

平成 21 年 5 月 22 日現在

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2006～2008

課題番号：18300277

研究課題名（和文） 把持状態を利用したウェアラブル展示教材の開発

研究課題名（英文） DEVELOPMENT OF A WEARABLE MUSEUM EXHIBITION SYSTEM COMBINING INTERACTIVE AND TRANSMISSIONAL LEARNING

研究代表者

山内 祐平（YAMAUCHI YUHEI）

東京大学・大学院情報学環・准教授

研究者番号：50252565

研究成果の概要：本研究では、題材として三葉虫の化石を採用し、博物館向けに将来ウェアラブル教材に展開できる映像重ね合わせ型の教育システムを開発した。利用者が触った位置に応じて、その部位に関する解説映像が化石の上に投影されて再生されるという仕組みである。小学生 23 人を対象とした評価実験の結果、システムがユーザに、対象物に対する豊かな知識を与えること、特に展示物自体への知識獲得に大きな効果があったことが認められた。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	8,100,000	2,430,000	10,530,000
2007年度	3,800,000	1,140,000	4,940,000
2008年度	3,800,000	1,140,000	4,940,000
年度			
年度			
総計	15,700,000	4,710,000	20,410,000

研究分野：教育工学

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学・教育工学

キーワード：RFID 教材 博物館

## 1. 研究開始当初の背景

ここ数年でインターネットに接続するモバイル端末が急速に普及し、RF-ID を代表とするセンサー技術も低価格化しているが、それを基盤としたユビキタス学習環境については、研究がほとんどないのが現状である。本研究では、題材として三葉虫を選び、博物館向けに将来ウェアラブル教材に展開できる映像重ね合わせ型の教育システムを開発した。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、RF-ID 技術を活用して学

習者の把持状態を検出し、ハンズオン学習において実物と映像を合成させることによって学習を支援することである。

## 3. 研究の方法

本研究は以下の順に行った。

- (1) 先行研究の調査
- (2) システムの設計
- (3) プロトタイプの開発
- (4) 改良版システムの開発
- (5) 改良版システムの評価

## 4. 研究成果

### (1) 先行研究の調査

博物館の展示資料に学習効果を持たせるためには、展示物に加え、展示内容を解説するラベルが不可欠であるが (Pearl 1984) 実際に解説ラベルを読む来館者層は少数に限られており (Falk & Dierking 1992) 伝統的な展示資料には、来館者を展示物に引き付ける力が不足していると言える。

よって、Koran, Morrison, Lehman, Koran, and Gandara (1984) と Koran, Koran, and Longino (1986) が、展示物に来館者を引き付ける力が強いことを示しているハンズオン型の展示を用い、かつ、来館者がその展示物に触れることに応じて、展示物そのものが展示内容に関する解説をフィードバックする仕組みによって、来館者を展示物に引き付け、かつ展示内容に対する学習効果を高めることができると考えられる。

### (2) システムの設計

本研究では、古生代に繁栄した三葉虫の化石を展示物として採用し、ユーザが三葉虫の化石に触れる位置に応じて、その部位に関する解説映像が再生される「Monogatari」を設計した。以下、RF-ID 及びコンテンツについて説明するが、改良版システムにおいて採用した設計について説明する。

#### RF-ID 技術の応用

ユーザが化石に触れる位置を特定するために RF-ID 技術を利用した。

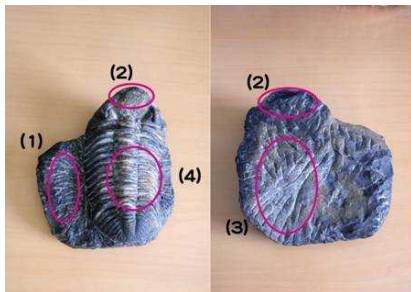


図1 ID タグの取り付け位置

表1 キー・コードとコンテンツの対応

キー・コード	起動されるコンテンツ
1	三葉虫の仲間
2	三葉虫の目の構造
3	三葉虫の腹部の特徴
4	三葉虫の防御姿勢

展示物には予め複数の RF-ID タグが埋め込まれ、ユーザが装着した指輪に内蔵された RF-ID のアンテナが、それらの中から最も近いタグを検出しコンピュータに送り、付加情報を制御する仕組みである。

タグは図1のように化石に取り付けた。キー・コードとコンテンツ ( で詳述) の対応は表1の通りである。

アンテナは指輪のようにして用いるためにスモール・ループ・アンテナを自作した (図2)。これは、電界を検出するのではなく磁界を検出するタイプのアンテナであり、通常のアンテナに比べ、アンテナ自体を非常に小さくすることが出来る。



図2 指輪型アンテナ

小学生・中学生がそれほど違和感なく装着できるように、アンテナの直径は15mmとした。また、スモール・ループ・アンテナはその原理上、変形によって利得が失われやすいのでスチールの線材を用いて強度を確保した。

またスモール・ループ・アンテナは RF-ID リーダ・デバイスからのフィールド・ケーブルがアンテナとして作用し引き起こす悪影響が無視できないため Balun を用いた。アンテナはベルクロテープ (Velcro Tape) によって親指の第一関節の内側近辺に装着される。

展示物として三葉虫の化石のレプリカを作成した。レプリカの表面から2~3mmほどの内側に RF-ID タグをうめこんだ。タグ同士の干渉を防ぐために10mm程度間隔を置いて、レプリカ1つあたり表裏で合計タグを20個埋め込んだ。

#### 映像コンテンツの作成

映像は、いずれも三葉虫がユーザに語りかける形でナレーションを作成し、展示物とユーザの二者によるインタラクションを強調した。映像の投影イメージは図3の通りである。



図3 投影映像

再生されるコンテンツは次の5つから成る。  
プロローグ(51秒):  
観覧者が化石に最初に触れたときに登場する導入映像であり、CGの三葉虫が徐々に現れながら自己紹介を行う。さらに、自分に関する様々な情報を提供するので持ち方を変えて欲しいと語り、観覧者の触動作を促す。

三葉虫の仲間(1分5秒):  
三葉虫が自分の仲間の種について解説する。

三葉虫の目の特徴(1分14秒):  
教材として用いたファコプス類の目について三葉虫が語る。まず「頭を触ったな」と語り、観覧者に頭部に触れていることを自覚させ、化石との対話感覚を持たせる。CGも目の部分にクローズアップする(図4)。

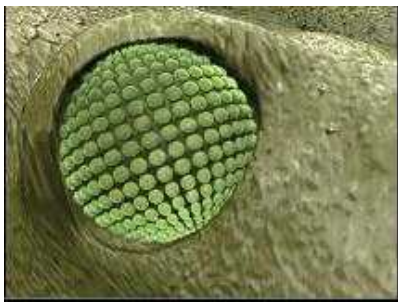


図4 目のズームアップCG

三葉虫の腹部の特徴(47秒):  
観覧者に触れてもらう化石では埋まってしまうので直接見ることで見ることができない腹部の情報を提供する。自分の脚が、泳ぐためのほか呼吸の役割をも担っていたことを語る。

三葉虫の防御姿勢(26秒):  
防御姿勢を解説する。再生が始まると、三葉虫は図5のように防御姿勢を取り、「おーっと、何をすると観覧者に訴えかけて観覧者の直接のインタラクション感覚を高めた。

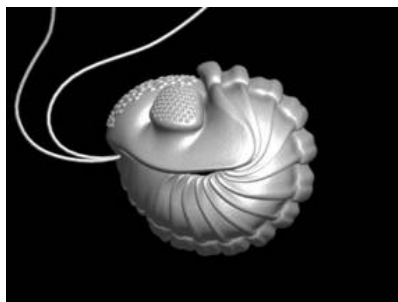


図5 三葉虫の防御姿勢映像

### (3) プロトタイプの開発

化石と解説映像を重ね合わせるため、H.M.D.(Head Mounted Display)を活用したプロトタイプを開発した(図6)。



図6 プロトタイプ・システム使用の様子

しかし、開発したプロトタイプには、以下の2つの問題があることが分かった。

H.M.D.のフレームは、着用者によって合わず、顔面からずり落ちてしまうことがある。これは、1m離れたところを画面に表示するように設計されているH.M.D.を、30cmしか離れていない化石に対して利用しようとする、焦点距離が合わず、調整が難しいことによるものである。

H.M.D.の技術は未だ発展途上であり、使用に際して人体への影響、特に児童に対する影響を懸念する報告もなされている(長谷部ほか1995、岩瀬・村田2002、大野・鷓飼2000)。

以上より、H.M.D.を使用しない、別の方法を考案し、改良版システムの開発を行った。

### (4) 改良版システムの開発

(3)に示した問題点を解消する新たな方法として、ハーフミラーを用い、図7のような展示箱を設計した。改良版システム使用の様子は図8の通りである。

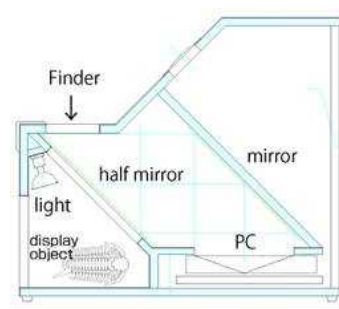


図7 展示箱の構造



図8 改良版システム使用の様子

(5) 学習効果の検証実験  
目的

Monogatari の改良版システムについて、来館者として想定している小学校高学年の子どもたちを対象に実験を実施し、展示内容に対する学習効果が見られるかどうか、pre-post テストによる評価を行った。

方法

被験者は、小学6年生23名(男11名、女12名)であった。各被験者にはまず三葉虫に関するテストを受けさせ、システムを試用し、再度同じテストを受けさせる手順で行った。

事前・事後のテストは、三葉虫の体や三葉虫が生きていた時代・種類等に関する自由記述式の記述課題及びスケッチ課題であった。

結果

t 検定を用いて解答の分析を行った。

表2 記述課題の採点項目内容及びカテゴリ

項目	項目内容	カテゴリ
a	三葉虫の生まれた時代	周辺
b	三葉虫の滅んだ時代	周辺
c	手元の化石の三葉虫に関する時代	周辺
d	三葉虫の種類：数	周辺
e	三葉虫の体の構造	体
f	三葉虫の種類：サイズ	周辺
g	三葉虫の種類：具体的な種名	周辺
h	手元の化石ではない特定の種類の三葉虫	周辺
i	三葉虫が敵に襲われた時の行動	体
j	三葉虫の化石の特徴	周辺
k	三葉虫の視力	周辺
l	三葉虫の目の構造	体
m	三葉虫の足の位置	体
n	三葉虫の足：機能1(泳ぐ)	体
o	三葉虫の足：機能2(海底を這い回る)	体
p	三葉虫の足：機能3(呼吸する)	体
q	三葉虫の足と化石の関係	周辺

記述課題の採点は表2に記す17個の項目について行った。それぞれの項目について、正答条件として設定した単語や表現を含むかどうかを基準に採点を行った。次に、心理学について学ぶ学部生1名が独立に、同様の規則に従ってデータの採点を行った。データの一致率は、97.7%(=764/782)であり、不一致分については、両者で協議して決定した。

表3 スケッチ課題の採点項目の内容

項目	項目内容
1	体に体節構造が見られるか?
2	体が三葉に分かれているか?
3	目がついているか?
4	目が複眼になっているか?
5	多足の描写が見られるか?
6	鰓の描写が見られるか?
7	防御姿勢の描写が見られるか?

スケッチ課題の採点は、表3に記す7個の項目に基づいて行った。次に、前述の心理学について学ぶ学部生1名が独立に、同様の規則に従ってスケッチの採点を行い、正答・誤答とみなしたスケッチの一致率は、93.8%(=302/322)であり、不一致分については、両者で協議して決定した。

表4 記述課題の平均点及びt検定結果

記述課題	M <sup>a</sup>	SD	df	t	p
Pre	0.09	0.29	22	-12.48	.00
Post	4.09	1.47			

Note. n =23.

<sup>a</sup>17点満点

pre-testおよびpost-testの記述課題の結果を表4に示した。分析の結果、pre-testの得点に比べてpost-testの得点のほうが有意に高いことが示された(t(22)=-12.48, p<.01)。

表5 スケッチ課題の平均点及びt検定結果

スケッチ課題	M <sup>a</sup>	SD	df	t	p
Pre	0.87	1.10	22	-13.77	.00
Post	3.70	0.97			

Note. n =23.

<sup>a</sup>7点満点

pre-testおよびpost-testのスケッチ課題の結果を表5に示した。分析の結果、pre-testの得点に比べてpost-testの得点のほうが有意に高いことが示された ( $t(22) = -13.77$ ,  $p < .01$ )。

pre-testの得点が全体的に低かったため、post-testの得点のみについて、さらに分析を行った。

先に述べた17個の採点項目(表2)を2つのカテゴリに分類した。1つ目のカテゴリは「三葉虫の体に関する知識」であり、三葉虫の体の構造、体の機能、生態に関する知識を含む項目を指す。2つ目のカテゴリは「三葉虫の周辺知識」であり、1つ目のカテゴリに当てはまらない項目を指す。具体的には、三葉虫の生息年代や種類、化石の特徴といった、三葉虫の体とは直接関係のない知識を含むものである。その結果、採点項目のうち7個が「三葉虫の体に関する知識」に、10個が「三葉虫の周辺知識」に分類された。分析に当たっては、各カテゴリの正答数を各カテゴリの全問題数で除し、2つのカテゴリの正答率を比較した。

表6 カテゴリ別の正答率及びt検定結果

採点項目の カテゴリ	M <sup>a</sup>	SD	df	t	p
三葉虫の体に関する知識	.39	.14	22	6.81	.00
三葉虫の周辺知識	.14	.11			

Note.  $n = 23$ .

<sup>a</sup> 正答率の平均

post-testの記述課題における「三葉虫の体に関する知識」の正答率と、「三葉虫の周辺知識」の正答率に関する結果を表6に示した。分析の結果、「三葉虫の周辺知識」の正答率に比べて「三葉虫の体に関する知識」の正答率のほうが有意に高いことが示された ( $t(22) = 6.81$ ,  $p < .01$ )。

#### 考察

評価実験の結果、開発したMonogatariの改良版システムを使用することで、記述課題、スケッチ課題の点数が共に向上することが示された。このことは、本システムが展示物に関する情報を利用者に豊富に与えられることを示唆する。

表6に示した結果から、作成されたコンテンツには三葉虫の生活していた時代の説明や種類など周辺の知識も多く含まれていたが、ユーザは特に三葉虫自体の知識を獲得

したと考えられる。このことは、映像に含まれた情報が等しく観覧者の印象に残ったわけではないことを意味する。インタラクティブな体験と密接に結びついた知識(三葉虫自体の知識)は強く印象に残り、そうでない知識(周辺の知識)は印象に残りづらかったといえる。つまり被験者がモノを手に取り自由に眺めること(ハンズオン)、ユーザが展示物のある点に注目しているまさにそのタイミングでそれに関係する映像コンテンツが提供されること(インタラクティブティ)で印象を強めた事によるものと考えられる。Ayres and Melear (1998)の述べているとおり、ハンズオン展示にマルチメディアが加わることで学習効果を強化したと言える。Ayres and Melear (1998)の研究はハンズオンの対象が物理的なオブジェクトでなくマルチメディア教材のディスプレイであったが本研究では物理的なオブジェクトであった点が異なり、共に学習強化を支援するものであることが確認された。

また本研究では三次元の映像を用い、映像が浮かび上がるように投影する様に設計した。それによりモノと映像が融合されて見え、ユーザの中で自分対モノという1対1の対等な関係が築かれ、二者のインタラクティブな関わりの世界に没入することでコンテンツへの親しみと学習が促されたと考えられる。

今後、タグの検出結果のパターン認識や注目点推定のアルゴリズムを改良しさらに精度を上げる、今回モノとして三葉虫の化石を扱ったが他の分野のモノへの応用も検討していきたい。

また、ハンズオン展示には来館者を展示物により強く惹き付け、長時間留めておくことができるという利点があるが(Koran, Koran, & Longino, 1986)、本システムを利用した場合の滞留時間などについて本研究では検証することはできなかった。今後は、Monogatariシステムを実際の博物館における展示として用い、来場者を呼び込む力・滞留時間についても検証を行いたい。

#### 結論

本研究では、展示物とユーザがインタラクティブに行いながら学習を行う展示システム(Monogatari)を開発した。これはユーザが展示物を手にとって観察する際に、ユーザの注目している点に対応した情報が展示物に付加されてユーザに表示されるものである。

本研究ではこのシステムの有効性を確認するために小学生23人にシステムを試用させ、評価実験を行った。その結果、システムがユーザに対象物に対する豊かな知識を与えること、特に展示物自体への知識獲得に大きな効果があったことが認められた。



(6) 参考文献

- Ayres, R., & Melear, C. T. (1998, April). *Increased learning of physical science concepts via multimedia exhibit compared to hands-on exhibit in a science museum*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, San Diego, CA.
- Falk, J. H., & Dierking, L. D. (1992). *The museum experience*. Washington, DC: Whalesback Books.
- 長谷部日, 高木峰夫, 阿部春樹, 戸田春男, 板東武彦, 小山田浩, 日下部正宏, 鶴飼一彦, 石川哲 (1995) ヘッドマウントディスプレイを用いた3次元刺激に対する眼球運動: 3Dディスプレイ使用による輻輳運動の変化. *テレビジョン学会技術報告*, 19(46): 19-22
- 岩瀬弘和, 村田厚生 (2002) 長時間のHMD装着作業が平衡機能に及ぼす影響. *電子情報通信学会論文誌. A, 基礎・境界* J85-A(9): 1005-1013
- Koran, J. J. Jr., Koran, M. L., & Longino, S. J. (1986). The relationship of age, sex, attention, and holding power with two types of science exhibits. *Curator*, 29 (3), 227-235.
- Koran, J. J. Jr., Morrison, L., Lehman, J. R., Koran, M. L., & Gandara, L. (1984). Attention and curiosity in museums. *Journal of Research in Science Teaching*, 21 (4), 357-363.
- 大野さちこ, 鶴飼一彦 (2000) Head Mounted Displayをゲームに使用して生じる動揺病の自覚評価. *映像情報メディア学会誌: 映像情報メディア* 54(6): 887-891
- Peart, B. (1984). Impact of exhibit type on knowledge gain, attitudes, and behavior. *Curator*, 27 (3), 220-237.

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)

[学会発表](計3件)

HISAMATSU Shinichi, KITAMURA Satoshi, YAMAUCHI Yuhei, & HIDA Nobutaka, Development of a museum exhibition system combining interactional and transmissional learning, Proceedings of World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications 2008, 2008年7月2日、ウィーン  
久松慎一、北村智、山内祐平、飛弾信崇、モノとの相互作用と知識伝達学習を融

合した博物館展示システムの開発、日本教育工学会第23回全国大会講演論文集、2007年9月24日、早稲田大学所沢キャンパス

山内祐平、久松慎一、北村智、飛弾信崇、RFIDを利用した把持状態検出型インタラクティブ博物館展示システムの開発、日本科学教育学会第31回年会論文集、2007年8月18日、北海道大学

[図書](計1件)

HISAMATSU Shinichi, IGI Global, formerly Idea Group, Inc., Multiplatform E-Learning Systems and Technologies: Mobile Devices for Ubiquitous ICT-Based Education A book edited, (印刷中), Development of a museum exhibition system combining interactional and transmissional learning (1章分を分担執筆)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山内 祐平 (YAMAUCHI YUHEI)  
東京大学・大学院情報学環・准教授  
研究者番号: 50252565

(2) 研究分担者

奈良 高明 (NARA TAKAAKI)  
電気通信大学・電気通信学部・准教授  
研究者番号: 80353423  
堀田 龍也 (HORITA TATSUYA)  
メディア教育開発センター・准教授、総合研究大学院大学・文化科学研究科・准教授、文部科学省・参与  
研究者番号: 50247508

(3) 連携研究者

奈良 高明 (NARA TAKAAKI)  
電気通信大学・電気通信学部・准教授  
研究者番号: 80353423  
堀田 龍也 (HORITA TATSUYA)  
メディア教育開発センター・准教授、総合研究大学院大学・文化科学研究科・准教授、文部科学省・参与  
研究者番号: 50247508