

令和 4 年 6 月 13 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2021

課題番号：20K19840

研究課題名（和文）音声式適時ESMを用いた運動学習促進のための内在運動情報検知・還元基盤

研究課題名（英文）A Kinesthesia Detection and Feedback Platform for Motor Learning Using Voice-based ESM

研究代表者

西山 勇毅（Nishiyama, Yuuki）

東京大学・生産技術研究所・助教

研究者番号：80816687

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：大学の野球部員（116名）に実施したアンケート調査より、94.81%が過去に運動感覚の記録経験があり、その内68%が運動感覚や運動計画といった内在運動情報を記録していること、55.28%が限りなく記録負荷が低い場合、より高い頻度での内在運動情報の記録を希望していることを明らかにした。内在運動情報を低負荷に収集するために、音声認識とコンテキスト認識技術を応用し、反復練習中にハンズフリーで内在運動情報の記録を支援する基盤（MiQ）を設計・実装した。大学の野球部員（8名）に実施した評価実験より、本基盤を利用することで、内観運動情報の記録回数と量が増加し、入力負荷が低減することを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

運動学習の質の向上は、スポーツを筆頭にリハビリテーションや伝統技術の継承など身体動作を伴う様々な活動において長年研究されてきた。これまでの情報技術を用いた運動学習支援システムでは、ビデオやモーションセンサ、生体データの値などの外観運動情報を用いてきたが、運動学習の質の向上には、内在運動情報も重要なデータである。これまで記録できなかった内在運動情報を蓄積し利用可能にすることで、内在運動情報を用いた新たな研究や運動学習支援システムの開発が進み、運動学習の分析・支援研究分野に波及効果をもたらすことが期待される。

研究成果の概要（英文）：Our survey with baseball players (N=116) in a university shows that 94.81% of them had recorded motor sense, 68% of them had recorded kinesthesia such as motor sense and motor planning, and 55.28% of them prefer to record kinesthesia more frequency if the recording load is low. For recording kinesthesia with minimum few steps, we designed and implemented a platform, called MiQ, for detecting and feedback on both subjective and objective motion information in a hands-free manner during repetitive practice by applying speech and context recognition technology. Our evaluation with university baseball players (N=8) indicated that the number and amount of recording of kinesthesia increased and input load was reduced by using our platform.

研究分野：ユビキタスコンピューティング

キーワード：音声式適時ESM 内在運動情報 運動学習促進 コンテキスト認識 音声入力

1. 研究開始当初の背景

スポーツ選手の過度な練習による障害は大きな社会問題となっている。例えば日本整形外科学会が少年野球チームの選手 10,228 人を対象に実施した調査によると、投手の 49.3% が肩または肘に痛みを持った経験があると回答している。それらの障害予防の為に、運動制限のような運動量への対策が行われている。アメリカ野球協会が推奨するガイドライン¹⁾では、年齢ごとに 1 日の投球数の目安が示されている。一方、運動スキルの向上、つまり運動の熟達化には、反復練習が必要不可欠である。そのため、単純な「量」を制限するだけでなく、一回の試技あたりの「質」を向上させることも重要である。反復練習では、ただ試技を繰り返すだけでなく、試技直後に得られる運動情報をもとに試技を分析し、運動計画を行った上で、試技を繰り返すことで、熟達化が効果的に促進できる [奥川 2016, 諏訪 2012]。運動情報には、ビデオカメラやモーションセンサ、コーチの意見など外観運動情報と、主観的な「私はこのように動いている」と言った身体感覚や「次はこのように動く」と言った運動計画などの、内観運動情報が含まれる。それらを検知・還元することで、熟達化を促す研究が近年盛んに行われている [奥川 2016]。しかし、図 1 に示すように、一般的に実施されているノートへの記録といった主観的な運動情報の収集手法はユーザへの負担が大きく、試技毎のような短い間隔での記録は困難であり、内在運動情報の多くは記録・還元されずに失われている。失われていた内在運動情報を収集可能にする事で、新たな運動学習支援システムやサービスの創出が可能になると考えられる。

人の主観的な情報を収集する手法の一つとして、Experience Sampling Method (ESM) は、様々な研究で利用されている [Larson, R1983]。ESM を利用することで、実験実施者は任意のタイミングで被験者に質問を送信またはリマインドし、被験者はその質問に対して、一定時間内に回答する。被験者は一定時間内に、質問に回答する必要があるため、時間経過によるバイアスを最小限に主観情報を収集できる。近年では、ESM はスマートフォンなどの市販の携帯端末上で実施することができ、日常生活中における主観情報の収集ツールとして幅広く利用されている [N. Berkel 2019]。これらのスマートフォンを用いた ESM では、ロック解除時や Wi-Fi 接続時、行動パターンが変化した時など、ユーザの状況に応じて適切なタイミングで質問を配信することで、質問への回答率が向上することが知られている。しかし、運動学習中などスマートフォンが操作できない環境やタイミングでは、主観情報の記録を行うことができない。また、音声入力を用いることでハンズフリーに行動のラベリングを行えるツール [T. Mairittha 2019] も開発されている。しかし、利用者が能動的に操作を開始する必要があるため、記録忘れや自己内省のプロセスを妨げる可能性がある。

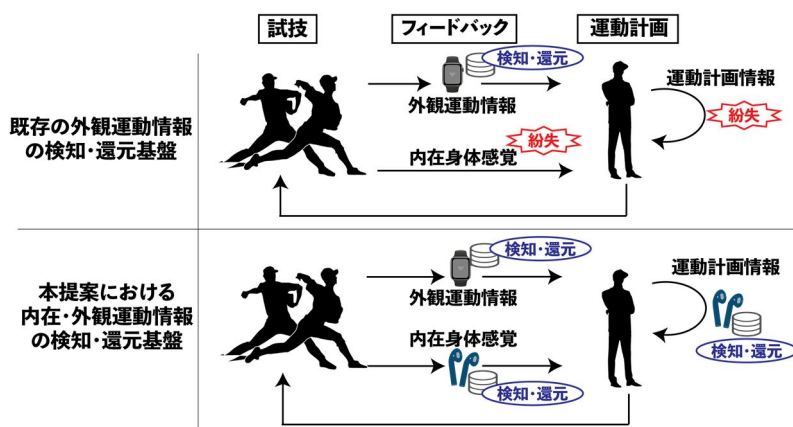


図 1 研究概要

2. 研究の目的

本研究では、運動学習における自己内省と、内在運動情報の言語化による熟達化促進の可能性に着目し、「低負荷な内在運動情報の記録と還元は運動学習にどのような影響を与えるか？」について問う。その上で、本研究では(目的1)低負荷な内在運動情報の記録の実現のために、自己内省における適切な言語化手法・割り込みタイミング・起動手法の解明と、(目的2)情報技術を用いた内在運動情報の言語化支援が自己内省促進に与える影響の解明を目的とする。

計測機器の小型化やスマートフォンの普及により、外観運動情報を用いた運動学習支援システムが数多く提案されている。しかしそれらの研究は、外観運動情報の計測と、それらのフィードバックを用いた学習支援が主眼であり、内在運動情報は注目されていない。また、音声認識を用いたラベリングシステムも提案されているが、ユーザへの負担が大きく、自己内省の妨げになる可能性がある。本研究では、既存手法の問題を解決するために、ウェアラブルデバイスを用いて「自己内省における最適な割り込みタイミングと起動手法を発見」し「音声式適時 ESM を用い

て内在運動情報をリアルタイムに検知・還元可能にする」点が、本研究の独自性である。運動学習は、スポーツだけでなくリハビリテーションや伝統技術の継承、コーチングなど様々な分野で必要である。これまで日常的に記録できなかった内在運動情報を蓄積し利用可能にすることで、内在運動情報を用いた新たな研究や運動学習支援システムの開発が進み、運動学習の分析・支援研究分野に波及効果をもたらすことが期待される。

3. 研究の方法

本研究では、内在・外観運動情報の検知・還元を音声認識技術とウェアラブルデバイスを用いてハンズフリーで行うことで、運動学習時の内省を促す基盤を実現する。実装基盤を用いた実証実験を実施し、基盤の利用がユーザに与える影響を調査する。

本基盤の実現に向けて、まず予備調査として、運動学習時の外観・内在運動情報の利用状況についてアンケート調査を実施し、解答内容を踏まえて機能要件を整理する。次に、割り込みタイミングを識別するためのコンテキスト認識・蓄積機構を設計・実装する。さらに、耳に装着するウェアラブルデバイスであるイヤラブルデバイスを用いたハンズフリーでの継続的な音声入力機構を設計・実装する。最後に、各機構を統合することで、内在・外観運動情報の検知・還元基盤を実装し、ユーザ実験を用いてその基盤を評価する。

4. 研究成果

予備調査として、大学運動部の現役選手（116名）を対象にアンケート調査を実施した。その結果、94.81%が過去に運動感覚の記録経験があることが明らかになった。さらに記録内容としては、68%が「主観的な運動感覚（コツなど）」を記録しており、これは「練習内容（75%）」に次いで多い。また、記録頻度は、「1日1回」が最も多く52%となったが、記録時の負荷が低い場合は、より短い頻度での記録（動作やセット、練習メニューごと）が最も高くなった（55.28%）。これらは、主観的な感覚記録の記録負荷が高いため、記録が行えていないことを示唆している。

スマートフォン・ウェアラブルデバイスからなセンサデータを収集し、収集データからコンテキスト認識ができる機構を実装した。最新のスマートフォン・ウェアラブルデバイスには、人間や環境の状況を認識するための高度なセンサが搭載されている。これまでに開発してきた AWARE フレームワーク² をベースに開発を行い、任意のセンサデータを継続的に収集・蓄積ができる。特に図2に示す AWARE Framework の iOS 版を開発・評価し、オープンソースとして公開した。また、16種類の計測条件で、データの収集率を比較（図3）し、iOSの低電力モードや電力消費の激しいアプリケーションを継続的に利用しない場合は、想定するデータ量のほぼ100%を収集できることを明らかにした。逆に低電力モードを利用する場合は、位置情報のデータ収集率が50%程度に低下することが明らかになった。それらの条件下においても、サイレントプッシュ通知や定期的なアプリ起動を行うことで、データ収集率が80%前後まで向上することを示した。これらの結果に基づいて、iOSにおける持続可能なデータ収集のためのガイドラインを作成した。本機構の一部は、コロナ禍における感染症予防行動の記録や運動量の分析にも活用され、コロナ禍の中における大学生の運動量が大幅に低下している可能性を明らかにした。コンテキスト認識機構では、自転車運転者の片手運転・不注意動作、歩行者の紫外線被曝状態、子育て行動、会話イベント、スポーツの反復練習動作を取得できる。

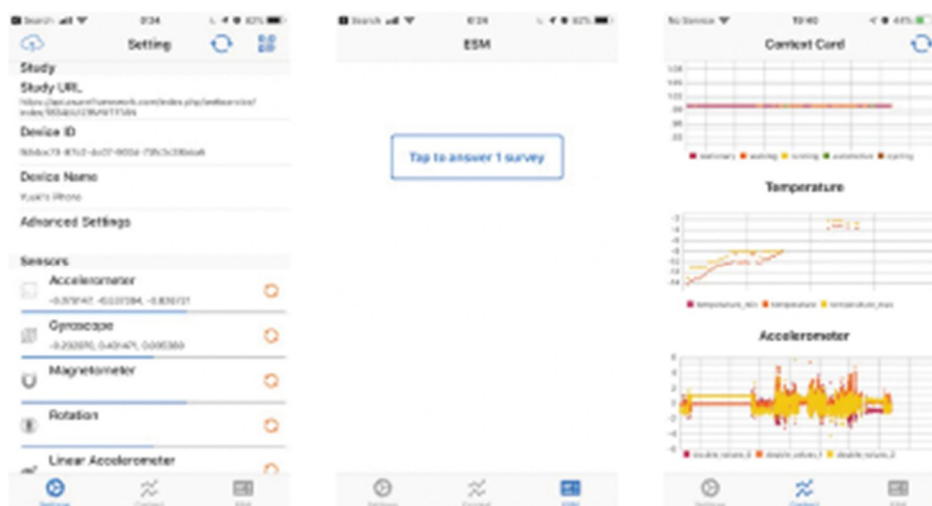


図2 iOS版 AWARE Frameworkのスクリーンショット

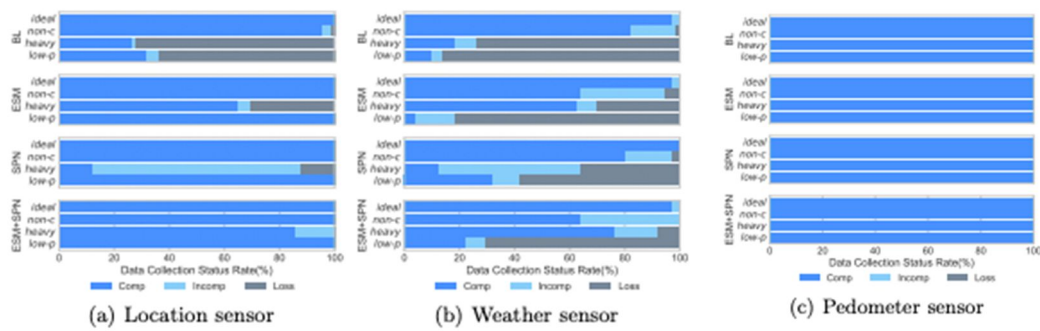


図 3 センシング条件とセンサ毎のデータ収集率の違い

音声認識を用いて内観運動情報をハンズフリーで収集する音声式適時 ESМ を設計・実装した。本機構は、スマートウォッチとスマートフォン、そしてイヤラブルデバイスから構成される。スマートウォッチのモーションセンサを用いてユーザの反復練習行動を検出し、試技終了毎に客観的な情報をイヤラブルデバイスのスピーカを用いてフィードバックする。ユーザは内在的な運動情報をイヤラブルデバイスのマイク経由で入力することで、自動的にテキストデータとしてスマートフォンアプリに保存される。システム構成を図 4 に示す。

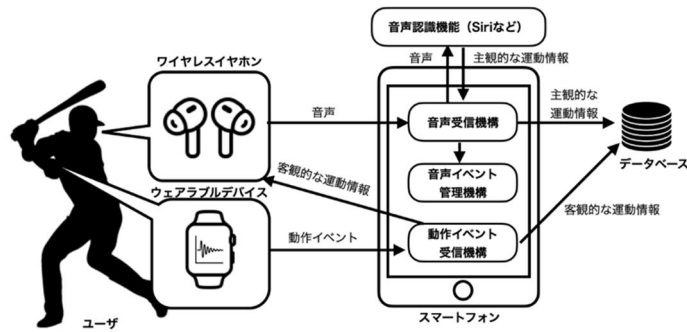


図 4 MiQのシステム構成図

評価実験用システムとして前述のコンテキスト認識・蓄積機構と音声式適時 ESМ 機構を統合したアプリケーション、MiQ を実装した。MiQ のスクリーンショットを図 5 に示す。MiQ の実証実験として、反復練習を対象に実験を行った。実証実験では、反復練習の具体例として野球のバットスイング練習を対象とした。現役の大学野球部員 8 名をリクルートし、MiQ 利用時と不使用時での内観運動情報の記録量と入力負荷を比較した。その結果、全ての実験参加者において内観運動情報の入力回数・量が増加し、入力負荷が低減することが明らかになった。

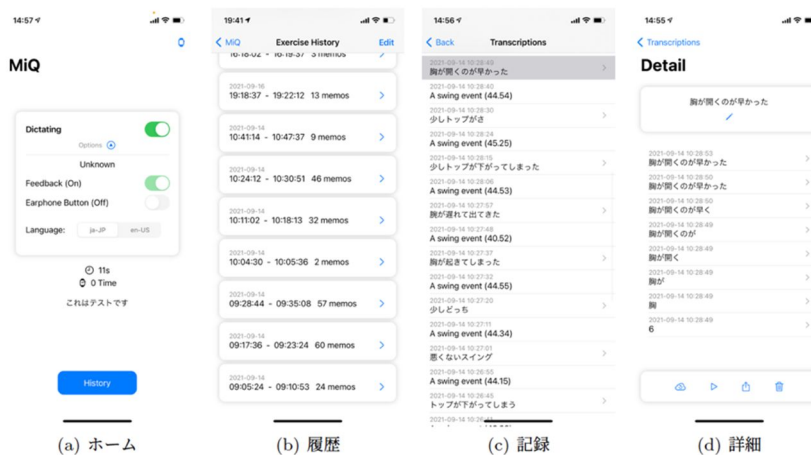


図 5 MiQのスクリーンショット

*1 <https://www.mlb.com/pitch-smart/pitching-guidelines>

*2 <http://www.awareframework.com/>

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Yuuki Nishiyama, Denzil Ferreira, Yusaku Eigen, Wataru Sasaki, Tadashi Okoshi, Jin Nakazawa, Anind K. Dey, Kaoru Sezaki	4. 巻 12203
2. 論文標題 iOS Crowd Sensing Won't Hurt a Bit!: AWARE Framework and Sustainable Study Guideline for iOS Platform	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Distributed, Ambient and Pervasive Interactions	6. 最初と最後の頁 223 ~ 243
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-50344-4_17	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 該当する

1. 著者名 西山 勇毅、森 将輝、水鳥 寿思、塩田 琴美、永野 智久、東海林 祐子、加藤 貴昭、柿野 優衣、中 縁嗣、野田 悠加、羽柴 彩月、山田 佑亮、佐々木 航、大越 匡、中澤 仁	4. 巻 62
2. 論文標題 感染症流行時におけるスマートフォンを用いた大学生の身体活動量分析	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌	6. 最初と最後の頁 1630 ~ 1643
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20729/00213189	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 -

〔学会発表〕 計17件（うち招待講演 0件/うち国際学会 8件）

1. 発表者名 日隈壮一郎、西山勇毅、瀬崎薫
2. 発表標題 GPS信号受信状態を用いた紫外線量推定手法の検討
3. 学会等名 情報処理学会 コピキタスコンピューティングシステム研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 牛島秀暢、西山勇毅、小野翔多、瀬崎薫
2. 発表標題 環境センサを用いたタクシー車室内における感染症リスク評価に関する一検討
3. 学会等名 情報処理学会 高度交通システムとスマートコミュニティ研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西山勇毅、瀬崎薫
2. 発表標題 イヤラブルデバイスを用いた身体感覚記録・利活用システムの構築に向けて
3. 学会等名 情報処理学会 コピキタスコンピューティングシステム研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 笠原有貴、西山勇毅、瀬崎薫
2. 発表標題 スマートウォッチを用いた子育て行動の推定に向けた一検討
3. 学会等名 計測自動制御学会 計測部門スマートセンシングシステム部会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 下奈和暉、西山勇毅、瀬崎薫
2. 発表標題 常時装着型イヤラブルデバイスにおける割り込み可能タイミングの検討
3. 学会等名 東京大学空間情報科学研究センター CSIS DAYS 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西山勇毅、瀬崎薫
2. 発表標題 スマートフォンを用いたベビーカーのコンテキスト検知に向けた一検討
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 笠原有貴、西山 勇毅、瀬崎 薫
2. 発表標題 ウェアラブルデバイスを用いた子育てコンテキストの検知に向けて
3. 学会等名 情報処理学会 ヒューマンコンピュータインタラクション研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小野翔多、西山勇毅、瀬崎薫
2. 発表標題 ウェアラブルデバイスのマイクを用いたマスク装着状態の検知に向けて
3. 学会等名 情報処理学会 コピキタスコンピューティングシステム研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小松勇輝、下条和暉、西山勇毅、瀬崎薫
2. 発表標題 腕時計型ウェアラブルデバイスを用いた会話時間計測手法の構築に向けて
3. 学会等名 情報処理学会 第84回全国大会（愛媛大学）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuuki Nishiyama, Denzil Ferreira, Wataru Sasaki, Tadashi Okoshi, Jin Nakazawa, Anind K. Dey, Kaoru Sezaki
2. 発表標題 Using iOS for Inconspicuous Data Collection: A Real-World Assessment
3. 学会等名 Adjunct Proceedings of the 2020 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2020 ACM International Symposium on Wearable Computers (国際学会)
4. 発表年 2020年

1 . 発表者名 Soichiro Higuma、Yuuki Nishiyama、Kaoru Sezaki
2 . 発表標題 Towards Estimating UV Light Intensity using GPS Signal Strength
3 . 学会等名 Adjunct Proceedings of the 2020 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2020 ACM International Symposium on Wearable Computers (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Yuuki Nishiyama、Takuro Yonezawa、Kaoru Sezaki
2 . 発表標題 SelfGuard: Semi-automated Activity Tracking for Enhancing Self-protection against the COVID-19 Pandemic
3 . 学会等名 Proceedings of the 18th Conference on Embedded Networked Sensor Systems (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Nishiyama Yuuki、Sezaki Kaoru
2 . 発表標題 Experience Sampling Tool for Repetitive Skills Training in Sports using Voice User Interface
3 . 学会等名 Adjunct Proceedings of the 2021 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2021 ACM International Symposium on Wearable Computers (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 Higuma Soichiro、Hatai Kosuke、Nishiyama Yuuki、Sezaki Kaoru
2 . 発表標題 Towards Estimating UV Exposure Using GPS Signal Strength from a Carrying Smartphone
3 . 学会等名 2021 IEEE International Conference on Smart Computing (SMARTCOMP) (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1. 発表者名 Dong Xuefu、Han Zengyi、Nishiyama Yuuki、Sezaki Kaoru
2. 発表標題 Detecting Single-Hand Riding with Integrated Accelerometer and Gyroscope of Smartphone
3. 学会等名 Adjunct Proceedings of the 2021 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2021 ACM International Symposium on Wearable Computers (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Han Zengyi、Dong Xuefu、Nishiyama Yuuki、Sezaki Kaoru
2. 発表標題 HeadSense: A Head Movement Detecting System for Micro-Mobility Riders
3. 学会等名 Adjunct Proceedings of the 2021 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2021 ACM International Symposium on Wearable Computers (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuki Komatsu、Kazuki Shimojo、Yuuki Nishiyama、Kaoru Sezaki
2. 発表標題 Toward Measuring Conversation Duration Using a Wristwatch-type Wearable Device
3. 学会等名 2022 IEEE International Conference on Smart Computing (SMARTCOMP) (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

SelfGuard : アプリケーションインストールサイト
<https://sites.google.com/g.ecc.u-tokyo.ac.jp/selfguard/>

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
--	---------------------------	-----------------------	----

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			
フィンランド	University of Oulu			
米国	University of Washington			