

「情報の科学的な理解」の本質をふまえた情報科の指導のあり方

松田 稔樹^{1) 2)}

要 旨

次期学習指導要領の情報科は、情報の科学的な理解を重視するとされている。しかし、「情報の科学的な理解」と「情報科学の理解」の区別について、共通理解できているのか疑問である。知識理解に重点を置くのはコンテンツ・ベース・カリキュラムであり、コンピテンシー・ベースであれば、現象や代替案を理解しながら適切な思考・判断を行い問題解決する力(汎用的資質・能力)に重点を置くべきである。本稿では、市民に必要な情報教育として ICT 問題解決力を育成することが情報科の役割であるという視点から、「情報の科学的な理解」とその指導を考える。また、それに関連して、プログラミングを指導することの意義や位置づけについても考察する。

キーワード: ICT 問題解決力, 情報の科学的な理解, 詳細な vs. 体系的な理解, 縦糸・横糸モデル, 見方・考え方, 思考の方法, メタ認知, 学習技能, 内容としての vs. 指導法としてのプログラミング

1. はじめに

1.1 学習指導要領改訂の問題点

1997年に情報活用能力が再定義された際、「情報の科学的な理解」は、「情報活用の基礎となる情報手段の特性の理解と、情報を適切に扱ったり、自らの情報活用を評価・改善するための基礎的な理論や方法の理解」として定義された。そこには、情報活用能力を体験重視で育成する(やっているうちにできるようになると期待する)のではなく、広い意味での情報学の成果を適切に教育内容・方法に取り入れ、より深い理解(学び)や汎用的で転移可能な資質・能力を育成するとの意図があった(情報化の進展に対応した初等中等教育における情報教育の推進等に関する調査研究協力者会議1997)。

しかし、情報の科学的な理解の本質は何か、情報技術(ICT)の急速な進歩や利用拡大に対応するための汎用的資質・能力育成の鍵は何かについて、情報教育学が十分な研究成果を上げてきたとは言いがたい。真摯な改革に必要なのは、数十年来教えてきた指導内容が本当に有効なのかを疑ってみることであり、色眼鏡無しに情報を正しく理解するという基本姿勢に立ち帰る必要がある。

原点回帰という意味から、まず、「情報の科学的な理解」と「情報教育に関する手引き」(文部省1991)の情報活用能力の4要素との関係を見てみよう。関連する

元の項目は、「情報科学の基礎及び情報手段(特にコンピュータ)の特徴の理解、基本的な操作能力の習得」である。後半の「基本的な操作能力」は、1997年の定義で3つの柱から外れ、なお書きで「必要最小限の基本操作の習得にも配慮する」となった。前半は、「情報科学の基礎(の理解)」が消え、情報手段の特性と「情報を適切に扱ったり、自らの情報活用を評価・改善するための基礎的な理論や方法(の理解)」が加わった。これらは、左段に下線で示した通り、「情報活用 = 課題や目的に応じて情報手段を適切に活用しながら、必要な情報を収集・判断・表現・処理・創造・発信・伝達」するための基礎である。そして、これら一連の活動は、「総合的な学習の時間」の学習指導要領解説(文部科学省2009)に書かれている通り、「問題解決的な活動」に他ならない。

我々は、日常的に「知識・理解」という言葉を使っているので、理解の対象は知識だと考えがちである。しかし、学習過程では知識を理解する必要があったとしても、それを活用する場面では、問題(となる対象世界)を理解することが最も重要であって、知識は理解のための道具にならなければ意味がない。そもそも、情報活用能力の3本柱は、相互に関連し、連携して発揮されるべき力だとされている。

以上のことと関連して、松田(2005)は、普通教育として行う情報教育では、「情報の科学的な理解の範囲を最低限の範囲に限定することが重要である」とし、「知識と思考力との組合せ、および、そのバランスを考えること」の重要性を指摘している。その上で、思考力を養うために情動的な見方・考え方を明示的に指導することを求め、表1の13項目を提案している。

2017年8月1日受付 2017年9月30日受理

1) 東京工業大学リベラルアーツ研究教育院

2) 江戸川大学情報教育研究所

表1 松田が提案した「情報的な見方・考え方」

1. 問題解決の様々な場面で情報の活用を考える
2. システム的な観点で問題を捉える
3. 多様な「良さ」に着目して、より良い問題解決を考える
4. 「良さ」の間のトレードオフ関係を考える
5. 解決方法の工夫を情報の収集や処理方法の工夫という観点から考える
6. 解決方法には多様な代替案が存在すること、その1つに情報技術の活用があることを意識して発想する
7. 多くの代替案の中から「良さ」に応じた選択をする
8. 意思決定の権利を行使する際に、決定がもたらす結果への責任や他者への影響を自覚して判断を行う
9. 状況や判断する人によって解決方法に求める「良さ」の観点が変わり、代替案の「良さ」の評価も変わらうることを意識する
10. 情報技術を効果的に活用するために、人が行うべき工夫を考える
11. これまで解決が困難と思われてきた状況や分野でこそ情報技術を活用した新たな解決方法を発想する
12. 想定外のケースや、誤りを犯す危険性を考慮し、変化や突発的な事態への対応方法を準備しておく
13. 間違い防止や失敗の改善のために、解決手順の明確化やルールの共有化、その確認方法を考える

1.2 中教審答申が定義した見方・考え方の問題点

中央教育審議会(2016)は、「知識・技能」,「思考力・判断力・表現力」,「学びに向かう力や人間性」(資質・能力の三本柱)を修得する過程で見方・考え方が養われる一方で、その見方・考え方を働かせることで、資質・能力の三本柱が修得されるとしている。しかし、この一連の説明には、見方・考え方を明示的に指導したり、意識的に活用する方法を指導しようという意識は全く

感じられない。思考力・判断力・表現力は、知識・技能を活用させることで身につくと考え、見方・考え方とはほぼ同義に解釈している印象を与える。

見方・考え方と知識の関係をどう捉えているかは、答申に示された各教科の見方・考え方の定義(例えば、表2)を分析するとより明確になる。松田(2016)で指摘した通り、各教科ワーキンググループの配付資料を見ると、見方(「～に着目し」の部分)は各教科の内容領域に対応づけて検討されており、「この問題はどの分野

表2 中教審答申に見られる各教科等の見方・考え方

国語	自分の思いや考えを深めるため、対象と言葉、言葉と言葉の <u>関係</u> を、言葉の意味、働き、使い方等に着眼して捉え、その <u>関係性</u> を問い直して意味付けること
地理	社会的事象を、 <u>位置や空間的な広がり</u> に着目して捉え、地域の環境条件や地域間の <u>結び付き</u> などの地域という枠組みの中で、人間の営みと <u>関連付ける</u> こと
歴史	社会的事象を、 <u>時期、推移</u> などに着眼して捉え、類似や差異などを明確にしたり、事象同士を因果関係などで <u>関連付けたり</u> すること
数学	事象を数量や図形及びそれらの <u>関係</u> などに着眼して捉え、論理的、統合的・発展的、体系的に考える
理科	自然の事物・現象を、 <u>質的・量的な関係や時間的・空間的な関係</u> などの科学的な視点で捉え、比較したり、 <u>関係付けたり</u> するなどの科学的に探究する方法を用いて考えること
技術	生活や社会における事象を、 <u>技術との関わり</u> の視点で捉え、社会からの要求、安全性、環境負荷や経済性等に着目して技術を <u>最適化</u> すること
家庭	家族や家庭、衣食住、消費や環境などに係る生活事象を、協力・協働、健康・快適・安全、生活文化の継承・創造、持続可能な社会の構築等の視点で捉え、 <u>よりよい</u> 生活を営むために工夫すること。
情報	事象を、情報とその <u>結び付き</u> として捉え、情報技術の <u>適切かつ効果的な</u> 活用(プログラミングやモデル化・シミュレーションを行ったり情報デザインを適用したりすること等)により、新たな情報に再構成すること

の(知識を使う)問題か?」といった受験対策的思考を助長することが懸念される。これは、思考力等を「知識を活用すること」と捉えた必然の結果である。考え方も、表2に示す通り、「比較(類似や差異を明確に)する、関連づける」(国語、地理、歴史、理科)など、多くの教科で共通的であり、教科固有とは言えない。結局のところ、「関係に着目して、関係づける」というトートロジー的な定義になっている。

なお、中教審答申は、これまで具体的に説明されてこなかった見方・考え方を明らかにする背景として、日本学術会議が作成した分野別の参照基準に触れている。ただし、見方・考え方と共通の方向性を持つのは、汎用的な有用性を持つ力(ジェネリックスキル)だとしている。例えば、情報学の参照基準(萩谷 2014)で言えば、情報学固有の知識体系(ア～オ)は、何を学ぶか(コンテンツ)の分類であり、見方・考え方の議論とは別方向にある。よって、情報の変換(マルチメディア)、アルゴリズム、プログラミング技術、シミュレーション、ネットワーク、セキュリティなど見方・考え方とを関連づけるのは不適切であり、整合性を欠くと言わざるをえない。

一方、表1に示した松田の情動的な見方・考え方は、コンピュータ・サイエンスのカリキュラム'91でまとめられた再起概念(山口1993)もヒントにしながらい定義されたとしている。それは、上述の参照基準と同様、コンピュータ・サイエンスの知識体系を9分野3プロセスに整理する作業を行った過程で、分野にまたがって繰り返し現れ、個々の科目とカリキュラムの設計全体で重要な役割を果たす基本的な概念として抽出されたものである。ITEA(2007)がまとめた技術教育のスタンダードにも、同様のものとしてコア概念が規定されている。これらに着目することが、見方・考え方の明確化と共通の方向性を持つだろう。

2. 詳細な理解とメタな理解

中教審答申は、現状の情報科は、情報の科学的な理解の指導が十分でないとしている。そして、現状の「社会と情報」「情報の科学」の両方の内容を合算した上で、プログラミングを追加した。この主張の根底には、情報の科学的な理解には、より広範囲かつ詳細な知識が必要との発想があるだろう。しかし、教育課程実施状況調査(国立教育政策研究所2007)等の各学力調査を見る限り、より広範囲かつ詳細な知識を扱うにつれ、理解度も有用性の認識も下がっている。筆者は、理解を深めることの意味を本質的に見直すべきと考える。

情報の科学的な理解を指導する理由として、情報技

術をブラックボックスのまま使うのは不適切との意見がある。これが、現状の指導内容を不十分とする指摘につながっているだろう。そこで、想定される指導内容の参考として、不十分とされる現状の教科書ではなく、市販の本(Spraul 2016)を見てみた。当該の本は、「暗号化」「パスワード」「Webセキュリティ」「映画のCGI」「ゲームグラフィックス」「データ圧縮」「データ検索」「並行処理」「地図のルート探索」などの仕組みを理解させようというものであり、「情報I」で想定される各単元の内容とも関連性が深い。当該書籍には、数式もプログラムもほとんど出現せず、図を用いた易しい説明がされている。しかし、その内容を「分かった」「役立つ」と答える高校生の割合は、数学や理科と大差無いだろう。その理由は、正に「どうしたら理解は深まるのか」の捉え方の違いにある。

理解の深さの指針として、Bloom(1956)の教育目標の分類学がある。ここでは理解を6段階に分類しているが、深い理解(上位3段階の「分析⇒総合⇒評価」)は、自ら疑問を解決することで得られものであり、活用力と無縁ではないだろう。「深い」は「詳細な」理解と誤解されがちであるが、その本質は、他の知識との区別や関連づけである。その意味で、深い理解は掘り下げること(特殊化や枝葉末節的な理解)によってではなく、メタな理解(帰納や一般化、あるいはアバウトで根幹的な理解)によって獲得される。情報学の知識体系を詳細に学ぶのではなく、より上位で汎用的な再起(類出)概念やジェネリックスキルと結びつけるべきである。それこそ、Bruer(1993)が学習科学の成果だと述べている、汎用的方略やメタ認知を領域固有知識とともに指導すべきとの考え方や、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)が挙げた3つの指導要素とも共通性があるメタな理解の結論だろう。

3. 「情報の科学的な理解」の本質

3.1 具体例

Spraul(2016)に出てくる「暗号化」と「パスワード(の保護)」は類似した技術だが、異なる手法が使われる(表1の7)。どちらも「機密性」が重要だが、復号可能性について真逆の目標を持つ。また、保存する情報の特性を突いた攻め方が想定されるため、対処法も変わる。全ての技術は求められる良さをより高度に達成することを目標としつつ、制約条件や状況の特性、トレードオフなどを考慮して開発される(表1の2～4)。ユーザは技術の詳細を知らなくてもそれを使えるし、知っていても何かができるわけではない。むしろ、ユー

ザに手出しができるような技術では、危険が増すだけである(表1の6や11)。

大事なのは、技術的な工夫の本質が、安全で忘れ難いパスワードを作るのと同様であることや、弱点・失敗の克服(それらを知り、避けること)が進歩を生むこと(表1の13)、技術には使い方の想定があり、その範囲内で適切な使い方をした場合には効果を発揮するが、想定外の使い方にはリスクが伴うこと(表1の12)などを理解することである。その上で、人が行うべき対処法を考え、実践すること(表1の10)も大事になるだろう。

3.2 何をどう理解すべきか

「情報技術をブラックボックスのまま使う」ことを批判する立場は、「ブラックボックス」や「使う」の意味をどう捉えているのだろうか。専門家でさえ、どこかで詳細化を諦めブラックボックスとして扱わざるをえない。詳細を理解したとしても、結局、使う知識は元のレベルのものであり、問題解決で重要になるのは、詳細よりも複数知識の統合的活用である。

例えば、振り込め詐欺対策として過去の手口の詳細をいくら解説したところで、イタチごっこは脱せない。未来の問題解決に必要なのは思考力・判断力であり、既存の技術を理解するよりも、未知の技術を評価する力をつけるべきだろう。

教育の本質は学びの支援である。自力では困難な学びを支援することこそ、意義がある。その典型として、転用可能かどうか不明な多くの知識から、取捨選択や知識の変換を行いながら重要な知識を獲得し、新たな問題に適用する力をつけさせることを考える必要がある。そのためには、メタな理解をしながらさまざまな知識を分類・体系づけ、汎用性を高める方法を習得させる必要がある。そのためにも、知識を理解する枠組みを提供し、表現や見方・考え方を柔軟に変更する力もつけさせる必要がある。いわゆるヒューリスティックスやスキーマ、メタ認知を獲得させることが必要であり、思考・判断の観点、基準、根拠など、属人的な技術の獲得も重視する必要がある。

メタな理解という意味では、情報技術の理解には、技術の本質の理解や、他の技術との共通点・相違点の理解が不可欠である。技術は、メリットがデメリットにもなり、想定外の利用状況では技術が被害を拡大させる可能性もある(表1の12)。それ故、技術は常にトレードオフ解消を追求するが、社会状況も使う人・使い方も常に変化する中では、これが正解だという技術は無い(表1の9)。それ故、技術の利用には選択の自由度が必要であり(表1の7や8)、それが自由経済主義の

下で工業が発展した理由である。ゲーム理論ではないが、最適解は常に混合解の中にあり、代替案発想の基本は組み合わせである(表1の5や6)。純粋解から他の純粋解への移行は、振り子のような変化を求め、社会の混乱を招くことになる(表1の8)。

4. 見方・考え方に関するメタな理解

メタな理解は、知識に対してだけでなく、見方・考え方にも適用すべきである。筆者は、片桐(1988)の数学的な考え方を参考にして、1990年代から各教科の見方・考え方の検討を行い、数学に加えて、情報、理科、歴史、技術などを検討してきた。さらに、教職課程の総合演習用 e-portfolio を開発するに当たり、全ての教科の見方・考え方を総動員して問題解決させることを意図して、国語や家庭、道徳などの見方・考え方も追加検討した(Matsuda 2012)。

例えば、国語(や英語)は、事象を正確に伝達・理解するという観点から、5W1Hに着目し、それらの時間的・空間的变化を捉えることで、物語の流れや論旨を伝達・理解する。よって、見方・考え方としては5W1Hを挙げた。もちろん、解釈・表現には、一般には複数の可能性がある。そこで、用語・文法・レトリックなどを手がかりに、論理性・整合性・了解性の高い解釈・表現を選択する。しかし、後者は言語の領域固有知識であり、領域固有知識と見方・考え方を区別するからこそ、相互に存在意義がある。

筆者は、表1の情動的な見方・考え方を定義する際、「チェックポイントや発想のヒントなるもの」と捉え、箇条書きの文の形にまとめた。それは、再起概念が理解し難く、活用しにくいと考えたからでもあった。一方、数学には既に片桐の提案があったが、それもそのままでは使い難いと感じた。そこで、それらをメタに理解し、図1のように「現象世界と数学世界」「さまざまな表現系」の間の「変換」と捉え、連続的に適用す

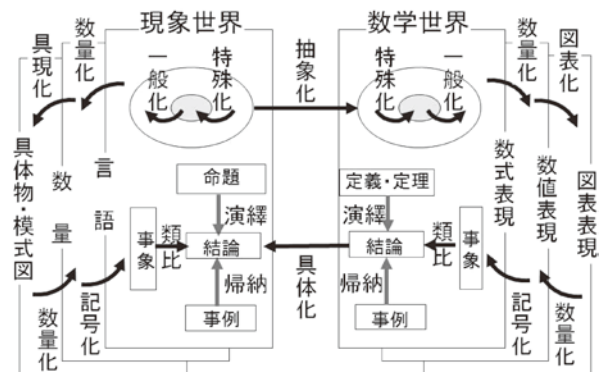


図1 数学的な見方・考え方の体系

ることで数学的な問題解決が可能になると捉えた。

このように、見方・考え方をインフォームドに指導する(Bruer 1993)には、活用に必要な5W1Hを明確にすべきであり、見方・考え方の活用場面を問題解決の手順と対応づける必要がある。これを実現したのが、**図2**の「問題解決の縦糸・横糸モデル」である。当該モデルは、「汎用的な方略、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」(Bruer 1993)との指摘に対応するように、問題解決手順の知識、見方・考え方、領域固有知識(覚えるべき内部知識と参照すればよい外部知識)で構成されている。縦糸の問題解決過程は、目標設定⇒代替案発想⇒合理的判断(批判的検討)⇒最適解導出⇒[合意形成]で構成されており、各過程で求められるアウトプットを意識しながら、「情報の収集⇒処理⇒まとめ」を行う。横糸の各活動には、活用すべき見方・考え方が明示されている。まず、それを活用して内部知識を活性化し、有用な外部知識を収集する。さらに、見方・考え方を活用して、収集した知識と内部知識とを関連づけ、処理し、アウトプットを出す。

図2は汎用的な問題解決のモデルであり、現在、各教科のみならず、教科横断的な問題解決にも適用して、さまざまな教材開発に活用している。その際、モデルを可能な限りシンプルにするには、見方・考え方や内部知識の数を可能な限り増やさないことが鍵になる。そのためにも、1.2で議論したように、そもそも、見方・考え方は教科固有なのかという疑問を持って考察

することが必要であり、見方・考え方をメタに理解することが有用である。

見方・考え方をメタに理解するには、見方・考え方の関係性を整理・体系化することが不可欠である。この方向性の先には、そもそも見方・考え方には教科を超えた共通性があるのではないか(実は、見方・考え方には教科を超えた汎用性があるのではないか)、という視点も必要である。例えば、情報技術も技術の一種であることを考えれば、情報と技術の見方・考え方は統合されるべきだし、数学の見方・考え方を情報の変換と見なせば、情報の見方・考え方とも密接に関わる。科学的な見方・考え方の「要因を分解する／無視する」は、数学の特殊化／一般化の言い換えだと言えるし、**表2**の地理・歴史と理科に共通的に出てくる空間的・時間的關係は、コンピュータサイエンスの再起概念にも出てくる着眼点である。

ただし、筆者ら(松田・遠藤 2008)が歴史の見方・考え方として挙げた着眼点は、実は、時間的關係ではない。何故なら、歴史から学ぶべきは、時間軸を通して起きた事象の因果關係に関するルールであり、そのルールについて、共通的な原動力やメカニズムを導きだそうとする態度が重要だと考えている。よって、見方・考え方としては、「人物間／国家間に生ずる典型的な關係(対立／協力關係など)とそのメカニズム」「ある政治状況／経済状況／技術革新の下で起こる(制度の矛盾の顕在化、国力の高揚・衰退などの)典型的パターン」「ある問題状況下で起こる(事件発生⇒展開⇒収束の)典型

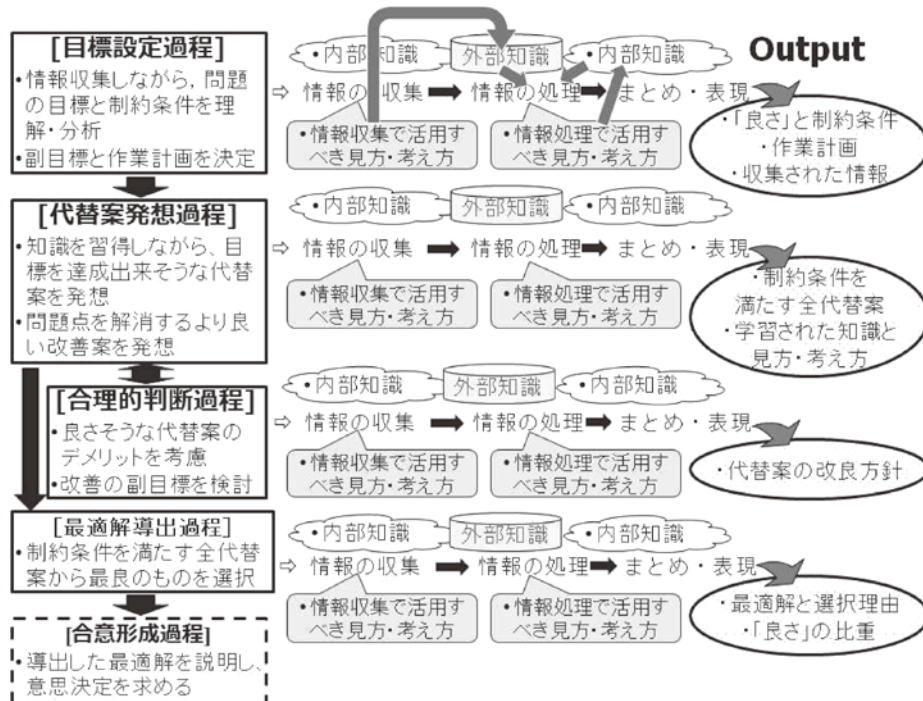


図2 問題解決の縦糸・横糸モデルの概略図

的解決パターン」「他の文化圏との関係」「他の文化圏との科学・技術水準の違い」「当時の人と私たちとの価値観の違い」「当時と現代との社会制度や科学技術の違い」などに着目してルールを考えることを求める。これらは、歴史と地理を公民の基礎として学ぶという中学校社会科の理念に基づいている。表2に示すような地理・歴史・公民という領域別の見方・考え方でなく、社会科として、よりメタな見方・考え方を定義すべきと考えている。また、理科は自然科学、社会科は社会科学的方法論を用いるべきで、どちらも因果関係に着目するのは当然である。ただし、科学が導き出すべきは法則(パターン)やメカニズムであり、個々の事例の因果関係を説明するだけでは不十分であり、共通的・一般的なルールを意識する必要がある。

結局、日常の問題解決で、「これはどの教科の問題だから、どの見方・考え方を活用するのが適切である」というような発想するのは望ましい思考方法とは言えない。その意味でも、教科を超えて見方・考え方を体系化し、汎用的な見方・考え方を問題に応じて柔軟に言い換えて活用する方略を指導すべきだと考える。

5. 見方・考え方と周辺学習要素との関係

5.1 思考の型との関係

国立教育政策研究所の報告書(勝野 2013)には、コンピテンシー育成に焦点を当てた指導法の代表例として、「思考の方法」の指導事例を挙げている。当該事例に示されている17種類の思考の方法には、帰納・演繹・類推・拡張・分類(特殊化)・具象化といった数学的な考え方や、関係づける・比較するなど表2に出現するものが含まれる。事例では、多様な教科・単元でこれらの思考方法を表現の型(思考のことば)に当てはめて使わせる(言語)活動を通じて、思考力が育成できるとする。

上述の事例は、見方・考え方の指導を意識したものではない。また、単純に表現の型に当てはめさせる指導の是非についても議論が必要である。しかし、着目を意識させながら、それと組み合わせるべき思考の方法を選択・活用させる指導であれば、それは見方・考え方の指導になりうる。状況に応じた着目点などの5W1Hを指導すれば、「状況⇒適切な着目点⇒組み合わせるべき思考の方法」という形で、スムーズに思考を働かせる指導が可能になる可能性もある。

一方、思考方法を特定して、「この表現を使って言えることは何か？」と問うのは、現実の文脈を無視しているように思う。どんなに思考の方法を指導したとしても、ある状況でどの思考方法を使ったらよいかを

主体的に判断し使いこなせるのか、について疑問が残るからである。「着目する」は情報収集であり、「考える」は処理であるから、情報収集の方法を教えずに処理を教えることは意味が無い。結局、典型的・効果的で、見落としは避けられない見方と考え方の組み合わせをセットで教え、使いこなす指導をし、それを各自が膨らませていくように展開するのが一番良いというのが筆者の見解である。表2の情動的な見方・考え方も、この発想で提案されており、数学的な見方・考え方(図1)を図式化して示しているのも、活用すべき文脈と関連づけるためである。

筆者のここでの結論は、「思考の型を指導するよりも、見方・考え方の指導に重点をおくべきだ」である。その際、どこに着目して、どのように考えるか、つまり、見方と考え方とはセット(1つの文など)で扱い、さらに、それらを活用場面と結びつけて明示的に示す必要があると考えている。

5.2 学習技能との関係

「生きる力」や「アクティブラーニング」という言葉の起源を辿ると、1989年学習指導要領の標語になった「自己教育力」に行き着くだろう。1989年学習指導要領は、この自己教育力を「学習意欲、学習の仕方、生き方」の指導を通じて養うとしていた。このうち、「学習の仕方」は、「総合的な学習の時間」を通して育てようとする資質・能力・態度の視点にも、勝野(2013)が調査したEUや米国の21世紀スキルにも挙げられている。教育工学分野でも、1980年代に自己学習力育成の研究が行われており、その一例として、坂元・松田(1988)の学習技能研究がある。

坂元らによれば、学習技能は「学習場面で行う、聞く、読む、ノートをとる、覚える、質問する、要約する、などの活動をより良く行うための具体的な工夫」である。一連の研究では、大学生から自由記述で集めた学習技能項目を60項目に整理し、因子分析や成績、学習意欲等との関係を分析して30項目に集約している。さらに、学校段階別、教科別などの調査表を開発し、成績等との相関関係が強い項目について、活用度が低い項目は活用を促すよう働きかけるなどして、効果を検証している。代表的な学習技能項目には、「大事なところに線を引きながら読む／ノートをとる／覚える」「要点をおさえながら読む／聞く／問題を解く」「図表にまとめながら予習する／ノートをとる」「わからなかったところを調べる／メモする」「何度も繰り返して覚える」などがあるが、これらの項目の多くが、多比良ら(2004)の「情報活用の実践力」尺度のベースとなっている。当該の尺度項目の分類は、情報の収集力、

表現力、処理力、発信力など、**図2**の横糸の活動と密接に関連していることから、学習技能と見方・考え方との関係を考察しておくことは重要であろう。

学習技能と「情報活用の実践力」とが関連しているとすると、学習技能と比較すべき対象は、「情報的な見方・考え方」とするのが適切であろう。例えば、情報収集の場面に着目すれば、学習技能の主要動詞は、「読む、聞く、質問する」などの情報収集行為であり、その時に、受容した情報を全て聞き逃すまいとするのではなく、「わからなかったところ」や「要点」など、特定の情報に注意を向ける点に工夫の本質がある。これらの学習技能は、「わからないところ、要点、大事なところ」などを学習者が自力で発見することを求めており、それを発見することの支援はしていない。結局のところ、この学習技能の本質は、保持する情報を厳選したり、補助記憶を活用するように促すことで、短期記憶の容量限界(7±2チャンク)を克服する工夫に焦点を当てている。

一方、情報的な見方・考え方は、「多様な良さ／トレードオフに着目する」、「多様な代替案に着目する」、「収集の工夫と処理の工夫に分ける」など、収集すべき情報の属性に関する示唆を与えている。これは、各過程の最終的なアウトプットに役立つ情報の収集を示唆するものである。処理でも「多様な良さ／トレードオフ」に着目するほか、「体系的な観点」で情報を整理することを求める。この時、数学的な変換や、科学的な因果関係への着目など、他教科の見方・考え方を活用することも可能である。いずれにせよ、見方・考え方は、思考(=処理)を促す前提として、着目すべき情報の内容(分類)を示唆する点に特徴がある。

情報の内容(分類)を示唆することに関連して、松田(2003)は、見方・考え方が自己学習力と密接に関連しているとしている。実は、その背景も短期記憶の容量

限界を克服することと関連しているが、想定するメカニズムや役割は全く異なる。松田(2017b)は、問題解決過程で収集、整理した情報を内部知識化する(学習する)際に、知識を**表3**のようなフレーム形式で(チャンク化して)覚えるべきとしており、その際、フレームのスロット名と着目点(見方)とが関連づいているべきだと考えている。フレーム的知識においては、スロット値を自動的に埋める思考メカニズムなどが想定されている。松田は、提示情報を変換してスロット値を操作したり、他のスロットと関連づけたりする際に、見方・考え方が活用されると想定している。

一方、学習技能は内容に依存せずに活用できる工夫だと捉えられる。例えば「大事なところ」に着目する工夫として、提示情報の表現の工夫から教授意図を読み取り、強調表現されているところや前後で変化しているところなどに着目することも、学習技能になりうるだろう。これを一般化すると、学習技能の分類として、「教授者と学習者とがプロトコル共有する工夫」が挙げられるだろう。

5.3 メタ認知との関係

三宮(1996)によれば、メタ認知の要素は、メタ認知知識とメタ認知技能に分類でき、後者はモニタリングとコントロールに分類できるという。松田(2003)は、見方・考え方が、「発想のヒントやチェックの助けになる」と述べており、**図2**の説明でBruerの3要素と縦糸・横糸モデルの3要素を対応づける際には、メタ認知と見方・考え方を対応づけた。実際、見方はメタ認知技能のモニタリング、考え方はメタ認知技能のコントロールに対応づけられそうな気がする。

しかし、メタ認知の本質は、「認知に関する認知」であり、認知とメタ認知の違いは、認知の対象が問題対象か自分かの違いである。この視点から考察すると、

表3 情報技術 (ICT) の理解 (=内部知識化) 枠

スロット名	スロット値
名称	覚えるべき(キーワードになる)用語
概要(what)	教科書的な説明(～とは…である)
目的(why)	この知識を学ぶ目的(なぜ必要か)
場面(when)	利用例、問題例、人が行うべき工夫
活動(when)	縦糸・横糸モデルのどこで必要になるか
利用者(who)	専門家、一般ユーザ(適しているユーザ層)
仕組み(how)	技術の特性を表すキーワード、アナロジー、分類(上位カテゴリー)、比較すべき他の技術
メリット	目標設定⇒実現可能な良さ(⇒代替案発想)
デメリット	トレードオフ関係にある良さ(⇒合理的判断)
批判の観点	想定すべき問題状況と影響(その事例)、

見方・考え方は、あくまでも問題対象を分析し、検討するヒントを与えており、メタ認知とは異なると解釈すべきだろう。

理想状況と実態とのズレが問題であることを考慮すると、自分の認知がうまくいっているかどうかを認識する上で重要な役割を果たすのは、理想状況モデルである。その意味で、図2の縦糸・横糸モデルが、問題解決をする際の規範(理想)モデルになっている。この規範モデルに関する知識や、その規範モデルにおける自分の得意/苦手、成功/失敗の傾向、知識の定着度などに関する知識が、メタ認知知識に該当する。言い替えると、メタ認知を促進するには、図2のような問題解決のモデルを明示的に提示し、そのモデルと自分の問題解決の状況とを比較(モニタリング)させ、ズレが生じている場合には、その原因に即して異なる見方・考え方や領域固有知識を活用するなどの対応行動をとる(コントロールする)ことが大事になる。このことは、前述したBruerのインフォームドな指導の実現と共通点が多いが、その根幹はモデルの明示的指導である。

5.4 プログラミング的思考について

中央教育審議会(2016)の答申は、小・中・高校でプログラミング教育を必修化することを決め、小学校段階における論理的思考力や創造性、問題解決能力等の育成とプログラミング教育に関する有識者会議(2016)の報告をそのまま引用して、その目的をプログラミング的思考(自分が意図する一連の活動を実現するために、どのような動きの組合せが必要であり、一つ一つの動きに対応した記号を、どのように組み合わせたらいいのか、記号の組合せをどのように改善していけば、より意図した活動に近づくのか、といったことを論理的に考えていく力)を養うこととした。

この定義に従うと、例えば、将棋に勝つために駒をどう打つかを考えることは、プログラミング的思考と言っていいだろう。しかし、プロ棋士にプログラミング体験・能力は求められないし、名人に勝つAI将棋プログラムがプログラミング能力を持つわけでもない。上述の能力は、数学の定理証明や科学の実験計画、調理手順(レシピ)の考案、スポーツの戦術立案などに共通する計画立案能力である。その意味で汎用性は高いものの、逆に、さまざまな場面・方法でそのような能力の育成は可能だと考えられる。それにも関わらず、無理矢理、プログラミングという言葉と結びつけるのは不適切ではないかとの疑問が生じる。

この種の汎用的能力を育成する際の問題は、個別場面で指導した能力が、別の場面には容易に転移しない(状況依存性がある)点である。例えば、将棋で養った

計画立案能力が、プログラミング能力に転移するならば、プログラミングを指導するよりも将棋の指導をすべきとの意見が説得力を持つ。望ましくは、学習者が興味を持ち、学び易い方法を自由に選択できる方がさらに良い。しかし、そのような転移が容易には起こらないから、プログラミング能力の育成を図る専門教育では、プログラミング教育が必須になる。

上述の議論の本質は、目的に即して指導方法を選ぶべきだということであり、一般教育としてプログラミング教育を行うことでプログラミング的思考を養う、という考え方に妥当性を与えるものではない(むしろ、妥当でないという意見を支持する)。プログラミングにおいては、状況に応じて適切なプログラミング言語を選択することも重要になる。プログラミング的思考(と呼ぶもの)を本当に養うなら、各教科で学ぶ記述形式や思考様式の中から適切なものを選択して目的とする手順を記述できるようになることこそ重要である。その意味で、プログラミング言語に限定した指導は逆効果だということもできる。

6. 情報科におけるプログラミング指導の位置づけ

6.1 教育内容 vs. 教育方法としてのプログラミング

金井・松田(2017)は、学校教育でプログラミングの指導を行う目的やそれらを行うのに適切な指導場面を以下のように整理している。

- ①将来の職業選択を考える機会を提供⇒小学校
- ②コンピュータが動作する原理や自動化のメリットを理解⇒中学校(技術・家庭科)
- ③プログラミングの知識・技能を習得⇒専門
- ④アルゴリズム的思考を習得⇒数学(プログラミング的思考と呼ぶものは、全ての教科でプログラミングと関係づけずに指導すべきものである)
- ⑤情報社会に参画する態度に結びつく情報の科学的な理解を養う⇒情報科

ここで、「プログラミング教育」ではなく、「プログラミングの指導を行うこと」と書いていることには大きな理由がある。教育とICT(=情報技術)との関係が、正に類似事例に挙げられる。ICTは、教育の内容(情報教育)にもなるが、教育の手段(授業の情報化)としても活用される。しかし、文部省(1991)の「情報教育に関する手引き」そのものが両者を混同し、その後もその混同が必ずしも解消されていないと同様、プログラミング教育と教育手段としてのプログラミングも混同して使われている。本稿では、両者を合わせて「プログラミングの指導」と呼ぶ。プログラミング教育とプログラミング的思考(力)の育成を同一視することも、

5.4で議論した通り、混同に他ならないし、プログラミングを指導することの目的を全ての学校段階で同一視することも、学校段階を設けること役割を見失っているように思う。

6.2 情報科でプログラミングを扱う意義

例えば、並び替えのプログラミングをしても、本棚の本を並び替えることには役立たない。本はまとめて棚から卸すこともできるし、両手に持って差し替えることも、まとめて横にずらすこともできる(つまり、制約が緩い)からである。一方、高い自由度の中で効率や柔軟性を重視すると、並べ間違え恐れが高まる。そこで、並べ間違えをチェックする必要があるが、それを随時行うよりは、最後にまとめて行う方が効率的である。

結局、問題解決の本質は、求める良さや、解決に際しての制約条件、それらの間のトレードオフ関係を分析し、それらに基づく代替案発想の観点や批判的チェックの観点を理解し、実行することである。このことをコンピュータ上で動作させるプログラムの問題に限定して学んでも、日常の問題解決には役立たない(=転移しない)。その理由は、コンピュータのプログラムという制約条件に汎用性が無いからである。

逆に、コンピュータ上の作業という意味では限定されていても、並び替えという作業をプログラミング言語で行うか表計算ソフトで行うかで比較すれば、制約条件の違いが問題解決方法に及ぼす影響を理解する機会が提供され、意識化させることが可能になるだろう。それは、そもそも表計算ソフトという(かつての)新技術が生み出された背景の理解にも役立つし、それを一般化すれば、新たな情報技術を理解する枠組みを獲得することにも役立てられる可能性がある。この発想の延長上に、冒頭に述べた「⑤情報社会に参画する態度に結びつく情報の科学的な理解を養う」ためのプログラミング指導の活用がある。

プログラミング環境も情報技術の一種である。プログラミング言語を使うということは、実は、開発環境をブラックボックスのまま使っていることを意味する。それによって意図する動作が実現できたとしても、それ以外の意図しない動作が行われていないことは保証されない。プログラミングによって動作を完全に管理できていると思うのは、単なる思い込みに過ぎない。バグが潜んでいる可能性だけでなく、悪意のあるコードが埋め込まれており、今はそれが動いてなくても、時限爆弾のように起動する危険性は常に存在する。某自動車メーカーの環境基準対策プログラムも同様の枠組みで理解できる。それ故、技術者倫理や技術の透明

性が必要だが、透明性を高めることが新たなリスクを生む可能性もある。これらのことを学ぶには、汎用の開発環境ではなく、ゲーミング教材としての疑似開発環境などを使う方が効果的だろう。

プログラミングを扱う際、複数の異なるプログラムの共通点・相違点を考察し、より汎用的なプログラムへと改良することを学ぶことも考えられる。これは、前述したメタな理解(一般化、体系化)を支援する可能性がある。最も単純で典型的な改良が変数の利用であり、それが関数(サブルーチン)化やライブラリ化の前提である。ただし、言うまでも無く、これらは数学で学ぶ概念や方法論であり、情報科で扱う必要は必ずしも無い。

7. おわりに

本稿では、共通教科「情報」(情報科)の指導に焦点を当てて、情報の科学的な理解の本質を考察し、見方・考え方との関係を考察した。また、見方・考え方の役割をより明確にするために、思考の方法、学習技能、メタ認知との関係についても考察した。その上で、次期学習指導要領で新たに示されたプログラミング教育の必修化や、その背景となるプログラミング的思考の意味や意義について疑問点を挙げ、より適切と考える解釈を示した。

筆者の基本的な立場は、情報科の本質(情報科の存在意義)は、「情報社会に参画する態度」を「情報の科学的な理解」を基盤にして指導することであり、それこそが、情報科の教員にしかできない教育だと考えている。その背景には、高校までの普通教育の目的は、市民教育(シティズンシップ教育)にあり、職業選択等に関わる専門教育は、選択科目で行うべきとの考えがある。このことは、学校教育法に示されている高校教育の目標からも裏付けられるだろう(松田2005)。

この視点から考えると、情報科におけるプログラミングの指導は、教育内容としてではなく、教育方法として位置づけることが望ましい。そもそも、限られた時間の中で、教育内容として扱うことにも無理があるし、高校段階の「芸術」が、音楽、美術、書道、工芸などから選択であると同様、技能習得を必要とするプログラミングには、必然的に生徒の好き・嫌いの傾向が強く出ることが懸念される。表計算ソフトウェアの指導も十分に理解できない生徒に、プログラミングの学習を強要することは時間の無駄遣いになりかねず、もっと重要な学習内容を扱えなくなることとのトレードオフ関係を考慮すべきである。それこそ、表1の情動的な見方・考え方を適切に活用した問題解決が求め

られるだろう。

一方、本稿では重点を置かなかったが、各学校段階の情報教育や、汎用的・教科横断的な資質・能力の育成に大きく関わる「総合(探求)的な学習の時間」の実施に当たり、各教科の見方・考え方の全て(つまり、全教科の見方・考え方)を、全ての教員が把握しておくことが求められる。なぜならば、総合的な学習の時間で指導することが求められる「探求的な見方・考え方」は、結局、「各教科の見方・考え方を総合的に活用すること」と定義されているからである。実は、この定義こそ、中教審答申が示している「見方・考え方」が、無理矢理定義されたものであること、さらには、「見方・考え方」を指導内容として捉えているというよりも、パフォーマンス目標(評価視点)として捉えているということの証拠でもある。この立場に立つと、見方・考え方が身につけているかどうかは評価できるが、身につけるための指導はできないことになる。

これに対して、本稿では、各教科の見方・考え方について、メタな(体系的な)理解をする方向性を示した。メタな理解は、ある意味で情報の圧縮を促すものであり、不必要な細部を捨象して、有用性の高い、あるいは、利用しやすいように、知識を体系化することだと言える。見方・考え方には、実は、教科ごとの独自性は少ないのではないかと考えることで、そのような情報の圧縮が可能になり、記憶の負荷も、検索の負荷も減り、活用度が高まる。端的に言えば、高校の「総合的な学習の時間」を「探求的な学習の時間」と言い換え、特定教科の「探究科目」で代替を認めるという方針は、総合的・教科横断的内容を扱い、汎用的な資質・能力を育成するという基本方針を後退させるものに他ならない。この問題は、実は、「情報科でプログラミングを指導することで、より重要な内容を扱う時間が減る」とことと似た問題だと言える。即ち、「総合的な学習の時間」は、特に、高校段階でうまく機能していないと中教審答申に示されており、教科横断的にこだわって時間の無駄遣いになるリスクと、特定教科に狭まっても探求的な活動が確実に実施されるメリットのどちらをとるかという究極の判断の結果とも解釈される。ただし、後者が実現される保証は全く無いという点が問題として残る。

この問題が解決されるか否かは、本質的には、教員の指導力・授業設計力の問題に帰着する。仮に、後者が実現されることを期待するならば、教員の指導力を信ずることになるだろうが、仮にそうだとすれば、前者をあきらめるといふ方針とは矛盾をきたす。筆者としては、前者の方針で成果が上がるように、教員の資質・能力を高める施策に重点を置くべきだと考える。

そのような機会として、この研究会が今後も役立つことを期待するとともに、このことに貢献できればと思っている。

参考文献

- Bloom, B. S., Engelhart, M.D., Furst, E.J., Hill, W.H., and Krathwohl, D.R.(1956) Taxonomy of educational objectives: The Classification of Educational Goals, Handbook I: Cognitive domain. David McKay
- Bruer, J.T.(1993) Schools for Thought: A Science of Learning in the Classroom. The MIT Press.
- 中央教育審議会(2016) 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及び必要な方策等について(答申), 文部科学省.
- 萩谷昌己(2014) 情報学を定義する～情報学分野の参照規準. 情報処理, 55, 7, 734-743
- 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). <https://www.iteea.org/67767.aspx>.
- 情報化の進展に対応した初等中等教育における情報教育の推進等に関する調査研究協力者会議(1997) 体系的な情報教育の実施に向けて. 文部省
- 金井文哉・松田稔樹(2017) プログラミング方法論の違いに基づき社会的問題解決を考えさせるゲーミング教材の開発, 日本教育工学会研究会報告集, JSET17-1, 185-192.
- 片桐重男(1988) 数学的な考え方の具体化. 明治図書
- 勝野頼彦(2013) 社会の変化に対応する資質や能力を育成する教育課程編成の基本原則[改訂版]. 国立教育政策研究所
- 国立教育政策研究所(2007) 平成17年度高等学校教育課程実施状況調査, http://www.nier.go.jp/kaihatsu/katei_h17_h/
- 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(2005) これからの情報教育～情報教育の本質. 情報教育資料, 13, 1-5, 実教出版
- 松田稔樹(2016) 科学のおよび技術的な見方・考え方

- をめぐって, 日本科学教育学会第40回年会講演論文集, 263-264
- 松田稔樹(2017a) 機器操作能力から問題解決力へ: 情報教育の課題と展望, *Informatio*, 14, 3-12
- 松田稔樹(2017b) 情報科で育成すべき問題解決力と思考・判断・表現方法の指導, *Informatio*, 14, 43-54
- Matsuda, T. (2012). Cultivating Student-Teachers' Problem-solving Abilities by Promoting Utilization of Various Ways of Thinking through E-learning and E-portfolio System, In Lennex, L. & Nettleton, K. (Eds.) *Cases on Inquiry Through Instructional Technology in Math and Science: Systemic Approaches*, IGI Global, 439-462
- 松田稔樹・遠藤信一(2008) 教授活動ゲームによる「世界史」用授業設計訓練環境の構築. 日本教育工学会研究会報告集, JET08-3, 103-110
- 文部省(1991) 情報教育に関する手引き. ぎょうせい
- 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
- 坂元昂・松田稔樹(1988) 学習技能研究の経緯と今後の展望. *人文論叢*, 13, 235-246
- 三宮真智子(1996) 思考におけるメタ認知と注意. 市川伸一(編) *認知心理学4・思考*, 東京大学出版会, 157-180.
- Spraul, V.A.(2016) あなたの知らないところでソフトウェアは何をしているのか?, *オライリージャパン*. 小学校段階における論理的思考力や創造性, 問題解決能力等の育成とプログラミング教育に関する有識者会議(2016) 小学校段階におけるプログラミング教育の在り方について, 文部科学省
- 高比良美詠子・坂元章・森津太子・坂元桂・足立にわか・鈴木佳苗・勝谷紀子・小林久美子・木村文香・波多野和彦・坂元昂(2001) 情報活用の実践力尺度の作成と信頼性および妥当性の検討. *日本教育工学雑誌*, 24(4), 247-256
- 山口和紀訳(1993) カリキュラム91. 國井利泰編「bit別冊・コンピュータサイエンスのカリキュラム」共立出版, 152-261