

令和 5 年度研究開発成果概要書

採 択 番 号 02901

研究開発課題名 人間拡張・空間創成型遠隔作業支援基盤の研究開発

(1) 研究開発の目的

時空間の障壁を越えて遠隔地で作業する人間やアバターロボットと空間を共有し、遠隔地の全貌を把握しながら遠隔共同作業を支援する環境を実現する。予め三次元計測された遠隔地の静的な空間情報と、センサーにより動的に取得される空間情報、人間行動情報の融合を実時間でシームレスかつスケーラブルに実現し、低遅延ネットワークと深層学習による身体行動予測を融合したゼロレイテンシー空間共有技術と融合する。遠隔作業者の一人称視点と、三次元空間での自由・俯瞰視点とを自由に行き来することのできる空間作業支援ユーザインタフェースを構築する。

(2) 研究開発期間

令和 3 年度から令和 5 年度 (3 年間)

(3) 受託者

国立大学法人東京大学〈代表研究者〉
TOPPAN 株式会社

(4) 研究開発予算 (契約額)

令和 3 年度から令和 5 年度までの総額 130 百万円 (令和 5 年度 30 百万円)
※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発項目と担当

研究開発項目 1 拡張可能実時間遠隔三次元空間取得・記録・伝送構築基盤

- 1-a) 複数センサーによる空間構築 (TOPPAN)
- 1-b) 静的三次元空間と動的情報の融合 (TOPPAN)
- 1-c) ゼロレイテンシー空間共有 (東京大学)

研究開発項目 2 実時間遠隔三次元空間共有におけるユーザインタフェース

- 2-a) 空間共有ジャックイン (東京大学)
- 2-b) 共有空間での能力拡張 (TOPPAN)
- 2-c) 遠隔共同作業支援コックピット (東京大学)

(6) 特許出願、外部発表等

		累計 (件)	当該年度 (件)
特許出願	国内出願	3	2
	外国出願	0	0
外部発表等	研究論文	8	6
	その他研究発表	19	8
	標準化提案・採択	0	0
	プレスリリース・報道	0	0
	展示会	1	0
	受賞・表彰	0	0

(7) 具体的な実施内容と最終成果

研究開発項目 1 :

遠隔作業現場のように空間的な把握が必用で、作業者の身体が関与するような状況の記録・伝送・再構築を実現した。具体的には

- 複数のセンサー（深度センサー、画像センサー、視線センサー）などの情報の統合
- 静的ジオメトリ（作業空間の建造物のように実時間では変化しないもの）と動的ジオメトリの融合
- 取得された3次元空間情報のネットワーク伝送、蓄積、再構成を実現した。

この環境により、遠隔就労、遠隔教育などの実現のために、遠隔地の3次元空間の中にあたかも入り込んだような感覚を提供する作業環境が構築できた。また、遠隔作業空間を実時間で伝送する場合、いったん蓄積し、それを再生することで時空を超えた体験を提供することを実現した。

上記の実現のために、複雑・大規模でかつ実時間で変化する3次元空間の収録、蓄積、伝送、再構成が必用になる。この実現には従来方式では非常に大量のセンサーを要し、伝送データも膨大なものになっていた。そこで、本研究では、現実の空間を静的なもの（作業空間の建造物等）と動的なもの（実際に作業している人間の身体形状等）とに分割し、前者は一度計測したものを再利用することで、伝送すべきデータ量を大幅に減少させた。動的な情報は、複数の深度センサ（各画素に色情報だけではなく距離情報が含まれる）からの情報を融合させることで、身体形状や、作業に伴って位置や形状が変化する事物の情報の取得、伝送、再構築を実現した。

以上の構成で、拠点間を接続した遠隔共同作業の実証実験、伝統芸能や芸術表現などの領域での実証実験を行い、有効性を検証した。

研究開発項目 2 :

研究開発項目 1 で構築した遠隔3次元共有技術にアクセスするインターフェースとして、広視野角ディスプレイ（3面連結型）、裸眼立体視ディスプレイ、頭部搭載型ディスプレイ（HMD）の三種類の方法を実現した。

3面ディスプレイ型は、遠隔地の状況を等身大で表示することが可能であり、ローカル環境とリモート環境でのコミュニケーションを図りながら共同作業を進めるなど、従来のテレビ会議の延長として利用することを可能とした。3次元構築された空間を共有しているので、視点位置は自由に変更可能である。裸眼立体視ディスプレイはヘッドセットを経由せずに直接3次元空間の全体像を把握できる。一方 AR グラスによる提示は遠隔者と空間的整合性を保つことができる。

上記で構築した機構は遠隔作業支援、技能獲得、教育コンテンツなどに広範囲の分野に適応可能である。より具体的な効果検証を行うために、最終年度に音楽演奏化の遠隔再現、伝統芸能の遠隔再現の二種類の実証システムを構築し、有効性の評価を行った。

(8) 研究開発成果の展開・普及等に向けた計画・展望

本研究開発事業で想定している想定市場は遠隔就労事業、遠隔教育、教育コンテンツ、エンターテインメントであり、市場規模は非常に大きい。現状では2次元映像による遠隔会議等が中心であるが、本研究事業の成果普及により、空間的な作業を伴う遠隔就業や遠隔教育、訓練などにも展開が可能であると想定している。研究期間中に頭部搭載型ディスプレイ（HMD）の製品化が各社よりなされた。とくに2024年に販売開始された Apple 社の Vision Pro は視覚提示品質、低遅延処理、ジェスチャーや視線の認識などが統合されている。本研究事業で収録可能となった3次元共有空間の閲覧や操作する機器として、これらの HMD 機器の利用が進展することが想定できる。5年後の遠隔就労環境ではこれらの機器の利用を

取り込み、遠隔地の空間と接続したり、3次元空間による技能獲得コンテンツを介して各種の教育を受ける環境が一般化することを展望している。

研究期間中にコロナ禍による社会の分断が社会課題となった。2次元画像での遠隔会議は普及したが、空間的動作を伴う遠隔就労は未だに障壁が大きい。高度技能者の高齢化により、技能継承が円滑に行えない課題も顕在化している。首都一極集中や少子化により人材不足、人材の偏在化が進み社会インフラが毀損される懸念がある。本研究開発事業の成果により遠隔就労環境が整備され、国際的な人材活用、地方創生など国民生活を向上させるための技術貢献を行って行きたい。