

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



平成28年（2016年）3月23日

日本学術会議

情報学委員会

情報科学技術教育分科会

この報告は、日本学術会議情報学委員会情報科学技術教育分科会の審議結果を取りまとめ公表するものである。

日本学術会議情報学委員会情報科学技術教育分科会（第23期）

委員長	萩谷 昌己	（第三部会員）	東京大学大学院情報理工学系研究科 教授
副委員長	笥 捷彦	（連携会員）	早稲田大学理工学術院 教授
幹事	岩崎 英哉	（連携会員）	電気通信大学大学院情報理工学研究科 教授
	石田 亨	（第三部会員）	京都大学大学院情報学研究科 教授
	尾家 祐二	（第三部会員）	九州工業大学 理事・副学長
	石井健一郎	（連携会員）	名古屋大学 名誉教授
	岩田 誠	（連携会員）	高知工科大学情報学群 教授
	上田 和紀	（連携会員）	早稲田大学理工学術院 教授
	大堀 淳	（連携会員）	東北大学電気通信研究所 教授
	國井 秀子	（連携会員）	芝浦工業大学大学院工学マネジメント研究科 教授
	坂部 俊樹	（連携会員）	名古屋大学 名誉教授
	住井英二郎	（連携会員）	東北大学大学院情報科学研究科 教授
	谷口倫一郎	（連携会員）	九州大学大学院システム情報科学研究院 教授
	徳山 豪	（連携会員）	東北大学大学院情報科学研究科 研究科長
	美馬のゆり	（連携会員）	公立はこだて未来大学システム情報科学部 教授
	西垣 通	（特任連携会員）	東京経済大学コミュニケーション学部教授 教授
	伊藤 守	（特任連携会員）	早稲田大学教育総合科学学術院教授 教授

日本学術会議情報学委員会情報科学技術教育分科会（第22期）

委員長	萩谷 昌己	（第三部会員）	東京大学大学院情報理工学系研究科 教授
副委員長	笥 捷彦	（連携会員）	早稲田大学理工学術院 教授
幹事	西田 豊明	（連携会員）	京都大学大学院情報学研究科 教授
	石田 亨	（第三部会員）	京都大学大学院情報学研究科 教授
	尾家 祐二	（第三部会員）	九州工業大学 理事・副学長
	安浦 寛人	（第三部会員）	九州大学 理事・副学長
	石井健一郎	（連携会員）	名古屋大学 名誉教授
	伊藤 守	（連携会員）	早稲田大学教育総合科学学術院教授 教授
	岩崎 英哉	（連携会員）	電気通信大学大学院情報理工学研究科 教授
	上田 和紀	（連携会員）	早稲田大学理工学術院 教授

片桐 滋	(連携会員)	同志社大学理工学部 教授
國井 秀子	(連携会員)	芝浦工業大学大学院工学マネジメント研究科 教授
坂井 修一	(連携会員)	東京大学大学院情報理工学系研究科 研究科長
坂部 俊樹	(連携会員)	名古屋大学大学院情報科学研究科 研究科長
須藤 修	(連携会員)	東京大学大学院情報学環 学環長
谷口倫一郎	(連携会員)	九州大学大学院システム情報科学研究院 研究科長
徳山 豪	(連携会員)	東北大学大学院情報科学研究科 副研究科長
益田 隆司	(連携会員)	東京大学 名誉教授
向殿 政男	(連携会員)	明治大学 名誉教授
西垣 通	(特任連携会員)	東京経済大学コミュニケーション学部教授 教授

本報告については、情報学委員会においてもご議論いただいた。

日本学術会議情報学委員会（第23期）

委員長	喜連川 優	(第三部会員)	情報・システム研究機構国立情報学研究所 所長
副委員長	徳田 英幸	(第三部会員)	慶應義塾大学環境情報学部 教授
幹事	荒川 薫	(第三部会員)	明治大学総合数理学部 教授
幹事	柴山 悦哉	(第三部会員)	東京大学情報基盤センター 教授
	石田 亨	(第三部会員)	京都大学大学院情報学研究科 教授
	尾家 祐二	(第三部会員)	九州工業大学 理事・副学長
	北川源四郎	(第三部会員)	情報・システム研究機構 機構長
	土井美和子	(第三部会員)	国立研究開発法人情報通信研究機構 監事
	東野 輝夫	(第三部会員)	大阪大学大学院情報科学研究科 教授
	萩谷 昌己	(第三部会員)	東京大学大学院情報理工学系研究科 教授
	安浦 寛人	(第三部会員)	九州大学 理事・副学長

本報告の作成にあたり、情報処理学会情報処理教育委員会の各委員に御協力いただいた。

委員長	笥 捷彦	早稲田大学理工学術院 教授
副委員長	佐渡 一広	群馬大学社会情報学部 教授
副委員長	角田 博保	電気通信大学大学院情報理工学系研究科 准教授
担当理事	河原 達也	京都大学学術情報メディアセンター 教授
担当理事	松原 仁	公立はこだて未来大学システム情報科学部 教授
	阿草 清滋	京都大学学術情報メディアセンター 客員教授

位野木万里 工学院大学情報学部 准教授
上松恵理子 武蔵野学院大学 准教授
牛島 和夫 九州大学 名誉教授
大岩 元 慶應義塾大学 名誉教授
掛下 哲郎 佐賀大学大学院工学系研究科 准教授
金寺 登 石川工業高等専門学校 教授
神沼 靖子
川合 慧 東京大学 名誉教授
河村 一樹 東京国際大学商学部 教授
久野 靖 筑波大学大学院ビジネス科学研究科 教授
黒川 恒雄 特定非営利活動法人 愛と希望 代表
児玉 公信 株式会社 情報システム総研 代表取締役社長
駒谷 昇一 奈良女子大学生生活環境学部 教授
斎藤 俊則 日本教育大学院大学 准教授
佐々木良一 東京電機大学未来科学部 教授
清水 尚彦 東海大学情報通信学部 教授
武井 恵雄
辰己 丈夫 放送大学 准教授
辻 秀一 東海大学情報通信学部 非常勤講師
富樫 敦 宮城大学事業構想学部 教授
都倉 信樹 大阪大学 名誉教授
富田 悦次 電気通信大学 名誉教授
永松 礼夫 神奈川大学理学部 教授
中森眞理雄 東京農工大学 名誉教授
中山 泰一 電気通信大学大学院情報理工学研究科 准教授
西田 知博 大阪学院大学情報学部 准教授
萩谷 昌己 東京大学大学院情報理工学系研究科 教授
疋田 輝雄 明治大学理工学部 教授
福田 晃 九州大学大学院システム情報科学研究院 教授
本位田真一 国立情報学研究所 教授
松永 賢次 専修大学ネットワーク情報学部 教授
望月 徹英
山本 昌弘
弓場 敏嗣 電気通信大学 名誉教授
吉澤 康文 東京農工大学 名誉教授

吉村 晋 サレジオ工業高等専門学校 特任教授
和田 勉 長野大学企業情報学部 教授

本報告の作成にあたり、以下の職員が事務を担当した。

事務 石井 康彦 参事官(審議第二担当)
松宮 志麻 参事官(審議第二担当)付参事官補佐
水野 雅広 参事官(審議第二担当)付審議専門職付

要 旨

1 作成の背景

日本学術会議は、文部科学省高等教育局長からの依頼を受け、2010年（平成22年）7月に回答「大学教育の分野別質保証の在り方について」を取りまとめ、同年8月に文部科学省に手交した。同回答においては、大学（学士）専門課程の分野別質保証のための手法として、分野別の教育課程編成上の参照基準を策定することを提案している。日本学術会議では、回答の手交後、引き続きいくつかの分野に関して参照基準の策定を進めてきたが、今般、情報学の参照基準が取りまとめられたことから、同分野に関連する教育課程を開設している大学をはじめとして各方面で利用していただけるよう、ここに公表するものである。

2 報告の概要

(1) はじめに

情報技術による社会変動を背景に、情報分野の専門性を涵養する教育への要求は日に日に高まっている中、情報学分野における参照基準の策定は喫緊の課題であった。

(2) 情報学の定義

情報学は、情報によって世界に意味と秩序をもたらすとともに社会的価値を創造することを目的とし、情報の生成・探索・表現・蓄積・管理・認識・分析・変換・伝達に関わる原理と技術を探求する学問である。情報学を構成する諸分野は、単に情報を扱うというだけではなく、情報と対象、情報と情報の関連を調べることにより、情報がもたらす意味や秩序を探求している。さらに、情報によって価値、特に社会的価値を創造することを目指している。

情報学は、諸科学との境界において新たな応用分野を恒常的に生み出しているが、以上の定義に従えば、これらの応用分野も情報学に含まれるだろう。しかし、ひとまず現時点においては、情報学の専門家となるためには、情報学の最も基本的な中核部分を体系的に学ぶことがきわめて重要である。なぜなら、計算理論から社会情報学に至る学問分野の流れは、決して一つ一つが独立ではなく、互いに密接に関連しているからである。よって本参照基準では、社会情報学までを含む最も基本的な中核部分に焦点をしばって情報学を記述することにする。すなわち、本参照基準が定義する情報学は、応用分野までも含む広義の情報学ではなく、情報学の中核部分である。

(3) 情報学固有の特性

中核部分に限っても情報学は多くの分野から成り、特に文系と理系に広がっている。情報社会を探求し、よりよい情報社会を築くためには、コンピュータ上で処理される情報と社会におけるコミュニケーションで用いられる情報を、共通に理解し統御するための普遍的な原理が必要である。したがって、それら学問分野の上層に情報一般の原理を

位置づけ、情報学の中核部分を定義することが妥当である。本参照基準では、下記5つの分類(ア～オ)に従って情報学の中核部分を体系化する。ア 情報一般の原理、コンピュータで処理される情報の原理、ウ 情報を扱う機械および機構を設計し実現するための技術、エ 情報を扱う人間社会に関する理解、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

情報学とその応用(応用情報学)についての一つの見方として、情報学の中核部分が諸科学に対する「メタサイエンス」であるという考えがある。メタサイエンスとは諸科学全体を覆うサイエンスを意味している。

(4) 情報学を学ぶすべての学生が身に付けることを目指すべき基本的な素養

情報学を学ぶものが獲得すべき基本的な知識を上記のア～オの分類に従い詳述する。

情報学に固有の能力を、情報処理・計算・データ分析、システム化、情報倫理・情報社会の観点からまとめる。また、情報学の学修を通して獲得されるジェネリックスキルを、創造性、論理的思考・計算論的思考、課題発見・問題解決、コミュニケーション、チームワーク・リーダーシップ・チャンス活用、分野開拓・自己啓発の観点からまとめる。

(5) 学修方法および評価方法に関する基本的な考え方

情報学の学修方法としては、プログラミング演習に加えて、他の諸科学と同様、講義、実験・演習・実習・ゼミナール、プロジェクト学習などがある。各種の演習の中でも、プログラミングに関連する演習は、情報学の学習の中心に位置づけられ、情報学を学ぶものは必ず体験すべきである。

(6) 専門性と市民性を兼備するための教養教育

情報学を専門に学ぶものが身に付けるべき教養について述べる。情報学が諸科学との境界において新たな応用情報学を生み出し続けるとするならば、情報学を学ぶものは、応用情報学の場に臆さずに出て行くためにも、諸科学に関する幅広い教養を有している必要がある。周辺諸科学の教養は情報学を学ぶものが良き市民として民主的な社会の形成に貢献するためにも重要である。

(7) 専門基礎教育および教養教育としての情報教育

情報学以外の専門課程における基礎教育、さらに、初等中等教育から大学の教養教育に至る教育課程における情報教育について述べている。情報学はメタサイエンスとして、すべての諸科学の基盤の一つと考えられる。したがって、情報学は、情報学を専門に学ぶものに限らず、広く市民が持つべき教養の一部ともなっている。また、情報技術の進歩から新たに生じる諸問題を解決し情報社会を発展させるためには、市民の一人一人が情報技術に関する知識を背景として、情報社会の制度や情報倫理に関する見識を有していなければならない。

目 次

1	はじめに.....	1
2	情報学の定義.....	2
	(1) 情報学の系譜.....	2
	(2) 価値創造の観点.....	2
	(3) 参照基準における情報学の位置づけ.....	3
3	情報学固有の特性.....	4
	(1) 情報学に固有の知識体系.....	4
	(2) 情報学の特性.....	5
	(3) 情報学の役割.....	5
	(4) 他の諸科学との協働.....	5
4	情報学を学ぶすべての学生が身に付けることを目指すべき基本的な素養.....	6
	(1) 情報学の学びを通じて獲得すべき基本的な知識と理解.....	6
	① 獲得すべき基本的な知識と理解.....	6
	ア 情報一般の原理.....	6
	イ コンピュータで処理される情報の原理.....	8
	ウ 情報を扱う機械および機構を設計し実現するための技術.....	9
	エ 情報を扱う人間社会に関する理解.....	10
	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.....	11
	② 情報学を学ぶことの社会的意義・職業的意義.....	12
	(2) 情報学を学ぶ学生が獲得すべき能力.....	13
	① 獲得すべき専門的能力（情報学に固有の能力）.....	13
	② ジェネリックスキル.....	13
5	学修方法および評価方法に関する基本的な考え方.....	14
	(1) 学修方法.....	14
	① 講義.....	14
	② 実験・演習・実習・ゼミナール.....	14
	③ プログラミング演習.....	15
	④ プロジェクト学習.....	15
	(2) 評価方法.....	17
6	専門性と市民性を兼備するための教養教育.....	17
7	専門基礎教育および教養教育としての情報教育.....	18
	<参考文献>.....	21
	<付録1>.....	23
	<付録ア>情報一般の原理.....	25
	<付録イ>コンピュータで処理される情報の原理.....	27
	<付録ウ>情報を扱う機械および機構を設計し実現するための技術.....	29

＜付録エ＞情報を扱う人間社会に関する理解.....	30
＜付録オ＞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.....	32
＜参考資料1＞審議経過.....	34
＜参考資料2＞シンポジウム開催.....	36

1 はじめに

現代が情報社会であることに異議を唱える人はいないであろう。他方、情報社会の見方や捉え方は多様であり、たとえば情報記録手段としての文字体系の発明(紀元前四千年頃)に注目し、これを現在まで続く情報社会化(「農業革命」に対する「情報革命」)の端緒だとする見方もある。この見方によれば、紀元前一万年頃に始まる農業革命を終えたのちの人類は、現在まで六千年間をかけて情報革命を進めてきたことになる。しかし、現代におけるより一般的な見方は、情報の生成と処理の手段としてのコンピュータと情報通信手段としてのコンピュータ・ネットワーク(以下、単にネットワークと表記)に注目し、これらの発明と普及に伴うこの数十年間の社会変動を称して情報社会の到来とするものであろう。(以下では、コンピュータおよびネットワークを中心とする情報技術(IT)ないしは情報コミュニケーション技術(ICT)を総称して情報技術と呼ぶ。)

ここでいう社会変動の例としては、先進国における情報技術を用いた産業構造のサービス化を中心とする転換や、財やサービスの情報化とネットワーク化を介した企業活動のグローバル化など、産業や経済の分野に見られる変化がまず挙げられる。他方、政治や文化の面においても、ネットワークの普及による情報発信主体の多様化・多元化とそれに伴う社会変動が起こっている。すなわち、情報技術によって実現されるサービスは、個人の日常生活から企業その他の組織の活動に至るまで不可欠の前提として組み込まれており、生活や仕事、形作られる文化や経済、あるいは統治のあり方に多大な影響を与えているのである。

このような社会背景において、初等中等から高等教育に至るまで、情報分野の専門性を涵養する教育への要求は日に日に高まっている。まず産業全体が情報サービス分野へシフトを進める中で、情報分野の専門性を有する人材がより多く求められることは容易に想像できる。加えて公共部門や市民組織もサービスの情報化やネットワーク化を通して情報社会の形成に一定の役割を担うことが求められるため、その担い手もまた情報分野の専門性を有することが不可欠となっている。したがって、社会全体が一定の競争力や効率性を保ちつつ、多様な関係者の参画を公平に担保しながら安定な社会秩序を形作っていくためには、体系的な学修を経て情報分野への深い造詣とスキルを持ちつつ、幅広く俯瞰的な視点から国家、社会、組織(あるいは国家間、社会間、組織間)の制度設計や紛争解決に参画できる人材の輩出が求められる。また、そのような人材の輩出は、情報分野の専門的知識が社会制度や社会秩序の構成原理への理解の前提とされる点で、私的利害を超えた公共の創出を積極的に担う市民層の形成にもつながる。

以上の観点から求められる情報分野の専門性は、技術的な流行や個別のアドホックな手法の寄せ集めではなく、学術的な立場から定義された情報学と呼ぶべき知識体系に即して成立するものと考えられる。情報技術が急速に発展進歩を続けている中で、学術体系としての情報学を定義することは簡単ではないが、情報学の学術体系なくしては、情報学に関係する教育(情報教育)は日進月歩のコンピュータの操作技術の習得だけに矮小化され、情報社会の存立そのものが危うくなってしまいうだろう。したがって、情報学分野における参照基準の策定は喫緊の課題であった。

2 情報学の定義

情報学は、情報によって世界に意味と秩序をもたらすとともに社会的価値を創造することを目的とし、情報の生成・探索・表現・蓄積・管理・認識・分析・変換・伝達に関わる原理と技術を探求する学問である。以下では、情報を生成・探索・表現・蓄積・管理・分析・変換・伝達することを、総称して、「情報を扱う」という。

以下では情報学の系譜を振り返った後、価値創造の観点および本参照基準における情報学の位置づけについて述べる。

(1) 情報学の系譜

情報技術の発展史において、1930年代、ゲーデル、チャーチ、チューリングたちにより、ラムダ計算やチューリング機械などの形式的な計算モデルが提唱され、計算可能性に関する数学的な理論として計算理論が形成された。1940年代から、フォンノイマンたちにより、コンピュータ（上の定義によれば情報を扱う機械）の開発が始まると、計算機科学が興りコンピュータを作るための技術が確立していった。それに伴って、計算が可能か不能かの議論だけでなく、計算の効率に関する数学的な議論が始まった。データの表現方法や記憶方法も発展した。また、1940年代には、シャノンにより情報理論が創始され、符号理論などとともに、情報を担う記号の伝達や変換の原理として確立した。

その後、コンピュータの普及とともに、コンピュータの応用技術が急速に発展した。特に、コンピュータとネットワークにより社会基盤としての機能を恒常的に担う情報システムが登場した。情報システムを構築する技術は、計算機科学とは異なる知識体系を形成した。情報システムはそれが稼働する組織と一体化する。また、巨大な情報システムの構築には巨大組織の管理運営方法が一般的に必要となる。

また、情報システムをはじめとする情報技術は人間社会を大きく変革してきた。特に、情報技術を用いたメディアは、社会におけるコミュニケーションのありさまを変貌させ、いわゆる情報社会を出現させた。必然的に、社会科学の関連学問分野から、情報社会を分析し、特にコンピュータが介在するコミュニケーションを理解しようとする研究が盛んになり、いわゆる社会情報学が派生した（[4][17][22][23]等を参照）。

さらに、コンピュータの応用技術が、多くの学問分野自体を変貌させていることも特筆される。計算機科学と様々な専門領域の接点で、領域名を冠した情報学科や専攻が様々に生まれている。古くからある図書館情報学に加え、環境情報学、都市情報学、経営情報学、経済情報学、政策情報学、人文情報学、防災情報学、生物情報学、機械情報学、脳情報学、デザイン情報学、医療情報学、教育情報学など、数え切れない。この他、音楽情報学など、芸術やエンターテインメントに関連するものも数多くある。

(2) 価値創造の観点

以上の諸分野は、単に情報を扱うというだけではなく、情報と対象、情報と情報の関連を調べることにより、情報をもたらす意味や秩序を探求している。コンピュータが情報を扱う場合であっても、情報および情報間の関係の中に生じる意味構造こそが、学術

的な主眼となっている。さらに、1「はじめに」で述べた情報サービスにおけるように、情報によって価値、特に社会的価値を創造することを目指している。したがって、情報学とは、情報によって世界に意味と秩序をもたらすとともに社会的価値を創造することを目的とし、情報を扱う原理と技術を探求する学問であると定義した。

(3) 参照基準における情報学の位置づけ

以上の定義に従えば、多様な専門領域に応用される情報学すなわち応用情報学（領域情報学）も、情報学に含まれるだろう。これらの応用情報学を帰納的に一般化したものを、あらためて総合的な情報学としてとらえ直すこともできる。ムーアの法則（集積回路の複雑さが技術の進歩により指数的に向上するという経験則）に象徴されるコンピュータの急速な技術進歩のため、様々な専門領域が受ける影響は急激かつ甚大であり、応用分野は今後も変化発展を続けていくだろうから、情報学の体系自体も変容していく可能性がある。

しかし、現時点においては、情報学の専門家となるためには、情報学の最も基本的な中核部分を体系的に学ぶことがきわめて重要である。なぜなら、情報学の系譜における計算理論から社会情報学に至る学問分野の流れは、決して一つ一つが独立ではなく、互いに密接に関連しているからである。計算理論と情報理論は計算機科学の基礎にあり、情報システムを構築するために計算機科学は必須である。また、社会に受容される情報システムを構築するには、社会におけるコミュニケーションを深く理解する必要がある。いうまでもなく、社会情報学が対象とする情報社会は、情報技術を基盤にしたものに他ならない。

また、後述するように、情報学は数学や統計学と同様に、独立した学問であると同時にメタサイエンス（諸科学全体を覆うサイエンス）の側面を有している。特に社会情報学までを含む最も基本的な中核部分は、情報学の中でもメタサイエンスとして捉えられる部分に一致していると考えられる。

よって本参照基準では、社会情報学までを含む最も基本的な中核部分に焦点をしばって情報学を記述することにする。すなわち、本参照基準が定義する情報学は、応用情報学までも含む広義の情報学ではなく、情報学の中核部分である。

学士課程教育も、情報学の中核部分を基本とする。ただし、現状では本参照基準に完全に沿う教育を行っている学部学科は存在しないだろう。しかし、本参照基準では、情報学が理想とすべき基準を提示し、各大学がそれぞれの特徴と資源をもとにカリキュラムを編成する際に、理想の形に少しでも近づける努力が成されることを期待する。個々の学生が情報学の中でどの部分に重点を置いて学ぶかは、それぞれの学生の裁量によるが、情報学を学ぶすべての学生は、情報学全体を俯瞰できる機会を与えられるべきである。

以上の考えに従い、以下の3(1)「情報学に固有の知識体系」および4(1)①「獲得すべき基本的な知識と理解」では、情報学の中核部分の知識体系をまとめている。

3 情報学固有の特性

(1) 情報学に固有の知識体系

2 (1) 「情報学の系譜」にあるように、中核部分に限っても情報学は多くの分野から成り、特に文系と理系に広がっている ([3]を参照)。情報社会を探求し、よりよい情報社会を築くためには、コンピュータ上で処理される情報と社会におけるコミュニケーションで用いられる情報を、共通に理解し統御するための普遍的な原理が必要である。したがって、それら学問分野の上層に情報一般の原理を位置づけ、情報学の中核部分を定義することが妥当である。

本参照基準において情報学の中核部分は、以下にあげる知識の体系をその固有の体系として有している。情報やコンピュータの基礎的知識は必須であり、それらは既に情報学の中核を占めるに至っている ([1]および[5]特に[6]および[13]等を参照)。また、人間社会におけるコミュニケーションの理解を含む知識の体系化も望まれている ([17]等を参照)。本参照基準では、下記5つの分類 (ア～オ) に従って情報学の中核部分を体系化する。

ア 情報一般の原理

イ コンピュータで処理される情報の原理

ウ 情報を扱う機械および機構を設計し実現するための技術

エ 情報を扱う人間社会に関する理解

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

アは、4 (1) ①「獲得すべき基本的な知識と理解」でも述べるように、記号論やサイバネティクスに由来する概念を含み、情報と情報学を分類し、情報学の中核部分全体を体系化する指針を与えている。イは計算理論や情報理論を含み、計算機科学の基礎分野に相当する。ウは計算機科学において、コンピュータシステムを設計し実現する技術を中心とした部分に相当する。エはメディア論やコミュニケーション論を含み、社会情報学と呼ばれる諸分野に対応している。また、オは情報システム分野に相当している。なお、情報学に固有のこのような知識体系は、応用面からも影響を受けるので、今後の新たな応用領域の誕生とともに、さらに発展し体系化されていくだろう。

Computing CurriculaはIEEE (The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.) とACM (Association for Computing Machinery) によって定められた情報分野の標準カリキュラムである ([1]を参照)。日本でも情報処理学会により Computing Curriculaに基づいてJ07と呼ばれるカリキュラム標準が策定されている ([5]および[6]を参照)。Computing CurriculaおよびJ07は、CS (computer science, 計算機科学)、CE (computer engineering, 計算機工学)、IS (information systems, 情報システム)、SE (software engineering, ソフトウェア工学)、IT (information technology, 情報技術) の5分野から成り立っている (それぞれ、[7]～[11]を参照)。本参照基準のイはCSの一部に、ウはCSの一部とCEに、オはISとSEとITに対応する。

<付録1>に、CS, CE, IS, SE, ITと、本参照基準のイ～オの関係を図示する。また、我が国の大学における情報科学と情報工学の専門課程とのおおよその関係も図示する。

(2) 情報学の特性

情報学は、その定義と上述の固有の知識体系にもとづき、以下のような特性を有している。

- ・情報学は、世界に存在するあらゆる情報を対象とし、世界を情報の観点から理解することを旨とする。
- ・そのために、世界を情報の観点から分析し、世界の特定の側面を写し取ることにより、そのモデルを構築する。構築されたモデルも対象とする。
- ・情報を扱う技術により世界を変化させる。世界の変化を予測し、変化後の新しい世界も対象とする。
- ・このように、情報技術によって変化した世界を対象とするという特性から情報学が生み出した多くの応用領域も情報学の対象とされる。

(3) 情報学の役割

物質とエネルギーと情報は、自然界を理解するための三つの観点といわれる。したがって、情報を専門に扱う唯一の学問である情報学の学術全体における役割は重い。なお、上述したように情報学は自然界だけでなく、人間や人間が作る社会を含むあらゆる世界をその対象としている。

情報学がこれまでに生み出し今後も生み出し続けるであろう種々の応用は、多領域におよぶ学術全体に対する貢献と考えることができる。

学術の探求に加えて、豊かで健全かつ安心安全な情報社会を実現することは、情報によって世界に意味を与え秩序をもたらすことを目的とする情報学の責務である。この責務を果たすためには、文系と理系にまたがる情報学が不可欠である。

(4) 他の諸科学との協働

前述のように、コンピュータの応用面に注目すると、情報学の中核部分と様々な専門領域の接点で多くの応用形態が生まれつつあり、社会はその研究開発の影響を受けつつ、情報学自体をも変容させていく。したがって、もし可能であれば、情報学を専門に学ぶ学生に対して、いくつかの応用事例を授業や演習を通じて学び、その一般化を議論できれば有益であろう。

情報学と応用情報学（領域情報学）の関係の一つの見方として、情報学の中核部分が諸科学に対する「メタサイエンス」であるという考えがある（[21]参照）。ここでは、「メタサイエンス」という言葉を「諸科学全体を覆うサイエンス」と捉えている。すなわち、「メタサイエンス」を、普遍性によりその原理が諸科学において用いられる学問分野を意味する言葉として用いる。すると、数学や統計学も（特に理系の諸科学に対する）メタサイエンスと位置付けることができるだろう。情報学の中核部分は、情報の観点から文系も含む諸科学全体を覆っているのであり、その原理は情報を扱う諸科学において遍く活用される。したがって、常に諸科学との接点において新しい領域情報学が生まれ、

同時に領域情報学からメタサイエンスの原理がフィードバックされて「メタサイエンスとしての情報学」が発展するのは必定のことである。対象を情報の観点からモデル化する方法論はその典型例である。

なお、先に情報学の特性として、情報学によって構築されたモデルも情報学の対象となることを述べたが、このことは、情報学が情報学自身に対するメタサイエンスとなっていることを意味している。

4 情報学を学ぶすべての学生が身に付けることを目指すべき基本的な素養

(1) 情報学の学びを通じて獲得すべき基本的な知識と理解

① 獲得すべき基本的な知識と理解

3 (1) 「情報学に固有の知識体系」において情報学に固有の知識体系に対する分類（ア～オ）を与えたが、ここではこの分類に従い情報学を学ぶものが獲得すべき基本的な知識と理解について述べる。アは情報と情報学を分類することにより、イからオの全体を統一的に把握するための指針を与える役割を担っており、情報一般の原理と位置付けている（[2]参照）。大学初年次における情報学の入門的な講義など情報学全体を俯瞰する授業の中で、アの内容が扱われることが期待される。文系（エおよびオの一部）と理系（イウおよびオの一部）に広がる情報学を体系化する試みは多くはなく、本参照基準のアの内容はサイバネティクスに源流を持つ「基礎情報学」（[17]のⅠとⅡおよび[18]と[19]を参照）に沿ってまとめられているが、文系と理系に広がる情報学を俯瞰するために必要な諸概念が含まれている。情報学全体を俯瞰する授業の中でアに含まれる諸概念を扱うことにより、情報一般の原理を探究する態度が養われると期待される。一方、イ～オについては、以下で述べる内容に従って講義や演習の授業を体系的に設計することが求められる。

現状の大学教育において、アからオをすべて教えている学部学科は存在しないだろう。しかし、情報学の専門教育を担う学部学科は、本参照基準の全体像を想定し、将来的には、軽重の差はあっても、たとえば分野によっては入門的な科目のみを開講するなどして、本参照基準のすべての分野を教えることが理想である。ただし、現状においても、各大学はカリキュラムを編成する際に、そのどの部分が本参照基準のどの部分に相当するかを示すことにより、その編成方針を説明することができる。これは参照基準の典型的な活用方法である。

なお、ア～オのそれぞれの分野で学ぶべき項目については、より詳細に＜付録ア～オ＞の表に示しているので参照されたい。

ア 情報一般の原理

情報学を学ぶものは、情報の意義、すなわち、情報が物理力でなく意味作用（意味のもつ働きや影響力）を通じて世界を変化させ、そこに価値と秩序を与えることを認識しなければならない。さらに、各種の情報を普遍的に理解するためには、コ

ンピュータなどの電子機械が扱う情報と、人間の認知活動を踏まえた社会的コミュニケーションに現れる情報との間の関係（共通点と相違点）を把握することが求められる。

人間社会や機械に加えて、広く生物をも情報を扱う主体だと考えると、生物が生存するための選択行動が情報の意味作用の源泉だということがわかる。生物の生存のための情報（生命情報）が最も根源的な、広義の情報である。これを記号で表すと人間社会で通用する狭義の情報（社会情報）となる。社会情報は記号と意味内容のセットである。コンピュータで機械的に処理される情報（機械情報）は、基本的に社会情報から派生し、記号が独立して意味内容が潜在化したものであり、最狭義の情報として位置づけられる。このように情報を扱う主体により情報を分類すれば、各種の情報の関係が明らかになり、記号の意味解釈とコミュニケーションの態様が明確になる。

そもそも、情報学を学ぶものは、情報一般の原理を探究していかなくてはならない。たとえば、「基礎情報学」では、情報の分類と、それに基づく、記号、意味解釈、コミュニケーションなどの態様を以下のように体系化している。この体系化そのものを学ぶ必要はないが、ここに現れる諸概念に触れ、情報一般の原理を探究する態度を身に付けることが必要である。

- ・生命情報は意味作用の源泉であり、自転車に乗る身体技能のような暗黙知など、明示的／非明示的なすべての情報を含む最も広義の情報である。社会情報は記号で明示化された生命情報であり、人間社会で通用する全ての情報を含む。機械情報は社会情報の記号が独立したものであり、機械で形式的に処理することが可能な、最も狭義の情報である。
- ・社会情報は、記号とそれが表す意味内容が一体化したものに他ならない。記号には三種類あり、第一にアナログ信号、画像映像、擬音擬態語など、意味内容と類似したパターンである類似記号、第二にトイレや緊急出口の案内板など、意味内容と論理関係を持つパターンである指標記号、第三にデジタル信号、大半の言語記号など、意味内容と無関係なパターンである象徴記号に分類される。
- ・記号の意味解釈や意味処理の仕方は、情報を扱う主体によって異なる。まず、人間をふくむ生物個体は、記号の自律的な意味解釈を行う。過去の体験にもとづき、自己準拠的に解釈処理を行い、主観世界を構成する。次に、人間の社会的組織は、記号の共同体的な意味解釈を行う。過去の慣例にもとづき、自己準拠的に解釈処理を行い、相互主観的な世界を構成する。さらにコンピュータなどの電子機械は、人間に指示された操作手続きにしたがって記号を他律的かつ形式的に処理し、人間の思考をふくめ客観世界のシミュレーションを行う。
- ・情報をもとにコミュニケーションを生み出すシステムも、情報を扱う主体ごとに異なるモデルによって特徴づけられる。人間を含む生物個体のモデルはオートポイエティック・システムすなわち自律的閉鎖系である。人間の社会的組織のモデルは、個人と組織が階層をなす階層的自律コミュニケーション・システムであり、

そこには人間とコンピュータが多様に複合化したシステムも含まれる。コンピュータなど電子機械のモデルはアロポイエティック・システムすなわち他律的開放系なので、複合化システムはいわば半自律的／暫定的な閉鎖系とも言える。

- ・これら多様なシステムの相互作用によって、個体が生きるための試行錯誤的な選択行動をめぐるコミュニケーションが生存競争的に組み合わせられ積み重なって、共通の選択肢が定着し社会的価値が醸成されていく。さらに人間社会にこれまで存在しなかった新しい選択肢が情報処理によって出現し、有益な社会的価値の創造がおこなわれる。

以上の一般原理の基礎として、主に、記号論、サイバネティクス、認知科学、生命哲学の関連部分を学ぶことが求められる。

イ コンピュータで処理される情報の原理

情報学を学ぶものは、コンピュータで処理可能な形式化された情報（基礎情報学が言うところの機械情報）に関して、その生成・探索・表現・蓄積・管理・認識・分析・変換・伝達に関わる原理を理解することが求められる。

- ・情報の変換と伝達に関わる原理には、情報量（シャノン情報量、エントロピー）の概念、情報の量子化（離散化）、標本化、符号化、圧縮のための原理が含まれる。暗号も情報の変換の一種と考えられる。
- ・情報の表現・蓄積・管理に関する原理には、文字、数値、画像、音声などの各種データの記録方式、データ構造（配列、木、グラフ、集合などの基本的データ構造や再帰的データ構造）、データ型などが含まれる。データモデル、構造化文書などのデータベースに関わる原理も同様である。
- ・情報の認識と分析に関わる原理には、信号処理、パターン認識、機械学習、データマイニングなどのデータを認識し分析するための原理が含まれる。
- ・計算とは、情報を扱う機械的な手続きであるアルゴリズムを用いて情報を扱うことである。計算に関わる原理としては、計算モデルと計算モデル間の関係に関する原理、アルゴリズムの設計方法、計算の限界や効率に関する原理（計算可能性、計算量）、計算の表現方法（プログラミング言語、形式意味論）、計算の正しさを保証する原理（プログラム論理、検証）が含まれる。計算モデルとは計算を形式的に表現するためのモデルであり、オートマトン、チューリング機械、ラムダ計算等の古典的な計算モデルに加えて、確率的計算、分散計算、並列計算のモデル、さらに、量子計算等の先端的なモデルも確立しつつある。
- ・個別の計算・アルゴリズムに関する理解も求められる。重要なものとして、探索、整列、木・グラフアルゴリズム等の基本的アルゴリズム、数値計算（行列、積分、微分方程式、誤差解析など）およびシミュレーション（数理モデル、連続シミュレーション、離散イベントシミュレーションなど）、最適化（線形計画法、動的計画法、メタヒューリスティクス等）、計算幾何、自動推論、自然言語処理などが含まれる。

また、以上の基礎にある数学、論理学、自然科学の関連部分を学ぶことが求められる。

ウ 情報を扱う機械および機構を設計し実現するための技術

情報学を学ぶものは、情報を扱う機械および機構、すなわち、コンピュータを設計し実現するための技術を理解することが求められる。さらに情報を扱う機械および機構を自ら作ろうとするものは、その技術を使いこなせるよう身に付けることが求められる。携帯端末の高機能化、組み込みシステムの普及等、コンピュータやネットワークの形態は変化し続けているが、コンピュータを作るための基本的な技術は確立している。本参照基準では、コンピュータを作るための基本的な技術を、コンピュータのハードウェア、入出力装置、基本ソフトウェアに分類し、情報学を学ぶものが学ぶことを求めている。

- コンピュータのハードウェアに関する技術は、半導体、ゲート、VLSIを含む素子の技術、デジタル回路の技術、コンピュータアーキテクチャから成る。デジタル回路には、演算回路、制御回路、メモリが含まれる。コンピュータアーキテクチャには、マイクロアーキテクチャ、命令セットアーキテクチャ、各種の並列アーキテクチャが含まれる。
- コンピュータの入出力装置に関する技術を理解することも求められる。入出力装置は、ネットワークインタフェースを含む各種のインタフェース、ディスプレイやアクチュエータなどの出力装置、ポインティングデバイスやセンサなどの入力装置、各種の二次記憶装置に分類される。
- 基本ソフトウェアは、オペレーティングシステム、ミドルウェア、プログラミング言語と言語処理系に分類される。
- オペレーティングシステムの種類(モノリシック、マイクロカーネル、仮想機械)、オペレーティングシステムの基本機能(メモリ管理、プロセス管理、デバイス管理、ファイルシステム)、オペレーティングシステムが持つネットワークの機能(プロトコルスタック、TCP/IP、分散システム、クラウド)について学ぶことが求められる。
- ミドルウェアも基本ソフトウェアであり、DBMS、トランザクション、ネットワークサービス、WWWなどについて学ぶことが求められる。
- プログラミング言語(低水準言語・高水準言語、文法、意味、パラダイム)、言語処理系(字句解析、構文解析、意味解析、最適化、コード生成)、プログラムの実行方式(トランスレータ/コンパイラ、インタプリタ/仮想マシン)について学ぶことが求められる。

さらに、以上の基礎にある数学、論理学、自然科学の関連部分を学ぶことが求められる。

エ 情報を扱う人間社会に関する理解

情報学を学ぶものは、社会におけるコミュニケーションの特性について理解することが求められる。特に、情報技術であるメディアの歴史的な発展にもなつて、社会におけるコミュニケーションが変貌し、知の様態、知識の記録と継承、社会意識・心理の生成、社会組織のあり方、社会的意思決定のプロセスに多大な影響を及ぼしてきたことを把握する必要がある。こうした人間社会におけるコミュニケーションに関する基本的かつ歴史的な理解を前提に、コンピュータが介在するコミュニケーションの特徴を理解し、分析することが可能となる。

したがって、情報学を学ぶものは、情報技術を基盤にした人間社会のコミュニケーションの特徴と課題を考察するために、以下に述べるような、コミュニケーションの原理、メディアの技術的・社会的特性と、それに基礎づけられたコミュニケーションの特徴、コンピュータが介在したコミュニケーションと社会システムの特徴、情報技術を基盤にした文化、を多角的に学ぶことが求められる。

- ・社会におけるコミュニケーションとは、社会学やコミュニケーション論で指摘されているように、ボディーランゲージ（身振り）、話し言葉、文字といったメディアを介して、意見、意志、感情などを他者に伝達し共有することだと言われているが、それはまた、情報の意味内容が創造・生成・伝達されるもつとも基盤的な過程でもある。この過程で、情報は「受け手」によって「理解」「解釈」される。このコミュニケーションの成立要件である「理解」「解釈」は、誤解や誤読、新しい意味の付与などといった、コミュニケーションに特有の複雑性や多義性を生み出す点に注目しなくてはならない。
- ・情報による価値の創造は、コミュニケーションの累積的かつ競争的なプロセスを通じておこなわれ、いったん社会的に定着した価値もつねにコミュニケーションのプロセスを介して革新される。
- ・活版印刷、写真、映画、ラジオ、テレビ、コンピュータといった機械的、光学的、電氣的、電子的な情報技術が、人間の思考や感覚のあり方を変化させ、「いま・ここ」という時間的・空間的な制約を超えた「共同体」「相互主観的な世界」を構築している、という人間社会の特質に関するメディア論の基本的な知見を理解する必要がある。
- ・コンピュータが介在するコミュニケーションは、情報の拡散性、散逸性、高速性の増大という点で、従来にはないコミュニケーション形態を生み出す。ソーシャルメディアは個人の情報発信力の向上に寄与したが、それに伴って、公的空間と私的空間の境界の曖昧化、情報の信頼性のゆらぎ、情報の多元化に伴う社会的意思決定の複雑性の高まり、といった現代社会が対応すべき新たな課題を提起する。
- ・人間・社会とコンピュータが融合した情報社会は、産業、文化、政治など、社会のあらゆる分野で、観測、シミュレーション、分析、予測、制御、表現、記録に関わる情報処理・情報伝達の過程と、それに対応した様々な知的労働が基盤となる社会である。したがって、表現の自由と責任、情報公開、インフォームド・コ

ンセント、アカウントビリティなど、高度情報社会の健全な発展を図るための新たな組織ルールや規範・倫理を創造することが求められる。

- ・コンピュータを介した高度な分析や予測や制御は、モノの生産、移動・流通の効率化と高速化を推し進めるとともに、消費者の購買行動や検索のデータ化にもとづく高度なマーケティング技法を創り出しており、健全な経済社会を創造する上で情報技術が果たす役割を深く理解する必要がある。
- ・文字、数値、画像、音声等のデジタル化は、文化の創造にとって、これまでになかった可能性を拓く。過去の様々な資料や画像などを含む文化の収集・保存・公開にかかわるアーカイブ化は、過去の反省と検証を通じた今後の課題の発見、そして文化創造の源泉としてきわめて重要な課題となる。さらに、文化の創造のために、資本や市場の役割を適切に認識すること、他方で文化をすべての人間が共有する「公共的財」として認識する重要性等、情報技術と現代社会に関するバランスのとれた認識と理解も求められている。
- ・情報技術であるメディアを介したコミュニケーションは、時間的・空間的なバイアス（偏差）による差異やデジタルデバイドと一般に指摘される格差も内包しており、こうした課題を克服する近未来の情報社会の制度を構想することも含まれる。

以上の基礎として、主に、メディア論、コミュニケーション論、社会学の関連部分を学ぶことが求められる。

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

情報学を学ぶものは、社会の基盤となっている情報システムを構築し、効果を得るための技術に加えて、情報システムを取り巻く制度や情報システムを導入する組織に関する知識を有していることが求められる。本参照基準では、これらの技術・知識を、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設計方法に分類している。

- ・情報システムを開発する技術として、要求工学、システム工学、情報システムを記述する技術、ソフトウェア工学、プログラミング技術、情報システムの品質を保証する技術、プロジェクトマネジメントなどがある。
- ・情報システムの効果を得るための技術として、情報システムを企画・構想する技術、情報システムの利用技術、情報システムの運用・保守・管理の技術、企業・組織に関わる技術、安全・安心なシステムを構築する技術などがある。特に、安全・安心なシステムを構築する技術には情報セキュリティが含まれる。
- ・情報システムを伴う社会的なシステムについて学ぶことが求められる。情報システムを前提とした社会制度、法制度、企業・組織の役割と体制、業務の執行などについて学ぶ。
- ・情報システムと人間のインタフェースに関する原理や設計方法について学ぶこと

が求められる。人間の認知特性、ユーザインタフェース設計、対話手法、可視化などが含まれる。

以上に関連する参照学問領域として、経営学、経済学、認知科学、認知心理学、人間工学、システム工学、コミュニケーション論、管理科学、数理と論理の関連部分を学ぶことが求められる。

② 情報学を学ぶことの社会的意義・職業的意義

現代の情報社会において、情報学を学んだ者の役割は今後ますます大きくなっていくと考えられる。特に、社会基盤となった情報システムを設計・開発・運用するためには、情報技術だけでなく、情報システムを使う側の人間と組織に関する深い理解を有していなければならない。日本は各種のデバイスやネットワークインフラの分野では進んでいるが、情報技術の利活用に関しては、諸外国に遅れをとっているケースも見られる。情報システム障害や個人情報漏洩、IT訴訟等も数多く発生している。こうした問題に伴う被害を最小限に抑えるためにも、また、こうした問題を起こさないような技術や社会制度を創り出すためにも情報教育の社会的な重要性は高い。実際に、金融システム等のシステムダウンに見られるように、情報技術に関する初歩的な理解がないがために、社会を揺るがすような事態がしばしば起こっている。たとえば、2005年の「1円61万株誤発注事件」は各種の人為的ミスが重なったために起きたものだが、情報システムの開発側における問題に加えて、運用者側の理解不足がその原因の1つと考えられている。しかも、情報技術の誤った利用だけでなく、情報システムやネットワークに対する積極的な攻撃によっても、市民の財産および生命、国家の秩序および安全が脅かされる事態が現実のものとなりつつある。また、技術的な側面だけでなく、情報技術が法律や倫理が関係する想定外の事態を引き起こし、上述したような多くの社会問題を生じていることはいうまでもない。

現状では、情報学の専門教育（特に情報工学や情報科学）を学んだものは、主としてメーカ（開発企業）等に就職しているが、情報学を専門に学んだものが広く社会全体で活躍することにより、社会の基盤となった情報システムを支え、情報技術が生み出した社会問題を解決することが求められる。特に、情報セキュリティの技術をもって市民の生命や国家の安全の維持に寄与することが期待されている。

さらに、情報学を学んだものは、以上に述べたような情報技術の負の側面に対処するだけでなく、1「はじめに」で述べたように、産業界のみならず公共部門や市民組織におけるサービスの情報化やネットワーク化により情報社会の形成を先導し、公平性と秩序を保ちながら、新たな価値の創造により豊かな社会の構築を目指すことが期待されている。そのためにも、理系のみではなく文系にわたる情報学の素養が不可欠である。なお、7「専門基礎教育および教養教育としての情報教育」でも述べるように、情報学を専門に学ばなかったものに対しても、理系と文系の双方にわたる情報学の基礎的な素養が必要とされている。

(2) 情報学を学ぶ学生が獲得すべき能力

① 獲得すべき専門的能力（情報学に固有の能力）

以下は、情報学の学修を通して獲得すべき専門的能力（情報学に固有の能力）のうちの特筆すべきものである。いうまでもなく、情報学に固有の能力はこれらに限定されるものではない。（以下の分類では[14]を参考とした。）

ア 情報処理・計算・データ分析

- ・情報の構造を設計する能力
- ・計算を設計し表現する能力
- ・形式的なモデルのもとで演繹する能力
- ・情報を扱う機械を作る能力・運用する能力
- ・巨大なデータを扱う能力

イ システム化

- ・システムの体系・構造を理解し表現する能力
- ・社会において情報を扱うシステムを作る能力・運用する能力
- ・複雑なシステムの作成を管理する能力
- ・社会において情報に関わる問題を発見し解決する能力

ウ 情報倫理・情報社会

- ・情報一般の原理を自覚して情報社会に積極的に参画する能力
- ・個人および社会に対する情報の意義や危険性を読み解く能力
- ・社会においてルールを遵守しつつ情報を利活用する能力

② ジェネリックスキル

情報学の学修を通して獲得されることが期待されるジェネリックスキルは数多くあるが、その中でも以下のものは重要である。これらのジェネリックスキルは情報学の特性と深く関連しており、情報学の学修を通して効果的に養うことができると考えられる。モデル化・形式化・抽象化を行う能力等は情報学に固有の能力に分類すべきとする考えもあるだろうが、これらの能力は情報学の特性と深く関連しているものの、必ずしも情報学に限定されたものではなく、また、初等中等教育の段階から情報教育に求められているものでもあるため、ここではジェネリックスキルとして分類している。計算論的思考と呼ばれる思考様式・スキル・技術も、ジェネリックスキルと捉えることができるだろう（[20]を参照）。

ア 創造性

- ・創造力・構想力・想像力

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・抽象化を行う能力

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

エ コミュニケーション

- ・コミュニケーション能力・プレゼンテーション能力

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

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

5 学修方法および評価方法に関する基本的な考え方

(1) 学修方法

情報学の学修方法としては、情報学の特徴であるプログラミング演習に加えて、他の諸科学と同様、以下のような形態が考えられるが、情報学の学修にとって特筆すべき点を後述する。

- ・講義（アクティブラーニング・反転授業を含む）
- ・実験・演習・実習・ゼミナール（特に学生が主体的に取り組むもの）
- ・プログラミング演習
- ・プロジェクト学習（ワークショップ・フィールドワーク・システム構築・制作を含む）

また、情報学を学ぶことに十分な動機を持っているかの確認も必要である。

① 講義

情報学を学ぶものは、ア～オに記したような、情報やコンピュータの基礎知識、さらに情報社会のありかたについて、体系的に学ぶことが求められる。

情報学に限らず、知識の体系の効果的な学修には、古典的な講義に加えて、アクティブラーニングや反転授業など、様々な形態の授業を工夫することが重要である。情報学においても、教育方法の改善に向けた不断の努力が必要である。

応用情報学（領域情報学）に関して前述したように、もし可能であれば、講義の一環としても、いくつかの応用事例の学習を通じて、情報学の将来発展につながる一般化について議論することも重要であろう。

② 実験・演習・実習・ゼミナール

いうまでもなく、情報学の学修には、講義に加えて各種の実験・演習・実習・ゼミ

ナールが極めて重要である。実験・演習・実習・ゼミナールを通して、講義で学んだ知識が定着し、知識を基盤とする各種の（情報学に固有の）能力が獲得される。

実験・演習・実習・ゼミナールは、これらが発展した学習形態であるプロジェクト学習とともに、協調性・コミュニケーション能力・プレゼンテーション能力、指導力・リーダーシップといったジェネリックスキルを養う格好の場でもある。なお、情報学の学修においては、これらの能力を養うために、情報学の知識の体系のうち、特に「情報を扱う人間社会に関する理解」を効果的に活用すべきであろう。

ジェネリックスキルの中でも、モデル化・形式化・抽象化を行う能力は、特に情報学の学修を通して獲得されることが期待されている。情報学（特に情報科学・情報工学）の講義では、モデル化の技術や関連する各種の理論を教える機会が多くあるが、演習やプロジェクト学習においては、モデル化の技術や理論を現実世界や業務（ワークフロー）に対して適用することが適切であろう。

モデル化に関する教育は、以下に述べるように、プログラミング演習においても可能であると考えられる。

③ プログラミング演習

各種の演習の中でも、プログラミングに関連する演習は、以下の理由により、情報学の学習の中心に位置づけられ、情報学を学ぶものは必ず体験すべきである。①プログラミング自体がモデル性を有している。現実の具体的な問題の全側面をコンピュータに載せることは元来不可能であるため、プログラムとして解を実現すること自体が必要な部分の取捨選択を含んでいる。したがって、概念化・モデル化の能力が養われることが期待される。②プログラミングのモデルは形式的である。プログラムはプログラミング言語により定まった記法で書かなければコンピュータ上で実行されないの、曖昧さや形式からの逸脱が自ずと排除される。したがって、形式化の能力が養われることが期待される。③プログラミングのモデルは検証可能である。プログラムは自動実行されるため、モデルが意図したものでない場合にそのことが明確に示される。したがって、形式的なモデルのもとで演繹する能力、より一般的に論理的思考能力が養われることが期待される。④プログラミングのモデルは利便性・実用性を有している。プログラムの形で記述されたモデルはコンピュータ上で実行されるため、その応用が明確である。このことはモデル化を行ったり、間違いがないか調べたり、モデルをさらに拡張したりするための動機づけとなる。扱われる課題によっては、システム化や課題発見・問題解決の能力が養われることが期待される。

④ プロジェクト学習

プロジェクト学習（PBL --- Project Based Learning）は、具体的な題材に関して、学生もしくは学生のグループが、課題の発見と課題の解決に対して主体的に取り組む活動を行う学習の形態である。独立の科目やコースとしてプロジェクト学習を行うことも多いが、いわゆる卒業研究は学生一人一人が個別に行うプロジェクト学習であり、

卒業研究の準備段階では学生のグループによるプロジェクト学習が行われることも多いだろう。

特にグループによるプロジェクト学習は、実験・演習・実習ゼミナールとともに、リーダーシップ・マネジメント力を養う格好の場である。さらに、自らのグループによる学習活動全体のデザインに関与することは、グループの学習活動を支える情報共有の仕組みを自らデザインし、運営、改善することの格好の学習機会となる。加えて、異なる背景を持つメンバー同士がプロジェクトを組み活動を行うことで、立場や視点の違いによる情報の意味や価値の捉え方の違いや情報の表現の規格化、標準化の意義や方法を実践的に学ぶことができる。

なお、情報学の学修においては、これらの能力を養うために、「情報を扱う人間社会に関する理解」に加えて、「社会において情報を扱うシステムを構築し運用するための技術・制度・組織」の中のプロジェクトマネジメント等に関する知識を効果的に活用すべきであろう。

ジェネリックスキルとしてあげられている問題発見能力は、プロジェクト学習によって養われることが期待される。プロジェクト学習の種々の活動の中でも、ワークショップやフィールドワークが重要であろう。フィールドワークにおける調査を通して課題を発見し、ワークショップにおけるディベート等を通して課題を網羅し洗練する過程を学ぶことが期待される。教員が深く関わることも望まれる。

また、言うまでもなく、ワークショップは協調性・コミュニケーション能力・プレゼンテーション能力を培う場としても極めて重要である。

プロジェクト学習の多くは、課題の解決のために、装置・機械・ハードウェア・ソフトウェア・モデル・作品・システム・サービス等の「制作」を伴う。このような制作を通して、ジェネリックスキルである創造力・構想力・想像力が養われることはいうまでもない。制作の目的は新たな価値を創造することであり、具体的な制作を通して価値創造の過程を体験し理解することが期待される。制作の過程においても、ワークショップは重要な場となる。

プロジェクト学習は、情報学の内部に閉じているよりも、各種の応用分野において展開されることが典型的である。すなわち、プロジェクト学習は、応用情報学（領域情報学）を学び、情報学の原理を応用するための格好の場でもある。そして、プロジェクト学習を通して、様々な応用分野で活躍するためのポテンシャルを養うことができる。このようなポテンシャルこそ、情報学を学ぶものに期待されている能力であろう。特に異なる分野の取り組みや技術を融合させる能力が重要であり、ジェネリックスキルの中では「融合する力・関連付ける力」としてあげられている。融合力を獲得するためには、もちろん、応用分野（境界領域）に臆さずに出て行くための教養が必要であろうが、異なる分野の対象や技術の本質を迅速に把握する能力も重要であり、それこそが情報学において養うべきものと考えられる。特に、異なる分野の対象や技術を抽象化・モデル化することを通じて理解・分析し、何らかの思考基盤の上で組み立てることにより価値を創造する能力が求められる。（さらに、抽象化・モ

デル化の先には、一般化と帰納があり、個別の分野から情報学に還流すべき原理を抽出する能力が求められるが、それを学士課程に求めるのは尚早かもしれない。)

プロジェクト学習が応用分野において展開される場合、それぞれの分野の専門家が参加することが一般的である。先に、ワークショップがコミュニケーション能力を培う場として極めて重要であると述べたが、プロジェクト学習において情報学以外の分野の専門家と共同作業を行う経験を通して、特に非専門家との間のコミュニケーションの能力が培われることが期待される。

(2) 評価方法

情報学に関連する知識と能力が多岐に亘っている以上、情報学の学修成果の評価も多面的であるべきである。情報学に固有の知識、情報学に固有の能力のうちの数理的な能力やプログラミングに関する基礎的な能力は、試験によって比較的容易に測ることができる。ただし、容易ではあっても、安易な評価であってはならない。

大規模なプログラムを作成する能力やシステムを設計し作成する能力は、プログラム等の作成した成果物、中間成果物、プレゼンテーション、成果を記述した論文等によって測ることができる。モデル化・形式化・抽象化を行う能力、問題解決能力といった、ジェネリックスキルに分類される能力も、成果物、中間成果物、プレゼンテーション、論文等によって測ることが可能である。

これらの能力の評価においては、以下に述べるジェネリックスキルと同様、実習やプロジェクト学習の過程において学生を詳細に観察することも有用である。また、各種の成果物がオープンになっていれば、プロジェクト内もしくはプロジェクト間のピアアセスメントによって、学生が互いに評価し合うことも可能となる。ただし、ネット上での記述の安易な再構成などが見受けられる点には注意が必要である。

なお、ピアアセスメントは、MOOC等の活用により、より基礎的な知識や能力の評価にも用いることができる。

協調性・コミュニケーション能力・プレゼンテーション能力、指導力・リーダーシップといったジェネリックスキルを評価するには、ワークショップ等において学生を詳細に観察し記録することが必要となる。昨今では適切なルーブリックを用いて継続的に学生の評価を行うことが推奨されている。上記のジェネリックスキルに関連して、たとえば、役割遂行、貢献、傾聴、内省といった評価軸が提案されている。

6 専門性と市民性を兼備するための教養教育

本章は情報学を専門に学ぶものが身に付けるべき教養について述べている。

情報学の専門性を十全なものとするためには周辺諸科学の教養を学修する必要がある。情報学が文系と理系に広がり、諸科学全体に対するメタサイエンスと位置付けられ、諸科学との境界において新たな応用情報学（領域情報学）を生み出し続けるとするならば、情報学を学ぶものは、情報学が実際に応用される場に臆さずに出て行き他分野の専門家と協

働するためにも、諸科学に関する幅広い教養を有している必要がある。また、他のメタサイエンスに関する教養も重要である。特に数学と統計学は情報学と深く関連しており、情報学を学ぶものは、数学と統計学をいわゆるマイナーの専門として学ぶべきであろう。数学と統計学以外にも、論理学、言語学、哲学などがメタサイエンスとして重要である。また、社会情報学の基盤としての社会学を学ぶことも、特に社会情報学を深く学ぶものにとっては必須である。

周辺諸科学の教養は情報学を学ぶものが良き市民として民主的な社会の形成に貢献するためにも重要である。特に情報技術のもたらすサービスが社会の基幹を担うようになった現在、情報学を学ぶものが社会で果たすべき役割は従来と比べはるかに大きく、直面する問題もはるかに複雑である。たとえば、社会の安定という面では、情報分野の知識やスキルの格差が社会参加の可能性を大きく左右するいわゆるデジタルデバイドの問題が先鋭化しており、民主的な社会の基盤が揺らぐことが危惧されている。このような状況下では、社会の安定のために利他的な貢献を自律的に行うマインドと、情報学の深い専門性を兼ね備えた市民層の厚さが問われることになる。情報学を学ぶものがそのような市民層を形成するためには、情報分野のスキルや知識はもとより、社会の成立に対する妥当な展望と現実問題の複雑性を多面的に捉える視野や発想をもたらす周辺諸科学の教養の学修が必須である。

情報学を学んだものが、以上で述べたような教養を背景に、民主的な社会の形成に貢献することは、情報学を学ぶことの社会的意義や職業的意義をさらに強固にすると考えられる。

7 専門基礎教育および教養教育としての情報教育

本章は、情報学以外の専門課程における基礎教育、さらに、初等中等教育から大学の教養教育に至る教育課程における情報教育について述べている。

3(4)「他の諸科学との協働」で述べたように、情報学はメタサイエンスとして、すべての諸科学の基盤の一つと考えられる。また、情報学の中でも主として計算機科学に由来する、抽象化、モデル化、形式化、アルゴリズムの理解と設計、再帰的な思考、並列処理に関する理解、計算量の把握などを含む思考様式・スキル・技術は、「計算論的思考」(Computational Thinking) と呼ばれ、新たなジェネリックスキルとして、3R (Reading, wRiting, aRithmetic—日本語の読み書きそろばん) に加えるべき重要な能力であるとする考えが世界的に広まりつつある ([20]を参照)。

したがって、情報学は、情報学を専門に学ぶものに限らず、広く市民が持つべき教養の一部ともなっている。それゆえ、初等中等教育においては、教科によらず情報教育の機会が設ける方針がとられ、加えて中学校においては技術科の中で、高等学校では普通教科情報科の必修科目の中でまとまった形で情報学に関して教育が行われているし ([16]および[15]を参照)、大学においては、大学一般情報教育」という名の下で、教養教育(共通教育)の一分野として情報学が教えられている ([12]を参照)。

一方、情報学は、社会生活の基盤としての、また生産活動・経済活動・学究活動の基盤としての情報システムを、様々に生み出してきている。そして、これらの情報システムがもたらすサービスは社会の基幹を担っており、市民にとって、これらを適切に活用できることは不可欠のスキルとなっている。さらに、情報技術の進歩は産業や経済の変化をもたらす情報メディアの変革とそれに伴う社会変動を引き起こしている。したがって、そこから新たに生じる諸問題を解決し情報社会を発展させるためには、市民の一人一人が単に情報システムを使いこなすだけでなく、その基盤である情報技術に関する知識を背景として、情報社会の制度や情報倫理に関する見識を有していなければならない。

さらに付言するならば、社会の基盤となった情報技術の誤った利用は、市民の財産および生命に対する危険をもたらす可能性さえある。特に、情報技術を活用したコミュニケーションが人間性を破壊する危険性が指摘されている。また、情報システムの誤用は個人もしくは組織に対して多大な経済的損失をもたらす可能性がある。さらに、市民一人一人が持つ情報技術への造詣とスキルが、国家の存亡に影響を与える可能性さえある。4(2)①において情報学に固有の能力として「個人および社会に対する情報の意義や危険性を読み解く能力」をあげたが、このことは、情報学を専門に学ぶものだけでなく、市民の一人一人が情報学を教養の一部として学び、この種の能力を身に付けるべきことを物語っている。

ここで特筆すべきは、大学一般情報教育も高等学校普通教科情報科も、理系の情報学のみならず、情報社会の制度や情報倫理など、文系の情報学を含んでいることである。すなわち、初等中等教育から大学教養教育に至るまで、情報学は、文系と理系にまたがる広い分野として認識されて教育されているのである。したがって、本参照基準が定める情報学の中核部分は、初等中等教育から大学教養教育に至るまでの情報教育に対する基礎を与えており、将来にわたって、情報教育を先導する役割も担っている。

なお、高等教育の基礎となる大学一般情報教育にあっては、学生が初等中等教育で身につけてきた情報学の知識・スキルを伸張し、情報学の理解を広げ深めて、情報システムを活用して大学における学究活動が行えるようにすることが求められる。さらに、学生が、卒後に自らが身をおく場において、その状況をより快適なもの、より便利なもの、より高度なものに改善する情報システムを提案していけるための基礎となる知識・スキルの習得を目標とすることが求められる。

専門基礎教育とは、それぞれの専門分野の課程において行われる基礎教育のことである。情報学以外の専門課程においては、それぞれの専門に則し、大学一般情報教育を発展させた専門基礎教育として、情報学に関する教育を行うべきである。その際には、アプリケーションソフトウェアの利用法や特定の応用のためのプログラミング演習などに限定されることなく、本参照基準に記述されている情報学の原理に遡った教育を行うことが、長期的には、それぞれの専門分野における情報技術の活用に資すると考えられる。情報技術の活用には、特に、学生が卒後にその専門性を生かして、それぞれの専門分野の新たな発展をもたらす情報システムを構想・企画することが期待される。

3(4)で述べたように、情報学がメタサイエンスでもあることから、常に他の専門分野との接点において新しい領域情報学が生まれている。したがって、それぞれの専門分野の専

門基礎教育においては、その専門分野と情報学との接点において生まれた領域情報学を取り上げることが必須となる。

一方、経営情報学や生物情報学などの領域情報学を主に教える学部・学科にあつては、本参照基準が定義する情報学の中核部分を、専門基礎教育としてではなく、専門の一部として教えるべきである。専門分野との接点において情報学の新たな原理を探求するためには、軽重の差はあつても、情報学の中核部分全体に関する基礎的な素養が必要となる。

情報教育の教養を背景に、市民の一人一人が、自らの生活を守るとともに、自らの社会生活をより豊かにする工夫を行い、また国会の安全にも貢献できるとするならば、情報学を学ぶことの持つ社会的・職業的意義を強固にするものである。

<参考文献>

- [1] Curricula Recommendations
<http://www.acm.org/education/curricula-recommendations> (2013) .
- [2] 萩谷昌己「情報学を定義する——情報学分野の参照基準、情報処理、 Vol. 55, No. 7」, pp. 734-743, (2014) .
- [3] Masami Hagiya 「Defining Informatics across Bun-kei and Ri-kei, Journal of Information Processing, Vol. 23, No. 4」, pp. 525-530, (2015) .
- [4] 伊藤守、西垣通、正村俊之 編「パラダイムとしての社会情報学」早稲田大学出版部、(2003) .
- [5] 兼宗進、笈捷彦 編集「情報専門学科カリキュラム標準J07、情報処理、 Vol. 49, No. 7」, (2008) .
- [6] 笈捷彦「情報専門学科カリキュラム標準J07について、情報処理、 Vol. 49, No. 7」, pp. 721-727, (2008) .
- [7] 疋田輝雄「コンピュータ科学領域(J07-CS)、情報処理、 Vol. 49, No. 7」, pp. 728-735, (2008) .
- [8] 神沼靖子「情報システム領域(J07-IS)、情報処理、 Vol. 49, No. 7」, pp. 736-742, (2008) .
- [9] 阿草清滋、西康晴、沢田篤史、鷲崎弘宜「ソフトウェアエンジニアリング領域(J07-SE)、情報処理、 Vol. 49, No. 7」, pp. 743-749, (2008) .
- [10] 大原茂之「コンピュータエンジニアリング領域(J07-CE)、情報処理、 Vol. 49, No. 7」, pp. 750-758, (2008) .
- [11] 駒谷昇一「インフォメーションテクノロジー領域(J07-IT)、情報処理、 Vol. 49, No. 7」, pp. 759-767, (2008) .
- [12] 河村一樹「一般情報処理教育(J07-GE)、情報処理、 Vol. 49, No. 7」, pp. 768-774, (2008) .
- [13] 掛下哲郎 編集「大学教育の質保証、情報処理、 Vol. 53, No. 7」, (2012) .
- [14] 野口博「技術者教育に関する分野別の到達目標の設定に関する調査研究、情報処理、 Vol. 53, No. 7」, pp. 655-660, (2012) .
- [15] 久野靖、和田勉、中山泰一、「初等中等段階を通じた情報教育の必要性和カリキュラム体系の提案、情報処理学会論文誌「教育とコンピュータ」、 Vol. 1, No. 3」, pp. 48-61, (2015) .
- [16] 文部科学省「高等学校学習指導要領解説 情報編」, (2010) .
- [17] 西垣通、伊藤守 編著「よくわかる社会情報学、ミネルヴァ書房」, (2015) .
- [18] 西垣通「基礎情報学、NTT出版」, (2004) .
- [19] 西垣通「続 基礎情報学、NTT出版」, (2008) .
- [20] Jeannette M. Wing, 中島秀之 翻訳「計算論的思考、情報処理、 Vol. 56, No. 6」, pp. 584-587, (2015) . 原文 --- Jeannette M. Wing 「Computational Thinking, Communications of the ACM, Vol. 49, No. 3」, pp. 33-35, (2006) .

- [21] 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).
- [22] 吉田民人「社会情報学とその展開、勁草書房」, (2013).
- [23] 吉見俊哉、花田達朗 編「社会情報学ハンドブック、東京大学出版会」, (2004).

<付録 1 >

以下の図は[6]の図-1に基づいている。

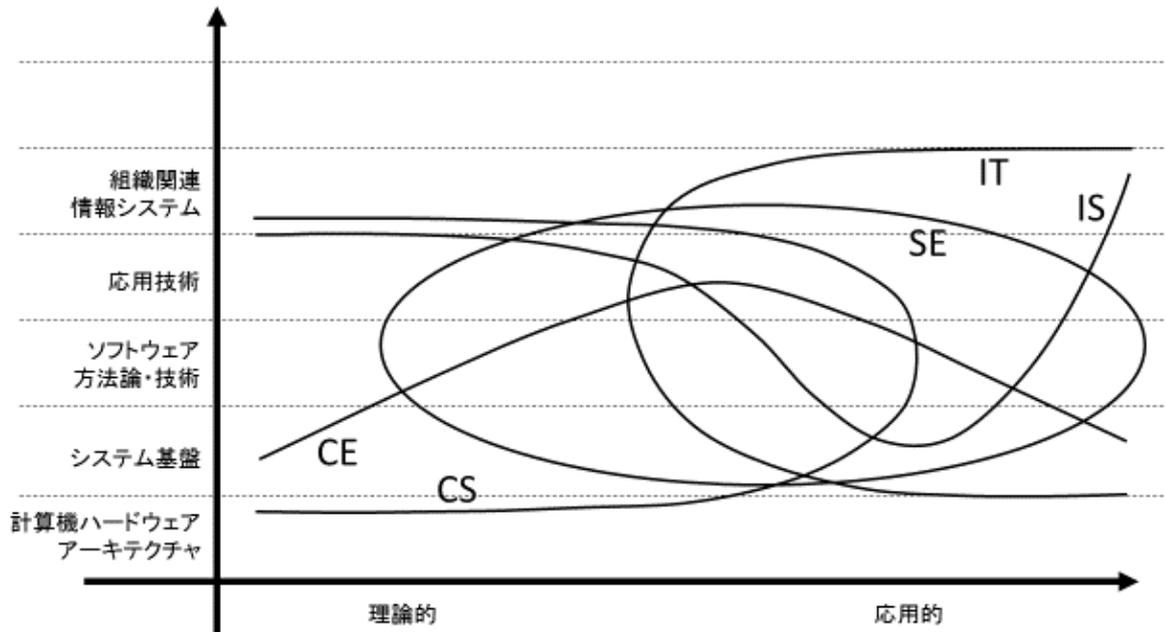


図1 [1]のCS, CE, IS, SE, ITの俯瞰図
(出典) [6]の図-1を転載

以下の図では、上図にイ～オのおおよその範囲を重ねて示した。

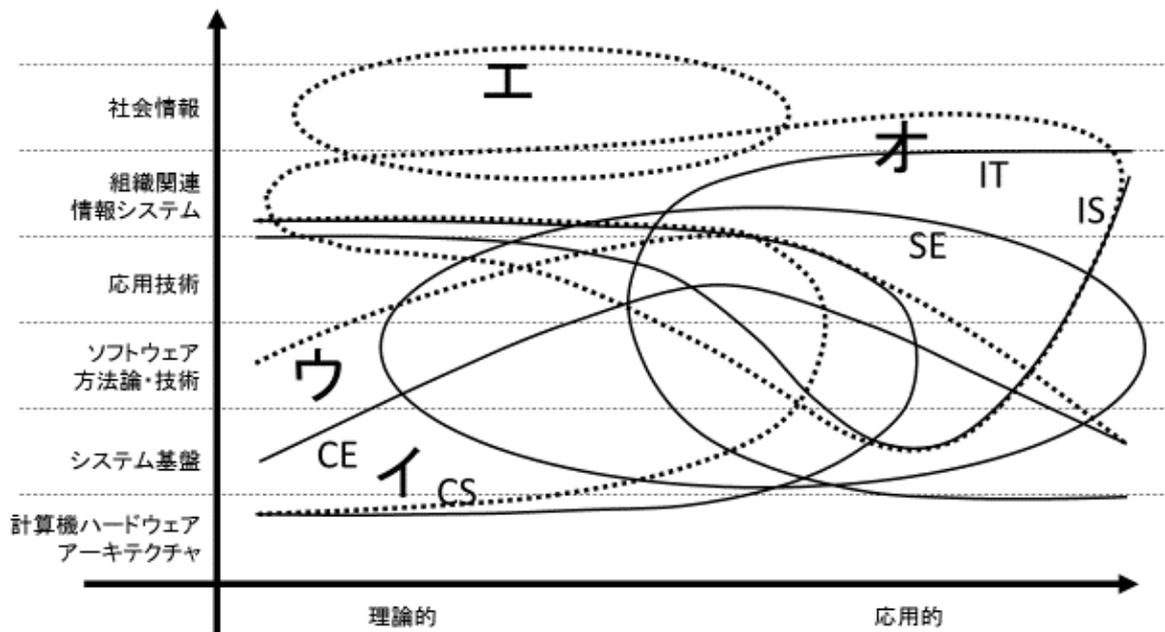


図2 参照基準のイ、ウ、エ、オの俯瞰図

(出典) 図1 をもとに情報科学技術教育分科会により作成

以下の図では、我が国の大学における情報科学と情報工学の専門課程とのおおよその関係を図示した。

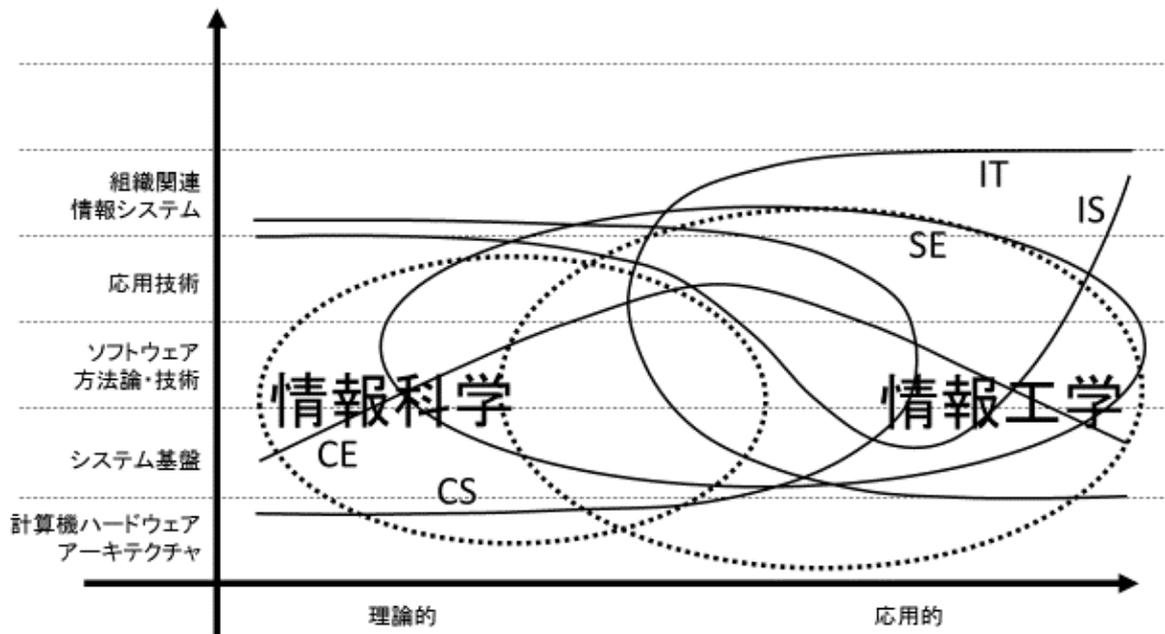


図3 情報科学と情報工学の俯瞰図

(出典) 図1 をもとに情報科学技術教育分科会により作成

<付録ア>情報一般の原理

以下の表において、最も左の列は各分野の大分類項目、中央の列は各大分類項目に属する項目である。最も右の列は中央の列の項目の説明もしくは学ぶべきことがら（キーワード）の例示であり、各項目の内容を網羅しているものではないことに注意されたい。

情報と意味 (情報は意味作用をもち、世界を変化させ、そこに価値と秩序をあたえる)	生命にとっての意味と価値	生物が生存するための選択行動のベースとなる 個々の選択行動は、試行錯誤を通じて淘汰され、共通の社会的価値の創造につながる
	情報と秩序	物理力によらず意味作用で世界を動かし、秩序化する
情報の種類 (広義、狭義、最狭義の情報(包含関係))	生命情報(意味作用の源泉。身体技能的な暗黙知などを含む)	広義の情報: 明示的/非明示的な全ての情報 DNA 遺伝情報だけではない
	社会情報(人間社会で通用する全ての情報)	狭義の情報: 記号で明示化された生命情報 マスコミ情報だけではない
	機械情報(機械で形式的に処理される情報)	最狭義の情報: 社会情報の記号が独立したもの 0/1 のデジタル情報だけではない
情報と記号 (情報は、記号とそれが表す意味内容のセットから成り立っている)	類似記号(意味内容と類似したパターン)	アナログ信号 画像映像、擬音擬態語など
	指標記号(意味内容と論理関係をもつパターン)	トイレや緊急出口の案内板など
	象徴記号(意味内容と無関係なパターン)	デジタル信号など 大半の言語記号など
記号の意味解釈 (意味解釈の仕方は、情報を扱う主体によって異なる)	人間をふくむ生物個体(記号の自律的な意味解釈)	過去の体験にもとづき、自己準拠的に解釈処理 個体の価値や目的をふくむ主観世界を志向的に構成
	人間の社会的組織(共同体的な意味解釈)	過去の慣例にもとづき、自己準拠的に解釈処理 共同体的な価値や目的をふくむ相互主観的な世界を、コミュニケーションにより構成
	コンピュータなど電子機械(記号の他律的かつ形式的な処理)	指示された操作手続きおよび記号の形式にもとづく解釈処理 客観世界のシミュレーション、人間の思考のシミュレーション
コミュニケーション	自律的な閉鎖系(人間を	オートポイエティック・システム

(情報をもとにコミュニケーションを生み出すシステム)	ふくむ生物個体のモデル)	
	半自律的な暫定的閉鎖系 (人間の社会的組織のモデル)	階層的自律コミュニケーション・システム 人間とコンピュータが多様に複合化したシステム
	他律的な開放系 (コンピュータなど電子機械のモデル)	アロポイエティック・システム
社会的価値の創造 (情報処理を通じて、新たな選択肢が選択可能となる)	個々の選択行動が、試行錯誤や生存競争を通じて社会的な共通の選択肢に発展	
	これまでにない有益な選択肢が創造される	

表ア 情報一般の原理の項目
(出典) 情報科学技術教育分科会により作成

<付録イ>コンピュータで処理される情報の原理

以下の表において、最も左の列は各分野の大分類項目、中央の列は各大分類項目に属する項目である。最も右の列は中央の列の項目の説明もしくは学ぶべきことがら（キーワード）の例示であり、各項目の内容を網羅しているものではないことに注意されたい。

情報の変換と伝達	情報量	シャノン情報量、エントロピー
	量子化（離散化） 標本化	ナイキスト周波数
	圧縮、符号	データ圧縮、誤り検出訂正
	暗号	共通鍵暗号、公開鍵暗号
情報の表現・蓄積・管理	データ	文字コード、数値の表現
	データ構造	配列、木、グラフ、集合 再帰的データ構造
	データ型	型検査、型推論
	データベース	データモデル WWW、構造化文書
情報の認識と分析	信号処理	フィルタリング、ノイズ除去
	パターン認識	音声認識、画像認識
	機械学習	教師あり学習、教師なし学習 ニューラルネットワーク
	データマイニング	回帰分析、クラスタリング
計算	計算モデル	オートマトン、形式言語（チョムスキー階層）、 チューリング機械、ラムダ計算
		確率的計算、並列計算、分散計算
		量子計算
	アルゴリズム	確率的アルゴリズム、並列アルゴリズム、分散 アルゴリズム
	計算の限界	計算可能性、不完全性定理
	計算の効率	計算量、計算量の階層
	計算の表現	プログラミング言語、形式意味論
	計算の正しさ	プログラム論理、検証
各種の計算・アルゴリズム	探索、整列	文字列探索、整列アルゴリズム
	木・グラフアルゴリズム	二分木、BDD、ゲーム木
		最短経路、最大流路
		ネットワーク解析
数値計算	行列（逆行列、固有値分解）	

		積分、微分方程式
		誤差解析
	シミュレーション	数理モデル
		連続シミュレーション、離散イベントシミュレーション
		コンピュータグラフィクス
	最適化	線形計画法
		動的計画法
		メタヒューリスティクス
	計算幾何	三角形分割、ボロノイ図
	自動推論	導出原理、モデル検査
	自然言語処理	形態素解析、句構造文法
		統計的自然言語処理

表イ コンピュータで処理される情報の原理の項目
(出典) 情報科学技術教育分科会により作成

<付録ウ>情報を扱う機械および機構を設計し実現するための技術

以下の表において、最も左の列は各分野の大分類項目、中央の列は各大分類項目に属する項目である。最も右の列は中央の列の項目の説明もしくは学ぶべきことがら（キーワード）の例示であり、各項目の内容を網羅しているものではないことに注意されたい。

コンピュータのハードウェア	素子	半導体、ゲート、VLSI
	デジタル回路	組み合わせ回路、順序回路
		演算回路、制御回路、メモリ（主記憶、キャッシュ）
コンピュータアーキテクチャ	マイクロアーキテクチャ	マイクロアーキテクチャ、制御方式
		命令セットアーキテクチャ
		並列（命令レベル並列、マルチコア/マルチプロセッサ、ウェアハウススケールコンピューティング）
入出力装置	インタフェース	シリアル、パラレル、ネットワークインタフェース
	出力装置	プリンタ、ディスプレイ、アクチュエータ
	入力装置	キーボード、ポインティングデバイス、タッチパネル、センサ
	二次記憶装置	磁気記録、光学記録、半導体メモリ、HDD、SSD
基本ソフトウェア	オペレーティングシステム	モノリシック、マイクロカーネル、仮想機械
		メモリ管理、プロセス管理、デバイス管理、ファイルシステム
		ネットワーク（プロトコルスタック、TCP/IP、分散システム、クラウド）
	ミドルウェア	DBMS、トランザクション、ネットワークサービス、WWW
	プログラミング言語と言語処理系	プログラミング言語（低水準言語/高水準言語、文法、意味、パラダイム）
言語処理系（字句解析、構文解析、意味解析、最適化、コード生成）		
実行方式（トランスレータ/コンパイラ、インタプリタ/仮想マシン）		

表ウ 情報を扱う機械および機構を設計し実現するための技術の項目

（出典）情報科学技術教育分科会により作成

<付録エ>情報を扱う人間社会に関する理解

以下の表において、最も左の列は各分野の大分類項目、中央の列は各大分類項目に属する項目である。最も右の列は中央の列の項目の説明もしくは学ぶべきことがら（キーワード）の例示であり、各項目の内容を網羅しているものではないことに注意されたい。

社会において情報が創造・伝達される過程と仕組み	コミュニケーション	非文字的情報 言語情報
	メディア～技術的・文化的特性	機械的な情報技術(印刷物関連) --- 文字情報の機械的処理、リテラシー、検閲、ジャーナリズムの成立
		光学的、電気的な情報技術(映像・音声関連) --- 文化産業、イメージ生産とその操作、メディアエージェンシー・コミュニティ、速度と権力
		電子的な情報技術(インターネット関連) --- 機械的な検索などの言語処理、記録、保存(アーカイブ、データベース)、デジタル通信、情報ガバナンスと管理社会
情報を扱う人間の特性と社会システム	討議、参加、デジタルデバインド	誤解と誤読
		参加と排除
		情報格差
	観測、シミュレーション、制御と社会的意思決定	観測の限界
		計算の限界
		科学的データと意思決定
		科学技術コミュニケーション
	情報倫理と社会組織のルール	集合知
		表現の自由と責任
		知的財産
		情報公開、インフォームド・コンセント
		プライバシー
	経済システムの存立と情報	経済システムと情報
アカウントビリティ		
モノの生産と制御		
ロジスティクスを支える情報システム		
組織マネジメント		マーケティング
	資源と廃棄	
		内部情報/外部情報

		情報マネジメント
		パブリック・コミュニケーションズ
		ガバナンスとガバメント
情報技術を基盤にした文化	アーカイブ	映像
		文書
		図書館
	デジタル文化と資本	SNS の文化
		電子書籍（電子教科書）、電子新聞
		映像
		検索と知
		デジタルテレビ
		資本、公共、コモン
近代社会からポスト近代社会へ	近代社会の価値と人間	近代社会と情報技術
		近代人と情報技術
	ポスト近代社会への移行	新たに求められる人間の能力
		より民主的な社会の実現と情報技術

表エ 情報を扱う人間社会に関する理解の項目

(出典) 情報科学技術教育分科会により作成

<付録オ>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

以下の表において、最も左の列は各分野の大分類項目、中央の列は各大分類項目に属する項目である。最も右の列は中央の列の項目の説明もしくは学ぶべきことがら（キーワード）の例示であり、各項目の内容を網羅しているものではないことに注意されたい。

情報システムを開発する技術	要求工学	現場の観察法（フィールドワーク、エスノグラフィ、アクションリサーチ）
		要求定義、要求獲得技術、要求管理
	システム工学	システム思考、システム設計技法、システム実装技術、システムライフサイクル、システムアーキテクチャ、デザイン思考
	情報システムを記述する技術	各種モデル化技法（構造化分析、データモデリング、業務フロー、状態モデル、形式手法）と図法（DFD、UML、BPMN、SysML）
	ソフトウェア工学	ソフトウェア設計技法（オブジェクト指向モデル、ドメイン主導開発）、ソフトウェアライフサイクル
		ソフトウェアアーキテクチャ、パターン・ランゲージ
	プログラミング技術	オブジェクト指向プログラミング
テスト主導開発		
プログラミング支援環境		
情報システムの品質を 保証する技術	検証技術、テスト技法、ISO/IEC SQuaRE シリーズ	
プロジェクトマネジメント	プロジェクト計画、チーム編成、プロジェクト管理、PMBOK、ソフトウェアプロセス、プロセス成熟度モデル	
情報システムの効果を得るための技術	情報システムを企画・構 想する技術	組織の改革・改善プロセス、業務モデリング、IT投資マネジメント
		組織の情報システムに関するガイドライン (Enterprise Architecture)
	情報システムの利用	利用計画、利用推進、効果測定、トレーニング、改善提案
	情報システムの運用、保 守、管理	ITサービスマネジメント
	企業・組織	ビジネスモデル（事業の定義、業務プロセス）、

		内部統制（組織と権限）
	グローバルな組織と情報システム	
	安全・安心なシステム	事業継続計画、環境に対する配慮
		情報セキュリティ
		リスクマネジメント、ダメージコントロール
情報に関わる社会的なシステム	社会制度	社会におけるさまざまな情報システム、情報システムを前提とした社会制度
		技術者倫理
		システム監査、評価・認証
		異文化理解
	法制度	サイバー犯罪（電磁記録の改ざん、不正アクセス、情報漏洩・持ち出し、コンピュータウイルス）の防止
		個人情報保護
著作権保護		
情報システムと人間のインタフェースに関する原理や設計方法	人間の認知特性	Model Human Processor、人間の認知構造、Fittsの法則
		直接操作
		ヒューマンエラー
		学習のべき乗則
	ユーザインタフェース設計	ユーザインタフェース指針、ユーザビリティ、アクセシビリティ、ユーザエクスペリエンス、ユニバーサルデザイン、評価手法
	対話手法	GUI 部品、タッチインタフェース、音声インタフェース、ジェスチャー
		対話の可視化、ヒューマンエラーへの対応
	可視化	情報デザイン、科学的ビジュアライゼーション、データ視覚化

表オ 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・組織の項目
(出典) 情報科学技術教育分科会により作成

＜参考資料 1＞審議経過

平成 25 年

7 月 情報科学技術教育分科会

メール審議にて、設置目的と審議事項の追加、新委員の追加

2 月 26 日 情報科学技術教育分科会（第 4 回）

参照基準の策定方針に関する議論

10 月 12 日 情報科学技術教育分科会（第 5 回）

参照基準の叩き台箇条書きメモに関する議論

平成 26 年

2 月 26 日 情報科学技術教育分科会（第 6 回）

参照基準（案）に関する議論

平成 27 年

3 月 9 日 情報科学技術教育分科会（第 1 回）

役員を選出、参照基準に対するこれまでの活動に関する報告

6 月 6 日 情報科学技術教育分科会（第 2 回）

参照基準（案）に関する議論

10 月 2 日 情報学委員会（第 4 回）

参照基準（案）、特に情報学の定義に関する議論

10 月 17 日 情報科学技術教育分科会（第 3 回）

参照基準（案）に関する議論

11 月 25 日 情報学委員会（第 5 回（メール審議））

分科会案の承認

平成 28 年

2 月 26 日 大学教育の分野別質保証委員会（第 5 回）

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」について承認

各方面への説明等

平成 25 年 10 月 26 日 ジョーシン 2013 秋

平成 25 年 12 月 18 日 大学 ICT 推進協議会（年次大会）

平成 26 年 1 月 21 日 情報処理学会（理事会）

平成 26 年 3 月 13 日 情報処理学会（全国大会）パネル「情報学を定義する」

平成 26 年 7 月号 「情報処理」解説記事

平成 26 年 5 月 31 日 情報システム学会基礎情報学研究会

平成 26 年 7 月 25 日 理工系情報学科・専攻協議会

平成 26 年 8 月 6 日 情報処理学会 平成 26 年度教員免許更新教習
平成 26 年 10 月 25 日 ジョーシン 2014 秋
平成 26 年 12 月 3 日 IPA
平成 27 年 4 月 6 日 文部科学省 榎本参事官
平成 27 年 6 月 25 日 電子情報通信学会アクレディテーション委員会
平成 27 年 10 月 17 日 公開シンポジウム

照会

社会情報学会
日本認知科学会
人工知能学会

＜参考資料 2＞シンポジウム開催

主 催： 情報科学技術教育分科会

共 催： 情報学委員会

後 援： 情報処理学会情報処理教育委員会

日 時： 平成 27 年 10 月 17 日（土） 13：30～17：00

場 所： 早稲田大学西早稲田キャンパス 52 号館 1 階 101 教室

開催趣旨： 策定中である情報学分野の参照基準に関して解説し、広く意見等を募るため

次 第：

- 13:30: 北原和夫（東京理科大学・大学教育の分野別質保証委員会委員）
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
- 14:00: 萩谷昌己（東京大学・分科会委員長）
情報学分野の参照基準
- 14:30: 西垣通（東京経済大学・分科会委員）
基礎情報学
- 15:00: 質疑・休憩
- 15:30: 鹿野利春（文部科学省教科調査官）
高等学校情報科
- 16:00: 笈捷彦（早稲田大学・分科会委員）
大学一般情報教育
- 16:30: 美馬のゆり（公立ほこだて未来大学・分科会委員）
情報教育の展望

約百名の参加があった。