

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 16 日現在

機関番号：94301

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2011～2015

課題番号：23242032

研究課題名(和文)多様な第二言語学習過程を最適化する学習モデルと支援システムの研究

研究課題名(英文) Study on the model and the system that enhance the various learning processes in foreign language acquisition

研究代表者

山田 玲子 (Reiko, Akahane-Yamada)

株式会社国際電気通信基礎技術研究所・その他部局等・主幹研究員

研究者番号：30395090

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 38,400,000円

研究成果の概要(和文)：音韻、語彙、構文といった様々な要素に分けて外国語の学習実験を行う環境を構築し、要素間の相互関係、特に学習の順序効果を調査した。その結果、同一処理レベル内では順序効果はなかったが、処理レベルが異なる音韻学習と語彙学習の間で有意な順序効果があり、学習初期段階に低次処理を習得することの重要性が示された。この結果に基づき、低次から高次へと習得していく「ボトムアップメソッド」を学習モデルとして提案する。また、その学習モデルの効果を最適化するためのカリキュラムモデルとして「反転学習の概念モデル」を作成し、効果があることを確認した。さらに、学習解析の手法で個別に最適化する方略について整理、考察を行った。

研究成果の概要(英文)：The e-learning system for language training experiments has been developed, and trainings on various processing levels and domains were conducted. Significant order effect was found between phoneme perception training and vocabulary training: The group which received phoneme perception training first improved more than the group which received vocabulary training first. In contrast, the order effect was not found between the trainings within the same processing level. As a result, the learning model, so called "bottom-up method" in which the training that enhance lower level of speech processing in the early stage was proposed. In order to optimize effectiveness of this learning model, a conceptual diagram of the transformation of a conventional in-class lesson to flipped learning was created, and it was found that the flipped learning lesson was significantly effective. In addition, the strategies to optimize individual learning process using "Learning Analytics" were examined.

研究分野：実験心理学

キーワード：外国語学習 学習効果 順序効果 英語 eラーニング

1. 研究開始当初の背景

(1) 外国語、特に英語でのコミュニケーション能力の育成が重要な課題とされて久しいが、これまでに十分な解決方法が見出されたとはいえない。学習過程は多様であり、この課題に答えるためには、カンや経験則を重視した学習方法のみに頼るのではなく、どのような学習内容をどういう順番で行うのが効果的か、そもそも順序によって学習効果に差があること自体、定量的、定性的に明らかにする必要があった。

(2) 1980年代までは成人には外国語の音声対立の学習は不可能であるという結果が報告されていた(e.g. [1])。しかし、計算機やインターネットなどのインフラが整備され始めた1990年代に、研究代表者を含む国際共同研究グループにより、パソコンを用いた等質化した外国語音声学習実験により、成人でも第二言語の音声対立を学習できることが明らかになった(e.g.[2])。それに引き続き、同様の学習実験の手法を用いて、生成学習の効果は知覚に転移し[3]、知覚学習の効果は生成に転移する[4]といった、ある機能の学習がどの範囲に影響を及ぼすかという般化効果を測定する研究、年齢による学習効果を測定する研究など、外国語の学習の様々な様相が明らかになってきた。ただし、それらは複雑な言語処理の要素や機能の一部を取り出した研究の集合体であり、学習過程全体を俯瞰的に検証した研究は行われていなかった。

2. 研究の目的

(1) 言語を言語処理レベル(音韻、韻律、語彙、統語、意味)と言語処理機能(生成過程、知覚過程)の組み合わせと仮定し、「音韻の知覚」など個別の要素またはその組み合わせを対象とした学習実験を実施し、学習効果から要素間の相互関係、特に学習の順序効果の定量化を行い、効果的な学習モデルを作成する。

(2) 学習モデルの効果を最適化するためのカリキュラを作成する。また、将来の個別学習最適化に向けた調査を行う。

3. 研究の方法

(1) 学習効果の測定: Pretest-posttest デザインを用いて、訓練前後のテストの成績を比較することにより訓練の効果を測定する。

(2) 学習環境の構築: 外国語の学習効果を測定するためには、1 学習者あたり相当時間の訓練を行う必要があるため、クラウド上に学習環境を構築し、多数の学習データを取得できるようにする。ただし、必要に応じて実験室内での統制された実験も組み合わせることにより、有効な結果を蓄積する。

(3) 学習要素間の関係性の測定: 学習言語の

知覚学習と生成学習、音韻、語彙、構文の各学習について訓練効果とその般化、学習の順序効果を定量化する。

(4) 学習の最適化と学習解析: 自律学習、反転学習に着目し、学習効果を最適化するカリキュラムモデルの構築と検証を行う。また、今後の発展に向けて、近年のビッグデータ、学習解析の手法を取り入れて学習過程の個別最適化研究の方略を整理、検証する。

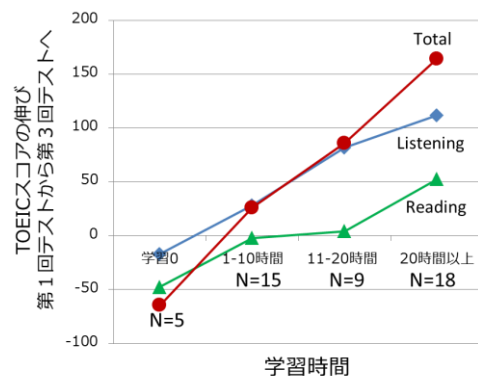
4. 研究成果

(1) 学習環境の構築

クラウド上に実験用 e ラーニング環境を構築し、LMS で学習者、学習コンテンツ、学習履歴の管理を行った。音の聞き取り、語彙学習、発音、ディクテーション、TOEIC 形式等、本研究に必要な様々な課題および実験に必要な設問を DB に追加し、詳細学習履歴データを蓄積するシステムを作成した。学習実験は連携研究者や研究協力者による高校や大学の教育現場と、研究所内での統制された環境の双方で行い、様々な内容と質のデータを取得した。

(2) TOEIC 形式テストでのシステム検証

日本人大学生を対象として TOEIC 形式のテストのスコアで学習効果の測定することから研究をスタートした。平均 20 時間の学習時間で、学習システム内に設定した TOEIC 形式の正答率は学習前の 46% から 55% に有意に上昇し、TOEIC テストのスコアも 432 点から 521 点へと有意に上昇した[24]。さらに、複数の大学や企業で学習効果の測定を行い、学習時間とスコアアップの幅の間に相関があること(図1)、総じて約 20 時間の学習時間で TOEIC テストのスコアが 100 点程度上昇すること、音読や発音といった基礎的な学習でも TOEIC スコアが有意に向上すること等が明らかになった。

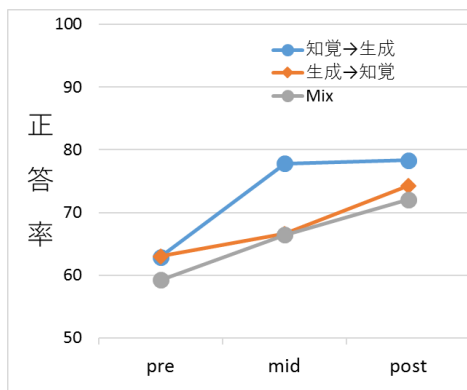


【図1】学習時間と TOEIC スコアの伸び[20]

(3) 知覚訓練と生成(発音)訓練

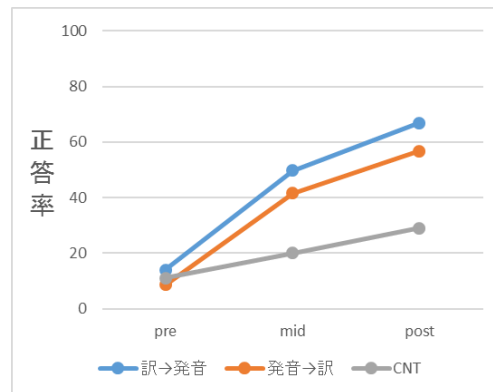
研究代表者の研究グループは英語/r//l/音の知覚訓練により生成の成績が向上し、生成訓練により知覚の成績が向上することを実証し、

このことから知覚と生成の間で訓練効果が転移することを示した。本研究では、知覚訓練と生成訓練の組み合わせ方と学習効果の関係について調べた。日本語母語話者を3つのグループに分け、内容と量はグループ間で等しいが出題の順序だけが異なる知覚訓練、生成訓練を行った。①[知覚→生成]グループでは前半に知覚訓練、後半に生成訓練、②[生成→知覚]グループでは前半に生成訓練、後半に知覚訓練、③[MIX]グループは知覚訓練ブロックと生成訓練ブロックを交互に実施した。訓練前 (pre)、訓練中間 (mid)、訓練後 (post) に知覚および生成のテストを行い、テストの結果から訓練の効果を評価した。その結果、post-test では3グループの間で有意な差はなく、知覚→生成グループでは知覚テストの成績が他の2つのグループよりやや向上する傾向がある程度だった (図2)。この結果は、音韻処理レベル内での知覚訓練と生成訓練の間には顕著な順序効果はないことを示唆する。



【図2】知覚テストの正答率の推移。(Akahane-Yamada et al. 投稿予定より)

(4) 語彙学習における発音訓練と意味訓練  
語彙学習の典型的スタイルである単語帳学習では日英の対訳を対呈示する。しかし、発音情報も心的辞書の重要な構成要素であり、発音の混同が語彙の混同の一要因であることも明らかになっている。ここでは、日本語母語話者を対象として馴染みの低い科学技術用語を学習する実験を行った。学習者を①発音練習を行った後、意味学習を行う[発音→訳]グループ、②意味学習を先に行う[訳→発音]グループ、③学習は行わずテストだけ実施するコントロール[CNT]グループに分けて実施した。その結果、単語の対訳記述テストにおいて[発音→訳][訳→発音]群は訓練を行わなかった[CNT]グループより有意に向上した (図3)。しかし、[発音→訳][訳→発音]の間では有意な差がなく、学習順序効果はみとめられなかった。



【図3】語彙テストの正答率の推移 (Akahane-Yamada et al. 投稿予定より)

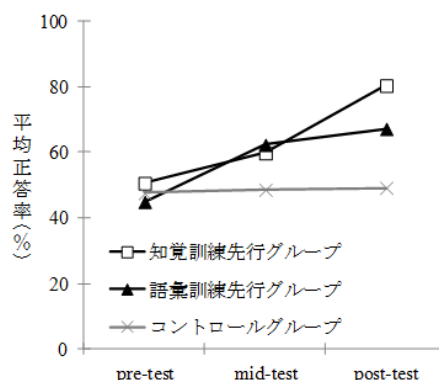
#### (5) 音声知覚訓練と語彙訓練

音声知覚訓練と語彙訓練の関係の検証を統制された条件下で行うため、中国語学習経験のない日本人大学生を対象とした中国語四声の知覚訓練と四声の違いで対立する単語 (例:表1) を用いた語彙訓練を行った[12]。

【表1】四声で対立する中国語単語の例

つづり	猖	尝	场	畅
Pinyin	chāng	cháng	chǎng	chàng
日本語訳	ただけしい	食べてみる	回数	滞りのない

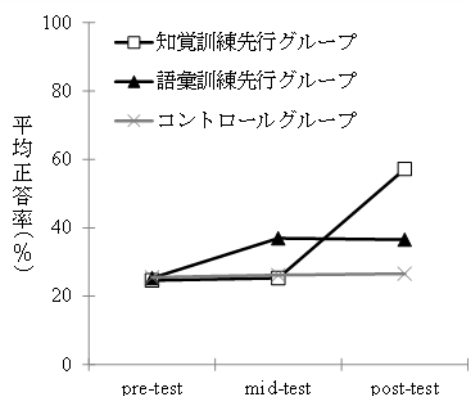
学習者を①知覚→語彙の順に訓練を行う[知覚訓練先行グループ]、②語彙→知覚の順に訓練を行う[語彙訓練先行グループ]、③訓練を行わない[コントロールグループ]の3つのグループに分けた。訓練前中後の pre-test、mid-test、post-test において、四声の知覚、日本語と中国語の対訳選択など四声の知覚と使用した語彙の知識に関連する様々なテストを実施した。その結果、全テストの平均正答率は知覚訓練先行グループの上昇が他のグループに比べて有意に大きかった (図4)。



【図4】全テストの平均正答率の推移[12]

テストの種類毎に分析したところ、リスニング関連テスト、つまり音声聞いて中国語 (漢字) または日本語訳を選択する課題で知覚訓練先行グループの結果が語彙訓練先行グループに比較して顕著に上昇した (図5)。これらの結果から音韻知覚訓練と語彙訓練

の間に順序効果が明らかになった。音韻処理レベルの学習を先行することの重要性が示唆されたといえる。



【図5】リスニングテスト（音声を聞いて中国語を選択）における正答率の推移 [12]。

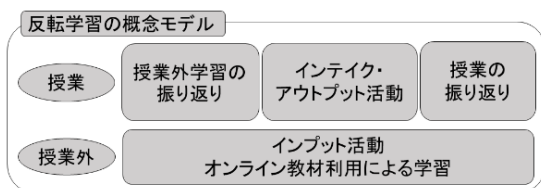
#### (6) 音読訓練と構文訓練

日本人学習者をグループに分け、英文を素材として、音読訓練と構文訓練（語順並べ替え課題）の比較や組み合わせの効果を検討した。今後の詳細な分析が必要だが、一次的な分析からは、音読訓練と語順並べ替え訓練の間には訓練効果に顕著な差はなかった。

#### (7) 反転学習による学習の最適化

本研究では、反転学習における学習の最適化を図るために、反転学習の概念モデルを創出し、授業実践を通じて、創出した概念モデルの有効性を検証した。

(7)-①反転学習の概念モデル: 一般的な外国語授業の概念モデルでは、学生は授業で、新しい知識を学ぶため、インプット活動を行う。新しい知識が理解できれば、それが自分の知識の一部とするインテイクを伴う学習課題に取り組んだ後、理解した知識を応用するアウトプット活動を行う。授業の最後には、授業外の課題として宿題が与えられ、教員は宿題の採点を通じ、学生が学習目標を達成しているかどうかを確認する。一方、反転学習の概念モデルでは、インプット活動として、学生が授業外でオンライン教材を利用して事前学習を行う。授業では、教員のファシリテーションのもと、学生は授業外学習の振り返りをし、インテイク・アウトプット活動に取り組む。授業終了時には授業の振り返りを行い、次の授業外学習での目標を設定する（図6）。



【図6】反転学習のモデル

(7)-②有効性の検証:A大学のTOEIC授業において、統制群と実験群を設定し、図Xの反転学習の概念モデルに基づいた授業を実践した。TOEICテストを事前・事後テストとして利用し検証を行った結果、スコアの伸びが、実験群で151.38点、統制群で50.04点となり、有意性が認められた( $p < .001$ )。

#### (8) 学習解析と素材リポジトリを利用した学習過程の最適化の考察

MOOC(Massive Open Online Course、大規模公開オンライン講座)における日本語初級講座の開発を通じて、MOOCで使用される技術や学習理論・教授法の整理を行った。MOOCの基盤は様々な学習履歴情報を前処理して格納する学習ログストア(学習記録データベース)、学習ログを分析し学習過程を予測する学習解析(Learning Analytics)ツール群、コースの要素となる素材型コンテンツ(学習モジュール)を格納する素材リポジトリ、解析結果を適切に「見える化」したダッシュボード、それをもとに適切な学習モジュールを判断する人工知能などである。学習解析に関する最新研究動向を踏まえ、放送大学が運用しているMOOC「にほんごにゆうもん」のデータを利用して、システム実現における課題を整理し、学習評価や学習過程のPersonalizationの実現に利用される学習解析の技法から、従来のインストラクショナルデザインや教育評価との差異を論考した。

#### (9) まとめ

外国語学習実験の環境を構築し、様々な学習要素に分けて学習実験を行った。音韻の知覚、音韻の生成、語彙、構文といった個々の要素の学習効果を定量化しつつ、相互関係、特に学習の順序効果を調査した。その結果、語彙、発音、構文、音読等の基礎的な訓練を行った場合でもTOEIC形式課題の成績が有意に向上することが明らかになった。順序効果については、同一処理レベル内である音韻知覚と音韻生成では順序効果は傾向にとどまった。同じく同一処理レベル内での、語彙発音学習と語彙対訳学習、音読訓練と構文訓練の間でも有意な順序効果はなかった。一方、処理レベルが異なる音韻学習と語彙学習の間に順序効果があり、語彙学習に先行して音韻学習を行うことの実効性が示された。これらの結果から、外国語学習の初期段階に低次処理を習得することの重要性が示されたといえる。音韻→語彙→統語→意味処理へと、つまり低次から高次へと習得していく「ボトムアップメソッド」を学習モデルとして提案する(図7)。



【図7】人間の音声情報処理の順序に沿ったボトムアップメソッドの学習順序

また、この学習モデルによる学習を促進する「反転学習の概念モデル」を提案し、学習効果が高めることを検証した。さらに、本研究を次のステップにつなげるため、複雑な学習過程を近年の教育ビッグデータ、学習解析の手法で個別に最適化する方略について整理、考察を行った。

#### <引用文献>

- [1] W. Strange, and S. Dittmann, "Effects of discrimination training on the perception of /r-l/ by Japanese adults learning English.," *Perception & Psychophysics*, **36**, pp. 131-145, 1984.
- [2] R. Akahane-Yamada, "Learning Non-Native Speech Contrasts: What Laboratory Training Studies Tell Us," *J. Acoust. Soc. Am.* **100**, No.4 Pt.2, p.2728 Proc. ASA/ASJ Third Joint Meeting, 3pSC21, pp.953-958 (1996.10).
- [3] A.R. Bradlow, D.B. Pisoni, R. Akahane-Yamada & Y. Tohkura, "Training Japanese listeners to identify English /r/ and /l/: IV. Some effects of perceptual learning on speech production," *J. Acoust. Soc. Am.*, **101**, pp. 2299-2310, 1997.
- [4] R. Akahane-Yamada, T. Adachi, and H. Kawahara, "Second language production training using spectrographic representations as feedback," *J. Acoust. Soc. Jpn. (E)* **18**, pp.341-343, 1997.

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 7 件)

- [5] 山田恒夫 (2015. 12) . MOOC と学習解析. : 教育革新のための情報基盤に向けて情報処理学会論文誌「教育とコンピュータ」、1 (4) ,1-11 (招待論文).
- [6] 山田恒夫 (2014) . MOOC とは何か—ポスト MOOC を見据えた次世代プラットフォームの課題. 情報管理、57 (6) 、367-375.
- [7] 山田恒夫 「放送大学 MOOC 「NIHONGO Starter (にほんご にゅうもん)」 の開発」大学教育と情報、2014-3、14-15.
- [8] Y. Ishikawa, R. Akahane-Yamada, M. Kitamura, C. Smith, Y. Tsubota, and M. Dantsuji, "Sustaining Outside-of-Class CALL activities by means of a student

self-evaluation system in a university blended learning EFL course", Lecture notes in Computer Science, 8524, 146-154, 2-14.

- [9] 山田玲子 「外国語学習のための ICT 教材開発の潮流」日本音響学会誌 70 巻 8 号 (2014), 446-451.
  - [10] Y. Ishikawa, R. Akahane-Yamada, M. Kondo, H. Hatakeda, N. Wada, "Blended learning practices and the development of self-regulated learning: Using ATR CALL to help students prepare for TOEIC tests." Proc INTED 2012, 2012, 6732-6739.
  - [11] W. Strange, M. Hisagi, R. Akahane-Yamada, R. Kubo. "Cross-language perceptual similarity predicts categorical discrimination of American vowels by naive Japanese listeners.," *J. Acoustical Society of America*, 2011, 130(4), EL226-231.
- [学会発表] (計 13 件)
- [12] Y. Shuyi, R. Akahane-Yamada, "Effects of perception training and vocabulary training of Mandarin tones by native speakers of Japanese", The 12th Phonetic Conference of China, 25-27, July, 2016(予定), (内モンゴル通遼市)
  - [13] T. Yamada, et. al., "A Massive Open Online Course (MOOC) for Japanese Starter Level Open University of Japan.," Sixth International Conference on Computer Assisted Systems for Teaching & Learning Japanese, 7-8 August 2015 (Hawaii, US).
  - [14] 江口小夜子「英語音声のストレス知覚における母音温室の影響—英語母語話者と日本語母語話者の比較」日本音声学会第 29 回大会、2015 年 10 月 4 日 (神戸市)
  - [15] R. Akahane-Yamada, "Learning non-native speech contrasts: What laboratory training studies have told us", Workshop on Cross-language speech perception: Late versus early second-language bilinguals, 18, July, 2015 (Tokyo, Invited)
  - [16] Y. Ishikawa, R. Akahane-Yamada, et al., "An EFL flipped learning course design: Utilizing students' mobile online devices", EUROCALL 2015 26-29, August, 2015 (Padova, Italy)
  - [17] R. Kubo, M. Akagi, R. Akahane-Yamada, "Perception of second language phoneme masked by first- or second-language speech in 20-60 year old listeners", 167<sup>th</sup> Meeting of Acoustical Society of America, 5-9, May, 2014 (Rhode Island, US.)
  - [18] 宮森吉昌、北村美里、山田玲子 「e ラーニングでの学習行動の分析～社会人と大学生の比較～」情報処理学会第 76 回全国大会、2014 年 3 月 11-13 日 (東京都)
  - [19] Y. Ishikawa, R. Akahane-Yamada, et.al., "Flipped learning in a university EFL course:

Helping students improve their TOEIC scores”, INTED 2014, 10-12, March, 2014 (Valencia, Spain).

[20] 山田玲子、石川保茂、伊庭緑、水口志乃扶、立石浩一、山本誠子、山田恒夫、北村美里「音声科学の研究成果に基づく eラーニングシステム「ATR CALL」を用いた学習の効果」外国語教育メディア学会 (LET)第 53 回全国研究大会, 2013 年 8 月 7-8 日 (東京都)

[21] Y. Ishikawa, et. al., “Selected can-do statements and learning materials for ATR CALL BRIX: helping university students in Japan improve their TOEIC scores.” CALL: Using, Learning, Knowing, EUROCALL Conference, 22-25 August, 2012 (Gothenburg, Sweden)

[22] Y. Ishikawa, R. Akahane-Yamada et. al.,”The development of self-regulated learning behavior in out-of-class CALL activities in a university EFL blended learning course.” World CALL 2013, 10-13, July, 2013, (Glasgow, UK.)

[23] 山田玲子「日本語母語話者による英語音声習得—基礎研究と eラーニングシステムの開発」電子情報通信学会音声研究会 2012 年 3 月 8-9 日、(埼玉県和光市、招待)

[24] 石川保茂、山田玲子他「ATR CALL BRIX を用いた TOEIC テスト学習：大学と企業を事例にして」大学 ICT 推進協議会 2011 年度年次大会 2012 年 12 月 7-9 日 (福岡市)

〔図書〕 (計 5 件)

[25] Y. Ishikawa, R. Akahane-Yamada, et.al., “A Flipped Learning Approach to University EFL Courses”, Encyclopedia of Information Science and Technology, Fourth Edition, in press.

[26] Y. Ishikawa, R. Akahane-Yamada, et.al., “A Student Self-Evaluation System: Sustaining Outside-of-Class CALL Activities in a University EFL Blended Learning Course” in World CALL: Sustainability and Computer-Assisted Language Learning, Bloomsbury Publishing, 2016, 19pps / 341pps.

[27] T. Yamada, MOOC phenomena in Japan: JMOOC and OUJ-MOOC. In Bowon Kim (Ed.), MOOCs and Educational Challenges around Asia and Europe. KNOU Press. 2015, Pp.35-48.

[28] T. Yamada “An Open “Materials” Repository and Global Search System: Preparing for Diverse Learners and a Variety of Learning Processes.” In Rory McGreal, Wanjira Kinuthia, Stewart Marshal & Tim McNamara (Eds.), Perspectives on Open and Distance Learning: Open Educational Resources: Innovation, Research and Practice. The Commonwealth of Learning & Athabasca

University Press. Pp.153-163. [electronic open book]

[29] Y. Ishikawa, R. Akahane-Yamada, et.al., “An interoperable ICT educational application for TOEIC preparatory study”, Encyclopedia of Information Science and Technology, Third Edition, 2013, 12pages.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

山田 玲子 (AKAHANE-YAMADA, Reiko)  
㈱国際電気通信基礎技術研究所・主幹研究員  
研究者番号：30395090

### (2) 研究分担者

石川保茂 (ISHIKAWA, Yasushige)  
京都外国語大学・外国語学部・教授  
研究者番号：90257775

宮森吉昌 (MIYAMORI, Yoshimasa)  
㈱国際電気通信基礎技術研究所・研究技術員  
研究者番号：10395064  
(平成 26 年度まで)

### (3) 連携研究者

山田恒夫 (YAMADA, Tsuneo)  
放送大学・教養学部・教授  
研究者番号：70182540

山本誠子 (YAMAMOTO, Tomoko)  
神戸学院大学・経営学部・教授  
研究者番号：90269879

水口志乃扶 (MIZUGUCHI, Shinobu)  
神戸大学・国際文化学研究所・教授  
研究者番号：00157489

立石浩一 (TATEISHI, Kohichi)  
神戸女学院大学・文学部英文学科・教授  
研究者番号：70291789

伊庭みどり (IBA, Midori)  
甲南大学・国際言語文化センター・教授  
研究者番号：90289017

### (4) 研究協力者

北村 美里 (KITAMURA, Misato)  
㈱国際電気通信基礎技術研究所・研究技術員

江口 小夜子 (EGUCHI, Sayoko)  
㈱国際電気通信基礎技術研究所・研究技術員

楊シュイ (YANG, Shui)  
神戸大学国際文化研究科・大学院生

飯野 義一 (IINO, Yoshikazu)  
神戸大学国際文化研究科・大学院生