

Abstract of Doctoral Dissertation

Title: Study on GNSS Precise Positioning for Centimeter Augmentation and Millimeter Displacement Detection

Doctoral Program in Advanced Electrical,
Electronic and Computer Systems
Graduate School of Science and Engineering
Ritsumeikan University

アサリ コウキ
ASARI Koki

In this thesis, high-accuracy positioning methods of Global Navigation Satellite Systems (GNSS) are proposed for centimeter augmentation and millimeter displacement detection, and its accuracy and convergence performances are validated.

The author has been developing a prototype centimeter-level augmentation service, which was adopted from the Quasi-Zenith Satellite System (QZSS) of Japan's Cabinet Office(CAO). In the proposed mathematical structure of the GNSS high-accuracy positioning augmentation system, accuracy and convergence time of the GNSS were improved by using the characteristics of 5G mobile communication networks. Compared with QZSS specifications, the root mean square improved from 3 cm to approximately 1 cm, and the convergence time decreased from 60 s to approximately 3 s. These improvements can contribute to safety and mobility performances of automated navigation.

A novel algorithm was proposed for achieving millimeter displacement detection. Orthogonal functions are used in the proposed algorithm to retrieve measurement data from noise and detect the occurrence time of displacement, and the performances of the proposed method was validated. This method can reduce the displacement measurement time from the current 24 h to approximately 1 h in quasi-real time to promptly warn of impending landslide disasters. Thus, the proposed method can save many lives and considerable property.

A brief introduction is presented in Chapter 1. In Chapter 2, the structure and mechanisms of the developed centimeter augmentation system and its algorithms have been presented. This method is adopted to 3rd-Generation Partnership Project (3GPP) of

mobile communication standards and can become the foundational technology of automated mobility and smart societies in the future. Chapter 3 describes the performance validation of the proposed high-accuracy positioning system through experiments using real data.

In Chapters 4 and Chapter 5, the author applied the high-accuracy GNSS positioning technology to millimeter displacement detection retrieved information of a fine displacement from observation with noise. Thus, the results revealed that novel the algorithm can be used prevent landslide disasters and structure collapses.

Thus, a realtime centimeter augmentation and semi-realtime millimeter displacement detection method with high-accuracy and short observation span can be obtained proposed by using GNSS systems and the proposed method. The proposed method can be a fundamental technology that can enable automated navigation and high-accuracy positioning, safe and manageable spatial migration and disaster management, and improvement of the quality of life.

博士論文要旨

論文題名：センチメートル級測位補強及びミリメートル級変位 検出に向けた GNSS 高精度測位に関する研究

立命館大学大学院理工学研究科
電子システム専攻博士課程後期課程
アサリ コウキ
浅里 幸起

本論文は、センチメートル級測位補強及びミリメートル級変位検出に用いる GNSS (Global Navigation Satellite System) 高精度測位について、新たな手法を提案し、その精度と収束時間を検証したものである。

センチメートル級測位補強については、著者は内閣府が準天頂衛星システムに採用したセンチメートル級測位補強サービスのプロトタイプ・システムを開発し、本論文において GNSS 精密測位補強システムの構造を数理的に明らかにし、5G 通信網の特性を活用して更なる改良を加え、精度を高めて、収束時間を向上させることに成功した。内閣府のみちびき仕様と比較すると、精度の RMS 値は、3cm からほぼ 1 cm に向上し、収束時間は 60 秒から約 3 秒と大幅に短縮した。これらの性能は、各種移動体の自動運転ナビゲーションにおいて、安全性と移動性能を高めることに資するものである。

ミリメートル級変位検出については、直交関数を活用し、観測雑音に埋もれた測定データから、変位の発生を検知するための新たなアルゴリズムを開発して、精度検証結果を明らかにし、従来 1 日を要していたミリメートル単位の変位検出を、1 時間程度の準リアルタイムで可能とし、地すべりなどの災害を早期検知できるようになって、多くの生命を守り財産を保全できるようにした。

第 1 章の序論に続いて、第 2 章では、リアルタイムの測位航法に利用できるセンチメートル級測位補強システムの全体構造をシステム・エンジニアリングによる開発結果として明らかにし、補強情報を生成するアルゴリズムを明示した。この方式は、5G 移動通信システムの 3GPP 国際規格に採用され、今後の自動運転やスマート社会の基盤技術となるものとなった。また、第 3 章では、本論文で提案した高精度測位システムを実データによる実験を通して性能検証した。

第 4 章及び第 5 章では、GNSS 高精度測位技術をミリメートル級変位の検出に応用し、観測雑音の中から極めて微小な変位を検出し、土砂災害や構造物崩壊を未然に防止するための新しいアルゴリズム及びその検証結果を示した。

結論として、本論文で提案した方法を用いて、GNSS システムを利用してリアルタイム

ではセンチメートル級、準リアルタイムではミリメートル級の高精度測位を必要な収束時間で実現することで、自動運転のナビゲーション及び高精度変位計測を可能にし、今後のスマート社会における安全な空間移動や災害管理等を可能にし、人間社会の生活の質（Quality Of Life）を向上させる基盤技術の一つを確立した。