

# 情報教育の参照基準(9.25版)

文責: 久野 靖

2017.9.25

## 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。<sup>1</sup>

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。

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基準 情報学分野 [7]」(以下「参照基準」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。

---

<sup>1</sup>国語や算数・数学も同様である。

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

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举してある。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、共通教育に宛てられる時間数に限りがあることと、専門課程の中で学ぶ事項は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 — 課題発見能力。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、各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ことが多いため、それらをカテゴリ内でまとめて述べる方が扱いやすいためである。大学については専門分野ごとに異なることから、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: コンピュータとデジタル情報の関係。○
- L3: コンピュータの万能性 (プログラムに記されたことは何でもできる)。☆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、SE)
- 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、SE、SO)
- 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。(GI、GU)
- 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・コントローラを用いた制御プログラムの原理や作成方法。★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うなどの形で実感を持たせるべきである。

中学校 A5L2 は技術の中で扱う内容であり、制御機器を組み立てて動かすなどの形が考えられる。それほど難しくなく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。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: 自分や他人の判断がそれまでに得た情報に基づくことへの理解。(e)

L2: 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)

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.** 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は上記の中において(実際には高学年において)、折に触れて取り上げ、メタ認知の形で意識させるのがよい。

中学校 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、B4L1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。

高校 B1L3、B4L2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。

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する。

普遍的事項 B3L4、B4L3、B4L4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.** 最適化問題としての定式化が行なえ、最適化問題を解くことができる技能。(Sイ、Gイ、Gウ)

- L1: モデルの上で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指標を改良して最適化が行なえる。◎
- L3: 問題状況を最適化が行なえるような形でモデル化できる。★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。C4L1 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得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の構築や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: ファイルシステム、データベース、アーカイブの基本的な概念が分かる。○

L3: 分散化・重複化・暗号化など安全なデータ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: 定性的データ・定量的データに基づく問題解決の意味が分かる。☆1

L4: 定性的なデータや定量的なデータに基づく問題解決ができる。★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、情報科の必修修科目の中で座学の形で学んだ上、実習などで実際にデータを取り扱いながら身につけることが望まれる。

D3L1、D3L2 については、理論的なことから数学で学び、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て学ぶのがよい。

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、これらのことから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をどのように扱うことで事実の発見や裏付けが行えるのかを例示することがよい。

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

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協調作業

**G1.** コミュニケーションとは何か、コミュニケーションに必要とされるものやその役割に関する知識・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: コミュニケーションに関わる要因群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.** 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

**G3.** 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

**G4.** 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になれる/リーダを支えられる。(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、G3L1、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 G2L2、G4L2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。

G2L3、G4L2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、G2L3、G3L3、G4L3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。

普遍的事項 G2L4、G3L4、G4L4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。

## H. 情報社会と倫理・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. 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 H2L1については、道徳の中で扱うことが考えられる。

中学校 H1L1、H2L2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。

高校 H1L2については、情報科の必修科目の中で情報倫理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H2L3の内容を盛り込むことが必要である。

大学共通 H1L3、H2L4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。

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.** 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
- I2.** メディアからの情報や他人の言説に含まれている意図を汲み取れ、それを考慮した形で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
- 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 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 I1L1、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 I1L2、I2L2、I2L3 については、情報科の必修科目の中で人間の特性やメディアリテラシー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 I1L3、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 I1L4、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た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: システムがユーザに提供する価値を列挙したり分析できる。★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内容として実習も併用して学ぶようにするべきである。

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.** 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

**K3.** 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、L3L1 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。

普遍的事項 K1L4、K2L2、K2L3、K2L4、K3L2、K3L3、K3L4 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った形を取る。

### 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、B1L2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、D. データとその扱い、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する。
- 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する。
- 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する。
- H. 情報社会と倫理・法・制度については、H2L1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する。
- 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する。

### 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A5L4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、B4L1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。
- 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する。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を扱う。
- 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する。
- 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する。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、G2L2の共同作業のための合意、G3L2の相手の立場に立つ、G4L2の情報倫理的判断、G4L2のリーダーシップが中学校で扱われるべきとする。
- 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、H2L2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。
- I. 論理性と客観性については、I1L1の人による判断の相違、I2L1の伝達者の真意、I3L2の理由の確認が中学校で扱われるべきとする。
- J. システム的思考、K. 問題解決については、いずれも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)。

以下では各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。◎に対応する部分はない。
- C. モデル化とシミュレーション・分析については、L1L2、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、D2L1、D2L2、D3L1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、D2L3、D2L4、D3L3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、E3L32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、F1L3、F2L3、F3L3を◎に区分しており、○に区分する内容は無い。これは、情報Ⅰに含まれるプログラミングは中学校までのものを発展させた内容と考えてよく、それに対し質的に新たなものを付け加えているのは情報Ⅱの部分であることによる。
- G. コミュニケーションと協調作業は、G3L3、G4L3、G4L3をいずれも○として区分している。これはグループでの問題解決に対応するもので、情報Ⅰに含まれている内容に近い。◎に区分するものはない。
- 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、H2L3のジレンマの内容を、いずれも情報科の必修科目の中で扱っている。
- I. 論理性と客観性については、I1L2、I1L3、I2L2、I2L3、I3L3、I4L1をいずれも○として区分している。これらは、情報Ⅰの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の中の情報システムに関する内容と対応している。



- K. 問題解決については、K1L1、K1L2 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。さらに K2L1、K3L1 を◎として区分している。これらはやや進んだ問題解決や情報システムに関わる問題解決であり、情報 II の内容に対応している。

#### 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。以下では各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 — この分野のプログラムによる問題解決とはおもに、参照すべき多数の事項から重要なものを抽出したり、自分の考える指標値を計算してそれによる整列を行なうなど、研究のためのデータ操作が中心になるものと考えられる。とくに、データが自然言語で書かれたものである場合が多いことから、テキストマイニングの基本技術やライブラリ API の活用などの内容が含まれる必要があると思われる。
- H1L4 — 情報技術者の倫理などについては、哲学の中の倫理的立場から (分量的に多くなければ、職業倫理の一部として) 扱う科目があることが望まれる。

法学分野では、情報法の体系、電子政府について法制度の面から学ぶ科目が必要である。またシステム監査について、法制度面および通常の組織の監査とは異なるシステムならではの側面について学ぶ科目が必要であると考えられる。

政治学分野では、電子政府の役割や意義を学ぶ科目が必要と考えられる。また、今後各種のシステムがより大規模化しそれに多くの人が依存するようになると予想されることから、それらのシステムを統制することを政策的に位置付け取り扱うような科目が必要になるものと考えられる。

- J1L4 — この分野では、法制度やその運用に関わるシステム、政策の策定やその実施に際して用いるシステムなど、個別のシステムについて考えられる必要がある。まず既存のシステムについて学び、また将来的に有用なシステムを構想し、模擬的にその効果を調べるなどの内容を含んだ科目があることが望まれる。
- J2L3、J2L4 — この分野で扱う情報システムでは、ユーザとは「哲学者」「法律家」「法律事務」「政治家」「政策スタッフ」などであり、システムの「価値」についても世の中一般とは異なることが予想される。そのような特定の領域の持つユーザを想定したシステムについて取り扱う科目があることが望まれる。

表 1: 各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)	(e)	○	1	(e)	(e)	○	1	(e)	(e)	○	1	(e)	(e)	○	1	(e)	(e)	○	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)	○	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)	○	◎	★
G1	(e)	(e)	○		(e)	(e)	○	★	(e)	(e)	○		(e)	(e)	○	★	(e)	(e)	○	
G2	(e)	(j)	○	4	(e)	(j)	○	4	(e)	(j)	○	4	(e)	(j)	○	4	(e)	(j)	○	4
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
H1	(j)	○	1	★	(j)	○	1		(j)	○	1		(j)	○	1	★	(j)	○	1	★
H2	(e)	(j)	○	1	(e)	(j)	○	1	(e)	(j)	○	1	(e)	(j)	○	1	(e)	(j)	○	1
I1	(j)	○	1	4	(j)	○	1	4	(j)	○	1	4	(j)	○	1	4	(j)	○	1	4
I2	(j)	○	○	4	(j)	○	○	4	(j)	○	○	4	(j)	○	○	4	(j)	○	○	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
J1	○	◎	◎	★	○	◎	◎	★	○	◎	◎	★	○	◎	◎	★	○	◎	◎	★
J2	(j)	◎	★	★	(j)	◎	★	★	(j)	◎	★	★	(j)	◎	★	★	(j)	◎	★	★
J3	◎	◎			◎	◎			◎	◎			◎	◎			◎	◎		
K1	○	○	○	4	○	○	○	4	○	○	○	4	○	○	○	4	○	○	○	4
K2	○	4	4	4	○	4	4	4	○	4	4	4	○	4	4	4	○	4	4	4
K3	○	4	4	4	○	4	4	4	○	4	4	4	○	4	4	4	○	4	4	4

## 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 — 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。

- G1L4 — 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。
- 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。
- C3L3 — この内容では、既存の (アプリとして構築ずみの) アプリケーションだけでなく、自分でモデルを組み立ててみたり、モデルと解のよしあしの関係を検討するような実習科目が考えられる。
- 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られる。
- D3L4 — 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られる。
- E2L3 — 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られる。
- F1L4 — 生命現象や個体 (群) のふるまいを模擬するモデルを実際に自分で組み立て、できあいのシミュレーションでは行なえないような特性を取り入れるなどの経験を持つ実習科目が望まれる。
- 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現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せられたテーマについて、社会学・経済学・経営学それぞれの立場からモデル化や分析を試みる科目も必要と考える。
- D4L4 — 社会学・経済学・経営学は実際に動いている社会を対象としていることから、社会統計、経済統計、株式/商品市場などの実績数量データ、アンケート調査などの定性的データを実際に扱えることが求められる。それぞれの分野の代表的なデータを実際に操作し分析してみる演習科目が不可欠であると考えられる。
- E2L4 — 社会現象は基本的に多くの要素が並行に活動するものであり、並行計算としての定式化が有用である(とくにシミュレーションの実装手法として)。また、限られたリソースで多数のタスクをこなす場面ではスケジューリング問題としての定式化やその上での問題解決が必要となる。これらについて学び問題解決を経験するような科目が望まれる。
- F1L4 — 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。
- H1L4 — 社会の1構成要素としての電子政府について、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てシミュレーションを行ないながら求める方法から始めて、山登り法やジェネティックプログラミングなどのソフトウェア的解法も含めて(またメタヒューリスティクスに重点を置いた方法も含めて)実習することが望まれる。
- D4L4 — 理工系の中では、定量データを用いた問題解決について、それぞれ分野ごとのやり方がありまずそれを学ぶことは必要である。さらに、定性データについては理工系ではあまり扱われない面があるが、定性データも重要であることやその扱い方法を同じ科目の中で一通り学ぶことが必要である。
- E1L4 — 計算化可能性やチューリング完全などの話題は情報系の内容ではあるが、単独の科目として専門基礎の中で開講したり、またはコンピュータにできること、という位置づけでプログラミングやアルゴリズムを扱う科目の中でトピック的に取り上げることが考えられる。後者の場合には情報系以外のさまざまな専門で実施するプログラミング科目とも組み合わせられる。
- E2L4 — 並行計算やタスクスケジューリングはそれ自体理工学的に興味深い題材であり、理工系の専門基礎科目の中で単独の科目として扱うか、プログラミング科目の一部として扱うことが望ましい。
- 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。
- J2L4 — 組み込みシステムとネットを組み合わせた概念であるIoTなどもシステムの話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。
- 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.