

リアルとバーチャルを融合させた 時計教材の開発

遠藤智[†] 片山茂友[†]

教育現場では、教育効果を上げるために様々な教材や教具が用いられてきた。低学年の児童では、手で触れられる教材による教育が中心である。一方、高学年の児童では、各教科でコンピュータを活用した授業が増えてきている。しかし、この手で触れられるリアル教材とコンピュータを活用したバーチャル教材を融合させ、双方のメリットを生かした中間的な教材の研究は比較的少ない。本研究では、タンジブルユーザインタフェースによる時計教材の開発を行った。また、開発した教材を用いて実際の小学校の児童を対象に実験を行い、その教材の教育効果の評価を行った結果を、本稿にて述べる。

The development of clock teaching materials by tangible user interface

Endo Satoshi[†] Katayama Shigetomo[†]

Various teaching materials and teaching tools have been used for education to raise results. For schoolchildren in the lower grades, the education though tangible materials touched by hand is mainly performed. On the other hand, classes in which computers are used for each subject has increased for upper-grade children. However, study of teaching materials by tangible user interface hardly ever seen. In the present study, we have developed clock teaching material by tangible user interface. We have conducted an experiment with schoolchildren in the lower grades to evaluate the teaching material.

1. はじめに

教育現場では、教育効果を上げるために様々な教材や教具が用いられている。低学年の児童では、手で触れられる教材（以下、リアル教材）による教育が中心で、時計、地球儀、地形立体模型などのように児童が直接触れることで直感的に理解できるような様々なリアル教材が授業で利用されている。

一方、高学年の児童では、各教科でコンピュータを活用した授業が増えてきている。例えば、算数の計算問題や理科の経過観察、社会の資料のまとめなどを行う場合にインターネットや教育用コンピュータソフト（以下、バーチャル教材）が活用されている。このように、リアル教材とバーチャル教材は、それぞれの特徴を生かして適切に活用されている。しかし、このリアル教材とバーチャル教材を融合させ、双方のメリットを生かした中間的な教材の研究は比較的少ない。

過去の研究では、リアル教材とバーチャル教材それぞれを使用した際の脳の活性状態を、光トポグラフィー装置を用いて計測した結果、リアル教材を使うと左脳が主に活発になり、コンピュータなどのバーチャル教材を使うと右脳が主に活発になることがわかっている[1]。そのため、リアルとバーチャルを融合させた教材による教育は両方の脳が

活性化されるのでどちらか一方を使用するよりも高い効果を得られると考えられる。

新学習指導要領により、小学校低学年では、手に取って直感的に理解できるように教材キットの算数セットがありその中には必ず時計の模型が存在する。そのため、最も一般的なリアル教材として時計教材を選び、バーチャル教材と融合させた教材の開発を行った。この教材の特徴は、実際に手で触れて動かすリアル時計と、パソコンのプログラム上で動くさまざまな種類のバーチャル時計（アナログ時計、帯時計など）という2つの時計の動きを連動させている。手で触れて操作するという体感的な学習ができることで児童の興味・関心を引き出し、これまでの教材と比べ時間や時刻の概念の理解を手助けすることができると考えている。

2. タンジブルユーザインタフェース

本教材のようにマウス、キーボード以外を入力装置として利用するものとしてタンジブルユーザインタフェース（Tangible User Interface）がある。マウスなどの触ることで入力する入力系はあるが、出力系についてはディスプレイを使うため、触ることができない。この出力系についても触れることができるものがタンジブルユーザインタフェースである[2]。この概念を最も象徴的に表しているのが「そろばん」である。例えば、「1+1」をそろばんで計算させると、そこには2という触ることができると同時に、データそのものが実体を持っているのがタンジブルユーザ

[†]日本工業大学大学院
Nippon Institute of Technology

インタフェースである。

3. 本教材の特徴

時計学習において、児童がアナログ時計の時刻を読み間違える要因の1つとして、時計の時の数え方が12進数であるのに対し、分の数え方は60進数であるということが考えられる。これは、一般的なアナログ時計では文字盤に1から12までしか表記されていないため、長針が3を指しているのに対し何故15と読むのか理解できないために起こることである。似たような事例として、デジタル時計のAM、PMの12時間表記と、24時間表記での同じ時刻を違う時刻として間違えてしまうというものがある。これも、12進数と24進数の違いを理解できずに混乱するため起きると考えられる。

また、アナログ時計の短針の位置が原因で時刻を読み間違えることも多い。例として、6時57分という時刻を指している際、アナログ時計の長針は57の位置を指しているの57分と読み取ることはできるが、短針は6、7間の7寄りを指しているため、6時台なのか7時台なのか判断し兼ねる事があげられる。

そこで本教材ではバーチャル教材の、表示されている画像等を瞬時に自由に変更できるという利点を活かし、バーチャル時計の文字盤を数種類用意し、児童の状況によって自由に変更することができるようになっている。

例えば、0から59までの分の数字が描画された文字盤のバーチャル時計を表示し、1から12までの文字盤のリアル時計を操作、および比較することで、12進数と60進数の違いからくる時刻の読み間違いを無くするための手助けができると考えられる。

その他に、バーチャル時計に帯時計を表示させることで、時刻だけでなく時間の概念を学習させることができる。例えば帯時計のA地点から現在のリアル時計が指している時刻までの間は何時間、何分間であるかなどをデジタル時計などと併用して表示できる。リアル時計の操作量に応じて、バーチャル時計内で色が変わる等の視覚的な変化を加えて解りやすくすることで、より時間の概念の理解に役立たせることができる。

これらのさまざまな種類のバーチャル教材内の時計を、リアル教材の時計に直接触れ、体感的な操作をすることで児童の興味、関心をひきだし、学習意欲の向上と共に時計学習への理解の手助けができる。

4. 教材のシステム構成

時計教材のシステム構成を図1に示す。手で針を操作できるリアル時計部、それに連動して動作するバーチャル時計部から構成されている。リアル時計部は電源ユニットから電力を供給され、ロータリーエンコーダの数値を読み取り、

バーチャル時計部に反映する。

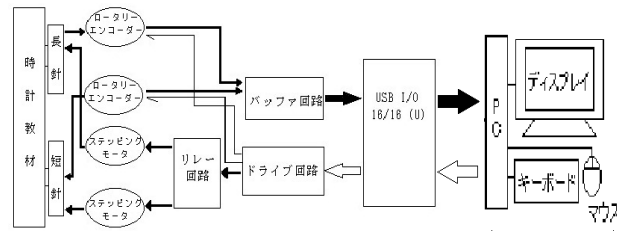


図1 システム構成図

5. ハードウェア構成

時計教材の外観図を図2に示す。

リアル時計部は大きく長針と短針の駆動系とセンサ系に分けられる。電源ユニットから電力を供給され、USB-I/Oとドライブ回路は12V、バッファ回路は5Vで駆動する。バッファ回路はパルスモータのドライブ回路、ロータリーエンコーダ、USB-I/Oユニットの入出力が接続されている。ドライブ回路の各信号は5Vで入力し、パルスを入力するとモータを回転させる。

アブソリュート型ロータリーエンコーダは回転角に応じ、絶対位置の信号が8ビットパラレルにグレイコードで出力される。それをUSB-I/Oユニットに入力し角度を検出し、時計の針を制御する。



図2 時計教材の外観図

6. ソフトウェア構成

ソフトウェアは基本動作ソフトウェアと応用ソフトウェアから構成される。バーチャル時計はアナログ時計、デジタル時計、帯時計の3つを取り上げ、リアル時計と融合させた。問題表示プログラムは、実際の教育現場で使用されているソフトウェアと問題集を参考に作成した[3, 4]。平成23年度から小学校で一部が先行実地される新学習指導要領・生きる力では以前は2年生から始まる時計学習が1年生からになっている[5]。

小学校低学年でも入学してからパソコンを使い始めるこ

とが多くなってきたが、特に一年生はダブルクリックやドラッグアンドドロップなどの概念や複雑な操作を理解、実行することが難しくマウスを上手に扱うことが出来ない。そこで、実際に触れて操作することのできるリアル教材をバーチャル教材の入力装置にすることで操作をわかりやすくしている。

6.1 基本仕様

バーチャル教材側は主に、問題の表示と処理を担当する。

問題表示画面では、リアル時計を動かすことで、表示されているバーチャル時計が連動して動く。児童は、表示される問題を見てリアル時計を動かす、同期されたバーチャル時計の針を問題の答えと思う位置に合わせる。問題の答えに合わせてから「けっぺい」ボタンを押すと正否判定を行う。「もどる」ボタンを押すことで問題選択画面へ戻り、「おわる」ボタンでプログラムを終了することができる。

正解であれば正解用の画像と音楽が流れ、不正解であれば不正解用の画像と音楽が流れるようになっている。どちらの場合でも、次の問題へ進むボタンが出現するようになっている。

また、問題を解く形式だけではなく、本教材を自由に操作し、慣れさせるための練習画面も用意した。

6.2 練習画面

図3は本教材に慣れさせるための練習画面である。この練習画面ではデジタル時計、アナログ時計、帯時計の全てが表示されている。リアル時計を動かすことで、表示されている全ての時計が同時に動き、それぞれの時計の動き方を知ることができる。また、下部のボタンによりバーチャル教材側から出力を送り、リアル時計を操作することも可能である。

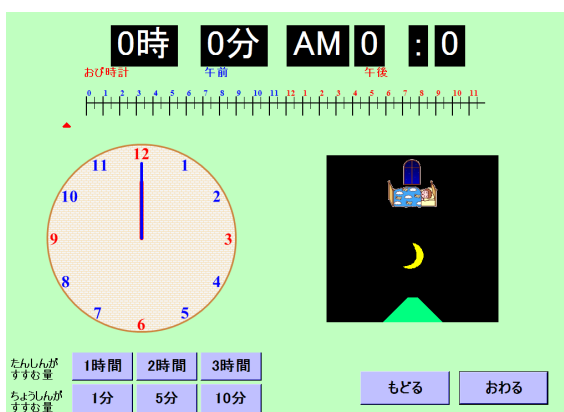


図3 練習画面

6.3 問題表示画面

図4に試作した問題表示画面を示す。この問題は、アナログ時計の針の読み方を理解させるためのものとして用意した。表示される問題は、数種類用意した中から毎回ランダムで設定されるようになっている。

それぞれの問題で理解のしやすい、あるいは見やすい文字盤を児童が自由に選択できるように、文字盤の選択ボタンを左下に用意した。このボタンを操作することで、左側に表示されている文字盤が切り替わり、児童が問題を理解するための手助けとなる。また、問題の解答に時間がかかっていると判断した場合、ヒントとして答えの時間を連想させる絵が表示されるようになっている。



図4 問題表示画面

6.4 変更できる文字盤

図5と図6に変更できる文字盤の例を示す。図5の文字盤では、通常の12までの文字盤の外側に0から59までの分を表す数字が表示される。これにより、長針が3を示していても、実際には15という数字を読むことの理解を促す。

図6の文字盤では、時間毎に色を分けている。短針が触れている範囲の色と、短針が指している時間の数字が同じ色になるようになっている。これにより、短針がその色の範囲内であれば、同じ色の時のままという事を理解させ、6時57分を7時57分と読み間違える事のないように学習させる。

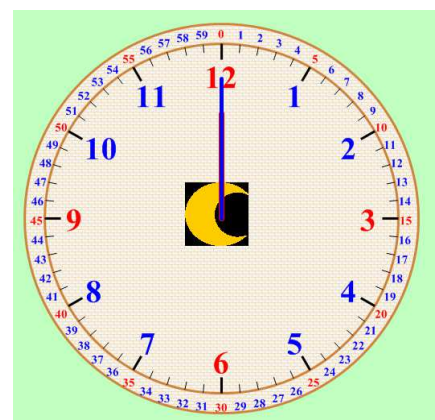


図5 分数付きの文字盤

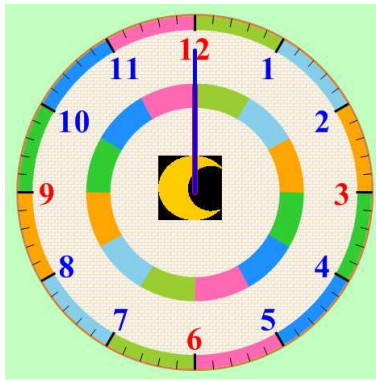


図 6 色分けした文字盤

この他にも、指している数字だけが光る文字盤や、時間の概念を学習するために変化量を色で表す文字盤等が用意され、問題毎に自由に変更が可能である。

7. 教材の評価

実際の教育現場である K 小学校の 2 年生 1 クラス 25 名の児童を対象に教材の使用前、使用後で時計の針の読み方に関する問題、時刻の進み方に関する問題を各 10 問ずつ、計 20 問解答してもらい、本教材の教育効果の有無を評価した。

また、問題の解答と並行して、児童の本教材への関心の度合いをアンケートにて調査した。

7.1 教材使用前の結果

本教材使用前での各問題の解答結果を表 1, 表 2 に示す。時計の針の読み方についてはいずれの児童も高い正答率をあげ、一定の理解度があると分かった。

しかし、針の読み方に関する問題の中では、7 時 10 分を 2 時 35 分、8 時 55 分を 9 時 55 分と間違えて解答する児童が半数程いることもわかった。これは長針と短針の区別が上手いかずに長針と短針を逆に読んでしまうことや、短針がより近い方の数字を読んでしまうことが、間違いの原因になったと思われる。

一方、時刻の進み方に関する問題ではほとんどの児童が正答率 5 割以下と、あまり理解度が高いとはいえない。また同問題のなかでも、進む量が 1 時間や 30 分だけ等の単純な問題は正答率が高かったが、1 時間 45 分や 90 分等、時と分が両方とも進む問題や、変化量が多く繰り上がりが必要とする問題は正答率が悪いという結果になった。

表 1 時計の針の読みに関する問題の結果 (使用前)

| 問題 | 正答率 |
|-----------|-----|
| 短針が次の時刻寄り | 45% |
| 総合正答率 | 83% |

表 2 時刻の進み方に関する問題の結果 (使用前)

| 問題 | 正答率 |
|-----------------|-----|
| 時と分のどちらかだけが進む問題 | 62% |
| 時と分がどちらも進む問題 | 38% |
| 総合 | 50% |

7.2 教材使用後の結果

本教材使用後の針の読み方に関する問題の解答結果を、教材使用前と比較したものを表 3 に示す。

時計の針の読み方に関する問題では平均正答率は微増という結果に留まったが、6 時 55 分などの短針が次の時刻寄りになっている問題の正答率は 30% 以上の増加となり、教材による学習効果が得られていると推測できる。また、教材使用前に 7 時 5 分を 2 時 35 分と読み間違える等の、単純な針の読み間違いによる不正解者はほとんどいなくなっている。

表 3 時計の針の読みに関する問題の結果 (使用後)

| 問題 | 正答率 | |
|-----------|-----|-----|
| | 使用前 | 使用後 |
| 短針が次の時刻寄り | 45% | 80% |
| 総合 | 83% | 92% |

本教材使用後の時刻の進み方に関する問題の解答結果を、教材使用前と比較したものを表 4 に示す。

時刻の進み方に関する問題では、針の読み方に関する問題よりも、正答率の上昇が顕著に現れている。進む時間が時と分のどちらかだけであれば、変化量が多い繰り上がりが必要とする問題で間違える児童はほとんどいなくなっている。しかし、時と分の両方が進む計算では、まだ 4 割近い児童が問題を間違える傾向にある。

表 4 時刻の進み方に関する問題の結果 (使用後)

| 問題 | 正答率 | |
|-----------------|-----|-----|
| | 使用前 | 使用後 |
| 時と分のどちらかだけが進む問題 | 62% | 81% |
| 時と分がどちらも進む問題 | 38% | 63% |
| 総合 | 50% | 72% |

7.3 教材への関心の度合い

本教材を体験した児童に、本教材を使った学習に対しての感心、興味の度合いについてアンケートをとった。アンケートは全5問で、児童にも分かりやすいよう簡素なものにした。

7.3.1 時計の動かし方は分かりやすかったか。

児童にとって、実際に触れることで直感的に操作できる本教材は、入力装置として扱いやすいかどうかを調査した。結果、約80%の児童が分かりやすいと回答した。

表5 時計の動かし方について

| | |
|--------|-----|
| ・簡単だった | 79% |
| ・普通だった | 17% |
| ・難しかった | 4% |

ほとんどの児童が本教材の動かし方を分かりやすいと答えた一方、20%の児童にとっては普通、あるいは難しいという評価がでている。これは、本教材の問題を解くうえで、パソコンの画面上に移るバーチャル時計と、実際に触れるリアル時計とを交互に見比べながら操作をすることが必要なためと思われる。また、ダブルクリックやドラッグアンドドロップなどの操作をなくしたとはいえ、一部の操作はマウスを使わなければならない事などが、教材の動かし方を難しく感じさせてしまった原因とも思われる。

7.3.2 時計を動かしての勉強は分かりやすかったか。

本教材を使って実際に学習した際、その学習方法がどの程度わかりやすかったかを調査した。

表6 時計を動かしての学習方法について

| | |
|----------|-----|
| ・よく分かった | 83% |
| ・少し分かった | 4% |
| ・普通だった | 8% |
| ・少し難しかった | 4% |

よく分かった、少し分かったと解答した児童を含めると、87%の児童が本教材を使っての勉強が分かりやすかったと解答した。しかし、12%の児童は普通、あるいは少し難しいと解答している。これも、バーチャル時計とリアル時計を、交互に見ながら操作しなければならない点が原因だと考えられる。

7.3.3 時計の勉強で一番分かりやすかった時計はどれか。

本教材は文字盤を自由に変更できる仕様となっているが、実際にその文字盤を変更した際、どの文字盤が問題を解く上で参考になったかを調査した。

表7 一番分かりやすい文字盤について

| | |
|----------------|-----|
| ・色をつけた文字盤 | 71% |
| ・指した数字を光らせる文字盤 | 25% |
| ・どちらも分かりにくかった | 4% |

ほとんどの児童が、時間毎に色をわけた文字盤が参考になったと回答した。教材使用後に解答した時計の針を読む問題においても、色をわけた文字盤を利用することを想定した、短針が次の時刻寄りの問題の正答率が30%も上がっている。これにより、文字盤を自由に変更できる等の機能は有効であると判断できる。

7.3.4 時計を動かしてみても楽しかったか。

本教材を使用した際に、楽しかったかどうかを調査した。

表8 本教材を動かして楽しかったか

| | |
|----------|-----|
| ・楽しかった | 83% |
| ・少し楽しかった | 17% |

少し楽しかったと解答した児童を含めると、全ての児童が本教材を使用したことが楽しかったと回答した。本教材のように、リアル教材とバーチャル教材を融合させた教材はあまりなく、その珍しさが児童の興味をひいたと思われる。

7.3.5 この時計を使ってまた勉強したいか。

最後に、また本教材を使用して勉強してみたいかについて調査した。

表9 再度、この教材を使って勉強したいか

| | |
|-----------|-----|
| ・またやってみよう | 96% |
| ・どちらでもよい | 4% |

ほとんどの児童が、本教材を使ってまた学習がしてみたいと解答した。これにより、本教材は児童の興味、関心を十分に引き出していると判断できる。

8. まとめと考察

これまでの様に、リアル教材のみ場合では、時計教材の針の動きとその時間経過などの関連付けが理解しにくい。また、バーチャル教材のみの場合では、マウスなどを使用して操作をするが、小学校低学年の児童にはダブルクリックやドラッグアンドドロップ等の操作は難しい。

本教材のように手で触れられ、直感的に操作することのできるリアル時計教材をバーチャル時計教材の入力装置として利用することで、針の動きとその時間経過などの関連付けの学習が理解しやすくなったと考えている。

しかし、本教材使用後に集計した時刻の進み方に関する問題の結果は、使用前に比べて向上はしているが、未だ高いとはいえない。

今後は、問題表示画面における帯時計の扱いを見直し、本教材を使用した時間経過に関する学習方法を充実させることが課題と考える。

また、昨今の教育現場ではデジタル教科書の導入が検討されている。デジタル教科書に使用されるタッチパネル式の携帯端末では、触覚フィードバックが期待できないため

リアル教材としては適さないと考えるが、バーチャル教材を表示する端末としては、マウスを使用しないため、ソフトウェアの直感的な操作が可能である。アンケート内で本教材の動かし方が難しいと答えた児童は、マウスの操作等に難があったためと思われるので、タッチパネル式の端末にバーチャル教材を表示し、ソフトウェアの直感的な操作を可能にすることにより、より効率的な学習ができると考えている。

参考文献

- 1) 佐伯 徳秀, 片山 滋友: タンジブルユーザインタフェースによる教材の開発, 教育システム情報学会, 第31回全国大会講演論文集, pp.249-250(2006).
- 2) 石井 裕: タンジブル・ビッター情報と物理世界を融合する, 新しいユーザ・インタ・フェース・デザイン, 情報処理学会誌, Vol.43, No.3, pp.222~229 (2002).
- 3) 新編新しい算数編集委員会: 新編新しい算数 22 プラス, 1 教師用指導書 22 年度移行期対応版
- 4) さんすうランチ 4
http://www.teacher.ne.jp/product/s_slb4/index.html
- 5) 文部科学省 新学習指導要領・生きる力
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/index.htm