

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 26 日現在

機関番号：33903

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2014

課題番号：24590641

研究課題名(和文) クリアランスタイムのある災害における要援護者搬送計画策定手法の開発

研究課題名(英文) An evaluation model of disaster medical transport with clearance time

研究代表者

小池 則満 (koike, norimitsu)

愛知工業大学・工学部・准教授

研究者番号：50293741

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、発災前のクリアランスタイムとして緊急地震速報によって津波発生可能性が示された場合の医療搬送活動への効果について考察した。

愛知県知多半島を対象地域として南海トラフ地震を想定して試算を行った結果、津波来襲までのクリアランスタイムを有効に使うことで死傷者が減少すれば、南部地域の医療機関への津波による傷病者の集中は抑えられること、しかしながら強震動による死傷者も多いことから、半島全体の死傷者と病床数のバランス改善までは至らないことなど、傷病者搬送計画に必要な情報を得られることを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：The Japanese Central Disaster Management Council announced a new damage estimate in the event of an earthquake with its epicenter in the Nankai Trough. They mentioned the possibility of minimizing the casualty count by constant preparation for prompt evacuation to higher places in the event of a tsunami. This study aims to develop a reliability analysis model for medical transport activity considering a tsunami risk. The model includes a risk evaluation model developed to evaluate medical transport activity when a tsunami early warning system can be used. By applying it to Chita Peninsula in Japan, it is demonstrated that the proposed model effectively implements the evacuation and medical transport planning. Some proposals are given for the road network in the area.

研究分野：防災計画

キーワード：防災計画 災害医療 搬送計画

## 1. 研究開始当初の背景

大きな災害の発生が予測される際のリスク回避として、事前にリスクの大きな地域から一時的に住民が待避する事前広域避難が行われることがある。たとえば、米国ではハリケーン来襲の際には多くの住民は自らの手段(主にマイカー)で街から脱出し、数十キロから時には数百キロ離れた親戚・友人宅やホテルに避難(EVACUATION)して、災害が収束するのを待つ。街の中の指定された場所に避難するのはSHELTERと呼ばれ(我が国でいう「避難」は、これにあたる)、防災計画でEVACUATIONとは完全に区別されている。EVACUATIONにより人命の危機を事前に回避できるほか、SHELTERに避難している人々の絶対数を減らす効果があり、発災後の救援、医療活動の負担軽減が期待できる。

我が国においても、東日本大震災において広域避難(2次避難、集団避難という表現も使われた)が実施されているが、それ以前から中央防災会議で議論が重ねられており、伊勢湾台風級の災害を想定した「東海ネーデルランド高潮・洪水地域協議会」において、EVACUATIONを組み込んだ計画が策定されている。しかしながら、いつ、どこからどこへ、どのような搬送手段で、どのような人を運ぶのか、といった具体的な検討はなされておらず、詳細な搬送計画もないのが現状である。

こうした中で、災害医療計画においても発災前の対応が求められる。しかしながらDMAT(災害時派遣医療チーム)も、基本的に地震などの突発的な災害発生後の対応を考慮しており、原子力災害(福島第一原子力発電所事故でも、最初の爆発まで約24時間の余裕があった)や巨大台風(数日~数十時間)、津波(数十時間~10分程度)など、ある程度のクリアランスタイム(余裕時間)を得られる災害に対する搬送計画策定手法に関する研究は見あたらない。

米国においては、防災工学、交通工学の研究分野において、広域避難に関する多くの研究蓄積がある。ここでは、EVACUATIONにおける交通技術的な議論、たとえば、高速道路を全面一方通行(Contraflow)にして避難を促す場合の効果、世帯属性とEVACUATIONの関連、情報提供手法、などが研究されているが、米国では自分の車で逃げることが大前提としてあり、我が国への適用には、EVACUATIONできない要援護者への対応とあわせて、十分な学術調査と慎重な検討が必要である。

我が国でも災害医療分野において広域搬送が検討されているが、あくまで被災後にトリアージを経て後方へ搬送されるべき要援護者への対応が議論の中心であり、事前広域避難の効果とリスクを適切な指標で表現し、搬送計画を策定する手法の確立が強く待たれる。

## 2. 研究の目的

発災までにクリアランスタイム(余裕時

間)がある災害において、危険が高まった段階で避難を開始して、危険が高い地域に居る要援護者(入院患者や援護が必要な在宅患者)を、リスクが低いタイミングで広域的に搬送する計画策定のための方法や指標について論じることを目的とする。これにより意志決定者がより適切なタイミングで、避難行動に関する判断ができるようにすることを旨とする。

## 3. 研究の方法

### (1) 海外におけるEVACUATIONの現状把握

EVACUATIONを日本語に訳すること自体、難しく、単に「避難」ではいわゆるSHELTERとの混乱が生じる。本研究では事前広域避難と表現するが、本来は「事後」の広域避難もEVACUATIONに含まれることに注意しなくてはならない。このように、本研究遂行にあたっては用語の整理からはじめ、我が国への導入に際する問題点を明確にする必要がある。以上のような認識に基づき、広くEvacuationに関する文献調査を行った。

### (2) 津波災害に対するクリアランスタイムの設定・評価

海域で大きな地震が発生した場合、津波発生の可能性を考慮した対応を始める必要がある。しかしながら、気象庁が津波警報・注意報を出すまでに数分の時間があり、たとえば東日本大震災でも地震発生から最初の津波警報発令まで3分かかっている。津波を意識した避難の意向を持ちつつも津波に関する情報を待ち続けた住民が多数いたことが既往研究でも指摘されており、過剰に情報に依存しない意志決定が必要であるとしている。

このように地震発生から津波警報・注意報発令までの数分の空白時間をなくし、より迅速な避難行動につなげるためには、気象庁の正式な津波警報・注意報が発令される前に、何らかの情報を住民に与えて注意を促すことが必要であると考えられる。そこで、我が国で最も早く発せられる地震情報である緊急地震速報の情報を活用出来れば、より早く津波に対する警戒を促すことが出来ると考えられる。緊急地震速報では、震源(地震発生場所と深さ)とマグニチュードが発表されるため、震源の深さおよびマグニチュードと津波発生の関係式を用いれば、津波の可能性について知らせることが可能である。これにより、津波来襲までのクリアランスタイムを最大減に活用し迅速な避難と被害軽減につなげることができると考えられる。

そこで、緊急地震速報を導入している医療機関等で活用されることを想定した津波注意喚起システムを開発した。

### (3) リスク対効果の定量的評価

事前広域避難における要援護者のリスクは、図1のように整理できる。これらはトレードオフの関係にある。たとえば移動用車両を多数準備すれば、被災地から要援護者は速

やかに搬送されるが、受け入れ先を分散させなければ受け入れ先医療機関や施設が混乱するだけである。受け入れ先を分散させれば、遠方への長時間搬送が必要になり、要援護者への負担や避難途上で被災するリスクが高くなる。搬送活動のシミュレーションモデルを構築して、どのリスクがどの程度軽減されるのか、どのくらいのクリアランスタイムの確保を期待できるのか、可能な限り定量的な指標を用いて議論することを目指す。



図1 傷病者搬送に関わるリスク

#### 4. 研究成果

##### (1) 海外学術調査における EVACUATION の現状把握

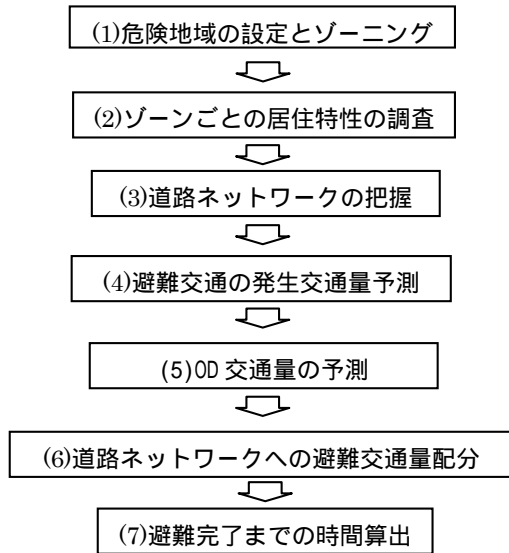


図2 事前広域避難計画策定のためのフロー (参考文献 TRANSPORTATION RESEARCH BOARD of The National Academic(2009), Transportation's Role in Emergency Evacuation and Reentry, Synthesis 392.) P.12 より筆者作図)

基本的には、図2に示されるように、外力の想定による危険地域の設定から道路ネットワークの配置と交通量の配分といった、一般に道路の需要予測等で用いられる方法と同じ流れに沿って計画される。要援護者等については、医療的な配慮が必要な方以外にも、たとえば、クルマを持っていない、英語が話せない、といった市民まで、幅広く定義をして対応を考えているのが特徴的である。

##### (2) 津波災害に対するクリアランスタイムの

#### 設定・評価

開発したシステムの概要を図3に示す。気象業務支援センターより、緊急地震速報が配信業者に送られる。緊急地震速報には、震央位置、マグニチュード、震源の深さ、海域・陸域のフラグが含まれており、これらの情報を用いて配信業者のサーバーで津波発生の可能性を演算する。緊急地震速報は、地震観測データの数が増え、震源位置やマグニチュードの計算結果が変わる(基本的には精度がよくなる)たびに、第1報、第2報と情報が更新される。本システムの演算では、各報に対して逐次津波発生の可能性の計算を実施している。津波発生の可能性のない小さな地震では、震度と猶予時間のみが提供され、津波発生の可能性がある地震では、震度と猶予時間に加え、津波発生の可能性の情報を提供出来るようにした。

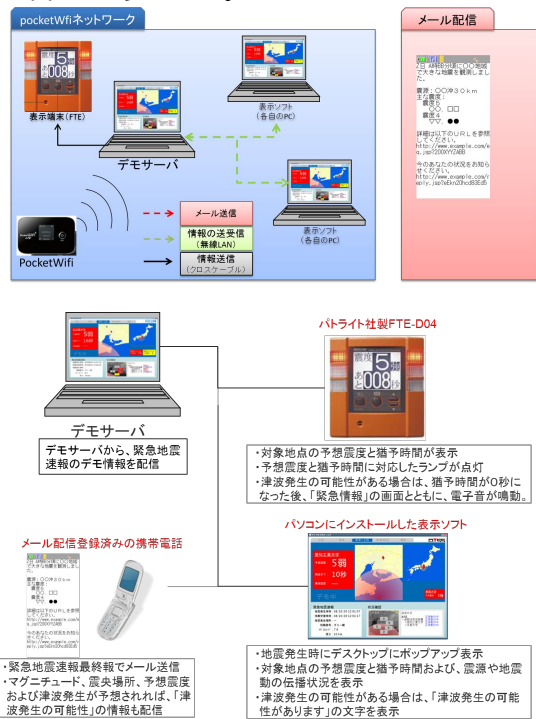


図3 津波注意喚起システムの概要

##### (3) リスク対効果の定量的評価

開発した津波注意喚起施設システムによって、図4のように津波到達までの猶予時間におけるリスク認知が改善され、迅速な避難につながるものと仮定して、医療機関への搬送や多数来院者による負担軽減がどのように現れるかシミュレーションを行った。

対象地域は愛知県知多半島地域、被害想定は内閣府による南海トラフ地震想定とした。傷病者は出来るだけ近い病院を目指すものとして、距離を医療機関選択のパラメータと考え、予想される傷病者の比率と医療機関の規模(ベッド数)との相対的な比較を行った。

その結果、北部に比較的大規模な医療機関が立地していることから、地震や津波被害の大きい南部の医療機関への負担が大きくなると考えられる。津波による逃げ遅れの死傷

者を半数程度に低減しても、地震による傷病者が多いことから全体のバランスは大きくは変わらず、南部から北部への搬送路等の重要になると考えられた。また、津波による搬送ルート途絶は、すべての医療機関に対しての搬送距離が長くなるため、大きく医療機関への集中のバランスを変えるものとはならなかった。津波による被災可能性のほばない半島中央を知多半島道路が縦断しており、ネットワークが途絶して孤立・限定された医療機関へ傷病者が集中する可能性は少ないものを思われた。

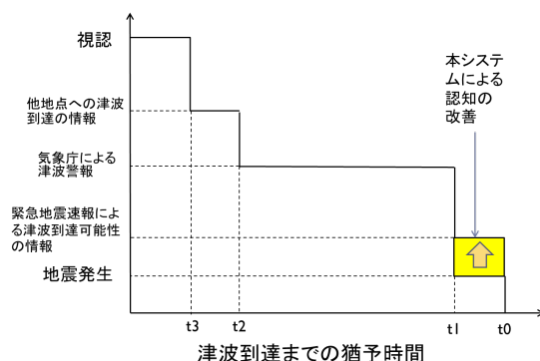


図4 リスク認知の改善効果の設定

以上の通り、巨大災害時におけるクリアランスタイムにおける避難と、その後の傷病者搬送に与える影響の可能性について考察した。今後の課題としては

- ・様々な災害に対する情報技術の革新と不確実性を考慮したクリアランスタイム設定の方法
  - ・リスク認知がクリアランスタイム有効利用の程度に及ぼす影響
  - ・より具体的な医療機関・福祉施設での対応方法の検討
- などがあげられる。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計4件)

小池則満、試乗前後における一般市民のヘリコプターに対する意識変化、日本航空医療学会誌、査読有(調査報告) Vol.14. No.1、2013、21-25

Susumu Kurahashi, Norimitsu Koike、Tsunami-generation warning system using earthquake early warning、Journal of Geomate、査読有、Vol.9. No.2 2015、1472-1476

Norimitsu koike, Susumu Kurahashi、Evaluation model of medical transport with tsunami early warning system、Journal of Geomate、査読有、Vol.9. No.2 2015、

1447-1453

廣内大助、活断層地震災害にどう備えるか - 活断層情報とその活用、地学教育と科学運動、査読有、72巻、2014、79-82

〔学会発表〕(計1件)

小池則満、倉橋奨、廣内大助、緊急地震速報による津波注意喚起システムの開発、地域安全学会、2013

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕  
出願状況(計0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況(計0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等  
<http://aitech.ac.jp/~i-p/>

#### 6. 研究組織

(1)研究代表者  
小池則満(KOIKE Norimitsu)  
愛知工業大学都市環境学科・准教授  
研究者番号：50293741

(2)研究分担者  
廣内大助(HIROUCHI Daisuke)  
信州大学教育学部・教授  
研究者番号：50424916

倉橋奨(KURAHASHI Susumu)  
愛知工業大学地域防災研究センター・客員講師  
研究者番号：60510899

(3)連携研究者  
なし