

# 教師の教授行動を視覚化するための先端技術の利用動向

小柳和喜雄

(奈良教育大学名誉教授 教育方法学)

A Research Trend on the Use of Advanced Technology to Visualize Teaching Behavior

Wakio OYANAGI

(Emeritus Professor, Nara University of Education)

**要旨：**教師を目指す学生や現職教師の教授行動を視覚化し、分析や振り返りの機会を設け、それを育て磨くことに貢献するために、様々な技術が開発され運用評価され、関連研究が積み上げられてきている。本論は、その研究動向をレビューすることを目的とした。結果として、1) 教師の教授行動を見取ることと関わって、有効性を持つ技術自体の「イノベーション」を考え、開発を進めようとする研究と、2) 使える技術、開発された技術を用いて、視覚化、身体感覚等の精度を上げ、教師を目指す学生や現職の教師の深い省察を促し、教授行動自体の意識化のイノベーションを試みる方法を明らかにしようとする研究、に多くの関心が向けられていることがわかった。

**キーワード：**教授行動 Teaching Behavior

先端技術の利用 The Use of Advanced Technology

視覚化 Visualization

## 1. はじめに

360度カメラ、ウェアラブルカメラが低価格で利用できるようになり、VR(Virtual Reality)技術、AR(Augmented Reality)技術、AI(Artificial Intelligence)技術といったある種先端技術と呼ばれるものを利用する研究等を頻繁に目にするようになった。教師の教授行動に関する最近の研究でも、教師の行動、児童生徒の行動、そこで見出される教師のわざを対象化するために、上記の技術が用いられ、研究が進められてきている。そこで、2020年7月末に、CiNiiを用いて、「360 授業」「カメラ 授業」「システム 授業」などをキーワードに教師教育の取組に関わるものに目を向け調べてみた。結果、次のようなテーマの研究が行われていることが明らかになってきた。

教員養成、職能成長支援に目を向けた研究として、「360°パノラマ型動画授業分析プログラムを用いた授業分析手法の開発－授業観察者の注視点を起点にした授業分析－」「360度カメラを用いた授業指導システムの試作」「VR オン・ゴーイングにおける教師の認知」「全天球デジタルビデオカメラを用いた教育実習生の授業記録の試み」「全天球と従来型のデジタルビデオカメラの授業動画の違いが教育実習生の振り返りに対する認識の差異分析」「授業実施中の授業者の視線配布と思考様式の解明：主観カメラを活用した事例研究を通して」等が見いだされた。

またコンテンツ開発および教育活動におけるその技

術の運用に関する研究としては、「フロー理論に基づく外国語学習：360度ドーム映像を使った第二外国語学習」「天文分野を事例としたバーチャル環境における学習効果」「実験を補完するAR教材の開発と授業デザイン」「作業空間への教師ビデオ重層表示によるAR支援システム」「モーションキャプチャーシステムを活用した授業の研究」「慣性センサ式モーションキャプチャーを利用した鉄棒運動・逆上がりの運動技能評価の試み：ICTを用いた効果的な指導を目指して」「Kinectを用いた日本剣道形の足さばきの解析」「モーションキャプチャーと仮想空間を利用した鋸引き動作観察教材の開発と機能評価」等が見いだされた。

次に国際的な動向を見るために、ERIC (Education Resources Information Center) データベースを用いて、2020年7月末に、「"360 video" and "teacher education"」「"virtual reality" and "teacher education"」「"augmented reality" and "teacher education"」「"wearable technology" and "teacher education"」「"artificial intelligence" and "teacher education"」などキーワードに論文検索を行ってみた。結果は図1のような状況であった。それらを見ると国際的な研究も、2010年代の後半から先端技術を用いた教師教育に関する研究論文数が増えている動向が読み取れた。

国内外の研究論文とも要旨を読み、あるいはその主張内容が理解できない場合は本文を読み、そこに記載されている内容から、教授行動を対象化するためにどのような技術を用いているかを確認した。そして似た傾向のものを分類整理する形で、動向を読み取る手続きをとった。

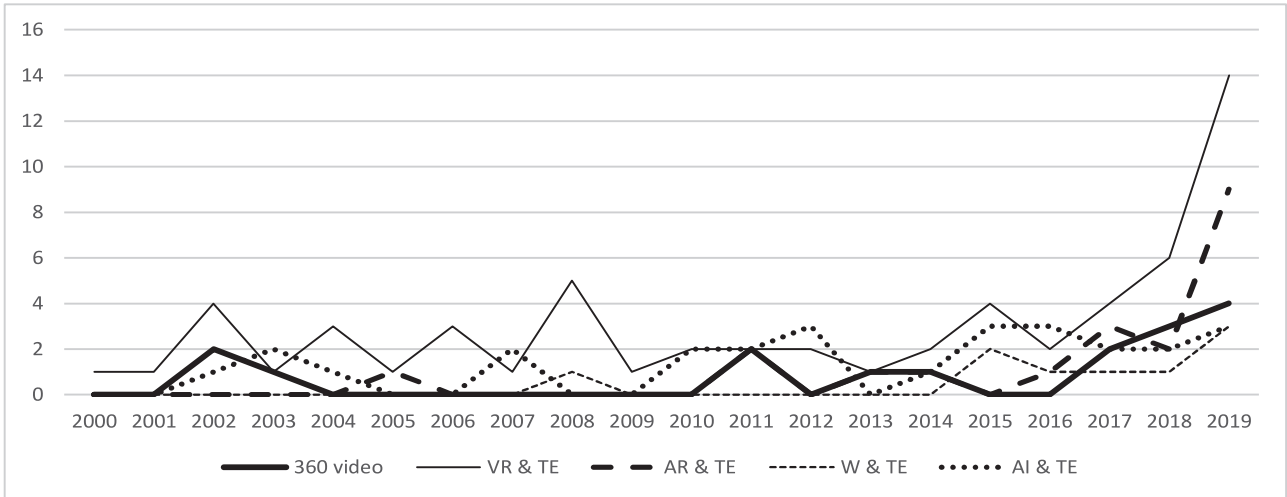


図1 ERIC データベースに見る先端技術を用いた教師教育の論文数の推移

先にも少し触れたが、大きく分けると、先端技術、教師教育（教員養成、現職研修、職能成長支援等）のために用いている場合と、コンテンツ開発および教育活動での利用に関わって、その運用評価をするために用いている場合が見られた。そのほか、先端技術それ自体の開発とその利用評価を目的とするものもあった。しかし、教授行動を対象化するために技術を用いたり開発したりすることと直接かかわらない研究論文はこのたびは分析からは除いた。

分類整理の結果としては、図2のような結果になった。教師の行動、教師のわざを研究の対象としていく際に、先端技術のもつ機能を、1) 利用者に没入観（実際にその場にいる、教室にいるリアリティ）を感じさせるために用いている場合と、むしろ複合的な情報を用いて事象の分析の精度を上げて客観視を促すために用いている場合、2) 1人称の目、また自分自身や行為者自身の

内側から外側を把握していこうとする使い方と、むしろ3人称の目、外側から自分自身や行為者の関心事に迫っていく用い方をする場合、という2つの軸が見られた。

上記手続きを進めながら、関連先行研究で、本論と似た関心を持つ教授行動と先端技術の最近の研究動向を俯瞰する研究も併せて調査した。しかしそのレビュー論文を見出すことは容易でなく、現在の教授行動と先端技術の関係把握は課題であると判断された。そのため、本論は、教師を目指す学生や現職教師の教授行動を視覚化し、分析や振り返りの機会を設け、それを育て磨くことに貢献するために、様々な技術が開発され運用評価され、関連研究が積み上げられてきていることと関わって、その研究動向をレビューすることを目的とした。

レビューの手続きとしては、図2に示した(1)から(4)の枠組みを用いて、CiNii および ERIC で検索された論文を順番に取り上げ、どのように先端技術を用いて教師や学習者の行動を把握しようとしているか、その方法やそれを通じて明らかにしようとしていることを、それぞれの論文から取り上げ、分析検討をしていく。なお同一調査による似た結果のものは、最新とみなされる方の研究を取り上げている。

## 2. 360度カメラ、VR、ARを用いた研究

まず国内の研究で、360度カメラ、VR技術、AR技術を教師等の行為行動を見ることに用い、授業研究や授業の省察に用いている研究に目を向けると、以下の研究が見出された。

森下(2016)は、早くから教育実習生の授業記録に360度カメラを用い授業の振り返りに活用していた。そして、宮崎、坂井、杉妻ら(2019)は、360度の動画内において見るべきポイントをリアルタイムで指示できる360度動画視聴システムを開発し、事前に指導者が視聴ポイントを指定し、学習者が360度動画視聴中に

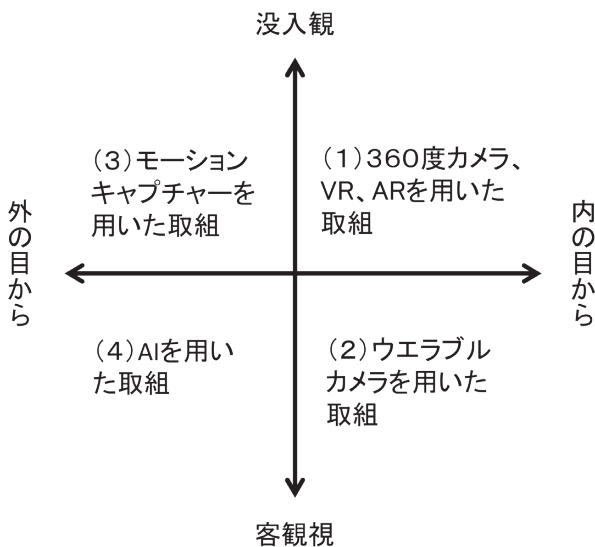


図2 教師の行動、わざを対象化する先端技術の利用

見るべきポイントがわかると、質の高い指導効果が期待できることを指摘していた。また教員養成だけでなく校内研修や現職の教員の姿を研究の対象とした研究も現れてきた。例えば、小野寺(2020)は、授業観察者の見取りを可視化することを目的に360°パノラマ型動画授業分析プログラムを開発し、現職教員と学生の間に見られる授業をみる視点の共通点と差異を明らかにしていた。その研究知見に基づき、さらにそれを校内授業研究で効果的に用いるために、動画の撮影の仕方や授業の見え方、論議を活発にすることに有効となる授業分析手法の検討を行っていた。そして生田、林、内山ら(2020)は、360°カメラで撮影しVR授業映像を用いて、VRオン・ゴーイング法をReflection in actionに位置付け、授業観察者の省察(授業観察者の観察者としての実践的行為の省察)を対象化することを試みていた。小学校教師の授業を360°カメラで撮影しVR映像化し、それを観察者にオン・ゴーイング法により視聴させる。観察者の授業認知を把握すると共に、自己の認知を省察させることで、新たな認知の形成を試み、この手法を研究に用いる可能性の検討を行っていた。

次に国際的な研究に目を向ける。Ibrahim-Didi(2015)は、教師を目指す学生に自分で考えることができ、指導実践の各場面で対応可能なこと、修正する力へその意識を向けさせることが重要課題であることに関心を向けていた。その課題に添えていくために操作可能な360度ビデオ記録を利用しようとしていた。教師を目指す学生が、教室で状況に応じた視点から反省的に事象を検討でき、教育現場で特に重要な実践の側面に気づけるように活用することを目指した。授業の文脈へ没入させる360度ビデオの記録は、学生がその教室環境を「読み」、教室の状況に対する自分の即時の反応を調べ、文脈の中での自分の応答をメタ認知し、制御する方法を学ぶ機会を提供できること。意図的で認知的な側面を補完する身体感覚を発達させるうえで360度ビデオ記録は重要な手段になることを、この研究を通して提案しようとした。この技術を用いた養成プログラムは、教師の暗黙知に学生の注意を向けさせ、取り組みの中に見られる専門的な見方や行為行動などを、直接学生の感情的な側面に働きかけることによって、真実みをもつ経験をさせることが可能であることを指摘していた。

Sural(2018)は、コンピュータハードウェアデバイスの教育に、AR技術を使用することに関わって、教師を目指す学生がどのような意見をもつか探る取り組みを行った。この目的のために、マーカーベースのモバイルARアプリケーションを開発した。彼らは、学生にこのアプリケーションを利用させながら、それを彼らが指導に使うことを想定し意見交換を行わせ、どのような有効性と課題があるかを指摘させた。結果として、学生は、コンピュータハードウェアデバイスの教育AR技術を使用することに肯定的な評価をし、AR技術をほかの学習

教材にも広めることが有益であると回答していたことを明らかにした。

Walshe and Driver(2019)は、今までのビデオは教室の1つの視点しか提供しないため、その省察が制限されることがよくあった問題を指摘している。そこで360度ビデオを活用し、それが、学生の自身の教授行動に関する省察をどのように支援できるか、think-aloudプロトコルとインタビューを使用して、その解釈に関する事例研究を行った。結果として360度ビデオは、没入型の具体化された経験を提供し、マイクロティ칭の実践についてより詳細で、微妙な点まで理解を深めようとする学生の行動を導き、学生の教育に対する自己効力感をサポートする効果もあったことを述べていた。これは、学生同士の学びをよりアクティブに促進する可能性があり、教員養成における学生中心のアプローチに意味を持つ可能性があることを指摘していた。

Feurstein(2019)は、360度ビデオ記録が、ヘッドマウントディスプレイや段ボールビューア(段ボールでスマートフォンを囲った簡易型のディスプレイ)などのバーチャルリアリティ(VR)ディスプレイと組み合わせると、教師を目指す学生の没入感をさらにサポートし、周囲を見回す自由度を高めることができることを述べていた。論文の中では、トレーニングセッションに、通常のビデオと360度のビデオを使用し、ヘッドマウントディスプレイ、段ボールビューア、およびコンピュータやスマートフォン上でWebを見るWWWベースのプレーヤーという3つの視聴体験を通じて、16名の学生に調査を行った。その操作性、有用性などについて、各デバイスを使ってビデオを複数回見てもらい、そこから何が学べたか、コンテンツそれ自体の質、実際の操作性などを含むパフォーマンスなどに関して特定の質問に答えてもらう形で調査を進めた。結果として、行為行動の省察には、通常のビデオよりも360度ビデオの方がどの視聴ディスプレイを用いても有用であることを明らかにした。ただし、360度のビデオコンテンツの撮影の仕方と利用時の操作に関しては、改善の必要があるなど、課題があることも明らかにしていた。

Theelen, van den Beemt, and den Brok(2019)は、360度のビデオを使用した教室シミュレーションを用いて、教師を目指す学生が、教室における生徒と教師の関係を考え、そこで生じているイベント(出来事)の改善について深く考える機会の提供が可能かを検討した。彼らは、教師教育の理論的な講義と組み合わせ、注目されるイベントの解釈、360度ビデオの技術的および教育的アフォーダンス(教育環境が学習者に対して与える意味)を、どのように学生が評価するかについて調査をした。結果として、参加した学生は、細かな教室のイベントに目を向け、これらのイベントを説明するために理論に基づく専門用語を用い、理論自体の意味を深く理解し、対人教師の行動に関する洞察を深めることに、360度の



ビデオの使用は有効であったと回答していた結果を示した。しかし利用した技術がもたらす身体的な不快感と技術的な障害は修正する必要があること、学生が指摘していたことを明らかにしていた。

Tzima, Styliaras, and Bassounas (2019) は、いくつかの研究の共通の結論として、AR アプリケーションが、学習者の学習プロセス、学習の動機と効果を強化したことを述べていた。しかし、ギリシャ北西部の郊外地域で、2019年2月に農村部で行った様々な専門分野の中等教育の教師を対象とした調査を通じて、実際にその教育効果を引き出し、有効利用していくには、カリキュラムの制限と利用する教師の性格に影響を受けることはともかく、次のような取り組みへの努力が求められることを明らかにした。1つは、AR技術の普及の度合いに応じて、教師に継続的なトレーニングが必要であること。2つ目は、3Dモデルを作成するプロセス、および学校で教師と生徒がARアプリケーション開発する機会の設定すること。3つ目は異なる専門分野の教師の協力が必要であること、である。

Gold and Windscheid(2020) は、教師を目指す59人の学生が、教室の授業風景に関して、従来の16:9の場合と360度の教室のビデオの場合の2つを提示されたとき、彼らが知覚した存在感（自分がその教室にいる感覚）、感情、作業負荷について、どのようにそれらを評価したかを調べた。また学生が映像分析を通し気づいた関連イベントの説明について、どのような姿を示したか、教育の質についても分析解釈し、評価した。結果として、360度のビデオの方が、存在感に関して高い評価結果を示したことが明らかになった。しかし、一方で感情、作業負荷、観察内容に関しては、2つのビデオタイプの間に有意な差がないことを明らかにしていた。

以上のことから、360度カメラ、VR技術、AR技術を教師教育に用いた最近の取組みとして、これらの技術が、利用者に、豊かな情報の中に入り込み、没入観を感じながら、その自由な操作性の中で今までの視点固定の動画では気づかなかったこと、見えているようで見なかったことに目を向けさせる機会となっていること。利用者が、その時々感じたことを記録に残せ、理論で学んでいることと、その技術を通じて得られた経験から豊かな論議、深い省察に向かう場を提供することが可能であること（内の目から外の目へ）を実証する研究が行われていることが明らかになった。

一方で、その技術を用いたコンテンツ制作と関わって撮影の仕方の工夫、視聴するデバイスの利用方法、動画活用時の工夫に関してまだ研究途上であること、実際に養成や研修プログラムなどを運用していく際の進め方、そのときの行為行動の記録のとり方、分析の方法などについては、目的や文脈に応じて検討が必要であることなどが指摘されていることが明らかになった。

現在、国際的には養成教育における360度カメラ、VR技術、AR技術の利用に関する研究が多いが、日本では、授業研究の文化が根付いていることが影響してか、学校における研究、現職研修、現職教師自身の省察に目を向けた研究が起こっていることなども明らかになった。

### 3. ウェアラブル技術を用いた研究

まず国内の研究に目を向けてみる。姫野(2017)は、ウェアラブルカメラによって撮影・記録された映像が、教室後方や教室前方から撮影された授業の映像と異なり、教師が映り込むことがなく、また机間指導中の視線も教師の視線がそのまま記録されるという特徴を持っていることに目を向けていた。そして公立小学校教師1名を対象として、授業者の視線から撮影・記録した映像をもとに、授業中の教師の視線傾向や意図を継続的に振り返る授業リフレクションの試行と評価を行っていた。事後インタビューから、教師の視線に焦点を当てた授業リフレクションは、授業中に教師が無意識で行っている教授行動の意図の表出や授業中の子どもの様子を教師自身の視線を通して対象化することに寄与する特徴があることを明らかにした。また教師の視線から撮影された映像に資料的価値が認められた一方で、その利用目的を明確にしておく必要があるといった課題が示されたことも指摘していた。

つづいて、姫野(2020)は、授業実施中の授業者の視線配布と思考様式を解明することを目的として、ウェアラブルカメラを用いて授業者の視線映像を録画・記録し、熟練教師と教育実習生を対象として、その映像を事後に視聴してもらい、インタビュー調査を行っていた。結果、教育実習生は子ども全員や発表者等に漠然と視線を向ける回数が多く、教室に生じた出来事を受動的に知覚する傾向がある一方で、熟練教師は、特定の意図の下で選定した子ども集団に視線を向け、能動的に知覚する割合が高いことを明らかにした。また教育実習生は、その映像を見ながら、授業の進み具合等の進捗について思考しているのに対し、熟練教師は学力下位層と上位層の子ども理解や考えの深まり、注目点を意識化したり整理したりすることについて思考していること等を明らかにしていた。

国際的な研究に目を向けてみると、van den Bogert(2016)は、教室で何が起きているかを理解する教師の能力は、学級経営にとって重要な条件であることに目を向けた。しかし教師の視覚的認識の調査と教室の出来事の解釈には、方法論的に工夫される必要があることを指摘していた。この問題に対処するために、教師が教室で何を見ているか、そのアイ・トラッキングを記録した映像を用いて、経験豊富な教員と養成課程にいる学生が、学級経営に関する重要なイベントを認識したときに、

どこに目を向けているか、タイムスタンプを押してもらい取り組みを行った。その後、タイムスタンプを押した記録映像を見てもらい、その想起中にこれらのイベントが何を意味しているか、なぜスタンプを押したかについて報告してもらっている。少数の事例研究の後、動画素材の品質を上げ、経験豊富な教師（N = 102）と養成課程の学生（N = 105）の大規模なサンプルからデータを取得することも行っていた。経験豊富な教師は、養成課程の学生に比べて、場面認識に優れ、教室での関連イベントをより早く見だし、教室をより積極的にスキャンしている姿が確認されたことを報告していた。一方、養成課程の学生は、関連する教室のイベントを早期に検出できず、間際になって教室のイベントを検出していることが確認されたと報告していた。調査結果は、養成課程の学生にとって、教室のイベントを理解することは認知的な課題であり、教師になるためのトレーニングを受ける必要があることを述べていた。

Estapa and Amador(2016)は、小学校の教室内で実際に教壇に立ったときどこをどのように見ているか、ウェアラブルカメラを使用して、養成課程の学生と経験のある教師の比較調査を行っていた。調査結果は、経験のある教師は、養成課程の学生よりも、カメラを装着している間、より高度な気づきを示していたこと。養成課程の学生が気づくものについて、教師教育者がその理解を支援していく上で、ウェアラブルビデオテクノロジーが可能性を持っていること、を報告していた。

Markelz, Taylor, Scheeler, Riccomini, and McNaughton(2018)は、特別なニーズのある子どもへの教育において、養成課程にある学生には、個々の学習者のニーズに応じて有意義な行動サポートを提供することが求められる。しかし、その準備となる機会が不十分であるとどこに目を向けていた。複数の行動基準にわたる複数の行動計画を使用して、学生は指導に当たるがその認知負荷は大きい。頻繁に生じる子供の逸脱行動などによって、例えばほめて育てることを忘れ、学生を叱責する行動に導いてしまう問題がある。そのため、各行動に対して子供をほめること、積極的に問いかけを行うこと、教室をスキャンして様子を読み取ることなどを、学生にその都度意識化させるため、ウェアラブルテクノロジー（Apple Watch™ など）を用いた。その行動を意識化できるようにプロンプトを出し、その効果を評価する取組を行った。結果、ウェアラブルテクノロジーによるプロンプトは、複数の行動にわたるターゲットを絞った教授行動の変容を促した（指導を意識的にできるようにさせた）ことを明らかにしていた。

以上のように、ウェアラブル技術を用いた最近の教師教育の取組は、国内外ともウェアラブルカメラを用いて、行為者の視線の配布とその時の思いや意思決定などを見ようとしている研究が多いことが明らかになった。とくに

養成課程に在籍する学生と現職教員の違いなどを示しながら、教師として成長していく上で、どのような教室の姿を見取っていく力が求められてくるのか、見ているようで見えていないこと、見ながら考え次の教授行動に向けて判断し実際に行動へつながって行くかを客観視させる取り組みが行われていることが見えてきた。

また一方で、特別支援教育などで、ウェアラブルテクノロジー（Apple Watch™ など）を用いてプロンプトを出し、それにより理論的に学んできた教師の教授行動、教育的行為を実践の中で意識化させる取り組みも現れてきていることが明らかになった。

#### 4. モーションキャプチャーを用いた研究

まず国内の研究に目を向けてみる。後藤、植松、斎藤ら(2010)は、AR技術を利用した作業支援のシステム開発に関心を向けていた。この研究は、AR技術を用いて教師の行為行動を活かし、授業支援をするシステムの開発をするものであり、教師や作業者の行為行動を純粋にモーションキャプチャーする取組とも異なる。しかし、このシステムを通して、行為行動を同期させ、作業支援を行おうとしている目的から、モーションキャプチャー利用を用いた教育研究が目指していることと近いため、関連研究としてここで取り上げる。既に多く存在しているビデオを、お手本となる教師ビデオとして利用し、利用者（学習者）の視点に合わせて教師ビデオを変換して重畳表示し、情報提示を行っている。このとき教師ビデオに対して透明度変化や輪郭線の強調表示などの様々な加工を施し、利用者の作業と教師ビデオ映像が視覚的に混同ないように工夫していた。作業内容に合わせて教師ビデオをいくつかの手順に分割し、ユーザ側の作業が完了してから次の手順へと進めるようなインタラクティブ性を持たせ、利用者が各自のペースで作業を行うことのできるシステムの開発を行っていた。折り紙を折る作業とブロックを配置する作業の2つの状況を想定し、教師ビデオの提示方法について運用評価を行っていた。その結果、本システムで提案するように利用者の視点に合わせてビデオを提示することで、利用者の視認性が向上するということが明らかにしていた。また、教師ビデオに施すエフェクトについても評価を行い、作業内容ごとに適したエフェクトを分類し、今後の他の作業へと適用する際の指標を開発した。

安藤、住川(2012)は、3次元インターネット(3D internet)仮想空間内で柔軟な視点変更が行える人体モデルアニメーション教材(3Di教材と呼称)を用いて、対面型授業における「鋸引き」の動作観察指導の場面でそれを利用することに関心を向けていた。3Di教材は、熟練者と初心者の実演をモーションキャプチャーし、仮想空間内に工具と被削材料も作成し、開発されたものである。同一指導内容で「直接演示」「ビデオ教材」そし



て「3Di教材」を用いた授業を行い、調査項目を使って運用評価を行っていた。結果として、鋸引き観察を目標とした授業において、3Di教材は直接演示よりも生徒の「知識・理解」と「興味・関心」を高め、ビデオ教材よりも「態度」「深化」を高めたことを報告していた。

山本、白井、杉山ら(2014)は、剣道における基本的な動作や技術を身に付けさせる上で、日本剣道形に着目した。しかしながら、「形」には様々な注意点が存在しているため、初心者がこれを会得する事は難しく、学校教育の場において剣道形を授業に取り入れようとするとき、指導する立場にある人も、「形」に関して必ずしも熟練しているとは限らないことに関心を向けていた。そこで、初心者の動作の問題点を明確に導き出すことにより、剣道形の指導や自主的な練習の補助とすることを研究の目的とした。方法として、Microsoft社が開発したKinectを用い、初心者と上級者の動作に関するデータを取得し、比較を行っている。それによって、初心者の動作の問題点を明確にした。

小長谷、山崎、志民ら(2016)は、人の体の動きについて16個の関節位置データを取得し、そのデータを保存、各関節の変位をグラフで表示できる教育用モーションキャプチャーシステムを開発した。開発したシステムを用いて実践した事例は、中学校技術・家庭(技術分野)の「材料と加工に関する技術」の中で、作業の動作の学習に活用した。開発したシステムを活用することで、動作を伴う学習や技能学習等を効果的に導けた結果を報告していた。彼らは、このシステムを、公立学校の普通教室の様々な教科の授業で利用することことを考えようとしていた。

国際的な研究として、Bratitsis and Kandroudi(2014)は、主に現代のビデオゲームコンソールの周辺機器と見なされているモーションセンサーテクノロジーに関心を向け、教育的コンテキスト内でのその利用について詳細に文献レビューしていた。センサーベースのゲームベースの学習(SBGBL: the sensor-based Games Based Learning)研究領域で、積極的に教育活動にこのテクノロジーを組み込んでいくことについて、個人利用とグループ利用について研究知見を整理している。また特別なニーズを持つ学習者の教育に、ゲーム機に組み込まれているモーションセンサー技術を用いる効果と、それを効果的に用いる用い方の研究をとりあげて報告していた。

Johnson-Glenberg, Birchfield, Tolentino, and Koziupa(2014)は、身体的複合現実学習環境(EMRELE: an Embodied Mixed Reality Learning Environment)が通常の教室での指導と比較して、科学学習をどの範囲でどのように効果的に進めることができるかを調べていた。複合現実とは、物理的に有形なものやデジタルのコンポーネントを組み合わせたものを意味している。EMRELEのコンテンツは、生徒が抽象的な概念

や関係をジェスチャーで表現すると、その動きデジタルコンポーネントにマッピングして、とらえた概念を具体化された行動として表示することを支援するものである。調査では、モーションキャプチャーシステムを使用して、生徒のジェスチャーやその動きを追跡記録し、没入型の高度にインタラクティブな学習プラットフォームを用いて学ぶ環境を構築している。学習効果を見るために、教師と学習内容は一定に保ち、1つのグループがEMRELEの介入を受け、他のグループは通常の指導を受ける設計を行い、実証実験を行っていた。生徒は前半と後半で介入が切り替わるように設計された6日間の学習活動の中で、3つのテストポイント(事前テスト、中間テスト、事後テスト)で、学習効果が評価されていた。分析により、EMRELEを用いると、通常の指導(効果サイズが0.09から0.37の範囲)と比較して、一貫してより大きな学習効果(効果サイズが0.53から1.93の範囲)につながる事が明らかになった。介入の順番(中間テスト後、介入を切り替え前半と後半利用に分けること)は最終結果に影響を与えなかったことを報告していた。

モーションキャプチャーを用いた取組とこれらの研究は、この技術を用いて、学習者に拡張的な現実を感じさせながら、自身では見えない自分の行動を省察させたり、モデルとなる行動と学習者の行動データを重ねそのズレから修正を導く経験を与えていること、そして授業支援をするシステムやコンテンツの開発をし、その運用評価を目的としている内容が多いことが明らかになった。教師の教授行動を、この技術等を用いて省察対象にしている内容は希であり、むしろこの技術を用いて開発したシステムやコンテンツを運用する教師の授業支援に目を向けていたことが明らかになった。

## 5. AIを用いた研究

まず国内の研究に目を向けてみる。柴田、森山、湯川ら(2012)は、子どもが主体的に興味を持って学ぶために、絵本とドリルを組み合わせた電子絵本の作成を行っていた。この研究では、絵本と学習教材の親和性の高さに着目し、電子絵本使用時の子どもの興味度を取得するため、Kinectと顔認証技術を用いた興味度抽出システムを作成し、これらを組み合わせて実験を行っていた。取得した興味度を解析した結果として、絵本の持つストーリーとドリルで出題される問題の関係性が強いほど、子どもが興味を持って学習に取り組んでいることを確認していた。

黄、伊田、山口ら(2015)は、新規採用された教員の退職率が上昇していることに目を向け、学校教育を取り巻く環境の変化に従来の教員養成方法では対応できなくなっていることを問題提起していた。そして生徒役

の擬人化会話エージェントによる仮装学級を用いて実際の教育現場で起きる様々なシチュエーションのシミュレーションシステム（教職課程でも ADHD の子供への対応の知識伝授はあるが、実際のトレーニングなどはされていないため、システムではこれを取り入れている）を構築し、教員志望者がシステムを利用・体験することで、授業の仕方と突発的な状況に対応する方法を身につける実証実験を行ってきた。

高橋、秋本、阿部(2020)は、教員による授業場面での業務知識として画像および音声認識して処理し、指導を行う過程をルールベースとして、ロボットの動作を行う教育支援ロボットサービスの開発を行った。中学校における英語における対話練習場면을対象としたルールベース作成を事例研究として、専門家の意見から実装に至る階層を設け、画像および音声の認識処理を適宜組み合わせるルールベース構築のプロセスについて述べていた。

小柳(2020)は、AI的な処理を伴う個別最適化学習システムを用いて、①学習診断によってもたらされた個別支援資材（レコメンドシート、個人カルテ、またクラスの状態を一元的に把握できる SP 表）が、②どのようにクラスで用いられると、個々の学習者の学習成果につながるか、③指導する教員チームや学習者の評価力を培うのにどのような取組が必要か、学習者も教員も診断情報を見て自己調整しながら学んでいけるために何が必要か、を明らかにしようとしてきた。結果として、学校の聞き取りから、「結果の解釈」(Assessment of Learning)は、学校で行われ、情報の共有はされるが、その後の取組は教員個人々に任されていること。従って取組の評価を学校で行うことは希であるということ。さらに言えば、データを読み取ることがどのような意味を持つのか、それが児童生徒や自分にもどのような意味があるのか、そのお徳感が感じられる説得的な意味や体験（手応え）が感じられる研修の場が、学校で行われることが重要であること、などを報告していた。

国際的な研究として、Popenici and Kerr (2017)は、世界の高等教育の将来の姿を予測するために、最近の技術の進歩と高等教育における新技術の採用の増加速度を調べていた。その中で、高等教育における教育と学習における AI 技術の活用がどのように進められているかも調べていた。高等教育機関の課題を特定し、教育、学習、学生サポート、および管理のために、これらのテクノロジー活用方法、その方向性を検討していた。

Schussler, Frank, Lee, and Mahfouz (2017)は、人工知能の最近の進歩により、本物の会話をシミュレートすることが可能になるに従い、彼らは、いじめ問題解決に向けたコミュニケーションスキルを教えるために、AI 技術を活用した仮想教育エージェントの開発を行っていた。いじめに効果的に対応できるように開発された「仮想ロールプレイ」(VRP) ツールによって提供され

る模擬会話の練習は、教師を目指す学生が、クラスのいじめへの対応に取り組む敷居を低くし、彼ら自身の生徒とのコミュニケーションスキルを向上させることに有効ではないかという問いの下、研究を進めていた。結果として、VRP によって繰り返される練習により、教師を目指す学生は、言葉選びに集中できるようになり、非言語能力を向上させることができたことを報告していた。

Ament and Edwards(2018)は、mLearning（モバイル学習）で AI 技術を使用する場合は、教師によるその用い方と行為主体性（エージェント）の関係をもう一度検討する必要があることに目を向けていた。mLearning コースの作成ではライブの教育行為を優先する必要がある。この研究では、教師の役割を疎かにする傾向を問題視し、教師が学習者のコミュニティ内で、主要な役割を果たすことに目を向け、その上で、パーソナライズされたモバイル学習の必要性を検討していた。そして mLearning を進める場合、技術的な決定論に抵抗し、また単に学習者にデバイスを渡して学習を託すことへも抵抗する必要があることを述べていた。パーソナライズされた学習のモデルは、学習者間のつながりの源であり、あらゆる学習経験の中心にある、教師の役割の重要性を指摘していた。

Ally(2019)は、人工知能や IoT などの技術を用いて、個々の学習者のニーズを満たすように個別化されること、適応型の学習コースデザインに目を向けている。この研究は、個々の学習者に応じた教育を行う上で必要な力を特定し、未来のデジタル教師のための能力プロファイルの開発を試みていた。そのために、フォーカスグループと 6 か国の教育専門家へのインタビュー調査を実施し、今後の教育を通じて子どもたちに培う能力を明らかにすると共に、その育成に向けてデジタル教師が効果的に機能するために必要な能力プロファイルを明らかにした。

Pokrivcakova(2019)は、AI を活用したツールの適用を通じて外国語教育に CALL から ICALL(インテリジェントコンピュータ支援言語学習)へ変化がもたらされたことに目を向けている。そしてその取組を 8 つのタイプに分類整理し、外国語教育のために AI を利用したツールと既存の研究の関連を検討する研究の数が多くはないことを明らかにしていた。また、AI を活用したツールを指導に組み込み、より簡単で時間のかからない、効果的な学習活動を行うために、外国語の教師に何が求められるか、そのための準備に必要なものは何かに関して、枠組みを明らかにした。

AI を用いてデータ分析を行い、個々の興味関心に応じた学習教材の開発、個別学習に対応していく AI ドリルの利用について検討がなされてきた。また教室環境をシミュレーションし、AI を活かしたエージェントそこに構築し、教師を目指す学生がそこで対話しながら教育

的イベントを仮想体験し学んでいく学習コンテンツやコースウェアなどの開発と運用評価が行われてきた。しかし教師がAIコンテンツなどをどのように用いて、教室の実践を変えていくか、開発されたAIを活用した教室シミュレーションシステムを用いて、教師を目指す学生や教師に、意思決定や自己省察を導くプロセスを見る研究は、まだ研究途上にあることが明らかになった。

AI技術の導入により、教育におけるデータの利用が進んでいくと思われるが、リコメンドされてくる情報を教育政策の意思決定に用いていくこと、学校の教育方針を決める際に用いること、教師が自身の授業改善や生徒指導に活かしていくこと、学習者自身が自己評価に活かしていくこと、など、誰が何のためにどのようにデータを利用していかと関わって、その取組の意味は変わってくる。情報化社会における教師のわざを見る技術としてとらえた場合、教師が自身の授業改善や生徒指導に活かしていくこととより密接に関わってくるが、その研究がまだ手薄であることが明らかになった。

## 6. 情報化社会における教師のわざの継承を支える方法と技術の課題と展望

以上これまで、教師を目指す学生や現職教師の行為行動やわざを視覚化し、分析や振り返りの機会を設け、それを育て磨くことに貢献するために、様々な技術が開発され運用評価され、関連研究が積み上げられてきたことを見てきた。結果として、1) 教師の教授行動を見取ることと関わって、有効性を持つ技術自体の「イノベーション」を考え、開発を進めようとする研究と、2) 使える技術、開発された技術を用いて、視覚化、身体感覚等の精度を上げ、教師を目指す学生や現職の教師の深い省察を促し、教授行動自体の意識化のイノベーションを試みる方法を明らかにしようとする研究、に多くの関心が向けられていることがわかった。

このことは、教育技術、授業分析、授業研究の進化、発展と関わって、授業のプロセス、文脈固有の中での状況判断、意思決定などを意識化し、論議し、教師の行為行動について、そしてわざへの言及の可能性を後押しするダイナミックな技術のイノベーションが行われてきたことを示している。とりわけ教師のわざへの言及は、省察 (Reflection) と結びつけられて語られることが多い。「情報化社会の教師のわざのイノベーション」としては、技術のイノベーションと省察の方法や機会のイノベーションの間に、似た表現である再帰性 (Reflexivity)、また再帰的關係もあったのではないかと考えられる。つまり授業研究において設定する議題や仮説、個人的な信念や感情がその技術開発や運用研究に影響し、またその逆の影響關係が生じ、相互作用を導き、そこにイノベーションの循環關係があったと考えられる。

たとえば、コロナ禍において、今、ビデオ会議システ

ムを用いた授業研究が工夫されてきている。以前から、国立大学法人の附属学校等で観察実習、授業研究のために、ある教室に複数台カメラを設置し、それを遠隔操作しながら大がかりで高コストをかけた取組は行われてきた。しかし、今は、様々なテレビ会議システムを用いて、手軽に低コストで、誰でもどこの教室でも複数台カメラを自由に配置し (手軽に移動、片付けもでき、選択映像固定もできる)、同時双方向、あるいはそのビデオ記録を用いた授業研究が行われてきている。このような取組は、わざへの言及の可能性を示し、目的やニーズに応じて技術開発や技術利用の工夫が展開し、わざへの言及の可能性もより幅を持つ研究が生じるかもしれない。その理由から「情報化社会の教師のわざのイノベーション」について、今後もその動きを見ていくことが重要となるといえるだろう。

## 参考文献

- Ally, M. (2019). "Competency Profile of the Digital and Online Teacher in Future Education". *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, vol.20, no.2, pp.302-318.
- Ament, V. and Edwards, R. (2018). "Better Teaching and More Learning in Mobile Learning Courses: Towards a Model of Personable Learning. International Association for Development of the Information Society", Paper presented at the *International Association for Development of the Information Society (IADIS) 14th International Conference on Mobile Learning*, pp.214-218.
- 安藤明伸、住川泰希 (2012) 「モーションキャプチャと仮想空間を利用した鋸引き動作観察教材の開発と機能評価」『日本教育工学会論文誌』vol.36, no.2, pp.103-110.
- Bratitsis, T. and Kandroudi, M. (2014). "Motion sensor technologies in education". *EAI Endorsed Transactions on Serious Games*, vol.1, no.2, e6, pp.1-9.
- Estapa, A. and Amador, J. (2016). "Wearable Cameras as a Tool to Capture Preservice Teachers' Marked and Recorded Noticing". *Journal of Technology and Teacher Education*, vol.24, no.3, pp.281-307.
- Feurstein, M. S. (2019). "Exploring the Use of 360-degree Video for Teacher-Training Reflection in Higher Education". In: S. Schulz (Hrsg.), *Proceedings of DeLFI Workshops 2019. 17th e-Learning Conference of the German Computer Society (DeLFI 2019)*, pp.153-160.
- Gold, B. and Windscheid, J. (2020). Observing 360-degree classroom videos – Effects of video



- type on presence, emotions, workload, classroom observations, and ratings of teaching quality. *Computers & Education* 156 : 103960  
(<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103960>)
- 後藤道彦、植松裕子、斎藤英雄、仙田修司、池谷彰彦 (2010)「作業空間への教師ビデオ重畳表示によるAR支援システム」『画像電子学会誌』vol.39,no.5, pp.631-643.
- 姫野完治 (2017)「教師の視線に焦点を当てた授業リフレクションの試行と評価」『日本教育工学会論文誌』40(Suppl.), pp.13-16.
- 姫野完治 (2020)「授業実施中の授業者の視線配布と思考様式の解明:主観カメラを活用した事例研究を通して」『日本教育工学会論文誌』vol.44, no.1,pp.95-104.
- 黄宏軒、伊田侑起、山口耕平 (2015)「仮想学級を用いた教員志望者の練習環境の検討」『The 29th Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence 人工知能学会全国大会論文集』1N3-2, pp.1-4.
- Ibrahim-Didi, K. (2015) "Immersion within 360 video settings: Capitalising on embodied perspectives to develop reflection-in-action within pre-service teacher education." In T.Thomas, E.Levin, P. Dawson, K. Fraser & R. Hadgraft (Eds.), *Research and Development in Higher Education: Learning for Life and Work in a Complex World*, 38, pp.235-245.
- 生田孝至、林なおみ、内山渉、伊藤祐輝 (2020)「VR オン・ゴーイングにおける教師の認知」岐阜女子大学紀要 vol.49,;pp.21-32.
- Johnson-Glenberg,M.C., Birchfield,D.A., Tolentino,L., and Koziupa,T. (2014). "Collaborative Embodied Learning in Mixed Reality Motion-Capture Environments: Two Science Studies". *Journal of Educational Psychology*, vol.106,no.1, pp.86-104.
- 小長谷恭平、山崎智志、志民一成、紅林秀治 (2016)「モーションキャプチャシステムを活用した授業の研究」『静岡大学教育実践総合センター紀要』25, pp.117-124.
- Markelz, A. M., Taylor, J. C., Scheeler, M. C., Riccomini, P. J., & McNaughton, D. B.(2018). "Prompting with wearable technology to increase teaching behaviors of a special education preservice teacher". *Journal of the American Academy of Special Education Professionals*, vol.10,no.4, pp.74-91.
- 宮崎英一、坂井聡、杉妻謙、境薫、島崎豊、近藤創 (2019)「360度カメラを用いた授業指導システムの試作」『香川大学教育学部研究報告』vol.1,pp.15-20.
- 森下孟 (2016)「全天球デジタルビデオカメラを用いた教育実習生の授業記録の試み」『日本教育工学会研究報告集』vol.16,no.5, pp.37-40.
- 小野寺隼人 (2020)「360°パノラマ型動画授業分析プログラムを用いた授業分析手法の開発-授業観察者の注視点を起点にした授業分析-」『宮城教育大学教職大学院紀要』vol.1, pp.161-169.
- 小柳和喜雄 (2020)「個別最適化学習システムを用いた取組の評価に関する萌芽的研究」『奈良教育大学 次世代教員養成センター研究紀要』vol.5,pp.101-110.
- Pokrivcakova,S.(2019). "Preparing teachers for the application of AI-powered technologies in foreign language education". *Journal of Language and Cultural Education* vol.7,no.3, pp.135-153.
- Popenici,S. A.D., and Kerr,S. (2017). "Exploring the impact of artificial intelligence on teaching and learning in higher education". *Research and Practice in Technology Enhanced Learning* vol.12, no.1, 22. pp.1-13.
- Schussler,D., Frank,J., Lee, T.K., and Mahfouz,J. (2017). "Using Virtual Role-Play to Enhance Teacher Candidates' Skills in Responding to Bullying". *Journal of Technology and Teacher Education* vol.25,no.1, pp.91-120.
- 柴田邦道、森山政訓、湯川和秀、上野康治、高橋一夫、金田重郎 (2012)「興味度の抽出機能を持つ教材埋め込み型電子絵本の提案」『情報処理学会 第74回全国大会講演論文集』vol.1, pp.621-622.
- Sural, I. (2018). "Augmented Reality Experience: Initial Perceptions of Higher Education Students". *International Journal of Instruction*, vol.11,no.4, pp.565-576.
- 高橋幸也、秋本桃子、阿部秀尚 (2020)「マルチモーダルルールベースの階層的構築によるクラスルーム教育支援ロボットサービスの開発:英語教育支援を一例として」『The 34th Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2020 人工知能学会全国大会論文集』4Rin141,pp.1-3
- Theelen H, van den Beemt A, den Brok P.(2019). "Using 360 - degree videos in teacher education to improve preservice teachers' professional interpersonal vision." *Journal of Computer Assisted Learning*, vol. 35, pp.582-594.
- Tzima, S., Styliaras,G., and Bassounas,A. (2019). "Augmented Reality Applications in Education: Teachers Point of View". *Education Sciences*, 9(2): 99(1-18).
- Van den Bogert, N. J. (2016). On teachers' visual perception and interpretation of classroom

events using eye tracking and collaborative tagging methodologies. Technische Universiteit Eindhoven.

Walshe, N. & Driver, P. (2019). "Developing reflective trainee teacher practice with 360-degree video". *Teaching and Teacher Education*, vol.78, pp.97-105.

山本祥太、白井靖人、杉山岳弘、杉山融(2014)「Kinectを用いた日本剣道形の足さばきの解析」

『情報処理学会 第76回全国大会講演論文集』  
vol.1,pp.597-599. .

謝辞

本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金（基盤研究（B）：18H01061）「授業認知の位相転換に基づく授業技術の向上を支援するVR映像プラットフォームの構築」（生田 孝至代表）の支援を受けた。