

令和 5 年 6 月 12 日現在

機関番号：34504

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20H04096

研究課題名(和文) 身体動作 感情ビッグデータに基づく「身体動作表情」の解明と機械学習への展開

研究課題名(英文) A Study on Embodied Expression based on Body Movement - Emotion Bigdata and Its Application for Machine Learning

研究代表者

山本 倫也 (Yamamoto, Michiya)

関西学院大学・工学部・教授

研究者番号：60347606

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)：人の動作をセンシングし、理解する技術の開発が進んでいる。これまで、身体表現理論であるラバン行動分析の普遍性に着目し、身体動作ビッグデータの構築、独自の特徴量の定義、感情などの内的状態の推定の研究を進めてきた。本研究では、これらを網羅的に理解する「身体動作表情」の解明と、その機械学習への展開を行った。具体的には、動作の少ない動画視聴タスク、様々な動作が生起するビスポークタスクを設定してビッグデータを構築し、特徴量の解明と機械学習による評価を行った。この結果、内的状態が表出されやすい身体動作の方向など、身体動作表情の特徴を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

身体表現理論を起点とする本研究は、普遍性の高さ、実証研究との近さという点で、他の感情認識研究と一線を画する。精緻な身体動作 感情ビッグデータを活用して、身体を介した感情表出における性質「身体動作表情」が明らかにされた例はなく、この知見を機械学習に応用し、その活用基盤を構築することは、将来の、人と情報環境のかかわりの在り方を大きく変容させるものである。

研究成果の概要(英文)：Technologies for sensing and understanding human body movements has been developed. By focusing on the generality of Laban Movement Analysis, we constructed a embodied movement bigdata, developed original feature values, and estimation of internal states such as emotions. In this study, we performed a study on embodied expression for comprehensive understanding of them and its application for machine learning. In detail, we constructed big data of a video watching task with small body and a vispoke task with various movements, developed new feature values and their evaluation using machine learning. We thus clarified what is embodied expressions, such as the direction of body movement which express more about internal state.

研究分野：ヒューマンインタフェース

キーワード：身体動作表情 ラバン行動分析

1. 研究開始当初の背景

身体動作と感情の関連を示す研究はダーウィンに端を発し、以降、文化人類学や心理学などの分野で取り扱われてきた。そして、ラバンは人の動作が **Space - Weight - Time - Flow** という4つのラバン特徴量の組み合わせで成立するという身体表現の理論を確立し、これに基づく動作解析の枠組み **Laban Movement Analysis (LMA)** も考案された。ラバン理論は本来、ダンス創作のために提唱されたが、その合理性と汎用性の高さ、また実証研究との近さから、舞踊学にとどまらず、ロボットの動作生成など工学系分野にまで今なお応用されているが、LMAは、普遍性の高さが期待される一方で、その理論の自由度の高さ故に、活用が進んでいない。

研究代表者らは、2016年から基盤研究(B)「場の状況推定を可能にする身体動作ビッグデータの文理融合型研究」(研究分野:身体教育学)で、内発的に様々な感情が生起される場の生成と、モーションキャプチャによる欠損のない精緻な身体動作計測、構造化インタビューに基づく厳密な感情マップにより、高品質な身体動作-感情ビッグデータの収集・保存を行った。またLMAに基づき独自にラバン特徴量を定義して感情推定を行った結果、精度は約85%となり、言葉や顔表情よりむしろ身体動作を介して、内面状態が表出されることを明らかにした。しかし、幅広い応用の前提となるような、一般性のある知見が得られているわけではなかった。

2. 研究の目的

本研究は、身体動作-感情ビッグデータに基づき「身体動作表情」がいかなる性質をもつ内的状態の表出であるかを解明するとともに、機械学習への応用基盤を確立することを目的とする。そのために、以下の3項目の研究を実施する。

- (1): 「身体動作表情」を解明するためのデータ分析手法の確立
- (2): 複数タスクでの実証環境ビッグデータの構築と「身体動作表情」表出特徴の理解
- (3): 機械学習の適用と解釈性の付与による「身体動作表情」活用基盤の確立

3. 研究の方法

- (1) 「身体動作表情」を解明するためのデータ分析手法の確立

先行研究では、LMAに基づき独自にラバン特徴量を定義したが、これを多様な身体動作に対応可能にするために、どのようにラバン特徴量を定めることで、表出された内的状態が反映されやすくなるかを明らかにする。

- (2) 複数タスクでの実証環境ビッグデータの構築と「身体動作表情」表出特徴の理解
- 様々な動作が生起するとして、現実的な感情などの内的状態が喚起されつつ、動作の少ないタスクと、大きく多様な動作が生起するタスクを設定して、ビッグデータを構築する。

- (3) 機械学習の適用と解釈性の付与による「身体動作表情」活用基盤の確立
- 構築したビッグデータを利用し、様々な機械学習の手法を導入して感情推定を行う。推定率が高くなるということは、よりその特徴を抽出できていると解釈することで、機械学習の応用基盤を確立する。

4. 研究成果

- (1) 「身体動作表情」を解明するためのデータ分析手法の確立

先行研究において利用してきた **Space**、**Weight**、**Time** の特徴量に対して、それぞれ下記のように検討を進めた。

Space について、動作が小さい場合には、手の位置や顔の向き・位置があまり変わらないことから左右方向の体の偏りよりも、姿勢変化が起こりうる前後方向の体の偏りについて捉える必要があると仮定した。また計測環境による手の座標取得の精度を考慮し、先行研究の両手と頭部の面積でなく(図1左)、頭部と首、腰の三点の座標から求められる三角形の面積とした(図1右)。

Weight について、先行研究で用いられた頭部の上下の位置(図2左)では、姿勢変化の影響が大きく受けてしまうことから、本研究では頭部と腰から成るベクトルと、そのベクトルの地面と垂直方向の成分を除いたベクトル(地面と水平)との角度を用いる(図2右)。また、これと比較するため、頭部と腰からなる角度は前後方向の力強さを捉えると仮定し、頭部と首と肩からなる角度が左右方向の力

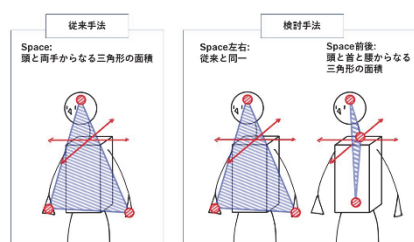


図1: Space の特徴量

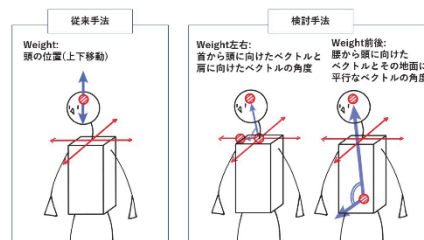


図2: Weight の特徴量

強さを捉える特徴量として定義した（図2中央）。

Time について、先行研究では両手と頭部の速さを求めていたが（図3左）、本研究では特に動画視聴タスクで手が机に隠れるという計測環境の関係上、計測精度が低いことを考慮し、頭部のみ速さを求める（図3右）。また、先行研究ではその速さの1分間の移動平均をTimeとしていたが、実験時間の短いタスクではデータ数が確保できないという課題点や、特徴的な動作の値が丸め込まれる可能性が考えられる。そのため、本研究ではタスクによって適切に変更を加えられるように、移動平均ではなく特定の時間の最大の速さをTimeとした。

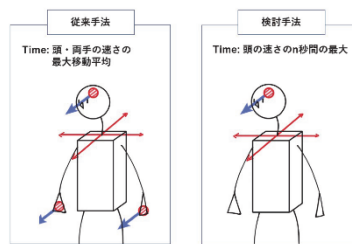


図3：Timeの特徴量

(2) 複数タスクでの実証環境ビッグデータの構築と「身体動作表情」表出特徴の理解

まず、身体動作の種類が少なく、動作の大きさも小さいと考えられる動画視聴時を対象とするタスクをデザインした。ここでは、Russellの円環モデルにおける各象限の感情、「楽しい（覚醒・快）」、「恐怖（覚醒・不快）」、「退屈（非覚醒・不快）」、「癒し（非覚醒・快）」の4種類の感情を対象に研究を進めた。まず予備実験で、各感情のうち狙った感情が喚起しやすい動画をアンケートで選定し、刺激動画として用いた（図4）。

次に、実験参加者に刺激動画を視聴させ、その際の身体動作計測実験を行った（図5）。また、各感情あたり4分間の刺激動画を見せたのち、実験時の様子を見せながら、どのような感情が喚起されたかを各動画で20箇所アンケートで回答させた。



図4：感情喚起のための動画



図5：動画視聴タスクの様子

次に、身体動作や感情の変化が大きいと考えられる、販売員とのコミュニケーションで商品を購入するビスポークを対象とするタスクをデザインした。ここでは、実験のスーツ購入の際のインタビューから抽出した感情を対象に研究を進めた。実験は、スーツビスポークを模して折り紙を用いるビスポークタスクをデザインした。具体的には、座位で製作物を選択し（製作物選択工程）、立位で素材の折り紙を選択し（折り紙選択工程）、座位でカタログからデザインを選びPCに入力する（デザイン選択工程）をデザインした（図6）。そして、その3つの作業工程で構成されるビスポークタスクを行わせ、その際の身体動作計測実験を行った。また、WOZ法で実験者が操作する販売員役のロボット（RoBoHoN：SHARP社、図7）を用い、すべての工程で実際のビスポーク場面のインタラクションを再現した。



図6：折り紙ビスポークのタスクデザイン



図7：ビスポークタスクの様子

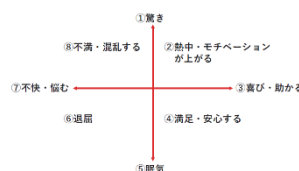


図8：ビスポークタスクの感情モデル

スーツのビスポーク時に喚起される感情の抽出を行い、作成したコアアフェクトモデル(図8)にある8感情の内、どの感情がどの程度の強度(5段階評価:「1:全くそう思わない」～「5:非常にそう思う」)で喚起されたかをアンケートにより回答させた。

動画視聴タスクでは、関西学院大学に通う大学生・大学院生36人(男性18人、女性18人)に対して計測実験を行った。このうち17名の計測結果は、モーションキャプチャーソフトウェア(iPi Mocap Studio4)を使用した際に、従来手法で使用する手首のモーショントラッキングに失敗していたため、残る19人(男性6人、女性13人)の身体動作データを用いた。また、個人毎に(刺激映像)×(アンケート箇所)(=80)の感情データが得られた。

ビスポークタスクでは、関西学院大学に通う大学生・大学院生22人(男性11人、女性11人)に対して計測実験を行った。こちらはモーションキャプチャーカメラ(Vicon Bonita 10:株式会社クレセント)で計測しており、データ欠損は補完することができ、全員分用いた。また、個人毎のアンケート結果から平均28箇所の感情データが得られた。

(3) 機械学習の適用と解釈性の付与による「身体動作表情」活用基盤の確立

(2)の各タスクで計測し、計算した各特徴量のデータセットに対し、機械学習により感情推定を行い、その結果を比較して特徴量の分析を行った。感情推定については、学習モデルは教師あり学習であるSVM(Support Vector Machine)により構築し、Holdout法による検証を行った。

学習モデルにおいて、方向性に着目した特徴量の有効性を機械学習によって評価した。学習では目的変数をアンケートで回答させた感情のうち、自由回答の結果を除いた8クラス(7感情と中性)とし、説明変数を3つのラバン特徴量として感情推定を行った。このとき説明変数で用いる特徴量について、SpaceとWeightにおいて前後特徴量と左右特徴量の各組み合わせで推定を行い、結果の比較を行った。

各タスクの結果を表1に示す。ビスポークタスクで正解率が最も高かった組み合わせはSpace左右・Weight左右の場合で80.41%となり、最も低かった組み合わせはSpace前後・Weight前後の場合で62.86%となった。また、動画視聴タスクで正解率が最も高かった組み合わせはSpace左右・Weight左右の場合で78.52%となり、最も低かった組み合わせはSpace前後・Weight前後の場合で65.84%となった。また、各特徴量に着目して表1の正解率の平均を各タスクで取った結果、SpaceはSpace左右の方が推定精度が高く、WeightではWeight左右の方が推定精度が向上するという傾向が、双方のタスクで見られた。したがって、本研究の身体動作の方向に着目したラバン特徴量では、SpaceとWeightの双方とも前後方向よりも左右方向を捉えた特徴量の方が、精度向上に寄与することが示された。

表1: 推定結果の比較

タスク	Space	Weight	正解率 [%]	F 値 [%]
ビスポーク	前後	前後	62.86 (.09)	47.73 (.09)
	前後	左右	63.56 (.12)	51.09 (.08)
	左右	前後	78.52 (.07)	71.66 (.10)
	左右	左右	80.41 (.06)	74.70 (.09)
動画視聴	前後	前後	65.84 (.10)	52.87 (.10)
	前後	左右	75.44 (.09)	64.28 (.09)
	左右	前後	71.27 (.10)	59.33 (.13)
	左右	左右	78.98 (.09)	69.25 (.12)

平均(標準偏差)

これにより、動画視聴時のような人の身体動作が少ない場合や、ビスポークのようなインタラクションがあり動作の種類が多い場合においても、空間的広がり表現するSpaceでは前後方向を捉えるよりも左右方向の広がり捉える特徴量が適していると考えられる。同様に、動きの力強さを表すWeightでは前後の姿勢変化よりも首を傾げるといった横方向の姿勢変化を捉える方が適していると考えられる。また、動画視聴のような動きの少ないタスクに着目したとき、個人毎の正解率と個人毎の提案した特徴量の標準偏差との相関を調べたところ、Timeに相関は見られなかったが(相関係数:0.10)、Spaceに正の相関(相関係数:0.50)、Weightに正の相関(相関係数:0.43)が示された。つまり、身体動作における広がりや力強さに変動が少ない実験協力者であるほど、感情推定の精度が下がることが示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 小林 史弥、杉本 匡史、青柳 西蔵、山本 倫也、長田 典子	4. 巻 24
2. 論文標題 ビスポーク場面における販売員の発話内容のモデル化とコミュニケーションロボットを用いた実験による評価	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ヒューマンインタフェース学会論文誌	6. 最初と最後の頁 263 ~ 272
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11184/his.24.4_263	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 藤井 亮哉、広瀬 隼人、青柳 西蔵、山本 倫也	4. 巻 23
2. 論文標題 うなずく学生キャラクターがかかわりを実感させるオンデマンド授業の配信	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ヒューマンインタフェース学会論文誌	6. 最初と最後の頁 315 ~ 328
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11184/his.23.3_315	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 友己、青柳 西蔵、杉本 匡史、山本 倫也、長田 典子	4. 巻 23
2. 論文標題 ラバン特徴量の表出タイプ分類に基づく感情推定手法のデザイン制作への適用	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ヒューマンインタフェース学会論文誌	6. 最初と最後の頁 359 ~ 372
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11184/his.23.3_359	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 南出 健、青柳 西蔵、福森 聡、山本 倫也	4. 巻 61
2. 論文標題 集団コミュニケーションにおける拳手の印象への手の高さと人数の影響：スクリーンとVRヘッドセットの各提示環境において	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌	6. 最初と最後の頁 1216 ~ 1225
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20729/00204784	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 張 帆、杉本 匡史、山崎 陽一、宮井 彩希、小幡 浩大、山本 倫也、長田 典子	4. 巻 47
2. 論文標題 皮膚電気活動を用いたビスポークサービス時の顧客の心理活動計測	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 バイオフィードバック研究	6. 最初と最後の頁 33～42
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20595/jjbf.47.2_33	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 青柳 西蔵、福森 聡、山本 倫也	4. 巻 23
2. 論文標題 長期評価を通じたパートナーロボットの印象変化	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ヒューマンインタフェース学会論文誌	6. 最初と最後の頁 109～120
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11184/his.23.1_109	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 -

〔学会発表〕 計21件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 Hong Zhang, Haruka Shoda, Saizo Aoyagi and Michiya Yamamoto
2. 発表標題 A Study on the Back and Forth Manzai of Milkboy by Focusing on Embodied Motions and Actions for Liven-up
3. 学会等名 Proceedings of the 24th International Conference on Human-Computer Interaction (HCI 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山田 颯, 小林 史弥, 藤原 蒼太, 青柳 西蔵, 山本 倫也
2. 発表標題 動画視聴時の感情表出における身体動作・目元情報・生理指標の関係性の分析
3. 学会等名 電子情報通信学会HCS研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤井 亮哉, 原 成史朗, 青柳 西蔵, 山本 倫也
2. 発表標題 対面授業とそのオンデマンド配信に基づくうなずく学生キャラクタの導入効果の分析
3. 学会等名 情報処理学会HCI研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小林 史弥, 山田 颯, 藤原 蒼太, 青柳 西蔵, 山本 倫也
2. 発表標題 通級指導教室の児童に向けた眼球運動トレーニングシステムの開発
3. 学会等名 情報処理学会HCI研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 岡崎 亮満, 青柳 西蔵, 山本 倫也
2. 発表標題 仮想の手と地図を介して広範囲の地形を知覚できるVRシステムの開発
3. 学会等名 情報処理学会第85回全国大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 藤原 蒼太, 小林 史弥, 青柳 西蔵, 山本 倫也
2. 発表標題 ラバン行動分析に基づく感情推定における身体動作の方向に着目した特徴量の検討
3. 学会等名 HAIシンポジウム2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Saizo Aoyagi, Yoshihiro Sejima, Michiya Yamamoto
2. 発表標題 A robot that tells you it is watching you with its eyes
3. 学会等名 Proceedings of the 23rd International Conference on Human-Computer Interaction (HCII 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ryoya Fujii, Hayato Hirose, Saizo Aoyagi, Michiya Yamamoto
2. 発表標題 On-demand Lectures that Enable Students to Feel the Sense of a Classroom with Students who Learn Together
3. 学会等名 Proceedings of the 23rd International Conference on Human-Computer Interaction (HCII 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Fumiya Kobayashi, Masashi Sugimoto, Saizo Aoyagi, Michiya Yamamoto, Noriko Nagata
2. 発表標題 Modeling salesclerks' utterances in bespoke scenes and evaluating them using a communication robot
3. 学会等名 Proceedings of the 23rd International Conference on Human-Computer Interaction (HCII 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小林 史弥, 杉本 匡史, 青柳 西藏, 山本 倫也, 長田 典子
2. 発表標題 ビスポーク場面における販売員の発話内容のモデル化とロボットによるコミュニケーション効果
3. 学会等名 ヒューマンインタフェース学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤原 蒼太, 小林 史弥, 青柳 西蔵, 杉本 匡史, 山本 倫也, 長田 典子
2. 発表標題 ラバン特徴量に基づく感情推定手法のビスポーク場面への適用に関する検討
3. 学会等名 ヒューマンインタフェースシンポジウム2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山本 倫也
2. 発表標題 かわかりが実感できるオンラインコミュニケーションをめざして
3. 学会等名 令和3年電気関係学会関西連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大場 雅博, 青柳 西蔵, 山本 倫也
2. 発表標題 タブレットベースロボットにおける温かみのある目の表現手法に関する検討
3. 学会等名 第22回計測自動制御学会システムインテグレーション部門
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大場 雅博, 山本 倫也, 青柳 西蔵
2. 発表標題 タブレットベースロボットの目の表現における光のモチーフの導入効果
3. 学会等名 HAIシンポジウム2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 張 弘, 山本 倫也
2. 発表標題 身体動作による盛り上げに着目したミルクボーイの行ったり来たり漫才の分析
3. 学会等名 HAIシンポジウム2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 原 成史朗, 藤井 亮哉, 青柳 西蔵, 山本 倫也
2. 発表標題 講義動画への学生キャラクタのうなずき, だらけ動作の導入効果と対面授業との比較
3. 学会等名 ヒューマンインタフェース学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小林 史弥, 荻 光輝, 山田 颯, 青柳 西蔵, 山本 倫也
2. 発表標題 感情喚起の個人差に着目した目元-感情データセットの構築と機械学習による評価
3. 学会等名 ヒューマンインタフェース学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤原 蒼太, 小林 史弥, 青柳 西蔵, 杉本 匡史, 山本 倫也, 長田 典子
2. 発表標題 ラバン行動分析に基づく動画視聴時における感情推定のための特徴量についての検討
3. 学会等名 ヒューマンインタフェース学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 広瀬 隼人, 青柳 西蔵, 山本 倫也
2. 発表標題 オンライン授業における教室の360度動画配信の試み
3. 学会等名 ヒューマンインタフェースサイバーコロキウム(HIC2 2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤井 亮哉, 広瀬 隼人, 青柳 西蔵, 山本 倫也
2. 発表標題 CG教室になぞく学生キャラクタを導入したオンデマンド授業の配信に関する研究
3. 学会等名 HAIシンポジウム2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 張 弘, 山本 倫也
2. 発表標題 ミルクボーイはどのようにウケているのか～基本ユニットの抽出とその変化の分析から～
3. 学会等名 HAIシンポジウム2021
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

山本倫也教授教員紹介 https://cs.kwansei.ac.jp/teacher/yamamoto/ 山本倫也研究室ホームページ https://cs.kwansei.ac.jp/~yamamoto/

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	青柳 西蔵 (Aoyagi Saizo) (20646228)	駒澤大学・グローバル・メディア・スタディーズ学部・講師 (32617)	
研究分担者	長松 隆 (Nagamatsu Takashi) (80314251)	神戸大学・海事科学研究科・教授 (14501)	
研究分担者	阪田 真己子 (Sakata Mamiko) (10352551)	同志社大学・文化情報学部・教授 (34310)	
研究分担者	廣江 葵 (Hiroe Mamoru) (40963228)	大阪成蹊大学・データサイエンス学部・助教 (34437)	

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