

論文審査の結果の要旨

氏名 横井 直明

本論文は、「事前計測データに基づく PHS 測位の高精度化」と題し、全 6 章からなっている。物流管理に利用されている PHS 測位技術の高精度化を目的に、事前に記録した受信電波情報に基づいて端末の測定地点を推定する手法を考案し、これをまとめた。

第 1 章「序論」では、物流管理において荷役機器の位置追跡が必要とされる現状と、物流追跡を実現する位置情報システムにおける課題を説明し、本論文で扱う研究の目的を明らかにした。また、本研究における PHS 測位技術の高精度化について、その目標精度を誤差 100 m とすることを述べた。

第 2 章「PHS 測位誤差の差分補正による拠点マッチング法」では、管理対象は物流拠点に滞留することが多いという物流の特性を利用した端末所在拠点の特定手法について検討を行った。考案した方法では、事前にそれぞれにおける測位結果が分布する領域を物流拠点単位で記録し、この事前記録情報を基にして、新たに与えられる未知データの測定地点を判別する。そのため、まず、測位結果の分布範囲は場所毎にそれぞれ再現性があることと、測定間隔が周辺の基地局間隔よりも狭くなると複数の地点において測位結果の分布領域は重なり易くなることを確認した。そこで、近接した拠点間において取得される特徴量の分離性を高めるため、新たな特徴量として受信基地局中で最大の受信強度値を追加した。これにより、基地局間隔よりも狭い地点間でも拠点判別が可能となった。

第 3 章「記録データの分散を考慮した拠点マッチング法」では、第 2 章において提案した三次元の特徴量を事前に各地点で記録し、さらに、各記録データと新規に与えられた未知データとの類似性を統計的な手法で評価することで、測定地点の判別を行う方法を検討した。記録データと未知データ間の類似性をマハラノビス距離で評価することで、各測位結果のばらつきの違いを考慮し、さらに単位の異なる三次元データの正規化が行なえるため、50 m の拠点間隔においても 95% の確率で正しい拠点判別が行えることを示した。また、物流における位置管理では隣接した物流拠点間での所在拠点の特定が求められる。本提案手法により、物流拠点の間隔としては近い 50 m 間隔でも拠点判別が可能なることから、実務環境においても有用性が高いと考えられる。

第 4 章「等電位データによる連続位置推定法」においては、事前計測を行っていない地点における受信信号パターンを補間・推定し、この推定値を測位計算時に反映することで PHS による位置推定精度の向上を実現した。従来の PHS 測位技術では、端末で受信した各基地局の位置情報と基地局-端末間の電波伝搬距離に対する電波の減衰特性を基に端末位置を計算する。しかし、実環境における電波の受信強度は、伝搬距離の影響よりも障害物による反射や減衰の影響を強く受けるため、これを考慮していない従来法における位置推定精度は低下する。そこで、事前計測値をもとにスプライン補間によって作成した障害物の影響を含む基地局毎の電波強度分布図を用いる位置推定手法を提案した。提案手法では、電波強度分布図をもとに未知データ

において「どの基地局」が「どれぐらいの電波強度」で計測されたかといった受信パターンを満たす地点を位置推定結果とする。本手法により、従来法では平均誤差270 mとなる地域においても、平均誤差89.3 mと約7割の誤差削減効果を確認した。

第5章「等電位線の出現確率を考慮した連続位置推定法」では、第4章における手法に加えて、計測ノイズの影響を位置推定時に考慮する位置推定法を考案した。本手法は、計測ノイズによる信号強度の分散傾向を考慮した位置推定法であり、PHS測位精度の高精度化及び安定化が期待できる。信号強度の計測値について、その分布傾向を定点計測によって評価した結果、同一地点における信号強度は正規分布に従ってばらつき、また、信号強度の強い電波ほど計測値の分散が大きい傾向がみられた。この結果から、事前計測において電波強度が弱かった地点で強い電波が計測される可能性がほとんどないことを確認し、これらの知見から、場所ごとに管理対象が存在している可能性を評価する方法を検討した。取得された各基地局情報について、対象が存在する可能性の分布を求め、これらに乗じて得られる存在可能性を最大とする地点を測位結果とすることで、平均誤差が54.7 mとなり、従来法と比べて平均誤差が約8割削減されることを確認した。さらに、安定的に誤差100 m以内での測位が可能なることも示し、荷役管理に要求される測位精度（誤差100 m）を本研究により達成できることを述べた。

第6章「結論」では、本研究の成果をまとめた。

以上のように、本論文では、物流管理における位置追跡技術の高精度化手法について検討し、事前計測情報に基づいた位置推定アルゴリズムを提案した。さらに提案した各アルゴリズムについて、フィールド実験により従来法との精度比較を行い、PHS測位技術の高精度化による物流管理への有効性を示している。

なお、本論文第2章、第3章、第4章、第5章は、川原靖弘、保坂寛、酒田健治との共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析及び検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士(環境学)の学位を授与できると認める。

以上 2206 字