

協調学習の評価の刷新：指標を探す Renovation of Assessment of Collaborative Learning: In Search of Appropriate Measures

白水 始[†], 益川 弘如[‡]
Hajime Shirouzu, Hiroyuki Masukawa

[†] 東京大学, [‡] 聖心女子大学

The University of Tokyo, University of the Sacred of Heart
shirouzu@coref.u-tokyo.ac.jp, masukawa@u-sacred-heart.ac.jp

Abstract

This article gives an introduction to our organized session “Renovation of assessment of collaborative learning: In search of appropriate measures.” The overall session aims at answering two questions: “Are there any generalizable measures of collaborative learning across situations?” and “Who should and could take responsibility for searching and defining those measures in particular situations?” In order to answer these questions, we focus on process data of student learning in specific lessons using a collaborative learning method, with its multi-vocal analyses. As an introduction, this article briefly lays out background of assessment of collaborative learning in cognitive science and learning sciences.

Keywords — Collaborative Learning, Assessment

1. 本セッションの趣旨

協調学習の隆盛に伴い、その成果を評価しようとする様々な試みが始まっている。その動きに呼応し、本OSでは、1) 協調学習の成果を一律に評価できる普遍的な指標はあるかという認知科学的な問いと、2) あるとすれば指標探しをどう行うのが——研究者が指標を探して学校現場に適用するというトップダウンなモデルと、教員が各々の状況に適用できる指標を探すというボトムアップなモデルと、その両者を融合したモデルのどれが——実行可能で、現場の学習の質を上げ続けるのかという学習科学的な問いの二つの答えを出す。

そのために本セッションでは、協調学習の評価に関する認知科学と学習科学の先行研究を整理した上で、協調学習の実際の授業実践データを共有し、参加者の分析に供して指標の候補を考えてもらうことで、議論の焦点化を図る。その後、同じデータを分析した複数の研究者グループの講演を基に、フロアも巻き込んだディスカッションで、上記二つの問いを議論していく。

以下、本セッションが扱う問題の背景(2節)とセッションの進め方(3節)を簡単に述べ、協調学習の評価について、認知科学が何を明らかにしてきたか(4節)、学習科学はどこに向かおうとしているのか(5節)に関

する第一著者の私見を記して、議論の素材を提供する。最後に、本セッションの他の論文の概要や位置づけについて触れる(6節)。

2. 問題の背景

子どもが教師から正解を与えられてそれを覚えることだけを求められていた教育から、子どもが自ら考え答えを作り出す教育へと社会のニーズが変わるにつれ、その実現手段としての「協調学習」が脚光を浴びるようになってきた。協調学習の隆盛は、「人がどう学ぶか」に関する、言わば理学的な研究を蓄積してきた認知科学者の理論と評価手法を現実の場で試すことを要請もしたし、実践的なデータの蓄積を可能にすることにもつながった。一方で、対話を通して自らの考えを変えるコラボレーションスキルが「読み書きソロバン」同様に、生きていくための必須のスキルとして認められるに従って、それを直接的に評価しようとする試みも始まった。国際的な到達度調査であるPISAでは、2015年度に「協調問題解決能力調査」が行われ、全世界で一律の指標での「協調問題解決能力」の評価が実施された[1]。認知科学からすると、その工学的な実用が性急に求められるようになったと言える。これに認知科学はどう対処していくことができるのか。

それを考える切り口として、本セッションでは「指標」に着目する。着目する一つの理由は、「指標」が対象とする現象や認知過程を分節化して、理論を構成する要素として役立つためである。指標の背景には、どれだけ中立的に見えても理論的な仮定があり、指標を議論することはその背景にある理論を議論することにつながる。二つ目の理由は、認知科学の学習研究の標準的な枠組みとして、概念理解や知識獲得、協調問題解決能力など介入したい目標を定め、その程度を把握する「指標」を定めて、介入がどの程度の効果をもたらしたのかを分析するステップを取ってきたためである。指標自体が学びを可視化すると言ってもよい[2]。だからこそ、

指標を議論することは、具体的な切り口から、協調的な学びをどう捉え、評価しようとするかという理論的な検討にもつながる。三つ目の理由は、指標の設定がこのように重要な作業でありながら、研究者もどうやって行っているのかははっきりしないプロセスだからである。三宅[3]が「質的評価という名のもとに研究者自身が何をやっているのか、その仕様をはっきりさせることは、学習科学にとっても大きな研究テーマである」と述べるとおり、研究者が分析をする際に、分析の観点を定め、観点に沿った指標を探し、各指標の具体例と共に操作定義 (operational definition) を作るプロセスは一筋縄ではない。指標を決めてはデータを少し実際に分析 (コーディング) し、結果を見て指標を精緻化するようなサイクルを繰り返す、複雑なプロセスだからである (分析手順の明示例として[4])。特に、協調学習では学習者が問題を解けたかどうかなどの学習最後の成果物だけでなく、対話やメモなど「学習途中の成果物」が豊富に出てくるため、それらを総合的にどう評価するかは一層複雑な作業となる。

協調学習の実践が全国の教室で展開されるにつれ、実践者たる教員自身が自らの授業の狙いや引き起こしたい学びに関する仮説に照らして、授業の成果を分析して次の実践に活かす「授業研究」のサイクルが一層重要視されるようになってきている。教育実践の分野で脚光を浴びる「ルーブリック (Rubric)」もその一環と捉えられる。ルーブリックは学習到達度を把握するための観点と尺度からなる評価基準表を指すが、評価の観点を「指標」、尺度を「操作定義」、モデレータを「具体例」と見れば、認知研究の分析作業と何ら違いがない。そのために研究者からの分析手順の明示化や共有、実践と分析のサイクルの高速化・簡易化の支援が重要な検討課題になってきているわけである。

そこで、本報告では4節にて認知科学の先行研究を参照しながら、実践者がすぐ使えるような一律の指標はあるのか、あるいは多少手間が掛ったとしても協調学習の効果をよりよくとらえられる指標はあるかについて検討する。

次に、その指標が一定程度決まるとして、それを誰がどういう形で決めていくとよいのか、その全体としての体制や展開はどのようなものであるべきかについて5節にて検討する。

この問題は、協調学習を巡る理学と工学をどう往還していくかという問題だとも言える。協調学習の理学的な研究が「人は他者との関りからいかに学ぶのか」と

いうメカニズムの精緻な解明だとすれば、その理解に基づいて教室で協調学習をいかに実現させていくかが工学的な研究ということになる。理学が協調的な学びのメカニズムに基づく特定の授業の型やデザインを示唆するとしても、それをどのような課題や教材、学習活動で実現するかは、現場教員など学習環境デザイナーの工学的な判断に委ねられる。特に現実の学校場面では、「教えたいことを教えられるか」という意味での工学的価値が非常に大きく問われる。

それゆえ、この問題は、1. 協調のメカニズムに関する理学的な仮説や指標がどの程度、状況や個人を超えて一般化可能なのか、2. 一般化可能でないとすれば (あるいは一般化できることは非常に抽象的な枠組みだけだとすれば) その具体化は誰がどう行っていけばよいのか、3. 学習研究がより実践的で工学的なものに変わり始めると、その「研究」の在り方をどう考えていけばよいのか、といった問題をはらむと言ってよい。

以上のように、協調学習の評価は、人はいかに学ぶのかというメカニズムの解明にも、教室での子どもの学びの促進だけにとどまらず、両者の往還を経て学習研究をどう変えていくかを考える契機になる。三宅[5]の言葉を借りれば、「理学と工学の往還により、今の現実社会の発展に資する実践可能な対応をデザインし、その成果を評価してデザインそのものの質を上げ続けていく『実践学』」を樹立できるかが問いである。

3. セッションの進め方

本OSは、3つのフェイズで進める。

最初のフェイズでは、堀[6]の「知識構成型ジグソー法」による授業実践の紹介に続き、企画者が準備した教室場面における協調学習の発話の書き起こしデータ (中学校理科の二授業の各2グループ程度のデータ) を用いて、参加者が簡単にその場で分析を行い、データの概要をつかみ、指標を検討し共有する。

次のフェイズでは、招待発表者である益川ら[7]、齊藤ら[8]が同じ協調学習の発話データを分析した結果を発表する。さらに同様な分析を機械的にビッグデータに適用した結果を中山ら[9]が発表する。

最後のフェイズでは、講演者の発表内容を振り返って関連付け、指標づくりを誰がどのように定め、結果を共有することがいかなる効果をもたらすかについて議論を行い、学習の実践的研究が、これからの時代の評価の刷新と認知科学にいかなる貢献をできるかを考える。

4. 認知科学における協調学習の評価

協調学習は、学習科学分野では国際的に“Computer-Supported Collaborative Learning”という学会があるほど、子ども中心の学びの常態として採用されている。国内でも、仮説実験授業や学びの共同体など、優れた実践は数多くなされている。協調学習の実践では、知識構成や概念理解など、学習者も教員も「確実に進歩が感知できる」学習を基盤として狙い、その達成の上に、コラボレーションやイノベーションのスキル、科学的な見方・考え方の獲得など、長期的なメタ認知の育成を狙う「二階建て」構造を取っていることが多い。それに連動して、学習成果の指標も一授業や一単位での知識・理解の進展を測るテスト、エッセイ、パフォーマンス課題等と、より長期にわたる行動の変容、自発的な報告等との二種類が対象とされがちである。それらの学習に成果が見られると（あるいは見られないと）、その途中で何が起きていたのかという原因を探る形で学習過程が分析されたり、あるいは学習過程におけるコミュニケーションやコラボレーションのスキルの発露自体が学習成果として分析されたりすることになる。

しかし、学習科学も現実場面での長期にわたる学習過程のビッグデータを基に学習メカニズムの理解を深め、理論を構築するところには至っていない。依然、小規模な実験室実験あるいは教室実験で収集されたデータの詳細な分析を基に構築された認知科学的な理論を実践に適用・検証するものが多い。三宅[3]が「(長期にわたる協調学習による知識構成を狙う) 実践例から学べることは多いが、具体的に支援可能な技術の同定には結びつきにくい。反対に、協調過程のメカニズムを解明しようとした研究は、そのメカニズムをどう支援して引き起こすかの手がかりにできるため、実践研究より明確な形で建設的な協調作業をデザインするためのヒントを与えてくれる。」と述べたのは2008年のことだが、それから10年経って、いまようやく、教室での児童生徒の学習の全データから理論を精緻化・再構築するような試みが始まっているところである。

協調学習の基盤となる共同問題解決や共同理解深化研究の枠組みは、図1のPISA2015の協調問題解決能力の枠組み[1]や、図2の21世紀型スキルの枠組み[10]に見るように、社会的な側面(図1の横軸、図2の左部分)と認知的な側面(図1の縦軸、図2の右部分)の二つを、掛け合わせるにせよ(図1)、並置するにせよ(図2)、想定しがちである。

	(1) Establishing and maintaining shared understanding	(2) Taking appropriate action to solve the problem	(3) Establishing and maintaining team organisation
(A) Exploring and Understanding	(A1) Discovering perspectives and abilities of team members	(A2) Discovering the type of collaborative interaction to solve the problem, along with goals	(A3) Understanding roles to solve problem
(B) Representing and Formulating	(B1) Building a shared representation and negotiating the meaning of the problem (common ground)	(B2) Identifying and describing tasks to be completed	(B3) Describe roles and team organisation (communication protocols/rules of engagement)
(C) Planning and Executing	(C1) Communicating with team members about the actions to be/ being performed	(C2) Enacting plans	(C3) Following rules of engagement, (e.g., prompting other team members to perform their tasks.)
(D) Monitoring and Reflecting	(D1) Monitoring and repairing the shared understanding	(D2) Monitoring results of actions and evaluating success in solving the problem	(D3) Monitoring, providing feedback and adapting the team organisation and roles

Note: The 12 skill cells have been labelled with a letter-number combination referring to the rows and columns for ease of cross-referencing later in the document

図1 PISA2015での協調問題解決能力の枠組み

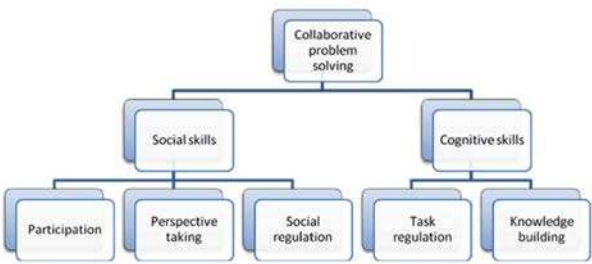


図2 21世紀型スキルでの協調問題解決の枠組み

加えて、社会的(social)な過程やスキルの内容を見ると、“shared understanding” “team organization” “social regulation”など、ペアやグループの共通理解や調整・維持に主眼が置かれていることがわかる。協調的な過程のメリットや特徴、そこで参加者がすべきことに焦点化すると、こうした整理になるからだろう。

実際、教室実験での高校生の協調的理解深化過程を詳細に分析したRoschelle[11]は、「人は異なる意見を一致させようとして意見の根拠を確かめ、高次の意見へと収斂させようとすることで、より抽象度の高い知識を構成する」という収斂説を提唱している。Roschelleは、高校生ペアの発話の隣接対を、その言及対象の状況意味論的解釈も含めて分析することで、意見の収斂度と(二人まとめた)理解の深化度を指標として収斂説を主張した。

その一方で、協調的な過程が一人ひとりの理解を深める側面に注目した場合は、参加者の多様で固有な理解深化を説明する理論が要請される。Miyake[12]やShirouzuら[13]は、実験室実験において共同問題解決・理解深化に従事したペアの発話を個人単位で追跡し、二人の間の役割交代と一人ひとりの理解の深化度を指標として分析することで、「一人が課題遂行の役割を取ると、もう一人は問題の主たる解決から押し出されて

モニターとして状況を客観的に見ざるを得ず、それが少し抽象度の高い意見をその場にもたらすことになり、さらに役割交代によってそれが繰り返されることを通じて、各自の理解深化が進む」という建設的相互作用説を提唱している。これはペアやグループが共通理解に到達することを保証しない点で、協調活動の利点をわかりやすく説明できない反面、なぜ協調が一人ひとりの理解を進めるのかや、協調場面を離れた後に一人ひとりがそれぞれ違った理解をどう保持・活用するかを説明できる利点がある。

建設的相互作用説は、対話場面であろうと、一人ひとりの発話を分析単位とする。実際、Roschelle[11]が収斂説の根拠とした対話データをShirouzuら[14]が個人単位で分析したところ、二人の高校生がそれぞれ異なる表現を使い続けており、その背後にそれぞれ異なる理解モデルが推察できた。

以上は、同じ協調場面でも、それぞれ異なる理論的前提を有し、それに従った分析を行うと、結果も違って見えてくることを示唆する。

協調学習のデータを国際的に共有し異なる立場の学習科学研究者で分析し、学習理論と分析法に関する理解を深める“Multivocal analyses”という試みからも同様な示唆が得られている[15]。当初、このプロジェクトは、多様な分析法を統合したより良い分析法の開発や、目的別に使い分けられる分析法のレパートリー作りを狙っていた。だが、実際起きたことは、研究者間の建設的相互作用、すなわち、異なる分析法に触れることによる各自の研究法の利点や限界の自覚と、限界を乗り越えるための新たな疑問の創出だった。

例えば、第一著者が提供した小学生6名の一授業全言動を起こしたプロセスデータ[16]の分析では、第一著者を含む3名の分析者が、学習が「転回」した *pivotal moment* として異なった箇所の対話セットを同定した[17][18][19]。ある一つの対話の箇所だけは3名とも *pivotal moment* として同定したが、その場合でも、同定した理由は異なっていた。例えば、分析者の一人だったバフチン派の Trausan-Matu[17]は、収斂説と似た「ポリフォニー理論」の立場から、「多様な声を響き合わせようとして互いの意見に賛同した」場面だと解釈したのに対し、第一著者は建設的相互作用説の立場から、「それまでの理解の経緯に従って、自らの疑問を解消するものとして他者の発言に賛同を示した」場面だと解釈した[18]。それゆえ、表面的な同意の深層にある理解過程は、一人ひとりの話者の間で異なっていると

見たのである。

こうした異なる分析に触れることは、第一著者にとって「自分の分析だけが唯一の解ではない」という自覚を促し、建設的相互作用理論のより深い解釈や精緻化を可能にする効果を持っていた。子どもの学び同様に、異なる声に触れることが一人ひとりの声をより深く、特徴的なものにする可能性が示唆されている。

その一方で、このように理論的立場の異なる研究者同士でも分析に関する対話を進められたのは、上記6名の児童に授業の約半年後にその内容を想起する記述を求めているからだった。想起データから推察できる6名の児童の理解度の違いを授業中の対話の様子から説明できるかが、分析の共通課題となることによって、研究者間の対話が維持された。複雑で多様に見える協調学習場面でも、一人ひとりの学習者の理解深化や知識構築、定着といった認知的な「学習」の成果は、状況を超えて一律に評価すべき／評価できる手堅い指標なのと言える。それに対して、そうした成果がどうしてももたらされたのかという社会的な相互作用の説明は、十分合意が取れるほど成熟していないと考えられる。それほど「協調」の過程は複雑なのだろう。

それでは、社会的相互作用に関する多様な理論や分析方法の間の関係性を、もう少し詳しく理解できないものだろうか。

「空気と水」という単元の仮説実験授業において、21名の小学3年生が全11問を12コマ掛けて解く過程の発話を全て起こし、収斂説と建設的相互作用説双方の立場から分析した齊藤[20]の研究は、その一つの候補となる（仮説実験授業とは、一つひとつの問題に四つ程度の選択肢からどれが答えかを予想し、議論して最後に答えを実験で確かめる手順を繰り返し、科学的な考えや考え方を身に付ける授業である）。

齊藤はまず、収斂的な概念変化を確かめるために、学級全体での予想的中率や、予想した選択肢の分布の変遷、議論から推測できる理解度等を分析した。すると、一連の授業の最後のまとめ問題に全員が自力で正解を予想できるようになっただけでなく、クラス全体の議論が単元前半での経験則に基づく適用範囲の狭い説明から、複数の問題を統一的に解釈しうる概念的解釈に基づいた説明へと変わっていく傾向が確認できた。

その一方で、一人ひとりの予想した選択肢の推移や的中率、発話回数、議論から推測できる理解度の変化や理解モデルの種類を指標として分析すると、児童一人ひとりの学習のプロセスは全員異なっていることが見

えてきた。例えば、児童 21 名の 11 問に対する選択肢の予想推移パターンはすべて違っていること、発話量にも最大の児童と最小の児童で 40 倍以上の開きがあること、さらに発話回数が多い児童ほど予想が当たり易かったわけではないことなどがわかった。

発話回数の多い児童 4 名の対話に関する詳細な分析からは、4 名の理解モデルは多様性であり、互いの理解の差異を疑問視したり、確認したりする対話を通して、各自が新しい知識を取り入れたり、知識を関係づけたり、見直したりすることによって、それぞれの理解の質を上げていく様子が描出された。同時に、発話回数の多い児童から少ない児童へ一方向的に知識が伝播していくわけではなく、発話回数の少ない児童も一人ひとりが対話を聞きながら考えることを通して自らの理解を深めていく過程が示唆された[21]。

すなわち、建設的相互作用が積極的な「課題遂行者グループ」の中での課題遂行者とモニターの役割交代で起きるだけでなく、教室全体の課題遂行者グループとモニターグループの間でも起きていたことになる。齊藤[20][21]は、この多人数の教室で起きる建設的相互作用を「社会的建設的相互作用」と呼んだ。

齊藤の研究でも依然、協調のメカニズムは建設的相互作用論で説明され、その集積として収斂的概念変化という現象が起きると説明の機序になっていると考えられるが、それでも重要なのは、同じ現象を異なる分析単位とタイムスパンで眺めてみることによって、その見えが変わるという事実の指摘である。具体的には、クラスを単位として教員が教えたいことに向けて子どもたち全体に概念変化が起きているかを長期間にわたって追えば、収斂的な概念変化に見えるし、それを各児童の理解の軌跡として一授業単位ずつ詳しく追って行けば、多様な理解の相互作用が見えてくるということである。これを齊藤は Zoom-out と Zoom-in と呼び、「協調学習を通して教えたいこと」を持つ現場教員であれば、その目的に従って、適宜分析方法や着目する指標を変えればよいと提言している。

本節の示唆は、次の三点にまとめられるだろう。

1. 協調学習においても、まずは学習者の理解深化や知識構成等を指標の基軸として「学習」成果の分析を行うことが、協調学習の評価の基盤を成す。
2. 「協調」過程の分析や理論化は、その分析単位や対象とするタイムスパンによって多様にあり得る。
3. 多様な分析法から何をすべきかを選択するために協調学習の「目的」が役立つ可能性がある。

1 の評価は、授業前後の問いに対する解決の程度や長期間経過後の定着など、多様な指標で把握し得る。これは一人ずつデータ収集する方法と、グループやペアの共同で収集する方法の両方が考えられるが、後者で行う場合も、前者は補足的に行っておいた方がよい。二人以上のアウトプットがどのような個人の貢献で生まれたのかなどを検討できるからである (Roschelle[11] は実験最後の学習成果に関するインタビューをペア単位で取ったが、一人ひとり分けて取ってみると、より個々人の理解が明らかになった可能性がある)。

2 については、収斂説と建設的相互作用説の違いに見るように、なかなか議論を収束させるのは難しいだろう。平易な例を出せば、協調的な場面で何らかの創造的なアイデアが生まれたとき、それをどこまで個人のアイデアに還元できるか、それとも協調のレベルで創発したものかは、社会的分散認知論、状況的学習論や知識創造論などにおける昔からの難問である。理学的な解明では平行線を辿る可能性があるし、両者が「相補的」だと言う場合でも、メカニズムとしてどのように相補的かを解明するには、現在の乏しいデータ量では不十分だろう (だからこそ、協調を有意味な「学習」や「問題解決」から切り離れた PISA2015 のような調査は時期尚早な嫌いがある[22])。

3 に示したように、どの理論や分析法が正しいかという「信念モード」ではなく、どれが役に立つかという「デザインモード」[23]でこの問題を捉えた方が、暫定的な答えを出すことができるし、実践を前に進めることもできるのではないか。その際、「役に立つか」という有用性の観点で判断するためには「目的」が要る。それを実践が決める可能性がある。

現場の教員が目的に照らして、有意義だと思える分析方法を使い、実際に分析結果を眺めて解釈を繰り返すことが実質的な「相補性」を保証する。その分析経験は将来的に PISA2015 のような「協調問題解決能力を測ることになっているテスト」が教育現場に押し寄せたとき、それをを使うか否か、どう使うか、結果をどう解釈するか主体性をも保証するだろう。

5. 学習科学における協調学習研究の展開

学習科学における協調学習の実践は、どんな教員がどんな教室で行っても子どもの学びを引き出せることを狙った教材パッケージの開発 (典型例として Jasper プロジェクト) から、一部の積極的な教員と研究者が協働して教科や単元を選んで教材を開発し、実践して結

果を踏まえて持続的に改善するデザイン研究（典型例として WISE や Learning By Design, LeTUS, IQWST プロジェクト）、さらには教科や単元を選ばず、どんな教員でも日常的に授業実践できることを狙ったデザイン社会実装研究（典型例としては Knowledge Building や CoREF プロジェクト）へと展開してきている。

この「教員や教科、単元を選ばず、いつでもどこの教室でも実践ができるようにすること」、すなわち、協調学習の「日常化」を狙いに据えると、研究の在り方もだいぶ変わる。特定教科の特定単元をターゲットとした介入や教材開発であれば、研究者やその協力者の教員が年に一度の実践のために入念に計画や準備を行い、特別な実践の場を設けて、全グループにビデオカメラと一人一台の ICR で録画・録音を行って、一年間掛けてそれらを起こして論文化なども行いながら、理論化と改善を図ることが可能になる。ところが、日常化を狙うとなると、教員が実践＝研究の主体となって、授業実践を行った翌日には次の授業が控えていて、そのために限られた人手で何とか集めたデータから授業改善のヒントを得たいなどということになる。

両者の間には、研究の目的や必要なデータ、収集できるデータ、分析に掛ける時間や労力に関して大きなギャップがある。モードが違うと言ってもよいだろう。

前者は「自分たちの介入に対して学習者はどう学ぶか」というメカニズムの理学的解明と、それに基づく仮説や理論に支えられた教材の開発が目的である。そのためにはその場の状況をなるべく悉皆に「網を掛けて」詳細に記録したいと考えるだろうし、指標の設定や分析についても、その限られたデータを舐めるように多方面から検討して、納得できる指標セットと結果を導出するものだろう。

これに対して後者は、とにかく教員が教えたいことを教えられたかという成果の検証と、教えられた／教えられなかったとすればその原因はどこにあるのかのプロセスの検証とが主たる目的になるだろう。現実の制約の中でデータの収集は散逸的 (sporadic) になるだろうが、それでも目的が達成できれば十分だということになる。分析方法や指標の選定は、実践者にその時点で利用可能なものが目的に合わせて適宜選ばれることになるだろう（逆に方法に内在する理論的前提については自覚していない可能性もある）。

分析や理論化の時間という点で考えても、両者には大きな隔たりがある。例えば、4 節で紹介したような共同問題解決研究や協調学習研究に掛かった時間を著者

が一次情報にアクセスできる研究だけに限って考えてみても、Miyake[12]が「ミシンの縫い目がどうできるか」について話し合った 3 ペア延べ 380 分のデータについて博士論文を刊行するまで約 3 年、Shirouzu ら[13]の「折り紙の 4 分の 3 の 3 分の 2 の部分に斜線を引く」課題のペアを含む解決過程の計 130 名 350 分のデータについて約 4 年、Shirouzu[18]の「折り紙の 3 分の 2 の 4 分の 3 を切り取る」課題に 6 人の児童が取り組んだ授業約 50 分延べ 300 分（注：一人ひとりの言動を全て起こすため人数と時間を掛け合わせている）のデータについて博士論文の刊行まで約 5 年、齊藤[20]が「空気と水」の仮説実験授業に取り組んだ児童 21 人分延べ授業時間としては 540 分（集中的に分析した授業を人数分掛け合わせて左記に足すと計 720 分）について博士論文を刊行するまで約 9 年というように、割ってみれば「一年当たり約 1 時間から 100 分程度」のペースでしか処理できていないことがわかる。また、実験室実験を越えて教室での協調学習を直接対象にすると、より時間が掛る傾向も見えて取れる。それだけ、多人数のインタラクションの分析に時間が掛るからだろう。

さて、このペースや緻密さで、1 教室 40 名×50 分＝2000 分（この合計時間はどれだけ小グループ活動を組むかにもよる）の授業を分析しようと思えば、早くて 20 年掛かることになる。小学 1 年生の授業すら、結果を返す頃には成人してしまっている。少々乱暴な計算だが、こう推定してみると、私たちは実践化する協調学習研究の在り方について、根本的に考え直す必要があることに気づかされる。

「研究のための協調学習研究」と「協調学習の日常化」の関係をどう考えればよいのだろうか？それは一見、理論と実践、理学と工学の関係に近いように見える。

Stokes[24]は基礎研究と応用研究という不毛な二項対立を超えるために、図 3 の 4 象限からなる枠組みを提案した。縦軸が「根源的な理解の探究」であり、横軸が「実用・応用の考慮」である。理解の解明のみを狙った典型例が原子構造を探究したボーアであり、応用のみの典型が電気の発明と社会普及を成し遂げたエジソンである。ただし、この両者は対立したものではなく、右上のパスツールのように実用にインスパイアされて根源的な探究も同時に行う研究もあり得る。Stokes はこれを“Pasteur's Quadrant（パスツールの象限）”と呼んだ。

もしこの枠組みが協調学習研究にそのまま適用できるのであれば、「研究のための研究」はボーアの象限、

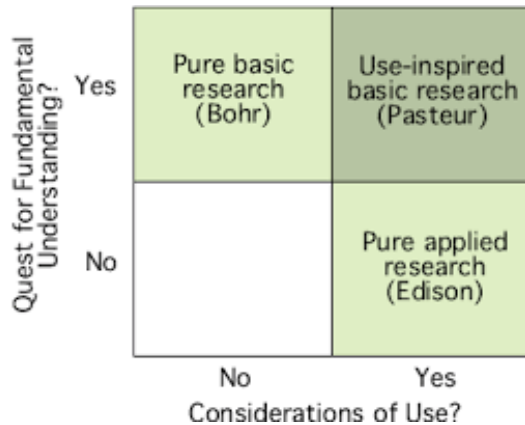


図3 Pasteur's Quadrant

「日常化」はエジソンの象限と位置づけられ、両者はそれぞれ研究と実践という違う目的を持つ、ということで話が済む。しかし、問題は、ボーアの量子論が様々な物理現象に適用し得るのに対して、状況を越えて一律に実践を支え得る協調学習理論はないということ、より平易に言えば学習は常に一回性を持つ、ということである。一方で、この同じ理由から、エジソンの直流送電の方式がその具体的な装置を通じてどここの社会でも使えたのと違って、全ての状況で活用できる協調学習パッケージはない、という問題がある。現場教員がパッケージをただ受け取って実践するだけでなく、目の前の学習者の既有知識を考慮しながら、狙いに向けてそれをアレンジして十全な学習を引き起こすことができるように学習環境をデザインする必要がある。それは単に授業で扱うコンテンツに関してだけでなく、協調的な学習活動を展開する際のスキャフォールドや学習者間のインタラクションの促進など、優れて協調的な認知過程の理論と絡むデザインも含む。実践は、教員の自前の学習理論に裏打ちされる必要があると言える。

そう考えると、協調学習研究においては、ボーアとエジソンの象限がそもそもあり得ず、すべての研究と実践がその融合した形としての右上の Pasteur's Quadrant を目指す必要があるのではないか。この意識を共有しないと、例えば実践的な場面で取られたデータに何とか実践的研究者なりに理論化を図ろうとした研究に対して過度に厳密な手続きや方法論的精緻さを求めるミスマッチや、逆に厳格な手続きでなされた実験室実験的な教室介入実験に対して実践者が知見を一般化してよいかかわらず、研究を役に立たないものと見なす違和感や断絶が生まれるのではないだろうか。両者をうまく融合させながら、意味のある協調学習研究を生んでいくために、私たち認知科学者が見つけて

きたこと（理学）とそれを実践（工学）に結び付ける「動き」が必要ではないだろうか。

Latour[25]は、Pasteur's Quadrant 自体がどう実現されたのかのヒントになるようなパスツールの研究プロセスのモデル化（図4）を行い、その人生は、研究主題も方法も常に変わっていったが、唯一変わらなかったのはその「動き」だと主張した。

パスツールはまず結晶学（crystallography）から研究を始めたが、ある程度の成果を収めると、結晶学自体の基礎研究（より詳細なメカニズムの解明）は他人に任せ（図の点線：discipline continued by others）、多くの人が関心を持つ応用的でより難しい問題へと“sideways step”する。ただし、その際、自分がかつての領域で習得した手法が使えるように問題を変形する。だから、獣医学・生化学と領域を変えながらも、実験室的手法でその領域の先駆者（precursors）とは違う形で問題を解き、新たな発見をしていった。例えば、感染と病気の関係を見つけると、微生物の分類や病気との関係の同定は Koch など他の研究者に任せ、自分は実験室で感染病を作り出す実験に取り掛かる。しかし、実験病理学の発展は Bernard に任せ、微生物の弱毒化、さらにはワクチンの開発へと発展していく。それに伴って、次第に多くの研究グループや人々が動員され、ついには世界全体が彼の研究成果と関わるようになった（図の大きくなっていく円）。自分の解と手法がどのような現実問題に適用できるかを探しながら、角を曲がり（bend）、斜めに移行していった人生が「パスツールの軌跡」だと Latour は言う。

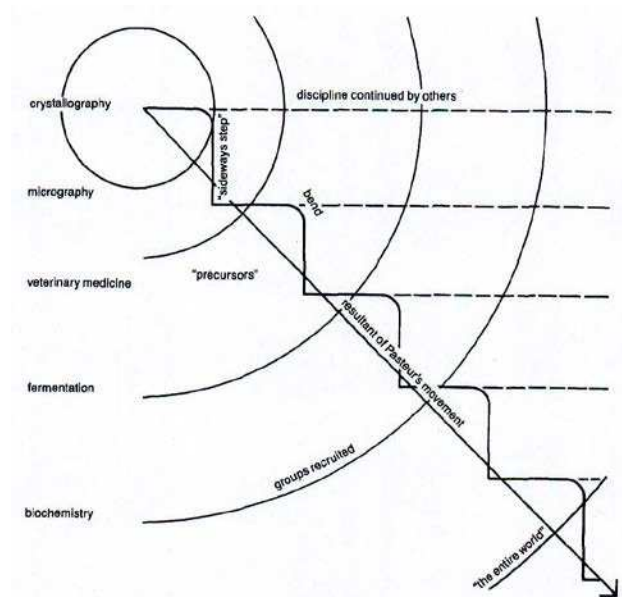


図4 Pasteur's Movement

違う言い方をすれば、先駆者が見ていたのと同じ現象に対して、全く違う説明（メカニズムの解明）の仕方を持ち込むことで発見をもたらし、それを基に新しい解を社会に「製品」等の「形」で投入することで科学を社会に役立て、多くの人を動員していったと言える。しかし、それも一挙に行われたわけではなく、漸進的な過程であったということが示唆的である。図4を左90度回転すると、ちょうど図3の Pasteur's Quadrant に至るパスとなる。それが一筋縄の象限間の移行ではなく、漸進的な接近だったということである。

パスツールが発見した微生物や開発した低温殺菌法のように、学習研究は状況を越えて普遍的に当てはまる理論的存在や手法を持ちえないかもしれない。しかし、私たちは上記のモデル化から、1) 現象の理学的解明は図の点線のようにどこまでも続く一方で、社会の問題は図の円の広がりのように無限にあるため、一回一回の問題解決ではそれまでの知見をベースにどこまでの範囲の現実的な課題を解くのかを「区切って」考える必要があること、2) 理学的な解決を工学的な形にして、言わば応用先を「広げて」実践に投入することで、新たなデータを得て、その理学的な理解を深めること、3) この両者、すなわち「区切る」ことと「広げる」ことを繰り返して漸進的に社会に訴求し社会的動きを作っていくことの重要性を学ぶことができる。

特に1) は状況の普遍性が弱い学習研究では必須ではないか（これは過度な一般化を避けるということでもある）。それを現場教員が持ち込む「問題」や「目的」が決めてくれる可能性がある。2) は現象の理解を協調学習の教材や活動、あるいは教員支援のワークショップのデザインなどの「形」にどう反映していけるかを考えるということである。同時に、それを「開発・実践して終わり」にするのではなく、そこからデータを取ってさらに理解を深める必要がある。最後にこの3) が学習研究をパスツールと一線を描くものとなる。パスツールは結局、研究者が解を提供して社会の問題を解決する関係であった。しかし、学習研究では、教員など社会の担い手自身が問題解決に参加する必要がある。

例えば、2002年の国際学習科学会で、James Greeno が「新しい学習を求める社会的動きに呼応して学習科学は現代のパスツールになろう」と呼びかけたのに対し、Carl Bereiter は「パスツールの場合、ワインの防腐やカイコ病の阻止などの問題は社会にも明確に共有されていた。しかし、学習の問題は『新聞が読めない』、『計算ができない』、『作文が書けない』など若い人

に対する欠損指摘であり、究極の協調学習をイメージした上での「問題」ではない。市民の『漠然とした関心』を成熟した社会的な動きとしていくための努力をも学習科学はしなければならない」という趣旨の反論をしている[26]。教育改革に揺れる日本に当てはまる指摘である。社会的な問題の適切な喚起と再定義が協調学習の日常化には必要であり、その過程で教員の「教えたこと」を「計算ドリル」の世界から前向きに変えていく支援も共に必要だということである。

Latour の示唆をより深く考えてみるために、図4を認知科学から学習科学へという流れに置き直してみよう（図5）。理解深化に関する認知研究は、メカニズムの活用とさらなる解明を目指して協調的認知研究へと展開し、発話というデータ取得手法を加味することで新たな研究分野の創成に繋がった。それが協調学習、学習科学に展開し、現実インパクトを与えられるレベルに達すると、教員など社会的なコミュニティを研究推進の担い手に期待する流れになったと解釈できる。

本 OS のメンバーが多く関わる CoREF プロジェクトの牽引者三宅なほみの研究史でこれを例解しよう。氏の認知研究は、人がどのようなときに質問を生成するかを「予習の有・無」2条件×「教材の難・易」2条件で調べた実験室実験だった[27]。ある程度の知識が質問生成の条件となることを掴むと、三宅は質問生成の過程をより詳細に調べるために「ミシンの縫い目のでき方」をペアに考えさせる協調的認知過程研究を行う[12]。わかることが次のわからないことを生み出す螺旋的過程を見出すと、その動因となる「他者との考えの違

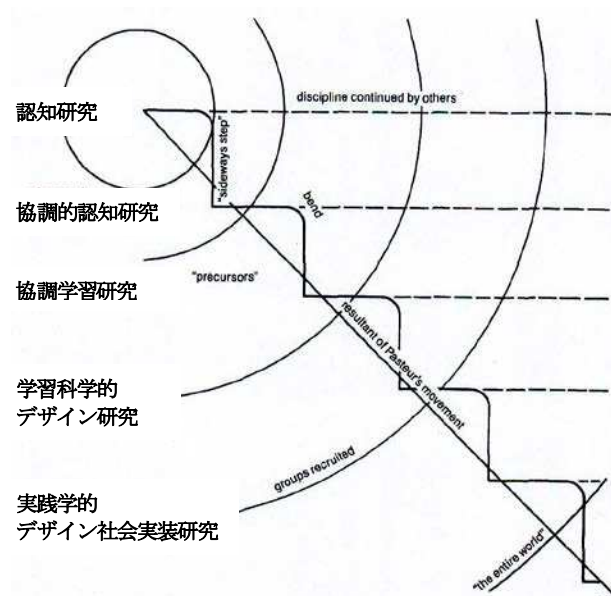


図5 認知科学から学習科学，そして実践学へ

い」を活かした協調学習研究を大学の教室で展開する。ここに至って、研究対象は実験室を離れ、現実の大学で学ぶ累計約千名の大学生を含むことになった。しかし、その実践は依然αサイトで行われたものであった。建設的相互作用をあらゆる教室で引き起こすことを狙った「知識構成型ジグソー法」という授業の型をまさに工学的に導入することで、初めて東京大学 CoREF プロジェクトは数千名の教員と連携した学習科学的なデザイン研究を展開するに至った。数千名の教員を介して、数万名の児童生徒が教室で協調学習に従事できるかが検討課題になったわけである。しかし、そこでも依然主たる課題は「知識構成型ジグソー法の授業を実際の教室で実践できるのか」「どのような単元でできるのか」といった実行可能性 (feasibility) の検証だった。それが、デザイン研究を繰り返すことで、「同じ単元でもどう実践すれば、より深い学びを児童生徒に引き起こせるのか」「一つの実践から違う単元、教科にも活用できる知見は得られないか」という問いが教員たちの主題となってくるに連れて、教員たちは実践的研究者へと変貌し始めたと思えることができる。

いま、CoREF プロジェクトは実践的研究者たる教員が研究主体の根幹をなす実践学を樹立・展開できるかを問われている。こうした実践学のためには、児童生徒が教室で学び合うだけでなく、その協調学習を支える学び合いを教員同士が学校や自治体を越えてできるように、教育行政関係者のレベルでも学び合いが起きるよう支援していく必要が生ずる。これが CoREF の考える「デザイン社会実装研究」[28]である。さらに、協調学習の日常化を目指して、実践の主体を教員に手渡していくためには、実践の「評価」自体のやり方も教員に手渡していく必要がある。児童生徒の対話データも含め、学習に関するビッグデータを教員が効率的に活用できるように ICT 利活用技術者やデータサイエンティスト、人工知能研究者との協働も必要になる。学習科学研究者はこうした実践・研究者協働のための関係の再編と組織づくり、個々の実践的な研究を展開する教員に対する支援、そこから得られるビッグデータを検討し次にもう一段質の高い実践と研究展開のアイデアを産み出していく核として働くことになるだろう。

6. 本セッションの論文

本セッションは、学習科学的なデザイン研究から実践学的なデザイン社会実装研究へと我々が分岐してゆけるかを問うセッションとなる。そのために「指標」を

切り口にする。指標は研究者が理学的・理論的な検討を行う時の適切な boundary object として機能すると同時に、教員にとっては狙いたい学びのゴール（最近は「資質・能力」と呼ばれる）の達成を授業における子どもたちの学びの姿として見とるための「観点」と「具体」を提供する。それは教員と研究者間の boundary object としても機能するだろう。結論を先取りすれば、これからの実践学的な協調学習研究のためには、関係者全てが指標作りを巡って学び合う必要がある。

セッションの論文概要とガイドを記す。

堀[6]は、建設的相互作用を教室に実現することを目指した知識構成型ジグソー法による理科授業の2年間にわたるデザイン研究の成果を報告する。成果として、堀は授業結果の限られたデータから「問いの焦点化が生徒の議論を深めた」との解釈を行っている。これはあくまで局所的な授業のやり方に関する気づきに見えるかもしれないが、では「問いの焦点化」とは具体的にどういうことを意味するのか、それがなぜ、どういう機序で議論を深めるのかという知見は一般化可能な知見になり得る。

益川ら[7]は、認知科学・学習科学研究者として、建設的相互作用説の立場から、三宅も用いた「わかるーわからない」の往還や、知識と理解の社会的構成の3レベルを指標として堀実践のデータを分析する。益川らは実践者でも実践学研究者でもないため、データを理学的な研究としての立場から、その理論的前提に沿った指標で分析した。その結果、言わば分析作業における「モニター」の役割を取ったことによって、堀実践の2年度の違いに潜む「教員の働き掛け」の変化とそれに対する生徒の反応の変化というインタラクションを明らかにした点が興味深い。ちょうど状況論がピアジェの「保存実験」における実験者の働きを可視化したのと同じように、教室における児童生徒の学びに焦点化しがちな分析に対して、教員の働きを可視化したと解釈できる。こうした成果を教員に戻すことができれば、教員自身のさらなる気づきにもつながるだろう。

齊藤ら[8]は、同じ堀データを授業中の生徒同士の対話における「問い」の生成とその共同探究という指標で分析した。5節で三宅の研究史が「問い」の生成を巡って展開されたとおり、知識構成型ジグソー法授業における問いの生成は授業法そのものの狙いであり、かつ従来からよく現象としても確認されてきた。齊藤らがユニークなのは、その結果を研究者がまとめて終わりにするのではなく、結果を他の教員に見せて「どのよう

な問いが仲間に共同で探究され易いか」を尋ねた点である。齊藤[20]でも叶わなかった, 研究結果を先生に「開いていく」という動きが実践学の樹立にどう貢献していくか, 興味深いところである。

最後の中山ら[9]は一連の分析結果を, 何が機械に自動化可能かという観点から見直し, 結果をどう教員に返していくか, データサイエンティストや人工知能研究者との協働をどう行うかについて, 実践学樹立の観点から整理する。

本セッションが「協調学習の成果を評価できる指標を探す」という単純な切り口を通して, 協調学習の見方やその実践の仕方, さらにその研究へのまとめ上げ方, 及び関係者全員の役割の再編や新しい協働の在り方の発見につながっていき, それを我々が「協調学習の評価の刷新」として意識できることを期待する。

謝辞

本セッションは科研費 17H06107, 18K02906, 18K03062, 文部科学省「大学入学者選抜改革推進委託事業(理数分野)」, JST「ジュニアドクター育成塾」の助成を受けた。記して感謝する。

参考文献

- [1] OECD (2013). "PISA 2015: Collaborative Problem Solving Framework." OECD Publishing.
- [2] 有元典文(2013). "学習という観察." 『認知科学』, 20(3), 281-282.
- [3] 三宅なほみ(2008). "協調的な学習と AI." 『人工知能学会誌』, 23(2), 174-183
- [4] Chi, M. T. H. (1997) "Quantifying Qualitative Analyses of Verbal Data: A Practical Guide" The Journal of the Learning Sciences, 6(3), 271-315
- [5] 三宅なほみ(2016). "実践学としての教育学へ" 大島純・益川弘如編著『教育学選書 学びのデザイン・学習科学』, 210-218. 京都府:ミネルヴァ書房.
- [6] 堀公彦 (2018) "知識構成型ジグソー法の授業デザイン 中学校理科「運動の仕組み」", 日本認知科学会第 35 回大会論文集.
- [7] 益川弘如・河崎美保 (2018) "学びのモデルに基づく指標を複数重ねることから見える対話の質", 日本認知科学会第 35 回大会論文集.
- [8] 齊藤萌木・飯窪真也・白水始 (2018) "理解深化につながる対話を見とる指標の提案: 対話中の疑問を軸として", 日本認知科学会第 35 回大会論文集.
- [9] 中山隆弘・白水始 (2018) "指標探索のための人間と機械の建設的相互作用", 日本認知科学会第 35 回大会論文集.
- [10] Griffin, P., McGaw, B. & Care, E. (2012). "Assessment and teaching of 21st century skills." NY: Springer-Verlag. (三宅なほみ監訳 益川弘如・望月俊男訳 (2014). 『21 世紀型スキル・学びと評価の新たなカタチ』. 京都: 北大路書房.)
- [11] Roschelle, J. (1992). "Learning by collaboration: Convergent conceptual change." The Journal of the Learning Sciences, 2, 235-276.
- [12] Miyake, N. (1986) "Constructive interaction and the iterative process of understanding." Cognitive Science, 10, pp.151-177.
- [13] Shirouzu, H., Miyake, N. & Masukawa, H (2002) "Cognitively active externalization for situated reflection." Cognitive Science, 26, pp.469-501.
- [14] Shirouzu, H. & Miyake, N. (2002). "Learning by collaborating revisited: Individualistic vs. convergent understanding." Proceedings of the 24th Annual Conference of the Cognitive Science Society, 1039.
- [15] Suthers, D. D., Lund, K., Rose, C.P., Teplov, C. & Law, C. (Eds.), (2013) "Productive Multivocality in the Analysis of Group Interactions (Computer-Supported Collaborative Learning Series 16)." NY: Springer.
- [16] Shirouzu, H. (2013). "Learning Fractions Through Folding in an Elementary Face-to-Face Classroom." In D. D. Suthers, K. Lund, C. P. Rose, C. Teplov, & N. Law (Eds.), Productive Multivocality in the Analysis of Group Interactions. NY: Springer, 63-101.
- [17] Trausan-Matu S., "Collaborative and Differential Utterances, Pivotal Moments, and Polyphony". In D. D. Suthers, K. Lund, C. P. Rose, C. Teplov, & N. Law (Eds.), ibid. NY: Springer, 123-139.
- [18] Shirouzu, H. (2013). "Focus-based constructive interaction." In D. D. Suthers, K. Lund, C. P. Rose, C. Teplov, & N. Law (Eds.), ibid. NY: Springer, 103-122.
- [19] Chiu, M. M. "Social metacognition, micro-creativity and justifications: Statistical discourse analysis of a mathematics classroom conversation". In D. D. Suthers, K. Lund, C. P. Rose, C. Teplov, & N. Law (Eds.), ibid. NY: Springer, 141-159.
- [20] 齊藤萌木 (2018) "授業における協調問題解決活動とおした理解深化の過程ー「収斂的概念変化」と「建設的相互作用」の相補性に着目してー" 東京大学教育学研究科博士論文
- [21] 齊藤萌木 (2016). "説明モデルの精緻化を支える社会的建設的相互作用." 『認知科学』, 23(3), 201-220.
- [22] 遠山紗矢香・白水始 (2017). "協調的問題解決能力をいかに評価するかー協調問題解決過程の対話データを用いた横断分析ー." 『認知科学』, 24(4), 494-517.
- [23] Bereiter, C., & Scardamalia, M. (2003). "Learning to work creatively with knowledge." In E. De Corte, L. Verschaffel, N. Entwistle, & J. van Merriënboer (Eds.), Powerful learning environments: Unraveling basic components and dimensions. Oxford, UK: Elsevier Science, 55-68.
- [24] Stokes, D. E. (1997). "Pasteur's quadrant: Basic science and technological innovation." Washington, D.C.: Brookings Institution Press.
- [25] Latour, B. (1984) "The pasteurization of France." Cambridge: Harvard University Press.
- [26] 三宅なほみ・白水始 (2003). 『学習科学とテクノロジー』. 東京: 放送大学教育振興会.
- [27] Miyake, N., & Norman, D. (1979). "To ask a question, one must know enough to know what is not known." Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 18, 357-364.
- [28] 飯窪真也 (2016). "教師の前向きな学びを支えるデザイン研究ー「知識構成型ジグソー法」を媒介にした東京大学 CoREF の研究連携ー." 『認知科学』, 23(3), 270-284.