

令和 3 年 8 月 24 日現在

機関番号：22605

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K04663

研究課題名(和文) 準天頂衛星システムを利用した巨大災害発生急性期の救命用情報アーキテクチャの開発

研究課題名(英文) Information Architecture of Emergency Warning System for QZSS

研究代表者

嶋津 恵子 (shimazu, Keiko)

東京都立産業技術大学院大学・産業技術研究科・教授

研究者番号：70424215

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：日本国民は2011年の東日本大震災の経験から、大規模災害では被害が甚大な地域ほど日常利用している情報インフラが壊滅することを学習した。このことから、大災害の発生時にも耐えられる通信設備の構築技術の研究を進めるだけでなく、災害発生時の緊急避難に必要な情報配信のための暫定通信網をGNSSの利用で実現したいと考えた。一方、GNSSは測位情報を放送することを目的として設計されており、送信容量が非常に限定的である。そこでEC(European Committee)のGalileo衛星担当官と共同で、限定的な容量のメッセージ領域を最大限有効活用する緊急避難情報放送用のメッセージを開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

コスパス・サーサット(COSPAS-SARSAT)システムは、海上での救助を目的として、船体や機体に備え付けられたビーコン発信機が発射する遭難警報の位置を人工衛星が検出し、それを最寄りの国や地域の救助機関等に直接配信する世界標準システムである。1988年のプログラム設立以降、世界45か国が参加し現在も運用されている。その一方で、位置以外の情報が避難に必要なその他の災害を想定した人工衛星利用例は、存在しない。本研究成果は、EUと共同で標準化を開始しており、GNSSのダブルユースを想定していることから、多くの種類の災害発生急性期の避難情報配信手段として世界中で導入される可能性がある。

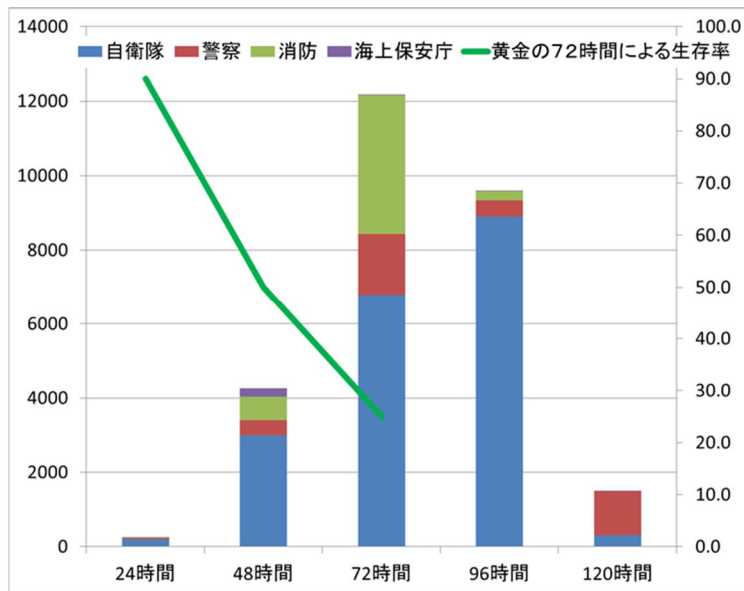
研究成果の概要(英文)：From the experience of the Great East Japan Earthquake in 2011, Japanese people learned that in a large-scale disaster, the information infrastructure that they use every day will be destroyed in areas where the damage is severe. It turned out that it was not enough to realize communication facilities that is not affected by a major disaster. In this research, we wanted to realize a provisional communication network for information distribution necessary for emergency evacuation in the event of a disaster by using GNSS. On the other hand, GNSS is designed for broadcasting positioning information and has a very limited transmission capacity. We have developed a message for emergency evacuation information broadcasting that makes the best use of the limited capacity message area. This was done in collaboration with the Galileo satellite officer of the EC (European Committee).

研究分野：システムズエンジニアリング

キーワード：GNSS Emergency Warning Disaster Mitigation

1. 研究開始当初の背景

巨大災害¹発生時に、早期に重症者を救出し救命処置を行うことを目指した「黄金の72時間」という概念がある。発災後72時間が経過すると、救出後の存命率は20%から30%となることから、災害時における救助活動は可能な限り早急に行われる必要がある。発災後24時間前後には、災害医療派遣チームDMAT(Disaster Medical Assistance Team)が被災地に派遣される。しかし、その時点では重症の所在をはじめとし、救助活動に必要な情報がほとんど存在しないためDMATは被災地に到着後、情報収集作業を開始せざるを得ず救助開始までに時間を要する。その結果、「黄金の72時間」終盤にようやく救助活動のピークを迎える(図1)。災害救命率を向上させるには、災害発生後できるだけ早期に救出を行うことが必要であり、これこそが減災力向上に直結することになると考えた。



Y軸左は救出者数を、同右は救出者に対する存命率を示す。

消防庁「東日本大震災の被害状況及び消防の活動状況等について」と防衛省「東北地方太平洋沖地震に対する自衛隊の活動状況」を元に推定

図1 東日本大震災における発災後時間ごとの救助数

2. 研究の目的

本研究では、上掲の準天頂衛星システムの双方向通信機能を使い災害発生直後の重傷者所在特定用の暫定通信網として成立させる方法に関し、将来の技術開発を待つことなく現状でも実利用展開できる手法を特定し、実際にこの双方向通信機能を利用して実証検証を行う。また(準天頂衛星システムの双方向通信機能の)限定された情報網に搭載可能な災害対応専門分野を横断して活用できる災害急性期情報アーキテクチャに関し、防衛医准教授秋富慎司氏をはじめDMAT配属災害救命医師らとの協業により発災後72時間に救助と救命のために最低限必要な情報を特定し、それがこの72時間の間にどのように変化するかとそれらを256Bit長に格納する方法を考案する。同様に上掲の準天頂衛星システムに関し、現在南海トラフ沖大地震対策として防災が検討されている内閣府と和歌山県県庁総務課危機管理担当部門と協業し、実際の災害発生時に実施可能な運用システムを考案し、訓練による検証でそれが他の地域にも展開可能であることを示すことを目指した。

3. 研究の方法

本研究では、大災害の発生時にも耐えられる通信設備の構築技術の研究とともに、災害発生時の緊急避難に必要な情報を配信するための暫定通信網をGNSSの利用で実現することが必要であると考えた。一方、GNSSは測位情報を放送することを目的として設計されており、送信容量が非常に限定的である。そこで我々は、この限定的な容量のメッセージ領域を最大限有効に活用し、緊急避難のための情報を放送するためのメッセージの設計をEC(European Committee)のGalileo衛星担当官と共同で行った。今回我々は、このメッセージ設計に従った緊急避難情報をQZSS(Quasi-Zenith Satellite System)から実際に放送し災害発生想定現場での受信状況の実証実験を行った。この時、GNSSの本来のミッションである(1)「現在位置」を計測する情報(測位情報)と、(2)避難のための緊急災害情報を同時に受信できるかどうかで、有用性を評価した。

¹巨大災害：大規模もしくは広域に甚大な被害をおよぼす災害

4. 研究成果

開発した衛星放送用メッセージ

我々は、世界中で整備される GNSS に避難のための緊急災害情報を搭載することで、地球規模で発生する災害の急性期の救命の自助に貢献できると考えた。我々は、EC の Galileo のチームと協力し、発災時に自助の救命（つまり自分で避難行動をとる）に必要な情報を、標準の災害用語（terminology）や災害およびそれを取り扱う際に必要になる標準のコード体系から抽出した。より具体的には、発災急性期の避難のために GNSS を使った情報配信が必要な災害群として、Common Alerting Protocol (CAP)[1]を参照した。これは、世界中で開発されている危機警告発信システム間で公開された警告や緊急情報を相互交換することを目指した災害情報体系であり、XML フォーマットで定義されている。CAP を使用することで、Google Public Alerts や Cell Broadcast など多くの一般のアプリケーションに、個別の危機警告発信システムを介して同時に情報配信が可能となる。また、情報の前処理部分を簡素化することも可能になる。

測位情報を放送することを目的として設計された GNSS のメッセージ領域は、必要とする放送情報量が小さいため放送可能容量が非常に限定的である。Galileo では測位情報送信メッセージのうち 122 ビット長が避難のための緊急災害情報放送用に割り当て可能であり、一方日本の QZSS は、191 ビット長が割り当て可能である。そこで、我々は、122 ビット長に前節でデザインした避難のための緊急災害情報割り当てることで、多くの GNSS から放送可能になると考えた。

表 1 は、メッセージ全体の割り振りを示している。一般に災害、特に自然災害は緯度経度による点ではなく面的に被害を及ぼす。そこでこれを表現するために我々の Common EWS message では楕円による被災範囲の表現方法を採用した。

表 1 開発した GNSS 搭載用災害情報放送メッセージフォーマット

Field #	Message field	Element name	Start bit	#bits	Description
1	Message Identifier	<u>A1 - Message type</u>	0	2	The initial message is indicated with message type "Alert". Progressive number of updates of a message issued by the same EWS provider and alerting for the same hazard use the type "update".
2		<u>A2 - Country ID</u>	2	10	ID of the country from which the alert is issued. Supranational authorities can also be identified. The country ID is essential to identify the EWS provider issuing the alert and to manage the display authorizations. For test messages sent for the monitoring performances service, this field is set to all 0's.
3		<u>A3 - Provider ID</u>	12	4	Issuing EWS provider in the country. For test messages sent for the monitoring performances service, this field is set to all 0's.
4		<u>A4 - Message Reference Number</u>	16	4	The reference numbers identify different messages issued by the same EWS provider related to the same hazard.
5	Event	<u>A5 - Event Category</u>	20	3	Category of the event
6		<u>A5 - Event Sub-Category</u>	23	4	Detail of the event category. The sub-category is not defined in the CAP fields and will need to be added in the parametric fields of the CAP format exchanged between the EWS provider and the Ground infrastructure to complete the EWS Message.
7		<u>A6 - Severity</u>	27	2	Severity of the event. Mostly to adapt the display of the information to a user, in particular to adapt the used color: red for extreme, orange for severe... It is essential as visual information is processed faster by the brain than text.
8	Event chronology	<u>A7 - Event Onset</u>	29	16	(Expected) The UTC time when the event occurred: - 5 bits are used to encode the day - 5 bits are used to encode the hour - 6 bits are used to encode the minute The time reference used is UTC.
9		<u>A8 - Expected Duration</u>	45	2	Expected validity of the alert in hours.
10	Guidance to react	<u>A9 - Guidance Library</u>	47	1	Reference to the guidance to react library to use: either a national library developed by national authorities, or a generic common library developed for EWS and agreed by the stakeholders. EU is currently

				defining such a common library, and will make available in 23+ languages versions. The correct language version to be used at user level will be picked by using the language setting of the user equipment. By default, English version will be used.	
11		<u>A10 - Guidance to React Database</u>	48	8	Guidance to react for the end-user of the EWS. The Response type is driven by the Event category and sub-category and is selected in the guidance to react library encoded in the previous 2 bits.
12	Target Area	<u>A11 - Ellipse Center Latitude</u>	56	16	The target area is described as an ellipse. The latitude of center of the ellipse with 305m of precision. If Target Area bits are all zero, this mean "No Target Area".
13		<u>A12 - Ellipse Center Longitude</u>	72	17	The longitude of center of the ellipse with 305m of precision.
14		<u>A13 - Ellipse semi-major axis length</u>	89	4	The length as a power of 10 in meters
15		<u>A14 - Ellipse semi-minor axis length</u>	93	4	The length as power of 10 in meters
16		<u>A15 - Ellipse Azimuth Angle</u>	97	5	The azimuth angle of the axis (5.8°precision)
17	Additional Parameters	<u>A16 - Specific Setting</u>	102	20	These 20 bits are dedicated to message customization depending on the event category.

効果検証実験と結果

前節に示した Common EWS Message のフォーマットで、災害と避難示を想定したファイルを作成し、QZSS の 1560 - 1590MHz からなる L1 帯の回線で放送し、大型の地震が発生した場合津波などによる複合型災害に発展する可能性の高い地域の一つである秋田県能代市で実施した。実験用メッセージの放送は、5 秒の間に測位情報を 4 回、そして緊急災害情報を 1 回行うことを繰り返した。実証実験は、2019 年 8 月 20 日から 22 日の 3 日間で行い、このうち 20 日は、特定の位置にとどまりノート PC とスマートフォン上の今回の実証実験用に作成した受信ソフトウェアで緊急災害情報を受信し、結果を画面上にその場で出力するとともにファイルとして格納した。そして、8 月 21 日と 22 日は、(1) ノート PC とスマートフォンを実験車に搭載し移動しながら 20 日と同じ放送を受信し記録するとともに、(2) 別のスマートフォンを実験者に携帯させ徒歩で移動しながら 20 日と同じ放送を受信し記録した。

このときノート PC は、QZSS の L1 帯を使って放送したすべての緊急災害情報を受信し、それらを画面に出力し、さらにファイルとして記録した。一方、スマートフォンは、専用に用意したアプリケーションで、受信した緊急災害情報が被験者の位置に一致もしくは含んでいる場合に、受信情報の出力と記録を行った。またスマートフォンの出力結果に関しては、予定したとおりの出力結果になったかどうかを、事前に用意した記録用紙をもとに、出力の都度手作業でこれを確認した。

表 2 は、実験期間の毎日午前中に放送した実験データの仕様である。ID1 のレコードは、実験場所を含む領域に発信された緊急災害情報であり、Tsunami の発生を示し、Severity は "Severe" であり、"Initial Alert" であることがわかる、同様に ID2 は Update 情報であり、ID3 は取り消し情報である。"Number of records" 列にはこのレコードを繰り返し何回放送するかを示す。今回は、すべてのレコードを 75 回ずつ送信することにした。

表 2 実験データ仕様

ID	TargetArea	Event	Severity	Message type	Number of records	Field of "Target Area" on a monitor	Field of "Event" on a monitor	Field of "Severity" on a monitor	Field of "Message type" on a monitor
1	Ellipse in which a current position is	"Tsunami"	"Severe"	"Initial Alert"	75	Map with Ellipse	"Tsunami"	"Japanese warning level 4"	"Initial Alert"
2	Ellipse in which a current position is NOT	"Volcano"	"Moderate"	"Update"	75	Map with Ellipse	"Tsunami"	"Japanese warning level 4"	"Initial Alert"
3	Ellipse in which a current position is	"Tsunami"	"Severe"	"Cancellation"	75	Map without Ellipse	Blank	Blank	"Cancellation"
4	Ellipse in which a current position is NOT	"Volcano"	"Moderate"	"Update"	75	Map without Ellipse	Blank	Blank	"Cancellation"
5	Ellipse in which a current position is	"Tsunami"	"Minor"	"Initial Alert"	75	Map with Ellipse	"Tsunami"	"Japanese warning level 2"	"Initial Alert"
6	Ellipse in which a current position is	"Tsunami"	"Moderate"	"Update"	75	Map with Ellipse	"Tsunami"	"Japanese warning level 3"	"Update"
7	Ellipse in which a current position is	"Tsunami"	"Severe"	"Update"	75	Map with Ellipse	"Tsunami"	"Japanese warning level 4"	"Update"
8	Ellipse in which a current position is	"Tsunami"	"Extreme"	"Update"	75	Map with Ellipse	"Tsunami"	"Japanese warning level 5"	"Update"
9	Ellipse in which a current position is	"Tsunami"	"Severe"	"Update"	75	Map with Ellipse	"Tsunami"	"Japanese warning level 4"	"Update"
10	Ellipse in which a current position is	"Tsunami"	"Moderate"	"Update"	75	Map with Ellipse	"Tsunami"	"Japanese warning level 3"	"Update"
11	Ellipse in which a current position is	"Tsunami"	"Minor"	"Update"	75	Map with Ellipse	"Tsunami"	"Japanese warning level 2"	"Update"
12	Ellipse in which a current position is	"Tsunami"	"Severe"	"Cancellation"	75	Map without Ellipse	Blank	Blank	"Cancellation"

前節に示したレコードの受信が、時間的に偏りが無いかどうかを確認するために、受信レコード数を時間経過とともに累積し、それをグラフ化した。図 2 は 8 月 20 日の実験結果であり、QZSS から放送されたメッセージの測位情報に関するものの数のうちの 4 分の 1 程度は、緊急災害情報のメッセージの受信数が常に一定に見える。前者が 5 秒の間に 4 メッセージ放送され、後者が 5 秒の間に 1 メッセージ放送されるので、この傾向から、測位情報と同様のタイミングと頻度で緊急災害情報を受信できていると言える。一方詳細に観察すると、一定期間緊急災害情報を受信できていない期間があることも見逃せない。

前節に示したレコードの受信が、データを取得した位置による偏りが無いかどうかを確認するために、受信した時のデバイスの位置を地図上にプロットした。具体的には、21 日にノート PC が測位情報からなるレコードを受信した位置と、緊急災害情報からなるレコードを受信した位置の比較である。これによると QZSS から放送されたメッセージうち測位情報に関するもメッセージと緊急災害情報のメッセージで、受信機の場合による取得傾向の差はみられない。

衛星航法システムは、利用者の現在の位置を計測する情報を入手できることから、避難に必要な緊急災害情報を同時に入手できれば、受信側が災害発生場所を知ることによって、自身に必要な情報かどうかを選別できる。我々はこの利点に注目し、今回、衛星航法システムを利用した緊急災害情報同報を試み、その有用性を検証した。

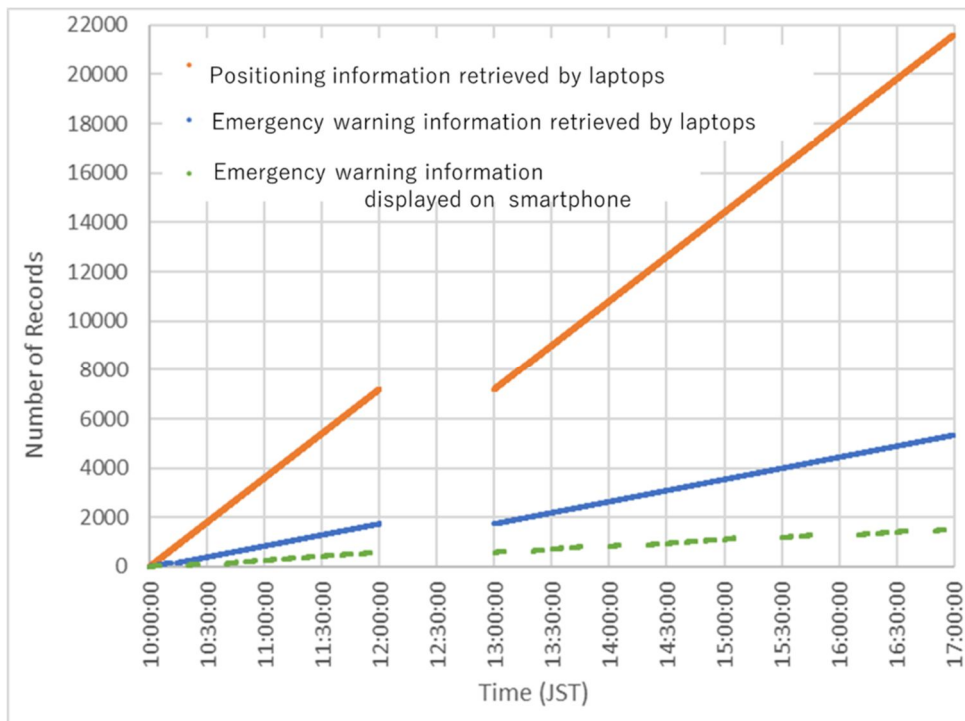


図 2 QZSS が放送した信号の受信記録

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 嶋津恵子	4. 巻 Vol.X 3
2. 論文標題 準天頂衛星災害通報サービスの EU 衛星 Galileo との共同開発	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 測位航法学会, Newsletter	6. 最初と最後の頁 286-292
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 嶋津恵子	4. 巻 Vol.X 1
2. 論文標題 準天頂衛星安否確認サービスの有効利用による巨大災害発生時の急性期用情報集配信システムの設計と実装	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 測位航法学会, Newsletter	6. 最初と最後の頁 6-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Shimazu, Keiko,	4. 巻 4 - 10
2. 論文標題 Use of QZSS for the acute period of disaster mitigation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal of Management and Applied Science (IJMAS)	6. 最初と最後の頁 101-111
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Keiko Shimazu	4. 巻 12
2. 論文標題 Double-use strategy of Quasi-Zenith Satellite System communication	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 産業技術大学院大学平成30年度紀要	6. 最初と最後の頁 89-95
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 keiko shimazu
2. 発表標題 Emergency Warning Services via GNSS Signals
3. 学会等名 IEEE Aerospace Conference (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 嶋津恵子
2. 発表標題 「GNSSの進むべき道」
3. 学会等名 GPS/GNSSシンポジウム2019 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Keiko Shimazu, Kenji Makabe, Naoki Harada, Haruki Suzuki,
2. 発表標題 USE OF QZSS FOR THE ACUTE PERIOD OF DISASTER MITIGATION
3. 学会等名 424th International Conference on Mechanical and Aerospace Engineering (ICMAE/ IASTEM) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Keiko Shimazu, Kenji Makabe, Naoki Harada, Haruki Suzuki
2. 発表標題 Effect of system architecture design education by using KS frame,
3. 学会等名 international Society for Engineering Research and Development (SEERD), 411th International Conference on Education and E-Learning (ICEEL) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Keik Shimazu, Yasuhiro Maida, Tetsuya Sugata, Daisuke Tamakoshi, Kenji Makabe, Haruki Suzuki,
2. 発表標題 A Challenge to Acquire Serious Victims' Locations during Acute Period of Giant Disasters,
3. 学会等名 20th International Conference on Geotechnical Engineering and Geotechnical Design (ICGED) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 嶋津恵子 他	4. 発行年 2019年
2. 出版社 般社団法人情報処理学会, 情報システムと社会環境研究会	5. 総ページ数 680
3. 書名 ISデジタル辞書, 重要用語の基礎知識第2版	

1. 著者名 嶋津恵子 他	4. 発行年 2019年
2. 出版社 アジア航測(株)	5. 総ページ数 120
3. 書名 GNSS動向調査報告書, Ver. 1.00	

1. 著者名 嶋津恵子 他	4. 発行年 2019年
2. 出版社 アジア航測(株)	5. 総ページ数 120
3. 書名 アラート出力ファイル変換方法調査報告書	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関		
ベルギー		European Union	