

機関番号：12301

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2010

課題番号：20530879

研究課題名（和文）英語学習における聴覚障害学生支援のための音声認識技術の活用

研究課題名（英文）Application of Voice Recognition Technology to Support of Deaf and/or Hard-of-Hearing Students in English Learning

研究代表者

上原 景子 (UEHARA KEIKO)

群馬大学・教育学部・教授

研究者番号：40323323

研究成果の概要（和文）：音声認識技術を活用した聴覚障害学生支援では、聴覚障害者の英語の読みの特性に即した英語字幕呈示が望まれる。聴覚障害者の英語の単語認知や読みは聴者と異なり、語彙情報アクセスでは音韻表象に依存せず、意味表象が重要な役割を果たす。音声認識英語字幕の呈示では、日本語と異なり、1行当たりの単語数が少ない頻繁な改行は適切でなく、ピリオドのみでの改行かピリオド・カンマでの改行を、英語力や字幕の内容・難易度を考慮して行うのが望ましいと考えられる。

研究成果の概要（英文）：To support deaf and/or hard-of-hearing students in English learning, English captioning should be presented with consideration for the characteristics of their way of reading English. Unlike hearing students, their reading and lexical recognition appear not to depend greatly on phonological representation, and semantic representation seems to play a more significant role. In presenting real-time-recognition English captions, designers must refrain from excessive reduction of text per line. Depending on English level of students and content/level of captioned English, line breaks should occur at either period or comma (for lower level students and/or higher level contents/English) or at period only (for higher level students and/or lower level contents/English).

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2009年度	900,000	270,000	1,170,000
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：聴覚障害学生支援

科研費の分科・細目：教育学・特別支援教育

キーワード：聴覚障害学生支援、音声認識、英語教育、情報保障、字幕呈示、音声同時字幕システム、ノートテイク、パソコン要約筆記

1. 研究開始当初の背景

近年、高等教育を受ける聴覚障害学生への先端的な情報保障の手段として、音声認識技術を活用した字幕呈示技術が注目を集め、日本語を用いての研究が進んでいる。従来用いられてきた主な情報保障の手段はノートテ

イクやパソコン要約筆記であるが、提供できる情報の量にも質にも大きな限界がある。量の限界は「ノートテイクは2割程度、パソコン要約筆記は8割程度しか音声の文字化ができないこと」で、質の限界は「実際に聴覚障害学生が得る情報は、話者の音声をそのまま

文字化したものではなく、支援者が理解したことの間接的な要約であること」である。すなわち、ノートテイクやパソコン要約筆記では、聴覚障害学生に講義の内容を生きた情報として直接的に十分提供できない。これらの課題解決のため、音声認識技術を用いた字幕呈示技術が導入されたが、「特定の話者の音声しか認識できないこと」と「話者の音声を直接認識させるだけでは誤認識が多いこと」という限界に阻まれていた。

これらの限界に対し、『音声同時字幕システム』が東京大学の伊福部・井野によって開発された。同システムは、コンピューターによる音声認識に人為的な復唱作業と修正作業を介在させ「発話→同時復唱→同時修正→字幕呈示」のプロセスを辿ることで、「不特定話者の音声の認識すること」と「誤認識の発生を最小限に抑えること」を実現した。『音声同時字幕システム』は、既に(株)BUG(ビー・ユー・ジー)により国際会議等で実際に運用され、日本語での字幕化の精度は97%に達している。また、金澤らは、平成16年度から『音声同時字幕システム』を、日本語を使う大学講義での聴覚障害学生支援に活用するための研究を行い、聴覚障害学生と同じ教室に置かれた中間支援者が字幕の修正作業をする方法の検討を通して、大学で利用可能なシステムを構築した。さらに、金澤らは、聴覚障害学生にとってより分かりやすい字幕の提示方法の研究を進めた。このように、『音声同時字幕システム』の開発と多くの研究の成果で、日本語を用いた講義での情報保障は、目覚ましい発展を遂げている。

日本語を用いた講義での情報保障が目覚ましい発展と遂げているのに対し、国際化時代と呼ばれ、英語が持つ「コミュニケーションの道具」としての役割が重視される今日でも、英語学習における聴覚障害学生への支援は、全国的に大きく立ち遅れており、取組みが急がれる。現在、英語学習での支援の典型は、リスニングやコミュニケーションの授業を英語講読に代替する消極的な方策か、英語の上級者ではない日本人支援者のノートテイクに終始する不十分な手段であり、聴覚障害学生が受講する全講義で支援が行われている最前線の支援体制でも、英語学習ではノートテイクとパソコン要約筆記が主な支援方法である。先のノートテイクとパソコン要約筆記での文字化の情報量の限界は、日本語での支援に関する精度であり、英語母語話者教員などによる英語での授業が普及している大学英語教育の現状では、日本人支援者のノートテイクやパソコン要約筆記が英語学習

で保障できる情報は、量も質も日本語での保証よりも遥かに劣るのは明らかである。

こうした背景から、英語学習における情報保障でも、音声認識技術を用いた『音声同時字幕システム』の活用が期待される。同システムの英語字幕への適用化は、本研究代表者の上原と分担者のHOOGENBOOM・金澤が中心となり、英語を使用する大学講義での運用実験を開始し、十分に高い認識精度が得られることを確認した。しかし、日本語での使用の環境とは違い、同システムの英語での使用には独自の課題があることが分かっている。

2. 研究の目的

本研究の目的は、全国的に立ち遅れている「英語学習における聴覚障害学生支援」において、音声認識技術を用いた『音声同時字幕システム』を活用して情報保障をする方法を検討し、具体的な提案をすることである。

英語を使用する大学講義で我々が行った同システムの運用実験では、十分に高い認識精度が得られることが確認されたものの、日本語での使用と全く異なる英語での使用独自の課題が字幕呈示の内容と表記の双方で明確化した。本研究では、こうした課題に対処するため、「日本人の聴覚障害者の英語の読みの特性」を探り、それに即して音声認識英語字幕呈示を行うための提案を行う。

3. 研究の方法

「日本人の聴覚障害者の英語の読みの特性に即した音声認識英語字幕呈示」への提案をするため、次の(1)～(5)の項目について実験研究を行った。これらに加え、英語学習で頻繁に行われる映画教材を用いたリスニングにおける支援実践を行った(項目(6))。

- (1) 誤変換への対処と誤変換の読みへの影響
- (2) 復唱時での要約の必要性の有無
- (3) 視覚提示英単語の語彙情報アクセス
- (4) 音声認識字幕英文読解時のチャンキング
- (5) 読みやすいと感じる改行
- (6) 映画教材を用いた英語学習での支援方法

以下の(1)～(6)に、それぞれの項目についての研究の方法を報告する。

(1) 実験1：誤変換への対処と読みへの影響

本実験に参加した被験者は5名(平均年齢40.4歳)で、全員が日本語を母語とする先天性の重度聴覚障害者(平均聴力レベル106 dB)であった。被験者は、いずれも高い英語力を持っている(博士課程修了2名、修士課程修了2名、豊学校の英語教師1名、公務員1名)だけでなく、実験を行った時点では日常的に英語を使っていた。各被験者には、以下に報告する実験への参加の他、インタビューを行い、「日常で英語を使う頻度」、「英語の音韻に対する意識を持って文字を読んでい

るか」, 「これまでの英語の学習方法」, 「実験の感想」などを尋ねた。

実験1では, 被験者に, 英語で行った大学講義の音声同時字幕から抜き出した「誤変換を含む字幕文章」を, 講義時と同じ速さで自動的にスクロールさせて1度だけ読んでもらった後, 字幕を見ずに日本語で書かれた内容理解問題(選択式, 選択肢4つ)に答えてもらった。字幕文章と内容理解問題は全部で4組あった。1つの英文字幕長さは, 読んだ内容を記憶できるよう, どれも1分程度の長さとし, どの英文字幕でも誤変換された単語は以下の例のように[]で示した。

例: It' s called [fossil is Asian].

内容理解問題に解答した後は, 字幕を印刷した用紙に書き込む形式で, 「誤変換を修正する作業」をしてもらった。内容理解問題への解答と誤変換部分の修正作業には制限時間を設けず, 所要時間を計測した。

表1に音声同時英語字幕の誤変換の例を示す。音声認識字幕では, 音声認識エンジンによって音声は字幕化されるため, 表1からも分かるように, 誤変換は音が同じで意味が違う単語だけでなく, 音が変わり異なる語句に変換されてしまう場合も起こりうる。したがって, 聴覚障害者が英語の音韻に対する意識を持っているかどうか重要となる。

表1 音声同時英語字幕の誤変換の例

元の(正しい)単語	誤変換の単語
fossilization	fossil is Asian
can you	Kinney
discourse	this course
Miyuki	meal key
no	know
does it	doesn' t
Do you understand what	D one-day when

実験1の結果では, 発音記号などを頭の中でイメージしながら字幕を読んでいたと報告した被験者は, 音声同時字幕システムによって呈示された主な誤変換の50%を正しく修正することができた。一方, 英語の音韻に対する意識を持っていないと報告した被験者2名は, それぞれ20%と30%しか修正できなかった。

また, 被験者に対するインタビューから, 誤変換の中でも, 「修正しやすいもの」(表2)と「修正が難しいもの」(表3)があることが分かった。前者は文法規則や文章の内容から推測できるが, 後者はそうした推測がしにくい人名や名詞などであった。

次に, 誤変換を含む英語字幕が聴覚障害者の読みに与える影響についてのインタビューの結果をまとめる。本実験では, 誤変換された部分は[]で示したため, 被験者は全員

「容易に誤変換に気付き, より速く字幕が読めるよう, 誤変換部分は読まなかった」と報告した。5名中4名の被験者が「字幕全体の意味を捉える方が大切なので, 多少の誤変換に悩んで時間を使うことは避けるべき」と述べた。また, 「もし誤変換の部分が[]で示されていないかったら, 誤変換だと気付いたと思うか」という質問に対し, 2名の被験者が「文脈と合わない意味の単語に気付けば, 誤変換だと感じるかもしれないが, []がなければ確信はできない」と述べた。このことは, 誤変換を示す手立てがない場合は, 字幕の内容が正しく理解できない可能性があることを示していると考えられる。インタビューの中には, 『『音声同時字幕システム』の誤変換を研究する上では[]の使用は適している」とのコメントがあった。

表2 修正しやすい誤変換の例

元の(正しい)単語	誤変換の単語
Do you	Diu
So	Seoul
phonetics	fenatics
<i>oishii</i> (日本語のおいしい)	we she

表3 修正が難しい誤変換の例

元の(正しい)単語	誤変換の単語
Ikumi	each commis
L and R	Eleanor
Do you understand what	D one-day when
How do you say	Hidi' s
Kashiwagi	Cachalot the

以上に加え, 誤変換に関するインタビューの中で, 聴覚障害学生への英語学習における情報保障に関して被験者から多くの貴重な助言を得た。特に, 5名の被験者の内4名は教員であったため, 英語学習のあり方について以下のような助言があった。

- ①『音声同時字幕システム』での情報保障の有効な活用には, 聴覚障害学生は発音記号を使って英単語を学習するべきである。
- ②発音記号は綴りを覚えるのに大切である。
- ③二人が対面したパソコンでの会話は英会話の学習や講義に適した方法である。
- ④聴覚障害学生にとって, 映画やドラマの字幕を読むことを通して語彙を獲得していくのは効果的な学習方法である。この方法で, 現実的な場面の中で単語やフレーズの使い方を理解することができる。

(2) 実験2: 復唱時での要約の必要性の有無

実験1と同じ被験者5名に, 英語で行った大学講義の音声同時字幕から抜き出した「誤変換を含まない字幕文章」を, 講義時と同じ速さで自動的にスクロールさせて1度だけ読んでもらった。その後, 字幕を見ずに日本語

で書かれた内容理解問題（選択式，選択枝 4 つ）に答えてもらった。実験 1 と同様，字幕文章と内容理解問題は全部で 4 組あり，1 つの英文字幕長さは，読んだ内容を記憶できるよう，1 分程度の長さとした。内容理解問題に解答した後は，字幕を印刷した用紙に書き込む形式で，「話し言葉の読み難さを指摘する作業」を課した。実験 1 と同様，内容理解問題への解答と誤変換部分の修正作業には制限時間を設けず，所要時間を計測した。

実験 2 の結果では，字幕では話者が誰なのかが明示されていなかったため，「誰が話しているのかが分かり難かった」という指摘があったが，被験者全員が「読み難い部分はない」と回答した。すなわち，英語の話し言葉の字幕を読むことは困難ではなく，要約の必要性はないと考えられる。講義で話された英語を要約せずに文字化する際，読む字幕の量は非常に多くなるため，要約の必要性が懸念されたが，本実験の被験者のような高い英語力を持っている聴覚障害者にはその必要性はないようであった。しかし，英語力が十分高いとは言えない学生の英語学習では，個に応じた要約の必要性は否定できない。

(3) 実験 3: 視覚提示英単語の語彙情報アクセス

本実験の被験者は，聴覚障害者群(平均年齢 40.4 歳)と聴者群(平均年齢 22.0 歳)から成る。前者は実験 1・2 の被験者と同じ 5 名で，後者は国立大学教育学部英語専攻生 5 名であった。被験者は全員日本語話者で，英文を読むのに問題のない高いレベルの英語力を有していた。英文読解のプレテストを行い，2 群を等質にして実験を行った。

呈示刺激として，語彙範疇(品詞)，意味，音韻の各カテゴリに関して，同じ(似ている)/違う(似ていない)を混合した英単語の判断ペアを各 50 組(計 150 組)作り，SuperLab Pro 使って単語ペアを呈示し，同じ(似ている)/違う(似ていない)をできる限り素早く判断するタスクを両群に行った。

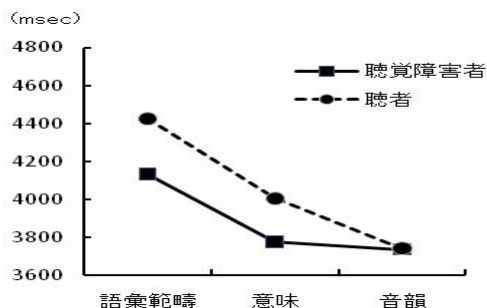


図 1 各カテゴリの正反応の時間

平均正答率は 53.3% で，両群ともに意味判断のペアでやや低下傾向があったが，判断ペア間に優位差はなかった。上の図 1 は各判断

ペアの正反応の時間を示す。分散分析の結果，単語ペアのカテゴリに優位差が見られた ($F=5.260, p<.05$)。群別の多重比較では，聴者群で，語彙範疇・意味判断間 ($p<.05$) と語彙範疇・音韻判断間 ($p<.05$) に優位差があった。聴者群の反応時間が「音韻<意味<語彙範疇」の順に長くなっていることは，音韻表象へのアクセスの自動化のためであると考えられる。一方，聴覚障害者群の反応時間は，意味と音韻の反応時間がほぼ同じで語彙範疇より短く，意味と語彙範疇は聴者群より短くなっている。これは，聴覚障害者の語彙情報アクセスにおいては意味表象も重要な役割を果たすためであると考えられる。

(4) 実験 4: 音声認識字幕英文読解時のチャンキング

実験 3 と同じ 2 群の被験者に，英語で行った大学講義の音声認識字幕文章を呈示し，読みながらタブレットペンで読みやすい位置にスラッシュを挿入する作業を課し，読解時の眼球運動を測定した(実験 5 参照)。呈示の後には，筆記で行う内容理解問題を課した。

呈示文の内，20 語以上から成る文を対象に，(a) 2 つ以上の節がある文，(b) 等位節や従属節を含む文，(c) MLU(平均発話長)の 3 条件を踏まえて，ピリオドとカンマ以外の箇所に入れたスラッシュの数を調べた。スラッシュ間平均語数は 23.7 語 (SD 6.0) で，両群に差はなく，情報処理の単位は句以上のチャンクであると考えられた。スラッシュは，挿入前の視線移動から逐次挿入タイプと非逐次挿入タイプに分けられたが，聴覚障害者はどちらのタイプも韻律情報に依存しない処理形式をとっているのではないかと考えられ，聴覚障害者向け英語の音声認識字幕では意味の単位や統語構造の理解が促されるような呈示単位の重要性が示された。

(5) 実験 5: 読みやすいと感じる改行

実験 3 および実験 4 と同じ 2 群の被験者に英語の音声認識字幕を以下①～⑤の 5 つの改行パターンで呈示し，読解時に眼球運動を測定した。実験終了後には，改行パターンに関する読みやすさについて主観評価を課した。眼球運動データと主観評価の結果は，日本語における実験結果(中野ら，2008)¹と対比した。その結果，主観評価では，両群とも日本語とは異なり，英語の音声認識字幕では 1 行あたりの単語数が長い①と②が読みやすいと感じ，1 行あたりの単語数が最も少ない④は読みづらいつと感じていた。

¹ 中野聡子・金澤貴之・牧原功・黒木速人・上田一貴・井野秀一・伊福部達(2008). 音声認識技術を利用した字幕呈示システムの活用に関する研究—聴覚障害者のニーズに即した呈示方法—. メディア教育研究, 第 5 巻第 2 号, 63-72.

- ①ピリオドで改行
- ②ピリオドとカンマで改行
- ③ピリオドとリスティングを除くカンマで改行
- ④1文ごとに短文と複文を改行し、主語、動詞、目的語で改行
- ⑤1文ごとに短文と複文を改行せず、主語＋動詞、目的語で改行

以下の表4は、太枠部分に本実験の聴覚障害者群の眼球運動データの内の④のパターンを、その右側に日本語の音声認識字幕の字幕読解の対応する結果をまとめている。日本語の欄は、聴覚障害者にとって読みやすいとされている1行当たりの文節数が最も少ない句読点改行での結果(中野ら, 2008)である。

表4 少数単語改行と少数文節改行の対比

	英語 (実験5)	日本語
0~250msec 未満の停留	39.3%	56.0%
500msec 以上の停留	25.9%	13.9%
上方への サッカード	19.9%	9.4%

表4に示すように、0~250msec 未満の停留では英語が日本語より著しく少ない一方、500msec 以上の停留では英語が日本語より多くなっていることから、日本語では少数の文節での改行が読みやすいのに対し、英語では少数の単語での改行は読みづらいことを示していると考えられる。また、読み返しの頻度を示す上方へのサッカードの割合からは、英語では日本語より読み返しの頻度が高いことが分かる。

本実験では、聴覚障害被験者において、1行当たりの単語数が多い改行パターンで追従して読み進めるかはプレテストの成績をほぼ反映し、英語力が高いほど追従して読み進められていた。読みのスパンが長く、逆行率も低かったプレテスト成績上位者は①のピリオド改行を、そうでない者は②のピリオド・カンマ改行を好んでいた。少数の単語での改行では、英語力が高い被験者でも読み返しが増え、追従の読み進みが困難であった。これは、日本語の実験(中野ら, 2008)で改行パターンによる追従の頻度には大きな差が見られなかったことと対照的である。

全体として順行率は日本語より英語の方が高く、逆行率の高い被験者であっても、英語字幕での読み返しは比較的長い節や文単位であり、このことが一文を短く切り分けるような頻繁な改行挿入は読みにくいと感じる原因となったのではないかと考えられた。こうした違いは、母語である日本語では文節を関連付けて句や節などの情報処理単位に

符号化することが容易であるのに対し、外国語である英語では同様な情報処理が困難であることを意味していると考えられる。

(6) 映画を用いた英語学習での支援実践

本支援実践は、英語母語話者教員が担当する大学教養科目の英語の授業で行った。この支援実践では、音声認識英語字幕は用いていない。15回中8回の授業で行われた教科書に付属したDVD映画のリスニング(字幕なし)の際、1名の聴覚障害学生を2名の英語専攻生が支援した。映画の音声をPowerPointのスライド形式で文字化して呈示するよう予め用意し、授業ごとに聴覚障害学生の感想や要望を聞き、より効率的な呈示方法へと改善を重ねた。多くの登場人物が現れるだけでなく、発話以外の音や発話同士の重複、発話と音の重複などに特に工夫が必要であった。呈示には、11.6型のノートパソコンを使用した。以下に改善を行った項目を挙げ、()内に改善の結果を示す。①文字(Calibri, 発話者名32pt, 発話44pt), ②背景(黒), ③文字色(人の声以外は白で()書き, 人物は登場頻度により固定色), ④発話者の性別(発話者の前に男性☆と女性○)⑤呈示位置(登場頻度上位2名は固定)

4. 研究成果

英語学習における聴覚障害学生支援の向上のために、『音声同時字幕システム』の英語字幕への適用化には大きな期待が寄せられる。同システムの英語字幕への適用化に当たり、本研究で行った5つの実験結果から、「日本人の聴覚障害者の英語の読みの特性」とそれに即した音声認識英語字幕の呈示について、以下の提案を行う。

- (1) 英語の語彙情報へのアクセスでは、聴者の日本人英語学習者にとっては音韻アクセスが自動化されて意味の認知の前提となっているのに対し、聴覚障害者は音韻表象に依存せず意味表象が重要な役割を果たしていると考えられる(実験3)。聴覚障害者が音韻表象に依存していないことは、英単語判断ペアの実験結果だけでなく、スラッシュ挿入の実験結果(実験4)で音の区切れの箇所での挿入が聴者に比べて有意に少なかったことにも裏づけられている。
- (2) 聴覚障害者の音韻表象に依存しないという特性は、音声認識英語字幕における誤変換への対処(実験1)からも考えることができる。聴覚障害者が修正しやすいと述べた誤変換は、文法規則や文章の意味内容から推測できるものであり、こうした推測ができない場合は修正が困難であった。
- (3) (1)と(2)から、聴覚障害者向け英語の音声認識字幕では意味の単位や統語構造の

理解を促すような呈示単位が重要である。

- (4) 音声認識英語字幕の読解における情報処理の単位は、聴覚障害者と聴者の双方とも、句以上のチャンクであると考えられる(実験4)。
- (5) 音声認識英語字幕の呈示では、日本語の場合と異なり、1行当たりの単語数が少なく改行が頻繁であることは適切な改行方法ではない(実験5)。
- (6) 音声認識英語字幕は、ピリオドのみでの改行かピリオド・カンマでの改行が望ましいと考えられるが、支援を受ける聴覚障害者の英語力、字幕の内容・難易度などを考慮して双方を使い分けることが効果的であると考えられる(実験5)。
- (7) 英語力の非常に高い聴覚障害者には、音声認識英語字幕を要約して呈示する必要性はないと考えられる(実験2)。
- (8) 『音声同時字幕システム』を用いた情報保障を有効活用するために、英単語学習における発音記号の有用性が挙げられる(実験1インタビュー)。

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5件)

- ① 上原景子, 金澤貴之, 岡田真徳, 英語学習における聴覚障害学生支援: 英語教材を用いた授業での支援実践例を通して, 群馬大学教科教育学研究, 査読有, 第10号, 2011, pp. 41-52
- ② 中野聡子, 山田敏幸, 上原景子, 金澤貴之, レイモンド・フーゲンブーム, 上田一貴, 伊服部達, 日本人聴覚障害者による視覚呈示英単語の語彙情報アクセス-誤変換を含む英語音声認識字幕の改善に向けた実験的検討-, 群馬大学教育学部紀要 人文・社会科学編, 査読有, 第60巻, 2011, pp. 135-143
- ③ 中野聡子, 山田敏幸, 上原景子, 金澤貴之, レイモンド・フーゲンブーム, 上田一貴, 伊服部達, 聴覚障害者の読み特性に配慮した英語の音声認識字幕呈示-日本語と英語の違いを踏まえて-, 日本特殊教育学会第48回大会(2010長崎大会)発表論文集, 査読無, 2010年9月, p. 721
- ④ 岸美幸, 上原景子, 中野聡子, 金澤貴之, レイモンド B. フーゲンブーム, 英語の講義における聴覚障害者向けの音声同時字幕システムの活用, 群馬大学教育学部紀要 人文・社会科学編, 査読有, 第59巻, 2010, pp. 67-76
- ⑤ 金澤貴之, 味沢俊介, 新津昌子, 海野雅史, 上田浩, 上原景子, レイモンド・フーゲンブーム, ICTを活用した聴覚障

害学生支援-キャンパス間連係入力と音声同時字幕システムの活用事例から-, 群馬大学教育実践研究, 査読有, 第26巻, 2009, pp. 107-117

[学会発表] (計1件)

① 中野聡子, 山田敏幸, 上原景子, 金澤貴之, レイモンド・フーゲンブーム, 上田一貴, 伊服部達, 聴覚障害者の読み特性に配慮した英語の音声認識字幕呈示-日本語と英語の違いを踏まえて-, 日本特殊教育学会第48回大会, 2011年9月20日, 長崎大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

上原 景子 (UEHARA KEIKO)
群馬大学・教育学部・教授
研究者番号: 40323323

(2) 研究分担者

HOOGENBOOM, RAY (RAYMOND B. HOOGENBOOM)
群馬大学・大学教育センター・准教授
研究者番号: 80436295

金澤 貴之 (KANAZAWA TAKAYUKI)
群馬大学・教育学部・准教授
研究者番号: 50323324

大杉 豊 (OHSUGI YUTAKA)
筑波技術大学・障害者高等教育研究支援センター・准教授
研究者番号: 60451704

(3) 連携研究者

中野 聡子 (NAKANO SATOKO)
東京大学・先端科学技術研究センター・助教
研究者番号: 20359665