

早稲田大学大学院 創造理工学研究科

博士論文審査報告書

論 文 題 目

屋内測位システム IMES の
インフラ化に関する研究

Study on IMES as a Positioning Infrastructure

申 請 者

藤井	健二郎
Kenjiro	FUJII

2016 年 7 月

(1) 審査経緯

博士論文審査の経緯を以下に示す．

- ・ 2016年3月24日 副査前説明
- ・ 2016年4月20日 予備審査会
- ・ 2016年4月28日 教室受理決定
- ・ 2016年5月19日 創造理工学研究科運営委員会受理決定
- ・ 2016年6月13日 博士論文読み合わせ会
論文改訂版を副査教員へ送付
- ・ 2016年6月20日 公聴会
- ・ 2016年7月7日 審査分科会

(2) 論文背景・内容・評価

屋外測位の分野において、米国が開発・運営する GPS がデファクトスタンダードとなって久しい．近年では他国の測位衛星システムと連携し、GNSS (Global Navigation Satellite Systems) を構成することで、測位精度や測位サービス利用エリアの向上・拡大がなされている．その応用先は、カーナビから測量、見守り、位置ベース広告、通信機器やコンピュータシステムの同期など多岐に渡っており、我々の生活に必要な不可欠なものとなっている．

屋外測位分野の発展に応じて、屋内測位の研究も盛んになってきている．無線 LAN や UWB (超広帯域無線) などの電波や赤外線、超音波、カメラ画像など、多様な観測値を用い、三辺測量・三角測量、フィンガープリンティング、イメージマッチなど様々な測位手法が提案されている．しかしながら、デファクトスタンダードあるいはインフラとして確立された技術・手法は未だ存在していない．

このような背景のもと、本論文では、GPS 互換電波を用いた屋内測位技術である IMES (Indoor Messaging System) に着目している．IMES 信号は GPS 互換であるため、送信機が屋内に設置されるようになれば、同一の GPS 受信機 (チップ) を用いて屋内外をシームレスに測位可能になるという利点がある．現在、産学官のコンソーシアムにより屋内測位インフラとして IMES の整備が進められているが、IMES をインフラとして成立させるには、いくつか解決しなければならない課題・条件がある．本論文では、それらを「インフラ化要件」と呼び、①送信機位置の保証、②測位の安定化、③設置・運用の容易化、④用途の拡大、および⑤測位の高精度化と定義している．要件

①に関しては宇宙航空研究開発機構が既に取り組んでいることから、本論文では、②～⑤の要件に対し、その実現方法を提案し、それを実験的に評価することを目的に研究を実施している。また、今後の実用化開発ないし実運用を踏まえ、各手法における制約条件についても論じている。

インフラ化要件のうち②～④に関しては、IMESの標準的な電波送信技術を拡張・改善する新たな手法を提案することで実現を試みている。②測位の安定化については送信チャンネルを多重化する送信ダイバーシティ方式を、③設置・運用の容易化についてはアンテナの交換を不要とする可変／デュアルビーム幅アンテナを、④用途の拡大については高速移動体向け漏洩同軸ケーブルをそれぞれ提案し、実機にて評価を実施している。また、インフラ化要件である⑤測位の高精度化に関しても、搬送波ノイズ比を用いた測位、ドップラー測位、搬送波を用いた双曲線測位、およびスードライトを新たな測位手法として提案し、実機にて評価を行っている。特にスードライトは、整数不定性という問題により高精度化が期待されながらも世界的に研究が停滞していた手法であり、ドップラー測位と搬送波測位の同時利用によりこれを解決できたことは極めて大きな成果と言える。また、各種高精度化手法の制約条件として、送受信機間の幾何学関係が測位精度に与える影響を定式化しているため、本研究の成果はIMESの実運用におけるガイドラインにもなり得るものである。

以上要するに、本論文は、インフラ化要件を念頭に置きながらIMESの発展可能性・応用可能性を探究したものである。その中で、新たな電波送信技術や高精度化手法を複数提案し、理論化と実機検証、比較・整理を行っている。提案手法はいずれも汎用性を持つものであり、GPSとの互換性という枠を超えて、屋内測位やセンサネットワークなどの研究分野に広く貢献し、その学術的な発展、応用技術的な発展に大きな意義を有する。また、IMESを含む屋内GPS手法を総合的に扱った研究はこれまでにないことから、本論文は、GPS互換の屋内外シームレス測位インフラの実用化を強く推し進め、測位サービス市場の拡大と関連産業の発展にも大きく貢献するものである。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。

2016 年 7 月

審査員

主査 早稲田大学教授 工学博士 早稲田大学 菅野 重樹

早稲田大学教授 工学博士 早稲田大学 山川 宏

早稲田大学教授 工学博士 早稲田大学 三輪 敬之

早稲田大学教授 博士（工学） 早稲田大学 天野 嘉春

早稲田大学教授 博士（工学） 早稲田大学 岩田 浩康
