

令和 3 年 5 月 14 日現在

機関番号：32639

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17H01975

研究課題名(和文)STEM教育における抽象概念の直感的理解を促す身体化認知に基づく学習環境の研究

研究課題名(英文)Research on learning environments based on embodied cognition that promote intuitive understanding of abstract concepts in STEM education

研究代表者

久保田 善彦(KUBOTA, Yoshihiko)

玉川大学・教育学研究科・教授

研究者番号：90432103

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、STEM教育における抽象的概念を直感的に理解するための方略として、身体化認知の理論に着目した。また、抽象的概念に関わる認知として「空間的視点取得」に焦点を当てた。一人一台端末の活用を想定したAR(Augmented Reality)教材とその学習プログラムを開発した。各教材は身体化認知により「空間的視点取得」を支援する。検証の結果、学習効果が認められた。一方で、身体化認知の限界も明らかになった。そこで、仮想的身体移動の概念を援用し、アバタを使った空間的視点取得の支援も検討し、その効果を確認した。開発教材の一部はアプリストアに無料公開され、多くの学校が活用している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

多くの児童・生徒にとって、STEM教育における抽象的概念の理解は困難である。本研究は、STEM教育における抽象的概念を直感的に理解するための方略として、身体化認知や仮想的身体移動の理論に着目し、開発を進めた点に意義がある。AR技術を用いた開発教材は、GIGAスクールの端末活用の在り方を提案できた。また、学習者の認知を捉えることで、学びのユニバーサルデザインに対応したデザイン原則を構築したことは、有用性が高い。

研究成果の概要(英文)：This study focused on embodied cognition in order to intuitively understand abstract concepts in STEM education. In addition, we focused on "spatial perspective acquisition" as a cognition of abstract concepts. We developed Augmented Reality (AR) teaching materials and their learning programs, assuming that each student has an environmental terminal. Each material supports "spatial viewpoint acquisition" through embodied cognition. As a result of verification, learning effects were observed. On the other hand, the limitations of embodied cognition became clear. In this study, we applied the concept of virtual body movement to support the acquisition of spatial perspective using avatars.

Some of the developed teaching materials are available for free on the app store, and many schools are using them.

研究分野：科学教育

キーワード：科学教育 理科教育 教育工学

### 1. 研究開始当初の背景

日本をはじめ各国において、STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) 教育による、科学技術人材の育成が注目されている。STEM 教育は、粒子モデル、作図、プログラミングなど、高度な抽象的概念を理解する必要がある。一般に、抽象概念はモデルを用いて理解を促そうとするが、モデルを利用しても理解困難な学習者が数多く存在する。例えば、凸レンズがつくる像の学習は、実験結果をモデル化(作図)することで抽象的概念を理解させる。しかし、学習者は、暗記した作図ルールを基に機械的な作業をしているにすぎない(麻柄ら 2006)。

「抽象的概念の理解」の根底には、「直感的理解」があるとされる(永井 2015)。直感的理解は、身体(感覚)・意識経験、感情などを含めた人間心理の本質的な理解 (James 1884) であり、身体動作を含めた感覚経験 (Dewey 1896) が必要になる。Gibson (1955) は、体と環境との関係性から、いくつかの変数が立ち現れることこそが学びだとしている。このように、身体動作や具体的操作を通して直感的に学ぶこと(身体化認知:embodied cognition)の理論が提案されている(Holton 2010)。近年は、情報機器の小型化やセンサー技術の発展により、ICT 機器を身体動作に連動させることが可能になった。その技術を応用し、身体化認知に基づく学習支援の取り組みが始まっている (Abrahamson et al. 2015, 高星ら 2014)。先行研究では、身体的体験を通して直感的に数学的概念を理解する学習支援システムを開発し、その効果を実証している。STEM 教育の内容は広範囲であり、想定される身体運動も多岐にわたる。

身体化認知を効果的に取り入れるためには、身体動作の形態を類型化した上で、各類型に適した学習環境のデザイン原則を構築する必要がある。本研究では、従来の STEM 教育で重視されているモデルと身体動作の関連に焦点を当てる。

### 2. 研究の目的

本研究は、STEM 教育における抽象的概念を直感的に理解するための方略として、身体化認知の理論に着目した。また、抽象的概念に関わる認知として「空間的視点取得」に焦点を当てる。一人一台環境端末の活用を想定した AR(Augmented Reality)教材とその学習プログラムを開発する。

教材および学習プログラムを複数開発し、その効果を検証する。また、教材活用時の学習者の認知を明らかにし、その特徴から小中学校の学習における「身体化認知による空間的視点取得」のデザイン原則を導出する。

### 3. 研究の方法

対象となる単元は、(1) 小学校「太陽の動きとかげ」、(2) 中学校「天気の変化(等圧線)」、(3) 中学校「日周運動」、(4) 中学校「月の満ち欠け」とする。

実空間での身体運動をナビゲートするために、AR 技術を活用した教材を開発する。開発教材は、小中学校において検証する。デジタル教材は、機能や表示の On-Off が容易であるため、条件を制御した活動を提供しやすい。AR 教材の提示や閲覧方法を変数として使うことで、関連する認知の特徴を明らかにする。

### 4. 研究成果

#### (1) 小学校「太陽の動きとかげ」における教材開発と効果検証

小学校第3学年「影の動きと太陽」の学習において、太陽の日周運動を影の位置の変化と関係付けることは困難とされる。そこで、太陽の日周運動と影の位置の変化を一人称視点で観察できると共に身体化認知を取り入れたタブ



現実風景映像に重畳表示された太陽



地表上に表示された影

レット用ソフトウェアを開発し、実践を試みた。開発ソフトウェアを使うことで、観察記録図における影の理解が向上した。また、空間を意識した自由記述も多い。三次元のイメージとして太陽と影の関係を捉えられたことが要因と考えられる。一方で、方位に関する理解の向上は十分ではない。一部の評価手法に問題がある可能性が高い。

<https://doi.org/10.15077/jjet.S44062>

(2) 中学校「天気の変化(等圧線)」における教材開発と効果検証

天気図上の等圧線による風の吹き方について、平面図であるため、全体的な風の流れについて理解できていないことが報告されている。この課題に対して、生徒に天気図を見て立体的な風の流れをイメージさせるため、天気図上に等圧線を重畳表示する AR 教材を開発することで課題解決を図った。AR 教材を活用した授業実践の結果、生徒の理解度は向上した。教材のさらなる精選のため質問紙調査を行い、生徒が等圧線による全体的な風を理解する上での学習上の課題について整理した。

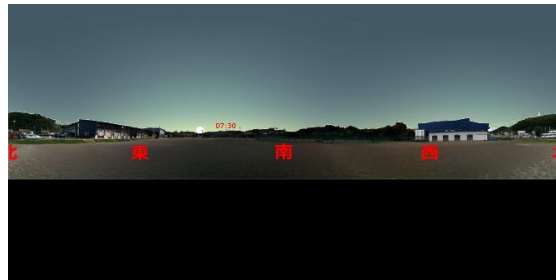
<https://doi.org/10.14935/jssej.41.325>



地図上に等圧線を重畳表示した様子

(3) 中学校「日周運動」に関する研究

パノラマ動画による太陽の日周運動の理解  
中学生にとって、季節による太陽の日周運動の理解は困難である。先行研究から、生徒は学習以前から強固な誤概念をもち、学習後も修正されないことが示唆された。本研究は、360°パノラマ動画を使い太陽の日周運動をトレースする身体動作によって、その理解を目指した。季節による太陽の日周運動の理解について必要な3要素と解答パターンから評価した。



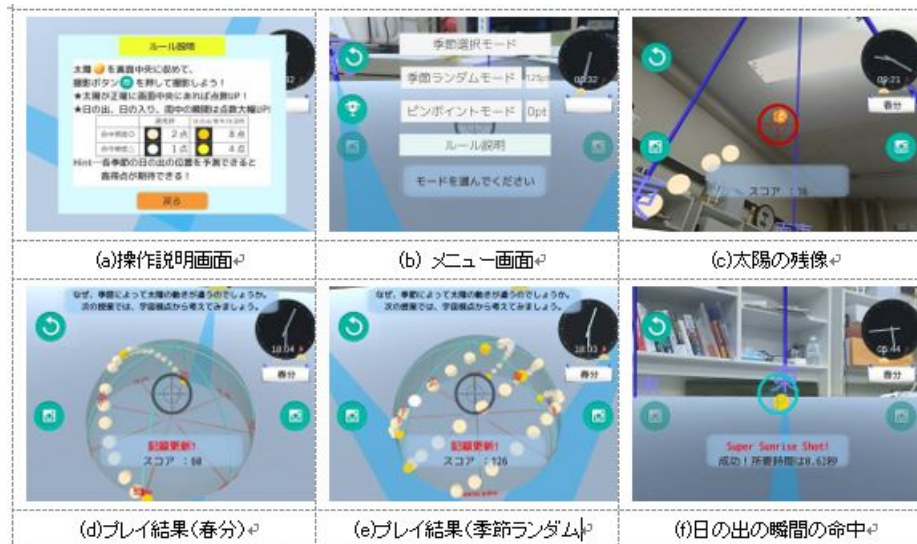
背景を追加した360°パノラマ画

実践1によって、360°パノラマ動画による身体化認知の効果を確認できた。また、不明群の生徒は、天球モデルへの描画が可能になった。不正解群及び不明群の両群において、日の出・日の入りの方位の理解に課題があった。実践2は、身体運動に加え、グリッド線を追加した360°パノラマ動画による活動と、身体動作を撮影し俯瞰する活動を行った。グリッド線を追加した360°パノラマ動画は、日の出・日の入りの理解に効果が認められた。身体動作の撮影は効果が限定的であった。俯瞰視点から地上視点を考察することは、高度な空間認識が必要になるからだと考える。

<https://doi.org/10.14935/jssej.42.290>

ゲーミフィケーションを応用したアプリの開発と実践

天文分野は宇宙視点を学習する前に、季節による太陽の日周運動の変化を地上視点から正しく理解する必要があると指摘した(金井2018)。本研究ではこの課題を解決するため、地上視点での太陽の日周運動の学習を支援するソフトウェアの開発を行った。実験1では中学生を対象とした授業で本ソフトウェアを利用し、使用者の透明半球の概念についての理解を改善することに成功した。一方、日周運動の理解は改善しなかった。この結果について、使用者が日の出や日の入り、南中の方向等の重要な情報に意識を向けず、学習に繋がらなかった可能性に着目した。そこで、実験2では、ゲーミフィケーションを活用してこれらの重要情報を意識的に学習させるソフトウェアを開発した。これについても、中学生を対象とした授業で利用し、各季節の太陽の日周運動についての理解を改善することができた。また、その後に行った宇宙視点学習後の遅延テストとの結果比較から、宇宙視点での学習を行う前段階で地上視点を正しく理解させること



(a)操作説明画面

(b)メニュー画面

(c)太陽の残像

(d)プレイ結果(春分)

(e)プレイ結果(季節ランダム)

(f)日の出の瞬間の命中

は重要であり、本ソフトウェアはそのため有効な教材である可能性が示された。なお、学術情報研究センター主催「デジタル教材コンクール2019」にて学情研賞を受賞した。

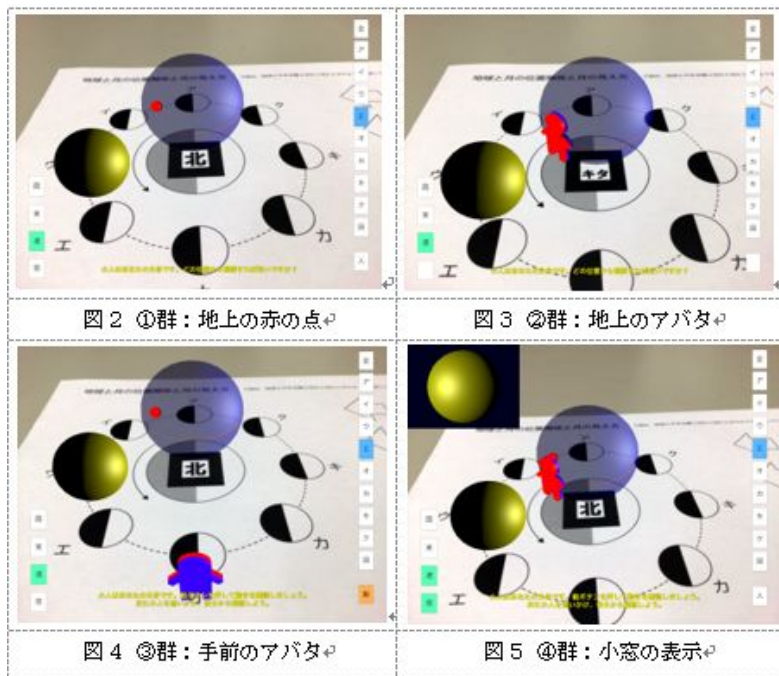
<https://doi.org/10.14935/jssej.43.308>

#### (4) 中学校「月の満ち欠け」に関する研究

##### 教材開発とその効果

本研究は、視点移動を、空間的視点取得の仮想的身体移動概念から捉え直した。仮想的身体移動とは、自分の分身を心的に作りそれを移動させることである。先行研究では、身体行為によって仮想的身体移動が促進すると考えたが、十分な成果には至らなかった。そこで本研究では、従来のシステムにアバタを表示し、仮想的身体と重ね合わせる機能を実装した。具体的には以下を追加した。地球や月の立体モデルと観察者との間にアバタを出現させる、地球の観察地点までアバタを移動させる、アバタの視点（見え）を表示することである。その結果、月の満ち欠けに関する理解が向上したことから、アバタと仮想的身体とを重ね合わせることで、仮想的身体移動を伴う空間的視点取得を促進した可能性が高い。

<https://doi.org/10.11639/sjst.19039>



##### 教材を活用した空間的視点取得の評価

月の満ち欠けの理解には、空間認識の中でも空間的視点取得が必要になる。本研究は、第一に、月の満ち欠けに関する空間的視点取得能力を検討した。本調査を回答するには、空間的視点取得の前提として【平面図の円から立体の球をイメージする能力】が必要になる。その上で、【仮想的身体移動をイメージする能力】をベースとし、移動先の仮想的身体から見える月の形状を推測する以下の能力が必要になる。仮想的身体の回転角が45°および135°は【球形の月にできる陰の形状を推測する能力】と【月の陰の左右を推測する能力】、90°は【月の陰の有無を推測する能力】、180°は【月の陰の左右を推測する能力】になる。なお、【月の陰の有無を推測する能力】、【月の陰の左右を推測する能力】、【球形の月にできる陰の形状を推測する能力】の順に認知負荷が高くなる。第二に、AR教材活用による空間的視点取得能力の変容から仮想的身体移動とその他の認知的情報処理、特に見えの推測の特徴を考察した。平面図に立体モデルを重畳表示することで、【平面図の円から立体の球をイメージする能力】が高まることが明らかになった。また、アバタの移動やその視野の提示、アバタの動きの追体験は、【仮想的身体移動をイメージする能力】を向上させた。それによって、認知負荷の高い【球形の月にできる陰の形状を推測する能力】も向上したと考えられる。一方で、180°や90°のように、認知負荷が高くない課題の解決には、仮想的身体移動イメージの明瞭・不明瞭は関係ないと考えられる。

空間的視点取得は、仮想的身体移動とその他の認知的情報処理からなるとされている。その他の認知的情報処理を、仮想的身体からの見えの推測として研究を進めた。月の満ち欠けは、その位置によって見えの推測の認知負荷が異なること、認知負荷の高い課題は仮想的身体移動のイメージを明瞭にする必要があることが明らかになった。認知負荷の高い課題に限定されるが、仮想的身体移動とその他の認知的情報処理の関連が示唆された。

本研究は、アバタを自由に表示できることや身体移動を誘導しやすいことから、タブレット端末でAR教材を動かした。しかし、ここで得た知見は、これまでの教材にもフィードバックが可能である。まず、【平面図の円から立体の球をイメージする能力】を身につけていない学習者は、抽象化された平面図だけではその意味を理解できない。今後、CBT(Computer Based Testing)が一般的になると、立体モデルを画面に提示することが増え、抽象から具体を推測する能力を活用する場面は減るかもしれない。しかし、抽象化された平面図を読み取る力は、モデルで思考することの多い理科学習には必要な能力になる。抽象化された平面図と具体である立体モデルを一致させる工夫が必要になる。例えば、従来の立体モデルの下部に平面図を加えた教材が考えられる。次に、45°と135°の回答に必要な【球形の月にできる陰の形状を推測する能力】を向上させるには、仮想的身体移動のイメージを明瞭にする必要がある。これまでのように、立体モデル

を直接観察しただけでは、十分な理解に至らない学習者も多い。第一に、小型の人形を使うことは有効である。人形が仮想的身体を明示的に示す。その際は、最初から地球上に配置するのでなく、事前に学習者の近くに置きゆっくり移動させるなど、人形と仮想的身体の重ね合わせを促進させる工夫が必要である。第二に、満ち欠けの様子をモデルで観察するには、立体モデルや平面図を回転させるのではなく、モデルを固定し身体を移動させるとよい。

<https://doi.org/10.11639/sjst.20067>

#### (5) 研究成果のまとめ

本研究は、STEM教育における抽象的概念を直感的に理解するための方略として、身体化認知の理論に着目した。また、抽象的概念に関わる認知として「空間的視点取得」に焦点を当てた。そこで、一人一台環境のタブレット端末の活用を想定したAR(Augmented Reality)教材とその学習プログラムを開発した。検証を行った単元は、小学校「太陽の動きとかけ」、中学校「天気の変化(等圧線)」、中学校「日周運動」、中学校「月の満ち欠け」である。各教材は身体化認知により「空間的視点取得」を支援する。検証の結果、学習効果が認められた。一方で、身体化認知の限界も明らかになった。そこで、「月の満ち欠け」教材は、仮想的身体移動の概念を援用し、アバタを使った空間的視点取得の支援も検討し、その効果を確認した。また、「日周運動」では、ゲーミフィケーションを取り入れた教材を開発した。これらの研究から、身体化認知や仮想的身体移動による空間的視点取得の特徴から、AR教材やゲーミフィケーションに関する学習環境のデザイン原則を導出した。また、テクノロジーに頼らない身体化認知の在り方についても提案した。開発教材の一部はアプリストアに無料公開され、多くの学校が活用している。

<https://apps.apple.com/jp/app/sunshooting/id1503282922>

<https://apps.apple.com/jp/app/%E9%87%91%E6%98%9F%E3%81%AE%E6%BA%80%E3%81%A1%E6%AC%A0%E3%81%91ar/id1539098847>

<https://apps.apple.com/jp/app/%E6%9C%88%E3%81%AE%E6%BA%80%E3%81%A1%E6%AC%A0%E3%81%91ar/id1511461024>

今後は、身体化認知や仮想的身体移動の精度を高める必要がある。そのために、脳科学の研究を参考とした教材や学習デザインの検討を進めている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計29件（うち査読付論文 17件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 20件）

1. 著者名 KUBOTA Yoshihiko, NAKANO Hiroyuki, KOMATSU Yuki	4. 巻 61
2. 論文標題 The Characteristics of Spatial Perspective-Taking in Lower Secondary School Students' Understanding of the Lunar Phases	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Research in Science Education	6. 最初と最後の頁 429 ~ 442
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11639/sjst.20067	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 久保田 善彦、松岡 浩平、葛岡 英明、鈴木 由美子、鈴木 栄幸、加藤 浩	4. 巻 44
2. 論文標題 「太陽の動きとかげ」の理解を支援するソフトウェアの開発と評価	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本教育工学会論文誌	6. 最初と最後の頁 105 ~ 108
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15077/jjet.S44062	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 石川 誠彬、江木 啓訓、望月 俊男、久富 彩音、石井 裕、結城 菜摘、久保田 善彦、加藤 浩	4. 巻 44
2. 論文標題 協調的議論において共調整を促す対話型ホログラフィックエージェント	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本教育工学会論文誌	6. 最初と最後の頁 185 ~ 188
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15077/jjet.S44110	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 久保田善彦	4. 巻 69(821)
2. 論文標題 自分の分身をイメージする - 二つの理論を実装したARアプリによる月の満ち欠けの理解 -	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 理科の教育	6. 最初と最後の頁 46-47
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 望月俊男	4. 巻 96
2. 論文標題 越境のための道具と実践	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 専修大学情報科学研究所報	6. 最初と最後の頁 31-37
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Mochizuki, T., Chinn, C.A., Zimmerman, R.M., & Yamaguchi, E.	4. 巻 3
2. 論文標題 Reasoning About Disagreements: Instructional Design to Improve Thinking About Controversial Multiple Documents.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Interdisciplinarity of the Learning Sciences: 14th International Conference of the Learning Sciences	6. 最初と最後の頁 1609-1612
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Mochizuki, T., Ishikawa, N., Egi, H., Hisatomi, A., Ishii, Y., Yuki, N., Kubota, Y., & Kato, H.	4. 巻 3
2. 論文標題 Face-to-Face Holographic Agent Used as Catalyst for Learning and Employing Co-regulation in Collaborative Discussion	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Interdisciplinarity of the Learning Sciences: 14th International Conference of the Learning Sciences	6. 最初と最後の頁 1733-1734
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Mochizuki, T., Tsubakimoto, M.	4. 巻 1
2. 論文標題 Designing a collaborative learning environment for critical reading with peer response activity	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Information and Technology in Education and Learning	6. 最初と最後の頁 1-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 松岡浩平 葛岡英明 久保田善彦 金井司 鈴木栄幸 加藤浩	4. 巻 4
2. 論文標題 地上視点における太陽の日周運動学習を支援するソフトウェアの開発とその効果	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 科学教育研究	6. 最初と最後の頁 308-322
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14935/jssej.43.308	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 久保田善彦 中野博幸 小松祐貴	4. 巻 60
2. 論文標題 月の満ち欠けの学習における仮想的身体移動とその支援	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 理科教育学研究	6. 最初と最後の頁 557-568
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11639/sjst.19039	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 阿部桃花 久保田善彦	4. 巻 19
2. 論文標題 一斉授業において公的発話が私的発話に移行する過程の研究	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 臨床教科教育学会誌	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 久保田善彦	4. 巻 1081
2. 論文標題 授業のユニバーサルデザインとは	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 理科教育ニュース	6. 最初と最後の頁 2-3
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -



1. 著者名 久保田善彦	4. 巻 1083
2. 論文標題 ユニバーサルデザインを取り入れた理科授業	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 理科教育ニュース	6. 最初と最後の頁 2-3
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 久保田善彦	4. 巻 811
2. 論文標題 理科におけるプログラミング教育とカリキュラム・マネージメント 「制御」の視点からの再考	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 理科の教育	6. 最初と最後の頁 5-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 大田剛, 加藤浩, 森本容介	4. 巻 5
2. 論文標題 子供のプログラミング能力の獲得段階に関する定量的分析: 小学校4~6年生のScratch プログラミングを 対象として	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌「教育とコンピュータ」	6. 最初と最後の頁 35-43
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 原田織子, 加藤浩	4. 巻 43
2. 論文標題 遠隔教育における独習を支援するバーチャル自習室の開発と評価	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本教育工学会論文誌	6. 最初と最後の頁 53-56
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15077/jjet.S43037	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 西森 年寿, 加藤 浩, 八重 愷文, 望月 俊男, 安藤 拓生, 奥林 泰一郎	4. 巻 42
2. 論文標題 多人数授業におけるグループワークの運営を支援するグループウェアの開発と評価	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本教育工学会論文誌	6. 最初と最後の頁 271-281
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15077/jjet.42060	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Mochizuki, T., Nishimori, T., Tsubakimoto, M., Oura, H., Sato, T., Johannson, H., Nakahara, J., & Yamauchi, Y.	4. 巻 67
2. 論文標題 Development of software to support argumentative reading and writing by means of creating a graphic organizer from an electronic text.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Educational Technology Research and Development	6. 最初と最後の頁 1197-1230
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11423-019-09676-1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 金井 司, 久保田 善彦, 川崎 恭輔, 松岡 浩平, 葛岡 英明, 鈴木 栄幸, 加藤 浩	4. 巻 42(4)
2. 論文標題 360°パノラマ動画による太陽の日周運動の理解 身体化認知からの検討	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 科学教育研究	6. 最初と最後の頁 290-300
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14935/jssej.42.290	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 金井司 大平准之 熊田憲朗 久保田善彦	4. 巻 5
2. 論文標題 学習内容と既存知識の結びつきを促進させる協働学習の実践	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 宇都宮大学教育学部教育実践紀要	6. 最初と最後の頁 283-288
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 久保田善彦	4. 巻 264
2. 論文標題 拡大提示装置としてのタブレット端末	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 学習情報研究	6. 最初と最後の頁 18-21
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 久保田善彦	4. 巻 264
2. 論文標題 VR動画による日周運動の理解	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 学習情報研究	6. 最初と最後の頁 54-55
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 太田剛, 加藤浩, 森本容介	4. 巻 35(2)
2. 論文標題 コンピュータショナル・シンキング概念に基づくプログラム自動評価機能を持つ Scratch 用学習支援システムの開発	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 教育システム情報学会誌	6. 最初と最後の頁 204-214
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14926/jsise.35.204	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 中野博幸	4. 巻 264
2. 論文標題 学びを深めるAR	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 学習情報	6. 最初と最後の頁 44-45
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 中野博幸	4. 巻 264
2. 論文標題 VR教材の開発と活用	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 学習情報	6. 最初と最後の頁 50-51
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 大石智広, 望月俊男, Clark A. Chinn, Randi M. Zimmerman, 山口悦司	4. 巻 46(4)
2. 論文標題 矛盾した複数の文章の読解を通じた情報リテラシーの授業開発	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 じっしょう情報教育資料	6. 最初と最後の頁 13-16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 西森 年寿, 加藤 浩, 八重 樫文, 望月 俊男, 安藤 拓生, 奥林 泰一郎	4. 巻 42(3)
2. 論文標題 多人数授業におけるグループワークの運営を支援するグループウェアの開発と評価	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本教育工学会論文誌	6. 最初と最後の頁 271-281
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15077/jjet.42060	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 田村 領太, 桐生 徹, 中野 博幸, 小松 祐貴, 久保田 善彦	4. 巻 41(3)
2. 論文標題 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	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 科学教育研究	6. 最初と最後の頁 325-334
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14935/jssej.41.325	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 金井司 久保田善彦	4. 巻 4
2. 論文標題 季節による太陽の日周運動の変化に関する学習直後の認識～天球モデル図への軌道の書き込みから～	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 宇都宮大学教育学部教育実践紀要	6. 最初と最後の頁 117-124
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計46件(うち招待講演 3件/うち国際学会 10件)

1. 発表者名 久保田善彦 他
2. 発表標題 ポストコロナの理科授業を考える
3. 学会等名 日本理科教育学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 久保田善彦
2. 発表標題 小規模小学校の理科に関する社会関係的資本
3. 学会等名 日本理科教育学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 久保田善彦
2. 発表標題 小規模小学校の理科指導に関する情報交換のネットワーク
3. 学会等名 日本科学教育学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 加藤浩
2. 発表標題 データサイエンス・AI教育への取り組みの現状
3. 学会等名 FIT2020 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 望月俊男, クラーク・A.・チン, ランディ・M.・ジーマーマン, ミャツ ミンスエ, テイ ミン・カウン, 関根聖二
2. 発表標題 複数の矛盾する文章に関する推論を学ぶ協調学習支援環境の開発
3. 学会等名 日本教育工学会2020年秋季全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 望月俊男
2. 発表標題 学習環境のデザイン：人間の望ましい学びを引き出すために
3. 学会等名 電子情報通信学会思考と言語研究会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 望月俊男, クラーク・A.・チン, ランディ・M.・ジーマーマン, ミャツ ミンスエ, テイ ミン・カウン, 関根聖二
2. 発表標題 矛盾する複数の情報に関する協調的推論を促すCSCLの予備的評価
3. 学会等名 日本教育工学会2021年春季全国大会発表論文集
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 舟生日出男
2. 発表標題 未経験者が初級プログラミングを習得しプログラミング教育の実施に自信を持つまでの事例研究
3. 学会等名 日本教育工学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 久保田善彦 中野博幸 小松祐貴
2. 発表標題 月の満ち欠けの学習における仮想的身体移動とその支援
3. 学会等名 電子情報通信学会教育工学研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 屋代佐知子 久保田善彦 松岡浩平 葛岡英明 鈴木栄幸 加藤浩
2. 発表標題 身体化認知における身体キャリブレーション
3. 学会等名 日本教育工学会2019秋季全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 久保田善彦
2. 発表標題 理科教員の成長曲線
3. 学会等名 日本理科教育学会全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松岡浩平 葛岡英明 久保田善彦 金井司 鈴木栄幸 加藤浩
2. 発表標題 太陽の日周運動に関する視点移動を支援するXR天文教育支援ソフトウェアの開発
3. 学会等名 日本科学教育学会研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hideyuki Suzuki, Hideo Funaoi, Yoshihiko Kubota, Hiroshi Kato
2. 発表標題 Developing social capital among learners in collaborative learning through introducing yet another exchange system based on the concept of "bi-directional debt"
3. 学会等名 EdMedia + Innovate Learning (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ayane Hisatomi, Yutaka Ishii, Toshio Mochizuki, Hironori Egi, Yoshihiko Kubota, Hiroshi Kato
2. 発表標題 Development of a Prototype of Face-to-Face Conversational Holographic Agent for Encouraging Co-regulation of Learning
3. 学会等名 HAI2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takehiro Wakimoto, Hiroshi Sasaki, Ryoya Hirayama, Toshio Mochizuki, Brendan Eagan, Natsumi Yuki, Hideo Funaoi, Yoshihiko Kubota, Hideyuki Suzuki, Hiroshi Kato
2. 発表標題 Student Teachers' Discourse During Puppetry-based Microteaching
3. 学会等名 ICQE2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 Toshio Mochizuki, Hiroshi Sasaki, Yuta Yamaguchi, Ryoya Hirayama, Yoshihiko Kubota, Brendan Eagan, Takehiro Wakimoto, Natsumi Yuki, Hideo Funaoi, Hideyuki Suzuki, Hiroshi Kato:
2. 発表標題 Effects of Perspective-Taking Through Tangible Puppetry in Microteaching and Reflection on the Role-Playwith 3D Animation
3. 学会等名 ICQE2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 望月俊男, 久保田善彦, 脇本健弘, Brendan Eagan, 佐々木博史, 平山涼也, 山口裕大, 横山裕紀, 結城菜摘, 舟生日出男, 鈴木栄幸, 加藤浩
2. 発表標題 タンジブル人形劇によるマイクロティーチングの3D 視点による振り返りが視点転換に及ぼす効果: ENA による分析
3. 学会等名 日本教育工学会2019年秋季全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 近藤杏祐, 加藤浩, 大西鮎美, 寺田努, 葛岡英明, 久保田善彦, 鈴木栄幸, 塚本昌彦
2. 発表標題 議論の場における参加者の表出自動推定のための他者ラベリングと自己申告評価およびセンサによる評価との関係調査
3. 学会等名 電子情報通信学会教育工学研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木栄幸, 舟生日出男, 久保田善彦, 加藤浩
2. 発表標題 双方向債務概念に基づく相互援助規則の導入が大学生のプロジェクト型活動に与える影響
3. 学会等名 電子情報通信学会教育工学研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 近藤杏祐, 加藤浩, 大西鮎美, 寺田努, 葛岡英明, 久保田善彦, 鈴木栄幸, 塚本昌彦
2. 発表標題 マルチモーダルセンシングによる状況内評価のラベリング支援手法
3. 学会等名 インタラクシオン2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hideyuki Suzuki, Hideo Funoai, Yoshihiko Kubota
2. 発表標題 Development of a Method and Application to Enhance Seminar-based Learning by Helping Learners Appropriate their Instructor's Words and to Use them as Cognitive Artifacts
3. 学会等名 E-Learn: World Conference 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hideyuki Suzuki, Hideo Funoai, Yoshihiko Kubota, Hiroshi Kato
2. 発表標題 Introducing mutual-help rules based on the idea of "bi-directional debt" into a project learning activity: Enhancing the formation of social capital in classrooms
3. 学会等名 ICLS 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 久保田善彦 渡邊裕弓
2. 発表標題 グループ活動中の理科教師は何を見ているのか
3. 学会等名 日本科学教育学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松岡浩平 葛岡英明 久保田善彦 金井司 鈴木栄幸 加藤浩
2. 発表標題 身体化認知を利用した太陽の日周運動学習のための基礎的調査
3. 学会等名 ヒューマンインタフェース2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鈴木栄幸 舟生日出男 久保田善彦 加藤浩
2. 発表標題 「助けられて出来る」から「一人で出来る」への移行過程の分析
3. 学会等名 日本教育工学会第34回全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 望月俊男 江木啓訓 岡澤大志 佐々木壘 富永拓巳 吉野絢由沙 久保田善彦 加藤浩
2. 発表標題 小集団の対面議論の共調整を促す協調学習支援システムの提案
3. 学会等名 日本教育工学会第34回全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大崎貢 久保田善彦
2. 発表標題 生徒が主体的にコンテンツを作成する学習プログラムの開発
3. 学会等名 日本教育工学会第34回全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 久保田善彦 杉崎妙子 舟生日出男 中野博幸
2. 発表標題 料理の最適化で働くプログラミング的思考
3. 学会等名 日本教育工学会第34回全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松岡浩平 葛岡英明 久保田善彦 金井司 鈴木栄幸 加藤浩
2. 発表標題 太陽の日周運動と天球の理解を支援する天文教育支援ソフトウェアの開発
3. 学会等名 信学技報,ET2018-43
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 屋代佐知子 久保田善彦
2. 発表標題 天球モデルへの日周運動の理解と描画能力の研究
3. 学会等名 日本理科教育学会第57回関東支部大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松岡浩平 葛岡英明 久保田善彦 金井司 鈴木栄幸 加藤浩
2. 発表標題 ゲーミフィケーションを利用した天文教育支援ソフトウェアの開発
3. 学会等名 日本科学教育学会研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 屋代佐知子 久保田善彦
2. 発表標題 天球モデルへの日周運動の理解と描画能力の研究
3. 学会等名 第17回臨床教科教育学セミナー
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 久保田善彦 松岡浩平 葛岡英明 鈴木由美子 鈴木栄幸 加藤浩
2. 発表標題 「太陽の動きとかげ」の理解を支援するソフトウェアの開発と評価
3. 学会等名 日本教育工学会研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 原田織子, 加藤浩
2. 発表標題 遠隔教育における独習を支援するバーチャル自習室の開発と評価
3. 学会等名 日本教育工学会研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mochizuki, T., Chinn, C. A., Zimmerman, R., & Yamaguchi, E.
2. 発表標題 Development of a series of instructions for promoting disagreement resolutions in reasoning about multiple conflicting documents
3. 学会等名 日本教育工学会第34回全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鈴木栄幸, 舟生日出男, 久保田善彦, 加藤浩
2. 発表標題 "他者の援助を通じた学習を自己制御する「自己足場かけスキル」の育成に関する研究"
3. 学会等名 日本教育工学会研究会JSET19-1
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 金井司 久保田善彦
2. 発表標題 季節による太陽の日周運動の変化の認識に関する研究
3. 学会等名 日本科学教育学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Mochizuki, T., Wakimoto, T., Sasaki, H., Hirayama, R., Kubota, Y., Suzuki, H., Kato, H.
2. 発表標題 Effects of Perspective--Taking through Tangible Puppetry in Microteaching Role--Play
3. 学会等名 CSCL 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hiroschi Sasaki, Toshio Mochizuki, Takehiro Wakimoto, Ryoya Hirayama, Sadahide Yoshida, Kouki Miyawaki, Hitoki Mabuchi, Karin Nakaya, Hiroto Suzuki, Natsumi Yuuki, Ayaka Matsushima, Ryutarō Kawakami, Yoshihiko Kubota, Hideyuki Suzuki, Hideo Funaoi, Hiroschi Kato
2. 発表標題 Development of a Tangible Learning System that Supports Role-Play Simulation and Reflection by Playing Puppet Shows
3. 学会等名 HCI 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hideaki Kuzuoka, Ryo Kimura, Yuki Tashiro, Yoshihiko Kubota, Hideyuki Suzuki, Hiroshi Kato, Naomi Yamashita
2. 発表標題 Thoughts on Effective Learning Procedure for Tangible Learning Environment Based on Embodied Design
3. 学会等名 HCI 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 H. Suzuki, H. Funaoi, Y. Kubota
2. 発表標題 Exploiting Bodily Movement to Regulate Collaborative Learning by Designing a Tablet-Based CSCL System
3. 学会等名 HCI 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 久保田善彦
2. 発表標題 “からだ”で学ぶ理科授業 - 身体化認知と身体化デザインから -
3. 学会等名 日本理科教育学会全国大会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田村領太 桐生徹 中野博幸 小松祐貴 久保田善彦
2. 発表標題 方位磁針に磁界の向きを重畳表示するAR教材の評価
3. 学会等名 日本理科教育学会全国大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 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
2. 発表標題 身体化認知による太陽の年周運動の理解に関する研究
3. 学会等名 日本科学教育学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 松岡浩平 川崎恭輔 葛岡英明 金井司 久保田善彦 鈴木栄幸 加藤浩
2. 発表標題 身体動作の違いが身体角度の推定に与える影響の調査
3. 学会等名 日本科学教育学会研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 金井司 久保田善彦 川崎恭輔 葛岡英明 鈴木栄幸 加藤浩
2. 発表標題 身体化認知による太陽の日周運動の理解と誤概念の解消
3. 学会等名 日本科学教育学会研究会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 赤堀 侃司、久保田 善彦、つくば市教育局総合教育研究所	4. 発行年 2018年
2. 出版社 東京書籍	5. 総ページ数 96
3. 書名 これならできる小学校教科でのプログラミング教育	



1. 著者名 森敏昭, 大島純, 秋田喜代美, 白水始 (監訳) 望月俊男, 益川弘如 (編訳)	4. 発行年 2018年
2. 出版社 北大路書房	5. 総ページ数 238
3. 書名 学習科学ハンドブック第二版第1巻	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	葛岡 英明  (KUZUOKA Hideaki)  (10241796)	東京大学・大学院情報理工学系研究科・教授   (12601)	
研究分担者	鈴木 栄幸  (SUZUKI Hideyuki)  (20323199)	茨城大学・人文社会科学部・教授   (12101)	
研究分担者	舟生 日出男  (FUNAOI Hideo)  (20344830)	創価大学・教育学部・教授   (32690)	
研究分担者	望月 俊男  (MOCHIZUKI Toshio)  (50379468)	専修大学・ネットワーク情報学部・准教授   (32634)	
研究分担者	加藤 浩  (KATO Hiroshi)  (80332146)	放送大学・教養学部・教授   (32508)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	中野 博幸  (NAKANO Hiroyuki)  (90547051)	上越教育大学・学校教育実践研究センター・教授    (13103)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関