

地方部の高速道路の供用による 救急医療活動への効果

小林 桂子¹・松戸 努²・折田 仁典³・角舘 清典⁴・石垣 進⁵

¹ 非会員 株式会社オリエンタルコンサルタンツ東北支店 (〒980-0811 仙台市青葉区一番町 4 丁目 6-1)

E-mail: kobayashi-kk@oriconsul.com

² 正会員 株式会社オリエンタルコンサルタンツ東北支店 (〒980-0811 仙台市青葉区一番町 4 丁目 6-1)

E-mail: matsudo@oriconsul.com

³ フェロー会員 秋田工業高等専門学校名誉教授 (〒011-8511 秋田市飯島文京町 1 番 1 号)

⁴ 非会員 国土交通省 東北地方整備局 青森河川国道事務所 (前秋田河川国道事務所)

(〒030-0822 青森市中央 3 丁目 20-38)

E-mail: kakudate-k82ac@mlit.go.jp

⁵ 非会員 国土交通省 東北地方整備局 仙台海川国道事務所 (前秋田河川国道事務所)

(〒982-8566 仙台市太白区あすと長町 4 丁目 1 番 60 号)

E-mail: ishigaki-s82ac@mlit.go.jp

本研究では、秋田県中央部以北を対象として、救急搬送の観点から高速道路の整備効果を分析した。秋田県内の消防本部及び医療機関へのヒアリング調査から得た定性的な効果評価と、消防本部から得た救急搬送記録による定量的な効果評価を併せることにより、高速道路の供用により救急搬送へ及ぼされた効果を明らかにした。

Key Words : *Emergency medical services activity, Effects of expressway development, Exiting road only for ambulance*

1. 研究背景と目的

近年、救急搬送の件数は増加傾向にあり、平成 26 年度には、全国で過去最多の 598 万 2,849 件を記録した (平成 27 年 3 月消防庁報道資料より)。特に地方部においては、高齢化の急激な進展と共に、救急患者に占める高齢者の割合は増加し、とりわけ高齢化率が 30% と全国で最も高い秋田県では、搬送患者の 6 割以上を高齢者が占めている。こうした少子高齢化の影響は、人口の減少、医師の不足や偏在、救急告示病院の撤退による医療空白地域の拡大等を招き、地域医療の取り巻く環境を著しく悪化させている。今後、救急医療のサービスレベルを維持し、地域住民の安全・安心な生活を確保するためには、広域的な救急医療支援が必要であり、地域間を連絡する高速道路の担う役割はますます大きくなっていると言える。

以上の状況を踏まえ、本研究は、秋田県中央部以北を対象とし、救急医療関係機関 (消防機関及び医療機関) へのヒアリング調査や救急搬送データの分

析を通じて、高速道路が救急医療活動に対して果たしてきた役割や効果について多面的視点から分析・評価することを目的とするものである。

2. 救急搬送に関する既存研究

これまでも救急医療の観点から道路の整備効果や道路構造に関する研究が行われているが、その代表例としては以下が挙げられる。

藤本ら¹⁾の研究では、人口から疾患別患者の発生数を算出し、整備する道路による病院への搬送時間短縮と近似式を併せて用いることにより、道路の整備効果を患者の生存者増加数 (救急医療改善効果) として推計する手法が提案されている。

折田ら²⁾は、消防機関へのヒアリング調査及び救急搬送データの分析調査を行った結果、救急医療面における高速道路の整備効果として「時間短縮効果」「振動低減効果」「安全・安定走行支援効果 (病院到着時刻の確実性向上)」の 3 つの効果を現場サイドの視点から定量的に評価している。

表- 1 消防機関一覧

消防本部	整備効果調査対象路線
湖東地区消防本部	秋田自動車道 太平山PA救急車退出路 【H21.3供用】
男鹿地区消防一部事務 組合消防本部	秋田自動車道 太平山PA救急車退出路 【H21.3供用】
五城目町消防本部	秋田自動車道 太平山PA救急車退出路 【H21.3供用】
能代山本広域市町村圏 組合消防本部	琴丘能代道路(能代東IC～ニッ 井白神IC)【H19.8供用】 太平山PA救急車退出路
北秋田市消防本部	高速道路未供用地域における 課題の把握
大館市消防本部	秋田自動車道 (大館北IC～小坂北IC) 【H25.11供用】
鹿角広域行政組合消防 本部	秋田自動車道 (大館北IC～小坂北IC) 【H25.11供用】



図- 1 位置図

(1) 関係機関ヒアリング調査

関係機関ヒアリング調査は、秋田県中央部以北の全消防本部を対象に実施した。本調査では、高速道路整備による影響を把握するため、各消防本部の管轄エリアに応じて、効果検証の対象とする高速道路の供用区間を設定した上で、聞き取り調査を行った(表-1)。なお、ここでは秋田自動車道太平山PA(上り線側)に設置された救急車退出路についても調査対象とした(図-1)。

更に、本研究では患者の受入側の視点から高速道路整備の効果を把握するため、医療機関へのヒアリング調査についても実施した。ヒアリング調査の対象となる医療機関は、秋田県内で唯一ドクターヘリを導入し、かつ第三次救急医療機関として県内から広く救急患者を受入している秋田赤十字病院(第三次救急医療機関)、救命救急センターが存在しない秋田県北地域を代表して北秋田市民病院(第二次救急医療機関)とした。

(2) 救急搬送データ分析

関係機関ヒアリング調査を実施した各消防本部より、効果検証の対象とする高速道路の供用前後の救急搬送データを収集し、ヒアリング調査を通じて得られた高速道路の各種整備効果指標について、定量化を図った。なお、救急搬送データは、消防本部により取得の有無、集計期間、集計項目が異なることから、得られたデータから可能な範囲で分析を行うこととした。

4. 関係機関ヒアリング結果に基づく高速道路の整備効果

関係機関ヒアリング調査より得られた様々な意見を整理した結果、高速道路の整備効果指標として、

田中ら³⁾は、「道路構造、走行状況の変化が人体の血圧変動に与える影響に関する実験」、「救急搬送時の道路構造と救急車の走行状況の関係に関する調査」を行い、地域の医療を支援する観点から、望ましい道路構造について分析・評価を行っている。提案された平面線形と走行速度の関係式を用いることで、救急搬送時に患者へ悪影響を及ぼす道路区間を明らかにすることができる。

中野ら⁴⁾は、高速道路を使用した場合の救急搬送を仮定し、インターチェンジを利用した場合と救急車退出路を利用した場合を比較し、救急医療施設までの収容所要時間の短縮の算定を行うとともに、時間短縮による救命人数から救急車退出路設置の便益を算出し、費用便益分析を行っている。

本研究では、上記の研究成果を活用しつつ、高速道路の整備効果を分析するとともに、新たな視点として、患者の受入側である医療機関の意見も収集することにより、搬送側と受入側の両方の立場から、整備効果を把握した。更に、救急車退出路の整備効果について、消防本部より収集した搬送記録を用いて、実データから整備効果を定量的に分析・評価するとともに、関係機関ヒアリング調査を通じて、運用面を含めた課題等についても整理した。

3. 整備効果把握のための調査概要

本研究では、関係機関へのヒアリング調査を通じて、高速道路整備による救急搬送への影響を網羅的に抽出するとともに、その意見を基に評価指標を設定し、各々について、救急搬送データを用いて整備効果の定量化を図った。

表-2 関係機関ヒアリングで出た主な意見

効果	内容
1)時間短縮効果	<ul style="list-style-type: none"> ・一般道利用よりも短時間で搬送可能 ・搬送時間が短いと患者への負担も少なく治療を早く始められる ・救急車と救急隊員の人的資源を効率的に使える ・職員の通勤の利便性が向上した
2)定時性の向上	<ul style="list-style-type: none"> ・一般道利用よりも正確に到着時間を予想できる ・高速道路利用時には到着時間が正確に予測できるため、病院側が効率的に受け入れ態勢を整えられるようになった
3)走行安定性の向上(安静輸送)	<ul style="list-style-type: none"> ・信号がないためストップ&ゴーが少なく走行が安定し、患者にやさしい ・運転しやすい、運転ストレスの軽減 ・急カーブやカーブが連続する道が少なく患者への負担が少ない ・冬季は除雪がされている高速道路の方が走行しやすい
4)搬送エリアの拡大、代替性の向上	<ul style="list-style-type: none"> ・遠方からの搬送患者が増えた ・搬送経路の選択肢が増えた
5)その他	<ul style="list-style-type: none"> ・三次救急医療機関が秋田市に位置するが、ドクターヘリは天候や時間に左右されるため、高速道路が重要な役割を担う

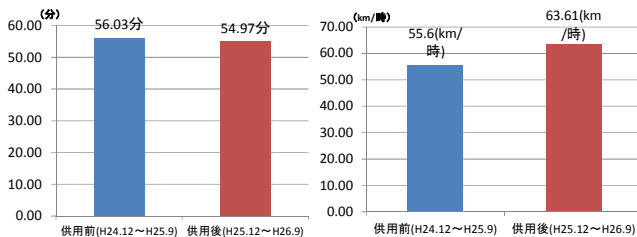


図-2 大館市立総合病院から弘前市内へ搬送時の平均所要時間 (大館消防) 図-3 大館市立総合病院から弘前市内へ搬送時の救急車平均走行速度 (大館消防)

「時間短縮効果」「定時性の向上」「走行安定性の向上(安静輸送)」「搬送エリアの拡大、代替性の向上」の4つの効果に集約・分類された(表-2)。ここでは、「定時性の向上」により、救急患者の到着時間を正確に把握することが可能となり、受入側の医師らのロス時間の減少にも寄与していることが明らかとなった。また、「時間短縮効果」については、従来救急患者の人命救助の観点から効果が謳われてきたが、その他にも、「他地域からの医療支援スタッフが通いやすくなった」「域外へ長距離搬送した際に、救急車や救急隊が従来よりも早く帰署することができるようになり、人的・物的資源を効率的に稼働できるようになった」等、救急医療の広域連携にも寄与していることが明らかとなった。

5. 救急搬送データの分析に基づく高速道路の整備効果

関係機関ヒアリングで得られた整備効果指標のうち、救急搬送データにより、高速道路の供用前後(もしくは整備有無)の変化が定量的に分析可能な項目

表-3 搬送時間と救命率の関係式(疾患別症例別近似式)

急性心筋梗塞	$Y = -0.0160X + 1.1552$
脳梗塞	$Y = -0.0048X + 1.0412$
大動脈乖離	$Y = -0.0112X + 1.0694$
多発外傷	$Y = -0.0119X + 0.9206$

Y: 救命率 X: 覚知から病着までの所要時間

について、救急医療に関する既往の研究事例等を踏まえて、「時間短縮効果」「定時性の向上」「走行安定性の向上(安静輸送)」「搬送エリアの拡大、代替性の向上」の4つの観点から分析した。

(1) 時間短縮効果

時間短縮効果について、高速道路供用前後の救急搬送データより、搬送所要時間及び救急車の平均走行速度を比較した。加えて、搬送所要時間が短縮されることによる救命率の向上効果を把握するため、救命率の変化を算出した。

a) 搬送所要時間及び搬送速度

各消防本部の救急搬送データを用いて、高速道路供用前後の搬送時間の変化について分析した。併せて、搬送時間と搬送距離から救急車の平均走行速度を算出し、その変化を分析した。

分析の結果、いずれの搬送記録からも高速道路供用による搬送時間の短縮効果が見られた。例えば、大館市消防本部の搬送記録を用いて、大館市立総合病院から青森県弘前市内の救急医療施設へ、秋田自動車道を利用して転院搬送した際のデータを分析した結果、平均搬送所要時間が56.03分から54.97分と約1分短縮し、救急車の平均走行速度は55.60(km/時)から63.61(km/時)と約8(km/時)増加する結果となった(図-2, 図-3)。

b) 救命率の向上

前項で分析した搬送時間の短縮による人命救助への影響を分析するため、藤本ら¹⁾の手法を用いて、疾患別の救命率を算出した。藤本ら¹⁾の研究では、搬送時間(覚知から病着までの所要時間)と救命率の関係について分析を行い、「搬送時間40分付近を境に、生存率に関わるデータの質に差異があり、40分付近を越えるデータには強いバイアスがある」¹⁾ことから、搬送時間40分以下の直接搬送のデータ(転院搬送は含まず)を対象に、表-3に示す搬送時間と救命率の関係式を導いている。また、道路整備による疾患別救急患者の1年間の生存者増加数は以下の式(1)で算出される。

$$\begin{aligned}
 & 1年間の生存者増加数 \\
 & = (\text{高速道路供用前後の救命率の変化}) \times \\
 & \quad (\text{地区人口}) \times (\text{人口当たり患者発生数}) \quad (1)
 \end{aligned}$$

表- 4 分析に用いた各値

	供用前 (H24.12~H25.6)	供用後 (H25.12~H26.6)
平均走行速度(km/時)	47.09	50.67
平均搬送距離(km)	28.61	
平均搬送時間(分)	36.45	33.87

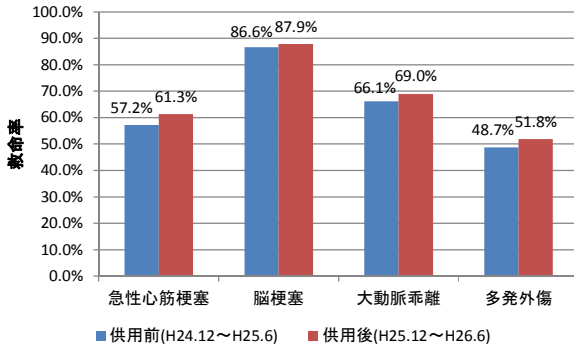


図- 4 疾病別救命率の変化 (小坂町)

表- 5 1年間の生存者増加数 (小坂町)

小坂町総人口(人)	5,866			
	小坂町における死亡数(人/年)	人口当たり患者発生数	救命率の変化	生存者増加数(人/年)
急性心筋梗塞	5	0.0009	4.1%	0.21
脳梗塞	6	0.0010	1.2%	0.07
大動脈乖離	1	0.0002	2.9%	0.03
多発外傷	-	-	3.1%	-
			合計	0.31

- ※1: 「人口当たり患者発生数」のデータが得られなかったため「小坂町における疾患別死亡数」を代用して算出
- ※2: 「地区人口」及び「小坂町における疾患別死亡数」は「平成 24 年秋田県衛生統計年鑑」のデータを使用
- ※3: 「多発外傷」による死亡数は不明であったため、算出対象外

本研究では、高速道路（秋田自動車道）の供用による効果を把握するため、鹿角広域行政組合消防本部の救急搬送データを用いて、秋田県鹿角郡小坂町から秋田県大館市（主に大館市立総合病院）への搬送時をケーススタディとし、以下の方法により疾患別の救命率を算出した。

- ①救急搬送データより、高速道路（秋田自動車道）供用前後の救急車平均走行速度を算出。
- ②小坂町から大館市内への平均搬送距離（28.61km）を平均走行速度で除することで、平均搬送時間を算出（表- 4）。
- ③平均搬送時間を表- 3 の関係式へ代入し、高速道路供用前後の疾患別救命率を算出（図- 4）。

更に、式(1)を用いて、小坂町における「1年間の生存者増加数」を算出した（表- 5）。

分析の結果、高速道路（秋田自動車道）の整備により、小坂町では年間約 0.31 人の人命が救済される

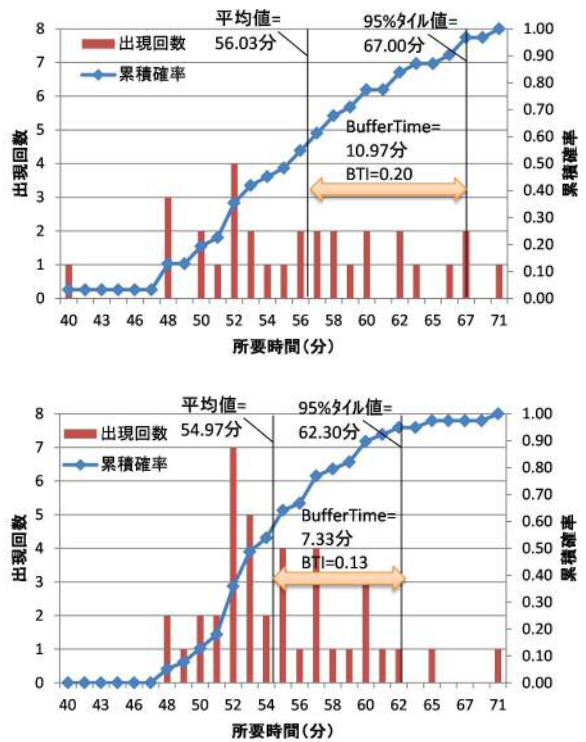


図- 5 大館市立総合病院から弘前市方面への転院搬送所要時間（大館消防）（上；供用前，下；供用後）

こととなり、これを道路施設の耐用年数 50 年（『費用便益分析マニュアル（平成 20 年 11 月）』より）に換算すると、救急患者生存増加数は 15.46 人（0.31 人/年×50 年）となった。

(2) 定時性の向上

高速道路整備による定時性の向上効果を把握するため、ケーススタディとして、大館市立総合病院から弘前市内の救急医療施設へ転院搬送された際の救急搬送データ（大館市消防本部提供）を用いて以下の分析を行った。

搬送時間のばらつきの程度を定量的に示す指標として、次式（式(2)、式(3))で算出される Buffer Time 及び Buffer Time Index（以下 BTI）を指標として、高速道路（秋田自動車道）供用前後の値を算出した。Buffer Time や BTI は、値が小さいほど、ばらつきが小さく定時性が高いと評価することができる。

$$\text{Buffer Time} = 95 \text{ パーセントタイル値} - \text{平均値} \quad (2)$$

$$\text{BTI} = \text{Buffer Time} / \text{平均値} \quad (3)$$

分析結果を図- 5 に示す。高速道路（秋田自動車道）の供用前後で Buffer Time は 10.97 分から 7.33 分と約 4 分短縮し、BTI は 0.20 から 0.13 へ低減された。このことから、高速道路の利用により、交差点等の影響を受けず、一定の走行速度で搬送することが可能

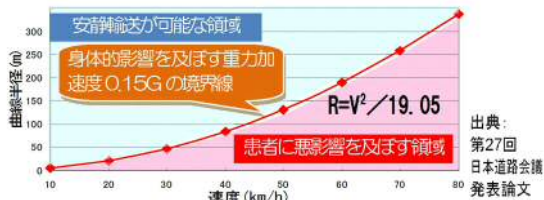


図- 6 救急搬送時の安静輸送可能領域を求めるモデル式

となったため、搬送時間のばらつきが減少し、定時性が向上したものと考えられる。

(3) 走行安定性の向上（安静輸送課題箇所回避）

走行安定性の定量的な評価手法として、田中ら³⁾の研究より導かれた安静輸送モデル式（図- 6）を用いて、一般国道における安静輸送課題箇所抽出し、並行する高速道路を利用することにより回避できる課題箇所数を算出した。田中らによると、「横加速度が 0.15G を超過すると、最高血圧の変動量が 10mmHg を超過する傾向が強い³⁾ことが実験より明らかとされており、更に「医師へのヒアリング結果等より『10mmHg の変動』は患者の安静度に影響を与える可能性³⁾があることが確認されている。

分析にあたり、救急車の走行速度は、一般道走行時の最高速度である 80 (km/時) として算出したため、患者に悪影響を及ぼす曲率半径の値は 336 (m) を基準として、課題箇所の抽出を行った。

分析の結果、琴丘能代道路（能代東 IC～二ツ井白神 IC）に並行する国道 7 号では 9 箇所、秋田自動車道（大館北 IC～小坂北 IC）に並行する国道 7 号では 19 箇所、東北中央自動車道に並行する国道 13 号では 48 箇所の安静輸送課題箇所が存在しており、高速道路を利用することによって、これらの急カーブ区間を通過することなく、安静に患者を搬送することが可能となった。

(4) 搬送経路及びカバー圏域の拡大

高速道路の整備により、新たな搬送経路が確保され、リダンダンシーが向上するとともに、搬送エリアの拡大も期待される。こうした搬送エリアの拡大効果を定量的に把握するため、医療空白地域が広がる秋田県山本郡藤里町の周辺地域を中心に高速道路（琴丘能代道路）の供用前後における二次医療施設への 30 分カバー圏を算出した。

ここで、救急車の走行速度は、自由旅行速度と同等と仮定し、センサス非混雑時速度を用い、H22 センサス調査以降に供用された高速道路（琴丘能代道路）は規制速度の 70 (km/時)、センサス調査対象外の市道等は一律 30 (km/時) と設定した。

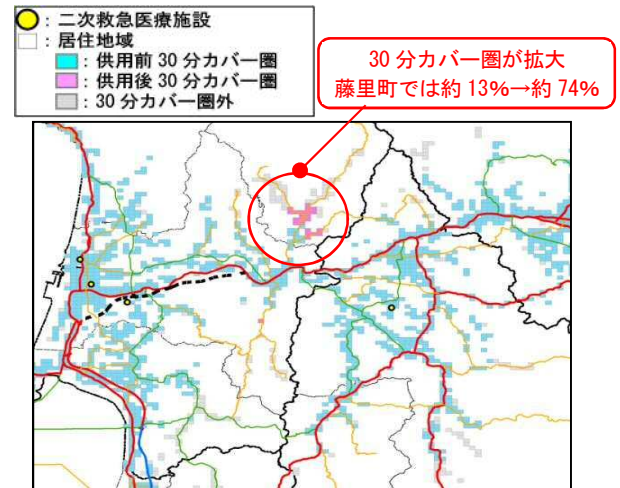


図- 7 琴丘能代道路の供用による 30 分カバー圏の変化

分析の結果、高速道路（琴丘能代道路）の供用により、藤里町ではカバー率が約 13% から約 74% まで拡大し、高速道路の整備が医療空白地域の解消に寄与することが確認された（図- 7）。

6. 救急車退出路の整備効果

前項までに示した高速道路のネットワーク整備による効果に加えて、救急車退出路の整備効果について分析を行った。

検討の対象は、秋田自動車道秋田北 IC と秋田中央 IC 間に位置する太平山 PA（上り線）に設置された救急車退出路（H21.3 供用）である。既存の PA に退出ゲートを設けて高速道路と現道を接続させたものであり、本線直結型のように新たな連絡通路を設置することなく、既存ストックを有効活用して整備されている。

本退出路を利用する救急車の主な搬送先は、秋田市内に位置する秋田大学医学部附属病院、県立脳血管研究センター、成人病医療センターの 3 つの医療機関であり、ここでは整備前後の搬送記録が得られた湖東地区消防本部の救急搬送データを用いて、医療機関別搬送件数や搬送時間の変化について分析を行った。なお、消防本部別に救急車退出路の利用割合を見ると、分析対象とした湖東地区消防本部から出動した救急車が全体の約 25% を占めている。

救急搬送データを集計した結果、救急車退出路の整備前後で上記 3 医療機関への搬送件数は 109 件から 191 件に 82 件（約 1.8 倍）増加している。また、湖東地区消防本部全体の搬送件数に対する 3 医療機関が占める割合は、7.1% から 10.5% と 3.4%（約 1.5 倍）増加している（図- 8、図- 9）。また、これらの病院への平均搬送所要時間が、29.06 分から 27.79 分と約 1 分半短縮されていることから、救急車退出路の整備により、アクセス性が向上し、域内の病院

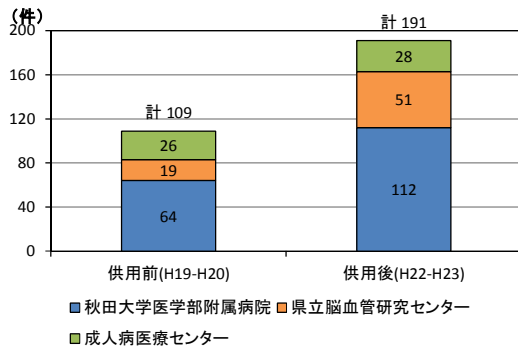


図-8 太平山 PA 最寄りの 3 病院への搬送件数(湖東消防)

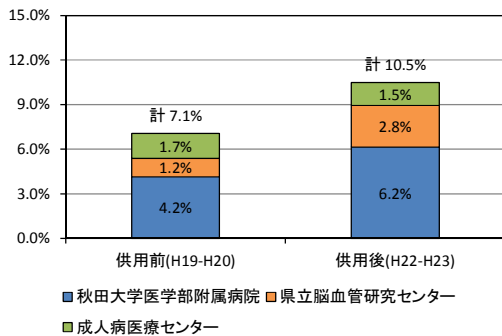


図-9 太平山 PA 最寄りの 3 病院への搬送割合(湖東消防)

だけでなく、秋田市内の高次医療機関へも搬送先が拡大されたことを示していると言える (図-10)。

こうした整備効果が示された一方、救急車退出路を利用する消防本部からは、「太平山 PA の救急車退出路に接続する現道の除雪の状況が良くないため、積雪時期にはほとんど利用しない」という意見も出された。これは、救急搬送データからも、積雪時には太平山 PA の代わりに秋田中央 IC を利用して搬送している実態が明らかとなっている (図-11)。

7. まとめ

本研究では、秋田県中央部以北地域を対象として、関係機関ヒアリング調査や救急搬送データの分析を通じて、既往の研究で提案された手法も取り入れつつ、「時間短縮効果」「定時性の向上」「走行安定性の向上 (安静輸送)」「搬送エリアの拡大、代替性の向上」等、多様な視点から高速道路整備による効果を定性的・定量的の両面から明らかにすることができた。また、PA を活用した救急車退出路の効果分析を通じて、既存の高速道路施設に対する新たな活用可能性を示すことが出来たと考えられる。

一方で、関係機関ヒアリング調査を通じて、高速道路未供用区間の影響や冬期の走行影響等の課題も挙げられていることから、ネットワーク整備によるミッシングリンクの解消や、各地で導入が進められている除雪管理システム等の ITS の活用等、救急医

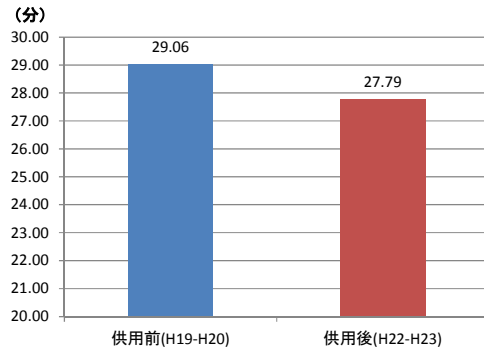


図-10 太平山 PA 最寄りの 3 病院への平均搬送時間 (湖東消防)

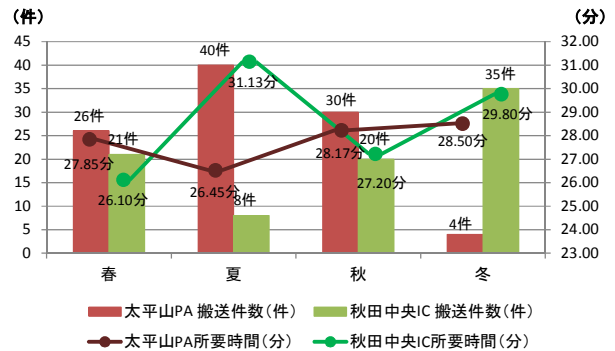


図-11 季節別搬送件数及び所要時間 (湖東消防)

療活動の支援に向けたハード・ソフトの両面から更なる取組が求められる。

また、本研究における分析に当たり、消防機関毎に救急搬送データの記録項目、保管方法、高速道路の利用履歴の有無が異なることから、各消防本部を横並びで分析することが困難であった。今後は、救急搬送データの統一化、データベース化を促進し、救急医療に関する研究がより高度化、深度化されることが期待される。

参考文献

- 1) 藤本昭, 鮎川勝彦, 高山隼人, 前原潤一, 井清司, 藤田尚宏, 有村敏明, 中村夏樹, 島弘志, 宮城良充: 道路整備による救急医療改善効果～経済性を偏重しない道路整備効果説明方法の提案～, 交通工学, Vol.45, No.5, pp.47-56, 2010.
- 2) 折田仁典, 佐藤力, 西川明博: 地方部の高速道路の整備が救急医療活動に及ぼす効果, 土木計画学研究・講演集, No.26, 2002.
- 3) 田中誠柳, 滝沢潤一, 藤井憲英: 地域の医療を支援する道路構造の分析・評価, 日本道路会議, 第 27 回, 2007.
- 4) 中野晃太, 高山純一, 中山昌一郎: 高速道路における救急車専用退出路の設置効果分析, 土木学会論文

集 D3 (土木計画学), Vol.67, No.5, I_137- I_144,
2011.

(2015. 8. 1 受付)

EFFECTS ON EMERGENCY MEDICAL SERVICES ACTIVITY BY THE EXPRESSWAY
DEVELOPMENT IN THE RURAL AREA

Keiko KOBAYASHI, Tsutomu MATSUDO, Jinsuke ORITA, Kiyonori KAKUDATE and Susumu
ISHIGAKI