

令和 3 年 6 月 8 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K00959

研究課題名(和文) 子供の科学概念の長期的な変容・発展を促進するLPs活用型教授サイクルの実践と確立

研究課題名(英文) Practice and establishment of LPs-based teaching cycle that promotes long-term transformation and development of children's scientific concepts

研究代表者

片平 克弘 (katahira, katsuhiko)

筑波大学・人間系・教授

研究者番号：70214327

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：理科教育学研究では、心理学研究で明らかにされた子供たちの発達段階と教育学研究で重視されている学習内容の適時性に関して本格的な研究が行われている。近年はラーニング・プログレッションズ(LPs)に関する研究が組織的に行われている。実践研究としては、このLPs 段階を基盤とした教授サイクルを理科授業の中で実施した。本研究で作成した「光/粒子/力の概念」の教授のグランドデザインの中にも加えた。

ところで、LPsは未だ学習者の思考をたどる仮説的な説明であるが故に、今後のLPsに基づく概念研究の中では、先行研究で指摘されている「学習の領域固有性」「学習の適時性」について一層の研究が必要となる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

LPsの中では、理科の学習内容について、学習者がどのような中間的な考え方を経て、科学的に正しい概念の獲得へ到達するのかが記述されている。このように、LPsでは学習者の思考過程が明文化され、理解の発達が経時的に示されている。このような特徴を持つLPsは、日本の学習指導要領との親和性が高く、日本における理科の学習内容の一貫性や系統性を吟味する際に、貴重な情報を提供している。

研究成果の概要(英文)： In science pedagogical research, full-scale research is being conducted on the developmental stages of children revealed in psychological research and the timeliness of learning content that is emphasized in pedagogical research. In recent years, research on Learning Progressions (LPs) has been systematically conducted. As a practical study, a teaching cycle based on this LPs stage was carried out in the science class. It was also added to the grand design of the teaching of "Concept of Light/Particle /Force" created in this research.

By the way, since LPs are still hypothetical explanations that trace learners' thoughts, in future conceptual research based on LPs, it is necessary to further examine the "specificity of the learning area" and "timeliness of learning" pointed out in the previous research.

研究分野：理科教育学

キーワード：理科教育 Lps カリキュラム開発 科学概念 科学的認識

1. 研究開始当初の背景

「科学の学習を継続しようとする動機や意欲をいかに喚起し、子ども達の科学的理解を学校教育の中でどのように深化させるか」は、洋の東西を問わず、理科教育における最重要かつ不易の課題である。そのため、理科教育学研究では、心理学の研究で明らかにされた子供たちの発達段階と教育学研究で重視されている学習内容の適時性に関して本格的な研究が行われ始めた。

諸外国では、学校教育において扱うべき科学概念や科学理論の構造化が図られている。ラーニング・プログレッションズ(Learning Progressions : LPs)研究は、その基盤をなすものである。端的に言えば、LPs とは、科学概念についての学習者の発達の理解特性を、学年と学習内容とのクロス表によって示したものである。このクロス表は、学習者の知的発達に関する内容構成表であり、この表には、従来行われてきたミスコンセプション・素朴概念に関する研究成果や認知科学研究の知見が細かく反映されている。

2. 研究の目的

本研究は、学習すべき内容である科学概念や科学理論の系統性を表にした LPs と、カリキュラム・指導・評価とが一体となり循環していく LPs 活用型教授サイクルの確立を試みようとするものである。先行研究や種々の調査結果をもとに LPs の諸相を詳細に描き、LPs に沿った新たなカリキュラム・指導・評価サイクルを構想する。なお、これらの開発・実践は、学校現場で長期的に実践できるものを目指す。

3. 研究の方法

- ・米国を始めとする諸外国の LPs 研究動向を基にした特質分析
 - ・収集した先行研究から LPs の実践の抽出。扱っている教材の吟味
 - ・LPs 活用型教授法で用いた学習内容の検討。学習課題や発問の開発
 - ・教授実践から得られたデータの分析。教授内容や具体的方法の改良。新たな教授法の開発
- なお、現場の教諭との連携を通じた、国内版 LPs (プロトタイプ) の妥当性の検証では、生徒の科学概念の長期的な変容・発展を探る為、データ収集と分析は、特定の学年の生徒集団に絞って経年変化を追う縦断的調査と、調査対象を特定の概念に固定し、学年を跨いで行う横断的調査の二つを軸として行う。評価方法としてポートフォリオ評価を用いることで、児童生徒の変化を的確に捉える。

4. 研究成果

先行研究を分析することにより、近年のアメリカの科学教育では、ラーニング・プログレッションズ(Learning Progressions : LPs)に多くの関心が向けられていることが明らかとなった。LPs の定義は、「長いスパンを経て子どもたちが学び、探究するものとして追うことのできる事柄についての思考の、連続的でより精緻化された道筋を描写するもの」と規定されており、日本国内では「学習の発展過程」、「知的発達内容構成」という訳語が当てられている。

LPs は、端的に言えば、科学概念についての学習者の発達の理解特性を、学年と学習内容とのクロス表によって示したものである。我が国の学習指導要領の特質を踏まえた、国内版 LPs(プロトタイプ)の作成にあたっては、コンストラクトマップ(Briggs, Alonzo, Schwab, & Wilson, 2006)と呼ばれる、科学概念に関する生徒の理解の程度を段階的に示した表を参照した。このクロス表は、従来行われてきたミスコンセプション・素朴概念に関する研究成果が指標と照らし合わせながら作られている。(表1)

表1 6段階の場合のLP段階の指標設定

LP 段階	指標
6	5 段階目を満たしたうえで、関連する高度な内容や、上の学年の学習内容について教科書レベルの知識を一つ以上表現できる。
5	該当学年の教科書レベルの知識を習得し、相互に関係付けながら学習内容を表現できる。
4	該当学年の教科書レベルの知識を習得し、個別に表現することができるが、それぞれを関係付けながら考えることは難しい。
3	該当学年の学習内容を概ね理解しているが、一部欠落がある。
2	該当学年の学習内容の理解があまり示されず、1つ以上前の学年の知識までしか表現されない。
1	学習内容についての定性的な理解が表現されず、力動的な表現にとどまる。

クロス表により、学習者がどのような中間的な考え方を経て、科学的に正しい概念の獲得へ到達するのが明らかになった。クロス表の中では、学習者の思考過程が明文化され、理解の発達プロセスが経時的に示されている。本研究では、このような特徴を持つ LPs は日本の学習指導要領との親和性が高く、我が国における理科の学習内容の一貫性や系統性を吟味する際に、多くの情報を提供していることを明らかにした。

初年度は、LPsに関する最新の研究知見をもとに、主要な化学概念についてのLPsを開発し、作成したLPsを基盤とする教授サイクルをもとに中学校・高等学校での実証的研究をスタートさせた。さらに、そこでは、LPsの改善や改良も行った。ここでは、粒子概念が中学生から高校生へと長期的に発達していくプロセスを捉えることができた。さらに、粒子概念理解の研究の中では学習の領域固有性・適時性についても検討できた。

2年目は、高校生を対象に、主要な物理概念についてLPsを開発し、作成したLPs教授サイクルをもとに実践に着手した。さらに、高校生の実態をもとにした、概念理解が長期的に発達していくプロセスや、科学に対する認識の変容を捉えることができた。概念理解の研究では、Alonzo et al.(2009)が先行実施している「力と運動」概念のLPsを描き出し、そのLPsとカリキュラム・指導・評価とが一貫した探究のプロセスの在り方について実践を深めた。

3年目は、対象を中学生に移動し、彼らの実態をもとにした、物理概念理解が長期的に発達していくプロセス、及び、一人一人の生徒の認識の変容を捉えた。物理概念理解の研究では、diSessa(2018)が先行実施している「力と運動」に関する直感的な認識を描き出し、カリキュラム・指導・評価とが一体化した探究のプロセスの在り方を吟味した。

最終年は、中学生を対象に、新たに「光の概念」の学習内容に対する中学1年生の理解のLPs段階を明らかにした。(表2)

表2 光の反射と屈折に関する中学生のLP段階の例

LP段階	生徒の学習に関する認知的理解の指標
6	光(波長)によって屈折角が異なるため、白色光をプリズムに通すと虹色になる等、反射や屈折に関する発展的な内容や、中学校第2学年以後の学習内容について一部理解している。
5	<ul style="list-style-type: none"> ● 光は直進することを理解しており、光源と物の見え方について関連付けて理解している。 ● 入射角と反射角は一致すること理解しており、光があたる面の状態によっては乱反射することを理解している。 ● 光は異なる物質間の境界で屈折することを理解しており、入射角、屈折角、反射と関連付けて全反射についても理解している。
4	5段階目の内容を個別に理解はしているが、関連付けて考えることができない。または、一部しか関連付けて考えることができない。例えば、異なる物質の境界面で屈折はするが、反射はしないと考えている等。
3	5段階目の内容を概ね理解しているが、いくつか次落がある。例えば、反射については理解しているが、屈折については理解が進んでいない等。
2	学習内容をあまり理解できてない。例えば、反射や屈折という現象があることは理解しているが、どのような条件でそれぞれの現象が起きるのかは理解していない等。
1	学習内容を全く理解できてない。例えば、反射した光は反射面と光源の位置関係に関わらず、反射面に垂直な方向に進むと考えている等。
よくある間違い等	
<ul style="list-style-type: none"> ● 光を明るさとして認識している。 ● 鏡では反射し、ガラスでは屈折する。 ● 水を用いれば光の道筋を見ることができる。 ● 光源の任意の点から出る光は、一定の方向に進んでいく。 ● 作図は習熟している手段で書けないと、戸惑いやすくなる。 ● 新奇の問題に対して、そのとき学習した知識ではなく過去の経験を用いようとする。 	

本実践では、凸レンズの働きと結像については、基礎的な内容を理解している生徒が44%しかおらず、また、習得が期待されているレベルに到達した生徒でも、反射、物の見えかた、屈折と比べて最も低かったことが確認できた。このような結果を踏まえ、凸レンズの働きと結像については、基礎的な知識を身につけられていない生徒が多く、中学2年生以降で学習した方がより適切な内容と結論づけた。本実践では、これらの知見をもとに「光の概念」に関する新たなLPs段階を開発した。

本研究では、これら一連の実践結果から得られたデータを集約し、最終的なLPs活用型教授サイクルを確立した。加えて、LPsは未だ学習者の思考をたどる仮説的な説明であり、今後のLPsに基づく概念研究の中では、「学習の領域固有性」「学習の適時性」について一層の研究が必要となることも指摘した。

<参考文献>

Alicia C. Alonzo, Amelia Wenk Gotwals (Eds.) (2012): Learning Progressions in Science Current Challenges and Future Directions, Sense Publishers.

Lei Liu, Teresa Jackson(2019): A Recent Review of Learning Progressions in Science: Gaps and shifts, *The Educational Review*, 3(9), 113-126.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 3件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 石川美穂・片平克弘	4. 巻 61-2
2. 論文標題 理科教育における中学生の科学的知見の活用に関する研究－SDGs実施に向けたネクサスの視点に着目して－	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 理科教育学研究	6. 最初と最後の頁 207-215
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 須藤 裕司, 石川 美穂, 片平 克弘	4. 巻 34-7
2. 論文標題 光に関する中学生の構成概念の研究 ラーニング・プロGRESSIONズの知見をもとに	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本科学教育学会研究会研究報告	6. 最初と最後の頁 21-26
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14935/jsser.34.7_21	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 石川 美穂, 片平 克弘	4. 巻 34-7
2. 論文標題 SDGs実施に関連する学際研究に向けた理科教育への一考察	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本科学教育学会研究会研究報告	6. 最初と最後の頁 27-32
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14935/jsser.34.7_27	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 片平克弘	4. 巻 65-7
2. 論文標題 理科の観点別学習状況（小学校）	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 指導と評価	6. 最初と最後の頁 15-17
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 石川美穂、片平克弘	4. 巻 34-6
2. 論文標題 理科教育における生徒のSDGsへの学習動機に関する研究	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本科学教育学会関東支部大会研究発表要旨集	6. 最初と最後の頁 19-22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 片平克弘	4. 巻 73
2. 論文標題 理科:子どもたちと一緒に試行錯誤しながら資質・能力の向上をめざしていく	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 総合教育技術	6. 最初と最後の頁 22-25
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 片平克弘	4. 巻 17
2. 論文標題 新学習指導要領告示後1年を振り返り、今後の課題を探る	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 筑波教育学研究	6. 最初と最後の頁 29-31
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 片平克弘	4. 巻 66-3
2. 論文標題 理科における「主体的・対話的で深い学び」を考える	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 理科の教育	6. 最初と最後の頁 23-25
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 片平克弘	4. 巻 66-5
2. 論文標題 新学習指導要領では、何がどう変わるのか-新しい小学校理科の特徴-何ができるようになるか	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 理科の教育	6. 最初と最後の頁 8-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 片平克弘	4. 巻 73
2. 論文標題 理科：子どもたちと一緒に試行錯誤をしながら資質・能力の向上をめざしていく	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 総合教育技術	6. 最初と最後の頁 22-25
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計11件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 須藤裕司・片平克弘
2. 発表標題 「ラーニング・プログレッションズの知見に基づく授業評価に関する研究」
3. 学会等名 第59回日本理科教育学会関東支部大会（横浜国立大学）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 塩嶋公輔、山本高広、森下將史、片平克弘
2. 発表標題 理科授業における「アナロジーの性質」の教授に関する研究
3. 学会等名 日本理科教育学会第69回全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石川美穂、山本高広、片平克弘
2. 発表標題 中学校における科学的な活動を含めたSDGsの学習に関する研究
3. 学会等名 日本理科教育学会第69回全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 塩嶋公輔、山本高広、森下將史、片平克弘
2. 発表標題 アナロジを用いた科学現象を説明する能力の向上に関する研究
3. 学会等名 日本理科教育学会第58回関東支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石川美穂、片平克弘
2. 発表標題 中学校におけるSDGsと科学の関連を深める学習に関する研究－SDGsを科学的に分析する活動に着目して－
3. 学会等名 日本理科教育学会第58回関東支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤澤弘明・片平克弘
2. 発表標題 科学的探究におけるデータの妥当性の評価に関する研究－生徒の科学知識の活用の視点から－
3. 学会等名 日本理科教育学会（第57回）関東支部大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 吉岡美紀・片平克弘
2. 発表標題 中学校理科におけるモデリング能力育成に関する研究－粒子モデルを題材として－
3. 学会等名 日本理科教育学会（第57回）関東支部大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山下恵美・片平克弘
2. 発表標題 中学校理科におけるp-primsを活用した教授学習に関する研究－生徒の変容に着目して－
3. 学会等名 日本理科教育学会（第57回）関東支部大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山下恵美・片平克弘
2. 発表標題 中学校理科におけるp-primsを取り入れた教授学習に関する研究
3. 学会等名 日本科学教育学会研究会（第7回）北関東支部
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 青木和也，片平克弘，
2. 発表標題 高等学校化学におけるレリバンスの視点を取り入れた教授学習内容に関する研究
3. 学会等名 日本理科教育学会第56回関東支部大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 西川明莉, 片平克弘
2. 発表標題 高等学校女子生徒の理科的資質・能力に関する研究
3. 学会等名 日本理科教育学会第56回関東支部大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計6件

1. 著者名 片平克弘	4. 発行年 2019年
2. 出版社 図書文化社	5. 総ページ数 256
3. 書名 各教科の学習の記録 理科(様式2): 小学校 新指導要録の解説と実務 2019年改定版	

1. 著者名 片平克弘	4. 発行年 2019年
2. 出版社 時事通信社	5. 総ページ数 321
3. 書名 教育評価: 教育キーワード-155のキーワードで押さえる教育-	

1. 著者名 片平克弘	4. 発行年 2019年
2. 出版社 時事通信社	5. 総ページ数 321
3. 書名 総合的な学習(探究)の時間: 教育キーワード-155のキーワードで押さえる教育-	

1. 著者名 大高泉・片平克弘他	4. 発行年 2018年
2. 出版社 ミネルヴァ書房	5. 総ページ数 214
3. 書名 初等理科教育	

1. 著者名 片平克弘・唐木清志	4. 発行年 2018年
2. 出版社 ミネルヴァ書房	5. 総ページ数 188
3. 書名 初等生活科教育	

1. 著者名 片平克弘・塚田昭一	4. 発行年 2017年
2. 出版社 東洋館出版社	5. 総ページ数 163
3. 書名 平成29年度版小学校新学習指導要領ポイント総整理 理科	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------