

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Three-dimensional airborne ultrasonic position and velocity measurement based on echolocation
著者(和文)	THONG-UNNATEE
Author(English)	Natee Thongun
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10039号, 授与年月日:2015年12月31日, 学位の種別:課程博士, 審査員:黒澤 実,山口 雅浩,杉野 暢彦,田原 麻梨江,蜂屋 弘之
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10039号, Conferred date:2015/12/31, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	Natee Thong-un		
		氏 名	職 名		氏 名	職 名
論文審査	主査	黒澤 実	准教授		田原 麻梨江	准教授
審査員	審査員	山口 雅浩	教授	審査員	蜂屋 弘之	教授
		杉野 暢彦	准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Three-dimensional airborne ultrasonic position and velocity measurement based on echolocation (空中超音波の反響音による3次元位置速度計測に関する研究)」と題し、線形周期変調チャープ波の送受波時間計測と受波信号継続時間から、移動物体の3次元空間での位置および速度を計測する手法を提案し、実験により実証したものであり、以下の英文9章から構成されている。

第1章「Introduction」では、位置速度計測を可能とするレーザ、カメラ、ミリ波による手法と超音波による手法について比較し検討を行っている。移動ロボットへの応用では、超音波によるシステムは簡易なハードウェアで実現でき、小型低コスト化可能であることから、実用的な実時間計測システム構築に適していることを述べている。

第2章「Ultrasonic position and velocity measurement」では、超音波を用いた様々な3次元位置速度計測法について検討している。移動ロボットにおいては、短い演算時間で精度良く、かつ低コストで実現しなければならない。しかし、従来手法では演算量が多く高コストな上、位置計測しか実現されていないことから、実時間処理を行うには信号処理方式の検討が重要であるとしている。

第3章「Delta-sigma modulation and cross-correlation using one-bit signal processing」では、本論文で用いる信号処理方式とその特徴について論じている。1ビット方式を採用することで、演算負荷の高い相互相関が低演算コストで精度良く処理でき、実時間処理に適していると論じている。

第4章「Ultrasonic linear period modulated signal and devices」では、本研究で用いた相関演算処理に用いた手法と、音源として用いたデバイスおよびMEMS技術を用いた受波マイクロフォンに関する特性評価について詳述し計測に必要な性能を満たし、かつ低コストであることを述べている。

第5章「Ultrasonic position and velocity measurement by an iterative method」では、3つのマイクロフォンを3次元ユークリッド空間の各軸上に、音源を座標原点に配置し、第一象限に存在する移動物体に対して、ニュートン・ラフソン法を用いた反復計算による位置同定を行い、速度ベクトルを計測する手法を提案している。距離1m付近、移動速度 $\pm 3\text{m/s}$ の範囲の移動物体に対し、シミュレーションによる位置速度計測の評価を行い、実験による位置計測を行った結果を論じている。

第6章「Ultrasonic position and velocity measurement by a Direction-of-Arrival method」では、座標原点に+y軸方向に向けて音源を配し、4つのマイクロフォンをx軸上とz軸上の原点に対し対称な位置に配し、y軸の正の領域にある移動物体からの反射音到達方位と音波の伝搬時間から位置を計測し、速度ベクトルを算出する方式を提案している。距離0.5m~1m、移動速度 $\pm 0.4\text{m/s}$ の範囲の移動物体に対し、シミュレーション結果と実験結果により位置速度計測精度に関して論じている。

第7章「Ultrasonic position and velocity measurement by a linearization-based method」では、座標原点に+y軸方向に向けて配置した音源と、zx平面に3つのマイクロフォンを配置して計測する手法を提案している。関係式の線形化と適切なマイクロフォン配置により計測可能となる条件を明らかにし、シミュレーションに依る検討と実験に依る評価を行い、計測精度について論じている。

第8章「Performance evaluation, testing and comparisons」では、各計測方式の性能を比較するために、ガウシアンノイズなど4種類のノイズを加えた場合の計測誤差を評価している。反復法による計測方法がもっともロバスト性が高く、受波信号のSN比が-10dBまで計測可能で、誤差が0.2mmとなり、残りの2つの手法ではSN比が0dB、誤差が0.8mmとの結論を得ている。反復法は計算時間は長い、精度が高いロバストな手法であると結論づけている。

第9章「Conclusions」では、本論文をまとめるとともに、今後の展望を述べている。

以上を要するに、本論文は実時間での超音波の反響音による移動物体の3次元位置速度計測を実現する手法を提案し、シミュレーションと実験によりその有効性を示したものであり、工学上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として十分価値があるものと認められる。