

ARを用いた児童用地図学習教材の開発と評価[†]

小杉大輔^{*1}・手島裕詞^{*2}・神田明治^{*3}

静岡文化芸術大学^{*1}・佐世保工業高等専門学校^{*2}・袋井市教育委員会^{*3}

本研究では、Augmented Reality (AR: 拡張現実) を用いた児童用地図学習教材を開発した。本教材では、地図記号が描かれた正方形のマーカーを、PC に接続した Web カメラで撮影すると、PC 画面上ではマーカーの上にその地図記号が示す建築物が表示される。まず、調査対象となった児童の学区にある施設の地図記号マーカーを作成し、この学区の地図上に配置した。次に、本教材の地図学習への効果を測定するための実験的な授業をおこなった。その結果、本教材は、地図に写真を付した一般的な教材と同様に児童の地図記号の学習に有効であることが示唆された。

キーワード：拡張現実，地図学習，教材開発，児童

1. はじめに

ICT の発展にともない、地図情報をめぐる状況にも著しい変化が起こった。カーナビゲーションシステムやタブレット PC・スマートフォンで使うことのできる GIS (Geographic Information System) の普及は、地図をより身近なものにした。そのような現在において、地図が有効に活かされていくためにも、子どもたちに対する地図教育は大変重要になるといえる。その中で、新しい学習指導要領には、小学校の社会科において、地域社会や国土に対する理解をいっそう深め、主体的に生きていくための基盤となる知識・技能を身につけることを重視して、全学年で、地図や地球儀の活用を重視することが明記されている (文部科学省 2008)。

また、授業での ICT の活用が推進される昨今、Web 上で公開されている航空写真や立体地図が補助的に使用されるようになってきた。さらに、とくに地図記号学習については、様々な ICT 教材が開発されており、Web 上でもそれらを使用することができる。しかし、

これらの教材は、地図記号の名称 (意味) に関するクイズ形式を採用しているものが大半であり、暗記の側面が強調されることから、学習意欲を持続させるのが難しくなる可能性がある (阿久津ほか 2007)。また、地図記号の名称の記憶に焦点が当たることにより、社会的事象を 2 次元化するという地図記号の役割の理解が損なわれる可能性がある。地図指導には、ある地域のさまざまな施設の空間配置を認知し、それに地図記号をマッチングさせ、平面地図を描く能力、あるいは、平面地図を通じその地域の様子を読み取る能力の獲得が目指されているのである。

本研究では、このような能力の獲得を支援する ICT 教材の開発を行った。今回我々は、ICT の中で、AR (Augmented Reality: 拡張現実) に注目した。AR とは、行為主体が見ている現実世界の視覚情報に対し、CG などで表現される仮想物体や文字情報をリアルタイムで合成・提示することで、様々な情報を付加する技術である (加藤 2002)。AR は、軍事研究、ゲーム、携帯電話で実用化が進む一方 (日経コミュニケーション 2009)、医療分野、建築・都市計画分野等への応用も期待され、研究が進められている (田村 2004)。その中で、拡張現実型のカーナビゲーション (本多ほか 2006)、ジオラマを利用した複合現実型のハザードマップ (田村ほか 2007) など、地図への AR 提示に関する研究も行われている。

手島・小杉 (2009) は、これらの先行研究を踏まえ、児童を対象とした地図学習教材の開発とその評価に関する基礎的研究を行った。この研究では、地図上に描

2012年3月30日受理

[†] Daisuke KOSUGI^{*1}, Yuji TESHIMA^{*2} and Akiharu KANDA^{*3}: Development and Evaluation of Map Study Materials for Elementary School Students Using Augmented Reality

^{*1} Shizuoka University of Art and Culture 2-1-1, Chuo, Naka-ku, Hamamatsu City, 430-8533 Japan

^{*2} Sasebo National College of Technology 1-1, Okishin-cho, Sasebo City, Nagasaki, 857-1193 Japan

^{*3} Fukuroi City Board of Education 1-1-1, Araya, Fukuroi City, Shizuoka, 437-8666 Japan

かれた幾何学マーカー上に、その位置にある施設の3次元CGが表示されるAR地図の開発を行っている。さらに、表示された施設の名称、位置などの記憶成績をもとに、この教材による学習の効果について客観的に検証した。本研究では、この先行研究を発展させ、身近な地域の空間配置と地図記号の学習を支援する教材を開発した。さらに、通常の授業において地図学習を開始する小学校3年生を対象に、後述する実践的調査を行い、本教材の効果について検討した。

小学校中学年における地図教育の実践例としては、

- ①身近な地域を歩いて社会的事象を観察、調査する、
- ②この体験活動後、白地図をもとに絵地図を作成する、
- ③地図記号の学習とともに絵地図から平面地図へ移行する、という指導がある(寺本 2002)。

地図指導①の過程では、屋上などの高所から、俯瞰的な視点で地域の様子を観察させ、建物等の空間的な位置関係を把握させる段階があるが、本研究で開発したAR地図では、カメラの視点の操作によって、3次元CGの空間配置を俯瞰的の視点を含めたさまざまな視点から見ることができ、この段階をPC上で体験できるといえる。また、地図指導③の過程では、主な施設を小さな箱のような立体で置き換えた地図を作成し、施設どうしの位置関係の理解を促す段階があるが、本教材では、地図記号の上にそれに対応した施設の3次元CGが重畳表示されることから、この過程についても、PC画面上で体験できるといえる。

2. AR 地図学習教材の開発

AR地図の開発には、ARToolKitを使用した(加藤 2002)。ARToolKitは、正方形マーカーをカメラで撮影することで、カメラ座標系におけるマーカーの3次元位置や姿勢を推定することのできるライブラリであり、撮影されたマーカー上に3次元情報を合成表示することもサポートしている。マーカーは、黒い正方形の太枠の中に、白黒またはカラーの図案があるものを使用する。この条件さえ満たしていれば、任意のパターンを作成することができる。また、GPL (General Public License) に従って頒布されており、自由に使用することができる。

本研究では、マーカーとして、正方形の太枠の中に地図記号を描き、またマーカーの向きを指示するために右下隅に微小な正方形を描いた図形を用いた。地図記号は、市役所、郵便局、消防署、図書館、小学校、銀行、工場、寺院の8種類を用いた。地図記号(と施

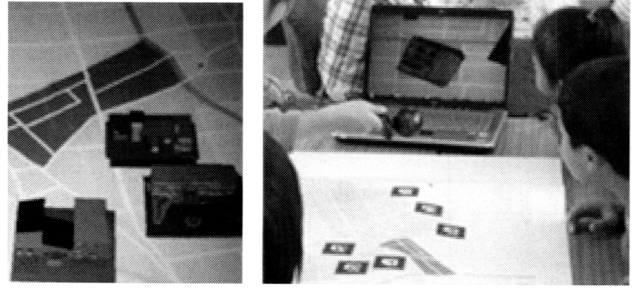


図1 AR地図の表示例. 左: ARによる3次元CGが重畳表示された地図, 右: 児童による操作の様子.

設)の選定に際し、後述する実験の実施場所となった小学校の社会科担当教師からの要望に従った。

マーカー上に重畳表示される建物の作成は、3次元モデリングソフトを用いて行った。静岡県袋井市立A小学校区に実存する施設(上述の8種類)の写真を撮影し、それを基にしてモデリングした。そして、8種類のマーカーパターンをプログラムに登録し、それぞれに対応した3次元CGをマーカー上に重畳表示する教材ソフトウェアを制作した。ユーザーが地図記号マーカーをカメラで撮影すると、その上に、地図記号が指示する施設の建物が建っているように見える。また、ユーザーがカメラを動かすことにより、建物をあらゆる視点から見るができる。

袋井市立A小学校区の白地図に、この地図記号マーカーを配置した。地図の右下には、地図記号の意味(名称)を示した。この記載方法は、袋井市内の小学校で用いられている社会科副読本「わたしたちの袋井市」に掲載されている地図に従った。地図の大きさは50.0cm×82.5cmであり、地図記号マーカー(以下では地図記号と記述する)の大きさはすべて5.0cm×5.0cmであった。この地図をカメラで撮影すると、PC画面上では、地図記号が指示する施設の建物の立体的なCGが、地図記号上に重畳表示された地図を見ることができた。

開発した教材ソフトウェアをグラフィックスハードウェアを備えたPCにインストールし、このPCに高解像度のカメラを取り付けた。このカメラで撮影した映像をPCの液晶ディスプレイに表示させた。以下では、これらの装置と大型地図を併せて、AR地図と呼ぶ(図1)。

3. AR 地図の有効性に関する比較実験

本研究では、小学校3年生の児童を対象に、本教材の効果測定するための実験を行った。実験は、参加

児を対象にした地図学習の導入的授業として、通常の授業内で実施した。また、手島・小杉（2009）を踏まえ、AR 地図の効果と、写真を付した従来型の地図教材の効果とを比較した。

3.1. 方法

3.1.1. 参加者

静岡県袋井市立A小学校の3年生の2クラス47名が参加した。この47名は、クラスごとに、AR 地図を用いて学習するAR条件（23名）と後述する写真条件（24名）に割り振られた。さらに、クラス内で3-4名ずつの6グループに分けられ、グループごとに後述する学習課題を行った。

3.1.2. 写真地図

「わたしたちの袋井市」を参考に、上述のAR地図で用いたのと同じ白地図上に、各地図記号に対応した建物の写真を添付した。各写真は対応する地図記号と直線で結ばれていた。各写真の大きさは9.5cm×12.5cmであった。各写真の下に建物の名称を記し、地図記号の意味の説明に代えた。この教材を以下では写真地図と呼び、この教材で学習を行う条件を写真条件と呼ぶ。

3.1.3. 事前・事後テスト

地図学習の実施前と実施後に、確認テストを実施した。これをそれぞれ、事前テストと事後テストと呼ぶ。

テスト用紙（A4用紙1枚）の上部には、上述のAR地図を縮小し、地図記号を①から⑧の番号に置き換えたものを表示した。その下に、8個の地図記号を縦に並べ、その右横に各地図記号の名称の回答欄を設けた。また、地図記号の列から左側に、①から⑧の番号を縦に並べて表示した。そして、その地図記号が①から⑧のどの位置にあったかを地図記号と番号を線で結んで回答させた。回答例を小学校の地図記号を用いて示した。小学校の位置は①であった。したがって、回答は7個の地図記号について求めたことになる。

事前テストにより、児童が学習前にもっていた地域の地図についての知識を確認した。事前テストと事後テストの成績を比較することにより、各地図教材による学習の効果を測定することを目的とした。

3.1.4. 装置

AR条件では、各グループにノート型PCとカメラ、そしてAR地図を配布した。また、写真条件では、各グループに写真地図を配布した。

3.1.5. 手続き

実験はA小学校の教室で行った。実験者は、筆者3名と大学生1名であった。この4名のうち、1名が児

童への教示とストップウォッチによる時間の計測を行った（以下、第1実験者と呼ぶ）。残りの3名は、地図の配布と設置、回収、児童のカメラ操作の補助、テスト用紙の配布と回収を行った。この4名の他、各クラスの担任が参加した。実験の開始にあたり、第1実験者はまず、これから児童の学区の地図についての学習を行うことと、今回行うテストが学校の成績には関係がないことを説明した。続いて、事前テストを実施した。回答時間は5分間であった。

事前テスト用紙の回収後、第1実験者は、児童に対し、説明用の図版を用いて、AR地図もしくは写真地図の内容の説明を行った。AR地図については、カメラ等の操作の説明を加え、学習中に分からないことがあれば、周りの実験者に質問するように求めた。さらに、時間内に1人90秒間ずつカメラを操作するように求めた。

続いて、両条件ともに、6分間で、各グループで協力して、地図記号の名称とその位置をできるだけ多く、正確に覚えるように教示した。

この教示の後、他の実験者が、各グループにAR地図もしくは写真地図を配布した。この時点では、地図は裏返しにされていた。続いて、第1実験者は児童に地図を裏返すように指示し、卓上ベルを用いて学習の開始を告げた。また、第1実験者は、AR条件では90秒ごとに卓上ベルを鳴らし、カメラの操作を交代するように求めた。第1実験者が学習終了のベルを鳴らすと、他の実験者はすぐに地図およびPC、カメラを回収した。

教材の回収後、5分間の遅延時間を置き、事後テストを開始した。回答時間は5分間であった。

実験終了後、両条件において、担任がこの授業と今後の授業とのつながりについての補足説明を行った。また、条件間の処遇差を縮めるために、写真条件では児童がAR教材を体験する時間を設けた。

3.2. 得点化と分析

実験終了後、第1実験者は、事前・事後テストの採点を行った。漢字の誤りは減点しなかった。

名称得点 各地図記号について、位置の正解不正解に関わらず、名称を正しく回答した場合それぞれ1点を付与した。したがって、この得点は7点満点であった。

地図理解得点 各地図記号の位置と名称の両方を正しく回答した場合、それぞれ1点を付与した。したがって、この得点は7点満点であった。

各得点を、条件×順序の2要因分散分析（混合法）にかけた。条件の要因はARと写真の2水準、順序の要因は事前テストと事後テストの2水準であった。

表1 AR条件と写真条件の各得点の平均値(と標準偏差)

得点の種類	条件	事前テスト	事後テスト
名称	AR	1.57 (1.10)	3.91 (1.86)
	写真	2.04 (.35)	4.17 (1.91)
地図理解	AR	.30 (.55)	1.82 (1.52)
	写真	.38 (.48)	.92 (1.15)

3.3. 結果と考察

表1に、AR条件と写真条件における各得点の平均値と標準偏差を示した。分散分析の結果、まず、名称得点では、順序の主効果のみが有意であった ($F(1, 45) = 60.82, p < .001$)。次に、地図理解得点では、交互作用が有意であった ($F(1, 45) = 4.99, p < .05$)。単純主効果を検定した結果、条件の単純主効果は事後テストにおいてのみ有意であった ($F(1, 45) = 5.13, p < .05$)。順序の単純主効果はAR条件においてのみ有意であった ($F(1, 45) = 24.7, p < .001$)。また、順序の主効果が有意であった ($F(1, 45) = 22.1, p < .001$)。

これらの結果から、まず、地図記号の名称については、AR地図による学習後において、写真地図による学習後と同様の数が記憶されていたことが示された。さらに、地図記号の位置と名称をあわせた記憶については、AR地図による学習後の方が有意に優れていたことが示唆されたといえる。

4. ま と め

本研究の結果から、AR地図が児童の地図学習に対し、より一般的な形式の教材である写真教材と同等の効果があることが示唆された。一方、俯瞰的な視点を含むさまざまな視点から対象の空間配置を見ることができるといふAR地図の特性から、とくに地図記号の位置に関する学習の効果は、写真地図による学習に比して高くなることが期待されたが、地図理解得点の結果は、これを支持するものとなった。

しかしながら、表1からも明らかのように、本研究の結果では、事後テストの得点が全体的に高いとはいえない。この点について、まず、学習時間の長さの問題が考えられる。本研究の実験授業では、地図学習を開始していない児童に対し、6分間での学習を求めたが、この時間では短すぎたために、AR条件、写真条件ともに、児童の学習能力を過小評価する結果となった可能性がある。次に、これらの教材を地図学習のどの段階で用いるべきかという問題がある。とくにAR

地図については、今回の実験授業は、地図学習の導入の段階で用いる場合のシミュレーションとなったが、他の段階で用いることも検討すべきである。たとえば、地図学習の過程を振り返るまとめの段階で用いる、あるいは、本教材を児童による学区の探索の過程の直後で用いることにより、地域の建物等の空間的な位置関係を把握させ、それらを2次元化させる過程を補助する側面が強調される可能性がある。

これらの問題点を踏まえ、今後も、本教材の改良を進めつつ、地図指導への有効な活用法を精査し、実践的検証を継続していきたい。

参 考 文 献

- 阿久津敏克・川島芳昭・石川 賢 (2007) グループ学習を目的としたドリル型学習ソフトウェアの開発と評価 (II) - 小学校社会科における地図記号の学習について - . 宇都宮大学教育学部教育実践総合センター紀要, **30** : 37-46
- 袋井市教育委員会 (2007) わたしたちの袋井市. 袋井市教育委員会
- 本多充知・加藤博一・西田正吾 (2006) 時空間画像を用いたカーナビのための自転車位置補正. 電子情報通信学会技術研究報告, **MVE2006-44**(2006-09) : 7-12
- 加藤博一 (2002) 拡張現実感システム構築ツールARToolKitの開発. 電子情報通信学会技術研究報告, **PRMU 101**(652) : 79-86
- 文部科学省 (2008) 小学校学習指導要領 http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/syo/ (参照日 2012.03.30)
- 日経コミュニケーション (2009) ARのすべて一ケータイとネットを変える拡張現実. 日経BP社
- 田村秀行 (2004) 複合現実感型情報提示が招く新しい視界 - 医学分野の実用可能性を探る - . 電子情報通信学会技術研究報告, **MI2003-83**(2004-01) : 47-52
- 田村秀行・柴田史久・木村朝子・坂井陸一・横江祥吾・濱田純也・家崎明子 (2007) 防災研究・防災対策のための複合現実型情報提示 : ジオラマを利用した体験型動的ハザードマップ. 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, **12** : 567-576
- 手島裕詞・小杉大輔 (2009) Augmented Realityを用いた児童用教材の開発. 電子情報通信学会論文誌D, **J92-D**(11) : 2067-2071
- 寺本 潔 (2002) 社会科の基礎・基本 地図の学力. 明治図書

(Received March 30, 2012)