

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 26 日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2008 ～ 2011 年度

課題番号：20730498

研究課題名（和文）科学者の探求手法を体験することで科学的思考を学ぶカリキュラムの検討

研究課題名（英文）A Study of Curriculum for Learning Scientific Thinking by Experiencing Scientist's Inquiry Methods

研究代表者

中池 竜一（NAKAIKE Ryuichi）

京都大学・教育学研究科・助教

研究者番号：00378499

研究成果の概要（和文）：

本研究は、科学者の探求活動を体験することで科学的リテラシーを学ぶことができるような学習カリキュラムを開発した。この開発の特徴として、(1) 科学的リテラシーの中でも特に科学的探求手法自体を学ぶ、(2) 体験的に学ぶために教育学を背景とした学習支援システムを利用、そして、(3) カリキュラム開発の枠組みとしてカリキュラム設計論の一つである「逆引き設計」論を用いることの三点が挙げられる。本研究では、大学学部生と小学校・中学校用のカリキュラムを考案し、特に前者については大学の授業の中で実践を通して内容の検討が行われた。

研究成果の概要（英文）：

This study developed several curriculums for learning scientific literacy. These curriculums have three features. (1) Learning the scientific inquiry method such as the hypothesis-testing process, (2) Utilizing the educational information system for experiencing the method, and (3) Using "backward design" as a framework for the theory of curriculum design. In this study, two curriculums for undergraduate students and six curriculums covered by elementary and junior high schools were discussed. Especially, the first curriculums were investigated through classroom practices in undergraduate science classroom.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	900,000	270,000	1,170,000
2009 年度	500,000	150,000	650,000
2010 年度	500,000	150,000	650,000
2011 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
総計	2,900,000	870,000	3,770,000

研究分野：教育学

科研費の分科・細目：教育学

キーワード：Web ベースシステム、カリキュラム開発、シミュレーション、プロダクションシステム、仮説形成・検証プロセス、学習支援システム、科学的リテラシー

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

1. 研究開始当初の背景

本研究の背景として、テレビや新聞広告などで「科学的」という用語があまりにも軽々しく扱われる現状がある。健康番組などで結論ありきの杜撰な実験を行い、その結果を持って科学的に確かめられたと結論づけ、それが事実であるかのように一般に流布するなど社会問題にもなっている。その極端な例の一つが「発掘！あるある大辞典」というテレビ番組で起きたデータねつ造問題である。

このようなデータねつ造問題の背景については様々な議論がなされているが、健康ブームの過熱という社会的な背景だけではなく、一般視聴者や番組制作者の科学全般に対する知識不足が問題の根底にあると考えられる。たとえば、実験計画の難しさ、科学的な結論を出すために必要な手続き、解明した科学的事実を現実の問題に適用する際の態度など、科学的手続き、すなわち「科学する」こと自体に関する知識が大きく欠如している。

また、経済協力開発機構 OECD が国際的な教育指標形成の一環として毎年実施している「生徒の学習到達度調査（PISA）」において、調査する3つの柱の1つとして科学的リテラシーがある。PISA2006においては、科学的リテラシーが中心分野として取り上げられ、PISA で取り扱う科学的リテラシーを再定義するなど、科学的リテラシーという抽象的なキーワードについてより詳細な議論が進んだ。

このような社会的背景と学術的な議論の高まりが、本研究を進めるにあたっての動機の一つである。

2. 研究の目的

本研究の目的は、科学者の探求活動を体験することで科学的思考を学ぶことができるような学習カリキュラムを開発することである。このカリキュラム開発の特徴として、学習科学を理論的な背景とした探求型共同学習、その探求を実時間内で実現するために教育工学を背景とした学習支援システムの利用、そして、カリキュラム開発に用いる手法として、カリキュラム設計論の一つである「逆向き設計」論を用いることの三点が挙げられる。いわば、学習科学、教育工学、カリキュラム設計論の融合によるカリキュラム開発とその実践がこの研究の主題となる。

3. 研究の方法

(1) まず、大学学部生を対象に、授業の中

で利用することが可能な学習支援システムの構築を目指した。PC上の学習支援システムを用いて、科学者が行う実験活動を実際に体験することで、仮説検証実験の一連の流れを学ぶ。このシステムではたとえば、仮説を検証可能な実験を計画、得られた実験結果の読み取り、仮説考察後の新たな仮説の形成など、学習者自らが未知の現象を解明する科学者となって科学的思考過程を体験することができる。また、実際に授業の中で利用することで、本システムの有効性を確認し、さらなるシステムの改良を目指した。

(2) 大学学部生を対象とした学習支援だけではなく、小・中・高といった学習者の発達の段階に沿った、科学的リテラシーの学習も本研究の目指すところである。PISAにおける科学的リテラシーの考え方を元に、小・中・高で学ぶべき科学的リテラシーの要素を特定し、それを学習内容として組み込んだカリキュラムの構築を目指した。

4. 研究成果

(1) 学習支援システムの構築について

本研究で構築した学習支援システムは主に2つある。一つは、先行研究を元に仮想的な実験環境（マイクロワールド）を提供するアプリケーション型の学習支援システムである「Virtual Psychology Laboratory」、通称 VPL（図1参照）と、授業の中で利用しやすいように新規に構築したWebベースの「どこでもプロダクションシステム」、通称どこプロ（図2参照）である。

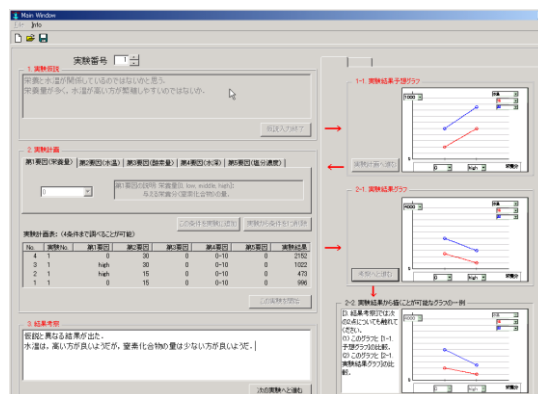


図1 VPLの概観

前者は、自然科学者が行う仮説検証プロセスを体験できるシステムであり、(i) 仮説形成、(ii) 仮説を検証できる実験をあらかじめ用意された実験変数の中から操作する変数を選んで計画、(iii) システムによる実験

実施、(iv) グラフ作成を通じた実験結果の考察といった一連のプロセスを繰り返し体験することができる。これら体験を通して、仮説を検証可能な必要最小限の効率の良い実験計画ができるようになること、結果解釈時にグラフを使うことで正しく仮説の考察ができるようになることといった結果を得ることができた。

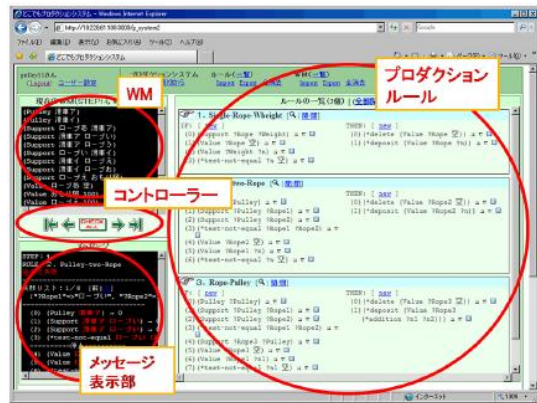


図 2 どこプロの概観

このような学習効果は、実験室の中における個別の学習によって確かめることができたが、一方で、授業の中で利用するシステムとしては、使いづらいという側面もあった。そのため、授業の中で利用しやすいもう一つの学習支援システムとして、後者のシステムであるどこでもプロダクションシステムを構築した。このシステムの特徴は以下の通りである。

- 認知科学者の研究アプローチの一つである、モデルベースアプローチを体験できる学習支援システム
- 人間の思考過程のモデルをプロダクションシステムによってシミュレーションできる
- システムはWebベースのシステムであり、Webブラウザさえあれば、学習環境及び時間や場所など学習環境を問わず、どこでも利用できる。
- 教師は、サーバーに蓄えられた学習履歴を参照することで、学習者の学習進行状況を適時確認することができる。

このようなWebベースのシステムにより、授業で手軽に利用できる学習環境を構築することができた。またこのシステムを、大学学部1年生向け授業(認知科学の概論)の中で利用することで、1クラス60名程度が一斉に利用しても、操作に対する返答のほとんどは0.5秒以下であり、遅延がほとんど無いことが確かめられた(図3参照)。また、どこでも利用できるという特色を調べるため、システムの利用形態を調査し、授業以外の時間における、自宅や計算機室を使った自習も活発に行われていることがわかった(図4参

照)。

さらに、授業後のアンケートにより、本システムを用いて人間の思考過程をプロダクションルールで実装することにより、自らの認知処理に対して自己省察が行われ、人間の認知処理過程やその認知モデルに関わる重要な考え方が学習できていることが確認された。

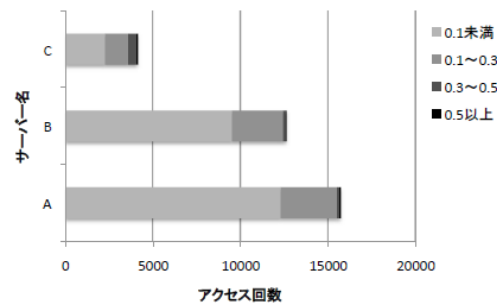
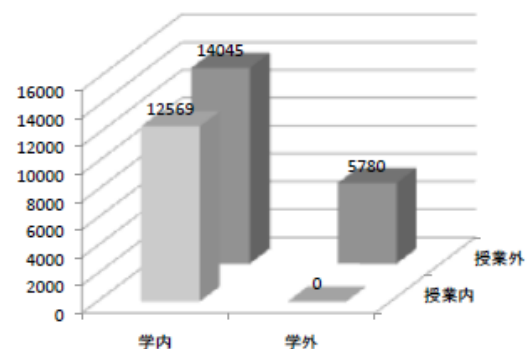


図 3 授業中のサーバートラップ



(a) 授業 1: 2009 年の後期に行われた学部授業

図 4 システム利用形態(場所と時間)

本研究で開発されたシステム、特に後者は、大学の授業における実践が進んでおり、システムの有効性の確認やシステムを使った新しいカリキュラムが検討されつつある。作成されたカリキュラムは、システム自体とシステムを使った教科書を合わせて、誰でも自由に利用できるように近日中に公開を予定している。

(2) 小・中で学ぶ科学的リテラシーの要素の検討

文部科学省が定める学習指導要領・理科の内容と、OECDが実施するPISAの科学的リテラシーの定義を精査することにより、初等・中等教育における科学的リテラシーの段階的な学習について考察を行った。

「確かな学力」をめざす2008年改訂学習指導要領であるが、肝心の「確かな学力」の

内容である「知識や技能の習得とともに思考力・判断力・表現力など」の育成については、その言葉の曖昧さとそれを実現する授業づくりの難しさに戸惑っている現職教員は多い。そのため本研究では、カリキュラム設計論の一つである「逆向き設計」論の枠組み、具体的には、授業を通して学習者が探求・理解する「本質的な問い」とパフォーマンス課題という枠組みを利用して理科の授業内容について考察を行った。

まず、理科における「確かな学力」の一つとして、PISAの「科学的リテラシー」を中心に置くことで、理科における包括的な「本質的な問い」を検討した。また、実際の授業作りに役立つように、問いに対応する具体的なパフォーマンス課題も検討した。

PISAにおける科学リテラシーの評価の枠組みとして、「状況 (Context)」、「能力 (Competencies)」、「知識 (Knowledge)」、「態度 (Attitudes)」の4つの要素が挙げられる(ここでの「態度」は授業態度ではなく、科学に対する態度を指している)。これらの関係を簡潔にまとめると次のようになる。

PISAでは様々な「状況」を変えた課題を与えて生徒の「能力」を測るが、その「能力」に対して、生徒の既有「知識」や科学的な「態度」が深く影響を与えている。

これら4つの要素と対応付けることで、理科における「本質的な問い」を設定した。

まず包括的な「本質的な問い」として、「様々な生活場面の状況に合わせて科学的知識を適用するにはどのようにすればよいか(「状況」「能力」に対応)」を設定した。またこの問いの下位項目として、ア) 科学は事物や現象をどのように解明し捉えているのか(「科学的知識」に対応)、イ) 日常生活や自然環境の中でその知識をどのように活用すべきか(「科学的態度」に対応)の2つを設定した。

そして、これら問いに対応させることで、理科の第一・第二分野の典型的な問いと該当するパフォーマンス課題を小学校・中学校の段階ごとに整理した。以下は、その一部抜粋であり、小学校6年生用に考案した科学そのものに関する知識を学ぶためのカリキュラム例(「本質的な問い」とパフォーマンス課題)である。

科学そのものに関する知識を学ぶためのカリキュラム例

「本質的な問い」

わからないことを科学的に解明するために、実験はどのように行えばよいか。科学の本質とは何か(前述の包括的な問いAに対応する)。

「課題例：電磁石を強くするコツを考えよう」

グループごとに電磁石を強くする方法を予想し、実験で確かめよう。仮説作り→実験計画→結果考察の流れを1枚のポスターにまとめ、クラスの中で互いに発表します。ただし、実験で操作できる条件は一つだけとします。できるだけ他のグループとは異なる仮説を考えてみましょう。最後にクラスで話し合い、電磁石を強くするコツをまとめます。

(このカリキュラムでは、前述の学習支援システムであるVPLを利用する)

以上のように、科学的リテラシーを学ぶカリキュラムの検討を行ったが、現在は大学部生向けのカリキュラム構築が中心となっており、小・中をターゲットにしたカリキュラムは、まだ検討段階にとどまっている。

小・中の現職教員と協力して、考案したカリキュラムの実践とその効果の検討を行うことが今後の検討課題である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3件)

- ① 中池童一：連載 思考力・判断力・表現力を育てるパフォーマンス課題(6) 理科における「本質的な問い」とパフォーマンス課題、指導と評価、査読無し、3月号、2012、52-55。
<http://dx.doi.org/10.1527/tjsai.26.536>
- ② 三輪和久・寺井仁・森田純哉・中池童一・齋藤ひとみ：モデルを作ることによる認知科学の授業実践。人工知能学会論文誌、査読有り、27、2012、61-72
<http://dx.doi.org/10.1527/tjsai.27.61>
- ③ 中池童一・三輪和久・森田純哉・寺井仁：「認知科学の入門的授業に供するWeb-basedプロダクションシステムの開発」人工知能学会論文誌、査読有り、26(5)、2011、536-546。

[学会発表] (計 4件)

- ① 三輪和久・寺井仁・森田純哉・中池童一・齋藤ひとみ：モデルを作ることによる認知科学の授業実践、『日本認知科学会第28回大会発表論文集』、2011、53-59。
- ② 森田純哉・三輪和久・中池童一・寺井仁・齋藤ひとみ：問題の作成とモデルの構築を支援するユーザインタフェースの開発、『人工知能学会第58回先進的学習科学と工学研究会資料』、SIG-ALST-A903-9、2010、45-50。
- ③ 中池童一・三輪和久・森田純哉・寺井仁：Web-Basedプロダクションシステムの開発とその評価、『人工知能学会第55

回先進的学習科学と工学研究会資料』,
SIG-ALST-A803-14, 2009, 77-82.

- ④ 中池竜一・三輪和久・森田純哉・寺井仁:
どこでも学習できる Web-based プロダク
ションシステムの開発と評価, 『日本認
知科学会第 26 回大会発表論文集』, 2009,
234-235.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中池 竜一 (NAKAIKE Ryuichi)
京都大学・教育学研究科・助教
研究者番号: 00378499

(2) 研究分担者 なし

(3) 連携研究者 なし