

## IT分野のスキル標準を用いた知識・スキル項目の体系化と教育プログラムの分析事例

掛下 哲郎<sup>†1</sup> 山本 真司<sup>†2</sup>

本論文では、IT人材に必要とされる各種の能力（知識およびスキル）を分析・提示するためのIT共通知識体系を提案する。本知識体系の作成にあたっては、経済産業省が提示しているITスキル標準（ITSS）、組み込みスキル標準（ETSS）、情報システムユーザスキル標準（UISS）に盛り込まれている各種の知識およびスキルを分析して体系的に整理することで、ほとんどのIT人材に必要な能力を網羅した。また、本知識体系を用いて教育プログラムの達成度を分析するために、充足率と対応率の概念を定義する。JABEE認定プログラムおよび産学連携PBLプロジェクトの修了者の達成度レベルを調査し、複数の企業が新卒者に要求する能力レベルと比較検討した。その結果、両者の特徴が定量的に明らかになった。

### A Unified BOK for IT Professionals Based on Various IT Skill Standards and an Analysis of Educational Programs Using the BOK

TETSURO KAKESHITA<sup>†1</sup> and MASASHI YAMAMOTO<sup>†2</sup>

We propose a unified BOK (body of knowledge) for IT professionals in order to analyze and specify various knowledge and skill requested to the professionals. The proposed BOK covers a wide range of knowledge and skill because it is based on ITSS, ETSS and UISS proposed by the Ministry of Economy, Trade and Industry. We also define the notion of satisfaction and action ratios in order to analyze outcomes of educational programs. We then analyze achievement levels of two educational programs and compare them with the requirement levels supplied by multiple IT vendors for university graduates majored in IT. Our approach is useful to analyze performance of an educational program in a quantitative manner.

### 1. はじめに

情報システムは企業、政府、学校等の組織や市民生活を支えるインフラの1つとしてその重要性をますます増大させている。その一方で、各種の情報システム障害やITベンダ企業の国際的競争力の低下が問題となっている。これらの問題の根本的な原因の1つとして、ITを支えるべき人材の質および量の絶対的不足が指摘されており、産業界はもとより政府や大学等が様々な取り組みを行っている（たとえば文献1)–3)等）。しかし、産学の認識の違いから連携プロジェクトがスムーズに進まないケースもしばしば見られる。

これらの取り組みを効果的に進めるためには、各種の取り組みの間の関係を明確にすると同時に、お互いの認識を共有するための共通基盤が必要である。本論文では、以上のような問題意識に立ち、IT人材に必要とされる能力（知識およびスキル）を系統的に整理し、各能力に関する要求レベルや達成度レベルを具体的に表現できるようなIT共通知識体系を提案する。また、これを用いて2つの教育プログラムで達成された能力を分析し、複数の企業が新卒者に要求する能力レベルと比較検討する。

本論文で提案するIT共通知識体系は、以下に列挙するような様々な目的のために活用できる。

- 大学や各種セミナー等の教育機関が、卒業生・修了者の能力（達成度レベル）を具体的に示すために用いる。提示された達成度レベルが実現されているかは、JABEE等が行っているアクレディテーション審査を通じて確認できる。これを通じて、教育の質的保証を促進できる。
- 企業、政府等の組織が、必要とする人材の能力（要求レベル）を具体的に提示するために用いる。この情報は大学等の教育機関が教育目標を設定する際に参照できる。また、社員や求職者に対して要求レベルを提示することで、それに合った人材を確保しやすくすると同時に、社員が能力開発を行ううえでの目標を与え、キャリアパスの構築を支援する。
- IT関係の各種資格制度（情報処理技術者試験や技術士試験等）が、受験者に対して資格取得のために必要な能力を具体的に提示するために用いる。これにより、受験者が学

<sup>†1</sup> 佐賀大学  
Saga University

<sup>†2</sup> 河合塾  
Kawaijuku Educational Institution

習するための目標を与え、その達成を支援する。

- 教育機関が提示した達成度レベルと企業等が提示した要求レベルを比較することで、両者のミスマッチの具体的な内容を明らかにし、両者による建設的な議論や教育改善を促進するために活用する。
- 各種教育機関（大学、大学院、専門職大学院、専門学校、各種ITセミナー、継続教育、CPD等）の達成度レベルを俯瞰して、お互いの役割を検討し、全体として一貫性のとれた教育システムを構築するために活用する。
- 教育制度と資格制度の間で整合性の取れた連携を進めるために活用する。

これらの要求を満たすためには、IT人材に必要な能力を網羅的に列挙し、それを整理する必要がある。本論文では、そのために、ITスキル標準（ITSS<sup>4)</sup>）、組み込みスキル標準（ETSS<sup>5)</sup>）、情報システムユーザスキル標準（UISS<sup>6)</sup>）に含まれる能力をリストアップして整理するアプローチを採用した。これらのスキル標準は、産業界でも広く認知されており、網羅性も十分高いと判断されるためである。

情報処理学会は、IT専門教育を行う大学の学部を対象としてJ07カリキュラム標準を提案している<sup>7)</sup>。これは、情報分野における代表的な5つの領域（CS、IS、SE、CE、IT）に対して、その領域における教育の基盤となる知識を提示したものである。これは、大学の学部レベルの教育を対象としたものであり、本論文で提案する知識体系と比較すると、その詳細度および具体性はより高いが、カバーする範囲は一部にとどまる。

ACMとIEEE Computer Societyが共同で提案しているComputing Curricula Series（CC2005<sup>8)</sup>）における5つの領域の知識体系はJ07よりカバー範囲が広いが、これも大学学部レベルの専門教育のみを対象としている。

JISA（情報サービス産業協会）は、ITディレクトリが示す12の技術カテゴリ・120の分類項目に従ってSIの主要部品となる各種の要素技術を対象に調査・分類を実施している<sup>9)</sup>。ITディレクトリは2004年度に策定され、必要に応じて毎年改訂されている。本論文のIT知識体系と比較すると、SI事業の要素技術のみに限定されているためカバー範囲が狭い。

以下、2章では3種類のスキル標準の構造を概説する。3章ではIT共通知識体系を構築するにあたって注意した事項を説明する。完全な知識体系は付録A.1に示す。4章では、本知識体系を用いて教育プログラムを分析するために、充足率および対応率の概念を提案する。これらの概念を用いて、5章ではJABEE認定プログラムと産学連携PBLといった性質の異なる教育プログラムを分析する。

## 2. 各種のスキル標準とその構造

### 2.1 ITスキル標準（ITSS）

ITスキル標準<sup>4)</sup>は、各種IT関連サービス（11職種36専門分野）の提供に必要な能力を、7段階の人材レベルごとに体系的に示したものである。ITSSは、人材評価の観点からキャリアフレームワークおよび達成度指標を、人材育成の観点からスキルディクショナリ、熟達度指標、研修ロードマップをそれぞれ定義している。

ITSSは最も有名なスキル標準であり、IT人材の実績および能力を体系的に示した功績は大きい。しかし、ITSSが提示された当初は、ITベンダにおける人材評価に活用する側面が強く表れていた。そのため、現在の視点で見ると、スキルディクショナリや熟達度指標には不十分な点があることも認識されている。また、11職種36専門分野による業務のカバー範囲が十分でないことも認識されている。これらの問題点を補うために、組み込みスキル標準や情報システムユーザスキル標準等が提案されている。また、ITSS自体も毎年改訂されている。

### 2.2 組み込みスキル標準（ETSS）

組み込みスキル標準<sup>5)</sup>は、わが国の組み込みソフトウェア開発分野の開発力強化を目的として定められたものであり、ベンダの開発能力を測定するための尺度として制定されている。

ETSSの中核を構成するのがスキル基準であり、組み込みソフトウェア開発に必要なスキルを系統的に整理したものになっている。スキル基準に組み込まれているスキルは、技術要素、開発技術、管理技術の3つのカテゴリに大別される。技術要素には通信、情報処理、マルチメディア、ユーザインタフェース、ストレージ、計測・制御、プラットフォームといった個別の要素技術が分類される。開発技術には分析、設計、実装、テストといった開発工程を遂行するための技術が分類される。管理技術にはプロジェクトマネジメントやプロセスマネジメント等が分類される。スキル基準の各カテゴリでは、第2階層までの技術分類を示している。より詳細な分類は、利用者の目的、特異性、専門性に合わせて企業等が独自に定義できる。

ETSSの特徴としては、組み込みソフトウェア開発に特化していることのほかに、スキルレベルを4段階（指導のもとでできる、一定程度であれば独力できる、独力ですべてできる、指導できる）で示していることがあげられ、ITSSと比較すると能力レベルがより具体的に示されている。

### 2.3 情報システムユーザスキル標準 (UISS)

情報システムユーザスキル標準<sup>6)</sup>は、情報システム (IS) ユーザ組織における IS 業務 (タスク) の分類を基本としたものであり、ユーザ組織における組織力の強化や IS 人材育成を実現するためのプロセスに活用可能なモデルを提供する。また、UISS は、IS ユーザ組織の状況に応じて、取捨選択や必要な追加等のカスタマイズが可能な構成になっている。

UISS は、タスクフレームワーク、タスク概要、機能・役割定義、IS スキルレベル評価、研修ロードマップ、人材像とタスクの関連、人材像定義、キャリアフレームワークから構成されている。このうち、機能・役割定義では、各種のタスクを詳細化し、その実施に必要なスキルおよび知識項目を定義している。

IS ユーザ組織が必要とする IS 機能はベンダと比較して多岐にわたるため、UISS の機能・役割定義もそれを反映したものになっている。UISS も ETSS と同様、必要なスキルレベルを 4 段階で示している。ただし、大規模な情報システムを直接開発する立場ではないことから、ITSS および ETSS の知識項目をすべて含むわけではない。

### 3. IT 共通知識体系の構築

前述したように、IT 共通知識体系は、ITSS のスキルディクショナリ、ETSS のスキル基準、UISS の機能・役割定義を分析し、リストアップされた項目を整理したものになっている。整理作業を行うにあたっては、知識体系を用いた調査を行いやすくするという観点から、同じ知識項目であっても、理論系の知識と実務系の知識にまたがるものは、重複して分類した (例: 正規形はデータベース基礎とデータベース論理設計に共通して出現する)。

作成した知識体系は、産業界および大学の有識者で構成される検討委員会にてレビューを受け、必要な修正を施した。完成した IT 共通知識体系を付録 A.1 に示す。本知識体系は 143 の知識・スキル項目を 6 分野・22 領域に分類したものになっている。

### 4. IT 共通知識体系を用いた教育プログラムの分析

IT 共通知識体系を用いることで、産業界等は IT 人材に対する要求レベルを具体的に示すことができる。一方、大学等の教育機関は、卒業生の能力を達成度レベルで提示できる。要求レベルや達成度レベルは、知識に対するものとスキルに対するものに大別できるが、それぞれ、表 1、表 2 に示すレベル表示に従って記述する。知識に対するレベル設定の際には

表 1 知識に対する要求レベルと達成度レベル

Table 1 Requirement and achievement levels for knowledge.

| レベル | 説明                   |
|-----|----------------------|
| 未記入 | その項目の内容は知らなくてもよい。    |
| 1   | その項目の内容がおおむね理解できる。   |
| 2   | その項目の概要がおおむね説明できる。   |
| 3   | その項目の概念を使った議論に参加できる。 |
| 4   | その項目の概念を問題解決に使える。    |

表 2 スキルに対する要求レベルと達成度レベル

Table 2 Requirement and achievement levels for skill.

| レベル | 説明                    |
|-----|-----------------------|
| 未記入 | その項目の内容は実行できなくてもよい。   |
| 2   | 具体的な指示を与えれば実行できる。     |
| 3   | 大まかな指示を与えれば実行できる。     |
| 4   | 作業を独力で実行できる程度に習熟している。 |

情報処理学会が情報専門学科に対して行った達成度調査<sup>\*1</sup>のレベル設定を、スキルに対するレベル設定にあたっては、ETSS のスキルレベルをそれぞれ参照した。

$n$  個の知識項目に対して、 $i$  番目の知識項目に対する要求レベルを  $R_i$ 、達成度レベルを  $A_i$  とする。要求レベル  $R = \{R_1, \dots, R_n\}$  と達成度レベル  $A = \{A_1, \dots, A_n\}$  を比較することによって、個別の教育プログラムの特徴を分析できる。そのために、充足率および対応率を定義する。

要求レベル  $R$  に対する達成度レベル  $A$  の充足率を以下の式で定義する。充足率は、基本的に各知識項目の重みを  $A_i$  とした達成度レベルの加重平均である。ただし、 $\min$  演算を組み合わせることで、達成はしているが要求されていない項目については計算から除外している。

$$\frac{\sum_{i=1}^n \min(A_i, R_i)}{\sum_{i=1}^n R_i}$$

\*1 同調査の結果は文献 7) の参考資料として公開されている。

要求レベル  $R$  に対する達成度レベル  $A$  の対応率を以下の式で定義する。対応率は、要求レベルが 1 以上の項目数に対する、それらの項目のうち達成度レベルが 1 以上の項目数の比率である。要求された項目を完全に達成するのは難しい場合でも、教育機関が何らかの対応を行えば、対応率には反映される。

$$\frac{A_i \text{ と } R_i \text{ がともに 1 以上の項目数}}{R_i \text{ が 1 以上の項目数}}$$

充足率および対応率の値は、知識体系の全体に対して求めるだけでなく、領域ごとに求めることもできる。後者を計算することで、教育プログラムの特徴を分析できる。

なお、充足率および対応率の値を教育プログラムの評価に用いる際には注意が必要である。これは、要求レベル  $R$  が妥当なものでない場合、教育プログラムを誤った方向に誘導してしまう恐れがあるためである。

### 5. 教育プログラムの分析事例

IT 共通知識体系を用いて、新卒者および即戦力人材に対する要求レベル(期待値), JABEE 認定プログラムおよび産学連携 PBL 教育の達成度レベルを調査した。これによる調査結果を図 1 に示す。実際の調査は 143 の知識項目すべてについて行われたが、調査結果の概要をコンパクトに示すために、図 1 では調査結果を領域ごとに平均した値を示している。調査によって得られた情報をもとに 4 章の手法を適用し、IT 技術者育成に関する要求レベルと達成度レベルを分析した。なお、本章では知識に関する分析だけを行う。

#### 5.1 新卒者および即戦力に対する企業の要求レベル分析

IT ベンダに勤務する技術者(12名)を対象として、情報専門学科(学部レベル)を卒業した学生に期待する能力レベルを調査した。また、自立して実践業務ができるレベル(SE<sup>\*1</sup>としての即戦力レベル)についても調査を行った。これは、入社後3年程度の社内教育および実務経験を積んだIT技術者に対する現状での理想レベルを示す。即戦力レベルは、情報専門学科における大学院レベルの専門教育を行う際に参考になるとされる。しかし、本章では学部レベルの教育プログラムを分析対象としているため、充足率や対応率の計算の際には使用していない。

総じて、「採用での期待レベル」に比べて、「自立して実践業務ができる人材レベル」の方

\*1 SE(システムエンジニア)はITSS等で業務内容が定義されている職種ではなく、内容があいまいとの批判があることは承知している。しかし、現実のITベンダでは技術系人材に様々な業務を行わせているケースが多い。これらの人材をひとくくりにして調査を行うことで、回答しやすいように配慮した。

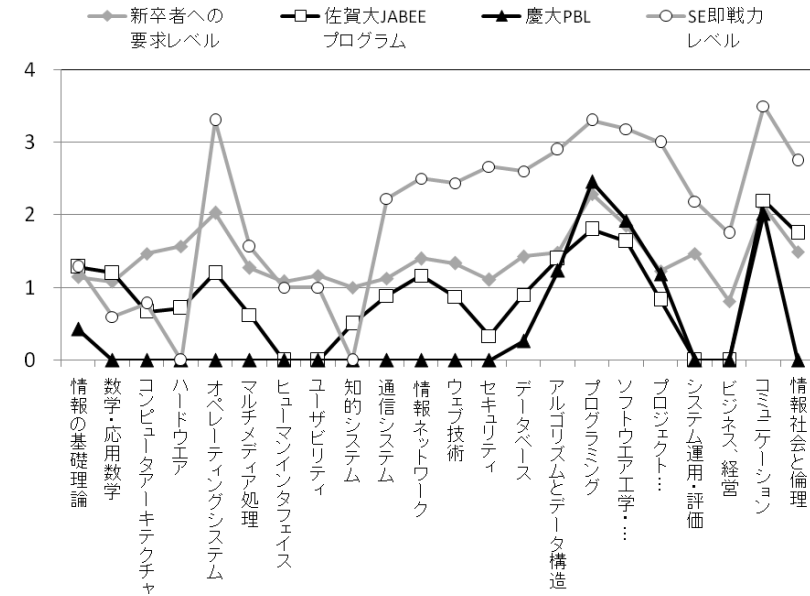


図 1 要求レベルと達成度レベルの事例  
Fig. 1 Requirement and achievement levels.

が高い達成度レベルが必要との認識であった。しかし、ハードウェアと知的システムの領域においては、「採用レベル」の方が高い知識レベルを要求されている。この理由として、「異動とともにキャリア転換していくにあたって必要であるから」という認識があること、「大学での学習に対する自らの経験イメージから『学んでおいた方がよい』と回答者が考えた」、等が考えられる。

#### 5.2 JABEE 認定プログラムの達成度レベル分析

佐賀大学の知能情報システム専修プログラム<sup>10)</sup>における達成度レベルの調査結果を図 1 に示す。同プログラムは JABEE(日本技術者教育認定機構)によるアクレディテーション認定を受けており、プログラムが主張するレベルが実際に達成されていることが審査を通じて確認されている。その意味で、大学の学部レベル教育における 1 つの到達目標モデルといえる。同プログラムでは、4 年間の教育課程において 1,800 時間以上の学習を保証している。

大学等の高等教育機関に対する JABEE 認定は、企業等に対する ISO 9001(品質保証システム)取得に対応する。すなわち、卒業生が達成すべき目標(知識および能力)を大学が

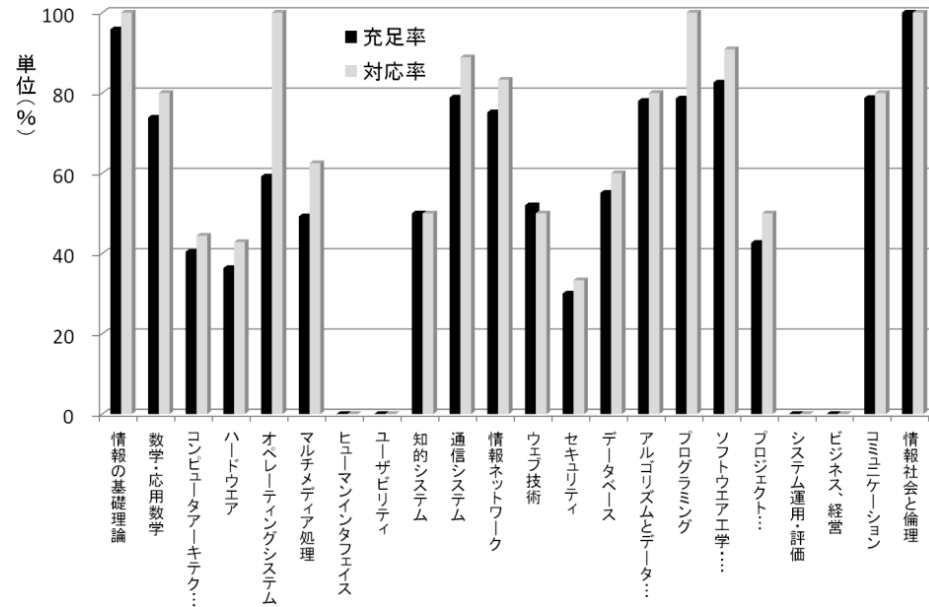


図 2 佐賀大学 JABEE 認定プログラムにおける領域別の充足率と対応率

Fig. 2 Satisfaction and action ratios of an accredited program at Saga University.

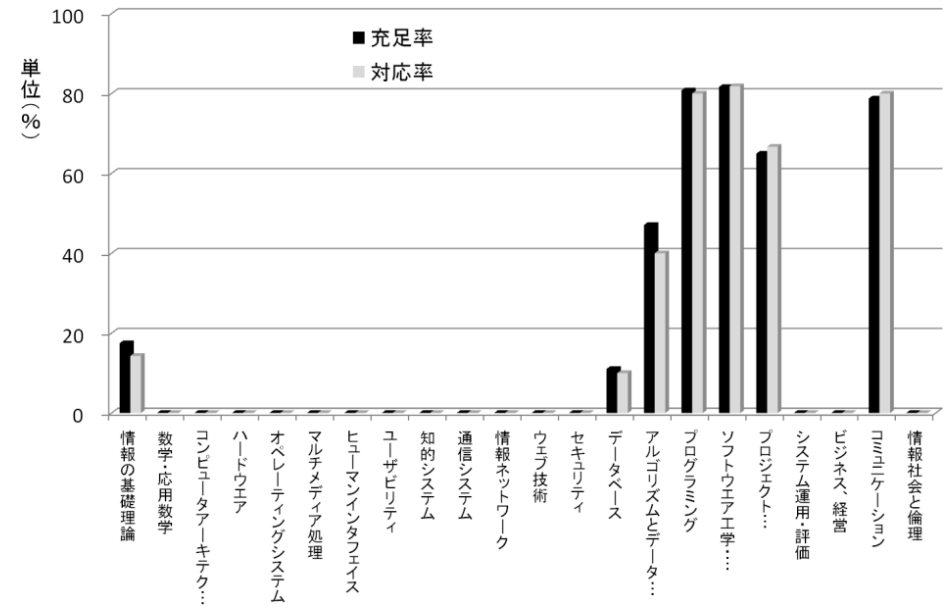


図 3 慶應大学 PBL における領域別の充足率と対応率

Fig. 3 Satisfaction and action ratios of a PBL at Keio University.

宣言し、それを達成するためのカリキュラムやシラバス等を整備して教育を行う。その結果をふまえて必要な改善を施す、いわゆる PDCA サイクルを機能させることを通じて教育の質的保証を達成すると同時に、教育システムの継続的改善を実現しようとするものである。

5.1 節で示した新卒者への要求レベルに対する本プログラムの充足率は 56.6%、対応率は 61.0%であった。また、図 2 に領域別の充足率と対応率を示す。

22 の領域のうち、9 領域で充足率が 70%以上だった。一方で、30%未満の領域が 4 領域あった。充足率の分布は、プログラムの特徴とよく対応している。対応率より充足率が低くなっている領域がいくつかあるが、これは、要求レベルによる重み付けが考慮された結果である。図 1 から分かる通り、本プログラムの特徴としては、個別領域の達成度レベルは必ずしも高いとはいえないが、比較的広い領域をカバーしており、新卒採用時の期待レベルにも比較的よく対応していることがあげられる。

### 5.3 PBL の達成度レベル分析

慶應大学 PBL<sup>11)</sup> では、3~4 名の学部学生から構成されるチームに対し、IT 企業の若手技術者がプロジェクトマネージャを担当し、学内外の顧客に対して要求分析、企画提案、ソフトウェア開発等を行う。学生は系統的な情報専門教育を受けているとは限らず、不足する知識等は原則として PBL の中で自ら学習する。当該 PBL は各学期 4 単位の選択科目として開講されており、各学生の学習時間は 100~150 時間程度になる。また、反復履修できるため、1~3 回の受講者が多い。

本 PBL の受講者 (14 名) を対象として、PBL 受講前後の達成度レベルを項目別にアンケート調査した。PBL 受講後の達成度レベルが受講前よりも高い場合、その項目は PBL によって達成されたと判断できる。これに該当する項目数は学生によって異なるが、最小 8 項目、平均 33.6 項目、最大 73 項目だった。IT 共通知識体系の項目総数は 143 なので、学生によっては非常に広い範囲で学習成果が見られる。

本PBLで学んだ学生の達成度レベルも図1に示す。平均的な受講者の達成度レベルを示すために、半数以上の学生に対して学習成果が見られた25項目のみについて達成度レベルの平均値を示してある。産学連携型の実践教育を通じて情報システム開発を学んでいるため、ソフトウェア開発分野の達成度レベルについては、SE即戦力レベルに迫る項目も見られる。ただし、知識項目ごとのばらつきが大きいのが特徴である。この原因としては、系統的学習が少ないことがあげられる。学生に対する調査によると、他の授業等で系統的に学んだことのある項目数は、最小6、平均30.7、最大74であり、学生によるばらつきも大きい。

5.1節で示した新卒者への要求レベルに対する本PBLの充足率は22.6%、対応率は17.7%であった。領域別の充足率と対応率を図3に示す。

22の領域のうち、3領域で充足率が70%以上だった。一方で、30%未満の領域が17あった。4年間かけて系統的に教育を行う佐賀大JABEEプログラムと比較すると全体的な対応率や充足率は低くなるが、100~150時間の授業1~3回で学べる内容としては十分優れていると考えられる。また、対応率と充足率の値が近い領域が多いのは実践教育の特徴と考えられる。

## 6. おわりに

産業構造審議会人材育成WGの報告書<sup>2)</sup>では、ITSS、ETSS、UISSを統合したフレームワークの構築を提言している。本論文のIT共通知識体系は、それに先駆けて我々が示した案として位置づけることもできる。

JABEEは2002年度審査よりアウトカムズ評価を導入しており、審査対象の教育機関に、プログラム修了生が達成する具体的な能力を、その根拠資料とともに提示させている。

グローバル化の進展にともない、国際的に通用する高等教育の質的保証が重要とされているが、最近、文部科学省も大学等の高等教育機関に対して卒業生の具体的な達成度レベルを明記させる方向で検討を進めている。

これらの動きを考慮すると、教育機関が自らの卒業生の達成度レベルを具体的に表示するとともに、それを審査する機関は審査対象プログラムの達成度レベルを分析する必要性が高まっていることが分かる。本論文で提案するIT共通知識体系は、これを系統的に行うためにも活用できる。

5章で行った分析はIT共通知識体系の適用事例であり、また調査に協力した各団体・機関も試行的に行ったものである。今後、より多くの企業や大学等が回答してデータが蓄積されれば、プロジェクトやカリキュラムのモデルもおのずと生まれることが期待される。

さらに、上記の分析結果をもとに、産学で以下の観点で議論を行うことも可能になる。

- 個別知識項目ごとに、座学＝系統性、業務＝実践性のいずれの形の習得が最も適当か、さらにそれぞれの知識項目を大学ではどこまで、どのように教えればよいか。
- 学生のうちに身につけておくべきことと、企業に入ってから学ぶことを単に切り分けるだけでなく、大学で体系的に学ぶ内容と企業の現場で学ぶことを対応付け、基礎の部分から実践の場を意識した教育を行うことの必要性
- 現場で経験を積んだ企業の技術者が、系統的に学ぶ場を大学が提供することの可能性  
これらについては、情報系の教員および、企業の実務担当者や人材マネジメント担当者が継続的に検討する必要がある。

謝辞 本研究の一部は、(学)河合塾が経済産業省から委託された事業(平成18年度大学活動評価手法開発事業)の支援を受けている。著者がリストアップした知識体系の原案に対して各種のコメントや修正意見を出していただいた皆様、および要求レベル調査や達成度レベル調査に協力していただいた皆様に、謹んで感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 日本経済団体連合会：産学官連携による高度な情報通信人材の育成強化について(2005).  
<http://www.keidanren.or.jp/japanese/policy/2005/039/index.html>
- 2) 産業構造審議会人材育成WG報告書、高度IT人材の育成を目指して(2007).  
<http://www.meti.go.jp/press/200707200006/200707200006.html>
- 3) 情報処理学会情報処理教育委員会：日本の情報教育・情報処理教育に関する提言(2005).  
<http://www.ipsj.or.jp/12kyoiku/proposal-20051029.html>
- 4) 情報処理推進機構(IPA)：ITスキル標準。  
<http://www.ipa.go.jp/jinzai/itss/index.html>
- 5) 情報処理推進機構(IPA)：組み込みシステムスキル標準。  
<http://sec.ipa.go.jp/std/eb.php>
- 6) 経済産業省、情報処理推進機構(IPA)、日本情報システムユーザー協会(JUAS)：情報システムユーザースキル標準(2008).  
[http://www.ipa.go.jp/jinzai/itss/activity/activity2.html#20080331\\_2](http://www.ipa.go.jp/jinzai/itss/activity/activity2.html#20080331_2)
- 7) 情報処理学会情報教育委員会：情報専門学科におけるカリキュラム標準「J07」最終報告(2008)。<http://www.ipsj.or.jp/12kyoiku/taikai70sympo/>
- 8) Joint Task Force for Curricula 2005: Curricula Recommendations (2005).  
<http://www.acm.org/education/curricula-recommendations>
- 9) (社)情報サービス産業協会：平成18年度情報サービス産業における情報技術マップに関する調査報告(2007)。
- 10) 佐賀大学理工学部知能情報システム学科(2008)。

<http://www.ma.is.saga-u.ac.jp/JABEE/>

- 11) 松澤芳昭, 大岩 元: 産学協同の Project-based Learning によるソフトウェア技術者教育の試みと成果, 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.8, pp.2767-2780 (2007).

## 付 録

### A.1 IT 共通知識体系

#### コンピュータの基礎・基盤

| 領域            | 知識・スキル項目           | 具体的内容(例示)   |
|---------------|--------------------|---|
| 情報の基礎理論       | 数理論理学              | ブール代数, 命題論理, 述語論理   |
|               | 言語理論とオートマトン, 計算の理論 | 正規文法, 文脈自由文法, BNF, オートマトン, チューリングマシン  |
|               | 計算量理論              | NP 完全性, 決定不能性, NC, P, NP, co-NP, PSPACE                                     |
|               | 数値解析               |   |
|               | シミュレーション           | 性能評価等   |
|               | 情報のデジタル化           | デジタル表現, 標本化・量子化, データ圧縮, AD/DA 変換, デジタルフィルタ                                  |
|               | 数とデータの表現           | 2 進数, 浮動小数点数, 文字コード, 標準コード  |
| 数学・応用数学       | 微積分                |   |
|               | 線形代数               |   |
|               | 離散数学               | 論理学, ブール代数, 集合論, 数え上げ, グラフ理論  |
|               | 確率・統計              | 平均, 分散, 確率分布, 大数の法則, データ解析, 待ち行列  |
|               | 最適化手法              | OR, 数理計画法・経営管理工学など  |
| コンピュータアーキテクチャ | 汎用プロセッサ            | 命令セット, 構造 (RISC, CISC), 割り込み, キャッシュメモリ (1 次), スタックポインタ, パイプライン処理, スカラープロセッサ |
|               | 特定用途向けプロセッサ        | ASIC, DSP, FPGA, SoC  |
|               | アーキテクチャ記述言語        | VHDL 等  |
|               | メモリアーキテクチャ, 記憶装置   | メモリ, 補助記憶装置 (ディスクなど), メモリアーキテクチャ, キャッシュメモリ (2 次), 記憶階層, SAN/ NAS, RAID      |
|               | 装置間のインタフェース        | USB, Bluetooth, IrDA, IEEE 1394   |
|               | 計測工学               | センサ, 誤差   |
|               | 制御工学               | アクチュエータ, フィードバック, 発振  |
|               | 組み込みシステム           | 携帯電話, ロボット, メカトロニクスなど   |
|               | 高性能コンピューティング       | 並列処理, ベクトルプロセッサ, クラスタコンピューティング, MPI   |
|               |                    |   |
| ハードウェア        | 電気回路               |   |
|               | 電子回路               |   |
|               | デジタル信号処理           | AD 変換, DA 変換, DSP   |
|               | I/O                | 入出力装置, 周辺装置, I/O アーキテクチャ  |
|               | VLSI 記述言語          | VHDL, Verilog HDL   |
|               | 論理回路設計             | 組み合わせ回路, 順序回路, 演算回路   |
|               | VLSI 設計            | PLC, FPGA   |
| オペレーティングシステム  | 基本概念               | 資源管理, プロセス, マルチプログラミング, スケジューリング, ファイルシステム, ディレクトリ, 仮想記憶, マイクロカーネル, スレッド    |

| 領域           | 知識・スキル項目           | 具体的内容(例示)  |
|--------------|--------------------|--|
| オペレーティングシステム | オペレーティングシステムの構成と評価 | 構成技術, 性能評価, 信頼性, 経済性   |
|              | オペレーティングシステムの活用    | システムコール, API, イベントフラグ, タスク設計   |
|              | オペレーティングシステムの実装    | システムコール, API, イベントフラグ, タスクスケジューリング, マルチユーザ, マルチタスク, タスク管理, リソース管理, デバイスドライバ                                      |
|              | 個別 OS              | Windows 系 OS, Unix, AS400, FreeBSD, Linux, MS/DOS, Mac OS, Palm OS, AIX, Solaris, I-TRON, 組み込み Linux, Windows CE |

## メディア・HCI

|              |               |  |
|--------------|---------------|--|
| マルチメディア処理    | マルチメディア情報圧縮   | MPEG, JPEG   |
|              | マルチメディア利用技術   | メタデータ, マルチメディアプレゼンテーション記述, モデリング, 蓄積, 検索, 管理, 配信                   |
|              | コンピュータグラフィックス | グラフィックス, アニメーション   |
|              | 画像処理・認識       | 画像処理, 画像情報処理   |
|              | 音声処理・認識       | 音声処理, オーディオ情報処理  |
|              | コンテンツデザイン・制作  | デザイン工学, デザインの素養  |
|              | 評価            | コンテンツの評価(MOS), 主観評価, 客観評価  |
|              | マルチメディア応用     | マルチメディア通信, マルチメディア検索, バーチャルリアリティ, アーカイブス, テレビ会議・電話, 通信放送融合, eラーニング |
| ヒューマンインタフェース | エルゴノミクス       | 生体情報処理機構, 人間工学   |
|              | 認知工学          | メタファー, 認知モデル, 人間情報処理モデル  |
|              | インタラクションと HMI | 対話理解, フィードバック, 一貫性, マルチモーダル  |
| ユーザビリティ      | デザイン          | ユーザー中心デザイン, アクセシビリティ, ユニバーサルデザイン                                   |
|              | 評価            | ユーザビリティテスト, ヒューリスティック法, 認知的ウォークスルー法, インタビュー法, 観察法                  |
| 知的システム       | 人工知能          | 歴史, 記号処理, エージェント   |
|              | 知識処理          | 探索と推論, エキスパートシステム, オントロジ   |
|              | 機械学習          | ニューラルネット, 強化学習, 情報論的学習論, 統計的学習論                                    |
|              | 自然言語処理        | 形態素解析, 構文解析, 意味解析, 機械翻訳, 仮名漢字変換                                    |
|              | パターン認識        | 識別関数, ベイズ識別, 統計的パターン認識   |
|              | ロボティクス        | ビジョン, プランニング   |

## ネットワーク・セキュリティ

|            |              |   |
|------------|--------------|---|
| 通信システム     | 通信工学基礎       | 情報理論, 符号理論, 波形, 電送, トラヒック理論, パケット交換, 回線交換   |
|            | 通信方式         | 半二重・全二重, アナログ・デジタル, 同期・非同期, 伝送速度, 符号化・復号化, 伝送品質, 誤り制御, DSL, FTTH, 伝送媒体, 通信ケーブル, 各種通信装置, SONET/SDH |
|            | 無線通信         |   |
|            | 有線通信         |   |
|            | 移動体通信        | 電波伝播, 変調・復調, アンテナ, セルラー・携帯電話網, 無線 MAN, 多重アクセス制御方式   |
|            | QoS 制御       | ベストエフォート/ギャランティードサービス, QoS 制御   |
|            | ネットワーク構成機器   | ルータ, HUB, スイッチ, LAN 間接続, 無線 LAN, イーサネット   |
|            | 関連法規と制度, 標準化 | 有線電気通信法, 電波法, 電気通信事業法, 国際電気通信条約, 第一/二種電気通信事業者, RFC, 標準化組織 (IEEE, IETF, ITU, ISO など)               |
|            | システム構築・管理・運用 | システム導入, 更新, 管理, 保守, サーバ構築通信アクセスプログラム, ネットワーク制御プログラム, サーバ/クライアント, NOS, ネットワーク管理                    |
|            | 情報ネットワーク     | ネットワークアーキテクチャ   |
| ネットワークの実装  |              | インターネットプロトコル, クライアント・サーバ, 車載用 LAN (CAN, FlexRay)  |
| ネットワーク管理   |              | TCP/IP, IP アドレス, IPv6, DNS, 経路制御, 電子メール, HTTP, FTP, MIME  |
| アプリケーション管理 |              | e コマース, コンテンツ配信, ブログ, RSS, SNS  |
|            |              |   |



3385 IT分野のスキル標準を用いた知識・スキル項目の体系化と教育プログラムの分析事例

| 領域       | 知識・スキル項目       | 具体的内容(例示)  |
|----------|----------------|--|
| 情報ネットワーク | 分散システム         | クライアント・サーバ, 自律分散, P2P, グリッド, モバイルコンピューティング, パーベシブコンピューティング |
|          | ネットワークプログラミング  | Java, EDI, PHP, Ruby など                                    |
| ウェブ技術    | World Wide Web |  |
|          | Web ページ記述言語    | HTML, XML  |
|          | プロトコル, サーバ     | HTTP, Apache, プロキシ   |
|          | Web プログラミング    | Perl CGI, JavaScript, Ajax, サンプル                           |
|          | 検索エンジン最適化      | SEO, PageRank, メタデータ                                       |
|          | Weblog         |  |
|          | Web ソフトウェア技術   | Web サービス, セマンティック Web, オントロジ, ソーシャルネットワーク, リコメンデーション       |
| セキュリティ   | セキュリティ         | SSL, i モード, WAP  |
|          | 暗号             | 暗号理論, 共通鍵暗号, 公開鍵暗号, PKI・電子署名                               |
|          | ネットワークセキュリティ   | セキュリティプロトコル, アクセス制御, システムデータのインテグリティ, 進入探知, マルウェア対策        |
|          | 個人認証           | バイオメトリクス, 認識・識別  |
|          | 権利管理・保護技術      | 各種コンテンツ管理・保護, DRM  |
|          | セキュリティ運用管理     | ISMS, セキュリティポリシー, リスク分析, 対策・復旧, 評価・監査, 信頼性                 |
|          | セキュリティと社会      | セキュリティ教育, プライバシー, ソーシャルエンジニアリング                            |

ソフトウェア開発

|                 |                 |   |
|-----------------|-----------------|---|
| データベース          | データベースの概念       | 3 層スキーマ, 概念データモデル, 論理データモデル, リレーショナル DB, OODB, 正規化(第一~第三正規形)              |
|                 | データベース言語        | データ定義言語, データ操作言語, SQL, 集合演算(和, 差, 積, 直積), 関係演算(選択, 射影, 結合, 商)             |
|                 | DBMS            | 機能, 特徴, 構成, 分散 DBMS, レプリケーション, 問い合わせ処理                                    |
|                 | トランザクション管理      | 排他制御, リカバリ, 2/3 相コミット, ACID 特性, 分散トランザクション, TP モニター                       |
|                 | データベース論理設計      | データモデリング, ERD, 正規化(第一~第三正規形)  |
|                 | データベース物理設計      | ファイル構成, 索引, ハッシュ, B ツリー, パフォーマンスチューニング                                    |
|                 | システム構築・管理・運用    | システム導入, 更新, 管理, 保守  |
|                 | 個別システム          | DB2, Oracle, SQL Server, Access, PostgreSQL, MySQL                        |
|                 | 情報検索            | 情報検索モデル, 評価尺度, 索引   |
|                 | データマイニング        | 相関ルール, 分類, クラスタリング, Web マイニング, テキストマイニングなど                                |
| アルゴリズムとデータ構造    | データ構造           | 配列, 文字列, スタック, リスト, 連想配列, 木, グラフ  |
|                 | 基礎的な計算アルゴリズム    | 線形探索, 二分探索, ハッシュ法, 二分探索木, 整列(ソート), 文字列照合, グラフアルゴリズム                       |
|                 | 暗号アルゴリズム        | 公開鍵暗号, デジタル署名, 暗号プロトコル  |
|                 | アルゴリズムの効率       | 計算量, 最悪計算量, 平均計算量, O 記法   |
|                 | アルゴリズム設計法       | 分割統治, 分枝限定法, 動的プログラミング, 近似アルゴリズム  |
| プログラミング         | プログラミング言語の基礎    | 変数, データ型, 制御構造, サブルーチン, パラメータ, 再帰, モジュール化                                 |
|                 | プログラミングの基礎      | 構造化プログラミング, 再帰, イベント駆動プログラミング, スクリプティング, 手続き型言語, 関数型言語, 論理型言語, オブジェクト指向言語 |
|                 | 言語処理系           | アセンブラ, コンパイラ, インタプリタ, オプティマイザ, 仮想マシン(Java VM)                             |
|                 | オブジェクト指向プログラミング |   |
|                 | 個別言語            | アセンブリ言語, C, C++, Java, Basic  |
| ソフトウェア工学・システム開発 | 要求分析            | 業務分析, 要求分析, 仕様化, 要件定義   |
|                 | 構造化技法           | DFD, モジュール設計, 段階的詳細化  |
|                 | データモデリング        | データモデル, ER 図, データ定義, 正規化  |
|                 | データ記述言語         | ASN.1, SGML, WSDL, IDL, XML(データ記述言語として)                                   |

| 領域              | 知識・スキル項目   | 具体的内容(例示)   |
|-----------------|------------|---|
| ソフトウェア工学・システム開発 | オブジェクト指向技法 | クラス, 継承, 多態性, UML, クラス設計  |
|                 | アーキテクチャ    | MVC, 階層構造, クライアント・サーバ, アーキテクチャ・パターン   |
|                 | メトリクスと計測   | 機能尺度, 規模尺度, 品質尺度  |
|                 | 再利用        | フレームワーク, コンポーネント, デザインパターン, ライブラリ, 構成管理, プロダクトライン   |
|                 | 開発プロセス     | ウォーターフォール, インクリメンタル, スパイラル, プロトタイピング, アジャイル, TDD  |
|                 | 実装・開発環境    | Jackson 法, Yordon 法, Martin メソッド, インプリメンテーションツール, 統合開発環境, コーディング規約, ドキュメンテーション, コンパイラ, ICE, JTAG, オシロスコープ |
|                 | 検証・検査      | レビュー, ウォークスルー, 単体テスト, 結合テスト, システムテスト, 性能評価, 品質評価, エイジング, ユーザーテスト  |

## 情報システム

|              |             |  |
|--------------|-------------|--|
| プロジェクトマネジメント | プロジェクトの基本概念 | PMBOK, P2M など  |
|              | タイムマネジメント   | アクティビティ定義, アクティビティ資源見積もり, スケジュールコントロールなど                     |
|              | コストマネジメント   | コストの見積もり, コストの予算化, コストコントロールなど                               |
|              | 品質マネジメント    | 品質計画, 品質保証, 品質管理など   |
|              | 調達マネジメント    | 購入・取得計画, 契約計画, 納入者選定, 契約管理など                                 |
|              | その他マネジメント   | スコープマネジメント, 人的資源マネジメント, コミュニケーションマネジメント, リスクマネジメントなど         |
| システム運用・評価    | 基本概念        | SCM, ロジスティクス, 形態論, 生態論                                       |
|              | 計画立案        | 製品戦略の立案, 製品の機能管理   |
|              | 運用          | バックアップ, 対災害計画と復旧, 機能管理, 顧客管理, 業務管理, 新情報導入, データの完全性, システムの完全性 |
|              | 情報システムの評価   | 性能評価, 運用評価, 実績報告, システム監査, 事業戦略評価, IS 戦略評価, 業績評価, 安全性評価       |
|              | 保守          | 保守, バグ修正, バージョンアップ対応   |
|              | 進化          | 機能追加・改善, パフォーマンスチューニング, UI 改良, 品質改善                          |
|              | 個別情報システム    | 流通, 生産, 金融, 交通, 通信, 官公庁等                                     |
|              | ビジネスプロセスの変革 | BPR  |

## ビジネス

|           |   |   |
|-----------|---|---|
| ビジネス, 経営  | 法務・倫理   | コンプライアンス, ビジネス倫理, IT 関連法規, 会社法, 証券取引法, 派遣法, 金融法等, 契約, プライバシー, 知的所有権保護, エージェンシー  |
|           | 経営戦略・組織   | ビジネスモデル, ビジネス戦略策定, 戦略評価, 情報戦略   |
|           | 人事・労務   | HRM (ヒューマンリソースマネジメント)   |
|           | 環境分析  | 外部環境, 内部環境  |
|           | 会計  | 財務会計, 管理会計, 監査  |
|           | マーケティング   | SCM (サプライチェーン), CRM (カスタマーリレーションシップマネジメント)  |
|           | 専門家としての意志決定   | プロフェッショナリズム, トレンド, 技術動向・社会動向の把握   |
|           | 運用  | ERP (エンタープライズリソースプランニング), 問題発見, 問題解決, 社会常識  |
| コミュニケーション | 基本概念  | 要求分析, 企画, メディアの選定など   |
|           | 文書読解・作成, プレゼンテーション  | 文書の企画, 構成, 執筆, 推敲, 系統的な説明, 図示, プレゼンテーションの構成と作成, 実践  |
|           | 英語力   | ドキュメンテーション, 会話力, リスニング  |
|           | コミュニケーション実践   | 対話またはインタビューの実践, 意思疎通, コミュニケーション手法の活用と実践, 効果的な話し方, 聞き方の実践, 状況対応能力の育成と実践, 状況対応能力の活用と実践, クエスチョニング, リスニング, チーム内の情報共有法, コミュニケーション作法, 組織コミュニケーション, インターネットコミュニケーション, 情報発信 |
| ネゴシエーション  | ネゴシエーション, 交渉プロセスの把握と実践, 効果的な交渉技法の活用と実践, 信頼関係の確立, 目標の設定, 共通利益, 問題解決手法の運用と実践 (クレーム処理) |   |

| 領域      | 知識・スキル項目    | 具体的内容（例示）  |
|---------|-------------|--|
| 情報社会と倫理 | コンピュータリテラシー | PC 基本操作, Windows の基礎, タイピング, DA ソフト (Excel, Word, PowerPoint, Access), インターネットの基礎知識, メール, HTML |
|         | 知的財産        | 特許, 著作権, 工業所有権   |
|         | 情報倫理        | 情報セキュリティ, 個人情報保護, コンプライアンス, 情報モラル  |
|         | IT 関連法規     | メディア法, 電気通信法, 放送法  |

(平成 19 年 12 月 1 日受付)

(平成 20 年 3 月 4 日採録)



掛下 哲郎 (正会員)

九州大学工学部情報工学科卒業。同大学院博士後期課程修了。工学博士。現在、佐賀大学知能情報システム学科准教授。データベースおよびソフトウェア工学を専門とする。情報処理学会高度 IT 人材育成フォーラムを立ち上げ、産官学連携による IT 人材育成活動を推進中。情報処理学会ア krediyation 委員会幹事, JABEE 基準委員, 電子情報通信学会,

ACM 等各会員。



山本 真司 (正会員)

静岡県生まれ。1990 年学校法人河合塾入塾。高校教員向け情報誌「ガイドライン」編集長を務めた後、2005 年 11 月には、理工系 100 分野の学問紹介と大学ランキング, トップ研究者の紹介を兼ねた『学問前線 2006』(角川書店)を刊行し、反響をよんだ。ほかには、別冊宝島『学問の鉄人—大学教授ランキング<文科系編>』『14 才と 17 才の BOOOK ガイド』(メディアファクトリー), 『わかる! 学問 環境・バイオの最前線—大学・研究者ランキング』『わかる! 学問 理科系の最先端』(ともに角川書店刊)等。