

3.1.4. ソフトウェア工学

(1) J07 時点以降の進展

ソフトウェア工学の専門技術者の育成を目的として、世界的には欧米を中心に一定数の大学でソフトウェア工学専門の学科が設置されている。しかし、我が国には長くソフトウェア工学科が存在せず、従ってカリキュラム標準 J07-SE（さらには策定中の J17-SE）を、全面的に大学のカリキュラム開発へと適用する機会は存在しなかった。

そのような中、2009 年 4 月に南山大学において我が国で初めて、学部・学科再編の過程においてソフトウェア工学を専門に体系的に扱うソフトウェア工学科を設置している [1]。そのカリキュラム開発においては、J07-SE、および、J07-SE の元となっているカリキュラム標準 SE2004 を参照モデルとして採用している。

南山大学におけるカリキュラム作成のプロセスは次の通りである。最初に、求める人材像とカリキュラム編成上の目標を明確に定めている。具体的には、ソフトウェア工学の広がりと深化に対応できる人材等を求める人材像として掲げ、それに対応する形で次の 7 項目①-⑦を目標として掲げている。

- ① 教養と専門とのバランス
- ② J07-SE/SE2004 を基礎とした体系的ソフトウェア工学教育
- ③ J07-CE の組み入れによる企業ソフトウェアと組込みソフトウェアの両領域の扱い
- ④ JABEE への準拠
- ⑤ 再編成前カリキュラムからの円滑な移行
- ⑥ 現行スタッフによる運営可能性
- ⑦ 大学院と連携した一貫教育

続いて、参照モデルに基づき以下の (a)-(c) を繰り返すプロセスを進めて、最終的に J07-SE/SE2004 を基礎として上述の目標を達成するカリキュラムを得ている。

- (a) 再編前カリキュラムと J07-SE/SE2004 の共通部分と差分の特定
- (b) 特定した差分および J07-CE の組込みソフトウェア開発科目を組み込んだカリキュラム案の作成

(c) レビュー

この南山大学における事例は、J07-SE を参照モデルとしてカリキュラム開発に活用するにあたって、目標の明確化の重要性と共に、参照モデルに基づく繰り返し型の具体的なプロセスを示している点で貴重である。さらに、この事例では合わせて、我が国でソフトウェア工学のカリキュラム開発に J07-SE を用いる上での実践上の留意点(i)-(iv)を以下のように明らかとしている。

- (i) 社会の要請に基づき、企業ソフトウェアと組み込みソフトウェアの両分野を組み合わせたカリキュラムモデルの必要性
- (ii) 我が国の学部教育における時間制約を考慮した科目の絞り込み（特に「形式手法」のような専門性が極めて高い科目の独立設置の是非）の検討
- (iii) 時間配分への留意
- (iv) 学部と大学院におけるカリキュラムの分担と整合性の検討

上述のプロセスや留意点は、今後の J17-SE の策定においても共通に考慮すべきと考えられる。

[1] 青山幹雄, 蜂巢吉成, 沢田篤史, 野呂昌満, “ソフトウェア工学科の誕生”, 情報処理, Vol. 50, No. 9, pp. 906-913, 2009.

(2) J07 時点の標準と現時点での標準の変化

情報処理学会ソフトウェアエンジニアリング教育委員会が 2006 年 4 月から 2008 年 3 月まで 2 年間に渡り議論を行った J07-SE は、その知識項目の整理にあたり、J07 の方針を踏襲して CCSE2004 (Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Software Engineering / A Volume of the Computing Curricula Series, August 23, 2004) を参照した。J07-SE では、CCSE2004 で定義される内容を、科目として取り扱いやすい単位となるよう再体系化を行った。

CCSE2004 はその後、2014 年度にその内容が改訂され、SE2014 (Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Software Engineering / A Volume of the Computing Curricula Series, February 23, 2015) として公表された。SE2014 策定にあたっては、

ACM 及び IEEE CS の共同タスクフォースが組織され、CCSE2004 の更新作業にあたって産学双方の意見を集約し、必要な作業の洗い出しを行った後、数回の会合が行われ、またワークショップ等を開催して広く意見を募っていた。

SE2014 は、CCSE2004 の構造を踏襲しつつ、最近のソフトウェア工学に関する状況の変化を反映し、また概念の整理を行っている。ここでは、CCSE2004 から SE2014 への変化について述べる。CCSE2004 および SE2014 では、Software Engineering Education Knowledge (SEEK) と呼ばれるソフトウェア工学教育に関する項目を定めており、概念の上位から順に Knowledge Areas, Units, Topics という 3 階層で構成される。SE2014 では、最上位の Knowledge Areas レベルにおいて次のような変更が行われている。

- ① CCSE2004 にて定められた EVO (Software Evolution) が削除された。ただし、ここに含まれている多くの Units 以下については、他の場所で再定義されているため (PRO.evo; Evolution processes and activities など)、概念として削除されたわけではない。
- ② 同様に、MGT (Software Management) も削除されている。ただし、プロジェクトの計画やソフトウェア構成管理といった、この Knowledge Area に含まれる Units のいくつかは、他の場所で再定義されている。
- ③ SE2014 では SEC (Security) が新設された。セキュリティは情報、システム並びにネットワークを保護するために必要な知識であり、それと直行する考え方として、ソフトウェア開発サイクル中のすべての要素においてどのように保護するかを考慮する知識でもある
- ④ 同様に、REQ (Requirements analysis and specification) が新設された。要求自体は、ユーザ、顧客、その他のステークホルダといった実社会からの需要を表現するものであり、ステークホルダの需要を引き出して分析を加え、望まれるシステム振る舞いや品質に関する適切な記述を作成するものである。

以下、CCSE2004 と SE2014 双方の SEEK で述べている項目を詳細に突き合せ、Topics 単位で同一であるもの、あるいは SE2014 で消滅ないし新設された項目について、CCSE2004 の Knowledge Area 単位で述べる。

(a) CMP: Computing Essentials

CMP は計算機に関する概念の基礎的な概念に関して定義している。そのうち、Computer Science foundations、Construction technologies、Construction tools、に関しては、いくつかの項目（システムの基本コンセプト、プログラム言語のセマンティクス、ミドルウェア、POSIX などのプラットフォーム標準、テストファーストプログラミング）が削除されているものの、おおむね CCSE2004 で定義された項目が SE2014 にも継承されている。

一方、Formal construction methods に関しては、CCSE2004 で定義された全項目が削除された。SE2014 では削除に至った経緯に関しては述べられていないが、学部学生向けのカリキュラムとしては内容が詳細すぎるために削除されたのではないかと考えられる。具体的に削除された項目としては、SDL や Paisley のような抽象計算機、ASM, B, CSP, VDM, Z のような仕様記述言語並びにメソッド、仕様からコードの自動生成、プリグラム導出、仕様と複数の実装との対応つけ、正しさの証明、などがある。

(b) FND: Mathematical and Engineering Fundamentals

FND は数学と工学に関する基礎的な概念に関して定義している。このうち、Mathematical foundations については、代数的構造を除き CCSE2004 で定義された項目が SE2014 にも継承されている。同様に、Engineering foundations for software についても、他分野からの工学原理を除き、CCSE2004 で定義された項目が SE2014 にも継承されている。

一方、Engineering economics for software に関しては、CCSE2004 で定義された 4 つの topic のうち半分の 2 つが SE2014 で削除された。残された 2 つはソフトウェアライフサイクルにおける価値、コスト効果的な解決の評価であり、削除された 2 つはシステムの目標の生成、システムの価値である。SE2014 では削除理由に関して述べられていないが、先の Formal construction methods と同様、学部教育を勘案すると内容が高度だったからではないかと考えられる。

(c) PRF: Professional Practice

PRF はプロフェッショナルな経験に関して定義している。ここでは 3 つの units、すなわち、Group dynamics / psychology, Communications skills (specific to SE), Professionalism が定義されているが、それらすべてが SE2014 でも継承されている。

また、2 つ目のコミュニケーションに関しては重視の傾向があり、具体的には授業所要

時間が 10 時間から 15 時間へと増加している。一方、3 つ目のプロフェッショナルリズムに関しては 20 時間から 6 時間へ減少している。

(d) **MAA: Software Modeling and Analysis**

MAA はソフトウェアモデリングと分析に関して定義している。このうち、Modeling foundations については、半分が削除された。具体的には、モデリングの原則、前提条件、後条件、不変条件、契約プログラミング、数学モデルと形式的表現については継承されているが、モデル記述言語のプロパティ、モデル表現に関する構文と意味、明白性（前提なし、もしくは前提をすべて記述する方式）に関しては削除された。

Types of models に関しては、機能モデリングと分析パターン以外の各項目が CCSE2004 から SE2014 に継承されており、Analysis fundamentals についてはすべてが継承されており、Requirements fundamentals については不正な問題と制約条件としての COTS 以外の各項目が継承されている。ただし、継承されたもののいくつかは REQ (Requirements analysis and specification) の Knowledge Area として定義されているほか、一部は PRO (Software process) Knowledge Area として定義されており、同じ項目の定義であっても概念の整理が行われている。

Eliciting requirements に関しては発展的技術について、また、Requirements specification & documentation については仕様記述言語について、CCSE2004 で定義されていた項目が SE2014 では削除されている。また、その他の SE2014 へ継承された部分については、前述と同様、REQ Knowledge Area で項目が定義されており、概念の整理が行われている。以下、MAA から REQ 並びに PRO への再編が行われた項目を示す。

表 3.1.4-1: MAA から REQ/PRO へ再編された項目

CCSE2004	Description	SE2014	Description
MAA.tm.8	Requirements interaction analysis (e.g. feature interaction, house of quality, viewpoint analysis, etc.)	REQ.rv.5	Requirements interaction analysis (e.g., feature interaction)
MAA.af.3	Analyzing quality (non-functional) requirements (e.g. safety, security, usability, performance, root cause	REQ.rfd.5	Analyzing quality (nonfunctional) requirements (e.g., safety, security, usability, and performance)

	analysis, etc.)		
MAA.af.4	Prioritization, trade-off analysis, risk analysis, and impact analysis	REQ.rfd.9	Prioritization, trade-off analysis, risk analysis, and impact analysis
MAA.af.5	Traceability	REQ.rfd.8	Traceability
MAA.rfd	Requirements fundamentals	REQ.rfd	Requirements fundamentals
MAA.rfd.1	Definition of requirements (e.g. product, project, constraints, system boundary, external, internal, etc.)	REQ.rfd.1	Definition of requirements (e.g., product, project, constraints, system boundary, external, and internal)
MAA.rfd.2	Requirements process	REQ.rfd.2	Requirements process
MAA.rfd.3	Layers/levels of requirements (e.g. needs, goals, user requirements, system requirements, software requirements, etc.)	REQ.rfd.3	Layers/levels of requirements (e.g., needs, goals, user requirements, system requirements, and software requirements)
MAA.rfd.4	Requirements characteristics (e.g. testable, non-ambiguous, consistent, correct, traceable, priority, etc.)	REQ.rfd.4	Requirements characteristics (e.g., testable, unambiguous, consistent, correct, traceable, and priority)
MAA.rfd.5	Managing changing requirements	PRO.pp.1 REQ.rfd.7	Requirements management (e.g., product backlog, priorities, dependencies, and changes) Requirements evolution
MAA.rfd.6	Requirements management (e.g. consistency management, release planning, reuse, etc.)	REQ.rfd.10	Requirements management (e.g., consistency management, release planning, and reuse)
MAA.rfd.7	Interaction between requirements and architecture	REQ.rfd.11	Interaction between requirements and architecture
MAA.rfd.8	Relationship of requirements to systems engineering, humancentered design, etc.	REQ.rfd.6	Software requirements in the context of systems engineering
MAA.er	Eliciting requirements	REQ.er	Eliciting requirements

MAA.er.1	Elicitation Sources (e.g. stakeholders, domain experts, operational and organization environments, etc.)	REQ.er.1	Elicitation sources (e.g., stakeholders, domain experts, and operational and organization environments)
MAA.er.2	Elicitation Techniques (e.g. interviews, questionnaires/surveys, prototypes, use cases, observation, participatory techniques, etc.)	REQ.er.2	Elicitation techniques (e.g., interviews, questionnaires/surveys, prototypes, use cases, observation, and participatory techniques)
MAA.rsd	Requirements specification & documentation	REQ.rsd	Requirements specification and documentation
MAA.rsd.1	Requirements documentation basics (e.g. types, audience, structure, quality, attributes, standards, etc.)	REQ.rsd.1	Requirements documentation basics (e.g., types, audience, structure, quality, attributes, and standards)
MAA.rsd.2	Software requirements specification	REQ.rsd.2	Software requirements specification techniques (e.g., plandriven requirements documentation, decision tables, user stories, and behavioral specifications)
MAA.rv	Requirements validation	REQ.rv	Requirements validation
MAA.rv.1	Reviews and inspection	REQ.rv.1	Reviews and inspections
MAA.rv.2	Prototyping to validate requirements (Summative prototyping)	REQ.rv.2	Prototyping to validate requirements
MAA.rv.3	Acceptance test design	REQ.rv.3	Acceptance test design
MAA.rv.4	Validating product quality attributes	REQ.rv.4	Validating product quality attributes
MAA.rv.5	Formal requirements analysis	REQ.rv.6	Formal requirements analysis

(e) DES: Software Design

DES はソフトウェア設計に関して定義している。ここでは Design concepts, Design strategies, Architectural design, Human computer interface design, Detailed design, Design support tools and evaluation として 6 つの units が定義されている。

この Knowledge Area については、いくつかの項目が CCSE2004 から削除されているが、

それを除くとそのまま SE2014 でも定義されている。ただし、Design support tools and evaluation に関しては、前者だけが削除され Design evaluation とされている。その他 SE2014 で削除された項目は、アーキテクチャスタイル・パターン・再利用、アーキテクチャ記法、SSA/SD/JSD/OOD などの設計記述法、コンポーネント設計、コンポーネントとシステムのインターフェイス設計である。

(f) VAV: Software Verification and Validation

VAV は検証と妥当性確認に関して定義している。このうち、Testing と Human computer user interface testing and evaluation の unit については、テスト実施プロセスを除き、後者をユーザインターフェーステストとして単一の topic に集約したうえで、Testing として SE2014 では定義されている。基礎的な内容である V&V terminology and foundations と Problem analysis and reporting については、CCSE2004 の内容がそのまま SE2014 でも定義されている。

(g) EVO: Software Evolution

EVO はソフトウェア進化に関して定義している。前述の通り、Knowledge Area としての EVO は SE2014 にて定義されていないが、いくつかの項目については、PRO Knowledge Area に再編されたうえで定義されている。以下、再編された項目を示す。

表 3.1.4-2: EVO から PRO へ再編された項目

CCSE2004	Description	SE2014	Description
EVO.pro	Evolution processes	PRO.evo	Evolution processes and activities
EVO.pro.1	Basic concepts of evolution and maintenance	PRO.evo.1	Basic concepts of evolution and maintenance
EVO.ac	Evolution activities	PRO.evo	Evolution processes and activities
EVO.ac.1	Working with legacy systems (e.g. use of wrappers, etc.)	PRO.evo.2	Working with legacy systems
EVO.ac.6	Refactoring	PRO.evo.3	Refactoring

(h) PRO: Software Process

PRO はソフトウェアプロセスに関して定義している。ここでは、Process concepts, Process implementation として2つの units が定義されているが、いくつかの項目を除

き CCSE2004 の項目すべてが SE2014 でも定義されている。SE2014 で削除された項目は、ソフトウェアプロセスモデルの分析とモデル化、ライフサイクルプロセスモデルと国際標準、ISO/IEC 12207 などのソフトウェアライフサイクルプロセスに対する要求がある。

(i) QUA: Software Quality

QUA はソフトウェア品質に関して定義している。このうち、Software quality concepts and culture については、品質工学に関する次元を除き、すべてが CCSE2004 の項目から SE2014 でも定義されている。また、Process assurance に関しては全項目が SE2014 で定義されている。

一方、Software quality standards と Software quality processes については、全項目が SE2014 では削除された。これらについては、プロセスに国際標準に関する項目が削除されていることから、プロセス品質評価に関しても同様に削除されているのではないかと考えられる。

(j) MGT: Software Management

MGT はソフトウェアマネジメントに関して定義している。ここでは Management concepts, Project planning, Project personnel and organization, Project control, Software configuration management として 5 つの units が定義されており、SE2014 ではほとんどの項目が引き続いて定義されている。削除された部分は、プロジェクトマネジメント概論、古典的プロジェクトマネジメントの 2 項目である。

ただし、SE2014 では MGT Knowledge Area 自体は定義されておらず、継承された項目は PRO, PRF, DES の各 Knowledge Area の項目として定義されている。unit 単位で見た場合、Project planning and tracking, Process implementation, Process concepts, Communications skills (specific to SE), Project planning and tracking, Professionalism, Software configuration management の各 unit が SE2014 では定義されている。

(k) SE2014 で新設された項目

前述の通り、SEC, REQ の各 Knowledge Area が SE2014 では新設されている。このうち、SEC は SE2014 で新規に定義されているが、REQ の各項目に関しては、CCSE2004 ですでに定義されていた項目を再編したものが多く含まれている。また、これまでに取り上げた

Knowledge Area 中においても、いくつかの項目が新たに項目として定義されている。

表 3.1.4-3: SE2014 で新設された項目

CCSE2004	Description	SE2014	Description
(対応なし)		MAA.af.3	Analyzing dependability (e.g., failure mode analysis and fault trees)
(対応なし)		REQ	Requirements analysis and specification
(対応なし)		REQ.rfd.6	Software requirements in the context of systems engineering
(対応なし)		REQ.rfd.7	Requirements evolution
(対応なし)		REQ.rsd.2	Software requirements specification techniques (e.g., plandriven requirements documentation, decision tables, user stories, and behavioral specifications)
(対応なし)		DES.ar.7	Relationship between product architecture and the structure of development organization and market
(対応なし)		DES.dd.2	Database design
(対応なし)		DES.dd.3	Design of networked and mobile systems
(対応なし)		VAV.rev.3	Static analysis (common defect detection, checking against formal specifications, etc.)
(対応なし)		VAV.tst.14	Performance testing
(対応なし)		PRO.con.7	Systems engineering life-cycle models
(対応なし)		PRO.pp.6	Project tracking metrics and techniques (e.g., earned value, velocity, burndown charts, defect

			tracking, and management of technical debt)
(対応なし)		SEC	Security
(対応なし)		SEC.sfd	Security fundamentals
(対応なし)		SEC.sfd.1	Information assurance concepts (confidentiality, integrity, and availability)
(対応なし)		SEC.sfd.2	Nature of threats (e.g., natural, intentional, and accidental)
(対応なし)		SEC.sfd.3	Encryption, digital signatures, message authentication, and hash functions
(対応なし)		SEC.sfd.4	Common cryptographic protocols (applications, strengths, and weaknesses)
(対応なし)		SEC.sfd.5	Nontechnical security issues (e.g., social engineering)
(対応なし)		SEC.net	Computer and network security
(対応なし)		SEC.net.1	Network security threats and attacks
(対応なし)		SEC.net.2	Use of cryptography for network security
(対応なし)		SEC.net.3	Protection and defense mechanisms and tools
(対応なし)		SEC.dev	Developing secure software
(対応なし)		SEC.dev.1	Building security into the software development life cycle
(対応なし)		SEC.dev.2	Security in requirements analysis and specification
(対応なし)		SEC.dev.3	Secure design principles and patterns
(対応なし)		SEC.dev.4	Secure software construction

			techniques
(対応なし)		SEC.dev.5	Security-related verification and validation

(3) サイバーセキュリティ・データサイエンスの位置付け

CCSE2004 ならびに SE2014 はソフトウェア工学に関する知識体系並びに大学教育を対象にしたカリキュラムを定めており、その領域にはセキュリティ関連並びにデータサイエンス関連に関するものも幅広く扱われている。以下、現時点でのカリキュラム標準である SE2014 を対象にし、両分野の位置づけについて述べる。

サイバーセキュリティ関連としては、最上位の概念である Knowledge Areas として SEC (Security) が定義されている。これは CCSE2004 では存在しておらず、近年のサイバーセキュリティに関する注目度の高さ、ならびに重要性を反映したものであると考えられる。

SEC カテゴリはさらに3つのサブカテゴリに分類される。1つ目は Security fundamentals (セキュリティの基礎) であり、情報保全や脅威に関する概念、暗号、電子署名、メッセージ認証、ハッシュ関数、暗号プロトコル、ソーシャルエンジニアリングにかかわる諸問題など、セキュリティにおける基礎的な話が扱われている。2つ目は Computer and network security (コンピュータとネットワークのセキュリティ) であり、ネットワークセキュリティの脅威や攻撃、ネットワークセキュリティのための暗号化技術の利用、保護や防御のためのメカニズムならびにツールといった、ネットワークにかかわる問題が扱われている。最後の3つ目は Developing secure software (安全なソフトウェアの開発) であり、ソフトウェアライフサイクルにおけるセキュリティの構築、要求分析や要求定義におけるセキュリティ、安全なデザインの原則並びにパターン、安全なソフトウェア構築技術、セキュリティ関連の検証と妥当性確認といった、ソフトウェア開発の各段階におけるセキュリティの考え方が扱われている。

データサイエンス関連としては、大きく分けてデータ自身に関する話とデータ分析に関する話が、複数の Knowledge Areas にて扱われている。前者については、データ構造や複雑度といった基礎的な概念から始まり、データベース基礎、データ構造中心設計などが体系的に扱われている。後者については、ソフトウェア開発の各段階における分析に関して言及がなされており、具体的には、モデル分析、分析の正確性や依存性、要求段階での分析、

フォーマルな要求分析、プログラムに対する静的並びに動的分析、パフォーマンス分析など、多様な分析に関する技術が扱われている。

(4) J17 策定へ向け

情報処理学会情報処理教育委員会ソフトウェアエンジニアリング教育委員会は、大阪大学の井上克郎教授を筆頭に 17 人で構成されており、平成 28 年度より J17-SE の策定に向けて鋭意作業を遂行している。これまで、現在の標準である SE2014 の構成を把握し、J07-SE 策定時の標準である CCSE2004 と SE2014 で述べられている SEEK 内各項目の差異について精細な調査を行い、それに基づいて J17-SE で定める知識項目に関して検討を行った。

J17-SE は、前身である J07-SE の構成を基本としつつ、最近の標準である SE2014 を参照した上で、カリキュラム標準を再設計することを考えている。その策定にあたって、以下の各項目が再設計におけるポイントとなる。

(a) 南山大学のソフトウェア工学科開設時における J07-SE 適用時の指摘

前述の通り、J07-SE カリキュラムをソフトウェア工学科開設時に適用した事例から、いくつかの留意点が存在することが分かった。具体的には、企業ソフトウェアと組み込みソフトウェアの両分野を組み合わせたカリキュラムモデル、学部教育における時間制約を考慮した科目の検討など、カリキュラムを構成するにあたって配慮が必要な事項が存在する。J17-SE では、これらに対する配慮を取り込むことによって、より良いカリキュラムの構築を目指す。

(b) 授業科目間の依存関係

J17-SE 知識項目に対応して各授業項目を定めることになるが、授業間の依存関係、具体的には授業内容が他の授業の内容を習得していることを前提とするかどうかを、知識項目が J17-SE で再構成されることに応じて、改めて検討しそのえっかを取り込む。南山大学の事例においては、すべての科目を等価に扱い、授業科目間での依存関係を作らないように定めており、J17-SE でも同様の作業が必要となる。

(c) J17-SE 知識項目

J17-SE 知識項目は SE2014 を参照して作成するところであるが、CCSE2004 との対応を考慮してナイブに構成する場合、特に CCSE2004 で定義されているが SE2014 にて項目が消滅した部分の取り扱いをどのように行うか、詳細な検討が必要である。J07-SE 知識項

目は、授業科目として取り扱いが容易となるように構成されているが、項目が削除された場合に、1つの授業科目で取り扱うには知識項目数が少なすぎる場合がある。また、SE2014で新たに定められた項目に関する取り扱いも、既存の知識項目の中で取り扱うか、新たな知識項目とするか、検討を行うことによってカリキュラムの再設計を行う。

(d) 授業科目内の構成

前出した J17-SE 知識項目の検討とも関連するが、授業項目内での知識項目に関する出現の順番は、項目の変動に伴って再検討が必要である。例えば、ソフトウェアプロセス、プロジェクトマネジメント、ソフトウェア構築の分野は SE2014 においても相互に関連しており、対応する授業の進捗、配当年次などを勘案すると、どの項目を、どの授業で、どのような順番で行うかは、より良い知識の習得を行えるようにするために、検討が必要な部分である。また、形式手法や構造化分析/設計など、知識項目に大幅な変更が行われた部分に関しては、国内での状況等を勘案しつつ、J17-SE としてどのような取り扱いを行うか検討が必要である。

3.1.5. インフォメーションテクノロジー

現代の私たちの生活や社会基盤は情報通信技術により支えられており、情報通信技術は私たちの生活や価値観を変え、ビジネスモデル、職業観や働き方を変えてきている。情報通信技術は遠隔講義や反転学習、電子教材などを可能とし、教育のあり方も変えてきている。企業では、ビジネスにどのように情報通信技術を活用するかが重要となってきたが、情報通信技術の発展速度は早く、10年後の情報通信技術を予測することは難しい。このため、情報専門教育を受けた学生に対して、情報通信技術を俯瞰し、将来の情報通信技術をある程度予測できることが期待されている。インフォメーションテクノロジーでは、情報通信技術の動向を見極め、企業等の組織における情報通信基盤の設計、構築、管理、維持を行うために必要な知識やスキルの修得を目的としている。

(1) J07 時点以降の進展

(a) インフォメーションテクノロジーが策定された背景

ネットワーク、データベース、セキュリティなどの情報技術の融合により情報システムが構成されているが、情報技術の陳腐化は早く、情報技術の動向を見極めた設計や構築が重要となっている。欧米や日本での専門情報教育は、情報科学を中心に、ソフトウェア工学、情報システム学などで構成されているが、最新の高度な情報通信技術やその動向を学ぶ教育は少なく、社会のニーズと大学の教育内容との間に大きなギャップが生じている。

このような問題認識をもとに、インフォメーションテクノロジー領域（以下、IT 領域と略す）のカリキュラムが新たに策定された。

(b) ACM でのインフォメーションテクノロジーの策定

IT 領域は、ACM(The Association for Computing Machinery)、AIS(The Association for Information Systems)および IEEE-CS(The Computer Society)により 2005 年 9 月に策定された Computing Curricula 2005(以下、CC2005 と略す)に新設された領域である。CC2005 は IT 領域が新たに加わり CS、SE、IS、CE、IT の 5 つの領域となった。CC2005 の 2006 年 3 月の最終版は、以下の URL により公開されている。

http://www.acm.org/education/curric_vols/CC2005-March06Final.pdf

また、CC2005 で新たに加わった IT 領域(以下、IT2005 と略す)のカリキュラムと知識体系は以下の URL により公開されている。

http://www.acm.org/education/curric_vols/IT_October_2005.pdf

CC2005 では、各領域の関係について述べられているが、IT 領域は、図 3.1.5-1 に示す右端の濃い灰色の部分に該当する。すなわち、理論的な部分ではなく、応用分野であり、ハードウェアは対象とせず、ソフトウェア技術を対象とする。

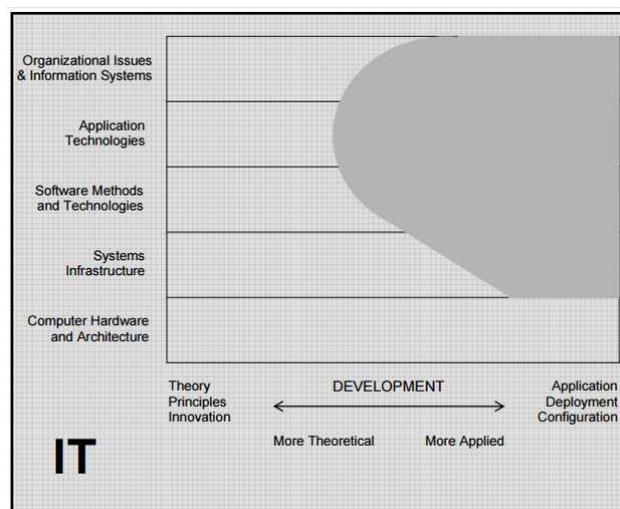


図 3.1.5-1 CC2005 における IT 領域の位置付け

(出典 http://www.acm.org/education/curric_vols/CC2005-March06Final.pdf)

(c) 国内でのインフォメーションテクノロジーの策定

国内においては、情報処理学会 情報処理教育委員会は、大学の情報系専門教育のカリキュラム標準 J07(以下、J07 と略す)の策定の検討が 2006 年から始まり、CC2005 と同様に、J07 に IT 領域が新たに組み込まれることとなった。

このため、インフォメーションテクノロジー教育委員会(以下、IT 教育委員会と略す)を 2006 年 9 月に新たに発足させた。IT 教育委員会のメンバは、IT2005 の内容に鑑み、産業界で人材育成に携わる者と大学教員とで構成した。

IT 領域のカリキュラム標準の策定は、IT 教育委員会が中心に行い、J07 において初めて IT 領域のカリキュラム標準(以下、J07-IT と略す)が策定された。

(d) J07-IT 策定の方針

現在、J07-IT の知識体系とカリキュラム標準は以下の URL で公開されている。

<http://www5.si.gunma-u.ac.jp/sado/it/index.html>

IT 教育委員会では、J07-IT 策定において検討を重ね、以下の方針とした。

- IT2005 の知識体系を日本語化する(以下、J07-ITBOK と略す)。
- J07-ITBOK をベースに、日本の大学教育に合ったカリキュラムを設計する。
- IT2005 に記載されている内容や時間数を基本的に踏襲する。

- J07-ITBOK を作成するに際しては、以下の方針とした。
- IT2005 のコア (12 エリア 281 時間) を全て対象とする。
- IT2005 のエリア構成、ユニット構成と同じとする。
(各エリアには複数のユニット(全部で 81)で構成されている)
- 各ユニットは、最低履修時間、トピック、学習成果で構成する

J07-IT のカリキュラム策定に際しては、以下の方針とした。

- カリキュラムはシラバスをイメージして作成し、科目名、単位数、目的、概要、目標、講義項目、先修・関連科目、授業方法、教科書・参考書、成績評価方法・評価基準、備考で構成する。
- J07-ITBOK の学習成果を全てカリキュラムに盛り込む。
- 対象学年は 1 年前期から 3 年後期までとする。
- 授業科目は 2 単位を基準とし、2 単位とは 90 分×15 回とする。
なお 1 回目はガイダンス、15 回目は試験とし、実質 13 回とする。
- ユニットの単位をカリキュラムのラーニングユニット (LU) とする。
- 学習成果をラーニングオブジェクト (LO) とする。
- 科目はエリアの分類をなるべく尊重し、LU の組み合わせで構成する。
- 科目の各回の授業内容は独立性を高めるように工夫する。
- 教える順番は J07-ITBOK の順番にこだわらず、教えやすさを重視する。
- シラバスのイメージに対し、J07-ITBOK の LU と LO の対応を明記する。

J07-IT の策定では、IT2005 のエリア構成を踏襲することとしていたため、J07-IT のエリアの構成は、以下ようになった。

- ITF IT 基礎
- HCI ヒューマンコンピュータインタラクション
- IAS 情報保証と情報セキュリティ
- IM 情報管理
- IPT 技術を統合するためのプログラミング
- NET ネットワーク
- PF プログラミング基礎
- PT プラットフォーム技術
- SA システム管理とメンテナンス
- SIA システムインテグレーションとアーキテクチャ
- SP 社会的な観点とプロフェッショナルとしての課題
- WS Web システムとその技術

IT2005 では、エリアに、複数のユニットがあり、それぞれに複数のトピックスと学習成果目標(Core learning outcomes と Elective learning outcomes)が定義されている。IT 教育委員会ではまず、それらを日本語化した。

IT2005 では、各ユニットの学習時間数が記載されているが、IT 教育委員会ではその学習時間について検討を行ったが、ほぼ妥当な時間であると考え、時間数の変更を基本的には行わないこととした。

(e) J07-IT で策定された成果のイメージ

J07-IT のカリキュラムは、シラバスのイメージと履修モデルにより構成されており、シラバスと J07-ITBOK との対応版のイメージは図 3.1.5-2 のようなものである。

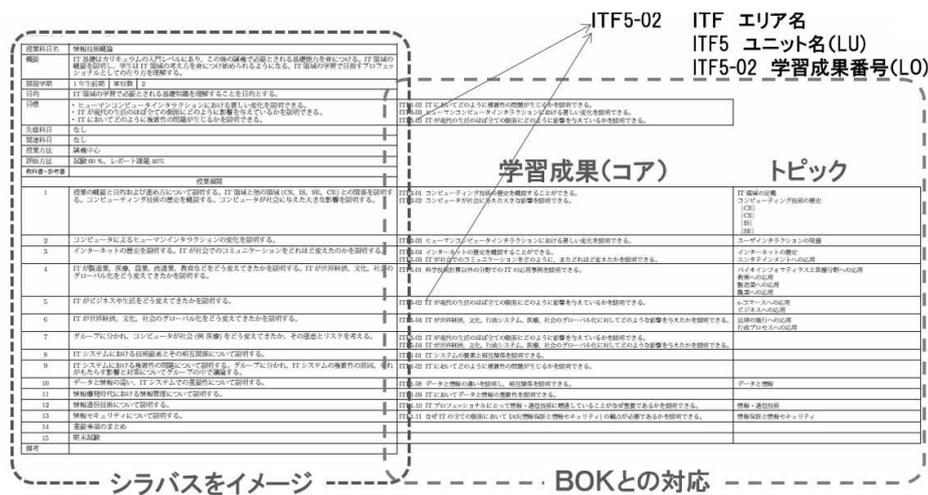


図 3.1.5-2 J07-IT のシラバスと J07-ITBOK との対応版のイメージ

J07-IT のシラバスおよび J07-ITBOK との対応の全ての科目については、以下の URL で公開されている。

シラバスのみ

HTML 版 <http://www5.si.gunma-u.ac.jp/it/07/syllabus07.html>

PDF 版 <http://www5.si.gunma-u.ac.jp/it/07/syllabus07.pdf>

シラバスと J07-ITBOK との対応版

HTML 版 <http://www5.si.gunma-u.ac.jp/it/07/syllabus07-core.html>

PDF 版 <http://www5.si.gunma-u.ac.jp/it/07/syllabus07-core.pdf>

J07-IT の履修モデルは、図 3.1.5-3 のとおりである。

図の→は先修科目を表している。PBL 型のシステム開発演習など総合的な演習をいくつか配置している。演習科目は1単位とした。

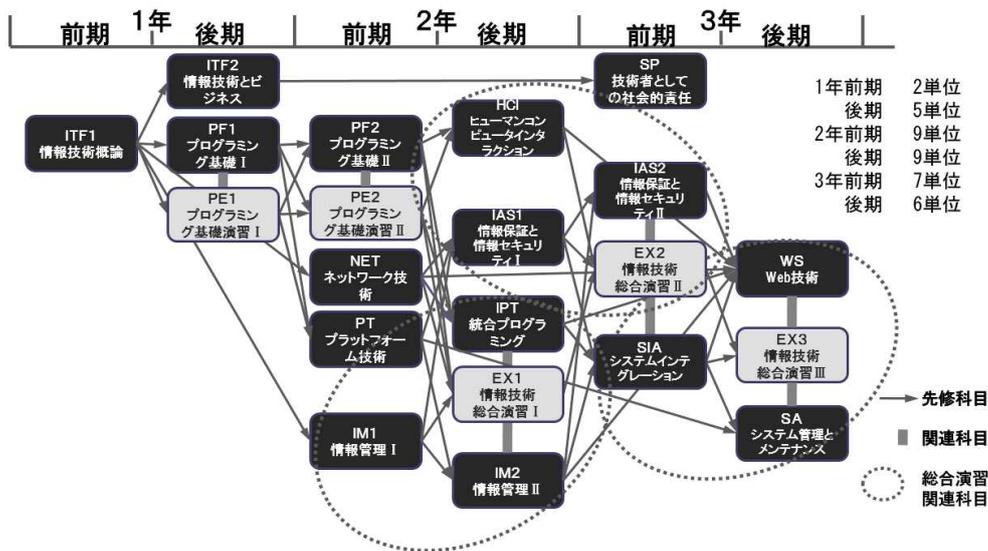


図 3.1.5-3 J07-IT の履修モデル

(f) IT2008 への対応

J07-IT のカリキュラム標準が策定された後、ACM では、IT 領域のカリキュラム標準の改訂版が 2008 年 11 月に公開された(以下、IT2008 と略す)。

IT2008 の内容は以下の URL で公開されている。

<http://www.acm.org/education/curricula/IT2008%20Curriculum.pdf>

IT2008 では、IT 領域の教育分野を図 3.1.5-4 のように定義している。

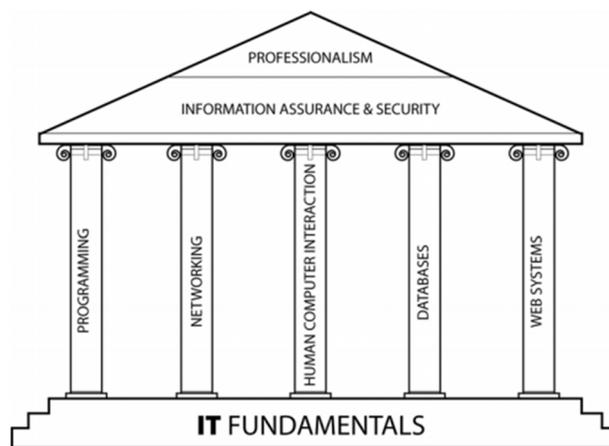


図 3.1.5-4 IT2008 での IT 領域の教育分野

すなわち、IT 領域の基礎知識として、プログラミング、ネットワーク、ヒューマンコンピュータインタラクション、データベース、Web システムの 5 つがあり、それらの全体を包括する情報の保証と情報セキュリティ、そしてプロフェッショナリズムが

ある、という構成である。

IT2008 では IT2005 の 12 エリアが全て踏襲され、それらについては大幅な変更はなかった。IT2008 では、新たに 1 つのエリアが追加となった。そのエリアとは IT に関する離散数学と統計(MS : Math and Statistics for IT)である。

IT 教育委員会では、IT2005 と IT2008、J07 の各エリアの内容について調査を行った。IT2008 と IT2005、J07 とのエリアに関する比較は、以下の URL で公開している。

比較表

<http://www5.si.gunma-u.ac.jp/sado/it/it08/abstract.cgi>

エリア毎の比較内容

<http://www5.si.gunma-u.ac.jp/sado/it/it08/>

IT 教育委員会では、IT2008 の内容を調査し、J07-IT のカリキュラム改訂の是非について検討した。そこで、離散数学と統計を 38 時間分、IT 領域に組み入れることとした。それ以外について、IT2008 では IT2005 からの大幅な変更が無かったため、IT2008 に合わせて J07-IT の改訂は見送ることとした。

(g) JABEE への対応

その後、日本技術者教育認定機構(JABEE)の情報専門系教育プログラムの認定に、2010 年から IT 分野が加わり、CS、IS、IT、情報一般の 4 分野で受審できるようになった。そして IT 分野の申請を受け付けが開始された。

J07-IT は、IT 分野のカリキュラム標準となっている。

2017 年 3 月までに、IT 分野での受審の申請、および審査は 0 件である。

(h) ABET での状況

米国では、Accreditation Board for Engineering and Technology(ABET)により技術者教育プログラムの認定が行われている。

2011 年 3 月時点、および 2017 年 3 月時点での ABET の米国内の 4 年生大学における受審実績は次のとおりである。

2011 年 3 月 CS : 270、IS : 34、SE : 21、CE : 224、IT : 15

2017 年 3 月 CS : 287、IS : 40、SE : 26、CE : 241、IT : 34

米国内では、IT の技術者教育プログラムの認定が急速に伸びている

(2) J07 時点の標準と現時点での標準の変化

(a) 社会状況の変化

2015 年までに IT 領域のカリキュラムの変更は行われず、J07-IT の改訂も行われて

いない。一方で、社会では、情報通信技術の発展により、大きな変化が起きている。例えば、インターネットへの接続方法が、パソコンから携帯電話やスマートフォンとなり、携帯電話のネットワークの高速化により、インターネットから取得する情報も、文字情報から画像や映像に代わってきている。

IT2005 や IT2008 には、情報セキュリティに関する教育内容が含まれていたが、スマートフォンの乗っ取りなどの事件が多発している今日においては、情報セキュリティに関する範囲も広がり、その技術を学ぶ重要性がより増している。

(b) IT2017 ドラフト版

2016 年に IT 領域のドラフト版が ACM により公開された。2016 年 5 月に IT2017 ドラフト版の Ver. 0.61 版(以下、IT2017 ドラフト版)が以下の URL で公開されている。

<https://unh.app.box.com/v/IT2017v061>

IT2005 や IT2008 と比べると IT2017 ドラフト版では、エリアの枠組みの変更はないが、モバイルシステムに関する技術や、情報セキュリティに関する技術などが追加され、他のエリアについても、時代に即した技術内容に改訂が行われている。IT2017 ドラフト版では、必修と補足とに分かれており、必修内容は 290 時間、補足内容は 245 時間の内容から 130 時間を選択としている。補足には、クラウドコンピューティング、IoT などが含まれている。

(c) IT2017 ドラフト版、IT2008、IT2005、J07-IT との比較

IT2017 ドラフト版の必修内容および、IT2008、IT2005 のコア時間数、J07-IT の単位数の対比を表 3.1.5-1 に示す。

IT2017 ドラフト案での 1 時間とは、対面講義の 50 分を意味し、それ以外に約 5 倍の時間を予習、復習、レポート作成時間に充てることを想定している。

表 3.1.5-1 IT2017 ドラフト版、IT2008、IT2005、J07-IT の時間数の対比

記号	エリア名	IT2017 時間	IT2008 時間	IT2005 時間	J07 単位
ITF	IT 基礎		25	33	4
HCI	ヒューマンコンピュータインタラクション		20	20	2
UXD	ユーザーエクスペリエンスデザイン (IT2017)	20			
IAS CSP	情報保証と情報セキュリティ サイバーセキュリティ (IT2017)	40	23	23	4
IMA	情報管理	40	34	34	4
IPT IST	技術を統合するためのプログラミング 統合システム技術 (IT2017)	20	23	23	2
NET	ネットワーク	35	22	20	2
PF SWF	プログラミング基礎 ソフトウェアの基礎 (IT2017)	30	38	38	4
PFT	プラットフォーム技術	15	14	14	2
SAM	システム管理とメンテナンス	20	11	11	2
SIA	システムインテグレーションとアーキ テクチャ	20	21	21	2
SP GPP	社会的な観点とプロフェッショナルと しての課題 グローバルな観点とプロフェッショナル としての課題 (IT2017)	25	23	23	2
WS WMS	Web システムとその技術 Web およびモバイルシステム (IT2017)	25	22	21	2
MS DSC	IT に関する数学と統計 離散構造 (IT2017)	(30)	38	無	無
	プログラミング演習 1, 2、 総合演習 1~3	無	無	無	6
	合 計	290	314	281	38

IT2008 では、離散数学と統計(38 時間)が追加されたが、IT2017 ドラフト版では、数学に関する内容は IT 領域の専門科目とはせず、必修内容から外されている。しかし、数学に関する内容は 90 時間程度学ぶことを推奨しており、確率、統計、線形代数、微積分などに 60 時間、IT に関連した数学として離散数学を 30 時間履修することが望ましいとしている。

(d) IT2017 ドラフト版が想定している授業形態

IT2017 ドラフト版では、IT 領域の内容を学ぶ意義、IT 領域を学んだ学生が社会でどのような期待に応えられる人材となれるか、卒業後に活躍するイメージや期待について述べられている。

また IT2017 ドラフト版では、技術的な知識やスキルだけではなく、コミュニケーションスキル、チームワークスキルなどのソフトスキルが重要であるとも述べている。ソフトスキルが IT 領域の卒業生を雇用する際の重要な要素となっている、述べられている。ソフトスキルについては、大学で教えることは難しいとも述べられている。また、ソフトスキルは、ソフトスキルだけを対象に教えるものではなく、例えばチームワークなどは、授業の演習を通じて学ぶものである、と述べられている。

IT2017 ドラフト版の時間数については、以下の想定で策定されている

- 1 時間は、対面講義 50 分を想定(前述)
- 授業は、前期後期の 2 学期、1 学期は 15 週で実施
- 15 週のうち、最終週は試験を行うため、実質的な講義は 14 週
- 1 時間の講義 14 週分を 1 単位
- 1 学期に 15 単位を取得し、1 年で 30 単位、4 年で 120 単位を取得
(1 年間 30 単位は、時間数にすると 420 時間)
- IT2017 ドラフト版の必修 290 時間、補足 130 時間、合計 420 時間

(3) サイバーセキュリティ・データサイエンスの位置付け

(a) IT 領域におけるサイバーセキュリティについて

サイバーセキュリティについて、J07-IT の当初から IT 領域には情報セキュリティに関する学習内容が組み込まれていた。J07-IT では、IAS のエリアが該当し、内容は以下の IAS1 から IAS11 までの内容となっている。なお、()内の数値は学習時間を表している。

IAS1 基礎的な問題 (3)

- IAS2 情報セキュリティの仕組み（対策）（5）
- IAS3 運用上の問題（3）
- IAS4 ポリシー（3）
- IAS5 攻撃（2）
- IAS6 情報セキュリティ分野（2）
- IAS7 フォレンジクス（情報証拠論）（1）
- IAS8 情報の状態（1）
- IAS9 情報セキュリティサービス（1）
- IAS10 脅威分析モデル（1）
- IAS11 脆弱性（1）

また、IT2017 ドラフト版では、ITE-CSP Cybersecurity Principles に該当し、以下の内容となっている。なお、()内の数値は学習時間を表している。

- ITE-CSP-01 History and overview（1）
- ITE-CSP-02 Policy goals and mechanisms（2）
- ITE-CSP-03 Security services, mechanisms, and countermeasures（4）
- ITE-CSP-04 Cyber attacks and detection（4）
- ITE-CSP-05 High assurance systems（4）
- ITE-CSP-06 Vulnerabilities, threats, and risk（5）
- ITE-CSP-07 Anonymity systems（2）
- ITE-CSP-08 Usable security（3）
- ITE-CSP-09 Cryptography overview（3）
- ITE-CSP-10 Malware fundamentals（2）
- ITE-CSP-11 Mitigation and recovery（3）
- ITE-CSP-12 Personal information（2）
- ITE-CSP-13 Operational issues（4）
- ITE-CSP-14 Reporting requirements（1）

ITE-CSP-01 の History and overview(歴史と概要)であるが、これは全てのエリアに共通の項目であり、サイバーセキュリティに特化したものではない。

J07-IT の情報セキュリティと比べると、IT2017 ドラフト版では、漠然とした内容から、セキュリティの対象に応じたより具体的な内容に変化し、学習時間も大幅に増えている(23 時間から 40 時間)。

IT 領域の専門教育を受けた学生に、サイバーセキュリティについて期待することは、どのような脆弱性や脅威があり、それらに対してどのような対策をとればよいか

を知っていることである。IT2017 ドラフト版のカリキュラム全体の中でサイバーセキュリティは情報マネジメントと並び、学習時間が 40 時間(必修時間の 13.8%)と最も時間数が多く、重点的な内容の一つとなっている。

しかし、国内には主に社会人を対象としたサイバーセキュリティを学ぶための大学院大学も存在し、サイバーセキュリティを業務としている技術者を育てるには、40 時間は十分な内容とは言えない。

情報技術には、セキュリティ、ネットワーク、システム統合など様々な技術があり、相互に関係性がある。IT 領域を学んだ学生には、それら情報技術の全体的な関係を俯瞰することができることを期待されている。このため、IT 領域の専門教育では学ぶ情報技術分野のバランスが重要となり、このため 40 時間に設定されている。

(b) IT 領域におけるデータサイエンスについて

データサイエンスについては、IT 領域では扱っていない。J07-IT には、情報管理(IM)というエリアがあり、そのユニットは以下の内容となっている。なお、()内の数値は学習時間を表している。

- IM1 情報管理の概念と基礎 (8)
- IM2 データベース問合わせ言語 (9)
- IM3 データアーキテクチャ (7)
- IM4 データモデリングとデータベース設計 (6)
- IM5 データと情報の管理 (3)
- IM6 データベースの応用分野 (1)

これらの内容は、データ設計、データベースの設計や管理を学ぶ内容となっており、合計時間は 34 時間である。

IT2017 ドラフト版でも、同様に ITE-IMA Information Management が該当し、以下の内容となっている。なお、()内の数値は学習時間を表している。

- ITE-IMA-01 History and overview (1)
- ITE-IMA-02 Data-information concepts (6)
- ITE-IMA-03 Data modeling (9)
- ITE-IMA-04 Database query languages (9)
- ITE-IMA-05 Data organization architecture (8)
- ITE-IMA-06 Special-purpose databases (2)
- ITE-IMA-07 Managing the database environment (5)

これらの内容も、データ設計、データベースの設計や管理を学ぶ内容となっており、合計時間は 40 時間である。

IT 領域の専門教育では、データを記録や管理するためのデータモデルやデータベース技術を学ぶことを目的としており、データ形式の変換、データマイニング、可視化、機械学習などのデータサイエンスの内容は含まれていない。

(4) J17 策定へ向けて

(a) IT 領域の教育が行われている大学の実態

IT 領域の教育は社会や企業からのニーズがより高まってきているが、JABEE の審査が過去に 1 件も無いことから IT 領域の教育が行われている大学は少数なのではないかと考えられていた。しかし、今回の調査において、表 2.2.1.1-1 の「学校基本調査の区分と J07 カリキュラム標準の専門分野に基づく学生数および回答数の分布」において、回答総数 279 のうち、IT 領域は 33、学生数では、総数 26112 人に対し、IT 領域は 2677 人であった。すなわち、IT 領域の教育を行っている学科等が、13.3%、学生数では、10.3% であることが分かった。この数は、CS に次ぐ数値であった。

また IT 領域の教育を行っている大学の対象領域も、社会科学や人文科学など幅広いことも分かった。

J17 策定に向けて、社会科学や人文科学などで行われている IT 領域の教育など、各大学のカリキュラムの詳細を調査が必要であろう。IT 領域のカリキュラム標準との整合性を調査し、また、IT 領域のカリキュラム標準に関する意見を聴く機会を設けることも必要である。

(b) J17-IT の策定の方針について

J07-IT の策定に際し、国際的な相互認証評価の観点から、CC2005 の IT 領域の内容がほぼ踏襲された。(ただし、米国特有の法律など日本国内では不適切な部分については日本の状況に合わせて修正が加えられた。)

J17-IT のカリキュラム標準の策定についても、同様と考えるべきである。すなわち、国際的な相互認証評価の観点から、ACM が策定する IT 領域のカリキュラムの内容を踏襲したものとして J17-IT が策定されると考えられる。

IT2017 ドラフト版に代わる正式版(IT2017)が近々に公開されると思われるが、J17-IT はその内容に準じた内容となるであろう。

なお、現在、IT 教育委員会では、J17-IT の策定について、以下の方針とする予定である。

- ・ IT2017 ドラフト版に代わる正式版 IT2017 を基準に J17-IT を策定する。
- ・ J17-IT の知識体系は IT2017 と同じとし、日本語化は行わない。
- ・ 日本の大学教育に合った日本語カリキュラムを策定する。

(c) J17-IT の日本語カリキュラム策定の方針について

J17-IT の日本語カリキュラム策定において、時間数については、IT2017 の時間数を基準とするのが妥当である。IT2017 ドラフト版の時間とは、先にも述べたように、1 時間とは 50 分の講義時間のことで、1 単位の授業時間は、50 分の授業を半期 14 週で実施することを想定している。

J17-IT では、時間の設定をどのように考えるか、IT 教育委員会で検討が行われた。2 単位の授業時間は、2 時間を 15 回で 30 時間であるが、多くの大学では、90 分を 15 回で実施されている。すなわち、2 単位の講義での実際の授業時間は 22.5 時間である。また、初回の授業で 1 時間程度のガイダンスを行うことを考えると実際には 21.5 時間となる。また授業の合間にミニテストを行うなどを考慮して、IT 教育委員会では、IT2017 ドラフト版の 20 時間を 2 単元に換算する、と決めたがそれは妥当な数値であると考えられる。

すなわち、IT2017 ドラフト版では、必修 290 時間、補足 130 時間、合計 420 時間としているが、それは J17-IT において、42 単位分に相当する。

多くの日本の大学の情報の専門教育では 4 年生に卒業研究を行うため、1 年生から 3 年生までの間で 120 単位近くの単位を取得する。この 42 単位は、その 1/3 程度に相当する。

IT2017 ドラフト版の正式版(IT2017)はまだ公開されていないが、現時点で IT 教育委員会では、IT2017 ドラフト版をもとに、J17-IT のカリキュラムの内容を検討が行われている。

J17-IT のカリキュラム策定の方針は、J07-IT の策定方針をもとに、以下の方針とすることが検討されている。

- ・ カリキュラムはシラバスをイメージして作成する。
- ・ 対象学年は 1 年前期から 3 年後期までとする。
- ・ 授業科目は 2 単位を基準とし、2 単位は 90 分×15 回をモデルとする。
- ・ 授業科目はエリアの分類をなるべく尊重する。
- ・ 授業科目の各回の授業内容は独立性を高めるように工夫する。

(d) J17-IT の必修科目構成について

J07-IT の必修科目構成と単位数は、表 3.1.5-2 のように想定している。表の IT2017 とは、IT2017 のドラフト版の時間数である。

IT2017 の 20 時間は 2 単位、40 時間は 4 単位とし、ネットワーク、ソフトウェアの基礎、Web およびモバイルシステムには、それぞれに演習を組み込み 4 単位とし、必

修については合計で 32 単位とした。

表 3.1.5-2 J17-IT の必修科目構成と単位数

記号	エリア名	IT2017 時間	J17 単位	IT2005 時間	J07 単位
ITF	IT 基礎			33	4
UXD	ユーザーエクスペリエンスデザイン	20	2	20	2
CSP	サイバーセキュリティ	40	4	23	4
IMA	情報管理	40	4	34	4
IST	統合システム技術	20	2	23	2
NET	ネットワーク 演習	35	2 2	20	2
SWF	ソフトウェアの基礎 プログラミング演習	30	2 2	38	4
PFT	プラットフォーム技術	15	2	14	2
SAM	システム管理とメンテナンス	20	2	11	2
SIA	システムインテグレーションとアーキ テクチャ	20	2	21	2
GPP	グローバルな観点とプロフェッショナル としての課題	25	2	23	2
WMS	Web およびモバイルシステム 演習	25	2 2	21	2
	プログラミング演習 1、2、 総合演習 1～3	無	無	無	6
	合 計	290	32	281	38

(e) J17-IT の選択科目構成について

J07-IT の必修科目構成と単位数は、表 3.1.5-2 のように想定している。表の IT2017 とは、IT2017 のドラフト版の時間数である。

IT2017 の 20 時間は 2 単位、40 時間は 4 単位とし、ネットワーク、ソフトウェアの基礎、Web およびモバイルシステムには、それぞれに演習を組み込み 4 単位とし、必修については合計で 32 単位とした。

表 3.1.5-2 J17-IT の必修科目構成と単位数

記号	エリア名	IT2017 時間	J17 単位	IT2005 時間	J07 単位
ITF	IT 基礎			33	4
UXD	ユーザーエクスペリエンスデザイン	20	2	20	2
CSP	サイバーセキュリティ	40	4	23	4
IMA	情報管理	40	4	34	4
IST	統合システム技術	20	2	23	2
NET	ネットワーク 演習	35	2 2	20	2
SWF	ソフトウェアの基礎 プログラミング演習	30	2 2	38	4
PFT	プラットフォーム技術	15	2	14	2
SAM	システム管理とメンテナンス	20	2	11	2
SIA	システムインテグレーションとアーキ テクチャ	20	2	21	2
GPP	グローバルな観点とプロフェッショナル としての課題	25	2	23	2
WMS	Web およびモバイルシステム 演習	25	2 2	21	2
	プログラミング演習 1, 2、 総合演習 1~3	無	無	無	6
	合 計	290	32	281	38

(f) J17-IT の選択科目構成について

IT2017 ドラフト版では、必修 290 時間の他に、補足として、245 時間から 130 時間を選択することとしている。選択の内容は、以下のとおりである。()内の数値は学習時間を表している。

ITS-DSA Data Scalability and Analytics (30)

ITS-ANE Applied Networks (30)

ITS-IOT Internet of Things (30)

ITS-MAP Mobile Applications (25)

ITS-SDM Software Development and Management (20)

ITS-SRE Social Responsibility (20)

ITS-VSS Virtual Systems and Services (30)

ITS-CCO Cloud Computing (30)

ITS-CEC Cybersecurity Emerging Challenges (30)

この 9 つの部分について、IT 教育委員会で検討が行われた。その結果、20 時間のものは 2 単位とする。25 時間は、内容を一部削減し、20 時間に調整し、2 単位科目とする。30 時間の 6 科目については、次の 3 つの案のいずれかで進めることとなった。

案 1 レベルを低く設定し、2 単位科目とする。

案 2 内容を一部削減し、20 時間にし、2 単位科目とする。

案 3 内容の一部を必修科目に移し、20 時間にし、2 単位科目とする。

IT 教育委員会では、選択科目として半数～全科目のカリキュラムを策定する方針となった。すなわち、J17-IT のカリキュラムでは、必修科目として 16 科目(32 単位)、選択科目として 4～9 科目程度、合計で 20～25 科目を作成することになる予定である。

(g) J17-IT の策定の今後の進め方について

今年度は、IT 教育委員会により、J17-IT の策定方針が定められた。J17 の他の領域でも同様の検討が行われており、平成 29 年度には、各領域で定めた方針についてのすり合わせを行い、J17 としての統一方針を決める予定である。

(h) J17-IT の今後の検討の進め方について

IT 教育委員会により、J17-IT が策定される予定である。J17-IT の策定は、IT2017 が公開された後に、カリキュラム策定の活動が開始される予定である。IT2017 は 2017 年度前半に公開されることを期待しており、平成 29 年度前半からカリキュラム策定を始められると考えている。

情報通信技術が、ビジネスや社会の変革をおこしており、企業や社会では幅広い視野で情報通信技術が俯瞰でき、情報通信技術の動向を見極め、今後の情報通信技術の変容を見越して情報化戦略の構想を考えたり、情報基盤の設計できたりする人材が求められている。

このような人材を育てることが、IT 領域のカリキュラムである。米国では、ABET の IT 領域の審査が増えてきており、社会からのニーズが高い IT 領域の教育プログラムを実施する大学が増えてきている、と考えられる。日本でも今回の全国調査から、IT 領域のカリキュラムが、情報系専門教育の 13%、CS 領域に次ぐ数があり、大学での情報系専門教育での IT 領域の教育が増えていると考えられる。J17-IT

カリキュラムが、IT 領域の教育を行っている学科等のカリキュラム策定に参照されること、JABEE の審査においても IT 領域の審査が実施されることを祈念している。

3.1.6. 一般情報教育

一般情報教育は、情報系、非情報系に関わらず全ての学生に対する情報教育と捉え、国内外での教育の現状と関連分野の進展、初等中等教育での情報の取り扱い、社会や産業界の要請について検討した上で、学部教養教育レベルの知識体系（BOK）を制定し、加えてコアとなる学習単位（Learning Unit）を示すことによって、高校での情報教育および社会や産業界の養成とも整合する専門分野を問わない情報教育の推進を目指す。

(1) J07 時点以降の進展

一般情報教育は全学部全学科の初年次生を対象とする一般的な教養レベルの情報学に関する教育である。情報学は理系、文系の枠を超えた多くの分野で構成されており、教養レベルに限ったとしても、その内容は広い分野を含むことになる。この中から全ての初年次生に理解して欲しい知識体系を整理したものが GE-BOK である。ここで、一般情報教育カリキュラム制定の変遷を概観することで、J17 カリキュラム標準における GE-BOK の、急速な情報化の進展という大きな時代の流れの中での位置付けを確認する。

● 1989-1990 年

一般情報教育カリキュラム制定は、1989 年から 2 年間、文部省（現文部科学省）委嘱調査研究として実施された「大学等における一般情報処理教育の在り方に関する調査研究」において、情報処理学会設置の委員会による組織的な検討の幕開けとなる。1989 年当時、一般情報教育は、コンピュータサイエンスを母体とする一般情報処理教育と定義され、文部省委嘱調査研究の報告書¹では、一般情報処理教育の教育目標として、

- 1) 知識と情報を資産とする情報化社会において、情報の価値を知るとともに、これを使いこなして生きるための対応力を習得させる。
- 2) 情報に関する基本的概念（情報処理の動作原理とその可能性、限界）を身につけさせる。
- 3) 情報機器に慣れ親しむ機会を与え、情報システムに対する恐怖・過信がないようにする。

の 3 点が挙げられている。ACM と IEEE-CS が策定したカリキュラム⁹¹ で提言された頻出概念（バインディング、大規模問題の複雑さ、概念的および形式的モデル、無矛盾性と完備性、効率、進化、抽象化のレベル、空間における順序、時間にお

¹ 「大学等における一般情報処理教育の在り方に関する調査研究委員会編：大学等における一般情報処理教育の在り方に関する調査研究(平成 4 年度報告書)」、情報処理学会、1993 年

る順序、再利用、保安性、トレードオフおよびその影響)を取り込むことが提案され、また、時間の経過とともに技能と教養が徐々に習得される学習モデルが提示された。具体的なカリキュラムとしては、コンピュータリテラシー教育、「プログラミング」教育、教養・概念教育の3つの領域について提言された。

- 2000-2001年

2000年、2001年に実施された文部科学省委嘱調査研究「大学等における一般情報処理教育の在り方に関する調査研究」では、全国規模での大学などにおける一般情報処理教育の実態調査を行い、1) 一般情報処理教育に関わる教員は、情報系以外の分野が圧倒的に多い、2) 一般情報処理教育の授業の責任を負う組織は特定が困難、3) 一般情報処理教育は必修よりも選択での実施の方がやや多い、4) 一般情報処理教育を支える環境はある程度までは整備されている、5) 一般情報処理教育の科目名は操作演習を主とするものが多い、6) 一般情報処理教育は2単位での実施が多い、といった当時の状況が明らかになっている²。この調査結果を踏まえ、一般情報処理教育の内容として

- (a) リテラシー教育としての情報教育
 - (b) 教養としての情報教育
 - (c) 考える訓練、知的な創造のための実習としての情報教育
- が挙げられ、

(a)は初等・中等教育機関へ移行によりその必要性がほとんどなくなる

(b)は2006年以降の一般情報処理教育の中心的な存在になる

(c)は今後においても一般情報処理教育を広く行っていく根拠の一つとして存在として、上記の(b)、(c)をコアとしたカリキュラムが策定された。2006年というのは、普通教科情報および専門教科情報が導入された高等学校学習指導要領によって学んだ学生が大学に入学する最初の年である。

ここで、全学必修で実施して欲しい中核的科目群として「情報とコンピューティング」と「情報と社会」の各2単位を、補完的科目群として「プログラミング基礎」「情報システム基礎」「システム作成の基礎」「情報倫理」「コンピュータリテラシー」を策定するとともに、中核的科目群による4単位での実施を提言している。中核的科目群に対応した教科書、

「情報とコンピューティング」、川合慧監修、河村一樹編、オーム社(2004)

「情報と社会」、川合慧監修、駒谷昇一編、オーム社(2004)

² 「大学等における一般情報処理教育の在り方に関する調査研究委員会編：大学等における一般情報処理教育の在り方に関する調査研究(平成13年度報告書)」、情報処理学会、2002年

を出版することで、具体的な教育内容が示されている。

この段階で、コンピュータサイエンスを母体とする内容に「情報と社会」、「情報倫理」といった科目が加わることで、対象とする分野が広がっている。また、高等学校学習指導要領の改訂もあり、コンピュータリテラシーは全学必修で実施して欲しい中核的科目ではなく補完的科目という位置付けとなった。

- 2007年

「情報専門学科カリキュラム標準 J07」プロジェクトの中で、一般情報処理教育カリキュラムが見直され、その知識体系が GE-BOK としてまとめられる。対象とする分野が広がり、情報を処理するための教育に加え、情報を活用するための教育の比重が大きくなってきたことから、一般情報処理教育という名称を一般情報教育と改めた。J07 プロジェクトでは、「将来、高度情報社会において中核となる大学生に対して、情報およびコンピュータに関する基礎理論や概念および応用知識を理解させるとともに、それらを自由自在に活用できる能力を身につけさせることとする。」を教育目標としている。これを実現するために必要な知識として、コンピュータのハードウェア領域からソフトウェア領域まで、および、基礎理論から抽象化さらには実現技術までのトピックスを網羅した、以下のエリアからなる体系が制定された。

GE-GUI 科目ガイダンス [コア 1時間]

GE-ICO 情報とコミュニケーション [コア 3時間]

GE-DIG 情報のデジタル化 [コア 4時間]

GE-CEO コンピューティングの要素と構成 [コア 4時間]

GE-ALP アルゴリズムとプログラミング [コア 7時間]

GE-DMO データモデリングと操作 [コア 5時間]

GE-INW 情報ネットワーク [コア 7時間]

GE-INS 情報システム [コア 6時間]

GE-ISS 情報倫理とセキュリティ [コア 7時間]

GE-CLI コンピュータリテラシー補講

各エリアは複数のユニットからなり、必修で学んで欲しいコアとなるユニットの授業に必要な時間をコア時間と呼んでいる。コア時間の合計が 44 時間となっているのは、一般情報教育を学ぶ上で必要な単位数として通年 4 単位 (90 分×15 回×2 科目=45 時間) と想定したものである。また、コンピュータリテラシー補講は先修条件として選択扱いし、コア時間には含めていない。

- 2013年-2015年

J07 時点でのカリキュラム標準制定後、一般情報教育に関する教育内容 (シラバス、

知識体系)に加えカリキュラムポリシーとしての教授法・教材・評価法を含む大学における一般情報教育モデルの構築を目指し、全国規模での大学における一般情報教育の実態調査、及び諸外国における一般情報教育の教育水準についての調査を実施し、これからの大学における一般情報教育の推進を支援すべく、大学・産業界・国際社会のニーズ・シーズを勘案した推進施策の策定を試みた。これらの成果は、「これからの大学の情報教育」

河村 一樹、稲垣 知宏、稲葉 利江子、岡部 成玄、喜多 一、黄 海湘、古賀 掲維、駒谷 昇一、佐々木 整、高橋 尚子、田島 敬史、立田 ルミ、辰己 丈夫、中西 通雄、布施 泉、柳生 大輔、山川 修、山口 和紀、湯瀬 裕昭、和田 勉

日経 BP マーケティング, 978-4-8227-5004-6 (2016. 3. 25)

にまとめ、関係機関、関連研究者に広く配布し、Web サイトでも公開している。

(2) J07 時点の標準と現時点での標準の変化

● J07 カリキュラム標準で定めた GE-BOK

J07 カリキュラム標準で定めた一般情報教育の知識体系 (GE-BOK) の中のエリアとユニットを以下に示す。

項目番号	エリアとユニット
GE-GUI	科目ガイダンス
GE-GUI1	○ 当該大学のネットワーク環境と情報倫理規定
GE-ICO	情報とコミュニケーション
GE-ICO1	○ 情報と人間のかかわり
GE-ICO2	○ コミュニケーションの基礎概念とモデル
GE-ICO3	○ 人間対コンピュータのヒューマンコンピュータインタラクション
GE-ICO4	● メッセージの理解
GE-ICO5	● ヒューマンコンピュータインタラクション機器
GE-ICO6	● グラフィカルユーザインタフェース
GE-ICO7	● 3次元ユーザインタフェース
GE-DIG	情報のデジタル化
GE-DIG1	○ 符号化の原理
GE-DIG2	○ 数値・文字の符号化
GE-DIG3	○ アナログ情報からデジタル情報へ
GE-DIG4	● 符号圧縮
GE-DIG5	● 情報理論

GE-CEO	コンピューティングの要素と構成
GE-CEO1	○ コンピュータの構成
GE-CEO2	○ 論理回路と論理演算
GE-CEO3	○ ソフトウェアの構成要素
GE-CEO4	○ コンピュータの動作原理
GE-CEO5	● 論理代数と論理回路
GE-CEO6	● オペレーティングシステム
GE-CEO7	● プログラミング言語と言語処理方式
GE-ALP	アルゴリズムとプログラミング
GE-ALP1	○ アルゴリズムとプログラム
GE-ALP2	● いろいろなアルゴリズム
GE-ALP3	● アルゴリズムの良し悪し
GE-ALP4	● 扱いにくい問題
GE-DMO	データモデリングと操作
GE-DMO1	○ モデル化の考え方
GE-DMO2	○ モデル化の特性
GE-DMO3	○ モデル化の実例
GE-DMO4	● 状態遷移モデル
GE-DMO5	● グラフ
GE-DMO6	● データ構造とアルゴリズム
GE-INW	情報ネットワーク
GE-INW1	○ 情報ネットワークでできること
GE-INW2	○ ネットワークの構成
GE-INW3	○ インターネット
GE-INW4	○ ネットワークの仕組み
GE-INW5	○ インターネットサービス
GE-INS	情報システム
GE-INS1	○ 情報行為と情報システム
GE-INS2	○ 情報システム事例
GE-INS3	○ 企業活動と情報システム
GE-INS4	○ 社会基盤としての情報システム
GE-ISS	情報倫理とセキュリティ

GE-ISS1	○ 社会で利用される情報技術
GE-ISS2	○ インターネット社会における問題
GE-ISS3	○ 情報発信のマナー
GE-ISS4	○ 知的財産権・個人情報・プライバシー
GE-ISS5	○ 情報セキュリティ
GE-ISS6	○ パソコンのセキュリティ管理
GE-CLI	コンピュータリテラシー補講
GE-CLI1	● コンピュータの基本操作
GE-CLI2	● 表計算によるデータ処理
GE-CLI3	● プレゼンテーション
GE-CLI4	● 電子メール
GE-CLI5	● WWW による情報検索

表中の項目番号に枝番がないものがエリア、枝番を付したものが各エリアのユニットになっている。また、コアとした必修のユニットに○を、選択のユニットに●を付している。

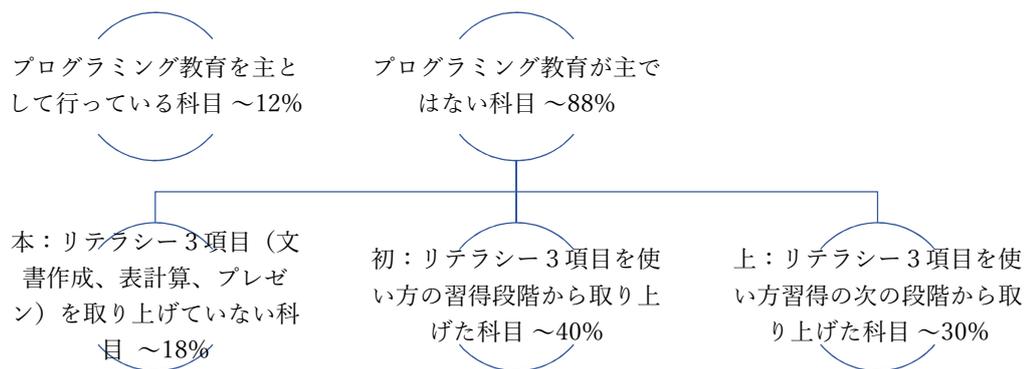
● J07 時点の GE-BOK に関する全国調査

J07 カリキュラム標準で制定した GE-BOK に関連する調査結果について確認することで、J17 カリキュラム標準で検討すべき J07 カリキュラム標準制定以降の標準的なカリキュラムが明らかとなる。J07 カリキュラム標準制定後、大学の一般教育としての情報教育に関して、2013 年 12 月から 2014 年 1 月にかけて、全国の学士課程を有する大学を対象に、一般情報教育について全体的なことを全体編、一般情報教育科目個々の内容を科目編として、それぞれ独立に調査を実施している。この調査では、全国の学士課程を有する 755 大学に調査依頼を行い、その 32%にあたる 239 大学から回答を得た。調査結果の詳細については、

岡部成玄：一般情報教育の全国実態調査、情報処理、Vol. 55、No. 12、pp. 1400-1402、(2014) ; Vol. 56、No. 1、pp. 94-97 (2015)

及び、前述の「これからの大学の情報教育」(日経 BP マーケティング、2016)にまとめ、Web サイトでも公開している。

ここで参考にしたいのは、科目編の中で回答を求めた、GEBOK の各項目についての、「取り上げた」、「この科目の対象外」、「内容的に無理」、「時間的に無理」、「一般情報教育として必要ない」という質問項目である。プログラミング教育を主として行っている科目とそうでない科目では学習目標と内容が異なる。また、GE-BOK では先修条件としたリテラシーを取り上げた科目と取り上げていない科目、またその取



り上げ方によって目的と内容が異なると考え、回答結果については、これらを上図の様に分けて解析している。また、回答のあった科目数に対する各科目の割合を図に示している。

結果の分析で、GEBOK のユニットについて「この科目の対象外」、「一般情報教育として必要ない」と回答した以外の科目を対象科目とした。その項目を一般情報教育の対象と考えているとしても、授業の中で取り上げていない場合があり、「取りあげた」と回答した科目を対象科目の総数で割ったものを科目内採用率と定義した。GE-BOK の項目を対象科目としているにも関わらず採用できない理由としては、「内容的に無理」と「時間的に無理」を想定し、それぞれを回答した数の比についても調査している。

A: 取り上げた	対象科目
B: この科目の対象外	
C: 内容的に無理	対象科目
D: 時間的に無理	対象科目
E: 一般情報教育として必要ない	

$$(\text{科目内採用率}) = \frac{(\text{Aの回答数})}{(\text{Aの回答数}) + (\text{Cの回答数}) + (\text{Dの回答数})}$$

下表は、プログラミング教育が主ではない科目に対する GE-BOK のユニットに対する科目内採用率、及び採用できない理由についての調査結果を、エリア毎にその特徴をまとめている。

GE-ICO 情報とコミュニケーション	科目内採用率の低い項目がある
GE-DIG 情報のデジタル化	科目内採用率の低い項目がある
GE-CEO コンピューティングの要素と構成	「内容的に無理」が「時間的に無理」の3倍を超える科目内採用率の低い項目がある

GE-ALP アルゴリズムとプログラミング	「内容的に無理」が「時間的に無理」の 3 倍を超える科目内採用率の低い項目がある
GE-DMO データモデリングと操作	「内容的に無理」が「時間的に無理」の 4 倍を超える科目内採用率の低い項目がある
GE-INW 情報ネットワーク	対象科目及び科目内採用の比率が高い
GE-INS 情報システム	科目内採用率の低い項目がある
GE-ISS 情報倫理とセキュリティ	対象科目及び科目内採用の比率が高い

「GE-INW 情報ネットワーク」と「GE-ISS 情報倫理とセキュリティ」のエリアは対象科目とする比率が7割を超え、リテラシー3項目の取り上げ方に関わらず科目内採用率も高く、多くの大学が一般情報教育として取り上げている。「GE-ICO 情報とコミュニケーション」、「GE-DIG 情報のデジタル化」、「GE-INS 情報システム」については「内容的に無理」と「時間的に無理」の比が2倍程度の科目内採用率の低い項目がある。「GE-CEO コンピューティングの要素と構成」、「GE-ALP アルゴリズムとプログラミング」では、この比が3倍を超える項目が現れる。このような項目については、効果的な教材の開発と教育方法についての組織的な支援や情報共有が望まれる。また、「GE-DMO データモデリングと操作」は、「内容的に無理」と「時間的に無理」の比が4倍程度の項目も少なくない。また、リテラシー3項目を使い方の習得段階から取り上げた科目では科目内採用率が1割を切ってしまう。科目内採用率が低いという結果は、対象科目と考えているが授業で取り上げていないことを意味しており、専門知識のある教員の養成と採用に向けた体制の抜本的な改革を要すると考えられる。なお、「GE-ALP アルゴリズムとプログラミング」の内容はプログラミング教育を主として行っている科目においては、高い比率で対象科目となっており、科目内採用率も9割を超えている。

2013年から2014年にかけて実施したこれらの調査結果と本「超スマート社会における情報教育の在り方に関する調査研究」の中で実施した「高等教育機関における情報学教育の現状調査」を合わせて分析することにより、多くの大学で取り上げられている一般情報教育の内容、J07時点のGE-BOKには含んでいないが一般情報教育の対象と考えられている内容が明らかになると期待している。

- **現時点での標準の変化**

情報学分野の参照基準（日本学術会議，2016）が制定された。その中で、専門基礎教育および教養教育としての情報教育の定義と位置付けが明確に述べられている。

(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。

専門基礎教育および教養教育としての情報教育について述べている 7 章には、

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。

とある。ここにある「計算論的思考」は、一般情報教育のカリキュラム標準を構築する上でも重要な基礎概念と考えられる。また、

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。

と述べられており、参照基準の中で定められた情報学の中核部分

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

が一般情報教育カリキュラム標準についてもその基礎を与えている。

本「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」では、国内の大学における一般情報教育科目について、授業で取り上げられている個々のテーマ、授業内容、授業時間と J07 時点の GE-BOK の項目、及び情報学分野の参照基準で定められた項目の対応を調査した。調査対象としたのは、東京大学、東京国際大学、広島大学、岡山大学、長崎大学、福井県立大学におけるプログラミング教育が主ではない一般情報教育科目である。調査結果は、GE-BOK の「GE-ALP アルゴリズムとプログラミング」以外のエリアを網羅している。

GE-BOK の項目と情報学分野の参照基準の項目は 1 対 1 の対応にはなっておらず、

テーマによってはそれぞれ異なる数の項目が対応する結果であった。ここで、まず注目したいのは、参照基準には該当する項目があるが GE-BOK には見つからないと分類された以下のテーマである。

テーマ	参照基準の該当項目
データベースシステム	イ
マルチメディアデータ	エ
ビッグデータの利活用事例の紹介と今後	エ
学術情報調査、図書館情報	エ
ライフログとセンサーデバイス	エ
いま私たちはどんな時代にいるのか	エ
情報システムの管理と保守	オ
リスクをどう捉えるか－確率と情報	オ
情報の表現と可視化	オ

J07 時点での GE-BOK には入っていないが情報学分野の参照基準に入っており、一般情報教育として実施されている内容としては、「イ コンピュータで処理される情報の原理」、「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」それぞれで関連するテーマがあがっている。これまでの情報教育の中ではあまり取り上げてこなかったメディアリテラシー、システム管理、データベース、図書館や博物館の情報利用、大きな震災等で注目されるようになった科学的なデータの見方とリスクマネジメント、比較的新しいトピックである各種ログとビッグデータといったテーマがあり、参照基準と対応する形で GE-BOK の改定を検討している。

また、参照基準と GE-BOK のいずれにも該当する項目が見つからないと分類されたテーマとしては、以下のものがある。

テーマ	参照基準の該当項目
アンケート調査	無し
コンピュータの歴史	無し
処理形態とコンピュータシステムの性能	無し
情報セキュリティマネジメントシステム	無し
経済学における情報の考え方	無し
人は合理的に情報に反応するのか	無し
情報化について考える	無し

一つ前の表にあった「センサーデバイス」といった物理的な計測技術や上表の「ア

ンケート調査」といったデータを集める上で必要な基礎知識、コンピュータや社会の情報化に関する歴史は、J07 時点の一般情報教育の知識体系では取り上げておらず、情報系、非情報系に関わらず全ての学生に対する情報教育として必要な内容か否か検討を進めている。参照基準の中で「経済学における情報の考え方」といった内容については、経済学を専門とする学生向けであれば、該当する専門の一部として取り上げるべきであると述べられている。また、一部のテーマはアクティブラーニングを前提としたものと考えられるが、カリキュラム標準の中でその教授法と合わせて取り上げていくか検討していく予定である。

現行の一般情報教育の内容には現れていないが、参照基準にあがっている中から、機械学習等、新たな内容として GE-BOK に含める項目についても検討を進めている。

(3) サイバーセキュリティ・データサイエンスの位置付け

情報化の進展の中でサイバーセキュリティ・データサイエンスに関する基礎的な知識は専門分野を問わず重要になってきており、一般情報教育の中でも独立したエリア、もしくはユニットとして位置付けていくことを検討している。

● サイバーセキュリティ

世界的規模で生じているサイバーセキュリティに対する脅威の深刻化に伴い、2015 年 1 月にサイバーセキュリティ基本法が施行され、内閣にサイバーセキュリティ戦略本部が設置された。サイバーセキュリティ基本法の中で、国民の努力、教育及び学習の振興、普及啓発等が記されており、サイバーセキュリティは国民一人一人が認識を深め、自発的に対応することが求められている。

J07 カリキュラム標準で定めた GE-BOK では、サイバーセキュリティと関係するエリアとして「GE-ISS 情報倫理とセキュリティ」がある。GE-ISS の中に位置付けられたユニット「GE-ISS2 インターネット社会における問題」では、「情報技術によって日常生活の環境や仕事の方法がどのように便利になった反面で、生じている問題やその影響範囲を説明できる。」という学習目標を掲げている。GE-ISS2 については、生じている問題とその影響範囲が拡大し、情報技術とインターネットは犯罪のための強力な環境として国の安全や国際平和に対する脅威にまで成長し、サイバー攻撃、サイバーテロといった問題を生じさせつつあることを反映したユニットとしての見直しを検討している。

サイバーセキュリティへの対応については、「GE-ISS5 情報セキュリティ」で、「インターネットを安全に利用するための技術について説明できる。所属機関のセキュリティポリシーを説明できる。」、「GE-ISS6 パソコンのセキュリティ管理」で、「ウイルス対策ソフトや OS のアップデートの必要性を説明できる。データ流出事故を

未然に防ぐ対策を実行できる。」という学習目標を掲げている。これらのユニットについても、個人、所属組織としての対応だけでなく、一市民として、さらには国際社会の一員として、脅威への対応が必要になってきていること、情報技術の進展とともにとるべき対応も変化していくことを考慮し、取り上げるトピックスと学習目標の見直しを検討している。

変化の早いトピックスが実際の授業で取り上げられるためには、教材の開発等の支援が重要であるが、情報倫理とセキュリティに関しては、「情報倫理デジタルビデオ小品集（大学 ICT 推進協議会）」、「りりん姫（国立情報学研究所）」等、最新の事例まで取り入れた e ラーニング教材やビデオ教材の開発が続けられており、最新のサイバーセキュリティについて授業で取り扱う上での敷居は高くない。ただし、「GE-ISS 情報倫理とセキュリティ」は、現状を理解した上で、自分で調べ考える態度を身につけることを目的としている。サイバーセキュリティについても、現状の理解を超えて情報化社会の進展に合わせて意識を高め対応していく態度まで求めることが重要と考えられる。このため、新しい事例とその対策について学んでいくための環境を充実させ、学生の意識を高め、動機を維持し、学生が関連情報に触れ続けるのに効果的な教授法、啓蒙活動についての研究が不可欠である。

● データサイエンス

データサイエンスは、J07 カリキュラム標準の GE-BOK では明確に位置付けられていないが、前説で述べた現行の一般情報教育に関する調査結果では、「データベースシステム」、「ビッグデータの利活用事例の紹介と今後」、「ライフログとセンサーデバイス」といったテーマがあがっている。一方、大量に集められるデータによって日常生活の環境や仕事の方法がどのように便利になっているのか、その反面で生じている問題については、GE-BOK 中の「GE-INS 情報システム」で、POS システム等により収集されているデータ、「GE-ISS 情報倫理とセキュリティ」で、電子マネー、電子政府、住民基本台帳ネットワークといったトピックスをあげている。情報学分野の参照基準では、「イ コンピュータで処理される情報の原理」の大分類項目「情報の表現・蓄積・管理」にデータベース他の項目があげられており、大分類項目「情報の認識と分析」にデータマイニングがあげられている。関連する内容を一般情報教育の中で取り上げている大学があることから、GE-BOK 中での取り扱いとその位置付けについて、情報学分野の参照基準での位置付けも参考に検討している。

データサイエンスは、前説で説明した「GE-DMO データモデリングと操作」と同様の状況、つまり、一般情報教育の対象と考えながらも、内容的に取り上げることが

難しいトピックスになってしまう懸念がある。GE-BOK 中での位置付けと同時に、多くの大学が実際に行われている授業の中で取り上げられるように、データサイエンスを専門とする研究者と一般情報教育関係者が協力して、基礎となる知識と関係する技術について効果的な教授法の研究と教材の開発を行う必要がある。

ここでの議論とは観点が異なるが、大学に入っている新入生の情報に関する知識の習得状況、セキュリティ意識、多くの大学で実施されている一般情報教育に関する詳細なデータをどのように収集しそれを処理し活用していくか、データサイエンスに基づいた研究を実施し、国家レベルの体制を構築していくことが大きな課題になっている。

(4) J17 策定に向け

情報技術の進展は速く、我々を取り巻く情報環境も大きく変化し、全ての初年次生に理解して欲しい一般情報教育のコアとなる知識体系も見直しが必要になっている。J17 カリキュラム標準で制定する新しい GE-BOK は、1989 年から J07 カリキュラム標準での GE-BOK の制定の流れを継承し、J07 時点の GE-BOK をベースとし、GE-BOK の各エリアを構成するユニットを学習単位 (Learning Unit) の基礎とするが、教育目標から再検討していく。

- **教育目標**

J07 までの一般情報教育の教育目標は、

将来、高度情報社会において中核となる大学生に対して、情報およびコンピュータに関する基礎理論や概念および応用知識を理解させるとともに、それらを自由自在に活用できる能力を身につけさせること

となっているが、すでに、大学生は、高度情報社会の中で情報技術、ネットワーク環境を活用し生活していかななくてはならない状況に置かれている。このため、J17 カリキュラム標準での一般情報教育の教育目標は、

高度情報化社会の中で情報およびコンピュータを活用していくのに必要となる基礎的な知識や技能を得る。さらに、有用性と問題点、情報倫理上の課題を検討した上で活用する能力を身につけ、将来、新しく現れる技術にも対応していく態度を育てる。

といったものにし、現在ある情報技術、ネットワーク環境を自由自在に活用できる能力よりも、将来にわたって新しく現れる技術に対応していく態度を重視することが、GE-BOK の各エリアとユニット再設計の方針となる。

- **GE-BOK のエリア、ユニットの更新**

J07 で策定された GE-BOK のエリア、ユニットに加えて新しい項目の策定、現行のエ

リア、ユニットの整理、統合の検討については、2013年から2014年にかけて実施された全国規模での大学における一般情報教育の実態調査、昨年度末に設定された情報学分野の参照基準、本「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」等の結果を分析し、これらのエビデンスに基づき、高校での情報教育および社会や産業界の養成とも整合したエリアとユニットの検討を進めていく必要がある。

これまでの調査結果を踏まえ、新たに加えるべきエリア、ユニットの候補としては、情報学分野の参照基準の項目に挙げられているものとして、

イ コンピュータで処理される情報の原理

データベース

データマイニング

機械学習

エ 情報を扱う人間社会に関する理解

メディア～技術的・文化的特性

図書館利用を含めたアーカイブ

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

情報システムの運用、保守、管理

可視化

がある。これら以外に、

アンケート調査

センサーデバイス

コンピュータの歴史

という項目も候補となる。

新しい技術は新たな社会問題を生み出す可能性があり、ここで挙げた候補のいくつかについては、技術的な側面からだけではなく、情報倫理の中でも取り上げる事を検討すべきである。例えば、上記では機械学習をコンピュータで処理される情報の原理という位置付けであげているが、情報倫理の中で人工知能についてどのように取り扱うのか、サイバーセキュリティといったときに無人兵器はどのように考えるのかといった観点からも検討する必要がある。

現行のGE-BOKの項目は全て再検討の対象とすべきである。「GE-ISS 情報倫理とセキュリティ」については、前節のサイバーセキュリティも含めて社会の一員として考慮すべき知識も含めた改定が必要となっている。「GE-CLI コンピュータリテラシー補講」については、初等中等教育では取り上げられていないが、大学生として必要

な情報リテラシー能力、大学生活、社会生活でコンピュータを活用していく上で必要なリテラシー能力について、その位置付けも含めて再検討を要する。また、「GE-DMO データモデリングと操作」については、前節の「データサイエンス」と共に、教授方法も含めて検討する必要がある。

- **今後の課題**

本「超スマート社会における情報教育の在り方に関する調査研究」の結果に基づいた GE-BOK の再検討が大きな課題として残っている。その中で明らかになるであろう、多くの大学で実施されている一般情報教育の内容、社会や産業界の要請等から、GE-BOK のエリア、ユニットに加えるべき新たな候補を見つけ、現行の項目で想定している学習目標についても再検討すべきである。

情報化社会の進展に伴い大学で実施されている一般情報教育の内容は変わってきているが、同時に初等中等教育での情報に関する教育の内容も強化、拡充されてきている。大学に入学する新入生が習得している知識と技能も、受けてきた教育、触れる機会のあった情報環境、遭遇した問題等の違いにより、学年間、学生間での格差が広がってきている。学生が習得済みの知識、技能に合わせた一般情報教育を実施するためには、学生の詳細な状況を継続的に把握していくことが重要になる。このため、GE-BOK の検討と同時に新入生のプレースメントテスト等による学生の状況把握を検討すべきである。

3.1.7. カリキュラム標準共通の諸側面

学科構成をなすカリキュラム標準であれ、情報一般教育のカリキュラム標準であれ、そこで扱う項目として共通に現れてくるものがある。それらを一定の観念の下にまとめて扱うことがある。そうした場合の“一定の観念”は、カリキュラム標準での知識体系での“エリア”とか“ユニット”とかとしてまとめられることが多い。しかし、“一定の観念”の中には、応用対象や実際の適用場面に着目して生じたものもあり、これらはカリキュラム標準での複数のエリアやユニットに分散していることも多い。これら応用対象や実際の適用場面に着目して生じたものを、この報告では、カリキュラム標準に関する側面 (aspect) と呼ぶ。

海外の動向の中では、従来からある CS、IS、CE、SE、IT のカリキュラム標準の改定作業に加えて、新たに “サイバーセキュリティ”、“データサイエンス” の2つのカリキュラム標準を策定しようという活動が進んでいる。この二つは、従来からの5つとは違い、それらを標榜する情報専門学科が存在しているわけではない。さらに、それぞれの内容にあたるエリアやユニットやトピックが従来からの5つのカリキュラム標準の中に散在している。そこで、カリキュラム標準の側面として位置づけてその文献調査を行った。

(1) サイバーセキュリティ

(i) J07 時点以降の進展

日本では IT 人材とサイバーセキュリティ人材の不足が指摘されており、2016 年 3 月に、内閣サイバーセキュリティセンターからも「サイバーセキュリティ人材育成総合強化方針」が発表されている状況にある。国内産業界においては、2015 年 2 月に経団連から「サイバーセキュリティ対策の強化に向けた提言」が公開され、産業界として具体的な取り組みを進めるため、翌 2015 年 6 月には「産業横断サイバーセキュリティ人材育成検討会」を発足させている。さらに、セキュリティ知識分野 (SecBoK) 人材スキルマップ 2016 年版 (<http://www.jnsa.org/result/2016/skillmap/>) の作成や産業サイバーセキュリティセンターの人材育成事業 (<http://www.ipa.go.jp/icscoe/>) など、産業界で求められる人材を育成していくための様々な取り組みが行われており、喫緊の課題となっている。このような状況を踏まえ、国内学術界においては、2016 年度理工系プロフェッショナル教育推進委託事業 工学分野における理工系人材育成の在り方に関する調査研究において、「高等教育機関における情報セキュリティ教育実施のためのモデル・コア・カリキュラムの策定」が進められている。一方、米国では、不足す

るサイバーセキュリティ人材を補うために、2010年には、サイバーセキュリティの人材育成を国家の課題とし、連邦政府機関が協力して教育プログラムを提供するイニシアチブ National Cybersecurity Workforce Framework (<http://csrc.nist.gov/nice/framework/>)を立ち上げている。さらに、2015年3月には、オバマ大統領はIT分野のエンジニアを増やすことを目的に教育と雇用環境を整備するTechHireイニシアチブ (<https://obamawhitehouse.archives.gov/issues/technology/techhire>)を発表している。

(ii) J07 時点の標準と現時点での標準の変化

サイバーセキュリティのカリキュラム標準についてはACMでの検討が始まっているという状況にある。2013年のWorkshop on Cybersecurity Education and Trainingの
報 告
(<https://www.acm.org/education/TowardCurricularGuidelinesCybersec.pdf>)によれば、学士課程に求められるものとして、現状を踏まえてサイバーセキュリティを理解し実践すること、公衆衛生と同様の公衆サイバーセキュリティに基づき、安全意識を高めていくことなどについて言及し、修士課程に求められるものとしては、コンピュータサイエンスや関連分野での学士を対象に、サイバーセキュリティの高度なトピックについて特有の知識、技能、能力を習得できるようにすることとしている。その一方で、サイバーセキュリティはまだ進化の過程であり、CS2013以外でのカリキュラムガイドライン作成は時期尚早であるという意見もあったと述べている。CS2013は、このワークショップ報告を受けた形となり、また、世界の情報技術への依存とコンピュータサイエンス教育におけるその重要な役割を踏まえ、Information Assurance and Security (IAS)を知識体系に追加した。

(iii) J17 策定へ向けて

サイバーセキュリティは、すべての分野において必要な知識体系である一方、求められる技術やレベルは分野毎に異なり、カリキュラム標準の各領域にも当てはまる。このため、J17でのサイバーセキュリティカリキュラム標準を作成するにあたっては、サイバーセキュリティ全般を網羅するカリキュラムを整備するとともに、コンピュータ科学(CS)、情報システム(IS)、ソフトウェアエンジニアリング(SE)、コンピュータエンジニアリング(CE)、インフォメーションテクノロジー(IT)、一般情報処理教育(GE)の各領域で最低限必要となる分野と重要度を提示すると良い。これ

により、各領域のカリキュラムを作成するにあたって、サイバーセキュリティのどの項目を、どの程度取り込めば良いのかの参考となる。また、わずか20年弱で、製品やサービスを国外に輸出するほどにサイバーセキュリティ分野の産業が成長したイスラエルやエストニアなどの取り組みを踏まえると、日本のサイバーセキュリティに関する情報教育が目指す方向としては、システムの運用に関わる人材だけではなく、経済振興・基礎技術研究の視点で、セキュリティシステムを開発・研究する人材の育成にも力を入れていく必要がある。この点からも、サイバーセキュリティカリキュラム標準は、各領域のカリキュラムで示すサイバーセキュリティの発展形となるよう、他分野との密接な連携性も踏まえたものにしていくのが良い。

(2) データサイエンス

(i) J07 時点以降の進展

日本における IT 人材の不足が指摘され、IT 人材は現時点で 17 万人超が不足しており、今後人口減少に伴い退職者が就職者を上回ることで 19 年から先は減少に転じる一方、IT 需要の拡大が見込まれるため、2030 年には IT 人材の不足数は 78.9 万人に上ると予測されている。なかでも、2011 年のマッキンゼーのビッグデータレポート以降、蓄積されたデータの中から社会にとって有用な価値を見出すデータサイエンスに関する IT 人材の育成が産学官のいずれからも強く求められている。2013 年には内閣府から「創造的 IT 人材育成方針」として高度 IT 人材育成、特に分野横断的に IT を活用できる人材育成が課題と掲げられている。このような状況を踏まえ、2013 年から 3 年間、文部科学省委託事業として「データサイエンティスト育成ネットワークの形成」が進められ、情報・システム機構統計数理研究所を中心に産業界で不足しているデータサイエンティストの育成強化、推進が図られている。一方、米国では、産業界がビッグデータをけん引するなか、2012 年 3 月から「ビッグデータ研究開発イニシアティブ」を大統領府・科学技術政策局 (OSTP) が発表し、6 政府機関 (NSF, NIH, DOE, DOD, DARPA, USGS) に対し、大規模デジタルデータへのアクセス、保存、知識発見を支援するためのツール及びデータマイニング、機械学習などの技術を飛躍的に進歩させることを明らかにした。また、NSF では、2014 年に、Big Data Innovation Ecosystem として、ビッグデータ研究の支援を表明した。国内のデータ収集、利用を共用することでビッグデータ研究を加速し、ビッグデータ人材を育成することを目的に Big Data Hub (国内に 4 拠点、北東部、中西部、南部、西部) と呼ばれる拠点を立ち上げた。各 Hub に Big Data Spoke と呼ばれるデー

タ共有，新たなデータ利活用をトピックとする研究グループから構成される大型プロジェクトである。

(ii) J07 時点の標準と現時点での標準の変化

J07 時点ではデータサイエンス分野は対象となっていなかった。データサイエンスのカリキュラム標準については ACM での検討が始まったばかりである。2015 年に開催の Workshop on Strengthening Data Science Education Through Collaboration の報告

(http://www.computingportal.org/sites/default/files/DataScienceReportDraft5-29-2016_0.pdf)によれば，現在，米国におけるデータサイエンスの教育は，既存の学問体系，特に統計学，数学，計算機科学，情報学を中心に，統計学を利用する応用分野において長年に渡って実施されており，それぞれの学問分野あるいは各大学においてデータサイエンスのカリキュラムが定められている。したがって，データサイエンスとは何かも学問分野，あるいはそれに携わる人の観点により意味が異なり，容易にまとめた形のカリキュラムを策定することは難しいと結論している。一方で，データサイエンスは，社会全体（行政，産業界，科学）の進展を進めるうえで鍵を握る存在であり，重要であり，適切な教育環境のもと，プロフェッショナルなデータサイエンティストを短期に育成することは社会において，多いに有用であるとしている。しかしながら，様々なデータサイエンティスト育成のためのカリキュラム，教育法が集められたが，教育の質，将来に向けた育成方針，最適な構成，ベストプラクティスなどを導くには至らず，the Ensemble Computing Education Portal (<http://www.computingportal.org/>)を立ち上げ，計算機科学，情報学分野および他分野と広く情報を共有するとしている。また，引き続き，学士課程および修士課程の推薦カリキュラム，データサイエンスにとって有益なプラクティスなどについて検討をすすめると述べている。

(iii) J17 策定へ向けて

データサイエンスは，すべての分野において必要な知識体系である一方，求められる技術やレベルは分野毎に異なり，カリキュラム標準の各領域にも当てはまる。このため，J17 でのデータサイエンス標準を作成するにあたっては，データサイエンス全般で学ぶべきカリキュラムを策定すると共に，コンピュータ科学(CS)，情報システム(IS)，ソフトウェアエンジニアリング(SE)，コンピュータエンジニアリング(CE)，インフォメーションテクノロジー(IT)，一般情報処理教育(GE)の各領域で用

意されている知識体系の中で、データサイエンスに関連する内容について、重要度を提示することを考えている。これにより、各領域のカリキュラムを作成するにあたって、データサイエンティストとして、どの項目を、どの程度学べば良いのか、等の参考となる。また、ビッグデータをけん引する米国の動向をベースに、データ解析のみ人材だけではなく、データのエコシステムを実現するためのデータ工学、ビジネス等社会的な視点でデータサイエンスを実装できる人材の育成にも力を入れていく必要がある。この点からも、データサイエンスカリキュラム標準は、各領域のカリキュラムで示すデータサイエンスの発展形となるよう、他分野との密接な連携を可能とする形を検討する。

3.2 訪問聞き取り調査

情報系学部学科における（i）専門教育、（ii）専門基礎教育、（iii）教養教育のカリキュラムがどのように組み立てられているか（例えば、カリキュラム標準にあるコース、カリキュラム標準にないコース、各コースの時間数、受講学生数、TA数、プログラミング教育で採用されているプログラミング言語、プログラミング以外の実験・実習、教育のための計算機環境など）に関し、米国及び中国を中心に、その国での教育研究で代表的な大学数校に対して調査を行った。

3.2.1. 聞き取り調査項目・調査先

ここでは聞き取り調査項目の概要と調査先及びその選定方針を説明する。

聞き取り調査に際して事前に準備した調査項目は以下の通りである。それぞれの内容を順次説明する。

- 情報専門学部の編成
- 情報教育カリキュラムの構成とカリキュラム標準
- 入学者に求める情報技術分野の知識・スキルと入試制度
- 情報専門学部の卒業者の進路
- 情報教育の学習環境

「情報専門学部の編成」は、聞き取り調査の対象大学における情報技術、情報科学、計算機科学等を専門的に扱う学部学科（これを本報告書では情報専門学部と呼ぶことにする）について、その名称及び専攻領域の編成等を把握することを目的とする調査項目である。

「情報教育カリキュラムの構成とカリキュラム標準」は、対象大学の情報専門学部で実施されている情報教育カリキュラムの教育上の目標や内容的構成、そのカリキュラムを構成するにあたって参照したカリキュラム標準、さらに情報専門学部以外で実施されている情報教育カリキュラムの内容及び水準等を明らかにすることを目的とする調査項目である。

「入学者に求める情報技術分野の知識・スキルと入試制度」は、対象大学が情報専門学部におけるカリキュラム編成を行う際に想定した入学者の情報分野の能力的前提を問う調査項目である。さらに、能力的前提が明確化されている場合、受験者における能力的前提の充足をいかに検査するか（しないか）という点について入試制度の観点から把握することも試みている。

「情報専門学部の卒業者の進路」は、情報専門学部のカリキュラムと実社会との接続の実態を把握することを目的とする調査項目である。すなわち、カリキュラムによって輩出

される情報分野の専門性を有する人材が、その専門性を求められる分野への就労（ないしは専門性のさらなる高度化を旨とする進学等）をどの程度果たしているのかを、対象大学の卒業生の卒業後の進路の実際から理解することを試みる。

「情報教育の学習環境」は、対象大学におけるカリキュラムの実効性を担保する学習環境の理解を目的とする調査項目である。具体的には、教員ならびにティーチングアシスタント等の教育体制、情報機材及びネットワークの準備や運用体制、その他対象大学の特色のある学習環境の実態について明らかにすることを目的とする。

次に、調査先及びその選定方針を説明する。今回の聞き取り調査で調査の対象として選定された大学は以下の通りである。

- Princeton 大学（米国トップレベル大学）
- Binghamton 大学（米国中堅・上位大学）
- 上海交通大学（中国トップレベル大学）
- 東華大学（中国中堅・上位レベル大学）

これらの大学の選定にあたってはその国のトップレベルの大学及び中堅・上位レベルの大学の双方を含むことを方針とした。トップレベルの大学については、情報分野における国際的に指導的な水準のカリキュラム及び人材養成の実態の把握が期待できること、さらにはそのような大学での情報専門分野以外の学部における情報教育の現状を把握することで情報分野の知識・技術の一般への普及に関する示唆を得ることが期待できることから調査対象とした。また、中堅・上位レベルの大学に関しては、その国の情報分野の専門技術者の育成及び輩出における中核的役割を果たすと考えられるそれらの大学の、カリキュラム及び教育体制の実情を理解することを目的として調査対象とした。

3.2.2. 米国

米国の調査では東海岸の大学を訪問する方針を立て、トップレベルの大学として Princeton 大学、中堅・上位レベルの大学として Binghamton 大学を選択し、以下の項目に関する調査を行った。

- A) 情報専門学部の編成
- B) 情報教育カリキュラムの構成とカリキュラム標準
- C) 入学者に求める情報技術分野の知識・スキルと入試制度
- D) 情報専門学部の卒業生の進路

E) 情報教育の学習環境

その結果として以下のことがわかった。

- CS (Computer Science) カリキュラムに対する ABET による認証のニーズは大学のネームバリュー等に依存する
- 教養課程の CS 入門科目では反転授業を可能にする自習教材や少人数による演習クラスを導入により前提知識の異なる履修者による学習目標達成を支援することが有効である (手厚い支援を前提とするならば入門科目といえども学習目標の水準を一定に保つことができる)
- CS minor の学位あるいは非 CS 専攻教育の認証制度を明確化することで就職等の事情による転科や副専攻としての CS 履修希望者の拡大につながる
- AP (Advanced Placement) の用意する CSA (Computer Science A) は上位・中堅以上の大学からは必ずしも評価されていない
- 米国のテクノロジー企業では大学における専攻を手掛かりに採用を行うため、CS 専攻学生は多くがそのままテクノロジー企業に就職する (カリキュラムによる能力要件の達成がしかるべく「出口」に結びついている)

以下、それぞれの大学について詳細を報告する。

(1) Binghamton 大学

典型的な中堅州立大学として訪問した。Computer Science Department および Admissions Office の以下の方々に対してインタビューを行った。

Weiyi Meng (Computer Science Department Chairman)

Eileen Head (Undergraduate Director)

Leslie Lander (Undergraduate Committee Chair)

Justin Brymn (Admissions Counselor)

Madhusudhan Govindaraju (Graduate Committee Chair)

また、工学部の副学部長にもインタビューすることができた。

Pete Partell (Associate Dean for Academic Affairs and Administration of
Watson School of Engineering and Applied Science)

インタビューの結果は以下の通りである。

A) 情報専門学部の編成

CS (Computer Science Department) は工学部 (Watson School of Engineering and Applied Science) に属しているが、CS は工学部の中ではやや特殊な立場にある。数学科の一部を前身としているため、教養学部からも進学することが可能である。また、工学部の中で CS だけは入学時に学科が指定される。他の学科では、入学後に学生が学科を選択するようになっている。

B) 情報教育カリキュラムの構成とカリキュラム標準

CS は ABET の認証を継続して受けており、極めて標準的な CS カリキュラムを実践している。(CS も含めて工学部のすべての学科は ABET の認証を受けている。) CS の requirement の部分集合として CS minor 学位が明確に定義されている。CS minor を取る学生も多いし、他学科から CS への transfer も多い。

<http://www.binghamton.edu/cs/pdfs/flowchart.pdf>

CS から大学全体に対して開講されている科目として CS110 がある。一般情報教育に相当するようである。Python を使う。

工学部の vice dean の話を伺ったところでは、工学部の学科 (CS 以外) では CS110 ではなく、WTSN111 と WTSN112 という科目があって、この中で各学科の紹介も兼ねて、Matlab programming を教えているそうである。これらの科目は専門の faculty が教えている。各学科の faculty も協力している。

上述したように、工学部では初年次では学科に分かれていない。初年次が 25 人のクラスが単位となっているそうである (駒場のようだ)。学科に分かれた後は、学科ごとに programming などの授業がある。たとえば EECE では Labview を使う。

C) 入学者に求める情報技術分野の知識・スキルと入試制度

GPA や SAT などの点数が優先される。AP やプログラミング経験などはボーダーの状況でしか有効にならない。

AP 制度自体は広く受け入れられている。入試の点数を上げることに加えて、基礎科目・教養科目として 32 を上限に大学の単位として認められる。AP の単位をたくさん持っている、大学に入ってから教養科目の多くをスキップできる。授業料が減るとともに、専門科目を早くから始めることができる。

ただし、AP CSA はその内容のため CS では評価されていない。CSA よりは大学の CS110 を受講することを勧めている。プログラミング経験があれば CS110 を waiver できるが、CSA だけでは駄目のようである。CS elective にしかない。

なお、学部の入試は admission office が行い、各学科は求めに応じて feedback を返すだけである。CS の人たちも admission がどうなっているのか知りたがっていた。

admission の担当者は AP CSA に関して上記のような状況は知っていたが、AP CSP のことは知らなかった。まだまだ認知度が低いようである。工学部の vice dean も AP CSP のことは知らなかった。工学部の vice dean は、高校での情報教育が重要だと考えている。computational thinking について説明すると賛同してくれた。

D) 情報専門学部の卒業者の進路

IT 企業に就職している。就職の状況は非常によい。学士のほとんどは大学院に進学せずに就職する。学士は国内・州内の出身が多い。マスターは逆に留学生が多い。vice dean によれば、US では学生の専門によって採用を行うので、IT 企業が文系の学生を採用して研修するということはないという。一方、CS との議論の中で、Bloomberg は経済の学生を採用して研修するという情報があった。

E) 情報教育の学習環境

古典的な計算機演習室がある。ただし、ほとんどの学生はラップトップを持っており、wifi も完備している。授業中にラップトップを使ってよいかは教員次第である。紙のノートしか許さない教員もいる。

(2) Princeton 大学

IB リーグに属する米国のトップ校の一つとして訪問した。Department of Computer Science の以下の方々にインタビューを行った。

Brian Kernighan (Professor and Department Representative for prospective undergraduates and undergraduate non-CS majors)

JP Singh (Professor and Director of the Certificate in Applications of Computing)

Dan Leyzberg (Lecturer)

Kevin Wayne (Senior Lecturer)

Ananda Gunawardena (Lecturer)

Jérémie Lumbroso (Lecturer)

Christopher Moretti (Lecturer)

Sandra Batista (Lecturer)

Jeremie Lumbroso (Lecturer)

Sandra Batista (Lecturer)

Andrew Appel (Professor, Director of Graduate Studies and previous Department Chair)

Colleen Kenny-McGinle (Undergraduate Coordinator)

Bob Sedgewick (Professor)

M. Chow (Undergraduate Student)

V. Feinberg (Undergraduate Student)

V. Sivaraman (Undergraduate Student)

S. Jayanti (Undergraduate Student)

K. Petrova (Undergraduate Student)

インタビューの結果は以下の通りである。

A) 情報専門学部の編成

CS (Department of Computer Science) は工学部 (School of Engineering and Applied Science) に属している。

CSはABETの認証は受けていない。(工学部の4/6の学科は認証を受けている。) ABET

の認証よりも Princeton のネームバリューの方が高いと考えている。米国の大学は Princeton のカリキュラムを参照している。

大学全体として、毎年 1300 人の学生が入学する。大学全体で入学者選抜を行っている。

[https://en.wikipedia.org/wiki/Admission_\(film\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Admission_(film))

選抜方法については、学科の faculty には知らされていない。

入学時に、理工系 BSE (Bachelor of Science in Engineering) とその他 AB (Bachelor of Arts) に分かれる。2年間の教養課程の後、専攻 (major) を選択する。専攻は簡単に換えられるが、何らかの専攻を選択しないと学位が取れない。CS には BSE と AB のどちらからでも進学できる。CS のコースを受講する学生も CS 専攻の学生も増加している。CS は最も大きな学科である。なお、専攻の学生数の制限はない。学生は希望すれば (かつ条件を満たしていれば) その専攻を選択することができる。

増加する学生に対応するために、CS 学科では teaching faculty を採用しており、彼らは lecturer と呼ばれている。この 5～6年の間に、teaching faculty は全 faculty の 1/3 を占めるまでになっている。

B) 情報教育カリキュラムの構成とカリキュラム標準

COS126、COS226、COS217 (後述) は教養課程で開講されており、CS 専攻に進むためにはこれらのコースの履修が必要である。

COS126 はコンピュータ・サイエンス入門のコースであり、CS に関する知識は一切仮定してしない。placement office と相談の上、スキップすることもできる。なお、AP CSA は入門的過ぎるので、このためには認められていない。

専攻を選択した後の CS の各コースはトラックに分類される。3つのトラックからそれぞれ2つのコースを履修することが必須である。

学生が毎学期取るのは、通常4コース程度であるという。

最近の5～6年で大講義室の授業から、boutique education (ビデオによる反転授業と faculty もしくは TA による precepts と呼ばれる小クラス) へとシフトした。そのために、teaching faculty が拡大した。teaching faculty は faculty advisor として学生のサポートもしている。

非 CS 専攻教育として、CS Certificate (Princeton での minor の呼び方) の制度がある。取るのは難しくなく、人気は非常に高い。学生数は急激に増加しており、約 120 人の学生が (ほとんどは数学、物理から) 取得している。取得要件は、CS に本質的なものだけに絞っている。

COS126 の詳細は以下にある。

<http://www.cs.princeton.edu/courses/archive/spring17/cos126/>

このコースは工学部では BSE を取るために必須である。1 学期の間、ビデオを週 2 つ視聴する。この方式は 2015 年から導入された。導入時は論争があったが、学生にとっては通常の講義よりも良いという評価が定着している (能動的)。ビデオ作成に多大な努力が払われており、この方式を他のクラスへと広げていくのは難しい。ただし、教科書を書くよりは楽である。350 人のクラスミーティングが 2 回あり、2 回の precepts (20 人強の小クラス) がある。プログラミング経験によって 2 種類の precepts が提供されている。一つは 50 分であり、もう一つは初心者向けで 80 分である。(このようにして入学時のプログラミング経験の差をある程度吸収している。) precepts はいつも同じ学生グループで行われる。プログラミングの宿題としては、たとえば重力のシミュレーションなど、アプリケーションを意識したものが出されている。

毎学期 350 人の学生が受講者しているので、全学生のうち 50~60%が受講している。男女半々である。ほとんどが 1 年生である。2/3 がプログラミング未経験者である。半分が engineering の学生である。CS に興味はなかったが就職のために受講し、CS に興味を持つに至る学生も多い。AP の CSA と重なる部分を 5~6 週で行う。

マシン言語 (メモリ、レジスタ)、アルゴリズム (NP 完全性)、Turing 機械、オートマトン、正則言語などが含まれる。プログラミングは Java を用いるが、ただのプログラミングスキルの習得が目的ではない。

COS126 の他に、主として文系の学生向けに、COS109 というコースが Kernighan 教授により開講されている。歴史、英語の専攻などの学生が多いという。Understanding the digital world と称して、なるべくインフォーマルに CS の紹介をしている。このコースは、Princeton 大学の distribution requirement において quantitative reasoning に分類されており、そのことが、文系の学生が履修するモチベーションとなっている。受講者は年ごとに異なり、20~130 程度であり、現在は 70~75 程度に減少している。

よりディープな COS126 を受講する学生が増えたからかもしれない。

COS226 はアルゴリズムとデータ構造に関するコースであり、COS126 と同様にビデオを利用する。内容は、スタック/キュー、初等的なソーティング、グラフアルゴリズム、ヒープ、バランスタ、データ圧縮、文字列アルゴリズムなど。宿題には必ず実装が入る。COS217 はシステムプログラミングに関するコースであり、C ファミリーの言語を教えている。

C) 入学者に求める情報技術分野の知識・スキルと入試制度

特に仮定していない。上述したように、COS126 では2種類の precepts を提供することにより、プログラミング経験の差を吸収している。

D) 情報専門学部の卒業者の進路

CS 専攻の学生のほとんどは就職する。少し前は半分がウォール街に行く学生も多かった。現在ではテクノロジー企業 (Google、Facebook、Microsoft、Uber など) が多い。CS のジョブマーケットは非常に好調である。職を得るのは容易で給料も高いため、CS の卒業生のほとんどは卒業後に就職する。しばらくして修士に戻って来る人もいる。ただし、修士を取っても就職に影響は余りない。卒業後にロースクールやメディカルスクールに行く人もいる。

CS Certificate については、就職に役立つと言う人とそうでないと言う人がいた。企業は major しか見ていないという意見もあった。

米国では、文系の学生をテクノロジー企業が雇うことはない。20年前はそのようなことがあったが、全米の大学で CS の学生を増やした。

E) 情報教育の学習環境

BYOD が主である。department の計算設備のアカウントを与えても、自分のパソコンで課題を解く学生も多い。BYOD を推進するために、生協が標準モデルを販売している。また、パソコンを忘れたりパソコンが故障したりした場合のために、一時的に学生にパソコンを貸し出すサービスもある。

3.2.3. 中国

引き続き中華人民共和国上海市に所在する2大学（東華大学、上海交通大学）に対する訪問調査の結果を報告する。東華大学は中堅・上位レベルの大学として、上海交通大学はトップレベルの大学として、調査対象として選ばれた。調査項目は米国調査と同様、以下の通りである。

- A) 情報専門学部の編成
- B) 情報教育カリキュラムの構成とカリキュラム標準
- C) 入学者に求める情報技術分野の知識・スキルと入試制度
- D) 情報専門学部の卒業者の進路
- E) 情報教育の学習環境

その結果として以下のことがわかった。

- 調査を行った両大学とも米国系（ACM, IEEE, MIT）の標準的なカリキュラム基準に準拠しつつ国情に合わせたアレンジを行っている
- （専門ないしはトラックの形で）情報セキュリティが独立した領域としてカリキュラム化されている
- 入試科目やその後の専門基礎として物理、数学が重視されている
- 中等教育における地域間の情報教育格差や時間的制約などから情報入試には消極的であり、既存の高校科目の学力により受験生の能力を測れると考えている
- カリキュラム編成（企業ニーズの反映）、カリキュラムの実施体制（長期インターンシップなど）、非情報専攻への情報教育（高度なICT利用者教育を志向）など、あらゆる面で企業ニーズとの接続を強く意識している
- カリキュラム履修者の多くは卒業後にテクノロジー産業へ、中国の平均的な給与水準をはるかに上回る先進国並みの好待遇で就職する。日本と異なり、企業への採用や待遇は、採用時点で何を学んでおりどんな能力を身につけているかで大きく差がつく。それがまたカリキュラム履修者のモチベーションともなっている。

以下、それぞれの大学について詳細を報告する。

(1) 東華大学

東華大学は中国政府より「211重点大学（112校）」に指定されており、良質なエンジニアを輩出する中堅・上位レベル大学の一つである。今回の調査では計算機科学与技术

学院 (School of Computer Science & Technology) に所属する以下の方々にインタビューを行った。

Yan Wan (万燕) (Professor)

Feng Li (李锋) (Professor and Vice Dean of the School of Computer Science & Technology)

Peifeng Zeng (曾培峰) (Professor)

Huatin Li (李华婷) (计算机科学与技术学院 党总支副书记 (共産党総支部副書記))

A) 情報専門学部の編成

東華大学における情報専門学部は School of Computer Science & Technology (计算机科学与技术学院) 以下に設置される 4 つの専門がそれに相当する。その 4 つは Computer Science and Technology (计算机科学与技术)、Software Engineering (软件工程)、Information Safety (信息安全)、Network Engineering (網路工程) である。同大学は上記のほかに School of Information Science & Technology (信息科学与技术学院) を有する。こちらは電子工学系の学部及びオートメーション技術の研究センター等を統括する。

B) 情報教育カリキュラムの構成とカリキュラム標準

東華大学の情報専門学部における情報教育カリキュラムは 4 専攻共通部分と 4 専攻それぞれに特化された部分から構成される。同学部のカリキュラムの前提には、同国教育部および大学当局の制定した教育目標 (コンピュータの応用と創新 (creation)) がある。

カリキュラム標準として MIT 及び ACM2012 を参考にし、中国及の国情等にあわせて適宜修正を行っている。この分野について同国独自の全国共通のカリキュラム標準は存在しないという。また、同国教育部が実習重視の方針を打ち出しているため、実習的な要素を持つ科目を多く配置している。

カリキュラムの履修は 4 年 8 期を標準に、基礎科目および実践科目 (3 年間) と総合実践 (1 年間) にて行われる。総合実践については、Software Engineering および Network Engineering 専攻科では協力企業における長期 (合計 1 年間) のインターンシップの形で実施される。なお、1 期は授業期間 16 週、試験週間 (1~1.5 週)、実習 (2~3 週、集中講義的なものもこの期間に行われる)、休暇の合計 28 週間である。

当大学は情報関連産業との交流に対して積極的であり、カリキュラム編成においては産業界からのニーズが一部反映されることがある。たとえば IoT や Mobile Application に関する科目が産業界によるニーズによって加えられた。当大学には企業出身の教員が一定数おり、かつ所属教員による起業を奨励するなど、産業界における情報技術のニーズの把握や創出に力を割いている。

同大学の情報専門学部以外の学部における情報教育については、情報専門学部である School of Computer Science & Technology ではなく、上述の School of Information Science & Technology が管轄する。「計算機基礎」などの科目が設置されており、全学部にて原則的に必修とされる。これらの科目の達成目標は ICT 利用に関する「国家テスト（正式名称は不詳）の 2 級レベル」とされ、内容的にはデータベース、オフィスアプリケーション、ネットワークやウェブの利用を中心とする、どちらかといえば就職時の有利さを意識した ICT 技術の利用者教育としての位置づけがなされている。なおこのテストには全国統一バージョンの他に、上海市だけが市独自のものを行なっている。加えて C、Visual Basic、Java といった言語によるプログラミング科目も設置している。

C) 入学者に求める情報技術分野の知識・スキルと入試制度

東華大学（及び上海交通大学）における入学者に求める情報技術分野の知識・スキルと入試制度については、理解の前提として、中国における国立大学の入試制度と上海市の学力及び情報技術教育普及における特殊性を説明する必要がある。

中国の国立大学入試制度

東華大学、上海交通大学ともに学校種別は国立大学である。国立大学は国内全ての省レベル行政区分（市・省・自治区、以下単に省と呼ぶ）から入学者を受け入れなければならない。そのために、国立大学の入学定員は大学学部ごとに省ごとの入学定員が定められており、入試における志望者の選抜は各省ごとにそこからの入学志願者からその定員に準拠して入学者が決まる。したがって、同じ入試問題で選抜を行う場合、それぞれの省の合格最低点が異なることは制度上受容される。

学力及び情報教育普及の面から見た上海市の特殊性

各省独立の定員に準拠して入学者の選抜を行うため、省間で学力格差がある場合にはその格差が入学者の学力差として反映されやすくなる。中国の学力水準には概して

「東高西低」の格差傾向が見られる。これは各省の所得水準等を反映したものである。その点で、上海市は中国全土でも高学力のグループに属しているため、上海市からの入学者は一般的にみて他省からの入学者よりもより高い学力を持つ傾向がある。加えて、上海市では中等教育課程における情報教育に力を入れており（たとえばプログラミングは必修である）、上海からの入学者における情報技術に関する知識やスキルは他省と比べて相対的に高い傾向がある。

東華大学は中国全土の統一試験にあたる「全国大学統一入試」の成績は選考資料として用いていない¹。その代わりに、それぞれの大学で独自の基準の元に入試を実施している。東華大学では既存科目（数学、物理、科学など）の成績によって入学者の素質を判断できると考えており、上述の地域間の情報教育の格差問題や実施時間の制約等もあり、情報科目の入試を準備することは考えていない。

また、一般の入試による選抜とは別に、特に優秀な業績のある志望者に対する推薦入学制度を設けている。例えば National Olympiad in Informatics (NOI) の 1 位ないし 2 位であれば同大学の情報専門学部は無試験で入学が許可されるという説明があった。その他、特に優秀な業績を認められる形で同大学に推薦入学によって入学した学生は全体のおよそ 10% を占めるという。

D) 情報専門学部の卒業者の進路

情報専門学部の卒業者の進路に関しては、その詳細を伝える資料が示された。資料によれば、2016 年の学部卒業生（202 名）の進路の内訳は以下の通りである。

- 就職決定: 66.83%、大学院進学: 24.25%、海外転出: 8.42%

また、同じく学部卒業者の就職先の内訳に関しては以下の通りである。

- Software and Information Technology Services 42.96% (58 名)
- The Internet and Related Services 26.67% (36 名)
- Other Services Industry 18.25% (25 名)
- Computers, Communications and Other Electronic Equipment Manufacturing Industry 11.85% (16 名)

¹ 聞き取り調査時に得られた証言によれば全国大学統一入試は東華大学及び上海交通大学よりも「下のレベル」の試験であるため、両大学を志望するような高校生にとっては易しすぎて生徒間で点数差がつかないと考えられている。また、そもそも上海市の大学は全国大学統一入試に参加しないという証言もあった（詳細は未確認）。なお、統一入試とは言うが試験問題は省などごとに異なる。（ずっと以前は統一問題で行なわれていた。）

就職内定者の初任給の金額についても資料が示された。2016年の同大学情報専門学部卒業の就職内定者における初任給の平均額は6600元である。これは一般の大卒初任給(5000元程度ともいわれる)に比べて高水準であるといえる。最高額は25000元であった。

同大学の就職内定においてはインターンシップ制度が大きな要因となっている。一定割合の学生はインターンシップにおいて企業から高い評価を得て卒業後にその企業へと就職する。

E) 情報教育の学習環境

東華大学の情報専門学部では学生に500台のPCを用意している。学生はこのPCを随時無料で利用可能である。また、実習室にはそれぞれの用途に応じたサーバマシンがあり、ネットワークやセキュリティ実習の際に学生によって用いられる。各学生には大学内のネットワークに接続するためのアカウントが発行される。このアカウントで最大5台までのPCないしデバイスを接続することができる。

同学部には3人のシニアエンジニアを含む62名の専任教員が所属し、教育に携わっている。エンジニアは管理センターに常駐しICT環境の整備を担当する。また、修士課程の学部生をティーチングアシスタントとして雇用し授業の補助に当たらせている²。

(2) 上海交通大学

上海交通大学は国のトップ9大学である「中国九校联盟/C9 联盟」の一つであり、この調査ではトップレベル大学として調査対象となった。調査にあたっては以下の方々にご協力いただいた。

Minyi Guo (过 敏意) (Professor and Director of Department of Computer Science and Engineering)

Yuan Luo (骆 源) (Professor and Vice Dean of Department of Computer Science and Engineering)

Gu Dawn (Professor, Director of Laboratory of Cryptology and Computer Security)

² 報告者が見学した授業では、教員が一通りの講義や解説を行い教室から退出した後、ティーチングアシスタントの指導のもとでプログラミング実習が行われていた。

さらに近隣他大学より以下の2名の方々に出席していただいた。

Weili Han (韩伟力) (Vice Dean of Software School of Fudan University)復旦大学
Wan Changbo (王长波) (Executive Vice Dean of School of Computer Science and Software Engineering)華東師範大学

A) 情報専門学部の編成

上海交通大学における情報専門学部は School of Electronic Information and Electrical Engineering(电子信息与工程学院)の中の Department of Computer Science and Engineering (CSE, 信息技术与电气工程系)である。CSEは4つの Discipline (学科)をもっており、そのうち Computer Science and Technology (计算机科学与技术)、は State 1st-Level Key Discipline (国家一级学科)であり、他の3つの Computer Software and Theory、Computer System Structure、Computer Application は、聞き取り調査時に示された資料によれば National Second-level Discipline である。

B) 情報教育カリキュラムの構成とカリキュラム標準

上海交通大学の情報専門学部における情報教育カリキュラムは次のカテゴリからなる4層構造で構成されている。まず基礎科目として位置づけられる数学・物理科目群が土台にあり、その上にコンピュータとプログラミングの導入科目群が配置される。それらの上に、コア科目としてのコンピュータ・サイエンス、さらにその応用として5つのトラック(セキュリティ、AI、グラフィックス、ソフトウェアエンジニアリング、システム)が分かれている。学部生は複数のトラックを履修することが可能であり、これは専門分野に偏らず他分野を知る機会として尊重されている。聞き取り調査の際に示された資料によれば、最新のカリキュラムではそれぞれの科目群には以下のような科目が配置されている³。

- 数学 (Calculus, Multivariable Calculus, Linear Algebra, Probability and Statistics, Discrete Mathematics, Mathematical Methods in Physics)
- 科学 (Physics 1, Physics 2)
- 4つのイントロダクションコース (Introduction to Computation using

³ 公開された科目表は次の通り。 <http://www.cs.sjtu.edu.cn/en/Undergraduate.aspx>

Python/C/Scheme, Introduction to EE, Object-Oriented Programming using C++, Data Structures)

- 5 つのコンピュータサイエンスコア (Embedded Systems, Mathematical Foundation of Computer Science, Operating Systems, Design and Analysis of Algorithm, Computer System Organization)

同学部では 1994 年以来 ACM/IEEE 準拠のカリキュラム編成を行っており、現在は特に IEEE スタンドを参照したものとなっている。ただしカリキュラム標準については参考程度にはしているが国情にあわせてアレンジし、そのまま適用はしていないとのことである。

また、東華大学と同様に同大学では科目の実践性を非常に重要視しており、特に実践科目では多くの時間を実習に充てているという。

履修の流れは 1, 2 年時には数学、物理、プログラミングを履修し、3, 4 年時にはより実践的な科目 (big data computing, security, wearable computation, etc.) にシフトするように想定されている。最後のセメスターにインターンシップが配置されている。これは企業のプロジェクトに一時参加するものであるが、東華大学のような長期のものではない (同様の長期インターンシップは上海交通大学の場合は修士課程で実施される)。

また、2016 年より卒業に必要な単位要件の段階的な縮小を実施している。2015 年以前は 210 単位 (ただし 1 単位は 45 分×16 週) であったのが、2016 年入学者は 175 単位となっている。さらに来年度以降は 150~160 単位とするように計画している。

C) 入学者に求める情報技術分野の知識・スキルと入試制度

上海交通大学では選抜に際して独自に出題するペーパー試験の成績を重視している。入学以前の情報系の知識やスキルを問うことは現在のところ考えていないという。特に上述の地域間の学力格差や入試実施時の時間的な制約などにより、情報入試の実施は困難であるとの考えが示された。

入学前の業績による推薦制度の存在は聞き取り調査の場では確認されなかった。しかし同大学の入学者の中にも情報オリンピック (International か National かは未確認) や ACM/ICPC コンテストの参加者は存在するという。

上海交通大学では、新入生間の情報技術に関する知識やスキルの格差への対応が問題になっているとの話があった。特に上海出身者と地方出身者との格差が大きいという。この問題に対して、同一授業におけるレベル別クラスの導入などを行っており、それが

教員の負担増につながっている。他方、レベルの高い知識やスキルを持つ学生は学部段階の途中で卒業要件を早々に満たし、研究論文の執筆と英文を含めた学術論文誌への投稿を行う者もいる⁴。卒業要件は入学時の知識やスキルは考慮せず全ての学生に同水準のものが課されるため、入学時の知識やスキルのレベルの低い学生に対する教育はカリキュラム運用上の大きな課題であることが推察される。

D) 情報専門学部の卒業者の進路

上海交通大学の情報専門学部卒業者における就職状況については、東華大学ほどの詳細な情報は得られなかった。卒業者の進路に関して聞き取り調査の中では、同大学の情報専門学部の卒業生には毎年 IT 企業から多くのオファーがあり、アリババをはじめとする有力 IT 企業に毎年 300 名くらいの学生が就職している。また上海のコンピュータ・サイエンス教育のレベルは概して高いため IT 企業の側でも卒業生に高いコンピュータ・サイエンスの習得レベルを求める傾向がある。

E) 情報教育の学習環境

上海交通大学の情報専門学部では 61 名の専任教員と 8 名のリサーチアシスタントが雇用され、研究教育に当たっている。教室環境の見学については調査当日の時間的な都合等から実現できなかった。

3.2.4. 訪問聞き取り調査の結論

米国及び中国への訪問聞き取り調査の結論を述べる。

まず根本的な点として、J17 の策定にあたっては今一度、わが国における情報学カリキュラム標準の存在意義を議論し尽くして再定義すべきである。例えば米国や中国では企業による大学卒業生の採用は原則的に専攻分野における専門性を踏まえて行われる。そのため各大学では専攻分野における体系的なカリキュラムをより高いレベルで構築する必要に迫られており、そこからカリキュラム標準を参照すべき必然性が存在する。特に中国においては前述のように、企業への採用や待遇は、採用時点で何を学んでおりどんな能力を身につけているかで大きく差がつき、情報学カリキュラム履修者は中国の平均的な給与水準をはるかに上回る先進国並みの好待遇で就職する。それがまたカリキュラム履修者のモ

⁴ 例えば最近では AI 分野で学部生による学術論文誌への論文採録があったそうである

ティベーションともなっている。他方、日本における大学卒業者の就労は必ずしも卒業時の専攻に基づくものではない。情報系のエンジニア採用に情報系専門学部ではないいわゆる文科系学部の卒業者が一定割合を占める状況がある。その状況において、学会がどのような意図や目的のために情報学カリキュラム標準を公表するのか、それは情報分野に関わるステークホルダに何をもたらすことを意図して策定されるのか、この点を再確認することが重要になろう。

この点で J17 が J07 公表時に増して強化されるべき役割を一つ挙げるならば、カリキュラム体系を通して「入口」と「出口」、すなわち大学入学以前と卒業以降の双方のステークホルダに情報学分野の最新の専攻体系と能力要件を伝達する役割ではないかと考える。米国、中国では「出口」に対する接続はスムーズであると考えられるが、「入口」と大学との接続においてはそれぞれの教育制度や国情の問題から必ずしも問題なしとは言えない（あるいはまだ問題が意識されていない）状況がある。他方、日本においては「出口」すなわち就労・採用とカリキュラムとの接続には課題が多いものの、「入口」とカリキュラムとの関係は中国、米国と比べて制度面での整備が行き届いておりさらなる改善の可能性が見込まれる。「出口」に当たる産業界との対話や教育上の協力関係（例えば長期のインターンシップなど）の可能性を探る上でも、また目下作業中である入試制度等の高大接続関係をより深化させる上でも、明確な体系性を持った標準カリキュラムの役割は今後大きくなるものと予想される。それゆえ、上記の議論の「当事者」として、大学関係者に加えて、「入口」である初等中等教育関係者に加え、主要な「出口」である企業で新卒者の採用関係者も巻き込み、意識を変えてもらう必要がある。

加えて 1 点課題を挙げるならば、J17 策定に際しては、いわゆる文科系を含めた多様な学部学科の在籍者に品質保証された情報学分野の授業体系を提供するために、情報系各分野の副専攻カリキュラムの明確化に取り組むべきである。米国においては副専攻カリキュラムの設置による履修者の参入拡大が確認されている。他方、日本では米国、中国と比べて企業による文科系学部を含めた情報系専門学部以外からのエンジニア採用が依然多く見られるため、非情報系専門学部における情報系科目設置の潜在的ニーズは一定程度あると考えられる。その点で副専攻カリキュラムの明確化は J17 に対する幅広い分野からの参照の拡大につながると思われる。

3.2.5. 追記 - ベトナム

ベトナム社会主義共和国ハノイ市に所在する 5 大学 (University of Science and Technology of Hanoi, Vietnam National University, Hanoi University of Industry, Hanoi Open University, Dainam University) に対する訪問調査の結果を報告する。

University of Science and Technology of Hanoi は科学技術大学院大学である University of Science and Technology of Hanoi (VAST) の配下に置かれた小規模な大学であるが、フランスを中心に共同研究を展開する高レベルの研究教育を行っている。Vietnam National University はトップレベルの大手大学の一角を占める大学である。Hanoi Open University は、いわゆる放送大学であるが、通学制の学部ももっている。今回訪問したのは、その通学制の IT 学部である。Hanoi University of Industry は、トップレベルの一角を占めるものの、他の大学とは違い、文部省 (MOE, Ministry of Education and Training) が設立してものではなく通商産業省 (Ministry of Trade and Industry) が設立した大学である。Dainam University は、比較的最近に設立された小規模な文系主体の大学であるが、小規模な IT 学科をもっている。

今回の訪問調査では、IT 技術者に研修を施して日本への労働力輸出を目指す JAVICO (日越 MAN-POWER 株式会社) も訪問し、ベトナムの大学教育をどう見ているかの聞き取りも行った。

調査項目は米国調査・中国調査と同様、以下の通りである。

- F) 情報専門学部の編成
- G) 情報教育カリキュラムの構成とカリキュラム標準
- H) 入学者に求める情報技術分野の知識・スキルと入試制度
- I) 情報専門学部の卒業者の進路
- J) 情報教育の学習環境

その結果として以下のことがわかった。

- IT 専門学科に対しては、文部省 (MOE, Ministry of Education and Training) が学科の教育内容 (カリキュラム) に対して framework を提示している。この framework は、1990 年代に定められたもので、当時の ACM/IEEE-CS の CS, CE を参考にして作られた。IT 学科を設立するには、この framework に即したカリキュラムを策定して審査を受け合格してはじめて学生募集することができる。(この仕組みは、他の工学系分野に対しても設けられている。)

- 調査を行った大学は、いずれもこれに従っているから、カリキュラムについて共通化を図る、といった活動への言及はなかった。ACM, IEEE-CS, AIS によるカリキュラム標準についてもあまり関心はないようである。(訪問先の大学のなきには、こうした標準を入手したいのだが、と逆に聞かれて入手先を教えた例もあった。)
 - 教材や教科書は、それぞれの大学で執筆している。また、他大学で作られたものを利用することも行われている。それぞれに必要なに応じて改定を施しているとの話であった。
 - 一方で、日本への IT 技術者の送り出しを業とする JAVICO の社長は、大学での IT 専門教育が (日本の) 産業界の要求を満たす努力が不足していると述べていた。したがって、日本の情報処理技術者試験 (基本情報や IT パスポート) のシラバスを取り入れ、またベトナムでの産業界の要求も取り入れて研修を実施しているのだという。
 - 中等教育では早くから情報教育が義務化されていて、Pascal によるプログラミングを全員が学んでいる。
 - IT 学科の卒業生は、公式の統計データはないが、全国で 3 万 2 千人ほど (入学生は 4 万 2 千人ほど) にあたると言う話がでた。訪問したどの IT 学科も卒業生は IT 産業に就職している。Vietnam National University では 20%程度が大学院に進んでいる。
 - 訪問したどの大学でも、コンピュータ教室・演習室を用意し、30 人~80 人程度のクラスサイズで授業・演習を行なっている。TA の姿を見かけることは少なかった。
- ベトナムは、社会主義国であり、共産党の単独独裁制をとっている。したがって、大学のカリキュラムに関しても政府のコントロールが厳しいという印象を強く受けた。

訪問先の機関、および聞き取り調査を引き受けてくださった方々の名前を記しておく。

Hanoi University of Industry

Dr. Ngo Duc Vinh,

Dean, Faculty of Information Technology

Dainam University (University of Education and Training)

Ph.D Luong Cao Dong

Hanoi Open University

Ph.D Thai Thanh Tung,

Vice Dean of Faculty, Deputy Head of Web Technology Department

JAVICO (日越 MAN-POWER 株式会社)

ThS. Nga Long (代表取締役社長)

Vietnam National University

Ma.Do Huu Hai,

Chief Admin. Department, Information Technology Institute

Vietnam Academy of Science and Technology

Assoc. Prof. Dr. Bui Dinh Tri,

Director, Dept. of Organization and Personnel

University of Science and Technology of Hanoi

Assoc. Prof. Ph.D Luong Chi Mai,

Co-director of Information and Communication Technology Department

第 4 章

情報学教育に対する産業界の要望調査

4.1. 調査の方法	1
4.2. 回答者の職種	1
4.3. 回答者の属する部門について	2
4.4. 卒業研究, 修士研究について	6
4.5. 業務に必要な情報および情報関連の知識	7
4.6. 自由記入	12
4.7. まとめ	13
付録：企業対象アンケート調査フォーム	14

4. 情報学教育に対する産業界の要望調査

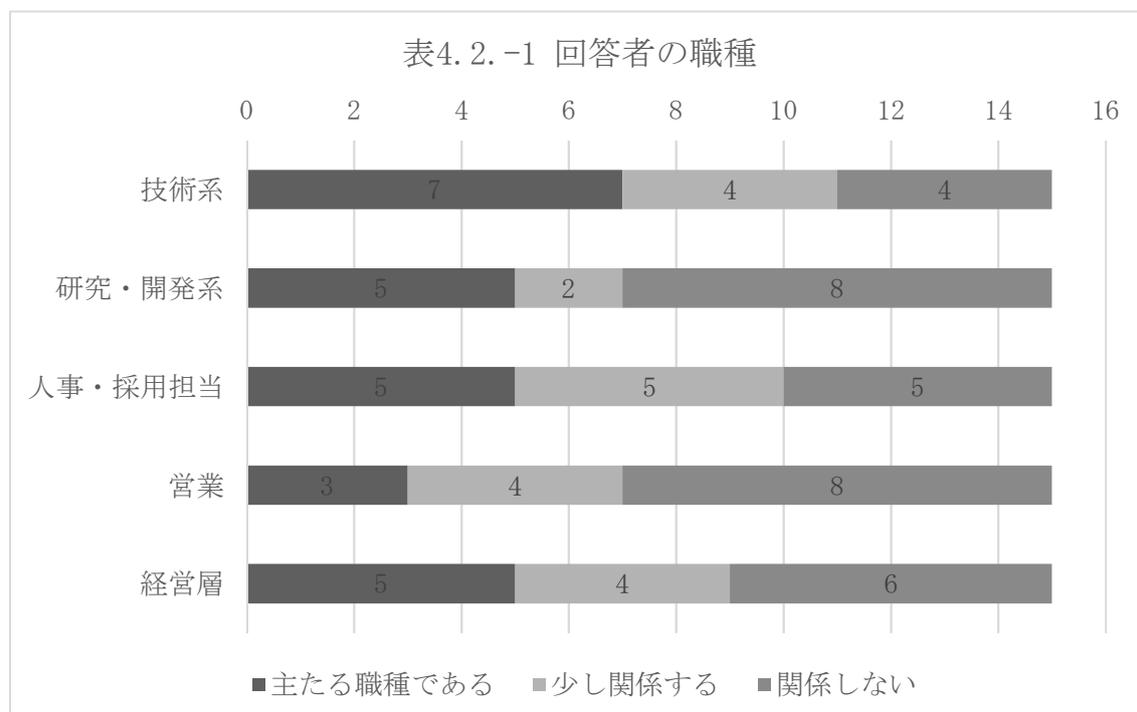
4.1. 調査の方法

本調査は、JUAS（一般社団法人 日本情報システム・ユーザー協会）、および CSAJ（一般社団法人コンピュータソフトウェア協会）に依頼して、会員会社に電子メールによる別紙1，2にある依頼状を送付し、情報系の人材を雇用している部門等に配布をし、Excel ファイルによるアンケートの質問と回答を提出してもらったものである。しかしながら、会員会社に伝わっていない場合があることなどから、回答するは15件と少なかった。

また、最近のセキュリティポリシーや情報漏洩対策のため、電子メールや web による回答が難しい場合も多くなっていると思われる。

4.2. 回答者の職種

回答者の現在従事している職種について、技術系、研究・開発系、人事・採用担当、営業、経営層の5種のいずれであるかを聞いた。それぞれの職種がどのくらいの重みであるかで回答してもらった。この結果、多くの方が複数の職種に関係していることがわかる。



その他、1名から以下の回答があった。表4.2.-1ではすべての項目に「関係しない」という回答がされている。

- ・SEの教育を中心としたバックオフィス担当

表 4.2.-1 の回答を元に、いくつの職種に関係しているかを集計したものが表 4.2.-2 である。表の左上の「1」は、いずれの職種にも該当しないという回答をされた方であり、逆に、右上の「1」はすべての職種が主たる職種であると回答している者が 1 人いることを示している。この場合、小さな職場あるいは中小企業の責任者の場合であろう。

表 4.2.-2 回答者に関する職種の数

		主たる職種の数					
		0	1	2	3	4	5
少し 関係 する 職種 の数	0	1	3	1	0	0	1
	1	0	2	1	0	1	0
	2	0	0	2	0	0	0
	3	0	0	1	0	0	0
	4	1	1	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0

4.3. 回答者の属する部門について

回答者が所属している部門（部，課，あるいは小さな会社では会社全体）における業務と採用数を問うた。

4.3.1. 部門の名称について

回答者の属する部門の名称を具体的に記載してもらった。以下のようにさまざまな名称になっている。

システム本部	SI 事業本部
品質保証本部 人財開発担当	総務・人事部
ソリューション本部	研究開発本部
本部	システム部
管理本部 人事部	経営管理本部 総務部
開発部	システム営業部
採用研修本部 研修部	事業統括会議
他に未記入 1	

4.3.2. 具体的な業務内容

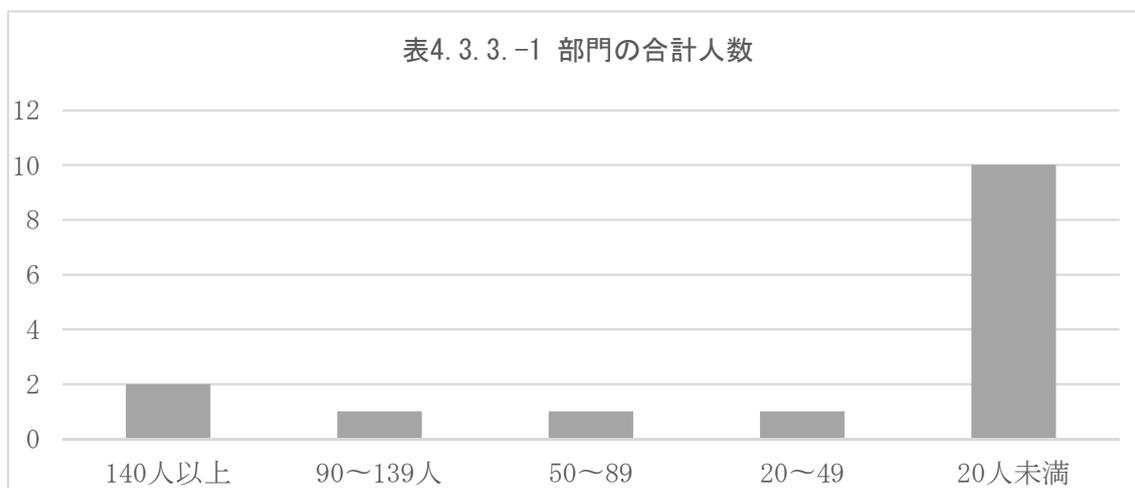
回答者が属する部門における具体的な業務は、以下のような回答であった。

- 総務、労務、人事、コンプライアンス、CSR、採用（新卒/中途）、研修
- 顧客管理、取引案件管理、要員管理、売上管理
- 社内情報システムの維持管理
- 製品開発、受託開発
- 派遣社員の教育担当
- システム部門の全体管理
- SE 教育、PM 教育、資格取得報奨金制度管理、スキル情報の一元管理、iCD 推進など
- システム設計及び開発、自社製品開発及び販売、システム営業
- 会社運営の全般を行っています。
- 各種業務システムの開発
- 人事業務全般
- 新規・中途採用活動（面接・試験など）、社員教育
- コンピュータ・ネットワーク及び IoT 部門の統括
- ソフトウェア開発
- 中小の代取りだから何でも主たる業務

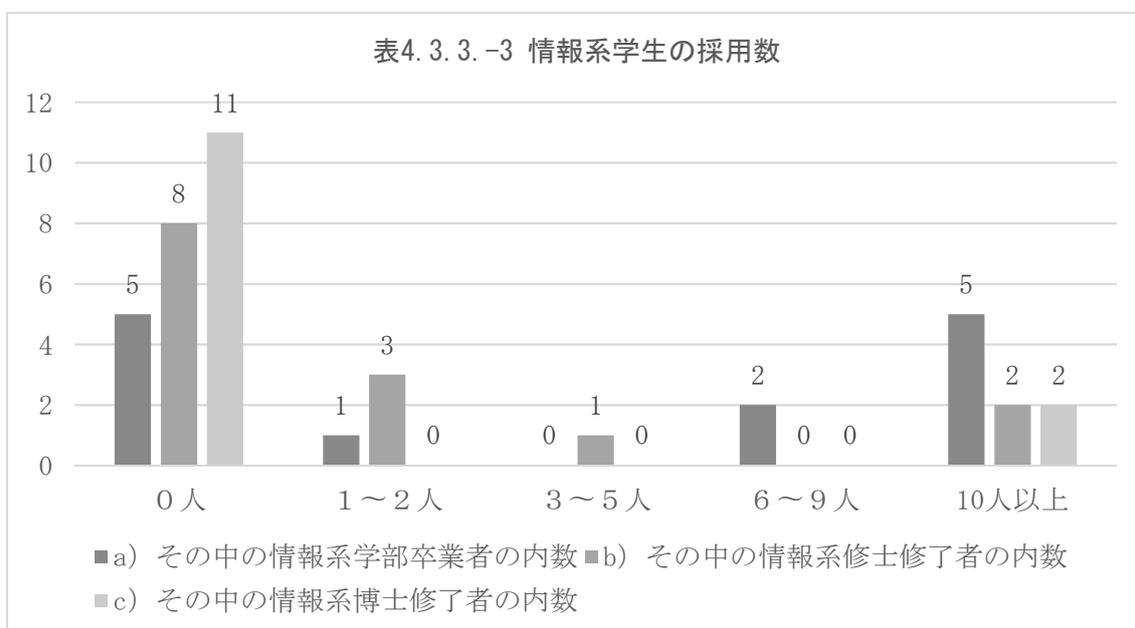
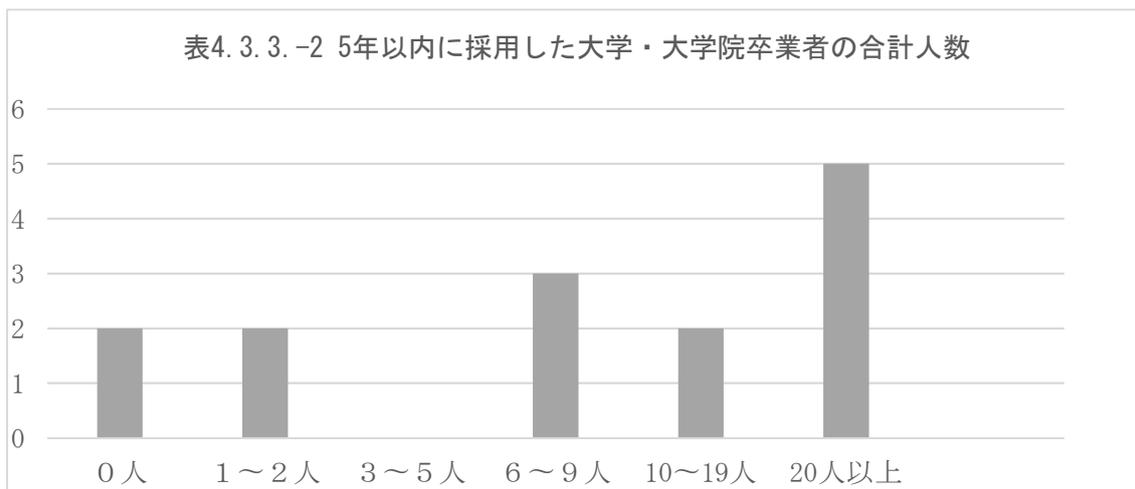
職種は多岐に渡っていると言える。回答者数は少ないものの、想定される多くの業務をカバーしていると言える。

4.3.3. 部門の合計人数

回答者の属する部門の人数と、5年以内の採用人数を聞いた。表 4.3.3-1 が回答者の属する部門の人数である。



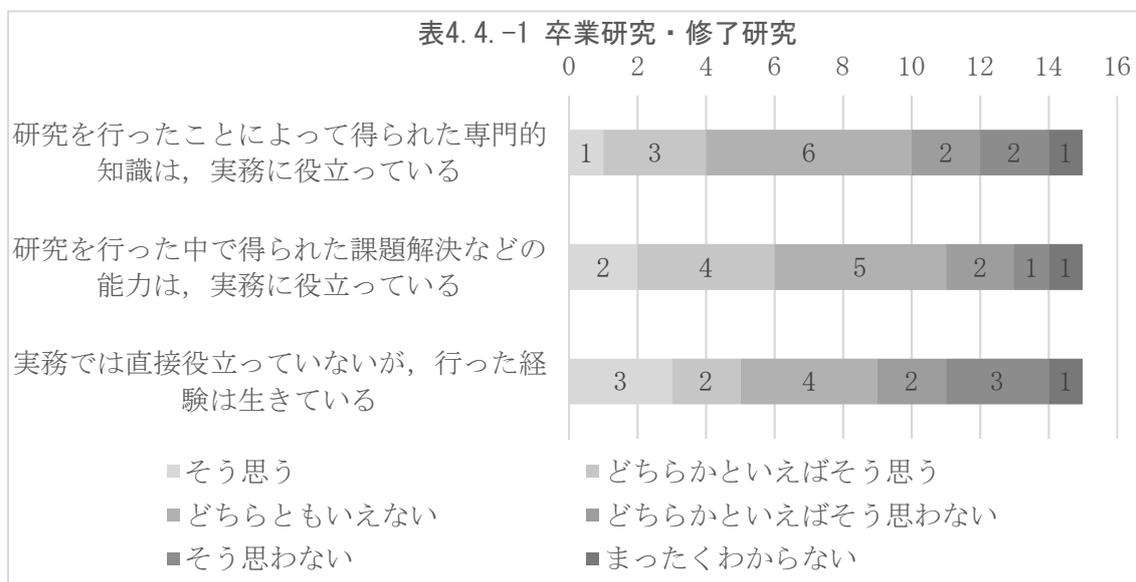
20人未満の小さな部署としての回答が2/3であるが、140人を超える部署であるとの回答も2つある。次に、それぞれの部門が最近5年間に採用した大学卒業および大学院修了者の人数は表4.3.3-2に、さらにそのなかで、情報家の大学卒業者の人数と大学院卒業者（修理、博士の別）の人数が表4.3.3-3に示す。



4.3.4. 業務に関する情報関連分野について

回答者の属する部門の業務において、情報関連分野のいずれが関係するかを、各分野について「もっとも関連が深い」、「それほど深くはないが関連はある」、「現在は関連してい

ないが今後関連が深まると思われる」、「今後も含め関連はない」のいずれであるかを聞いた。



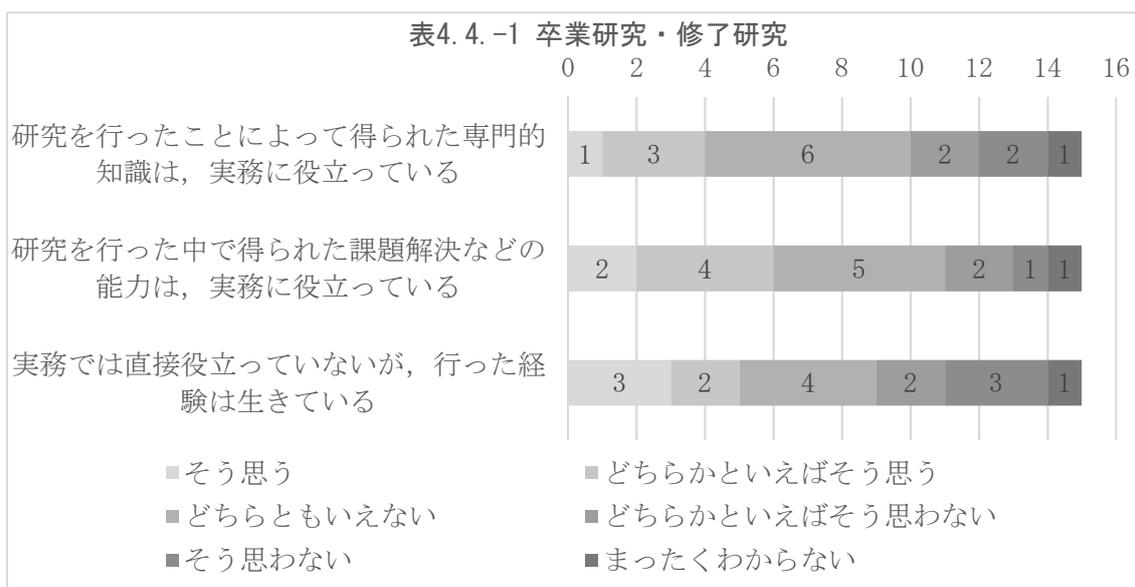
この回答について、予想されていたことではあるが、以下のようなコメントがあった。

- ・ 分野の内容がよく判らない（例：CSとCE）ので、主な内容、具体例等があればよい。
- ・ 情報分野（特に大学における教育）に詳しくないため、誤った回答をしているかもしれない。

情報専門といっても多くの専門領域に分化しているが、学科の名称と教育内容が明確でないこともあり、CSやISといった専門領域が一般にはまだ理解されていないことが分かった。

4.4. 卒業研究，修士研究について

一般に大学における教育として重視している卒業研究と修士研究について、業務にとってどのように役立っているかについて聞いた結果が表4.4-1である。



この結果からは、卒業研究や修士研究がそれほど業務に役立っていないという意見が多いことがわかる。この設問については、次のようなコメントがあった。

- 卒業研究や、終了研究の内容が業務に精通するものであれば、ものすごく役に立つと思うが、なかなかマッチすることはないと思われる。
- システム構築の為の基礎技術、応用的に考える力、今後の技術導入への考え方。
- 課題解決能力、コミュニケーション力
- 知識として基礎的な部分（特に用語）を知っている。
- そもそも自律的に課題を解決している学生がほとんどいないのが現状。言われたことをただこなすのみの作業者のレベルです。卒業論文についてもほとんどが深堀ができておらず説明ができない。教育機関では学習態度も含め教育をしていただきたい。

この中で、卒業研究や修士研究で扱ったテーマそのものが業務に役立つことはすくないものの、卒業研究や修士研究を行う過程で、問題解決、コミュニケーションといった能力を身につけていくことが期待されている。しかしながら、そうになっていないと思われることになる。

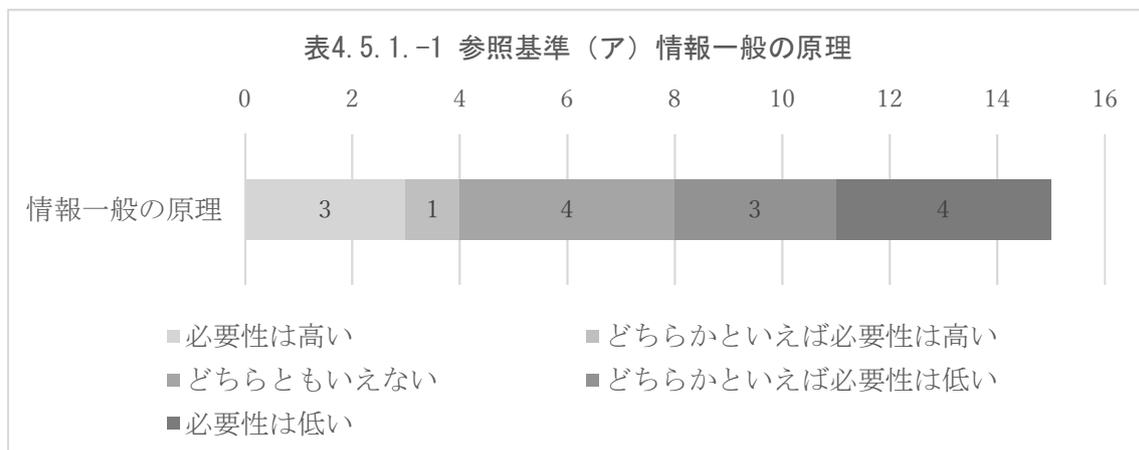
この理由としては、研究テーマや研究の進め方について、自発的に行うのではなく、与えられたことを行っている場合や指導教員の指導が強いような場合、成果は出てもスキルの養成が十分ではないことがある可能性があるためであろう。

4.5. 業務に必要な情報および情報関連の知識

情報学参照基準に基づいて、情報関連の知識が業務にどの程度役に立っているかを聞いた。大学に対する調査では、参照基準の小項目ごとに調査をしたが、企業では中項目単位の調査とした。

4.5.1. 情報一般の原理について

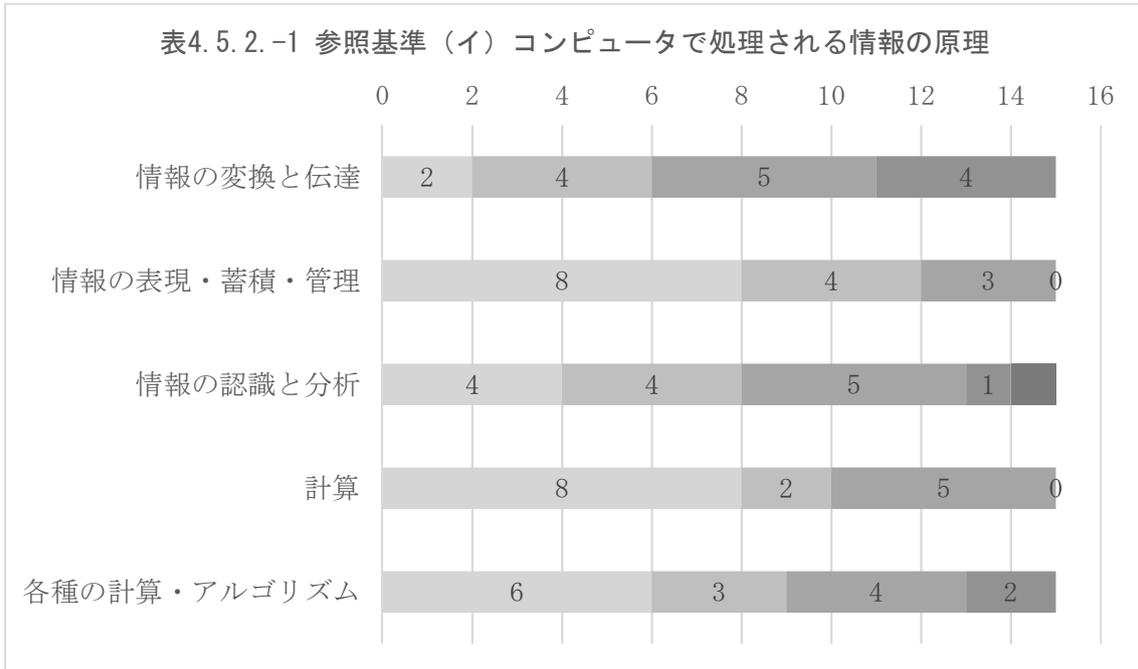
情報一般の原理は、基礎的な項目であることから、直接業務に関連しないとも考えられるが、必要性が低いという回答は半数弱である。



この回答結果であるが、回答者の職種や、部署における業務内容による大きな違いがなかった。

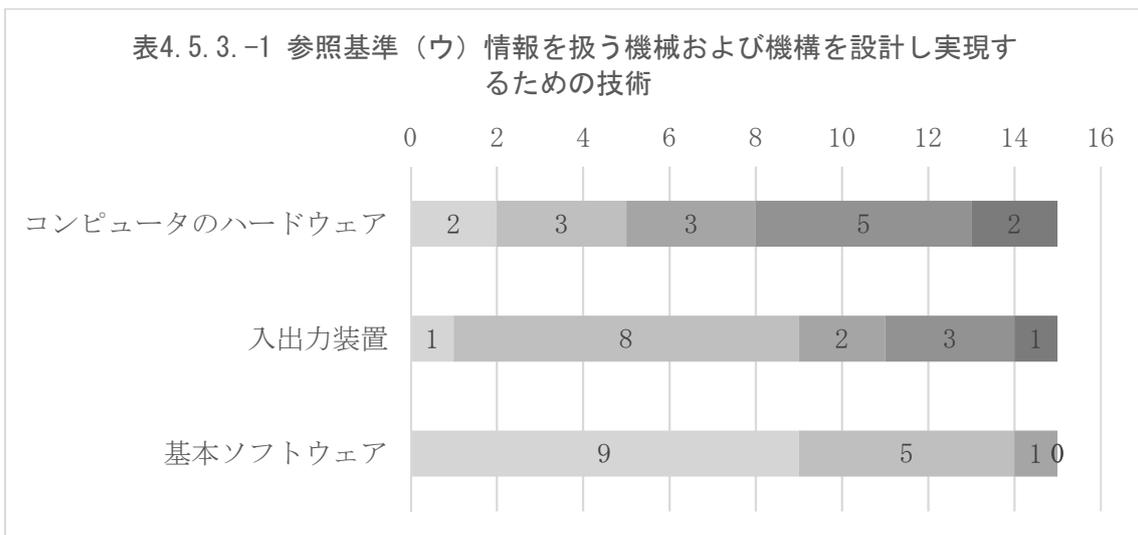
4.5.2 コンピュータで処理される情報の原理について

コンピュータによる情報処理の基本となる参照基準（イ）については、表 4.5.2.-1 に示す通り、業務における必要性が比較的高い結果となっている。表 4.5.2-1 から、情報技術でも表面に出にくい「情報の変換と伝達」や「各種の計算・アルゴリズム」で必要性が低いという結果になっている。情報専門教育を受けたかどうかの違いが出やすいところであるにもかかわらず、必要性が低いという回答があるということは今後調査が必要である。



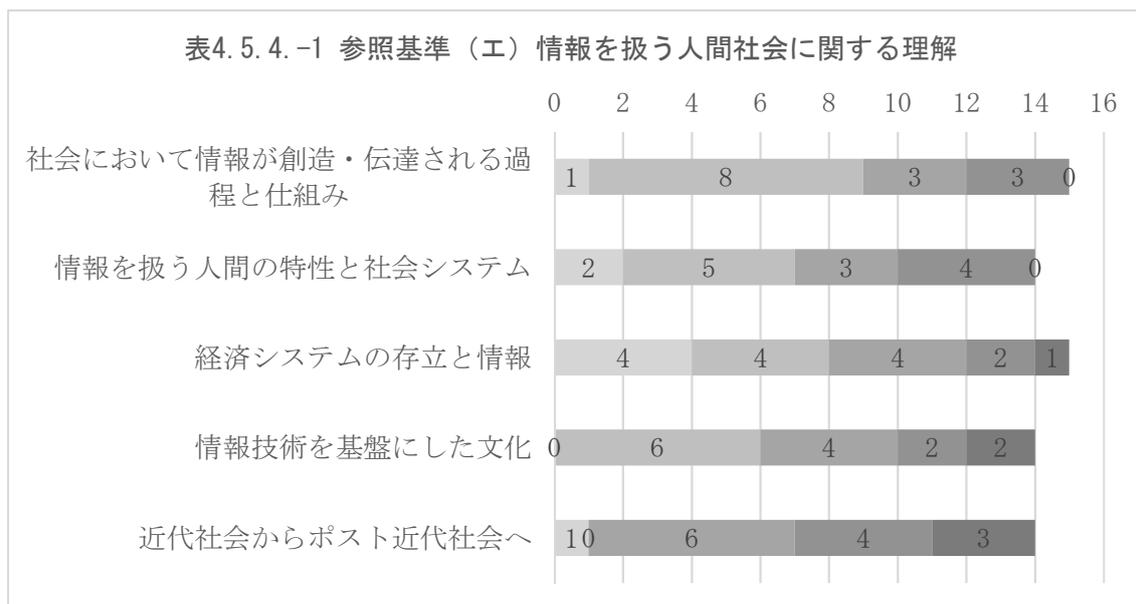
4.5.3 情報を扱う機械および機構を設計し実現するための技術について

参照基準の（ウ）で示されている，主にコンピュータのハードウェアに関する知識については，表 4.5.3-1 に示す。この表から，基本ソフトウェアについては業務への必要性は高いが，それ以外はそれほど高くない。特に入出力装置やハードウェアについては必要性が高いという回答が少ない状況になっている。これは，今回の調査の回答者がソフトウェア開発関係業務にたずさわっている方が多いためと思われる。



4.5.4 情報を扱う人間社会に関する理解について

参照基準の（エ）で示されている、情報を扱う人間社会に関する理解については、直接業務に関係することは少ないと思われるため、「必要性は高い」という回答は少ない。しかし、「必要性は低い」という回答も思いの外少ない。単に技術的な知識だけでなく、それを取りまく社会環境等についての知識もある程度持っていることが望ましいことを示していると言える。



4.5.5. 情報を扱うシステムを構築し活用するための技術・制度・組織について

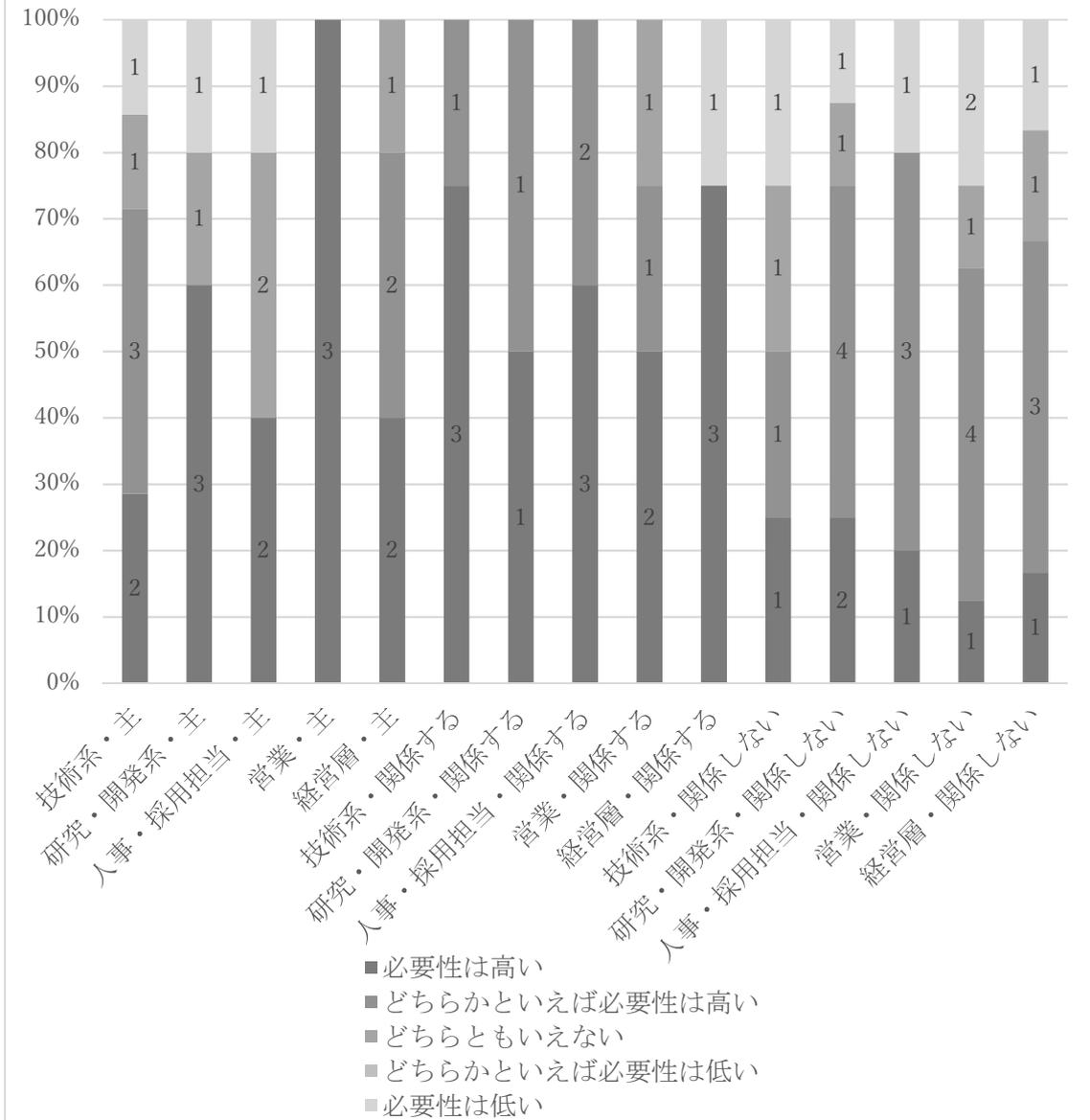
参照基準の（オ）で示されている、情報を扱うシステムの構築と活用に関する項目については、表 4.5.5.-1 に示す通り、かなり必要度が高いという結果となっている。これは、情報産業においてはベンダーやユーザいずれにおいても、密接に関係する職種が多いためと思われる。

表4.5.5.-1 参照基準（オ）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



このうち、「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、業種による回答の違いを示したものが表 4.5.5.-2 である。回答数が少ないためこれをもって判断はできないが、営業や経営層からも必要度が高いとされていることがわかる。

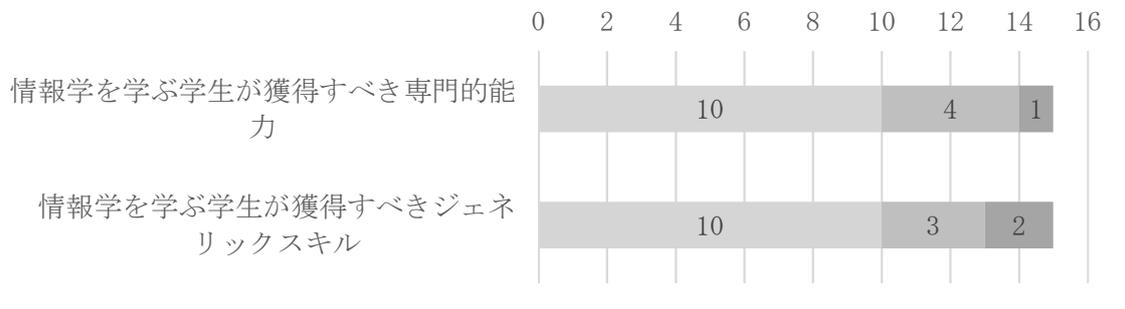
表4.5.5.-2 情報システムと人間に関する原理や設計方法



4.5.6. 業務に必要なスキルについて

表 4.5.6.-1 に示される、業務に必要なスキルについては、必要度がかなり高いという結果となっている。これは知識だけではなく、創造性やコミュニケーションといったスキルが、業務に知識を活用するためにも必要であることを示している。

表4.5.6.-1 業務に必要なスキル



4.6. 自由記入

最後に、本調査に直接関係しないことも含め、情報分野における人材育成について自由に記入してもらったところ、以下のような回答があった。

- 大学の研究開発と企業の開発がマッチしたものでない限り、なかなか学生時代の経験が社会に出て有効になるということはないものと思われる。
- 仕事にしても研究にしても他分野とのコミュニケーション、チームとしての活動が多くなっている。コミュニケーションを取れないと話になりません。
- 大学の情報専門系の学生に対する教育をより実践的・具体的に行う必要があると思います。日本の場合、IT系企業に入社後、実践しながら知識・スキルを積んでく丁稚奉公的なやり方がほとんどですが、開発現場は即戦力の人材を求めている状況です。特に、セキュリティスキルの高い学生を求めており、当社はセキュリティ・キャンプ実施協議会に参加し、ここに参加してくる学生に対してインターンシップの受入を行っています。また、当社は一般社団法人コンピュータソフトウェア協会に入会しており、私は2008年にこの協会主催のインドの大手IT企業、および大学等の視察に行きましたが、大学の情報系授業内容のレベルの高さや、企業側の学生採用方針（即戦力の人材しか取らない）を聞いて、IT先進国のインドと日本との違いに驚き、日本のIT技術の将来を憂いたのを覚えています。学生のレベルを高めると共に、産学連携を強く推進すべきと考えます。
- 「どちらともいえない」と回答したものについても、IT業界で仕事をする人の一般常識として、他の業界の人に説明できる程度の知識と理解度は持っていて欲しいです。

これらの指摘は、現在の大学教育の問題点として広く言われていることが多い。また、

4.7. まとめ

今回の調査では、時期や手法の問題も含めて回答するが少ないため、十分な分析ができない。一般に、情報産業あるいは情報を専門とする職種では、大学・大学院における教育が情報専門によらずに幅広く採用されている。しかし、情報専門系卒業者への要求も多い。

本調査での結果も踏まえ、新たなカリキュラム標準に対する産業界の要望や、情報系の人材に求める知識・スキル・コンピテンシー等について調査を行うことで、産業界全体としてどのような学生の輩出を高等教育機関に期待しているのかを調査分析する必要がある。

調査方法としては、日本経済団体連合会や経済同友会、産業競争力懇談会などの経済関係団体に対してアンケート調査もしくはヒアリング調査を行うなどの方法により、新たなカリキュラム標準に対する期待や要望等を把握する必要がある。また、情報系学部学科の出身者への期待や、非情報系学部学科の出身者への期待などについても調査を行う必要がある。

第 5 章

情報学教育カリキュラム標準の体系の提案

5.1. 情報学教育の広がり.....	1
5.2. 大学と企業との齟齬.....	3
5.3. 情報学教育の在り方.....	5
5.4. 情報学教育のカリキュラム標準.....	9

5. 情報学教育のカリキュラム標準体系の提案

5.1. 情報学教育の広がり

第2章での情報学分野の大学教育の現状調査結果から見えてきたのは、情報学教育が広がってきているという実態である。その広がりを三つに分けて記述する。

(1) 情報専門学科の広がり

情報学分野を専門とする教育（情報専門教育）を行っている学科等（以下、“情報専門学科”と書く）は、2.2.(調査A)にある通り、学校基本調査の分野区分（学科系統分類における大分類）（以下、“分野区分（大分類）”と書く）での工学・理学に止まらず、幅広い分野区分にわたって存在している。従来、情報専門学科といえば、理工系情報学科・専攻協議会に参加している学科がそのほとんどを占めるのであろうと想定されていたし、協議会名称に“理工系”と謳われているように、そうした学科はほとんどが理学・工学を分野区分（大分類）とすると想定されていた。今回の調査結果からは、情報専門学科の中では、この協議会に参加しているものは半数にとどまり、残る半分はこの協議会に属していないばかりでなく、その分野区分（大分類）を工学・理学以外としていることが判明した。

情報専門学科の卒業生数を、その学科が該当する分野区分（大分類）ごとに見ると、工学が約半数を占め、以後、“その他”、社会科学、理学、人文科学、保健（医学・歯学以外）、芸術、教育の順に並ぶ。特に、分野区分を“その他”、社会科学とするものは、合わせると工学とするものに匹敵する卒業生数を持つことに注目する必要がある。なお、学校基本調査の分野区分（大分類）は、人文科学、社会科学、理学、工学、農学、保健、商船、家政、教育、芸術、“その他”の11区分となっており、情報学の区分はない。このため、11区分のどれかに該当する分野の範囲内で情報学の専門教育を行っていると判断した学科は、当該区分を選択できるが、複数の区分（例えば、工学と芸術）に関係する形で分野横断的（融合的）に情報学を専門とする教育を行っている学科であると判断したところは、“その他”を選択していると推察される（積極的に“その他”を選択する場合もあれば、他の区分を選ぶことができずに消極的に“その他”を選択する場合もあるものと思われる）。このような背景から、分野区分（大分類）を“その他”であると答えた学部学科が2位を占めたものと推察される。詳細な分析が必要であるが、諸科学との境界において新たな応用分野を生み出している情報学の特徴が反映されていると言えるかもしれない。

こうした情報専門学科のカリキュラムの内容が、10年前に策定したJ07の5つの情

報専門学科領域 CS/CE/SE/IS/IT のどれに該当するかを問うた結果を、それぞれが輩出している卒業生数で見ると、どれかに該当すると答えたものと“その他”と答えたものとのほぼ同数であった。すなわち、J07 のカリキュラム標準は、卒業生数で見ても、情報専門学科の半分にしかカバーできていないことになる。このことから、新たにカリキュラム標準を策定するに際しては、その情報専門学科領域として“その他”と答えた学科の協力も得てその教育内容を精査して対応を図ることが必要である。

5 つの情報専門学科領域のどれかに該当すると答えた情報専門学科の学校基本調査での分野区分（大分類）をその卒業生数で見るといくつかの特徴があることがわかる。

- (i) CS と答えたものは、大部分が工学であり、残りは理学、“その他”、社会科学に限定されている。
- (ii) CE と答えたものは、工学に限定されている。
- (iii) SE と答えたものは、ごく少数で“その他”、工学、芸術に限定されている。
- (iv) IS と答えたものは、多くが工学であり、残りは社会科学、保健（医学・歯学以外）に限定されている。
- (v) IT と答えたものは、多くを工学、社会科学、“その他”で3分し、残りは人文社会、芸術、保健（医学・歯学以外）に限定されている。

J07 の5 つの情報専門学科領域のそれぞれについて、それに該当すると答えた情報専門学科の分野区分（大分類）の分布の特徴は、“その他”と答えた情報専門学科の教育内容に対応するカリキュラム標準を考える際にも、その学科がどの分野区分（大分類）のどれに該当すると答えたかに応じて、CS、CE、SE、IS、IT のどれに近いかのヒントを与えてくれていると考えることができる。

(2) 情報学専門教育科目を設けている非情報系学科の広がり

情報学以外の分野を専門とする学部・学科等（以下、“非情報系学科”と書く）であって情報学の専門教育科目を教育に取り入れているものは、2.2.(調査B)にある通り、その分野区分（大分類）を工学・理学とするものばかりでなく、幅広い分野区分（大分類）にわたって存在している。つまり、非情報系学科であって情報学の専門教育科目をおくものは、学科数で663あり、情報専門学科の学科数267の倍以上にのぼる。それらの分野区分（大分類）を学科数の順に並べてみると、社会科学、工学、“その他”、保健（医学・歯学以外）、人文科学、理学、教育、保健（医学・歯学）、農学、芸術となり、全ての分野区分（大分類）に及んでいる。

より踏み込んで、分野区分（大分類）ごとに、そこに属すると答えた学科の全学生数に対して、情報学専門教育科目を配している非情報系学科の学生数の割合を見てみ

ると、保健（医学・歯学）が約 29%、工学、理学がそれぞれ約 26%、社会科学が約 15%、
“その他” が約 14%と並んで、全対象領域での総計で約 14%となっている。

これらの情報学の専門教育科目の位置付けや、科目数、卒業に必要な単位として組み込みかた、担当教員の常勤・非常勤の分布、担当教員の情報学に関する専門性などは様々であり、それぞれ踏み込んだ調査を行わないと軽々に特徴を述べることはできないものの、幅広い分野区分（大分類）にわたって情報学専門教育科目が設定されていることは、情報学がメタサイエンスである（すべての学問の基礎・基盤として機能する）という特徴が反映されていると推察される。

(3) 一般教育・共通教育としての情報学教育の広がり

一般教育・共通教育として情報学教育に目を転じてみると、2.3(調査C)にあるように、今回の調査に回答のあった大学の約 82% が一般教育・共通教育として情報学教育を実施している。

ただ、その実態には、設置している科目数、内容、演習・実習の実施等にわたって大きなばらつきがある。特に、担当するのが専任教員であるのは半数に満たず、1/3を非常勤講師に頼っているし、担当する専任教員もその 60%を越える教員が情報学の専門学科以外の学科の卒業であり現在の研究分野も情報学でないという状況にある。

これらの状況を見ると、一般教育・共通教育としての情報学教育の必要性は広く認められているものの、一般教育・共通教育としての情報学教育が目指すものは何か、どんな知識・能力を目標とするのか、その担当教員に求められる知識・スキルは何か、といったことの共通認識・共通理解を得ていくことが必要だと考えられる。

5.2. 大学と企業との齟齬

海外大学の訪問聞き取り調査（3.2.）の結果から見てきたのは、諸外国に比べて日本での大学と企業の間には大きな齟齬が存在することである。いくつかの面から理由を考察してみる。

(1) 情報専門学科の卒業生数

本調査研究の 2.2. (調査A) から判明したのは、情報専門学科の卒業生数は毎年 2.6 万人であり、1 学年あたりの大学生総数は 64 万人であるから、日本での情報専門学科の卒業生数は、大学卒業生数のほぼ 4%にあたるということである。米国の場合、Computer Science を主専攻として卒業する学生数は 6.0 万人であり、1 学年あたりの大学生総数 189 万人 のほぼ 3%である*。したがって、情報専門学科で教育を

* Fast Facts 2014-15 <https://nces.ed.gov/fastfacts/>

受けて卒業する学生の割合は日米にほとんど差がない。それにも関わらず、日本では常に「情報人材不足」が叫ばれているのはなぜか。なぜ米国ではそうした声を聞くことがないのか。

(2) 企業側・大学側の問題

終身雇用のもと、一般に日本の企業は、新卒者に対して即戦力を求めてこなかった。新卒採用では、長く企業に貢献できる人材を求め、業務記述を示して募集することがない。つまり、より基礎的な素養を求めることになり、情報専門学科の卒業生に限らず、大学での専門と実際の業務内容とのミスマッチが生じている。即戦力人材の中途採用も行われているものの、大部分は社内教育によって新分野に対応している。

新卒者採用でのこの方式は、確立した基本技術を各企業が洗練・特化させることによって産業発展が支えられた時代には有効であった。各企業は、時間をかけて自分たちが開発した技術を教える体制を構築することができた。また、そのような社内教育の体制には、最新の個別技術に長けた者よりも基礎的な素養をしっかりと身に着けた者の方が適しているといえる。

一方、日本の多くの大学では、トップダウン的な構造改革がなかなか進んでいないという指摘がある。例えば、国立大学では、学科間の力関係の均衡を破ることになると考える教員もいることから、学科定員を変えることも容易ではない場合がある。また、基礎的な素養を求める企業側の要望もあるため、表層的な組織は様々に変化しているものの、伝統的な基軸分野（たとえば工学部では土機電化―土木・機械・電気・化学）をルーツとする組織が教育を担い続けていることが多く見受けられる。情報専門学科（情報学を専門とする教育を行なっている学科）も、学生数こそ増えてきたものの、たとえば電気と情報のように、あるいは文科と情報のように、伝統的な分野との融合によるものが多いと考えられる。この点については、今後、2.2.(調査A)の結果をもとにした詳細な分析を待つ必要がある。

しかし、以上のような体制では、基本技術を含む技術の体系全体が変化する状況、いわゆるパラダイムシフトが起こる状況に対応するのは難しいと考えられる。特に、情報技術のように、（たとえばデータサイエンスやIoTといった）大きなパラダイムシフトが継続的に急速に起こっている分野では、新技術を導入し企業内で発展させた後に社内教育体系を構築するのでは、とても対応することができないだろう。

米国では、大きなパラダイムシフトには大学が先導して対処してきた。すなわち、大学は即戦力人材を供給できるように不断に構造改革し続けている。特に、Computer Science の分野では、長年に亘って学生数を増やしてきている。（なお、米国ではこの

分野の学科は、いずれも学科名称を Computer Science としているの、他の分野との融合による学科が多く存在しているとは考えにくい。) 近年では、データサイエンスや機械学習の専門の学科も設立され始めており、常に産業界の要請に応えるように新規のカリキュラムが作られ続けている。

また、企業側も明確な業務記述を定めて必要な人材を確保し、採用した学生を高い給与をもって遇するとともに即戦力となることを期待する。なお、米国では Computer Science を主専攻とする学生とそれ以外の学生の初任給の差は歴然としている。

(3) ソフトウェア産業の問題

ソフトウェア産業も、日本的な企業形態を継承している。すなわち、企業研修に依存し、ほぼ全分野から学生を採用する。つまり、高い教育負担を企業が負っている。

日本では、パッケージソフトウェアの利用が進まない、企業全体の情報リテラシーが低い、BPR (Business Process Re-engineering) が進まない、ユーザ系企業で IT 人材が業務改革を主導できていない、IT 人材がトップ層にいない、情報専門学科の卒業生がソフトウェア産業に就職していない、などという現実がある。こうした結果として、ソフトウェア産業はもっぱらカスタムソフトウェアの開発にあたることになり、ソフトウェア産業全体としての生産性が低いものになっている。

いうまでもなく、全分野から学生を採用するソフトウェア産業にも、情報専門学科を卒業した IT 人材が就職している。一方、セキュリティ分野や、IoT などの革新的なソフトウェアを開発する分野では、大学で専門的な教育を受けた IT 人材が足りないという状況が続いているのである。

(4) 解決策

こうした問題を解決するには、大学の現状を踏まえて、当座は情報学の基礎教育を全学的に充実させるほかはないと考えられる。一般教育・共通教育としての一般情報教育レベルを超えて、学校基本調査での全分野区分の学生に対して人工知能・データサイエンスを含めた基本的な情報専門教育を行うのが、情報分野だけでなく新分野へ対応していくための、日本的な方策となるのではないだろうか。

一方、企業側は、採用時に学生の専門性をよく見極めた採用を行い、高待遇で即戦力として活用する努力をすべきである。そして大学側が、そのような変化に対応して、組織の改革を行い企業と協力してカリキュラムを作るならば、情報専門学科での情報学教育は大きく進展するだろう。もちろん、そのためには、即戦力の人材を送り出せるようなカリキュラム標準の策定が急務となる。

5.3. 情報学教育の在り方

この章のここまでに述べてきたことを踏まえて、求められる情報学教育の在り方をつぎの(1)～(5)に分けて示す。

(1) 一般教育・共通教育としての情報学教育

超スマート社会を生きて背負っていくことになる大学生が、情報リテラシーを習得し、急速な発展を遂げる情報科学技術を自ら学んでいけるだけの情報学の基本的な知識・能力を身につけることができるようにするのが一般教育・共通教育としての情報学教育に果たすべき役割となる。しかし、2.4.(調査C)からは、そうした情報リテラシーや情報学の基本的な知識能力の学習・修得が必要であるとの共通認識は広がっているものの、具体的にそれらが何であるかについての共通理解が十分には広がっていないことが見て取れる。

したがって、一般教育・共通教育として情報学教育のカリキュラム標準の策定にあたっては、まず、大学卒業生が修得しておくべき、情報リテラシー及び情報学の基本的な知識・能力を明確にすることが必要となる。これらは、大学・学部・学科に求められているアドミッションポリシー、カリキュラムポリシー、アドミッションポリシーの設定や点検にも資するものとなるはずであり、一般教育・共通教育としての情報学教育の達成目標となる。

一般教育・基礎教育としての情報学教育のカリキュラム標準の策定にあたっては、高大接続への配慮も欠かせない。高校までの情報教育の成果として何を期待するか、という前提条件を明確にし、その前提に立って学生が目標を達成できるようにカリキュラム標準を設計するだけでなく、その前提を満たしていない学生がその不足するものを学習するための科目・コースをどのように用意しておくかについても配慮する必要がある。

一般教育・基礎教育としての情報学教育は、同時に、学生が大学在学中の学習・研修においてその知的活動の基本的な道具としてコンピュータやネットワークを使いこなせるよう、必要な知識・能力・スキルを修得することも目標とすることになる。その目標達成には、実習が欠かせない。実習を授業の形で提供するか、自習できる仕組みとして提供するかは大学が決めることであるが、学生の選択した専門領域の活動と結びついた対象と内容で行うことが望まれる。その点からは、カリキュラム標準の検討に際して、今回の現状調査で情報学の専門教育科目を配置していると回答のあった学部学科との連携を図っていくことも重要になる。

(2) 情報専門学科での情報学教育

J07で策定した5つの情報専門学科領域(CS、IS、CE、SE、IT)に関しては、米国

の ACM / IEEE-CS / AIS で改定が進められているカリキュラム標準との整合性を保った形で日本国内の状況に即したものに改定を進める。10 年前に策定した J07 に対しては相互に比較するのが難しいという批判があったことを踏まえて、情報学分野の参照基準と各情報専門学科領域の対応関係を明確化するなど、相互比較ができる形に仕上げる工夫が必要である。また、米国でのカリキュラム標準策定が進められているサイバーセキュリティとデータサイエンスの側面についても、それらの側面別カリキュラム標準への参照を通して相互比較可能にしておくことが求められる。

なお、カリキュラム標準の中身としては、その知識体系の策定にとどまらず、情報学分野の参照基準で示された専門スキル・ジェネリックスキルの養成に関してもガイドを与えるものとしておくことが求められる。その時、一般教育・共通教育の情報学教育のカリキュラム標準との接続・連携を図る必要があることに留意する。

2.2. (調査 A) で判明したように、従来からの 5 つの情報専門学科領域のカリキュラム標準だけでは、カバーできない情報学専門の学部学科が存在している。これらに対するカリキュラム標準の策定の準備も必要になる。まずは、そうした学部学科のカリキュラムを精査し、いくつかの類型に整理することが可能かどうかから調査研究することが必要となる。

IT サービスは進歩の速度が極めて速く、教育すべき新たなトピックが次々と誕生している。最近の代表的なトピックとしては、サイバーセキュリティ、データサイエンス、人工知能、IoT/IoE、IT イノベーションなどが挙げられる。米国 ACM や IEEE-CS 等でもこうした諸側面に対応してサイバーセキュリティとデータサイエンスに対応するカリキュラム標準の策定が進みつつあるので、これらの取組とも連携して、具体的な側面別カリキュラム標準をタイムリーに策定するための体制を整備する。

側面別カリキュラム標準は、従来の情報専門学科領域カリキュラム標準と比較すると、小規模である。したがって、側面別カリキュラム標準は、非情報系学科向けの副専攻プログラムに取り入れて利用することも可能になると期待される。

(3) 非情報系学科の情報学教育

2.3. (調査 B) では、学校基本調査での全分野区分にわたって情報学教育が実施されており、それを学ぶ学生数は少なく見積もっても 1 学年あたり 10 万人以上にのぼることが明らかになった。しかしながら、非情報系学科の情報学教育を対象とするカリキュラム標準は、日本ではもちろん、世界的に見ても存在しない。

一方で、理系の学部学科における情報学教育と、文系の学部学科における情報学教育は、教育目的や制約条件（単位数、担当教員、教育環境等）が異なる。したがって、より一般的には、学校基本調査の分野区分ごとに情報学教育の在り方を検討する必要

があると考えられる。こうした検討は、2.3. (調査 B) において積極的に回答に協力した学部学科や、その分野区分に属する専門学協会にも協力を求め、連携して情報学教育に関する検討を行うための体制の構築を進めこと、そして、将来的には対応するカリキュラム標準を策定することが必要になると考えられる。

J07 で策定された 5 つの情報専門学科領域 (CS/IS/CE/SE/IT) を、そのままの形で非情報系学科に適用することは困難である。しかし、非情報系学科の教育目的や制約条件を考慮した上で、これらの情報専門学科領域の一部を切り出すことによって副専攻カリキュラム標準を策定することは、非情報系学科における情報学教育を実施するための指針としても有効な方策だと考えられる。

教育学習上の特定の側面に着目して策定する側面別カリキュラム標準は、その規模が比較的小さいこともあって、非情報系学科にも適用しやすいことが期待される。そのようなカリキュラム標準としては、先に挙げたサイバーセキュリティやデータサイエンスだけでなく、高性能計算 (HPC, High Performance Computation) 等も考えられる。

(4) 教科「情報」の教職課程での情報学教育

2.5. (調査 D) では、情報学を専門とする学部学科だけでなく、非情報系の学部学科でも教科「情報」の教職課程を設置している例があることが分かった。また、教科「情報」の教職課程は、情報系・非情報系学科の情報専門教育科目だけでなく一般情報教育科目も組み合わせて構築されている。

教科「情報」の教職課程プログラムに対しては、教育職員免許法施行規則第 5 条および第 66 条の 6 (情報機器の操作) の規定はあるが、具体的なカリキュラムの設計は個別の教育機関に任されている。日本学術会議による情報学の参照基準の策定を受け、同参照基準とも対応つけた形で教科「情報」に対するカリキュラム標準を策定する必要がある。

(5) 情報学教育全般に関する留意事項

情報学教育は、すべて「情報学分野の参照基準」を共通基盤として参照して組み立てられるべきである。一般教育・共通教育としての一般情報教育、情報系学部学科における情報学教育、非情報系学科における情報学教育、教科「情報」の教職課程での情報学教育が共通して「情報学分野の参照基準」を参照することによって、これら情報学教育の間の相互関係を明確化するとともに、相互の連携を推進することも可能になる。

情報学教育は、大きな広がりをもつから、それらを担当する教員の育成・研修・

配置に相応の配慮が必要となる。幅広い分野区分にわたって専門教育科目が設定されている状況を鑑みれば、学内の限られたリソースを最大限に生かしていくためには、合理的・効率的な教員組織の再編を行うことも、今後必要になってくるであろう。また、情報専門学科のみならず、一般教育・共通教育や情報学の専門教育科目を設けている非情報系学科の今後の更なる広がりを考えれば、担当する教員の不足が容易に予測されることから、担当教員の養成も急務であり、文部科学省の補助事業「enPiT」の充実などにより、担当教員の育成・拡充を図っていく必要がある。

また、非情報系学科や一般情報教育における情報学教育の推進については、文部科学省が進めている「大学の数理及びデータサイエンスに係る教育強化」（文系理系を問わず専門分野の枠を超えた全学的な数理・データサイエンス教育機能を有するセンターを全国6国立大学に整備することとしている。）の取組との連携を図っていくことも必要である。

5.4. 情報学教育のカリキュラム標準

以上をまとめると、つぎの(1)～(5)に類別して示すとおりの、多様な情報学教育カリキュラム標準の整備が必要になる。

(1) 一般情報教育

高大接続・学士力への配慮、分野区分個別の特性への配慮を伴ったカリキュラム標準を策定する必要がある。

(2) 情報専門学科

J07での情報専門学科領域別カリキュラム標準CS、IS、CE、SE、ITを、国際的整合性・国内状況を踏まえて改定する必要がある。あわせて、情報学専門教育の広がりに対応した新たな情報専門学科領域カリキュラム標準の策定可能性の検討を進める必要がある。

(3) 側面別／副専攻

情報専門学科領域別カリキュラム標準から参照するための側面別のカリキュラム標準として、サイバーセキュリティ、データサイエンス、日本学術会議の情報学分野の参照基準の工（情報を扱う人間社会に関する理解）に対するものを策定する必要がある。また、理学・工学で要求の高い高性能計算に対する側面別カリキュラム標準も策定する必要がある。

情報専門学科領域別カリキュラム標準CS、IS、CE、SE、ITのそれぞれについて副専攻用カリキュラム標準の策定を検討する必要がある。

(4) 非情報系学科

学校基本調査での分野区分（大分類）毎に副専攻カリキュラム標準策定の必要性・可能性を検討する。さらに、分野区分をまたがった共通副専攻カリキュラム標準策定の可能性も検討する必要がある。

(5) 教科「情報」教職課程

カリキュラム標準の策定を行う必要がある。このとき、側面別のカリキュラム標準や副専攻カリキュラム標準との共通化の可能性も探るのが良い。