

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

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 広島大学 大学院 工学研究院 准教授

1 はじめに

多様化する学習者の個性に対応した科学教育が求められている（例えば，Hodson, 1998）．しかしながら，現実には，画一的で集合型の科学教育が中心となっている．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，本研究では，申請者の研究グループによるこれまでの研究成果を基盤にして，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．あわせて，小学校の理科室にユビキタス・サイエンス・ラボを導入し，その科学教育の支援効果を検証するための実証実験を実施した．

2 ユビキタス・サイエンス・ラボの構築

2-1 概要

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を利用するとともに，ハンズオンの科学体験を行うことができるラボを構築した．

ユビキタス・サイエンス・ラボ構築の指針となる理論的背景は，知識の概念生態系モデルである（Toulmin, 1972; Posner, Strike, Hewson & Gertzog, 1982）．概念生態系モデルは，生態学における生物の進化に関する考え方に基づいている．生態学では，生物の進化は，環境内に生息する複数の生物同士の自然淘汰のプロセスとされる．したがって，概念生態系モデルでは，概念変化は，知的環境内に存在する複数のアイデア（理論，知識などの総称）同士の自然淘汰のプロセスであるとされる．

概念生態系モデルに従えば，子どもたちの個性は複数のアイデアとそれらに対するコミットメント（情緒的愛着）として表現・記述されることになる．したがって，概念生態系モデルに基づいて多様化する学習者の個性に対応した科学教育では，学習内容に関わる複数のアイデア，および，それらに対するコミットメントを可視化・共有化することが求められる．

図1には，ユビキタス・サイエンス・ラボで学習する子どもたちのスナップショットを示している．子どもたちは，ワイヤレス・モバイル端末システムを利用するとともに，ハンズオンの科学体験を行っている．



図1 ユビキタス・サイエンス・ラボで学習する子どもたちのスナップショット

2-2 機能

ユビキタス・サイエンス・ラボのワイヤレス・モバイル端末システムには，コミットメントの可視化・共有化という観点から，子ども一人ひとりの学習を直接的に支援する「コミットメント表現機能」「コミットメント共有機能」，および教師の教育活動を支援するという観点から子どもたちの学習を間接的に支援する「コミットメント集計機能」が実装されている．

(1) コミットメント表現機能

コミットメント表現機能を利用する中で、学習者は、複数のアイデアに対する自分自身のコミットメントをラインとして表現することができる。図2には、ライン入力の画面を示している。ユーザは、画面最下部の左側の「ラインを引く」をタップすると、この画面を表示できる。画面下部の赤いボタンをドラッグして横軸の位置を選択した後、画面右部の赤いボタンをドラッグすることで、ラインを入力できる。また異なる種類のラインを入力する場合には、画面最下部の中央の「ペンを選ぶ」をタップすれば、ライン選択の画面が表示される。

(2) コミットメント共有機能

学習者は、複数の学習者のラインを同時に重ね合わせて表示することができる。その結果として、学習者は、他の学習者のコミットメントと自らのコミットメントとの差を吟味することができる。また、実験結果をどのように解釈したのか、実験と概念をどのように関係づけたのか、など、コミットメントを変化させた理由について話し合うことができる。

図3には、ライン共有の画面を示している。画面最下部の右側の「ラインを選ぶ」をタップすると、他のユーザのラインを選択する画面が表示される。その画面上でユーザやラインを選択すると、図3のように、自分の端末画面に他のユーザのラインが表示される。

(3) コミットメント集計機能

システムが多数の学習者のラインの変化を自動的に分析する。その結果を通して教師は、みずからのラップトップ・コンピュータ上において、クラス全員のコミットメントの変化を把握できる。教師は、コミットメント変化把握機能を表示しながら、クラス全体の話し合いをオーガナイズできる。操作方法は次の通りである。ボタンをクリックすると、システムがクラス全員のラインの遷移状況を自動的に分析して、一括表示することができる。画面に表示される人数をクリックすることで、その人数に含まれる児童の氏名が表示される。この表示された名前から、任意の児童の名前を選んでクリックすることによって、別のウィンドウにその児童の運勢ラインが表示される。

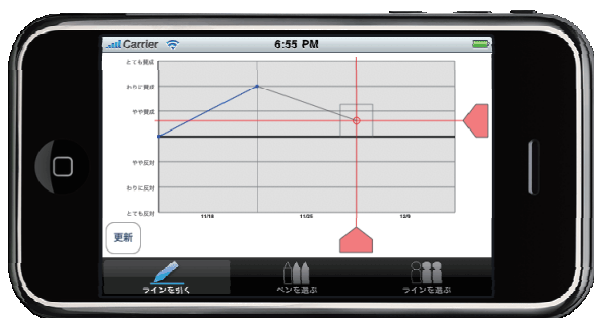


図2 コミットメント表現機能

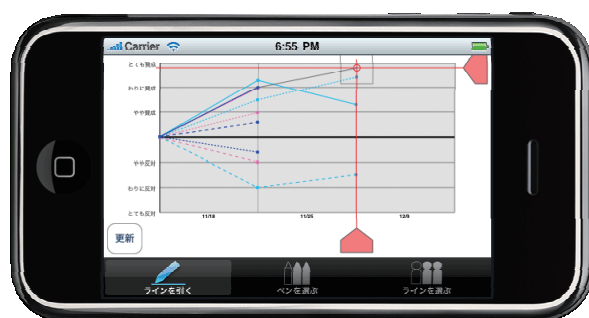


図3 コミットメント共有機能

3 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

小学校の理科室にユビキタス・サイエンス・ラボを導入し、その科学教育の支援効果を検証するための実証実験を実施した。とりわけ、今回の実証実験では、ユビキタス・サイエンス・ラボの機能のうち、ユビキタス・テクノロジーの特性がもっとも顕著であり、子ども一人ひとりの学習を直接的に支援する「コミットメント表現機能」と「コミットメント共有機能」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4年生3クラスの児童計114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) 37台であった。子どもには、1人1台の iPod touch を使用させた。

3-3 授業

単元は「物質の三態変化」全13時間であり、そのうちシステムを利用したのは10時間であった。単元目標は、「すべての物質は温度を変化させると固体・液体・気体の三態に変化する、ということを理解する」であった。

1・2時間目では、物質の三態変化に対する子どもの既存の考え方を整理した。まず、9種類の物質（常温で固体の物質：ろう・ナフタレン・食塩・減摩合金、常温で液体の物質：水・アルコール、常温で気体の物質：酸素・二酸化炭素・ブタン）を常温下において固体・液体・気体のどれであるのかを確認した。その後、9種類の物質のそれぞれについて、温度変化によって3つの状態に変化するのかわからないのかを予想させた。これらの予想についてクラス全体で話し合い、「すべての物質は温度を変化させると固体・液体・気体の三態に変化する」「温度を変化させても、固体・液体・気体の三態に変化しない物質もある」という2つの仮説が構成された。授業の終わりには、これら2つの仮説に対するコミットメントをシステム上に表現させた（1回目のライン記入）。

3時間目では、まず、グループ（3〜4人）ごとに、システムの共有機能を利用して前時に表現した仮説のコミットメントの状態を共有させ、それぞれのコミットメントの理由について話し合わせた。その後、システムの集計機能を利用して、クラス全体で、個々の物質の三態変化についての予想を話し合った。そこでは、「金属は気体にはならなさそう」や「常温で気体の物質は、液体や固体にはならないだろう」や「常温で液体の物質は三態に変化しそうだが、常温で気体や固体の物質は三態に変化しなさそう」といった予想が発表された。話し合いの後、他の子どもの予想を聞いた上で、それぞれの仮説に対するコミットメントを表現させた（2回目のライン記入）。

4・5時間目では、常温で液体の物質である水を取り上げて、その冷却・加熱実験を行った。また、水蒸気が冷やされて水になるという変化を演示した。

6時間目では、まず、前時に行った水の冷却・加熱実験の結果を復習させた。次に、液体窒素を使用したアルコールの冷却実験を行った。その後、子どもにはアルコールの融点（ -97.8°C ）を教示し、相当低い温度で凝固することを確認させた。7時間目では、まず、これまでの実験結果を確認させた。その後、アルコールの加熱実験を行った。その後、システムの共有機能を利用して、仮説に対するコミットメントについてグループごとに話し合いをさせ、その後、システムの集計機能を利用してクラス全体で話し合いをさせた。

8・9時間目では、まず、常温で液体の物質である水とアルコールが三態変化したことを復習させた。その上で、他の物質についても三態変化する可能性があるかどうかを改めて発問し、それぞれの仮説に対するコミットメントを表現させた（3回目のライン記入）。次に、システムの共有機能を利用して、常温で固体の物質に焦点を当て、これらが三態変化するかどうかについてグループごとに話し合わせた後、システムの集計機能を利用してクラス全体で話し合いをさせた。さらに、常温で固体の物質であるナフタレン・ろう・塩・減摩合金の加熱実験を行った。ナフタレン・ろうについては、融解から気化にいたるまでの変化を実験させた。塩と減摩合金については、融解するところまでを実験し、気化するかどうかはこれまでの実験結果をもとに推論させた。本時の終わりには、これまで実験してきた物質の融点・沸点の表を提示し、三態変化の温度が物質ごとに違うことを確認させた。

10・11時間目では、まず、それぞれの仮説に対するコミットメントを記入させた（4回目のライン記入）。次に、これまでの実験結果を復習した後、いずれの仮説が正しいと思うのかをクラス全体で話し合いをさせた。その後、それぞれの仮説に対するコミットメントを記入させた（5回目のライン記入）。加えて、システムの集計機能を利用してクラス全体で話し合わせた。最後に、常温で気体の物質であるブタン・酸素・二酸化炭素の冷却実験を行った。

12・13時間目では、まず、前時に行った冷却実験の結果を復習させた。次に、1時間目で提示した9種類の物質の融点・沸点の一覧表を提示した後、それぞれの仮説に対するコミットメントを表現させた（6回目のライン記入）。さらに、システムの共有機能を利用して、いずれの仮説が正しいと思うのかをグループごとに話し合わせた。加えて、システムの集計機能を利用して、クラス全体で話し合いをさせた。その後、それぞれの仮説に対するコミットメントを表現させた（7回目のライン記入）。授業の終わりには、子どもに自分のラインがなぜ変化したのかを説明させ、これまでの授業全体を振り返らせた。

4 科学教育への支援効果の検証方法

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、次の4つの方法を利用して検証した。

4-1 科学的知識の獲得

(1) 対象

実証実験に参加した児童 114 名であった。

(2) 課題

物質の三態に関する科学的知識の獲得を評価するプレテスト・ポストテストを実施した。プレテスト・ポストテストの内容は同一のものであり、伏見 (1991) の物質の三態変化に関して大学生の理解を調査した研究を参考にして作成された。

設定した課題は、計 17 の物質について、固体・液体・気体の状態がそれぞれ存在するか否かを問うものであった。17 種類のうち、8 種類は単元で扱った物質 (水、アルコール、ろう、ナフタレン、食塩、酸素、二酸化炭素、ブタン) であり、9 種類は単元で扱わなかった物質 (鉄、鉛、窒素、アルミニウム、水銀、水素、水晶、酢、塩素) であった。

解答の際には、「存在する」「存在しない」「わからない」から 1 つを選択させた。

(3) 手続き

テストへの解答は質問紙調査法を用いてクラス一斉で行われた。解答に要した時間は約 15 分間であった。実施時期は、単元開始前と単元終了後であった。

(4) 分析

プレテスト、ポストテストの解答を得点化した。1 つの物質につき、固体・液体・気体の全てが「存在する」と解答した場合に 1 点、それ以外の場合を 0 点とした。これに基づいて、計 17 の物質について 17 点満点として集計を行った。プレテストとポストテストの得点差を検討するために、各クラスごとに対応サンプルによる Wilcoxon の符号付き順位検定を行った。

4-2 ユーザビリティ

(1) 対象

実証実験に参加した児童 114 名のうち、調査実施時に欠席していた児童 1 名を除く 113 名であった。

(2) 課題

システムについてのユーザビリティを主観的に評価させるための計 18 項目の質問に回答することであった。18 項目の内訳は、システムに関する総合的な評価を問う項目が 4 項目、システムの使いやすさを問う項目が 5 項目、システムの各種機能の学習支援上の効果を問う項目が 9 項目であった。回答形式は、「そう思わない」「どちらかといえばそう思わない」「どちらかといえばそう思う」「そう思う」の 4 段階評定であった。

(3) 手続き

質問への回答は、質問紙調査法を用いてクラス一斉で行われた。回答に要した時間は約 15 分間であった。実施時期は、単元終了後であった。

(4) 分析

主観的評価の肯定と否定の偏りを検討するために、4 段階評定のうち「そう思う」「どちらかと言えばそう思う」を肯定的な回答、「そう思わない」「どちらかといえばそう思わない」を否定的な回答としてまとめ、各質問項目ごとに 1×2 の直接確率計算を行った。

4-3 子どもの視点からみた支援効果

(1) 対象

実証実験に参加した児童 13 名であった。これらの児童は、3 クラスから無作為に抽出された。

(2) 課題

システムの支援効果に関する質問に対して回答することであった。質問は、システムの支援効果を評価させる「今回のあなたの理科の学習にとって、システムはどのように役立ちましたか」、ユビキタスであることの効果を評価させる「普通のパソコンではなくて、iPod touch 上でシステムを利用することは、どのような利点があるか」の 2 項目であった。

(3) 手続き

個別面接法で実施した。面接者は著者のうちの 1 名と研究補助者の 2 名が担当した。所要時間は、1 人につき約 5 分であった。実施時期は単元終了後であった。

(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ーを作成した後、独立した 2 名の評定者がカテゴリーに基づいて回答の分類を行った。評定の約 9 割は評定者間で一致していることを確認した。評定の不一致が

あった回答については、評定者間で協議の上、いずれかのカテゴリに分類した。

4-4 教師の視点からみた支援効果

(1) 対象

実証実験に参加した教師1名であった。

(2) 課題

次の3つの観点から、システムを利用した子どもの学習や教師の学習支援に関する利点や問題点を評価することであった。①小さくて、軽いデバイス上で同システムを利用すること、②マルチタッチ入力デバイス上で同システムを利用すること、③1人1台のデバイス環境で同システムを利用すること。

(3) 手続き

個別面接法で実施した。面接者は著者のうちの1名と研究補助者の2名が担当した。所要時間は、1人につき約5分であった。実施時期は単元終了後であった。

5 科学教育への支援効果の検証結果

5-1 科学的知識の獲得

図5には、各クラスごとのテストの結果を示している。いずれのクラスにおいても、プレテストでは平均値が1〜2点台であるのに対して (class A, 2.3 ($SD = 2.0$); class B, 1.6 ($SD = 1.9$); class C, 2.0 ($SD = 1.8$)), ポストテストでは満点の17点に近い15〜16点台であった (class A, 15.2 ($SD = 2.6$); class B, 15.9 ($SD = 3.0$); class C, 16.1 ($SD = 2.5$)). 対応サンプルによるWilcoxonの符号付き順位検定を行った結果、いずれのクラスにおいても、プレテストよりポストテストの得点が有意に高くなっていることが明らかとなった ($Z = 5.386$ (class A), 5.424 (class B), 5.412 (class C); $p < .01$). この結果は、子どもたちがユビキタス・サイエンス・ラボを利用した科学教育を通して科学的知識を獲得できていたことを示している。

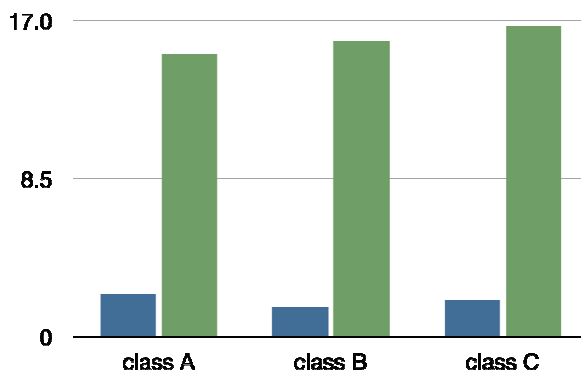


図5 科学的知識の獲得

5-2 ユーザビリティ

表1には、ユーザビリティに関する結果を示している。

(1) 総合的な評価

項目①〜④は、システムの総合的な評価についてたずねた項目である。直接確率計算の結果、すべての項目において、肯定的に評価した人数が有意に多かったことがわかった。子どもたちは、システムを楽しく使いながら学習内容についてよく考えており、同システムを授業で利用することの有効性を認めていたことが明らかになった。

(2) 使いやすさ

項目⑤〜⑨は、システムの使いやすさについてたずねた項目である。直接確率計算の結果、ほとんどの項目において肯定的に評価した人数が多かったが、システム上でのコミットメントの表現を修正することに関する項目⑧については肯定的な回答と否定的な回答に有意な差はみられなかったことがわかった。子どもたちは、システムの基本操作や共有機能を簡単に利用することができたと評価していたが、表現機能については画面上にタッチしてラインを書き直す操作がやや難しいと評価していたことが明らかになった。

(3) 各種機能の学習支援上の効果

項目⑩～⑱は、各種機能の学習支援上の効果について尋ねた項目である。直接確率計算の結果、すべての項目において、肯定的に評価した人数が有意に多かったことがわかった。子どもたちは、システムを利用してコミットメントを表現することで、自分の考えを振り返ることができ、また、他者に自分の考えを説明することができたと評価していた。さらに、ラインとして表現されたコミットメントを他者と共有することで、他者と考えを分かち持つことができ、どの考えが正しいのかについて、自分の考えを見つめ直すことができたとして評価していた。加えて、自分の考えと他者の考えを比較すると議論が活性化しうると認めていたことが明らかになった。

表1 ユーザビリティ

	そう思う	どちらかといえば そう思う	どちらかといえば そう思わない	そう思わない
	①システムを授業で使うのは楽しかった*	94	18	1
②システムは授業で役に立った*	87	24	2	0
③システムを使いながら、物質の三態変化についてよく考えた*	80	29	3	1
④他の授業でもシステムを使ってみたい*	95	11	5	2
⑤システムにログインするのは簡単だった*	86	19	4	4
⑥今日のラインをどこに書けばよいかすぐわかった*	54	39	15	5
⑦ラインを書くのは簡単だった**	38	32	22	21
⑧ラインを書き直すのは簡単だった	35	32	24	22
⑨同じグループの友達のリネを書ねるのは簡単だった*	94	15	1	3
⑩ラインを書くことで、自分はどの考えが正しいかと思ているかがよくわかった*	87	22	4	0
⑪ラインを書くことで、自分がどの考えが正しいかと思ているかをうまく説明することができた*	57	43	11	2
⑫ラインを書くことで、他の友達からたくさんの質問や意見をもらった*	31	43	29	10
⑬ラインを書くことで、友達との話し合いが活発になった*	57	33	17	6
⑭ラインを書ねることで、他の友達がどの考えを正しいかと思ているかがよくわかった*	98	11	3	1
⑮ラインを書ねることで、どの考えが正しいかと思ているかについて、自分と他の友達との違いがよくわかった*	93	18	1	1
⑯ラインを書ねることで、どの考えが正しいかについての自分の思いを見直した*	56	40	11	6
⑰ラインを書ねることで、質問や意見を言いたくなかった*	48	42	17	6
⑱ラインを書ねることで、友達との話し合いが活発になった*	52	36	16	9

n=113, 単位は人。*p<.01, **p<.05

5-3 子どもの視点からみた支援効果

表2には、面接調査で得られた子どもの回答プロトコルを抜粋して示している。課題①は学習支援への有効性の主観的な評価を問うものであったが、児童の回答は、「ラインを書ね合わせることで自分と他者のコミットメントの差を吟味できた」とする回答と「自分のコミットメントの変容を把握できた」とする回答に大別することができた。いずれも本システムの提供する支援環境への肯定的な評価であった。なお、課題①については否定的な評価はなかった。

課題②はコピキタスとしての有効性を問うものであり、回答としては一般的なコンピュータと比較して、「一人一台」「小さくて軽い」「指先のタッチで便利」等の諸点が肯定的に評価された。一方、ミスタッチの例が比較的多く報告され、インターフェイスの改善が必要であることがわかった。

表2 子どもの視点からみた支援効果

<p>ラインの重ね合わせによる差の吟味 S: みんなで意見が交換できるし、それによって自分の考えとも変わっていったからよかった。 T: あ、大きく、あ、班と違う、あ、一人だけ違う人とかあったけど、そこで、なんで違うのかってのがよくわかった。</p> <p>自己の変容を把握 M: グラフで表したりするときに、後からみて、この時はどういうことを考えていたのかっていうのを思い出せた。 Mo: 頭の中でだけ考えてたりするのだったら、最後の方では覚えてなかったりするけど、運勢ラインを使うことで、ずっと記録にかかって、残っているの、それでわかりやすかった。</p> <p>iPod touchとしての良さ S: 一人一人でするし、重くないから、軽くて操作もしやすかった。 M: 指先でタッチして、あ、パソコンだったら入力とかしなくちゃいけないけど、すぐにできるから便利。 O: 普通の大きいパソコンだったら、その、いちいち、その机の上にひろげて、また立ち上げるのに時間がすごいかかる。 Mi: タッチしても反応がなかったり、鈍いっていうところがたまにあったり。</p>
--

表3 教師の視点からみた支援効果

<p>小さくて軽い 子どもにとっては握りやすいので、ラインは書きやすいですね、手元、手のひらの中で操作できるということは書きやすさにつながったと思います。・・・子どもがラインを記入するときに、とっても小さくて、動きやすいというか、どこでも書けるという意味では、ちょっと友だちと交流してから(ラインを)書かせるとか、学習のさせ方にひろがりてくるかなと。</p> <p>マルチタッチ 簡単にラインを引けるという(子どもたちの)感想は多かったなと思ってます、「指できんの」とかっていう感覚ですね、・・・少し触るだけで四角のマスが動いて、ラインが下手をすると変わってしまうという、その辺りですね。</p> <p>1人1台 子どもたちにとっては、自分のものっていう感覚で、集中して利用できますよね。あと、自分で書きますんで、今までは人が書いたのを待ってから書く子もありましたよね、で、それを思うと、他の人に影響を受けずにまずは自分で考えてラインを引くことができるというよさがあったと思います。・・・一人ひとりの考えを表出させやすさっていうのは確かですね。</p>

5-4 教師の視点からみた支援効果

表3には、面接調査で得られた教師の回答プロトコルを抜粋して示している。「小さくて軽い」については、教師からみて、子どもたちがラインを引きやすかったことが肯定的に評価されていた。また、ユビキタス端末を持ったまま教室内を移動しやすいために、子ども同士で話し合いをさせてから個人でラインを引かせるというような学習形態を採用することも可能であったと述べられていた。

「マルチタッチ」については、指で操作することによりラインを引きやすいことは肯定的に評価される一方で、子どもが意図せずにラインを変更してしまうという点が課題として指摘されていた。「1人1台」に関しては、自分でよく考えながら集中してラインを引くことができる、一人ひとりの考えを表出させやすい、などの点が高く評価されていた。

6 おわりに

本研究では、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。あわせて、小学校の理科室にユビキタス・サイエンス・ラボを導入し、その科学教育の支援効果を検証するための実証実験を実施した。

今回の実証実験は、ユビキタス・サイエンス・ラボの機能のうち、ユビキタス・テクノロジーの特性がもつとも顕著であり、子ども一人ひとりの学習を直接的に支援する「コミットメント表現機能」と「コミットメント共有機能」の支援効果に焦点を当てたものであった。この実証実験を通して、これらの機能を有するユビキタス・サイエンス・ラボのユーザビリティは子どもたちにとって高く評価されるものであり、科学教育に対する支援効果は、子どもの視点からも教師の視点からも高く評価されることが明らかになった。また、多様化する学習者の個性に対応しながらも、科学教育の重要な目的の一つである科学的知識の獲得も十分に達成されていたことも証明された。

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】

- Hodson, D. (1998). *Teaching and learning science: Toward a personalized approach*. Buckingham: Open University Press. (ディレック・ホドソン 著, 小川正賢・猿田祐嗣・大辻永・片平克弘・中山玄三 訳 (2000)『新しい理科教授学習論: 子ども一人ひとりの見方・考え方を損なわずに科学を学ばせるには』東洋館出版社)
- 伏見陽児(1991)「科学的文章教材の学習に及ぼす焦点事例の違いの効果」『読書科学』第35巻, 第3号, 111-120.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Towards a theory of conceptual change. *Science Education*, 66 (2), 211-227.
- Toulmin, S. *Human understanding*. Princeton: Princeton University Press, 1972.

〈発表資料〉

題名	掲載誌・学会名等	発表年月
Development of digital fortune line system for iPhone/iPod touch toward supporting science learning	Proceedings of World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications 2010	2010. 6-7
iPhone / iPod touch 版デジタル運勢ラインシステムの試験的評価: ユーザーインターフェースの観点から	日本科学教育学会第34回年会論文集	2010. 9
iPhone/iPod touch 版デジタル運勢ラインシステムの実践的評価 (1): 子どもの視点から	『日本理科教育学会全国大会発表論文集』第9号	2011. 8 (印刷中)
iPhone/iPod touch 版デジタル運勢	『日本理科教育学会全国大	2011. 8 (印刷中)

ラインシステムの実践的評価 (2) : 教師の視点から	会発表論文集』第9号	
A mobile computing system developed by digitizing the fortune line method	Proceedings of the European Science Education Research Association 2011	2011. 9 (印刷中)