

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年 6月 5日現在

機関番号：13901

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2012

課題番号：23710055

研究課題名（和文）

交通の環境情報の提示法—環境ラベルとカーボンフットプリントの応用

研究課題名（英文）

Methodology for Environmental Information Disclosure of Journey - Application of Environmental Label and Carbon Footprint

研究代表者

柴原 尚希 (SHIBAHARA NAOKI)

名古屋大学・環境学研究科・助教

研究者番号：80509191

研究成果の概要（和文）：

パッケージツアーへカーボンフットプリントを付与するために必要となるCO₂排出量算出に関する方法論を構築している。パッケージツアーの構成要素のうち特に「移動」部分に着目し、そのCO₂排出量原単位を、ツアーで主に利用される旅客輸送機関である鉄道・バス・航空・船舶について、地域特性や乗客数、運行状況などに応じて整備している。得られた原単位を実際のパッケージツアーに適用し、各構成要素別のCO₂排出量の傾向を把握している。さらに、ツアー内容のうち移動手段の変更によるCO₂排出量の変化を分析している。最後に、算出されたカーボンフットプリントの提示方法を提案している。

研究成果の概要（英文）：

This study aims to develop a method for estimating CO₂ emissions for carbon footprinting of package tours. For the calculation, the components of a package tour are categorized into “journey,” “accommodation,” “meals,” and “leisure.” In particular, this study focuses on the “journey” category and estimates the CO₂ emission factors with the major transport modes employed in package tours: bus, train, air transport, and ship. These factors are calculated on the basis of the number of passengers, vehicle sizes, and difference between urban and rural areas. This approach along with the CO₂ emission factors enables estimating the CO₂ emissions of package tours and analyzing the influence trends of each tour component. In addition, this study also estimates how CO₂ emissions increase or decrease with transport system. It is clarified that among the tour components, CO₂ emissions from “journey” contribute the greatest. Finally, a display method for carbon footprinting of the tours is proposed.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：

土木計画学、ライフサイクルアセスメント

科研費の分科・細目：

環境学、環境影響評価・環境政策

キーワード：

環境分析、地球温暖化ガス排出削減、ライフサイクルアセスメント、環境ラベル、カーボンフットプリント、ツーリズム、交通システム、環境負荷原単位

1. 研究開始当初の背景

「CO₂を見て、選ぶ。」というキャッチフレーズのもと、製品やサービスのCO₂排出量を計測し表示するカーボンフットプリント(CFP)制度が始まっている。何もしなければ実感できないCO₂排出をラベリングにより「見える化」することで、企業・消費者双方がCO₂排出削減を考えるための基礎情報を提供するこのような取組みは重要であり、今後も拡大していくことが予想される。

交通分野においてもこのような取組みは例外ではない。人kmあたりのCO₂排出量を具体的にラベリングし、地球にやさしい交通機関であるというPRに使用されている例は多い。交通分野で使用されるCO₂排出量は国土交通省が提示する全国平均値を根拠にしたものがほとんどである。しかし、研究代表者はこれまでに、様々な交通システムにライフサイクルアセスメント(LCA)を適用し、交通システムのCO₂排出量には、輸送効率などの個々の路線状況が大きな影響を及ぼすことから、平均値による提示が妥当であるとは一概には言えない点を指摘してきた。交通分野に限らず、CO₂排出量のラベリングを行う場合には、個々の製品・サービスの状況(交通の場合は路線やダイヤなど)に即したCO₂排出量値を算定し、提示するべきである。そのためには、CO₂排出量算定に使用できるツールの整備が必要であり、特に簡便な実用法としては、単位移動量あたりのCO₂排出量原単位が必要である。

ところが、LCAデータベース(産業環境管理協会)、産業連関表による環境負荷原単位データブック(3EID; 国立環境研究所)といった日本の代表的な環境負荷排出量原単位データベースや、CO₂換算量共通原単位データベース(経済産業省・CFP関連データ収集整備事業)においても、交通関連の原単位は「鉄道輸送」「航空輸送」など各交通システムについて、全国平均値の1種類のみしか公開されていない。そのため、例えば交通機関を利用したサービスを提供する典型的な例である旅行業者が、自らのツアー商品にCFPを貼付するためにCO₂排出量を算定しようとする場合、乗車効率の悪い郊外部の鉄道も混雑している都市部の鉄道も、同じ距離を利用するのであればCO₂排出量は同じものとして取り扱われることになってしまう。「交通」は「宿泊」「食事」と並んで、ツーリズムの主要な構成要素であることから、このような問題意識は、環境評価の専門家や実務者で構成される日本LCA学会ニューツーリズム研究会(主査:稲葉敦)においても共有され、ツーリズムのCO₂排出量算定に有用な原単位の作成を目指しているところである。

2. 研究の目的

本研究では、交通の環境情報を提示するために、1)鉄道・バス・航空・船舶といった各種交通システムについて、地域特性や乗客数、運行状況などに応じてCO₂排出量原単位の整備、2)客観性・透明性の高い情報開示であるタイプⅢ環境ラベルを応用した「交通エコレポート」による提示方法の提案、3)消費者向けの分かりやすく、インパクトのある情報開示法として「交通カーボンフットプリント」による提示方法の提案、を行うことを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 対象とする旅客交通機関

移動に用いる旅客交通機関として、パッケージツアーで多く利用される貸切バス・鉄道・航空・船舶について、CO₂排出原単位を整備する。セスナ機やヘリコプターをパッケージツアーで利用する場合もあるが、利用者は少ないことから取り扱わない。

(2) 旅客交通機関の評価対象範囲と入手データ

各旅客輸送機関の評価範囲は、運行/運航のみを対象とする。日本のCFP算定のルールでは、特に重要な場合を除き資本財を含めないとしていることに準拠し、車両/機体に関しては製造・廃棄分はカットオフし、運行/運航のみを対象とする。なお、旅客輸送機関に関する既往のLCA研究においてCO₂排出量の大部分が運行/運航から排出されることが示されている。鉄道のみインフラの維持補修も含めることとし、他の輸送機関では微小であるため省く。インフラの建設分は既存路線ではすでに排出されているため、また廃棄分については微小であることが分かっているため省く。

CO₂排出量原単位の整備に使用するデータは、基本的には一般に公表されているデータを用いる。これは、原単位利用者が原単位を実際の状況に応じて再検討することを可能にするためである。船舶に関する燃料消費量および旅客輸送量のデータは一般公開されている資料がないため、事業者から提供を受けた実データを用いている。

(3) 原単位と算出方法

既存データと本研究で整備したCO₂排出量原単位を表1にまとめ、算出過程を以下に示す。

表1 「移動」のCO₂排出量原単位

輸送機関	小分類	原単位	既存データ
バス	小型(定員 29 名)	330/参加人数	51
	中型(定員 49 名)	482/参加人数	
	大型(定員 58-62 名)	589/参加人数	
鉄道	都市(電化)	20.1	19
	地下鉄	16.3	
	地方(電化)	63.1	
	地方(非電化)	91.5	
	新幹線	式(1)	—
航空機	プロペラ機	式(2)	109
	小型ジェット機	式(3)	
	中型ジェット機	式(4)	
	大型ジェット機	式(5)	
船舶	フェリー (重量約 2,300 トン)	1,029	—
	遊覧船・定期船 (重量約 70 トン)	586	

単位：[g-CO₂/人 km]

① バス

既往研究等で用いられる原単位は、実際の燃料消費量から算出したもの、あるいは国土交通省が提示する全国平均値の旅客輸送機関別原単位(51[g-CO₂/人 km]；2009 年度)である。国土交通省の原単位は乗合バスの値のため、パッケージツアーで利用される貸切バスとは異なる。そこで、本研究では貸切バスの原単位を推計する。

国土交通省による自動車の燃費性能に関する公表データを利用し、乗車定員区分別に車両走行 km あたりの CO₂ 排出量を求める。得られた値をツアー参加者数で除すことで、人 km あたりの原単位として利用可能である。

② 鉄道

国土交通省が提示する鉄道の原単位は 19[g-CO₂/人 km](2009 年度)であるが、乗車人数、使用する燃料は路線ごとで異なる。そのため、各路線で人 km あたりの原単位を算出し、都市電化鉄道、地下鉄、地方電化鉄道、地方非電化鉄道の 4 分類で集計した値を用いる。各路線の走行 CO₂ 排出量は電気・燃料使用量、人 km のデータを鉄道統計年報および雑誌「SUBWAY」から入手し、電気(地域別)・燃料の CO₂ 排出係数を乗じて原単位を算出する。

新幹線に関しては、鉄道総研報告における 700 系新幹線車両の走行シミュレーション結果である 12.25[kg-CO₂/(編成 km)]をもとに、式(1)より算出する。

$$y_s = 12.25 / (s_s \cdot r_s) \quad (1)$$

ここで、 y_s ：CO₂ 排出量[kg-CO₂/人 km]、 s_s ：座席数[座席/編成]、 r_s ：乗車率[%]/100 である。座席数・乗車率を得るのが困難な場合は、

先述のシミュレーション結果を車両 km あたりに換算し、新幹線各路線の車両走行 km を乗じ、輸送人 km で除することで求めることができる。平成 21 年度における路線ごとの平均値は、東北：18.9[g-CO₂/人 km]、上越：16.6[g-CO₂/人 km]、東海道：16.7[g-CO₂/人 km]、北陸：22.3[g-CO₂/人 km]、山陽：23.9[g-CO₂/人 km]、九州：30.9[g-CO₂/人 km]である。

③ 航空機

航空機は離着陸時の燃料消費が大きいため、飛行距離が大きくなるほど飛行 km あたり CO₂ 排出量が逓減する。そこで、機種、座席利用率とともに飛行距離を考慮できる原単位を整備する。航空輸送統計年報および IPCC のデータを用い、温室効果ガス排出量算定に関する環境省の検討結果による方法を基に、離着陸時と巡航時に分け燃料消費量を算出し、CO₂ 排出量推計式を求める。CO₂ 排出量推計式は、機種別に式(2)～式(5)となる。

1) プロペラ機

$$y_{a1} = \{225,180 \ln(x) / x + 13,596\} / (s_{a1} \cdot r_{a1}) \quad (2)$$

2) 小型ジェット機(定員 100 人程度)

$$y_{a2} = \{520,916 \ln(x) / x + 12,956\} / (s_{a2} \cdot r_{a2}) \quad (3)$$

3) 中型ジェット機(定員 150～200 人程度)

$$y_{a3} = \{998,297 \ln(x) / x + 11,923\} / (s_{a3} \cdot r_{a3}) \quad (4)$$

4) 大型ジェット機(中型ジェット機以上)

$$y_{a4} = \{1,858,270 \ln(x) / x + 10,062\} / (s_{a4} \cdot r_{a4}) \quad (5)$$

ここで、 y_{ai} ：CO₂ 排出量[g-CO₂/人 km]、 x ：飛行距離[km]、 s_{ai} ：座席数[席]、 r_{ai} ：座席利用率[%]/100 である。

座席数は路線や時期・航空会社等によって同じ機種でも大きく異なる場合がある。CFP 算出時に座席数が把握できない場合は、1)プロペラ機：33[席]、2)小型ジェット機：99[席]、3)中型ジェット機：163[席]、4)大型ジェット機：305[席]を推奨値とする。これは、数字で見ると航空 2010 に掲載されている各機種別の機体の座席数の平均値である。また、座席利用率は路線別の平均値を採用するのが望ましいが、同様の理由で設定する本研究の推奨値は国内線 66[%]、国際線 73[%]とする。

④ 船舶

国土交通省が提示する原単位では旅客輸送のうち船舶という分類は存在せず、貨物輸送における船舶(内航船)原単位(39[g-CO₂/トン km])がある。本研究では、燃料消費量が船種(総トン数、航海速力)に依存することを考慮し、フェリー等で使用される総トン数約 2,300 トンと遊覧船・定期船として利用される総トン数約 70 トンの 2 種類を整備する。事業者へのヒアリングから得られた船の運

航時の燃料消費量を、同じくヒアリングにより得た運航距離・乗客数で除して原単位とする。想定した船は、乗客および乗客が所有する自動車車両以外の貨物は積載していないため、運航で生じたCO₂はすべて乗客に配分される。しかし、船が貨物輸送としての機能も担っている場合には、乗客だけでなく貨物にもCO₂を重量等を用いて配分するべきであり、別途原単位の算出を行うのが望ましい。

4. 研究成果

(1) 国内パッケージツアーのCO₂排出量の算定

国内パッケージツアー(信州)を対象に1人あたりのCO₂排出量を算出する。さらに、出発地～目的地(名古屋駅～長野駅)間の移動をバスから鉄道に変更した場合のCO₂排出量の変化を捉える。

① ケーススタディの概要

推計対象とするツアーは、名古屋駅に集合し、戸隠神社等を参拝し、志賀草津高原ルートを通り軽井沢へ行って名古屋駅に戻る1泊2日のツアーである。ツアーの概要を表2に示す。

表2 信州パッケージツアーの概要

価格	15,980円
ツアー行程	1日目：名古屋駅，戸隠神社，野尻湖 2日目：白根山，旧軽井沢，小諸ワイナリー
参加者数	29名
移動	大型バス(走行距離：813.3km)
宿泊	施設：温泉旅館 価格：約9,000円 アメニティ： 歯ブラシ，シーツ，タオル，石鹸等
	朝食：ごはん，味噌汁，焼き魚，卵焼き，野菜サラダ等 夕食：牛肉鍋，揚げだし豆腐，サラダ，サーモン等

② 推計方法

1) 移動

3章のCO₂排出原単位を適用している。大型バスを参加者29名で利用することで、バスのCO₂排出原単位は、20.3[g-CO₂/人 km]となる。鉄道利用の場合は、都市電化鉄道を利用するため、20.1[g-CO₂/人 km]となる。

2) 宿泊

玉利らがLCA学会で提案している宿泊料金を説明変数とした1泊あたりのCO₂排出量を推計する式を用いている。

3) 食事

風間らがLCA学会で提案している食事の

調理時のCO₂排出量推計方法を、朝食・夕食のメニューに適用している。

③ 推計結果および感度分析

推計結果を図1に示す。この信州への1泊2日のツアーで排出されるCO₂は34.0[kg-CO₂/人]である。それぞれの要素で排出されるCO₂は、「移動」では16.5[kg-CO₂/人]、「宿泊」では10.9[kg-CO₂/人]、「食事」では6.6[kg-CO₂/人]である。最もCO₂排出量が多い要素は「移動」であり、全体の49%を占める。このツアーの名古屋駅～長野駅間の移動手段をバスから鉄道に変更した場合、1.9[kg-CO₂/人]の排出削減が可能で、この場合のCO₂排出量は32.1[kg-CO₂/人]となる。前者と比較すると5.6%のCO₂排出量削減となる。

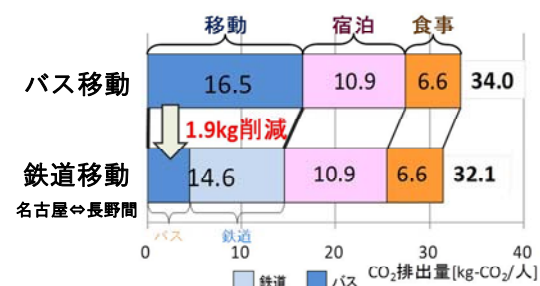


図1 信州パッケージツアーのCO₂排出量算出結果

(2) 海外パッケージツアーのCO₂排出量の算定

海外パッケージツアー(カナダ)を対象に1人あたりのCO₂排出量算定を行う。ツアー全体からのCO₂排出量を把握するとともに、移動手段やホテル・食事内容の変更によって全体のCO₂を低減させるツアーの提案が可能かどうか検討する。

① ケーススタディの概要

日本からカナダへのパッケージツアーを対象とする。旅行者の受容性を考慮し、環境配慮型ツアー(以下、エコツアー)は、通常の商品として販売されているツアー(以下、標準ツアー)から観光内容を大幅に変更しないことを前提とする。1)公共交通・低環境負荷車両の選択、2)環境認証(グリーンキーレベル4以上)取得のホテル利用、3)海洋環境保全プログラム(オーシャンワイズ・パートナー)参加レストラン利用を、エコツアーの特徴とする。

② 推計方法

基本的に4.1.2項の方法で推計する。カナダにおける環境負荷原単位データが入手できなかったため、日本のもので代用し、電力原単位のみカナダにおける値を用いている。

1) 移動

ハイブリッドバスおよび路面電車の人 km

あたり CO₂ 排出量については、車両の燃費・電費から算出する。

2) 宿泊

エコツアーで利用するホテルは、一般のホテルに比べて CO₂ 排出量が 3 割小さいと仮定する。

3) 食事

朝食・昼食・夕食のモデルメニューから食材の生産および調理時に必要なエネルギー量を算出し推計する。なお、オーシャンワイズ・パートナー・レストランを選択しても CO₂ 排出量には影響がないと考える。

③ 推計結果および感度分析

推計結果を図 2 に示す。エコツアーは標準ツアーよりも 37[kg-CO₂/人]少ない結果となった。その要因として、1)日本～カナダ間の飛行機を直行便へ変更(27[kg-CO₂]削減)、2)公共交通機関の利用とそれに伴う移動距離の削減(7[kg-CO₂]削減)、3)環境への取り組みを行うホテルの選択(6[kg-CO₂]削減)、が挙げられる。

各移動手段に関しては、ツアーバスと比較して、路線バスは人 km あたり CO₂ 排出量が少ない。これは、路線バスに低炭素なハイブリッド車両が導入されている点に加え、一般客と同乗することで乗車率が上昇し、1 人あたりに配分される CO₂ 排出量が少なくなるためである。

さらに、各パラメータに関して感度分析を行った。標準ツアーについては、食事やホテルに関するパラメータの CO₂ 排出量に対する感度が大きい。バスに関しては、移動距離、車両の環境性能の感度が同程度であることが分かった。またエコツアーについては、ホテルに関する設定が結果に影響を与えることが明らかとなったため、その部分のより詳細なデータ収集が必要である。

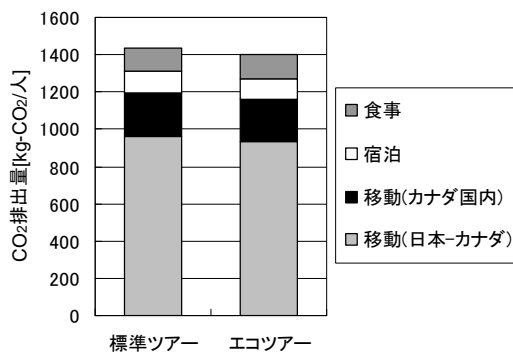


図 2 カナダパッケージツアーの CO₂ 排出量算出結果

(3) 環境情報の提示方法の提案

パッケージツアーの CFP はその実施前に付与するため、算出にあたり多くの仮定を要

する。CFP による単一の数字での提示は消費者には分かりやすく、他の商品とも比較しやすい反面、場合によっては算出の際の仮定に合わない誤った解釈がされる可能性がある。そこで、CFP 付与の際には、CFP マークと合わせて CO₂ 排出量算出に用いた方法や結果を左右する仮定条件の概略を合わせて提示する方法を提案する(図 3)。さらに、ツアーで提供される食事回数や参加人数、航空機の大きさや経由地などに留意が必要である。詳しい計算仮定や方法等はホームページ上に記載し、パンフレットの CFP マークの傍らに QR コードを用意して各ツアーにアクセス可能とするなどの表示方法を提案する(図 4)。



図 3 パッケージツアーのパンフレットへの CFP 付与方法のイメージ



図 4 パッケージツアーのホームページにおける環境情報提示方法のイメージ

(4) まとめ

本研究では、各種交通システムについて条件別に CO₂ 排出量原単位を整備し、国内・海外パッケージツアーを対象にカーボンフットプリント算定の方法論を構築した。推計結果をもとに、同じ旅程であっても、環境に配慮した交通手段・ホテル・レストランを選択することで、観光内容を変更せずとも CO₂ 排出量が少ないツアーを旅行会社が提案できる可能性が示された。

また、環境ラベルを応用した詳細な情報提示方法と、カーボンフットプリントによる分かりやすい情報提示方法が提案できた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 6 件)

1. 森本涼子, 伊藤圭, 山本充洋, 加藤博和, 柴原尚希: 都市内旅客交通手段のライフサイクル CO₂ 排出量比較, 土木学会論文集 D3(土木計画学), Vol.68, No.5, 査読有, pp.I_285-I_290, 2012.12
2. 益田悠貴, 加藤博和, 柴原尚希, 伊藤圭: 目的及び使い方に応じた旅客交通手段の環境効率指標の提案, 土木学会論文集 G(環境), Vol.68, No.5, 査読有, pp.I_67-I_76, 2012.9
3. 森本涼子, 柴原尚希, 服部有里, 加藤博和: 地域間超高速旅客・貨物輸送システムのライフサイクル評価, 土木学会論文集 D3(土木計画学), Vol.67, No.5, 査読有, pp.I_169-I_176, 2011.12
4. 伊藤友佳, 森本涼子, 柴原尚希, 加藤博和: パッケージツアーへのカーボンフットプリント付与の方法論, 土木学会論文集 G(環境), Vol.67, No.5, 査読有, pp.I_281-I_290, 2011.9 (平成 24 年度土木学会・地球環境論文賞受賞)

[学会発表] (計 18 件)

1. 柴原尚希: 「移動」の CO₂ 排出量の算定方法, 日本 LCA 学会ニューツーリズム研究会「ツーリズムの CO₂ 排出量の算定方法に関する討論会」, 2013.3.21, 工学院大学新宿キャンパス
2. Yuki MASUDA, Hirokazu KATO, Naoki SHIBAHARA, Kei ITO: Development of Eco-Efficiency Indicators for Passenger Transport Modes Considering Travel Scenes and Situations, The 10th International Conference on EcoBalance, 2012.11.22, Hiyoshi Campus, Keio University
3. Naoki SHIBAHARA, Ryoko MORIMOTO, Hirokazu KATO, Yuka ITO: A Methodology for Carbon Footprinting of Package Tours, The 10th International Conference on EcoBalance, 2012.11.22, Hiyoshi Campus, Keio University
4. Ryoko MORIMOTO, Hirokazu KATO, Naoki SHIBAHARA: Uncertainty Analysis of the LCA Results of Transport Infrastructure Development by Mode, The 10th International Conference on EcoBalance, 2012.11.22, Hiyoshi Campus, Keio University
5. Kei ITO, Hirokazu KATO, Naoki

SHIBAHARA, Ryoko MORIMOTO, Michihiro YAMAMOTO: Comparison of Life Cycle Carbon Dioxide Emissions among Urban Passenger Transport Modes, The 10th International Conference on EcoBalance, 2012.11.22, Hiyoshi Campus, Keio University

6. 柴原尚希, 森本涼子, 稲葉敦, 加藤博和: 海外パッケージツアーのカーボンフットプリント算定, 第 7 回日本 LCA 学会研究発表会, 2012.3.7, 東京理科大学野田キャンパス
7. 山本充洋, 加藤博和, 柴原尚希: 自転車・LRT・乗用車のライフサイクル CO₂ 排出量比較, 第 44 回土木計画学研究発表会(秋大会), 2011.11.26, 岐阜大学
8. 森本涼子, 加藤博和, 柴原尚希: 交通社会資本のライフサイクル環境負荷評価における範囲設定と結果の信頼性との関係, 環境経済・政策学会 2011 年大会, 2011.9.24, 長崎大学
9. 森本涼子, 加藤博和, 柴原尚希: 交通社会資本整備の LCA 結果の不確実性管理に関する基礎的研究, 第 43 回土木計画学研究発表会(春大会), 2011.5.29, 筑波大学

[その他]

1. 柴原尚希, 伊藤友佳, 森本涼子, 加藤博和: 交通の CO₂ 排出原単位, 日本 LCA 学会ニューツーリズム研究会中間報告書, pp.92-96, 2012.11
2. 伊藤友佳, 森本涼子, 柴原尚希, 加藤博和: 信州パッケージツアーの CO₂ 排出量の算定, 日本 LCA 学会ニューツーリズム研究会中間報告書, pp.134-136, 2012.11
3. 森本涼子, 柴原尚希, 加藤博和: 海外パッケージツアーの CO₂ 排出量の算定, 日本 LCA 学会ニューツーリズム研究会中間報告書, pp.148-152, 2012.11

6. 研究組織

(1) 研究代表者

柴原 尚希 (SHIBAHARA NAOKI)
名古屋大学・環境学研究科・助教
研究者番号: 80509191

(2) 研究分担者なし

(3) 連携研究者なし