

令和 5 年 6 月 2 日現在

機関番号：13901

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2018～2022

課題番号：18K19812

研究課題名（和文）仮想点字ブロック・仮想壁の感触再現と動的配置を用いた視覚障害者歩行支援

研究課題名（英文）A navigation system for visibility impaired persons using touch feel reproduction and dynamic placement of virtual braille guidance block and wall

研究代表者

榎堀 優（Enokibori, Yu）

名古屋大学・情報学研究科・講師

研究者番号：60583309

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、視覚障害者が日常的に利用するモノや手順をメタファとして活用することで、習熟負荷が軽度である歩行誘導方法の実現を目的とした。具体的には、白杖の利用方法、および、歩行誘導ブロックの利用をメタファとした歩行誘導デバイス・手法の実現を試みた。結果として、白杖先端に刺激を加えて、壁や歩行誘導ブロックへの接触感触を再現する手法は、視覚障害者の歩行誘導方法としては不向きであることが分かった。一方で、足裏に凹凸刺激を提示し、歩行誘導ブロックをメタファとして歩行誘導する手法は、直感的な刺激の意味の理解のしやすさ、歩行誘導性能の両観点から有望であることが分かった。これにより、本研究は当初目標を達成した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、視覚障害者が日常的に利用するモノや手順をメタファとして活用することで、習熟負荷が軽度である歩行誘導方法を実現した。本研究で検討した中で、足裏に凹凸刺激を提示し、歩行誘導ブロックをメタファとして歩行誘導する手法は、直感的な刺激の意味の理解のしやすさ、歩行誘導性能の両観点から有望であった。これにより、視覚障害者の方向誘導方法の今後の方向性について、一つの指標を示した。

研究成果の概要（英文）：This study aimed to develop a walking guidance method with a light learning load by utilizing objects and procedures used by visually impaired people daily as metaphors. In order to establish that, we select the following two utilizing objects and procedures as the motifs: the use of a white cane and the use of walking guidance blocks. As a result, reproducing the feeling of contact with a wall or a walking guidance block by applying stimuli to the tip of a white cane was not so suitable as a walking guidance method for the visually impaired. On the other hand, presenting protuberance stimuli to the sole and guiding walking using a walking guidance block as a metaphor is suitable for both easily understanding the stimuli's meaning and walking guidance performance. With the above result, the goal of this study was achieved.

研究分野：ウェアラブル・ユビキタスコンピューティング

キーワード：視覚障害者支援 歩行誘導 歩行誘導ブロック 感触再現 白杖 白杖先端刺激 空気圧 ウェアラブル

1. 研究開始当初の背景

本研究の研究開始当初から研究終了現在まで、本研究の対象とする諸問題に大きな変化は、残念ながら発生していない。主たる問題は、視覚障害を有する人物の自力移動における各種障害のうち、公共的歩行誘導器具、具体的には歩行誘導ブロック(いわゆる点字ブロック)などの可用性問題である。

視覚障害を有する人物が補助を受けずに自力で歩行する際には、歩行誘導ブロックなどを頼りに移動している。しかし、歩行誘導ブロックは公共交通機関などのごく一部にしか存在せず、違法駐輪などで効果が阻害されていることも多い。また、広場や展示会場といった開けたスペースにおいては、歩行誘導ブロックが配置されていない等の問題もある。したがって、このような状況を解決するデバイスや手法の開発が望まれていた。

研究開始当初においても、視覚障害者の歩行誘導や支援に利用できる研究もなされていた。しかしながら、ベルトなどへの振動、音響指示など独特の操作/フィードバック方法を用いるものが主であり、その利用方法の習熟には時間を要する問題があった(例: 塚田浩二, 他, 2003, 小林真, 他, 2000)。

そこで本研究では、視覚障害者が日常的に利用するモノや手順をメタファとして活用することで、習熟負荷が軽度である歩行誘導方法の実現を目指した。

2. 研究の目的

前述の通り、本研究では、視覚障害者が日常的に利用するモノや手順をメタファとして活用することで、習熟負荷が軽度である歩行誘導方法の実現を目的とした。具体的には、白杖の利用方法、および、歩行誘導ブロックの利用をメタファとした歩行誘導デバイス・手法の実現である。

白杖の利用をメタファとした手法としては、白杖の先端に衝撃刺激や振動刺激を発生させ、仮想的に歩行誘導ブロックや通路壁があるように体感させること、並びに、その刺激によって既存の技能・知識・経験を応用可能な歩行誘導を実現することを目指した。

歩行誘導ブロックの利用をメタファとした手法としては、靴底に振動刺激や衝撃刺激、物理凹凸刺激などを発生させ、歩行誘導ブロックを踏むなどしつつ歩行している状態を再現して、既存の技能・知識・経験を応用可能な歩行誘導を実現することを目指した。

上記に合わせて、SLAM 等による周辺行動理解などを合わせて実装した。研究当初の構想案を図 1 に示す。

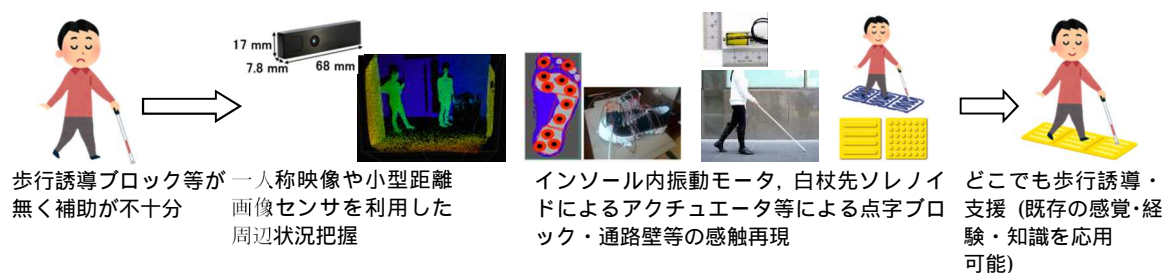


図 1: 研究当初の構想案

3. 研究の方法

本研究は、「研究の目的」でも述べたとおり、白杖利用をメタファとした手法と歩行誘導ブロックの足裏での利用をメタファとした手法の 2 つのアプローチから研究を進めた。また、各手法について、視覚障害者を対象とした歩行誘導実験を行い、その有効性を評価することを目標と定めた。以下、それぞれについて、詳しく述べる。

(1). 白杖利用をメタファとした手法

本手法では、白杖先端に衝撃刺激を提示することによって、仮想的に壁や歩行誘導ブロックへの接触感覚を再現し、歩行誘導することを目指した。研究最終段階の実装は図 2 に示すとおりである。白杖先端の石突きを 3D プリンタにより作成し、その中に吸着型ソレノイドを内蔵している。このソレノイドにより衝撃刺激を発生させ、物体への接触感覚を再現する。誘導には位置推定用カメラを用いた Visual SLAM による位置把握を用いた。実験時は補助的に、AR マーカーによる位置情報付与も用いた。最後に実施した対視覚障害者実験時の歩行路を図 3 に示す。このシステムの実現に向け、健常者による利用実験や各種誘導方法の取捨選択実験などを実施しているが、本報告では割愛する。

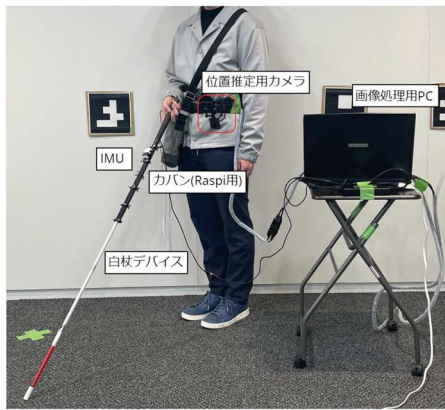


図 2: 白杖先端刺激による歩行誘導デバイス

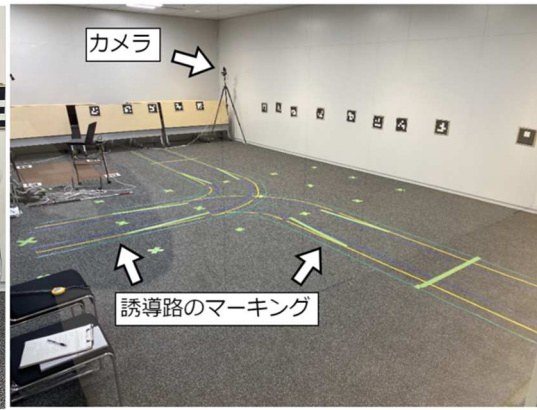


図 3: 対視覚障害者実験時の歩行路

(2). 歩行誘導ブロックの足裏での利用をメタファとした手法

本手法では、足裏に歩行誘導ブロック（いわゆる点字ブロック）の感触を再現し、どの場所にも仮想的に点字ブロックを配置可能として、歩行誘導することを目指した。研究最終段階の実装は図 4 に示すとおりである。本デバイスは空気圧によって、インソールに内蔵した凹凸刺激部を操作して、凹凸刺激を発生させる。凹凸刺激部は 3D プリンターによって作成し、内部にバルーンが挿入されている。インフレーターから発出された圧縮二酸化炭素により駆動する。図 5 は凹凸刺激の提示例である。横棒、縦棒、点群の 3 刺激を提示でき、その組み合わせによって、前進、左右回転、停止を指示する。

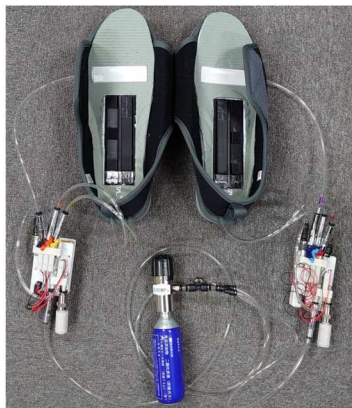


図 4: 足裏凹凸刺激デバイス



図 5: 凹凸刺激例（横棒、縦棒、点群）

研究開始当初は、図 1 に示したように、振動アクチュエータによるファントムセンセーションなどによる感触再現を目指した。これはデバイスの小型化などの面から有利であったためである。しかしながら、共同研究者である吉田や米澤の発表による報告にもあるとおり、明確な形状刺激を振動によって足裏に再現することは困難であることが判明した。これは、足裏の感覚が鈍感であることと共に、歩行時の体重移動による振動の減衰や変調などが影響したものと考えられる。時間差で振動を提示して認識可能なパターンを増やす、足裏では無く、足の甲に刺激を提示して判別性をよくするなどのアプローチも追求したものの、研究の当初目的である日常的に利用するモノや手順をメタファとして活用して習熟負荷が軽度である歩行誘導方法を実現するという方向性からは逸脱する方向であった。そこで、本研究では、前述の空気圧による足裏凹凸刺激デバイスにリソースを集中する方向となった。

(3). 視覚障害者を対象とした歩行誘導実験

最後に、上記 2 種類のデバイスについて、視覚障害者を対象として歩行誘導実験を行い、その有効性について検証した。本実験は神戸アイライト協会様のご協力の下で実施されました。ここに改めて感謝の意を表します。

参加者の詳細は図 6 に示すとおりである。評価対象となった被験者のうち、約 71% が 1 級、19% が 2 級の視覚障害を持つ。男女比は約 5:5 であり、年齢は 60.4 ± 9.9 歳とやや高齢であった。これは、加齢や病気によって視覚障害が発生する割合が多いために、協会に登録している視覚障害者の割合に偏りがあるためだと考えられる。

電子式歩行補助具の試用歴は 4 名のみでありとなった。ただし、これも被験者実験などにお

ける利用経験であり、日常的に利用している被験者は1名のみであった。なお、この1名も実験時に配布されたデバイスを利用しており、市販デバイスの利用者は居なかった。

4. 研究成果

前述の視覚障害者を対象とした歩行誘導実験の結果を、最終成果として以下に記載する。

(1). 白杖利用をメタファとした手法

白杖先端刺激を用いた手法は、視覚障害者を対象とした歩行誘導実験の結果においては、20.6%の試行でのみ、歩行誘導が成功するという結果となった。歩行誘導時の奇跡を図7に示す。詳細については該当の研究発表を参照いただくとして、簡潔に原因をまとめると、白杖先端から発せられる刺激が、日常利用時の刺激よりも弱く、認識し切れていないことが主要因であると考えられた。また、刺激が弱いため、床面タッチ時の衝撃によって上書きされてしまうなどの問題も発生したようである。多くの被験者が、衝撃刺激では無く、音の刺激(ソレノイド稼働時の衝突音)として捉えていたことから、衝撃刺激の弱さが原因であったことがうかがえる。

一方で、本デバイスを若年晴眼者が目隠しをした状態で利用した実験においては、約90%の誘導成功率を得ている。このことから、晴眼者と視覚障害者の間、もしくは、高齢と若年層の間に白杖を使った歩行に関して、ゴール到達率に影響した違いが存在すると考えられる。以下では、視覚障害者の歩行に関する特徴に関して、提案システムの開発時の想定と異なる点について考察する。

一つは、視覚障害者群における白杖の振り方の多様さである。白杖の振り方は日本歩行訓練士会が示すような標準的な利用方法が存在するが、日常的に白杖を利用している視覚障害者の利用方法は、これから逸脱していく傾向にあるようである。提案手法は標準的な振り方を想定しており、その差が影響した可能性が高い。

二つ目は歩行に用いる情報の優先度である。実験参加者の視覚障害者は「普段、白杖を使って壁伝いに歩く際、どんな感覚を壁から感じていますか？」の質問に対して、「普段歩行する中で、壁を空気感や肌感覚、音の反響などで感じている」という意見が15人中6人から得られている。加えて、「白杖を頼らず、他の間隔を優先して歩いている」という意見も得られた。Arimotoらの研究(Arimoto, et. al., INFRASTRUCTURE PLANNING REVIEW, Vol. 22, pp. 869-876)においても単独歩行する際に役立っているものをヒアリング調査した結果、「誘導路ブロック」が68.8%、「音響信号」が75.0%、「店などの特定の匂い(音)」が37.5%という回答が得られている。このことから、視覚障害者は歩行の際、白杖から得られる情報と同等もしくはそれ以上に、聴覚や肌感覚に多くの集中力を使っていることが考えられる。そのため、白杖先端刺激の状況把握への影響力が弱く、誘導成功率の低下につながった可能性がある。

最後に考えられることは、加齢の影響である。加齢により指先感覚などは鈍感となっていく。そのため、白杖先端への衝撃刺激が若年層と比較して受け取り切れていなかった可能性がある。視覚障害者の多くが高齢層であることを考えると、白杖先端以外の刺激、例えば、白杖手元への振動刺激提示など、別途の手法を検討する必要があると考えられる。

項目	統計量
年齢	60.4 ± 9.9[歳]
性別	男:10人, 女:11人
身長	159.9 ± 6.6[cm]
体重	61.0 ± 13.4[kg]
肩幅	43.0 ± 4.0[cm]
視覚障害の程度	1級:15名 2級:4名 4級:1名 記録なし:1名
電子式歩行補助具の使用歴の有無	有:4人, 無:17人
普段の白杖の長さ	117.6 ± 8.5[cm]
外出頻度	64.6 ± 28.2[%]
単独歩行外出頻度	50.5 ± 31.7[%]
白杖の振り方(テクニック)	スライド:14名 タッチ:6名

図6: 最終実験に参加者の情報

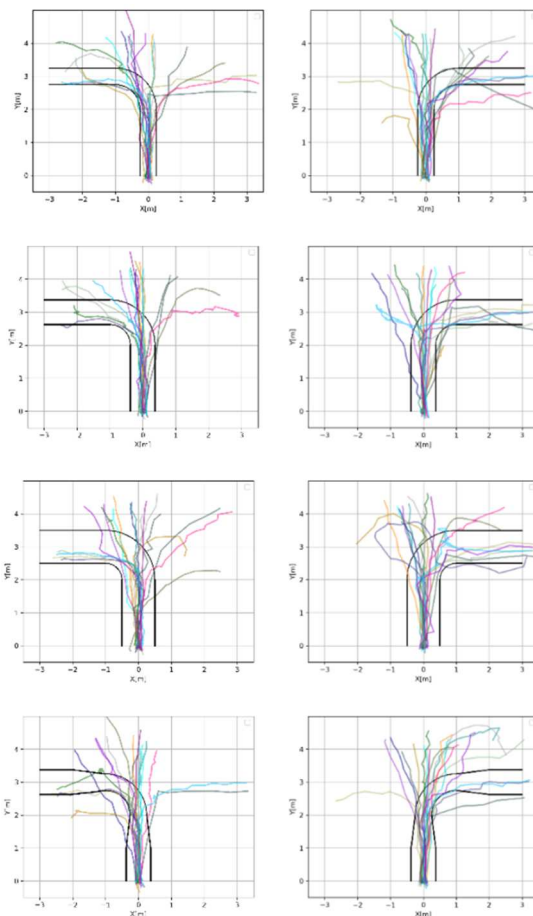


図7: 白杖先端刺激による視覚障害者歩行誘導時の軌跡

(2). 歩行誘導ブロックの足裏での利用をメタファとした手法

足裏凹凸刺激により歩行誘導ブロックをメタファとした歩行誘導手法では、視覚障害者を対象とした歩行誘導実験の結果において、直進補正手法によって異なるが、短距離においては 95.9%から 98.7%，長距離においては 80%から 93.3%の試行で歩行誘導が成功するという結果となった。歩行誘導時の奇跡を図 8 に示す。停止、右左折における停止位置誤差や回転角度誤差もほぼ 1 歩以内に収まっており、本手法の歩行誘導性能は高い。

各刺激の分かり易さは 7 段階リッカート尺度で平均 6 以上であり、本デバイスの認識性は良好と言える。また、刺激の意味を教示なしに、直感的に理解することも容易であった。縦棒（前進）と横棒（観点）の意味は 80%で直感的に理解できた。点群（停止）の意味を直感的に理解できた被験者は 36%にとどまったが、警告として見た場合は 68%が意味を直感的に認識していた。

なお、直進時の方向補正については、歩行誘導ブロックからの逸脱をメタファとした片足刺激消失が短距離の移動で、曲進信号を組み合わせた既存メタファのない誘導手法が長距離の移動で好まれた。これは曲進の方が一次停止すること無くスムーズに移動できたためと考えられる。このように、既存経験をメタファとすることにこだわり過ぎないことも重要なようである。

足裏凹凸刺激デバイスは、全体的に被験者には好評であった。しかしながら、CO2 ポンプが必要であったり、空気伝送チューブが多数走っていたりするなど、普及に向けては、デバイスの小型化、簡素化などの課題が残されている。

(3). まとめ

本研究では、視覚障害者が日常的に利用するモノや手順をメタファとして活用することで、習熟負荷が軽度である歩行誘導方法の実現を目的とした。具体的には、白杖の利用方法、および、歩行誘導ブロックの利用をメタファとした歩行誘導デバイス・手法の実現を試みた。

結果として、白杖先端に刺激を加えて、壁や歩行誘導ブロックへの接触感触を再現する手法は、視覚障害者の歩行誘導方法としては不向きであることが分かった。一方で、足裏に凹凸刺激を提示し、歩行誘導ブロックをメタファとして歩行誘導する手法は、直感的な刺激の意味の理解のしやすさ、歩行誘導性能の両観点から有望であることが分かった。

これにより、本研究は当初目標であった視覚障害者が日常的に利用するモノや手順をメタファとして活用した習熟負荷が軽度な歩行誘導方法の実現を達成した。デバイスの小型化や簡素化などの課題は残るものの、本研究を引き継ぐ研究では、本成果を参考に足裏への凹凸刺激と歩行誘導ブロックをメタファとした歩行誘導により、習熟負荷が軽度である歩行誘導方法が構築可能であると考えられる。今後の発展に期待したい。

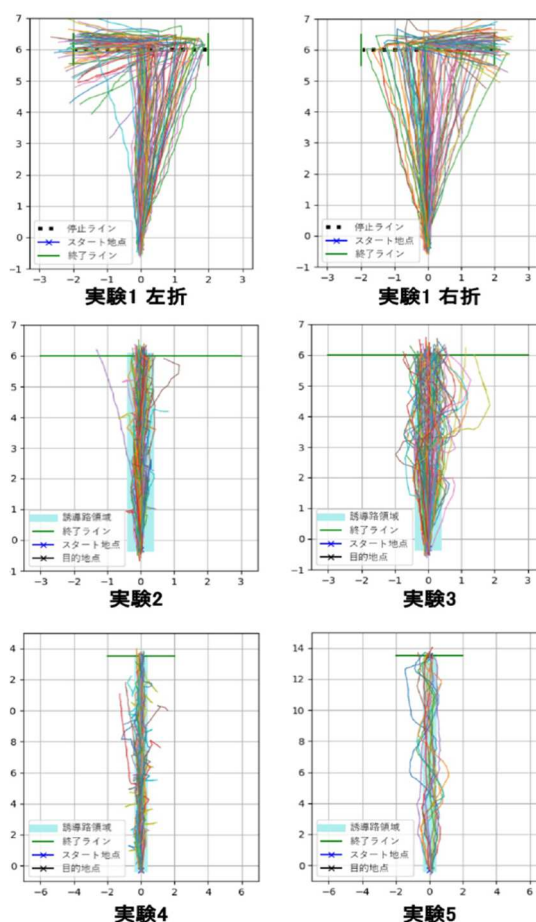


図 8: 足裏凹凸刺激による視覚障害者歩行誘導時の軌跡

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 藤井 勇人, 榎堀 優, 吉田 直人, 米澤 朋子, 間瀬 健二
2. 発表標題 白杖先端刺激を用いた歩行誘導おけるマーカレス仮想壁提示の検討
3. 学会等名 HCGシンポジウム2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤井 勇人, 榎堀 優, 吉田 直人, 米澤 朋子, 間瀬 健二
2. 発表標題 白杖先端刺激歩行誘導システムの視覚障害者と晴眼者による評価結果比較
3. 学会等名 第73回ユビキタスコンピューティングシステム研究会 (UBI73)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 榎堀 優, 渡辺 博文, 吉田 直人, 間瀬 健二
2. 発表標題 白杖先端刺激提示による円滑な曲線歩行誘導に適した仮想誘導路デザインの検討
3. 学会等名 メディアエクスペリエンス・バーチャル環境基礎研究会 (MVE)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉田 直人, 平野 隼壮, 米澤 朋子, 榎堀 優, 間瀬 健二
2. 発表標題 裏・甲への振動刺激知覚における振動源の数と位置関係の影響に関する予備的検討
3. 学会等名 メディアエクスペリエンス・バーチャル環境基礎研究会 (MVE)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉田直人, 榎堀優, 間瀬健二, 平野隼壮, 米澤朋子
2. 発表標題 シューズ型歩行誘導デバイスのための足部への時間差振動提示による歩行誘導手法の検討
3. 学会等名 ヒューマンインタフェース研究会(SIG-ACI-25)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 渡辺博文, 榎堀優, 米澤朋子, 間瀬健二
2. 発表標題 白杖先端刺激提示による仮想誘導路デザインの検討
3. 学会等名 情報学ワークショップ(WiNF)2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 塚本 晶久, 吉田 直人, 米澤 朋子, 間瀬 健二, 榎堀 優
2. 発表標題 足裏凹凸刺激デバイスを用いた点字ブロックメタファによる歩行誘導の性能評価
3. 学会等名 マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム (DICOM02022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉田直人, 平野隼壮, 米澤朋子, 榎堀優, 間瀬健二
2. 発表標題 靴型歩行誘導デバイスのための足部振動提示による歩行速度・進路提示手法の評価
3. 学会等名 情報処理学会研究報告高齢社会デザイン (ASD)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔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	米澤 朋子 (Yonezawa Tomoko) (90395161)	関西大学・総合情報学部・教授 (34416)	
研究分担者	吉田 直人 (Yoshida Naoto) (40836714)	工学院大学・情報学部(情報工学部)・助教 (32613)	

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