

道路空間の有効活用による国道32号渋滞緩和策の提案と実証*

Substantiate and Proposal of Untie a Traffic Jam Project through Effective Use of Road Space*

片岡 源宗*1・熊谷 靖彦*2・田中 伸治*3・桑原 雅夫*4・中川 敏正*5・山口 大助*6・須田 義大*7
By Motomune KATAOKA*1・Yasuhiko KUMAGAI*2・Shinji TANAKA*3・Masao KUWAHARA*4
・Toshimasa NAKAGAWA*5・Daisuke YAMAGUCHI*6・Yoshihiro SUDA*7

1. はじめに

交通渋滞は日本の最も深刻な問題の一つである。平成18年度の土佐国道事務所事業概要¹⁾によれば、四国の渋滞10区間のうち5区間は高知となっており、渋滞は高知の深刻な課題の一つであった。中でも国道32号播磨屋町～本町間は四国全体ではワースト2位、国道に限定するとワースト1位と四国有数の渋滞区間である。

本研究は四国有数の渋滞区間である国道32号播磨屋町～本町間の渋滞緩和を目的としたものであるが、同区間の渋滞原因は、単純なボトルネック交差点の存在や、交通容量と需要交通量の関係ではなく、同区間特有の道路事情に起因する車線利用率の偏りが直接の原因と考えられ、道路の運用形態を見直し、道路空間を有効活用することでこの偏りを是正し、最終的には渋滞の緩和を試みたものである。これまでの研究活動の結果、対策案の検討及び有効性の検証²⁾、対策案の安全性の検討³⁾について報告を行っており、また実交通において実施した実証実験についても報告を予定⁴⁾している。

本稿では、これまでの研究活動のまとめとして、まず対策案の検討及び単純な交差点容量の比較と交通シミュレータ（以後「TS」と言う）による有効性の検証結果について報告する。次に実交通における実証実験の前段階として行ったドライビングシミュレータ（以後「DS」と言う）を活用した安全性検証結果について報告する。最後に、実交通の一部の交差点で実際に行った実証実験について報告する。

*キーワード：交通流，交通容量，ITS

*1正員，修(工)，高知工科大学地域連携機構
(高知県香美市土佐山田町宮ノ口185，TEL:0887-57-2790，
E-mail:kataoka.motomune@kochi-tech.ac.jp)

*2正員，博(学)，高知工科大学地域連携機構

*3正員，博(工)，東京大学生産技術研究所

*4正員，Ph.D，東北大学大学院情報科学研究科

*5非会員，修(工)，国土交通省土佐国道事務所

*6非会員，博(工)，東京大学生産技術研究所

*7非会員，工博，東京大学生産技術研究所

2. 対象区間の概要と渋滞原因

対象区間である国道32号はりまや交差点～県庁前交差点は、図-1及び図-2に示すように、道路中央に路面電車軌道がある片側3車線の直轄国道で、近隣は高知県庁や高知市役所といった官公庁のほか、商業ビルが立ち並ぶ県都高知市の中心部である。平成18年6月より駐車違反取締りの最重点路線として指定されており、平日は25,045[台]の12時間交通量⁵⁾がある高知のメインストリートである。また渋滞区間故に、朝夕のピーク時には公共交通の定時性を確保するため、平日の7:30～8:30及び17:00～18:00の時間帯は、歩道側の第1車線においてバス専用レーンと駐停車禁止の規制が実施されている。

推測される渋滞の直接的な原因は、片側3車線の交通処理能力を有する道路であるが、通行する直進車の大半が中央の第2車線に集中し、実際の運用状況は片側1車線+右折車線に近い状況によって、本来道路が有する交通処理能力が十分に発揮されていないことが原因と考えられる。このように、直進車が第1車線及び第3車線の通行を避けて通行している現象は、次に理由によって生じていると推測できる。第1車線では、朝夕の計2時間は左折車や2輪車を除く一般車の通行は禁じられているため、道路交通法上一般直進車は通行することが出来ないが、それ以外の時間帯においては法令上通行することは可能である。しかし、タクシーやトラック等の駐停車車両や、バス停で停車するバス等が存在するため、直進車は走行しづらく、ドライバーは経験的に第1車線を敬遠している。第3車線は、信号交差点で右折車が滞留するため、直進車の多くは通行を避けており、一部の車両は右折車が存在すると第2車線との車線変更を繰り返し走行している。そのため、図-2に示すように第2車線に交通が集中し、渋滞が発生しているのが現状と言える。

3. 対策案の検討

(1) 渋滞原因の整理

対策案を検討するにあたり、まず現状の問題点を整理した。図-3は対象区間内に設置されているトラカンで

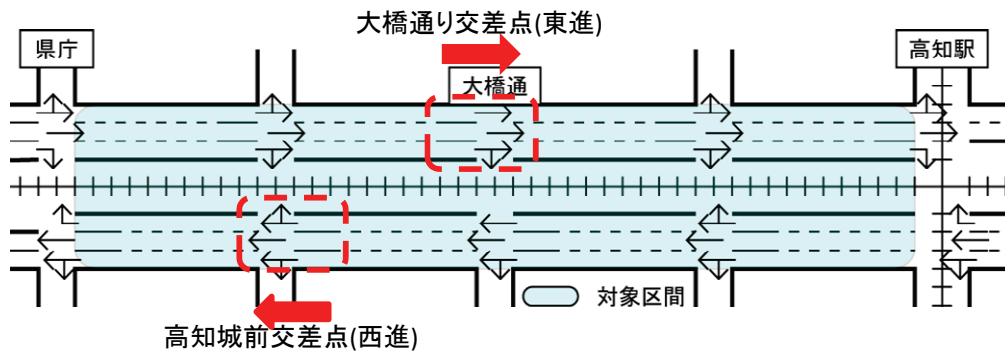


図-1 対象区間の概要と実証実験実施交差点



図-2 日中の状況

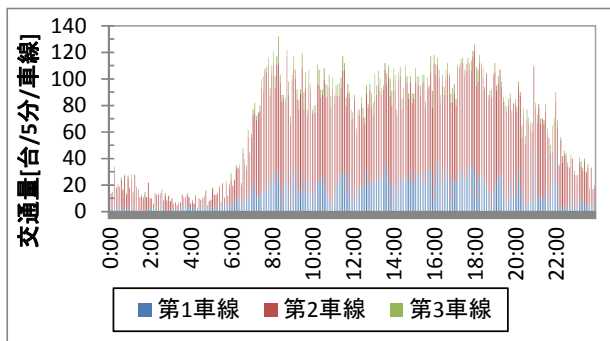


図-3 トラカンによる車線別交通量の結果

計測された、とある平日の車線別5分間交通量の結果であるが、図より中央の第2車線に交通が集中していることが読み取れる。この現象は前述のとおり第1・3車線を直進車が敬遠する理由の存在が挙げられるが、現状の道路の利用状況を空間的に見た場合、表-1に示すように敬遠原因の位置をコントロールすることで渋滞の緩和が可能と考えられ、ハードではなくソフトでの対応が可能と考えた。なお本研究の基本スタンスとして、敬遠原因の一つである路上駐停車については、交通の円滑性に悪影響を与え、また交通事故の原因となることもある「悪」であるが、その一方で都市活動に欠かすことのできない配達等で、多くの人々が恩恵を受けていることは否定できない事実であり、また完全な取締りも人的制約等によって現実的でないことから、一定の範囲、社会的ルール下では共存可能と考えている⁶⁾。

表-1 敬遠原因と移動の可否

	敬遠原因	概要と移動の可否
第1車線	バス専用レーン	バス専用レーン規制のため、一般車両は左折者を除き通行禁止。場所の移動は不可。
	路線バス	バス停で停車する路線バス。停車位置の移動は可能。(バス停移設)
	路上駐停車車両	路上で注停車している客待ちタクシーや荷捌きトラック、一般車両。場所の移動は可能。
第3車線	滞留右折車	信号交差点で滞留する右折車。滞留箇所の移動は不可。

(2) 対策案

a) A案：レーンマーキングの見直し

本案は、図-4に示すように、交差点前後でレーンマーキングを見直し、実質走行可能な車線を2車線確保し、かつ右折専用レーンを設ける案である。この案の特徴としては、第1車線の敬遠理由の位置を、交差点内及び交差点前後では認めず、図中多目的レーン内に移動させることで、実質走行可能な車線を2車線確保させることにある。なお多目的レーンについては後述する。

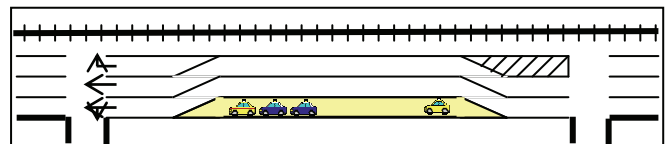


図-4 レーンマーキング見直し後のイメージ

b) B案：フックターンによる右折専用レーン整備

本案は、右折方法をフックターンとする案で、基本的な考え方はレーンマーキングの見直しとほぼ同じである。フックターンとは、オーストラリアのメルボルンで用いられている交通ルールで、右折車は第1車線から右折専用現示で右折を行う。また交差点前後でのレーンマーキ

ングの変更を行わないため、同案に比べて直進車は快適に通過できるメリットがあるが、フックターンが日本で受け入れられるか、強いては事故の潜在的可能性が高いとも考えられ、安全性の検討は十分に行う必要があると考えられる。

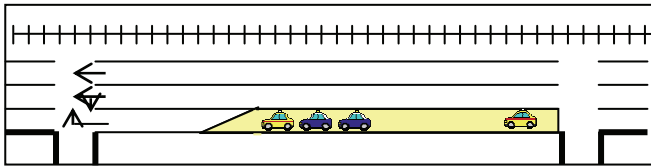


図-5 フックターンのイメージ

c) C案：バス専用レーンの廃止

本案は、現状の運用形態からバス専用レーンを廃止する案で、バス専用レーンによって車線数が減少した一般車線が渋滞し、それによって対象区間への流入路が渋滞することによって、対象区間内では円滑なバスの運行も対象区間の前後を含めた場合は旅行時間が増加している可能性が考えられるため、立案した。

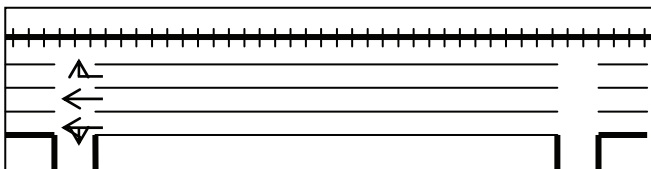


図-6 バス専用レーン廃止後のイメージ

d) 多目的レーンの提案

多目的レーンとは、新たな道路運用方法案で、時間帯や交通需要に合わせて道路の運用形態を柔軟に変化させ、道路の有効活用を図るものである。本稿で提案するA案及びB案では、バス停や駐停車車両（特に配送トラック）といった敬遠理由を集約したスペースで、例えばピーク時間帯はバスレーン、日中の時間帯は駐停車帯やタクシーベイ等に利用する空間で、メリハリのある駐車管理を実践し、渋滞緩和と経済活動に寄与するものである。

(3) 有効性の検証

a) 交差点容量による評価

前節にて提案した3案の有効性の検証を行う。検証として、まず交通信号の手引⁷⁾を参考に、実交通においてボトルネックとなる交差点容量の計算を行った。対象とした時刻は、バス専用レーンの時間帯と、専用レーンではない時間で最も混雑している時間帯とし、平成18年3月17日の17～18時、18～19時の実観測データを用いて検証を行った。左折車の影響は、式(2)より得られる左折車の直進車換算係数を用いた補正率にて影響を考慮した。右折車も同様に式(4)より得られる補正率を用いたが、路面電車軌道と対向車線の交通量が多いため f_R が

「0」となり、最終的に式(5)によって得られる。得られた結果を表-2及び表-3に示す。結果より、A案及びB案が渋滞緩和に効果がある結果となった。

$$E_{LT} = \frac{S_{s0} \times \frac{G}{C}}{S_{L0} \times \frac{\{G - G_p(1 - f_L)\}}{C}} \quad (1)$$

$$\alpha_{LT} = \frac{100}{(100 - P_L) + E_{LT} \cdot P_L} \quad (2)$$

$$E_{RT} = \frac{S_{s0} \times \frac{G}{C}}{S_{r0} \times \frac{(SG - qC)}{C(s - q)} \times f_R} \quad (3)$$

$$\alpha_{RT} = \frac{100}{(100 - P_R) + E_{RT} \cdot P_R} \quad (4)$$

$$S_R = S_{R0} \cdot \frac{G_A}{C} + k \cdot C \quad (5)$$

E_{LT} : 左折車の直進乗用車換算係数

S_{s0} : 直進飽和交通流率の基本値[台/青1時間]

G : 青時間長[秒]

C : サイクル長[秒]

S_{L0} : 左折飽和交通流率の基本値[台/青1時間]

G_p : 歩行者用青時間と青点滅時間の和[秒]

f_L : 横断歩行者の間隙を縫って左折できる確率

α_{LT} : 左折車混入による補正率

P_L : 左折車混入率[%]

E_{RT} : 右折車の直進車換算係数

q : 対向直進交通流率[台/秒]

s : 対向直進交通の飽和流率[台/秒]

f_R : 対向直進車の間隙を縫って右折できる確率

α_{RT} : 右折車混入による補正率

P_R : 右折車混入率[%]

S_R : 右折車線の飽和交通流率[台/青1時間]

G_A : 青矢現示の時間[秒]

k : 信号変わり目の捌け台数[台/サイクル]

表-2 17～18時の交通容量計算結果[台/時間]

	現状	A案	B案	C案
第1車線	685	995	995	685
第2車線	1,164	1,164	1,164	1,164
第3車線 (右折レーン)	116	116	116	116
合計	1,965	2,275	2,275	1,965

表-3 18~19時の交通容量計算結果[台/時間]

	現状	A案	B案
第1車線	654	973	973
第2車線	1,125	1,125	1,125
第3車線 (右折レーン)	116	116	116
合計	1,895	2,214	2,214

b) TSによる旅行時間評価

TSを用いた検証を行った。今回用いたシミュレータはドイツPTV社のVISSIM3.70である。シミュレーション上A案とB案、C案と現状はほぼ同じ結果になるため、現状とA案を比較することとした。図-7に対象区間の実測値と計算値の交通量と現状再現とA案を比較した緩和策の効果を示す。

シミュレーションの結果、表-4及び図-7に示すように、旅行時間、交通量共に現状と実交通量は近い値となり、実交通に近い状況をシミュレーションできたとと言える。再現した結果を基に現状とA案を比較した結果、A案が85秒程度短く、450台程多い結果が得られた。

結果より、対象区間の渋滞緩和策として、A案及びB案を対策案として、高知県警及び国土交通省四国地方整備局土佐国道事務所に提案した。その後フックターンは現実的ではないとの結論になり、A案が対策案となった。

4. 対策案の安全性の検討

(1) DSの概要

今回実験に用いたDSは、東京大学生産技術研究所先進モビリティ連携研究センター（現、東京大学先進モビリティ研究センター）の研究用ユニバーサルDS⁸⁾である。主な特徴として、6自由度スチュワートプラットフォーム+1自由度ターンテーブル機構、360度全方位+ドアミラー対応の映像呈示装置、交通流シミュレータとの連携、スクリーン固定・ターンテーブル上の運転席キャビン回転構造等が挙げられる。取得可能なデータとしては、速度、アクセルやブレーキの使用度合い、ステアリングの切り角、車両の挙動情報等といったDSの出力結果、及び運転者の視線等を撮影するビデオカメラ映像が挙げられる。

(2) DS実験の概要

提案された渋滞緩和策で懸念される安全性の問題として、レーンマーキングの横方向へのシフトに伴う他車との接触や急激な車両挙動の変化が挙げられた。そこでDSを用いた安全性の検証実験を実施した。

実験では、実際に対策を予定している中ノ橋通り交差点を対象として、はりまや交差点から県庁前交差点方向

に向かう西行きを実験コースとした。実験コースは、現状再現と対策案の2パターン用意し、各被験者が現状再現2回、対策案2回、現状再現2回、対策案2回の順で計8回走行することとした。なお実験に際して、実車との差やDSへの慣れを考慮し、まず対象区間以外のコースで練習走行を行う時間を適宜設け、その後実験を実施した。各実験コースパターンと横方向シフトの有無の関係を表-5に、中ノ橋通り交差点の対策案の平面図を図-8に示す。最後に被験者の属性を表-6に示す。なお表中の「知っているか」とは、対象区間の交通状況について質問したもので、知っていると回答した2名の被験者は高知出身者で、対象区間の運転経験がある被験者である。

(3) DS実験の結果

安全性の検証として、ブレーキ使用の有無、中ノ橋通り交差点における左右加速度[G]の絶対値、及び現状の安全性の検証として、ブレーキ使用の有無、中ノ橋通り

表-4 シミュレーション結果[秒]

実測値	シミュレーション	
	現状	A案
285	269.4	135.3

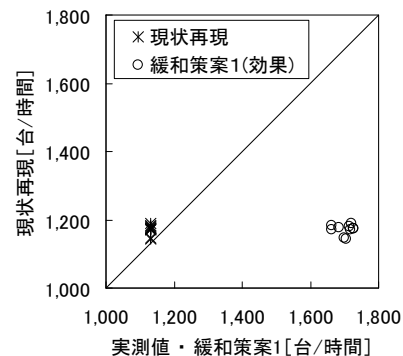


図-7 シミュレーションの再現性と結果

表-5 実験コースパターンと横方向シフトの有無

	はりまや交差点	中ノ橋通り交差点
現状再現	○	○
対策案	○	○

表-6 被験者属性[人(%)]

年齢	26歳未満	26~64歳	65歳以上	
	5 (38.5)	7 (53.8)	1 (7.7)	
性別	男性		女性	
	11 (84.6)		2 (15.4)	
運転歴	1年未満	5年未満	10年未満	それ以上
	0 (0.0)	3 (23.1)	2 (15.4)	8 (61.5)
運転頻度	週4日以上	週1~3日程度	月1~3日程度	それ以下
	1 (7.7)	3 (23.1)	2 (15.4)	7 (53.8)
知っているか	知っている		知らない	
	2 (15.4)		11 (84.6)	

交差点における左右加速度[G]の絶対値、及び現状のはりまや交差点における左右加速度[G]との比較、急ハンドルの有無の4点を検証した。実験結果を表-7に示す。

まずブレーキ使用の有無は、中ノ橋通り交差点前後における使用の有無を計測した結果、13名中1名の被験者が、対策案4回走行の内2回使用していた。しかし最大前後加速度は0.12Gと強いブレーキとは言えない減速度であり、また実験後のヒアリングでは「日常運転している自分の車と比較してステアリングに違和感があり、運転しづらかったためブレーキを使用した、横方向へのシフトは気にならなかった。」との回答があった。次に中ノ橋通り交差点における左右加速度についてであるが、田中らによれば⁹⁾、救急搬送で左右加速度が0.15Gを超えた場合には救急搬送患者に悪影響を及ぼす可能性があるとして報告されている。一方田中らによれば¹⁰⁾、高速道路におけるヒヤリハットを検出する左右加速度の閾値は0.22Gと報告されている。実験の結果、多くの被験者が0.15G未満、または0.2G未満であることを確認した。なお0.2Gを超えた1名の被験者についてであるが、計測された値は大きな値であるが、実験後のヒアリングにおいて、「速度感やステアリングの操作は難しかったが、道路線形に問題は感じなかった。」との回答があり、また4回の対策案走行で計測された最大左右加速度は0.12~0.31Gとバラつきが大きいことから、DSと実車との差に対する個人差が影響した結果と考えられる。続いて現存するはりまや交差点での左右加速度との比較を行った。結

果より、8割以上の被験者がはりまや交差点より小さい、または同等の左右加速度であることが確認された。また大きいと判定された2名の被験者においても、左右加速度の絶対値は危険な値でないことを確認した。最後に急ハンドルの有無を確認した結果、13名全ての被験者が急ハンドル操作を行っていないことを確認した。

5. 実証実験の実施

(1) 実験の概要

実証実験の概要を説明する。今回実証実験を行った交差点及び進行方向は、図-1に示した2交差点、2方向である。実験交差点の選定にあたっては、渋滞原因の一つに右折車によるブロッキング現象が挙げられるため、滞留する右折車が発生しやすい交差点を優先し、一時的な実証実験であるため、実験終了後に原状復帰することを考慮し、バス停の移設等を必要としない交差点から選定した。大橋通り交差点の実験中の車線運用状況を図-9に示す。なお交差点下流側もレーンマーキングを変更することが基本的な考え方であるが、高知城前交差点においては、次の交差点の車線運用が、道路中央の第3車線が右折専用車線となっているため、レーンマーキングを変更すると走行車線がそのまま右折専用車線となってしまうため、今回の実験では交差点下流側でのレーンマーキングの変更は行わないこととした。

実証実験は、平成21年11月26日(木)~12月8日(火)の13日間行った。また実験の効果を計測するための交通調査を表-8に示す計4日間、表-9の調査内容にて、各日7:00~19:00の12時間実施した。なお実証実験期間中は一時的にバス専用レーンの運用は停止し、実験を行った。

(2) 実験の結果

実験の結果を報告する。調査日の12時間交通量は事前と実験中でほぼ同じであった。

車線利用率の結果を図-10及び図-11に示す。事前では第2車線に70~80%の交通量が集中しているが、実

表-7 DS 実験結果[人(%)]

ブレーキ使用の有無	有り	1(7.7)
	無し	12(92.3)
中ノ橋通り交差点の最大左右加速度[G]	0.3~0.35	1(7.7)
	0.15~0.2	2(15.4)
	0.15未満	10(76.9)
はりまや交差点との比較	大	2(15.4)
	同等	5(38.5)
	小	6(46.2)
急ハンドルの有無	無し	13(100.0)

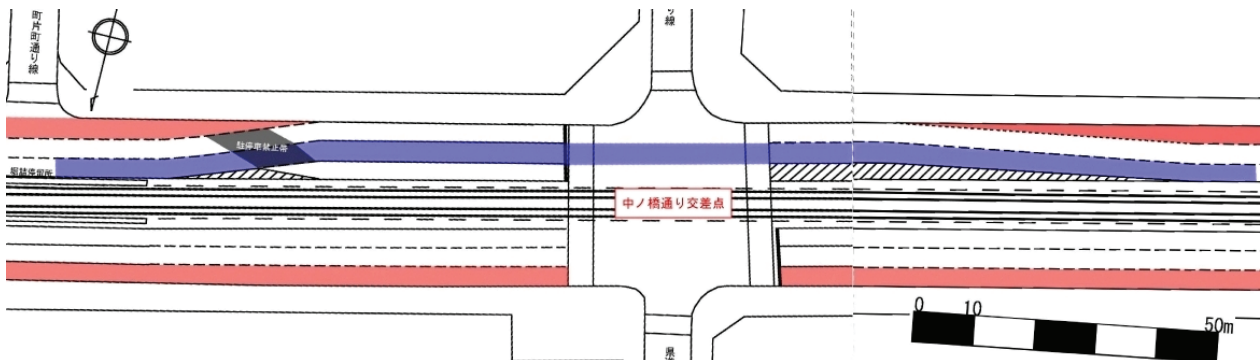


図-8 対象区間の概要

験中は第2車線と第3車線に40～60%の割合で分散しており、期待した結果が得られた。

6. まとめ

本稿では、これまでの研究活動として、渋滞緩和策の提案及び有効性の検証、DSを用いた安全策の検討、最後に実証実験について報告した。

謝辞

本研究の実施にあたっては、高知県警より貴重なデータ及びご意見を頂きました。また実証実験の実施では、高知県警及び(株)高知駅前観光、高知県交通(株)、土佐電気鉄道(株)、土佐電ドリームサービス(株)のバス事業者4社より、多大なご協力を頂きました。

ここに感謝の意を表します。

注釈

本研究成果の内、DS及び実証実験のデータ等は、国土交通省四国地方整備局土佐国道事務所の業務成果の一部を用いたものである。

参考文献

- 1) 国土交通省四国地方整備局土佐国道事務所：平成18年度事業概要，2006.
- 2) 上村彩ほか：国道32号の渋滞緩和策を目的とした新たな道路運用方法の提案，土木計画学研究・講演集，Vol. 35，CD-ROM，2007.
- 3) 片岡源宗ほか：ドライビングシミュレータを用いた国道32号渋滞緩和策の安全性検証，土木計画学研究・講演集，Vol. 40，CD-ROM，2009.
- 4) 片岡源宗ほか：国道32号における車線変更による渋滞緩和実証実験，第30回交通工学研究発表会（投稿・査読審査中），2010.
- 5) 平成17年度道路交通センサス，2006.
- 6) 桑原雅夫：路上駐車管理—どこにバランスを求めるのか：交通工学 Vol. 41，2006.
- 7) 交通信号の手引：(社)交通工学研究会，1994.
- 8) K. Hondaほか：Evaluation of Driving Behavior using Virtual Reality Experiment：12th World Congress on Intelligent Transport Systems proceedings，CD-ROM，2005.
- 9) 田中誠柳ほか：地域の医療を支援する道路整備のあり方検討：平成19年度国土交通省東北地方整備局管内技術研究発表会，2007.
- 10) 畠中秀人ほか：プローブデータを活用した安全走行支援サービスに関する検討：第6回ITSシンポジウム2007，2007.

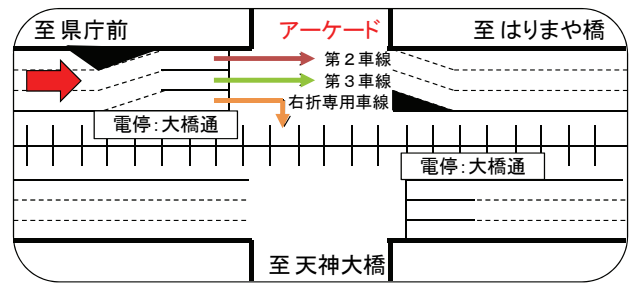


図-9 実験中の大橋通り交差点の運用状況

表-8 調査実施日

	平日	休日
事前	H21. 11/19(木)	H21. 11/8(日)
実験中	H21. 12/1(水)	H21. 12/6(日)

表-9 調査内容

交通量調査	実験実施交差点・方向にて，車線毎に停止線を通る交通量を計測。
渋滞長調査	実験実施交差点・方向にて，車線毎に青信号開始時の待ち行列長を計測。
ナンバープレート調査	旅行時間計測のため，上下方向別に，対象区間両端でバスとその他の車両を区別し，ナンバープレートを計測。
プローブカー調査	1時間あたり2往復，2台同時に走行。車線変更を行わず，1台は第2車線のみを走行，もう1台は第3車線のみを走行。

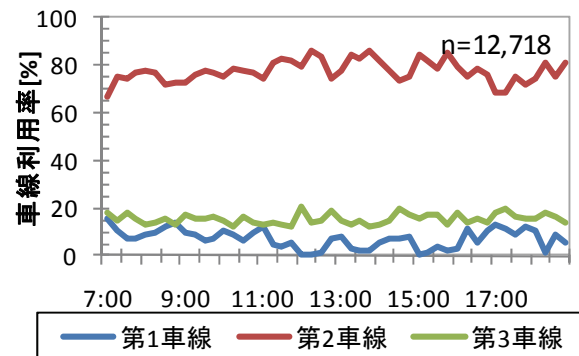


図-10 事前・大橋通り交差点の車線利用率

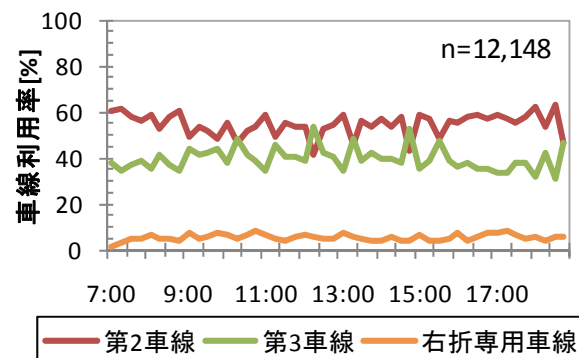


図-11 実験中・大橋通り交差点の車線利用率