

研究論文

科学的探究活動の過程における協働的知識構築 —教職大学院生を対象にした地学基礎「地球の大きさ」の測定を例に—

後藤大二郎^{*1}

Collaborative Knowledge Building in the Process of Scientific Inquiry Activity:

The Measurement of “the Size of the Earth” in Basic Earth Science for Graduate Students

Daijiro GOTO

【要約】科学的探究活動の実施に向けた知見を得るために、大学院生を対象とした科学的探究活動によって、文化的人工物が構築される様態を明らかにすることを目的とした。2022年度後期に教職大学院で開講された授業において高等学校地学基礎の科学的探究活動を実施し、分析を行った。その結果、学習者は、試行を繰り返し、協働的知識構築レベルが上下する過程によって文化的人工物を構築していた。

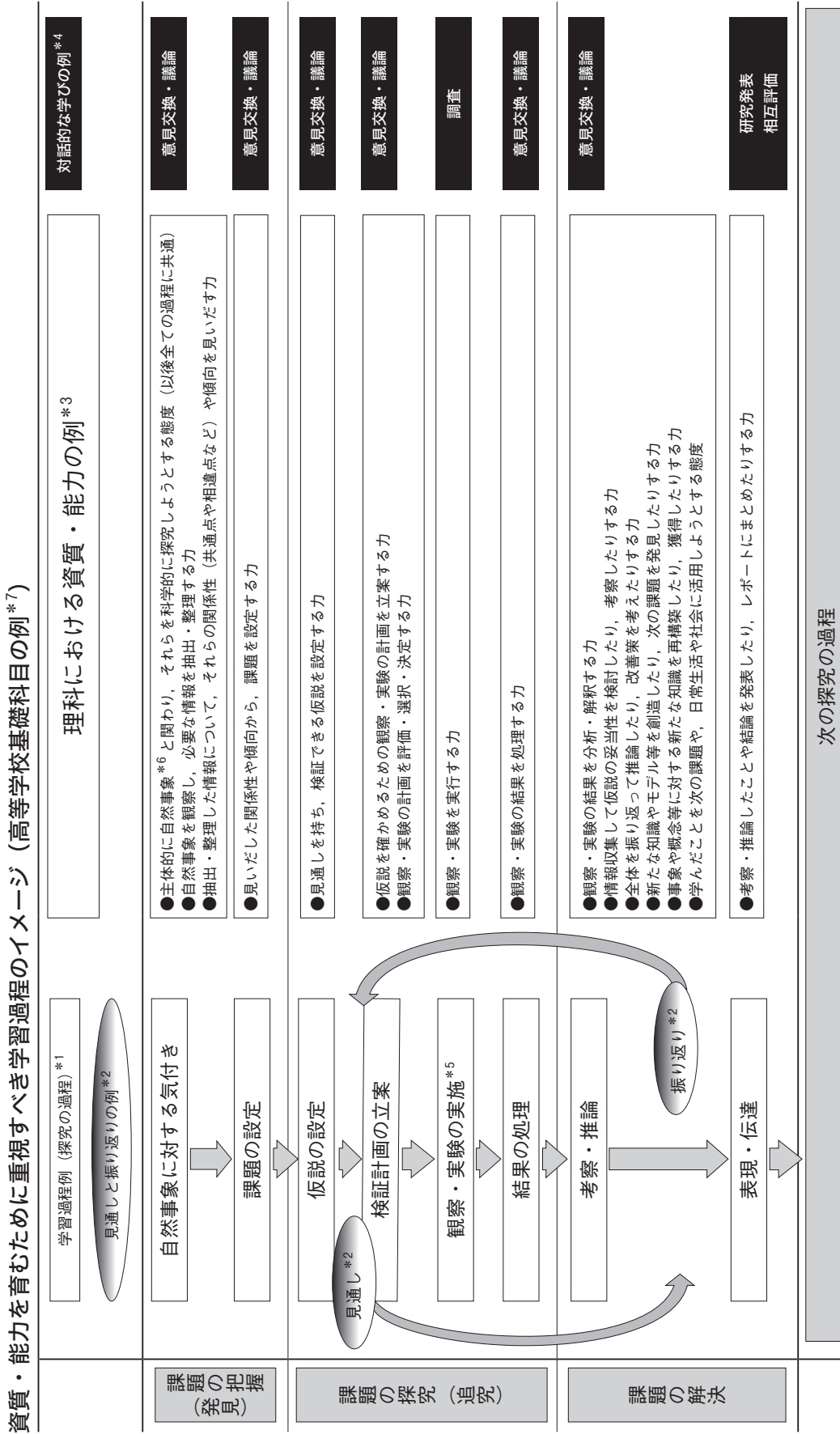
【キーワード】協働的知識構築モデル，科学的探究，学習環境デザイン，地学基礎

1. 問題の所在

現在、社会は変革の時期にある。子どもたちが成人して社会で活躍する頃にはさらに大きな変化が起きているであろう。このような VUCA な時代において、一人一人がよりよい在り方を目指して社会や自然環境に主体的に関わり、変革を起こしていくことが求められる（例えば、OECD（2018）、文部科学省（2018:1）など）。令和4年度から年次進行で実施されている高等学校学習指導要領では学習指導の改善について、「科学的に探究するために必要な資質・能力を育成する観点から、観察、実験を行うことなどを通して探究する学習活動をより一層充実させるために、例えば情報の収集、仮説の設定、実験による検証、実験データの分析・解釈などの探究の過程を明確化し」ている（図1）（文部科学省、2019：10、13-14）。これは、「高校で理科の実験を何とか進めたいと思いやってきたが、先生方が本当に実験に取り組まない。そういう現場の体質ができてしまっている。」といった議論を受けたものである（中央教育審議会、2016）。「一番大事なものは、探究プロセスを体験の中でつかんでいくこと」、「探究プロセスが体として分かるということが一番の目的であると思う。」、「グループで作業していくとその中で、自分はどこが得意かとか、他者はどんなところが得意かというようなことを考えながらやっていくということが、他の授業に対しても非常に大きな影響が出てくるのではないか。」といった議論を経ており（中央教育審議会、2016）、協働的な探究の過程を重視することが、これからの社会や自然環境に主体的に関わることに直結していると捉えることができよう。

探究によって社会や自然環境に主体的に関わる営みとは、知識の伝達と習得を強調する伝統的な学校教育実践からの脱却を志向して、社会や自然環境についての知識を継続的に発展させていく営みと言い換えることができる。このような知識を発展させる学習について Scardamalia & Bereiter（2006）は、知識構築（knowledge building）のアプローチを提言している。知識構築アプローチにおいて、知

^{*1} 佐賀大学大学院学校教育学研究科



*1 探究の過程は、必ずしも一方の方向の流れではない。また、授業では、その過程の一部を扱ってよい。

*2 「見通し」と「振り返り」は、学習過程全体を通してのみならず、必要に応じて、それぞれの学習過程で行うことも重要である。

*3 全ての学習過程において、今までに身に付けた資質・能力（既習の知識及び技能など）を活用する力が求められる。

*4 意見交換や議論の際には、あらかじめ個人で考えることが重要である。また、他者とのかわりの中で自分の考えをより妥当なものにする力が求められる。

*5 単元内容や題材の関係で観察・実験が扱えない場合も、調査して論理的に検討を行うなど、探究の過程を経ることが重要である。

*6 自然事象には、日常生活に見られる事象も含まれる。

*7 小学校及び中学校においても、基本的には高等学校の例と同様の流れで学習過程を捉えることが必要である。

図1 科学的探究の過程（文部科学省，2019：10）

識とは共同体において常に進展し続けるダイナミックなものであり、参加者はその知識の発展に寄与することが重視される。参加者が既存概念や知覚を持ち寄り、共同体の知識と照らし合わせることで個人の創発的理解を生む。さらにこの発展させた知識をより大きな社会的知識構築の成果として位置づけるのである(スカーダマリア・ベライター, 2016)。したがって、知識を発展させる営みにおいて、知識は常に未完成であり、進展する可能性を持っているといえる。このような学習環境においては、創発を促進するデザインが肝要となる。

奥村・有元・阿部(2022)は、他者と協働しながら何かを生み出す「創造性」や「ひらめき」について議論している。「ひらめき」を個人内の事象として捉えるのではなく、関係的・創発的な成り立ちとして捉えられることを示した(奥村・有元・阿部, 2022: 16-46)。「ひらめき」によって、自分たちの外にすでにある答えを思いつく「既存感得」と、自分たちの対話からまだなかったものが創発される「未踏創発」との両面から成り立つ学習の可能性を指摘している(奥村・有元・阿部, 2022: 220-235)。これは Scardamalia & Bereiter (2006) が提言している知識構築アプローチが示した知識を発展させる学習環境デザインに共通する。そこでは、「あらかじめ存在するものの発見」すなわち、「既存感得」であったとしても「ひらめき」とみなすことで、知識を発展させている、すなわち「未踏創発」と捉えることができるからである。

このような「ひらめき」が生まれ、知識構築へとつながる学習環境について検討する。「ひらめき」が生まれる場について、有元は「みんなで安心感のある場を作っているからこそ成立する」と指摘している(奥村・有元・阿部, 2022: 227)。学校においても学習環境デザインフレームワークにおいて、参加者の関係性である社会的側面の重要性が指摘されている。学習環境デザインのフレームワークである探究の共同体フレームワーク(Community of Inquiry framework)では、社会的側面、認知的側面、教授的側面からなる(Garrison, 2016)。社会的側面は参加者同士の関係性、認知的側面は探究の過程、教授的側面は探究を設定し促進する側面であり、この三つが重なったところに有意義な学習が生じることを示した(Garrison, 2016)。我が国における研究として後藤・和田(2020)は、小学校理科学習における授業デザインに援用し、教授的側面によってより科学的な概念としての文化的人工物(cultural artifacts)が構築される様態を明らかにした。文化的人工物とは、共同体において構築され共有・蓄積された知識や技能などであり、共同体のメンバーは、これらの人工物を媒介して対象への働きかけを行う。高等教育において後藤(2022)は、グループ活動における対話分析から、認知的側面の対話の中に社会的側面の発話が差し挟まることで探究が継続する動機づけになっていることを示唆している。さらに、後藤(2023)は、教育学部授業においてグループワークを取り入れる際に、社会的側面に働きかける動機づけを行った授業を分析した。それにより、社会、教授、認知の3側面の重なりが見られたこと、前年度の授業と比較して成績が向上したことから、この動機づけが協働的に活動することに寄与したと考察している。いずれの研究においても、学習環境デザインの社会的側面の機能によって関係的・創発的な「ひらめき」が生まれ、認知的側面、教授的側面が機能して探究の過程が促進し、文化的人工物が構築・参照されていることが推察される。

知識構築による探究の過程については、「デザイン思考」の有用性が指摘されている(スカーダマリア・ベライター, 2016)。デザイン思考とは問題状況を理解し、定義する、解決方法のアイデアを出し、検証していくという、拡散と収束の過程を繰り返す問題解決のモデルである(ヤング・木島, 2019)。思いついたことを「プロトタイプ」として表出しては検討することを繰り返す過程は、仮説生成的であり、図1に示した仮説検証を行う科学的探究の過程とは異なるプロセスとであることが推察される。

本研究において、科学的探究の過程について文化的人工物が構築・参照される過程として捉えるこ

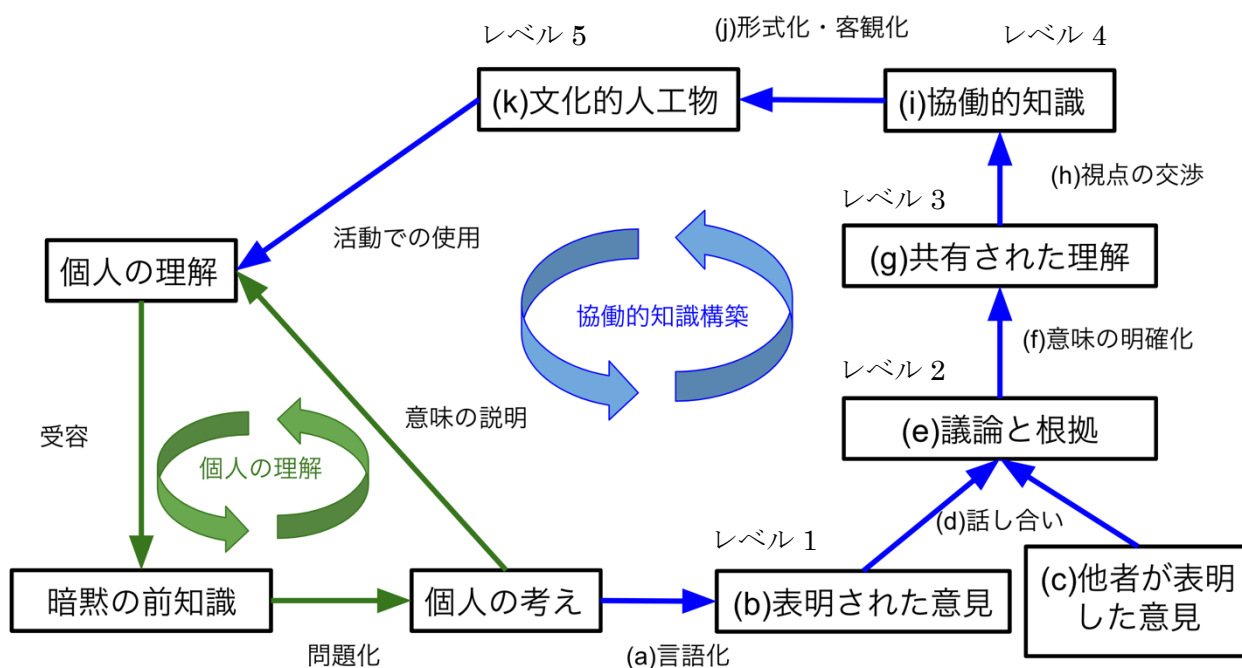


図2 協働的知識構築モデル (Stahl, 2000 を基に作成)

とを試みる。具体的には、Stahl (2000) が措定した協働的知識構築モデル (collaborative knowledge building model) である (図 2)。協働的知識構築モデルは、個人と共同体が相互に関連し、個人のアイデアが協働的知識を経て文化的人工物へと昇華していく過程を詳述している。これは、個人の考えが言語化され、文化的人工物として構築されるまでの過程が「表明された意見 (public statement)」、 「議論と根拠 (argumentation & rationale)」、 「共有された理解 (shared understanding)」、 「協働的知識 (collaborative knowledge)」、 「文化的人工物 (cultural artifacts and representations)」の 5 つの「知識の形式 (form of knowledge)」として示されている。後藤・和田 (2019) は、協働的知識構築モデルを用いて理科授業の様態を明らかにした。個人の考えが言語化されてアイデアとして共同体に表出され、文化的人工物として構築され、参照されるまでの過程を捉えた。したがって、探究の過程における対話を分析することによって知識の形式を捉え、文化的人工物が構築される様態を明らかにすることが可能になると考える。しかしながら、後藤・和田 (2019) はフェーズの行き来があることを指摘しているものの、その詳細は明らかにしていない。

2. 目的

そこで、本研究では、大学院生を対象とした科学的探究活動によって、文化的人工物が構築される様態を明らかにし、科学的探究活動についての示唆を得ることを目的とする。

3. 方法

3.1 実践概要

授業実践は、教職大学院授業実践探究コース専門科目「学力と学習評価の研究」で行った。大学院 1 年次後期の科目で、2022 年度は 7 名が受講した。現職派遣教員 (英語科) 学生が 1 名 (A)、大学卒業後すぐに入学した学生が 6 名である。専門の内訳は、小学校体育科 1 名 (B)、中学校数学科 1 (C) 名、中学英語科 1 名 (D)、高等学校社会科 1 名 (E)、高等学校数学科 2 名 (F) (G) である。なお、記号はプロトコル分析の記号と一致する。学生 E は地学基礎を履修していた。大学院に入学してから

ほぼ同じ授業を履修してきており、人間関係が非常に良好であると筆者は捉えている。また、学生同士は、互いの得手不得手や性格などを把握しており、「ひらめき」が生まれる心理的安全性が高いと筆者は捉えている。実践当日は、中学校数学科の学生（C）が欠席したため、参加者は学生6名及び教員である筆者を合わせた7名であった。

実践したのは、2022年11月9日実施の「パフォーマンス課題とルーブリック評価」をテーマにした授業であった。講義を30分程度行った後、パフォーマンス課題として設定した。探究活動の説明を20分程度行い、約40分の活動を行った。授業のねらいはパフォーマンス課題についての理解とルーブリックによる学習評価であったため、学生には探究活動について自己評価を行うことを課していた。

探究活動は、高等学校地学基礎「地球の形や大きさ」の単元のうち、スマートフォンのGPS機能等を活用して地球の大きさを計測する活動である（文部科学省、2019：151-152）。エラトステネスによる地球の全周の計測方法を紹介し、緯度の差と距離から求める。国立教育政策研究所教育課程研究センター（2021）や杉田（2016）を参考にして計画した。なお、緯度は方位磁針アプリのGPSを、距離の測定もスマートフォンの距離測定アプリを使用する。

3. 2 分析方法

記録はタブレット端末による録画及び各学生が着用したボイスレコーダーによる録音を行う。これらの記録を統合して一つのトランスクリプトを作成し、SCATを援用して場面分けを行う。SCATとは、セグメント化した言語データから4つのステップを経て、テーマや構成概念を明らかにする分析手法である（大谷、2008）。藤井・水野（2015）は、グループ活動の発話展開を把握するためにSCATを援用したGD（Group Discussion）表を開発しており、談話分析に有用であることは明らかである。本研究では、談話の場면을明らかにするために用いる。具体的には、4つ目のステップである「テーマ・構成概念」が共通になる談話を一つの場面とする。

各場面における知識構築の様態を明らかにするために、その場面において解決しようとしている課題とその解決内容や方法を分析する。その結果を基に協働的知識構築のレベルを明らかにする。

協働的知識構築レベルの分類指標を表1に示す。

表1 協働的知識構築レベル

レベル	知識の形式	分類指標
5	文化的人工物	他の探究活動や異なる共同体においても活用可能な知識として取り扱われている概念
4	協働的知識	共同体メンバー全員の合意が得られて、現在進行中の探究活動に活用可能、もしくは適用された知識として取り扱われている概念
3	共有された理解	現在進行中の探究活動に適用できる可能性があり、共同体のメンバーから概ね合意が得られている知識として取り扱われている概念
2	議論と根拠	表明された意見に対して論証や根拠が示された知識であるが、メンバーからの合意は不十分であり、対立する意見が存在する知識として取り扱われている概念
1	表明された意見	共同体メンバーが表明した意見・経験・アイデア等

これは、図2に示した協働的知識構築モデルにおける(b)から(k)までのフェーズのうち、知識の形式のフェーズに着目し、段階として捉え直した。レベル1は「表明された意見」である。後藤・

和田 (2019) は、「自分の意見を表明する」としており、理科学習において多様な手段で多様な意見を表出することが肝要であることを指摘している。そのため、他者との合意が得られていないものであっても「共同体メンバーが表明した意見・経験・アイデア等」であれば表明された意見として捉える。レベル2は「議論と根拠」である。後藤・和田 (2019) は、観察・実験の結果などを根拠に精緻化された意見であることを指摘している。そのため、他のメンバーからの合意はなされていない知識ではあるものの、根拠と共に論理的に表明された意見や、すでに表明されている意見に対して根拠が付加され論理的に示された知識として取り扱われている概念であると捉える。レベル3は「共有された理解」である。後藤・和田 (2019) は、科学用語や共同体に共通のことば、すなわち、これまでに構築されてきている文化的人工物等を用いた知識であることを指摘している。協働的に探究活動に適用できる可能性がある知識として取り扱われている概念であり、概ね合意が得られていると捉える。レベル4は「協働的知識」である。後藤・和田 (2019) は、個人やグループを問わず探究活動において活用できる知識として示している。したがって、共同体メンバー全員が納得しており、活動に活用可能または既に適用されている知識として取り扱われている概念であると捉える。レベル5は「文化的人工物」である。後藤・和田 (2019) は、形式化・客観化を経て他の共同体においても活用可能な一般的かつ汎用的な知識であることを示している。したがって、他の探究活動や異なる共同体においても活用可能な知識として取り扱われている概念と捉える。

探究の過程は必ずしも一方向ではない (文部科学省, 2019: 10)。後藤・和田 (2019) は、協働的知識構築のフェーズについても、一方向に進むのではなく知識構築の段階を捉えて教授・学習法略を取ることが有効であることを指摘している。これらのことから、レベルの推移を捉えることによって、探究の過程を捉えることが可能と推察される。さらに、プロトコル分析を行い個人の考えや「ひらめき」から文化的人工物が構築・参照される様態を明らかにする。

4 結果と考察

4.1 SCAT による場面分け

探究活動の開始から終了まで、タブレット端末の動画記録は 38 分 50 秒であった。活動の概要は次のとおりである。学生は教室で説明を受けた後、活動場所や見通しやアプリの確認を行った (第 1 場面～第 5 場面)。その後、校舎西側の道路に出て計測を行おうとした (第 6 場面～第 12 場面前半)。長い距離が取れるメインストリートに移動して計測を行った (第 12 場面後半～第 27 場面)。さらにスタート位置の緯度を正確に測定するために再度計測を行い、地球の全周を求めた (第 28 場面～第 33 場面)。最後に課題の提出方法を確認して (第 34 場面) 活動は終了した。

動画記録等からトランスクリプトに起こされた発話数は 764 回であった。学生ごとの発話数を表 2 に示す。学生の発話で一番多かったのは学生 F の 205 回、一番少なかったのは学生 G の 56 回であり、筆者である教員 T の発話は 42 回であった。

表 2 学生ごとの発話数

	学生 A	学生 B	学生 D	学生 E	学生 F	学生 G	教員 T	合計
発話数	79	196	75	111	205	56	42	764

探究活動を開始したときのトランスクリプト及び SCAT によるコーディングを表 3 に示す。本研究において 1 つの発話を一つのセグメントとして分析した。発話番号の頭文字は上述の学生に対応して

おり、教員はTで記した。

活動の始まりにE1が「先に計画を立てた方がいいのかな」と発言した。これから探究活動を行うため、この発言において注目すべきは「計画を立てる」である。これは言い換えると「見通しを持つ」ということである。E1がこの発言をした背景には、これから科学的探究活動の課題に取り組むという見通しがたつた。そのため、この発言は「目標と計画・見通し」というテーマ・構成概念であると捉えた。B1及びF1は「見通しが持てない」こと、A1及びD1は「見通しを持ちたい」という気持ちを表出しており、これらはいずれも課題に取り組むという文脈から生じている。そこで、E2は教員に対して「活動内容を確認したい」という気持ちを込めて「あの画面ってもう一回見れますか」と質問している。それに対して、教員はT1において、事前配付していた授業資料に課題とヒント(表4)を掲載していなかったことに気づき電子黒板にスライド画面を提示した。

表3 活動を開始したときのトランスクリプト及びSCATによるコーディング

	発話	テキスト中の注目すべき語句	テキスト中の語句の言い換え	テキスト外の概念	テーマ・構成概念
E1	先に計画立てたほうがいいのか	計画を立てる	見通しを持つ	これから課題に取り組む	目標と計画・見通し
B1	何からすればいいんだろう	何から	見通しが持てない		
F1	え、今頭真っ白なんだけど	頭真っ白	見通しを持ちたい		
A1	本当、何をすればいいかって。	何をすればいいか			
D1	何をすればいいの	何をすればいいか			
E2	あの画面ってもう一回見れますか	画面、もう一回、	活動内容を確認したい	活動の見通しを持ちたい	計測の方法はどうすればいいか
T1	あ、これのつけてなかったね、失礼しました	のつけてなかった	確認できるようにしていなかった	活動内容の提示	
D2	測るとしてもどっから測るってなるしさ	どっから測るか	どこから測るか	緯度と距離を測定する	
F2	え、何を測るの？え、みんなiPhone？	何を？iPhone？	何をどうやって測るか	スライドに書いてある	距離と緯度を測るにはどうすればいいか
B2	さっきのスライド	さっきの			
A2	距離と緯度っていう話だったけどね。それで…ちょっと…(笑)	距離と緯度	距離と緯度を測る	スライドの内容が十分に理解できていない	

表4 科学的探究の課題とヒント

<p>【科学的探究の課題】</p> <p>地球は丸い。では、地球を球体としてみたときに、その大きさはどれくらいあるのだろうか。</p>
<p>【ヒント】</p> <p>①スマホのGPSを活用すると、緯度経度を秒単位で測定できます。</p> <p>②緯度方向の断面は地球の中心を通る円(全周)ですが、経度方向の断面は中心を通りません。</p> <p>③スマホの計測アプリを使うと、始点から終点までの直線距離を測定できます。</p> <p>④扇形の弧の長さは・・・</p> <p>⑤私が実測した地球の全周は40,608kmでした。</p>

スライド画面を確認した D2 は「測るとしてもどっから測るってなるしき」と発言した。緯度と距離を測定すればよいという見通しは持てたものの、具体的な計測方法が思い浮かんでいなかった。そのため、この発言からテーマ・構成概念が「計測の方法はどうすればいいか？」に移ったと捉える。B2 は「さっきのスライド」と発言することで、スライドに方法のヒントが書いてあることを伝えた。それを受けて A2 では、距離と緯度を測定することが示されていることに気づいているものの、スライドの内容理解がまだ十分にできていないことを伝えた。A2 において計測にあたって緯度と経度を測定すればよいということが理解できていた一方で、その方法が分かっていなかったため「テーマ・構成概念」は「距離と緯度を測るにはどうすればいいか」に移ったと捉える。

次に表 3 に示した部分における「テーマ・構成概念」に着目し、場面を分ける。E1 から T1 までの「テーマ・構成概念」は「目標と計画・見通し」である。そのため、この 7 つの発話をまとめて第 1 場面とする。同様に、D2 から B2 までの 3 つの発話の「テーマ・構成概念」が「計測の方法はどうすればいいか」であるため、第 2 場面とする。A2 については、「テーマ・構成概念」が異なるため、次の第 3 場面の発話として捉える。

表 3 に示した部分と同様の手続きによって、全てのトランスクリプトについて SCAT によるコーディングを行い、「テーマ・構成概念」が共通する発話によって場面を分けた。その結果、第 9 場面「場所の記録の仕方」は、第 8 場面「何を測定するのか」の談話に挟まれる形で現れていた。第 25 場面「60 進法について」も同様に、第 24 場面「38 秒をゴールにしてはどうか」に挟まれる形で現れていた。それ以外の場面については、「テーマ・構成概念」が連続する発話のまとまりとして現れていた。そのため、第 8 場面、第 24 場面は、「テーマ・構成概念」が不連続なまとまりになっていたが一つの場面として捉えた。これにより本実践において 34 場面あることが明らかになった。なお、各場面の平均発話数は 22.47 であり、最大値は 86、最小値は 2、中央値は 18 であった。

以上のことから、参加者はまとまりのある談話を行いつつ、「テーマ・構成概念」を頻繁に遷移させながら探究活動を行っていることが明らかになった。科学的探究の過程は、図 1 中の注釈 (*1) に示されているとおり「探究の過程は必ずしも一方向の流れではない」としているものの、談話の実態と比較すると極端に単純化されているといえる。理科授業において科学的探究活動を実施する際に、生徒は自由な談話を通じて解決を図ることを念頭に置いて、授業デザインすることが肝要である。

次に「テーマ・構成概念」がどのように創発されているか、そこでは協働的知識が構築されているのか、次節において議論する。

4. 2 各場面における「場面の課題」と「知識の形式」による協働的知識レベル

各場面について、「テーマ・構成概念」と談話内容から「場面の課題」を明らかにした。表 3 に示した第 1 場面において、「テーマ・構成概念」は、「目標と計画・見通し」である。これは課題ではないため、「テキスト外の内容」を参照する。E1 から D1 における「テキスト外の内容」は「これから課題に取り組む」である。さらに「テキストの言い換え」から、見通しが持たず、これから何をすればいいかわからない状況だったと捉えた。そのため場面の課題は「これから何をすればいいか」とした。第 2 場面においては、「テーマ・構成概念」が疑問形になっており、「計測の方法はどうすればいいか」と課題が示されていたため、そのまま「場面の課題」とした。

次に、この「場面の課題」の協働的知識構築レベルを表 1 に基づいて検討した。その課題に対する解決内容と方法、協働的知識構築レベルを表 5 に示す。これらの分析について、第 1 場面及び第 2 場面を例に論じる。

表5 各場面の「テーマ・構成概念」と発話数、場面の課題、協働的知識構築レベル

	テーマ・構成概念	発話数	場面の課題	解決内容・方法	レベル
1	目標と計画・見直し	7	これから何をすればいいか？	活動内容について教員に尋ねてスライドを確認した	3
2	計測の方法はどうすればいいか	3	どこから測るか？	スライドを確認する	2
3	距離と緯度を測るにはどうすればいいか	7	距離と緯度を測るにはどうすればいいか？	バラバラに吹いている	1
4	何のアプリを使うか	52	何のアプリを使うか？	消去法でコンパスアプリにしたが、うまく動いていない	2
5	北を指さない	61	なぜコンパスがうまく動かないのか？	磁石、スマホの影響でコンパスアプリがうまく動いていない	4
6	測定する場所を決める	19	測定する場所はどこがいいか？	白線に沿って測定する、水平、距離が取れる場所がいいが、どこがいいか確認が持てない	3
7	どのスマホで測定するか	7	どのスマホで測定するか？	測定するスマホを一つに決める	4
8	何を測定するか	27	何を測定するか？	北緯と距離でよさそうだが、確認が持てない	1
9	場所の記録の仕方	18	場所の記録の仕方？	石を置いておくが、ズレる	3
10	距離を計測するか確認する	33	白線に沿って計測したらどうか？	緯度を測定したが、変位が測定できず、計測できなかった	3
11	何を計測するかどうか	58	何を測定すればいいか？	南北に離れた2点間の距離を測ることで、求められる	4
12	もつといいところがあるのではないか	16	条件が良いところはどこか？	メインストリート	4
13	何メートル離れたところを測るか	6	何メートル離れた2点間の距離を計測するか？	それぞれにつぶやいている	1
14	どれくらいで緯度が変わるのか	12	緯度は変わったか？	測定し始めているが、まだ緯度が変わらない	3
15	計算しやすい距離があるのではないか	4	計算しやすい距離はないのか？	見積もりが噛み合わない	1
16	距離が長い方がいいのではないか	2	距離が長い方がいいのではないか？	長ければいいのか？	2
17	1度がわかると良いのではないか	9	1度がわかると良いのではないか？	計算すれば求められそう	2
18	緯度が動いたところまで測るといい	12	どれくらい緯度が変位すればいいか？	距離も同時に測る、何台で測るかなど、話題が拡散している	2
19	ゴールを決めるといいのではないか	18	ゴールをどこにするか？	場所を決める、距離を決めるなどの意見は出るが、決め手はない	3
20	何メートルまで測るか	21	何メートルまで測るか？	100mがいいのか、60mがいいのか、その後の計算方法によることに気づく	2
21	長さを決めるか、角度を決めるか	9	長さか、角度か？	どちらがいいか迷っていることを共有している	3
22	角度が良いのではないか	15	角度をゴールにするとよいのではないか？	角度にすることに決まりつつある。数字が幾つにならばいいか話し合っている。五秒の案が出た	3
23	100mで何秒か	21	100mは何秒か？	33秒から36秒になった	4
24	38秒をゴールにしてはどうか	18	38秒をゴールにしてはどうか？	38秒をゴールにする	4
25	60進法について	17	緯度の度以下の1433の単位は何か？	14分36秒。60進法になっている。	4
26	スタートの緯度を正確に測る必要がある	15	スタート位置の誤差には目を瞑るか？	計り直した方がいいことは共有されたが、そこまで正確に測る必要があるか、意見を出している。	3
27	距離を確認する	49	スタートから何メートルか？	150.5m	4
28	正確を期すため再測定	25	スタートの緯度を計り直すか？	計り直す	4
29	緯度の単位	31	緯度はどのように表されているのか？	赤道から北極まで90度、60進法で分、秒で表される	4
30	答えを調べていいか	5	答えをネットで調べてもいいか？	いい	4
31	スタート位置の確認	28	正しい距離は何メートルか？	155m	4
32	計算で求める	86	地球1周の距離は何kmか？	40176km	5
33	誤差の取り扱い	35	誤差の原因は何か？	高度(標高)が影響しているのではないか	2
34	課題取組の振り返り、確認	18	課題の提出方法は？	答えとデータと導き方がわかるように紙に書いて提出	4

第1場面「これから何をすればいいか」について、T1において教員が活動内容を提示することで学生全員が再確認した。教員からの情報提示が根拠となっており、現在進行中の探究活動に適用できる可能性について概ね合意が得られていると捉えた。権威的な情報の構成的使用である (Scardamalia and Bereiter, 2006)。しかし、次の場面の D2 や F2 において、「どこから測るか」「何を？」と疑問が発せられていることから、十分に合意が得られているとは考えられない。そのため、第1場面では、レベル3「共有された理解」が構築されたと捉える。

第2場面「計測の方法はどうすればいいか？」について、上述の通り「どこで、何を、どのように」測定すればいいか、具体的な方法について分かっていないことが意見として表明された。それに対して B2 が「さっきのスライド」と発言し、根拠を提示した。しかし、次の場面の A2 においてスライドの内容理解ができていない趣旨の発言があった。これは、スライドに書いてあるのだから見れば分かるであろうとする B2 に対立する意見であるそのため、協働的知識構築レベル2「議論と根拠」であると捉えた。このように、協働的知識構築レベルの判断においては、その場面だけではなく、続く場面のプロトコル分析も合わせて行うことによって明らかにすることができる。

第1場面、第2場面と同様の手続によって、34場面全ての場面の知識の形式を分析した。34場面の知識の形式の出現数を表6に示すとともに、その推移を図3に示す。

表6 知識の形式の場面数

知識の形式 (レベル)	場面数
文化的人工物 (5)	1
協働的知識 (4)	13
共有された理解 (3)	9
議論と根拠 (2)	7
表明された意見 (1)	4

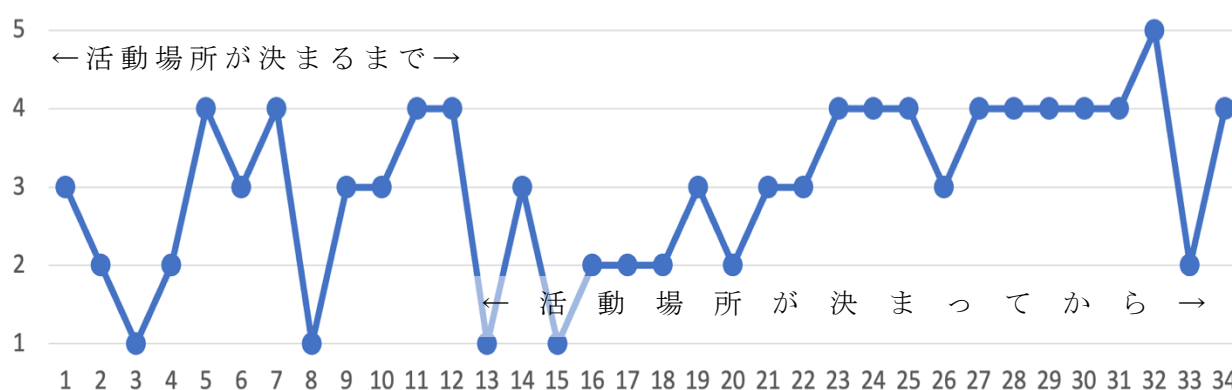


図3 協働的知識構築レベルの推移

本実践は一度限りの活動であり、他の共同体における実践とも関連を図ることができていない。そのため、文化的人工物が構築されたと捉えたのは、探究の目標でもあった第32場面の「地球1周の距離は40,176kmである」のみである。図3において、第1場面から第12場面までは、レベル1からレベル4まで場面ごとに上下、すなわち知識の構築・参照を繰り返しながら探究活動が行われていた。一方で第13場面以降は、若干の上下が見られるもののレベル1からレベル5まで上昇していく傾向が見られた。

4. 3 協働的知識構築レベルの推移から捉える科学的探究の過程

探究活動の前半では、構築された協働的知識は4つである。第5場面「磁石、スマホの影響でコンパスアプリがうまく動いていない」、第7場面「測定するスマホを1つに決める」、第11場面「南北に離れた2点間の距離を測ることで、(地球の全周を)計測できる」、第12場面「(条件が良いところは)メインストリート」である。一方でバラバラに呟いていたり(第3場面)、確証が持てなかったり(第8場面)して、知識構築がなされていない場面があった。

探究活動の前半において構築された協働的知識は、いずれも地球の全周を計測するのに必要な前提条件であった。高等学校の授業として設定する場合において、測定機器や測定場所などの前提条件や測定する方法などを指示することが一般的である(中村他, 2021; 西村他, 2021; 岩手県立総合教育センター, 2015; 小暮, 2022など)。それでは、このような試行錯誤は生じない。教師が前提条件を整え準備をした活動には答えがあらかじめ想定されており、学習者はその通りに活動する「既存感得」の活動である。本事例においては、活動の目標に向けて活動するたびに現れてくる課題を一つ一つ解決しながら試行錯誤、すなわち自由試行をしていたといえる。これらの活動は自然事象に対する気付きを得て課題を設定する「課題の把握(発見)」の場面であったと捉える。

探究活動後半では、第15場面における「表明された意見」から第16, 17, 18, 20場面の「議論と根拠」、第19, 21, 22, 26場面の「共有された知識」、第23から25場面および27から31場面の「協働的知識」、第32場面の「文化的人工物」へと、協働的知識レベルが上昇していた。活動前半で探究に必要な前提条件を定めていったのに対して、後半ではその条件のもとで適切な測定により結果を求める活動、すなわち「課題の探究(追究)」及び「課題の解決」であったと考える。本事例においては、測定を行いながら、ゴールをどこにすればよいか検討していた。科学的探究の過程における仮説の設定から観察・実験の実施までを同時に行っていたことになる。これは、「見通しを持ち、検証できる仮説を設定する力」や「仮説を確かめるための観察・実験の計画を立案する力」の指導については不十分であったと考えられる。一方で、測定しながら移動する試行錯誤によって探究の方向性を常に修正しながら活動ができていた。これは、デザイン思考においてプロトタイプを製作しイメージを共有するプロセスと同様の仮説生成的活動であった。一人一人のひらめきを積み重ねていくことで解決を図る知識構築が行われており、それにより課題を達成することが可能となったと考える。

第33場面「誤差の取り扱い」で協働的知識レベルが低下しているのは、第32場面で地球の全周を計測する目的を果たしたためと考える。デューイ(Dewey, J.) (1968)は、「探究が疑念にはじまるならば、疑念の必要を取り除くような状態を設定することで探究はやむであろう」と述べている(デューイ, 1968)。すなわち、地球の全周の計測が完了した第33場面では、誤差を検討してより精度を高めていく探究活動を行おうとする動機を逸してしまったからと捉える。本事例においては、授業終了時刻間際であったため活動の継続は行わなかった。高等学校で実施する場合においては「学びに向かう力・人間性等」を涵養する好機であり、活動時間を確保するとともに指導・支援を行い、次の探究の過程である精度向上の改善策へつなげるところと考える(国立教育政策研究所教育課程研究センター, 2021)。そのために動機を維持する手立ては必須であろう。

なお、第34場面については、課題の提出方法についての談話であり、探究活動には直接関連していない。

4. 4 プロトコル分析による結果と考察

(1) 協働的知識の科学的妥当性の担保と教師の役割

各場面の解決方法が科学的に妥当であったかどうかの判断は、評価が分かれる部分と考える。例え

ば、第7場面「測定するスマホを1つに決める」判断である。この場面のトランスクリプトを表7に示す。この場面では、図4に示す通り屋外に出て学内道路の白線に沿った2点間の距離と緯度を測定しようとした。スマホ同士の距離が近く、また地面に置いて測定しているためにコンパスアプリが指している方角のずれが大きかった。F3の発言にある通り、スマートフォンごとに示す値の違いが10度ほどあった。学生Eが、「どれか1個にしたら？」と「ひらめき」、意見を表明した。A3は「時間がない」という理由づけしてE3の主張を補強した。同意を得たE4は「これにしよう。あとはもうなし、なし。」と測定にしようとするスマホを決めた。学生F、Bもこれに合意し「さよなら」とスマホをしまった。学生A、D及びGは反対意見を表明していないため、「測定するスマホを1つに決める」という協働的知識が構築された。

表7 第7場面「測定するスマホを1つに決める」

	発話
F3	でも10度も違う。
B3	えー、なんかここちがう。ここの数字ちがう。
E3	どれか1個にしたら？
A3	仕方ないよね。時間ないし。どれか1個に決めてしまっ。
E4	うん。もうこれにしよう。あとはもうなしなし。
F4	さよなら
B4	さよなら

図4 道路の白線上にスマートフォンを並べて測定する学生たち



より精度を高めた計測を行うために、複数の測定機器を用いて平均を取ることによって機器によるデータのばらつきを抑えることを教員は考えていた。学生が各自のスマートフォンを準備して探究活動に臨んでいたことから、学生も複数の機器で計測することを計画していると捉えていた。しかし、学生Eの「ひらめき」を基にして、活動時間を考慮して合意を得ていく過程で精度を犠牲にしても目標達成を目指す協働的知識に合意した。教員は、精度を犠牲にしていることに対して学生たちが気づいているかどうか把握できていなかったが、学生の合意に対して同意し、見守った。そのため学生は「各スマートフォンの示す値が異なっている」という不安定な状況において「ひらめき」が生まれ、

「ひらめき」の芽をつぶさずに伸ばす安心感」(奥村・有元・阿部, 2022: 45)のもとで探究活動をしていた。観察事実の不安定さが協働する必然性を生み出し、学生と教員によって心理的安全性を確保したと捉える。

表8は、第8場面の後半である。「場面の課題」は「何を測定するか」であり、北緯と距離でよさそうだが、確証が持てない状況である。この場面で構築された知識の形式は「表明された意見」であり、協働的知識構築レベルは1であると捉える。

学生Fと学生Bが緯度方向に切り取った断面で中心角と弧の長さを求めればよいことを確認し合っていた。合意形成を図ろうとしている一方で、学生GはG1において「これって地球の長さわかるん？」と納得できていないことを発言していた。この発言によって、学生Fと学生Bが解決に至ろうとしたところにくさびを打ち込むことになった。学生AがA4において、「北緯だけでいいのかな、わからないから念のためメモしたけれど、取り敢えず。(中略)合っているかな?(笑)」(趣旨が変わらない程度に言葉を修正している)と発言し、B6の「わかんない。」という反応を引き出した。G1における揺さぶりが、安易な合意を避けて、粘り強い探究活動を生み出していると考えられる。G2においても、測定したことが地球の全周とどう関連しているか分からない状態であった。そのため、この場面においては合意が得られた協働的知識は構築されておらず、また根拠になる事実や資料の提示もないことから知識構築レベル1であると捉えた。

表8 第8場面後半「何を計測するか」は、北緯と距離でよさそうだが、確証が持てない

	発話
F5	縦(緯度方向)に切ってここの部分だけ測ればいいから、北緯だけでいい…んじゃない?
B5	縦(緯度方向)に切って、こことこ測る。
G1	でもさ、地球の距離…たとえばさ、ここからこう…違う、ここからこうやって測ったらさ、これって地球の長さってわかるん?
A4	北緯だけでよかとか。分かんけん念のためメモしたけど、取り敢えず。ここから向こうのどっかに置いて、また距離を測るみたいな。合つるとかな?(笑)
B6	わかんない。
G2	これ測ったらさ、そこからどうするのかがさ、イメージが付かんけんさ…うーん。

探究活動の前半では、このように合意を得られなかったり、イメージや概念を共有できなかったり場面が散見される一方で、前項に示した通り「協働的知識」が構築された場面もあった。そこでは、答えが分からない不確実な中でも探究を続けることが学生に求められていた状況であった。これは視点を変えると、支援しないことで安易に安定しないようにする状況とともに、その状態を教員も求めることで不安定さを維持していたといえる。

(2) 正解のわからない不安定な中で探究活動を行う「試行錯誤」「自由試行」

探究活動後半にあたる第15, 16場面のトランスクリプトを表9に示す。メインストリートに場所を移し、計測しながら歩いているときの談話である。第15場面の「テーマ・構成概念」は「計算しやすい距離があるのではないか」であり、第16場面では「距離が長い方が良いのではないか」と変化しているため、二つの場面として捉えている。

表9 第15, 16場面 計測しながら歩いている

場面	話者	発話
15	E5	計算しやすい距離とかないかな？
	B7	きりがいいほうがいいんじゃない？150（メートル）はとれんかな？取れそうか。
	E6	10メートルくらいとれるかな？
	B8	10？
16	A5	距離が長ければ長いほど緯度の移動が大きく出る可能性があるんじゃないかな？
	B9	緯度の移動は大きいほうがいいのか？

前半の探究活動で「南北に離れた2点間の距離を測ることで、求められる」と協働的知識を構築していた。そのため学生たちは、どれだけの距離を測定すればよいか見通しはもっていなかったが、舗装の変わり目をスタート地点に定めて歩き始めていた。どれくらいの距離で緯度に変化が表れるかわかっておらず、見積もりを計算するよりも先に、実際に試してみていた。学生Bは150メートルと見積もったのに対して、学生Eは10メートルと発言した。ここでは、その数字に根拠が示されておらず合意も図れていない。そのため協働的知識構築レベル1「意見の表明」である。

10メートルという意見にB8では問い返し、A5においては「長い方が、緯度の移動が大きくなる可能性がある」と根拠を基にして、学生Bを支持する発言があった。しかしB9では「大きい方がいいの？」と聞き返しており、合意が得られているわけではない。そのため、協働的知識構築レベル2「議論と根拠」と捉えた。

その後も100mほど歩くまでの間、ゴールの位置を距離で決めるのか、緯度で決めるのか決まらないまま測定を進めていた。これは(1)と同様に不確実な中でも探究を続けていたと捉える。デザイン思考において、試行錯誤を繰り返すことが重視されている。不確実な中でイメージの共有を図り、よりよいものへと改善できる方法だからである。ヤング・木島(2019)は、「スピード感をもって、リスクをとりながら発想を行動に変えていくという態度」、すなわち“give it a try”(ひとまずやってみる)の精神が必要であることを示している(ヤング・木島, 2019: 102)。本実践においては、「測定場所を変化させる」という「試行」をしながら、より解決可能性の高い方法を協働して探っていたと捉える。

試行錯誤を繰り返す学習活動として、理科教育では自由試行(messing about; メッシング・アバウト)が知られている。自由試行は、通常理科授業において、単元のはじめに設定される子どもの学習活動を指し、具体的には、子どもが学習する対象に対して自由に働きかけをすることである(森本, 2020)。自由試行は、ホーキンス(Hawkins, D.)らが提唱したアメリカの理科教育カリキュラムESS(Elementary Science Study)を支える中心概念であり、森本(2002)は、この概念を「子どもたちのより豊かな認識の世界」として捉えている。小川(2017)は、「自然事象への働きかけを通して、彼らなりに保有している素朴な科学概念を出発点としつつ、記入の知識や体験を駆使し、新たな意味づけや価値づけを自分の言葉や理論で説明しようとする世界観、科学観であり、構成主義的理科学習論に位置づけることができる」と述べている。さらにそこでは、自由試行による自然認識の萌芽がより高次の自然認識を構成していく過程として捉え、表10の考え方を示した。

本事例においては、学習者が主体的に自然事象と関わり、観察から必要な情報を抽出・整理していく過程として見られた。これは、自分たちの外にすでにある地球の大きさのデータの近似値を得た「既存感得」とあると同時に、元々共同体に構築されていなかった知識が、科学的探究の過程を通して構築されたといえる。すなわち、学習者にとって自分たちの対話から、まだなかったものを創発した「未

踏創発」の過程となっていたとも捉えることができる。教師からすると非効率的な試行錯誤の過程は、「学習者一人ひとりにのちの学習の前提となる基礎的な考え方の構造を構成する機会だけではなく、初心者に学習の初期に、学習者による学習の支配という、いわば学習の仕方 (Learning how to learn) をも習得する機会を与えるもの」(森本, 2002) として、学習者の主体性を育み、知識構築を志向する探究の過程をデザインするために肝要であるといえよう。

表 10 自由試行から問題解決へと至る子どもの自然認識の構成 (小川, 2017)

学習活動	自由試行	→ 深い学び	→ 問題解決
自然認識の構成	自然認識の萌芽 [経験や既有知識の駆使]	→ 交流・拡大・深化 [意味づけ・価値づけ]	→ 自然認識の高次化 [構造化]

(3) 談話における役割の交代についての考察

異なる視点から表 9 を捉える。E5 の「計算しやすい距離」という「ひらめき」に触発されて B7 において「きりのよい長さ」という別の「ひらめき」が生まれた。さらに A5 の「長いほど緯度の変化が大きくなる」という発言を引き出している。第 15 場面では B と F, 第 16 場面では B と A の対話が続いており、この二つ場面の談話において中心になっているのは学生 B である。奥村によると、小学校図画工作科の造形遊びや子どもの砂遊びなどにおいて「子供は遊びの中で柔軟に役割を交代している」ことを指摘している。そこでは「単に一緒に活動しているということだけでなく、そこでイメージの共有が図られているかどうか重要なポイントとなる」と述べ、役割の交代が柔軟に起きることが「ひらめき」の資源となっていることを示唆している (奥村・有元・阿部, 2022 : 172-174)。本研究ではイメージの共有も伴う知識構築の様態を明らかにしようとしており、そこでは役割の交代が生じていることが示唆される。実際、表 7 においては学生 E が、表 8 においては学生 G がそれぞれその中心になっていた。すなわち、本事例においても奥村が指摘する役割の交代が生じていたと考えられる。

このことを検証するために、場面を転換させる発言をしている学生、すなわち各場面の第一声を発した学生に偏りがあるか検証する。表 11 は、学生ごとの全発話数と第一声を発した回数およびその割合である。全体の発話数と各場面の第一声を発した回数との割合に関連があるかを検討するためにカイ 2 乗検定を行った。その結果、全体の発話数に比べて場面の第一声は有意に多いまたは少ない発言者は見られなかった ($\chi^2(6, N=788)=6.14, p>.05$)。これらのことから、奥村の指摘と同様に学生が談話における役割の交代を柔軟に行っていたと考えられる。知識構築共同体において、探究活動に参加し共同体に貢献することが評価される (Scardamalia & Bereiter, 2006)。本事例において、いずれの学生も評価されるべき姿であったといえる。

表 11 全体の発話に対する個人の発話の割合と第一声の割合 (列ごとの比率%)

話者	全発話	%	第一声	%	p 値
A	79	10.48	6	17.65	.187
B	196	25.99	4	11.76	.062
D	75	9.95	5	14.71	.369
E	111	13.40	5	14.71	.827
F	205	27.19	11	32.35	.509
G	56	7.43	1	2.94	.323
T	42	5.57	2	5.88	.938
合計	764	100	34	100	

(4) 専門性の発揮と分業についての考察

第31場面において、緯度5秒の違いが155mであることが測定によって明らかになった。それを受けて計算で求める第32場面のトランスクリプトの一部を表12に示す。

表12 第31場面（抜粋） 地球の全周を計算で求める

発話	
E10	え、3314...1438 から 33。1433 移動したんでしょ？だから 0. ...単位わかんないけど 0.0005 だよ？で、この差が、155 メートルでしょ？大体。これ（これらの数字）を使うってことだよ。今から。
A6	うん。すごい。
B14	このコンマが「分」だって
F9	けど、0.0005 の単位は多分、「分」...
B15	14 分 32 秒になるんだって。32 か...32？
(中略)	
F10	まず分になおすために
E11	お願いします。
F11	12 倍すると
E12	もうわかりません。
F12	12 かけていいの？
G3	12...うん。60 になるけん 1 (分) やろ？
F13	だから距離を 12 倍しなきゃなのか。けん、155 メートルを 12 倍して、1860 でしょ？でそれを更に 60 倍する、と 1 度になる。
E13	あ、お願いします。
F14	これかける 60 は 111,600 (メートル)
E14	あー、大体なったじゃん

E10 から B15 では、得られた数値の単位について確認している。ここでは学生 E, A, B および F が発言しており、4 名が意見を表明しており、「32 秒」という値についての合意形成が図られようとしていた。

その後、合意が図られた数値「155m」、「5 秒差」に基づいて高校等学校数学科を専門とする学生 F が計算を行った。これに対して高等学校社会科を専門とする学生 E は「お願いします。」「もうわかりません」と発言し、計算を依頼した。学生 F が「12 かけていいの？」と質問すると同じく高等学校数学科を専門とする学生 G が「うん。60 になるけん 1 (分) やろ？」と答えた。学生 E は、F14 において 1 度の距離が 111,600 メートルということが求められた時点で「大体なった」と判断していた。これは、社会科地理の知識、すなわち他の共同体で構築された文化的人工物によって、「1 度は約 111 キロメートルである」と知っており、その数値とほぼ一致したためであった。その後の談話において、この知識は自分たちの探究の結果を評価するために活用されていた。

計算の技能が必要な場面において、計算が得意な学生が中心になり探究活動を行っていた。一方で、自らの専門知識によっていち早く探究の成果を判断し、文化的人工物の構築に寄与する学生がいた。これらの協働的活動は、互いに専門性を発揮し、共同体の知識構築に参加、貢献しようとする姿であ

った。エンゲストローム (1999) は、知識創造を志向する共同体の活動を捉える拡張的学習モデルを措定している。主体が対象に働きかける際に道具を媒介とするだけでなく、共同体を媒介とし、さらにルールや分業を媒介として活動が発展し学習が拡張することを示した。本事例においても、主体が対象である「地球の全周の計測」という課題に対して、共同体内のメンバーで分業しながら知識を発展させていたと捉える。小川 (2017) は、ヴィゴツキー (Vygotsky, L. S.) の発達最近接領域の所論を援用し、次の通り説明している。「子ども一人ひとりが、ことばに出して互いの意思疎通を図り、思いを共感することを通して、(中略) 彼ら相互の関わりとしての「協働的な情報授受」の場で、一人では獲得できなかったより多くの自然認識の萌芽を受容し、発展の可能性を持つようになる」と。言葉を換えると、一人では為し得なかった「地球の大きさを測る」という探究活動が達成できたのは、他者との協働によって発達最近接領域への足場がけが生じ、自由試行による自然認識の萌芽が再構造化、すなわち知識構築がなされたためといえる。

5. 結論

本研究の目的は、大学院生を対象とした科学的探究活動によって、文化的人工物が構築される様態を明らかにし、科学的探究活動についての示唆を得ることであった。

そのため、はじめに SCAT を援用して談話を場面分けすることを試みた。これにより、34 の場面に分けられた。参加者はまとまりのある談話を行いつつ、「テーマ・構成概念」を頻繁に遷移させながら探究活動を行っていることが明らかになった。理科授業において科学的探究活動を実施する際に、生徒が自由な談話を通じて解決を図ることを念頭に置いて、授業デザインすることの必要性が示唆された。

次に、各場面において構築された「知識の形式」によって協働的知識構築レベルに分類した。これにより、探究活動の前半ではレベルの上下が多く見られた一方、後半においては徐々にレベルが上がっていく傾向が見られた。探究活動の前半では、探究に必要な前提条件を定めていく活動すなわち、自由試行による課題発見が行われていた。後半ではその条件のもとで適切な測定により結果を求める活動、すなわち課題の探究及び解決であった。本事例においては、予想・仮説を設定し観察・実験の計画を立てる指導とより精度を高めていこうとする粘り強さや学習の調整を行う指導については十分ではなかった。これらの指導については、今後更なる検討が必要と考える。

探究活動のトランスクリプトをプロトコル分析することにより明らかになったことは次のとおりである。

協働的知識の科学的妥当性の担保について、本事例においては学生によって説明責任を果たす会話が生じていた。高い心理的安全性と探究の達成に向けた働きかけによって、探究活動が成立していることが明らかになった。初等・中等教育においては、教師の適切な支援が必要なることが想定される。

科学的探究の活動が、正解のわからない不安定な中で行われていた。そこでは、「試行」をしながら、より解決可能性の高い方法を協働して探っていた。これにより、学習者が主体的に自然事象と関わり、観察から必要な情報を抽出・整理していく過程として捉えることができ、学習者にとって「既存感得」であると同時に「未踏創発」の過程となっていた。

探究の活動における談話では、全員が役割を交代しながら関わり合っていた。場面を転換させる発言をしている学生について調べたところ、全体の発話に対する割合と比べて、有意な違いは見られなかった。いずれの学生も共同体の知識構築に参加する評価されるべき姿であった。

一方で、学生の専門性を発揮した協働を行っており、互いに発達最近接領域に足場がけを行い、

探究が達成できていた。それにより知識構築がなされていた。

本実践は、教職大学院の学生を対象にした探究活動であった。そのため、この結果を高等学校理科における科学的探究に適用するには次の点において課題があると考ええる。

- ・ 高校生においても本事例と同様に自律した探究が可能であろうか。どのような支援によって可能にすることができるだろうか。
- ・ 入学して半年以上経っており、学生同士の関係性ができていたと捉えている。心理的安全性が確保できる関係性はどのように構築されるのか。特に、積極的に関与した参加に困難を感じる生徒が知識構築共同体の一員として評価される共同体の在り方とは、いかなるものか。
- ・ 本事例は単発の探究活動であったため、構築された文化的人工物を参照する姿を捉えることができなかつた。継続した探究活動における文化的人工物を参照する様態はどのようなものか。

以上の点が、今後の研究によって明らかになることを期待する。

最後に、研究に参加・協力していただいた本大学院授業実践探究コースの2022年度M1学生諸君に深謝の意をここに記す。

引用文献

- 中央教育審議会（2016）「中央教育審議会教育課程部会高等学校の数学・理科にわたる探究科目の在り方に関する特別チーム（第5回）配布資料 資料2 高等学校の数学・理科にわたる探究科目のあり方に関する特別チーム（第1～4回）における主な意見」 Retrieved from https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/070/siryo/1374537.htm (accessed 2023.01.06).
- デューイ, J. (1968) 「論理学-探究の理論」 魚津郁夫訳, 上山春平編『世界の名著 48』中央公論社, 397.
- 藤井佑介・水野正朗（2015）「GD (Group Discussion) 表を活用した授業省察の意義と可能性」日本協同教育学会, 『協同と教育』, 第11号, 17-27.
- Garrison, D. R. (2016) *Thinking Collaboratively: Learning in a community of inquiry*, Routledge.
- 後藤大二郎・和田一郎（2019）「協働的知識構築モデルを基軸とした理科授業デザインに関する研究 - 小学校第3学年「かげと太陽」の実践を事例として-」理科教育学研究, 第59巻, 第3号, 367-377.
- 後藤大二郎・和田一郎（2020）「探究の共同体における理科授業デザインフレームワークの開発-小学校第3学年「音の性質」の実践を事例として-」理科教育学研究, 第61巻, 第2号, 251-262.
- 後藤大二郎（2022）「学習環境デザインを基盤とするカリキュラム編成にむけた基礎的研究」佐賀大学大学院学校教育学研究科紀要, 第6巻, 54-63.
- 後藤大二郎（2023）「高等教育におけるグループワークを取り入れた学習環境デザイン」佐賀大学教育学部研究論文集, 第7集, 第1号, 135-148.
- 岩手県立総合教育センター（2015）「高等学校「地学基礎」におけるサポート資料」 Retrieved from http://www1.iwate-ed.jp/09kyuu/tantou/kagaku/kenkyu/h26c_chigakukiso_2.pdf (accessed 2023.01.13).
- 小暮岳実（2022）「歩いて測る地球の大きさ」埼玉県高等学校理化研究会地学研究委員会編『地学アクティブラーニング資料集 2020 初版』 Retrieved from https://www2.spec.ed.jp/krk/rika/cabinets/cabinet_files/download/86/313e6b0c8496e7e2d048f3c054cb809a?frame_id=80 (accessed 2023.01.13).
- 国立教育政策研究所教育課程研究センター（2021）『「指導と評価の一体化」のための学習評価に関する

- る参考資料高等学校理科』東洋館出版社, 106-114.
- 文部科学省 (2018) 『高等学校学習指導要領 (平成 30 年告示) 解説総合的な探究の時間編』 Retrieved from https://www.mext.go.jp/content/1407196_21_1_1_2.pdf (accessed 2022.11.11).
- 文部科学省 (2019) 『高等学校学習指導要領 (平成 30 年告示) 解説理科編理数編』 実教出版.
- 森本信也 (2002) 「経験主義の超克としての Messing About」日本理科教育学会編『理科教育学講座 4 理科の学習論 (上)』東洋館出版社, 22-30.
- 森本信也 (2020) 「メッシング・アバウト (自由試行)」学校図書出版株式会社『みんなと学ぶ小学校理科教師用指導書研究編-学習指導資料-』学校図書出版, 20-23.
- 奥村高明・有元典文・阿部慶賀 (2022) 『コミュニティ・オブ・クリエイティビティ ひらめきの生まれるところ』日本文教出版.
- 中村尚他 19 名 (2021) 『高等学校地学基礎』数研出版, 10.
- 西村祐二郎他 14 名 (2021) 『高等学校地学基礎』第一学習社, 7.
- OECD (2018) The Future of Education and Skills Education 2030 position paper. Retrieved from <http://www.oecd.org/education/2030/OECD%20Education%202030%20Position%20Paper.pdf> (accessed 2023.01.30)
- 小川博士 (2017) 「自由試行から問題解決へ至る子どもの思考の変化」森本信也編著『理科授業をデザインする 理論とその展開 自律的に学ぶ子どもを育てる』東洋館出版社, 31-45.
- 大谷尚 (2008) 「4 ステップコーディングによる質的データ分析手法 SCAT の提案 -着手しやすく小規模データにも適用可能な理論家の手続き-」名古屋大学大学院教育発達科学研究科紀要 (教育科学), 第 54 巻, 第 2 号, 27-44.
- Scardamalia, M., & Bereiter, C. (2006) Knowledge building and knowledge creation: theory, pedagogy, and technology. In R. Keith Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences*. Cambridge University Press, 97-116.
- スカーダマリア, M.・ベライター, C. (2016) 「知識構築と知識創造: 理論, 教授法, そしてテクノロジー」, ソーヤー, R. K.編, 大島律子訳『学習科学ハンドブック [第二版] -効果的な学びを促進する実践/共に学ぶ-』北大路書房, 127-145.
- 清水裕士 (2016) 「フリーの統計分析ソフト HAD: 機能の紹介と統計学修・教育, 研究実践における利用方法の提案」メディア・情報・コミュニケーション研究, 1, 59-73.
- Stahl, G. (2000). A Model of Collaborative Knowledge-Building, *Fourth International Conference of the Learning Sciences*, 70-77.
- 杉田泰一 (2016) 「地学基礎「地球の形と大きさ」における学びを深める単元構成」広島大学附属中・高等学校中等教育研究紀要, 第 63 号, 53-60.
- ヤング吉原麻里子・木島里江 (2019) 「世界を変える STEAM 人材 シリコンバレー「デザイン思考」の核心」朝日新聞出版.

(2023年1月31日 受理)