

K-007

## タッチペンによる直接操作を活用した携帯ゲーム機による実験観察学習支援システムの開発 Development of a Learning Support System for Experiments and Observations with a Portable Game Machine Utilizing Direct Manipulation by a Touch Pen

岡崎 泰久† 永江 由依† 田中 久治† 渡辺 健次†  
Yasuhisa OKAZAKI Yui NAGAE Hisaharu TANAKA Kenzi WATANABE

### 1. まえがき

携帯可能な情報通信機器として、携帯電話や PDA、携帯ゲーム機などのモバイルデバイスが急速に普及していく中で、これらのモバイルデバイスを用いた学習支援の取り組みも多く行われてきている。

本研究で我々は、いつでもどこでも手軽に使い、操作性にも優れ、生徒児童にとってもなじみの深い携帯ゲーム機に着目し、その学習支援の新しい可能性を示した。

これまでも、携帯ゲーム機を用いた学習支援システムの開発研究や、市販の学習ソフトを活用した教育実践の取り組みが行われその有用性が示されてきており[1,2,3,4,5]、その教育への応用への期待が高まってきている。先行研究では、英語[2][3]や漢字学習[4]のドリルタイプの学習支援を行うシステムや、授業のサポートを行うシステム[5]が開発されている。これらのシステムは、携帯ゲーム機の携帯性、操作の容易性、親しみやすさの特徴を活かしている。そうした中でタッチペンは、選択肢の選択や手書きの入力に用いられている。

これに対して我々は、タッチペンによる直接操作を学習に活用して、実験や観察による学習を支援する新しい学習支援システムの構築に取り組んだ。これにより、携帯ゲーム機の学習支援の可能性がさらに大きく広がるものと考えている。こうしたタッチペンによる直接操作を、我々は理科の実験・観察に適用し、携帯ゲーム機で実験・観察を行えるシステムの開発を行った。

理科離れの背景の一つとして、実験・観察の減少が指摘されている[6][7]。理科の実験・観察には、器具や活動の時間などの制約があり、コンピュータを用いた仮想的実験の有用性も指摘されている[8]。携帯ゲーム機を用いることにより、より手軽に実験・観察を行うことができ、理科離れの解消にもつながる可能性をも秘めている。

今回我々が開発したシステムは、中学校理科の「葉のつくりとはたらき」の分野[9]について学習するものである。本システムでは、Nintendo DS®[10](以下 NDS)で葉のスケッチやプレパラートの作成、顕微鏡の使用などを行うことができる。さらに解説や練習問題も搭載しており、ゲーム感覚で楽しく学習を行うことが可能である。

### 2. ダブルスクリーン構造とタッチペンによる直接操作

本研究では、対象としている携帯ゲーム機の二つの画面を備えたダブルスクリーン構造と、タッチペンによる直接操作機能に着目し、それらを活かした学習支援システムの構築を行った。

表1: システムの開発環境

OS	Windows XP Home Edition SP3
開発環境	DevkitPro(Ver1.5) MinGW Microsoft Visual Studio 2008
使用言語	C/C++
実行環境	NO\$GBA (エミュレータ)

児童生徒の学習場面を考えると、黒板や教科書あるいはプリントなどの教材と、ノートの組み合わせが一般的である。ダブルスクリーン構造は、自然にこうした学習形態にマッチする。上の画面が教科書や黒板など、学習内容の提示に使われ、上の画面を見ながら下の画面で学習活動を行うことが可能である。

しかも、単にボタンを用いた選択や入力あるいは、タッチペンによるポインティングや手書きによる記入を行うだけでなく、対象を直接操作することも可能である。

対象を直接操作するダイレクトマニピュレーション[11]の有用性が知られており、こうしたダブルスクリーン構造と、タッチペンによる直接操作を組み合わせることで、これまでの携帯性や操作の容易性、親しみやすさという利点に加えて、対象の直接操作という活動を通じて、児童生徒の学習活動に、直感的理解を促すことが期待される。

本研究では、NDSのダブルスクリーン機能と、タッチペンによる直接操作機能を活かした学習支援システムを開発することにより、携帯ゲーム機の学習支援システムとしての可能性がさらに広がることを示す。

### 3. システムの開発環境

システムの開発環境を表1に示す。NDSにはARM7とARM9[12]の2つのCPUが搭載されている。メインCPUがARM9で主にメイン処理を行う。サブCPUがARM7で主にタッチスクリーンなどのIO処理を行う。これらはそれぞれ独立してコードを実行できる仕組みになっている。

実際の開発にあたっては、ARM用の開発環境であるDevkitPro Ver1.5[13]およびMinGW[14]を用いた。ARM7とARM9のコードを別々に書き、それぞれをバイナリファイルにした後、ndstoolを使って単一の実行可能なプログラムとして結合させる。動作の確認には、エミュレータNO\$GBA[15]を使用した。

† 佐賀大学, Saga University

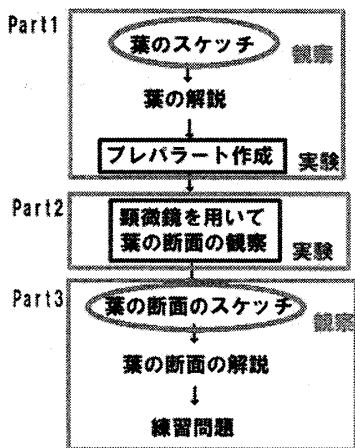


図1: システムを用いた学習の流れ



図2: タイトル画面

#### 4. 開発した学習支援システム

##### 4.1 本システムでの学習内容とその流れ

本システムでは、観察と実験を通して「葉のつくりと はたらき」[9]の学習を行う。普段、何気なく目にする葉が、どのようなつくり、はたらきをしているのかを観察する。また、ふだんは学校でしか扱うことが難しいプレバートや顕微鏡などの実験器具を、NDS上で実際に操作することで、使い方や実験方法を学ぶ。さらに、解説や練習問題を通して知識を深める。図1に本システムを用いた学習の流れを示す。

##### 4.2 本システムの学習機能の概要

本システムでは以下のような機能を実現している。

- スケッチブック機能
- 解説機能
- プレバート作成の学習機能
- 顕微鏡操作の学習機能
- 問題演習機能

本システムでは NDS を使用して、観察を行うことができる。この場合、NDS をスケッチブックとして利用する。また、観察が終わるとすぐに解説を見ることができる。

ここでは、下の画面にスケッチした絵をそのまま残し、上の画面で解説を行う。スケッチした絵を見ながら解説を読むことで、観察の意味が十分に発揮される。さらに、NDS さえあれば観察も解説を読むこともできるため、気軽に外に出ることができる。

また、手順を示し、NDS 上で実験を行うことができるようになってきている。NDS 上で行うことで危険性がなく、実験器具を取り扱いを監督・指導する人がいない場合でも実験を行うことができる。また、直接操作を行うことでの実験が何度も繰り返しでき、実験器具の使い方や実験方法を正確に覚えることができる。

さらに練習問題も搭載しているため、場所や時間に捉われずゲーム感覚で楽しく、そして理解するまで学習を行うことが可能である。

図2に本システムのタイトル画面を示す。以下に、本システムの機能についての説明を行う。

##### 4.3 スケッチブック機能

NDS の携帯性及びタッチスクリーン機能を利用し、NDS をスケッチブックとして使用する。実際に自分の目で葉を観察し、スケッチすることで葉のつくりについて学習する。

スケッチ画面の例を図3に示す。スケッチ画面ではペンの種類を変更して絵を描いたり、消しゴムで修正を行うことも可能である。

本システムでは、基本設定として画面 Mode・VRAM の設定を行う。スケッチ機能はその他に画像の表示機能、座標の取得機能、点・線の描画機能を用いて実現している。

##### 4.4 解説機能

スケッチの次が、葉の解説である。図4に解説画面の例を示す。葉の解説画面では、NDS のダブルスクリーン構造を活かし、下の画面にスケッチした絵をそのまま残しておき、上の画面で解説を行う(図4)。自分でスケッチしたのを見ながら解説を読むことにより、葉のつくりと はたらきについての知識を深めることが可能である。解説画面では、十字キーによる入力機能を活用している。



図3: スケッチ画面の例

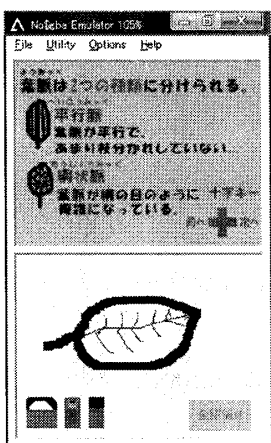


図4：解説画面の例

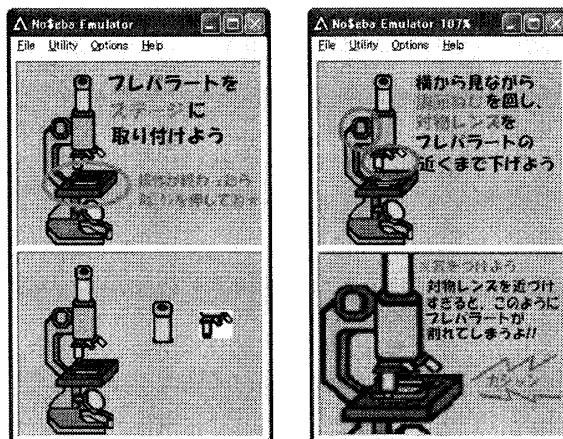


図6：顕微鏡操作画面の例

#### 4.5 プレパラート作成の学習機能

本システムでは、実験操作の学習機能として、顕微鏡による観察に使用するプレパラートの作成と、顕微鏡の操作の学習機能を有している。

ここでも NDS のダブルスクリーン構造を活かし、上の画面にプレパラートの作成手順を示し、下の画面で実際にプレパラートの作成を行う(図5)。

NDS のタッチスクリーン機能を使い、下の画面では対象となるものを、タッチペンを用いて直接操作してプレパラートを作成する。これを実現するためには、座標の取得、スプライト機能、タッチペンの移動機能などを使用して実現している。

一つ一つの手順を確実に覚えるようにするため、手順ごとに判定を行い、正解するまで次の手順に進むことはできない。何度でも繰り返すことにより、プレパラートの作成手順を確実に習得できると期待される。また、直接操作を行うため、ゲーム感覚で楽しく手順を学ぶことができると考えている。

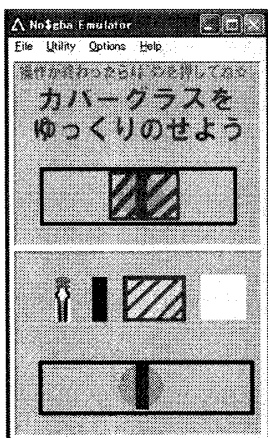


図5：プレパラート作成画面の例

#### 4.6 顕微鏡操作の学習機能

顕微鏡を使用した実験では、NDS のダブルスクリーン構造及びタッチスクリーン機能を利用し、手順を見ながら直接操作を行うことで、時間や実験器具などの制約を受けずに、顕微鏡の使い方や実験方法を学ぶことができる(図6)。本システムには、想定される失敗も実装されている。図6の右図は、対物レンズを近づけすぎてプレパラートを割ってしまう失敗である。

ここでは、基本設定の他に画像や日本語の表示機能、ボタンや十字キーの入力機能を使用した。また、座標の取得機能、スプライト機能、タッチペンでの移動機能を用いて、タッチペンでの操作を実現している。

#### 4.7 問題演習機能

問題演習を行うことにより、知識の確認、定着を図る。出題の範囲は、本システムでそれまでに行った観察や実験、解説で学んだ内容である。問題は多肢選択式であり、学習者は選択肢にタッチペンでタッチすることで解答を行う。正解の場合の画面の例を図7に示す。正解した場合には次の問題へ進む。間違えた場合には、再度同じ問題を解くことになる。ここでは、タッチペンの座標取得や十字キーの入力機能を用いて、学習者の解答の正誤の判定や、問題の制御を実現している。

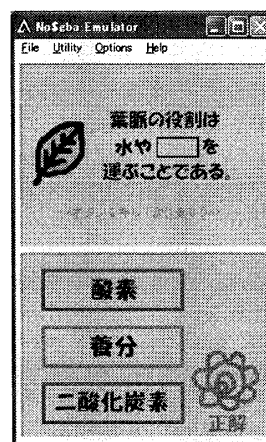


図7：問題演習画面の例

## 5. 考察

携帯ゲーム機は、ツールとしての親しみやすさ、操作しやすさを備えており、児童生徒の学びの障壁を低くし、ゲーム感覚で気軽に学習を行うことができるという特徴を持つ。今回我々は、理科の実験・観察に着目し、NDSのダブルスクリーン構造、タッチペンによる直接操作を活かした実験・観察学習支援システムの開発を行った。スケッチブック機能により、屋外での観察に活用することができ、さらに、そうした観察結果を見ながらの解説を通して、知識を獲得することができる。加えて、プレパレート作成や顕微鏡操作の実験を、タッチペンで直接対象を操作しながら、繰り返し学習することができる。

こうしたシステムは、もちろん実際の実験や観察にとってかわるものではない。やはり、実験・観察は実際に器具を使って行うことが望ましいと考える。しかしながら、実験観察には機材やあるいは児童生徒の安全面の制約があり、気軽には実施できない場合が多い。

そのような場合に、気軽に実験観察学習を、何度でも繰り返して行えることの意義は大きいと考える。実験観察に対する興味関心を喚起する役割を果たすことに加え、事前にシミュレーションできるため、いきなり実験観察を行う場合よりも、児童生徒が自信を持って安全に正しく器具を操作でき、実験装置や器具の取扱いに注意が奪われ、実験観察の本来の目的が果たせないという問題の解決にも貢献できると考えている。

実際に、事前に実験手順や操作方法を、こうした携帯ゲーム機を用いて事前シミュレーションした場合と、紙などの媒体で予習した場合の、児童生徒の観察実験における器具操作の違いについての検証は、今後の興味ある課題である。

## 6. おわりに

本研究では、タッチペンによる直接操作を学習に活用する新しい学習支援システムとして、携帯ゲーム機で実験・観察を行えるシステムの開発を行った。こうした携帯ゲーム機の教育利用は、理科の実験・観察の新しい方法を提供することができ、ゲーム機を用いて、いつでも、どこでも楽しくゲーム感覚で学習することが可能となり、理科離れの解消にも貢献できる可能性がある。

今回我々が開発したシステムでは、NDSの特徴を活かし、NDS上で観察・実験を行うことが可能である。NDSを単なる携帯ゲーム機ではなく、スケッチブックや参考書のような役割をするものとして使用し、スケッチブック機能や解説機能を実現している。さらに、実験器具をNDS上で扱い、手順を見ながら直接操作を行うことで、実験器具の使い方や実験方法を、何度でも繰り返し学習することが可能である。

今回の研究を通じて、携帯ゲーム機を教育へ応用することの魅力改めて確認することができた。開発したシステムは、実際にNDS本体に実装することができれば評価実験可能な段階にある。しかしながら、そのためには、任天堂とライセンス契約の必要があり、PCや携帯のアプリのように、研究開発を行ったシステムを気軽に試すことができないことが課題となっている。

## 参考文献

- [1] 平成21年度文部科学省委託事業先導的教育情報化推進プログラム「モバイル学習環境の実現と学習効果の研究」研究成果発表会資料(2010.3).
- [2] 柏原郁子: ``ニンテンドーDSによる英語教育の試みとその可能性―「DS de イングリッシュ」で楽しく英語力アップ―,大阪電気通信大学人間科学研究,第9号, pp.55-71 (2007) <http://www.osakac.ac.jp/ecip/ds/>
- [3] 寺沢孝文: ``新技術を実装した NINTENDO DS 用英単語学習ソフトを使い, 麻布高校生対象に長期学習実験を実施”, [http://www.okayama-u.ac.jp/up\\_load\\_files/soumu-pdf/press-090826-1.pdf](http://www.okayama-u.ac.jp/up_load_files/soumu-pdf/press-090826-1.pdf)  
[http://www.okayama-u.ac.jp/up\\_load\\_files/soumu-pdf/press-090826-2.pdf](http://www.okayama-u.ac.jp/up_load_files/soumu-pdf/press-090826-2.pdf)
- [4] 中野健秀: ``携帯型ゲーム機を用いての漢字学習 ―ニンテンドーDSの可能性を探る―”,教育システム情報学会誌, Vol.26, No.1, pp.129-132 (2009).
- [5] Noriko Hanakawa, Go Yamamoto, Katsuhiko Tashiro, Hiroshi Tagami and Sachiko Hamada: ``p-HInT: Interactive Educational environment for improving large-scale lecture with mobile game terminals”, the 16th International Conference on Computers in Education (ICCE2008) PROCEEDINGS, pp.629-633, Oct 2008.
- [6] 進研ニュース VIEW21 Vol.10 (2002): “進む「理科離れ」と理科教育の展望”  
[http://benesse.jp/berd/center/open/kou/view21/2002/html10/toku10\\_01.html](http://benesse.jp/berd/center/open/kou/view21/2002/html10/toku10_01.html)
- [7] Excite ニュース, 2009年4月3日記事  
[http://www.excite.co.jp/News/politics/20090403/Economic\\_pol\\_090402\\_C001\\_4.html](http://www.excite.co.jp/News/politics/20090403/Economic_pol_090402_C001_4.html)
- [8] 大槻節平: “発見的学習とその支援環境”, 人工知能学会誌 Vol.8 No.4 pp.411-418, 1993.
- [9] 大日本図書: ``新版 中学校理科2分野上”
- [10] ニンテンドーDS: <http://www.nintendo.co.jp/ds/>
- [11] 古川治,溝口理一郎: “インタフェースの科学”, 共立出版 1987.
- [12] ARM: <http://www.arm.com/>
- [13] devkitPro: <http://www.devkitpro.org/>
- [14] MinGW: <http://www.mingw.org/>
- [15] No\$gba Gameboy Advance / Nintendo DS Emulator  
Homepage: <http://nocash.emubase.de/gba.htm>