

# AR 技術の板書表現への利用に関する研究

奥村 英樹

A Study of Expression of writing on the blackboard with AR Technology

Hideki OKUMURA

## ABSTRACT

The purpose of this paper is to explain the extendibility of writing on a blackboard with AR Technology.

The concrete use scene is as follows. A teacher sticks some AR marker on the blackboard, while he writes some explanatory notes. Students can see realistic pictures, 3D models and animation images through their tablet PCs.

I developed five kinds of teaching-materials software using AR technology, and clarified the following point.

- 1) By using sticking AR markers and viewing on a tablet PC, the teacher can present effective teaching materials.
- 2) Especially, the teaching materials which transform the signs drawn on the blackboard, such as a circuit diagram, into solid models, are useful.
- 3) In consideration of teachers having to stand near the blackboard, we have to further improve the size, design, and sticking position of AR markers.

KEYWORDS : augmented reality, software development, teaching materials development, writing on a blackboard

## 1. はじめに

カメラの映像にCG等の付加情報を合成して提示するAR (Augmented Reality) 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、「ARTookKit」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。

教育への利用では、小池らによる知的学習機がある(小池ほか2001)。これは、教科書に添付されたバーコード(マーカー)に合わせて映像を投影し、簡単なシミュレーションを行うシステムである。印刷されたマーカーに合わせて立体的な教材を提示する方法としては、竹田らによる仮想立体絵本の開発などが既にある(竹田ほか2007)。同様に、近藤らは博物館の展示物にマーカーを貼り付け、立体的なCGアニメーションと合成した展示を実現している

(近藤2008)。

生徒自身がマーカーを操作する手法としては、江木らによる化学実験シミュレータがある(江木2010)。このシステムは、マーカーの付いた実験器具を生徒が直接操作し、実験器具間の位置関係に応じた注意情報の提示を行っている。

生徒自身が付加情報を作成する例としては、技術科で生徒に椅子の3Dモデルを作成させ、AR技術を利用して見栄えを確認する授業なども提案されている(館澤2010)。

これらの先行研究・開発の多くは、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師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。

一方、電子黒板やプロジェクタは、PC画面や写真、動画の拡大提示などにより、わかりやすく説明

する道具として、既に多くの学校で導入されている。しかし、黒板とは別の提示媒体であるため、「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いない。更に、近年は3D表示のディスプレイも販売されているが、その構造上、子どもが見ている視点に合うように教師が立体表示された教材の一部を指し示して細かく説明することは困難である。

現実の映像に自由に情報を追加できるAR技術は、限られた範囲で提示する電子黒板やプロジェクタに比べて、応用範囲は広く、板書場面に限らず教室内外のあらゆる場所で利用可能であると考えられる。

本稿では、教育へのAR技術の利用の前段階として、板書を行う通常の授業の一部において、タブレット型PCによる板書内容の効果的な拡張例について検討することを主な目的としている。また、技術的には、GPSや加速度による位置の測定もあるが、白板や黒板の位置を特定することと、開発の簡易性から、ここではマーカーを利用した手法に絞って検討を行う。

具体的には、以下の3点の仮説を掲げている。

仮説1：タブレットPCを用い、マーカーを検出して提示する技術であっても、板書時に有効な利用方法が存在する

仮説2：ARは、電子黒板やプロジェクタ、情報端末(PC)と異なる教育的利点を持っている。

仮説3：AR技術を利用した教材(以降AR教材と呼ぶ)の作成において、板書用の教材には、机の上や教科書を拡張提示する教材にはない技術上の特性が存在する。

## 2. 本稿で扱うAR技術と利用上の限界

本稿では、ARを教育に利用した場合の具体例として、板書による提示について扱う。また、どのよ

うな点で実用的になるかを、現段階で明らかにするため、次のような技術的な制限があることを前提としている。

### 1) 生徒によるタブレットPCを用いた閲覧

文部科学省や経済産業省などの主導で行われているさまざまな教育へのICT活用のプロジェクトの中には、学習者全員にタブレットPCを配布し、日常的に利用する実践的研究が既に行われている。従って、1人1台のタブレットPCを用いた閲覧は、この数年で一般的な学習環境になる可能性が高い。

### 2) 電子黒板を利用した提示

電子黒板は、既に多くの学校で導入されており、実物の提示や教師用デジタル教科書、教材ソフト、資料の提示などで大いに使われている。従って、AR技術で加工された映像を提示する方法として、最も簡易に行える可能性が高い方法と言える。

### 3) マーカーを用いた位置認識

様々な教材を作成し、提示する上で、顔や手書き文字、手書き図形の認識に比べて、特定のマーカーを利用した認識の方が、誤作動する可能性が最も少ない。また、同じマーカーを多様な教材に適用させることで、教材の開発コストも下げることが可能となる。

## 3. 板書の機能と役割

学校教育における板書の機能として、田山はその役割を次の3つに整理している(田山 2010)。

### (1) 伝えるはたらき

日付や日直の氏名や連絡事項から、その時間の学習の目標や内容を伝え、共通理解をさせる。

### (2) 支えるはたらき

教師と子ども、あるいは子ども同士のコミュニケーションを支え、課題を追求する活動を支える。

### (3) 整理・確認のはたらき

学習の流れや足跡を整理し、まとめた内容を共有する。

また、岩瀬と川村は、板書の役割を次の5つに整理している(岩瀬ら 2010)。

## (1)学級で情報を共有する

発話による教師の指示など、その場ですぐに消えてしまう情報を「見える化」することにより、学級全体で「情報を共有する」役割。

## (2)学習の理解と定着を図る

学習内容を文章や図、絵など視覚に訴えることで、子どもの理解を促す。

## (3)ノートのお手本となる

学習内容を板書にまとめ、それをノートにとらせることで、ノートの書き方やノートによるまとめ方などの指導にする。

## (4)話し合いのプロセスを共有する

クラスでの話し合いなど、意見や議論のポイントを整理することで、話し合いの「見える化」を行い、話し合いを活性化させる。

## (5)授業への興味、子どもの参加を促す

課題や問題を印象的に示し、授業への興味関心を高める。

以上のように、学習の様々な段階で板書は効果的に利用されているが、どのような利用の仕方であ

れ、教師も含めて全員が同じ情報を共有・閲覧できることが前提となっている。また、ノート指導の一環としても利用されているため、提示のデザインは子どもがノートをとることも意識したものになっている必要がある。

## 4. AR 技術による板書拡張の特徴

電子黒板やプロジェクタ、情報端末 (PC) による情報提示などの ICT は、現在では板書と併用することで広く利用されている。各媒体にはそれぞれ特徴があるが、機能的には板書にとって変わることは現時点ではかなり難しい。

例えば、電子黒板やプロジェクタでは、電子ペンやポインティングデバイスを利用してその場で文章を記入することも可能であるが、黒板に比べると表示範囲が狭いため、共有する情報の量が少なく提示時間も極めて短い。情報端末であれば個々の生徒がスクロールすることで長く提示させることもできるが、教師が PC にその場で入力しながら授業を進めるのは現時点では現実的とは言えない。

表 1 提示媒体による特徴

	AR	電子黒板・プロジェクタ	情報端末 (PC)
提示場所	板書された文章や図の近くや上に重ねて提示可能。	板書した箇所とは離れた位置に提示。	子どもの手で提示。
タイミング	板書に付加するマーカーによって、制御が可能。ただし、子どもがタブレット PC をかざした時に限る。	発表者 (主として教師) が完全に制御。	主として子どもが提示内容を選択。制御ソフトを利用し、教師が遠隔操作することも技術的には可能。
個別操作	簡易な操作のみ可能	できない	複雑な操作が可能
表現の多様性	文章や画像、3D モデル、映像等を提示可能。 3D モデルなどは、見る位置によって提示角度が変わる。 簡易なシミュレーションであれば可能。 また、CG により板書内容の拡張や置き換えが可能。	全員で同じ内容を同じ角度から見るのみ。 高度なシミュレーションなどのアプリケーション教材も提示可能だが、発表者 (主として教師) のみが操作。	文章や画像、3D モデル、映像等に加えて、高度なシミュレーションなどのアプリケーション教材も提示可能。
提示時間	長時間の映像の視聴にはむかない。	長時間の映像を、クラス全体で視聴するのに適している。	長時間の映像の視聴が可能。それぞれの子どもが操作可能。
その他	通常利用としては、ソフトを起動後はマーカーをかざすだけなので、複雑な操作は不要。		学習内容が進むごとに、提示内容やソフトをそれぞれの子どもが選択する必要がある。

表1は、板書と併用して利用する媒体として、(1)AR、(2)電子黒板・プロジェクタ、(3)情報端末の3つについての比較したものである。なお、機材の用意が可能であれば、これらの3つの媒体を同時並行的に利用することも可能である。

表が示す通り、ARの大きな特徴は以下の通りである。

- (1)板書された内容の近くに、板書では表現できない高度な情報を追加提示できる
- (2)教師の任意のタイミングで詳細な情報を提示した後、いつでも非表示にできる
- (3)CGにより板書内容の拡張や置き換えができる
- (4)高精細な情報の提示や、教育番組の視聴などの長時間の閲覧には向いていない

## 5. AR技術による板書への利用例

本研究では、AR技術の可能性について検討するため、試験的に5種類の教材を作成した。なお、一部の3Dモデルは、インターネット上のフリー素材サイトのデータを利用して検証している。(のぼり坂一丁目 <http://geocities.jp/oirahakobito211>)

### 1) 画像の提示

板書では表現できない画像を貼り付けた例である。

ここでは、白板に貼り付けたマーカー（四角形で囲んだ数字の1と2）の位置に、恐竜の画像を提示している（図1）。

子どもが個々に情報端末で検索するのに比べて、各自のタイミングで共通の詳細な画像や情報を得ることを可能にした例となっている。画像の場合は、3Dモデルと異なり比較的簡易に素材を入手し、AR教材として提供することが可能である。

ビデオ映像の制限で解像度が限られているため、おおまかなイメージの提示には向いているが、1枚の写真から学習内容を読み取らせるような、じっくりと観察して考える教材には向いていない。

### 2) 3Dモデルの提示

3Dモデルを単純に提示した例である。

写真と異なり、立体的なイメージを提示するのにはすぐれている。3Dテレビの方が高精細ではあるが、全ての子どもが同時に見られるうえ、席を移動することでさまざまな角度から閲覧できる点ですぐ

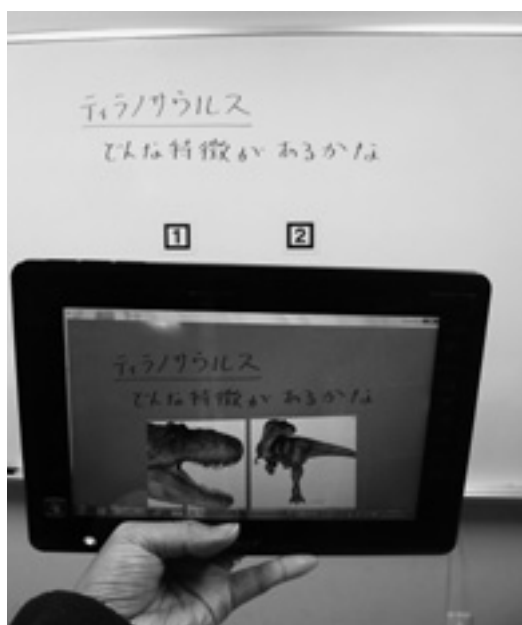


図1 恐竜の画像の提示

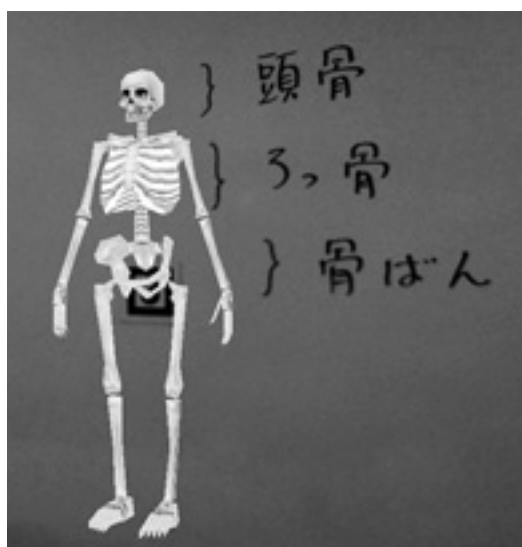


図2 人体骨格の3Dモデル



図3 恐竜の3Dモデル1

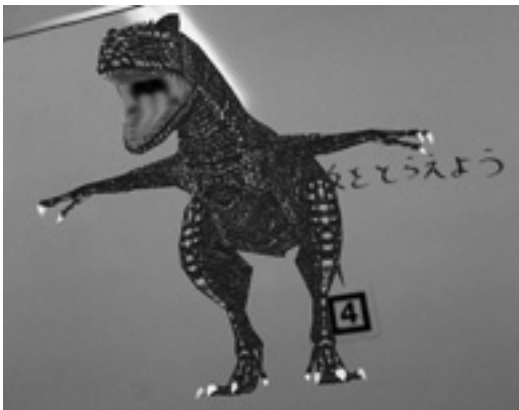


図4 恐竜の3Dモデル2（角度を変えて閲覧）

れている（図2，図3，図4）。

### 3) 記号の置き換え

地図記号や化学式のように、特定の概念や実物を記号化して扱う例は、教育場面では非常に多い。それらの対比をARを使うことによって、より印象的に提示できるようにしたものである（図5，図6）。

残念ながら、マーカーは黒い枠が必要であり、大きさも限られているため、記号そのものだけで伝えることはできないが、比較的単純な記号であればフラッシュ教材のように提示することも可能である。

### 4) 記号モデルのアニメーションによる提示

この教材は、板書によって描かれた回路図を、3Dモデルのアニメーションで提示することで、電流の流れをイメージさせるために製作した（図7）。

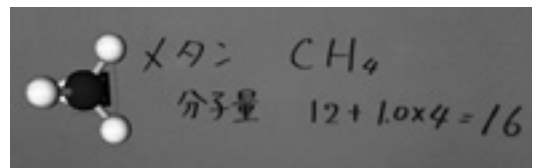


図6 分子式と3Dモデル



図5 地図記号（小中学校）とその画像

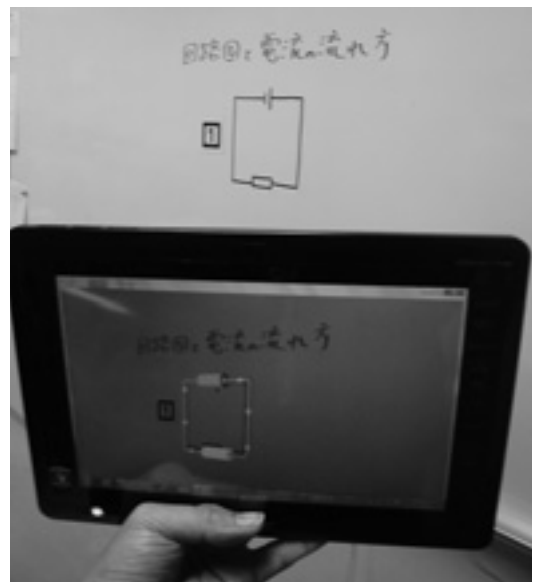


図7 回路図の3Dアニメーション

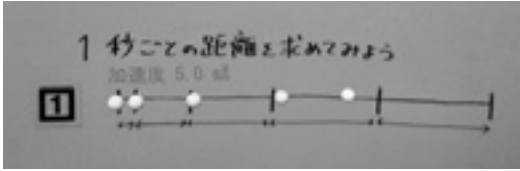


図8 加速度運動のシミュレーション（右端の玉が加速度運動している）

電気回路の学習では、回路図のモデルを見て、電流の流れを想像させる必要がある。そのため、回路図と3Dのアニメーションを交互に見比べることでイメージを定着させることを目的としている。

#### 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例である（図8）。

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い。ここでは、リアルな運動を見ながら、これに合わせて補足情報を記入することができるようにしている。

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になっている。

### 6. AR教材の開発についての留意点

本研究により、AR教材の可能性としては、以下の点があることが確認できた。

- 1) 板書内容の近くに画像や3Dモデルが提示できるため、学習内容を一箇所に集約できる
- 2) 記号モデルと実物との橋渡しになりうる
- 3) 子どもは実物とARの映像を自分の意志で対比しながら学べる
- 4) 教師は、マーカーを利用することで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
- 5) 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である

一方、製作上の技術的な留意点として、以下の内容も確認できた。

- 1) 3Dモデルをさまざまな角度から見せる時には、横方向からも見られるように立体のマーカーを用意する必要がある。

1面だけの場合は、光の反射によって正しく認識されない場合がある。

- 2) マーカーが映像の中に入る大きさで、提示内容は表現しなければならない。

システム上の制限により、カメラから取り込まれる映像の範囲に必ずタグが入っている必要がある。

従って、その範囲内で必要な箇所が見られるような大きさで、画像や3Dモデルを提示するため、実物大の恐竜など、巨大な提示を行うためには工夫が必要である。特に、教師は黒板や白板のごく近くにいるため、マーカーが視界から外れることが多くなる。

- 3) マーカーの記号は、利用者が直感的に使えるデザインでなければならない。

図の記号として数字や英字を使うと、提示する画像や3Dモデルのデータを入れ替えるだけで済むため、開発は簡易になる。しかし、数字や英字と提示物の関連づけが授業ごとに変わると、利用者が指導内容に集中できない。従って、マーカーの記号は提示内容をイメージさせるデザインとなるよう工夫しておく必要がある。

- 4) 板書で提示するオブジェクトは、机や教科書上で提示する教材とは配置角度やサイズが異なる。

机や教科書は地面に対して水平であるため、ARによる提示の際は、マーカーの面が地面に相当するようオブジェクトを配置すれば良い。しかし板書の場合は、地面に対して垂直であるため、提示する内容によっては、マーカーに対して90度回転させなければならないものがある。

また、マーカーやオブジェクトのサイズも、机や教科書とは異なるため、そのまま流用することは難しい。

## 7. まとめと今後の課題

本研究により、以下のことが確認された。

「仮説1：タブレットPCを用い、マーカーを検出して提示する技術であっても、板書時に有効な利用方法が存在する」については、3Dモデルやアニメーション、シミュレーション教材などを板書内容の一部として提示することで、学習内容のイメージ化等に寄与する可能性が示された。

「仮説2：ARは、電子黒板やプロジェクタ、情報端末(PC)と異なる教育的利点を持っている」についても、解像度や視聴の継続性に問題はあるが、板書された学習内容との接続性の点では、ARの方が教育的であることが示された。

「仮説3：AR技術を利用した教材(以降AR教材と呼ぶ)の作成において、板書用の教材には、机の上や教科書を拡張提示する教材にはない技術上の特性が存在する」についても、オブジェクトの提示角度やサイズ等、いくつかの課題のあることが示された。

今後の課題としては、以下の点を検討している。

1) 教材としての多様な提示パターンの提案と実践  
マーカーを利用した教材の提示パターンを提案し、実践の中で利用し、検討を行う。その際、電子黒板やプロジェクタ、情報端末の特性と比較し、ARでなければ実現できない教材例を増やしていく必要がある。

2) マーカーの利用可能範囲とデザインの技術的な検討

教室の前と後ろでの見え方の違いや、マーカーの精度を上げる(誤認識を減らす)ための工夫、黒板に近い教師の位置からでも生徒の見え方を把握する方法、提示内容を表すマーカーのデザインなど、教材内容とは別に技術的な観点からの検討を行う必要がある。

3) 教材の開発方法や実践方法の整理とマニュアル化

教材の開発や実践方法について類型化するとともに、AR教材の開発者や実践者を増やすために、マ

ニュアル化とその普及を図る必要がある。

教育に限らず、ARはまだ本格的に日常生活に根付いた技術ではない。しかし、昨今の画像認識技術の向上、GPSや加速度センサー搭載機器の普及、ヘッドマウントディスプレイとカメラの小型化などを考慮すると、スマートフォンのように1人ひとりが所有し日常の道具として利用できるようになるのは、それほど遠い未来ではない。

そのような時代にあっては、物理的な世界と仮想の世界がシームレスに統合されるため、情報の受け手側が今以上に受け取る情報を自由にコントロールすることになる。例えば、特定の施設に移動する場合でも、常に移動に必要な情報を視界の範囲に提示させたり、町の中で興味を持った物品についての詳細な情報を即座に得ることは、全て利用する個人の意志にまかされる。更には、日常のものを自分の好みにデフォルメして見たり、その場で過去の映像や未来の想像図と比較することも可能となりうる。

従って、今後は板書の拡張を含めた教育利用だけでなく、AR技術が日常の道具として利用されるようになった時の、新しい情報活用の実践力、情報モラル、社会への参画のあり方の検討も必要になってくると思われる。

## 謝辞

本研究は、平成23年度文部科学省科学研究費補助金 基盤研究(C)(課題番号:23501124)の助成を受けています。記して感謝の意を表します。

## 参考文献

- 頓智ドット株式会社, Sekai Camera Support Center, <http://support.sekaicamera.com/ja>  
小池英樹ほか, 2001. 紙と電子情報を統合する机型実世界指向インタフェース EnhancedDesk とその応用, 情報処理学会論文誌 (2001).  
竹田信子ほか, 2007. 拡張現実感技術を利用した仮想立体絵本, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌 Vol. 12.  
近藤智嗣ほか, 2008. 展示と PDA, 展示学45号.  
江木啓訓ほか, 2010. 化学実験の安全学習を支援するス

マート実験室の構築，日本教育工学会第26回全国大会  
講演論文集。  
館澤昌弘ほか，2010. AR 技術を取り入れた授業の考  
察，日本教育工学会第26回全国大会講演論文集。  
田山修三，2010. 若い教師を育てる図解式板書術，小学

館。  
岩瀬直樹・川村卓正，2010. 子どもの力を引き出す板  
書・ノート指導のコツ，ナツメ社。

(奥村英樹：生活科学部児童学科教育工学研究室)