

救急搬送活動からみた 道路整備効果に関する研究

鈴木 天¹・國分 恒彰²・江原 耕一³・森 賢二⁴・門間 俊幸⁵

¹正会員 株式会社福山コンサルタント 本社事業部 (〒802-0062 北九州市小倉北区片野新町1-11-4)

E-mail:t.suzuki@fukuyamaconsul.co.jp

²非会員 株式会社福山コンサルタント 本社事業部 (〒802-0062 北九州市小倉北区片野新町1-11-4)

E-mail:kokubu@fukuyamaconsul.co.jp

³非会員 国土交通省 九州地方整備局 佐賀国道事務所 品質確保課 (〒849-0924 佐賀市新中町5番10号)

E-mail: ehara-k8910@qsr.mlit.go.jp

⁴非会員 国土交通省 九州地方整備局 長崎河川国道事務所 調査第二課 (〒851-0121 長崎市宿町316番地1)

E-mail: mori-k8912@qsr.mlit.go.jp

⁵正会員 国土交通省 九州地方整備局 長崎河川国道事務所 (〒851-0121 長崎市宿町316番地1)

E-mail: monma-t87yk@qsr.mlit.go.jp

高齢化の進展や、頻発する自然災害などによる救急搬送件数の増加が予想され、医師不足による救急医療サービスの地域間格差が問題となる中、救急搬送活動に対する国民の関心が高まってきている。

これまでの道路整備により救急搬送時間の短縮が図られ、救急患者の救命率の向上に貢献してきた。これに加えて、救急搬送時の揺れの軽減が救命率の向上に貢献していると考えられる。

そこで本研究では、道路整備が遅れている長崎県北松地域を事例として、救急車を用いたブローブ・加速度調査を実施し、道路規格の違いによる車両の揺れが及ぼす影響について分析を行った。その結果、規格の高い道路では車両の揺れ（加減速度の変化）が大きく軽減されることが分かり、患者負担の軽減、救命処置活動の効率化などに寄与するものと考えられる。

Key Words : *emergency medical transport, acceleration, effect of road improvement*

1. はじめに

我が国の道路事業評価における費用便益分析では、走行時間短縮、走行経費減少、交通事故減少の3つの効果を貨幣換算し事業における総便益としている。これら3便益は交通量が便益換算のパラメータとなっており、交通量の少ない地方部では、交通量の多い都市部に比べて便益の発現量が小さくなるために道路整備が遅れている傾向にある。また、そのような地方部では、医師不足問題が進展し自市町村内の病院では対応可能な診療科目が不足していることから遠方の都市部への救急搬送が増加しつつあり、都市部と地方部での救急搬送時間における格差が問題とされている。

長崎県の北西部に位置する北松地域においても人口減少・少子高齢化が進展し、診療科目や医師の不足から地域内の病院では診療科が限られるために、高度医療機関

が集積する佐世保市への救急搬送事例が増加している。北松地域の平戸市や松浦市から佐世保市へは30分以上の所要時間を要するほか、急勾配・線形不良の山間部を通過する必要がある、高速道路網が救急医療体制に不可欠であるとして関係自治体等から高速道路網整備の要望がなされてきた。

当該地域では、平成22年3月、平成23年9月に西九州自動車道佐々佐世保道路が段階供用（図-1）し、北松地域から佐世保市中心部へのアクセスが最大17分短縮するなどの効果があった。また、救急搬送からみた供用路線の整備効果について地域の消防機関にヒアリング調査を行ったところ、佐世保市中心部への救急搬送事例の大半のケースで西九州自動車道を利用しているとの回答を得た。さらに、救急搬送中の揺れの減少による患者負担の軽減、救急隊員による救急処置の効率化に効果があったとの回答を複数の機関より得られた。



図-1 西九州自動車道佐々佐世保道路の供用区間

交通量に依存しない道路事業評価手法として、「救急医療へのアクセス向上効果（時間短縮による救命率向上効果を貨幣換算）」が検討され、これまでの道路事業評価においても新たな便益として参考値の形で取り扱われてきたが、「救急搬送中の揺れの軽減効果」についても、救急搬送に携わる関係者より大きな効果として認識されていることが把握された。

そこで本研究は、一般道と西九州自動車道においてプローブ・加速度調査を実施し、道路整備による救急搬送時の揺れの軽減を定量的に示すことを試みた。

2. 西九州自動車道佐々佐世保道路の概要

西九州自動車道は、福岡市を起点として唐津市、伊万里市、佐世保市を經由して武雄市に至る延長約150kmの自動車専用道路である。その一部を成す佐々佐世保道路は佐々IC～佐世保中央ICの暫定2車線で構成される9.0kmの自動車専用道路であり、平成22年3月に相浦中里IC～佐世保中央ICの供用、平成23年9月に佐々IC～相浦中里ICの供用と段階的に整備された（図-1）。佐々IC～佐世保中央ICの利用で、佐々町から佐世保市へのアクセスは最大17分短縮し、供用区間に交通が転換したことから一般道においても渋滞が緩和し定時性が向上した。

また、高速道路網が佐々町まで整備されたことで、佐々バスセンターから直通で博多駅まで高速バスが運行し、地域住民の利便性向上の効果をもたらした他、福岡市から2時間圏域に含まれたことを契機とした福岡市発着のバスツアー「佐々町魅力発見モニターツアー」が開

催されるなど、広域交流の活性化に寄与している。産業面においては、地域代表企業の出荷エリアの拡大・製品取扱量の増加の効果が発現し、福岡市近郊のライバル企業との地域間格差が縮小し企業競争力の向上に寄与している等、多岐にわたる効果についてヒアリング調査から把握した。

3. 消防機関ヒアリング調査

西九州自動車道佐々佐世保道路供用による救急搬送活動への効果を把握することを目的として、周辺地域の消防機関にヒアリング調査を実施した。ヒアリング調査先は、佐世保市消防局、平戸市消防本部、松浦市消防本部の3件である。

(1) 救急搬送時間の短縮に関する意見

救急搬送時間の短縮に関する回答を以下に記す。

- ・救急車が市街地を走行する際は信号通過等で速度を落とすことから速くても40km/h程度の走行となるが、西九州自動車道を走行すると70km/hで走行できることから、搬送時間を大きく短縮できる。
- ・大出血を発症した患者の場合、発症後30分以内の病院搬送が望ましい。できるだけ大きな病院へいち早く搬送する必要があるため、高速道路開通の効果は非常に大きい。
- ・各病院への搬送時間が短縮したことで搬送先の選択肢が増加し、佐世保市以南の病院への搬送も可能となった。

(2) 救急搬送時の揺れに関する意見

救急搬送時の揺れ軽減効果についても多数意見があった。救急搬送中の揺れに関する回答を以下に記す。

- ・脳梗塞や脳出血を発症している患者については、走行中の揺れによる再出血を引き起こす可能性があるが、一般道では30km/h程度の低速走行でなければ揺れを抑えられない。
- ・西九州自動車道では、走行時の安定性が良く、70km/hで走行しても揺れの発生を抑えられ、搬送患者の容体悪化につながる可能性を小さく抑えられている。
- ・一般道の市街地では、信号通過時のブレーキ及びアクセルによって患者は揺れに曝されている。一般車両を追い越す際には、前後だけでなく左右の揺れも発生する。
- ・一般道のカーブのきつい山間部等では、患者自身や付添者が車酔いしたことがあった。
- ・救急搬送中に心臓マッサージ等の処置を行うことがあがるが、救急搬送中の車両の揺れが大きいと、救急処置

を行う隊員の安定した体勢の確保が困難であり、走行中の揺れにより救急処置を妨げられることがある。西九州自動車道は走行中の揺れが小さいため、安定した体勢で円滑な救急処置を施すことができるようになった。

ヒアリング調査の結果、時間短縮効果のほか走行中の揺れの軽減効果について3件の消防署より多数の回答を得た。これを動機として、走行中の揺れ軽減の効果を検証するため、プローブ・加速度調査を実施した。

4. 福祉タクシーを用いたプローブ・加速度調査

(1) 調査の概要

西九州自動車道（佐々IC～佐世保大塔IC）と並行現道である国道204号、国道35号を対象としてプローブ・加速度調査を実施し、走行中の揺れの発生状況の整理を行った。なお、並行現道は佐世保市役所前や佐世保駅前等の市街地を通過する渋滞が問題とされる区間である。本調査では、渋滞による走行性の低下の影響の大きい朝ピーク時間帯で調査を実施した。

a) 調査車両

調査車両については、救急搬送に用いられる救急車両と同程度の規格、利用形態が相似する福祉タクシーを用いることとした。福祉タクシーとは民間のタクシー会社が保有する身体障害者や介護の必要な高齢者の移動のために、ベッドのまま乗れる装備のあるタクシーである（図-2）。福祉タクシーを保有する佐世保観光タクシー



図-2 福祉タクシーを用いたプローブ・加速度調査車両



図-3 セーフティレコーダ設置箇所（福祉タクシー）

株式会社に調査を依頼し、当該企業のタクシードライバーの運転による福祉タクシーを用いたプローブ・加速度を計測した。

b) 走行ルート

走行ルートは表-1、図-4に示す通り、西九州自動車道と並行現道の2ルートの走行を行い、2ルートの走行で得られた計測結果を比較・分析することとした。

c) 計測機器及び機器の設置

プローブ・加速度計測機器については、データ・テック社製の車両挙動センサ（セーフティレコーダ）を用いた。セーフティレコーダによって得られるデータは表-2の通りである。前後加速度とは車両前後方向の加速・減速時の加速度、左右加速度とは車両左右方向の右旋回・左旋回時の加速度である。セーフティレコーダを運転に支障の来さないレッグスペースに設置・固定（図-3）し、日時、位置情報、速度、前後及び左右加速度を計測した。

d) 加速度の発生による人体への影響

加速度の発生による人体への影響については、小野ら¹⁾、田中ら²⁾により研究されている。

小野ら¹⁾の研究では加速度 $\pm 0.2G \approx 2m/s^2$ の加速度を受け続けた場合に次の症状が起ころうとされている。

- 前後 $\pm 0.2G$ 以上：鬱血の繰り返しによる不快感や嘔吐，循環器系に疾患のある場合は患部からの出血
- 左右 $\pm 0.2G$ 以上：揺れによる不快感や嘔吐，骨折などの場合には揺れによる患部の痛み

田中ら²⁾の研究では、左右加速度が $\pm 0.15G$ 超過すると、次の影響を受ける可能性があると考えられている。

- 左右 $\pm 0.15G$ 以上：最高血圧の変動量が $10mmHg$ を超過する傾向が強く、患者の安静度に影響を与える

本研究ではこれら先行研究で示された人体に影響があるとされる加速度の数値を指標として用いることとした。

表-1 走行ルート及び走行開始時間

	走行ルート	走行開始時間
西九州自動車道	佐々IC⇒佐世保大塔 IC	H24.7.20 AM9:15
並行現道	佐々町⇒大塔 IC 入口 (国道 204 号, 国道 35 号)	H24.7.20 AM7:30

表-2 セーフティレコーダによる取得データ

データ	最小単位	分解能	更新期間
日時	秒	1	1.0 秒
緯度・経度	秒	1/1000	1.0 秒
速度	Km/h	1/10	1.0 秒
前後加速度	G	1/10000	0.1 秒
左右加速度	G	1/10000	0.1 秒



図-4 加速度調査区間及び前後加速度±0.2G以上計測箇所 (福祉タクシー)

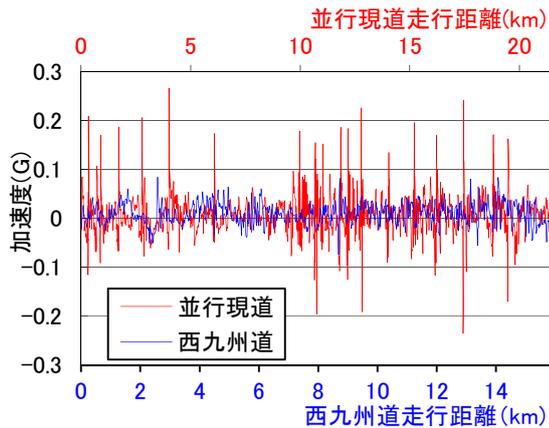


図-5 西九州道・並行現道の前後加速度 (福祉タクシー)

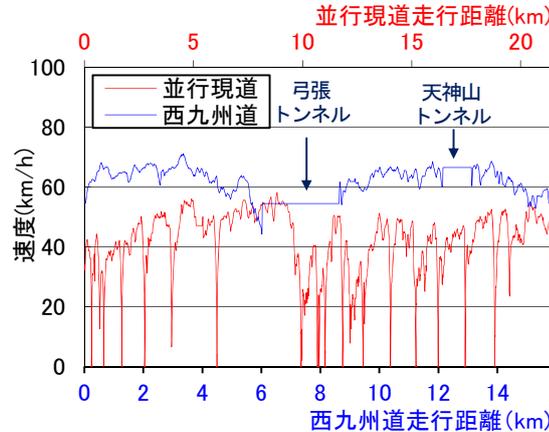


図-6 西九州道・並行現道の走行速度 (福祉タクシー)

(2) 調査結果

図-5は、佐々IC⇒佐世保大塔IC方向の西九州自動車道及び並行現道(国道204号, 国道35号)を走行した際の前後加速度±0.2G以上を計測した箇所を示している。一般道では前後加速度が±0.2Gを上回った箇所が9箇所あったが、西九州自動車道では、±0.2Gを上回る機会が発生せず±0.1G以内の小さい範囲に収まっている(図-5)。

また、図-6に示した走行速度については、西九州自動車道では60km/h前後のほぼ一定の速度で走行しているものの、並行現道では信号交差点での停車等により速度の変動が大きく、減速・加速が繰り返し発生している。速

表-3 前後加速度の平均値及び最大値(福祉タクシー)

	西九州道 ①	並行現道 ②	変化率 ①/②
加速平均	0.02G	0.03G	0.68
加速最大	0.08G	0.27G	0.32
減速平均	-0.01G	-0.03G	0.49
減速最大	-0.07G	-0.25G	0.30

度低下機会の多い並行現道10~15kmの区間では図-5に示した前後加速度の変動も大きくなっている。なお、トンネル区間ではセーフティレコーダのGPSが計測不可能である。測定不可能区間については、計測不能となる直前の速度をグラフ上に示している。

前後加速度の平均値及び最大値を表-3に示すと、西九州道走行時の加速度は、最大値では並行現道の約3割、平均値では約5割~7割に抑えられている。

一般道の並行現道では、渋滞する複数の信号交差点を通過するため、ブレーキ及びアクセルによる加減速の機会が多々発生する。一方、西九州自動車道ではブレーキ及びアクセルの機会が無いに等しく、走行中に高い前後加速度が発生される要素が少ないことから、救急搬送中の前後の揺れによる搬送患者の容体悪化の可能性を十分に抑えることができると考えられる。

なお、左右加速度についても前後加速度と同様に計測結果を分析したものの、±0.15G上回る左右加速度の発生は西九州自動車道では0箇所、並行現道においても1箇所のみでの計測に止まった。今回調査の並行区間は、市街地部に相当するため、急カーブ等の線形不良区間が含まれないことから左右の揺れは少なかったものと考えられる。

5. 救急車両を用いたプローブ・加速度調査

(1) 調査の概要

福祉タクシーを用いたプローブ・加速度調査結果を平戸消防本部に紹介したところ、以下の回答を得られた。

「市街地部での信号交差点の通過時には、十分注意を払い運転しているもののサイレンに気付かない車両が走行していることもあるためブレーキを踏む機会が発生する。福祉タクシーを用いた調査結果の加速度の発生状況は救急搬送中の実感に合うものである。」とのことである。

しかしながら、前述の調査結果は、救急車と同程度の規格、利用形態が相似する福祉タクシーを用いた調査結果であり、救急車両はサイレンを鳴らした緊急走行となるが、福祉タクシーでは一般車両と同一の走行となる点が大きく異なる。西九州自動車道佐々佐世保道路の供用による救急搬送中の揺れ軽減の効果として、地域の方々



図-7 プローブ・加速度調査車両（救急車両）



図-8 セーフティレコーダ設置箇所（救急車両）

に広報するには説得力に欠けると考えた。

そこで、実際の救急搬送に使用される救急車両でのプローブ・加速度調査の実施を平戸市消防本部に提案したところ、調査実施に協力を得ることが出来、平戸市消防本部が所有する高規格救急車（図-7）を用いた救急搬送時のプローブ・加速度調査を実施することとなった。

本調査は、平戸市の現場から西九州自動車道を通じて佐世保市の病院への救急搬送事例の計測を目的とすることから、目的の救急搬送事例が発生するまでの期間について計測を依頼した。実際に目的の救急搬送事例があったのは、H24.9.4に調査を開始して8日目のH24.9.11の13時台であった。

計測機器は福祉タクシーによるプローブ・加速度調査と同様にセーフティレコーダを用いた。セーフティレコーダを高規格救急車の運転、救急搬送中の処置に影響を及ぼさないレッグスペースに設置した（図-8）。セーフティレコーダの電源は車両のエンジンON/OFFに連動するため、調査期間中の走行機会の全データを取得した。

(2) 調査結果

図-9は、H24.9.11に発生した平戸市から佐世保市への救急搬送事例のルートを示したものである。この搬送事例は、平戸大橋より国道204号を走行し、佐世保市江迎町で一般県道志方江迎線に分岐し、佐々町からは西九州自動車道を利用して、佐世保中央ICに隣接する佐世保市



図-9 救急搬送事例走行ルート及び前後加速度 $\pm 0.2G$ 以上計測箇所（救急車両）

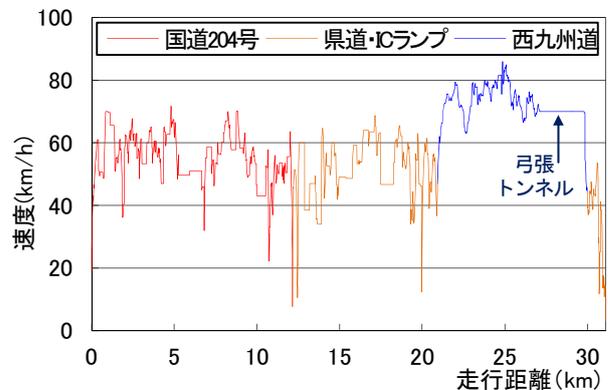


図-10 救急搬送中の走行速度（救急車両）

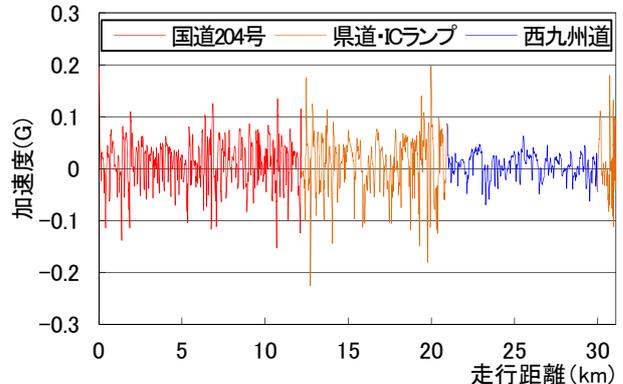


図-11 救急搬送中の前後加速度（救急車両）

立総合病院（三次救急医療機関）に搬送されている。当該ルートの救急搬送事例より得られた結果について、以下に記す。

a) 走行速度

図-10に救急搬送時の旅行速度の変化を示した。救急搬送中の調査結果であるほか、主に山間部を通過するルートとなるため、福祉タクシーでの調査結果（図-6）に比べると一般道走行時に速度が大きく減速する機会は少ないが、20km/hを下回る減速は複数回発生している。一般道での走行速度は概ね40～60km/h程度であった。また、

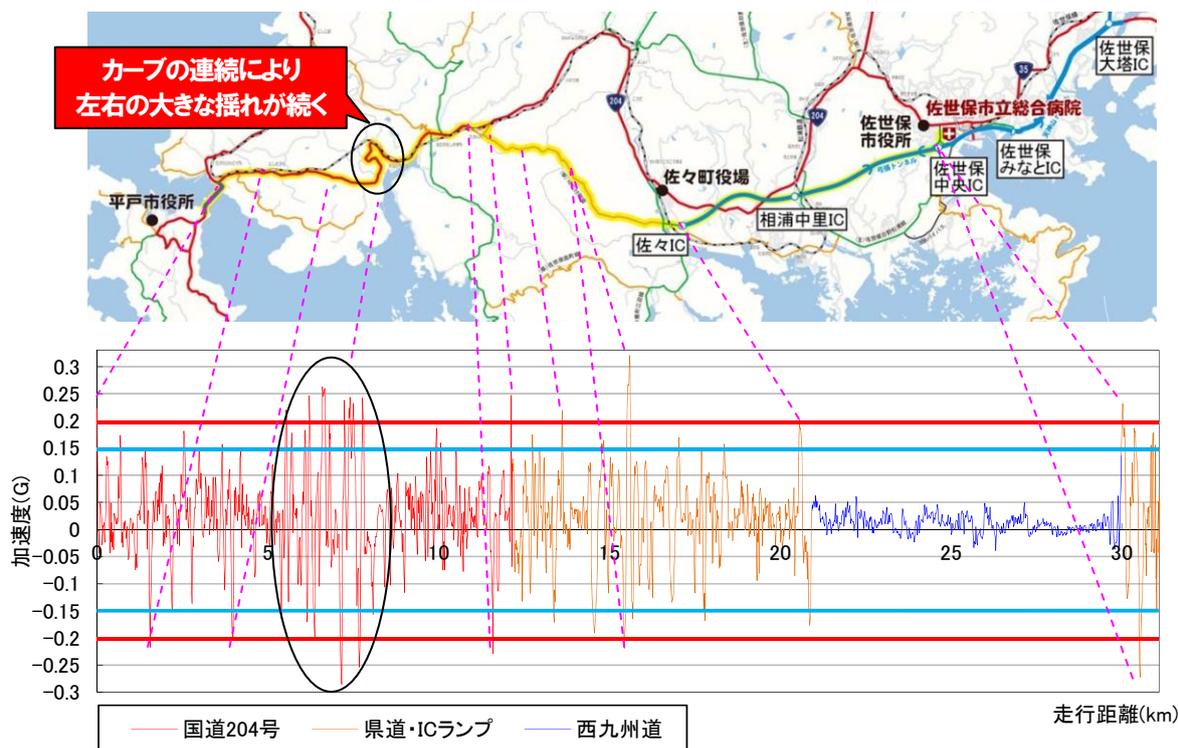


図-12 救急搬送中の左右加速度（救急車両）

西九州自動車道での走行速度は概ね60～80km/h程度の速度であった。

b) 前後加速度

図-9には平戸市から佐世保市への救急搬送時の前後加速度 $\pm 0.2G$ 以上の箇所をプロットした。また、図-11には救急搬送時の前後加速度の変化を示した。平戸市から佐々町までの一般道区間は、山間部を通過する道路であり信号交差点が少ないことから、ブレーキ及びアクセルの機会が少なく、 $\pm 0.2G$ 以上の前後加速度が発生した箇所は約30kmのルート全体で1箇所のみであった。

なお、西九州自動車道では、福祉タクシーを用いた調査結果と同様に前後加速度が $\pm 0.2G$ を上回ることなく、 $\pm 0.1G$ 以内の小さい範囲に抑えられた。

c) 左右加速度

図-12には平戸市から佐世保市への救急搬送時の左右加速度の変化を示し、左右加速度 $\pm 0.2G$ 以上を示した箇所を地図上にプロットした。平戸市から佐々町までの一般道区間は、山間部の線形不良区間を通過するため、左右の横揺れが大きく発生し、人体に影響があるとされる $\pm 0.15G$ 、 $\pm 0.2G$ を上回る高い左右加速度が連続して計測されている。一方で、西九州自動車道の区間では、 $\pm 0.15G$ 以上の左右加速度は発生せず、左右加速度の発生を小さく抑えられた。

未事業化区間である西九州自動車道松浦～佐々の区間が今後整備された場合には、既供用区間と同様に救急搬送時の左右加速度の発生を小さく抑えられ、患者の安定搬送の実現、搬送中の処置の円滑化が期待される。

6.まとめと今後の課題

(1) 本研究のまとめ

これまで、救急搬送については「救急医療へのアクセス向上効果（時間短縮による救命率向上）」が道路整備効果・整備必要性の一つの指標として検討が進められているが、本研究では「救急搬送中の揺れの軽減効果」に着目し、道路整備効果・整備必要性を示す指標として定量的に表現した。

福祉タクシーによるプローブ・加速度調査を行い、西九州自動車道では走行中の揺れを大きく抑えられること、並行現道と西九州自動車道では揺れの発生状況が異なることを整理した。また、平戸市消防本部の協力を得て、実際の救急車を用いたプローブ・加速度調査を実施したことによって、西九州自動車道が供用した区間と国道204号等を救急搬送ルートとしている区間の救急搬送中の揺れの発生状況の違いについて整理を行い、これら調査結果を用いて西九州自動車道佐々佐世保道路の整備効果を取りまとめ、救急搬送中の揺れ低減の効果を地域の方々に向けて広報した。

本研究で用いた調査手法は、他地域においても比較的適応しやすい手法であると考えられる。救急医療のために道路網整備が必要とされる地域を支援するためにも、道路計画・道路事業評価等への活用を推進したい。

(2) 今後の課題

救急搬送中の揺れによる人体への影響については小野ら¹⁾、田中ら²⁾により研究されているが、ヒアリング調査で聞き取りした「揺れによる救急搬送中の応急処置の妨げ」については、十分な研究が進められていないと思われる。今後、医療・消防機関と協力して道路上での加速度の発生と救急処置の妨げの関係性を把握する必要がある。

また、道路事業評価における新たな便益として、「救急搬送中の揺れの軽減効果」を貨幣価値換算する手法検討を進めていきたい。

謝辞：本研究の成果は調査に協力いただいた平戸市消防本部、松浦市消防本部、佐世保市消防局によるところが大きい。また、本研究を進めるに際し、長崎医療センター救急救命センター長高山先生より有益なご指導をいただいた。ここに記して、感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 小野貴彦：http://www.ics.info.hiroshima-cu.ac.jp/~ono/active_bed/ambulance.html
- 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

(2013.?.? 受付)

A STUDY ON EFFECT OF ROAD IMPROVEMENT FROM THE VIEWPOINT OF EMERGENCY MEDICAL TRANSPORT

Takashi SUZUKI, Tsuneaki KOKUBU, Koichi EHARA Kenji, MORI and Toshiyuki MONMA

An increase in emergency medical transport cases due to the frequent occurrence of natural disasters and population ageing is expected and national interest in emergency medical transport is heightening amid the problem of a regional disparity in emergency medical treatment services due to a lack of doctors.

Improving road infrastructure to date has shortened the time required for emergency medical transport and contributed to an improvement in the lifesaving rate of emergency patients. In addition to this, it is considered that a reduction in vehicle jolts during emergency medical transport has also contributed to an increase in the lifesaving rate.

Therefore in this study, we have conducted a probe and acceleration survey using emergency vehicles and analyzed the impact exerted by vehicle jolts due to a difference in road standards using the region of Hokusyo in Nagasaki, where road infrastructure is delayed, as an example. The results show that vehicle jolts (changes in acceleration and deceleration) along roads of a higher standard are reduced considerably, which can possibly contribute to a reduction in the patient load, an improvement in the efficiency of lifesaving measures and activities and so on.