

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 15 日現在

機関番号：14601
 研究種目：若手研究(B)
 研究期間：2010 ～ 2012
 課題番号：22710152
 研究課題名（和文）
 ヘリコプター救急のための最適配備計画に関する研究
 研究課題名（英文）
 A study on location planning models for helicopter emergency medical service systems
 研究代表者
 古田 壮宏 (FURUTA TAKEHIRO)
 奈良教育大学・教育学部・准教授
 研究者番号：60453825

研究成果の概要（和文）：

本研究では、ヘリコプター救急の効率的な運用を実現するために、ヘリコプターの配備場所および臨時ヘリポートの整備場所を求める最適配置モデルを複数の観点から構築した。また、それらのモデルと各種データに基づき、地域特性が救急システムに与える影響を分析した。さらに、より大規模な対象地域にも適用可能とするために、高速な解法の開発を行った。これらの成果を踏まえて、地理情報システム上で操作・分析できるようにするための機能要件やシステム実現上の課題について検討した。

研究成果の概要（英文）：

The objective of this research is to develop mathematical models for helicopter emergency medical service systems. Our models decide the optimal locations of helicopter stations and rendezvous points between ambulances and helicopters. Our models were applied to analyzing optimal their locations using the actual population and geographical data. We also developed an effective method to solve our model. We discussed requirements to implement our models on geographical information systems.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	700,000	210,000	910,000
2011 年度	600,000	180,000	780,000
2012 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	1,800,000	540,000	2,340,000

研究分野：オペレーションズ・リサーチ

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学

キーワード：オペレーションズ・リサーチ，最適配置，救急システム，都市計画

1. 研究開始当初の背景

本研究では、ヘリコプターを利用した救急活動を対象とする。救急活動において、救急救命士や医師が救急現場に早期に到着することは、傷病者の救命率に大きく影響する。このため、搬送時間の短縮などを目的とする

救急車の最適配備計画については、オペレーションズ・リサーチや都市計画の手法を用いた研究が数多く行われており、米国では多くの都市がこれらの成果を実際に応用するようになっている。これに対し、ヘリコプター救急に関する研究は、同乗医師等の病院内の

問題を扱ったものが多く、救急搬送の効率化のための最適配備計画に関する研究はおこなわれていない。

ヘリコプターの利用が法律上の救急業務として認められた 1998 年以降、ヘリコプターの出動件数は年々増加している。この需要の増加に対応するためには、ヘリコプターの導入や常時利用可能なヘリポートの整備といった環境整備および、救命効果の高い効率的な運用が必要である。これには、救急活動を都市空間内における活動と捉えたオペレーションズ・リサーチや都市計画からのアプローチが有効である。

2. 研究の目的

本研究の目的は、消防・医療関係者の意見と実データに基づいた実用的なヘリコプターの配備計画モデルおよびヘリポートの整備計画モデルの開発である。さらに、実務者でも計画の評価・策定を可能とするために、その成果の GIS (地理情報システム) 上での実現・公開を目指す。

具体的には、以下の 3 つの課題を解決する。

- (1) ヘリコプター救急の配備に関する分析と評価モデルの構築
 - ・ 救急出場データに基づくヘリコプター利用の現状分析
 - ・ ヘリコプターの待機場所とヘリポートの場所が現場到着時間・搬送時間などに与える影響の分析
 - ・ ヘリコプターの配備およびヘリポートの配置の評価方法の確立
- (2) ヘリコプターの最適配備計画とヘリポートの最適整備計画の策定方法の開発
 - ・ ヘリコプターとヘリポートの相互の配置の影響を考慮したヘリコプターの最適配備モデルとヘリポートの最適整備モデルの構築
 - ・ 実都市を対象とした現実的な規模の問題に対応できる実用的な算法の開発
- (3) GIS 上での実現
 - ・ 1. と 2. の成果を元に、自治体や医療関係者にも利用できるヘリコプターの配備計画とヘリポートの整備計画の評価および計画策定システムの試作, GIS 上で実装。

3. 研究の方法

本研究の研究期間は 3 年であり、研究目的に挙げた 3 つの課題を各年度で順に進めていく。つまり、1 年目にヘリコプター救急の配備に関する分析と評価モデルを構築し、2 年目にはヘリコプターの最適配備計画とヘリポートの最適整備計画の策定方法の開発、3 年目にこれらの成果をまとめ GIS 上での実現を行う。研究方法の概要は以下の通りであ

る。

- (1) 実データの統計分析
- (2) PC 上に実現した仮想的な都市モデルにおけるシミュレーション
- (3) 最適配備計画の数理計画法によるモデル化および商用数理計画ソフトウェアを用いた分析
- (4) 大規模データに対して最適配備を計算するための高速な算法の開発
- (5) 商用 GIS 上における実務者に利用可能なシステムの試作

全体を通して、数理モデルでの検討と従来から協力関係にある消防関係者との実務上の検討とを繰り返すことで、より実用的な計画の策定方法を構築する。

4. 研究成果

まず基礎分析として、愛知県瀬戸市および東京都の救急出動に関する分析を行った。愛知県瀬戸市を対象に救急車の配備場所および配備台数の変化が救急システムのサービスに与える影響を分析した。また、東京都 23 区の約 40 万件の年間救急出動データを分析し、それを基に救急車の再配備計画モデルを構築した。

次にヘリコプターの待機場所とヘリポートの場所が現場到着時間・搬送時間などに与える影響を分析し、それらの最適配置に関する効率性や公平性などの複数の指標による基礎的なモデルを構築した。公共サービスである救急サービスを考える上で、公平性は重要な評価指標である。その一方で、ヘリコプターの利用には救急車と比較し多くのコストを要する。昨今の財政状況を考慮すると限られた資源の中で多くの成果を得るための効率性の追求も不可欠であり、この観点からの評価指標についても整理した。これらを基に、愛知県および関東の実際の人口および地理データを用いて分析を行い、それぞれのモデルによる配備および整備場所の違いおよびヘリコプターによるサービスを受けられる地域とその搬送時間などの分析を行った。

ヘリコプターの最適配備計画とヘリポートの最適整備計画の策定方法の開発を行った。ヘリコプターによる救急搬送は一般の救急搬送と異なり、複数の施設の立地場所が搬送時間に大きな影響を与えることから、これを分析し論文としてまとめた。また、この分析結果は国際会議や日本のヘリコプター救急に関係する医療関係者の集まる会議 (第 18 回日本航空医療学会総会) にて発表議論を行った。

この結果を基に、ヘリコプターを利用した救急活動の一形態であるドクターヘリを対象とした最適配置モデルを提案した。単に搬送時間のみを考慮するのではなく、その時間に対して非線形な救命率を考慮した配置モ

デルを提案し、千葉県の人口・地理データに適用した。

作成した最適配置モデルを現実の都市におけるデータに適用するために、開発したモデルを基に、高速な解法の開発を行った。また、開発した解法を利用して提案モデルによる配備場所がシステム全体に与える影響を分析した。これらに基づき、今後の整備計画のための指針を検討した。その際には、各地域における特性を考慮した分析を行い、モデルおよび解法の修正を行った。なお、ヘリコプター救急の地域特性の分析にあたって、より実データの多い救急車システムの分析を行い、これを参考にした。この救急車システムの分析結果についても、学会発表を行い、論文としてまとめた。最後に、オペレーションズ・リサーチの専門家でない実務家が、地理情報システム上で、操作・分析できるようにするための機能要件やシステム実現上の課題について検討した。

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7件)

1. Takehiro Furuta and Ken-ichi Tanaka, Minisum and maximax location models for helicopter emergency medical service system, Journal of Operations Research Society of Japan, 査読有, 56, 2013, to appear.
2. Hozumi Morohosi and Takehiro Furuta, Hypercube simulation for large scale ambulance system, 査読有, Proceedings of Winter Simulation Conference 2012, なし, 2012, 8p.
3. 古田壮宏, 田中健一, 出動基準や孤立地域がヘリコプターを利用した救急搬送システムの最適配置計画に与える影響の分析, 日本オペレーションズ・リサーチ学会和文論文誌, 査読有, 54, 2011, 109-124.
4. 古田壮宏, 田中健一, ドクターヘリシステムのための平均救命率最大化型最適配置モデル, 日本都市計画学会 都市計画論文集, 査読有, 46, 2011, 823-828.
5. 稲川敬介, 古田壮宏, 鈴木敦夫, 2市の救急業務広域化におけるシミュレーションを用いた効果の試算, 日本都市計画学会 都市計画論文集, 査読有, 45, 2010, 619-624.
6. Keisuke Inakawa, Takehiro Furuta, Atsuo Suzuki, Effect of ambulance station locations and number of ambulances to the quality of the emergency service, Operations Research and Its Applications, Lecture Notes in Operations Research, 査読有, 12, 2010, 340-347.
7. Takehiro Furuta and Ken-ichi Tanaka, A maximal covering model for helicopter emergency medical systems, Operations Research and Its Applications, Lecture Notes in Operations Research, 査読有, 12, 2010, 324-331.

[学会発表] (計9件)

1. Takehiro Furuta, Keisuke Inakawa, and Atsuo Suzuki, A new iterative method for the ambulance location problem using the vector assignment p-median problem and the Markov chain model, Operations Research 2012 (International annual conference of the German OR Society), 2012年9月6日, Leibniz University (Hannover, Germany).
2. Takehiro Furuta and Hozumi Morohosi, Evaluation of Spatial Mismatch of Ambulance Service in Tokyo, International Symposium on Locational Decisions (ISOLDE XII), 2012年07月23日, Hotel Granvia Kyoto (Kyoto).
3. 古田壮宏, 田中健一, 数理最適化手法による救急ヘリのためのヘリポート整備計画の検討, 第18回日本航空医療学会総会, 2011年11月18日, 長崎ブリックホール
4. 古田壮宏, 諸星穂積, 空間的な需給バランスを考慮した救急車再配備計画モデルの提案, 日本オペレーションズ・リサーチ学会 2011年秋季研究発表会, 2011年9月16日, 兵庫, 甲南大学.
5. Takehiro Furuta and Ken-ichi TANAKA, Optimization of helipad locations for helicopter emergency medical systems focusing on J-turn flights, International Conference on Operational Research, OR2011, 2011年8月31日, Zurich, University of Zurich.
6. Takehiro Furuta and Hozumi Morohosi, Applying Covering Models to Ambulance System of Metropolitan Area in Japan, INFORMS Healthcare 2011, 2011年6月22日, Montreal, Canada.
7. Takehiro Furuta and Ken-ichi Tanaka, A minimax approach to EMS-Helicopter station and heliport location problems, INFORMS 2010 Annual Meeting, 2010年11月10日, Austin USA.
8. 古田壮宏, 田中健一, 効率的なドクターヘリシステム構築のための最適配置モデル

ル, 日本オペレーションズ・リサーチ学会秋季研究発表会, 2010年9月16日, 福島県・コラッセふくしま.

9. Takehiro Furuta and Ken-ichi Tanaka, Location models for helicopter emergency medical service system, THE EURO Working Group on Locational Analysis XVIII, 2010年4月28日, Naples, Italy.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

古田 壮宏 (FURUTA TAKEHIRO)
奈良教育大学・教育学部・准教授
研究者番号: 60453825