

## 理科における科学的思考の促進の意味

## ー理科の学習過程における表象モード間の接続と変換の実態ー

教育デザインコース理科領域（専修）

佐野 綾音

## 1. 問題と目的

人工知能 (AI) やビックデータ, Internet of Things (IoT) などの先端技術が高度化し, あらゆる産業や社会生活に取り入れられた Society5.0 時代が到来しつつある (中央教育審議会, 2021)。学校教育においても, この社会的変化を乗り越えることができるような能力を育成することが求められている。

これに関わり, 平成 30 年度に実施された全国学力・学習状況調査 (小学校理科) において, 予想を確かめるための実験の方法を考へることや, 実験の結果を踏まえて自分の考えを改善することに課題があることが明らかになった (国立教育政策研究所, 2018)。このように問題解決の過程において, 科学概念の構成する際に機能する思考は科学的思考と呼ばれる (和田, 2020)。さらに和田は, 科学的思考には表象が関係していると説明している。

このことから, 科学的思考を充実させるためには, 子どもが知識をどのように結び付けて思考しているのかといった, 心内の表現活動である表象の役割を捉える必要があると考えられる。

ブルーナー, J.S. (1977) は, 表象を活動的表象 (enactive representation), 映像的表象 (iconic representation), 記号的表象 (symbolic representation) の 3 つのモードに整理している。さらに, 和田・森本 (2010) は, 上記のブルーナー, J.S. の指摘を踏まえて, これらの表象のモードに関連を持たせ, 相互変換を円滑にすることが, 科学概念構築を促進させることを明らかにしている。また, 宮本 (2021) は, 表象の書き換えを通して, このつり合いの等式を導出する指導法を考案している。これらの先行研究では, 表象のモードを整理し, 教師が表象のモードの変換を促すといった, 教授の観点からの検討が中心である。

しかし, 学習の実態として表象のモードの円滑な変換に関わる要因は明らかになっていない。つまり, 学習の観点から表象のモードがどのように接続し, 変換されるのかを捉える必要があるといえる。

そこで, 本研究では, 小学校理科の学習を事例として, 表象のモードの接続と変換が行われる実態や, これらの質的な変容に関わる要因について調査することを試みる。

## 2. 理論的背景

Nichols, Gillies&Hedberg (2016) は, 複数の表象のモードを接続したり, ある表象のモードから別の表象のモードに変換したりするなどの手続きを「表象の流暢性 (representation fluency)」と定義した。また, Airey&Linder (2009) は, 表象の流暢性を可視化するためのモデルを提案している (図 1)。図 1 は, オームの法則の学習について事例的分析を行い, 表象のモード間の結びつきと各モードを構成する要素をまとめたものである。六角形の中心は学習目標 (オームの法則) を捉え, 各辺は学習目標を科学的に理解するために用いる表象のモードを表している。各辺には, 活動的モードや映像的モード, 記号的モード, 数学的モード, 言語的モードなどが含まれる。

具体的にはオームの法則について, 活動的モードとして直列回路・並列回路の実験の 2 側面 (図 1 の点線部) から捉え, 次に数学的モードとして  $V = IR$  で表記される電圧, 電流, 抵抗の関係を 3 側面 (図 1 の緑線) から捉えている。加えて, 映像的モードとして実験結果に基づいた表とグラフを利用することで, 法則性を見出し, 独立していた活動的モードと数学的モード間に接続を形成している。これらのモード間の接続により, 活動的モードと数学的モードの往還が可能となる。このように, 映像的モードを媒介とすることで活動的モードと数学的モード間の変換が円滑になり, 表象の流暢性は高まる。

また, 疑問符 (?) がアクセスする側面は, 子どもが科学的な理解を補完するものとして未自覚な表象のモードであり, 今後の学習を通じてアクセスする可能性を秘めていることを意味する。

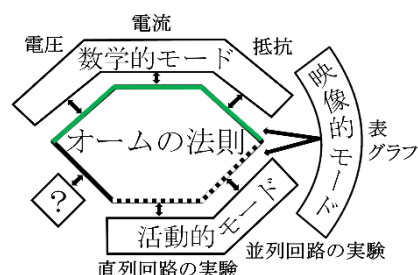


図1 「オームの法則」における表象の流暢性  
(Airey&Linder (2009) に基づいて作成)

この先行研究を踏まえ、本研究では小学校理科の授業における表象の流暢性の実態について分析する。

### 3. 調査概要および分析方法

- (1) 実施時期：2020年11月
- (2) 実施対象：横浜市内公立小学校 第3学年17名  
(予想または考察のノート記述なし9名を除いた)
- (3) 実施単元：理科「風とゴムの力の働き」
- (4) 分析方法

子どもの表象の流暢性の実態を分析することとその変容パターンを分析することの2つに分けて行った。

まず、調査の開始前に佐野・和田(2021)の指摘に基づき、小学校学習指導要領解説(理科編)および授業で使った教科書を基に、本単元で想定される表象の流暢性モデルを作成した。この表象の流暢性モデルを参考に、予想と考察の場面における子どもの発話プロトコルとノート記述から表象の流暢性の実態を捉えた。

次に、予想から考察場面にかけての表象の流暢性がどのように変容したかについて傾向を分析した。さらに、各変容パターンの子どもの1名ずつ取り上げて、表象の流暢性が変容した要因についても分析を行った。

### 4. 結果および考察

分析の結果、以下の諸点が明らかとなった。

- 小学校理科における表象の流暢性の実態を、予想場面で5つのタイプ、考察場面で4つのタイプに分類することができた。また、予想から考察の場面への表象の流暢性の推移は、上昇型(青線：中群→高群)、上昇型(赤線：低群→中群)、維持型(緑線：高群)、維持型(黄線：中群)、維持型(紫線：低群)、低下型(黒線：中群→低群)の6つに分類できた(表1)。

表1 予想から考察場面にかけての表象の流暢性の推移 (N=17)

	予想 場面	人数 (%)	推移	人数 (%)	考察 場面
低群	タイプ I	1 (6)	1	0 (0)	タイプ I
	タイプ II	1 (6)		2 (12)	タイプ II
中群	タイプ III	6 (35)	2	3 (18)	タイプ III
	タイプ IV	5 (29)		3 (18)	タイプ IV
高群	タイプ V	4 (24)	4	9 (53)	タイプ V

- 小学校理科の問題解決過程において、表象の流暢性の変容に関わる要因が示唆された。「維持型(高群)」を示した子どものうち、C1の事例を表2に示す。

具体的には、「上昇型(中群→高群)」の変容パターンを示した子どもは、予想を裏付ける実験結果(記号的モード)を読み取り、それを基に自分の考えを説明するイ

メージ(映像的モード)を構成することで表象のモードの接続が更新され表象の流暢性が上昇したと考えられる。

「上昇型(低群→中群)」の変容パターンを示した子どもは、実験結果を読み取り(記号的モード)、それを基に観察した事象について図(映像的モード)を使って説明することで表象のモードの接続が形成され表象の流暢性が上昇したと考えられる。

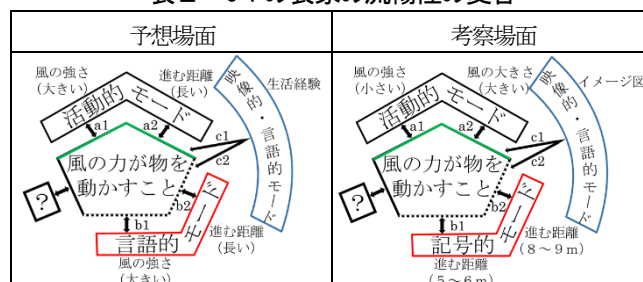
「維持型(高群)」の変容パターンを示した子どもは、予想を裏付ける実験結果(記号的モード)を読み取り、それを根拠に自分の考えを説明するイメージ(映像的モード)を構成することで表象のモードの接続が更新され表象の流暢性が維持されたと考えられる。

「維持型(中群)」の変容パターンを示した子どもは、実験結果(記号的モード)を読み取り、それを基に観察した事象について図(映像的モード)を使って説明することで表象のモードの接続が更新され表象の流暢性が維持されたと考えられる。

「維持型(低群)」の変容パターンを示した子どもは、実験結果(記号的モード)を読み取ることはできたが、観察した事象について図(映像的モード)を使って説明することに困難さを感じた。そのため、表象のモードの接続が形成されないまま表象の流暢性が維持されたと考えられる。

「低下型(中群→低群)」の変容パターンを示した子どもは、実験結果(記号的モード)を読み取り、観察した事象について説明する際に自分の予想を振り返らないため、表象のモードが消失し、表象の流暢性が低下したと考えられる。

表2 C1の表象の流暢性の変容



### 附記

本発表内容は、一般社団法人日本理科教育学会「理科教育学研究」への投稿中の論文について、その一部を成果として発表したものである。

### 引用・参考文献

- Airey, J. & Linder, C. (2009) A Disciplinary Discourse Perspective on University Science Learning: Achieving Fluency in a Critical Constellation of Modes. Journal of Research in Science Teaching, 46 (1), 27-49