

令和 6 年 6 月 25 日現在

機関番号：32601

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K03160

研究課題名（和文）個別学習と協調学習を連携させる学習デザインの研究

研究課題名（英文）Research on learning design that links individual and cooperative learning

研究代表者

寺尾 敦 (Terao, Atsushi)

青山学院大学・社会情報学部・教授

研究者番号：40374714

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、個別学習と協調学習を連携させて、深い学習をもたらす学習環境のデザイン原理を明らかにすることである。授業を協調学習の場として、その前後に個別学習を行うデザインを基本とした。こうした実践からいくつかのデザイン原理が得られた。

プログラミングでは、テキストを補うウェブ教材によって、教員による講義をほとんど行わずに個別学習が可能であることが明らかになった。協調学習との連携は今後の課題である。

AIとの協調学習として、ChatGPTとの哲学的対話によって思考を深めることを試みた。対話は常にうまくいくわけではなかったが、思考の整理や深まりを促したと考えられるものもあった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

「個別最適な学び」と「協働的な学び」をどのように結びつけるかは、学校教育だけでなく、高等教育でも重要なテーマである。本研究が提案する、個別学習と協調学習を連携させて深い学習をもたらす学習環境のデザイン原理は、授業をデザインする指針とできる。

コロナ禍でオンライン授業が行われるようになり、オンラインでの個別学習および協調学習についての研究が必要とされた。本研究では、教科書を補足するウェブ教材を提供することで、教師による講義がなくても学習が進められることを示した。

生成AIとの協調学習は今後重要な研究テーマとなるだろう。本研究では、生成AIとの哲学的対話によって思考を

研究成果の概要（英文）： The purpose of this study is to clarify the design principles of a learning environment that links individual and cooperative learning to facilitate learning in depth.

The basic design was to use the classroom for cooperative learning (e.g., discussion), with individual learning taking place before and/or after the class. Several design principles were obtained from these practices.

In programming, it turned out that students can go through the textbook by themselves with web-based supplement materials, without lectures by a teacher. Linkage with cooperative learning remains to be studied.

As cooperative learning with AI, we attempted to deepen thinking through philosophical dialogue with ChatGPT. Although the dialogues did not always go well, some of them were considered to have promoted thinking.

研究分野：認知科学・教育工学・教育心理学

キーワード：学習環境デザイン デザイン原理 個別最適な学び 協働的な学び 主体的・対話的で深い学び

1. 研究開始当初の背景

近年の教育実践と研究には一見したところ対立する2つの流れがある。ひとつは、AI技術やIT技術の進歩にともなう、個々の学習者に最適化された個別学習をめざすものである。「ラーニングアナリティクス」に基づく学習者支援や(廣瀬 2018)、Intelligent Tutoring Systemによる学習の現在形(山田 2018)である「アダプティブラーニング」(萩原 2016)が例として挙げられる。もうひとつは、ディスカッションや協同的問題解決など、他者との協調学習を積極的に取り入れるものである。Project/Problem-Based Learningや、新学習指導要領での「対話的な学び」はこうした学習を指している。

文部科学省は、新学習指導要領において「対話的な学び」を掲げる一方で、「Society 5.0に向けた人材育成」においては「公正に個別最適化された学びの実現」を掲げている。これら2つの学びをどのように連携させるかを検討することは重要な研究課題である。

本研究の基本的な「問い」は、一見対立するこれら2つの学習(個別学習と協調学習)を統合する学習環境デザインはどうあるべきか、というものである。方法は異なっても、学習内容に対する深い理解を達成するという目的は共通しているはずである。深い理解、あるいは深い学習とは、新しい事実やアイデアを批判的に検討し、それを既有的認知構造に結びつけ、アイデア間に多くの結びつきを作る学習である(松下・田口 2012)。深い学習の達成は、学習の転移、知識の保持、誤概念の除去、獲得した知識を自分の言葉で説明できることなどによって示される(Alevin & Koedinger 2002)。

個別学習と協調学習を結びつける方法として、個別学習は主に授業時間外の予習や復習で行い、授業は協調学習を中心にして学びを深めるといことが考えられる。授業時間外にデジタル教材等により知識習得を済ませ、教室では知識確認や問題解決学習を行う「反転学習」や、教師の説明、理解確認、理解深化、自己評価という4段階で知識習得をはかる「教えて考えさせる授業」(市川 2008)などが例として挙げられる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、個別学習と協調学習を連携させて、深い学習をもたらす学習環境(授業、教材、テストなど)のデザイン原理を明らかにすることである。マルチメディア学習の研究では、「教材で、重要な言葉は対応する図の近くに配置する」など、いくつかのデザイン原理が明らかにされている(Mayer 2009)。個別学習と協調学習を連携させた学習環境デザインにおいて、マルチメディア学習での原理に相当するデザイン原理を明らかにしたい。特に、2つの学習を連携させる特定の型(反転学習、教えて考えさせる授業など)に依存しない原理を明らかにし、どのような連携にも指針を与えられることを目指す。

本研究の学術的独自性と創造性として、(1) 個別学習と協調学習という一見対立する2つの学習の連携を目指していること、(2) 学習環境のデザイン原理を明らかにしようとしていること、(3) 教育実践と研究とが結びついていること、の3点が挙げられる。

最初の2点についてはここまで述べてきた。深い学習を達成するという共通目標が、個別学習と協調学習を連携させる視点である。「反転学習」や「教えて考えさせる授業」のように、これら2つのタイプの学習を連携させる試みはすでにある。しかし、マルチメディア学習の研究で提案されているような、学習環境のデザイン原理はまだ明らかではない。

第3の点は本研究の方法における特徴である。本研究では、基本的に、学習科学の研究方法を採用する。学習科学は、認知科学の成果を利用しつつ、学習を総合的にデザインして実践的な研究を行う。学習科学では、厳密な統制実験よりも、デザイン科学のパラダイムを取り入れた研究手法が好まれる。すなわち、目的にあわせて学習環境をデザインし、それを教育実践の場で試用して、その結果をもとに改善を繰り返すという手法である(大島・大島 2009)。本研究では、われわれ研究組織のメンバーがそれぞれ担当している授業が主な実践の場となる。

2020年度から2022年度まで、コロナ禍でのオンライン授業が実施された。そのため、個別学習と協調学習の連携を考えるうえで、対面かオンラインかという授業形態も考慮する必要が生じた。オンライン授業は、当初は対面授業の代替であった。その後、対面授業にはないメリットが次第に認識されるようになった。村上・浦田・根岸(2020)は、対面授業ができる状況になっても、オンライン授業のメリットを活かした授業設計が重要になると述べている。対面授業とオンライン授業のメリットを考慮して、深い学習という目標達成のために、個別学習と協調学習を連携させる学習環境デザインを探求する。

3. 研究の方法

(1) 授業でのディスカッション(協調学習)の前後に、個別学習としてレポート作成を行う授業を実践した。科目は「認知心理学」であった。受講者は、授業前にテキストの指定された章を読み、要約と小論文を準備した。小論文のテーマは、指定された章の内容に関連していれば、自由に設定することができた。授業では準備した小論文の内容についてディスカッションを行った。授業後に、ディスカッションを踏まえて小論文を修正した。2019年度まで、教員は授業後に提

出された小論文を中心にコメントと点数を返していた。しかし、テキストの内容を誤解したままディスカッションに入ってしまうことがあったため、2020年度からはディスカッションの前に提出された小論文にコメントと点数を返すようにした。コロナ禍の2020年度から2022年度まで、ディスカッションはオンラインで実施された。2020年度と2021年度は大学で共通に導入されたオンライン会議システム（webex）を用いた。2022年度は、このシステムの他に、いくつかのメタバース環境を利用した。

(2) オンライン授業と対面授業を自由に選択できる時、学生はどちらの授業を選択するのかを、オムニバス講義「人間科学概論」で調査した。質問紙調査ではなく、実際にどちらかの形態の授業を自由に選択できるのであれば、学生はどちらを選択するかを調べた。2021年度および2022年度の履修者に対して、1回の授業を、対面あるいはオンライン（リアルタイム）のいずれかで受講するよう指示した。この選択と、学習活動あるいは学習パフォーマンスとの間に何らかの関係は存在するのかを検討した。

(3) プログラミングを学習する2つの科目で、教員による講義をほとんど行わず、オンライン教材による個別学習だけで学習目標を達成することを試みた。テキストを1冊指定し、その補足解説を行うウェブ教材を開発した。MATLABを学習する科目では、履修者は3回（1回90分）の授業にわたってMATLABの基本を学習し、理解を確認する小テストを受けた。C言語を学習する授業では、履修者は105分13回にわたって1冊のテキストを学習し、期末テストを受験した。

(4) 生成AIを用いた学習は、1人の学習者が行う個別学習であると同時に、AIとの協調学習であるとも考えられる。思考の整理と深化をもたらす手段として、「トロッコ問題」の2つのバージョンを用いて、生成AIとの哲学的対話を試みた。トロッコ問題は、「ある人を助けるために別の人を犠牲にすることは許されるのか」について思考実験を行う、倫理的、道徳的問題である。プロンプトを工夫し、ソクラテス式問答法を実践することを明示し、ChatGPTからの質問を方向づける詳細な指示を与えた。

4. 研究成果

(1) 個別学習と協調学習を連携させた学習環境デザイン（授業デザイン）の例を、表1に示す。この授業では、学生は授業までにテキストの指定された章を読み、要約と小論文を提出する。授業では、解説講義のあと、小論文に基づいてグループディスカッションを行う。授業後に、小論文を加筆・修正して提出する。およそ10年にわたる試行錯誤を重ね、いくつかのデザイン原理が明らかになってきた。授業でいきなりディスカッションを指示しても井戸端会議レベルになってしまうことが多い。ディスカッションのための事前学習が必要である。教員の負担は大きくなるが、ディスカッションの前に、事前学習に対するフィードバックをする方がよい。学生は事前学習で大きな誤りをしていることがあるためである。ディスカッションの後には、授業前と同一あるいは類似の課題に取り組むことで、学習者が理解の深まりを認識できるようにする。これらのデザイン原理は、この授業に特化したものではなく、グループディスカッションを取り入れた授業一般に適用できる。

2022年度には、通常の会議システムとは異なるメタバース環境でのディスカッションも試みた。会議システムとメタバースで、ディスカッションや小論文に明確な違いは見出されなかった。大学での授業のように、普段から同一の環境にいる間柄であれば、会議システムとメタバースの違いは学習にほとんど影響しないと考えられる。

表1 個別学習と協調学習を連携させた授業デザインの例

場面	学習形態	活動	デザイン原理
授業前	個別	テキストの指定範囲を読んで、要約と小論文を作成	学習者はディスカッションのための準備が必要である
授業	個別	テキストの内容について解説講義	可能であれば、誤解や理解不足を教員が指摘する
	協調	用意した小論文に基づいてディスカッション	
授業後	個別	小論文を加筆・修正	学習者は、授業前と同一あるいは類似の課題で、学習のまとめを行う

表2 対面およびオンライン受講での講義前クイズへの回答者数

受講方法	クイズへの回答			合計
	未登録	なし	あり	
2021 年度				
対面	4 (11%)	1 (3%)	30 (86%)	35 (100%)
オンライン	25 (14%)	22 (13%)	128 (73%)	175 (100%)
2022 年度				
対面	6 (7%)	5 (6%)	72 (88%)	83 (101%)
オンライン	25 (20%)	10 (8%)	87 (71%)	122 (99%)

(2) 対面授業あるいはオンライン授業のいずれかを自由に選択できるのであれば、学生はどちらを選択するかを、「人間科学概論」の1回の授業で調べた。2021年度の出席者210名のうち、受講方法の選択は、対面が35名(17%)、オンラインが175名であった。2022年度の出席者205名では、対面が83名(40%)、オンラインが122名であった。2021年度と2022年度で授業の時間割配置は同一であったが、2022年度には対面の受講者が大きく増加した。これにはおそらく、大学入学前あるいは入学後の経験がかなり異なっているためと考えられる。授業形態の好みは個人内で不変のものではなく、社会的状況や経験によってかなり左右されることが示唆された。

講義前に回答することが求められたクイズへの回答の有無を表2に示す。「未登録」はクイズが用意された学外のLMSへの登録を行っておらず、したがってクイズへの回答も行っていない。2021年度は、対面受講者の86%が回答していたのに対して、オンライン受講者は73%であった。独立性の検定の結果は有意ではないが、対面受講者に比べてオンライン受講者での未回答者が多かった。2022年度は、対面受講者の88%が回答していたのに対して、オンライン受講者は71%であった。独立性の検定の結果は有意であり、対面受講者に比べてオンライン受講者での未回答者が多かった。

受講方法によって、授業後に提出する課題の成績(100点満点)に違いがあるかを検討した。2021年度は、対面受講者の平均値は62.9(SD = 22.3)、オンライン受講者の平均値は62.6(SD = 22.9)で、違いは認められなかった。2022年度は、対面受講者の平均値は64.1(SD = 22.5)、オンライン受講者の平均値は55.7(SD = 27.5)で、対面受講者の方が有意に高かった。

この科目を担当する6名の教員がそれぞれつけた成績を総合した、最終的な科目成績(100点満点)について、受講方法によって違いがあるかを検討した。2021年度は、対面受講者の平均値は79.4(SD = 6.6)、オンライン受講者の平均値は74.8(SD = 10.4)で、対面受講者の方が有意に高かった。2022年度は、対面受講者の平均値は78.3(SD = 9.6)、オンライン受講者の平均値は73.7(SD = 14.1)で、対面受講者の方が有意に高かった。

対面授業を選択する学生の方が、オンライン授業を選択する学生よりも、課題によく取り組み、成績がよい傾向が見られる。こうした違いがなぜ生じるのかは明らかではない。もともと学習に対する動機づけが異なるかもしれないし、オンライン授業の方が学習のコントロールが難しいのかもしれない。

(3) プログラミングを学習する2つの科目で、教員による講義をほとんど行わず、オンライン教材による個別学習だけで学習目標を達成することを試みた。テキストを1冊指定し、その補足解説を行うウェブ教材を開発した。

MATLABの学習でもC言語の学習でも、受講者からの質問はほとんどなく、学習に大きな困難は生じなかったと考えられた。小テストあるいは期末テストの成績も特に問題点は見出されなかった。教員が授業を実施することなく、教科書とウェブ教材で学習が成立していることから、「教えないプログラミング」には実効性があったと考えられる。今後、こうした個別学習に対して、どのような協調学習を組み合わせることができるのか、検討を行いたい。

(4) 生成AIとの哲学的対話は、常にうまくいくわけではなかったが、思考の整理や深まりを促したと考えられるものもあった。たとえば、「スイッチのシナリオ」でスイッチを切り替えずに5人を犠牲にすることを選択し、その理由を「スイッチのところに自分がいなかった場合と同じ結果になるから」と説明した学生に対して、ChatGPTは「直接的な介入を避けて事の成り行きに任せるといふ考えですね」と述べ、続いて「単に5人と1人の命のバランスだけを見るとしたら、どのように感じますか」と質問をした。学生は、1人よりも5人の未来の可能性を残すことができるため、5人を救うという、最初とは異なった選択をした。そこでChatGPTは、「未来の可能性を最大化することが最も重要なのか、あるいは他の価値観や原則も同様に、またはそれ以上に重要だと思いますか」と質問した。この質問により、学生は行為の結果に道徳性を求める帰結主義(5人を救う)と、スイッチを操作するという行為そのものの道徳性を問う立場(1人を

救う)の両方を考慮して、「私は非干渉の原則や道徳的な責任が重要だと考えます」と述べた。

生成 AI を用いた学習は、1人の学習者が行う個別学習であると同時に、AI との協調学習であるとも考えられる。こうした新しいタイプの学習で、深い理解はどのように達成されるのか、そのためのデザイン原理はどのようなものか、人との対話と AI との対話をどのようにデザインするのかを明らかにしていくことは、今後の課題である。

<引用文献>

Alevan, V., & Koedinger, K. R. (2002). An effective metacognitive strategy: Learning by doing and explaining with a computer-based Cognitive Tutor. *Cognitive Science*, 26: 147-179.

萩原静巖 (2016) 学習データとアダプティブラーニング 学習のつまずきをなくし、学習プロセスを最適化する . 情報処理, 57(9): 886-889.

廣瀬英雄 (2018) ラーニングアナリティクス指向学習支援 大規模オンラインテストシステムを用いた事例から . コンピュータ&エデュケーション, 45: 23-30.

市川伸一 (2008) 「教えて考えさせる授業」を創る 基礎基本の定着・深化・活用を促す習得型授業設計 . 図書文化

松下佳代・田口真奈 (2012) 大学授業 . 京都大学高等教育研究開発推進センター (編) 生成する大学教育学 . ナカニシヤ出版 (pp.77-109)

Mayer, R. E. (2009) *Multimedia learning* (2nd Ed.). Cambridge University Press

村上正行・浦田悠・根岸千悠 (2020) 大学におけるオンライン授業の設計・実践と今後の展望 . コンピュータ&エデュケーション, 49: 19-26.

大島純・大島律子 (2009) エビデンスに基づいた教育: 認知科学・学習科学からの展望 . 認知科学, 16: 390-414.

山田誠二 (2018) 人工知能 AI の現状と教育への影響 . コンピュータ&エデュケーション, 45: 12-16.

<開発したウェブ教材>

MATLAB プログラミング

<http://terao.akiba.coocan.jp/lecture/senshu/info.html>

<https://www.cc.aoyama.ac.jp/~t41338/lecture/senshu/info.html>

C 言語プログラミング

<https://lecture.ecc.u-tokyo.ac.jp/lterao/index.html>

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1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 伊藤一成	4. 巻 Vol.7, No.3
2. 論文標題 複数のプログラミング言語で記述可能なピクトグラムコンテンツ作成環境の提案と実装	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌TCE	6. 最初と最後の頁 1-11
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 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 稲積宏誠・宮治裕	4. 巻 48
2. 論文標題 非理工系学生向け機械学習/データマイニング教材開発	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 青山インフォメーション・サイエンス	6. 最初と最後の頁 4-9
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14件（うち招待講演 1件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 寺尾敦
2. 発表標題 協調学習と個別学習の統合
3. 学会等名 情報コミュニケーション学会第32回研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Liu ZongHao・寺尾敦
2. 発表標題 縦書き・横書きに対する学生のイメージのテキスト分析
3. 学会等名 情報コミュニケーション学会第19回全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kazunari Ito
2. 発表標題 A Block-based Programming Learning Environment through Pictogram Content Creation
3. 学会等名 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 寺尾敦
2. 発表標題 教えないプログラミング C言語の学習を支援するウェブサイトの構築
3. 学会等名 コンピュータ利用教育学会 (CIEC) 2020 PC CONFERENCE
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 寺尾敦・佐藤柚弥
2. 発表標題 学生によるオンライン授業形態の選択と学習活動
3. 学会等名 情報コミュニケーション学会第18回全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 寺尾敦
2. 発表標題 教育でのAI活用
3. 学会等名 情報コミュニケーション学会第21回全国大会 (招待講演)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 田中善貴・宮治裕
2. 発表標題 プログラミング教育におけるAIチューターの開発
3. 学会等名 情報処理学会第86回全国大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 浦俊貴・宮治裕
2. 発表標題 動画画像解析によるプレゼンテーションにおける自己修正支援システム
3. 学会等名 情報処理学会第86回全国大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 黒川皇輝・宮治裕
2. 発表標題 訪日観光客を対象とした風水害注意情報提供システム
3. 学会等名 情報処理学会第86回全国大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 前田祐杜
2. 発表標題 人型ピクトグラムに着目した教育向けネットワークシュミレータ「Pictocol Simulator」の試作
3. 学会等名 第16回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム DEIM2024
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 伊藤一成
2. 発表標題 PICTO (Pseudocode for Informatics of the Common Test Optimizer) の試作
3. 学会等名 情報コミュニケーション学会第21回全国大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 木下倭・高橋伶奈・伊藤一成
2. 発表標題 ピクタグラミング - ピクトグラムの作成を通じたマークアップ言語学習アプリケーションの開発とその評価 -
3. 学会等名 第16回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム DEIM2024
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 松村貴司・石井幹大・伊藤一成
2. 発表標題 ピクトグラミーティング ピクトグラムコンテンツの共有及び相互評価システムの実装
3. 学会等名 第16回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム DEIM2024
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 寺尾敦
2. 発表標題 ChatGPTとの哲学的対話は可能か？
3. 学会等名 第19回情報教育合同研究会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 武田明典・村瀬公胤（編著）寺尾敦（分担執筆）ほか	4. 発行年 2022年
2. 出版社 北樹出版	5. 総ページ数 160
3. 書名 教師と学生が知っておくべき教育方法論・ICT活用	

1. 著者名 平井聡一郎（編著）寺尾敦（分担執筆）ほか	4. 発行年 2021年
2. 出版社 教育開発研究所	5. 総ページ数 312
3. 書名 GIGAスクール構想で進化する学校、取り残される学校	

〔産業財産権〕

〔その他〕

寺尾敦のウェブサイト http://terao.akiba.coocan.jp/ 寺尾敦のウェブサイト https://www.cc.aoyama.ac.jp/~t41338/index.html 東京大学文学部「電算機応用(2)」 https://lecture.ecc.u-tokyo.ac.jp/terao/index.html
--

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
研究 分担者	伊藤 一成 (Ito Kazunari) (20406812)	青山学院大学・社会情報学部・教授 (32601)	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究分担者	宮治 裕 (Miyaji Yutaka) (30255236)	青山学院大学・社会情報学部・教授 (32601)	
研究分担者	飯島 泰裕 (Iijima Yasuhiro) (50262548)	青山学院大学・社会情報学部・教授 (32601)	

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