

令和 6 年 4 月 22 日現在

機関番号：34303

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21K02988

研究課題名(和文) リモート環境における知識共有過程 - 仮想世界ゲーム研究

研究課題名(英文) Knowledge Sharing Process in Remote Working - A computer-based SIMINSOC game study

研究代表者

有馬 淑子(Arima, Yoshiko)

京都先端科学大学・人文学部・特任教授

研究者番号：40175998

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、社会全体の共有知識量が高まるほど集団間の協力的行動が高く見いだされることを仮説として、Online社会における知識共有過程を検討した。21年度に仮想世界ゲームを用いて予備実験、22年度に第1実験、23年度に第2実験を実施した。そこで得られたデータから共有知識構造を検討するために、Chatlogにテキスト分析を適用してTopic指数を共有性指標とする手法を開発した。その妥当性検討するためにPathfinder分析(意味ネットワークの他者との類似性指標)を実施し、他者と意味を共有する内部一貫性指標とした。ネットワーク形成に影響を及ぼす条件を設定し、知識の共有性に及ぼす影響を検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

仮想世界ゲーム第1実験では、コミュニケーション・コスト(旅費)を通常通りとする統制群と2倍にする実験群を設けたが、ネットワーク成長に差が示されなかった。ChatLog分析において分配と雇用のTopicに言及していた人ほど、他者との意味ネットワーク類似性が高い相関が見出された。第2実験では旅費を3倍とした条件を設定したところ、形成されるネットワークに条件間に差が見出され、分配もしくは公約言及するほど次のセッションでのネットワーク中心性が高くなる相関が見出された。以上の結果から、Topic比率が他者との意味ネットワークの共有性を反映する指標となること、ネットワーク形成に影響することが示唆された。

研究成果の概要(英文)：This study examined the knowledge sharing process in Online society, based on the hypothesis that the higher the amount of shared knowledge in society as a whole, the higher the cooperation behavior between groups is found to be.

As a virtual world game experiment, a preliminary experiment was conducted in 2021, the first experiment in 2022 and the second experiment in 2023. In order to examine the shared knowledge structure from the data obtained in these experiments, we applied text analysis to Chatlog and developed a method to use the Topic index as a shareability index.

To examine its validity, Pathfinder analysis (similarity index of semantic networks with others) was conducted, and it was used as an internal consistency index that shares meaning with others. Conditions affecting network formation were set and their effect on knowledge shareability was examined.

研究分野：社会心理学

キーワード：仮想世界ゲーム 信頼ゲーム 集団関係 共有知識 テキスト分析 ネットワーク分析 リモート環境 人間行動認識(HAR)

1. 研究開始当初の背景

- (1) インターネットを通じて相互作用する社会では、知識はどのように共有されるのだろうか。本研究の目的は、知識の共有性が、各地域集団の態度と感情、そして社会的行動に及ぼす影響を探索的に検討することであった。この目的のため、仮想世界ゲーム電子版(Kakimoto, 2012)を用いて、ゲーム中のメッセージ送受信から情報共有過程を、質問紙で内外集団に対する態度と共有メンタルモデルを測定した。社会全体の共有知識量が高まるほど、集団間の敵対的態度が低下し、協力行動が高く見いだされると予測した。これらの関係に影響する個人差要因として、RMET が測定された。RMET は目の写真から他者の意図を読み取る自閉症テストの一種であり、生得的要因が関わると考えられる(Golan, Baron-Cohen & Hill, 2006)。
- (2) 第2の目的として、リモート環境におけるストレスと共有認知の問題を挙げた。情報工学系研究では、モバイルセンサーを用いて身体動作や位置を測定する手法が成果を上げている。たとえば、休憩時間中の身体活動量が高いほど組織全体のパフォーマンスが上がる、身体動作の同期性が集合知を上げる、などの結果が報告されている。スマートウォッチなどで手軽に計測できるところから、今後も、リモート環境における心身のモニターに利用が高まると期待される。しかし、心理学分野では、三軸加速度センサー値が孤独感と関連するとの報告(Ben-Zee, et al, 2015)などの少数の研究は実施されているが、モバイルセンシングによる研究手法はまだ確立していない。そこで、モバイルセンサーによる身体動作の測定を行い、リモート環境におけるパフォーマンス予測指標としての妥当性を検証することとした。

当初計画では上記二つの課題を同時に実施する予定であったが、21年度に実施した予備実験の結果、大人数・長時間にわたる仮想世界ゲームから得られる大量のセンシングデータを処理することは困難であることが判明したため、二つの研究テーマに分けて実施された。ここでは、(1)を仮想世界ゲーム研究、(2)を HAR (Human Activity Recognition: 身体動作認識) 研究と呼ぶものとする。

2. 研究の目的

- (1) 仮想世界ゲーム研究の目的は、メッセージ送受信からネットワーク成長と知識共有過程を検討することである。この目的のために、外集団とのコミュニケーションコストの高い条件と低い条件を導入した。コミュニケーションコストの低い条件で外集団との知識共有が促進されると予測した。また、仮想世界ゲームを成功に導くためには、匿名の他者を信頼して投資を行うことが必要となるため、信頼ゲーム構造が内包されていると考え、仮想世界ゲーム参加1週間前に信頼ゲームと RMET を実施、仮想世界ゲームデータと紐付けて関連性を検討した。匿名他者を信頼して取引する傾向が、外集団にネットワークを広げる傾向を強め、資産の成長などの社会パフォーマンスを上げると予測した。
- (2) HAR 研究では、リモート環境において低下しがちな身体動作が、認知能力の低下やストレス反応を引き起こすか(第1研究)、さらに、VR 環境における協同行為によって共有認知が可能か(第2研究)について検討した。第1研究ではスマートフォンから得られるセンサーデータに機械学習にかけて身体動作の分類を行なった。分類された動作量と認知能力及びストレス反応の関係を検討した。第2研究では、VR ゴーグルから得られるセンサーデータを機械学習にかけて協同行為中の行動の分類を行なった。分類された相互作用量と共有認知の関係を検討した。

3. 研究の方法

- (1) 仮想世界ゲーム研究として、2021年度に予備実験16名、2022年度に第1実験80名、2023年度に第2実験年80名、計176名を対象に京都先端科学大学で実施された。

手続き:

- ① 仮想世界ゲーム1週間前に、同意手続き、ID番号を配布、信頼ゲームと RMET 米国版及び、米国版プログラムをアジア版に修正して、Web Inquisit を用いて実施した。
- ② 仮想世界ゲーム実施
第1実験 3時間4セッション 旅費2シム条件40名、旅費4シム条件40名。
第2実験 6時間6セッション 旅費2シム条件40名、旅費6シム条件40名

③ 質問紙 第1実験は1週間後、第2実験はゲーム終了後すぐに Web 質問紙を実施した。従属変数は下記の通りである。

- ① 個人差要因：Bot を相手とした信頼ゲーム 16 試行及び RMET 米国版・アジア版
- ② メッセージ送受信関係及びチャットログ：ネットワーク分析およびトピックモデルより情報共有過程の指標とする
- ③ ゲームパフォーマンス：各セッションの個人資産、外集団に対する態度・認知
- ④ 共有メンタルモデル：ゲーム後 Web 質問紙により目標間の関連性認知をとり、一貫性(知識構造構造化指標)と類似性(メンバー間共有性)指標を作成した。

(2) HAR 研究として、2021 年度に 21 名、2022 年度から 2023 年度にかけて 24 名の実験参加者を対象として実験 1 及び実験 2 を実施した。

手続き：

実験室に参加者を集め、同意手続き後、身体にスマホないし VR 機器を装着、モニターにより認知課題を実施。第2実験では VR 空間内にペアで参加し、提示されたサイモン課題を共同で実施した。従属変数は下記の通りである。

第1研究 第1実験 モバイルセンサーより3軸加速度

第2実験 VR ゴーグル及びコントローラより位置・回転角度と視線

いずれも単位時間毎のセンサーデータより動作分類・単位時間毎のあたり判定結果より動作回数を指標とした

第2研究 第1実験 大域局所課題反応時間と正解率、ストレス（唾液アミラーゼ）

第2実験 共同サイモン課題パフォーマンス

4. 研究成果

第1研究（仮想世界ゲーム研究）は、22年度23年度（24年1月修了）にわたって実施されたすべてのチャットログを集積してから分析を開始したため、データ分析を続行中である。21年度の予備実験の結果のみ学会発表の形で報告されている。

第2研究（HAR 研究）の第1実験は論文として報告済み、第2実験は国際学会発表審査付き論文として報告済みである。これらの報告済み研究を中心に、未発表分析部分を加えて報告する。

(1) 仮想世界ゲーム研究

① 予備実験結果（学会報告済み）

テキスト分析：チャットで話し合われた主な話題を抽出するために、LDA モデルを用いたテキスト分析を行った結果、3つのトピックとした場合に低い Perplexity 指標が得られた。トピックの中の Topic1（食糧問題）と Topic3（環境問題）成分に注目して、セッションによる変化を分析したところ、食料問題の方が話題にされていたが、第2セッションでプラトーに達する一方で、環境問題の話題は、後半に向けて徐々に増える傾向にある結果が示された。Topic(食料 or 環境) InOut(出 or 入) Session (1~4) の 2x2x4 分散分析を行ったところ、各主効果が有意であり、交互効果は認められなかった；Topic ($F(1,17) = 173.57, p < .01, partial \eta^2 = .91$), InOut ($F(1,17) = 10.87, p < .01, partial \eta^2 = .39$), Session ($F(3,51) = 3.04, p = .037, partial \eta^2 = .15$)

ネットワーク分析：

チャット送受信記録に基づきネットワーク分析を行った結果を図1に示す。チャットは一方向に送信されるため、入リンク（誰からの発話か）と出リンク（誰への発話か）を区別した有向グラフとなる。Fig.2 における線の太さは発話量を示す。また、各個人の PageRank をネットワーク中心性の指標として分析を行なった。予備実験は、最初は富裕地域北が主導する展開、最終的には貧困地域の東がリーダーシップをとって環境問題を解決する展開であった。そこで、地域ごとの変化を検討したところ、東地域におのみ環境問題出リンクとネットワーク中心性がセッションを経るに従って増加する傾向が見いだされた。以上の結果より、ネットワーク分析とトピック分析を用いる有用性が示された。

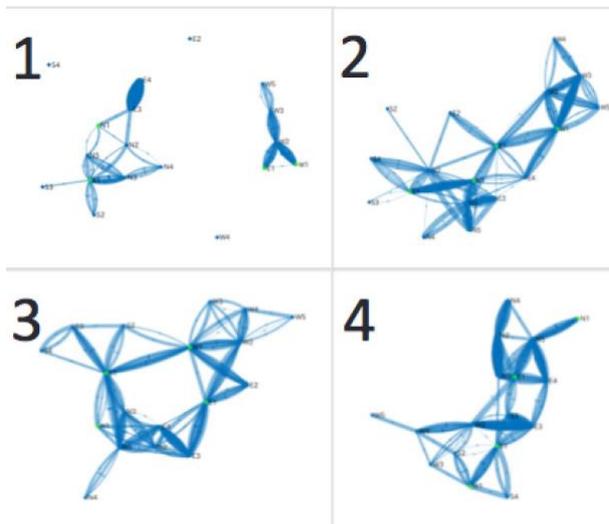


図1 第1セッションから第2セッションへのネットワークの変化

Note: 各地域の代表者(緑)以外のメンバーには、地域間コミュニケーションにコストがかかる。第1セッションでは各地域内でコミュニケーションが行われ、次第に地域間コミュニケーションが密になる。最終的には東地域代表者がハブになっている。

② 本実験結果 (未発表)

本実験としては24年1月にデータ収集を終えた。テキスト分析の安定性を得るために、第1実験第2実験すべてのチャットログを合わせてから分析を実施しているため、第1実験・第2実験ともに現在分析中である。

ネットワーク分析：チャット送受信関係からネットワーク分析を行い、各成員にネットワーク中心性の変数を付与して、条件間の差を検討した。ネットワークを外集団に広げる際の閾値を高める条件として、第1実験では旅費が2シム条件と4シム条件が、第2実験では旅費2シムと6シムの条件が設定されている。第1実験ではセッションによるネットワーク成長に差はなく、ネットワーク中心性を用いた分析においても差は見出されなかった。第2実験では、地域間ネットワークのリンク数に差がみられた。

チャットログ分析：第1実験と第2実験のチャットログにトピックモデルを適用したところ、

4つのトピックの perplexity が比較的低かったため4トピックを指定した。食糧・雇用・公約・分配トピックと名付けられた。このトピック度を共有知識構造の指標と見做し得るかどうかの内部一貫性指標として、ゲーム目的として6つの目標間の関連性認知を問う事後質問紙からPathFinder指標を算出した。PathFinderとは、項目間の一貫性から知識構造の構造化の程度を、そのメンバー間の類似性から、知識構造の類似度指標を算出するものである (Politowicz et al., 2022)。

資金流通量を増やす・資金を分配する・法律を作る・自由に行動する・テロリスクを下げる・環境リスクを下げるの6目標である。分析の結果、ChatLog分析において分配と雇用のTopicに言及していた人ほど、他者と類似性が高い結果が見出された。第2実験では、分配もしくは公約言及するほど次のセッションでのネットワーク中心性が高くなる相関が見出された。以上の結果から、Topic比率が他者との意味ネットワークの共有性を反映する指標となること、ネットワーク形成に影響することが示唆された。

(2) HAR 研究

① 第1実験 (出版済み) スマートフォン・センサーデータの動作分類と認知パフォーマンスの関係

背景 本研究では、コンピュータの前に座って行われるリモート環境におけるストレスと認知の関連性を検討する目的で実施された。5名の実験参加者で行われた予備実験において数種類の胸の動きを区別できるニューラルネットを作成し、体動の分類を開発した。16名の参加者で行われた本実験で予備実験で開発したモデルの検証を行うために、30分のリモート学習中の身体動作を計測、その後、大域局所課題と唾液アミラーゼテストを実施した。

予備実験では、LSTMモデルを用いて、歩行、立ち上がり、座り、じっとしている、回転、揺れの6つのカテゴリーに分類した。LSTMモデルの精度は83.8%であった。実験2はこのLSTMモデルを検証し、Navonタスクのパフォーマンスが胸の動きと相関することが示された(図2)。唾液アミラーゼテ

ストの信頼性を検討するために、同じ参加者には階段昇降後にもアミラーゼテストを実施して、比較したところ、有意な差が見出されなかった。よって、ストレス測定結果の信頼性が低いため、体動がストレスに及ぼす影響について結論を出すことができなかった。認知能力に関しては胸の横揺れが大域局所課題中の反応速度を早め、Navon 課題の精度を向上させた($\beta = .015 [-.003, .054], R^2 .31$) (図2)

結論として、LSTM 分類は胸部の微妙な動きを識別することに成功し、一部の動作が認知能力と関連する証拠が得られたが、ストレスの測定は安定していないため、体の動きとストレスの関係について明確な結論を出すことができなかった。

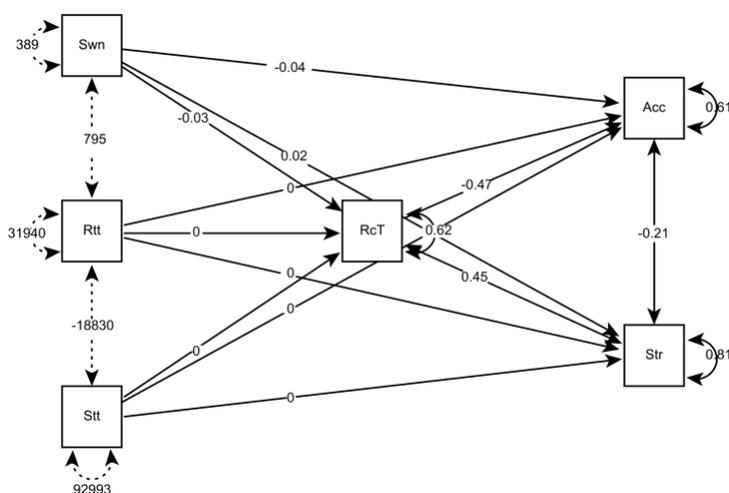


図2 身体動作、反応時間、正答率、正確さの媒介分析

Note : Swn が身体動作の横揺れであり、反応時間を媒介して正解率を高めるパスが有意であった。

② 第2実験 (予備実験結果のみ出版済み) VR ゴーグルセンサーを用いた対人相互作用分類と共有認知パフォーマンス

本研究では、メタバースソフトウェアを用いたコラボレーションチームのための分析ツールを開発するために、VR 環境における Simon の共同タスク中の活動を調査した。このパイロット研究では、タスク中の競争と協力を区別し、分類モデルとジョイントサイモンタスクのパフォーマンスとの関係を探った。本研究は、身体運動分類モデルの作成と、Simon のジョイントタスクへの適応の2つのフェーズで構成されている。フェーズ1では、6人の参加者(3組)のデータを用いて、機械学習による分類モデルを構築した。他の2名の参加者は、モデルのテストデータを提供した。ランダムフォレストモデルを用いて、ペアの動きを協調(同期)と競争の2つに分類した。このモデルは、テストデータの分類において、88.8%の精度を得ることができた。フェーズ2では、ケーススタディとして、このモデルを Simon のジョイントタスクに適用した。その結果、競争は協力よりも優れたパフォーマンスを引き出すことが示唆された。結論として、分類モデルは VR 環境における微妙な動きを識別することに成功した。このモデルは、協調タスク中のペアの状態を分析するために使用することができる。

【引用文献】

Ben-Zeev, D., Scherer, E. A., Wang, R., Xie, H., & Campbell, A. T. (2015). Next-generation psychiatric assessment: Using smartphone sensors to monitor behavior and mental health. *Psychiatric Rehabilitation Journal*, 38(3), 218-226. <https://doi.org/10.1037/prj0000130>

Golan, S. Baron-Cohen, J.J. Hill and Y. Golan, (2006) The 'Reading the Mind in Films' Task: complex emotion recognition in adults with and without autism spectrum conditions *Social Neuroscience*, 1 (2), 111-123.

Kakimoto, T. (2012). A sense of field reality that makes a group situation real. *Japanese Journal of Applied Psychology*, 38, 45-51.

Politowicz, M. S., Sato, T., Chancey, E. T., & Yamani, Y. (2022). Pathfinder Networks for Measuring Operator Mental Model Structure with a Simple Autopilot System. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 66(1), 883-887. <https://doi.org/10.1177/1071181322661510>

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Yoshiko ARIMA	4. 巻 2
2. 論文標題 Effects of chest movements while sitting on Navon task performance and stress levels. BMC Digital Health	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 BMC Digital Health	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1186/s44247-023-00011-6	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 小野寺 孝義	4. 巻 2
2. 論文標題 jamoviモジュールの作成方法 - Moses検定を例として -	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 HIU健康科学ジャーナル	6. 最初と最後の頁 87-96
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 Arima Yoshiko	4. 巻 11
2. 論文標題 Learning Collective Intelligence Through Repeated Trials Without Feedback	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of the 13th International Multi-Conference on Complexity, Informatics and Cybernetics (IMCIC 2022)	6. 最初と最後の頁 80-85
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.54808/IMCIC2022.02.80	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 小野寺 孝義	4. 巻 1
2. 論文標題 jamoviを用いた共分散構造分析(SEM)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 HIU健康科学ジャーナル	6. 最初と最後の頁 81-88
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 Arima Yoshiko	4. 巻 December
2. 論文標題 Applying Text Analysis to Evaluate the Common Knowledge Effect on Discussion Processes	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Research Square	6. 最初と最後の頁 1
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.21203/rs.3.rs-3656463/v1	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 Arima Yoshiko, Harada Yuki	4. 巻 14199
2. 論文標題 Competition or Cooperation: Classification in a VR Environment Based on Sensor Data	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 144 ~ 151
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-031-42141-9_10	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 細野 文雄、柿本 敏克、安藤 香織	4. 巻 33
2. 論文標題 仮想世界ゲーム電子版の「完全リモート化」について	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 シミュレーション&ゲーミング	6. 最初と最後の頁 43 ~ 55
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.32165/jasag.33.2_43	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 小野寺 孝義	4. 巻 3
2. 論文標題 学生満足度に関する調査研究	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 HIU健康科学ジャーナル	6. 最初と最後の頁 15,24
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 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 1件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 有馬淑子・柿本敏克・細野文雄
2. 発表標題 仮想世界ゲームにおけるネットワーク形成と知識共有過程
3. 学会等名 日本グループダイナミクス学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 有馬淑子
2. 発表標題 Hidden Profile型討議実験へのテキスト分析の応用
3. 学会等名 2023年度人工知能学会全国大会（第37回）（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 柿本 敏克・細野 文雄
2. 発表標題 理想について考えること、義務について考えることが環境配慮行動に与える影響
3. 学会等名 日本グループ・ダイナミクス学会第69回大会発表論文集
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Y.Arima & Y.Harada
2. 発表標題 Competition or Cooperation: Classification in a VR Environment Based on Sensor Data
3. 学会等名 The 29th International Conference on Collaboration Technologies and Social Computing (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 柿本 敏克・細野 文雄・有馬淑子・小野寺孝義
2. 発表標題 理想思考と義務思考が環境配慮行動に与える影響 個人単位の無作為割り当てを用いた検討
3. 学会等名 日本シミュレーション&ゲーミング学会2023 年度秋期全国大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 柿本 敏克・細野 文雄
2. 発表標題 仮想世界ゲーム電子版を用いた研究展開 - 制御焦点が経済活動の活発さに及ぼす効果の検討
3. 学会等名 日本心理学会第87回大会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 柿本敏克（編者：藤田主一）	4. 発行年 2022年
2. 出版社 福村出版	5. 総ページ数 -
3. 書名 『応用心理学ハンドブック』持続可能な開発と教育	

1. 著者名 Yoshiko Arima	4. 発行年 2021年
2. 出版社 Springer Nature	5. 総ページ数 219
3. 書名 Psychology of Group and Collective Intelligence	

〔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	柿本 敏克 (Kakimoto Toshikatsu) (70269257)	群馬大学・情報学部・教授 (12301)	
研究分担者	細野 文雄 (Hosono Fumio) (10261827)	群馬大学・情報学部・助手 (12301)	
研究分担者	小野寺 孝義 (Onodera Takayoshi) (40204268)	広島国際大学・健康科学部・教授 (35413)	
研究分担者	神原 歩 (Kanbara Ayumi) (30726104)	京都先端科学大学・人文学部・准教授 (34303)	2022年度に本人都合により削除

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