

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 16 日現在

機関番号：22604

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2011～2012

課題番号：23700989

研究課題名（和文）AR教材における効果的な情報提示に関する研究

研究課題名（英文）Study on Effective Information Presentation Using an AR Learning Equipment

研究代表者

瀬戸崎 典夫（SETOZAKI NORIO）

首都大学東京・大学教育センター・助教

研究者番号：70586635

研究成果の概要（和文）：空間認識を要する課題追行の際、実物模型インタフェースによる能動的な操作が有用であることが示された。また、能動的な操作によって観察可能なCGモデルを重畳表示することが興味や意欲、理解度を高める上で有用であることが示された。得られた知見を基に、天体学習用AR教材を開発し、情報提示の効果について検討した結果、重畳表示したCGモデルが有用であったことが示された。また、本教材は学習者の興味を引きつけ、理解を促すことができる有用な教材であることが示唆された。

研究成果の概要（英文）：In this study, when solving the issue which needs spatial recognition, it was shown that the active manipulation by a model interface is useful. Moreover, it was useful when synthetically present the CG models observable by active manipulation raised interest, motivation, and understanding. Based on the acquired results, AR Learning Equipment for Astronomical Education was developed, and the effect of information presentation was examined. As a result, it was shown that the CG models which synthetically presented were useful. Moreover, this learning equipment raised the learner's interest and it was shown that an understanding can be urged.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学

キーワード：ヒューマン・インタフェース

1. 研究開始当初の背景

学校で求められる技能の多くの基礎に空間的な要素があり、空間認識する能力は、教育との関連において重要であるといえる。天文分野に着目すると、空間的な理解が必要となる月の満ち欠けの学習は児童・生徒にとって困難であると報告されている。これらの学習内容を理解させるには多くの時間と指導法の工夫が必要であると考えられる。

マルチメディア教材は、視覚的な効果によって空間的な事象を提示することが可能で

ある。近年、VR（Virtual Reality）技術の発展に伴い実世界指向インタフェースの研究が着目され、AR(Augmented Reality)や、TUI(Tangible User Interface)が教育分野において注目されている。また、それらの技術を利用した教材の開発や実践報告がなされている。一方、AR教材に着目すると効果的な情報提示は重要と考えられるが学習者の特性による知見を基に開発された教材はなく、教育現場での実践も成されていない。

2. 研究の目的

本研究は、空間的事象を取り扱った課題を進行する際の学習者の特性に着目し、理解プロセスについて調査する。次に、調査結果から得られた基礎データを基に、直観的インタフェースを有する AR 教材を開発する。さらに、AR 教材における効果的な情報提示の方法に着目し、学習者の発達段階や習熟度および空間認識力などの学習者の能力適正による評価を行い、教育現場における有用な活用法を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 空間的事象における課題解決プロセスの検討

① 実物模型操作による学習効果

空間的事象における課題を解決する際の空間認識プロセスを検討すべく、大学生を対象に、月の満ち欠けのしくみを題材とした太陽系タンジブル教材を用いて評価した。本教材は、模型操作と天体 CG の映像が連動した直感的インタフェースを有する教材であった。空間認識力の尺度として用いた MRT (Mental Rotation Test) の得点により、被験者を二群に分類し、天体模型を操作することによる学習効果を検討した。なお、実物模型の操作による学習効果を検討すべく、立体的に構成された天体模型と平面で構成された天体カードの2種類のインタフェースを介した比較実験を行った。

② 能動的学習における効果

模型操作と仮想オブジェクトが連動するタンジブル太陽系教材に多視点型の模型教材と CG 教材を加え、3つの多視点型天体教材を活用した授業実践を行った。さらに、天体模型を操作することによる能動的学習の効果を検討した。

多視点型天体教材における能動的学習の効果をも明らかにするために、「学習方法 (能動的学習/受動的学習)」の要因で2群にして処遇を変えた。

さらに、多視点型天体教材の活用による理解度および、空間認識をともなう「月の満ち欠けのしくみ」の理解からの転移を評価するために、事前調査および事後調査として、本授業実践の前後に「事前テスト」、「事後テスト」を実施した。テストの内容は、授業中に教授した内容に準拠した学習内容テスト、授業中に教授していない課題が含まれた応用テストであった。

(2) AR 教材の試作および効果的な情報提示の検討

① AR 教材における CG モデル表示の効果

タブレット端末によって視聴可能な天体学習用 AR テキストを試作し、コンテンツの

有用性について評価した。天体学習用 AR テキストは、タブレット端末に搭載されたカメラがイメージマーカとして登録された紙テキストを画像認識することによって、タブレット端末上にコンテンツを提示する仕組みとなっている。

大学生を対象に、興味、意欲、理解、有用性、見易さについて評価した。また、各コンテンツの改善点について自由記述によって回答させ、AR 教材の効果的な情報提示について検討した。

② AR 教材における能動的操作の効果

紙メディアの資料等では提示不可能なオブジェクトを扱う美術教育の彫像鑑賞に着目し、AR 教材を試作した。

彫像観賞用 AR 教材における能動的操作の有用性を検討するために、紙テキストのマーカに彫像 CG を提示する機能のみを有した「基本コンテンツ」と「能動的鑑賞用 AR 教材 (スクエアマーカ操作型、キューブマーカ操作型)」、「受動的鑑賞用 AR 教材 (アニメーション型)」を比較した。

(3) 天体学習用 AR 教材の開発および評価

① 天体学習用 AR 教材の開発

図1に天体学習用 AR 教材のシステム概要を示す。本教材は、天体模型の操作と連動した AR システムによって、月が満ち欠けの様子を観察することができる。

地球模型と月模型の底面にマーカと呼ばれる白黒画像を添付し、テーブル上面に設置した。また、テーブル下に Web カメラを設置した。テーブルの天板は、乳半色のアクリルで作成されており、テーブル下の Web カメラからマーカを認識することができる。Web カメラがマーカを画像認識することによって、地球模型と月模型の位置情報を取得する。

地球模型に小型無線カメラを内蔵し、モニタに地球模型からみた実空間の映像を提示

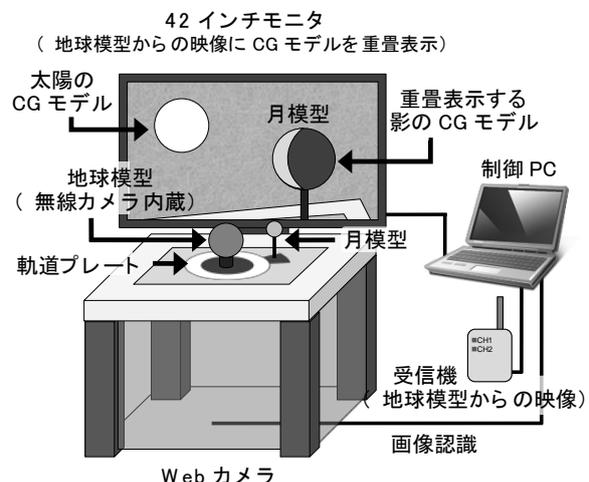


図1 天体学習用 AR 教材のシステム概要

した。また、拡張現実作成のためのオーサリングソフトウェア Unifeye SDK (metaio 社製) を用いて模型の位置情報を基に CG モデルを重畳表示した。

地球模型からみた実映像に CG の太陽モデルを重畳表示し、地球模型と月模型に対して照射される光の方向を示した。また、月模型に対して、太陽光が照射されない影の部分を重畳表示することによって、月模型が満ち欠けしてみえる機能を実装した。さらに、地球模型の自転による昼夜を表現すべく、月模型の背後に背景となる CG モデルを配置した。配置した背景の CG モデルには、無色から黒となるグラデーションが設定されている。したがって、観察地点が太陽モデルと反対方向にある場合、月模型を除く背景が暗くなり、学習者は夜間の観察を疑似体験できる。

テーブル上面には、それぞれの模型を容易に操作できるよう、軌道プレートを添付した。学習者は、軌道プレートに沿って、内側に設置された地球模型の自転運動および、外側に設置された月模型の公転運動を操作する。

② 評価方法

教育養成課程学生を被験者として、天体学習用 AR 教材を評価した。被験者は、教材の操作および、他のグループの操作を観察した後に、「興味」、「理解」、「意欲」、「情報提示の効果」に関する質問項目に回答した。また、教材を使用した感想について自由記述による回答を得た。得られた自由記述による回答のキーワードをカテゴリに分類し、集計した。

4. 研究成果

(1) 空間的事象における課題解決プロセスの検討

① 実物模型操作による学習効果

天体模型を使って操作することによって、学習者の興味を高め、天体 CG の操作に集中させることが示された。さらに、学習内容の理解や授業活用における有用性に対して高い評価を得た。また、空間認識力が低い学習者に対して天体模型は、直感的な操作を促し、地球視点の映像への集中力や、学習意欲を高めることが示唆された。

② 能動的学習における効果

学習内容テストによる評価の結果、能動的学習群と受動的学習群は、同様に学習内容における理解度が向上したことが明らかになった。また、応用テストによる評価の結果、タンジブル教材および模型教材を能動的に操作することで授業中に学んだ内容を発展させ、「方位概念・時間概念を考慮した月の満ち欠け」に関する課題の得点が向上することが明らかになった。

主観評価の結果、受動的に学習した生徒は、

能動的に学習した生徒と比較して、月の満ち欠けのしくみについてさらに学びたいと感じたことが明らかになった。また、群間における学習内容の理解度の違いが教材に対する興味や自己理解度に影響を与えたことが示唆された。

(2) AR 教材の試作および効果的な情報提示の検討

① AR 教材における CG モデル表示の効果

AR 型 CG コンテンツは、主観評価の結果から有用なコンテンツであることが示された。3DCG による立体的な提示は、紙テキストによる平面的な表現では不可能であり、重畳表示するコンテンツとして有用であることが示された。また、本コンテンツはタブレット端末を動かすことによって様々な角度から月が満ち欠けする様子を観察することができ、能動的な操作による観察が有用であったことが推察された。一方、音声や文字情報、動画を付加することによる機能拡張によって、さらに有用なコンテンツとなり得ることが示された。

② AR 教材における能動的操作の効果

アニメーション型による受動的な彫像鑑賞に比べて、スクエアマーカーおよびキューブマーカーを能動的に操作することによって、彫像鑑賞に対する積極性や集中力、学習意欲を高めることが示された。また、スクエアマーカー操作型はアニメーション型と比較して AR テキストに対する興味を高めることが示された。一方、スクエアマーカー操作型、キューブマーカー操作型のコンテンツにおいて、アニメーション型と比較して彫像のプロフィールに対する積極性や集中力、理解度の評価が低かった。能動的な鑑賞によって彫像鑑賞に対する積極性や集中力および、学習意欲が高まる反面、プロフィールに注目しなくなるという課題が生じることが明らかになった。

(3) 天体学習用 AR 教材の評価

大学生教員養成課程 47 名を対象に評価した結果、興味、理解、意欲のすべての質問項目に対して有意に肯定的な回答を得た。また、「興味」、「理解」に関しては、すべての被験者が肯定的な回答をした。したがって、本教材を授業で活用した場合に、学習者の興味を引きつけるとともに、理解を促すことが示唆された。

また、「情報提示の効果」の質問項目において、「昼夜の意識」、「日の出と日の入りの意識」、「月模型に投射される太陽光の意識」に関する質問項目において肯定的な回答が有意に多かった。本教材で背景と太陽の CG モデルを重畳表示したことが太陽の日周運

動や太陽光を意識する上で効果的であることが示された。

一方、観測地における「観測時刻への意識」に関して、否定的な回答が有意に多い傾向があった。したがって、地球の自転運動を操作する際に観測時刻を意識できるような情報提示の改善が必要であることが示された。

表1に天体学習用AR教材を使用した感想についての集計結果を示す。得られた回答の合計は、93件であった。理解に関する感想として、「よく理解できた」、「イメージしづらい内容を理解できた」、「操作することで理解しやすかった」などが挙げられた。また、興味に関する感想として、「おもしろかった」、「操作しながら学べるので生徒の興味をひく」、「月が満ち欠けする様子がおもしろかった」などが挙げられた。理解に関する感想が28件、興味に関する感想が26件であり、本教材は学習者の興味を引きつけ、理解を促すことができる有用な教材であることが示唆された。また、操作性に関して、7件の肯定的な感想を得た反面、「操作が難しかった」、「操作に慣れるまでに時間がかかりそう」などの否定的な感想を得た。さらに、「他の教材と複合的に使うと有用である」、「理論を教えた後に実践として使うとよい」、「理解につなげていくことが大事」など、授業での具体的な活用を想定した感想を得た。

表1 天体学習用AR教材を活用した感想

カテゴリ	回答数	具体的な回答例
肯定的感想	理解	28 よく理解できた イメージしづらい内容を理解できた 操作することで理解しやすかった 空間認識が苦手な生徒でも理解しやすい
	興味	26 おもしろかった 操作しながら学べるので生徒の興味をひく 月が満ち欠けする様子がおもしろかった 昼夜の表現がおもしろかった
	操作性	7 操作しやすかった 小学生でも操作できる
	有用性	6 授業で使用しやすい 初学者にとって良い教材である 復習として良い教材である
	その他	14 イメージしやすかった 画期的な教材だった 感動した 空間認識が苦手な生徒に使用したい 暗記学習にならない 月や太陽と地球の位置関係を意識できた
否定的感想	6 操作が難しかった 操作に慣れるまでに時間がかかりそう イメージする力が必要なので実践での使用は困難 CGの光なので満ち欠けの原理を体験できない	
意見	6 他の教材と複合的に使うと有用である 理論を教えた後に実践として使うとよい 理解につなげていくことが大事	
合計	93	

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)

[雑誌論文] (計4件)

- (1) 瀬戸崎典夫, 上妻堯甫, 岩崎勤, 森田裕介, タブレット端末を活用した天体学習用ARテキストの評価, 日本教育工学会論文誌, 査読有, 36(Suppl.), 2012, pp. 185-188.
- (2) 瀬戸崎典夫, 岩崎勤, 森田裕介, 多視点型天体教材を用いた授業実践における能動的学習の効果, 日本教育工学論文誌, 査読有, 36(2), 2012, pp. 81-90.
- (3) 瀬戸崎典夫, 加藤拓, 寺師航, 岩崎勤, 森田裕介, 彫像観賞用AR教材における能動的操作の有用性に関する検討, 日本教育工学会論文誌, 査読有, 35(Suppl.), 2011, pp. 105-108.
- (4) 森田裕介, 藤島宏明, 瀬戸崎典夫, 岩崎勤, デジタル教材を重畳提示する天体学習用ARテキストの開発と評価, 日本教育工学会論文誌, 査読有, 35(Suppl.), 2011, pp. 81-84.

[学会発表] (計12件)

- ① N. Setozaki, T. Iwasaki, Y. Morita, Examination of Effective Information Presentation Using an AR Textbook, Proceedings of 20th International Conference on Computers in Education (ICCE), pp. 426-428, (Nov 28 / 2012, Singapore).
- ② 瀬戸崎典夫, 岩崎勤, 森田裕介, 天体学習用AR教材の開発と効果的な情報提示の検討, 日本教育工学会第28回全国大会講演論文集, pp. 861-862, (2012年9月17日, 長崎大学).
- ③ 森田裕介, 瀬戸崎典夫, 小田泰史, タンジブル太陽系教材の有用性に関する実践的研究, 日本教育工学会第28回全国大会講演論文集, pp. 655-656, (2012年9月16日, 長崎大学).
- ④ 瀬戸崎典夫, 森田裕介, 天体学習用AR教材における有用性の検討, 日本科学教育学会年会論文集 36, pp. 462-463, (2012年8月29日, 東京理科大学).
- ⑤ Y. Morita, N. Setozaki, Science Class using Interactive Multimedia and Tangible Learning System: A Pilot

Study, Proceedings of World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications (ED-MEDIA), pp. 2929-2934, (June 27 / 2012, Denver / USA).

- ⑥ Norio Setozaki, Tsutomu Iwasaki, Yusuke Morita, Effectiveness of Information Presentation using Augmented Reality Teaching Equipment for Statue Appreciation, Proceedings of 19th International Conference on Computers in Education (ICCE), pp. 522-524, (Nov 30 / 2011, Chiang Mai / Thailand).
- ⑦ 瀬戸崎典夫, 上妻堯甫, 岩崎勤, 森田裕介, モバイル端末用アプリケーションソフトウェアを活用したARテキストの試作, 日本教育工学会第 27 回全国大会講演論文集, pp. 879-880, (2011 年 9 月 19 日).
- ⑧ 瀬戸崎典夫, 渡辺阿利紗, 岩崎勤, 森田裕介, タンジブル太陽系教材における実物模型インタフェースの効果, 日本科学教育学会年会論文集 35, pp. 420-421, (2011 年 8 月 25 日, 東京工業大学).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

瀬戸崎 典夫 (SETOZAKI NORIO)

首都大学東京・大学教育センター・助教

研究者番号：70586635