

戦略的国際科学技術協力推進事業（日本－フランス研究交流）

1. 研究課題名：「ヒューマノイドロボットのための能動的両耳聴」
2. 研究期間：平成21年9月～平成26年3月
3. 支援額： 総額 27,718,000円（含む間接経費）
4. 主な参加研究者名：

日本側（研究代表者を含め6名までを記載）

	氏名	所属	役職
研究代表者	奥乃 博	京都大学 大学院情報学研究科	教授
研究者	中臺 一博	東京工業大学 大学院情報理工学研究科	客員教授
研究者	公文 誠	熊本大学 工学部	准教授
研究者	糸山 克寿	京都大学 大学院情報学研究科	助教
研究者	尾形 哲也	早稲田大学 基幹理工学部	教授
研究者	駒谷 和範	名古屋大学 工学研究科	准教授
参加研究者 のべ 30名			

相手側（研究代表者を含め6名までを記載）

	氏名	所属	役職
研究代表者	Patrick Danès	ツールーズ大学・ポールサバティエ大学, CNRS-LAAS	教授
研究者	Bruno Gas	ピエール&マリー・キュリー大学, 知的システム・ロボット研究所	教授
研究者	Sylvain Arge ntier	ピエール&マリー・キュリー大学, 知的システム・ロボット研究所	准教授
研究者	J. Kevin O' R egan	高等師範学校, 知覚心理学研究所	主任研究員
研究者	Alain de Che veigné	高等師範学校, 知覚心理学研究所	主任研究員
参加研究者 のべ 11名			

5. 研究・交流の目的

本研究交流（BINAHR プロジェクト, BINAural Audition for Humanoid Robots）では、ヒューマノイドロボットの能動的両耳聴機能、つまり、人のように2つの耳で聞く聴覚機能の実現を通じて、ヒューマノイドと人との共生を促進し、さらに、人の聴覚機能の工学的な有用さを明らかにし、高齢者や聴覚障害者を支援するための基礎技術の確立を目指すものであり、日本側とフランス側との研究交流を行う。具体的には、日本側は人工知能の立場から能動的両耳聴聴覚機能を分担し、フランス側は工学だけでなく生理学や認知科学の立場から、音源定位、発話区間認識、話者認識を分担する。両国の研究チームが相互補完的に能動的両耳聴の課題に取り組み、両者の持つ知識・技術・ノウハウをお互いに交換し、洗練し合うことを通じて、能動的両耳聴の広範囲な研究展開と、ヒューマノイドロボット

への聴覚機能の実現が期待される。

## 6. 研究・交流の成果

### 6-1 研究の成果

数理的なモデル化がやさしい人工耳介を取り上げ、シミュレーションで耳介の最適配置についての知見を得た。フランス側は球状頭部を想定すると3Dの音源定位の精度が最も高くなるポイントを得た。一方日本側は、真横に耳介を配置し、正対した音源に対して垂直方向の音源定位が最も高精度となるマイク穴取り付け位置も得、実際に人工耳介を作成し、その有効性を確認した。

両耳聴による音源定位については、重み付GCC-PHAT法を開発し、さらに、ロボットに人型の耳介を装着した場合には3KHz～6KHzの帯域が周辺方向の音源定位に効果があることを検証し、複数音源であっても各音源定位が精度よくできることを実証した。また、情報幾何学を応用し、音源定位を高精度に行うためのロボットの頭部の移動計画を立案する理論体系を構築した。

両耳聴の音源分離については、ベイズ法による統計的手法を使い、これまで取り扱いが難しかった問題—音源数が事前に与えられていない場合、劣決定条件（3個以上の複数音源がある場合）、音源数が変化する場合、残響がある場合等—に取り組み、高精度分離手法を開発し、その有効性を確認した。視聴覚情報統合を使用した音声認識では、ロボットが移動をして話者に正対するようにして、唇画像を高精度で取得し、視聴覚音声認識を行うシステムを開発し、その有効性を確認した。また、多重奏音楽音響信号からの楽器音抽出では、楽譜情報を援用したInformed blind separation手法を開発し、応用に展開した。

音声対話では、システム発話中にユーザが発話するバージイン発話に対して、残響下でもユーザ発話だけを分離する高速semi-blind ICAを開発し、実際の音声対話システムに組み込み、円滑な対話ができることを確認した。また、モダリティ（話し声、歌声、身振り、歩容等）の感情を統一的に表現するモデルを構築し、感情認識、感情生成、さらには、認識した感情をモダリティを超えて表現するシステムをロボット上に構築した。

以上、多岐にわたる能動的両耳聴の機能を通じて、ヒューマノイドが人と共生していくための基盤技術を構築することができた。

### 6-2 人的交流の成果

日本側からは、教員だけでなく多数の学生がフランス側を訪問し、研究発表だけでなく、講習会講師・TAを務め、中身の濃い研究交流を行った。特に、2名の博士課程学生は2か月間フランス側に滞在し、日本側の技術移転を行い、また、人脈を構築した。さらに、日仏共同でロボット聴覚特別セッションを国際会議で毎年オーガナイズし、ロボット聴覚研究のコミュニティ構築を先導した。

7. 主な論文発表・特許等（5件以内）

相手側との共著論文については、その旨を備考欄にご記載ください。

論文 or 特許	<ul style="list-style-type: none"> <li>・論文の場合： 著者名、タイトル、掲載誌名、巻、号、ページ、発行年</li> <li>・特許の場合： 知的財産権の種類、発明等の名称、出願国、出願日、出願番号、出願人、発明者等</li> </ul>	備考
論文	Ui-Hyun Kim, Kazuhiro Nakadai, Hiroshi G. Okuno: Improved Sound Source Localization in Horizontal Plane for Binaural Robot Audition, <i>Applied Intelligence</i> , Springer, <i>accepted</i> , Mar. 25, 2014.	
論文	Ryu Takeda, Kazuhiro Nakadai, Toru Takahashi, Tetsuya Ogata, Hiroshi G. Okuno: Efficient Blind Dereverberation and Echo Cancellation based on Independent Component Analysis for Actual Acoustic Signals, <i>Neural Computation</i> , Vol.24, Issue 1 (Jan. 2012) pp. 234-272, MIT Press.	
論文	Angelica Lim, Hiroshi G. Okuno: The MEI Robot: Towards Using Motherese to Develop Multimodal Emotional Intelligence. <i>IEEE Transactions on Autonomous Mental Development</i> , <i>accepted</i> , Mar, 2014	
論文	M. Kumon and S. Uozumi: Binaural Localization for a Mobile Sound Source, <i>Journal of Biomechanical Science and Engineering</i> , Vol. 6, No.1, pp. 26-39, 2011. doi:10.1299/jbse.6.26	
論文	Takami Yoshida and Kazuhiro Nakadai, "Audio-Visual Voice Activity Detection Based on an Utterance State Transition Model", <i>Advanced Robotics</i> , vol.26, no.10, pp.1183-1201, 2012. doi: 10.1080/01691864.2012.687152	