

論文の内容の要旨

論文題目 双極子回転型電磁場源を用いた三次元定位法

氏名 千葉 昭宏

物体の三次元定位には、工場や倉庫での移動ロボットの制御や屋内ナビゲーション、雪崩や瓦礫に埋もれた人の探索など、様々な応用がある。従来の電波や超音波に基づく位置推定手法には、マルチパスによる精度の悪化や、オクルージョンへの対応に課題があった。そこで、本論文では周辺環境の影響を受けにくい低周波磁場に着目する。従来、水平面内で回転する磁気双極子をマーカとして、最大の磁場が観測される時刻からセンサの位置を推定する手法が提案されていた。この手法は、最大値の検知に基づいているためノイズに弱く、時刻を検知するためにはマーカとセンサとの間で時刻同期が必要であり、システムが複雑になるなど、実用上の課題があった。そこで、本論文では、双極子回転型電磁場源によって生成される磁場の周波数成分に着目し、観測磁場を直交検波することで、ノイズに頑健で、時刻同期不要な手法を提案する。時刻同期が不要になったことで、既存の回転体をマーカとして活用できるなど、幅広い応用への展開が期待される。

第1章では、背景を述べた後、関連する研究を体系的にまとめ、本論文で提案する手法の位置付けを明確にする。

第2章では、双極子回転型電磁波源の定位法の基礎理論を述べる。提案手法では、双極子回転型電磁場源の発する磁場の周波数成分を用いて、磁気双極子モーメントの回転の初期位相を知ることなく、原点に配置したセンサから電磁場源への方位角、天頂角、距離を推定する。観測される磁場の正周波数成分に基づく手法と負周波数成分に基づく手法、正負の周波数成分に基づく手法の3種類の定位法を提案し、それぞれの誤差傾向をシミュレーションによって明らかにする。

第3章では、第2章で述べた定位方法の有効性を検証する。静磁石をモータで回転させる機械式双極子回転型電磁場源を製作し、Magnetic Impedance (MI) センサで構成されるセンサユニットを用いた実験により、基礎理論の有効性を検証する。移動するマーカの位置を追跡可能であること、センサがアルミ板のような非磁性の金属に囲まれてい

たとしても、精度が悪化しないことを実験的に示す。また、直交するコイルを用いて等価的に磁気双極子モーメントを回転させる電磁式的双極子回転型電磁場源の有効性を検証する。

第4章では、第2章で述べた磁場源定位法を拡張し、センサ座標系が世界座標系と一致しない場合の補正法を提案する。瓦礫埋没者の探索や屋内ナビゲーションなど、センサ位置を推定する場合、センサ座標系が傾き、世界座標系と一致しない。センサ位置を推定するためには、傾いた状態のセンサで観測される磁場を補正する必要がある。一般に方位角の傾きは地磁気に基づいて補正されるが、瓦礫埋没者の探索などでセンサ周辺に磁性体が存在する場合、地磁気が歪められ補正が困難である。そこで、本論文では、双極子回転型電磁場源を補正に利用し、地磁気を用いずに補正する方法を提案する。瓦礫埋没者の探索を想定した複数のスマートフォンの同時位置推定、屋内ナビゲーションを想定した複数の電磁場源を用いたスマートフォンの自己位置推定を実験により検証する。また、機械式と電磁式の両方の機構を組み合わせたハイブリッド型電磁場源を提案し、有効性を検証する。

第5章では、比較的長距離の探索を目指した電波源探索について述べる。電磁波のエネルギーの流れを表すPoyntingベクトルをもとに920 MHzの発信機の位置を探索することを考える。本論文では、電場ベクトルから磁場ベクトルを推定することで、電場ベクトルを観測するのみでPoyntingベクトルを得る方法を提案する。提案手法を用いて、電場ベクトルから得られたPoyntingベクトルに沿って探索を進めることで、最終的に電磁波源に到達することを考える。

6章では、結論と今後の展望を述べる。