

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 4 日現在

機関番号：13801

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2013

課題番号：23650535

研究課題名(和文) ナノサイエンス準備教育のための初等科学教育の設計

研究課題名(英文) Curriculum Design of Learning Nano-Science at Elementary School Level

研究代表者

大島 純 (OSHIMA, Jun)

静岡大学・情報学研究科・教授

研究者番号：70281722

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円、(間接経費) 780,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、社会の先端科学の準備教育を初等中等教育カリキュラム(具体的には、理科)で実現することであった。先行研究のレビューを通して、世界標準となりつつある Learning Progressions Model と現状の学習指導要領の比較分析した結果、粒子論の領域において、我が国の学習指導要領は内容を十分にカバーしているが、その系統性に問題があり、特に model-based reasoning が欠損していることがわかった。さらに、仮説実験授業の指導書に基づいて学習内容の系統性を再構築した上で、学習者の学びの軌跡を分析すると、異なる軌跡でも同等の内容理解に到達できることがわかった。

研究成果の概要(英文)：This study was aimed at designing a curriculum for elementary and high school students to learn the basic of the advanced science issues. We conducted the review of studies on the Learning Progressions Model and compared the contents and trajectory of student learning between LPs and our national curriculum guideline. The comparative analysis suggested that the national guideline covers the sufficient range of contents but did not have meaningful connections among study units. The further analysis of materials from the Hypothesis-Testing Instruction developed in Japan revealed that there might be another possible trajectory of learning the basic that is different from LPs in the preceding studies.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学・教育工学

キーワード：カリキュラム 教授法開発 ナノサイエンス

1. 研究開始当初の背景

(1) 米国ブッシュ政権下では、2003年に「21世紀ナノテクノロジー研究開発法」が制定された。こうした次世代を担う子供たちに対する先端科学への準備教育は、科学技術・学術審議会人材委員会(2010)の提言にもあるように重要かつ緊急の課題となりつつある。先進事例としては、米国における「ナノスケール科学工学学習教授センター」があり、国際的にも成果は徐々に現れている。

(2) 申請代表者および分担者は、これまで先端科学の準備教育として、科学的探究能力の育成を目指した初等科学教育カリキュラムの設計に従事してきた。これまで一般的な探究能力の育成に焦点化し、先端科学の知識に着目していなかった。そこで本研究では、科学的探究能力の育成に、先端科学の知識の準備教育としての色彩を融合した新しい学習指導計画の設計を行うという着想に至った。

2. 研究の目的

(1) ナノサイエンス教育カリキュラム編成モデルを開発することを目指した。具体的には、カリキュラム構成要素のスコープ(領域)として、初等中等教育段階で学習しておくべきナノサイエンスの基本概念を抽出する。同時に、カリキュラム構成要素のシーケンス(配列)として、6歳から15歳までの子どもの認知発達の段階に応じた系統的な順序を解明する。

(2) 上記(1)のモデルをもとに、ナノサイエン

スの基本概念と科学的探究能力の習得を目指した新しい学習指導計画を立案して、実証的な検討の繰り返しを通して、教育カリキュラム編成モデルを精緻化する。

3. 研究の方法

(1) 先行事例としての北米のカリキュラム研究を広く review し、国内の初等中等教育の学習指導要領の系統性との比較分析を行い、現状の利点と問題点を抽出した。

(2) (1)の分析に基づいて抽出された問題点を改善する授業設計を構築するために、国内の授業研究の教材(仮説実験授業の指導書)の内容分析を通して、授業指導書間の系統性を設計することで、国内の学習内容に適したLPsの系統性を新たに構築した。

(3) (2)で構築した授業設計カリキュラムについて、北米の先端的研究者の review を受けた。

(4) 選定した授業書で実施した学習活動の内容を利用したワークシートの記録を分析し、児童の内容理解の learning progression を検証した。

4. 研究成果

(1) 世界的な研究レベルで、カリキュラム研究とその成果が最も著しい科学的概念として粒子論を選択し、その学習の系統性(Learning Progressions Model)の資料を review し、学習指導要領と比較した。その結果、カバーする内容については世界標準と類

Questions & Big Ideas	Components of Big Ideas	K-2 Elaboration of Big Ideas	3-5 Elaboration of Big Ideas	JPN	6-8 Elaboration of Big Ideas	JPN
1. What are things made of and how can we explain their properties? 1. Objects are constituted of matter, which exists as many different material kinds. Objects have properties that can be measured and depend on amount of matter and on the material kinds they are made of.	Existence of matter and diversity of material kinds	Objects are made of specific materials.	Objects are made of matter that takes up space and has weight.	3rd	Matter has mass, volume, and weight (in a gravitational field), and exists in three general phases, solids, liquids, and gas.	8th
		There are different kinds of materials.	Solids, liquids, and air are forms of matter and share these general properties.	4th	Materials can be elements, compounds, and mixtures.	H
		The same kind of object can be made of different materials.	There can be invisible pieces of matter (too small to see).		IAM. All matter is made of a limited number of different kinds of atoms, which are commonly bonded together in molecules and networks. Each atom takes up space, has mass, and is in constant motion.	H
			There are many different kinds of materials.			
	Objects have properties that can be measured and explained. Three important properties are mass, weight, and volume.	Objects have certain properties-- weight, length, area, and volume-- that can be described, compared and measured. (Only preliminary exploration and construction of volume measurement at this time.)	Weight is an additive property of objects that can be measured (e.g., the weight of an object is the sum of the weight of its parts).		Mass is a measure of amount of matter and is constant across location; weight is a force, proportional to mass and varies with gravitational field.	
			Volume is an additive property of an object that can be measured. The weight of an object is a function of its volume and the material it is made of.		Solids, liquids, & gases have different properties. The mass and weight of an object is explained by the masses and interactions of atoms in solids, liquids, and gases help explain their different properties.	H
	Material kinds have characteristic properties that can be measured and explained.	The properties of materials can be described and classified. (Only readily observable properties, such as color, hardness, flexibility, are investigated at this time.)	Materials have characteristic properties that are independent of the size of the sample. (Extends knowledge to less obvious properties such as density, flammability, or conductivity at this time)		Materials have characteristic properties independent of size of sample (Extends knowledge to include boiling/freezing points and to elaborate on density)	7th
					IAM. The properties of materials are determined by the nature, arrangement and motion of the molecules that they are made of.	H

図1. 学習指導要領と世界標準のLPsカリキュラムの比較

似していたが、それらの内容が学習単元として教授される系統性については一貫性が見られなかった。また、model-based reasoningの導入が世界標準よりも遅れていることがわかった(図1)。我が国の学習指導要領では、現象のモデルを検討するのは初等教育においては採用されておらず、中等教育からの導入となっていた。これに対して、世界標準のLPs Modelでは、小学校の低学年から自分たちの理解をモデルとして可視化し、それを精緻化しつつ内容理解を高めていくプロセスを重視していた。

(2) 学習指導要領においてはその導入が見送られているモデル化について、仮説実験授業の指導書においては、小学校の中学年から採用されていた。Model-based reasoningを中核とした粒子論に関わる学習教材を仮説実験授業の指導書から抜粋し、LPs modelに基づいて系統性を検討したところ、提案の系統性とは異なる順序性を構成することができた。

(3) 仮説実験授業の指導書(図2)から設定された系統性で実践した際に、学習者が内容をどのように理解していくかについて、各授業のワークシートの記録や対話記録を分析したところ、LPs modelで提案されている系統性とは異なるルートで同じレベルの深い概念理解に到達することができていることがわかった(図3)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 1 件)

Oshima, J., Yamaguchi, E., & Saito, M. (2013). Reform in science education standard in Japan from the

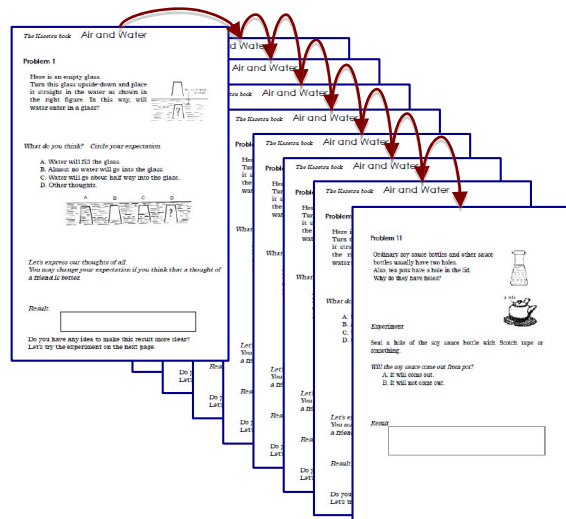


図2. 仮説実験授業における指導書の例. perspective of Learning Progressions. Poster presentation at Biennial Meeting of EARLI 2013. 査読有り

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：

Science Concepts				
	Weight	Volume	Matter	
Grade 3	The weight of objects can be compared using a pan balance and standard (gram) units.	Two solid objects cannot occupy the same space. The amount of 3D space that objects occupy can be compared.	Objects can be described in terms of their weight and volume and the materials they are made of (clay, cloth, paper, etc.). Materials have observable physical properties such as colour, size, texture, flexibility, etc. Same size objects can have different weights when they are made of different materials.	Materials can be subdivided into small pieces and the pieces still have weight.
Grade 4	The weight of solids and/or liquids can be compared using a digital scale and can be represented on a weight line or a table. Weight is conserved during crushing and reshaping.	Liquid and solid volumes can be measured in cubic centimetres. When immersed, a solid displaces a liquid volume equal to the solid volume.	The relationship between weight and volume (i.e. density) is a property of solid and liquid materials.	Matter can be divided into tiny pieces, and even the tiniest pieces have weight and take up space.
Grade 5	Weight is conserved during dissolving, freezing, melting, evaporation and condensation.	Volume may not be conserved in phase change.	Air is a mixture of gaseous materials composed of particles too small and spread apart to see. Melting, freezing, evaporation and condensation change the form of matter but do not change the material.	Matter is composed of particles that have weight, occupy space, and are too small to see. Gases, liquids and solids are all forms of matter and have weight and take up space.

図3. 小学校3年生から5年生の段階に設定可能なLPs Model.

番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大島 純 (OSHIMA, Jun)
静岡大学・情報学研究科・教授
研究者番号：70281722

(2) 研究分担者

山口 悦司 (YAMAGUCHI, Etsuji)
神戸大学・人間発達環境学研究科・准教授
研究者番号：00324898