

3次元地球儀ソフトウェアを用いた 地理学習支援システムの設計と実現

山崎庸平[†] 石川正敏[†] 金子敬一[†]

近年、環境への関心の高まりなどにより地理教育の重要性が増している。さらに、GISなどの地理情報を扱うツールの個人利用が広まりつつある。そこで本研究では、Google Earthに代表される3次元地球儀ソフトウェアの地理学習への応用とその有用性の検証結果について報告する。具体的には、我々は、気候、海流などの地球規模の現象をテーマにした学習システムをGoogle Earthを用いて試作し、従来の紙地図等を用いた学習との学習効果に関する比較実験をした。その結果から提案システムの方が、従来の学習方式より学習効果があり、意欲的に学習できることを確認した。

A Design and Implementation of A Supporting System for Learning Geography using 3D Globe Software

YOHEI YAMAZAKI[†] MASATOSHI ISHIKAWA[†]
KEIICHI KANEKO[†]

Recently, geography education is getting more important because of increasing concerns of people about environmental problems. In addition, tools for geographic information such as a GIS are now widely used. Therefore, in this study, we report on an application of a 3D virtual globe such as Google Earth to geography education and its effectiveness. Concretely describing, we have designed and implemented a learning system for global phenomena such as climate, ocean currents, and so on by using Google Earth, and compared its learning effects with those by the conventional learning activity based on a textbook and an atlas. As a result, it is verified that our system has better learning effects and the learners can be motivated further than the conventional method.

1. はじめに

近年、人やもの、経済のグローバル化や地球規模の環境問題への関心の高まりから、地理学習が重要になりつつある。地理学習において、地図は、言葉では表現が困難な位置関係を学習者に伝えるのに広く利用される重要な道具である[1]。特に地球儀は、平面地図と比べて縮尺や方位等といった空間の情報を正確に表していることから、グローバルな視点から地理を学習するのに有益である。しかし、地球儀は、平面地図と比べて加工することが難しく、高価であるため、小中学校などの教育機関での利用は少ない[2][3][4][5]。

地理情報システム (GIS, Geographic Information System) は、計算機上で地図の閲覧や編集、分析を行うためのシステムである。近年のインターネットの帯域幅増加と計算機の描画能力の向上によって、WWW上での地図ビューワを含めた広い意味でのGISの個人利用が増加している。このような背景から地理教育において様々なGISの利用が試みられている[6][7][8][9][10]。本研究は、このようなGISの中で、地

球儀を計算機上で再現した3次元地球儀ソフトウェア (Google Earth [1], Virtual Earth など) の地理教育における活用に焦点をあてる。特に本研究では、Google Earth (以下 GE と記す) の地理学習での利用について述べる。従来の地理学習支援システムに比べて、GEを活用したシステムは、安価で高解像度な航空写真を利用できるだけでなく、すでに数多く公開されている最新の地理情報を容易に地理教育に利用できる。

本稿では、地球規模の現象である気流や海流を題材にGEを用いて学習するシステムを試作し、その効果を検証するための予備実験について報告する。この実験では、被験者に対し、本システムか紙地図等を用いた学習を行い、その学習効果を比較した。また、同時に被験者に対してアンケートを実施し、提案システムの親和性を評価した。この実験の結果から本システムの方が、従来の学習方式より学習効果があり、学習意欲を継続できたことを示すことができた。

2. 関連研究

3次元地球儀ソフトウェアを用いた既存の学習教材を調査し、その問題点を明らかにする。

“ガイアチャンネル～3D地球儀で眺める世界史～”

[†] 東京農工大学
Tokyo University of Agriculture and Technology

[12] は歴史教育ソフトウェアであるが、多くの地理情報を 3 次元仮想地球儀上に表示可能なことから地理教育への応用も考えられる。残念ながら、このソフトウェアは、3 次元仮想地球儀の視点移動が自由にできない点や、地形や地名などを地球儀上のラベルだけでしか示せない点で、学習者の地理に対する理解を深めることができるとは限らない。さらにこのソフトウェアは、線やポリゴンなどの基本的な図を地球儀上に重ねることができないという問題点もある。

Handy Globe [13] も、地理教育支援のためのシステムである。このソフトウェアは、視点移動や気候図の表示の切り替えといった機能に加えて、3 次元仮想地球儀へのリンク機能があり、写真や Web ページと 3 次元仮想地球儀を関連付けることができる。しかしこのソフトウェアは、指導者や学生が地球儀上に線やポリゴンなどの図を追加することができない。

“地理探検ナビ Japan&World 中学校版” [14] は、中学校の地理授業支援ソフトウェアである。このソフトウェアは、日本地図、世界地図に加えて 3 次元仮想地球儀を教材として利用できる。このソフトウェアでは 3 次元仮想地球儀の自由な視点変更が可能であり、地名や地形名、緯度経度線、赤道などの地図としての基本情報を表示可能である。しかしながら、このソフトウェアは学習項目の解説機能と地球儀が連動していないため、学習者は学習項目と地域との関係を十分に理解できるとは限らない。

NASA World Wind [15] は、米国航空宇宙局が公開している 3 次元地球儀ソフトウェアである。このソフトウェアは、地理学習に有益な情報を数多く含んでいる。特に、このソフトウェアにより、気温や降水量などのデータをインターネット経由で取得し、その値に応じて 3 次元仮想地球儀を色分けすることができる。さらに、World Wind Java SDK が公開されており、このソフトウェアを利用者独自のシステムに組み込むことができる。しかしながら、指導者が、この SDK を利用して地理学習のコースウェアを実現するには、十分なプログラミング経験が必要である。

3. 地理学習支援システム

3.1 学習項目・学習対象者

地球儀は、地球を模して作られたものである。したがって、地球儀は、平面に展開して表現される地図に比べて地理的な位置関係を正確に表現できるので、地球規模の現象の図示に適している。

地理学習は、近年の地図を使ったサービスの増加に伴って関心が高まりつつある分野であると考えられる。

したがって、本研究では、対象を小学生や中学生などの生徒に限らず、一般の利用者を想定する。

3.2 地理学習支援システムの要求

これまでに述べてきた学習システムの問題点を克服し、本研究で扱う学習項目を学習者が効果的に学ぶには次のような要件を満たす必要がある。

(1) 自由な視点変更

地球儀は、地図に比べて正確な地理関係を表現できるという利点を持つ。しかし、一度に閲覧できる範囲が限られている。この問題を解決するために、提案システムでは自由な視点変更ができなければならない。

(2) 地球儀上での領域等の図示

学習項目に関連する事柄を視覚的に表現することは、学習者の理解を促すのに役立つ。これは、地理学習においても同様である。特に地図や地球儀に、ラベルとともに図を重ね合わせることは、学習者の空間認識に役立ち、効果的な学習を支援する。

(3) 学習項目に関する解説と連動した地図の提示

地理学習において、解説と連動して地図を示すことによって、学習者は、地域と学習項目を関連付けて学習することができる。これにより、効果的な地理学習を実現することができる。

3.3 地理教材提示のための Google Earth 利用

前節の要求を満たす地理学習支援システムを実現するために、本研究では、Google 社が提供している 3 次元地球儀ソフトウェア Google Earth を利用する。GE は、直感的に地球儀の回転や視点変更、拡大縮小などの操作が可能であるのに加えて、独自に作成した図を容易に地球儀上に重ねることができる。さらに、Google 社は、外部プログラムから GE を制御するための COMAPI を公開している。これにより、文章による解説と GE を連動させることが可能となる。

本研究では、3 次元仮想地球儀に重ねあわせる図として、ラベル、ポリゴン、矢印を用いる。表示例を図 1 に示す。本研究で用いるラベルやポリゴンは、GE で地理情報を表示するための KML フォーマットに単純に従うことで表現することができる。したがって、教材に利用できる多くの図は、特別なツールなしに、GE の基本機能だけで作成可能である。さらに指導者は、様々な組織や個人が公開している GE 用の地理情報 (KML ファイル) を取り込み、教材として利用することができる。

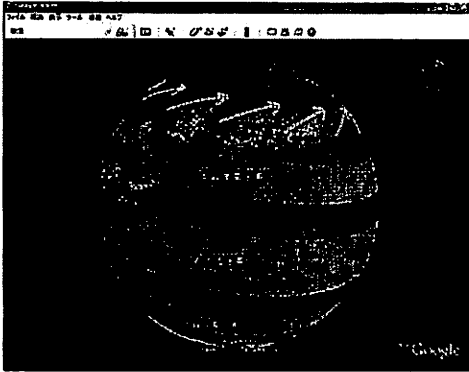


図1 ラベル, ポリゴン, 矢印を持つ教材例

Figure 1 An Example of Learning Materials with Labels, Polygons and Arrows

残念ながら、GE は、矢印を線やポリゴンと同じように記述するための機能を提供していない。そこで、本研究では、GE 上で3つの直線を組み合わせて矢印を作図するためのツールを作成した(図2)。本ツールは、GE の3次元仮想地球儀に対してマウスで始点と終点を指定することによって矢印を自動的に生成する。さらに本ツールは、一度に複数の矢印を作成できる。また、本ツールは矢印の太さや色、GE 上で吹き出しとして表示する簡単な説明を追加できる。作成された矢印のデータは、KML 形式のファイルとして出力されるので、GE を用いて直接作成した地理情報と同様に扱える。

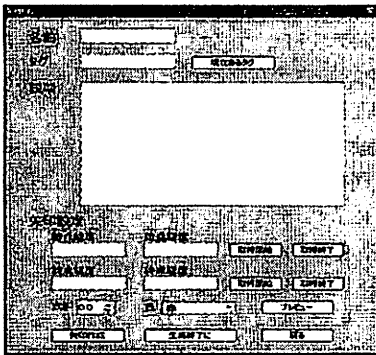


図2 矢印作成支援ツール

Figure 2 An Arrow Figure Making Tool

一方、GE に示すラベル、線、ポリゴン、矢印と連動して表示される解説文は、WWW で広く利用されている HTML で記述される。これにより、教材作成者は、既存の Web ページ作成支援ツールなどを利用して、解説文を容易に作成することができる。

1つの教材は、1つの解説文(HTML 文章)と複数の地理情報(KML ファイル)からなる。コースウェアは

1つ以上の教材からなる順序列である。本研究で作成したシステムは、コースウェアの順序に従って自動的に教材を提示するものである。ただし、本稿で述べるシステムでコースウェアを実現するにはシステムのソースコードの書き換えが必要である。つまり現時点では Visual Basic.NET のプログラミング経験のある指導者でなければ、本システムによるコースウェアを実装することはできない。本システムの今後の課題として、プログラムとコースウェアの記述を分離する必要があると考えている。

本稿で示すシステムは、GE の3次元仮想地球儀の操作機能に加えて、指導者が用意した教材を順に閲覧する機能だけを提供している。本システムは単純なシステムであるが、指導者が学習項目に応じた教材を自分で用意できるため、既存の教材やシステムに比べて、より効果的な指導ができると期待される。

3.4 提案システムによる地理学習方法

本システムは、教材の解説部分を学習者に提示するためのテキストビューワと、教材の図の部分を表示する3次元地球儀ソフトウェア(GE)からなる(図3)。

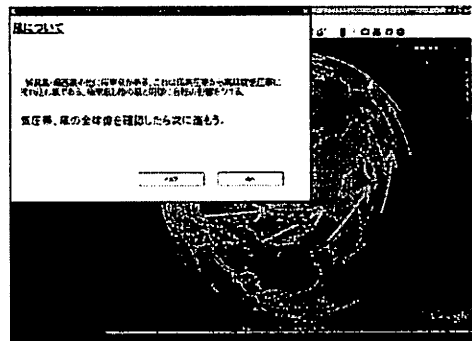


図3 地理学習支援システムの概観

Figure 3 Overview of Geography Learning System

学習者は、本システムを使って次のような手順で地理を学習する。学習者は、(1) テキストビューワで1教材分の解説を読み、(2) “3D 地球儀参照” ボタンを押し、教材の図を反映させた地球儀を閲覧する。すべての教材が終わるまで学習者は(1)、(2)を繰り返す。学習過程を進行させるためのシステムへの入力、すべてマウスによる単純な操作で実現される。これにより、学習者は学習行為に集中することができる。3次元仮想地球儀の閲覧の際、学習者は視点を自由に変えて気流や海流の分布を確認することができる。

3.5 学習内容詳解

本システムでは、地球儀の特徴を最大限活かすために学習内容として地球規模な現象である気流・気圧

帯・恒常風・海流を扱う。具体的な学習内容は以下の通りである。

- 気流
日照時間や日光の入射角度などは季節や地域によって異なるため、地球は一概に暖められるわけではない。このため、地球の大気には上昇気流や下降気流のような対流が起こる。このような上昇気流、下降気流について気流の項目で扱う。
- 気圧帯
上昇気流や下降気流により、気圧の差が生じる。このとき、高気圧に覆われる高気圧帯や低気圧に覆われる低気圧帯が発生する。このように発生した赤道低気圧帯、中緯度高気圧帯、高緯度低気圧帯、極高気圧帯といった内容を気圧帯の項目で扱う。
- 恒常風
気圧に差が生じると風が発生する。風には様々な種類が存在し、そのうち半永久的に一定の方向に吹く貿易風、偏西風、極東風といった風を恒常風の項目で扱う。
- 海流
海流が生じる原因は様々である。ここでは恒常風が主要因となって生じている海流を扱う。また暖流や寒流についても海流の項目で扱う。ただし、非常に多くの海流が存在するため、ここではその名称に触れないこととした。

本システムは気流や海流などのメカニズムの理解を重視し、名称の暗記に重みを置かない。なぜなら名称を暗記するためには、クイズ形式の教材が有効であると考え、そのような教材には必ずしも地球儀を用いる必要がないからである。図4に本研究の予備実験で用いた教材(テキストビューを除いた3次元地球儀ソフトウェアに示した図の部分のみ)の例を示す。

4. 予備実験

4.1 実験環境および手順

本節では、本研究で試作した地理学習支援システムの学習効果を検証するために実施した予備実験について述べる。本実験は、大学生、大学院生、計18名を2つのグループA、Bに分けて、以下の手順で実施した。

- (1) 事前テストを実施(9分間)
- (2) グループAは本システムを、グループBはテキストと地図帳を用いた学習を実施(16分間)



図4 気流に関する教材の例

Figure 4 An Example of Learning Material About Air Currents

- (3) 事後テストを実施(9分間)
- (4) グループAはテキストと地図帳を、グループBは本システムを用いた学習を実施(16分間)
- (5) 最終テスト(9分間)およびアンケートを実施

事前テストでは、ほぼ全員が0点だったため、グループ分けは、人数が同じになるようにランダムに行った。グループAは、まずシステムによる学習を行い、事後テスト後にテキストと地図帳による学習を行った。一方グループBは、グループAと逆の順序で学習を行った。テキストと地図帳による学習では、事前に学習箇所を印を付けた“理解しやすい地理B”[16]と“地歴高等地図”[17]を使用した。事前テスト、事後テスト、最終テストは、すべて同じ問題を使用した。テスト内容は本システムで学習する内容に即した高校生レベルの問題を用いた。

本実験で用いたテストは、白地図に気流や海流等の名称と図を書き込む形式で行った。出題した問題の例を図5に示す。テストは、気流、気圧帯の境界、高・低気圧、気圧帯の名称、風向き、風の名称、海流の向き、暖・寒流に分類して集計した。それぞれの項目の配点は、9、4、4、4、6、3、14、14の58点満点である。本研究では、気流等の名称を記憶するより、気流等がどのように流れているかを学習者に認識してもらうことを目的としているため使用したテストの配点に偏りを設けた。

この実験では、テストによる学習効果の評価に加えて、学習者による本システムの主観評価を調べるためにアンケートを実施した。アンケートでは、地理を学習する上で紙面とシステムのどちらが良かったか、システムの良かった点、悪かった点などを被験者に尋ねた。

3. 海図に関して。
 (1) 海図を地図に描いてください。その際、緯度を赤、経度を青でご記入下さい。名称は必要ありません。

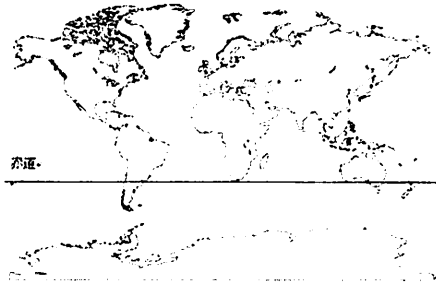


図5 テストの設問例

Figure 5 An Example of Evaluation Test

4.2 実験結果

図6は、各グループの事前テストの平均点と比較して、事後テスト、最終テストにおける平均点の伸びを示している。

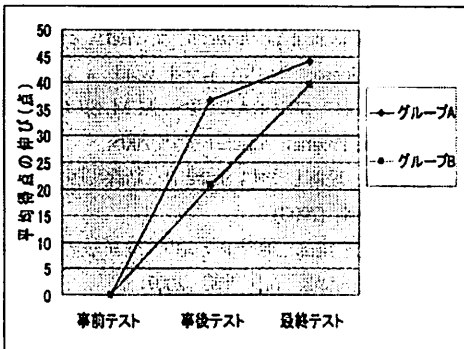


図6 平均点の伸び

Figure 6 Growth of Average Scores

図7はそれぞれのグループの学習項目ごとの事前テストと事後テスト間の平均点の伸びを示す。

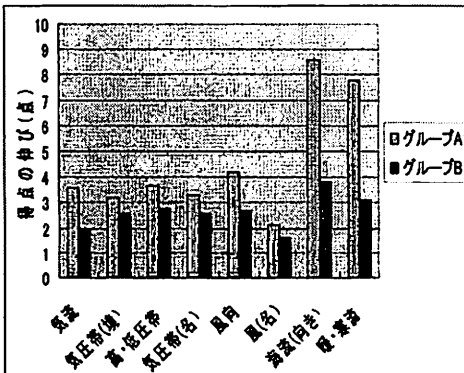


図7 学習項目ごとの平均点の伸び

Figure 7 Growth of Average Scores for Each Learning Item

図6, 7それぞれの結果から、本システムの方が従来の紙媒体による学習より効果的であることがわかる。

特に図6の事後テストの平均点の伸びに対してt検定を行った結果、99%以上の確率で有意な差があり(t値: 3.98, P値: 0.000908), 本システムの有効性を示すことができた。さらに本実験では、実験グループの分割は、ランダムに行った。この際、事前テストの平均点に有意な差がないことを確認している。

最終テストと同時にを行ったアンケートについて述べる。本システムの全体評価として、学習項目を理解しやすく、今後も使ってみようという好意的な結果を得た。被験者のコメントには、「飽きにくい」や「実際自分で手を動かして学習を進める点が良い」という好意的なもの他に「概略をシステムで理解した後、紙で勉強する方法が効率的だと思う」という指摘があった。3次元仮想地球儀を用いた点については、「立体的になっていて、イメージがしやすい」や「平面地図では切れ目になっている部分が、地球儀では繋がっていてイメージしやすい」という好意的な意見に加えて「地軸を固定して欲しかった」という要望があった。

5. 考察

提案システムを用いた地理学習に関する評価実験およびアンケート結果から得た知見について述べる。テストの結果から本システムは、従来の紙媒体を利用した学習より効果的な学習が可能であることがわかる。特に、図7の結果から本研究で扱った気圧帯などの地球規模の現象を学習するのに本システムが適していることが分かる。これは提案システムの方が、紙媒体の地図等と比べて、視覚的にわかりやすく概要が理解し易い、説明と連動して地球儀上の図が切り替わったりするため図が学習者の印象に残りやすいなどの理由からであろう。

一方、学習者からの指摘の中に、提案システムは、紙媒体の教材と比べて一度に提示する情報が少ないため、関連情報の取得が難しいといったものがあった。この指摘に対して、我々は、本システムが提供する教材の内容を充実することによって、紙媒体の地理学習と同様の効果を得ることができると考えている。さらに、本システムによって、指導者は、学習内容、学習者の成績や興味に応じて適切な教材を用意することが可能となり、学習者は、目的や目標に応じた項目について集中した学習ができると考えられる。

6. おわりに

本研究では、近年の地理情報システムの普及に着目

し、3次元地球儀ソフトウェア (Google Earth) を利用した地理学習支援システムを開発した。さらに予備実験を通して、提案システムの有効性について検証した。本システムでは、地理情報の共有に広く利用されており外部プログラムからの制御も可能な GE を用いることで、学習者は、簡単な操作で解説文とともに、図が重なった地球儀を同期させて学習することができる。我々は、開発したシステムの学習効果の評価のために、紙媒体を用いた従来型の学習とのテスト結果の比較とアンケートを実施した。予備実験から従来型の地理学習より、本システムを用いた学習の方が効果的であることを確認した。さらに、3次元仮想地球儀は、地図ではわかりにくい気流や気圧帯などの地球規模の現象の学習に適していることを示すことができた。

今後の課題として、地理学習項目を充実させて、提案システムによる学習効果の詳細な評価を行う必要がある。また、我々のシステムでは、地球儀上に表示可能な図は静止面だけであった。そのため、今後は、アニメーションを導入して、3次元仮想地球儀における図の表現力を向上させたい。この拡張によって、学習者のさらなる理解を支援することが可能となると期待される。さらに、本稿で示したシステムは、プログラム中に学習のコースウェアを埋め込む形式になっている。そこで教材の閲覧順序の指示部分をプログラムから分離し、プログラム経験のない指導者でもコースウェアが簡単に作成できるようにする。

謝辞

本研究の一部は、東京農工大学共生情報工学推進プロジェクトおよび日本学術振興会科学研究費補助金・若手研究 B (課題番号 20700229) による。

参考文献

- 1) 寺本深: 社会科の基礎・基本 地図の学力, 明治図書 (2002).
- 2) 吉田和義: 地理学習を面白くする授業アイデア, 明治図書 (2004).
- 3) 加藤好一: 世界地理授業プリント—学びあう作品づくりへ, 地歴社 (2000).
- 4) 滋澤文隆: 再発掘・心を揺さぶる地理教材 1, 古今書院 (2006).
- 5) 小林浩二: 実践地理教育の課題 魅力ある授業をめざして, ナカニシヤ出版 (2007).
- 6) 林紀代美: 社会科教育での GIS 等教材の利用とその研究に関する課題, 地理情報システム学会講演論文集, Vol. 12, pp. 197-200 (2003).

- 7) 佐藤俊樹, 谷謙二, 大西宏治, 奥貫圭一, 岡本耕平: 中学校における GIS を利用した授業実践, 地理情報システム学会講演論文集, Vol. 12, pp. 229-232 (2003).
- 8) 山田達夫: 中学校における教育 GIS の授業実践と GIS 教育, 地理情報システム学会講演論文集, Vol.12, pp. 233-234 (2003).
- 9) 南埜猛: わが国の学校教育における GIS 活用の現状と課題, 地理科学, Vol. 58, No. 4, pp. 268-281 (2003).
- 10) Joseph J. Kerski: "The Implementation and Effectiveness of Geographic Information Systems Technology and Methods in Secondary Education," *Journal of Geography*, Vol. 102, No. 3, pp. 128-137, May 2003.
- 11) Google Earth, <http://earth.google.com/intl/ja/>
- 12) ガイアチャンネル〜3D地球儀で眺める世界史へ, <http://www.benedict.co.jp/>
- 13) 教育出版: Handy Globe, <http://www.kyoiku-shuppan.co.jp/soft/hg2.html>
- 14) 地理探検ナビ Japan & World 中学校版, http://www.teacher.ne.jp/product/chiri_navi/index_c.html
- 15) Patrick Hogan: "NASA world wind: a planetary visualization tool," SIGGRAPH '05: ACM SIGGRAPH 2005 Educators Program, Article No. 28, 2005.
- 16) 中村泰三: 理解しやすい地理 B—新課程版(シグマベスト), 文英堂 (2003).
- 17) 帝国書院編集部: 地歴高等地図 最新版—現代世界とその歴史的背景, 帝国書院 (2007).