

令和 5 年 6 月 19 日現在

機関番号：33302

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18H03490

研究課題名(和文)ユニバーサル社会に向けた音による情報伝達に関する統合的研究

研究課題名(英文)An integrated study on information transmission by the sound toward the universal society

研究代表者

土田 義郎 (Tsuchida, Yoshio)

金沢工業大学・建築学部・教授

研究者番号：20227424

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 9,480,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、(1)防災放送の訓練システム、(2)環境に調和するサイン音システム(3)音環境評価のための携帯端末を活用したアプリケーションの3つの課題を設定した。(1)では受聴状態を模擬したものを聴取可能なシステムと、自分の音声の音響情報をフィードバックするシステムを実装した。また、効率的な訓練のための方法について明らかにした。(2)では音源からの回折効果を活用したサイン音、不規則な音高と音価を用いたサイン音について提案し、また音階の種類による効果を検討した。(3)ではスマホをもちいて防災放送の有効性を検証することができるアプリを開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

音による情報伝達というのは従来から多く用いられてきた手段である。しかし、それを誰にとっても有効であり、なおかつうるささを感じさせないということはトレードオフとなるものである。両立するのは実現が難しいことであった。これからの社会はSDGsの概念が示すように、だれも取り残さない社会を実現することである。一面的な価値ではなく、多面的に評価したときに総合的に多くの人々の命を救ったり、快適性を向上させたりできる可能性を広げることが、本課題によって示すことができた。

研究成果の概要(英文)：This study was setup to address three issues: (1) a training system for disaster prevention broadcasting, (2) a signaling system that harmonizes with the environment, and (3) an application utilizing mobile terminals for sound environment evaluation. For (1), we implemented a system that enables the user to hear a simulated listening condition and a system that provides feedback on the acoustic information of one's own voice. In addition, methods for efficient training were clarified. In (2), sine tones utilizing diffraction effects from the sound source and sine tones with irregular pitch and pitch value were proposed, and the effects of different types of scales were also examined. In (3), we developed an application that can verify the effectiveness of disaster prevention broadcasts using a smartphone.

研究分野：建築環境工学

キーワード：防災放送 訓練システム サイン音 マップアプリ

1. 研究開始当初の背景

防災放送で即刻避難することを呼びかけられても、一定数の人間は行動を起こさない。これは「正常化の偏見」あるいは「正常性バイアス」などとよばれるもので、まさか自分に危険が迫るはずがないと根拠なく思いこんでしまうことである。例えば今非常ベルが鳴ったとしても、大方の人間は直ちに行動することなく、平常時のままの行動を維持する。このようなことはなぜ生じてしまうのか。この謎を解明するのも大きな課題ではあるが、本研究では「なぜ」よりも「どうすればよいか」という点に焦点をあてる。実際問題として、避難のアナウンスをより避難行動を促しやすいものに変えるための方策が、より喫緊の課題である。

また、防災放送のような非常時の情報伝達だけでなく、平常時においても音による情報伝達は様々な課題を抱えている。視覚障害者にとっての移動を円滑にするために、バリアフリー新法（高齢者、障害者等の移動等の円滑化の促進に関する法律）が、2006年に施行され、サイン音に関するガイドラインも示されている。しかしこれですべての問題が解決したわけではない。サイン音は少なければ不便であるが、過剰になれば健常者にとって邪魔になったり、うるさく感じたりしてしまう。また、視覚障害者自身も混乱させてしまう可能性がある。健常者にとっても視覚障害者にとっても利便性の高いサインを、どのようにすれば実現できるのかを示すことは大きな課題である。

これら音による情報伝達のユニバーサル・デザインは、障害者と健常者の両者にとって生活の質を向上させるための音のデザインということができる。しかしながら我々は何が問題であるかを日常意識することができない。また、健常者も平常時と非常時となった場合の間に認識の齟齬が生じている。非常時の心理というものを通常は理解できていない。そのため、非常時を想定したデザインができないのである。

2. 研究の目的

本研究では、その内容として3つの課題を設定した。目的を課題ごとにまとめると以下のようになる。

課題① 避難行動を喚起する防災アナウンスの実現

課題② 環境調和型のサイン音の提案

課題③ マップアプリを用いた音情報の可視化

課題①では、避難のアナウンスをより避難行動を促しやすいものに変えるための訓練システムを実現するための方策を明らかにすることを目的としている。課題②では、音による情報伝達を視覚障害者にとっても健常者にとっても利便性の高いものとするための方法を検討することを目的とする。課題③では、これらの課題を解決する一つの手段としてのマップ活用を推し進めるための健闘を行うことを目的としている。

3. 研究の方法

3.1 課題① 避難行動を喚起する防災アナウンスの実現

我々はどのような助言（教示）が適切で効果的かを、様々な教示をあたえてその音声进行分析すること、及びそれらの音声に対する主観的な評価についての被験者実験をおこなうことで検証してきた。その成果に基づいて訓練システムの実装を行ってきている（図 1,2）。例文のアナウンスを記録し、音声分析を行い、現場で聞こえる音をシミュレートしてフィードバックする。その後、より適切となるようなアドバイスを与えて再度アナウンスを録音する。これを繰り返すことで徐々にアナウンスが上達するというのがシステムの概要である。

3.2 課題② 環境調和型のサイン音の提案

環境調和型サイン音としては、サイン音の5原則の統一性、類推性、印象の統一性、了解性、非騒音性のうち、特に非騒音性を満たしながら情報を持たせることのできるコードを形成できるような方法を探る必要がある。この課題では、コードとしてのランダム性、テンポの違いを持たせた音階の異なるサイン音の印象について検討した。

音階として、[M] メジャー・スケール、[N] ナチュラル・マイナー・スケール、[H] ハーモニック・マイナー・スケール、[E] メロディック・マイナー・スケール、[B] ブルース・スケール、[P] ペンタトニック・スケール[Y] 呂旋法・ヨナ抜き、[R] 琉球音階、[S] スパニッシュ・スケール、[K] カマーヂ・タートの10種を選定した。以後、音階は音階名の前のアルファベットで表記する。

メロディー作成の条件としては、(1)四分音符のみで構成、(2)2小節 8音の2回繰り返し、(3)最初と最後の音は基音のC、(4)5-6音の音階は低い側の音を連続させ8音に統一、とした。単調な上昇をU、最初と最後の音を除いてランダムな鳴動をIとする。また、テンポを3パターン考えた。音源の音色はxylophone（シロホン）にする。すべての試験音の最大音圧レベルを70±1dBとした。

評価方法として17対、7段階のSD法を用いた。被験者は20名とし、1名ずつ実施する。実験の際は文脈効果が生じないように試験音の聞かせる順番を被験者によってランダムにする。

3.3 課題③ マップアプリを用いた音情報の可視化

先行研究において、防災無線放送の音声の聴こえ評価実験と、試験用防災無線放送(夕焼け小焼け)の気象影響や環境騒音の影響を検討するための長期観測を行ったが、データの少ない悪天候時については深く掘り下げていなかった。今回、先行研究と同様、厚木市をフィールドとした調査と実験を実施した。

先行研究での収録音源を含めた20個の試験用防災無線放送の音源データを用いて、主観的な聴き取りにくさの評価を、学生11名(男性11人、平均年齢21.5歳)を対象に実施した。聴き取りにくさの評価には、1. 聴き取りにくくはない、2. やや聴き取りにくい、3. かなり聴き取りにくい、4. 非常に聴き取りにくい、の4段階尺度を用いた。

4. 研究成果

4.1 課題① 避難行動を喚起する防災アナウンスの実現

ボイストレーナーは機械的に指示するのではなく、その人の声を聞いて適切な助言を返すようにしている。それはただの文字情報ではなく、ノンバーバルなコミュニケーションもある。今後の展望として、音声やVTuberのようなキャラクターの動画で表現することも考えている。さらに、声の変化をグラフ化するだけでなく、どの程度の緊迫感であったかを判定するようなシステムにすることも考えられる。緊迫度をコントロールできると、災害の緊急度に応じたアナウンスとすることもできる。直ちに非難すべき状況の場合と、準備を促す場合とでは声の緊迫感もそれに応じたものである方が適切であると考えられる。

4.2 課題② 環境調和型のサイン音の提案

この課題では、コードとしてのランダム性、テンポの違いを持たせた音階の異なるサイン音の印象について検討した。音階として、[M] メジャー・スケール、[N] ナチュラル・マイナー・スケール、[H] ハーモニック・マイナー・スケール、[E] メロディック・マイナー・スケール、[B] ブルース・スケール、[P] ペンタトニック・スケール[Y] 呂旋法・ヨナ抜き、[R] 琉球音階、[S] スパニッシュ・スケール、[K] カマーヂ・タートの10種を選定した。以後、音階は音階名の前のアルファベットで表記する。

メロディー作成の条件としては、(1)四分音符のみで構成、(2)2小節 8音の2回繰り返し、(3)最初

と最後の音は基音の C、(4)5-6 音の音階は低い側の音を連続させ 8 音に統一、とした。単調な上昇を U、最初と最後の音を除いてランダムな鳴動を I とする。また、テンポを 3 パターン考えた。音源の音色は xylophone (シロホン) にする。すべての試験音の最大音圧レベルを 70 ± 1 dB とした。

評価方法として SD 法を用い、評価尺度は 17 対、7 段階で評価する。実験は無響室で実施した。被験者は 20 名とし、1 名ずつ実施する。実験の際は文脈効果が生じないように試験音の聞かせる順番を被験者によってランダムにする。

印象評価実験結果の因子分析から、第 1 因子を力量性因子、第 2 因子を明るさ因子、第 3 因子を安定感因子、第 4 因子を評価性因子と判断した。続いて因子得点を算出した。今回の実験では速度による印象の差が大きいと考えられるため、初めに音階ごとの速度による比較をおこなった。その結果、力量性因子は速度による得点の差が大きいことが示された (図 4)。その他の因子については、速度による差は小さく試験音の速さは、危険性などサイン音としてのわかりやすさに影響を及ぼすと推測される。

音階ごとの因子得点の平均値を表 1 に示す。M、R、K は明るさ、安定感が高く力量性が低いため明るく、自然に感じる傾向にあり、また気づきにくい傾向にあるため注意を引く必要がある場面では不向きである。E、Y は力量性が低いため安全に感じ、注意を引かない傾向にあり、危険性を知らせる必要がある場面では不向きである。N、B、S は明るさ、評価性が低いため、暗く、音が低く、不快に感じるため、日常的に聞く場面には不向きである。H、P は力量性、安定感が低く、明るさが高いため、安全に感じ、不自然に感じる傾向にあり、危険性を知らせる必要がある場面や日常的な場面には不向きである。

4.3 課題③ マップアプリを用いた音情報の可視化

悪天候時の録音については、子局の 1 基を対象として試験用防災無線放送から発せられる音源の定点観測を行った。観測は、音源から同心円状に約 100~250 m の位置で 10 日間ずつ実施した (図 3)。

順序ロジスティック回帰分析を用いて、聴き取りにくさに対する 5 つの要因 (天候 (晴天・雨天)、車・自転車の通過音の有無、昆虫の鳴き声の有無、鳥の鳴き声の有無、風の音の有無) の影響について調べた。このとき、主効果のみの影響を分析した場合と、主効果および 1 次の交互作用までの影響を分析した場合の 2 種類を試した。

図 4 に各要因の聴き取りにくさに対する影響を示す。主効果のみの影響を分析した場合、天気の違いでの有意な主効果は確認されなかった ($p > 0.10$)。1 次の交互作用までの影響を確認した場合、天気の違いによる有意な主効果が確認された ($p < 0.01$) 他、天気の違いと鳥の鳴き声の有無、天気の違いと風の音の有無で有意な交互作用が認められた ($p < 0.01$)。この結果の原因は、本来は雨天時の音源音は聞き取りにくいはずであるが、鳥の鳴き声や風の音が聴こえる雨天時は、降水量が低いため雨の音の影響が相対的に小さい状況である。このため、雨天時であっても聴き取りにくさが減少した可能性が考えられる。降水量が極めて多い場合は、鳥の鳴き声や風の音は聴き取りにくくなると思われる。

また、社会実験として、厚木市防災無線放送の評価スキームを構築した。具体的な流れは、1. 防災無線情報として音声を送る決定 (厚木市)、2. 〇分前までに厚木市全公民館 (17 箇所) に電話連絡、3. 公民館職員による音声聴取評価 (web)、4. 結果の分析・共有 (神奈川工科大学) とした。

本スキームの評価に当たり、公民館職員を対象とし、防災無線情報としてコロナ関連の注意喚起の音声を用いた音声の聴き取りにくさに関する実験を行った。放送の 10 分前に市内の公民館に電話で実験の周知を行った後、聴取評価を行ってもらった。厚木市内の降水量が 6 mm/h の日の防災無線放送の聴取評価の結果を示す。本実験では、全 16 箇所の公民館の内、9 箇所から回答を得た。あまり聴き取れなかった・まったく聴き取れなかったの割合が全体の半分を占める結果となった。

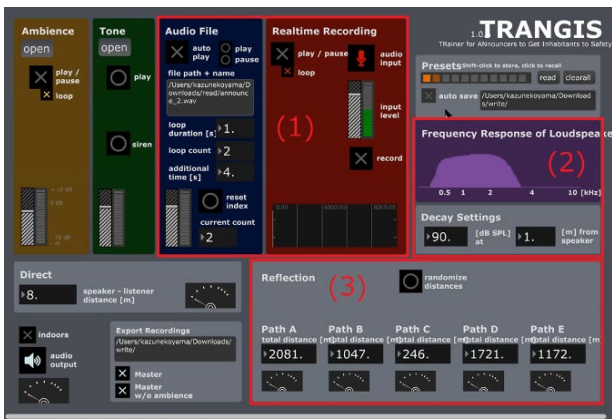


図1 シミュレーションの実装

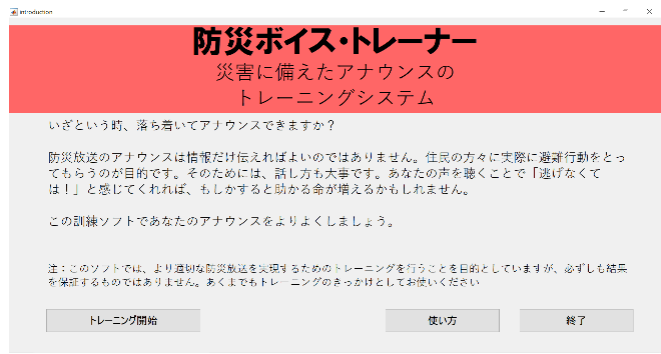


図2 訓練システム初期画面

表1 音階別の因子得点平均値の比較

音階	力量性	明るさ	安定感	評価性
M	-0.002	0.303	0.474	0.049
N	0.261	-0.648	0.098	-0.030
H	-0.046	0.138	-0.271	-0.231
E	-0.261	0.061	-0.438	-0.025
B	-0.048	-0.382	-0.145	-0.186
P	-0.042	0.047	-0.308	0.314
Y	-0.359	0.401	-0.219	-0.126
R	-0.091	0.457	0.233	0.340
S	0.984	-0.924	0.255	-0.129
K	-0.396	0.546	0.322	0.023

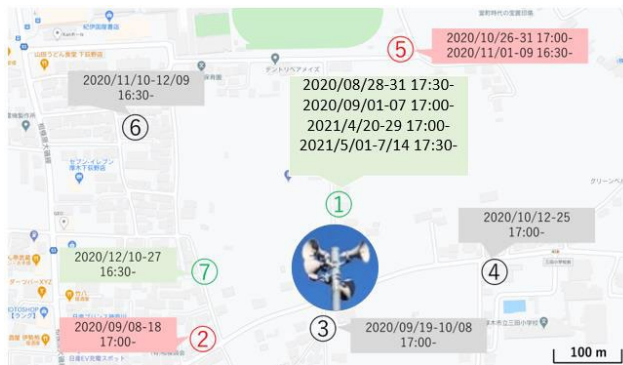


図3 測定点とその状況

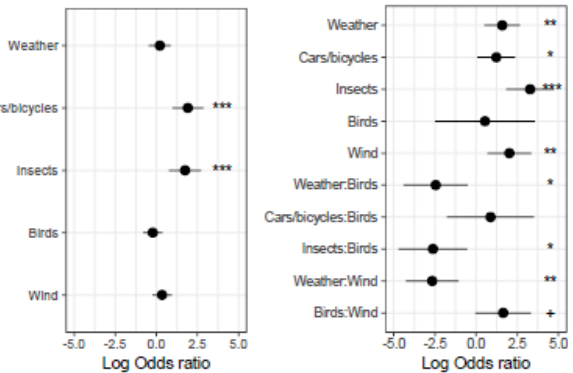


図4 聞き取りにくさの要因に関する要因の分析結果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Miura Takahiro, Ueda Mari, Hiroe Masaaki, Yabu Ken-ichiro	4. 巻 SAC '19
2. 論文標題 Acouess: smartphone-based logger to assess acoustical conditions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The 34th ACM/SIGAPP Symposium on Applied Computing	6. 最初と最後の頁 1190-1199
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1145/3297280.3297397	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計27件（うち招待講演 7件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 土田義郎, 高野佐代子
2. 発表標題 避難を促すアナウンスの 訓練システムに関する考え方と展望
3. 学会等名 日本音響学会春季講演論文集（招待講演）
4. 発表年 2022年～2023年

1. 発表者名 高野 佐代子, 土田 義郎
2. 発表標題 声の大きさ」と「距離感」の教示の違いにおける音声生成の違い
3. 学会等名 日本音響学会秋季講演論文集
4. 発表年 2022年～2023年

1. 発表者名 高野 佐代子, 土田 義郎
2. 発表標題 防災放送のための発話トレーニング法の比較
3. 学会等名 日本音響学会秋季講演論文集
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 橋本 卓己, 石川 良雅, 三浦 貴大, 小川 喜道, 上田 麻理
2. 発表標題 厚木市における防災無線放送の長期観測その2 - 悪天候時の音響分析と聴こえ評価 -
3. 学会等名 日本音響学会秋季講演論文集
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 高野 佐代子, 長塚 全, 土田 義郎
2. 発表標題 各種音響パラメータの表示による防災放送改善の試み
3. 学会等名 日本音響学会春季講演論文集
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 石川良雅, 橋本卓己, 小川喜道, 田中哲雄, 上田麻理
2. 発表標題 地域連携による防災行政放送の理解度調査
3. 学会等名 日本音響学会春季講演論文集
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 上田麻理
2. 発表標題 疫学調査のための簡易聴こえ調査システム構築と提案.
3. 学会等名 Audiology Japan
4. 発表年 2022年～2023年

1. 発表者名 高野佐代子、土田義郎
2. 発表標題 防災放送アナウンスに対する心理評価と脳波による評価
3. 学会等名 日本音響学会騒音・振動研究会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 高野佐代子、土田義郎
2. 発表標題 脳波による防災放送アナウンスの評価
3. 学会等名 日本音響学会騒音・振動研究会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 蛇澤恵太、高野佐代子、土田義郎
2. 発表標題 防災放送のためのボイストレーニングシステムの構築
3. 学会等名 日本音響学会電気音響研究会
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 Mari Ueda, Kotoka Nagai, Fumioki Koyama, Masaaki Hiroe
2. 発表標題 Experimental investigation on sleep disturbance for transportation noise - follow-up test of the noise effect on sleep using recorded traffic noise
3. 学会等名 ICBEN2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 寺嶋将隆, 三浦貴大, 中澤高洋, 小川喜道, 上田麻理
2. 発表標題 地域連携による防災無線放送の音響的分析
3. 学会等名 日本音響学会春季講演論文集
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 土田義郎
2. 発表標題 サイン音のデザイン基礎 音階のもたらすイメージについて
3. 学会等名 福祉のまちづくり学会サイン環境特別研究委員会(招待講演)
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 土田義郎、高野佐代子
2. 発表標題 災害時のためのアナウンス訓練システムに関する研究の現状
3. 学会等名 日本音響学会秋季研究発表会
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 土田義郎、高野佐代子
2. 発表標題 避難を呼びかける音声の評価(1) 特定語に対する教示の効果
3. 学会等名 日本音響学会騒音・振動研究会(招待講演)
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 高野佐代子、土田義郎
2. 発表標題 避難を呼びかける音声の評価(2) 音響パラメータを変化させた合成音声による検討
3. 学会等名 日本音響学会騒音・振動研究会(招待講演)
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 中村朝子、高野佐代子
2. 発表標題 声の距離感・環境に着目した VR による音声改善トレーニングシステムの提案
3. 学会等名 電気・情報関係学会北陸支部連合大会
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 高野佐代子、土田義郎
2. 発表標題 防災放送における文節単位の強調の違いによる効果的な伝達
3. 学会等名 日本音響学会春季研究発表会
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 高野佐代子、土田義郎
2. 発表標題 音声科学～牛舌から舌運動、防災放送訓練システムまで
3. 学会等名 日本音響学会音声研究会/北陸支部共催研究会
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 高野佐代子、土田義郎
2. 発表標題 防災放送のための発話トレーニングの検証 -割りばし法と母音法の音声改善の比較-
3. 学会等名 日本音響学会秋季研究発表会
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 土田義郎、高野佐代子
2. 発表標題 災害時のためのアナウンス訓練システムに関する研究の現状
3. 学会等名 日本音響学会秋季研究発表会（招待講演）
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 Ueda Mari、Miura Takahiro、Yabu Ken-ichiro、Nakamura Kentaro、Ogawa Yoshimichi、Tanaka Tetsuo
2. 発表標題 Creation of a Sound Map Based on a Field Assessment: A Case of Hon-Atsugi Station "s(urr)oundings"
3. 学会等名 IIAI 8th International Congress on Advanced Applied Informatics (IIAI AAI)
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 Mari Ueda, Takahiro Miura, Ken-ichiro Yabu, Kentaro Nakamura, Yoshimichi Ogawa, Tetsuo Tanaka
2. 発表標題 Basic study on hearing aids for elderly and hearing-impaired people in shelters
3. 学会等名 ISBE2019
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 土田義郎、高野佐代子
2. 発表標題 防災放送における文単位の強調の違いによる効果的な伝達
3. 学会等名 日本音響学会 秋季研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 土田義郎
2. 発表標題 防災放送のアナウンス訓練システム構築のための基礎的研究 避難行動の誘起に対する話者への教示の効果
3. 学会等名 金沢工業大学地域防災環境科学研究所メンバーシップ・プログラム講習会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 土田義郎、高野佐代子
2. 発表標題 防災放送の訓練での教示語に関する検討 避難行動を誘起させるためのアナウンス
3. 学会等名 電子情報通信学会 音声研究会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐野奈緒子、土田義郎、秋田剛
2. 発表標題 発声の間合いがつかなく声の主 -自己発声に起因する間合いによる選択的聴取について-
3. 学会等名 日本認知科学会 間合い - 時空間インタラクション
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	高野 佐代子 (Takano Sayoko) (10374117)	金沢工業大学・情報フロンティア学部・准教授 (33302)	
研究 分担者	上田 麻理 (Ueda Mari) (70786409)	神奈川工科大学・情報学部・准教授 (32714)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------