

論文の内容の要旨

論文題目 普及型シームレス測位のためのマルチパス低減および協調測位について

氏名 岩瀬竜也

近年、スマートフォンに代表される情報処理端末の普及に伴い、様々な情報が容易に取得・利用可能になっている。そのうちの一つに位置情報があり、自分の現在地を端末上で確認したり、近くにあるレストラン等を検索したりするのは日常的に見られる行為である。スマートフォン普及前は主にカーナビゲーションでしか見られなかった位置情報サービスが、ここ数年で運転時以外の日常生活にも浸透してきており、この流れはこれから更に加速していくと考えられる。

位置情報は様々な分野・サービスで利用されているが、それぞれ利用される環境は異なる。クーポンなどの商業利用に関しては主に屋内で使われるため、屋内の位置情報が必須である。またカーナビゲーションであれば主に屋外での利用になるが、最近ではスマートフォンによる歩行者向けナビゲーションも利用されており、その場合は屋外から屋内にかけて位置情報を取得する必要がある。このようにサービスによって利用される場所・環境が異なり、またユーザも特定のサービスだけでなく、複数のサービスを利用するため、異なった場所・環境において位置情報を取得する技術が必要である。

しかし、例えば GPS(Global Positioning System)は通常屋外でしか衛星信号を受信できず、屋内にいる場合には利用することができない。また Wi-Fi 信号を利用した測位は通常建物内に設置されたアクセスポイントを利用するため、建物が周囲にない郊外では利用することができない。このように、各測位技術ごとに利用できる環境が異なっている。どのような環境においても、途切れることなく位置情報サービスを利用するためには、環境を問わずいつでもどこでもシームレスに位置情報を取得する技術が求められる。

ただし、一口に位置情報といっても、サービスによって必要な精度は異なる。生産現場での製造ロボット制御に求められる位置精度は mm レベルであるし、ナビゲーションのような用途であれば数 m の誤差は許容される。本研究で対象としているのは、既に普及している普通車やスマートフォンなどの携帯端末を介した大衆をターゲットとした一般向けサービスである。そのような一般向けサービスで現在基礎となっている測位技術は GPS であり、まず

はGPSと同等の精度をあらゆる環境で実現するようなシームレス測位技術が必要になると考えられる。本稿では以降、普通車やスマートフォンに搭載されているセンサーで実現可能な、あらゆる環境でGPSと同等の測位精度を得られるシームレス測位技術、すなわち「だれでもいつでもどこでも利用可能な測位技術」の実現方法について述べる。

本研究で対象としているのは、普通車やスマートフォン等の携帯端末に搭載される、あるいは将来搭載される可能性のある測位技術であり、コストの観点からそのような技術は絞られる。GPS、携帯基地局網、無線電波、音波、RFID、磁気センサー、カメラ、INSが候補に含まれる。特に現在のスマートフォンに関してはこのうち、主にGPSと携帯基地局網、Wi-Fiを使って測位を行っており、環境に応じてそれらを自動的に切り替えてシームレス測位を実現しようとしている。現在のスマートフォンおよび普通車に搭載されている測位技術のうちで最も精度が良いのはGPSであり、衛星信号を遮る建物のない郊外の環境であれば、5m以下の精度を得ることが可能である。しかし、都市部など高層ビルによって衛星信号が遮られる環境においては、可視衛星数の不足やマルチパスによる測距誤差によってしばしば数10m～数100mの測位誤差が発生する。さらに建物内部においては測位に必要な4衛星からの信号を得られない場合が多く、GPSによる測位が不可能な場合がほとんどである。このようにGPSが利用できない環境においては、スマートフォンは自動的に携帯基地局網やWi-Fiによる測位に切り替える。しかし、携帯基地局網を使った測位は基地局の設置密度によって測位精度は自ずと数100m～数kmのレベルに限られる。またWi-Fiによる測位も同様に測位精度はアクセスポイントの設置密度に依存する。大都市の駅構内など、Wi-Fiアクセスポイントが整備された環境においてさえ、GPSと同等の精度を得ることは難しく、通常は数10mの測位誤差が発生する。このように、現在のスマートフォンによるシームレス測位は、主にGPSが利用できない都市部や屋内環境での測位精度に問題がある。

上記の技術課題を解決し、どのような環境でもシームレスにGPS同等の測位精度を得られる技術を実現するためには、異なった環境ごとに最適な測位技術をそれぞれ選択し、それらをうまく切り替える、あるいは組み合わせる必要がある。本稿では測位する環境を、郊外、都市部、屋内の3つに分類する。まずGPS利用可能性によって屋内と屋外を分類する。さらに屋外に関しては計測データに大きな非ガウス性ノイズが発生するか否かで都市部と郊外を分類する。本研究では、それぞれの環境における技術課題と対策を検討した。また異なる環境において異なる測位技術を使えば結果として測位精度も異なるが、その差異を吸収し、シームレスにサービスを提供するた

めの方法についても検討した。

まず都市部における GPS 測位の主要な課題である、マルチパス誤差への対策について検討を行った。観測誤差と測位誤差の関係を表す誤差の関係式を用いて、リファレンス情報から GPS の観測誤差を推定する技術を新たに開発した。その結果、擬似距離誤差を精度よく推定することができ、さらに推定した擬似距離誤差で補正測位を行うことで、測位精度が改善できることを確認した。

また、GPS 測位にとって理想的な環境である郊外環境については、シームレス測位の限界性能を検討した。今回、1周波受信機を使って2周波と同等の RTK 性能を出すことを目的とし、車載の INS を L2 周波数の代わりの情報として用い、1周波 RTK の性能を向上させる技術を開発した。その結果、提案手法はほとんどの場所で精度を従来手法と同程度に保ったまま、FIX 率を倍以上に向上させており、2周波受信機の代わりに INS の情報を用いることの有効性を示すことができた。

また、GPS の利用できない屋内環境については、インフラを使わず、スマートフォン端末だけで測位する技術の開発を目的とした。そのため、通信による測距誤差が発生するような場合においても機能し、慣性航法の累積誤差を補正する協調測位技術を開発した。従来の協調測位技術では、1.バイアス性の方位誤差、2.通信の測距誤差、3.計算速度が課題であったが、本研究ではそれらを解決する関節モデルによる協調測位手法を提案した。実験データでその効果を検証した結果、人数が増えて通信による拘束が増えるほど、提案手法の効果が強力になるということが明らかになった。また都市部のような人口密度の高い環境では GPS と同等の精度が実現できる可能性を示した。

また郊外、都市部、屋内の環境ごとに合わせて異なる測位技術を使い分ける以上、各環境で測位精度に差が出てしまう。そこで位置情報サービスが予期しない測位精度の変化によって破綻しないよう、環境の違いによる精度の差異を吸収する方法について検討した。本研究では位置情報を利用するアプリケーションに向けて、測位の信頼度情報を算出する技術を開発した。屋外環境での車両向け測位を想定し、共分散による信頼度算出の障害となるマルチパス誤差を INS の情報を用いて排除した。実験で検証したところ、算出した車両存在範囲に車両が存在する確率は、指定した確率とよく一致しており、提案手法が信頼保証に使える可能性を示した。