

令和 6 年 6 月 25 日現在

機関番号：33908

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K11350

研究課題名（和文）スプリントアシステッドトレーニングは最大疾走速度を向上させるのか

研究課題名（英文）Does sprint-assisted training improve maximum sprinting speed?

研究代表者

眞鍋 芳明（MANABE, Yoshiaki）

中京大学・スポーツ科学部・教授

研究者番号：50406675

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,700,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は下り坂および追い風の補助がスプリントにおける最大速度局面のキネマティクスに与える影響を明らかにすることである。得られた研究成果は下記の通りである。

1. 下り坂スプリントでは安全性の観点から $3^{\circ}$ 以下の斜度が推奨されること。2. 追い風スプリントは他のアシステッド・スプリントと比較して、唯一ピッチの増大を目的としたトレーニングとして活用できる可能性があること。3.  $6.0\text{m/s}$ という強い追い風においては、超最大速度でのスプリントに適応できる走者とそうでない走者が存在すること。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究のオリジナリティとして、これまで明らかにならなかったアシステッド・スプリントとしての下り坂および追い風条件下でのスプリントキネマティクスを明らかにした点が挙げられる。特筆すべきは下り坂におけるキネマティクスデータの測定、算出方法を確立した点、安定した追い風条件を整えるための屋内走路および各種扇風機を用いた実験環境の構築は高いオリジナリティを有していると自負している。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to determine the effect of downhill and tailwind assistance on the kinematics of the maximum speed phase in sprinting. The results of the study are as follows; 1. For downhill sprints, a slope of  $3^{\circ}$  or less is recommended for safety reasons. 2. Tailwind sprints may be the only training that can be used to increase pitch compared to other assisted sprints. 3. In a strong tailwind of  $6.0\text{ m/s}$ , some runners can adapt to sprinting at super maximum speed, while others cannot.

研究分野：バイオメカニクス，トレーニング科学

キーワード：下り坂走 追い風走 アシステッドスプリント 超最大速度

### 1. 研究開始当初の背景

研究開始当初は最大疾走速度を高めるための最適なトレーニング方法についての知見が不足している状況であった。多くのスポーツにおいて速く走る能力は競技パフォーマンスを左右する重要な要因である。そのなかでも純粋に速く走ることを競う競技として、陸上競技の短距離走があげられる。その100m走の競技パフォーマンスと非常に強い関係にあるのが、レース中において発揮される最大疾走速度である。これまでに疾走速度を向上させるために様々なトレーニングが考案、研究されてきた (Rumpf et al. 2016) が、その内容は大きく2つに分けられる。

一つは疾走そのもの、もしくはその派生動作を行うことによって、直接的に疾走能力を向上させるようとするもので、もう一つがレジスタンストレーニングやプライオメトリックスなどにより、筋力や神経の機能を向上させ、間接的に疾走能力を向上させようとする方法である。いずれも疾走能力向上に対してポジティブな研究成果が得られているが、トレーニングには特異性の原則があることから、前者のほうがより効果量は大きいことが知られている。そして、これまでの研究における問題点として、疾走能力の評価において任意の距離における移動時間、特に20~40m前後の距離を主な評価項目として用いている点があげられる。そのため、一個人としての本来の疾走能力である最大疾走速度に対するトレーニング効果は明らかにされていない。

直接的に疾走能力を向上させるトレーニング方法は3つに大別される。単純に無負荷での疾走そのものでトレーニングするもの、スレッドやバンド、上り坂などを用いて疾走に負荷を加えるレジステッドスプリント、そして牽引機器や下り坂、さらに追い風を利用したアシテッドスプリントである。なかでもアシテッドスプリントは超最大速度を体感できることから、疾走技術改善により最大疾走速度向上の期待もたれる。アシテッドスプリントが疾走能力に及ぼす影響として、牽引機器を用いて検証したものは多く認められるが、最大疾走速度と下り坂との関係を検証したものは数少なく、さらに追い風との関係について検証したものはほとんど認められない。

### 2. 研究の目的

本研究課題では、超最大疾走速度を体感させるアシテッドスプリントトレーニングが最大疾走速度向上に有用かどうかを検証することを目的とした。前述のようにゴムや滑車などの牽引機器を用いたアシテッドスプリントトレーニングについては様々な研究が行われている。しかしながら、こうした牽引機器は全て走者の腰部を牽引するものであるため、疾走時の運動感覚が異なるという欠点がある。また、最も一般的に使用されるゴムをつかったアシテッドスプリントトレーニングでは素材の特性上、走り出し初期で最も大きなアシストが加わり、最大疾走速度が出現するタイミングでは牽引力は発揮されていないという欠点も認められる。それ故、本研究で採用するアシテッドスプリントトレーニングは疾走局面全体において走者をアシストすることができ、さらに身体全身に対して影響を与える追い風ならびに下り坂を用いる。

### 3. 研究の方法

本研究においては、当初はアシテッドスプリントトレーニングの即時効果と長期的効果という2つの研究課題を設定したが、実際に研究を進めたところ、下り坂条件および追い風条件の設定に時間を要した。そのため下り坂がスプリントに与える影響を研究課題1、追い風がスプリントに与える影響を研究課題2と再設定しなおして研究を進めた。

#### (1) 研究課題1-1: 異なる斜度の下り坂がスプリントに与える影響

被験者は陸上競技を専門とする17名の男子大学生。平地(0°)と、下り坂として5つの斜度(1°, 2°, 3°, 4°, 5°)で50mのスプリントを実施した。ハイスピードカメラを用いて40~50m区間を撮影し(240Hz)、ステップパラメーターとキネマティクスデータを算出した。なお斜度におけるキャリブレーションは図1のように実施した。

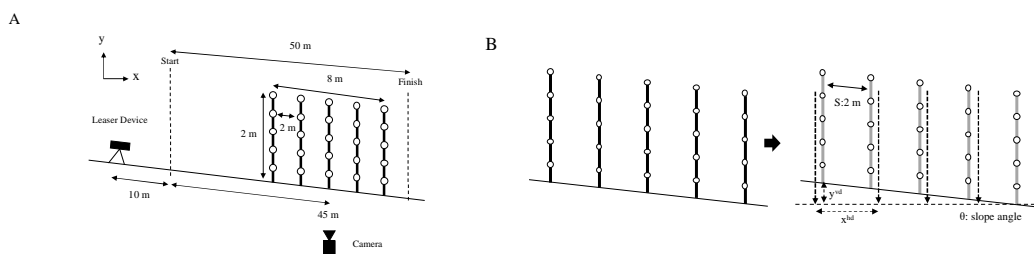


図1 実験環境とグローバル座標系の定義

A: キャリブレーションポールの設定方法

B: 座標変換の概念図。各座標の高さ ( $y^{vd}$ ) を右下端の基準位置に座標変換し、水平距離の真値 ( $x^{hd}$ ) を算出。

- (2) 研究課題 1-2: 異なる斜度の下り坂スプリントが固有スプリントに与える即時的な影響  
 被験者は陸上競技を専門とする 23 名の男子大学生。事前に計測した 60m スプリントのパフォーマンスから 3 つの群 ( $0^\circ$ ,  $3^\circ$ ,  $5^\circ$ ) に振り分けた。実験は Pre 計測 (平地での 60m スプリント), 各群の介入 (各斜度における 60 スプリントを 5 セット), Post 計測 (平地での 60m スプリント) とした。Pre 計測および Post 計測はハイスピードカメラを用いて 40~50m 区間を撮影し (240Hz), ステップパラメーターとキネマティクスデータを算出した。
- (3) 研究課題 2: 最大速度局面における異なる風速の追い風がスプリントに与える影響  
 被験者は陸上競技を専門とする 13 名の男子大学生。自然に発生する風の影響を受けない屋内走路で実施。複数の扇風機において 30~60m 区間に 3 種類の追い風条件 (Non: 0m/s, Low: 2.5m/s, High: 6.0m/s) を生じさせ (図 2), 60m の追い風スプリントを実施した。20 台のモーションキャプチャーシステムを用いて 40~50m 区間を撮影し (500Hz), ステップパラメーターとキネマティクスデータを算出した。

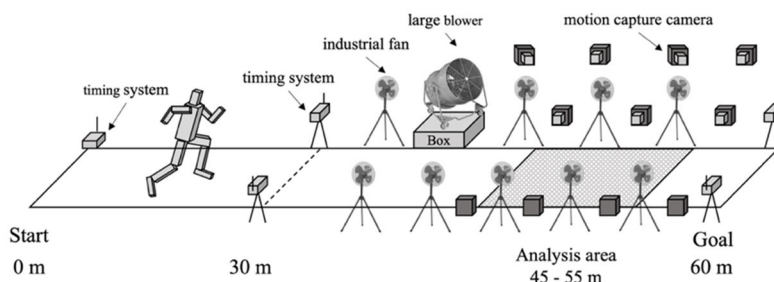


図 2 実験環境の模式図

#### 4. 研究成果

##### (1) 研究課題 1-1: 異なる斜度の下り坂がスプリントに与える影響

全ての斜度条件において疾走速度は平地よりも増大し, さらに  $4^\circ$  および  $5^\circ$  条件では他の斜度よりもさらに増大した。また,  $1^\circ \sim 3^\circ$  の斜度条件ではステップパラメーターに僅かな変化が認められたが,  $4^\circ$  および  $5^\circ$  条件では大きな変化が認められた (図 3)。主な変化として  $4^\circ$  条件では接地時における遊脚大腿が後方に位置したことで,  $5^\circ$  条件では支持脚の膝関節屈曲角度が増大したことであった (図 4)。これらの動作は下り坂スプリントにおける疾走速度の増大や斜度差を生み出す構造に起因することが考えられる。このように下り坂の斜度によってスプリントキネマティクスには異なる影響が生じることが示唆された。

Condition	SV [m/s]	SL [m]	SR [Hz]	SD [m]	FD [m]	On-D [m]	Off-D [m]	ST [sec]	FT [sec]
$0^\circ$	9.55 ± 0.47	2.18 ± 0.14	4.40 ± 0.39	1.03 ± 0.06	1.15 ± 0.11	0.45 ± 0.03	0.57 ± 0.03	0.106 ± 0.009	0.123 ± 0.014
$1^\circ$	9.86 ± 0.53	2.22 ± 0.11	4.45 ± 0.35	1.06 ± 0.06	1.15 ± 0.09	0.46 ± 0.05	0.59 ± 0.04	0.106 ± 0.009	0.120 ± 0.011
$2^\circ$	9.90 ± 0.45	2.26 ± 0.09	4.40 ± 0.32	1.06 ± 0.05	1.18 ± 0.06	0.45 ± 0.04	0.61 ± 0.03	0.106 ± 0.008	0.123 ± 0.010
$3^\circ$	9.99 ± 0.52	2.25 ± 0.10	4.45 ± 0.36	1.02 ± 0.05	1.22 ± 0.09	0.43 ± 0.05	0.59 ± 0.03	0.102 ± 0.010	0.124 ± 0.012
$4^\circ$	10.54 ± 0.46	2.33 ± 0.13	4.54 ± 0.34	1.09 ± 0.06	1.24 ± 0.08	0.45 ± 0.04	0.63 ± 0.05	0.101 ± 0.008	0.120 ± 0.010
$5^\circ$	10.64 ± 0.54	2.37 ± 0.15	4.51 ± 0.38	1.04 ± 0.06	1.31 ± 0.12	0.42 ± 0.04	0.61 ± 0.03	0.098 ± 0.009	0.125 ± 0.012
Main Effect									
F (5,80)	38.75	11.22	1.94	6.15	13.32	4.30	8.01	9.68	1.38
Effect size ( $\eta^2$ )	0.38	0.21	0.02	0.13	0.27	0.10	0.20	0.10	0.03
P value	<0.001*	<0.001*	0.096	<0.001*	<0.001*	0.002*	<0.001*	<0.001*	0.243
Tukey test	0 < 1,2,3,4,5 1,2,3 < 4 1,2,3 < 5	0 < 4,5 1 < 4 1,2,3 < 5	n.s.	0 < 4 3,5 < 4	0 < 4,5 1 < 4 1,2,3,4 < 5	5 < 0 3,5 < 1	0 < 2,4,5 1,3 < 4	3,4,5 < 0 3,4,5 < 1 4,5 < 2	n.s.

図 3 ステップパラメーター

SV: 疾走速度, SL: ステップ長, SR: ステップ頻度, SD: 支持距離, FD: 滞空距離, On-D: タッチダウン距離, Off-D: テイクオフ距離, ST: 支持時間, FT: 滞空時間。Tukey test は条件間の比較を示し, 数字は斜度を示す (例:  $0^\circ = 0$ ,  $1^\circ = 1$ ;  $p < 0.05$ )。

Condition	Touch down [°]						Take-off [°]				
	Hip	Knee	Ankle	Thigh	Shank	Hip	Knee	Ankle	Thigh	Shank	
0°	137.9 ± 4.5	156.6 ± 4.5	117.4 ± 6.8	30.1 ± 3.0	6.8 ± 3.0	198.0 ± 6.4	154.6 ± 5.7	136.8 ± 7.0	-28.2 ± 4.4	-53.6 ± 3.2	
1°	136.2 ± 5.8	158.4 ± 7.4	120.2 ± 6.9	30.6 ± 4.4	8.9 ± 4.9	195.7 ± 5.2	151.4 ± 5.6	137.6 ± 6.4	-26.9 ± 3.6	-55.5 ± 3.9	
2°	136.6 ± 6.5	156.3 ± 6.5	117.5 ± 9.6	30.1 ± 4.2	6.4 ± 3.5	196.0 ± 6.5	149.1 ± 5.0	135.5 ± 8.4	-27.4 ± 3.7	-58.4 ± 4.0	
3°	142.1 ± 6.4	160.1 ± 6.4	122.4 ± 8.0	27.4 ± 4.6	7.5 ± 3.9	196.7 ± 7.6	150.4 ± 7.3	134.3 ± 5.7	-26.9 ± 6.3	-56.5 ± 4.4	
4°	137.8 ± 8.9	156.6 ± 9.5	120.8 ± 11.9	28.9 ± 4.7	5.5 ± 5.9	200.4 ± 7.2	151.2 ± 7.9	131.8 ± 8.8	-30.2 ± 5.0	-59.0 ± 4.0	
5°	143.7 ± 6.1	160.7 ± 6.8	125.7 ± 11.8	26.0 ± 4.4	6.7 ± 5.5	198.0 ± 6.7	145.4 ± 5.5	137.3 ± 8.2	-27.4 ± 4.5	-61.9 ± 3.0	
Main Effect F (5,80)	5.44	2.53	2.21	5.73	1.67	1.46	4.63	2.97	1.16	22.69	
Effect size ( $\eta^2$ )	0.16	0.06	0.09	0.13	0.05	0.05	0.16	0.07	0.06	0.33	
P value	<0.001*	0.035*	0.061	<0.001*	0.152	0.210	<0.001*	0.016*	0.338	<0.001*	
Tukey test	1,2 < 5	n.s.	n.s.	0 < 5 1 < 3 1,2 < 5	n.s.	n.s.	5 < 0 5 < 1	4 < 1,5	n.s.	2,3,4,5 < 0 4,5 < 1 5 < 2,3	

図4 接地および離地の関節角度

(2) 研究課題 1-2: 異なる斜度の下り坂スプリントが固有スプリントに与える即時的な影響  
 全ての条件において, トレーニング前後 (Pre vs Post) においてステップパラメーターでは有意差は認められなかった (図5). 本研究で設定した下り坂条件では, ステップパラメーターに影響をおよぼす程の Post-activation performance enhancement は認められなかった. しかしながら, キネマティクスデータをみると, 唯一 5° 条件において支持時間が増大し, 支持期における膝関節の屈曲から伸展の切り替わるタイミングが遅くなった (図6). これらのことから, 異なる斜度のスプリントトレーニングは, 斜度によって即時的な影響は異なることが示唆された.

Group (total n=23)		Sprint Velocity	Step Length	Step Rate	Contact Time	Flight Time
		[m/s]	[m]	[Hz]	[s]	[s]
0° (n=8)	Pre	9.48 ± 0.31	2.16 ± 0.08	4.39 ± 0.15	0.112 ± 0.005	0.116 ± 0.009
	Post	9.40 ± 0.33	2.14 ± 0.16	4.41 ± 0.26	0.111 ± 0.008	0.116 ± 0.011
	ES (d)	0.25	0.16	0.09	0.15	0.00
3° (n=7)	Pre	9.46 ± 0.18	2.16 ± 0.08	4.39 ± 0.13	0.111 ± 0.006	0.119 ± 0.004
	Post	9.54 ± 0.28	2.16 ± 0.10	4.42 ± 0.23	0.116 ± 0.007	0.111 ± 0.008
	ES (d)	0.34	0.00	0.16	0.77	1.26
5° (n=8)	Pre	9.55 ± 0.34	2.13 ± 0.11	4.48 ± 0.15	0.107 ± 0.006	0.116 ± 0.009
	Post	9.52 ± 0.19	2.18 ± 0.09	4.38 ± 0.15	0.117 ± 0.008	0.112 ± 0.008
	ES (d)	0.11	0.50	0.67	1.41	0.47
Main effect (Group)	F	0.22	0.02	0.08	0.22	0.14
	p value	0.802	0.985	0.923	0.806	0.868
	partial $\eta^2$	0.02	0.00	0.01	0.02	0.01
Main effect (Pre-Post)	F	0.05	0.15	0.13	8.09	4.17
	p value	0.826	0.699	0.724	0.010*	0.055*
	partial $\eta^2$	0.00	0.01	0.01	0.29	0.17
Interaction Effect (Group × Pre-Post)	F	1.23	0.69	0.82	3.36	1.36
	p value	0.316	0.515	0.454	0.055*	0.276
	partial $\eta^2$	0.11	0.06	0.08	0.25	0.12

\*:  $p \leq 0.05$  significantly different.

†: Significant difference of Bonferroni test

図5 各群のステップパラメーター

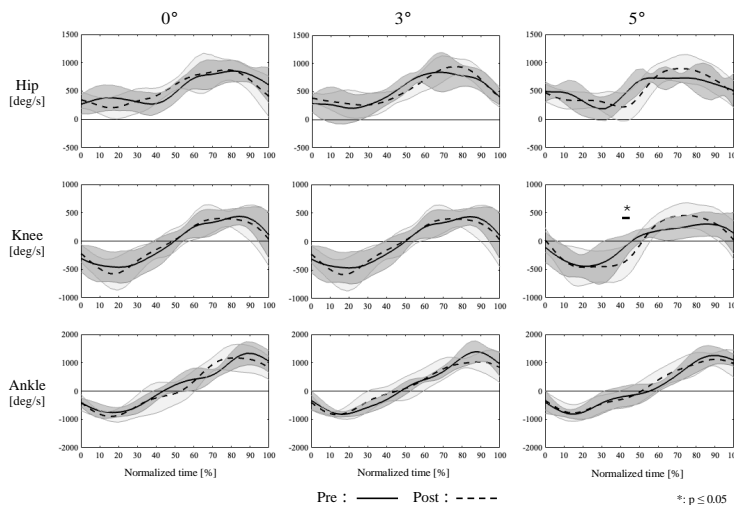


図6 支持期における支持脚下肢三関節角速度変化

(3) 研究課題 2：最大速度局面における異なる風速の追い風がスプリントに与える影響  
 追い風 (Low 条件および High 条件ともに) の補助を受けたスプリントでは、無風時よりも疾走速度が増大した。しかし、ステップ長、ステップ頻度、関節角度および角速度に優位な差は認められなかった。この結果は、追い風の補助に対す被験者個々の適応が異なったことが原因として考えられる (図 7)。

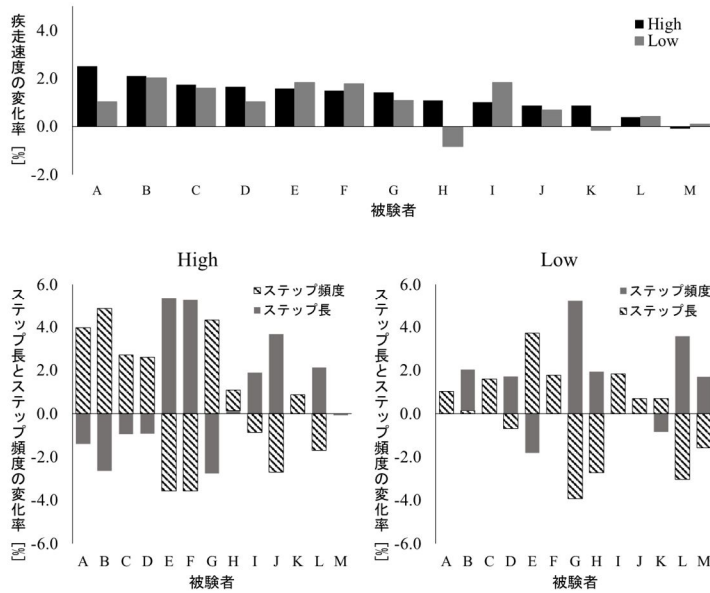


図 7 Non 条件を基準とした Low 条件および High 条件の変化率  
 上段：被験者別の疾走速度変化率  
 下段：被験者別のステップ長およびステップ頻度変化率

引用文献

Rumpf, M. C., Lockie, R. G., Cronin, J. B., & Jalilvand, F. (2016). Effect of different sprint training methods on sprint performance over various distances: A brief review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(6), 1767-1785.

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 2件）

1. 著者名 中山滉一, 榎将太, 牧野瑞輝, 庄司一眞, 眞鍋芳明	4. 巻 21
2. 論文標題 異なる斜度の下り坂走が平地走に与える即時的な影響	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 日本陸上競技学会誌	6. 最初と最後の頁 1-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kouichi Nakayama, Kazuma Shoji and Yoshiaki Manabe.	4. 巻 21
2. 論文標題 Effect of Downhill Declination on Sprint Kinematics.	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Int. J. Sport and Health Sci.	6. 最初と最後の頁 64-73
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5432/ijshs.202328	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 中山滉一, 榎将太, 安藤優香, 庄司一眞, 眞鍋芳明
2. 発表標題 風速の異なる追い風が疾走に与える影響 - 個人のステップパラメータの変化に着目して -
3. 学会等名 日本陸上競技学会21回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中山滉一, 庄司一眞, 眞鍋芳明
2. 発表標題 下り坂走における斜度の変化が疾走動作に与える影響
3. 学会等名 日本体育学会第19回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中山滉一, 榎将太, 牧野瑞輝, 庄司一眞, 眞鍋芳明
2. 発表標題 異なる斜度の下り坂走が固有走に与える影響
3. 学会等名 日本スプリント学会第32回宮崎大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中山滉一, 庄司一眞, 眞鍋芳明
2. 発表標題 下り坂疾走における斜度の変化が疾走動作に与える影響
3. 学会等名 日本陸上競技学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. Nakayama, M. Makino, M. Okudaira, S. Enoki, J. Koizumi and Y. Manabe.
2. 発表標題 Characteristics of the steps in each section in a tailwind sprint.
3. 学会等名 XXIX Congress of international/ japanese society of biomechanics (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中山滉一, 牧野瑞輝, 奥平柁道, 榎将太, 小泉潤, 眞鍋芳明
2. 発表標題 異なる区間の追い風がスプリントの最大速度とステップに与える影響
3. 学会等名 第22回日本陸上競技学会
4. 発表年 2023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
--	---------------------------	-----------------------	----

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