

平成 22 年度研究開発成果概要書
「革新的な三次元映像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

(1) 研究開発の目的

超臨場感コミュニケーション技術の研究開発により以下の実現を目指す。

- 空間と空間を結ぶコミュニケーション技術の確立、および同技術を利用した「離れていても一緒に仕事をしている感覚の持てるテレワークシステム」の実現
- 位置連動型のマルチメディアコミュニケーションシステムの相互接続(標準)の実現
- テレワークの促進によるワークライフバランス改善、省エネルギー化など社会への貢献

以上の実現に向けて、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・強調する技術などを確立し、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。

本研究期間(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) 研究開発期間

平成 21 年度から平成 22 年度 (2 年間)

(3) 委託先企業

沖電気工業株式会社 <幹事>、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

(4) 研究開発予算 (百万円)

平成 21 年度	7.0
平成 22 年度	6.6

(5) 研究開発課題と担当

143 才 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
(沖電気工業株式会社)

143 才 202 : 音と映像の能動的メディア処理技術
(日本電気株式会社)

143 才 203 : 大画面ディスプレイを用いた実用空間共有技術
(シャープ株式会社)

143 才 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
(サイバネットシステム株式会社)

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
(国立大学法人東京農工大学)

143 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
(学校法人立正大学学園)

(6) これまで得られた研究開発成果

		(全体) 35 件	(当該年度) 27 件
特許出願	国内出願	10	5 [※]
	外国出願	0	0
外部発表	研究論文	0	0
	報道発表	3	3
	その他研究発表	21	18 [※]
	展示会	1	1
	標準化提案	0	0

※ 当該年度の国内特許出願には手続き中(平成 23 年度 5 月出願予定)のものを含む。

※ 報道発表には取材による発表も含む。

具体的な成果

(1) 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

共同受託者と超臨場感テレワークシステムの利用シナリオを作成、これに基づいて最終的に実現するシステムを明確にするイメージビデオを作成した。また、プロトコルの検討および仕様書の作成、および、プロトタイプシステムの開発とそれによるシステムアーキテクチャとプロトコルの検証を行った。その結果を踏まえてシステム開発や要素技術開発において達成すべき目標レベルを精緻化し、最終年度までの計画・マイルストーンを策定した。

① 通信プロトコル仕様の検討

サーバ・クライアント間のプロトコル仕様が確定していることを目標に、システムのユースケースからプロトコル仕様（ドラフト）を策定、通信モジュールを試作して実験による検証を行なった。

コミュニケーション端末とサーバ間のプロトコルとしては、被アクセス空間の把握機能、コミュニケーション端末からの接続リクエストとそれに対応するレスポンス機能、コミュニケーション端末との接続切断を実現する機能が必要であることが分かった。位置情報の管理面について、サーバの機能としては、初期登録機能とアクセス空間に登録した情報の登録抹消機能が必要であることが明らかとなった。これらの結果を踏まえて、プロトコル仕様書にまとめた。

② システム設計

超臨場感テレワークシステム全体のアーキテクチャと、システム設計を行い、部分的に機能を実装した評価用のプロトタイプシステムを構築した。

プロトタイプシステムは、映像情報や音響情報を配信する配信サーバ、利用者が遠隔地にアクセスするために使用するコミュニケーション端末、オフィスにあるメディア機器や端末、人の位置情報を管理する情報管理サーバから構成される。また規模としては、センタオフィスとして、俯瞰映像を撮影するカメラとその映像を配信するサーバ（6ch 分）、オフィスの環境音を収集するマイクおよびサーバ（6ch 分）、コミュニケーション端末 8 台を備えている。遠隔地へのアクセス者の存在提示方法として、端末自身を全体的に回転（首フリ）させることも実現している。

本システムを用いて 2 箇所のオフィスを接続し動作検証を行なった。その結果、カメラ制御に関する追加検討が望ましいことが明らかになった。また、これに関連してネットワーク帯域制御が課題として挙げられ、それを解決する特許提案を行った。なお、本システムは CEATEC JAPAN 2010 に出展している。加えて本システムに関して TV 取材を受けている。

さらに、三次元映像表示における一般的な映像の歪みについて、今後の開発のための予備的な観察・確認を行った。

③ ビデオ作成

共同受託者と共にシステム利用シナリオの検討を行い、最終年度で開発するシステムの具体的な実現イメージを表すビデオを作成した。

(2) 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を確立することを目的として、能動的メディア処理技術に必要な構成技術を明確化し、構成技術の品質目標を設定した。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設定するために、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した。

① 音のオブジェクト分離の品質目標

音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調査した。音源間に漏れ込みがある場合の音像定位を評価し、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 12 dB以上確保する必要があることを確認した。

② 映像のオブジェクト分離の品質目標および制御レベル

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の設定を行った。オブジェクト分離としてGMMによる前景分離と顔検出による前景分離を、制御フィルタとしてガウシアンフィルタ、モルフォロジフィルタ、絵画風変換を実装し、処理結果を簡易評価した。その結果、絵画風変換が見やすさとプライバシー保護を両立することを確認した。また絵画風変換は雰囲気をも明るく見せる効果も持つ。一方、オブジェクト分離では、前景強調が在席状況を分かりやすくする効果があることを確認した。ただし、前景の切り出し方によっては違和感が生じ、前景と背景の差異が大きすぎると目が疲れやすくする可能性がある。そのため、前景強調は軽度にとどめるか、高精度のオブジェクト分離を実現する必要がある。

③ オブジェクト制御技術の機能要件

音の分離オブジェクトの提示制御について注目時と非注目時に分けて検討した。注目時には正確な音源定位により臨場感のある音響再現が有望であるが、非注目時には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が必要となる。また、映像に関しても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が必要となり、ユーザが自身の作業をしながら、アクセスしたい時に、遠隔地のイベント・状況を漏れなく把握できるような状況提示機能が必要となる。このような状況提示を考慮して、音響情報及びオブジェクトの

動き情報のサイレント提示技術の機能要件を明確化した。

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、各オブジェクト処理モジュールの設計を完了した。

⑤ ユースケースの検討

能動的メディア処理技術を用いた超臨場感テレワークのユースケースを検討し、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した。

(3) 大画面ディスプレイを用いた実用空間共有技術

① 基本システムアーキテクチャ設計(平成 21 年度)

・ ユースケースの明確化

「共同作業者が隣にいて共通の作業オブジェクトを見ながら行う共同作業」を本システムで扱うユースケースとした。また、実作業に則したシステムの利用シナリオを明示した。

・ 検討システムのアーキテクチャ設計

VDT 作業規定(コンピュータを用いた作業について労働衛生環境を管理するガイドラインについて示した関連 JIS 規格と研究論文)に沿って(要求条件項目として[実ディスプレイまでの距離/文字解像度/作業員間距離]を抽出)検討システムのアーキテクチャを設計し、CG を用いたシミュレーション環境を構築した。

・ 利用者撮影方法の検討

予備検証を行うために、遠隔地作業員を疑似的に適切な位置に表示する撮影表示システムを構築した。

上記 CG によるシミュレーション環境を用いて、要求条件(実ディスプレイまでの距離/文字解像度/作業員間距離)を満足する基本システムアーキテクチャを設計した。

② 目標仕様策定(平成 22 年度)

・ 効果検証予備実験の実施

実在感に関する主観評価実験により、提案システムは、従来型のシステムに比べて実在感をより強く感じる傾向があることが分かり、本システムの効果を検証することができた。また、仮想オブジェクト上に表示されるコンテンツの内容が、好ましい表示角度に与える影響を調べる主観評価実験を行い、その結果、テキストのみのコンテンツは浅い角度に設定する傾向がみられることが分かった。さらに、仮想オ

プロジェクトの表示面積については、個人差の影響に関する予備実験を行った結果、個人差が認められた。

・目標仕様の設定

映像と音響の基礎的な項目（映像：[再現方式／カメラセット間隔／仮想オブジェクト表示画素数]、音響：[再生形態／スピーカ間隔／入力形態／標本化周波数／伝送チャンネル数]）について、目標仕様を設定した。

(4) 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

① ブラウザベース表示インタフェースをもつハイパーインフォメーションターミナルの検討

現行のタイルドディスプレイはピクセル数を稼ぐためには有用なシステムではあるが、一つのディスプレイノードに対して2台程度のディスプレイを接続しているため、解像度の増加に伴いディスプレイノード数が増えてくる。そのためシステム全体が肥大化してしまうので、簡潔なシステムの構成について検討を行った。

現状、簡潔な構成では画面同期や GPU をまたいだ画面のコピーが出来ない問題があるが、4出力以上可能な一枚のグラフィックスボードを用い同期オプションを使用することで対応することとした。また、タイルドディスプレイに適したディスプレイの選定を行った。

② 入力ユーザインタフェース

ディスプレイが高解像度になるとユーザはよりディスプレイに接近して参照可能になる。その場合キーボード・マウスなど従来のユーザインタフェースを利用できなくなるので、それに変わる新たなユーザインタフェースとインタラクションが求められる。ここでは現在考えられるユーザインタフェースについて FTIR、赤外線カメラ方式、赤外線遮断方式、抵抗皮膜方式、静電容量方式について検討を行った。結果として、赤外線カメラ方式が現実的であることが分かった。

③ 視覚情報の提示に関する検討

タイルドディスプレイには動画、デスクトップ画面など様々なコンテンツを表示できる。本研究では表示するコンテンツの一つである画像へのメタ情報の付与について検討を行った。対象となる画像のフォーマットは PNG とし、メタ情報は XML で記述する。画像へのメタ情報の付与によってタイルドディスプレイへ任意のレイアウトを可能にすることを示した。

(5) 計算機利用履歴や環境情報を利用した状況推定技術

計算機利用履歴や環境情報を利用した状況推定技術のための基礎的知見の獲得を目標に、以下の項目を実施した。

① 個人の状況推定実験と分析

個人の計算機利用中の状況推定技術の確立に向けて、21年度はこれまでの実験環境を改善し、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・分析した。その結果、アプリケーション切り替え時に拒否度が低下する傾向を再確認するとともに、ウィンドウ数の増減と拒否度の間の統計的傾向を新たに見出し、ヒューマンインタフェース学会研究会等で発表した(22年度収録論文)。22年度は、21年度に得られた傾向に基づいて割込拒否度推定アルゴリズムを検討し、3段階の割り込み許容度を精度60%以上で推定できる可能性を確認した。

また、21年度にデスクワーク(計算機非利用)中の割込拒否度と頭部運動の関係を分析する実験システムを構築して実験を実施し、割り込み直前の頭部位置や頭部移動量と割り込み拒否度の間の相関を示唆する知見を得た(情報処理学会論文誌掲載予定)。22年度は、デスクワーク時の割込拒否度の分析を実施し、計算機の利用の有無に依らない割り込み拒否度の推定に向けて基礎的知見を蓄積するとともに、得られた指標に基づく統合的な個人の状況推定アルゴリズムを検討した。

② 場の割り込み拒否度推定実験システムの検討と構築

場の割り込み拒否度推定技術の確立に向け、21年度は人が場の雰囲気を知覚する要素を検討し、検討結果に基づき、数名程度が在室する部屋に低歪広角カメラと無指向性マイクおよび複数の指向性マイクからなる予備実験システムを設計した。さらに、計測頻度や設置位置などの計測条件を検討した。予備実験システムを構築し、連続記録実験を実施したところ、割り込み拒否度と動き領域数や音圧の関連性を示唆する結果が得られた。そこで22年度は、画像記録システムを拡張するとともに、映像記録周期0.5秒、音声記録周波数8khzの条件で連続記録されたデータを分析した。その結果、画像から検出された動きの大きさや頻度、動きが検出された領域の広さ、さらに音圧の移動平均などと、場の割り込み拒否度の間に相関関係があることが見出され、ヒューマンインタフェースシンポジウム等で発表した(22年度収録論文)。さらに、場のモデルと割り込み拒否度推定アルゴリズムを検討するとともに、管理番号143オ201のサーバへの統合を想定し、計測センサ数や設置条件、さらに通信頻度やプロトコルなどを検討した。

(6) 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

超臨場感テレワークシステムに今後関わってくると考えられる、種々の心理学的評価手法の適応性を明確にすることと、使用時メンタルモデル構築に向けた枠組み確立をめざして、以下の項目を実施した。

① 心理学的評価手法の多面的な検討

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ものであるため、その評価手法も必然的に多面的な方向から検討すべきものとなる。この見地に立ち、心理学的な評価方法を、個人のワークライフバランスの観点、職場でのコミュニケーションと集団のまとまりの観点、健康心理（職場のメンタルヘルス）の観点、作業負担あるいは効率の観点、等から評価方法（心理測定尺度）の現状を明確にした。

② テレワーク作業に関する面談（聞き取り調査）

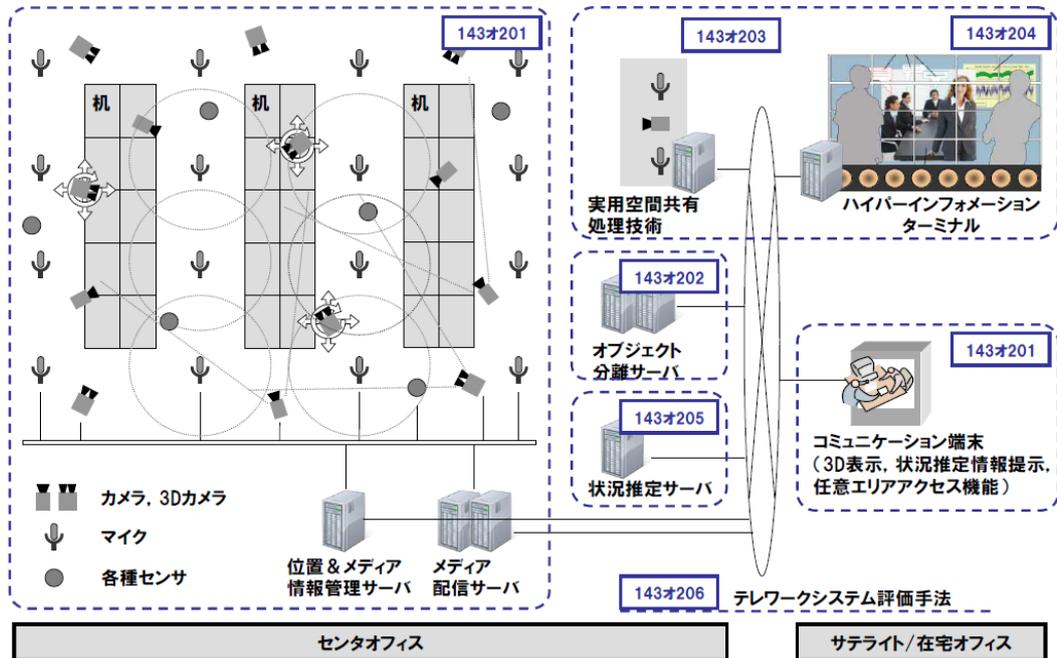
広く超臨場感テレワークに求められるもの（作業への工夫やターゲット行動等）を明らかにしてゆくための第一段階として、雇用形態や職種・職業にこだわらず、テレワーク作業の経験者に対して面談をおこなった。デュアルディスプレイや大画面ディスプレイの重要性、相手への連絡やそのタイミングをサポートしてくれるような機能の必要性等、多くの示唆が得られた。

③ メンタルモデル検討に向けての調査

システムを目の前にしたメンタルモデルの問題は今後の課題であり、現実的には、まず、ツールレベルで検討をはじめめる。そして、複数のツール（ツール同士の関連）へと広げてゆく。

様々な行為に関して、より直感的な操作とはどのようなことが考えられるか、調査を計画した。今回、具体的には、ある行為に対して、どの様な操作がより直感的であるのかを調査した。しかし、その問いを設けるにあたり、様々な行為に関して、どの様な操作のバリエーションがあり得るかを検討する必要がある。ただしさらにまた、この問いを設けるにあたり、この問いの対象となる行為として元よりどのようなことがあるかを検討する必要がある。これらの結果として、たとえば、文字等については音声や指を使っての入力操作、ものの大きさについてはジェスチャー、思考については言葉や図解、忙しさについては言葉や数値などが、相対的に直感さが高いと評価されることが示唆された。

(7) 研究開発イメージ図



【システム構成イメージ図】



【システム利用イメージ図】