

学位論文の要旨 (論文の内容の要旨)
Summary of the Dissertation (Summary of Dissertation Contents)

論 文 題 目
Dissertation title

理科と数学を関連付けるカリキュラム構成原理に関する研究
—ザンビア共和国中等理数科教育の事例を通して—

広島大学大学院国際協力研究科
Graduate School for International Development and Cooperation,
Hiroshima University
博士課程後期 教育文化専攻
Doctoral Program Division of Educational Development and
Cultural and Regional Studies
学生番号 D120858
Student ID No.
氏 名 高 阪 将 人 □
Name Seal

本研究は「理科と数学の関連付け」を主題とするものであり、理論的に理科と数学の関連付けを整理し、各関連付けにおけるその目的を明らかにするとともに、実証的に達成度と概念のつながりと文脈依存性が何を意味するか同定し、理論的考察と実証的考察から理科と数学を関連付ける理論的枠組みを構築する。さらに、社会的側面・学問的側面・子どもの側面から、理科と数学を関連付けるカリキュラム構成原理を導出する。こうした本研究の目的を具体的に述べれば以下の通りになる。

- 目的1：先行研究を基に理科と数学の関連付けを整理するとともに、各関連付けにおけるその目的を理論的に明らかにする。
- 目的2：概念のつながりと文脈依存性の測定方法及びそこで測定できる事柄を同定するとともに、達成度と概念のつながりと文脈依存性の関係からその目的を実証的に明らかにする。
- 目的3：上記目的1と目的2を基に理科と数学を関連付ける目的・実施方法・その評価法を包括的に捉える理論的枠組みを構築する。
- 目的4：目的3を基に、ザンビアの社会的文脈と子どもの実態を加味し、理科と数学を関連付けるカリキュラム構成原理を導出する。

上記目的1については、主として哲学的方法を用いた理論的研究を行った(第2章)。そして、目的2については、主としてテスト・インタビューを用いた実証的研究を行った(第3章及び第4章)。さらに、目的3と目的4については理論的研究と実証的研究の結果から解釈的方法を用いて、理論と実証を包括的に捉えた(第5章)。

本研究が理数科教育研究にもたらす貢献をどのように指摘できるであろうか。最も大きな貢献は、これまでも理論・実証の両側面から取り込まれてきながらも共通認識がなかった理科と数学の関連付けを目的・実施方法・その評価法を包括的に捉え、理論的・実証的にその理論的枠組みを構築する点である。本研究は、理数科教育のカリキュラム開発という文脈で注目されてきた「理科と数学の関連付け」に焦点をあて、理科と数学を関連付ける視点の整理及び各関連付けにおけるその目的を理論的かつ実証的に明確化し、理科と数学の関連付けの評価法を整理した上でそれらを包括的に捉え、その理論的枠組みを構築することを意図している。そこでは、理科と数学における学習内容と考え方の固有性及び独自性を確認する一方、その背景にある学問的側面から両教科の性質を明確化する。これまで各教科において議論されてきた理科や数学の性質を各教科の基盤となる科学と数学の知識の本性にまで立ち入って分析する点も本研究の特色であり重要な成果である。また、達成度と概念のつながりと文脈依存性から実証的に理科と数学を関連付ける目的を見出すのが、そこで用いる手法は理科と数学を関連付けた指導を評価する際に援用することができる。これまで主に達成度で評価されてきた理科と数学を関連付けた実践を異なった角度から評価する枠組みを提供する点も本研究の特色であり重要な成果である。

以上のような理科と数学を関連付ける理論的枠組みの構築、及び理科と数学の性質への新たな特徴付け、さらに理科と数学を関連付けた実践の評価法の同定に加え、本研究の成果は、ザンビアにおけるカリキュラム開発に対して直接的な示唆をもたらすと考える。実際、実証的研究として行う達成度・

概念のつながり・文脈依存性の調査はザンビアの生徒に対して実施するもので、カリキュラム開発に具体的提言を導きうるものを含んでおり、本研究の後半ではその点についての考察を行っている。これは国際協力の立場から研究の独自性を示す特色であるともいえ、実践的課題への貢献であると言える。

上述したように「理科と数学の関連付け」の重要性が従来から主張され、その目的や実施方法が古くて新しい問題として常に問われ続けてきた。しかしこれまでの研究では、その目的・実施方法・その評価法の関連性に着目されてこなかった。これに対して本研究は、これまで個別に議論されてきた内容を包括的に捉えることによって、理科と数学の関連付けの考察を、一段高い位置から俯瞰的に取り組むと位置づけられる。

以下では、こうした本研究の取り組みの成果を各章のまとめとすることによって述べたい。

第2章では、科学哲学者ポパーの3世界理論と客観的知識の成長過程を手掛かりに理科と数学の特徴を明らかにし、理科と数学を関連付ける方法とその目的を考察した。

理科と数学の背後にある学問的側面からの特徴として、*科学*では思考(世界2)を介した世界1と世界3の相互作用によって、より洗練された暫定的理論(世界3)と問題(世界1)が生み出され、他方*数学*においては、思考(世界2)を介した世界3内での相互作用によって、より洗練された暫定的理論(世界3)と問題(世界3)が生み出されていくことが明らかとなった。さらに、関数領域に焦点を当てた理科と数学の特徴として、理科では関数の内容や関数的な考え方をを用いる対象として、物理的対象の世界(世界1)が重視されており、数学では関数の考えを用いる対象として客観的知識の世界(世界3)が重視されていることが浮かび上がった。そのため、数学が扱う学習内容がより抽象的となり、それに対応する理科の学習内容が複数となっている。また、理科では「変数を確認する」段階において多様な変数が扱われ、他方数学では「表現・規則性」において多様な表現やその変換が用いられる。

また理科と数学を関連付ける方法とその目的として、①学習内容の主題的関連付けでは、各教科と教科外とのつながりの構築、学習内容を総合的に用いた考察が、②考え方の主題的関連付けでは、教科外で扱う対象の知識獲得、考え方を総合的に用いた考察が、③学習内容の構造的・一貫性では、具体的な理科の学習内容と抽象的な数学の学習内容とのつながりの構築、抽象度の違う文脈で学習内容を用いることによる、転移の促進が、④考え方の構造的・一貫性では、異なった視点による各教科で扱う対象の知識獲得、抽象度の違う文脈で考え方をを用いることによる、その一般化が浮き彫りとなった。

第3章では、理科と数学の関連付けの評価法として、概念のつながりと文脈依存性の調査法を整理すると共に、各調査法によって評価できる関連付けの方法を考察した。

ザンビアにおいて理科と数学の概念のつながりを測定する方法として、概念ラベルをグループ化する手順を踏み、10前後の概念ラベルを提示すれば良いことが明らかとなった。またその分析方法として、非計量多次元尺度構成を用いた概念地図の構造分析、概念系やリンクを説明する結合語に着目すれば良いことが浮かび上がった。さらにそこでは、認識内容における学習内容の主題的関連付けと学習内容の構造的・一貫性による関連付けを評価できる可能性が示唆された。一方文脈依存性の調査は、出題の文脈は理科と数学で異なるが、同一の解法で解け、数値も同じ問題を用いれば良いことが浮かび上がった。また具体的な問題は、関数領域に焦点を当て、理科の「等加速度運動」、「ばねの伸びと重り」と数学の「比例」に着目すればよいことが明らかとなった。その分析方法として、文脈依存性の有無はカイ二乗検定によって判別すれば良いこと、問題によって文脈依存する生徒が異なることから数量化Ⅲ類を用いて解答パターンの類似性に基つき分類すれば良いことが明らかとなった。ここでは、認識方法における学習内容と考え方の構造的・一貫性による関連付けを測定できる可能性が示唆された。

第4章では、理科と数学の関連付けの評価法として用いられつつある、概念地図法と文脈依存性の調査によって測定できる内容を整理するとともに、達成度と概念のつながりと文脈依存性の関係の考察から、理科と数学を関連付ける目的を実証的に明らかにした。同時に、ザンビアの生徒の実態把握の側面からも考察を行った。

ザンビアの生徒を対象とした概念のつながりと文脈依存性の調査から、概念地図法を用いて、認識内容の側面における学習内容の主題的関連付けと学習内容の構造的・一貫性を評価できることが実証された。一方、文脈依存性の調査を用いて、認識方法の側面における学習内容の構造的・一貫性と考え方の構造的・一貫性を評価できることが判明した。また、達成度と概念のつながりと文脈依存性の3者の関係から、理科と数学を関連付ける目的を考察した。その結果、概念間のつながりを構築することによる考え方の深まりと、文脈依存性を乗り越えるための第一歩となることが浮かび上がった。

ザンビアの生徒の実態把握として、達成度と概念のつながりと文脈依存性の調査を実施した。その結果、関数領域を含む各教科の概念として、理科では具体的な文脈をともなったグラフの理解が、数学では二つの数量に目を向けることとその関係を捉えることが課題として浮かびあった。また理科と数学の関連付けという側面では、両教科の関連付けを促進するために、概念を形成するための指導の

工夫と共通性を見出す働きかけが必要なこと、生徒は単位や両教科での解法の違いやその特性の違いによって文脈に依存することが明らかとなった。

第5章では、目的・実施方法・評価法を包括的に捉え、理科と数学を関連付ける理論的枠組みを構築するとともに、社会的側面・学問的側面・子どもの側面を包括的に捉え、理科と数学を関連付けたカリキュラム構成原理を導出した。考察を通し理科と数学を関連付けるカリキュラム構成原理として、以下3点を導出した。

構成原理①：主題的関連付けと構造的ー貫性の二側面

構成原理②：学習内容の関連付けと考え方の関連付けの分割性と不可分性

構成原理③：社会的発展を踏まえた理科と数学を関連付ける方法の選択

備考 論文の要旨はA4判用紙を使用し、4,000字以内とする。ただし、英文の場合は1,500語以内とする。

Remark: The summary of the dissertation should be written on A4-size pages and should not exceed 4,000 Japanese characters. When written in English, it should not exceed 1,500 words.