

平成29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

成果報告書

平成30年5月

受託機関
連携大学
連携機関

国立大学法人
国立大学法人
一般社団法人

大阪大学
東京大学
情報処理学会

様式第 16 (無断複製等禁止の標記)

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 29 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.....	1
3. 業務の概要.....	2
4. 本年度の実施課題.....	4
4.1 本年度の課題項目.....	4
4.2 業務実施体制.....	6
5. 本年度の研究開発内容と成果.....	9
5.1 「情報科」入試実施における評価手法の検討.....	9
5.1.1 次期学習指導要領を加味した知識体系の整理.....	9
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.....	10
【資料】情報教育の参照基準（2018.1.13 版）.....	12
5.1.3 情報科での「思考力・判断力・表現力」評価手法の検討.....	44
【資料】思考力・判断力・表現力の評価手法について(2018.3.11 版).....	46
5.1.4 模擬試験の問題作成.....	79
5.2 「情報科」CBT システム化に関する研究.....	84
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.....	84
5.2.2 「情報科」試用 CBT プロトタイプシステムの仕様策定と実装.....	85
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 ...	100
5.3 情報技術による入試の評価に関する研究.....	106
5.3.1 AI/ビッグデータ技術による試験問題の評価.....	106
5.3.2 情報技術(AI/ビッグデータ)による作問検討.....	106
5.3.3 模擬試験結果とルーブリックによる検証.....	113
5.3.4 CBT の新たなユーザインタフェース検討.....	124
【資料】CBT のユーザインタフェース例.....	127
5.4 広報活動と動向調査研究.....	129
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	129
【資料】情報入試のすゝめ.....	135
5.4.2 高等学校や予備校などとの連携.....	141
5.4.3 産業界での情報関連スキルのニーズ調査.....	142
5.4.4 国内外の動向調査.....	143
5.4.5 他教科評価手法検討への知識供与.....	152

6. まとめ.....	153
-------------	-----

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。

本事業は、こうした背景を踏まえ、大学入学者選抜に関する専門的・実証的な研究能力を有する機関に委託して、情報分野（例：情報科）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、特に「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」に関する多面的・総合的な評価を行うための実践的で具体的な評価手法を構築し、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。

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(ともに仮称)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り、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。

* 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

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、平成37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(平成36年度以降)導入準備
- ・「大学入学者学力評価テスト(仮称)」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. 本年度の実施課題

4.1 本年度の課題項目

本事業に関する4つの研究開発について、平成29年度は下記の16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

平成28年度に引き続き、「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。本年度は、特に表現力に関して検討し、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

模擬試験を平成28年度に作成した 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

平成28年度に製作した CBT プロトタイプシステムを基礎にして、平成29年度は本格的 CBT システムの構築を目標として活動する。

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 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

大阪大学と東京大学で情報系入門科目を履修した大学1年生を新学習指導要領に準じた内容を履修した仮想高校生学修したとみなして試験を試行実施し、その機能性の確認および結果の分析を行う。

(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旨とする。

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

本年度の事業実施を進めるにあたり新たに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 実施期間と業務担当責任者

課題項目	実施機関	業務担当責任者
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	高岡詠子(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	高岡詠子(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	高岡詠子(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	高岡詠子(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	情報処理学会 大阪大学	高岡詠子(情報処理学会・教育担当理事) 尾上孝雄(大阪大学・情報科学研究科長)

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試行用 CBT システムの装	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)
3-1) 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ブリックによる検証	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	情報処理学会 大阪大学	高岡詠子(情報処理学会・教育担当理事) 尾上孝雄(大阪大学・情報科学研究科長)
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) 高岡詠子(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	情報処理学会 大阪大学 東京大学	高岡詠子(情報処理学会・教育担当理事) 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)

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。開催日と会場を表2に示す。

表 2 会議の開催状況

開催回 ^(*)	開催日	会場
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 (吹田)
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)

^(*)、平成 28 年度よりの通番、本年度開催分のみを示す。

5. 本年度の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、本年度は次の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) 平成29年度の研究開発内容

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(ともに仮称)に組み入れられる学習項目との関係を整理する。

(c) 担当者

担当者一覧を表3に掲載する。

表3 担当者一覧

所属機関	役職	担当者氏名
情報処理学会	教育担当理事	高岡 詠子
電気通信大学	非常勤講師	角田 博保
早稲田大学	名誉教授 情報オリンピック日本委員会、理事	笥 捷彦

	長	
慶應義塾大学	環境情報学部、准教授	植原 啓介
神戸市立科学技術高等学校	電気情報工学科、教諭	中野 由章
電気通信大学	大学院情報理工学研究科、准教授	中山 泰一
電気通信大学	大学院情報理工学研究科、教授	久野 靖
日本大学	文理学部、教授	谷 聖一
畿央大学	現代教育研究所、客員研究員	竹中 章勝

(2) 平成29年度の成果

業務の成果および達成状況と今後の課題を、5.1.2の(3)資料「情報教育の参照基準（2018.1.13版）」に示す。

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) 平成29年度の研究開発内容

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。

(c) 担当者

担当者一覧を表4に示す。

表4 担当者一覧

所属機関	役職	担当者氏名
東京大学	大学院情報理工学系研究科、教授	萩谷 昌己
大阪大学	大学院情報科学研究科、特任教授	萩原 兼一
電気通信大学	非常勤講師	角田 博保
電気通信大学	大学院情報理工学研究科、教授	久野 靖

(2) 平成29年度の成果

業務の成果および達成状況と今後の課題を、(3)資料 情報教育の参照基準
(2018.1.13版) に示す。

(3) 資料

【資料】情報教育の参照基準（2018.1.13版）

1 はじめに

情報学は幅広い内容と範囲を持っており、情報学に係わる学習は、情報といかに向き合うか、情報をいかに取り扱い役立てるかという、学習過程の各段階において必要とされる能力やスキルを養う「メタ学習 [8]」の側面を持つ。

またその一方で、各個人が、情報自体の持つ性質、情報を扱う装置であるコンピュータ、社会において情報の果たす役割など、情報学の各分野そのものに触れる機会、および、情報学の諸分野の専門家が何を考え、社会でどのような役割を果たすか考える機会を提供するという側面も、同等に重要である。上記 2 つのどちらの方面についても、誰もが一定水準の知識・理解・スキルを身につけていることが、各個人の生活をよりよいものにするためと、わが国が今後も発展して行くためという両面から、強く望まれる。そして、高等教育に進む個人については、これからのわが国の発展を主導するという面から、さらに上のレベルでの知識・理解・スキルが必要である。

本文書では、上記の観点に立ち、初等中等段階、および高等教育における一般教育ならびに専門基礎教育（以下ではこれらを併せて「共通教育」と記す）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。

ただし、児童・生徒・学生はさまざまなことから全体として学ぶのであり、情報だけを切り離して学ぶわけではない。本文書はそのような総体のうち、情報の側面に限定して指針を提案するものであり、それらを全体としての学習内容の中でどのように活かし組合せていくかは、（一部は本文書でも検討するが）各教科等で考えられるべきことである。また、学習はスパイラル的に進むものであり、個人差もあるため、本文書で示している段階については「学び始める時期の目安」と考えるのが適切である。

なお、高等教育における専門教育については、[7]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でも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との関連

前節では教育課程の各段階について学齢の若い順に言及したが、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「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 [7]」（以下「参照規準」と記す）、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。次期高等学校情報科学学習指導要領については

[3] を参考にした。

「学士力」では、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、(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点に対応する必要がある。

今回は、(1) については、「参照規準」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「参照規準」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。

なお、内容・水準の列举に際しては、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共通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、共通教育にあ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共通教育で扱わなくて済む場合があるためである。

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、次期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別に、望まれる内容について整理するにとどめた。

2.2 情報学の参照基準における各分野の再掲

「参照基準」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。そのため本節では、「参照基準」に含まれる内容のあらましを再掲し整理する（より詳細には [7] を参照されたい）。まず、情報学固有の知識体系については次の通り（アイウエオの記号については [7] にならったが、後からの参照のため記号 S を付した）。

Sア 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

Sイ 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

Sウ 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

Sエ 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

Sオ 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

また、ジェネリックスキルの部分については、次のものが挙げられている（アイウエオカの記号については [7] にならったが、後からの参照のため記号 G を付した）。

Gア 創造性 — 創造力・構想力・想像力。

Gイ 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。

Gウ 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。

Gエ 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。

Gオ 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。

Gカ 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。

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。本稿では「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。

2.3 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、大学共通教育・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共通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、おおむね「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（たとえば小学校）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、(e) を付したものは小学校で全員が学ぶ水準、(j) を付したものは中学校で全員が学ぶ水準、○を付したものは高校で全員が学ぶ水準、◎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。

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。高校においては、これらのける内容は情報科の中で扱うことを基本とするが、他教科でも重複して扱うことは妨げない（とくにジェネリックスキルのなもの）。少数のものについては、高校の情報科では対応する内容がなく、他教科（おもに国語）でのみ扱うものがある。これらには「(外)」を付記している。

高等教育については、記号を次のように分類している。

- ・ ☆1 — 大学共通教育（おもに 1 年次）で学ぶ内容。この内容は、どの専門でもほぼ共通の内容を学ぶことを想定する。
- ・ ☆4 — 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。

- ・ W — 哲学、法学、政治学等
- ・ X — 言語学・地理学・心理学等
- ・ Y — 生物学・農学・医学等
- ・ Z — 社会学・経済学・経営学等
- ・ T — 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ことから、後の節で専門分野ごとに分けて検討している。

3 学習内容・学習水準・学習方法

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。(Sア、Sイ)

- L1: 情報（知らせ）とは何かということ。(e)
- 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。(e)
- L3: デジタル/アナログ～多様な情報の表現方法。○
- 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。☆1

A2. コンピュータや情報技術の基本原則とできることに関する知識・理解。(Sイ、Sウ)

- 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。(e)
- 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。○
- 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）。☆1
- 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。☆1

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。(Sイ、Sエ)

- L1: コンピュータネットワークの存在やその働き。(e)
- 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。(e)
- 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。○
- 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。☆1

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。(Sイ、Sエ、Sオ)

- 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。(e)
- 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。(e)
- 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。○
- 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。★WZ

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。
(G イ、G ウ)

- 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。(e)
- 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。(j)
- 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。★T
- 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。★T

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。

A4A1、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い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 [6] 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。

大学共通 A2L3、A2L4 については、共通教育の中で講義的に取り上げ知識を持たせるのがよい。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、計算できることが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のがよい。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、W 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。Z 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。(S エ、G カ)

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。(e)

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の理解。(j)

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。○

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。☆1

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。(G イ、G エ)

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。(e)

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。(j)

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。○(外)

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。☆1

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

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。(e)

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

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。○(外)

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。☆4

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。(S エ、G エ)

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。(j)

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。○

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。◎

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。☆1

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。(G ア、G イ)

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。(j)

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。○

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。☆4

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。☆4

小学校 B2L1、B3L2 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、意識させるのがよい。

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のがよい。

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、グラフや図などでの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。

大学共通 B1L4、B2L4 については、共通教育の科目内で取り上げるべきであると考えられる。

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。(Sア、Sイ)

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。(j)

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。○

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。○

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。☆1

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。(Sア、Sイ)

- 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。◎
- 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。◎
- 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。☆1
- 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。★XYZT

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。(S イ、S オ、G ア)

- 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。(j)
- 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。○
- 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。○
- 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。★XYZT

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。(S イ、G イ、G ウ)

- 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。(j)
- 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。◎
- 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。★YZT
- 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。★YZT

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。

C2L1、C2L2 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。

大学共通 C1L4、C2L3 については、共通教育の中でモデルを扱い、実習で問題解決を体験する内容が含まれることが望まれる。

大学専門 C3L4 については、X では言語・地理・人間の心理に係わるモデル、Y では生物学的モデル、Z では社会モデル、T 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。(S ア、S ウ、S エ)

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。(e)

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。○

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。○

L4: データベースやアーカイブの社会的必要性と意義が分かる。☆1

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。(S イ、S ウ)

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。○

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。◎

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。◎

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。☆1

D3. データの統計的・人工知能技術による扱いの知識・理解。(S ア、S イ)

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。○

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。○

L3: データマイニングの考え方や基本的な手順が分かる。◎

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。☆1

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。(G ア、G イ、G ウ)

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。○

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。◎

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。☆1

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。★WXYZT

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学ぶのがよい。

D3L4 については、大学の共通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。

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よい。

大学共通 D1L4、D2L4、D3L4 については、これらの一般的な意義、必要性、可能性などを共通教育
の中で扱うのがよい。

D4L3 については、共通教育の中で機会をとらえて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るとともに、データに基づく意思決定やその支援のためのツールに
ついて扱うのがよい。

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
とがらである。

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。(Sア、Sイ)

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。○

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。○

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。☆1

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。★T

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。(Gア、
Gイ、Gウ)

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。○

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。○

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。◎

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。★YZT

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。(Sイ、Gイ、Gウ)

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。○

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。○

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。○

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。☆1

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。

大学共通 E1L3 については、共通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のがよい。

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、T 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、Y では生命系、Z では社会系、T 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。

(Sウ、Gウ、Sオ)

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。(e)

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。(j)

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

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。★WXYZT

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。(Sイ、Gイ、Gウ)

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。(e)

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。(j)

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。○

L4: 抽象階層をもつプログラムを設計・構築できる。☆1

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。

(Sオ、Gイ、Gウ)

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。(j)

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。○

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。◎

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。★T

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。(Sイ、Sオ、Gイ、Gウ)

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。(j)

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。○

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。◎

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★WXYZT

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必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。

大学共通 F2L4 については、共通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、T 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。(Sア、Sイ、Sエ)

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

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。(e)

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。○

L4: コミュニケーションを記録し分析する手法の理解。★XZ

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。(Sア、Sイ、Gア)

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。(e)

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。(e)

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。◎

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。☆1

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。★ WXZ

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。(Gエ、Gオ)

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。(e)

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。(j)

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。○

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。☆4

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。(Gエ、Gオ)

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。(e)

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。(j)

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。○

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。☆4

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。(Gウ、Gオ)

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。(e)

L2: リーダ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。(j)

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。○

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。☆4

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のがよい。

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、G4L1 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のがよい。

中学校 G3L2、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のがよい。

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。

大学共通 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す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、X では言語学・心理学的なコミュニケーションの分析、Z 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、W 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、X 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、Z 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。(Sイ、Sエ、Sオ)
- 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。(j)
 - 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。○
 - 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。☆1
 - 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。★WZT
- H2. メディア情報や他人の言説中の意図を汲み取れ、それを踏まえて情報を活用する技能。(Gイ、Gエ)
- 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。(j)
 - 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。○
 - 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。○
 - 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。☆4
- 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。(Gウ、Gエ、Gオ)
- 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。(e)
 - 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。(j)
 - 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。○
 - 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。☆1

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。

大学共通 H1L3、H3L4 については、共通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、W では法制度的扱い、Z では社会制度的扱い、T 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。
(Sア、Gイ、Gウ)

- 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。(e)
- 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。(j)
- 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。○
- 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。○

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。(Sエ、Sオ、Gイ)

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。(j)

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。○

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。☆1

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。☆4

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。(Gイ、Gエ)

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。(e)

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。(j)

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。○(外)

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。☆4

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。(Gイ、Gエ、Gオ)

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。○(外)

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。☆1

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。☆1

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。☆4

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のがよい。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よい。

中学校 I2L1 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のがよい。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のがよい。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。

大学共通 I2L3、I4L2、I4L3 については、共通科目の中で一定の時間を割いて演習などにより身に付けるべきである。

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。(Sエ、Sオ、Gウ)

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。○

L2: システムの要素やそれが組み合わせり動く仕組みを理解し説明できる。◎

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。◎

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。★WXYZT

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。(Sオ、Gウ)

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。(j)

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。◎

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。★WXYZT

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。★WXYZT

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。(Sオ、Gエ、Gウ)

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。◎

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。◎

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。★T

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。★T

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のがよい。

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 T 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。(Gウ)

L1: 与えられた状況の中から問題を発見・指摘・記述できる。○

- 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。○
- 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。○
- 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。☆4

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。(Gウ、Gカ)

- L1: 問題解決プロセスを理解し、段階を踏んで実行できる。○
- L2: 問題解決の結果を評価し、必要なら反復改善を行える。○
- 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。☆1
- 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。☆4

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。(Gオ、Gカ)

- 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。○
- 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。☆4
- 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。☆4
- 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。☆4

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。(Gウ、Gカ)

- 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。○
- 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。☆4
- 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。☆4
- 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。☆4

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。

大学共通 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 学校段階ごとの補足説明

4.1 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う形を取る。

4.2 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られる。
- ・ 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られる。
- ・ 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. システム的思考、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える。

4.3 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. システム的思考については、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。

4.4 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「○」）、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「◎」）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○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。◎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○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◎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○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◎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○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◎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○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◎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 でおおむ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○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◎に区分している。これらはシステム開発に関係する内容となる。

- ・ 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○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。◎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、○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。◎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○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、それを越えた部分とから成っている。◎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○に区分し、あとはJ1L2、J1L3、J2L2、J3L1、J3L2 をすべて◎に区分している。これらは情報 II 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○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。◎に区分する内容は無い。

4.5 大学段階

大学で扱うことを想定している部分を整理したものを表 1 に示す。共通教育（☆1、☆4。表では数字「1」「4」で示した）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。以下では専攻グループごとの固有の部分（★）について、具体的な違いを検討する。

W. 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。

表 1: 分野ごとの内容配分のまとめ (外:○外、1:☆1、4:☆4)

区分	W — 哲学・法学・政治学等				X — 言語学・地理学・心理学等				Y — 生物学・農学・医学等				Z — 社会学・経済学・経営学等				T — 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	(e)	(e)	○	1	(e)	(e)	○	1	(e)	(e)	○	1	(e)	(e)	○	1	(e)	(e)	○	1
A2	(e)	○	1	1	(e)	○	1	1	(e)	○	1	1	(e)	○	1	1	(e)	○	1	1
A3	(e)	(e)	○	1	(e)	(e)	○	1	(e)	(e)	○	1	(e)	(e)	○	1	(e)	(e)	○	1
A4	(e)	(e)	○	★	(e)	(e)	○		(e)	(e)	○		(e)	(e)	○	★	(e)	(e)	○	
A5	(e)	(j)			(e)	(j)			(e)	(j)			(e)	(j)			(e)	(j)	★	★
B1	(e)	(j)	○	1	(e)	(j)	○	1	(e)	(j)	○	1	(e)	(j)	○	1	(e)	(j)	○	1
B2	(e)	(j)	外	1	(e)	(j)	外	1	(e)	(j)	外	1	(e)	(j)	外	1	(e)	(j)	外	1
B3	(e)	(j)	外	4	(e)	(j)	外	4	(e)	(j)	外	4	(e)	(j)	外	4	(e)	(j)	外	4
B4	(j)	○	◎	1	(j)	○	◎	1	(j)	○	◎	1	(j)	○	◎	1	(j)	○	◎	1
B5	(j)	○	4	4	(j)	○	4	4	(j)	○	4	4	(j)	○	4	4	(j)	○	4	4
C1	(j)	○	○	1	(j)	○	○	1	(j)	○	○	1	(j)	○	○	1	(j)	○	○	1
C2	◎	◎	1		◎	◎	1	★	◎	◎	1	★	◎	◎	1	★	◎	◎	1	★
C3	(j)	○	○		(j)	○	○	★	(j)	○	○	★	(j)	○	○	★	(j)	○	○	★
C4	(j)	◎			(j)	◎			(j)	◎	★	★	(j)	◎	★	★	(j)	◎	★	★
D1	(e)	○	○	1	(e)	○	○	1	(e)	○	○	1	(e)	○	○	1	(e)	○	○	1
D2	○	◎	◎	1	○	◎	◎	1	○	◎	◎	1	○	◎	◎	1	○	◎	◎	1
D3	○	○	◎	1	○	○	◎	1	○	○	◎	1	○	○	◎	1	○	○	◎	1
D4	○	◎	1	★	○	◎	1	★	○	◎	1	★	○	◎	1	★	○	◎	1	★
E1	○	○	1		○	○	1		○	○	1		○	○	1		○	○	1	★
E2	○	○	◎		○	○	◎		○	○	◎	★	○	○	◎	★	○	○	◎	★
E3	○	○	○	1	○	○	○	1	○	○	○	1	○	○	○	1	○	○	○	1
F1	(e)	(j)	◎	★	(e)	(j)	◎	★	(e)	(j)	◎	★	(e)	(j)	◎	★	(e)	(j)	◎	★
F2	(e)	(j)	○	1	(e)	(j)	○	1	(e)	(j)	○	1	(e)	(j)	○	1	(e)	(j)	○	1
F3	(j)	○	◎		(j)	○	◎		(j)	○	◎		(j)	○	◎		(j)	○	◎	★
F4	(j)	○	◎	★	(j)	○	◎	★	(j)	○	◎	★	(j)	○	◎	★	(j)	○	◎	★
G1	(e)	(e)	○		(e)	(e)	○	★	(e)	(e)	○		(e)	(e)	○	★	(e)	(e)	○	
G2	(e)	◎	1	★	(e)	◎	1	★	(e)	◎	1		(e)	◎	1	★	(e)	◎	1	
G3	(e)	(j)	○	4	(e)	(j)	○	4	(e)	(j)	○	4	(e)	(j)	○	4	(e)	(j)	○	4
G4	(e)	(j)	○	4	(e)	(j)	○	4	(e)	(j)	○	4	(e)	(j)	○	4	(e)	(j)	○	4
G5	(e)	(j)	○	4	(e)	(j)	○	4	(e)	(j)	○	4	(e)	(j)	○	4	(e)	(j)	○	4
H1	(j)	○	1	★	(j)	○	1		(j)	○	1		(j)	○	1	★	(j)	○	1	★
H2	(j)	○	○	4	(j)	○	○	4	(j)	○	○	4	(j)	○	○	4	(j)	○	○	4
H3	(e)	(j)	○	1	(e)	(j)	○	1	(e)	(j)	○	1	(e)	(j)	○	1	(e)	(j)	○	1
I1	(e)	(j)	○	○	(e)	(j)	○	○	(e)	(j)	○	○	(e)	(j)	○	○	(e)	(j)	○	○
I2	(j)	○	1	4	(j)	○	1	4	(j)	○	1	4	(j)	○	1	4	(j)	○	1	4
I3	(e)	(j)	外	4	(e)	(j)	外	4	(e)	(j)	外	4	(e)	(j)	外	4	(e)	(j)	外	4
I4	外	1	1	4	外	1	1	4	外	1	1	4	外	1	1	4	外	1	1	4

表 2: 各分野ごとの内容配分のまとめ (つづき) (外:○外、1:☆1、4:☆4)

J1	○ ◎ ◎ ★	○ ◎ ◎ ★	○ ◎ ◎ ★	○ ◎ ◎ ★	○ ◎ ◎ ★
J2	(j) ◎ ★ ★	(j) ◎ ★ ★	(j) ◎ ★ ★	(j) ◎ ★ ★	(j) ◎ ★ ★
J3	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎ ★ ★
K1	○ ○ ○ 4	○ ○ ○ 4	○ ○ ○ 4	○ ○ ○ 4	○ ○ ○ 4
K2	○ ○ 1 4	○ ○ 1 4	○ ○ 1 4	○ ○ 1 4	○ ○ 1 4
K3	○ 4 4 4	○ 4 4 4	○ 4 4 4	○ 4 4 4	○ 4 4 4
K4	○ 4 4 4	○ 4 4 4	○ 4 4 4	○ 4 4 4	○ 4 4 4

- ・ 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。

X. 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、その側面の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。

Y. 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、ここまでに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える。
- ・ 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える。
- ・ 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える。
- ・ 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。

Z. 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る。

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

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。

T. 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、共通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、それをを用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산화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してもよい。
- ・ 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。

5 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整理しまとめた。

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] 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.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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.

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) 平成29年度の研究開発内容

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プ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。

(c) 担当者

担当者一覧を表5に示す。

表5 担当者一覧

所属機関	役職	担当者氏名
情報処理学会	教育担当理事	高岡 詠子
電気通信大学	非常勤講師	角田 博保
早稲田大学	名誉教授 情報オリンピック日本委員会、理事長	笈 捷彦
神戸市立科学技術高等学校	電気情報工学科、教諭	中野 由章
電気通信大学	大学院情報理工学研究科、准教授	中山 泰一
電気通信大学	大学院情報理工学研究科、教授	久野 靖
島根大学	総合理工学部、准教授	鈴木 貢
専修大学	ネットワーク情報学部、教授	松永 賢次

明治大学	情報コミュニケーション学部、准教授	山崎 浩二
------	-------------------	-------

(2) 平成28年度の成果

業務の成果および達成状況と今後の課題を、(3)資料 思考力・判断力・表現力の評価手法について(2018.3.11 版)に示す。

(3) 資料

【資料】思考力・判断力・表現力の評価手法について(2018.3.11 版)

1 はじめに

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

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

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

2017 年度版の位置づけ

本「思考力・判断力・表現力」評価手法については、その骨子は 2016 年度事業で開発し報告したものである。本年度(2017 年度)においては、2016 年度の成果を多くの場で発表し、多方面から意見を頂くとともに、本手法以外の「思考力・判断力・表現力」評価手法との比較を行ない、本手法の位置付けを明らかにすることを目指した。

本報告では前年度報告書のうち、2 節(重要な前提: 改訂無し)および 3 節(思考力・判断力・表現力の便宜的定義: 改訂あり)は存置し、4 節以降(各種検討: 改訂無し)については、本年度の検討においても重視された内容であることから、付録 B 以降に移して残した。付録 A(検討の記録)は今年度ぶんの検討について記してある。前年度ぶんについては前年度報告書を参照されたい。本報告書の 3 節(定義の改訂)および 4 節以降付録の手前までが本報告書の主たる内容となる。

2 重要な前提

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

そうする代わりに、今回の検討では「思考力」「判断力」「表現力」の「狭い定義」を天下りの的に定め、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。

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

この方法に対する批判はもちろん、受験者が T とは違うような「思考力」を持つ場合にそれが計れないという点にある。それに対する回答は、提案する枠組みはそのような場合に、その別の面に対応する T' 、 T'' 、 \dots 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。
- T_d 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。
- J_u 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。
- E_x 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。
- E_x 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。

3 思考力・判断力・表現力の便宜的定義

ここでは今回の検討の成果の 1 つである、前節で述べた意味での「作題に適した」思考力 (T_r 、 T_c 、 T_d 、 T_i)、判断力 (J_u)、表現力 (E_x)、およびメタ思考力 (M_s) 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。

(T_r) 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
- 問題例: 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。

(T_c) 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) Meta 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、事項間を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。

4 思考力に関する既存の検討との比較(2017年度分)

4.1 Learning to Think 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、Exhibit 1.8 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	ものごとく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

4.2 「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。

表 3: 「思考力問題の研究」中の思考力対応表 ([8] より引用)

	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

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 (Te) 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。

4.3 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。

表 4: 東京学芸大学 NGE によるスキルの比較

OECE	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

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。

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) 追加したものということだった。

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)

5 事業評価委員会コメントへの対応

5.1 コメント事項に対する基本的な姿勢

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つらいと思われるが、(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こと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こと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・具体化ができるところ、「短」は個別部分にあてはまらない部分が含まれないところと理解している。
- 「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。

5.2 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. ABEFHJKPRTY / それ以外 — 3 叉路の有無

8. ABHIKR / それ以外 — 3 叉路の数が 2
9. ABEFHJKPRT / 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

付録

A 検討の記録

A.1 2017 年中の会合等 (2017.11 まで) の検討

本事業における思考力・判断力・表現力分科会は、ループリック分科会と合同で行なってきた。2017 年中の検討においては、おもにループリックの検討と、その参考資料となる「情報教育の参照基準」(学術会議情報学委員会情報学教育分科会に協力して作成) の検討が中心であり、思考力・判断力・表現力の定義についての検討は行なって来なかった。

2017.11.28 に大阪学院大学において開催された本事業シンポジウムにおいて、事業説明の中で思考力・判断力・表現力の定義について「世の中で一般に言われている思考力等との整合性」について質問があった。質問に対しては「今後の試行テストを通じて確認して行きたい」旨の返答をして理解を得たが、その後の会合において、「世の中で一般に言われている思考力等との整合性」について積極的に調査・検討をするのがよいとの意見が出され、その方向で進めることとなった。

A.2 2018.12.17 会合時の検討

萩原氏 (大阪大学) より、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) について教示いただき、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。

A.3 2018.1.27-28 会合以前の検討

前記の方針に基づき、複数の造詣が深いと思われる個人に、思考力・判断力・表現力に関する既知の業

績や研究について尋ねた。以下に返信を得たものの概要を示す。

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が疑問である。スコアが返ってきても、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～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。

このほか調べて見る可能性としては、computational thinking 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。

A.4 2018.1.27-28 会合での検討

この会合においては、おもに「Learning to Think」に書かれた各種の思考力と我々の「思考力・判断力・表現力」の対応関係について検討した。その結果としては、「Learning to Think」の思考力と我々の定義に食い違いはない（分類は違っているが我々の定義のいずれかでカバーできる範囲である）、という結論を得た。

検討の課程で、委員間に「どのような活動が (Td) か (Ti) か」などについて食い違いがあることが認識され、それについて議論した。その結果、これまでのような個別の能力に加えて、「それらの力を組み合わせて使う」メタな力も思考力の中に含まれるべきでは、という意見が出され、賛同を得た。

A.5 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: 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。

A.6 2018.1.27-28 会合後の検討

前記の「メタな思考力」を新たに (Tm) と記すこととし、思考力・判断力・表現力の改訂作業をおこなった。また、アドバイスを頂いた各氏の反応について、表記方法を統一整理した。

A.7 2018.2.24-25 会合時の検討

この会合においては、岸学氏の講演とその際の質疑に基づき、現在の TJE の内容について確認した。とくに大きな問題はなく、今年度の残りでは記述の精選を行なうこととした。

A.8 2018.2.24-25 会合後の検討

引続き記述の精選をおこない、3.10 版を作成して次回会合に備えた。

A.9 2018.3.10-11 会合時の検討

会合時に萩原氏（大阪大学）と、2017.10.24 の事業委員会委員コメントについての対応を相談した。その結果、発散的思考については直接は問題として作りにくい、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を検討したい」という点について、問題の具体例があること

が望ましいとのことになり、問題例を検討し追加した。

B 抽象化能力との関連

B.1 抽象化とモデル化

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

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

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

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

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。

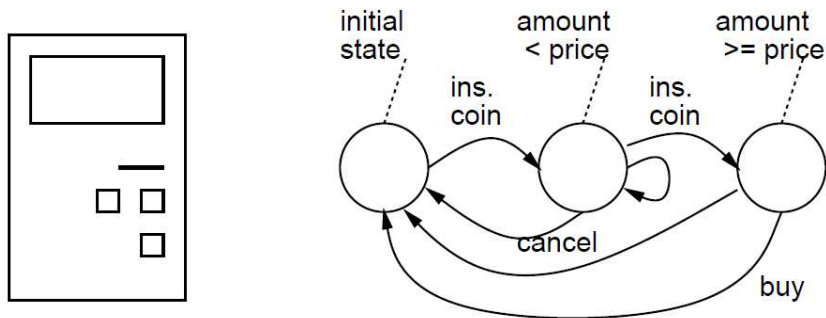


図 1: 自動販売機のモデル

B.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)。

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

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

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

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

(Ti)。ここで挙げた過程はこの通りには進まないかも知れないが、モデル化の過程で現れる「考える内

容」はおおむねここに挙げたものようになるものと想像される。

B.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。

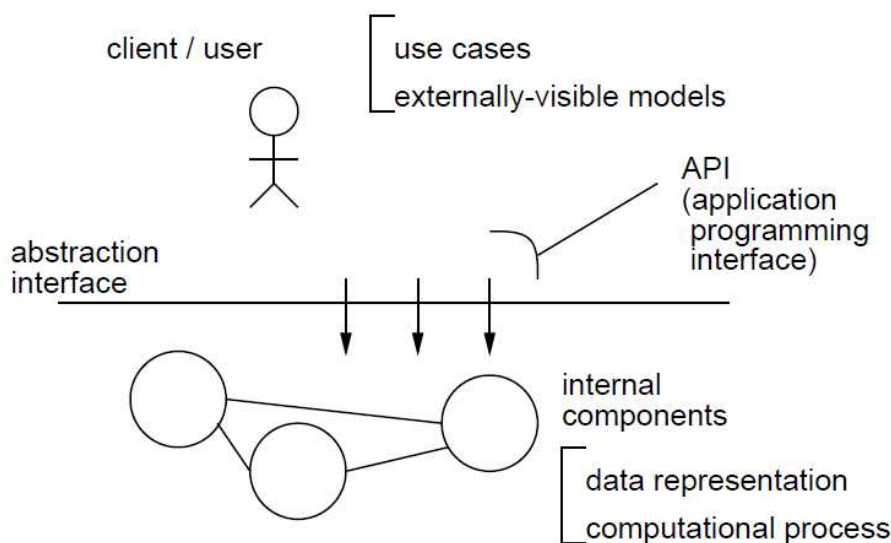


図 2: 抽象化に関連する要素群

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

C 中央教育審議会の整理との関連

C.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・表現力を天下一の的に定義して構わないという立場ではあるが、そこでの定義が中央教育審議会等で議論されている内容と相反しないことは最低線として確認する必要がある。

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

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

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

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

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

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

C.2 情報科において育成を目指す資質・能力の整理

この資料は、本文書執筆時点で次期指導要領における情報科の内容・方針について記された最も新しい資

料に含まれる別添資料であり、「思考力・判断力・表現力等」について情報科では次のものの育成を目指すとしている（付番は本文書）。

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

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

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

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

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

C.3 高等学校卒業までに育むべき情報に関わる資質・能力

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

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

次に、その内容について次のように記されている（付番は本文書）。

- (1) 情報を活用して問題を発見・解決し新たな価値を創造したり、自らの考えの形成や人間関係の形成等を行なったりする能力。
 - (1-1) 目的に応じて必要な情報を収集・選択したり、複数の情報を基に判断したりする能力。
 - (1-2) 情報を活用して問題を発見し、解法を比較・選択し、他者とも協働したりしながら解決のための計画を立てて実行し、結果に基づき新たな問題を発見する等の能力。
 - (1-3) 相手や状況に応じて情報を的確に発信したり、発信者の意図を理解したり、考えを伝え

合い発展させたりする能力。

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

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

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

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

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

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

C.4 「思考力・判断力・表現力等」についての整理のイメージ

C.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。

C.4.2 特定の課題に関する調査(論理的な思考)

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

(1) 規則、定義、条件等を理解し適用する — 記述を読んで意味を理解するという点から、(Tr) で

カバーされる。

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

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

「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】 【読解力】＜読む行為の側面＞	IV. PISA調査（問題解決能力調査）【OECD】 ＜問題解決のプロセスの側面＞
<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行っている言語活動を想定</p> <p>○数学では、次のような数学的なプロセスを整理</p> <ul style="list-style-type: none"> ・日常的な事象等を数学化すること ・情報を活用すること ・数学的に解釈することや表現すること ・問題解決のための構想を立て実践すること ・結果を評価し改善すること ・他の事象との関係を捉えること ・複数の事象を統合すること ・事象を多面的に見ること 	<p>①情報へのアクセス・取り出し 情報を見つけ出し、選び出し、集める</p> <p>②テキストの統合・解釈 テキストの中の異なる部分の関係を理解し、推論によりテキストの意味を理解する</p> <p>③テキストの熟考・評価 テキストと自らの知識や経験を関連付けたり、テキストの情報と外部からの知識を関連付けたりしながら、テキストについて判断する</p> <p>【数学的リテラシー】 ＜数学的プロセスの側面＞</p> <p>①定式化 数学を応用し、使う機会を特定することを含めて、提示された問題や課題を数学によって理解し、解決することができること</p> <p>②適用 数学的に推論し、数学的概念・手順・事実・ツールを使って数学的に問題を解決すること</p> <p>③解釈 数学的な解答や結果を検討し、問題の文脈の中でそれらを解釈すること</p> <p>【科学的リテラシー】 ＜科学的能力の側面＞</p> <p>①科学的な疑問を認識する能力 与えられた状況において科学的に調査できるような疑問を認識すること</p> <p>②現象を科学的に説明する能力 現象を科学的に記述し、解釈し、変化を予測すること</p> <p>③科学的な証拠を用いる能力 科学的証拠を解釈し、結論を導き、伝達すること、結論の背景にある仮定や証拠、推論を特定すること</p>	<p>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>

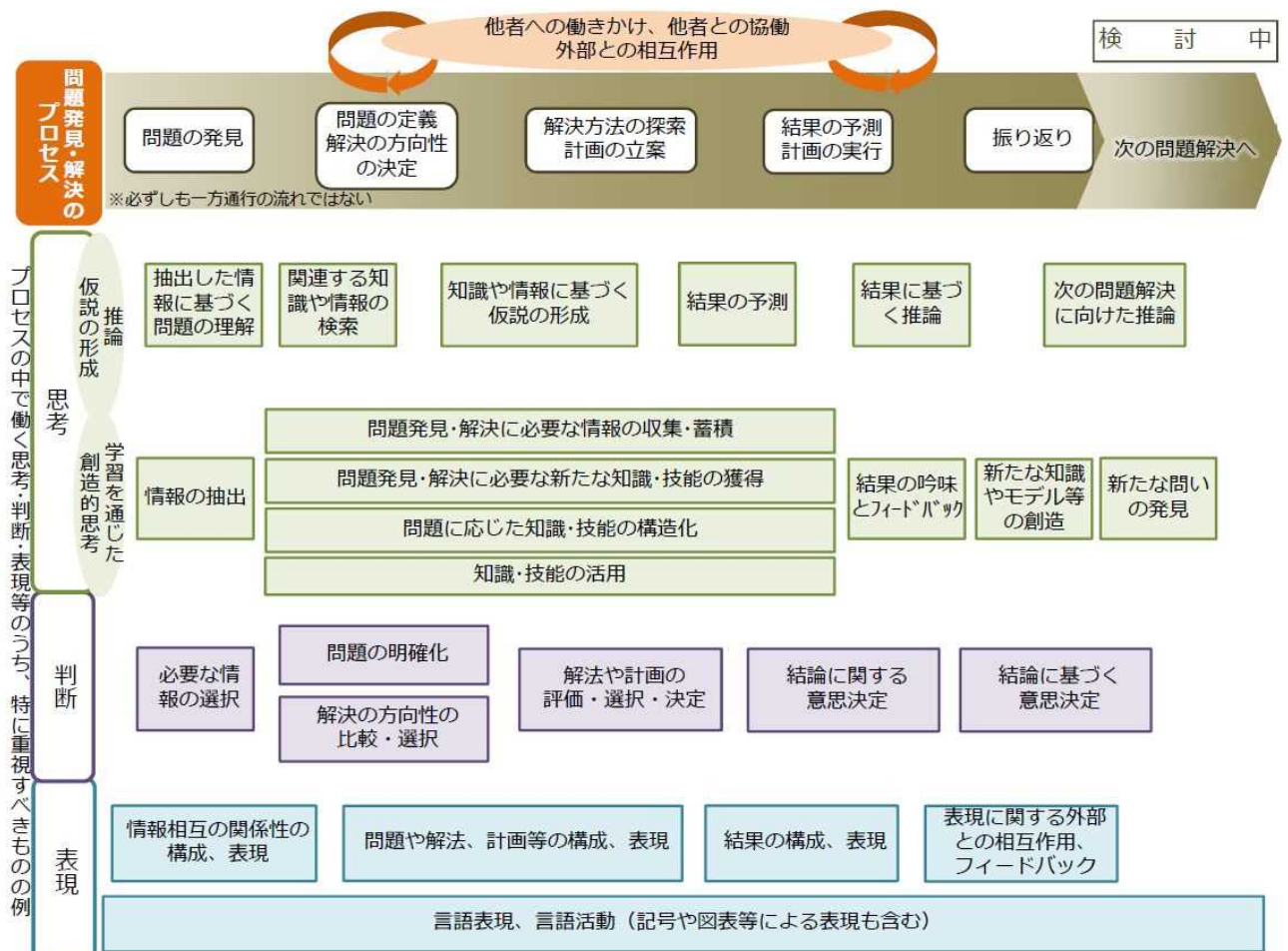


図 3: 「思考力・判断力・表現力等」についての整理のイメージ

C.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。

C.4.5 PISA 調査（3 分野）

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

- (1) 情報へのアクセス・取り出し — 情報を見つけ出し、選び出し、集める
- (2) テキストの統合・解釈 — テキストの中の異なる部分の関係を理解し、推論によりテキストの意味を理解する
- (3) テキストの熟考・評価 — テキストと自らの知識や評価を関連付けたり、テキストの情報と外部からの情報を関連付けたりしながら、テキストについて判断する情報を見つけ出すこと、関連を理解することは、関連の発見（Tc）、規則の発見（Td）に含まれる。推論については（Ti）に含まれる。意味の理解は（Tr）に含まれる。関連づけについて、「自らの知識や評価」「外部からの情報」など「異質なもの間の関連づけ」に言及しているが、これはいずれも（Td）に含まれる。

次に、「数学的リテラシー」については次の通り。

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

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

関連づけは元の文脈における対応物の同定という点では (Td)、それを表現するという点では (Ex) に含まれると考える。

最後に、「科学的リテラシー」については次の通り。

- (1) 科学的な疑問を認識する能力 — 与えられた状況において科学的に調査できるような疑問を認識
- (2) 現象を科学的に説明する能力 — 現象を科学的に記述し、解釈し、変化を予測する
- (3) 科学的な証拠を用いる能力 — 科学的証拠を解釈し、結論を導き、伝達する。結論の背景にある仮定・証拠・推論を特定する

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

C.4.2 PISA 調査 (問題解決能力調査)

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

- (1) 探究・理解 — 問題状況を観察し、情報を探究して、制約または障壁を見つける
- (2) 表現・定式化 — 問題状況の各側面を理解するために、表やグラフ、記号、言語を用いる。関連要素とその相互関係に関する仮説を立てる
- (3) 計画・実行 — 最終目標および部分目標を設定し、問題解決の計画または方法を定め、実行する
- (4) 観察・熟考 — 問題解決の各段階を観察する。想定外の事象に対処する。解決に至る方法を様々な観点から熟考し、想定や別解法を批判的に評価し、追加情報や明確化の必要性を認識し、進捗状況を適切な方法で報告する。

(1) については、事項の中から制約として働くものを見つけるという点で、(Td) の発見に対応する。(2) については、前半が (Ex) の表現の構築に相当し、後半は関連を見出す部分が (Te)、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。

C.4.6 問題発見・解説プロセスと思考・判断・表現

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

「思考: 推論・仮説の形成」についての事項は次の通り。

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

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

「思考: 学習を通じた創造的思考」についての事項は次の通り。

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

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

「判断」についての事項は次の通り。

1. 必要な情報の選択
2. 問題の明確化

3. 解決の方向性の比較・選択
4. 解法や計画の評価・選択・決定
5. 結論に関する意思決定
6. 結論に基づく意思決定

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

「表現」についての事項は次の通り。

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

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

D How to Solve It のメタ戦略

D.1 How to Solve It の位置付けと本節の趣旨

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

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

D.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。 **Tt**
- 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**

D.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か。その結果をつかうことができないか。その方法を使うことができないか。 **Tc** / それを利用するためには、何か補助要素を導入すべきではないか。 **Td**
- 問題をいいかえることができるか。それを違ったいい方をすることができないか。 **Ex** / 定義にかえれ。
- もし与えられた問題がとけなかったならば、何かこれと関連した問題をとこうとせよ。もっとやさしくてこれと似た問題は考えられないか。 **Tc** / もっと一般的な問題は？ もっと特殊な問題は？ 問題の一部分をとくことができるか。 **Ti** / 条件の一部をのこし、他をすてよ。 **ju** / そうすればどの程度まで未知のものが定まり、ど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、その両方かえることができるか。 **Ti** / そうして新しい未知のもの、新しいデータとか、もっと互いに近くなるようにできないか。 **Td**

- データをすべてをつかったか。条件のすべてをつかったか。問題に含まれる概念はすべて考慮したか。 **Ju**
- 問題の原因について、それぞれ「可能性のある解決策を列挙」して、**Td** / 「ベストの解決を選択する」作業を行う。解決方法には、一時的解決と永久的解決があることに留意する。

D.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。

D.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で見ることができ、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、問題が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、解決策に不備がなかったのか、などを見直す。そして再び第 2 のステップに戻り、別の解決策を考え、実行し (第 3 のステップ)、その後また評価し (第 4 のステップ)、問題が解決するまでそれを続ける。

E APCSP Computational Thinking Practices(CTP)

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

このコースでは生徒が計算的思考 (computational thinking) のスキルを身につけ、それを進路のさまざまな方面で活かせるようになることをめざしている。APCSP では計算的思考のスキルを computational thinking practices (CTP) と呼ぶ複数の

項目に分類し、カリキュラムにおける個々の学習目標との関連を示している。

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

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

F 作題手法の案

F.1 本節の位置づけ

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

F.2 [Tr-a] 用語や記法の定義と参照

一般に既知でないような用語や記法を定義し、その用語や記法を用いた記述が読解でき

ることではじめて題意が分かるような設問。純粹にこの項目だけであれば、読解できることで直ちに分かるような設問となるが、通常は読解した結果が Tc、Ti 等他の力を要求する設問となると思われる。

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

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

以下の選択肢のうち互いに同じ結果となるものをすべて挙げよ。

ア $BABA\diamond$

イ $\diamond A\diamond\diamond$

ウ $ABBA\triangle$

エ $AB\triangle\diamond$

オ $AAAA\triangle$

カ $B\triangle A\triangle\diamond$

(注記) 演算範囲を () で限定できる方が面白いかも

F.3 [Tc-a] 事項の並びに基づく思考問題

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

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

良い設問例: 「2 つの数の対で、差が 2 であるものを挙げよ」

悪い設問例: 「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」

F.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。」

良い設問例: 「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。

F.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?

F.6 [Ti-b] 長文による事項提示による思考問題 2

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

F.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 ヶ月の日数: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...

F.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...

F.9 [Ex-a] 短冊型表現問題

文章の断片の集合を与え、指定した事項の論証や説明を構築させる。

項目例:

- ア 自転車にはタイヤが 2 つついている
- イ 自転車に乗るのには技能が必要である
- ウ 自転車は人力によって動く
- エ 自転車に乗る能力は多くの人か子供時代に身につける
- オ 大人になってから自転車に乗ることを学ぶのは大変である
- カ 自転車の駐輪が社会問題となっている
- キ 自転車はエコである
- ク したがって
- ケ しかし
- コ 一方

設問例: 「自転車の利用を促進することがよい理由」を平易に説明せよ

F.10 [Ex-a] 社会的事項を加味した表現問題

上記と同様だが社会的な状況を考慮した記述内容の選択を求める。

設問例: 「目が悪い人に対して説明する場合」など...

参考文献

- [1] 中央教育審議会 教育課程部会, 次期学習指導要領に向けたこれまでの審議のまとめ (第 2 部) (情報, 主として専門学科において解説される各教科・科目、道徳教育), 2016.8.26.

- http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/004/gaiyou/1377051.htm
- [2] CollgeBoard, AP Computer Science Principles — course and exam description, 2016.
- <https://secure-media.collegeboard.org/digitalServices/pdf/ap/ap-computer-science-principles-course-and-exam-description.pdf>
- [3] 芳沢光雄, いかにして問題をとくか 実践活用編, 丸善, 2012.
- [4] Gorge Polya, 柿内賢信訳, いかにして問題をとくか, 丸善, 1954.
- [5] 中央教育審議会 総則・評価特別部会 (第 4 回) 配布資料 資料 2-1 情報に関する資質・能力について, 2016.1.18.
- http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/061/siryu/1366444.htm
- [6] 文部科学省高大接続システム改革会議 (第 1 回) 資料 6, p2, 新テストで評価すべき能力等 (特に思考力・判断力・表現力等) のイメージについて (たたき台の一例)(1), 2015.3.5.
- http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shougai/033/shiryu/1355804.htm
- [7] 文部科学省高大接続システム改革会議(第 4 回) 資料1 高大接続システム改革会議 (中間まとめ)(素案), p23, 問題発見・解決のプロセスとプロセスの中で働く思考・判断・表現等のうち、特に重視すべきものの例, 2015.7.13.
- http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shougai/033/shiryu/1360077.htm
- [8] 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.
- [9] Janet Donald, Learning to Think: Disciplinary Perspective, Jossey-Bass, San Francisco, 2002, 330p.

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) 平成29年度の研究開発内容

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。

(c) 担当者

担当者一覧を表6に示す。

表6 担当者一覧

所属機関	役職	担当者氏名
情報処理学会	教育担当理事	高岡 詠子
電気通信大学	非常勤講師	角田 博保
早稲田大学	名誉教授 情報オリンピック日本委員会、理事長	箕 捷彦
神戸市立科学技術高等学校	電気情報工学科、教諭	中野 由章
電気通信大学	大学院情報理工学研究科、准教授	中山 泰一
電気通信大学	大学院情報理工学研究科、教授	久野 靖
島根大学	総合理工学部、准教授	鈴木 貢
専修大学	ネットワーク情報学部、教授	松永 賢次
明治大学	情報コミュニケーション学部、准教授	山崎 浩二
明治大学	総合数理学部、専任教授	秋岡 明香
津田塾大学	学芸学部、特任准教授	稲葉 利江子
國學院大學	経済学部、教授	高橋 尚子
神奈川大学	理学部、教授	永松 礼夫

(2) 平成29年度の成果

(a) 業務の成果

1) 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（図 1）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。今回の試験では小問から大問まで合計で67題が提案された。

阪大と東大で実施したものは、その中から小問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題がこの節末に一部を引用した「社会と情報」からの出題となった。高校生向けの試行では、授業時間45分を考量してその部分集合の小問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決める。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な検討を行う、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。

2) 問題作成の例

この節のまとめとして、「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。

<最終版>

第4問 次の文を読んで、各問に答えよ。

リード文：

スマートフォンのカメラで、目の風景や自分自身の姿などを写真あるいは動画に収め、その時の位置情報や音声付きで文章と共に投稿することができるソーシャルネットワーキングサービス（SNS）を考える。記事を「投稿」するには利用者登録が必要で、投稿記事の写真には、「タグ」と呼ばれる付随情報（写っている人の名前など）を付けることもできる。その投稿記事に「コメント」をつけることができる。投稿記事はインターネット上の誰でも見ることができる。また、利用者が注目している投稿者の投稿があった場合、それがその利用者に通知される。このSNSを利用した事例をいくつか見てみよう。

問2

事例2 Bさんは、友人数名と待ち合わせてレストランへ食事に出かけた。この友人達とは日頃から非常に仲が良く、またレストランの雰囲気や食事も素晴らしかった。そこで、この日の記念に、レストランの店内で友人全員の記念写真を撮影し、これらの友人をタグ付けした上で、レストランの位置情報と共に投稿した。このレストランのサービスや料理の素晴らしさも伝えたかったので、投稿記事には店や料理に関するコメントや、店内の様子や料理の写真もつけた。

後日、Cさんは、Bさんが友人達とレストランで食事した投稿記事を見た。CさんとBさんは仲が良く、この投稿記事をCさんの友人達にも伝えたいと思った。そこでCさんは、Bさんの投稿記事の内容をそのままコピーして投稿した。

(1) Bさんの投稿が問題になった。その行為と理由の組み合わせとして妥当なものを以下から全て選びなさい。

- (ア) 行為：位置情報を付けることの許可を友人達から得ていなかった。
理由：肖像権を侵害するから
- (イ) 行為：写真に写っている友人に許可を得ずにタグ付けをした。
理由：プライバシーを侵害するから

- (ウ) 行為：事前に料理の撮影はしないように言われていて、それを了解していたにもかかわらず料理の写真を撮影した。
理由：店との約束を破ったから
- (エ) 行為：店のインテリアが映り込んでいる写真を、そのデザインをした人の許可を得なかった。
理由：特許権を侵害するから
- (オ) 行為：店内写真に他の客が写っているのに、これらの写り込んだ客の許可を得ていなかった。
理由：著作権を侵害するから

解答例：(イ) (ウ)

(2) Cさんの投稿に関して、Bさんとの間でトラブルになった。Bさんが問題だと考えた理由と、Bさんの投稿記事の内容をCさんの友人にどうやって伝えればよかったのかをそれぞれ20字以内で説明しなさい。

Bさんが問題だと考えた理由

Cさんが取るべきだった方法

解答例

理由：Bさんの著作権を侵害した (12文字)

方法：Bさんの投稿記事を引用して投稿する (17文字)

Bさんの許諾を事前に得る (12文字)

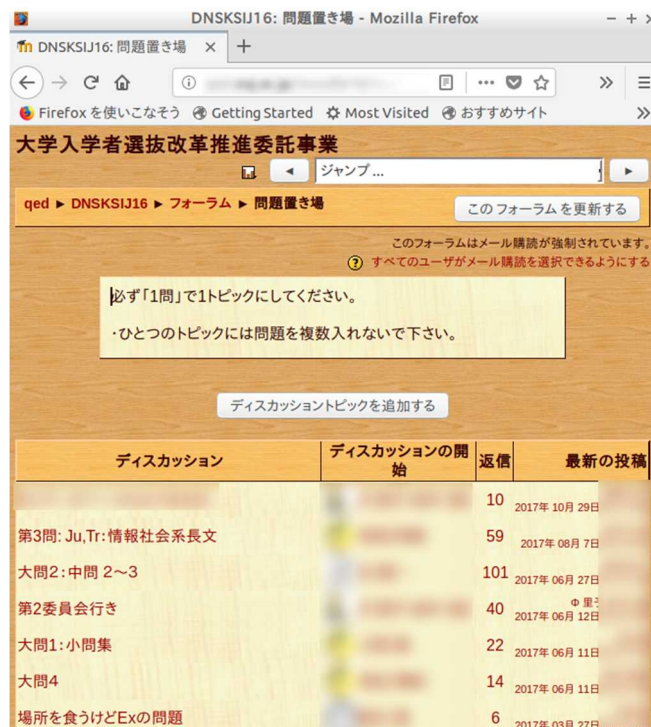


図 1 問題プール

(b) 達成状況と今後の課題

CBT システム V2 に提供した結果を分析して、問題の改良を行う。

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、本年度は次の3件の課題項目を実施した。

- 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
- 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) 平成29年度の研究開発内容

今年度は、平成28年度の検討結果を、5.2.2の検討に反映した。

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) 平成29年度の研究開発内容

今年度は、平成28年度に策定した「情報科」CBTプロトタイプシステムの仕様（以下、CBTシステムV1仕様）をベースにして、新たにCBTで試験を実施することによる以下の事項を実現することを目的に、「情報科」CBTプロトタイプシステム仕様（以下、CBTシステムV2仕様）を策定する。

（事項1）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

（事項2）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

さらに、CBTシステムV1仕様を実装したCBTプロトタイプシステム（CBTシステムV1）に、今年度実施した大学1年次学生対象の試験の結果に基づく機能改善を行うとともに、今年度策定したCBTシステムV2仕様に基づく機能追加を行うことでCBTプロトタイプシステム（以下、CBTシステムV2）を実装する。

(c) 担当者

担当者一覧を表7に示す。

表7 担当者一覧

所属機関	役職	担当者氏名
電気通信大学	非常勤講師	角田 博保

慶應義塾大学	准教授	植原 啓介
電気通信大学	大学院情報理工学研究科、教授	久野 靖
島根大学	総合理工学部、准教授	鈴木 貢
日本大学	文理学部、教授	谷 聖一
大阪学院大学	情報学部、教授	西田 知博
専修大学	ネットワーク情報学部、教授	松永 賢次
明治大学	情報コミュニケーション学部、准教授	山崎 浩二
大阪市立大学	大阪市立大学大学院創造都市研究科、教授	松浦 敏雄
東京大学	大学院情報理工学系研究科、特任講師	角谷 良彦
大阪大学	大学院情報科学研究科、教授	井上 克郎
大阪大学	大学院情報科学研究科、研究科長、教授	尾上 孝雄
大阪大学	大学院情報科学研究科、特任教授	萩原 兼一
大阪大学	大学院情報科学研究科、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
大阪工業大学	情報科学部、教授	中西 通雄

(2) 平成29年度の成果

(a) 業務の成果

今年度は、CBT システム V1 仕様に、今年度実施した大学 1 年次学生対象の試験等の結果に基づく仕様変更を行うとともに、以下の事項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 仕様を策定した。

(事項 1) 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や状態遷移図の記述・表示を取扱う
- 上記の関連機能

(事項 2) CBT の形態で試験問題を受験者に出题する特長を生かす事項

- 受験者毎に出题内容を変更可能にする
- 受験者の解答結果に依存して、次の出题内容を変更可能にする
- 上記の関連機能

さらに、CBT システム V1 に、今年度策定した CBT システム V2 仕様に基づく機能追加を行うことで CBT システム V2 を実装した。

CBT システム V2 は CBT システム V1 と同じく、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 ファイルとして記述した大問定義書と、複数の大問定義書を統合して全体の試験問題を XML ファイルとして記述した試験問題

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 8 に、ユースケース図を図 2～図 4 にそれぞれ示す。

表 8 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	

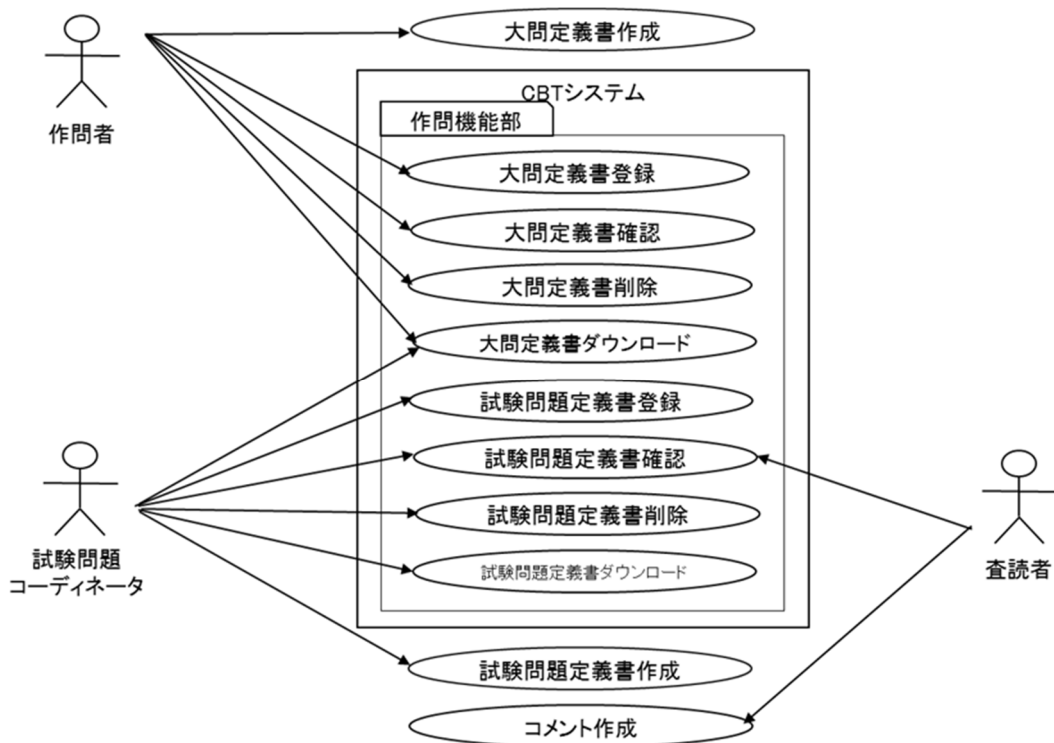


図 2 ユースケース図 (1)

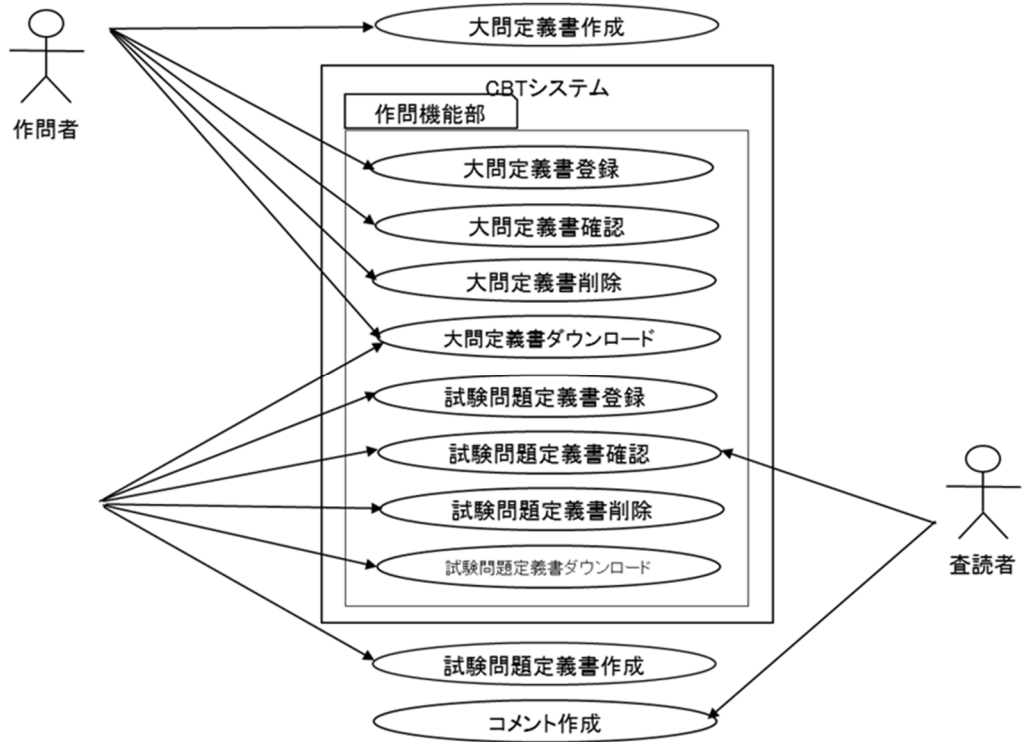
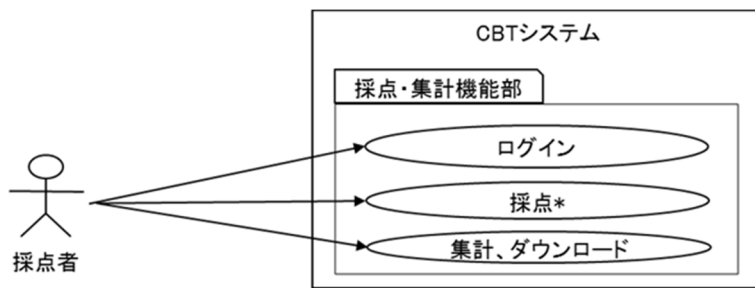


図 3 ユースケース図 (2)



* 自動採点と手動採点のケースがあります。

図 4 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 5 に、動作環境を表 9 に示す。

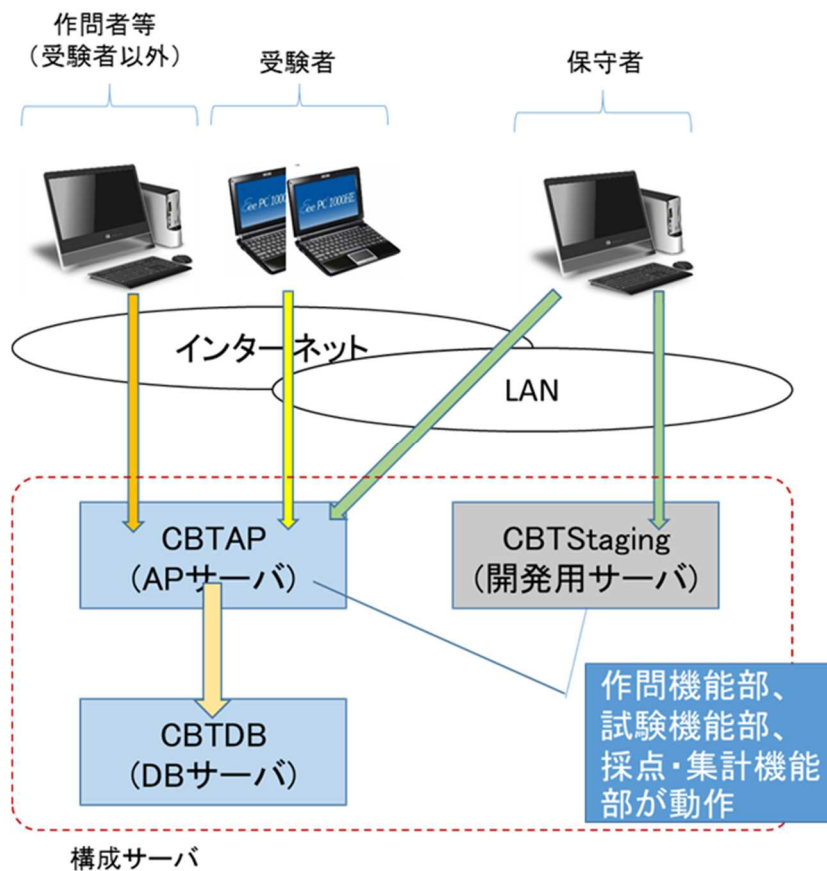


図 5 システム構成

表 9 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

(b) 達成状況と今後の課題

CBTシステム V1 仕様を改定して、CBTシステム V2 仕様を策定した。さらに、CBTシステム V2 仕様に基づき、CBTシステム V1 に機能追加することで、CBTシステム V2 を実装し、構築した。

今後、2018 年度に実施予定の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等の実施結果を CBT システム V2 仕様にフィードバックし、「情報科」試行用 CBT プロトタイプシステム仕様の完成度を高める。

(3) 資料

(a) 資料

5.2.2-1 機能一覧

5.2.2-2 画面一覧

5.2.2-3 主要画面スナップショット

(b) 資料等

5.2.2-1 機能一覧

機能ID	機能分類	機能名	概要	利用者一覧(利用者に○)								
				作問者	試験問題 コーディネータ	試験会場 管理者	試験問題 登録者	受験者 登録者	試験 監督者	受験者	採点者	
01	作問機能部	作問機能	・アップロードした試験問題定義書または大問定義書の一覧表示 ・大問定義書登録、削除、プレビュー、ダウンロードを可能にする。 ・試験問題定義書登録、削除、プレビュー、ダウンロードを可能にする。	○	○							
02	試験機能部	試験問題定義書投入	・試験問題の投入を行う。				○					
		受験者登録	・受験者登録を行う。					○				
		試験会場管理	・試験会場管理として、以下の操作を行う。 -受験者一覧表示 -試験開始指示 -試験終了指示						○			
		受験	・受験者が試験を行う。								○	
03	採点・集計機能部	採点・集計	・採点・集計対象の試験一覧を表示する。 ・選択した試験の採点・集計を行う。 ・選択した試験の集計結果を表示する。									○

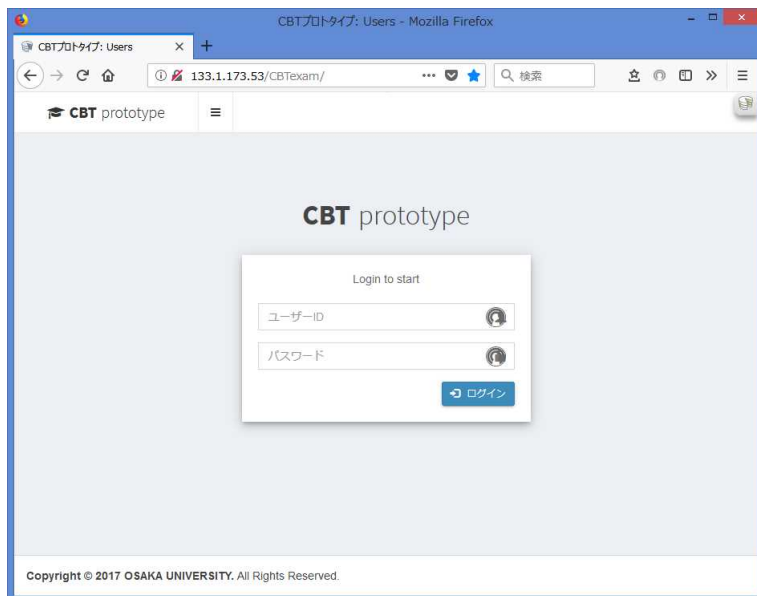
5.2.2-2 画面一覧

項番	画面ID	種類(画面/ファイル)	名称	概要	関連機能部
1	01_00_01	画面	作問機能部ログイン	・IDとパスワード入力による作問機能部ログインを行う。	01
2	01_01_01	画面	試験問題定義書管理	・アップロードした試験問題定義書の一覧表示 ・試験問題定義書登録、削除、プレビュー、ダウンロードを可能にする。	01
3	01_02_01	画面	大問定義書管理	・アップロードした大問定義書の一覧表示 ・大問定義書登録、削除、プレビュー、ダウンロードを可能にする。	01
4	01_01_02	画面	試験問題定義書プレビュー	・受験生による試験問題閲覧画面を表示する。	01
5	01_02_02	画面	大問定義書プレビュー	・大問単位で受験生による試験問題閲覧画面を表示する。	01
6	02_01_01	画面	試験問題定義書投入	・試験問題の投入を行う。	02
7	02_01_02	画面	試験問題定義書投入プレビュー	・受験生による試験問題閲覧画面を表示する。	01
8	02_02_01	画面	受験者登録	・受験者登録を行う。	02
9	02_03_01	画面	試験会場管理	・試験会場管理として、以下の操作を行う。 -受験者一覧表示 -試験開始指示 -試験終了指示	02
10	02_04_01	画面	受験者ログイン	・予め登録済みの受験者のログイン画面。	02
11	02_04_02	画面	受験者メインメニュー	・受験できる試験一覧の表示。 ・試験操作等の説明。	02
12	02_04_03	画面	受験者試験問題メイン	・試験問題の閲覧、解答を行う。 ・全問題を表示する。	02
13	02_04_04	画面	受験者試験問題サブ	・試験問題のサブ画面を表示する。	02
14	02_04_05	画面	受験者利用同意確認画面	・利用同意確認画面を表示する。	02
15	03_01_01	画面	採点・集計メインメニュー	・採点・集計対象の試験一覧を表示する。	03
16	03_02_01	画面	採点・集計	・選択した試験の採点・集計を行う。	03
17	03_03_01	画面	集計結果閲覧	・選択した試験の集計結果を表示する。	03

5.2.2-3 主要画面スナップショット

1. 作問機能部

(1) ログイン



(2) 試験問題定義書管理

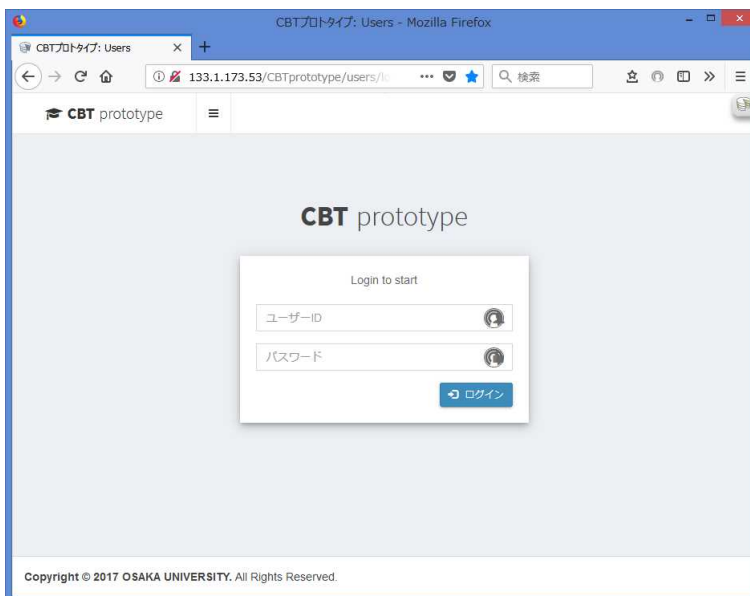


(3) 試験問題プレビュー



2. 試験機能部、採点・集計機能部共通

(1) ログイン



3. 試験機能部

(1) 試験問題定義書投入



(2) 試験問題プレビュー



(3) 受験者登録

受験者登録

新規登録

受験者登録ファイル [CSV](#) [参照...](#) ファイルが選択されていません。

[登録](#)

検索条件

試験日時

科目名/補足情報

試験会場

[検索](#)

受験者一覧

ID	ID補足情報	試験名	試験日時	科目名/補足情報	会場名	削除
DM17140		デモ用試験問題 新機能確認用	2017-09-10 10:30:00-12:00:00	情報	DM02	削除
DM17130		デモ用試験問題 新機能確認用	2017-09-10 10:30:00-12:00:00	情報	DM02	削除
DM17120		デモ用試験問題 新機能確認用	2017-09-10 10:30:00-12:00:00	情報	DM02	削除
DM17110		デモ用試験問題 新機能確認用	2017-09-10 10:30:00-12:00:00	情報	DM02	削除
DM17100		デモ用試験問題 新機能確認用	2017-09-10 10:30:00-12:00:00	情報	DM02	削除
HA17011		2017年度模試 大阪大学追加	2017-08-25 10:30:00-12:00:00	情報	情報教育 第2教室	削除
HA17010		2017年度模試 大阪大学追加	2017-08-25 10:30:00-12:00:00	情報	情報教育 第2教室	削除
DM17040		デモ用試験問題	2017-08-10 10:30:00-12:00:00	情報	DM01	削除

(4) 試験会場管理

試験会場管理

監督対象受験者選択

試験名と試験日時

試験会場

[選択](#)

選択した試験会場と試験 CBT01 2017年度模試 大阪大学 2017-07-20 10:30:00-12:00:00

試験開始・終了指示 [試験中](#) [終了](#)

[更新](#)

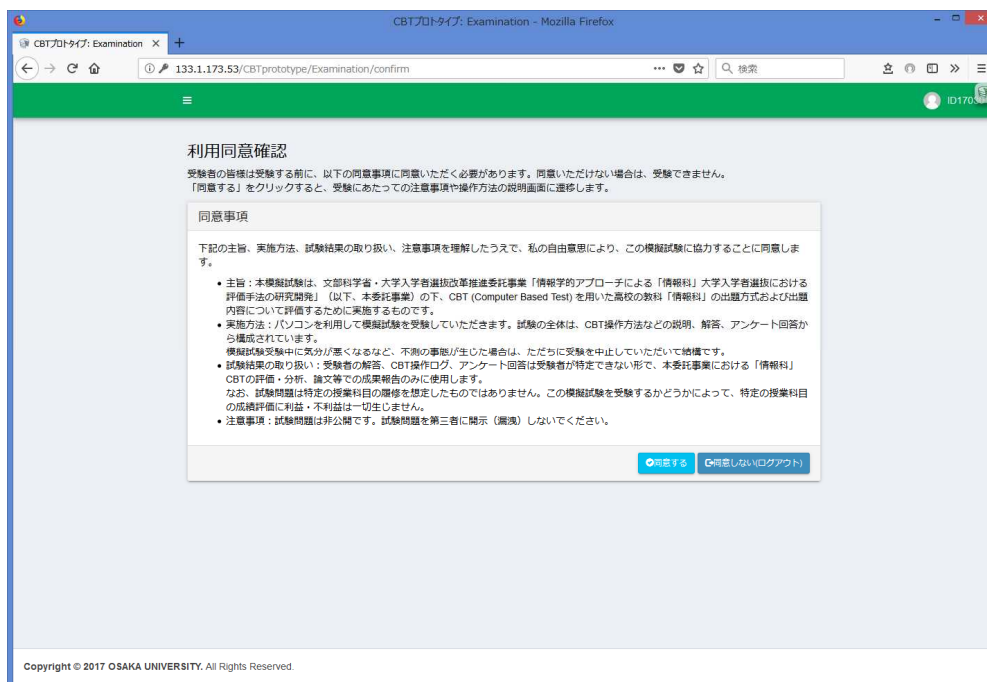
受験者一覧

ID	ID補足情報	状態	最終更新日時
ID17040		ログアウト	2018-01-28 17:58:13
ID17030		未ログイン	2017-07-23 17:09:18
ID17020		未ログイン	2017-07-23 17:09:18
ID17010		ログアウト	2017-07-25 16:45:31
ID17000		ログイン中	2018-02-22 13:01:38

1 of 1
前へ次へ

Copyright © 2017 OSAKA UNIVERSITY. All Rights Reserved.

(5) 受験（利用者同意画面）



(6) 受験（受験者メインメニュー）



(7) 受験（試験問題閲覧・解答 1）



(8) 受験（試験問題閲覧・解答 2）



4. 採点・集計機能部

(1) 採点・集計メインメニュー

The screenshot shows the '採点・集計メインメニュー' (Marking and Summary Main Menu) page. The page title is '採点・集計・結果閲覧可能な試験一覧' (List of Exams that can be Marked, Summed, and Results Viewed). The page contains a table of exams with columns for '試験ID' (Exam ID), '試験名' (Exam Name), and '科目名/補足情報' (Subject Name/Additional Information). Each row has a '採点・集計' (Marking and Summary) button.

試験ID	試験名	科目名/補足情報	操作
8	デモ用試験問題 新機能確認用	情報	採点・集計
5	デモ用試験問題	情報	採点・集計
2	2017年度模試 東京大学	情報 アンケート	採点・集計
4	2017年度模試 東京大学	情報	採点・集計
1	2017年度模試 大阪大学	情報 アンケート	採点・集計
3	2017年度模試 大阪大学	情報	採点・集計

Copyright © 2017 OSAKA UNIVERSITY. All Rights Reserved.

(2) 採点・集計

The screenshot shows the '採点・集計' (Marking and Summary) page for the '2017年度模試 東京大学' (2017 Mock Exam, Tokyo University). The page is divided into several sections:

- 自動採点** (Automatic Marking): Includes a '最終採点日時' (Final Marking Date/Time) and a '自動採点実行' (Execute Automatic Marking) button.
- 手動採点** (Manual Marking): Includes a '解答CSVのアップロード' (Upload Answer CSV) button and a '採点結果CSVのアップロード' (Upload Marking Result CSV) button. A message indicates that a file has not been selected.
- 採点結果** (Marking Results): Includes a '全採点結果のダウンロード' (Download All Marking Results) button.
- 受験者一覧** (List of Examinees): A table showing the list of examinees.

ID	得点	採点状態	最終更新日時
ID17100	0	<input type="checkbox"/>	2017-07-23 17:15:41

Copyright © 2017 OSAKA UNIVERSITY. All Rights Reserved.

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) 平成29年度の研究開発内容

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。

(c) 担当者

担当者一覧を表 10 に示す。

表 10 担当者一覧

所属機関	役職	担当者氏名
大阪大学	大学院情報科学研究科、教授	井上 克郎
大阪大学	大学院情報科学研究科、研究科長、教授	尾上 孝雄
大阪大学	大学院情報科学研究科、特任教授	萩原 兼一
大阪大学	大学院情報科学研究科、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
大阪工業大学	情報科学部、教授	中西 通雄
大阪学院大学	情報学部、教授	西田 知博
慶應義塾大学	環境情報学部、准教授	植原 啓介
東京大学	大学院情報理工学系研究科、特任講師	角谷 良彦

(2) 平成29年度の成果

(a) 業務の成果

2017年度の模擬試験は、大阪大学と東京大学の1年生を対象に2017年7、8月に実施した。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人、理系99人、不明1人である。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。

・ 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。同じ問題を使用して模擬

試験を行う予定があるため、具体的な問題を示すことはできないが、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 が二分探索がベースになるアルゴリズムを短冊を並び替えて答えるものである。

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。

・試験結果

各大問の平均点と合計の平均・標準偏差を表 11 に示す。全体の平均点は 55.9 点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、情報社会系の第 3 問は文系・理系とも得点が高い結果で、図 6 を見ると、ばらつきも小さい。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 6 より、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、小問の問 1 が全問正解で問 2 が部分点も取れずに不正解であった者が受験者の約 4 割という結果になったためである。

表 11 各問の平均点と合計の平均・標準偏差(SD)

	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)

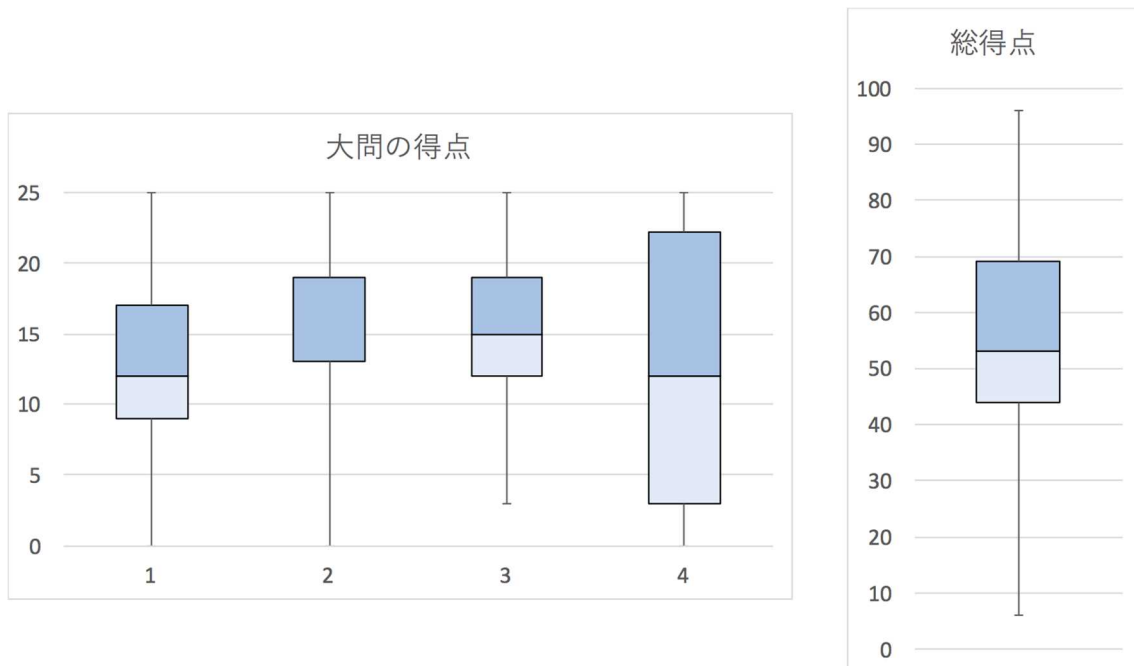
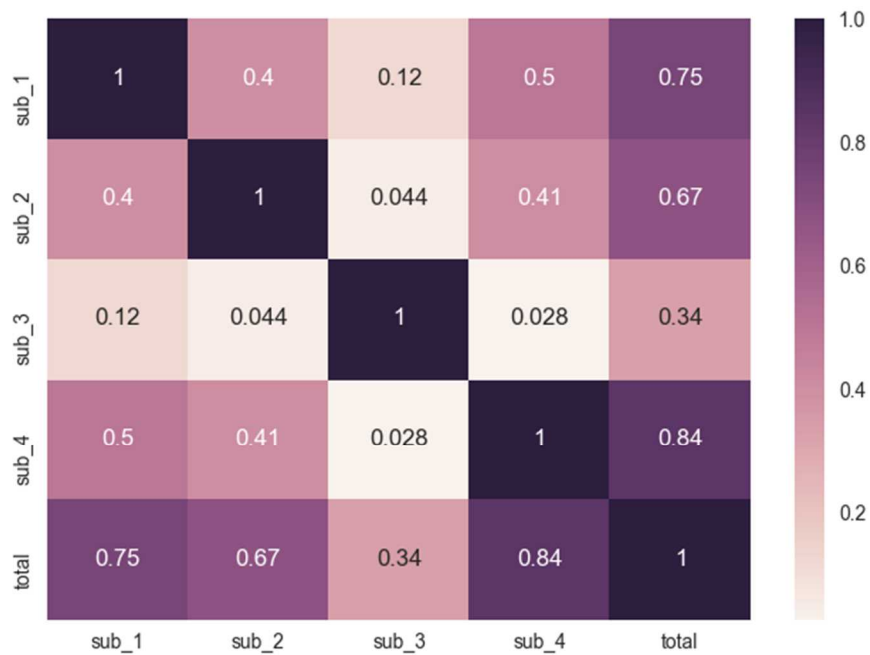


図 6 得点のばらつき

図 7 は、大問間と大問と総得点の相関を表したものである。大問間の相関は第 3 問のみが他とほとんど相関がなく、他の各問は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 問は弱い相関で、第 1、4 問は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、ちらばりも小さいことあわせて考えると、多くの受験者が取り組みやすかった問題であったことが伺える。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。



(sub_?は大問第?問、total は総得点を表す)

図 7 各問の相関

図 8～図 10 は得点のヒストグラムである。シャピロ-ウィルク検定の結果、全受験者で $p=0.02$ 、文系で $p=0.05$ 、理系で $p=0.07$ となるので、正規分布には従うとは言えないという結果となった。これは、知識問題や単純な計算問題が少ないということが影響している可能性がある。

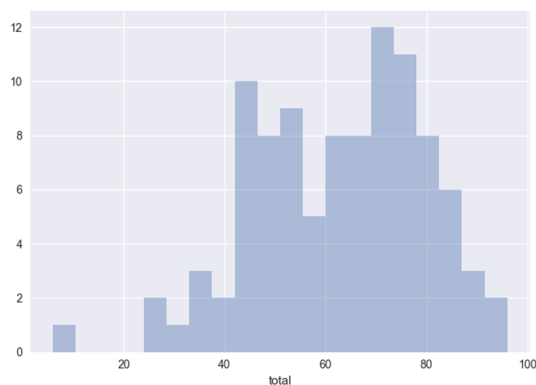


図 8 得点分布 (全受験者)

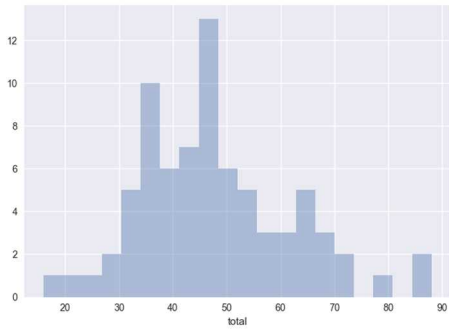


図 9 得点分布（文系）

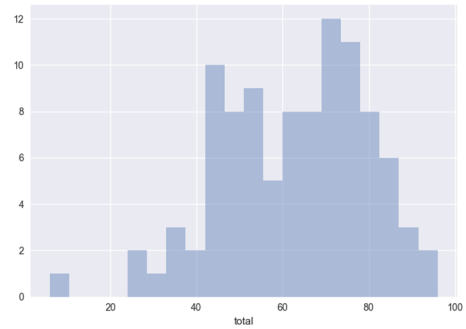


図 10 得点分布（理系）

・アンケート結果

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 11 に、その回答の抜粋を示す。

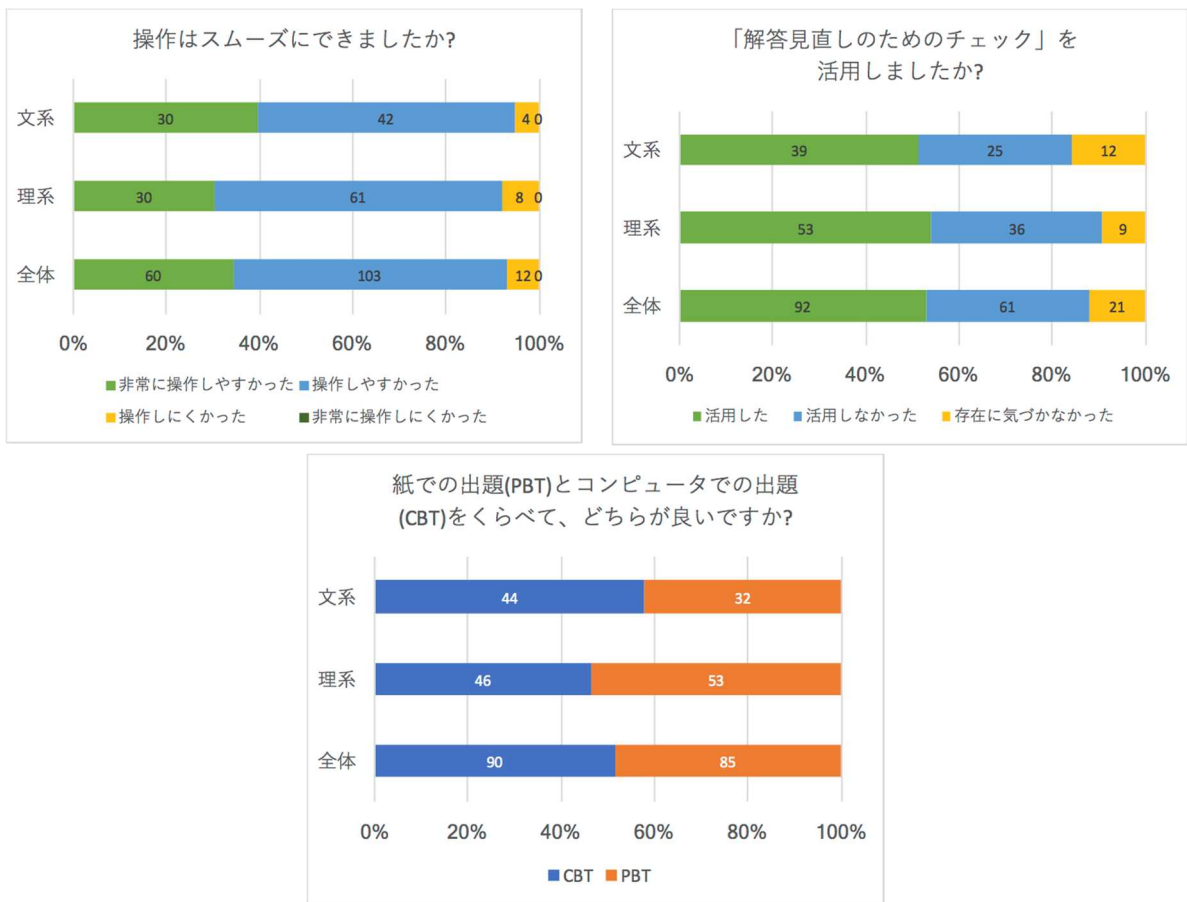


図 11 CBT システムの評価

「操作はスムーズにできましたか?」に関しては、文系、理系ともに 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、「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、半数以上が「活用した」と回答しており、一定の役割を果たしたと考える。

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、文系が CBT の方が良いという答えが若干多く、理系が PBT の方が良いという答えが若干多いという結果になった。併せてその理由を自由記述で問うたが、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

などがあった。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、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」という回答もあった。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」という回答もあったが、これは次期システムで実現する予定となっている。

(b) 達成状況と今後の課題

プログラム等を動かすことができるように等の要望を次期のCBTの開発に反映する。

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) 平成29年度の研究開発内容

今年度は、平成28年度の検討結果を、5.3.2の検討に反映した。

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) 平成29年度の研究開発内容

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。

(c) 担当者

担当者一覧を表12に示す。

表 12 担当者一覧

所属機関	役職	担当者氏名
大阪大学	大学院情報科学研究科、研究科長・教授	尾上 孝雄
東京大学	大学院情報理工学系研究科、教授	萩谷 昌己
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	松下 康之
大阪大学	大学院情報科学研究科、教授	下條 真司
東京大学	大学院情報理工学系研究科、教授	坂井 修一
東京大学	情報基盤センター、教授	柴山 悦哉
電気通信大学	非常勤講師	角田 博保
早稲田大学	名誉教授 情報オリンピック日本委員会、理事長	寛 捷彦
神戸市立科学技術高等学校	電気情報工学科、教諭	中野 由章
東京大学	大学院情報理工学系研究科、特任講師	角谷 良彦

(2) 平成29年度の成果

(a) 業務の成果

本年度は、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成する手法について検討した。本年度は主として自動作成手法の原理について検討を進め、その実装は来年度に行う計画である。

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。正当性証明の入った一つのプログラムから、各種の問題を自動生成する手法を開発する。

具体例として二分探索のプログラムについて検討を行ったので、この具体例を通して本研究で提案する自動作成手法について説明する。より簡単な例として最小値のインデックスを求める問題も検討したので、本稿の最後の付録として掲載する。

プログラミング言語としては、いわゆる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）を想定する。以下にその説明がある。

www.dnc.ac.jp/sp/albums/abm.php?f=abm00004841.pdf&n=H23_dncl.pdf

DNCL は標準的な手続き型言語であり、本研究ではこの言語に対して、verification

condition generator を開発する。実際の開発は来年度に行う。

正当性証明において、プログラムの仕様(precondition と postcondition)や loop invariant などは、プログラム作成者(問題出題者)が与えることとする。必要に応じて、プログラムの各点で成り立つべき assertion とそれを証明するための lemma を指定する。lemma や述語の定義なども与える。以上の入力から、プログラムの各点の verification condition を生成して自動証明系(制約解消系)に証明させる。

最近の証明系に関する調査を行い、Microsoft の Z3 を利用することとした。verification condition generator は、Z3 への入力を生成する予定である。実装には Python と Z3 の Python API を用いることを計画している。

Z3 の詳細は、下記を参照されたい。

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).

自動生成する問題の種類としては、以下のものを検討した。それぞれ、本事業で開発したルーブリック「プログラミング」分野の達成度に対応させることができる。

●ルーブリック 1.2 「与えられたプログラムの動作をトレースできる」

このレベルの問題を作成するためには、仕様の precondition を満たす典型的でなるべく小さい入力を生成する必要がある。典型的な条件としては、プログラムの branch coverage が高い、もしくは、すべての branch が cover されるという条件が考えられる。

また、入力を生成する技術は、property-based testing における generator に通じると考えられる。色々な技術を構想することができるが、ボトムラインとして、ランダムに入力を生成して各条件をチェックするという方法が使える。

これらの詳細については、下記を参照されたい。

Claessen, K., Hughes, J.: QuickCheck: a lightweight tool for random testing of Haskell programs. In: 5th ACM SIGPLAN International Conference on Functional Programming (ICFP), pp. 268–279 (2000).

Nilsson, Rickard: ScalaCheck : the definitive guide, Walnut Creek, CA : Artima, 2014.

次に、動作をトレースさせるためには、プログラムの適当な点における変数の値を答えさせる必要がある。その候補としては、プログラム作成者が loop invariant や assertion を挿

入した点があげられる。それらの点にたとえば `print` 命令を挿入して、出力を答えさせることによって、プログラムの動作をトレースさせることができる。

●ループリック 2.1「与えられた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、プログラムがなぜ目的を達成できるのかを理解していなければならない。そのために、`loop invariant` や `assertion` などの理解を問うことが考えられる。

`loop invariant` や `assertion` などの理解を問うためには、以下のような選択肢問題を用いる。`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。そのような状態と、`loop invariant` や `assertion` を満たさない状態を示して、前者を選択させることにより、`loop invariant` や `assertion` を理解しているかどうかを問うことができる。ここでも、適切な例を自動生成する必要がある。

●ループリック 2-3「与えられたプログラムが目的と相違する場合にその相違を修正できる」

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。バグを挿入するのではなく、空欄にして適切な式などを答えさせることもできる。たとえば、後で示す二分探索のプログラムでは、

```
start ← center+1
```

とすべきところを、

```
start ← center
```

とするとか、

```
start ← ①
```

のように空欄にして答えさせることが考えられる。

どのようなバグを挿入すべきかについては、各種の検討を要する。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` の一部の条件だけ満たさないようにすることで、満たさない条件に関する理解を問うことができる。そのようなバグを自動生成するためには、候補となるバグを次々と生成して、その結果から `verification condition` を

求めて証明系にかける、という手順を繰り返す必要がある。

バグを見つけさせるのではなく、空欄を埋めさせる場合には、その部分がプログラムの理解から自然に定まるのか、特定の **lemma** を知らないで定まらないのか、などといった基準を考えることができる。それによって、空欄を埋める問題の難易度に差が生じる。

埋められた空欄が正解のプログラムと一致していれば、もちろん正解であるが、そうでない場合は、**verification condition generator** と証明系を用いて証明する必要がある。空欄が小さければ、証明や反証は十分に実用的にできるだろう。もちろん、あらかじめ用意した選択肢から選ばせることも考えられる。

- ループリック 2-3 「与えられたプログラムを異なる目的に沿って修正できる」

このレベルの問題を作成するためには、プログラムと正当性証明がモジュール化（パラメータ化）されている必要があると考えられる。たとえば、二分探索の場合、（全）順序関係がパラメータ化されていれば、たとえば、大小関係 $<$ を逆の関係 $>$ で置き換えても、正しいプログラムが得られる。この場合に、一部が変更された仕様を提示して、それに従ってプログラムを変更させる問題を生成することができる。

- ループリック 4-1 「問題を解くプログラムが書ける」

ループリック 3 「与えられたアルゴリズムをプログラムとして表現できる」の問題を自動生成するのは困難であると予想される。アルゴリズムのループリック 3 「与えられた問題を解くアルゴリズムを考案できる」と上のループリック 4-1 を併せるのが適切と考えられる。

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。ただし、採点を自動的に行うのは困難であろう。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。

ループリック 2-2 で考えた空欄をより大きくしていくこともできる。たとえば、特定の条件分岐の中だけを埋めさせることが考えられる。そのような場合、空欄の部分における **verification condition** を自然言語で提示する。埋められた空欄は、先に述べたように、**verification condition generator** と証明系を用いて証明する。空白が大きくなりにつれて、自動証明は難しくなるだろう。

以下で、二分探索と最小値インデックスのプログラムと正当性証明を示す。

- 正当性照明の入った二分探索のプログラムの検討結果

配列 a の要素は順に並んでいるとする。すなわち、 $1 \leq j < a.length$ を満たす任意のインデックス j に対して $a[j] \leq a[j+1]$ が成り立つ。要素 x が与えられたとき、 x が配列に含まれて

いれば True を返し、そうでなければ、False を返す。

precondition: $\forall j (1 \leq j < a.length \wedge a[j] < a[j+1])$

postcondition: true case: $\exists j (1 \leq j \leq a.length \wedge a[j] = x)$

postcondition: false case: $NE(1, a.length+1, x)$

$NE(start, end, x) = \forall j (start \leq j < end \wedge 1 \leq j \leq a.length \supset a[j] \neq x)$

lemma1: $1 \leq j \leq a.length \wedge x < a[j] \supset NE(1, j+1, x)$

lemma2: $1 \leq j \leq a.length \wedge a[j] < x \supset NE(j, a.length+1, x)$

lemma3: $NE(i, j, x) \wedge NE(j+1, k, x) \supset NE(i, k, x)$

lemma4: $i \geq j \supset NE(i, j, x)$

start \leftarrow 1

end \leftarrow a.length+1

$\{ 1 \leq start \leq end \leq a.length+1 \wedge NE(1, start, x) \wedge NE(end, a.length+1, x) \}$ --- invariant

start < end である間

$\{ NE(1, start, x) \wedge NE(end, a.length, x) \}$

center \leftarrow (start+end)//2

$\{ start \leq center < end \}$

もしも $a[center] = x$ ならば

$\{ \exists j (1 \leq j \leq a.length \wedge a[j] = x) \}$

True を返す

を実行する

もしも $x < a[center]$ ならば

$\{ NE(1, start, x) \wedge NE(center, a.length+1, x) \}$ --- by lemma1

end \leftarrow center

そうでなければ

$\{ a[center] < x \}$

$\{ NE(1, center+1, x) \wedge NE(end, a.length+1, x) \}$ --- by lemma2

start \leftarrow center+1

を実行する

$\{ start \leq end \}$

を繰り返す --- decreasing measure: (end-start) by $start \leq center < end$

$\{ start = end \}$

{ NE(1, a.length+1, x) } --- by lemma3

False を返す

●最小値インデックスを求める問題

長さ 1 以上の配列 a の最小値のインデックスを変数 k に求める。すなわち、 k は $1 \leq k \leq a.length$ を満たしおり、 $1 \leq i \leq a.length$ を満たす任意のインデックス i に対して $a[k] \leq a[i]$ が成り立つ。

precondition: $1 \leq a.length$

postcondition: $P(k, a.length)$

$P(k, n) = 1 \leq k \leq a.length \wedge \forall j (1 \leq j \leq n \supset a[k] \leq a[j])$

{ $1 \leq a.length$ }

$k \leftarrow 1$

$i \leftarrow 2$

{ $1 \leq i \leq a.length+1 \wedge P(k, i-1)$ } --- invariant

$i \leq a.length$ である間

{ $1 \leq i \leq a.length \wedge P(k, i-1)$ }

もしも $a[i] < a[k]$ ならば

{ $P(i, i)$ } --- by big lemma

$k \leftarrow i$

そうでなければ

{ $a[i] \geq a[k]$ }

{ $P(k, i)$ } --- by small lemma

を実行する

{ $P(k, i)$ }

$i \leftarrow i+1$

{ $1 \leq i \leq a.length+1 \wedge P(k, i-1)$ } --- invariant

を繰り返す

{ $P(k, a.length)$ }

big lemma: $1 \leq i \leq a.length \wedge a[i] < a[k] \wedge P(k, i-1) \supset P(i, i)$

small lemma: $1 \leq i \leq a.length \wedge a[i] \geq a[k] \wedge P(k, i-1) \supset P(k, i)$

(b) 達成状況と今後の課題

本年度は主として自動作問手法の原理について検討を進めた。実装は来年度に行う予定である。

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) 平成29年度の研究開発内容

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。

(c) 担当者

担当者一覧を表13に示す。

表 13 担当者一覧

所属機関	役職	担当者氏名
大阪大学	大学院情報科学研究科、研究科長・教授	尾上 孝雄
東京大学	大学院情報理工学系研究科、教授	萩谷 昌己
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	松下 康之
大阪大学	大学院情報科学研究科、教授	下條 真司
東京大学	大学院情報理工学系研究科、教授	坂井 修一
東京大学	情報基盤センター、教授	柴山 悦哉
電気通信大学	非常勤講師	角田 博保
早稲田大学	名誉教授 情報オリンピック日本委員会、理事長	笥 捷彦
神戸市立科学 技術高等学校	電気情報工学科、教諭	中野 由章
東京大学	大学院情報理工学系研究科、特任講師	角谷 良彦

専修大学	ネットワーク情報学部、教授	松永 賢次
------	---------------	-------

(2) 平成29年度の成果

(a) 業務の成果

「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12)。

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。

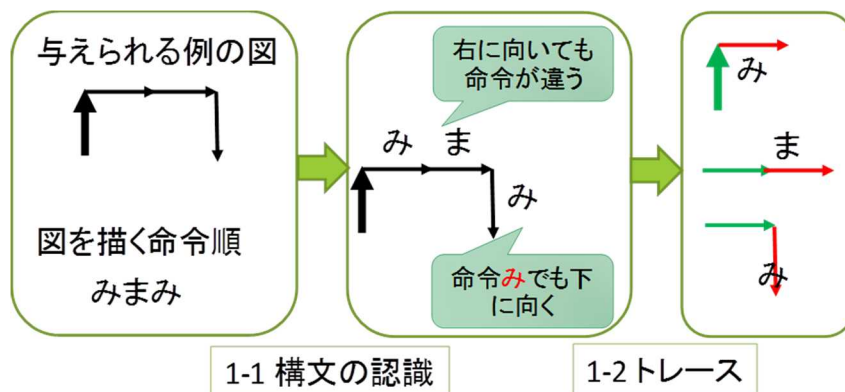


図 12 問 1 の流れ

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 13）。

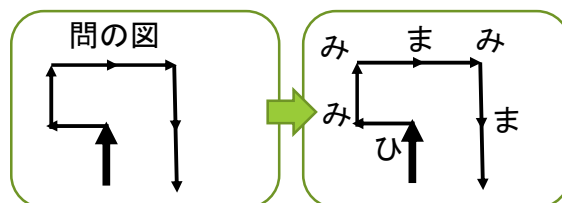


図 13 実行結果に対する命令列

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14)。

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く、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。

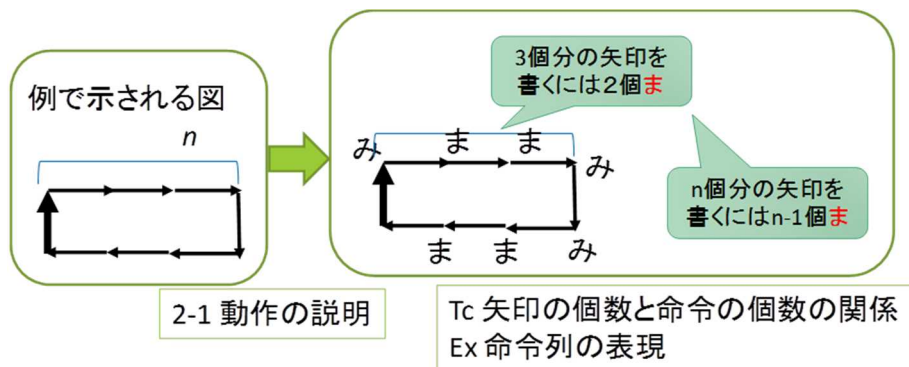


図14 問2の流れ

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 15）。

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。

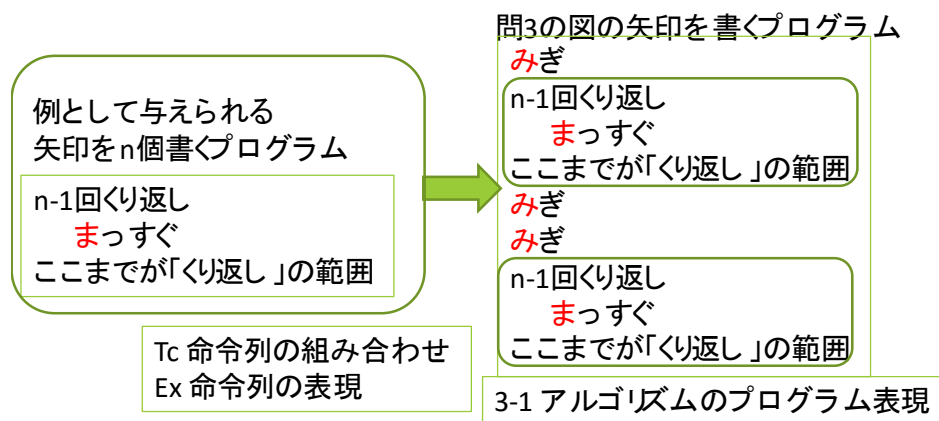


図 15 問3の流れ

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16）。

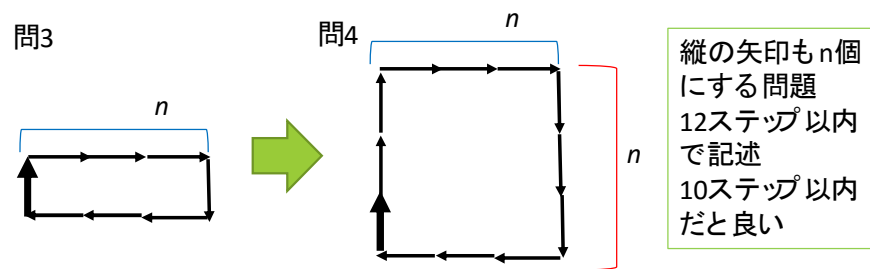


図 16 問4の流れ

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17）。

問3のプログラム 問4のプログラム(単純)

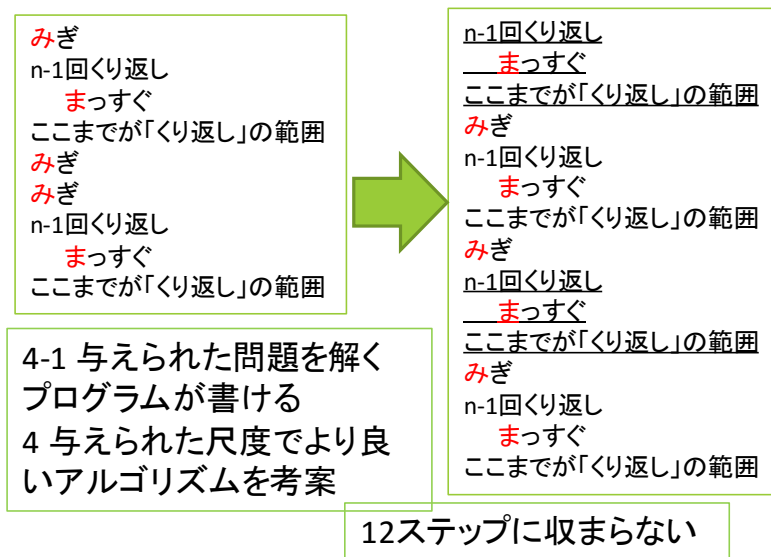


図 17 基準を満たさない例

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 18）。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。

問4のプログラム(単純) 問4のプログラム(良)

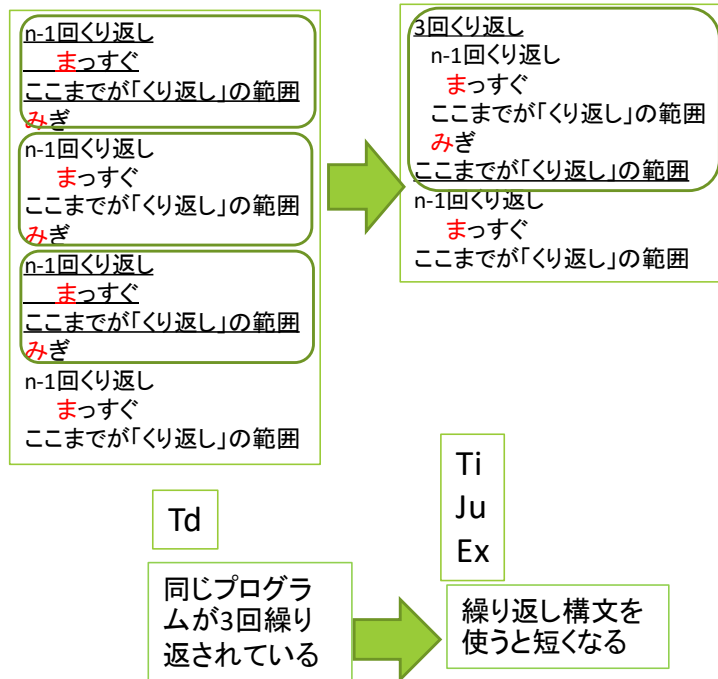


図 18 解答者に求められる推測と判断

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、Tc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) 達成状況と今後の課題

ループリック表に対応した問題をCBTプロトタイプに導入する。

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) 平成29年度の研究開発内容

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。

(c) 担当者

担当者一覧を表14に示す。

表 14 担当者一覧

所属機関	役職	担当者氏名
大阪大学	大学院情報科学研究科、研究科長・教授	尾上 孝雄
東京大学	大学院情報理工学系研究科、教授	萩谷 昌己
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	松下 康之
大阪大学	大学院情報科学研究科、教授	下條 真司
東京大学	大学院情報理工学系研究科、教授	坂井 修一
東京大学	情報基盤センター、教授	柴山 悦哉
電気通信大学	非常勤講師	角田 博保
早稲田大学	名誉教授 情報オリンピック日本委員会、理事長	笥 捷彦
神戸市立科学 技術高等学校	電気情報工学科、教諭	中野 由章
東京大学	大学院情報理工学系研究科、特任講師	角谷 良彦

(2) 平成29年度の成果

(a) 業務の成果

- ・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、試行錯誤やデバッグがある。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。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。

- ・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、残念なことに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ることができる。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書き、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ている。また、紙にはなかった CBT ならではの利点としては、受験者の書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。

- ・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。

- ・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。

(b) 達成状況と今後の課題

検討した問題類型を実際にCBTシステムに組み込むことを予定している。特に、テーブルワールドとゲームブック形式については、既に実装が進められており、次年度の模擬試験で実証実験が可能だと予想される。

問題形式の検討に加えて、タブレットやペンを使ったインタフェースについても検討する余地がある。

(3) 資料

【資料】 CBT のユーザインタフェース例

History Session Request Sql Log Timer Log Variables Environment Include

第1問 テーブルワールド例題

2次元のテーブルが与えられたとき、そのテーブルの内容を書き換えるプログラム X がある。テーブルの各セルには整数が書いてあるとする。以下では、自分でテーブルの値を指定することで、X を実行した結果を表示させることができる。

入力

1	2	3	4	5	6	7	8	9
11	2	3	4	5	1	1	0	3
20	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0

出力

1	2	3	4	5	6	7	8	9
11	2	3	4	5	1	1	0	3
22	0	1	0	0	1	0	0	0
30	5	1	4	3	0	2	1	0
42	0	1	0	0	1	0	0	0
50	5	1	4	3	0	2	1	0

入力

1	2	3
10	0	1
22	1	0

出力

1	2	3
10	0	1
21	0	0

削除

入力

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	1	2	3	4	5	4	3	2	1	0	1	2
2												
3												
4												

出力

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
11	2	3	4	5	4	3	2	1	0	1	2
22	2	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0
31	0	3	2	5	4	3	1	0	2	1	0
42	2	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0

削除

4 行 12 列 テーブルを追加

Xを実行

問1

History Session Request Sql Log Timer Log Variables Environment Include

問2

Xと同じ挙動をするプログラムを書け。ボタンを押すことで、自分の書いているプログラムの挙動を確認することができるので、プログラムを作成する際の参考にしてよい。なお、途中の確認作業が採点に利用されることはなく、最終的に解答欄に書かれているプログラムのみが採点の対象である。

- Branching
- Loops
- Predicates
- Numbers
- Texts
- Lists
- Interaction
- Variables
- Functions
- ▶ Samples
- ▶ Hints

自分の書いたプログラムを実行

Copyright © 2017 OSAKA UNIVERSITY. All Rights Reserved.

CBT prototype

History Session Request Sql Log Timer Log Variables Environment Include

受験者B
sm0001

解答の送信状態

5:05:31:35

StateTransition

鉛筆を置く

試験問題

第1問 it-title

s-text

リセット 実行

```
graph LR; a((a)) -- X --> a; b((b)) -- Y --> b; a -- Y --> b; b -- X --> a;
```

点を移動

a b c

c

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、本年度は次の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) 平成29年度の研究開発内容

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を一般に広く周知するとともに意見聴取も行なう。

(c) 担当者

担当者一覧を表15に示す。

表 15 担当者一覧

所属機関	役職	担当者氏名
情報処理学会	教育担当理事	高岡 詠子
大阪大学	大学院情報科学研究科、研究科長・教授	尾上 孝雄
大阪大学	大学院情報科学研究科、特任教授	萩原 兼一

電気通信大学	非常勤講師	角田 博保
早稲田大学	名誉教授 情報オリンピック日本委員会、理事長	笈 捷彦
慶應義塾大学	環境情報学部、学部長	村井 純
神戸市立科学技術 高等学校	電気情報工学科、教諭	中野 由章
文教大学	情報学部情報システム学科、准教授	佐久間 拓也

(2) 平成29年度の成果

(a) 業務の成果

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。

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
- ・プログラム:

思考力・判断力・表現力を評価する枠組みの提案 - 久野、角田、中山

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
- ・プログラム:

文部科学省 大学入学者選抜改革推進受託事業

「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」 - 萩原

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
- ・プログラム:

基調講演 文部科学省 大学入学者選抜改革推進受託事業

「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」・
萩原

分科会A 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

・松永、萩谷

ポスターセッション1 文部科学省大学入学者選抜改革推進委託事業情報分野の活動内容 - 中野

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:ウイシュトンホテル・ユーカーリ(千葉)

・プログラム:

CBT関係のデモ、ポスター展示 - 西田

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)13:30-16:30

・会場:キャンパスプラザ京都2階 第3会議室

・プログラム:

講演「フィンランドの大学入試におけるCBT導入とその課題」、ディスカッション

⑥ 2017-9 FIT 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
中間報告 --- 海外調査報告を中心に ----

・日時:平成29年9月12日(火)15:30-17:30

・会場:東京大学(本郷)

・プログラム:

司会 角田博保(情報処理学会情報入試委員会委員長)

講演(1) 事業概説 萩谷昌己(東大)

講演(2) 海外調査報告 辰己丈夫(放送大)

パネル討論 「情報科」大学入学者選抜と海外動向

司会 和田勉(長野大)、

パネリスト 萩谷昌己(東大)、久野靖(電通大)、角谷良彦(東大)、

辰己丈夫(放送大)

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)10:00-17:00

・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

・プログラム:

オープニング 萩谷昌己(東京大学)

講演1「人工知能を利用した記述採点支援システム」石岡恒憲(大学入試センター)

講演2「思考力／判断力／表現力の測定と情報教育の参照基準」久野靖(電気通信大学)

講演3「CBTシステムの現状とこれから」西田知博(大阪学院大学)

講演4「高等学校共通科目情報の学習項目に対するルーブリックの提案」松永賢次(専修大学)

講演5「思考力・判断力・表現力を伸ばす授業の実践例」滑川敬章(千葉県立津田沼高校)

講演6「中等教育学校後期課程における情報通信ネットワークについての理解を深める実践事例」田崎丈晴(東京都西部学校経営支援センター支所)

パネルディスカッション「情報入試改革の現状を語る」辰己丈夫(放送大学)

パネリスト 石岡、久野、西田、松永、滑川、田崎

クロージング 高岡詠子(情報処理学会)

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

思考力・判断力・表現力の教育／評価方法とCBT化」(図 19)

・日時:平成29年11月25日(日) 13:00～17:30

・会場:大阪学院大学2号館B1-02教室

・プログラム:

総合司会 井上克郎(大阪大学)

主催者挨拶 尾上孝雄(大阪大学)

開催校挨拶・菊野 亨(大阪学院大学)

事業概説・萩原兼一(大阪大学)

模擬試験を実施するCBTシステムについて・植原啓介(慶應義塾大学)

模擬試験結果の分析について・角谷良彦(東京大学)

参照基準について・萩谷昌己(東京大学)

評価のためのルーブリックと作題例について 松永賢次(専修大学)

高校での情報科における思考力・判断力・表現力の教育方法／評価方法の紹介2件

白井美弥子(兵庫県立西宮今津高校)、成瀬浩健(京都女子中学校・高等学校)

パネル討論 思考力・判断力・表現力の教育方法／評価方法

コーディネータ:萩原兼一(大阪大学)／講演者

閉会の挨拶・東野輝夫(大阪大学)

文部科学省 大学入学者選抜改革推進委託事業
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～
2017
11.26(日)
13:00～17:30
受付開始 12:30
会場：大阪学院大学
2号館B1-02教室
JR岸辺駅 阪急正雀駅より徒歩5分
高校教員のみみなさまのご参加を歓迎します！
この委託事業では、次期学習指導要領で内容が大幅に改定される「情報科」に関して、思考力、判断力、表現力を評価する試験問題およびコンピュータを用いた試験実施(CBT)を研究・開発しています。
このシンポジウムでは、本事業で考えている思考力、判断力、表現力を評価する試験問題やその作問方法などを説明し、高校での思考力、判断力、表現力の教育方法および評価方法との整合性などに関して意見交換します。
参加無料：事前登録制 先着250名
登録サイト：<http://www.uarp.ist.osaka-u.ac.jp/>
プログラム
1 全委者挨拶 萩原兼一 (大阪大学 教授) (大阪大学 情報科学研究科長)
2 会場提供挨拶 白井美弥子 (兵庫県立西宮今津高等学校 教諭)
3 事業概要 萩原兼一 (大阪大学 特任講師) (大阪大学 情報科学研究科長)
4 模擬試験を実施するCBTシステムについて 萩原兼一 (大阪大学 准教授) (慶応義塾大学 准教授)
5 模擬試験結果の分析について 萩原兼一 (大阪大学 准教授)
6 情報学の学習基盤について 萩原兼一 (大阪大学 准教授)
7 評価のためのルーブリックと作題例について 松永賢次 (専修大学 教授)
8 高校での「情報科」における思考力・判断力 白井美弥子 (兵庫県立西宮今津高等学校 教諭)
表現力の教育方法／評価方法の紹介 成瀬浩健 (京都女子中学校・高等学校 教諭)
9 パネル討論 パネリスト 4～8の講演者 コーディネーター 萩原兼一
10 閉会の挨拶 東野輝夫 (情報処理学会 副会長/大阪大学 教授)
主催：文部科学省 大学入学者選抜改革推進委託事業 「情報科」大学入学者選抜における評価手法の研究開発 (大阪大学、東京大学、情報処理学会)
後援：大阪府教育委員会 兵庫県教育委員会 京都府教育委員会 滋賀県教育委員会 奈良県教育委員会 和歌山県教育委員会 大阪府教育委員会 神戸市教育委員会 京都市教育委員会 全国高等学校情報教育研究会 大阪府高等学校情報教育研究会 大阪私学教育情報化研究会 京都府私立中学高等学校・情報科研究会 理工系情報科学・専攻協議会 私立大学情報教育協会
問合せ：大阪大学 大学院情報科学研究科 (担当：影山 E-mail: k-masoko@ist.osaka-u.ac.jp)
大阪府吹田市山田丘1-5 TEL:06-6105-5904

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
第2回シンポジウム資料集
開催日：2017年11月26日
会場：大阪学院大学
主催：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
(大阪大学 東京大学 情報処理学会)
後援：大阪府教育委員会 兵庫県教育委員会 京都府教育委員会 滋賀県教育委員会 奈良県教育委員会 和歌山県教育委員会 大阪府教育委員会 神戸市教育委員会 京都市教育委員会 全国高等学校情報教育研究会 大阪府高等学校情報教育研究会 大阪私学教育情報化研究会 京都府私立中学高等学校・情報科研究会 理工系情報科学・専攻協議会 私立大学情報教育協会

図 19 シンポジウムのポスターと冊子 (84 ページ)

⑨ AXIES+IPSJ-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
- ・プログラム:

全体会2「共通科目情報の多面的・総合的な評価」司会 高橋尚子(國學院大学)
基調講演2 思考力・判断力・表現力の評価と情報教育の参照基準 久野 靖(電気通信大学)
基調講演3 高校教科「情報の科学」での実践と評価(仮) 加藤和幸(金城学院中学高等学校)

総合討論 情報教育の参照基準

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

次世代を視野に入れたイノベティブな情報(科)教育

- ・日時:平成29年12月23日(土)13:00-17:00
- ・会場:日本大学文理学部100周年記念館(桜上水)
- ・プログラム:

招待講演 萩原兼一(阪大)

パネル 久野靖(電通大)

⑪ 情報処理学会 第80回全国大会

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」

(2)

- ・日時:平成30年3月14日(水)
- ・会場:早稲田大学
- ・プログラム:

司会 角田博保(情報入試委員会)

講演「2017年度事業概説」 萩原兼一(大阪大学)

基調講演「高等学校情報科の次期学習指導要領」 鹿野利春(国立教育政策研究所)

報告(1)「思考力・判断力・表現力を評価する枠組みとルーブリック」 萩谷昌己(東京大学)

報告(2)「模擬試験の実施と結果分析/本格的CBTシステム」 角谷良彦(東京大学)

パネル討論「情報入試のすゝめ」

司会 筧 捷彦(情報オリンピック日本委員会理事長)

パネリスト 安西祐一郎(慶応義塾大学名誉教授、独立行政法人日本学術新研究会理事長)、長岡亮介(明治大学特任教授)、佐々木修(神奈川県立二宮高校校長)

(b) 達成状況と今後の課題

シンポジウム等で得られた知見を、CBT等の研究開発に反映した。引き続き

き、この活動を継続する。

(3) 資料

【資料】情報入試のすゝめ

(本内容は、情報処理学会誌に投稿する記事を編集したものである。)

1. 高等学校情報科と情報入試のながれ

本年(2018年)3月9日、情報処理学会から、「大学入試センターが実施する試験における『情報』出題の提言」が出された¹⁾。また、3月14日に早稲田大学西早稲田キャンパスで開催された情報処理学会第80回全国大会の企画イベントにおいて、「情報入試のすゝめ」のパネル討論が行われた。本稿では、情報処理学会からの提言や全国大会でのパネル討論について報告するとともに、今後の情報入試の役割や課題について筆者らの考えを述べる。

情報科は、2003年に高等学校に設置された。当初、3科目「情報A」、「情報B」、「情報C」(各2単位)からの1科目の選択必修であった。2013年の学習指導要領で、2科目「情報の科学」、「社会と情報」(各2単位)からの1科目の選択必修となった。さらに、2022年の学習指導要領の改訂で、情報の科学的な理解に重点を置き「情報I」(2単位)を必修科目とした上で、その発展的内容として「情報II」(2単位)を選択科目とすることになっている²⁾、³⁾。

高等学校情報科と情報入試にかかわる主な事項を、表-1に示す(2020年以降は予定である)。

表-1 高等学校情報科と情報入試のながれ

1997年	大学入試センターで情報関係基礎の出題が始まる。
2003年	高等学校に情報科が設置される。「情報A」、「情報B」、「情報C」の選択必修。
2006年	大学の個別学力試験において情報入試が始まる。
2012年	情報入試研究会が発足する。
2013年	高等学校学習指導要領が改訂される。情報科は「情報の科学」、「社会と情報」の選択必修。数学、物理から情報の内容が消える。
2013年	本会情報処理教育委員会の下に情報入試ワーキンググループが設置される。2016年まで4回、模擬試験を実施する。
2013年	世界最先端IT 国家創造宣言が閣議決定され、小学校でプログラミング教育の必要性が示される。
2016年	慶應 SFC が情報入試を始める。
2020年	小学校でプログラミングが始まる。
2021年	大学入学共通テストが始まる。
2022年	高等学校学習指導要領が改訂される。情報科は「情報I」が必修、「情報II」が選択。
2025年	2022年から実施の次期学習指導要領に基づく生徒に向けた大学入試が実施される。

大学入試センターは、数学②の選択科目として、1997年に工業高校・商業高校などに向けて情報関係基礎を設置し今も継続している。情報の基礎的内容から専門につながる内容までが出題されており、この20年間に大学入試センターでは情報の学習到達度評価についてのノウハウが蓄積されている。

入試制度の検討は、学習指導要領の改訂に先立って始められる(図-1)。大学入試センターは、2003年の情報科設置に先立って2001年頃に情報科を入試科目とするか検討している。2002年3月28日の大学入試センターの中間まとめでは、情報科についてはなお検討中とされた。情報処理学会は、理工系情報学科協議会や日本ソフトウェア科学会とともに、情報科を入試科目とすることを要望したが、結果としては、数学②の選択科目としての情報関係基礎が継続されたものの、情報科の設置は見送られた。

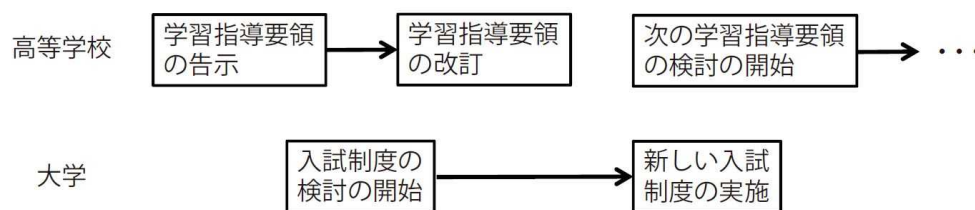


図-1 学習指導要領改訂と入試制度検討の時期

2004年頃には、個別学力試験への情報入試導入が検討されている。8 大学情報系研究科

長会議は、情報科目入試検討ワーキンググループを設けて検討し、情報入試の導入に向けた提言を行っている 4)。

そして、高等学校情報科を履修した生徒が初めて大学に入学する 2006 年に、個別学力試験における情報入試が始められた。国立大学では愛知教育大学、東京農工大学、高知大学が、また多くの私立大学が情報入試を始めた。しかしながら、数年たって多くの大学がやめている。その背景には、情報の基礎的内容から専門につながる内容を問う個別学力試験としての情報入試の受験生が増えなかったことがある。高等学校における情報科は、情報の収集・分析から、発信までを総合的に学習するために設置された教科でありながら多くの高等学校でコンピュータの操作しか教えていないという現実があった。なお、情報科に関連する知識や思考力や応用力に長けた生徒を選考する目的で、情報入試を AO 入試で残した大学は多い。

上で述べた 2013 年の学習指導要領の改訂では、情報科が「情報の科学」と「社会と情報」の選択必修となったのに合わせて、数学と物理からはそれまで含まれていた情報の内容が取り除かれた。数学の入試で情報の内容を出題していた慶應義塾大学環境情報学部と総合政策学部 (SFC) では、2016 年から情報入試を行うことを決め、2012 年に発表した。また、2013 年に明治大学で、2015 年に駒澤大学で情報入試が始められた。2013 年に世界最先端 IT 国家創造宣言が閣議決定されており、小学校へのプログラミングの導入が示されるなど、児童生徒に情報の素養を身に付けさせることが大切というながれが生まれていたことが背景にある。

情報入試の必要性が高まっていたことから、筆者らを含む有志 8 名は、2012 年に情報入試研究会を設立し、情報入試についての調査研究を始めた。まさに、その 2012 年に、大学入試センターが情報関係基礎を含むいくつかの科目の廃止を検討するという事態が起きた (実際に工業数理基礎は廃止が決定された)。情報処理学会と私立大学情報教育協会は、即座に反対意見を出した。その効果もあって、情報関係基礎の出題は続けられることとなった。

情報入試研究会では、情報の模擬試験を企画した。情報処理学会は 2013 年に情報処理教育委員会の下に情報入試ワーキンググループを設置し、2013 年 5 月、2014 年 2 月、2015 年 2 月、2016 年 2 月に情報入試研究会とともに模擬試験を実施した。全国高等学校情報教育研究会の後援を得て、延べ約 4,000 名の高校生が模擬試験を受験した。

2016 年、情報処理学会は情報入試ワーキンググループを情報入試委員会に改組し、大阪大学、東京大学とともに、文部科学省大学入学者選抜改革推進委託事業の調査研究を開始し今に至っている 5)

2016 年に、高等学校情報科が情報の科学的な理解を中心とする「情報 I」(必修)と「情報 II」(選択)になる方向が示された 2)。また、同じ 2016 年に、次期学習指導要領に基づき、2025 年から情報科の素養を問う問題を大学入学共通テストに入れることを文部科学省高大接続システム改革会議が提言した。しかしながら、大学入試センターは、大学入学共通

テストに情報の出題をするための準備を始めている。情報処理学会が冒頭で述べた提言1)を出したのは、そのような事情からである。

2. 情報処理学会第80回全国大会での情報入試の議論

本年(2018年)3月13日から15日まで、早稲田大学西早稲田キャンパスで、情報処理学会第80回全国大会が、「みんなの情報処理教育」をテーマとして開催された。3月13日に、国立教育政策研究所教育課程研究センター教育課程調査官で文部科学省教科調査官の鹿野利春先生に、小中高校の情報活用能力の教育について特別講演をしていただいた。3月14日にも、鹿野先生に高等学校情報科の次期学習指導要領について基調講演をしていただいた。

文部科学省は、小学校から高等学校までのプログラミング教育、情報教育に向けて予算措置をしていくが、地方交付税として配分されるため、都道府県や市区町村により設備の充実に違いが出てくることへの懸念が披露された。

筆者らの調査でも、高等学校情報科の教育内容や教員配置に、都道府県格差があることが分かっている(6)。高等学校情報科が「情報Ⅰ」、「情報Ⅱ」になることへの対応にも違いが出てくると予想される。大学入試で情報が出題されることにより、情報科の懸念解消や教育改善につながることを期待される。

3月14日には、パネル討論「情報入試のすゝめ」が行われた。パネリストとして、慶應義塾大学名誉教授で独立行政法人日本学術振興会理事長の安西祐一郎先生、前明治大学理工学部特任教授でNPO法人TECUM代表の長岡亮介先生、全国高等学校情報教育研究会副会長で神奈川県立二宮高等学校校長の佐々木修先生が登壇した(図-2)。



図-2 パネル討論「情報科入試のすゝめ」の様子

安西先生は、「高校、大学に焦点を当てる改革をやらなきゃいけない。そのときに、サンドイッチのハムみたいな、ちょうど真ん中に入る入試っていうのが、日本の場合、もう社

会の仕組みの中に浸透しておりまして、高校大学の教育を全部変えましょうなんて言っても、なかなかこれはいろんなことが ありますので、ピンポイントで突破するとすれば入試になると、「高等学校までに、プログラミングも 含めて情報の教育をしっかり自分から、一生懸命受けてきた、好きで受けてきた子どもたちが報われるような、そういう入試、あるいは大学教育に変えていくってことですね。それからさらに経団連の方と話をして、そういう学生たちが社会で報われるようにしてくってことですね。それを全部やってかなきゃなりません」と、情報入試を全面的に進めるべきであると強調された。

大学入試が変わることによって得られる効果が大きいです。高等学校と大学が変わる。大学のカリキュラムが変わり、教員が変わることができる。さらに、情報の素養を身に付けていることを社会が評価することが必要と考えられる。

長岡先生は、「高等教育の普及という、これは戦後に始まった、戦後復興の象徴であります。それによって膨大な数学不得手を生み出したわけです」と述べ、数学嫌いを作ったように情報嫌いを作らないことへの注意を喚起された。

学校教育そのものを変える枠組みの中であって、あらぬ方向に進まないように、入試を受けるために重要だから勉強するというにならないように、皆が自ら進んで情報の力を付けるように持っていくことが大切と考えられる。

佐々木先生は、「方向が見えなくて、なんとなくこれでいいのかなっていう風にやっている教員が、学校の中で 1 人ぼっちで授業をやっているわけですね」、「情報の入試をやることによって、各学校の目標値ってなるような、ぼんやり、あ、あの辺に進んでいけばいいんじゃないのっていうような方向が、サンプルとして出てくる。それが非常に、入試としてやる場合の、現場の教員としては、一番プラスのところじゃないかなというふうに思います」と述べ、情報入試により、高等学校が生徒に身に付けさせる情報の素養の目標が分かるとの期待を示された。

次期学習指導要領により、急激に情報科で教える内容が変わろうとしているが、多くの高等学校では コマ数の関係から情報科の教員が 1 人だけ配置されているため、学校の枠を越えて新しい試みをして情報交換する場を作ることが大切である。

パネリストへの質問では、大学の教職課程を改革 すべきというものがあつた。教職課程には、国語科とか数学科とか教科ごとに分かれている問題があるとの指摘であるが、さらに筆者らは、情報の科学的な理解を、学校種、教科にかかわらず学ぶことが重要と考えており、教職課程の必修 8 単位の中に入れるのが望ましいが、それ以外の科目でも、情報についての専門的な内容を学び、それを認定できる制度があるとよいと考えている。

3. 情報科と情報入試のこれからについて

パネル討論「情報入試のすゝめ」の議論を通して、高等学校情報科を充実させるため、さらには、小学校、中学校、高等学校、大学へと一貫した情報教育の体系にするために、情報入試を導入することが必要であると筆者らは考える。このことが、情報を得意とする生徒に

自己の適性を生かした教育を受ける機会を与え、社会での活躍の機会を与えることにつながると考えている。

また、情報入試を導入するとともに、情報嫌いを作ることのないように到達度評価の方法の検討が重要であると考えている。

一方、情報教育の充実には、「理科教育振興法」や「産業教育振興法」のように、「情報教育振興法」のような法整備も欠かせない。情報教育にかかわる整備 資金が確実に情報教育に使われることも不可欠である。加えて、情報の教育のための専門の教員を、小学校、中学校、高等学校に各校最低限 1 名ずつ付ける、つまり、各校への教員配置のための予算を付けることが大切だと、筆者らは考えている。ICT 支援員ではなく、教員の配置こそが急務であり、学校種や教科を問わず、大学の教職課程で情報の科学的な理解をきちんと学び、著しい技術革新や変化に追従できる教員を配置することが大切である。

参考文献

- 1) 情報処理学会：大学入試センターが実施する試験における「情報」出題の提言，
<https://www.ipsj.or.jp/release/teigen20180309.html>
- 2) 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 (July 2017).
- 3) 文部科学省：学習指導要領等，
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/1384661.htm
- 4) 萩谷昌己：大学入試における「情報」科目の導入へ向けて，情報教育資料，実教出版，No.17, pp.1-6 (Feb. 2007).
- 5) 萩原兼一：大学入試における高校共通教科「情報科」の評価方法改革に関する研究プロジェクト「思考力・判断力・表現力」を評価する問題の作成方法と CBT による試験実施，情報処理，Vol.58, No.9, pp.840-843 (Sep. 2017).
- 6) 中山泰一，中野由章，角田博保，久野 靖，鈴木貢，和田勉，萩谷昌己，笈捷彦：高等学校情報科における教科担任の現状，情報処理学会論文誌「教育とコンピュータ」，Vol.3, No.2, pp.41-51 (June 2017).

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) 平成29年度の研究開発内容

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。

(c) 担当者

担当者一覧を表16に示す。

表 16 担当者一覧

所属機関	役職	担当者氏名
大阪大学	大学院情報科学研究科、研究科長・教授	尾上 孝雄
大阪大学	大学院情報科学研究科、教授	井上 克郎
大阪大学	大学院情報科学研究科、特任教授	萩原 兼一
大阪大学	大学院情報科学研究科、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

(2) 平成29年度の成果

(a) 業務の成果

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

(b) 達成状況と今後の課題

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) 平成29年度の研究開発内容

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。

(c) 担当者

担当者一覧を表17に示す。

表 17 担当者一覧

所属機関	役職	担当者氏名
大阪大学	大学院情報科学研究科、研究科長・教授	尾上 孝雄
大阪大学	大学院情報科学研究科、教授	井上 克郎
大阪大学	大学院情報科学研究科、特任教授	萩原 兼一
大阪大学	大学院情報科学研究科、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	鬼塚 真
大阪大学	大学院情報科学研究科、教授	下條 真司

(2) 平成29年度の成果

(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。

(b) 達成状況と今後の課題

PISAの成人版PIAACの調査（5.4.4参照）などを通して、世の中のニーズを把握した。今後は、この結果を、今後の作問、CBT開発に反映する。

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) 平成29年度の研究開発内容

国内の情報教育の状況を調査する。

(c) 担当者

担当者一覧を表18に示す。

表 18 担当者一覧

所属機関	役職	担当者氏名
大阪大学	大学院情報科学研究科、研究科長・教授	尾上 孝雄
東京大学	大学院情報理工学系研究科、教授	萩谷 昌己
情報処理学会	教育担当理事	高岡 詠子
大阪大学	大学院情報科学研究科、教授	井上 克郎
大阪大学	大学院情報科学研究科、特任教授	萩原 兼一
大阪大学	大学院情報科学研究科、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
東京大学	大学院情報理工学系研究科、教授	坂井 修一
東京大学	情報基盤センター、教授	柴山 悦哉
國學院大學	経済学部、教授	高橋 尚子
神戸市立科学技術高等学校	電気情報工学科、教諭	中野 由章
電気通信大学	大学院情報理工学研究科、准教授	中山 泰一
青山学院大学	社会情報学部、准教授	伊藤 一成
放送大学	教養学部、教授	辰己 丈夫
日本大学	文理学部、教授	谷 聖一
大阪学院大学	情報学部、教授	西田 知博
長野大学	企業情報学部、教授	和田 勉
電気通信大学	大学院情報理工学研究科 教授	久野 靖

(2) 平成29年度の成果

(a) 業務の成果

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。

【1】第13回大学入学選抜改革推進委託事業全体会議(2日目)2017年09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

機能の特徴的として、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 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。

●質疑応答

Q1: これを本研究で開発している CBT システムに (V2) に組み込むのはどれくらい大変

だろうか？

A1: sAccess は、Web サーバ+ PHP+ DBMS(SQLite) で構成している。たとえば、コマンドで [表示 売上データ] というのは、[select * from 売上データ] となり、裏では SQL が動いている。

Q2: 日本語コマンドセットに慣れるまでどのくらいかかる？

A2: 授業では 45 分×2 で、選択、射影、結合の 3 つまで収まる。コマンドの理解なら演習を含んだ 1 時間目で収まる。試験で出題することはやったことがないので、何分で使えるようになるかは分からない。

Q3: 画面を見てデータが分かってしまうと、DB のコマンド学習にならないのではないかな？

A3: データをどう作るかの工夫に応じることで工夫できる。たとえば、プリセット DB はデータが高々 200 件なので、目視で分かってしまう。大量のデータにすれば目視では分からなくなる。ログの閲覧で、情報を絞り込んだかの query をチェックすれば、分かっているかどうか分かる。

Q4: 別解がいっぱいあったら、どうやってチェックするのか？

A4: 正解表との一致を取れば判定できるが、授業でやる時は、どうなったかだけでなく、どういうコマンドを使ったかも見て判断できる。

Q5: insert 系のコマンドはあるのか？

A5: insert を undo (取り消し) をすることが難しいので、未実装である。修正は画面上で指定するようになっている。

Q6: 本研究では、TJE の問題を作ろうとしているが、DB だとどういう問題になるだろうか？たとえば、大量のデータに対して判断する問題に対応できるか？

A6: 表示に時間がかかるだけの問題で、機能的には制限ない。エッセンスを取り出して、何らかの判断をさせるような問題ならできる。たとえば、どの地方に地震が多いかとかを答えさせるといった出題。

Q7: 統計データ解析とのリンクはできるか？

A7: いまのところはない。外から AP を叩いて使うことは可能。

Q8: コマンドの連結数の制限は？

A8: 制限はない。

Q9: 同時に大量の利用は可能か？

A9: 開始当初は北海道大で 2500 人のアクセスがあり耐えられなかったが、今は問題ない。サーバの問題で、かつて使っていたサーバは 500 アクセスを超えると勝手に制限がか

かったが、現在のサーバでは制限なく動く。2016年6月のアクセス数が15466セッションで、1日あたり最大2000だった。

Q10: sAccessを試験で使ったことはあるか？

A10: LMSを使って、与えられた期間内に問題を解かせることはやった。操作結果をダウンロードする機能もある。

Q11: ソースの規模はどのくらいか？

A11: PHPで1万行程度

Q12: 扱えるデータは何があるか？

A12: 文字データのみで、バイナリーデータは扱えない。それ以外として、スキーム設計は別で、検索に重きを置いている。データタイプは入れてない。

Q13: 並べ替えで、意図しない結果はおこらないか？

A13: おこる。例えば、2,11,1を昇順で並べ替えると、1,11,2となる。また、射影では自動的に並べ替えはしない。

Q14: SQLでは書けるが、sAccessでできない機能はないか？

A14: 今のところはない。もちろん、insert, updateは機能としてないから、書けない。

SQL select * from 売上データとやれば、裏機能でSQLが書ける。

Q15: 製作上どこが難しかったか？

A15: 表示させるところと、遷移のためのデータを取りだすのが難しかった。プリセットDBを作ったのはよかったが、拡張をしていったので、整合性をとりつつ進める時間がかかった。初期バージョンには2人月ほどかかった。

Q16: SQLiteに依存した部分はあるか？

A16: PHPが標準バンドルされているから使った。MySQLより単純である。SQLiteはデータ型の区別がないので、型について困らなかった。MySQLを使うと、型の定義ではまるかもしれない。ただし、公式的には、主キーのサポートはしてない。

●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 (*)を入れてしまうとか、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。

【2】第17回大学入学選抜改革推進委託事業全体会議(2日目)2018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

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。その記録は、次のとおりである。

●講演内容

<ここでのIは「情報I」、IIは「情報II」を表し、()付き数字は、次期学習指導要領案に記載された内容の記号を指す>

あと2週間くらいで次期学習指導要領案が出るのではないかと、今まで示されたものから変更はないと思われる。具体的には、解説を待たないと思惑力・判断力・表現力についてわからない。また、入試等については議論されていないが、入試では、内容についてバランスよく出題してほしい。指導要領案の(1)と(2)についてもしっかりとやってほしい。「(2)コミュニケーションと情報デザイン」は、“と”でつなげているように「両方を意識した」というイメージを指す。

「解決すべき問題」について、中学校では先生が提示するが、高校では生徒が発見することが前提。解説はまだ固まっていないから、これから修正可能である。

I(3)は、書いてある通りで、コンピュータ、プログラミング、シミュレーションの3つで、情報科学の基礎になる。I(4)は、DBがここに該当し、セキュリティは(1)と(4)である。

II(3)は、データサイエンスは数学の統計の応用的なもので、プログラミングとは切り離してある。II(4)は、情報システムのプログラミングであるが、ただし授業時間はそれほど取れないだろうと想定している。I(3)の積み上げがII(4)であるが、II(3)はI(4)の単純な積み上げではない。

小学校のプログラミングでは、手順的な自動処理を取り扱う。反復や分岐は扱うが、状態保持や変数については明確になってない。中学校のプログラミングでは、計測と制御を取り扱い、双方向プログラミングを行う。高校のプログラミングでは、I(3)で基礎的プログラミングを取り扱っている。やらせるべきだが、学力差がもの凄く大きいことに配慮しなくてはならない。内容としては、2重ループや配列も扱う。

そのほか、II(3)は数学の統計の応用的なものであり、II(4)はサーバ通信プログラムなどを取り扱う。IIの(3)(4)の繋がりは疎である。プログラミングに必要な知識はどこまでかを考える必要がある。

●議論と質疑応答

Q1: DBを情報Iではどの程度扱うべきなのか?

A1: 高校生にどこまで必修とすべきかを考えねばならない。RDB対非RDBで、テーブル

ル設計で矛盾が起きるということを知らせるとか。DB の設計を入れるなら II(4)になる。

Q2: コミュニケーションについてはどこまで具体的なツールを意識しているのか?

A2: 15年先まで見越したもので、ツールを利用したようなものになるのではないかな。

Q3: 情報デザインの定義とは何か?

A3: 記載されていない。入試で使うなら、情報デザインを取り入れるのも考えられる。

Q4: TJE に関する書きぶりはどんな感じになりそうなのかな?

A4: 中学の技術科のような感じになるのではないかな。

●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。

【3】第18回大学入学選抜改革推進委託事業全体会議(2日目)2018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

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。内容は、次のとおりである。

●講演内容

「思考力・判断力・表現力」をどうやって小学校の授業の中で育成するか、この3つの言葉はどこから来たのかというと、PISA の中身が思考力・判断力・表現力そのものである。はじめに、CRET/Benesse シンポジウム 2016 での話題と、PISA2003 の大統領の支持率問題や、PISA の成人版 PIAAC での事例を紹介。PISA の概要説明においては、OECD との関係性を年代の繋がりでも説明。2000年に実施された最初の PISA のテストのあと、日本では「PISA ショック」が起こる。その後、2007年から全国学力調査が行なわれるようになり、学習指導要領が変わり、「ゆとり教育」から振り子が反対に振れ、現行の学習指導要領になった。そこに思考力・判断力・表現力が最初に出てきた。OECD は経済活動を考えて、キーコンピテンシーを検討してきた。世界中に同じ教育を行い、10年後に仕事を失わない、つまりある年齢になった時に「食える」人材を育成することが目的である。現在、Education2030 として、キーコンピテンシーの見直しを行っている。これは、2030年にな

った時にちゃんと仕事があるか、仕事ができるか、ということである。現行学習指導要領(2008年からの)は、この OECD の Global Competency に基づいている。キーコンピテンシーの 3 つのカテゴリは、こういうことができる人間は、仕事があって食べていけるとしている。

PISA の会議で、よく言われることは、「なぜアジアの国は PISA の順序をこんなに問題にするのか」ということである。アジアとは日本と韓国と中国と台湾のことで、3 か国は、順位の話しかしないで、PISA の効果などの話はしない。逆に、ヨーロッパでは存在すら知られていない。PISA の受験生はランダムに選ぶところ、中国は順位を上げるため、特別な高校の生徒だけ受けさせて上位を狙っているときく。

2000 年の PISA ショックとは、日本の読解力が低かったことである。日本では国語の授業ではやっていなかった「読解力」が問われた。そこで、2007 年度から実施した全国学力調査は、ほぼ完全に PISA の問題を反映したものになった。PISA の問題は、図(非連続型テキスト)の読み取りを非常に重視している。しかし、これには個人差が伴う。

ここで、認知心理学的実験の結果を紹介。記憶容量(短期記憶のワーキングメモリ)が非常に少ない高校生は図を見ないで記憶容量の 100%を文章記憶に使い理解する。ただし、記憶容量が少ないからといって、センター試験の点数が悪いわけではなく、能力差はあまりないとしている。図を見て全部がわかる者は全体の半分で、残りは文字列を聞いて覚える、見て覚えることで測定する。どうやら、ワーキングメモリの情報を入れ替えるスピードで補っていると考えられている。従って、図ばかりの問題は、記憶容量の少ない人は苦手で、図はパーツに分けて覚えるなど、ワーキングメモリで工夫しているらしい。この記憶容量は生まれつきのもので、人によりばらつきがあり、生涯変わるものではないらしい。そこで、少ない記憶容量をトレーニングによって、うまく活用するよう訓練できる。教員免許更新講習でも、全体の半分の人文字から見た、あとの半分は図から見たと回答していた。また、すべての人が「皆が自分と同じ」だと思っている。

PISA の組織として、運営理事会があり、PISA2015 年の枠組みを策定した。PISA の運営側は大半の時間をこれに割いているようである。PIAAC では、読解力と数的思考力は日本が一位となった。例として、グラフから出生率低下の年を答える問題の正答率で、世界はかなり低い日本は高い。

思考力・判断力・表現力はいきなり測定するには概念が大きすぎるし、思考力でも概念の範囲が広く、測るのは困難とされる。その要素ごとに測るという方針があり、3 つの柱「知識・技能」「思考力・判断力・表現力」「人間性」ごとである。学芸大では、思考力を批判的思考力・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・メタ認知力の 7 つの汎用スキルへとレベルダウンした。文科省も OECD も同じことを言っていて、用語が少し違うだけである。PISA が求めていることは、2030 年になって日本は世界で飯が食えるかというものである。汎用的スキルを 7 つにした理由は、全教科教育の教員を対象にアンケートを行い、小学校の先生をランダムに 500 人、中学校も同様に 500 人に「メ

タ認知の力」の育成ができるかどうか面接して調べた。その結果、判断できなかったことから、各教科教育の先生へのインタビューをもとに KJ 法で作り、また各教科にもどして7つを決めた。

OECD では世界の意見がまとまらないので、項目を多数挙げてそれぞれの国で選んでいる。メタ認知は、項目として落としたいから入れたままにした。思考力・判断力・表現力をくくる言葉として最初から使っていたのがメタ認知である。あるいは、自分で理解したことを理解するもので、主体的学びにつながる。これは、小学3年生くらいから使えると言われている。自分のやったことを間違いと判断するなら最高のメタ認知である。例えば、ちょっと難しい漢字をノートのマス目に書いて、覚えたと思ったらやめよと指示すると、小学1年生はみな最後のマスまで書く。小3だと途中で止める。といて、「いまからメタ認知の授業をやります」では絶対にだめで、先生にとっては「思考の流れをとめる」ことになる。また、スキルとは単純な技能だけでなく態度まで含んだもので、キーワードとして「卒業してから勉強をしつづける力」である。

OECD が策定している Education2030 の Phase2 のメインテーマが教師教育である。教員養成の学生でも見たことない教育で、ゆとり教育の方が合っているかもしれない。逆に、教師の中で、最もできないのは、かなり年齢が上のベテラン教師である。メタ認知能力のない、概念が外れている人とは、ソーシャルスキルがない人とか、予想外のことでパニックになる人（アスペルガーなど）になる。学習のために必要なメタ認知は、学校教育の中で9割くらいがトレーニング可能とされる。しかし、教師によって、小学2年～3年生のときにトレーニングの機会を失ってしまっているようだ。メタ認知のスキルのトレーニングや診断法は、いろいろあるので、教師は今からでもやるべきである。メタ認知は、学習をするための力ととらえ、生活のことは割り切っているところがある。

本を読んでいて内容が分からなくなったらどうするか？の調査をしたところ、記憶容量の大小はあまり関係ないことがわかった。

最後に、本題であるが、入試問題は学生へのメッセージと考えて、この教科ではどういうスキルの人がほしいか、を伝えることが重要である。思考力は、説明概念か被説明概念か、双方をうまくやりとりして考えていくようにする。我々が考えている概念からスタートしてゆけばよく、難しく考えない。OECD では“Strads of Competencies Proposed 5th IWG”が最新の項目で、これに基づき PISA では3年ぐらしかけて問題を作ってから概念を整理する。面白い項目で、ストレスへの対処力というのがあるが、例えば、問題を試験途中で差し替えるといったことだろうか。

テスト項目作成の注意事項として、設問の表現に注意すべきで有名な NG 例をあげる。

例えば、次の問題を解け→ 解答「解いた」

イデオロギーとは何か？→ 解答「コオロギではない」

神奈川県の県庁所在地は？→ 解答「関内」

どれも、回答として間違いとは言えないものである。「ある国家試験」での作問分類も参考

になる。教えた内容と設問を一致させるとは、学習指導要領の範囲でとなる。問題作りは具体的な問題に目が行ってしまいがちだが、最も重要なことは、「項目仕様書作り」である。これは、何を測定し、問題内容、正答、誤答の選択肢の理由などを記載するが、このような足場を固めるのが重要である。

●質疑応答

Q1: 3～4歳からスマホを使う時代に、その子どもが青年になったら何を測るべきか？

A1: 心理学関係で鋭意調査中だが、ハードの変化というのが心理学者には苦手である。今後何が残り、何が消えるのか心理学者にはわからない。できれば、情報学分野とのコラボを期待したい。いまいろいろなところで研究しているのは「複数テキストの読み」である。複数の情報を読み、どう認知し、思考するかなど。

Q2: 思考力・判断力・表現力という言葉の起源は？

A2: 起源は不明だが、前の指導要領の観点別評価に入っている。

Q3: 解がユニークでないような問題に問題点はあるか？

A3: 現在のテストの暗黙の前提で、能力の高い人を探すのは難しい問題を出題するというものにある。テストには正解があるが、解答と回答がある。何も見ないで解答するが、暗記を避けるために問題文に必要な情報を書いておく必要がある。字を書かない作文力測定もある。

Q4: 情報関係基礎的問題は、問題文が長いという特徴があり、読解に時間がかかっている。読解力は必要としていいのか？

A4: よい！それが出題者からのメッセージである。仕事で暗記は必要なく、どこに出たか誰に聞けばいい。さきほどの項目仕様書でポリシーを打ち出すことである。

(記録：和田勉・高橋尚子)

●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て」から、「長文読解が情報科で必要ならそれを出題すればよい」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。

(b) 達成状況と今後の課題

データを対象として整理加工する出題を検討する、情報デザインを意識した出題を検討する、認知心理学など他分野との共同研究も必要等、新たな知見を得ることができた。引き続き動向調査を継続する。

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) 平成29年度の研究開発内容

CBTについて、他教科への知識提供を行う。

(c) 担当者

担当者一覧を表19に示す。

表 19 担当者一覧

所属機関	役職	担当者氏名
大阪大学	大学院情報科学研究科、研究科長・教授	尾上 孝雄
東京大学	大学院情報理工学系研究科、教授	萩谷 昌己
情報処理学会	教育担当理事	高岡 詠子
大阪大学	大学院情報科学研究科、教授	井上 克郎
大阪大学	大学院情報科学研究科、特任教授	萩原 兼一
大阪大学	大学院情報科学研究科、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
東京大学	大学院情報理工学系研究科、教授	坂井 修一
東京大学	情報基盤センター、教授	柴山 悦哉
神戸市立科学技術高等学校	電気情報工学科、教諭	中野 由章
電気通信大学	大学院情報理工学研究科、准教授	中山 泰一
青山学院大学	社会情報学部、准教授	伊藤 一成
放送大学	教養学部、教授	辰己 丈夫

日本大学	文理学部、教授	谷 聖一
大阪学院大学	情報学部、教授	西田 知博
長野大学	企業情報学部、教授	和田 勉
電気通信大学	大学院情報理工学研究科 教授	久野 靖

(2) 平成29年度の成果

(a) 業務の成果

5.4.1に示したシンポジウム等を通して、社会科の検討グループにCBTに関する情報提供を行った。

(b) 達成状況と今後の課題

開発したCBTに関する情報発信、情報交流活動を継続する。

6. まとめ

平成29年度も3機関が協調して精力的に活動した結果、当初の目的を達成することができた。具体的には、次の成果を得ることができた。

- ・思考力、判断力、表現力の定義を改良した。
- ・新たな定義に基づいて、作問をした。
- ・作問された試験問題が入力できるCBTプロトタイプを開発し、大学や高校で試行した。
- ・上記の検討結果を情報処理学会のセッションやシンポジウムなどで紹介し、多くの賛同を得た。
- ・高校、学習塾、産業界との意思疎通をはかることができた。

今後は、CBTプロトタイプv2の試行適用、作問の追加やリファイン、IRTの検討を行う。さらに、HPやシンポジウム等で大学や高校教員との情報交換を行い、検討内容の普及や改良にも努める予定である。