

令和 4 年 6 月 25 日現在

機関番号：24201

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2021

課題番号：16K01559

研究課題名（和文）障がい児の発達を支援する電動移動機器の開発と利用方法の研究

研究課題名（英文）Development of power mobility to assist the development of children with special needs and studies on their utilizing method

研究代表者

安田 寿彦（Yasuda, Toshihiko）

滋賀県立大学・工学部・教授

研究者番号：60157998

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000円

研究成果の概要（和文）：子どもたちは、幼児期にハイハイや歩行など移動手段を獲得し、周囲の人や環境に能動的に働きかけて「物事の原因」や「人との関わり方」を学習し、認知や情緒など心理的能力を発達させる。しかしながら、自立移動が困難な子どもたちは、周囲の人や環境への関わりが受動的になりやすく、認知やコミュニケーションの発達においてハンディキャップが生じたり、自分自身の能力に自信を持てず自主性が損なわれることもある。

本研究では、自立移動が困難な子どもたちが幼少期から自分の操作によって自力で環境を探索するための様々な電動移動支援機器を開発し、その効果を実証するために、子どもたちの発達を記録・評価するシステムを試作した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

普及が進んでいなかった「自力移動が困難な子どもたちが電動移動支援機器を自分で操作して環境を探索する」ことによるハビリテーションの重要性を示したことが、本研究の学術的意義である。さらに、幼少期から使用可能であったり、障がいの重い子どもたちでも自力で操作できて、様々な困りごとをもつ子どもたちの発達を支援する手段を提供できたことが研究成果の社会的意義である。また、電動移動支援機器を用いた早期からの移動体験の有用性や重要性を、子どもたちのハビリテーションに関わっている保護者・理学療法士や作業療法士・支援学校の教員などのみならず、第三者にも動画などを活用しながら提示できるようになった。

研究成果の概要（英文）：The locomotion experience in early childhood is very important for child in development. We are developing the electric mobility support equipment to promote the physical and mental development of children with special needs. In this study, we developed various new electric mobility support equipment and we proposed a system recording the locomotion experience using electric mobility support equipment and evaluating the development of the children. The record and evaluate system is constructed by an omnidirectional camera and a device to record operation command. From the recorded data, the video evaluating the change of ability of children is generated by off-line process using personal computer and we proposed some methods evaluating the operation ability.

研究分野：メカトロニクス

キーワード：早期移動体験 発達支援 電動移動支援機器 ハビリテーション 移動困難児 福祉機器 発達記録評価システム 全方位カメラ

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

子どもたちは幼少期にハイハイや歩行など移動能力を獲得して、周囲の人や環境に能動的に働きかけることによって、「物事の原因」や「人との関わり方」を学習して、認知能力や情緒を発達させて自身の心を育てていく。しかしながら、運動機能の障がいのために自力移動が困難な子どもたちは、このような学習の機会が健常な子どもより少なくなり、運動能力の発達のみならず、心理的な発達に関してもハンディキャップがある。また、介助を受け続けることによって、自分の能力に自信を持てず受け身的になってしまうこともある。このような子どもたちの電動移動支援機器を用いた自力移動に関する研究や試みが国内外において行われているが、

- ・幼少期からの自力移動を可能とする電動移動支援機器

- ・子どもたちの様々な身体状態に対応して自力移動を可能とする電動移動支援機器

の開発と普及は進んでいなかった。また、電動移動支援機器を用いたハビリテーションの普及が進まない一因として、自力移動が困難な子どもたちの電動移動機器による早期からの移動体験の有用性と重要性に関する認識が、一部の当事者とその関係者にとどまっていることがある。

2. 研究の目的

本研究の目的は、自力移動が困難な子どもたちが自分の意志で環境を探索し人に自立的に働きかけて、認知能力や運動能力を発達させ自らの心を育てるために使用する移動支援機器を開発し、さらに、開発した機器の活用が子どもたちの発達を支援するために有用であることを示すことである。これらを実現して、自立移動が困難な子どもたちの「電動移動支援機器を用いた早期移動体験によるハビリテーション」の普及を目指す。

3. 研究の方法

本研究の目的を達成するために「子どもたちの移動体験に必要な電動移動支援機器の試作と改良」を行い、「開発した移動支援機器を用いたフィールドワークによって、その有用性を確認」する。さらに、「子どもたちの発達を記録し客観的かつ定量的に評価するためのシステムの開発」を行い、実機による実証実験によって、評価システムの有用性を示す。滋賀県下の重度障害児リハビリテーション施設の協力を得て試用・改良を行い、有用な機器やシステムの開発を進めた。

4. 研究成果

(1) 電動移動支援機器の開発

本研究では、以下のような電動移動支援機器を開発した：

【全方向移動電動支援機器】

新規に採用したオムニホイール（Whill（株）社製）を6輪装備した新しい全方向移動機構（図1参照）を提案した。この移動機構によって、屋外での実用的な全方向



図1 本研究で提案する全方向移動機構



図2 全方向移動支援機器



図3 座面昇降機能を搭載した全方向移動支援機器

移動と、上下振動や揺動のない全方向移動が実現できた。全方向移動能力は子どもたちの「遊び」を広げるために有用である。図2に試作した全方向移動支援機器を示す。この全方向電動移動支援機器に、2段昇降型の座面昇降装置を搭載して、平面的移動能力の高さに加えて、移動可能空間を上下方向にも拡張し、3次元的な環境へのアクセスを可能にした（図3）。座面昇降機能は、たとえば、地面の花に触れたり本棚の高い棚の本を自分で取ったり、子どもたちが「自分がやりたいと思ったこと」を自分で行えるという状況を広げて、子どもたちの自立心を育てることに役立つ。さらに、操作支援機能として、「メカニカルなバンパと測域センサを組み合わせたインテリジェントバンパ」を全方向移動支援機器に搭載して、操作者である子どもたちや周囲の人々および環境にダメージを与えることのない衝突経験が可能になった。また、衝突後にはそのまま前進できない状態から、どのようにすれば脱出して移動体験を続けることができるかを学習できる可能性を確認できた。また、画像センサと深度センサを搭載して、人に追従および並走する機能を追加した。このような知的な操作支援機能は、操作能力の低い子どもたちの環境探索に有効である（図4参照）。



図4 操作支援機能を搭載した全方向移動支援機器

【中輪駆動方式と前輪駆動方式を切替可能な電動車いす】

「悪路や坂道もある屋外走行に有用な前輪駆動方式」と「狭い走行環境もある屋内での走行が得意な中輪駆動方式」を切り替えることができる電動車いすを試作した(図5参照)。図5(b)および(c)に示すように、前輪駆動時のホイールベースは643mmと長く、中輪駆動時のホイールベースは586mmとなりコンパクトな機体となる。図5(d)に示すように、中輪駆動時の電動車いすのすべての構成要素は直径800mmの円内に含まれ、左右の駆動輪の中心を結ぶ線が直径800mmの円の中心を通っている。したがって、バリアフリー新法において推奨された「幅が800mm以上の出入口」であれば、出入口の中でも、その場旋回が可能である。



(a) 全体図 (b) 前輪駆動 (c) 中輪駆動 (d) 中輪駆動(平面図)

図5 中輪駆動方式と前輪駆動方式の切替機構を備えた電動車いす

【座位保持装置搭載型電動移動支援機器 (Baby Loco)】

幼少期からの移動体験のために、これまでに提案していた「座位保持装置搭載型電動移動支援機器」は、部品の製作に工作機械が必要であった。本研究では、タイヤを除くすべての部品をホームセンターやインターネットの通信販売で調達し、はんだごて、のこぎり、ドライバーなど簡単な工具を使って、専門知識がなくても組み立てができる「DIY型 Baby Loco」を提案した(図6および7参照)。DIY型 Baby Locoの製作講習会を開催するとともに、製作方法とプログラム例をインターネットで公開することによって、さまざまな施設や個人でも製作され活用されている。Baby Locoは共同研究を経て、(株)今仙技術研究所によって改良され2020年秋から市販されている。

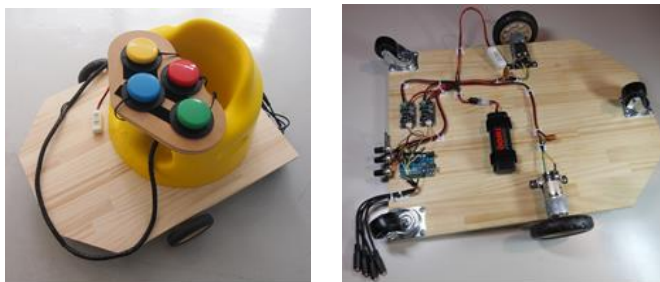
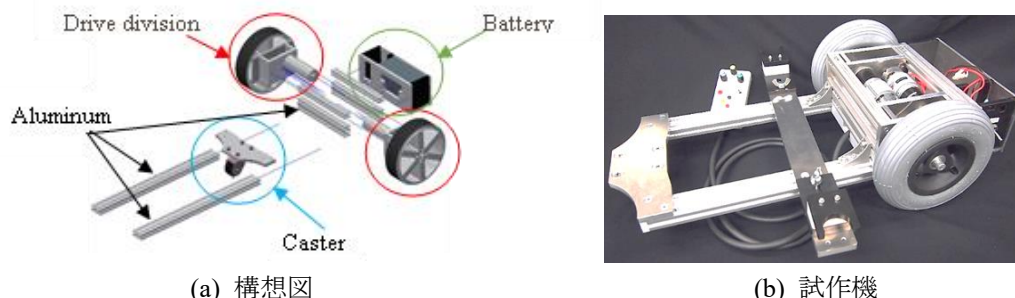


図6 DIY型 Baby Loco 図7 DIY型 Baby Locoの背面

【介助用移動支援機器電動化ユニット (Carry Loco)】

介助用移動支援機器電動化ユニットは、子どもたちが普段から使用している介助用バギー等を、子どもたち自身で操作できる電動移動支援機器にするユニットである。着脱が容易で、バギー以外にもストレッチャー型移動支援機器なども電動化できる。本研究では、個人の保有する様々な介助用移動支援機器の電動化に対応するために、駆動部、前輪キャスタおよびバッテリー部を個別に製作し、これらを組み合わせるときに、電動化ユニットのサイズを決定するという、イージーオーダー型と称する製作コンセプトを提案した(図8参照)。このコンセプトは、個人の所有する様々な形態の介助用移動支援機器に対応する電動化ユニットをそれぞれ製作する際に、時間と経費が削減できるので、移動体験用電動移動支援機器の普及を促し、施設以外でも子どもたちが移動体験をするために有効である。Carry Locoも、共同研究を経て、(株)今仙技術研究所によって改良され、市販化に向けて作業が進められている。



(a) 構想図 (b) 試作機
図8 イージーオーダー型介助用移動支援機器電動化ユニット

【汎用駆動モジュールを用いた電動移動支援機器の製作】

介助用移動支援機器電動化ユニットのモジュール化を進展させ、様々な電動移動支援機器の製作に活用できる汎用駆動モジュールという着想を得た。試作した汎用駆動モジュール(図9)は、様々な形態で電動移動支援機器に組み込むことができるように工夫されたフランジ部を備えている。図10に汎用駆動モジュールを用いて製作した前輪駆動型電動車、座位保持装置搭載型

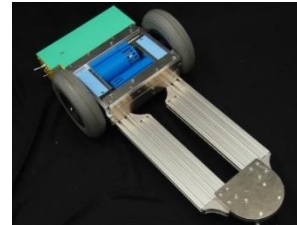
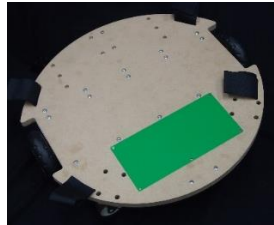
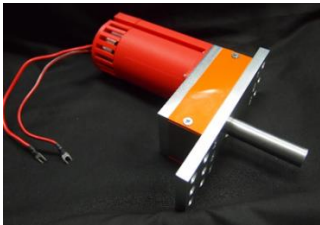
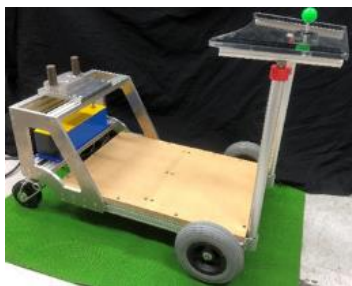


図9 汎用駆動モジュール 図10 汎用駆動モジュールを用いて製作した移動支援機器

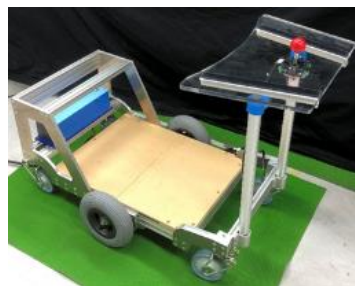
電動移動支援機器、介助用移動支援機器電動化ユニットを示す。これらの試作を通して、本研究で提案する様々な電動移動支援機器の製作において、汎用駆動モジュールは製作時間と製作コストの低減のために有効であることを確認した。

【立位で移動できる電動移動支援機器】

立位により視線を健全な子どもたちと同じ高さにすることができ、さらに、座位とは異なる状況で周囲と関わりながら移動体験ができる。また、短時間でも立位をとることが、子どもたちの身体の健康のために有効である。図11に本研究で試作した前輪駆動型と中輪駆動型の立位で移動できる電動移動支援機器を示す。いずれも、汎用駆動モジュールを活用して製作した。中輪駆動型は、その場旋回時の旋回半径が562mmであり、屋内の走行に適している。前輪駆動型は、助走なしで27mmの段差を乗り越えることができ、屋外での走行に適している。図11(c)に示すように、これらの「立位で移動できる電動移動支援機器」は立位保持装置（小児用歩行器キッドワークの立位保持装置を活用）を搭載して使用する。図11(c)に、身体的障がいなどのある子どもたちと一緒に遊びを体験するイベントで、「立位で移動できる電動移動支援機器」を体験していただいた様子を示す。はじめての立位での移動であったが、安定して走行することができた。操作になれてきたところで、おとうさんが移動機器の前に三角コーンをおいて、「これをよけてね」と言葉をかけられた。ところが、移動機器を走らせてコーンを倒してしまった。「え、失敗したの?」と三角コーンを違うところに何度立てても、いくら難しそうなのに立てても、電動移動支援機器によってコーンが倒され、この子は「にやっ」としていた。この子にとって、コーンをよけることよりも倒すことが楽しくて、お気に入りの「遊び」となっていた。



(a) 前輪駆動型



(b) 中輪駆動型



(c) 活用例

図11 汎用駆動モジュールを用いて製作した立位で移動できる電動支援機器

【常時装着型バギー電動化装置】

常時装着型バギー電動化装置は、子ども用のバギーなどに常時装着し、介助用のバギーをワンタッチで電動移動装置にできる装置である。たとえば、公園までは子どもたちが母親などの介助によって移動し、子どもたちの移動体験が行える公園内では「子どもたち自身で操作する電動移動装置」にワンタッチで変換できる。電動化の切替が、工具を必要とせず、工学的知識がなくても、容易かつワンタッチで行えることが最も大きな特徴である。この装置に

よって、自立移動が困難な子どもたちの移動体験の機会を、普段の生活の中で増やすことができる。試作した電動化装置を図12に示す。20kgの荷重をバギーに搭載した状態での実機走行実験で、屋外の平地を時速約2kmで走行し、屋外の車いすスロープを登坂できることを確認した。



(a) 電動化装置の取り付け状態



(b) 電動化装置を取り付けたバギー



(c) 折り畳んだ状態

図12 常時装着型バギー電動化装置

(2) 子どもたちの発達を記録・評価するシステム

電動移動支援機器を活用して移動体験をする子どもたちの成長を記録・観察・評価するために、

- ・子どもたちと走行環境や人との係わり合いを記録する全方位カメラ（図1 3）
- ・操作指令記録システム（図1 4）
- ・前記2つの記録デバイスのデータを加工して、評価用動画を生成するシステム（図1 5）

によって、発達の記録・評価システムを構築した。

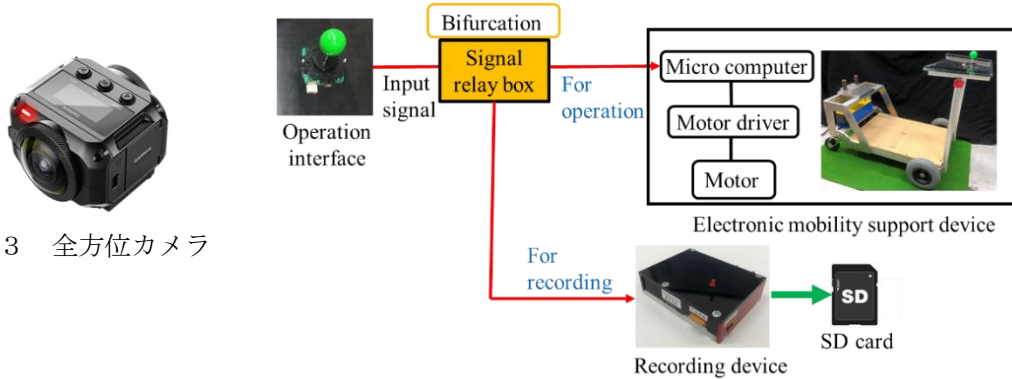


図1 3 全方位カメラ

図1 4 操作指令記録システムの構成図

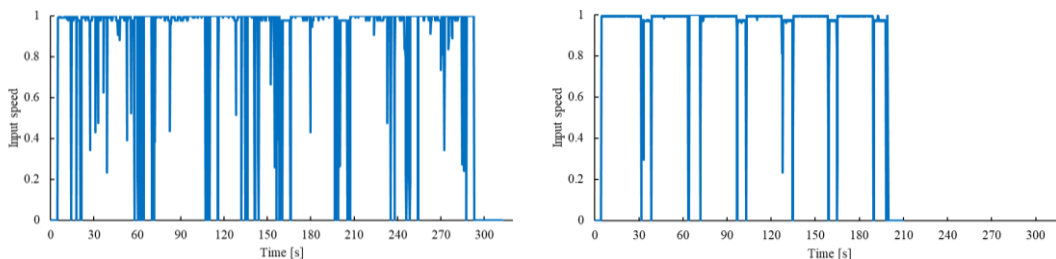


図1 5 評価用動画の作成

「全方位カメラで取得した動画」と「操作指令記録装置に記録された操作入力」をコンピュータでオフラインで合成して、評価用動画を作成する（図1 5）。全方位カメラの歪みのある動画から、子どもたちの自然な表情や人や環境との関わり方などをわかりやすく観察できる平面の動画に変換する。動画についている音声情報から周囲の人との会話や発話を確認できる。

試作した立位型電動移動支援機器と「発達の評価記録システム」を実際にリハビリテーション施設で子どもに使用していただき、評価用動画を作成した。この評価用動画を再生して観察したところ、子どもが周囲の人の動作に反応して笑顔を見せたり、曲がり角を先に曲がった人を追いかけてやったりする様子などが確認できた。また、壁に衝突しそうになったときに衝突を未然に防ぎ、進行方向を変えて衝突を回避するという細かい操作も確認することができた。このような観察結果から、子どもたちの発達を評価するための第一段階として、「子どもたちの移動体験の様子の動画による記録」は有用であると考えた。

また、研究室の5人のメンバーの協力を得て、操作の上達の評価方法に関する実機走行実験を行った。「走行時間」「ラップタイム」「速度指令の変化」「方向指令の変化」によって、操作の上達度を評価できることが確認できた。図1 6に、ある被験者の1回目および5回目の走行実験における、速度指令（アナログジョイスティックを倒した大きさ）の時間経過を示す。ただし、走行速度は最高速度（約3.8km/h）を1として表示している。図1 6(a)より、1回目では速度指令が1付近から急激に0になることが多くみられ、操作者は進行と停止を繰り返しながらコースを走行したことがわかる。しかし、図1 6(b)に示すように、5回目では入力速度が0になっている回数（停止回数）が明らかに少なくなっている。このことから、操作が上達すると、ほとんど停止することなくスムーズにコースを走行できていることが走行データから確認できた。



(a) 1回目

(b) 5回目

図1 6 速度指令値の変化

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計12件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 辻中陸哉、安田寿彦、山野 光裕、西岡靖貴、高塩純一
2. 発表標題 自力移動が困難な子どもが立位で移動するための電動移動支援機器の試作 第1報 前輪駆動と中輪駆動の比較
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山岡力也、安田寿彦、山野光裕、西岡靖貴、高塩純一
2. 発表標題 障がい児の早期移動体験用全方向移動電動車いすの研究 第4報 インテリジェントバンパの試作
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡本岳城、安田寿彦、 山野光裕、 西岡 靖貴
2. 発表標題 汎用駆動モジュールと市販部品を用いた介助用移動支援機器電動化ユニットの試作
3. 学会等名 IIP2021 情報・知能・精密機器部門講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山岡力也、西川司紗、安田寿彦、山野光裕、西岡靖貴、高塩純一
2. 発表標題 障がい児の早期移動体験用全方向移動電動車いすの研究」 第3 報：追従および並走機能の搭載
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 安田寿彦, 大岡孝行, 山野光裕, 西岡靖貴
2. 発表標題 環境や人との関わりを広げる障がい児のための電動車いすの試作(駆動形態切換機構の改良)
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西川司紗, 安田寿彦, 山野光裕, 西岡靖貴, 高塩純一
2. 発表標題 障がい児の早期移動体験用全方向移動車いすの研究(第1報:全方向移動機構の提案)
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安田寿彦, 西岡靖貴, 山野光裕, 高塩純一
2. 発表標題 Kids Loco Project における移動体験のための電動移動支援機器の開発と普及の試み
3. 学会等名 第33回リハ工学カンファレンス
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安田寿彦, 西岡靖貴, 山野光裕, 高塩純一
2. 発表標題 DIYで製作できる幼児用電動移動ベース
3. 学会等名 第33回リハ工学カンファレンス
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 福地賢太, 安田寿彦, 山野光裕, 西岡靖貴, 高塩純一
2. 発表標題 介助用移動支援機器のためのイージーオーダ型電動化ユニットの試作
3. 学会等名 第33回リハ工学カンファレンス
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西川司紗, 山岡力也, 安田寿彦, 山野光裕, 西岡靖貴
2. 発表標題 障がい児の早期移動体験用全方向移動電動車いすの研究 (第2報: 座面昇降機能を備えた機体の試作)
3. 学会等名 第24回ロボティクスシンポジア
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大岡孝行, 安田寿彦, 山野光裕, 西岡靖貴
2. 発表標題 環境や人との係りを広げる障がい児のための電動車いすの試作 (中輪駆動および前輪駆動の切換機構の実装)
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Rikuya Tsujinaka, Toshihiko Yasuda, Yasutaka Nishioka, Mitsuhiro Yamano
2. 発表標題 Prototype of the Record and Evaluation System of the Locomotion Experience Using the Electric Mobility Support Device
3. 学会等名 2021 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (国際学会)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 手押し車の駆動切替装置およびその駆動切替装置を備えた手押し車	発明者 安田寿彦, 大平康喜, 西岡靖貴, 山野光裕	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2022- 31022	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

Kids Loco Project http://www.mech.usp.ac.jp/~maw/KLP2016/home.html
--

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