

救急救命搬送システム評価方法の検討

片岡 源宗¹・吉井 稔雄²・二神 透³・大口 敬⁴

¹正会員 愛媛大学客員研究員 工学部環境建設工学科 (〒790-8577 愛媛県松山市文京町3番)
E-mail:kataoka@cee.ehime-u.ac.jp

²正会員 愛媛大学大学院教授 理工学研究科 (〒790-8577 愛媛県松山市文京町3番)

³正会員 愛媛大学准教授 防災情報研究センター (〒790-8577 愛媛県松山市文京町3番)

⁴フェロー 東京大学教授 生産技術研究所 (〒153-8505 東京都目黒区駒場4-6-1)

救急搬送システムは傷病者を速やかに医療機関へ搬送する行政サービスであるが、今後総人口が減少するにも関わらず、老年人口の増加によって需要の増加が予測されている。一方、税収を支える生産年齢人口が減少すると予測されており、サービスレベルの確保と効率化と言う相反する社会変化に対応する必要がある。そこで本研究では、将来を見据え、救急搬送システムが必要なサービスレベルを保ち、かつ効率的運用の実現を目的としている。本稿では、救急救命搬送システム評価方法を確立するため、まず評価方法の流れを示した。そして基本特性の分析を行った結果、1時間当たりの出動件数や、搬送要請があった際の出動中救急車台数は、概ねポアソン分布に適合する等の知見が得られた。

Key Words : *emergency life-saving transfer, evaluation method, population decline, demand increment*

1. はじめに

人々が安全・安心に暮らすために欠かすことの出来ない社会システムの一つとして、救急車が傷病者を医療機関へ搬送する救急救命搬送システム（以後「救急搬送システム」とする）が挙げられる。救急搬送システムは、消防法¹⁾で定められた行政サービスであるが、今後二つの社会変化に対応する必要があると考えられる。一点目は需要増加の対応である。総務省消防庁は消防白書²⁾に「高齢化の進展等により救急需要は今後ますます増大する可能性が高いことが示されており、救急搬送時間の遅延を防ぐための更なる対策を検討する必要がある。」と明記しており、需要増加の対応は日本における重要な課題の一つと言える。二点目は、日本の総人口の減少と、人口構造の変化への対応である。国立社会保障・人口問題研究所³⁾による推計では、今後も総人口は減少するとの予測がされている。また総人口の内高齢者が占める割合は増加する一方で、年少人口及び生産年齢人口の割合は減少するとの予測がされている。この二つの人口に関する変化は、行政の全体予算の縮小に繋がるものである。以上の社会変化に対応するため、救急搬送システムの実態を把握し、救急搬送システムの運営及び管理の最適化を図ることが急務と考えられる。

将来の人口変化や需要増加に対応した救急搬送システ

ム評価に関する既往研究は、個別の課題に焦点を当てた研究は行われているが、全体を俯瞰した研究は見当たらない。そこで本研究グループでは、救急搬送システムの社会変化への対応を目的に、救急救命搬送システム評価方法の構築を目標とし、研究を行っている。今日までに救急搬送要請に関する実態を分析⁴⁾し、また救急搬送時間に関する実態分析⁵⁾について報告している。

本稿では、救急救命搬送システム評価方法を確立するため、まず評価方法の流れを示す。そして適当な評価方法を検討するため、特性分析を行う。

2. 評価方法の検討

(1) 使用データの概要

本研究は、愛媛県松山市をケーススタディ地としている。本研究で使用している救急搬送データは、松山市消防局に提供頂いた出動記録である。2007～2012年の6年間(2,192日)で、不適切要請等の理由で救急搬送が行われなかった場合やデータ欠損、さらには特異なデータである疾病分類の「不明瞭」または傷病程度「その他」の41件を除き、117,058件の搬送データである。データは、搬送記録毎に、発生年月日、出動車両コード、出動場所コード、各事象時刻、患者年齢、疾病分類(不明瞭を除き9分類)、傷病程度(その他を除き5段階)等の項目がある。

本稿では、各事象時刻を基に各所要時間を算定した。これらの関係を図-1に記す。

松山市内には、支所や出張所を含め11箇所の消防署に計14台の救急車が配備されている。また松山市の救急搬送システムの大きな特徴として、病院群輪番制（以後「輪番」とする）が導入されていることが挙げられる。松山市⁹⁾の輪番は、二次救急医療機関として全ての傷病者を対象としている。参加病院は14あり、8つのグループに分かれ、8日に1日当番を務めている。

(2) 評価方法の枠組み

本研究で考える評価方法の流れは図-2のとおりである。需要予測は、次の要項を考慮し、取り扱うことが重要と考えられる。

- ・ 要請の詳細な内容：いつ、どこで、誰が、どのような症状。
- ・ 搬送要請件数とその間隔。

収容所要時間は、需要予測結果に基づき、各所要時間の算定を行うが、他の救急搬送要請の影響を取り扱う必要があり、次の項目が重要と考えられる。

- ・ 最寄りの空き救急車が対応する。他の案件に対応中の救急車は対応不可。ただし直行は可能。
- ・ 搬送医療機関の選択。傷病者の症状と診療科目や病院レベル（一～三次救急病院）の関係、現場と医療機関の位置関係、受入機関の容量を考慮。

最後に救命効果・費用算定は、所要時間算定結果に基づき、救命効果の算定を行う。また救急車側や医療機関側の必要費用の算定を行い、費用対効果評価を行う。

3. 特性分析

(1) 時間搬送件数

搬送要請の間隔を把握するため、時間帯毎の時間搬送件数の特性を分析する。ここで用いる時間は覚知時刻である。

表-1は1時間当りで集計した搬送件数の主な基本統計値であるが、最多搬送件数は12件と確認出来、データ期間中には、14台全ての救急車が出動した状況は無かった。

各搬送要請が独立であれば、時間帯毎にポアソン分布に適合していると考えられるため、 χ^2 検定にてポアソン分布との適合性を検定した。検定にあたっては、時間帯当たりの搬送件数が多い水準ではサンプル数が十分でないため、単独で50サンプル未満の水準は1つのグループとした。そのため時間帯によって自由度が異なる。なお0～3件は全ての時間帯において50サンプル以上である。

χ^2 検定の結果を表-2に記す。24の時間帯の内、6時台等の5つの時間帯で有意差があったが、それ以外の19の時間帯はポアソン分布に適合しており、概ねポアソン分

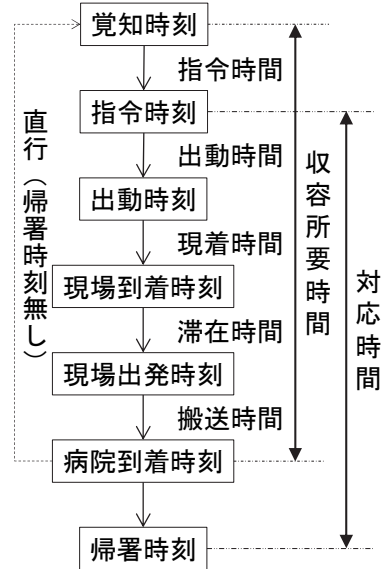


図-1 各事象時刻と各所要時間の関係

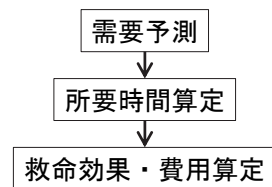


図-2 評価方法の流れ

表-1 1時間当たりの搬送件数の基本統計値

合計	117,058 件
平均	2.23 件/時
最大	12 件/時
最小	0 件/時

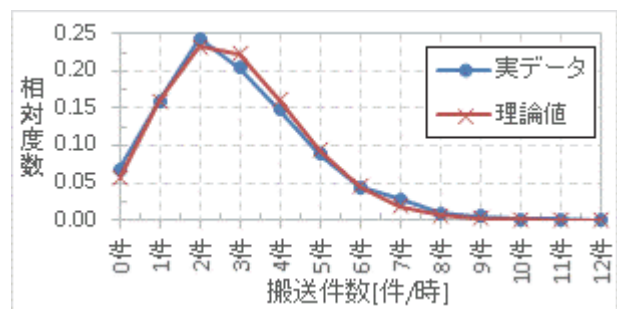


図-3 8時台の搬送件数の実データとポアソン分布の関係

布に適合していると言える。図-3は χ^2 値が最も大きな値である8時台の実データとポアソン分布の理論値を図化したものである。

(2) 覚知時点における出動中救急車台数

ある救急搬送が覚知した時点で、出動中の救急車が何台であったか、その影響を分析する。救急搬送特性の一つとして、現場に最も早く到着出来る最寄りの消防署から救急車が出動する。しかし1台の救急車は、同時に複

表-2 時間帯別の1時間当たりの搬送件数の χ^2 検定結果

時間帯 [時台]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
自由度	6	5	5	4	4	4	5	6	8	8	8	7
χ^2	7.3	0.8	1.9	2.6	4.6	1.1	16.7**	5.7	32.8**	5.3	8.0	8.7
時間帯	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
自由度	8	7	7	7	7	7	8	7	7	7	6	6
χ^2	16.8*	10.3	3.9	10.6	1.9	15.4*	2.6	14.9*	13.3	9.6	10.2	9.1

*5%有意, **1%有意

表-4 時間帯別の出動中救急車台数の χ^2 検定結果

時間帯 [時台]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
自由度	5	5	4	4	4	4	5	6	8	8	8	8
χ^2	8.3	2.1	5.3	1.4	1.0	6.2	6.8	11.5	69.4**	22.6**	4.6	5.3
時間帯	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
自由度	8	8	8	8	8	8	9	8	8	7	7	6
χ^2	11.1	4.3	12.8	8.4	5.9	4.4	17.8*	12.7	7.6	14.4*	15.0*	10.1

*5%有意, **1%有意

数の搬送要請に対応することは不可能なため、最寄りの救急車が出動中の場合は、2番目に近い救急車が出動することとなる。出動順位が低くなるにつれ、消防署から現場までの距離が長くなり、到着時間、そして収容所要時間や対応時間が増加すると考えられる。そこで本稿では、ある搬送要請があった際の出動中救急車台数の関係について分析する。また出動中救急車台数が各所要時間に影響を及ぼすかについても分析する。

a) 出動中救急車台数の特性

松山市では計 14 台の救急車が配備されているため、出動中救急車台数は 0~14 台となる。表-3 は主な基本統計値であるが、最大値が 11 台であることから、瞬間的には 14 台中 12 台の救急車が出動中であったことが読み取れる。また表-1 の結果と同様の結果であるが、その理由として、平均対応時間は 52.7 分と 1 時間に近く、偶然ほぼ同じ値になったと考えられる。なお対応時間のバラつきは図-4 のとおりである。

搬送要請時の出動中救急車台数は、救急搬送要請と同様に、ポアソン分布に適合すると考えられる。表-4 は時間帯別に、出動中救急車台数発生頻度がポアソン分布に適合しているか χ^2 検定した結果である。なお基本的な手順は搬送件数と同様である。

結果より、24 の時間帯の内、8 時台等の 5 つの時間帯で有意差があったが、残りの 19 の時間帯はポアソン分布に適合していることが判明した。この結果より、概ねポアソン分布に適合していると言える。なお図-5 は χ^2 値が最も大きな 8 時台を図化したものである。

表-3 出動中救急車台数の基本統計値

合計	117,058 件
平均	2.24 台
最大	11 台
最小	0 台

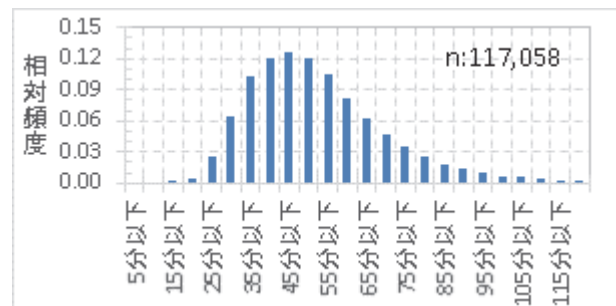


図-4 対応時間の相対頻度

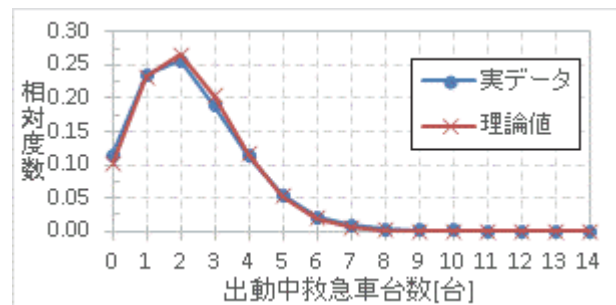


図-5 8時台の出動中救急車台数とポアソン分布の関係

b) 出動中救急車台数の各所要時間への影響

出動中救急車台数は時間帯によって分布形状が異なる

ため、ここでは道路交通センサスの12時間交通量の基準を援用し、7~18時台を昼間、19~6時台を夜間とした2つの時間帯で各所要時間への影響を分析する。なお各水準でサンプル数100を確保するため、昼間は8台まで、夜間は7台までにて分析を行う。

図-6は出動中救急車台数と平均指令時間の関係を図化したものである。結果より、出動中救急車台数は指令時間に影響を及ぼさないと考えられる。

図-7は出動中救急車台数と平均出動時間の関係を図化したものである。結果より、昼夜間共に出動中救急車台数と平均出動時間は反比例関係にあり、その影響は夜間の方が大きいことが読み取れる。この理由としては、図-8に記す様に、深夜の時間帯は搬送件数が少ない。このような時間帯には救急隊員が仮眠を取ることもあり、夜間の時間帯内での待機状況の差、つまり出動中救急車台数ではなく、より詳細な時間帯の影響によって、30秒程度の差が生じていることが、考えられる理由として挙げられる。

図-9は出動中救急車台数と平均到着時間の関係を図化したものである。結果より、昼夜間共に出動中救急車台数と平均到着時間は比例関係にあることが確認出来る。この要因としては、出動中救急車台数が増えるにしたがって、最寄りの救急車が出動出来ない確率が高くなる。確率が高くなることで、図-10に記すように出動消防署と現場の距離である現場距離が長くなり、平均到着時間も増加していると考えられる。

図-11は出動中救急車台数と平均滞在時間の関係を図

化したものである。結果より、昼夜間共に変動は10秒程度であり、出動中救急車台数は平均滞在時間に影響を及ぼさない可能性が高いと考えられる。

図-12は出動中救急車台数と平均搬送時間の関係を図化したものである。結果より、昼間では4台までは横ば

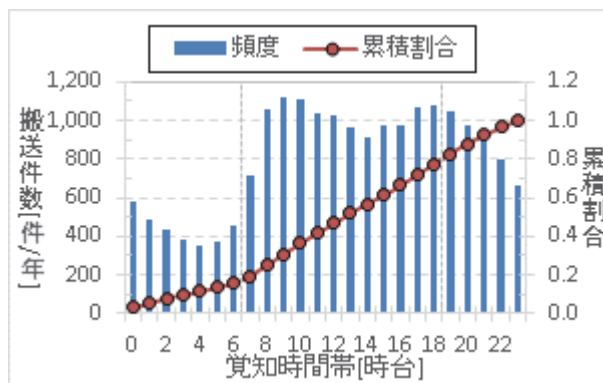


図-8 時間帯別の搬送件数

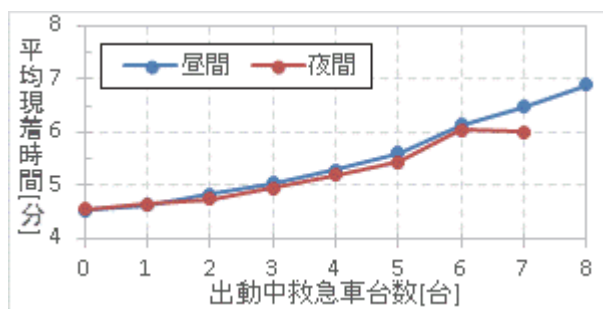


図-9 昼夜間別の出動中救急車台数と平均到着時間の関係

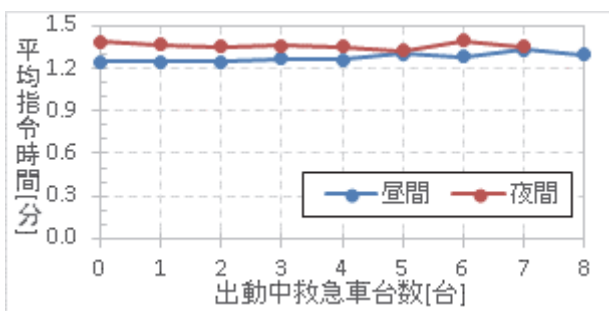


図-6 昼夜間別の出動中救急車台数と平均指令時間の関係

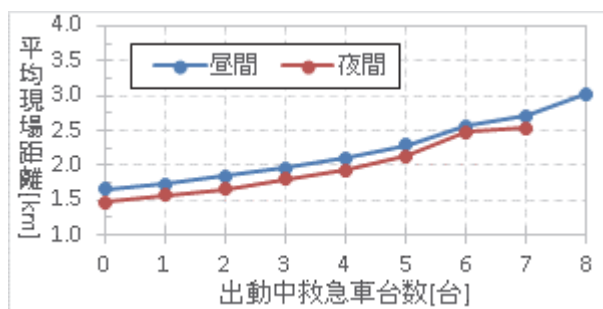


図-10 出動中救急車台数と平均現場距離の関係

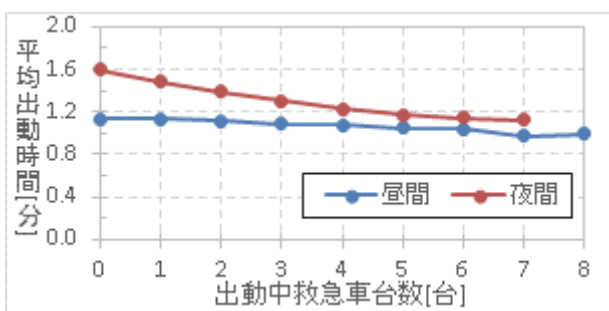


図-7 昼夜間別の出動中救急車台数と平均出動時間の関係

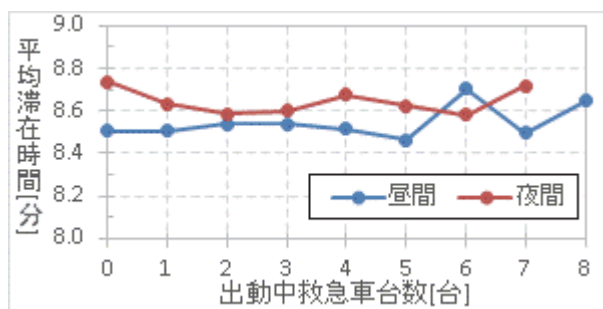


図-11 昼夜間別の出動中救急車台数と平均滞在時間の関係

いであるが、5 台以上では出動中救急車台数に比例し増加している、同様に夜間は 2 台まではほぼ横ばいであるが、3 台以上で比例関係になっている、更に夜間の方が大きな傾きであることが読み取れる。この要因として、現着時間と同様に、出動中救急車台数が増加することで走行距離が増加し、その結果所要時間が増加していることが挙げられる。図-13 は搬送先医療機関グループの割合の結果で、二次救急の輪番当番が大半を占めていることが読み取れる。次に図-14 及び図-15 は、出動中救急車台数別の平均病院距離の結果であるが、大半を占める輪番当番の平均病院距離は、昼間で 5 台以上で増加していることが読み取れる。夜間では、全ての搬送先グループで、出動中救急車台数に比例して距離が増加していることが読み取れ、図-12 の結果と一致する傾向と言える。なお搬送先医療機関グループについては、前述の通り、松山市では輪番が導入されているため、一～三次の病院レベルと、二次救急病院は輪番の当番または非当番の 4 つのグループに区別した。また図-14 及び図-15 では、各 100 サンプルが確保出来たもののみを対象とした。

図-16 は出動中救急車台数と平均帰署時間の関係を図化したものである。結果より、出動中救急車台数に比例して平均帰署時間も増加していることが読み取れる。この要因としては、現着時間及び搬送時間と同様に、走行距離の増加が挙げられる。また夜間より昼間の方が時間を要する理由は、交通状況が影響していると考えられる。

5. おわりに

本稿では、まず評価方法の流れを示した。そして適当な評価方法を検討するため、特性分析を行った。特性分析の結果、時間帯別に、出動件数と覚知時点の出動中救急車台数は概ねポアソン分布に適合していることを確認した。また各所要時間について分析を行い、現着時間、搬送時間、帰署時間では、出動中救急車台数が増加することで走行距離が増加し、距離の増加によって所要時間も増加していることを報告した。

今後は、まず簡単な評価方法として、待ち行列モデルを用いた評価を行う。また乱数を用いた数値計算を行い、

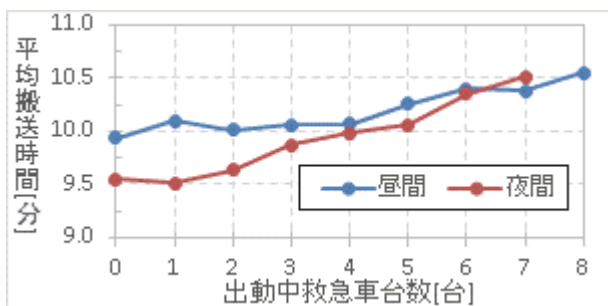


図-12 昼夜間別の出動中救急車台数と平均搬送時間の関係

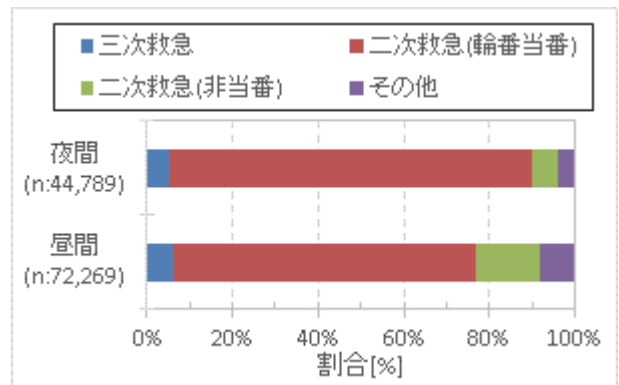


図-13 昼間の出動中救急車台数と搬送先医療機関グループの関係

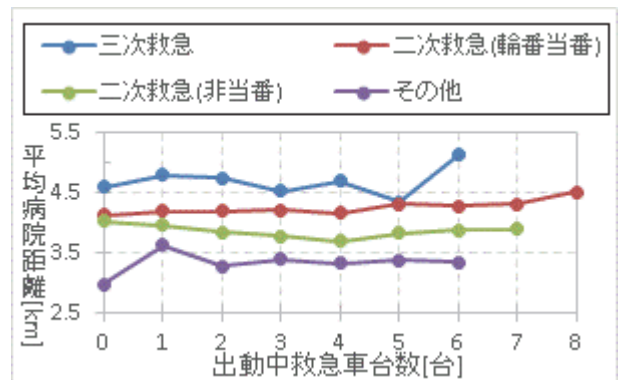


図-14 昼間の出動中救急車台数と平均病院距離の関係

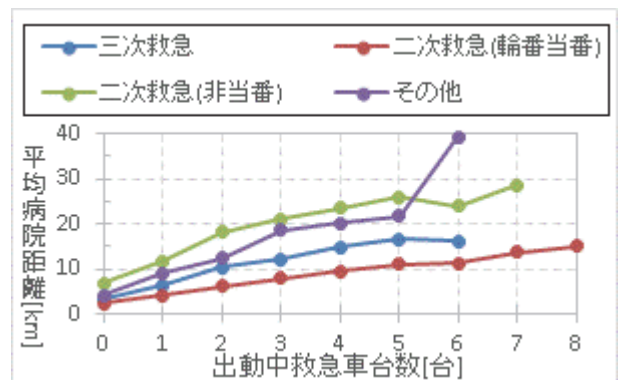


図-15 夜間の出動中救急車台数と平均病院距離の関係

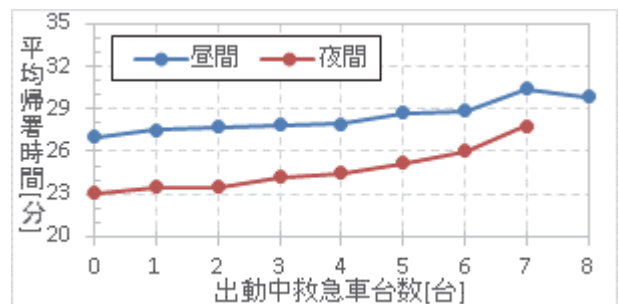


図-16 昼夜間別の出動中救急車台数と平均帰署時間の関係

より詳細な評価方法を構築する予定である。研究発表会では、これらの結果についても報告を行いたい。

謝辞：本稿では、松山市消防局より非常に貴重なデータの提供やコメントを頂きました。ここに記し、感謝を表します。

参考文献

- 1) 消防法：<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S23/S23HO186.html>(2014年7月23日回覧)
- 2) 総務省消防庁：平成25年度消防白書，pp175，2013.
- 3) 国立社会保障・人口問題研究所：日本の将来推計人口(平成24年1月推計)，2012.

- 4) 片岡源宗，吉井稔雄ほか：救急救命搬送要請頻度に関する分析，土木計画学研究・講演集，Vol.48，CD-ROM，2013.
- 5) 片岡源宗，吉井稔雄ほか：救急救命搬送サービス時間に関する研究，土木計画学研究・講演集，Vol.48，CD-ROM，2013.
- 6) 松山市：<http://www.city.matsuyama.ehime.jp/>(2014年7月23日回覧)

(2014.8.1受付)

RESEARCH OF EMERGENCY LIFE-SAVING TRANSFER EVALUATION METHOD

Motomune KATAOKA, Toshio YOSHII, Toru FUTAGAMI and Takashi OGUCHI