

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 12 日現在

機関番号：32663

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26370635

研究課題名(和文) 運動領域の活性化に着目した英語語彙習得促進の手法開発と評価

研究課題名(英文) Development and evaluation of English vocabulary teaching method based on brain activation of motor area.

研究代表者

鈴木 明夫 (Suzuki, Akio)

東洋大学・経営学部・准教授

研究者番号：00406373

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：研究の目的は、行為経験と運動領域の脳活性化に焦点を当てた英語教授法の開発アプローチを検証することと、英語教授法を開発することであった。刺激文調査、2つの行動実験、fMRI実験、およびクラス実験について報告した。授業実験では、行動経験が英語前置詞の理解を促進するか検証したが、仮説は支持されなかった。行動実験では、英文を理解することが知覚運動シミュレーションを引き出すこと、およびそのシミュレーションが文法によって変化することを示した。fMRI実験では、行為文の理解が前頭葉-頭頂葉ネットワークを活性化し、英語文の理解が尾状部の活性化を引き起こすことを示した。

研究成果の概要(英文)：The purpose of the study was to validate a development approach of English teaching methods that focused on action experience and on brain activation of motor area, and to develop English teaching methods. This study reported a research of stimulus sentences, two behavioral experiments, an fMRI experiments, and a class experiments. The class experiment tested whether the action experiences facilitate understanding of the English prepositions, but the hypothesis was not supported. Behavioral experiments showed that comprehending English sentences elicit perceptual-motor simulation, and that the simulation altered along grammar. The fMRI experiment showed that action sentence comprehension activate fronto-parietal network, and that reading English sentences caused activation of caudate.

研究分野：英語教育法

キーワード：外国語理解 言語の身体性 fMRI 授業実験 行動実験 教授法開発

1. 研究開始当初の背景

申請者は、外国語教育手法の開発研究に従事してきた。図解、視覚教材、行為経験など、視覚的経験や運動経験を付加することで、語彙習得や文理解の促進方法を開発してきた。

申請者が手法開発時に依拠するのは、言語の意味は、その言語が意味する状況を実際に体験したときと同じ神経回路の活性化によって理解されるという知覚的記号システム理論である。この理論の妥当性は母語では検証が進められており、申請者らも、文の意味する行為と文の意味理解課題で求められる反応が一致すると反応時間が影響されることや、行為文の理解によって脳の運動領域が活性化することを確認してきた。知覚的記号システム理論から考えれば、理解時に見られる運動領域の活性化は、文法処理や音韻処理に関するものではなく、理解した語や文の意味内容である。また申請者らは、脳の活性化パターンの分類から、人が考えた言葉やその意味が脳活動にどう反映されるか予測するモデルを開発していた。少なくとも母語では、理解した意味内容が、fMRI 機器で測定される信号に現れることを確認してきた。

2. 研究の目的

知覚的記号システム理論から見れば、申請者が開発してきた教育手法は、外国語の理解時に、外国語単語と具体的な行為経験や知覚経験を直接対応づけて活性化させる、というアプローチに沿っていたと言える。本研究では、認知心理学実験と fMRI 研究によってこのアプローチの妥当性を検討するとともに、新たな教育手法の開発を進めた。

(1) 実験刺激の標準化

本研究では、日本語文および英語文を刺激として提示することが多い。言語を用いた研究では言語刺激の特性が影響することが広く知られている。例えば外国語文の理解や記憶には親密度などの単語特性が影響するため、日本人英語学習者を対象とした英単語親密度調査もある。また文においても、母語文では親密度や具体性が理解や記憶に影響するため、外国語文でもこれらの特性が影響する可能性がある。しかし、日本人学習者を対象に、英語文の特性の影響を調査したものは無い。そこで、日本人英語学習者(大学生)を対象に、以降の研究に用いる言語刺激の特性を把握するための調査を行った。

(2) fMRI 実験

行為を用いた教育手法の開発は、外国語文の理解時に、運動領域が活性化するという仮説に基づいている。外国語文の理解能力は個人差が大きいため、十分な理解ができない者では、運動領域の活性化が起こらないことが予想される。そこで、外国語能力の高低によって、運動領域の活性化程度が変化するか、fMRI 装置を用いて脳機能画像を測定した。

(3) 反応時間実験

反応時間実験-日本語と英語の比較

言語理解時に知覚運動シミュレーションが発生することを支持する現象として頑健なもの、行為・文一致効果である。行為文の有意性判断をさせると、その文が意味する行為に含まれる身体動作が早くなるという現象である。もし外国語の理解過程にも知覚運動表象が関与しているのなら、行為・文一致効果が確認できるはずである。この仮説を検証するための行動実験を行った。

反応時間実験-時相の影響

時相とは動作の完了・継続などの状態を表す概念である。日本語では「～した」「～する」、英語では完了形、進行形などの区別に当たる。相の違いは、動作をしているのか、終了したのかという区別に相当するため、行為を理解するにも重要であろう。しかし、ある動作が完了したかどうかを区別する心的システムも神経システムも明確になっていない。そこで、相の違いが、英文読解時のシミュレーションに現れるか検討した。

(4) 授業実験

教育手法の開発と効果測定を目的として、授業実験を行った。行為対象物や行為そのものの様相ではなく、複数の事物の関係性を表す語の理解を、行為経験が促進するか検討した。具体的には英語学習者を対象に、前置詞 at, on, in の使い分けが、身体動作を伴う行為の経験によって促進されるか検討した。合わせて、メタファー的な汎化が発生するかどうかも検討した。抽象的概念は具体的経験の比喩として理解されるという説があり、特に時間が空間的な配置として表象されることを示す研究は多い。もし時間が空間の比喩として理解、表象されているのであれば、空間的な位置に関する行為経験を持つことで、時間的な関係を示す文における前置詞の理解も促進されると予想した。

3. 研究の方法

(1) 実験刺激の標準化

身体あるいは心的な行為を意味する英語文 233 文について、親密度と理解容易性を各文 12-20 名の大学生に評価させた。また、同意味の日本語文 233 文について、別の大学生に親密度、心像性(具体性) 行為経験を評価させた。英語文の単語数と文字数、日本語文の文字数とモーラ数を著者が数えた。

(2) fMRI 実験

(1)で測定した刺激文から、両手行為文、利き手での片手行為文、心的行為文を日本語文、英語文各 20 文ずつ使用した。また名詞と動詞の対応を崩した不自然文を日英それぞれ 30 文作成した。日本語文は、モーラ数、文字数、親密度において 3 条件間で有意差がなく、心像性は心的行為文が手行為文よりも低く、かつ両手性は 3 条件間全てで有意差があるように選択した。また英語文は、3 条件間で文字数、単語数、親密度、理解容易性に

有意差が無いように選択した。

38名の実験協力者をTOEIC得点によって英語能力の高低各19名に振り分けた。fMRI装置内で英語文あるいは日本語文を提示し、意味のある文かどうか左手ボタン押しで回答させた。fMRI測定終了後、実験で提示した英語文を正しく理解していたかどうか、自己採点させた。有意味文を提示した試行で、参加者が正答し、かつ自己採点で正しく理解していた文に対する反応のみを分析対象とした。

(3) 反応時間実験

反応時間実験-日本語と英語の比較

19才から22才の右利きの大学生22名が実験に参加した。22名の平均TOEIC得点は396.8(範囲:245-620)だった。

(2)と同じ刺激文を実験に使用した。PC画面に表示される文が自然な文かどうかを判断し、自然文なら左手人差し指で「1」を、不自然文なら右手人差し指で「¥」を押しよう求めた。英語文90、日本語文90をそれぞれランダムな順で提示した。実験終了後、(2)と同じ方法で自己採点させた。

反応時間実験-時相の影響

右利き女子大学生18名が実験に参加した。TOEIC得点は平均413(範囲280-575)だった。

(2)と同様に統制した刺激文として、手を使った身体行為文、身体動作を伴わない心的行為文の英語文17文ずつと、不自然文30文を作成した。さらに各文の現在形進行相と現在形完了相を作成し、合計で自然文68、不自然文60の計128文を準備した。自然文は、各条件間で文字数、単語数、親密度、理解容易さに有意差が内容に作成した。これを相が違わない文が重複しないように2セットに分割し、64文ずつの実験刺激とした。実験デザインは、提示する文の時相×文の身体性の2要因である。実験方法は同一である。

(4) 授業実験

前置詞(at, on, in)の基本概念の説明と20個の例文を記載した例文集を作成した。また、各前置詞が正解となる問題文を36文ずつ、計108文を作成した。空間関係を意味する文、時間関係を意味する文、その他の関係を意味する文の3種各12文ずつである。以降、この3種を意味区分と呼ぶ。108の文を54文ずつにわけ、A/B2つの問題用紙を作成した。各前置詞18文ずつ、各意味区分に関する文が6文ずつであった。実験参加者の半数には問題用紙Aを事前テスト、Bを事後テストとし、残り半数には逆にした。

大学生68名を行為群24、観察群23名、受容群21名に、平均TOEIC得点に有意差が無いように振り分けた。

事前テストののち、3群共に講義を行った。例文集と板書を用いて前置詞(at, on, in)それぞれについて説明した。

行為群と観察群には、演習を追加した。5から7人ずつに班を分け、各班の半数を観察群、残りを行為群とした。行為群

には、例文集記載の文を、発声しながら実際に行わせた。観察群には、行為群の一連の行為を観察させた。授業終了直後に、事後テストを実施した。

4. 研究成果

(1) 実験刺激の標準化

日本語文、英語文刺激の標準化を行った。文の特性を数値化したこと自体が成果である。日本語文と英語文の意味を対応させ、文字数、単語数などの客観的指標とともに、親密度、理解容易性などの主観指標、加えて意味内容の経験性、心像性も測定した。教材や刺激文の選定に広く応用可能と考える。

また、英語文の理解容易性に影響する要因を検討した。表1に指標間の相関係数を示す。

表1 指標間の相関係数

	日 文字数	日モ ーラ数	日 親密度	心像性	経験性	英 文字数	英 単語数	英 容易性	英 親密度
日 文字数	1	0.88	-0.3	-0.02	-0.03	0.6	0.6	-0.02	-0.12
日モ ーラ数		1	-0.3	-0.1	-0.09	0.7	0.66	-0.2	-0.2
日 親密度			1	0.5	0.71	-0.2	-0.2	0.24	0.3
心像性				1	0.41	-0.04	0.054	0.26	0.22
経験性					1	0.006	0.011	0.19	0.22
英 文字数						1	0.87	-0.3	-0.3
英 単語数							1	-0.12	-0.2
英 容易性								1	0.91
英 親密度									1

B p<.01; B p<.05 (両側)

容易性は親密度と高い正の相関を示し、他の指標とも有意な相関があった。容易性を目的変数、他の8指標を説明変数とした強制投入法の重回帰分析を行ったところ、モデルの説明率は $R^2=0.84$ と高く、モデルの有意性は確認された $[F(8,232)=147.2, p<.01]$ 。ただし、5%水準で有意な項目は心像性と英語文親密度のみだった。英語文の容易性に有意な影響を与える要因は、今回測定した中では、英語文の親密度と心像性と考えられる。

次に233英語文のうち71文について、英単語文字親密度、文中に現れる全単語の平均親密度と平均出現頻度、及び文中の単語の中で最低親密度、最低出現頻度を、先行研究から調べ、容易性との相関を求めた(表2)。平均値、最低値のいずれにおいても、親密度は容易性と中程度の有意な相関を示すが、出現数は有意な相関がなかった。

表2 英語文容易性との相関

	平均親密度	最低親密度	平均出現数	最低出現数
r	0.52	0.59	0.21	0.23
p	<.01	<.01	0.09	0.06

これらの結果は、英語文の理解容易性には、「文の意味内容のイメージしやすさ」と文の親密度が影響すること、ただし客観的な単語出現頻度ではなく主観的な単語親密度が重

要なことを示している。

(2) fMRI 実験

行為の主効果（行為文において心的文よりも活性化された部位）、言語の主効果（英語文において日本語よりも活性化された部位）および交互作用（英語文でのみ行為文の方が心的文よりも活性化された部位）を、 $p < .05$ (FWE) の基準で求めた。表 3 に主効果/交互作用の別、部位名、半球を示す。

表 3 活動に差異があった脳部位

効果	部位	半球
行為 手 > 心	後頭葉上部	左
	下前頭回	左
	下頭頂葉	左
	視床	左右
	楔部	右
	下前頭回	右
	島	右
	下頭頂葉	右
	中心前回	右
	尾状核	右
言語 英 > 日	視床	右
	尾状核	左
	中後頭葉	右
	中心前回	右
	下前頭回	左
	中前頭回	左
	中心後回	左
交互作用	尾状核	右
	被殻	左
	後帯状回	左
	楔前部	右

行為文の理解時には、左前頭葉と頭頂葉に関する神経ネットワークが活性化していた。この回路は、具体的行為を示す母語文の理解時に活性化することが確認されている。一方言語の違いは、両側の尾状核の活動差として現れた。左尾状核や被殻は、バイリンガル者が言語を切り替える時や、第二言語理解時に活性化することが知られている。右の尾状核は交互作用の分析において、最も顕著な差が現れた。つまり、英語文理解時にはバイリンガル研究と類似の部位が、行為文理解時には母語の行為文理解研究と類似の部位が活性化することが確認された。

これらの結果は、具体的行為文の理解時に、母語と外国語の区別なく、前頭葉 頭頂葉回路でシミュレーションが行われている可能性を示唆する。右尾状核が、外国語文での具体的行為文の理解に、関与しているのかもしれない。TOEIC 得点による差は、まだ分析途中であり、今後、学会や学術論文によって公表する予定である。

(3) 反応時間実験

反応時間実験 - 日本語と英語の比較

英語文では、実験後の自己採点とボタン押し反応の双方で正答した文だけを分析対象とした。日本語文ではボタン押しで反応で正答した文のみを、分析対象とした。

分析対象とした刺激文への反応時間の平均を図 1 に示す。繰り返しのある二要因分散分析を行ったところ、言語の主効果 [$F(1, 21) = 322.2, p < .01$]、条件の主効果 [$F(2, 42) = 14.7, p < .01$]、言語と条件の交互作用 [$F(2, 42) = 4.6, p = .02$] が全て有意だった。条件の主効果に関する対比検定では、心的文に対する反応時間が、他の 2 条件よりも大きかった (ともに $p < .01$)。交互作用に関する対比検定では、英語文は心的文への反応時間が他の 2 条件よりも有意に大きい ($p < .01$)、日本語文は心的文-片手文間にのみ有意差があった ($p = .04$)。また、各条件内での日本語文と英語文の差は、全て有意だった (全て $p < .01$)。

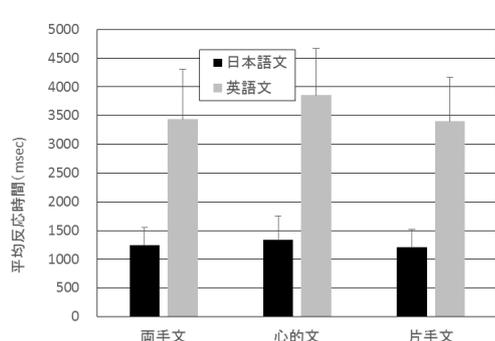


図 1 正答試行における平均反応時間

各実験協力者の TOEIC 得点、各条件における完全正答率、反応時間の 3 者に相関があるか検討した。TOEIC 得点と他の全ての指標において、有意な相関は見られなかった。

片手文でも両手文でも、英語行為文の理解時のボタン押し反応が、心的行為文よりも速かった。英語文理解時にも、運動表象によるシミュレーションが発生したと考えられる。本実験の結果は、外国語である英語文の理解時に、しかも英語に熟達していない者でも、知覚運動表象が使用される可能性を示す。これは、知覚運動表象を利用した外国語教育の有効性を支持するものである。

反応時間実験 - 時相の影響

自然文に対する正反応で、かつ自己採点で正解した文を分析した。読解速度の個人差が大きいため、各参加者内で反応時間を z 値化し、平均反応時間 (z 値) を求めた (図 2)。

時相 × 文の身体性について繰り返しのある 2 要因分散分析を行うと、主効果は有意でなく交互作用が有意だった [$F(1, 17) = 4.41, p = .05$]。下位検定では、身体行為文は進行相が完了相より反応時間が有意に短く ($p = .01$)、心的行為文では差がなかった。

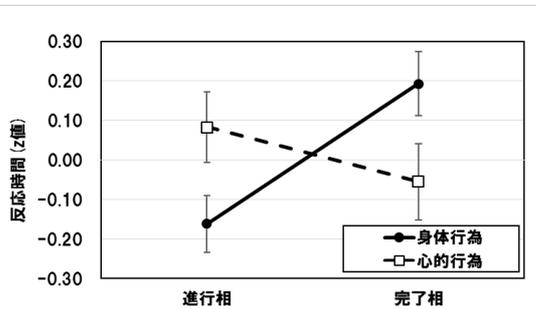


図2 平均反応時間(z値)と標準偏差

反応時間に文の相と身体性の交互作用が見られた。つまり、文の時相によって、反応時間に与える文の身体性の影響が異なる。これは先行研究から導かれる予測と一致する。母語の現在形単純相では、身体行為文読解時の反応時間の方が、心的行為文よりも短いことが知られている。また母語では、時相が反応時間に影響することも報告されている。

本研究の結果は、1)外国語文の理解時にも知覚運動表象を用いたシミュレーションが発生すること、2)行為の進行・完了という時相もシミュレーションされることを示唆する。先行研究も鑑みれば、これらの知見は頑健である。外国語理解の認知処理過程の中に、知覚運動シミュレーションをどのように位置づけるのか、今後の課題である。

(4)授業実験

事前テストの平均正答数は27.6、事後テストの平均正答数は31.5だった。事後テストと事前テストの正答数の差分を、正答増加数として分析した。表4に条件ごとの平均増加数、標準偏差及び実験協力者数を示す。増加数とTOEIC得点には有意な相関は無かった($r=.04$, $p=.74$)。

表4 学習条件ごとの平均正答増加数

条件	平均	標準偏差	N
学習条件 観察	4.35	4.64	23
行為	3.13	4.17	24
受容	4.10	5.14	21

学習条件×前置詞×前置詞の意味区分で3要因の分散分析を行った(表5)。

表5 分散分析表

効果	平方和	自由度	平均平方	F	p
学習条件	2.17	2	1.09	0.45	0.64
誤差(学習条件)	155.74	65	2.4		
前置詞	21.93	2	10.97	4.4	0.01
前置詞×学習条件	6.13	4	1.53	0.61	0.65
誤差(前置詞)	324.27	130	2.49		
意味区分	33.68	2	16.84	7.36	<.01
意味区分×学習条件	18.17	4	4.55	1.99	0.1
誤差(意味区分)	297.48	130	2.29		
前置詞×意味区分	57.17	4	14.29	7.13	<.01
前置詞×意味区分×学習条件	13.79	8	1.72	0.86	0.55
誤差(前置詞×意味区分)	521.07	260	2		

前置詞の主効果と意味概念の主効果は有意だったが、学習条件の主効果はなかった。前置詞と意味区分の交互作用が有

意だった。前置詞の主効果に関して対比検定を行うと、at-in間に有意差があった($p=.02$)。意味区分の主効果に関して対比検定を行うと、意味区分時間における正答増加数が意味区分空間($p<.01$)、意味区分その他($p=.05$)のいずれよりも少なかった。前置詞と意味区分の交互作用に関して対比検定を行った。前置詞onは意味区分「空間」の場合の正答増加数が、「時間」($p<.01$)と「その他」($p<.01$)のより多かった。意味区分「時間」では前置詞onが、at($p<.01$)とin($p=.03$)のいずれよりも増加数が少なかった。意味区分「空間」では前置詞inが、at($p=.02$)とon($p<.01$)より増加数が少なかった。

行為群、観察群、受容群に正答増加数の差がなく、行為経験が前置詞の意味概念の修得を促進することは示せなかった。ネガティブデータであるため考察は慎重でなければならないが、実証されなかった理由として3つの可能性が考えられる。i)行為経験は意味概念の修得を促進しない、ii)行為経験は前置詞の意味概念の修得を促進しない、iii)行為経験は前置詞の意味概念の修得を促進するが本実験では検出されなかった、という3つである。i)は様々な先行研究に反するため、想定しにくい、ii)は十分に考えられる。前置詞は具体的な事物や自身の行為ではなく、2つ以上のものの関係性を示す語である。また具体物にも抽象的概念にも使用し、行為対象物と他のものとの関係性を表す。このような語の場合、行為経験ではなく、語を使用する状況との結合が重要かもしれない。どのような概念なら行為経験によって促進されるのかを判別することは、今後の大きな課題だろう。

また、iii)の可能性も否定できない。特に、行為群が意味的な処理をしていたかどうかは確認できていない。他者の前で指名されて行為をすることに羞恥心や戸惑いなど否定的な情動を持った可能性も否定できない。これらが学習を阻害した可能性はあるだろう。今後、まず実験の手順を改善し、例文の意味を処理させる行為方法や、否定的な情動を持たせないような工夫が必要だろう。

学習条件による差が見られなかった一方で、前置詞による差、意味区分による差があり、前置詞と意味区分の交互作用も検出された。本実験の結果は、行為経験が前置詞のどのような側面の学習をもたらした、どのような側面には影響しえないかを考察する手がかりとなるだろう。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計9件)

- 1)Chikayama,K., & Suzuki. 2017. Is SPT Effective on Learning English Grammar? 実践女子大学 CLEIP ジャーナル,3,43-54.

(査読無)

Iwata, A., & Suzuki, A. (2017). Managing an EFL Free Writing Course: Students' Perceptions of the Course and Reactions to Teacher Feedback. Research Bulletin of English Teaching, 13, 57-80. (査読有)

粟津俊二, 安山秀盛, 鈴木明夫. 2017. 身体的行為の経験に着目した英語語彙習得方法の開発と評価 前置詞の学習. 実践女子大学人間社会学部紀要, 13, 15-27. (査読無)

松村良平, 鈴木明夫, 浅井宗海, 中井秀樹. 2016. 大学間遠隔非同期型ディベート・プログラムの試み. 経営論集, 88, 43-52. (査読無)

粟津俊二, 鈴木明夫. 2015. 日本人英語学習者による英文評定 - 基礎統計量 -. 実践女子大学人間社会学部紀要, 11, 1-22. (査読無)

粟津俊二, 鈴木明夫. 2015. 日本人英語学習者による英語文評定 - 理解容易性と新密度の分析. 経営論集, 85, 89-99. (査読無)

中山誠一, 鈴木明夫. 2015. シャドーイング法は文章理解のどの側面に効果があるのか. 学習開発研究, 8, 203-209. (査読無)

鈴木明夫. 2015. 外国語の文章理解に及ぼすパースイングの影響. 学習開発研究, 8, 195-202. (査読無)

鈴木明夫. 2014. Does Sight Vocabulary Enhance L2 Reading Comprehension? 経営論集, 31, 15-30. (査読無)

[学会発表](計6件)

1) 近山和広, 中山誠一, 鈴木明夫. 2016. 木製ブロックを使った文法学習法の有効性. 日本リメディアル教育学会第12回全国大会. 大阪国際大学. 2016/8/25.

Awazu, S., Suzuki, A., & Akama, H. 2016. Mental simulation during comprehension of English and Japanese action sentences in English learners. International Congress of Psychology 31st. PACIFICO Yokohama. 2016/7/25.

Iwata, A., & Suzuki, A. 2016. Developing a writing course: The effects of teacher feedback on students' writing. 北海道英語教育学会第17回研究大会. 北海学園大学. 2016/10/2.

粟津俊二, 鈴木明夫, 赤間啓之. 2015. 英語学習者における日本語文と英語文理解時の運動シミュレーション. 日本認知科学会第32回大会(千葉大学). 2015年9月20日.

粟津俊二, 鈴木明夫. 2015. 日本人学習者の英文理解に心像性と親密性が与える影響. 日本教育心理学会第57回総会.(新潟朱鷺メッセ). 2015年8月26日.

粟津俊二, 鈴木明夫. 2014. 発音訓練による英単語スペル学習の促進. 日本認知科学会第31回大会(玉川大学). 2014年9月18日.

[図書](計1件)

1) 鈴木明夫. 2015. 外国語教育における文章理解の認知心理学的背景. 森敏昭(監修). 21世紀の学びを創る-学習開発学の展開-. 北大路書房. 254(148-157).

[産業財産権]

出願状況(計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

取得状況(計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

[その他]

ホームページ等

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鈴木 明夫 (Suzuki Akio)

東洋大学・経営学部・准教授

研究者番号: 00406373

(2) 研究分担者

粟津 俊二 (Awazu Shunji)

実践女子大学・人間社会学部・教授

研究者番号: 00342684

赤間 啓之 (Akama Hiroyuki)

東京工業大学・リベラルアーツ研究大学院・准教授

研究者番号: 60242301