

論 文 要 旨

学籍番号	81252015	氏 名	岩 泉 大 介
------	----------	-----	---------

論 文 題 目：

災害時の情報空白期における防災情報配信を補完する
準天頂衛星を利用した防災情報配信システムの設計と評価

(内容の要旨)

本論文は大規模災害時に発生する可能性のある情報空白期における防災情報配信を補完する準天頂衛星を利用した防災情報配信システムの設計と評価について論述する。

地震・津波災害などの大規模災害発生時には、情報インフラの破壊・破損等により、避難や救援、救助に必要な防災情報を伝達する手段が喪失し、人的被害が拡大する恐れがある。このため、情報インフラの破壊や停止の影響を受けない、人工衛星を使用した防災情報伝達は有効である。人工衛星を使用した情報伝達手段のひとつとして衛星電話が挙げられる。しかしながら、衛星電話は携帯電話と比べ一般に普及しておらず、多くの人に防災情報を伝達する手段としては適切ではない。それに対し、広く普及している携帯電話に対して人工衛星から情報を伝達する手段として、携帯電話及びカーナビゲーション等に搭載され普及している測位受信機に、測位衛星から防災情報を伝達する手段が検討されている。測位衛星を用いた測位システムは、測位衛星から配信される測位信号をユーザーが所持する測位受信機で受信することで測位を行っている。特に近年、高精度な測位を行うための測位補強信号を配信する測位衛星が運用されており、この測位補強信号を利用して防災情報を配信する手段の検討がなされている。日本では 2018 年から測位衛星のひとつである準天頂衛星システムの運用が開始され、日本の上空に常に準天頂衛星が 1 機以上配置され、日本の多くの地域で常に防災情報を受信することが可能となる。

そこで、本論文では準天頂衛星を介して防災情報を多くのユーザーに提供し、情報空白期における防災情報配信を補完するとともにユーザーの避難支援を行う準天頂衛星を利用した防災情報配信システムの設計と評価について報告する。なお、設計と評価にあたっては、常に天頂上に 1 機以上の準天頂衛星が配置されている日本国内および、準天頂衛星の信号を配信可能なアジア・オセアニア地域のそれぞれを対象に実施した。

まず、日本国内を対象とした防災情報配信システムの設計を行い、ユーザーの評価によりシステムの有用性を示した。本研究の目的を達成するために、情報空白期における防災情報配信を補完すること、対象災害に対してカスタマイズを行うこと、測位衛星からの情報伝達のため発生する受信損失を

考慮すること及びユーザーの利用までを想定することに着目したシステムの設計を行った。特に、測位衛星を利用した防災情報配信システムにおいて課題となる少ない伝送容量及び受信状況の影響を考慮し、最低限必要な情報を確実に伝達するためのメッセージフォーマット及び配信スケジュールの設計を実施した。また、設計したシステムに対しては、各機能要求に対する検証及びユーザーに対する妥当性確認を実施した。特に、対象となる災害のシナリオに即して配信性を評価した後、準天頂衛星の実信号を使用し受信性の評価を実施した。妥当性確認では、準天頂衛星の実信号を使用し、対象災害である情報空白期の地震・津波災害のシナリオに即したユーザーに対する避難実証実験を実施した。その結果、特に、情報の受信性及びエリア配信性についての妥当性を確認するとともに、行動の誘発性についてシステムの使用により定性的に効果を確認することができた。

次に、アジア・オセアニア地域を対象とした防災情報配信システムの設計を行い、システムの有用性を示した。特にアジアは、日本と同様に地震・津波災害の被災地域であり、また防災情報インフラが日本と比べ整備されていない地域もあり、測位衛星を利用した防災情報配信システムが必要とされている。これらの地域で発生する地震・津波災害はインド洋大津波に見られるように、複数国に影響を及ぼす広域な災害が発生する可能性がある。また、日本と異なり準天頂衛星の配置は時間と場所により変化するため、受信環境も変化する。そこで、日本国内を対象に構築した本システムを日本国外で複数国を対象に使用する際の課題を明らかにするため、複数国を対象とした本システムについて配信性及び受信性の観点から検討を行った。その結果、低仰角エリアであるプーケットにおける受信実験結果から受信性の改善が必要と判断し、準天頂衛星の複数衛星の使用方法を提案した。この使用方法の実現可能性を評価するため、プーケットにおける主要箇所の天空画像及び衛星配置から受信性の予測を行い、複数衛星の使用により受信性が改善される可能性があり、低仰角エリアにおいて複数衛星を利用した本手法が使用可能であることを示した。

これらの成果により、災害時の情報空白期における防災情報配信を補完する準天頂衛星を利用した防災情報配信システムの有用性を示した。

キーワード(5語)

防災情報配信システム, 準天頂衛星, GNSS, 測位補強信号, 防災情報

SUMMERY OF DOCTORAL DISSERTATION

Student Identification Number	81252015	Name	Daisuke Iwaizumi
-------------------------------	----------	------	------------------

Title:

Design and Evaluation of Early Warning System Using Quasi-Zenith Satellite for Covering Early Warning in Information Blackout Period of Disaster

(Abstract)

This paper discusses the design and evaluation of an Early Warning System using the Quasi-Zenith Satellite System to provide early warnings during an information blackout period, which possibly occur after major disasters.

During major disasters such as big earthquake and tsunami, the communication infrastructures could be damaged in which case essential information cannot be delivered to citizens. Transmitting disaster information through communication satellites, which would not be affected by the damaged information infrastructure on the ground, could be a means of providing disaster information during the information blackout period. Satellite cellular phone is one example of such means. However, these phones have not been widely used among citizens compared to cellular phones and therefore are considered not suitable for transmitting the disaster information to users in wide areas. On the other hand, distributing disaster information to Global Navigation Satellite System (GNSS) receivers, which are widely used by people in their mobile phones and car navigations, with an augmentation signal from positioning satellites have been considered in previous research. GNSS provides positioning to users utilizing transmission signals, which can be received by GNSS receivers. Recently, GNSS, which can provide augmentation signals to enhance the position accuracy have been operating and a method to transmit simple messages with the augmentation signals have been considered. In Japan, Quasi-Zenith Satellite System (QZSS) will be operational with a four satellite constellation from 2018 and it will be possible for users to receive the disaster information in many parts of Japan.

This paper shows the design and evaluation of an Early Warning System using the Quasi-Zenith Satellite System (QZSS) in order to provide disaster information and support the evacuation of many people. Firstly, the design and evaluation of the system for use in Japan, where there will be at least one satellite at the zenith, will be discussed and the utility of the system usage for evaluations of users will be shown.

To achieve the objective of this research, the design of the system were done considering information blackout period, customizing by the types of disasters, and the loss rate of signals. In particular, the message

format and distribution schedules to provide the necessary disaster information within the limited available data of a message and reception conditions were designed. Verification and validation for the system requirements were performed. In verification, the evaluation of the delivery within a scenario of a particular disaster and the evaluation of reception with the real signal of QZSS were performed. In validation, an evacuation test with users using a scenario of an earthquake followed by a tsunami were performed. The delivery and reception of the information of the system was validated and the effectiveness in the inducibility of user actions was qualitatively validated.

Signals of QZSS can be also provided in other parts of Asia and Oceania. In particular, Asia is the stricken areas of earthquake and tsunamis. In many areas of Asia, compared to the situation in Japan, an information infrastructure have not been developed yet and GNSS-based Early Warning System are demanded. In Asia, big earthquake and tsunamis, such as Indian Ocean Tsunami, are likely to occur and could affect multiple countries. In addition, the satellite constellation and reception environment also change with the time and location. To investigate the issues of using the system, which was designed for usage in Japan, in other countries, discussions on delivery and receptions were performed. As part of the presented results, the reception experiment in Phuket, where the elevation angle is low, revealed that an improvement in reception is needed for users at this location and the combination of using multiple satellite constellations was proposed. To evaluate the feasibility of the proposed methods, analyses of the reception in Phuket with sky image of several areas in Phuket and estimated satellite positioning were performed. These analysis showed the possibility of improvement in reception and the feasibility of the methods using multiple satellites in areas where the satellites are at low elevation angles for the users.

Key Word(5 words)

Early Warning System, Quasi-Zenith Satellite System, Global Navigation System, Augmentation Signal, Disaster Information