

A Study of Lesson Planning in Science Based on Theory of Teaching and Learning

HOKARI Hideki¹, WADA Ichiro²

1. 問題の所在と研究の目的

平成 27 年 12 月に中央教育審議会から 3 つの答申が出された。まず、児童・生徒を取り巻く教育課題の広域化・複雑化により学校教育は困難を極めており、「新しい時代の教育や地方創生の実現に向けた学校と地域の連携・協働の在り方と今後の推進方策について」では、教育課程を社会に開き、学校と地域による連携・協働体制構築の重要性が指摘されている（中央教育審議会答申，2015a）。また、「チームとしての学校の在り方と今後の改善方策について」では、学校内におけるチーム体制を確立し、教職員が各々の専門性を発揮し、教育活動の質の向上を図る重要性が指摘されている（中央教育審議会答申，2015b）。さらに、「これからの学校教育を担う教員の資質能力の向上について～学び合い、高め合う教員育成コミュニティの構築に向けて～」では、教員の資質能力について、大学の教職課程における養成段階から、選考における採用段階をとおして、現職教員の研修段階まで一体化した教員の学びを支援することが指摘されている（中央教育審議会答申，2015c）。

このことを受けて、平成 29 年 3 月に告示された小学校学習指導要領では、「教育課程に基づき組織的かつ計画的に各学校の教育活動の質の向上を図って行くこと」をカリキュラム・マネジメントとし（文部科学省，2017a），教育課程の編成に当たっては、「中学校の学習指導要領等を踏まえ、中学校教育等との円滑な接続が図られるように工夫すること。特に、義務教育学校等においては、義務教育 9 年間を見通した計画的かつ継続的な教育課程を編成すること」と示されている（文部科学省，2017b）。

さらに、小学校学習指導要領解説総則編には、「カリキュラム・マネジメントの取組は、学校が担う様々な業務の効率化（中学校では業務の進め方の改善）を伴ってより充実することができる（文部科学省，2017c；文部科学省，2017d）」とあり、平成 31 年 1 月に中央教育審議会から出された「新しい時代の教育に向けた接続可能な学校指導・運営体制の構築のための学校における働き方改革に関する総合的な方策について」の答申では、学校及び教師が担う業務の明確化・適正化は示された（中央教育審議会答申，2019）が、教育課程の質の向上に資する小・中学校の円滑な接続を具現化した各教科等における取組等、具体的な方略は示されていない。

そこで、本研究では、文化-歴史的活動理論に基づくエンゲストロームが提唱したネットワークに着目した。各学習理論の詳細については後述するが、文化-歴史的活動理論は、「人間の社会的・協働的な実践の活動システムを捉え、実践者自身の学びや発達によってもたらされる新たな活動を創出するためのヴィゴツキー、レオンチェフ、ルリアによる研究者グループにそのルーツの一端があ

¹ 教育学研究科

² 理科教育講座

る理論」(能智, 2018)であり, ネットワーキングは, 「活動システムにおける適応的・流動的・自発的なコラボレーションの創発を促すために, 人やリソースを常に変化させながら結び合わせ, 人と人との新たなつながりを創発していくような活動の水平的なリズム, 協働的な生成を考えたもの」(山住, 2008)である。

上述した教員の資質向上に資する教員の学びの支援には, 本理論を鍵概念とし, 教員もまた学習者としての主体と捉え, 小・中学校という異種や初学・中堅・ベテランという異質の教員から構成される協働体において, 異種によるネットワーキングという学習行為と異質による認知的徒弟概念からみた足場かけという教授行為により, どのように創発現象が引き起こされるのか, その活動システムの内実を分散認知という概念を用いて明らかにすることが有益であると考えた。

2. 研究の背景となる学習理論

2. 1 活動システム

レオンチェフ (1978) は, 人間は日常における諸活動の中で自らの周囲の状況を変え自分自身をも変えていくという意識をもつものであるから, 活動が意識を生み出す実体であると考えた。これは, 活動理論と呼ばれる。

エンゲストローム (1999) は, レオンチェフの「対象」が「主体」の方向性を決め, 「コミュニティ」の中で「分業」を実現し, 「成果」を生み出すという活動の構造に関する指摘を踏まえ, ヴィゴツキー (1930/1984) のいわゆる認識の三角形を援用して, 図1のような活動システムを主張した。これは, 「主体」

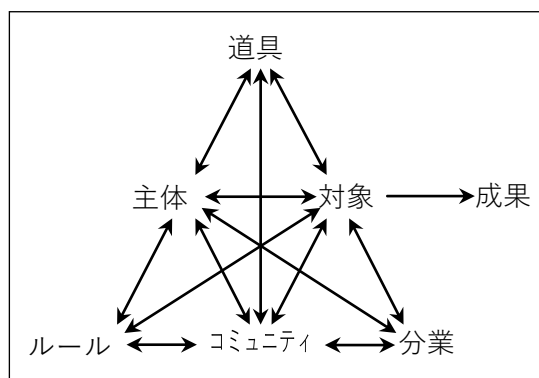


図1 活動システムのモデル (エンゲストローム 1999)

が「対象」を学習するに当たり「道具」を媒介して思考するということ, さらに, 「コミュニティ」における「ルール」や「分業」を通してその学習が収斂していくことを明らかにしたものである。

なお, 活動とは, 対象的な活動であり, 鍵になるのは「何を」「何のために」という目的や動機へ向かっていく人間の「行為の主体性や能力」, すなわち「エイジェンシー」であるとエンゲストローム (2006) は指摘している。また, この活動システムのモデルでは, 主体が認知資源を用いて, 目標に応じて対象を変形させるため, 実践における変化の同定とその変化がどのように成し遂げられたかの説明により学習 (拡張的学習) が分析される。

2. 2 活動システムの認知モデル

ヴント (1921) は, 「低次の心理的機能は頭の中で起きるが, 高次の心理的機能には, さらに社会文化的環境にある認知資源が必要である」と主張した。これは, 図2のモデルのように, 主体の知識状態は, 分散した認知資源を媒介し, 新しい知識状態へと認知が更新されると捉えることができる。この分散認知理論を活動システムに援用すると, 図3のように主体が道具を媒介し

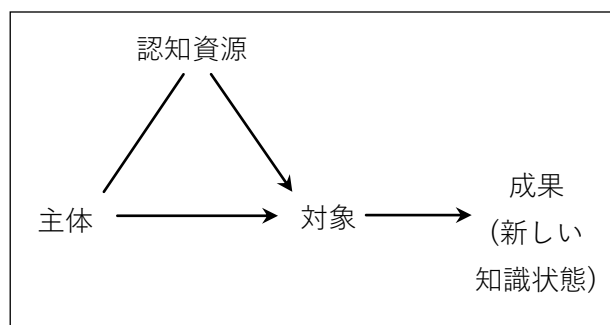


図2 分散認知 (ヴント 1921)

て対象を認知する際に、主体はコミュニティの中で対象の認知を拡張すると捉えることができる。

さらに、道具への媒介を例にとると、図4のとおり、コミュニティ自身も道具を媒介して対象を認知することが、主体にとっては、コミュニティが足場をかけている状況になると捉えることができる。このことに関連して、森本（2017）もまた、学習を深化させる要因に学習集団と学習の道具の存在を指摘している。

これは、道具への分散のみならず、ルールや分業への認知の分散でも同様に捉えることができる。すなわち、道具やルール、分業という資源に分散された認知を媒介して、主体は対象を認知しようとする。コミュニティは、同じく、それぞれの資源に分散された認知を媒介するため、主体は、そのコミュニティの足場かけにより対象を拡張することになる。活動システム全体の認知資源への足場かけを図にすると、図5のようなモデルに表すことができる。なお、コミュニティによる認知資源を媒介した対象の拡張の成立は、協創的活動システムの認知と合わせて後述する。

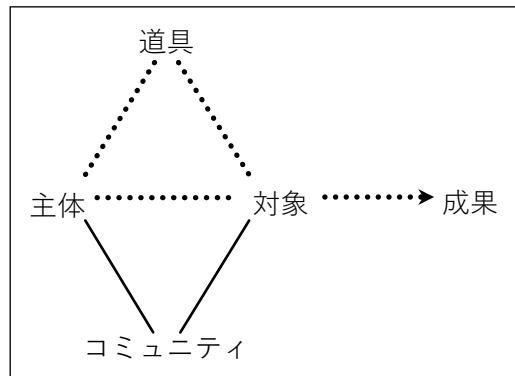


図3 分散認知モデルのコミュニティへの拡張

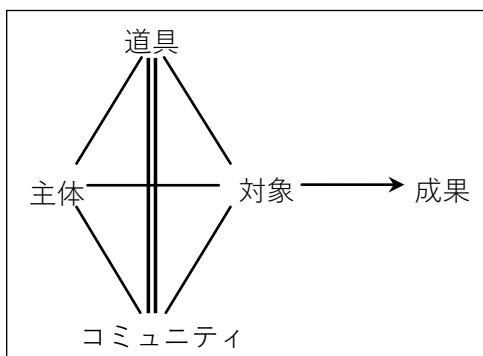


図4 コミュニティによる道具への足場かけモデル

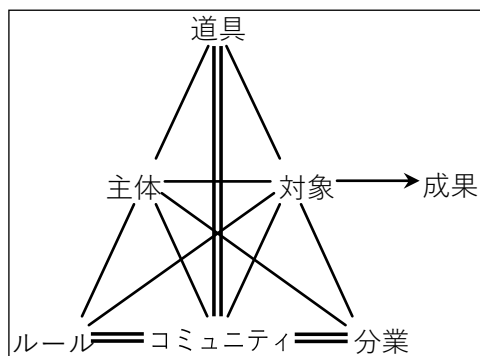


図5 コミュニティによる活動システム全体の認知資源への足場かけモデル

2.3 ネットワーキング

さらに、エンゲストロームは、活動システムにおける状況の変容を「道具」等の活動システムの要素における「矛盾」に起因すると捉え、活動システム同士が関わり合う中で「成果」が生成される状況をネットワークングと称し、図6のようにモデル化した。ノット（knot：結び目）ワーキングは、活動システムが弱くしか結びついていないのにそれらの間の協働のパフォーマンスが急遽脈打ち始め、分散・共有され、部分的に即興の響き合いが起こる状況のことである。

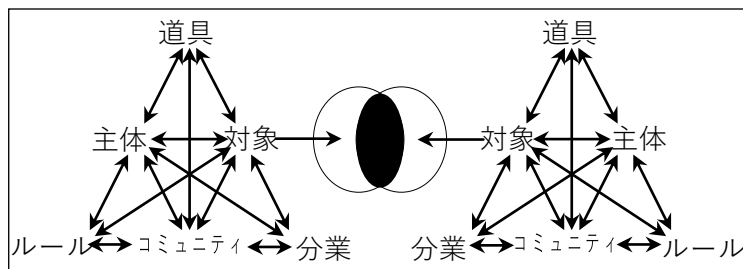


図6 二つの相互作用する活動システム
(エンゲストローム 2001)

2. 4 協創的活動システム

ネットワークングについて、和田（2016）は、新たな教育活動を志向するとき、現場教師のみならず大学や企業などのメンバーが集いネットワークングを形成し、協働による創発的な活動（協創的活動）を活性化させることで、教育課題の解決に向けた新たな活動が展開できる協創的活動システムの存在を図7のように指摘した。

2. 5 協創的活動システムの認知モデル

分散認知は、認知を状況的、社会的に現れる特徴として捉える理論である。ブラウン（2004a）は、「教室の参加者は、語彙、考え、方法など、最初は共有された談話の一部として出て来たものを好きなように私有化してよい。

そして、私有化によって個人的な解釈をとおしてこれらの考えを変換する。共通の談話の一部分である考えは、必ずしも全参加者に私有化される必要はないし、私有化の仕方も同じである必要はない。観念や活動の私有化は多方向的なものだ」と指摘した。ニューマンら（1989）は、このことを「相互的私有化：ミューチュアルアプロプリエーション」という用語を使って説明している。

また、ハッチンス（1993）は、分散認知理論に基づき、活動システムが提供する学習環境がうまくいくのは、コミュニティにおける熟達者との認知的徒弟制が効果的に機能するときであることを実証した。

そこで、これらの理論から、本研究では協創的活動システムを以下のように指定した。

協創的活動システムは、取得すべき知識やスキルが文脈に埋め込まれたかたちで学習できる環境を作り出し、主体は、コミュニティの中で、リソースに関する異種の熟達者の思考過程や問題解決方法を私有化して対象を拡張し、全体像を把握し見通しをもてるようになる。

このように、協創的活動システムにおける認知状態は、主体がコミュニティの中で熟達者との相互的私有化をとおして、対象への認知が拡張していく。これは、ソロモン（2004b）が、「個人の認知と分散認知の間の相互作用は認知が共有されている諸活動の中で生じ、その構成要素は互いにらせん状に相互に作用し合い、そこでは、個々人の入力協力的な活動を通じて、共同分散システムの性質に影響し、その共同分散システムが次は個々人の認知に影響し、その結果個々人の次の参加の仕方を変え、それによって共同のパフォーマンスや成果も変わる」と指摘していることから、図8のようにモデルに表すことが

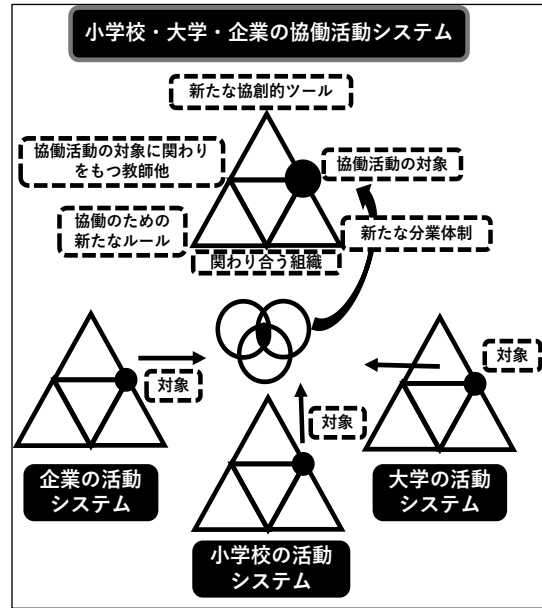


図7 協創的活動システム（和田 2016）

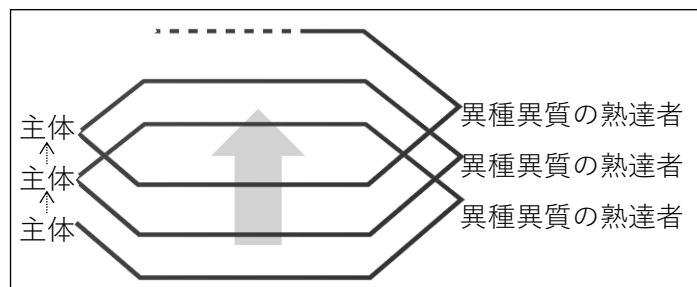


図8 協創的活動システムの認知モデル（保刈・和田 2018）

できる。

以上の学習理論を基にして、理科教育を巡り教育委員会と小・中学校が織り成す協創的活動システムのメカニズム（ネットワークング）を明らかにする。

3. 事例に基づく分析

3. 1 調査概要

東京都大田区立学校における、中学校1校と小学校3校からなる一校区をフィールドにした。小中一貫教育における理科分科会の取組を教育委員会の指導主事という立場で介入した。図9は、本研究における理科分科会という協創的活動システムのモデルである。理科を専門とする教員からなる分科会においても協創的活動システムの創発性が社会文化的パターンに収斂されるかを帰納的に捉える。

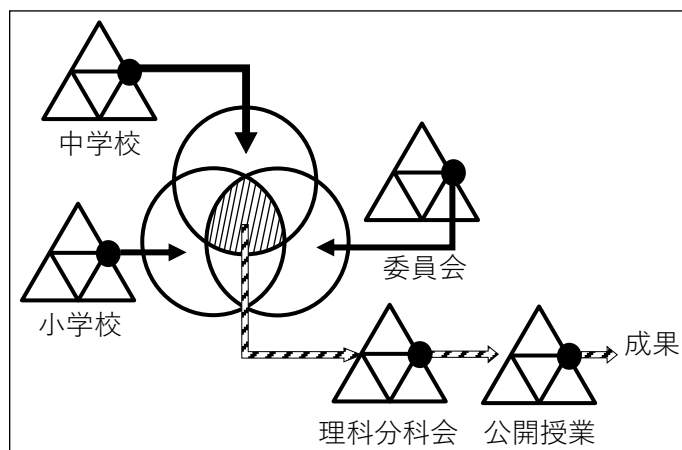


図9 本研究における協創的活動システムのモデル

3. 2 調査時期・対象・方法

本中学校区における小中一貫教育の取組回数は、2018年4月、6月、10月、2019年1月、2月の年5回であった。4月の全体会で活動理論の概要を伝えた。3回の分科会で1月に各分科会で実践される公開授業に向けた協議がなされ、2月にその検証結果が全体会で報告された。

理科分科会の教員は、表1の通りである。理科分科会の協議について、表2の協創的活動システムの認知資源等の定義を基に分析した。なお、本定義は、山住(2017)が、カリフォルニア大学ロサンゼルス校教育・情報学大学院の附属小学校であるUCLAラボスクールにおける探究の授業を活動理論の枠組みに基づく分析をしたことを参考にした。

表1 理科分科会の教員

A 中学校（3名）	A教諭（50代37年目）B教諭（20代4年目）J教諭（40代16年目）
B 小学校（2名）	C教諭（20代3年目）D教諭（20代7年目）
C 小学校（2名）	E教諭（授業者30代14年目）F教諭（30代1年目）
D 小学校（1名）	G教諭（40代25年目）
教育委員会（1名）	H指導主事（40代4年目）

表2 協創的活動システムの認知資源等の定義（保刈・和田2018）

道具	活動の中で生きて働くツール、記号、言語、モデル（表象される観念的なもの）、テクノロジーなど
ルール	相互作用を規制し拘束するもの、自分で方法や解釈を選択して判断を行うこと
分業	能動的な創造者としての役割や貢献
矛盾	変化と発達の原動力として中心的な役割を果たしうるもの
水平性	既存の学校教育における標準的な活動システムの殻を打ち破る境界横断（越境）

3. 3 調査結果

3. 3. 1 概要

4月と6月に行われた協議では、1月の小学校理科公開授業において、「振れ幅、いわゆる高さの異なる振り子の1往復する時間は変わらないが、その振り子の速さは異なるのかどうかを確かめる実験」を行うことになった。本研究では、その上での10月の協議を分析対象の中心とした。10月の協議では、45分間の公開授業のうち、まとめの段階で中学校教諭が児童を指導する活用場面についての協議になった。協議内容は、図10のように力学的エネルギー保存則の活用を巡る議論であった。

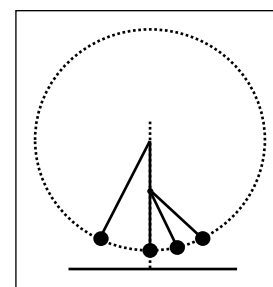


図10 振り子の運動の活用問題

3. 3. 2 ルールに分散された認知

ルールとは、相互作用を規制し拘束するもの、自分で方法や解釈を選択して判断を行うことと定義している。まず始めに、表3のプロトコルのとおり、ルールに分散された認知の私有化について、授業者のE教諭が、活用問題について話題にした。すると、中学校のA教諭が、途中で棒を入れて振り子を変化させたらどうかと提案している。それを受けて、E教諭は、授業の中心である「振り子の高さと速度の関係」の実験と、A教諭から提案された活用問題には関連がないと考え、「小学校的には」と問い返した。そのことに対し、教育委員会のH主事とA教諭は「小学校だからって逸脱しちゃいけないってことはない」「小学校と中学校のそれぞれのカリキュラムでは不足がある」と指摘している。さらに、A教諭は、エネルギー概念をこの振り子で考えることが有益であると再度主張した。

このように小・中学校それぞれの既存のカリキュラムを越境した授業を創造していくことで、認知が収斂していった(図11, 12)。

表3 ルールに関するプロトコル

E・小学校 中堅授業者	活用問題を解くって書いてあるんですけど。最後に。
A・中学校 ベテラン	途中で棒入れて振り子を変化させるの。どこまで行くと思うか。
E・小学校 中堅授業者	小学校的には、その時間に学んだものを使って解けるものが活用問題かなって思っているんですけど。
A・中学校 ベテラン	小学校だからって逸脱しちゃいけないってことはないですよ。
H・委員会 指導主事	そうですね。既存のカリキュラムでは不足があるってことだと思うんですよ。小学校のカリキュラムと中学校のカリキュラムで。
A・中学校 ベテラン	その系統的っていうところも、これがエネルギーで繋がって行くんですよ。だから、エネルギーっていう概念をこの振り子で考えて、それで、中学校に来ると、それが言葉としてエネルギーっていう言葉に変わって行くので。

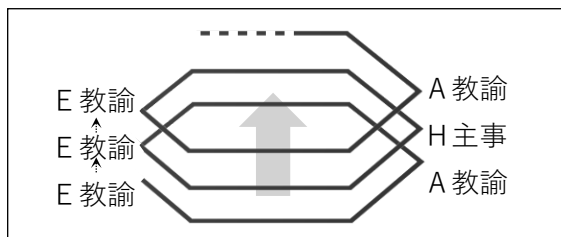


図 11 ルールに分散されたコミュニティの認知

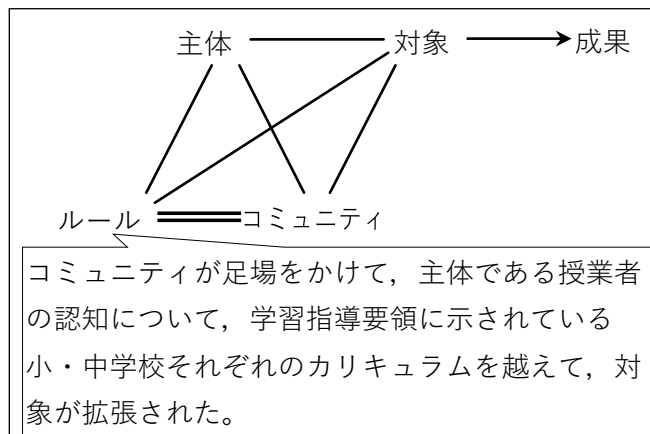


図 12 コミュニティによるルールへの足場かけ

3. 3. 3 分業に分散された認知

分業とは、能動的な創造者としての役割や貢献と定義される。次に、表4のプロトコルのとおり、分業に分散された認知の私有化について、まず、小学校のC教諭が中学校のA教諭の提案する活用問題について自己の認識を確認した。それに対し、中学校のJ教諭が、その理解が正しいことを返した。

しかし、授業者のE教諭は、まだ、授業と活用問題の関連性が見いだせないでいた。すると、A教諭が、「高さが高くなると速くなるってことは、運動エネルギーと位置エネルギーの関係だから」と、その活用問題の妥当性を説いた。それでも、C教諭が理解を深められないでいると、A教諭はさらに、「振り子は振り子の中だけで収束しているんだけど、エネルギーって保存されているんだって言うことがこの中で分かってくると価値がある」と活用問題の価値を、「振り子の運動」と「力学的エネルギー」を関連付けて説明した。

このように振り子の運動における力学的エネルギー保存則という捉えを精緻化することで、認知が収斂していった（図13, 14）。

表4 分業に関するプロトコル

C・小学校 初学	エで止めた時はアに戻るってことですか。
J・中学校 中堅	そうです。エで止めても、位置エネルギーが残っているので、アまでいく。
E・小学校 中堅授業者	関連があるかは分かんないですけど。今回の学習と。
A・中学校 ベテラン	高さが高くなると速くなるってことは、運動エネルギーと位置エネルギーの関係じゃないですか。
C・小学校 初学	う～ん？
A・中学校 ベテラン	うん。エネルギーって保存されているんだって言うことが振り子の中で分かってくるとすごくいいと思うんですよね。

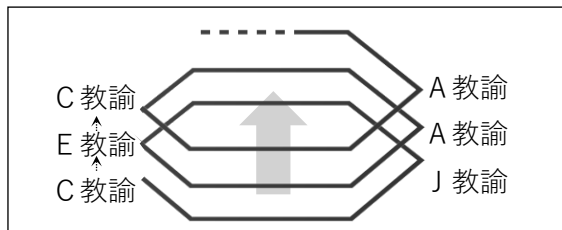


図 13 ルールに分散されたコミュニティの認知

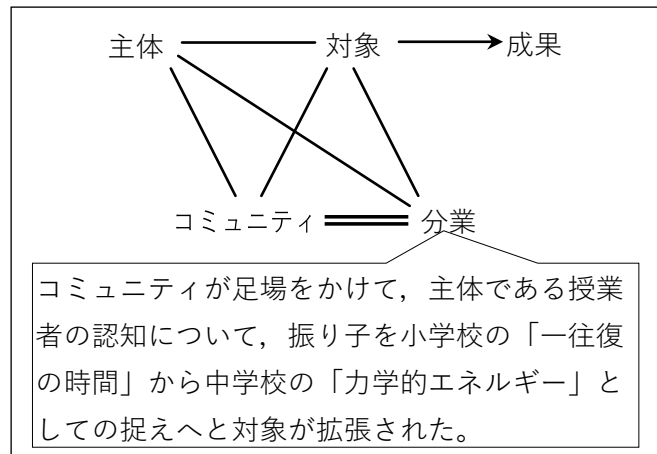


図 14 コミュニティによる分業への足場かけ

3. 3. 4 道具に分散された認知

道具とは、活動の中で生きて働くツール、記号、言語、モデル（表象される観念的なもの）、テクノロジーなどと定義している。最後に、表5の protocols とおり、道具に分散された認知の私有化について、小学校のE教諭が、実施した振り子のテスト結果について触れると、小学校のG教諭がテストにあったメトロノームの問題について、子どもが「上にもっていった方が、勢いがつくから」と回答したことを取り上げた。それを受けて、中学校のJ教諭は、「勢い」という言葉について問い返し、教育委員会のH主事が速さであることを説明し、J教諭は、小学生も中学生であっても重さが速さに関連すると考えてしまうだろうと指摘した。E教諭は、重さの異なるおもりの速さを比較する実験も価値があるのではないかと考えた。それを受けてA教諭は、高校物理の内容が伴うことを指摘した。このように観念的なモデルである「勢い」を媒介して、認知が収斂していった（図 15, 16）。

表 5 道具に関する protocols

E・小学校 中堅授業者	実験して整理したつもりだったんですけど、テストの結果、理解はしてない。
G・小学校 ベテラン	発展でメトロノームが出て、ゆっくりにするには、上にもっていった方が「勢い」がつくって。
J・中学校 中堅	「勢い」ってなんですか。
H・委員会 指導主事	速さです。振り幅と速さの関係に疑問をもつ児童がいたことから設定しています。
J・中学校 中堅	速度。重い方が速いと思うと思う、小学生。中学生もかも。
E・小学校 中堅授業者	もし活用するんだったら、おもりを変えるのも1つかもしれない。そっちの方が、子どもの流れに近いかも。
A・中学校 ベテラン	周期の時間って難しい。これって中学校飛び越えて、高校物理ですね。

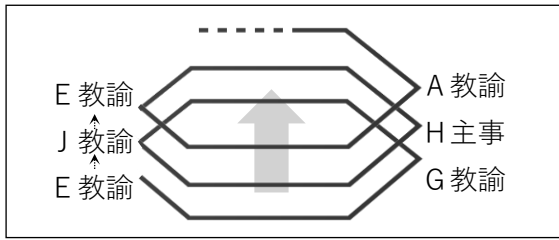


図 15 ルールに分散されたコミュニティの認知

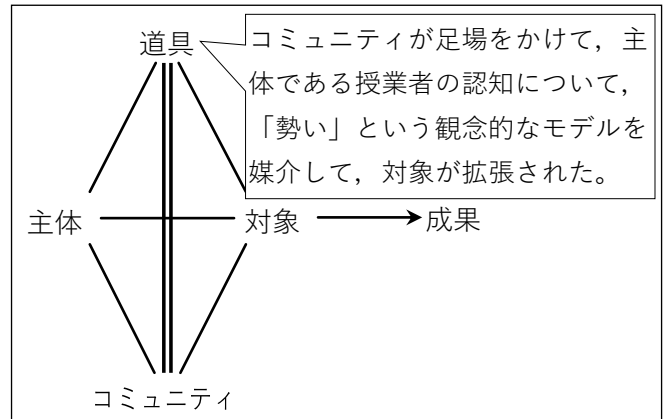


図 16 コミュニティによる道具への足場かけ

3. 3. 5 分析のまとめ

授業者という主体は、公開授業という対象を認知するにあたり、分科会というコミュニティによって足場をかけられた。

実施単元を設定する際には、小・中学校それぞれに分配された学習指導要領に基づいた年間指導計画の理解を共有することで、エネルギーに関する科学概念を構築するには、小学校第5学年の「振り子の運動」という単元から中学校第3学年「力学的エネルギー」の単元までに新たな学習活動を設定する必要があるという仮説がたった。これは、協創的活動システムが分業に分散された既存の「振り子の運動」の学習内容を適当に私有化したことによると考えられる。

次に、小・中学校それぞれの既存のカリキュラムでは、解決し得ない「エネルギーの捉え方」の繋がりに関する課題を、中学校第3学年「力学的エネルギー」の学習内容から小学校第5学年「振り子の運動」へと一部交換することにより解決した。これは、協創的活動システムがルールに分散された既存のカリキュラムを認知し、本中学校区の児童・生徒の状況に適当に私有化することで、既存のカリキュラムを見直し、新たな学習活動を創造する必要があると判断するに至ったことによると考えられる。

最後に、創造された新たな学習活動を実現するために、小学校第5学年の児童が囚われる観念的な「勢い」という概念から「速さ」に着目して、「スピードメーター」を活用する新たな学習活動を生産した。これは、協創的活動システムが、中学校の単元「運動とエネルギー」の実験器具である「スピードメーター」という道具を媒介し、対象である公開授業を拡張したことによる（図 17）。

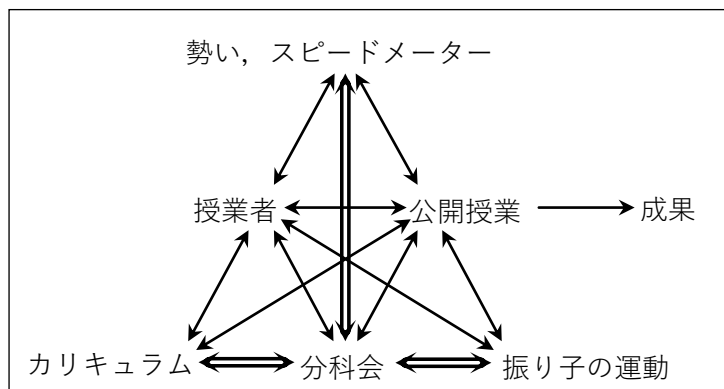


図 17 理科分科会という協創的活動システムにおけるメカニズム（ネットワーク）の内実

4. 本研究のまとめ

本研究では、学校が担う様々な業務の効率化（進め方の改善）を伴うことでより充実するとあるカリキュラム・マネジメントの取組を具体化することを目的に、活動理論に基づくエンゲストロームのネットワークキングに着目し、協創的活動システムの創発現象を検討した。その結果、以下の諸点が明らかとなった。

- 1) 協創的活動システムにおける創発現象は、分散認知理論を援用することによって、そのメカニズムを説明することが可能となった。
- 2) 小中一貫教育の取組において協創的活動システムの学習理論を援用することは、教員研修をとおした現職教員の資質向上という教育課題の解決に資することが示唆された。
- 3) 異種が混交する協創的活動システムの創発現象を教育活動に生かすことで、その質の向上に資することが示唆された。
- 4) 小中一貫教育の取組において教育委員会が介入することは、その連携体制の強化・促進に資する一助となることが示唆された。

参考・引用文献

- 中央教育審議会答申（2015a）『新しい時代の教育や地方創生の実現に向けた学校と地域の連携・協働の在り方と今後の推進方策について』, 44-54.
- 中央教育審議会答申（2015b）『チームとしての学校の在り方と今後の改善方策について』, 22-28.
- 中央教育審議会答申（2015c）『これからの学校教育を担う教員の資質能力の向上について～学び合い、高め合う教員育成コミュニティの構築に向けて～』, 22-51.
- 中央教育審議会答申（2019）『新しい時代の教育に向けた接続可能な学校指導・運営体制の構築のための学校における働き方改革に関する総合的な方策について』, 28-37.
- Engestrom, Y. (2001) Expansive learning at work: Toward an activity theoretical reconceptualization, *Journal of Education and Work*, 14(1), 133-156.
- Engestrom, Y. (2006) Development, movement and agency: Breaking away into mycorrhizae activities. In K. Yamazumi (Ed.) Building activity theory in practice: Toward the next generation, *Suita, Osaka: Center for Human Activity Theory*, Kansai University, Technical Reports No.1, 2-5. (ユーリア・エンゲストローム (2008) 『ネットワークキング 結び合う人間活動の創造へ』, 新曜社, 11-12.)
- ガブリエル・ソロモン編・ブラウン他 (2004a) 『分散認知ー心理学的考察と教育実践上の意義ー』, 協同出版, 242-246.
- ガブリエル・ソロモン編 (2004b) 『分散認知ー心理学的考察と教育実践上の意義ー』, 協同出版, 156-165.
- 能智正博編 (2018) 『質的心理学辞典』, 新曜社, 280.
- 保刈栄紀・和田一郎 (2018) 協創的活動システムに基づく教育委員会と小・中連携体制の強化・促進に関する研究ー分散認知理論から活動システムの内実を捉えるー, 日本理科教育学会第57回関東支部大会要旨集, 34.
- Hutchins, E. (1993) *Understanding practice: Perspectives on activity and context*, Cambridge University Press, 35-66. (R.K.ソーヤー (2018) 『学習科学ハンドブック第1巻 第二版』, 北大路

- 書房, 91-124.)
- Leont'ev,A.N. (1978) *Activity, consciousness, and personality*,Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- (ユーリア・エンゲストローム (2008) 『ネットワーク 結び合う人間活動の創造へ』, 新曜社, 13-22.)
- 森本信也 (2017) 『アクティブに学ぶ児童生徒を育む理科授業』, 学校図書, 18-27.
- 文部科学省 (2017a) 『小学校学習指導要領』, 18.
- 文部科学省 (2017b) 『小学校学習指導要領』, 21.
- 文部科学省 (2017c) 『小学校学習指導要領解説 総則編』, 120.
- 文部科学省 (2017d) 『中学校学習指導要領解説 総則編』,121.
- Newman, D., Griffin, P.&Cole, M. (1989) *The construction zone*, Cambridge University Press.
- (ガブリエル・ソロモン編 (2004) 『分散認知ー心理学的考察と教育実践上の意義ー』,協同出版)
- R.K.ソーヤー編 (2018) 『学習科学ハンドブック第1巻 第二版』, 北大路書房, 37-52, 91-124.
- 山住勝広 (2017) 『拡張する学校 協働学習の活動理論』, 東京大学出版会, 173-192.
- ユーリア・エンゲストローム (1999) 『拡張による学習 活動理論からのアプローチ』, 新曜社, 73-84.
- ユーリア・エンゲストローム・山住勝広ら (2008) 『ネットワーク 結び合う人間活動の創造へ』, 新曜社, 13-40.
- 和田一郎 (2016) 「ICTの利活用による児童の思考・表現活動を活性化させる理科授業の開発ー大学・小学校・企業の連携による協創的活動ー」『平成28年度総合的な教師力向上のための調査研究事業報告書』, 第2章, 第5節, 51-64.
- Wundt, W. (1921) *Elements of folk psychology*, London:Allen&Unwin, 3. (ガブリエル・ソロモン編 (2004) 『分散認知ー心理学的考察と教育実践上の意義ー』, 協同出版)