

問題解決の本質とICTを活用する目的の意識化

松田 稔樹

東京工業大学大学院社会理工学研究科
matsuda@et4te.org

要 旨

学習指導要領の改訂に向けて、中央教育審議会(中教審)の議論が始まっている。諮問の焦点は、「育成すべき資質・能力」に基づいて指導目標・内容を明確化し、学習方法・評価の指針にも踏み込むという考え方である。情報科は、設立当初から「生きる力」の土台となる「情報活用能力」の育成を目標としてきた。この点で、次期学習指導要領の考え方を先取りしているとも言えるが、前回改定時に指摘された課題は、育成すべき資質・能力は妥当だが、指導内容や方法が不適切だということである。本稿では、「育成すべき資質・能力」の最終形態をふまえて、指導計画や指導方法を考えるベースとして、資質・能力が獲得される過程を考察する。同時に、その資質・能力が実践場面でより効果的に発揮されるために、学習過程がどう関わってくるかも検討する。

キーワード： 共通教科「情報」 学習指導要領改訂 育成すべき資質・能力 問題解決の縦系・横系モデル
見方・考え方 内部知識と外部知識 学習過程の設計

1. はじめに

1.1 学習指導要領改訂に関する中教審諮問

2014年11月、文部科学大臣から中央教育審議会に、「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」という諮問がされた。そこで挙げられた論点は、以下の3つである。

- ① 教育目標・内容と学習・指導方法、学習評価の在り方を一体として捉えた、新しい時代にふさわしい学習指導要領等の基本的な考え方
- ② 育成すべき資質・能力を踏まえた、新たな教科・科目等の在り方や、既存の教科・科目等の目標・内容の見直し
- ③ 学習指導要領等の理念を実現するための、各学校におけるカリキュラム・マネジメントや、学習・指導方法及び評価方法の改善を支援する方策

このうち、共通教科「情報」(以下、情報科)に関わるのは、主に①であり、②の目標・内容の見直しも関連してくる。そこで、まず、①に関する諮問内容をより詳細に読むと、以下のように述べられている。(…部は文中の記述を省略した部分。)

- これからの学習指導要領等については、必要な教育内容を系統的に示すのみならず、育成すべき資質・能力を子供たちに確実に育む観点から、そのために必要な学習・指導方法や、学習の成果を検証し指導改善を図るための学習評価を充実させていく観点が必要である

- これからの時代を、自立した人間として多様な他者と協働しながら創造的に生きていくために必要な資質・能力をどのように捉えるか。…何事にも主体的に取り組もうとする意欲や多様性を尊重する態度、…リーダーシップやチームワーク、コミュニケーションの能力、…豊かな人間性の育成との関係をどのように考えるか。また、それらの育成すべき資質・能力と、各教科等の役割や相互の関係はどのように構造化されるべきか。
- 育成すべき資質・能力を確実に育むための学習・指導方法はどうかあるべきか。…今後の「アクティブ・ラーニング」の具体的な在り方についてどのように考えるか。また、そうした学びを充実させていくため、学習指導要領等において学習・指導方法をどのように教育内容と関連付けて示していくべきか。

- 学習評価の在り方についてどのような改善が必要か。特に、「アクティブ・ラーニング」等のプロセスを通じて表れる子供たちの学習成果をどのような方法で把握し、評価していくことができるか。

以上を総括すると、①の焦点は、これまで指導内容の提示に重点を置いてきた学習指導要領を、指導方法や評価方法も示す形に変える方向性を指向しているように解釈される。ただし、この点については、学習指導要領が「法的拘束力と教員の裁量とのバランス」という観点から満たすべき要件とされてきた以下の点(菱村 2014)に反するため、司法の判断を要する事態に発展することも危惧される。

- 教員に向けた指導基準であり、児童生徒に向けた学習達成基準ではない
- (必要最小限の)ミニマム基準である
- 大綱的基準であり、細目にわたらない
- 指導方法に及ばないこと
- 評価方法を規制しない(指導要録通知や国立教育政策研究所の評価規準は例示)

ただし、上述の変更を懸念する現場の声に答えるように、文部科学省の担当者が、「学び方を指導要領に書き込むことはあり得ない」(合田教育課程課長)、「指導要領で教え方まで規定するわけではない」(大杉教育課程企画室長)と発言したことがメディアで紹介されている(田巻 2015, 渡辺 2015)。

一方、②で情報科に関連する記述は、以下である。

- 教科等を横断した幅広い視点からの取組が求められる様々な分野の教育の充実のための方策について、…どのように考えるべきか

以前から、情報教育、環境教育、キャリア教育などは、教科横断的に取り組むべき事項とされ、中教審答申でも教科教育とは別に、課題や改善の方向性が示されていたことと対応するだろう。一方で、「既存の教科・科目等の目標・内容の見直し」で、情報科に関連すると解釈される記述は見当たらない。

1.2 諮問内容と検討会の論点整理との乖離

今回の諮問は、2012年12月～2014年3月に開催された検討会の論点整理(育成すべき資質・能力を踏まえた教育目標・内容と評価の在り方に関する検討会 2014)を下敷きにしている。ただし、そこに示されたポイントと諮問内容の間には、いくつかの乖離がある。

例えば、検討会の論点整理では、主な提言事項として3点、「今後、学習指導要領の構造を、(1)『児童生徒に育成すべき資質・能力』を明確化した上で、(2)そのために各教科等でどのような教育目標・内容を扱うべきか、(3)また、資質・能力の育成の状況を適切に把握し、指導の改善を図るための学習評価はどうあるべきか、といった視点から見直すことが必要」を挙げている。ここには指導法を規定するという議論は全く無いし、アクティブラーニングという言葉も(報告書も含めて)一切出てこない。(なお、指導方法を規定することについては、今後の検討課題として、その他の事項に記述がある。)

また、②の「育成すべき資質・能力を踏まえた、既存の教科・科目等の目標・内容の見直し」について、諮問では、一部教科の特定の資質・能力のみを取り上げているように見える。しかし、検討会の論点整理で(2)として指摘しているのは、「各教科等の教育目標・内容

を以下の三つの視点(教科横断的汎用スキルやメタ認知、教科固有の見方・考え方など教科等の本質に関わるもの、領域固有知識や個別スキル)で分析した上で、学習指導要領の構造の中で適切に位置付け直したり、その意義を明確に示したりすることについて検討すべき」という点である。つまり、特定の教科の問題を指摘しているのではなく、育成すべき資質・能力を構成する要素をより詳細に明確化し、それらの関係や修得過程が分かるような学習指導要領の書き方を工夫すべきとの提案である。これは、学習指導要領の要件に即して、(指導法を規定するのではなく)指導内容の示し方を単なる領域固有知識中心で示すのではなく、それ以外に必要な要素も明示する形に変えることを意図していたと推測される。これがいつの間にか、指導方法を規定することのみに焦点化されたと解釈すると、さまざまな意味で問題が生じると想像される。

1.3 理学と工学

筆者の専門分野は教育工学であり、簡潔に言えば、教育の問題を工学的に解決する。工学は、応用科学であり、理学の成果を応用した問題解決の方法を研究する。理学に基づかない問題解決は工学ではないし、特定の製品を設計することが工学研究の成果になるわけでもない。工学は、設計の学問とか、問題解決の学問と言われるが、ここで言う問題解決は、トラブル解決ではない。工学は、問題(や想定外)が起きないように設計を可能にする技術や方法論を研究するものであり、その神髄はフィードバックにではなく、フィードフォワードにある。それこそが、理学の成果を最大限に活用すべき理由なのである。もちろん、上に述べたことは、工学においてフィードバックが不要だという意味ではない。

工学と教育に共通するのは、問題が起きる前に解決することが望まれる点、未来の事象を扱っている点、正確な結果の予測方法が無い点、結果が出るまでに時間を要し、その結果に影響を及ぼした原因が不明確な点などである。ただし、このような特徴は、人が生活の中で遭遇する多くの問題に共通し、それはテストに出てくるような特定の正解のある問題はほとんど無いという点に集約される。教育という営みをコンピュータに置き換えることが難しく、人(教員など)が行うべきだとされる最大の理由はここにあるだろう。そして、学校で育成すべき問題解決力も、この種の問題を主に扱うべきであることを意味するだろう。

ところで、理学と工学の関係で言えば、地震の起こるメカニズムを研究するのは理学で、地震予知は工学の範疇である。しかし、地震学者は、地震発生メカニ

ズムの解明(理学的興味)に基づいて地震予知をしようとする。一方、工学者は目的を重視するから、信頼性の低い地震予知よりも、(同じ、被害の最小化という目的に対して)地震対策を考慮した建築・土木技術や、都市計画の研究に関心を持つ。また、工学者が活用する理学の成果は、必ずしも理学者が重視する理学の成果と同じではない。このことは、教育工学と心理学との間でも同様であるし、情報科で教えるべき情報の科学的な理解が、コンピュータサイエンスの専門家が重視する内容と異なることも似ている。

2. 目的

次期学習指導要領では、育成すべき資質・能力をふまえて、指導すべき目標・内容を明確化すべきとする。情報科の対象者は全ての生徒(国民)であり、想定する育成すべき(資質・能力)の対象者は学者とは異なる。当然、学問の成果として蓄積されてきた知識体系を教えればよいとする考え方は異なってくる。

情報科は、設立当初から「生きる力」の土台となる「情報活用能力」の育成を目標としてきた。この点で、次期学習指導要領の考え方を先取りしているとも言える。ただし、前回改定時は、機器操作スキルの習得に多くの時間が割かれており、本来指導すべき「問題解決やコミュニケーションにICTを活用する力、創造的の思考力や合理的判断力の育成」が課題とされた。つまり、育成すべき資質・能力は妥当だが、指導内容や方法が不適切と指摘されたと言える。

以上の問題点をふまえて、「育成すべき資質・能力をふまえた情報科で指導すべき目標・内容」を検討し、それを指導するにふさわしい指導計画や指導法について考察するのが、本稿の目的である。本稿に述べる内容は、既に、著者が本紀要で過去に示してきた内容と重複するものも少なくない。ただし、本稿で特に考察したいのは、「育成すべき資質・能力」の最終形態ではなく、それを習得する過程である。指導計画や指導方法を考えるには、「育成すべき資質・能力」が獲得されるには、どのような過程が必要かを明らかにしなければならないし、その資質・能力が実践場面でより効果的に発揮されるために、学習過程がどう関わってくるかも検討しなければならないからである。

3. 修得すべき問題解決能力のモデル

3.1 検討会の論点整理と学習科学の成果との共通点

1.2に述べた通り、「育成すべき資質・能力を踏まえた教育目標・内容と評価の在り方に関する検討会」の

論点整理では、各教科の指導目標・内容を「教科横断的汎用スキルやメタ認知」「教科固有の見方・考え方など教科等の本質に関わるもの」「領域固有知識や個別スキル」という視点で分析すべきとしている。その上で、それら3つの要素やその意義を学習指導要領に適切かつ明確に示すことを検討すべきとしている。

これと同様の指摘は、学習科学の研究成果として、既に1990年代にされている。例えば、Bruer(1993)は、「汎用的方略、メタ認知技能、領域固有知識の3つが人間の知能と熟達した活動の全要素である」と述べている。ここには、見方・考え方という言葉は出てこないが、日本の学習指導要領では、従来から各教科で見方・考え方を指導目標に掲げている。そして、Matsuda(2013)は、Bruerが言う「転移を促すためのインフォームドな指導の重要性」を考慮すると、メタ認知技能を直接的に指導するよりも見方・考え方の活用を指導する方が、わかりやすく効果的であると指摘している。

一方、Matsuda(2012)は、教科固有の見方・考え方は、学習指導要領の文言に含まれているものの、その意味は説明されておらず、教員も明示的に指導していないし、生徒も学んだという意識が無いという問題を指摘している。論点整理の中でも、教科横断的汎用スキルとメタ認知、教科固有の見方・考え方の3つの関係が明確にされているわけではなく、単に、言葉を列挙しているとも解釈できる。これに対して、松田(2012)は、数学的な見方・考え方、科学的な見方・考え方、情動的な見方・考え方、歴史の見方・考え方などを具体化し、明示的に指導する方法を研究している。また、メタ認知技能がモニタリングとコントロールに分類されることを指摘し、前述した通り、それぞれ見方・考え方に関連づけて指導することを提案している。

3.2 問題解決の縦糸・横糸モデル

松田・小川(2015)は、Bruerの指摘に対し、汎用的方略に「問題解決スクリプト(問題解決の手順など)」、メタ認知技能に「教科固有の見方・考え方」を対応づけ、これと領域固有知識とを各教科で明示的に指導すべきとしている。また、これらの3つは、独立したものとして指導するのではなく、**図1**に示すように、問題解決スクリプトのどこでどのような見方・考え方を活用すべきかを明示的に指導し、また、領域固有知識も、覚えるべき内部知識とそれを活用して収集すればよい外部知識とに分け、作業過程や見方・考え方と関連づけて活用方法を指導すべきと提案している。松田(2015)は、人間の作業記憶容量の特性を考慮し、資質・能力を支えるのは記憶の量ではなく、関連づけの良さ(質)であるという立場に立つ。

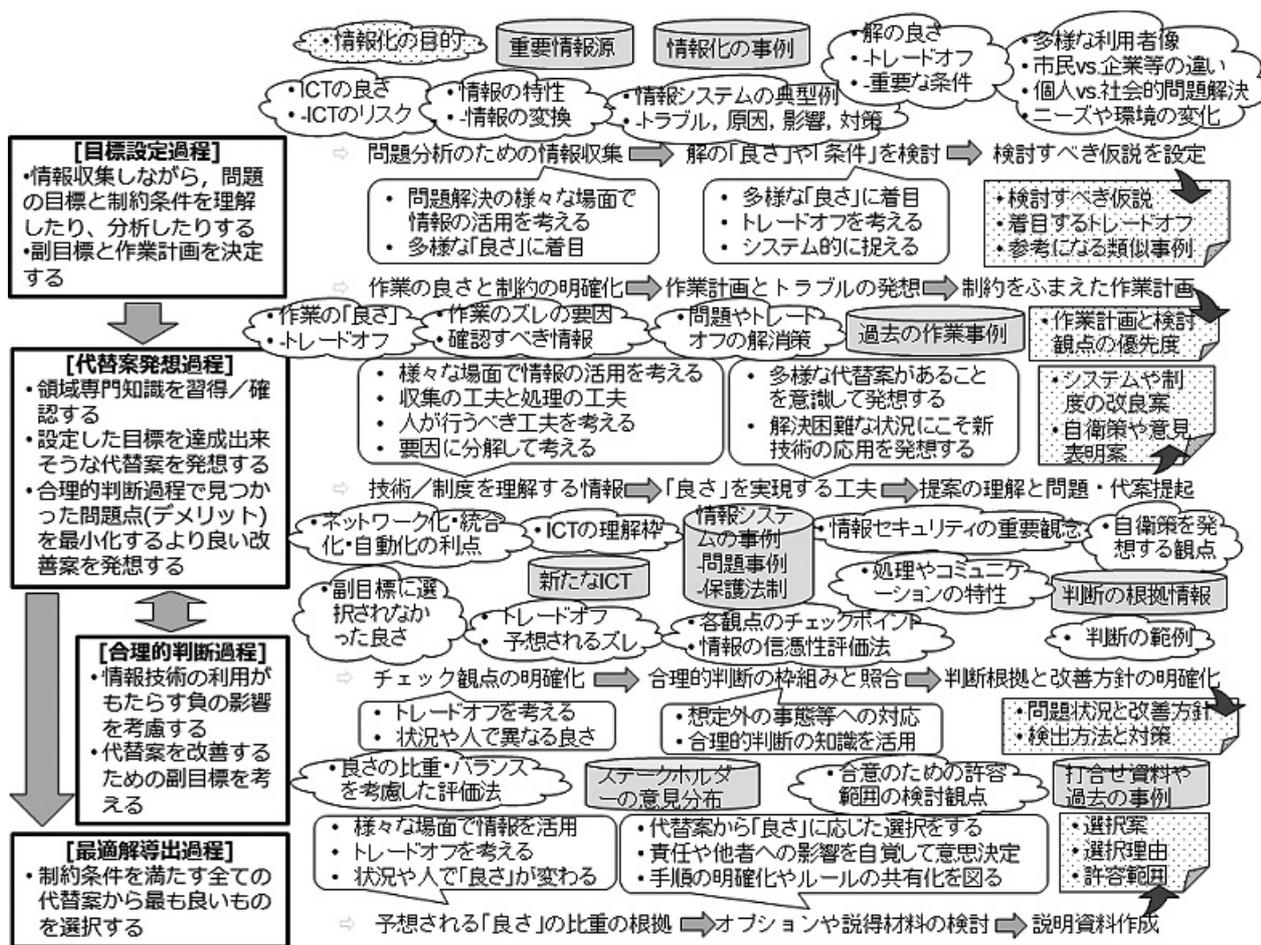


図1 問題解決の縦糸・横糸モデル

(1) 問題解決スクリプト～汎用的な問題解決の手順
 教科横断的汎用スキルとして挙げられる問題解決力とは、特定の領域固有知識などを除いた、問題解決の仕方(手順、方略)に関する知識を適用する能力だと考えられる。これをコンピテンシーとして捉えると、広範囲な問題を結果的に解決できるか否かという成果主義になりかねない。もちろん、「天才的に解決できてしまう人」がいる可能性はあるが、教育の成果として問題解決力を育成しようとするならば、ブルーム流の教育目標の分類学(段階説)に即して、まずは問題解決の手順や方略を知識として与え、それを典型例に適用する練習をし、より複雑で高度な問題に柔軟に活用できるように指導していく必要がある。

問題解決能力を育成する際の誤った指導法に、以下のようなものがある。第1に、問題解決をやらせているうちにできるようになるという考え方であり、第2に、特定の分野や課題タイプごとに異なる解決方法を指導するというやり方である。前者は教師に都合のよい発想であり、やらせてもできないのは学習者が悪いという発想を生む。前述した通り、明示的に教えな

くても自然に修得してしまう特別な学習者は常にいる。しかし、学校教育の役割は、明示的に指導しなければ修得が困難な生徒に対して、必要最低限の資質・能力を身につけさせることであり、学習指導要領は、その必要最低限の範囲を「教員に対して確実に指導するよう法的に規定している」ことを忘れてはならない。

人間は、言語(的表象)を使って思考することができる。よって、まず、思考力を養うには、どのように思考すべきか、その思考様式を明示的に言語(的表象)を使って示すことが必要である。従来の学校教育では、問題解決の手順や方略を明示的に指導してこなかった点を反省するところから始める必要がある。もちろん、このような手順や方略は、世の中に全く無いわけではない。世の中には問題解決手法と呼ばれるもの(高橋1984)があるし、「工学は問題解決の学問である」と言われるように、学問的に問題解決を扱っている分野もある。ただし、ここで第2の誤りに注意をする必要がある。つまり、汎用的スキルである以上、教科を超えて汎用的に適用可能な問題解決の手順や方略を教える必要がある。先に、工学は問題解決の学問だと述べた

が、中学校の技術・家庭「技術分野」では、「材料加工」「エネルギー」「生物育成」「情報」などのテーマごとに、異なる作業手順を教えてきた(Matsuda & Sato 2009)。しかし、これでは、技術分野全体に共通する問題解決の手順は修得できないし、ましてや、その方法が他教科に転移するとは期待すべくもない。

これに対して、図1の縦方向の手順は、システムズアプローチで言われる「問題分析+目標設定→代替案の発想→代替案の評価+選択」という手順や、ITEA(2007)の技術教育スタンダードで求めている「設計過程=問題の同定と定義→多様な解決策の発想→モデル化・テスト・再評価→決定」という手順、情報科の学習指導要領解説に示されている「問題発見・明確化→分析→解決策の検討→実践→評価」などに共通的な作業過程で構成されている。この縦方向の手順は、情報科で問題解決型学習に取り組ませるためのゲーミング教材を開発する枠組みとして作成された。その後、数学「課題学習」や理科「探求活動」、工業基礎「技術者モラル」、科学技術コミュニケーションなどの分野で同様の教材を開発することにも利用されてきた。そして、人は問題解決の手順や方略を(例えば、レストランの)「スクリプト的知識」として修得しているという人工知能研究の成果に基づき、これを手続き的知識として明示的に指導する必要があると考えた。

その後、この枠組みは各教科に共通する(必ずしも特定の正解が無い)問題解決の枠組みとして使えることの確認作業がされた。その上で、教科横断的な探求活動を行う「総合的な学習の時間」では、「課題の設定→情報の収集→整理・分析→まとめ・表現」という活動をスパイラルに繰り返すことが学習指導要領解説で説明されていること、情報教育の目標の1つである「情報活用の実践力」も、「情報の収集→整理・処理→表現・発信」におけるICTの適切な活用を扱っていることから、この活動を図1の横方向の手順として位置づけ、問題解決を横糸の活動を縦糸の問題解決の手順を意識しながらスパイラルに繰り返す構造に拡張した。

問題解決を単に横糸の繰り返しと捉えれば、調べ学習の連続になり、自己学習は進むかもしれないが、他人を説得するような社会的問題解決には役立たない。調べ学習は、異なる考え方を他者に説得する必要があるし、正解を探す学習に陥りやすい。提案型、合意形成型の問題解決には、縦糸の問題解決を進めることが不可欠である。一方、縦糸だけでは、新たな知識を獲得しながら問題解決することの重要性が明確にならない。縦糸の各過程ごとに、外部知識も活用(収集)しながら情報を整理・処理し、各タスクのアウトプットをまとめていくことの重要性を明確にするには、横

糸の活動を明示的に示すことが重要である。このように拡張することにより、既存教科における情報教育と、情報科の(情報)教育との重点の置き方の違いも明確化できることがわかっている(松田・小川 2015)。

(2) 各教科の見方・考え方～情報科に重点を置いて

数学や理科では、以前から、「数学的/科学的な見方・考え方を養い、活用する態度を育成すること」が教科の目標等に示されていた。しかし、一部の研究者・実践者が見方・考え方やその指導の研究を行っているのみであり、学習指導要領解説にさえ、その意味・内容は明示されていない。また、研究・実践の多くも個別の事例が示されるだけであり、類似の「見方・考え方」の違いや、問題解決過程での体系的な位置づけや活用方法を示すものは、ほとんどなかった。

このような状況の中で、松田(1993)は、比較的早くから、数学的な見方・考え方を図2のような数学的活動の図式の中に位置づけ、説明してきた。松田の立場と他の立場との重要な違いは、図2からわかるように、松田は数学的な見方・考え方を連続的に適用することで、「問題の定式化→解の導出→解釈」という数学的な問題解決が行われると捉えているのに対して、他の立場は相互関係を全く考慮していない点にある。必然的に、松田の立場は、より良い(数学的な)問題解決においては、常に数学的な見方・考え方が活用されるべきだという視点に立っており、言い換えれば、問題解決の各場面において、自分が図2のどの思考過程におり、どの見方・考え方が使えるかを意識して問題解決に当たることが大事だという立場に立っている。なお、数学的な見方・考え方には、これら以外に関数的な見方・考え方など、内容依存のものもある。

その後、松田は、各教科について見方・考え方を明示的に示せる形で言語化(や図表化)する作業を行い、情報科についても、13項目からなる情報的な見方・考え方を教科設立当初から示している(松田 2003)。この

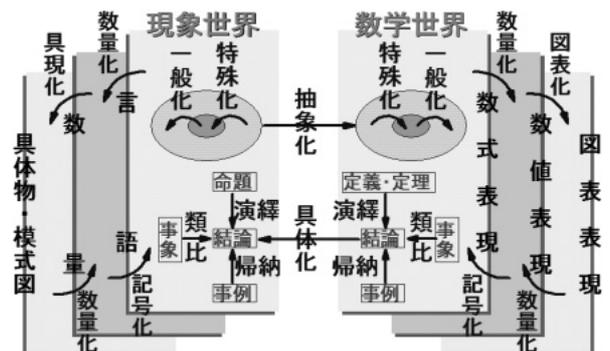


図2 数学的活動と関係づいた数学的な見方・考え方

情動的な見方・考え方は、コンピュータサイエンスの12の再起概念と、システムズアプローチによる問題解決のポイントとを結びつけたもので、「多様な良さやそれらのトレードオフ関係を考える」「ICTを使うか否かなど、常に複数の代替案を考える」「意思決定の権利と責任との関係を意識する」など、情報および情報技術を活用して問題解決する際の、文字通りチェックポイント(見方)や発想の視点(考え方)として活用しやすいよう配慮している。

情動的な見方・考え方は13項目があるが、それら全てを常に意識し、活用することは無理がある。そこで、どの場面でどの見方・考え方を活用すべきかを図1では明示している。例えば、「問題解決のあらゆる場面で情報の活用を考える」は、縦糸の全ての過程で使われるべきだが、横糸に注目すれば、それは常に「情報収集」の活動で活用される必要がある。情報収集は、常に各過程の最初に行われるべきであり、役に立つか否かの判断は、整理・処理の段階で判断すればいい。何度も「収集→処理」を繰り返すと、集められるだけ集めてまとめて処理するのと、どちらが良いとは必ずしも言えないかもしれないが、大量に情報を集め処理する方が、情報技術を活用し、効率化する意義が高まるし、多様な情報があった方が、それらを幅広く関係づけ、深く検討できる。

情動的な見方・考え方の他に、合理的判断過程では、図3に示す玉田・松田(2004)の「3種の知識」による情報モラル判断の枠組みも活用する。情報モラル問題の多くは、日常モラルの延長上で判断可能なものであり、情報技術固有の問題は、情報技術のメリットを追求した時に、そのトレードオフ問題として発生する。よって、目標設定過程で多様な良さを考えた上で、代替案発想過程では、メリットを強調する代替案を発想し、そのメリットのトレードオフとして起こりうる問題点

を合理的判断過程で考え、代替案の修正を図る。このような解決の手順や各過程の役割を意識して、それぞれの場面で意識して活用すべき情動的な見方・考え方を図1には配置している。

(3) 領域固有知識～内部知識と外部知識

総合的な学習の時間の探求活動は、横糸の活動「課題の設定→情報の収集→整理・分析→まとめ・表現」を繰り返すと想定されている。しかし、単なる活動の繰り返しでは、問題解決は前に進まないことを既に述べた。ここで重要なのが、「課題の設定」である。ここで言う課題は、何をアウトプットしたらよいかをある程度明確にした問題と捉えるのがよい。アウトプットが不明確だと、何をやっても解決された気になってしまうからである。横糸の活動が前に進むには、次のステップに進むために、今、何をアウトプットすべきかを意識することが重要である。

図1では、各横糸のタスクごとに求められるアウトプットを明示的に示している。これが無いと、次のタスクやそれ以降のタスクを効率的に進めることができない。例えば、目標設定過程のアウトプットは、前述した通り、代替案発想過程でより良い解決策を発想する観点として必要になる。それとトレードオフ関係にあるデメリットを明らかにしておくことで、合理的判断過程のチェックポイントが明確になる。目標設定過程の第1タスクで、求める解の良さや制約条件を明らかにした後、第2タスクで作業計画を立案する。問題解決には常に制限時間があり、それを守るために確実に効率的な作業計画が求められる。それがあからこそ、情報技術を活用する必要性が高まる。解の良さや制約条件が決まると、おおよそ、自分の持っている知識の範囲で解けそうかどうかは見通しが立つ。その範囲を超えていれば、新たな解決策について情報収集し、発見するところから始めなければならない。

このように、問題解決では、自分が持っている知識に加えて、持っていない知識(情報)も活用する。同様のことは、問題解決手法を紹介している高橋(1984)も述べており、それぞれ、内部知識と外部知識と呼んでいる。一般に、持っている知識の範囲内で解決できる方が問題解決力が高いと解釈され、知識をたくさん覚えることが望ましいと考えられがちである。しかし、変化や進歩が激しく、知識の陳腐化が早い時代にあつては、使わない知識をたくさん覚えるより、必要な時に必要な情報を効率的に探せる力の方が重要になる。

内部知識と外部知識との分け方について、筆者らは、覚えている知識とそうでない知識という具合に、一人一人に違いが生じる分類ではなく、カリキュラム設計

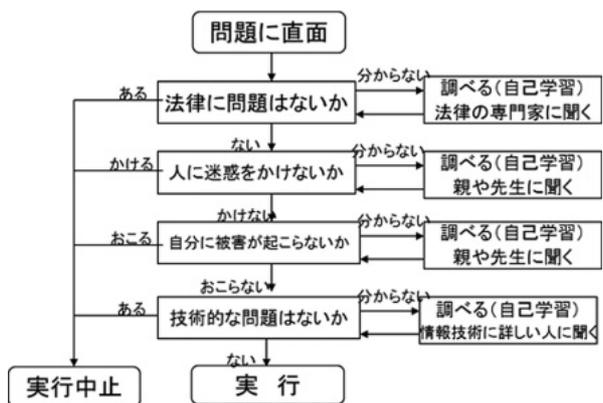


図3 玉田・松田の合理的判断の枠組み

という観点から、覚えるべき知識と、(覚えるにこしたことはないが)必要に応じて検索・参照すればよい知識という具合に分類するのが望ましいと考えている。これは、文部科学省の検討委員会でも参考にされた「逆向き設計の理論」(Wiggins & McTighe 2006)に出てくる「重大な観念(big ideas)」と、覚えるにこしたことはない「基本的な用語(basic terms)」とを区別しようとする考え方に似ている¹⁾。ただし、筆者らが想定する内部知識は、主に、外部知識を検索する以前に必要な「覚えておくべき知識」であり、**図1**の作業と関連づけて定義されるべきだと考えている。

図1中に雲形で示されているのは、「社会と情報」(あるいは、情報科)で修得すべき内部知識である。「社会と情報」は、内容(1)(2)において、個人的な問題解決を主たる対象として、横系の活動にICTを効果的に活用する指導を行い、内容(3)(4)において、縦系の活動のテーマとして、社会における情報システムの導入の是非や適切な管理・運用について考え、議論し、合意形成する力を育成する。内容(1)(2)の学習では、目標設定過程の第1タスクよりも、第2タスクに重点を置くべきであり、問題解決の制約条件(特に、時間的制約)を守りつつ、より良い解に到達する(情報技術の活用に関心を持って)工夫をすることを重視すべきである。そのためには、第1タスクの作業過程を覚え、適用できるようになることは必要だが、内部知識として覚えるべきものは少ない。情報がモノと異なる特性を持つことを理解し、それをふまえて、情報の変換・再利用・統合によって、作業の効率化が図れることを理解するとともに、著作権の問題、個人認証の難しさの問題など、トラブルを招く可能性があること(トレードオフ関係)を認識することが重要である。このことを認識させるのに適した課題として、(1)ではマルチメディア制作を扱い、(2)では、(3)以降とのつながりを意識して、ネットワークを介した契約や売買交渉などを扱うのが適している。

内容(1)(2)の主眼である目標設定過程の第2タスクでは、問題解決の目標や条件として明示されない「解決方法(作業)の良さ」を考える必要がある。例えば、効率、再利用(性)、信頼性(正確さ)、費用の安さなどであるが、これらは、外部から与えられる情報ではなく、常に自分が主体的に意識できるよう、(良さの間のトレードオフ関係も含めて)内部知識として覚える必要がある。このタスクのアウトプットは作業計画であるから、目標である「作業の良さ」に続き、作業上の制約条件も明らかにする必要がある。作業条件は、作業する人によって異なるから、作業に影響しそうな条件を自分が主体的に明らかにしていく必要がある。

よって、作業に影響しそうな要因、確認すべき要因については、内部知識として覚える必要がある。これらが内部知識になっていないと、確認のための情報収集の作業が起動できない。作業の良さと制約条件をふまえ、起こりうる作業上のトラブルを回避したり、複数の良さのトレードオフ関係を解消して同時に良さを達成する方法を考えるために、情報技術の活用を考えた計画立案をする。よって、トラブル回避やトレードオフ解消に役立つ情報技術の活用方法についてのノウハウを内部知識として修得することが望まれる。この時、過去の事例等を参考にすることは可能だが、自分が活用できる情報技術の範囲が代われば、活用できる方法論も変化する。

マルチメディア制作や購入・契約課題を扱う場合、作業計画が立てば、後は作業するだけのように思われる。しかし、問題解決の本質は、常に状況が変化し、想定外の事態が起こる点にある。マニュアル通りにことが進むなら、それはルーチンワークであり、問題解決ではない。よって、情報科で扱うべきマルチメディア制作は、単に自分達が作りたいものを作るのではなく、外部からの要求に即して作成するケースなどが望ましい。目標分析や作業計画立案の段階では、さまざまな曖昧さがあり、目標や計画に幅を持たせる必要があるような課題設定が望まれる。これにより、作品の良さよりも、作業の良さが重要になり、結果的に、効果的な情報技術の活用が評価のポイントになる。また、このような状況を実現するためにも、ゲーミングの手法を導入することが効果的である。

以上のように考えると、代替案発想過程・合理的判断過程では、作業を進めながら、作業計画の代替案を発想し、計画を練り直す必要がある。ここで、新たな情報技術の活用を検討する必要性が生じる可能性があり、そのような状況に対応できるように、新たな情報技術を自己学習する方法(図中では「ICTの理解枠」)を内部知識として習得させる必要がある。新たな知識を学び取るための知識であるから、いくら既存の技術を理解したところで、その知識は身につかない点に注意を払う必要がある。ここで着目すべきは、情報技術が問題解決のツールだという点であり、**図1**の問題解決の枠組みと情報および情報技術の活用との関係を理解することが、新たな情報技術の理解を支援するという点である。また、松田は、内部知識を自己学習するメカニズムとして、人工知能におけるフレーム的表現やフレームのスロットを自動的に埋めるメカニズムを参考にすべきとしている(松田 2015)。具体的には、授業設計の手法である「次元分け」(松田ほか2013)の考え方にに基づき、ある知識を学ぶ時に、概要、利用目的、

適用条件、メリット、デメリット、関連(類似)技術、利用場面、利用例など、当該技術について理解すべき一定の特性の範囲を認識しておき、それらを調べたり、読み解いたりするための方法や手順を修得しておくことが望まれる。後者については、情報的な見方・考え方やそれらに関連した内部知識が活用できると考えている。なお、上述した特性の多くは、当該技術を再利用する時に、記憶を再生する観点となる。技術を理解する時には、「技術→技術の特性」という関連づけだけでなく、「技術の特性→該当する技術」という関連づけが必要であり、知識の再構成を図ることの必要性も認識させる必要がある。

図1の雲型で示されている内部知識の多くは、内容(3)(4)で修得すべきものである。当該単位では、新たな社会情報システムの導入について、その是非や導入にあたっての法整備、自己防衛策などを考え、議論し、合意形成する活動を行うと想定している。新たな社会情報システムにどのような良さが求められるかは、システムを導入する政府や企業の説明を鵜呑みにすべきではない。導入を推進しようとするものは、本来の意図を隠して、ユーザに耳障りの良い「良さ」を強調するかもしれない。また、社会的な情報システムは、一度導入されると、当初想定されていた以外の使い方がされる可能性もある。よって、市民の立場として、説明されている「良さ」は本当に自分達にとってメリットがあるのか、また、システムを導入する側がどのような「良さ」を追究しようとしているのか、それとトレードオフ関係にあるデメリットは何で、それが自分達の生活などにどのような影響を及ぼすのかを予測し、その導入の賛否を考える必要がある。ここでも鍵になるのは、目標分析における曖昧さや状況変化への対応力であり、これは情報科で扱うべき問題解決の本質である。

内容(3)(4)では、市民の側から新たな情報システムの導入を提案する機会はほとんど考えられない。よって、この単位で扱うべき課題は、導入が検討されているシステムに対して、メリットを理解しながら、それとはトレードオフ関係にあるデメリットを考慮し、トラブルの発生を批判的に検討し、それを防ぐための対策を考えることである。もちろん、対策の1つは、そのシステムの導入に反対することである。

メリットを理解する基礎は、内容(1)(2)の学習で情報技術の効果的な活用を考えることにより修得する。また、内容(3)では、デメリットを考える視点や、そのデメリットを解消する上で必要な内部知識の獲得を中心に学習を行い、内容(4)では、それを応用する演習的活動をしながら、合意形成の方法を修得する。

4. 資質・能力を育成するプロセスの設計

前節の最後に述べたのは、学習過程において各単元がどのような役割を果たすべきかという視点であり、学習順序の重要性である。これこそ、カリキュラム設計の本質でもある。学習指導要領の内容項目は、順序性を規定しないと解釈されている。これは、「何を教えるか(学ぶか)」という視点でしかカリキュラムを考えていないことを意味する。育成すべき資質・能力をふまえて学習指導要領を設計するならば、本来、そこでは学ぶべき順序を規定すべきであるし、それを解釈可能な形で明示的に示す必要がある。現状の情報科の教科書は、ほとんど学習指導要領の内容の順序に即していないが、3で述べたことを考慮すれば、「社会と情報」を学ぶ際の望ましい順序は、明らかであろう。

修得すべき問題解決能力のモデルに基づけば、情報科の学習の進め方を考える上で重要なポイントとして、以下の点が挙げられるだろう。

- ① 初期段階で、まず、目標設定過程の第2タスクの重要性を認識させ、解決方法の工夫として情報技術の効果的な活用を考えることが学習の目標であることを認識させる。
- ② 上の①を認識させるためにも、問題解決の枠組みを明示的に示し、学習の進め方を把握させる(これは、先行オーガナイザーの役割を果たす)。また、この枠組みを示しながら、問題解決の工夫を情報の収集・処理の工夫(=情報の特性である変換や再利用の容易さを活かすこと)として考えることの重要性に注意を向けさせる。
- ③ また、問題解決の本質は、あいまいな問題状況や変化する状況に柔軟に対応することであり、そのためにも、作業データの再利用が可能な情報技術の活用を検討する意義があることを強調する。
- ④ 上の③に対応するためには、新たな情報技術について学ぶべき場合があることを認識させ、未知の情報技術を効率的に学び、適用可能か判断し、活用するまでの方法を習得させる。
- ⑤ 全体として、問題解決のタイプは、個人的→集団的→社会的と変化させる。
- ⑥ 全体的に、情報技術のメリットを活かすことを考えさせてから、デメリットへの対応を考えさせる。
- ⑦ 全体として、修得すべき枠組み、見方・考え方、知識を言語的に明示し、適用させ、相互に関連づけて総合的に活用できるように指導する。ただし、学習事項を言語的に明示する前に、なぜそれを学習する必要があるのかを認識させるための失敗体

験をさせることも考えられる(最も避けるべきは、学ぶべきことがらを言語的に明示せず、単に体験的に修得させようとするものである)。

- ⑧ 失敗体験は、動機づけのためだけでなく、体験的な活動を通じて、失敗の原因(成功のポイント)は何かを考えるきっかけとしても重要であり、成功と失敗を比較してふりかえる活動を重視する。

また、育成すべき資質・能力に基づいて、3に示した要素を学ぶ必要があることを明示するよう、学習指

表1 「社会と情報」の学習指導要領書き換え版

(1) 問題解決方法の設計と情報技術の活用

問題解決過程で情報の収集・処理・発信を行う際、制約条件の克服、解決方法の多様な良さのトレードオフ解消に、情報技術を適切に活用するための発想・検討の視点を理解させ、条件や目的の変化に対応して適切に判断する力を習得させる。

ア 情報の特徴に基づく扱い方の視点

情報とモノとの違いが類似の行為に異なる効果や影響を生むことを理解させ、情報を変換しながら再利用することの意義と問題点を理解させる。

イ 問題解決方法の工夫と情報技術活用の視点

問題解決では、解の良さ以外に解決方法の良さが重要なことに着目し、解決の枠組みや、情報を効果的に活用する観点と情報技術の特性との関係を理解させ、新たな技術を調べることも含め、多様な代替案を発想する観点や方法を習得させる。

ウ 情報技術活用の批判的検討と改善の視点

情報技術の活用にともなう情報モラルや安全上の問題等の発生を予想・改善する視点について、システム分析的に検討する方法を習得させる。

(2) 社会的問題解決と情報技術活用の視点

身近な生活に関わる社会情報システムやそれらに関わる法律・制度について、利用者、個人情報提供者、市民の立場から、仕組みやメリット／デメリットを自ら調べ、その導入の是非や自己防衛策について自らの責任をふまえて議論し、合意形成する方法を習得させる。

ア 情報化が社会に及ぼす影響と課題

情報の公開と保護、利便性の向上と情報格差の解消など、情報化には相互相反な良さの追求が求められる。その解決に情報技術の進歩と市民の情報活用能力の向上が必要なことを理解させる。

イ 法制度と技術によるセキュリティの確保

変化する技術や法制度を自己学習する力をつけるために、その基盤となる情報技術の重要概念や知識の整理枠を理解し、情報システムのセキュリティを考える視点や保護策を発想する力を習得させる。

ウ 望ましい情報社会の構築と個人の責任

異なる類型の情報システムを比較しながら、扱う情報と技術的な工夫との関係を理解させるとともに、状況の変化等で発生する問題を予測する力を養う。

導要領の書き方を改善する必要がある。表1は、松田(2014)が示した書き替え例の改訂版である。

5. 高大接続の観点から見た育成すべき資質・能力

今回の中教審諮問は、同時並行で進んでいる、「高大接続改革実行プラン」と密接に関連づけて議論されている。特に、評価に関しては、「(仮称)高等学校基礎学力テスト」や「(仮称)大学入学希望者学力評価テスト」と密接な関係を持つ。この中で、情報科と関連した試験が行われる可能性が最も高いのは、現時点では、「(仮称)大学入学希望者学力評価テスト」における総合であろう。これはとりも直さず、情報科で育成されるべき資質・能力として、情報技術を活用した問題解決力が重視される可能性が高いことを意味する。

高大接続という視点でもう1つ注目すべきなのは、私立大学情報教育協会が、全ての大学で共通的に取り組むべき情報リテラシー教育のガイドラインの改訂作業を進めている点である(玉田・松田 2015)。基本的な考え方は、高等学校における情報科教育との連続性を意識し、かつ、大学教育と社会との接続を考慮して、社会人基礎力の育成に結びつけるということである。その意味で、今回の改訂で最も重視されているのが、「情報活用の実践力」に関わる問題解決力の育成であり、それは、3に述べた内容の延長上にある。この能力が重視される理由は、文字通り、どの専門分野に進んでも必要な資質・能力であり、「何を学んだか」から「何ができるか」がより重視される社会人基礎力としても重要だからである。これまで、大学入試での扱いというと、情報系の専門分野に進学する生徒を中心に考えがちであったが、今後は、どの分野に進むにしても必要な資質を育成する観点から情報科教育のカリキュラムを考えることが、生徒の学習意欲を高める上で重要になろう。

備考

- 1) 「逆向き設計の理論」では、「本質的な問い」に答える上で必要な知識を「重大な観念」と位置づけている。これに対して、文部科学省の検討会は、「エネルギーとは何か、電気とは何か、どのような性質を持っているのか」など、教科等の本質に関わる問いに答えるものとして、「ものの見方・考え方や、処理や表現の方法など」を挙げているが、何がその問いに答えるものなのかについては明示していない。なお、現行の学習指導要領解説には、「[エネルギー]、[粒子]、[生命]、[地球]などの科学の

基本的な見方や概念」との記述がある。これは、「エネルギー」そのものが基本的な見方であると解釈され、「エネルギーとは何か」に答えるものが「見方・考え方」であるとする捉え方とは矛盾する。

参考文献

- Bruer, J.T. (1993) *Schools for Thought: A Science of Learning in the Classroom*. The MIT Press.
- 平林翔太・松田稔樹(2012), 「情報モラルに配慮して情報技術を効果的に活用する力を育成する情報科教材の開発支援」, 『日本教育工学会研究会報告集』, JSET12-1, 7-14.
- 菱村幸彦(2014) 学習指導要領の用件. 内外教育, 6366, 時事通信社, pp.23
- 育成すべき資質・能力を踏まえた教育目標・内容と評価の在り方に関する検討会(2014) 育成すべき資質・能力を踏まえた教育目標・内容と評価の在り方に関する検討会－論点整理』, http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/095/houkoku/1346321.htm
- ITEA [International Technology Education Association] (2007) *Standard for Technological Literacy (third edition)*. ITEA.
- 伊東友里絵・松田稔樹(2013), 「課題学習用ICTゲーミング教材の改良と教師教育での活用」, 『日本教育工学会研究会報告集』, JSET13-1, 7-14.
- 甲藤義哉・松田稔樹・遠藤信一(2013)「市民が習得すべき科学技術コミュニケーション能力の検討とそれを育成する教材の開発」, 『日本教育工学会研究会報告集』, JSET13-2, 93-100
- 松田稔樹(1993) 教授活動モデルに基づく授業改善, In 坂元昂監修・牟田博光編「教育システムの設計と改善」, 第一法規出版, 89-110
- 松田稔樹(2003) 普通教科「情報」で指導すべき「情報的な見方・考え方」. 東京都高等学校情報教育研究会, 44-47
- 松田稔樹(2012) ゲーミングの立場から見た高校の「数学I・課題学習」および「理科基礎科目・探究活動」の設計原理. 日本シミュレーション&ゲーミング学会全国大会報告集, 2012年春号, 71-76
- Matsuda, T. (2012). *Cultivating Student-Teachers' Problem-solving Abilities by Promoting Utilization of Various Ways of Thinking through E-learning and E-portfolio System*, L. Lennex & K. Nettleton (Eds.) *Cases on Inquiry Through Instructional Technology in Math and Science: Systemic Approaches*, IGI Global, 439-462
- Matsuda, T. (2013). *Designing a Student Model for Developing E-learning Materials and Virtual Lesson Games for STEM Education*. In P. J. Williams and D. Gedera (Eds.) *Technology Education for the Future: A Play on Sustainability*, University of Waikato, 325-331
- 松田稔樹(2014) 共通教科「情報」の次期カリキュラムを検討する視点. 日本教育工学会研究会報告集, JSET14-5, 173-180
- 松田稔樹(2015) 次期情報科カリキュラムの編成で考慮すべき能力観・教育観・評価観. 日本情報科教育学会第8回全国大会報告集, 11-12
- 松田稔樹・星野敦子・波多野和彦(2013) 学習者とともに取り組む授業改善～授業設計・教育の方法および技術・学習評価. 学文社, 東京
- 松田稔樹・小川諒大(2015) 情報科で育成すべき資質・能力のモデル化と授業・教材設計の視点. 日本情報科教育学会第8回全国大会講演論文集, 27-28
- Matsuda, T. and Sato H. (2009). *Instructional Materials for Cultivating Students' Analogical Thinking Competency in Problem Solving and their Virtual Lessons to innovate Japanese Technology Teachers*, PATT-22, 291-302
- 文部科学省(2009), 「高等学校学習指導要領解説～総合的な学習の時間編」, http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2010/01/29/1282000_19.pdf
- 中央教育審議会(2008) 幼稚園, 小学校, 中学校, 高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善について(答申). http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/news/20080117.pdf
- 田口穂高・松田稔樹(2013), 「理科「探究活動」の教材開発とその設計フレームワークの提案」, 『日本教育工学会研究会報告集』, JSET14-1, 99-106.
- 高橋誠(1984) 問題解決手法の知識. 日経文庫, 東京
- 玉田和恵・松田稔樹(2004) 「3種の知識」による情報モラル指導法の開発. 日本教育工学雑誌, 28, 79-88.
- 玉田和恵・松田稔樹(2015) 学士力としての情報リテラシー教育ガイドラインの検討. 日本教育工学会研究会報告集, JSET15-1, 339-346
- 田巻竜介(2015) 教育改革で国に積極的に意見～新会長に伊藤氏－全日中第66回総会. 内外教育, 6422, 6-7
- 渡辺敦司(2015) 新会長に都立西高の宮本校長～全高長が第68回総会・研究協議会. 内外教育, 6421, 4-5
- Wiggins, G., and McTighe, J. (2006) *Understanding by Design (Expanded 2nd edition)*. Pearson Education: Upper Saddle River, NJ.