

多様化する学習者の個性に対応した科学教育を支援するユビキタス・サイエンス・ラボの構築（継続）

代表研究者 山口悦司 神戸大学大学院人間発達環境学研究科 准教授
共同研究者 舟生日出男 創価大学教育学部 准教授

1 はじめに

多様化する学習者の個性にどのように対応できるのかは、科学教育研究上の大きな課題となっている。しかしながら、画一的で集合型の科学教育の実践が数多く行われている現状がある。

電気通信技術を利用してこうした状況を打開するために、昨年度の研究（山口・舟生，2011）では、申請者の研究グループによるこれまでの研究成果（稲垣ら，2011）を基盤にして、ワイヤレス通信型モバイル端末などのユビキタス・テクノロジーを理科実験室に導入し、ハンズオンによる直接体験と仮想体験を融合した学習空間としての「ユビキタス・サイエンス・ラボ」を構築した。

昨年度に引き続き、本年度の研究では、教師が本時終了時点の子どもたちの学習状況を瞬時に分析・俯瞰し、学習者の個性に対応した学習指導を行うための機能拡張を行った。さらに、機能拡張版のユビキタス・サイエンス・ラボを小学校の理科室に導入し、その科学教育の支援効果を検証した。

2 ユビキタス・サイエンス・ラボの機能拡張

2-1 デザイン

昨年度は、ユビキタス・サイエンス・ラボのデザインとして、以下を策定した。

- (a) ユビキタス・サイエンス・ラボでは、「子どもたちの科学知識へのコミットメント」が中心とされる。
- (b) このラボを具現化するためには、次の機能が必要である。
 - ・子どもたち一人ひとりが自分自身の複数のアイデアへのコミットメントを表現する。
 - ・子ども同士がお互いのコミットメントを参照する。
 - ・教師や子どもたちがコミットメントの時系列的变化を把握する。
- (c) このラボでの学習活動では、次の学習サイクルが必要である。このサイクルを通して、多様化する学習者の個性に対応するとともに、科学的に妥当なアイデアに対するコミットメントが向上し、科学的に誤ったアイデアに対するコミットメントが低下する。
 - ・予想：知的環境内に存在する複数のアイデアに基づいて、科学体験の結果を予想する。
 - ・科学体験：ハンズオンによる科学体験を行う。
 - ・コミットメント：科学体験の終了後に、複数のアイデアに対するコミットメントを可視化・共有化する。

本年度は、デザイン（b）に新たに下記を追加した。

- (b) このラボを具現化するためには、これまでに加えて、次の機能が必要である。
 - ・教師が本時終了時点の子どもたちのコミットメント状態を瞬時に分析・俯瞰し、学習者の個性に対応した形で、授業中の学習支援に活用する。
 - ・教師が単元終了間際の子どもたちのコミットメント状態を瞬時に分析・俯瞰し、学習者の個性に対応した形で、科学的に妥当なアイデアに対するコミットメントの向上と科学的に誤ったアイデアに対するコミットメント低下を確実なものとするための学習支援を考案する。

2-2 新しい機能の実装

上記のデザインに基づいて、ハンズオンによる直接体験と仮想体験を融合した学習空間として、学習者一人ひとりが科学知識へのコミットメントを可視化・共有化できるワイヤレス・モバイル端末システム（図1）（山口ら，印刷中）を拡張するとともに（山口ら，2011），科学体験を行うことができるラボを構築した。

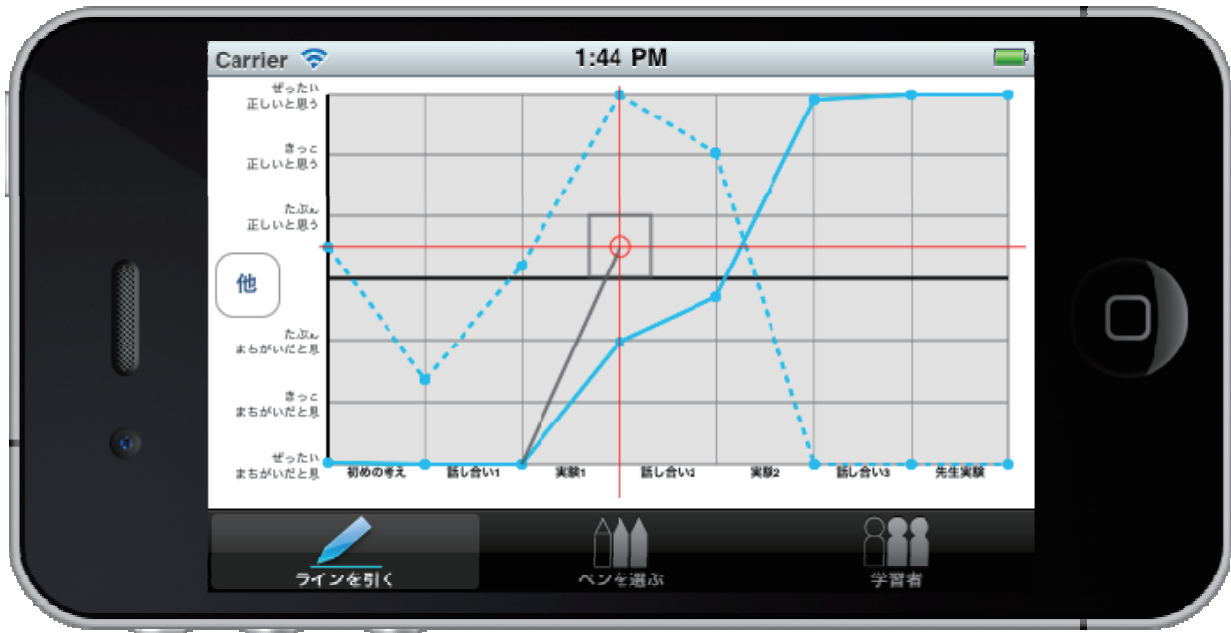


図1 ワイヤレス・モバイル端末システム

デジタル運勢ライン [クラスの集計]

| | | かわらない | | |
|----|----------|--------|---------|----------|
| | | 正しいと思う | どちらでもない | まちがいだと思う |
| へる | 正しいと思う | 1 | 0 | 0 |
| | どちらでもない | 1 | 1 | 1 |
| | まちがいだと思う | 36 | 0 | 0 |

前半
 後半
 7: 先生実験

図2 集計機能（領域別）

| | | かわらない | | |
|----|---------|--------|---------|--------|
| | | 上がりきった | どちらでもない | 下がりきった |
| へる | 上がりきった | 0 | 1 | 0 |
| | どちらでもない | 4 | 4 | 0 |
| | 下がりきった | 31 | 0 | 0 |

前半
 後半
 7: 先生実験

図3 集計機能（最大最小）

(1) 集計機能（領域別）

図2は、本時終了時点の子どもたちのコミットメント状態を瞬時に分析・俯瞰するための「集計機能（領域別）」である。これは、異なる2つのアイデアに対するコミットメントの組み合わせを瞬時に集計するとともに、それぞれのセルに該当する子どもを特定することができる機能である（村上ら，2011）。

(2) 集計機能（最大最小）

図3は、単元終了間際の子どもたちのコミットメント状態を瞬時に分析・俯瞰するための「集計機能（最大最小）」である。これは、科学的に正しいアイデアに対するコミットメントが最大ではない、または、科学的に誤っているアイデアに対するコミットメントが最小ではない、つまり、科学概念が適切に構築されていない状態の子どもを特定することができる機能である（村上ら，2011）。

3 機能拡張版ユビキタス・サイエンス・ラボを利用した科学教育の実証実験

機能拡張版ユビキタス・サイエンス・ラボを小学校の理科室に導入し、その科学教育の支援効果を検証した（神山ら，印刷中；Nakashin et al., under review；山口ら，印刷中）。今回の実証実験では、本時終了時点の子どもたちのコミットメント状態を瞬時に分析・俯瞰するための「集計機能（領域別）」および単元終了間際の子どもたちのコミットメント状態を瞬時に分析・俯瞰するための「集計機能（最大最小）」の支援効果に焦点を当てた。

3-1 参加者

参加者は、兵庫県内の小学校6年生3クラスの児童計121名、および当学年の理科を担当する教師1名であった。授業はクラスごとに実施されたが、すべて同一の教師によるものであった。

3-2 環境

使用教室は、対象校の理科室であった。使用されたコンピュータは、第2世代の iPod touch 8G モデル (iPhone OS 2.2.1) であった。子どもには、1人1台の iPod touch を使用させた。

3-3 授業

授業のテーマは「静電気」であった。授業の目標は『電気を通さない物は、全てこすると電気を帯びて、物を動かす』ということを理解するであった。本授業は、全9時間をかけて実施された(神山ら、印刷中)。

1・2時間目では、ワイヤレス・モバイル端末システムについて説明し、児童に iPod touch を一台ずつ配布した後、基本的な操作の練習をさせた。演示実験の後、「電気を通さない物は、全てこすると電気を帯びて、物を動かす」という全て説と、「電気を通さない物は、『こすると電気を帯びて物を動かす』物と『こすっても電気を帯びなくて、物を動かさない』物の2種類に分かれる」という2種類説の2つの仮説を提示し、どちらの仮説を支持するかについて、ワイヤレス・モバイル端末システムを用いて、2つの仮説に対するコミットメントを表現させた。

3時間目～8時間目では、ハンズオン実験、ワイヤレス・モバイル端末システムを利用したコミットメントの表現、「集計機能(領域別)」を利用した教師の学習支援とクラス全体の話し合い、の学習サイクルを3回繰り返した。

9時間目では、「集計機能(最大最小)」を利用して、全て説を正しい、2種類説をまちがいだとする上で、納得がいけないことや気になっていることを児童に発表させた。その上で、単元のまとめを行った。

4 科学教育への支援効果の検証方法

機能拡張版のユビキタス・サイエンス・ラボによる科学教育への支援効果は、子どもを対象とした主観的評価によって検証を行った。

4-1 対象

調査は、授業に参加した小学校6年生3クラスの児童121名を対象に実施した。そのうち、有効回答であった児童111名の回答を分析対象とした。

4-2 課題

調査課題は、拡張された2種類の集計機能について、良かった点と改善点について自由に記述させるものであった。良かった点および改善点のいずれについても、複数回答を認めた。

4-3 手続き

調査は、質問紙法を用いてクラス別に実施された。所要時間は、約10分であった。実施時期は、授業終了後の2011年12月であった。

4-4 分析

回答の分析に際しては、KJ法によって分類カテゴリを作成した。このカテゴリに基づいて、すべての回答をいずれかのカテゴリに分類した。

5 科学教育への支援効果の検証結果

5-1 集計機能(領域別)

表1には、集計機能(領域別)の良かった点に関する回答傾向を示している。複数回答ありで児童に回答させた結果、有効回答人数111人に対して有効回答数が191件であった。「画面(数字、文字)が見やすい」と答えた児童が68人であり、「クラスの傾向がわかりやすい」と答えた児童が45人であった。また、「誰が

表1 集計機能（領域別）の良かった点

| カテゴリ | 回答数 |
|--------------------------|-----|
| 画面（数字，文字）が見やすい | 68 |
| クラスの傾向がわかりやすい | 45 |
| 誰がどのような考えを持っているのかがわかりやすい | 26 |
| 他の人の考えに対して疑問や意見を持てた | 25 |
| 有効回答人数は111人（複数回答含む） | |

表2 集計機能（領域別）の改善点

| カテゴリ | 回答数 |
|---------------------|-----|
| 特になし | 30 |
| 名前を初めから一覧表示にしてほしい | 19 |
| マトリクス表示がわかりづらい | 17 |
| 文字や数字を大きくしてほしい | 16 |
| より細かい項目を設けてほしい | 15 |
| 有効回答人数は111人（複数回答含む） | |

どのような考えを持っているのかがわかりやすい」ことを理由に、名前表示機能やライン表示機能を評価する児童が25人であった。そこからさらに、「他の人の考えに対して疑問や意見を持てた」という児童は10人であった。

表2には、集計機能（領域別）の改善点に関する回答傾向を示している。複数回答ありで児童に回答させた結果、有効回答人数111人に対して有効回答数が138件であった。その中で、「特になし」という回答が最多の30人から出された。その他、「名前を初めから一覧表示にしてほしい」という回答が19人、「マトリクス表示がわかりづらい」という意見が17人、「文字や数字を大きくしてほしい」という回答が16人から出された。いずれも視覚的にわかりやすいデザインの画面を求める評価であった。さらに、画面上の項目について、「どちらでもない」という表現では、どこからどこまでにラインを描いた人のことなのか分かりづらいことを理由に、「より細かい項目を設けてほしい」という回答が15人から出された。

5-2 集計機能（最大最小）

表3には、集計機能（最大最小）の良かった点に関する回答傾向を示している。複数回答ありで児童に回答させた結果、有効回答人数111人に対して有効回答数が113件であった。「クラスの傾向がわかりやすい」という回答が37人、「画面（数字，文字）が見やすい」という回答が32人から出された。また、集計機能（領域別）と比較して、「他の人の考えがわかりやすい」という回答が23人から、「他の人の考えに対して疑問や意見を持てた」という回答が13人から出され、集計機能（最大最小）が他者の考えを捉え、それに関して議論する動機付けとなったことが、合計で36人の児童から指摘されたことがわかった。

表4には、集計機能（最大最小）の改善点に関する回答傾向を示している。「特になし」と回答した児童が39人と最多であった。その他には画面の見やすさに改善を求める評価として「マトリクス表示がわかりづらい」という回答が16人、「文字や数字を大きくしてほしい」という意見が14人、「名前を初めから一覧表示にしてほしい」という回答が13人から出された。また、「より細かい項目を設けてほしい」と回答した児童は14人であり、集計機能（領域別）とほぼ同様の結果であった。

6 おわりに

本研究では、昨年度の研究に引き続き、教師が本時終了時点の子どもたちの学習状況を瞬時に分析・俯瞰し、学習者の個性に対応した学習指導を行うための機能拡張を行った。具体的には、本時終了時点の子どもたちのコミットメント状態を瞬時に分析・俯瞰するための「集計機能（領域別）」および単元終了間際の子ど

表3 集計機能（最大最小）の良かった点

| カテゴリ | 回答数 |
|---------------------|-----|
| クラスの傾向がわかりやすい | 37 |
| 画面（数字，文字）が見やすい | 32 |
| 他の人の考えがわかりやすい | 23 |
| 他の人の考えに対して疑問や意見を持てた | 13 |

有効回答人数は 111 人（複数回答含む）

表4 集計機能（最大最小）の改善点

| カテゴリ | 回答数 |
|-------------------|-----|
| 特になし | 39 |
| マトリクス表示がわかりづらい | 16 |
| 文字や数字を大きくしてほしい | 14 |
| より細かい項目を設けてほしい | 14 |
| 名前を初めから一覧表示にしてほしい | 13 |

有効回答人数は 111 人（複数回答含む）

もたちのコミットメント状態を瞬時に分析・俯瞰するための「集計機能（最大最小）」を新たに実装した。

さらに、機能拡張版のユビキタス・サイエンス・ラボを小学校の理科室に導入し、その科学教育の支援効果を検証した。子どもを対象とした主観的評価の結果、いずれの機能についても、インタフェースの視認性、提示した情報のわかりやすさが高く評価されていた。それぞれの集計機能固有の評価については、「集計機能（領域別）」については、クラスの誰がどのような考えを持っているかを知るのに役立つという点であった。また、「集計機能（最大最小）」については、科学的に妥当なアイデアについてラインが上がりきっていない子どもや、科学的に妥当でないアイデアについてラインが下がりきっていない子どもの存在を認識し、その子どもと議論する動機付けとなった点であった。これらの評価と同時に、機能の改善点も明らかになった。それは、子どもが誰なのかを瞬時に特定するための、さらにきめ細やかな情報の提示の必要性であった。

今後の課題は、実証実験を通して指摘されたシステムの問題点を改善するとともに、ハンズオンによる直接体験と仮想体験を融合した学習空間としての総合的な評価を行うことである。

【参考文献】

- 稲垣成哲・舟生日出男・山口悦司・三澤尚久・出口明子(2011)「デジタル運勢ラインシステムの開発と評価」『理科教育学研究』第 51 巻, 第 3 号, pp.33-46.
- 神山真一・山口悦司・舟生日出男・稲垣成哲(印刷中)「集計機能拡張版デジタル運勢ラインシステムを利用した小学校理科授業のデザイン」『日本科学教育学会第 36 回年会論文集』
- 村上真美・舟生日出男・山口悦司・稲垣成哲(2011)「デジタル運勢ラインシステムの改良:集計機能」『平成 23 年度日本理科教育学会近畿支部大会発表論文集』p.60.
- Nakashin, S., Yamaguchi, E., Funaoi, H., Murakami, M., & Inagaki, S. (under review). Enhancement and evaluation of the counting function of the digital fortune line system toward supporting science learning. *Proceedings of E-Learn 2012*.
- 山口悦司・舟生日出男(2011)「多様化する学習者の個性に対応した科学教育を支援するユビキタス・サイエンス・ラボの構築」『平成 21 年度電気通信普及財団研究調査報告書』8p.
- 山口悦司・舟生日出男・稲垣成哲(2011)「iPhone/iPod touch 版デジタル運勢ラインシステムの改良:ライン入力インターフェース」『平成 23 年度日本理科教育学会近畿支部大会発表論文集』p.74.
- 山口悦司・舟生日出男・稲垣成哲・出口明子(印刷中)「iPhone/iPod touch 版デジタル運勢ラインシステムの開発と評価」『理科教育学研究』

山口悦司・舟生日出男・稲垣成哲・神山真一(印刷中)「集計機能拡張版デジタル運勢ラインシステムの評価：教師と児童を対象とした面接調査に基づいて」『日本科学教育学会第36回年会論文集』.

〈発 表 資 料〉

| 題 名 | 掲載誌・学会名等 | 発表年月 |
|---|---------------------------|----------|
| iPhone/iPod touch 版デジタル運勢ラインシステムの改良：ライン入力インターフェース | 平成23年度日本理科教育学会近畿支部大会発表論文集 | 2011年11月 |
| デジタル運勢ラインシステムの改良：集計機能 | 平成23年度日本理科教育学会近畿支部大会発表論文集 | 2011年11月 |