

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 6月 8日現在

機関番号：82626

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21700592

研究課題名（和文） 聴覚補助器による音声コミュニケーション能力を評価する尺度の開発

研究課題名（英文） Development of speech communication rating scales  
for evaluation of hearing assistance devices

研究代表者

籠宮 隆之（KAGOMIYA TAKAYUKI）

独立行政法人産業技術総合研究所・健康工学研究部門・産総研特別研究員

研究者番号：10528269

研究成果の概要（和文）：本研究課題では、「話者の感情・意図」や「発話者が誰であるか」などの文字で書かれる情報だけでは伝達が困難である非言語・パラ言語情報の伝達が聴覚補助器でどの程度可能であるかを評価するためのテストの作成を目指して基礎研究を実施した。本研究課題は、大きく分けて二つのサブテーマに分けて実施した。一つは、発話意図情報伝達性能の評価法確立に向けた研究であり、もう一つは発話意図情報伝達性能の評価法確立に向けた研究である。その結果、発話意図情報伝達性能試験の結果が聴覚補助器の性能を分かりやすく説明するために有効であること、および、話者識別精度が聴覚補助器の性能特性に依存していることが分かった。さらに、話者識別情報伝達性能テストのプロトタイプを作成し、本テストが聴覚補助器の評価に有効であることが確認できた。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this research project was establishment of standard test for assessment of hearing-assistance devices regarding transmission of paralinguistic information. The research project consisted of two subtopics: development of evaluation method for transmission of speakers' intention; and establishment of evaluation test for transmission of speaker information. The major results of this project were as follows: Results of speakers' intention is efficient for describe performances of hearing assistance devices; accuracy of speaker discrimination depended on the performance of the devices. Based on these results, a speaker discrimination test was developed. Evaluation of this test revealed that this test is efficient for assessment of hearing assistance devices.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学ノリハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：医療・福祉，補聴器，音声学，感知情報学，実験系心理学

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

1. 研究開始当初の背景

補聴器や人工内耳などの聴覚補助器の音声伝達性能の評価には、単語理解度(単語の聴取正解率)や単音節明瞭度(単音節の聴取正解率)などが用いられてきた。しかし、音声言語では音節や単語の意味の他に、「どのような人物が話しているか」や「どんな感情で喋っているか」などの情報が伝達されている。このような情報は非言語情報、またはパラ言語情報と呼ばれている。この非言語・パラ言語情報は文字で書くのが難しく、音声言語によるコミュニケーションをより豊かなものに行っているものであり、聴覚補助器が正しく伝達すべき情報である。しかし、補聴器や人工内耳の装用者からは「話者の区別がつかない」「話者の細かい感情が分からない」などの不満の声があがっており、非言語・パラ言語情報が十分に伝達できていないため、円滑に音声コミュニケーションをとることが難しくなっていることが知られている。これは、補聴器や人工内耳の開発には言語メッセージの伝達性能向上に主眼が置かれており、それ以外の情報伝達には力点が置かれていないためである。

2. 研究の目的

前節で述べた背景から、聴覚補助器の開発にあたっては、装用者が円滑に音声コミュニケーションをとれるように非言語・パラ言語情報の伝達性能も向上させる必要がある。そのためには、聴覚補助器装用時にどの程度円滑に音声コミュニケーションがとれているかを評価するための指標が必要となる。そこで本研究課題では、聴覚補助器装用時の音声コミュニケーションの円滑さを評価するための心理評価尺度の作成を目指した基礎研究を実施した。

3. 研究の方法

研究は、大きく分けて二つのサブテーマを実施した。一つは、話者の発話意図がどの程度伝達できるのかを判定するための指標作成に向けた基礎研究であり、もう一つは、発話者の識別をどの程度可能であるかを判定するための指標作成に向けた基礎研究である。

それぞれのサブテーマで音声聴取実験を行った。それぞれの実験につき、気導音（通常の音声）による聴取結果と、補聴器や人工内耳による聴取音を模した音の聴取結果を比較し、どのような音声刺激が聴覚補助器の聞こえを測定するのに適当であるかを検証した。

4. 研究成果

(1) 発話意図情報伝達性能の評価法確立に向けた研究

「そうですか」という文は、発音の仕方により「感心」「落胆」「疑念」などの意図を伝達できる。これらの発話意図の伝達が人工内耳での音声劣化に応じてどのように変化するかを検証した。また、研究代表者の所属する研究グループで開発している骨導超音波補聴器と気導音、人工内耳音との反応傾向の違いも確認した。

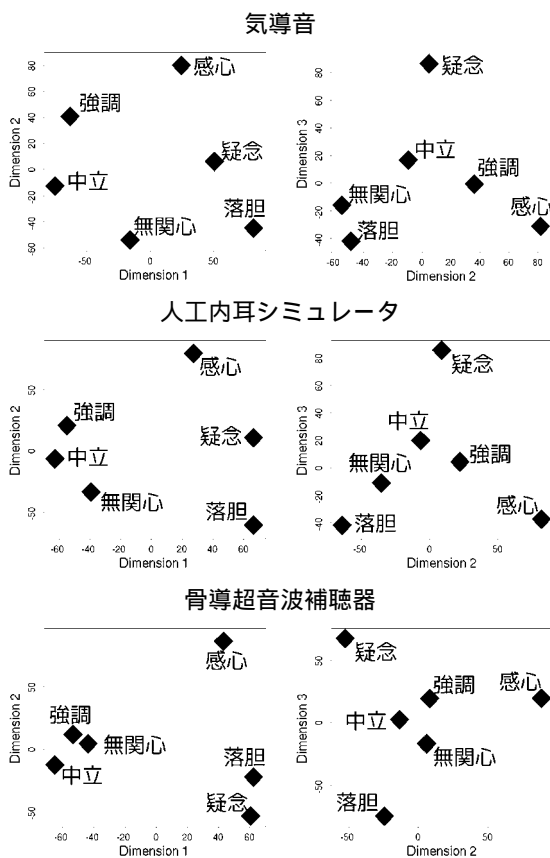


図1. 発話意図情報伝達実験結果のMDSによる布置。

発話意図は、「感心 (A)」「落胆 (D)」「疑念 (S)」「無関心 (I)」「強調 (F)」「中立 (N)」の6つを用いた。それぞれの発話を気導音、人工内耳シミュレータ音、骨導超音波音の3条件で呈示し、呈示された音がどの発話意図であったかを同定させる聴取実験を行った。同定結果は、多次元尺度法 (MDS) により分析した。MDSによる分析結果を図1に示す。

気導音による回答パターンでは、第1次元と第2次元の組合せをみると、第1次元が一

番低いものはNであり、ついでFとIが布置されている。一方、第1次元が高いものはSとDであり、ついでAが布置されている。このことから、第1次元はパラ言語情報の強さを表していると考えられる。

第2次元と第3次元の組合せでは、中央にN, F, Iが布置し、周辺部にS, D, Aが布置している。このことから、第2次元、第3次元の組合せでは、パラ言語情報の強さを示していると考えられる。また、第2次元ではAがもっとも大きな値を持ち、S, Dは低い値を持っている。このことから、第2次元はRussellの感情次元による「快-不快」に対応していると考えられる。第3次元ではSとDが対極的な布置を示している。このことから、第3次元はRussellの「活性-不活性」次元に対応していると考えられる。

上記の傾向は、人工内耳音、骨導超音波音ともに見られる。ただし、人工内耳音、骨導超音波音ともにN, F, Iの距離が近く、特に、骨導超音波音ではほとんど一箇所に集まっている。先行研究により、N, F, Iは主に音声の振幅幅により判別されていることが示されている。よって、人工内耳音、骨導超音波音ともに音声の振幅幅に対する感度が低く、特に骨導超音波では振幅幅による発話意図情報の伝達が困難であることが示されている。

また、骨導超音波補聴器の振幅幅に関する感度については先行研究の報告があったが、これは音響学を専門としていない一般の患者などに分かりやすく説明できるものではなかった。しかし、「疑いや落胆、感心などの発話意図はきちんと分かるが、強調と中立の区別などは難しい」等の説明であれば一般の方にも分かりやすいものである。発話意図の伝達性能評価試験は、一般の患者に分かりやすく聴覚補助器の性能を説明するのにも有効であることが示された。

以上の結果から、発話意図情報伝達試験により、1) 聴覚補助器の性能評価が可能であること 2) 聴覚補助器の性能を分かりやすく説明できること、の二点が示された。よって、発話意図情報伝達試験は、聴覚補助器の評価に有効であることが示された。

## (2) 話者情報伝達性能の評価法確立に向けた研究

### F0およびフォルマント空間情報が話者識別に与える影響の調査

発話者の特徴を伝える音響的特徴には様々なものが挙げられている。そのうち、本研究ではF0およびフォルマント空間の違いを扱うことにした。これらの特徴は、話者の

声道長および声帯の大きさを反映し、話者の性別や年齢の判断などの識別に関わる重要な要素であることが報告されているものである。

実験刺激には再合成音声を用いた。同一の音声のF0およびフォルマント空間を操作した合成音声を複数作成し、それぞれの特徴量の違いによって別話者の発話と知覚されるかどうかを聴取実験により検証した。また、気導音と人工内耳音で同一のタスクによる聴取実験を行い、両者の間に回答傾向の違いがみられるかを検証した。

原音声の平均F0に対し80%, 100%, 120% (以下、それぞれD, O, Hで示す) になるように加工した。また、原音声のフォルマント空間に対し80%, 100%, 120% (以下、N, O, W) になるように加工した刺激音声を作成した。この刺激音声を二つずつ対にして聴取させ「同一人物の声かどうか」を判定させた。この聴取実験で得られた結果を、MDSを用いて分析した。分析結果を図2に示す。

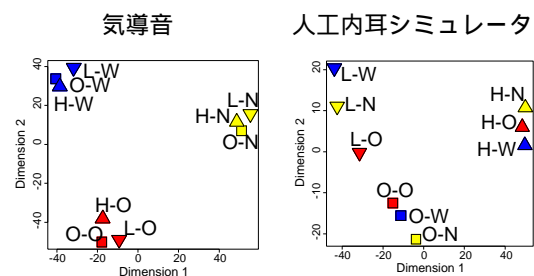


図2. 話者識別実験結果のMDSによる布置

図2から、気導音による回答パターンでは、第1次元と第2次元の組合せで3つのクラスタを形成している。それぞれのクラスタはフォルマント空間ごとに形成されている。これは、フォルマント空間が個人性の伝達に大きな役割を果たしている、という先行研究を裏付けるものである。

これに対し、人工内耳音ではF0ごとに3つのクラスタが形成されている。これは、人工内耳音ではフォルマント空間情報が伝達されておらず、F0のみで話者を識別しようとしていることを示している。

以上の結果から、F0およびフォルマント空間情報を用いた話者識別実験で補聴システムの性能評価が可能であることが示された。

### 話者識別性能評価テストのプロトタイプ作成

前節で示された結果に基づき、F0とフォルマント空間情報を考慮した話者識別性能評価テストのプロトタイプを作成した。

評価テストは、前節の話者識別実験と同様に、対にして呈示された音声の話者が同一であるかどうかを判断する、話者識別課題とした。

評価テストの作成には、多人数による単語発声データベースである『電総研単語音声データベース』(ETL-WD)を利用した。ETL-WDには男女各10名ずつの話者が含まれている。ここからF0 平均値と声道長推定値(VTL)[2]を考慮して話者を選定した。F0 が高く VTL が長い、F0 が高く VTL が短い、F0 が低く VTL が長い、F0 が低く VTL が短い、および F0 と VTL が中程度の話者を男女各1名、計10名を選定した(図3)。ここでは、選定された男性話者を M1~M5、女性話者を F1~F5 としている。

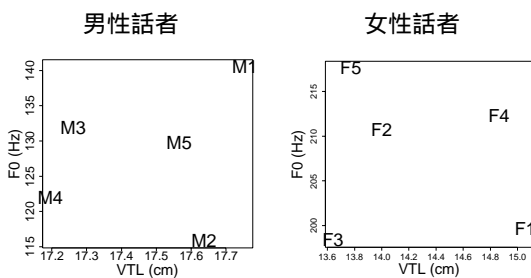


図3 .F0とフォルマント空間情報を考慮して抽出した話者

表1 . モーラ長, アクセント型, 親密度を考慮して選定した10語

単語番号	漢字表記	よみ	親密度
W0041	凡百	ボンビャク	1.438
W0231	黒白	コクビャク	1.812
W1533	結い綿	ユイワタ	1.938
W0109	眩暈	ゲンウン	2.125
W1405	論詰	ロンキツ	2.281
W1069	鬢髪	ピンパツ	2.344
W1484	天板	テンイタ	2.344
W0005	暗鬱	アンウツ	2.625
W1518	やせ山	ヤセヤマ	2.75
W0402	副え馬	ソエウマ	2.844

また、ETL-WDには、男女ともに発話されている単語が984語収録されている。ここから、以下の基準に従って10語を選択した。

1) 単語長は4モーラとした。これは、日本語の単語には4モーラ語が多いためであり、大規模単語理解度データセットFW03においてもこの基準が用いられている。2) アクセント型が無核のものを選定した。これは、やはり日本語の単語には無核語が多いことと、F0の動きが少ないものを用いることで、話

者識別の手がかりを少なくしてテストの難易度をコントロールするためである。なお、発話者によっては無核語を有核に発音している例も見られたため、そのような語は候補から除外した。3) 単語親密度の低い語とした。これは、親密度と話者識別能力との間には正の相関が見られることから、親密度の低い語を選ぶことによりテストの難易度を上げるためである。各単語の親密度は『日本語の語彙特性』を参照した。選定された10語を表1に示す。

上記の手続きで選定した単語発話を対にして呈示するためのリストを作成した。リストは120対から構成される。リストを作成するにあたり、下記の条件を与えた。

1) 120対のうち半数(60対)は同一話者の組み合わせとする。2) 同一話者発話対における話者の男女比は等しくする。3) 非同一話者の60対のうち30対は同一性別話者の発話とする。4) 上記の同一性別話者発話対における話者の男女比は等しくする。5) 残りの30対は異なる性別の話者による発話とする。6) 上記の非同一性別話者発話対において、先に呈示される発話の話者の男女比は等しくする。7) 各発話対内では異なる単語とする。

上記の条件の範囲内でランダムに発話を抽出し、呈示リストを作成した。

上記の手続きで作成したテストが聴覚補助器の性能を正しく評価できるかを検討した。

さらに、聴覚補助器の性能の劣化に対して作成したテストの得点がどのように変化するかを確認するため、電極数を段階的に減少させた人工内耳シミュレータ音を作成した。この人工内耳シミュレータ音による単音節明瞭度試験の結果を図4に示す。この結果から、この人工内耳音では電極数が6までは明瞭度の大きな変化は見られないが、それ以下では急激に明瞭度が落ちていることが分かる。

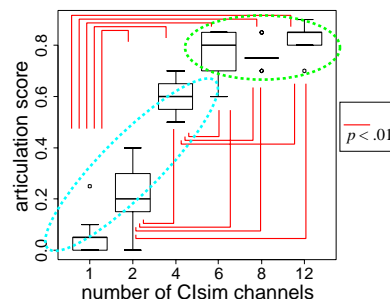


図4 . 人工内耳シミュレータによる単音節明瞭度試験の結果

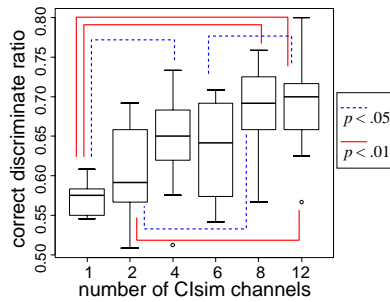


図5．人工内耳シミュレータによる話者識別テストの結果

この人工内耳シミュレータ音を用いて、話者識別テストを実施した結果を図5に示す。図5から、やはり人工内耳シミュレータの電極数の増加にしたがって、話者識別の精度が向上していることが分かる。しかし、図4と図5を比較すると、単音節明瞭度は電極数が4以下では急激に落ち込んでいたのに対し、話者識別テストでは急激な落ち込みは見られず、電極数の減少に伴い漸進的に正答率が低下している。さらに、単音明瞭度は電極数12では平均値で0.879と高い値をとっているのに対し、本テストでは0.690に留まっている。これらの結果は、単音明瞭度からは本テストの成績を直接推定することが困難であること、すなわち、単音明瞭度試験に加えて本テストを施行する必要があることを示している。

よって、本テストの正答率は聴覚補助器の性能を反映するものであり、また、既存の性能評価法では測定できない性能を評価できるものであった。聴覚補助器の評価における本テストの有効性が示されたと言える。

##### 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16件)

籠宮隆之、中川誠司 (2012) 「骨導超音波補聴器による話者属性情報の伝達性能評価」、『日本音響学会 2012 年春季研究発表会講演論文集』, pp.635-636. 査読無, DOI, URL なし

Takayuki Kagomiya and Seiji Nakagawa (2011), Evaluation of Bone-conducted Ultrasonic Hearing-aid Regarding Transmission of Speaker Discrimination Information, Proceedings of Interspeech 2011, pp.2209-2212. 査読有, [http://www.isca-speech.org/archive/interspeech\\_2011/i11\\_2209.html](http://www.isca-speech.org/archive/interspeech_2011/i11_2209.html)

Takayuki Kagomiya and Seiji Nakagawa (2011), Development of a Japanese Speaker Discrimination Test for Evaluation of Hearing Assistance Devices, Proceedings of ICPhS 2011, pp.998-1001. 査読有, <http://www.icphs2011.hk/resources/OnlineProceedings/RegularSession/Kagomiya/Kagomiya.pdf>

籠宮隆之・中川誠司 (2011) 「聴覚補助器による話者識別情報伝達性能を評価するテストの開発」、『日本音響学会 2011 年春季研究発表会講演論文集』, pp.593-594. 査読無, DOI, URL なし

籠宮隆之・中川誠司 (2010) 「骨導超音波聴覚による話者識別能力の評価」、『日本音響学会 2010 年秋季研究発表会講演論文集』, pp.533-534. 査読無, DOI, URL なし

Takayuki Kagomiya and Seiji Nakagawa (2010), Evaluation of Bone-conducted Ultrasonic Hearing-aid regarding Transmission of Paralinguistic Information: A Comparison with Cochlear Implant Simulator, Proceedings of Interspeech 2010, pp.2474-2477. 査読有, [http://www.isca-speech.org/archive/interspeech\\_2010/i10\\_2474.html](http://www.isca-speech.org/archive/interspeech_2010/i10_2474.html)

Takayuki Kagomiya and Seiji Nakagawa (2010), An Evaluation of Bone-conducted Ultrasonic Hearing-aid regarding Transmission of Japanese Prosodic Phonemes, Proceedings of ICA 2010, 972:1-5. 査読有, [http://www.acoustics.asn.au/conference\\_proceedings/ICA2010/cdrom-ICA2010/papers/p972.pdf](http://www.acoustics.asn.au/conference_proceedings/ICA2010/cdrom-ICA2010/papers/p972.pdf)

籠宮隆之・中川誠司 (2010) 「パラ言語情報の伝達能力に関する人工内耳シミュレータとの比較による骨導超音波補聴器の評価」、『聴覚研究会資料』 Vol.40, No.6, pp.495-500. 査読無, DOI, URL なし

Takayuki Kagomiya and Seiji Nakagawa (2010), An Evaluation of Bone-conducted Ultrasonic Hearing Aid regarding Perception of Paralinguistic Information, Proceedings of Speech Prosody 2010, 100867:1-4. 査読有, [http://www.isca-speech.org/archive/sp2010/sp10\\_867.html](http://www.isca-speech.org/archive/sp2010/sp10_867.html)

籠宮隆之・中川誠司 (2010) 「人工内耳シミュレータとの比較によるパラ言語伝達能力に関わる骨導超音波補聴器の評価」、『日本音響学会 2010 年春季研究発表会講演論文集』, pp.617-618. 査読無, DOI, URL なし

籠宮隆之・中川誠司 (2009) 「骨導超音波によるパラ言語情報伝達能力の検討」, 『日本音響学会 2009 年秋季研究発表会講演論文集』, pp.473-474.  
DOI, URL なし

Takayuki Kagomiya and Seiji Nakagawa (2009), The Effects of Fundamental Frequency and Formant Space on Speaker Discrimination through Bone-conducted Ultrasonic Hearing, Proceedings of Interspeech 2009, pp.2915-2918. 査読有,  
[http://www.isca-speech.org/archive/interspeech\\_2009/i09\\_2915.html](http://www.isca-speech.org/archive/interspeech_2009/i09_2915.html)

籠宮隆之・中川誠司 (2009) 「F0 およびフォルマント空間が骨導超音波聴覚による話者識別に与える影響」, 『人間工学』, 第 45 巻特別号, pp.184-185. 査読無,  
DOI, URL なし

籠宮隆之・中川誠司 (2009) 「骨導超音波による話者識別に関わる要因の検討」, 『日本音響学会 2009 年春季研究発表会講演論文集』, pp.601-602. 査読無,  
DOI, URL なし

〔学会発表〕(計 16 件)

籠宮隆之, 中川誠司 (2012) 「骨導超音波補聴器による話者属性情報の伝達性能評価」, 日本音響学会 2012 年春季研究発表会, 平成 24 年 3 月 15 日, 神奈川大学 (横浜市).

籠宮隆之・中川誠司 (2011) 「聴覚補助器による話者識別情報伝達性能を評価するテストの開発」, 日本音響学会 2011 年春季研究発表会, 平成 23 年 3 月 11 日, 早稲田大学 (東京).

Takayuki Kagomiya and Seiji Nakagawa (2011), Evaluation of Bone-conducted Ultrasonic Hearing-aid Regarding Transmission of Speaker Discrimination Information, Interspeech 2011, 30 August, 2011, Firenze Fiera, Florence, Italy.

Takayuki Kagomiya and Seiji Nakagawa (2011), Development of a Japanese Speaker Discrimination Test for Evaluation of Hearing Assistance Devices, ICPHS 2011, 18 August, 2011, Hong Kong Convention and Exhibition Centre, Hong Kong, China.

籠宮隆之・中川誠司 (2010) 「骨導超音波聴覚による話者識別能力の評価」, 日本音響学会 2010 年秋季研究発表会, 平成 24 年 9 月 14 日, 関西大学 (吹田市).

Takayuki Kagomiya and Seiji Nakagawa (2010), Evaluation of Bone-conducted Ultrasonic Hearing-aid regarding Transmission of Paralinguistic Information: A Comparison with Cochlear Implant Simulator, Interspeech 2010, 29 August, 2010, Makuhari Messe International Convention Complex, Chiba, Japan.

Takayuki Kagomiya and Seiji Nakagawa (2010), An Evaluation of Bone-conducted Ultrasonic Hearing-aid regarding Transmission of Japanese Prosodic Phonemes, ICA 2010, 23 August, 2010, Sydney Convention Centre, Sydney, New South Wales, Australia.

籠宮隆之・中川誠司 (2010) 「パラ言語情報の伝達能力に関する人工内耳シミュレータとの比較による骨導超音波補聴器の評価」, 2010 年度聴覚研究会 7 月, 平成 22 年 7 月 17 日, 県立広島大学 (三原市).

Takayuki Kagomiya and Seiji Nakagawa (2010), An Evaluation of Bone-conducted Ultrasonic Hearing Aid regarding Perception of Paralinguistic Information, Speech Prosody 2010., 12 May, 2010, Doubletree Magnificent Mile, Chicago, Illinois, USA.

Takayuki Kagomiya and Seiji Nakagawa (2009), The Effects of Fundamental Frequency and Formant Space on Speaker Discrimination through Bone-conducted Ultrasonic Hearing, Interspeech 2009, 8 September, 2009, Brighton Centre, Brighton, UK.

籠宮隆之・中川誠司 (2009) 「F0 およびフォルマント空間が骨導超音波聴覚による話者識別に与える影響」, 日本人間工学会第 50 回記念大会, 平成 21 年 6 月 10 日, 産業技術総合研究所 (つくば市).

籠宮隆之・中川誠司 (2009) 「骨導超音波による話者識別に関わる要因の検討」, 日本音響学会 2009 年春季研究発表会, 平成 21 年 3 月 18 日, 東京工業大学 (東京).

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

籠宮 隆之 (KAGOMIYA TAKAYUKI)

独立行政法人産業技術総合研究所

健康工学研究部門・産総研特別研究員

研究者番号: 10528269