

A Study on Metacognitive, Cognitive, and Affective Regulation Structures
in Science Learning

WADA Ichiro* , SAWADA Hiroaki** , MASUBUCHI Yukito***

1. 問題の所在と研究の目的

令和4年度に実施された全国学力・学習状況調査において、中学校の理科では他者の考えの妥当性を検討したり、実験の計画が適切か検討して改善したりすることに依然として課題があることが明らかとなった（国立教育政策研究所，2022）。これは理科学習において、子どもが他者との協働を深めながら、自己の学習を調整（自己調整）する能力の育成に関する検討が不可欠であることを示しているといえられる。

自己調整学習（self-regulated learning : SRL）とは、「学習者が、メタ認知、動機づけ、行動において自己の学習過程に能動的に関与している学習」として定義される（Zimmerman, 1989）。すなわち自己調整学習は、学習者が個人的な目標達成に向け、体系的に方向づけられた認知、動機づけ、行動を個人的に活性化して内省的に学習を調整するプロセスから成立する。こうした自己調整学習に関する研究は多岐にわたって展開されているが、理科教育においては、主に①調整学習の能力の明確化、②調整学習の成立過程のモデル化、③調整学習を促進させる指導と評価などの側面から検討されていると考えられる。例えば、①に関して榊渕・澤田・和田（2022）は、Boekaerts（1999）の指摘する自己調整学習の3層構造モデルを援用して、認知処理、メタ認知的知識とスキルの適用、目標とリソースの選択などの自己調整に関わる能力を規定し、中学校理科の授業を事例に自己調整のサイクルの進行とこれらの能力の獲得との関連を検討している。②では和田（2011）が、理科教育の立場から、自己調整学習の循環過程（予見、遂行、自己内省）を捉え直してモデル化している。さらに③では、Schraw, Crippen and Hartler（2006）らは、自己調整学習の文献をレビューし、理科授業での自己調整を改善するための6つの一般的な指導方略を示している。また、長沼・森本（2015）は、自己調整的な理科学習に取り組むための教授方略として、形成的アセスメントによるフィードバック機能の効果を検証している。また、平澤・久坂（2021）は、主体的に学習に取り組む態度の評価指標の開発の中で、自己調整尺度29項目を開発している。

一方、近年ではSRLの成立が、その過程における社会的文脈や環境の影響を大きく受けることが明らかとなってきている。例えば、Corno and Mandinach（2004）は、学習とSRLに関する現代的な視点には、SRLにおける社会的・文脈的影響の役割を説明することへの関心が高まっていること、社会的文脈をSRLの社会文化的中心に位置づけるモデルへとシフトしていることを示唆した。このため、近年のSRLの大部分のモデルは、前述したZimmerman（1989）のSRL概念を大きく超え

*理科教育講座

**お茶の水女子大学附属中学校

***横浜市立日野南中学校

るものとなってきている。ただし、多くの SRL モデルは社会的文脈の側面を考慮しているが、社会的文脈がモデルの中でどのように位置づけられるかは、個人の SRL にとって周辺の文脈からの情報のインプットであるものから、社会的に共有されるものまで千差万別である。社会的文脈を考慮した調整学習に関わる理科教育の研究では、例えば和田・森本（2014）は、調整学習のハブ機能としてのメタ認知に関して、理科授業における社会的相互作用がメタ認知の機能に及ぼす影響について検討している。また、猪口・後藤・和田（2018）は、メタ認知について社会性を加味した社会的メタ認知概念を適用し、小学校理科における科学概念構築の実態について検討している。しかし、これらはいずれも認知面を軸とした調整過程の検討であり、調整学習の全体像を捉えるには至っていない。

こうした社会的文脈を考慮した調整学習の理論の中でも、Hadwin, Järvelä and Miller（2011）の指摘する3種の調整学習の包括的概念は、社会的相互作用と個人の自己調整の関連に焦点を当てている点で秀逸である。Hadwin らは、学習の調整について自己調整（self-regulation）、共調整（co-regulation）、社会的に共有された調整（socially shared regulation）を比較し、学習の調整における社会的側面を総括的に取り扱った。本間・長沼・和田（2016）らは、この概念を理科学習に適用し、社会的影響を考慮した調整学習モデルを提案した（図1）。この中で、「自己調整学習（SRL）」は、グループ（班）内での他者との相互作用により目標に向けて学習を調整する「共調整学習（CoRL）」、および教室内全体での大きな集団の中での相互作用により学習を調整する「社会的に共有された調整学習（SSRL）」の相互関係から成立することを明らかにした。具体的には、CoRL の内部構造にアプロプリエーションと創発的交流が、また SSRL には共有と収斂過程が存在し、こうした他者との相互作用を基盤として SRL が成立することを見出している。

ただし、これらの相互作用過程では、メタ認知を中心機能として、認知、動機づけなどの認知・情意変数が、複雑に関連していることが示唆されたが、その詳細は不明瞭となっている。そこで本研究では、Hadwin らの指摘を踏まえ、これらの変数間の関連性を捉える調整学習モデルを提案し、その実態を捉えることを目的とする。

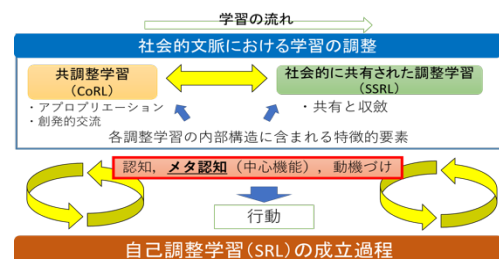


図1 自己調整・共調整・社会的に共有された調整学習の相互関連（本間・長沼・和田，2016）

2. 調整学習（自己調整、共調整、社会的に共有された調整）の理論

自己調整は、子どもが学習課題や目標を達成するため、計画、モニタリング、認知、動機づけ、行動等の過程を調整することを意味する（Hadwin ら,2011）。こうした自己調整の構成要素は、個人内における独立変数として機能するが、それらは協働的な課題の中で、周囲の環境や条件などの外的変数からの影響を受ける。自己調整では、そうした環境や条件への個人的な適応が目指される。

理科学習の立場から捉えれば、次の通りである（和田，2020）。例えば、問題に対して子どもが自分なりに予想や仮説を発想し、他者と意見の交流を行う場合、自らの予想の根拠と他者の根拠を比較し、自己の予想の根拠を補強したり、修正したりする。そこでは、自己の予想を構成する根拠として、学習経験や生活経験をモニタリングし、他者の予想と比較してその妥当性を判断する。個人の独立変数と他者の外的変数とを関連付け、個人内で目標変数を定め、メタ認知を機能させながら、妥当な予想や仮説を構成するのである（図2a）。

共調整学習では、自己と他者の間で一時的に自己調整を協調させる。自己と他者の相互作用におい

て、新たな目標変数が設定され、班での認知や動機づけの調整が図られる。例えば、協働的に考察を進めているような場合、仲間が自己をメタ認知して、必要なエビデンスを提案して認知の調整を図る場合がある。これによって、班としての考えが整理でき、個人の動機づけも高まり、より目標志向的に学習が推進する（図 2b）。

社会的に共有された調整学習は、相互依存もしくは集団で共有された調整過程等である。重要な点は、目標に向かって自己調整している個人が、共有した結果に向かってモニタリング、評価、目標や計画等を協働で統合することである。例えば、共有されたメタ認知の下で、教室全体で結論を導く際には、問題に対する答えについて、共通認識している考察の内容を踏まえて収斂させる（図 2c）。

本研究では、図 2 の視点に基づき、学習の調整における自己調整、共調整、社会的に共有された調整の各内部構造を認知、メタ認知、動機づけ要素の関連性から明らかにする。

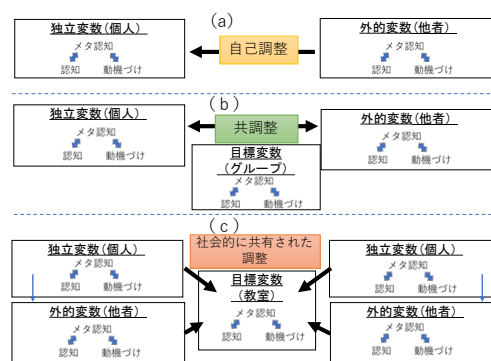


図 2 SRL・CoRL・SSRL の認知・メタ認知・動機づけ変数による内部構造 (和田, 2020)

3. 事例的分析

3.1 調査概要

- ・調査時期：2021年6月～9月
- ・調査対象：神奈川県内中学校 第3学年（39名）
- ・調査単元：中学校第3学年 「運動の規則性」
- ・授業の概要

本授業では、表 1 の授業概要に示したように、中学校第 3 学年「運動の規則性」の学習内容を取り扱った。まず教師は、身近な物体の運動について子どもに問いかけ、「物体の運動は、どのようにして生じるのか」について検討した。その上で、物体の運動は力が加わることによって生じるといった仮説のもと、まず水平面上で力学台車に力を加えた時の運動について検証した。これを踏まえ、次に「一定の力が加わり続けたら、どのような運動になるか」について探究し、力学台車に一定の力を加え続ける方法とその際の運動の規則性について探究した。

表 1 授業概要

学習内容	授業展開の概要
第1次) 水平面上で台車を走らせると、どのような運動をするだろうか (計5時間)	<ul style="list-style-type: none"> ・水平面上に置かれた力学台車を動かし、どのような運動が見られるかについて検討した。その中で、子どもから気付きとして加速、減速、一定の速さといった運動の種類が挙げられた。その上で「水平面上で台車を走らせると、どのような運動をするだろうか」といった課題が設定された。 ・課題について、一定の大きさの力を水平に台車へ加えたときの運動と、力を加えないときの運動について予想や仮説を発想した。 ・予想や仮説を検証するための検証計画を個人および班で立案した。 ・水平面上の台車の運動に関する実験を行い、結果の考察を行った。
第2次) 台車に一定の力を加え続けると、どのような運動をする	<ul style="list-style-type: none"> ・水平面上の台車の運動を踏まえ、台車に一定の加え続けた場合の運動を考えることになった。「台車に一定の力を加え続けると、どのような運動をするのだろうか」といった課題が設定された。

のだろうか(計6時間)	<ul style="list-style-type: none"> ・「台車に一定の力を加え続けるとどのような運動をするのだろうか」について、予想や仮説を発想した。 ・予想や仮説を検証するための検証計画を個人および班で立案した。 ・水平面上、および斜面上の台車に一定の力を加え続けた場合の運動について実験を行い、結果の考察を行った。
-------------	--

3. 2 認知, メタ認知および動機づけ変数の分析方法

図2における子どもの認知, メタ認知および動機づけの各変数の挙動を捉えるため, 図3に示すワークシートを作成し, 予想, 仮説, 検証計画, および結果の考察の各場面において記述を求めた。なお, 図3は予想, 仮説場面におけるワークシートの事例である。本ワークシートの構成を決定するにあたり, 齊藤・遠藤・和田(2020)のメタ認知機能による認知・情意の相互関連に基づくアプロプリエーションの発現に関する指摘に着目した。すなわち, 他者との協働において, 他者の考えを取り入れる動機が生まれるためには, 認知, 自己効力感(期待), 価値の状態をメタ認知することが重要となる。学習の調整において, 社会的文脈の影響を強く受ける共調整や社会的に共有された調整では, 他者からの有益な情報の取り込みが継続的に生じるため, こうした観点からの認知, メタ認知, 動機づけ(期待, 価値)の評価が不可欠になると考えられる。

ワークシートの内容を具体的に説明する。まず, 調整学習の起点として重要となる学習の遂行目標志向を測定するため, 「どのくらい目標を達成したいと思うか」を5段階で自己評価させた。また, その評価になった理由を記述させることによって, 自己の目標志向としての動機づけに対するメタ認知の機能を評価した。次に, 調整学習の自己の力量に対する信念である自己効力感(期待)を測定する項目として, 「どのくらい自分の予想, 仮説に自信があるか」を設定し, 5段階で自己評価させた。また, その評価になった理由を記述させることによって, 自己効力感に対する信念へのメタ認知の機能を評価した。さらに, 調整学習の自己の結果期待としての達成価値を測定する項目として, 「どのくらい自分の予想, 仮説を確かめたいか」を設定し, 5段階で自己評価させた。また, 同様にその評価になった理由を記述させることによって, 達成価値に対するメタ認知の機能を評価した。加えて, 班や教室全体での議論を通じて, 新規に取り入れた情報や考えの修正内容についても記述させた。これによって, メタ認知を機能させた自己の認知の修正の実態を捉えた。

こうした自己評価を予想, 仮説, 検証計画および結果の考察の各場面において実施することによって, 科学的探究の過程における学習の調整過程での認知, メタ認知, 動機づけの各変数の変動とその関連性を分析した。

なお, 本実践では, 第1次の「水平面上での力学台車の運動に関する探究」において, 認知, メタ認知, 動機づけに関する変数の調査を開始したことから, 子どもがそれらの記述などに慣れてきた第2次の「台車に一定の力を加え続けると, どのような運動をするのだろうか」の課題に関する探究過程を分析対象とした。

学習問題 ()

・どのくらい目標を達成したいと思うか 低【1・2・3・4・5】高

<その評価になった理由(具体的に)>

・どのくらい自分の予想, 仮説に自信があるか 低【1・2・3・4・5】高

<その評価になった理由(具体的に)>

・どのくらい自分の予想, 仮説を確かめたいか 低【1・2・3・4・5】高

<その評価になった理由(具体的に)>

・班での話し合い, 教室全体の活動を踏まえて

<予想とその根拠(理由)>付け足した, 考えを変えた理由も記述

<仮説>付け足した, 考えを変えた理由も記述

図3 予想, 仮説場面におけるワークシート

4. 結果および考察

4.1 予想, 仮説の発想場面 (自己調整学習の過程における認知・メタ認知・動機づけ要素の構造)

第1次の水平面上での力学台車の運動に関する探究を通じて、子どもは力を加えた方向に物体が運動することを見出した。また、力を加えることによって速さが大きくなり、その後、一定の速さで運動し、減速することを捉えた。これを踏まえ、次に力学台車に一定の力を加え続けた場合に、どのような運動になるのかについて追究することになった。図4は、この課題に対して他者との話し合いを通じて個人の予想、仮説を再考した際の表現例である。ここでは、乗用車の運動を関連付けながら、力を加え続けることで一定の速さで運動すると予想している。また、前時までの水平面上での運動の学習を踏まえ、台車は力を加えていないと減速をしてしまうことから、力を加え続けることで一定の速さで運動を持続できると考えていることが明らかとなった。全体においても表2に示すように、86%の子どもが同様の予想を発想していた。これに関する根拠として、64%の子どもが「車や電車が加速して一定の速さになる運動」を挙げていた。この段階では、摩擦力を明確に扱っていないことから、主にこうした予想が展開されたと推察される。

このように、子どもは日常生活における車の運動や水平面上での運動に関する学習をメタ認知し、予想の発想を展開していたと考えられる。具体的には、例えば水平面上の運動をメタ認知した場合には、「水平面上で台車に力を加えることによって、力を加えた方向に運動がはじまり、その後一定の速さでの運動を続けた後に減速を始める」といった情報を抽出し(メタ認知的モニタリング)、一定の力を加え続けることによって、減速を抑えられると判断した(メタ認知的コントロール)と考えられる。

一方、「加速し続ける」と予想した子どもは14%であった。ここでは、自転車による坂道の運動の経験を根拠とした説明や重力の分力による理由付けによる説明がなされていた。

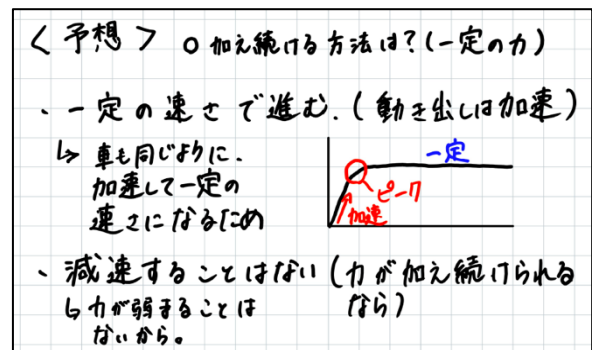


図4 予想, 仮説の表現事例

表2 予想とその根拠や理由 (n=28)

予想	人数	根拠や理由	人数 (%)
加速をした後、一定の速さで運動する	24 (86%)	自動車や電車の運動と同じ	18 (64%)
		前時までの水平面上の運動	2 (8%)
		根拠なし	4 (17%)
加速し続ける	4 (14%)	自転車での坂道の運動	2 (50%)
		重力の分力による説明	1 (25%)
		摩擦を考慮した説明	1 (25%)

次に、予想、仮説の場面における子どもの動機づけ要素に関する自己評価の結果は、表3の通りであった。各動機づけ要素の平均値(Mean)は3.5から3.7であり、比較的高いレベルでの動機づけのもとで学習が開始され、探究が進行したと捉えられる。具体的には、まず「どのくらい目標を達成したいか」については、平均値が3.5であり、その主な理由として「水平面上での運動との違いを知りたい(10名)」ことを挙げていた。このことから、前時までの「水平面上での台車の運動と比較す

る」といったメタ認知を機能させ、一定の力を加え続けた場合の台車の運動に関して追究するという目標志向性を生み出しながら、子どもは探究に取り組んでいたと考えられる。次に、「どのくらい自分の予想、仮説に自信があるか」については、平均値が 3.5 であり、その主な理由として「他の人と同じ意見 (16 名)」であることを挙げていた。このことから、ここでは自己の予想と他者の予想を比較するメタ認知を機能させ、その一致性を捉えることが、自信度に影響していたと考えられる。一方で、自己の予想と異なっている子どもは、自信度が下がる現象が見られた。これは、対立する考えとの間に認知的葛藤が生じ、その解消が進まなかったことが起因していると考えられる。さらに、「どのくらい自分の予想、仮説を確かめたいか」については、平均値が 3.7 であり、その主な理由として「予想の真偽を確かめたい (8 名)」、「どちらの予想が正しいのかを知りたい (7 名)」などを挙げていた。特に、この自己の結果期待としての達成価値は、他の動機づけ要素と比較して平均値が高く、予想の真偽を確かめることへの自覚が探究の原動力となっていたと考えられる。

表 3 予想、仮説の場面における子どもの動機づけ要素に関する自己評価 (n=35)

動機づけ要素	Mean	SD	主な理由
どのくらい目標を達成したいか	3.5	0.81	・水平面上での台車の運動との違いを知りたいから (10 名) ・どのような運動になるか知りたい (3 名)
どのくらい自分の予想、仮説に自信があるか	3.5	0.73	・他の人と同じ意見だから (16 名) ・根拠や理由を書けているから (5 名)
どのくらい自分の予想、仮説を確かめたいか	3.7	0.88	・予想の真偽を確かめたいから (8 名) ・どちらの予想が正しいのかを知りたいから (7 名)

以上を踏まえ、図 2 に基づき予想、仮説の場面における調整学習に関わる各変数の関連構造を整理した (図 5)。ここでは班での話し合いなどを通じて、自己の予想、仮説に付け足した情報や、考えを変えた理由などを記述したワークシート例 (図 5 の (a) の部分) も示した。この事例では、他者の意見から、一定の力を持続的に台車に加えるには、斜面を作ることによってそれが実現できることを捉え、さらに自転車で坂道を下る経験などを関連付けながら予想を再構成していた。すなわち、ここでは外的変数である他者の認知やメタ認知、動機づけ要素との相互作用を通じて、自己の予想、仮説に必要な情報を適宜、取り込み、自己調整的に考えの再構成を図っていたと解釈できる。

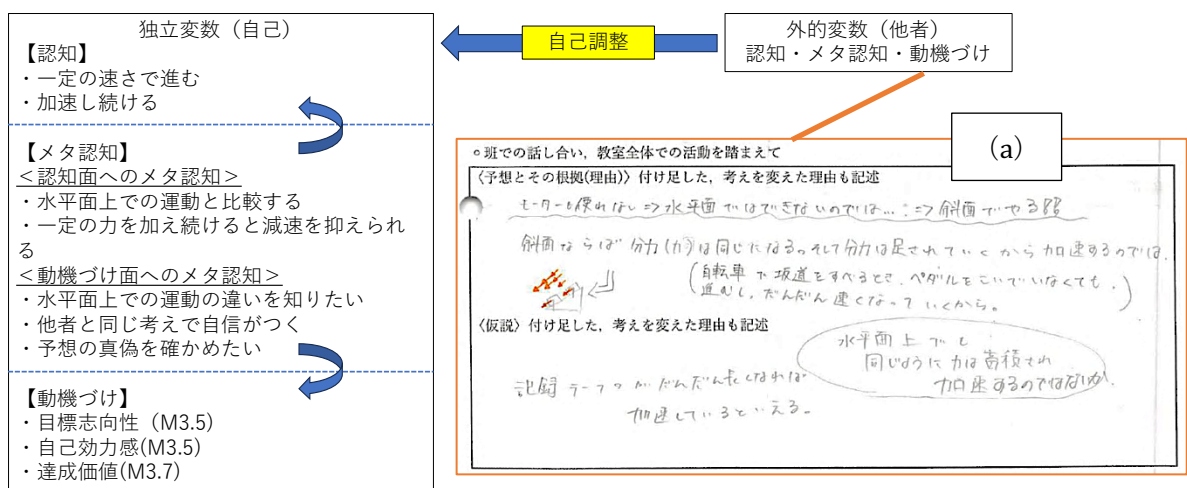


図 5 予想、仮説場面の調整学習に関わる各変数の関連構造

こうして、独立変数である自己の認知やメタ認知、動機づけの各要素は、話し合いを通じた他者の外的変数との相互作用によって、その機能を向上させている実態が明らかとなった。この際、自己調整過程において、認知や動機づけに対するメタ認知が中心機能となって、これらの変数間の関連付けを促進していたと考えられる。

4.2 検証計画の立案場面（共調整学習における認知・メタ認知・動機づけ要素の構造）

次に、予想、仮説を立証するための検証計画の立案を行った。図6は、子どもの検証計画の例である。この事例では、「斜面上で加速し続ける」との予想に基づき、それを立証するための計画が示されている。この子どもは、水平面上で一定の力を加え続ける方法については考案できず、斜面上での運動を通じて検証を試みようとしていた。これに関わり、斜面に平行にはたらく重力の分力を作図によって求め、これを机に板を立てかける方法を採用することで具体化していた。

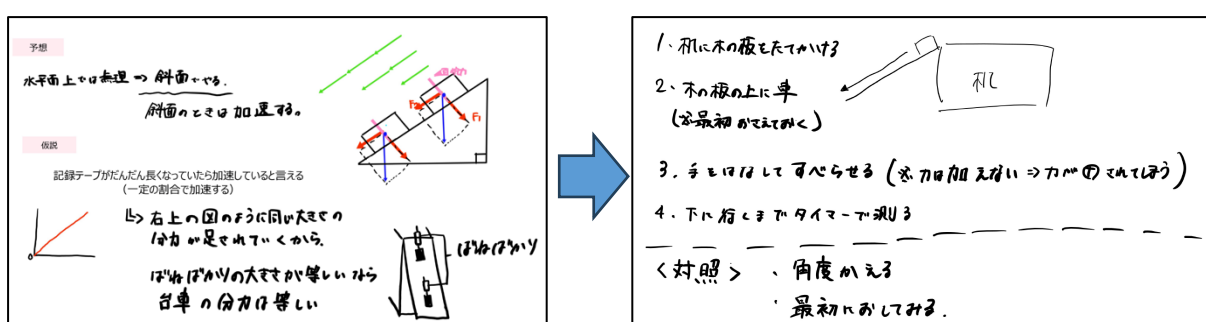


図6 検証計画の立案例

ここで、検証計画の場面（班内での話し合い後）における、子どもの動機づけ要素に関する自己評価の結果を整理すると表4の通りであった。動機づけ要素の平均値は3.6から3.9であり、予想段階から継続して比較的高いレベルでの動機づけのもとで探究が進行したと捉えられる。まず、「どのくらい目標を達成したいか」については、平均値が3.6であり、主な理由として「一定の力を加えた場合の台車の運動を知りたい」ことを挙げていた。予想、仮説の場面と同様に、一定の力を加え続けた場合の台車の運動に関して追究するという目標志向性を有しながら、継続的に探究に取り組んでいたと考えられる。次に、「どのくらい自分の検証計画に自信があるか」については、平均値が3.9であり、その主な理由として「他者の計画と似ていた(8名)」を挙げていた。これは、予想、仮説の場面と同様に、自己と他者の検証計画を比較する中でメタ認知を機能させ、計画の類似性や一致性を捉えることが、自信度に影響していたと考えられる。また、ここでは「坂を使うことで仮説を検証できる(4名)」ことも理由に挙げていた。一定の力を加え続ける方法を考案するにあたり、机や板で斜面を形成することで、それを具現化できることから、検証計画の妥当性が高まったことが自信度に影響したと考えられる。また、こうした方法が班での話し合いの中で、他者と同様の検証方法であると認識できたことによって、自信度が向上したとも考えられる。さらに、「どのくらい自分の検証計画で予想、仮説を確かめたいか」については、平均が3.8であり、その主な理由として「結果がどうなるか知りたい(6名)」「予想、仮説が正しいか知りたい(11名)」などが挙げられた。検証計画を立案することによって、子どもは一層結果を知りたくなつたと考えられ、それと連動して自己の結果期待としての達成価値は高まりを見せたと考えられる。

なお、外的変数としての他者の集団からの影響も捉えるため、ここでは班ごとの発表を聞いた後に

も、個人の動機づけ要素（②および③）の自己評価を実施した。括弧内にその平均値を示した。この結果から、それぞれ②（3.9→4.0）および③（3.8→4.0）とも平均値が上昇していた。ここでは、その理由記述から他班の発表を聞いて、その類似性からより自信度を増し、一方で他班の考えと異なる場合には「その違いを確かめたい」と動機づけられた可能性が示唆された。しかし、具体的な記述が少なかったため、より詳しい検討が必要である。

表4 検証計画の立案場面における子ども（個人）の動機づけ要素に関する自己評価（n=33）

動機づけ要素	Mean	SD	主な理由
①どのくらい目標を達成したいか	3.6 (-)	0.99	・一定の力を加えた場合の台車の運動を知りたい（5名） ・自分なりに予想をしたので、確かめたい（5名）
②どのくらい自分の検証計画に自信があるか	3.9 (4.0)	0.77 (0.73)	・坂を使うことで仮説を検証できるから（4名） ・他者の計画と似ていた（8名） （・他班と似た計画だった）
③どのくらい自分の検証計画で予想、仮説を確かめたいか	3.8 (4.0)	0.96 (0.80)	・結果がどうなるか知りたい（6名） ・予想、仮説が正しいか知りたい（11名） （・他班の考えと違いを確かめたい）

さらに、ここでは共調整における動機づけ要素の変動を捉えるため、表5に示すように班としての動機づけ要素（②および③）についても自己評価させた。なお、平均値（Mean）、標準偏差（SD）および主な理由における括弧内の数値および記述は、班ごとの発表後に再度、班での検証計画の再検討を行った際の動機づけ要素の自己評価の結果である。まず、最初の班での話し合い段階において、「どのくらい班の検証計画に自信があるか」についての平均値は3.8であった。その後、班ごとの発表後に再度、班での検証計画の再検討を行った際には平均値が4.0へと上昇していた。これは、主な理由として「他班の考えも加えられて分かりやすくなった」ことが記述されており、他班から有益な情報を取り込んだことによって、個人の自信度の高まりと同様に、班としても検証計画への自信を向上させたと考えられる。共調整は、子ども一人ひとりが構築した考えをもちより、共有することから始まる。その上で、自己の考えと他者の構築した考えとを比較し、他者の考えを自己の中に取り入れて、アプロプリエーションを繰り返していくことによって、共調整は活性化していくが（本間・長沼・和田，2016）、ここではそうしたアプロプリエーションの実態と動機づけの連動性が捉えられた。次に、最初の班での話し合い段階において、「どのくらい班の検証計画で予想、仮説を確かめたいか」についての平均値は4.2と極めて高レベルであった。これは、多くの班で「検証計画が具体的になっ

表5 検証計画の立案場面における班の動機づけ要素に関する自己評価（n=10）

動機づけ要素	Mean	SD	主な理由
①どのくらい目標を達成したいか	-	-	-
②どのくらい班の検証計画に自信があるか	3.8 (4.0)	1.17 (0.67)	・班員の意見がまとまったから （・他班の考えも加えられて分かりやすくなったから）
③どのくらい班の検証計画で予想、仮説を確かめたいか	4.2 (4.1)	0.75 (0.78)	・検証計画が具体的になってやる気が出てきたから ・予想、仮説が正しいか知りたいから （・他班の考えと違いを確かめたいから）

てやる気が出てきたから」といった理由の記述がなされており、結果の見通しが形成されたことに起因して達成価値の高まりを生んだと考えられる。この要素は、班ごとの発表後においても 4.1 と高レベルを維持していた。

以上を踏まえ、図 2 に基づき検証計画の立案場面の調整学習に関わる各変数の関連構造を整理したものが図 7 である。ここでは共調整の過程として、図 7 の (a) の部分に、班で話し合った検証計画に関して、他班の考えを聞き、班としての検証計画を再構成した際に検証計画に付け足した情報や計画を変えた理由などを記述したワークシートの事例を示した。また、(b) の部分には、班での話し合いなどを通じて、自己の検証計画に付け足した情報や計画を変えた理由などを記述したワークシートの事例を示した。まず (a) の部分では、他者の意見から台車に加わる一定の力を変えるには、斜面の角度を変えることで実現できること、また斜面に平行な重力の分力は、ばねばかりで測定できるといった情報を取得し、班の検証計画を再構築していることがわかる。すなわち、ここでは外的変数である他者の認知やメタ認知、動機づけ要素との相互作用を通じて、自己と他者の間で一時的に自己調整を共調させたと考えられる。その中で、自己と他者の相互作用において、新たなグループとしての目標変数が設定され、班での認知や動機づけの調整が図られ、班の検証計画に必要な情報を

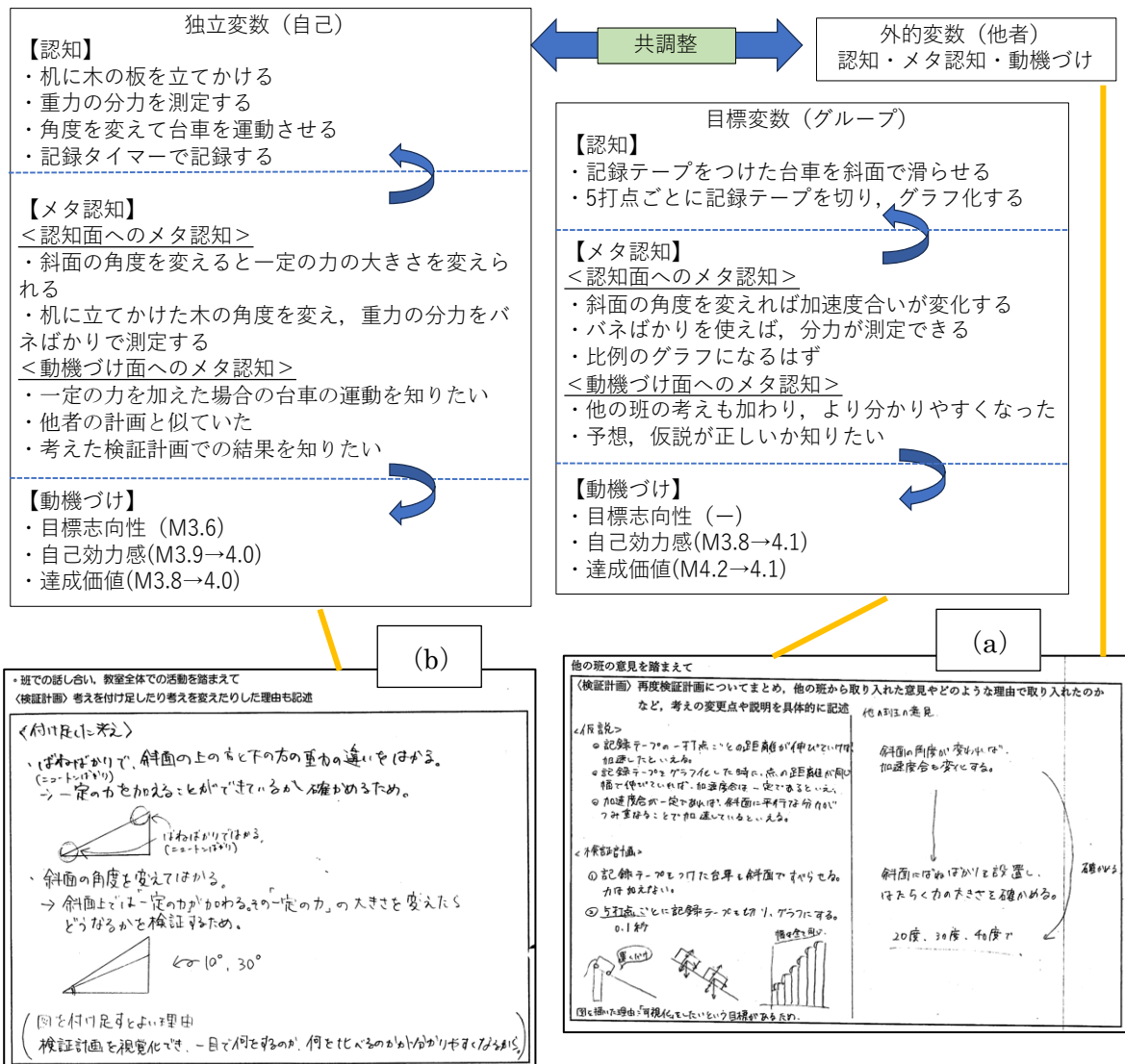


図 7 検証計画の立案場面の調整学習に関わる各変数の関連構造

取捨選択し、考えの再構成を図っていたと解釈できる。この共調整の過程においても、図5の独立変数や目標変数の欄に整理したように、認知や動機づけに対するメタ認知がバブ機能を担うことによって、これらの変数の関係付けを促進していたと考えられる。こうして、(b)の部分に示した独立変数である個人の認知やメタ認知、動機づけの各要素は、班員や他班の外的変数との相互作用を通じて、その機能を向上させることによって、自己の検証計画の妥当性を高める情報を取得できたと考えられる。

4.3 考察場面（社会的に共有された調整学習における認知・メタ認知・動機づけ要素の構造）

最後に、検証計画に基づき実験を行った後、結果の考察を行った。図8は、記録テープから作成したグラフの解釈を通じた子どもの考察の例である。この事例では、斜面の角度を変えた場合の台車の運動と、水平面上で定力装置によって加える一定の力を変えた場合の台車の運動について、それぞれの記録テープから時間と0.1秒あたりに進む距離の関係をグラフ化し、結果を整理している。この結果に基づき、この子どもは台車の速さが一定の割合で増えることを見出している。また、台車に加わる力が大きくなると、速さが増える割合も大きくなることを捉えている。さらに、こうした関係が水平面上でも、斜面上でも加える力がほぼ同じであれば、同様の運動になることを見出し、これを台車に加わる力を図示しながら説明している。こうして、台車に一定の力が加え続けることによって、台車の速さが変化する割合は大きくなることを結論づけていた。

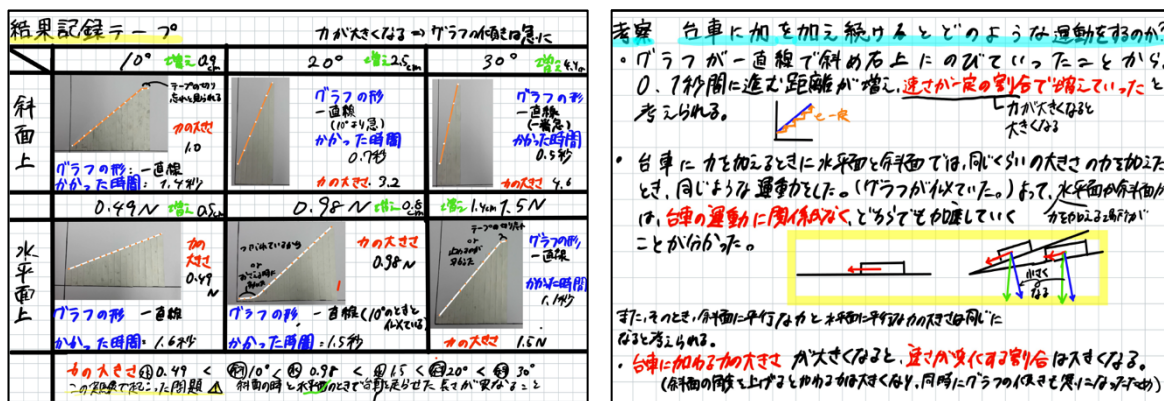


図8 結果の整理と考察の表現例

授業では、こうした個人の考察を教室全体で共有しながら、対話を展開した。表6に、その対話過程の一部を示した。ここでは、まず教師Tが子どもC1の作成した時間と台車の0.1秒間の移動距離の関係を表したグラフを共有し、そのグラフを作成した意味を問うている。これによって、子どもは「グラフによる変数間の関係の視覚化」といった、グラフの機能に関する意識を強化されたと考えられる。その上で、時間と0.1秒間に台車が移動する距離との間に比例関係が見られたことから、教師Tはこれを $y=ax$ という関数表記していたC2の考えを表現させることによって、直線の傾きの違いが意味することを捉えさせようとした。さらに教師Tは、図を用いて斜面上の台車にはたらく力を考察しているC3の考えを共有することによって、グラフから捉えられる変数間の関係性と、それが成立する理由を関連付ける支援を行った。このような対話を通じて、教室全体の考えが収斂されていき、結論の導出を可能にしたと考えられる。こうした社会的に共有された調整学習の成立によって、子どもは他者の認知やメタ認知などの外的変数の影響を受けながら、自己の学習を調整していったと考えられる。

表6 結果の考察場面における発話プロトコル

T	C1さん、グラフ化することの意味は何がある？ グラフ化することで何がわかる？
C1	結果を比較しやすい。
T	なるほど、本2冊分と4冊分を比較すると、力が2倍になっていることがわかるね。じゃあ、力が2倍になるとグラフの直線の傾きはどうなっているか。グラフで視覚化するとこうした関係性がわかってくるね。 (中略)
T	C2さんは、 $y=ax$ と書いて関数で表そうとしているけど。これはどういう意味？
C2	グラフから比例関係が見えてきたので、式で表せると思った。
T	そうするとデータから傾きを求めることもできるね。 横軸に時間で、縦軸に速さや移動距離をとった場合で、どのようなグラフになるかな。どんなことが言えてくるかな。 (中略)
T	あと、図で考えてくれている人もいます。C3さん発表してください。
C3	角度を大きくすると、なぜ台車の加速に繋がる力が大きくなるのか理由を考えてみました。平行四辺形の法則から、斜面の角度が大きくなると斜面に平行な重力の分力が強くなるので、加速する割合が大きくなると思いました。
T	このように、グラフだけではなく、図で考えてみると台車が加速する理由が見えてくると、数値データの意味も説明できてきそうだね。 (中略)
T	考察をまとめてみましょう。
全体	角度が大きくなると加速の割合は大きくなった。 斜面上、水平面上とも、(グラフを比較して)同じ力を加え続けると同様の割合で加速していく。

表7に、考察場面における子どもの動機づけ要素に関する自己評価の結果を示した。各動機づけ要素の平均値は3.3から3.7であり、学習全体を通じて比較的高いレベルでの動機づけの下で探究が進行したと捉えられる。まず「どのくらい目標を達成したいか」については、平均値が3.7であり、その主な理由として「実験を行ったので考察をしたい(7名)」ことを挙げていた。「実験結果に基づき、予想、仮説を立証する」といったメタ認知を機能させ、考察に対する目標志向性を生み出しながら、子どもは探究に取り組んでいたと考えられる。次に、「どのくらい自分の考察に自信があるか」については、平均値が3.3であり、他の動機づけ要素よりも低い結果となった。ここでは「グラフから多面的に考察できた(5名)」、「他者の考察と似ていた(3名)」といった肯定的な理由記述が見られる一方、「自分なりの分析ができなかった(6名)」といった記述も見られた。この考察場面では、台車の運動をグラフ化して結果を分析・解釈する必要があるが、それに対する自己の取り組み状況をメタ認知する中で、自分なりの分析が進まなかったと自覚した場合には、否定的な感情が生まれたと推察される。これによって、自信度の低下を招いたと考えられる。

最後に、「自分の考察で問題は解決できたか」については、平均値が3.6であり、その理由として「実験結果をもとに答えを導けた(8名)」、「加速することを見出せた(6名)」などの記述がなされていた。このことから、子どもは当初の予想や仮説とは異なる結果が得られたが、証拠に基づきながら台車に一定の力を加え続けると加速し続けることを見出せたと自覚したと考えられる。

以上を踏まえ、図2に基づき考察場面の調整学習に関わる各変数の関連構造を整理したものが図9である。ここでは社会的に共有された調整の過程として、教室で考えが共有された2名の子どもを事例に認知、メタ認知、動機づけの情報を独立変数(個人)として示した。こうした子ども同士の相互作用を通じて、他者の外的変数への影響を生み出しながら、教室全体での認知、メタ認知、動機づけの調整過程を生み出したと考えられる。そこでは、表6のプロトコルに示したように、教師によるメタ認知を促す介入が重要になると考えられる。教師の介入を通じた認知・メタ認知・動機づけの各

要素の共有による相互関連の活性化を通じて、科学的探究は収斂過程へと移行し、妥当性の高い結論の導出が促されると考えられる。

表7 考察場面における子どもの動機づけ要素に関する自己評価 (n=33)

動機づけ要素	Mean	SD	主な理由
①どのくらい目標を達成した いか	3.7	0.90	・実験を行ったので考察をしたい (7名) ・予想, 仮説を確かめたい (4名)
②どのくらい自分の考察に自 信があるか	3.3	0.90	・グラフから多面的に考察できた (5名) ・他者の考察と似ていた (3名) ・自分なりの分析ができなかった (6名)
③自分の考察で問題は解決で きたか	3.6	0.96	・実験結果をもとに答えを導けた (8名) ・加速することを見出せた (6名)

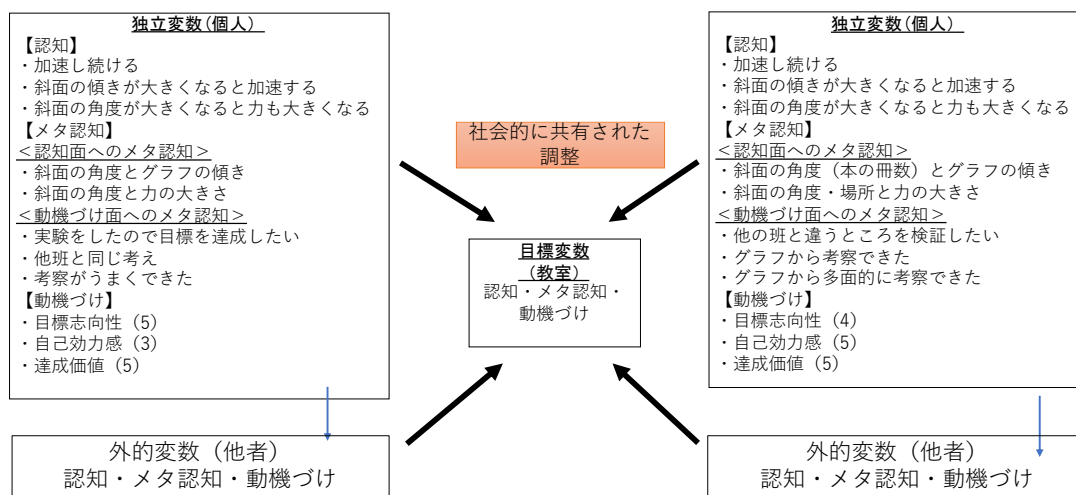


図9 考察場面の調整学習に関わる各変数の関連構造

5. 研究のまとめ

本研究では、中学校理科を事例に学習の調整における自己調整、共調整および社会的に共有された調整の過程に関わるメタ認知・認知・情意の調整構造を明らかにすることを目的とした。結果として、以下の諸点が明らかとなった。

- (1) 中学校理科の科学的探究において、自己調整、共調整および社会的に共有された調整の過程に関して、認知・メタ認知・動機づけの各要素から、その内部構造を可視化することができた。
- (2) 独立変数 (自己) としての認知・メタ認知・動機づけの各要素は、メタ認知をハブ機能として相互関連することが明らかとなった。この際、メタ認知は認知および動機づけの双方に対して機能することで、高いレベルでの動機づけを維持しながら探究過程を推進できる。
- (3) 共調整の過程では、自己の認知から他者の認知へとメタ認知の範囲を拡張することによって、自己と他者の間で一時的に自己調整を協調させ、アプロプリエーションを機能させながら新規の考えを創発することが可能となった。
- (4) 社会的に共有された調整の過程では、教師の介在を通じた認知・メタ認知・動機づけの各要素

の共有による相互関連の活性化を通じて、科学的探究の収斂と結論の導出が促されることが明らかとなった。

附記

本研究は、JSPS 科研費 21K02571 の助成を受けたものである。また、本研究は第 59 回日本理科教育学会関東支部大会で発表した内容に加筆、修正を加えたものである。

参考・引用文献

- Boekaerts, M. (1999). Self-Regulated Learning: Where We Are Today. *International Journal of Educational Research*, 31, 445-457.
- Corno, L., & Mandinach, E. B. (2004). What we have learned about student engagement in the past twenty years. D. M. McInerney & S. Van Etten (Eds.), *Big Theories Revisited* (Research on Sociocultural Influences on Motivation and Learning), 299-328.
- Hadwin, A. F., Järvelä, S., & Miller, M. (2011). Self-regulated, co-regulated, and socially shared regulation of learning. In B. J. Zimmerman & D. H. Schunk (Eds.), *Handbook of self-regulation of learning and performance*, 65-84.
- 平澤傑, 久坂哲也 (2021) 「中学校理科における「主体的に学習に取り組む態度」の評価指標の開発」, 『理科教育学研究』, 62 (1), 149-157.
- 本間峻太, 長沼武志, 和田一郎 (2016) 「社会的文脈における学習の調整を通じた子どもの科学概念構築過程に関する事例的研究 —小学校理科「空気と水の性質」の単元を事例として—」, 『臨床教科教育学会誌』, 16 (2), 65-76.
- 猪口達也, 後藤大二郎, 和田一郎 (2018) 「理科学習における主体的な問題解決活動の推進に関わる社会的メタ認知の機能についての事例的研究」, 『理科教育学研究』, 59 (2), 229-242.
- 国立教育政策研究所 (2022) 「令和 4 年度 全国学力・学習状況調査の結果 (概要)」
<https://www.nier.go.jp/22chousakekkahoukoku/22summary.pdf> (accessed 2023.09.30)
- 榊幸人, 澤田大明, 和田一郎 (2022) 「中学校理科における SRL サイクルを通じた自己調整学習の能力育成」, 『日本科学教育学会研究会研究報告』, 36 (4), 51-56.
- 長沼武志, 森本信也 (2015) 「自己調整的な理科学習を進めるためのフィードバック機能に関する研究～フィードバックが機能する四つのレベルを意識した授業デザイン～」, 『理科教育学研究』, 56 (1), 33-45.
- 齊藤徳明, 遠藤寛, 和田一郎 (2020) 「理科学習におけるメタ認知機能による認知・情意の相互関連に基づくアプロプリエーションの実態に関する研究-小学校理科「物の溶け方」の単元を事例に-」, 『理科教育学研究』, 51 (2), 263-275.
- Schraw, G., Crippen, K. J., & Hartley, K. (2006). Promoting Self-Regulation in Science Education: Metacognition as Part of a Broader Perspective on Learning, *Research in Science Education*, 36, 111-139.
- 和田一郎 (2011) 「理科における自己調整学習の成立要因に関する考察」, 『北海道教育大学紀要 教育科学編』, 51(2), 243-252.
- 和田一郎, 森本信也 (2014) 「理科授業における社会的相互作用がメタ認知の機能に及ぼす影響につ

- いての事例的研究-教師と子どもとの協同的なモデル構築過程を中心として-,『理科教育学研究』, 55 (1), 95-108.
- 和田一郎 (2020) 「理科学習における社会的文脈とメタ認知・認知・情意の調整過程に関する考察」, 『日本理科教育学会関東支部大会発表論文集』, 59, 47.
- Zimmerman, B.J. (1989) A social cognitive view of self-regulated academic learning, *Journal of Educational Psychology*, 81(3), 329.