

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 27 日現在

機関番号：23903

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2022

課題番号：20K13103

研究課題名（和文）第二言語における文字と音声の同時処理-反応時間、眼球運動、脳活動からの考察-

研究課題名（英文）Effects of simultaneous processing of visual and auditory stimuli in second language: Evidence from reaction time, eye-tracking, and brain activity

研究代表者

梶浦 真由美 (Kajiura, Mayumi)

名古屋市立大学・大学院人間文化研究科・准教授

研究者番号：70849025

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,800,000円

研究成果の概要（和文）：マルチモーダルな刺激入力の外国語学習への影響を行動データ、眼球運動データ、脳活動データから検証した。143名が参加した4方法を比較する6日間集中オンラインリスニングトレーニング実験の結果から、聴解練習を繰り返すよりも聴解と読解を併用した練習の方が有意に学習効果が高いことが判明した。32名の英語母語話者、53名の非母語話者が参加した視線計測実験結果によると、マルチモーダルな入力刺激が理解を促進するかどうかは、読み手の要因や提示方法により、効果に違いが見られた。更に14名の被験者については眼球運動と共に脳活動も同時計測し、マルチモーダル刺激処理時の脳活動も学習者の特性によって異なることが判明した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ビデオキャプション等外国語のマルチメディア学習方法は効果が高いとされているが、マルチモーダルな情報入力処理を行動データのみならず、眼球運動、脳活動からも分析した研究は少ない。これら3側面から検証した結果、学習者の読解速度が提示音声よりも速いか遅いかにより、マルチモーダル入力効果が阻害される可能性があり、音声提示速度や学習者要因がインプットの効果に影響を与えることを示した点で、外国語学習研究分野に貢献できたと考えられる。同時提示される音声は読解を促進、または阻害する場合もあることから、脳内には視覚処理、聴覚処理と異なるチャンネルを持つ可能性があり、ワーキングメモリ仕組み解明への一助となったと考えられる。

研究成果の概要（英文）：In four different online 6-day intensive listening training experiments using reading comprehension texts and audio, 143 people participated, and it was found that training with multimodal input, such as simultaneous presentation of audio and reading comprehension texts, was significantly more effective for learning than training with repeated listening only. The results of the eye movement experiment in which 32 native speakers and 53 non-native speakers participated when reading and speech were presented simultaneously revealed that whether multimodal stimuli promote comprehension depends on the reader factor and presentation method. In addition to that, the brain experiment in which 14 non-native speakers participated showed that the brain activity also varies depending on learner characteristics. The multi-modal learning method such as using video captions has different effects depending on both learner (e.g., proficiency) and input (e.g., speech speed) characteristics.

研究分野：外国語教育

キーワード：第二言語習得 マルチモーダルインプット 第二言語リスニング 視線計測 NIRS 脳活動計測 オンライン短期集中リスニングトレーニング

1. 研究開始当初の背景

第二言語において、ビデオキャプションのように視覚刺激と聴覚刺激の組み合わせのようなマルチモーダルな情報を得ることは、理解や学習を促進する(Perez, 2014)とされている一方で、認知的な側面では、多くの情報を処理するために注意資源を配分しなければならず、負荷がかかり、理解や学習を阻害する可能性もある(Kruger, et al., 2018)。音声と同時に提示された視覚情報が、音声理解を助けるか否か検証した多くの研究があるが、結果は一致していない。また、個人の習熟度、ワーキングメモリ容量、年齢、入力刺激のレベル等、様々な要因がマルチモーダル入力の効果に影響を与えている(e.g., Rodgers, 2016)。音声と視覚情報(文字)が同時提示された場合、マルチモーダル入力の効果に影響を与える要因の1つは、提示された発話の速度と個人の読解流畅度との関係かもしれない。Brybaert (2019)は、第一言語において黙読は音読よりも速いことを示しているが、言い換えれば母語話者にとって話し言葉のテキストは書き言葉よりも処理に時間がかかることを示唆している。一方、多くの非母語話者(英語学習者)は、母語話者の発話速度についていけないという問題を抱えている。また、複数感覚刺激の同時処理は、個人のワーキングメモリ容量、とりわけシフティング(課題遂行に必要なセットに切り替える能力)、抑制能力(必要に応じて意図的に刺激を制御する能力)や習熟度に影響される可能性がある。本研究は、読解文に同じ内容の音声と同時に提示した場合、理解を促進するのか、それとも認知的負荷が高くなりワーキングメモリ内の注意配分がうまくできず理解を阻害するのかを、行動データ(正答率、反応時間)、眼球運動データ、脳機能イメージングデータの3側面から検証する。行動データからは同時音声刺激の第二言語学習への有益性を、眼球運動からは効率的な読解パターンを探求し、更には複数感覚からのクロスモーダルな情報を処理することによる脳内の負荷を脳機能イメージングデータから検証することを試みた。この結果は、近年第二言語習得分野で注目を集めている第二言語のシャドウイングやビデオキャプション等様々なマルチメディアの学習方法に応用できる可能性があると考えた。

2. 研究の目的

第二言語において、文字(読解文)と同じ音声と同時に提示された場合、情報量が増えることにより理解度が向上する可能性がある一方で、認知的負荷が増し逆に理解を阻害する可能性がある。本研究は、同時提示された音声は読解にどのような影響を与えるのか、行動データ(トレーニング効果)、眼球運動データ、脳機能イメージングデータにより詳細に観察し、同時提示された音声刺激の有益性や効率的な読解パターン、複数感覚からのクロスモーダルな情報を処理する際の脳内の負荷を観測することを目的としている。

以下研究課題である。

- 1. 行動実験(4種類の方法を用いたオンラインリスニングトレーニング効果の比較)**
音声英文同時提示の普通速聴解&読解練習と速聴練習(条件1)、音声のみ提示による普通速聴解練習と速聴練習(条件2)、英文のみ提示の読解練習と速聴練習(条件3)、英文と日本語訳提示の読解練習と速聴練習(条件4)の、4種類の6日間集中オンラインリスニングトレーニングのうち、どのような条件下での学習方法が効果的か?
- 2. 視線計測実験(2条件での眼球運動を比較)**
読解文のみの処理(条件1)と音声と同時に提示された読解文の処理(条件2)では、どちらが理解を促進するか? 眼球運動測定から観察したそれらの読解の特徴はどのようなものか?
- 3. 脳活動計測実験(2条件での脳活動を比較)**
読解文のみの処理(条件1)と音声と同時に提示された読解文の処理(条件2)では、どちらが脳内における認知負荷がかかるか?

3. 研究の方法

主に以下の3つの実験を行った。

- 1. 行動実験(4種類の方法を用いたオンラインリスニングトレーニング効果の比較)**
 - ・参加者は日本人英語学習者 143 名で、学習方法の異なる4つのグループに分け、約 2 時間 X 6 日間の短期集中リスニングトレーニングをオンラインで実施し、4条件でのトレーニングの効果を検証した。
 - ・2日目から5日目まで、4条件別に行った一日のトレーニングは、以下の通りである。
 - 条件1のトレーニング方法
1回目:音声英文同時提示の普通速聴解&読解練習 + 2回目:速聴練習
 - 条件2のトレーニング方法
1回目:音声のみの提示による普通速聴解練習 + 2回目:速聴練習
 - 条件3のトレーニング方法
1回目:英文のみの提示の読解練習 + 2回目:速聴練習
 - 条件4のトレーニング方法
1回目:英文と日本語訳の提示の読解練習 + 2回目:速聴練習

- ・TOEIC テスト公式問題 1,2,3(各テキストには2つのリスニングテストを含む)を国際ビジネスコミュニケーション協会出版より許可を得て、4つのバージョン(4日間毎日異なった問題を使用)の TOEIC リスニングテスト 100 問をトレーニングに使用した。
- ・毎回1回目の練習は、音声英文同時提示での聴解 & 読解同時練習(条件1)、音声のみ提示での聴解練習(条件2)、英文のみ提示での読解練習(条件3)、英文と日本語訳提示での読解練習(条件4)で、2回目の練習は全て速い速度での音声による聴解練習(条件1、2、3、4)を実施した(図1参照)。

1日目 (TOEICリスニング事前テスト)		
2日目～5日目 リスニング トレーニング (2時間程度)	1回目練習	2回目練習
	条件1:音声トランスクリプト(英文)同時提示 条件2:音声(普通速) 条件3:トランスクリプト(英文) 条件4:トランスクリプト(英文、日本語訳)	全ての条件 速聴練習 (音声のみ)
6日目 (TOEICリスニング事後テスト)		

図1.トレーニング全体の流れ

- ・1日目と6日目にはそれぞれ異なるバージョンの TOEIC リスニングテストを使用し、事前事後のリスニングテストを行い、それぞれの条件の得点の伸長度を条件別の学習効果として比較した。
- ・個人特性を計測するために、音声のデジットスパン課題(順唱、逆唱)、リスニングスパン課題を測定した。

2. 視線計測実験(2条件での眼球運動を比較)

- ・視覚提示された英文のみを提示した場合(条件1)と音声と英文を同時提示した場合(条件2)において、実験参加者の眼球運動を測定した。
- ・実験参加者は、英語母語話者 32 名と日本人英語学習者 53 名である。
- ・刺激は、Ushiro & Sakuma (2000), Baddeley, et al. (1995) を参考に、意味性判断課題 80 問(It is obvious that a tomato is a vegetable that is blue, isn't it? 英文が意味的正しいかどうかを Yes/No で判断)を作成した。条件間ではカウンターバランスをとった。意味性判断課題を行うことにより、ただ読むだけでなく、理解を伴う読解時の眼球運動を測定できると考えた。
- ・名古屋大学の EyeLink1000 をお借りして、課題遂行中の反応時間、課題文読解中の注視回数、キーワードへの戻り読み回数等の眼球運動を観察した。
- ・グループ別(英語母語話者、日本人英語学習者)に一般化線型混合モデル(固定効果:提示方法と個人の読解流畅度、ランダム効果:項目と被験者)にて分析した。

3. 脳活動計測実験(2条件での脳活動を比較)

- ・上記 2 と同じ条件で、名古屋大学にて EyeLink1000 と NIRS: Near Infrared Spectroscopy(近赤外分光法)を用いて微弱な光で計測する装置 Neu WOT 100 をお借りして、眼球運動と脳活動を同時計測し、個人差要因とそれぞれの条件における眼球運動や脳活動の特徴を観測した。
- ・個人特性を計測するために、アンチサッカー課題、デジットスパン課題(順唱、逆唱)、音声と文字提示による語彙力(音声情報処理と視覚情報処理の preference を測定する目的)も測定した。
- ・実験材料は実験 1 と同じ意味性判断課題を使用した。日本人英語学習者である 14 名の大学院生、大学生を対象に実験を行った。
- ・脳計測は Neu WOT 100 の 10 チャンネルで、前頭前野・前額部の血流変化を計測した。
- ・分析は個人解析とし、前頭前野の活動を各チャンネルごとに z スコア化し、各条件ごとの平均値を算出し比較した。

4. 研究成果

同時提示音声は読解や聴解、さらに学習効果にどのような影響を与えるのかを検証するために3つの実験(読解文と音声を使用した4種類の6日間集中オンラインリスニングトレーニング実験、読解文のみと読解文と音声の同時提示した条件を比較した視線計測実験、脳活動計測実験)を行い、以下のことが明らかになった。

1. 行動実験(4種類の方法によるオンラインリスニングトレーニング効果の比較)

- ・143 名が参加したオンライン集中リスニングトレーニング実験では、2回目は全て TOEIC リスニングテストを使用した速聴練習であったが、1回目の練習は、4種の方法による練習を行い、その効果に違いがあった(それぞれ異なった問題を使用した事前事後テストにおいて1日目に実施した事前テストの得点から6日目に実施した事後テストの得点への伸長度に違いがあった)。

・リスニングのみ繰り返すトレーニング(条件2:1回目普通速での聴解練習+2回目速聴練習)よりもリーディング後リスニングをするトレーニング(条件3:1回目トランスクリプト英文読解+2回目速聴練習)やリーディングとリスニングを同時提示してからのリスニングトレーニング(条件1:1回目普通速音声+トランスクリプト英文同時提示+2回目速聴練習)、日本語訳と英文を同時に提示してからのリスニングトレーニング(条件4:1回目トランスクリプト英文、日本語訳読解+2回目速聴練習)の方が有意に効果(1日目に実施した事前テストから6日目に実施した事後テストへの伸長度を比較、事前テストと事後テストは異なるリスニング問題を使用)が高かった。

・更に、同じ時間をかけたトランスクリプト読解でも、英文のみ提示するより、日本語と英文を同時に提示し、その後リスニングトレーニングを積み重ねた(条件4:1回目トランスクリプト英文、日本語訳読解+2回目速聴練習)方が、新しい問題を解いた時の6日目の事後テストのリスニングの得点がより向上したことが判明した。

・読解文と音声を同時提示した後リスニングを行なった場合は、読解文のみを提示してからリスニング練習を行なった場合と比べて、得点の伸長度に有意な差がなかったが、分散がより大きかった。

これらのことから、読解文を提示してから行うマルチモーダルなリスニングトレーニングは、音声のみのユニモーダルなトレーニングよりも効果が高く、また読解文と音声を同時に提示して行うリスニングトレーニングの効果には、個人差が大きいことが判明した。個人のワーキングメモリ容量や習熟度等がマルチモーダル入力を使用したトレーニング効果に影響を与えている可能性がある。更に同じマルチモーダルなトレーニングでも、読解文を提示する場合においては、同じ時間の提示でも、日本語訳も同時提示した方が、その後聴解する音声の意味が脳内でよく推測でき、リスニングトレーニング効果が大きいことが明らかになった。

2. 視線計測実験(2条件での眼球運動を比較)

・視線計測実験では、センテンスを読み意味が正しいかどうか判断する課題の反応時間や読んでいる時の注視回数、キーワードへの戻り読みの回数を分析した。

・読解速度の遅い低熟達度の学習者は、読解文のみ提示された場合よりも、音声と読解文と同時提示された場合の方が、反応時間が短く、注視回数も減り、同時提示された音声を読解を促進した。

・習熟度が上がり読解が流暢になるにつれて、学習者の読解速度の方が、同時提示された音声速度よりも速くなり、読解文のみを提示された場合の方が、音声と読解文が同時提示された場合よりも反応時間が短くなる傾向があり、注視回数も減り、同時提示された音声を読解を阻害する可能性が示唆された。

・特に通常音読よりも黙読の方が速い英語母語話者にとっては、話すスピードよりも読解スピードの方が速いので、普通話速の音声と同時に提示されると、反応時間が遅くなり、読解を阻害した。

・同時提示される音声が速くなると、低熟達度の学習者の反応時間は長くなり、読解は阻害される傾向にあったが、逆に処理が自動化されている英語母語話者の読解は促進された。

以上の結果から、マルチモーダルに読解文と共に同時提示される音声が理解を促進するか、阻害するかどうかは、読み手の要因や提示される音声速度等により、その効果に違いがあることが判明した。

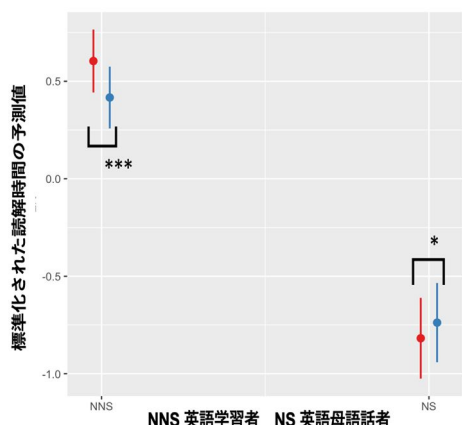


図2. 音声と英文が同時提示された場合と英文のみの場合の英語母語話者と日本人英語学習者の読解時間の比較

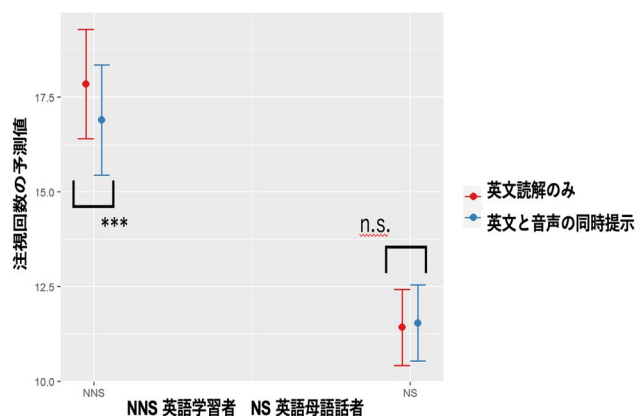


図3. 音声と英文が同時提示された場合と英文のみの場合の英語母語話者と日本人英語学習者の注視回数の比較

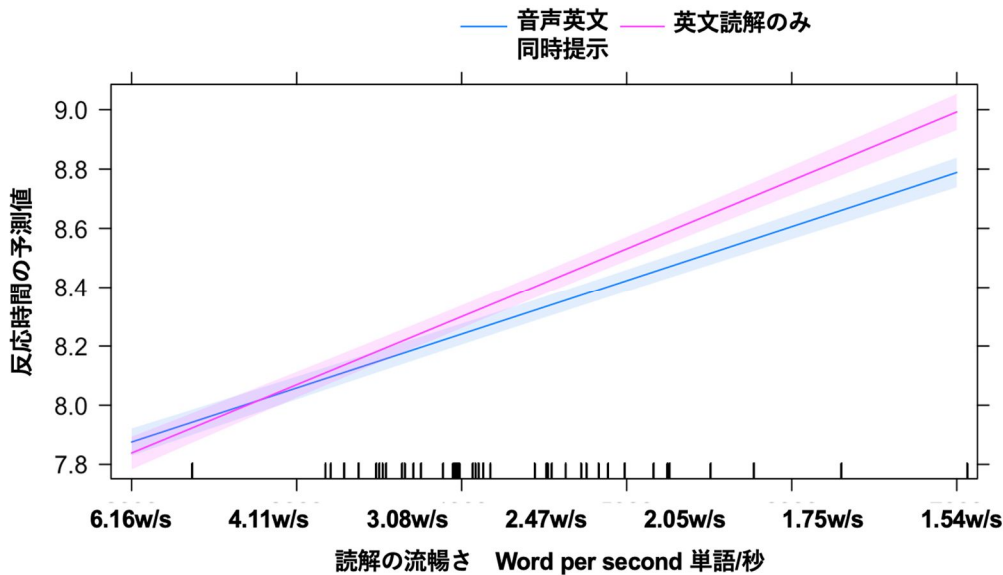


図4. 個人の読解の流暢さと課題反応時間予測値の関係

3. 脳活動計測実験(2条件での脳活動を比較)

- ・fNIRS 脳活動計測実験からは、読み手の特性によって脳活動にも違いが見られた。
- ・個人解析の結果から、音声と同時に提示された場合の読解には負荷がかかっている様子が見られる(前頭葉の賦活が増大する)学習者もいれば、逆に読解のみの方が脳活動が大きくなる学習者も存在し、個人の特徴によって条件間の脳活動にばらつきがあることが明らかになった。

4. 成果のまとめと今後の課題と展望

これら3つの実験から、第二言語の学習において、音声と読解文の組み合わせのようなマルチモーダルなインプットを使用した学習は、音声のみを聴くトレーニングを繰り返すユニモーダルな学習よりも効果が高く、更に同じマルチモーダルなインプットを使用した学習でも、同時内に英文に加えて日本語訳を同時提示した読解学習をした後のリスニングトレーニングの方がより効果が高いことが判明した。また音声と読解文が同時提示されるビデオのキャプション等を使用した学習方法の効果は、習熟度やワーキングメモリ容量のような個人の特性により影響がある可能性が示唆された。視線計測実験や脳活動計測実験からも、ビデオキャプションのようなマルチモーダルなインプットによる学習は、個人の読解流暢度や習熟度などの要因や、提示される音声速度などのインプットの特徴などによって効果が違い、効果的にリスニング力、リーディング力を養うには、学習者の特性に合わせたインプット方法を考える必要があることが明らかになった。

近年、マルチメディアを使用した学習が注目されているがそのメカニズムについてはあまり明らかになっていない。行動実験(トレーニング効果)、眼球運動、脳機能イメージングデータという3つの側面からマルチモーダルなインプットの効果やそれを処理するメカニズムを詳細に検討できたという点で、第二言語習得の分野に貢献できたと思う。

また今回得た結果は、シャドーイング学習やキャプション等マルチメディアを使用した学習等にも応用できる可能性がある。

本研究において、未だいくつかの課題が残されている。一つ目は、新型コロナウイルス感染拡大のため、対面で行う予定だった脳計測実験を実施の開始が遅れた。そのため、集団解析を行うための十分な被験者の人数を確保できなかった。今後集団解析を行うのに十分な被験者数が確保できれば、同時計測した眼球運動データと照らし合わせて、注視回数の違う被験者の脳活動の比較等、眼球運動データとの関係を分析することができる可能性がある。また、ワーキングメモリの抑制能力を計測したアンチサケード課題や音韻記憶を測定したデジツスパンテストの得点と、マルチモーダル、ユニモーダル提示条件別の脳活動との関係も分析することが可能になる。二つ目は、Neu WOT 100を使用した脳活動計測では、チャンネル数が限られていて、前頭葉や、表層面に近い部位の脳活動しか計測できなかった。今後は、言語処理を担う側頭葉の活動や刺激の抑制機能を担う可能性のある脳の深層部の活動を計測できるfMRI実験を実施し、マルチモーダルな刺激を処理する際の脳内メカニズムを解明したい。

しかしながら、新型コロナウイルス感染拡大のために対面実験が実施できなかった期間に、当初予定していなかった4種類の学習方法の効果を比較するオンラインの6日間集中リスニングトレーニング実験を実施することができた。マルチモーダルなインプットの一時的な処理を検討したばかりではなく、マルチモーダルインプットを使用して行う短期集中トレーニングの効果を解明することができたことにより、本研究の見聞における外国語学習への汎用性がより高いものとなったと考える。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Mayumi Kajiura, Hyeonjeong Jeong, Natasha Y.S. Kawata, Shaoyun Yu, Toru Kinoshita, Ryuta Kawashima, Motoaki Sugiura	4. 巻 212 104839
2. 論文標題 Brain activity predicts future learning success in intensive second language listening training	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Brain and Language	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） 10.1016/j.bandl.2020.104839	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 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 1件/うち国際学会 5件）

1. 発表者名 梶浦真由美
2. 発表標題 第二言語のリスニング発達における“理解可能なインプットの重要性” fMRI 脳機能イメージングデータからの検証
3. 学会等名 2020 度第 2 回JACET関西支部講演会. zoomミーティング. (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kajiura, M., Ishida, T., & Sugiura, M.
2. 発表標題 The Effects of multi-modal input on second language comprehension: An eye-tracking study.
3. 学会等名 2022 conference of the British Association for Applied Linguistics (BAAL). (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kawasaki, M., Kajiura, M., & Kadota, S.
2. 発表標題 Executive working memory capacity and English as L2 proficiency.
3. 学会等名 The 22nd International Conference of the Japan Second Language Association. (J-SLA). (2022). Tokyo. (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Nakanishi, H., Kajiura, M., & Kadota, S.
2. 発表標題 English shadowing and proficiency: The effects of watching a model speaker 's face while shadowing
3. 学会等名 2023 conference of the American Association for Applied Linguistics (AAAL). (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Jeong, H., Kazai, K., Kajiura, M., Yuko Nakano, Y., & Kadota, S.
2. 発表標題 The effect of speaker's face on brain mechanisms during second language shadowing: An fMRI study.
3. 学会等名 2023 conference of the American Association for Applied Linguistics (AAAL). (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kajiura, M., Ishida, T., & Sugiura, M.
2. 発表標題 Investigating speech rate effects for multi-modal input using eye-tracking data comparing native and non-native speakers.
3. 学会等名 2023 conference of the American Association for Applied Linguistics (AAAL). (国際学会)
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 梶浦真由美他20名	4. 発行年 2021年
2. 出版社 金星堂	5. 総ページ数 277
3. 書名 応用言語学と外国語教育研究－未来への展望－	

〔産業財産権〕

〔その他〕

教育研究業績閲覧システム
<http://pnavi.aasa.ac.jp/researchwork/eir02u/index/cd/052156>

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
研究協力者	石田 知美 (Ishida Tomomi)		
研究協力者	杉浦 正利 (Sugiura Masatoshi)		
研究協力者	木下 徹 (Kinoshita Toru)		

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