

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 14 日現在

機関番号：15501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350475

研究課題名(和文) 東日本大震災の津波避難分析に基づく交通手段選択と渋滞防止戦略に関する研究

研究課題名(英文) Study on Travel Means for Tsunami Evacuation in the 2011 Great East Japan Earthquake and Strategy to Mitigate Traffic Jam in Future Tsunami

研究代表者

村上 ひとみ (Murakami, Hitomi)

山口大学・理工学研究科・准教授

研究者番号：10201807

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：東日本大震災の津波避難アンケート結果(名取市)より、避難の交通手段は自動車が65%を占め、避難開始の遅れとともに渋滞が増し、避難場所の移動で危険が増した。平均では徒歩で0.6km, 10分, 自動車では3.9km, 17分の移動であった。

南海トラフ津波に備える愛知県田原市において徒歩・自転車避難訓練を対象にアンケート調査とGPSロガーによる測定を実施した。距離が1.5km以上と遠い運動公園避難者のうち45%が自転車を利用し、速足がづらい世代に適する。平均避難速度は徒歩が91m/min、自転車が146m/minとなり、自転車は徒歩より標準偏差が小さく到着遅れを減らす効果が見込める。

研究成果の概要(英文)：This study examined the tsunami evacuation questionnaire data of Natori city destroyed by the Great East Japan Tsunami. As for travel means, automobiles share majority of 65% and traffic jam became severer due to delay. Behaviors of going back home and moving from one evacuation place to the other are dangerous in flat plain topography.

Authors investigated benefit of bicycle usage for tsunami evacuation drill in Tahara city facing the high threat of Nankai Trough earthquake. 45% of people evacuating longer distance to Atsumi Sports Park used bicycles, which are suitable for elderly not running well. According to the time measurement at safety lines, delay time of bicycle users is shorter than that of pedestrians. GPS log recordings indicated average velocities of 91m/min for pedestrians and 146m/min for bicycles, and standard deviation is smaller for bicycles than for pedestrians. Active use of bicycles in daily lives will improve elderly self evacuation in long term.

研究分野：都市防災学

キーワード：津波避難 交通手段 東日本大震災 南海トラフ地震津波 避難訓練 アンケート調査 移動速度 自転車避難

1. 研究開始当初の背景

東日本大震災の際、海岸平野の宮城県名取市では死者・行方不明が981人(浸水地域人口の約8%)に及び、石巻市では死者・不明で3,979人と最大規模であった。村上・他(2012)により、自動車避難が名取市で60%、石巻市で50%を超え、車で助かった人が多い一方、渋滞により犠牲者が増えたことが判る。

2. 研究の目的

本研究では代表者らが東日本大震災で実施した避難行動アンケートより避難先と交通手段選択の要因分析を行い、避難開始を早める方策を検討し、避難シミュレーションにより検証する。また南海トラフ地域の住民避難訓練における自転車活用の効果を調査し、減クルマの渋滞防止戦略と避難計画に活用することを目的とする。

3. 研究の方法

(1)東日本大震災の津波避難行動に関する名取市・石巻市のアンケート・データを活用し、警報覚知と危機意識、避難場所と避難交通手段の選択、避難開始時期など、避難遅れの要因を明らかにする。

(2)津波避難事例から、集団としての屋外退避行動が津波避難の促進に寄与する効果を地震前後の動画と避難シミュレーションにより検証する。

(3)南海トラフ津波想定地域における避難訓練時に徒歩と自転車避難の経路・速度等を測定し、アンケート調査を実施し、自転車避難の効用と自動車避難の抑制策を明らかにする。

4. 研究成果

(1)東日本大震災の津波避難行動分析

名取市は仙台市の南に位置し、人口71,460人、世帯数25,507世帯(2009年9月末現在)を擁している。名取市は、2011年3月11日(金)午後2時46分頃発生した東北地方太平洋地震(M=9.0)による大津波の激甚な被害を受けた。浸水地域人口に対する死者・行方不明者の割合は8.1%に達する。

1986年明治三陸津波、1933年昭和三陸津波、1960年チリ地震津波の時、三陸のリアス式海岸では激甚な被害があったが、砂浜海岸地域では被害が小さかった。想定連動型宮城県沖地震に対する津波浸水予測が宮城県によって実施され、津波ハザードマップが2001年に名取市から市民に配布されていた。このマップでは、津波予報4mの場合も、閑上地区の市街地は浸水しない想定となっており、閑上公民館、同小学校、同中学校が地域の避難場所に指定されていた。避難に関するアンケート・データを分析し、以下のことを示した(村上、2014)。

交通手段選択の理由(図1)は、徒歩の場合は避難先が近いから、車の場合は普段の移動手段だから、速くて安全だから、子供や要

介護者がいたからが主である。避難開始時間に対する渋滞等の回答分布(図2)をみると、「渋滞に巻き込まれた」、「渋滞を見た」のカテゴリーは、避難の遅れとともに増加している。

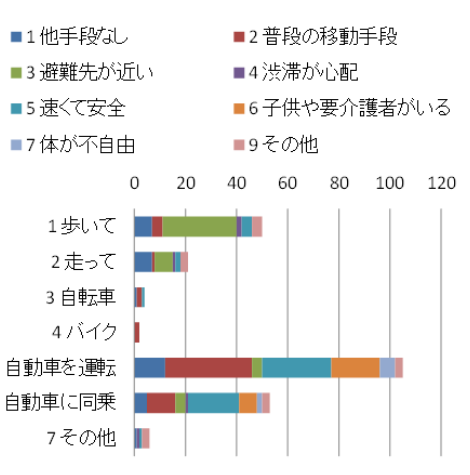


図1 避難の交通手段別、選択理由 (n=241)

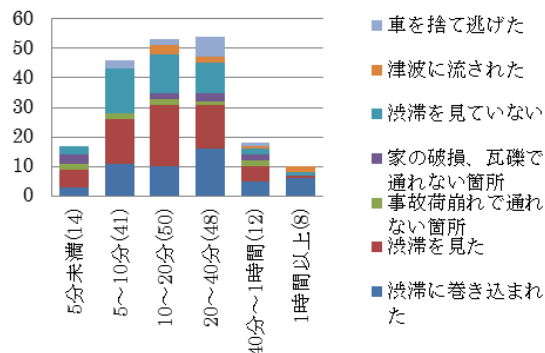


図2 避難開始時期と渋滞状況 (n=173, MR)

避難した人について、要介護の家族有無と身の危険の関係(図3)をみると、巻き込まれた割合は要介護家族がいる場合14%で、要介護家族がいない場合の6%の2倍と高い。避難しなかった人について、要介護の家族有無と身の危険の関係を図4に示す。上階へ逃げた割合は、要介護の家族がいる場合25%となり、要介護の家族がいない場合の34%より低い。

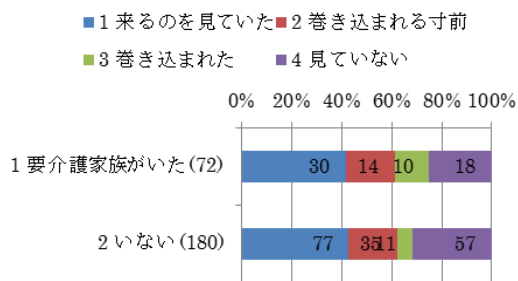


図3 要介護の家族有無による避難した人の身の危険 (n=252)

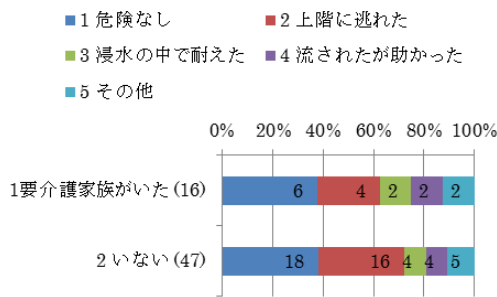


図4 要介護の家族有り無しによる、避難しなかった人の身の危険 (n=63)

(2)強い揺れによる屋外退避行動が津波避難を促す効果の検証

屋内で強い揺れに遭遇した場合、揺れに伴う屋外退避行動が見られる。これは津波避難行動そのものではないが、津波避難開始と密接な関係にあると考えられ、迅速な津波避難の実現のために、両者の関係性を明らかにすることは極めて重要である。土肥・奥村・他(2015)では、2014年チリ北部沖地震津波における商業施設の施設利用者と職員の避難行動に関する聞き取り調査、監視カメラ映像分析、避難行動再現計算を実施することで、津波避難開始と揺れに伴う屋外退避行動の関係性を明らかにした。この結果、屋外退避行動により津波避難を促す屋外の状況にアクセスできるため、結果的に迅速な津波避難が可能になることが分かった。

(3)南海トラフ地震津波に備える地域の自転車避難測定と効果検証

村上・他(2016)では、南海トラフ地震に備える愛知県田原市における津波避難訓練の調査・計測をもとに、住民の避難特性を把握し、自動車に代わる避難手段として自転車の有効性について検討することを目的として、以下のことを明らかにした。

愛知県田原市の概要

愛知県田原市は渥美半島に位置し、1096年以来、11回の津波襲来を受けてきた。堀切校区は田原市の南西部の太平洋沿岸地域で人口は2,012人(2014年11月末)である。

田原市の津波浸水予測地図によると、堀切校区の浸水深は2~5m、津波到達時間(沿岸の潮位が1m上昇する時間)は20~30分である。こうした想定を踏まえて、堀切校区では避難の目標時間を15分に設定している。

堀切校区の津波避難訓練

田原市の堀切校区の津波避難訓練では徒歩を原則としてきたが、2013年7月の訓練で子どもや高齢者の早期避難対策として、初めて自転車での避難を許可した。集落から高台の渥美運動公園まで1.5~2.4kmと距離があることから、津波浸水想定区域から標高1.5m高い場所にセーフティラインを設置してい

る。避難訓練の参加約200名のうち自転車の利用者は毎回30名程度である。避難場所別でみると、自転車利用者は寅之神社と伊良湖岬中学校において1%程度である一方、距離の遠い渥美運動公園では30%存在する。

測定結果

2014年11月の避難訓練時にアンケート調査を行い、津波避難訓練での避難状況、避難意向を把握した。また、セーフティラインにおいて避難者の通過時間を測定し、GPSロガーを用いて住民の避難ログを計測し、移動手段の特性について把握した。

移動手段を選択した理由を図5に示す。徒歩の選択理由は「原則徒歩避難だから」が69%で最も多く、自転車の選択理由(多項目選択)は、「距離が遠い」が68%で最も多い。

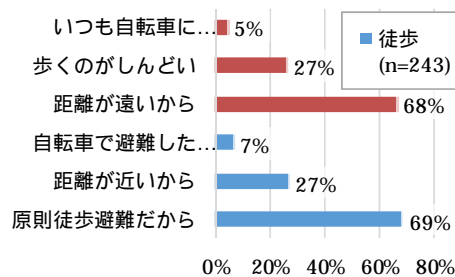


図5 移動手段選択の理由 (MR:多項目選択)

避難場所別の自動車の必要意識(図6)をみると、「使う必要性を感じない」が寅之神社で60%弱、伊良湖岬中学校で40%以上存在するが、渥美運動公園では「出来れば使いたい」または「確実に使いたい」の割合が80%を超え、カイ二乗検定により有意差が認められる。

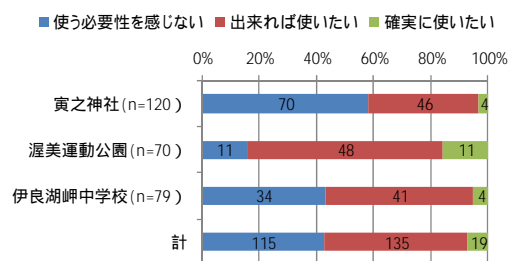


図6 避難場所別の車の必要意識 (n=269)

表1 セーフティライン測定データ

	徒歩	自転車
通過人数(人)	46	31
平均通過時間(分)	13.5	8.9
標準偏差(分)	3.9	2.3
15分以内の通過率	72%	97%
最速通過時間	6分19秒	5分45秒
最遅通過時間	21分42秒	15分52秒

セーフティラインの通過時間を移動手段別に表1に示す。平均通過時間は、徒歩が13.5分、自転車が8.9分であり、自転車が4.6分早い。また標準偏差は徒歩の方が自転車より1.7倍大きく、通過時間の分布が後ろの方に延びている。歩くのが遅い人は、自転車活用により遅れを短縮する可能性があり、自転車の利点として重要といえる。

測定した避難ログの経路を航空写真上に示す(図7)。測定した避難ログの集計結果を表2に示す。

寅之神社への避難路は短いが、集落の中を歩いていくことから、ブロック塀の被害や墓石転倒が人身事故につながる心配がある。渥美運動公園への避難路は集落からハウス栽培畑作地帯の平坦な道のり(傾斜はおよそ $15\text{m}/1000\text{m}=1.5/100$)であり、自転車走行に適するを進み、最後に公園緑地へ向かう急傾斜の車道(傾斜はおよそ $10\text{m}/200\text{m}=5/100$)であり、ギアや電動アシストの無い自転車にはやや走行がづらい)や遊歩道でアクセスしている。なお、自治会では自転車避難の際、急傾斜の車道を通ることを避けて運動公園下最寄りの保育園敷地内に駐輪し、そこから階段を上って集合場所に向かうことを申し合わせている。

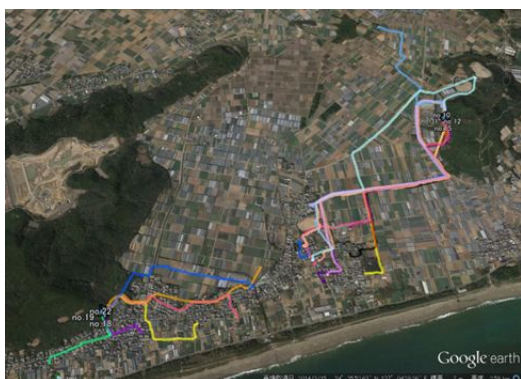


図7 避難ログ経路(n=17)(地図出典: Google earth)

表2 測定した避難ログデータ

		徒歩(p)	自転車(c)
有効サンプル数		12	5
平均避難速度(m/min), μ		90.8	145.6
標準偏差(m/min),		19.2	11.2
平均所要時間(分)	寅之神社(人)	12.1 (4)	-
	渥美運動公園(人数)	20.7 (8)	15.8
平均避難距離(m)	寅之神社	1016.3	-
	渥美運動公園	1867.9	2308.0

避難ログの避難距離と所要時間を移動手段別にプロットした(図8)。1500mから2500mの範囲で測定者の所要時間をみると、自転車

が15分前後に集まり、徒歩は15分から25分に分布していることがわかる。徒歩の平均距離である1868mで見ると、徒歩が21.7分、自転車が12.7分となり、徒歩に比べて自転車の所要時間が約9分短くなる。

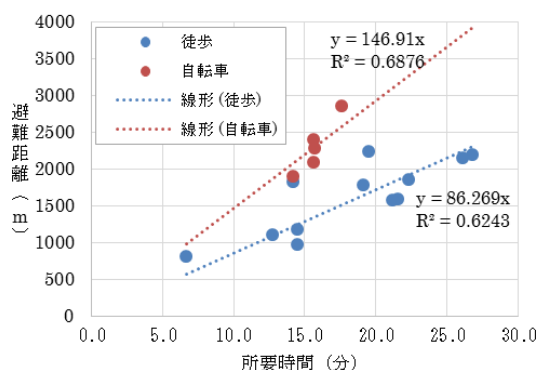


図8 ログによる避難距離と所要時間(n=17)

まとめ

南海トラフ巨大地震の津波に備える愛知県田原市において徒歩と自転車を活用する避難訓練を対象にアンケート調査とセーフティライン通過時間及びGPSログによる測定を実施した。避難手段として徒歩と自転車の特性を比較・分析した結果、自転車の有効性について以下のことが明らかになった。

避難訓練において、距離が1.5km以上と遠い渥美運動公園避難者のうち45%が避難に自転車を利用しており、速く歩くのがつらい年代から評価が高い。実地震時における車の必要意識は、避難場所の比較においても、地区別の地図でもみても、距離が長くなると高くなる傾向にある。

セーフティラインにおける通過時間測定と避難ログの測定調査から、自転車は徒歩よりも所要時間の平均値が早く、標準偏差が小さく、到着遅れの人を減らす効果が見込める。平均避難速度は徒歩が91m/分、自転車が146m/分となり後者が1.6倍速い。

今後の課題として、車が主な交通手段の地域でも、平常からの自転車利用を促すこと、高齢者の健康度を保ち、助けを待つより自分で避難する人を増やす中長期的作戦が望まれる。要支援者の車避難のニーズや車避難の渋滞リスクを地域で話し合い、避難路の防災まち歩きなどで改善に取り組むことも大切である。

<引用文献>

村上ひとみ：2011年東日本大震災による名取市の人的被害と避難遅れ影響要因 被害統計と津波避難アンケートの分析、地域安全学会論文集、No. 24, pp. 101-110, 2014.

土肥裕史、奥村与志弘、小山真紀、清野純史：地震の揺れに伴う屋外への退避行動と津波避難開始の関連性に関する研究、土木

学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.71 ,
pp.1_1609-1_1614 ,
doi:http://doi.org/10.2208/kaigan.71.1_1609, 2015 .

村上ひとみ, 脇浜貴志, 小山真紀, 奥村与志弘: 津波避難における移動手段と自転車活用に関する研究 南海トラフ地震に備える愛知県田原市の訓練事例 -、地域安全学会論文集、No.28, 2016、
http://issj.jp.net/issj-site/wp-content/uploads/2016/03/2015-042.pdf

5 . 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 15 件)

村上ひとみ, 脇浜貴志, 小山真紀, 奥村与志弘: 津波避難における移動手段と自転車活用に関する研究 南海トラフ地震に備える愛知県田原市の訓練事例 -、地域安全学会論文集、No.28, 2016.3、査読有

http://issj.jp.net/issj-site/wp-content/uploads/2016/03/2015-042.pdf

土肥裕史, 奥村与志弘, 小山真紀, 清野純史, 2011 年東北地方太平洋沖地震津波における避難者発生シミュレーション~石巻市門脇地区を対象として~, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学) Vol.71 , pp.1_823-1_831,
doi:http://doi.org/10.2208/jscejsee.71.1_823, 2015, 査読有

土肥 裕史、奥村 与志弘、小山 真紀、清野 純史: 地震の揺れに伴う屋外への退避行動と津波避難開始の関連性に関する研究、土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.71 , pp.1_1609-1_1614 ,
doi:http://doi.org/10.2208/kaigan.71.1_1609, 2015 . 査読有

竹本麻祐、村上ひとみ、小山真紀、高田和幸: 津波避難における移動手段意向に関する調査 南海トラフ地震に備える愛知県田原市の事例、2016 年 3 月、自然災害研究協議会中国地区部会研究論文集、No. 2, pp. 17-20. 査読無

脇浜貴志、村上ひとみ、小山真紀: 南海トラフに備える津波避難手段お課題 愛知県田原市の事例、第 14 回日本地震工学シンポジウム論文集、No. 14, pp. 3256-3262, 2014, 査読無

村上ひとみ: 2011 年東日本大震災による名取市の人的被害と避難遅れ影響要因被害統計と津波避難アンケートの分析、地域安全学会論文集、No. 24, pp. 101-110, 2014, 査読有

土肥 裕史、奥村 与志弘、小山 真紀、湯浅亮、清野 純史: コミュニティにおける津波避難初動過程のシミュレーションモデルの開発、土木学会論文集 B2 (海岸工学) Vol. 70, No. 2, 1_1356-1_1360, 2014, 査読有

土肥 裕史、奥村 与志弘、小山 真紀、清野 純史: 2011 年東北地方太平洋沖地震津波における避難者発生シミュレーション~石巻市門脇地区を対象として~、土木学会論文集 A1 (構造・地震工学) Vol. 171, 1-6, 2015. 査読有

Yuji DOHI, Yoshihiro OKUMURA, Maki KOYAMA and Junji KIYONO: Evacuee Generation Model of the 2011 Tohoku Tsunami in Kadonowaki, Proc. 14th Japan Earthquake Engineering Symposium, Vol. 14, pp.1598-1604, 2014. 査読無

小山真紀、湯浅亮、奥村与志弘、土肥裕史、清野純史: 要援護者を考慮した DEM による避難シミュレーションプログラムの開発、第 14 回日本地震工学シンポジウム論文集、No. 14, pp. 3276-3285, 2014 査読無

柳原純夫、村上ひとみ: 東日本大震災における石巻市内での避難行動 移動パターン・移動距離からの分析、土木学会論文集 A1 (構造・地震工学) Vol. 69, No. 4, 1_1013-1_1020, 2013, 査読有

Murakami, Yanagihara, S., Goto, Y., Mikami, T., Sato, S., Wakiham, T.: Study on casualty and tsunami evacuation behavior in Ishinomaki city - Questionnaire survey for the 2011 Great East Japan Earthquake -, Paper No. 1280, Proc. 10th U.S. National Conf. on Earthq. Engr., 2014, 査読有

喜多村俊朗、村上ひとみ: 津波避難における移動パターンに関する研究-名取・石巻のアンケートを基に-、日本建築学会中国支部研究報告集、No. 37, paper No. 1402, pp.905-908, 2014. 査読無

村上ひとみ、LeoneI Ramos: 津波避難建物の保全と住民避難行動を語り継ぐ大切さ-気仙沼でのヒアリング調査から-、日本建築学会中国支部研究報告集、No. 37, paper No. 1401, pp. 901-904, 2014, 査読無.

奥村与志弘、中道尚宏、清野純史: 想定を超える津波からの避難の特徴と対策 宮城県志津川地区の事例分析、土木学会論文集 B2 (海岸工学) Vol. 69, No. 2, 1_1366-1370, 2013, 査読有

〔学会発表〕(計7件)

村上ひとみ・脇浜貴志：津波避難における
自転車利用のポテンシャル 愛知県田原
市野避難訓練の事例、2015.5.23、土木
学会中国支部研究発表会、山口県宇部市・
山口大学

Yuji DOHI, Yoshihiro OKUMURA, Maki
KOYAMA and Junji KIYONO, Relation
between Starting Tsunami Evacuation and
Behaviors due to Strong Shaking of an
Earthquake, EIT-JSCE Joint
International Symposium on
International Human Resource
Development for Disaster-Resilient
Countries, Young Engineer & Graduate
student Session 1, Sep, 2015, Bangkok,
Thailand.

土肥 裕史、奥村 与志弘、小山 真紀、
清野 純史：2011年東北地方太平洋沖地
震津波の石巻市門脇地区における避難シ
ミュレーション、日本災害情報学会第16
回研究発表会、2014.10.25、新潟県・長岡
市、アオーレ長岡

土肥 裕史、奥村 与志弘、小山 真紀、
清野 純史：2011年東北地方太平洋沖地
震津波における避難者発生シミュレーシ
ョン～石巻市門脇地区を対象として、平成
26年度土木学会地震工学研究発表講演会、
2014.10.10、新潟県・長岡市、まちなかキ
ャンパス長岡

土肥 裕史、奥村 与志弘、小山 真紀、
清野 純史：津波避難初期過程におけるコ
ミュニティのシミュレーションモデルの
構築、平成26年度土木学会全国大会第69
回年次学術講演会、2014.9.11、大阪大学
豊中キャンパス、大阪府・豊中市。

Yoshihiro OKUMURA, Naairo NAKAMICHI,
Junji KIYONO: Numerical analysis of
evacuation behavior in tsunami exceeded
expectation, 10th Asia Oceania
Geosciences Society (AOGS), Brisbane,
Australia, 2013.6.26-6.23

Yoshihiro OKUMURA, Naairo NAKAMICHI,
Junji KIYONO: Evacuation behavior
characteristics during the 2011 Tohoku
Tsunami, EIT-JSCE Joint International
Symposium on International Human
Resource Development for
Disaster-Resilient Countries, Bangkok,
Thailand, 2013.9.12

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

村上 ひとみ (MURAKAMI, Hitomi)
山口大学・大学院理工学研究科・准教授
研究者番号：10201807

(2) 研究分担者

小山 真紀 (田原 真紀) (KOYAMA, Maki)
(TAHARA, Maki)
岐阜大学流域圏科学研究センター・准教授
研究者番号：70462942

奥村 与志弘 (OKUMURA, Yoshihiro)
京都大学大学院地球環境学堂・助教
研究者番号：80514124

(3) 連携研究者