

創造的思考における教科横断的な視点に関する一考察 —「STEAM」を援用した芸術教育と理数教育におけるモデルの構築—

渡辺 行野*・鈴木 一成**・大熊 誠二***

新学習指導要領においては、AI等の先端技術の発展という背景に鑑み、社会に対応するための資質・能力の育成が掲げられている。この資質・能力は教科教育の場面においては問題解決的な学習活動を経て育成されることが示唆されている。また、STEAM教育や中央教育審議会（答申）においても、資質・能力の育成には教科横断的な視点が必要不可欠であることが示されている。

そこで、本研究では資質・能力の育成を目的として問題解決的な学習活動を具現化するためにSTEAM教育を援用し、理数系の知識や技術と芸術系における創造的な力を互いに補完し合う教科横断的な視点について検討した。これまでの知見で示された拡散的思考と収束的思考における創造的思考を明らかにし、その過程で表現されるモデルを細分化した。その結果、理数系と芸術系におけるモデルの活用方法には、それぞれの特性があることが明らかになり、互いの教科が相補的な役割を示すことで教科横断的な視点における問題解決的な学習活動が深化していくことが示唆された。

互いのモデルを授業デザインでどのように活用させるかによって、教科横断的な学習活動の質も向上すると想定されることから、モデルの活用方法の吟味と各実践のプロセスを検証することが今後の課題であると考えられる。

Key words：教科横断的な学習活動，拡散的・収束的思考，創造的思考の過程，モデルベース推論

1 問題の所在

近年、先端技術の進化と共に社会が劇的に変動しており、教育における考え方や対応も変化してきている。第四次産業革命とも言われるAIやロボット等の先端技術が身近な存在になり、これからの社会では今まで人間が行ってきた仕事の多くをAIやロボットが担うことが示唆された(Fray, C.B. and Osborne, M.A., 2013)。こうした動向を踏まえ、2020年から実施される小学校学習指導要領においては、社会に連動した資質・能力の育成

が掲げられている。また、文部科学省(2018)は、これからの社会における教育方針として「文章や情報を正確に読み解き、対話する力、科学的に思考、吟味し活用する力」が必要であることを示し、AI等の先端技術の持つ有用性を十全に活かしつつ、様々な問題解決能力と創造的な力が必要になることが示唆された。

この資質・能力とは、①知識及び技能、②思考力・判断力・表現力等、③学びに向かう力・人間性等、の三つの柱を示している(中央教育審議会、2016)。授業実践の場面において資質・能力の三

* 人間学部児童発達学科

** 東洋大学文学部教育学科

*** 帝京大学医療技術学部スポーツ医療学科

つの柱は互いに関連し、一体化しながら育成されるものであることが示唆されている（国立教育政策研究所，2016）。例えば，学習指導要領理科編においては，課題の把握，課題の探究，課題の解決という探究の過程として，一連の問題解決的な学習活動を通して資質・能力を育成することが示されている（文部科学省，2017）。つまり，資質・能力を育成するためには問題解決的な学習活動を実践することが希求されていると考えられる。

また，2016年の中央教育審議会「幼稚園，小学校，中学校，高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策について（答申）」においては，「各教科等の教育内容を相互の関係で捉え，学校教育目標を踏まえた教科等横断的な視点で，その目標の達成に必要な教育の内容を組織的に配列していくこと」が指摘されている。これは具体的には，各教科における授業実践の内実を学校教育に携わる教師等が十全に理解するとともに，教科横断的な視点の下，特定の教科の学習成果を教師らが把握し，その成果を各教科において相互に活用することが必要であることを示していると考えられる。

教科横断的な視座の下で相補的に学習成果を活用する例としては，Science(理科)，Technology(技術)，Engineering(工学)，Mathematics(数学)の教育分野を総称したSTEM教育（理数教育）にArt(芸術)の領域を追加したSTEAM教育があげられる。STEAM教育では，理数系の科学・工学の知見を持ち合わせた上で，芸術教育(Art)で培われた独創性や創造性をアートとして織り込み，AI等の先端技術では生み出すことができないような多様なアイデアを活用する人材を育成することが期待されている（Sousa, D.A. & Pilecki, T.J., 2013）。これは端的には，芸術教育の成果を理数教育において活用する視点を示したものであると考えられる。つまり，中央教育審議会の指摘する教科横断的な視点を構築していくためにはSTEAM教育が有効な視座となる可能性を示している。

こうした背景の下，渡辺・鈴木・大熊（2019）は教科横断的な視座における問題解決的な学習活動の枠組みとして，STEAM教育の拡散的思考と収束的思考を用いた創造的思考の過程が有用で

あることを明らかにした。しかし，これらの創造的思考の過程において，子供の拡散的思考と収束的思考を直接評価することは難しく，各教科において拡散的思考と収束的思考を把握する手法の検討は十分に行われていない。そこで，本研究においては，レーラーとシャープル（Lehrer & Schauble）のモデルベース推論を援用し，理科，音楽科，保健体育科で子供の表現するモデルから，各教科の特性や役割を整理し，拡散的思考と収束的思考が各教科において，どのように表出するのかについて明らかにする。

2 教科横断的な授業デザインの視点

(1) 各教科における拡散的思考と収束的思考

鈴木・渡邊・渡辺・大熊（2014）によれば，社会科，音楽科，保健体育科の各教科の学習活動において，問題把握の学習，分析的学習，共通感覚的学習，知識活用的学習の四つの象限から構成される理科授業デザインの枠組みが，社会科，音楽科，保健体育科の授業における学習活動において援用が可能であることが示された。これは鈴木・森本（2012）による理科授業デザインの枠組みが教科横断的な視点として有用であることを示すものであり，学習者の資質・能力の育成に寄与するものであると考えられる。

さらに，渡辺，大熊，鈴木（2019）は，STEAM教育の視点を援用して，理科教育と芸術教科は収束的思考（convergent thinking）と拡散的思考（divergent thinking）の二つを用いて概念構築を行った。芸術教科は拡散的思考，理科は収束的思考を用いることが容易という教科特性を持つことを明らかにした（渡辺・大熊・鈴木，2019）。収束的思考とは，方程式の解を求める数学的問題等に代表される定義が十分な問題（well-defined problem）において，唯一解を求める際に使用される思考法であり，拡散的思考とは，音楽の表現において，様々なメロディやハーモニーを解釈するような定義が不十分な問題（ill-defined problem）において，複数の解答を考える際に使用される思考法である（Sousa, D.A. and Pilecki, T.J., 2013）。従来の理数教育においては，収束的思考

を重視してきたが、この拡散的思考の視点の活用が明確になったことで、理数教育と芸術教育がそれぞれ学習者の異なる思考の視点を育成することを可能にすることから、理数教育と芸術教育が相補的な役割を果たすことが明らかにされたのである（渡辺ら、2019）。

(2) 創造的思考の過程モデル

拡散的思考と収束的思考を具体的な授業デザインの枠組みで表現するためには、図1に示したハダマード（Hadamard, J., 1954）の創造的思考の過程が有用である。

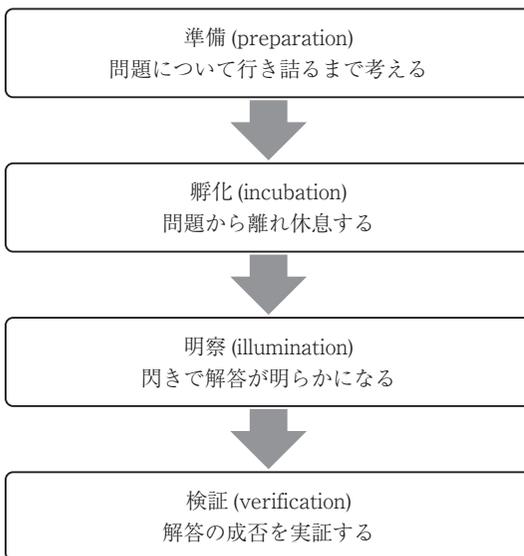


図1 ハダマードによる創造的思考の過程モデル
(Hadamard, J., 1954: 43)

創造的思考の過程は四段階で構成される。第一段階は準備（preparation）の段階であり、学習者は問題に対して全力で解答を模索し、創造的思考の準備が行われる。第二段階は孵化（incubation）の段階であり、この段階においては、学習者は問題を新しい側面から眺望し、様々な考察を加え続けていく。第三段階は明察（illumination）の段階であり、これまでの考察により、学習者に閃きが見られるようになり、問題の解答が明らかになる。第四段階は検証（verification）の段階であり、得られた解答が実際に活用できるかを検証し、新たな問題を発見し、次の学習活動へと進むのである。

この四段階の過程は、第一段階、第二段階においては学習者の多様な表現が発露し、拡散的思考が十全に用いられる。さらに第三段階、第四段階においては、こうした多様な表現を間主観的に吟味することにより、収束的思考が用いられる。つまり、この創造的思考の過程を各教科における授業実践で十全に取り組むことにより、拡散的思考と収束的思考を用いる学習活動が一層充実すると考えられるのである（渡辺ら、2019）。

これは換言すれば、理数・芸術教育等の教科横断的な視座においては、拡散的思考と収束的思考を活用した創造的思考の過程を授業デザインの視点として用いることが重要であると考えられるのである。

3 創造的思考の過程におけるモデルベース推論

(1) 創造的思考の過程におけるモデルの意義

教科横断的な授業デザインの視点として、拡散的思考と収束的思考を活用した創造的思考の過程の枠組みを用いることが重要となる可能性は否定できず、この視点を授業実践において具現化するためには、クレイヤックとブルーメンフェルド（Krajcik, J.S., and Blumenfeld, P.C., 2006）の指摘は傾聴に値する。

クレイヤックとブルーメンフェルド(2006)は、問題解決的な学習活動において、学習者の学習活動を深めるために認知的道具（cognitive tool）を積極的に用いることが有用であることを明らかにした。この認知的道具とは情報やデータを可視化し共有化するツールを意味しており、端的には学習活動において学習者が自分の思考を様々なモデルを用いて表現し、共有することであると捉えられる。

つまり、学習者がモデルを用いて自らの考えを表現することは、問題解決的な学習活動を深化することを可能にし、同時に教師はモデルを通じて学習者の思考を分析・評価することが可能となる。これは拡散的思考と収束的思考を活用した創造的思考の過程の具現化に寄与できると考えられるのである。

(2) 創造的思考の過程におけるモデルの種類

創造的思考の過程の授業実践におけるモデルの活用の視点として、自然科学におけるレーラーとシャープル（Lehrer and Schauble, 2006）のモデルベース推論は有益である。この理論においては、学習者が自然現象などの対象（base）をモデル（target）に変換する活動を、類推による写像（mapping）として捉えている。写像には、外見の類似性による写像、機能的関係による写像などがあり、これらの類推に基づくモデルの種類には、自然界の拡大・縮尺モデル（physical microcosms）、統語モデル（syntactic models）、創発モデル（emergent models）、表象システム（representational system）が存在する。

自然界の拡大・縮尺モデル（以下、拡大・縮尺モデル）は、外見的な類似点を活かして作成するモデルである。これらのモデルは自然界の事物と外見を類似させ、機能も直接的な対応関係を保持している。こうした外見の類似性に基づいたモデルは直接的であることから学習の初期段階で散見されることが多い。そして、このモデルは様々な説明すべき条件に適応することによって適宜モデルの修正、改良がなされ、より精緻なモデルと洗練されていくのである。

統語モデルは、自然界の事物・現象を外見的な類似点ではなく、システムが持つ機能的な類似性を示したものである。このモデルは外見的な共通点に関わらず、性質としての共通点に注目して写像できることが特徴であり、時間的・空間的な表現も盛り込むことが可能である。

創発モデルは、自然の事物・現象において、一つひとつの個体の性質から説明できないような事柄を、その個体同士の関係性から推論することにより、創発的に引き起こされる巨視的な現象を説明するモデルである。授業実践における創発モデルは、一つひとつの微視的な性質を巨視的な現象と関連付けて説明することであると捉えられる。

表象システムは、インスクリプション（inscription）とも呼ばれており、議論を行う上で、集団が同じものを認識し、考えを共有することを可能にするモデルである（Latour, B., 1990）。授業実践における表象システムは、学習者一人ひとり

の心的表象の外化を行い、集団で議論できるポートフォリオやホワイトボードなどの資料として活用可能なモデルとして捉えられる。

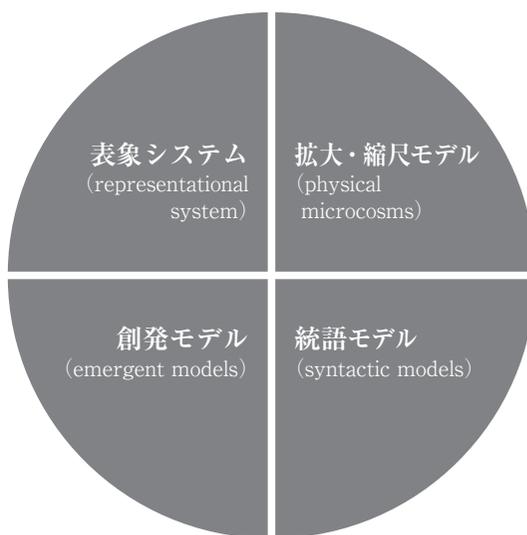


図2 レーラーとシャープルのモデルベース推論（Lehrer & Schauble, 2006）

(3) 授業実践におけるモデルの活用

拡大・縮尺モデル、統語モデル、創発モデル、表象システムの四つのモデルは、全てが科学的実践で実際に用いられているモデルであることから、異なる発達段階やレベルを示しているのではなく、モデルの特性を強調した分類として認識することが必要である（Lehrer & Schauble, 2006）。拡散的思考・収束的思考の二つの思考はどのモデルにおいても用いられるが、モデルによって重み付けが異なると考えられる。そこで、ここでは四つのモデルにおいて拡散的思考・収束的思考の関連について概観する。

まず、拡大・縮尺モデルは外見の類似性を端緒として様々な条件に対応させ、精緻化していくモデルであることから、拡散的思考に比べ収束的思考の側面が強調されるモデルであると考えられる。次に、統語モデルは外見ではなく、機能的類似性を端緒としてモデルを作成する必要があることから、多様な視点で対象を分析する必要があり、拡散的思考が強調されるモデルであると考えられる。そして、創発モデルは微視的な性質と巨視的

な性質を関連付けて推測することが必要であることから、それぞれの特徴を多角的に検討することが希求される拡散的思考が強調されるモデルであると考えられる。最後に、表象システムは拡大・縮尺モデル、統語モデル、創発モデルの三つのモデルを十全に活用し、心的表象を外化して集団で話し合っ吟味を行うことから、対話的な学習の資料としての役割を持つことが大きな特徴であると指定される。これは様々なアイデアを検討して取捨選択できる拡散的思考と、多様なモデルから最適モデルへ収斂する収束的思考の両側面を有しているモデルであると考えられる。

拡散的思考と収束的思考を十全に用いて創造的思考の過程を経ることが教科横断的な学習として重要であることから、学習者は問題解決的な学習活動の中で、どのモデルが最も適切であるのかを判断し、様々な場面においてモデルを活用する学習活動が希求されると指定される。これはディゼッサ (diSessa) の主張するメタ表象能力の育成とも軌を一にすると捉えられる。つまり、拡散的・収束的思考を活用する創造的思考の過程においては、学習者が様々なモデルを用いながら行う学習活動が必要であると考えられるのである。

本稿においては、これらのモデルが実際に各教科においてどのように関わっているのかを検証する。以下に、拡大・縮尺モデル、統語モデル、創発モデル、表象システムの四つのモデルが各教科の授業実践において、どのような場面で活用されるかについて詳述する。

4 理科におけるモデルの活用

(1) 理科におけるモデルの位置づけ

理科教育の授業実践において、学習者はモデルを用いて様々な表現を行うことが明らかにされている (たとえば、ドライバーら, 1993)。具体的にモデルを用いる場面は、観察・実験の予想や仮説を表現する場面や、観察・実験結果の解釈において考えを比較・検討する場面であると考えられる。本稿では、拡大・縮尺モデル、統語モデル、創発モデル、表象システムの四つのモデルが、理科授業でどのように用いられているかについて明

らかにする。

(2) 理科における自然界の拡大・縮尺モデル

理科の授業実践において、拡大・縮尺モデルは多くの場面で用いられるモデルである。学習者が初めて自然事象を観察する際には、その外見的特徴を基にしてモデルを構築し、学習を進めることが指定される。太陽系や地球といった広大な自然事象を縮尺したモデルを用いたり、細胞や微生物等の微細な自然事象を拡大したモデルとして用いたりする学習は、まさに拡大・縮尺モデルを用いた学習の好例であると考えられる。この拡大・縮尺モデルは、直接的に観察できる地学分野や生物分野において散見される。

(3) 理科における統語モデル

理科の授業実践において、統語モデルは機能的な類似性に注目することから、自然事象の性質について熟考した後に現れるモデルであり、基本的には仮説や結果の解釈の場面で活用されるモデルである。外見の類似性に注目する拡大・縮尺モデルに比べて、自然事象を別の事象や数式と関連付けるなど、自然事象の内実について理解して考察を深める必要があることから、拡大・縮尺モデルと比べ学習者が使用するには難易度が高いモデルであると考えられる。エネルギーや粒子など自然事象を直接観測することが難しい物理分野や化学分野で散見されるモデルである。

(4) 理科における創発モデル

理科の授業実践において、創発モデルは微視的な粒子の性質や粒子相互の関係性を基にして巨視的な現象を説明するモデルであることから、原子や分子といった微視的な粒子と観察可能な巨視的な化学現象を関連付ける化学分野において散見されるモデルである。統語モデルと同様に、自然事象を微視的な粒子と関連付けるなど、自然事象の内実について理解を深める必要があるモデルであり、学習者が使用するには難易度が高いモデルであると考えられる。

(5) 理科における表象システム

表象システムは、学習者一人ひとりの心的表象を外化し、集団で議論できる資料として活用可能なモデルである。これは理科の授業実践においては、話し合いの資料として可視化されたモデルであると措定される。

前述の理科の授業実践における拡大・縮尺モデル、統語モデル、創発モデルはいずれも学習者のポートフォリオに記述される内容であり、すべて表象システムであると捉えられる。話し合いを通じて他のアイデアと比較検討し、学習者自身の共通感覚的な考えを吟味していると考えられる。つまり、どのモデルを用いる場合でも、対話的な活動において議論できる資料として用いることができれば、表象システムとして捉えられるのである。

5 音楽科におけるモデルの活用

(1) 音楽科におけるモデルの位置づけ

音楽科教育の授業実践においては、自分（自己）と音・音楽（楽曲）や他者（演奏家や作曲家も含む）、モノとの出会いが存在するが、音楽は、音を媒体とした広いコミュニケーションツールともいえる。こうした様々な出会いの中で、学習者は感覚的、感性的に音を捉えることと同時に、その出会いの意味をより深めるために、音の質やリズム、音律の方向性や楽曲分析、歴史・文化を辿る。また、音を通して触発された感受性に自己投影し、自己と向き合ったりする。こうした音楽体験の積み重ねが、一人ひとりの表現力の豊かさにも繋がっていくのである。つまり、音や音楽に関して理解を深めようとする時、前述の四つのモデルを用いながら知覚・感受をより具体的に分析したり、幅広い視点で音楽を捉えたりしながら、自己の表現方法を見出していくのである。

(2) 音楽科における拡大・縮尺モデル

音楽科の授業実践において、拡大・縮尺モデルは楽曲を扱う際に、多くの場面で用いられるモデルである。このモデルは、表現・鑑賞領域など全ての領域に関わる。例えば鑑賞の実例を挙げる。初めての楽曲を聴取しその音楽に出会った時に、

自分にとって忘れられない旋律やフレーズ、印象があり情動が起きたとする。他の部分には無関心であっても、どうしても印象に残ったそのフレーズには、音楽的な意味が存在するのである。それは、拡大・縮尺して楽譜を分析することで、作曲家の思いや意図に触れることが出来、アナリーゼを通して、自分自身の情動とも向き合えるようになる。拡大・縮尺を繰り返し、その意味から楽曲の全体像を深く捉えていくと、部分的な印象として残っていたフレーズと楽曲のテーマとの関連や、音の配列・旋律の動きの意味など楽曲全体の構造等が、自身が感受したものと同時に補完し合い、新たな発見へと繋がると考えられる。しかし、このような作業を繰り返しながら楽曲の理解へと進めていくには時間が掛かる。その為、授業デザインの中では頻繁に用いることは難しい。したがって、拡大・縮尺モデルは、直観的なイメージを、収束的に分析していく場面において有用であると考える。

(3) 音楽科における統語モデル

音楽の授業実践において、統語モデルは機能的な類似性に注目することから、音楽づくりや創作の部分において活用される。またそのモデルを通して、その後の表現や鑑賞における領域にて、相補的な役割を担うことが期待される。

拡大・縮尺モデルに比べて、扱う意味が異なる為、一つひとつの固まりや素材、音楽用語というモチーフや楽曲のテーマ、動機付けとなるもの等を個々の感性で関連付けていくことが可能になると考えられる。一つの素材を与えることで、その素材が発展していくメリットがある為、一人ひとりの創造性を拡散的に広げていくことのできるモデルである。個々の特性も活かされることから、同じ表現はなく、其々の表現が共有されつつ、異質の中で刺激し合い、豊かな音楽表現が醸成されていくモデルである。

(4) 音楽における創発モデル

音楽科の授業実践において、創発モデルは主に聴覚と視覚を関連させながら活動する。また、五感全てを用いてそれらの情報を関連させながら音

を抽出したり、全体的把握へ戻したりしながら、知覚・感受し表出・表現へと具現化しながら音や音楽を捉えることができるモデルである。

このモデルには、統語モデルと往還したトレーニングも必要となる。聴こうとする意識から、今まで聴こえてこなかったものが聴こえてくる。見ようとしなければ見えてこないといった敏感な感性への意識付けや活性化と同時に、様々な音楽的手法を用いて、そうした内在する感性を外へと表していくことのできるモデルと考えられる。

(5) 音楽科における表象システム

音楽科における表象システムでは、一人ひとりの内在的な表象を外化し、集団で他者と議論する資料として活用可能なモデルである。これはどの教科においても行うことのできるモデルと考えられるが、音楽科の授業実践においては、音や音楽を何らかの「かたち」に表すことで、目には見えない時間芸術を、自分たちのかたちとして可視化しながら、資料をもとに話し合いを行い、表現を深めていくモデルと考えられる。

音楽的な学習を深めていく中で、個々の表現力の幅は広がり深化していくことになるが、音楽科の実践においては、統語モデルで培った理論やその創造性が基礎となり、創発モデルに活かされることが期待される。またその循環は向上していくことが希求されるが、その際、拡大・縮尺モデルにおける感覚的・直観的な感性は重要になる。これらのモデルは、常に融合し合い、表現・鑑賞・音楽づくり（創作）の互いの領域において補完される。また、表象システムでは、それらの活動場面において、互いのかたち（表象）を話し合い、他者とのアイデアや意見と比較検討することで、学習者自身の共通感覚的な考えを吟味しながら発展していくモデルなのである。

音や音楽を「かたち」として表し、自己の感性や創造性を表象していく。表象システムは、どのモデルに関しても、可視化しながら対話的な活動として議論する資料として用いることができる為、とても重要な意味を持つ。

6 保健体育科におけるモデルの活用

(1) 保健体育科におけるモデルの位置づけ

保健体育科の学習活動においては、学習者は多様な身体活動等を通して、学習内容を学んでいくことが求められている。たとえば、球技領域の学習においては、いわゆるスポーツ種目の中にみられる定型の技術を全員が一様に身につけることに主眼を置くことのみでは内容の獲得は叶わない。実際のゲームでの関わりやチームでの役割など、学習者一人ひとりが「いま—ここ」の状況を思考判断しつつ、モデルを創発していく。そして、自分たちにとって必要感を持って技能や学び方を獲得していくという学習活動を展開していく。

(2) 保健体育科における拡大・縮尺モデル

学習活動においては、学習者が学習内容を学んでいくために、多様な身体活動や思考判断が展開されている。例えば、ゲーム場面を理解する際にも、人の動きに焦点化する学習者もいれば、ボールの動きに重点を置く学習者もいる。また、次の動きを予測している学習者もいれば、前のプレーを回帰している学習者もいる。一人一人の経験から、それぞれの理解や解釈の状況は異なるが、それぞれに意味のある学習活動を展開していると解釈できる。個人個人が拡大縮尺したモデルを、学習内容に即して収束していく思考は重要になるが、収束が難しい場面も考えられる。

(3) 保健体育科における統語モデル

主体的な学習活動を展開していくために、学習者の運動に対する機能的特性に添いながら、学習活動を展開していく意義は高いと考える。統語モデルでは、学習者一人ひとりが既習知識の理解から、その運動を思考判断したり、感じ取ったりした視点を発展させていくことが可能となる。定められた一つの正解ではなく、拡散的思考を用いながら、学習者一人ひとりにとっての最適解を導き出していくことにつながるモデルである。

(4) 保健体育科における創発モデル

保健体育科の学習活動で、創発モデルを用いる

ことは、対話的な学習活動を担保していくことにつながると解釈できる。たとえば、ゲーム場面の解釈は学習者それぞれの既習知識によって異なるが、その一つ一つの解釈にはそれぞれ価値があると考えられる。思考をどのように変容させていくかは、学習活動において保証されるべきである。プレイヤー一人ひとりの動きと、ゲーム全体の動きの関連性を学習者が自分自身で解釈しながら、主体的に学習活動を展開していく。よって、創発モデルでは、思考判断をより深めたり、運動技能を発揮したりすることにつながるモデルとして考えることができる。

(5) 保健体育科における表象システム

保健体育科における表象システムは、学習者の学びをより高次に発展させていくために意義深いと解釈できる。たとえば、統語モデルや創発モデルなどの拡散的思考は体育授業の中においては発揮しやすいと考えられる。しかし、拡大・縮尺モデルの収束的思考場面で、発展した学習活動を論理的に整理していく際には、より多角的な視点に立って、それぞれの学習活動をまとめていくことが求められる。そのため、グループでの話し合いが停滞してしまうなどの場面も危惧される。しかしながら、表象システムを用いることで、教科横断的な視点における問題解決的な学習活動を通じ、拡散的思考と収束的思考を有機的に機能させ

る可能性がある。

7 まとめ

本研究では、教科横断的な授業の視点として、創造的思考の過程において収束的・拡散的思考が有効であることに鑑み、各教科の学習活動において、拡大・縮尺モデル、統語モデル、創発モデル、表象システムを用いて、学習者の収束的・拡散的思考が涵養されるかについて論考を行った。

理科においては、拡大・縮尺モデル、統語モデル、創発モデルはいずれも実践において活用されていることが明らかとなった。その中で拡大・縮尺モデルのような自然現象との共通点を基にしたモデルは観察・実験の結果などから比較的活用が容易であるが、統語モデルや創発モデルはその性質まで熟慮することが必要であり、やや難しいモデルの構築を行っていることが明らかとなった。さらに、これらのモデルはいずれも観察・実験の中で対話的な活動が指図されており、議論の資料として用いられる表象システムとして捉えられることも明らかになった。

音楽においては、拡大・縮尺モデル、統語モデル、創発モデルは、いずれも実践において活用されることが明らかとなった。また、拡大・縮尺モデルに関しては、情動や揺れ動く感性の興奮を意味づけるきっかけや知覚・感受を分析していくこ

表1 各教科におけるモデルの活用方略と拡散的・収束的思考の関連

	拡大・縮尺モデル (収束的思考)	統語モデル (拡散的思考)	創発モデル (拡散的思考)	表象システム (収束・拡散的思考)
理科 (STEM)	○自然現象の観察・実験があるので分かりやすい。	△エネルギー粒子など、見えない対象が多く難しい。	△ミクロとマクロを理解しきれないと難しい。	3つのモデルを対話的な活動において議論できる資料として用いることができる。
音楽 (Art)	△自己の情動と関連させながら音楽理解を深めていける一方で、一つひとつを収束的思考に整理していくことが困難な場面もある。	○一つの素材をもとにアイデアが拡散する。創造的な表現へと発展していく。	○音楽体験の往還から、多角的な音楽理解が深まり表現が生み出される。	3つのモデルを対話的な活動において議論できる資料として用いることができる。
保健体育 (Art)	△ゲーム理解等の状況では多様な学習活動が展開されているため、収束が難しい場面もある。	○技能等の機能的特性を、多様な視点で分析して捉えていく。	○ゲーム状況から問題を発見し、お互いの視点に関連付けて検証する。	3つのモデルを対話的な活動において議論できる資料として用いることができる。

と等ができるが、一つひとつを整理し収束的に思考していくには難しいことが分かった。また一方で、統語モデルや創発モデルにおいては、創造性を発揮させながら、段階を経て学習者の音楽的能力を高めることが明らかとなった。その為、統語モデルや創発モデルに関しては、モデルに偏ることなく、循環しながらそれぞれのモデルで活用した力を補完し合い、自己の表現を深化していくことが重要であると考えられる。拡散的な思考と関連させながら、これらのモデル全体との支えとなるのが表象システムである。音は生まれては消えてなくなるが、そこに存在する音がまた個々の表現によって刺激され新たに生まれていく時間芸術に対し、「かたち」として残すことや個々の内在するもの、表現されたものを可視化していくことが求められる。表象システムは、他者と対話的な活動を行う上で、議論の資料として用いることができるモデルとして捉えられることも明らかになった。

保健体育においては、特に拡散的思考の有効性について検証できた。学習活動場面においては、一人ひとりの思考判断の状況や、技能段階等が異なる。だからこそ、一人ひとりの学習活動に必然的に差異が生じ、思考の状況に関わらず豊かな拡散的思考の広がり認められる。従前の体育授業で散見された技能を獲得させることのみ焦点化される行動主義的な学習指導観のみではなく、学習者たち一人ひとりの学びに寄り添うためには、本研究で検証した拡大・縮尺モデル、統語モデル、創発モデルを有機的に用いながら、表象システムを援用して、対話的で深い学びの構築につなげていくことの可能性が示唆された。

各教科において論考を行った結果、いずれのモデルも用いられていることが明らかになった。特に、理科においては拡大・縮尺モデルは容易であるが、拡散的思考と考えられる統語モデルや創発モデルに関しては時間を要する。一方で、音楽科と保健体育科においては統語モデルと創発モデルの活用が容易であり、それらのモデルが活用できることによって、アートの思考を深化させ、視点の広がりや創造性、表現方法が豊かになることから、これらの教科が相補的な役割を果たすことが

明らかとなった。

創造的思考の過程における拡散的思考と収束的思考の教科間の関係性の検討から、各教科におけるモデルの活用を論考することにより、拡散的・収束的思考との関連性が見えてきた。これはモデルを教科横断的な視点として用いることにより、創造的思考の過程における拡散的・収束的思考の涵養が可能であることが示唆されたと考えられる。

引用文献

- 中央教育審議会 (2016). 「幼稚園, 小学校, 中学校, 高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について (答申)」, 文部科学省, pp.28-30, pp.23-24.
- diDessa, A.A. (2004). Meta representation: Native competence and targets for instruction, *Cognition and Instruction*, No.22, pp.293-331.
- ドライバー, R., ゲスン, E., and ティベルギエ, A (内田正男監訳) (1993). 学習者達の自然理解と理科授業, 東洋館出版社.
- Evans, J., St.B., T. (2017). *Thinking and Reasoning*, oxford university press, pp.17-31.
- Fray, C.B. and Osborne, M.A. (2013). *The Future of Employment: How susceptible are Jobs to Computerization*, the Oxford Martin Programme on Technology and Employment. (https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf)
- Hadamard, J. (1954). *The Psychology of Invention in the Mathematical Field* Second edition, Dover Publications, retrieved from Sousa, D.A. & Pilecki, T.J. (2013). *From STEM to STEAM: Brain-Compatible Strategies and Lessons That Integrate the Arts* Second edition, Corwin, p.43.
- 国立教育政策研究所編 (2016). 国研ライブラリー 資質・能力 理論編, 東洋館出版社, pp.82-91.
- Krajcik, J.S., and Blumenfeld, P.C. (2006). Project-Based Learning, in Sawyer, R.K. (ed.), *The Cambridge Handbook of The Learning Science*, Cambridge University Press, p.319.
- Latour, B. (1990). Drawing things together, in Lynch, K., and Woolgar, S. (Eds), *Representation in scientific practice*, Cambridge, MA: MIT press, pp.19-68.

- Lehrer, R., and Schauble, L.(2006). Cultivating Model-Based Reasoning in Science Education, in Sawyer, R.K.(ed.), *The Cambridge Handbook of The Learning Science*, Cambridge University Press, p.373, pp.371-387.
- 文部科学省（2017）. 中学校学習指導要領解説理科編, p.9
- 文部科学省（2018）. 小学校学習指導要領, 文部科学省, p.4.
- Sousa, D.A. & Pilecki, T.J.(2013). *From STEM to STEAM: Brain-Compatible Strategies and Lessons That Integrate the Arts Second edition*, Corwin, pp.34-39.
- 鈴木一成・渡邊智紀・渡辺行野・大熊誠二（2014）. 「思考力・判断力・表現力」育成に寄与する学習活動における教科横断的な視点に関する研究, 東京学芸大学附属竹早中学校研究紀要, No.52, pp.27-35.
- 鈴木一成・森本信也（2012）. 「科学的な思考力・表現力」を育成する理科授業デザインと 4MAT システムによる実践, 理科教育学研究, Vol.53, No.1, pp.93-104.
- 渡辺行野, 鈴木一成, 大熊誠二（2019）. 芸術教育による拡散的思考を活かした教科横断的な取り組みへの一考察, 文京学院大学人間学部研究紀要, vol. 20, pp.9-18.

参考文献

- 文部科学省（2018）. 報告書『Society5.0に向けた人材育成——社会が変わる, 学びが変わる』.
- Pink, D.H.(大前研一訳)(2005). ハイ・コンセプト『新しいこと』を考えだす人の時代, 三笠書房, pp.27-29.

(2019.9.25 受稿, 2019.11.4 受理)