

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 23 日現在

機関番号：36101

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23501124

研究課題名(和文)AR技術を利用した板書表現の拡張と教育利用に関する研究

研究課題名(英文)A Study of Expression of writing on the blackboard with AR Technology in school education

研究代表者

奥村 英樹 (OKUMURA, Hideki)

四国大学・生活科学部・教授

研究者番号：80233477

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円、(間接経費) 1,140,000円

研究成果の概要(和文)：1. AR技術を利用した板書表現の拡張の可能性を示すため、5種類のAR教材を作成した。その結果、ARマーカーを貼り付けてタブレットPCで見る方法で教育的に効果のある教材があること、特に、回路図などの平面に描かれた記号を、立体模型に変換して提示する教材は有望であることがわかった。しかし、ARマーカーのサイズとデザイン、位置に加えて、モデルの提示場所については、さまざまな工夫が必要であることがわかった。

2. AR技術の利用場面を、起動のタイミング、提示方法、教育場面での用途の3点で整理した。

研究成果の概要(英文)：1. The five kinds of teaching-materials software using AR technology were developed, and the following point was clarified. By using sticking AR markers and viewing on a tablet PC, the teacher can present effective teaching materials. Especially, the teaching materials which transform the signs drawn on the blackboard, such as circuit diagram, into solid models, are useful. However, the size, design and position of AR marker further need to be improved. In addition, the position and angle of CG model should also be improved.

2. The use scenes of AR teaching-materials were arranged from three viewpoints, "Timing of presentation", "Method of presentation", and "Usage in education".

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学 ・ 教育工学

キーワード：AR教材 Augmented Reality 拡張現実 板書 教材ソフト システム開発

### 1. 研究開始当初の背景

カメラの映像に CG を合成して提示する AR 技術は 60 年代から研究されており、特にこの数年は、市販の PDA で手軽に利用できる技術にまでなっている。また、「ARToolKit」などのライブラリの公開により、プログラミングの技能があれば誰もが開発できる環境が整ってきた。

一方、わかりやすく説明する道具として、電子黒板やプロジェクタが多くの学校で導入されているが、「板書された文章の下に動画や模型を配置する」「アニメーション教材のすぐ下に子どもの意見をリアルタイムに書き込む」といった柔軟な利用までには至っておらず、将来的に AR 技術がこれらの問題を解決する可能性を持っている。

先行研究の多くは、個人あるいは小人数で閲覧・操作するものであり、一斉指導時の提示を前提としたものは少ない。また、このような提示を活かすための教員の指導技術についても、まだ十分に検討されているとは言えない。

なお本研究では、教師が提示した板書を、学習者がタブレット PC 等を通して拡張された表現で閲覧する場面を主として想定している。



### 2. 研究の目的

AR 技術を、将来的に通常の一斉学習で利用することについての実現可能性と、板書表現の拡張の可能性・有用性を示すため、以下の 5 点を明らかにすることを目的とした。

- (1) 一斉授業（特に板書時）に利用可能な AR 技術を利用した教材(以下 AR 教材)の開発
- (2) ダイナミックな動きを示す AR 教材の簡易制御技法の提案
- (3) AR 教材の分類とその特徴の整理
- (4) AR 教材の閲覧方式による理解度と影響
- (5) AR 教材を利用した授業技術とその指導用テキストの制作

### 3. 研究の方法

AR 教材については、具体的な適用場面を複数の教科について検討し、特徴的な利用方法に絞って制作することとした。また、開発・改良と授業場面のシミュレーションを交互に行

う中で、開発や授業での利用上の留意点についても検討を行った。

分類や特徴の整理に際しては、板書だけでなく、インターフェース等の技術的な視点からも検討を試みた。

### 4. 研究成果

(1) 一斉授業（特に板書時）に利用可能な AR 技術を利用した教材(以下 AR 教材)の開発  
ここでは試験的に次の 5 種類の教材を作成し、板書表現の拡張による可能性と有用性を検討した。

#### ① 画像の提示

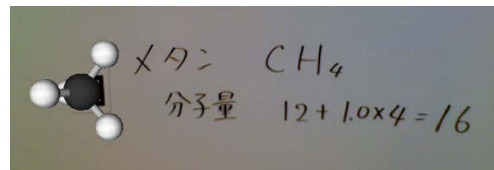
板書では表現できない画像や写真を、マーカーを貼り付けた場所に提示する。学習者が個々に情報端末で検索するのに比べて、教師の予定しているタイミングで画像情報の提示が可能となる。3D モデルと異なり比較的簡易に素材を入手し、提供できる。閲覧時には画像を拡大する機能が必須となる。

#### ② 3D モデルの提示

写真と異なり、立体的なイメージを伝えるのに向いている。学習時には席が固定されているため、閲覧時には拡大機能の他、指定した角度での回転などの機能が必須となる。

#### ③ 記号の置き換え

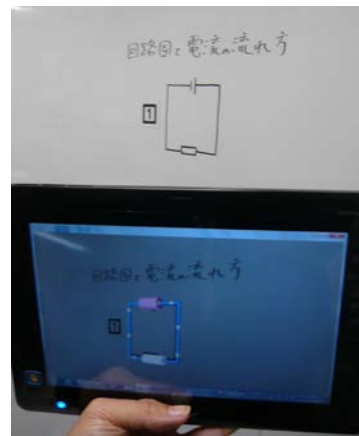
板書では、特定の概念や実物を、地図記号や回路図、化学式として表現することが多い。ここでは、板書された記号を、AR を通じて実物の 3D モデルに変換し、提示する。提示位置の認識には、黒い枠を必要としない認識技術（いわゆるマーカーレス）を取り入れることが強く望まれるが、単純化された記号ほど認識が難しくなるという技術上の問題がある。下の写真は、メタン分子を AR によって提示した例となっている。



#### ④ 記号モデルのアニメーションによる提示

記号の置き換えで提示された 3D モデルを

アニメーションで表現する。ここでは、電気回路図を 3D の水流モデルに例えて提示し、電流の流れをイメージさせることを試みた。右



の写真は、白板の回路図をタブレット PC を通じて、3D モデルのアニメーションとして

閲覧している様子を撮影したものである。

#### ⑤簡易シミュレーションによる提示

物体の運動など動きを伴うものを、板書の一部として提示した。加速度運動は、特定の時間ごとに速度(移動距離)が一定の割合で増える現象であるが、これまでの板書では、描いた図は動かすことができないため、イメージをとらえにくかった。ここでは、あたかも黒板の前を物体が運動しているように提示し、合わせて補足情報も明記した。この教材では、キー操作によって加速度の値を変更したり、アニメーションを途中で止める機能が付いており、個々の学生が簡単にシミュレーションできるようになっている。

これらの開発から、ARは例えマーカーを検出してモデルを提示する技術であっても、電子黒板や通常のタブレット PC による教材提示とは異なる利点があること、特に記号モデルと実物との橋渡しに有用であること、教師は授業中に任意の位置に教材を提示でき、直感的に授業を進められること、簡易シミュレーションなど動的な動きを取り入れた板書が可能となることなどが明らかとなった。

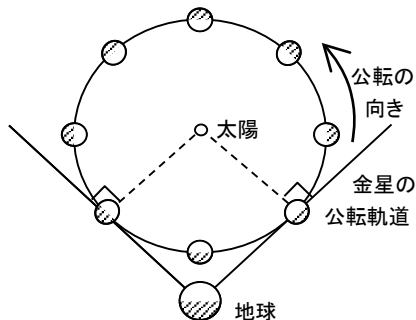
しかし、開発に際しては、提示物の拡大縮小、回転などの操作が利用者側で行える機能が必須であること、認識率の向上とARを通して見ない場合の板書表現の完成度の両立のために、マーカーのデザインに更に工夫が必要であることがわかった。

また技術的な制約として、マーカーをほぼ真横から見る場合にも対応するためには、立方体マーカーが必要であること、板書で提示するモデルは机や教科書上で提示する教材とは配置方向やサイズを変える必要があることなど、様々な課題があることがわかった。

#### (2)ダイナミックな動きを示すAR教材の簡易制御技法の提案

例えば

金星の満ち欠けでは、地球と金星、太陽の位置関係を示しながら、その満ち欠けの見え方を説明する必要がある。



通常板書では図のような俯瞰図による説明のみであるが、金星の動きと地球からの見え方を動的・直接的にダイナミックに提示することにより、学習者は直感的に理解することが可能となる。

ここでは、①電子黒板との併用、②マーカーの組合せ、③閲覧端末による操作の3方法で検討を行った。

#### ①電子黒板との併用

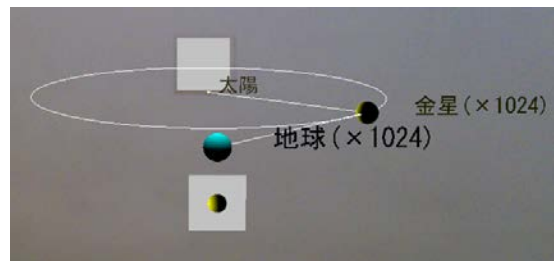
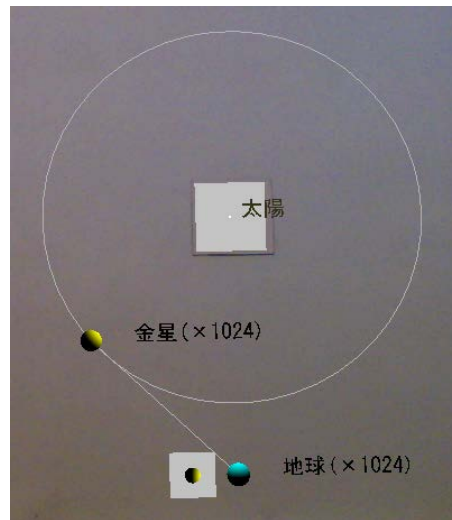
プレゼンテーションソフトを利用して電子黒板上にマーカーを配置することで、CGモデルの位置や動きを制御する方法を検討した。プレゼンテーションソフトの編集は多くの教員が操作可能であり、プログラミングを経ない点で多くの利点がある。マーカーの移動や拡大・縮小などのアニメーションも可能であり、ARを実現するプログラミング側にも負担がかからない方法である。

#### ②マーカーの組合せ

カメラに映るマーカーの組み合わせにより、動作を制御する方法となる。具体的には、提示するモデルと動作(アニメーションの指定、拡大率など)を示すマーカーを同時に配置することで、制御する方法である。

#### ③閲覧端末による操作

①と②は教師が制御する方法であるが、機能に制限があることに加えて、学習者が主体的に操作し、学ぶことができない。そこで、事前に操作方法の練習は必要であるが、簡易な操作方法で提示物を制御できるAR教材についても開発を試みた。このソフトでは、俯瞰図として天体を動的に提示する一方で、特定の場所をタップすることで、斜め上方や地球の視点で見ることにも可能となっている。

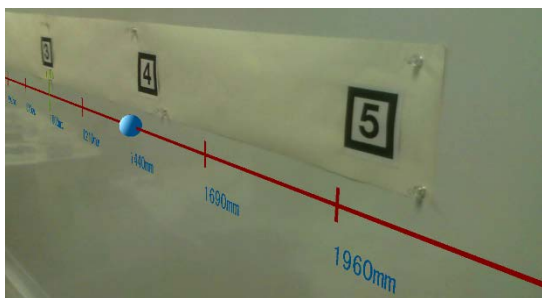
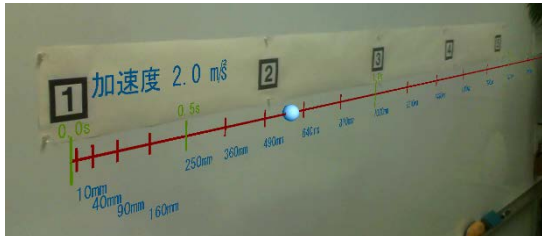


これらのモデルの制御は、図全体の拡大・縮小と回転、天体みの拡大縮小、アニメーションの制御、説明文字の表示・非表示などある程度決まった動作のみで良いため、タップ



やスワイプ等の操作のみで指定が可能となる。

この他、黒板のサイズを超えたモデルの提示についても実現を試みた。加速度運動においては、計算上の値が現実にはどのような運動となるか示すことは難しい。しかし、マーカーを適切に分散させて配置することで、黒板のサイズ以上の大きさで、スケール感を持った加速度運動を提示することが可能である。



### (3) AR 教材の分類とその特徴の整理

AR 教材の分類については、3 つの視点に分けて、それぞれ分類し、その特徴を整理した。

#### ① 起動のタイミング

AR 技術のメリットは、常にプログラムを起動していれば、キーボードやマウス等の操作無しに、マーカーや位置情報を使ってその場に合った情報が自動的に提示される点にある。そこで、タイミングを次の 5 点に絞り、用途を検討した。

##### ・マーカー

特定の画像を認識して情報を提示できるので、授業では、教師が表示・非表示を決められる。そのため、一斉授業で学習者の視線を集中させた時の説明時に向けた利用法と考えられる。

##### ・非マーカー

GPS や無線 LAN による位置情報や、時計による時間などによって提示する。特別教室の授業では、入室した学習者から順番に授業の準備を行うことが可能となる。また、準備室で実験装置を取り出す時の注意点や手順、図書室で配架されている図書の解説など、場所と連動して初めて意味のある情報を提示するのに有効である。

##### ・外部からの通知

起動のタイミングをネットワークを通じて通知する方法である。授業中であれば、マーカーを使わずに必要な資料を直接提示したい場合や、メール・SNS による連絡があった場合の通知などで使える。

##### ・従来型の起動

従来の PC 操作と同じであり、ワープロや

表計算ソフト、メールソフトの起動などの利用となる。

##### ・音や音声

特定のリズムや音、音階、音声により起動する。難聴者に対する緊急音 (サイレンなど) の提示などが考えられる。

#### ② 提示の手がかりとなる指標

モニターに提示する際の、配置の手がかりとなる指標による分類である。

##### ・マーカー

マーカーの位置と方向に基づくもので、背景の物理的な世界と融合して閲覧することができる。マーカーのサイズが小さい場合やデザインが単純な場合は、方向に誤差が生じやすくなる。

##### ・映像の特徴点

映像でとらえた画像の輪郭を特徴点として認識し、これをもとに提示する。机や床などの位置を認識し、3D オブジェクトを配置したり、白い服の形状を認識して異なる色やデザインの服を合成・提示したりすることが可能となる。

##### ・センサーによる位置と方向

GPS や加速度センサー、磁気センサーによって、視界の位置や向きに合わせて提示する。

##### ・映像の単純置き換え

対象の色や温度、赤外線、紫外線などの情報をそのまま置き換えて提示する。

##### ・音や音声

音や音声に合わせて、別の音を出力する。補聴器やノイズキャンセリング、特定の音域のみを誇張して聞くような場合が想定される。

#### ③ 教育における用途

教育場面に合わせた分類である。

##### ・単純な教材の提示

教科書や黒板に提示された文字列や図、写真をもとに、写真や立体図、映像を提示し、学習者がある意味を読み取る。

##### ・単元固有のアプリケーション教材

シミュレーションソフトやドリルソフトなど、単元固有の内容と結びついた教材である。操作方法も、個々の教材ごとに異なる。

##### ・学習支援教材

学習を支援する道具で、辞書や虫眼鏡、顕微鏡、温度の視覚化など個人の能力を拡大するものから、文字の拡大や音声化、学習内容の記録と再生など個人の能力を補完する機能も持つと考えられる。

##### ・学校生活支援教材

学校生活などでの、生活指導を支援するもので、諸連絡や子供の呼び出しなどが想定される。

##### ・情報活用支援教材

情報の収集、整理、加工、表現や、SNS などの他者とのコミュニケーションをとるための道具である。

##### ・授業の管理 (教師用)

教師が利用するもので、授業中に教師の

みに提示することで、授業を支援するもの。  
・教師教育（教師用）

模擬授業などの際の、指導予定（指導案）の指示や、その場で対応可能な事項（声の大きさや子供への目配りの傾向、机間巡視の傾向など）の直接的・間接的な提示など。

(4) AR 教材の閲覧方式による理解度と影響

タブレット PC を利用した閲覧や、ヘッドマウントディスプレイによる提示、電子黒板やプロジェクタによる提示を想定して検討を行った。それぞれの機材を用意し、試行的な実現までは行ったが、被験者による理解度や影響についての調査までには至っていない。

なお、ヘッドマウントディスプレイによる提示については、試験的な実現段階で数分以上の利用には向かない事がわかっている。また、タブレット PC については、手で持ったままの長時間の閲覧は向かないため、黒板の映像を静止画として読み取ったうえで、机の上にタブレット PC を置き、板書を拡張した提示内容をじっくりと操作するためのソフトウェアを開発した。

(5) AR 教材を利用した授業技術とその指導用テキストの制作

現段階では、教材の製作とその可能性の調査までしか実現しておらず、必要な授業技術を体系的にまとめるまでには至っていない。

ただし、授業中に教師に負担をかけないでマーカーを選び黒板に貼り付けてもらうには、教師が直感的に理解できるマーカーのデザインが必要である。これに対応したマーカーについては既に提案をしており、その代表的なものは次のような数字のマーカーである。



5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 3 件）

- ① 奥村英樹、AR 教材の分類とその特徴に関する一考察、四国大学紀要、査読無、Ser. B-No38、2013、pp. 1-11
- ② 奥村英樹、AR 技術の板書表現への利用に関する研究 2、四国大学紀要、査読無、Ser. A-No39、2013、pp. 17-25
- ③ 奥村英樹、AR 技術の板書表現への利用に関する研究、四国大学紀要、査読無、Ser. A-No37、2012、pp. 69-76

〔学会発表〕（計 1 件）

奥村英樹、AR 技術の板書表現への利用に関する研究、日本教育工学会 第 28 回大会、2012. 9. 16、長崎大学

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

○取得状況（計 0 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等 なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

奥村英樹 (OKUMURA Hideki)  
四国大学・生活科学部・教授  
研究者番号：80233477

(2) 研究分担者

( )

研究者番号：

(3) 連携研究者

( )

研究者番号：