

審査の結果の要旨

氏 名 藤 原 正 浩

本論文は、遠隔から非接触で物体表面の弾性特性分布を計測する技術を確立するとともに、その応用を示したものである。物体表面の弾性特性は、例えば農産物であればその品質、成熟度の指標の一つであり、人体表面であれば腫瘍の存在、眼圧異常、肌年齢等を反映する。また、バーチャルリアリティにおいて触感を再現するためには、物体表面の力学特性を事前にデータ化しておく必要がある。このように、物体表面の弾性特性を計測する技術に対する潜在的な必要性は大きい。従来法でこれを計測するためにはセンサプローブを物体に接触あるいは近接させなければならず、その空間分布を得るためにはセンサプローブを物体表面に沿って機械的に走査する必要があった。このような背景のもと、本論文では空中超音波の放射圧を用いて物体表面の弾性特性を遠隔計測する技術を提案している。すなわち、空中超音波の放射圧によって物体表面を加圧した際の表面変位を光学的に計測することで、物体に非接触のまま表面のコンプライアンスを計測する。計測を非接触化することによって、脆弱な物体表面も評価できるようになり、衛生面、安全面でのメリットも得られる。高粘度あるいは高温な物体表面や、移動体あるいは運動中の動物などについても、その表面の硬さを評価できるようになる可能性が開ける。また、従来おもに点計測に限定されていたものが、容易にその空間分布を計測できるようになること、また時間的な周波数特性までも計測できるようになることから、物体の内部構造や状態、例えば生体の筋収縮状態の変化や腫瘍の推定等も可能になると考えられる。本論文は以下の5章からなっている。

第1章は序論であり、本論文の研究背景と着眼点について述べられている。本論文が確立する非接触での力学特性分布計測法の位置づけが明確にされている。

第2章では超音波加圧の基本特性が明確にされるとともに、それらの加圧のもとでの表面変位と、物体の弾性的特性がどのように関係付けられるか、半無限弾性体や典型的な境界条件の場合について理論的に明らかにしている。また、具体的な計測システムの構成を示し、硬さ分布計測の空間分解能、空間的分布を計測するための走査における制約、曲面形状に対する計測方法とそれらの計測限界等について明らかにされている。また、「試作システムを用いて硬さ分布を計測した実例が示されるとともに、硬さ情報を伝送して人間に提示する触感伝送システムの開発が報告されている。また加熱中の食品

の表面硬さ分布が変化していく様子など、従来の計測方法では困難であった計測結果が示されている。

第3章では、人体表面のコンプライアンスの計測値から筋収縮の状態を推定する手法が論じられている。非接触で筋肉に発生している力を計測する技術の必要性と、皮膚の表面からみた弾性特性と筋肉の収縮状態との関係が論じられている。特に運動する生体を計測する場合の計測上の問題点が整理され、その対策としての計測上の工夫が示されている。それらは試作システムの中に実装され、実際に筋収縮の変化を検出した測定結果が示されている。

第4章では、単一の周波数だけでなく、コンプライアンスの時間的なスペクトルを計測することで、物体の構造を推定する試みが論じられている。対象物体の構造についての先見情報を利用することで、表面での測定値から内部の未知パラメータが推定可能となることを理論的に示すとともに、特に力学的な共振周波数を計測することでテープの張力を遠隔計測した実験例が示されている。

第5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、本論文は超音波の放射圧を用いて物体の弾性分布を計測する技術を提案するとともにその計測限界を明確にし、いくつかの代表的アプリケーションを実証したものであり、計測工学をはじめ食品科学、健康・医療、バーチャルリアリティ、ヒューマンインタフェースなどの諸分野に貢献する。

よって本論文は博士（情報理工学）の学位請求論文として合格と認められる。