

21世紀を生きる能力：21世紀型スキルと情報科

信州大学教授 香山 瑞恵

1. 21世紀型スキル

2009年にOECDから示された「新世紀の学習者」(New Millennium Learners : NML)^[1]は、世界的規模で教育カリキュラムに大きな影響を与えることとなった。ここでは、高度に知識社会化・情報社会化するであろう21世紀を担う児童生徒には、2003年に示された3種のキー・コンピテンシー^[2]に加え、ICTに関わるコンピテンシーも求められるとされ、以下の3点が示された。

- ・ICTを機能的に利活用するスキル (ICT functional skills)
- ・学習のためのICTスキル (ICT skills for learning)
- ・21世紀型スキル (21st century skills)

特に、21世紀型スキルについてOECDは図1のように定義している。ここでは3種の主たる側面(dimension)：情報、コミュニケーション、倫理と社会に対して、それぞれ2つの副次的な側面(sub-dimension)が定義され、さらにそれぞれの副次的な側面に複数のスキルが関連しているとされている。それらのスキルとは、創造性とイノベーション、クリティカル・シンキング、問題解決、意思決定、コミュニケーション、協調行動、情報

リテラシー、探究活動、メディアリテラシー、デジタル社会での生き方 (digital citizenship)、柔軟性と適応性、責任感である。この定義は、まさに我が国の情報教育の柱となっている情報活用能力と重なる内容であるとも考えられる。

21世紀型スキルに関連するフレームワークは、2009年にFramework for 21st Century LearningがP21 (Partnership for 21st century skills) から示された。これは、コンピテンシーを知識、スキル、態度、価値、倫理の5つに整理したフレームワークであった。その後、2012年にはDefining Twenty-First Century SkillsがATC 21S (Assessment and teaching of 21st Century Skills) から示されるなど、世界的規模で大きな教育パラダイムの変換が具体化されている。また、2007年には、学術団体であるISTE (International Society for Technology in Education) からNational Educational Technology Standardsが、ITEEA (International Technology and Engineering Educators Association) からStandards for Technological Literacyが相次いで示された。そして、北米の教育省管轄の組織であるNCESからは、Technological Literacy Framework/ Assessmentが2010年に、その改訂版となるTechnol-



図1 21世紀型スキルと情報学での教授項目との関係

ogy and Engineering Literacy Frameworkが2014年に示されている。さらに、2011年にはUNESCOからICT competency framework for teachersが示され、教育者のICT活用資質能力の世界基準として広まっている。これらICTの教育利用やICT教育の標準基準や枠組みモデルでは、21世紀型スキルの育成が強く意識されている。

2. 21世紀型スキルの教授法

21世紀型スキルの教授法は、各国の教育制度・文化により多様である。初等教育段階からクロスカリキュラムとして展開する国もあれば、高等学校段階で独立教科として展開する国もある^[3]。

そのような動向の中、EU諸国を中心として、2005年から高校段階で教える情報学 (Informatics) に関する国際会議：International Conference on Informatics in Secondary Schools - Evolution and Perspectivesが開催されている^[4]。2014年までに7回の会議が開かれた。そこで発表された論文の1つに、情報学と21世紀型スキルとの関係を議論しているものがある^[5]。ここでいう情報学とは、「コンピュータとアルゴリズムプロセスに関する学問分野であり、コンピュータの動作原理やアルゴリズムを構成するルール、ハードウェア、ソフトウェア、アプリケーション、そし

て社会への影響を含む」というACMの定義^[6]が用いられている。この情報学で取り上げられる教授項目は、計算機の構成、情報システム、ネットワーク、デジタル表現と情報の可視化、情報の構成 (データベースと検索)、モデル化とシミュレーション、アルゴリズム的思考とプログラミング、一般化と抽象化、情報技術の限界、情報技術の社会的影響である。表1に、これらの教授項目と21世紀型スキルとの関連を示す。例えば、「計算機の構成」を学習する際には、創造性とイノベーション、問題解決、協調行動、情報リテラシーといったスキルが関連しているとなる。

すなわち、21世紀型スキルの育成を意識した場合、情報学は非常に親和性の高い教科としてとらえることができるのである。

3. 情報学に関連する高等学校段階の教科

前述の論文で示された事柄を実現するように、情報学に関連する教科を独立教科として整備する国が近年多くなってきた。例えば、北米では2016年秋学期から、高校での大学単位認可クラスとしてAP Computer Science Principlesが導入される^[7]。評価試験においては、他の教科と同じペーパー試験のみならず、授業中の作品やデモンストレーションなどのパフォーマンスも評価対象とな

		21世紀型スキル												
		イノベーション	創造性とイノベーション	クリティカルシンキング	問題解決	意思決定	コミュニケーション	協調行動	情報リテラシー	探究活動	メディアリテラシー	デジタル社会での生き方	柔軟性と適応性	責任感
情報学	計算機の構成													
	情報システム													
	ネットワーク													
	デジタル表現と情報の可視化													
	情報の構成 (データベースと検索)													
	モデル化とシミュレーション													
	アルゴリズム的思考とプログラミング													
	一般化と抽象化													
	情報技術の限界													
	情報技術の社会的影響													

(この表は[5]の内容を参考に著者が整理しなおした)

表1 21世紀型スキルと情報学での教授項目との関係

る。ペーパー試験で評価される事柄には、創造性、抽象化、データと情報、アルゴリズム、プログラミング、インターネット、世界に与える影響があり、パフォーマンス評価の対象は計算的思考(Computational Thinking)に関する実習となる。その内容はConnecting computing, Creating computational artifacts, Abstracting, Analyzing problems and artifacts, Communicating, Collaborating (原文のまま)とされる。これまではAP Computer ScienceとしてJava programmingのみであった。AP Computer Science Principlesの導入により、従来からのプログラミングに加え、21世紀型スキルや計算的思考に関係する内容が独立教科で初めて取り上げられることになった。

英国では、2014年に義務教育段階(小学校と中学校)でComputing教科が開始される^[8]。そして、それに合わせて、義務教育修了試験に相当するGCSEでもComputer Scienceが導入される。Computingでの教授項目は、Algorithms, Programming & Development, Data & Data Representation, Hardware & Processing, Communication & Networks, Information Technology (原文のまま)とされる。これらの学習に際しては、抽象化、分解、アルゴリズム的思考、評価、一般化といった計算的思考に関するスキルが意識される。

カナダのオンタリオ州では、2008年から高校段階で独立教科Computer Studiesが設けられ、5科目(Introduction to Computer Studies, Introduction to Computer Science, Introduction to Computer Programming, Computer Science, Computer Programming)が提供されている^[9]。さらに2009年からは中学・高校向け教科としてTechnological Educationが設けられ、Communications Technology, Computer Technology, Technological Designなどの科目が提供されている。

南アフリカでは、2005年から高校段階に独立教科としてComputer Applications TechnologyとInformation Technologyを展開されている。2011年のカリキュラムでは前者はエンドユーザ用のアプリケーション教育を意識した内容である。後者

ではアルゴリズムと問題解決、アプリケーション開発、ソフトウェア工学の基礎に関する能力育成が特に意識されている^[10]。

イスラエルでは1970年代から高校でプログラミングに関する科目が設けられており、1995年には情報学を意識した独立教科Computer Scienceが展開され始めた^[11]。その時点ですでに6科目が設けられている。イスラエルのComputer Scienceに特徴的な事柄は、一般向けコースでは3科目選択、大学レベルのコンピュータサイエンスを学習したい生徒向けの専門コースでは5科目選択することである。特に、専門コースの生徒は高校段階で、2つの異なるパラダイムのプログラミングを学習するのである。具体的には、Fundamentals 1では基本的なコンピュータサイエンスの考え方として、問題解決、アルゴリズム的思考、アルゴリズムを用いた解の導出などが扱われる。Fundamentals 2では、再帰や2次元配列の処理など、コンピュータサイエンスに関してより応用的な内容を学習する。Applicationは、一般コースの生徒が選択する科目である。この科目は、特定のアプリケーションを利用しての理論的な学習と、それを応用した演習で構成される。例えば、コンピュータグラフィックスや情報システムの管理運営などが取り上げられている。Second Paradigmは、専門コースの生徒が選択する科目である。ここでは、論理プログラミング、計算機の構成、アセンブラ、情報システムやグラフィックスを学習する。Software Designでは、抽象データ型とデータ構造を学習する。Theoryでは、計算可能なモデルと数値解析のいずれかの分野を選択して学習する。

他には、オーストラリア、ニュージーランド、ドイツ、オーストリア、フランス、ロシア、リトアニア、ギリシア、インド、韓国、中国などで情報学関連の教科が運用されているという^[12,13]。

4. 計算的思考: Computational Thinking

北米や英国の情報学に関連する教科で意識されている計算的思考とは、2006年にJeannette M.

Wingが大学入学前の児童生徒に必要な能力として提唱した概念である^[14]。バス停に並ぶ人々の列は「FIFOのキュー」で、洗った皿を積み上げていった後に上から利用するのは「FILOのスタック」、ランドセルにその日使う教科書や持ち物を入れていくのは「先読みとキャッシュ」、通った道をたどりながら落し物を探すのは「バックトラック」などといった例を出しながら、計算的思考とはコンピュータ科学者だけが利用するものではなく、我々の日常に溶け込んでいる事柄を上手に解決したり処理したりすることができる概念であり、それらを意識的に、かつ適切に操作できるようになることが、次世代の児童生徒に必要な能力であると説いている。また、計算的思考における重要な概念は抽象化 (abstraction) と自動化 (automation) であり、我々の抽象概念を自動化するものが、Computingであるという^[15]。

5. 計算的思考と情報科

計算的思考は情報学の一部としても位置づく。教授項目としても成立するが、全ての教授項目を学ぶ際の思考の道具として考えることもできる。我が国の情報科を顧みたと時、前述の情報学の教授内容と極めて近い内容であることがわかる。では、21世紀型スキルや計算的思考をこの教科にどのように溶け込ませていけるのだろうか。最も新しい独立教科としての特徴が、さらに活かせるタイミングと考えることもできるだろうか。

参考文献

[1] K Ananiadou, et al. : 21st century skills and competencies for new millennium learners in OECD countries, OECD Education Working Paper, No. 41 (2009).

[2] 文部科学省 : OECDにおける「キー・コンピテンシー」について、第27回中央教育審議会初等中等教育分科会教育課程部会配付資料 [資料4-1] (2005).

[3] K.Kärkkäinen : Bringing About Curriculum Innovations: Implicit Approaches in the OECD Area, OECD Education Working Papers, No. 82 (2012).

[4] R.T.Mittermeir : From Computer Literacy to Informatics Fundamentals, Proc. of International Conference on Informatics in Secondary Schools -Evolution and Perspectives (2005).

[5] V. Dagienė : Informatics Education for New Millennium Learners, Proc. of 5th International Conference on Informatics in Secondary Schools -Evolution and Perspectives, pp. 9-20 (2001).

[6] ACM : A Model Curriculum for K-12 Computer Science : Final Report (2003).

[7] The College Board, AP Computer Science Principles, <https://advancesinap.collegeboard.org/stem/computer-science-principles> (accessed2015/1/5).

[8] Computing at School, <http://www.computingat-school.org.uk/> (accessed2015/1/5).

[9] Ontario Ministry of Education : The Ontario Curriculum : Secondary, <http://www.edu.gov.on.ca/eng/curriculum/secondary/subjects.html> (accessed2015/1/5).

[10] Republic of South Africa Department of Basic Education : FET Curriculum Assessment Policy Document, <http://www.education.gov.za/Curriculum/CurriculumAssessmentPolicyStatements / CAPSFET-Phase/tabid/420/Default.aspx> (accessed2015/1/5).

[11] O. Hazzan et al : A model for high school computer science education: The four key elements that make it!, Proc. of the 39th SIGCSE technical symposium, pp. 281-285 (2008).

[12] The CSTA Curriculum Improvement Task Force : The New Educational Imperative: Improving High School Computer Science Education *International Version* (2008)

[13] 中條道雄 : 21世紀型スキル／Computational thinking 力育成に関する海外動向, 日本情報科教育学会第7回フォーラム配布資料 (2014).

[14] J.M. Wing : Computational Thinking, CACM, Vol. 49, No. 3, pp. 33-35 (2006).

[15] J.M.Wing : Computational Thinking and Thinking About Computing, Phil. Trans. R. Soc. A, Vol. 366, pp. 3717-3725 (2008).