

アメリカにおける情報科教育カリキュラム標準化の動向 —ACM/CSTAの「K-12 Computing Standard」を中心に—

関西学院大学非常勤講師 中條 道雄

1. はじめに

我が国における情報科教育は2003年度に普通教科「情報」が「情報A, B, C」の3科目で新設され、2013年度からは「情報の科学」「社会と情報」の2科目から成る共通教科に改組されたが、既に2014年11月20日に文部科学大臣が中央教育審議会に『初等中等教育における教育課程の基準等の在り方について』を諮問したことにより、今後次期学習指導要領の改訂に向けての準備が本格化していくことになる。近年諸外国においては従来からの「情報活用能力」育成よりは「厳密な学問的理念に基づいた科学的内容の理解」に重点を置いた情報科教育の開発・実践を推進する動きが高まっている。本稿では、前号（『情報教育資料39号』p.5）で紹介したイギリスにおける「ナショナルカリキュラム」（2014年9月から実施された）にも影響を与えたアメリカの“ACM/CSTA K-12（幼稚園から12学年までの）Computing Standards”と、その育成目標の主眼となっている「Computational Thinking（CT）」を中心にアメリカにおける動向を紹介・解説する。

2. アメリカの初等・中等教育段階の情報科教育事情

よく知られているようにアメリカでは教育は各州の専管事項となっており、連邦政府は直接にコントロールしない（できない）。初等中等教育は各州の教育省の下に設置されている地域学区（school district）の教育委員会（board of education）によって管理運営されている。従って我が国やイギリスのような全国共通の学習指導要領や

検定教科書もなく、教員免許・資格の制度も州によって異なっている。学区にもよるが、各学校や個々の教員レベルで教科内容や教授方法にかなりの裁量を与えられている場合も多く、このことは各学校や教員によって特色のある教科内容や授業を実施する可能性を与えてきた半面、学校や教員、地域性などによってかなりの差異（しばしば格差）が生じている問題が増大していた。これに対処するために、近年では全米知事会が基本的な教育内容の共通化を図るための「全州共通コアカリキュラム」（Common Core State Standards, CCSS）を制定する動きが起り、現在主要教科である英語・数学・理科のコアカリキュラムが制定され、これに基づいたカリキュラムの整備・実践が各州に広がりつつある。

初等中等教育は一般的には小学校、中学校、高等学校の3段階から成り、就学年齢は5-8歳（5歳が最も多い）から始まり14-18歳までである。生徒は高等学校では専門化した課程よりは一般教科の必修及び選択科目を履修することが多い。必修科目としては英語・数学・体育・理科及び社会科を含むのが従来の伝統である。

ほとんどの州で高等学校を卒業するための履修要件が設定されているが、この要件は州により、また学校によっても異なっており、必修科目の全てを修了した上で州レベルのコース・プログラム修了試験に合格することが課されている場合もある。大学入学要件も各大学や同じ大学でも学部・学科によって異なることがあるので差異が大きく、州の高校卒業要件と整合性がない場合もある。

「情報科教育」はこれまでほとんどの州で主要（コア）科目とはみなされていなかったため、学

区や学校による実施状況の差異・格差が大きいことが問題視され、アメリカを代表するコンピュータ関連の学会であるACM (Association for Computing Machinery) は「K-12カリキュラム特別委員会」を設置し、2003年に最終報告書として「K-12段階のコンピュータ科学 (CS) のモデルカリキュラム」(“A Model Curriculum for K-12 Computer Science”) を刊行した。このカリキュラムはアメリカのみならず世界各国の情報科教育関係者などから注目を浴びたこともあり、国際的普及を視野に入れた前書きを加えた改訂版が2006年に刊行された。2011年には従来の4レベルから成るモデルを3レベルに整理改訂した「K-12学年を通したCSスタンダード」(CSTA K-12 Computer Science Standards) が刊行された。

3. ACM/CSTAのスタンダード

ACM傘下の団体であるCSTA (Computer Science Teachers Association; CS教員連盟) は、初等中等教育段階での情報科教育を実践している教員や管理職・研究者の団体で、2005年に設立されて以来、アメリカのCS教育推進活動を精力的に推進してきた。この団体のK-12スタンダード文書では冒頭でその目的を以下のように示している。

1. 初等教育段階から始まってCSの基本概念を全ての生徒に導入する
2. 中等教育段階での必修科目としてCS科目またはコア科目である数学、理科のいずれかとして卒業必要単位に認められる内容を提示する
3. 中等教育段階で興味を持った生徒がさらに学びを深め、就職や大学進学への準備となる上級レベルのCS科目を提供する
4. CSが全ての生徒一特に(女子やマイノリティなど) CSをこれまであまり履修してこなかった階層—にとって魅力的で履修したくなるようにする

スタンダードではCSの定義を『コンピュータとアルゴリズム過程 (algorithmic process) を研究する学問分野であり、その原理、ハードとソフトの設計・応用及び社会への影響についての研究

を含む』と明確化し、「基本原理としてのCS科目の重要性」として以下の5点を挙げている。

1. 知的活動として重要である
2. 将来的に多くのキャリアパスに導く
3. 問題解決 (法) を教える
4. 他の科学分野と連携して応用できる
5. 全ての生徒が参画できる

スタンダードは主な内容として「プログラミング」「ハードウェアの設計」「ネットワーク」「グラフィックス」「データベースと情報検索」「コンピュータセキュリティ」「ソフトウェアの設計」「プログラミング言語」「論理」「プログラミングの枠組み (paradigm)」「抽象化のレベルの転換 (translation)」「人工知能」「計算の限界 (コンピュータにできないこと)」「情報工学と情報システムの応用 (application)」「社会的課題 (インターネットのセキュリティ、プライバシー、知的財産、等)」の15分野を挙げている。

生徒たちは上記の分野の学習を通して、以下のことがらを理解することが求められている。

1. CSの特徴とその現代社会における意義
2. CSは原理と活用を織り交ぜたものである
3. 他の科目においてもCSの技法を活用できる
4. 既にIT活用やAP-CS (特進) 科目を提供している学校ではCS科目はそれらを補完する

スタンダードに準拠したカリキュラムでの学習は生徒の発達段階に応じてレベル1, 2, 3と進行する。以下に各レベルの学年と科目名およびその内容を示す。

レベル1 (K-6 学年): “私たちにとってのCS”

- ・小学生にテクノロジーの基礎的な技能CTの基礎原理を統合することを通してCSの基盤原理を紹介する
- ・生徒の学習意欲が鼓舞され惹きつけられることで、コンピューティングは彼らの世界の重要な一部であると思うようになることを助長する
- ・アクティブラーニング、創造性と探求に焦点を置き、典型的には社会科・国語 (language arts) ・数学・理科等の科目に埋め込まれた形として実施する

前号で紹介したイギリスのカリキュラムでもキーステージ1(小学校初級)から「プログラミングの教育」を始めることが強調されていたが、CSTAのスタンダードでは小学校段階から「アルゴリズム思考」を教えることの重要性と可能性を挙げ、生徒たちが楽しみながら学べる課題として「迷路から抜け出す方法を見つける(タートルグラフィックス,ロボティックスの応用)」「クッキーを焼く手順を考える」「言葉のリストをアルファベット順に並べる」などいくつかを例示している。

レベル2(6-9学年):“CSとコミュニティ”

生徒はすでに“Computational Thinking”(後述)を学び始めていることを前提とし、特定のCS科目として教えるか、社会科・国語・数学・理科等の科目に埋め込まれた形で教える。

カリキュラムの目標は以下の3点である。

- ・生徒が問題解決の道具としてCTを喜んで使う(engage)ようにする
- ・デジタル作品を作成するにあたってプログラミングの原理を活用するように指導する
- ・生徒がコンピューティングは自分たちに関係のある刺激的な分野であると興味を持ち続けるようにする

レベル3(9-12学年):“概念を応用して現実世界における解を創出する(creating real-world solutions)”

レベル3はA, B, Cの3段階から成っており、以下の3項目を共通目標としている。

- ・さらに高度なCSの概念を修得し、それらを活用してバーチャルとリアルの両方の世界のコンテンツを開発する
- ・現実世界の問題の探求に焦点を絞り、CTを解の開発に活用する
- ・協調学習、プロジェクト管理、有効的なコミュニケーションを重点的に習得する

レベル3A(9または10学年):“現代世界におけるCS”

- ・生徒のCSの原理と実践の理解を強固にすることにより、情報を得た上での(informed)選択を行い、どんな職業に進むことになっても適

切な情報機器を活用できるようにする

- ・コンピューティングの広汎性とそれが現代生活のほとんど全ての分野に影響を与えていることについて理解し、それを評価(appreciate)する
- ・仕事や個人の生活でコンピューティング技術を利用するときに行う判断選択(choices)が与える社会的・倫理的影響を理解する

レベル3B(10または11学年):“CSの原理”

- ・CSとその他の学問分野との関係についてさらに深く学ぶ
- ・アルゴリズムによる問題解決とそれに関連する学習活動を多量に含む
- ・CTを現実世界の問題(解決)に活用することについて明白な理解を得る
- ・問題解決にあたってどのようにして協働するかを学び、その際に協働作業ツールを使う

レベル3C(11または12学年):“CSのトピック”

コンピューティングのある特定分野について深く学ぶことができる選択科目であり、大学進学科目である“AP Computer Science A”, コンピューティングの特定分野についてのプロジェクト学習科目(PBL), 情報関連の職業資格取得を目指す科目などがある。

PBL科目の例としては、「Desktop Publishing(DTP)」「Technicalコミュニケーション」「マルチメディア」「グラフィックス」「ゲームプログラミング」「Computationalモデリング」「ウェブ開発」「近未来の技術」「フリー／オープンソースソフトウェアの開発」などが考えられる。

5つのストランド

スタンダードの教科内容は「Computational Thinking(CT)」「コラボレーション(協働)」「コンピューティングの実践」「コンピュータと通信装置」「コミュニティ, グローバル, 及び倫理的影響」の5つのストランド(教科内容群)から構成される。

1)“Computational Thinking”

「データ表現」「アルゴリズム」「問題解決」「モデリングとシミュレーション」「抽象化」「他教科における活用」の6項目から成る。

2) “コラボレーション”

「技術的なツールと資源をコラボレーションに用いる」及び「協調的な努力 (endeavor) としてのコンピューティング」

3) “コンピューティングの実践とプログラミング”

- ・テクノロジー資源を学習に活用する
- ・テクノロジー資源をデジタル作品の創造 (creation) に活用する
- ・プログラミングの習得と活用
- ・遠隔情報と影響し合う (interacting)
- ・コンピューティング分野における職業 (careers)
- ・データ収集と分析の手法

4) “コンピュータと通信装置”

- ・コンピュータ
- ・故障修理 (troubleshooting)
- ・ネットワーク
- ・人間とコンピュータ

5) “コミュニティ、グローバル、倫理的影響”

- ・責任を持った使用 (responsible use)
- ・技術の及ぼす影響
- ・情報の正確さ (information accuracy)
- ・倫理、法律、そしてセキュリティ

4. “Computational Thinking” とは何か？

CTは特に近年における諸外国での情報科教育改革の動きの中で重視されてきた概念であるが、これが科学者だけでなく全ての人々にとって有用かつ重要であることを示したカーネギーメロン大学のJ.Wingの論考は、アメリカのみならず世界各国の情報科教育関係者に大きなインパクトを与えてきている。ここでは紙面の都合上その具体的な内容を明示したISTE/CSTAによる「K-12教育におけるCTの定義」のみを紹介する。

- ・コンピュータを使うことによる問題解決の方法
- ・(生徒は) ツールの単なるユーザとなるのではなく製作者となる
- ・生徒は抽象化・再帰・反復などの原理を用いてデータを処理・分析し、リアルとバーチャルな作品を創出する
- ・CTの効力はほとんど全ての推論に適用される

点にある

- ・多種多様なことを可能とする：量子物理学、先端生物学、人間—コンピュータシステム等の分野での思考ツールを提供する

CTのコア概念として挙げられる項目：

- ・情報の組織的処理 (systematic processing)
- ・シンボル組織とその表現 (representation)
- ・制御の流れのアルゴリズムの概念
- ・問題の構造的分解 (decomposition)
- ・反復的・再帰的・並列的思考
- ・条件論理 (conditional logic)
- ・抽象化とパターン的一般化 (generalization) (モデリングとシミュレーションを含む)
- ・効率と実行制限 (performance constraints)
- ・デバッグと組織的な誤り発見 (detection)

5. おわりに

本稿で紹介したアメリカの「K-12スタンダード」、前号で述べたイギリスの「ナショナルカリキュラム」を始め、近年推進されている世界の主要カリキュラムは、初等・中等教育段階全体を通し、CSの原理に基盤をおいた体系的な内容構成となっている点是我が国の次期改訂に向けて参考とする価値があるであろう。

“Computational Thinking” についてはこれをどのように「情報科」及び他教科で育成すべきか、できるか等の研究課題は多いが、各国での優れた教育実践の報告が増えており、我が国でもこの分野の研究・実践が推進されることが期待される。

参考資料、Webサイト

- ・“CSTA K-12 Computer Science Standards”
<http://csta.acm.org/Curriculum/sub/K12Standards.html>
- ・Wing, J. “Computational thinking” *Commun. ACM* (2006)
- ・<http://csta.acm.org/Curriculum/sub/CompThinking.html>
- ・ACM TOCE; “A Tale of Two Countries: Successes and Challenges in K-12 Computer Science Education in Israel and the United States” (2014)