考えて、本委託事業を進めた。平成31年度になり、新学習指導要領およびその解説が公表されてからは、これらとの整合性も検討した12分野のルーブリックを作成し、本委託事業を進めた。

上記の成果を開発しながら、思考力・判断力・表現力を評価する情報科の試験問題を作成した。情報科の学習内容には、プログラミング、情報デザイン、シミュレーション、データ科学など、紙媒体の試験では十分に評価できない学習項目がある。そのため、紙媒体での試験ではなく、コンピュータを用いた試験、すなわちCBT(Computer Based Testing)で出題することを研究する。この場合のCBTは、あくまでも思考力・判断力・表現力を評価する試験問題を出題する媒体との立場で研究・開発するものであり、実際の入学試験をコンピュータで実施する場合に配慮しなければならないセキュリティやカンニングなどの対策は実装しない。

CBTを用いた実証実験を次のように2年度にわたり実施した。初年度（平成28年度）にCBTによる試験問題を作成し、それを実施するCBTシステムを開発し、平成29年度に大学生と高校生を対象に実証実験をした。この試験問題とそのとき用いたCBTシステムを合わせてCBT-V1と称する。さらに、平成29年度は、特にプログラミングやソフトウェアのテスト（software testing）に関する能力を評価する試験問題を作成し、そのためのCBT機能を追加実装した。これらをCBT-V2と称し、平成30年度に、大学生と高校生を対象に実証実験した。CBT-V1およびCBT-V2ともに、受験生はウェブブラウザを用いて、大阪大学に設置したサーバにアクセスして解答する方式である。

受験機会を複数回にする場合、テストに関する理論(test theory)である項目反応理論(IRT:Item Response Theory)を用いて実施することが主流であり、特にCBTとの相性がよい。この場合、既に実施されているCBTでの解答方式は四択など、答えの候補からどれが正解かを選ぶ小問形式が多い。多数の四択問題を用いた試験は、知識・技能のレベル確認にはある程度効果があると考えられている。一方、本委託事業では、思考力・判断力・表現力を評価する試験問題を研究することであるが、多くの四択問題を用いた試験でこれら进行评估できるのかはリサーチ・クエスチョンである。そのため、CBT-V2では、試験時間の半分を、IRTを想定した四択問題を中心とする出題とし、残りの半分を思考力・判断力・表現力を評価する大問形式で出題し、それらの間に相関があるかも検討した。

以降の節では、これらに関して説明する。

2. 業務の背景と目的

近年、「日本再興戦略2016」、「世界最先端IT国家創造宣言」、「教育再生実行会議第七次提

言]、「新産業構造ビジョン」などの政府方針においても、各種イノベーションを創起するためには、情報技術の活用は必要不可欠と記されており、プログラミングや情報セキュリティ等、情報の科学的な理解に裏打ちされた情報活用能力を身につけることが重要であると考えられている。次期学習指導要領*でも高等学校で、情報I、情報IIの科目でこのような資質・能力に関する教育を行おうとしている。中国や韓国などでも、情報関連科目は必修科目として位置づけられており、我が国が今後も国際競争力を維持するためにも重要な事項となっている。

今後の大学入学者選抜においては、「知識・技能」に加え、「思考力・判断力、表現力」や「主体性を持って多様な人々と協働して学ぶ態度」に関する評価も重視する必要がある、これにはCBT（Computer Based Testing）システムの利用が想定されている。コンピュータ技術と密接に関連している情報科の選抜試験では、その整合性を最大限に活用する評価手法が望まれている。

このような状況を鑑み、本調査研究では、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確立を目的とした研究開発を実施する。

3. 業務の概要

本事業は、情報学的なアプローチから新しい大学入学選抜試験の評価手法について検討するものであり、その成果、特にCBTに関する知見は「情報科」の評価に加え、他教科の評価に対しても活用が期待できる。このため、まずはCBTシステムならびにマニュアルの整備により、「情報科」入試実施を検討する多くの大学でその成果を共有・活用できるように事業を推進する。また、「情報科」で得られるCBT活用に関する知見を体系的に纏めることにより、他教科の評価手法を検討する際の一助となるように留意するとともに、今後計画されているCBTフィージビリティ検証事業への成果展開も視野に入れる。

具体的には事業に関する以下の4つの研究開発に取り組む。

(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。

(2) 「情報科」CBTシステム化に関する研究

「知識・技能」＋「思考力・判断力・表現力」を評価するためのCBTの機能性検討、「情

*幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について（答申）（中教審第197号）

http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/1380731.htm

報科」試行用CBTプロトタイプシステム（平成28年度実装）を用いた模擬試験の実施、「情報科」試行用CBTシステムの仕様策定および構築を行う。また、大規模CBT構築への要求要件整理を行なう。

(3)情報技術による入試の評価に関する研究

AI（Artificial Intelligence）/ビッグデータ技術による試験問題の評価（難易度、評価項目の被覆率等）、AI/ビッグデータ技術による作問検討、模擬試験結果とルーブリックによる検証、CBTの新たなユーザインタフェースの検討を行なう。

(4)広報活動と動向調査研究

「情報科」大学入学者選抜に関するシンポジウムや大会セッションなどのイベント企画、高等学校や予備校などとの連携、産業界での情報関連スキルのニーズ調査、国内外の動向調査、他教科評価手法検討への知識供与を行なう。

上記のように、本事業は、情報学的なアプローチから新しい大学入学選抜試験の評価手法について検討するものであり、その成果、特にCBTに関する知見は「情報科」の評価に加え、他教科の評価に対しても活用が期待できる。このため、まずはCBTシステムならびにマニュアルの整備により、「情報科」入試実施を検討する多くの大学でその成果を共有・活用できるように事業を推進する。また、「情報科」で得られるCBT活用に関する知見を体系的に纏めることにより、他教科の評価手法を検討する際の一助となるように留意するとともに、今後計画されているCBTフィージビリティ検証事業への成果展開も視野に入れる。

本事業で対象とする、「情報科」新学習指導要領を学修した者に対する大学入学者選抜試験は、2025年度より実施予定であるが、それまでの間にも、研究開発成果の共有を進めることで、下記のように多面的に普及をはかる。

- ・国公立を問わず「情報科」入学試験を採用している大学への評価手法の提供
- ・他教科CBT導入検討の支援
- ・受託機関で実施する入学試験への早期（2024年度以降）導入準備
- ・「大学入学者学力評価テスト」での「情報科」導入および大規模CBT実施の検討に向けた知見提供

情報処理学会の情報処理教育委員会と連携することにより、これらの普及・啓発活動や、本事業で検討した「思考力・判断力・表現力」に関する評価手法の分析を継続的に行っていく。

4. 本事業の実施課題

4.1 本事業の課題項目

本事業に関する4つの研究開発について、下記の17の課題項目に関する業務を実施した。

(1) 「情報科」入試実施における評価手法の検討

1-1) 次期学習指導要領を加味した知識体系の整理

次期学習指導要領の内容全体を対象として、知識体系を検討・整理する。

1-2) 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

日本学術会議の大学教育の分野別質保証委員会では、専攻分野毎に大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準を設けている。ここでは、主に理工系大学教育の各分野および情報学分野で共通的に必要となる「情報科」の内容について考慮し、入試評価項目を検討する。

1-3) 情報科での「思考力・判断力・表現力」評価手法の検討

「思考力・判断力・表現力」を評価するための手法について検討するとともに、表現力に関する検討の結果から、思考力および判断力の評価法を拡張する。

1-4) 模擬試験の問題作成

模擬試験を CBT プロトタイプシステムを用いて実施する。そのために問題を作成し、実施結果を検討し、CBT システムの機能設計にフィードバックするとともに、引き続き試験問題を検討する。

(2) 「情報科」CBTシステム化に関する研究

2-1) 「知識・技能」＋「思考力・判断力・表現力」を評価するための CBT の機能性検討

平成 28 年度に引き続き、「知識・技能」に加えて、「思考力・判断力・表現力」を評価する CBT の実施方法を探る。特に、表現力評価のための機能性を検討する。

2-2) 「情報科」CBT システムの仕様策定と実装

新たな枠組みで検討した「情報科」に関する評価方法での試験を試行実施するためのシステム構築を目指し仕様策定と実装を行なう。

2-3) 「情報科」CBT システム (CBT-V2) を用いた実証実験の実施

新学習指導要領に準じた内容を学修したと想定する大学生を対象として試験を試

行実施し、その機能性を確認する。時間的余裕があれば、高校生を対象とした実証実験も実施する。

2-4)大規模 CBT システム構築への要求要件整理

CBT システムを数十万人が用いて受験する場合にシステムとしてどのような対策が必要かを検討し提言する。

(3)情報技術による入試の評価に関する研究

3-1)AI/ビッグデータ技術による試験問題の評価

AI/ビッグデータなどの情報技術を用いて模擬試験の結果を分析する。

3-2)情報技術(AI/ビッグデータ)による作問検討

AI/ビッグデータなどの情報技術を活用した自動作問の検討を進める。

3-3)模擬試験結果とルーブリックによる検証

模擬試験結果とルーブリックによる検証を通して、実際の受験者に対して「思考力・判断力・表現力」を適切に評価できる作問ができているかなどを確認することを目指す。

3-4)CBT の新たなユーザインタフェース検討

CBT 実施に際し、表現力を評価するために、図などを解答させる入力インタフェースの適用可能性を探る。

(4)広報活動と動向調査研究

4-1)「情報科」大学入学者選抜に関するシンポジウムや大会セッションなどのイベント企画

情報処理学会の全国大会や FIT (情報科学技術フォーラム) にて「情報科」大学入学者選抜を取り扱うセッションを行なうとともに、本事業に関するシンポジウムイベントを企画し、活動を一般に広く周知するとともに意見聴取も行なう。

理工系情報学科・協議会の研究会でそれまでの成果を発表し、広く意見交換し、国公立大学に本 CBT システムの試行を呼びかける。

4-2)高等学校や予備校などとの連携

新学習指導要領や新しい入学者選抜試験、特に「情報科」の取扱いについて、高等学校や予備校などと意見交換することにより、「情報科」入学試験の導入が円滑に行えるよう工夫する。

4-3)産業界での情報関連スキルのニーズ調査

理工系一般学生の情報関連スキルについて、産業界でのニーズ調査、および本プロジェクト成果の産業界への周知、意見交換を行う。

評価項目設定などに適切に還元することをめざす。

4-4)国内外の動向調査

本事業を進めるにあたり必要となる事項に関して調査する。

4-5)他教科評価手法検討への知識供与

フォーラムなどで他教科評価手法検討グループと本グループの検討内容に関して意見交換する。

4.2 業務実施体制

前項で述べた課題項目ごとの実施機関と業務担当責任者を表1に示す。

表 1 実施機関と業務担当責任者

課題項目	実施機関	業務担当責任者 (所属と役職は事業終了時のもの)
1-1)次期学習指導要領を加味した知識体系の整理	情報処理学会	松原仁、高岡詠子、美馬のゆり(情報処理学会・教育担当理事)
1-2)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	東京大学	萩谷昌己(東京大学・情報理工系研究科教授)
1-3)情報科での「思考力・判断力・表現力」評価手法の検討	情報処理学会	松原仁、高岡詠子、美馬のゆり(情報処理学会・教育担当理事)
1-4)模擬試験の問題作成	情報処理学会	松原仁、高岡詠子、美馬のゆり(情報処理学会・教育担当理事)
2-1)「知識・技能」＋「思考力・判断力・表現力」を評価するためのCBTの機能性検討	情報処理学会	松原仁、高岡詠子、美馬のゆり(情報処理学会・教育担当理事)
2-2)「情報科」試行用CBTプロトタイプシステムの仕様策定	大阪大学 情報処理学会	尾上孝雄(大阪大学・情報科学研究科長) 松原仁、高岡詠子、美馬のゆり(情報処理学会・教育担当理事)
2-3)「情報科」CBTシステム(CBT-V2)を用いた実証実験の実施	大阪大学 東京大学	尾上孝雄(大阪大学・情報科学研究科長) 萩谷昌己(東京大学・情報理工系研究科教授)

2-4)大規模 CBT システム構築への要求要件整理	大阪大学	尾上孝雄(大阪大学・情報科学研究科長)
3-1)AI/ビッグデータ技術による試験問題の評価	大阪大学 東京大学	尾上孝雄(大阪大学・情報科学研究科長) 萩谷昌己(東京大学・情報理工系研究科教授)
3-2)情報技術(AI/ビッグデータ)による作問検討	大阪大学 東京大学	尾上孝雄(大阪大学・情報科学研究科長) 萩谷昌己(東京大学・情報理工系研究科教授)
3-3)模擬試験結果とループリックによる検証	大阪大学 東京大学	尾上孝雄(大阪大学・情報科学研究科長) 萩谷昌己(東京大学・情報理工系研究科教授)
3-4)CBT の新たなユーザインタフェース検討	大阪大学 東京大学	尾上孝雄(大阪大学・情報科学研究科長) 萩谷昌己(東京大学・情報理工系研究科教授)
4-1)「情報科」大学入学者選抜に関するシンポジウムや大会セッションなどのイベント企画	大阪大学 情報処理学会	尾上孝雄(大阪大学・情報科学研究科長) 松原仁、高岡詠子、美馬のゆり(情報処理学会・教育担当理事)
4-2)高等学校や予備校などとの連携	大阪大学	尾上孝雄(大阪大学・情報科学研究科長)
4-3)産業界での情報関連スキルのニーズ調査	大阪大学	尾上孝雄(大阪大学・情報科学研究科長)
4-4)国内外の動向調査	大阪大学 東京大学 情報処理学会	尾上孝雄(大阪大学・情報科学研究科長) 萩谷昌己(東京大学・情報理工系研究科教授) 松原仁、高岡詠子、美馬のゆり(情報処理学会・教育担当理事)
4-5)他教科評価手法検討への知識供与	大阪大学 東京大学 情報処理学会	尾上孝雄(大阪大学・情報科学研究科長) 萩谷昌己(東京大学・情報理工系研究科教授) 松原仁、高岡詠子、美馬のゆり(情報処理学会・教育担当理事)

また、大阪大学、東京大学および情報処理学会は、毎月2日にわたる会議を開催して毎回約20名が参加し、情報共有および研究会開発の推進に努めた。研究開発の担当者を表2に、会議の開催日と会場を表3に示す。

表 2 会議参加者

(実施機関ごとに 50 音順、所属と役職は事業終了時のもの)

実施機関	氏名	所属	役職
大阪大学	井上克郎	大阪大学大学院情報科学研究科	教授
	鬼塚真	大阪大学大学院情報科学研究科	教授
	尾上孝雄	大阪大学大学院情報科学研究科	研究科長
	下條真司	大阪大学大学院情報科学研究科	教授

	中西通雄	大阪大学	招聘教授
	萩原兼一	大阪大学大学院情報科学研究科	特任教授
	東野輝夫	大阪大学大学院情報科学研究科	教授
	増澤利光	大阪大学大学院情報科学研究科	教授
	松浦敏雄	大阪大学	招聘教授
	松下康之	大阪大学大学院情報科学研究科	教授
東京大学	角谷良彦	東京大学情報理工系研究科	特任講師（平成30年9月退任）
	坂井修一	東京大学大学院情報理工学系研究科	教授
	柴山悦哉	東京大学情報基盤センター	教授
	萩谷昌己	東京大学情報理工系研究科	教授
	本多健太郎	東京大学情報理工系研究科	特任研究員（平成29年3月退任）
情報処理学会	秋岡明香	明治大学情報コミュニケーション学部	准教授
	伊藤一成	青山学院大学社会情報学部	准教授
	稲葉利江子	津田塾大学学芸学部	特任准教授
	植原啓介	慶應義塾大学環境情報学部	准教授
	角田博保	電気通信大学	非常勤講師
	笈捷彦	早稲田大学 情報オリンピック日本委員会	名誉教授 理事長
	久野靖	電気通信大学大学院情報理工学研究科	教授
	佐久間拓也	文教大学情報学部情報システム学科	准教授
	鈴木貢	島根大学総合理工学部	准教授
	高橋尚子	國學院大學経済学部	教授
	竹中章勝	畿央大学現代教育研究所	客員研究員
	辰己丈夫	放送大学教養学部	教授
	谷聖一	日本大学文理学部	教授
	中野由章	神戸市立科学技術高等学校	教諭
	永松礼夫	神奈川大学理学部	教授
	中山泰一	電気通信大学大学院情報理工学研究科	准教授
	西田知博	大阪学院大学情報学部	教授
	松永賢次	専修大学ネットワーク情報学部	教授
	山崎浩二	明治大学情報コミュニケーション学部	准教授
	和田勉	長野大学企業情報学部	教授

表3 会議の開催状況

開催回	開催日	会場
1	平成28年10月9日(土)、10日(日)	慶應義塾大学(日吉)
2	平成28年10月29日(土)、30日(日)	早稲田大学(西早稲田) 慶應義塾大学(日吉)
3	平成28年11月19日(土)、20日(日)	青山学院大学(相模原)
4	平成28年12月10日(土)、11日(日)	慶應義塾大学(日吉) 東京工業大学(大岡山)
5	平成29年1月21日(土)、22日(日)	電気通信大学(調布)
6	平成29年2月25日(土)、26日(日)	日本大学(桜上水)
7	平成29年3月25日(土)、26日(日)	電気通信大学(調布)
8	平成29年4月8日(土)、9日(日)	電気通信大学(調布)
9	平成29年5月13日(土)、14日(日)	慶應義塾大学(日吉)
10	平成29年6月10日(土)、11日(日)	慶應義塾大学(日吉)
11	平成29年7月22日(土)、23日(日)	電気通信大学(調布)
12	平成29年8月7日(月)	明治大学(駿河台)
13	平成29年9月23日(土)、24日(日)	慶應義塾大学(日吉)
14	平成29年10月29日(土)、28日(日)	早稲田大学、明治大学
15	平成29年11月25日(土)、26日(日)	大阪学院大学(岸辺)
16	平成29年12月17日(日)	明治大学(駿河台)
17	平成30年1月27日(土)、28日(日)	日本大学(桜上水)
18	平成30年2月24日(土)、25日(日)	慶應義塾大学(日吉)
19	平成30年3月10日(土)、11日(日)	慶應義塾大学(日吉)
20	平成30年4月21日(土)、22日(日)	慶應義塾大学(日吉)
21	平成30年5月26日(土)、27日(日)	電気通信大学(調布)
22	平成30年6月30日(土)、7月1日(日)	慶應義塾大学(日吉)
23	平成30年7月21日(土)、22日(日)	電気通信大学(調布)
24	平成30年9月22日(土)、23日(日)	電気通信大学(調布)
25	平成30年10月13日(土)、14日(日)	明治大学(駿河台)
26	平成30年11月10日(土)、11日(日)	日本大学(桜上水)
27	平成30年12月8日(土)、9日(日)	大阪学院大学(岸辺)
28	平成31年1月26日(土)、27日(日)	電気通信大学(調布)
29	平成31年2月23日(土)、24日(日)	慶應義塾大学(日吉)
30	平成31年3月9日(土)、10日(日)	慶應義塾大学(日吉)

5. 研究開発内容と成果

5.1 「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ために、次の4件の課題項目を実施した。

1-1)次期学習指導要領を加味した知識体系の整理

1-2)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

1-3)情報科での「思考力・判断力・表現力」評価手法の検討

1-4)模擬試験の問題作成

以下、課題項目ごとに研究開発内容と成果を示す。

5.1.1 次期学習指導要領を加味した知識体系の整理

(1) 研究開発内容

(a) 研究開発の目的

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う。

(b) 研究開発概要

これまでに実施した「情報科」模擬試験問題を対象として、次期学習指導要領の知識体系、教科情報I、IIに組み入れられる学習項目との関係を整理する。

(2) 事業の成果

本事業で対象としている高等学校の共通教科情報に関する知識体系について、その内容をいくつかの分野に分け、ルーブリックの形式でまとめた。本事業で提案する「ルーブリック」では、分野ごとに複数のレベルに応じて、**can-do** で記述するものとし、情報の入試問題を出題する大学関係者、情報の授業を実践する高校教員及び受講する生徒に、何ができるかわかりやすい簡潔な表現を目指している。

それとは別に、学術会議が作成している「情報教育の参照基準」に対して、本事業が協力を行ってきた。「情報教育の参照基準」は、初等中等段階、および高等教育における共通教育までの各段階について、情報学のうちから何を学ぶことが望まれるかを検討し整理したものである。

以下では、「ルーブリック」について主として述べ、最後に「情報教育の参照基準」について触れることとする。

本事業の「ルーブリック」は、試案の作成、試験問題作成の有効性の検証、思考力・判断力・表現力との関連の確認というフェーズを繰り返し行い、途中で外部に発表し、そこでの意見に基づきさらに改良をしていく、というプロセスで開発してきた。平成 29 年度までは、次期学習指導要領の検討状況が報告されていたものの、概要のみしか公開されていなかったもので、その概要に基づいて開発を進めていた。平成 29 年度には、以下に示す 3 回の発表を行った。

- ・「共通教科情報科ルーブリックにおける思考・判断・表現の位置づけ」、第 10 回全国高等学校情報教育研究会、平成 29 年 8 月 9 日
- ・「高等学校共通教科情報の学習項目に対するルーブリックの提案」、情報処理学会初等中等教育委員会高校教科「情報」シンポジウム 2017 秋、平成 29 年 10 月 28 日
- ・「評価のためのルーブリックと作題例について」、本研究開発事業第 2 回シンポジウム「2025 年度高校教科「情報」入試を考える－思考力・判断力・表現力の教育／評価方法と CBT 化－」、平成 29 年 11 月 26 日

平成 29 年度末には、「平成 30 年改訂高等学校指導要領」が出され、さらに、平成 30 年度 7 月には「高等学校学習指導要領解説情報（各学科に共通する教科）編」が刊行された。「解説」によってはじめて次期学習指導要領が想定している知識・技能、思考力・判断力・表現力の具体的な想定を確認することができたので、それにあわせて、再度、ルーブリックの見直しをはかった。その結果を下記のシンポジウムで発表し、参加者からの意見を得た。

- ・「ルーブリック開発の概略説明」、本研究開発事業第 3 回シンポジウム「2025 年度高校教科「情報」入試を考える－思考力・判断力・表現力を評価する試験問題の作問方法－」、平成 30 年 12 月 9 日

以下では、第 3 回シンポジウムでの意見をふまえて、さらに修正を行った成果を述べる。

新学習指導要領の「情報（各学科に共通する教科）」は、必修科目である「情報Ⅰ」（2 単位）と、それを基に発展させた内容を学習する選択科目「情報Ⅱ」（2 単位）から構成される（表 4）。

表 4 情報Ⅰと情報Ⅱの構成

科目名	情報Ⅰ	情報Ⅱ
標準単位数	2 単位	2 単位
必／選	必修科目	情報Ⅰ履修後の選択科目
内容	情報社会の問題解決 コミュニケーションと情報デザイン コンピュータとプログラミング	情報社会の進展と情報技術 コミュニケーションとコンテンツ 情報とデータサイエンス

	情報通信ネットワークとデータの利用	情報システムとプログラミング 情報と情報技術を活用した問題発見・解決の探求
--	-------------------	--

各内容に対しては、情報Ⅱの「情報と情報技術を活用した問題発見・解決の探求」を除き、次のような構成で記述されている。

ア次のような知識及び技術を身につけること

- (ア)・・・
- (イ)・・・
- (ウ)・・・

イ次のような思考力、判断力、表現力を身につけること

- (ア)・・・
- (イ)・・・
- (ウ)・・・

特に「情報Ⅰ」の記述においては、(ア)、(イ)、(ウ)が、アとイで対応していることから、 $4 \times 3 = 12$ の項目に関する、「知識及び技術」と「思考力、判断力、表現力」が記述されているとみなすことができる。

「情報Ⅰ」の記述をそのようにまとめたものを表5～表8に示す。

表5 情報社会の問題解決

	知識・理解	思考力・判断力・表現力
(ア)	情報やメディアの特性を踏まえ、情報と情報技術を活用して問題を発見・解決する方法を身に付けること。	目的や状況に応じて、情報と情報技術を適切かつ効果的に活用して問題を発見・解決する方法について考えること。
(イ)	情報に関する法規や制度、情報セキュリティの重要性、情報社会における個人の責任及び情報モラルについて理解すること。	情報に関する法規や制度及びマナーの意義、情報社会において個人の果たす役割や責任、情報モラルなどについて、それらの背景を科学的に捉え、考察すること。
(ウ)	情報技術が人や社会に果たす役割と及ぼす影響について理解すること。	情報と情報技術の適切かつ効果的な活用と望ましい情報社会の構築について考察すること。

表6 コミュニケーションと情報デザイン

	知識・理解	思考力・判断力・表現力
(ア)	メディアの特性とコミュニケーション手段の特徴について、その変遷も踏まえて科学的に理解すること。	メディアとコミュニケーション手段の関係を科学的に捉え、それらを目的や状況に応じて適切に選択すること。
(イ)	情報デザインが人や社会に果たしている役割を理解すること。	コミュニケーションの目的を明確にして、適切かつ効果的な情報デザインを考えること。
(ウ)	効果的なコミュニケーションを行うための情報デザインの考え方や方法を理解し表現する技能を身に付けること。	効果的なコミュニケーションを行うための情報デザインの考え方や方法に基づいて表現し、評価し改善すること。

表7 コンピュータとプログラミング

	知識・理解	思考力・判断力・表現力
(ア)	コンピュータや外部装置の仕組みや特徴、コンピュータでの情報の内部表現と計算に関する限界について理解すること。	コンピュータで扱われる情報の特徴とコンピュータの能力との関係について考察すること。
(イ)	アルゴリズムを表現する手段、プログラミングによってコンピュータや情報通信ネットワークを活用する方法について理解し技能を身に付けること。	目的に応じたアルゴリズムを考え適切な方法で表現し、プログラミングによりコンピュータや情報通信ネットワークを活用するとともに、その過程を評価し改善すること。
(ウ)	社会や自然などにおける事象をモデル化する方法、シミュレーションを通してモデルを評価し改善する方法について理解すること。	目的に応じたモデル化やシミュレーションを適切に行うとともに、その結果を踏まえて問題の適切な解決方法を考えること。

表8 情報通信ネットワークとデータの利用

	知識・理解	思考力・判断力・表現力
(ア)	情報通信ネットワークの仕組みや構成要素、プロトコルの役割及び情報セキュリティを確保するための方法や技術について理解すること	目的や状況に応じて、情報通信ネットワークにおける必要な構成要素を選択するとともに、情報セキュリティを確保する方法について考えること。

(イ)	データを蓄積、管理、提供する方法、情報通信ネットワークを介して情報システムがサービスを提供する仕組みと特徴について理解すること。	情報システムが提供するサービスの効果的な活用について考えること。
(ウ)	データを表現、蓄積するための表し方と、データを収集、整理、分析する方法について理解し技能を身に付けること。	データの収集、整理、分析及び結果の表現の方法を適切に選択し、実行し、評価し改善すること。

本事業では、最終的に 12 の分野に整理することとした。分野名は、直感的にわかりやすい名称としている。「情報 I」の 12 の項目との対応関係を図 1 に示す。なお、「情報システム」と「データベース」は、「情報 I」と対応する項目が同じなので、図 1 ではまとめて表示している。

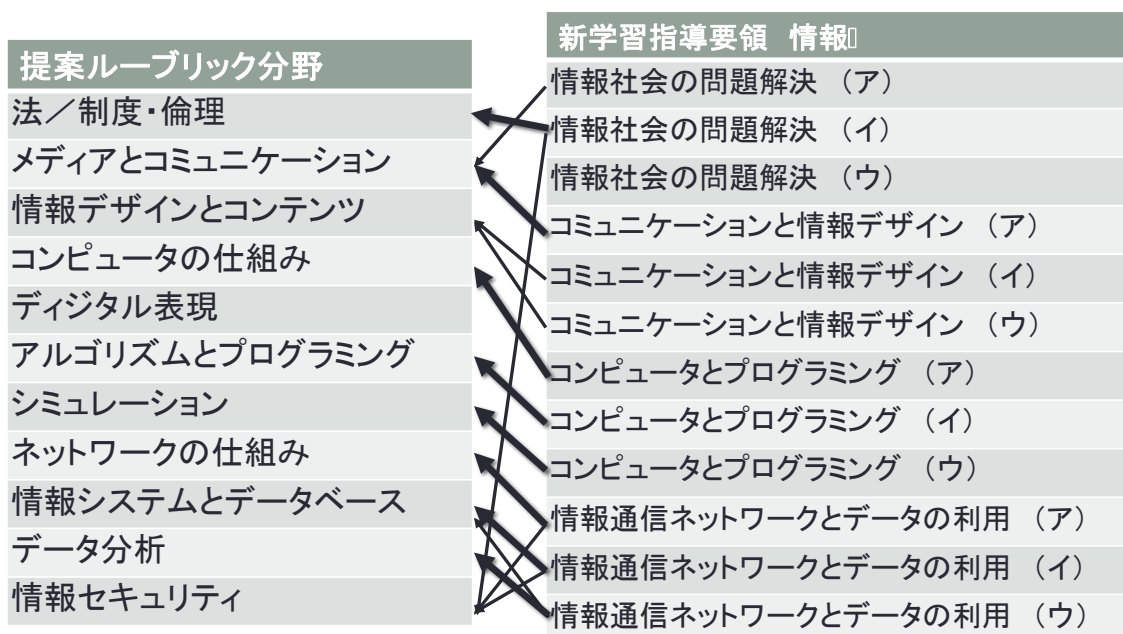


図 1 ルーブリックの分野と新学習指導要領の対応関係

- ・ 「コンピュータの仕組み」、「アルゴリズムとプログラミング」、「シミュレーション」、「ネットワークの仕組み」の 4 分野は、「情報 I」の項目と 1 対 1 に対応している。
- ・ 「法／制度・倫理」、「メディアとコミュニケーション」、「情報システム」、の 2 分野も、ほぼ「情報 I」の項目と 1 対 1 に対応している。
- ・ 「情報デザインとコンテンツ」は、「コミュニケーションと情報デザイン」の (イ)・(ウ) の 2 項目に対応するものとした。2 項目を分離することは難しいと判断したた

めである。「メディアとコミュニケーション」も同様の判断である。

- ・ 「デジタル表現」は、多くの項目に関連する共通に必要な内容であるので、個別に矢印を引いていない。「情報セキュリティ」と「法／制度・倫理」は、複数の内容にまたがっているが、重要な分野であると考え、独立した分野としている。
- ・ 情報Ⅱの内容については、情報Ⅰの内容範囲を踏まえて、より発展的なレベルにしたものと判断し、ルーブリック分野がカバーされていると考えている。

12の分野に対するルーブリックは、低い順から1-1、1-2、2-1、2-2、3、4と6段階のレベルとしており、can-doの形式で記述したものとなっている（表9）。高いレベルでは、より低いレベルで記述したこともできた上で、そのことができるという考えで記述している。具体的に、「アルゴリズムとプログラミング」と「情報デザインとコンテンツ」の2分野のルーブリックで、その概要を述べる。

表9 アルゴリズムとプログラミングのルーブリック

	アルゴリズムとプログラミング	情報デザインとコンテンツ
1-1	与えられたアルゴリズム・プログラムの記述を認識できる	与えられたコンテンツが表している情報を理解し、質問に答えられる
1-2	与えられたアルゴリズム・プログラムの動作をトレースできる	与えられたコンテンツの目的と期待される効果を説明できる
2-1	与えられたアルゴリズム・プログラムの動作を説明できる	与えられたコンテンツの基になった情報デザインの考え方や手法を理解し、説明できる
2-2	与えられたアルゴリズム・プログラムを、指示された動作になるように修正できる（デバッグを含む）	与えられたコンテンツの基になった情報デザインが、伝達したい情報と合致しているか評価し、改善できる
3	与えられた目的に応じた機能を満たすプログラムを設計・作成できる	与えられた目的に応じて、伝達したい情報を、コンテンツとしてデザイン・制作できる
4	与えられた目的に応じた機能・要求をより良く満たすようにプログラムを評価・改善できる	与えられた目的に応じて、より効果が得られるようにコンテンツの情報デザインを評価・改善できる

レベル1は、与えられた対象記述を正しく理解できている状況にあるかを記述しており、理解するために必要となる思考力が備わっていることが期待される。

レベル2は、与えられた対象記述を理解した上で、理解した内容が期待されているものとなっているかを評価し、異なる場合には期待されているものに修正できるかを記述して

おり、そのために必要となる思考力・判断力・表現力が備わっていることが期待される。

レベル 3 は、与えられた対象と目的を理解した上で、目的と対象との関係を理解し、その上で、より高次の思考力を展開して何かを組み立て、その内容を表現できる状況にあるかを記述しており、そのために必要となる思考力・判断力・表現力が備わっていることが期待される。

レベル 4 は、レベル 3 に加えて評価・改善できるかを記述しており、そのための思考力・判断力が備わっていることを期待される。

12 の分野すべてのルーブリックを表 10 に示す。同じレベルでは、同様な思考力・判断力・表現力を求める記述としている。

表 10 すべての分野のルーブリック

法/制度・倫理	情報セキュリティ	シミュレーション (モデル化含む)	メディアとコミュニケーション	情報デザインとコンテンツ	デジタル表現	情報システムとデータベース (情報システム)	情報システムとデータベース (データベース)	コンピュータの仕組み	ネットワークの仕組み	アルゴリズムとプログラミング	データ分析
1 法/制度・倫理に関する記述を理解し、質問に答えられる	1-1 情報セキュリティに関する記述を読んで、質問に答えられる	1-1 与えられたモデルとそのシミュレーション方法に関する質問に答えられる	1-1 与えられたメディアに関する質問に答えられる	1-1 与えられたコンテンツが表している情報を理解し、質問に答えられる。	1-1 与えられたデジタル表現に関する質問に答えられる	1-1 与えられた情報システムに関する質問に答えられる	1-1 与えられたデータベースへの問い合わせに関する質問に答えられる	1-1 コンピュータのハードウェア・ソフトウェアの機能に関する質問に答えられる	1-1 与えられたネットワークの構成とその構成要素に関する質問に答えられる	1-1 与えられたアルゴリズム・プログラムの記述を認識できる	1-1 データを収集し整理・整形することができる
	1-2 与えられた方法で情報セキュリティを確保できる	1-2 与えられたモデルをシミュレーション方法によって、小さい例に対して手計算したり、表計算などによって実行したりすることができる	1-2 与えられたメディアの性質、特徴などについて説明できる	1-2 与えられたコンテンツの目的と期待される効果を説明できる	1-2 与えられた方法でデジタル表現を生成・変換できる	1-2 与えられた情報システムの利用方法を説明できる	1-2 与えられたデータベースにどのよう問い合わせたらいかが答えられる	1-2 コンピュータのハードウェア・ソフトウェアが動作する仕組みを説明できる	1-2 与えられたネットワークの動きをトレースできる	1-2 与えられたアルゴリズム・プログラムの動作をトレースできる	1-2 整理・整形されたデータに対して、指定された方法でモデル化やデータ処理を行うことができる
2-1 法/制度・倫理に関する記述を具体的な場面に適用して考えることができる	2-1 情報セキュリティを確保する方法を説明できる	2-1 与えられたモデルとそのシミュレーション方法について説明できる	2 与えられたメディアを用いて、その特徴を生かしたコミュニケーションができる	2-1 与えられたコンテンツの基になった情報デザインの考え方や手法を理解し、説明できる	2 与えられたデジタル表現について説明できる	2-1 与えられた情報システムの利便性と問題点を説明できる	2-1 与えられたデータベースの利点と問題点を説明できる	2-1 コンピュータのハードウェア・ソフトウェアの性質・特徴を説明できる	2-1 与えられたネットワークの性質、特徴、問題点などを説明できる	2-1 与えられたアルゴリズム・プログラムの動作を説明できる	2-1 モデル化やデータ処理によって、データを解釈・表現することができる
2-2 与えられた条件を満たす規則/制度・倫理基準を提案できる	2-2 示された情報セキュリティを確保する方法を、指示された条件にあわせて修正できる	2-2 与えられたモデルもしくはシミュレーション方法を、指示された目的に沿うように修正できる		2-2 与えられたコンテンツの基になった情報デザインが、伝達したい情報と合致しているか評価し、改善できる		2-2 与えられた情報システムの問題点に対応できる	2-2 与えられたデータベースの問題点を修正できる	2-2 指示に従ってコンピュータのハードウェア・ソフトウェアの構成を改善できる	2-2 与えられたネットワークを、指示された機能を持つように修正できる	2-2 与えられたアルゴリズム・プログラムを、指示された動作になるように修正できる (デバッグを含む)	2-2 異なる目的に沿って、指定されたモデル化やデータ処理の方法を適切に変更・拡張し、データを解釈・表現することができる
3 与えられた目的に応じて規則/制度・倫理基準を提案できる	3 与えられた目標に応じて、既存の情報セキュリティ手段を選択し、活用できる	3 与えられた目的に応じてモデルを構築し、そのシミュレーション方法を設計し実行できる	3 与えられたメディアを用いて、コミュニケーションのために有効な方法を設計できる	3 与えられた目的に応じて、伝達したい情報を、コンテンツとしてデザイン・制作できる	3 与えられた目的に応じて適切なデジタル表現を選択できる	3 与えられた目標に応じて、情報システムの改善案を提案できる	3 与えられた課題に応じて、データベースを作成できる	3 与えられた目的に応じてコンピュータのハードウェア・ソフトウェアを構成できる	3 与えられた機能を満たすネットワークを設計できる	3 与えられた目的に応じた機能を満たすプログラムを設計・作成できる	3 データのより効果的な解釈・表現のために、モデル化やデータ処理の方法を比較して、より適切なものを選択することができる
4 法/制度・倫理に関してジレンマがある状況において、多くの人が合意できる規則/制度・倫理基準を提案できる	4 情報セキュリティのレベルを向上させるために、情報セキュリティ手段を改善できる	4 与えられた尺度に応じてより良いモデルを構築したり、より良いシミュレーション方法を設計したりすることができる	4 与えられた目的に応じて複数のメディアを効果的に組み合わせる方法を設計できる	4 与えられた目的に応じて、より効果的得られるようにコンテンツの情報デザインを評価・改善できる		4 与えられた課題に応じて、目標の設定を含めて、情報システムをデザインできる	4 与えられた課題に応じて、目標の設定を含めて、データベースをデザインできる	4 与えられた目的をより良く満たすコンピュータのハードウェア・ソフトウェアを構成できる	4 与えられた機能・要求をより良く満たすネットワークを設計できる	4 与えられた目的に応じた機能・要求をより良く満たすようにプログラムを評価・改善できる	4 モデル化やデータ処理の結果を評価し、モデル化や処理、解釈・表現の方法を改善することができる

各分野のレベルに対応した試験問題を試作し、5.1.2 で記載している思考力・判断力・表現力のどれに対応するか確認した。これにより、ルーブリックに基づいて出題することで、思考力・判断力・表現力を問う作問ができることを確認した。

「情報教育の参照基準」は、日本学術会議情報学委員会情報学教育分科会が策定を進めているものであるが、原案作成に本委託事業が協力してきたので本報告で簡潔に述べることにする。「大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準情報学分野」（平成 28 年 3 月 23 日、日本学術会議情報学委員会情報科学技術教育分科会）が主として情報学を専門とする大学教育を扱っているのに対して、「情報教育の参照基準」は、初等中等教育段階、および高等教育における共通教育における各段階を対象としたものである。各教育段階において多様な形態で行われている「情報」に係わる教育を整理するとともに、その「あるべき姿」をまとめることを目標としている。

「情報教育の参照基準」では、A～K の 11 のカテゴリに分野を分けている。次期学習指導要領に基づく「ルーブリック」と比較すると、「情報教育の参照基準」には、論理的思考や問題解決といったジェネリックスキルに相当するものが入っていることが特徴となっている。

- A.情報およびコンピュータの原理
- B.情報の整理と創造
- C.モデル化とシミュレーション・最適化
- D.データとその扱い
- E.計算モデル的思考
- F.プログラミングの活用と構築
- G.コミュニケーションとメディアおよび協調作業
- H.情報社会・メディアと倫理・法・制度
- I.論理性と客観性
- J.システムの思考
- K.問題解決

各項目を、4 つ程度の個別内容から構成している。例として、F（プログラミングの活用と構築）を取り上げる。

- F1.プログラムとは何かを理解した上で、プログラムを自分や社会の問題解決に役立てられる能力。
- F2.プログラミング言語が持つ機構を適切に活用して、意図する動作を実現できるプログラムを設計・構築できる技能。
- F3.プログラムの設計・作成において計画性を持ち適切な管理を伴いながら作業を進められ

る技能。

F4.作成したソフトウェアのふるまいを検証し、必要なら手直しや改良を行える技能。

個別内容それぞれは、その中のレベル分け（L1～L4）と、各学校段階のどのように扱うことが想定されるか示したものである。

例として、F2の各レベルを示す。

L1:タートルなどの直接的な動作を連ねる形でのプログラムが構築できる。(小情)

L2:変数など動作を汎用的に扱える要素を持つプログラムが構築できる。(中情)

L3:手続き等で複数の動作をまとめて抽象化したプログラムが構築できる。(高必)

L4:抽象階層をもつプログラムを設計・構築できる。(大情)

5.1.2 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

(1) 研究開発内容

(a) 研究開発の目的

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う。

(b) 研究開発概要

日本学術会議の大学教育の分野別質保証委員会では、専攻分野毎に大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準を設けている。ここでは、主に理工系大学教育の各分野および情報学分野で共通的に必要となる「情報科」の内容について考慮し、入試評価項目を検討する。

(2) 事業の成果

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を行うという目的に従い、情報学以外の分野の参照基準の精査を行った。当初の目的では「理工系大学教育」を想定していたが、情報学の参照基準が文系と理系に広がる情報学を定義していること、情報Ⅰ・Ⅱにも情報社会に関連した項目が含まれていることに鑑み、理系だけでなく文系の分野の参照基準も精査の対象とした。(ただし、情報学と同様にメタサイエンスとして位置づけることができる数理科学と統計学については、情報学と関連する部分が大きいため、除外した。)より具体的には、各分野の参照基準において、情報Ⅰ・Ⅱの各項目が現れている箇所を網羅した。

また、各分野の学部教育で実施されている専門基礎教育も参照した。具体的には、文部科学省より情報処理学会が委託された「超スマート社会における情報教育の在り方に関する調査研究」による調査結果、および、東京大学において各学部・学科（学部後期課程）において実際に行われている情報教育を参照した。

以上の結果により、情報Ⅰ・Ⅱの各項目と各分野のマトリックスを作成した（表11）。●は参照基準から抽出した対応、緑の▲は情報処理学会「超スマート社会における情報教育の在り方に関する調査研究」の結果から推測した対応、■は大学の授業など各分野の現状から類推した対応である。なお、数理科学（および統計学）については、情報学と極めて関連が深く、情報学と同様にメタサイエンスの側面を有しているため、このマトリックスからは除いてある。

表 11 情報 I・II の各項目と各分野のマトリックス

		哲学	法学	政治学	言語・文学	歴史学	地域研究	地理学	文化人類学	心理学	生物学	農学	医学	社会福祉学	家政学	社会学	経営学	経済学	数理科学	物理学・天文学	地球惑星科学	土木工学・建築学	機械工学	電気電子工学	化学	材料工学	
1-7 自分の情報活用を振り返り評価(自己認識)	ジェネリックスキル														●												
2-9 自らの情報活用の振り返り、評価、試行錯誤	ジェネリックスキル																										
1-1a 情報化と社会	情報を扱う人間の特性と社会システム	●	●	●											●	●	●										
1-1b 法/制度/マナー/モラル/セキュリティ	情報を扱う人間の特性と社会システム・情報に関わる社会的なシステム・経済システムの存立と情報	●	●	●													●	■									
2-1 情報技術、情報社会の歴史概観、AIと未来	情報を扱う人間の特性と社会システム・近代社会からポスト近代社会へ	●		●																							
1-3 情報とメディアの特徴、情報デザイン、信頼性/信憑性、著作権	情報を扱う人間の特性と社会システム・情報に関わる社会的なシステム			●	●	●	●	●	●							●											
1-4 コミュニケーション	ジェネリックスキル・情報一般の原理				●			●	●	●						●		●								●	
2-4 多様な情報コンテンツによるコミュニケーション	ジェネリックスキル・情報一般の原理・社会において情報が創造・伝達される過程と仕組み・情報技術を基盤にした文化				●			●	●	●						●		●								●	
1-5b 情報の表現	情報の表現・蓄積・管理・情報の変換と伝達				●	●	●	●	●		■	▲	▲			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	■	■
2-3 多様な情報コンテンツの特性、処理、表現方法、圧縮	情報の表現・蓄積・管理・情報の変換と伝達				●	●	●	●	●		■	▲	▲			●	●	●	●	●	●	●	●	●	■	■	■
2-5 多様なデータの特性/処理/表現、統計的手法の活用、ビッグデータ分析	情報の認識と分析						●		●	●	●	■	●			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	■
2-6 問題の発見・解決にデータ活用	情報の認識と分析・情報学に固有の能力														▲		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	■
1-2 問題の発見/解決	情報学に固有の能力															●			●	●	●	●	●	●	●	●	■
2-2 問題の発見・解決に情報技術を活用する	情報学に固有の能力															●				●	●	●	●	●	●	●	■
1-6b モデル化	情報の表現・蓄積・管理・情報学に固有の能力																		●	●	●	●	●	●	●	●	■
1-5c コンピュータによる問題解決	計算・情報学に固有の能力																			●	●	●	●	●	●	●	■
1-6c シミュレーション、最適化	計算・各種の計算・アルゴリズム																●	●	■	●	●	●	●	●	●	●	■
1-6a アルゴリズム	計算・各種の計算・アルゴリズム																			●	●	●	●	●	●	●	■
1-5a コンピュータの原理	コンピュータのハードウェア・入出力装置																			●	●	●	■	■	■	■	■
1-8 ネットワークの仕組み、プロトコル、セキュリティ	基本ソフトウェア																									■	■
1-9b ネットワークやデータの問題発見への活用	情報システムの効果を得るための技術																		●		●	●					
2-8 問題の発見・解決と情報システム	情報システムの効果を得るための技術																					●					
2-7b システム設計、PM	情報システムを開発する技術・情報システムと人間のインタフェースに関する原理や設計方法																	●					●	●	●		
1-9a クラウド、データベース	情報システムを開発する技術																										
2-7a 複数の情報機器の協調、セキュリティ(暗号)	情報システムを開発する技術																										

5.1.3 情報科での「思考力・判断力・表現力」評価手法の検討

(1) 研究開発内容

(a) 研究開発の目的

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。

(b) 研究開発概要

5.1.1に示した課題項目1-1)、および5.1.2の課題項目1-2)において、知識体系、参照基準を考慮して検討された情報科入試の評価項目について、「思考力・判断力・表現力」を評価するための手法について検討する。

例えば、情報社会に関係した問題を与え、その問題点を分析し、モデル化し、情報モラルにも注意しながら情報技術を活用した問題解決法を示すという方法をCBTで実施することにより、問題を適切に捉える「思考力」、各種アルゴリズムなど情報技術をどのように活用するかと言った「判断力」、モデル化とそのプログラム実装を通した「表現力」などを、多面的に評価することが可能となる。次年度以降に行なうルーブリックによる評価との相関を分析することにより、検討内容を検証し、PDCAサイクルを機能させる。

(2) 事業の成果

(a) はじめに

本節では、情報科での「思考力・判断力・表現力」評価手法について、平成28年度から平成30年度までの3年間に検討した結果をまとめている。

平成28年度においては、思考力・判断力・表現力を評価する上で不可欠となる、これら3つの力の定義方法について検討した。ここでは「便宜的定義」の考え方を採り入れることで、これらの具体的な定義を可能とし、またそれをもとに、「思考力等を問う問題」の作成を試行した。また、この「便宜的定義」について、情報科で重要となる抽象化・モデル化との関連や、中央教育審議会などにおける既存の思考力等のとりまとめとの整合性についても検討をおこなった。

平成29年度においては、前年度に引き続き、「便宜的定義」の既存研究等との整合性について検討をおこなうとともに、有識者から意見をいただき、その内容に基づく検討をおこなった。これらの結果に基づき、筆者らは「便宜的定義」が既存の各種思考力等の捉え方と整合しているものと考えている。

平成30年度においては、前年度までに確立した「便宜的定義」に基づき、具体的な各種

の問題を作成する「作成手順」を検討し取りまとめた。さらに、これらの作成手順に基づき、情報科の試験問題を作成することを通じて、手順の明確化を計るとともに、手順の具体的な適用方法を分かりやすく示すことをめざした。

以下ではこの3年間の成果を、おおむね次の順序でまとめる。

- ・「便宜的定義」の前提事項と具体的な定義内容
- ・「便宜的定義」にもとづく試験問題のイメージ（情報科に限定されない）
- ・問題作成手順

(b) 重要な前提と思考力・判断力・表現力の便宜的定義

(i) 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1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。

例えば、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する。

- ・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。

(ii) 思考力・判断力・表現力の便宜的定義

ここでは本事業における検討の成果の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**)、およびメタ思考力 (**Ms**) 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・図式・グラフ・数表等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。図式・グラフ・数表から直接に示されていないことが読み取れているかを見る問題。

(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) が明確に区分されている。

—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。

(Ms)strategy—ここまでに挙げた個々の思考力・判断力・表現力を組み合わせて高次の課題解決を行う力。例としては次のものが挙げられる。

- 有用な関連につながりそうな事項に着目して、記述を読み取る。(Tr)+(Tc)
- 有用な発見につながりそうな事項に着目して、記述を読み取ったり、事項間のつながりを探索する。(Tr)+(Td)、(Tc)+(Td)
- 有用な推論に必要とされそうな前提事項や、推論の帰結と相反する事項(背理法を用いる場合)に相当するものに狙いを定めて、記述を読み取ったり結び付きを見出したり直接に示されていない事柄を発見する。(Ti)+(Tr)、(Ti)+(Tc)、(Ti)+(Td)
- 直接の推論では導けないが、複数の推論の帰結と前提のつながりを見出すことで可能となる推論の連鎖を見出す。(Tc)+(Ti)
- 直接的に示されていないが適用可能な推論を発見し適用する。(Td)+(Ti)
- 上記のそれぞれにおいて、複数の可能性がある場合に、有用度の高いものを判断し選択する。(Ju)+(Tx)+(Ty)
- 与えられたものに基づいてよりよい表現を作り出すことを通じて、記述の読み取り、結び付きの発見、直接に示されていないものの発見を行なう。

(Ex)+(Tr)、(Ex)+(Tc)、(Ex)+(Td)

- 前記において、課題により適した表現を選択する。(Ju)+(Ex)+(Tx)

—問題例:複数のTr,Tc,Td,Ti,Ex,Juを、取捨選択しつつ、必ずしも自明でないやり方で組み合わせ、求める結果に到達する筋道を構築させる設問。

(c) 作問手法に向けてのアイデアと作問例

(i) 本節の位置づけ

ここでは前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について検討しつつ、具体的な問題例を示す。ここで示しているのは基本的な考え方や情報科に限定しない一般的な問題例であり、より詳細な作問手順と情報科の作問例は後の節にゆずる。

(ii) [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◇および△が混ざって並んだ列を考え

る。列 s に対し、 $s\triangleleft$ 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: $AB\triangleleft\triangle\rightarrow ABAB\triangle\rightarrow BABA$

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 $BABA\triangleleft$

イ $\triangleleft A\triangleleft\triangleleft$

ウ $ABBA\triangle$

エ $AB\triangle\triangleleft$

オ $AAAA\triangle$

カ $B\triangle A\triangle\triangleleft$

(iii) [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「 $\circ\circ$ 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: 1258111314 (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」

(iv) [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「 $\circ\circ$ 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。春子が来る予定だったので。

次に空腹だと思い、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。

(v) [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?

(vi) [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「〇〇である (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。)

(vii) [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ヵ月の日数: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…

(d) 思考力・判断力・表現力を見る問題作成手順

前項までで「便宜的定義」と作問例について検討してきたが、最終的な目標は試験問題を作成することである。このため本項では、「便宜的定義」の7つの力を評価するための作問手順を提案する。

これら7つの力には情報科という限定は含まれていない。情報科に固有の部分は、それぞれの力の「題材」「基準」として現れるものとする。以下で述べる作成手順も、情報科に限定しない一般的な形で述べられているが、それに対応する作問例は情報科に対応したものである。

7つの力については、「思考力等を包括的に定義するのではなく、個別の力を恣意的に狭く定めた上で、それらを複数集めることで(全体はもともと無理として)一定の範囲をカバーする」という方針に基づいている。本文書における作問手順も同様である。すなわち、すべての問題をカバーする包括的な手順を定めることは極めて困難であるとの考えに基づ

き、「ある程度の範囲をカバーできるような具体的な手順を複数集める」方針を採用した。

(e) Tr:読解的思考力

(i) 手順Tr-def-apply-定義の適用

- ① 言葉や記号に対して意味を定義する（日常使われている意味とは異なる問題中だけのものであることを明確にする）。
- ② 定義を適用する場面を提示して適用結果を答えさせ、正しい適用結果であるかを見る。
問題の形式は次のようなものが考えられる。
 - ・定義の適用結果を自由記述させる（ないし短冊形式で組み立てさせる）。
 - ・複数の事項について適用結果が互いに同じになるものを答えさせる。

(ii) 手順Tr-narrative-fact-叙述内容の読解

- ① 叙述文を提示する。設問として問われる内容が直ちに（内容の探索によって）読み撮れない程度の複雑さが必要である。
- ② 文章に書かれていること、書かれていないことの理解を問う。
問題の形式としては次のものが考えられる。
 - ・文章中に現れる名詞等を挙げ、それに対し何が記されているかを自由記述させる（または選択肢から選ばせる）。
 - ・事実fの記述を示し、それが文章から言えるか否かを問う。

(iii) 手順Tr-abst-conc-抽象的記述へのあてはめ

- ① 抽象的な記述（例:「一般的にXはYである」）を1つまたは複数含む記述を与える。
- ② 抽象的な記述の一部または全体にあてはまる具体的事項を1つまたは複数含む記述を与える。
- ③ あてはまりの有無やあてはめた帰結が判断できているかを問う。

問題の形式としては次のものが考えられる。

- ・具体的記述Gについて言える抽象的記述の帰結部分を自由記述させる（ないし短冊形式で構成させる）。
- ・具体的記述Gについて言える抽象的記述の帰結部分を複数の選択肢から選択させる。
- ・具体的記述群Giについて言える抽象的記述の帰結部分が互いに同一であることを問う。

- ・具体的記述Gが複数与えた抽象的記述のどれにあてはまるのかを問う。
- ・複数の具体的記述G1、G2、…のうち抽象的記述にあてはまるものを問う。

前項のTr-def-applyと比較した場合、定義が一般的規則、適用が具体化という点で類似性があるが、Tr-abst-concの「抽象的（一般的）記述」は（定義という形に囚われないため）より広い範囲となる。

(iv) 手順Tr-conc-abst-具体的記述からの一般化

- ① 具体的な記述（例:「XはYしている/Yである」）を複数与える。
- ② 具体的記述群に共通する事項ないしそれらを一般化/抽象化した記述について問う。

問題の形式は次のような形のもので考えられる。

- ・一般化/抽象化した事項を自由記述させる（ないし短冊形式で組み立てさせる）。
- ・複数の一般化/抽象化した事項を並べて選択させる（複数選択も可）。

(v) 手順Tr-extra-graph-見慣れない図式の読み取り

- ① 普段目にする事の無いような図式（例:棒グラフを上下逆さまにした「つららグラフ」など新規に考案してもよいし、状態遷移図のマトリクス表現など特定分野で使われるが日常では見掛けないものを用いてもよい）を提示する。
- ② 提示した図式の表現の意味を説明する。
- ③ 提示した図式が理解でき読めているかを見る。

問題の形式は次のようなものが考えられる。図式や数表は複数のものを提示して組み合わせさせて読み取ることを求めてもよい。

- ・図式から読み取れることを自由記述させる（ないし短冊形式で組み立てさせる）。
- ・図式から読み取れることや読み取れないことを選択肢として選択させる。
- ・複数の図式を提示し読み取れることが互いに同一であるものを選択させる。

(vi) 手順Tr-ord-graph-見慣れた図式の読み取り

- ① 普段目にするような図式や数表を提示する。
- ② 図式や数表が何を表したのかについて簡潔に説明する。
- ③ 図式や数表から、既存の知識や過去の経験からでは解答できない事項を読み取らせ解答させる。

問題の形式は次のようなものが考えられる。図式や数表は複数のものを提示して組み合わせさせて読み取ることを求めてもよい。

- ・図式から読み取れることを自由記述させる（ないし短冊形式で組み立てさせる）。
- ・図式から読み取れることや読み取れないことを選択肢として選択させる。
- ・複数の図式を提示し読み取れることが互いに同一であるものを選択させる。

Tr-extra-graphとTr-ord-graphは手順の1しか変わらないので統合してはという意見があったが、前者が「変わった図式を作る」ことに力点があり、後者は「図式は普通で読み取るべき表現内容を工夫する」ことに力点があるため、別のものとしている。手順や留意点の違いを今後検討する。

(f) Tc:関連的思考力

(i) 手順Tc-indirect-rel-間接的事柄に基づく関連

- ① 出題テーマに応じた何らかの集合を設定する。設定の方法としては、個別の要素を提示する形でも、要素が満たす条件を指定する形でも、文章を提示しその中に含まれる要素（人物、物、特定の品詞など）を指定するのでもよい。
- ② 集合の要素に対してある規則を適用した結果現れるような結び付き指定する。
- ③ 要素間で互いに関連しているものを答えさせる。

問題の形式は次のようなものが考えられる。

- ・関連しているものの組を列挙させる。
- ・組を列挙した選択肢から関連に該当するものを選択させる（複数選択も可能）。

(g) Td:発見的思考力

(i) 手順Td-rule-tradeoff-規則やトレードオフの発見

- ① 事項の集まりとそれらの事項に関する規則やトレードオフを想定する。事項の提示方法としては、単語、文章、図やグラフや数表など多様なものが考えられる。
- ② 惑わし要素として、前述の規則やトレードオフと関係しない事項を追加する。
- ③ 想定正解以外の規則やトレードオフが解答になり得ないかチェックする。「N個以上の事項に係わるもの」など限定を付して想定正解に限ることも考えられる。

問題の形式は次のようなものが考えられる。「発見」が見たい能力であるため、規則やトレードオフ自体を選択肢として明示することは避ける（単にあてはまりのチェックで解答できてしまうため）。

- ・規則やトレードオフを自由記述させる（ないし短冊形式で組み立てさせる）。
- ・規則やトレードオフに係わる事項がどれとどれであるかを選択肢により解答させる（トレードオフの場合はさらに対立する2群に分けさせることも考えられる）。

・上記のセットを複数用意し、同じ規則やトレードオフに係わるセットの組やグループを解答させる。

(ii) 手順Td-prob-law-問題・法則・原理の発見

① 事項の集まりとそれに関する問題・法則・原理を想定する。事項の提示方法としては、事項ごとに短文で記述したり、すべての事項を包含した長文とすることが考えられる。内容によっては図、表、グラフを併用する可能性もある。

② 惑わし要素として、想定した問題・法則・原理と関係のない事項を含めてもよい。

③ 想定外の解が生じないようにチェックする。

問題の形式は次のようなものが考えられる。問題発見、仮説構築が主題であるので、解答そのものを含む選択肢を提示することは避ける必要がある。

・問題・法則・原理を自由記述させる（ないし短冊形式で組み立てさせる）。

・何に関する問題・法則・原理か、どのような問題・法則・原理かなど一各側面についての選択肢式の問題を複数用意してそれぞれ選択させる。

(iii) 手順Td-model-abst-モデル化と抽象化

① 有用だが自明ではないモデルや抽象化を想定する。

② データの集まり、事象・現象・事例の集まりで、上記のモデルや抽象化で記述されるものを用意する。

③ 上記のモデルや抽象化が発見できているかを見る。

問題の形式は次のものが考えられる。

・モデルや抽象化を自由記述させる（ないし短冊形式で組み立てさせる）。

・複数のモデルや抽象化を記述可能な汎用的枠組み（計算手順、状態遷移図など）を用いてモデルや抽象化を記述させる。記述の構築方法としては汎用的枠組みのカスタマイズ方法（パラメータ、状態間の遷移の矢線やラベルなど）を記述したり選択肢から選ばせるなどがあり得る。

・その同じモデルや抽象化に従うデータ、事象、事例を複数の（惑わし選択肢となるものを含む）集まりから選択解答させる。

・複数の事象群等を用意し、同じモデルや同じ抽象化になるものどうしの対応を解答させる。

全く新しいモデルや抽象化は出題も解答も困難なので、ここでいう「自明でない」とは、たとえば「単純な線形モデル」でなく「途中で折れ目や段差や他のモデル（一定値など）

との切り替わりがある」、「普通のスタックの抽象化」でなく「特定の条件のとき異なる振り舞いやキューなど別のモデルへの切り替わりがある」などの形で想定解となるモデルや抽象化を作ること考える。

(iv) 手順Td-diff-view-異なる視点の発見

- ① 視点によって異なる見え方となるような事項や事象の全体像を設定する。
- ② 事項や事象に関する特定の視点からの表現や記述を作成する。表現や記述の形式としては、文章（例:1人称での論述や主観的な記述）、特定視点からの写真や絵、特定形式でのグラフや視覚化などがあり得る。
- ③ 作成した視点以外からの見え方や、作成した視点からだけでは直ちに分からないような全体像の把握を問う。

問題の形式は次のようなものが考えられる。異なる視点の発見が主題であるので、正解となる視点を選択肢に含むような出題形式は避ける必要がある。

- ・1人称的・主観的な記述に対して、他者の立場からの見え方を自由記述させる（ないし短冊形式で組み立てさせる）。
- ・特定視点からの絵やグラフや視覚化に対し、他の視点からの絵やグラフや視覚化を構築させる、または複数選択肢から選ばせる。
- ・設定した全体像が把握できているかを見るような記述式、多選択肢式、正誤解答などの問題形式を用いる。

(v) 手順Td-extern-rel-記述と外部事項の関連発見

- ① 複数の事項が関連し合った全体像（ストーリー、状況設定、システムの全体図など）を設定する。
- ② その一部範囲について記述を作成する。記述の形式としては、文章やさまざまな図法があってよい。
- ③ 記述にある一部範囲と記述外の要素との関連を問う問題を作成する。関連が発見できる必然性があるか、想定外の関連がないかなどをチェックする。

問題の形式は次のものが考えられる。関連の発見が主題であるので、正解となる関連を選択肢などに含むような出題形式は避ける必要がある。

- ・外部の要素やそれが何とどのように関連するかについて自由記述させる（ないし短冊形式で組み立てさせる）。
- ・「何と」「何が」関連しているのか、「どのように」関連しているのかについて多選択肢式で解答させる。

・記述範囲内の事項複数について、同じ外部のものと関連しているものや、外部のものと同じ形で関連させるものの組を解答させる。

(vi) 手順Td-expr-intent-記述・表現の意図の発見

- ① 特定の意図を想定して、事項の記述や表現を作成する。記述や表現の形としては文章が主となるものと想定されるが、絵（さし絵、マンガ等）もあり得る。記述に付随した数表やグラフ・模式図等の図もあってよい。
- ② 惑わし要素として、想定した意図以外の意図を複数考え、それらにつながる記述や表現を追加する。ただし、それらの意図が「主たる」ものではないような限定をつける（成立しない条件を前提として述べる、仮定の中に含める、他者からの伝聞の中に含めるなど）。
- ③ 想定した意図が把握されているかを見る。

問題の形式は次のものが考えられる。意図の発見が主題であるので、正解となる意図を選択肢等を含むような出題形式は避ける必要がある。

- ・読み取った意図を自由記述させる（ないし短冊形式で組み立てさせる）。
- ・上記のような表現を複数用意し、同じ意図となるものに対応を解答させる。

(vii) 手順Td-judge-criteria-判断において有効な基準の発見

- ① 事項の集まりと、それを「順に並べる」または「段階にグループ分けする」意図ないし目的を示す。事項の表現方法としては、文章によるほか、図や数表などもある。あってよい。
- ② 設定した意図・目的にかなうような基準を正解として想定し、事項を「並べる」「グループ分けする」ことができることを確認する。
- ③ 惑わし要素として、示された意図・目的と異なる目的およびその目的にかなうような「並べる」「グループ分けする」基準を複数想定し、事項の集まりがその基準でも並べられたりグループ分けできたりするようにする。
- ④ 目的に照らして「並べる」「グループ分けする」上で有効・有用な基準を解答させる。

問題の形式は次のものが考えられる。基準の発見が主題であるので、正解となる基準そのものを選択肢等を含むような出題形式は避ける必要がある。

- ・発見した基準を自由記述させる（ないし短冊形式で組み立てさせる）。
- ・複数の基準の選択肢を与え、選択させる。

(h) Ti:推論的思考力

(i) 手順Ti-det-correct-提示された推論の正しさ判別

- ① 事項の集まりを提示する。factを文章や箇条書で記述してもよいし、数式など形式的記述の集まりであってもよい。
- ② 事項に係わる述語を提示し、その成否を問う。述語の成否は、事項の集まりから導ける必要があるが、直接的に導けるもの以外に、複数の段階を経て導けるものも含まれる。
- ③ 成否を問うことに加えて、その成否の根拠となる事項を指摘させる問題があってもよい。

問題の形式は次のものが考えられる。

- ・述語を提示し、その述語の成否を解答させる。
- ・述語の集まりを提示し、正しいものを選択（ないし複数解答）させる。
- ・上記に加えて、正しい/否定の論拠となる事項を解答させる（自由記述や各事項に記号を付して列挙など）

(ii) 手順Ti-spot-contradict—相反する事項の指摘

- ① 事項の集まりを提示する。factを文章や箇条書で記述してもよいし、数式など形式的記述の集まりであってもよい。
- ② 事項が全体としては成り立たないこと（矛盾や相反する事項の存在）を指摘し、それがどこであるか指摘できることを見る。

問題の形式は次のものが考えられる。

- ・矛盾や相反の論拠を自由記述させる（ないし短冊形式で組み立てさせる）。
- ・個別の事項に記号を付し、矛盾を生じる最小集合（または矛盾を生じない最大集合、いずれも複数解答も可）を記号で解答させる。

(iii) 手順Ti-infer-result—推論結果の導出

- ① 事項の集まりを提示する。factを文章や箇条書で記述してもよいし、数値や数式など形式的記述の集まりでもよい。
- ② 事項の集まりから推論により導かれるべき事柄を規定する。
- ③ 導かれるべき事柄が正しく導けるかどうかを見る。

問題の形式は次のものが考えられる。

- ・導かれる事柄を記述させる。
- ・選択肢の中から導かれる事柄（群）を選択させ解答させる。

(iv) 手順Ti-arg-thread—論述の筋道の構築

- ① 事項の集まりを提示する。factを文章や箇条書で記述してもよいし、数式など形式的記述の集まりであってもよい。
- ② 事項に係わる述語を示し「成り立つ」「成り立たない」のいずれかを明示する。
- ③ 述語が「成り立つ」または「成り立たない」ことを示す論述を構築できるかどうかを見る。

問題の形式は次のものが考えられる。

・論述の筋道を自由記述させる（ないし短冊形式で組み立てさせる）。

・論述の各ステップのテンプレートを個々に用意し、テンプレートを選択してその穴に事項を埋め込むことで1ステップを構築させ、それを並べることで最終的な論述を完成させる。

(i) Ju:判断力

(i) 手順Ju-list-order—並びの順位づけ/グループ分け

- ① 事項の集まりを提示する。事項は「ことごと」「行為」「概念」などさまざまであってもよいが、同質の（互いに比較可能な）ものであるようにする。
- ② 事項を順位づけ（ないしグループ分け）する基準ないし指針を提示する。制約条件によって順位づけが変化するような基準・指針であってもよいが、その場合は制約条件も併せて提示する。
- ③ 事項の集まりを前記の基準・指針に基づいて並べさせるか、グループ分けさせる。

問題の形式は次のものが考えられる。

・事項ごとに記号を付し、記号を並べさせるかグループ分けさせる。

・事項の並びやグループ分けを複数提示し、適切なものを選択させる。

(j) Ex:表現力

(i) 手順 Ex-compose-desc—記述文の構築

- ① 記述されるべき対象を提示する。提示内容は、絵、図、グラフ、数表などでもよいし、受験者が当然持つと考えられる前提知識に基づくものでもよい（例:自転車とはどんなものか、プログラムとは何か、など）。文章による説明はあってもよいが補足的なものにとどめる（その文章から解答となる記述が抜き出せないようにする）。
- ② 当該記述の目的として何を重視するか（前項の基準例参照）を設定する。
- ③ 当該記述が満たすべき制約や限定を明示する。たとえば「どの側面を記述せよ」「これこれの目的に必要な部分のみを記述せよ」など。その際、上記の「目的」

が曖昧さなく反映されるようにする。これは、自然言語による記述が大きな多様性を持つため正解を限定する必要があることによる。または問題の回答方式（例：短冊方式の選択肢など）により十分な限定が与えられるならそれに任せてもよい。

④ 問題として実際に記述を構築させる。

問題の形式としては次のものが考えられる。

- ・自由記述による（ないし短冊形式で組み立てさせる）。
- ・文章の大枠を与えたうえで、一部の名詞や述語を空欄とし、穴埋めの問題とする。
この場合、文章としての適切性だけでは正解に至らないように留意する。

(ii) 手順 Ex-compose-fig—図的表現の構築

- ① 図（状態遷移図など特定の図法のもの、挿絵など自由形式で状況を表現するもの、統計的なグラフ、数表など多様なものであってよい）を想定し、その図で表されるべき対象を提示する。提示手段（文章記述も含む）は、解答される表現とは異なるものである必要がある（解答表現との近さによって難易度を調整できる）。
- ② 当該表現の目的として何を重視するかを明示する。または、問題設定から何が重要かを判断させるようにしてもよい。
- ③ 当該表現が満たすべき制約や限定を明示する。これも表現形式や問題設定から分かる場合は省いてもよい。
- ④ 問題として実際に表現を構築させる。

問題の形式としては次のものが考えられる。

- ・白紙にフリーハンドで表現を作成させる（またはソフトウェア的にこれと同様のことをおこなう）。
- ・図形の短冊問題（正方形や長方形のタイルに構築すべき図の部分が与えられ、並べて完成させる）。

(iii) 手順 Ex-compose-code—プログラム表現の構築

- ① プログラミング言語ないしそれに相当する何らかの表現を定め、それにより記述されるべき手順/アルゴリズムを想定する。
- ② その手順/アルゴリズムが解答となるような設定を構築し、提示する。
- ③ その提示に対する解答としてプログラミング言語ないしそれに相当する記述の表現（コード）を構築させる。

問題の形式としては次のものが考えられる。

- ・コードの自由記述による（または短冊形式で組み立てさせる）。
- ・ブロック型のビジュアル言語による記述、フローチャートによる記述などをソフトウェアを用いて構築させる。

(k) Ms:メタ戦略的思考力

(i) 手順Ms-comb複数の手順の組み合わせ

もともと前章までの作問手順による作問例でも、純粹に1つの力だけを見るよりは、複数の力が関係しているものが多かった。(Ms)の問題作成は、前章までに出て来た手順を複数、同時並行的に組み合わせて適用して行うことが考えられる。

この「同時並行的」とは、片方の力を用いて問題を途中まで変形したあと他方の力でその先を解くような問題ではなく、あくまでも問題解決中で「両方の力が同時に」必要とされるような問題に限定するという意味で用いている。

5.1.4 模擬試験の問題作成

(1) 研究開発内容

(a) 研究開発の目的

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」模擬試験の問題作成と実施を行なう。

(b) 研究開発概要

5.1.1に示した知識体系、参照基準を考慮して検討された情報科入試の評価項目に対応する模擬試験問題を作成する。

(2) 事業の成果

(a) 問題作成手順の概略

模擬試験の問題作成は、以下のような手順で行われた。

① 出題構成の決定

模擬試験は大問、中間、小問から構成されるが、それぞれの個数を決める。

② 出題領域の選択

情報学の参照基準による分類で、大問、中間、小問の各々に対して割り当てる領域を決定する。

③ 問題案の提出

出題担当者が問題の素案を問題プールに提出する。必要とする問題数の2~3倍のストックを確保する。最初から完成に近い形のものから、問題としての可能性の検討が必要なものまで多様になる。問題の提案者は各々の問題に対して、どの領域の問題であるかということと、T、J、Eの指標のうち何を問うことを目的とした問題であるかを明記する。

CBT-V1でも、CBT-V2でも、小問4題、中間2題、大問2題が推敲を経て使われ、中間2題と大問1題はプログラミングに関連する出題となり、大問1題が「社会と情報」からの出題として大学生向けに実施した。なお、高校生向けの試行では、授業時間45分を考量して、大学生向けの問題のうち、一部となる小問3題、中間1題、大問1題が使われ、中間の1題のみがプログラミングに関連する出題であった。

④ 問題案の検討

主に毎月の定例会議にて合議で提出された問題案の検討を行う。この際に、問題としての可能性や、領域やT、J、Eの指標が提案者の言うとおりにあるか等もふくめて議論する。ここでは難易度調整のための改良案等も議論し、①と②で決めた各問題枠にその問題を割り当てるかを定める。そして問題の「成熟」を担当する委員（多くは提案者自身）とそれをサポートする委員を決め、次の会合までに準完成版の問題に仕上げてくる。

決めた各問題枠に当てはまる問題が提出なかった場合は、その領域に精通した精通した委員を選出し、問題案の作成を依頼し、次回の会合までに準完成版に仕上げてきてもらう。

この段階では、問題の出題可能性を多角的に検討し、難易度や内容の漏れ祖語等について洗い出しを行っておく。

⑤ 問題の成熟

出題に向けて調整された準完成版の問題に対して、さらに多角的かつ念入りの検討を行う、例えば数理的な問題の場合は思わぬ別解がないか、社会科学的な問題の場合は誤解を招く表現や誤答肢が正答肢と完全に分離可能か等が、この段階では問題となる。

詳細な検討の結果、問題の本質的な誤りが発見され、④に戻る場合もある。

⑥ 解答の作成

選択式の問題の場合は誤答肢の吟味を行い、プログラミングの並べ替えや記述式では模範解答を作成する。

⑦問題の写植

CBT向けに問題を写植する。本プロジェクトではCBTの問題を記述する様式を定義しており、これを用いて⑤で完成した問題を実装する。

⑧試行

委員全員で試行用に用意したCBTサーバに仮アカウントでアクセスし、受験者の立場で色々な状況を想定しながら問題を解いていく。ここで問題写植のエラーや見易さ

改善のための修正点を洗い出し、CBTに反映する。

⑨模擬試験実施と採点

プログラミングの並べ替えでは模範解答からのレーベンシュタイン距離を用いて採点する。記述式では受験者の解答を総覧し、詳細な採点基準を作成する。

(b) 問題作成の例（その1）

平成29年度に実施したCBT-V1の例として、「肖像権」に題材をとって作題しプールに投入されたものが、③から⑤のプロセスで初版が推敲され最終版になった大問からの例を示す。ここでは、3問ある枝問のうち問2を取り出して紹介する。冒頭のリード文は各枝問に共通である。

初版は比較的長文を読ませ、その内容と教科情報の知識を動員して正しい選択肢を選ばせるものであった。しかし、以下の点に留意した結果、最終版のようになった。

- ① 各問の記述がCBTでの利用に適切な分量になるように調整した。
- ② 一般の高校生でも分かる単語や事柄を用いた。
- ③ 問うている趣旨がきちんと伝わるように、質問を分解した。
- ④ 一般的な話と具体的な事象の可否を問う形式から、具体的なシーンに対する見解を問う形式にした。

(c) 問題作成の例（その2）

平成29年度に実施したCBT-V2の例として、「アルゴリズム」に題材をとって作題しプールに投入されたものが、③から⑤のプロセスで初版が推敲され最終版になった大問からの例を示す。

初版は「アルゴロジック」というアルゴリズムゲームを模範とし、矢印のブロックを配置することで動きをトレースさせたり、経路を提示してそのとおりに動くブロックを並べる問題であった。しかし、以下の点に留意した結果、最終版のようになった。

- ① 短い問題を提示して、操作に慣れる部分を設ける。
- ② 並べるブロックを慣れ親しんだものにする。
- ③ 抽象的な概念の理解度を問えるように、関数を使用する。

5.2 「情報科」CBTシステム化に関する研究

「知識・技能」＋「思考力・判断力・表現力」を評価するためのCBTの機能性検討、「情報科」試行用CBTプロトタイプシステムの仕様策定、「情報科」試行用CBTプロトタイプシステムの構築と試行実施、大規模CBT構築への要求要件整理を行なうため、本事業では次

の4件の課題項目を検討した。

2-1) 「知識・技能」 + 「思考力・判断力・表現力」を評価するための CBT の機能性検討

2-2) 「情報科」 CBT システムの仕様策定と実装

2-3) 「情報科」 CBT プロトタイプシステムを用いた模擬試験の実施および分析

2-4) 大規模 CBT システム構築への要求要件整理

以下、課題項目ごとに研究開発内容と成果を示す。

5.2.1 「知識・技能」 + 「思考力・判断力・表現力」を評価するための CBT の機能性検討

(1) 研究開発内容

(a) 研究開発の目的

CBTの機能性を整理し、5.1.3で述べた課題項目1-3)で検討した従来からの「知識・技能」に加えて、「思考力・判断力・表現力」を評価するCBTの実施方法を探る。

(b) 研究開発概要

CBTの機能性を整理するために、CBTにより実施されている試験のサーベイを行う。それに基づき、「思考力・判断力・表現力」を評価するCBTの出題形式や、フレームワークに関して検討することを目標とした。

(2) 事業の成果

(a) 業務の成果

① 既存CBTのサーベイ

現在CBTによって実施されている試験に関し、下記のような事項について調査した。

- 試験の性質（合否判定／能力測定）
- 出題形式分類（リニア／ランダム／アダプティブ／シミュレーション）
- IRT（項目反応理論）利用の有無
- 規模、周期
- 機材(PC/タブレット/専用機)/環境(ネイティブアプリ/Web)/ネットワーク接続(無し/イントラ/Internet)
- 監督方法
- 問題作成体制
- 問題の作成手順（メタな作成手順のようなものを持っていないか）
- アイテム（問題項目）プールの項目数
- 出題数/回

- 出題形式（大問、中間、小問構成など）
- 思考力・判断力・表現力が問えているか
- 回答の制約（前の問題に戻れない，問題ごとの時間制限など）
- 即時採点の有無
- マルチメディア使用の有無

CBTの特性を利用し、小問形式の問題を多数用意してアイテムプールを作り、IRTを利用して採点を行う試験が多く見られ、アダプティブ（適応型）な出題を行っている試験もあった。また、医療系大学間共用試験の「順次解答連問形式」のように1つのシチュエーションで複数の問題を後戻りすることなく順次回答させ、トータルの理解度を図るような出題形式もあった。

加えて、CBTを実施しているオデッセイコミュニケーションズと日本商工会議所にヒアリングを実施した。それぞれアプリケーションなどの操作を伴う試験を実施しており、ヒアリングによりそれぞれの工夫点を知ることができた。

② 「思考力・判断力・表現力」を評価するCBTの出題形式／フレームワーク検討

既存システムのサーベイ結果などを元に、「思考力・判断力・表現力」を評価するCBTとしての出題形式やフレームワークの検討を行った。出題形式としては、下記のようなものを検討した。

- ゲームブック形式（ストーリーのある連続設問）
- ビジュアルプログラミング
- 状態遷移図などの作図
- デバッグやトラブルシューティング
- 二次元テーブルのデータの変化から考えさせる出題（TableWorld）
- 回答プロセス記録（クリックストリーム等）から評価するような出題

ゲームブック形式の出題では、プログラムのデバッグやネットワークのトラブルシューティングのようなことを念頭に、システムに対して操作をした時のレスポンスを基に問題箇所を特定するような問題である。平成30年度に実施したシステムにおいては、ストーリーをプログラムを使って連続する問題を自動生成することによって実現したが、試験システムに変数機能や簡単なプログラミング機能をもたせることによってより簡便に実現できると考えられる。

ビジュアルプログラミングは、実際にコーディングからデバッグまでができる環境を提供し、プログラミングをさせる問題である。

状態遷移を作図して評価するツールはさまざまな出題に応用できるフレームワークになると考えられ、東京大学において試作ツールが作成されたが、実際の作題は見送られた。

デバッグやトラブルシューティングは、実際にバグのあるプログラムやトラブルを抱えるシステムを提示し、そのデバッグを試みる問題である。今回の検討では、本問題はゲームブック形式でも実施可能であるため、ゲームブック形式で実施することとなった。

二次元テーブルのデータの変化から考えさせる出題(TableWorld)は図2に示すような二次元のテーブルに示したデータの入出力例をもとに、与えられた入力から出力を考えさせる問題や、図3に示すようなプログラムを作成させる問題を出題するフレームワークである。

このフレームワークに基づいたツールは東京大学において試作されている。この他、IRTに対応した小問形式の出題で「思考力・判断力・表現力」を評価することが可能かどうかの検討や、出題の際のインタフェースや自動採点の手法などについて議論を行った。

入力	<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><th></th><th>1</th><th>2</th></tr> <tr><th>1</th><td>1</td><td></td></tr> </table>		1	2	1	1		出力	<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><th></th><th>1</th><th>2</th></tr> <tr><th>1</th><td>3</td><td></td></tr> </table>		1	2	1	3													
	1	2																									
1	1																										
	1	2																									
1	3																										
入力	<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><th></th><th>1</th><th>2</th><th>3</th></tr> <tr><th>1</th><td>1</td><td></td><td></td></tr> <tr><th>2</th><td>98</td><td></td><td></td></tr> </table>		1	2	3	1	1			2	98			出力	<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><th></th><th>1</th><th>2</th><th>3</th></tr> <tr><th>1</th><td>3</td><td></td><td></td></tr> <tr><th>2</th><td>100</td><td></td><td></td></tr> </table>		1	2	3	1	3			2	100		
	1	2	3																								
1	1																										
2	98																										
	1	2	3																								
1	3																										
2	100																										
入力	<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><th></th><th>1</th><th>2</th></tr> <tr><th>1</th><td>2</td><td></td></tr> <tr><th>2</th><td>3</td><td></td></tr> </table>		1	2	1	2		2	3		出力	<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><th></th><th>1</th><th>2</th></tr> <tr><th>1</th><td>4</td><td></td></tr> <tr><th>2</th><td>5</td><td></td></tr> </table>		1	2	1	4		2	5							
	1	2																									
1	2																										
2	3																										
	1	2																									
1	4																										
2	5																										

図2 二次元テーブルのデータの変化から考えさせる出題 (TableWorld)


```
i を 1 から行数 (Cell) まで 1 ずつ増やしなが  
| j を 1 から列数 (Cell) まで 1 ずつ増やしなが  
|| もし Cell[i, j] ≠ "" ならば  
||| Cell[i, j] ← Cell[i, j] + 1  
|| を実行する  
| を繰り返す  
を繰り返す
```

図 3 プログラムを作成させる問題を出題するフレームワーク

また、評価の方法として、回答プロセス記録（クリックストリーム等）から評価する
ような出題も検討された。正解を導くのに効率のよい考え方をしているかを確認す
るような問題である。

5.2.2 「情報科」試行用 CBT プロトタイプシステムの仕様策定と実装

(1) 研究開発内容

(a) 研究開発の目的

新たな枠組みで検討した「情報科」に関する評価方法での試験を CBT の形式で試行実施
するためのプロトタイプシステム構築を目指した仕様策定を行う。さらに、策定した仕様
に基づいた「情報科」試行用 CBT プロトタイプシステムを実装し、構築する。また、新学
習指導要領に準じた内容を学習した大学 1 年次学生を対象として試験を、本システムを使用
して試行実施し、その機能性を確認する。

(b) 研究開発概要

平成 28 年度に、主に従来の PBT 形態の CBT 形態で実施する場合の「情報科」 CBT プロト
タイプシステム仕様（以下、CBT システム V1 仕様）策定とそれに基づく CBT プロトタイプ
システム（以下、CBT システム V1）を実装する。平成 29 年度に、CBT システム V1 による試
験を大学 1 年次学生対象に試行実施し、その結果を踏まえ、さらに CBT ならではの新しい試
験形態を実施するための CBT システム V2 仕様を策定し、それに基づく CBT プロトタイプシ
ステム（以下、CBT システム V2）を実装する。平成 30 年度は、CBT システム V2 による試
験を大学 1 年次学生対象に試行実施し、その結果に基づく CBT システム仕様の整備、CBT シ
ステム運用業務のドキュメント化を行う。

(2) 事業の成果

平成 28 年度は以下の事項 1,2 を達成する CBT システム V1 仕様策定と CBT システムの実装と構成を実施した。

(事項 1) PBT 形態の試験を CBT 形態で実施する上での試験問題の表示に関する事項

- ・ 穴埋め問題での試験問題本文中での番号付きの空欄（穴埋め箇所）の表示
- ・ 試験問題文章の修飾付き表示（アンダーライン、等）
- ・ 図、表の表示

(事項 2) 試験を CBT の形態で実施する特長を生かす事項

- ・ 画面表示特性（スクロール/非スクロール、マルチウィンドウ表示）を生かした試験問題文の表示
- ・ プログラミングを解答群の命令文の並びで表現する問題等での並び順の入替え、挿入等の操作をキーボードまたはマウス操作により実施
- ・ 試験実施中の受験生の操作ログ取得

平成 29 年度は、CBT システム V1 での試験を大学 1 年次学生に施行実施し、その実施結果に基づく仕様変更と以下の事項 3,4 の各内容を可能にするための仕様追加・変更を行って、CBT システム V2 仕様を策定し、CBT システム V2 を実装した。

(事項 3) CBT ならではの新しい形式の試験問題の表示、操作に関する事項

- ・ プログラミング動作を取扱う

(事項 4) CBT の形態で試験問題を受験者に出題する特長を生かす事項

- ・ 受験者毎に出題内容を変更可能にする
- ・ 受験者の解答結果に依存して、次の出題内容を変更可能にする

平成 30 年度は、CBT システム V2 での試験を大学 1 年次学生に施行実施し、その実施結果に基づく CBT システムの仕様整備と CBT システム運用マニュアルを作成した。

CBT システム V1 と CBT システム V2 は WebAP として動作し、以下の 3 つの機能部（サブシステム）で構成される。尚、①と②③は全く個別に動作することを可能とする。受験者は PC 上でブラウザを動作させて受験する。

①作問機能部

大問単位で試験問題を XML 準拠のテキストファイルで記述した大問定義書と、複数の大問定義書を統合した全体の試験問題を XML 準拠のテキストファイルで記述した試験問題定義書の記述内容を確認するための機能を提供する。

②試験機能部

試験会場で試験実施に関連する以下の機能を提供する。

- 試験問題定義書投入
- 受験者登録
- 試験会場管理（受験者管理、試験開始・終了管理）
- 受験

③採点・集計機能部

試験機能部で受験者が解答した結果を、採点者が受験者毎に採点し、全体を集計する機能を提供する。

CBT システム V2 仕様として、アクターの一覧を表 12 に、ユースケース図を図 4～図 6 にそれぞれ示す。

表 12 アクター一覧

アクター名	説明	備考
作問者	大問をXMLファイルで大問定義書として記述・作成する者。本システムの作問機能部にその記述内容を登録、蓄積し、動作を確認する。	
試験コーディネータ	試験問題として使用する大問を決定し、その大問定義書を統合してXMLファイルで試験問題定義書を記述・作成する者。本システムの作問機能部でその記述内容を登録、蓄積し、動作を確認する。	
査読者	試験問題定義書に記述された試験問題を査読する者。本システムの作問機能部でその記述内容や動作を確認する。	
会場管理者	試験スケジュール（試験実施日時、試験会場）を作成する者。	
試験問題登録者	試験スケジュールに基づき、実施する試験の試験問題定義書を本システムに登録する者。本システムの試験機能部に試験問題定義書を投入して登録する。	
受験者登録者	試験を受験する者を本システムに登録する者。本システムの試験機能部に受験者登録ファイルを投入して登録する。	
試験監督者	本システムで実施する試験を監督する者。本システムの試験機能部にて該当する受験者の試験開始、試験状態を監督する。	
受験者	本システムの試験機能部にPC上のブラウザでアクセスして受験する者。	
採点者	本システムで実施した試験結果を採点し、集計する者。本システムの試験機能部にて処理を行う。	

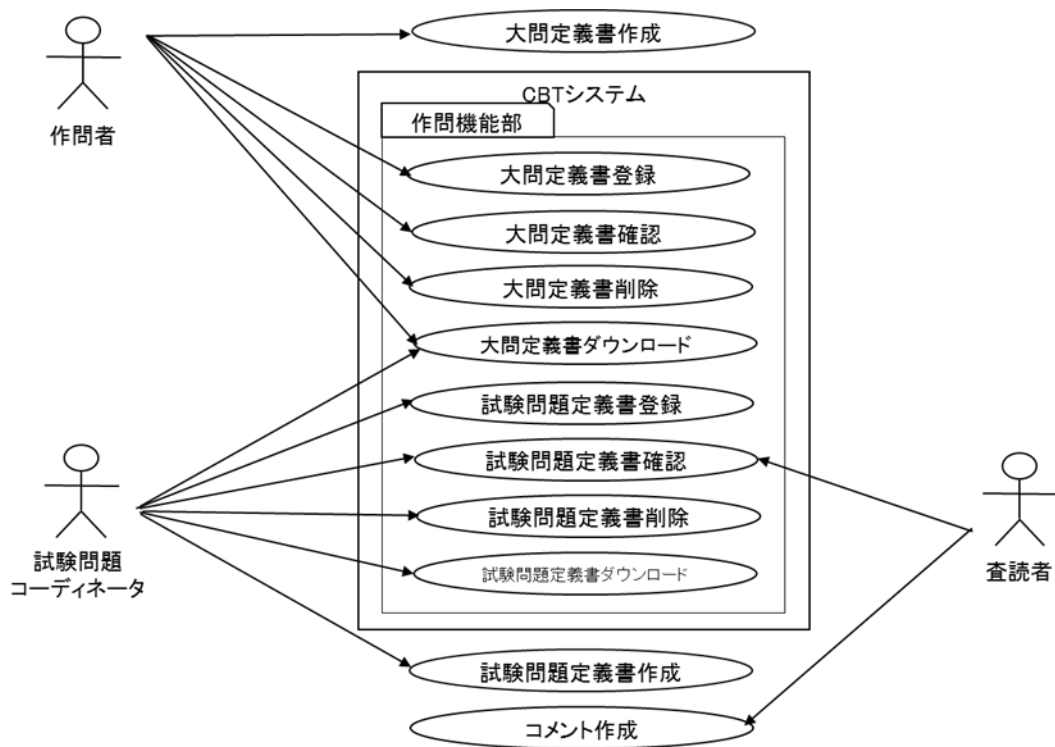


図4 ユースケース図(1)

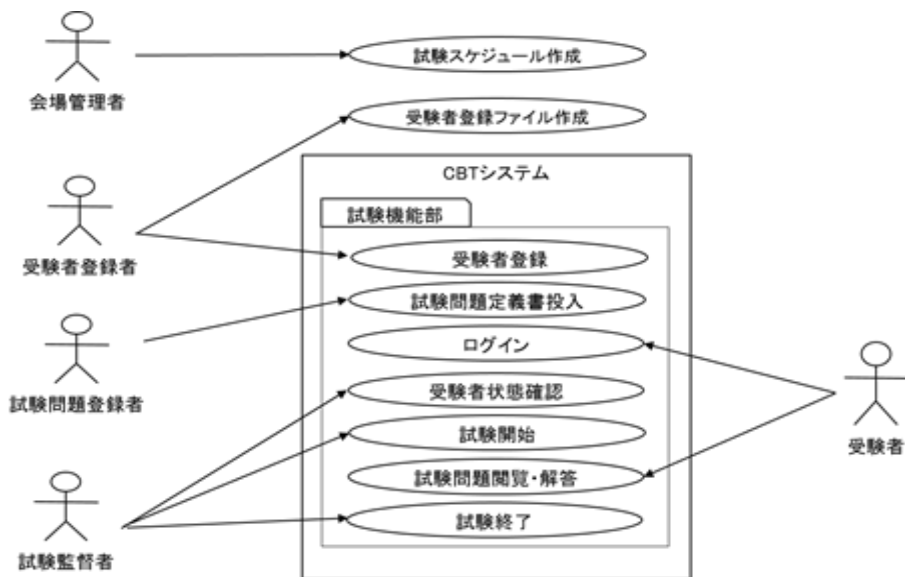


図5 ユースケース図(2)

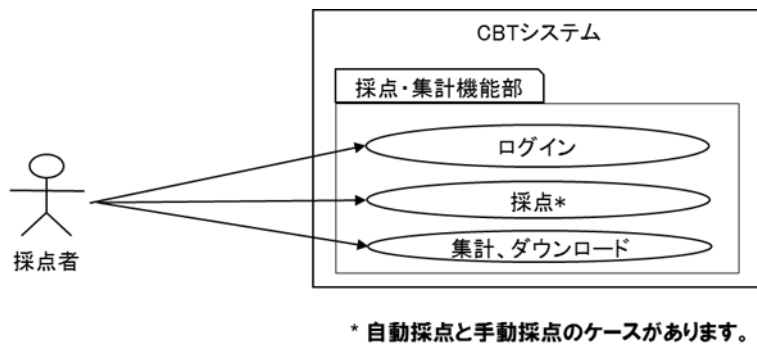


図 6 ユースケース図 (3)

CBT システム V2 のネットワーク構成を図 7 に、動作環境を表 13 に示す。

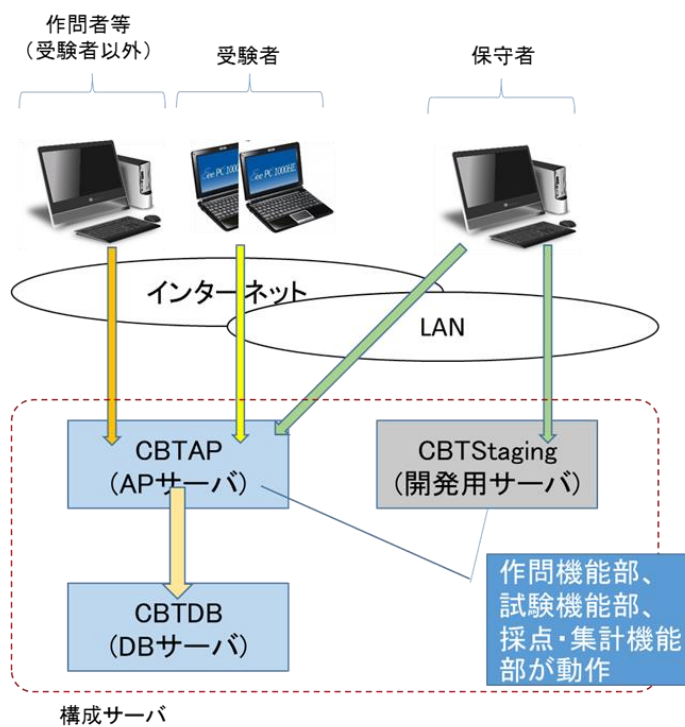


図 7 システム構成

表 13 動作環境

項目	内容	備考
OS	CentOS7.3	全サーバ
HTTP	Apache/2.4.6	CBTAP、CBTStaging
DBMS	5.5.56-MariaDB(MySQL)	CBTDB、CBTStaging
プログラミング言語	PHP5.4.16	CBTAP、CBTStaging CakePHP2.9.4を使用

5.2.3 「情報科」CBT プロトタイプシステムを用いた模擬試験の実施および分析

(1) 研究開発内容

(a) 研究開発の目的

「情報科」試行用CBTプロトタイプシステム仕様に基づいて、「情報科」試行用CBTプロトタイプシステムを構築する。また、新学習指導要領に準じた内容を学習した大学1年次学生を対象として試験を試行実施し、その機能性を確認する。

(b) 研究開発概要

今年度策定した「情報科」試行用CBTプロトタイプシステム仕様に基づき、CBTプロトタイプシステムを開発、構築する。本システムを大学の学生や高校の生徒に適用して、適用性を評価する。

(2) 事業の成果

(a) 平成29年度業務の成果

平成 29 年度の試行試験は、大阪大学と東京大学の 1 年生を対象に平成 29 年 7、8 月に実施した。また、公募に応募してきた高等学校の生徒を対象に平成 30 年 2、3 月に実施した。大学における受験者は 176 名（大阪大学 71 名、東京大学 105 名）で、文系理系の内訳は、文系 76 名、理系 99 名、不明 1 名である。なお、すべての受験者は、前期の授業として何らかの情報系の授業を受講している。高校における受験者は 11 校 1406 名で、国立中等教育学校が 2 校 91 名、公立高校が 6 校 1155 名、私立高校が 3 校 159 名という内訳である。実施学年は 1 年 825 名、2 年 431 名、不明(1 年または 2 年)150 名であり、学校設定科目を含む「情報」の科目を履修した上で受験している。アンケートでの進路の志望は、文系 640 名、理系 507 名、その他・無回答 259 名という内訳であった。

・出題問題の概要

今回行った試験は大問 4 問で構成され、時間は 60 分であった。具体的な問題は付録に示

すが、その概要を以下に述べる。

第1問は小問集で、4問で構成される。問1はネットワークに関する用語と説明の組を4つ作らせる問題で、「AはBである」の組を選ばせる関連的思考力(Tc)を問うものである。問2はルールを与えた特殊な演算を用いた計算の結果を数値で答えさせる問題で、読解的思考力(Tr)を問うものである。問3は2進の数の計算の虫食い部分を答えさせる問題で、推論的思考力(Ti)を問うものである。問4はグラフの上の石の置き方が何通りあるか答えさせる問題で、読解的思考力(Tr)や推論的思考力(Ti)を問うものである。

第2問はアルゴリズムに関する問題で、表現力(Ex)や推論的思考力(Ti)を問うものである。小問2つの構成で、問1が問題文と図から条件を読み取り、条件式の数値を選択する問題、問2が二分探索をベースとしたアルゴリズムを短冊型で答えさせるものである。

第3問は情報社会系の長文問題で、判断力(Ju)や読解的思考力(Tr)を問うものである。SNSをテーマにした問題で、小問3つで構成される。問1はプライバシー侵害の行為を選択する問題である。問2は問題行為と理由の妥当な組み合わせを個数は指定せずに選択させる問題と、文に書かれたトラブルに関する理由と取るべき行動について短文(20字以内)で記述させる問題である。問3は問題行為の例と理由をそれぞれ20字以内の短文で2組記述させる問題である。

第4問はプログラミングに関する問題で、表現力(Ex)や読解的思考力(Tr)を問うものである。整数の集合に関する問題で、小問3つで構成される。問1は問題を読み取らせ、条件を満たす整数をすべて選択するものである。問2、3はステップに分け、短冊を並び替えてプログラムを作成させる問題である。

高校においては、授業1校時(45~50分)で試験とアンケートが行えるように、大学で出題した問題のうち、第1問の問1、2、4、第2問の問1、第3問の問1、2を選択し、配点を調整して50点満点、35分の試験とした。

・試験結果

大学における試行試験の各大問の平均点と合計の平均・標準偏差(SD)を表14に示す。全体(文理不明を含む)の平均点は55.9であり、理系と文系には約15点の差がある。各問題を見ると、文系では情報社会系の第3問の得点が他の問題に比べて高くなっている。一方で、プログラミングを行わせる第4問は理系と文系で大きな差がつき、図8に示すようにばらつきが大きいこともわかる。また、小問を集めた第1問は、ばらつきは少ないが、文理で4点の差がついている。アルゴリズムを問うた第2問に関しては、下位25%の得点と平均点が一致するという結果になっている。これは、格子点に印を描く問1が全問正解で、2次元空間での二分探索を扱う問2が0点であった受験者が約4割いたためである。

高校における試行試験の各大問の平均点と合計の平均・標準偏差を表15に示す。全体(文理不明を含む)の平均点は23.0(50点満点)であり、理系志望と文系志望には大きな差はない。各問題を見ると、小問を集めた第1問は25点満点で平均点が6.1であり、得点率が

最も低い。表 16 に各小問の平均点（高校も大学と同じ配点で求めたもの）を示すが、第 1 問の問 1(1-1)、問 4(1-4)の得点率が低く、特に高校生の得点が低いことがわかる。1-1 はネットワークに関する知識面の差が要因になっている可能性がある。また、1-4 は石の置き方を考える問題で、すべての場合をもれなく見つけることは高校生には難易度が高かったことが伺える。第 2 問は中央値が満点となる（図 8）という結果になっており、簡単すぎる設問であったことが伺える。情報社会系の第 3 問は、短文の作文を含む問 2(3-2)が大学生と比べて低い結果となっている。

表 14 大学における各問の平均点と合計の平均・標準偏差(SD)[2017]

	1	2	3	4	計	SD
文系	10.4	13.7	16.0	7.5	47.7	14.3
理系	14.6	16.0	15.2	16.4	62.3	17.0
全体	12.8	15.0	15.6	12.5	55.9	17.4

(各問 25 点の 100 点満点)

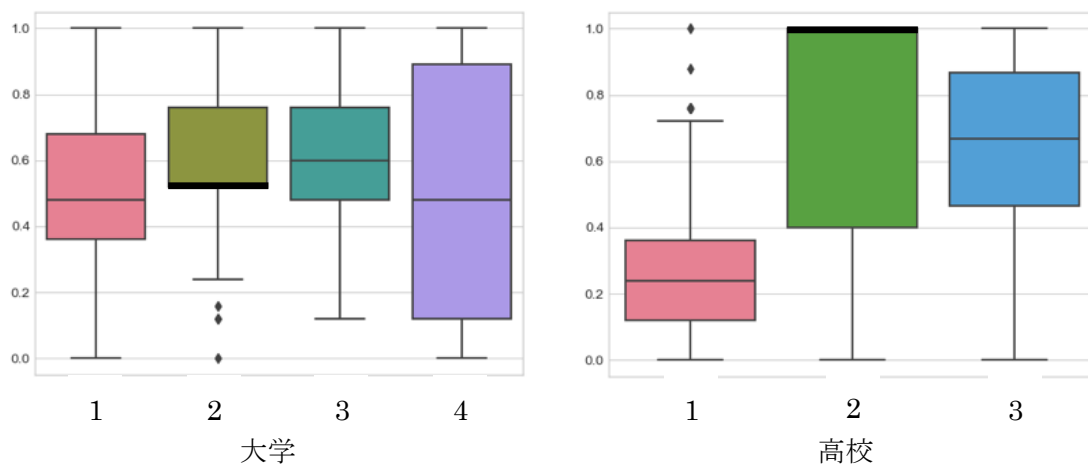


図 8 得点のばらつき[2017]

表 15 高校における各問の平均点と合計の平均・標準偏差(SD)[2017]

	1	2	3	計	SD
文系	5.9	6.8	9.6	22.3	7.8
理系	6.6	8.0	10.2	24.9	7.2
全体	6.1	7.1	9.8	23.0	7.9

(第 1 問 25 点、第 2 問 10 点、第 3 問 15 点、50 点満点)

表 16 小問の平均点[2017]

	1-1	1-2	1-4	2-1	3-1	3-2
大学	2.83	4.40	2.97	9.42	2.95	7.72
高校	1.04	3.58	1.13	7.10	2.69	5.67
配点	8	6	8	10	3	10

大問間と大問と総得点の相関を調べると、大学においては、大問間の相関は第 3 問のみ他との相関が 0.03～0.12 とほとんど相関がなく、他の各問は 0.40～0.50 と互いにやや相関を持つという結果になった。総得点との相関においても、第 3 問は 0.34 と弱い相関で、第 1、4 問はそれぞれ 0.75、0.84 と強い相関を持つという結果になった。第 3 問は記述問題を含む情報社会系の長文問題であり、文理の平均点に差がなく、ちらばりも小さいという結果と合わせて考えると、他の問題とは異質であることが伺える。一方で、第 1、4 問、特にプログラミングを扱う第 4 問は受験者の差が大きく、それが総得点の差に影響を与えていることが伺える。高校においては、大問間の相関は 0.20～0.31 と低く、各大問と総得点との間には 0.69～0.73 と同程度の相関があるという結果となった。

図 9 は大学生の得点のヒストグラムである。2 つのピークがある分布となったが、文系と理系それぞれのピークが現れていると考えられる。ただし、文系、理系それぞれもきれいな山状の分布にはなっていない。図 10 は高校で行なった試験と同じ問題の大学生の試験結果を配点も同一にして得点分布を比較したものである。全体に分布は大学生の方が、得点が高い結果となっているが、双方ともきれいな山状の分布になっている。

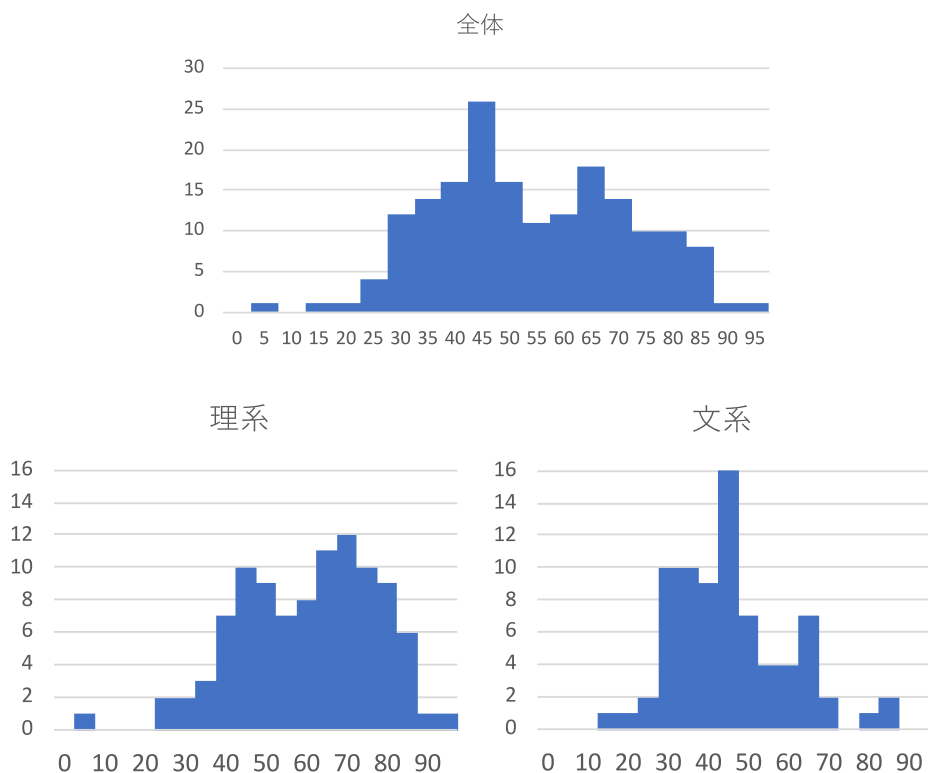


図9 得点分布(大学)[2017]

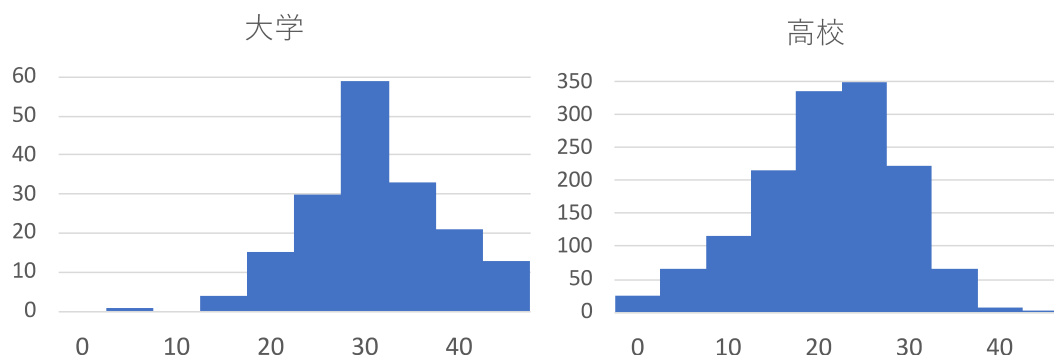


図10 得点分布(高校生試験との比較)[2017]

(b) 平成30年度業務の成果

平成30年度の試行試験は、大阪大学と東京大学の1年生を対象に平成30年8月に実施した。受験者は111名（大阪大学15名、東京大学96名）である。また、公募に応募してきた高等学校の生徒を対象に2019年1、2月に実施した。対象は「情報」の授業を受けた1、2年生で、8校1531名が受験した。

・出題問題の概要

出題は大きく2つのパートに分れている。1つ目のパートは小問から構成されるパートで

あり（セット 1 と呼ぶ）、IRT での採点を想定している。約 100 問の問題プールより、分野が重ならないように 15 問がランダムに選択され、出題される。2 つ目のパートは 2 セット用意されており、次のとおりの大問を出題した。

セット 2a

1. ゲームブック形式の問題。消費税を計算するプログラムを作った想定で、入力と出力の関係からプログラムのテストを行い、バグの所在を明らかにする。
2. 予約システムの設計の問題。紙の台帳で予約管理されていたものを、コンピュータシステムに移行する際のデザインなどについて問う。

セット 2b

1. データベースに関する問題。射影・選択・結合などの操作を組み合わせることで、必要なデータをデータベースから検索する。
2. Blockly を使ったプログラミングの問題。アルゴリズムのように経路が示されており、そのとおりに進むようにプログラムを作成する。

受験者はセット 1 に加えて、セット 2a またはセット 2b のどちらかを受験する。以下、セット 1 は各問 1 点の 15 点満点、セット 2a、2b は 2 つの大問の配点をそれぞれ 30 点とし、60 点満点として試験結果の評価を行う。

・試験結果（大学）

大学における試験結果を表 17 に示す。また、各セットの得点のヒストグラムを図 11 に示す。セット 1 に関しては多少のばらつきはあるが正規分布に近い形になっている。また、セット 2a は低い得点の受験生はおらず、比較的高い得点に集まる分布となった。一方、セット 2b は標準偏差が大きく、低得点から高得点まで幅広く分布し、2 つのピークを持つものとなっている。

表 17 大学における試験結果[2018]

	セット 1	セット 2a	セット 2b
受験者数	175	56	55
平均	8.81	43.41	28.93
最低点	1	21	1
最高点	56	60	57
中央値	9	44	30
標準偏差	4.46	10.40	28.93

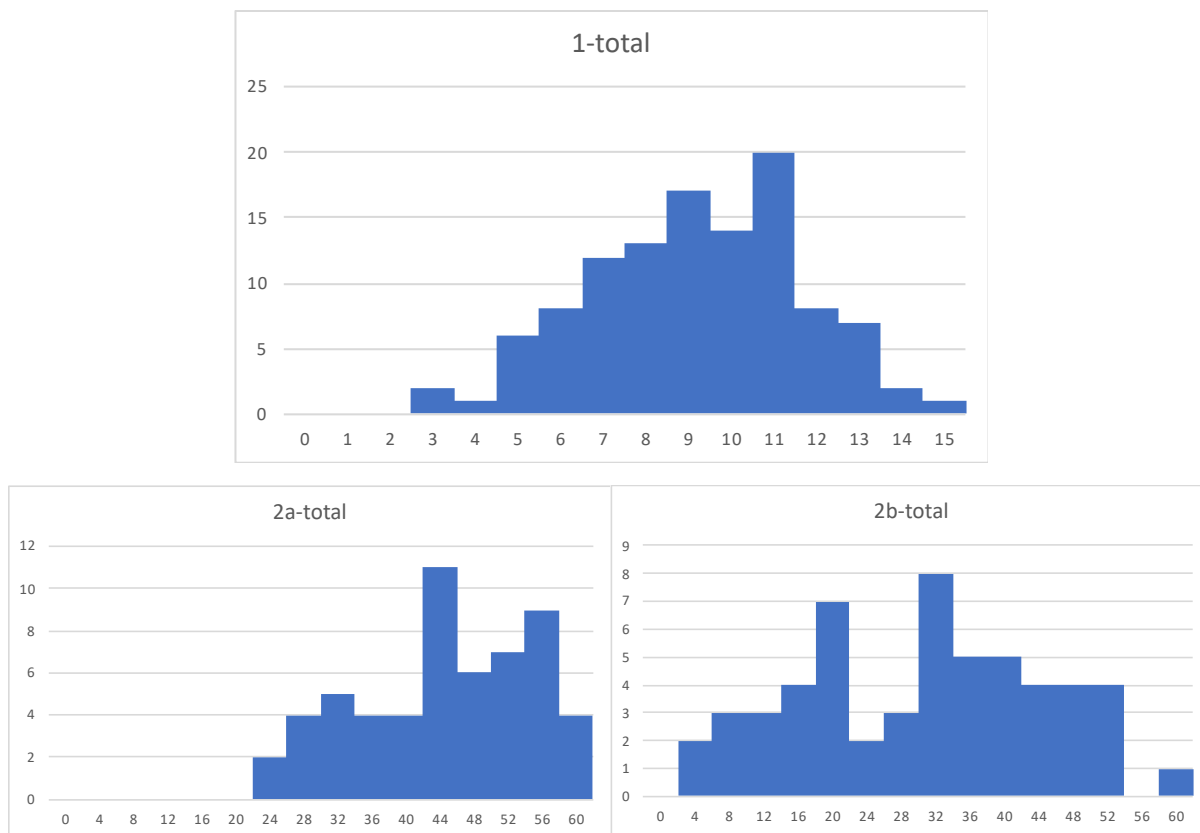


図 11 得点分布（大学）[2018]

セット 2a、2b の各問の試験結果（表 18）を見ると、データベースでの検索に関するセット 2b 問 1 の平均点や中央値が低いことがわかる。また、プログラミングに関するセット 2b 問 2 は標準偏差が大きく、得点のばらつきが大きい。

表 18 大学におけるセット 2 各問の試験結果[2018]

	セット 2a 問 1	セット 2a 問 2	セット 2b 問 1	セット 2b 問 2
平均	20.86	22.55	12.33	16.60
最低点	4	8	0	0
最高点	30	30	30	30
中央値	22	24	9	17
標準偏差	7.58	5.60	12.33	16.60

図 12 にセット 1 の得点を横軸とセット 2a、2b の総得点および各問の点数を縦軸にとった散布図と回帰直線と相関係数を示す。すべてに一定の正の相関が見られるが、セット 2a の問 2、セット 2b の問 1 の相関は弱いという結果となった。

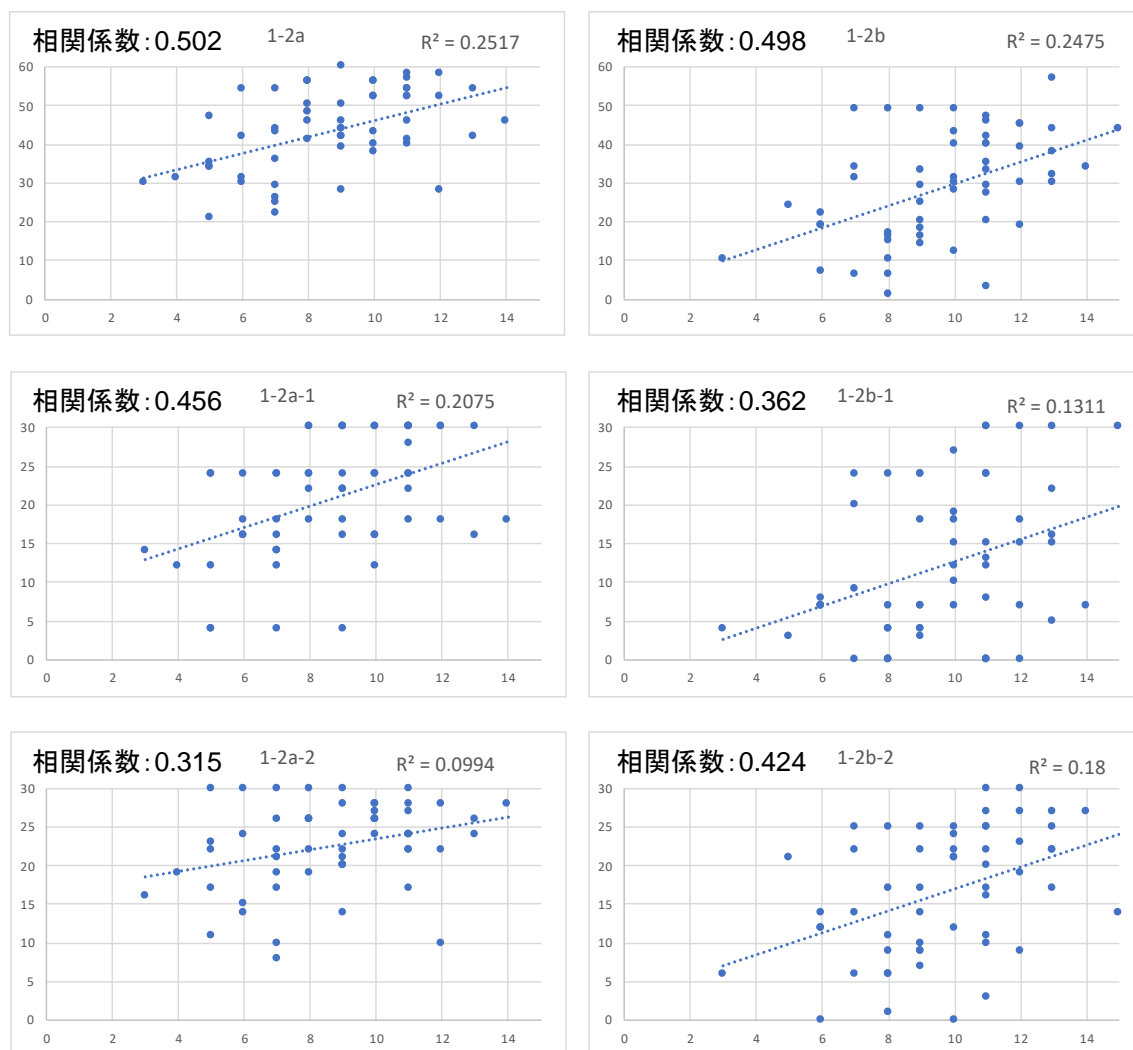
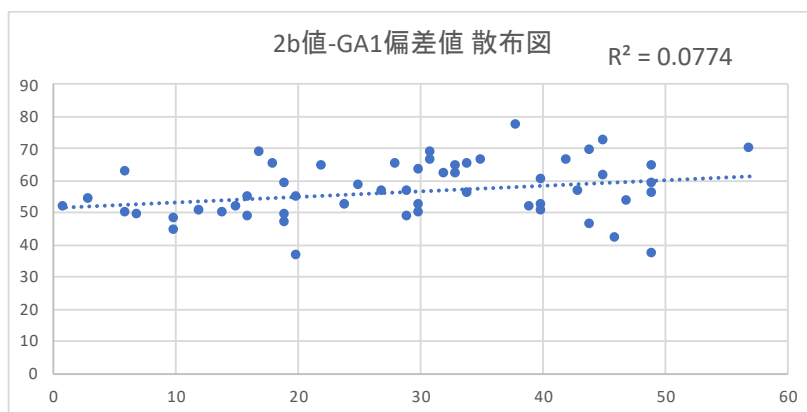
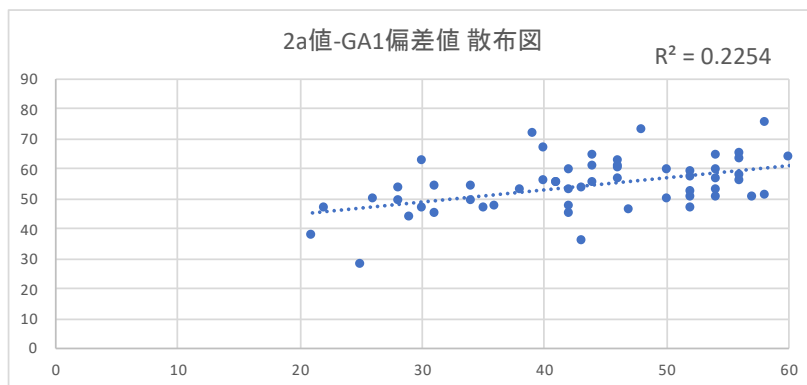


図 12 セット 1 とセット 2 の得点の散布図と相関 (大学)

また、大学生にはベネッセ社の GPS-Academic も同時に受験してもらった。GPS-Academic によって測定している批判的思考力、協働的思考力、創造的思考力の 3 つからなる思考力総合の偏差値を縦軸に、セット 2a、2b の点数を横軸にとった散布図が図 13 である。セット 2a の総得点とは正の相関が見られたが、セット 2b の問 1 とはほとんど相関がないという結果となった。



相関係数

2a 値	0.474755
2a-1	0.385107
2a-2	0.360382
2b 値	0.278245
2b-1	0.104415
2b-2	0.352788

図 13 GPS-Academic 思考力とセット 2 の得点の散布図と相関

・試験結果（高校）

高校における試験結果を表 19 に示す。また、各セットの得点のヒストグラムを図 14 に示す。セット 1 に関しては、平均は大学生より低い、きれいな正規分布になっている。また、セット 2a は標準偏差が大きく、小さなピークはあるものの 4~32 点のどの階級も多く、そこから高得点にかけて徐々に減少する分布となっている。一方、セット 2b は 60 点満点の 10 点前後に集中する分布となっており、0 点もかなり多い結果となった。

表 19 高校における試験結果[2018]

	セット 1	セット 2a	セット 2b
受験者数	1423	804	727
平均	4.69	22.87	11.05
最低点	0	0	0
最高点	12	58	54
中央値	5	22	10
標準偏差	2.27	13.55	9.86

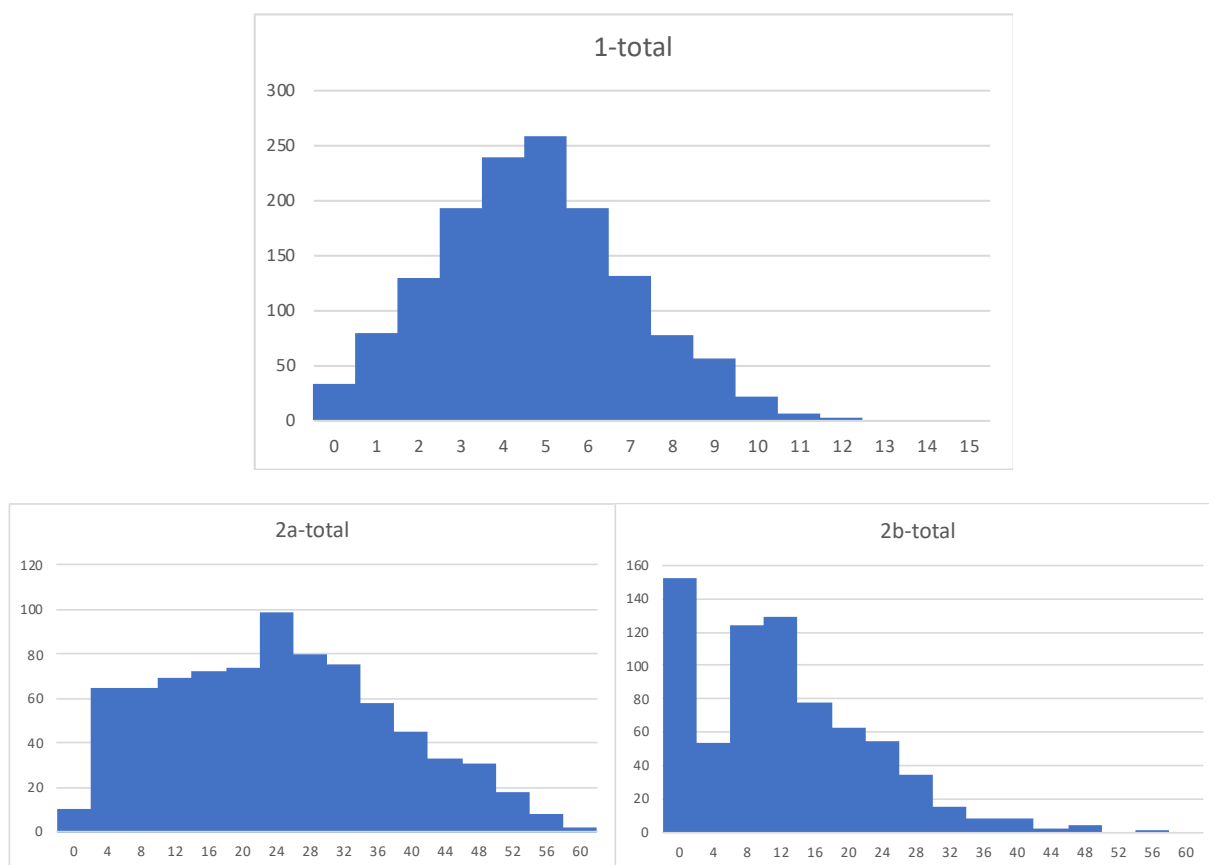


図 14 得点分布（高校）[2018]

セット 2a、2b の各問の試験結果を見ると、データベースでの検索に関するセット 2b 問 1 の平均点がかなり低く、中央値が 0 点になっている（表 20）。これは 2b を受験した 727 人中 542 人が 0 点であったためである。これは、アンケートで、「データベースソフトによる情報検索」を学んだと回答した受験者数は 191 名と少なく、これまで目にしたことがな

かった問題であったことが理由として考えられる。また、選択操作などでテーブルのデータにしたがい「女」と値を指定しなければいけないところを「女子生徒」などと間違っ
て書いてしまっている答案が多く、そのために比較的簡単な問題でも点が取れなかったこと
が、0点が多いという結果につながったと考えられる。

予約システム設計の問題であるセット2a問2は平均点、中央値とも得点率が50%程度
はあるが、他の大問と比べて高く、同じデータを扱う問題でもデータベースの操作を問う
問題とは大きな差が出た。これは、問題がデータチェックやインタフェースの設計など、
これまでの学習経験がなくても問題を読むことで解くことができる問題であったためであ
ると考えられる。また、セット2a問1はプログラムのテスト、セット2b問2はプログラ
ムを作成するという、プログラミングに関係するがタイプの違う問題であったが、得点傾
向（平均、中央値、標準偏差）や分布（図15）は比較的似ているという結果となった。

表 20 高校におけるセット2各問の試験結果[2018]

	セット2a問1	セット2a問2	セット2b問1	セット2b問2
平均	8.66	14.21	2.17	8.88
最低点	0	0	0	0
最高点	30	30	30	30
中央値	6	15	0	7
標準偏差	8.28	7.84	4.84	7.35

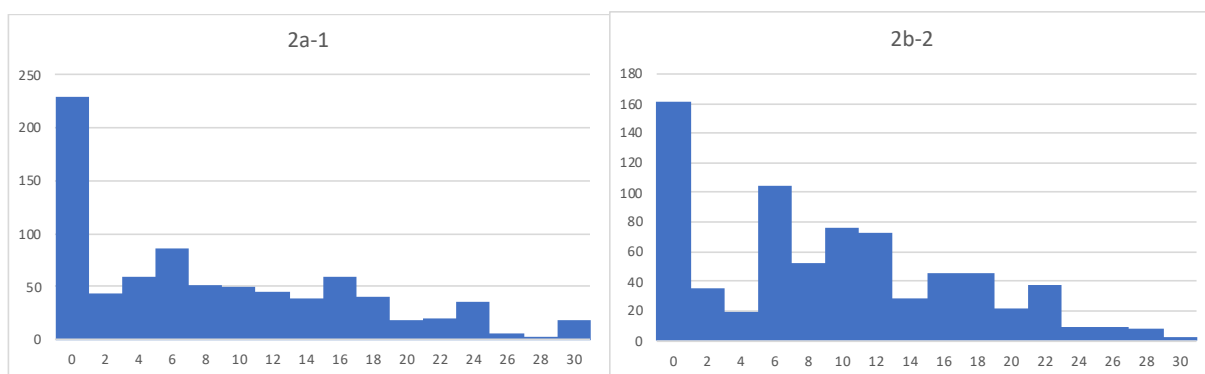


図 15 プログラミング問題の得点分布（高校）[2018]

図16にセット1の得点を横軸とセット2a、2bの総得点および各問の点数を縦軸にとつ
た散布図と回帰直線と相関係数を示す。セット2a、2bと一定の正の相関が見られ、個別の
大問ではセット2bの問2の相関が比較的高い。また、0点が多かったセット2bの問1も
弱い相関は見られた。

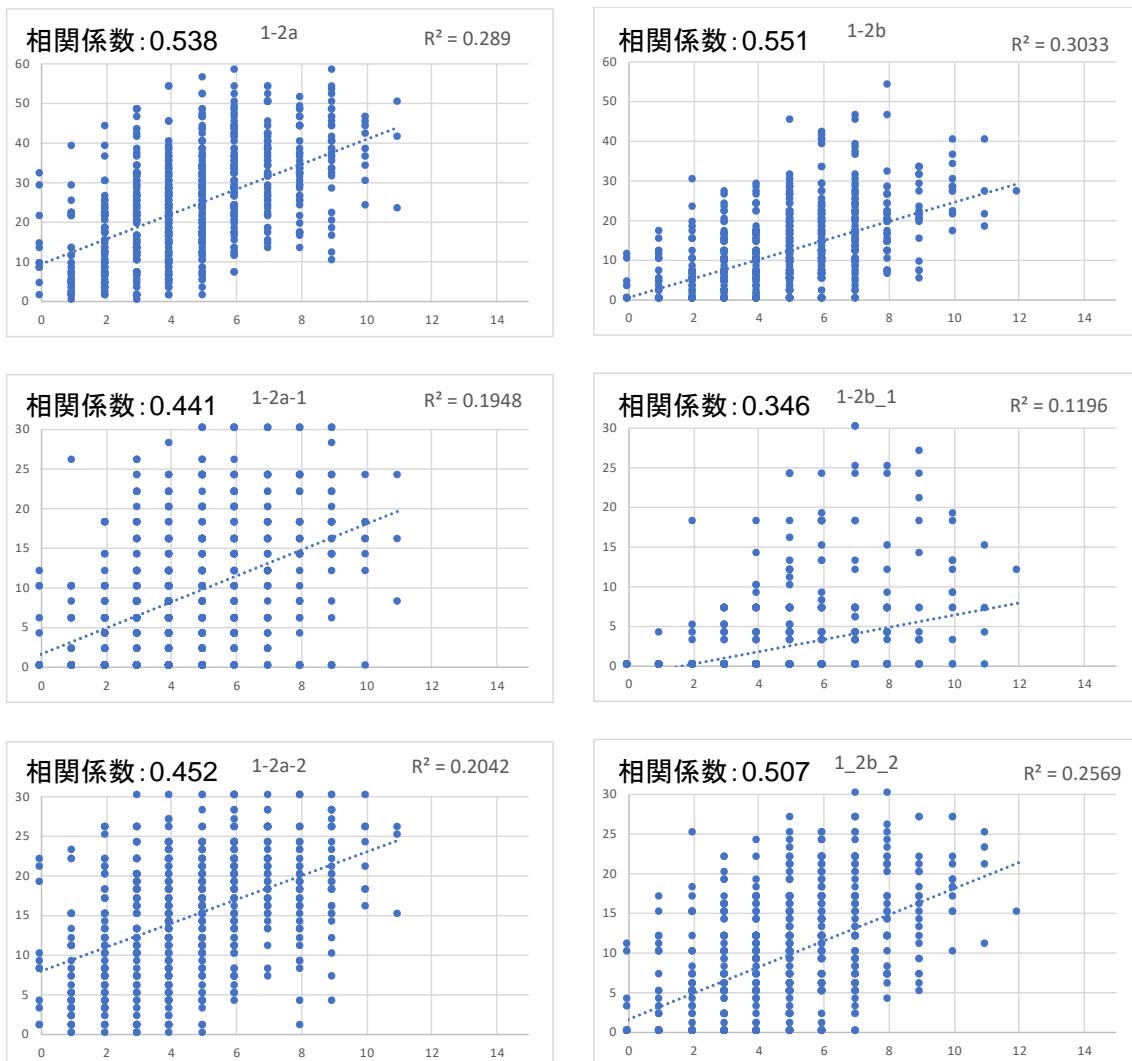


図 16 セット 1 とセット 2 の得点の散布図と相関 (高校)

5.2.4 大規模 CBT システム構築への要求要件整理

(1) 研究開発内容

(a) 研究開発の目的

数十万人に及ぶ受験生を対象とするような場合に、CBTを用いた入試を実施するための課題を明らかにし、その対策を提案する。

(b) 研究開発概要

大規模なCBTシステムを構築するための課題を検討するために、広域ネットワーク、無線LAN、大規模システム構築技術等に詳しい専門家の意見を聴取する。その結果をもとに、考え得る大規模CBTシステム構築の課題を整理し、それぞれの解決策を提案する。

(2) 事業の成果

多数の受験者に対してCBT(Computer Based Testing)による大学入試を実現する際の要求要件を明らかにし、その解決策を提案した。本委託事業は、個々の大学における教科「情報」の入試を研究の対象としたものであるが、個別大学に止まらず全国規模のCBTを視野に入れて、主として技術的観点から議論している。また、対象科目も「情報」に限定せず、全科目での実施を視野に入れて議論している。提案する解決策としては、現在行われている入試と同様に、受験者全員に同時に同じ問題を出題する方法に対して2つの案を示し、受験者ごとに異なる問題を課す方法に対して1つの案を示した。

大規模CBTシステムの実現に向けた課題として、①試験問題等の安全な配信、②外部からの影響の排除、③公平な受験環境、④端末の電源確保、⑤受験者等による不正行為への対策、⑥試験中の端末等の不具合への対策、⑦準備とスケジュールの7点を抽出した。

現時点で、受験者全員に同時に同じ問題を出題する方式での大規模CBTを実現するには、端末の電源確保と、試験中の端末等の不具合への対策に課題が残されているが、今から周到な準備を行えば2025年までに解決できる可能性はあると思われる。受験者ごとに異なる問題を出題する方式での大規模CBTの実現には、技術的な大きな問題は見あたらない。

5.3 情報技術による入試の評価に関する研究

AI (Artificial Intelligence) /ビッグデータ技術による試験問題の評価(難易度、評価項目の被覆率等、AI/ビッグデータ技術による作問検討、模擬試験結果とルーブリックによる検証、CBTの新たなユーザインタフェースの検討を行なうため、本年度は次の課題4項目を実施した。

3-1)AI/ビッグデータ技術による試験問題の評価

3-2)情報技術 (AI/ビッグデータ) による作問検討

3-3)模擬試験結果とルーブリックによる検証

3-4)CBT の新たなユーザインタフェース検討

5.3.1 AI/ビッグデータ技術による試験問題の評価

(1) 研究開発内容

(a) 研究開発の目的

AI(Artificial Intelligence)/ビッグデータ技術による試験問題の評価(難易度、評価項目の被覆率等)、AI/ビッグデータ技術による自動採点の検討を行なう。

(b) 研究開発概要

試験問題作成や評価におけるAI/ビッグデータ技術の適用可能性について探る。特に、クラスタリング技術による試験問題の分類、機械学習技術による自動採点の可能性について検討する。

(2) 事業の成果

初年度において、過去に情報入試研究会で実施された模擬試験の実施結果に基づいて、試験問題の分析を行った。情報入試研究会の模擬試験は、次世代の情報入試を視野に入れた試験であり、本事業とも関連が深い。

最初に、受験者の正誤分布に応じて試験問題のクラスタリングを試みたが、実験前の予想に反して、人手による TJE ラベリングとの関連は見られなかった。試験問題の関連分野は広範囲に渡っており、TJE 以外の要因が試験結果に影響するのは、寧ろ自然なことであるとも考えられる。問題数が限られていたため、分野別に TJE 分類を考察するには至らなかった。また、当初は TJE の項目が十分に細分化されておらず、TJE の基準自体が曖昧であったことも、実験結果の要因の一つと考えられる。クラスタリング結果の例を図 17、図 18 に示す。実際には R でサポートされている全てのアルゴリズムと距離関数の組合せについて実験を行ったが、ここには結果の抜粋のみを掲載する。

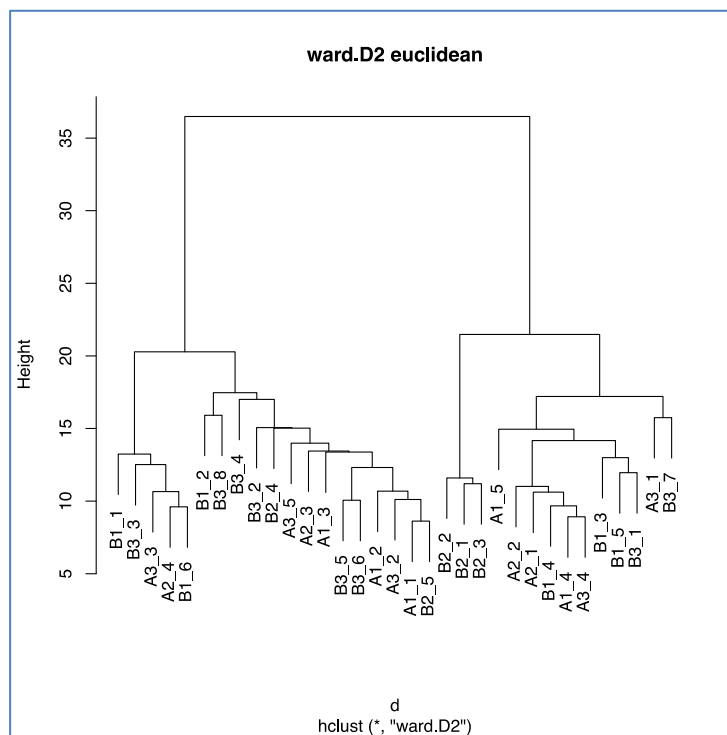


図 17 クラスタリング結果の例(1)

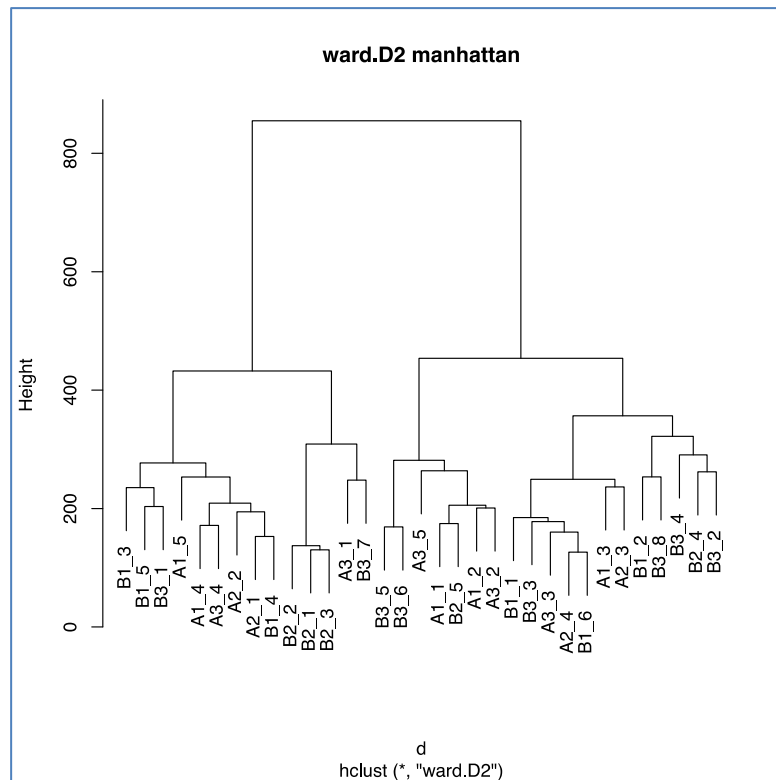


図 18 クラスタリング結果の例(2)

次に、同じく情報入試研究会実施の模擬試験の得点分布を対象に、因子分析を行った(表21)。結果としては、因子分析からTJEの傾向を見出だすことはできなかった。この結果もまた、クラスタリングと同じ原因によるものと考えられる。

表 21 因子分析結果

第4回模擬試験因子数3	第4回模擬試験因子数5
Loadings: MR1MR3MR2	Loadings: MR1MR4MR5MR2MR3
A1_10. 5460. 316	A1_10. 3100. 5040. 271
A1_20. 3060. 182	A1_20. 1880. 2180. 193
A1_30. 2870. 101	A1_30. 1300. 2950. 149
A1_40. 5230. 199	A1_40. 2070. 3280. 3760. 145
A1_50. 2850. 135	A1_50. 3110. 1520. 110
A2_10. 3050. 205	A2_10. 1670. 461
A2_20. 5570. 308	A2_20. 2700. 2170. 645

A2_30. 6720. 2310. 103	A2_30. 2100. 6070. 3830. 105
A2_40. 5480. 1270. 157	A2_40. 1190. 5760. 2030. 1040. 160
A3_10. 3720. 1040. 238	A3_10. 1650. 1800. 2290. 355
A3_20. 2980. 262	A3_20. 1680. 1010. 1840. 414
A3_30. 100	A3_30. 219
A3_40. 237-0. 1060. 311	A3_40. 1790. 4640. 112
A3_50. 223-0. 1520. 318	A3_50. 1220. 522
B1_10. 121	B1_1
B1_20. 194	B1_20. 101-0. 1120. 354
B1_30. 2990. 1680. 186	B1_30. 1590. 1960. 2230. 201
B1_40. 2550. 2260. 171	B1_40. 2400. 2400. 1490. 122
B1_50. 3840. 395	B1_50. 4000. 2200. 299
B1_60. 3170. 117	B1_60. 1220. 3910. 142
B2_10. 2780. 7230. 104	B2_10. 7190. 1820. 2280. 100
B2_20. 2480. 695	B2_20. 6800. 1610. 2230. 111
B2_30. 2110. 7150. 152	B2_30. 7330. 1360. 1500. 122
B2_40. 2400. 225	B2_40. 2740. 1090. 1350. 134
B2_50. 4390. 3510. 177	B2_50. 4010. 4190. 1330. 202
B3_10. 3550. 4260. 194	B3_10. 4460. 2490. 2160. 1390. 136
B3_20. 2330. 2480. 378	B3_20. 2750. 2100. 2040. 292
B3_30. 1560. 1240. 182	B3_30. 1620. 1510. 159
B3_40. 1770. 1290. 101	B3_40. 1470. 121
B3_50. 1190. 342	B3_50. 408
B3_60. 1720. 450	B3_60. 1480. 1280. 515
B3_70. 2330. 2790. 306	B3_70. 2590. 1050. 2380. 347
B3_80. 302	B3_80. 338
MR1MR3MR2	MR1MR4MR5MR2MR3
SSloadings3. 4112. 7961. 390	SSloadings2. 8451. 9181. 8541. 1531. 135
ProportionVar0. 1030. 0850. 042	ProportionVar0. 0860. 0580. 0560. 0350. 034
CumulativeVar0. 1030. 1880. 230	CumulativeVar0. 0860. 1440. 2010. 2350. 270

これらの結果を踏まえると、複合的な試験問題のTJE成分を抽出することは容易ではないと推測される。IRTに利用されるような独立した小問の場合、各問の分野もTJE成分も限定的であると考えられるので、この限りではない。本事業でも、最終年度に実施した模擬試験では、分野を限定

して試験問題を作成した。限定的な状況での大問と小問の相関やその他の指標との比較については、他の章で検討する。

AI技術を用いて試験問題を評価するという当初の目的とは異なるが、AI技術を用いた採点の自動化について検討を行った。平成29年度に本事業で実施した模擬試験には、日本語で記述式の解答を要求する問題が含まれている。これらの試験問題に関して、人手による採点結果を教師データとして機械学習を行った。

実験の対象とした試験問題は2問あり、ここではそれらを問X、問Yと呼ぶことにする。問Xと問Yの詳細については、平成29年度に高校生を対象として実施した模擬試験の内容を参照されたい。記述量については、いずれも20文字以内という制限が設けられている。実験の手順は以下の通りである。

手順1形態素解析によって、機械的に答案の文章を単語ごとに分割する。

手順2単語を数値ベクトルに変換する。

手順3スコアをラベルとして、ディープラーニング技術を用いて文章とスコアの間関係を機械学習させる。

手順4学習と同時にテストデータによる精度の検証を行う。

分かち書きには既存のソフトウェアを用いており、特別な工夫は行っていない。試験では、基本的に絵文字が使われることがなく、語彙もまとまりがちなため、分かち書き以外の前処理は行わなかった。

機械学習のステップにおいては、スコアを単なるラベルとみなすことで、採点を文章の分類問題として扱っている。この手法ではスコアが有している順序関係に関する情報が欠落することになるが、効率を重視して、敢えてこのようなアプローチを採用した。将来、より厳密な科学的検証を行う際には、スコアの順序関係を考慮した手法との比較も必要になると考えられる。

ディープラーニングのモデルとしては、リカレントニューラルネットワーク(RNN)の一種であるLSTMを採用している。エポック数は事前に行った予備調査に基づいて決定した。機械学習の一般的性質と一致するが、教師データのサンプル数が少ない場合には、エポック数の増加に応じて過学習が進行する傾向が強い。

表22が実験の結果であるが、いずれのケースも10回試行したに過ぎず、定量的評価としての信頼性は低いことを付け加えておく。模擬試験は大きく2回に分けて実施されており、1つは大学1年生を対象としており、もう1つは高校生を対象としている。受験者に合わせて、採点データも2つのグループに大別して取り扱っている。ただし、大学生のサンプル数は177、高校生のサンプル数は1408であり、数に大きな差があるため、一概にこのような分類が正当化されるわけではない。

表 22 実験結果

データセット	問Xの学習結果	問Yの学習結果
教師:大学 テスト:高校	精度:72%~77% エポック数:20	精度:62%~69% エポック数:20
教師:高校 テスト:大学	精度:83%~88% エポック数:5	精度:82%~88% エポック数:5
教師:大学 テスト:大学	精度:71%~94% エポック数:20	精度:59%~89% エポック数:20
教師:高校 テスト:高校	精度:76%~81% エポック数:5	精度:76%~82% エポック数:5

ただし、教師データとテストデータを共に大学生分としたものは、サンプル数が著しく少ないため、実行ごとのばらつきも大きくあまり参考にならない。

本事業では、当初、記述式問題の答案を自動採点することを想定していなかったため、試験問題の作成に当たって自動採点に対する配慮は一切行っていない。このような経緯で作成された試験問題にもかかわらず、一定の精度が得られたという今回の結果は、自動採点の将来的な有効性を示唆するものである。現実的には、この精度で大学入試の採点を完全に自動化することは避けるべきであるが、採点補助としては有効な可能性も高い。

最初のケースの精度が相対的に低いことも特徴の1つと言える。これには、母集団の違いやサンプル数の影響があるのは当然だが、他の要因として、採点時期の問題も考えられる。大学生分と高校生分では、採点の時期に半年ほどの差があった。この間に採点基準にぶれが生じてしまったという可能性は否定できない。母集団を均一化して機械学習を行えば、採点者間の採点基準のぶれを検出することが可能となるかも知れない。

追加実験として、Wikipediaを教師データとしてFastTextで事前学習させた数値化を使った学習も行った。FastTextを使った場合、初期精度が高くなるが収束が遅れる傾向にあり、最終的な精度に大きな違いは見受けられなかった。精度が変わらないという結果は、語彙が限られていること、採点において個々の単語の意味よりも文章構造が重要視されている可能性を示唆しているとも言える。また、比較のために、畳み込みニューラルネットワーク(CNN)についても検討したが、全体的にRNNの方が精度が高いという結果が得られた。一般に、CNNは文章の要約やカテゴリ分けに有効とされているが、複雑な文章構造を読み取るのはRNNの方が得意だとされている。この実験結果も同じく、採点が文章構造を重視しているという推測を補強するものである。

また、自動採点が可能な試験問題には、採点基準にある種の整合性が存在するというものであり、間接的に試験問題を評価していると捉えることも不可能ではないと考えられる。

5.3.2 情報技術（AI/ビッグデータ）による作問検討

(1) 研究開発内容

(a) 研究開発の目的

AI（Artificial Intelligence）/ビッグデータ技術による試験問題の評価（難易度、評価項目の被覆率等）、AI/ビッグデータ技術による作問検討、模擬試験結果とループリックによる検証、CBTの新たなユーザインタフェースの検討を行なう。

(b) 研究開発概要

AI技術の一つである自動証明技術を活用して、プログラムの一つの記述から、各種の問題を自動作問する手法について検討する。

(2) 事業の成果

AI技術の一つである自動証明技術を活用して、一つのプログラムの記述から、各種の多数の問題を自動作問する手法について検討し、自動作問を行う処理系の実装と自動作問された問題の評価を行った。本手法では、プログラム作成者（問題出題者）は、正当性証明の入ったプログラムを一つ作成する。本手法により、正当性証明の入った一つのプログラムから、各種の多数の問題を自動作問することが可能である。

本研究では、プログラミング言語として大学入試センター言語 DNCL（センター試験用手順記述標準言語）を用いて、手法の開発と処理系の実装を行った。自動作問された問題の評価する段階で、学生の実態に合わせて、プログラミング言語を Python に切り替え、処理系の実装を新たに行い、自動作問された問題の評価した。

DNCL プログラムに対しては、いわゆる **verification condition generator** を開発した。Python プログラムに対しては、**verification condition generator** は開発せずに、既存の動的記号実行系 PyExZ3 を利用した。DNCL に対する処理系も Python に対する処理系も、Python で実装した。

自動作問する問題としては、以下で説明する種類のものを検討した。それぞれ、本事業で開発した情報科のループリックの「アルゴリズムとプログラミング」分野の達成度レベルに対応している。以下では、それぞれの達成度レベルに対応する問題に関して検討した結果と、実際に本研究で実装した処理系について説明する。その後で、自動作問した問題例とその評価について報告する。

(a) ループリック 1-2 「与えられたアルゴリズム・プログラムの動作をトレースできる」

本手法では、問題出題者がプログラム上の実行経路を指定することとした。たとえば、

プログラムの中のループを 100 回繰り返すような入力は適切ではない。したがって、問題出題者がプログラム上の実行経路を陽に指定することとした。すると、プログラムの仕様の **precondition** を満たし、指定された実行経路を通るような入力を生成しなければならないが、そのためには、ソフトウェアテストにおけるテストケース生成の技術を用いることができる。

本研究では、記号実行によるテストケース生成の技術を応用した。DNCL プログラムに対する自動作問では、**verification condition generator** によって指定された実行経路の条件を集めて制約解消系を呼ぶ方法を取った。制約解消系としては、Microsoft が開発した Z3 を用いた。Z3 については以下の文献を参照されたい。

de Moura, L., Bjørner, N.: Z3: An Efficient SMT Solver, International Conference on Tools and Algorithms for the Construction and Analysis of Systems, TACAS 2008: Tools and Algorithms for the Construction and Analysis of Systems, pp. 337-340 (2008).

Python プログラムに対する自動作問では、より簡便にテストケースを生成するために、Microsoft が開発した動的記号実行系である PyExZ3 を用いる方法を取った。PyExZ3 については以下を参照されたい。

Ball, T., Daniel, J.: Deconstructing dynamic symbolic execution. Dependable Software Systems Engineering 40, 26 (2015)

なお、PyExZ3 も記号実行に際して Z3 を呼び出す。

一般に動的記号実行系によりプログラムの実行経路を網羅することができる。そこで、対象となるプログラムに対して **code instrumentation** (コード追加による機能拡張) を行うことにより、PyExZ3 が網羅する実行経路が指定された実行経路に一致するときに、そのときの入力を出力するようにした。

(b) ルーブリック 2-1 「与えられたアルゴリズム・プログラムの動作を説明できる」

プログラムの動作を「説明できる」ためには、プログラムがなぜその目的を達成できるのかを理解していなければならない。したがって、**loop invariant** や **assertion** の理解を問うことが考えられる。本研究では、以下の三つの方法で **loop invariant** や **assertion** の理解を問う、三種類の問題を自動作問した。

最初の方法では、次のような選択枝問題を自動作問した。**precondition** を満たす入力に対してプログラムを実行したときの状態 (変数の値) は、**loop invariant** や **assertion** を必ず満たしているはずである。そこで、そのような状態と、**loop invariant** や **assertion** を満たさない状態を自動生成して選択枝問題を作問した。前者を正しく選択できれば、**loop invariant** や **assertion** を理解していると考えられる。

前者の状態は、**loop invariant** や **assertion** を満たすだけでなく、現実により得る実行経路の中に現れる必要がある。したがって、この種類の問題でも、実行経路の探索が必

要になり、Python プログラムに対する自動作問では、やはり PyExZ3 を用いた。

二番目の方法では、`loopinvariant` や `assertion` とその偽物を区別させる問題を生成した。そのためには、`loopinvariant` や `assertion` を適当に（たとえば、 $<$ を \leq に、 $i+1$ を i に）変更して偽物を作る。偽物が本当に正しくないことを確認するためには、何らかの実行経路で偽となる必要がある。そのような実行経路を探索するためには、やはり、動的記号実行を用いることができる。

三番目の方法では、ある点における状態とその後に再び同じ点を訪れたときの状態の組で、あり得るものとあり得ないものを見分けさせる問題を自動作問した。そのために問題出題者が、状態間で常に成り立つ何らかの関係を指定することとした。たとえば、プログラムの停止性証明で用いられる降下尺度を、状態間の関係として利用することができる。組の二つの状態が指定された関係を満たさなければ、それはあり得ない組として用いることができる。逆にあり得る状態の組としては、現実の実行経路に現れるものを用いればよい。

(c) ルーブリック 2-2 「与えられたアルゴリズム・プログラムを、指示された動作になるように修正できる（デバッグを含む）」

このレベルの問題を作成するためにプログラムにわざとバグを挿入することは、`fault injection` の一種と考えられる。たとえば、 $i+1$ を i に変更することなどが考えられる。どのようなバグを挿入すべきかについては、様々な検討を要する。全くでたらめなバグは好ましくないと考えられる。たとえば、`loop invariant` の一部の条件だけが満たされないようにすることで、その満たされない条件に関する理解を問うことができると考えられる。

このレベルの問題の自動作問は DNCL プログラムに対して試みたが、実際に評価する段階には至らなかった。

(d) ルーブリック 3 「与えられた目的に応じた機能を満たすプログラムを設計・作成できる」

このレベルの問題として作成するのが最も簡単であるのは、仕様を自然言語で提示して、プログラム全体を書かせるものである。ここで、論理式で書かれた仕様を、自然言語でわかりやすく提示する技術が必要になる。解答されたプログラムには正当性証明は付いていないので、プログラムが正しく仕様を満たすかどうかを判定することは容易ではない。より高度な自動証明技術が必要となる。本研究では、このレベルの問題を実際に自動作問するまでに至らなかった。

(e) 自動作問された問題例

本手法で自動作問された問題の例を示す。Python プログラムに関する二つの問題は、それぞれ、ルーブリック 2-1 の最初の方法と三番目の方法に対応する。

次に示すソースコードには、引数 `lst,x` をとる関数 `remove` が定義されている。 `lst` は正の整数のリストであり、 `x` は正の整数である。 `remove(lst,x)` を実行すると、 `lst` 中の `x` が消去され、残りが前に詰められ、余った後ろには `0` が挿入される。

```
def remove(lst, x):
    i = 0
    n = len(lst)
    while i < n:
        # (*)
        if lst[i] == x:
            n -= 1
            for j in range(i,n):
                lst[j] = lst[j+1]
            lst[n] = 0
        else:
            i += 1
```

問 プログラムの実行が(*)に達したときに、以下の状態になる可能性がある場合には○を、そうでない場合には×を、解答用紙の所定の欄に記入せよ。

- (1) `len(lst) == 6, x == 10, i == 4, lst[3] == 7`
- (2) `len(lst) == 6, x == 10, i == 4, lst[3] == 10`
- (3) `len(lst) == 6, x == 10, i == 4, lst[4] == 10`
- (4) `len(lst) == 6, x == 8, i == 2, lst[4] == 8`
- (5) `len(lst) == 6, x == 8, i == 3, lst[0] == 5`
- (6) `len(lst) == 6, x == 4, i == 4, lst[3] == 4`

問 プログラムの実行がある時点で (*) に達しており、(前) に示す状態だったとする。このプログラムの実行が進んで次に再び (*) に達したとき、(後) に示す状態である可能性があるか。可能性がある場合には○を、そうでない場合には×を、解答用紙の所定の欄に記入せよ。

- (1) (前) `len(lst) == 6, x == 4, i == 1, lst[1] == 4, lst[3] == 9` (後) `lst[2] == 12`
- (2) (前) `len(lst) == 6, x == 4, i == 0, lst[0] == 8, lst[5] == 9` (後) `lst[4] == 8`
- (3) (前) `len(lst) == 6, x == 4, i == 1, lst[1] == 4, lst[2] == 9` (後) `lst[1] == 9`
- (4) (前) `len(lst) == 6, x == 12, i == 0, lst[0] == 12, lst[5] == 2` (後) `lst[5] == 0`

(5) (前) $\text{len}(\text{lst}) == 6, x == 12, i == 3, \text{lst}[1] == 13, \text{lst}[3] == 2$ (後) $\text{lst}[1] == 8$

(6) (前) $\text{len}(\text{lst}) == 6, x == 12, i == 3, \text{lst}[1] == 8, \text{lst}[3] == 2$ (後) $\text{lst}[1] == 8$

(f) 評価

12人の学生に対して上記の試験を行った。試験とは別にインタビューを行い、プログラムを理解していないグループAとプログラムを理解しているグループBに分けた。グループAは5人で、試験の点数は4,0,4,7,8であった。グループBは7人で、試験の点数は5,7,11,8,10,12,10であった。有意水準5%でMann-WhitneyのU検定を行った。検定表によれば、5以下であればAとBの差はないという帰無仮説は棄却される。実際に得られたU値は4であったので、帰無仮説は棄却された。

5.3.3 模擬試験結果とルーブリックによる検証

(1) 研究開発内容

(a) 研究開発の目的

AI (Artificial Intelligence) /ビッグデータ技術による試験問題の評価(難易度、評価項目の被覆率等)、AI/ビッグデータ技術による作問検討、模擬試験結果とルーブリックによる検証、CBTの新たなユーザインタフェースの検討を行なう。

(b) 研究開発概要

模擬試験結果とルーブリックによる検証を通して、実際の受験者に対して「思考力・判断力・表現力」を適切に評価できる作問ができているかなどを確認することを目指す。

(2) 事業の成果

(a) ルーブリックの開発

「情報科」の学びのルーブリックにしたがって問題を作成すると、本事業で提案している思考力・判断力・表現力(TJE)を測ることができるようになることを目標としている。本年度は、手始めとして、情報科の内容を12個に分け、それぞれに対して、4段階(各段階を2~3に分けることもある)のルーブリックを作成した。

●問題認識

- 1 与えられた事象の記述について問題の存在を認識できる
- 2-1 問題の状態と望ましい状態の違いを説明できる
- 2-2 問題を他人にわかりやすく説明できる
- 3 問題のステークホルダを特定できる
- 4 問題の解決につながる定式化ができる

●アルゴリズム

- 1 与えられたアルゴリズムの動作をトレースできる
- 2-1 与えられたアルゴリズムの動作が説明できる
- 2-2 与えられたアルゴリズムを、指示された結果になるように修正できる
- 3 与えられた問題を解くアルゴリズムを考案できる
- 4 与えられた尺度でより良いアルゴリズムを考案できる

●プログラミング

- 1-1 与えられたプログラムの構文が認識できる
- 1-2 与えられたプログラムの動作をトレースできる
- 2-1 与えられたプログラムの動作が説明できる
- 2-2 与えられたプログラムの動作が指示と相違する場合にその相違を修正できる
- 2-3 与えられたプログラムを、指示された動作になるように修正できる。
- 3 与えられた機能を満たすプログラムを作成できる
- 4 与えられた機能・要求をより良く満たすプログラムを設計・作成できる

●データの分析

- 1-1 与えられたデータに対して基本的な統計量が求められる
- 1-2 与えられたデータに対して適切なグラフ化ができる
- 2 与えられたデータの特徴が説明できる
- 3 データの特徴と元の事象の関連を説明できる
- 4 元の事象を分析するためにどのようなデータを集めるべきか計画できる

●データ表現・データ構造（注：データベースも含む）

- 1-1 与えられたデータ表現・構造に関する質問に答えられる
- 2-1 与えられたデータ表現・構造について説明できる
- 2-2 与えられたデータ表現・構造を拡張・変更できる
- 3 与えられた目的に沿ってデータ表現・構造を作り出せる
- 4 与えられた尺度でより良いデータ表現・構造を設計できる

●メディアとコミュニケーション（注：情報デザインを含む）

- 1-1 与えられたメディアに関する質問に答えられる
- 1-2 与えられたメディアの性質、特徴などについて説明できる
- 2 与えられたメディアを用いて、その特徴を生かしたコミュニケーションができる
- 3 与えられたメディアを用いて、コミュニケーションのために有効な方法を設計できる
- 4 与えられた目的に沿って複数のメディアを効果的に組み合わせた方法を設計できる

●法／制度・倫理

- 1 法／制度・倫理に関する記述を理解し、質問に答えられる
- 2 法／制度・倫理に関する記述を具体的な場面に適用して考えることができる
- 3 与えられた目的を満たす規則／制度・倫理基準を提案できる
- 4-1 法／制度・倫理に関してジレンマがある状況において、優先度を考慮して判断できる
- 4-2 多くの人が合意できる規則／制度・倫理基準を提案できる

●モデル化

- 1-1 与えられたモデルに関する質問に答えられる
- 2-1 与えられたモデルについて説明できる
- 2-2 与えられたモデルを拡張・変更できる
- 3 与えられた目的に沿ってモデルを設計できる
- 4 与えられた尺度でより良いモデルを設計できる

●シミュレーション、最適化

- 1-1 与えられたシミュレーションの方法や最適化の手法に関する質問に答えられる
- 1-2 与えられたシミュレーションの方法や最適化の手法を小さい例に対して実行することができる
- 2-1 与えられたシミュレーションの方法や最適化の手法について説明できる
- 2-2 与えられたシミュレーションの方法や最適化の手法を、指示された結果になるように修正できる
- 3 与えられた目的に沿ってシミュレーションの方法や最適化の手法を考案できる
- 4 与えられた尺度でより良いシミュレーションの方法や最適化の手法を設計できる

●情報システム

- 1-1 与えられた情報システムに関する質問に答えられる
- 1-2 与えられた情報システムの利用方法を説明できる
- 2 与えられた情報システムの利便性と問題点を説明できる
- 3 与えられた情報システムの改善案を提案できる
- 4 与えられた課題に応じた適切な情報システムをデザインできる

●コンピュータの仕組みと活用

- 1-1 コンピュータのハードウェア（本体及び周辺装置）・ソフトウェアの機能に関する質問に答えられる
- 1-2 コンピュータのハードウェア（本体及び周辺装置）・ソフトウェアが動作する仕組みを説明できる

2-1 コンピュータのハードウェア（本体及び周辺装置）・ソフトウェアの性質・特徴を説明できる

2-2 指示に従ってコンピュータのハードウェア（本体及び周辺装置）・ソフトウェアを構成できる

3 与えられた目的に従ってコンピュータのハードウェア（本体及び周辺装置）・ソフトウェアを構成できる

4 与えられた目的をより良く満たすコンピュータのハードウェア（本体及び周辺装置）・ソフトウェアを構成できる

●ネットワークの仕組みと活用

1-1 ネットワークの構成とその構成要素に関する質問に答えられる

1-2 与えられたネットワークの動きをトレースできる

2-1 与えられたネットワークの性質、特徴、問題点などを説明できる

2-2 与えられたネットワークを、指示された機能を持つように修正できる

3 与えられた機能を満たすネットワークを設計できる

4 与えられた機能・要求をより良く満たすネットワークを設計できる

その次に、情報入試研究会(<http://jnsg.jp/>)が作題した情報入試模試#5第2問を用いて、アルゴリズム及びプログラミングのループリックと、本研究で提案している思考力・判断力・表現力(TJE)との関係を確認することで、ループリックがTJEを測定する問題作成に役立つか検証を行った。

ここで取り上げる問題は、疑似プログラムの命令列と、その実行結果との関係を扱うものであり、関連するループリックは、「アルゴリズム」と「プログラミング」となる。

問1

問1は、与えられた命令列を実行した結果の例が示された上で、新たな実行結果に対する命令列を答えるものとなっている（図19）。

命令として3種類が提示され、その命令を順に実行していくことで、矢印を順につなぎながら描かれる。スタート時には、上向き矢印一つが描かれている。

3種類の命令は、以下の通りである。

まっすぐ（同じ方向につなげる）本稿では「ま」と省略

みぎ（右に曲がってつなげる）本稿では「み」と省略

ひだり（左に曲がってつなげる）本稿では「ひ」と省略

まず、例として与えられた図（実行結果）と、そのために必要となる「みまみ」という命令列が示される。

それに対し解答者は、「み」「ま」「み」という命令が順に並んでいるという構文を認識し、最初の上向き矢印からつないでいる矢印が順に、「み」が「右向き矢印」、「ま」が「右向き矢印」、「み」が「下向き矢印」に対応して描画されていると「トレース」できることが期待されている。これは、アルゴリズムのループリック「1与えられたアルゴリズムの動作をトレースできる」、プログラミングのループリック「1-1与えられたプログラムの構文が認識できる」「1-2与えられたプログラムの動作をトレースできる」に相当する。

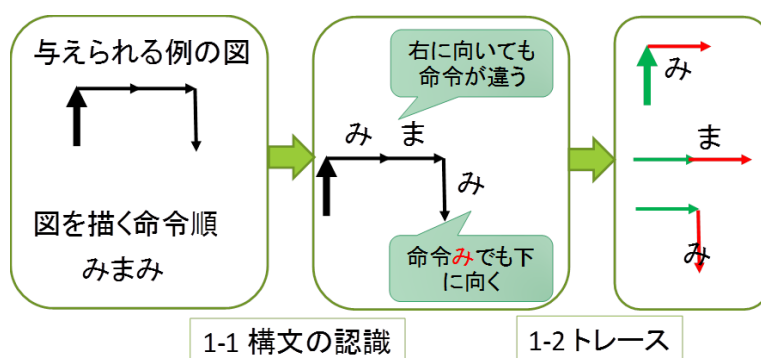


図 19 問 1 の流れ

このことができるためには、

Tr命令列を解釈

Tc図と命令の関係を見出す

というTJEの能力が必要になっている。

以上の導入をした上で、示された実行結果に対する命令列を答えさせる問題が提示されている（図20）。

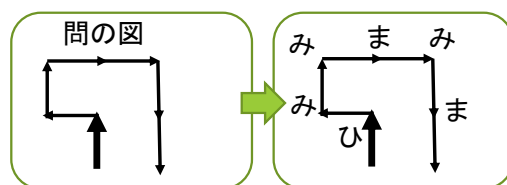


図 20 実行結果に対する命令列

解答者は、最初の矢印から順に、二つの矢印間の関係を見ながら、その関係を生み出すために必要な命令を示していくことが求められている。そのことが正しいことを確認するためには「トレース」ができなければならない。

以上のことができるためには、

Tc矢印間の関係及び関係と命令のつながりを考え

Ex命令列の表現

というTJEの能力が必要になっている。

問2

問2は、「命令をn回繰り返す」概念を、例から理解し説明する問題となっている（図21）。矢印をつないでいくことで、横がn、たてが1の長方形を描きたいという目的が図とともに示される。解答者は、これを描くために、「どの命令を何回実行する」ということを、どのようにつなげていくか答えることを求められる。

問1で行ったことと同様に、この矢印結果となるための命令列を作り出していき、そこから規則性を考えていくことが求められている。提示されている図は、n回と記述されているものの、3つの矢印の連続となっている。

解答者は、「3つの矢印の連続」を生み出すためには、「2回連続の「ま」」が必要であることを認識し、そこから一般化して、「n個の矢印の連続を生み出すためには、n-1回連続の「ま」の命令を実行する必要がある」という解答に到達することが求められる。これはループリックの「2-2与えられたアルゴリズムを、指示された結果になるように修正できる」に相当する。

以上のことができるためには、

Tc矢印の個数と命令の個数の関係を考え

Ex命令列の表現

というTJEの能力が必要になっている。

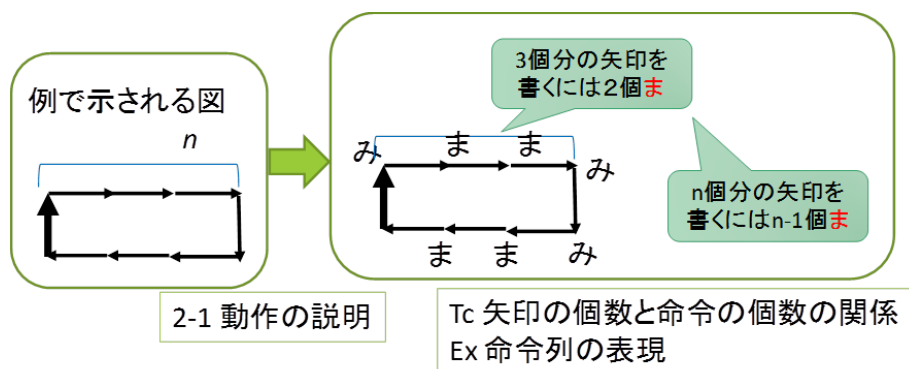


図 21 問 2 の流れ

問3

問3は、命令列に繰り返し構文が導入され、それを利用して問2で得られたアルゴリズムをプログラムとして表現する問題となっている（図22）。

例として、「矢印をn個書くプログラム」が「くり返し」構文を用いて、どのように記述できるか示されている。

解答者は、問2で考案したアルゴリズムを、プログラムとして記述することが求められている。これはプログラミングのループリック「3与えられた機能を満たすプログラムを作成できる」に相当する。

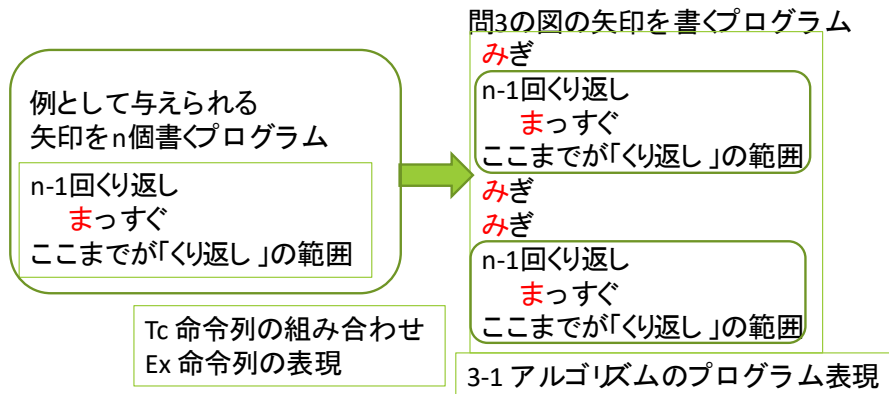


図 22 問 3 の流れ

以上のことができるためには、
Tc命令列の組み合わせを考え
Ex命令列の表現
というTJEの能力が必要になっている。

問4

問4は、問3を発展させた問題であり、命令列の長さの制限がある中で、どのように繰り返し構文を利用したら良いか考えて表現する問題となっている（図23）。

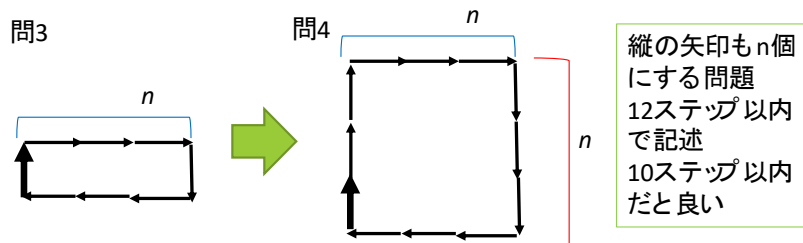


図 23 問 4 の流れ

横だけではなく、縦もn個矢印を描くことを求められている。これを問3のときと同じように繰り返し構文を並べて書くと15ステップ必要となり、基準となる12ステップ以内を満たさない（図24）。

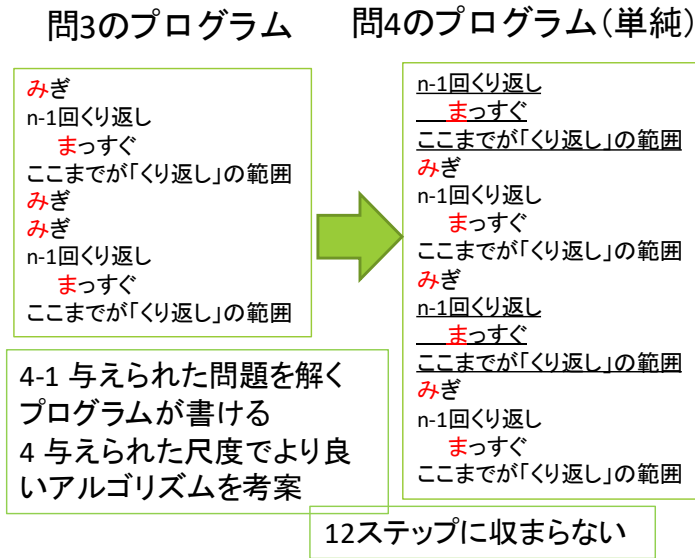


図 24 基準を満たさない例

解答者は、この中で同じ内容が繰り返されていることを発見し、繰り返しを重ねることで短いステップで表現できることを推測、判断できることが求められている (図 25)。これはアルゴリズムのループリック「4 与えられた尺度でより良いアルゴリズムを考案できる」、プログラミングのループリック「4 与えられた機能・要求をより良く満たすプログラムを設計・作成できる」に相当する。

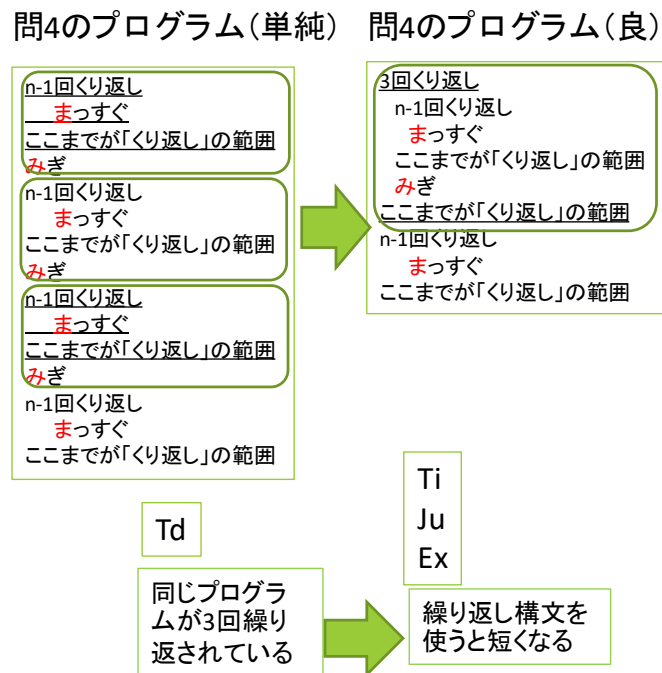


図 25 解答者に求められる推測と判断

以上のことができるためには、

Td同じプログラムが3回繰り返されていることを発見

Ti繰り返しをさらに繰り返すことができることによって、短いプログラムとなることを推測

Ju短いプログラムになることで要求を満たすことができると判断

Exプログラムの表現を構築

というTJEの能力が必要になっている。

検証として利用した問題は、問が1,2,3,4と進むにつれて、ループリックのより高い段階を扱う問題となっていることがわかった。TJEとの関係では、Teはループリックの低い段階から問われるが、Td,Ti,Juと、より高い段階で必要となってくるということがわかった。以上のことから、この問題は、TJEを測定するためには妥当な順番で問が構成されていることがわかる。

(b) 試行試験とループリック

平成30年度に行った試行試験は、ループリックの中で「アルゴリズム」、「プログラミング」、「データの分析」、「データ表現・データ構造」に領域を絞って出題を行なった。IRTを意識したセット1は2分程度で1問を解くことを想定した出題であるが、それぞれの領域のループリックの第2段階まではカバーする幅広い内容となっている。

セット2aの問1は「プログラミング」領域の2-2の能力を問ひ、問2は「データ表現・データ構造」領域の2-2の能力を問ひする設問である。この2問は状況の把握を問われている面もあり、「問題認識」領域の2-1の能力を問ひする問題ともなっている。

セット2bの問1はデータベースの検索であるので、「データ表現・データ構造」領域の2-1,2-2の能力を問ひ、問2は「プログラミング」領域の第3段階までの能力を問ひする設問となっている。

なお、これらそれぞれの試験結果と評価については、5.2.3節を参照されたい。

5.3.4 CBTの新たなユーザインタフェース検討

(1) 研究開発内容

(a) 研究開発の目的

CBTの高度化を狙いとして、新たなユーザインタフェースの検討を行なう。

(b) 研究開発概要

CBTシステムに新たなユーザインタフェースが追加されれば、それに合わせて試験問題を作成することが可能になり、逆に、試験問題の作成を通じて、必要なユーザインタフェースが提案されることもある。そこで、CBTシステムの新しいユーザインタフェースにつ

いての検討を行う。

(2) 事業の成果

(a) 作成したインタフェース

本事業では以下のような新しいインタフェースを備えた出題形式を検討し、それを実現するツールを作成した。

・インタラクティブプログラミング（以後、この問題類型をテーブルワールドと呼称）

プログラミングにおいて重要となる要素の一つに、試行錯誤やデバuggingがある。現実の多くの状況では、最初から正解のプログラムを書き上げるようなことはなく、作成途中のプログラムの動作を確認しながら、段階的にプログラムを完成に導いていくのが普通である。プログラミング能力を問う従来の問題形式では、このような能力を測ることは不可能であった。過去の情報入試研究会主催の模擬試験や本事業で今年度実施した模擬試験では、プログラミングやアルゴリズムに関する問題について、短冊を並べて解答する形式を採用した。短冊式は、プログラミングにおける些末な文法間違いを排除し、本質的な思考力を測るのに向いているが、やはり上述のような能力を確認するようなものではない。

そこで、本事業では、受験者が自身の書いたプログラムを CBT システム上で動作させ、その結果を確認できるような問題形式を提案する（図 26）。受験者がプログラムの実行結果を直観的に認識できるよう、扱うデータや作業領域は 2 次元のテーブルに限定する。様々な難易度や観点の問題に対応できるというのも、この問題形式の利点である。例えば、単にプログラムを書かせるだけでなく、入力例を考えさせたり、仕様を推測させたりするといった問題にも利用可能である。従来は、受験者が手で実行結果を確認していたため、難易度的に 1 次元のリストデータを扱うのが限界だと考えられていたが、このようなインタラクティブな仕組みがあれば、2 次元のデータも十分に出題が可能だと予想される。

平成 30 年度模試では、これを発展させ、ブロックを用いたインタラクティブプログラミングを行う問題を出題した（図 27）。



図 26 テーブルワールド

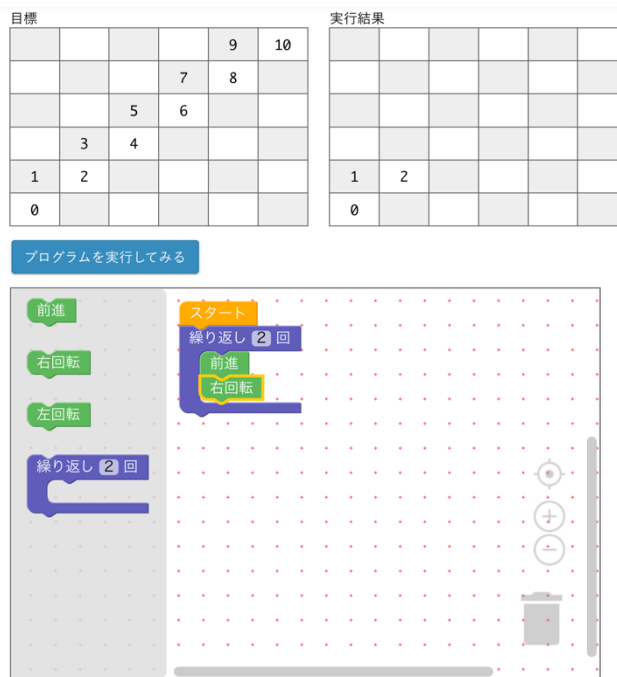


図 27 ブロックを用いたインタラクティブプログラミングの出題

・状態遷移図を用いた問題

状態遷移図は、情報の様々な分野で頻繁に使用される概念であり、モデル化の代表的なものであると言える。しかしながら、残念ながら、現在実現されている CBT システムで状態遷移図を扱えるようなものはほとんど存在しない。紙で行われている通常の試験では、

図を書かせるような出題も可能であり、この制限は CBT への移行によって生まれたものと考えられる。システム上の制約から状態遷移図のような重要な概念を出題できなくなることは、好ましい状況ではない。本事業では、このような状況の改善のためにも、受験者が状態遷移図を描き、実際に状態の遷移を確認できるような機能を CBT システムに組み込むことを検討し、試作した (図 28)。CBT ならではの利点としては、受験者の描いた状態遷移図が簡潔なデータ表現で得られるため、自動採点が可能になるという点が挙げられる。

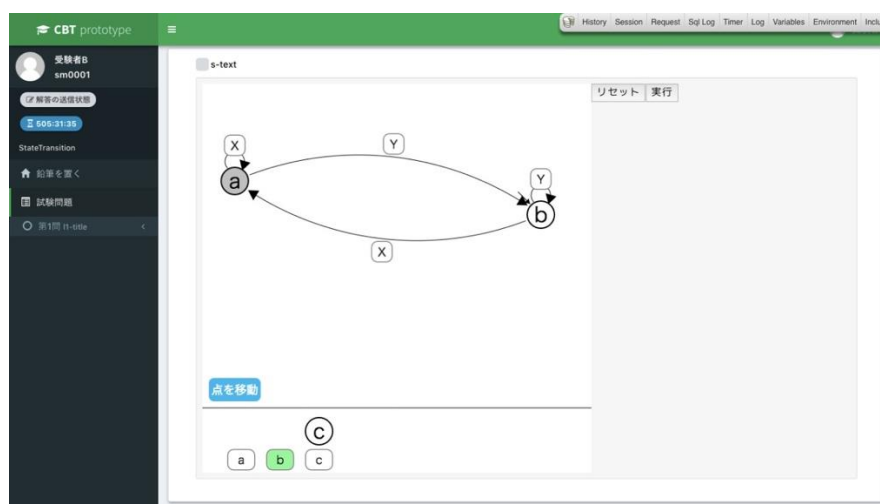


図 28 状態遷移図で解答を行うツール

・ゲームブック形式

医学系 CBT には、順次解答連問形式という次の問題に状況を継続するような設問が用意されている。これにより、ある程度の長さの一連の行動を観察することが可能になっている。ただし、この問題形式では、単に後戻りできないという性質を使っているだけで、受験者の選択に応じて異なる問題が出題されるわけではない。本事業で提案するのは、受験者の解答に応じてゲームブックのように問題の状況が変化するという問題形式である。ゲームブック形式の利点は、複雑なパターンの思考過程を測ることができる点にある。受験者の解答に応じて次の問題が選ばれる点は IRT と同じであるが、IRT とは違って問題の表示順は出題者が指定する。平成 30 年度模試では、この出題形式を用い、プログラムのテストを行う問題を出題した (図 29)。

購入金額は13円です。

- 確認の方法
 - 購入する商品を選んで、『次へ』ボタンを押す
 - 商品は複数選択できる
- 確認作業を終了し、解答（「確認結果」の選択）に進む方法
 - 「確認作業を終了する」のみを選んで『次へ』ボタンを押す

- 1円（税抜）の商品を1個購入
- 10円（税抜）の商品を1個購入
- 100円（税抜）の商品を1個購入
- 1000円（税抜）の商品を1個購入
- 確認作業を終了する

導き出された確認結果をすべて選べ。

- 解答方法
 - 確認できた項目を全て選び、『次へ』ボタンを押す
 - 『次へ』ボタンを押すと再び解答することはできないので注意すること
- 確認作業に戻る方法
 - 「確認作業に戻る」のみを選んで『次へ』ボタンを押す

- 消費税の計算は正しい。
- 消費税を7%として計算している。
- 消費税を7.5%として計算している。
- 消費税を8.5%として計算している。
- 消費税を9%として計算している。
- 消費税を9.5%として計算している。
- 消費税を10%として計算している。
- 消費税の小数点以下が四捨五入したものになっている。
- 消費税の小数点以下を切り上げたものになっている。
- 確認作業に戻る

図 29 ゲームブック形式を用いプログラムのテストを行う出題

・データベースの操作及び設計

PBT では出題できなかった問題として、大量のデータを含むようなデータベースに関する問題がある。コンピュータでは、表示せずにデータを保持しておき、一部だけを受験者に表示するということが可能である。このため、ある程度の規模のデータであっても無理なく問題に組み込むことが可能となる。例えば、データベースへの問合せを試行錯誤させたり、データベースを変形させたりするような問題を出題することが考えられる。平成 30 年度模試では、図 30 のように短冊の並び替えでデータベース操作を行う問題を出題した。

(生徒テーブル)							(部活テーブル)	
生徒番号	クラス	番号	名前	性別	住所	出身中学	生徒番号	クラブ
12061	1	1	六角竜也	男	伊倉町	伊倉第三	12095	演劇
12031	1	2	立花翔太	男	福島町	福島大淀	12075	バレー
12038	2	35	毛利陽菜	女	一宮町	上総	12116	サッカー
12107	2	14	明智裕美	女	茨木町	桜	12091	体操
:	:	:	:	:	:	:	:	:

(科目テーブル)					(成績テーブル)					
生徒番号	芸術選択	文理選択	地歴選択	理科選択	生徒番号	英語	数学	国語	理科	地歴
12001	音楽	文系	地理	化学	12024	78	75	96	85	78
12002	音楽	理系	日本史	物理	12089	48	43	35	44	54
12003	書道	文系	地理	化学	12109	45	38	82	87	84
12004	書道	文系	日本史	化学	12053	36	67	62	58	86
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:

選択肢:操作ブロック

対象 選択 射影 結合

選択肢:テーブルブロック

生徒テーブル 科目テーブル 部活テーブル 成績テーブル

選択肢:項目ブロック

生徒番号 クラス 番号 名前 性別 住所 出身中学 芸術選択 文理選択 地歴選択 理科選択 クラブ
英語 数学 国語 理科 地歴

選択肢:値ブロック

(ブロック内に文字や数などの値を自由に記述できる)

(1)女子生徒の、「生徒番号」「クラス」「番号」「名前」「性別」「住所」「出身中学」

解答欄

対象 生徒テーブル

+ 行を追加 - 削除

図 30 データベース操作を行う出題

(b) 利用評価

ここでは、平成 29 年度、平成 30 年度の試行試験の受験生のアンケートをもとに、作成した CBT の利用評価を行う。

- ・アンケート結果（平成 29 年度：V1）

受験直後に主に CBT システムについて、アンケートを行った。図 31 に、その回答の抜粋を示す。

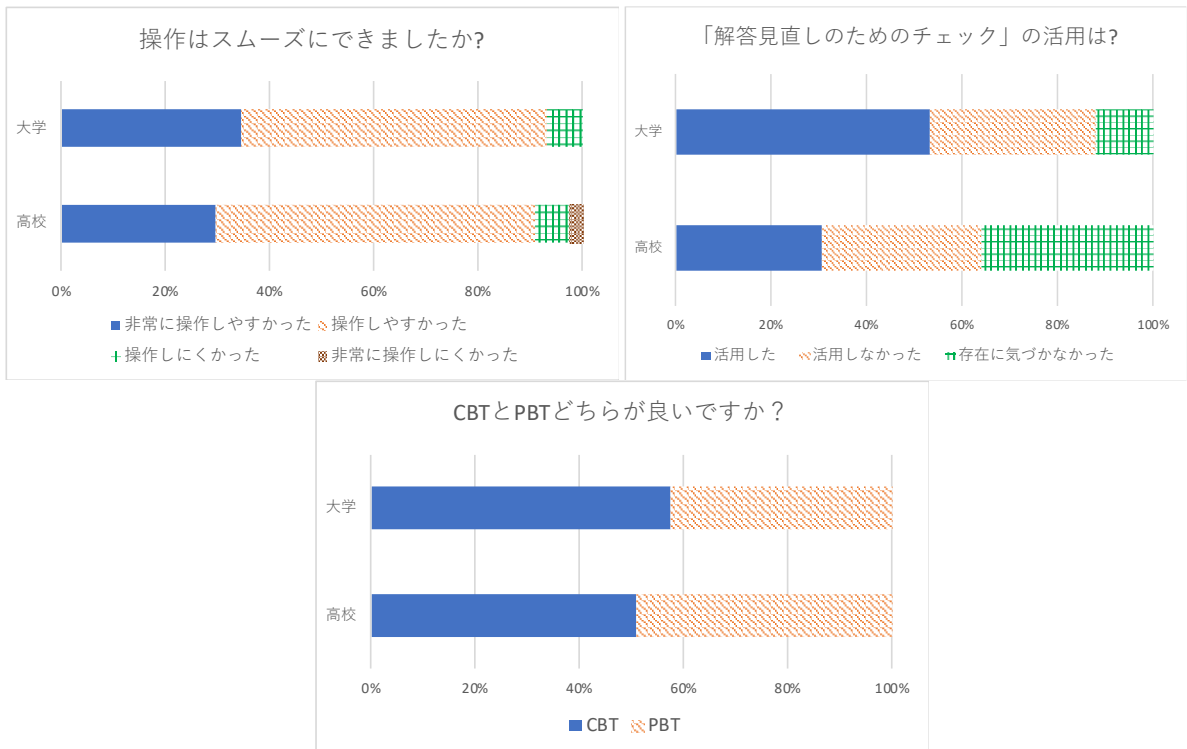


図 31 CBT システムの評価[2017]

「操作はスムーズにできましたか?」に関しては、大学生、高校生ともに9割以上が「非常に操作しやすかった」「操作しやすかった」と答え、大学生では「非常に操作しにくかった」という回答はなかった。操作性に関しては、概ね問題なかったと考えられる。

今回のシステムで提供したサポートインタフェースである「解答見直しのためのチェック」を活用したかという問いに関しては、大学生の半数以上が「活用した」と回答したのに対し、高校生は3割に留まり、約36%が「気づかなかった」と回答している。

紙での出題(PBT)とコンピュータでの出題(CBT)のどちらが良いかを問う質問に対しては、その答えが割れる結果となったが、大学生の方がCBTの方が良いという答えが若干多いという結果であった。大学生の回答を文理で分析すると、CBTを選択した割合が文系58%、理系46%となり、文系がCBTを好むという結果になった。自由記述をあわせて見ると、CBTに対してネガティブな回答としては、

- ・メモは紙、入力は計算機というのが煩わしい
- ・紙だと問題に線を引ける
- ・目が痛い、疲れる
- ・タイピング能力差別だ

などがあった。一方で、ポジティブな回答としては、

- ・CBTは作文がやりやすい
- ・記述で文字数をカウントしてくれるのが良い

- ・字が下手なのでありがたい
- ・かさばらず，ページをすぐに見つけられる
- ・問題の下に解答欄があるのが良い

などがあつた。理系に PBT の方が良いという答えが若干多いことの 1 つの要因として，計算は計算用紙でなければいけないことに対する不満があると考えられる。一方で，作文問題の解答に関しては，図 2 のように入力文字数を表示する機能が評価されており，文系に CBT の方が良いという答えが若干多くなった要因の 1 つとして考えられる。

この他「選択肢問題や計算問題は紙，プログラミング問題は CBT だ」や「どうせならタブレットで」という回答もあつた。また，「CBT でやるならプログラム等を動かせるようにすべき」という回答もあつた。

・アンケート結果(平成 30 年度：V2)

模試の実施にあたって，アンケートを実施した。

まず，操作性についてアンケートを実施した。a.非常に操作しやすかった、b.操作しやすかった、c.操作しにくかった、d.非常に操作しにくかった、の 4 択でアンケートをとつた。その結果、大学で 2a を受験した受験者については a,b の「操作しやすい」という回答が 94.5%、2b を受験した受験者については 90.9%、高校で 2a を受験した受験者については 87.5%あり、システムの操作性に大きな問題がなかったことが確認された（表 23）。一方、高校で 2b を受験した受験者については 65.7%とやや少なくなっている。

表 23 操作性に関するアンケート

	大学		高校	
	2a受験者	2b受験者	2a受験者	2b受験者
a.非常に操作しやすかった	40.0%	32.7%	19.7%	13.6%
b.操作しやすかった	54.5%	58.2%	67.8%	52.1%
c.操作しにくかった	5.5%	9.1%	9.2%	23.0%
d.非常に操作しにくかった	0.0%	0.0%	3.2%	11.3%

文字や図の大きさについてもアンケートをとつたが，適切と答えた受験者が大学の 2a 受験者 92%、2b 受験者 96%、高校の 2a 受験者 90%、2b 受験者 93%となっており、概ね適切であったと考えられる。

今回の試験では，1 ページ構成とした。これについてアンケート調査をしたところ，下記のような結果となつた。約半数が 1 ページ構成を支持している（表 24）。

表 24 ページ構成に関するアンケート

	大学		高校	
	2a受験者	2b受験者	2a受験者	2b受験者
a. 1ページ構成	46.3%	52.7%	51.8%	50.0%
b. 複数ページ構成	14.8%	25.5%	10.1%	9.8%
c. どちらでも良い	37.0%	16.4%	33.5%	30.6%
d. わからない	1.9%	5.5%	4.7%	9.6%

CBT と PBT、どちらが良いかという質問については下記のような結果となった。平成 29 年度のアンケートでは CBT と PBT が半々であったのに対して、平成 30 年度は CBT の方が良いという回答が PBT の 2 倍前後という結果になった (表 25)。CBT ならではの設問としたことにより、CBT の評価が上がったことが伺える。

表 25 CBT と PBT のどちらが良いか

	大学		高校	
	2a受験者	2b受験者	2a受験者	2b受験者
a. CBT	63.6%	74.5%	64.2%	66.8%
b. PBT	36.4%	25.5%	35.8%	33.2%

CBT が良いと答えた人の理由としては、操作が簡単、字を書くのが苦手、採点が容易、プログラミングの問題などでテストランが可能、などの意見が多く見られた。逆に、PBT と答えた人の理由としては、慣れている、目が疲れる、紙でメモを取るのが億劫、全体が見渡しにくい、キーボードやマウスの操作が特異では無い、などの意見が見られた。

5.4 広報活動と動向調査研究

「情報科」大学入学者選抜に関するシンポジウムや大会セッションなどのイベント企画、高等学校や予備校などとの連携、産業界での情報関連スキルのニーズ調査、国内外の動向調査、他教科評価手法検討への知識供与を行なうために、次の5件の課題項目を実施した。

- 4-1) 「情報科」大学入学者選抜に関するシンポジウムや大会セッションなどのイベント企画
- 4-2) 高等学校や予備校などとの連携
- 4-3) 産業界での情報関連スキルのニーズ調査
- 4-4) 国内外の動向調査
- 4-5) 他教科評価手法検討への知識供与

以下、課題項目ごとに研究開発内容と成果を示す。

5.4.1 「情報科」大学入学者選抜に関するシンポジウムや大会セッションなどのイベント企画

(1) 研究開発内容

(a) 研究開発の目的

「情報科」大学入学者選抜に関するシンポジウムや大会セッションなどのイベント企画、高等学校や予備校などとの連携、産業界での情報関連スキルのニーズ調査、国内外の動向調査、他教科評価手法検討への知識供与を行なう。

(b) 研究開発概要

本事業に関するシンポジウムイベントを開催するとともに、学会活動等を通して一般に広く周知するとともに意見聴取も行なう。

(2) 事業の成果

本プロジェクト主催のシンポジウムおよび情報処理学会等での発表状況を報告する。

【平成28年度】

- ① 情報処理学会第79回全国大会のセッション
 - ・日時:平成28年3月16日(木)
 - ・会場:名古屋大学
- ② 第1回シンポジウム 2025年の高校教科「情報」入試を考える(本事業主催)
ー思考力・判断力・表現力を評価するー
 - ・日時:平成28年3月20日(月)
 - ・会場:グランフロント大阪ナレッジキャピタルカンファレンスルーム

【平成29年度】

- ① 日本情報科教育学会全国大会第10回全国大会
 - ・日時:平成29年7月1日(土)、2日(日)
 - ・会場:大阪芸術大学
- ② 理工系情報学科・専攻協議会研究会
 - ・日時:平成29年7月21日(金)
 - ・会場:早稲田大学
- ③ 全国高等学校情報教育研究会(全高情研)
 - ・日時:平成29年8月9日(水)、10日(木)
 - ・会場:電気通信大学
- ④ 情報処理学会情報教育シンポジウム(SSS2017)
 - ・日時:平成29年8月17日(木)～19日(土)

- ・会場: ウィンストンホテル・ユーカーリ(千葉)
- ⑤ 大学入学者選抜改革推進委託事業『個別学力試験「国語」が測定する資質・能力の分析・評価手法に関する研究』セミナー
 - ・日時: 平成29年8月23日(水)
 - ・会場: キャンパスプラザ京都2階第3会議室
- ⑥ 2017-9FIT文部科学省大学入学者選抜改革推進委託事業
 - ・日時: 平成29年9月12日(火)
 - ・会場: 東京大学(本郷)
- ⑦ 高校教科「情報」シンポジウム2017秋(ジョーシン秋)
 - ・日時: 平成29年10月28日(土)
 - ・会場: 早稲田大学西早稲田キャンパス55N号室1階大会議室
- ⑧ 第2回シンポジウム2025年度の高校教科「情報」入試を考える(本事業主催)
 - ー思考力・判断力・表現力の教育／評価方法とCBT化ー
 - ・日時: 平成29年11月25日(日)
 - ・会場: 大阪学院大学
- ⑨ AXIES+IPJSJ-GE主催の「これからの大学の情報教育」シンポジウム
 - ・日時: 平成29年12月16日(土)
 - ・会場: 広島大学未来創生センター
- ⑩ 日本情報科教育学会設立10周年記念次世代コロキウム
 - ・日時: 平成29年12月23日(土)
 - ・会場: 日本大学文理学部100周年記念館(桜上水)
- ⑪ 情報処理学会第80回全国大会
 - ・日時: 平成30年3月14日(水)
 - ・会場: 早稲田大学

【平成30年度】

- ① 平成30年度全国大学入学者選抜研究連絡協議会大会(第13回)
 - ・日時: 平成30年5月24日(木)～26日(土)
 - ・会場: 電気通信大学
- ② NewEducationEXPO2018
 - ・日時会場: 平成30年6月7日(木)～9日(土)、東京ファッションタウンビル
平成30年6月15日(金)、16日(土)、大阪マーチャングッズ・マート

- ③ 第11回日本情報科教育学会全国大会
 - ・日時:平成30年6月23日(土)、24日(日)
 - ・会場:学芸大学
- ④ 理工系情報学科・専攻協議会
 - ・日時:平成30年7月20日(金)
 - ・会場:北陸先端科学技術大学院大学
- ⑤ 全国高等学校情報教育研究会
 - ・日時:平成30年8月9日(木)、8月10日(金)
 - ・会場:秋田公立美術大学
- ⑥ SSS2018
 - ・日時:平成30年8月19日(日)～21日(火)
 - ・会場:熊本県水俣市
- ⑦ 第3回シンポジウム2025年度高校教科「情報」入試を考える(本事業主催)
 - －思考力・判断力・表現力を評価する試験問題の作問方法－
 - ・日時:平成30年12月9日(日)
 - ・会場:大阪学院大学
- ⑧ 情報処理学会第81回全国大会
 - ・日時:平成31年3月14日(木)
 - ・会場:福岡大学

5.4.2 高等学校や予備校などとの連携

(1) 研究開発内容

(a) 研究開発の目的

「情報科」大学入学者選抜に関するシンポジウムや大会セッションなどのイベント企画、高等学校や予備校などとの連携、産業界での情報関連スキルのニーズ調査、国内外の動向調査、他教科評価手法検討への知識供与を行なう。

(b) 研究開発概要

新学習指導要領や新しい入学者選抜試験、特に「情報科」の取扱いについて、高等学校や予備校などと意見交換することにより、「情報科」入学試験の導入が円滑に行えるよう工夫する。

(2) 事業の成果

5.4.1に示したシンポジウム等を通して、高等学校や予備校などとの情報交流を行った。

開発したCBTを利用したいという高校や予備校から問い合わせがきている。今後、相互にメリットがあるような適用法を検討する。

5.4.3 産業界での情報関連スキルのニーズ調査

(1) 研究開発内容

(a) 研究開発の目的

「情報科」大学入学者選抜に関するシンポジウムや大会セッションなどのイベント企画、高等学校や予備校などとの連携、産業界での情報関連スキルのニーズ調査、国内外の動向調査、他教科評価手法検討への知識供与を行なう。

(b) 研究開発概要

理工系一般学生の情報関連スキルについて、産業界でのニーズ調査を行なう。次年度以降、評価項目設定などに適切に還元することをめざす。

(2) 事業の成果

(a) 業務の成果

5.4.1に示したシンポジウム等を通して、産業界との情報交流を行った。

あわせて、PISAの成人版PIAACの調査などを通して、世の中のニーズを把握した。この結果を、作問、CBT開発に反映した。

5.4.4 国内外の動向調査

(1) 研究開発内容

(a) 研究開発の目的

「情報科」大学入学者選抜に関するシンポジウムや大会セッションなどのイベント企画、高等学校や予備校などとの連携、産業界での情報関連スキルのニーズ調査、国内外の動向調査、他教科評価手法検討への知識供与を行なう。

(b) 研究開発概要

国内外の情報教育の状況を調査する。

(2) 事業の成果

(a) 国内外の動向調査

本事業の活動として、外国・日本国内における情報に関連する入試動向の調査を行なった。本節では、以下の国について述べる。

-日本

- イギリス
- アメリカ合衆国
- 中国
- エストニア
- ロシア
- インドネシア
- インド
- オーストラリア
- カナダ

① 日本

これまでの、日本国内での、高校教科「情報」や情報活用力に関する入試動向について記す。

まず、高等学校の情報科が設置されるより前、1993年から実施された高等学校学習指導要領では、数学Aに「計算とコンピュータ」、数学Bに「算法とコンピュータ」、数学Cに「数値計算」が領域として設定された。これにともない、大学入試センター試験においても、数学Aと数学Bの選択問題に、BASIC言語で書かれたプログラムを見て、その動作を確認させたり、計算内容の意味を問う問題が出題されていた。

さらに、1997年からは、工業科や商業科などの専門科を卒業する学生を主な対象として想定した「情報関係基礎」が、大学入試センター試験で出題されるようになった。

2003年から高等学校で実施された教科「情報」に対しては、2006年度入試において、いくつかの大学が、普通教科「情報」(後に、共通教科「情報」)の領域を出題した。専門教科「情報」のほうは、対応する問題を出題する例はなかった。だが、「情報」の入試は受験生が非常に少なく、多くの大学が出題を中止している。

なお、大学入試における情報科の出題の変遷については、本委員会委員の中野が開設しているWebサイト「中野情報教育研究室」(<http://www.nakano.ac/>)にまとめられている。

その中でリストアップされている高知大学理工学部情報科学科を訪問した。

訪問概要は、以下のとおりである。

- ・ 2019年3月26日14時20分～16時、高知大学朝倉キャンパス理工学部情報科学棟
- ・ 応対者:豊永昌彦氏、高田直樹氏、鈴木一弘氏
- ・ 訪問者:西田、鈴木

以下は高知大学の先生からの説明やコメントをまとめたものである。

情報入試を始めた理由は、改組で学部の組織や学科名が変わり、本学科が「情報」の教育研究を行う組織であることが受験者から認識されにくくなったため、情報系学科であることをアピールすることで、情報A～Cの時代に開始して現在に至っている。学科のメンバー10名の中から他の入試にも人員を出している状況でのやりくりはマンパワー的に苦しいが、思考力・判断力・表現力を問うような作問を、多くの高校で使っている教科書を調査してその用語や内容の範囲で出題している。

工業高校や商業高校からの学生は教科情報を手厚く勉強しているので入学が期待される。普通高校からの学生は教科情報が手薄なのを自習でカバーして受験している。入試の情報で点数が高い学生は入学後も情報系の科目が良くできる。

本プロジェクトが作成したものについてのコメント:(1)問題例を見ると作題のコストが非常に大きいように感じる。(2)当該学科の教育についていける思考力・判断力・表現力がある学生を獲得するのに、作成されたルーブリックにまんべんなく沿った問題で選抜を行う必要はないと考えられる。

今後に向けた意見:(1)高校の教科情報の教科書は知識偏重であり、アルゴリズムに特化した単元を設けるべきで、例題も少なすぎる。(2)プログラミングの出題を容易にするために、教科書レベルで疑似言語を含む共通言語を設定すべきである。(3)現在の教科書には情報科学的に間違った説明が散見され、掲載内容のレベルが他教科ほど統一されていないのも含めて改善すべきだ。

② イギリス

訪問概要は、以下のとおりである。

- ・ 2月6日:Coundon Court, Northbrook Road, Coventry ロンドンから150km離れたところにある、公立中等教育学校
- ・ 2月7日:UCL Institute of Education (UCL:University of London, University College London) ロンドン大学の一部であり、世界的に著名
- ・ 訪問者:辰己、久野、本多、小俣(UCLの大学院生)

イギリスの大学入試制度の概要は、以下のとおりである。

試験のレベルは次の3種類があり、試験を受けさせるかは大学が決める。したがって、志願者が希望した大学が求める試験を受けることになる。

- ・ GCSE (General Certificate of Secondary Education)
- ・ GCE

- ・ GCE A level

イギリスでは、大学入試センターのような組織はない。政府機関はOfqual (The Office of Qualifications and Examinations Regulation) であるが、ここは、自ら出題するのではなく、各試験団体を監督している。

試験団体は、大きくAQA (Assessment and Qualifications Alliance)、OCR (Oxford, Cambridge and the Royal Society of Arts Examinations)、Edexcel (educationとexcellenceの造語)、CCEA (Council for the Curriculum Examinations & Assessment)、WJEC (Welsh Joint Education Committee)の5つがあり、Edexcelを除いてNPOとして運営されている。また、どの試験団体の試験を受けるかは高校が決め、試験の採点は高校教員が行ない、採点済答案を試験団体が抜きうちチェックすることで、採点の公正性を確保している。

なお、イギリスの大学入試にはICTという科目があったが、平成28年度で終了した。一方、2011年度からComputingという試験科目が出題されるようになり、これは、平成29年度からComputer Scienceと名前を変える予定である。この試験では、疑似コード(pseudo code)を書かせたり読ませたりする内容になっており、先のCoundon Courtでの授業も、これに対応したものであるといえる。情報領域を課している大学は多くなく、受験生全体の5%程度が受験するに留まっている。(なお、日本は、センター試験50万人のうち、600名程度(0.12%)が情報関係基礎を受験する。)

③ アメリカ合衆国

訪問概要は以下の通りである。

アメリカ東海岸(概要)

- ・ 2月16-17日ビンガムトン大学
- ・ 2月20-22日プリンストン大学、カレッジボード
- ・ 訪問者:萩谷、本多、角谷

SIGCSE (ACMの研究会)

- ・ 3月6-14日シアトル
- ・ 訪問者:中野、和田、谷、本多、角谷

ここでは、上記をまとめて報告する。

- ・ CS (Computer Science)はABET (Accreditation Board for Engineering and Technology)の認証を継続。

- ・ 工学部では、初年次では学科に分かれていない。学科に分かれた後は、学科ごとにprogrammingなどの授業がある。たとえばEECE (Engineering and Computer Engineering) ではLabviewを使う。
- ・ GPA (Grade Point Average) やSAT (Scholastic Assessment Test) などの点数が優先される。APやプログラミング経験などはボーダーの状況でしか有効にならない。
- ・ AP (Advanced Placement)
 - USとカナダではAPは一般的。
 - 高校で大学レベルのコースがとれる。
 - 年度末のテストのスコアで単位認定。
 - プロバイダが実施し、Collegeboardがレビューをする
- ・ AP Computer Science Principles Including the Curriculum Framework
 - Explore Performance Task 8 hours 16%
 - Create Performance Task 12 hours 24%
 - End-of-Course Exam 2 hours 60%
- ・ The AP Computer Science Principles Exam Page
 - Explore Scoring Guidelines
 - Create Scoring Guidelines
- ・ Computer Science Principle (CSP)
 - USでのCS教育を広げる必要性から生まれた。
- ・ CS教師
 - US全体での教育プログラムがない
 - 教師不足は日本と同じ
- ・ 30,000人の受験者、採点は250人。
- ・ 1週間かけて、トレーニングしたり採点基準をすり合わせている。
- ・ CSPのカリキュラムがしっかりして、評価の基準も詳細に定めてそれを公開している。

④ 中国

訪問概要は以下の通り。

- ・ 2月22日 東華大学
- ・ 2月23日 上海交通大学
- ・ 萩谷、和田、斎藤が訪問した。

大学の情報教育に関する意見交換を行なったが、結果としてわかったことは、中国は国土が広大で、地域の違いと入試の時間の制限があるので情報入試は困難であるということであった。

⑤ エストニア

エストニアは事情に詳しい人からの聞き取り調査を行なった。

- ・ 高校の情報関連の単元:受講している生徒の数はわからなかったが、ほぼ全ての学校で何らかの情報関連の授業が開講されている事がわかった。少しずつれるが中学校では85%で情報関連の授業が開講されている。
- ・ 教員養成:情報関連の事柄を専門的に学ぶ学生には、報告書内にあったタルト大学の修士課程と、報告書外になるがタリン大学の学部で2003年から情報系の教員を養成する授業を受けられる。
- ・ ただしエストニアでは国の教育免許ではなく、教育学部または専門の大学の卒業証書を元にして教員を採用するらしく、また学校で教える事ができる教科は大学で学んだ専門に限定されないようである。これは教員の数が足りていないのが理由。
- ・ 情報系教育のカリキュラム
最新の状況ではカリキュラムの標準を整えていく方向で話が進んでいるようである。また2016/17年に中学と高校でITスキルのテストを試行し、2020年までにすべての義務教育を終えた生徒が一定以上のITスキルを持つようにすることを目標にするようである。
- ・ 2018年から高校の全ての必修科目と5つ程度の選択科目でeラーニングの試行を開始するようだ。最終的には全てまたは一部をeラーニングで行う高校を開設する予定である。

⑥ ロシア

ロシアは、本委員会委員の辰己が、ウラジオストクにある極東連邦大学の中村純教授(元・広島大学)からの聞き取りによって、以下の事情を得た。

- ・ 統一国家試験
- ・ 必須が2科目(ロシア語と外国語?)
- ・ 3科目選択(選択科目には情報もある。)
- ・ 3科目の選択は大学の学部が決める。
- ・ 例:極東連邦大学では数学学部、情報学部、経営情報学部では、情報の受験が

指定される。

⑦ インドネシア

インドネシアのCBT試験実施を紹介した日本発行の新聞記事を入手した。

<http://www.jakartashimbun.com/free/detail/24270.html>

これによれば、試験の正式名称は「Ujian Nasional」で、約5万人程度が、CBTによる受験を行なった、ということがいえる。

⑧ インド

・訪問先、対応者、訪問日

Global Edge School Kukatpally、校長他3名、3月28日

The Indian Institute of Technology Hyderabad(IIT Hyderabad, IITH)、片岡広太郎准教授、3月29日

在インド日本国大使館、児玉大輔一等書記官、3月30日

・訪問者

辰己、谷、中野

・調査結果

初等中等教育のカリキュラムは、the Council of Boards of School Education in India(COBSE)に加盟する種々の組織が策定している。代表的な機関にthe Central Board of Secondary Education(CBSE)がある。

CBSEのSecondary School Examinationの中にも、情報関係の科目が用意されている。例えば、Class Xの"FOUNDATION OF IT"には269,997名が、Class XIIの"INFORMATICS PRAC."には65,742名が登録をしていた。しかし、科学技術と工学で高い教育水準・研究水準を誇るインド工科大学(Indian Institutes of Technology)に進学するには、Joint Entrance Examination(JEE)を受験する必要があり、JEEの科目は、数学・物理・化学のみであるため、JEE受験を課せられる大学への進学を希望する生徒は、早い段階から数学・物理・化学の勉強に注力するが多い。

なお、JEE受験資格の一つにCBSEのSecondary School Examination Class XIIかそれに相当する資格認定試験を受験(appearance)することが含まれている。2017年は約120万人がJEE(Main)を受験し、その上位22万人がJEE(Advanced)を受験する資格を得た。この成績に基づき、進学先が決まる。IITは現在16校あり、2015年は約8000名が入学をしている。

JEE(Main)は、紙と鉛筆で行う試験とCBTで行う試験の両方が用意されている。2017年のJEE(Main)では全インドで113箇所の会場でCBTで受験できた。また、受験料はCBTが紙と鉛筆の半額となるように設定されている。このようにCBTを積極的に活用しようとしている。

⑨ オーストラリア

・訪問先、対応者、訪問日

マッコーリー大学、Michael Sheng教授他7名、3月27日

シドニー大学、Ehssan Sakhaee部長、3月28日

クイーンズランド大学、NecmiK.Avkiran他1名、3月29日

・訪問者

森田、藤原、西村、松岡、杉山

・入手資料

「Higher Degree Research | 2017」冊子、マッコーリー大学

「International Research Training Partnerships Framework2017」冊子、マッコーリー大学

「HSC Exam」統一試験に関する情報

<http://www.boardofstudies.nsw.edu.au/>

「2017 Minimum Entry Requirements」冊子、クイーンズランド大学、

https://future-students.uq.edu.au/files/5625/Intl_Minimum_Entry_Requirements_2017.pdf

「QCS Test」統一試験に関する情報

<https://www.qcaa.qld.edu.au/senior/qcs-test>

・調査結果

オーストラリアの東部2州における情報教育の現状から、情報科を含む入試制度や内容について調査を行った。その結果、同州での状況に関して十分な情報が得られた。情報科の入試問題についても、どのようなことを問うているのかがよくわかった。現実的な問題に対処する能力(思考力を含む)を問う問題も出題されている。例えば、

An organization is experiencing frequent computer virus infections. Outline actions that could be taken to prevent this from continuing.

What precautions should be taken when moving a 30 kg printer from a storeroom to an office?

などがある。採点基準も難しそうに思われるし、日本との教育内容の違いもあるが、身近な問題で、能力を測ることも重要であると思われる。

⑩ カナダ

・訪問先、対応者、訪問日

クイーンズ大学、SelimAkl教授他18名、3月27日～29日

・訪問者

渡辺、Constantin Siriteanu、鐘ヶ江

・調査結果

CBTはカナダでは導入していないものの、問題点・利点等について意見交換をすることができた。また、思考力、判断力、表現力を養うための入試・教育について文化の異なる両大学間で多くの意見交換を行うことができた。今後CBTを導入するにあたっては、相手先大学でいただいた意見等をもとに、不正行為の防止策などの検討を行う必要がある。

(b) 国内の動向調査

国内の動向調査として、次のように第13回、17回、18回の会議にそれぞれ講師を招聘し、講演いただいた後、質疑応答を含み議論を行った。その内容とともに、本研究での対応について報告する。

(i) 第13回大学入学選抜改革推進委託事業全体会議(2日目)平成29年9月24日(日)

・テーマ：「データベース実習支援ツール sAccess について」

・講師：岡山大学全学教育・学生支援機構教育開発センター准教授長瀧寛之氏

内容は、講師から sAccess のデモを行いながら概要説明があり、その後全体で議論を行った。その記録は、次のとおりである。

・概要説明

sAccess とは、一般情報教育で使えるデータベース (DB) の演習ツールである。開発の経緯として、高校の情報科の授業では DB の演習は取り上げられることが少なく、せいぜい2時間の枠で、Microsoft Access か Microsoft Excel が利用される程度である。そこで、リレーショナル DB (RDB) の基本操作である、選択・射影・結合のみに絞り、Web アプリとして実現した。具体的には、下記のサイトでデモを行った。

<http://saccess.eplang.jp->saccess2.eplang.jp/saccess/index.php>

機能の特徴として、プリセット DB (テーブル設計がなされ、データが入力された) があることだ。プリセット DB には、コンビニ (売上・商品)、レンタル (貸出・顧客・商品)、生徒名簿 (生徒・選択科目・クラブ・生徒成績)、図書館 (貸出・生徒・図書・著者・分類) の 4 つがある。これらから選択して、演習を開始する。データすでに入力されているため、演習前に DB を用意する手間が省ける。

コマンドは、RDB の問い合わせ言語 SQL を類似の日本語で記述し、フィールド名を続けることで、実行できる。例えば、[選択曜日] これだけで、曜日と日のフィールドを取り出せる。データのテーブルへの追加修正もできる。

システムは、DB を操作する環境だけであって、どういう問題を使うかは別途考えることができる。DB を修正しても、選択した端末 (自分) だけにしか影響しないように設計されている。クラス機能を使えば、DB を共有もできたため、さまざまな DB の活用演習を作ることができる。日本語の命令は、類義語までである。また、ログ機能として、コマンドの履歴が記録され、閲覧ができる。これによって、利用者のコマンドの利用経過が観測できる。

・まとめ

このほか、要望として、「ログをもう少し分かりやすく確認できる機能が欲しい」「リアルタイムにエラーの状況がわかるとよい」という意見に対し、「エラーの例には、カンマを入れそこなうとか、wild card (*) を入れてしまうと、google 検索で使うパターンを入れて動かないといったものがある」とあった。

この説明とデモを参考に、V2 問題として、データを対象とした問題も重要であることを認識した。その反映として、データベースの問い合わせ操作を行う出題や、データを対象として整理加工する出題を検討することとした。

(ii) 第 17 回大学入学選抜改革推進委託事業全体会議(2 日目)平成 30 年 1 月 28 日(日)

- ・テーマ：次期学習指導要領に関して
- ・講師：大阪電気通信大学工学部電子機械工学科教授兼宗進氏

・概要説明

内容は、講師から次期学習指導要領案の概要説明があり、その後全体で議論を行った。

・まとめ

正式に公表されていない内容であること、入試とどのように関係付けるか、具体的な施策を引き出すことは難しかった。このレクチャを参考に、情報デザインを意識した出題も検討対象とすることとした。

(iii) 第 18 回大学入学選抜改革推進委託事業全体会議(2 日目)平成 30 年 2 月 25 日(日)

・テーマ：情報科の思考力・判断力・表現力の評価方法に関する認知心理学からの考察について

・講師：東京学芸大名誉教授次世代教育研究推進機構特命教授等岸学氏

・概要説明

講師から OECD・PISA と日本の指導要領の関係、今後の教育における世界潮流、試験問題の作成ポイント、などの講演がスライドを使って行われた。講演中にも、質問が出るほど、活発な議論がなされた。

・まとめ

講演の始めにあった、ワーキングメモリの大小に関する話で一同に衝撃が走った。その後の OECD⇒PISA⇒学習指導要領の関係性、TJE の起源に関する講演から、現在の委託事業の本質をあらためて認識し直した。また、「入試問題は学生へのメッセージと考える」から、「長文読解が情報科で必要ならそれを出题すればよい」という講演から、現状の問題作成について自信を持つことができた。さらに、問題作成に必要と指摘された項目仕様書の作成なども検討課題となった。

最後に、生まれながらにして、スマートフォンを操作し、インターネットから情報を得て、自ら発信するデジタルネイティブの能力測定には、情報学分野だけでなく、認知心理学など他分野との共同研究の必要性も浮き彫りになった。

5.4.5 他教科評価手法検討への知識供与

(1) 研究開発内容

(a) 研究開発の目的

「情報科」大学入学者選抜に関するシンポジウムや大会セッションなどのイベント企画、高等学校や予備校などとの連携、産業界での情報関連スキルのニーズ調査、国内外の動向調査、他教科評価手法検討への知識供与を行なう。

(b) 研究開発概要

CBTについて、他教科への知識提供を行う。

(2) 事業の成果

5.4.1に示したシンポジウム等を通して、社会科の検討グループにCBTに関する情報提供を行った。CBT運用マニュアルも公開した。

6. 提言

本事業では、事業期間の3年にわたり、本邦でこの分野においておよそ考えうる最高の人材に参加してもらい、膨大な精力を費やして、情報分野の試験問題に関する現在の思考力・判断力・表現力を適切に測る試験問題とはどのようなものがありうるか、評価する基準となるルーブリックはどうなるのか、それをCBTで実施するには試験問題の面とそれに用いる情報システムの両面においてどのようにすればよいか、の各面について検討を続けた。その結果として得た結論・成果はこれまでの章にすべて記してある通りである。

以下個別に提言を述べるが、国際的に見れば、先進国でも開発途上国でも、「情報分野の教育を重視しなければならないのは議論する必要もないほど当然のことであり、もし今それを怠れば将来の国の存亡にかかわる」という認識は相当以前から当然のこととなっている。このことは本事業での海外調査からの海外在住研究の経験を持つ委員の経験でもあり、また本事業の一部として行なった海外調査からも共通していることである。残念ながら我が国では、この認識が国全体一般の共通認識であるとはいえないのが現状だが、この認識に立ち情報教育をなおいっそう推進すべきであり、その重要な手段として情報入試に関し上記のような施策を実現すべきである。

(1) 大学入学試験における高等学校共通教科情報科の試験の必要性・重要性

—思考力・判断力・表現力の観点から

思考力・判断力・表現力（以下本事業内で創案した言葉「TJE」—Think、Judgement、Explain—を用いて呼ぶ）はもちろん情報科に限らず教育全体の柱として打ち立てられているものだが、もともと情報分野は単なる表面的な知識・技能を重視するものではなく、TJEなかでも思考力と判断力が意味あるものとする分野である。表現力についても、本事業ではこれを文章や図による表現だけでなくプログラミング言語や疑似プログラミング言語によるアルゴリズムの表現を含むものと定義し、すなわちやはり情報分野と深い関係があるものととらえている。

高等学校共通教科情報科は、今回の改訂※（※2022年度から施行のもの：以下「新学習指導要領」）で、従来からより強くその特色が打ち出され、かつそのうち「情報 I」が初めて（選択必修科目ではなく）必修科目となった。共通教科情報科はTJEに関する能力を養うという面が大きい（これまでもそうであったのだが今回の改定でいっそう）教科であり、それに関する入学試験を行なうことは、TJEに関する素養を測るのに相当程度適していると言える。

新学習指導要領に基づいた学年が大学に入学する年度に予定されている大学入学共通テスト（以下「共通テスト」）には共通教科情報科の試験を新設が想定されている。これはたいへん意味のあることであり、入学試験に単に従来の教科と並ぶものが一つできるという

ことではなく、それにより当該受験生の TJE に関する基本的な能力が測定できるということである。したがってこれは、情報分野を専門とする大学の学部学科は当然のこと、いわゆる「理系」にとどまらず、「文系」と呼ばれるところを含むあらゆる受験生に関し、基礎的学力の重要な要素を測定する試験として広く必修試験科目として課されるべきである。

かつまたその入学試験は、情報を専門とする学部学科を志望する高校生だけが受験すればよいとするものではなく、また、受験生が任意に選択するいくつかの受験科目のひとつとしてではなく、できるだけ広い分野の志願者に対し、制度上これを受験することが必須でありその点数の高低が志望する大学学部学科の可否に直接に影響を及ぼすような受験科目となる必要がある。すなわちたとえば現行のセンター試験の「外国語」（主には英語）のように、文系理系を問わずあらゆる大学学部学科における入学試験において、共通テストの中で受験すべき科目（受験していなければ出願する資格を失う科目）として制度上定められ、合否判定においても、他の科目に比べて相当程度の重みをもった点数配分がなされるべきである。それではじめて、大学受験に必要な勉強にかたよってしまう、大学進学をめざす受験生やそれをとりまく受験界が、情報分野の学習にも相当程度力を入れなければならない、とすることが必要である。

もちろん、大学入試に出題されるから、それに正解する能力に絞って勉強する、といういわゆる「受験勉強」は、勉強・学問としてたいへんいびつな姿であり決して望ましいものではない。しかし多くの若者が（その中でも大学進学を目指す者たちが）相応の精力を割いて情報分野を学ぶようにするためには、實際上、これしか道は無いと考える。また、共通テストに限らず、各大学が主体となって行なう「個別入試」に関しても、共通テストでの共通教科情報科の試験と相互補完する形で広く行われるべきである。言うまでもなく、共通テストはあらゆる大学学部学科に進学を希望する生徒に共通して必要となる素養を測るものである。それに対してその範囲を超えること、すなわち特定の大学学部学科で学ぶにあたって特に必要になる素養を測るためのものである。そのためどのような試験を行なうかは当然その学部学科の分野・特性により全く異なるが、いわゆる「文系」を含めた多くの学部学科において、共通教科情報科で学ぶ事項を中心とした高等学校段階での情報分野の素養は重要なことであり、広い範囲の大学学部学科で実施されるべきである。

特に、情報を専門とする学部学科、あるいは学部学科名に「情報」の文字が含まれている学部学科は、そのアイデンティティとして、当然、入学を希望する者には共通テストのうちの共通教科情報科の入学試験を必須として課し、かつそれを補完する独自の共通教科情報科の入学試験を課すことで、当該分野を志す生徒に関しその素養を十分に測るべきである。そうでないのは、例えば理学部数学科の入学に際し数学の入学試験を全く課されないのと同様におかしなことである。

(2) 高等学校共通教科情報科「情報Ⅰ」「情報Ⅱ」の必要性・重要性

大学入学者選抜を対象とする本事業の範囲からはやや逸脱するが、高等学校共通教科情

報科の必要性についてここで触れる。

高等学校での情報教育の重要性はすでに 20 世紀のうちから叫ばれていた。2002 年度まで実施された高校学校学習指導要領では、まだ情報分野を教科として正面から扱うものは存在せず、各教科において「教科横断的」に情報教育を強化することになっていた。しかし実際には既存教科はそれぞれの従来からの枠組みを越えることがあまり無く、これを踏まえて 2003 年度実施の学習指導要領において、普通教科「情報」（当時の名称）が設けられた。これは、「情報 A」「情報 B」「情報 C」のうち 1 科目の選択必修であり、それに続く 2013 年度実施の学習指導要領では「社会と情報」「情報の科学」のうちからの選択履修であった。

2022 年度実施の学習指導要領において、情報の科学的な理解をも相当程度重視した「情報 I」が必修科目となったのは大きな前進である。しかし依然として 2 単位科目であり、それだけでは十分ではない。TJE の視点から見ても、情報分野における TJE を育てるには「情報 I」だけでは足りない。それを補完するのが「情報 II」であり、これは決して「理系志望」の生徒だけのものであってはならない。必修科目ではないものの、多くの高校生が「情報 I」のあとに「情報 II」を学ぶようにする必要がある。

(3) CBT の有効性と必要性

CBT(Computer Based Testing)はもとより情報分野のみのものではないが、情報分野においても、PBT(Paper Based Testing:従来の問題用紙や解答用紙による試験)では困難であるいくつかのことが可能になる。例えばプログラムを作り解答するだけなら PBT でも可能だが、CBT では作ったプログラムを試験中に実行させ確認後に解答することや、プログラムによりシミュレーション等を行ないそこで観察できた現象等を解答するなどの問題も出題可能になる。

また、共通教科情報科に関する試験問題そのものの作成も相当の量を行なったが、これは前述のように、本邦でこの分野においておよそ考えうる最高の人材が、その労力の相当程度を割いて力をあわせた結晶であり、共通教科情報科が実施される現場である全国の高等学校で、多忙かつ限られた人数の先生方が同程度の問題を日常作成して生徒の練習や評価に供するのはきわめて困難である。本事業の後継として、国レベルでしかるべき人材を結集して作問を行ない、それを、CBT を実現するクラウドシステムを通じて全国の高等学校教育現場に提供することが望ましい。それにより、高等学校の現場の先生方個人では困難な、洗練された試験問題を用いた教育が可能になる。

(4) 本事業の後継体制－財政・事務処理・施設面でのサポート

本事業は、限られた（20 人程度）の人数で行なった試作・試行・研究である。我々はその範囲において可能な限りの努力を 3 年間積み重ねてここにその成果を報告した。

本事業では研究者が本務の合間を縫ってあらゆる雑務を含むすべての作業を行なってお

り、当然、実際の大規模な大学での入試やセンター試験規模の入試において、その作問や実施をこのような体制で行なうことは無理である。この先は、大学入試センターのような、予算・作業施設（常設の作業室など）・人的体制（作問専門家をサポートする専任事務局の体制）を持つ国家機関が主体となって、情報学分野における思考力・判断力・表現力を測る試験を、責任を持って実施すべきである。

7. まとめと残された課題

平成28年度から平成30年度の期間、大阪大学・東京大学・情報処理学会の3機関が、30回の検討作業部会、3回のシンポジウム、2年度における実証実験を実施し、協調して精力的に活動した結果、当初の目的をほぼ達成することができた。主な成果物は次の通りである。

- ① 思考力・判断力・表現力の評価方法と情報化への適用
- ② 思考力・判断力・表現力を評価する問題作成手順
- ③ 情報教育の参照基準
- ④ 12分野のルーブリックと試験問題案
- ⑤ CBTによる実証実験の試験問題CBT-V1（平成29年度実施）、CBT-V2(平成30年度実施)
- ⑥ CBTシステムのソフトウェアとその運用マニュアル
- ⑦ 大規模CBTの実現のための課題と解決策

本委託事業を実施するにつれ、当初の企画段階では気づかず、求められていることの奥深さを実感する。3年間という研究・開発期間での実施では、その奥深いところまでは到達することは容易でなく、次の課題が残されている。

・思考力・判断力・表現力を評価する試験において、CBTシステムにおける各種解答形式を充実させることが必要である。CBT-V2では、プログラムを解答する解答形式の一部を実装した。今後実装すべき解答形式として、少なくとも、実行可能なプログラム、実行可能なシミュレーション、実行可能なデータ分析、図、情報デザインなどの解答インターフェースおよび部分点の採点方法を研究することが必要である。これには数年の研究・開発期間が必要である。

・考案した試験問題をCBTで実施できるように設定する（以下ではCBT化と記す）ためのソフトウェアを研究し、開発する必要がある。四択、プルダウンメニュー、自由記述の解答形式の場合は、試験問題をテキスト表示したものを入力することでCBT化することはそう難しくはない。一方、思考力・判断力・表現力を評価する上記のような解答

形式の場合は、現時点ではコンピュータ実装に能力のある技術者が個別にCBT化する必要がある。これを汎用化して、必要な試験問題の内容を平易な方式で入力すれば、機械的にCBT化するソフトウェアの開発が望まれる。これにより、大学で入試問題のCBT化が容易になり、さらに高校での定期試験でCBTを用いることができ、CBTによる大学入試環境に慣れることが期待できる。

- ・今後出版される教科書の内容を分析し、各分野のルーブリックの内容および問題案を充実させていくことが必要である。上記4の成果物は、新学習指導要領の解説を参考に作成した。新学習指導要領の解説では具体的な内容までは記載されていないので、実際の教科書の具体的内容をルーブリックに反映させる必要がある。

- ・分野をまたがる試験問題（大問）の作問方法を研究する必要がある。上記の成果物1、2および4により、各分野の小問に関する作問方法が具体的なものになったと考えている。一方、大問は分野横断的になる傾向にあり、この作問方法の研究が必要である。

- ・項目応答理論を想定した試験問題の作問方法に関する研究が必要である。この場合、汎用的な作問方法の研究開発には相当の期間が必要である。まず、項目応答理論が適用しやすい個別の問題タイプから始めて、その範囲を拡張していくことが効果的と考える。

最後になりましたが、本委託事業の3回のシンポジウムの内容をウェブサイト「キミのミライ発見」(<https://www.wakuwaku-catch.net/>)に詳しく掲載していただいた学校法人河合塾、また思考力等を調査するためのCBT（GPS-Academic）を提供していただいた株式会社ベネッセコーポレーションおよび株式会社ベネッセi-キャリアに感謝いたします。

別添資料

情報教育の参照基準

1 はじめに

情報学分野の参照基準でも述べられているように、情報学はメタサイエンス[9]として、すべての諸科学の基盤の一つと考えられ、市民の一人一人が情報技術に関する知識を背景として、情報社会の制度や情報倫理に関する見識を有していなければならない。そのために情報学分野の参照基準では、情報学以外の専門課程における基礎教育、さらに、初等中等教育から大学の教養教育に至る教育課程における情報教育について述べているが、基本的な考え方を示すにとどまっており、各教育段階での教育内容について詳細な検討を行っているわけではない。

本報告では、初等中等段階、および高等教育における共通教育までの各段階について、情報学のうちから何を学ぶことが望まれるかを検討し整理している。なお、高等教育における共通教育とは、高等教育における一般教育ならびに専門基礎教育を併せたものであり、本報告書ではやや曖昧な言葉である教養教育に代えて共通教育という言葉を用いる。

上述した情報学の特質により、初等中等段階から高等教育の共通教育に至るすべての段階における様々な教科・科目・行事の中で、「情報」に係わる教育が行われている。また、論理的思考や問題解決といったジェネリックスキルの育成も、決して「情報」を専門に扱う教科・科目に限定されず、多くの教科・科目・行事の目標とされている。

一方、初等中等教育で「情報」を専門に扱う教科・科目は、中学校の技術科（情報分野）と高等学校の情報科に限られる。小学校では「情報」を専門に扱う教科は存在しないが、（次期学習指導要領では）プログラミング等の「情報」に係わる教育が既存の教科および総合的学習の時間において行われている。

本報告では、各教育段階において多様な形態で行われている「情報」に係わる教育を整理するとともに、その「あるべき姿」をまとめることを目標としている。そしてその中で、特に情報教育として認識されている教育内容、具体的には、大学における情報学の共通教育・専門基礎教育、高等学校の情報科、中学校の技術科（情報分野）、および、小学校におけるプログラミング等の教育内容を位置づけている。

なお、高等教育における専門教育については、「大学の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準情報学分野[8]」（以下「参照規準」と記す）において、情報学の内容・範囲が整理されている。本文書は、(1)専門教育に接続する学習課程という面も一部はあるが、(2)そこから育成されてくる専門家と連携でき相互に補完関係を築ける人、ならびに、(3)個人および非専門家相互の活動において現代社会に必要とされる水準で情報・情報技術を活用できる人をいかに育てるか、という観点から検討した結果を示している。

2 検討の枠組

2.1 全体の枠組みおよび学士力・情報学の参照基準との関連

本稿では、大学共通教育の完了時点を基準に、どのような能力が要求されるかを検討する。その理由は、社会に出た後の情報活用、専門家との連携や相互補完、専門課程への接続という目標に近い側から検討することが、目標との関連を明確にしやすいためである。

検討の土台としては、専門課程としての情報学の内容・範囲を示す文書である「参照基準」、および、学士課程に共通する知識・理解・スキル・態度・志向性を示した文書である「学士課程教育の構築に向けて(答申)[1]」(以下「学士力」と記す)を用いた。このほか、初等中等教育・幼児教育の各学校段階については文部科学省が公開している学習指導要領ならびにその解説を参照した。高等学校「情報」学習指導要領解説は[3]にある。またその考え方については[4]を参考にした。

「学士力」は学士課程共通の学習成果に関する参考指針として次の4分類を挙げている。

- I 知識・理解—特定学問分野における基本的な知識の体系的理解、およびその体系の意味と自己の存在を歴史・社会・自然と関連づけて理解すること。
- II ジェネリックスキル(汎用的技能)—知的活動でも職業生活や社会生活でも必要な技能。コミュニケーションスキル、数量的スキル、情報リテラシー、論理的思考力、問題解決力。
- III 態度・志向性—自己管理能力、チームワーク・リーダーシップ、倫理観、市民としての社会的責任、生涯学習力。
- IV 総合的な学習経験と創造的思考力—獲得した知識・技能・態度等を総合的に活用し、自らが立てた課題を解決する能力。

これらを本文書の目的に照らして活用しようとした場合、(1)「知識・理解」については(当然ながら)情報学に関する具体的な記載がないことと、(2)学士取得時の水準について言及するものであり、本文書が対象とする大学共通教育修了時の水準と異なるという、2つの点に対応する必要がある。

今回は、(1)については、「参照基準」からすべての大学生が学ぶべきだと考えるものを取り入れた。(2)については、やはり「参照基準」をもとに、学士として社会に出た段階で必要とされる水準までを目標とした。

「参照基準」では情報学に固有の知識を5分野に分類し、また情報学を学ぶことで獲得されるジェネリックスキルを6分野に分類している。「参照基準」との対応づけを明確にするため、本文書ではこれら11分野に分類名称を付して各内容との関連を明示した。分類名称の割り当てについては、付録Bを参照されたい。

なお、「学士力」ではジェネリックスキルをIIと狭く定めているが、それとは分けて記されているIII、IVについても「参照基準」ではジェネリックスキルとしていることに注意されたい。本文書は

「参照基準」と連携する文書であることに鑑み、こちらの用法に従うこととした。

内容・水準の列挙に際しては、それぞれの専門課程の中で学ぶことが相当と考える部分まで含めて列挙してある。これはその方が水準としての「区切り」がよく、上記(1)、(2)の統一的な目標水準を設定しやすいからである。この目標水準は「どの分野でも等しく達成すべき」ものであり、加えてそれぞれの専門課程ごとにその必要に合わせて、この水準を超えて深く学ぶことになる。

この目標水準を設定した上で、大学については専門分野を複数のカテゴリに分け、それぞれのカテゴリごとに一般教育で学ぶ内容と専門課程の中で専門基礎教育として学ぶ内容を区分した。この区分のされかたがカテゴリごとに異なる理由は、一般教育に宛てられる時間数に限りがあることと、専門課程の中で学ぶ事項は一般教育で扱わなくて済む場合があるためである。このほかに、ゼミでの討論や文献の扱いなど、専門分野にかかわらず大学生であれば共通に学ぶことがらを普遍的事項として分類している(これまで含めたものが大学共通教育であると考え)。

高校については、内容・水準を、高等教育に進む生徒に求められるものと、全員に求められるものに区分した。これらはそれぞれ情報科における選択科目と必修科目の範囲に相当する。ただし内容・水準そのものは、上記のように「あるべき姿」に基づき定めたものであり、2018年告示指導要領における選択科目・必修科目の内容と一致させてはいない。

中学校・小学校については義務教育であることから区分は設けず、その学校段階で全員が身につけるべき内容・水準を記した。入学前教育については、全員が受けるわけではないので、小学校以降の体系とは分け、付録で望まれる内容について整理するにとどめた。

2.2 学習内容・学習水準・学習方法の整理の枠組み

次節では前節で整理した「学士力」「参照基準」の内容に基づき、初等中等教育、大学一般教育・専門基礎教育・専門教育で扱うべき学習内容・学習水準を整理する。ただし前述の通り、大学の部分では学士レベルでの統一的な水準をまず定め、専門分野のカテゴリごとに一般教育で扱う部分と専門課程に委ねる部分の区分を示している。

学習内容については、情報学固有の知識・理解とジェネリックスキルを区別せず、近いものをグループ化してカテゴリとして整理する方針を取った。その理由は、初等中等段階では「コンピュータとは何かという知識・理解がなければ、コンピュータを使って情報を整理するという汎用スキルも獲得できない」などのように、両者の関連性が強いと考えたためである。個別の項目ごとに、対応すると考える「参照基準」の分類記号を付した。

学習水準については、それぞれのカテゴリについて、より具体的な内容を、概ね「初歩的・初等中等の早い発達段階で扱えるもの」から「高度・高等教育で扱えるもの」の順に並べてL1、L2、...の記号を付した。ただし並列性や分岐がある場合でも連番を振っているため、必ずしも直線的な順序関係ではなく、またカテゴリ間での数字の大小は意味を持たない。

さらに、水準としてのL1、L2、...はルーブリックではないことにも注意されたい。つまり、L1がある学校段階(例えば小学校)で扱えたとして、その学習内容を十分身につけた学習者がL2に到達できる、ということは一般には言えない(カリキュラムとして質的に内容が異なる)。ルーブリックを構成するとすれば、L1等の「中で」さらに学習の深さに応じたレベルを考える必要があるが、本文書は内容・範囲の枠組みを示すことが目的であり、また紙面の制約もあるため、学習の深さに応じたレベルは記載していない。

水準の各項目のうち、(小情)(小般)(小他)を付したものは小学校で全員が学ぶ水準、(中情)(中他)(中般)を付したものは中学校で全員が学ぶ水準、(高必)(高他)(高般)を付したものは高校で全員が学ぶ水準、(高選)を付したものは高等教育に進む生徒であれば全員が学ぶ水準を示している(各々の区分は下記)。

小学校・中学校には情報科がないため、これらの内容はさまざまな教科で扱うことになる。その中でもとくに小学校において情報教育として学ぶものは(小情)、中学校で技術・家庭科の技術分野の情報の部分として学ぶものは(中情)を付した。そして、前記以外の科目の中で学ぶものは(小他)(中他)、特定の科目内ではなく、小学校・中学校で教育全体として学ぶものは(小般)(中般)を付した。(小情)(中情)の部分は小学校、中学校に情報科が設置された場合はその内容となることが想定される。

高校においては、情報科で学ぶものは(高必)(高選)を付した。これらはそれぞれ、情報科の必修科目、選択科目で学ぶことを想定する。そして、情報科以外の科目で学ぶものは(高他)、高校教育全体として学ぶものは(高般)を付した。

高等教育については、次のように分類し記号を付した。

- ・(大情)—大学一般教育(おもに1年次)の中で、主として情報科目として学ぶことが想定される内容。
- ・(大他)—大学一般教育(おもに1年次)の中で、主として情報の科目以外の科目として学ぶことが想定される内容。
- ・(大般)—普遍的事項。この内容は、学士取得までに卒業研究やゼミなどを通じて身につけていくことを想定している。この内容も、どの専門でも共通であるが、ただし具体的な文脈(取り扱うテーマや細かいスタイルなど)は分野ごとに異なる。
- ・[専攻グループ名]—専門基礎教育や専門教育において、専攻分野ごとの題材で学ぶ内容。これは、専攻分野ごとに題材や扱い方が違うことを想定する。本文書では専攻分野を5つのグループに大別して整理している(下記参照)。

高等教育の専門基礎教育以降では、分野に応じて扱う内容が大幅に異なることから、おおまかに5つの専攻グループを設定し、グループごとに扱う内容を検討した。5つのグループは、萩谷ら[2]が情報学の参照基準と各専門課程の関連について分類整理した表をもとに、類似性のある分野に基づいて、次のように定めた。

- ・[哲法]—哲学、法学、政治学等

- ・ [言心]—言語学・地理学・心理学等
- ・ [生農]—生物学・農学・医学等
- ・ [社経]—社会学・経済学・経営学等
- ・ [理工]—理学・工学等

内容によっては、あるグループにはその内容が含まれないものもあるが、その場合はそのグループの所属学生がその内容を含んでいる他グループの科目を取ることで対応する。これには、大学の都合により、自学部にそのような科目がある場合も(A学部で内容的にB学部の科目を開講することは普通である)、他学部の科目を履修する場合もあり得る。

学習方法については、詳細を示すことは分量から見て難しいため、大まかな方針を提案している。高校までについては、カテゴリごとの分類・レベル分けの後にまとめて(カテゴリ単位で)示し、学校段階ごとに区分して整理した。これは学習方法の場合、分類やレベルによる違いよりも、発達段階等による違いが大きいことが多いため、それらをカテゴリ内でまとめて述べる方が扱いやすいためである。大学については専門分野ごとに異なるが、分量の制約から本文書では簡潔に概要を示し、付録において専門分野ごとの詳細な補足を記した。

3 学習内容・学習水準・学習方法

本文書では、情報教育で取り扱うべき内容を表1のように11カテゴリに分けた(参照のため英字の記号を付した)。以下ではカテゴリ単位でそこに含まれる個別の内容(A1、A2...のように番号を付した)、およびその中のレベル分け(L1~L4)を説明した後、そのカテゴリの各内容を各学校段階でどのように扱うことが想定されるかを記していく。

表1:情報教育の参照基準における分野の分類

分野ならびに付した記号
A.情報およびコンピュータの原理
B.情報の整理と創造
C.モデル化とシミュレーション・最適化
D.データとその扱い
E.計算モデル的思考
F.プログラムの活用と構築
G.コミュニケーションとメディアおよび協調作業
H.情報社会・メディアと倫理・法・制度
I.論理性と客観性
J.システムの思考
K.問題解決

A. 情報およびコンピュータの原理

A1. 情報が持つ特性やその表現方法に関する知識・理解。(知識:情報一般)、(知識:機械情報)

- L1: 情報(知らせ)とは何かということ。(小情)
- L2: 情報を外部化(書き記すなど)により記録・表現できるということ。(小情)
- L3: デジタル/アナログ～多様な情報の表現方法。(高必)
- L4: 個体や組織とそれらにとって情報のやりとりが持つ意味。(大情)

A2. コンピュータや情報技術の基本原理とできることに関する知識・理解。(知識:機械情報)、(知識:情報処理)

- L1: コンピュータが「自動的に情報を処理する装置」であること。(小情)
- L2: コンピュータとプログラムを含むデジタル情報の関係。(高必)
- L3: コンピュータの万能性(万能チューリングマシンとの等価性)。(大情)
- L4: 機械学習などによる判断能力の獲得やシンギュラリティなど。(大情)

A3. コンピュータネットワークやその上の情報の流れとコミュニケーションの特性に関する知識・理解。(知識:機械情報)、(知識:人間社会)

- L1: コンピュータネットワークの存在やその働き。(小情)
- L2: コンピュータネットワークを通じたコミュニケーションの存在や特性。(小情)
- L3: コンピュータネットワークの構造・パケット・プロトコル等の基本原理。(高必)
- L4: コンピュータネットワーク上のコミュニティやそのあり方の理解。(大情)

A4. コンピュータやネットワークにまつわるセキュリティの概念やそのための技術に関する知識・理解。(知識:機械情報)、(知識:人間社会)、(知識:システム)

- L1: コンピュータやネットワークにまつわる「安全」の意識と基本知識。(小情)
- L2: コンピュータやネットワークに関する安全教育に相当する知識・理解。(小情)
- L3: 情報セキュリティの考え方・原理と暗号などのセキュリティ技術の理解。(高必)
- L4: 情報社会での情報技術関連のリスク要因・リスク評価の知識・理解。[哲法][社経]

A5. コンピュータやそこで動くプログラムの記述を通じて情報を取り扱ったり機器を制御する技能。(汎用:論理)、(汎用:問題解決)

- L1: 情報端末を通じて情報を取得したりリモコンで機器を制御できること。(小情)
- L2: センサーによる環境情報の自動計測や調温・調光等の自動制御の原理。(中情)
- L3: センサー・アクチュエータとフィードバック制御プログラムの作成。[理工]

L4:自動運転等でAI技術により人間の補助や代行を可能とする原理。[理工]

小学校A1L1、A1L2については、国語で読み書き(とくに書き)を学ぶ中で体験的に理解させるのがよいと考える。

A2L1については、プログラミングの導入時に扱うのがよく、総合的な学習の時間においてプログラミングの回の最初に座学で取り上げることが考えられる。

A3L1、A3L2、A5L1については、生活科(中学年以上に置く場合は理科や社会科)に含め、コミュニケーションの体験、リモコンで制御する体験など、体験を中心に行なうことが考えられる。ただし、体験だけにとどまらず、それがどういう意味を持っているのかを考えさせることも含めたい。

A4L1、A4L2は安全教育であり、道徳や総合学習で扱うのがよいと考える。基礎的な知識の絶命は必要であり、そこは座学でもよいが、座学だけでは身につかないので、話し合い、ロールプレイ、実話を体験者に話してもらうなどの形で実感を持たせるべきである。

中学校A5L2は技術の中で扱う内容であり、制御機器を組み立てて動かすなどの形が考えられる。それほど難しくないプログラムによる制御も可能であるので、できればプログラムを用いた制御も併せて体験できることが望ましい。

高校A1L3、A2L2、A3L3、A4L3はいずれも現時点で情報科の中で取り扱われている内容である。その形態は座学が多いが、座学だけでは定着しにくいので、アンプラグド[7]的な実習を取り入れることでそれぞれの事項の本質に触れる方法などを併用することが望まれる。

大学一般A1L4、A2L3、A2L4については、一般教育の中で講義的に取り上げ知識を持たせることが考えられる。とくにA2L3の万能性については、チューリングマシンはじめ計算の理論は専門的な内容であるので扱わないとしても、今日のコンピュータや量子コンピュータなどすべての「デジタル情報を扱う計算装置」は、計算速度は違っても、計算できることからの範囲についてはすべて等価である、そのことはコンピュータが「ソフトを取り換えることで多様な処理が行える」という形で現れている、ということを理解させることが考えられる。A3L4については、実習などの形で実際にコミュニティを体験させる中で学ぶことを想定する。

大学専門A4L4については、[哲法]では法学的・政治学的な立場からおもに定性的にこのテーマを扱うことが考えられる。[社経]では社会への影響や経済的損失など定量的にこのテーマを扱うことが考えられる。

A5L3、A5L4については、工学的な扱いで実際にこれらの内容を実習したり、それに基づいた講義により理解させることが考えられる。

B. 情報の整理と創造

B1.情報の記録や整理の方法が人間の情報に対する理解度、処理効率、アウトプットの品質に影響することに関する知識・理解。(知識:人間社会)、(汎用:主体性)

L1:情報の多様な整理方法(ランダム・線形・階層等)とその得失の理解。(小情)

L2:自分や他人の判断がそれまでに得た情報に基づくことへの理解。(中情)

L3:KJ法・マインドマップ等の情報整理・発想法を理解し活用できること。(高必)

L4:人の認知特性を理解し、自己・他者の情報整理法を設計・評価できる。(大他)

B2.文書などの情報を読み取り論理構造や論理の欠陥を把握する技能。(汎用:論理)、
(汎用:コミュ)

L1:文章に書かれていること・書かれていないことを判別できる。(小他)

L2:文章の内容に対して理由の記載有無や(有なら)その箇所を指摘できる。(中般)

L3:文章の内容に相反する部分がある場合にその箇所を指摘できる。(高般)

L4:文章に書かれた論述の道筋に欠陥があればその内容を指摘できる。(大他)

B3.明確で論理的な構造・記述を持つ文書を作成する技能。(汎用:論理)、(汎用:コミュ)

L1:見聞したり提示された事実についてその要点を含む文章を作成できる。(小他)

L2:文章の文どうし、節どうしの中に適切な順接・逆接の語を挿入できる。(中般)

L3:理由説明の必要な事実について、事実とともに理由を適切に記述できる。(高般)

L4:三段論法など複数の段階を要する論述を過不足なく記述できる。(大般)

B4.受け手にとり分かりやすく魅力的な表現を構築する技能。(知識:人間社会)、(汎用:コミュ)

L1:伝えたい事柄が伝わるプレゼンテーションを準備し実施できる。(中情)

L2:事柄を的確に伝えられる配置・配色のグラフ・図・ポスターを創出できる。(高必)

L3:事柄を的確に伝えられる構造・メディア選択のコンテンツを創出できる。(高選)

L4:好ましいユーザ体験をもたらす機能やインタフェースを設計できる。(大情)

B5.適切な情報手段を用いて情報を整理/保管/検索/分析/構築する技能。(汎用:創造性)、(汎用:論理)

L1:見聞した事項(複数)の記録・メモを保存し必要な時取り出せる。(中情)

L2:自分の多数の記録・メモから特定の関心事に関連するものを取り出せる。(高必)

L3:記録・メモの集まりから直接記されていない事実・仮説に気付ける。(大般)

L4:記録・メモを起点として他人が納得するような論述を構築できる。(大般)

小学校B2L1、B3L1は国語の内容と重なっており、読み書きを学ぶ中で身に付けることが自然である。B1L1はその中において、折に触れて取り上げ、意識させることが考えられる。

B1L1は情報を扱い整理する機会において、ばらばらに配置したり分かりやすく並べたりする活動の中で気付かせることが考えられる。

中学校B1L2については、メタ認知の課題となるが、国語などの中で扱うことが考えられる。

B2L2、B3L2については、国語で文章の読み書きを行う中で学ぶことが自然である。

B1L2、B5L1については、きっかけとしては国語の中で座学でその方法を学んだ上で、社会や理科などの学外実習において実際にこれらのことを実践する中で身につけることが望ましい。

B4L1については、技術・家庭の中の情報とコンピュータにおけるプレゼンテーションや、その他の教科・課外の活動におけるプレゼンテーションにおいて、自分の伝えたいことを分かりやすく伝える活動として身に就けることが考えられる。

高校B1L3、B5L2は情報科の「問題解決」を取り上げる中で、情報を整理したり、それらをもとにアイデアを出す活動を通じて身に付けることが考えられる。

B2L3、B3L3は一義的には国語で扱うべきだが、それを情報科を含めた他の科目で継続的に実践し評価することが望まれる。

B4L2については、情報科の中の情報デザインに関わる内容として、グラフや図などで的確に情報を表現したり、ポスターなどで要素の配置や色の使い方を学び実践することが考えられる。

B4L3については、Webコンテンツの製作などにおいて、情報アーキテクチャの考え方を学び、コンテンツの構成を設計したり、個々のページにおいて画像・動画など適切なメディアを使うとともに、サイト全体のデザインの統一性についても配慮しつつ製作することが考えられる。

大学一般B1L4、B2L4については、一般教育の科目内で情報を整理したり文献を正確に読み取ることが学ぶ科目の中で取り上げることが想定される。

B4L4については、WebやWebプログラミングなどを扱う科目の中で、ユーザインタフェース、ユーザエクスペリエンスなどの考え方に触れ、インタフェースを工夫する経験を持たせることが考えられる。

普遍的事項B3L4、B5L3、B5L4については、ゼミや卒業研究などにおけるアカデミックな文書作成を通じて学ぶことを想定する。

C. モデル化とシミュレーション・最適化

C1.モデルとは何かということや、汎用性のある代表的なモデルおよびモデル化手法に対する知識・理解。(知識:情報一般)、(知識:機械情報)

L1:プラモデル・地図・路線図などがモデルであると理解している。(中情)

L2:数量的なモデル・離散的なモデルなどの例を理解している。(高必)

L3:現象や事象をもとにモデルを組み立てる方法を理解している。(高必)

L4:モデル化時の選択で再現性やその精度が違うことを理解している。(大他)

C2.状態遷移やデータの流れなどの情報学と関連の深いモデル化手法を活用する技能。

(知識:情報一般)、(知識:機械情報)

L1:状態遷移図やデータフロー図などのモデル図を読むことができる。(高選)

L2:与えられた/見聞した事象に対するモデル図を描くことができる。(高選)

L3:モデル図を参照して(そのモデル図に適した)問題解決が行なえる。(大他)

L4:事象や問題に対して適切なモデルを選んで問題解決が行なえる。[言心][生農][社経][理工]

C3.モデルに基づくシミュレーションを用いて問題解決を行なう技能。(知識:機械情報)、(知識:システム)、(汎用:創造性)

L1:間取り図や地図などのモデル上でコマ等を動かして問題を解くことができる。

(中情)

L2:サイコロや乱数を用いたシミュレーションで問題を解くことができる。(高必)

L3:連続モデルや離散モデルを動かして一見明らかでない現象を説明できる。(高必)

L4:モデル化とシミュレーションによる問題解決と解の評価ができる。[言心][生農][社経][理工]

C4.モデルに評価関数を組み合わせて最適化問題としての定式化や求解が行なえる技能。(知識:機械情報)、(汎用:論理)、(汎用:問題解決)

L1:モデルの上で目的(評価)関数を意識でき試行錯誤による最適化が行なえる。

(中情)

L2:モデルの上で系統的に選択肢を列挙したり評価値を改良して最適化が行なえる。(高選)

L3:問題状況を最適化が行えるような評価関数とともにモデル化できる。[生農][社経][理工]

L4:問題状況を最適化問題として定式化し解を求めることができる。[生農][社経][理工]

中学校C1L1、C3L1は、数学、理科、社会などで具体的な問題を扱う際、機会をとらえてモデル・

モデル化・シミュレーションなどの考えを紹介し、問題の解決に役立てるようにするのがよいと考える。C4L1はモデル化の用途の例として取り上げ考え方が分かるようにするのがよいと考える。

高校C2L2、C2L3、C3L2、C3L3は、情報科の必修教科目の内容として、座学や実習を通じて取り扱うとともに、実際に問題解決をおこなう課題の一環としてこれらの内容を採り入れることが望ましい。

C1L2、C1L3については、情報科の選択科目中で情報システムを取り扱うところで、情報システムの理解のためにモデル図を描いてみる、自分たちで情報システムを考案する中でツールとしてモデル図を用いるなどの形で取り入れるのがよいと考える。C4L2は同科目のデータサイエンスの中で最適化問題としての定式化を行ないできる範囲で解いてみる形で取り入れるのがよいと考える。

大学一般C1L4、C2L3については、一般教育の中にそれぞれの専攻分野に合った形でモデルを扱い、実習で問題解決を体験する科目として含めることが想定される。

大学専門C2L4、C3L4については、[言心]では言語・地理・人間の心理に係わるモデル、[生農]では生物学的モデル、[社経]では社会モデル、[理工]では理工系の各分野のモデルを実際に扱い体験することを想定する。

C4L3、C4L4ではC3L4で扱ったモデルについて最適化を体験し、また実習も含めて最適化問題やそのための評価(目的)関数の構築と求解を学ぶことを想定する。

D. データとその扱い

D1. データの保管や基本的な取り扱いに関する知識・理解。(知識:情報一般)、(知識:情報処理)、(知識:人間社会)

L1:USBメモリなどの媒体にデータが保管できることが分かる。(小情)

L2:テキスト/画像/音の表現、ファイルやデータベースの基本的な概念が分かる。(高必)

L3:圧縮/伸長、分散化/重複化、暗号化などデータの伝送/保管のための技術が分かる。(高必)

L4:データベースやアーカイブの社会的必要性和意義が分かる。(大情)

D2. データの構造や構造に基づく取り扱いに関する知識・理解。(知識:機械情報)、(知識:情報処理)

L1:組や並びなどの基本的なデータ構造とその使用方法が分かる。(高必)

L2:データ構造とアルゴリズムの組合せによるデータの取り扱いが分かる。(高選)

L3:スキーマによるデータの構造化や集合演算による操作が分かる。(高選)

L4:分散化や大量データの扱いなどデータサイエンスの基本技術が分かる。(大情)

D3.データの統計的・人工知能技術による扱いの知識・理解。(知識:情報一般)、(知識:機械情報)

L1:平均・分散・中央値・四分位数など基本的な統計量が分かる。(高必)

L2:ヒストグラムや散布図などの視覚化とそれに基づく検討が分かる。(高必)

L3:データマイニングの考え方や基本的な手順が分かる。(高選)

L4:機械学習など人工知能技術により何が可能になるかが分かる。(大情)

D4.定性的/定量的なデータを取り扱い意思決定や問題解決に活かす技能。(汎用:創造性)、(汎用:論理)、(汎用:問題解決)

L1:具体的な問題に対する定性的な分析や定量的な分析がどういうことか分かる。

(高必)

L2:問題に対する定量・定量的なデータの収集や視覚化・分析が行なえる。(高選)

L3:定性的・定量的データに基づく意思決定や問題解決の手法が分かる。(大他)

L4:定性的・定量的データに基づく意思決定や問題解決ができる。[哲法][言心][生農][社経][理工]

小学校D1L1については、情報機器を扱う時間に、情報機器が扱う情報は媒体に保管できることや、情報が価値を持ったり他人に見られたくないものであったりすることがあることを意識させる。

高校D1L2、D1L3、D2L1については、情報科の必修科目の中で座学の形で学んだ上、実習などで実際にデータを取り扱いながら身につけることが望まれる。

D3L1、D3L2については、理論的なことからは数学で学び、実際に多くのデータに対して適用して様子を見ることは情報科の必修科目の中で行うことが考えられる。

D2L2、D2L3については、高校の選択科目において情報システムの内容の一環として座学で学び、さらにその一部を実習により確認することが適切とである。

D3L3については、高校の選択科目においてデータサイエンスの内容の中核部分として座学と実習の双方を組み合わせることで学ぶことが考えられる。

D4L1については、問題解決の内容に含めて、定性、定量の違いやそれらがどのように問題解決に資するかという側面から学ぶことが考えられる。

D4L2、D4L3については、情報科の選択科目の中でより高度な問題解決に取り組む際、これらのことがらを学んだ上で問題解決に活用する形が考えられる。

大学一般D1L4、D2L4、D3L4については、これらの一般的な意義、必要性、可能性などを一般教育の中で扱うことが考えられる。

D3L4については、大学の一般教育または専門教育の中で、重要なテーマとして取り上げ、現状や技術動向を調査・分析・検討するなどの形で具体的に扱うことが望ましい。

D4L3については、一般教育の中でそれぞれの専攻分野に即した形で定性的データや定量的データに基づく事実の発見や裏付けについて取り上げたり、データに基づく意思決定やその支援のためのツールについて扱う科目として含めることが考えられる。

大学専門D4L4については、それぞれの専門分野の演習科目や研究の中で実際に実践する中で学ぶべきことである。

E. 計算モデル的思考

E1. 代表的な計算モデルの本質や特徴、コンピュータとの関わりに関する知識・理解。

(知識:情報一般)、(知識:機械情報)

L1:ステップで記述・数式や述語で記述などの計算記述法を知っている。(高必)

L2:特定の計算記述とそのコンピュータ上での実行の対応づけを知っている。(高必)

L3:異なる計算モデルの対応や行き来する方法を知っている。(大情)

L4:チューリング完全や計算可能性など計算理論の成果を知っている。[理工]

E2. タスクの相互関係を把握したり(必要なら並行性を含む)段取りを組み立て実施する技能。(汎用:創造性)、(汎用:論理)、(汎用:問題解決)

L1:特定のタスクについてその範囲内と範囲外を区分できる。(高必)

L2:特定のタスクを複数のタスクに分解して示すことができる。(高必)

L3:タスク群の構造を把握しクリティカルパスを考えて実行計画を立てられる。

(高選)

L4:スケジューリング・並行計算等の知見を問題に適用できる。[生農][社経][理工]

E3. アルゴリズム的な考え方を取り扱い、問題に対するアルゴリズムを構築する技能。

(知識:機械情報)、(汎用:論理)、(汎用:問題解決)

L1:具体的な動作例からその動作を一般化したアルゴリズムを記述できる。(高必)

L2:読解したプログラムコードからそのアルゴリズムを抽出・記述できる。(高必)

L3:未知の問題に対してそれを解くアルゴリズムを検討・考案できる。(高必)

L4:計算量を考慮しつつ必要なアルゴリズムを考案/改良できる。(大情)

高校E1L1、E1L2、E3L1、E3L2については、情報科の必修科目の中で、アルゴリズムとプログラ

ムに関する内容の中核部分として座学と演習を組み合わせることで学ぶことが考えられる。

E2L1、E2L2、E3L3については、情報科の必修科目の中で、基本的な問題解決の内容と関連させて取り扱い、問題の分析や解法の検討のために実際に使ってみることが考えられる。

E2L3については、情報科の選択科目の中で、情報システムの的な問題解決と組み合わせることで学ぶことが考えられる。

大学一般E1L3については、一般教育の中でアルゴリズム・プログラミングを扱う科目において、トピック的に取り上げることが考えられる。

E3L4については、上記科目において演習として取り組むことが考えられる。

大学専門E1L4については、[理工]の専門科目あるいは専門基礎科目として扱う内容であるが、他の専門分野の学生もこれらの科目を受講することが望まれる。

E2L4については、[生農]では生命系、[社経]では社会系、[理工]では理工系の各分野を題材としたタスクの並行性をそれぞれ扱う科目があるべきである。

F. プログラムの活用と構築

F1. プログラムとは何かを理解した上で、プログラムを自分や社会の問題解決に役立てられる技能。
(知識:情報処理)、(汎用:問題解決)、(知識:システム)

L1:対象物がプログラムで動いていることが認識できそのことを説明できる。(小情)

L2:プログラムで動く対象物を認識しソフトを入れ換えたり動作を調節できる。

(中情)

L3:プログラムを組み合わせたり構築・修正して意図した動作を実現できる。(高選)

L4:特定問題に対しプログラムを活用した解法を構想し実現できる。[哲法][言心][生農][社経][理工]

F2. プログラミング言語が持つ機構を適切に活用して、意図する動作を実現できるプログラムを設計・構築できる技能。(知識:機械情報)、(汎用:論理)、(汎用:問題解決)

L1:タートルなどの直接的な動作を連ねる形でのプログラムが構築できる。(小情)

L2:変数など動作を汎用的に扱える要素を持つプログラムが構築できる。(中情)

L3:手続き等で複数の動作をまとめて抽象化したプログラムが構築できる。(高必)

L4:抽象階層をもつプログラムを設計・構築できる。(大情)

F3. プログラムの設計・作成において計画性を持ち適切な管理を伴いながら作業を進められる技能。
(知識:システム)、(汎用:論理)、(汎用:問題解決)

- L1:プログラムのステップを模擬実行して確認しつつ作成・修正する技能。(中情)
- L2:コードを少しずつ書き足して動作を確認しながら構築していく技能。(高必)
- L3:プログラムの全体構造を捉えて適切に分解し単位ごとに構築する技能。(高選)
- L4:チームで適切な管理とともにプログラムを構築する技能。[理工]

F4.作成したソフトウェアのふるまいを検証し、必要なら手直しや改良を行なえる技能。(知識:機械情報)、(知識:システム)、(汎用:論理)、(汎用:問題解決)

- L1:プログラムの動作と想定動作を照合し違いを認識した上で修正する技能。(中情)
- L2:プログラムの不備を系統的に調べて誤り内容を特定・修正する技能。(高必)
- L3:テストケースや要求仕様に基づきプログラムの不備を確認し修正する技能。
(高選)
- L4:コードやデータのチューニングによりソフトウェアの有用性を高める技能[哲法][言心][生農][社経][理工]

小学校F1L1、F2L1、については、小学校におけるプログラミングの内容として実習を中心に体験的に学び身に付けていくことが期待される。

中学校F1L2、F2L2、F3L1、F4L1については、中学校における技術科の内容としてプログラムを学ぶ中で実習を中心に体験的に学び身に付けていくことが期待される。

高校F2L3、F3L2、F4L2については、高校における情報科の履修科目の中のプログラミングの内容として、実際にプログラムを書く中で身につけることが期待される。

F1L3、F3L3、F4L3については、高校における情報科の選択科目の中で、情報システムと問題解決のためのプログラミングを通じてその必要性を学び身に付けることが期待される。

大学一般F2L4については、一般教育の中のプログラミングを扱う科目の中で、ある程度の長さのプログラムが書けるようになった段階で取り扱うことが望まれる。

大学専門F1L4、F4L4については、それぞれの専門ごとにプログラムを扱う科目の中でその専門の問題解決を題材として扱うことが望まれる。

F3L4については、[理工]の専門基礎または専門科目で扱う内容であるが、他専攻の学生も受講することが望ましい。

G. コミュニケーションとメディアおよび協調作業

G1. コミュニケーションやコミュニケーションに必要とされるものに関する知識・理解。(知識:情報一般)、(知識:機械情報)、(知識:人間社会)

L1: 自分と他者、他者相互の情報のやりとりがコミュニケーションであるとの理解。(小般)

L2: どのようなコミュニケーションが望ましい/望ましくないか分かる。(小般)

L3: メディアを含むコミュニケーションの要因とそれらがもたらす影響の理解。(高必)

L4: コミュニケーションを記録し分析する手法の理解。[言心][社経]

G2. 多様なメディアの特性に対する理解とそれらのメディアを使いこなす技能。(知識:情報一般)、(知識:機械情報)、(汎用:創造性)

L1: 文字で表す/絵で表すなどの形でメディアを使い分けられる。(小情)

L2: マルチメディアやハイパーテキストのコンテンツを計画し作成できる。(高選)

L3: 文字・ゲーム・サウンド・動画など多様な情報伝達メディアを活用できる。(大情)

L4: マスメディア等多様な情報伝達メディアの社会的役割や影響の理解。[哲法][言心][社経]

G3. 協調作業やそのためのコミュニケーション/プレゼンテーションの技能。(汎用:コミュ)、(汎用:チーム)

L1: 「一緒に～する」「分担して～する」をコミュニケーションできる。(小般)

L2: 共同作業のためのコミュニケーションに際して合意・確認が取れる。(中般)

L3: 共同作業の目的や進め方を集団の前でプレゼンテーションできる。(高必)

L4: 目的のために誰とコミュニケーションするか計画し実践できる。(大般)

G4. コミュニケーションにおいて相手の立場に立ち相手を尊重できる態度。(汎用:コミュ)、(汎用:チーム)

L1: 「自分の望み」と「相手の望み」が一般には一致しないことを認識できる。(小般)

L2: 自分の伝えた内容が相手の立場からどう思えるか想像できる。(中般)

L3: 相手の発言内容が自分の望みと違う時にも相手の立場を理解できる。(高般)

L4: 相手を尊重しつつ合意点を探り、合意しないことも選択できる。(大般)

G5. グループ作業において協調したりリーダーシップを取ったりできる態度。(汎用:問題解決)、(汎用:チーム)

L1: グループ活動と個人活動の違いを知り他のメンバーと協力できる。(小般)

L2: リーダーシップの必要性を理解しリーダーになれる/リーダーを支えられる。(中般)

L3: グループの目的に向けて自己の活動を判断したり他者と調整できる。(高般)

L4:グループ活動の効果的な形を知り実現に向かって活動できる。(大般)

小学校G1L1、G1L2については、まず国語科の基本的な内容として扱うが、それ以外の教科や総合的な学習の時間などでも必要のつど随時扱うことが考えられる。

G2L1については、国語の中で文字と絵の組み合わせなどの形で扱い、それ以外の教科や総合的な学習の時間などでも必要のつど随時扱うのがよい。

G3L1、G4L1、G5L1については、総合的な学習の時間をはじめとするグループ活動において必要のつど扱うことが考えられる。

中学校G3L2、G4L2、G5L2については、技術科の中の情報とコンピュータにおいて扱うことが適している。

G3L3、G5L2については、情報科の一部で扱うこともあり得るが、総合的な学習の時間をはじめとするグループ活動において必要のつど扱うことが考えられる。

高校G1L3、G3L3、G4L3、G5L3は情報科の必修科目の中でコミュニケーションとグループでの問題解決の内容に関連して扱うことが適している。

G2L2については、情報科の選択科目の中でWebページなどマルチメディアコンテンツの作成を行なう形で扱うことが適している。

大学一般G2L3については、初年次の共通科目においてメディアの使いこなしという形で学ぶことが適している。

普遍的事項G3L4、G4L4、G5L4については、ゼミ、研究活動、卒業研究などにおいて実践的に身につけることが期待される。

大学専門G1L4については、[言心]では言語学・心理学的なコミュニケーションの分析、

[社経]では社会学的なコミュニケーションの分析を扱う専門基礎科目が考えられる。他分野の学生もこれらの科目のいずれかを受講することが望まれる。G2L4については、[哲法]では政治とメディアや社会とメディアの関係について扱う専門基礎科目、[言心]では言語とメディアや地域tのメディアのテーマを扱う専門基礎科目、[社経]では社会や経済全般とメディアの関係を扱う専門基礎科目が考えられる。

H. 情報社会・メディアと倫理・法・制度

H1. 情報技術が持つ特性とそれに法・制度がどのように対応しているかの理解。(知識:機械情報)、(知識:人間社会)、(知識:システム)

L1:情報技術が人間の身体性と隔たっていることを前提とした行動の必要性理解。

(中情)

L2:著作権・個人情報保護・プライバシー等情報に関わる制度とサイバー犯罪の理解。(高必)

L3:情報技術による人間社会の可能性やリスクと法・制度のあり方の理解。(大情)

L4:情報法、電子政府、システム監査と認証等の必要性や技術者倫理の理解。[哲法][社経][理工]

H2.メディア情報や他人の言説中の意図を汲み取り、それを踏まえて情報を活用する技能。(汎用:論理)、(汎用:コミュ)

L1:伝えられたことと伝達者の真意に不一致があり得ることを知っている。(中般)

L2:メディア情報は編集する人の意図で選別・編集されることを知っている。(高必)

L3:情報操作・印象操作等を認識できそれを考慮して情報を受け取れる。(高必)

L4:自身の情報伝達において意図を明確に示し行き違いを避けられる。(大般)

H3.情報倫理を理解しネット上でよき市民として行動する態度。(汎用:問題解決)、(汎用:コミュ)、(汎用:チーム)

L1:黄金律・正直・約束・平等・人命尊重などの原則を守ることができる。(小般)

L2:情報社会の法・規則・秩序を理解した上での倫理的判断が行なえる。(中般)

L3:ジレンマや社会における問題を認識した上で自分の考えを決められる。(高必)

L4:社会とコミュニケーションの関係を考え自身の行為を判断できる。(大情)

小学校H3L1については、道徳の中で扱うことが考えられる。

中学校H1L1、H3L2については、技術科の中の情報とコンピュータにおいて扱うことが適している。

H2L1については、国語の中で取り扱うことが望ましい。

高校H1L2、H2L2、H2L3については、情報科の必修科目の中で情報倫理・メディアリテラシーの内容において中心的なものとして扱うべきである。それを自己の行動に具体的に投影する際にH3L3の内容を盛り込むことが必要である。

大学一般H1L3、H3L4については、一般教育のいずれかの科目において取り扱うことが望まれる。

普遍的事項H2L4については、ゼミや卒業研究などを通して総合的に身につけるべき事項である。

大学専門H1L4については、[哲法]では法制度的扱い、[社経]では社会制度的扱い、[理工]では技術的扱いを中心としたこの内容の専門科目があることが必要である。

I. 論理性と客観性

I1.論理的推論に基づいて結論を導いたり、実際の結果を説明できるような仮説を検討し構築する技能。(知識:情報一般)、(汎用:論理)、(汎用:問題解決)

L1:共通性の発見や類推的などを用いて筋道を立てて判断や推論が行なえる。(小般)

L2:帰納的、類推的、演繹的な推論について理解し、これらを実践できる。(中般)

L3:一般的な事項の推論において前提や帰結を整理し論理の筋道を構築できる。
(高必)

L4:事項を最もよく説明する仮説を選択する推論(アブダクション)が実践できる。
(高必)

I2.人間が受け取る情報やその身体的活動が、思考過程やそれが導き出す判断に影響を及ぼすことに関する知識・理解。(知識:人間社会)、(知識:システム)、(汎用:論理)

L1:人や自分の判断が必ずしも一貫していないことを認識している。(中般)

L2:錯覚・錯視や「見たいものを見る」等人間の認知の特性を意識できる。(高必)

L3:先入観・同調圧力・釣り橋原理等、人の判断に影響する事象を知っている。(大他)

L4:人や自分の判断において影響した可能性のある要因を列挙・評価できる。(大般)

I3.主観的な情報と客観的な情報を区分し、自分自身の考えを客観視できる態度。(汎用:論理)、(汎用:コミュ)

L1:主観的と客観的の違いを知り、両者を区別して受け取れる。(小般)

L2:主観的な意見や希望に対し、理由を聞くなど明確化して受け取れる。(中般)

L3:客観的な事実に対し、その裏付けや正確さを調べて判断できる。(高般)

L4:自分の考え(主観)に客観性を持たせることを意識し実行できる。(大般)

I4.ものごとを論理的に筋道立てて考え、客観的情報に基づき判断する態度。(汎用:論理)、(汎用:コミュ)、(汎用:チーム)

L1:ものごとの説明を裏付けや論理の飛躍の有無も考えて読み取れる。(高他)

L2:重要な判断は好みでなく客観的な理由を意識して行なえる。(大他)

L3:自分の判断の理由を筋道立てて説明できるかどうか確認できる。(大他)

L4:判断に際して不足する情報を収集した上で論理的に判断できる。(大般)

小学校I1L1については、算数の中で筋道を立てて判断する内容を学び練習することが考えられる。

I3L1については、国語の中でこの内容について取り上げ文章の読み取りにおいて主観と客観を区分する練習を行うことが考えられる。

中学校I1L2については、数学の中で帰納、類推、演繹を用いた推論や論理的な道筋を記述することを扱うことが考えられる。I2L1、I3L2については、国語の中で取り扱い、とくにI3L2については話し合いなどの活動全般においてその実践を意識させるようにすることが望ましい。高校I1L3、I1L4については、情報科の必修科目の中で一般的な事項に対する問題解決を取り扱う中で、前提や帰結の整理、推論の道筋の構築、仮説の検討や構築を扱うことが考えられる。I2L2、I2L3については、情報科の必修科目の中で人間の特性として含まれるようにし、実習時などにこれらについて配慮するようにさせることが望ましい。

I3L3、I4L1については、国語の内容として含まれるべきであるが、他の教科の活動においても全般に考慮するものとして扱うことが望ましい。

大学一般I2L3、I4L2、I4L3については、一般教育の中で論理性・客観性について学び、訓練する科目として含めることが考えられる。

普遍的事項I2L4、I3L4、I4L4については、ゼミや卒業研究などを通して総合的に身に付けるべき事項である。

J. システム的思考

J1. システムの具体例や社会における役割を考え、システムの構造を調べたり必要なシステムを構想したりする技能。(知識:人間社会)、(知識:システム)、(汎用:問題解決)

L1:代表的なシステムの例やその役割を調べたり確認できる。(高必)

L2:システムの要素やそれが組み合わせたり動く仕組みを理解し説明できる。(高選)

L3:システム内のものや情報の流れを正常以外の場合も含め追跡できる。(高選)

L4:特定の問題に対し必要な要素を組み合わせたシステムを構想できる。[哲法][言心][生農][社経][理工]

J2. システムと人間のインタフェースのあり方やその評価方法、ユーザにとってのシステムの価値に関する知識・理解。(知識:システム)、(汎用:問題解決)

L1:システムとユーザの接点を指摘でき、その善し悪しを検討できる。(中情)

L2:ユーザインタフェースを評価する基準や手法について理解している。(高選)

L3:システムが生み出す価値の列挙やそれを反映した評価基準の検討ができる。

[哲法][言心][生農][社経][理工]

L4:ユーザにとって望ましく価値を生み出すシステムを構想・提案できる。[哲法][言心][生農][社経][理工]

J3. システムを設計・構築・評価・運用するための標準的な手法や起こり得る問題と対処方法に関する知

識・理解。(知識:システム)、(汎用:コミュ)、(汎用:問題解決)

L1:システム開発が単なるプログラム作成と違う点について知っている。(高選)

L2:システム開発で用いられるプロセスや標準的な図法について知っている。(高選)

L3:システム開発で発生する様々な問題やそれに対処する考え方を知ってる。[理工]

L4:安定したプロセスを維持しつつシステムを構築することができる。[理工]

中学J2L1については、2017指導要領から「双方向性のあるコンテンツ」を扱うようになることから、そのインタフェースや善し悪しという視点も含めて考えるようにさせることが考えられる。

高校J1L1については、情報科の必修科目の中で、情報社会の内容の一環として取り扱い、実習を併用して身に付けることが望ましい。

J1L2、J1L3、J2L2、J3L1、J3L2については、情報科の選択科目の中で情報システムに関する主要な内容として実習も併用して学ぶようにすべきである。

大学専門J1L4、J2L3、J2L4については、それぞれの専門分野に係わるシステムについて取り扱う科目が専門ごとに置かれるべきである。

J3L3、J3L4については、システムの構築に関する内容であり[理工]の専門科目となるが、他分野の学生も受講できることが望まれる。

K. 問題解決

K1.問題を発見/記述/分析したり、問題解決に向けた作業を行う技能。(汎用:問題解決)

L1:与えられた状況の中から問題を発見・指摘・記述できる。(高必)

L2:問題とそれに影響する事項の関連を定式化したり分析できる。(高必)

L3:KJ法など問題解決に向けた発散的手法を実践したり結果をまとめられる。(高必)

L4:問題に対する解を系統的に作り出し実践したり結果を評価できる。(大般)

K2.問題解決プロセスを段階を踏んで実行でき、必要に応じてブラッシュアップ・反復実行・改良が行える技能。(汎用:問題解決)、(汎用:主体性)

L1:問題解決プロセスを理解し、段階を踏んで実行できる。(高必)

L2:問題解決の結果を評価し、必要なら反復改善を行える。(高必)

L3:問題解決プロセス自体を記録・評価し、課題認識や改善が行える。(大情)

L4:問題に合った問題解決プロセスを選択・構築でき実践できる。(大般)

K3.自分や他人が持つ問題を客観的に捉えたり、その解決に向けて主体的に調べ・学ぶ態度。(汎用:チーム)、(汎用:主体性)

L1:自分や他者が持つ問題について冷静・客観的に捉えて記述できる。(高必)

L2:問題において重要な要素について実際に裏付けを取ったり確認できる。(大般)

L3:「誰にとっての問題か」「解決が必要な問題か」などメタな検討ができる。(大般)

L4:問題が単純に解決できない時にそれに対処する方法を考えて実践できる。(大般)

K4.情報に関わる知識・技能・態度を活用し、自らの問題解決を行う能力。(汎用:問題解決)、(汎用:主体性)

L1:自分の問題に対し記述/説明/分析/解の検討などが行なえる。(高必)

L2:自分の複数の問題の相互関係や優先度などメタな検討が行なえる。(大般)

L3:社会や周囲の状況と自分の問題の関係を把握した上で検討できる。(大般)

L4:自分および周囲にとって好ましい問題解決を判断・選択し実践できる。(大般)

高校K1L1、K1L2、K1L3、K2L1、K2L2、K3L1、K4L1については、いずれも情報科の必修科目の中で問題解決の一環として実践を通じて扱うことが考えられる。

大学一般K2L3については、大学初年次教育などの一環としてプロセスを意識したプロジェクト等の形で実践体験を持たせることが考えられる。

普遍的事項K1L4、K2L4、K3L2、K3L3、K3L4、K4L2、K4L3、K4L4については、いずれも研究活動や卒業論文などの一環として総合的に身に付けるべき内容である。

4 まとめ

本稿では情報教育の内容・範囲として初等中等教育から大学共通教育までの範囲で何を学ぶべきかについて、情報学の範囲を11のカテゴリに分類した上で検討・整理しまとめた。その際、高等教育における扱いについては、大学の専攻分野を5カテゴリに整理した上で検討している。付録として、各内容の学校段階間の分担をまとめた表と各学校段階ごとの切口で補足説明を行ったものを付したので、参照されたい。

情報教育は新しい教育分野であり、その各内容をどの学校段階でどの程度扱うかについて初等中等教育段階から高等教育段階まで通して体系的に検討したものはこれまでなかった。本文書が各学校段階における教育課程・カリキュラムの設計における指針として役立てられることを期待する。

参考文献

- [1] 中央教育審議会, 学士課程教育の構築に向けて(答申), 2008.12.
- [2] 萩谷ほか、大学の各専門分野と情報学の参照基準の関連性(私的文書), 2017.
- [3] 文部科学省, 高等学校学習指導要領解説情報編,
2018.7.http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/__icsFiles/afieldfile/2019/03/28/1407073_11_1_1.pdf
- [4] 2018.7.http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/__icsFiles/afieldfile/2019/03/28/1407073_11_1_1.pdf
- [5] 鹿野利春, 学習指導要領の改訂と共通教科情報科, 情報処理, vol.58, no.7, pp.626-629, 2017.6.
- [6] Yasushi Kuno, Ben Tsutom Wada, Yasuichi Nakayama, Takeo Tatsumi, Eriko Uematsu, K12 IT Education in Japan: Current Status and Future Directions, The 23rd IFIP World Computer Congress, IT Education Forum (K-12), pp.37-44, 2015.10.
- [7] 久野靖, 和田勉, 中山泰一, 辰己丈夫, 上松恵理子, わが国の初等中等情報教育: 現状と将来に向けた目標体系の提案, 日本ソフトウェア科学会第32回大会論文集, rePiT2-1, 2015.9.
- [8] Tim Bell, Ian H. Witten, Mike Fellows, Matt Powell 著, 兼宗進ほか訳, 久野靖追補, コンピュータを使わない情報教育 アンプラグド コンピュータサイエンス, イーテキスト研究所, 2007.
- [9] 日本学術会議, 大学の分野別質保証のための教育課程編成上の参照規準 情報学分野, 2016.3.
- [10] 山崎謙介, メタサイエンスとしての情報学とその教育, 情報処理, vol.56, no.10, pp.1008-1011, 2015.

表2:分野ごとの内容配分のまとめ(★:その分野固有の扱い)

区分	[哲法] — 哲学・法学・政治学等				[言心] — 言語学・地理学・心理学等				[生農] — 生物学・農学・医学等				[社経] — 社会学・経済学・経営学等				[理工] — 理学・工学			
	L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4
A1	小情	小情	高必	大情	小情	小情	高必	大情	小情	小情	高必	大情	小情	小情	高必	大情	小情	小情	高必	大情
A2	小情	高必	大情	大情	小情	高必	大情	大情	小情	高必	大情	大情	小情	高必	大情	大情	小情	高必	大情	大情
A3	小情	小情	高必	大情	小情	小情	高必	大情	小情	小情	高必	大情	小情	小情	高必	大情	小情	小情	高必	大情
A4	小情	小情	高必	★	小情	小情	高必	★	小情	小情	高必	★	小情	小情	高必	★	小情	小情	高必	★
A5	小情	中情			小情	中情			小情	中情			小情	中情			小情	中情	★	★
B1	小情	中情	高必	大他	小情	中情	高必	大他	小情	中情	高必	大他	小情	中情	高必	大他	小情	中情	高必	大他
B2	小他	中般	高般	大他	小他	中般	高般	大他	小他	中般	高般	大他	小他	中般	高般	大他	小他	中般	高般	大他
B3	小他	中般	高般	大般	小他	中般	高般	大般	小他	中般	高般	大般	小他	中般	高般	大般	小他	中般	高般	大般
B4	中情	高必	高選	大情	中情	高必	高選	大情	中情	高必	高選	大情	中情	高必	高選	大情	中情	高必	高選	大情
B5	中情	高必	大般	大般	中情	高必	大般	大般	中情	高必	大般	大般	中情	高必	大般	大般	中情	高必	大般	大般
C1	中情	高必	高必	大他	中情	高必	高必	大他	中情	高必	高必	大他	中情	高必	高必	大他	中情	高必	高必	大他
C2	高選	高選	大他		高選	高選	大他	★	高選	高選	大他	★	高選	高選	大他	★	高選	高選	大他	★
C3	中情	高必	高必		中情	高必	高必	★	中情	高必	高必	★	中情	高必	高必	★	中情	高必	高必	★
C4	中情	高選			中情	高選			中情	高選	★	★	中情	高選	★	★	中情	高選	★	★
D1	小情	高必	高必	大情	小情	高必	高必	大情	小情	高必	高必	大情	小情	高必	高必	大情	小情	高必	高必	大情
D2	高必	高選	高選	大情	高必	高選	高選	大情	高必	高選	高選	大情	高必	高選	高選	大情	高必	高選	高選	大情
D3	高必	高必	高選	大情	高必	高必	高選	大情	高必	高必	高選	大情	高必	高必	高選	大情	高必	高必	高選	大情
D4	高必	高選	大他	★	高必	高選	大他	★	高必	高選	大他	★	高必	高選	大他	★	高必	高選	大他	★
E1	高必	高必	大情		高必	高必	大情		高必	高必	大情		高必	高必	大情		高必	高必	大情	
E2	高必	高必	高選		高必	高必	高選		高必	高必	高選	★	高必	高必	高選	★	高必	高必	高選	★
E3	高必	高必	高必	大情	高必	高必	高必	大情	高必	高必	高必	大情	高必	高必	高必	大情	高必	高必	高必	大情
F1	小情	中情	高選	★	小情	中情	高選	★	小情	中情	高選	★	小情	中情	高選	★	小情	中情	高選	★
F2	小情	中情	高必	大情	小情	中情	高必	大情	小情	中情	高必	大情	小情	中情	高必	大情	小情	中情	高必	大情
F3	中情	高必	高選		中情	高必	高選		中情	高必	高選		中情	高必	高選		中情	高必	高選	
F4	中情	高必	高選	★	中情	高必	高選	★	中情	高必	高選	★	中情	高必	高選	★	中情	高必	高選	★
G1	小般	小般	高必		小般	小般	高必	★	小般	小般	高必		小般	小般	高必	★	小般	小般	高必	
G2	小情	高選	大情	★	小情	高選	大情	★	小情	高選	大情		小情	高選	大情	★	小情	高選	大情	
G3	小般	中般	高必	大般	小般	中般	高必	大般	小般	中般	高必	大般	小般	中般	高必	大般	小般	中般	高必	大般
G4	小般	中般	高般	大般	小般	中般	高般	大般	小般	中般	高般	大般	小般	中般	高般	大般	小般	中般	高般	大般
G5	小般	中般	高般	大般	小般	中般	高般	大般	小般	中般	高般	大般	小般	中般	高般	大般	小般	中般	高般	大般
H1	中情	高必	大情	★	中情	高必	大情		中情	高必	大情		中情	高必	大情	★	中情	高必	大情	★
H2	中般	高必	高必	大般	中般	高必	高必	大般	中般	高必	高必	大般	中般	高必	高必	大般	中般	高必	高必	大般
H3	小般	中般	高必	大情	小般	中般	高必	大情	小般	中般	高必	大情	小般	中般	高必	大情	小般	中般	高必	大情
I1	小般	中般	高必	高必	小般	中般	高必	高必	小般	中般	高必	高必	小般	中般	高必	高必	小般	中般	高必	高必
I2	中般	高必	大他	大般	中般	高必	大他	大般	中般	高必	大他	大般	中般	高必	大他	大般	中般	高必	大他	大般
I3	小般	中般	高般	大般	小般	中般	高般	大般	小般	中般	高般	大般	小般	中般	高般	大般	小般	中般	高般	大般
I4	高他	大他	大他	大般	高他	大他	大他	大般	高他	大他	大他	大般	高他	大他	大他	大般	高他	大他	大他	大般
J1	高必	高選	高選	★	高必	高選	高選	★	高必	高選	高選	★	高必	高選	高選	★	高必	高選	高選	★
J2	中情	高選	★	★	中情	高選	★	★	中情	高選	★	★	中情	高選	★	★	中情	高選	★	★
J3	高選	高選			高選	高選			高選	高選			高選	高選			高選	高選	★	★
K1	高必	高必	高必	大般	高必	高必	高必	大般	高必	高必	高必	大般	高必	高必	高必	大般	高必	高必	高必	大般
K2	高必	高必	大情	大般	高必	高必	大情	大般	高必	高必	大情	大般	高必	高必	大情	大般	高必	高必	大情	大般
K3	高必	大般	大般	大般	高必	大般	大般	大般	高必	大般	大般	大般	高必	大般	大般	大般	高必	大般	大般	大般
K4	高必	大般	大般	大般	高必	大般	大般	大般	高必	大般	大般	大般	高必	大般	大般	大般	高必	大般	大般	大般

A 学校段階ごとの補足説明

A.1 入学前教育

入学前教育は現在のわが国では全員が受けるものではなく、義務教育の前提となることはできない。その一方で、多くの子どもにとって、入学前の段階でコンピュータの原理的なものに触れることは、次の点から望ましいと考える。

- ・ 情報学やそれに隣接する領域への関心を持たせる。
- ・ 考える習慣や探求する態度を身につけさせる。

上記の目標に照らして、入学前教育で扱う情報学の内容としては、手順的な自動処理の体験に相当するものが適切である。体験に使用する言語・実行系の要件としては、発達段階を考慮して次のものとする。

- ・ 絵を動かす、ロボットカーを動かすなど、入学前児童でも親しみを持って取り組める動作を作り出せること。
- ・ 文字を使用せず、ブロックの配置や絵の配置によって実行指示を組み立てる形のものであること。

学習活動の目標は体験であるが、次のことが行われるように活動内容を設計すべきである。

- ・ グループでの活動でもよいが、その中でも児童の一人ずつが、自分のものとして、実行指示を組み立てる機会を持つこと。
- ・ 自分が施した実行指示に体する変更が、実際に実行の内容に変化をもたらしていることを体験できること。
- ・ 取り上げるテーマを画一的なものとしせず、お絵描きや工作のように自分が作りたいものを組み立てるといった形を取ること。

A.2 小学校段階

小学校段階以後は、先に挙げた情報学の各分野に関わる内容を発達段階に応じてカバーしていくことを考える。以下では分野ごとに検討する。

- ・ **A.情報およびコンピュータの原理については、A1L1、A1L2の「情報」とその取り扱いを意識すること、A2L1のコンピュータが何かを分かること、A3L1、A3L2**
のネットワークとその上のコミュニケーションの意識、A4L1、A4L2のネットワークと安全、A5L1の制御の意識とかなり多くの内容が含まれる。A1の「情報」の意識については2018指導要領で既に小学校1年の国語でその言葉が現れて来るようになっている。A3L1、A3L2、A4L1、A4L2については、小学校からネットワーク安全教育が必要なことは明らかであり、国語・道徳・総合的な学習の時間などで取り組む必要がある。A2L1、A5L1は小学校におけるプログラミング学習の導入に対応する内容だといえる。
- ・ **B.情報の整理と創造については、B2L1の文章の読解、B3L1の説明文を国語で扱うことが2018指導要領案で定められている。また、B1L1の情報の整理につい**
ては指導要領にはないが、国語等で扱うことが望まれる。
- ・ **C.モデル化とシミュレーション・分析については、発達段階的に中学校以降の内容であると考え**
る。

- ・ **D.**データとその扱いについては、**D1L1**の媒体へのデータの保管について、情報機器を扱う際に取り上げるべきと考える。
- ・ **E.**計算モデル的思考については、発達段階的に中学校以降の内容であると考え。
- ・ **F.**プログラムの活用と構築については、**F1L1**のプログラムに対する認識、**F2L1**の直接的な動作の実現が、小学校におけるプログラミング学習の内容として含まれるべきだと考える。
- ・ **G.**コミュニケーションと協調作業については、**G2L1**の意思の伝達は2018指導要領案において国語の内容として含まれている。また**G3L1**の他者の尊重に関する内容は道徳に含まれている。**G1L1**、**G1L2**のコミュニケーションの意識やよしあし、**G4L1**のグループ作業についても何らかの形で明示的に扱うようにすべきと考える。
- ・ **H.**情報社会と倫理・法・制度については、**H3L1**のモラルに関わる部分が道徳に含まれている。
- ・ **I.**論理性と客観性については、**I3L1**の主観と客観の区別が、2018指導要領案において国語の内容として含まれている。これ以外については中学校以後の内容とすることが適切と考える。
- ・ **J.**システムの思考、**K.**問題解決については、発達段階的に中学校以後の内容であると考え。

A.3 中学校段階

中学校段階では、小学校では発達段階的に取り入れられなかった内容が扱えるようになる。以下で分野ごとに検討する。

- ・ **A.**情報およびコンピュータの原理については、小学校でかなり多くを扱うこととしたため、中学校で新たに入る内容としては**A5L2**の計測・制御に関する内容のみとなる。これは現在も技術・家庭の中の技術分野で扱っている。
- ・ **B.**情報の整理と創造については、**B2L2**の理由の記載、**B3L2**の文章の論理構造、**B5L1**の題材に基づく文章がいずれも2018指導要領案において国語の内容として含まれている。**B1L2**の情報が判断に影響することのメタ認知についても、国語で扱う内容に追加することが考えられる。
- ・ **C.**モデル化とシミュレーション・分析については、現在はほぼ高校情報の内容であるが、**C1L1**のモデルの意識、**C3L3**のアナログなモデルに基づくシミュレーションなどは中学校で暗黙的には行なわれている内容であり、これをモデルとして明示的に扱うことが望ましいと考える。**C4L1**については地図などの上で試行錯誤して最短経路を見つけるなどの内容が考えられる。
- ・ **D.**データとその扱い、**E.**計算モデル的思考については、中学校ではまだ扱わず、高校のレベルの内容となると考える。
- ・ **F.**プログラムの活用と構築については、小学校からのプログラミングの導入を前提として、中学校では**F1L2**のソフトウェアの取り扱い、**F2L2**の変数などの扱い、**F3L1**のステップの模擬実行を扱うのが適切と考える。これらは現在も技術・家庭の中の技術分野で扱っている。
- ・ **G.**コミュニケーションと協調作業は、**G3L2**の共同作業のための合意、**G4L2**の相手の立場に立つ、**G5L2**のリーダーシップが中学校で扱われるべきと考える。
- ・ **H.**情報社会と倫理・法・制度については、**H1L1**の情報技術と人間の関わり、**H3L2**

の情報社会の法と秩序をいずれも技術・家庭の中の技術分野で扱っている。H2L1については、情報技術などを用いたコミュニケーションなどの一環として扱うことが考えられる。

- ・ I.論理性と客観性については、I1L2の推論は数学で指導要領に含まれている。I2L1の伝達者の真意、I3L2の理由の確認については、情報技術などを用いたコミュニケーションなどの一環として扱うことが考えられる。考える。
- ・ J.システムの思考については、J2L1のシステムとユーザの接点について、技術・家庭の中でプログラムを扱うところで併せて扱うことが望ましい。
- ・ K.問題解決については、高校レベルでの扱いを想定する。

A.4 高等学校段階

高等学校段階については、情報科の内容が中心となる。情報科は次期学習指導要領において必修科目「情報I」と選択科目「情報II」の2科目体制になることが決まっている。本文書では必修科目に対応する部分は「全員が学ぶ」内容(3節の「(高必)」)、選択科目に対応する部分は「高等教育に進む学生が学ぶ」内容(3節の「(高選)」)と位置付けている。

また、本文書の提案は必ずしも現時点で次期指導要領の「情報I」「情報II」の内容範囲として公表されているものと一致していないが、これは本文書が「将来的に」初等中等教育から大学共通教育までの内容・範囲となるべき体系を提案するという立場を取っていることによる(これは中学校までの部分でもまったく同じである)。

以下では内容ごとに検討する。

- ・ A.情報およびコンピュータの原理については、A1L3、A2L2、A3L3、A4L3の各内容を(高必)として区分している。これらはいずれも、中学校までで学んで来た部分を発展させ、高校でないと扱えない範囲をカバーしている。(高選)に対応する部分はない。
- ・ B.情報の整理と創造については、B1L3、B2L3、B3L3、B4L2、B5L2の各内容を(高必)として区分している(B2L3、B3L3はおもに国語科の内容と考える)。これらはいずれも、中学校までで学んで来た部分を発展させ、高校でないと扱えない範囲をカバーしている。B4L3は(高選)に区分し、サイト作成などを通じて学ぶことを想定する。
- ・ C.モデル化とシミュレーション・分析については、C1L2、C1L3、C3L2、C3L3を(高必)として区分している。この部分は現行指導要領の「情報の科学」に含まれる部分であり、情報Iにも含まれている。さらに、C2L1、C2L2、C4L2は(高選)として区分している。これはおもに情報システムに関するものであり、情報IIに含まれている。
- ・ D.データとその扱いについては、D1L2、D1L3、D2L1、D3L1、D3L2、D4L1を(高必)として区分している。この部分は現行指導要領の「情報の科学」に含まれる部分で、情報Iにも含まれている。さらに、D2L2、D2L3、D3L3、D4L2については(高選)に区分している。これらは情報システムやデータサイエンスに対応する部分で、情報IIに含まれている。
- ・ E.計算モデル的思考については、E1L1、E1L2、E2L1、E2L2、E3L1、E3L、E3L3を(高必)に区分している。これらは情報Iかそれをやや発展させた内容となる。
さらにE2L3を(高選)に区分している。これは情報システムに近い内容であり、情報IIでお概ね扱われるものとする。
- ・ F.プログラムの活用と構築については、F2L3、F3L2、F4L2を(高必)に区分している。これらは基本的なプログラミングの内容で全員が学ぶべき内容に相当する。

さらにF1L3、F3L3、F4L3を(高選)に区分している。これらはシステム開発に係る内容

となる。

- ・ G. コミュニケーションと協調作業は、G1L3、G3L3、G4L3、G5L3をいずれも(高必)として区分している。G1L3については、メディアリテラシーに対応する内容であり、それ以外はグループでの問題解決に対応するもので、いずれも情報Iに含まれている内容に近い。(高選)に区分するものはG2L2のみであり、これはサイト作成に対応するものとなっている。
- ・ H. 情報社会と倫理・法・制度については、H1L2の情報社会の法・制度の内容、H2L2、H2L3のメディアと意図、H2L3のジレンマの内容を、(高必)に区分している。いずれも情報Iの中で扱っている内容に相当する。(高選)に区分するものはない。
- ・ I. 論理性と客観性については、I1L3、I1L4、I2L2、I3L3、I4L1をいずれも(高必)として区分している。これらのうち、I1L3、I1L4は情報Iにおける問題解決のための論理や仮説構築に対応し、それ以外はコミュニケーションと情報デザインに相当する部分と、それを超えた部分とから成っている。(高選)に区分するものはない。
- ・ J. システム的思考については、J1L1のみを初歩的な部分であることから(高必)に区分し、あとはJ1L2、J1L3、J2L2、J3L1、J3L2をすべて(高選)に区分している。これらは情報IIの中の情報システムに関する内容と対応している。
- ・ K. 問題解決については、K1L1、K1L2、K1L3、K2L1、K2L2、K3L1、K4L1を(高必)として区分している。これらは問題解決の基本部分であり、情報Iに含まれている。(高選)に区分する内容はない。

A.5 大学段階

本文書では、一般教育(大情)、普遍的事項(大般)については、専攻グループごとの違いはないという立場であり、ここでは説明しない。以下では各専攻グループごとの固有の部分(表2の★部分)について、具体的な扱いを検討する。

[哲法]哲学・法学・政治学等

哲学・法学・政治学等の分野は「考える」ことを重視する分野であり、その意味では最も文系的だと言える。また、「考えることとは何か」などのメタな部分も扱う必要があることも特徴だといえる。

- ・ A4L4—法学分野では、情報技術関連のリスクやそれを法学的にどのように捉えるかについて取り扱う科目があるべきだと考える。政治学分野では、情報技術に関わるリスク(情報テロなども含む)を政策的に扱うことについて取り扱う科目があるべきだと考える。
- ・ D4L4—法学分野は法文や判例などデータとしてそれに基づき体系を検討する学問であり、法令データベースや判例データベースがそのデータソースにあたる。
また、知的財産などの場合は特許・実用新案などのデータベースを扱う必要がある。個々の専門分野の内容に先立ち、これらのデータベースの扱いについて学ぶ科目があることが適切である。

政治学分野では(歴史学もそうであるが)過去におきたできごとの蓄積を多く扱う必要がある。これらはデータ化されている場合もあるが、テーマによっては文献や資料をもとに自分でデータベースを構築するなどの事柄が必要になる。個々の専門分野の内容に先立ち、これらのデータベースの扱いについて学ぶ科目があることが適切である。

- ・ F1L4、F4L4—この分野のプログラムによる問題解決とはおもに、参照すべき多数の事項から

重要なものを抽出したり、自分の考える指標値を計算してそれによる整列を行なうなど、研究のためのデータ操作が中心になるものと考えられる。とくに、データが自然言語で書かれたものである場合が多いことから、テキストマイニングの基本技術やライブラリAPIの活用などの内容が含まれる必要があると思われる。

- ・ H1L4—情報技術者の倫理などについては、哲学の中の倫理的立場から(分量的に多くなければ、職業倫理の一部として)扱う科目があることが望まれる。

法学分野では、情報法の体系、電子政府について法制度の面から学ぶ科目が必要である。またシステム監査について、法制度面および通常の組織の監査とは異なるシステムならではの側面について学ぶ科目が必要であると考えられる。

政治学分野では、電子政府の役割や意義を学ぶ科目が必要と考えられる。また、今後各種のシステムがより大規模化しそれに多くの人が依存するようになると予想されることから、それらのシステムを統制することを政策的に位置付け取り扱うような科目が必要になるものと考えられる。

- ・ J1L4—この分野では、法制度やその運用に関わるシステム、政策の策定やその実施に際して用いるシステムなど、個別のシステムについて考えられる必要がある。まず既存のシステムについて学び、また将来的に有用なシステムを構想し、模擬的にその効果を調べるなどの内容を含んだ科目があることが望まれる。
- ・ J2L3、J2L4—この分野で扱う情報システムでは、ユーザとは「哲学者」「法律家」「法律事務」「政治家」「政策スタッフ」などであり、システムの「価値」についても世の中一般とは異なることが予想される。そのような特定の領域の持つユーザを想定したシステムについて取り扱う科目があることが望まれる。

[言心]言語学・地理学・心理学等

言語学・地理学・心理学等の分野は文系ではあるが、データに基づいた研究を行ない、統計データの扱いが必要である。その部分では理工系に近いといえる。

- ・ C2L4—言語学分野であれば、言語の多様なモデルを扱い問題解決を行なう科目が設置されるはずである。

地理学であれば、地図データベースや地理情報システムのモデルを扱うことが不可欠であり、そのための科目が必須である。

心理学分野では、人間の心のモデルやそれに基づく研究が不可欠であり、そのようなモデル化を扱う科目が必要となる。

- ・ C3L4—この専門分野では、それぞれのモデルを用いたシミュレーションが有用な研究手段であり、そのことを扱う科目も必要である。
- ・ D4L4—言語学分野では、エスノグラフィー(参加観察)調査などの手法によって定性的・定量的なデータを取得することを通じて、知られていない言語現象などを明らかにする科目が考えられる。

- ・ F1L4、F4L4—言語学分野であれば、既存言語の分析において独自の視点を考案した場合、その側面にもとづく分類や抽出を行なうなどの処理が必要になる。また、新たな言語モデルを考案して、その特性についてシミュレーションで調べるなどのことが求められることもある。いずれも、既存のアプリケーションでは済まない事項であり、プログラムを作成す

る技能が求められる。そのような科目では、実際に専門分野の題材を用いて実習することが望まれる。

地理学分野では、地図データベースなどを扱いその上でのデータ抽出やモデルの計算を行なう処理が必要になる。これらもそのためのプログラミング技法を具体的なデータの扱いとともに学ぶような科目が必須であるといえる。

心理学分野では、モデルの計算もあるが、そのほかに心理学実験等を実施するツールとしてソフトウェアが多く使われる。そのような具体的なプログラムを作成できるような科目があることが必要である。

- ・ G2L4—言語学分野では、言語活動としてのコミュニケーションを取り扱うことが必要であり、その場合コミュニケーションを記録した上で当該分野の観点から分析する方法を学ぶ科目が必要である。

心理学分野では、人間の心の表出としての会話は重要なテーマであり、コミュニケーションを記録した上で当該分野の観点から分析する方法を学ぶ科目が必要である。

- ・ J1L4—地理分野では、地理情報システムが大規模な汎用のシステムとしてすでに確立しており、それを土台として個別の研究のためのシステムを構想する方法を具体的に学べる科目が必要である。
- ・ J2L3、J2L4—心理学分野では、認知心理学に代表される、システムと人間の接点を扱う分野があり、そこではユーザにとって使いやすい、理解しやすいなどの価値について古くから扱われている。これらの基本的事項を学び研究につなげられる科目は不可欠だといえる。

地理学分野では、地理情報システムの機能をさまざまな分野の専門家や非専門家に提供することも重要な役割となっており、これらの事項を扱う科目が必要であるといえる。

[生農]生物学・農学・医学等

生物学・農学・医学は理工系の一部ではあるが、生命系としてやや異なる部分もあることから分けている。具体的には、工学的色彩はやや弱く、そのぶん生命情報を重視する。

- ・ C2L4—生命系では、分子レベルから個体(細胞)レベル、個体の集合(組織)レベル等、さまざまなレベルで多様なシミュレーションが必要である。この内容では、基本的な(アプリとして構築ずみの)アプリケーションを選択して問題を検討するような(講義+実習の)科目が必要と考える。
- ・ C3L4—分野固有のシミュレーションを扱う科目があるべきである。題材としては、医学分野であれば感染症のモデルとそのシミュレーション、農学分野であれば作物の病気に関するシミュレーションなどが考えられる。そのほか、シミュレーションにとどまらない内容になるが、大規模な遺伝子解析を取り扱うことも考えられる。
- ・ C4L3、C4L4—生命現象や生物の活動のなかで、最適化問題として説明できることは多くある。この内容では、ここまで学んで来たモデルに対して最適化を取り入れることと、それを解くことで生命現象などを説明するような科目の両方が必要であると考えられる。
- ・ D4L4—生命活動や個体の活動について、どのようなデータを(定性的・定量的)に収集することができ、それをどのように問題解決に活かせるかを具体的に学ぶ実験科目が必

要であると考え。

- ・ E2L4—生命や個体の活動における並行性について、要素間の情報伝達や影響の伝達も含めて扱い、定式化したり分析することを学ぶ科目が必要であると考え。
- ・ J1L4—栽培管理、飼育管理、医療情報の扱いなどそれぞれの専門において使われている情報システムを知り、必要に応じて新たな情報システムを構想したり提案することを学ぶ科目が必要と考える。
- ・ J2L3、J2L4—栽培システム、飼育システム、観測/観察システム、医療情報システムなどの各種システムについて、専門家としてその本質は何か、単なる「労力の節約」でなく新しい価値を生み出せるシステムとはどういうものかについて考えさせる科目が必要である。

[社経]社会学・経済学・経営学等

社会学・経済学・経営学等の分野は社会を扱うことから、文系ではあるが計算、モデルなどを多く扱う必要がある。その意味では理工系に近いといえる。

- ・ A4L4—情報技術の影響が極めて大きくなっている今日、情報社会それ自体が、社会学・経済学・経営学にとって重要なテーマであり、そこにある(潜在的/顕在的)リスクを評価することもまた同様である。これらの分野では、情報社会そのものを扱う科目があり、その中で情報技術の位置付けや影響、そしてそれに関わるリスクとその評価、およびリスクマネジメントを扱うべきである。
 - ・ C2L4—情報がどこからどのように流れて行きまた途中で加工されるかという事柄、システムやサブシステムが複数の状態を持ちそれらの間で遷移していくという考え方は、社会学・経済学・経営学においても関わりのある事項であり、また情報技術に関する文献を読み解く必要性もある。このため、データフロー図、ステートチャートなどの基本的なモデル図を学び、それを参照して問題を検討するような科目があることが望まれる。
 - ・ C3L4—社会シミュレーション、経済シミュレーション、経営シミュレーションなどは社会学・経済学・経営学において基礎的な研究・問題解決手法であり、それぞれの分野において典型的なモデルを学びまた実際にシミュレーションを通じて問題解決を体験する講義・演習科目が不可欠である。簡単に定式化できない社会的事象を扱うエージェントシミュレーションなどもここで扱うことが考えられる。
 - ・ C4L3、C4L4—モデル上での最適化は社会学・経済学・経営学において問題解決の重要なツールであり、線形計画法やゲーム理論などのOR的手法、山登り法、焼きなまし法、ジェネティックプログラミング等情報技術的手法などの多様な最適化手法を学び、それに適したモデルを構築し実験するような講義・演習科目が不可欠であると考え。
- また、オンライン(ダイレクト)マーケティング、FinTech、電子貨幣などの経済と情報技術と組み合わさったテーマについて、社会学・経済学・経営学それぞれの立場からモデル化や分析を試みる科目も必要と考える。
- ・ D4L4—社会学・経済学・経営学は実際に動いている社会を対象としていることから、社会統計、経済統計、株式/商品市場などの実績数量データ、アンケート調査などの定性的データを実際に扱えることが求められる。それぞれの分野の代表的なデータを実際に操作し分析してみる演習科目が不可欠であると考えられる。
 - ・ E2L4—社会現象は基本的に多くの要素が並行に活動するものであり、並行計算としての定式

化が有用である(とくにシミュレーションの実装手法として)。また、限られたリソースで多数のタスクをこなす場面ではスケジューリング問題としての定式化やその上での問題解決が必要となる。これらについて学び問題解決を提案したり経験する科目が望まれる。

- ・ **F1L4、F4L4**—社会現象のシミュレーションは既存のアプリケーションは多くないので、自分でモデルをプログラミングして動かせることが不可欠である。そのため、モデル化・シミュレーションを内容とする科目において、適切なアプリケーションを選択したり、プログラムを動かす実習を組み合わせる形で取り入れることが望ましい。
- ・ **G1L4**—社会学ではコミュニケーションの記録や分析は重要な研究手段であり、これらが実践的に行なえるよう学ぶ科目が必要である。
- ・ **G2L4**—メディアの役割やその影響は社会学・経済学・経営学のいずれにおいても重要な位置づけを担い、それぞれの観点からその内容について学ぶことが必要である。
- ・ **H1L4**—社会の1構成要素としての電子政府や電子商取引などについて、情報システムを扱う科目のいずれかで取り扱うことが考えられる。また、情報システムの監査や認証、技術者の役割については、情報技術のリスクを内容とする科目の一部として取り入れることが考えられる。
- ・ **J1L4**—社会・経済・経営いずれの分野も、既存の情報システムを使うだけでなく新たな情報システムを構想できることが今後不可欠となると考えられる。それぞれの分野において、情報システムを扱う科目を設け、既存の情報システムについて知ることに加えて、できればグループワークなどの形も取り入れて、新たなシステムを構想する実習を盛り込むことが望まれる。
- ・ **J2L3、J2L4**—システムが提供する価値や、システムの使いやすさなどの考え方も知っておく必要がある。上記のシステムを構想する実習と組み合わせ、そのシステムの提供する価値、社会との適合性・親和性について考えさせたり、特定の部分についてユーザインタフェースまで含めて構想しそれを評価する(可能ならインタフェースだけ試作し検討する)ことが望ましい。

[理工]理学・工学

理学・工学分野は比較的均質であり1グループとして扱っている。情報系(情報科学・情報工学)もこの中に入る。これらは当然ながら専門教育の中で深い内容までカバーしているが、一般教育については他の理学・工学と共通しているものとして扱った。現実でも、情報系は理学部・工学部に含まれている結果、そのようになっていることが多い。

- ・ **A5L3、A5L4**—制御プログラムを実際に作成して体験する授業は理工系の学部の専門基礎として提供されるべきであるし、それを他の専門の学生も取れることが望まれる。さらにそれを進めて、組み込みシステムやその開発に関する進んだ内容まで扱うことが考えられる。また、そのような体験や知識を土台として、自動運転などのAI技術がどのようにできているか、何が可能で何が難しいかなどの事柄まで学ぶことが望まれる。
- ・ **C2L2**—モデルについては、電気系・機械系・情報系など分野により重要なものが異なっており、それをういた問題解決の内容もその分野ごとのものになる。ただし、情報学のモデルも情報システムなどとの関連で重要になるので、それぞれの分野のモデルを扱う科目の一部を割いて、状態遷移図やデータフロー図などのモデルについても扱うこと

が望ましい。

- ・ C3L4—シミュレーションについてはそれぞれの分野ごとのモデルを題材として取り扱うことが想定される。題材としては、流体シミュレーション、有限要素法など多様なものがある。その上で、シミュレーションによる問題解決までを体験する科目があることが望ましい。
- ・ C4L3、C4L4—モデルを用いた最適化についても、それぞれの分野ごとに主要なモデルを扱うことが想定される。ただし、解析的に解を求める方法だけでなく、プログラムを動かしてシミュレーションを行ないながら求める方法から始めて、山登り法やジェネティックプログラミングなどのソフトウェア的解法も含めて(またメタヒューリスティクスに重点を置いた方法も含めて)実習することが望まれる。
- ・ D4L4—理工系の中では、定量データを用いた問題解決について、それぞれ分野ごとのやり方がありまずそれを学ぶことは必要である。さらに、定性データについては理工系ではあまり扱われない面があるが、定性データも重要であることやその扱い方法を同じ科目の中で一通り学ぶことが必要である。
- ・ E1L4—計算化可能性やチューリング完全などの話題は情報系の内容ではあるが、単独の科目として専門基礎の中で開講したり、またはコンピュータにできること、という位置づけでプログラミングやアルゴリズムを扱う科目の中でトピック的に取り上げることが考えられる。後者の場合には情報系以外のさまざまな専門で実施するプログラミング科目とも組み合わせられる。
- ・ E2L4—並行計算やタスクスケジューリングはそれ自体理工学的に興味深い題材であり、理工系の専門基礎科目の中で単独の科目として扱うか、プログラミング科目の一部として扱うことが望ましい。
- ・ F1L4、F4L4—理学・工学のそれぞれの分野において、コンピュータは問題の解を求める有力な手段であり、その具体例を学ぶ科目が必要である。
- ・ F3L4—チームによるソフトウェア開発や、そこで起きるさまざまな問題に対処する必要性について実習中心で、理工系の専門基礎科目の中で取り扱うことが望まれる。そのような科目は、他専攻からも選択できるようになっていることが望ましい。
- ・ H1L4—電子政府については、公共の情報システムの1つとして位置付け、情報システムを扱う科目中に含めることが考えられる。システムの監査や認証の話題、技術者倫理の話題は、理工系の専門基礎科目の中で扱われるべきである。1科目単独で開講することが難しければ、情報技術を扱う他の科目の一部として位置付けることも考えられる。
- ・ J1L4—組み込みシステムとネットを組み合わせた概念であるIoTなどもシステムの話題の一環として取り上げることが考えられる。またはこれに重点をおくなら単独の科目とすることも考えられる。
- ・ J2L3、J2L4—理学・工学の立場から、システムが問題を解決するときその価値について考え、それに基づいて必要なシステムを考案・提案することをソフトウェア作成の科目の中で取り入れる必要がある。
- ・ J3L3、J3L4—ある程度複雑なシステムを開発するときの問題や、開発プロセスに関する経験は、工学系の場合はそれぞれの分野に対応するシステムの構築を題材とし、それ以外の場合は情報システムの開発を題材として、単独の科目として実習中心に取

り扱うことが望ましい。

B 情報学の参照基準における各分野の再掲

「情報学の参照基準[8]」に含まれる内容については、専門課程においてその内容を身につけるだけの準備を提供することが、大学共通教育の責務となるが、その分野の分類は本文書でも踏襲している。そのため、以下に分類の各内容を再掲する。

「情報学の参照基準」では、情報学固有の知識体系を次の5分野に整理している。(かっこ書きした分類名称は本文書で参照のために付した。)

(知識:情報一般)情報一般の原理—情報と意味、情報の種類、情報と記号、記号の意味解釈、コミュニケーション、社会的価値の創造

(知識:機械情報)コンピュータで処理される情報の原理—情報の変換と伝達、情報の表現・蓄積・管理、情報の認識と分析、計算、各種の計算・アルゴリズム

(知識:情報処理)情報を扱う機械および機構を設計し構築するための技術—コンピュータのハードウェア、入出力装置、基本ソフトウェア

(知識:人間社会)情報を扱う人間社会に関する理解—社会において情報が創造・伝達される過程と仕組み、情報を扱う人間の特性と社会システム、経済システムの存立と情報、情報技術を基盤にした文化、近代社会からポスト近代社会へ

(知識:システム)社会において情報を扱うシステムを構築し活用するための技術・制度・組織—情報システムを開発する技術、情報システムの効果を得るための技術、情報システムに関わる社会的なシステム、情報システムと人間のインタフェースに関する原理や方法

「情報学の参照基準」ではさらに、情報学に関係するジェネリックスキルを次のように分類している。(かっこ書きした分類名称は本文書で参照のために付した。)

(汎用:創造性)創造性—創造力・構想力・想像力。

(汎用:論理)論理的思考・計算論的思考—論理的思考能力・論理的緻密さ・演繹する能力。概念化・モデル化・形式化・抽象化を行なう能力。

(汎用:問題解決)課題発見・問題解決—問題発見能力。問題解決能力。システム思考。クリティカルシンキング。

(汎用:コミュ)コミュニケーション能力—コミュニケーション能力・プレゼンテーション能力。

(汎用:チーム)チームワーク・リーダーシップ・チャンス活用—協調性。リーダーシップ。ストレス耐性。

(汎用:主体性)分野開拓・自己啓発—主体的に学習する能力。融合する力・関連付ける力。

思考力・判断力・表現力の評価方法と情報科への適用

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、大阪大学が受託機関、東京大学・情報処理学会が連携機関となり、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」一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、2016年度から2018年度までの3年間に検討した結果をまとめている。

2016年度においては、思考力・判断力・表現力を評価する上で不可欠となる、これら3つの力の定義方法について検討した。ここでは「便宜的定義」の考え方を採り入れることで、これらの具体的な定義を可能とし、またそれをもとに、「思考力等を問う問題」の作成を試行した。また、この「便宜的定義」について、情報科で重要となる抽象化・モデル化との関連や、中央教育審議会などにおける既存の思考力等のとりまとめとの整合性についても検討をおこなった。

2017年度においては、前年度に引き続き、「便宜的定義」の既存研究等との整合性について検討をおこなうとともに、有識者から意見をいただき、その内容に基づく検討をおこなった。これらの結果に基づき、筆者らは「便宜的定義」が既存の各種思考力等の捉え方と整合しているものと考えている。

2018年度においては、前年度までに確立した「便宜的定義」に基づき、具体的な各種の問題を作成する「作成手順」を検討し取りまとめた。さらに、これらの作成手順に基づき、情報科の試験問題を作成することを通じて、手順の明確化を計るとともに、手順の具体的な適用方法を分かりやすく示すことをめざした。

以下ではこの3年間の成果を、概ね次の順序でまとめる。

- 「便宜的定義」の前提事項と具体的な定義内容
- 「便宜的定義」にもとづく試験問題のイメージ(情報科に限定されない)
- 情報科の能力を見る上で重要な事項に関する検討
- 既存の検討ならびに研究との関連性と有識者の意見
- 問題作成手順とそれらに基づく情報科の試験問題作成例

2 重要な前提と思考力・判断力・表現力の便宜的定義

2.1 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」を天下一の的に定め、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。

例えば、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する。

- 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[1]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。

2.2 思考力・判断力・表現力の便宜的定義

ここでは本事業における検討の成果の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)、およびメタ思考力(Ms)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・図式・グラフ・数表等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ることを見る問題。図式・グラフ・数表から直接に示されていないことが読み取れているかを見る問題。

(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)が明確に区分されている。

— 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。

(Ms) strategy—ここまでに挙げた個々の思考力・判断力・表現力を組み合わせて高次の課題解決を行う力。例としては次のものが挙げられる。

- 有用な関連につながりそうな事項に着目して、記述を読み取る。(Tr)+(Tc)
- 有用な発見につながりそうな事項に着目して、記述を読み取ったり、事項間につながりを探索する。(Tr)+(Td)、(Tc)+(Td)
- 有用な推論に必要とされそうな前提事項や、推論の帰結と相反する事項(背理法を用いる場合)に相当するものに狙いを定めて、記述を読み取ったり結び付きを見出したり直接に示されていない事柄を発見する。(Ti)+(Tr)、(Ti)+(Tc)、(Ti)+(Td)

- 直接の推論では導けないが、複数の推論の帰結と前提のつながりを見出すことで可能となる推論の連鎖を見出す。(Tc)+(Ti)
- 直接的に示されていないが適用可能な推論を発見し適用する。(Td)+(Ti)
- 上記のそれぞれにおいて、複数の可能性がある場合に、有用度の高いものを判断し選択する。(Ju)+(Tx)+(Ty)
- 与えられたものに基づいてよりよい表現を作り出すことを通じて、記述の読み取り、結び付きをの発見、直接に示されていないものの発見を行なう。(Ex)+(Tr)、(Ex)+(Tc)、(Ex)+(Td)
- 前記において、課題により適した表現を選択する。(Ju)+(Ex)+(Tx)

— 問題例:複数のTr,Tc,Td,Ti,Ex,Juを、取捨選択しつつ、必ずしも自明でないやり方で組み合わせ、求める結果に到達する筋道を構築させる設問。

3 作問手法に向けてのアイデアと作問例

3.1 本節の位置づけ

ここでは前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について検討しつつ、具体的な問題例を示す。ここで示しているのは基本的な考え方と情報科に限定しない一般的な問題例であり、より詳細な作問手順と情報科の作問例は後の節にゆずる。

3.2 [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◇および△が混ざって並んだ列を考える。列sに対し、s◇はsを2回繰り返すこと、s△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◇△→ABAB△→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◇

イ◇A◇◇

ウABBA△

エAB△◇

オAAAA△

カB△A△◇

3.3 [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:1258111314(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」

3.4 [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。春子が来る予定だったので。次に空腹だと思い、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。

3.5 [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?

3.6 [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「〇〇である(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。)

3.7 [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ヵ月の日数: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...

3.8 [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判断問題を作成することが考えられる。

3.9 [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

コー方

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。

3.10 [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」などの限定をつけた問題が考えられる。

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。

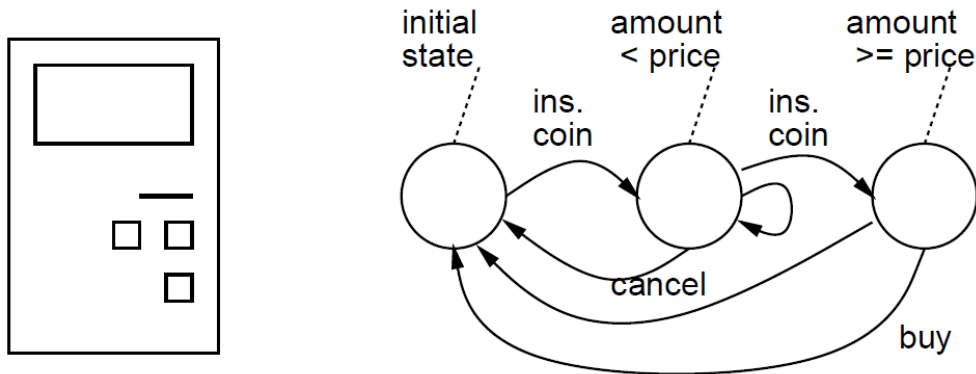


図1:自動販売機のモデル

- 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。

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。例えば「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、モデルとは呼びにくそうである。もう少し多くの要素を残して、例えば「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)商品は単一で、(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)。

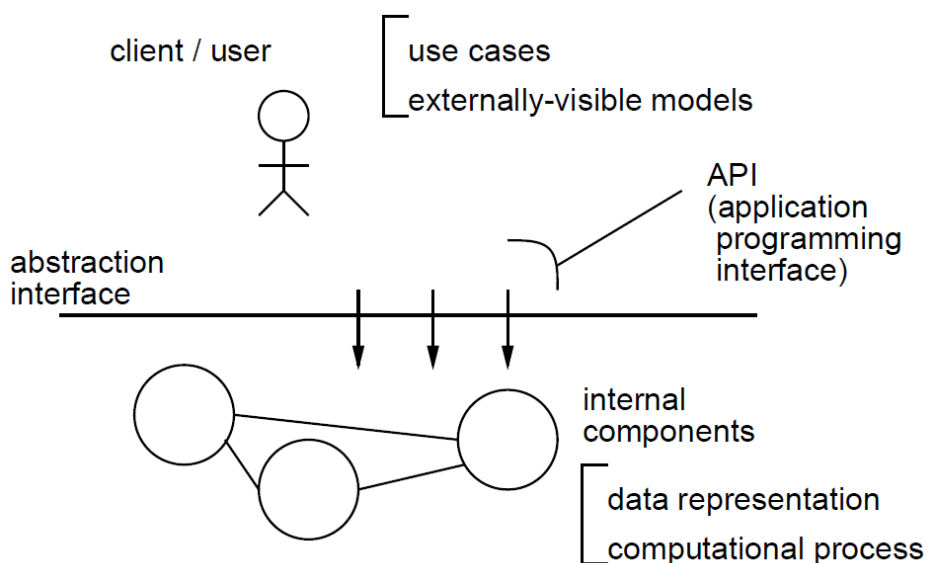


図2:抽象化に関連する要素群

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」は概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。

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.[2],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.[3],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[4],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[5].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学習指導要領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システム改革会議の資料で、[4]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、[5]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に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学習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[2]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、これを例えば「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。

「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趣旨や主張を把握し、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し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式化すること ・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、結論を書き、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、見つけ出し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、それに従い実行する</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>

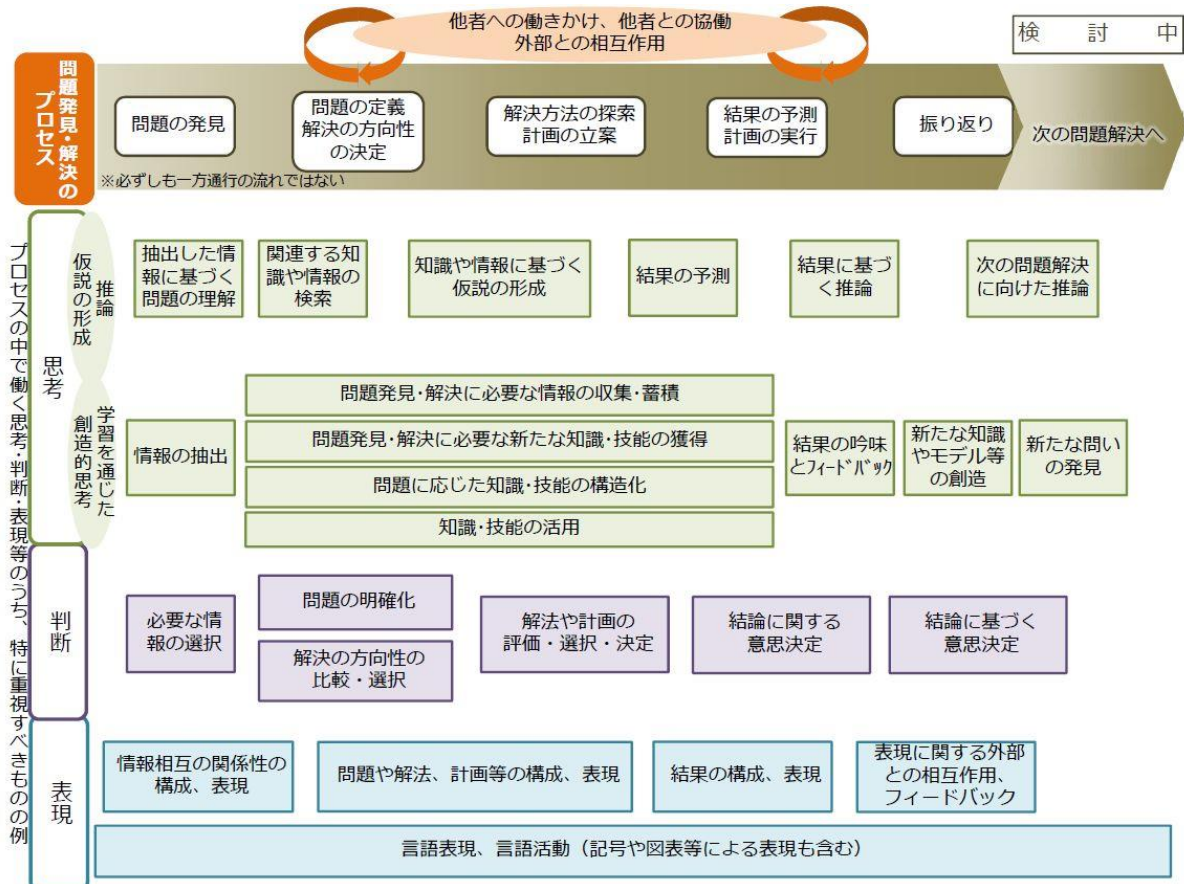


図3: 「思考力・判断力・表現力等」についての整理のイメージ

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。

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(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。
- (5) 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[5](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[6]、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[7]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
- 関連がすくにわからなければ補助問題を考えなければならない。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うか。その結果をつかうことができないうか。その方法を使うことができないうか。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うか。Ex/定義にかえれ。
- もし与えられた問題がとけなかつたならば、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うか。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/条件の一部を残し、他を捨てよ。ju/そうすればど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、その両方に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うか。Td
- データをすべてつかつたか。条件のすべてをつかつたか。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。Ju

6.4 計画を実行すること

- 解答の計画を実行するとき、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、解決策に不備なかつたのか、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、中でも2016年から開始された“AP Computer Science Principles”([8]、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

さまざまな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。TcTdEx
- **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。TdJuEx
- **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。TcTdEx
- **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。TiJu
- **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。TrEx
- **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。TrEx

8 LearningtoThinkの思考力

次の書籍[9]に「考えるとはどういうことか」についての詳細な検討が含まれていた。

Janet Donald, *Learning to Think: Disciplinary Perspective*, Jossey-Bass, San Francisco, 2002, 330p.

この本は著者が40年にわたって「大学の各専攻で『学ぶ』ことをどうやって教えているか」研究した成果をまとめている。対象となる専攻は理工系から法律、心理学、英文学まで多岐にわたる。当然、「考えるとはどういうことか」も扱っている。1章のExhibit

1.9にそれがまとめられている。表1に翻訳を示す。表中の「PS」等の記号はそれぞれの探究活動において使用される手法を分類した記号であり、Exhibit1.8にまとめられている。その翻訳を表2に示す。

表1に挙げられている各思考プロセス・行動と本文書で提示している思考力等との対応については、次のように考える。

- 記述—ここで述べられているさまざまな明確化は、事項の発見(Td)、関連の認識(Tc)、それらのうち何が重要であるかの判断(Ju)そしてその結果の定義・記述・描写(Ex)から成ると考える。
- 選択—ここで述べられているものは、重要な順に並べたり重要なものを選ぶことであり、我々の(Ju)とまったく一致している。

- 表現—ここでは「表す」ことが目的なので(Ex)がまず対応するが、それに際して要素の特定(Td)、関連の構成(Tc)も求められる。
- 推論—ここでは推論なので(Ti)がまず関係するが、その要素として関連を見出すこと(Tc)、順序づけ(Ju)なども含まれる。また、新たな要素の発見(Td)も含まれることが予想される。
- 合成—失われた弧の発見があるため、(Td)がまず考えられる。接合したり組み立てるのもそのやりかたを発見するという意味で(Td)が対応すると思われる。方向を延長するなどは(Ti)に相当する。
- 検証—比較する、確認する、調べるなどが中心であり、(Ti)が相当するものと思われる。

表1:高等教育における思考プロセスの作業モデル ([9]から引用)

思考プロセス・行動	説明
記述 (PS、SM)	ものごとの状況や形態を描写ないし定義する
文脈の特定 (E)	とりまく環境を確定し全体像を捉える
条件の明確化	重要な部分、前提、要求される事項などを明確化する
事実の明確化	生起した事象や既知の情報を明確化する
機能の明確化	物事や特定の作業の通常の/適切な働きを明確化する
前提の明確化 (CT)	前提とされている仮定、推測、提示条件を明確化する
目的の明確化	最終状態、目的を明確化する
選択 (PS)	複数のものからよいものを選ぶ。
重要な情報の選択	問題となっている事項に対して適切な情報を選択する
情報を重要な順に並べる	重要度ないし重大度に対応してランクづけないし並べる
重要な要素を特定	重要な単位・部品・構成要素を決定する
重要な関係を特定	ものごと間のつながりで重要であるものを決定する
表現 (PS)	文章、図形化、記号化などの方法で記述ないし表す
支配している原理の認識	システム全体を規定する法、手法、規則を特定する
要素と関係の構成	部品やものごとの間のつながりをアレンジしてシステムを構成する
要素と関連を描き出す	部品やものごとの間のつながりを例示などにより明確にする
要素と関連の変更	部品やものごとの間のつながりを変更・修正する
推論 (E、H、CT、PS)	前提やエビデンスから結論を導き出す活動・プロセス
要素間の新しい関連を発見する	部品、単位、構成要素間のつながりを検出・発見する
関係どうしの新しい関連を発見する	ものごとのつながりどうしの間のつながりを検出・発見する
同等性を発見する	値、力、重要性などにおける等しさを検出・発見する
カテゴリ化	分類したり、部品に分けたりする
順序づけ	順番をつけたり、並べたり、特定手法に従い配置する
仮説構築	理由づけの基盤となる主張を予測ないし形成する
合成 (PS)	部品や要素を組み合わせて複雑な全体物を組み立てる
部品から全体を組み立てる	要素や部品をシステムやパターンの形に接合する
精緻化	詳細・正確・複雑なものを作り出す
失われた弧を生成する	列の欠けているものを作り出す、ギャップを埋める
一連の動作の開発	経路、つながり、進むべき方向を作り出したり延長する
検証 (E、H、CT、PS、SM)	正確さ、整合性、一貫性、対応性を確認する
代替の出力を比較する	結果や結論間の類似性や差異を調べる
出力を標準と比較する	結果を基準と比較し類似性や差異を調べる
正当性の検証	頑健さや有効性を実際の事実に基づき厳密に調べる
フィードバックの使用	結果をもとに均等化、調整、適応をおこなう
結果の確認	結論、効果、出力、製品を確認・裁可する

表2:さまざまな学問分野で用いられる探究の手法 ([9]から引用)

手法	例示
H — Hermeneutics (解釈学): 解釈する、テキストの意味を理解と説明の間の弁証法を通じて構築する	聖書学、英文学
CT — Clitical Thinking (クリティカルシンキング): 前提を確認しエビデンスを探することで考え探究するアプローチ	英文学
PS — Problem Solving (問題解決): 問題を形式化し、計算に基づき解く。用いられている論理を検証する	物理学・工学
SM — Scientific Method (科学的手法): 客観的手法、発見したことの再現可能性を課す、無神論	物理学
E — Expertise (熟達): 知識の高度に発達した表現、行動スキーマ	物理学、教育学

9 「思考力問題の研究」における思考力

次の書籍[8]は大学入試問題の中から思考力問題とされるものを抽出して提示している。

一般財団法人日本生涯学習総合研究所監修,思考力問題の研究,旺文社,2016.

この本の「刊行にあたって」において、思考力問題を「知識だけでは解けない、分析力・判断力・推測力・表現力を総合的に試される問題」と定義している。そして、分析力等については表3のように整理している。

本の本体は実際の大学入試問題の紹介と解説であるが、それぞれの問題について、表3の「分析力・判断力・推測力・表現力」のどれとどれが該当するかが明記されている。表3と本文書で提示している思考力等との対応については、次のように考える。

- 分析力—ほぼそのまま、(Tr)に含まれる。(Tr)の方が広い概念である。
- 判断力—「統合する」「因果関係をとらえる」は関係を見出すという意味で(Tc)に含まれる。「多面的に考察する」は新しい視点の発見という意味で(Td)に含まれる。
- 推測力—「推論する」が(Ti)、「仮説を立てる」「傾向や可能性を判断する」が(Td)に含まれる。
- 表現力—ほぼそのまま、(Ex)に含まれる。

10 東京学芸大学NGEの汎用的スキルとの比較

2018年2月25日の検討会合において、東京学芸大学名誉教授、次世代教育研究推進機構(NGE)特命教授(Project Leader)の岸学氏に講演をいただき、質疑応答をおこなった。岸氏のまとめでは、文部科学省でいう「思考力・判断力・表現力等」はOECD PISAの枠組みではSkillsに対応し、東京学芸大学NGEプロジェクトではこれらを表4にある7つの汎用的スキルに精緻化しているとのことだった。

この7つのスキルは「コンピテンシー要素」としての位置付けであることから、本文書で考える思考力・判断力・表現力と比較して、態度・思考性に関わる部分が少なからず盛り込まれているように感じられる。この点について岸氏に質問したところ、7つのスキルは「知識の学習を促進するためのエネルギー源」という位置付けであり、これらのことは意図的に盛り込まれているとのことだった。なお、「態度・価値」についてはこれと対比して「能動的で安定した学習を促進するためのエネルギー源」という位置付けが盛り込まれている。

表3:「思考力問題の研究」中の思考力対応表

	分析力	判断力	推測力	表現力
英語	英文や図表から情報を読み取り、整理し、要約する	必要に応じて情報を統合する	情報をもとに推論する	読み取った情報について、自分の意見を論理的に批判的に伝える 複数の情報を統合して、自分の考えを根拠を示しながら伝える
数学	問題文から、問題解決に必要な情報を収集する	必要に応じて情報を統合する	実験的な手法により、推論したり傾向や可能性を判断する	関係や命題等を数学的な表現を用いてあらわす 数学的な過程や結果をわかるように伝える
国語	情報を読み取る要約する	必要に応じて情報を統合する	情報をもとに、推論する	自分の考えをまとめ、共通点や相違点を示しながら、効果的に伝える
物理 科学 生物	与えられた状況の中から、必要な情報を取り出す	必要に応じて情報を統合する	仮説をたてる 得られた結果に基づき、仮説を検討する	科学的な事象を、モデルや図表、式等を用いてわかるように伝える
日本史 世界史 地理 政治・経済	資料から情報を読み取る	諸資料に基づき多面的・多角的に考察する 因果関係をとらえる	情報の複合性や関係性を理解する	資料等の根拠に基づいて伝える

表4:東京学芸大学NGEによるスキルの比較

OECD	東京学芸大学 NGE	文部科学省
・Cognitive and meta-cognitive skills ・Social and emotional skills ・Physical and practical skills	汎用的スキル ・批判的思考力 ・問題解決力 ・協働する力 ・伝える力 ・先を見通す力 ・感性・表現・創造の力 ・メタ認知力	知っていること・できることをどう使うか => ・思考力 ・判断力 ・表現力 等

また、この7つのスキルの由来については、教育現場(おもに小・中学校)の教員に多くインタビューし、教育でき評価できるもの、という視点から「できること」を多く抽出したうえ、整理統合したものが6つであり、メタ認知については別枠で(重要であるとの考えから)追加したものであることだった。

これらをまとめると、本文書での思考力・判断力・表現力と東京学芸大学NGEの汎用的スキルの違いは次の2つの次元にあるといえる。

- ・試験での評価を目的にトップダウンに定めたもの(本文書)か、授業実践で可能なことに基づいてボトムアップに定めたもの(NGE)か。
- ・態度・指向性的なものを除外している(本文書)か、含めている(NGE)か。

これらの違いについては前提とした上で、7つのスキルそれぞれにおける本文書の思考力・判断力・表現力との対応を検討する。

- ・批判的思考力—客観的・論理的に評価→(Ti)、多様な視点から考える→(Td)

- 問題解決力—課題の発見→(Td)、問題の構造を把握→(Tc)(Td)、資料から情報を収集→(Td)、必要な情報の選別→(Ju)、アイデアや工夫を発想→(Td)、解決の道筋を計画→(Td)(Ms)
- 協働する力—対応しない
- 伝える力—すべてが(Ex)に対応するものと思われる
- 先を見通す力—予測し、それに基づき適切な判断をする→(Ti)(Ju)経験したことから法則を見出す→(Td)(Ti)
- 感性・表現・創造の力→対応しない
- メタ認知力—自分や自分の考え・行動に対する認識・評価→(Ms)

11 事業評価委員会コメントと発散的思考

11.1 事業評価委員会によるコメントと対応

大学入学者選抜改革推進委託事業委員会委員コメント(10/24/2017)のうち、思考力・判断力・表現力に関わる部分のコメントについて検討した。該当コメントは次の通り。

「思考力」の定義をある程度明確にして、今後の作業を実施することが重要である。ただし、「思考力」「判断力」「表現力」と峻別するには一長一短あると思われる。広い意味の思考力の中には、(1)収束して答えを導き出すような論理的思考力のようなもの、(2)発散・拡散してアイデアや着想を導き出すようなものがある。大規模入試や中規模入試では、(2)のようなものしか問いただいづらと思われるが、(2)のような発散・拡散するようなものもターゲットとするのかしないのかを明確にして進めていただきたい。

また、(1)、(2)とは少し違う思考力として、与えられた情報から、何かを再構成したり、編集したりするような編集力のようなものもある。この編集力のようなものもターゲットとするのかしないのか明確にしなが、今後の作業を進めていくことが望まれる。

コメントに対応する検討結果は次の通り。

○ 「峻別」について

- 現在使用している6つの便宜的定義について、記号を付すときに2つを判断力、表現力としているだけで、峻別はしていないつもりである。

○ 「一長一短」について

- 本文書には明示的には書いていなかったが、「長」は明確化・具体化ができる場所、「短」は個別部分にあてはまらない部分が含まれないと理解している。
- 「短」への対応は、TJEの複数の要素を組み合わせる試験問題を検討する形で進めたい。

○ 「発散・拡散をターゲットとするか」について

- 指摘の通り、直接的に発散を見ることは問題として作りにくいですが、Tdにある「明示されていない関連を見出す」力を見るタイプの問題は発散的思考の有無につながり得

ると考えている。そのような問題を検討し提案していきたい。

11.2 発散的問題の具体例

以下に示す問題は(Td)(直接に示されていない事柄を発見する力)を見る問題の作題例であるが、限定をできるだけ少なくし、多くの可能性を持たせることで一般に言われる「発散的思考」に近い能力を見ることを意図している。ただ、このような問題は一度解答例を見てしまえばその後は答えることが極めて容易であり、このような問題をストックして使用することはハードルが高いのではという印象を持つ(問題を秘匿し、1回だけ出題するような形であれば問題ない)。また、問題の性質上、短文ではあるが記述式の解答となることも注意が必要であると考えらる。

作題例:図形の分類

以下の図形群を「2つのグループに分ける」さまざまな基準をできるだけ多く列挙したい。グループ分けと、どのような基準であるかの記述(15文字以内)を思い付く限り書け。ただし、グループに分ける時、「メンバー数が1以下のグループ」があってはならず、また「どちらのグループにも入らない」図形があってはならないものとする。また、直(曲)線部分の有無は基準に用いてよいが数は基準に用いないものとする(数え方に曖昧さがあるため)。

A B C D E F G
 H I J K L M N
 O P Q R S T U
 V W X Y Z

(解答例)

1. ABDOPQR / それ以外—閉じた(囲まれた)領域の有無
2. ADPQR / それ以外—閉じた領域の数が1
3. ADOP / それ以外—端点を含まない閉じた領域数が1
4. ABDEFGHIJKLMNOPQRTVWXYZ / それ以外—直線部分の有無
5. ACEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ / それ以外—端点の有無
6. ACGLMNQSUVWZ / それ以外—端点の数が2
7. ABEFHIJKPRTY / それ以外—3叉路の有無
8. ABHIKR / それ以外—3叉路の数が2
9. ABEFHIJKPRT / それ以外—T字路の有無
10. AHIKR / それ以外—T字路の数が2
11. AKR / それ以外—直角でないT字路の有無

12. AK / それ以外—直角でないT字路の数が2
13. ABDEFGLMNPVWZ / それ以外—折れ曲がりの有無
14. AFGLPRV / それ以外—折れ曲がりの数が1
15. BDENZ / それ以外—折れ曲がりの数が2
16. BCDGOPQRSU / それ以外—曲線(非直線)を含む
17. BEFHJLPRT / それ以外—直角であるT字路の有無
18. BEFJPRT / それ以外—直角であるT字路の数が2
19. BDEFGLPR / それ以外—直角の折れ曲がりの有無
20. BDE / それ以外—直角の折れ曲がりの数が2
21. EFJTY / それ以外—端点の数が3
22. FGLPRV / それ以外—折れ曲がりの数が1
23. FGLPR / それ以外—直角の折れ曲がりの数が1
24. MW / それ以外—折れ曲がりの数が3
25. QX / それ以外—十字路(4叉路)の有無

12 有識者のコメント

2017年度において、複数の有識者に思考力の評価方法について意見をうかがい、また「恣意的定義」について意見をうかがった。本節ではその主要なものについてまとめるとともに、本事業委員からの対応意見についても紹介する。

堀田龍也氏(東北大学)

教育工学の見地から思考力研究をしている、関西大学の黒上晴夫氏、鳴門教育大学の泰山裕氏ほかに問い合わせ、以下のように整理した。

- 富山県では「思考大会」というものを実施している。いわゆる「難しい問題」の感じで、長く続いている。
- 思考力の測定については、企業が先導して作成しはじめた段階である。各学校が独自に思考力を評価するための入試問題を作っていたりするが、その多くは単に「複雑な」問題であることが多い。これらはいわゆる情報の整理を要求するもので、それ自体は悪いことではないと認識している。
- ベネッセのGPAアカデミックテストに黒上氏が関わっている。このテストは次の3つのカテゴリについて測定するものである。
 - 批判的思考力
 - 創造的思考力
 - 協働的思考力

小学校、中学校、高校版とあり、国際化も狙って改訂している。協働的思考力は、他の2

つに比べてまだ練度が高くないように思える。

- ピアソンの学力テストが無視できない。これは知識・理解も思考力も包含するテストであり、個人を対象にインタビュー形式で口頭試問のようにテストしていく。この問題と、上記ベネッセのGPAは似ているところもあり、現段階ではピアソンの方が完成度が高く見える。ただし、入手は困難で、学校で購入すると約20万円くらいするし、言語も英語である。
- 全国大学入試問題正解・特別編集・思考力問題の研究・旺文社
<https://www.amazon.co.jp/dp/4010365501/>では、思考力を分析力、判断力、推測力、表現力の4つに整理し、それぞれの力が求められる問題を大学入試の出題から6教科分抽出して整理している。定義してから策問ではなく、現時点で存在するものを4つの観点で整理している。同様の問題を作成する際には参考になると思われる。

堀田氏コメントに対応した松永委員コメント

ベネッセのGPAアカデミックというテストについては、大学生向けに、ベネッセグループで「大学基礎力レポート」として販売している。

<https://www.benesse-i-career.co.jp/univ/service/>

このURLを見ると「大学基礎力レポート」の上に「GPS-Academic」という大学向けテストがあることが分かる。

「大学基礎力レポート」については、専修大学の学生ほぼ全員に4月に受験させています。「批判的思考能力」のスコアが出るが、疑問が多く出されている。まず1年次から3年次にかけて、スコアが上昇しないのみでなく、下降してしまう学科もあるので、何を測定しているのかが疑問である。スコアが返ってきて、自分の学部では十分解析できていない。

「大学基礎力レポート」と同様に大学で広く使われているテストとして、河合塾が関係しているPROGテストがある。これも試行している(予算の関係で、特定の学年に絞って受験してもらっている)。

<http://www.kawai-juku.ac.jp/prog/point.html>

思考力・判断力・表現力に相当するのは、リテラシー(知識を活用して問題を解決する力)と思われる。リテラシーのテスト問題は、河合塾が作成していると聞いている。

楠見孝氏(京都大学)コメント

> ・思考力をこのように定めて評価している:

=>平成25年度図平成27年度文部科学省高等学校における「多様な学習成果の評価手法に関する調査研究」として、ベネッセと協力し、思考力を定義し評価するテストを開発した。成果報告書は下記を参照のこと。

http://bhso.benesse.ne.jp/tayou/dl/tayou_1.pdf

> ・考える力を評価する試験で既存のものがある:

国立教育政策研究所論理的な思考に関する調査がある。

https://www.nier.go.jp/03_laboratory/pdf/2013032701023.pdf

http://www.nier.go.jp/kaihatsu/tokutei_ronri/

ほかに関連文献として次のものがある。

「批判的思考力」と大学教育

<http://hdl.handle.net/2433/186986>

小学校高学年・中学生の批判的思考態度の測定:—認知的熟慮性・衝動性、認知された学習コンピテンス、教育プログラムとの関係—

<http://hdl.handle.net/2433/215704>

美馬のゆり氏(はこだて未来大学)コメント

貴グループの文書を拝見した。米国でも何か参考になるものがあるのでは、と思っていたが、7章のAPCSPがそれに相当するものだと思う。このほかにComputational Thinking(計算的思考、CT)について、University of Massachusetts Bostonの次のページを発見した。

ASSECT Model for Computational Thinking in IT (NSFCCF0939089)

<http://batec.org/wp-content/uploads/2014/06/Project-Rubric-022812.pdf>

このほか調べて見る可能性としては、**computationalthinking**という単語と一緒に、**rubric**、**assessment**、**evaluation**、**criteria**などを入れて検索して出て来るページがあると思われる。

2018.1.31、美馬氏との会合

2017.1.31に美馬のゆり氏(はこだて未来大学)と委員有志とで会合する機会を得た。その主なやりとりは次の通り。(C:事業委員側、M:美馬氏)

C.我々の定義している「思考力・判断力・表現力」についての文書をお渡しし見て頂いたが、重大な問題や欠陥はないだろうか。

M.とくに問題はないと思う。よく作られていると思う。

M.米国のComputational Thinking(CT)についてはどうか。

C.我々の場合はまず「思考力・判断力・表現力」を情報に限定せず広く定め、それから情報に限定した場合を扱っている。CTは計算機科学的な思考と最初から狭くしているのでだいぶ違う。

M.確かに、世の中には「〇〇思考」というものであれば多数提案されているが、限定のない「思考」を定義しようとする試みは聞いたことがない。意欲的な内容であると思った。

参考文献

- [1] 日本学術会議, 大学の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準 情報学分野, 2016.3
- [2] 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
- [3] 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
- [4] 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
- [5] 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
- [6] Gorge Polya, 柿内賢信訳, いかにして問題をとくか, 丸善, 1954.
- [7] 芳沢光雄, いかにして問題をとくか 実践活用編, 丸善, 2012.
- [8] 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>
- [9] Janet Donald, Learning to Think: Disciplinary Perspective, Jossey-Bass, San Francisco, 2002, 330p.
- [10] 一般財団法人 日本生涯学習総合研究所 慣習, 思考力問題の研究, 旺文社, 2016.