

理科単元学習内での協調学習による生徒の考えの変容 — 概念地図を用いた科学概念変化の見取り —

千代西尾祐司*・村上隆正**

Yuji CHIYONISHIO, Ryusei MURAKAMI

Transformation of Student Thinking by Collaborative Learning Within Science Unit Learning
- A View of Changes in Scientific Concepts Using Concept Map -

要旨

新学習指導要領で求められている「主体的・対話的で深い学び」の在り方や学びの深さに対する考え方、またその評価の手法が各学校で模索されている。そこで、理科学習における生徒の概念変容に着目し、座学に偏りがちな「生物の進化」の単元で、概念変容教授モデルを参考にした単元構想をおこない、各時には多様な協調的な学習を行った。さらに、単元の進行に伴い、生徒の考えがどのように変化していったかを追うため、3回の概念地図 (ConceptMap) の作成を行い、生徒の考えの変容を読み取ろうと試みた。

生徒は、単元の進行に合わせて、進化という現象をより複雑な関連付けで表現しようとし、最後の概念地図では多くの生徒がかなり精緻化された表現で概念地図を作成した。また、最初の概念地図から最終回の概念地図まで、全てをスクラップ&ビルドするわけではなく、元々の自分の考えに修整を加えつつ新しい考えを積み重ねて付け加えていく姿が見られた。このことは、概念地図をうまく評価することができれば学習評価の手法として活用できる可能性を示唆している。

【キーワード：「主体的・対話的で深い学び」、概念地図法、概念変容教授モデル、考え方の変化】

I 課題意識とアプローチ

1. 学校現場の課題意識と新学習指導要領

中学校では、新学習指導要領 (平成29年告示)¹が2021年度から全面実施されるため、これからの学びのあり方の変化が学校現場に不安を投げかけている。「主体的・対話的で深い学び」の実現が、新学習指導要領で求められ、学校によっては校内研究の方向を「主体的・対話的で深い学び」を指向した授業実践にシフトしている。

新学習指導要領への改訂が語られ始めた頃のアクティブ・ラーニングという言葉は姿を消し、「主体的・対話的で深い学び」という表現に変わったが、現場からの視点では唐突に出てきた言葉であるような感じを受ける。そのことは、教員一人一人がイメージする「主体的・対話的で深い学び」観の多様性を生み、学校全体で研究の方向性を定めて研修しようとしても、どの視点に焦点を当て、どのように進めばいいのか分からないというような状況を引き起こしている。

新しい学習指導要領の考え方 - 中央教育審議会における議論から改訂そして実施へ²では、

i) 習得・活用・探究という学びの過程の中で、教科の特質に応じた「見方・考え方」を働かせながら、知識を相互に関連付けてより深く理解したり、情報を精査して考えを形成したり、問題を見いだして解決策を考えたり、思いや考えを基に創造したりすることに

向かう「深い学び」が実現できているか。

- ii) 子供同士の協働、教職員や地域の人との対話、先哲の考え方を手掛かりに考えること等を通じ、自己の考えを広げ深める「対話的な学び」が実現できているか。
- iii) 学ぶことに興味や関心を持ち、自己のキャリア形成の方向性と関連付けながら、見通しを持って粘り強く取り組み、自己の学習活動を振り返って次につなげる「主体的な学び」が実現できているか。

と示されるような姿の学びを実現することが「アクティブ・ラーニング」の視点からの授業改善であるとし、このような学びを子どもたちが経験しつつ、必要な資質能力を身に付けていくことが必要である。

森本は著書³の序文で「子どもが常に関心のある多様な情報を取り入れ、咀嚼し、その結果考え方を更新していくという学習の様相は、一般的には「構成主義」として説明される。現代の多くの理科授業をデザインする基礎理論である。」とし、このことは、小学校学習指導要領 (平成20年告示)⁴に示されていた理科の目標である、「自ら自然の事物現象に働きかけ、問題を解決していくことで、自然の事物・現象の性質や規則性を把握することや、あらかじめ子どもがもっている自然の事物・現象についてのイメージや素朴な概念などは、問題解決の過程で意味づけ・関係づけが行われ、より妥当性の高いものに更新していくこと」などという記載とも合致している。

加えて森本は、深い学びの分析について、ソーヤー

* 島根大学学術研究院教育学系

** 出雲市立第二中学校教諭、島根大学大学院教育学部教育科学研究科研究生

(Sawyer,R.K.,2009)の「知識についての深い学習(learning knowledge deeply)」の分析を紹介している。

- ・学習した知識を既存の知識や経験に結び付けられる。さらにこれらを整理し、系統化して理解することができる。
- ・知識は対話を通して作り上げられることを理解し、加えて対話の論点を振り返り、その意味を分析することができる。

つまり、知識は、対話を通して合意・共有され、子どもにとって有意義な形で構築され、そこでの議論が次の知識構築の契機となるものだというを示唆している。

そのような観点で新学習指導要領解説【理科編】⁵(平成29年告示)を見ると、冒頭に「このような時代において、学校教育には、子供たちが様々な変化に積極的に向き合い、他者と協働して課題を解決していくことや、様々な情報を見極め知識の概念的な理解を実現し情報を再構成するなどして新たな価値につなげていくこと、複雑な状況変化の中で目的を再構築することができるようにすることが求められている」とあり、学習全般の基礎的な考え方であると表現されるように、知識は構築されるという考え方は基盤にあたる位置づけになったとも解釈できる。

本研究では座学での知識伝達だけという授業に陥りがちな、中学校理科「生物の変遷と進化(東京書籍)」において生徒が生物の進化を学ぶ単元の設計で、他者と協働して課題を解決し、知識の概念的な理解を実現し、情報を再構成することができるような単元を設計することで、次の2点における生徒の考え方の変化を読み取ろうとした。

- ・知識を相互に関連付けてより深く理解できているか
- ・情報を精査して考えを形成・再構成できているか

生徒の考えを読み取る手段としては概念地図法⁶を用いた。概念地図(Concept Map)は、物事と物事、考え方と考え方、あるいは人と人との間に成り立つ関係について、私たちがどのように理解しているのかを探る手法であり、指導者は授業の中で出てくる言葉(用語・ラベル)をいくつか選び出し、生徒はそれを配置し、線で結び、線の横に言葉同士の関連を書き込んでいく⁷という方法で作成される。この概念地図を単元学習中に3回作成し、それらの概念地図の変化により生徒の考え方の変化を読み取ろうとした。

2.単元の設計

単元の設計は、島根大学大学院教育学研究科の地域教育課題に関する研究成果報告書「協働的な学びによる探究活動の深化の研究～生徒を学びに向かわせる学習の在り方～」⁸で実践された単元の一つを参考にした。その実践では単元最後に1度の概念地図作成であったが、本研究実践では、単元中の生徒の変容を見取るために3回の概念地図作成を行った。

また、本研究実践は静岡大学教育学部附属島田中学校で数年にわたり実践されてきた概念変容教授モデル⁹

であるLearning Cycle教授モデルを援用し、4段階で設計されている。

表1.概念変容教授モデル(Learning Cycle教授モデル)

引き込み Engagement Phase	<ul style="list-style-type: none"> ・まず授業で何をするかという動機付けや学習課題の明確化 ・新しい学習テーマに関する様々な自然事象との遭遇と学習動機の高まり ・なぜ、その学習をするのか ・何を理解しないといけないのか
探索 Exploration Phase	<ul style="list-style-type: none"> ・科学的探究場面 ・これらの事象の原因に関する疑問 ・疑問に対する仮説と予測の設定 ・グループ単位での検証実験・観察の計画とその遂行
用語の導入 Term introduction Phase	<ul style="list-style-type: none"> ・その結果得られた結論をもとにした、科学的用語の学習 ・生徒自身がたどり着いた概念に対して、そこで始めて用語を導入する(それを理科(あるいは科学)では・・・と呼んでいる)
応用 Concept Application Phase	<ul style="list-style-type: none"> ・別の事象への新しい概念の応用 ・概念獲得後に、それを新奇な事象に応用する ・新しい考え方に対する愛着を高めてやる機能

現行学習指導要領解説の中学校理科⁵の第2分野の目標では、生命や地球に関する事象・現象を科学的に探究するために必要な資質・能力を次のとおり育成することを目指すとしており、内容は、

「ウ 生物の種類の多様性と進化

㊦ 生物の種類の多様性と進化

現存の生物及び化石の比較などを通して、現存の多様な生物は過去の生物が長い時間の経過の中で変化して生じてきたものであることを体のつくりと関連付けて理解すること。

イ 生命の連続性について、観察、実験などを行い、その結果や資料を分析して解釈し、生物の成長と殖え方、遺伝現象、生物の種類の多様性と進化についての特徴や規則性を見いだして表現すること。また、探究の過程を振り返ること。」となっている。

生徒が獲得すべき理解や表現、探究過程の振り返りを実現できるよう、概念変容教授モデルの枠組みをもとに、単元の前、中、後に、多くは宿題という形にはなったが、それぞれ概念地図を作成する時間を設けるよう設計し、生徒は単元学習中に計3個の概念地図を作成した。

単元学習初回時に11個のラベルを示して概念地図を作成させ、知らない言葉は用紙の下部に置いておくことにした。また、概念地図の作成中に、新しいラベルが必要と考えたら自由に加えてよいこととした。

表2.初回に提示したラベル

生物の進化(単元名) ・骨格・生物の多様性・相同器官・は虫類・鳥類 ・始祖鳥・環境・形や性質・進化・陸上生活・水中生活

厳密に言えば、単元開始前に提示したラベルで、生徒は言葉を知っているため、科学用語の導入の段階で、初めてその言葉に触れるということではなくなるが、先に意味や概念を獲得したのちに、その言葉と科学用語との関連が形成されるという意味で問題はないと考え、実践を進めた。

概念変容教授モデルを組み込んだ単元全体の設計は次のようなものである。

表3.生物の変遷と進化の単元設計

	内容
1	概念地図1回目作成(診断的評価) 進化のイメージについての概念地図作成 ・単元開始前に何を知っていて何を知らないか
2	掘り出された化石はどんな生き物? 恐竜の骨格を再生する学習活動(何類かを考える) 【引き込み】 Engagement Phase
3	(1)脊椎動物(4種)の骨格を比較する。 11種類の生物骨格を、3人1組のグループ活動で比較し、分類する【探索】 Exploration Phase
4	(2)前時の整理表をもとに発表し、共通する部分や特徴的な部分をまとめ、進化の証拠を理解する 〔進化〕〔相同器官〕等 【用語の導入】 Term introduction Phase (宿題)概念地図2回目作成
5	謎の生き物(始祖鳥)の正体は? ジグソー教材を用いた学習(知識構成型ジグソー法) 【応用】 Concept Application Phase
6	化石出現の地質年代より読み取る ・出現の時間的長さ、出現の順序性 ・進化の証拠とともに生物の多様性について考える 概念地図3回目:学びの地図の完成形を作ろう (宿題)概念地図法による知識の整理

II 授業実践とその様相

1.授業実践での様相

出雲市立第二中学校の2年2組で行った。他のクラスもすべて同様の実践を行うが、データの詳細を集めたのは最初に本単元の学習が始まった2年2組のものである。このクラスは、男子15名、女子14名の計29名である。新型コロナウイルス感染防止対策として、「マスク着用による学習・グループ学習等は最低限の範囲で行う」という学校指針のもと、皆がマスクをした状態で単元の授業は進められた。教室にはエアコンがかけられており涼しいが、窓が開けてあるため換気はできていた。

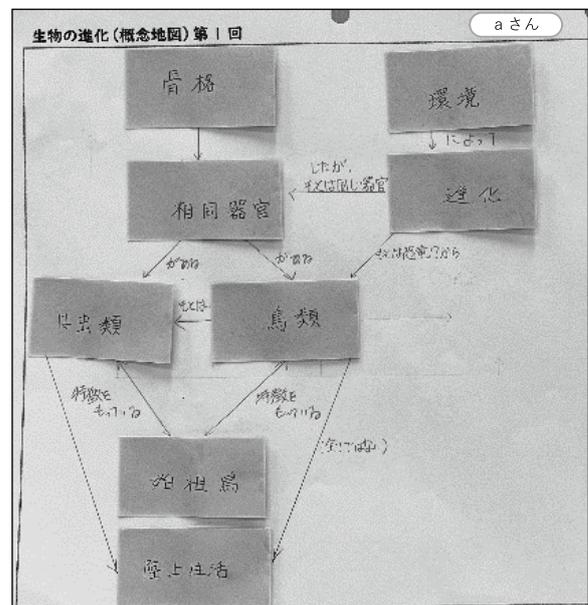
(第1次):概念地図の作成

「概念地図」の作成については初めての学習となるので、初回の授業ではスライドを用いて「いきもの」「どうぶつ」「しょくぶつ」「いぬ」「うま」「くさ」の6つのラベルによって概念地図の書き方を説明し、関係がある者同士の間を線で結ぶこと、その線に関係を説明する意味を加えることを説明した。その後、練習として「水」「雨」「雲」「川」「土壌」「海」「太陽」の7つのラベルが書かれたワークシートを渡し、実際に概念地図を作ってみる活動を設定した。そして、全生徒が一度席を立ち、他の生徒がどんな概念地図を描いたのか見て回る時間を取り、「一人一人が作成する概念地図は皆異なること」「そのどれもが間違いではなく、現時点の自分の考えを表していること」などを伝えた。その他注意点を説明した後、実際の生物の進化についての概念地図作成を始めた。

生徒の様子を見ていると隣の生徒と相談したいような様子が見られたが、最後まで自分一人の作業とし、出来上がった概念地図については全員分のコピーを取った。

参考にaさんが書いた概念地図を示す。生徒が書いた概念地図のサンプルという意味合いと、変化の見取りの材料とするための提示だが、見取りについては後述する。

図1.初回終了時の概念地図(aさん)



(第2次) :化石の骨格再現と生物の類推

第2次は「Engagement Phase」⁹として「①掘り出された恐竜の骨を再現する, ②どんな生物なのかをグループで話し合い発表する」学習活動を設定した。

恐竜の骨格を再現する活動においては, 骨格の全体像や関節どうしのつながり具合等, 丁寧に観察しながら再現させたい思いから15分間を設定した。生徒には, 「頭蓋骨・首・脊椎・尾骨」ライン, 「骨の太さと関節部分の形状」等に留意するよう助言した。また再現に困った際のヒントとして「関節部分」にマーカーで色付けを施しておいた。

再現途中, 全グループは「前脚から伸びる長い骨」部分の再現に困惑した様子で, ヒトと随分違う骨格構造に違和感を覚えていた。そのため, 他のグループの再現骨格も参考にさせることで, 全グループが時間内に完成させることができた。

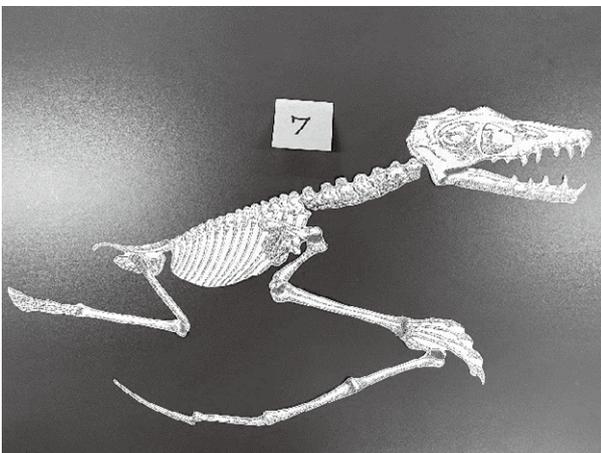


図2, 生徒が完成させた骨格モデル

その後, 脊椎動物の5区分を参考に類推させ, その理由と共に, 再現した骨格をもつ生物はどんな生物なのか考えさせた。「前脚の骨格の一部がとても長い」事実に着目したグループは「翼や羽の存在」を推測して「鳥類」の特徴を有する生物とした。一方, 「頭蓋骨の口」に着目したグループは, その「キバ状の歯」から「は虫類」の特徴を有する生物と推測し, 生徒の意見は2つに集約された。

(第3次) :骨格の共通部分と特徴的な部分の導出

第3次は「Exploration Phase」として, 掘り出された恐竜の骨を再現したのち, どんな生物なのかをグループで話し合い, 発表する学習活動を設定した。

導入で, 前時に再現した骨格は「翼竜」であったことや「鳥類」と「は虫類」の特徴を有しており, その特徴をいかけた生活をしていたことが類推できることを伝え, 本時は探究を強く意識し, 脊椎動物の骨格についてより詳しく調べることを目標とした。課題として提示したのは11種の脊椎動物の骨格写真であり, 写真は「骨から見る生物の進化Evolution」¹⁰より引用した。それらの生物の「脊椎・肋骨・肩甲骨・骨盤・鎖骨」の存在について, ヒトの骨格と比較してワークシート(図3)に整理し, 特徴的な内容を記述するよう示した。

Comparação com outros esqueletos de animais
他の動物の骨格との比較 ()組()番 名前()

動物名 Nome do animal	肩骨(肩椎) Espinha	肋骨(あばら骨) Costela	肩甲骨 Lamina de ombro	骨盤 Pélvis	鎖骨 Clavicula	首の骨の数 Numero de ossos do pescoço
ヒト(人間) Humano	○ (ある) La	○ (ある) La	○ (ある) La	○ (ある) La	○ (ある) La	7個らしい 7 peças
翼竜 Dragão asa						

図3, ヒト骨格と比較するための資料

提示した11種については, 骨格部位の確認が行いやすく, 生活場所に応じた骨格の特徴が現れていると判断したものである。また, これらを生徒が一覧にして概観すれば, 骨格部分において共通性があることや, 水中・陸上・空中など生活場所に応じた特徴的骨格を有することに気付くであろうことを意図した。

表4, 提示した生物の種類(11種)

分類	生物種	
両生類	オオサンショウウオ	カエル
爬虫類	ツノトカゲ	ヘルマンリクガメ
哺乳類	モモンガ	コウモリ
哺乳類	アザラシ	ラッコ
哺乳類	ライオン	モンキー
鳥類	ハト	-

調べる際には, 生物11種の画像をPCに取込み, PC教室で生徒1人に1台のPCを割り振り, PC上で画像を確認できる環境にした。生徒が画像を拡大したり回転させたりしながら観察しやすくなるよう配慮し, 3人1組で情報交換やチェックをしながら学習を進めることにした。その学習活動後, グループごとに調べた結果を発表させ全員で確認し合った。

(第4次) : 進化の証拠について理解する

第4次は「Term introduction Phase」として、骨格の比較表をもとに発表し合う活動と、骨格の共通部分や特徴的部分を整理する活動を設定した。共通部分については、骨格の構成が同じことを、特徴的部分については、生活場所に応じて骨の部位が発達していることを導いた。さらに、共通部分を維持しつつ環境に適応するために骨格が特徴的に変化したことを説明した。

表5, PC教室での授業で用いたワークシート

他の動物の骨格との比較

動物名	脊椎	肋骨	肩甲骨	骨盤	鎖骨	手・足のひねり	特徴的と考える骨
ヒト	○ (ある)	○ (ある)	○ (ある)	○ (ある)	○ (ある)	○ (ある)	
翼竜							
カンショウオカエル	○	△	○	○			前足の骨が長い
カメ							この足は前足で長い 目が短い、ツノがある
ラッコ	○	○	○	○	△	○	骨盤が広い 前足は短い
モモンガ	○	○	○	○	○	○	手足の骨が長い 骨盤が広い
コウモリ	○	○	○	○	○	○	前足は長い 後足は短い
ライオン	○	○	○	○	○	○	前足は短い 後足は長い
モンキー	○	○	○	○	○	○	前足は短い 後足は長い

骨格の共通部分や特徴的部分について問うと、生徒は、「骨格の基本的構成は共通している」「両生類以外は肋骨が丸くなっている」「鳥類に特徴的な胸骨(竜骨)がある」「空を飛ぶ生物の前足の一部が長くなっている」「水中で泳ぐアザラシのヒレとラッコの前足の骨格が似ている」「水中で泳ぐ生物の前足の骨格は短く太い、陸上で生活するライオンやモンキーの手足は長く細い」等を挙げた。以上を整理して、生物は、骨格の共通部分を有しながら生活場所に応じて特徴的部分が変化したことが推測できることを伝え、それが進化という概念であることを伝えた。



図4, PC教室での授業で用いたワークシート

また、ヒトの腕部分を例に、ヒトの腕の骨格と、コウモリの前足、クジラのヒレの骨格構成と機能が同じであることを伝え、科学用語の相同器官という言葉を示し、進化の証拠であることを伝えた。

この授業が終わった段階で、生徒には本時の学習も含んだ「概念地図のアップデート」を宿題として課した。aさんの概念地図は図5のように追記がなされた。

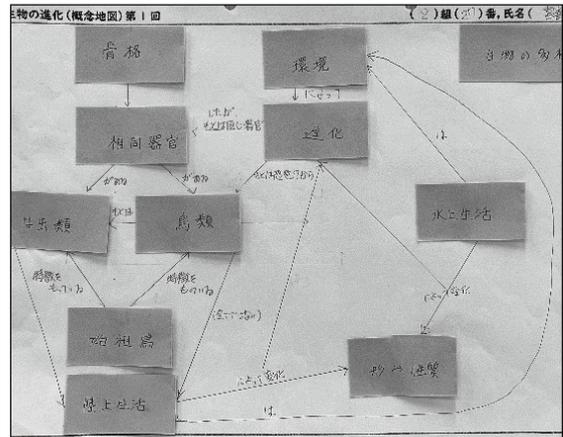


図5, 2回目で追記された概念地図(aさん)

(第5次) : 進化の証拠を考える「始祖鳥は何類?」

第5次は「Concept Application Phase」として「始祖鳥は何類か?」を学習課題として提示し「ジグソー学習」によって進めた。主な展開は次の通りである。

表6, ジグソー学習と課題と流れ

1 目標確認 (10分)	<ul style="list-style-type: none"> 「始祖鳥」の化石画像を拡大提示する(各グループにカラー写真を配布) 学習目標「始祖鳥は何類か、自分の考えを説明することができる」を示す。
初めの考え (5分)	<ul style="list-style-type: none"> 「初めの考え」を書く。 ジグソー学習の方法を伝える。
2 エキスパート活動 (10分)	<ul style="list-style-type: none"> 【課題A】始祖鳥は、鳥類の特徴を持つことを説明する 【課題B】始祖鳥は、爬虫類の特徴を持つことを説明する 【課題C】進化は環境へ適応することで生じたことを理解する 相同器官の有無は進化の証拠のひとつ
3 ジグソー活動 (8分)	<ul style="list-style-type: none"> 【課題A, B, C】で話合ったことをひとりひとりが伝え、伝えた後に問いについて考えることを指示。 ホワイトボード一式を配付し各班の考えを表す。
4 クロストーク (8分)	<ul style="list-style-type: none"> 各班の考えを黒板に一覧表示し、いくつかの班に考えを発表してもらう。
5 おわりの考え (5分)	<ul style="list-style-type: none"> 再度「始祖鳥は何類か」自分の考えを書く。 自分の考えを説明することができる。 【思考・表現:ワークシート】
6 授業の振り返り (5分)	<ul style="list-style-type: none"> 今日の学習について自己評価する。 学習状況について肯定的評価を伝える。

ジグソー学習前、生徒の「はじめの考え」に記述された理由を分類した区分毎の人数は以下のようであった。

表7、ジグソー学習前の生徒の考え

は虫類	・長い尻尾がある ・鋭い歯がある	3
鳥類	・体が羽毛におおわれている ・羽根がある ・極端に首が曲がっている ・嘴(細長い)がある ・長い前足と長い指の骨 ・前足と後足が細くて長い ・つめが長い ・後足のつめが長い	24
ほ乳類	・長い尻尾がある ・ヒトと同じような骨格をしている ・哺乳類にも飛ぶものがある	2

ジグソー学習後、「始祖鳥は何類か?」という問いに対する生徒の「終わりの考え」は次のようになった。

表8、ジグソー学習後の生徒の考え

区分	人数
は虫類	2
鳥類的は虫類	5
は虫類的鳥類	8
鳥類	11
ほ乳類	1

生徒が「鳥類よりのは虫類」と記述していたものは「鳥類的は虫類」と整理して区分した。また、「は虫類的鳥類」と整理したものは「は虫類よりの鳥類」「は虫類から進化途中の鳥類」「は虫類の特徴を持った鳥類」と生徒が記述していたものである。

この表をみると、は虫類、ほ乳類と答えた生徒は減り、上記のように、鳥類とは言い切れないが「鳥類の特徴を持つは虫類」と「は虫類の特徴を持つ鳥類」という考えと、シンプルに鳥類という考えに大きく分かれ、かつ、は虫類と鳥類の中間的な特徴を持っていると考える生徒が最も多くなっている。このことは、生物の特徴から何類か判断するという科学的な見方ができるようになっており、は虫類と鳥類の両方の特徴が混在していることに気が付いており、進化の途中ではないかとの推論もなされていることが読み取れる。

図6のワークシートに書かれた生徒の判断理由をみると、は虫類の特徴として「長い尻尾・3本のつめ・両手足がほぼ同じ長さ」をあげ、鳥類の特徴として「竜骨・翼があり羽毛でおおわれている」との特徴をあげて、鳥類の特徴もあるが、は虫類の特徴が多いから「鳥類的は虫類」と判断したことが分かる。

解決すべき課題

この生物はセキツイ動物の中のどのグループに近いの
決め手となる特徴を見つけて判断しよう。

※図や言葉を使って上手にまとめられるとよいですね。 の答えをまとめましょう。

グループでの考え(ジグソー活動を終えて)

この生物は 類であると考えられる。

その理由

1. つばさがあり、歯がニトリに似ている。
2. 鳥類特有の竜骨がある。
3. 体が羽毛でおおわれている。

クラス全体で意見を共有して(クロストーク活動を終えて)

最終的な自分の考え(結論)。この生物は 類であると考えられる。

その理由

- ・長い尻尾がある。(ハチョウ類の○)
- ・両手足がほぼ同じ長さ。(ハチョウ類の○)
- ・つめが3本ある。()
- ・竜骨がある。(鳥類の○) ←ハチョウ類にはない。
- ・つばさがあり、毛羽でおおわれている。(鳥類の○)

*鳥類の特徴もあるがハチョウ類の特徴が多い。



図6、ジグソー活動で用いたワークシート

一方、ほ乳類との考えを持ち続けた生徒は、「進化して爬虫類になってまた進化して鳥類になったと思う。その前はほ乳類だったと自分的に思う。鳥類だとすると前足と後足の長さが同じなのは変だ」との判断理由であった。この生徒の初めの考えは、ほ乳類と分類しており、判断理由は「ヒトと同じような骨格をもち、ほ乳類にも飛ぶものがあるから」とあった。この生徒は化石写真の情報や、エキスパート資料の情報、友だちとの対話からは自分の考えを変容させることができなかつたことがうかがえる。

(第6次)生物の多様性と進化

第6次は、本学習内容のまとめと位置付け、化石出現の地質年代図から出現の時間的長さや出現の順序性などを読取ること、ユーステノプテロンとイクチオステガ、始祖鳥、その他進化の証拠と言える生物を知ること、そして生物の多様性を進化の視点から考え文章に表すことを学習活動として設定した。

授業最後に生徒が書いた振り返り2名分を図7に示す。初めの生徒は、化石出現の地質年代図から読取った、脊椎動物の進化の順序性を考えの軸として、水中から陸上へと生活場所が変化することにより特徴的な骨格部分形成されたこと、骨格の全部が変化したのではない、と脊椎動物の骨格の共通性も述べている。

表10.各ラベルから引かれている線の本数と,その人数
(1回目に作成された概念地図)

ラベル	ラベルから引かれている線の本数毎の人数								
	0	1	2	3	4	5	6	7	
骨格	7	9	12	1					
鳥類	2	2	10	5	3	6		1	
始祖鳥	9	3	10	5	2				
は虫類		8	7	3	3	5	2	1	
相同器官	15	8	3	2	1				
水中生活	7	15	5	1	1				
陸上生活	2	6	9	9	3				
進化	5	7	4	6	4	2		1	
環境	7	7	7	4	4				
形や性質	13	3	7	3	3				
生物の多様性	18	7	3	1					
計	85	75	77	40	24	13	2	3	

(2回目に作成された概念地図)

ラベル	本数									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
骨格	1	9	9	8						
鳥類		1	5	5	6	4	3	2	1	
始祖鳥	1	10	9	5	2					
は虫類	1	4	3	7	3	4	1	3	1	
相同器官	6	10	6	4	1					
水中生活	1	10	10	4	2					
陸上生活		4	5	12	3	2	1			
進化	1	7	4	5	4	3	1		1	1
環境	2	4	6	8	5			2		
形や性質	4	6	8	2	6		1			
生物の多様性	13	5	7		1	1				
計	30	70	72	60	33	14	7	7	3	1

(3回目に作成された概念地図)

ラベル	本数									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
骨格	1	9	10	4	2				1	
鳥類	1	3	5	6	8	1	2	1		
始祖鳥		6	8	10	3					
は虫類	2	3	7	7	2	3	3			
相同器官	2	10	9	2	3	1				
水中生活	1	6	13	4	2	1				
陸上生活		4	13	4	5	1				
進化	1	3	5	6	6	1	4	1		
環境	2	2	12	3	3	4	1			
形や性質	2	8	8	4	5					
生物の多様性	7	9	6	3	1	1				
計	19	63	96	53	40	13	10	2	1	

1回目では「相同器官」「形や性質」「生物の多様性」のラベルは,どのラベルとも線で結ばれていない生徒の数が多し.逆に,前時までの学習でなじみのある「鳥類」「は虫類」「陸上生活」などは,多くの線で他のラベルと結ばれている傾向がある.

2回目の概念地図では,1回目の概念地図で他のラベルと線で結ばれていなかったラベルのうち,「相同器官」と「形や性質」のラベルは,線で結ばれていない生徒の数が減っている.また,そのほかのラベルについても,全く線が引かれていない0の列の数がとても少なくなり,生徒は他のラベルと何らかの関係付けをして表現しようとしている.また,3個以上の線で結ばれているラベルが1回目の概念地図ではそれほど多くなかったが,2回目の概念地図では増えている.そのことは,生徒が新しい関係を見つけ出すか考え出すかして,繋ぐ線の数を増やしていったためである.新しい関係を考えるという思考過程は,今まで別々のものにとらえてきたラベルについて,関係性を見出すことであり,様々なものと関連付けて考えるという目標に沿っているものと考えられる.

最終回となる3回目の概念地図では,2回目の概念地図より,平均本数では少なくなったものの,指導者が単元理解として関係性を深めて欲しいと重視した,「相同器官」「進化」「環境」「生物の多様性」などのラベルで,ラベルに引かれた線の本数が増えている傾向がある.

次に示す表11は,1回目と2回目,2回目と3回目の概念地図に引かれたラベルからの線数を差分として集計し,増減を一覧できるようにしたものである.この表では,+に変化した(人数が増えた)ものを網掛けにして見やすくしている.網掛けの部分が多いという事は,ラベルに結ばれた線の本数が増えた者がいるということの意味する.

表11.各ラベルに引かれた線の増減と,その人数
(1回目と2回目を比較したもの)

ラベル	ラベルから引かれている線の本数毎の人数										
	本数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
骨格		-6		-3	7						
鳥類		-2	-1	-5		3	-2	3	1	1	
始祖鳥		-8	7	-1							
は虫類		1	-4	-4	4		-1	-1	2	1	
相同器官		-9	2	3	2						
水中生活		-6	-5	5	3	1					
陸上生活		-2	-2	-4	3		2	1			
進化		-4			-1		1	1	-1	1	1
環境		-5	-3	-1	4	1			2		
形や性質		-9	3	1	-1	3		1			
生物の多様性		-5	-2	4	-1	1	1				

(2回目と3回目を比較したもの)

ラベル	ラベルから引かれている線の本数毎の人数										
	本数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
骨格				1	-4	2					1
鳥類		1	2		1	2	-3	-1	-1	-1	
始祖鳥		-1	-4	-1	5	1					
は虫類		1	-1	4		-1	-1	2	-3	-1	
相同器官		-4		3	-2	2	1				
水中生活			-4	3			1				
陸上生活				8	-8	2	-1	-1			
進化			-4	1	1	2	-2	3	1	-1	-1
環境			-2	6	-5	-2	4	1	-2		
形や性質		-2	2		2	-1		-1			
生物の多様性		-6	4	-1	3						

※人数が増えた項目は網掛け

1回目の概念地図作成から2回目の概念地図作成の時に、1回目の概念地図に追記するという方法をとったため、本数が増えた人数が増えるのも当然と言えるが、元の自分の作っていた概念地図を消しゴムで全部消して作り直した生徒が2名いた。

2回目から3回目では、ラベルも別のものにして新規に作り直したため、よりその時点での自分の考えを表現しやすい。そのような状況で本数が増えた生徒が多かったことは、自分の中の考えを表現するときに、精緻に考えることができたという事であろう。

また、ラベルとラベルを結ぶ線に付加する言葉の文字数は、回数が進むごとに全体的に多くなっている。これは、生徒がより詳細に関係を表現しようとする姿だととらえられる。

Ⅲ 概念地図の見取りと考察

1. 概念地図中のラベルに引かれた線の数の変化

作成した概念地図を評価することが、生徒一人ひとりの思考の評価ツールとして使えるかという観点で、いくつか考えてみたい。

図9は、指導者として生徒に、より精緻な理解をしてもらいたいと希望している「相同器官」「進化」「環境」「生物の多様性」という4つのラベル(言葉)について、何本の線を何人が結んでいるかという前述の表から抜き出し、1回目から3回目までの推移をグラフ化したものである。奥行きが1回目から3回目を表し、奥から順に1回目、2回目、一番手前が3回目である。

横軸の本数は、それぞれのラベルから何本の線が引かれていたかを示し、高さは、その本数で結んでいた人数である。

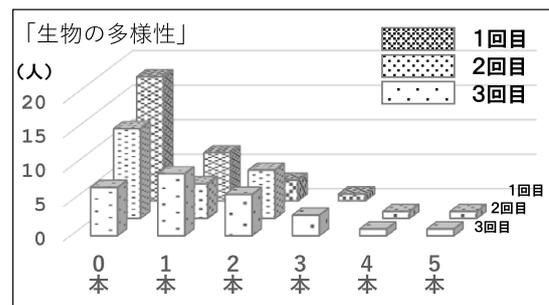
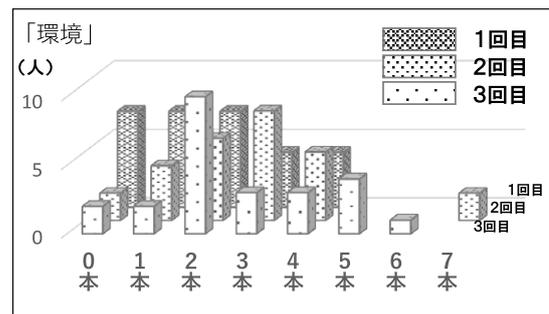
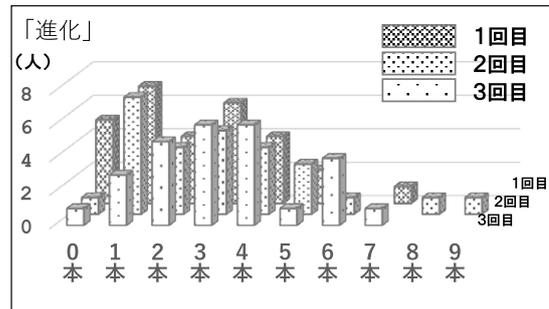
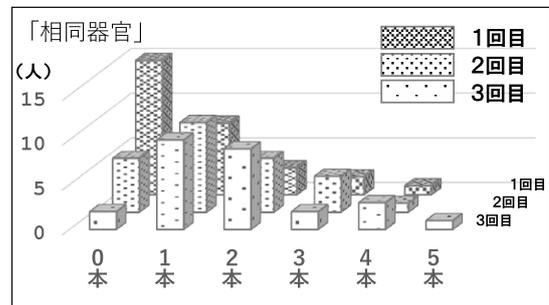


図9. 各ラベルにおける接続された線数の変化

全体的な傾向として、1回目の概念地図は0本や1本という、結びつきが少ない表現だったものが、回を追うごとに本数が増える生徒が増えていることが分かる。このことは、これらの言葉について、関連性を見だしにくかった生徒が、徐々に複数の関連性を見出し表現できるようになってきたという事であり、特に「相同器官」と「進化」は多くの生徒が関連付けて表現することができなかつたにも関わらず、3回目にはほぼ複数の言葉と関連付けて表現できるようになっている。

しかし、最後までどのラベルとも関連付けて表現できるようにならなかつた生徒もいたことは、指導の過程に課題が残る点でもある。

2.概念地図の見取り

本文中に示したaさんの概念地図の見取りは、次に示すbさんの概念地図と併せて、考え方のネットワーク化のプロセスや精緻化のプロセスが見やすく感じる概念地図であるため提示している。

aさんの1回目の概念地図(図1)では、教科書を見ながら未知なるラベル「始祖鳥」に集約された図である。「始祖鳥」のラベルを既知の「は虫類」「鳥類」とつなげて、その他の知っている言葉の関連性を付け加えて表現しようとした。2回目は、それが拡がり「進化」や「環境」との繋がりが増え、表現がより複雑になっている。線が外側を回ったり長くなったり收拾が付きにくくなってきた感じを受けるが、ラベル同士のネットワークが拡がっている様子分かる。3回目は、スクラップ&ビルドで全体を再配置している。「始祖鳥」「相同器官」「進化」「生物の多様性」のラベルを中心に配置し、既知のラベルと関係づけることで、進化の概念を表現しようとしている。

図10に示す3枚の写真は、bさんの1回目から3回目までの概念地図の変化である。aさんとbさんの概念地図を参考にしながら、本文の課題意識とアプローチの項で記した

- ・知識を相互に関連付けてより深く理解できているか
 - ・情報を精査して考えを形成・再構成できているか
- という点を検討したい。

1回目のbさんの概念地図では、全11枚のラベルのうち、6枚しか組み込むことはできずに、5枚は何とも関連づけができないまま終わっていた。2回目では、「鳥類」と「は虫類」の上に「始祖鳥」を置き2者を結ぶと同時に、「進化」と「相同器官」を付け加えて表現した。しかし、「生物の多様性」はどことも結ばれることなく表現しきれていなかった。3回目では、「始祖鳥」の上に「進化」を置き、そこから左右に「生物の多様性」と「相同器官」を配置して言葉で結び付けて完成形とした。aさんの表現の変化もbさんの表現の変化も、知識の相互の関連付けに当たるし、再構成も表現されているととらえられる。また、整理し系統化して理解しなおすという行為にも通じる様相がみられている。このことは学びが少しは深まりを見せたと判断していいのではないかと考える。

aさんやbさんの概念地図は、付け加えや並べなおしが見やすかつたため例示したが、多くの生徒が同様の付け

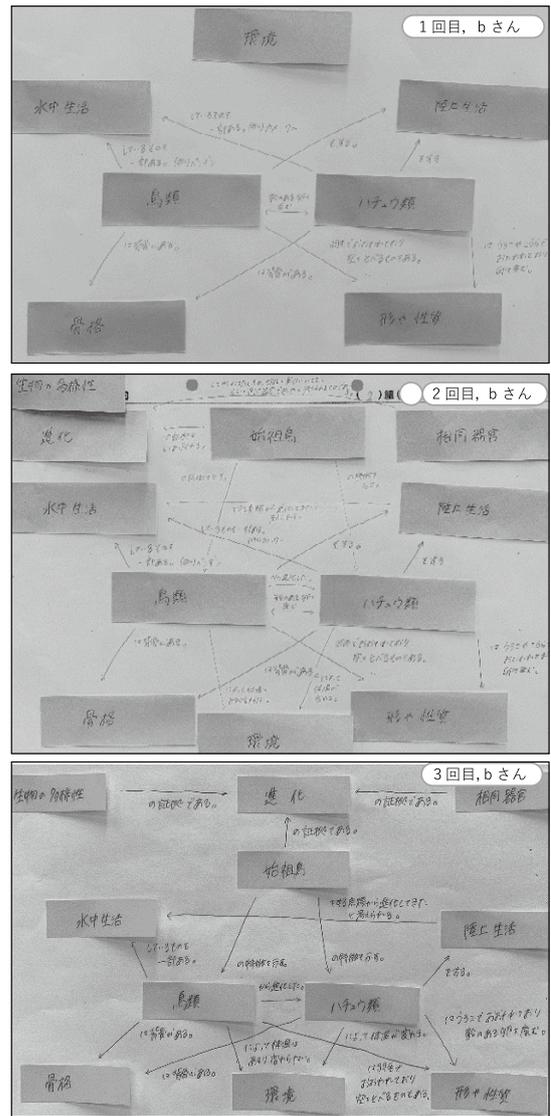


図10, bさんの1回～3回の概念地図の変化

加えや並べなおしを行いながら概念地図を成長させている。aさんの2回目から3回目の概念地図の変化のように、以前の自分の考えを全部壊すわけではなく、bさんのように元のつながりはある程度保ちつつ、付け加えや並べ替えを行って完成形を作り上げている生徒の方が多く見られた。また、表現される概念地図も百人百様で、一つとして同じものがない。ラベル同士の結びつきも表現も異なっている。

このことは、生徒の物事の理解の様相は多様であり、ひとそれぞれ物事の捉え方や表現が違うということを示している。しかし、このような手法を使うと、その多様な生徒の考え方が読み取りやすくなり、ペーパーテストでは読み取れなかつた考え方や表現が読み取れることが分かる。

さらに、今回は集計していないが、どのラベルからのラベルに線を引いているのかや、それらの間をつなぐ言葉はどのような言葉でラベルを繋いでいるかなどを詳細に見ていくと、生徒一人ひとりの理解の状況が推察できるようになる可能性を秘めている。

Ⅳ おわりに

今後、学校現場ではGIGAスクール等の取り組みでICTの普及が進んで、一人一台のデジタル端末を有する環境が当たり前になってくる。既に、タブレット端末を使って概念地図を表現する実践はなされており、実際、付箋で間に線を引くやり方よりもPCやタブレット端末上での作業の方が、生徒は考えながら作業がしやすい。

付箋では、ラベルを一度配置してしまうと、移動する際に線を消さなければならなくなるのでラベルはなかなか動かすにくくなるが、その点、PCやタブレット端末上での概念地図作成ツールは、ラベルの位置を動かしても線は連動して移動してくれるので、いろいろ配置を変えて考えるのに適している。生徒が思考するためのツールとしての効果は十分にあると考える。

また、デジタルデータであれば様々な集計が一瞬でできるため、教員が数えるよりスマートに集計でき、より詳細な情報が得られるようになるなどの、学習に役立つツールになるかもしれない。あるラベルが、どのようなラベルに結ばれているかを一覧として数値化することも可能だろうし、例えば間をつなぐ言葉の全体を拾い出し、テキストマイニングをかけるなどすれば、さらに別の視点での分析も可能になるだろう。

以上のように、少なくとも概念地図法は、生徒の考えを読み取るためのツールとして活用できるし、それにICTが関わると、もっとスムーズに読み取れるようになるであろう。そのような環境を活用した学習指導や評価を今後も模索していきたい。

【引用・参考文献】

- 1 文部科学省, 中学校学習指導要領, 平成29年3月
(参考URL) https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/1383986.htm
- 2 中央教育審議会, 新しい学習指導要領の考え方-中央教育審議会における議論から改訂そして実施へ-平成29年
(参考URL) https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/_icsFiles/afiedfile/2017/09/28/1396716_1.pdf
- 3 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, 2017年
- 4 文部科学省, 小学校学習指導要領, 平成20年告示
(参考URL) https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/1356249.htm
- 5 文部科学省, 新学習指導要領解説【理科編】, 平成29年
(参考URL) https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/1387016.htm
- 6 リチャードホワイト・リチャードガンストン著, 中山迅・稲垣哲郎監訳『子どもの学びを探る 知の多様な表現を基底にした教室をめざして』東洋館出版社, 1995
- 7 中山迅・稲垣成哲編著『理科授業で使う思考と表現の道具 概念地図法と描画法入門』明治図書, 1998
- 8 下園恵子, 「協働的な学びによる探究活動の深化の研究～生徒を学びに向かわせる学習の在り方～」, 鳥根大学大学院教育学研究科の地域の教育課題に関する研究成果報告書, 2020
- 9 丹沢哲郎, 大石真司, 鈴木康治「生態系に関する中学校理科授業の開発と評価」静岡大学教育学部附属教育実践総合センター紀要科教研報, 2007, No.13 p.75～86
- 10 ジャン＝バティスト・ド・パナフィュー[著], パトリック・グリ[写真]『骨から見る生物の進化 EVOLUTION』河出書房新社, 2008