

研究種目：基盤研究(B)  
 研究期間：2007～2009  
 課題番号：19300260  
 研究課題名（和文）：ユビキタス技術を活用して野外体験の効果を増幅させた循環型社会のための環境学習支援  
 研究課題名（英文）：An Environment Learning Support for Sustainable Societies by Enhancing Effects of Learners' Outdoor Experiences through Ubiquitous Technologies for Sustainable Societies  
 研究代表者  
 杉本 雅則 (SUGIMOTO MASANORI)  
 東京大学・大学院工学系研究科・准教授  
 研究者番号：90280560

## 研究成果の概要（和文）：

本研究では、循環型社会の構築に求められる知識を、子どもたちが容易に学習できるための枠組みとシステムを提案する。構築したシステムの特徴は、ゲーム性と参加型シミュレーションである。提案システムを用いた教室学習と屋外学習を統合したカリキュラムを実験協力校の教員と開発した。本研究の評価実験を通して、提案する枠組みおよびシステムの有用性を示すことができた。

## 研究成果の概要（英文）：

In this study, a framework and a system that allow children to easily learn knowledge required for accelerating future sustainable societies. Features of the proposed system are senses of a game and participatory simulations. In collaboration with schoolteachers in an elementary school, a new curriculum that integrates classroom learning using the system and outdoor learning is investigated. Through educational practices, the effects of the proposed framework and system are proved.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
19年度	5,100,000	1,530,000	6,630,000
20年度	4,700,000	1,410,000	6,110,000
21年度	4,200,000	1,260,000	5,460,000
年度			
年度			
総計	14,000,000	4,200,000	18,200,000

研究分野：創業領域

科研費の分科・細目：科学教育

キーワード：環境教育、協調学習、屋外学習、カリキュラム設計

## 1. 研究開始当初の背景

本研究グループでは、環境問題を対象とした小学校での協調学習支援に関するこれまで

の科研費研究で研究を進めてきた。環境問題や生態系の学習の特徴の1つは、教師や教科書を通して学んだ知識を実世界で評価し、それを実感することが容易ではないことであ

る。例えば、自動車に乗ることと地球温暖化問題との関係や、その問題に対する植樹の効果を、個々の学習者が現実世界で体験、検証するのは難しい。そこで本グループは、学んだ知識を学習者自身が体験、検証、議論しつつ協調学習を進めることが可能なシステムとカリキュラムを構築し、それらを小学校での実践を通して評価してきた。

- [システム] 実際に都市設計を行う感覚で学習を進められるよう、無線 IC タグ技術を応用したボード型同時多入力デバイスを開発し、物理的な模型コマ（住宅、工場など）の配置とコンピュータシミュレーションとを連携させた協調学習支援システムを構築した。
- [カリキュラム] 学習者はカリキュラムの最初の段階で、小学校周辺の野外学習を行い、学習者自身で検討すべき問題を発見してもらう。そして、教室に戻ってからは、発見した問題の解決案について、提案システムを用いて他者とともに議論、検討する。

これらの研究では、学習支援システムおよび授業カリキュラムに物理性と本物性を持たせることにより、学習者が実世界との関わりを意識しつつ学習を進められること、そしてそれが学習意欲の向上や理解の深化につながることを示せた。しかしながら、実践の評価、分析を通して、以下の問題点も明らかになった。

- [システムの問題] 提案システムで実現されるのは、実世界をモデル化、単純化した仮想世界であり、実世界と常に対応付けることはできない。したがって、学習目標やシステムによって得られた結果を、実世界との関連で解釈、理解することが、学習者にとって困難となる場合が生じる。むしろ、物理的なコマの配置とシミュレーション結果の提示という機能により、システムのゲーム性が強調され、学習という活動が学習者に意識されにくくなる場合が観察される。
- [カリキュラムの問題] 設計された授業カリキュラムは、「実世界での問題発見→教室でのシステムを用いた議論」という流れで学習を支援する。これは「実世界→仮想世界」という一方向の流れである。しかし、実世界との対応付けを明確にし、学習の本物性を高めるには、システムを通して得られた結果を実世界に戻って再び検討、吟味できるようにすること、つまり「実世界→仮想世界」と「仮想世界→実世界」という2つの流れが不可欠である。

本研究では、上記の問題点に取り組むため、(a)環境問題や生態系に関する要因を実データを用いたシミュレーションを通して学び、議論できるシステムを構築するとともに、(b)提案システムを利用した授業カリキュラムを設計し、実践を通して評価を行う。

野外学習を取り入れた学習の多くの取り組みでは、教科書で学んだ個々の事実や知識を、実世界で学習者に発見、再確認させる。しかし、自然と共生し環境との調和を目指す循環型社会においては、「再確認型」の野外学習に留まらず、学んだ知識を連携させ、現実世界の問題に応じて新たな知識や解決案を学習者自身が創出する、という学習体験が求められる。

本研究グループでは、すでにユビキタス技術を活用した環境学習支援の研究を進めてきていた。その実績と経験に基づいてシステムを構築し、野外体験を取り入れた教育カリキュラムを実践することを通して、循環型社会の実現を担う子どもたちの育成に貢献すべく、本研究を開始するに至った。

## 2. 研究の目的

本研究では、生態系、特に植生の学習を対象としたシステムを構築し、その評価を行った。学校現場へのICT技術の展開は、近年ますます盛んであり、実際多くの小学校の理科の教授・学習において多様な試みがなされている。シミュレーションは、そうしたテクノロジーの一つである。シミュレーションは、学校の実験室では扱うことが困難な自然界の複雑なシステムについて、学習者が受動的ではなく能動的に学習することを支援する。例えば、シミュレーションは、微視的な原子・分子の運動、巨視的な天体運動、時間的にスケールの大きい植生遷移などのテーマについて、それらの現象やプロセスを生徒に示すことが可能である。学習者は、シミュレーションツールを操作し、その結果を観察することで、複雑なシステムに関する知識を獲得することができる。

本研究では、エデュテイメント（楽しく学ぶことができる）の要素を取り入れることで野外体験の効果を増幅させるデジタル版植生遷移ゲームの開発をした。シミュレーションを利用した先行研究の多くは、新しいテクノロジーの利用に力点を置いている。その一方で、カリキュラム・デザインに力点を置いた研究は十分には行われていない。

デジタル版植生遷移ゲームの体験と野外観察を通して小学生が学習するという2つの実証実験を実施し、植生遷移という難解なテーマに関する知識理解と現実感を得られているか、デジタル版植生遷移ゲームに没入することにより知識理解は深まり定着するの

か、評価することが本研究の目的の1つである。

本研究で扱う植生遷移というテーマは、高度な学習内容であり、学習として難解とされている。理由は、植生遷移が、何十年、何百年というスパンでしか進まないために、目で見て確かめることが難しく、学習者が実感を持ちにくい、という点が挙げられる。植生遷移という長いスパンの現象を、ゲームとシミュレーションを統合した教材として実現する。それにより、学習者が簡単に実感を持つことが出来る状況をつくり、知識理解を増進させることを目指す。

シミュレーションの利用については、シミュレーションで表現される仮想世界が本物の現実世界とはまったく異なるものとして生徒に体験されてしまうという、現実感に関する問題が指摘されている。そこで本研究では、その現実感の問題を解決するために、シミュレーションを利用した教授・学習活動に合わせて、フィールドワークを実施する。学習者はデジタル版植生遷移ゲームを体験した後に、フィールドワークに出かけ、実際に植生遷移が起こっていることが認識できる場所を確認する。このようなカリキュラム設計の効果を教育実践を通して明らかにするのが本研究のもう1つの目的である。

### 3. 研究の方法

本研究では、教室で利用する学習支援システムの開発、およびシステム利用と屋外学習を統合したカリキュラムの評価が行われた。

#### (1) システム構築

本研究では、植生遷移の協調学習を促進するために日本の代表的な都市近郊の里山の一つである神戸の六甲山を舞台にした双六型の学習支援システムを構築した。本システムの実行環境は、Windows XP SP3 および Adobe Integrated Runtime (AIR) 1.5.2 である。本システムは6名1グループで利用される。各学習者は、6種類の植物の1種類を担当する。図1はシステムのユーザインターフェースである。画面の周囲には双六のマス目が配置され、各学習者のコマはこの上を進んでゆく。画面中央部分の右側上段に見える茶色い長方形がイベントカード（攪乱の種類）の山であり、ここにポインタを合わせてクリックすることで新しいイベントカードが現れてゲームが進行してする。画面中央部分右側下段に見える描画部分では、各学習者のターン終了毎に各植物の繁殖状況（森林の遷移状況）を可視化される。可視化は、進んだマスの絶対数ではなく、各植物の相対的な進み具合によって表現される。イベントカードには、「晴れ」、「雨」、「イ

ノシシ」、「マツクイムシ」、「伐採」、「崖崩れ」の6種類が用意されており、それぞれの特性に、攪乱の有無と規模が対応づけられる。このカードは、初期種、中期種、終期種とよばれる個々の植物の繁殖に影響を与える。例えば、攪乱が生じなければ、森林の植生が遷移するので遷移初期種は衰退し、中期種・終期種が繁殖する。小規模攪乱では、主に遷移中期種が影響を受け、森林の低木層や地面に光が当たるため遷移初期種の数が増加する。大規模攪乱では、ほぼ全ての植物が壊滅的な打撃を受け、森林は更地もしくはそれに準ずる状態になる、そのため、その後の回復が早い遷移初期種が数を増やし、終期種は数を大幅に減らす。イベントカードとそれによって生じる攪乱に対し、各植物種のコマの双六ボード上での動きが対応づけられており、その状況は可視化されるので、学習者は、攪乱要因の大きさと各植物への影響を用意に把握できる。なお、本システム的设计、開発に当たっては、植生遷移の専門家(大学教授)の監修を受けた。

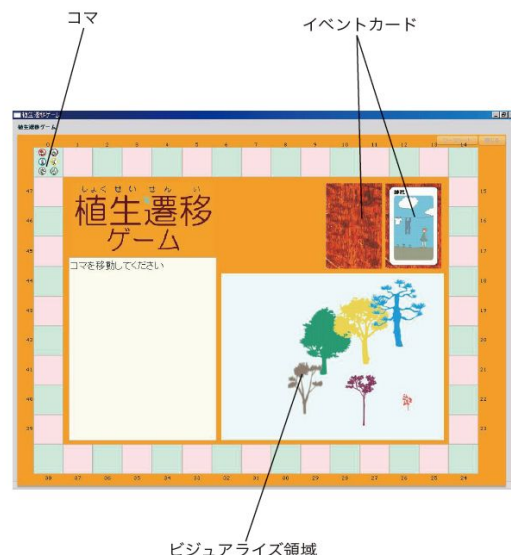


図1 構築したシステム

#### (2) 評価実験

構築したデジタル版植生遷移ゲームを利用して、六甲山の植生遷移について学習した(図2)。ゲーム後は、神戸市中央区の再度公園と大龍寺にフィールドワークに出かけ、植生遷移が実際に起っていることが認識できる場所を観察した(図3)。このデジタル版植生遷移ゲームとフィールドワークに関して、学習者にプレテストとポストテストを実施して、植生遷移知識理解に関する回答の変化と、現実感を感じているか分析することを試みた。本実験の目的は、この分析により、デジタル版植生遷移ゲームの有効性を、プレテストとポストテストの結果から分析する

こと、学習者がフィールドワークにより現実感を感じることができているかをアンケートより分析することである。

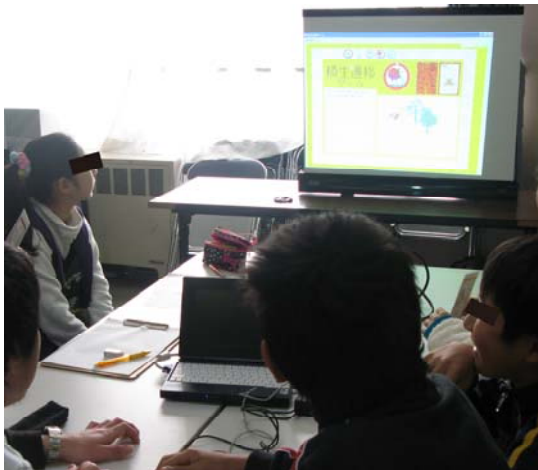


図2 構築したシステムを利用した学習

実験は、2009年の11月に行われ、神戸市内の小学6年生42人が参加した。生徒は、植生遷移ゲームを利用して学習を行った後、実験者が用意した2種類のテスト（植生遷移に関わる用語、大規模攪乱とインタラクションについての知識理解に関するプレテストとポストテスト）に回答した。また、参加した生徒には実験から約1ヶ月後に、アンケートを実施した。アンケートは現実感に関する13項目構成であり、回答は「とてもそう思う」「ややそう思う」「どちらでもない」「あまりそう思わない」「全くそう思わない」の5段階尺度評定法で求めた。

次に、ゲームで体験したことが、現実で起こるものであることを確認するために、システムを利用して学習を行った同日にフィールドワークを行った。場所は、神戸市中央区再度公園内の2箇所と大龍寺内の1箇所の計3箇所であった。再度公園内では、ニガイチゴ、アカメガシワの初期種が観察できる場所と、アカマツが観察できる場所、大龍寺ではシイが繁殖している終期種の森を観察できる場所を観察し、それぞれの場所で、専門家からの講義を受け、知識理解増進を図った。フィールドワーク終了時での知識理解の程度を確認するためのテストを10分間で行った。また現実感を確認するためのアンケートを5分間で行った。

植生遷移の知識理解の効果については、3回（プレテスト、ゲーム後テスト、フィールドワーク）のテストの比較によって行った。その結果、プレテストよりゲーム後ポストテストが高く、ゲーム後ポストテストとフィールドワーク後ポストテストは同程度である、という結果がFriedman検定により得られた( $p < 0.5$ )。



図3 フィールドワークの様子

現実感に関するアンケート調査では、ゲーム後とフィールドワーク後、2つのアンケートにおいて、とてもそう思うが5点、ややそう思うが4点、どちらでもないが3点、あまりそう思わないが2点、全くそう思わないが1点として点数化された。これらの集計結果をWilcoxonの符号付順位和検定により結果を算出すると、ゲーム後アンケートの平均点が61.3点、フィールドワーク後アンケートの平均点が63.1点と、有意差が見られた( $z = -3.07, p < 0.01$ )。

フィールドワーク後のアンケートにおいて参加者全員が、「とてもそう思う」と回答したことから、フィールドワークを通して、ゲームで体験した植生遷移が自然界でも現実にかかることであると認識できたことを示している。また、各植物の増減の項目に関するアンケートでは、ゲーム後からフィールドワーク後にかけて、「ややそう思う」の回答が減り「とてもそう思う」の回答が増えたことより、多くの学習者が各植物の増減に関する現実感が持てたことを示している。教室で学習した内容のうちフィールドワークにおいて体験できなかった事象については、現実感を得られなかったことも明らかになった。具体的には、「崖崩れ」「マツクイムシ」「イノシシ」による被害を観察できなかったため、現実感を持つことができなかったことと考えられる。

#### 4. 研究成果

本研究では、シミュレーションとゲーム性を持たせたシステムによる教室学習と屋外学習によって、植生遷移の知識理解がどのように変化するかを検証することが目的であった。

提案システムの有効性という点に関しては、プレテストよりポストテストの点数が上昇していることにより、植生遷移というテーマの知識理解という点で、提案システムの有効性は認められる。一方、フィールドワーク終



了後との知識理解の点数に変化が見られなかった。

現実感という点に関しては、学習者が実際にフィールドワークで観察した事項に関して、現実感を得られているという結果が得られた。以上のことから、植生遷移の知識理解のために提案システムが、現実感を得るためにはフィールドワークがそれぞれ有効と行うことができる。したがって今後の研究では、これらの組み合わせによる相乗効果を高めるためのシステム構築とカリキュラム設計が重要となる。

#### 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1件)

1. Miura, S., Ravasio, P., Sugimoto, M.: Nurturing Learners' Communities by Creating and Sharing Maps, PsychNology Journal, Vol.6, No.3, pp. 269-289, 2008.

[学会発表] (計4件)

1. Yamaguchi, E., Deguchi, A., Inagaki, S., Sugimoto, M., Kusunoki, F., Takeda, Y., Kamiyama, S.: A Curriculum Design Framework For Linking Simulation Use to Practical Work: Toward Understanding Sense of Reality in the Learning about Complex Systems in Nature, In Proc. of XIV. IOSTE Symposium, Bled, Slovenia, (to appear in June 2010).
2. Deguchi, A., Inagaki, S., Kusunoki, F., Yamaguchi, E., Takeda, Y. Sugimoto, M.: Development and Evaluation of a Digital Vegetation Interaction Game for Children, In Proceedings of ICEC 2009, Paris, France, pp. 288-289, 2009.
3. Miura, S., Ravasio, P, Sugimoto, M.: Nurturing Learners' Communities by Creating and Sharing Maps, In Proceedings of INTERACT2007 Workshop on Map Based Interaction in Social Networks (MapIsNet'07), Rio de Janeiro, Brazil, 2009.
4. 出口明子, 楠房子, 武田義明, 山口悦司, 稲垣成哲, 杉本雅則: 環境学習における実世界と仮想世界との関連付けを支援するデジタル植生遷移ゲームの開発と評価, 日本科学教育学会第33回年会論文集, pp.337-338, 2009.
5. 出口明子, 楠房子, 稲垣成哲, 杉本雅則, 山口悦司, 北野達也, 武田義明:

野外体験の効果を増幅させる植生遷移ゲームの開発, 情報処理学会研究報告, 2008-EC-11, Vol. 2008, No. 129, pp. 23-28.

[招待講演] (計1件)

1. Sugimoto, M.: What can Children Learn through Game-based Learning Systems?, In Proceedings of IEEE DIGITEL 2007, Jhongli, Taiwan, pp.5-7, 2007.

[解説論文] (計2件)

1. 杉本雅則: 体験の増幅を目指した学習支援, 人工知能学会論文誌, Vol. 23, No. 2, pp. 210-212, 2008.
2. 杉本雅則: 拡張現実感手法を用いた学習支援, 人工知能学会論文誌, Vol. 23, No. 2, pp. 237-242, 2008.

[図書] (計2件)

1. Miura, S., Ravasio, P., Sugimoto, M.: Situated Learning with SketchMap, In Handbook of Innovative Mobile Learning, pp.216-231, 2008.
2. Sugimoto, M.: Design of Systems for Supporting Collaborative Learning Augmented with Physical Artifacts, In Interactive Artifacts and Furniture Supporting Collaborative Work and Learning, Springer, pp.15-34, 2008.

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

杉本雅則 (SUGIMOTO MASANORI)  
東京大学・大学院工学系研究科・准教授  
研究者番号: 90280560

##### (2) 研究分担者

稲垣 成哲 (INAGAKI SHIGENORI)  
神戸大学・大学院人間発達環境学研究科・教授  
研究者番号: 70176387

山口 悦司 (YAMAGUCHI ETUJI)  
宮崎大学・教育文化学部・教授  
研究者番号: 00324898

出口 明子 (DEGUCHI AKIKO)  
宇都宮大学・教育学部・講師  
研究者番号: 70515981

楠 房子 (KUSUNOKI FUSAKO)  
多摩美術大学・美術学部・准教授  
研究者番号: 40192025