

特集「学校教育と認知科学」の編集にあたって

寺尾 敦・多鹿 秀継

1. 特集を企画した動機

学力低下論争「ゆとり」教育の見直し、学校と学習塾との連携、小学校での英語教育の導入、脳科学ブームなど、学校教育への関心が高まりを見せている。日本経済新聞クロスメディア営業局が実施したインターネット調査によれば、「日本の教育問題に強い関心がある」という項目に対して、中学生の保護者のほぼ7割が「あてはまる」(23.3%)あるいは「まああてはまる」(45.8%)と回答した。「勉強は学校教育だけで十分だ」という項目に対しては、小学校の保護者で「あてはまる」(4.7%)あるいは「まああてはまる」(14.6%)という回答をした割合が2割に満たなかった。これら調査結果は、『日本経済新聞』に、2009年6月22日から6月25日の4日間にわたって報告されている。新聞紙面では調査結果の概要しか報告されておらず、比較対象となる過去のデータもないが、学校教育への高い関心と危機感が見てとれるデータである。

認知科学は、記憶、理解、学習、問題解決などの研究で、膨大な知見を積み重ねてきた。教科教育領域での和書に限定しても、西林(1994)、佐藤(1996)、鈴木・鈴木・村山・杉本(1989)、多鹿(1999)、吉田(2003)、湯沢(1998)など、多くの文献がある。認知科学は、学校教育の改善のために中心的な役割を果たす力をたしかに持っている。少し言いすぎかもしれないが、学習者や学習コミュニティを理解し、カリキュラムや学習環境をデザインする上で、認知科学よりも有益な学術領域は、認知科学と類似

School Education and Cognitive Science: Introduction to the Feature, by Atsushi Terao (Aoyama Gakuin University) and Hidetsugu Tajika (Kobe Shinwa Women's University).

した学際的な学習科学の領域を除き、存在しない。教育心理学や教育工学も重要な領域だが、これらは認知科学との重なりが大きい。

しかしながら、学校教育に関する近年の議論において認知科学は影が薄い。学校教育に関する議論に参加し、積極的な発言を行っている認知科学者はもちろん存在する(たとえば、市川(2008)、市川・錦木(2007)、大津(2004)、大津(2005)など)。しかし、教育論議の全体的な風潮としては、脳科学者、評論家、教育関係者の(ときに乱暴な)発言に押されてしまっているように感じられる。こうした状況では、個人の努力だけに頼るのではなく、認知科学という学問領域からのメッセージを発信する必要があると考える。

本特集を企画した動機は、これからの学校教育の創造に向けて、認知科学という学問領域からのメッセージを発信したいというものである。学校教育への貢献が最も期待できる学術領域でありながら、昨今の教育論議での影が薄いという歯がゆい状況にあって、認知科学の持つ力を示したい。きちんとした学術的根拠やデータに基づいて、新しい学習観、授業やカリキュラムの設計、学習環境のデザイン、学習研究の方法、などを提案したい。

本特集に対して17本の論文が投稿された(2本は一般投稿論文に回された)。すべての論文は『認知科学』誌の査読要領に従って査読が行われた。最終的に8本の論文が採択された。

2. 特集エディタからの問い

本特集では、論文の著者に対して、表1に示す4つの問いに回答することを求めた。著者は、問いに対する回答を、表としてまとめて論文中に含めてい

る。それぞれの問いに対しては、一般論だけでなく、自分の研究との関連を明示した回答を行うことを求めた。これは『認知科学』誌の特集としては初めての試みである。

共通の問いを用意するというこのアイデアは Miyake and Shah (1999) から得た。この文献は、ワーキングメモリの主要なモデルおよび理論を比較し、それらの間の共通性と差異を明らかにすることを目標とした論文集である。論文の著者に対して、ワーキングメモリの研究を導いてきた8つの理論的質問をぶつけることで、異なった理論を比較するための共通基盤が与えられている。

本特集において4つの問いへの回答を求めた目的は、認知科学からの学校教育へのメッセージを集約することであった。さまざまな雑誌の特集号や、特定のテーマのもとに多くの論文を収録した書籍では、ひとつひとつの論文は面白くても、全体像がよくわからないということがしばしばある。それぞれの論文で問いや研究目的が異なるため、それぞれの論文の主張は明確に理解できても、論文間のつながりや研究領域の全体像がよくわからないのである。本特集では、共通の問いを用意することで、どの論文においても議論を同じ方向に誘導した。これにより、それぞれの論文間での共通性を見出す基盤が与えられる。認知科学が学校教育に対してどのような貢献ができるのかという観点から、それぞれの論文を読むことができる。

4つの問いのうち、第4の問い(脳科学との関連)への回答はオプションとした。すなわち、脳科学との関連が明確でない論文では、この問いに対する回答は省略できるものとした。本特集の8本の論文のうち、この問いへの回答を行っているのは、第1著者の名前を使って掲載ページ順にあげると、高橋論文、植阪論文、市川論文、福島論文、の4本である。以下、本特集論文に言及するときには、このように第1著者の名前を用いる。

脳科学との関連についての質問を第4の問いとして用意したのは、近年の「脳」ブームに惑わされることなく、脳科学と認知科学との冷静な協調関係を議論する必要があると考えたからである。「脳」ブームによって、世の中にはさまざまな誤解が広がっている。たとえば、脳をトレーニングすることができるという誤解である。形式陶冶の意味では、脳はトレーニングできない。仮にそれが可能だとしても、

表1 特集エディタからの4つの問い

(1) 学校教育に対する認知科学の貢献
自分の研究が関連する範囲において、認知科学は学校教育(日本の学校教育に限定しない)に対してどのような貢献をしてきたのか?自分の研究は、こうした貢献の中で、どのように位置づけられるか?
(2) 日本の学校教育への提案・提言
自分の研究が関連する範囲において、認知科学の立場から、日本の学校教育に対してどのような提案・提言をすることができるか?
(3) 認知科学と日本の学校教育の将来
これからの日本の学校教育を創造する上で、認知科学はどのような役割を果たすことができるか?自分の研究はこれからどのような方向に発展し、そこでは日本の学校教育に対してどのような貢献を期待することができるか?
(4) 脳科学との関連
認知科学と脳科学は、学校教育の改善のために、どのような協力を行うことができるか?自分の研究は脳科学とどのような接点を持っている(持つことができる)のか?

証拠を示すことは非常に困難であり、明らかな効果がだれにでも生じることはありえない。脳科学が急速な発展を見せている中で、認知科学者は、こうした誤解を正すメッセージを発信するとともに(これは本特集の範囲ではない)、脳科学と認知科学はどのような連携ができるのかを考えなければならない。

3. 特集論文の紹介

本特集に収録されている8本の論文の内容を、掲載ページ順に紹介する。多少のコメントも行う。池田論文から白水論文までの5本が研究論文、福島論文から吉岡論文までの3本が展望論文である。

本特集での展望論文は、著者の研究を中心に議論が行われており、研究論文にかなり近いものになっている。著者の研究が中心になったのは、表1の4つの問いに対して、自分の研究の立場を明示して回答することが求められたためである。

3.1 池田論文

池田論文が取り組んでいる教育問題は、OECDによる「生徒の学習到達度調査」(PISA)などの調

査結果から議論になった、日本の児童・生徒の科学的リテラシーの低下である。2003年度の PISA 調査においては、科学的リテラシーとは「自然界及び人間の活動によって起こる自然界の変化について理解し、意思決定するために、科学的知識を使用し、課題を明確にし、証拠に基づく結論を導き出す能力である」と定義されている(国立教育政策研究所, 2004)。PISA のウェブサイト (<http://www.pisa.oecd.org/>) では、2009年6月30日時点で、科学的リテラシーが次のように定義されている。Scientific literacy is the capacity to use scientific knowledge, to identify questions and to draw evidence-based conclusions in order to understand and help make decisions about the natural world and the changes made to it through human activity.

この論文で報告されているのは、中学校での出張授業に基づいた、教育実践研究である。100分ほどの授業の目的は、人間の視覚システムについての解説、錯視現象の体験と錯視量の測定、データの検討、ディスカッション、を通しての、科学的リテラシーの育成であった。中学生を対象にして科学的リテラシーの教育を実践するのは、ピアジェの言う具体的操作期から形式的操作期への移行が生じる11歳から12歳ごろの子どもに対して、論理的思考力の育成を促す学習支援や科学教材の開発が必要であるという考えに基づいている。池田氏の授業で、具体的な体験をベースにした科学的思考力の教育を行っているのは、こうした移行時期を配慮したものであると考えられる。ただし、日本ではもっと早い時期において思考様式の移行が要求され、児童の学業不振が増加するという「9歳の壁」という現象が指摘されている(池田論文の中でもこのことに触れられている)。

測定された教育効果は、授業前後での、科学的興味と知識の変化である。これらは質問項目に対して5件法で測定された。科学的興味として、科学一般への興味、出張授業で学習したことへの興味、出張授業では学習していないこと(遺伝および体)への興味測定された。出張授業で学習していないことへの興味測定されているのは、質問項目の内容に関係なく授業後の評価値が高くなるバイアスを測定するためであった。

授業前後で比較すると、学習した「心」や「脳」についての興味の高まりは、統計的に有意であった。

学習しなかったことへの興味も上昇したが、有意ではなかった。面白いことに「科学に興味がある」という、科学一般への興味も有意に上昇した。「脳の仕組みを調べることはできない(逆転項目)」「見ることと脳の働きは関係ない(逆転項目)」といった、知識に関する質問項目についても、授業の効果があったことが示された。以上の結果や、共分散構造分析などの相関分析から、錯視の体験と科学的測定によって脳や心の仕組みを理解することで、科学一般への関心も高まったと考えられた。

論文中で、統制群がないという問題に言及がされ、今後の課題として教育効果のより明確な検証ということが挙げられている。しかし、統制群がないことは大きな問題ではなく、従来の実験心理学的手法で教育効果の検証をすることはあまり魅力的ではないと思う。むしろ、学習モデル、授業デザイン、教育実践のデザイン・サイクルをまわして、科学的リテラシー教育のデザイン原則を提案するというところを、今後の目標とした方がよいのではないだろうか。本論文の中に学習科学という言葉は出てこないけれども、ここで報告されているような研究と教育実践を一体化させて両者を推進するアプローチをとることは、近年の学習科学の特徴である。こうしたアプローチでは、統制群の欠如はあまり大きな問題ではない。実践において学習者に生じていた学習活動を理解できるようなデータをとることが重要で、それがデザイン・サイクルをまわし、デザイン原則を抽出することにつながる(三宅・白水, 2003)。こうした学習科学の研究手法と目的から考えると、本論文で報告されている授業前後での評価データは少し物足りない。出張授業は長期にわたって繰り返し実施されており、教材開発も積極的に行われている。授業においてどのような学習が生じているのかを示すデータを取り、デザイン・サイクルを機能させてほしい。学習科学でのデザイン研究の特徴については、本特集の大島論文に、わかりやすい解説がある。

PISA が定義する科学的リテラシーを育成することは、1回の授業だけではもちろん不可能である。本研究で報告された授業を含めた、科学的リテラシー教育のカリキュラムをデザインする必要があるだろう。本研究において、1回の授業であっても科学一般への関心を高めることができるという結果が得られたのは重要である。このようなすぐれた授業

は、カリキュラムの中に位置づけられていくことになる。

池田論文でのデータ解析とその解釈には若干の改善の余地がある。たとえば、心や科学への興味を測定したいいくつかの項目において項目間相関が授業後に上昇した理由は、もう少しデータをよく観察する必要があるだろう。この結果は、脳や心の仕組みを理解することで、直接は教えていない科学一般への関心も高まったと解釈されている。しかし、項目の評定においてすべての生徒が同じだけ変化したのならば、相関係数は変化しない。したがって、興味の上昇だけでは相関係数の上昇を説明できない。おそらくは、授業前には比較的低い評定を行っていた生徒が多く、授業後ではそのうちの何人か（少数という意味ではない）が高い評定値へとシフトしたのではないだろうか。他の改善点として、授業で学習していないことへの興味を測定したゲーム項目での得点変化を利用して、その他の重要な項目での得点変化を調整した方が、授業の効果をより正確に示す指標が得られたと考えられる。こうした改善点は本論文の査読者によって指摘されたものである。査読者が指摘した改善点が残っているのは、より本質的な修正に労力が注がれたためである。

3.2 高橋論文

高橋論文が取り組んでいるのは、「論理的読み書き能力」の育成である。論理的読み書き能力とは、批判的に情報を読み解き、論理的に自分の考えを表現する能力であると定義されている。高橋氏らの考えでは、この能力は、OECD による PISA 調査での、読解力 (reading literacy) に含まれる。2003 年度の PISA 調査においては、読解力とは、「自らの目標を達成し、自らの知識と可能性を発達させ、効果的に社会に参加するために、書かれたテキストを理解し、利用し、熟考する能力である」と定義されている (国立教育政策研究所, 2004)。PISA 調査の結果から、池田論文で問題にされた科学的リテラシーの低下と同様に、日本の学生における読解力の低下が問題になっている。PISA のウェブサイトでは、2009年6月30日時点で、読解力が次のように定義されている。Reading literacy is understanding, using, and reflecting on written texts, in order to achieve one's goals, to develop one's knowledge and potential, and to participate in society.

この論文で報告されているのは、小学校4年生を対象にした、教育実践研究である。論理的読み書き能力の育成を目標に、45分の授業が5回行われた。前半の2回は、自分の主張に対して効果的な根拠を記述する能力が訓練された。後半の3回は、論理的にあいまいな点を指摘する能力が訓練された。小学校4年生を対象にしたのは、池田論文でも触れられていた、「9歳の壁」への対処を考えているためである。高橋論文では、小学校中学年での抽象的思考は具体的なモノや活動によって促進されると考えている。論理的読み書き能力は、本来は内的な思考プロセスに支えられている。高橋氏らの実践では、他者との相互作用を通してこれを外化し、思考の相互観察を可能にしている。

高橋氏らによる実践では、思考の相互観察を促進するために、デジタルペン黒板システムという ICT ツールを用いている。毎回の授業では子どもに課題が与えられる。子どもはデジタルペンを用いて自分の考えをワークシートに記述する。たとえば、根拠に基づいた主張を行うことを訓練した初回の授業では、自分の好きな教科とその理由を記述した。ワークシートに書かれた情報はドットパターンとして教師用 PC に送られる。プロジェクタを利用すれば、子どもの記述の一覧をスクリーンに投影することができる。デジタルペン黒板システムは、子どもにとって使いなれた紙とペンに類似している。そのため、コンピュータやキーボードのような、なじみのないデジタルデバイスを使用することによる障壁を避けることができる。

スクリーンに投影された他者の思考を観察することで、子どもは自分の思考を振り返ることができる。すなわち、高橋氏らの実践では、思考の相互観察によって、自分の思考を批判的に評価するメタ認知を促進させようとしている。たとえば、初回の授業では、各自が書いた好きな教科とその根拠が提示され、子どもは「なるほど」と思うものはどれかを考えた。続いて、好きな教科とその理由をもう一度記述した。

授業実践の効果は、5回の授業の前後に実施された作文課題によって評価された。小学校4年生の通常のカリキュラムのもとで授業が行われた他学級を統制群として、実験群と同時期にこの作文課題が実施された。

授業の実施前後での作文を比較すると、実験群で

のみ、主観的でない独自の根拠に基づいた主張が増加した。他者の考えにおける論理のあいまいな点についての指摘も、実験群でのみ増加した。この結果は、この授業実践が論理的な読み書き能力の育成に効果を持ったことを示している。実験群において、授業実施前後で作文課題のパフォーマンスが上昇した児童は、他者の思考を観察し、反省的思考を行ったようであった。こうした児童は、ワークシートに書き込んだ内容がスクリーンに提示された後で、課題として使用された文章に対する批判的記述を、自分のワークシートに追記していた。

デジタルペンというツールを使用した工夫や、比較的短期間で論理的な読み書き能力の育成に効果のある授業を開発したことは、高く評価できる。研究のこうした価値を認めたと上で、思考の相互観察を通してどのような学習が生じていたのかを示すデータがもっとほしいと思う。高橋論文での研究方法は、池田論文での研究方法と同様に、従来の教育心理学的手法を用いたものである。すなわち、パフォーマンスの変化を実験授業の前後で比較している。高橋論文では、池田論文にはなかった統制群が用意され、データ解析には分散分析が用いられている。今後の課題としてより統制された実験の必要性に言及がされているが、それよりも学習の詳細を示すデータをとることに労力を向けた方が建設的であるように思う。厳密な統制群を設置することには限界がある。たとえば、デジタルペンの効果を検証するための厳密な統制群は、実験授業を受けなかった他のクラスではなく、デジタルペンを使用しないこと以外は実験群と同一の実験授業を受けたクラスになる。しかし、そういった授業の設計はかなり難しいかもしれない。さらに、デジタルペンの効果を予想しているのであれば、それよりも効果の劣る授業に5回も子どもを参加させるのは、倫理的に問題がある。もちろん、いろいろな制約がある中でも、なるべく理想に近い実験計画を組もうとすることは正しい。しかし、実験計画法の形式的な縛りから少し自由になって、どのようなデータが必要なのかを考えてもよいと思う。

認知科学と脳科学はどのような連携が可能かという特集エディタからの問いに対して、高橋論文では、教育実践において用いるツールの選択に脳科学のデータを利用可能であるという指摘を行っている。たとえば、手書きとタイピングの違いに関する、

脳イメージングデータと行動データから得られた知見に基づき、学習の目的や年齢を考慮してデジタルデバイスを選択可能であると述べている。もう少し一般的に述べれば、認知科学と脳科学の連携によって、特定の学習活動の性質がよりよく理解できるようになるということだろう。これは妥当な指摘であるが、やや常識的すぎるかもしれない。脳科学の研究が学習活動に関して新たな知見を加えることは明らかであり、そうした知見が教育実践のデザインに生かされることも当然ありうる。一方、教育実践におけるツールの選択という議論は特定のすぎる。この間のどこかで、適度に特定の議論が必要であろう。

3.3 植阪論文

植阪論文が取り組んでいる問題は学習スキルの教育である。特に、図表を自発的に作成して問題解決や理解を助けるという学習スキルに焦点を当てている。学校教育を終えた後も、人はさまざまなことを学び続ける必要がある。そのときには、学校教育のように教科書が与えられ、ていねいに教えてくれる教師が存在するとは限らない。そのような状況であっても主体的に学習を進められるよう、学校教育において学習スキルを身につけ、自立した学習者となっておく必要がある。しかし、日本の学校教育では学習スキルの指導が十分に行われていない。

植阪氏らの研究は認知カウンセリングから始まっている。認知カウンセリングとは、学習上の問題を抱える児童・生徒に対して、面接を通じて原因を探り、解決のための援助を与える実践的研究活動である(市川, 1993, 1998)。ここで学習上の問題とは、教科の学習において、程度の差こそあれどの児童・生徒にも生じるものであり、福島論文が焦点を当てている発達障害とは異なる。たとえば、植阪論文で紹介されている認知カウンセリングのケースでは、理科の水溶液の問題がまったくわからないというのが、クライアント(学習者)の訴えた困難であった。発達障害を持つ子どもへの認知カウンセリングも行われているが(植木, 2000)、そうしたケースは少ない。

理解の水溶液の問題がまったくわからないという小学校6年生の男子の認知カウンセリングにおいて、自発的に図表を作成して問題を解決するという方略の獲得に、かなりの時間がかかることが明らか

になった。図表を使った説明を行ったり、図表の使用を指示して問題解決を行ったりしても、自発的な図表の使用には容易につながらなかった。問題解決に困ったら図表を描くと解決の助けになるということに繰り返し気づかせることで、ようやく図表の自発的な使用が見られるようになった。方略そのものだけを教えるのではなく、そうした方略の有効性を伝え、方略使用をコントロールすることを教える必要があったわけである。Paris and Jacobs (1984) はこうした方略教示を *informed instruction* と呼んでいる。

認知カウンセリングの場で見いだされた、学習者が自発的に図表を活用しないという問題は、図表の自発的使用にかかわる要因を検討する基礎研究、図表利用などの学習方略を生徒に教える学習法講座、図表利用方略の診断（本特集の市川論文で報告されている COMPASS の一部）へとつながった。教育実践から新たな問題を見出し、伝統的な実験研究や調査研究につなげるのは、認知カウンセリングの特徴である。植阪論文によれば、本特集の大島論文で記述されているようなデザイン研究との違いは、実験や調査といった基礎研究を併用することである。デザイン研究がこうした基礎研究をしないと宣言しているわけではないが、大島氏や白水氏のようなデザイン研究のエキスパートの研究活動と比べると、確かにこのような違いがある。

植阪論文では、学校教育に認知カウンセリングが取り入れられることで、授業が改善されていくことが示されている。学校内に学習相談室が設置され、現職の教師が認知カウンセリングを行う。認知カウンセリングを行うことで見えてきた問題をケース検討会で議論し、通常授業での取り組みにつなげている。認知カウンセリングがこうした授業改善につながることは非常に興味深い。教師が認知カウンセリングを学ぶことで、認知科学的な学習観が教育現場に取り入れられていくということも重要である。本特集の市川論文で指摘されているように、人間を情報処理システムとみなす認知科学的な学習観は、学校教育実践において必ずしも当然のものではない。認知カウンセリングが学校の教師にも普及したのは、市川伸一氏の努力によるところが大きい。

認知科学と脳科学はどのような連携が可能かという特集エディタからの問いに対して、植阪論文は、認知モデルの妥当性を脳科学が明らかにすること

と、認知モデルを超える知見を脳科学が提供することを期待すると述べている。こうした期待がどういふものなのか、少しわかりにくい。その一因は「認知モデル」という言葉が指しているものがあいまいなことである。植阪論文での「認知モデル」は、人間を情報処理システムとみなす、伝統的な認知科学の基本的立場そのものを指しているようである。あるいは、この立場で構成されるモデルすべてを指しているように読める。認知モデルとはすなわち、入力情報を、内的リソース（知識）および外的リソース（図表など）を利用して処理し、出力するというモデルである（植阪論文の図1）。

認知モデルという言葉の意味をこのように解釈した場合、こうした認知モデルを変革するような新しい人間観あるいはパラダイムが、脳科学によってもたらされることはありうる。しかし、認知モデルの妥当性を脳科学が明らかにすることはない。なぜなら、特定の立場、観点、フレームワークは、その限界を指摘することはできても、それが誤りだということは言えない（反証可能でない）からである。認知科学は行動主義の限界を指摘したが、行動主義が明らかにした学習法則を否定してはいない。そうした学習法則を明らかにする上で、行動主義は妥当だったのである。同様に、情報処理の人間観という意味での認知モデルを、脳科学が否定することはない。認知モデルはこれまでにさまざまな知見を生み出している。脳科学がどのようなデータを提出しても、認知モデルの妥当性は揺るがない。Anderson (1993) は、フレームワーク、理論、モデルという水準を区別している。フレームワークは認知に関する一般的な主張である。たとえば、プロダクション・システムというアイデアはフレームワークである。フレームワークにいくつかの仮定を加えて精緻化したものが理論である。Anderson による ACT 理論は、プロダクション・システムというフレームワークから生まれたものである。特定の状況に理論を適用するために、特定の仮定を理論に加えたものがモデルである。データによって直接に検証が可能なのは、まさにこのモデルである。脳科学のデータを認知科学のモデルの検証に使うことは可能である。Anderson は ACT-R のモデルから fMRI の BOLD 信号を定量的に予測する手法を考案し、複雑なモデルの検証を行っている (Anderson et al., 2004, 2008)。さらに、特定の理論のもとで構成さ

れたモデルの検証を通して、その理論の妥当性を議論することも可能である(Hummel & Holyoak, 2005)。しかし、フレームワークの妥当性を脳科学が明らかにすることはない。

3.4 市川論文

市川論文は算数・数学の問題解決に必要な基礎学力を診断する COMPASS というテストの開発を報告している。COMPASS は、基礎学力の他に、学習動機、学習観、学習方略、問題解決方略の測定も行う。診断結果をもとに学習改善や授業改善を行うことが、このテストを実施する目的である。

COMPASS の開発には、長年にわたる認知カウンセリングの実践から得られた知見が取り込まれている。長年の学習者観察が結実した診断テストであるという点は、高く評価されるべきである。認知カウンセリングは、学習につまずいた児童・生徒に対して、個別的な学習指導を通してつまずきの原因を探り、学習者として自立するための支援を行う。算数・数学の認知カウンセリングから、算数・数学の学習においてどのようなつまずきが生じるのか、そうしたつまずきはなぜ生じたのかについて、多くの知見が得られてきた。こうした知見に基づいて、算数・数学の学習がうまくいかない原因を診断できるテストを開発すれば、学習者は自分の学習のどこに問題があるのかわかる。こうした診断は教師にとっても有用である。自分の教えている児童・生徒が、算数・数学の学習においてどのような問題を抱えているのかわかるので、そうした問題に対処するために授業改善を行うことができる。

COMPASS は数学の基礎学力を領域横断的に診断する。すなわち、方程式とか図形といった領域ごとの基礎学力を診断するのではなく、どの領域の問題を解くにも必要となる「コンポーネント」を診断する。たとえば、数学的概念に関する知識、視覚的表現の自発的作成、論理的推論、計算ルールに関する知識、などがコンポーネントである。コンポーネントの同定と測定課題の開発は、認知カウンセリングの実践がベースになっている。たとえば、数学的概念に関する知識の欠如は、認知カウンセリングの実践でしばしば観察されてきた。数学の教科書には「倍数」とか「関数」といった概念の説明が書かれているが、これを理解できていない学習者が多く存在する。教科書を読むという学習習慣がほとんど

ない学習者も少なくない。これはおそらく、問題をいかに解くかということに熱心になるあまり、概念的な理解がおろそかになるためであろう。図や表といった視覚的表現を自発的に作成しないという問題は、植阪論文が扱っている。

COMPASS のコンポーネントは、算数・数学の文章題解決過程のモデル(市川論文では単に「問題解決過程のモデル」と書かれている)にそって配列されている。このモデルでは、問題解決過程を、単位の理解(変換過程)、問題の全体構造の理解(統合過程)、解決方略の選択(プラン化過程)、計算の実行(実行過程)という、4つの下位過程から構成されるものとしてとらえる(Kintsch & Greeno, 1985; Riley, Greeno & Heller, 1983)。このモデルは算数・数学の問題解決研究で広く用いられているものである。本特集のエディタのひとりである多鹿は、このモデルを利用して多くの研究を行っている(多鹿, 1996)。

COMPASS の結果は教員および児童・生徒にフィードバックされる。ここで、学校教員に自分の受け持っている児童・生徒の採点をしてもらっているのは独特で興味深い。こうした採点方法をとっているのは、教員と研究者が一緒になって授業改善を考えていくには、担当教員に採点してもらった方がよいという考えからである。たしかに、教員が自分で採点した方が、採点をしながらさまざまなことに気がつくであろう。

認知科学と脳科学の連携について、市川論文は、認知科学の知見や理論の生理学的裏づけを与えることと、障害の発見や治療効果を実証することに、脳科学の意義を見出している。ただし、特定の脳科学的知見を敷衍して、ある教育方法を安易に推奨することには、警鐘を鳴らしている。市川論文が指摘しているように、学校での学習を支える、概念獲得、意味理解、メタ認知といった高次認知に関して、現在の脳科学はまだ十分な知見を持っていない。COMPASS が測定している基礎学力についても、脳科学の研究から言えることはほとんどない。もちろん、記憶や学習に関する脳科学研究は数多くあるが、学校教育での教育方法を示唆できるような知見はほとんどない。たとえば、海馬の機能についてはかなりのことがわかっているけれども、そこから学習方略に関して得られる示唆はほとんどない。神経レベルの学習だけを見ていると、下手をすると

「神経細胞を繰り返し刺激して長期増強をもたらすように勉強しましょう」というように、学習が単純化されてしまう。説明とか類推といった、認知科学が研究してきた高次な学習メカニズムに関する重要な知見は無視されてしまう。市川論文は、認知科学は行動的指標による理論的・実証的な研究をすすめ、脳科学に対して研究の方向づけを与える役割を積極的に果たすべきであると述べている。これは妥当な研究方略であるが、脳科学と認知科学の連携ということを考えて、少しさめた態度のようにも思える。こちらはこれまでどおり研究を進めるから、どうぞ参考にしてくださいというようにも聞こえる。もう少し積極的なインタラクションを考えたい。

3.5 白水論文

白水論文は、2年間をひとつの単位とした、8年間にわたる認知科学の「スーパーカリキュラム」のデザイン研究（デザイン研究とは何かについては、大島論文の解説を参照）をとおして、学習の転移のメカニズムを詳細に検討している。

学習の転移とは「前に学習したことがその後の学習に影響を及ぼすこと」（有斐閣『心理学辞典』より）である。問題解決の文脈では「例題で学んだ知識を転移課題に適用し、転移課題を解決すること」と定義できる（寺尾・楠見, 1998）。この定義のもとでは、転移が生じるということは転移課題が解決できるということと同義である。そのため、従来の転移研究では、参加者に例題を学習させたあと、実験者が用意した転移課題を解決できるかどうかを測定していた。多くの転移研究では、課題の表面的特性（たとえば、問題文の文脈）と、構造的特性（たとえば、解決に用いる式の形）の2変数を独立変数として操作している。

白水論文では、従来の転移のとらえ方を見直して、転移を「一人一人の学習者が社会的な過程の支援を受けながら、多くのベースとなる問題を解いて『徐々にわかってきたこと』を協調の場に持ち出し、新たに学ぶこととも組み合わせる自分なりに理解を深めていく過程」と定義している。白水論文で述べられているように、近年の転移研究では従来の転移概念の見直しが行われている。転移課題が実験者によって決定され、例題の直後に与えられる転移課題の解決によって転移が評価される従来の転移研究は、転移というものを限定的にとらえすぎていた。

用いられる例題はひとつあるいはせいぜい数問であり、この定義にある「徐々にわかってきた」という長期的な学習をとらえられない。転移は容易には成立しないというのが、従来の転移研究の一般的主張である。しかし、これは例題直後の転移課題をうまく解決できないという事実からの結論である。もっと長期的な視野に立てば、直後の転移課題での効果は認められなくても、後の学習を促進するような効果はあるのかもしれない。実際、そうした証拠が得られている（Schwartz & Martin, 2004）。こうした新しい観点からは、転移とは、転移課題の解決というよりも、長期にわたる知識のダイナミックな再構成過程であると言える（Rebello et al., 2005）。転移とは転移課題が解けることであると理解していると、白水論文のどこが転移研究の論文なのかわからなくなる。こうした長期的な観点に加え、白水論文での転移の定義には、社会的な協調学習が取り入れられている。概念獲得の基礎となる事例を個人のレベルで十分に体験し、そこで得られた経験則を他者の経験則と比較吟味する協調的内省活動を通して、理解の深化をもたらすことを期待している。

Clement (2008)およびMiyake (2009)に準じて、白水論文は、概念が獲得されていくプロセスを4つのレベルに分けている。概念の獲得はその概念に関する初回経験の言語化から始まる（レベル1）。さらに経験を重ねて、何らかの経験則を獲得する（レベル2）。ここまでは個人での学習である。次に、自分が理解したことを持ち寄って他者の理解と比較吟味する、協調的内省活動が行われる（レベル3）。最後に、多様な経験則を統合的に理解し、科学的な説明ができるようになる（レベル4）。

白水・三宅氏の基本的主張は、レベル2で課題の経験量を増やし、さらにレベル3で協調的内省活動を充実させる「重層化カリキュラム」によって、深い概念理解に到達できるというものである。大学1年生から2年生にかけての認知科学の「スーパーカリキュラム」で学習する、スキーマ概念の理解に焦点が当てられている。スキーマという概念を徐々に獲得し、この概念を活用して認知科学の学習内容の理解を深められることが、本研究での学習の転移である。

スキーマ概念の学習では、学習者自身がスキーマ獲得のプロセスを経験した。最初に経験する課題は「水曜+火曜=金曜であるとき、金曜+月曜は何

曜日か」という曜日計算課題であった。この課題での経験を積んだ後、「 $m + b = ?$ 」というような文字計算課題が提示された。これは学習者にとって転移課題である。曜日計算課題で獲得された方略（問題スキーマ）は、文字計算課題の解決に利用可能である。ここでの関心は文字計算課題が解けるかどうかではない。曜日計算課題から獲得され、文字計算課題に適用された知識はスキーマなのだ、学習者がスキーマ概念を理解できることが重要である。最終的に、自分や他者のスキーマ獲得プロセスが理解でき、「経験の繰り返しから一般的に適用可能なスキーマが形成された」といった説明ができるようになることが目標である。

授業のデザインは毎年改良が重ねられた。初期の授業デザインでは、レベル4の活動が多くを占めていた。その後、レベル2で課題の経験量が増やされ、レベル3で協調的内省活動が充実したものになるように改良された。すると、授業で学習した内容は1年以上経過した後もよく保持されるようになった。転移課題（文字計算課題）に取り組んだ後でその解法を記述するように求めると、具体的な経験に基づいた記述が増加した。概念変化のレベル2において豊富な経験を持ったため、レベル3での協調的内省が豊かになり、理解の深化がもたらされたと考えられた。重層化されたカリキュラムでは、スキーマという概念の自発的利用も増加した。レポートやグループでの議論において、スキーマという概念がよく利用されるようになった。

たかがスキーマの理解にここまで時間をかける必要があるのかという疑問を抱くかもしれない。しかし、言い方を変えれば、たかがスキーマの理解でも、ここまでやらなければ深い理解は得られないのである。十分な課題経験や協調的内省活動なしに抽象化を急ぐと、けっきょくは浅い理解に終わってしまい、学習内容の保持もよくない。一斉授業での講義だけで何かを教えようとするのは、かなり絶望的なことだとわかる。白水・三宅氏の実践では、講義や資料による学習材料の提示（レベル4）は抑えられ、学生自身による理解活動（レベル1から3）が重視されている。一般に大学においては、さまざまな制約から、白水・三宅氏のような授業はなかなかできないかもしれない。それでも、学生自身による理解活動をなるべく多くするような授業デザインを考えるべきであろう。たいていの授業ではそうし

た工夫が可能なはずである。講義をするしかないように思える大学の線型代数の授業ですら「講義をしない授業」という試みがある（近藤, 2008a, 2008b）。協調学習は取り入れられていないけれども。

白水論文では、高等学校までの学校教育が研究の場となった他の特集論文と異なり、大学での授業で研究が行われている（大島論文には教員養成課程での実践研究が含まれている）。このことは、大学で授業を持っている研究者は誰でも、自分の授業を舞台に教育研究を実行できるということを意味している。高等学校までの学校教育ですぐに実践研究を行うことは難しいかもしれないから、大学での授業でも白水論文にあるような研究ができるということは朗報である。もちろん、授業にはいろいろな制約があるから、白水論文で紹介されているような、手の込んだ研究は難しいかもしれない。それでも、その制約の範囲内で、何か実践研究をデザインすることは可能であろう。市川伸一氏による認知カウンセリングも、最初は大学生を対象としたプログラミングの個別相談から始まっている（市川, 1993）。

白水論文で報告されているような新しい転移研究が始まった今、伝統的な転移研究はもう必要ないのだろうか？教科教育、とりわけ数学教育を研究領域とする筆者（寺尾）としては、そうは思わない。研究者が転移課題を決め、それがどれくらいできるかで転移を評価するという研究が、転移を狭くとらえているという指摘には同意する。実際、筆者が学位論文で転移研究を行っていたとき、多くの研究での転移課題が例題と同型な課題に限定されていることに不満があった。そこで、もっと広範な転移課題に対しても転移が生じるような知識の獲得を研究してきた（寺尾・楠見, 1998）。それでもまだ、筆者の研究は伝統的な転移研究の範囲内である。しかし、長期にわたる概念の再構成過程として転移をとらえるという視点が重要な一方で、教科教育の立場からは、できてほしい転移課題というものはやはり存在する。ある例題を学習したときに、この課題はできるようになってほしいと教師が思う課題である。例題の学習を行った後でそういった課題をうまく解くことができれば、学習者にとっても満足が得られ、学習意欲の維持が期待できる。転移がうまくいかないとき、教師が転移を簡単なものと考えてしまっている（そもそも無理のある転移を期待している）ということはあるけれども、学習に改善の余地がある

場合も少なくない。それならば、伝統的な転移概念のもとで、よりよい学習を探究する研究も必要であろう。白水論文で展開されているようなマクロな転移研究だけでなく、伝統的なミクロな転移研究を行うことにも意義があると考えられる。

3.6 福島論文

福島論文が取り組んでいる問題は、学習に困難を抱える児童・生徒の支援である。今世紀に入ってからもなく、文部科学省は従来の「特殊教育」から「特別支援教育」へと呼称の変更を行った。2006年には学校教育法が改正され(2007年4月施行)、すべての学校と学級において、生活および学習上の困難がある児童・生徒の支援を充実させようとしている。時代の要請に合った研究がよいというわけではないが、福島論文は特別支援教育への認知科学の貢献の可能性を示している。

読みの障害など、学習上の困難を抱えた児童・生徒を支援するために福島氏らが行っているのは、e-learning システムの開発である。福島論文では、インターネットを利用した典型的な e-learning システムの他に、単体のコンピュータを用いた学習プログラムも e-learning の範囲に含めている。協調学習の支援や個人差への対応など、e-learning には数多くの利点がある。しかしながら、学習に障害のある児童や生徒のために開発された e-learning システムはそれほど多くない。さらに、障害のない児童・生徒では学習に効果をもたらしていたツールが、障害のある児童・生徒にとっても有効であるとは限らない。たとえば、Woodfine, Baptista Nunes and Wright (2008) は、テキスト依存で同時性の高いツール(チャットなど)を用いた e-learning は、読み書きの障害(dyslexia)を持つ学生にとっては扱いが難しいということを示している。障害を持つ児童・生徒のことを考慮して既存の教育システムを調整していくことは簡単ではなく、研究が必要とされている。福島氏らも、既存の e-learning システムにいくつかの問題点を感じており、それが研究の動機となっているようである。ただし、セクション2で彼女らが指摘している問題点は、書かれていることを字義どおりに読めば、あまり同意できないところもある。たとえば、これまでの e-learning (computer-based teaching programs) は個人差への対応が不十分であると指摘しているけれども、多

くの e-learning システムはまさに個人差に対応できるように作られている。典型的な例は、intelligent tutoring system である。福島氏らが指摘しているのは、おそらく、障害を持つ児童・生徒のことを考えれば、個人差への対応は「まだまだ」不十分ということであろう。

福島論文の前半では、読み書きに困難を抱える児童のために開発された、言語学習支援プログラムが紹介されている。このプログラムでは、学習者は、視覚呈示された単語や文をパソコンで入力する。パソコンを用いて文字入力を行うのは、文字を書くことの負担をなくし、読みの訓練に焦点を当てるためであった。福島・久保(川合)・正高(2008)に報告されている研究では、3名の子どもがこのプログラムに参加した。プログラムの前後で、文の聞き取り再生、読み取り再生、聞き取った文の内容理解、読み取った文の内容理解、短い作文、ワープロ入力の、6つの課題がテストされた。プログラムに参加した3名とともに、プログラムの前後でこれらのテストにおける正答率が改善された。

このプログラムによって、読み能力を支えるどのような認知的処理を訓練しているのか、ほとんど議論がないことは残念である。読みの困難が何に起因するのかまだ十分にはわかっていない。しかし、ひとつの有力な考えとして、福島論文でも触れられている、書かれた文字の音韻処理の問題に起因するという主張がある(Galaburda, Sherman, Rosen, Aboitiz & Geschwind, 1985; Paulesu et al., 1996; Shaywitz et al., 2004)。この考えを支持したときに、このプログラムの効果はどのように説明できるだろうか。すなわち、どのような音韻処理がどのように訓練されたのだろうか。健常の子どもにおいて生じる学習を説明するための伝統的な道具、たとえば、認知的課題分析とかプロダクション・ルールの記述といったものだけでは、十分な議論は難しいかもしれない。

このプログラムの効果を説明するひとつの手がかりは、脳機能計測から得られるかもしれない。脳の特定部位の機能がある程度わかっており、訓練にもなってその部位から計測されたデータに変化が認められれば、学習プログラムがどのような認知的処理の訓練をしているのか、推測が可能である。福島他(2008)は、読みの訓練の前後で、近赤外分光法(NIRS)による脳機能計測を行っている。文章の音

読課題と、2文の内容の異同判断課題を実施し、左側頭部（音韻処理に関係している）から、酸化ヘモグロビンの変化量（血流量および脳活動の指標）が記録された。学習プログラムで用いられた課題でのパフォーマンスの変化と、血流量の変化には、曲線的な相関関係が認められた。脳機能計測を行った学習者の数が少ないことや、血流データと行動データが異なった課題から得られていることから、信頼性のある結果であるとはまだ言い難い。しかし、この結果は将来的な期待を抱かせる。脳機能計測のデータを、学習プログラムの効果の説明に役立てることができるかもしれない。福島論文では、こうした脳機能計測データを、学習効果の評価に利用可能であるということが述べられている。一般論として、これは正しい指摘である。しかし、福島氏が行っているような実践では、学習効果の評価というよりも、学習プログラムがいったい何を訓練しているのかという説明にこうしたデータを利用することを狙いたいと思う。学習効果そのものは行動データで測定可能であり、しかもその測定は脳機能計測よりもずっと容易である。行動データではよくわからない学習効果や理解状態が脳機能計測によってわかるのであれば、脳機能計測を学習評価に利用する意味はある。あるいは、同じことしかわからないのであっても、脳機能計測の方が容易であるならば、これもやはり意味はある（行動観察は大変だから質問紙テストを使うという発想と同じ）。しかし、そうでないならば、学習効果の評価のために脳機能計測を行う意味はあまりないように思う。

福島氏らは、彼女らのこれまでの研究および e-learning の実践経験に基づき、インターネットを利用した学習支援システムを開発している。福島論文の後半ではこのシステムについて説明がされている。この学習支援システムにおいては、最初に、標準化されたいくつかのテストを用いて、学習に問題を抱える児童・生徒の認知機能を評価する。この結果に基づき、次の e-learning のステージでの学習内容がデザインされる。ここでの「デザイン原則」（大島論文参照）は、「学習者がひとりで課題をこなすことができる」とこと、「動機づけを維持して学習目標を定められるように、結果に対してフィードバックを与える」とことである。e-learning による学習がスタートすると、双方向のコミュニケーションにインターネットが利用される。学習材料はイン

ターネットを利用して学習者に提供される。学習の結果はやはりインターネットを介して学習援助者に送られ、それに対してフィードバックが返される。e-learning への移行がうまくいかなかったときには、カウンセリングにより問題の解決がなされる。

こうした実践に、大島論文で述べられているデザイン研究の視点を持ち込めば、さまざまな成果が期待できそうである。前述した、福島氏らの実践がどのような認知処理を訓練しているのかという問題も、デザイン研究を通して明らかになっていくかもしれない。こうしたシステムの開発は、もちろん、高い教育的意義がある。およそ30人の子どもがこのプロジェクトに参加し、学習上の問題を解決し、動機づけと自己効力感を高めている。学習に困難を抱える子どもたちへの支援を続けながら、同時に学習障害の研究が進められていくことを期待したい。

3.7 大島論文

この論文の前半部分（セクション1および2）は、学習科学におけるデザイン研究の特徴の解説である。この領域をよく知っている読者にとっては不要かもしれないが、『認知科学』誌の読者の多様な背景を考慮すると、こうした解説は有用であろう。

学習科学は、認知科学の成果を利用しつつ、学習環境を総合的にデザインして実践的な研究を行う。学習目標は深い概念的理解の達成である。この目標達成のために、学習環境をどのようにデザインしなければならないかを述べたのが、デザイン原則である。デザイン原則は、先行する研究や実践に基づいて設定され、実践を通して検討される。ただし、筆者（寺尾）の印象では、デザイン原則そのものが見直されることはあまりないように思われる。むしろ、デザイン原則をどのように具体化あるいは精緻化するかが問題になることが多いようである。

セクション3では、Scardamalia の提唱する「知識構築としての学習」を、日本の学校教育にあわせてデザインした、著者らの実践研究が紹介されている。知識構築としての学習は専門家集団での知識創造に類似している。学習者はそれぞれ自分の疑問を持ち、他のメンバーと交流して集団全体を俯瞰しながら、問題解決を目指して学習を進める。学習者個人は集団での知識構築に十全的に参加している。こうした個人の活動から、集団全体としての知識が構築されていく。

ここで報告されている実践で学習者（小学校5年生）が探究したのは、遺伝子組み換え（GM）技術に関する問題であった。学習開始時に、概念地図を用いて理解の初期状態が可視化され、そこから3つの研究テーマが抽出された。これらのテーマはそれぞれ複数のグループによって担当された。学習の成果は、グループ内、同一テーマを追求するグループ間、異なったテーマを追求するグループ間で共有され、教室全体としての知識構築へとつなげられた。

この実践は2年間にわたって行われた。2年目の実践では、初年度の評価に基づいて、デザインに変更が加えられた。初年度では、学習の後半で議論の質が向上したものの、証拠に基づかない主張が行われるなど、議論構造に問題が見られた。この原因として、学習者に要求された最終課題が「GM技術に対する賛否」であったため、対立する立場を考慮しない一方的な主張へと議論が向けられてしまったのではないかと考えられた。そこで2年目の実践では、最終課題が「GM食品に対する社会的動向に対してコンセンサス案を提案する」に変更された。その結果、2年目の実践では、1年目に比べて議論構造に改善が認められた。

実践を通してデザインの改善を行っている点には、学習科学での実践の特徴がよく表れている。しかし、最終課題が知識構築活動に影響することは当然であるので、こうしたデザインの改善を通して、一般性のあるデザイン原則を抽出したいところである。たとえば、アーギュメント・スキルの学習において一般に利用可能なデザイン原則を抽出できるのではないだろうか。大島論文でも指摘されているように、是非の議論はたいてい一方的な主張に終始してしまい、反対の立場を説得できるような議論にならない。反論や代替論を想定した議論を行う必要がある（富田・丸野, 2004; Toulmin, 1958）。大島氏らの実践はアーギュメント・スキルの学習を目標にしたものではないけれども、学習者間での議論は知識構築実践の重要な構成要素のひとつである。よりよい議論を促進するためのデザイン原則を抽出できれば、知識構築実践にとって有益であろう。

セクション4では、デザイン研究が教師の成長に持つ意味を議論している。大島氏らによるデザイン研究プロジェクトにかかわってきたのは、教師としての経験はかなり積んだベテランであることが多い。こうした教員は、プロジェクトに参加するこ

とで、研究者と互惠関係を形成し、教師としてさらに成長していく。デザイン研究プロジェクトのデザイン原則として、教員が正統的周辺参加としてプロジェクトに参入することが有効であるらしい。すなわち、最初はすでにプロジェクトに参加している教師の観察者として授業に入り、次に授業の副担当となり、最後には主担当として実践にかかわるというものである。大島氏らは、ベテラン教員が参加するプロジェクトのデザインに加え、大学の教員養成プログラムでの講義デザインも行っている。学習者は、デザインされた協調的な環境で学習を進めるとともに、そうした学習環境のデザインについて学ぶ。

セクション4で紹介されている教師の学びのデザインは、平成21年から導入された教員免許の更新講習にも生かすことができるだろう。この免許更新制度には批判の声もかなりある。しかし、学習科学のデザイン研究を、デザイン研究の中で体験的に学ぶような講習をデザインすれば、参加する意義のある講習になるだろう。

大島氏によれば、彼らの関心は、深い概念的理解の達成から、知識構築実践にかかわる有能さの育成へとシフトしてきた。こうしたシフトが可能なのは、学習科学での教育実践は多重な教育目標を持つことができるからであろう。ひとつの実践において、学習内容の深い理解と、知識創造集団のメンバーとしての有能さの獲得の、両方を目標とすることが可能である。大島氏の関心が「シフトした」というのは、実践における単一の目標が変化したのではなく、多重な目標が同時に設定されるようになったように見える。伝統的な認知科学においても、領域に依存しない学習能力を持った「知的な初心者（intelligent novice）」を育成するという試みは行われており、成功を収めてきた（Brown, Campione & Barclay, 1979; Brown, Campione & Day, 1981; Paris & Jacobs, 1984）。しかしながら、こうした研究は個人のメタ認知能力や学習方略に焦点を当てており、多重な目標という観点は少し弱い。さらに、大島氏の実践のように、知識構築を目的とした集団のメンバーとしての有能さの育成を意図したものはなかった。

大島氏らによる知識構築実践は状況論の主張とよくあっているように思われる。一般に、学習への構成主義的アプローチでは、真正性が高く、協調的な学習活動が重視される（Brown, Collins & Duguid,

1989; Woodfine et al., 2008) . 大島論文には、正統的な周辺参加、十全的な参加、真正性の高い問題といった、状況論のキーワードが含まれている。個人的な印象では（特に日本の）状況論の立場の研究者は、状況論の立場から支持できる教育実践はどのようなものかということをおまわり具体的に示せてこなかった。これまでの学習観ではだめとか、学びを問い直すべきとか言われたとき、それは重要な指摘ではあるが、現職の教員はどうすればよいかわからなかったのではないだろうか。鈴木・船生・加藤(2002)は、状況論の学校改革には、その改革を状況論的に位置づけられない困難があると述べている。つまり、学校を「好ましい方向」に変化させようとしたとき、その実践を状況論の立場で論理的に支持できないと言う。しかし、大島氏らによる知識構築実践は、状況論の立場から支持できるものになっているのではないだろうか。鈴木他(2002)の言う理論の誤読や歪曲が生じているようには思われない。状況論者は大島実践をどのように評価するのか、意見を聞いてみたい。

大島論文は、池田論文および高橋論文と同様に、OECDによる「生徒の学習到達度調査」(PISA)への言及がある。池田氏らによる実践は、PISAの定義する科学的リテラシーの育成に取り組んだものであった。高橋氏らによる読み書き能力育成の実践は、PISAでの読解力分野の教育であった。こうした実践では、PISAが提示するリテラシーやkey competencyを受け入れ、その育成のためのカリキュラムが作られることになる。その成果はPISA得点の向上という形になって現われるであろう(教育評価の問題であって、PISA得点の向上そのものが目標ではない)。大島氏らの実践はこうした目標設定型のアプローチとは異なる。知識を創造していく活動そのものを教育実践に持ち込み、学習者の中で知識構築集団のメンバーとして有能さを獲得していくというアプローチである。大島論文ではこうしたアプローチをボトム・アップのアプローチと呼び、目標設定型のトップ・ダウンアプローチと区別している。

3.8 吉岡論文

この論文が問題にしているのは、文部科学省や教育委員会といった教育行政が主導する形で進められている、現在の学校組織改革である。学校組織はし

ばしば「なべぶた」メタファで表現される。すなわち、少数の管理職(なべぶたの取っ手部分)の下に、多くの教員が対等の立場で職務に従事するという組織構造である。教育行政による現在の学校組織改革は、学校教育を体系的・組織的に行うために、職階制を導入して、「なべぶた」組織から階層的組織への変革をはかるものである。

吉岡論文では、教育行政が主導する学校組織改革の妥当性を、状況論的な視点のひとつである「実践のコミュニティ(Communities of Practice)」論(COP論)の立場から批判的に検討している。本論文でのCOPは、Wenger, McDermott and Snyder(2002)にしたがって、「共通の専門スキルや、ある事業のコミットメント(熱意や献身)によって公式・非公式に結びついた人々の集まり」と定義されている。

COP論からの分析によれば、学校組織は「なべぶた」よりもはるかに複雑な構造をしている。それぞれの教員は、学年のCOP、教科のCOPなど、多くのCOPに参加している。学校は全体としてひとつのCOPである。学校外には、保護者会や教育委員会など多くのCOPが存在し、学校はそれらと重なりあったりリンクしたりしている。学校は公式、非公式の多数のCOPからなる複雑な重層構造を持っていると考えられる。

吉岡論文の基本的主張は、このような多重構造を持った学校組織において、COPのひとつにすぎない教育行政が、構造の変化を一方的にもたらそうとすることは無理がある、というものである。それでは学校組織改革はどのように行われるべきなのかについては、学校教育にコミットする者が共に協働する組織をとにかくつくるべきであるという主張がされている。具体的には、状況論のCOP、学校のCOP、教育行政のCOP、保護者のCOPなど、学校教育にコミットするさまざまなCOPが非公式的に重なり合い、あるいは、リンクする場をつくるということである。このように吉岡論文の主張をまとめてしまうと、状況論の言葉を使ってありきたりの主張をしているだけのようになってしまうかもしれない。しかし、この主張を支えている、現在の学校組織改革についての議論は、非常に説得力がある。単なる抽象的議論にとどまらず、東京都教育委員会が行ってきたことを例にして、具体的な分析が行われている。

この論文の面白さと価値は、現職のベテラン教員が状況論の視点から現在の学校改革を批判的に検討し、あるべきイノベーションの姿を主張している点にある。東京都教育委員会による学校組織改革の分析は、現職のベテラン教員で、かつ、状況論を深く理解している研究者でなければ不可能と思われるものである。学校の COP に身を置きながら、状況論の COP の立場で論文を書くことは、かなり難しかったと推察できる。学校組織改革の波を受けている当事者としては、さまざまな憤りが論文中に顔を出してしまう。本論文の初稿はそうしたところが随所に見られたし、現在の論文にも多少そのようなところが残っている。しかし、そうした憤りなくしては、あるべき改革について深く考察するという動機も生まれてこず、本論文は存在しなかったであろう。学校 COP での熱い奮闘と、状況論 COP での冷静な分析が結実した、稀有な論文である。

伝統的な認知科学は実験データと理論（あるいはモデル）のつきあわせを重視するので、本論文のような実験データのない論文には抵抗感をもつ研究者も多いかもしれない。この点については、本論文の査読者による、以下の評価が妥当なものと考えられる。

研究方法は、経験と文献、及びスペキュレーションによるものであり、いわゆる客観科学のデータとはいえない。また結果の評価についても、いわゆる客観科学的な「結果」が示されている訳ではない。こうしたいわゆる客観科学の論文らしさの点で問題はあがるが、実践者がその経験の内観に基づき、反証可能なかたちでフェアに対象を記述しようとしていることを考慮すると、こうした問題点はかえってこの論文の特徴でもある。実践者の現場での問題意識を、認知科学のこぼれで報告することは、今後重要になると考える。

4. まとめ：教育実践と研究の一体化

特集エディタが期待していたとおり、本特集では、認知科学が教育実践に貢献できることを明確に示す論文を掲載することができた。最初に述べたように、学校教育に関する近年の議論において、認知科学は影が薄い。しかし、ここに収録した8本の論文を見れば、認知科学の参加なしに学校教育を議論できないことがよくわかる。認知科学という学問領域

から学校教育に対してメッセージを送るという、本特集の目的は達成されたと考える。

本特集に収録された8本の論文に共通する重要な特徴は、教育実践と積極的にかかわりながら研究が行われているということである。いずれは教育場面に応用される可能性のある基礎研究を行うというのではなく（もちろん、そうした研究にも価値はあるが）、教育実践と研究が一体化している。

『心理学評論』誌で「学校教育と心理学」という特集が組まれたとき、特集エディタである市川伸一氏は、心理学者が学校教育に対してコミットし、大きな影響力を持つようになってきたと指摘している（市川, 2004）。教育心理学の世界では、教育心理学が教育実践に役に立たないという「教育心理学の不毛性」議論が、1950年代から何十年も行われてきた。それでも、「不毛性」が改善される兆しはいつか見られなかった。ところが、近年になって心理学者が学校教育に積極的にかかわるようになり、この状況は大きく改善された。市川氏は、この変化を、「チャンスを与えられたと同時に、リスクも背負っている」と述べている。つまり、教育実践に対する教育心理学の貢献を示すチャンスであると同時に、大きな期待と責任を背負っているということである。

教育実践と一体化した認知科学研究では、市川氏が指摘するように、認知科学者の責任は大きい。もちろん、本特集に掲載された論文の著者は、その責任を引き受ける覚悟のある人たちである。学校教育の実践者である教師や教育行政にかかわる人には、研究者を学校に受け入れることに抵抗感のある人も多い。そうした中で認知科学者が学校に入っていくためには、認知科学が学校教育に貢献できるということ、学校教育をよくしたいという思いが本物であること、教育に対する責任を背負う覚悟があるということを示す必要があるだろう。本特集がその一助になれば幸いである。

2009年9月に開催される日本認知科学会の大会で、本特集と連携したワークショップを行う。本特集に収録された8本の論文の中から、池田氏、福島氏、吉岡氏に、論文の内容を発表してもらい、討論を行う。2010年6月発行の『認知科学』第17巻2号では、本特集の誌上討論を行う予定である。これらの討論にぜひご参加いただきたい。

謝 辞

本特集では、厳しい査読スケジュールの中、多くの査読者に協力していただいた。編集委員会では、特集およびワークショップの実施に関して、有益な議論とアドバイスをしていただいた。採択にいたらなかった論文を含め、特集論文を投稿していただいたすべての著者にお礼を申し上げる。

文 献

- Anderson, J. R. (1993). Production systems and the ACT-R Theory. In J. R. Anderson (Ed.), *Rules of the mind*, 1-15. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Anderson, J. R., Bothell, D., Byrne, M. D., Douglass, S., Lebiere, C., & Qin, Y. (2004). An integrated theory of mind. *Psychological Review*, **111**, 1036-1060.
- Anderson, J. R., Carter, C. S., Fincham, J. M., Qin, Y., Ravizza, S. M., & Rosenberg-Lee, M. (2008). Using fMRI to test models of complex cognition. *Cognitive Science*, **32**, 1323-1348.
- Brown, A. L., Campione, J. C., & Barclay, C. R. (1979). Training self-checking routines for estimating test readiness: Generalization from list learning to prose recall. *Child Development*, **50**, 501-512.
- Brown, A. L., Campione, J. C., & Day, J. D. (1981). Learning to learn: On training students to learn from texts. *Educational Researcher*, **10**, 14-21.
- Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, **18**, 32-42.
- Clement, J. (2008). The role of explanatory models in teaching for conceptual change. In S. Vosniadou (Ed.), *International handbook of research on conceptual change*, 191-217. New York: Routledge.
- 福島美和・久保(川合) 南海子・正高 信男 (2008). 学習に困難を伴う子どもの言語学習支援プログラムとそれに伴う認知機能・脳機能の変化について. 『発達障害研究』, **30** (3), 185-194.
- Galaburda, A. M., Sherman, G. F., Rosen, G. D., Aboitiz, F., & Geschwind, N. (1985). Developmental dyslexia: four consecutive patients with cortical anomalies. *Annals of Neurology*, **18**, 222-232.
- Hummel, J. E., & Holyoak, K. J. 寺尾 敦 (訳) (2005). 神経的に妥当なアーキテクチャにおける関係推論 LISA プロジェクトの概要 都築 誉史・楠見 孝 (編) 『高次認知のコネクショニストモデル ニューラルネットワークと記号のコネクショニズム』, 191-217. 東京: 共立出版.
- 市川 伸一 (1993). 『学習を支える認知カウンセリング 心理学と教育の新たな接点』. 東京: プレーン出版.
- 市川 伸一 (1998). 『認知カウンセリングから見た学習方法の相談と指導』. 東京: プレーン出版.
- 市川 伸一 (2004). 「学校教育と心理学」特集に寄せて. 『心理学評論』, **47** (3), 267-269.
- 市川 伸一 (2008). 『「教えて考えさせる授業」を創る』. 東京: 図書文化社.
- 市川 伸一・鍋木 良夫 (編) (2007). 『教えて考えさせる授業小学校』. 東京: 図書文化社.
- Kintsch, W., & Greeno, J. G. (1985). Understanding and solving written arithmetic problems. *Psychological Review*, **92**, 109-129.
- 国立教育政策研究所 (編) (2004). 『生きるための知識と技能 2 OECD 生徒の学習到達度調査 (PISA) 2003年調査国際結果報告書』. 東京: ぎょうせい.
- 近藤 庄一 (2008a). 『ひとりで学べる線形代数 1 ベクトル空間と行列式』. 東京: 数学書房.
- 近藤 庄一 (2008b). 『ひとりで学べる線形代数 2 線型写像と行列の標準化』. 東京: 数学書房.
- Miyake, A. & Shah, P. (1999). *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*. Cambridge University Press.
- Miyake, N. (2009, April). Conceptual change through collaboration. Paper presented at AERA 2009, San Diego.
- 三宅 なほみ・白水 始 (2003). デザイン研究. 三宅 なほみ・白水 始 (編) 『学習科学とテクノロジー』, 67-80. 東京: 放送大学教育振興会.
- 西林 克彦 (1994). 『間違いだらけの学習論』. 東京: 新曜社.
- 大津 由紀雄 (編著) (2004). 『小学校での英語教育は必要か』. 東京: 慶応義塾大学出版会.
- 大津 由紀雄 (編著) (2005). 『小学校での英語教育は必要ない!』. 東京: 慶応義塾大学出版会.
- Paris, S. G. & Jacobs, J. E. (1984). The benefits of informed instruction for children's reading awareness and comprehension skills. *Child Development*, **55**, 2083-2093.
- Paulesu, E., Frith, U., Snowling, M., Gallagher, A., Morton, J., Frackowiak, R. S., & Frith, C. D. (1996). Is developmental dyslexia a disconnection syndrome? Evidence from PET scan-

- ning. *Brain*, **119**, 143–157.
- Rebello, N. S., Zollman, D. A., Allbaugh, A. R., Engelhardt, P. V., Gray, K. E., Hrepic, Z., & Itza-Ortiz, S. F. (2005). Dynamic transfer: A perspective from physics education research. In J. P. Mestre (Ed.), *Transfer of learning from a modern multidisciplinary perspective*. Greenwich, CT: Information Age Publishing.
- Riley, M.S., Greeno, J.G., & Heller, J.I. (1983). Development of children's problem-solving ability in arithmetic. In H. P. Ginsburg (Ed.), *The development of mathematical thinking*, 153–196. New York: Academic Press.
- 佐藤 公治 (1996). 『認知心理学から見た読みの世界』. 京都: 北大路書房.
- Schwartz, D. L., & Martin, T. (2004). Inventing to prepare for learning: The hidden efficiency of original student production in statistics instruction. *Cognition & Instruction*, **22**, 129–184.
- Shaywitz, B. A., Shaywitz, S. E., Blachman, B. A., Pugh, K. R., Fulbright, R. K., Skudlarski, P., Mencl, W. E., Constable, R. T., Holahan, J. M., Marchione, K. E., Fletcher, J. M., Lyon, G. R., & Gore, J. C. (2004). Development of left occipitotemporal systems for skilled reading in children after a phonologically-based intervention. *Biological Psychiatry*, **55**, 926–933.
- 鈴木 栄幸・船生 日出男・加藤 浩 (2002). 状況論的学校改革プロジェクトの本質的困難と対処戦略. 『認知科学』, **9** (3), 385–397.
- 鈴木 宏昭・鈴木 高士・村山 功・杉本 卓 (1989). 『教科理解の認知心理学』. 東京: 新曜社.
- 多鹿 秀継 (1996). 『算数問題解決過程の認知心理学的研究』. 東京: 風間書房.
- 多鹿 秀継 (編著) (1999). 『認知心理学から見た授業過程の理解』. 京都: 北大路書房.
- 寺尾 敦・楠見 孝 (1998). 数学的問題解決における転移を促進する知識の獲得について 『教育心理学研究』, **46** (4), 461–472.
- 富田 栄司・丸野 俊一 (2004). 思考としてのアーギュメント研究の現在 『心理学評論』, **47** (2), 187–209.
- Toulmin, S. (1958). *The uses of argument*. Cambridge University Press.
- 植木 理恵 (2000). 学習障害児に対する動機づけ介入と計算スキルの教授. 『教育心理学研究』, **48** (4), 491–500.
- 吉田 甫 (2003). 『学力低下をどう克服するか』. 東京: 新曜社.
- 湯沢 正通 (編著) (1998). 『認知心理学から理科学習への提言』. 京都: 北大路書房.
- Wenger, E., McDermott, R., & Snyder, W. M. (2002). *Cultivating communities of practice*. Harvard Business School Press.
- Woodfine, B. P., Baptista Nunes, M., & Wright, D. J. (2008). Text-based synchronous e-learning and dyslexia: Not necessarily the perfect match! *Computers & Education*, **50**, 703–717.

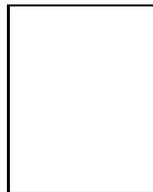
(Received 0 0 0)

(Accepted 0 0 0)



寺尾 敦 (正会員)

1992年和歌山大学教育学部卒業 .
1999年東京工業大学大学院総合理工学研究科システム科学専攻博士課程修了 . 博士 (学術) . 日本学術振興会特別研究員 (PD) , カーネギーメロン大学博士研究員 , 北海道大学博士研究員を経て , 現在 , 青山学院大学社会情報学部助教 . 認知科学 , 心理学 , 脳科学からの学際的アプローチにより , 教育 , とりわけ算数・数学教育に貢献することを研究目標としている .



多鹿 秀継 (正会員)

1972年神戸大学教育学部卒業 .
1976年京都大学大学院教育学研究科博士課程退学 . 愛知教育大学の教員を経て , 現在 , 神戸親和女子大学教授 . 教育学博士 . 専門分野は教育心理学 (学習 , 認知の領域) で , 子どもや大人の知識の獲得と適用の過程にかかる研究に取り組んでいる .