



コネクショニストモデルを応用した理科の授業研究

杉本, 剛

(Degree)

博士 (教育学)

(Date of Degree)

2011-03-25

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲5234

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1005234>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



氏 名	杉本 剛
博士の専攻分野の名称	博士（教育学）
学 位 記 番 号	博い第 5234 号
学位授与の 要 件	学位規則第 5 条第 1 項該当
学位授与の 日 付	平成 23 年 3 月 25 日

【 学位論文題目 】

コネクショニストモデルを応用した理科の授業研究

審 査 委 員

主 査	教 授	稲垣	成哲
	教 授	今谷	順重
	准教授	吉永	潤
	教 授	伊藤	篤
	金沢大学教授	松原	道男

論文内容の要旨

氏 名 杉本 剛
専 攻 教育・学習専攻
指導教員氏名 稲垣成哲 教員

論文題目 (外国語の場合は、その和訳を併記すること。)

コネクショニストモデルを応用した理科の授業研究

論文要旨

理科教育学の一分野に、小学校、中学校、あるいは、高等学校などの理科授業を研究対象とした授業研究の研究分野がある。理科の授業研究に関する研究はこれまで、理科授業の目的、授業で使用する教材、授業における指導方法、授業による自然認識の形成・転換、授業成果の評価などを対象とした研究が行われている。そして、理科授業の目的の背景を追究した研究、新たな教材の活用による科学的に適正な自然認識への転換を目的とした研究、開発した指導方法の有効性を検討した研究などが行われ、優れた研究成果をあげている。

だが、授業による自然認識の形成・転換、および、授業成果の評価を対象とした研究には、1) 研究対象としている自然認識に片寄りがあることの問題、2) 理科の授業で行われることが多い協同的な学習の分析方法・分析の観点に誤りがあることの問題があると考えられる。

人工知能研究から発展した認知モデルに、「コネクショニストモデル」の認知モデルがある。コネクショニストモデルは、理科の授業研究における、上記 1) 2) の問題点を改善するための有効な考え方と方法を呈示することができると考えられる。

自然認識にかかわる人間の情報処理には、自然事象を各要素に分離しその要素の関係から捉える分析的処理と、自然事象を瞬時に全体像から捉える全体的処理がある。自然事象に対する論理的思考やメタ認知は分析的処理、直観的な判断やパターンの判断は全体的処理におもに該当する。そして、分析的処理を説明することが得意な認知モデルは記号処理モデル、全体的処理を説明することが得意な認知モデルはコネクショニストモデルであると考えられている。記号処理モデルとコネクショニストモデルは、現在の認知科学における有力なふたつの認知モデルである。

自然事象に対する全体的処理の表象は、コネクショニストモデルの認知モデルでは、自然事象を表すニューロン群の興奮パターンで説明される。コネクショニストモデルは、人間の脳の仕組みをモデル化した情報処理の機構である。人間の脳は約 140 億個のニューロン（神経細胞）で構成されている。それぞれのニューロンがシナプスを介して他の多くのニューロンと密に絡まった神経回路網を形成し、それらが協同して機能を果たしていると言われている。また、視覚野・聴覚野・運動野などのあらゆる部位で、モジュール構造を作っていることが確認されている。コネクショニストモデルでは、人間のニューロンを模した仮想的なニューロ

ンであるユニットが想定され、ユニットが他のユニットへ興奮性や抑制性の信号を送ることで行われる情報処理がモデル化されている。

これまで理科教育学において、コネクショニストモデルの考え方に基づく研究は、以下 1) ～4) のような研究が行われている。

1) 「全体的処理」「特徴検出とプロトタイプ」「理論負荷性」「素朴概念」「スキーマ」「知識構造」「メンタルモデル・メタファ」「論理的思考」「状況論」「概念転換」について、自然認識研究にコネクショニストモデルの考え方を導入することの利点を提言している研究。2) 電流の強弱・周期の長さ・相対運動を対象として、全体的処理による自然認識の特徴検出を行っている研究。3) 「岩石（火成岩）」の分類・「大地の変化」・「動物の生活と体のづくり」を対象として、ホップフィールドモデルを活用して自然認識のスキーマや連想記憶を検出している研究。4) 対称ネットワーク型・完全結合型による相互結合型のコネクショニストモデルにより、自然認識の正誤とその自信の変化をもとに小集団内における相互作用を表現するモデルを開発している研究。

だが、コネクショニストモデルの認知モデルで全体的処理による自然認識の研究を行う場合、特徴検出では自然事象の識別の判断基準を十分に明らかにしていることにはならず、自然事象のプロトタイプがどのようなプロトタイプでありどの程度の強さで構築されているのかの検出を行うべき課題がある。また、協同的な学習における班などの小集団における相互作用を対象とした研究を行う場合、班を構成する個々人の状態と班全体の状態を捉え、協同的な学習の分析を行うべき課題がある。

上記のような観点による理科の授業研究は行われておらず、コネクショニストモデルの概念に基づいて、上記の課題を解決する研究を実施する必要があると考えられる。

本研究は、理科の授業研究にコネクショニストモデルの概念を応用することの意義と、それによる今後の理科の授業研究での課題を呈示することを目的とした。

なお、本研究では、全体的処理による自然認識の科学的に適正なプロトタイプ構築の成否を論点とした授業分析の方法の提案、および、協同的な学習の分析方法について、コネクショニストモデルの概念を応用することの対象とした。

先ず、自然事象に対する人間の情報処理の方法の概念として、分析的処理と全体的処理の概念（分析的処理・全体的処理概念）を導入することによる自然認識研究の改善点を挙げ、今後の研究において改善するために必要な課題を呈示することを目的とした研究を行った。考察の結果、自然事象に対する人間の情報処理の方法に適合した自然認識の調査方法が用いられていない問題、および、全体的処理による自然認識を対象とした研究が進展していない問題の改善点が考えられた。（第1章）

そこで、全体的処理による自然認識を対象とした研究を進展させるために、全体的処理による自然認識の科学的に適正なプロトタイプ構築の成否を論点とした授業分析の方法を提案することを目的とする研究を行った。小学校第4学年の「金属のあたたまりかた」を対象として、金属板のあたたまりかたを矢印で表現した図のみを 1～2 秒間提示し、瞬時の判断で回答を求める調査を実施して、プロトタイプの種類と強度を検出する調査方法・調査結果を例示した。なお、分析の結果は、以下のものであった。授業前には、金属のあたたまりかたの科学的に適正なプロトタイプを構築している児童はなかった。授業後には、52.8%の児童に、金属板をあたためる実験で観察を行った金属板の箇所についての科学的に適正なプロトタイプが構築された。また、上記の児童のうちの 31.6%（児童全体では 16.7%）の児童に、学習転移により、

授業で観察を行わなかった金属板の箇所についても科学的に適正なプロトタイプが構築された。(第2章)

第1章で示したように、これまで行われている自然認識研究は、記号処理モデルの認知モデルに立脚して説明することができる、論理的思考を対象とした研究が多く行われ、自然事象に対する分析的处理を対象とした研究が中心的位置を占めていた。コネクションモデルの認知モデルに立脚した自然認識研究を実施することは、これまで十分に行われてこなかった、自然事象に対する直観的判断やパターンの判断を対象とした、自然事象に対する全体的処理による自然認識を対象とした研究を進展させることが可能となる。そして、コネクションモデルの認知モデルで全体的処理による自然認識の研究を行う場合、プロトタイプがどのようなプロトタイプでありどの程度の強さで構築されているのかの検出を行うべきである課題があった。第2章で提案した、全体的処理による自然認識のプロトタイプの種類と強度を検出する調査方法・分析方法は、これまで研究対象になり難かった、全体的処理による自然認識の科学的に適正なプロトタイプ構築の成否を論点とした授業分析を行うことを可能にすると考えられる。それは、全体的処理による自然認識を対象とした研究を進展させ、研究対象としている自然認識に片寄りがあることの問題を解決することに有効であると考えられる。

そして、児童・生徒に科学的に適正な自然認識が形成されている状態の定義は、分析的处理と全体的処理の双方の自然認識が科学的に適正であることを意味すると考えられる。また、科学的に適正な自然認識の形成過程は、初め分析的处理による自然認識も全体的処理による自然認識も科学的に適正に形成されていなかった状態から、自然認識の相補的形成により、双方が科学的に適正に形成されると考えられる。対象となる自然事象によっては、自

然事象の特徴により、分析的处理と全体的処理のどちらか一方のみ研究可能である自然事象もある。また、学習指導要領では、児童・生徒の発達段階に応じて、自然事象のある側面の理解を対象とした学習活動が設定されているため、学年による制約もある。だが、分析的处理と全体的処理の双方が研究可能である自然事象については、自然認識の相補的形成の観点から研究を実施する必要がある。分析的处理と全体的処理の双方を研究対象とできる各自然事象については、現在において、どのような授業デザイン、学習指導法、班やクラス単位の学習者同士の相互作用のあり方などを実施すれば、最も効果的に自然認識の相補的形成を促進させることが可能であるのかは明らかでない。科学哲学者の信原の指摘する反省的均衡の過程などを参考にして、上記を実証的に追究することが、今後の理科の授業研究にとって必要な課題であると考えられる。

次に、班の友達との相互作用により協同して取り組んだ理科の学習場面における、児童の考えが深まった・変わった意識を対象として、相互結合型のコネクションモデルの考え方に立脚した分析方法を取り入れた、協同的な学習の分析方法について考察することを目的とする研究を行った。小学校第4学年の「もののあたたまりかたのちがいをさぐろう」の授業を対象として、児童の考えが深まった・変わった意識を捉えるために質問紙調査を行った。班学習型において、班単位の児童個々人の考えが深まった・変わった意識（以下、意識）の平均値が高く、かつ、班の成員間の考えが深まった・変わった意識のずれ（以下、意識のずれ）が小さい状態を望ましい状態とした。分析対象者全体を単位とした分析を行い、班学習型の各学習場面の意識の平均値を求めた。また、班を単位とした分析を行い、分析対象とした、班学習型の各学習場面の意識の平均値が高い班の割合を求めた。さらに、班を

単位とした分析を行い、分析対象とした、班学習型の各学習場面の意識の平均値が高く、かつ、意識のずれが小さい班の割合を求めた。分析の結果、分析対象者全体で意識の平均値が 3.00 以上である意識が高い学習場面は、全学習場面の 95.83%であった。だが、分析対象者全体で意識の平均値が 3.00 以上である学習場面を対象として、班を単位として分析すると、班単位の意識の平均値が 3.00 以上の班は、全班の 79.37%のみであった。さらに、班単位の意識の平均値が 3.00 以上、かつ、意識のずれが 1.30 以下である意識のずれが小さい班は、全班の 34.01%のみであった。分析の単位、および、分析の観点で評価に相違が見られる結果が示された。(第3章)

第3章で示した、相互結合型のコネクショニストモデルの考え方に立脚した、班の成員間のずれを求めた分析方法は、班学習型において望ましい状態とした上記の2つの観点での分析を実施することを可能にする。本研究で行ったように、相互結合型のコネクショニストモデルの考え方に立脚した分析方法を取り入れることが、協同的な学習の分析方法・分析の観点に誤りがある問題を解決することに有効であると考えられる。

そして、班を構成する児童個々人の意識を高めることと、班の成員間の意識のずれを小さくさせることを同時に満たす、協同的な学習における班単位の学習者同士の相互作用のあり方を追究することが、今後の理科の授業研究にとって必要な課題であると考えられる。

今後は、上記のような、これまでの、そして、今後の理科の授業研究の課題を解決することに有効な観点と方法を与える、コネクショニストモデルの概念を応用して、理科の授業研究を実施する必要がある。上記の課題を解決することは、理科教育学の発展に大きく貢献する意義があると考えられる。

論文審査の結果の要旨

氏 名	杉本 剛		
論文題目	コネクショニストモデルを応用した理科の授業研究		
判 定	合 格・不 合 格		
審 査 委 員	区 分	職 名	氏 名
	主 査	教授	稲垣 成哲
	副 査	教授	今谷 順重
	副 査	教授	伊藤 篤
	副 査	准教授	吉永 潤
	副 査	金沢大学 ・教授	松原 道男
要 旨			
論文審査の結果の要旨は、次の通りである。			
本論文は、理科教育の授業研究方法論に対して、人工知能研究の領域で発展してきたコネクショニストモデルを援用することによって、新しい貢献をしようとしたものである。研究方法論としては、コネクショニストモデルの理論的検討を基礎として、それらを実際の授業研究に応用しつつ、学習者の自然認識の解明と協同学習の分析という2つの問題について新規な方法論を提案し、それぞれを実証的に吟味するスタイルを採用している。本論文は、全4章から構成されている。			
第1章では人工知能研究のコネクショニストモデルの成果を整理することから人間の情報処理における分析的処理と全体的処理の概念を検討し、これら人間の情報処理のあり方に適合したモデルに基づいた評価方法を採用する意義を述べ、その観点から従来の理科教育及び自然認識研究の課題を提示するとともに、とくに全体的処理の観点からの研究が未開拓であることを明らかにしつつ、本論文の目的を明確化している。			
第2章では、学習者の自然認識の解明の観点から、全体処理による評価方法論の実証的研究として、小学校第4学年の理科授業を対象とし、金属における熱伝導の概念を事例として取り上げ、自然認識における適正なプロトタイプの種類と強度を検出し、それらのプロトタイプの構築の成否を論点とすることによる授業分析の可能性を例示している。この全体的処理による自然認識のプロトタイプを検			

討する評価方法論は、これまで研究の対象になり難かった学習者の科学概念の実態に接近することを可能としたものである。

第3章では、協同学習の分析法に対する新しい提案として、相互結合型コネクショニストモデルに立脚し、全体的処理と分析的処理を統合的に取り扱った評価方法論の実証的研究に取り組んでいる。そこでは、小学校第4学年の協同学習を対象にして、グループ学習における学習者の相互作用を分析する新たな分析方法の有効性を例示している。従来、協同学習における学習の成果は、学級全体や個人を単位に分析されることが一般的であったが、コネクショニストモデルの応用によって、グループを分析単位とする評価が可能になることが実証されている。

第4章では、コネクショニストモデルに基づく理科の授業研究方法論の意義と有効性について、前章までの知見を総括しつつ、説得力のある議論を通して、結論を導出するとともに、本研究の課題と展望について堅実にまとめている。

本論文の成果は、理科教育の研究領域において、従来あまり取り上げられていなかった人工知能研究の成果であるコネクショニストモデルに着目し、このモデルの丁寧な理論的検討を踏まえて、それが理科教育の授業研究方法論の革新に寄与することを示し、実際に学習者の自然認識の実態の解明や協同学習の分析において、人間の情報処理のあり方に基づいた新しい知見をもたらすことを実証的に示した点にある。

本論文は、独創性、論理性、先行研究の検証、着想や仮説を裏付けるための実証性などの諸要件を十分に満たしており、教育と学習に関する研究の立場から、学際的で重要なテーマに取り組んでいることから人間発達環境学にふさわしい研究であるといえる。

本論文に関係する研究業績としては、以下に示すように、日本を代表する理科教育関係学会の審査付き学会誌論文3編（すべて原著論文）において、いずれも第一著者として採択され、公刊済である。したがって、業績条件は申し分のないものである。

杉本剛（2009）：分析的処理と全体的処理の概念導入における自然認識研究に関する一考察，理科教育学研究，50（2），1- 7

杉本剛・山本智一（2009）：全体的処理による自然認識のプロトタイプに関する研究 - 小学校第4学年「金属のあたたまりかた」を例に - ，理科教育学研究，49（3），55- 66

杉本剛（2008）：理科の学習場面における児童の考えが深まった・変わった意識と班の成員間の考えが深まった・変わった意識のずれに関する研究 - 小学校第4学年「もののあたたまりかたのちがいをさぐるう」を例に - ，理科教育学研究，49（1），73- 88

本論文は、理科教育における授業研究の新しい評価方法論について、コネクショニストモデルの立場から理論的にも実践的にも重要な知見を得たものとして価値のある集積であると同時に、当該領域の研究を大きく進展させたものと判断できる。

よって、学位申請者の杉本剛氏は、博士（教育学）の学位を得る資格があると認める。