

平成22年度「革新的な三次元映像技術による超臨場感コミュニケーション技術の研究開発」 (課題オ 超臨場感コミュニケーションシステム)の開発成果について

1. 施策の目標

幅・奥行き・高さをもった空間と空間を結ぶマルチメディアコミュニケーション技術の確立と、同技術を利用した超臨場感テレワークシステムを実現する。超臨場感コミュニケーションでは超高精細・立体映像やリアルな音響環境を含めた五感情報の伝達により、2025年までに放送、医療、テレワークなど様々な分野で超臨場感応用システムの実用化が目標となっている。この実現に向け、複数のカメラ・マイク・センサを空間位置に基づいて扱う技術や、利用者の状況に応じてマルチメディア情報を加工・強調する技術、大画面ディスプレイで同じ作業オブジェクトを共有しながら会話する技術などを確立し、2016年にオフィス空間を共有する超臨場感テレワークシステムを開発する。

本施策期間(平成21-22年度)ではシステムや各要素技術に対する要求仕様を明らかにし、予備実験による技術検証を行う。また検証結果を踏まえて、最終的に実現するシステム像を示すビデオを制作する。

2. 研究開発の背景

ワークライフバランスの改善、省エネルギーといった課題を解決する手段としてテレワークが注目されている。しかしながら現在のテレワーク環境はオフィスと同じようなコミュニケーション環境になっておらず定常的なテレワークは困難となっている。技術面では、多視聴点・自由視聴点技術や没入感システム技術などの技術により、あたかも同じオフィスにいるような感覚が得られるテレワーク環境の実現は夢ではなくなりつつあるが、実用化に向けては双方向性・リアルタイム性の確保、プロトコルの整備、システム規模や経済性といった多くの課題が存在する。現在、欧米企業を中心に高臨場感な会議システム(テレプレゼンス)の開発・普及が進んでいるが、次なる企業ユースの超臨場感システムとしてテレワーク市場に向けた技術開発を諸外国に先んじて行う必要がある。

3. 研究開発の概要と期待される効果

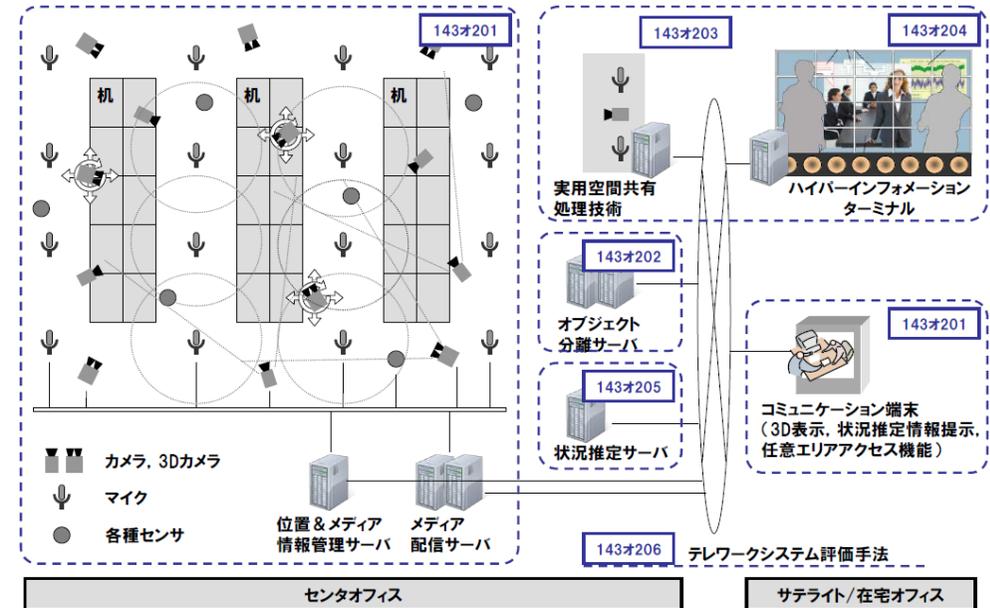
複数の情報収集デバイス(カメラ、マイク、センサ)と情報提示デバイス(ディスプレイ、スピーカ、アクチュエータ)を利用するコミュニケーションシステムにおいて、以下の技術を開発する。

- 143オ201：位置に連動したメディア制御技術、プロトコルおよびシステム
- 143オ202：音と映像の能動的メディア処理技術
- 143オ203：大画面ディスプレイを用いた実用空間共有技術
- 143オ204：タイルドディスプレイを用いたハイパーインフォメーションターミナル
- 143オ205：計算機利用履歴や環境情報を利用した状況推定技術
- 143オ206：超臨場感テレワークシステム評価手法と使用時メンタルモデル

4. 研究開発の期間及び体制

平成21年度～平成22年度(2年間)

沖電気工業株式会社、日本電気株式会社、シャープ株式会社、サイバネットシステム株式会社、国立大学法人東京農工大学、学校法人立正大学学園



システムイメージ図

①143オ201:位置に連動したメディア制御技術、プロトコルおよびシステムの主な成果

位置に連動したメディア制御技術、プロトコルおよびシステム

複数のカメラ・マイク・センサを利用してオフィスの状況を効果的にテレワークに伝える超臨場感コミュニケーションシステムの実現

利用シーンの明確化

ユースケース抽出

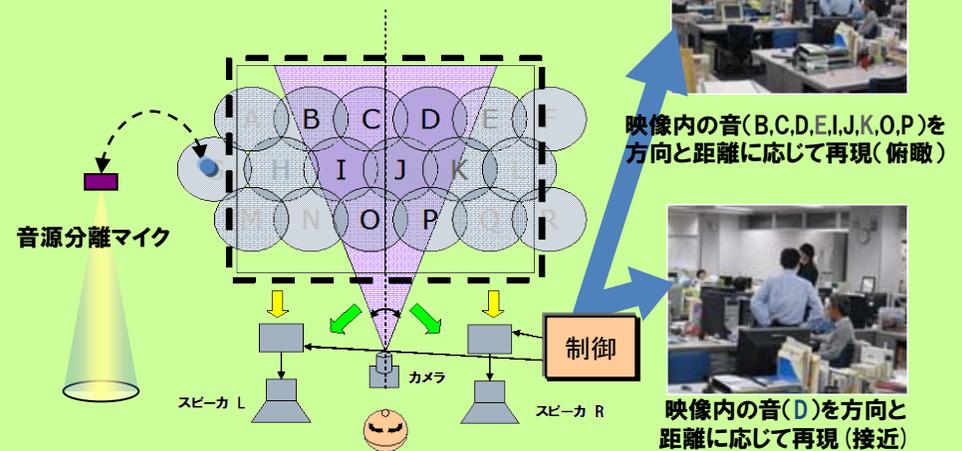
プロトコル・システム検討

利用シーンを示す実現イメージビデオの作成



システム検討

- エリア毎の收音と映像に合わせた再現方法を検討



プロトコル・システム検討

- ユースケースから要件定義、プロトコルの検討を実施
- 「オフィス全体を俯瞰→任意エリアに接近→対話」を実現する評価用プロトタイプを構築
- 同プロトタイプによる動作評価にて、基本的なプロトコルおよびシステム構成に課題がないことを確認

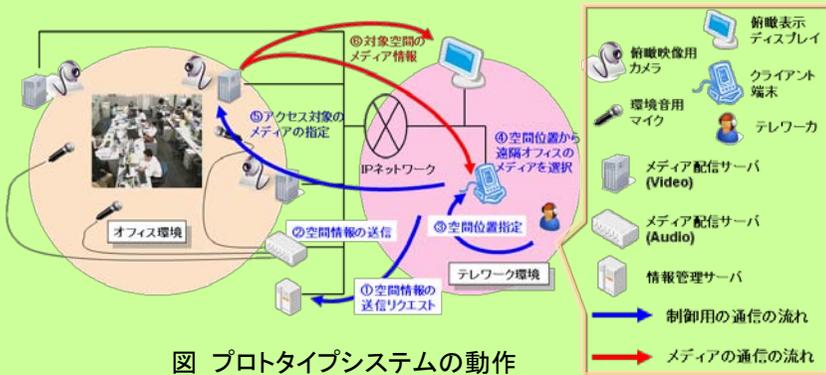


図 プロトタイプシステムの動作

今後の開発課題

■ 複数の情報収集・提示デバイスを扱うプロトコル・システム

システム規模の拡大(同時接続拠点数)、移動するデバイスへの対応、他の課題で開発される追加機能への対応、効率的なメディア配信などを考慮したプロトコルの改版およびシステムの実現

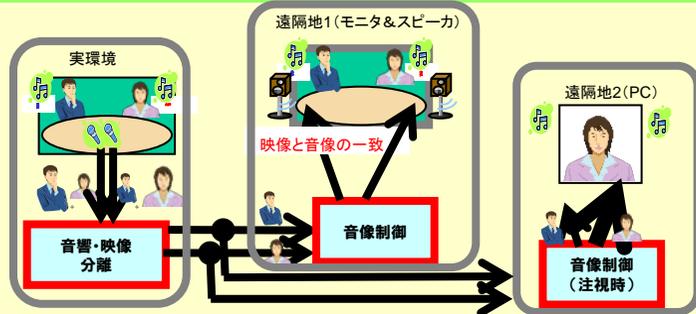
■ 位置に連動したメディア制御技術

- オフィス空間内に設置したマイクロホンアレイにより抽出した音源情報に基づき、オフィス内の音情報を任意視点の映像に合わせて遠隔地に再現する双方向音伝送技術の開発
- 遠隔地の視聴者の存在を、そのエリアに伝える情報提示技術の開発
- 3D映像を利用したシステムの設計&構築

② 143才202:音と映像の能動的メディア処理技術の主な成果

音と映像の能動的メディア処理技術

人間の視覚・聴覚における注目動作を反映し、自然で違和感のない超臨場感テレワークシステムを実現する能動的メディア処理技術の確立



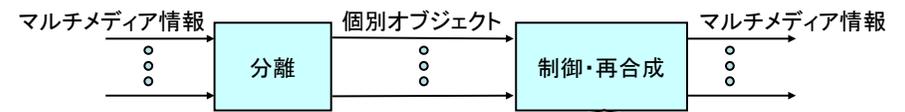
A 能動的メディア処理技術の確立

B 同技術を用いた超臨場感テレワークのユースケース策定

プライバシー配慮された俯瞰映像から実写映像への切り替え制御と、注視再生制御による遠隔地からの会話参加のシナリオを作成

能動的メディア処理技術の確立

●能動的メディア処理技術を確立するためには、構成技術を明確化し、構成技術の品質目標を設定することが不可欠



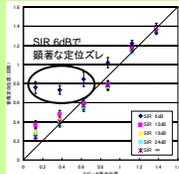
参加者の意図: 視覚・聴覚における注目動作

- 基本構成技術であるオブジェクト分離技術の品質目標を予備実験により設定することが課題
- 25.5インチディスプレイ3台と24個のスピーカを搭載した超臨場感テレワーク試作端末を用いて予備実験を実施
 - (1) 音のオブジェクト分離の品質目標
 - (2) 映像のオブジェクト分離の品質目標と制御レベルの設定
 - (3) オブジェクト制御技術の機能要件の明確化
 - (4) オブジェクト分離制御処理のモジュール設計

(1) 音のオブジェクト分離

オブジェクトの分離技術と再合成技術は互いに対となる技術であるため、音像定位に影響を与えないために必要な音源分離の品質目標を設定することが課題

- 音源間に漏れ込みがある場合の音像定位を評価
- 理想的な分離音源と同等の定位を得るには音源分離においてSIRを12 dB以上確保する必要があることを確認



(2) 映像のオブジェクト分離

テレワークに適したプライバシー保護と注目オブジェクト強調を実現するため、オブジェクト分離の品質目標と制御レベルを設定することが課題

- 絵画風変換にプライバシー保護効果が、前景背景に異なる処理を行うことで注目オブジェクト強調の効果が生じることを確認
- 絵画風変換が雰囲気をもっと見せる効果を持つことを確認



(3) オブジェクト制御技術の機能要件の明確化 (実現は今後の課題)

●状況による意図の違いから、注目時と非注目時に分けて検討

	音の機能	映像の機能
注目時	正確な音源定位により臨場感のある音響再現を行う機能	適切なレベルのプライバシー保護と注目オブジェクトの強調を行う機能
非注目時	業務遂行を妨げないために音響情報をサイレントに提示する機能	変化の少ないモニタリング映像の状況を一目瞭然に提示する機能

(4) オブジェクト分離制御処理のモジュール設計

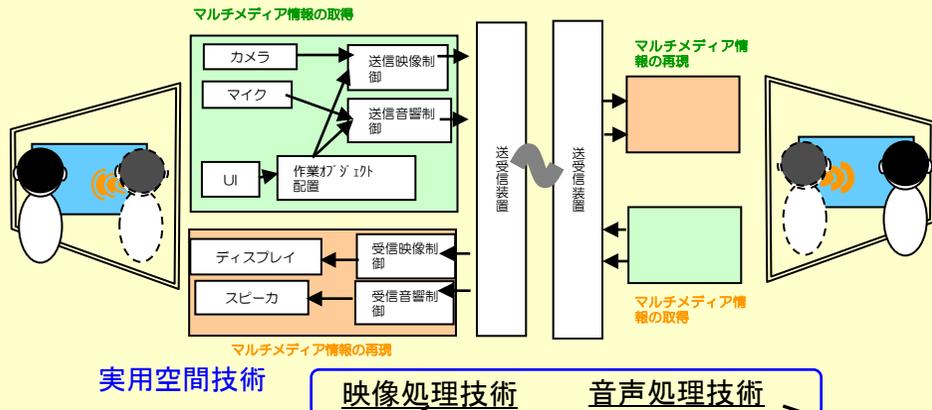
- オブジェクト制御モジュールに関して機能要件を洗い出し
- 通常を非注目として、所要リソースを最小化するインターフェース

③143才203: 大画面ディスプレイを用いた実用空間共有技術の主な成果

大画面ディスプレイを用いた実用空間共有技術

システム構成と特徴

遠隔地の人があたかも隣にいるような感覚で共同作業できる空間を実現するためのシステムアーキテクチャ



実用空間技術

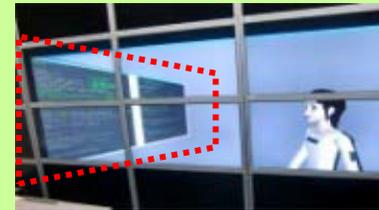
映像処理技術

音声処理技術

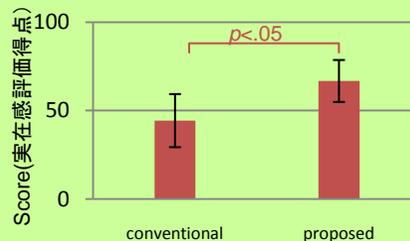
実在感・存在感に関する主観評価結果



従来型



提案型



実在感※に関する主観評価を行った結果、提案型表示の方が実在感を強く感じることを示した($p < .05$)

※実在感・・・仮想オブジェクト、遠隔地作業者、自分自身が同じ空間にいるような感覚

映像処理技術

システムの特徴:

遠隔地作業者と位置関係を共有して共通の仮想オブジェクトを見ることができる。

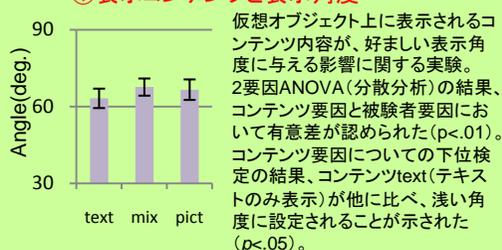


目標仕様 (映像)

項目	目標仕様
再現方式	3D映像モデリング+実写テクスチャ→仮想視点再現
カメラセット間隔*	水平0.8m以上、垂直0.6m以上
仮想オブジェクト表示画素数	HD画素 (200万画素) 相当

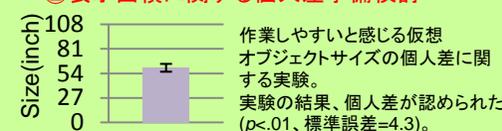
< 仮想オブジェクトに関する実験 >

①表示コンテンツと表示角度



仮想オブジェクト上に表示されるコンテンツ内容が、好ましい表示角度に与える影響に関する実験。2要因ANOVA(分散分析)の結果、コンテンツ要因と被験者要因において有意差が認められた($p < .01$)。コンテンツ要因についての下位検定の結果、コンテンツtext(テキストのみ表示)が他に比べ、浅い角度に設定されることが示された($p < .05$)。

②表示面積に関する個人差予備検討



作業しやすいと感じる仮想オブジェクトサイズの個人差に関する実験。実験の結果、個人差が認められた($p < .01$, 標準偏差=4.3)。

*2個1組のカメラセット間の間隔

音声処理技術

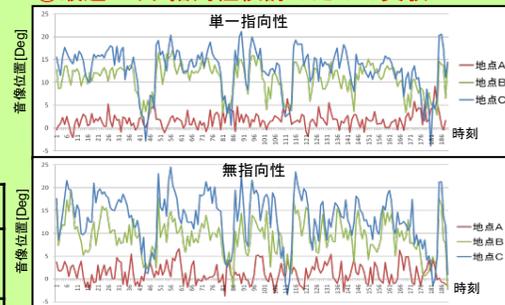
システムの特徴:

映像と音像の方向が一致し、遠隔地作業者と、エコー・残響によって障害されず会話ができる。

目標仕様 (音声)

項目	目標仕様
再生形態	アレイスピーカをディスプレイ下部に水平に配置
スピーカ間隔	20cm程度
入力形態	2つのマイクをディスプレイ両脇に1つずつ設置
標本化周波数	16kHz~48kHz
伝送チャンネル数	モノラルまたはステレオ

①最適マイク指向性検討のための実験



異なる地点A、B、Cから出力した音声を、二種類の指向性マイク(2ch)で收音し、左右の音圧差から音像位置(水平角)を推定。推定精度がよいほど図中の3色のグラフが乖離する(グラフの谷部分は無音部分)。二種類の比較により、無指向性マイクの方が精度よく推定できると判断した。

②実験環境構築

・昨年度開発済みのマルチスピーカ再生技術と組み合わせたシステムを構築した。



④143オ204: タイルディスプレイを用いたハイパーインフォメーションターミナル

ハイパーインフォメーションターミナル

入力ユーザインタフェース



インタラクション実装の簡易化



- ・タッチインタラクションのHWに関する調査
→赤外線カメラ方式が妥当

タイルディスプレイの特徴を活かした提示方法

視覚情報の提示に関する検討



- ・表示コンテンツにメタ情報を付与して任意のオーダで配置
- ・画像(PNG)で検証。タグはXMLで記述
(Ex.パラメータケーススタディ、クラスタ作成、分割された超高精細画像の再構成など)

ブラウザベース表示インタフェースにもつ ハイパーインフォメーションターミナルの検討

- ・ディスプレイを跨いだ時の同期に関する問題
- ・システムの肥大化
- ↓
- ・多画面出力のG/Bを活用することで簡潔なシステム構成を実現
- ・多様な情報を一覧できる表示方法
- ↓
- ・ブラウザを表示エンジンに用いてWeb上の情報などを表示するGUIを用いる

課題

- ・手以外にPCなどを用いたインタラクション方法の検討
⇒多様なインタラクションとデバイスに対応する必要あり
⇒インタフェースの統一性が不可欠
- ・既存コンテキストとを併用する場合の運用方法を検討する必要
⇒オフィススイートへの対応は必須
- ・カメラ画像や任意のコンテンツを表示するためのスキームが必要

⑤ 143才205: 計算機利用履歴や環境情報を利用した状況推定技術の主な成果

計算機利用履歴や環境情報を利用した状況推定技術

テレワークの作業を阻害しない常時接続
コミュニケーションを実現するためのコア技術



テレワークの状況の推定

場の状況

環境音
大きさ, リズム, 局在性
動き
頻度, 時系列パターン

個人の作業状況

計算機利用時
キー操作頻度・アプリ
ケーション遷移パターン

計算機非利用時
身体位置・身体動作パ
ターン

個人(計算機利用時)の割り込み拒否度推定技術



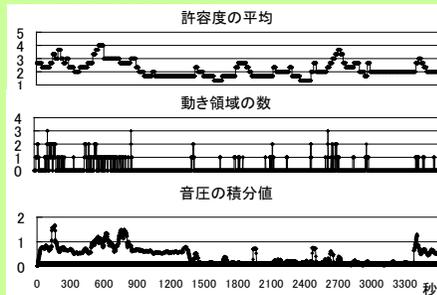
		評価値			適合率
		低	中	高	
推定値	高	6	8	23	0.62
	中	50	33	38	0.27
	低	33	18	3	0.61

- 使用アプリケーション切り替え時の割り込み拒否度を収集・分析
- 切替, ウィンドウ数増減と拒否度との関連を分析
- **適合率6割以上で高拒否度と低拒否度の推定を実現**

• HI学会研究会で発表
• HIシンポジウムで発表
• CSCW2011で発表

- 今後は, 計算機非利用時と統合し, デスクワーク時の統合状況推定アルゴリズムを検討

場の割り込み拒否度推定技術

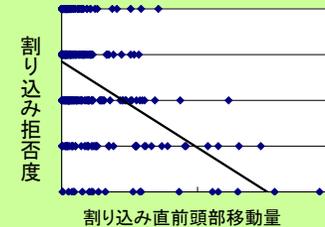
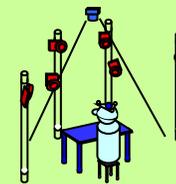


- カメラやマイクの設置条件や計測頻度等を検討
- **動き検出領域数など, 新たに考案した指標や音圧と場の拒否度の相関を示唆する結果**

• HI学会研究会で発表
• HIシンポジウムで発表

- 場の割り込み拒否度の推定に目算
- 今後は, システムの仕様詳細を検討し, 大規模実験によって推定アルゴリズムを確立し, 統合システムのためのモジュール化

個人(計算機非利用時)の割り込み拒否度推定技術



- 課題中の頭部運動をモーションキャプチャ装置で計測すると同時に割り込み拒否度を収集・分析
- **頭部位置や移動量と作業者の割り込み拒否度の間の相関を確認**

• 情報処理学会論文誌 (掲載予定)

- デスクワーク中の割り込み拒否度の推定に目算
- 今後は, 計算機利用履歴情報と統合し, 実環境での大規模実験によって推定アルゴリズムを確立し, 場の拒否度推定システムと統合

⑥143才206: 超臨場感テレワークシステム評価手法と使用時メンタルモデルの主な成果

評価手法と使用時メンタルモデル

本研究テーマの目的: 超臨場感テレワークのための評価手法を確立する

心理学的評価手法の確立

テレワーク作業に関する面談(聞き取り調査)

評価手法の多面的な検討

使用時メンタルモデルの検討

検討に向けての調査

心理学的評価手法の多面的な検討

検討のねらい: テレワークは非常に様々な面から人と社会に対して影響を及ぼすので、評価も多面的に行う必要があり、評価方法(心理測定尺)の現状とともにそのポイントを明確にして提示する。

評価対象	評価方法・心理測定尺
ワークライフバランス	ワーク・ファミリー・コンフリクト尺度等
メンタルヘルス	職場ストレスサー尺度等
職場のコミュニケーション	CMC(コンピュータ媒介コミュニケーション)における印象評定尺度等
作業負担	疲労度評価やメンタルワークロード評価

今後の課題: コミュニケーションの評価のために、心理尺度と行動との面とで、測定要件を策定する。

テレワーク作業に関する面談(聞き取り調査)

面談のねらい: 未来の新しいテレワーク、すなわち超臨場感テレワークに向けて望まれる事・求められる事ことを明らかにする。

方法: 計18名に対し、半構造化インタビューを行った。
インタビュー項目: テレワークにおいて考慮されるべき行動、
テレワークにおいて行っている工夫、
未来のテレワークに望むもの等。

- ・デュアルディスプレイあるいは、大画面ディスプレイの重要性
 - ・相手への連絡やそのタイミングをサポートしてくれるような機能の必要性
- 今後の課題: 互いに類似しているが、特定の条件(例えばコミュニケーション場面など)について異なっているようなテレワークについての面談を計画し実施してゆく。

メンタルモデル検討に向けての調査(直感的操作に関する調査)

調査のねらい: 直感的だと感じる中にあると考えられる使用者のある種の“期待”を通してメンタルモデルを見出すための基礎調査とする。

調査項目	回答から得られた示唆
伝えたいイメージにはどのようなものがあるか?	文字・言葉、ものの大きさ、形のイメージ、思考、忙しさ、感覚や感情のイメージ等
操作のバリエーション	音声、ジェスチャー、言語表現による操作等。
イメージと操作の直感さの程度	文字→音声、大きさや形→ジェスチャー

- ・五感のうち、視覚、聴覚以外は、言語表現によるものが多い
 - ・脳センサは多くの操作場面で挙げられたが、複数作業には適さないのではないか
- 今後の課題: 操作の結果は即座に理解されるように出力(表示)される必要がある。したがって、直感的な表示についても分析を行う。

1. これまで得られた研究成果(特許出願や論文発表等)

	国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	報道発表	展示会	標準化提案
革新的な三次元映像技術による超臨場感コミュニケーション技術の研究開発	10 (5)	0 (0)	0 (0)	21 (18)	3 (3)	1 (1)	0 (0)

()内は当該年度の件数

(1) 表彰・受賞

該当なし

(2) 研究成果発表会等の開催について

1. 超臨場感コミュニケーション産学官フォーラム(URCF)と連携して活動

超臨場感コミュニケーション産学官フォーラム(URCF)・テレワークのための超臨場感技術作業班とジョイントして活動。相互接続性の確保など将来顕在化するであろう課題に対して業界として議論できる状態とした。今年度は検討会を9回開催、2010年5月28日には報告会を兼ねたワークショップを開催した。

2. 「場を共有する超臨場感テレワークワークショップ」を開催

(共催:ヒューマンインタフェース学会コミュニケーション支援専門研究委員会)

上記ジョイント活動の一環として、ヒューマンインタフェース学会コミュニケーション支援専門研究委員会と共催でワークショップを2010年12月3日に開催し、委託研究の成果を中心に活動報告と学会の有識者とのディスカッションを行った。

