

機関番号：18001

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20520506

研究課題名(和文) 英語リスニングでの閾値仮説とボトムアップ処理：高周波音域弁別と子音聞き取り能力

研究課題名(英文) Threshold hypothesis and bottom-up processing in English listening of Japanese learners: High-frequency sound discrimination and categorical perception of consonants

研究代表者

東矢 光代 (TOYA MITSUYO)

琉球大学・法文学部・准教授

研究者番号：00295289

研究成果の概要(和文)：

言語音声処理に関するプロセス・モデルでは上級者ほどボトムアップは自動化され、トップダウン処理を働かせることが知られており、効率的なトップダウン処理が可能になるためには、ボトムアップ処理が閾値を越えている必要がある、との考え方があり。本研究ではボトムアップ音声処理の中でも「高周波音域」の弁別能力の、英語習熟度への寄与について、(1) リスニング習熟度の高い英語学習者は、高周波音域の弁別能力が高い。(2) リスニング習熟度の高い英語学習者は、子音聞き取り能力が高い。(3) 高周波音域の弁別能力と子音聞き取り能力は正の相関関係にある。(4) リスニング習熟度に対する高周波音域の弁別及び子音聞き取り能力の寄与には、閾値が存在する、の4つの仮説に基づき、実験を行なった。実験では純音弁別テスト(2000Hz, 3000Hz)、L-R音同定テストを作成し、132名のデータを分析した。L-R音同定テストには[light-right][play-pray]ペアを用い、4つの話速条件及び高周波音/低周波音除去条件を組み入れた。その結果、1) GTECによるリスニング習熟度の高い英語学習者は、2000Hzと3000Hzの両音域の弁別能力が高かった。また、2) いずれの話速条件でもリスニング習熟度の高い英語学習者は、有意に子音の聞き取り能力が高かった。3) 純音の弁別能力とリスニング習熟度の相関はあまり高くはないものの、2000Hzでのみ有意であった。4) リスニング習熟度の高い英語学習者のみが、高域の手がかりのみを残した音声の弁別が可能であり、仮説(4)を支持する結果が得られた。

研究成果の概要(英文)：

In the processing model of listening comprehension, proficient learners are considered to have automatic bottom-up skills, which enable them to utilize the top-down skills effectively. It is also said that the bottom-up skills must reach a threshold level for the top-down skills to be employed. The current investigation focused on the role of "high-frequency levels" of listening and posited the following hypotheses: (1) Proficient Japanese listeners of English have better discriminatory ability for high-frequency pure sounds. (2) Proficient listeners have higher ability in discriminating consonants at the word level. (3) Discriminatory ability for high-frequency pure sounds positively correlates with consonant discrimination. (4) There exist threshold levels for discriminatory ability for high-frequency pure sounds as well as consonant discrimination for proficient listeners of English. We prepared pure-sound discrimination tests for 2000Hz and 3000Hz and an L-R categorization test and analyzed 132 participants' data. L-R categorization was tested with [light-right][play-pray] pairs at 4 different speeds. Additionally, conditions of higher/lower frequency sounds were controlled. The findings indicate that the high-proficiency participants, as measured by the GTEC: (1) discriminated high-frequency pure sounds significantly better and (2) showed significantly higher ability in discriminating

consonants. As for the hypothesis (3), the correlation was statistically significant only at the 2000 Hz sound level, although it was not considered very strong. Results also indicated that only highly proficient listeners could discriminate L-R sounds when the areas lower than 1400 Hz were cut in the stimuli. This is considered to support Hypothesis (4).

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2009年度	700,000	210,000	910,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：外国語教育

科研費の分科・細目：言語学・外国語教育

キーワード：英語、リスニング、高周波、ボトムアップ処理、閾値仮説、カテゴリー知覚

1. 研究開始当初の背景

情報処理理論において言語音声聞いて理解する（聴解）プロセスは、「ボトムアップ処理」と「トップダウン処理」の相互補完によってスムーズに行なわれると考えられている（重野，2003など）。母語習得においてボトムアップの音声処理能力は、早期に確立・自動化することが指摘され（Kuhl, 2000）、その音声処理能力が文中の語境界認識を可能にすることが明らかになっている（Mattys, Jusczyk, Luce, & Morgan, 1999）。しかし外国語のリスニングに関しては母語の影響により、音声処理能力の面でこのボトムアップ処理に問題が多く、処理の自動化が閾値に達しなければ、トップダウン処理が働かないとする「閾値仮説」が存在する。

ボトムアップの音声処理プロセスにおいては、音素体系の違い（山田，1998）、音節とモーラという音韻体系の違い（窪園・本間，2002；大竹，2001）などが挙げられる。そしてボトムアップの音声処理能力の向上をはかるリスニング訓練法には、日本語にはない子音と母音のカテゴリー知覚を訓練するATR人間情報処理研究所の取り組み（山田・足立，1998）、英語のリズムに慣れさせる訓練（Nakano, 1995；中田，2000）、語境界での音変化知識の教授（Eshima & Sato, 1990；岡・山内・藤尾，2005）などがあるが、それらとは別に、いわゆる「民間療法」的な教材・訓練法として「高周波教音域」に着目した「トマティスメソッド」、「傳田式（マジック・リスニング）」および篠原（2006）の「英語聴覚セラピー」などがある。

2. 研究の目的

篠原（2006）は、日本語は1500Hzから下が主音域なのに対し、英語は2000Hz以上が主音域であるため、日本人学習者は高周波音域の聞き取りに問題があり、そのため英語リスニングが苦手だという。しかし日本人が2000Hz以上の物理的な音を聞き取れないわけではない。高周波音域の弁別は、日本人学習者の英語リスニングにおけるボトムアップ的音声処理能力にどの程度寄与するものなのか。そこには閾値が存在するのか。つまり高周波音域の聞き取りは、英語のリスニングができるようになることの前提必須条件であるのか、またその能力が本当に子音の聞き取りと関係しているのかを、本研究では明らかにしようと試みた。具体的には以下の4つの仮説に基づき、検証実験を行なった。

- 1) リスニング習熟度の高い英語学習者は、高周波音域の弁別能力が高い。
- 2) リスニング習熟度の高い英語学習者は、子音聞き取り能力が高い。
- 3) 高周波音域の弁別能力と子音聞き取り能力は正の相関関係にある。
- 4) リスニング習熟度に対する高周波音域の弁別及び子音聞き取り能力の寄与には、閾値が存在する。

3. 研究の方法

(1) 参加者

本研究の参加者はR大学の学生および過卒生135名であった。その内、聴覚に問題があると回答した2名のデータ及び実験中に不具合のあった1名のデータを除外し、分析には132名のデータを用いた。

(2) 実験プログラムおよび装置

参加者の高周波音弁別能力および、高周波音域の弁別を必要とする子音弁別能力を測定するために、パソコン上で作動する「純音弁別テスト」と「語彙知覚テスト」のプログラムを開発した。

純音弁別テスト

純音とは、サイン関数で作成された一定の単一周波数の音を指す。ここでは言語音ではなく純粋な「音の弁別」の測定を目的とした。トマティス (1993)、篠原 (2006)、七田・傳田 (2006) によれば、日本人学習者が英語を聞く際に問題になるのは 2000Hz 以上である。またこの音域にある F2 のみが弁別の手がかりとなる L-R 音の弁別では、その違いが 2000~3000Hz に出現する (Yamada, Tohkura, & Kobayashi, 1997) ことから、純音テストは 2000Hz と 3000Hz に絞った。

弁別閾は、正解すると標準音 (2000Hz あるいは 3000Hz) と比較音 (標準音と周波数が異なる純音) の周波数の差を小さくし、不正解の場合は差を広げ、正誤を繰り返す周波数差を見いだす Up-Down 法により測定された。測定の初期値の周波数差は 50Hz とした。標準音と比較音が同一の試行がランダムに挿入された。両音が同一の試行と異なる試行はそれぞれ 50 試行、計 100 試行であった。反応結果と潜時は自動的にハードディスクに記録された。

語彙知覚テスト

先行研究より、英語の子音弁別には周波数だけが手がかりになるわけではなく、弁別すべき子音によって包絡線やその他、手がかりが異なることが示唆された。そのような見地から今回は日本人が母語の弁別に使っていないとされる 2000Hz 以上の F2 に手がかりがある L-R 音の弁別に絞り、子音の聞き取り能力を測定することにした。また、より言語音に近い弁別能力との関係を調査するために、単語の中に埋め込む形の弁別プログラムを準備した。

L-R の弁別が不可欠な語彙レベルの音声刺激として「light」「right」「play」「pray」の 4 語を採用した。音声は同一の男性母語話者によって吹き込まれた、市販の教材の CD 音声をファイル化し、original 音声として用いた。この original 音声に加え、本研究では話速条件と周波数域統制条件を設定した。DigiOnSound5 を用いて、話速条件では original 音声を 0.75 倍に圧縮、1.5 倍、2 倍に伸長したファイルを準備した。周波数域統制条件では original 音声に対し 1400Hz 以上の周波数域を除去した High-cut 音声と、

1400Hz 未満を除去した Low-cut 音声を準備した。

弁別測定実験では、original 音声に速度条件を加えた 4 種類 (0.75 倍、original、1.5 倍、2 倍) が各 10 回ずつランダムに出現するようにした。目標語彙が 4 個であるため、総試行数は 160 であった。周波数域統制条件では、High-cut および Low-cut 音声は各 10 回ずつランダムに出現し、同じく目標語彙 4 個であったため、全 80 試行となった。なお本試行の前に、4 語が 2 回 original 音声でランダムに出現する練習試行を付加した。

音声刺激に対する反応は、「light」「right」「play」「pray」にそれぞれキーボード上の「A」「F」「J」「+;」を割り当て、使用するキーとマウスパッド部分を残してプラスチック板で覆い、反応キーにはそれぞれの意味を表す 37mm×37mm の絵を貼り付けた。練習試行および速度条件の 160 試行では、指示以外は画面提示はなく、ヘッドフォンによる音声提示とそれに対するキーボードでの反応のみで進めるものとした。速度条件の本試行では、120 試行終了後に休憩用画面を入れた。周波数域統制条件においては、語頭対二重子音の聞き取りに対する手がかりも一部で削除されるため、画面上に「Light-Right」「Play-Pray」のように、弁別ペアを文字表示した上で選択するようにした。

実験装置

音声は、ノートパソコン (Dell Inspiron 640m) に接続された A/D コンバータ (Headroom Total Bithead) でアナログ変換され、ヘッドフォンアンプ (STAX SRM-323A) に接続されたヘッドフォン (STAX SR-404) により再生された。

英語力テスト

英語の理解力習熟度の指標として、GTEC College Edition (以下、GTEC) の結果を用いた。R 大学では、2009 年入学以降、1 年次必修英語科目の評価の一部として、学内受験を義務付けている。GTEC はベネッセによるコンピュータ上で受験できるリスニングとリーディングのテストで、所要時間は計約 30 分である。インターネット接続により正答状況に合わせて出題が統制され、理論値として英検 1 級から 4 級以下のレベルまで測定できる、信頼性の高い英語力テストである。満点はリスニング 250 点、リーディング 250 点とされているが、得点分布に準拠した標準得点であるため、両方合わせて 400 点を超えていれば、かなり母語話者に近いレベルだと考えてよい。本研究では Listening の得点を分析に用いた。

アンケート。

英語学習背景及び音楽経験などを問う20の項目をアンケートとして準備した。

(3) 手順

参加者は実験内容についての説明を受け、同意書に署名した後、研究室で個別に純音弁別テスト、語彙知覚テストをパソコンで受験した。所要時間は2000Hz, 3000Hzとも各々およそ5分～10分、語彙知覚テストは途中の休憩時間にも左右されたが、およそ15分～20分で終了することが多かった。同時にアンケートにも記入してもらった。GTECの得点を持っていない参加者は、以上の測定の後、30分ほどかけてパソコンでGTECを受験した。

(4) 採点

純音弁別テスト。2000Hz, 3000Hzの弁別テストにおける標準音と比較音の差の推移データ(各100試行)のうち、標準音と比較音の異なる50試行について、連続した3試行の平均をすべて算出した。そして、その平均が安定している連続9試行の標準音と比較音の差を平均し、それぞれの周波数の弁別閾とした。

語彙知覚テスト。正解に1点を与え、項目得点を算出した。その上で各条件(0.75, original, 1.5, 2.0及びHigh-Cut, Low-Cut)ごとに正答率を算出した。

英語力テスト。ベネッセから送られた自動採点結果を参照、又は本人の自己申告による結果を採用した。分析にはリスニングの得点を用い、GTECのレベル基準表を元にHigh(140点以上)、Middle(117～139点)、Low(116点以下)の3つの習熟度レベルに分類した。

4. 研究成果

仮説1)：リスニング習熟度の高い英語学習者は、高周波音域の弁別能力が高い。に対し、リスニングレベル(Low, Middle, High)と周波数(2000Hz, 3000Hz)の2要因分散分析の結果、図1のようにリスニングの主効果($F(2,97)=4.692, p<.02$)及び周波数の主効果は有意($F(1,97)=7.808, p<.007$)であった。なお交互作用は有意でなかった($F(2,97)=0.247, p>.78$)。また、リスニングレベルが高いほど、変動係数が低くなっている(図2参照)。これは、ばらつきが小さくなっていることを意味しているが、一つの仮説として、レベルの低い被験者の中には、練習を積み重ね聞き取り能力が向上する耳がよい人と、そうではない人が混在している一方、リスニング

レベルが高いグループには、練習を積んだ耳の良い人のみが存在していることを示しているのかもしれない。つまり、リスニングレベルが高くなるためには、1)耳が良く、2)練習を続ける、の両要因が必要ということである。

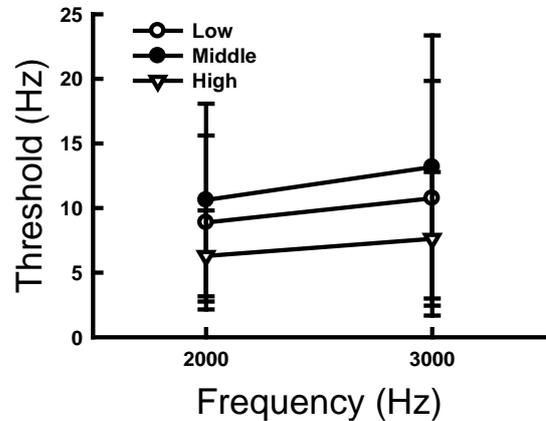


図1：2000Hz, 3000Hzの純音弁別閾(習熟度別)

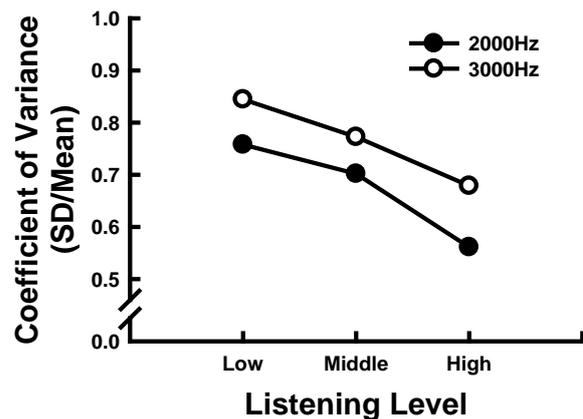


図2：2000Hz, 3000Hzの習熟度別変動係数

仮説2)リスニング習熟度の高い英語学習者は、子音聞き取り能力が高い。では、話速条件を統合したL-R音弁別の正答率による習熟度の主効果を見た分散分析の結果から、リスニング習熟度の高い英語学習者は、有意に子音の聞き取り能力が高かった($F(2,116)=13.189, p<.001$)。

仮説3)高周波音域の弁別能力と子音聞き取り能力は正の相関関係にある。について、GTECのリスニング得点と2000Hz, 3000Hzの純音テスト結果の相関を出したのが表1で、図3は散布図を示す。

表1：リスニング得点と純音得点の相関

	2000Hz	3000Hz
Listening score (r)	-0.204	-0.166
p	0.0420	0.0995

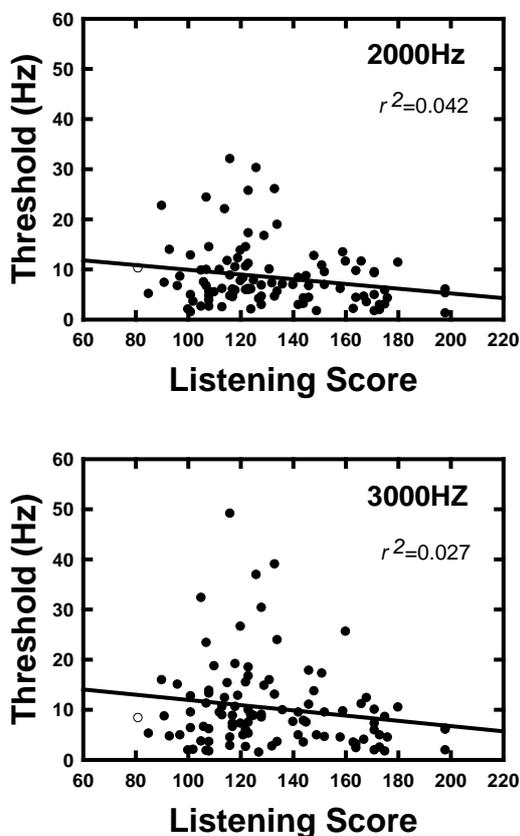


図3：2000Hz, 3000Hzにおけるリスニング得点と弁別閾の散点図・相関

これらの結果から、2000Hzの純音の弁別能力は、リスニング習熟度と有意な相関が見られた($r=-.204, p<.05$)。3000Hzでは両者の相関は有意ではなかった。実際のL-R音の聞き分けに本当に必要な周波数域は2000Hzから2500Hzあたりだといわれる。つまり3000Hz域の情報は使われない。3000Hzの純音弁別とリスニング得点の相関が有意でなかったことから、子音弁別には、言語音により対応する2000Hzの弁別能力のほうが強く関係していると言えるのではないだろうか。ただし、相関値そのものは低く、今後の検討が必要である。

仮説4) リスニング習熟度に対する高周波音域の弁別及び子音聞き取り能力の寄与には、閾値が存在する。について、高域の手がかりのみを残した音声の弁別が可能かどうかをレベル別に分析した。周波数域除去条件

(High-Cut, Low-Cut) × リスニングレベル (Low, Middle, High) の2要因分散分析の結果、リスニングレベルの主効果、フィルターの種類の主効果、および交互作用のすべてが有意であった($F(2,116)=4.141, p<.019$; $F(1,116)=25.601, p<.001$; $F(2,116)=9.351, p<.001$)。そして図4に見られるように、多重比較では、リスニングレベルが高い被験者のLow-cutの条件のみが、他のすべての条件より有意に高くなっていた(Tukey Test, $p<.05$)。すなわちリスニング習熟度の高い英語学習者のみが、高域の手がかりのみを残した音声の弁別が可能であった。これは、仮説(4)を支持する結果である。

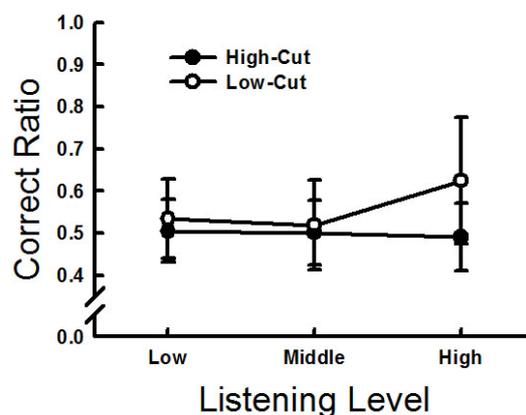


図4：高周波域/低周波域除去条件下での弁別正答率(習熟度別)

5. 考察と今後の課題

実験の結果、1) 習熟度の高い学習者は2000Hz, 3000Hzといった高周波の純音弁別能力が高いのに対し、より低い学習者では純音の差が聞き取れても英語の習熟度に必ずしも結びついていない。2) 習熟度の高い学習者は高周波域の弁別を必要とするL-R音の同定に優れている。また3) 高周波音域の弁別能力と子音聞き取り能力の間には、2000Hzにおいて正の有意な相関関係が見られた。そして4) 高域の手がかりのみを残した語彙音声の弁別が有意に優れていたのは、習熟度の高い学習者のみであった。すなわちより低い学習者はこの周波数域の音を弁別に用いていないことが明らかになった。

以上のことから、リスニングの習熟度が高い学習者は、弁別に当然使うべき高周波音域を正しく聞き取っており、それは純音弁別能力がある程度の精度を持っていることに関連していると考えられる。またより言語認識に近いL-R音の同定能力もリスニングの習熟度に関わっており、これらの能力は英語の

リスニングが上達する上で、一定レベルを超える必要があること（閾値の存在）が示唆された。その際、純音の弁別は、対応する言語音の弁別周波数域に限定される可能性も明らかになった。

高周波音の弁別能力がリスニングの習熟度と関連する、とする今回の研究成果を踏まえ、今後の課題として、最初から「音の聞き取り」でハンデを持つと考えられる学習者への訓練方法の構築と効果検証が挙げられる。その際、1つの方法として話速を統制した時間分解能の訓練も挙げられるが、レベル(2)×スピード(4)の2要因分散分析を行なった結果(図5)、リスニングレベルの主効果、およびスピードの主効果は($F(2,116)=13.189, p<.001$; $F(3,348)=14.035, p<.001$)でどちらも有意、交互作用は有意ではなかった($F(6,348)=0.753, p>.060$)。多重比較では、リスニングレベルが高い被験者との他の被験者とで有意な差があり、オリジナルのスピード(1.0)と他のスピードとの間で有意な差が見られた(Tukey Test, $p<.05$)。つまりオリジナルの音声が一番同定しやすかったことになるが、これは音声加工の物理的制約によるのかもしれない。刺激音声を遅くすることの効果は今回実証できなかったが、さらに分析と実験を重ねていく必要があり、その結果を踏まえた訓練法を構築していきたい。

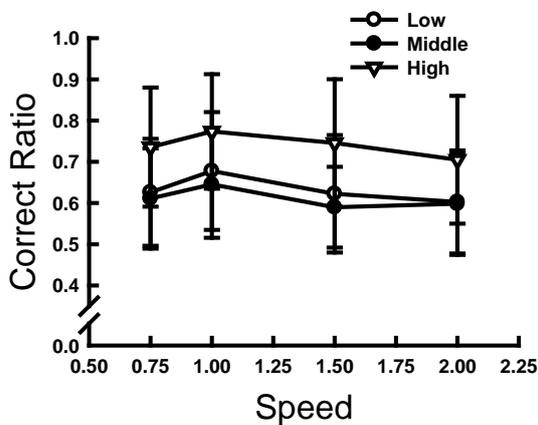


図5：習熟度別の話速条件に対するL-R音弁別の正答率

6. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計5件)

- ① 石津希代子. 授業におけるリアクションペーパーの有用性『リハビリテーション教育研究』第16号, 127-128 (2011) [査読あり]
- ② 石津希代子. 耳音響放射の概要. 『日本大学大学院総合社会情報研究科紀要』第

11号, 398-402 (2011) [査読なし]

- ③ Manabe, K., et al.: Transposition of line-length discrimination in African penguins (*Spheniscus demersus*). *Japanese Psychological Research* 51, 115-121 (2009) [査読あり]
- ④ 東矢光代. 英語リスニングの指導と効果に関する一考察-習熟度による語彙学習の寄与の違い-. 西川盛雄教授退官記念論文・随想集刊行会(編)『言語理論の展開と応用』(英宝社). 190-204 (2009)[査読なし]
- ⑤ 東矢光代. 英文リスニングにおける語彙学習・認識訓練効果の行動分析的検証. 東京大学外国語教育学研究会(編著)『外国語教育学のフロンティア』(成美堂). 67-78 (2009)[査読あり]

[学会発表] (計2件)

- ① Toya, M. & Manabe, K. Computer-based listening training with immediate reinforcement for Japanese learners of English. 5th Conference of the European association for behavior analysis. (2010.9.22). University of Crete.
- ② 東矢光代. "「高周波音声」に着目した英語リスニング訓練法の妥当性について" 沖縄外国文学会 第24回大会. (2009.7.5). 沖縄キリスト教学院大学.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

東矢 光代 (TOYA MITSUYO)
琉球大学・法文学部・准教授
研究者番号：00295289

(2) 研究分担者

眞邊 一近 (MANABE KAZUCHIKA)
日本大学・大学院総合社会情報研究科・教授
研究者番号：80209676

石津希代子 (ISHIZU KIYOKO)
聖隷クリストファー大学・リハビリテーション学部・准教授
研究者番号：10446180