

情報学を専門とする学科対象の
教育カリキュラム標準の策定及び提言
CE

情報学を専門とする学科対象の
教育カリキュラム標準の策定及び提言

CE

目次

1. はじめに	1
2. J07-CE 以降の状況	1
3. J07-CE から J17-CE への主な変更点	2
4. カリキュラム標準 J17-CE の要約	5
5. カリキュラム標準 J17-CE の個別知識の概要	10
6. ACM/IEEE-CS への報告	34
7. おわりに	35
付録	36

WG 構成

岡部忠	(主査)	(地独) 東京都立産業技術研究センター
秋田純一		金沢大学
清水尚彦		東海大学
金川信康		株式会社日立製作所
菊池浩明		明治大学
久野倫義		三菱電機株式会社
柴田裕一		長崎大学
高橋寿一		ソニー株式会社
津邑公暁		名古屋工業大学
中島康彦		奈良先端科学技術大学院大学
中西恒夫		福岡大学
南角茂樹		大阪電気通信大学
水野匡章		カンザス州立大学
和田成夫		東京電機大学
大原茂之	(アドバイザー)	東海大学名誉教授／九州工業大学客員教授

1. はじめに

本 J17-CE は、情報専門学科カリキュラム標準 J17 におけるコンピュータエンジニアリング領域のカリキュラムモデルである。本カリキュラム策定にあたっては、ACM、IEEE Computer Society（以下、IEEE-CS）による Computer Engineering Curricula および情報処理学会で 2007 年度に作成した J07-CE をベースにした。

本概要では、J07-CE 策定以降のコンピュータエンジニアリングの飛躍的な発展を専門教育に取り込むことと、世界を相手にできるような起業へのモチベーションをもった学生を育成することも視野に入れたこと、そして今後の取り組みについて概説する。

2. J07-CE 以降の状況

コンピュータエンジニアリングの活躍の場の多くは、産業構造的には川上に位置付けられる。川上産業は川下産業に比べて一般の目には触れにくい領域である。しかし、コンピュータの応用領域は広く、例えばセンサやアクチュエータ等を機能させる部品としての中に組み込まれる重要な要素技術であり、組み込みシステムともよばれている。しかし、その存在はソフトウェアの影に隠れ、益々一般の人の目には触れにくくなっているのが現状である。

この状況は学生の獲得および教育する上で極めて不利な状況である。今後 18 歳人口が激減していく状況の中で、コンピュータエンジニアリングをベースにビジネスをしている企業にとっても由々しき問題である。コンピュータエンジニアリング領域に関係する大学、企業が人材を獲得していくためには、この領域の認知度を上げる方策が必要となる。取り分け組み込み技術を専門に扱う学科を有する大学はごく僅かである。しかし、コンピュータエンジニアリングの活躍の場は広く、IoT、IoT のエッジ周り、AI、ロボット、電気自動車、自動運転など枚挙にいとまがない。一方で、コンピュータであるがために、コンピュータを組み込んだ個別機器がハッキングやウィルスの脅威に晒されており、常にその脆弱性が問われている。

この領域で力を発揮するには、電気の知識、回路技術、デジタル信号処理、メカトロニクス、オペレーティングシステム、データベース、AI、IoT など極めて広く深い知識や技術が求められる。しかも、J17-CE のカリキュラムを受けた学生が卒業するのは、早くても 2023 年頃となるであろう。そこから約 10 年間は J17-CE をベースにしたカリキュラムを使用することになる。そのため 10 年先のコンピュータエンジニアリングの状況がある程度想定してカリキュラムを策定する必要がある、内容は高度なものにならざるを得ない。

このように、認知度が低い一方で高度な技術修得が求められ、設計に於いては高い品質が求められる世界に飛び込んでくる学生は少なくなるであろう。カリキュラムの中に学生を惹きつける魅力を発信できるようにする必要があると当委員会は結論づけた。しかし、CE2016 および J07-CE にはこうした観点が乏しく、この現代日本が抱える問題に対しては魅力創出のための科目をカリキュラムに導入することを検討した。

この検討の結果、J17-CE を学んだアウトカムとして起業するモチベーションを醸成させることが日本の活性化にも繋がる魅力になるであろうという結論に至った。起業を目指すことで企業経営の意味、技術開発の重要性を理解し、大学としても産業界とも繋がりやすくなり、産学連携の芽も生まれる可能性も出てくるとともに、場合によってはイノベーションに繋がっていく期待も生じる。こうした観点から CE2016 のコアカリキュラムを包含しつつ、今後の技術動向を先取りできる学生教育を視野に入れたカリキュラムとして策定することとした。

3. J07-CE から J17-CE への主な変更点

J07-CE と J17-CE は、それぞれ CE2004 と CE2016 を参考にしている。しかし、CE2004 と CE2016 では 10 年以上の開きがあり、この間に大きな技術的变化があった。そこで、CE2004 と CE2016 の相違点を把握した後、J07-CE に対する J17-CE の相違点について述べることにする。

3.1. CE2004 と CE2016 の相違点

CE2004 と CE2016 の基本的な比較結果は次の通である。

(1) 専門の時間数は共に 420 コア時間である。ただし、1 コア時間は 50 分である。

(2) CE2004 の知識領域から消えて、CE2016 の知識に吸収されたものは次の通りである。

- CE-DBS Database System
⇒ CE-SWD Software Design
- CE-ELE Electronics
⇒ CE-CAE Circuit and Electronics
- CE-HCI Human-Computer Interaction
⇒ 殆ど姿を消している。これを実現する要素技術は CE-ESY Embedded System の中にある。
- CE-PRF Programming Fundamentals
⇒ CE-SWD Software Design

- CE-CSE Computer System Engineering

⇒ CE-CAO Computer Architecture & Organization

(3)CE2016 知識領域からみて CE2004 の知識領域には無かった知識は次の通りである。

- CE-SPE System and Project Engineering

この科目のコア時間は 35 と大きい。

- CE-SEC Information Security

この科目のコア時間は 20 と大幅にとっている。これなどは大きな変化である。

(4)CE2004 の知識領域のコア時間よりも大幅に増えた CE2016 の知識領域は次の通りである。

- CE-ESY Embedded Systems (20 コア時間)

⇒ CE-ESY Embedded Systems (40 コア時間)

- CE-DSP Digital Signal Processing (17 コア時間)

⇒ CE-SGP Signal Processing (30 コア時間)

- CE-SWE Software Engineering (13 コア時間)

⇒CE-SWD Software Design (45 コア時間) ここにはデータベースも含まれるためこの時間になる。

CE2016 は CE2004 に比べて組込み技術、セキュリティ、信号処理などかなり実用的な技術にシフトしていることが分かる。

3. 2. J07-CE と J17-CE の相違点

3. 2. 1. CE2016、J17-CE、J07-CE の相互比較

J17-CE を中心に、CE2016 および J07-CE を相互に比較できるようにした表を表 A-1 に示す。CE-という領域の後の 3 文字の略語に続けて学問領域を示すタイトルを示している。3 つの領域に対し、同じ領域になるものは横並び一線になるように示し、該当する知識が無い箇所は空白のままとした。以下、J17-CE との比較概要について述べる。

(1) コア時間数

CE2016 420 コア時間

J17-CE 480 コア時間

J07-CE 309 コア時間

となっている。J17-CE は大幅に増えている点特徴的である。この理由は、川上産業として位置づけられる日本の CE 領域の広さによる。CE 領域は自動車、通信、電

力、家電、ロボット、医療等々極めて広い川下産業に関係する。このことは J07-CE の時点でも同じ産業構造であるが、IoT による仮想空間と現実空間の接続の加速、AI やビッグデータの応用範囲の加速、組込み製品における情報セキュリティの重要性など 10 年前とは重要性が格段に増している。このため、大学で学ぶ学生はこの範囲まで修得しておかなければ社会で通用しなくなる可能性がある。また、起業を目指すことで、経営をより深く理解し、情報セキュリティや IoT による応用をビジネスの観点で理解できるようになる。こうした目論見から J17-CE のコア時間は増加している。

表 A-1 CE2016, J17-CE、J07-CE の知識領域比較表

CE2016 知識領域	コア時間	J17-CE 知識領域	コア時間	J07-CE 知識領域	コア時間
CE-CAL Computing Algorithms	30	CE-CAL コンピューティングアルゴリズム	30	CE-ALG アルゴリズム	22
CE-CAO Computer Architecture & Organization	60	CE-CAO コンピュータアーキテクチャ	62	CE-CAO コンピュータのアーキテクチャと構成	27
CE-CAE Circuits and Electronics	50	CE-CAE 回路とエレクトロニクス	54	CE-CGS 回路および信号	22
CE-DIG Digital Design	50	CE-DIG デジタルデザイン	54	CE-DIG デジタル論理	23
CE-SGP Signal Processing	30	CE-SGP デジタル信号処理	30	CE-DSP デジタル信号処理	21
CE-ESY Embedded Systems	40	CE-ESY 組込みシステム	48	CE-ESY 組込みシステム	31
CE-NWK Computer Networks	20	CE-NWK コンピュータネットワーク	28	CE-NWK テレコミュニケーション	22
CE-SWD Software Design	45	CE-SWD ソフトウェア工学	50	CE-SWE ソフトウェア工学	16
CE-SPE Systems and Project Engineering	35	CE-SPE プロジェクト管理&システム工学	36		
CE-SRM Systems Resource Management	20	CE-SRM システム資源管理	20	CE-OPS オペレーティングシステム	17
CE-PPP Preparation for Professional Practice	29	CE-PPP 技術リード論	20	CE-SPR 社会的な観点と職業専門人としての問題	20
CE-SEC Information Security	20	CE-SEC 情報セキュリティ	30		
		CE-JIV イノベーションとベンチャー論	18		
				CE-PRF プログラミング	6
				CE-DBS データベースシステム	23
				CE-HCI ヒューマンコンピュータインタラクション	7
				CE-VLS VLSI の設計および製造	8
				CE-DSC 離散数学	23
				CE-PRS 確率・統計	21
合計	420	合計	480	合計	309

3.2.2. J17-CE と CE2016 との比較

(1) 知識の数

CE2016 は 12 個であるのに対し、J17-CE 領域は CE2016 の各知識に対応しつつ 13 個となっている。CE-JIV が増えている知識である。

(2) コア時間

CE2016 のコア時間は 420 であるのに対し、J17-CE 領域は 480 であり、60 時間の増加

となっている。

(3) 知識の対応関係

すでに繰り返し述べてきたように、J17-CE は CE2016 を包含しつつ、新たな知識として CE-JIV を追加している。これを導入した目的は、日本の学生全般に不足している起業マインドを掘り起こすことと、技術者としてイノベーションを起こすことを目指す意欲を高めるためである。このことは、学生のみならず日本のコンピュータ系技術者が心掛けるべき事項であるともいえる。

3. 2. 3. J07-CE と比較した J17-CE のコンセプト

(1) 知識の数

J07-CE 領域は 16 個であるのに対し、J17-CE 領域は 14 個であり 2 個減少している。

(2) コア時間

J07-CE のコア時間は 309 であったのに対し、J17-CE は 490 と大幅に増えている。

(3) コンセプト

J17-CE 策定のコンセプトは、CE2016 を包含しつつ日本の CE 領域で学ぶ目的を明確にし、資本主義経済構造の中で学生のモチベーションを高めることにある。そのため、アウトカムを明確にすることを心掛けたカリキュラムとした。

CE2016 をほぼ包含する J17-CE と J07-CE を比較すると、J07-CE にあったヒューマンコンピュータインタラクション、プログラミング、データベースシステム、VLSI の設計と製造が知識項目からは姿を消しているが、これらは J17-CE の他の科目に吸収されている。さらに数学系の科目も専門の領域からは外している。その理由は、CE 領域の範囲が広いため、専門的に使用する数学は各専門領域の中でツールとして使えるようにすることを前提としている。J17-CE は実践的なプロジェクト管理と情報セキュリティが新たに登場している。さらに、J17-CE の特徴的な点は、CE2016 には無かったイノベーションとベンチャー論が入ったことである。この科目の詳細は別途述べるが、イノベーションとベンチャー論の知識は学生のみならず、コンピュータ系技術者が心掛けるべき事項でもある。

4. カリキュラム標準 J17-CE の要約

4. 1. 知識階層の構造

J17 CE 領域の知識体系は、第 1 階層として知識階層、第 2 階層として知識ユニット、第 3 階層としてトピックの 3 つの階層からなる。

4.1.1. 第1階層：知識階層

ここで言う知識とはコンピュータ工学の中での個別の学問としての知識領域を示す。各知識領域を識別するために3文字の略語を使用するが、CE2016との対応関係が分かるように同じ知識領域であればCE2016の略語を流用する。例えば、コンピュータアルゴリズム(Computer Algorithms)はCE-CALなどとする。知識を細分化した内容がほぼ同様の場合、多少の違いがあっても知識領域の名称はCE2016を踏襲する。

4.1.2. 第2階層：知識ユニット

知識ユニットは知識階層の下で知識の詳細化を示すものである。これについても知識階層の略語を頭にして、記号と番号で分類する。例えば、コンピュータアルゴリズムという知識領域の中の「アルゴリズムの歴史と概要」という知識ユニットは以下のように記載する。

CE-CAL-1

4.1.3. 第3階層：トピック

第2階層の知識ユニットをさらに詳細な知識に細分化したものである。この階層で学習する目標が具体的に理解できる。

4.2. コアトピックと選択トピック

コアトピックは当該知識ユニットを学ぶ上で必須の知識を意味するもので、第2階層知識ごとに付加した時間数によって識別する。時間数は[]の中に記載する。一方、選択トピックは必須の知識ではなく、教育目的に応じて選択してシラバスの中に組み込むことを意味する。選択トピックに対しては時間数を設定していない。コアトピックは下記のように表現する。

CE-CAL-8 アルゴリズムの複雑性[3]

選択トピックは下記のように時間数表現[]をしていない。

CE-CAL-9 スケジューリングアルゴリズム

4.3. 知識ユニットの修得に必要な履修時間数

日本の多くの大学では45分を1回分として1時間とし、週2時間の講義を15週行なって2単位となる。成績を評価する試験は15週の枠の外になる。これを前提に、知識ユニッ

トを教える時間はどの程度かという目安を [] で囲んで示す。括弧内に示す数字は1を45分として換算する。例えば、[2] は45分×2で90分となる。従って [30] は15週を意味する講義時間数である。ここで誤解が生じないように知識ユニットとシラバスの違いについて述べておく。

知識ユニットは科目を意味するものではなく、ある科目を構成するときに調達する知識を示している。従って、知識ユニットによっては [30] よりも少ない場合や、多い場合がある。

また、知識ユニットの教え方は講義のみに限定するものではない。演習、実習、あるいはアクティブラーニングなどで最も効果的な方法で実施してよく、単位数や教育に使う時間数についても調整する必要がある。

4.4. カリキュラム標準 J17-CE の全体像

J17-CE 領域の13個の知識領域とその知識ユニットの要約を表A-2に示す。これらの知識ユニットは授業科目そのものを直接的に意味するものではなく、知識領域を具体的に明確化することを目的としている。従って、時間数も統一されている訳ではない。

表の中で*を付加している知識領域あるいは知識ユニットは J17-CE で新たに設定したものであることを意味している。例えば、「CE-JIV* イノベーションと起業」あるいは後述する CE-SWD のソフトウェア工学の中に出てくる「CE-JSW-14* モデルベース開発」などである。これらは日本版の J17-CE 領域で追加した知識であることを意味している。

表 A-2 J17-CE 領域の知識体系

コンピュータ工学の知識領域と知識ユニット			
CE-CAE	回路とエレクトロニクス [54コア時間]	CE-CAL	計算アルゴリズム [30コア時間]
CE-CAE-1	電気・電子回路の歴史と概要[1]	CE-CAL-1	アルゴリズムの歴史と概要[1]
CE-CAE-2	関連するツール、標準、工学的制約[2]	CE-CAL-2	関連するツール、標準、工学的制約[1]
CE-CAE-3	回路の基本法則と直流回路[4]	CE-CAL-3	データ構造[4]
CE-CAE-4	交流回路[8]	CE-CAL-4	代表的なアルゴリズム[10]
CE-CAE-5	半導体の特性と電子回路[6]	CE-CAL-5	線形計画法と動的計画法[4]
CE-CAE-6	増幅回路[8]	CE-CAL-6	並列アルゴリズム[2]
CE-CAE-7	記憶デバイス[3]	CE-CAL-7	暗号理論[2]
CE-CAE-8	インタフェース回路[4]	CE-CAL-8	近似アルゴリズム[2]
CE-CAE-9	オペアンプ[4]	CE-CAL-9	計算量とアルゴリズムの複雑性[2]
CE-CAE-10	A/D、D/A変換回路[4]	CE-CAL-10	オートマトン[2]
CE-CAE-11*	フィルタの設計[4]		
CE-CAE-12*	過渡応答と波形[6]		
CE-CAO	コンピュータアーキテクチャ [62コア時間]	CE-DIG	デジタルデザイン [54コア時間]
CE-CAO-1	コンピュータの歴史と概要[1]	CE-DIG-1	デジタル技術の歴史と概要[1]
CE-CAO-2	関連するツール、標準、工学的制約[1]	CE-DIG-2	関連するツール、標準、工学的制約[2]
CE-CAO-3	設計ツールチェーン[4]	CE-DIG-3	情報の表現と演算[4]
CE-CAO-4	命令セット[8]	CE-DIG-4	ブール代数[4]
CE-CAO-5	性能評価[4]	CE-DIG-5	論理ゲート[4]
CE-CAO-6	算術演算の仕組み[4]	CE-DIG-6	組合せ論理回路[5]
CE-CAO-7	プロセッサの論理構成[8]	CE-DIG-7	順序回路の設計[8]
CE-CAO-8	メモリスシステムの構成[8]	CE-DIG-8	タイミング設計[5]
CE-CAO-9	入出力装置と入出力インタフェース[6]	CE-DIG-9	複雑なハードウェアシステムの設計[6]
CE-CAO-10	I/Oサブシステム[6]	CE-DIG-10*	ハードウェア記述言語とデジタルデザイン[10]
CE-CAO-11	マルチコアとメニーコア[6]	CE-DIG-11*	FPGA、CPLDの設計と実装 [5]
CE-CAO-12	分散システム[6]		
CE-ESY	組み込みシステム [48コア時間]	CE-NWK	コンピュータネットワーク [28コア時間]
CE-ESY-1	組み込みシステムの歴史と概要[2]	CE-NWK-1	ネットワークの歴史と概要[1]
CE-ESY-2	関連するツール、標準、工学的制約[3]	CE-NWK-2	関連するツール、標準、工学的制約[1]
CE-ESY-3	組み込みシステムの特性[6]	CE-NWK-3	ネットワークアーキテクチャ[4]
CE-ESY-4	組み込み用ソフトウェアテクニック[6]	CE-NWK-4	有線通信ネットワーク[4]
CE-ESY-5	パラレル入出力[4]	CE-NWK-5	無線通信ネットワーク[3]
CE-ESY-6	非同期および同期シリアル通信[6]	CE-NWK-6	ネットワークプロトコル[3]
CE-ESY-7	周期割り込み、波形発生、時間計測[3]	CE-NWK-7	ネットワークアプリケーション[2]
CE-ESY-8	データ収集、制御、センサ、アクチュエータ[4]	CE-NWK-8	ネットワーク管理[3]
CE-ESY-9	高度な組み込みシステムの設計工程[5]	CE-JNW-9*	Internet of Things (IoT) の階層構造 [4]
CE-ESY-10	低電力動作技術[3]	CE-JNW-10*	エッジコンピューティング [3]
CE-ESY-11	モバイルおよびネットワーク組み込みシステム[3]	CE-JNW-11*	ビッグデータ
CE-ESY-12	高度な入出力の問題[3]	CE-NWK-9	データ通信
CE-ESY-13	組み込みシステム用プラットフォーム	CE-NWK-10	性能評価
		CE-NWK-11	ワイヤレスセンサネットワーク
CE-PPP	技術リーダー論 [20コア時間]	CE-SEC	情報セキュリティ [30コア時間]
CE-PPP-1	プロジェクト管理の歴史と概要[1]	CE-SEC-1	情報セキュリティの歴史と概要[1]
CE-PPP-2	関連するツール、標準、工学的制約[1]	CE-SEC-2	関連するツール、標準、工学的制約[1]
CE-PPP-3	コミュニケーションの重要性[2]	CE-SEC-3	ファイアウォール[2]
CE-PPP-4	多分野の専門家からなるチームの管理[2]	CE-SEC-4	マルウェアと脆弱性[2]
CE-PPP-5	プロジェクトを進める上での思想と文化的問題[2]	CE-SEC-5	共通鍵 [3]
CE-PPP-6	技術的解決策が社会へ与える影響[2]	CE-SEC-6	メッセージ認証[2]
CE-PPP-7	専門家としての責任と倫理的責任[4]	CE-SEC-7	公開鍵[3]
CE-PPP-8	知的財産権と法的問題[2]	CE-SEC-8	電子メールセキュリティ[2]
CE-PPP-9	新たな技術が生み出す問題[2]	CE-SEC-9	ウェブセキュリティ[4]
CE-PPP-10	ビジネス上の問題とその解決策[2]	CE-SEC-10	フィンテック[4]
		CE-SEC-11	認証技術[3]
		CE-SEC-12*	プライバシー保護とセキュリティ マネージメント[4]

コンピュータ工学の知識領域と知識ユニット			
CE-SGP	デジタル信号処理 [30コア時間]	CE-SPE	プロジェクト管理&システムズ工学 [36コア時間]
CE-SGP-1	デジタル信号処理の歴史と概要[2]	CE-SPE-1	プロジェクト管理の歴史と概要[1]
CE-SGP-2	関連するツール、標準、工学的制約[3]	CE-SPE-2	関連するツール、標準、工学的制約[1]
CE-SGP-3	伝達関数[2]	CE-SPE-3	プロジェクト管理の原則[8]
CE-SGP-4	各種変換技術[6]	CE-SPE-4	ユーザエクスペリエンス[2]
CE-SGP-5	周波数の分析技術[4]	CE-SPE-5	リスク、信頼性、安全性、耐障害性[4]
CE-SGP-6	サンプリング定理[4]	CE-SPE-6	ハードウェアとソフトウェアプロセス[2]
CE-SGP-7	周波数とスペクトル[5]	CE-SPE-7	要求分析と要求抽出[2]
CE-SGP-8	デジタルフィルタの設計[4]	CE-SPE-8	システム仕様[2]
CE-SGP-9	ウィンドウ関数	CE-SPE-9	システムアーキテクチャ設計と評価[2]
CE-SGP-10	マルチメディア処理	CE-SPE-10	ハードウェアとソフトウェアの並行設計[2]
		CE-SPE-11	システム適格性テスト[2]
		CE-SPE-12	保守性、持続可能性、製造性[2]
		CE-SPE-13	プロジェクト管理演習 [6]
CE-SRM	システム資源管理 [20コア時間]	CE-SWD	ソフトウェア工学 [50コア時間]
CE-SRM-1	システム資源管理の歴史と概要[1]	CE-SWD-1	ソフトウェアの歴史と概要[1]
CE-SRM-2	関連するツール、標準、工学的制約[1]	CE-SWD-2	関連するツール、標準、工学的制約[2]
CE-SRM-3	マルチタスクとシステム資源[5]	CE-SWD-3	プログラミング構造とパラダイム[8]
CE-SRM-4	リアルタイムOSの仕組みと機能[2]	CE-SWD-4	問題解決戦略[2]
CE-SRM-5	様々なOSの特性[6]	CE-SWD-5	データ構造[3]
CE-SRM-6	リアルタイムシステムとRTOS[3]	CE-SWD-6	再帰[3]
CE-SRM-7	モバイルデバイス用オペレーティングシステム[2]	CE-SWD-7	オブジェクト指向設計[5]
		CE-SWD-8	ソフトウェアのテストと品質[4]
		CE-SWD-9	データモデリング[3]
		CE-SWD-10	データベースシステム[3]
		CE-SWD-11	イベント駆動および並行プログラミング[4]
		CE-SWD-12*	ユニバーサルモデリング言語 [5]
		CE-SWD-13*	アジャイル開発 [4]
		CE-SWD-14*	モデルベース開発 [3]
		CE-SWD-15	APIの設計
CE-JIV*	イノベーションと起業 [18コア時間]		
CE-JIV-1	イノベーションに関する歴史と概要 [1]		
CE-JIV-2	関連するツール、標準、工学的制約[1]		
CE-JIV-3	資本主義経済の仕組みと特性[2]		
CE-JIV-4	企業の目的と企業価値[2]		
CE-JIV-5	企業の生産活動とマーケット[2]		
CE-JIV-6	イノベーションの推進とイノベータ理論[2]		
CE-JIV-7	知的財産権[2]		
CE-JIV-8	企業経営と経営資本[2]		
CE-JIV-9	起業に向けて[4]		

5. カリキュラム標準 J17-CE の個別知識の概要

コンピュータ工学の知識領域ごとのコア知識ユニットの概要について述べる。

(1) CE-CAE 回路とエレクトロニクス

[54 コア時間]

本知識領域のスコープ

1. 電気に関する基本的な物理量の特徴
2. 電気・電子回路の解析、設計の基礎技術
3. 電子回路を構成する半導体の特性と動作
4. 増幅回路など電子回路の動作

CE-CAE のコア知識ユニット

CE-CAE-1 電気・電子回路の歴史と概要[1]

学習成果

1. 電気量の発見から応用領域が拡大されるまでの歴史を説明できる。
2. コンピュータに応用される半導体のサイズなどの変遷を説明できる。

CE-CAE-2 関連するツール、標準、工学的制約[2]

学習成果

1. コンピュータを構成するハード部品群の概要について説明できる。
2. 回路素子の種類をあげることができる。

CE-CAE-3 回路の基本法則と直流回路[4]

学習成果

1. キルヒホッフの法則など回路の基本的な法則とその特性を説明できる。
2. V - I 平面上で各受動素子の特性を説明できる。
3. 回路素子を組み合わせた簡単な回路について解析できる。

CE-CAE-4 交流回路[8]

学習成果

1. 交流回路で使用される電気素子、周波数、角周波数などを使うことができる。
2. 回路解析に用いる基本的な数学的解法を扱うことができる。
3. 要求された回路の特性を出す回路素子のパラメータを求めることができる。

CE-CAE-5 半導体の特性と電子回路[6]

学習成果

1. 線形素子と非線形素子の違いを V - I 平面上で説明できる。
2. ダイオードの V - I 特性を説明できる。
3. 電圧駆動型、電流駆動型の違いを説明できる。
4. 簡単な電子回路の動作を説明でき、解析ができる。

CE-CAE-6 増幅回路[8]

学習成果

1. トランジスタの具体的な V - I 特性を説明できる。
2. トランジスタを使用した電子回路の動きを説明できる。
3. トランジスタを使用した増幅回路の動作を説明できる。
4. トランジスタを使用した増幅回路を設計できる。

CE-CAE-7 記憶デバイス[3]

学習成果

1. 記憶とはどのような現象を指すかを説明できる。
2. 記憶を可能にする回路構成を説明できる。
3. 記憶を可能にする回路動作と物理量から見た限界を説明できる。

CE-CAE-8 インタフェース回路[4]

学習成果

1. 異なるシステム間を結合する場合の物理的な課題と解決策を説明できる。
2. 異なるシステム間を接続している実例についてその物理的条件を説明できる。
3. 異なるシステム間を接続する場合の論理的な課題とその解決策を説明できる。
4. 異なるシステム間を接続している実例についてその論理的条件を説明できる。

CE-CAE-9 オペアンプ[4]

学習成果

1. 異なるシステム間を結合する場合の物理的な課題と解決策を説明できる。
2. 異なるシステム間を接続している実例についてその物理的条件を説明できる。
3. 異なるシステム間を接続する場合の論理的な課題とその解決策を説明できる。
4. 異なるシステム間を接続している実例についてその論理的条件を説明できる。

CE-CAE-10 A/D、D/A 変換回路[4]

学習成果

1. A/D、D/A 変換の必要性を説明できる。
2. D/A 変換回路、A/D 変換回路の動作を説明できる。

3. A/D 変換回路、D/A 変換回路の動作限界を説明できる。

CE-CAE-11* フィルタの設計[4]

学習成果

1. 信号がもつ周波数スペクトルの概要を説明できる。
2. 周波数スペクトルを振り分けるフィルタの特性を説明できる。
3. ローパスフィルタ、バンドパスフィルタなどの回路の事例を説明できる。

CE-CAE-12* 過渡応答と波形[6]

学習成果

1. コンピュータ内部の信号は基本的に ON/OFF を繰り返すパルス信号であることを説明できる。
2. ON/OFF の段階で回路内では過渡応答という現象が発生し、回路構成を誤ると誤作動に繋がることを説明できる。
3. 信号の周波数を高めていくと、並行する線路や線のカーブが誤作動の原因になることを定性的な面から説明できる。

(2) CE-CAL 計算アルゴリズム

[30 コア時間]

本知識領域のスコープ

1. アルゴリズムの意味と必要性
2. 様々な典型的なアルゴリズム
3. アルゴリズムの特徴づけ

CE-CAL のコア知識ユニット

CE-CAL-1 アルゴリズムの歴史と概要[1]

学習成果

1. アルゴリズムの始まりから体系化までの歴史を説明できる。
2. アルゴリズムとプログラムの違いを説明できる。
3. アルゴリズムを記述する方法を説明できる。
4. アルゴリズムの構成を説明できる。

CE-CAL-2 関連するツール、標準、工学的制約[1]

学習成果

1. アルゴリズムとプログラムの違いを説明できる。
2. アルゴリズムを記述する方法を説明できる。
3. アルゴリズムの構成を説明できる

CE-CAL-3 データ構造[4]

学習成果

1. アルゴリズムが扱うデータの分類を説明できる。
2. 分類したデータをアルゴリズムが扱いやすい構成に組み立てることができる。
3. データ構造によってアルゴリズムの分かり易さが連動することを説明できる。
4. 木構造など具体的なデータ構造を説明できる。

CE-CAL-4 代表的なアルゴリズム[10]

学習成果

1. ソート、文字列検索、二分木探索などのアルゴリズムを作成できる。
2. 再帰型のアルゴリズムを作成できる。

CE-CAL-5 線形計画法と動的計画法[4]

学習成果

1. 動的計画法とはどのようなもので、どのような役に立つかを説明できる。
2. 動的計画法のアルゴリズムを作成できる。

CE-CAL-6 並列アルゴリズム[2]

学習成果

1. 並列処理の意味と非調整について説明できる。
2. 並列処理の難しい問題点について説明できる。
3. 並列処理の具体例を説明できる。

CE-CAL-7 暗号理論[2]

学習成果

1. 暗号の必要性和暗号に求められる特徴を説明できる
2. 暗号化および複合化に関するアルゴリズムの事例を説明できる。

CE-CAL-8 近似アルゴリズム[2]

学習成果

1. 近似アルゴリズムの必要性を説明できる。
2. 近似アルゴリズムの例（貪欲アルゴリズムなど）を上げて説明できる。

CE-CAL-9 計算量とアルゴリズムの複雑性[2]

学習成果

1. 計算量の概念を説明できる。
2. アルゴリズムの複雑性とは何かを説明できる。

CE-CAL-10 オートマトン[2]

学習成果

1. 典型的なアルゴリズムを実行する最小限の機構としてオートマトンを説明できる。
2. 有限状態オートマトンによる文字列の識別のアルゴリズムを構築できる。
3. 入出力の履歴としての有限状態と記憶の違いを説明できる。

(3) CCE-CA0 コンピュータアーキテクチャ

[62 コア時間]

本知識領域のスコープ

1. コンピュータアーキテクチャと命令セットの関係
2. コンピュータを構成する各種リソース
3. 性能評価

CE-CA0 のコア知識ユニット

CE-CA0-1 コンピュータの歴史と概要[1]

学習成果

1. コンピュータの歴史を説明できる。
1. 基本ブロック図を示すことができる。

CE-CA0-2 関連するツール、標準、工学的制約[1]

学習成果

1. 基本ブロック図を示すことができる。
2. コンピュータアーキテクチャの意味を説明できる。
3. キーテクノロジーの歴史を説明できる。

CE-CA0-3 設計ツールチェーン[4]

学習成果

1. 設計開発ツール全般について使用目的と併せて説明できる。

2. シミュレータの必要性和使い方について説明できる。
3. エミュレータの必要性和使い方について説明できる。

CE-CA0-4 命令セット[8]

学習成果

1. コンピュータアーキテクチャと命令セットの関係を説明できる。
2. アセンブラ、コンパイラ、インタプリタの特性を説明できる。
3. 命令セットの特徴を活かすプログラミング戦略を説明できる。

CE-CA0-5 性能評価[4]

学習成果

1. プロセッサの性能を評価するパラメータについて説明できる。
2. ベンチマークについて説明できる。
3. ベンチマークの結果からプロセッサの性能を評価できる。

CE-CA0-6 算術演算の仕組み[4]

学習成果

1. 固定小数点、浮動小数点などの数値表現を説明できる。
2. 算術演算回路の仕組みを説明できる。
3. 演算回路の精度の限界とソフトウェアによるリカバリについて説明できる。

CE-CA0-7 プロセッサの論理構成[8]

学習成果

1. 様々なプロセッサのアーキテクチャを説明できる。
2. 簡単な命令セットの設計とその命令セットを実行するプロセッサの設計ができる。

CE-CA0-8 メモリシステムの構成[8]

学習成果

1. メモリとメモリに対する命令による動作の関係を説明できる。
2. メモリの階層構造を説明できる。
3. メモリのアクセスのロジックを説明できる。
4. メモリの階層に応じた半導体デバイスの特性を説明できる。

CE-CA0-9 入出力装置と入出力インタフェース[6]

学習成果

1. 入出力ポートと入出力命令との関係を説明できる
2. 入出力ポートと入出力装置間の入出力インタフェースの特性を説明できる。
3. I/O サブシステムについて説明できる。

CE-CA0-10 I/O サブシステム[6]

学習成果

1. 拡張バスについて役割や動作を説明できる。
2. 二次記憶など周辺装置のデータアクセスを説明できる。
3. 各種周辺装置のインタフェース、動作について説明できる。

CE-CA0-11 マルチコアとメニーコア[6]

学習成果

1. 命令実行の高速化とマルチコアの関係を説明できる。
2. マルチコア間の物理的関係について説明できる。
3. マルチコアに対するプログラムの分割割り当ての関係を説明できる。

CE-CA0-12 分散システム[6]

学習成果

1. 分散処理の必要性について説明できる。
2. 分散処理システムの粒度などを含めて事例について説明できる。

(4) CE-DIG デジタルデザイン

[54 コア時間]

本知識領域のスコープ

1. 論理設計と論理ゲートの特性
2. 順序回路と状態遷移設計
3. ハードウェア記述言語
4. FPGA による順序回路の設計

CE-DIG のコア知識ユニット

CE-DIG-1 デジタル技術の歴史と概要[1]

学習成果

1. 論理ゲートの発達の歴史を説明できる。
2. デジタル技術の応用分野の歴史を説明できる。

CE-DIG-2 関連するツール、標準、工学的制約[2]

学習成果

1. デジタル技術で活用する数学的ツールを上げることができる。
2. 論理ゲートの物理的動作の限界を説明できる。

CE-DIG-3 情報の表現と演算[4]

学習成果

1. デジタル化の意味や必要性を説明できる。
2. 補数の有用性を説明できる。

CE-DIG-4 ブール代数[4]

学習成果

1. 要求された論理回路を設計する基礎としてブール代数を活用できる。

CE-DIG-5 論理ゲート[4]

学習成果

1. 論理回路に使用する論理ゲートの回路図を示すことができる。
2. 論理ゲートの電気特性や遅延時間について説明できる。

CE-DIG-6 組合せ論理回路[5]

学習成果

1. 組合せ論理回路の動作を説明できる。
2. 要求された組合せ論理回路を設計できる。
3. 組合せ論理回路をビルディングブロックなどで実現できる。

CE-DIG-7 順序回路の設計[8]

学習成果

1. ラッチやフリップフロップで回路的な状態遷移を説明できる。
2. 提示された順序回路の状態遷移図を作成できる。
3. 要求された動作を行なう状態遷移図を設計でき、さらに状態遷移図から順序回路を設計できる。
4. 順序回路の同期信号による動作を説明できる。
5. 順序回路をビルディングブロックなどで実現できる。
6. 状態遷移モデルを示すことができる。
7. 実用的な状態遷移設計ができる。
8. 記憶と状態の違いを説明できる。

CE-DIG-8 タイミング設計[5]

学習成果

1. 順序回路とクロック信号の必要性を説明できる。

2. データバスのパイプライン化について説明できる。

CE-DIG-9 複雑なハードウェアシステムの設計[6]

学習成果

1. ある程度複雑なシステムの設計ができる。
2. 設計にあたって、設計制約と設計空間探索を行なうことができる。
3. FPGA を使ったハードウェアを説明できる。

CE-DIG-10* ハードウェア記述言語とデジタルデザイン[10]

学習成果

1. ハードウェア記述言語の特徴を説明できる。
2. ハードウェア記述言語でデジタルシステムを設計できる。
3. 設計したデジタルシステムの動作をシミュレーションで検証できる。

CE-DIG-11* FPGA、CPLD の設計と実装 [5]

学習成果

1. FPGA、CPLD の特性を説明できる。
2. FPGA、CPLD を用いてデジタルシステムを設計できる。

(5) CE-ESY 組込みシステム

[48 コア時間]

本知識領域のスコープ

1. 組込みシステムの定義と事例
2. 組込システムの要素技術
3. 組込システムと製品

CE-ESY のコア知識ユニット

CE-ESY-1 組込みシステムの歴史と概要[2]

学習成果

1. 組込みシステムの歴史について開発者とともに説明できる。
2. マイクロチップと組み込みシステムの歴史を説明できる。

CE-ESY-2 関連するツール、標準、工学的制約[3]

学習成果

1. 組込みシステムの重要性、言語ツールなどについて説明できる。
2. 統合開発環境について説明できる。

CE-ESY-3 組込みシステムの特性[6]

学習成果

1. 計測ツール、信号レベル、通信プロトコルなどの標準を上げて、説明することができる。

CE-ESY-4 組込み用ソフトウェアテクニック[6]

学習成果

1. 組込みシステムで使用するコンパイラ言語などを説明できる。
2. 製品の特性に合わせたソフトウェアの選択などについて説明できる。

CE-ESY-5 パラレル入出力[4]

学習成果

1. パラレルデータの入出力プログラムを設計できる。
2. パラレル入出力ポートのハードウェア接続を設計できる。
3. ポーリング、ラウンドロビンなどの仕組みと動作を説明できる。

CE-ESY-6 非同期および同期シリアル通信[6]

学習成果

1. シリアル通信と割り込みの関係を説明できる。
2. 非同期型シリアル通信の仕組みやステータスについて説明できる。
3. 同期型のシリアル通信の仕組みとステータスについて説明できる。

CE-ESY-7 周期割り込み、波形発生、時間計測[3]

学習成果

1. タイマによる周期的な割り込みについて説明できる。
2. ウォッチドッグタイマによる割り込みについて説明できる。
3. 割り込みを活用したシステムの事例について説明できる。

CE-ESY-8 データ収集、制御、センサ、アクチュエータ[4]

学習成果

1. 組み込みシステムが制御するシステムの事例について説明できる。
2. センサを用いた組み込みシステムの応用事例を説明できる。
3. アクチュエータを用いた組み込みシステムの応用事例を説明できる。
4. センサとアクチュエータを用いた簡単な組み込みシステムを設計できる。

CE-ESY-9 高度な組み込みシステムの設計工程[5]

学習成果

1. リアルタイム OS を用いた組み込みシステムを設計できる。
2. 状態遷移法によるソフトウェア設計ができる。

CE-ESY-10 低電力動作技術[3]

学習成果

1. 低電力動作の必要性とその事例を説明できる。
2. 低消費電力動作を可能にするプロセッサを選択できる。
3. 低消費電力動作を可能にした組み込みシステムの説明ができる。

CE-ESY-11 モバイルおよびネットワーク組み込みシステム[3]

学習成果

1. モバイルに求められる各種通信機能の仕組みを説明できる。
2. P2P やスター型など他の機器との接続に関する仕組みを説明できる。

CE-ESY-12 高度な入出力の問題[3]

学習成果

1. 各種入出力用バスに関する特徴を説明できる。
2. 入出力データをハンドリングするプロトコルなどについて説明できる。

CE-ESY-13 組み込みシステム用プラットフォーム

(6) CE-NWK コンピュータネットワーク

[28 コア時間]

本知識領域のスコープ

1. コンピュータネットワークの構造
2. インターネットとクラウド
3. IoT、エッジコンピューティング

CE-NWK のコア知識ユニット

CE-NWK-1 ネットワークの歴史と概要[1]

学習成果

1. コンピュータネットワークの発達史を説明できる。
2. インターネットの仕組みの概要を説明できる。

CE-NWK-2 関連するツール、標準、工学的制約[1]

学習成果

1. 任意の相手と通信するための規格について説明できる。
2. インターネットプロトコルの概要について説明できる。

CE-NWK-3 ネットワークアーキテクチャ[4]

学習成果

1. デジタルネットワークの構成を説明できる。
2. パケット交換の基本的な仕組みを説明できる。
3. ネットワークプロトコルの意味を説明できる。

CE-NWK-4 有線通信ネットワーク[4]

学習成果

1. 有線通信の仕組みとメリットを説明できる。
2. 有線通信を実現する要素技術の概要を説明できる。
3. 有線通信によるネットワークアーキテクチャを説明できる。

CE-NWK-5 無線通信ネットワーク[3]

学習成果

1. 無線通信の仕組みとメリットを説明できる。
2. 無線通信を実現する要素技術の概要を説明できる。
3. 無線通信によるネットワークアーキテクチャを説明できる。

CE-NWK-6 ネットワークプロトコル[3]

学習成果

1. ネットワークプロトコルの必要性を説明できる。
2. ネットワークプロトコルの使い方を説明できる。
3. ネットワークプロトコルの仕組みを説明できる。

CE-NWK-7 ネットワークアプリケーション[2]

学習成果

1. ネットワークを用いたアプリケーションの事例をあげることができる。
2. ネットワークアプリケーションの事例の特徴を説明できる。

CE-NWK-8 ネットワーク管理[3]

学習成果

1. ネットワーク資源の管理を説明できる。
2. ネットワークのテストを説明できる。

CE-NWK-9* Internet of Things (IoT) の階層構造[4]

学習成果

1. IoT の特徴を説明できる。
2. エッジからクラウドに至る IoT の構造をモデル化して説明できる。
3. IoT 空間上のデータの流れについて説明できる。
4. IoT 空間上の記憶階層について説明できる。

CE-NWK-10* エッジコンピューティング[3]

学習成果

1. IoT 空間の内部と外側の接点となるエッジの特徴を説明できる。
2. IoT 空間の中でのデータの処理階層とローカルな処理を可能にするエッジフォグの必要性について事例をあげて説明できる。

CE-NWK-11* ビッグデータ

学習成果

1. エッジで収集するデータの集積とその処理工程のモデルを示し、ビッグデータの扱いに関する問題点等を説明できる。
2. ビッグデータを処理する技術の例を挙げて説明できる。

CE-NWK-12 データ通信

CE-NWK-13 性能評価

CE-NWK-14 ワイヤレスセンサネットワーク

(7) CE-PPP 技術リーダー論

[20 コア時間]

本知識領域のスコープ

1. 技術開発およびプロジェクトを導くコンピュータ工学の専門家としての心構え
2. コンピュータの技術開発が文化や社会へ影響を及ぼす認識と責任の理解

CE-PPP のコア知識ユニット

CE-PPP-1 プロジェクト管理の歴史と概要[1]

学習成果

1. 技術と文化の歴史の関係を説明できる。

2. 技術が生み出す社会的問題の変遷を説明できる。

CE-PPP-2 関連するツール、標準、工学的制約[1]

学習成果

1. プロジェクト管理の歴史と重要性を説明できる。

CE-PPP-3 コミュニケーションの重要性[2]

学習成果

1. プロジェクトを推進する上での意思疎通の重要性を説明できる。
2. 効果的なコミュニケーション戦略を検討することができる。

CE-PPP-4 多分野の専門家からなるチームの管理[2]

学習成果

1. 互いに異なる専門分野の複数のプロジェクトで意思統一を図る戦略を立案できる。
2. 集団の中で協力する意味と管理されることについて説明できる。
3. 集団をまとめていくための管理について説明できる。

CE-PPP-5 プロジェクトを進める上での思想と文化的問題[2]

学習成果

1. 小規模な社会集団の中にも個々の考え方や文化的背景が異なることを理解できる。
2. 各自の文化的背景の違いを前提に、チームの意思統一を図る戦略を考えられる。

CE-PPP-6 技術的解決策が社会へ与える影響[2]

学習成果

1. 技術者のアウトプットは技術的成果のみではなく、技術の成果が社会に与える影響もアウトプットになることを理解できる。

CE-PPP-7 専門家としての責任と倫理的責任[4]

学習成果

1. 技術が社会に与える影響を理解し、倫理面からの技術者の責任の重さを認識できる。
2. 社会に与えた技術的副作用としてのネガティブな影響の事例を挙げて説明できる。

CE-PPP-8 知的財産権と法的問題[2]

学習成果

1. 知的財産権の種類を説明できる。
2. 知的財産権の価値を説明できる。
3. 知的財産権が価値を発揮している事例を説明できる。

CE-PPP-9 新たな技術が生み出す問題[2]

学習成果

1. 新しい技術をマーケットに投入した場合のポジティブな例を具体的に示して説明できる。
2. 新しい技術をマーケットに投入した場合のネガティブな例を具体的に示して説明できる。

CE-PPP-10 ビジネス上の問題とその解決策[2]

学習成果

1. ビジネスを成功させる要素として、技術開発力、保守サービス力、知財化力、人材力などを列挙することができる。
2. ビジネスを成功させるためのコミュニケーション力、マネジメント力が必要であることを説明できる。

(8) CE-SEC 情報セキュリティ

[30 コア時間]

本知識領域のスコープ

1. セキュリティ上の問題点・弱点
2. サイバー犯罪
3. セキュリティ対策

CE-SEC のコア知識ユニット

CE-SEC-1 情報セキュリティの歴史と概要[1]

学習成果

1. 情報セキュリティの歴史について説明できる。
2. サイバー犯罪の歴史について説明できる。

CE-SEC-2 関連するツール、標準、工学的制約[1]

学習成果

1. プライバシ保護とは何かを説明できる。
2. 国際標準 ISO27001 (ISMS) とインシデントについて説明できる。
3. 情報セキュリティ用のツールをあげてその目的を説明できる。

CE-SEC-3 ファイアウォール[2]

学習成果

1. 情報システムをガードするファイアウォールの働きを説明できる。
2. ファイアウォールの特徴を説明できる。

CE-SEC-4 マルウェアと脆弱性[2]

学習成果

1. マルウェアの種類と具体例について説明できる。
2. 脆弱性とはどのようなものを説明できる。
3. マルウェア検出技術と評価内容について説明できる。

CE-SEC-5 共通鍵[3]

学習成果

1. 共通鍵の仕組みを説明できる。
2. 共通鍵暗号の原理を説明できる。
3. 共通鍵のアルゴリズムについてその概要を説明できる。

CE-SEC-6 メッセージ認証[2]

学習成果

1. メッセージの必要性を説明できる。
2. 正しさを検証するためのメッセージ認証の役割を説明できる。
3. 暗号学的ハッシュ関数、それに対する攻撃などについて説明できる。

CE-SEC-7 公開鍵[3]

学習成果

1. 公開鍵暗号の必要性を説明できる。
2. 公開暗号の原理とアルゴリズムを説明できる。
3. デジタル署名と電子商取引の現状を調査し説明できる。

CE-SEC-8 電子メールセキュリティ[2]

学習成果

1. 電子メールの原理と各種攻撃につて説明できる。
2. 電子メールのセキュリティ強化技術を取り上げてその内容を説明できる。

CE-SEC-9 ウェブセキュリティ[3]

学習成果

1. ウェブの転送プロトコル HTTP の仕組みを理解し、SQL インジェクションなどの各種攻撃方法の種類とその対策技術を説明できる。
2. ウェブと連携する SQL データベースなどの構成やドメイン名システムなどのイン

ターネットの知識を広げていくことができる。

CE-SEC-10 フィンテック[4]

学習成果

1. 電子商取引の仕組みをオンライン決済などの観点から説明できる。
2. 電子通貨の種類、ブロックチェーンの仕組みについて説明できる。

CE-SEC-11 認証技術[3]

学習成果

1. 認証技術の必要性について説明できる。
2. バイオメトリクスの仕組みについて説明できる。
3. 認証プロトコルの型式について説明できる。

CE-SEC-12* プライバシ保護とセキュリティマネジメント[4]

学習成果

1. 情報セキュリティの国際規格 (ISO27001) について説明できる。
2. ISMS の立場からセキュリティとはどのようなことかを説明できる。
3. ISMS の立場から日常の行動で注意すべきことを列挙して説明できる。

(9) CE-SGP デジタル信号処理

[30 コア時間]

本知識領域のスコープ

1. アナログ信号とデジタル信号の相互変換
2. デジタル信号処理システム
3. デジタル信号処理用演算モジュール

CE-SGP のコア知識ユニット

CE-SGP-1 デジタル信号処理の歴史と概要[2]

学習成果

1. デジタル信号処理の歴史を説明できる。

CE-SGP-2 関連するツール、標準、工学的制約[3]

学習成果

1. サンプリング定理を使うことができる。

2. A/D 変換、D/A 変換回路の仕組みを説明できる。
3. 線形時不変性という制限について説明できる。

CE-SGP-3 伝達関数[2]

学習成果

1. インパルス応答の意味と有効性を説明できる。
2. たたみ込み関数を使うことができる。
3. 伝達関数を導くことができる。

CE-SGP-4 各種変換技術[6]

学習成果

1. フーリエ変換、ラプラス変換の意味を説明できる。
2. 離散フーリエ変換と離散時間フーリエ変換を使うことができる。
3. Z 変換の意味を理解し使うことができる。

CE-SGP-5 周波数の分析技術[4]

学習成果

1. 周波数応答について説明できる。
2. Z 平面上の極点、零点の意味とフィルタの周波数選択性について説明できる。

CE-SGP-6 サンプリング定理[4]

学習成果

1. サンプリング定理とナイキスト周波数を説明できる。
2. サンプリング誤差と量子化誤差を説明できる。

CE-SGP-7 周波数とスペクトル[5]

学習成果

1. 周期信号と離散スペクトルの意味を説明できる。
2. スペクトルとフィルタの仕組みを説明できる。

CE-SGP-8 デジタルフィルタの設計[4]

学習成果

1. FIR と IIR について説明できる。
2. 簡単なデジタルフィルタの設計ができる。

CE-SGP-9 ウィンドウ関数

CE-SGP-10 マルチメディア処理

(10) CE-SPE プロジェクト管理&システムズ工学

[36 コア時間]

本知識領域のスコープ

1. コンピュータシステムのライフサイクルとシステムエンジニアリングの原則
2. システム要件
3. チームマネジメントとプロジェクト計画

CE-SPE のコア知識ユニット

CE-SPE-1 プロジェクト管理の歴史と概要[1]

学習成果

1. プロジェクト管理の歴史について説明できる。

CE-SPE-2 関連するツール、標準、工学的制約[1]

学習成果

1. プロジェクト管理の概要について説明できる。
2. PMBOK がどのようなものを説明できる。

CE-SPE-3 プロジェクト管理の原則[8]

学習成果

1. 実際のプロジェクトのプロジェクト計画について説明できる。

CE-SPE-4 ユーザエクスペリエンス[2]

学習成果

1. プロジェクト計画に対するユーザエクスペリエンスをレビューできる。

CE-SPE-5 リスク、信頼性、安全性、耐障害性[4]

学習成果

1. プロジェクト計画に対するリスク、信頼性、安全性、耐障害性をレビューできる。

CE-SPE-6 ハードウェアとソフトウェアプロセス[2]

学習成果

1. プロジェクト計画に対するプロセスをレビューできる。

CE-SPE-7 要求分析と要求抽出[2]

学習成果

1. プロジェクト計画に対する要求分析と要求抽出をレビューできる。

CE-SPE-8 システム仕様[2]

学習成果

1. プロジェクト計画に対するシステム仕様のレビューができる。

CE-SPE-9 システムアーキテクチャ設計と評価[2]

学習成果

1. プロジェクト計画に対するシステムアーキテクチャ設計と評価のレビューができる。

CE-SPE-10 ハードウェアとソフトウェアの並行設計[2]

学習成果

1. プロジェクト計画に対するハードウェアとソフトウェアの並行設計をレビューできる。

CE-SPE-11 システム適格性テスト[2]

学習成果

1. プロジェクト計画に対するシステム統合テスト、システムテスト、システム適格性テストのレビューができる。

CE-SPE-12 保守性、持続可能性、製造性[2]

学習成果

1. プロジェクト計画に対する保守性、接続可能性、実現可能性のレビューができる。

CE-SPE-13 プロジェクト管理演習[6]

学習成果

1. 実際のプロジェクトを管理する観点で、プロジェクトの目的、課題、管理方法を説明できる。

(11) CE-SRM システム資源管理

[20 コア時間]

本知識領域のスコープ

1. システム資源の定義と事例
2. システム資源の管理とオペレーティングシステム
3. リアルタイムシステム

CE-SRM のコア知識ユニット

CE-SRM-1 システム資源管理の歴史と概要[1]

学習成果

1. システム資源の種類と変遷を説明できる。
2. システム資源を管理する必要性を説明できる。

CE-SRM-2 関連するツール、標準、工学的制約[1]

学習成果

1. システム資源管理の限界を説明できる。

CE-SRM-3 マルチタスクとシステム資源[5]

学習成果

1. システム資源を物理空間側と仮想空間側に分類できることを説明できる。
2. 物理空間の特性と仮想空間の特性を説明できる。
3. システム資源とタスクの関係を説明できる。
4. マルチタスクの必要性和動きについて説明できる。
5. タスクはオペレーティングシステムの管理対象であることを具体的に説明できる。

CE-SRM-4 リアルタイム OS の仕組みと機能[2]

学習成果

1. オペレーティングシステム (OS) の役割を説明できる。
2. リアルタイム OS (RTOS) の役割を説明できる。
3. OS、RTOS のシステムコールを使用して、プログラムを設計できる。

CE-SRM-5 様々な OS の特性[6]

学習成果

1. PC の OS を説明できる。
2. モバイル端末用 OS を説明できる。
3. ネットワーク用 OS を説明できる。

CE-SRM-6 リアルタイムシステムと RTOS[3]

学習成果

1. リアルタイムシステムの設計に RTOS を活用することができる。

CE-SRM-7 モバイルデバイス用オペレーティングシステム[2]

学習成果

1. モバイルデバイスの資源を管理するオペレーティングシステムの特徴を説明できる。

(12) CE-SWD ソフトウェア工学

[50 コア時間]

本知識領域のスコープ

1. ソフトウェアのパラダイムシフト
2. 標準ライブラリ関数
3. オープンソース

CE-SWD のコア知識ユニット

CE-SWD-1 ソフトウェアの歴史と概要[1]

学習成果

1. ソフトウェアの概念、設計方法、範囲などの歴史について説明できる。

CE-SWD-2 関連するツール、標準、工学的制約[2]

学習成果

1. ソフトウェアの開発ツール、保守ツール、シミュレーションツールなどツールの概要を説明できる。

CE-SWD-3 プログラミング構造とパラダイム[8]

学習成果

1. ソフトウェアの開発工程について説明できる。
2. プログラムの構造について説明できる。
3. モジュール構造について説明できる。

CE-SWD-4 問題解決戦略[2]

学習成果

1. 問題解決に向けた課題の洗い出しができる。
2. 問題解決のゴールを設計できる。
3. 問題解決に向けたプロセスを設計できる。

CE-SWD-5 データ構造[3]

学習成果

1. 扱う対象のデータを分析して構造を明らかにすることができる。
2. データ構造を可視化できる。
3. データ構造を扱うプログラム構造を設計できる。

CE-SWD-6 再帰[3]

学習成果

1. 再帰的プログラムの動作を説明できる。
2. 再帰的プログラムを設計できる。
3. 再帰的プログラムを実行させる場合の注意事項を説明できる。

CE-SWD-7 オブジェクト指向設計[5]

学習成果

1. オブジェクト指向設計の概要を説明できる。
2. 要求モデル、静的モデル、動的モデルを説明できる。

CE-SWD-8 ソフトウェアのテストと品質[4]

学習成果

1. ソフトウェアのテスト、検証、妥当性について説明できる。
2. これらの簡単なモデルを設計できる。

CE-SWD-9 データモデリング[3]

学習成果

1. データモデリングの意味を説明できる。
2. データモデルの概念設計、論理設計、物理設計に関する説明と簡単な設計ができる。

CE-SWD-10 データベースシステム[3]

学習成果

1. データベースマネジメントシステムを活用できる。
2. データベースを設計できる。

CE-SWD-11 イベント駆動および並行プログラミング[4]

学習成果

1. イベント駆動型システムの動作を説明できる。
2. 並行プログラミングとイベントの関係を説明できる。

CE-SWD-12* ユニバーサルモデリング言語[5]

学習成果

1. UML の歴史を説明できる。
2. UML を用いた設計ができる。

CE-SWD-13* アジャイル開発[4]

学習成果

1. アジャイル開発の利点を説明できる。
2. アジャイルとスパイラルの関係を説明できる。

CE-SWD-14* モデルベース開発[3]

学習成果

1. モデルベース開発の利点を説明できる。
2. モデルの設計ができる。
3. 簡単な制御モデルの設計ができる。

CE-SWD-15 API の設計

(13) CE-JIV* イノベーションとベンチャー論

[18 コア時間]

本知識領域のスコープ

1. イノベーション
2. 企業経営
3. 起業

CE-JIV のコア知識ユニット

CE-JIV-1 イノベーションに関する歴史と概要 [1]

学習成果

1. イノベーションの意味と歴史を説明できる。

CE-SWD-2 関連するツール、標準、工学的制約[1]

学習成果

1. 企業経営とイノベーションの重要性を説明できる。
2. イノベーションと破壊的創造の違いを説明できる。

CE-JIV-3 資本主義経済の仕組みと特性[2]

学習成果

1. 資本主義経済の特性を説明できる。
2. 資源が有限であることが資本主義経済を特徴付けることを説明できる。

CE-JIV-4 企業の目的と企業価値[2]

学習成果

1. 有限な資源を前提にマーケットの特性を説明できる。
2. 有限な資源を前提にした企業活動を説明できる。
3. マーケットの創造と拡大

CE-JIV-5 企業の生産活動とマーケット[2]

学習成果

1. 企業活動とマーケットの関係を説明できる。
2. マーケットの競争力とイノベーションの関係を説明できる。

CE-JIV-6 イノベーションの推進とイノベータ理論[2]

学習成果

1. イノベーションは新製品やサービスあるいは画期的な製品を市場に送り出すだけでは起きないことを説明できる。
2. イノベーションを起こすにはマーケットのキャズムを乗り越える戦略が必要であることを説明できる。

CE-JIV-7 知的財産権[2]

学習成果

1. イノベーションを起こす要素として知的財産の獲得があるが、十分条件ではないことを説明できる。
2. 知的財産を活用する筋道を説明できる。

CE-JIV-8 企業経営と経営資本[2]

学習成果

1. 企業経営とはどのようなことかを説明できる。
2. 企業経営と経営資本の活用を説明できる。
3. 企業経営と経営資本の増大による企業の価値向上を説明できる。

CE-JIV-9 起業に向けて[4]

学習成果

1. 起業とはどのようなことかを説明できる。
2. 起業のプロセスを説明できる。
3. 起業のリスクについて説明できる。

6. ACM/IEEE-CS への報告

4 章、5 章で述べた本カリキュラム標準 J17-CE は、ACM、IEEE-CS による Computer Engineering Curricula をベースにし、さらに J07-CE を参考に策定することとした。さら

に、日本の国内の各大学のコンピュータエンジニアリング系専門科目の教育内容とレベルの傾向なども参考にし、さらに日本を含めた世界的な産業動向を踏まえることとした。

J17-CE の策定に際しての検討内容については、英文としてまとめたうえで、ACM および IEEE-CS など、今回の策定で参考とした資料の発行元団体等にも報告する。また、CE2004 と CE2016 の違い、J07-CE と J17-CE の違いに関しては 3 章を参照のこと。

7. おわりに

本概要では、記述形式、知識項目等の概説を行った。さらに、本カリキュラムを活用した科目の設計例についても付録として提示した。しかし、ここまでは提案ベースであり、本カリキュラムを活用してどれだけの成果につながるかということを注視していく必要がある。

カリキュラムを実施する上で、授業の形態が重要である。情報技術を活用した授業形態、さらには反転授業や PBL など多様化が進んでいる。こうした環境の変化を活かす試みも次のカリキュラム策定に関しては重要な事項である。また、AI や IoT あるいはデータサイエンスなどのイノベーティブな取り組みが進んでいる一方で、自動運転やロボットなどの応用分野の拡大も激しくなっている。こうした変化を考えると、学部から大学院まで一貫させてカリキュラムのマイナーチェンジをしつつ、次の大改訂に向けて準備を重ねていきたい。

付録

ここではCE-CAEの回路とエレクトロニクスを活用した科目のシラバス作成例を示す。

1. 科目名「回路の基礎」のシラバス

表 A-4 に回路の基礎のシラバスを示す。J17-CE では教える内容ではなく、教えることによって学生が得られるアウトカムを示している。従って、シラバスを作成する側はこのアウトカムを実現するためのインスタンスを示すことになる。

表 A-4 J17-CE 領域カリキュラムを活用した「回路の基礎」のシラバス作成例 1/2

授業科目名	回路の基礎		
単位数	2		
セメスタ	3		
目的	コンピュータや各種電気電子機器のハードウェアを構成する回路の基礎を修得することを目的とする。回路素子の電気的特性(電圧-電流特性)を理解し、素子間に成り立つ電気法則を回路解析に応用することを学ぶ。ダイオードやトランジスタ(バイポーラトランジスタ, MOSFET)を用いたアナログ回路の動作理解を目的とする。		
概要	電子機器のハードウェアの基礎として回路の基礎知識を習得する。回路を構成する基本素子について理解し、回路解析について学習する。トランジスタを用いた増幅回路の動作について理解する。		
目標	1. 回路を構成する基本素子(抵抗, キャパシタ(コンデンサ), インダクタ(コイル), 電源)の電気的特性と動作を理解する。 2. 電子回路を構成する基本素子(ダイオード, トランジスタ)の動作を理解する。 3. 電気法則を用いた基本的な電気回路の解析法について理解する。 4. バイポーラトランジスタ及びMOSトランジスタを用いた増幅回路の動作を理解する。 5. 電子デバイスで用いられる半導体について理解する。		
先修科目	特になし		
関連科目	エレクトロニクス		
授業方法	講義及び演習		
評価方法	評価方法は、講義内容についての学力考査80%及び演習20%とする。評価基準は、目標1～目標5について各20%の比率とする。		
授業回数	授業内容	演習	対応ユニット
1	【電気電子回路の基本】 回路を構成する素子全般について、役割を素子の歴史とともに概説する。電気量及び直流と交流について説明する。電圧と電流が互いに独立であり、その直交座標系をV-I平面とよぶこと。さらに、V-I平面上で各種回路素子を定義できることを説明する。理想電源(電圧源, 電流源)の扱いについて説明する。 【学習の目標】 電気電子回路の基本量(電荷, 電圧, 電流, 電力, エネルギー)に関する基礎知識を修得 理想直流電圧源および電流源の特性について理解 理想交流電圧源および電流源の特性について理解		CE-CAE-1 CE-CAE-2
2	【回路素子と特性】 キルヒホッフの法則をベースに、電気回路を構成する抵抗, キャパシタ(コンデンサ), インダクタ(コイル)の電圧-電流特性について説明する。オームの法則はV-I平面上での抵抗の特性を表すことや交流回路におけるインピーダンスについて説明する。 【学習の目標】 電気法則(オームの法則, キルヒホッフの法則)について理解 抵抗, キャパシタ, インダクタの素子端子間の電圧-電流の特性や関係式について理解 複素正弦波表現を用いた素子のインピーダンスやアドミタンスについて理解		CE-CAE-2
3	【回路法則】 重ね合わせの原理, テブナンの定理, ノートンの定理、等価回路について説明する。 【学習の目標】 電圧と電流に関する重ね合わせの原理を理解 テブナンの定理を理解し、テブナンの等価回路を求められる。 ノートンの定理を理解し、ノートンの等価回路を求められる。		CE-CAE-3
4	【直流回路の基礎 (抵抗回路)】 抵抗の直列接続と並列接続について説明する。簡単な直流回路の解析について説明する。 【学習の目標】 直列抵抗及び並列抵抗の合成抵抗が求められる。 簡単な直流抵抗回路が解析できる。 分圧, 分流について理解する。	○	CE-CAE-3

表 A-4 J17-CE 領域カリキュラムを活用した「回路の基礎」のシラバス作成例 2/2

授業回数	授業内容	演習	対応ユニット
5	【直流回路】 直並列接続の抵抗回路やキャパシタ、インダクタを含む回路の解析について説明する。	○	CE-CAE-4
	【学習の目標】 複雑な接続の抵抗回路の合成抵抗が求められる。 キャパシタの直流特性をもとにキャパシタを含む直流回路が解析できる。 インダクタの直流特性をもとにインダクタを含む直流回路が解析できる。	○	
6	【交流回路の基礎】 抵抗、キャパシタ、インダクタの正弦波応答について説明する。特に角周波数の意味と使い方を十分に説明する。	○	CE-CAE-4
	【学習の目標】 電圧及び電流のフェーザ表示について理解する。 キャパシタやインダクタのインピーダンス及びアドミタンスについて理解する。 等価インピーダンスについて理解する。		
7	【交流回路1 RC回路】 RC回路の定常回路解析について説明する。	○	CE-CAE-4
	【学習の目標】		
8	【交流回路2 RL回路】 RL回路の定常回路解析について説明する。	○	CE-CAE-4
	【学習の目標】 RL直列交流回路の動作を理解し、解析ができる。 RL並列交流回路の動作を理解し、解析ができる。		
9	【交流回路3 RLC回路】 RLC回路の定常回路解析について説明する。	○	CE-CAE-4
	【学習の目標】 RLC直列交流回路の動作を理解し、解析ができる。 RLC並列交流回路の動作を理解し、解析ができる。 共振回路の動作を理解し、解析ができる。		
10	【半導体と電子デバイス】 n型半導体、p型半導体について説明する。半導体を用いた電子デバイス全般について説明する。	○	CE-CAE-4、 CE-CAE-5
	【学習の目標】		
11	【ダイオードの動作とダイオード回路】 pn接合について説明する。ダイオードの電圧-電流非線形特性について説明する。ダイオードを用いた回路の動作、整流作用等について説明する。	○	CE-CAE-5
	【学習の目標】 pn接合と順方向及び逆方向の電圧-電流特性について理解する。 ダイオードの静特性及び動特性について理解する。 ダイオードを用いた整流回路や基本回路の動作を理解する。		
12	【トランジスタの構造及び動作】 半導体で構成されるバイポーラトランジスタ、電界効果トランジスタ(FET)、MOSFETの構造、動作原理及び特性について説明する。トランジスタの役割について述べる。	○	CE-CAE-5
	【学習の目標】 バイポーラトランジスタの構造と動作について理解する。 バイポーラトランジスタの端子間の電気特性と動作点について理解する。 FET及びMOSFETの構造と動作について理解する。 MOSFETの端子間の電気特性と動作点について理解する。		
13	【トランジスタの小信号等価回路】 バイポーラトランジスタ及びMOSFETの小信号等価回路について説明する。	○	CE-CAE-5
	【学習の目標】 バイポーラトランジスタのhパラメータについて理解し、小信号等価回路のパラメータと特性の関係を理解する。 MOSFETの相互コンダクタンスについて理解し、小信号等価回路のパラメータと特性の関係を理解する。		
14	【バイポーラトランジスタを用いた増幅回路】 バイポーラトランジスタを用いた増幅回路の動作解析について説明する。バイアス回路について説明する。	○	CE-CAE-6
	【学習の目標】 トランジスタの温度特性とバイアス回路の役目について理解する。 バイアス回路の構成法と動作について理解する。 バイポーラトランジスタの小信号等価回路を用いた増幅回路の解析について理解する。		
15	【MOSFETを用いた増幅回路】 MOSFETを用いた増幅回路の動作解析について説明する。	○	CE-CAE-6
	【学習の目標】 MOSFETの小信号等価回路を用いた増幅回路の解析について理解する。増幅度、利得、入出力インピーダンスを求められる。		
16	学力調査		
教科書・ 参考書 備考	特に指定しない		

2. 科目名「エレクトロニクス」のシラバス

この科目は前述した回路の基礎と併用することを前提としている。そのため先修科目と関連科目に両者の名称がでていることに注意されたい。

表 A-5 J17-CE領域カリキュラムを活用した「エレクトロニクス」シラバスの作成例 1/2

授業科目名		エレクトロニクス	
単 位 数		2	
セ メ ス タ		4	
目 的	コンピュータや各種電気電子機器のハードウェアを構成する電子回路の基礎を修得することを主な目的とする。MOSFETの電気的特性を理解し、回路のスイッチング動作及び過渡現象について学ぶ。トランジスタを用いたオペアンプ回路とフィルタの動作を理解し、応用できることを目的とする。		
概 要	電子機器のハードウェアの基礎として論理回路の基礎知識を習得する。論理回路を構成する基本素子について学習する。演算増幅を行うオペアンプの動作について理解する。回路の定常応答と過渡応答について学習する。		
目 標	1. 論理回路を構成するMOSFETの電気的特性とスイッチング動作を理解する。 2. MOSFETのゲート回路の動作を理解する。 3. 記憶素子及びメモリについて理解する。 4. オペアンプを用いた演算増幅について動作を理解する。 5. 回路の過渡現象の解析法について理解する。		
先 修 科 目	回路の基礎		
関 連 科 目	特になし		
授 業 方 法	講義及び演習		
評 価 方 法	評価方法は、講義内容についての学力考査80%及び演習20%とする。評価基準は、目標1～目標5について各20%の比率とする。		
授 業 回 数	授業内容	演習	対応ユニット
1	【MOSFET】 nMOS、pMOS及びCMOSTランジスタについて概要を説明する。各種MOSFETの構造と特性、スイッチング動作について説明する。 【学習の目標】 トランジスタのスイッチング動作について理解する。 MOSFETの構造とスイッチング動作の原理及びその特性について理解する。		CE-CAE-6
2	【論理ゲート回路】 MOSFETのゲート回路動作について説明する。ゲート回路を用いた論理回路について説明する。 【学習の目標】 MOSFETのゲート回路の動作について理解する。 ゲート回路を用いた論理回路とその動作について理解する。		CE-CAE-6
3	【MOS論理ゲート】 nMOS論理ゲート回路、pMOS論理ゲート回路の特性、動作について説明する。 【学習の目標】 nMOS論理ゲート回路の動作及び特性について理解する。 pMOS論理ゲート回路の動作及び特性について理解する。		CE-CAE-6
4	【CMOS論理ゲート】 CMOS論理ゲート回路の特性、動作について説明する。 【学習の目標】		CE-CAE-6
5	【記憶素子】 ラッチ、フリップフロップ、レジスタの動作について説明する。 【学習の目標】 記憶素子の種類と役割について理解する。 ラッチ、フリップフロップ、レジスタの構造及びそれらの動作について理解する。		CE-CAE-7
6	【メモリ】 SRAM、DRAM、ROMの動作について説明する。 【学習の目標】 メモリの種類と役割について理解する。 SRAM、DRAM、ROMの構造及びそれらの動作について理解する。		CE-CAE-7 CE-CAE-8
7	【回路インタフェース】 種々の論理素子の入出力特性及び素子間、回路間の信号伝送について説明する。 【学習の目標】 種々の論理素子の入出力の特性について理解する。 種々の論理素子を接続する際のインタフェースについて理解する。		CE-CAE-8
8	【オペアンプの基礎】 理想オペアンプモデルを用いたオペアンプの動作について説明する。オペアンプを用いた基本増幅回路について説明する。 【学習の目標】 理想オペアンプの特性とモデルについて理解する。 理想オペアンプを用いた反転増幅回路及び正相増幅回路の構成法及びそれらの動作について理解する。	○	CE-CAE-9

表 A-5 J17-CE 領域カリキュラムを活用した「エレクトロニクス」シラバスの作成例 2/2

授業回数	授業内容	演習	対応ユニット
9	【オペアンプの応用回路】 オペアンプを用いた応用回路について説明する。	○	CE-CAE-9 CE-CAE-10
	【学習の目標】 オペアンプの種々の応用回路について理解する。 加算回路の構成法と動作について理解する。 減算回路の構成法と動作について理解する。 積分回路の構成法と動作について理解する。		
10	【A/D D/A変換回路】 サンプリング定理の原理と応用を簡単に説明し、それをもとにA/D、D/A変換回路の基礎、変換特性及び基本回路について説明する。	○	CE-CAE-10
	【学習の目標】 サンプリング定理の原理と応用について理解する。 A/D変換回路の変換特性及び基本回路の動作について理解する。 D/A変換回路の変換特性及び基本回路の動作について理解する。		
11	【フィルタ1】 波形の周波数成分について説明する。周波数選択性フィルタとは何かを説明する。低域通過型フィルタによって一定の周波数以下の成分を抑えることで、A/Dが可能となることなどを説明する。	○	CE-CAE-11*
	【学習の目標】 波形の周波数成分について理解する。 周波数成分を選択したり、除去するフィルタの動作原理について理解する。 各種フィルタの役目について理解する。		
12	【フィルタ2】 オペアンプを用いたフィルタの動作について説明する。	○	CE-JCE-11*
	【学習の目標】 オペアンプの周波数特性について理解する。 オペアンプを用いたアナログフィルタの構成法及びその動作について理解する。		
13	【キャパシタ(コンデンサ)及びインダクタ(コイル)の過渡応答】 キャパシタ及びインダクタの過渡応答について説明する。回路基板の配線などは容量性や誘導性のリアクタンス成分をもつため、パルス波形や高周波数信号を使用する場合は注意が必要であることなどを説明する。	○	CE-CAE-12*
	【学習の目標】 キャパシタやインダクタを含む回路の過渡応答について理解する。 高周波数回路におけるキャパシタによる容量性リアクタンスやインダクタによる誘導性リアクタンスについて理解する。		
14	【回路の過渡現象1】 スイッチを含むRC回路やRL回路の過渡現象について説明する。回路方程式を用いた解析法について説明する。	○	CE-CAE-12*
	【学習の目標】 スイッチを含むRC回路の過渡現象の解析法について理解する。 スイッチを含むRL回路の過渡現象の解析法について理解する。		
15	【回路の過渡現象2】 定常状態から他の定常状態へ変化する過渡現象について説明する。回路方程式を用いた解析法について説明する。	○	CE-CAE-12*
	【学習の目標】 RC回路における定常状態への過渡応答について理解する。 RL回路における定常状態への過渡応答について理解する。		
16	学力検査		
教科書・参考書備考	特に指定しない		

情報学を専門とする学科対象の
教育カリキュラム標準の策定及び提言

SE

情報学を専門とする学科対象の
教育カリキュラム標準の策定及び提言

SE

目次

1. はじめに	1
2. J07-SE 以降の状況	1
3. 旧版からの主な変更点	3
4. J17-SE の全体像	3
5. J17-SE の知識項目と科目	6
6. ACM/IEEE-CS への報告	13
7. おわりに	13
付録 1 J17-SE の知識項目	14
付録 2 J17-SE の情報科学基礎科目（抜粋）	31
付録 3 J17-SE の SE 科目（抜粋）	35

WG 構成

主査 井上 克郎（阪大）

副主査 鷺崎 弘宜（早大）

アドバイザー 鶴林 尚靖（九大）

幹事 沢田 篤史（南山大），松下 誠（阪大）

委員

青木 利晃（北陸先端大），大久保 隆夫（情報セキュリティ大），大平 雅雄（和歌山大）

菊地 奈穂美（沖電気工業），白銀 純子（東京女子大），高田 眞吾（慶応大）

新田 直也（甲南大），野田 夏子（芝浦工大），長谷川 勇（スクウェア・エニックス）

伏田 享平（NTT DATA），道浦 康貴（JAMSS），横川 智教（岡山県立大）

1. はじめに

J17-SE は、情報専門学科カリキュラム標準 J17 におけるソフトウェアエンジニアリング領域のカリキュラムモデルである。これは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において、2007 年度に策定を行った J07-SE をもとにして策定したものである。

本概要では、J07-SE 策定以降のソフトウェアエンジニアリング教育を取り巻く状況とともに J17-SE カリキュラムモデルについて述べ、今後の取り組みを概説する。

2. J07-SE 以降の状況

改めて述べるまでもなく、企業や政府ならびに地方公共団体といった日本を支える主要な組織における情報システム（エンタープライズ系システム）や、ソフトウェアが高度に組み込まれた製品（組込み系システム）などの普及によって、ソフトウェアは今日の社会になくてはならない存在となっている。我々の生活も企業の活動も、ソフトウェアを利用せずに行うことは不可能となってきている。しかしその一方で、ソフトウェアに起因するシステム障害や製品リコールなど、数多くの問題が起きているのも事実である。特に最近では、銀行間取引システムのような重要な社会インフラや、人命に関わる製品にも及んでいる。

これらのソフトウェアに起因した問題の原因については様々な議論があるが、質の高い人材を生み出すためのシステムが依然機能していないことが一因であろう。我が国のソフトウェアの多くは、きちんとソフトウェアエンジニアリング（以降 SE）を学んでおらず、また企業でも十分な体系的教育を受けていない技術者によって作りだされている。

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が、我が国には従来ソフトウェア工学を専門とする学科が存在せず、従ってカリキュラム標準 J07-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が設置された。そのソフトウェア工学科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 が参照モデルとして採用している。

前述の通り、J07-SE 開発終了後、SE2004 の後継にあたるカリキュラム標準 SE2014 が米国で 2015 年 2 月に制定された。SE2014 は SE2004 の文書構造をおおむね引き継ぐ一方、10 年間に起きた SE 分野の広がり並びに変化を反映するために、内容の改変が行われている。さらに、SE2014 ではソフトウェアの要求ならびにセキュリティに関する内容をより明示的

にし、内容の充実が図られているが、これらは SE に対して外部から求められている視点であると言えよう。

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においては、このような流れを受けて、2016 年より J07-SE の改定作業として J17-SE に関する調査ならびに議論を行ってきた。具体的にはまず、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 (Software Engineering Education Knowledge) 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 の構成を基本とすることによって変更内容の明確化を行うこととし、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によって制定することとした。

3. 旧版からの主な変更点

J07-SE と J17-SE では、元となったカリキュラム標準である SE2004 と SE2014 との違いが大きいため、まず SE2004 と SE2014 の違いについて述べる。

3.1. SE2004 と SE2014 の相違点

SE2004 ならび SE2014 ではソフトウェア工学教育に関する項目を SEEK として定めており、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 SE2004 と比べ主に以下の変更が行われている。

- (1) 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) MGT (Software Management) も削除された。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) 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) 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。

このほか SE2004 と SE2014 では、Units, Topics 単位で見ていった場合、いくつかの項目が消滅、ないし統廃合されている点、並びに、Topics 単位での細かい修正等が行われている。

3.2. J07-SE と J17-SE の相違点

J17-SE は、上記 SE2004 と SE2014 の相違点を J07-SE に取り込むことによって策定することとした。そのため、J07-SE と J17-SE の相違点は SE2004 と SE2014 の相違点に由来している。具体的な違いは以下の通りである。

- (1) J17-SE の知識項目を整理するにあたり、SE2014 で新設された SEC (Security) を主に扱うことを目的として「セキュアソフトウェア開発概論」という科目を 1 つ追加し、知識項目の整理の際に用いている。
- (2) J07-SE の知識項目は、存在するものに関してはすべて SE2014 で定められた項目で置き換えられ、J17-SE の知識項目とした。従って、知識項目の ID が J07-SE と J17-SE で同一であっても、その ID が指し示す内容が異なる場合、ないし、軽微な変更が行われている場合がある。なお、原則として J07-SE で扱われている科目の内容は、連続性を担保するために変更していないが、SE2014 での変更を取り込むために科目単位での割り当てや構成を変更して整合性を担保した部分がある。
- (3) J17-SE の各科目間にある依存関係を整理し、極力科目間の依存関係を持たせないようにした。
- (4) SAS 科目の内容を更新し、最新のトピックを許容するようにした。

4. J17-SE の全体像

4.1. ミニマムセットのカリキュラムモデル

J17-SE は、大学などの高等教育機関の情報専門学科における SE 教育のためのカリキュラムモデルである。まず、カリキュラムそのものではない点に注意が必要である。本カリキュラムモデルは、カリキュラムを開発するために最低限必要な知識項目、それらを教えるコア科目、演習やインターンシップの仕様、学科やコースの特色を出すための SAS 科目 (System and Application Specialties: システム応用・特化型科目) 科目の例から構成

される。学科やコースにおいてソフトウェアエンジニアリングのカリキュラムを開発するためには、本カリキュラムモデルを基にして、知識項目の把握、コア科目の理解、演習やインターンシップの実装、SAS 科目の選択や開発などの策定などを行うことが必要となる。

次に、J17-SE は SE の学科やコースにおけるミニマムセットである点に注意が必要である。本カリキュラムモデルは、日本の大学が置かれている競争的環境を踏まえ、学科やコースの特色を出す余裕を持たせるために、最低限必要な知識項目に絞ってコア科目を列挙している。そのため、学科やコースの特色を反映した科目を追加しなくてはならない。例として、エンタープライズ系システム向け SE カリキュラムや組込みシステム向け SE カリキュラム、Web システム向け SE カリキュラムなどの適用ドメイン的な特色を反映した学科やコース、要求開発やアーキテクチャ設計、実装、検証と妥当性確認、マネジメントなど技術的な特色を反映した学科やコースなどが考えられる。J17-SE では、カリキュラム開発者のために SAS 科目として、学科やコースの特色を反映させるための追加科目を例示している。また特色を出しやすいように、演習などについては内容の詳細に踏み込まず、仕様を提示するに留めている。

また真に実践的で充実した教育を行うためには、学部教育に許された時間数では少ないと言わざるを得ない。大学院との連携教育が可能な学科やコースは、ミニマムセットである J17-SE を拡張することで大学院修士課程も含めた 6 年間のカリキュラムモデルを構築するとよい。

4.2. コンセプト

SE は、その名の通り「エンジニアリング」である。エンジニアリング教育には、主に 2 つの特性が求められる。一つは“実践的”であり、もう一つは“骨太”である。従来から大学で行われている情報系の教育は、その出自や理念などにより、理論的なものが多いと言われている。しかし産業界からは、開発現場であり役に立たないという批判も多い。そこで J17-SE は、産業界のニーズに応えるために従来の基礎一辺倒のカリキュラムから、実践的内容にも踏み込んだカリキュラムモデルを指向することとした。まず、プログラミング言語の習得に留まらず、開発の全体像である要求開発から検証と妥当性確認、保守、プロセスやマネジメントといった開発ライフサイクルを網羅するカリキュラムモデルとなっている。次に、理論の理解に留まらず、開発の目的である品質・生産性・コストといった要因を重視するカリキュラムモデルとなっている。また、個人に閉じた作業に留まらず、開発に必要なマネジメントやコミュニケーション、チームダイナミクスなどを学び実践するカリキュラムモデルとなっている。さらに、開発者のモチベーションや、不具合につながる開発者のヒューマンエラーといった心理的側面も取り扱っている。

一方で J17-SE は、SE の技術進化の速さを鑑みるに近視眼的な技術訓練では不十分であると考え、骨太なカリキュラムモデルを指向した。特に開発現場寄りの産業界からは、すぐに現場で使える技術を求められることもある。しかし、SE において重要なのは技術の使い方よりも“ものの考え方”そのものである。そこで、モデル化を習得することで「捉える力」や「考える力」、「表現する力」などを、検証と妥当性確認やプロセス改善を習得することで「問題発見能力」や「問題解決能力」などを、プロセスやマネジメントを習得することで「段取り力」や「調整力」などを涵養することを指向した。またソフトウェアに留まらない一般的な工学原則も学ぶこととした。これによって、技術を単に理解するだけでなく、臨機応変に応用でき中長期的に付加価値を生み続けられる技術者の育成が期待できる。

J17-SE の特徴は、こうした内容を PBL (Project Based Learning) のみに担わせるべきではないと意図している点にある。PBL はその性格上、基本概念や技術を習得する際に、PBL で採用した開発やマネジメントのスタイルに基づく一面的な理解になりかねない。そこで J17-SE では、講義においてさまざまな基本概念や技術を提示することで、PBL が採用するスタイル以外のさまざまな開発やマネジメントのスタイルの特徴を多面的に深く理解することを指向した。

4.3. カリキュラムモデルの構造

J17-SE は、講義科目と実習科目、SAS 科目から構成される。講義科目はさらに、情報科学基礎科目と SE 科目に分けられる。情報科学基礎科目とは、論理と計算理論、離散数学、オペレーティングシステム基礎・データベース基礎といった SE の基礎となる科目である。SE 科目とは、ソフトウェア構築やソフトウェア設計、検証と妥当性確認、開発マネジメントといった SE 技術を扱う科目である。

実習科目は、プログラミング基礎実習、プログラミング応用実習、ソフトウェア開発実習から構成される。プログラミング基礎実習では、概略設計内容に対する個人でのプログラム開発と単体・統合テストを行う。プログラミング応用実習では、要求仕様に対する個人ないしグループでのアーキテクチャ設計、ソフトウェア設計、プログラム開発、単体・統合・システムテストを行う。ソフトウェア開発実習では、システムへの要望に対するグループでのシステム開発とプロジェクトマネジメントを行う。エンタープライズ系や組込み系など学科やコースの特色に合わせて、かなり具体的なシステムを想定した実習となる。

SAS (System and Application Specialties) 科目は、学科やコースの特色を反映させるための追加科目である。J17-SE では、システムのドメイン、システムの特性、システムの構造、開発技術による SAS 科目を例示している。ただし科目名の提示に留め、詳細は学科

やコースで定める必要がある。

5. J17-SE の知識項目と科目

5.1. 知識項目

カリキュラムモデルにまず必要となるのは、教えるべき知識項目の整理である。SE 分野には SWEBOK (Software Engineering Body of Knowledge) などいくつかの知識項目が定義されているが、J17-SE では、SE2014 を参照し科目として取り扱いやすい単位として再体系化を行っている。表 1 に知識項目の第 2 カテゴリまでを示す。付録 1 に J17-SE の知識項目を示す。知識項目の ID は SE2014 と一致させている。

表 1 J17-SE の知識項目 (第 2 カテゴリまで)

コンピュータとソフトウェアの基礎		
CMP		コンピュータ基礎
	CMP.cf	コンピュータ科学基礎
DES		ソフトウェア設計
	DES.str	設計のパラダイム
MAA		ソフトウェアのモデリングと分析
	MAA.tm	モデルの種類
確率統計		
FND		数理基礎・工学基礎
	FND.ef	ソフトウェアのための工学基礎
	FND.mf	数理基礎
離散数学		
FND		数理基礎・工学基礎
	FND.mf	数理基礎
プログラミング基礎		
CMP		コンピュータ基礎
	CMP.cf	コンピュータ科学基礎
	CMP.ct	構築技術
	CMP.tl	構築のためのツール
論理と計算理論		
FND		数理基礎・工学基礎

	FND.mf	数理基礎
オペレーティングシステム基礎・データベース基礎		
CMP		コンピュータ基礎
	CMP.cf	コンピュータ科学基礎
ネットワーク基礎		
CMP		コンピュータ基礎
	CMP.cf	コンピュータ科学基礎
SEC		セキュリティ
	SEC.net	コンピュータとネットワークのセキュリティ
	SEC.sfd	セキュリティ基礎
工学基礎		
CMP		コンピュータ基礎
	CMP.cf	コンピュータ科学基礎
FND		数理基礎・工学基礎
	FND.ef	ソフトウェアのための工学基礎
MAA		ソフトウェアのモデリングと分析
	MAA.af	モデルの分析の基礎
PRF		プロフェッショナルプラクティス
	PRF.pr	プロフェッショナリズム
REQ		要求の分析と仕様
ソフトウェア構築		
CMP		コンピュータ基礎
	CMP.tl	構築のためのツール
DES		ソフトウェア設計
	DES.con	設計に用いられる概念
MAA		ソフトウェアのモデリングと分析
	MAA.af	モデルの分析の基礎
PRO		ソフトウェア開発プロセス
	PRO.con	プロセスの基礎
VAV		検証と妥当性確認
	VAV.rev	レビューと静的解析
モデル化と要求開発		

MAA		ソフトウェアのモデリングと分析
	MAA.md	モデリングの基礎
	MAA.tm	モデルの種類
PRO		ソフトウェア開発プロセス
	PRO.pp	プロジェクトの計画
REQ		要求の分析と仕様
	REQ.er	要求の獲得
	REQ.rfd	要求分析の基礎
	REQ.rsd	要求の仕様化と文書化
	REQ.rv	要求の評価
VAV		検証と妥当性確認
	VAV.tst	テスト
ソフトウェアアーキテクチャ		
DES		ソフトウェア設計
	DES.ar	アーキテクチャ設計
	DES.con	設計に用いられる概念
	DES.ev	設計の評価
	DES.str	設計のパラダイム
ソフトウェア設計		
DES		ソフトウェア設計
	DES.con	設計に用いられる概念
	DES.dd	詳細設計
	DES.str	設計のパラダイム
検証と妥当性確認		
VAV		検証と妥当性確認
	VAV.fnd	V&V の用語と基礎
	VAV.par	不具合の分析と報告
	VAV.rev	レビューと静的解析
	VAV.tst	テスト
形式手法		
CMP		コンピュータ基礎
	CMP.ct	構築技術

DES		ソフトウェア設計
	DES.dd	詳細設計
	DES.ev	設計の評価
MAA		ソフトウェアのモデリングと分析
	MAA.af	モデルの分析の基礎
	MAA.md	モデリングの基礎
	MAA.tm	モデルの種類
REQ		要求の分析と仕様
	REQ.rv	要求の評価
VAV		検証と妥当性確認
	VAV.rev	レビューと静的解析
ソフトウェアプロセスと品質		
FND		数理基礎・工学基礎
	FND.ec	ソフトウェアのためのエンジニアリングエコノミクス
PRF		プロフェッショナルプラクティス
	PRF.pr	プロフェッショナリズム
PRO		ソフトウェア開発プロセス
	PRO.cm	ソフトウェア構成管理
	PRO.con	プロセスの基礎
	PRO.evo	進化のプロセスと活動
	PRO.imp	プロセスの実装
	PRO.pp	プロジェクトの計画
QUA		ソフトウェア品質
	QUA.cc	ソフトウェア品質の概念と文化
	QUA.pca	プロセスの保証
	QUA.pda	プロダクトの保証
ヒューマンファクター		
CMP		コンピュータ基礎
	CMP.cf	コンピュータ科学基礎
DES		ソフトウェア設計
	DES.hci	ヒューマン・コンピュータ・インタフェース (HCI) 設計
開発マネジメント		

DES		ソフトウェア設計
	DES.ar	アーキテクチャ設計
PRF		プロフェッショナルプラクティス
	PRF.com	(SE に特化した) コミュニケーションスキル
	PRF.pr	プロフェッショナリズム
	PRF.psy	グループダイナミクスと心理学
PRO		ソフトウェア開発プロセス
	PRO.con	プロセスの基礎
	PRO.imp	プロセスの実装
	PRO.pp	プロジェクトの計画
QUA		ソフトウェア品質
	QUA.pca	プロセスの保証
セキュアソフトウェア開発概論		
SEC		セキュリティ
	SEC.dev	安全なソフトウェアの開発

5.2. 情報科学基礎科目

J17-SE では前述した知識項目を基に、8つの情報科学基礎科目を提示した。表2に情報科学基礎科目の一覧を示す。また付録2に情報科学基礎科目シラバスの一部を示す（シラバス全体は資料に掲載している）。なお確率統計については教養系で実施する講義を想定しているが、各種SE技術の背景・基礎という観点で習得の必要な内容をカリキュラムモデルに含めて策定した。プログラミング基礎については、学科やコースの特色に応じたプログラミング言語を対象として科目を開発すべきである。本カリキュラムモデルでは、例としてC言語を用いた科目を提示している。

表2 J17-SE の情報科学基礎科目の一覧

コンピュータとソフトウェアの基礎
確率統計
離散数学
プログラミング基礎
論理と計算理論
オペレーティングシステム基礎・データベース基礎
ネットワーク基礎

5.3. SE 科目

J17-SE では前述した知識項目を基に、10 の SE 科目を提示した。表 3 に SE 科目の一覧を示す（シラバス全体は資料に掲載している）。また付録 3 に SE 科目シラバスの一部を示す。

表 3 J17-SE の SE 科目の一覧

ソフトウェア構築
モデル化と要求開発
ソフトウェアアーキテクチャ
ソフトウェア設計
検証と妥当性確認
形式手法
ソフトウェアプロセスと品質
ヒューマンファクター
開発マネジメント
セキュアソフトウェア開発概論

5.4. 実習科目

J17-SE では、4 つの実習科目を提示した。表 4 に実習科目の一覧を示す（シラバス全体は資料に掲載している）。ソフトウェア開発実習については、例としてエンタープライズ系と組込み系の 2 種を示す。

表 4 J17-SE の実習科目

プログラミング基礎実習
プログラミング応用実習
エンタープライズ開発実習
組込みソフトウェア開発実習

5.5. SAS 科目

J17-SE では SAS 科目の例を提示した。SAS 科目の例は、システムのドメイン、システム
の特性、システムの構造、開発技術などに分類している。ただし J17-SE では各 SAS 科目の

内容は定めていない。表 5 に SAS 科目の例の一覧を示す。

表 5 J17-SE の SAS 科目の例の一覧

システムのドメインによる SAS 科目
Web システム（ネットワーク中心・Web システム）
企業情報システム・ERP（情報システムとデータ処理）
金融・電子商取引システム
物流・小売システム
通信・ネットワークシステム
エンターテインメントシステム（ゲーム・CG・音声）
ユビキタスシステム（モバイルシステム）
航空・車システム
工業プロセス制御システム
生命医学システム（バイオメディカルシステム）
科学技術計算システム
XR 利活用システム（AR・VR・MR）
システムの特性による SAS 科目
高信頼性・高可用性システム/組込み(ディペンダブルシステム)
高信頼性・高可用性システム/エンタープライズ(ディペンダブルシステム)
高セキュリティ情報システム
高安全性組込みシステム
システムの構造による SAS 科目
ハードウェア制御・リアルタイムシステム（組込み・リアルタイムシステム）
トランザクションシステム
制御モデル開発
経営情報システム
レガシーシステムとプロダクトライン
OSS によるシステム開発
エージェント・人工知能システム
IoT・サイバーフィジカルシステム
クラウド・モバイルシステム
開発技術による SAS 科目

ソフトウェア構築・応用
モデル化と要求開発・応用
ソフトウェアアーキテクチャ・応用
ソフトウェア設計・応用
検証と妥当性確認・応用
形式手法・応用
ソフトウェアプロセスと品質・応用
ヒューマンファクター・応用
開発マネジメント・応用
アジャイル・DevOps・応用

6. ACM/IEEE-CS への報告

4 章および 5 章で述べた本カリキュラム標準 J17-SE の策定にあたっては、ACM、IEEE-CS によるカリキュラム標準である SE2014、前身となったカリキュラム標準である J07-SE、また日本国内の情報専門科目の状況や、ソフトウェア工学の専門技術の現状を踏まえて行った。

J17-SE 策定にあたっての検討内容は、英文でまとめたうえで、ACM、IEEE-CS など参照したカリキュラム標準を策定した団体等にも報告する。具体的には、SE2004 と SE2014 の違い、ならびに、我々が策定した J07-SE と J17-SE の違いなど、主に 3 章の内容について報告を行う。

7. おわりに

本概要では、ソフトウェアエンジニアリングを取り巻く状況、J17-SE カリキュラムモデルの全体像、知識項目および科目の概説を行った。今後の取り組みとしては、J17-SE を基にしたカリキュラム例の策定、複数の大学や大学院の SE カリキュラムの比較が考えられる。多面的な開発やマネジメントのスタイルを理解できるような PBL の例を提示することも必要だろう。また産業界や学会からの意見を募り、さらに実践的かつ骨太なカリキュラムを目指して改善していくとともに、大学院修士課程を含む 6 年でのカリキュラムモデルの検討も視野に入れたい。

付録 1 J17-SE の知識項目

コンピュータとソフトウェアの基礎			
CMP			コンピュータ基礎
	CMP.cf		コンピュータ科学基礎
		CMP.cf.1	プログラミング基礎（制御とデータ、型付け、再帰）
		CMP.cf.2	アルゴリズムとデータ構造、データ表現（静的・動的）、複雑性
		CMP.cf.5	コンピュータの構造
		CMP.cf.8	プログラミング言語の基礎
		CMP.cf.9	オペレーティングシステムの基礎
		CMP.cf.11	ネットワークプロトコル
DES			ソフトウェア設計
	DES.str		設計のパラダイム
		DES.str.1	機能指向による設計
		DES.str.2	オブジェクト指向による設計
MAA			ソフトウェアのモデリングと分析
	MAA.tm		モデルの種類
		MAA.tm.5	エンタープライズシステムのモデリング（ビジネスプロセス、組織、ゴール、ワークフローなど）
		MAA.tm.6	組込みシステムのモデリング（リアルタイムスケジューリング分析、外部インタフェース分析など）
確率統計			
FND			数理基礎・工学基礎
	FND.ef		ソフトウェアのための工学基礎
		FND.ef.2	統計解析（検定と推定、回帰分析、相関など）
	FND.mf		数理基礎
		FND.mf.6	離散確率
		FND.mf.9	数値誤差と精度

離散数学			
FND			数理基礎・工学基礎
	FND.mf		数理基礎
		FND.mf.4	数え上げ基礎
		FND.mf.5	グラフとツリー
		FND.mf.10	数論
プログラミング基礎			
CMP			コンピュータ基礎
	CMP.cf		コンピュータ科学基礎
		CMP.cf.1	プログラミング基礎（制御とデータ、型付け、再帰）
		CMP.cf.2	アルゴリズムとデータ構造、データ表現（静的・動的）、複雑性
		CMP.cf.4	抽象化（カプセル化や階層化など）
	CMP.ct		構築技術
		CMP.ct.2	コードの再利用とライブラリ
		CMP.ct.4	パラメータ化と汎化
		CMP.ct.5	アサーション、契約による設計(DbC)、防御的プログラミング
		CMP.ct.6	エラーハンドリング、例外処理、フォールトトレラント
	CMP.tl		構築のためのツール
		CMP.tl.1	開発環境
		CMP.tl.2	GUI 構築ツール
		CMP.tl.3	単体テストツール
		CMP.tl.4	プロファイリング・パフォーマンス分析のツール
論理と計算理論			
FND			数理基礎・工学基礎
	FND.mf		数理基礎
		FND.mf.1	関数、関係、集合
		FND.mf.2	論理学基礎（命題、述語）

		FND.mf.3	証明技法
		FND.mf.7	有限状態機械と正規表現
		FND.mf.8	文法
オペレーティングシステム基礎・データベース基礎			
CMP			コンピュータ基礎
	CMP.cf		コンピュータ科学基礎
		CMP.cf.9	オペレーティングシステムの基礎
		CMP.cf.10	データベースの基礎
ネットワーク基礎			
CMP			コンピュータ基礎
	CMP.cf		コンピュータ科学基礎
		CMP.cf.11	ネットワークプロトコル
SEC			セキュリティ
	SEC.net		コンピュータとネットワークのセキュリティ
		SEC.net.1	ネットワークセキュリティの脅威と攻撃
		SEC.net.2	ネットワークセキュリティのための暗号理論の使用
		SEC.net.3	保護と防衛のメカニズムとツール
	SEC.sfd		セキュリティ基礎
		SEC.sfd.1	情報の保証の概念（秘匿、完全性、可用性）
		SEC.sfd.2	脅威の起源（自然、意図的、事故など）
		SEC.sfd.3	暗号化、デジタル署名、メッセージの認証、ハッシュ関数
		SEC.sfd.4	暗号プロトコル（アプリケーション、長所、短所）
		SEC.sfd.5	非技術的なセキュリティ問題（ソーシャルエンジニアリングなど）
工学基礎			
CMP			コンピュータ基礎
	CMP.cf		コンピュータ科学基礎
		CMP.cf.3	問題解決技法
FND			数理基礎・工学基礎

	FND.ef		ソフトウェアのための工学基礎
		FND.ef.1	統計的技法と実験的技法（CPU やメモリの利用に対する測定法）
		FND.ef.2	統計解析（検定と推定、回帰分析、相関など）
		FND.ef.3	測定とメトリクス
		FND.ef.4	システム特性（セキュリティ、安全性、パフォーマンス、スケーラビリティ、機能競合など）
		FND.ef.5	工学的設計の基本概念（問題の定式化、別解、フィージビリティスタディなど）
		FND.ef.6	測定の理論（意味のある測定の基準など）
MAA			ソフトウェアのモデリングと分析
	MAA.af		モデルの分析の基礎
		MAA.af.1	まとまりの分析（完全性、一貫性、ロバスト性など）
		MAA.af.2	正当性の分析（静的解析、シミュレーション、モデルチェックなど）
		MAA.af.3	依存性の分析（フォールトモード分析、フォールトツリー解析など）
PRF			プロフェッショナルプラクティス
	PRF.pr		プロフェッショナルリズム
		PRF.pr.2	倫理綱領とプロフェッショナルとしての行動
REQ			要求の分析と仕様
	REQ.rfd		要求分析の基礎
		REQ.rfd.5	品質特性（非機能特性）の分析（安全性、セキュリティ、ユーザビリティ、性能など）
		REQ.rfd.8	トレーサビリティ
		REQ.rfd.9	優先順位付け、トレードオフ分析、要求のためのリスク分析および影響解析
ソフトウェア構築			
CMP			コンピュータ基礎
	CMP.ct		構築技術
		CMP.ct.1	API の設計と利用

		CMP.ct.2	コードの再利用とライブラリ
		CMP.ct.3	オブジェクト指向パラダイムにおける実行時のトピック（ポリモルフィズム、ダイナミックバインディングなど）
		CMP.ct.4	パラメータ化と汎化
		CMP.ct.5	アサーション、契約による設計(DbC)、防御的プログラミング
		CMP.ct.6	エラーハンドリング、例外処理、フォールトトレラント
		CMP.ct.7	状態ベースおよびテーブル駆動の構築技法
		CMP.ct.8	実行時コンフィグレーションと国際化
		CMP.ct.9	文法ベースの入力処理（パース処理）
		CMP.ct.10	並列処理の基本要素（セマフォ、モニターなど）
		CMP.ct.11	分散ソフトウェアのための構築技術（クラウド、モバイルコンピューティングなど）
		CMP.ct.12	ハードウェアとソフトウェアシステムの構築
		CMP.ct.13	ホットスポット分析とパフォーマンスチューニング
	CMP.tl		構築のためのツール
		CMP.tl.1	開発環境
		CMP.tl.2	GUI 構築ツール
		CMP.tl.3	単体テストツール
		CMP.tl.4	プロファイリング・パフォーマンス分析のツール
DES			ソフトウェア設計
	DES.con		設計に用いられる概念
MAA			ソフトウェアのモデリングと分析
	MAA.af		モデルの分析の基礎
		MAA.af.2	正当性の分析（静的解析、シミュレーション、モデルチェックなど）
PRO			ソフトウェア開発プロセス

	PRO.con		プロセスの基礎
VAV			検証と妥当性確認
	VAV.rev		レビューと静的解析
		VAV.rev.3	静的解析（欠陥検出、形式仕様に対する検査など）
モデル化と要求開発			
MAA			ソフトウェアのモデリングと分析
	MAA.md		モデリングの基礎
		MAA.md.1	モデリングの原則（分解、抽象化、汎化、投影 / ビュー、形式的アプローチの利用など）
	MAA.tm		モデルの種類
		MAA.tm.1	情報やデータのモデリング（ERD、クラス図など）
		MAA.tm.2	振る舞いのモデリング（状態遷移図、ユースケース分析、インタラクション図、FMEA、FTA など）
		MAA.tm.3	アーキテクチャのモデリング（アーキテクチャパターン、コンポーネント図など）
		MAA.tm.4	ドメインのモデリング（ドメインエンジニアリング・アプローチなど）
		MAA.tm.5	エンタープライズシステムのモデリング（ビジネスプロセス、組織、ゴール、ワークフローなど）
		MAA.tm.6	組込みシステムのモデリング（リアルタイムスケジュール分析、インタフェースプロトコルなど）
PRO			ソフトウェア開発プロセス
	PRO.pp		プロジェクトの計画
		PRO.pp.1	要求のマネジメント（プロダクトのバックログ、優先順位、依存関係、変更など）
REQ			要求の分析と仕様
	REQ.er		要求の獲得

		REQ.er.1	要求を獲得する対象（ステークホルダ、ドメインエキスパート、操作環境や組織環境など）
		REQ.er.2	要求獲得の技法（インタビュー、アンケート/調査、プロトタイピング、ユースケース、観察、参加型技法など）
	REQ.rfd		要求分析の基礎
		REQ.rfd.1	要求という概念の定義（プロダクト、プロジェクト、制約、システムの境界、システムの外部、システムの内部など）
		REQ.rfd.2	要求分析のプロセス
		REQ.rfd.3	要求のレベル/階層（ニーズ、ゴール、ユーザ要求、システム要求、ソフトウェア要求など）
		REQ.rfd.4	要求が備えるべき特性（検証可能性、非曖昧性、一貫性、正当性、トレーサビリティ、優先度など）
		REQ.rfd.5	品質特性（非機能特性）の分析（安全性、セキュリティ、ユーザビリティ、性能など）
		REQ.rfd.6	システムエンジニアリングにおけるソフトウェア要求
		REQ.rfd.7	要求の進化
		REQ.rfd.8	トレーサビリティ
		REQ.rfd.9	優先順位付け、トレードオフ分析、要求のためのリスク分析および影響解析
		REQ.rfd.10	要求のマネジメント（一貫性管理、リリースの計画、再利用など）
		REQ.rfd.11	要求とアーキテクチャの競合
	REQ.rsd		要求の仕様化と文書化
		REQ.rsd.1	要求の文書化の基礎（種類、読み手、構造、品質、属性、標準など）
		REQ.rsd.2	ソフトウェア要求の仕様化技術（計画による要求の文書化、ディシジョンテーブル、ユーザストーリー、振る舞いの仕様）
	REQ.rv		要求の評価

		REQ.rv.1	レビューとインスペクション
		REQ.rv.2	要求の評価のためのプロトタイピング（累積型プロトタイピング）
		REQ.rv.3	受け入れテストの設計
		REQ.rv.4	品質特性の評価
		REQ.rv.5	要求競合のための分析（機能競合など）
		REQ.rv.6	形式言語による分析/モデル検査
VAV			検証と妥当性確認
	VAV.tst		テスト
		VAV.tst.8	システムテストと受け入れテスト
ソフトウェアアーキテクチャ			
DES			ソフトウェア設計
	DES.ar		アーキテクチャ設計
		DES.ar.1	アーキテクチャスタイル（パイプアンドフィルタ、レイヤード、トランザクション中心、ピアツーピア、publish/subscribe、イベント駆動、クライアントサーバなど）
		DES.ar.2	アーキテクチャで考慮すべき様々な特性間のトレードオフ
		DES.ar.3	ソフトウェアアーキテクチャで考慮すべきハードウェア
		DES.ar.4	アーキテクチャにおける要求のトレーサビリティ
		DES.ar.5	サービス中心のアーキテクチャ
		DES.ar.6	ネットワーク、モバイル、組込みシステムのアーキテクチャ
	DES.con		設計に用いられる概念
		DES.con.1	設計という概念の定義
		DES.con.2	基本的な設計の考慮事項（データの永続性、ストレージマネジメント、例外など）
		DES.con.3	複数のソフトウェア開発ライフサイクルにおける設計の関係
		DES.con.4	設計の原則（情報隠蔽、凝集度と結合度）

		DES.con.5	設計と要求との競合
		DES.con.6	品質特性の設計（信頼性、ユーザビリティ、性能、テスト容易性、フォールトトレラント性）
		DES.con.7	設計におけるトレードオフ
	DES.ev		設計の評価
		DES.ev.1	設計上の特性（結合度、凝集度、情報隠蔽、関心事の分離など）
		DES.ev.2	設計のメトリックス
		DES.ev.3	フォーマルメソッドによる設計の分析
	DES.str		設計のパラダイム
		DES.str.1	機能指向による設計
		DES.str.2	オブジェクト指向による設計
		DES.str.3	データ構造を中心とした設計
		DES.str.4	アスペクト指向による設計
ソフトウェア設計			
DES			ソフトウェア設計
	DES.con		設計に用いられる概念
		DES.con.1	設計という概念の定義
		DES.con.2	基本的な設計の考慮事項（データの永続性、ストレージマネジメント、例外など）
		DES.con.3	複数のソフトウェア開発ライフサイクルにおける設計の関係
		DES.con.4	設計の原則（情報隠蔽、凝集度と結合度）
	DES.dd		詳細設計
		DES.dd.1	デザインパターン
		DES.dd.2	データベースデザイン
		DES.dd.3	ネットワークとモバイルシステムのデザイン
		DES.dd.4	設計の記法（クラス図とオブジェクト図、UML、状態遷移図、形式仕様など）
	DES.str		設計のパラダイム
		DES.str.1	機能指向による設計
		DES.str.2	オブジェクト指向による設計

		DES.str.3	データ構造を中心とした設計
検証と妥当性確認			
VAV			検証と妥当性確認
	VAV.fnd		V&V の用語と基礎
		VAV.fnd.1	V&V の目的と制約
		VAV.fnd.2	V&V の計画
		VAV.fnd.3	V&V の戦略のドキュメント化（テストなど）
		VAV.fnd.4	メトリクスと測定（信頼性、ユーザビリティ、性能など）
		VAV.fnd.5	V&V に関連する活動
	VAV.par		不具合の分析と報告
		VAV.par.1	不具合報告書の分析
		VAV.par.2	デバッグ/不具合切り分けの技法
		VAV.par.3	欠陥分析
		VAV.par.4	不具合の追跡
	VAV.rev		レビューと静的解析
		VAV.rev.1	個人レビュー（デザイン、コードなど）
		VAV.rev.2	ピアレビュー（インスペクション、ウォークスルーなど）
		VAV.rev.3	静的解析（欠陥検出、形式仕様に対する検査など）
	VAV.tst		テスト
		VAV.tst.1	単体テストとテスト駆動開発
		VAV.tst.2	例外のハンドリング（境界条件と範囲条件のテスト）
		VAV.tst.3	カバレッジ分析と構造ベースのテスト
		VAV.tst.4	ブラックボックスの技法
		VAV.tst.5	結合テスト
		VAV.tst.6	ユースケースや顧客シナリオによるテストケースの設計
		VAV.tst.7	操作プロファイルによるテスト
		VAV.tst.8	システムテストと受け入れテスト

		VAV.tst.9	品質特性に関連するテスト（ユーザビリティ、セキュリティ、互換性、アクセシビリティなど）
		VAV.tst.10	回帰テスト
		VAV.tst.11	テストツールと自動化
		VAV.tst.12	ユーザインタフェースのテスト
		VAV.tst.13	ユーザビリティテスト
		VAV.tst.14	性能テスト
形式手法			
CMP			コンピュータ基礎
	CMP.ct		構築技術
		CMP.ct.5	アサーション、契約による設計(DbC)、防御的プログラミング
DES			ソフトウェア設計
	DES.dd		詳細設計
		DES.dd.4	設計の記法（クラス図とオブジェクト図、UML、状態遷移図、形式仕様など）
	DES.ev		設計の評価
		DES.ev.3	フォーマルメソッドによる設計の分析
MAA			ソフトウェアのモデリングと分析
	MAA.af		モデルの分析の基礎
		MAA.af.1	まとまりの分析（完全性、一貫性、ロバスト性など）
		MAA.af.2	正当性の分析（静的解析、シミュレーション、モデルチェッキングなど）
		MAA.af.4	フォーマルメソッドによる分析（定理証明など）
	MAA.md		モデリングの基礎
		MAA.md.1	モデリングの原則（分解、抽象化、汎化、投影 / ビュー、形式的アプローチの利用など）
		MAA.md.2	事前条件、事後条件、不変表明
		MAA.md.3	数理モデルと形式記述の紹介

	MAA.tm		モデルの種類
		MAA.tm.1	情報やデータのモデリング（ERD、クラス図など）
		MAA.tm.2	振る舞いのモデリング（構造化分析、状態遷移図、ユースケース分析、インタラクション図、FMEA、FTA など）
REQ			要求の分析と仕様
	REQ.rv		要求の評価
		REQ.rv.6	形式言語による分析/モデル検査
VAV			検証と妥当性確認
	VAV.rev		レビューと静的解析
		VAV.rev.3	静的解析（欠陥検出、形式仕様に対する検査など）
ソフトウェアプロセスと品質			
FND			数理基礎・工学基礎
	FND.ec		ソフトウェアのためのエンジニアリングエコノミクス
		FND.ec.1	ソフトウェアライフサイクルを通じた価値の考慮
		FND.ec.2	費用対効果の評価（利益実現、トレードオフ分析、コスト分析、ROI 分析など）
PRF			プロフェッショナルプラクティス
	PRF.pr		プロフェッショナルリズム
		PRF.pr.7	雇用形態・雇用契約
PRO			ソフトウェア開発プロセス
	PRO.cm		ソフトウェア構成管理
		PRO.cm.1	リビジョン管理
		PRO.cm.2	リリース管理
		PRO.cm.3	支援ツール
		PRO.cm.4	ビルド
		PRO.cm.5	構成管理のプロセス
		PRO.cm.6	保守に関する考慮事項

		PRO.cm.7	分散環境とバックアップ
	PRO.con		プロセスの基礎
		PRO.con.1	プロセスの概念と用語
		PRO.con.2	プロセスのインフラストラクチャ（開発者、ツール、教育など）
		PRO.con.3	プロセスのモデリングと仕様化
		PRO.con.4	プロセスの測定と分析
		PRO.con.5	プロセスの改善（個人、チーム、組織の改善）
		PRO.con.6	品質の分析とコントロール（プロセスと経験を改善するための、欠陥予防、レビュー、品質特性、致命的欠陥の根本原因分析など）
		PRO.con.7	システムエンジニアリングのライフサイクルモデル
	PRO.evo		進化のプロセスと活動
		PRO.evo.1	進化や保守の基礎
		PRO.evo.2	レガシーシステムの扱い
		PRO.evo.3	リファクタリング
	PRO.imp		プロセスの実装
		PRO.imp.1	プロセス定義のレベル（組織、プロジェクト、チーム、個人など）
		PRO.imp.2	ライフサイクルモデルの特性（計画ベース、インクリメンタル、繰り返し、アジャイルなど）
		PRO.imp.3	個人によるソフトウェアプロセス（モデル、定義、測定、分析、改善）
		PRO.imp.4	チームによるソフトウェアプロセス（モデル、定義、組織、測定、分析、改善）
		PRO.imp.5	システムエンジニアリングにおけるプロセスの実装
		PRO.imp.6	プロセスのテーラリング
		PRO.imp.7	プロセスの外的要因の影響（契約と法的要求、標準、調達など）
	PRO.pp		プロジェクトの計画

		PRO.pp.6	プロジェクト追跡のためのメトリクスと技術 (データの取得、速度、バーンダウンチャート、欠陥追跡、技術的負債のマネジメント)
QUA			ソフトウェア品質
	QUA.cc		ソフトウェア品質の概念と文化
		QUA.cc.1	品質という概念の定義
		QUA.cc.2	品質に対する社会の関わり方
		QUA.cc.3	低い品質によって発生するコストと影響
		QUA.cc.4	品質モデルのコスト
		QUA.cc.5	ソフトウェアの品質特性（信頼性、ユーザビリティ、安全性など）
		QUA.cc.6	人、プロセス、技法、ツール、技術の役割
	QUA.pca		プロセスの保証
		QUA.pca.1	プロセス保証の起源
		QUA.pca.2	品質計画
		QUA.pca.3	プロセス保証技術
	QUA.pda		プロダクトの保証
		QUA.pda.1	プロダクト保証の起源
		QUA.pda.2	保証と V&V の違い
		QUA.pda.3	プロダクト品質モデル
		QUA.pda.4	根本原因分析と欠陥予防
		QUA.pda.5	プロダクト品質のメトリクスと測定
		QUA.pda.6	品質特性のアセスメント（ユーザビリティ、信頼性、アベイラビリティなど）
ヒューマンファクター			
CMP			コンピュータ基礎
	CMP.cf		コンピュータ科学基礎
		CMP.cf.6	ヒューマンファクターの基礎（ユーザ側：入出力、エラーメッセージ、障害対応）
		CMP.cf.7	ヒューマンファクターの基礎（開発者側：コメント、構造、可読性）
DES			ソフトウェア設計

	DES.hci		ヒューマン・コンピュータ・インタフェース (HCI) 設計
		DES.hci.1	一般的な HCI 設計の原則
		DES.hci.2	モードやナビゲーションの使用
		DES.hci.3	コード化の技法とビジュアルデザイン (色、アイコン、フォントなど)
		DES.hci.4	応答時間とフィードバック
		DES.hci.5	デザインのリテラシー (直接操作、メニュー駆動、フォーム、問題回答型、コマンドなど)
		DES.hci.6	ローカライゼーションと国際化
		DES.hci.7	HCI 設計の技法
		DES.hci.8	インタフェースのリテラシー (音声と自然言語、音楽/映像、触感など)
		DES.hci.9	メタファとコンセプトモデル
		DES.hci.10	HCI の心理学
開発マネジメント			
DES			ソフトウェア設計
	DES.ar		アーキテクチャ設計
		DES.ar.7	プロダクトのアーキテクチャと開発組織および市場の構造との関係
PRF			プロフェッショナルプラクティス
	PRF.com		(SE に特化した) コミュニケーションスキル
		PRF.com.1	読解、理解、要約 (ソースコードやドキュメントなど)
			記述 (職務記述書、報告書、評価報告書、理由書など)
		PRF.com.2	チームとグループのコミュニケーション (口頭、文書、電子メールなど)
		PRF.com.4	プレゼンテーションスキル
	PRF.pr		プロフェッショナリズム
		PRF.pr.1	ア krediteーション、資格認定、免許制度
		PRF.pr.2	倫理綱領とプロフェッショナルとしての行動

		PRF.pr.3	社会的、法的、歴史的およびプロフェッショナルとしての考慮事項
		PRF.pr.4	プロフェッショナル・ソサエティ（学会や協会、コミュニティなど）の起源と役割
		PRF.pr.5	標準の起源と役割
		PRF.pr.6	ソフトウェアの経済的重要性
		PRF.pr.7	雇用形態・雇用契約
	PRF.psy		グループダイナミクスと心理学
		PRF.psy.1	チームやグループでの作業の際のダイナミクス
		PRF.psy.2	個人の認知（制限など）
		PRF.psy.3	認知的問題の複雑性
		PRF.psy.4	ステークホルダとの対話
		PRF.psy.5	不確実性と曖昧性の取り扱い
		PRF.psy.6	多国籍・多文化環境の取り扱い
PRO			ソフトウェア開発プロセス
	PRO.con		プロセスの基礎
		PRO.con.2	プロセスのインフラストラクチャ（開発者、ツール、教育など）
	PRO.imp		プロセスの実装
		PRO.imp.1	プロセス定義のレベル（組織、プロジェクト、チーム、個人など）
		PRO.imp.2	ライフサイクルモデルの特性（計画ベース、インクリメンタル、繰り返し、アジャイルなど）
		PRO.imp.4	チームによるソフトウェアプロセス（モデル、定義、組織、測定、分析、改善）
		PRO.imp.5	システムエンジニアリングにおけるプロセスの実装
		PRO.imp.7	プロセスの外的要因の影響（契約と法的要求、標準、調達など）
	PRO.pp		プロジェクトの計画
		PRO.pp.1	要求のマネジメント（プロダクトのバックログ、優先順位、依存関係、変更など）

		PRO.pp.2	工数の見積り（過去データの利用、コンセンサスに基づく見積もり技術など）
		PRO.pp.3	作業の細分化とタスクスケジューリング
		PRO.pp.4	リソースの割り当て
		PRO.pp.5	リスクマネジメント（識別、緩和、修復、状況のトラッキングなど）
		PRO.pp.6	プロジェクト追跡のためのメトリクスと技術（データの取得、速度、バーンダウンチャート、欠陥追跡、技術的負債のマネジメントなど）
		PRO.pp.7	チームの自己管理（進捗追跡、動的負荷割り当て、緊急事態への反応など）
QUA			ソフトウェア品質
	QUA.pca		プロセスの保証
		QUA.pca.2	品質計画
セキュアソフトウェア開発概論			
SEC			セキュリティ
	SEC.dev		安全なソフトウェアの開発
		SEC.dev.1	セキュリティを組み込んだソフトウェア開発ライフサイクル
		SEC.dev.2	要件分析と仕様のセキュリティ
		SEC.dev.3	セキュアデザインの原則とパターン
		SEC.dev.4	安全なソフトウェア開発の技術
		SEC.dev.5	セキュリティに関連した検証と妥当性確認

授業科目名	コンピュータとソフトウェアの基礎		
単位数	2		
開設学期	1 年生前期		
目的	コンピュータの構成と動作原理やシステムの基本的な概念、さらに、コンピュータ上で動作するソフトウェアおよびその開発技術の概念と意義について理解することを目的とする。		
概要	コンピュータの概念、基本構造、データのメモリ上での表現、アセンブリ言語の構成、メモリシステム、入出力インタフェースといった一連のコンピュータの構成とシステムの基本的な概念、ならびにソフトウェア開発の全体像を学ぶ。		
目標	コンピュータの構成と動作原理、システムの基本的な概念、ソフトウェアおよびその開発技術の基本的な概念を習得する。		
先修科目			
関連科目			
授業方法			
評価方法・基準			
授業回数	授業展開	トピック	学習目標
1	SE コースを概説し、工学的アプローチについて述べる。また本講義の概要と目的および進め方について説明する（※講義 0.3h）。	コースの全体説明	
		工学的アプローチについて	
2	コンピュータの概念と基本的な構造を説明する	コンピュータの構成、バイトとビット、アドレス	CMP.cf.5
		メモリ、CPU、I/O	CMP.cf.5
		ノイマン型コンピュータの仕組み	CMP.cf.5

3	コンピュータの命令語の構成と種類、割り込みについて説明する	アセンブリ言語の命令の構成、基本的な命令の種類、割り込み	CMP.cf.5
4	2進数とN進数、数の計算機上での表現、各種文字コード、データの表現方法について説明する	2進数の演算、N進数、2進数と8進数、10進数、16進数の相互変換	CMP.cf.5
		BCD、EBCDIC、ASCII、漢字コード	CMP.cf.5
		計算機上での各種データの表現	CMP.cf.5
5	メモリ階層について紹介し、仮想記憶方式とキャッシュの仕組みについて説明する	仮想記憶方式の仕組み	CMP.cf.5
		キャッシュの仕組み	CMP.cf.5
6	入出力、割込み、インタフェース、ネットワーク技術とネットワーク階層について説明する	入出力、割込み、インタフェース	CMP.cf.5
		ネットワーク技術、ネットワーク階層	CMP.cf.11
7	プログラムの概念と定義、特長、言語処理系、各種のプログラム言語について説明する	プログラムの概念と定義、利点	CMP.cf.1
		コンパイラ、インタプリタ	CMP.cf.9
		手続き型、オブジェクト指向型、関数型、論理型など各種プログラム言語	CMP.cf.8
8	プログラムの基本となる制御構造、アルゴリズムの記法、構造化プログラムについて説明する	順接、選択、繰り返し	CMP.cf.1
		アルゴリズムとその記法	CMP.cf.2

9	構造化プログラム、プログラムとソフトウェアについて説明する	構造化プログラムの概念と利点、モジュール特性とメトリクス	CMP.cf.5
		プログラムとソフトウェアの共通点と差異	CMP.cf.5
10	ソフトウェア工学の背景、定義、成果について説明する	ソフトウェア工学の背景(歴史的経緯、実例、工学の必要性)	
		ソフトウェア工学の定義(プロダクト、プロセス、ピープル、プロジェクト、QCD)	
11	ソフトウェア開発プロセスとプロセスモデルについて説明する	プロダクトの要求、分析、設計、構築、V&V、保守・再利用	
		ソフトウェアライフサイクルプロセス、プロセスモデル	
12	開発プロジェクトとプロジェクト管理、要員、ソフトウェア品質、コスト、納期について説明する	プロジェクト	
		ピープル(人間系)	
		品質・コスト・納期(QCD)	
13	システムエンジニアリングと各種システムについて説明する	システムとは、システムの概念と利点、システムの分類	
		情報システムとコンピュータシステムの違い	
		システムとハードウェアとソフトウェアの関わり	

		組み込みシステムの紹介	
		企業情報システムの紹介	
14	重要事項のまとめ		
15	期末試験		
教科書・参考書	ロジャー・プレスマン: 実践ソフトウェアエンジニアリング, 日科技連, 2005. エリック・ブロディ: ソフトウェアエンジニアリング, 翔泳社, 2004		
備考			

付録3 J17-SE の SE 科目（抜粋）

授業科目名	ソフトウェア構築		
単位数	2		
開設学期			
目的	ソフトウェアを構築するにあたり必要とされる過程を理解し、構築の際に用いられる技術について学習することを目的とする。		
概要	ソフトウェアの構築とは何を行うことかを習得する。ソフトウェアを構築するに当たり、必要とされる過程とその重要性、および構築のための要素技術を習得する。		
目標	作成されるソフトウェアの設計内容が与えられた際、自分で、あるいは多人数で共同してソフトウェアを構築する能力を身につける。ソフトウェアを構築する他の作業者に、ソフトウェアを構築するために必要な作業が何かを指示し管理する能力を身につける。		
先修科目			
関連科目	ソフトウェア設計とHCI、開発プロセスと保守、ソフトウェア開発マネジメント、ソフトウェアアーキテクチャ		
授業方法	講義		
評価方法・基準	期末試験の成績により決定する。		
授業回数	授業展開	トピック	学習目標
1	授業の概要と目的および進め方について説明する。		
	ソフトウェア開発の全体的な流れについて説明する。また、その流れの中でソフトウェア構築がどのような位置づけであるか説明する。	プロセスの基礎	PRO.con

	ソフトウェア開発の要素としてどのような作業があるかを理解する.	プロセスの基礎	PRO.con
2	ソフトウェア開発の全体的な流れの中で, ソフトウェア構築がどのような位置づけであるか, ソフトウェア設計との関連から説明する.	設計に用いられる概念	DES.con
3	ソフトウェア構築における開発環境の役割について説明する.	開発環境	CMP.tl.1
		開発環境の認識	CMP.tl.1
4	ソフトウェア設計時に用いるプログラミング言語としてオブジェクト指向言語を取り上げ, その特徴について説明する.	プログラミング言語基礎	CMP.cf.8
		オブジェクト指向パラダイムにおける実行時のトピック(ポリモルフィズム, ダイナミックバインディングなど)	CMP.ct.3
5	ソフトウェア設計時に用いるプログラミング言語としてオブジェクト指向言語を取り上げ, その特徴について説明する.	パラメータ化と汎化	CMP.ct.4
		アサーション, 契約による設計(DbC), 防御的プログラミング	CMP.ct.5
		エラーハンドリング, 例外処理, フォールトトレラント	CMP.ct.6
6	ソフトウェア設計時に用いるプログラミング言語としてオブジェクト指向言語を取り上げ, その特徴について説明する.	ユーザーインタフェースフレームワーク, ツール	CMP.tl.2
	単体テストツールを用いることにより, ソフトウェア構築をどのように行うことが出来るかを説明する.	単体テストツール	CMP.tl.3
		単体テストツールの利用	CMP.tl.3
7	複数の実行が並列・並行に動作するソフトウェアの動作原理について説明する. また, そのような	並列処理の基本要素(セマフォ, モニターなど)	CMP.ct.10

	ソフトウェアを構築するための技術について説明する.	分散ソフトウェアのための構築技術	CMP.ct.11
8	ソフトウェア設計の際に状態やテーブルが用いられた際、それをソフトウェア構築時どのようにして実装することが出来るかを説明する.	状態ベースおよびテーブル駆動の構築技法	CMP.ct.7
		状態ベースおよびテーブル駆動を用いたプログラムの作成	CMP.ct.7
9	ソフトウェアの振舞いをその実行時に決定する方法について説明する. また、その一例としてソフトウェアの国際化を取り上げ、国際化がどのようにして行われるかを説明する.	実行時コンフィグレーションと国際化	CMP.ct.8
10	文字列等を入力とするソフトウェアを対象とし、入力内容をソフトウェア内部で利用するために必要となる処理について説明する.	文法ベースの入力処理(パース処理)	CMP.ct.9
		文法ベースの入力処理を行うプログラムの作成	CMP.ct.9
11	実世界のソフトウェアにおける特定のドメインに関するソフトウェアについて説明する.	組込みシステムの構築とハードウェア・ソフトウェア協調設計	CMP.ct.11
			CMP.ct.12
12	ソフトウェアを構築する段階における、ソフトウェア分析手法について説明する.	ホットスポット分析とパフォーマンスチューニング	CMP.ct.13
		プロファイリング・パフォーマンス分析のツール	CMP.tl.4
		静的解析と動的解析	MAA.af.2, VAV.rev.3 (動的解析に関しては対応なし)

13	ソフトウェアを構築する際、既存のソフトウェアを流用することによって効率的にソフトウェアを作成する方法について説明する。また、既存のソフトウェアを流用することによる効果について説明する。	API の設計と利用	
			CMP.ct.1
		コードの再利用とライブラリ	CMP.ct.2
			CMP.tl.4
14	重要事項のまとめ		
15	期末試験		
教科書・参考書			
備考			

情報学を専門とする学科対象の
教育カリキュラム標準の策定及び提言

IT

情報学を専門とする学科対象の
教育カリキュラム標準の策定及び提言

IT

目次

1. IT 学教育の動向調査	1
2. カリキュラム標準 J17-IT	6
3. ACM/IEEE-IT への報告	11
4. J17-IT カリキュラムの各科目内容	11

WG 構成

駒谷昇一（主査）	奈良女子大学
佐渡一広（副主査）	群馬大学
高須泰治	三菱スペース・ソフトウェア株式会社
上野新滋	株式会社 FUJITSU ユニバーシティ
上原哲太郎	立命館大学
鈴木伸彦	NRI プロセスイノベーション株式会社
西田知博	大阪学院大学
満川一彦	株式会社 日立インフォメーションアカデミー

1. IT 学教育の動向調査

1.1. IT の学科領域カリキュラム

2005 年 9 月に ACM, IEEE-CS, AIS による「Computing Curricula 2005」(以下, CC2005 と略す) が公開され, CS, IS, CE, SE, IT の 5 つの学科領域別カリキュラム標準の構成となった。IT(Information Technology Curriculum)は, この CC2005 で初めてカリキュラム標準に組み込まれ, 5 つ学科領域のうち最も新しい。

情報処理学会では, この CC2005 が策定されたのを機に, 「情報専門学科におけるカリキュラム標準 J07」(以下, J07 と略す) の策定を始め, 専門情報教育の標準については, CC2005 と同じ 5 つの学科領域別の構成とした。J07 では, さらに一般情報教育および副専攻を追加し, 全体として 7 つの領域として策定し, 2008 年 3 月に公開した。J07 の専門情報教育である 5 つの学科領域別カリキュラム標準においても, 最も新しい学科領域が IT である。J07 の「IT の学科領域カリキュラム」(以下, J07-IT と略す)は, IT2005 および IT2006 をもとに策定した。

J07 の策定から 10 年が経過し, 今回, 「情報専門学科におけるカリキュラム標準 J17」(以下, J17 と略す) を策定した。J17 の「IT の学科領域カリキュラム」(以下, J17-IT と略す) については, ACM, IEEE-CS で策定が進められていた「Information Technology Curricula 2017」の Draft 版を参考に検討を進め, 2017 年 12 月 10 日に公開された正式版である IT2017(以下, IT2017 と略す)にもとづいて策定した。

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。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のある程度予測できることが期待されている。「IT の学科領域カリキュラム」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。

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、「IT の学科領域カリキュラム」が新たに策定された。

1.2. ACM/IEEE-CS の IT カリキュラム標準

「IT の学科領域カリキュラム」は、先にも述べたように、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 では IT が新たに加わり CS, SE, IS, CE, IT の 5 つの領域となった。

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 1.2-1 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。

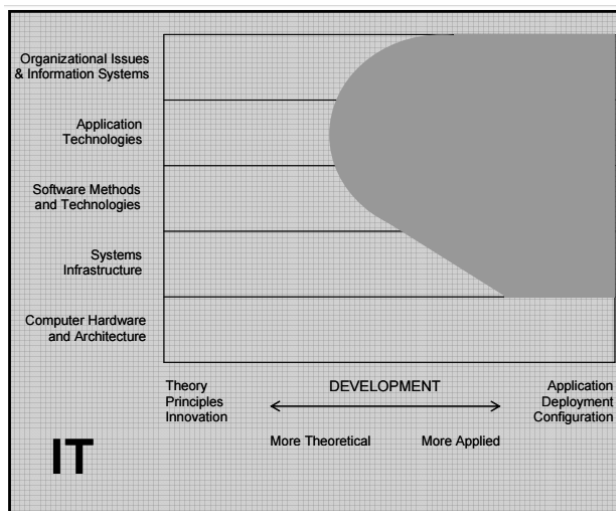


図 1.2-1 CC2005 における IT 領域の位置付け

(出典 <https://www.acm.org/binaries/content/assets/education/curricula-recommendations/cc2005-march06final.pdf>)

ACM, IEEE-CS で策定が進められていた「Information Technology Curricula」は、IT2005 の後、IT2008, IT2010 の改訂版が公開された。2017 年 7 月に、IT2017 の Final Draft 版が公開され、IT2017 の正式版が 2017 年 12 月 10 日に公開された。

IT2017 の正式版は、以下の URL でダウンロードが可能である。

<http://www.acm.org/binaries/content/assets/education/it2017.pdf>

J17-IT は、この IT2017 をベースに策定した。

IT2017 の必修内容は、表 1.2-1、選択内容(補足的な内容)は、表 1.2-2 のとおりである。

表 1.2-1 IT2017 の必修内容

Essential IT Domains and Levels of Student Engagement	
ITE-CSP Cybersecurity Principles [6%] ITE-CSP-01 Perspectives and impact [L1] ITE-CSP-02 Policy goals and mechanisms [L1] ITE-CSP-03 Security services, mechanisms, and countermeasures [L2] ITE-CSP-04 Cyber-attacks and detection [L2] ITE-CSP-05 High assurance systems [L2] ITE-CSP-06 Vulnerabilities, threats, and risk [L2] ITE-CSP-07 Anonymity systems [L1] ITE-CSP-08 Usable security [L1] ITE-CSP-09 Cryptography overview [L1] ITE-CSP-10 Malware fundamentals [L1] ITE-CSP-11 Mitigation and recovery [L1] ITE-CSP-12 Personal information [L1] ITE-CSP-13 Operational issues [L2] ITE-CSP-14 Reporting requirements [L1]	ITE-GPP Global Professional Practice [3%] ITE-GPP-01 Perspectives and impact [L1] ITE-GPP-02 Professional issues and responsibilities [L1] ITE-GPP-03 IT governance and resource management [L1] ITE-GPP-04 Risk identification and evaluation [L1] ITE-GPP-05 Environmental issues [L1] ITE-GPP-06 Ethical, legal, and privacy issues [L1] ITE-GPP-07 Intellectual property [L1] ITE-GPP-08 Project management principles [L1] ITE-GPP-09 Communications [L1] ITE-GPP-10 Teamwork and conflict management [L1] ITE-GPP-11 Employability skills and careers in IT [L1] ITE-GPP-12 Information systems principles [L1]
ITE-IMA Information Management [6%] ITE-IMA-01 Perspectives and impact [L1] ITE-IMA-02 Data-information concepts [L2] ITE-IMA-03 Data modeling [L3] ITE-IMA-04 Database query languages [L3] ITE-IMA-05 Data organization architecture [L3] ITE-IMA-06 Special-purpose databases [L1] ITE-IMA-07 Managing the database environment [L2]	ITE-IST Integrated Systems Technology [3%] ITE-IST-01 Perspectives and impact [L1] ITE-IST-02 Data mapping and exchange [L2] ITE-IST-03 Intersystem communication protocols [L2] ITE-IST-04 Integrative programming [L2] ITE-IST-05 Scripting techniques [L2] ITE-IST-06 Defensible integration [L1]
ITE-NET Networking [5%] ITE-NET-01 Perspectives and impact [L1] ITE-NET-02 Foundations of networking [L1] ITE-NET-03 Physical layer [L2] ITE-NET-04 Networking and interconnectivity [L3] ITE-NET-05 Routing, switching, and internetworking [L2] ITE-NET-06 Application networking services [L2] ITE-NET-07 Network management [L3]	ITE-PFT Platform Technologies [1%] ITE-PFT-01 Perspectives and impact [L1] ITE-PFT-02 Operating systems [L1] ITE-PFT-03 Computing infrastructures [L1] ITE-PFT-04 Architecture and organization [L1] ITE-PFT-05 Application execution environment [L1]
ITE-SPA System Paradigms [6%] ITE-SPA-01 Perspectives and impact [L1] ITE-SPA-02 Requirements [L2] ITE-SPA-03 System architecture [L1] ITE-SPA-04 Acquisition and sourcing [L2] ITE-SPA-05 Testing and quality assurance [L2] ITE-SPA-06 Integration and deployment [L2] ITE-SPA-07 System governance [L2] ITE-SPA-08 Operational activities [L3] ITE-SPA-09 Operational domains [L3] ITE-SPA-10 Performance analysis [L1]	ITE-SWF Software Fundamentals [4%] ITE-SWF-01 Perspectives and impact [L1] ITE-SWF-02 Concepts and techniques [L2] ITE-SWF-03 Problem-solving strategies [L1] ITE-SWF-04 Program development [L3] ITE-SWF-05 Fundamental data structures [L2] ITE-SWF-06 Algorithm principles and development [L2] ITE-SWF-07 Modern app programming practices [L1]
ITE-UXD User Experience Design [3%] ITE-UXD-01 Perspectives and impact [L1] ITE-UXD-02 Human factors in design [L2] ITE-UXD-03 Effective interfaces [L2] ITE-UXD-04 Application domain aspects [L1] ITE-UXD-05 Affective user experiences [L1] ITE-UXD-06 Human-centered evaluation [L1] ITE-UXD-07 Assistive technologies and accessibility [L1] ITE-UXD-08 User advocacy [L1]	ITE-WMS Web and Mobile Systems [3%] ITE-WMS-01 Perspectives and impact [L1] ITE-WMS-02 Technologies [L2] ITE-WMS-03 Digital media [L2] ITE-WMS-04 Applications concepts [L2] ITE-WMS-05 Development Frameworks [L2] ITE-WMS-06 Vulnerabilities [L1] ITE-WMS-07 Social software [L1]

表 1.2-2 IT2017 の選択内容（補足的な内容）

Supplemental IT Domains and Levels of Student Engagement	
ITS-ANE Applied Networks [4%] ITS-ANE-01 Proprietary networks [L2] ITS-ANE-02 Network programming [L2] ITS-ANE-03 Routing protocols [L2] ITS-ANE-04 Mobile networks [L2] ITS-ANE-05 Wireless networks [L2] ITS-ANE-06 Storage area networks [L1] ITS-ANE-07 Applications for networks [L2]	ITS-CCO Cloud Computing [4%] ITS-CCO-01 Perspectives and impact [L1] ITS-CCO-02 Concepts and fundamentals [L2] ITS-CCO-03 Security and data considerations [L2] ITS-CCO-04 Using cloud computing applications [L2] ITS-CCO-05 Architecture [L2] ITS-CCO-06 Development in the cloud [L2] ITS-CCO-07 Cloud infrastructure and data [L2]
ITS-CEC Cybersecurity Emerging Challenges [4%] ITS-CEC-01 Case studies and lessons learned [L1] ITS-CEC-02 Network forensics [L2] ITS-CEC-03 Stored data forensics [L2] ITS-CEC-04 Mobile forensics [L1] ITS-CEC-05 Cloud security [L1] ITS-CEC-06 Security metrics [L1] ITS-CEC-07 Malware analysis [L1] ITS-CEC-08 Supply chain and software assurance [L1] ITS-CEC-09 Personnel and human security [L1] ITS-CEC-10 Social dimensions [L1] ITS-CEC-11 Security implementations [L1] ITS-CEC-12 Cyber-physical systems and the IoT [L1]	ITS-DSA Data Scalability and Analytics [4%] ITS-DSA-01 Perspectives and impact [L1] ITS-DSA-02 Large-scale data challenges [L2] ITS-DSA-03 Data management [L2] ITS-DSA-04 Methods, techniques, and tools [L2] ITS-DSA-05 Data governance [L2] ITS-DSA-06 Applications [L2]
ITS-IOT Internet of Things [4%] ITS-IOT-01 Perspectives and impact [L1] ITS-IOT-02 IoT architectures [L2] ITS-IOT-03 Sensor and actuator interfacing [L1] ITS-IOT-04 Data acquisition [L1] ITS-IOT-05 Wireless sensor networks [L2] ITS-IOT-06 Ad-hoc networks [L1] ITS-IOT-07 Automatic control [L2] ITS-IOT-08 Intelligent information processing [L2] ITS-IOT-09 IoT application and design [L2]	ITS-MAP Mobile Applications [3%] ITS-MAP-01 Perspectives and impact [L1] ITS-MAP-02 Architectures [L1] ITS-MAP-03 Multiplatform mobile application development [L2] ITS-MAP-04 Servers and notifications [L1] ITS-MAP-05 Performance issues [L1] ITS-MAP-06 Views and gestures [L1] ITS-MAP-07 Interface implementations [L2] ITS-MAP-08 Camera, state, and documents interaction [L1] ITS-MAP-09 2D graphic and animation [L1]
ITS-SDM Software Development and Management [2%] ITS-SDM-01 Process models and activities [L2] ITS-SDM-02 Platform-based development [L1] ITS-SDM-03 Tools and services [L2] ITS-SDM-04 Management [L2] ITS-SDM-05 Deployment, operations, maintenance [L2]	ITS-SRE Social Responsibility [2%] ITS-SRE-01 Social context of computing [L2] ITS-SRE-02 Goals, plans, tasks, deadlines, and risks [L2] ITS-SRE-03 Government role and regulations [L1] ITS-SRE-04 Global challenges and approaches [L1] ITS-SRE-05 Risk management [L1] ITS-SRE-06 Sustainable Computing [L1]
ITS-VSS Virtual Systems and Services [4%] ITS-VSS-01 Perspectives and impact [L1] ITS-VSS-02 Application of virtualization [L2] ITS-VSS-03 User platform virtualization [L1] ITS-VSS-04 Server virtualization [L1] ITS-VSS-05 Network virtualization [L2] ITS-VSS-06 Cluster design and administration [L2] ITS-VSS-07 Software cluster applications [L2] ITS-VSS-08 Storage [L1]	

IT2017 の Draft 版までは、時間数は時間(Hour)で記述されていたが、正式版では%での表記になっている。%とは、4年間の卒業単位数を100%とした場合の%である。

1.3. 国内での IT 教育の現状

昨年度の事業では、国内の高等教育機関における情報学の専門教育の現状について調査した。高等教育機関に対してアンケート調査を行ったが、情報を専門教育として教えている学科やコースからの回答が、279箇所からあった。J07の5つ学科領域の各数(学科やコース数)は、次のとおりであった。

CS (コンピュータ科学)	74
IS (情報システム)	33
SE (ソフトウェアエンジニアリング)	4
CE (コンピュータエンジニアリング)	26
IT (インフォメーションテクノロジー)	27
その他	115
合計	279

その他の115件は、全体の41%に及ぶ。学科名やコース名を見ると、メディア情報、知能情報、医療情報、生命情報、経営情報、文化情報、図書館情報、情報通信などがあり、情報学の領域が5つの学科領域を超えて幅広いことが判る。

ITについては、27件で、全体の約10%であった。ITで回答のあった学科やコースのカリキュラムについて調査したところ、IT以外の領域(ISやCE)の方が適切と思われるものが22%、情報ネットワーク、情報セキュリティ、ヒューマンインタフェースなどJ07-ITの一部の内容が教えられているが、カリキュラムの範囲が広く、複数の領域に対応しているものがITのうち37%、医療情報やメディアデザインなど情報を専門とする学科やコースでないと思われるものが26%、そして、概ねJ07-ITの領域に該当すると思われるものは、ITのうち15%(4件)であった。なお、J07-ITには、サイバーセキュリティ、情報ネットワーク、情報管理の他に、システム統合、アーキテクチャ設計、システムの運用管理などが含まれるが、それらを含む学科やコースは見当たらなかった。

すなわち、J07-ITで示したカリキュラムに対応した教育カリキュラムで教育が行われている学科やコースは、0%で、概ね満たしていると考えられるもので全体の1.4%(279件中4件)である。

1.4. IT 教育のニーズ

情報システムの構築では、サイバーセキュリティ、情報ネットワーク、アーキテクチャ設計、システム統合など複数の情報技術が必要であり、それらの技術は日々より広くより深くなっている。例えば、サイバーセキュリティの分野では、日々新しい攻撃やインシデントが発生しており、セキュリティに関する技術領域や最新技術の修得内容は日々広がりとつある。このため、セキュリティの技術者は、その最新の技術を修得することで精一杯で、他の分野の技術を身に付ける余裕はない。

しかし、情報システムが複雑化するなかで、各技術分野について個別に考えるのではなく、幅広く最新の技術知識を持ち、全体を考えながら情報システムの構築ができる技術者の育成が重要となっている。CC2005 に IT が追加されたのは、そのような問題認識に基づいている。

J07-IT および J17-IT の目指す教育は、最新の情報技術を幅広く学ぶものであり、情報システムを構築している企業や、情報システムを発注する組織からの教育のニーズは今後ますます高まると思われる。しかし、実際に J07-IT に対応した教育を実施している高等教育機関は数少ない。この理由として考えられることは、

- ・ IT の学科領域を教えられる教員が少ないこと
- ・ IT の学科領域を教えるための教科書が少ないこと

があげられる。

例えば、アーキテクチャの設計やシステムの運用管理などの技術を修得した技術者は企業には多数いる。しかし、その分野の研究者は少なく、大学において教えられる教員は少ない。また、企業で働く技術者向けの本はあっても、大学で教えるのに適切な教科書は少ない。例えば、情報処理学会で発行している専門情報教育の教科書である IT-Text シリーズでは、情報セキュリティ、情報通信ネットワーク、データベースなどの教科書はある。しかし、ニーズが少ない、システムアーキテクチャ、システム統合、システム運用管理などの教科書はない。

現在、高等教育機関での専門情報教育では、アルゴリズム、プログラミングなど基礎的な CS 中心の教育が行われている場合が多いが、その理由は、高等教育機関の教員の多くが、情報科学に関する研究者であり、企業での情報システムの企画設計や開発、運用管理、プロジェクト管理などの経験がないこともその要因のひとつである。

J17-IT の策定は、今後の社会からのニーズが高まると思われる、サイバーセキュリティ、情報ネットワーク、情報管理、システムアーキテクチャ、システム統合、システム運用管理、プロジェクト管理など、IT の学科領域の教育を行う上で参考となるものである。そし

て J17-IT により、今後、IT の学科領域の教育を行うことができる高等教育機関が増えることが望まれる。

2. カリキュラム標準 J17-IT

2.1 J17-IT 策定について

国内において、IT の学科領域のカリキュラム標準が初めて策定されたものは、2008 年 3 月に公開された J07-IT である。情報処理学会 情報処理教育委員会 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)は、J07-IT を策定した後、IT2008 にもとづく改訂の検討を進めたが、カリキュラムの改訂版の公開には至っていない。IT 教育委員会では、J07-IT に続く J17-IT の策定のため、2017 年 1 月に IT 教育委員会を再編成し、J17-IT の策定を進めてきた。

2.2 J17-IT 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、国際的な相互認証評価の観点から、ACM が策定する IT2017 のカリキュラム内容を踏襲したものとして J17-IT を策定した。

2017 年 1 月時点では、IT2017 のドラフト版が公開されており、その内容で検討を進めた。2017 年 12 月に IT2017 の正式版が公開され、J17-IT はその内容に準じて策定を行った。

IT 教育委員会では、J17-IT の策定について、以下の方針とした。

- ・ IT2017 正式版を基準に 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。
- ・ 国内の高等教育機関に合った日本語カリキュラムを策定する。

2.3 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(%)を基準とした。IT2017 ドラフト版では、時間数は時間(Hour)で記述されていたが、IT2017 では、時間数は%表記となった。なおドラフト版の 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。

1%とは、4年間で取得する単位数を100%とした場合の%である。しかし日本の場合、学部
の4年次で、卒業研究を行うことが多く、3年次までに概ね専門教育の単位を取得するこ
とが一般的である。このため、IT2017の1%をJ17-ITではおよそ1単位として換算した。
IT2017の1～2%をJ17-ITでは2単位、2～3%を2単位、4～5%を4単位、6%を4または6単
位、を目安としてカリキュラムを策定した。

表 2.3-1 は、IT2005, J07-IT, IT2017, J17-IT の必修化科目の比較を示している。

表 2.3-1 IT2005, J07-IT, IT2017, J17-IT の必修化科目の比較

J17-IT			IT2017		J07	IT2005	
記号	科目名	単位	記号	時間 %	単位	記号	時間 時
	IT 基礎(J07-IT)	—	—	—	4	ITF	33
CSP	セキュリティ概論 ネットワークセキュリティ	4	CSP	6%	4	IAS	23
GPP	IT プロフェッショナルの行動規範	2	GPP	3%	2	SP	23
IMA	情報管理 1, 2	4	IMA	6%	4	IM	34
IST	システム統合技術	2	IST	3%	2	IPT	23
NET	情報ネットワーク 1, 2	4	NET	5%	2	NET	20
PFT	プラットフォーム技術	2	PFT	1%	2	PT	14
SPA	要求分析とアーキテクチャ設計 システム構築	4	SPA	6%	2	SIA	21
					2	SA	11
SWF	ソフトウェア設計	2	SWF	4%	4	PF	38
	ソフトウェア設計演習	2					
UXD	ユーザーエクスペリエンスデザイン	2	UXD	3%	2	HCI	20
WMS	Web およびモバイルシステム	2	WMS	3%	2	WS	21
PRG	プログラミング演習 1～3	6	—	—	6	—	—
PBL	総合演習 (PBL) 1, 2	4	—	—			
	合計	40		40%	38		281H

日本の高等教育における情報の専門教育では、4年生に卒業研究を行うことが多いため、
1年生から3年生までの間で教養科目や専門科目など120単位近くの単位を取得する。J17-
IT の必修科目としては、このうち、1/3 程度に相当する科目を設定することとした。

IT2017 の必修内容については、表 1.2-1 の必修内容の 10 の全ての分野をカバーするようにし、各授業科目でカバーしきれない内容については、ソフトウェア設計演習、プログラミング演習、総合演習を追加し、その中で学習することとした。

J17-IT のカリキュラム体系の策定方針は、J07-IT の策定方針を踏襲し、以下の方針で策定を行った。

- ・対象学年は 1 年前期から 3 年後期までとし、前期、後期とする。
- ・授業科目は 2 単位を基準とし、2 単位は 90 分×16 回(期末試験を含む)とする。
- ・授業科目は IT2017 のエリアの分類をなるべく尊重する。

各科目の一覧、科目の体系（必修科目と選択科目、履修年次、学期）を表 2.3-2 に示す。

表 2.3-2 J17-IT の科目の一覧

J17-IT 記号	IT2017 のドメイン	J17-IT 科目名	年次	学期	必修 選択
ITE-CSP	Cybersecurity Principles	セキュリティ概論	1	後期	必修
ITE-CSP	Cybersecurity Principles	ネットワークセキュリティ	2	後期	必修
ITE-CSP	Cybersecurity Principles	システムセキュリティ	3	前期	選択
ITE-GPP	Global Professional Practice	IT プロフェッショナルの行動規範	2	後期	必修
ITE-GPP	Global Professional Practice	プロジェクトマネジメント	3	前記	選択
ITE-IMA	Information Management	情報管理 1	2	前期	必修
ITE-IMA	Information Management	情報管理 2	2	後期	必修
ITE-IMA	Information Management	情報管理 3	3	前記	選択
ITE-IST	Integrated Systems Technology	システム統合技術	2	後期	必修
ITE-NET	Networking	情報ネットワーク 1	2	前期	必修
ITE-NET	Networking	情報ネットワーク 2	2	後期	必修
ITE-PFT	Platform Technologies	プラットフォーム	2	前期	必修
ITE-SPA	System Paradigms	要求分析とアーキテクチャ設計	2	後期	必修
ITE-SPA	System Paradigms	システム構築	3	前期	必修
ITE-SPA	System Paradigms	システムの運用・管理	3	後期	選択
ITE-SWF	Software Fundamentals	ソフトウェア設計	2	前期	必修
ITE-UXD	User Experience Design	ヒューマンコンピュータインタラ クション	2	前期	必修
ITE-WMS	Web and Mobile Systems	ウェブ技術	2	前期	必修
ITE-PRG		プログラミング 1	1	前期	必修
ITE-PRG		プログラミング 2	1	前期	必修
ITE-PRG		プログラミング 3	2	前期	必修
ITE-SWF		ソフトウェア設計演習	2	後期	必修
ITE-PBL		総合演習 1	3	前期	必修
ITE-PBL		総合演習 2	3	後期	必修
ITS-ANE	Applied Networks	ネットワーク応用	3	前期	選択
ITS-CCO	Cloud Computing	クラウドコンピューティング	3	後期	選択

ITS-CEC	Cybersecurity Emerging Challenges	デジタルフォレンジック	3	後期	選択
ITS-DSA	Data Scalability and Analytics	データのスケーラビリティと分析	3	後期	選択
ITS-IOT	Internet of Things	IoT 技術	3	後期	選択
ITS-MAP	Mobile Applications	モバイル開発	3	前期	選択
ITS-SDM	Software Development and Management	ソフトウェア開発と管理	3	後期	選択
ITS-SRE	Social Responsibility	IT の社会的責任	3	後期	選択
ITS-VSS	Virtual Systems and Services	仮想システムと仮想サービス	3	前期	選択

J17-IT の各科目のカリキュラムについては、以下の方針で策定を行った。

- ・シラバスをイメージした表形式で作成する。
- ・シラバスの項目としては、講義名、単位数、必修か選択か、履修学年、開設学期、科目概要、目的、学習目標、授業方法、評価方法、教科書・参考書、授業展開（各回の授業内容）を項目とする。
- ・英文の科目概要も作成し、項目としては、Lecture, Credits, Elective, Year, Term, Overview, Learning objectives, Course goals, Course format, Evaluation を項目とする。
- ・目的(Learning objectives)については、IT2017 の 6.3 IT Domain Clusters の各ドメインの Scope を流用する。
- ・目標(Course goals)についても、IT2017 の 6.3 IT Domain Clusters の各ドメインの Competencies を流用する。

IT 教育委員会では、これらの対応が分かりやすくするため、日英の対応が確認できる EXCEL 形式の表を用いて各科目のカリキュラムを作成した。この際に、Learning objectives については、Scope の番号 1, 2, 3 を、それぞれのドメインの記号の末尾に -1, -2, -3 をつけるようにした。Course goals についても、Competencies の順番 A, B, C を、それぞれのドメインの記号の末尾に -A, -B, -C をつけるようにした。

また、授業展開について、IT2017 の Appendix B: Performances の内容を併記するようにした。Performance No. という欄を設け、Subdomains の順番である 01, 02, 03 とその中で

の順番 a, b, c をドメインの記号の末尾に付けるようにした（例えば，ITE-CSP-01-a）。

このことにより，IT2017 のどの部分が J17-IT に対応しているのか，詳細な対応をとることができ，記述の漏れや重複を最小限にすることができた。IT 教育委員会で作成した EXCEL 表については，本報告書とは別に公開を検討している。

本報告書の 4 章で，日本語版の各科目のカリキュラムを示す。

3. ACM/IEEE-IT への報告

学科領域別カリキュラム標準の策定は，ACM，IEEE-CS，AIS による該当のカリキュラム標準 IT2005 から IT2017 までを参照し策定を行ってきた。J07-IT および日本国内の高等教育機関における情報に関する専門教育の現状を踏まえて，J17-IT の策定を行った。

この検討において策定したカリキュラム案および検討内容については，英文でまとめて，ACM，IEEE-CS，AIS 等，元の標準を作成した団体にも報告することとする。

IT2017 では，Appendix C において，各国（United States, Saudi Arabia and Middle East, China）の事例が掲載されているが，日本の事例が次回の改訂において追記されるような報告を出す予定である。

4. J17-IT カリキュラムの各科目内容

次ページ以降に，各科目のシラバスを示す。

講義名	セキュリティ概論		
単位数	2	必修・選択	必修
学年	1	開設学期	後期
概要	情報セキュリティの概要と重要性、およびマルウェア、暗号、ポリシーについて学ぶ。		
目的	技術、人間、情報、処理において、操作を保証するためのコンピュータの原則を学ぶ。		
目標	情報漏洩の危険性を減らすためのサイバーセキュリティの目的と機能を評価できる。 マルウェアの種類と対策を理解している。 基本的な暗号アルゴリズムとそれぞれの利用について説明できる。		
授業方法	講義	評価方法	試験 80%+レポート 20%
授業展開	1	授業の概要を説明し、セキュリティの必要性や近年起こっている様々問題を紹介する。	
	2	情報セキュリティの重要性と、これまでの状況について学ぶ。また、サイバーセキュリティの問題が組織に与える影響について学ぶ。	
	3	マルウェアの概要を学ぶ。また、これまで発生した重大な問題を示す。	
	4	マルウェアの種類や危険性について学ぶ。また、それらから守るために何をすべきかを学ぶ。	
	5	パスワードなどの個人認証の方式、生体認証の概要について学ぶ。	
	6	システムをマルウェアからどのように守るか、その手法について学ぶ。また、マルウェアの識別方法の概要を学ぶ。	
	7	マルウェアに感染した場合の普及方法について学ぶ。	
	8	暗号の概要を学ぶ。暗号化と復号化、代表的な暗号化の方式、共通鍵方式と公開鍵方式について学ぶ。	
	9	基本的な暗号化の応用を学ぶ。特に、電子認証、ハッシュへの利用について学ぶ。また、公開鍵基盤(PKI)の基本的な仕組みを学ぶ。	
	10	様々な暗号化のシステムが、様々な状況において、どのように利用されるべきかを学ぶ。	
	11	セキュリティにおいて、人間に関わる問題について学ぶ。特に、組織に関わっている人々が守るべき事項について学ぶ。	
	12	人を騙すためのソーシャルエンジニアリングの基本的な手口や可能な対処について学ぶ。	
	13	セキュリティポリシー、プライバシーポリシーについて、目的と作成原則、および運用について学ぶ。	
	14	システムの運用において、欠陥がある時の様々な対処、方針について学ぶ。	
	15	現在社会における情報セキュリティの重要性と、社会に与えている影響について学ぶ。	
	16	期末試験	

講義名	ネットワークセキュリティ		
単位数	2	必修・選択	必修
学年	2	開設学期	後期
概要	情報ネットワーク上のセキュリティ問題について学ぶ		
目的	情報セキュリティの実装、操作、解析、テストについて学ぶ。 法、政策、ヒューマンファクタ、倫理、リスクマネジメントを含んだサイバーセキュリティの学際的な性質を認識する。		
目標	組織を活発に運営するため、データ侵害のリスクを低減するツールとシステムを実現するためのサイバーセキュリティ技術の目的と機能を評価できる。 サイバーセキュリティの脅威に対処し、組織のサイバースペースに対するリスクを最小限に抑えるためのシステムの実装、ツールの適用、概念の利用ができるようになる。		
授業方法	講義	評価方法	試験 80%+レポート 20%
教科書・参考書	IT Text ネットワークセキュリティ		
授業展開	1	講義全体の概要を説明する。情報ネットワークにおけるセキュリティの重要性について学ぶ。	
	2	サイバー攻撃の種類とその対応の概要について学ぶ。	
	3	ファイアウォールについて学ぶ。	
	4	マルウェアについて学ぶ。	
	5	共通鍵暗号について学ぶ。	
	6	公開鍵暗号について学ぶ。	
	7	認証技術について学ぶ。	
	8	PKI と SSL/TLS について学ぶ。	
	9	メールのセキュリティについて学ぶ。	
	10	Web のセキュリティについて学ぶ。	
	11	コンテンツ保護と Fintech について学ぶ。	
	12	匿名化技術について学ぶ。	
	13	プライバシー保護技術について学ぶ。	
	14	サイバー犯罪の現状と法規制について学ぶ。	
	15	組織のセキュリティ管理と運用について学ぶ。	
	16	期末試験	

講義名	システムセキュリティ		
単位数	2	必修・選択	選択
学年	3	開設学期	前期
概要	情報システム全体を保護するためのセキュリティについて学ぶ。		
目的	情報システムのリスク管理について学ぶ。 高信頼性システムを中心に、情報システムの保護について学ぶ。		
目標	サイバーセキュリティへの脅威に対抗するための手段を理解できる。 リスクが顕在化した場合の、リカバリのための手段を理解できる。		
先修科目	ネットワークセキュリティ		
授業方法	講義	評価方法	試験 80%+レポート 20%
授 業 展 開	1	授業の概要、到達目標、授業の進め方について説明する。信頼性の概要を理解する。システム設計においては、最小限の権限を与えるべきであることを理解する。	
	2	高信頼性システムにおける、フェールセーフの必要性を理解する。高信頼性コンピューティングの概念を理解する。	
	3	SE Linux などセキュア OS の特徴と具体的な事例について理解する。	
	4	高信頼性ソフトウェアやシステムの開発における手法を理解する。高信頼性ソフトウェアやシステムの開発での TPM の役割を理解する。	
	5	システムに潜在する脆弱性について理解する。リスク管理の基本について理解する。	
	6	実機を使用した、侵入テストツールによる脆弱性の特定方法を理解する。	
	7	複数のレベルでシステムの安全性を確保することを理解する。コンポーネントの境界に存在するリスクを理解する。	
	8	脆弱性データベースを利用して、システムに潜在する脆弱性を発見する方法について理解する。システム全体に潜在する脆弱性と、システムを構成する要素単体に存在する脆弱性とが異なることを理解する。	
	9	実機を使用して、バッファオーバーフロー攻撃やクロスサイトスクリプティング攻撃を経験し、システムに潜在する脆弱性を理解する。	
	10	マルウェア感染の防止など、リスク軽減策について理解する。セキュリティインシデント発生時のリカバリ計画について理解する。	
	11	攻撃を受けてしまった場合の証拠の保全策の概要を理解する。システムのバックアップおよび復旧の計画について理解する。	
	12	モバイル端末などデバイスの盗難・紛失時の対応策の立案について理解する。	
	13	組織全体の情報セキュリティ維持施策について理解する。セキュリティ製品導入に際して、ベンダを評価する手順について理解する。	
	14	新たに生じる脅威や脆弱性について、継続的に監視する方法について理解する。継続的なセキュリティ教育の在り方について理解する。	
	15	セキュリティ関連法規について理解する。必要に応じた情報公開の必要性について理解する。	
	16	期末試験	

講義名	IT プロフェッショナルの行動規範		
単位数	2	必修・選択	必修
学年	2	開設学期	後期
概要	IT プロフェッショナルがグローバル環境で活動する上で IT 専門技術に加えて、プロフェッショナルとしての行動規範、IT の進展が社会に及ぼす大きな影響に対する法的、倫理的考慮への理解が極めて重要となっている。本科目では、そういった IT プロフェッショナルの行動規範や必要スキル等について学ぶ。		
目的	IT プロフェッショナルとしての口頭や文書によるコミュニケーションスキルを含めて、業界内キャリア形成に不可欠なスキルの重要性を学ぶ。 チームワークが IT プロジェクト全体の中でどのように機能するか、また、IT が組織をどのように支援するかについて学ぶ。 情報技術の進展が社会や人に及ぼす影響や変化を理解し、倫理的行動規範の遵守について学ぶ。		
目標	チーム活動におけるコミュニケーションスキルの重要性を認識し、これらのスキルが組織目標の最適化にどのように貢献するかを説明できる。(コミュニケーションとチームワーク) システム開発を含む IT キャリアにおいて継続雇用を維持するために必要な特定スキルを評価できる。(雇用可能性 employability) 企業環境に関連したプライバシー、法的、倫理的な考慮事項を含む IT ポリシーを組織内で策定できる。(法的・倫理的観点) プロジェクトの開始から完了に至る IT プロジェクトが直面する諸課題・リスクを認識し、適切なプロジェクト計画の作成とプロジェクト管理ができる。(プロジェクト管理)		
関連科目	コミュニケーション関連の講座		
授業方法	講義＋演習	評価方法	試験 80%＋レポート 20%
授 業 展 開	1	講義全体の概要を説明する。IT の進展の歴史を踏まえ、情報社会における IT やプロフェッショナル人材の役割、位置づけ、課題について概要を説明する。	
	2	IT プロフェッショナルの業務内容を具体例をもとに知り、IT プロフェッショナルが直面している課題、社会における責任について説明する。	
	3	IT プロフェッショナルとしてのキャリア形成のありかた、必要なスキルとプロフェッショナリズム（マインド、行動特性、顧客志向等）について学ぶ。	
	4	社会で活躍する IT プロフェッショナルの人材像・社会への価値創造活動・行動規範を様々な領域の具体的事例を通じて学ぶ。	
	5	IT プロフェッショナルのエンプロイアビリティ（雇用されうる能力）を高める必要性やその方法について学ぶ。	
	6	チームの共同作業を効果的に進めるための方法やチーム活動の課題について学ぶ。	
	7	チーム内外のステークホルダーとのコミュニケーションが如何に重要かを説明する。さらに、多様なコミュニケーション手段を最適にデザインし、個人間・組織間のコミュニケーション課題の解決を学ぶ。	
	8	プロジェクトチームにおけるコミュニケーション課題を取り上げ、プロジェクトを成功させるためのコミュニケーションの条件についてケーススタディを実施する。	
	9	IT 関連の急速な進展に伴う社会の法的、倫理的な課題やバーチャル空間の拡大に伴うルール・知財・サイバーセキュリティの問題に対する全体像を学ぶ。	
	10	AI／IoT／ロボティクス等の普及に伴う情報倫理問題について、技術者視点から課題の考え方・対応策について学ぶ。	
	11	ビッグデータの個人情報保護の問題を取り上げ、プライバシー保護・個人の尊重など AI のリスクを多面的に考察するため、ケーススタディによる演習を行う。	
	12	技術者に求められる倫理的想像力とは何かについて、新しいサービスの提供が社会のステークホルダーにどのような影響を及ぼすを考えるケーススタディ討論を行う。	
	13	IT と環境問題について、グリーンコンピューティングの概要の説明をし、今後の動向について学ぶ。	
	14	IT ガバナンスの役割と IT リソースの最適管理について学ぶ。	
	15	IT のリスク管理、プロジェクト計画の重要性を知り、組織目標を達成する上での様々な阻害要因への対応を学ぶ。	
	16	期末試験	

講義名	プロジェクトマネジメント		
単位数	2	必修・選択	選択
学年	3	開設学期	前期
概要	プロジェクトの立ち上げから、終結までのプロセスにおけるプロジェクトマネジメントの基本的な知識を学ぶ。		
目的	チームワークがIT全体でどのように統合され、ITが組織をどのように支援するかの方法について学ぶ。ソフトウェアプロセスモデルとソフトウェアプロジェクト管理について学ぶ。		
目標	チーム活動におけるコミュニケーションスキルの重要性を認識し、これらのスキルが組織目標の最適化にどのように貢献するかを説明できる。(コミュニケーションとチームワーク) プロジェクトの開始から完了に至るITプロジェクトが直面する諸課題・リスクを認識し、適切なプロジェクト計画の作成とプロジェクト管理ができる。(プロジェクト管理) プロジェクト管理ツールとメトリックを使用して、さまざまな能力・経験を持つチームのITシステム開発のプロジェクト計画、監視、進捗状況追跡、リスク処理を行うことができる。(管理)		
関連科目	ソフトウェア開発と管理		
授業方法	講義＋演習	評価方法	試験 80%＋レポート 20%
授業展開	1	講義全体の概要を説明する。プロジェクトとは何か、プロジェクトマネジメントの重要性について学ぶ。	
	2	情報システム開発プロジェクトの実例をベースにして、プロジェクトの立ち上げから終了までのプロジェクト管理の作業段階における重要ポイントの概要を学ぶ。	
	3	プロジェクトに対して、スコープ定義、ワークブレイクダウンストラクチャー等を演習を交えて学ぶ。	
	4	プロジェクトにおけるプロジェクト遂行全体の作業順序の設定、クリティカルパス等をふまえたスケジュール作成について、演習を交えて学ぶ。	
	5	プロジェクトにおける資源の割り当て、品質計画、調達等を学ぶ。	
	6	プロジェクトが必要する要員の計画と、プロジェクト全体のコスト計画を学ぶ。	
	7	プロジェクトの遂行におけるさまざまなリスクとリスクマネジメントのポイントを学ぶ。	
	8	プロジェクトのリスク分析と対応策について具体例に基づいて演習を行う。	
	9	プロジェクトにおけるコミュニケーション、ステークホルダーマネジメントを学ぶ。	
	10	プロジェクト計画書作成演習を行う。	
	11	プロジェクトの実行・監視について、プロジェクトチームの運営、進捗管理を学ぶ。	
	12	プロジェクトの実行・監視について、変更管理、問題管理、リスク管理を学ぶ。	
	13	プロジェクト実行中において発生する問題点を取り上げ原因分析と対応について演習をおこなう。	
	14	実際のプロジェクト実践事例をモデルにしてケーススタディを行う。	
	15	プロジェクトの終結管理およびプロジェクト管理の教訓・改善の方策について学ぶ。	
	16	期末試験	

講義名	情報管理 1		
単位数	2	必修・選択	必修
学年	2	開設学期	前期
概要	概念モデルの構築を中心にして、データベースの基礎について学ぶ。		
目的	実世界を抽象化して、概念モデルを構築できる技術を学ぶ。		
目標	正規化、キーの設計ができる。組織のルールを考慮した ER 図を描き、データベースの設計ができる。		
先修科目	(なし)		
授業方法	講義	評価方法	試験 80%+レポート 20%
授業展開	1	授業の概要、到達目標、授業の進め方について説明する。データ、データベース、データベース管理システムなどの基本的な用語を理解する。従来のファイル処理と比較してデータベースの利点を理解する。データの格納や情報の検索が時代とともにどのように変化してきたかを理解する。	
	2	インターネットの普及と組織外の利用者(顧客や供給者)からの情報に対する要求の高まりが、データ処理にどのような影響を与えたのかを理解する。データベースモデルとその進化の歴史を理解する。	
	3	組織におけるデータと情報の違いを認識し、データベース管理システムの必要性、データマイニングについて理解する。メタデータについて理解する。	
	4	SELECT, INSERT, UPDATE, DELETE など基本的な SQL の文法を理解する。実機を使って、リレーショナルデータベースにアクセスし、表の検索、行の挿入、行の削除などを行い、リレーショナルモデルの概念を体得する。	
	5	主キー、候補キー、超キー、非ナル制約、一意性制約、主キー制約、主キーの発見方法を理解する。	
	6	関数従属、部分関数従属、推移関数従属を理解する。	
	7	第 1 正規形～第 3 正規形を理解する。	
	8	ボイスコードの正規形、情報の喪失について理解する。	
	9	外部キー、参照制約、存在制約、更新時異常について理解する。	
	10	1 対 1, 1 対 n, n 対 n などカーディナリティを理解する。E-R 図の書き方を理解し、簡単な事例を基に E-R 図を描く方法を理解する。	
	11	n 対 n がもたらす不具合と、n 対 n の解消方法について理解する。	
	12	伝票の実例を基に、データモデルの正規化を行い、E-R 図を描くことを理解する。	
	13	第 4 正規形を理解する。	
	14	第 5 正規形を理解する。	
	15	トランザクション処理の実例を基に、データモデルの正規化を行い、E-R 図を描くことを理解する。	
	16	期末試験	

講義名	情報管理 2		
単位数	2	必修・選択	必修
学年	2	開設学期	後期
概要	データベース操作言語について学ぶ。		
目的	データから情報を抽出して、組織に必要な情報に加工することを学ぶ。		
目標	SQL(DML, DDL) を使いこなし、データベースの構築とデータの操作ができる。		
先修科目	(なし)		
授業方法	講義	評価方法	試験 80%+レポート 20%
授業展開	1	授業の概要、到達目標、授業の進め方について説明する。SQL を用いた、データベースの作成、表の作成、表の管理についての基礎を理解する。	
	2	簡単な例を用いた、選択、射影、和、共通、差、自然結合などの基本的な関係代数を理解する。	
	3	表に格納するデータ型について理解する。表定義の基本的な文法を理解する。実機を用いて表定義を実行し、文法の定着を図る。	
	4	与えられたデータモデルを確認し、表間の制約などを理解する。基本的な SQL の文法を復習する。実機を使って、課題に従ってデータを挿入し、検索によって目的とするデータが作成できたことを確認する。	
	5	WHERE 句、BETWEEN 句、LIKE 句を用いた SELECT 文、検索結果のヘッダの変更方法を理解する。	
	6	GROUP BY 句、HAVING 句を用いた SELECT 文と、簡単な集約関数を理解する。	
	7	検索条件における論理演算、DISTINCT 句の必要性を理解する。	
	8	計算可能な列、集約関数を用いた、様々な計算方法について理解する。	
	9	結合の種類、結合の動作、結合を用いた複数の表から情報を検索する方法を理解する。	
	10	副問合せ、相関副問合せを理解する。	
	11	キーを作成、更新、削除する SQL を理解する。	
	12	INSERT、UPDATE、DELETE など更新系の SQL を用いて、制約の実効性について理解する。	
	13	VIEW の使用目的、更新可能な VIEW と更新不可能な VIEW を作成する文法と、具体的な操作をすることを理解する。	
	14	表の作成、更新、削除の文法と、実機を用いた操作について理解する。	
	15	埋め込み SQL の使用目的と、使い方について理解する。	
	16	期末試験	

講義名	情報管理 3		
単位数	2	必修・選択	選択
学年	3	開設学期	前期
概要	データベース管理と、データベースの応用分野を学ぶ。		
目的	データの展開、管理、統合の方法と、組織を支援する情報システムについて学ぶ。 データと情報に関連する安全性とセキュリティの問題について学ぶ。 情報から有用なナレッジを作り出すためのツールと技術について学ぶ。		
目標	領域分断への対応、複製データベース複製、性能分析など、組織におけるデータベースの分析ができる。 データベースユーザ、役割、権限、バックアップ、リストアなど組織におけるデータベースの管理ができる。		
先修科目	情報管理 1～2		
授業方法	講義	評価方法	試験 80%+レポート 20%
授業展開	1	授業の概要、到達目標、授業の進め方について説明する。データの品質について理解する。データの正確性、完全性、即時性などが失われた場合の、組織に対する影響について学ぶ。データ収集の仕組みと、仕組みの構成要素(自動収集の方法、入力様式、収集元など)の関係について学ぶ。	
	2	データの保持のために必要となる、物理的媒体、バックアップ手段、安全性の確保などについて、基本的な事項について学ぶ。	
	3	物理モデルの概要と、論理モデルと物理モデルの関係について学ぶ。	
	4	正規化した結果とキーが与える影響を踏まえ、最適なパフォーマンスを発揮できる物理モデルの設計について学ぶ。	
	5	データの分断化、レプリケーションの状況、領域の割当てなどがデータベース性能に与える影響を分析について学ぶ。	
	6	OLTP と OLAP の対比などを例にして、関係モデルと多次元データベースの違いや類似点について学ぶ。	
	7	オブジェクトモデル、XML、NewSQL、NoSQL データベースなどの概要について学ぶ。	
	8	リレーショナルデータベースと、オブジェクトモデル、XML、NewSQL、NoSQL データベースなどの非リレーショナルデータベースの比較について学ぶ。	
	9	OLAP とデータウェアハウスの概要について学ぶ。	
	10	データマイニングの方法と、データマイニングによって何が得られるかについて学ぶ。	
	11	データ管理とデータベース管理の違いについて学ぶ。	
	12	データベース管理者が一般的に行う作業について学ぶ。	
	13	データベースユーザ、役割、特権の作成と管理について学ぶ。	
	14	データベースセキュリティとバックアップ・リカバリの概念について学ぶ。	
	15	データベース環境におけるメタデータの重要性について学ぶ。	
	16	期末試験	

講義名	システム統合技術		
単位数	2	必修・選択	選択
学年	2	開設学期	後期
概要	さまざまな構成要素を組み合わせて複雑なシステムを構築するための手法を学ぶ。		
目的	スクリプト言語の目的と仕組みについて学ぶ。 アプリケーションプログラムインターフェースについて学ぶ。 組織を支援するシステムの管理、統合、およびセキュリティを実装するプログラミングを行う。		
目標	文字、画像などのデータを、コンピュータに保存および処理する仕組み、および異なるコンピュータシステムを統合するときにしばしばデータ変換が必要な状況を示せる。 システム間通信の標準的なプロトコルについて、どのように動作するかを、利点と欠点を含めて示すことができる。 スクリプト言語で、選択、繰り返し、引数受け渡しを含めて、設計、デバッグ、テストができる。 安全なコードの目標を示せ、その目標をバッファオーバーフローの防御、ラッパー、安全なメソッドの利用のためにどのようなガイドとできるか示せる。		
先修科目	ウェブ技術、プログラミング3		
関連科目	情報ネットワーク2		
授業方法	講義	評価方法	試験 80%+レポート 20%
授業展開	1	現在の情報システムが、さまざまな種類の構成要素を組み合わせて構築されていること、および情報技術としてそれらを統合してシステムを構築することの重要性について学ぶ。	
	2	メタデータの概念、および文字データを表現する文字コードについて学ぶ。	
	3	XML の基本的仕組みと活用について学ぶ。	
	4	XML 文書処理するためのツールである XSL, XSLT, Xpath 等の概要を学ぶ。	
	5	システムを統合するにあたり、異なるアーキテクチャを扱う場合の注意点について学ぶ。	
	6	各種の分散処理の手法について学ぶ。	
	7	TCP/IP やデータグラム通信を用いた通信の違いや目的を学ぶ。	
	8	ソケットの動作の仕組みと各種のプロトコルについて学ぶ。	
	9	低レベル通信の仕組みとそれらのプロトコルについて学ぶ。	
	10	デザインパターンとプログラム作成への利用について学ぶ。	
	11	ウェブプログラミングで用いられることの多いデザインパターンについて学び、実際のウェブシステム構築との関連を学ぶ。	
	12	統合プログラミングにおけるデザインパターンの活用について学ぶ。	
	13	プログラムの再利用を行うためのプログラム作成方法やそのための仕組みについて学ぶ。	
	14	信頼性を考慮したシステム統合の基礎を学ぶ。	
	15	実システムを例にして、システム統合の実際を学ぶ。	
	16	期末試験	

講義名	情報ネットワーク 1		
単位数	2	必修・選択	必修
学年	2	開設学期	前期
概要	情報通信ネットワークの基礎とレイヤーモデル，プロトコルについて学ぶ。		
目的	ネットワークのトポロジーについて学ぶ。 国際標準や相互運用性におけるレイヤーモデルの役割について学ぶ。 物理レイヤーからルーティングレイヤーについて学ぶ。		
目標	さまざまな通信プロトコルを解析，比較することができる。また，それらがアプリケーションの要求をどのように援助するかを説明することができる。 分散通信環境における，異なるネットワークプロトコルの標準，コンポーネント，要求について説明できる。		
授業方法	講義	評価方法	試験 80%+レポート 20%
授業展開	1	講義全体の概要を説明する。情報通信ネットワークとその歴史について学ぶ。	
	2	さまざまなネットワークの構成とサービスの例について学ぶ。	
	3	ネットワークのさまざまなプロトコルと標準化について学ぶ。	
	4	通信路の種類と歴史について学ぶ。(物理層)	
	5	伝送方式とネットワークトポロジーについて学ぶ。(物理層)	
	6	イーサネットによるデータ伝送の技術(フレーム，イーサネットアドレス(MAC)，誤り制御)について学ぶ。(データリンク層)	
	7	データリンク層のプロトコル，VLANについて学ぶ。(データリンク層)	
	8	ネットワーク層のプロトコルとIPについて学ぶ。(ネットワーク層)	
	9	インターネットにおけるアドレッシング(IPv4,IPv6)について学ぶ。ルーティングとスイッチングについて学ぶ。(ネットワーク層)	
	10	演習を通じてルーティングを学ぶ。(ネットワーク層)	
	11	トランスポート層の機能について学ぶ。	
	12	TCPについて学ぶ。	
	13	TCPの輻輳制御について学ぶ。UDPについて学ぶ。	
	14	ネットワークのトポロジーとインターネットの構成について学ぶ。	
	15	アプリケーション層のサービスとプロトコルについて学ぶ。ネットワークアーキテクチャについて学ぶ。	
	16	期末試験	

講義名	情報ネットワーク 2		
単位数	2	必修・選択	必修
学年	2	開設学期	後期
概要	ネットワークとサーバの構築とネットワーク管理について学ぶ。		
目的	アプリケーションやセキュリティに関する高レイヤーのネットワークについて学ぶ。 レイテンシー、スループット、エラー率などネットワーク設計について学ぶ。		
目標	クラウド環境を含めた強靱さ、拡張性、スループットの面でのネットワークポロジの解析、比較ができる。 サーバ障害に対応する管理ポリシーを作成できる。 さまざまなネットワーク管理に関する異なる重要課題を説明できる。		
先修科目	情報ネットワーク 1		
授業方法	講義＋演習	評価方法	試験 60%＋レポート 40%
授業展開	1	講義全体の概要を説明する。LAN の構成について学ぶ。	
	2	LAN の設計について実習する。	
	3	LAN のインターネットへの接続について学ぶ。	
	4	LAN のインターネット接続を実習する。	
	5	Web サーバを構築するソフトウェア (LAMP など) について学ぶ。	
	6	LAMP 環境上で Web サイトを構築する (1) : サーバの設定, 基礎的なコンテンツの作成	
	7	LAMP 環境上で Web サイトを構築する (2) : 動的なコンテンツの作成	
	8	LAMP 環境上で Web サイトを構築する (3) : データベースの利用	
	9	電子メールシステムについて学ぶ。	
	10	DNS について学ぶ。インターネットの障害が及ぼす影響について学ぶ。	
	11	ネットワーク管理の機能と目的について学ぶ。	
	12	組織内ネットワークの構築とその管理について学ぶ。	
	13	ネットワーク管理機能 (SNMP) について学ぶ。	
	14	大規模ネットワークの管理について学ぶ。	
	15	ネットワークのトラブル対策と信頼性の向上について学ぶ。	
	16	期末試験	

講義名	プラットフォーム		
単位数	2	必修・選択	必修
学年	2	開設学期	前期
概要	IT システムの基礎となるソフトウェアとハードウェアについて学ぶ。		
目的	さまざまなオペレーティングシステムをそれぞれの特性、長所・短所について学ぶ、組織の IT インフラを支えるプラットフォームの選択、開発、構築、管理について学ぶ、ハードウェア、ソフトウェアの基礎と、それらを IT システムの根幹を構成するためにどのように統合するかについて学ぶ。		
目標	コンピュータのハードウェアとオペレーティングシステムの今日に至る歴史について説明することができる。 オペレーティングシステムをどのように選択すべきかを示すことができ、少なくとも 1 つのオペレーティングシステムをインストールすることができる。 IT 環境における電力や熱の収支を考える必要性を示すことができ、コンピュータシステムにおけるそれらの考慮事項を文書化できる。 コンピュータの主要装置間の関係を示すブロック図を描くことができ、コンピュータ上でのデータの保存・取り出しの方法を図示できる。		
授業方法	講義＋演習	評価方法	試験 60%＋レポート 40%
授業展開	1	講義全体の概要を説明する。コンピュータのハードウェアとオペレーティングシステムの歴史について学ぶ。	
	2	オペレーティングシステムのプロセス制御について学ぶ。	
	3	オペレーティングシステムのメモリ制御について学ぶ。	
	4	オペレーティングシステムのファイル制御について学ぶ。	
	5	Windows 系 OS と UNIX 系 OS について学ぶ。	
	6	実習として Linux のインストールを学ぶ。	
	7	実習として LAMP 環境のインストールを学ぶ。	
	8	Linux 上でシェルスクリプトを記述し、処理の自動化について学ぶ。	
	9	Windows 系 OS でのサーバ構築について学ぶ。	
	10	Windows 系 OS と UNIX 系 OS の違いについて討論などを通して学ぶ。	
	11	コンピュータ上での数や文字の表現法について学ぶ。	
	12	コンピュータを構成する装置とその関係について学ぶ。主要装置間の関係を示すブロック図を描くことを学ぶ。	
	13	主記憶や外部記憶との間のデータの保存・取り出しの方法を学ぶ。	
	14	外部装置とのインタフェースについて学ぶ。	
	15	コンピュータシステムに必要な消費電力と熱収支について学ぶ。	
	16	期末試験	

講義名	要求分析とアーキテクチャ設計		
単位数	2	必修・選択	必修
学年	2	開設学期	後期
概要	システムインテグレーションの上流プロセスである要求分析とアーキテクチャ設計を学ぶ。		
目的	システムに対する要求の収集・分析に必要なスキルとツールについて学ぶ。 組織をサポートするためのコンピュータシステム群のアーキテクチャ設計について学ぶ。 システムインテグレーションの課題（単一のシステムへの統合、システム間の連携、アーキテクチャの役割、性能と効果、等）について学ぶ		
目標	組織にとって効果的なシステム（あるいはシステム群）を構築するために、要求の収集・分析とアーキテクチャ設計を行って利害関係者に提案できる。		
関連科目	システム構築、システムの運用・管理		
授業方法	講義	評価方法	試験 80%+レポート 20%
授 業 展 開	1	導入： 要求分析から運用・管理までのシステムインテグレーションの全体プロセスにおける「要求分析とアーキテクチャ設計」の位置づけと講義全体の概要を説明する。本講義では、ビジネスレベルの要求分析とアーキテクチャ設計の目的を学ぶ。	
	2	要求分析： アンケート・ヒアリング・ブレインストーミングなどのユーザからの要求及びその他の要求を洗い出す技法、及びステークホルダーとの共通理解を得るためにそれらの要求をモデル化する技法を学ぶ。	
	3	要求分析： 要求を機能要求と非機能要求に整理・分類する目的と手順を学ぶ。	
	4	要求分析： 要求事項をモデル化するための技法としてのユースケース法と上流プロセスにおけるユースケース法の使い方を学ぶ。	
	5	要求分析： ユースケース法を使って機能要求モデルのメインフローを作成する。	
	6	要求分析： イベントフローについて学び、前回作成した機能要求モデルに例外フローを追記する。	
	7	要求分析： システムインテグレーションのライフサイクルにおける要求事項の確認方法と確認時期、及びライフサイクルを通じた各試験においてユースケースを活用する方法を学ぶ。	
	8	アーキテクチャ設計： システムインテグレーションにおけるアーキテクチャ設計、及びソフトウェアアーキテクチャ（IEEE1471）を学ぶ。	
	9	アーキテクチャ設計： アーキテクチャを記述するための各種アーキテクチャビューを学び、これらのアーキテクチャビューを使って複雑なシステムの記述方法を学ぶ。	
	10	アーキテクチャ設計： 適切なアーキテクチャビューを使ってシステムのライフサイクルに合わせたアーキテクチャを記述する。	
	11	アーキテクチャ設計： システム設計向けの代表的なアーキテクチャフレームワーク（SOA、Zackman Framework 等）を学ぶ。	
	12	アーキテクチャ設計： システムの運用・管理向けの代表的なベストプラクティス（ITIL、COBIT）を学ぶ。	
	13	アーキテクチャ設計： IT サービスマネジメントの代表的な認証基準及びガイドライン（ISO/IEC 20000）を学ぶ。	
	14	アーキテクチャ設計： 代表的なモデリングツールを使ってアーキテクチャビューの作成・維持・管理を学ぶ。	
	15	見積りと契約： 要求分析とアーキテクチャ設計に基づく見積り作成の重要性、契約の意味及び相互（発注者と受注者）の責務と責任について学ぶ。講義全体をふりかえり、要点を整理する。	
	16	期末試験	

講義名	システム構築		
単位数	2	必修・選択	必修
学年	3	開設学期	前期
概要	システムインテグレーションの中核プロセスに重要な、品質保証と試験、サービスや資材の調達及びシステム構築のための技術を学ぶ。		
目的	プログラム開発、システムを構築するためのコンポーネントの評価と統合、システムの妥当性確認に必要なスキルとツールについて学ぶ。 コンピュータシステムの構築に必要なコンポーネントの選択、調達、展開について学ぶ。 プロジェクトマネジメントの基礎について学ぶ。		
目標	システムコンポーネント（ソフトウェア、ハードウェア）を取得するための調達プロセスを詳しく説明できる。また、システムの性能を確認するための試験手順を説明できる。 ミドルウェアプラットフォームの選択条件を評価できる。また、このような選択が、システムインテグレーションのための試験と評価にどのように影響するかを詳しく説明できる。		
先修科目	要求分析とアーキテクチャ設計		
関連科目	プロジェクトマネジメント、システムの運用・管理		
授業方法	講義＋演習	評価方法	試験 80%＋レポート 20%
授業展開	1	品質保証：要求分析から運用・管理までのシステムインテグレーションの全体プロセスにおける「システム構築」の位置づけと講義全体の概要を説明する。また、品質保証のための各種活動（標準・規約、設計審査、試験、IV&V等）の目的と特徴について学ぶ。	
	2	品質保証：システム構築の各プロセスにおける試験の目的と手順を学ぶ。	
	3	サービスとリソースの調達：システムに重要なサービス及び人的・物的リソースを確保するための方法（既製品の購入と新規開発）についての得失とそれらをトレードオフする技術を学ぶ。	
	4	サービスとリソースの調達：ソフトウェアを調達するための方法（内部開発と外部委託）についての得失とそれらをトレードオフする技術を学び、内部開発（あるいは外部委託）のプロジェクト計画を作成する。	
	5	サービスとリソースの調達：サービス及び人的・物的リソースを確保するための試験、評価及びベンチマークの特徴とそれらの得失を学ぶ。	
	6	サービスとリソースの調達：サービス及び人的・物的リソースを確保するためのRFP（提案招請）の目的、内容、使い方及び得失を学ぶ。	
	7	サービスとリソースの調達：サービス及び人的・物的リソースを確保するための契約書の目的と記述内容、及び契約書の不備がプロジェクトの遂行に及ぼす影響を学ぶ。	
	8	サービスとリソースの調達：実際のRFPに記載されたサービス及び物的リソースに対する要求を満足する既製品を調査する。	
	9	システム構築技術：システム構築の方法として、ミドルウェアを使ったプラットフォーム構築について学ぶ。一例として、DBMSを使ったデータベースアプリケーションを構築する。	
	10	システム構築技術：大規模システム構築のためのプラットフォーム技術とその選択基準とトレードオフする技術を学ぶ。	
	11	システム構築技術：「wrapper」を使ったインテグレーション技法と得失を学ぶ。	
	12	システム構築技術：「glue code」を使ったインテグレーション技法と得失を学ぶ。	
	13	システム構築技術：フレームワークを活用したコンポーネントのインテグレーション技法を学ぶ。	
	14	システム構築技術：大規模システムインテグレーションにおけるデータウェアハウスの活用方法を学ぶ。	
	15	システム構築技術：大規模システムインテグレーションにおける試験と評価の重要性と活用方法を学ぶ。講義全体をふりかえり、要点を整理する。	
	16	期末試験	

講義名	システムの運用・管理		
単位数	2	必修・選択	選択
学年	3	開設学期	後期
概要	システムは適正な運用・管理が行われてはじめて活かされる。ここではシステムガバナンス、性能分析を含む運用・管理の実務について学ぶ。		
目的	コンピュータシステムを適切に運用するために必要なコンポーネントの管理について学ぶ。 システムの構成要素（各種のハードウェア、ソフトウェア、システム文書）の運用・管理に大切なコンセプトとスキルについて学ぶ。 IT アプリケーションと関連する組織プロセスの連携について学ぶ。 システムのユーザのための教育とサポートについて学ぶ。		
目標	システムを効果的適切に管理する方針を整備・監視するために、組織の目標と制約に対する高い感度を持ち、情報技術に関わる知識を適用できる（システムガバナンス）。 全社のシステムを方針に則って運用・管理するために、手順を整備して情報技術を適用できる（運用・管理活動）。 技術センターの適切な管理部門に人的資源と IT 資源の管理組織を設置できる（運用・管理組織）。 システムの性能問題を引き起こす原因を見つけ出し、性能向上のために適切な情報技術を使うことができる（性能分析）。		
先修科目	要求分析とアーキテクチャ設計、システム構築		
授業方法	講義＋演習	評価方法	試験 80%＋レポート 20%
授業展開	1	システムガバナンス： 要求分析から運用・管理までのシステムインテグレーションの全体プロセスにおける「システムの運用・管理」の位置づけと講義全体の概要を説明する。また、システムの運用・管理に必要なリソース、それらを供給するベンダーの選定について学ぶ。	
	2	システムガバナンス： 実在の組織を例にして、システムの運用・管理部門が必要としている全体システムの運用要求（非機能要求グレード）を踏まえた運用・管理方針を学ぶ。	
	3	システムガバナンス： 実在の組織を例にして、システムの運用・管理部門が必要としているネットワークシステムの運用要求（非機能要求グレード）を踏まえた運用・管理方針を学ぶ。	
	4	システムガバナンス： 小規模企業を例にして、システムの面からの事業継続計画を作成する。	
	5	運用： 効率的なシステム運用のためのユーザ管理及びユーザグループ管理について学ぶ。	
	6	運用： 効率的なシステム運用のためのリソース管理、構成管理及びベンダー管理について学ぶ。	
	7	運用： 効率的なシステム運用のためのプロジェクト計画について学ぶ。	
	8	運用： 中小企業で使われるシステムを想定して、ソフトウェア等のインストール・設定・試験を行う。	
	9	運用： 中小企業で使われるシステムを想定して、システムの構成要素を管理するためのツールのインストール・設定・試験を行う。	
	10	運用： 中小企業で使われるシステムを想定して、バックアップ及びリストアの方針・計画を作成し、ツールのインストール・設定・試験を行う。	
	11	運用・管理組織： システムの運用・管理に必要な組織について学び、中小企業規模のシステムを想定した運用・管理方針を作成する。	
	12	運用・管理組織： システムの運用・管理に必要な人的リソース及び物的リソース配置について学び、中小企業規模のシステムを想定したリソース配置計画を作成する。	
	13	性能分析： システムの運用・管理のために重要な性能指標の計測・評価・分析について学ぶ。	
	14	性能分析： 小規模企業で使われるシステムを想定し、災害発生時のシステムの被害と復旧をシミュレートして事業継続計画の有効性を検証する。	
	15	性能分析： 小規模企業で使われるシステムを想定して、バックアップ／リストア計画の作成、システムのバックアップ／リストアの実行、及びその精度と完全性を検証する。講義全体をふりかえり、要点を整理する。	
	16	期末試験	

講義名	ソフトウェア設計		
単位数	2	必修・選択	必修
学年	2	開設学期	前期
概要	ソフトウェアを設計するために必要となる技術について学ぶ。		
目的	効率的な問題解決のためのプログラミング戦略と実践について学ぶ。 さまざまなプログラミング問題を解決するためのプログラミングパラダイムについて学ぶ。		
目標	複数レベルの抽象化を使用し、適切なデータ構造を選択して、新しいプログラムを作成する方法を説明できる。 プログラムのスタイル、特定の入力に対する意図された動作、プログラムコンポーネントの正確さ、プログラム機能の記述の観点からプログラムを書く方法を評価できる。 計算問題を解決するためのアルゴリズムを開発でき、アルゴリズムがプログラムの命令処理、プログラム実行、および実行プロセスにどのように実装されるかを説明できる。		
先修科目	プログラミング2		
授業方法	講義＋演習	評価方法	試験 60%＋レポート 40%
授業展開	1	講義全体の説明と、ソフトウェアが人々、組織、社会がどのように問題を解決するのに役立ったか、及び高い品質のソフトウェアを効率よく開発するために考え出されたさまざまな技法の概要を学ぶ	
	2	ソフトウェアの品質 (JIS X 25010) 及びデータ品質 (JIS X 25012) の考え方、システムの利用品質の品質特性、製品品質の品質特性について学ぶ。	
	3	システムの利用品質の品質副特性、製品品質の品質副特性、及びデータ品質の特性について学ぶ。	
	4	プログラムの手続きの抽象化技術、再利用技術の目的や手段について学ぶ。(サブプログラム、サブルーチン、プロシージャ、パラメータ化、ライブラリ、ソフトウェアコレクション、API)	
	5	プログラムデータの抽象化技術、再利用技術の目的や手段について学ぶ。(抽象データ型など)	
	6	抽象化技術、再利用技術を使ったプログラム開発を実習する。	
	7	プロセッサ、メモリ、ストレージなどのハードウェアを抽象化し、論理構成と物理構成を分離独立する技術について学ぶ。	
	8	ソフトウェアの設計レベルでの抽象化技術、再利用技術について学ぶ。(デザインパターン、フレームワーク)	
	9	デザインパターンを使った設計を実習する。	
	10	代表的なアプリケーションアーキテクチャの考え方や特徴、システムの構造について学ぶ。(事務処理システム (フロント系/バックオフィス系、バッチ処理/トランザクション処理/MQ 処理、販売管理/生産管理/在庫管理/会計/人事給与)、CAD/CAM システムなど)	
	11	代表的なアプリケーションアーキテクチャの考え方や特徴、システムの構造について学ぶ。(制御システム、リアルタイムシステム、同期処理/非同期処理、コネクションレスなど)	
	12	計算問題を解決するためのアルゴリズムの開発に必要な技術とアルゴリズムの開発の方法について学び、実習する。	
	13	開発した、計算問題を解決するアルゴリズムのプログラムへの実装とテストを実習する。	
	14	非機能要求とソフトウェアアーキテクチャの関連について学ぶ。	
	15	ソフトウェア要件定義～ソフトウェア詳細設計のプロセスと各プロセスにおけるソリューション選択 (意思決定) の視点とポイントについて学ぶ。	
	16	期末試験	

講義名	ウェブ技術		
単位数	2	必修・選択	必修
学年	2	開設学期	前期
概要	インターネットの基本的サービスのひとつであるウェブの仕組みと構築について学ぶ。		
目的	ウェブを基本としたアプリケーションの技術について、関連するソフトウェア、データベース、インタフェース、デジタルメディアを含めて学ぶ。 最新のウェブ技術とソーシャルメディアについて学ぶ		
目標	様々なオンラインコミュニティを支えているウェブのフレームワークと表現技術学び、簡単なウェブアプリケーションを設計できる。 適切なファイル、データベース、ストリーミング型式を用いて、ウェブアプリケーションを活用してデジタルメディアを保存、転送、および検索ができる。 ウェブサーバ、データベース、状況分析、およびフロントエンドのような、ウェブシステムの中心的構成要素を挙げ、それらがどのように協調して動作しているかを説明できる。		
先修科目	プログラミング2		
関連科目	プログラミング3, 情報ネットワーク1		
授業方法	講義＋演習	評価方法	試験 80%＋レポート 20%
授 業 展 開	1	講義全体の説明と、ウェブシステムの基本と現代社会の関係について学ぶ。	
	2	ウェブシステムの通信の基本である HTTP と HTTPS を中心に、ウェブで使用されている各種のプロトコルと役割について学ぶ。	
	3	簡単なウェブページの作成方法を学び、実際に簡単なウェブページを作成する。	
	4	各種の文字コード間の変換と問題点、実社会における日本の漢字を中心に文字コードの問題点と注意点を学ぶ。	
	5	ウェブにおけるクッキー、セッション、問合せの仕組み、およびクライアントとサーバにおけるセキュリティの問題を学ぶ。	
	6	グラフィックスおよびストリーミングにおける各種のコーデックの違いや特質、およびサーバの要件を学ぶ。	
	7	コンテンツ配信の仕組みと方法を学ぶ。	
	8	ウェブプログラミングについて、サーバサイド（PHP）およびクライアント（Javascript）それぞれの特徴と違いを中心に、簡単なプログラミングの方法を学ぶ。	
	9	ウェブサイトのユーザエクスペリエンスに基づいた構築手法について学ぶ。	
	10	ウェブサイトの構築のための標準的な各種のツールについて、その概要と利点、欠点について学ぶ。	
	11	システム構築のための GitHub などによる協調開発ツールや手法について学ぶ。	
	12	ウェブの基本的なセキュリティの仕組みについて学ぶ。	
	13	ウェブにおける認証や安全な通信を提供するための仕組みを学ぶ。	
	14	システムサービスや資源の利用における認証の役割と、各種のセキュアプログラミングテクニックについて学ぶ。	
	15	典型的な攻撃からアプリケーションを保護するための手法、およびサーバサイドのプロセスに危害を与えないウェブページの作り方の仕組みについて学ぶ。	
	16	期末試験	

講義名	プログラミング 1		
単位数	2	必修・選択	必修
学年	1	開設学期	前期
概要	プログラミング言語およびプログラムの基礎を学ぶ。		
目的	プログラミング言語の基本的な文法と意味を学ぶ。 簡単なプログラムの作成と実行を行う。		
目標	プログラムの基本である、変数、文、制御構造、関数について説明できる。 プログラミング言語 Python を用いて簡単なプログラムが作成できる。		
授業方法	講義＋演習	評価方法	試験 50%＋レポート 50%
授業展開	1	授業全体の概要を説明する。特に授業の進め方と目的を説明し、プログラミング言語の役割を説明する。また、処理環境について説明する。	
	2	Unix 系の基本操作の説明とプログラミング言語 Python の基本的な書き方、変数とその役割、および代入について学ぶ。	
	3	整数型および文字列型、基本的な演算について学ぶ。また、Unix 系のシェルの基本操作について学ぶ。	
	4	条件分岐を用いたプログラミングを学ぶ。また、簡単な入力方法について学ぶ。また、プログラムを作成するためのテキストエディタについて学ぶ。	
	5	繰り返しの制御構造を用いたプログラミングを学ぶ。	
	6	複雑なデータを扱うための、タプルと列の概念とそれを用いたプログラミングを学ぶ。	
	7	少し高度な処理を含めた、文字列を用いたプログラミングを学ぶ。	
	8	関数の役割と定義の仕方、および関数の呼び出しを学ぶ。	
	9	関数を用いた簡単なプログラムと引数の扱いを学ぶ。	
	10	探索アルゴリズム（線形探索、二分探索）について学び、プログラムの処理時間の概念を学ぶ。	
	11	マッピングの概念とそのデータ型、およびそれを用いたプログラミングを学ぶ。	
	12	繰り返しの制御構造（for 文）とその使い方を学ぶ。	
	13	条件分岐と繰り返しを組み合わせたプログラミング方法を学ぶ。	
	14	探索のアルゴリズムを基に、さまざまな制御構造の書き方を学ぶ。	
	15	関数のさまざまな引数の扱い、および局所変数と大域変数について学ぶ。	
	16	期末試験	

講義名	プログラミング2		
単位数	2	必修・選択	必修
学年	1	開設学期	前期
概要	Python の基礎とオブジェクト指向プログラミングの基礎を身につけ、簡単なプログラムやデータ処理の方法を学ぶ		
目的	オブジェクト指向の概念を学ぶ。 少し複雑なプログラムの書き方を学ぶ。		
目標	クラスとインスタンスについて説明できる。 メソッドと関数の違いを説明できる。 簡単なクラスを作成できる。		
先修科目	プログラミング1		
授業方法	講義＋演習	評価方法	試験 50%＋レポート 50%
授業展開	1	オブジェクト指向の概念を学ぶ。	
	2	クラスとメソッドの書き方，コンストラクタについて学ぶ。	
	3	クラス変数とインスタンス変数の役割と使い方を学ぶ。	
	4	プログラムの構築における，プログラムインタフェースの活用について，継承の概念を含めて学ぶ。	
	5	大きなプログラムを作成するためのモジュールの概念を学ぶ。および，プログラム開発環境について説明する。	
	6	入出力と例外処理について学ぶ。	
	7	列とリストの簡単なデータ構造の概念と目的を学ぶ。	
	8	連結リストとキューの構造の概念と使い方，および目的を学ぶ。	
	9	木構造の概念と使い方，および目的を学ぶ。	
	10	各種の整列のアルゴリズムを学び，計算時間や使用メモリについて学ぶ。	
	11	簡単なインターネット通信の方法を学ぶ。	
	12	インターネットの通信を利用した簡単なプログラム作成を学ぶ。	
	13	通信を利用した簡単なゲームを作成する（1）。	
	14	通信を利用した簡単なゲームを作成する（2）。	
	15	関数型プログラミングの活用について学ぶ。	
	16	期末試験	

講義名	プログラミング3		
単位数	2	必修・選択	必修
学年	2	開設学期	前期
概要	ウェブなどの情報システムを構築するためのプログラミング技術を学ぶ。		
目的	Python による高度なデータ処理を学ぶ。 ウェブプログラミングの基礎を学ぶ。 データベースの処理方法を学ぶ。		
目標	JavaScript による簡単なプログラム作成ができる。 PHP や Python を用いた簡単なウェブのサーバサイドプログラミングができる。 Python や PHP を用いて基本的なデータベース操作ができる。		
先修科目	プログラミング2		
関連科目	ウェブ技術, 情報管理1		
授業方法	講義+演習	評価方法	試験 50%+レポート 50%
授業展開	1	Python によるスレッドの基本を学ぶ	
	2	スレッドを活用したプログラムの作成を行う。	
	3	ユーザインタフェースを扱うプログラムの作成を行う。	
	4	イベント処理に基づくプログラミング方法を, ウィンドウ操作を例に行う。	
	5	ウィンドウ操作, イベント処理, ネットワーク通信を合わせたプログラム作成を行う。	
	6	HTML を用いたウェブページの作成を行う。	
	7	JavaScript を用いたウェブページを作成する。	
	8	JavaScript の基本機能 (変数, 代入, 条件文, 繰り返し) を学ぶ。	
	9	JavaScript の関数とオブジェクト指向について学ぶ。	
	10	PHP によるウェブページの作成を行う (1)。	
	11	PHP によるウェブページの作成を行う (2)。	
	12	PHP や Python を用いて, データベースとの接続をするプログラムを作成する。	
	13	PHP や Python を用いて, データベースに対して表の作成やデータの挿入, 削除を行うプログラムを作成する。	
	14	PHP や Python を用いて, データベースからの検索を行うプログラムを作成する。	
	15	PHP や Python を用いてデータベースを利用した場合に起こる, 大容量データの扱いや排他制御を含むプログラムを作成する。	
	16	期末試験	

講義名	ソフトウェア設計演習		
単位数	2	必修・選択	必修
学年	2	開設学期	後期
概要	ソフトウェアモデリングの各種技法を用いて、モデルを作成する演習を行う。		
目的	問題解決のための重要な手段の一つであるソフトウェアのモデリングの技能について学ぶ。		
目標	適切なデータ構造を選択し、データモデルを作成できる。 プロセスモデル、オブジェクトモデルを作成できる。 データの正規化、非正規化の考え方を理解し、ソフトウェアモデルに反映できる。		
先修科目	ソフトウェア設計、情報管理Ⅰ		
授業方法	演習	評価方法	レポート+討論
授業展開	1	システム構築における抽象化とモデリングの重要性とその技法の概要について説明し、演習に用いる情報システムの例題の説明を行う。	
	2	例題をもとに、情報システムの中心となるデータベースを設計するための、E-R図によるデータモデリングの演習を行う。	
	3	例題をもととした、E-R図によるデータモデリングの演習の続きを行い、正規化された論理E-R図を完成する。	
	4	例題をもととしたE-R図によるデータモデリング演習の結果発表を行い、チーム間の相違に対して考察する。	
	5	DFDによるプロセスモデルの表現方法とプロセスモデリングの技法について学び、例題をもとにDFDによるプロセスモデリングの演習を行う。	
	6	例題をもととしたDFDによるプロセスモデリングの演習の続きを行い、DFDを完成させる。	
	7	例題をもととしたDFDによるプロセスモデリングの演習の結果発表を行い、チーム間の相違に対して考察する。	
	8	UMLの全体概要と、静的モデル(クラス図、オブジェクト図、コンポーネント図、配置図)の仕様記述の仕方について学ぶ。	
	9	UMLの動的モデル(ユースケース図、シーケンス図、コミュニケーション図、ステートマシン図、アクティビティ図)の仕様記述の仕方について学ぶ。	
	10	例題をもとに、UMLのクラス図の作成演習を行う。	
	11	例題をもとに、UMLのシーケンス図、コミュニケーション図、ステートマシン図の作成演習を行う。	
	12	例題に対するUMLによるモデリングの演習の結果発表を行い、違いに対して考察する	
	13	正規化されたデータモデルの問題と非正規化の必要性及び非正規化の方法を学び、例題をもとに非正規化の演習を行う。	
	14	例題をもとに非正規化の演習を行い、非正規化されたE-R図を完成する。	
	15	CRUD図、状態遷移表、状態遷移図、決定表などその他のモデリング技法について目的と表記法を学び、状態遷移図、決定表に関する演習を行う。	

講義名	総合演習 1		
単位数	2	必修・選択	必修
学年	3	開設学期	前期
概要	各科目で学んできた技術や技法を適用して、プロジェクト ベースド ラーニング形式によるシステム開発の総合的な演習を行う。(年間を通じて実施する演習の前半)		
目的	要件定義プロセス及び開発プロセスの一連の活動のうち、要件定義～外部設計について、体験を通じて、実践的に学ぶ。 システム開発プロジェクトのプロジェクトマネジメントについて、体験を通じて、実践的に学ぶ。		
目標	システムの要件定義、外部設計を実施できる。 プロジェクトの計画、実行、コントロール、終結ができる。		
授業方法	演習	評価方法	レポート+討論
授 業 展 開	1	演習課題の内容及び演習の進め方の説明と、プロジェクトの結成、立上げを行う。	
	2	プロジェクトで開発するシステムの概要を検討する。	
	3	プロジェクトで開発するシステムの概要を検討する。	
	4	システムの要件定義～外部設計の活動をアクティビティーにブレークダウンして、役割分担、日程計画を作成し、プロジェクト計画（前半）を作成する。	
	5	プロジェクト計画（前半）をレビューして、プロジェクト計画（前半）を見直す。	
	6	プロジェクト計画（前半）に従って、システムの要件定義～外部設計のアクティビティーを実施する。プロジェクトの進捗を確認して、必要があればプロジェクト計画を見直す。	
	7	プロジェクト計画（前半）に従って、システムの要件定義～外部設計のアクティビティーを実施する。プロジェクトの進捗を確認して、必要があればプロジェクト計画を見直す。	
	8	プロジェクト計画（前半）に従って、システムの要件定義～外部設計のアクティビティーを実施する。プロジェクトの進捗を確認して、必要があればプロジェクト計画を見直す。	
	9	プロジェクト計画（前半）に従って、システムの要件定義～外部設計のアクティビティーを実施する。プロジェクトの進捗を確認して、必要があればプロジェクト計画を見直す。	
	10	プロジェクト計画（前半）に従って、システムの要件定義～外部設計のアクティビティーを実施する。プロジェクトの進捗を確認して、必要があればプロジェクト計画を見直す。	
	11	プロジェクト計画（前半）に従って、システムの要件定義～外部設計のアクティビティーを実施する。プロジェクトの進捗を確認して、必要があればプロジェクト計画を見直す。	
	12	プロジェクト計画（前半）に従って、システムの要件定義～外部設計のアクティビティーを実施する。プロジェクトの進捗を確認して、必要があればプロジェクト計画を見直す。	
	13	プロジェクト計画（前半）に従って、システムの要件定義～外部設計のアクティビティーを実施する。プロジェクトの進捗を確認して、必要があればプロジェクト計画を見直す。	
	14	要件定義～外部設計の活動成果及びプロジェクト活動の実績をまとめ、プロジェクトの振り返りを行い、プロジェクトの中間報告用資料を作成し、発表（プレゼンテーション）の準備をする。	
	15	要件定義～外部設計のプロジェクトの中間報告の発表（プレゼンテーション）を行う。	

講義名	総合演習 2		
単位数	2	必修・選択	必修
学年	3	開設学期	後期
概要	各科目で学んできた技術や技法を適用して、プロジェクト ベースド ラーニング形式によるシステム開発の総合的な演習を行う。(年間を通じて実施する演習の後半)		
目的	要件定義プロセス及び開発プロセスの一連の活動のうち、内部設計～システムテストについて、体験を通じて、実践的に学ぶ。 システム開発プロジェクトのプロジェクトマネジメントについて、体験を通じて、実践的に学ぶ。		
目標	システムの内部設計、プログラム開発、システムテストを実施できる。 プロジェクトの計画、実行、コントロール、終結ができる。		
先修科目	総合演習 1		
授業方法	演習	評価方法	レポート+討論
授業展開	1	他のプロジェクトの要件定義～外部設計の中間報告の発表からの気づきをまとめ、今後の自分たちのプロジェクトの進め方について検討する。	
	2	システムの内部設計～システムテストでの活動をアクティビティーにブレークダウンして、役割分担、日程計画を作成する。	
	3	プログラム開発、テスト工程の進捗管理基準、品質評価基準を設定し、内部設計～システムテストに対するプロジェクト計画（後半）を作成する。	
	4	プロジェクト計画（後半）をレビューして、プロジェクト計画（後半）を見直す。	
	5	プロジェクト計画（後半）に従って、内部設計～システムテストのアクティビティーを実施する。プロジェクトの進捗と品質を確認して、必要があればプロジェクト計画を見直す。	
	6	プロジェクト計画（後半）に従って、内部設計～システムテストのアクティビティーを実施する。プロジェクトの進捗と品質を確認して、必要があればプロジェクト計画を見直す。	
	7	プロジェクト計画（後半）に従って、内部設計～システムテストのアクティビティーを実施する。プロジェクトの進捗と品質を確認して、必要があればプロジェクト計画を見直す。	
	8	プロジェクト計画（後半）に従って、内部設計～システムテストのアクティビティーを実施する。プロジェクトの進捗と品質を確認して、必要があればプロジェクト計画を見直す。	
	9	プロジェクト計画（後半）に従って、内部設計～システムテストのアクティビティーを実施する。プロジェクトの進捗と品質を確認して、必要があればプロジェクト計画を見直す。	
	10	プロジェクト計画（後半）に従って、内部設計～システムテストのアクティビティーを実施する。プロジェクトの進捗と品質を確認して、必要があればプロジェクト計画を見直す。	
	11	プロジェクト計画（後半）に従って、内部設計～システムテストのアクティビティーを実施する。プロジェクトの進捗と品質を確認して、必要があればプロジェクト計画を見直す。	
	12	プロジェクト計画（後半）に従って、内部設計～システムテストのアクティビティーを実施する。プロジェクトの進捗と品質を確認して、必要があればプロジェクト計画を見直す。	
	13	ソフトウェア要件定義～システムテストまでの活動成果及びプロジェクト活動の実績をまとめ、プロジェクト全体（システム要件定義～システムテスト）の振り返りを行い、プロジェクトの最終報告用資料を作成し、発表（プレゼンテーション）の準備をする。	
	14	プロジェクト全体の最終報告の発表（プレゼンテーション）を行う。	
	15	他のプロジェクトの最終報告の発表からの気づきをまとめ、今後プロジェクトを実施する場合に向けての教訓をまとめて発表する。	

講義名	ネットワーク応用		
単位数	2	必修・選択	選択
学年	3	開設学期	前期
概要	ソケットプログラミングとモバイルやワイヤレスネットワークなどネットワークの応用分野について学ぶ。		
目的	専用ネットワークプロトコルの目的と役割と専用ネットワークとオープン標準プロトコルとの比較について学ぶ。 ソケットベースのネットワークアプリケーションプログラムの設計と実装を通しネットワークプログラミングに必要なプロトコルと言語について学ぶ。 IPv6 や将来のプロトコルも含めたインターネットにおけるルーティングとプロトコルの学問的側面について学ぶ。 無線通信で用いられる基本的なネットワークアーキテクチャとプロトコルを学ぶ。		
目標	TCP と UDP ソケットの双方を使い、2つの異なるサービス間の通信を行うソケットプログラムの設計、開発、テストができる。 クライアントサーバアーキテクチャのモバイル通信を最適化し、より良くするための技術を比較できる。 無線通信に関連するセキュリティとパフォーマンスに関する問題のシミュレーションを行い、説明することができる。		
授業方法	講義＋演習	評価方法	試験 60%＋レポート 40%
授業展開	1	講義全体の概要を説明する。ソケットプログラミングの役割と手法について学ぶ。TCP ソケットとデータグラム (UDP) ソケットの違いについて学ぶ。	
	2	TCP を用いたソケットプログラミングの演習を行う。	
	3	UDP を用いたソケットプログラミングの演習を行う。	
	4	非同期メッセージ通信のためのプログラム作成演習を行う。	
	5	モバイルネットワークのアーキテクチャについて学ぶ。	
	6	モバイルインターネットの利用例とその技術について学ぶ。モバイル IP について学ぶ。	
	7	モバイルネットワークにおけるクライアントサーバモデルの拡張について学ぶ。モバイルコンピューティングにおけるセキュリティと性能の問題について学ぶ。	
	8	ワイヤレスネットワークの歴史と発展について学ぶ。ワイヤレスネットワークとモバイルネットワークの関係について学ぶ。	
	9	有線ネットワークとワイヤレスネットワークの違いについて学ぶ。ワイヤレスネットワークのプロトコルについて学ぶ。	
	10	ワイヤレスネットワークのシミュレーションについて学ぶ。ワイヤレスネットワークにおけるセキュリティと性能の問題について学ぶ。	
	11	モバイル IP を用いたルーティングについて学ぶ。動的ルーティングについて学ぶ。	
	12	ストレージエリアネットワーク (SAN) とネットワークアタッチトストレージ (NAS) について学ぶ。	
	13	独自プロトコルを用いたネットワークについて学ぶ。	
	14	ネットワークアプリケーションについて学ぶ (1): P2P, インスタントメッセージ	
	15	ネットワークアプリケーションについて学ぶ (2): ネットワークゲーム, インターネット通話, ビデオ会議	
	16	期末試験	

講義名	クラウドコンピューティング		
単位数	2	必修・選択	選択
学年	3	開設学期	後期
概要	クラウドコンピューティングのサービスの違いとそれがもたらすビジネス革新について学ぶとともに、クラウドコンピューティングのアーキテクチャやセキュリティなどの技術についても学ぶ		
目的	クラウドコンピューティングのパラダイム（歴史、考え方、利点と課題）を学ぶ クラウドコンピューティングのサービス内容の違い（各サービスのメリットとデメリット）、セキュリティ、アプリケーションを学ぶ クラウドコンピューティングの技術とビジネスに用いる場合のメリットやリスク、評価方法を学ぶ		
目標	クラウドコンピューティングの利点と課題、クラウドサービスの違いと各サービスのメリットとデメリットについて説明できる。 クラウドサービスの契約とセキュリティインシデントへの対策方法と責任について説明できる。 クラウドアプリケーションのメリットとデメリット、パフォーマンスやサービスレベルの評価方法、クラウドコンピューティングの構築技術について説明できる。		
授業方法	講義	評価方法	試験 80%+レポート 20%
授業 展 開	1	授業の概要を説明する。クラウドコンピューティングの概念と基本（クラウドサービス、データセンター、オンプレミスとの違い（利点と課題））を学ぶ。一般的に使われているクラウドサービスの事例を紹介する。	
	2	クラウドコンピューティングの歴史について学ぶ。仮想化の歴史、仮想化のメリットを学ぶ。クラウドコンピューティングがビジネスに与えるインパクト、ビジネスで利用する際の利点とリスクについて学ぶ。	
	3	クラウドコンピューティングのサービス（IaaS, PaaS, SaaS の各サービスの内容、それぞれの利用目的の違い、利点と課題）を学ぶ。	
	4	パブリッククラウド、プライベートクラウドの比較（コスト、信頼性、安全性、運用性、拡張性、耐障害性、セキュリティなど、イニシャルコスト、ランニングコスト）について学ぶ。	
	5	インタークラウド（パブリッククラウドの相互接続）、マルチクラウド（パブリッククラウドの使い分け）、ハイブリッドクラウド（パブリッククラウドとオンプレミスとの融合）について学ぶ。	
	6	クラウドコンピューティングとセキュリティ（ビジネス上のリスクとクラウドサービスの契約、クラウドサービスでのインシデント発生時の法律（個人情報保護法など）と企業の責任、民間企業と行政との違い、クラウドサービスの違いによるセキュリティインシデントと対策方法）について学ぶ。	
	7	クラウドコンピューティングアプリケーション（オンプレミスで提供するアプリケーションとクラウドで提供するアプリケーション、クラウドアプリケーションのメリットとデメリット）について学ぶ。	
	8	クラウドコンピューティングの代表的なアプリケーションとそれらを選択する場合の利点とリスクについて学ぶ。	
	9	クラウドコンピューティングの各サービスごとのアーキテクチャについて学ぶ。	
	10	クラウドサービスのパフォーマンスの評価方法を学ぶ。クラウドサービスのレベル設定と契約方法とその評価方法を学ぶ。	
	11	クラウドコンピューティングの技術事例として OpenStack の使い方を紹介する。	
	12	クラウド環境でのシステム開発と従来の環境でのシステム開発との比較（メリット、デメリット）について学ぶ。	
	13	クラウドコンピューティングでの運用（クラウドデータの管理方法）について学ぶ。	
	14	クラウドコンピューティングの構築技術を学ぶ。クラウド基盤ソフトウェアの比較（OpenStack など）について学ぶ。	
	15	クラウドコンピューティングの今後の動向について学ぶ。IoT とクラウドコンピューティングとの関係を学ぶ。ディープラーニングとクラウドコンピューティングとの関係を学ぶ。	
	16	期末試験	

講義名	デジタルフォレンジック		
単位数	2	必修・選択	選択
学年	3	開設学期	後期
概要	情報セキュリティインシデントが発生した際の情報の保全方法の方法を学ぶ。パソコン、タブレット端末、ネットワークにおける保全方法、保全方法の手順と国際基準について学ぶ。		
目的	犯罪の立証や訴訟や法的紛争を解決する裁判所の活動を支援するために、デジタルフォレンジック（証拠の保全）があり、技術、人、情報、プロセスを含むコンピューティングの課題であることを学ぶ。クラウドコンピューティングにおけるセキュリティ調査の課題について学ぶ。コンピュータ犯罪において、デジタル機器で見つかった証拠の保全と調査を含むデジタルフォレンジックスについて学ぶ。		
目標	コンピュータのマルウェアを分析し、ネットワーク、システムの保存データ、モバイルデバイスに関するデジタルフォレンジック（証拠の保全と分析）ができる。（マルウェアとフォレンジック分析）クラウドコンピューティングにおける情報セキュリティ（機密性、完全性および可用性）の標準、手順、およびアプリケーションについて説明できる。（システムの完全性）コンピュータシステムにおける搾取ができるようにする際の、人としての側面の分析について説明できる。（人の力学）		
授業方法	講義	評価方法	試験 80%+レポート 20%
教科書・参考書	デジタル・フォレンジック概論 羽室英太郎, 國浦淳, 東京法令出版, 2015		
授業展開	1	授業の概要を説明する。新しい技術の発展がサイバーセキュリティ与える影響	
	2	新たな犯罪の取締りにおけるサイバーセキュリティの技術とデジタルフォレンジック	
	3	パソコンにおけるメモリフォレンジック, 周辺機器の取り扱い	
	4	パソコンにおけるデジタルフォレンジック（ファイルの複写と復元）	
	5	ネットワークにおけるデジタルフォレンジック（ログの収集）	
	6	ネットワークにおけるデジタルフォレンジック（ログの監視, 分析, 解析）	
	7	クラウドコンピューティングにおけるセキュリティの課題	
	8	クラウドコンピューティングにおけるデジタルフォレンジック	
	9	モバイルにおけるデジタルフォレンジック	
	10	マルウェアの分析方法	
	11	各種ツールを使ったマルウェアの分析	
	12	マルウェアにおけるセキュリティの実装	
	13	セキュリティ測定基準とデジタルフォレンジック	
	14	デジタルフォレンジックと人のセキュリティ	
	15	これまでの授業の振り返り。デジタルフォレンジックの今後について。デジタルフォレンジックと社会的な見方	
	16	期末試験	

講義名	データのスケラビリティと分析		
単位数	2	必修・選択	選択
学年	3	開設学期	後期
概要	データの分析技法とデータの活用について学ぶ。		
目的	大規模で多様なデータセットから収集、クリーニング、操作、保存、分析、可視化、有用な情報の抽出に使用される重要な技術について学ぶ。 大量の構造化データおよび非構造化データを分析するためのデータマイニングおよび機械学習アルゴリズムについて学びます。 異なるアプリケーションドメインにおける大規模データ分析の課題について学びます。		
目標	現実の問題を解決するために、適切なデータ分析方法を使用できる。 データ前処理技術（データ統合、データクレンジング、データ変換、データ削減）を活用して、分析用のデータセットを準備できる。 Hadoop, Spark, R および Rstudio, MapReduce, SAS などのツールを使用できる。 クラスタおよびクラウド基盤において、データの集約とストリーミング分析を使用して、組織のより良い意思決定を推進することができる。/ 大規模なデータ分析がケーススタディを使用して組織のパフォーマンスに及ぼす影響を調べることができる。		
先修科目	(なし)		
関連科目	情報管理 1〜3		
授業方法	講義	評価方法	試験 80%+レポート 20%
授 業 展 開	1	授業の概要、到達目標、授業の進め方について説明する。データサイエンスについて、新しく話題になっている分野について学ぶ。大量のデータソースについて学ぶ。	
	2	非常に大量のデータの分析における課題について学ぶ。組織における重要かつ実用的な領域において、分析をどのように活用できるかについて学ぶ。	
	3	大量、多様性、迅速性、真正性などが求められる大規模なデータに関する課題について学ぶ。センサネットワーク、金融、小売、ゲノミクス、ソーシャルメディアなど、さまざまな分野で大規模なデータ分析の課題について学ぶ。大きなデータセットの処理と生成に使用できるさまざまなデータプラットフォームを理解し、特徴について学ぶ。	
	4	R や Python などの統計的プログラミング言語の文法について学ぶ。	
	5	一般的な ETL(データの抽出、変換、データウェアハウスなどへのロード) のシナリオについて学ぶ。データ統合、データクレンジング、データ変換、データ削減などのデータ前処理技術を適用について学ぶ。	
	6	デジタルデータの大規模かつ複雑な集合体から、知識と知見を抽出する方法について議論することについて学ぶ。データマイニングソフトウェアを使用して、具体例を対象にデータマイニングを実行することについて学ぶ。	
	7	よく使用されるデータ分析方法の技術的基礎について学ぶ。現実世界の問題を解決するための適切なデータ分析方法について学ぶ。	
	8	R および RStudio, MapReduce / Hadoop, および SAS などのツール使い方について学ぶ。	
	9	データ分析の結果を技術者および管理者に伝えることを学ぶ。ビジュアルな表現を用いてデータ分析の結果を効果的に伝えることについて学ぶ。	
	10	大規模データを管理するためのデータガバナンスの重要性の特定について学ぶ。データを保護するための論理的および物理的アクセスセキュリティ制御について学ぶ。	
	11	大規模なデータ分析に起因する現在の社会的、倫理的、法的、および政策上の問題の特定について学ぶ。	
	12	データの倫理を定義について学ぶ。データ管理に適用される遵守すべき規則と規制について学ぶ。	
	13	組織の問題を分析上の問題として定義することを学ぶ。戦略的な組織の問題に取り組む際に、大規模な分析手法と技法をどのように適用するかについて学ぶ。	
	14	ケーススタディのシナリオにデータ分析ライフサイクルを適用することについて学ぶ。クラスタおよびクラウド基盤上でデータを集約する仕掛けの実装について学ぶ。	
	15	ケーススタディを使用して組織のパフォーマンスに及ぼす大規模データ分析の影響を調べることにについて学ぶ。	
	16	期末試験	

講義名	IoT 技術		
単位数	2	必修・選択	選択
学年	3	開設学期	後期
概要	デジタル技術を使ってイノベーションを促進するためには、IoT 技術の理解は欠かせない。本講座では、IoT システムを構築・活用していくのに必須となる知識と活用方法を、具体的な応用事例も含めて学ぶ。		
目的	IoT ソリューションの革新的な設計と開発に携わるための基礎知識とスキルを学ぶ。 IoT 分野の動向と特徴を学ぶ。 IoT 設定におけるユーザインタラクションの課題とアプリケーションパターンの分析について学ぶ。		
目標	様々なドメイン、主要コンポーネント、アーキテクチャフレームワークを設計し、IoT 盗難警報システム内の信号処理用のセンサーとアクチュエータのインターフェースを設計できる。(IoT システムの設計と開発) マルチメディアシステム内のデータを取得するために、アドホックネットワークアーキテクチャ内でワイヤレスセンサーを使用できる。(無線データ収集) インテリジェントな情報処理と自動制御システムを使用して、IoT システムの関連性の高いアプリケーションを評価できる。(IoT システム評価)		
授業方法	講義＋演習	評価方法	試験 80%＋レポート 20%
授業展開	1	IoT システムについて、センサーからゲートウェイ、クラウド、アクチュエータまでのシステム構成、主要な要素技術を学び、どんな価値を生み出しているか、IoT によるイノベーションの全体像を学ぶ。	
	2	IoT コンセプトがどのように発展してきたか、歴史と進展の経緯、ネットワーク・IoT 機器の技術動向を国際標準の動きも含め学ぶ。	
	3	諸外国の IoT 戦略を概観するとともに、日本の Society5.0 (超スマート社会) の動向と、スマートファクトリー、医療介護分野、スマートホームなどにおける IoT 技術活用の具体例を学ぶ。	
	4	実際の IoT 自動制御システム等の運用の現状を知り、その考慮点、セキュリティなど安全性を含めて IoT システムの課題、対応策など今後の方向性について学ぶ。	
	5	IoT システムのフレームワーク、構成要素とデータ連携方式のパターンなどシステムの企画・設計における基本と留意事項を学ぶ。	
	6	国内外の IoT プラットフォームの特徴と比較、実現しているソリューションの動向について、IoT デバイス管理、IoT データ活用基盤、IoT アプリ・分析基盤の個々の観点から学ぶ	
	7	ウェアラブルデバイスも含めて、多種多様なデバイスの種類、用途や動作原理・消費電力・無線モジュールのインタフェース等のセンサー技術を学ぶ。	
	8	データの収集・蓄積のため、複数センサーを組み合わせ、デジタルデータを処理しやすい形で変換、ネットワーク接続する流れを、実際の課題も含めて学ぶ。	
	9	ワイヤレスセンサーネットワーク設計、アドホックネットワーク設計の考慮点について、ゲートウェイ・Wi-Fi・LPWA なども含めて学ぶ。	
	10	IoT システムを構成するネットワークは重要な要素であり、デバイス設置環境によっては、電力面、通信エリアなどの条件により LPWA などの技術も認識する必要がある。IoT ネットワークの現状と今後の動向について学ぶ。	
	11	実デバイスやクラウドを用いてデータの収集、蓄積、分析、フィードバックなど一連のプロトタイプシステム構築の実習を行う。(前半)	
	12	実デバイスやクラウドを用いてデータの収集、蓄積、分析、フィードバックなど一連のプロトタイプシステム構築の実習を行う。(後半)	
	13	センサーデータの収集・分析・フィードバックの流れにおけるビッグデータ分析、アプリケーション設計のポイントについて、いくつかの事例をベースに学ぶ。また、基幹システムとの連携についても学ぶ。	
	14	防災、産業、電力等の領域を特定し、IoT を活用して新サービスを創出するためのビジネスモデルの提案、及びそのシステム概要の設計演習を行う。	
	15	IoT システムの構築における、セキュリティ、コスト面、データ利活用の環境整備、IoT 特許など今後の課題と展望について学ぶ。	
	16	期末試験	

講義名	モバイル開発		
単位数	2	必修・選択	選択
学年	3	開設学期	前期
概要	スマートフォンやタブレットなどのモバイルデバイスのアプリケーションシステムの開発技術を学ぶ。		
目的	モバイル端末のアプリケーションの開発手法について学ぶ。 iOS や Android におけるモバイル端末のソフトウェア構造について学ぶ。 異なるプラットフォームにおけるアプリケーション開発手法について学ぶ。		
目標	複数のモバイル端末における構造の違いを示せる。 API やプラットフォーム独立のインタープリタ言語を用いたウェブアプリケーションが対比できる。 サーバサイドプログラミングを用いて、サーバサイドのアプリケーションの設計ができる。		
先修科目	プログラミング 3, ウェブ技術, 情報ネットワーク 2, 情報管理 1		
授業方法	講義	評価方法	試験 80%+レポート 20%
授業展開	1	モバイル端末のアプリケーション開発の概要を学ぶ。	
	2	各種のモバイル端末の変遷とアプリケーション開発手法の概要を学ぶ。	
	3	モバイル端末のユーザインタフェースや基本的仕組みを学ぶ。	
	4	モバイル端末のアプリケーションにおける、性能と消費電力のトレードオフなどの制約について学ぶ。	
	5	モバイル端末用の簡単なアプリケーションを作成する。	
	6	ウェブを利用した、モバイル端末の種類に依存しないアプリケーションを開発する手法を学ぶ。	
	7	モバイル端末とサーバとの通信の手法を学ぶ。	
	8	モバイル端末におけるサーバサイドプログラミングについて学ぶ。	
	9	モバイルアプリケーションの性能評価について学ぶ。	
	10	文字、図形、ジェスチャーの扱いについて学ぶ。	
	11	ユーザインタフェースと使いやすさについて学ぶ。	
	12	SDK やクロスプラットフォームのアプリケーション開発について学ぶ。	
	13	モバイル端末の基本的なサービスと機能について、その扱い方を含めて学ぶ。	
	14	ファイルのデータの扱いについて、文書ファイル、グラフィックデータおよびアニメーションについて学ぶ。	
	15	さまざまなウェブとモバイル通信における、特質について学ぶ。	
	16	期末試験	

講義名	ソフトウェア開発と管理		
単位数	2	必修・選択	選択
学年	3	開設学期	後期
概要	ソフトウェアを開発するためのプロセス、アクティビティと、ソフトウェア開発プロジェクトのマネジメントの考え方、技法を学ぶ。		
目的	ソフトウェアプロセスモデルとソフトウェアプロジェクト管理について学ぶ。 ソフトウェアライフサイクルの段階について学ぶ。(要件と分析、設計と構築、テスト、展開、運用、および保守)		
目標	ソフトウェアライフサイクルのプロセス、アクティビティを説明できる。 ソフトウェア開発プロジェクトのマネジメントの対象と方法を説明できる。 ソフトウェアの構成管理、リリース管理の考え方と、それをサポートするバージョン管理ツールの機能を説明できる。		
先修科目	プロジェクトマネジメント、システム構築		
授業方法	講義	評価方法	試験 80%+レポート 20%
授業展開	1	講義全体の説明と、ソフトウェア開発プロセスの概要、開発のマネジメントの重要性を学ぶ。	
	2	ソフトウェア開発プロセス (要件定義プロセス、方式設計プロセス) について学ぶ。	
	3	ソフトウェア開発プロセス (方式設計以降の開発プロセス) について学ぶ。	
	4	ソフトウェア開発プロセス (プロジェクトプロセス、支援プロセス) について学ぶ。	
	5	各種開発プロセスモデルの特徴と適用に適したシステム/プロジェクトの特性について学ぶ。	
	6	ソフトウェア開発のプロジェクトマネジメントの全体について学ぶ。	
	7	ソフトウェア開発プロジェクトの進捗管理について学ぶ。	
	8	ソフトウェア開発プロジェクトのリスク管理について学ぶ。	
	9	ソフトウェア開発プロジェクトの品質管理について学ぶ。	
	10	ソフトウェア開発の構成管理、リリース管理及びバージョン管理ツールについて学ぶ。	
	11	バージョン管理ツールを使った構成管理、リリース管理を実習する。	
	12	疑似ソフトウェア開発プロジェクトでプロジェクト管理の演習を行う。	
	13	疑似ソフトウェア開発プロジェクトでプロジェクト管理の演習の続きを行う。	
	14	プロジェクト管理の演習の結果を踏まえて、プロジェクト管理について振り返る。(気づきを整理して発表する)	
	15	ソフトウェアの移行、運用、保守のプロセスについて学ぶ。	
	16	期末試験	

講義名	仮想システムと仮想サービス		
単位数	2	必修・選択	選択
学年	3	開設学期	前期
概要	仮想システム及び仮想サービスの仕組みについて学ぶ。		
目的	仮想化の仕組み及び技術と、その関連オープンソースコンポーネントについて学ぶ。 ネットワークストレージについて学ぶ。 クラスタを構築するために必要な技術について学ぶ。		
目標	仮想化されたプラットフォームと仮想化されていないプラットフォームの違いを説明できる。 仮想デスクトップ、仮想サーバ、クラスタをインストールできる。		
授業方法	講義	評価方法	試験 80%+レポート 20%
授 業 展 開	1	講義全体の説明と、仮想化技術の概要と仮想化技術がどのような場合にメリットをもたらすのかを学習する。	
	2	ユーザプラットフォームの仮想化技術について、その種類と仕組み、メリット、デメリットについて学ぶ。	
	3	ホストマシン上に異なる OS をインストールして、仮想化されたユーザプラットフォームを利用する実習を行う。	
	4	ネットワークの仮想化技術及びネットワークストレージについて、その種類と仕組み、メリット、デメリットについて学ぶ。	
	5	サーバの仮想化技術について、その種類と仕組み、メリット、デメリットについて学ぶ。	
	6	サーバの仮想化技術について、その種類と仕組み、メリット、デメリットについて学ぶ。(続き)	
	7	ホストサーバーに仮想マシンをインストールして利用する実習を行う。	
	8	サーバークラスタについて、その種類と仕組み、メリット、デメリットについて学ぶ。	
	9	クラスタを管理するために利用するツールと技術について学ぶ。	
	10	クラスタを構成し、管理する実習を行う。	
	11	ソフトウェアのクラスタリング利用目的と、その仕組み、メリット、デメリットについて学ぶ。	
	12	フェイルオーバーの仕組みと技術的な要件について学ぶ。	
	13	フェイルオーバーの仕組みと技術的な要件について学ぶ。(続き)	
	14	負荷分散システム（ロードバランシングシステム）の目的と仕組みについて学ぶ。	
	15	負荷分散システム（ロードバランシングシステム）の技術的な要件について学ぶ。	
	16	期末試験	

情報学を専門とする学科対象の
教育カリキュラム標準の策定及び提言
Cyber Security

情報学を専門とする学科対象の
教育カリキュラム標準の策定及び提言

Cyber Security (CyS)

目次

1.	はじめに	1
2.	サイバーセキュリティ教育を取り巻く状況	1
3.	サイバーセキュリティのカリキュラム作成の支援	8
4.	おわりに	12
5.	参考情報	13

WG 構成

寺田真敏(主査)	中央大学
上原哲太郎	立命館大学
大久保隆夫	情報セキュリティ大学院大学
菊池浩明	明治大学
齋藤孝道	明治大学
佐藤直	情報セキュリティ大学院大学
西垣正勝	静岡大学
平山敏弘	NPO 日本ネットワークセキュリティ協会

1. はじめに

情報専門学科カリキュラム標準 J17 では、サイバーセキュリティを側面別カリキュラム標準と位置付けている。本報告では、サイバーセキュリティ教育を取り巻く状況とともに、「一般教育レベル」「セキュリティ基礎レベル」「セキュリティ専門レベル」の3段階に分類した参考となるカリキュラムについて述べ、今後の取り組みを概説する。

2. サイバーセキュリティ教育を取り巻く状況

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、サイバーセキュリティにかかるインシデントに対処する体制であるシーサート(CSIRT)に求められる人材、セキュリティ知識分野(SecBoK)人材スキルマップ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」が進められてきている。

J17 サイバーセキュリティWGでは、このような流れを受け、求められる人材像を明らかにすること、その人材に必要なスキルを明らかにすること、スキルに関してレベル分けをすることが、ニーズを踏まえたカリキュラム作成などサイバーセキュリティ教育を進めるために有効であろうと考え調査を行った。

2.1. シーサート(CSIRT)に求められる人材

求められる人材像については、日本シーサート協議会が作成したシーサート(CSIRT)に求められる人材像を参考とした。シーサート(CSIRT: Computer Security Incident Response Team)は、サイバーセキュリティにかかるインシデントに対処するための組織の総称であり、インシデント関連情報、脆弱性情報、攻撃予兆情報を収集、分析し、対応方針や手順の策定などの活動を役割としている。国内シーサートの団体である日本シーサート協議会では、シーサートに求められる人材をその役割と共に明示しており(表1)[1]、サイバーセキュリティ人材のベースとなるモデルとして、セキュリティ知識分野(SecBoK)人

材スキルマップなどで参照されている。

[1] CSIRT 人材の定義と確保

<http://www.nca.gr.jp/activity/training-hr.html>

表1 シーサートに求められる人材

名称	役割
CSIRT 責任者、CSIRT 全体統括、コマンダー	自組織で起きているセキュリティインシデントの全体統制を行う。重大なインシデントに関しては CISO や経営層との情報連携を行う。また、CISO や経営者が意思決定する際の支援を行う。
連絡/調整担当、自組織外・自組織内連絡担当、IT 部門調整担当	社外窓口として、JPCERT/CC、NISC、警察、監督官庁、NCA、他 CSIRT 等との連絡窓口となり、情報連携を行う。 社内窓口として、IT 部門、法務、渉外、IT 部門、広報、各事業部等との連絡窓口となり、情報連携を行う。
トリアージ担当、優先順位選定担当	発生している事象に対して優先順位を決定する。被害がある場合の復旧優先順位や、拡散している場合にはどのシステムから停止していくべきか等の判断を行う。
インシデントマネージャー、インシデント管理担当	インシデントハンドラーに指示を出し、インシデントの対応状況を把握する。対応履歴を管理するとともにコマンダーへ状況を報告する。
インシデントハンドラー、インシデント処理担当	インシデントの処理を行う。セキュリティベンダーに処理を委託している場合には指示を出して連携し、管理を行う。状況はインシデントマネージャーに報告する。
ノーティフィケーション担当、組織内情報発信担当、自組織内調整・情報発信担当	自組織内を調整し、各関連部署への情報発信を行う。自組織システムに影響を及ぼす場合には IT 部門と調整を行う。
リサーチャー、情報収集担当	セキュリティイベント、脅威情報、脆弱性情報、攻撃者のプロファイル情報、国際情勢の把握、メディ

名称	役割
	ア情報などを収集し、キュレーターに引き渡す。単独機器の分析は行うが、相関的な分析はしない。
キュレーター、情報分析担当	リサーチャーの収集した情報を分析し、その情報を自組織に適用すべきかの選定を行う。リサーチャーと合わせて SOC(セキュリティオペレーションセンター)で実施することが多い。
セルフアセスメント担当、影響評価担当	自組織環境や情報資産の現状分析を行う。平常時の際にアセスメントを実施しておき、インシデント発生時にはアセスメント結果に基づいて影響範囲を特定する。
フォレンジック担当	体系的な鑑識、精密検査、解析、報告を行う。悪意のある者は証拠隠滅を図ることもあるため、証拠保全とともに、消されたデータを復活させ、足跡を追跡することも要求される。
インベスティゲーター、犯罪/不正調査担当	外部からの犯罪、内部犯罪の解決に向け調査する。セキュリティインシデントはシステム障害とは異なり、悪意のある者が存在する。通常の犯罪捜査と同様に、動機の確認や証拠の確保、次に起こる事象の推測などを詰めながら論理的に調査対象を絞っていくことが要求される。

2.2. セキュリティ知識分野(SecBoK)人材スキルマップ

人材に必要なスキルについては、日本ネットワークセキュリティ協会が作成したセキュリティ知識分野(SecBoK)人材スキルマップを参考とした。セキュリティ知識分野(SecBoK)人材スキルマップでは、セキュリティ知識分野の項目を規定すると共に(表 2)、情報セキュリティサービスベンダにおける人材についてはセキュリティ専門会社が定義する職種と、ユーザ企業における人材については、シーサートに求められる人材との対応付けをしている[2]。この紐付けを利用することで、サイバーセキュリティ人材で必要となるセキュリティ知識分野の項目を概観できる。

[2] セキュリティ知識分野(SecBoK)人材スキルマップ 2017 年版

表2 セキュリティ知識分野(SecBoK)人材スキルマップの項目

分野	大項目	中項目	小項目
基礎	ICT 基礎	情報理論	情報理論に関する知識、一般的なエンコード技術の識別に関するスキル
		計算機ハードウェア	マイクロプロセッサに関する知識、マシンインタラクションの原理に関する知識、計算機アーキテクチャに適用される電子工学(回路ボード、プロセッサなど)
		ネットワークインフラ	計算機ネットワークの基礎に関する知識、組織のLAN/WANの経路に関する知識、LANとWANの原理とコンセプトに関する知識、ネットワーク設計プロセスに関する知識など
		通信プロトコル・サービス	ネットワーク通信を提供するために、ネットワークサービスとプロトコルがどのように作用するかに関する知識、ネットワークアクセス、識別及びアクセス管理に関する知識など
		データ構造	データ管理とデータ標準化に関するポリシーと標準に関する知識、複雑なデータ構造に関する知識、データマイニングとデータウェアハウスの原理に関する知識など
		データベース	データベース理論に関する知識、データベース管理システム、問い合わせ言語、テーブル関係及びビューに関する知識、データベースシステムに関する知識など
		ナレッジマネジメント	ナレッジマッピング(ナレッジリポジトリのマップ)の実施に関するスキル、ナレッジマネジメント技術の利用に関するスキル
		アルゴリズムとプログラミング	計算機アルゴリズムに関する知識、計算機プログラミングの原則に関する知識、低レベル言語に関する知識、プログラミング言語の構造とロジックに関する知識など
		オペレーティングシステム	オペレーティングシステムに関する知識、サーバとクライアントのOSに関する知識、適用可能なシステム構成要素の識別、修正及び操作に関するスキルなど
		ソフトウェア	ソフトウェア工学に関する知識、ソフトウェアの構成と最適化に関するスキル、ソフトウェア設計ツール、手法及び技法に関する知識、ソフトウェアの品質保証プロセスに関する知識など

分野	大項目	中項目	小項目
		システム開発	システム開発のコンセプトに関するスキル、ソフトウェアのデバッグ原理に関する知識、ソフトウェアのデバッグの実施に関するスキル、デバッグ手続きとツールに関する知識など
		システム運用	システム運用のコンセプトに関するスキル、システム管理のコンセプトに関する知識、サーバ管理とシステム工学の理論、コンセプト及び手法に関する知識など
		エンタープライズアーキテクチャ	エンタープライズ IT アーキテクチャに関する知識、組織のエンタープライズ IT のゴールと目的に関する知識、情報技術のアーキテクチャコンセプトとフレームワークに関する知識など
		アプリケーションとサービス	仮想化技術と仮想マシンの開発と保守に関する知識、仮想マシンの利用に関するスキル、企業内メッセージングシステムと関連するソフトウェアに関する知識など
		その他	計算機の基本的操作に関するスキル、デジタル著作権管理に関する知識、個人識別情報と PCIDSS に関する知識、ITSS レベル 2 程度の基礎的な IT リテラシー
	工学基礎	16 進データの読解に関するスキル、プロセス工学のコンセプトに関する知識、システムエンジニアリングプロセスに関する知識、全 5 レベルにおける CMMI に関する知識など	
	ビジネス基礎	組織の評価と検証に関する要件に関する知識、組織のデータ資産のソース、特徴及び利用に関する知識、顧客組織の適用可能なビジネスプロセスと運用に関する知識など	
セキュリティ基礎	総論	情報セキュリティシステム工学の原理に関する知識、機密性、完全性、可用性、認証及び否認防止に関連する情報保証の原理と組織要件に関する知識など	
セキュリティガバナンス	総論	組織の企業情報セキュリティアーキテクチャシステムに関する知識、インテリジェンスの報告原理、方針、手続き及び手段、組織のリスク受容および/またはリスク管理のアプローチに関する知識	
セキュリティマネジメント	総論	セキュリティマネジメントに関する知識、システムセキュリティの目的を反映したポリシーの作成に関するスキル、情報保証の原理と信条に基づくセキュリティ管理策の設計に関するスキルなど	

分野	大項目	中項目	小項目
ネットワークセキュリティ	総論		ネットワーク通信のセキュア化に関するスキル、何がネットワーク攻撃及び脅威と脆弱性の双方への関係を構成するかに関する知識、脆弱性とシステム内の設定情報に基づくシステムのセキュリティ問題を識別する能力など
	トラフィック解析		ネットワークトラフィック解析手法に関する知識、パケットレベル解析に関する知識、適切なツールを用いたパケットレベル解析の実施に関するスキルなど
	侵入検知		IDS ツールとアプリケーションに関する知識、IDS のハードウェアとソフトウェアの種類に関する知識、侵入検知技術によるホストならびにネットワークベースの侵入の検知に関するスキルなど
	脆弱性診断		脆弱性診断に関する基礎知識、ペネトレーションテストの原理、ツール及び技術に関する知識、警告、アドバイザリ及び報告書から得られる既知の脆弱性に関する知識など
	フィルタリング		ウェブフィルタリング技術に関する知識
	アクセス制御		ポリシーベースとリスクに適応できるアクセス制御に関する知識、ホスト／ネットワークのアクセス制御に関する知識など
	VPN		VPN セキュリティに関する知識、VPN 装置と暗号化の利用に関するスキル
	深層防御		深層防御の原理とネットワークセキュリティアーキテクチャに関する知識
システムセキュリティ	総論		アプリケーションの脆弱性に関する知識、システムとアプリケーションのセキュリティ上の脅威と脆弱性に関する知識、システムとアプリケーションのセキュリティ上の脅威と脆弱性など
セキュアシステム設計・構築	総論		ソフトウェアのセキュリティとユーザビリティを含む、システムライフサイクルマネジメントの原理に関する知識、セキュアな構成管理技術に関する知識、特定したセキュリティリスクについての対策の設計に関するスキルなど
	セキュアプログラミング		ソフトウェア開発に適用するための情報保証の原理と手法に関する知識、セキュアコーディング技術に関する知識、ソフトウェア関連の情報技術のセキュリティに関する原理と手法に関する知識など

分野	大項目	中項目	小項目
	テスト		ソフトウェアリリースにおける品質保証プロセスへのブラックボックスセキュリティテストツールの統合に関するスキル、セキュアテスト計画の設計に関するスキルなど
セキュリティ運用	総論		運用上のセキュリティに関する知識、新興の情報技術と情報セキュリティ技術に関する知識、システム診断ツールと障害識別技法に関する知識など
	インシデント対応		インシデントのカテゴリ、インシデントレスポンス及び応答のタイムラインに関する知識、インシデントレスポンスとハンドリングの方法論に関する知識など
	その他		内部不正の検出、報告、検出ツール及び法規制に関する知識と経験、セキュアな取得に関する知識、セキュリティイベント(事象)の相関ツールに関する知識
暗号・認証・電子署名	総論		暗号化アルゴリズムに関する知識、暗号に関する知識、暗号化手法に関する知識、アクセス時の認証手法に関する知識、一方向性ハッシュ関数に関するスキル
サイバー攻撃手法	総論		現在及び新興の脅威/攻撃手法に関する知識、攻撃者に悪用される可能性のある新興のコンピュータベースの技術に関する知識、一般的な攻撃ステージに関する知識など
	マルウェア		マルウェアの取扱いに関するスキル、マルウェアからのネットワークの保護に関するスキル、マルウェア解析のコンセプトと手法に関する知識、マルウェア解析ツールに関する知識
	その他		正常な動作に見せかける振る舞いに関するスキル、ソーシャルエンジニアリング技術の利用に関するスキル、Windows または Unix/Linux 環境におけるハッキング手法に関する知識など
デジタルフォレンジクス	総論		デジタルフォレンジクス用データの処理に関する基本コンセプトと実践に関する知識、標準の運用手続きまたは国内標準に基づいて証拠の完全性を維持するスキルなど
法・制度・標準	総論		業界標準かつ組織的に受け入れられる解析原理と手法に関する知識、プライバシー影響評価(PIA)に関する知識、システム設計に係るシステムソフトウェアならびに組織設計標準など

2.3. スキルに関するレベル分け

スキルに関するレベル分けについては、平成 28 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(情報セキュリティ人材育成) [3]などを参考にして、3 段階の分類を利用することとした(表 3)。

表 3 スキルに関するレベル分け

レベル		内容
一般教育レベル		一般教養としての情報セキュリティに関する知識を備え、適切な判断ができる人材を対象とするもの
専門レベル	〈基礎〉 セキュリティ基礎	情報セキュリティに関する基礎的な知識・経験と意識を身につけたい人材を対象とするもの
	〈応用〉 セキュリティ専門	習得した知識・実践的経験を自らの専門分野のセキュリティ対策に活かせる人材を対象とするもの

[3] 平成 28 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(情報セキュリティ人材育成に関する調査研究)

http://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/sangaku2/1387701.htm

3. サイバーセキュリティのカリキュラム作成の支援

サイバーセキュリティを側面別カリキュラム標準と位置付けていることから、サイバーセキュリティのカリキュラム作成に参考となるよう調査結果をまとめた。

3.1. 各情報専門教育との対応

カリキュラムモデルにまず必要となるのは、教えるべき知識項目の整理である。そこで、サイバーセキュリティのカリキュラム作成の際に参考となる、セキュリティ知識分野 (SecBoK) 人材スキルマップにおける各情報専門教育がカバーする範囲と表 3 の専門レベルを対象としたレベル分けを整理した(表 4)。なお、専門レベルの前提知識の項目については、ICT 基礎として分類している。

表 4 各情報専門教育との対応とレベル分け

分野 大項目 中項目	CS	IS	CE	SE	IT	GE	CyS ICT 基 礎	CyS セキュ リティ 基礎	CyS セキュ リティ 専門
基礎 ICT 基礎 情報理論	●			●	●	●	●		
基礎 ICT 基礎 計算機ハードウェア	●	●		▲	●		●		
基礎 ICT 基礎 ネットワークインフラ	●	●		▲	●	●	●		
基礎 ICT 基礎 通信プロトコル・サービス	●	●		▲	●	●	●		
基礎 ICT 基礎 データ構造	●	●		▲	▲		●		
基礎 ICT 基礎 データベース	●	●		▲	●	●	●		
基礎 ICT 基礎 ナレッジマネジメント	●	●		▲	▲	●	●		
基礎 ICT 基礎 アルゴリズムとプログラミング	●			●	●	●	●		
基礎 ICT 基礎 オペレーティングシステム	●	●		▲	●	●	●		
基礎 ICT 基礎 ソフトウェア	●	●		●	●	●	●		
基礎 ICT 基礎 システム開発	●			●	●	●	●		
基礎 ICT 基礎 システム運用	▲	●		▲	●	●	●		
基礎 ICT 基礎 エンタープライズアーキテクチャ	▲	●		×	●		●		
基礎 ICT 基礎 アプリケーションとサービス	●			▲	●		●		
基礎 ICT 基礎 その他	▲	●		▲	●	●	●		
基礎 工学基礎	●			●		●	●		
基礎 ビジネス基礎	×	●		▲	▲				
セキュリティ基礎 総論	●	●	●	●	●	●		●	
セキュリティガバナンス 総論		●	▲	▲	●				●
セキュリティマネジメント 総論	▲	●	●	▲	●				●
ネットワークセキュリティ 総論	●		●	▲	●	●		●	
ネットワークセキュリティ トラフィック解析	▲		▲	▲	●				●
ネットワークセキュリティ 侵入検知	▲		▲	▲	●				●

分野 大項目 中項目	CS	IS	CE	SE	IT	GE	CyS ICT 基 礎	CyS セキュ リティ 基礎	CyS セキュ リティ 専門
ネットワークセキュリティ 脆弱性診断	▲		▲	●	●				●
ネットワークセキュリティ フィルタリ ング	▲		●	▲	●			●	
ネットワークセキュリティ アクセス制 御	▲		●	▲	●			●	
ネットワークセキュリティ VPN	▲		●	▲	●			●	
ネットワークセキュリティ 深層防御	▲		×	▲	▲				●
システムセキュリティ 総論	▲		●	●	●	●		●	
セキュアシステム設計・構築 総論	●		×	●	●				●
セキュアシステム設計・構築 セキュア プログラミング	●		×	●	●			▲	●
セキュアシステム設計・構築 テスト	●		×	●	●				●
セキュリティ運用 総論	▲		●	▲	●				●
セキュリティ運用 インシデント対応	▲		●	×	●				●
セキュリティ運用 その他	×	●	▲	×	▲				●
暗号・認証・電子署名 総論	●		●	●	●			●	
サイバー攻撃手法 総論	●		●	●	●			▲	●
サイバー攻撃手法 マルウェア	●		●	▲	●			▲	●
サイバー攻撃手法 その他	▲		×	▲	●				●
デジタルフォレンジクス 総論	●		▲	×	●				●
法・制度・標準 総論	▲		●	▲	▲				●

●：実施すべき

▲：実施すると良い

×：実施の必要はない

3.2. モデル・コア・カリキュラム

サイバーセキュリティのカリキュラム作成において参考となるモデルカリキュラムについては、平成 28 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(情報セキュリティ人材育成)[3]のモデル・コア・カリキュラムを一般教育、セキュリティ基礎、セキュリティ専門レベル分けをし、整理し直した(表5)。詳細については、参考情報を参照のこと。

表5 モデル・コア・カリキュラム：レベルによる分類

レベル		モデル・コア・カリキュラム
一般教育		例示①：一般教養としての情報セキュリティに関する講義を対象とするもの
セキュリティ基礎		例示②：学士課程卒業後就職を予定している理工系学生等を対象とするもの
		例示③：情報セキュリティを専門とする学科等を対象とするもの
セキュリティ専門	学生	例示④：修士課程に進学予定の情報系学士課程の学生を対象とするもの
		例示⑤：情報セキュリティに関する単独の科目を対象とするもの
		例示⑥：専門とは別に情報セキュリティを学ぶコース等を対象とするもの
		例示⑦：情報セキュリティを専門とする専攻等を対象とするもの
	社会人学生	例示⑧：社会人学び直し向け短期(2週間程度)集中コース
		例示⑨：社会人学び直し向け中期(3～6ヶ月程度)コース
		例示⑩：社会人学び直し向け長期(1年程度)コース

3.3. 既存カリキュラム

サイバーセキュリティのカリキュラム作成において、既存カリキュラムも参考になると考え、表6に示す視点から整理をした。詳細については、参考情報を参照のこと。

表6 既存カリキュラムの整理テンプレート

テンプレート名	概要
レベル分類	既存カリキュラムのレベルを一般教育、セキュリティ基礎、セキュリティ専門に分類する。
属性項目	既存カリキュラムの具体的なカリキュラムの例示として、属性項目のテンプレートに沿って例示する。

表7 レベル分類テンプレート

レベル	授業科目名	学部/学科	想定対象 年度	単位数	講義/ 演習	必修/ 選択	備考
一般教育	情報セキュリティ論	商学部	学部3,4年	2単位	講義	選択	
	:	:	:	:	:	:	
セキュリティ基礎	情報セキュリティ技術	理工学部	修士1年	2単位	講義	選択	
	:	:	:	:	:	:	
セキュリティ専門	暗号理論	理工学部	修士1年	2単位	講義	選択	
	:	:	:	:	:	:	

表8 属性項目テンプレート

項目	内容
大学名	〇〇大学
レベル	セキュリティ基礎
授業科目名	ネットワークセキュリティ
学部/学科	△△学部
想定対象年度	修士1年
単位数	2単位
講義/演習	講義
必修/選択	必修
目的	ネットワークにおける脅威の理解およびネットワークセキュリティ基礎技術の習得
授業の概要	セキュアな情報システムを構成するにあたって念頭に置くべき、基本的なネットワークセキュリティを習得する。
授業計画と内容	1 イントロダクション、ネットワーク社会に潜む危険の認識 2 ネットワークアーキテクチャとセキュリティ 3 TCP/IPとセキュリティ(1)特別な意味を持つIPアドレス 4 TCP/IPとセキュリティ(2)経路制御 :

4. おわりに

本報告では、サイバーセキュリティ教育を取り巻く状況、サイバーセキュリティのカリ

キュラム作成の支援について概説した。特に、サイバーセキュリティ教育を取り巻く状況として、産業界を中心に、求められる人材像を明らかにすること、その人材に必要なスキルを明らかにすることが、シーサートに求められる人材、セキュリティ知識分野(SecBoK)人材スキルマップという形で具体化されている。今後の取り組みとしては、サイバーセキュリティのカリキュラム作成の支援と、シーサートに求められる人材、セキュリティ知識分野(SecBoK)人材スキルマップのような具体的な事例との繋がり作っていくことで、情報学を専門とする学科対象の教育カリキュラムと産業界との繋がりを作っていくことである。

5. 参考情報

5.1. モデル・コア・カリキュラム

モデル・コア・カリキュラムの付録では、レベル分けしたモデル・コア・カリキュラムの概要を紹介する。

付表1 モデル・コア・カリキュラム：レベルによる分類

レベル		モデル・コア・カリキュラム	カリキュラムの概要
一般教育		例示①：一般教養としての情報セキュリティに関する講義を対象とするもの	付表2
セキュリティ基礎		例示②：学士課程卒業後就職を予定している理工系学生等を対象とするもの	付表3
		例示③：情報セキュリティを専門とする学科等を対象とするもの	付表4
セキュリティ専門	学生	例示④：修士課程に進学予定の情報系学士課程の学生を対象とするもの	付表5
		例示⑤：情報セキュリティに関する単独の科目を対象とするもの	付表6
		例示⑥：専門とは別に情報セキュリティを学ぶコース等を対象とするもの	付表7
		例示⑦：情報セキュリティを専門とする専攻等を対象とするもの	付表8
	社会人	例示⑧：社会人学び直し向け短期(2週間程度)	付表9

	学生	集中コース	
		例示⑨：社会人学び直し向け中期(3～6 ヶ月程度)コース	付表 10
		例示⑩：社会人学び直し向け長期(1 年程度)コース	付表 11

付表 2 一般教育レベル

例示①：一般教養としての情報セキュリティに関する講義を対象とするもの

情報セキュリティリテラシー教育向け		
種別		科目シラバス
想定する受講者		学士課程の新入生(1 年次・学部問わず)
受講者の知識・スキル		普通科高校卒業程度の知識・スキルを想定する
育成する人材像		日常の社会生活を営む上で必要となる情報セキュリティに関する知識を備え、適切な判断ができる人材
到達目標	コア部分	以下の 5 点について理解する。 ①情報セキュリティをなぜ考える必要があるか ②情報倫理と著作権に関して遵守すべき事項 ③代表的な脅威がもたらす影響と対策のための技術や仕組み ④情報セキュリティに関する法律や制度 ⑤情報社会においてセキュリティとして留意すべきこと
	コア以外を含むカリキュラム全体	(コア部分と同じ内容の詳細化)
関連科目との関係		・本科目受講に先立って受講しておくべき科目はなし ・リテラシー科目として以下の①②のいずれかの指定を推奨： ①全学生必修 ②情報処理関連の演習または情報セキュリティ専門科目の受講には本科目の単位取得を要件とする
実施方法		講義または e ラーニング教材自習

付表 3 セキュリティ基礎レベル

例示②：学士課程卒業後就職を予定している理工系学生等を対象とするもの

就職を予定している学士課程在籍者を対象とする情報セキュリティ分野の実践講座向け

種別	科目シラバス	
想定する受講者	学士課程で卒業を予定しており、セキュリティに関する知識を得たいと考える 3～4 年次在籍者(理工系学生や IT 技術の利用者となる学生)	
受講者の知識・スキル	理工系教養科目+情報リテラシー教育を想定する	
育成する人材像	産業界で必要となる情報セキュリティ分野に関する基礎的な知識を身につけた人材(セキュリティ分野への就職は前提としない)	
到達目標	コア部分	受講者の志望業界で求められる次のような情報セキュリティに関する 知見を習得し、実務に活用できるようにする。 (例 1) 工学系(非情報): 制御システムのセキュリティ対策技術 (例 2) 保健医療福祉系: 個人・機微情報の管理手法 (例 3) 芸術系: 作品の脆弱性対策及び著作権保護
	コア以外を含むカリキュラム全体	(コア部分に同じ)
関連科目との関係	本科目受講に先立って受講しておくべき科目を設定しないが、受講する学生の前提知識に応じて、以下の内容に関する教育を推奨する。 ①情報とデジタルデータの概念 ②コンピュータとして総称することが可能な機器の概念	
実施方法	講義及び演習	

付表 4 セキュリティ基礎レベル

例示③：情報セキュリティを専門とする学科等を対象とするもの

情報セキュリティ分野を専門とする学科向け		
種別	カリキュラム	
想定する受講者	情報セキュリティを専門とする学科の学生(1～4 年次)	
受講者の知識・スキル	普通科高校卒業程度の知識・スキルを想定する。	
育成する人材像	情報セキュリティに関する基礎的な知識・経験と意識を身につけた人材 (セキュリティ分野への就職は前提としない)	
到達目標	コア部分	情報セキュリティ上の主要な脅威と対策について理解すると

達 目 標		ともに情報セキュリティ分野の代表的な要素技術について演習等を通じてそれぞれの原理と活用方法を習得する。
	コア以外を含むカリキュラム全体	(コア部分に同じ)
関連科目との関係		学科内で体系的に整備する。
実施方法		講義及び演習、卒業論文

付表5 セキュリティ専門レベル

例示④：修士課程に進学予定の情報系学士課程の学生を対象とするもの

進学予定の情報系学士課程在籍者を対象とする情報セキュリティ分野の実践講座向け		
種別	科目シラバス	
想定する受講者	修士課程でセキュリティを学びたいと考える学士課程 3～4 年次在籍者	
受講者の知識・スキル	理工系教養科目＋情報リテラシー教育を想定する	
育成する人材像	情報セキュリティを本格的に学ぶ上で必要となる基盤的知識を習得した人材	
到達 目 標	コア部分	情報セキュリティ分野の要素技術網羅的でなく部分的でよいの習得を通じて対策の重要性と脅威に応じた対策方法について理解する。
	コア以外を含むカリキュラム全体	(コア部分に同じ)
関連科目との関係		・本科目受講に先立って受講しておくべき科目を設定しないが、受講する学生の前提知識に応じて、以下の内容に関する教育を推奨する。 ①情報とデジタルデータの概念 ②コンピュータとして総称することが可能な機器の概念
実施方法		講義及び演習

付表6 セキュリティ専門レベル

例示⑤：情報セキュリティに関する単独の科目を対象とするもの

修士課程在籍者を対象とする情報セキュリティ分野の単独科目向け	
種別	科目シラバス

想定する受講者		情報セキュリティ以外の分野を専攻する修士課程在籍者等
受講者の知識・スキル		理系大学卒業程度の知識・スキルを想定する
育成する人材像		情報セキュリティに関する基本的な知識を備えた人材 (セキュリティ分野への就職は前提としない)
到達目標	コア部分	情報セキュリティに関する基本的な知識を備えた人材 (セキュリティ分野への就職は前提としない)
	コア以外を含むカリキュラム全体	産業界で技術者として活躍する際に知っておくべき情報セキュリティの考え方について、主要な脅威とその対策に関する技術的背景知識を通じて理解する。
関連科目との関係		コア部分の知識の種類を拡張した形で、より幅広い脅威や対策技術について理解する。
実施方法		・ 修士課程において前提とする科目等はなし。

付表7 セキュリティ専門レベル

例示⑥：専門とは別に情報セキュリティを学ぶコース等を対象とするもの

修士課程在籍者を対象とする情報セキュリティ専門講座等向け		
種別		科目シラバス
想定する受講者		専門とは別に情報セキュリティを学ぼうと考える修士課程在籍者等
受講者の知識・スキル		理系大学卒業程度の知識・スキルを想定する
育成する人材像		習得した知識・実践的経験を自らの専門分野のセキュリティ対策に活かせる人材
到達目標	コア部分	産業界で技術者として活躍する際に知っておくべき情報セキュリティの考え方について、脅威の特徴や対策に用いられる要素技術に関する専門的内容を座学と演習の組み合わせを通じて理解する。
	コア以外を含むカリキュラム全体	コア部分の知識の種類を拡張した形で、より幅広い脅威や対策技術について理解する。
関連科目との関係		以下について十分な知識を有することを前提とする。 ・ コンピュータネットワーク (TCP/IP、無線 LAN) ・ コンピュータアーキテクチャ ・ オペレーティングシステム (Windows 及び UNIX 系)

	・プログラミング言語(C言語、アセンブラ)
実施方法	講義及び演習

付表8 セキュリティ専門レベル

例示⑦：情報セキュリティを専門とする専攻等を対象とするもの

情報セキュリティを専門とする専攻科向け		
種別	カリキュラム	
想定する受講者	情報セキュリティを専門とする専攻科の学生	
受講者の知識・スキル	理系大学卒業程度の知識・スキルを想定する	
育成する人材像	情報セキュリティに関する専門的な知識と実践的な経験及び意識を備えた人材とし、セキュリティの専門性のある程度発揮できる環境への就職等を想定する	
到達目標	コア部分	産業界で技術者として活躍する際に知っておくべき情報セキュリティの考え方について、脅威の特徴や対策に用いられる要素技術に関する専門的内容を座学と演習の組み合わせを通じて体系的に理解する。
	コア以外を含むカリキュラム全体	コア部分の知識の種類を拡張した形で、より幅広い脅威や対策技術について体系的に理解する。
関連科目との関係		専攻内で体系的に整備する。
実施方法		講義及び演習、修士論文

付表9 セキュリティ専門レベル

例示⑧：社会人学び直し向け短期(2週間程度)集中コース

社会人学び直し：短期(2週間程度)集中コース向け		
種別	科目シラバス	
想定する受講者	情報セキュリティの学び直しをしたい現役 IT 技術者(30代中～後半)	
受講者の知識・スキル	産業界で情報系業務に従事している技術者を想定する	
育成する人材像	習得した情報セキュリティに関する実践的知識・経験を自らの業務に活かせる人材	
到達	コア部分	下記テーマについて、業務遂行に必要な知識を習得する。 (テーマ例)

目 標		・組織における標的型攻撃対策 ・ソフトウェアの設計・開発段階におけるセキュリティ対策 ・情報セキュリティマネジメントと情報セキュリティ監査 ・CSIRT 運営 ・デジタルフォレンジック
	コア以外を含むカリキュラム全体	(コア部分と同じ)
関連科目との関係		以下の領域のうち、当該コース内容を理解する上で必要なものについて 基本的な知識を有することを前提とする(募集要項等で明示) ・コンピュータネットワーク(TCP/IP、無線 LAN) ・コンピュータアーキテクチャ ・オペレーティングシステム(Windows 及び UNIX 系) ・プログラミング言語(C 言語、アセンブラ)
実施方法		講義及び演習

付表 10 セキュリティ専門レベル

例示⑨：社会人学び直し向け中期(3～6 ヶ月程度)コース

社会人学び直し:中期(3～6 ヶ月程度)コース向け		
種別	科目シラバス	
想定する受講者	情報セキュリティの学び直しをしたい現役 IT 技術者(30 代中～後半)	
受講者の知識・スキル	産業界で情報系業務に従事している技術者を想定する	
育成する人材像	習得した情報セキュリティに関する実践的知識経験を自らの業務に活かせる人材	
到達目標	コア部分	下記の複数テーマに関する業務遂行に必要な知識を習得し、複合的な領域で構成される業務や脅威への対策に関する能力を得る。 (テーマ例) ・組織における標的型攻撃対策 ・ソフトウェアの設計・開発段階におけるセキュリティ対策 ・情報セキュリティマネジメントと情報セキュリティ監査

		・ CSIRT 運営 ・ デジタルフォレンジック
	コア以外を含むカリキュラム全体	(コア部分と同じ)
関連科目との関係		以下の領域のうち、当該コース内容を理解する上で必要なものについて 基本的な知識を有することを前提とする(募集要項等で明示) ・ コンピュータネットワーク (TCP/IP、無線 LAN) ・ コンピュータアーキテクチャ ・ オペレーティングシステム (Windows 及び UNIX 系) ・ プログラミング言語 (C 言語、アセンブラ)
実施方法		講義及び演習

付表 11 セキュリティ専門レベル

例示⑩：社会人学び直し向け長期(1 年程度)コース

社会人学び直し：長期(1 年程度)コース向け		
種別	カリキュラム	
想定する受講者	情報セキュリティの学び直しをしたい現役 IT 技術者(30 代中～後半)	
受講者の知識・スキル	産業界で情報系業務に従事している技術者を想定する	
育成する人材像	習得した情報セキュリティに関する実践的知識経験を自らの業務に活かせる人材	
到達目標	コア部分	産業界で技術者として活躍する際に知っておくべき情報セキュリティの考え方について、脅威の特徴や対策に用いられる要素技術に関する専門的内容を座学と演習の組み合わせを通じて体系的に理解する。
	コア以外を含むカリキュラム全体	コア部分の知識の種類を拡張した形で、より幅広い脅威や対策技術について体系的に理解する。
関連科目との関係		以下の領域について基本的な知識を有することを前提とする(募集要項等で明示) ・ コンピュータネットワーク (TCP/IP、無線 LAN) ・ コンピュータアーキテクチャ

	・オペレーティングシステム(Windows 及び UNIX 系) ・プログラミング言語(C 言語、アセンブラ)
実施方法	講義及び演習

5.2. 既存カリキュラム

既存カリキュラムの付録では、一般大学と専門大学を対象に調査した事例を例示する。調査は、シラバス掲載 URL を利用した調査とヒアリング調査とを併用した。

(1) 中央大学

(a) シラバス掲載 URL

<http://syllabus.chuo-u.ac.jp/syllabus>

(b) レベルによる分類

付表 12 中央大学：レベルによる分類

レベル	授業科目名	学部/学科	想定対象年度	単位数	講義 / 演習	必修 / 選択	備考
一般教育	インターネット&情報セキュリティ論	学部間共通科目	学部 1 年	2 単位	演習		付表 13
	情報セキュリティ論 / 情報技術と社会システム	総合政策学部	学部 2 年	2 単位	講義		
セキュリティ基礎	情報セキュリティ論	商学部	学部 3, 4 年	2 単位	講義		付表 14
	プログラム演習 V (情報セキュリティ技術論)	商学部	学部 3, 4 年	2 単位	演習		
	情報セキュリティ基礎	理工学部	学部 3 年	2 単位	講義		
	情報セキュリティ技術	理工学研究科博士課程前期課程	修士 1 年	2 単位	講義		
	電子社会と情報セキュリティ	理工学研究科博士課程前期課程	修士 1 年	2 単位	講義	選択	
	情報セキュリティ法制	理工学研究科博士課程前期課程	修士 1 年	2 単位	講義		
	ネットワークセキュリティ	理工学研究科博士課程前期課程	修士 1 年	2 単位	講義	選択	
セキュリティ専門	—	—	—	—	—	—	—

(c) カリキュラムの概要

付表 13 中央大学：一般教育レベル：インターネット&情報セキュリティ論

項目	内容
大学名	中央大学
レベル	一般教育レベル
授業科目名	インターネット&情報セキュリティ論
学部/学科	学部間共通科目
想定対象年度	学部1年
単位数	2単位
講義/演習	演習
必修/選択	
目的	現代の情報通信技術の発達とインターネットの普及は便利で快適な社会を実現しているがその一方で今まで存在しなかった問題を発生させている。この授業では、現代のインターネット社会に対応する技術、倫理について必要な知識を身につけ、適切な対応ができるようにすることを目標とする。
授業の概要	インターネットに代表される情報通信技術(ICT)の急速な発達と普及は私達の日常を大きく変えている。他方、現在の社会において ICT を利用するということは、様々な制約を理解し、あるいはいろいろな面での危険性を理解しなければ、しばしば予期しない問題を生じたり、思ってもいないトラブルに巻き込まれたり、自分や他人を不快な状況を生じさせるようになっていきます。この講義ではこのような現実をふまえ、現代社会を生きる上で必要不可欠となる情報社会の問題点とそれに対応することを目標として、技術的側面と倫理的な側面の両面についての理論的な背景、現実の問題の実例の解説し、具体的対処法あるいはそれらに対応するのに必要な心構えについて講義し、実習を行います。情報や情報システムを活用して、実り多い大学生活とするために、これらの事柄について理解し、注意を払い無用なトラブルに巻き込まれないよう、適切な行動を心掛けることを期待したい。
授業計画と内容	1 現代の情報環境と ICT の問題点 キーワード まず初めに 2 ネットワークを知ろう キーワード ネットの基礎を学ぼう 3 ネットワークを知ろう その2 キーワード ネット技術を使ってみよう 4 クラウド型ビジネスと個人情報保護 キーワード なぜタダなのか 5 クラウド型ビジネスの実例 キーワード 作って学ぼう 6 クラウド型ビジネスの実例 その2 キーワード javascript を知ろう 7 クラウド型ビジネスの実例 その3 キーワード Monaca でアプリ作り 8 クラウド型ビジネスの実例 その4 キーワード タダより高いものはない 9 情報倫理入門 I-1 自己決定と自己責任 キーワード 情報と倫理 10 情報倫理入門 I-2 自己決定と自己責任 キーワード 情報倫理と私 11 IoT の現状 キーワード 世界は変わるか 12 人工知能と機械学習 キーワード コンピュータは人を超えるか 13 人工知能と機械学習 その2 キーワード コンピュータも間違える 14 情報倫理入門 II 社会と企業 キーワード 情報倫理と企業 15 情報倫理入門 II-2 社会と企業 キーワード 社会と情報倫理

付表 14 中央大学：セキュリティ基礎レベル：情報セキュリティ論

項目	内容
大学名	中央大学
レベル	セキュリティ基礎
授業科目名	情報セキュリティ論
学部/学科	商学部
想定対象年度	学部3,4年
単位数	2単位

項目	内容
講義/演習	講義
必修/選択	
目的	企業等の組織の一員になれば、必ず対応が求められる情報セキュリティ維持のための活動、規定等を、その背景、理由とともに理解することを目標とします。
授業の概要	企業活動において、情報の重要性はますます増してきています。従来からの文書類の情報とともに、ITの進展、ネットワークの拡大に伴い電子化された情報を有効に活用することが求められてきています。また個人の生活においても、ネットワークが各家庭に広くいきわたっている現在、やはり情報の収集、発信が重要な要素になってきています。これらの情報は、正しい内容であり、必要なときに適時に活用でき、また必要な情報が網羅されてこそ、その価値があります。と同時に、その情報は正当な権限を持つ関係者のみが利用することができ、権限の無い者には、秘匿されていることが必要で、その環境が整ってこそ、関係者が安心して情報を活用することができます。本講座では、企業活動および個人生活を行う人、更には企業などの組織で情報および情報セキュリティの管理を行う人に向けて、情報セキュリティの実務的な観点を紹介します。
授業計画と内容	1 情報セキュリティ論ガイダンス 2 情報セキュリティとは 3 情報システムを巡る動向と情報セキュリティ 4 情報システムの脅威と対策の基本 5 情報セキュリティ対策のポイント 6 企業における情報セキュリティ対策 7 情報セキュリティにおけるPDCAサイクルと監査 8 情報セキュリティ対策の技術 9 クラウドと情報セキュリティ 10 リスクマネジメントとリスク分析 11 個人情報保護 12 事業継続計画 13 我が国の情報セキュリティを巡る施策 14 本年度の主要な情報セキュリティ事故 15 まとめ

(2)情報セキュリティ大学院大学

(a)シラバス掲載 URL

<http://www.iisec.ac.jp/education/curriculum/>

(b)レベルによる分類

付表 15 情報セキュリティ大学院大学：レベルによる分類

レベル	授業科目名	学部/学科	想定対象 年度	単位数	講義/ 演習	必修/ 選択	備考
一般教育	—	—	—	—	—	—	—
セキュリティ基礎	—	—	—	—	—	—	—
セキュリティ専門	情報セキュリティ輪講Ⅰ		修士1年	2単位		必修	
	情報セキュリティ特別講義		修士1年	2単位		必修	

レベル	授業科目名	学部/学科	想定対象 年度	単位数	講義/ 演習	必修/ 選択	備考
	暗号・認証と社会制度		修士1年	2単位		選択	
	暗号プロトコル		修士1年	2単位		選択	
	暗号理論		修士1年	2単位		選択	
	個人識別とプライバシー保護		修士1年	2単位		選択	付表 16
	不正アクセス技法		修士1年	2単位		選択	
	セキュアシステム構成論		修士1年	2単位		選択	
	セキュアプログラミングとセキュアOS		修士1年	2単位		選択	
	セキュアシステム実習		修士1年	2単位		選択	
	情報セキュリティマネジメントシステム		修士1年	2単位		選択	
	セキュリティシステム監査		修士1年	2単位		選択	
	セキュリティ管理と経営		修士1年	2単位		選択	
	リスクマネジメント		修士1年	2単位		選択	
	組織行動と情報セキュリティ		修士1年	2単位			
	セキュア法制と情報倫理		修士1年	2単位		選択	
	セキュリティの法律実務		修士1年	2単位		選択	
	統計的リスク管理		修士1年	2単位		選択	
	リスクの経済学		修士1年	2単位		選択	
	マスメディアとリスク管理		修士1年	2単位		選択	
	特設講義(セキュリティ監査)		修士1年	2単位		選択	
	特設講義(情報セキュリティ運用リテラシーⅠ・Ⅱ)		修士1年	2単位		選択	
	特設講義(ハッキングとマルウェア解析)		修士1年	2単位		選択	
	特設講義(IoTセキュリティ特論)		修士1年	2単位		選択	
	特設講義(サイバー・インテリジェンス)		修士1年	2単位		選択	
	特設実習(セキュリティ実践Ⅰ)		修士1年	2単位		選択	
	特設実習(セキュリ		修士1年	2単位		選択	

レベル	授業科目名	学部/学科	想定対象年度	単位数	講義 / 演習	必修 / 選択	備考
	ティ実践Ⅱ)						
	情報セキュリティ輪講Ⅱ		修士2年	2単位		選択	
	特設実習(Windowsセキュリティ)		修士2年	2単位		選択	

(c)カリキュラムの概要

付表 16 情報セキュリティ大学院大学

セキュリティ専門レベル：個人識別とプライバシー保護

項目	内容
大学名	情報セキュリティ大学院大学
レベル	専門レベル(=セキュリティ専門)
授業科目名	個人識別とプライバシー保護
学部/学科	
想定対象年度	修士1年
単位数	2単位
講義/演習	
必修/選択	選択
目的	個人識別とプライバシーに関わるインターネット社会の諸課題について、技術面と法律面の両面から対応する基本能力を身につける。
授業の概要	本講義では、最初に個人識別と本人認証の原理を技術の面から解説し、それをベースにインターネット社会における本人認証の仕組みと利用における技術的・法的課題について、具体的事例を通して学ぶ。次に、個人識別や本人認証技術と深い関係を持つプライバシー保護の問題について、法律的な視点と技術的な観点から問題点を理解する。最後に、講義の内容を基礎として演習を行い、受講者の理解を深めると同時に具体的事案に対する対応力を養うこととする。
授業計画と内容	本講義は、リレー講義形式と演習(計15回)で実施する。また、以下の(1)と(2)の各講義は、適宜、織り交ぜて行う。(3)の演習は、15回講義の最後の3回にて行う。 (1) 技術面 (ア) 個人識別と本人認証の技術の概要 (イ) パスワード、PKI、バイオメトリック他 (ウ) 認証基盤、電子申請・電子申告、電子商取引等 (エ) アイデンについて管理とID連携 (オ) 認可連携と属性交換 (カ) クラウドサービスに向けた技術動向 (キ) ビッグデータサービスにおけるプライバシー保護技術の動向 (2) 法律面 (ア) プライバシーの語源と空間的・時間的展開 (イ) 人格権的保護と財産権的保護 (ウ) 個人データの保護とプライバシーの保護 (エ) CESS型理解とPASS型理解 (オ) ケース・スタディ (3) 演習 (ア) 演習課題の提示と説明・解説 (イ) 受講生による相互発表、討議

項目	内容
	(ウ) 受講生による相互発表、討議

情報学を専門とする学科対象の
教育カリキュラム標準の策定及び提言
Data Science

情報学を専門とする学科対象の
教育カリキュラム標準の策定及び提言

Data Science

目次

1. 概要	1
2. 情報学の学びとデータサイエンス	2
3. 米国におけるデータサイエンスのカリキュラムの動向	4
4. 我が国のデータサイエンスカリキュラムに関する提言	13

WG 構成

中野美由紀（委員長）	産業技術大学院大学
角谷和俊	関西大学院大学
石川佳治	名古屋大学
江口浩二	神戸大学
鈴木優	奈良先端大学院大学
持橋大地	統計数理研究所

1. 概要

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によって 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¹⁾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。³⁾

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、利用を共有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。米国ではこのような行政府やビジネスの動きを背景に、NSF が中心となって「データサイエンス」の学びについてカリキュラムの検討が始まった。2015 年には NSF からのファンドを得て、ACM Education 委員会において情報教育におけるデータサイエンス教育に関する研究会が開催された。本報告では、長年に渡り行われてきた統計解析を中心とした数学を基盤においた古典的なデータ解析技術の学びと、計算機科学、情報科学等におけるデータサイエンス教育のカリキュラムに関しては、多くの大学において異なる方針でカリキュラムが構成されていることを指摘し、具体的なカリキュラム構成に関しては今後の議論を待つ旨が結論となっている⁵⁾。また、2016 年には NSF からのファンドを得て、Park City Mathematical Institute (米国における数学教育のための研究所) およびプリンストン高等研究所にてデータサイエンスの学部カリキュラムの検討がなされ、2017 年に応用数学会からデータサイエンスの学部カリキュラムとして公表されている⁴⁾。また、NSF では副コース (second course) としてデータサイエンスを利用する専門

分野の調査（応用物理、医学、生物学等）へのファンドを行っている。2015 年以降、ACM Education Board ではデータサイエンスに関するカリキュラムに関する報告を行っていないが、海外調査チームの報告によると 2 年後までにデータサイエンスのカリキュラムをまとめるべく、引き続き検討されているとのことである。

データサイエンスは世界的に注目を浴びており、研究、産業界、行政府の垣根を越えて広まっている。米国が主導的ではあるが、EU でも大型研究として Horizon2020 とよばれる 7 年間のプロジェクトが立ち上げられている。データサイエンスに関連しているプロジェクトも、Big Data, IoT Platform, Data Analytics のキーワードを元に EU に加盟している各地域においてビッグデータ研究が推進されている⁶⁾。また、データサイエンティストの教育に関しても、すでに企業等で働いている人に向けて EU としての検討が European Data Science Academy²⁾ 等を中心に行われている。このカリキュラムはデータサイエンスを学びたい人に向けた要素技術の学びに焦点をあてており、従来の大学教育の枠組みとは異なり、データサイエンスに特化した形、特に現在のビッグデータに合わせた技術習得のコースが提供されている。また、Data Science の専門家を育てるためのカリキュラムの検討も積極的に行っており、EDISON プロジェクトとして ACM の CS カリキュラムをベースとした Data Science のカリキュラムの検討をおこなっている⁷⁾。

データサイエンスに関する教育は世界的に注目されているところではあるが、ACM Education Board の報告にもあるように、従来の要素技術、知識が複数の分野、数学、応用数学、情報科学、社会科学等にまたがり、また、実データを解析する分野（物理、地球科学、天文学、生物、医学等）により要求される知識レベルが異なる、あるいは、産業界で要求されるデータ解析実践力もまた異なっている。計算機科学、情報科学は多量のデジタルデータの生成、多様なコンテンツの管理、機械学習等のデータ解析処理、大規模データ処理、利活用プラットフォームの実装とデータサイエンス全体の基盤を支えている。

本報告では、いまだ流動的ともいえるデータサイエンスの学びの状況を、計算機科学、情報学の観点からまとめると共に、米国応用数学会の学部カリキュラムのガイドラインを詳細に報告する。また、米国応用数学会のデータサイエンス学部向けカリキュラムをベースに我が国におけるデータサイエンスカリキュラムの方向性についてまとめる。

2. 情報学の学びとデータサイエンス

ビッグデータを解析するという観点からデータサイエンスと情報学の学びの関連を検討したい。データサイエンスという言葉は 2011 年にマッキンゼーが Big Data レポートを出して以来、大きく取り上げられ、社会でデータ（コンテンツ）を利用するための専門家（データサイエンティスト）が米国において数十万人足りないとの報告もされている。



図1 データサイエンスと情報学のマッピング

データサイエンスは、データ解析をするために従来の統計処理等の数学的基礎に加え、情報学のなかでも、広い分野にまたがった知識と技術を必要とされる

分野である。図1はデータサイエンスと従来の情報学教育の関係を大まかに示したものである。以下、データキュレーション、データプロセッシング、データマネージメント、データ解析技術の四つの観点から必要となる知識、技術について簡単に示す。

まず、データキュレーションの観点からみると、データサイエンスは「データ」がその対象としてデータの存在が前提となっており、データを生み出す様々な分野、そのデータに関する分野の専門家との連携が必要不可欠である。また、対象となるデータも統計情報等の数値データからテキスト、写真や画像、音声、動画等、さらにはセンサーデバイスや科学データ等人間が記録する全てがデータサイエンスの対象となる。ビッグデータという言葉で表現されるように、データおよびそのデータ解析の結果は行政のサービスからビジネスの資産まで幅広く社会に還元されることが望まれ、価値判断も含め、利用する環境、分野の専門家の判断は欠かせない。また、個人活動に伴うデータ、企業活動のデータ、行政による統計データなどのコンテンツの種類、内容に合わせ、オープンデータに代表されるデータの共有技術やメタデータを利用するなどのデータ流通のための技術の理解も必要となる。

データ解析技術の観点からみた場合、統計解析に関する数学的基礎知識と統計解析技術の知識に加え、多種多様のデータコンテンツを処理するためのデータ前処理技術、多量のデータ解析を可能とする機械学習アルゴリズムおよび機械学習を利用した解析技術、さらに、データあるいはデータ解析結果の可視化技術などがあげられる。また、データ解析目的に合わせた適切なデータ解析技術の適用などの知識も必要となる。

データマネージメント技術に関しては、単なるデータの収集技術のみならず、各種データの生成元、利用対象などに適切な法制度の理解、データコンテンツの種類に適した収集技術、あるいは法制度も踏まえた上での収集と利用、さらには収集したデータの適切な管

理技術（データの永続的管理（データベースシステム）、セキュリティとプライバシー、プロヴィネンス、リネージュ）もデータサイエンスを行う上で必要な知識となる。単なるデータの形式のみならず、コンテンツとして対応が必要となる技術であり、蓄積と参照にとどまらないデータ管理への理解が必要となる。

データプロセッシング技術は、大容量あるいは多種多様なデータコンテンツに合わせた処理技術として大きくは二つの観点がある。一つはデータを処理するデータ解析基盤プラットフォームとしての情報技術として、大規模データに対応した分散処理技術、並列処理技術、あるいは大容量データ通信技術など計算機資源の適切な利用に関する知識である。一方、データ解析結果の利用という観点からは、データ解析技術で得られた結果としての、推定モデルや予測モデルを利用した情報システムの構築に関する知識が必要となる。いわゆるデータ利活用を目的としたシステムの実装技術は、従来のシステム構築技術に加え、データマネージメント、データキュレーション、データ解析技術と今までにあげた技術を統合する必要がある。

データサイエンスという言葉はまだ確固とした定義が定まっているわけではない。広義の意味では、ビッグデータという言葉に代表されるデータ収集、解析とその利用までが対象となると考えられる。その場合には、情報学との関連は、かなり広範囲にわたっていると考えられる。図1では、情報学の範疇ではないと思われる部分を薄い橙色の楕円で表している（収集されたデータに該当する分野の専門知識、データに関する法制度等）が、それ以外の部分をみるとほぼ情報学で学ぶべき範囲を網羅していると考えられる。

一方で、狭義の意味では、従来のデータ解析の範疇となると考えられる。狭義の意味ではデータ解析技術のみとすべきかと言えば、1990年代に着目を浴びた「データマイニング」では、すでにデータ解析技術に加え、大容量データの効率かつ高速な処理手法、あるいはデータベースシステムにおけるデータマイニング支援技術などが検討されていた。また、データの可視化やデジタルライブラリなどの技術も発展したという経緯を考えれば、データサイエンスは広義の意味で用いることが妥当と考えられる。

3. 米国におけるデータサイエンスのカリキュラムの動向

本節では、米国におけるデータサイエンスのカリキュラム動向として、ACM 教育委員会 (Education Board) の動向および NSF からのファンドによる策定された応用数学会のデータサイエンスカリキュラムについて報告する。

3.1. 協調によるデータサイエンス教育の強化について⁵⁾

2015年にはNSFからのファンドを得て、ACM Education委員会において情報学教育にお

けるデータサイエンス教育の強化に関する研究会が開催された。本報告では、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ている。

このレポート以降、ACM Education Board ではデータサイエンスに関するカリキュラムに関する報告を行っていないが、海外調査チームの報告によると2年後（2020年）までにデータサイエンスのカリキュラムをまとめるべく、引き続き検討されているとのことである。

3.2. 米国応用数学会による学部向けデータサイエンスカリキュラム・ガイドラインについて

2016年にはNSFからのファンドを得て、Park City Mathematical Institute（米国における数学教育のための研究所）およびプリンストン高等研究所にてデータサイエンスの学部カリキュラム・ガイドラインの検討がなされ、2017年に応用数学会からデータサイエンスの学部カリキュラム・ガイドラインとして公表されている。また、NSFでは副コース（second course）としてデータサイエンスを利用する専門分野の調査（応用物理、医学等）へのファンドを行っている。

このガイドラインは、Park City Mathematical Instituteとプリンストン高等研究所が中心となり、全米から25大学の計算機科学、統計学、数学分野に関連した教養学部および研究に関連する教員が参加し、策定された。その背景には、マッキンゼーのBig Dataレポート以降、世界中にてデータサイエンスへの関心が高まり、データサイエンスコミュニ

ティの大学リストによれば、データサイエンスに関するプログラムが 200 以上の大学（単科大学を含む）において 530 以上組まれている現状がある⁸⁾。

また、データサイエンティストの学部向けガイドラインを策定するにあたって、アメリカ数学会（MAA）のカリキュラムガイド⁹⁾、ACM の CS 学部向けガイドライン¹⁰⁾、アメリカ統計学会のカリキュラムガイド¹¹⁾が参照、利用されている。

本ガイドでは、データサイエンスとして学部（教養学部）向け主要科目として 10 コマの科目を上げるとともに、現状の CS、数学などの従来のカリキュラムにおいてもデータサイエンスとして学べる科目があること、協調することでデータサイエンスとして学ぶことも可能であるが、14 コマ以上を学ぶ必要あると推定している。本ガイドは新にデータサイエンスコースを立ち上げる、あるいは、従来からある数学、計算機科学、統計学のコースから統合する場合も想定した提案がされている。一方、実データを利用した学びの重要性を強調してはいるものの、実世界のデータという抽象的なレベルにとどまっている。

以下、本ガイドの内容について紹介する。

3.2.1. サイエンスとしてのデータサイエンス

データサイエンスの定義：社会応用として着目を浴びていることもあり、データサイエンスの定義はいまだ確定していないなか、このカリキュラムガイドでは統計 NSF 委員会（数学、物理分野で統計に関する委員会）の宣言「データサイエンスとは「データからのプランニング、獲得、管理、解析、推定の科学である」（NSF2014）に準じている。その上で、学部で学ぶデータサイエンスとはある世界を表現するにあたってデータ利用に重点を置いた工学（エンジニアリング）と同等の応用分野であると想定している。現在のところ、データサイエンスの理論基盤は統計、計算機科学、数学においてすでに確立された理論の一部から参照し、具体的な実世界とはそのデータが生み出された分野の視点からデータを解釈した結果から得られるものとする。また、学部のプログラムでは工学および計算機科学では一般的な事例ベースおよび実践によるアプローチを考えている。

データサイエンスの学際的側面：データサイエンスは本質的に学際的である。データを利用するためには、統計学、計算機科学、数学にまたがった多くの分野を含んだ多様なスキル、概念が要求される。データサイエンスはこの三分野の教育的コンテンツをブレンドしたものではなくてはならないが、決して三分野のインターセクションでも、あるいはこの三分野のスーパーセットでもないという点に気をつけねばならない。したがって、データサイエンスのカリキュラムはデータのコンテキストの観点でそれぞれの分野から必要とされる概念を適用しつつ、大幅にスリム化かつ拡張することが可能でなくてはならない。コースの統合にあたっては、データに焦点をあて、効率のよいデータサイエンスプログラム

としての基本的な特徴を踏まえ、結果として問題解決に向けての相乗効果が得られるようなものでなければならない。

このガイドでは、データサイエンスの学生が学ぶべきコアな知識および技術についてまとめる。理想的には、新たにデータサイエンスコースを作ること、データサイエンスによって生み出される効率的で相乗効果のある統合的なアプローチを提供できる。しかしながら新たなコースをすぐに準備することのできない研究機関においても、既存のコースによってデータサイエンスの主要な基本トピックはカバーすることが可能であると考えられる。そこで、今後の可能性をも見据えた統合的なカリキュラムのモデルを提案する。

核となるデータ：知識発見サイクル (recursive data cycle)、すなわち、データの収集、整形、整理、管理、データの処理、探索、問題の定義、解析の実施、結果の評価にいたる一連のデータ解析を繰り返すこと、はデータサイエンス実験（経験）の核となる。したがって、学部学生は実際的な研究課題の下に、この知識発見サイクルの全てのステップを実際に実行しながら理解しなくてはならない。データを用いた実践 (Data experiences) は初級コースからより高度な科目にいたるまで全てのコースにおいて中心的な役割を果たす。またこの実践には多様なデータソースからの生データの取得やデータ解析のためのデータクレンジングが含まれていることが望ましい。また、データプロヴィナンスのトピックでいかにデータから結論を導いたかの過程を含むことが望ましい。データサイエンスは必然的に経験ベースの学び、すなわち、実践的な技法であり開発されたスキルである。データサイエンスの学生は基本的なアルゴリズムやモデルの理解を補うために、プロジェクトベースな実データを用いた実社会のアプリケーションの実装などが必要となる。

解析的考え方（計算的アプローチと統計的アプローチの融合）：従来三分野においてアルゴリズム的モデルとデータモデル（あるいは、推測モデルと推論モデル）の二つの文化がある。データサイエンスでは、問題解決において、いずれかの手法にのみ重きをおくのではなく、双方のアプローチを統合、利用するような機会を提供しなくてはならない。また、二つの考え方を分けて教えることはせず、バランスをとった形で効果的かつ効率的に教えることが望ましい。

数学的基礎：データサイエンスでは、実世界を表すためのモデルを構築するが、これらのモデル表現を行うために、データサイエンティストは確固とした数学的基礎が必要である。しかしながら、従来の数学カリキュラムではしばしば抽象的な数学とデータに関連する実世界問題との橋渡し部分にずれが生じている。そこで、学部レベルの学びとして、データサイエンスに必要な基本的な数学の概念を教える新たなアプローチを提案したい。そのためには、従来の定理、導出、証明を中心とした数学のカリキュラムをスリム化し、特に実世界を解決するために必要となる概念の紹介を通して、数学的なツールの開発への動

機付けを行うモデル、前述の計算的アプローチと統計的アプローチ双方に向けて、を提案したい。例えば、行列計算は線形システムの解決として学び、導出は最適化や感度の高い解析の解決として学び、積分は確率的なアプリケーションの解決の解決として学ぶ。

柔軟性：また、データサイエンスでは、学生に今現在存在しないかもしれない新しい技術、手法について学ぶ準備をさせなければならない。データサイエンスの学生は現在から大きくかけ離れた働き方をしなければならない可能性が高い。データサイエンスでは全てのレベルで変化と進化が非常に速い。このような状況において、データサイエンスコースでは、数学、計算機科学、統計学の核となる基礎を注意深く選ばなくてはならない。

3.2.2. データサイエンスにおけるキーコンピテンシーと特性

本ガイドでは、データサイエンスにおけるキーコンピテンシーとして、以下の6つのコンピテンシーと挙げている。

- ・ 解析的思考方（計算的および統計的思考方）
- ・ 数学的基礎
- ・ モデル構築と評価
- ・ アルゴリズムとソフトウェア基礎
- ・ データキュレーション
- ・ 知識伝達—コミュニケーションと責任

解析的思考方：データサイエンスはデータから得られた結果に基づく実験的環境において問題解決のアプローチが有効であるかどうか検討することで成り立っている。このアプローチは統計学、計算機科学、数学の思考が合成されたものである。

- － 統計スキル：データを通して世界を理解する力が求められる。そのために、データサイエンスの学生は基本的な統計理論を理解が求められている。学生はデータに関する解析、収集、モデル、推論等の過程において基本的な統計概念を理解していることが望ましい。
- － 計算機科学スキル：データを扱うためには、幅広い計算機スキルが必要となる。データサイエンスを学ぶ学生は職場や研究においてデータを扱うための準備が必要である。例えば、データベースのアクセス、構築、ウェブからのデータ獲得、データ内のテキスト処理、そしてデータの安全性、秘匿性に至るまで全ての計算機スキルが求められている。つまり、データサイエンスでは単なるプログラムが書けるというレベルではなく、計算機科学者としての思考が求められる。データサイエンスを学んだ者は、計算機科学の知識をもとにあるアルゴリズムや計算問題を解決できる多く

のソフトウェアスキルが必要である。また、データサイエンティストとしてのキャリアを考えた場合、専門的な統計解析に関するソフトウェアパッケージを含む広範なソフトウェアパッケージの利用と理解が求められる。

- 統合スキル：データサイエンスの学部学生は計算機科学スキルと統計学スキルを数学的基礎の上で統合する力を持たなくてはならない。つまり、いかなる課題においても立ち向かえる幅広く異なるスキルと問題解決アプローチを持ち、与えられた課題に対して適切なスキル、アプローチを適用できる力が必要となる。さらに、変化の激しいデータサイエンスと計算機技術のもと、新たな技術を学ぶ力が必要となる

数学的基礎：データサイエンスの学生は数学モデルを選び、問題に合わせ、使うことを学ぶことが推奨される。データ駆動の問題はしばしば雑然として不正確であり、数学理論を適用するにはある程度の数学スキルが必要となる。学生は関連するアルゴリズムの最適化や収束と共に統計や機械学習の汎用モデルの典型的な構造を理解していなければならない。これらのツールは微積分、線形代数、確率理論、離散数学を学ぶことが必要となるが、今回のガイドラインでは新たなコースのなかに関係する内容を埋め込むことで学生が十分に学べるように配慮する。

モデル構築と評価：モデルの構築には、informal modeling と formal modeling がある。informal modeling では、これからのモデル構築のための理解と最終的なモデルへの理論基盤の検討に用いられる。また、データ可視化ツールの利用が求められ、モデルの弱点などを他者と議論しなくてはならない。formal modeling では評価可能な統計モデルあるいは機械学習によるモデルを構築し、評価しなくてはならない。

アルゴリズムとソフトウェアの基礎：データサイエンスを学んだ学生は、問題解決にあたってアルゴリズムを利用した問題解決スキルを適用できなくてはならない。このスキルには、問題への要求を明らかな形で定義できる、問題を分解できる、適切なアルトリズミックな解決手段へ向かうための効率のよい戦略の利用、適切な高級言語を用いたプログラミングを通しての解の実装等、が含まれる。また、実行性能の効率化やソフトウェアの構成、利用したライブラリやパッケージへの理解も必要である。また、ドキュメンテーションによるよい事例の利用、構築したソフトウェアの適切なメンテナンスツールなども利用しなくてはならない。

データキュレーション：データキュレーションとは、課題解決の全てのプロセスにおいて適切なデータ管理を行うことである。大きくは Data Preparation と Data management に分けられる。

知識伝達：データは空の中には存在せず、必ず特定の文脈の元に生じる。この特定の文脈における知識がデータの解析に必須であり、データサイエンスの学部学生は統計学、計

算機科学、数学の外で経験を積まねばならない。つまり、データサイエンスのカリキュラムではデータによる発見の学びを物理学、生命科学、ビジネス、社会科学、人間学や芸術等の他コースから得ることが望ましい。また、この学びにおいては、他分野の人とのコミュニケーション、倫理性と生産可能性について学ぶことが重要である。

3.3. データサイエンスにおけるカリキュラムコンテンツ

上記にて必要とあげられているスキルおよび知識を学ぶための科目として、6の主要課題分野があげられ、データサイエンスカリキュラムとして10科目のコンテンツ概要が提案されている。以下に詳細に紹介すると共に、学びに関する実施順を図2に示す。

データサイエンスの6つの主要課題分野

- ・データデスクリプションとキュレーション
- ・数学的基礎
- ・計算的思考
- ・統計的思考
- ・データモデリング
- ・コミュニケーション、生産可能性と倫理

データサイエンスカリキュラムの概要

1) データサイエンス入門

- ・データサイエンス入門Ⅰ
- ・データサイエンス入門Ⅱ

前期にはデータサイエンスの学生は最初にデータの扱いに関する高級言語を学び、データ探索、可視化、問題設定ができるようになる。後期では、さらにアルゴリズム的な言語を学び、前期に学んだ高級言語の背景にある考え方と構造を学ぶ。

ー高級言語入門

ーデータの探索と扱い方

ー関数と基本的なコーディング

ーモデリング入門 決定的および確率的

ープロジェクトとコード管理の概念

ーデータベース

ーデータ収集および統計的推論入門

2) 数学的基礎

- データサイエンスのための数学Ⅰ
- データサイエンスのための数学Ⅱ

数学的基礎では従来の数学理論と証明の学びよりは実世界と数学理論を結び付ける力を養う。データサイエンスでは数学的モデルの価値を理解すると共にその限界も学ぶ。また、数学的訓練を通して幾何学的、直感的、あるいは視覚的な思考方法を学ぶ。また、2学期のコースにしているが、学生はすでに微積分Ⅰに関しては理解していることを前提としている。

- ー 数学的構造（例 関数、集合、関係、ロジック）
- ー 線形モデルと行列計算（例 行列代数と行列因子分解、固有値と固有ベクトル、射影と最小二乗法）
- ー 最適化（微積分と微分関数）
- ー 多変量解析（大変量微分と積分の数値計算の概念）
- ー 確率的思考とモデリング

3) 計算的思考

- アルゴリズムとソフトウェアの基礎
 - ー アルゴリズムデザイン
 - ー プログラミングコンセプトとデータ構造
 - ー ツールと環境
 - ー ビッグデータに向けたスケーリング
- データキュレーション - データベースとデータ管理
 - ー データ管理の基本
 - ー 関係データベース
 - ー Non-SQL データベース
 - ー クレンジング、可視化、変換

4) 統計的思考

- 統計モデル入門

- ーデータ解析アプローチとグラフデータ解析モデル
- ー推定とテスト
- ーシミュレーションと再サンプリング
- ーモデル入門
- ーモデル選択と性能
- ・統計と機械学習
 - ー回帰と分類の選択
 - ーアルリズミックモデルにおけるスケーラビリティと実装
 - ー性能指標、予測と交差検定
 - ーデータ変換
 - ー教師有学習と教師無学習
 - ーアンサンブル手法

5) 他学科との連携コース

6) 終了コース

終了コースでは学生にとって科学的な問いをデータから見た文脈で与え、実際の解析を行わせ、得られた解析結果を他者に伝えるという課題をあたえる。

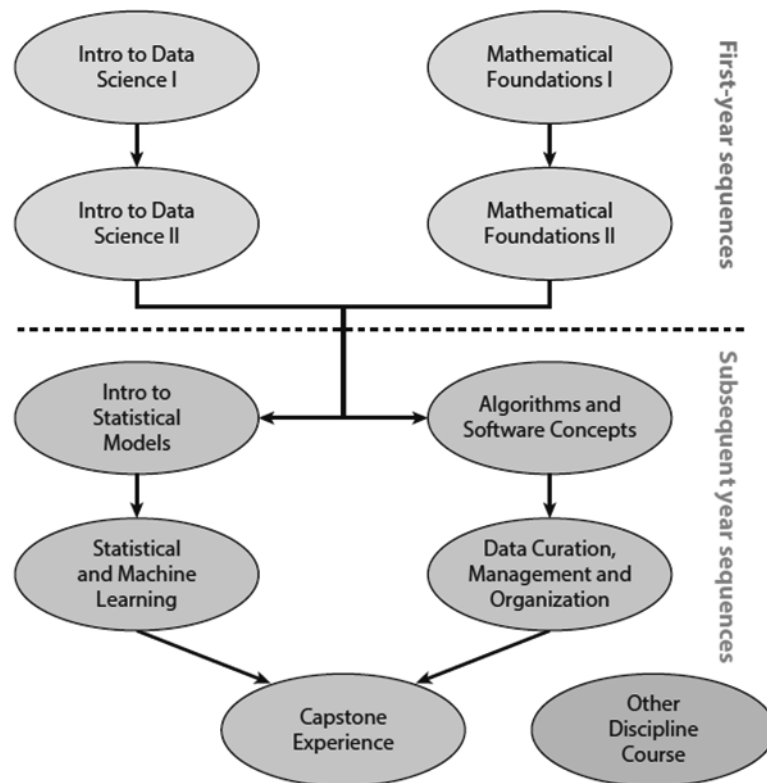


図2 データサイエンスカリキュラムの実施順番案

4. 我が国のデータサイエンスカリキュラムに関する提言

本報告では、情報学におけるデータサイエンスカリキュラムの動向について、米国の調査結果をまとめた。残念ながら、ACM におけるデータサイエンスカリキュラム案が具体的にまとまっておらず、情報学の学びにおけるデータサイエンスの位置づけに関しては、データサイエンスの知識の位置づけを概要図（図1）としてまとめるにとどまった。

米国応用数学会のデータサイエンスカリキュラムを簡単に紹介した。データサイエンスに対する知識背景の概要などは非常によくまとまっているおり、新たにデータサイエンス学部等を立ち上げる際には参考にできる内容である。一方で、米国の学問分野という事情により、数学、統計学、計算機科学の3分野にある意味、公平にまたがった形で記述されており、日本の情報学のカリキュラムに現状ではそのまま適応するには至らないと考える。情報学の観点からは、データキュレーションに関する学びなど現在の機械学習の動向を踏まえた様々なコンテンツ処理技術なども重要な要素になると考えられる。また、数学的基礎に関してはすでに微積分を学んでいると仮定されているが、統計、確率の基礎に関

しては新たに学ぶ形で導入されている。日本では高校教育でデータ分析として確率、データの分散、相関関係などが導入されているが、大学に入ってから統計学の学びは教養として組み込まれている範囲が理学部、工学部あるいは他の学部により大きく異なっている。したがって、統計基礎あるいは確率論基礎の扱いについては引き続き検討しなければならない。応用数学会で強調されているように、従来の数学の学びに新たに実社会応用からの観点を取り入れるための検討は我が国においても有用であると考えられる。

2年後にACMからデータサイエンスに関する情報カリキュラムが提案される予定である。新たな情報を収集し、我が国の情報学として、最先端の技術に追随することが可能な学生の育成を検討したい。

参考文献

- 1) McKinsey Global Institute: Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity |
http://www.mckinsey.com/Insights/MGI/Research/Technology_and_Innovation/Big_data_The_next_frontier_for_innovation
- 2) European Data Science Academy
<http://edsa-project.eu/>
- 3) 統計数理研究所：データサイエンティスト育成ネットワーク
<http://www.ism.ac.jp/shikoin/training/dstn/pdf/H27DSTN.pdf>
- 4) Curriculum Guidelines for Undergraduate Programs in Data Science
<https://www.amstat.org/asa/files/pdfs/EDU-DataScienceGuidelines.pdf>
- 5) Workshop on Strengthening Data Science Education Through Collaboration
http://www.computingportal.org/sites/default/files/DataScienceReportDraft5-29-2016_0.pdf
- 6) Horizon2020: ICT and Innovation
<https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/area/ict-research-innovation>
- 7) EDISON Project
<http://edison-project.eu/>
- 8) Data Science Community: Colleges list
<http://datascience.community/colleges>
- 9) 2015 CUPM Curriculum Guide to Majors in the Mathematical Sciences (MAA 2015):
http://www.maa.org/sites/default/files/pdf/CUPM/pdf/CUPMguide_print.pdf

- 1 0) Computer Science Curricula 2013: Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Computer Science (ACM/IEEE 2013):
<https://www.acm.org/education/CS2013-final-report.pdf>
- 1 1) Curriculum Guidelines for Undergraduate Programs in Statistical Science (ASA 2014b):
<http://www.amstat.org/education/pdfs/guidelines2014-11-15.pdf>

情報学を専門とする学科対象の
教育カリキュラム標準の策定及び提言
教育認定（AC）

情報学を専門とする学科対象の
教育カリキュラム標準の策定及び提言

教育認定(AC)

目次

1. はじめに	1
2. 認定基準	1
3. 米国および韓国の基準との比較	10
4. J17の各分野の教育水準	12
5. おわりに	33

WG 構成

主査	佐渡一広	群馬大学	笥 捷彦	情報科学国際交流財団
副主催	掛下哲郎	佐賀大学	旭 寛治	
	冨樫 敦	宮城大学	鈴木 貢	島根大学
	高岡詠子	上智大学	美馬のゆり	公立はこだて未来大学
	萩谷昌己	東京大学	阿草清滋	京都大学
	井上克郎	大阪大学	石川 洋	新潟国際情報大学
	位野木万里	工学院大学	大岩 元	協創型情報空間研究所
	大谷 真		大場みち子	公立はこだて未来大学
	甲斐宗徳	成蹊大学	角田博保	
	神沼靖子		河合和久	豊橋技術科学大学
	河野浩之	南山大学	児玉公信	情報システム総研
	酒井三四郎	静岡大学	嶋田弘僧	富士通
	高橋 寛	愛媛大学	田名部元成	横浜国立大学
	玉井哲雄	法政大学	垂水浩幸	香川大学
	中谷多哉子	放送大学	中山泰一	電気通信大学
	西園敏弘	日本大学	西野浩明	大分大学
	萩原兼一	大阪大学	疋田輝雄	明治大学
	深海 悟	大阪工業大学	松永賢次	専修大学
	和田幸一	法政大学	安田 晃	特定非営利活動法人
	渡辺 治	東京工業大学		I T プロ技術者機構

1. はじめに

カリキュラム標準の一つの目的は、ア krediteーションにおける標準となる教育内容を示すことである。このため、日本技術者教育認定機構（JABEE）¹が定める認定基準とカリキュラム標準が以下の事項の関係が必要である。

1. 認定基準が求める専門教育の要件が、カリキュラム標準に含まれていること。（コアカリキュラムの設定）
2. カリキュラム標準から大きく外れた教育内容では、認定が難しいこと。（分野の限定）
3. 教育プログラムが、カリキュラム標準が求める教育内容を示せば、認定基準を満たすことが容易に示せること。

今回、JABEE は認定基準の改定作業を進めていることから、カリキュラム標準や米国、韓国における認定基準も含めて、情報専門系における認定基準の修正案を作成した。その上で、J17 で定めるカリキュラム標準と JABEE の認定基準の整合性をはかった。

2. 認定基準とカリキュラム標準

JABEE の定める認定基準²のうち、カリキュラムに関係するものは表 1 に示す、基準 1.2 および基準 2.1 である。

表1: 情報専門系の勘案事項

基準1.2【学習・教育到達目標の設定と公開・周知】

プログラムは、プログラム修了生全員がプログラム修了時に確実に身につけておくべき知識・能力として学習・教育到達目標を定め、公開し、かつ、プログラムに関わる教員及び学生に周知していること。この学習・教育到達目標は、自立した技術者像（認定基準1.1）への標となっており、下記の知識・能力観点(a)～(i)を水準を含めて具体化したものを含み、かつ、これら知識・能力観点に関して個別基準に定める事項が考慮されていること。

(a) 地球的視点から多面的に物事を考える能力とその素養

(b) 技術が社会や自然に及ぼす影響や効果、及び技術者の社会に対する貢献と責任に関

¹ <https://jabee.org>

² https://jabee.org/accreditation/basis/accreditation_criteria_doc

する理解 (c) 数学、自然科学及び情報技術に関する知識とそれらを応用する能力 (d) 当該分野において必要とされる専門的知識とそれらを応用する能力 (e) 種々の科学、技術及び情報を活用して社会の要求を解決するためのデザイン能力(f) 論理的な記述力、口頭発表力、討議等のコミュニケーション能力 (g) 自主的、継続的に学習する能力 (h) 与えられた制約の下で計画的に仕事を進め、まとめる能力 (i) チームで仕事をするための能力
基準2.1【カリキュラム・ポリシーに基づく教育課程、科目の設計と開示】 プログラムは、公開されている教育課程編成・実施の方針(カリキュラム・ポリシー)に基づく教育課程(カリキュラム)において、各学習・教育到達目標に関する達成度評価の方法及び基準、ならびに、科目ごとの学習・教育到達目標との対応、学習・教育内容、到達目標、評価方法、及び評価基準、を定め、授業計画書(シラバス)等によりプログラムに関わる教員及び学生に開示していること。なお、教育内容に関する必須事項を、必要に応じて個別基準で定める。

さらに、基準1.2の内、専門教育のカリキュラムに直接関係するものは(c)と(d)である。(c)は専門教育に関係してはいるが、J17では一部しか対象としていない部分である。このため、(d)はJ17でさだめるカリキュラム標準そのものにあたるので、(d)を中心に考える。

基準1.2では授業内容ではなく、学習・教育到達目標であり、カリキュラム標準で求めているアウトカムズを基にするものである。基準2.1でもとめるカリキュラムの内容は、アウトカムズ等は重視せず、教育の内容に関するものである。

2.1. 個別基準と勘案事項

現在 JABEE では、エンジニアリング系学士課程、エンジニアリング系修士課程、情報専門系学士課程、情報専門系修士課程、建築系学士修士課程の5つの課程を定めている。各課程には、1つ以上の分野が属している。その上で、認定基準に附属して、各課程における要件の違いを取り入れるため、個別基準と勘案事項を設けている。これらは、課程ごとに定めている。さらに、それらの課程に含まれる分野ごとに、分野別要件として必要な事項を定めている。表2に情報専門系学士課程（以下 JCAC と記す）の勘案事項を示す。

表 2: 情報専門系の勘案事項

基準番号	勘案事項
基準 1.2(a)	「(a) 地球的視点から多面的に物事を考える能力とその素養」に関して、以下の観点を考慮して学習・教育到達目標が設定されていること。 ・ 人類のさまざまな文化、社会と自然に関する知識 ・ それに基づいて、適切に行動する能力
基準 1.2(b)	「(b) 技術が社会や自然に及ぼす影響や効果、及び技術者が社会に対して負っている責任に関する理解」に関して、以下の観点を考慮して学習・教育到達目標が設定されていること。 ・ 当該分野の技術が公共の福祉に与える影響の理解 ・ 当該分野の技術が、環境保全と社会の持続ある発展にどのように関与するかの理解 ・ 技術者が持つべき倫理の理解 ・ 情報セキュリティに対する責任の理解 ・ 上記の理解に基づいて行動する能力
基準 1.2(c)	「(c) 数学及び自然科学に関する知識とそれらを応用する能力」に関して、以下の観点を考慮して学習・教育到達目標が設定されていること。 ・ 当該分野で必要な数学（離散数学及び確率・統計を含む）及び自然科学に関する知識 ・ 上記の知識を組み合わせることも含めた応用能力
基準 1.2(d)	「(d) 当該分野において必要とされる専門的知識とそれらを応用する能力」に関して、以下の観点を考慮して学習・教育到達目標が設定されていること。 ・ 当該分野において必要とされる専門的知識 ・ 上記の知識を組み合わせることも含めた応用能力 ・ 当該分野において必要とされるハードウェア・ソフトウェアを利用する能力 ・ 適切な技法及びツールを選択し、必要があれば作り出して、複合的な情報処理に適用する能力 ・ 情報セキュリティに関する基礎的な知識と応用能力
基準 1.2(e)	「(e) 種々の科学、技術及び情報を活用して社会の要求を解決するためのデザイン能力」に関して、以下の観点を考慮して学習・教育到達目標

	が設定されていること。 ・ 解決すべき問題を認識する能力 ・ 公共の福祉、環境保全、経済性などの考慮すべき制約条件を特定する能力 ・ 問題を分析し、モデル化を行い、その解決に必要な情報処理上の要件を抽出し定義する能力 ・ 与えられた要求に対して、各種制約の下でコンピュータを用いたシステム、プロセス、コンポーネント又はプログラムをデザインし、実装し、評価できる能力
基準 1.2(f)	「(f) 論理的な記述力、口頭発表力、討議等のコミュニケーション能力」に関して、以下の観点を考慮して学習・教育到達目標が設定されていること。 ・ 情報や意見を他者に伝える能力 ・ 他者の発信した情報や意見を理解する能力 ・ 英語等の外国語を用いて、情報や意見をやり取りするための能力
基準 1.2(g)	「(g) 自主的、継続的に学習する能力」に関して、以下の観点を考慮して学習・教育到達目標が設定されていること。 ・ 将来にわたり技術者として活躍していくための継続的研鑽の必要性の理解 ・ 必要な情報や知識を獲得する能力
基準 1.2(h)	「(h) 与えられた制約の下で計画的に仕事を進め、まとめる能力」に関して、以下の観点を考慮して学習・教育到達目標が設定されていること。 ・ 時間、費用を含む与えられた制約下で計画的に仕事を進める能力 ・ 計画の進捗を把握し、必要に応じて計画を修正する能力
基準 1.2(i)	「(i) チームで仕事をするための能力」に関して、以下の観点を考慮して学習・教育到達目標が設定されていること。 ・ 他者と協働する際に、自己のなすべき行動を的確に判断し、実行する能力 ・ 他者と協働する際に、他者のとるべき行動を判断し、適切に働きかける能力

表 2 の中で、下線の部分がエンジニアリング系学士課程と異なっている箇所である。このようになっているのは、欧米においてエンジニアは現実のものの構築を基本としているのに対して、情報専門系ではソフトウェアを中心としているため、別のものとして扱われているからである。³

J17 が対象としているものは、JABEE では JCAC に含まれる 3 分野 (CS、IS、IT)、およびエンジニアリング系学士課程の 1 分野 (電子情報通信・コンピュータ及び関連の工学分野) である。SE と CE は後者に 2 つとも含まれることになっている。JCAC にはこのほか、新しい分野や複合融合的な分野のために、「情報一般」という分野を設けているが、J17 ではこの分野のカリキュラムは示していない。

表 2 の基準 1.2(d) のうち、「当該分野において必要とされるハードウェア・ソフトウェアを利用する能力」と「適切な技法及びツールを選択し、必要があれば作り出して、複合的な情報処理に適用する能力」については、専門分野の教育全般と必要な演習・実習・実験等によって身につけるものであり、J17 では明確に含まれているものではないが、それぞれの分野のアウトカムズには含まれているものである。

次に、「情報セキュリティに関する基礎的な知識と応用能力」は、CS 分野では IAS に、IS 分野では多くのラーニングユニットに含まれており、IT 分野では ITE-CSP で全体的に扱っているほか、ITE-IST、ITE-NET、ITE-WMS 等においても触れている。このため、情報セキュリティに関しては、カリキュラム標準では十分に満たされていると判断できる。なお、基準 1.2(b) に示している「情報セキュリティに対する責任の理解」については、技術者倫理に関するものとしての位置づけであるが、各分野のセキュリティ関係の教育内容の他、各分野では「プロフェッショナルとしての社会的責任」(CS の SP や IT の ITE-GPP) あるいはこれに類する BOK が定められている。

2.2. CS 分野の分野要件

CS 分野の特徴としては、基礎理論を基本としていることである。このため、分野別要件として表 3 のように、理論的、数学的な基礎を求めている。J17 の CS 分野の BOK でも、表 3 に記載されている項目は、数学以外は全て含まれている。また、BOK でも理論的な内容を重視するように構成されている。

規準 1.2(c) については、BOK では全てをカバーしていないが、平均的な理工系の学科であれば、解析学、線形代数、物理学、化学などが学習されており、その上で離散数学や統計学を含めれば満たす。

³ 両者を統合する動きもある。

表 3: CS 分野の分野別要件

基準	分野別要件	カリキュラム標準
基準 1.2(d)	当該分野の『専門的知識とそれらを応用する能力』（水準を含む）として、以下が考慮されていること。 ・ コンピュータを用いたシステムのモデル化及び設計に、アルゴリズムの諸原理と計算量、プログラミング言語の諸概念、及びコンピュータ科学の諸理論を応用する能力 ・ 様々な複雑性を有するソフトウェアシステムの構築に、設計や開発の諸原理を応用する能力	AL、DS、PL
基準 2.1	当該分野にふさわしい『数学、自然科学及び科学技術に関する内容』として、以下が考慮されていること。 ・ 「コンピュータアーキテクチャ、情報管理、ネットワークと通信、オペレーティングシステム、並列・分散処理、知的システム」のうち3つ以上の知識 ・ 一つ以上のプログラミング言語に対する深い知識と活用 ・ コンピュータ科学に必要な十分な数学の知識と応用	AR、IM、NC、OS、PD、IS PL DS

2.3. IS 分野の分野要件

IS 分野の特長は、情報システムの管理、活用であり、このために必要な知識や能力が求められる。システムを構築する能力は重視していない。改定案では、カリキュラムに「量的、質的なデータの収集と分析」に関するものを取り入れることを求め、情報を分析して活用するための学習を求めている。一つにはデータサイエンスの活用である。

表 4: IS 分野の分野別要件

基準	分野別要件	カリキュラム標準
基準 1.2(d)	当該分野の『専門的知識とそれらを応用する能力』（水準を含む）として、以下が考慮されていること。 ・組織と社会の活動に関わる情報システムの企画・計画・構築・運用・評価のプロセスを理解し、与えられた環境下で費用対便益を考慮して問題解決を実施する能力	
基準 2.1	当該分野にふさわしい『数学、自然科学及び科学技術に関する内容』として、以下が考慮されていること。 ・量的、質的なデータの収集と分析	

2.4. IT・CSec 分野の分野要件

IT・CSec分野は、IT分野とCSec分野を合わせて、いずれかのカリキュラムに適合することを求めている。IT分野は、現在のインターネット、クラウドといった技術を含めた情報システムの設計から構築そして運用をするための技術的知識と能力を求めている。CS分野が求めるコンピュータ科学の理論的側面は求めず、実際の業務に活用できる知識と技術を求めている。表5に記載されている、インフォメーションテクノロジーに関する項目は、J17のIT分野のカリキュラムがそのまま適用できるようになっている。

サイバーセキュリティの分野は、これまで独立した学科のようなものを考慮しておらず、CSやIT分野でセキュリティ教育を強化することで対処していた。しかし、近年、セキュリティ対策として社会や組織あるいは人間の特性などを含めて考える必要があるため、セキュリティを中心とした教育プログラムが誕生している。このため、IT分野と合わせて、サイバーセキュリティ分野を認定できる仕組みを取り入れる。

なお、これまでもIT分野では他の分野より多くのセキュリティに対する知識と能力を求めるBOK が設定されていることから、当面の間ITとサイバーセキュリティを合わせて一つの分野としておくことは問題ないと考えている。

表 5: IT 分野の分野別要件

基準	分野別要件	カリキュラム標準
基準 1.2(d)	当該分野の『専門的知識とそれらを応用する能力』（水準を含む）として、以下のいずれかが考慮されていること。 （1）インフォメーションテクノロジーに関する知識と能力 ・ユーザニーズを正確に確認し、システムを構築し、出来上がった情報システムを、ユーザ環境との適合性を認識し、運用・管理して行く能力 （2）サイバーセキュリティに関する知識と能力 ・セキュリティの原理と実践を環境、ハードウェア、ソフトウェアおよび人間的側面でシステムに適用できる能力。 ・リスクと脅威の存在を認識してシステムを運用していくことについて、分析と評価ができる能力	ITE-SPA、ITE-IST、ITE-IMA、ITE-UXD
基準 2.1	当該分野にふさわしい『数学、自然科学及び科学技術に関する内容』として、以下のいずれかが考慮されていること。 （1）インフォメーションテクノロジーに関する知識 ・インフォメーションテクノロジーの基礎としてのユーザインタフェース、情報管理、プログラミング、ウェブシステムと技術、ネットワークに関する知識 （2）サイバーセキュリティに関する知識 ・機密性、完全性、可用性、リスク、敵対者の概念を横断的に適用する知識 ・データセキュリティ、ソフトウェアセキュリティ、システムセキュリティ、ヒューマンセキュリティ、組織のセキュリティ、社会のセキュリティに関する知識	ITE-UXD、ITE-IMA、ITE-SWF、ITE-ITS、ITE-WMS、ITE-NET

	・サイバーセキュリティに必要な情報学の知識	
--	-----------------------	--

2.5. SE および CE 分野の分野要件

現在の JABEE では、SE および CE は電子情報通信・コンピュータ工学としてまとめられており、電子工学や通信工学と合わせて一つの分野として扱われている。このため、特に SE においては適切な要件となっていない。CE については表 6 に示す分野要件が定められている。

表 6: 電子情報通信・コンピュータ工学分野の分野要件

基準	分野別要件	カリキュラム標準
基準 2.1	当該分野にふさわしい『数学、自然科学及び科学技術に関する内容』として、以下が考慮されていること。 (1) 電子情報通信に関する工学教育プログラムにおいては、回路理論、情報理論、通信理論などの知識とそれを組み合わせた応用能力 (2) コンピュータ、ソフトウェア、情報等に関する工学教育プログラムにおいては、論理回路、情報理論、データ構造などの知識とそれを組み合わせた応用能力 (3) プログラムの学習・教育到達目標に適合するハードウェア、ソフトウェア、又はその両方で構成される複雑なシステムに必要な知識 (4) プログラムの学習・教育到達目標に適合するハードウェア及びソフトウェアに関する実験を計画・遂行し、データを正確に取得・解析し、工学的に考察し、かつ説明する能力	

3. 米国および韓国の基準との比較

3.1. 米国 ABET の基準との比較

JABEE はもともと米国の Engineer 教育の認定団体である ABET のやり方を踏襲しているため、基準もかなり ABET のものに近い。今回の JABEE の情報専門系の個別基準の改定を検討しているのは、ABET が頻繁に基準を改定していることにより、違いが出てきていることが一つの理由である。ABET では、エンジニアリング系の教育プログラムは EAC、情報専門系の教育プログラムは CAC として区別され、異なった基準をもとに審査をしている。ABET における分野は以下のようになっている⁴。

1. CAC に含まれる分野は、CS、IS、IT、GC0 の 4 分野である。GC0 は General Criteria Only の略で、JABEE の情報一般分野に相当する。CS、IS、IT のいずれの分野にも属さないが、広い意味での情報技術を基本とした情報専門系に属する教育プログラムの認定を行っている。現時点では、セキュリティ系の学科やネットワーク技術系の学科のように、まだ分野が定められていないが、今後増える可能性のある教育内容の教育プログラムが中心である。
2. CE と SE はエンジニアリング系として EAC に属している。また、CE は電気・電子分野と実質融合した審査体制で、認定されると電気・電子あるいは CE に分類されるという形態になっている。
3. ABET では、名称によって分野を定めることが基本になっている。このため、CAC では「Engineering」という語を含まない。Computer Science and Engineering のような名称の場合は、CAC と EAC 双方で審査を受け、認定される必要がある。名称を基本としているため、SE が EAC に含まれている。

ABET の CAC は 2018 年度から暫定で大きく変更した基準を適用することになっている⁵。EAC には大きな変更点はない。CAC の認定基準の大きな変更点は以下である。

1. セキュリティ教育の強化。「Secure Computing」に関する教育を必須としている。
2. CAC 共通の要件を簡素化し、必要があれば各分野でさだめるようにしている。
3. サイバーセキュリティ分野の新設。ただし、2018 年度は暫定の基準となっている。

JCAC としても、CAC が行っている改正には重要な意味があることを考慮し、サイバーセキュリティの教育を必須とする予定である。

⁴ <http://www.abet.org/accreditation/accreditation-criteria/>

⁵ <http://www.abet.org/wp-content/uploads/2018/02/C001-18-19-CAC-Criteria-Version-2.0-updated-02-12-18.pdf>

JCAC でサイバーセキュリティ分野の認定が可能なようにするため、IT 分野と合わせ、IT またはサイバーセキュリティのいずれかを満たせばよいものとして認定ができるようにする予定である。このため、JABEE の情報専門系と ABET の CAC においては、大きな違いは無くなっている。

小さな違いとしては、以下の事項がある。

1. ABET は CAC としては統計学を必修とはせず、CS と IS で統計学を必修としている。JCAC では、全分野で統計学を必修としている。
2. サイバーセキュリティを、CAC ではカリキュラムの要件としているが、JCAC では、学習・教育到達目標に含めるべきものとして定めた。また、CAC では、情報倫理としてのセキュリティをはずしたが、JABEE の情報専門系はそのまま残すこととした。
3. その他、用語等からんで多少の違いがあるが、大きな差はないように配慮している。

3.2. 韓国 ABEEK の基準との比較

韓国 ABEEK は、分野の要件がハングルでしか公開されていないため、機械翻訳によって確認をした。基本的に JABEE、ABET、ABEEK は類似の形態と審査基準を設定しており、大きな違いはない。基本的な違いは分野の考えで、以下のようになっている。

1. CE 分野を明確にエンジニアリング系として設けている。しかし、SE 分野は設けていない。
2. 情報専門系として、マルチメディアとセキュリティの2分野を設けており、すでに複数のプログラムの認定を行っている。
3. IT 分野は設けているが、JABEE と同様認定はまだない。

ABEEK の情報専門系の基準のうち、プログラムアウトカムで専門科目に関係する部分を抜粋して示す。

1. an ability to apply knowledge of mathematics, basic sciences, liberal arts, computing and information technology to the solution of computing problems
2. an ability to verify theories or algorithms through formulae or program coding
3. an ability to define and model computing problems
4. an ability to apply latest information, research-based knowledge and

appropriate tools including programming languages to the solution of computing problems

5. an ability to design hardware or software systems to meet user requirements within realistic constraints
6. an ability to contribute to project team output in the solution of computing problems
8. an ability to understand the impact of computing solutions in the context of health and safety、
9. economics、 society and environment
10. an ability to understand the impact of computing solutions in the context of health and safety、 economics、 society and environment

ABEEK では、カリキュラムに関しては単位数関係以外の記載がなく、専門科目についてはプログラムアウトカムに JABEE や ABET よりも詳細に記載されている。ただし、JABEE や ABNET との実質的な違いは少ない。

次に、CS 分野の要件のうち、カリキュラムに関係する部分を要約すると、以下のようになっている。

1. 離散数学
2. コンピュータハードウェアの動作原理、コンピュータソフトウェアの基礎理論およびプログラミング技術、システムソフトウェアと関連した内容を扱う教科目
3. 基礎設計と総合設計を含んで最小 12 の単位以上の設計教科目
4. 工学士を排出するプログラムでは、基礎科学科目のうち一分野以上実験を含まなければならない

各分野の要件についても、ABEEK も ABET を参考にしており、大きな違いはない。

4. J17 の各分野の教育水準

ア krediteーションにおいても一つ重要なことは、どの程度までの知識やスキルを身につけていることを求めるかである。実際にはかなり難しい問題がある。

1. 広さと深さ。教育プログラムによっては、狭い範囲（あるいは中心とする専門分野）に特化して深い教育を行っている。逆に、多くの分野をカバーするために、広く浅く教育

- をすることを中心としている場合もある。
2. その分野として必須の知識とスキルを身につけているか。
 3. カリキュラム全体として、その分野として適切な教育体系になっているか。

このため、CS、IS、SE、CE、IT について、情報学参照基準の各項目について、必須のレベル、概ね必要なレベル、およびその分野の教育としてあつかう項目を検討した。

4.1. 各分野の教育目標の水準

アクレディテーションの仕組みでは、基準をもとに審査をするが、実際に基準をどの程度のものとするか難しいところがある。

1. 基準を満たすために必要な教育内容は何か。例えば、基準に記載されている「プログラミング言語の諸概念」を満たすためにはどの程度のことが要求されるのか明確でない。
2. 例えば CS 分野として、カリキュラム標準で CS 分野で示されている BOK をどの程度教育すればよいのか明確でない。アウトカムズが示されてはいても、それをかなり高いレベルであるべきだと解釈する人々もいれば、低く解釈する人々もいる。
3. 情報学参照基準をみても、どれが必要かわからない。

このようなことをある程度明確にする、あるいは目安を検討することが必要である。平成 29 年度文部科学省委託事業「超スマート社会における情報教育の在り方に関する調査研究」において、全国の大学の情報教育についての調査の項目と調査結果を参考に、カリキュラム標準においてどのようなレベルを求めるかを比較した。比較においては表 7 に示す大項目の各領域のレベルである。「情報一般の原理」および「情報学を学ぶ学生が獲得すべきジェネリックスキル」については、カリキュラム標準と直接的な関係が少ないため、はずした。それぞれの領域には、表 7 で示している調査項目がある。

表 7: 情報学参照基準の大項目

大項目 記号	大項目	領域	調査項目数
A	コンピュータで処理される 情報の原理	情報の変換と伝達	4
		情報の表現・蓄積・管理	4

		情報の認識と分析	4
		計算	6
		各種の計算・アルゴリズム 8	8
B	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	コンピュータのハードウェア	3
		入出力装置	4
		基本ソフトウェア	3
C	情報を扱う人間社会に関する理解	社会において情報が創造・伝達される過程と仕組み	2
		情報を扱う人間の特性と社会システム	3
		経済システムの存立と情報	2
		情報技術を基盤にした文化	2
		近代社会からポスト近代社会へ	2
D	社会において情報を扱うシステムを構築し活用するための技術・制度・組織	情報システムを開発する技術6	6
		情報システムの効果を得るための技術	6
		情報に関わる社会的なシステム	2
		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	4
E	情報学を学ぶ学生が獲得すべき専門的能力（情報学に固有の能力）	（領域なし）	3

情報学参照基準について、CS、IS、SE、ITの各分野が、それぞれのカリキュラム標準が定めているBOK等において、必修としている領域で想定している水準、選択になっている領域で想定している水準（必修の領域でさらに進んだ内容の選択科目も含む）、およびそれらの領域とともに、情報学参照基準において、その分野に関する領域（概ねこの領域内を中心に学習する範囲とするもの）を検討した。このために、情報学参照基準のそれぞれの領域について、必修、選択の違いと求める最低の知識と技能（スキル）の水準を検討した。

水準の検討においては、例えば一つの講義において、広く浅く講義をする場合もあれば、特定のことに深く講義をする場合もある。また、各領域内の項目についても、特定

の一部の内容のみを扱う場合もあれば、全体を扱う場合もある。このため、おおむね例示されている内容（あるいは類似のもの）が半数程度扱われており、評価されるべきとする項目について、水準として、レベル 2～4 の値を設定することを目安とした。知識については、平成 29 年度の調査に合わせて、表 8 に示す水準を設定した。このため、通常入門的な授業、あるいは 1 学年ないし 2 学年で行う入門的な講義においては、レベルは概ね 2～3 となる。複数の科目で扱えば、知識のレベルは上がるものとしている。ただし、通常の授業におけるレベルのため、レベル 5 は例外的であると考え、通常はレベル 4 までの範囲を設定することとしている。カリキュラム標準は概ね 1 年～1 年半の教育内容を示すものであり、その上で、それぞれの学科等がコアカリキュラムに加えてさまざまな教育内容を追加することが重要である。今回示す目安が高すぎればカリキュラム編成の自由度が少なくなり、低すぎれば適切な教育内容と言えない恐れがある。

なお、ここで扱っている水準は、全学生がそのレベル以上であることを求めるための、最低水準を基本としている。このため、通常の学生はより高いレベルとなってる場合が多い。

同様に、技能（スキル）については、表 9 に示す評価段階を設定した。演習や実習を多く行わない場合は、通常は知識の設定よりも 0.5～1 段階以上低くなると思われるし、遠州や実習を多くした場合は、知識よりも高いレベルとなる場合も考えられる。技能についても概ねレベル 2 から 4 の範囲を設定した。

表8: 知識に対するレベル

レベル	説明
0	修得済みまたは教育上不要のため教えていない。
1	時間的な制約がある、または内容が高度すぎるため教えていない。
2	授業で教えており、学生は個別の用語を聞いたことがある。
3	授業で教えており、学生は個別の用語の意味を説明できる。
4	授業で教えており、学生は関連する用語の相互関係や違いを説明できる。
5	授業または卒業研究で教えており、学生は用語に関連する分野や科目の相互関係を他者に指導できる。

表9: 技能に対するレベル

レベル	説明
0	教えていない。
1	講義の中で単純な演習課題に取り組ませている。
2	演習等の中で単純な課題に取り組ませており、具体的な指示があれば、学生はその内容を実行できる。
3	実験等の中で複合的な課題に取り組ませており、大まかな指示があれば、学生はその内容を実行できる
4	卒業研究等の中で総合的な課題に取り組ませており、学生はその内容を自律的に実行できる。
5	卒業研究等の中で総合的な課題に取り組ませており、学生はその実践を教えられる。

なお、情報学参照基準では、CS 分野や CE 分野において重要としている数学や電気回路などの一部の領域が含まれていないものがあることに留意が必要である。

4.1.1. CS 分野の教育水準

CS分野が求めている水準は、図1に示すように、情報学参照基準の広範囲に渡って、レベル3を要求している。Tier 1、Tier 2を合わせて、およそ25単位程度でBOK が作成されているが、単位数の割には高めのレベルを考えているともいえる。多くの範囲をカバーすることを求めており、実際の教育としては授業科目数を増やさなければならない可能性がある。なお、図1では、Tier 1が黒、Tier 2すなわち選択が濃い灰色で示している。薄い灰色は、CS分野がおおよそ自由な選択をふくめて対象とする分野と水準である。

CS分野が主たる対象としていないものは、コンピュータのハードウェア関係、情報システムあるいは社会との関係のうち、構築（開発）にかかわるものを除いた部分である。しかし、CS分野として実際の学科等を構成する場合は、基礎を踏まえた上でどのような学問領域を対象とするかは自由度を高くすることを想定している。

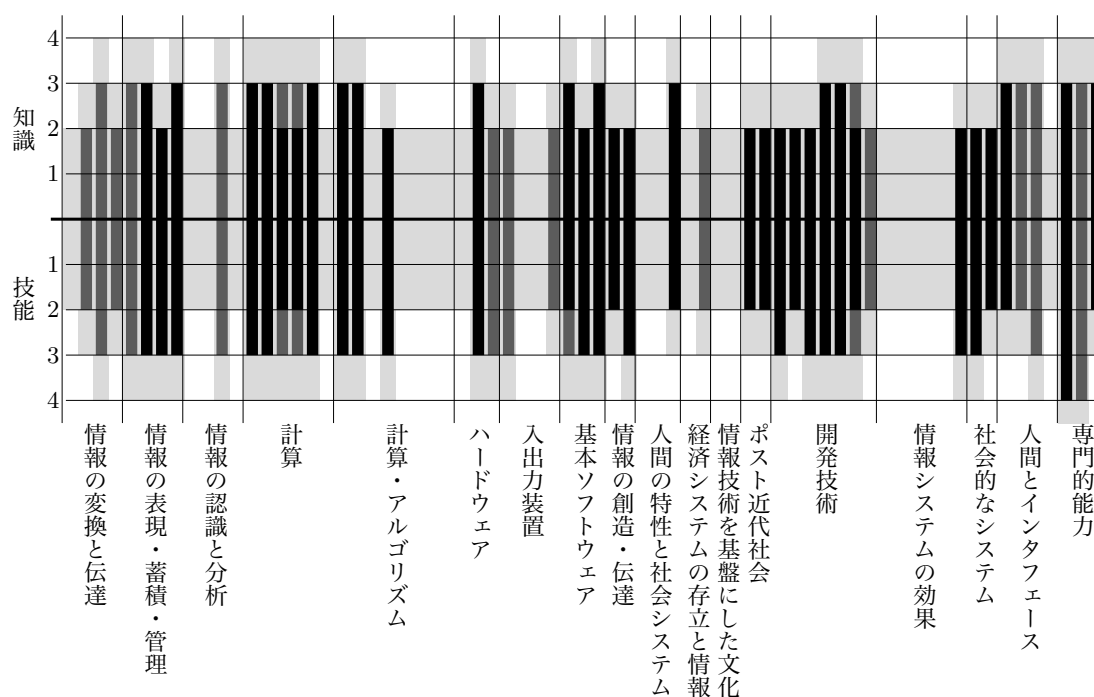


図 1: CS の教育水準の目安

必修単位数：15 単位

選択を含む単位数：25 単位

選択科目から履修すべき単位数の割合：80%

4.1.2. IS 分野の教育水準

IS分野は、必修および強く求める教育内容は、かなり偏っている。コンピュータのソフトウェアやハードウェアはほぼ必修とせず、情報システムのかかわる技術や人展・社会面を強く求めていることがわかる。IS分野では、分野として特に重視する領域だけにレベルを設定しており、それ以外はある程度自由な選択を認める方針でカリキュラム標準を作成しており、複数の目的別のカリキュラムを示しているため、必然的に共通部分が少なくなっている。コンピュータハードウェアやソフトウェアについてはほとんど重視しないことが、CS分野との大きな違いである。

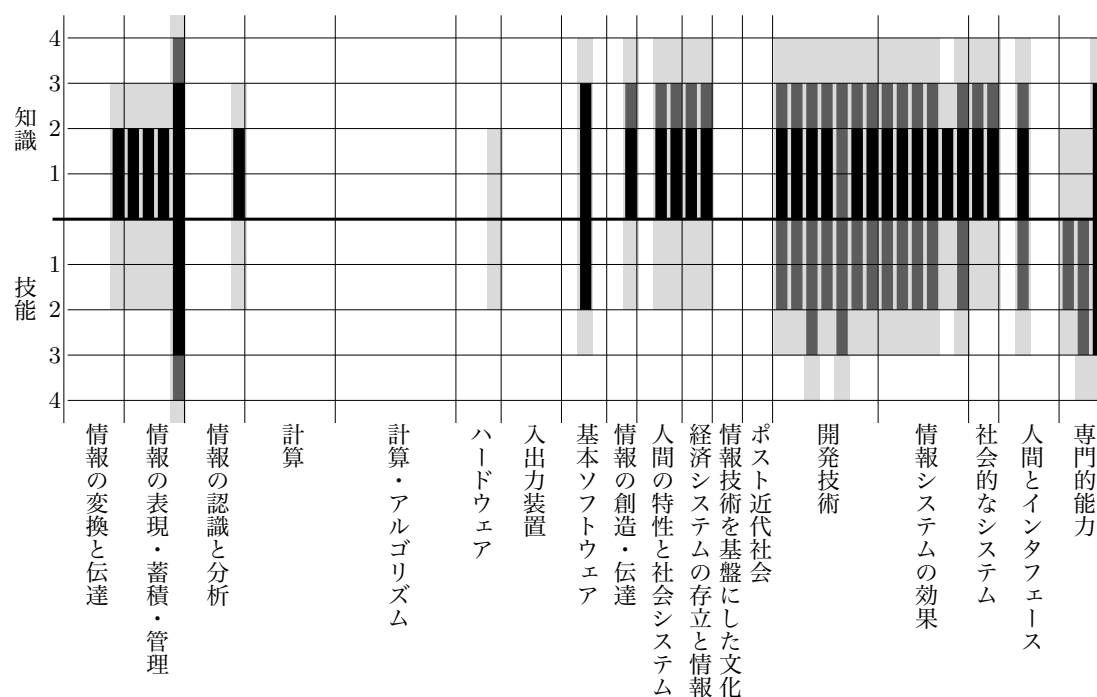


図 2: IS の教育水準の目安

必修単位数：14 単位

選択を含む単位数：24 単位

選択科目から履修すべき単位数の割合：50%

4.1.3. SE 分野の教育水準

SE 分野は、SE としての必須の項目を中心にコアカリキュラムとしており、特徴のあるレベル設定をしている。実際のカリキュラムにおいては、CS や IS などといった他の分野の基礎的教育を含むこととなると思われる。

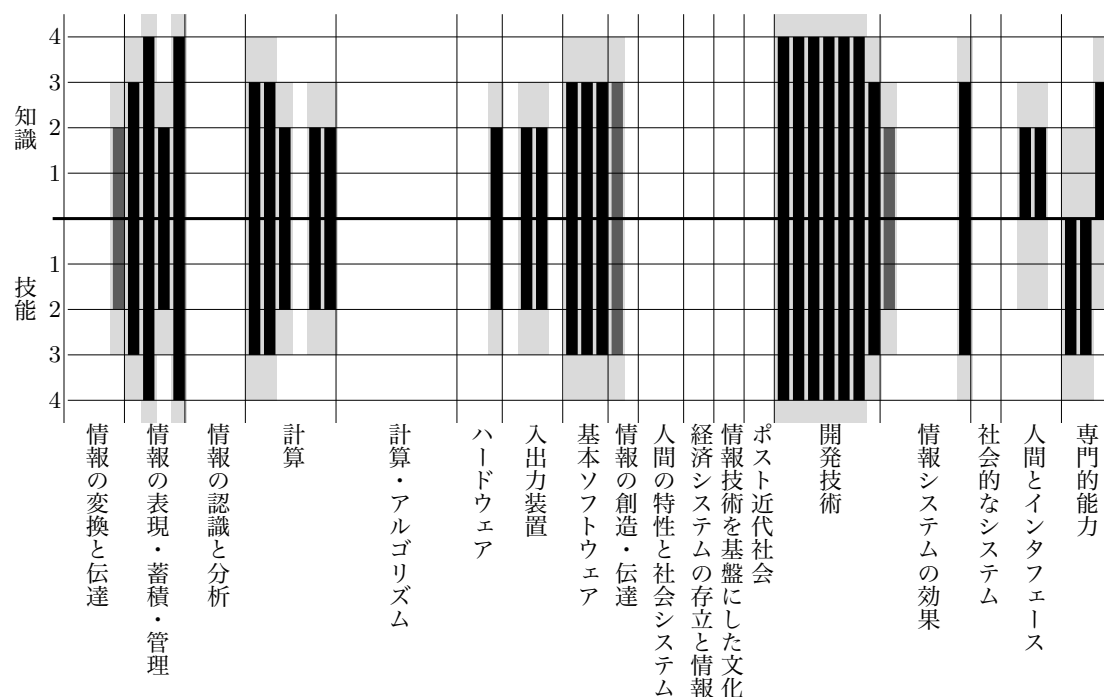


図 3: SE の教育水準の目安
 必修単位数：20 単位
 選択を含む単位数：30 単位
 選択科目から履修すべき単位数の割合：50%

4.1.4. CE 分野の教育水準

CE分野においては、CE2016を見ても、電子工学からコンピュータ科学領域まで広い範囲の学習が求められている。日本の大学においては単位数などの面から難しいことから、特定の領域を中心にした学科などが多い。図4は、CE分野の3つのモデルカリキュラムの合成であるため、選択科目として多くの領域と比較的高いレベルとなっているが、実際にはここからの選択であるため、単純にたの分野との比較はできない。

それでもCE分野の特徴はわかる。他の分野では比較的低いか全く記載のないハードウェアがかなり高いレベルとなるっている。逆に、情報システムはほとんど記載がない。

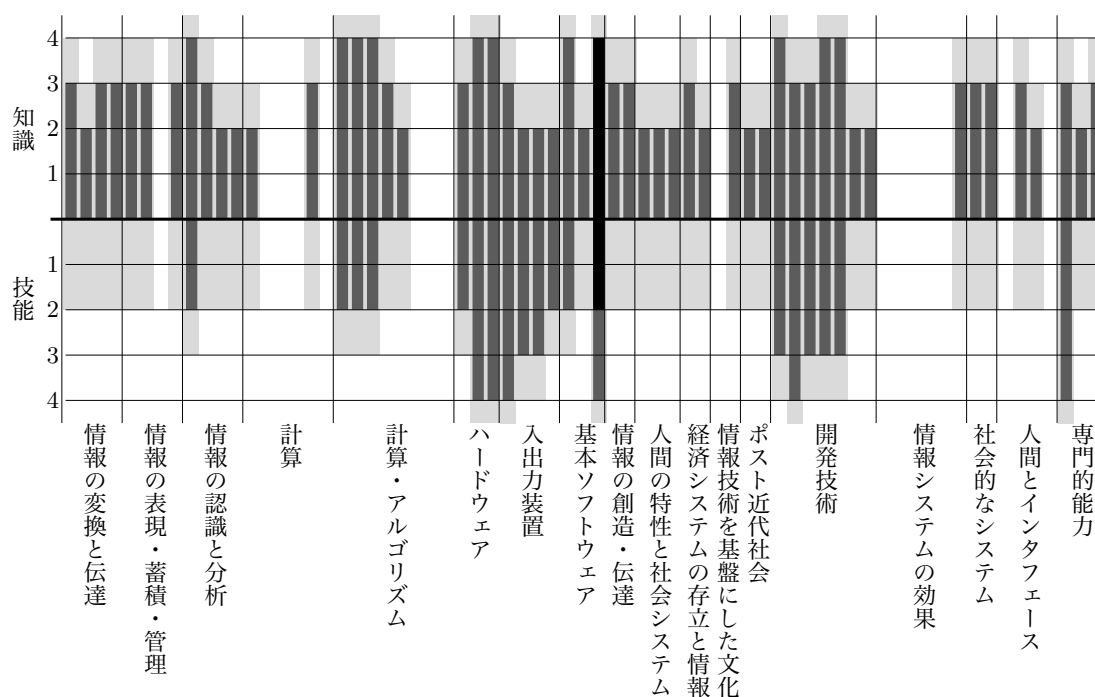


図 4: CE の教育水準の目安

必修単位数：2 単位

選択を含む単位数：40 単位

選択科目から履修すべき単位数の割合：50%

4.1.5. IT 分野の教育水準

IT 分野は、図 5 が示す特徴として、CS 分野の中心となっている「情報を扱う機械」に関係した領域が薄いことである。これは、IT 分野は基礎理論やコンピュータなどの基礎原料は求めず、主に現代社会のコンピュータシステムやインターネットなどの構築、運用を行うための技術を中心としているためである。図 5 から、このことははっきりと読み取れる。それ以外においては、全体として広く扱っている。

なお IT 分野の今回のカリキュラムでは、必修科目を講義中心に 26 単位、演習を 12 単位として設定しているため、CS、IS、SE 分野に比べ、全体とすれば高い水準となっている。単位数を考慮すると、ほぼ同程度になっていると判断できる。

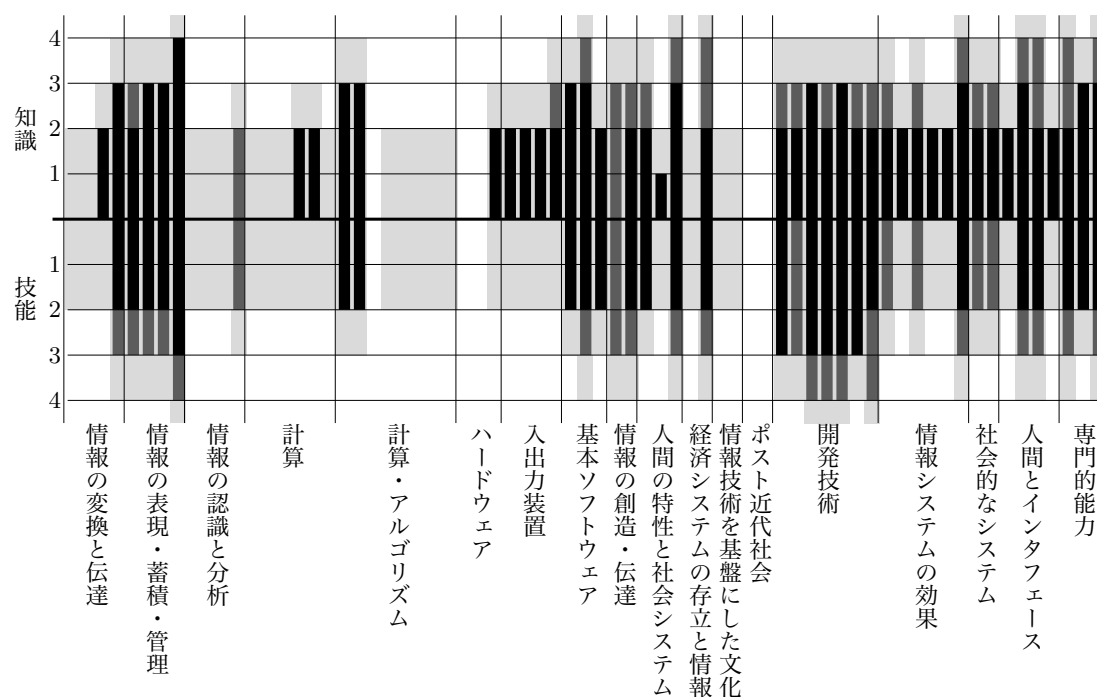


図 5: IT の教育水準の目安
 必修単位数：38 単位
 選択を含む単位数：50 単位
 選択科目から履修すべき単位数の割合：30%

4.2. 各分野の教育目標の水準

分野の全体的な特徴を抽出するために、情報学参照基準の大項目でCS、IS、SE、CE、ITの各分野の水準をまとめてみる。また、参考として、CS以外については、技術士第一次試験の水準も調査費、比較した。情報学参照基準では、次の5つの大項目にまとめた。

- A. コンピュータで処理される情報の原理
- B. 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
- C. 情報を扱う人間社会に関する理解
- D. 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
- E. 情報学を学ぶ学生が獲得すべき専門的能力（情報学に固有の能力）

各項目に含まれる領域数は大きな違いがあるが、おおよその傾向を把握することができ

る。拡大項目は、単純に、知識と技能（スキル）ごとに平均値を採用している。このため、大項目の中の一部の領域が重要である場合であっても、平均値のために低くなっている場合もある。以下の図においては、●が必修科目による水準、▲がそれに加えて選択必修科目（つまり、重要度の高い科目）を加えた水準である。なお、選択必修の場合、すべてを満たす必要はなく、それぞれの分野によって要求する単位数に違いがあるため、単純な比較はできない。おおよその傾向を調べるに止める。

技術士一次試験は選択科目だが、そこからIS、SE、CE、ITの各分野が標準的に選択するであろう科目を想定して水準を設定している。

また、類似した分野同士の比較も行った。CSとCE、およびCEとITを比較した。

4.2.1. CS 分野の知識水準の概観

CS分野の概観はかなりきれいな円に近いものとなっている。4.1.1 節では各大項目の中では扱う領域と扱わない領域がはっきりと分かれているが、大項目でまとめるとどの大項目にも大きな差が無くなっている。強いて上げれば、専門的能力については、知識・技能ともに高い能力を要求している。

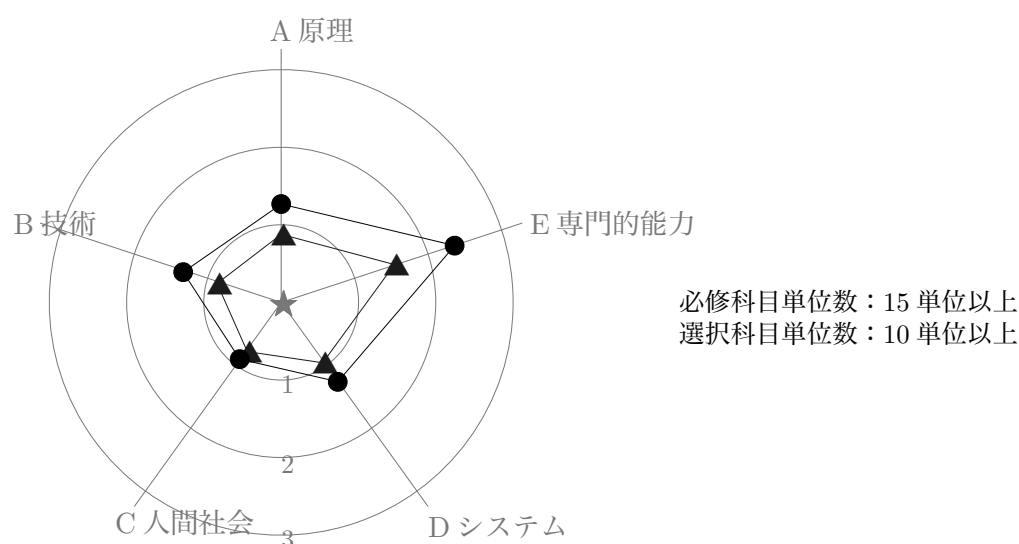


図 6: CS の必修，選択必修の知識水準（大項目）

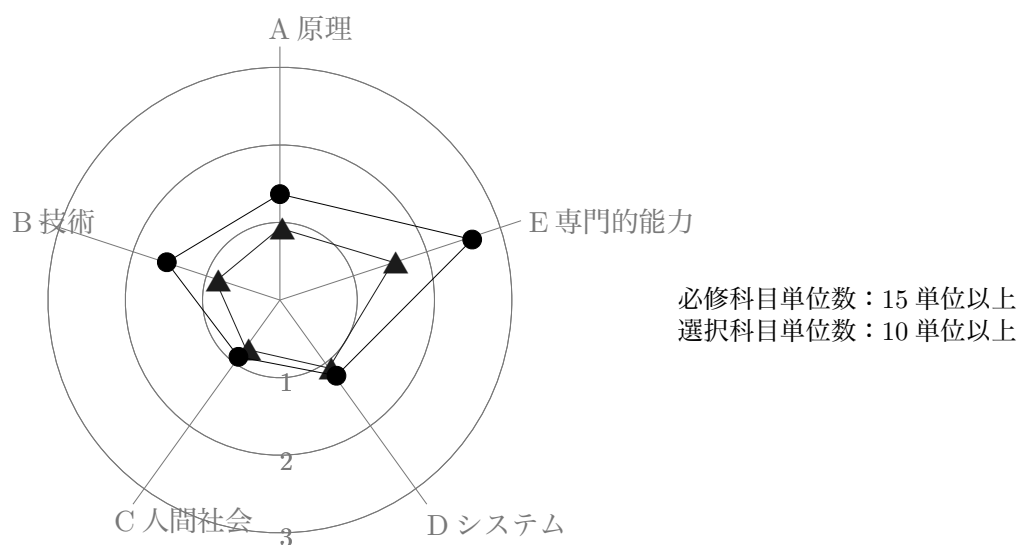


図 7: CS の必修，選択必修の技能水準（大項目）

4.2.2. IS 分野の知識水準の概観

IS分野は、大項目でまとめても、情報システムの構築と人間、社会との関わりに強く関係していることがわかる。特に技能では、それが顕著になっている。ただし、今回の水準からみると、知識と技能でずれがある。

ところが、IS分野と技術士一次試験で想定しているIS分野の知識水準には、C と D でISのカリキュラム標準が高く、Bにおいて技術士一次試験が高いという、大きな乖離がある。この理由は、重視する項目に大きな違いがあることを示している。今後さらに調査する必要がある。

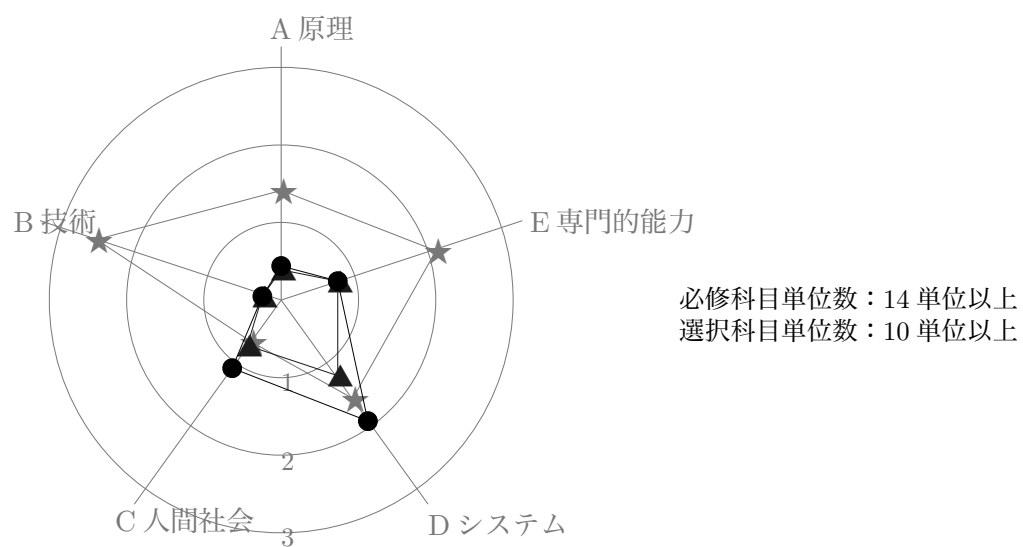


図 8: IS の必修，選択必修の知識水準（大項目）

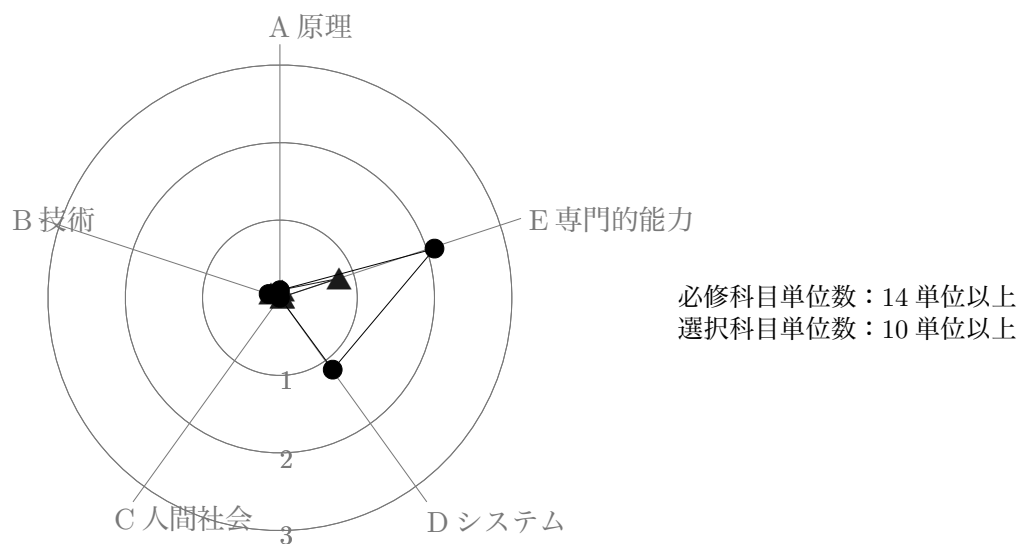


図 9: IS の必修，選択必修の技能水準（大項目）

4.2.3. SE 分野の知識水準の概観

SE分野は、特定の領域に強く関係しているBOKが作成されているといえる。SEの実際のカリキュラムとするには、CS、IS、ITなどの基礎を含めることが想定される。このため、特定の領域に集中している。SE分野が求める水準と、技術士一次試験で求める水準に乖離があるのは、SE分野ではSEの基本的な教育以外は示していない（ある程度自由に教育プログラムが選択可能）としているからである。

SE分野では、技能も知識と同様に高い水準を求めていることが図11からわかる。

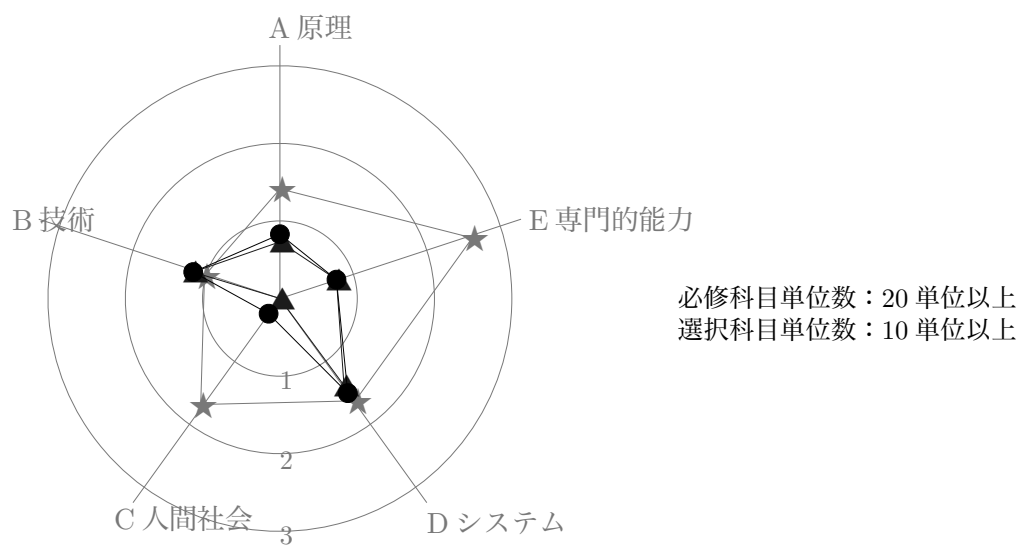


図 10: SE の必修，選択必修の知識水準（大項目）

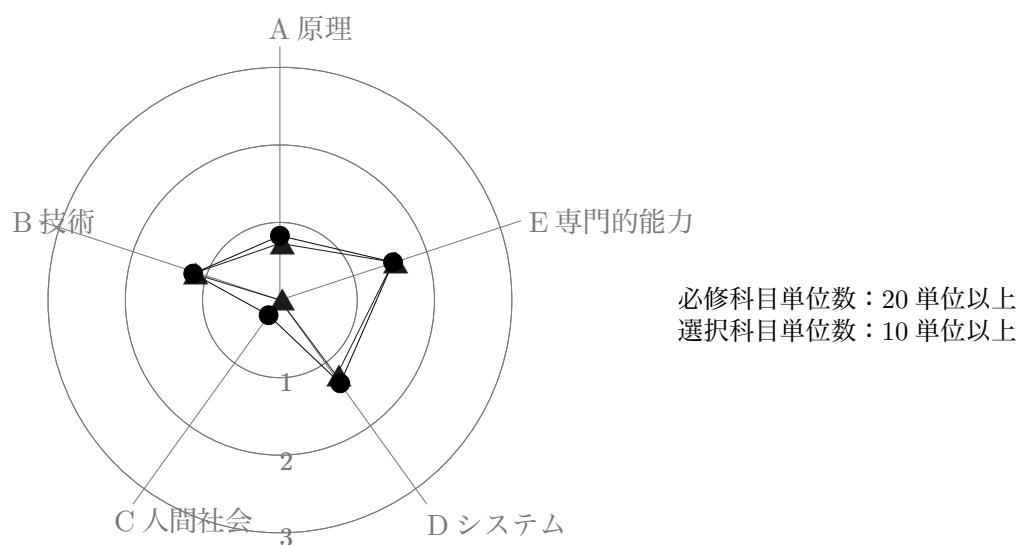


図 11: SE の必修，選択必修の技能水準（大項目）

4.2.4. CE 分野の知識水準の概観

図 12、13 で示す CE 分野は、3 学科のカリキュラムをまとめた選択科目を多くした形式となっているため、選択科目として満遍なく、かつ高いレベルとなっている。技術士一次試験の想定レベルと比較しても、高いレベルになっている。ただし、この中から選択をすることを考えれば、ほぼ技術士一次試験と同程度のレベルとなると思われる。

技術士一次試験との比較で、「人間社会」に関する領域が高くなっている。これは技術士の試験ではあまり要求していない領域のためで、それ以外においては大きな違いは生じていない。

図 13 からは、技能に関するレベルが一部しか想定されていない。

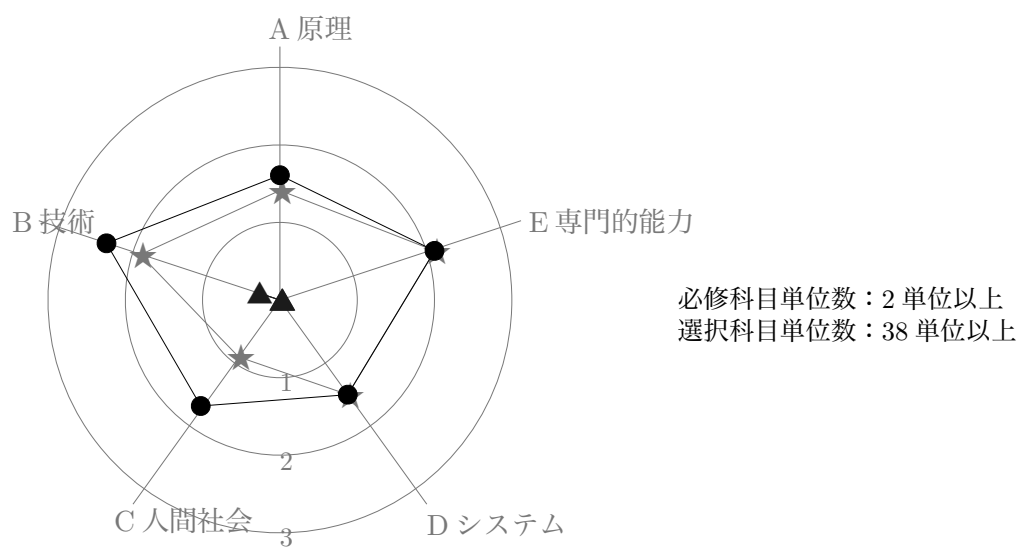


図 12: CE の必修，選択必修の知識水準（大項目）

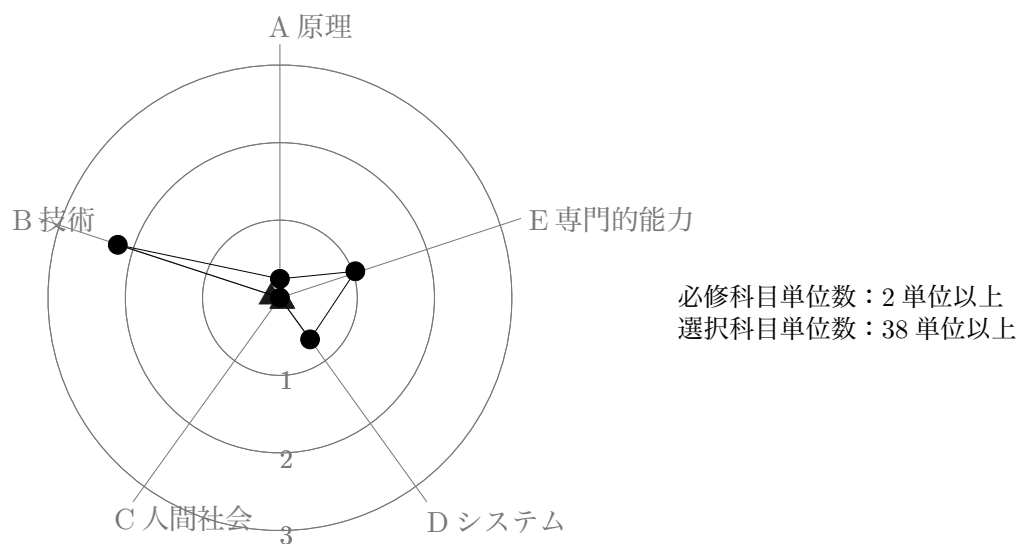


図 13: CE の必修，選択必修の技能水準（大項目）

4.2.5. IT 分野の知識水準の概観

IT分野は、IT2017が公開されたのが2017年12月であったため、それをもとにしたカリキュラム例として多めの授業科目を設定している。そのため、知識・技能の水準は他の分野よりも高めになることがあるのと、5つの大項目を、CSと類似してカバーをしていることがわかる。

技術士一次試験の想定レベルと比較した場合、コアカリキュラムとしては妥当な水準になっているといえる。なお、IT分野はセキュリティが強化されたことと、人間・社会に対するものは技術士一次試験から外れる項目があるため、それらに関連する大項目はITのカリキュラムの方が高いものとなっていることがわかる。

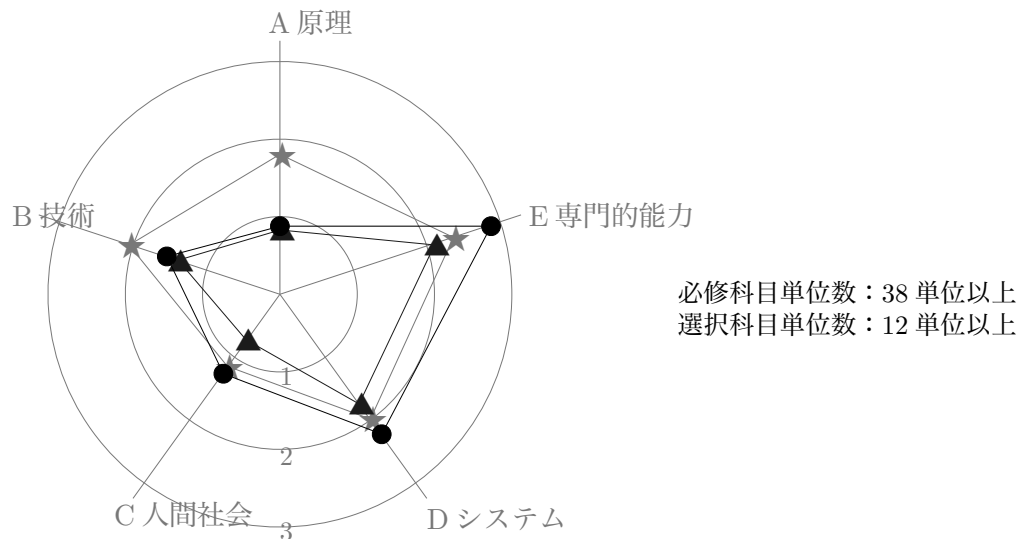


図 14: IT の必修，選択必修の知識水準（大項目）

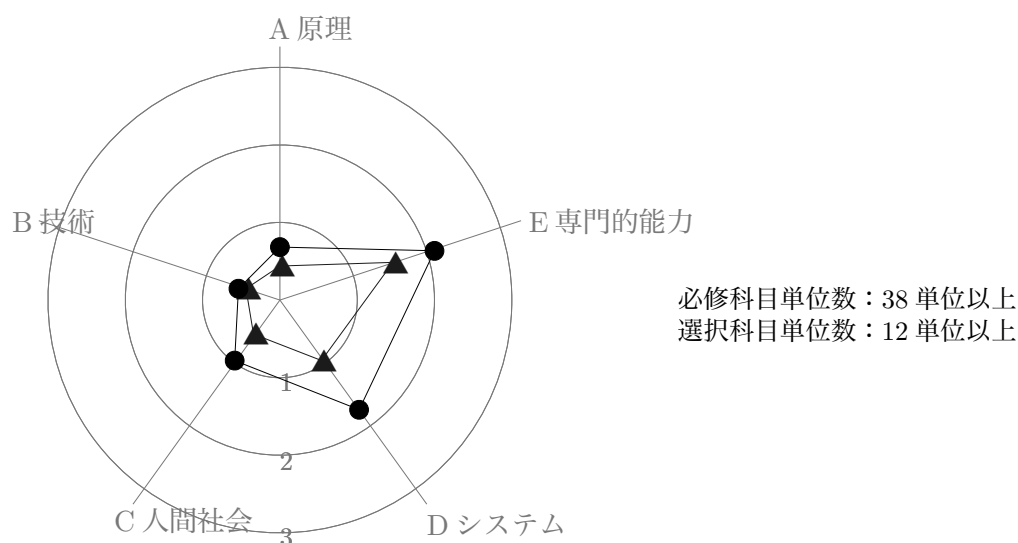


図 15: IT の必修，選択必修の技能水準（大項目）

4.2.6. CS—CE 分野の知識水準の比較

CS 分野と CE 分野は、通常はハードウェアをどの程度含むかといった単純な違いで示される場合も多いが、この 2 つのレベルを比較してみる。図 16 では、求める単位数に大きな違いがあることを前提にしても、特徴的な違いが出ている。一つは「専門的能力」で、もう一つは「技術」に関する領域である。前者は、CS 分野の方が高くなっている。こうなっている原因は、レベルの設定に解釈の差があるためか、あるいは CE 分野では情報専門的な能力以外に、例えば電子工学の実習を含むなどのためとも考えられる。「技術」に関して大きな差があるのは、ハードウェア関係が影響しているものである。なお、「人間社会」においても大きな差があるが、これは CE 分野で選択科目を多く含むものとして集計しているためと考えられる。

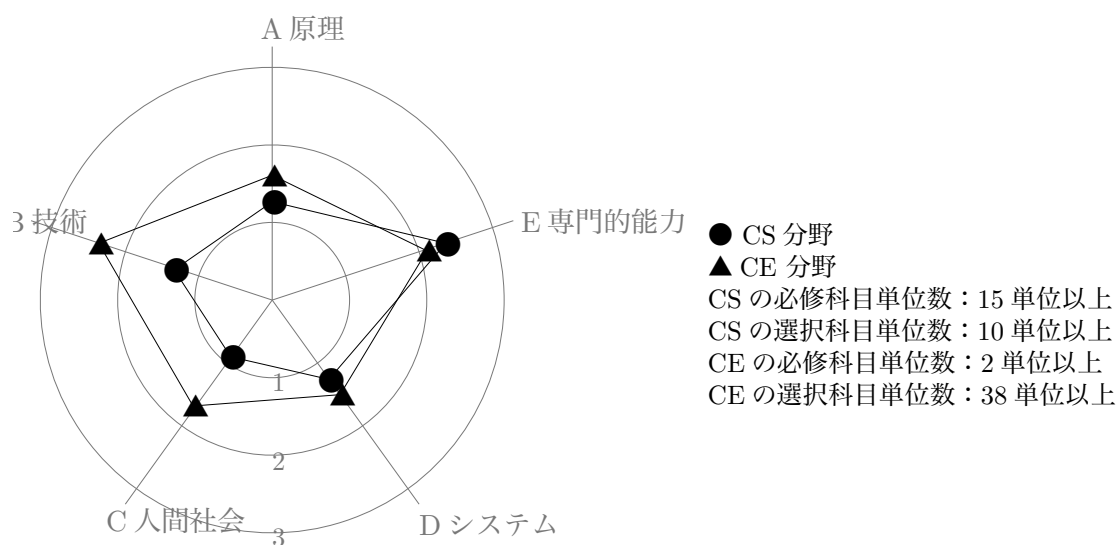


図 16: CS と CE の比較：知識

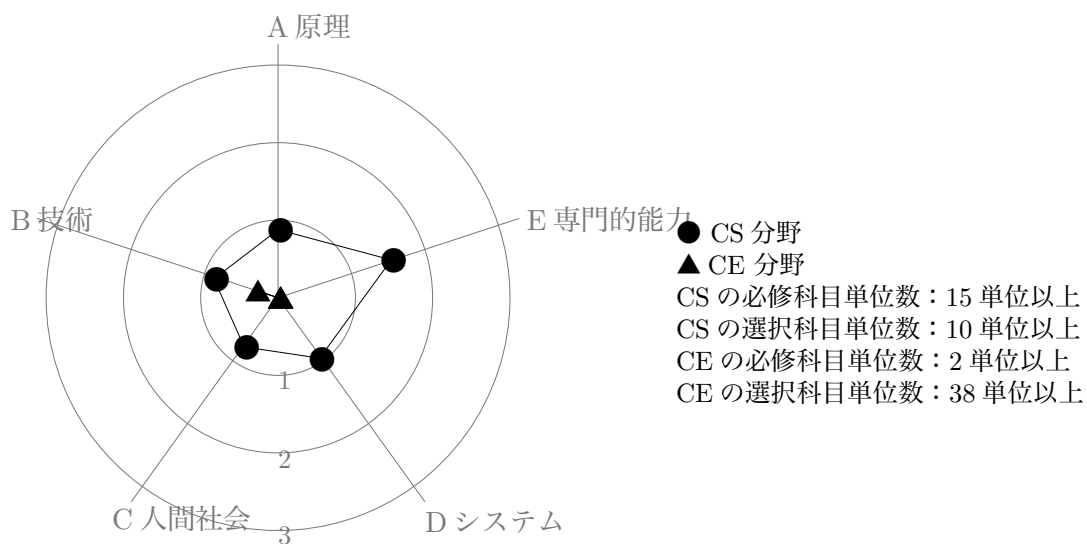


図 17: CS と CE の比較：技能

4.2.7. CS—IT 分野の知識水準の比較

CSとIT分野を比較すると、図18、19のようになる。IT分野は、IT2017が公開されたのが2017年12月であったため、それをもとにしたカリキュラム例として多めの授業科目を設定している。そのため、知識・技能の水準は他の分野よりも高めになる多い。その点を踏まえて比較すると、CSとITは類似していることがわかる。その上で、それぞれの分野の特徴を調べると、技術的（コンピュータ科学の基礎的、内容が多い）はCSが高く、システムに関するものはITが高いことがわかる。これはそれぞれの分野の基本的な違いとして取ることができる。なお、大項目だけの比較だと類似に見えても、実際の教育内容を考えるとかなり異なる場合がある。例えば、プログラミングはCSではC言語のような汎用プログラミング言語が重要としてされるが、ITではスクリプト言語に習熟していれば差し支えない。このようにより詳細な比較は今後必要である。

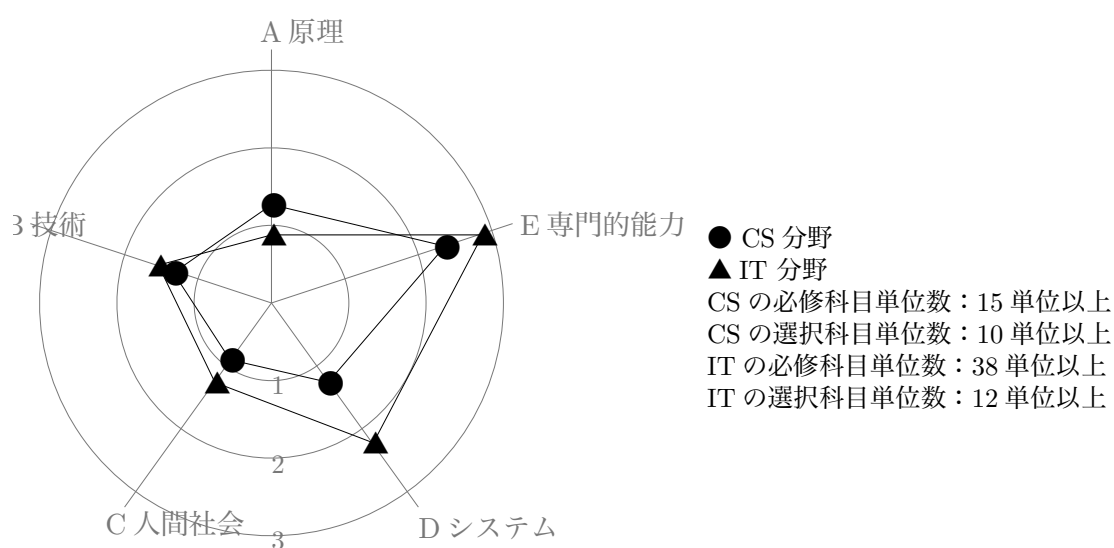


図 18: CS と IT の比較：知識

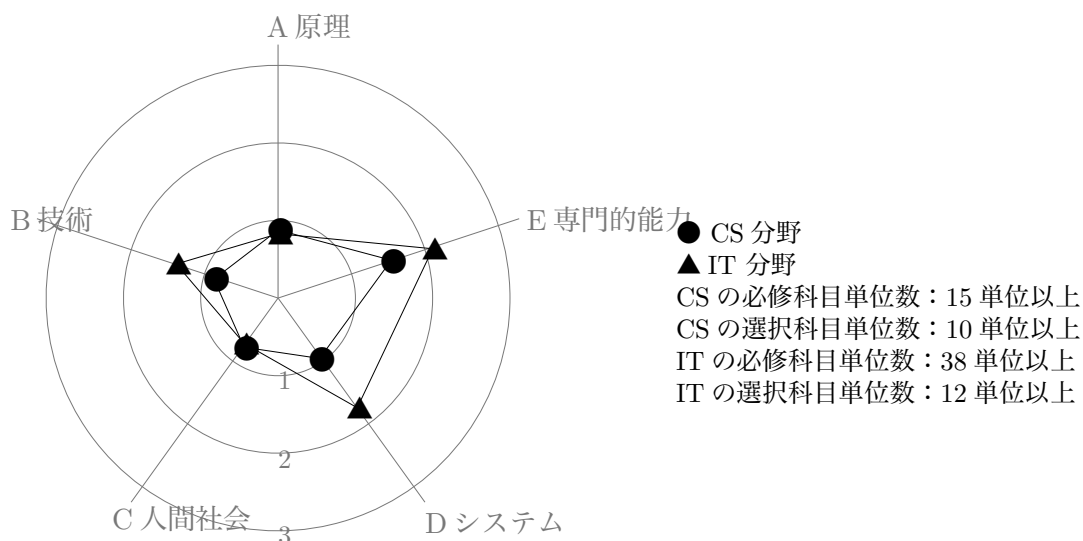


図 19: CS と IT の比較：技能

4.2.8. CS、IS、IT 分野の共通の教育水準

それでは、各分野に共通のものがあるかを調べてみる。ただし、SE 分野と CE 分野は設定条件に違いがあるため、CS、IS、IT の 3 分野の共通点を調べてみる。知識と技能において、3 分野のうちの最低のレベルと 3 分野の平均のレベルを求めると、図 20 で示すものになる。

3 分野で最低のレベルであれば、これは情報分野で必須のレベルであると言える。これが含まれる領域は、知識では「情報の表現・蓄積・管理」の「データベース」、「基本ソフトウェア」の「ミドルウェア」、「情報の創造・伝達」の「メディア～技術的・文化的特性」、「人間の特性と社会システム」の[情報倫理と社会組織のルール]、「開発技術」全般、「情報システムの効果」、「社会的なシステム」全般、「専門的能力」の「情報倫理・情報社会」であり、技能では「情報の表現・蓄積・管理」の「データベース」、「基本ソフトウェア」の「ミドルウェア」、および「専門的な能力」の「情報倫理・情報社会」である。共通点をみると、社会、倫理的な面は共通に必要なとされるが、技術的な面では共通点がかかなり少ないことがわかる。情報専門系として 5 分野（今後さらに増える可能性がある）になっているのは、基本的な教育内容に大きな違いが生じているからであることが、図 20 から示されている。

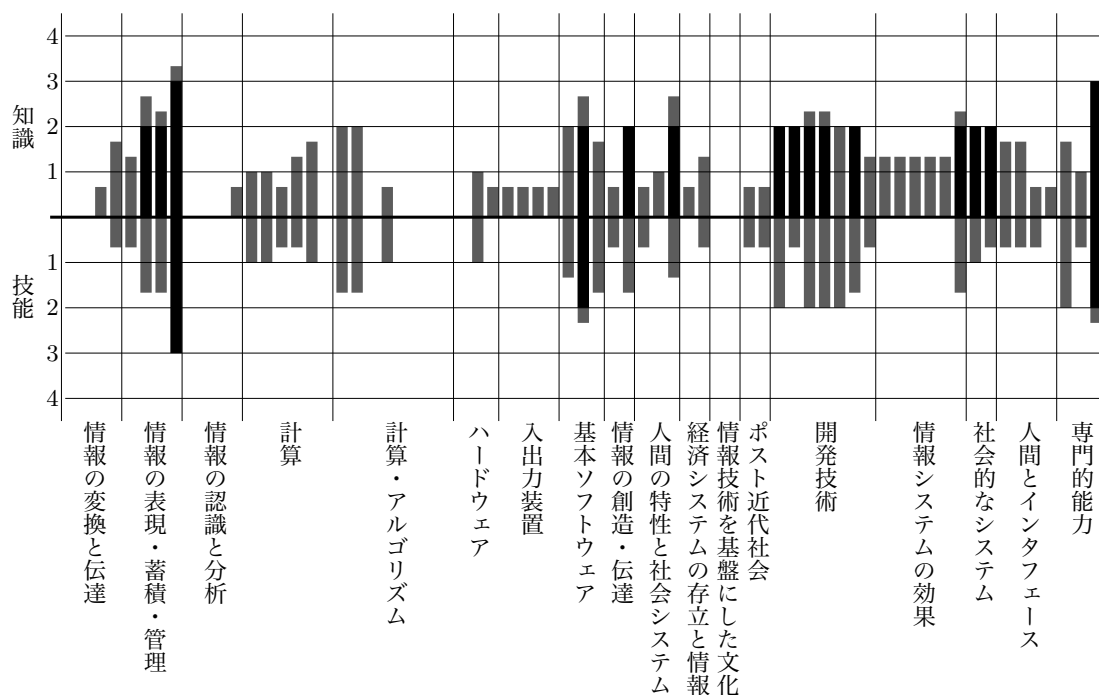


図 20: 共通項目

5. おわりに

JABEEにおけるCS、IS、SE、CE、IT分野において、J17で示すカリキュラムと認定基準の状況を示し、また情報学参照基準における各カリキュラムの状況を、水準を含めて検討した。J17の各分野とJABEEの認定基準とが関連していることを示した。

また、各分野の水準を調べることで、各分野の特徴が明らかになった。ただし、水準についての解釈が分野によって異なっていることから、今後この点を含めてさらに調査する必要がある。