

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 7 日現在

機関番号：12201

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26282030

研究課題名(和文) 観察・実験中の思考活動をナビゲーションするAR教材システムの実証的研究

研究課題名(英文) Empirical study of AR teaching materials to navigate thought activities during observation and experiment

研究代表者

久保田 善彦 (KUBOTA, Yoshihiko)

宇都宮大学・教育学部・教授

研究者番号：90432103

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 9,800,000円

研究成果の概要(和文)：観察・実験活動における思考活動を活性化させることで、学習者に深い理解を提供することを目的とする。観察・実験における思考活動を足場かけするために、実験器具や身体動作を把握しかつそれらに表示をすることのできる拡張現実(以下ARとする)や、モデルを実際に触れることでシミュレーションを操作することのできるタンジブルの技術を応用した。

以下の教材を開発・実践した。月の満ち欠けAR教材、凸レンズAR教材、鏡の虚像AR教材、タンジブル地球儀教材、等圧線AR教材。更に、ARやタンジブルによるモデルを活用した理科授業デザインの在り方を検討した。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study, by activating the thinking activities in observation and experiment activities, and a deep understanding of the learner. As multiplied by the scaffold in observation and experiment, augmented reality (AR) and, by applying the technology of the tangible. We developed and practiced the following teaching materials. AR of the lunar moon, AR of the convex lens, AR material of the mirror image of the mirror, teaching material of the tangible globe, AR of the isobaric line. In addition, we examined the way of science lesson design that utilizes AR and tangible.

研究分野：科学教育

キーワード：教育工学

### 1. 研究開始当初の背景

「平成 24 年度全国学力・学習状況調査」(2012) は、考察の問題と同時に実験中の問題も示している。例えば、“観察や実験の進め方や考え方がまちがっていないかを振り返って考えている”は中学校：約 50%である。活動状況のモニタリングやそれに応じた活動の調整をする生徒は半数ほどである。より適切な考察には、“見通しを持たせる”だけでなく、観察・実験中の思考活動を促進させる適切な足場かけ(状況に応じた段階的な学習支援)も必要である。しかし、これまでの理科教育研究は、観察・実験活動の遂行を支援する研究は多いが、活動に応じた思考活動の足場かけに関するものは少ない(木下 2010 などの研究はある)。

活動に連動した足場かけをするために、実験器具や身体動作を把握し、かつそれらに表示をすることのできる拡張現実(以下 AR とする)の技術を利用する。AR とは、ディスプレイに映し出した現実世界に、バーチャル情報を重ねて表示することで、より便利な情報を提供する技術である。AR 教材は、実験装置や身体上に三次元画像を表示することが可能であるため、より直感的な理解を期待できることが明らかになっている。

### 2. 研究の目的

本研究は、観察・実験活動における思考活動を活性化させることで、学習者に深い理解を提供することを目的とする。観察・実験活動は動的に変化する。その変化に応じて、学習者の思考活動を促すナビゲーション教材の開発と実証的な評価を行った。

観察・実験における思考活動を足場かけするために、実験器具や身体動作を把握しかつそれらに表示をすることのできる拡張現実(以下 AR とする)や、モデルを実際に触れることでシミュレーションを操作することのできるタンジブルの技術を応用した。

### 3. 研究の方法

AR やタンジブルの技術を使い、観察・実験における思考活動を支援する教材を開発・実践した。主な教材は以下になる。

- (1) 月の満ち欠け AR 教材
- (2) 凸レンズ AR 教材
- (3) 鏡の虚像 AR 教材
- (4) タンジブル地球儀教材
- (5) 等圧線 AR 教材

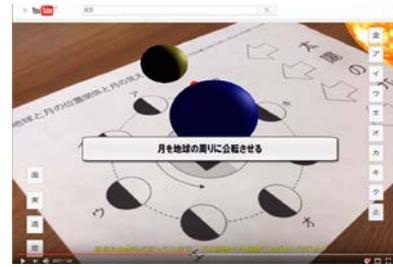
各教材は、主に理科授業やその発展的な学習として、生徒に利用させた。理解の変化、教材活用の意識、相互作用等を分析し、その成果を検討した。また、成果から身体や実験器具と連動する教材活用の視点を整理した。

### 4. 研究成果

- (1) 月の満ち欠け AR 教材

月の満ち欠けは、高度な視点移動が伴い理解が困難である。3D の発泡スチロールモデル

を使い観察を行う。しかし、ワークシートや定期テストの 2D 図から 3D をイメ

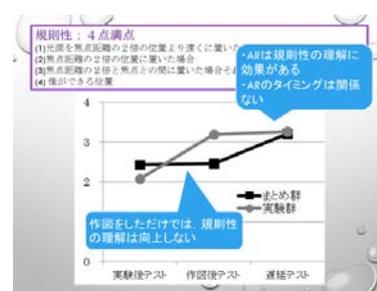


ジすることは難しい。本教材を開発する目的は、2D と 3D を繋ぐことである。また、タブレットを持つ学習は、様々な角度から 3D モデルを観察する。この活動で体の動きを意識させることで、視点移動を支援することも目的とする。中学校における実践において、上記の 2 つの目的を達成した。そこで、アプリのマルチ OS への対応、動画や HP を使った機能説明等を行い、普及活動を進めた。現在、複数校から実践の報告が届いている。

<https://itunes.apple.com/jp/app/moon23mac/id1091958673?mt=8>

#### (2) 凸レンズ AR 教材

凸レンズの像は、実験とモデル図の作成によって理解させる。しかし、実験と作図を結びつけて考察できない。



そこで、実験装置に作図のアニメーション等を重畳表示できる AR 教材を開発、実践した。その結果以下が明らかになった。AR 教材は、規則性の理解に効果があり、作図能力向上には効果が見られない。作図の意味理解が進むことで、規則性の理解が向上した。

#### (3) 鏡の虚像 AR 教材

姿見は、身長  $\frac{1}{2}$  の大きさが必要になる。Kinect を使い体の大きさや位置を認識させ、



対応する反射や虚像の作図を、実際の映像に重畳表示させた。数学的モデリングの視点から授業を行った。重畳表示されたモデルを理解することは可能になった。しかし、実際に鏡に映る像の見え方と、モデルを対応付けて考察できる生徒は限定的であった。虚像の認識を分析し、それに対応する教材の再開発と授業デザインが分析が必要になる。

#### (4) タンジブル地球儀教材

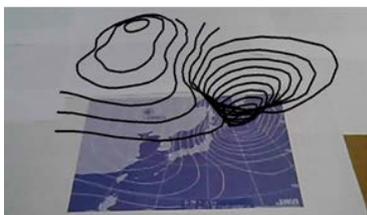
天文シミュレーションと連動する地球儀とアバタ(タンジブル地球儀システム)による実践から、デザイン原則を抽出した。また、季節と日周運動の理解に関する授業を、身体

化デザインの視点から実践した。身体動作によって強固に概念が形成されることが明らかになった。



#### (5) 等圧線 AR 教材

等圧線の理解を促すために、等高線のような立体シミュレーション画像を天



気図に重畳表示させた。その結果、風の向きに関する理解が向上した。

以上の教材開発とその評価から以下が明らかになった。多くの児童・生徒にとって、理科における抽象的概念の理解は困難である。実感の伴う直感的理解が不足していることが一因である。抽象概念の直感的理解を促すためには、身体化動作と連動させることが有効である。特に、AR やタンジブルを使い、実物やモデルに足場かけとなる情報を表示させることの効果が認められた。

モデルを利用することは、効果と共にその限界も存在する。今後は、メタモデリングの視点の獲得も含めた、足場かけや授業デザインを検討する必要がある。

### 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 16 件)

- ① 葛岡英明 鈴木靖幸 山下直美 加藤浩 鈴木栄幸 久保田善彦 (2014. 6) : 天文学習のためのタンジブル学習環境に関するデザイン原則の検討, 科学教育研究, 日本科学教育学会, 38(2), 65-74. [査読有]  
<http://doi.org/10.14935/jssej.38.65>
- ② 荻野伸也 久保田善彦 桐生徹 (2014. 6) : 小学校 4 年生の水への熱の伝わり方の概念形成に関する事例研究—「ものの温まり方」単元における概念の関連から—, 理科教育学研究, 日本理科教育学会, 55(1), 27-36. [査読有]
- ③ 荻野伸也 桐生徹 久保田善彦 (2014. 11) : 中学校 1 年「溶解度」の学習で用いられる曲線グラフと棒グラフによる複合グラフの読解に関する研究, 理科教育学研究, 日本理科教育学会, 55(3), 297-288. [査読有]  
<http://doi.org/10.11639/sjst.14017>
- ④ 鈴木栄幸 舟生日出男 久保田善彦 (2014. 12) : 個人活動とグループ活動間の往復を可能にするタブレット型思考支援

ツールの開発, 日本教育工学会論文誌, 日本教育工学会, 38(3), 225-240. [査読有]

<http://doi.org/10.15077/jjet.KJ00009649926>

- ⑤ 小松祐貴 桐生徹 中野博幸 久保田善彦 (2014. 12) : 凸レンズ実験と作図を関連させる AR 教材の開発, 日本教育工学会論文誌, 日本教育工学会, 38(Suppl.), 21-24. [査読有]  
<http://doi.org/10.15077/jjet.KJ00009846847>
- ⑥ 小松祐貴 桐生徹 中野博幸 久保田善彦 (2015. 6) : 凸レンズが作る像の規則性の理解を促す AR 教材の開発と評価, 日本教育工学会論文誌, 日本教育工学会, 39(1), 21-29. [査読有]  
<http://doi.org/10.15077/jjet.38137>
- ⑦ 中野博幸 久保田善彦 小松祐貴 大崎貢 (2015. 12) : AR と Kinect を用いた鏡像シミュレーション教材の開発と試行, 日本教育工学会論文誌, 日本教育工学会, 39(Suppl.), 105-108. [査読有]
- ⑧ 大槻麻衣 葛岡英明 Paul Milgram (2015) : AR におけるステレオ疑似透過が透明知覚と奥行き知覚に与える効果に関する研究 (2015), ヒューマンインタフェース学会論文誌, 17(3), 41-52. [査読有]
- ⑨ 久保田善彦 舟生日出男 鈴木栄幸 (2016. 4) : 小集団の議論と個人の振り返りを保証したワークショップ型授業実践の研究, 教育システム情報学会誌, 教育システム情報学会, 33(2), 126-131. [査読有]  
<http://doi.org/10.15077/jjet.S39066>
- ⑩ 佐々木博史 望月俊男 脇本健弘 平山涼也 久保田善彦 鈴木栄幸 舟生日出男 加藤浩 (2016. 8) : えでゅーすぼーど: タンジブル箱庭人形劇による授業シミュレーション支援システム, ヒューマンインタフェース学会論文誌, ヒューマンインタフェース学会, 18(3), 195-208. [査読有]
- ⑪ 田村翔太 久保田善彦 (2016. 8) : 環境ゲーム作製における学習効果の研究, 宇都宮大学教育学部教育実践紀要, 2, 255-258. [査読無]
- ⑫ 鈴木由美 恩田宗 小原知治 久保田善彦 (2016. 8) : 集散型学習の学習効果と個人の特性による差異について, 宇都宮大学教育学部教育実践紀要, 2, 137-143. [査読無]
- ⑬ 出口明子 山口悦司 舟生日出男 稲垣成哲 (2016) : コンセプトマップのノード圧縮を支援するソフトウェアの開発と実践的評価, 理科教育学研究, 57(1), pp. 35-44. [査読有]
- ⑭ 葛岡英明 木村諒 田代祐己 久保田善彦 鈴木栄幸 加藤浩 山下直美 (2017. 4) : タンジブル学習環境を利用した効果的な

学習手順の検討, 教育システム情報学会誌, 教育システム情報学会, 34(2), 155-165. [査読有]

- ⑮久保田善彦(2016.4):モデルを使った理科学習のポイント, 教科研究理科, 202, 学校図書株式会社, 2-3. [査読無]
- ⑯田村領太 桐生徹 中野博幸 小松祐貴 久保田善彦(2017):等圧線の読み取りを補助するためのAR技術の利用と評価, 科学教育研究, 科学教育学会, 41(3), 印刷中. [査読有]

[学会発表] (計 24件)

- ①佐藤和紀 久保田善彦 舟生日出男 鈴木栄幸(2014.9.13):CSCLを活用した協働学習における批判的思考力育成場面の検討, 日本科学教育学会年会論文集, 38, pp. 391-392.
- ② H. Kuzuoka, N. Yamashita, H. Kato, H. Suzuki, Y. Kubota(2014.10):Tangible Earth: Tangible Learning Environment for Astronomy Education, Proc. of HAI '14: The Second International Conference on Human-Agent Interaction, 23-27.
- ③ 鈴木栄幸 久保田善彦 舟生日出男(2014.9.19):タブレット型思考支援ツールを利用した集散的協調活動のデザイン, 日本教育工学会第30回全国大会講演論文集, p. 48.
- ④ 中野博幸 久保田善彦 小松祐貴 大崎貢(2014.9.20):ARとKinectを用いた鏡像シミュレーション教材の開発, 日本教育工学会第30回全国大会講演論文集, pp. 643-644.
- ⑤ 富士原照久 葛岡英明 山下直美 加藤浩 鈴木栄幸 久保田善彦(2014.9.20):タンジブルユーザインタフェースとARを融合した天文学習支援システムの研究, 日本教育工学会第30回全国大会講演論文集, pp. 437-438.
- ⑥ 久保田善彦 舟生日出男 鈴木栄幸(2014.9.21):集散型学習支援システムを用いた授業研究会の実践と評価, 日本教育工学会第30回全国大会講演論文集, pp. 907-908.
- ⑦ 小松祐貴 渡邊悠也 桐生徹 中野博幸 久保田善彦(2015.1.10):「凸レンズの働き」の実験を補完するAR教材の開発と評価, 第13回臨床教科教育学セミナー発表要項, pp. 160-161.
- ⑧ Hideyuki Suzuki, Hideo Funaoi, Yoshihiko Kubota(2015.6): Supporting transition between personal and collective activity through a tablet-based CSCL system, The Computer Supported Collaborative Learning (CSCL) Conference 2015, 2, 755-756.
- ⑨ Mochizuki, T., Wakimoto, T., Sasaki, H., Hirayama, R., Kubota, Y., & Suzuki, H. (2015) Fostering and Reflecting on Diverse Perspective-Taking in Role-Play Utilizing Puppets as the Catalyst Material under CSCL. CSCL Conference 2015 Proceedings, 509-513. [査読あり]
- ⑩ 大崎貢 久保田善彦 中野博幸 小松祐貴(2015.8.22):Kinectを用いたARによる鏡像シミュレーション教材の活用, 日本科学教育学会年会論文集, 39, pp. 191-192.
- ⑪ 久保田善彦 小松祐貴 中野博幸 桐生徹(2015.8.22):凸レンズが作る像の「規則性」の理解:AR教材を利用した実践から, 日本科学教育学会年会論文集, 39, pp. 274-275.
- ⑫ 大崎貢 久保田善彦 中野博幸 小松祐貴(2015.10.31):Kinectを用いたARによる鏡像シミュレーション教材の活用, 日本理科教育学会北陸支部大会(2015)研究発表要旨集, p. 33.
- ⑬ 田村領太 桐生徹 中野博幸 小松祐貴 久保田善彦(2015.10.31):天気図上の高気圧・低気圧での風の吹き方について理解を促すAR教材の開発, 日本理科教育学会北陸支部大会(2015)研究発表要旨集, p. 34.
- ⑭ 木村諒 田代祐己 葛岡英明 久保田善彦 大槻麻衣 鈴木栄幸 加藤浩 山下直美(2015.12.12):学習者同期型アバタを用いた天文学習支援システム, 日本科学教育学会研究会報告, 30(3), pp. 41-46
- ⑮ 大崎貢 久保田善彦 中野博幸 小松祐貴(2015.12.12):Kinectを用いたARによる鏡像シミュレーション教材の活用—虚像の理解を促す指導法の検討—, 日本科学教育学会研究会報告, 30(3), pp. 117-120
- ⑯ 田村翔太 久保田善彦(2016.1.10):環境ゲーム作製における学習効果の研究, 第14回臨床教科教育学セミナー発表要項, pp. 31-32.
- ⑰ 田村領太 桐生徹 中野博幸 小松祐貴 久保田善彦(2016.1.10):天気図上の等圧線による風の吹き方の理解に関する考察-AR教材の活用から-, 第14回臨床教科教育学セミナー発表要項, pp. 63-64.
- ⑱ 田村領太 桐生徹 中野博幸 小松祐貴 久保田善彦(2016.8.7):等圧線による風の吹き方の理解に関する事例研究, 日本理科教育学会全国大会発表論文集, 14, p. 405.
- ⑲ 田村領太 桐生徹 中野博幸 小松祐貴 久保田善彦(2016.8.20):磁石が作る磁界と磁力線を関係づけるAR教材の開発, 日本科学教育学会年会論文集, 40, pp. 323-324.
- ⑳ 望月俊男 脇本健弘 佐々木博史 平山涼也 舟生日出男 久保田善彦 鈴木栄幸 加藤

造(2016.9.17):タンジブル人形劇による多声的視点転換の効果,日本教育工学会第32回全国大会講演論文集, pp.239-240.

- ②田村領太 桐生徹 中野博幸 小松祐貴 久保田善彦(2016.12.3):立体的な磁力線をイメージするためのAR教材の開発,日本科学教育学会研究会報告,31(1), pp.17-20
- ②金井司 川崎恭輔 田代祐己 久保田善彦 葛岡英明 鈴木栄幸 加藤浩 山下直美(2016.12.17):タンジブル地球儀システムを使った太陽の年周運動の本質理解に関する授業実践計画,日本科学教育学会研究会報告,31(4), pp.73-78
- ②川崎恭輔 田代祐己 葛岡英明 久保田善彦 金井司 大槻麻衣 鈴木栄幸 加藤浩 山下直美(2016.12.17):身体化テラスインに基づいた天文学習支援,日本科学教育学会研究会報告,31(4), pp.79-84
- ②金井司 川崎恭輔 田代祐己 久保田善彦 葛岡英明 鈴木栄幸 加藤浩 山下直美(2017.1.7):タンジブル地球儀システムを使った太陽の年周運動の本質理解に関する授業計画,第15回臨床教科教育学会セミナー発表要項, pp.86-87

[図書](計 2件)

- ①久保田善彦(2016.3):理科授業におけるICTの活用-「授業のユニバーサルデザイン」と「アクティブ・ラーニング」の視点から-,中学校科学1~3教師用指導書,上巻(総説編・解説編),学校図書株式会社,30-35.
- ②大島純ほか(監訳)望月俊男,益川弘如(編訳)鈴木栄幸(第18章),加藤浩(第24章),ほか11名(訳)(2016)学習科学ハンドブック第二版第2巻:効果的な学びを促進する実践/共に学ぶ.北大路書房.288ページ

[産業財産権]

○出願状況(計 0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

○取得状況(計 0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:

取得年月日:  
国内外の別:

[その他]  
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

久保田 善彦 (KUBOTA Yoshihiko)  
宇都宮大学・教育学研究科・教授  
研究者番号:90432103

(2) 研究分担者

中野 博幸 (NAKANO Hiroyuki)  
上越教育大学・教育学部・教授  
研究者番号:90547051

葛岡 英明 (KUZUOKA Hideaki)  
筑波大学・システム情報工学研究科・教授  
研究者番号:10241796

加藤 浩 (KATO Hiroshi)  
放送大学・教養学部・教授  
研究者番号:0332146

鈴木 栄幸 (SUZUKI Hideyuki)  
茨城大学・人文社会科学部・教授  
研究者番号:20323199

舟生 日出男 (FUNAOI Hideo)  
創価大学・教育学部・教授  
研究者番号:20344830

(3) 連携研究者

( )

研究者番号:

(4) 研究協力者

小松 祐貴 (KOMATSU Yuki)  
大崎 貢 (OOSAKI Mitugu)  
金井 司 (KANAI Tsukasa)  
田村 領太 (TAMURA Ryouta)