

積雪寒冷地救急医療支援からみた道路空間・ 付帯施設の活用の効果

国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 寒地交通チーム ○宗広 一徳
同上 高田 哲哉
同上 石田 樹

救急医療用ヘリコプターの緊急離着陸場の利用実態について、過去6年間（H22～H27）の実績を調査をしたところ、道路付帯施設である除雪ステーションや道の駅、サービスエリア（SA）、パーキングエリア（PA）の利用回数が増加傾向を示した。また、患者の症病別に、救急出動時の医師現場到着時間と、患者の退院後のQOL（生活の質）についてデータを分析した。同結果、脳内出血やクモ膜下出血の症例において、医師現場到着時間の短縮は、入院時の救命率および退院後の中等度後遺症回避率の向上、すなわち患者のQOLの改善に貢献することが示された。

キーワード：救急医療用ヘリコプター、道路空間、道路付帯施設、QOL

1. はじめに

北海道は広域分散型の地域社会を形成している。広大な範囲で発症する患者を高次医療機関が支えている。2015年の北海道における救急自動車の出動件数は、約24万件である。同様に、救急医療用ヘリコプターの出動件数は、約1,200件である。医療の地域格差の是正として、医師・看護師が現場到着し、早期に診療が開始できるシステムとして救急医療用ヘリコプターのニーズは高まっている。救急医療用ヘリコプターの安定的な運航のためには、救急自動車と救急医療用ヘリコプターの合流場所（RP；Rendez-vous Point：ランデブーポイント）を確保する必要がある。近年、合流場所として、道路空間あるいは道路付帯施設が利用される事例が近年増加している。利用される道路付帯施設は、除雪ステーション、道路事務所、駐車帯、道の駅、サービスエリア（SA）、パーキングエリア（PA）などがある。特に、北海道の場合、冬期の積雪量が多く、除雪作業は必須とされる。これらの道路付帯施設は、冬期の積雪時にいち早く除雪作業が行われることから、安定的に救急自動車と救急医療用ヘリコプターの合流場所を確保できるメリットがある。

救急搬送や救急医療用ヘリコプターの運航に関する既往研究例は以下の通り列举できる。藤本¹⁾は、平成14～19年までの長崎市及び周辺地域における医療機関への救急搬送事例をもとに、搬送時間短縮が救急患者救命率に与える効果を明らかにした。小野寺ら²⁾は、救急医療用ヘリコプターの運航に際しての積雪期の課題を整理し、基地病院側の体制確立の必要性について言及した。高橋ら³⁾は、北海道における救急医療用ヘリコプターの一般国道への着陸経験の事例を紹介し、関係機関（消防本部、警察及び道路管理者）の緊密な連携が重要であると主張した。岩崎ら⁴⁾は、高速道路上での救急医療用ヘリコプターの活動を想定し、SA及び

PA、非分離片側1車線及び分離片側2車線への救急医療用ヘリコプターの緊急離着陸の課題を列举し、道路本線及び付帯施設における安定した緊急離着陸場の確保の必要性について言及した。宗広⁵⁾らは、積雪寒冷地における救急医療用ヘリコプターの緊急着陸場の利用実態の速報について紹介した。石郷岡⁶⁾らは、道北地域における道路整備による医療支援効果について救急搬送データを用いて分析した。岩館⁷⁾らは、道東道における救急医療用ヘリコプターのダイレクト着陸支援方法を示した。

しかしながら、北海道内全体を網羅する4基地病院における運航を対象とし、救急自動車と救急医療用ヘリコプターの合流場所として、道路空間・道路付帯施設の利用実態の詳細やその効果にまで言及した研究は行われていない。同効果の具体例として、救急出動時の医師現場到着時間の短縮と退院後の患者のQOL（Quality of Life：生活の質）について分析した研究は行われていない。筆者らは、道路の新たな価値の把握のため、北海道内の救急医療用ヘリコプター基地病院と連携し、道路の救急医療支援による効果を明らかにすることを主眼として研究に取り組んだ。本研究では、以下を明らかにすることを目的とする。

- 1) 救急自動車と救急医療用ヘリコプターの合流場所として、道路空間・道路付帯施設の利用実態
- 2) 医師現場到着時間短縮による患者のQOL（生活の質）の改善効果

2 道路の機能

道路の機能⁸⁾には、大きく2つがある。1つは、自動車、自転車、歩行者のための交通機能である。もう1つは、市街地形成や防災空間、環境空間、ライフラインの収容空間といった空間機能である。道路の機能は、図-1に示す通りである。

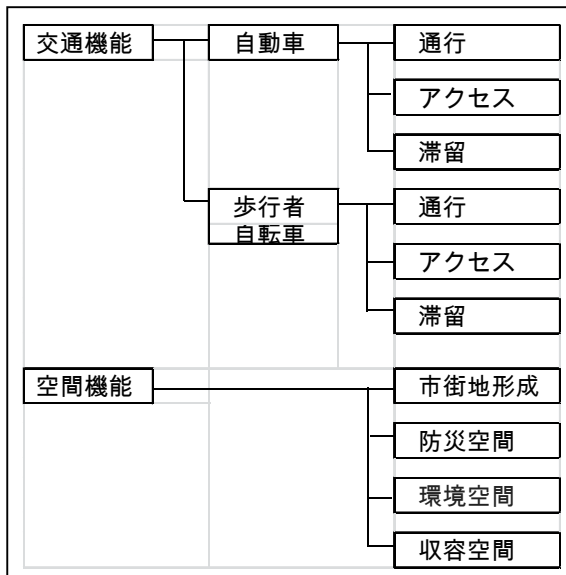


図-1 道路の機能

本研究では、道路の新しい価値として、救急医療支援に資する道路空間・道路付帯施設の利用実態について、具体的なデータにより報告する。

3. 調査方法

3.1 調査対象機関

北海道内における救急医療用ヘリコプターの運航基地病院である以下の4医療機関を対象とし、調査した。

- 1) 手稲溪仁会病院
- 2) 旭川赤十字病院
- 3) 市立釧路総合病院
- 4) 市立函館病院

3.2 調査内容

当所から調査票の様式を4医療機関に送付し、過去6年間（H22～H27）の救急医療用ヘリコプターの出動実績を記入頂き、集計した。

- 1) 出動日時
- 2) 利用した合流場所（RP）
- 3) 出動履歴（消防覚知～現場到着～基地病院に帰着）
- 4) 入院時・退院時の転帰

合わせて、救急医療用ヘリコプターの運航管理担当者へのヒヤリング調査も実施した。なお、本調査票の記入データは、各医療機関の倫理委員会を経て、個別情報を除いてデータ化されたものである。

3.3 データ整理・分析の項目

上記により集約した調査票から、患者の搬送経過時間（消防覚知、要請時間、基地離陸、現場着陸、現場離陸、病院着陸）及び病院転帰（入院時転帰、退院時転帰）のデータについて、集計・整理を行った。

- 1) 救急自動車と救急医療用ヘリコプターの合流場所（RP）の利用回数

- 2) 医師現場到着時間（消防覚知～現場到着）と患者のQOL（生活の質）

患者のQOLを表す指標として、以下を定義し用いた。

- ・救命率 ～ 救急搬送患者のうち、救命された患者のパーセント（%）
- ・中等度後遺症回避率 ～ 救急搬送患者のうち、退院時の転帰（後遺症）が中等度後遺症を上回る者（良好、軽快、社会復帰など）のパーセント（%）

なお、対象とした疾患は、①脳梗塞、②脳内出血、③くも膜下出血、④心疾患、⑤多発性外傷である。

4. 調査結果

4.1 道路空間・付帯施設の利用実態

救急自動車と救急医療用ヘリコプターとの合流場所（RP：ランデブーポイント）は、予め基地病院、消防当局、施設管理者による協定より決められている。救急現場出動時には、基地病院のヘリ運航管理担当者は、消防当局等と協議し、ヘリコプターの緊急離着陸場をRPの一覧から決定する（ランデブー方式）。また、救急現場の最寄りに適切なRPが存在しないか使用不可、患者をRPまで搬送することが困難な場合には、救急現場に直接ヘリコプターが緊急着陸する（ダイレクト方式）。

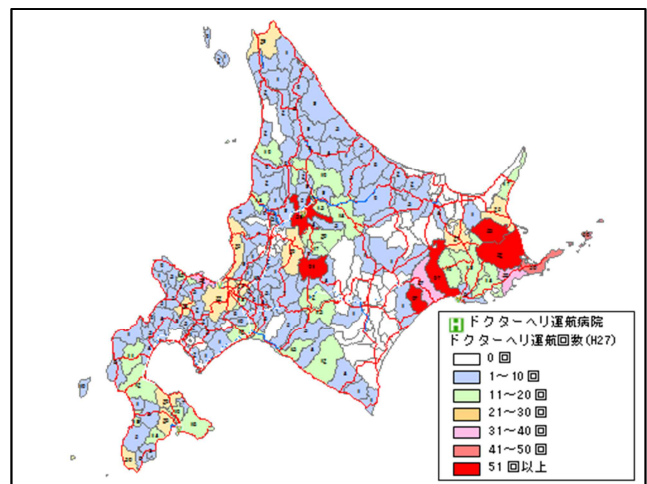


図-2 市町村別救急医療用ヘリコプター運行回数（H27）

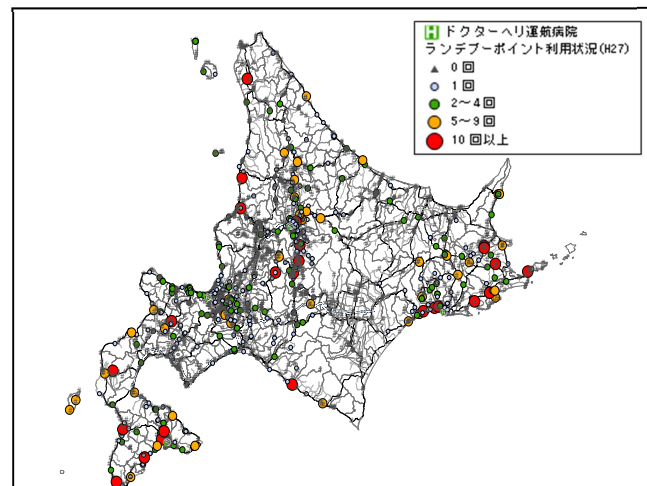


図-3 RPの利用回数（H27）

図-2は、平成27年1～12月の1年間における救急医療用ヘリコプターの運航回数について、地理情報システムにより、北海道内179市町村別に色分けして示したものである。道東ヘリ運航エリアの別海町、中標津町、釧路市、道北ヘリ運航エリアの旭川市、富良野市などで、年間の運航回数が51回を超えており、特に多くなった。また、十勝管内やオホーツク管内の町村部などで年間の運航回数が0（ゼロ）の町村もあった。

図-3は、平成27年1～12月における救急自動車と救急医療用ヘリコプターの合流場所（ランデブーポイント：RP）の利用回数について、地理情報システムにより図化し表示したものである。図中の凡例の赤い丸を示したところが、年間の利用回数が10回以上のところであった。また、凡例の黒い三角で示したところは、年間の利用回数が0（ゼロ）のところであった。

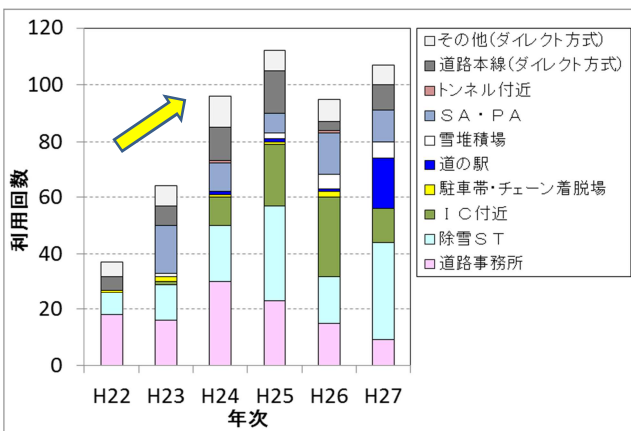


図-4 道路空間・付帯施設のRP及びダイレクト方式の利用回数 (過去6年間：H22～H27)

図-4は、過去6年間（平成22年～平成27年）の道路空間・道路付帯施設のランデブーポイントとしての利用回数の推移を示している。平成27年の救急医療用ヘリコプターの年間の運航回数が約1,200回であるので、そのうち約1割を道路空間・道路付帯施設への緊急離着陸が占めている。ランデブーポイントに指定されている道路付帯施設について、道路事務所、除雪ステーション（ST）、高規格幹線道路のインターチェンジ（IC）付近、サービスエリア（SA）・パーキングエリア（PA）、一般道路の駐車帯・チェーン着脱場、道の駅等に分けて集計した。また、ダイレクト方式による緊急着陸場所として、道路本線とその他に分けて集計した。その他に含まれるものは、駐車帯や道の駅（ランデブーポイントに未登録であった）などである。本グラフから、ランデブーポイント（RP）として登録されている道路付帯施設である除雪ステーションと道の駅への利用回数が増加傾向を示していることが分かった。高規格幹線道路のSA・PA及びIC付近も安定してRPとして利用されていることが分かった。他方、交通事故現場など道路本線へ救急医療用ヘリコプターが緊急着陸するダイレクト方式も年間10～20回程度、安定して行われている実態を把握で



写真-1 除雪ステーションへの緊急着陸（RP）
(写真提供：手稲溪仁会病院)



写真-2 道路本線への緊急着陸（ダイレクト方式）
(写真提供：旭川赤十字病院)

きた。写真-1と写真-2は、救急医療用ヘリコプターがそれぞれ除雪ステーションでの合流（RP）及び道路本線へのダイレクト方式による緊急着陸の事例を示している。

4.2 救急医療の改善効果

救急医療用ヘリコプターの利用により、医師現場到着時間の短縮が図られ、患者の事後のQOL（生活の質）の向上が期待されている。具体的には、傷病に対する救命率の向上並びに患者の退院後の後遺症の軽減が期待されている。ヘリ運航基地病院からの協力を得て、患者の搬送経過時間（消防覚知、要請時間、基地離陸、現場着陸、現場離陸、病院着陸）及び病院転帰（入院時転帰、退院時転帰）のデータを集計・整理した。

救急現場出動時の事案を対象とし、①脳梗塞、②脳内出血、③くも膜下出血、④心疾患、⑤多発性外傷の傷病別にデータ分析を行った。上記の5疾患を対象とし、横軸に医師現場到着時間（消防覚知から現場着陸まで）、縦軸に評価指標である救命率（入院10日後）と退院後の中等度後遺症回避率を取り、回帰式を求めたところ、表-1及び表-2を得た。

表-1については、脳内出血、くも膜下出血の傷病にお

いて、医師現場到着時間の短縮とともに、救命率（入院10日後）が向上する傾向が見られた。しかし、他の傷病（脳梗塞、心疾患、多発性外傷）においては逆の相関関係となった。医師現場到着時間と救命率に相関関係が見られた脳内出血とくも膜下出血、及び逆の相関が見られた心疾患について、バブル図で示したところ、図-5、図-6及び図-7を得た。

表-1 医師現場到着時間と救命率の回帰式

傷病の別	搬送時状態	データ数	回帰式	決定係数
脳梗塞	軽症+中等症+重症	100	$Y = 0.0044X + 0.7506$	0.697
	中等症+重症	99	$Y = 0.0057X + 0.7304$	0.701
脳内出血	軽症+中等症+重症	42	$Y = -0.0081X + 1.0356$	0.199
	中等症+重症	42	$Y = -0.0081X + 1.0356$	0.199
くも膜下出血	軽症+中等症+重症	39	$Y = -0.0064X + 1.0506$	0.104
	中等症+重症	39	$Y = -0.0064X + 1.0506$	0.104
心疾患	軽症+中等症+重症	28	$Y = 0.0005X + 0.8431$	0.001
	中等症+重症	27	$Y = 0.0031X - 0.2231$	0.899
多発性外傷	軽症+中等症+重症	260	$Y = 0.0013X + 0.9083$	0.167
	中等症+重症	220	$Y = 0.0015X + 0.8909$	0.170

※表中の網掛けは、回帰式の傾きがプラスとなり、逆相関となったもの。

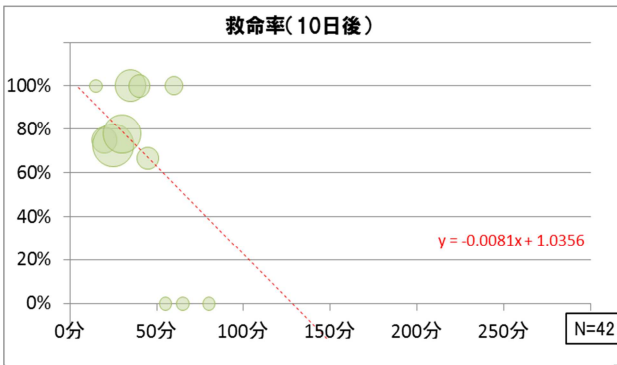


図-5 脳内出血：医師現場到着時間と救命率（10日後）
（軽症+中等症+重症）

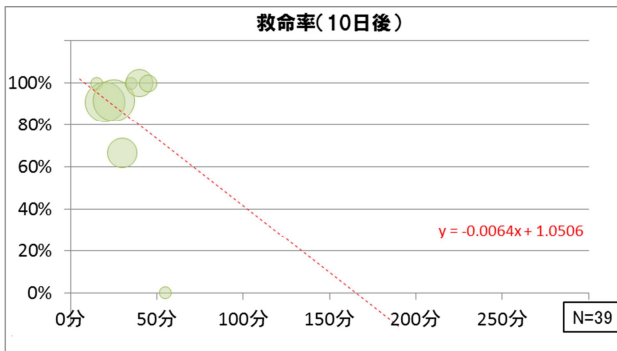


図-6 くも膜下出血：医師現場到着時間と救命率（10日後）
（軽症+中等症+重症）

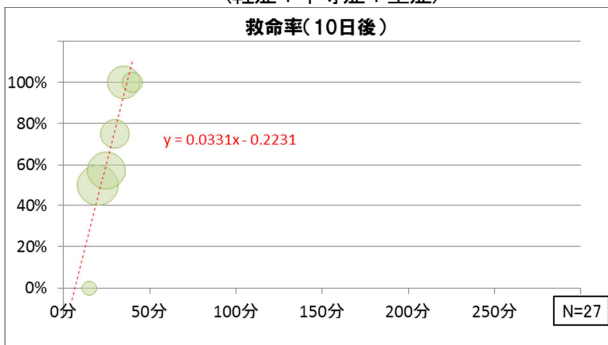


図-7 心疾患：医師現場到着時間と救命率（10日後）
（中等症+重症）

表-2については、脳梗塞（中等症+重症）、脳内出血、くも膜下出血及び心疾患の傷病において、医師現場到着時間の短縮とともに、退院後の中等度後遺症回避率が向上する傾向が見られた。しかし、他の傷病（脳梗塞（軽症+中等症+重症）、多発性外傷）において逆の相関関係となった。医師現場到着時間と中等度後遺症回避率に相関関係が見られた脳内出血、くも膜下出血及び心疾患につ

表-2 医師現場到着時間と中等度後遺症回避率の回帰式

傷病の別	搬送時状態	データ数	回帰式	決定係数
脳梗塞	軽症+中等症+重症	87	$Y = 0.0009X + 0.4693$	0.003
	中等症+重症	84	$Y = -0.0003X + 0.4854$	0.000
脳内出血	軽症+中等症+重症	45	$Y = -0.0003X + 0.4143$	0.039
	中等症+重症	45	$Y = -0.0003X + 0.4143$	0.039
くも膜下出血	軽症+中等症+重症	46	$Y = -0.0096X + 0.953$	0.190
	中等症+重症	46	$Y = -0.0096X + 0.953$	0.190
心疾患	軽症+中等症+重症	29	$Y = -0.0091X + 1.0454$	0.132
	中等症+重症	27	$Y = -0.0127X + 1.1224$	0.138
多発性外傷	軽症+中等症+重症	290	$Y = 0.007X + 0.8718$	0.019
	中等症+重症	223	$Y = 0.001X + 0.8297$	0.029

※表中の網掛けは、回帰式の傾きがプラスとなり、逆相関となったもの。

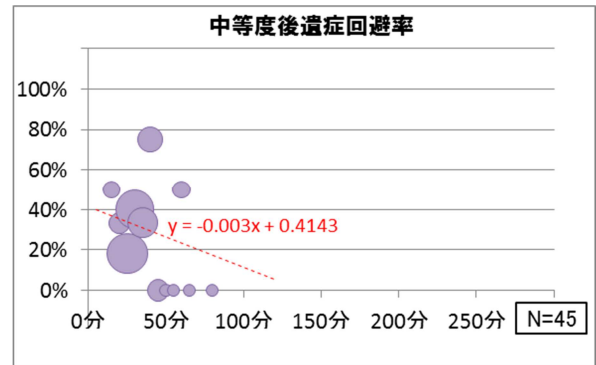


図-8 脳内出血：医師現場到着時間と中等度後遺症回避率
（軽症+中等症+重症）

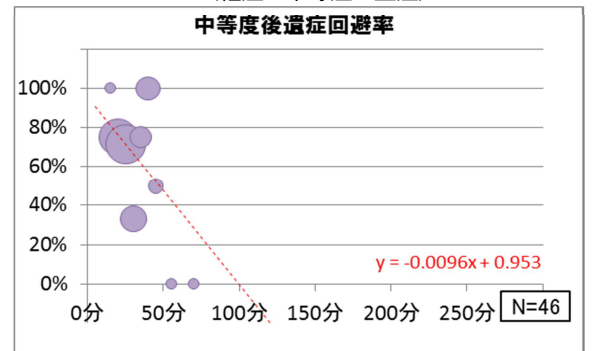


図-9 くも膜下出血：医師現場到着時間と中等度後遺症回避率
（軽症+中等症+重症）

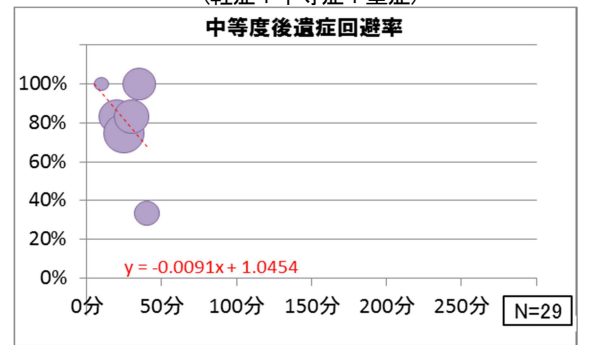


図-10 心疾患：医師現場到着時間と中等度後遺症回避率
（中等症+重症）

いて、バブル図で示したところ、**図-8**、**図-9** 及び**図-10** を得た。

表-1中の回帰式において、正の相関関係が得られた救命率のケース、及び**表-2**中の回帰式において正の相関関係が得られた中等度後遺症回避率のケースの結果について、統計的な検定を行った。仮説を「医師現場到着時間が長くなるほど、評価指標（救命率、中等度後遺症回避率）が低下する。」とした。

1) 仮説との整合性

医師現場到着時間と評価指標の回帰式の傾きを確認した。すなわち、傾きがマイナス（時間が長くなると評価指標が低下）の場合を該当とする。

2) 統計的相関性・有意性

- 比率の差の検定：医師現場到着時間の境界として、その前後において救命率が等しいという仮説を検定（任意の医師現場到着時間を20分と設定）。
- 無相関の検定：医師現場到着時間と救命率の相関性は低いという仮説を検定。

3) 総合判定

1)、2)とも該当となった場合に、総合判定結果を該当とした。

上記の手順により、統計的な検定を行ったところ、**表-3**の結果を得た。検定の結果、症例が脳内出血の場合、「医師現場到着時間が長くなるほど、救命率（入院10日後）が低下する。」、同様にくも膜下出血と心疾患の場合、「医師現場到着時間が長くなるほど、中等度後遺症回避率が低下する。」という結果が示された。

表-3 統計的検定

		評価指標	
		救命率	中等度後遺症回避率
脳梗塞 (中等症+重症)	無相関検定	/	—
	比率の検定		0.85
	検定結果		○
脳内出血 (軽症+中等症+重症)	無相関検定	**	—
	比率の検定	0.00	0.19
	検定結果	○	×
くも膜下出血 (軽症+中等症+重症)	無相関検定	*	**
	比率の検定	0.05	0.00
	検定結果	×	○
心疾患 (軽症+中等症+重症)	無相関検定	/	*
	比率の検定		0.05
	検定結果		○

4.3 道路の新たな便益の創出

上述の 4.2 の救急医療用ヘリコプターによる改善効果は、ランデブーポイントとして全ての利用（例えば、学校グラウンドや運動場）を対象として、5 傷病に対する医師現場到着時間と救命率及び中等度後遺症回避率の関係を表す回帰式を構築した。これは、個別の傷病に分けるとデータ数が少ないからである（約 30~300 程度）。

全ての RP 利用のうちの約 1 割が、道路空間・道路付帯施設である。道路空間・道路付帯施設の RP 利用の有無別の時間差を用いて、以下の式 (1) 及び式(2)を用いて、救急医療支援の効果を算出できる。

$$Be = Vo - Vw \dots\dots\dots \text{式(1)}$$

ここで、

Be：救命救急率向上便益（医師接触時間短縮便益）

Vo：道路空間・道路付帯施設の RP 利用無し時の医師接触までに損失する人数

Vw：道路空間・道路付帯施設の RP 利用有り時の医師接触までに損失する人数

$$V = \sum \sum \sum T_n \times P_k \times C_{jk} \dots\dots\dots \text{式(2)}$$

ここで、

Tn：圏域 n における救急現場出動のヘリ出動回数（回）

Pk：状態（k）別の救急医療措置を行った患者の人数

Cjk：傷病 j における医師接触時間 T による救命率（及び中等度後遺症回避率）

5. まとめ

(1) 道路空間・付帯施設の利用実態

北海道では、救急自動車と救急医療用ヘリコプターの合流場所として、道路本線及び道路付帯施設の利用が増加傾向である。道路付帯施設として、除雪ステーション、道路事務所、道の駅、高規格幹線道路の SA・PA 及び IC 周辺が利用されている。特に、除雪ステーションは、冬期においても除雪が行き届いていることから、利便性に優れている。

(2) 救急医療の改善効果

①脳梗塞、②脳内出血、③くも膜下出血、④心疾患、⑤多発性外傷の症例を基に、医師現場到着時間と患者の入院時及び退院後の転帰データから、救急医療の改善効果を分析した。医師現場到着時間の短縮は、脳内出血の救命率、くも膜下出血及び心疾患の中等度後遺症回避率の向上に至ることが統計的にも有意になった。すなわち、医師現場到着時間の短縮は、患者の事後の QOL（生活の質）の改善に貢献することがデータにより明らかになった。

(3) 道路の新たな便益の創出

道路空間並びに道路付帯施設を救急医療支援の現場として活用することは、道路の新たな価値を見出すことになる。今後、更に救急現場出動時の基礎データの蓄積を重ね、本研究で示した傷病別の医師現場到着時間と救命率及び中等度後遺症回避率の回帰式により、道路空間・道路付帯施設の救急医療支援を数値化する予定である。

謝辞：本研究の実施に際し、旭川赤十字病院の住田副院

長並びに市立釧路総合病院の其田副院長から、データの提供協力、及び救急医療の改善効果に関し、ご助言及びご指導を賜った。手稲溪仁会病院並びに市立函館病院のヘリ運航管理担当者の皆様からは、データ提供等の多大はご協力を頂きました。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 藤本 昭：搬送時間短縮が救急患者救命率に与える効果に関する研究、九州大学学位論文、2011
- 2) 小野寺 英雄、高橋 功、早川 達也：積雪地におけるドクターヘリ運航体制の確立を目指した基地病院の取り組み、日本航空医療学会雑誌 Vol.8 (2)、PP.7-10、2007
- 3) 高橋 功、森下 由香、外：一般国道へのドクターヘリ着陸について－国道 5 号線への着陸経験より－、日本航空医療学会雑誌 Vol.9 (3)、PP.63-68、2008
- 4) 岩崎 安博、篠崎 正博、外：和歌山県の高速度道路におけるドクター活動の現状と問題点、日本航空医療学会雑誌 Vol.9 (3)、27-34、2008
- 5) 宗広 一徳、外：積雪寒冷地におけるドクターヘリの緊急離着陸場の利用実態、第 43 回土木計画学研究発表会・論文集、2012
- 6) 石郷岡 和則、原 一浩、荒井 政俊：道北地域における道路整備による医療支援効果の評価に関する報告－救急搬送の時間短縮効果及び安定性評価について－、第58回（平成26年度）北海道開発局技術研究発表会、2015
- 7) 岩舘 慶多、小野田 義一、高山 博幸：道東道におけるドクターヘリのダイレクト着陸支援について－北海道横断自動車道白糠IC開通に伴う取り組み－、第58回（平成26年度）北海道開発局技術研究発表会、2015
- 8) 日本道路協会：道路構造令の解説と運用、2015
- 9) 道央ドクターヘリ運航調整委員会（基地病院：手稲溪仁会病院）：2010年度（平成22年度）道央ドクターヘリ運航実績報告書、2011
- 10) 市立釧路総合病院：平成 27 年度道東ドクターヘリ運航実績報告書、2016
- 11) 日本赤十字社・旭川赤十字病院：道北ドクターヘリ運航要領、2016
- 12) 北海道開発局建設部建設行政課：ドクターヘリの離着陸に係る道路管理者の協力体制についての実施検討事例、道路行政セミナー(12)、2009
- 13) 西川 渉：なぜ安全に飛べるのか－ロンドン HEMS から考える－、日本航空医療学会雑誌 12(1)、PP.11-18、2011
- 14) 小濱 啓次：東日本大震災におけるドクターヘリ活動（2011.3.11～17）（第 1 報）、日本航空医療学会雑誌 12(1)、PP.63-74、2011