

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

—救急搬送の安定性向上と時間短縮効果について—

旭川開発建設部 道路計画課 ○宮村 直生
門脇 極
中央コンサルタンツ（株）設計部 高平 薫

道北地域は、広域医療の展開や医療資源の都市偏在、冬期交通環境の悪化など、厳しい環境下での受療を余儀なくされており、救急搬送の高速化や安定化へのニーズが高い。

本稿では、広大な道北医療圏を対象に、医療関係者から最新の話題やデータなどの情報提供を頂きながら、救急車プローブを活用した救急搬送の安定性評価のほか、時間短縮に伴う救命効果を評価するための便益モデルを検討したので報告する。

キーワード：地域医療支援、医療便益、救急車プローブ

1. はじめに

道北医療圏（上川・宗谷・留萌管内）は、四国4県と同等の面積を有しているものの、高度医療を担う医療機関が旭川市や名寄市、稚内市等の都市部のみに集積しており、また、医師の都市偏在や低密な交通機関、冬期における交通環境悪化など、他地域とは大きく異なる厳しい環境下での広域医療サービスを展開している。

一方で、H21年10月より運航が開始された道北ドクターヘリは道北医療圏全体をカバーしているものの、荒天時や夜間などで運航制限があるほか、冬期には使用可能なランデブーポイントが限定されるなどの課題がある。

本稿では、道北医療圏を対象に、高規格幹線道路整備による時間短縮に伴う医療支援効果を定量的に評価するための便益評価モデル構築や救急搬送の安定性に関する基礎的調査について報告するものである。

2. 道北医療圏の現状

道北医療圏は6市31町4村で構成され、四国4県とほぼ同じ面積を有しており（図-1）、人口は64.7万人（H22）を有するが、高齢化率は27.8%で全道平均（24.7%）を上回るなど、超高齢社会を形成する地域である。

受療環境を見ると、重篤救急患者の治療を担う救命救急センターが旭川赤十字病院と旭川医科大学病院の2箇所（H24.10現在）指定されているが、救命救急センターまでの救急車による平均所要時間は120分（図-2）であり全国平均の3倍以上掛かるなど、全国的にも類を見ない広域医療を展開している。

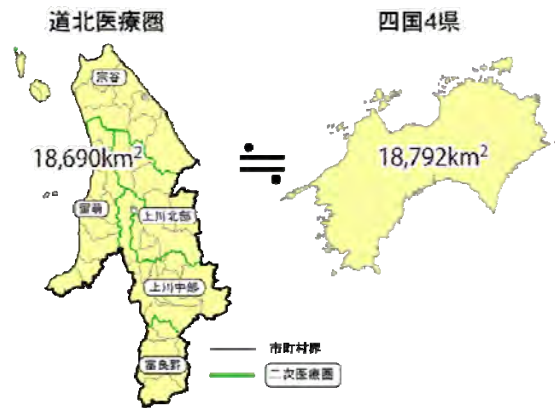


図-1 道北医療圏と四国4県の比較

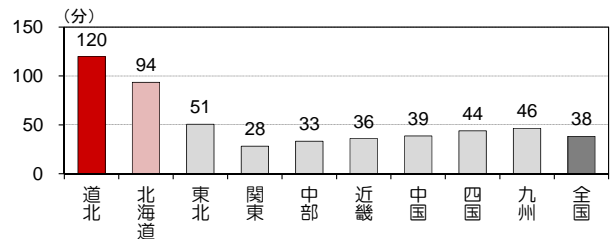


図-2 最寄りの救命救急センターまでの平均所要時間

道北医療圏における人口10万人当たり医師数（H22）を二次医療圏別にみると、旭川市を要する上川中部が大きく上回り増加傾向である。一方で、宗谷地方では医師数が全国・全道と比較し少なく減少しているなど、圏域内での都市偏在の傾向が伺える。（図-3）

なお、平成23年4月からは宗谷圏の地域センター病院である市立稚内病院で循環器内科の常勤医が不在となり、

一分一秒を争う急性心筋梗塞の決定的治療は約170km離れた名寄市立総合病院までの転送が必要となるなど、診療科目の面でも偏在する状況である。

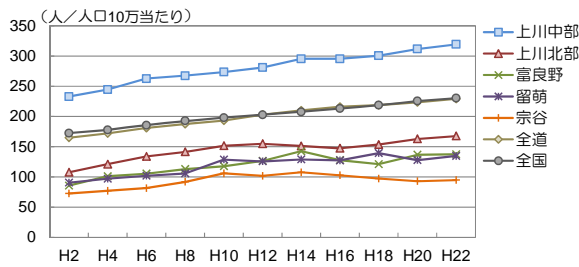


図-3 人口10万人当たり医師数の推移

3. 道北医療圏における時間短縮効果の評価

(1) 調査概要

救急搬送時間と生存率の関係を表したモデルでは、状態別で関係を示したカーラーの救命曲線が最も有名である。また、急性心筋梗塞や脳梗塞等の傷病別に着目した関係式では藤本ら¹⁾のモデルがある。これは、道路整備に伴う医療施設への時間短縮により、緊急性のある疾患（急性心筋梗塞・大動脈解離・脳梗塞・多発外傷）で増加する生存者の価値を便益として計測する方法であり、搬送時間と生存率の関係を傷病別に示した数少ない例である。北海道開発局管内の事業評価では、平成23年度より藤本らのモデルを活用し、救急医療改善便益として既存3便益とは別に試算している。

しかしながら、カーラーの救命曲線では患者への初期治療開始までに要する時間が計測対象であり、時間短縮による便益発現は概ね60分以内に限定される。また、藤本らのモデルでは、長崎県の高次医療機関への搬送データを基に構築されているため、高度医療施設が低密で長時間搬送を余儀なくされている道北地域の実情を加味できていないものと考えられる。

そのため本検討では、道北地域の医療機関や消防機関より救急活動記録や入院転帰記録等を収集分析することで、道北地域の実態を勘案した便益モデルを検討する。

(2) 調査・分析内容

a) 対象とする傷病

藤本らの研究や医療関係者のご意見を参考に、緊急性の高い急性心筋梗塞、大動脈解離、脳梗塞、くも膜下出血、脳出血、多発外傷の6傷病に着目し検討を行った。

b) データ収集

分析データについては、道北医療圏で決定的治療を担う旭川赤十字病院（救命救急センター）と名寄市立総合病院（地方センター病院）、更には管内11消防本部の協力を得て、2007年～2010年の過去4年分の搬送記録（搬送時間・転帰・在院日数等）のデータを収集した。

収集の結果（表-1）、医療機関データは6傷病合計で有効データとして1,531例収集できたが、消防機関より収集した救急活動記録とのマッチングの際にデータの不整合等があり、最終的には捕捉率67%となる1,026例を有効データとした。傷病別では脳梗塞が最も多く398例、次いで多発外傷、くも膜下出血の順である。

表-1 傷病別取得データ

傷病	病院データ		消防データ統合後の有効データ数			
	収集データ	有効データ	直送	転送・転院	合計	捕捉率
急性心筋梗塞	164	130	51	49	100	76.9%
大動脈解離	73	64	34	21	55	85.9%
脳梗塞	563	505	262	136	398	78.8%
脳出血	179	165	60	49	109	66.1%
くも膜下出血	168	146	71	39	110	75.3%
多発外傷	684	521	175	79	254	48.8%
合計	1,831	1,531	653	373	1,026	67.0%

c) 搬送時間

消防機関より収集した救急活動記録で明らかになっている覚知（119番入電）⇒病院到着までの経過時間を搬送時間と定義し分析した。

d) 分析方法

救急車による搬送は大きく2種類に大別され、最寄りの医療機関へ直接搬送する「直送（一次搬送）」と最寄りの医療機関へ搬送・安定化後、決定的治療が可能な医療機関へ搬送する「転送・転院（二次搬送）」がある。

藤本らのモデルでは「直送の入院30日後」の転帰データよりモデル構築を行っていたが、道北医療圏では長距離・長時間搬送を余儀なくされている現状や、死亡患者の平均在院日数が30日以内で傷病により大きく異なる（表-2）ことを勘案し、本検討では、①搬送直後の状態（直送）、②入院30日後の状態（直送）、③入院30日後の状態（転送・転院）の3ケースで搬送時間と生存率との関係を分析するものとした。（図-4）

表-2 死亡患者の平均在院日数

傷病	死亡患者の平均在院日数
急性心筋梗塞	1.03日
大動脈解離	4.63日
脳梗塞	17.32日
脳出血	5.07日
くも膜下出血	11.38日
多発外傷	14.33日

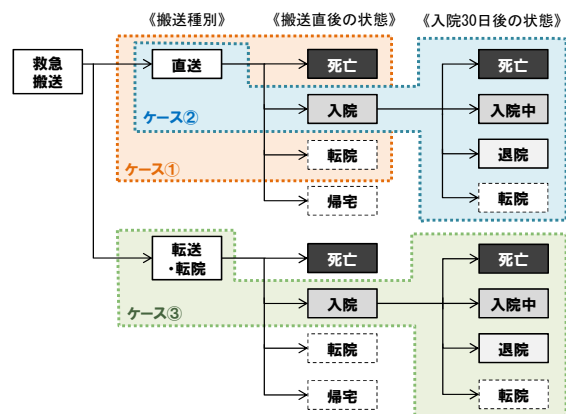


図-4 検討スキーム

(3)分析結果

a) 傷病別死亡率

直送の場合、搬送直後では急性心筋梗塞や大動脈解離等の心臓疾患の死亡率が30%以上と高い値を示している。反対に、脳卒中では搬送直後の死亡率が低いが、入院30日後の死亡率が高くなる傾向が確認できる。(図-5上)

転送・転院では、搬送直後の死亡率は各傷病ともに低く脳卒中では皆無であるものの、入院30日後では直送の場合と同様、やや高い傾向が確認できる。(図-5下)

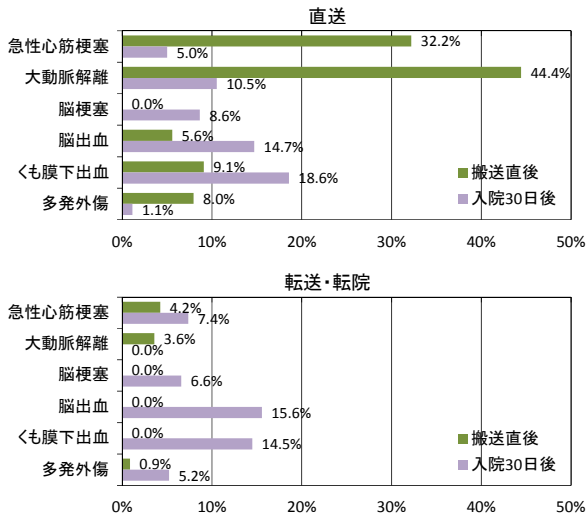


図-5 傷病別死亡率

b) 傷病別搬送時間

直送では全ての傷病で搬送時間(覚知⇒病着)が25分~35分であり、平均で28.6分となっている。中でも現着⇒現発の経過時間が最も長くなっており、多発外傷や脳梗塞患者で顕著である。一方、転送・転院では、搬送時間のばらつきが大きく、30分~65分の間で推移している。平均搬送時間は42.4分であり、現発(搬送元)⇒病着(転送先)の時間が大部分を占めている。(図-6)

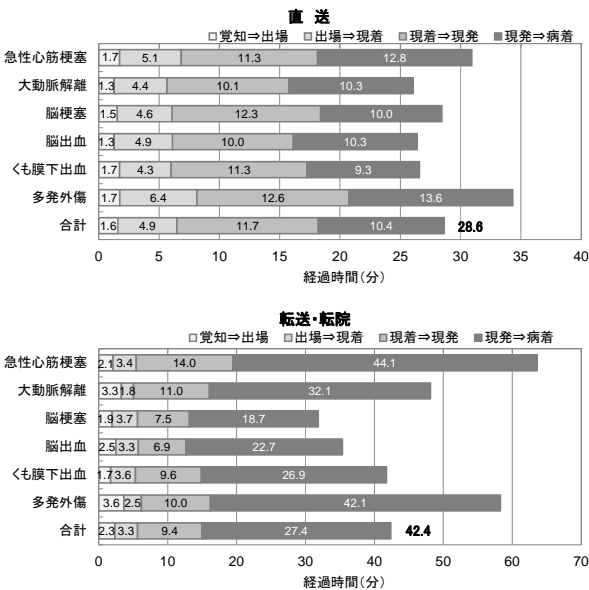


図-6 傷病別搬送時間

c) 搬送時間と生存率の関係

■直送 — 搬送時間×搬送直後生存率 (ケース①)

直送における搬送時間と搬送直後生存率との関係を図-7に示す。急性心筋梗塞やくも膜下出血、多発外傷など、搬送直後の死亡率が高い傷病において、搬送時間増加に伴い生存率が低下する傾向が得られた。一方、脳梗塞や脳出血の搬送直後の状態では、搬送時間とリスクとの関連性が確認できなかった。なお、直送の搬送時間が60分を超える患者は全体の2%程度(653件中13件)でありデータ数が著しく少ないため、本検討では60分以内のデータを分析対象としている。

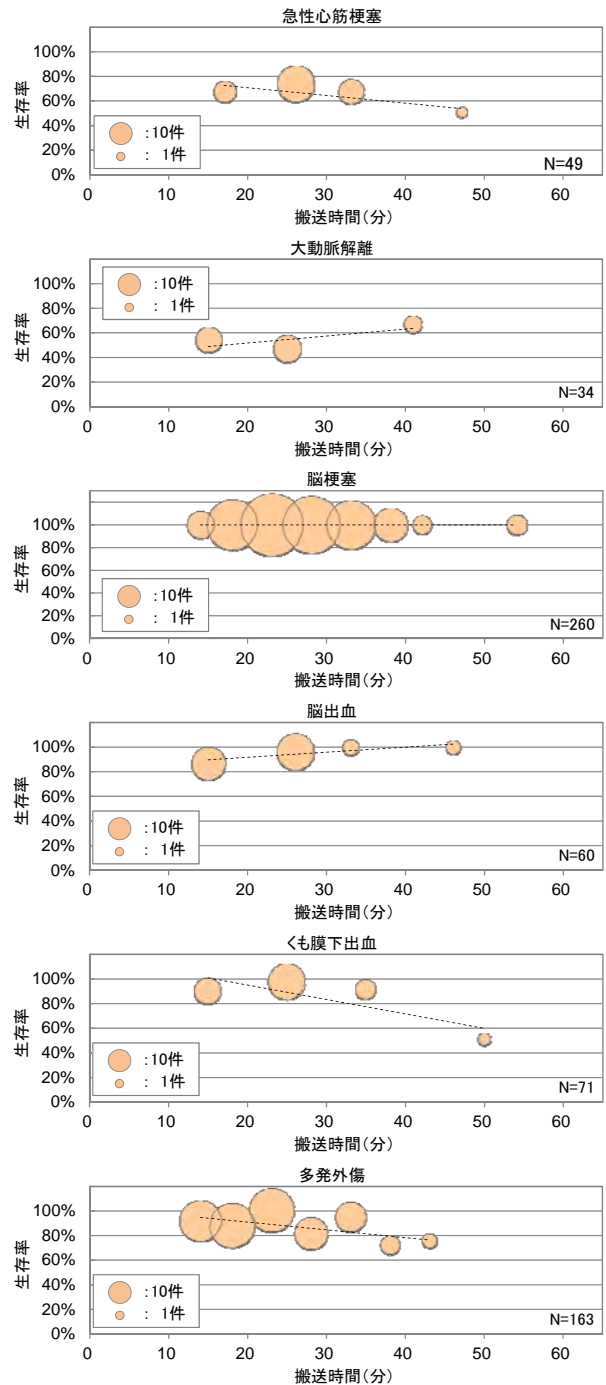


図-7 搬送時間と生存率の関係 (直送—搬送直後)

■直送 — 搬送時間×入院30日後生存率（ケース②）

直送における搬送時間と入院30日後生存率との関係を図-8に示す。搬送直後状態とは逆に、急性心筋梗塞や大動脈解離等の心疾患系の傷病で関連性が確認できなかったが、脳梗塞や脳出血等の脳卒中で搬送時間増加に伴い生存率が低下する傾向が得られた。

なお、入院30日後転帰との関連性分析は、藤本らのモデルと同様の考えに基づくものである。

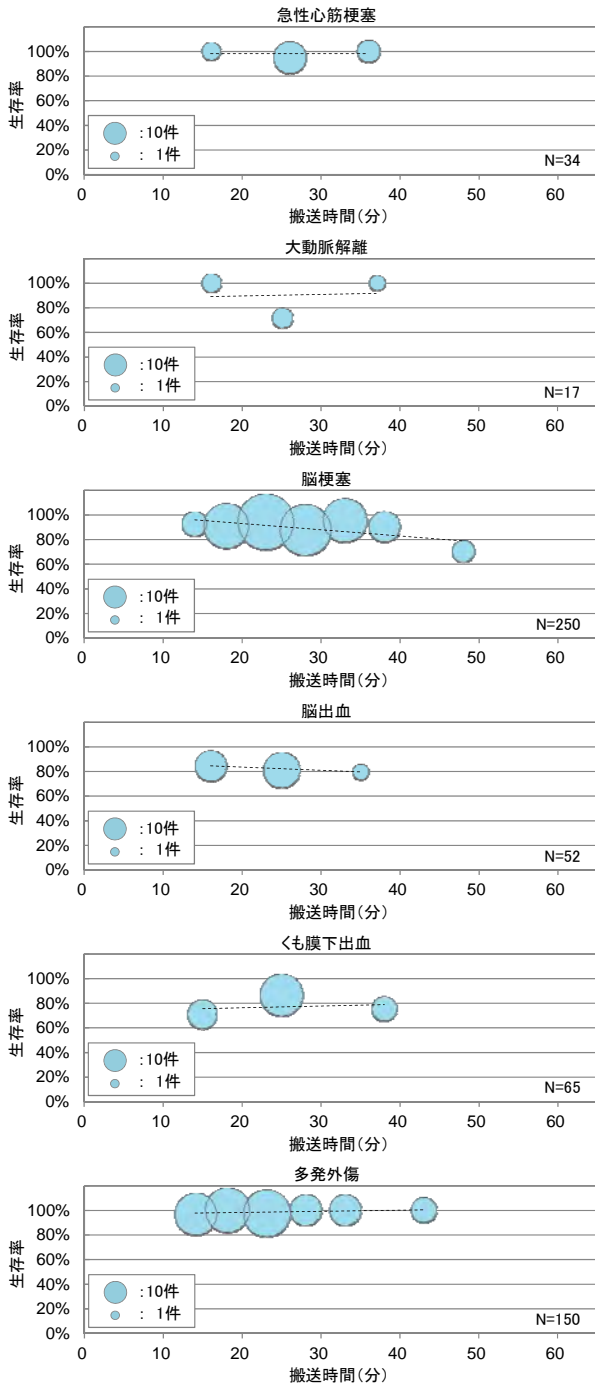


図-8 搬送時間と生存率の関係（直送—入院30日後）

■転送・転院—搬送時間×入院30日後生存率（ケース③）

直送では傷病によって搬送時間増加に伴い生存率が低下する傾向が得られたが、転送・転院ではすべての傷病

においてそのような傾向が得られなかった。比較的サンプルの多い脳梗塞のみ参考として図-9に示す。医療関係者へ確認したところ「転送では搬送元の医師が転送先でオペ対応可能な場合に転送を判断している」との回答を得た。そのため、今回データ収集した高次医療機関には治療で助かる見込みの高い患者が搬送されるので、搬送時間増加に伴う死亡リスク増大等の関係は得られ難いと考えられる。今後は搬送元病院のデータを収集し、決定的治療までのトータル時間を勘案し分析する必要がある。

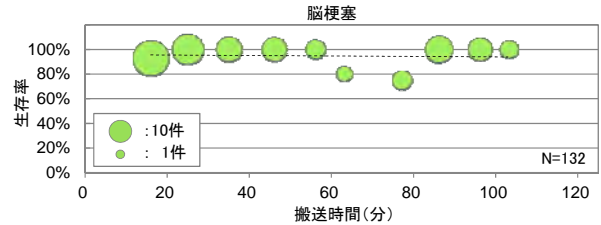


図-9 搬送時間と生存率の関係（転送・転院—入院30日後）

(4) 考察

搬送時間と生存率との関連性を統計的に検証するため、比率の差の検定と無相関の検定の2通りの統計的検定を行った。なお、今回は、何れか一方で有意（片側10%以下）と判定された場合に相関ありと判定した。

直送の搬送直後では、急性心筋梗塞やくも膜下出血、多発外傷で有意な相関があり、また、入院30日後では、脳梗塞や脳出血で有意な相関が確認できた。なお、大動脈解離については、有効データ数が計34件と少ないこともあり、統計的に有意な相関が得られなかった。

表-3 検定結果（直送）

搬送直後	比率の差の検定	無相関の検定
急性心筋梗塞		片側10%有意
大動脈解離		
脳梗塞		
脳出血		
くも膜下出血	片側5%有意	片側10%有意
多発外傷		片側10%有意

入院30日後	比率の差の検定	無相関の検定
急性心筋梗塞		
大動脈解離		
脳梗塞		片側5%有意
脳出血		片側10%有意
くも膜下出血		
多発外傷		

有意な差を確認できた5傷病の搬送時間と生存率との関係式（近似式）を表-4に示す。なお、関係式は、藤本らの研究を参考に直線回帰とした。関係式の傾きは単位短縮時間当たりの生存率の増加度合いを示すことを考えると、5傷病の内くも膜下出血の傾きが最も大きく、次いで急性心筋梗塞の順となり、搬送直後を対象としている傷病で時間短縮に伴う生存率の増加度合いが高い。

表-4 傷病別関係式

傷病	搬送種別	関係式	R ²
急性心筋梗塞	直送-搬送直後	$y = -0.0063x + 0.8337$	0.6454
脳梗塞	直送-入院30日後	$y = -0.0051x + 1.0311$	0.4889
脳出血	直送-入院30日後	$y = -0.0026x + 0.8877$	0.9332
くも膜下出血	直送-搬送直後	$y = -0.0117x + 1.1854$	0.6591
多発外傷	直送-搬送直後	$y = -0.0063x + 1.0365$	0.4126

y: 生存率 (0 ≤ y ≤ 1)、x: 搬送時間 (min)

(5) 道路整備による時間短縮効果の試算

検討したモデルを活用し、道北地域における高規格幹線道路整備による救命効果を試算した。計測対象範囲や搬送先病院等の各種条件は以下に示す通りである。人口当たりの搬送患者発生率については、各消防機関から収集した救急搬送記録等を基に、表-5の通りに設定した。



図-10 便益計測対象範囲および各種条件

表-5 搬送患者発生率

搬送種別	搬送患者数	人口	搬送患者発生率 (人/万人/年)
急性心筋梗塞	197	509,090	3.87
脳梗塞	677	509,090	13.30
脳出血	207	509,090	4.07
くも膜下出血	127	509,090	2.49
多発外傷	16	509,090	0.31

救命人数の計測結果を表-6に示す。計測の結果、道北医療圏のすべての高規格幹線道路が整備された場合、高次医療施設への救急搬送時間が短縮し、年間約3.0人の搬送患者が救命すると試算された。傷病別では急性心筋梗塞が最も多く全体の約半数を占める。

表-6 傷病別救命人数

傷病	生存人数(人)		救命人数(人)
	整備なし	整備あり	
急性心筋梗塞	30,72275	32,20441	1,48166
脳梗塞	256,50784	257,19908	0,69124
脳出血	71,49433	71,60216	0,10784
くも膜下出血	46,44514	46,72484	0,27970
多発外傷	3,57146	3,98552	0,41406
合計	408,74151	411,71602	2,97451

対象としている傷病が異なる藤本らの研究との単純比較はできないが、藤本らのモデル式を活用し同条件で計測したところ、年間約1.2人救命されると試算され、本検討のほうが約2.5倍の救命人数となる結果となった。

4. 救急搬送の安定性評価

(1) 調査概要

救急搬送の安定性に関する研究では、搬送患者に掛かる横Gと患者影響との関係性を示した田中ら²⁾の研究がある。この研究では患者を載せている救急車の走行実験結果を踏まえ、「曲線走行時に掛かる横Gが0.15G以上となれば、最高血圧の変動量が10mmHgを超過し、搬送患者へ影響を与える可能性がある」としている。

本検討では、救急車の走行安定性に関する基礎データ収集を目的に、稚内～名寄間を走行する救急車にプローブ機器を搭載し、国道40号等の幹線道路の救急搬送の揺れ・速度情報を収集するとともに、高規格幹線道路の走行安定性について評価を行ったものである。以下に本調査の概要と分析条件を示す。

- ◇搭載車両：稚内消防署の長距離搬送用救急車1台
- ◇分析区間：稚内市～名寄市
- ◇分析対象：平成23年12月22日搬送分
- ◇計測項目：走行速度、横加速度
- ◇分析方法：速度は100m毎の平均値、横加速度は1秒毎ではノイズが大きいため、3秒毎の平均値とした。

(2) 調査・分析結果

稚内市～名寄市間の区間別の救急車速度と横加速度を図-11に示す。交差点が多い稚内市等の市街地内や急カーブの多い山間部（特に中川-音威子府間）で速度変動が著しく、また、横加速度でも山間部の連続した急カーブ

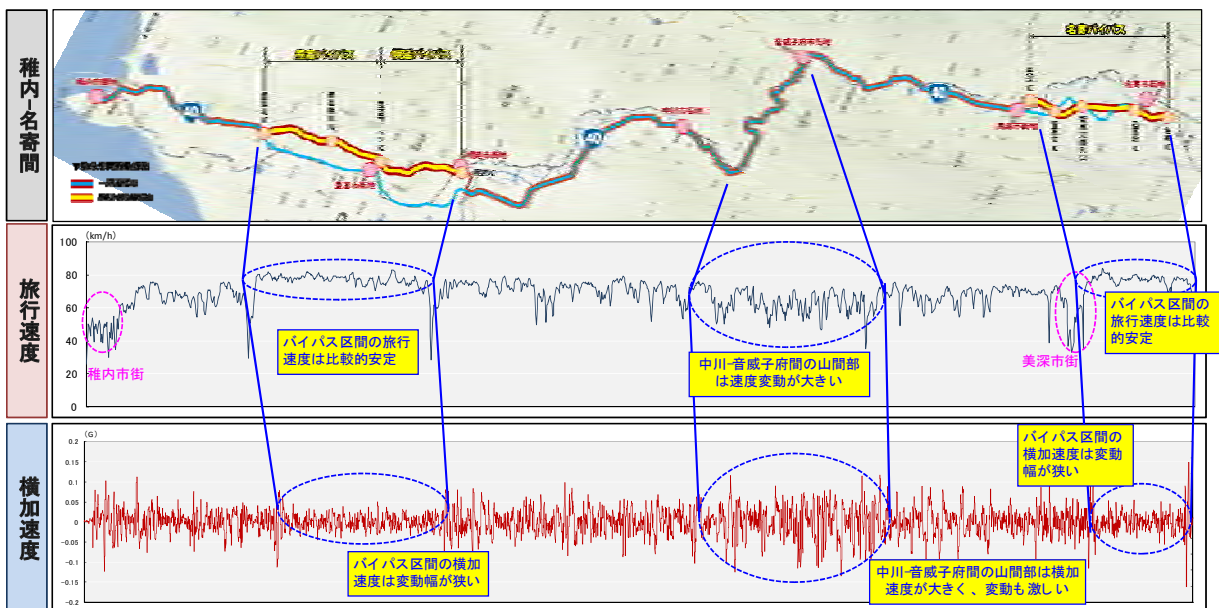


図-11 稚内～名寄間における救急車の搬送速度と横加速度 (H23. 12. 22の測定値)

ブ区間で高いうえ、変動幅も大きいなど安定性が低い。

道路種類別で見た場合(図-12)、一般道では速度が低く横揺れはやや高い傾向がある一方で、高規格幹線道路では横揺れが少なく速度も高い値で安定していることが確認できた。なお、いずれの区間を走行する際にも患者への影響が懸念される0.15Gを超過していないことから、ドライバーは走行速度を犠牲にして患者負担を軽減させていることが数値的に確認できた。

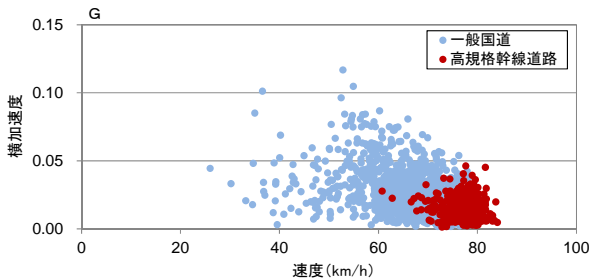


図-12 速度と横Gとの関係

5. まとめと今後

(1) 時間短縮効果について

本検討では、名寄市立総合病院および旭川赤十字病院、各消防機関へ過去4年間の資料収集を行い、搬送時間と生存率の関係を傷病別に分析した。結果、直送の5傷病について搬送時間増加に伴う生存率低下の関係が確認された。しかしながら、以下に示す課題も確認されたので、今後、継続して調査・検討を行っていく。

- ・収集サンプル数は1,000以上であったが、傷病別でバラつきがあり、大動脈解離では統計的な有意性が低い状況であった。今後はデータ提供を全道規模で行うなど、サンプル数を増やす取り組みが重要となる。
- ・収集先のデータ整理方法の違いにより、重症度別データの有効サンプルが少ないため、重症度別に分析ができていない。データ入力フォーマットを事前に作成・依頼し、患者発生段階で入力・データ収集できる体制づくりを構築する必要がある。
- ・本検討では、搬送時間と生存率の関係を直線回帰で分析したが、カーラー曲線では時間と生存率の関係は曲線であり、藤本らの研究³⁾でもロジット回帰を適用したモデルを検討している。今後、本検討についても適用性を検証する必要があると考える。
- ・転送では多くの場合がオペ対応のみ搬送対象となっていると考えられ、搬送時間とリスクとの関係は確認できなかった。そのため、転送元の医療機関の協力で、到着時症状、転送のジャッジなどデータを把握し、トータルでの評価について検討する必要がある。
- ・脳梗塞など発症が直ちに致命傷に繋がらない疾患では、搬送時間と死亡率との関係が弱いと推測されるため、

後遺症低減の視点で分析する必要があるとの意見を医療関係者より頂いた。ただし、後遺症データの過去をさかのぼってのデータ収集は困難であるため、データ収集段階からの依頼およびリアルタイムの収集方法を検討する必要がある。

(2) 救急搬送の安定性評価について

本検討では、救急車の走行安定性に関する基礎的データ収集を目的に、稚内～名寄間を走行する救急車にプローブを搭載し、一般国道と高規格幹線道路を走行する救急搬送の揺れ・速度情報を収集。高規格幹線道路が速度・横揺れの両面から走行性が高く、また、救急車ドライバーは走行速度を犠牲にして患者負担(横揺れ)を軽減させていることが数値的に確認できた。

今後、走行安定性評価を行うために、下記に示す課題に対応した取り組みを行っていく必要がある。

- ・高規格幹線道路の医療支援への“有効性”を検証するためには、揺れや速度低下がどの疾患のどの部分にどの程度影響し、患者へどのような悪影響を及ぼしているかを精緻に分析する必要がある。
- ・また、救急車の揺れによる患者影響については、搬送患者の傷病や重症度に大きく左右すると考えられ、更に、救急車の速度決定は救急車ドライバーの感覚によるところが大きいものと考えられる。
- ・そのため、救急車プローブと救急活動記録をマッチングし、更には、救急車ドライバーへのアンケート等により、搬送患者の傷病・程度と速度決定要因から搬送課題、原因を分析する必要がある。
- ・本検討では、12月からの冬期データの取得のみであり、夏期の速度・横方向加速度のデータが不足しているため、年間を通じたデータ収集とともに、観光期や大雨時、冬期視程障害時など、特殊条件下での走行速度並びに横Gの関係分析を行うことも重要と考える。

謝辞：本稿の取り組みにあたり、データ提供や技術的な面でご協力いただいた名寄市立総合病院の佐古院長と旭川赤十字病院の住田副院長はじめ関係各位、救急搬送データ等をご提供いただいた道北医療圏の消防本部関係各位に対し、感謝の意を表します。

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 Vol45, No5, P47～56, 2010
- 2) 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」：第27回日本道路会議
- 3) 藤本昭、角知憲、大枝良直、城素美夫、武藤美代、田中泰幸：「ロジット回帰を適用した道路整備の救急医療改善効果推計」：交通工学 Vol47, No2, P57～62, 2012