

長距離救急搬送プローブデータを用いた 舗装修繕による搬送時間短縮効果に関する基礎的研究

Study on shortening effect of transportation time by pavement repair
by using probe data of long-distance emergency transportation

室蘭工業大学工学部建築社会基盤系学科 ○学生会員 布広祥平(Shohei Nunohiro)
室蘭工業大学大学院工学研究科 正会員 浅田拓海(Takumi Asada)

1. はじめに

我が国では、高齢者の増加などから、救急出動件数が年々増えている¹⁾。傷病者の症状は、時間の経過により急激に変化するため、後遺障害の発生や救命の観点から搬送時間の最小化は重要な検討事項である。また、搬送時は患者の容態への配慮のため、舗装路面に起因する車両振動に注意しながらの運転が求められる。一方で、地方部では、高齢者の増加や医師の偏在などから搬送が長距離となるケースは少なくはない。さらには、道路舗装の老朽化などから、車両振動を生じさせる可能性がある箇所が数多く存在している。したがって、救急救命搬送という行政サービスの質を考える上では、搬送時間だけでなく、車両振動の要因となる路面損傷の影響を調べ、必要に応じて修繕を行うことが重要と考えられる。

救急車の走行挙動に関する研究は、交通分野で盛んに行われてきた。南部らは、金沢市の救急出動記録を用いて、三次救急搬送における走行時間信頼性を評価した²⁾。近年では、GPSデータや動画から、交差点や交通量が救急車の走行速度に与える影響を分析した研究もある³⁾。医療分野では、車両振動が患者に及ぼす影響について研究が行われている⁴⁾。しかしながら、路面に起因する車両振動と救急搬送の関係について分析した事例は極めて少ない。亀山らは、走行実験により救急隊員が運転時に注意を払う箇所を抽出し、寒冷地特有の低温ひび割れ（横断ひび割れ）をはじめとする舗装劣化が、減速を生じさせていることを明らかにしている⁵⁾。しかしながら、実際の救急搬送時における走行挙動データから、舗装損傷が搬送時間に及ぼす影響を定量的に分析し、さらに、舗装修繕による搬送時間の短縮効果を明らかにした事例は見受けられない。

本研究では、救急搬送時の移動軌跡データ（プローブデータ）および車載カメラで路面状態を撮影した動画データを用いて、搬送速度と舗装損傷の関係について分析する。さらに、路面損傷箇所を修繕した場合の到着時間を求め、舗装修繕による救急搬送時間の短縮効果について推計を試みる。

2. 調査の概要

本研究では、北海道の5地域における三次救急の長距離搬送を対象とし、各路線にて調査および分析を行う。対象路線の概要およびマップをそれぞれ表-1、図-1に示す。これらの路線にて、救急搬送プローブ調査および車載カメラによる路面撮影調査を実施した。

表-1 調査路線と分析区間の概要

路線名	調査路線 (救急搬送ルート)	分析区間の 距離
R40	枝幸消防署→D12→R40→名寄市各病院	82.1 km
R228	松前消防署→R228→函館市各病院	73.3 km
R236	広尾消防署→R236→帯広市各病院	61.9 km
R272	中標津消防署→R272→釧路市各病院	74.8 km
R391	弟子屈消防署→R391→釧路市各病院	65.5 km



図-1 調査路線と分析区間

2.1 救急搬送プローブデータ

各対象地域の消防署に依頼し、富士交通・道路データサービス社の「道路パトロール支援サービス」を利用して、救急車出動時のプローブデータを収集した。調査期間は、令和1年9月～令和2年6月である。このデータは、救急車両に設置したスマートフォンによりサンプリング周波数 10Hz で取得される搬送時の走行軌跡および走行速度などから構成される。

2.2 車載カメラによる路面撮影調査

著者らは、過去の研究において、市販のカメラと AI 技術を用いた低コスト・簡易な舗装点検システムを構築している⁹⁾。このシステムでは、図-2 に示すように、車載カメラを車両ボンネットに設置し、走行しながら前方路面の動画撮影が可能であり、位置情報も同時に取得できる。本研究では、道路の路面状態を撮影、把握するために、このシステムを用いて、各調査路線において路面撮影調査を実施した。調査は、上記の救急搬送ルートを対象とし、令和2年9～10月の期間に撮影を行った。カメラには、市販のアクションカメラ (GoPro Hero5) を採用し、カメラの内蔵 GPS により記録した撮影中の位置情報を解析することで、各フレームに紐付けた。

亀山らの研究では、低温ひび割れがある箇所では救急車の減速が生じることを明らかにしている⁹⁾。そこで、本研究では、調査で撮影された動画を見ながら、低温ひび割れ (図-3) がある箇所を記録し、その箇所数と搬送時の走行速度の関係について分析する。



図-2 路面撮影システム



図-3 低温ひび割れの例

3. 低温ひび割れが救急搬送に及ぼす影響

3.1 調査路線における救急搬送の基礎分析

まず、対象とする救急搬送ルートにおける出動件数や所要時間などについて分析した。なお、出動の度に幹線系道路に侵入する箇所および搬送先の病院が異なるため、救急搬送プローブデータを確認し、ほとんどの出動で通過する区間を抽出し、以降の分析対象とした。この分析区間の距離および位置については、表-1 および図-1 に示している。また、積雪や降雪の影響を考慮し、気象庁のデータを用いて、各出動日の救急搬送プローブデータを積雪や降雪の有無から積雪期・非積雪期に区分した。

積雪期と非積雪期の救急搬送件数を図-3 に示す。対象期間における搬送件数は、中標津消防署が最も多く、93件 (非積雪期47件、積雪期46件) であった。中標津消防では、積雪期の約4か月の間に46件の出動があり、およそ3日に1回のペースで、70km以上にも及ぶ長距離搬送が行われていることがわかる。

次に、分析区間における救急搬送時の所要時間の平均値と標準偏差を図-4 に示す。最も所要時間が長い地域は枝幸町であり、道道12号および国道40号線を通り、名寄市の病院までおよそ60分以上の搬送となる。積雪期と非積雪期で比較すると、すべての路線で所要時間の増加が見られるものの、R236とR40は変化が比較的小さいことがわかる。これは、分析区間内に高規格道路が整備されている区間があり、冬期の高い路面管理水準が救急車の安定した走行に影響を与えているものと推測される。本研究の目的は、舗装損傷の影響を分析する

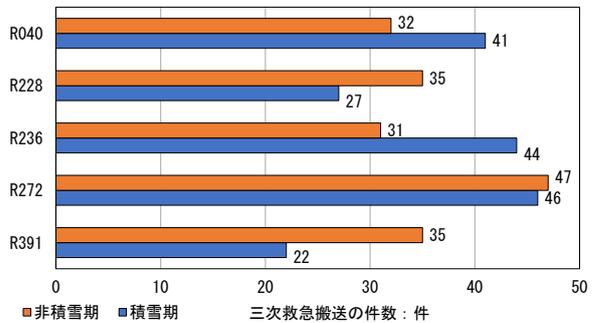


図-4 各消防署からの三次救急搬送の件数

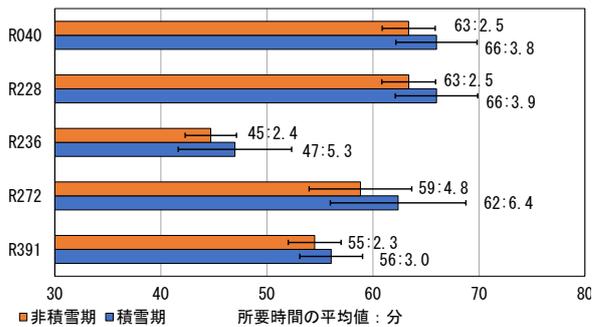


図-5 救急搬送所要時間の平均値と標準偏差

ことであり、積雪や降雪の影響については、今後、データを揃えた上で、より詳細に分析を行いたい。

3.2 低温ひび割れと救急搬送速度の関係

各路線の分析区間を1km毎に分割し、各出動データを用いて区間毎に救急搬送時の走行速度の平均値を求め、低温ひび割れ箇所数との関係について分析する。まず、両者のプロファイルを図-6に示す。なお、枝幸消防署から名寄市については、道道12号線のデータを除外し、R40のみを分析に用いる。対象路線では、1km区間内に20箇所以上も低温ひび割れが生じている区間が多く、特に、道東エリアの中標津町や弟子屈町から釧路市に向かうR272、R391では低温ひび割れを約60箇所通過する区間が存在している。これは、平均として約17mに1回低温ひび割れ箇所を通過し、例えば、走行速度が80km/hであれば約0.75秒間隔で振動が発生することとなる。図-6に示したように、このような低温ひび割れ箇所数が多い区間では、前後の区間よりも走行速度が低下していることがわかる。なお、R40の25km以降およびR236の20km以降は自動車専用道路（それぞれ、名寄美深道路、帯広広尾自動車道）であり、共用年数も短く、ひび割れを含む損傷はほとんどない。また、片側2車線であり、幅員も広いことから、それ以外の一般国道の区間より走行速度が速いことがわかる。このような高規格道路の建設による救急搬送時間の短縮効果は極めて大きいものと考えられる。ただし、本研究では、舗装の影響にフォーカスしていることから、道路種別の搬送時間の分析は、今後の課題としたい。

以上のように、低温ひび割れが多い区間において、救急車の走行速度が低下する傾向が確認された。次に、相関分析により、統計学的に走行速度への影響について分析した。なお、舗装以外の影響を可能な限り排除するため、以下のデータは除外した。

- ・積雪期のデータ
- ・一般国道以外のデータ
- ・交差点や横断歩道がある区間
- ・片側1車線かつ交通量が多い市街地周辺
- ・高規格幹線道路を通過する区間
- ・曲率の小さいカーブが存在する区間
- ・勾配がある山間部の区間

1km区間毎に求めた低温ひび割れ箇所数と救急車の走行速度平均値の関係を図-7に示す。全路線で、低温ひび割れ箇所数が増えると、走行速度が減少する傾向が見られた。相関係数は-0.2~-0.5程度であるが、低温ひび割れが救急車の速度低下に影響を及ぼしていることが示唆された。ただし、横断ひび割れ箇所数が少ないにも関わらず、走行速度が低い区間が幾つか見られた。低温ひび割れ以外の他にも、速度低下に影響を及ぼす要因が存在する可能性がある。また、その逆に、低温ひび割れ箇所が多いが、速度が速い区間もあり、これらのようなばらつきを含んだ結果となった。今後は、低温ひび割れ以外の他の舗装損傷や橋梁ジョイント部などを調べるとともに、道路線形、車線数や幅員、交通量、信号交差点などのデータを揃え、重回帰分析により偏回帰係数を求め、路面による影響をより詳しく分析したい。

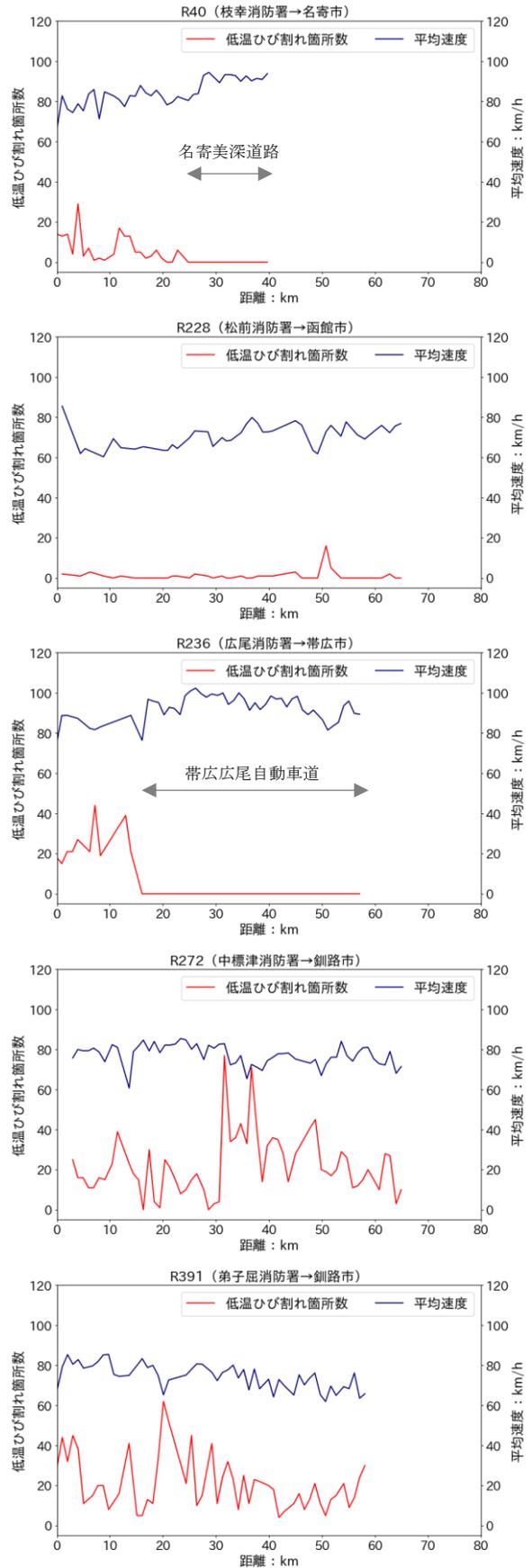


図-6 低温ひび割れ箇所数と救急車走行速度の推移

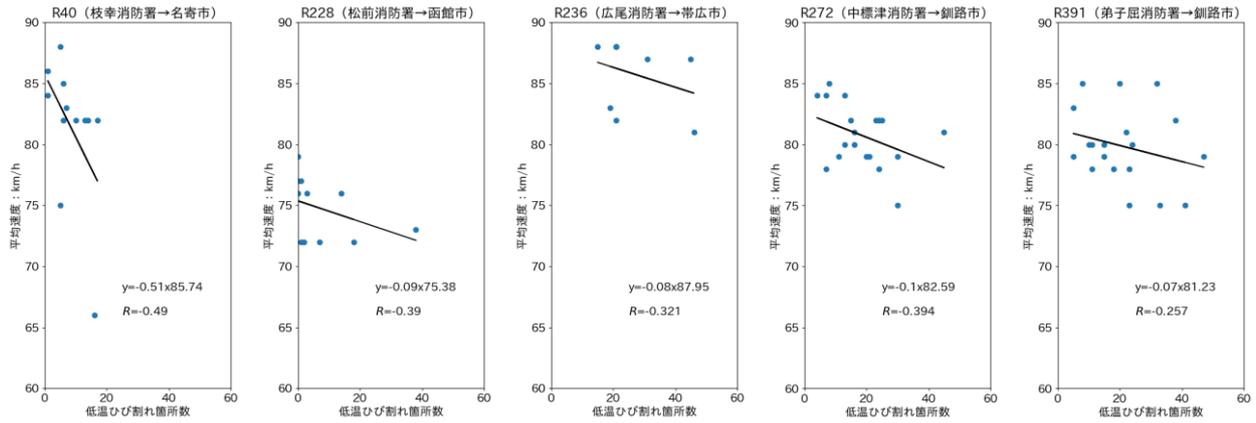


図-7 救急車走行速度と低温ひび割れ箇所数の関係

3.3 舗装修繕による救急搬送時間の短縮効果

次に、図-7 のデータを用いて、低温ひび割れを修繕した場合の救急搬送時間の短縮量について検討した。まず、路線毎に、低温ひび割れ箇所数が0~20本の範囲の中で、走行速度が最も大きい区間を理想的な路面状態と考え、その速度を「理想速度」とする。次に、舗装修繕により理想速度になると仮定し、対象区間（相関分析に用いた区間）毎に走行時間の短縮量を求め、分析区間の所要時間から差し引くことで修繕後の値を推計した。各路線の分析区間における舗装修繕前後の所要時間を図-8に示す。全ての路線で、舗装修繕後に所要時間が2~5分程度短縮していることがわかる。修繕すると仮定した区間の割合は、分析区間のおよそ15%程度であるが、このような部分的な修繕でも数分の短縮が可能となる。以上から、舗装修繕は、救急搬送時間の短縮、さらには、車両振動の低減につながることから、救急救命搬送サービスの質の向上に大きく貢献できると考えられる。

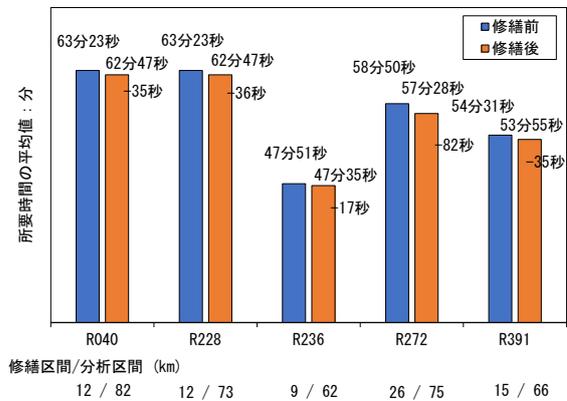


図-8 舗装修繕前後の救急搬送所要時間の比較

4. まとめ

本研究では、北海道の5地域における三次救急の長距離搬送を対象とし、実際の救急搬送データを用いて、舗装損傷が搬送時間に及ぼす影響を分析した。また、舗装修繕による搬送時間の短縮効果の推計を試みた。

各路線の分析区間において、1km区間の低温ひび割れ箇所数と、その区間での救急車の走行速度の関係を分析した結果、低温ひび割れ箇所が増えるにしたがって、走行速度が減少する傾向がみられた。ただし、低温ひび割れ箇所が少ないにも関わらず、走行速度が低い区間や、反対に低温ひび割れ箇所が多く、走行速度が高い区間が見られ、これらのばらつきを含む結果となった。

今後は、低温ひび割れのほかに救急車の走行低下に影響を与える要因を特定するとともに、道路線形、車線数や幅員、交通量、信号交差点などのデータを揃えた上で、重回帰分析により偏回帰係数を求め、舗装路面による影響をより詳細に分析したい。

謝辞：北海道科学大学の亀山修一教授には、救急搬送プローブデータの提供および撮影調査においてご協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 総務省消防庁：令和元年度消防白書、
<https://www.fdma.go.jp/publication/hakusho/r1/47787.html>（閲覧日：令和2年12月20日）
- 2) 高山純一，田中悠祐，中山晶一郎：救急車の走行時間信頼性からみた救急力評価に関する研究，土木計画学研究・論文集，Vol.19，No.2，pp.237-244，2002.
- 3) 薄井智貴，長野佑哉，山本俊行，森川高行：救急車プローブデータを活用した到達圏の把握と道路改善箇所の検討，土木学会論文集 D3（土木計画学），Vol.73，No.5，pp.I_673-682，2017.
- 4) 安田康晴，二宮伸治，諫山憲司，竹井豊：救急自動車の振動と防振架台の効果と対策，日臨救医誌，Vol.18，pp.5-14，2015.
- 5) 亀山修一，佐々木克典，郭慶煥，城本政一，川端伸一郎：救急車搬送の観点からの舗装路面の評価 土木学会論文集 E1（舗装工学），Vol.75，（舗装工学論文集第24巻），I_41-I_47，2019
- 6) 浅田拓海，居駒薫樹，長屋弘司，亀山修一：U-netによるひび割れスケッチを導入した簡易カメラ搭載型舗装点検の精度検証，土木学会論文集 E1（舗装工学），Vol.76，No.2，pp.I_123-I_131，2020.