

**日中韓フォーサイト事業**  
**最終年度 実施報告書（平成 23 年度採用課題用）**

**1. 拠点機関**

日本側拠点機関：	東北大学電気通信研究所
中国側拠点機関：	中国科学院
韓国側拠点機関：	ソウル大学

**2. 研究交流課題名**

(和文)：次世代ネットワークにおける超臨場感音響相互通信の実現

(交流分野：音空間通信 )

(英文)：Ultra-realistic acoustic interactive communication on next-generation Internet

(交流分野：sound field communication )

研究交流課題に係るホームページ：[http:// www.foresight.riec.tohoku.ac.jp/index.html](http://www.foresight.riec.tohoku.ac.jp/index.html)

**3. 採用期間**

平成 23 年 8 月 1 日～平成 28 年 7 月 31 日

( 5 年度目)

**4. 実施体制****日本側実施組織**

拠点機関：東北大学電気通信研究所

実施組織代表者（所属部局・職・氏名）：電気通信研究所・所長・大野英男

研究代表者（所属部局・職・氏名）：電気通信研究所・教授・鈴木陽一（1-1）

協力機関：北陸先端科学技術大学院大学，東北学院大学，東北大学大学院工学系研究科

事務組織：東北大学国際交流課

**相手国側実施組織**（拠点機関名・協力機関名は、和英併記願います。）

(1) 中国側実施組織：

拠点機関：(英文) Chinese Academy of Sciences

(和文) 中国科学院

研究代表者（所属部局・職・氏名）：(英文) Institute of Acoustics・Professor・Yonghong YAN

(2-1)

協力機関：(英文) Beijing Institute of Technology

(和文) 北京工業大学

(2) 韓国側実施組織：

拠点機関：(英文) Seoul National University

(和文) ソウル大学

研究代表者(所属部局・職・氏名)：(英文) Institute of New Media and Communications, School of Electrical Engineering and Computer Science・Professor・Nam Soo KIM  
(3-1)

協力機関：(英文) Sejong University, Hanyang University

(和文) セジョン大学, ハンヤン大学

## 5. 研究交流目標

### 5-1. 平成28年度研究交流目標

＜研究協力体制の構築＞

平成27年度までに進めてきた、相互理解の深化と共同研究の推進を基盤として、最終的な成果の取りまとめを行うと共に、その後も続く成果発表の進め方と事業終了後の研究体制などについて検討する。これにより、平成25年度に立ちあがった共同研究を更に推進させ、事業終了後も交流活動、共同研究を活発に進めるための礎を築く。そのため、仙台近郊において、最終セミナーを公開の国際シンポジウムと合同開催して科学技術的議論を行い、その際に開催するPI会合等を通して将来構想を深めていく。

＜学術的観点＞

多チャンネルマイクロフォンアレイを用いた3次元音空間收音技術、音楽情報処理、音声強調・雑音抑圧技術とその基盤技術に加え、インターネットでのやりとりに適した音情報、マルチメディアの表現法・符号化、さらには3次元音空間情報のインターネット経由伝送技術といった研究テーマのこれまでの研究成果をまとめ論文に注力する。これらのテーマは、次世代インターネット技術やその技術上に構築されるアプリケーションに直結するものであり、学術的にも高い新規性を持ち、学術間ならびに産業界に強いインパクトをもたらさうる成果が期待できるテーマである。

＜若手研究者育成＞

最終成果の取りまとめを行うために、仙台近郊においてセミナーを国際シンポジウムと共催で開催する予定である。そこで、この会議の準備や企画、研究発表、ディスカッション等に若手研究者を参加、発表させ、若手研究者や当該研究の東アジア若手コミュニティの育成に貢献する。

＜その他(社会貢献や独自の目的等)＞

本プロジェクトの修了に向けて、PIミーティングでは、プロジェクト終了後の社会実装、社会貢献について議論していく。また、本プロジェクトの研究成果を社会還元していくための一助として、研究交流の概要や研究成果を、本プロジェクトのウェブサイトで公開していく。

### 5-2. 全期間を通じた研究交流目標

次世代ネットワークでは、これまでには伝送できなかったより多くのデータが高速でかつ安全

に通信できることにより、単にこれまでのような意味や内容といった情報だけではなく、あたかも本物がそこにあるかのような感覚や相互作用も通信できることが期待されている。

これまでのネットワークを用いた音響通信技術では、通信帯域が狭く、通信データ量が少なかったため、単に音声や楽曲などの内容を伝達するものであった。しかし、多数のマイクロフォンで音空間を高精細に収録し、その音空間を再生するための多数のスピーカの配置に合わせて最適に再構成することにより、人は音の情報だけではなく、音の広がり感、距離感、音源の向きなども時間、空間を超えて伝えることができる。さらに、お互いの高精細な音空間情報がリアルタイムに伝送することができれば、高臨場感相互通信が可能となる。

そこで我々は、この次世代ネットワーク通信技術に着目し、これまでリアルタイムで伝送できなかった100チャンネル以上の音情報を収録、コーディングし、受信した再生場所にてデコード、再生するシステムを提案する。具体的にはすべてを50ms以内の遅延で行うことを目的とする。この技術が実現すれば、遠く離れた国の人々がリアルタイムに相互演奏するなど、臨場感溢れる音空間コミュニケーションを実現できる。

しかし、リアルタイムで多チャンネルの音信号を安全に通信するためには、(a) エンコーディングやデコーディングの計算を短時間で行う技術、そして(b) ネットワーク通信間におけるパケットロスやジッタの影響を軽減する音空間符号化技術が必要となる。よって、システムを実現するためには、(1) 100チャンネル以上で収録した音空間情報のパケットロスやジッタ態勢のある新エンコード方式の開発、(2) エンコードされたデータを安全に伝送する技術の開発、(3) 受信したデータをリアルタイムにかつ再生方式に合わせたデコード技術の開発が課題となる。さらに、(4) ストリーミング型音アプリケーションと我々の提案する相互通信音空間の評価、また、再現された音空間を評価するための規範を提案する。

### 目標に対する達成度とその理由

- 研究交流目標は十分に達成された
- 研究交流目標は概ね達成された
- 研究交流目標はある程度達成された
- 研究交流目標はほとんど達成されなかった

#### 【理由】

日中韓フォーサイト事業は、日中韓の研究機関が連携して世界トップレベルの学術研究、地域共通の課題解決に資する研究及び若手研究者の育成を行うことにより、3カ国を中核としてアジアに世界的水準の研究拠点を構築することを目的としている。そのため、①研究協力体制の構築、②学術研究の推進、③若手研究者育成が求められている。

本プロジェクトは、東日本大震災の被災地にあって、その数ヶ月後に採択となり、採択直後の同年8月から活動を始め、翌年の領土問題の高まりによる交流の困難性をも乗り越えて極めて活発に交流と研究活動を進めてきた。また、平成26年度日中韓フォーサイト事業における終了時評価において評価結果Aを得た後の事業推進に当たっては、その評価結果を充分配慮して、PI会合の議論や研究、成果発表等を進めた。その結果、以下に具体的に記すように、上記の全ての項目

で当初の予定を超える成果までを含め、高い水準で目標を充分達成することができた。

#### ① 研究協力体制の構築

日中韓3名のPIを初めとする中核メンバーによるPI会合を当初予定の1年度2回を超える13回にわたり開催、プロジェクト運営方針の討議、決定を行った。3国の開催内訳（日本7回：H23年度2回、H24～H28年度各1回、中国3回：H23、H25、H27年度各1回、韓国3回：H24、H26、H27各1回）が示すように、日本はその中核を担ってきた。またセミナーおよびSpecial Interest Workshopを12回（日本：6回、中国：3回、韓国：3回）実施し、研究交流と共同研究に関する議論を深めた。中間評価後は、評価結果を生かすため狭い範囲を集中的に討議する形式のセミナー（Special Interest Workshop, SIW）も創設し、音声符号化や音声・音楽信号処理に限定したセミナーとして複数回開催した。研究施設見学も積極的に行い、研究交流とシステム共有型共同研究の促進にも力を注いだ。セミナーでは学生を主体とした行事を毎回開催し、若手研究者の交流の深化と将来の拠点形成への人的基盤の構築を図った。また、International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing 2014 (IIH-MSP2014)等の国際学会と連携し、口頭発表に加えて集中的な議論が可能なポスターセッション、および若手研究者を中心に行ったNight Sessionなど、本プロジェクトの構成員に限定されず国際会議の参加者も交えたオープンな議論の機会も数多く設け、世界的交流と成果展開を図ってきた。これらの努力により、日本を中核とした共同研究の構築、推進が実現した。

以上により、研究協力体制の構築に関する研究交流目標は十分に達成されたと判断する。

#### ② 学術研究の推進

本プロジェクトの目的達成のため6-2(2)に詳述するようにシステム実現に必要な4分野の研究を推進した。中間評価後は評価結果を反映して、共同研究の推進や学術誌における成果発表の促進等を図った。その結果、高精度3次元音空間收音・再生技術に関する研究や、音楽情報処理に関する研究、音声強調・処理技術に関する研究などの研究が大きく進展した。その結果、6-2(2)及び(8)項に詳述するように、4分野いずれの項目でも多くの高い研究成果を挙げることができた。我が国の研究チームの成果でセミナー等における本プロジェクトの討議結果が生かされた成果や共同研究の成果だけでも、論文31編（うち国際共著論文7編）、国際会議論文96編（うち国際共著18編）国内学会発表78件（うち国際共著論文9編）に及び、若手研究者が発明者の特許出願も6件あるなど、数多くの成果を挙げた。

以上により、学術面に関する研究交流目標は十分に達成されたと判断する。

#### ③ 若手研究者育成

若手研究者育成の核は本プロジェクトのセミナーと共同研究である。本プロジェクトの研究期間を通して延べ141名の若手研究者が参画し、セミナーと共同研究を通して日中韓の若手研究者の積極的な交流を図った。その際、単に参加するという受動的な形だけでなく、セミナーの企画、運営、討議等を自ら積極的に行わせた。また、国際学会との連携を積極的に図り、日中韓以外の世界最先端研究者との研究討論の機会を数多く設けた。共同研究では、日本と中国の若手研究者を相互派遣し、インターネット転送に適した音情報コミュニケーション等について実質研究を推進した。この活動は本プロジェクト研究期間において実を結び、若手研究者の国際会議への参加

意欲の増加（本事業参加後は査読付国際会議への参加件数が本事業開始前と比べ3倍増）し、55件の学生顕彰にもつながった。この間に博士の学位を取得した者は19名、修士は98名に及ぶ。

以上を通して、若手研究者や当該研究の東アジア若手コミュニティの育成が実現すると共に、共同研究を通して当該課題についての認識が深まり、若手研究者の課題分析能力とコミュニケーション能力が涵養できたものとする。よって、若手研究者育成に関する研究交流目標は十分に達成されたと判断する。

## 6. 研究交流成果

### 6-1. 平成28年度研究交流成果

（研究協力体制の構築状況、学術面の成果、若手研究者育成、社会貢献や独自の目的等についての平成28年度の成果を簡潔に記載してください。なお、交流を通じての相手国からの貢献及び相手国への貢献を含めてください。）

#### <研究協力体制の構築>

平成27年度までに進めてきた、相互理解の深化と共同研究の推進を基盤として、最終的な成果の取りまとめを行うと共に、その後も続く成果発表の進め方と事業終了後の研究体制などについて検討した。これにより、平成25年度に立ちあがった音空間收音・再生技術（日中）、音楽情報・信号処理（日韓）、音声情報処理（日中、日韓）の各分野の共同研究を更に推進させ、事業終了後も研究者間の受入・派遣などの交流活動、共同研究を活発に進めるための礎を築いた。仙台近郊において、最終セミナーを公開の国際シンポジウムと合同開催して科学技術的議論を行い、その際に開催するPI会合等を通して将来構想を深めた。

#### <学術的観点>

多チャンネルマイクロフォンアレイを用いた3次元音空間收音技術、音楽情報処理、音声強調・雑音抑圧技術とその基盤技術に加え、インターネットでのやりとりに適した音情報、マルチメディアの表現法・符号化、さらには3次元音空間情報のインターネット経由伝送技術といった研究テーマのこれまでの研究成果をまとめ論文に注力した。これらのテーマは、次世代インターネット技術やその技術上に構築されるアプリケーションに直結するものであり、学術的にも高い新規性を持ち、学術間ならびに産業界に強いインパクトをもたらさう成果が期待できるテーマである。

#### <若手研究者育成>

最終成果の取りまとめを行うために、仙台近郊において最終セミナーを東北大学電気通信研究所国際シンポジウム RIEC International Symposium on Ultra Realistic Interactive Acoustic Communications 2016 (ISURAC 2016) と共催で開催した。この会議の準備や企画、研究発表、ディスカッション等に若手研究者を参加、発表させ、若手研究者や当該研究の東アジア若手コミュニティの育成に貢献できた。

#### <その他（社会貢献や独自の目的等）>

本プロジェクトの修了に向けて、PI ミーティングでは、プロジェクト終了後に本プロジェクト

期間に開発した信号処理技術や 3 次元音空間共有技術の実用化について議論した。また、本プロジェクトの研究成果を社会還元していくための一助として、研究交流の概要や研究成果を、本プロジェクトのウェブサイトで引き続き公開した。

- (1) 平成 28 年度に学術雑誌等に発表した論文・著書 7 本  
うち、相手国参加研究者との共著 1 本
- (2) 平成 28 年度の国際会議における発表 29 件  
うち、相手国参加研究者との共同発表 0 件
- (3) 平成 28 年度の国内学会・シンポジウム等における発表 5 件  
うち、相手国参加研究者との共同発表 0 件
- (※ 「本事業名が明記されているもの」を計上・記入してください。)

## 6-2. 全期間にわたる研究交流成果

### (1) 研究協力体制の構築状況

#### ① 日本側拠点機関の実施体制（拠点機関としての役割・国内の協力機関との協力体制等）

拠点機関である東北大学電気通信研究所と東北学院大学、東北大学大学院工学系研究科が仙台市と近郊に位置する地理的な優勢を生かし、連携を密にとり、共同研究を推進する体制を築いた。本研究拠点体制では、超高精細な音空間を転送するためのネットワーク技術を構築する拠点を構成するが、多数のマイクロフォンやスピーカを用い、音情報の符号化やその伝送というような信号処理に寄った研究開発を推進した。また、本事業のセミナーや共同研究を通じ、日中韓の若手研究者や学生の交流の機会を多く設けることができた。これにより、これまでになかった様々なマルチメディアアプリケーションを、ネットワークの特性も十分に知識として持ちながら実際に構築していくことができる人材を育成することができた。今後、次世代ネットワークのイニシアチブを東アジア地域で確保できることが期待される。

#### ② 相手国拠点機関との協力体制（各国の役割分担・ネットワーク構築状況等）

研究者間では、3名のPIを初めとする中核メンバーによるPI会合を、平成23年8月を皮切りに13回にわたり開催し、PIら中核研究者が相互に連携し、本事業におけるセミナーや国際学会でのシンポジウムの開催の企画運営、共同研究の方針設定や実施体制の構築を行った。開催内訳（日本7回、中国3回、韓国3回）が示すように、日本はその中核を担ってきた。また、日本でのセミナーは毎年、中国もしくは韓国でのセミナーは隔年で開催され、総数12回（日本：6回、中国：3回、韓国：3回）にのぼるなかで、協力関係や信頼感の強化が進んだ。セミナー時には研究施設見学も積極的に行ってお互いの研究環境、研究内容の理解を深めるなど、研究交流とシステム共有型共同研究の促進にも力を注いだ。セミナー運営においても、各国の若手研究者を中心とした相互の連絡体制ができており、円滑な運用が行われた。

中国科学院の若手研究者らが東北大学電気通信研究所や北陸先端科学技術大学院大学を訪れ、また、東北大学や北陸先端科学技術大学院大学、東北学院大学からも中国科学院を訪れ、研究デ

ィスカッションを積み重ねてきた。また、中国科学院の Yan 教授, Li 教授らとの共同研究を精力的に推進し、学術論文および査読付き国際学会 21 件, 国内学会 7 件の発表をするに至っている。

ソウル大学とは、ネットワークなどの手段を活用し、北陸先端科学技術大学院大学とソウル大学との共同研究を推し進めており、学術論文および査読付き国際学会 6 件を発表するに至っている。

③ 日本側拠点機関の事務支援体制（拠点機関全体としての事務運営・支援体制）

東北大学電気通信研究所研究協力係と密に連絡をとり、セミナー開催や研究者交流、物品購入等について適切なサポートを受ける体制を整えた。予算執行についても、事務的なサポート体制が整えられ、概ね適切に計画通りの予算執行が可能となった。

(2) 学術面の成果

本プロジェクトでは、従来よりはるかに広帯域で安全な通信が可能な次世代ネットワークを前提として、単にこれまでのような意味や内容といった情報だけではなく、あたかも本物がそこにあるかのような感覚や相互作用の通信を可能とする音響、音声基盤術の開発を指向した研究を推進した。

具体的には、次世代ネットワーク通信技術において 100 チャネル以上の音情報を収録、コーディングし、受信した再生場所にてデコード、再生するシステムを 50 ms 以内の遅延で行うことを目的とし、高速で高品位の音響、音声コミュニケーションシステム実現に必要な以下 4 分野の研究を推進した。これらは次世代インターネット技術やその技術上に構築されるアプリケーションに直結するものであり、学術的にも高い新規性を持ち、学術間ならびに産業界に強いインパクトをもたらしうる成果が期待できるテーマである。

- ① 100 チャネル以上の音空間情報を対象とてパケットロスやジッタ耐性のある新エンコード方式の開発
- ② エンコードされたデータを安全に伝送する技術の開発
- ③ 受信したデータのリアルタイムかつ再生方式に合わせたデコード技術の開発
- ④ ストリーミング型音アプリケーションと我々の提案する相互通信音空間の評価と、再現音空間を評価するための規範の提案

その結果、セミナー等における本プロジェクトの討議結果が生かされた成果や共同研究の成果は我が国の研究チームが関与したものだけでも、学術論文 31 編（うち国際共著論文 7 編）、査読付き国際会議プロシーディングス論文 72 編（うち国際共著論文 18 編）件に及ぶ他、若手研究員が発明者となって出願した特許も 6 件ある。

以下、上記 4 研究項目のそれぞれについて主要な学術的成果を記す。

① 100 チャネル以上の音空間情報を対象としてパケットロスやジッタ耐性のある新エンコード方式の開発

100 チャネル以上の多チャネル情報により音空間情報を高精細に合成、再現する高精細 3 次元聴覚ディスプレイ技術、100 チャネル以上の多チャネル情報により音空間情報を高精細に取得する多

チャンネルマイクロフォンアレイ技術の開発と、そのような極めて多いチャンネル数の音信号や、人間の 3 次元音空間知覚の基盤となっている頭部伝達関数を適切に圧縮、伝送する技術の開発を行った。

- ・キルヒホッフ・ヘルムホルツ積分方程式に基づき、聴取者周辺の音場情報を波動性も含めて精密に合成、再現する高精細 3 次元聴覚ディスプレイ技術である、高次アンビソニックス (HOA) について、157ch スピーカシステムを用い 5 次のシステムを実現した。これは、平成 25 まで世界最高水準のシステムであった。

- ・高次アンビソニックス (HOA) により高精度に音場再現を行う領域を大幅に拡大する 3 次元音空間情報エンコード技術を開発した。

- ・リビングルームなど聴取者が複数の場合に対応する高精細 3 次元聴覚ディスプレイの実現を目指し、従来は高精度な複数領域音場再現が困難であった HOA を複数領域に対応させる新しいエンコード技術を開発した。

- ・音源から聴取者の耳までの音伝搬特性を表す頭部伝達関数は人間の 3 次元音空間知覚の基盤であるが、個人性が極めて大きい。そこで、個々人の頭部伝達関数を効率よくエンコードするため、その空間分布特性をウェーブレットにより表現する技術の開発を行った。

- ・人頭大の球形マイクロフォンアレイにより高精細 3 次元音空間情報の収録を行い、集音後はいつでも遠隔地で集音した 3 次元音空間情報を再生することができる技術「SENZI」について 252 チャンネルシステムを構築した。

- ・人頭大とコンパクトな超多チャンネルマイクロフォンアレイである SENZI について、構築した 252ch リアルタイムシステムを念頭に、3 次元空間情報をチャンネル間の信号類似度に基づいて圧縮エンコードするための基盤技術の開発を行った。

- ・数 100～数千チャンネルの超多チャンネル球状マイクロフォンアレイにより収録した 3 次元音空間情報に基づき、聴取者の両耳に 3 次元音空間情報の高精度再現と、音源の距離の操作を可能とするエンコード技術の開発を行った。

- ・総数で数 100 チャンネルを超える利用が要求される多人数での高精細音空間の共有システムへの発展を見据え、android OS 等の携帯端末で利用可能なネットワーク型聴覚ディスプレイを提案・試作した。

- ・多チャンネル音空間情報システムにおいて、周波数比が 103 にも及ぶ可聴帯域全体にわたり物理波面の合成を行おうとすると合理的なシステム規模にならないため、主観的に等価な音空間の体験を与えるチャンネル数の条件について、物理的・心理学的評価を行い明らかにした。

## ② エンコードされたデータを安全に伝送する技術

エンコードされたデータは高速に伝送されるだけでなく、様々な形態をとったネットワークを経由しても安全に伝送されなければならない。そこで、安全なデータ伝送のための付加情報をデータに非可逆的（一部は可逆的）に埋め込むデータハイディング技術と、その応用技術の開発を行った。

- ・ヒトの聴覚特性を考慮したデータハイディング技術を駆使し、エンコードされたデータを安全に伝送する 4 つの方法を提案した。これらは (a) 蝸牛遅延に基づく方法、(b) 適応的位相変調



法, (c) フォルマント強調に基づく方法, (d) 心理音響モデルに基づいた特異スペクトル分析法である。さらに 4 つのうちの 2 つを組み合わせたハイブリッド方式の実現も可能であり, エンコードされる前のデータに埋め込み, その安全性やデータの真正性の検証に役立つことも示された。

- ・ VoIP による音声通信において, 災害時のように通信品質が悪い場合, 補助情報をパケットに埋め込むことでパケットロスに頑健な通信方式を開発した。

### ③ 受信データのリアルタイムかつ再生方式に合わせたデコード技術

音空間コミュニケーションの中で, 特に音声コミュニケーションを中心として, 音声の中の様々な特徴の抽出, 伝送, 再合成に関する研究を行った。音声情報のエンコード・デコードは, 従来, 波形そのものの符号化が中心であるが, 本研究では, 音声の中の様々な特徴として言語情報のみならずパラ言語情報, 非言語情報も含めた特徴の抽出, 抽出した特徴のインターネットによる伝送および多言語への変換, 音声特徴を考慮した多言語での音声の再合成という, 音声に含まれる情報をより抽象化したエンコード・デコード技術について検討を行った。更に, 音声に付随する話者映像情報と音楽情報についても特徴の抽出, 伝送, 再合成に関する研究, 3次元音空間情報に関してはリアルタイム性の実証や評価を行った。主な成果は以下の通りである。

- ・ 音声に含まれる感情情報のエンコード・デコードを対象として, 音声の中の感情を扱うことができる特徴抽出・伝送・再合成技術の基盤を構築し, 多言語(日本語, 中国語, 英語)間での感情情報の送受を実現した。

- ・ これらのデコード技術では, クリーンな音声の特徴抽出だけでなく実環境でも頑健で正確な特徴抽出が必要である。本研究では重要な特徴である音声の基本周波数, フォルマント周波数, 音声区間の推定方法を提案した。

- ・ SN 比が低い環境や軽度の聴覚障害などの状況でも高い了解度を実現するパーソナル音声通信高度化技術として, 口唇画像情報を低ビットレート化しデータハイディング技術により音声信号に埋め込んで伝送し画像抽出する手法を開発した。

- ・ 話者の顔動画像の一部をマスクした聴取実験を行い, 音声コミュニケーションの高付加価値化に有効な顔動画像内の要素の検討と同定を行った。

- ・ 音声・音楽信号伝送において求められる環境に応じて信号伝送の付加価値を高めるための技術として, 信号の速度変換・ピッチ変換を高精度に行う手法を開発と, 音声の声質変換の手法を援用してビデオ会議における話者の顔動画像を別人の顔動画像に変換する手法を開発した。

- ・ 防災情報等, 市民への伝達が極めて重要なデータを伝送する手段の多様化を目指し, データハイディング技術を用い, AM 放送波で伝送される音声情報の品質を損なうことなく, デジタル情報を埋め込み, 抽出する信号処理法を開発した。

- ・ ネットワーク型聴覚ディスプレイのリアルタイム性を評価するために, LAN から日本・中国間など多様な IP ネットワーク上でシステム遅延を共同で測定した。

- ・ SENZI アルゴリズムを用いた 252 チャンネルの人頭大の球形マクロフォンアレイによる高精細 3次元音空間情報収録システムについて, リアルタイム動作を実現した。

### ④ ストリーミング型音アプリケーションと我々の提案する相互通信音空間の評価, また, 再現された音空間を評価するための規範

ネットワーク経由でやりとりされる様々な音信号と 3 次元音空間の評価及び評価規範を構築するために必須となる人間の音情報知覚過程の解明を進めた。また、本事業により開発した技術の有効性の評価を進めた。

- ・音源から聴取者の耳までの音伝搬特性を表し人間の 3 次元音空間知覚の基盤となる頭部伝達関数過程について、心理物理学実験を用いて、その中に含まれる仰角方向の音空間知覚手がかりの解明を進めた。

- ・ネットワークを経由した協働作業等を念頭に、空間内を移動しているときの 3 次元音空間知覚特性について、心理物理学実験を用いて、人間が頭角速度回転時と等加速度直線運動時の知覚特性の解明を進めた。

- ・多チャネル音空間情報システムにおいて主観的に等価な音空間の体験を与えるチャネル数の条件を評価する物理的・心理学的評価方法について検討を行った。

- ・再生系においては、空間の音情報のうち両耳間差のみを含んだ音を呈示した場合に、別々の音が統合・分離して知覚される条件を明らかにした。

- ・多チャネルの環境や HRTF が利用できない場合には、より少ない情報からでも相互通信音を作り出す必要がある。そのため、收音系において 1 ch のマイクロフォンから得た信号から音源の方向推定を行う方法を提案した。

- ・観測された信号から音環境の変調伝達関数 (MTF) ならびに音声伝送指標 (STI) をブラインド推定する方法を提案した。この方法は、利用者が沢山居るような音環境での聴き取り難さの評価にも利用できる。

- ・ストリーミング型音アプリケーションにおいてコンテンツの真正性を保証するために重要なデータハイディング技術に関し、開発した 4 種類の方式の評価を行い、データハイディング技術に要求される、知覚不可能性、頑健性、ブラインド性、秘匿性、パイロットに関して十分な水準を満たすことが確認された。

- ・災害時のように通信品質が悪い場合を念頭に開発した、補助情報をパケットに埋め込むことでパケットロスに頑健性を実現した VoIP 音声通信技術において、伝送遅延が主観的な通信品質に与える影響を明らかにした。

以上のように、本プロジェクトのテーマである「臨場感溢れる音空間コミュニケーション」を実現できるシステム構築のために必要な基盤技術群が確立されたと考える。

### (3) 若手研究者育成

若手研究者（大学院生から助教級研究者まで）育成の核は本プロジェクトのセミナーと共同研究である。本プロジェクトを通して、東アジアにおける研究者コミュニティの核となる若手研究者を育成することを念頭に、セミナー、共同研究に積極的に若手研究者の参画を促した。

12 回（日本：7 回、中国：3 回、韓国：2 回）実施したセミナーでは、若手研究者にも積極的に口頭発表を行わせると共に学生を主体としたポスターセッションや自由討議の場も設け、シニアな世界クラスの研究者と若手研究者が意見交換を行ったり指導を受けられたりするよう務めた。

特に平成26年の北九州におけるセミナーと平成28年5月の蔵王（仙台）における最終セミナーは国際会議と連動した形で開催し、日中韓以外の世界最先端の研究者からの刺激も受けられるよう配慮した。合わせて、セミナーにおいては若手のポスターセッションのみならず学生主導の討議を行うセッションを開催し、若手研究者、学生の交流を積極的に促し、将来の拠点形成への人的基盤の構築を図った。

これらの活動は短期間であった本プロジェクトの実施中にも共同研究という形で実を結び、中国と日本の若手研究者が互いの国に滞在して、3次元音空間に関する実験を共同で行うなど密結合の共同研究も進展した。5年間に、我が国から中韓を訪問した若手研究者は65名、日本が受け入れた若手研究者は76名を数え、セミナーにおける若手の発表件数は174件にのぼる。

その結果、若手研究者が参画する研究でも多くの研究成果を挙げた。我が国の研究チームの成果でセミナー等における本プロジェクトの討議結果が生かされた成果やさらには共同研究の外部発表成果（本プロジェクトのセミナーを除く）だけでも、学術論文31編（うち国際共著論文7編）、査読付き国際会議プロシーディングス論文72編（うち国際共著論文18編）件、国際会議口頭発表24件、特許出願6件と数多くの成果発表を行うことができた。また、本項の最後に示すように、これらの発表により若手研究者が57件の学術顕彰を受けている。また、博士の学位を取得した者は19名、修士は98名に及ぶ。さらに、若手研究者の国際会議への参加意欲の増加（本プロジェクト参加後は査読付国際会議への参加件数が年3倍増）など、若手研究者の意識改革も行えた。これらは育成の実があがったことを示す証左といえる。

以上を通して、共同研究を通して当該課題についての認識が深まり、若手研究者の課題分析能力とコミュニケーション能力が涵養できたものとする。

#### <本事業期間における若手研究者の受賞一覧>

##### ■東北大学

1. 大道竜之介, Best Oral Presentation Award, 12th Internal Society for Music Information Retrieval Conference, 2011年10月
2. 曲谷地哲, 日本音響学会聴覚研究会研究奨励賞, 2011年10月
3. 松永純平, 日本NIアプリケーションコンテスト2011学生部門優秀賞, 2011年11月
4. 松永純平, Graphical system Design Achievement Awards, NI Labview student design award, 2012年8月
5. Jorge Trevino, AES Japan Section Conference in Sendai 2012 学生ペーパーアワード最優秀賞, 2012年10月
6. 松井清彰, 電気関係学会東北支部連合大会 若手研究者論文賞, 2013年3月
7. 五十嵐佑樹, 日本音響学会2013年秋季研究発表会 学生優秀発表賞, 2013年3月
8. Jorge Trevino, 日本音響学会2012年秋季発表会学生優秀発表賞, 2013年3月
9. 崔正烈, FIT2013 船井ベストペーパー賞, 2013年9月
10. 中井彬人, IEEE Sendai Section Student Award Encouragement Prize, 2013年8月
11. 北島周, 電気関係学会東北支部連合大会若手研究者優秀論文賞, 2014年3月

12. 千葉祐弥, 日本音響学会 2014 年春季研究発表会 学生優秀発表賞, 2014 年 3 月
13. Jorge Trevino, 電気・情報系優秀賞, 2014 年 3 月
14. Wicaksono Arif, 電気関係学会東北支部連合大会若手研究者優秀論文賞, 2015 年 2 月
15. 清水拓, NCSP' 15 Student Paper Award, 2015 年 3 月
16. Jorge Trevino, 日本音響学会 2014 年秋季研究発表会栗屋潔学術奨励賞, 2015 年 4 月
17. 加瀬崇人, 第 221 回自然言語処理・第 106 回音声言語情報処理合同研究発表会 学生奨励賞, 2015 年 5 月
18. 和田祐人, NCSP' 16 Student Paper Award, 2016 年 3 月
19. 田村祐揮, 電子情報通信学会東北支部優秀学生, 2016 年 3 月
20. 柳生寛幸, 東北地区若手研究者研究発表会優秀発表賞, 2016 年 3 月
21. 中井彬人, 東北地区若手研究者研究発表会優秀発表賞, 2016 年 3 月
22. 中井彬人, 電子情報通信学会東北支部学生優秀発表賞, 2016 年 3 月
23. 柳生寛幸, 東北地区若手研究者研究発表会優秀論文賞, 2016 年 3 月
24. 清水 拓, ISURAC 2016 Best Poster Presentation Award, 2016 年 5 月
25. Hafiyah Prafianto, ISURAC2016 Best Poster Presentation Award, 2016 年 5 月

#### ■北陸先端科学技術大学院大学

1. 金井康昭, 日本音響学会北陸支部・優秀学生賞, 2012 年 3 月
2. Yasuaki Kanai, NCSP12, NCSP12, Student Paper Award, 2012 年 3 月
3. 出水田, 日本音響学会 2012 年春季研究発表会・学生優秀発表賞, 2012 年 9 月
4. Nhut Minh Ngo, Ryota Miyauchi, IIH-MSP-2012, Best Paper Award, 2012 年 7 月
5. 佐々木恭平, 日本音響学会北陸支部・優秀学生賞, 2013 年 3 月
6. 三輪賢一郎, 日本音響学会北陸支部・優秀学生賞, 2013 年 3 月
7. 元田紘樹, 日本音響学会平成 25 年春季研究発表会・学生優秀発表賞, 2013 年 9 月
8. 西江純教, 日本音響学会 2013 年春季研究発表会・学生優秀発表賞, 2013 年 9 月
9. 佐々木恭平, Student Paper Award, NCSP13, 2013 年 3 月
10. 宮崎昇和, 日本音響学会北陸支部優秀発表論文賞, 2013 年 9 月
11. 西野恭生, 日本音響学会北陸支部優秀発表論文賞, 2013 年 9 月
12. 山本克彦, 日本音響学会北陸支部優秀発表論文賞, 2013 年 9 月
13. 安藤将, 日本音響学会北陸支部・優秀学生賞, 2014 年 3 月
14. 安藤将, Student Paper Award, NCSP14, 2014 年 3 月
15. 宮崎昇和, Student Paper Award, NCSP14, 2014 年 3 月
16. 山本克彦, Student Paper Award, NCSP14, 2014 年 3 月
17. 久保理恵子, 日本音響学会 2014 年春季研究発表会・学生優秀発表賞, 2014 年 9 月
18. 森川大輔, 音学シンポジウム 2014 ポスター賞, 2014 年 3 月
19. Zhu Zhi, 日本音響学会北陸支部・優秀学生賞, 2015 年 3 月
20. Zhu Zhi, 日本音響学会北陸支部優秀発表論文賞, 2015 年 10 月

21. 鳥谷輝樹, 日本音響学会北陸支部優秀発表論文賞, 2015年10月
22. Li, Xingfeng, 18th Oriental Chapter of COCOSDA, Best Student Oral Paper Award, 2015年10月
23. 森川大輔, 日本音響学会粟屋潔学術奨励賞, 2015年
24. Dinh, Tuan Anh, 2016 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communication and Signal Processing, Student Paper Award, 2016年3月
25. 鳥谷輝樹, 電子情報通信学会北陸支部・優秀学生賞, 2016年3月
26. 鳥谷輝樹, Student Paper Award, NCSP16, 2016年3月
27. Xue, Yawen, ISURAC 2016, Best Poster Presentation Award, 2016年5月

#### ■東北学院大学

1. 東海林凌, 日本音響学会東北支部優秀論文賞, 2015年2月
2. 大久保和貴, 映像メディア学会東北支部優秀論文賞, 2015年2月
3. 鎗水翔也, 平成28年度東北地区若手研究者発表会表彰, 2016年3月
4. 伊藤修平, 平成28年度東北地区若手研究者発表会表彰, 2016年3月
5. 伊藤修平, 電子情報通信学会東北支部優秀学生表彰, 2016年3月

#### (4) 日中韓における継続的な研究教育拠点の構築

本プロジェクトの核となるテーマである「高精度3次元音空間収音・再生技術」, 「音声・音楽情報処理技術」を中心に, 日本を中核として, 日中韓で共同研究を継続的に実施し拠点形成を行った。この結果は, 日中韓の研究者が国をまたがって共著で発表した査読付き学術論文7編, 査読付き国際会議プロシーディング論文18編として実際に成果が上がっている。これに, わが国居住者のみが著者の論文も加えると, 「高精度3次元音空間収音・再生技術」で40件, 「音声・音楽情報処理技術」として87件が採択されている。特に「高精度3次元音空間収音・再生技術」は, 東北大学電気通信研究所に設置された最先端無響室等の研究設備を共同利用する枠組みとして構築され, 研究期間中に延べ136名の研究者が共同研究として訪問し, 研究を実施した。

構築した研究教育拠点については, 単に事業期間だけにとどまらず, その後も継続して利活用すべく, 終了時評価で延長が決まった後のPI会合において十分な時間を当てて討議を行った。その結果, 中国とは共同研究を継続し, 中型・大型の共同研究プロジェクトの実現を目指すことで合意している。実際に, 事業期間終了直前の2016年7月上旬に日本から5名が中国を訪問, 下旬には中国のPIと幹事役の李氏が訪日して具体的計画の議論を進めている。韓国とは, 2国間の共同研究プロジェクトの実現を目指し, 現在若手研究者を中心に議論を進めている。

#### (5) 社会貢献や独自の目的等

先にも述べたように, 本プロジェクトを通して多くの学術的成果が上がってきたが, その成果の社会実装, 社会貢献については, 特に参加国のPI同士のミーティングで継続的に議論を進めてきた。本プロジェクトは東日本大震災が発生した平成23年から開始されたこともあり, 特に災害,

防災という観点からの社会貢献についての議論を深め、実際に研究を遂行してきた。例えば、インターネット上で音声を通信用するVoIP技術におけるパケットロス隠蔽に関する研究は、災害時に発生する通信環境の劣化にも頑健な音声通信を実現するものとして非常に有用な研究である。また、山や建物からの反射や隣接するスピーカから時間差を持って到来するエコー（ロングパスエコー）にも頑健な音声伝達手法の研究は、防災行政無線の高度化に資する研究として位置づけられる。実際にこれらの研究や情報交換が一助となり、避難誘導音声提示システムの高度化に関する新しい研究プロジェクトが開始されるなど、目に見える形で社会貢献が進んできた。

これらの研究成果の一部は、日本音響学会が屋外防災行政無線システムの高度化を目指し2015年4月に公開した「災害等非常時屋外拡声システム性能確保のための規準案（第1版）」に採用されている。また、本プロジェクトのウェブサイトで公開するなどして、本プロジェクトの研究成果の社会還元を積極的に行った。

#### （6）予期しなかった成果

本プロジェクトの申請は東日本大震災の前である一方、採択は震災直後であった。東日本大震災では、ネットワークの輻輳や停電に伴う情報通信の途絶や、防災行政無線システムの拡声音が他の拡声音との混合により聞き取れないなど、防災、災害情報の伝達に大きな影響が及んだ。そこで、震災後の意見交換に基づいて、本プロジェクトが掲げる「次世代ネットワークにおける超臨場感音響相互通信」には、いまこの場で生じている災害情報の伝達を確実にを行うための音響技術も含まれると判断し、積極的に研究を進めることとした。

その結果、前項にも一部を記したように、災害情報伝達における単語親密度と呼ばれる指標の重要性の確認、それに基づき、大きな時間差を持って到来するエコー（ロングパスエコー）にも頑健な音声伝達において高い了解度を実現する新しい音声情報提示法の提案、極めてVoIPにおけるパケットロス隠蔽法やビットレートの低い音声コーディング法の提案、AMラジオ放送波に電子透かし技術によりデジタルデータの付加を可能とする技術の提案など、多くの成果を挙げた。これらの成果は、学術論文1編、口頭発表3件に及んだ。

また、中間評価以後の延長期間には、従来のプロジェクト全般にわたるセミナーに加えて、比較的狭い範囲の話題について発表、議論する形式のセミナー（Special Interest Workshop）を開催した。これにより、研究成果の更なる水準向上と、若手研究者により深い研究討議の機会を与えることができ、当初計画時には予期しなかった水準の成果を挙げ得たと考えている。

#### （7）今後の課題・問題点及び展望

本プロジェクトの推進により、本プログラムのテーマである「遠く離れた国の人々がリアルタイムに相互演奏するなど、臨場感溢れる音空間コミュニケーションを実現できる」システムは、構築のための基盤技術は確立されたと考える。今後は、①この基盤技術の高度化と実用化に向けたシステム構築が課題である。さらに、②システム上で音空間コミュニケーションとして何を伝送するのか、すなわち、どのようなコンテンツを流通させるかが課題となるであろう。

## ①基盤技術の高度化と実用化に向けたシステム構築にむけた課題と展望

## ・高精細音空間提示システムの高度化

高精細音空間提示システムの構成論を精緻化する必要がある。

例えば、音空間を共有するとすれば遠隔レンダリングが望ましいが、パーソナルユースでは、ローカルレンダリングで充分である。また、遠隔地でレンダリングされた音空間を、さらにローカルでパーソナライズするような技術を開発することが重要である。

また、共有される音空間情報について、話者、楽器、騒音源等々のオブジェクトの抽出と、属性（位置方向、距離）の編集、空間（部屋等）の持つ音響特性（残響等）の付加、除去、編集技術を精緻化し実用化可能な水準をさらに高めて行くことが重要である。

これらにより、今回開発された基盤技術の適用範囲をさらに拡大できると考えられる。

## ・マルチモーダル（多感覚）情報の編集環境

本プロジェクトの対象であった音声通信のみ、あるいは、画像通信のみならず、これらを含め、さらに将来は触覚等の感覚情報も含めたマルチモーダル通信の高度化が必要である。そのためには、単に音声や画像を伝送するだけでなく、コミュニケーションにおける意図・個人性・感情などを自在に加工・変換するための技術へと展開していく必要がある。これにより、より豊かかつプライバシーに配慮した通信が可能になると期待できる。

## ②超臨場感音響相互通信コンテンツに関する課題と展望

## ・言語を異にするWEB会議やWEB講演会環境

「言語の異なる人どうしたちであってもおいて音声によりコミュニケーションできる環境を整えること」は、ネットワークを介した音声通信への基盤技術の活用の拡張方向の一つと考えられる。

WEB会議やWEB講演会において、多言語間コミュニケーションを行うためには、リアルタイムの音声認識、翻訳、音声合成技術が役立つ。さらに、臨場感を高めるためには、単純な翻訳による字幕や機械音声での再生ではなく話者性や感情を保ったまま本人の声をリアルタイムに他国語に変換再生できることが肝要である。また、話者の方向等の情報が臨場感だけでなく音声の聞き取りやすさ等にも有用である。

本プログラムで構築した基盤技術を洗練して適用できれば、音の空間情報をそのままに、話者性や感情も保ったまま本人の声をリアルタイムに他国語に変換できる可能性がある。これにより、それぞれの参加者はその場所で母国語を用いて会が催されているかのように、スムーズな音空間コミュニケーションを実現できる。また、翻訳時に取得した発言内容をハイディング技術でテキスト情報として付加しておくことで、より安全性を増すことも可能であろう。

## ・遠隔合奏環境

「遠隔地の演奏家が自由に合奏できる環境を整えること」も今後の拡張方向の一つと考えられる。

その実現には、①で述べた実時間の音オブジェクト抽出、編集、レンダリング技術により、楽器音、演奏家それぞれの感情、息づかい等の雰囲気や双方向で共有することに加え、一定の遅延

は免れないネットワーク環境において、その影響をできる限り緩和する技術の開発も必要である。

このような環境が実現すれば、いつでも音楽演奏を通じた世界的なコミュニケーションが可能となり、それに基づく実世界の行き来とコミュニケーションも合わせて促進されるものと期待される。合わせて、楽しみや芸術鑑賞に加え、世界的な音楽教育、訓練の促進にも大きく貢献するだろう。

今回の事業を通じ、3カ国の研究グループには大きな信頼感が醸成され、また、多くの若手研究者の育成を行うことができた。今後について我々は、交流と共同研究の継続、中型・大型の共同研究プロジェクトの実現を目指し、関係の維持発展を図ることで合意しているが、当面は基盤となる予算のない中で、具体的な推進が大きな課題である。また、育成を図った若手人材の将来形成を見守り、支援することも極めて重要であり、これについても強く意を用いていきたいと考えている。

#### (8) 本研究交流事業により全期間中に発表された論文

①全期間中に学術雑誌等に発表した論文・著書 31 本

うち、相手国参加研究者との共著 7 本

②全期間中の国際会議における発表 96 件

うち、相手国参加研究者との共同発表 18 件

③全期間中の国内学会・シンポジウム等における発表 78 件

うち、相手国参加研究者との共同発表 9 件

(※ 「本事業名が明記されているもの」を計上・記入してください。)

(※ 詳細は別紙「論文リスト」に記入してください。)

## 7. 平成28年度及び全期間にわたる研究交流実績状況

### 7-1 共同研究

整理番号	R-1	研究開始年度	平成23年度	研究終了年度	平成28年度
研究課題名	(和文) 次世代ネットワークにおける超臨場感音響相互通信の実現 (英文) Ultra-realistic acoustic interactive communication on next-generation Internet				
日本側代表者 氏名・所属・職	(和文) 鈴木陽一・東北大学電気通信研究所・教授(1-1) (英文) Yōiti SUZUKI・Research Institute of Electrical Communication Tohoku University・Professor				
相手国側代表者 氏名・所属・職	(英文) Yonghong Yan・中国科学院・教授(2-1) Nam Soo Kim・ソウル大学・教授(3-1)				
28年度の研究 交流活動及び得 られた成果	これまでに日中韓全ての拠点研究機関、ならびに協力研究機関の研究 施設の見学や、それぞれの研究機関で実施されている研究内容の相互理 解が進み、実際に共同研究や共同実験を実施してきた。				



	<p>これらを受けて平成 28 年度は、音空間收音・再生技術、音楽情報・信号処理、音声情報処理等の情報を、インターネット上でやり取りするための音情報表現技術(日中)に注力した研究成果をまとめ上げるべく、3次元音空間共有技術に係る共同研究の実験や3次元音空間知覚特性や音声知覚過程に基づく音声情報処理法等の成果を学術誌へ論文投稿するための議論等の交流活動に注力した。</p> <p>また、これらの共同研究成果をまとめる為に、学生や若手研究者の交流を通して議論を活発化させた。更に、共同研究成果の積極的な発信を目的に、国際会議、国内研究会をはじめとした様々な場で発表すべく、研究成果の論文化とまとめを進めた。</p>
全期間にわたる研究交流活動および得られた成果の概要	<p>日中韓全ての拠点研究機関、ならびに、協力研究機関の研究施設の見学や、それぞれの研究機関で実施されている研究内容の相互理解が実に進み、密な交流から実際に共同の実験を伴う体制を整えた。</p> <p>3カ国間で共同で進めている研究に関して、全体のセミナーとは別にテーマを絞って深い議論を行うことを目的とした Special Interest Workshop を実施し、より深い研究議論を行った。</p> <p>若手研究者や学生を中心に3カ国間の交流を進め、実験を伴う共同研究が行われ、3カ国間での交流関係がこれまで以上に深まっていった。具体的には、中国科学院の実験室において共同実験を実施し、共同研究テーマに関する議論を深めた。また、最終年度に開催されたセミナー及び共催の国際シンポジウムの企画や準備、研究発表、ディスカッション等を通して、研究者間交流が促進された。更に、共同研究成果の積極的な発信を目的に、国際会議、国内研究会をはじめとした様々な場で発表すべく、別紙論文リストに掲載された研究成果の論文化を進めた。</p>

## 7-2 セミナー

### (1) 全期間において実施したセミナー件数

	平成 23 年度	平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度
国内開催	1 回	1 回	1 回	1 回	1 回	1 回
海外開催	1 回	1 回	1 回	1 回	1 回	0 回
合計	2 回	2 回	2 回	2 回	2 回	1 回

(2) 平成28年度セミナー実施状況

整理番号	S-1
セミナー名	(和文) 日本学術振興会日中韓フォーサイト事業「インターネット時代における音響とマルチメディア表現」 (英文) JSPS A3 Foresight Program “Sound and multimedia representations in the Internet era “
開催期間	平成28年5月20日～平成28年5月21日(2日間)
開催地(国名、都市名、会場名)	(和文) 日本, 宮城蔵王ロイヤルホテル (英文) 59-11 Kozumazaka, Togatta Onsen, Zao-machi, Katta-gun, Miyagi
日本側開催責任者 氏名・所属・職	(和文) 鈴木陽一・東北大学電気通信研究所・教授(1-1) (英文) Yôiti SUZUKI・Research Institute of Electrical Communication Tohoku University・Professor
相手国側開催責任者 氏名・所属・職 (※日本以外で開催の場合)	(英文)

参加者数

派遣先 派遣元		セミナー開催国 (日本)	
		A.	B.
日本 <人/人日>	A.	32 / 72	
	B.		
中国 <人/人日>	A.	6 / 24	
	B.		
韓国 <人/人日>	A.	13 / 51	
	B.		
合計 <人/人日>	A.	51 / 147	
	B.	0	

A. 本事業参加者(参加研究者リストの研究者等)

B. 一般参加者(参加研究者リスト以外の研究者等)

※日数は、出張期間(渡航日、帰国日を含めた期間)としてください。これによりがたい場合は、備考欄を設け、注意書きを付してください。

セミナー開催の目的	本プロジェクトが目指すインターネットを介した対話的音コミュニケーションの高度化には、ネットワーク経由の音情報表現の最適化とその受容に関する検討が必須となる。本セミナーは、最終年度の国際シンポジウムとの共催形式として、3次元音空間情報、音声情報、音楽情報など各種の音情報をインターネット上でやりとりする場合に、それぞれの音情報を、その性質と目的に応じて音情報ごとにどのように表現して送るべきか、またそれらの情報はどのように受信者に聞こえ理解されるかを解明するための研究に限定して、A3 参加国の専門家のみならず国際的な広範囲の専門家を招聘して最新の研究課題と成果を持ち寄り深く討議する国際シンポジウムとする。		
セミナーの成果	3次元音空間情報、音声情報、音楽情報など各種の音情報をインターネット上でやりとりする技術に関する進行中の共同研究に関して結果と考察に関する深い議論を行い、共同研究がより進展できた。また、関連技術の研究を行う英、豪、伊、仏等の世界規模の研究者も交えて、上記共同研究に関するより大きな共同研究へと発展させうる可能性がより一層深まった。 若手研究者、学生にも積極的に運営に参画させることができ、若手研究者の国際セミナー運営、海外発表、および、ディスカッションのよい経験となった。		
セミナーの運営組織	日本側研究者を中心にセミナーの開催、運営を行った。 中国側、韓国側はPIを中心に運営の補助をもらった。		
開催経費分担内容と金額	日本側	内容 国内旅費 会議・レセプション費	金額 3,131,092 円 75,384 円
	中国側	内容 外国旅費	
	韓国側	内容 外国旅費	

### 7-3 研究者交流（共同研究、セミナー以外の交流）

共同研究、セミナー以外でどのような交流（日本国内の交流を含む）を行ったか記入してください。

#### （1）平成28年度実施状況

中国科学院の研究者が7月17日～31日まで来日し、北陸先端科学技術大学院大学と東北大学それぞれにて研究討論と研究交流を行った。特に3次元音空間情報の収録法と伝送法、および音空間知覚等について議論を行い、実験を実施した。

日数	派遣研究者		訪問先・内容		派遣先
	氏名・所属・職名	氏名・所属・職名	氏名・所属・職名	内容	
3	日間	Junfeng Li Institute of Acoustics, Chinese Academy of Sciences・Professor	赤木正人 北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科・教授	3次元音空間情報の転送	
3	日間	Yonghong YAN Institute of Acoustics, Chinese Academy of Sciences・Professor	赤木正人 北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科・教授	3次元音空間情報の転送	
12	日間	Junfeng Li Institute of Acoustics, Chinese Academy of Sciences・Professor	鈴木陽一 東北大学電気通信研究所	3次元音空間情報の収録、および音空間知覚	

## (2) 全期間にわたる実施状況概要

3カ国のPIと幹事役の研究者がセミナーや共同研究の機会を利用して集まり、本事業における各機関の役割分担及び、研究の相互支援について確認を行ってきた。中国科学院の若手研究者らが東北大学電気通信研究所や北陸先端科学技術大学院大学を訪れ、また、東北大学や北陸先端科学技術大学院大学、東北学院大学からも中国科学院を訪れ、研究ディスカッションを積み重ねてきた。また、中国科学院のYan教授、Li教授らとの共同研究を精力的に推進し、学術論文および査読付き国際学会21件、国内学会7件の発表をするに至っている。ソウル大学とは、ネットワークなどの手段を活用し、北陸先端科学技術大学院大学とソウル大学との共同研究を推し進めており、学術論文および査読付き国際学会6件を発表するに至っている。

### 7-4 終了時評価の指摘事項等を踏まえた対応

(※終了時評価の指摘事項等を踏まえ、交流計画等に反映させた場合、その対応について記載してください。)

平成23年度採用のプロジェクトとして終了時評価において、以下の3点を課題として指摘された。

- (1) 次世代ネットワークの観点での研究成果が少ない。
- (2) 学術雑誌の論文発表件数や研究代表者が著者となっている論文の不足。
- (3) 研究交流活動の成果から発生した波及効果が不明である。

これらをPIミーティングで討議した結果、次の対応を行っている。

(1) については、6-2に示したように成果を多く挙げている。またかねて準備を進めていたインターネットを通じた3次元音空間通信システム構築に関する研究を日本と中国が共同で進め、平成26年度に開始した日本と中国間の伝送を行う実証実験を継続深化させている。また、きわめて高い臨場感を実現するために必要な超多チャンネル音空間情報をインターネット上で効率的に伝送するための符号化法や、伝送するコンテンツに関する研究も推進されている。現在、これらの

研究結果の解析を行うと共に、論文化にむけた準備が進められている。きわめて高い臨場感をインタラクティブに実現するには、どのような信号をインターネット上でやりとりするかが重要である。そこで、インターネットでのやりとりに適した音情報と、マルチメディア表現法・符号化技術と、伝送するコンテンツに関する研究を、日中韓3カ国が各自得意とする分野ごとに進める一方、各自の研究成果をいち早く共有できるように研究者間交流をより一層促進することとした。その一環として、専門性の高い議論が可能となる Special Interest Workshop を開催した。

(2) については、3カ国のPIを通じ、研究成果を査読付き学術誌に投稿することを参画者に強く要請している。査読付き学術誌論文は28件と増えており、また、PI会合にて研究交流をより一層促進すべきである共通認識のもと、3カ国の共同研究成果が6件も刊行されるに至っている。今後も継続的に努力を続けていく。

(3) については、(1)でも触れたようにインターネットを用いて日中間で実証実験を深化しており、このような実用化を目指した研究を今後も積極的に進めていく。各専門テーマについて絞って深い議論をする Special Interest Workshop では、実用化や社会実装が可能という観点から、これまで各研究グループで実施してきた研究内容の絞り込みや推進方策についても議論していく。その結果、研究交流が一層強化され、音情報の収録と伝送に絞った3カ国間の共同研究成果が6件となる等、成果を挙げつつある。

・プロジェクト遂行上の一般的課題・問題点

毎年度の報告書で指摘しているが、昨今の日本と韓国、日本と中国の国際情勢の関係悪化を受けて、両国の研究者の日本への渡航がこれまでほど容易ではない状況である。特に中国から日本への渡航は、手続きに極めて長い時間がかかることもあり、かなり厳しい状況である。幸いなことに日本から両国へ行く手続きはこれまで同様非常に容易に行えることから、両国のハブとしてこれまで以上に頻繁に共同研究、研究者交流の枠組みで交流を深めていく必要があると考えている。

8. 研究交流実績総人数・人日数

8-1 平成28年度の相手国との交流実績

派遣先 派遣元	四半期	日本	中国	韓国		合計
日本	1		( )	( )	( )	0/0 (0/0)
	2		5/15 ( )	( )	( )	5/15 (0/0)
	3		( )	( )	( )	0/0 (0/0)
	4		( )	( )	( )	0/0 (0/0)
	計		5/15 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	5/15 (0/0)
中国	1	6/24 ( )		( )	( )	6/24 (0/0)
	2	( )		( )	( )	0/0 (0/0)
	3	( )		( )	( )	0/0 (0/0)
	4	( )		( )	( )	0/0 (0/0)
	計	6/24 (0/0)		0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	6/24 (0/0)
韓国	1	13/51 ( )	( )		( )	13/51 (0/0)
	2	( )	( )		( )	0/0 (0/0)
	3	( )	( )		( )	0/0 (0/0)
	4	( )	( )		( )	0/0 (0/0)
	計	13/51 (0/0)	0/0 (0/0)		0/0 (0/0)	13/51 (0/0)
	1	( )	( )	( )		0/0 (0/0)
	2	( )	( )	( )		0/0 (0/0)
	3	( )	( )	( )		0/0 (0/0)
	4	( )	( )	( )		0/0 (0/0)
	計	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)		0/0 (0/0)
合計	1	19/75 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	19/75 (0/0)
	2	0/0 (0/0)	5/15 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	5/15 (0/0)
	3	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)
	4	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)
	計	19/75 (0/0)	5/15 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	24/90 (0/0)

※各国別に、研究者交流・共同研究・セミナーにて交流した人数・人日数を記載してください。(なお、記入の仕方の詳細については「記入上の注意」を参考にしてください。)

※日本側予算によらない交流についても、カッコ書きで記入してください。(合計欄は( )をのぞいた人数・人日数としてください。)

8-2 平成28年度の国内での交流実績

1	2	3	4	合計
32/72 (0/0)	0/0 (0/0)	( )	( )	32/72 (0/0)

8-3 全期間にわたる派遣・受入人数

年度	平成23年度	平成24年度	平成25年度	平成26年度	平成27年度	平成28年度
派遣人数 (人)	12/61	28/101	26/144	20/79	32/117	5/15
受入人数 (人)	18/71	16/66	18/70	22/84	24/101	19/75

※各年度の実施報告書の「相手国との交流実績」に記載の人数を転記してください。相手国側マッチングファンド等本事業経費によらない交流については( )で記載してください。

## 9. 経費使用総額

## 9-1. 平成28年度経費使用総額

(単位 円)

	経費内訳	金額	備考
研究交流経費	国内旅費	3,596,462	国内旅費、外国旅費の合計は、研究交流経費の50%以上であること。
	外国旅費	473,180	
	謝金	0	
	備品・消耗品購入費	527,933	
	その他の経費	172,425	
	不課税取引・非課税取引に係る消費税	0	本学にて別途負担
	計	4,770,000	研究交流経費配分額以内であること。
業務委託手数料		477,000	研究交流経費の10%を上限とし、必要な額であること。また、消費税額は内額とする。
合計		5,247,000	

## 9-2 全期間にわたる経費使用額

(単位 千円)

	平成23年度	平成24年度	平成25年度	平成26年度	平成27年度	平成28年度
国内旅費	2,737	2,391	2,163	3,338	2,826	3,597
外国旅費	2,052	3,073	3,716	1,704	2,550	473
謝金	0	49	0	0	0	0
備品・消耗品購入費	1,411	2,813	2,045	260	188	528
その他の経費	697	1,174	1,576	1,178	811	172
不課税取引・非課税取引に係る消費税	103	0	0	0	0	0
合計	7,000	9,500	9,500	6,480	6,375	4,770

※各年度の実施報告書「経費使用総額」に記載の内容を千円単位にして転記してください。