

令和 4 年 6 月 27 日現在

機関番号：11302

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K03050

研究課題名(和文) 経験帰納的学習を活用したAL・課題研究への指導システム構築と実践

研究課題名(英文) The development and implementation of a tutoring system on active-learning/project-study using experience-based inductive learning methods

研究代表者

内山 哲治 (Uchiyama, Tetsuji)

宮城教育大学・大学院教育学研究科高度教職実践専攻・教授

研究者番号：10323784

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：学校教育現場での指針となる学習指導要領改訂に合わせ、われわれが提案してきた経験帰納的学習の適合性と活用を考え、学校教育現場での実践を中心に研究を進めた。実際は、コロナ禍の影響で多くの制限により実施回数は伸びなかったが、以下の成果を得た。

- 1) 中学校においては、日常生活における生徒の疑問から教科内容に展開すると、教科内容に対する生徒の動機づけとなると同時に、日常をよく観察するという学習への基本姿勢も身に付けられること。
- 2) 高等学校においては、各教員の意思に大きな開きがあるが、宮城県教育委員会と「授業、総合的な探究の時間及び課題研究につながる探究的な学びの実践講座」を企画し、2校で実践できたこと。

研究成果の学術的意義や社会的意義

学術的意義および社会的意義として、大学研究において宮城県教育委員会の協力を得て進められたことが非常に大きいと思われる。教育系学会において、われわれが強く感じるのは、研究としての教育と学校教育現場での教育の乖離である。学会活動に参加する学校教員は専門性も含め意識が高いが、学校教育現場ではそのような教員ばかりではな。むしろ前者は少ない。本研究において、教育委員会の協力を得て学校教育現場に入り、各教員の意識の違いに対して知見が得られ、これを基準として研究が進められたことは今後の展開において意義が高く、有益だと考えている。

研究成果の概要(英文)：On the revision of the ministry's curriculum guideline, we considered the suitability and utilization of our proposed experience-based inductive learning, and conducted research mainly through practice at school education sites. In reality, due to the many restrictions imposed by the Corona Disaster, the number of times the program was implemented did not increase, but the following results were obtained.

- 1) In junior high schools, when students' questions in their daily lives are expanded to the subject content, it motivates them to study the subject content, and at the same time, it helps them acquire a basic attitude toward learning by observing their daily lives carefully.
- 2) In high schools, although there is a large gap in the willingness of teachers, we were able to plan the "Practical Lectures on Inquiry-Based Learning Connected to the Classes, the Period for Integrated Studies, and the Problem Research" with the Education in Miyagi Prefecture, and practiced it at two schools.

研究分野：超伝導物性，物理教育

キーワード：科学教育 経験帰納的学習 アクティブ・ラーニング 教員支援 無意識 暗黙知 明晰知 素朴概念

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

### 1. 研究開始当初の背景

学習指導要領改訂は2020年度から小学校を皮切りに年次進行で実施された。この改訂において、先の改訂時以上に児童生徒に対して、「何を学ぶか」「どのように学ぶか」「何ができるようになるか」を重視した「生きる力 学びの、その先へ」を強調し、「主体的・対話的で深い学び」を推奨していると思われる。この状況に対し、われわれと知己のある小学校・中学校・高等学校の現職教員の多くは、これまでの座学形式からどのように授業形態を変えればいいのか戸惑っている状態であった。

一方、われわれは、これまで物理教育の手法として、経験帰納的学習を提案し実践してきた。この学習法の基本は、「人は自然界に生きているために、自然法則を無意識に経験（先行/既得）している。つまり、我々は物理法則を既に知っている。ただ、表現方法を知らないだけに過ぎない。そこで、まず言語活動として、この経験を帰納し反芻することによって自然科学を実感する」という点にあり、日常、無意識で行っている作業や自然現象への反応を、再認識（意識化）させて、説明できるかどうかを問うことにある。この実践において興味深かったのは、克服しづらいと考えられている素朴概念に対し、経験から矛盾を見つけることで、明晰知に変換可能な点であった。ここで、われわれは「主体的・対話的で深い学び」の学習形態を考えたときに、「主体的・対話的」は児童生徒もしくは児童生徒間の行為であるのに対し、「深い学び」は児童生徒内での知識の深化であると解釈した。そこで、この「主体的・対話的で深い学び」の構造について、現職教員への周知と理解がまず必要であると考えた。さらに、経験帰納的学習の実践によって、児童生徒が「主体的・対話的で深い学び」の学習形態につながる手段として利用できると考えた。

### 2. 研究の目的

経験帰納的学習では、初学者が無意識のうちに受け入れている日常生活に目を向けさせて、学習内容とリンクさせることが教員の行う授業内容となる。ここでは、あくまでも学習者が自分で日常生活の内容から学習内容へのリンクに気付くようにする状況設定が重要になる。この学習者自らが学習内容へのつながりに気付くことが、学習者の学習内容への深化である。学習者の学習の深化が進むと、教員は次に学習者が自走できるように状況設定を行う。この一連の手順は、先に挙げた「主体的・対話的で深い学び」の学習形態である。そこで、本研究の目的として、学校教育現場における経験帰納的学習を活用した実践および実践例の傾向整理とした。また、対象校種としては、まず教科ごとに教員が分かれる中学校（(1)）から始め、(2)小学校、(3)高等学校と展開することとした。

また別件として、高等学校教育現場で大学研究の内容を教科内容に落とし教科内容の高大接続として、大学での専門研究（超伝導やプログラミング）を学校教育に活かした物理チップス（(4)）作成も検討した。

### 3. 研究の方法

- (1) 中学校に関して、1年目は、本学附属中学校、気仙沼市立新月中学校、気仙沼市立大谷中学校の教員に経験に基づいた授業案を作成していただき、鋭意われわれとの打ち合わせの中で、授業実践をしてもった。この知見を得て、3年目まで授業内容を現場の教員主導で検討を行ってもらう。
- (2) 小学校に関しては、2年目のときに宮城県総合教育センターの実施する科学巡回指導訪問に同行する形で宮城県内小学校に伺い、午前の児童対象理科教室、午後の教員対象研修会において、われわれの経験機能的学習およびその実践を紹介することを予定した。
- (3) 高等学校においては、研究代表者が日本物理教育学会東北支部の支部長の任にあり個々の教員との知己はあるが、学校自体の規模も大きいことから、宮城県教育委員会との連携として、「授業、総合的な探究の時間及び課題研究につながる探究的な学びの実践講座」～生徒の主体性の伸長と教員の気づきを高める活動～（学びの実践講座）を実施した。県教委には、各高等学校に案内を出してもらい、県教委自身が行っている勉強会での声掛けを行ってもらった。本研究1年目は、教育委員会と数度の打ち合わせを行う、高校の選定と準備を行った。われわれが行ったのは、生徒への授業実践や指導ではなくて、対象校全体の教員に対する探究的な学びに関する意識転換であった。2年目に、選定された。3年目は、先の2校に加え角田高等学校が選定された。さらに、高等学校においては、教員間ネットワーク構想を計画した。
- (4) これまでのアンケート調査で、電気・磁気分野の内容に関して苦手とする生徒が多いことが分かっている。液体窒素と超伝導体を用いエネルギーの観点から熱や電気抵抗に関する思考実験を生徒に行ってもらおう。そして、そのイメージから電気・磁気分野に入る物理チップス、および授業内でプログラミングを用いた活動が導入されるに当たり、プロ

グラミング言語 Python を実験教材として用いた物理チップスを作成を計画した。

#### 4. 研究成果

本研究は、学校教育現場での実践が中心となるべきものであったが、2019年度末からのコロナ禍において、予定されていた学校現場での実践がことごとく中止になる事態となった。しかしながら、得られた知見は少なからずあった。以下に項目ごとに列挙する。

- (1) 中学校に関して、1年目は教員の異動等で当初予定していた気仙沼市立大谷中学校での実践が出来ず、附属中学校3年3クラスと新月中学校2年2クラスのみで授業実践を行った。

- ・附属中学校「エネルギー変換」:「位置エネルギー→運動エネルギー→磁気エネルギー→電気エネルギー→光エネルギー」のエネルギー変換が見られる自作装置を物理チップスとして用いた。学習意欲の高い生徒が多く、日常からかけ離れた実験装置でも対応して深い学びを実現していた。

- ・新月中学校「圧力」: 日常の物理チップスとして100円均一ショップで売られている足つぼマットを用いた実験を導入した。普段大人しいと聞いていた生徒たちに主体的で対話的な活動の様子が見られた。ただこの参観において、もともとの学習意欲のあるなしに関係なく、学習者自身の授業への取り組む姿勢の違いを感じた。地方においては、無理して勉強を頑張らなくても、地域の拠点高等学校に全員入学できる状況がある。このような状況下で、生徒の動機を如何に上げられるか、学習・理解することの必要性を常に考えておく必要があることが分かった。

今回2校の実施内容に関しては、われわれが物理チップスとして内容を提案した。しかし、以上2校の比較から、実施内容発案者は生徒（もしくは生徒の実態をよく理解している教員）が望ましいことが分かった。彼らが日常生活上でどれだけ不思議を思い、感じているか、これらの点を出発点にすると、授業に対する動機づけとなると推察した。

2年目は、コロナ禍で附属中学校での実施が一切できなかった。気仙沼市立新月中学校と気仙沼市立大谷中学校では、授業実践ができた。ただし、実践授業以外はすべてオンラインで打ち合わせ等を行った。前年の結果を受け、授業前に「日常生活で不思議だなと思うこと」のアンケート調査を行い、各校で実践内容を検討してもらった。

- ・新月中学校「光・色」:「物の見え方:葉はどうして緑色なのだろうか」というテーマで、教員が授業を作成した。われわれは助言のみで、教員が主体的に考えるようにした。

- ・大谷中学校「力学的エネルギー」:「力学的エネルギー保存則は本当に正しいのか」というテーマで、教員が授業を作成した。同様にわれわれは助言のみで、教員が主体的になる状況設定をした。その結果、これまで受動的姿勢であった生徒が教科書と現実（現実には空気抵抗等の摩擦が存在するので、保存したようには見えない）の違いを目の当たりにして、主体的で対話的になる状況を正しく実践した授業になった。これらは正しく生徒が「主体的・対話的」となった授業であった。

3年目も、コロナ禍で附属中学校での実施が一切できなかった。気仙沼市立新月中学校と気仙沼市立大谷中学校では授業実践ができたが、打ち合わせ等はオンラインですべて行い、実践授業だけ参観・助言し、最後に多くの先生方と検討会を行った。その中で、実践授業を参観していた教員からは、生徒が主体的・対話的な活動をする様子を初めて見た、という意見を得た。これは、われわれの実践が生徒に依存せず効果的であることを示していると考えている。

- (2) 小学校に関しては、2年目から宮城県総合教育センターの実施する科学巡回指導訪問に同行する形で宮城県内小学校する予定であったが、コロナ禍により一切実施できなかった。

- (3) 高等学校においては、1年目に宮城県教育委員会と連携して、「学びの実践講座」を計画し、2年目に宮城野高等学校と名取高等学校で実施した。われわれはこれまで生徒に対して課題研究や探究活動の指導を行ってきた経験から、生徒への直接指導では学校内での生徒間の引継ぎがなく、例年生徒が進級することでリセットされてしまうこと、および教員自身がこれらの研究に関する内容の指導は大学教員に任せればよいと思っていることを暗黙的に理解していた。そこで、学びの実践講座では、直接教員側に働きかけることにした。しかし、両校ともに探究活動の指導に対して強い危機感を持っているが、意識の高い管理職および中心教員が居る中で、「生きる力」の獲得や「主体的・対話的で深い学び」の実践に対して、これまでの自分の指導法を変えないという体制に反発する教員も多く、校内での共通認識・理解を伴う指導の困難さを感じた。コロナ禍でもあり、実施回数は各校3回しか出来なかった。3年目は、継続の宮城野高等学校と名取高等学校の2校で課題研究や探究活動をしている現場に参加させていただき、われわれが直接生徒に声掛けする様子を教員に見てもらい、どのように声掛けすればいいかを考えてもらうこと

を計画したが、コロナの蔓延により実施できなかった。しかしながら、県教委や高校現場とのつながりが出来たのは重要な一歩であり、教員間ネットワーク構想を含め現在も本研究は継続中である。

- (4) 電気・磁気分野に関して、熱を含めて極低温・巨視的量子効果としての超伝導を行いた電気抵抗をイメージさせるプログラムを物理チップスとして作成し、令和元年および3年に日本学術振興会事業「ひらめき☆ときめきサイエンス」として実施した。参加者は、このコロナ禍にも拘わらず、宮城近県だけではなく関東からもあり好評であった。また、高等学校の物理授業内での使用を想定したPythonによる物理チップスを作成した。今回は、ケプラーの第3法則（調和の法則）における惑星の公転周期  $P$  と軌道の長半径  $a$  の関係を生徒が発見する内容とした。ここでは、特にプログラミングを教科に導入する際の注意点として、プログラムの命令をいかにブロック化して単純に取り扱うようにするか、等の知見を得た。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 能代谷賢治, 内山哲治	4. 巻 30
2. 論文標題 高等学校理数科課題研究における大学生のティーチング・アシスタント - 大学生の視点から -	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 東北物理教育	6. 最初と最後の頁 10-13
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 内山哲治, 清原和	4. 巻 30
2. 論文標題 高等学校における「探究的な学びの実践講座」の取り組みについて	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 東北物理教育	6. 最初と最後の頁 14-18
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 内山哲治	4. 巻 29
2. 論文標題 企業経営の基本に学ぶ物理教育	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 東北物理教育	6. 最初と最後の頁 24-28
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 内山哲治, 清原和	4. 巻 3
2. 論文標題 「主体的・対話的で深い学び」を実現するための取り組み - 学びの実践講座 -	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 宮城教育大学教職大学院紀要	6. 最初と最後の頁 43-51
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 能代谷賢治, 内山哲治	4. 巻 3
2. 論文標題 “探究”の質を向上させるための教師の働きかけ	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 宮城教育大学教職大学院紀要	6. 最初と最後の頁 53-65
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 能代谷賢治, 内山哲治	4. 巻 31
2. 論文標題 非インストール型Python実行サービス「Google Colaboratory」を用いた教材開発と教育実践	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 東北物理教育	6. 最初と最後の頁 9-14
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 内山哲治	4. 巻 31
2. 論文標題 「授業、総合的な探究の時間及び課題研究につながる探究的な学びの実践講座」について	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 東北物理教育	6. 最初と最後の頁 31-34
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 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 能代谷賢治, 内山 哲治
2. 発表標題 仙台向山高校の理数科課題研究に大学生として携わって
3. 学会等名 日本物理教育学会東北支部 第35回研究大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 内山哲治, 中山慎也, 清原和
2. 発表標題 高等学校における探究的な学びの実践支援活動
3. 学会等名 日本物理教育学会東北支部 第35回研究大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 内山哲治
2. 発表標題 学習における現象論的考察と経験帰納的学習の活用
3. 学会等名 日本物理教育学会 第36回物理教育研究大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 内山哲治, 三沢豊, 工藤孝幸
2. 発表標題 中学校理科における生徒の経験に基づいた授業展開 - 経験帰納的学習の実践 -
3. 学会等名 日本理科教育学会 第60回 東北支部大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 能代谷賢治, 内山哲治
2. 発表標題 無料プログラミングツール「Google Colaboratory」を用いた教材開発と教育実践
3. 学会等名 日本物理教育学会東北支部 第36回研究大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 内山哲治, 中山慎也, 清原和
2. 発表標題 「授業、総合的な探究の時間及び課題研究につながる探究的な学びの実践講座」～生徒の主体性の伸長と教員の気づきを高める活動～
3. 学会等名 日本物理教育学会東北支部 第36回研究大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔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
---------	---------