

巻頭

情報教育における高大接続から
情報教育の参照基準へ

東京大学教授 萩谷 昌己

1. はじめに（情報教育の体系化に向かって）

次期学習指導要領において、高等学校の情報科は情報Ⅰと情報Ⅱの2科目の体制になり、情報Ⅰは必修、情報Ⅱは選択履修となる予定である^{[中教審][鹿野]}。現在、それらの学習指導要領の執筆が進められているが、鹿野教科調査官の講演資料によれば、情報Ⅰと情報Ⅱを併せると、現状に比べて極めて高度な内容まで含まれており、高等学校レベルの情報分野のカリキュラムとしては、たとえば米国のAP Computer Science Principlesや英国のA Level in Computer Scienceなどと比肩できるものとなっている。

しかしながら、実際に次期学習指導要領が実施される時点で、高等学校の現場において十分な教育が行われるためには、関係者の多大な努力が必要であろう。特に、教員研修の必要性は強く認識されている。それはさておき、高等学校の情報科の変化にしたがって、大学における情報教育も変わらざるを得ないことは間違いない。

筆者は、大阪大学が東京大学と情報処理学会と連携して進めている文部科学省の委託事業「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」に参加して、情報科の入学試験によって思考力・表現力・判断力を評価する手法の研究を進めている^{[大阪大学][兼原][久野]}。

CONTENTS

巻頭

情報教育における高大接続から
情報教育の参照基準へ …………… 1

紹介

Monacaによるスマートフォン時代の
プログラミング教育事例 …………… 8

授業実践

岩手県立大学ソフトウェア情報学部との
連携を活かした授業実践 …………… 12

報告

日本情報科教育学会第10回全国大会を振り返って … 16

報告

第10回全国高等学校情報教育研究会全国大会
(東京大会) …………… 19

報告

平成29年度全国専門学科「情報科」研究協議会
(香川大会) …………… 22

この事業は情報科の入学試験の手法を研究することを目的としているが、その前提として、いうまでもなく、情報科がどのような知識と能力を養成するのか、その知識と能力が大学の教育とどのように接続するのか、そして、大学はどのようにしてその知識と能力を担保することができるのか、といったことを考えねばならない。

上記の委託事業では、まず、情報Ⅰと情報Ⅱで学ぶ内容を13の分野にまとめた。そして、各分野のルーブリックの作成を行った^[松水]。また、思考力・表現力・判断力の分類を行い、分類した能力ごとに、その能力を測る問題の作成方法を体系化することを試みている^[久野]。その上で、各分野のルーブリックの段階ごとに、どのような能力が必要かを調べ、その段階の修得を確認するための問題の作成方法を検討している^[松水]。

その一方で、情報Ⅰと情報Ⅱの分野と大学の情報教育とを対応付ける試みも行っている。具体的には、日本学術会議が公表している参照基準を精査して、大学における情報教育と情報Ⅰと情報Ⅱとの対応付けを試みた。日本学術会議の参照基準とは、日本学術会議のおよそ30ある学術分野に対して、その学士課程（すなわち学部レベルの専門教育）で理解すべき知識と身につけるべき能力をまとめたものである。すでにほとんどの学術分野の参照基準が策定され公表されている。

上記の事業では、情報Ⅰと情報Ⅱの分野と情報学分野の参照基準^[分科会]が定める知識と能力を対応付けるとともに、他の学術分野の参照基準を精査し、学術の各専門分野で必要とされる知識や能力のうち、情報学に関係するものを抽出して、それらと情報Ⅰと情報Ⅱの分野を対応付ける試みを行った。その結果、多くの学術分野で行われている情報教育と、情報Ⅰと情報Ⅱとを対応付けることができ、したがって、大学の入学段階において情報Ⅰと情報Ⅱの知識と能力を問うことに大きな意義があることがわかった。

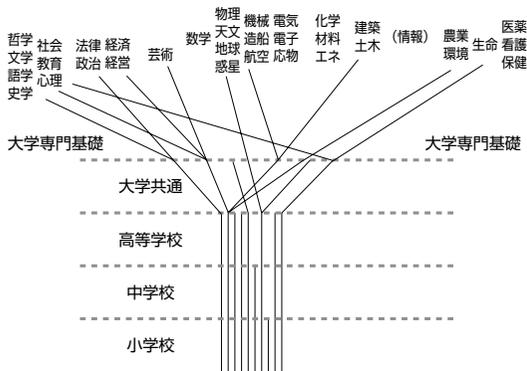
実は、以上のような活動は、初等中等教育から大学の共通教育および専門基礎教育に至るまでに行われる情報教育全体を体系化する活動の一環と

考えることができる。情報学分野の参照基準は、日本学術会議の情報学委員会のもとにある情報科学技術教育分科会が情報処理学会情報処理教育委員会の協力を得て策定し、2016年3月に公表された^[分科会]。同分科会では、その次の活動として、初等中等教育から大学の共通教育および専門基礎教育に至る情報教育を体系化する「情報教育の参照基準」の策定を、やはり情報処理学会情報処理教育委員会の協力を得て行っている。

ここで、共通教育とは大学初年次等に行われる学部・学科をよらない教育（いわゆる教養教育）のことで、そこで行われる情報教育は「大学一般情報教育」と呼ばれている。また、専門基礎教育とは、各専門分野において専門教育の一環として行われる基礎教育のことで、専門教育と深く関係しているが、専門教育そのものではなく、そのための基礎を養う教育であり、学部・学科をよらないとまではいえないが、たとえば関連する分野間で共通に行うことが考えられる。

現在策定している「情報教育の参照基準」は、初等中等教育、たとえば小学校のプログラミング教育から、大学の共通教育および専門基礎教育に至る情報教育を体系化しようとするものである。専門基礎教育における情報教育を体系化するために、学術分野を大きく五つのグループに分けた。このグループ分けは、専門基礎教育における情報教育の観点から行ったものである。また、現在策定中の「情報教育の参照基準」では、情報学に関する知識と能力を11カテゴリに区分している。いうまでもなく、この11のカテゴリと、情報Ⅰと情報Ⅱの13分野との対応付けは行っており、さらに11カテゴリと情報学の参照基準における知識と能力との対応付けも行っている。

「情報教育の参照基準」のイメージを図示すると、次のようになる。この図（情報教育の木と呼びたい）は、「情報教育の参照基準」の策定以前に、その方針をわかりやすく示すために筆者が描いたもので、必ずしも現状の案に則したものとなっていないが、その雰囲気は理解していただけると思う。情報学の知識と能力ごとの線が小学校か



以上に伸びている。あるものは途中で終わっているが、他のものは大学の共通教育まで伸び、そこで少しか枝分かれして、さらに専門基礎教育でいくつか枝分かれしている。共通教育の枝分かれは文系・理系の区別を想定している。専門教育の枝分かれは、上述したグループ分けに対応している。

以上の諸活動を通して、小学校から大学に至る情報教育を体系化することができれば、特に大学入学時に必要とされる知識と能力が明確になる。すなわち、大学の共通教育が想定する知識と能力が明確になり、したがって、大学の入学試験で何を問うべきかが明確になるはずである。

しかしながら、現在策定中の「情報教育の参照基準」では、大学の共通教育のレベルを現状よりもかなり高くとっている。それは、冒頭で述べたように、情報Ⅱまで含めると、高等学校の情報科の内容が現状に比べて極めて高度になっているためである。しかし、冒頭でも述べたように、情報教育の高度化に高等学校の現場が対応するにはかなりの努力が必要と考えられると同様に、大学の現場においても、共通教育を高度化するには多大な努力が必要と考えられる。

また、「情報教育の参照基準」における大学の共通教育では、高等学校において情報Ⅱまで履修していることを想定している。しかし、情報Ⅱは選択科目であるので、すべての学生が履修するわけではない。したがって大学では、情報Ⅱに対応するリメディアル教育を提供する必要がある。そのため大学が必要とするリソースも決して小さ

くはないだろう。

本稿の以下ではまず、上記の委託事業で検討している情報科の13分野と、具体例として三つの分野に対するルーブリックを紹介する。次に、思考力・表現力・判断力の分類について簡単に触れた後、ルーブリックの各段階に必要な思考力・表現力・判断力の例を述べる。その後、現在策定中の「情報教育の参照基準」の中で、特に11カテゴリと学術分野の5グループについて紹介する。最後に、大学の共通教育と専門基礎教育の今後について考える。

なお、情報学は学術分野の5グループのうちの「理学・工学」のグループに含まれてはいるが、本稿は決して情報学のための情報教育について述べているものではないことに注意していただきたい。すなわち、「情報学のためでない情報教育」について述べているものであり、特に専門基礎教育については、情報学以外の分野における情報教育を念頭に置いている。

2. 情報科の13分野とルーブリック

既に述べたように、上記の委託事業では共通教科「情報科」ルーブリックの作成を行っている^[基本]。そのために、情報Ⅰと情報Ⅱで学ぶ内容を13の分野にまとめた。

自己認識・メタ認知
 法/制度・倫理
 メディアとコミュニケーション
 データ表現
 データの分析
 問題認識
 モデル化
 シミュレーション・最適化
 アルゴリズム
 プログラミング
 コンピュータの原理
 情報システム
 ネットワークの仕組みと活用

これらは達成度を評価するための分野であり、それぞれの分野に対して達成度を評価するためのルーブリックの作成を行った。問題解決の能力は総合力と考えられるため、「問題解決」はルーブ

リックを作成する分野とはしなかった。その代わり、問題解決の前提となる「問題認識」を分野の一つとした。

以下では参考のために、「アルゴリズム」、「プログラミング」、「ネットワークの仕組みと活用」の三つの分野のループリックを掲載する。

○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異なる目的に沿って修正できる
- 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が目的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異なる目的に沿って修正できる
- 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
- 4-1 与えられた問題を解くプログラムが書ける
- 4-2 与えられた尺度でより良いプログラムが書ける

○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別の機能や性質を満たすように修正できる
- 3 与えられた機能を満たすネットワークを設計できる
- 4-1 与えられた機能をより良く満たすネットワークを選択できる
- 4-2 与えられた要求をより良く満たすネットワークを設計できる

3. 思考力・判断力・表現力とループリック

上記の委託事業は、学力の3要素のうちの「思考力・判断力・表現力」を、情報科を対象として評価する手法を研究開発することを目的としている^{〔大阪大学〕〔藤原〕}。しかし、そもそも「思考力・判断力・表現力」とは何だろうか。「思考力・判断力・表現力」を定義することができるのだろうか。上記の委託事業では、「思考力・判断力・表現力」の包括的・網羅的な定義は行わず、学習者がその能力を持つならば、「思考力・判断力・表現力」を持つと考えて異論はないという能力のリストをできるだけ広く用意する、という方針を取った。これを「思考力・判断力・表現力」の「恣意的定義」と呼んでいる^{〔久野〕}。これまでに、以下のような能力を定めた。

思考力Tr (自分にとって必ずしも馴染みのない) 記述を読んで意味を理解する力
思考力Tc 結び付きを見出す力
思考力Td 直接に示されていない事柄を発見する力
思考力Ti 事柄・事項の集まりに対し推論を適用する力
判断力Ju 複数の事柄の中から、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
表現力Ex 表現を構築／考案／創出する力

さらに、それぞれの能力を問う問題の作り方を留意しているところである^{〔久野〕}。

したがって、情報Ⅰと情報Ⅱの各分野のループリックの各段階に必要な能力を同定することができれば、それを評価する問題を作ることによって、学習者がループリックのどの段階に到達しているかを評価することができる。以下では、具体例として、「アルゴリズム」のループリックの各段階に必要な能力を述べている。

1-1 与えられたアルゴリズムの記述を理解できる

Tr: アルゴリズムの記述の中のデータ・操作の表現方法・記法が自分にとって馴染みがないものとして、その意味を理解する。

Tc: アルゴリズムの記述の中で、データと操作、データとデータ、操作と操作の結び付きを見出す。たとえば、ある操作の次に行われる操作は何か。

1-2 与えられたアルゴリズムを具体例に対してトレースできる

Tr: アルゴリズムの記述の中のデータ・操作の表現方法・記法が自分にとって馴染みがないものとして、その意味を理解する。

Tc: 具体例に対するアルゴリズムの実行経路に従って、データと操作、データとデータ、操作と操作の結び付きを見出す。

2-1 与えられたアルゴリズムの動作が説明できる

Ex: アルゴリズムの動作説明の表現を構築する。

Tc: アルゴリズムの正しさを説明する場合など、与えられた仕様（目的・意図）に照らしてアルゴリズムの動作を説明する場合は、仕様の各部とアルゴリズムの各部の結び付きを見出す。

Ti: 上記の場合で、さらに必要な推論を行う。

Td: アルゴリズムの動作そのものを説明するだけでなく、アルゴリズムの仕様（目的・意図）を説明する場合は、アルゴリズムに直接に示されていない仕様を見出す。

Ti: 上記の場合で、さらに必要な推論を行う。

2-2 与えられたアルゴリズムを異なる目的に沿って修正できる

Tc: アルゴリズムの中で、与えられた目的に関連する部分を見出す。

Td: 異なる目的を達成するために、関連する部分をどのように書き替えるべきかを見出す。

Ti: 上記の場合で、さらに必要な推論を行う。

3 与えられた計算例をアルゴリズムとして表現できる

Td: 計算例の各部に対応するアルゴリズムの構成要素（データ・操作）を見出す。

Ex: アルゴリズムの表現を構築する。

4-1 与えられた問題を解くアルゴリズムを構成できる

Td: 問題を解くために必要なアルゴリズムの構成要素（データ・操作）を見出す。

Ti: それらを組み合わせて問題を解く。直接的に構築されるのはアルゴリズムだが、その背後では、問題を解くための推論も構築される。

Ex: アルゴリズムの表現を構築する。

4-2 与えられた尺度でより良いアルゴリズムを構成できる

Ju: 与えられた尺度という基準において、候補となるアルゴリズム（の構成要素）の中から上位ないし下位のものを選択する。

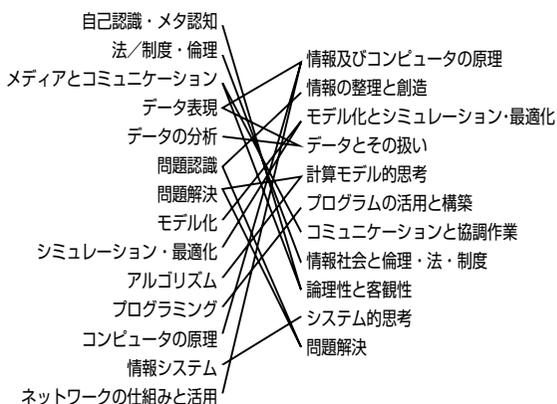
Ex: アルゴリズムの表現を構築する。

4. 情報教育の参照基準

現在策定中の「情報教育の参照基準」では、情報学に関する知識と能力を以下の11カテゴリに区分している。

情報及びコンピュータの原理
情報の整理と創造
モデル化とシミュレーション・最適化
データとその扱い
計算モデル的思考
プログラムの活用と構築
コミュニケーションと協調作業
情報社会と倫理・法・制度
論理性と客観性
システムの思考
問題解決

これらの11カテゴリと、情報Ⅰと情報Ⅱの13分野に「問題解決」を加えた14分野の対応は、以下のようである。



以下では、参考のために、学術分野の5グループと、それぞれのグループで考えられる専門基礎教育の例をあげる。これらは、先の情報教育の木のうち、最上位の枝分かれに対応していると考えられる。

○哲学・法学・政治学等

例：情報法

例：情報システムの監査・認証

例：電子政府

○言語学・地理学・心理学等

例：認知モデルとそのシミュレーション

例：エスノグラフィー調査

例：地理情報システム

○生物学・農学・医学等

例：感染症のモデルとそのシミュレーション

例：大規模遺伝情報解析

例：医療情報システム

○社会学・経済学・経営学等

例：情報システムのリスクマネジメント

例：エージェントモデルとそのシミュレーション

例：マーケティング分析

例：フィンテック・電子貨幣

○理学・工学（生命系は除く）

例：組み込みシステム

例：自動運転等に活用されるAI技術

例：流体シミュレーション等のための偏微分方程式の解法

例：最適化のためのメタヒューリスティクス

例：ソフトウェア開発の手法

5. おわりに（大学の共通教育と専門基礎教育）

文部科学省の委託を受けて情報処理学会が最近に行った調査「超スマート社会における情報教育の在り方に関する調査研究」によれば、大学生全体の中で情報分野を専攻する学生の割合は約5%である^{〔情報処理学会〕〔掛下〕}。また、河合塾による調査では、もう少し多く約9%となっている^{〔河合塾〕}。どちらの調査においても、メディアやコミュニケーションなどの文系分野が含まれている。河合塾の調査で

は情報系の学部・学科をその名称から判断しているが、情報処理学会の調査は各学部・学科からの申し出による。いずれにせよ、これらの数字は決して小さいものではない。米国では学士のdegreeのうち、computer scienceをmajorとするものの割合は約3%である。

一方、日本においてはIT人材の不足が長く叫ばれている。経済産業省の調査「IT人材の最新動向と将来推計に関する調査結果」によれば、IT人材は全体として91.1万人であり、17.1万人が不足していると見積もられている^{〔経産省〕}。仮にIT人材の総数を百万人として人生30年で割ると、毎年約3万人の供給が必要となる。

ところが、河合塾の調査によれば、情報系の学部・学科の卒業生のうち、情報処理・情報通信技術者となるのは、理工系では53%、人文社会系では9%、その他の分野では24%である^{〔河合塾〕}。学生数は理工系が22,897、人文社会系が11,126、その他が12,092であり、特に理工系は修士課程に進学するものが多いが、修士課程を修了後に同率で各分野に就職すると仮定すれば、情報系の学部・学科の卒業生のうち、情報処理・情報通信技術者となるものは16,000人である。先の3万人と比べると明らかに少ない。

すなわち、日米を比較すると情報系学生数は桁違いに違うわけではないが、河合塾の調査にあるように、学生の専門分野と就職後の業種のミスマッチが大きいと考えられる。

一方、日本の情報系の学部・学科には文系や他分野との融合的なものも多く、computer scienceの教育は行われてはいるものの、情報処理・情報通信技術者となるには十分でないのかもしれない。また、融合的な学部・学科を卒業する学生は、情報通信の分野以外にも広く職を求める傾向にあると考えられる。

結果として、日本の特にソフトウェア産業では、情報系以外の分野の学生を多く採用している。（筆者は、情報系以外の文系から半数程度を採用している企業の具体的なデータを得ているが、そのような企業は多いと考えられる。河合塾

の調査でも産業全体として同様のデータを得ているようである。)

いうまでもなく、そのような企業は採用後に特にcomputer scienceに関する社内研修を行っているが、これは本来学生が負担すべき教育経費を企業が負担していることを意味し、その結果として低い生産性や賃金を招いていると考えられる。

その一方で、日本のソフトウェア産業ではカスタムソフトウェアの開発が多く、ソフトウェア産業全体としての生産性が低いため、computer scienceの教育を受けた人材が宝の持ち腐れになるという面も否めない。実際、computer scienceの教育を受けた学生が、他の分野の学生と同様の社内研修を受けてやる気をなくす例を多く聞く。結局、computer scienceの人材を増やしても、その受け皿となる企業は限られているのかもしれない。教育と産業の関係は鶏と卵のようである。

したがって、日本の産業全体にとっては、むしろ、ITの応用分野の人材が持つcomputer scienceの知識と能力を向上させることの方がより重要であると考えられる。特に、昨今の文部科学省の施策はそちらの方向に傾きつつあるようである。

すなわち、情報系の学部・学科ではなく、それ以外の学部・学科において、computer scienceを中心とする専門基礎教育を充実・高度化することが重要であると考えられる。そして、そのような専門基礎教育の準備となる共通教育、さらには、初等中等教育における情報教育の重要性が導かれる。なお、共通教育および初等中等教育は、社会全体のIT活用のレベルを押し上げる点においても重要である。特に、社会において意思決定を行う立場の人々が、より高いITリテラシーを有していることは極めて重要である。

また、初等中等教育、共通教育、専門基礎教育における情報教育を充実し高度化するためには、それらを体系化することが必須であることも容易に理解できるだろう。いうまでもなく、前節で述べた情報教育の参照基準は、この目的のために策定しているところである。そして、共通教育と専

門基礎教育の内容を具体的に設計することは、今後の大きな課題である。

最後に、共通教育や専門基礎教育を充実・高度化するために、computer science関連学科を強化する必要性について述べておく。大学の教育を担うのは、たとえ共通教育であっても、それぞれの分野の研究に携わる専門家集団に他ならない。そのような専門家集団が、産業の動向も見据えながら研究と同時に教育を展開することが求められるのである。

参考文献

- [分科会] 日本学術会議情報学委員会情報科学技術教育分科会：報告 大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準 情報学分野，2016年3月23日。
- [経産省] 経済産業省：IT人材の最新動向と将来推計に関する調査結果，2016年6月10日。
- [中教審] 中央教育審議会初等中等教育分科会教育課程部会：次期学習指導要領等に向けたこれまでの審議のまとめ，2016年8月26日。
- [情報処理学会] 一般社団法人情報処理学会：超スマート社会における情報教育の在り方に関する調査研究，2017年3月。
- [掛下] 掛下哲郎，高橋尚子：国内750大学の調査から見えてきた情報学教育の現状：国内750大学の調査から見えてきた情報学教育の現状－(1)調査の全貌編－，情報処理，Vol. 58，No. 5，pp. 420-425，2017年5月。
- [河合塾] 河合塾：卒業後の進路，理工系と人文・社会系で異なる傾向，Guideline，p. 64，2017年4/5月。
- [鹿野] 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年7月。
- [久野] 久野靖：思考力・判断力・表現力を測るには？，情報処理，Vol. 58，No. 8，pp. 733-736，2017年8月。
- [松永] 松永賢次，萩谷昌己：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，全国，第10回全国高等学校情報教育研究会全国大会，2017年。
- [大阪大学] 大阪大学：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，<http://www.uarp.ist.osaka-u.ac.jp/news.html>
- [萩原] 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. 9，2017年9月掲載予定。