

ケータイムトラベラー：過去世界の訪問を実現する携帯電話による歴史学習システム

山田 敬太郎^{†1} 垂水 浩幸^{†1} 大黒 孝文^{†2}
楠 房子^{†3} 稲垣 成哲^{†2} 竹中 真希子^{†4}
林 敏浩^{†1} 矢野 雅彦^{†5}

歴史学習を対象としたフィールドワークを GPS 携帯電話を用いて支援するシステムの開発と、これを用いた実践授業を行った。学習者は、三次元モデルを元に携帯電話の画面上に再現された過去の世界を訪れ、現在の様子との違いを認識することから学ぶ。昭和 13 年の阪神大水害の様子を三次元モデルで作成し、中学 3 年生に対して実践授業を行いその教育効果を検証した。その結果、生徒全員から本システムへの肯定的な反応があり、過去と現在を結び付けながら学んでいる様子が分かった。三次元モデルにより、自由な視点での過去の様子を知ることができる点への評価が高かった。また、携帯電話を用いることにより機器に親しみやすく、生徒の関心を高めることに効果的であることが分かった。これらのことから、本研究のアプローチが有効であることを実証できた。

Development and Evaluation of a Mobile Learning System to Visit a Virtual Past World

KEITARO YAMADA,^{†1} HIROYUKI TARUMI,^{†1}
TAKAFUMI DAIKOKU,^{†2} FUSAKO KUSUNOKI,^{†3}
SHIGENORI INAGAKI,^{†2} MAKIKO TAKENAKA,^{†4}
TOSHIHIRO HAYASHI^{†1} and MASAHIKO YANO^{†5}

We have developed a system using mobile phones with attached GPS to learn history. This system enables students to do fieldwork with a visit to a virtual world from the corresponding location in the present world. The virtual world designed a 3D model of a past world of 1938, when a landslide occurred. The 14-15-years-old students visited the past world and learned much about it. We have found that the system helped students learn about their local area's history by enabling them to compare the past and the present and to observe the

past world from arbitrary viewpoints. Because mobile phones are familiar and portable, students' motivation was enhanced.

1. はじめに

携帯電話や PDA などの機器を用いたモバイルラーニングが注目されている。モバイル機器は手軽に持ち運べるので、屋外でも画像や音声による学習支援を行え、学習者の深い理解を促進する。またモバイル機器の通信機能を利用することで学習者間の情報共有や相互コミュニケーションが可能となる。

本研究では歴史学習を対象としたフィールドワークでの活動を支援する、GPS 機能付き携帯電話による学習支援システムの開発を行った。本システムは携帯電話の画面上に再現したその地の過去の世界を訪れ、仮想的に歴史の追体験を行うことから学ぶ過去体験型学習システムである。本システムは携帯電話（ケータイ）による時間旅行（タイムトラベル）から学ぶというコンセプトから「ケータイムトラベラー」と呼ばれる。

本研究の目的は、ケータイムトラベラーによる教育現場での本格的な実践授業を行い、その実用性および教育効果を検証することである。具体的には、

- (1) PDA や大型端末を用いなくても、市販の携帯電話のみを使って仮想世界を訪問するフィールドワークの実現が可能であり、また中学生により利用可能であることを示す。
- (2) (1) の方法を地域の歴史学習に用い、中学生学習者の学習意欲を喚起したことを検証する。また、ケータイムトラベラーのどのような側面が学習に効果的であるかを確認する。

^{†1} 香川大学
Kagawa University

^{†2} 神戸大学
Kobe University

^{†3} 多摩美術大学
Tama Art University

^{†4} 大分大学
Oita University

^{†5} 株式会社富士通四国システムズ
Fujitsu Shikoku Systems, Ltd.

2. 関連研究

現在、モバイル機器を用いて学習支援を行う試みがさかに行われている。たとえば PDA を利用した学習支援システムに文献 1), 2) があり、これらは学習者の屋外での活動を支援する。他の例に DigitalEE II³⁾ があり、これは遠隔地の専門家（指導者）と学習者の情報の共有を可能とする。他に携帯電話を利用した事例もいくつか報告されており、携帯電話のカメラ機能に着目したものに文献 4), 5) が、GPS 機能に着目したものに文献 6), 7) がある。たとえば HyConExplorer⁶⁾ では、GPS 測位による位置情報をもとに、学習地点にメッセージを残す機能を提供している。

仮想世界を教育に利用する試みはいくつかある。たとえば文献 8) は、仮想世界としてサバンナの様子を PDA 上に再現し、学習者はライオンの役割を演じ、仮想的にサバンナを駆け巡り狩りを体験する。サバンナでの学習者の位置は GPS 測位による位置情報をもとに現実世界に対応づけられるが、実際に活動する場所はサバンナとは無関係である。一方、ケータイムトラベラーは学習場所の過去の様子を携帯電話の画面上に再現するため、その場所と関連した学習を行うことが特徴である。

歴史を対象としたモバイルシステムに Past Viewer⁹⁾、Augurscope¹⁰⁾ がある。Past Viewer は限られた観測地点を対象に、そこで起きた事件や過去の映像を、HMD (Head Mounted Display) に映し出すことで歴史のつながりを体感できるシステムである。これに対しケータイムトラベラーでは過去の様子を三次元モデルによって再現しており、携帯電話の GPS 機能を用いて現在位置に応じた過去の様子を任意の場所から任意の角度で閲覧する。GPS を利用している点、三次元モデルによって過去の様子を再現している点は Augurscope も同様であるが、Augurscope は三脚にディスプレイを取り付けたもので、重量が重く機動性に欠ける。また、学習に用いた評価はされていない。一方、ケータイムトラベラーは市販の携帯電話のみを使用しているため、持ち運びが容易で実用性が高く、低コストである。

3. ケータイムトラベラー

3.1 概 念

ケータイムトラベラーは、携帯電話の画面上に再現した過去の世界を訪れ、歴史の追体験を仮想的に行うことから学ぶ過去体験型学習システムである。ケータイムトラベラーのシステム概念を図 1 に示す。学習者は三次元モデルによって再現した過去の様子と現在との違いを認識することで、この体験を通したより深い学習が可能となる。また、過去の世界に配置



図 1 ケータイムトラベラーの概念
Fig. 1 Concept of KEI-Time Traveler.

した当時の人物が、当時の様子について語ったり、学習者への指示を行ったりすることで学習を支援する。この過去の様子を再現した仮想世界は、GPS 測位による位置情報を基に現実世界に対応づけられ、学習者は現在位置に対応した過去の様子を閲覧することができる。

3.2 アプリケーション

ケータイムトラベラーは過去の様子を再現した三次元モデルと専用閲覧ソフトによって構成されている。専用閲覧ソフトは、Brew¹¹⁾ により開発を行ったので、GPS による位置情報（緯度、経度）の取得を端末側で自律的に繰り返し行える。このため学習者の移動にともなって三次元モデルに対する視点を追従させて画面を変化させることが可能となり、より現実感のある体験学習の機会を提供できる。

この種の GPS を用いたアプリケーションでは GPS 誤差が問題となる。このため GPS 測位の結果をそのまま使用すると、画面の再描画のたびに、視点が大きくずれるという現象が起こる。そこで、道路など学習場所の物理的状況を考慮して、現在位置が歩行経路上の位置となるように補正処理を行う。

三次元モデルと専用閲覧ソフトは一体化されており、これを携帯電話にダウンロードした後、使用することができる。ただし、今回は方位の自動検出機能は利用していない。電子コンパスを備えた機種を利用すれば自動検出は可能であり、実装も行っているが、一般にあまり普及していないため今回の利用は見送った。

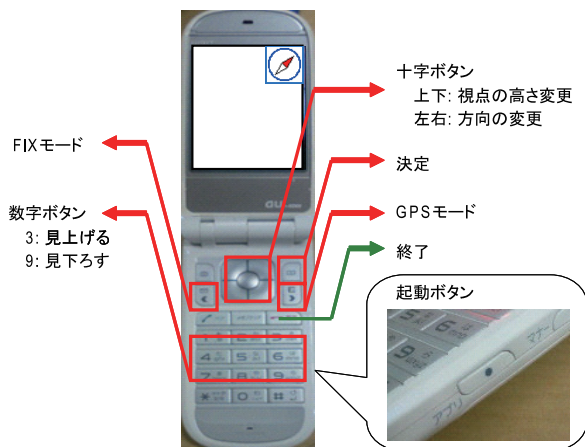


図 2 操作マニュアル
Fig. 2 Opeation manual.

3.3 アプリケーションの操作

専用閲覧ソフトは定期的に位置情報の取得を行い、三次元モデルの内容を参照し、学習者の位置に応じた画像を生成し携帯電話の画面に表示する。今回の実装では、おおむね 5 秒以内の再描画が実現できている。また、学習者の操作により視点の上下移動、視線角度の変更（見上げる、見下ろす）、回転（方向の変更）といった操作を行うことで、あらゆる角度から過去の様子を確認することができる。回転操作の際は、画面右上に表示したコンパスを参照しながら、自身の体をその方角に合わせる必要がある。また、学習者の近くに過去の人物がいる場合、その人に近づくとメッセージが画面に表示される。訪問している時代が何年であるかは、今回の場合事前に教示してあるので表示していない。

図 2 にケータイムトラベラーの操作マニュアルを示す。なお、図中の FIX モードと GPS モードについては後述する。

4. 教材設計

4.1 学習テーマ

神戸市の中学校 3 年生を対象に、ケータイムトラベラーを用いた実践授業を行った。実施場所となる神戸市は、過去に治水が十分ではなかったため豪雨による災害を多く受けてき

表 1 授業日程

Table 1 Schedule or the class.

日付	学習内容
2007 年 11 月 13 日	授業ガイダンス
2007 年 11 月 16 日	フィールドワーク 1
2007 年 11 月 27 日	前回の調査内容の発表
2007 年 11 月 30 日	フィールドワーク 2
2007 年 12 月 4 日	授業のまとめ



図 3 流石の碑（神戸市東灘区，住吉学園内）
Fig. 3 Monument of a Fallen Rock.

た。表 1 に示すように、この学習は 5 回の構成で実施し、座学とフィールドワークによって神戸市、住吉川の水害と治水の歴史について学んだ。第 1 回では昭和 13 年の阪神大水害についての概要と、ケータイムトラベラーの操作概要をレクチャーした。第 2 回のフィールドワーク 1 で本研究を適用した。第 3 回ではフィールドワーク 1 の成果について発表会を行った。第 4 回では、生徒は別の場所（堰堤）を訪問して現在の防災のしくみを学んだ。第 5 回で全体のまとめを行った。

フィールドワーク 1 の学習対象となっている史跡の 1 つに流石の碑（図 3）がある。この碑は阪神大水害の被害を後世に伝える石碑である。この石碑の上部に設置されている巨石は、水害の際に流れてきたもので、碑の土台の高さ（約 2m）は流れ込んだ土石流の高さを示している。この水害のすさまじさを中学生に伝える目的でケータイムトラベラーによる実践授業を行った。

4.2 三次元コンテンツの作成

阪神大水害の際に土石流によって埋めつくされた、流石の碑周辺の直径 80 m 程の範囲の様子を三次元モデルによって再現した。過去の世界には、流石の碑に使われている石も配置することで、過去と現在とをつなぐ役割を持たせている。また、被害に苦しむ当時の人物を

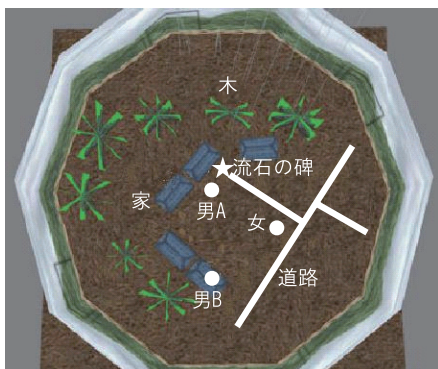


図 4 仮想オブジェクト配置図
Fig. 4 Virtual world map.

3名登場させ、当時の様子を語らせる。三次元モデル化にあたっては、流星の碑での現地調査、住吉川周辺の歴史に詳しい郷土史家の意見、国土交通省近畿地方整備局六甲砂防事務所発行の資料などを参考に慎重に行った。図 4 に過去の世界の仮想オブジェクトの配置図を示す。白の実線は歩行経路であり、GPS から得られた位置データは最も近い歩行経路上の点に補正される。

ケータイムトラベラーを起動すると、土石によって埋めつくされた様子が地中視点で表示される。これは、生徒自身が土石の下に埋もれていることを意味する。このままでは当時の様子を確認することができないため、視点の高さを上に変更するよう操作させる。視点を上昇させると、土石によって埋めつくされた当時の様子が上空視点で表示され、あらゆる視点で過去の様子を確認することができる。図 5 (a) ~ (c) にケータイムトラベラーの画面例を示す。

一般に GPS 測位の結果は最良の条件下でも 5 ~ 10 m 程度の誤差を含む。このため自動で GPS 測位を行い、その結果を基に絶えず画面が更新される本アプリケーションでは、画面のちらつきが発生する。流星の碑付近では立ち止まって実際に碑を観察するようになるのでちらつきは特に問題である。そこで、画面が自動更新される GPS モードとは別に、流星の碑の前でのみ観測位置を固定する FIX モードを設け、最初に FIX モードを使用するよう生徒に指導した。



図 5 画面例

Fig. 5 Examples of screenshot.

4.3 比較対照 2D コンテンツ

本研究では、ビデオ、インタビュー、生徒の作文による評価を中心としたが、補助的に中学校の授業時間の範囲内で実施可能な比較対照実験を行った。この比較対照実験は 3D モデルと GPS を用いた仮想世界訪問と 2D モデルによるコンテンツとの比較を行うものである。このため、画像とテキストのみによる比較対照用コンテンツを HTML のみで作成した。

本コンテンツはトップページと 3 つの詳細ページで構成されており、GPS は使用しない。使用している画像は、三次元モデルから再現した過去の様子の一部を、2D の静止画像として切り取ったものである。画像には当時の人物キャラクターも含めており、テキストによる説明はケータイムトラベラーと同様に人物キャラクターの視点で行う。図 5 (d) に 2D 比較対照コンテンツの画面例を示す。

5. 実践授業

2007 年 11 月 16 日、13:45 ~ 16:00 の時間帯に生徒らは阪神大水害と関わりの深い 4 カ所

を訪れて、その被害について学習した。このうち、ケータイムトラベラーは流石の碑周辺での学習の際に使用した。出席者は男子 11 名 (M1 ~ M11)、女子 23 名 (F1 ~ F23) の計 34 名であった。携帯電話の使用は事前に決められた 2 名 1 組のペアで行った。事前に予定されていたパートナーが欠席した一部の生徒は他の生徒のペアに合流して 3 名で 2 台を使用した。フィールドワークはできるだけ少人数で行えるように、34 名をさらに 4 つのグループに分けて時間帯をずらして行った。ケータイムトラベラーを利用した時間はそれぞれ 10 分程度である。生徒たちはこの間、熱心にケータイムトラベラーを利用し、携帯電話を他の用途に使用することはなかった。

事前に、11 月 13 日の授業で、生徒に操作マニュアルを配布して携帯電話の操作説明を行っている。ただしこの日は本番で見られる画像や画面の動きは見せていない。16 日のケータイムトラベラー使用前にさらに使用方法指導を行った。これは主に方位についての操作上の注意であり、その場でどちらが北かを確認し、画面上のコンパスを実際の北に一致させるよう注意した。

ケータイムトラベラーと 2D 比較対照コンテンツの体験順は半分の生徒 (17 名) がケータイムトラベラーを先に使用し、後から 2D 比較対象コンテンツを使用した。残りの生徒は逆順で使用した。

6. 評価分析

6.1 評価方針

本研究では実際の中学校の授業での実践により評価する。研究の目的 (1), (2) を検証するための主要な評価は、生徒のフィールドワーク中の行動や会話のビデオ記録の解析、フィールドワーク後に実施したインタビューと生徒の作文の解析によって行う。補助的に、比較対照実験も用いている。ただし、授業計画などの制約により、比較対照実験は短時間で実施できるものに限られた。今回は、実施可能な比較対照実験として、ケータイムトラベラーの特徴の 1 つである 3D モデルを用いた効果を検証するため、2D モデルによる静止画コンテンツとの比較実験を計画した。以下、比較対照実験などについて確認するためフィールドワーク後に行った質問紙調査の結果をまず 6.2 節で述べる。

次に 6.3 節において、ビデオ記録、インタビュー、生徒の作文の総合評価を述べる。ビデオは参加した 34 名全員の学習中の行動を記録したものである。インタビューは、質問紙調査の直後に行ったもので、都合のついた生徒 30 名に対して行ったものである。作文は全 5 回の授業 (表 1) 終了後に生徒が書いたもので「評価シート」と呼ばれている。評価シート

表 2 質問紙調査結果 (N = 34)

Table 2 Results of questionnaire.

質問	評価数					平均	標準偏差
	5	4	3	2	1		
1 当時の様子を知るにはどちらが良いですか?	23	9	2	0	0	4.62	0.60
2 水害のすさまじさが伝わったのはどちらでしたか?	18	11	4	1	0	4.35	0.81
3 どちらが当時の人の気持ちになれましたか?	18	9	4	3	0	4.24	0.99
4 今後も使ってみたい教材はどちらですか?	20	12	2	0	0	4.53	0.61
5 携帯電話の操作はわかりましたか?	13	17	2	2	0	4.21	0.81
6 画面の中の登場人物はいた方が良いですか?	25	8	1	0	0	4.71	0.52
7 登場人物からの呼びかけは学習の役に立ちましたか?	11	16	6	1	0	4.09	0.79

を回収できたのは 33 名分 (男子 11 名、女子 22 名、女子 1 名欠席) であった。評価シートは、以下の 4 項目に沿って授業の感想を自由に書かせたもので、生徒が学習成果を自己評価するためのものである。

- 今回の学習の中で一番アピールできることは何ですか。
- この活動の中で勉強になった活動と身についたことは何ですか。
- すべての活動についてふり返ってあなたが気づいたことは何ですか。
- 携帯電話の活用についてあなたが感じたことは何ですか。

6.2 質問紙調査

フィールドワーク終了後、参加者に対して質問紙調査を実施した。問 1 ~ 問 4 は、5 段階評価 (5 が最良) でケータイムトラベラーと 2D 比較対照コンテンツとを比較してどちらが学習に役立ったかを尋ねた質問で、ケータイムトラベラーを選択した場合を肯定的な意見とし最良評価としている。問 5 ~ 問 7 はケータイムトラベラーについて尋ねた質問でそれぞれ「わかった」、「いた方が良い」、「役に立った」を肯定的な意見とし最良評価としている。

表 2 に示すようにケータイムトラベラーについての評価は全体的に高い。しかし、問 2 の質問に対して 1 名が、問 3 の質問に対して 3 名が 2D 比較対照コンテンツの方が「やや良い」と答えた。問 5 では携帯電話の操作は分かったかどうかを尋ねた。参加者 34 名中 31 名は携帯電話を所有しており、日頃から携帯電話の操作に慣れているため、多くの生徒は携帯電話を問題なく使いこなしていた。問 6、問 7 では過去の世界に配置した当時の人物について尋ねた。こちらも多くの生徒が登場人物はいた方が良い、学習の役に立つと肯定的な回答を得た。

問 1 ~ 問 4 については、2 つのメディアの体験順序による差異を念のため確認した。結果を表 3 に示す。A 群は 2D 比較対象コンテンツを先に体験したグループ、B 群は逆順のグ

表 3 問 1～問 4 の体験順による比較
Table 3 Comparison wrt. the order of two experiences.

質問	A 群		B 群	
	平均	S.D.	平均	S.D.
1	4.8	0.39	4.4	0.74
2	4.7	0.59	3.9	0.83
3	4.5	0.71	4.0	1.07
4	4.8	0.39	4.2	0.68

ループで、ともに 17 名である。後で体験したものの印象が強く残っているためか、A 群の方がケータイムトラベラーの評価が相対的に高く、評価の分散が小さい。ただし B 群であってもケータイムトラベラーの方が評価が高いことには変わらない。

このほか、ケータイムトラベラーの良い点、改善してほしい点について自由記述で回答を求めた。ケータイムトラベラーの良い点を尋ねた場合に得られた回答をまとめると、34 名中 22 名の生徒が「ケータイムトラベラーの利用が学習に役立った」という意味を含むコメントを残した。中でも 14 名の生徒は「3D だからあらゆる視点で立体的に見ることできる点が良かった」という意味を含むコメントを残した。また 8 名の生徒は「過去と現在とを比べながら学習することができる点が良かった」という意味を含むコメントを残した。

ケータイムトラベラーの改善してほしい点についての回答をまとめると、11 名の生徒が「移動にともなう携帯電話の画面の更新をもっとスムーズにしてほしい」という意味を含むコメントを残した。また「現在の自分の位置がよくわからなくなった」という生徒が 1 名、「方位磁石がよくわからなかった」という生徒が 1 名いた。

問 2、問 3 の質問でケータイムトラベラーよりも 2D 比較対照コンテンツの方が「やや良い」と答えた生徒が数名いたのは、これらの問題が発生せずじっくりと画面を確認することのできる 2D 比較対照コンテンツの方を好んだという可能性も考えられる。画面の更新速度については利用した携帯電話機 (W31T) の技術的な制約によるものである。自身の位置や方位が分からなくなるという問題は、GPS 誤差や方向を自分で操作することによる混乱などが考えられる。GPS 誤差についても技術的な限界によるものである。電子コンパスによる方向の自動検出は、前述のとおり今回は利用していない。このほか、7 名の生徒が「グラフィックスの解像度をもっと高めてほしい」という意味を含むコメントを残した。グラフィックスは携帯電話の解像度やメモリ容量に依存するため、今回使用した携帯電話の性能上これが限界であった。しかしながら、これらの技術的問題があるにもかかわらず多くの生徒から好評価を得ることができ、後述のように学習上の効果も確認できたことは収穫である。

表 4 評価シートの内容別集計結果 (N = 33)
Table 4 Analyses of “Evaluation Sheets.”

項目	評価数
過去の様子を理解することができた	22
3D だから分かりやすい	12
現地で体験できることが良かった	11
携帯電話が学習に役立った	9
他の授業でも利用したい	6
過去の人物がいるのが良かった	4

5 名の生徒が「見ることのできる範囲を広くしてほしい」と答えた。技術的には範囲を広げることは可能であるが、今回は安全管理も考慮して学習に必要なと考えた範囲のみコンテンツを制作した。生徒はもう少し広く動きたかったようだ。しかしこれは、生徒がケータイムトラベラーに興味を持ったからこそその意見であり、むしろ肯定的意見ととらえることができる。

6.3 テーマ別分析

ビデオ、インタビュー、評価シート解析を総合して以下にテーマ別に述べる。評価シートについては、33 名の生徒全員が何らかの肯定的な意見を述べていた。表 4 に生徒が評価シートに記入した意見を内容別に集計した結果を示す。

6.3.1 過去と現在の重ね合わせ

フィールドワーク中、M10 と M11 のペアは、携帯電話の画面に表示された過去の様子と現在の様子とを比べ、水害の規模がどの程度であったかを画面を通して推測していた。

M10: “電信柱だ?” (携帯電話の画面を見ながら)

M11: “うん。電信柱がそれってことは相当高いってことだよな?”

M10: “そうだな。これが家の屋根だからな?”

M11: “ならあの辺とかすごいな … それならオレら沈んでることになるんだな?” (空を見上げて指差す, 図 6 *1)

流石の碑の前では、多くの生徒が携帯電話の画面と流石の碑を見比べながら学習を行っていた。フィールドワーク中、F16 は携帯電話上の過去の世界に配置した流石の碑をモデルにした石と現実の流石の碑を見比べながら、その石がなぜこの位置まで流れ着いたのかを推測し、パートナーの生徒に説明した。

*1 本論文内の写真はすべて生徒および保護者の承諾のうえ掲載している。



図 6 上空を指差し過去の被害を想像する生徒
Fig. 6 Students discussing the disaster (1).



図 7 身振り手振りを交えて議論する生徒
Fig. 7 Students discussing the disaster (2).

F16：“こう山があって、大きな石がこっちの家まで『ガー』って流れてきた”（図 7）。

生徒たちが携帯電話の画面を通して過去の様子を感じとり、土石流の被害について学習を行っていたことは、以下のコメントからも見てとることができる。

“流石の碑で実際に自分がそこにいるみたいと感じた。写真や絵とは違った考え方がもてたと思う？”（F17，評価シート）

“そんなに被害はないのかな”って軽い気持ちで見に行っただんですけど、携帯電話で人が浮かんでたり、家が沈んでいる状態っていうのが見えて、当時の風景というのがなんとなくかめた気がしました？”（F1，インタビュー）

これらは、携帯電話の画面に表示される過去の様子と現在とを結び付けながら学ぶということが、有効に作用していることの証拠の一部である。表 4 にも示されているように、過去の様子を現地で体験できることへの評価は高い。

6.3.2 三次元モデルによる効果

フィールドワーク中、M8 と M9 のペアは視点の変更や方向の変更といったケータイムト

ラベラーの機能を効果的に利用して、あらゆる角度から過去の様子を確認していた。

M8：“いっぱいまで上昇。一番上まで上がってみて？”

M9：“9？”（9のボタンを使うのかという意味）

M8：“そう？”

M9：“うわ～入る。もうちょっと角度つけて。回ってみる？”

M8：“回ってみよ？”

M9：“どっちに回る？”（携帯電話のコンパスの動きに合わせて体を回す）

M8：“人流れてるよ”

また、三次元モデルで過去の様子を再現したことによる利点を以下のように評価する生徒がいた。

“平面上だと紙とあまりかわらないけど、3Dなら自分の上から見たり下から見たりできるから良いと思う？”（F8，インタビュー）

“3Dにより、当時の様子を上空から見ることで被害が予想できた？”（F9，評価シート）

一方で三次元モデルによる画面は見にくいという意見も一部に挙がった。質問紙調査の問 2 で 2D 比較対照コンテンツの方が「やや良い」と答えた F10 は、インタビューで“2Dの平面的な画像は見やすかったです”と答えた。2D 比較対照コンテンツに使用している画像は、三次元モデルの一部を 2D の画像として切り取ったものであり、同じ画質のものである。これを考慮すると F10 の指摘は、移動にともなう画面のちらつきが影響していると思われる。これは先にも述べたように携帯電話の技術的制約によるものである。

これらの証拠および表 4 から、過去の様子を三次元モデル化は、ほぼ有効であったといえる。

6.3.3 過去の人物への感情移入

仮想世界中に配置した人物に対して興味を持ち、当時の人の気持ちになって考える生徒がいた。

“屋根とかが埋まっていて、その上に人が乗って助けを求めている怖いと思いました？”（F6，インタビュー）

“昔の映像を見て、キャラクタの意見を聞くことができたことが良かった。現代のものを見るだけではわからない、当時の人の気持ちを知ることができました？”（F12，評価シート）

仮想世界中に人物を配置し、その人物を通して当時の人の気持ちを語らせることで、生徒に当時の人の気持ちについて考える機会を与えることができる。しかし、今回用意したのは想像上の人物であり、また発言などの表現方法によっては生徒が過剰に反応してしまうこと

も考えられるので注意が必要である。

6.3.4 携帯電話を利用することのメリット

携帯電話を利用することで理解が深まったという意見が生徒からあがった。

“携帯電話を使って学習することで覚えにくいことでも、すーっと頭に入ってきたので良かった？”(M7, 評価シート)

“歩き回りながら昔と今を比べることで、暗記じゃなくて自分の体で覚えることができたと思います。(携帯が)あることでやっぱり印象が強くなったと思います？”(F19, インタビュー)

携帯電話が手軽に持ち運べ、いつでも使用できることを利点としてあげた生徒、身近なものであるという点を評価する生徒がいた。

“携帯電話は持ち運びがしやすく、とてもこの学習に適した機械だと思った？”(F16, 評価シート)

“今、とても身近に感じる携帯電話で学習できるのは楽しいし、絵も見られてわかりやすい？”(F11, 評価シート)

ほかに、携帯電話は画面が小さいが、小さくても十分であるという意味のコメントを2名が残した。逆に携帯電話の画面が小さいことを問題とするコメントは評価シートにはなかった(ただし、質問紙調査の自由記述に1名あった)。

“携帯電話の小さな画面でも伝わったことはたくさんあったと思うから、このことを発信していけたらいい？”(F7, 評価シート)

これらの評価は、携帯電話の日常性や携帯性の有効性を示していると思われる。

6.3.5 学習の動機付け

携帯電話、ケータイムトラベラーの利用が、生徒の学習意欲を引き出していると思われるコメントが上記以外にも多くの生徒から見つかった。

“携帯電話という身近なものを使うことで、普通の校外学習よりも集中した活動ができたように思う？”(M9, 評価シート)

“初めての体験で面白かった。3Dで見て体験しながら、昔の状況がわかった？”(F20, インタビュー)

“キチッとした授業ではないのにちゃんと頭の中に入っていた？”(F21, 評価シート)

このほかに、別の場所や他の授業でもケータイムトラベラーを使ってみたい、あるいは他の人にも使ってほしいという意見が5名の生徒からあがった。

“今回のような携帯電話を利用した授業なら、他の授業でも、何十時間でも受けたいと思

う？”(F19, 評価シート)

このように生徒は、教室で書籍や写真から学ぶ一般的な授業とは異なる、携帯電話を利用して行うフィールドワークにより、強く動機づけられた。

6.3.6 教師の意図と生徒の学習成果

今回のフィールドワークにおいて教師の期待した効果は、「昭和初期に起こった土砂災害は最近では見られないような規模のものであった」ことを生徒が実感することである。これにより、次の学習(フィールドワーク2)へつなげて全体としての学習効果を上げることが期待できる。授業後の教師の感想は期待どおりの効果が得られたとのことであったが、具体的には以下のような証拠例があげられる。

(1) 6.3.1項に示したM10とM11の会話。

(2) 別の生徒(3名グループ)の実践中の会話：

M5：“あ、何か溺れてる人いる？”

M7：“え？”

M5：“ほら？”

M7：“本当だ…溺れてるよ？”

M5：“家全滅？”

M6：“家全滅。死んでるって、死んでるって…家が沈んでる…死んでるって？”

M5：“それわかれへんやろ？”

M6：“酷(こく)すぎるだろ酷すぎるだろ？”

(3) 評価シートの記述

表4に示したように、評価シートで過去の様子(すなわち被害が甚大であったこと)に言及していた生徒は22名いた。また、過去の様子について直接言及していなくても、教師の意図どおりに過去と現在の防災設備の違いについて言及した生徒を含めると26名であった。具体的な記述例をあげる。

“えん堤があるのとないのとで、どれだけの災害が起こるのかということがよくわかった？”(F5, 評価シート)

“昭和13年のころのことがはっきりとわかり、今が昔よりどれだけ安心かに感じました？”(F22, 評価シート)

“昔の人の気持ちや被害を通して、現在ではダムを作るなどS13のような被害をくり返さないために工夫されていることがわかったことです？”(F12, 評価シート)

“砂防の大切さ・当時の被害がどれほど大きかったか？”(F9, 評価シート)

6.3.7 コンテンツによる過度な影響

コンテンツの影響を受けて、過去の様子を想像する生徒が数名いた。

“3D で見て「森が多かったな」と思ったんですけど、今は住宅地が多くなっているようなので、森を切り開いたんだと思いました？”(F2, インタビュー)

“みんな屋根青いよね．ちょっとおしゃれた？”(M10, ビデオ記録)

F2 のコメントは過去の世界に配置した木を見てのものである．流石の碑周辺の当時の詳細資料は残っておらず、木の密度まで正確に当時を再現したものではない．また、F14 の発言は過去の世界に配置した家の屋根についていったものであるが、当時の時代背景を考えれば、屋根は灰色のような色とするのが適当であり、これはコンテンツ作成時の不注意であった．このように、過去の世界を完全に正確に再現することは不可能であるが、不正確なディテールに生徒が反応してしまう点は課題である．

7. ま と め

GPS 携帯電話によって過去の世界をその場で閲覧する「ケータイムトラベラー」システムを利用した中学生への学習実践とその評価について述べた．この結果、1 章で述べた本研究の目的について、以下のことを確認することができた．

- (1) 携帯電話上で現在利用できる最も柔軟かつ高速なソフトウェア規格である Brew によって開発したケータイムトラベラーを用いて、中学生が仮想的な過去世界を訪問するフィールドワークを実践できた．一部に技術的改善要望もあったが、2 名以上のグループで利用したことにより、相互に助け合ったため利用につまずく生徒はいなかった．またケータイムトラベラーに対し、生徒全員から何らかの積極的な評価が表明された．PDA を用いたシステムや Augurscope のような大がかりなシステムと比較すると性能、特に画面の大きさで劣るが、逆に携帯性や日常性が良い効果をもたらした．
- (2) 評価分析の結果、生徒は過去の様子と現在とを現地で比較することで、当時の人の目線で物事を考え、被害のすさまじさを感じとっていることが確認できた．特に三次元モデルを用いることにより、自由な角度からその地の過去の災害の様子を知ることができる点の評価が高かった．また生徒の発言や作文から、高い学習モチベーションが得られたことが確認できた．これらの結果により、本アプローチを有効に使えたといえる．

生徒からはケータイムトラベラーの問題点も指摘された．多かった意見として画面の更新速度、グラフィックス精度の向上がある．これらは利用した携帯電話端末の技術的な制約に

よるものであるが、技術の進歩を待って改善したい．にもかかわらず、これだけの高評価を生徒から得ることができたことから、ケータイムトラベラーが歴史学習において有効であるといえる．また、コンテンツの具体的内容に学習者が過剰に反応する場合があることも課題としてあげられる．コンテンツの作成にあたっては、現存する資料を参考に慎重に行い、教師が適切にサポートを行う必要がある．

ケータイムトラベラーはその場で現在と過去を比較することができ、生徒が自主的探索的に学習活動を行える．これらは教科書やビデオなど従来の教材にはない利点である．一方で、コンテンツの全体像をすばやく把握しにくいことはこのメディアの欠点としてあげられるが、これは学習者の探索的行動を促すことと裏腹である．また、生徒のモチベーションが高くなる結果として、本論文であげた「コンテンツによる過度な影響」の問題が他の教材メディアより強く現れる可能性があり、注意が必要である．

携帯電話のみを用いているので、関連研究と比較すると本研究は最も現場応用への可能性が高い．コンテンツを差し替えれば閲覧ソフトは他のフィールドワークにも流用可能である．また、今回は同一機種を生徒に貸与したが、生徒の個人所有の携帯電話であっても (Brew 対応機種であれば) 利用できる．したがって必要なコストは限定的である．

ただしコンテンツ開発には資料収集と慎重な検討、現場観察と現場テスト、作成ノウハウが必要である．今回の場合、コンテンツ作成は中学校教員が関係者から資料提供を受け、研究者チームとともに現地を訪問し、教育の観点から効果的なコンテンツを検討・設計した．設計結果に基づき、携帯電話向けゲームのグラフィカルなコンテンツについて開発経験の豊富な企業に実装を外注した．このような企業は限られたデータ容量で最も有効な視覚的效果を作り出すノウハウを有している．また開発後は現地テストを中学校教員、研究者チーム、外注先スタッフが共同で行い、その後、授業の限られた時間内で円滑に学習できるようにするため細かい修正作業を行った．今回は初めての経験であるため設計・開発に時間を要したが、今回の経験に基づけば、資料収集以外は 1 回の現地調査、3 人週程度の外注、さらに 1 回の現地テスト程度で開発可能と思われる．もっとも外注予算を捻出できる教育機関は限られるであろうから、いますぐ多くの教育現場でローカルな教材を個別開発できるという程度の手軽さにまでは達していない．より手軽にコンテンツを開発できるようにすることは今後の課題であり、現地情報収集方法やテスト項目の体系化・ツール整備などを検討したい．しかし人気の修学旅行先など、多くの学習者の訪問が期待できる場所で使用する場合は、現状程度のコスト・開発時間は妥当な範囲と考えられる．

今回は流石の碑周辺の直径 80m 程の範囲のみを三次元モデルによって再現した．今回使

用した端末であっても容量にはまだ余裕があるので、同じ場所で2~3の異なる時代のコンテンツを切り替えて観察したり、また1つの時代であってもより広範囲を対象としたりすることは可能である。また、端末容量に収まらない広域コンテンツについては、コンテンツデータを逐次的にサーバからダウンロードすることも技術的に可能である。今後さらにさまざまな教育現場での実践を行いたいと考えている。

最後に、後日談になるが、生徒の1名(F11)は工業高専の土木系学科に進学した。ケータイムトラベラーの体験などを通して防災に興味を持ったとF11は証言している。本学習によりモチベーションが向上した象徴的な事例である。

謝辞 本研究は科学研究費基盤研究(B)「携帯電話を用いた仮想体験に基づく総合学習」(課題番号18300289)による。KDDI株式会社、株式会社ビットシフト、株式会社エイチアイ、学校法人住吉学園、国土交通省近畿地方整備局六甲砂防事務所のご協力に感謝する。

参 考 文 献

- 1) 安川直樹, 大崎智弘, 阿部光敏, 守屋和幸, 酒井徹朗: 自然・環境学習における観察記録の作成・共有支援, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.6, No.2, pp.213-220 (2004).
- 2) Rogers, Y., Price, S., Fitzpatrick, G., Fleck, R., Harris, E., Smith, H., Randell, C., Muller, H., O'Malley, C., Stanton, D., Thompson, M. and Wea, M.: Ambient Wood: Designing New Forms of Digital Augmentation for Learning Outdoors, *Proc. International Conference on Interaction Design and Children 2004*, pp.3-10, ACM Press (2004).
- 3) Okada, M., Yamada, A., Tarumi, H., Yoshida, M. and Moriya, K.: DigitalEE II: RV-Augmented Interface Design for Networked Collaborative Environmental Learning, Designing for Change in Networked Learning Environment, *Proc. Computer Supported Collaborative Learning 2003*, Wasson, B., Ludvigsen, S. and Hoppe, U. (Eds.), pp.265-274, Kluwer Academic (2003).
- 4) Takenaka, M., Inagaki, S., Ohkubo, M., Kuroda, H. and Doi, S.: Development of a Collaborative Learning Support System Using Camera-Equipped Mobile Phones: A demonstrative experiment in a 1st-grade class of a Japanese elementary school, *Proc. International Conference on Computers in Education 2004*, pp.457-465 (2004).
- 5) Mitchell, K. and Race, N.J.P.: uLearn: Facilitating Ubiquitous Learning through Camera Equipped Mobile Phones, *Proc. IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education 2005*, pp.274-281 (2005).
- 6) Bouvin, N.O., Brodersen, C., Hansen, F.A., Iversen, O.S. and Nøregaard, P.:

Tools of Contextualization: Extending the Classroom to the Field, *Proc. International Conference on Interaction Design and Children 2005*, pp.24-31, ACM Press (2005).

- 7) Tarumi, H., Satake, F., Kusunoki, F. and Takahashi, M.: Collaborative Learning with Fieldwork Linked with Knowledge in the Classroom, *Proc. IADIS International Conference on Mobile Learning 2007*, pp.204-208 (2007).
- 8) Benford, S., Rowland, D., Flintham, M., Drozd, A., Hull, R., Reid, J., Morrison, J. and Facer, K.: Life on the Edge: Supporting Collaboration in Location-Based Experiences, *Proc. CHI 2005*, pp.721-730, ACM Press (2005).
- 9) Nakasugi, H. and Yamauchi, Y.: Past Viewer: Development of Wearable Learning System for History Education, *Proc. International Conference on Computers in Education 2002*, pp.1311-1312, IEEE Computer Society (2002).
- 10) Schnadelbach, H., Koleva, B., Flintham, M., Fraser, M., Izadi, S., Chandler, P., Foster, M., Benford, S., Greenhalgh, C. and Rodden, T.: The Augurscope: A Mixed Reality Interface for Outdoors, *Proc. CHI 2002*, pp.9-16, ACM Press (2002).
- 11) Leavitt, N.: Will wireless gaming be a winner?, *IEEE Computer*, Vol.36, No.1, pp.24-27 (2003).

(平成20年4月11日受付)

(平成20年10月7日採録)



山田敬太郎

2006年弓削商船高等専門学校卒業。同年香川大学工学部信頼性情報システム工学科編入学。2008年同大学院工学研究科信頼性情報システム工学専攻入学。



垂水 浩幸 (正会員)

1988年京都大学大学院工学研究科博士後期課程情報工学専攻修了。同年日本電気(株)入社。1997年より京都大学助教授。2001年香川大学工学部教授。2002年(株)スペースタグ取締役兼業。モバイル情報サービス, グループウェア, ネットワークコミュニティ, ヒューマンインタフェース等に興味を持つ。ACM, IEEE等各会員。工学博士。



大黒 孝文

神戸大学発達科学部附属住吉中学校勤務。神戸大学大学院人間発達環境学研究科博士課程後期課程在学。国土交通省近畿地方整備局六甲砂防事務所，六甲山系学習ゾーン検討委員会委員（2006，2007年）。協同学習・教師教育に興味を持つ。日本科学教育学会，日本理科教育学会，日本教育方法学会各会員。



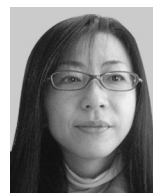
楠 房子（正会員）

1997年東京大学大学院工学系研究科先端学際専攻博士課程修了。博士（工学）。同年より多摩美術大学美術学部デザイン学科講師となり，現在，同大学情報デザイン学科准教授。1998～2001年JST さきがけ研究21「情報と知」研究員兼任。HCI，学習支援の研究に興味を持つ。



稲垣 成哲

1983年広島大学大学院教育学研究科博士課程前期修了。横浜国立大学教育学部助手，山口大学教育学部講師，神戸大学発達科学部講師，同助教授を経て，現在，神戸大学大学院人間発達環境学研究科教授。主に，科学教育におけるコンピュータを利用した学習支援の研究に従事。日本科学教育学会，日本理科教育学会各会員。



竹中真希子

2005年神戸大学大学院総合人間科学研究科博士課程後期課程修了。2004年より大分大学教育福祉科学部および同大学院教育学研究科講師。2006年准教授。ケータイを利用した学習支援，教育におけるICTの活用等に興味を持つ。



林 敏浩（正会員）

1994年徳島大学大学院工学研究科博士後期課程システム工学専攻修了。博士（工学）。同年佐賀大学理工学部講師，1996年同助教授。2004香川大学総合情報基盤センター助教授。現在，香川大学図書館・情報機構准教授。高度教育システムの研究に従事。電子情報通信学会，教育システム情報学会，日本教育工学会，日本科学教育学会，人工知能学会，ゲーム学会各会員。



矢野 雅彦

1990年香川大学教育学部美術科デザイン専攻卒業。株式会社富士通四国システムズ勤務。モバイルソリューショングループ・プロジェクト課長。WEBアプリケーション，携帯電話アプリケーションの設計・開発に従事。関心テーマはITとデザインをつなぐこと。AE（IPA），PMP。ITコーディネータ。