

# 審査の結果の要旨

氏名 古本 拓朗

本論文は、空中超音波を用いて波長よりも十分大きな軽量物体を3次元制御する手法を確立し、その応用例を示すものである。

これまで、空中超音波を用いて非接触に物体を3次元制御する研究は数多く行われてきたが、その適用範囲は、それらは波長よりも十分小さな微視的な物体を、実験装置スケールもしくは卓上スケールの比較的小さな空間内で制御する場合に限られていた。本論文は、生活空間規模のワークスペースで巨視的物体を制御することを目的とした新しい方法として、空中超音波フェイズドアレイ（以下、AUPA）を用いた音場のセンサ・フィードバック制御を提案している。提案する3次元物体制御技術は、様々な用途に応用することが可能である。例えば、全身没入型プロジェクション・マッピング環境では、浮遊物体をスクリーンとして利用することで、壁面のみならず任意の3次元位置に映像を表示することが可能になる。或いは、浮遊物体にセンサを取り付ければ、屋内の自由な位置に配置可能なセンサ・ノードとして活用することができる。また、宇宙ステーション等の無重力環境では、機械的接触の望ましくない精密部品や生物などをハンドリングするために利用することができる。

本論文は以下の7章から構成されている。

第1章では、本研究の背景と目的が述べられている。従来手法と提案手法の違いが明確にされ、提案手法の利点と将来的な応用について論じられている。

第2章では、AUPAから放射された超音波が物体に与える放射力の解析を行っている。まず放射力について一般的な説明した後、巨視的な物体に生ずる放射力の解析を幾何音響学的アプローチで行っている。また、放射力の実測実験を行い、理論予測と測定結果の比較がなされている。

第3章では、巨視的物体を制御するためのAUPA駆動アルゴリズムが提案・実証されている。その内容は、空間中に分散配置されたAUPAから物体に向けて平面波ないし焦点ビームを放射し、その出力を適切に調節することで、物体の位置をPID制御するというものである。物体の運動モデルや、逐次的数値解法に基づくAUPA出力の決定方法、物体移動可能範囲の見積もり方法も述べられている。位置制御実験では、提案アルゴリズムを用いて直径20cmの球体をアクチュエータから1メートル以上離れた位置で制御することに成功している。

第4章では、水平方向にワークスペースを拡大するためのAUPA配置方針について論じられている。本論文ではAUPAを単一平面内で格子状に配置することでワークスペースを設計する方法が提案されており、そのためのAUPA配置間隔決定方法が与えられている。当配置方針を反映した試作システムが製作され、単一平面内でAUPAを規則的に配置することにより、水平方向のワークスペースを拡大可能であることが示されている。

第5章では、本技術の応用例として浮遊型ディスプレイシステムを開発したことが報告されている。これは、超音波で制御されたバルーンにプロジェクタ・カメラ・システムで映像を投

影することで、空中の任意の位置に映像を提示するというものである。本システムは、バッテリーを必要しないため長時間の浮遊が可能であり、かつ広域な移動範囲をもつため、全身没入拡張現実において静的コンテンツを提示するために使用する際に有効である。試作システムを用いた被験者実験によって、ユーザーが画像パターンを正確に読み取るために必要なスクリーン制御性能を達成できていることが示唆されている。

第6章では、第2の応用例としてバーチャルリアリティ用の遭遇型接触感提示システムを開発したことが報告されている。これは、ヘッドマウントディスプレイ上に表示された仮想オブジェクトと浮遊物体の位置を同期させることで、ユーザーが仮想オブジェクトに触れた際に接触感を提示するというものである。

第7章では、本論文の結論および今後の展望について述べられている。

以上要するに、本論文は、空中超音波を用いて波長よりも十分大きな巨視的物体を3次元制御することに初めて成功し、さらにその応用システムを提案・実証したものである。本成果は、コンピュータ・インターフェース、ロボティクス、ユビキタス・コンピューティングなどの諸分野に貢献し、宇宙船内での物体操作等にも活用可能である。

よって本論文は博士（科学）の学位請求論文として合格と認められる。

以上 1759 字