

道路政策の質の向上に資する技術研究開発
成果報告レポート
No. 21-2

研究テーマ

地域 ITS 技術を用いた車線・道路幅員減少区間
等における安全かつ円滑な走行支援手法の研究開発

研究代表者：高知工科大学教授 熊谷 靖彦
共同研究者：高知県道路課長補佐 片岡 裕明
岐阜大学教授 倉内 文孝
兵庫県立福祉のまちづくり研究所研究第一グループ長 北川 博巳
高知工科大学助手 永原 三博
高知工科大学助手 片岡 源宗

平成 24 年 6 月

新道路技術会議

目次

研究概要	1
第1章 はじめに	3
1. 1 研究の背景と目的	3
1. 2 研究の内容	3
第2章 高速道路の片側交互通行規制時の安全性向上策に関する検討	5
2. 1 現状の整理	5
2. 2 関連事故特徴の分析	6
2. 3 対策案の検討	6
2. 4 注意喚起・情報提供の検討	7
2. 5 停止車両群待ち行列長推計方法の検討	11
2. 6 安全性向上策の提案	13
第3章 車線・道路幅員減少区間における地域 ITS 技術による走行支援システムの全国展開に関する検討	14
3. 1 概要	14
3. 2 ゆずりあいロード支援システム	16
3. 3 簡易映像表示提供機器	26
第4章 車線・道路幅員減少区間における地域 ITS 技術による走行支援システム導入効果の評価手法に関する検討	29
4. 1 はじめに	29
4. 2 評価方法の全体像	29
4. 3 実走行調査データを用いた評価手法の具体化	34
4. 4 待ち行列モデルと交通流シミュレーションの整合性検討	38
4. 5 道路管理者による評価	42
4. 6 第4章のまとめ	42
第5章 まとめ	43
5. 1 高速道路の片側交互通行規制時の安全性向上策に関する検討のまとめ	43
5. 2 車線・道路幅員減少区間における地域 ITS 技術による走行支援システムの全国展開に関する検討のまとめ	44
5. 3 車線・道路幅員減少区間における地域 ITS 技術による走行支援システム導入効果の評価手法に関する検討のまとめ	44
参照	46

**「道路政策の質の向上に資する技術研究開発」(平成21年度採択)
研究概要**

番号	研究課題名	研究代表者
No.21-2	地域 ITS 技術を用いた車線・道路幅員減少区間等における安全かつ円滑な走行支援手法の研究開発	高知工科大学 教授 熊谷靖彦

1.5車線的道路整備を計画するにあたって、道路交通の安全および円滑を図るため、道路や交通特性、或いはドライバ属性や地域特性、更には「走行支援システム」等の ITS を考慮した整備のあり方と「交通流シミュレータ」による整備の事前、事後の評価ツールの研究開発を行う。

1. 研究の背景・目的

1.5車線的道路の狭隘区間における走行の安全性や円滑性を確保する手段として、中山間道路走行支援システムを開発し、高知県ほか計7県で採用され一定の効果をj得ているが、道路管理者は設置導入する指針を必要とする等の問題があった。又、このような狭隘区間の交通障害は他でも発生し、例えば工事や事故に伴う片側交互通行規制区間や狭幅員トンネル等でも生じており、走行支援システムの応用適用は可能であり、安全・円滑性の観点から導入が期待された。そこで、本研究は、各種の制約条件を考慮しつつ道路交通の安全及び円滑化を図るためハード整備だけでなく地域の実情を考慮した ITS (以下、「地域 ITS」とよぶ) 技術を活用し、及び車線・道路幅員減少区間等における効果的・効率的な新たな走行支援システムの開発を、全国展開を意識しつつ行うとともに、システム導入の評価ツールの開発を行った。

2. 3カ年の研究内容

- ・ 初年度に3カ年とその後の実行計画を立てた。21年度：①方向性を確定する ②研究体制を組織化する 22年度：①対策手法を確定する ②仕様書案を策定する 23年度：①Model Routeを整備する ②仕様書を策定する 24年度以降：実用化を推進する
- ・ 21年度にテーマごとの個別検討会と県外の専門家を招いた全体の研究会を組織化した。活動状況のチェックを行うと共に、県内でセミナーを開催し広く関係者への広報を行った。
- ・ 21、22年度は主に高知県および四国高速道路で検討を進め、23年度には全国展開を意識し、静岡県と共同で検討を進めた。
- ・ 研究項目は以下の3項目からなっている。
 - ① 高速道路の片側交互通行規制時の安全性向上に関する研究
 - ② 新たな走行支援システムの開発と普及展開に関する研究(ゆずりあいロード支援システム及び簡易映像表示提供機器の開発)
 - ③ 走行支援システム導入効果の評価手法に関する研究

3. 研究成果

- ① 高速道路の片側交互通行規制時の安全性向上に関する研究
 - ・ 事故の特徴を考慮し、安全性向上策の確立には以下2点が研究課題と考え、研究開発を行った。
 - ・ 事故が発生する停止車両群末尾位置は時々刻々変化する為、ダイナミックに位置を推計する方法が必要となる。そこで待ち行列モデルを用いて、停止車両群末尾位置を推計するアルゴリズムを開発し、実際の高速道路で計測したデータを用いて開発したアルゴリズムの評価を行い、推計値と実交通に大きなかい離が無いことを確認した。
 - ・ 触覚や聴覚に働きかける情報提供手法の確立が必要であるため、各々を検討開始し、システム構成や設置案を提案した。
- ② 新たな走行支援システムの開発と普及展開に関する研究
 - ・ ゆずりあいロード支援システムは要件、機器構成および機器仕様からなる基本仕様書(案)を作成し、かつ高知県が実導入した。一方、静岡県も導入を計画している。コストは従来に比し約半額でかつ太陽電池駆動が可能である。
 - ・ 簡易映像表示提供機器の開発は試作を行い、機器構成・機器仕様からなる簡易映像表示提供機器基本仕様書(案)を作成した。

③ 走行支援システム導入効果の評価手法に関する研究

- ・ 中山間道路走行支援システムのみならず、1.5車線の道路整備の総合評価指標を考慮しつつ、既存の交通流シミュレーション（KUNJ-Sakura）を改良し、離合不可能な状態を再現可能な交通流シミュレーションを構築した。

4. 主な発表論文

- ・ 堤悠介, 倉内文孝, 廣川和希, 片岡源宗, 熊谷靖彦: 走りやすさを考慮した中山間道路走行支援システムの評価方法の検討: 土木計画学研究・講演集 Vol. 43, 2011.
- ・ 永原三博, 片岡源宗, 中島俊彦, 小野直人, 熊谷靖彦: 中山間におけるゆずりあいロード支援システムの開発: 土木計画学研究・講演集 Vol. 43, 2011.
- ・ 片岡源宗, 熊谷靖彦, 吉川洋一: 高速道路往復2車線対面通行区間における片側交互通行規制時の安全性向上を目的とした基礎分析: 第29回日本道路会議, 2011.
- ・ 片岡源宗, 重山陽一郎, 野村弘, 筒井啓造, 熊谷靖彦, 伊藤栄祐, 中島俊彦: 環境順応型中山間道路走行支援システムの開発: 第10回ITSシンポジウム2011, CD-ROM, 2011.

5. 今後の展望

- ・ 今後は高齢者や軽度認知症ドライバに対する的確なる情報提供、或いは警告が不可欠で、これまでの視覚情報に加え聴覚や触覚を通じた手法も不可欠と考えられる。
- ・ 道路インフラ側の対策の他、車載機、特にスマートフォンを通じた手法も必要と考えている。

① 高速道路の片側交互通行規制時の安全性向上に関する研究

- ・ 警告手段として聴覚利用として指向性スピーカの技術開発が課題である。騒音原因となる可能性があるため、騒音とのバランスが実用化に際しての課題である。この課題を解決し実用化のため西日本高速道路(株)四国支社と共同研究を行っている。

② 新たな走行支援システムの開発と普及展開に関する研究

- ・ ゆずりあいロード支援システムへのニーズは、中山間道路を有する都道府県なら共通しており、全国的に広く普及する可能性がある。
- ・ 簡易映像表示提供機器は実道実験に向けて適用場所検討等が必要であり、渋滞末尾情報やカーブミラーの補完等、新たな情報提供手段として高知県等と協議していく必要がある。

③ 走行支援システム導入効果の評価手法に関する研究

- ・ 中山間地域における道路の走行挙動のモデル化が挙げられる。年齢等の個人属性による走行挙動の違いを知ることは、特に高齢者の多い中山間地域の道路整備に際する有用な知見を与えうると考えられる。
- ・ 高知県と静岡県では今後の活用が見込まれる状況であるが、それ以外の都道府県への発信が今後の課題である。例えば日本道路会議での発表など、成果の発信を行っていく。今後は走行挙動のモデル化を行っていく予定である。

6. 道路政策の質の向上への寄与

- ・ 新たに開発したシステムは1.5車線の道路整備の補完システムのみならず、要素技術は他への展開も可能と思われ、学会発表等を通じ、研究成果を広く発信し、より多くの道路管理者に活用して頂くことが、研究成果の実務への反映や、道路政策の質の向上に極めて重要である。
- ・ 高速道路の片側交互通行規制時の安全性向上に関する研究は、本研究成果を基に実用化に向け、平成24年5月に西日本高速道路(株)四国支社と共同研究を開始した。今後研究が進み、実用化された場合は、他の高速道路会社、国土交通省、都道府県などへの波及が考えられる。
- ・ 走行支援システム導入効果の評価手法に関する研究は、高知県は、整備箇所の優先順位の検討や、整備目標（区間平均旅行速度30km/h）達成判断での活用を考えている。また静岡県は、「今後三便益（時間短縮、走行費用削減、事故削減）以外も含めた整備効果を検討する必要があると考えており、その際の参考となる成果。特に所要時間価値は1.27倍の価値があるなど、数値化されており、大いに参考にしたい。走行支援システム設置も含め、今後も連携していきたい。」とコメントしており、今後、成果の活用が期待される。

7. ホームページ等

- ・ 研究室の紹介: http://www.kochi-tech.ac.jp/renkei/labo/kumagai_lab.html
- ・ 研究室HP: <http://www.kut-its.jp>

第1章 はじめに

1.1 研究の背景と目的

災害、事故や工事による片側交互通行規制区間等の車線減少区間、歩道や車道幅員が狭いため歩行者や大型車の安全・円滑な通行に支障がある狭幅員トンネル、1.5車線の道路路線の狭隘区間（以下「1.5車線の道路」とする）における対向車との行き違い等、全国各地で車線・道路幅員の減少区間における交通障害が頻繁に見受けられる。これらの区間においては、道路交通の安全及び円滑化を図る必要がある。これらの対策は、費用や要する時間等の制約条件を考慮した場合、ハード整備のみではなく、ITS 技術を組合せた対策が適切と期待される。

本研究では、地域の実情を考慮したITS（以後「地域ITS」とする）技術を活用し、車線・道路幅員減少区間等における効果的・効率的な走行支援システムの開発を、全国展開を意識しつつ行うと共に、システム導入の評価手法の構築を行うものである。

1.2 研究の内容

本研究は、車線・道路幅員減少区間等における安全かつ円滑な走行を確保するため、様々な地域や状況に応じて、ITSを効果的に活用する手法を確立することを大目標とし、開発したシステムや技術等の他への展開を意識し、有効な情報提供方法等を検討するものである。

車線・道路幅員減少区間の安全性及び円滑性を検討するにあたり、平成21年度に表-1及び表-2に示す様に、車線・道路幅員減少区間の特徴と既存対策を整理した。その結果を踏まえ平成23年度は、車線・道路幅員減少区間等の課題として、対照的な特徴を持つ以下の2事例(表-3参照)を中心に研究を進め、結果をベースに、他展開及び実用化を意識し研究を行った。また要素技術は、他システムへの転用を考慮し汎用性を持たせ、親和性のあるパーツとなるよう研究開発を進めた。

- ・1.5車線の道路整備
- ・高速道路暫定2車線区間片側交互通行規制

表-1 車線・道路幅員減少区間等と既存対策

		一般道		高速道路
		市街地	中山間地	
狭隘区間		A, B	A, C	-
一時的	工事	D, E	D, E	F
	事故	D	D	D
	違法駐車	-	-	G

表-2 対策対応表

A	カーブミラー，規制標識（警笛鳴らせ）
B	対向車接近表示装置（警交仕規第 222 号）
C	中山間道路走行支援システム（高知県，高知工科大学共同開発）
D	標識，カラーコーンや移動式表示板
E	簡易信号機による交互通行
F	片側交互通行規制時の場合は簡易信号機に加え，安全確認のための追い上げ車による確認実施
G	非常駐車帯停車をカメラにより自動認識と警告表示を検討中

表-3 検討事例とその特徴

事例		1.5 車線の道路整備	高速道路暫定 2 車線区間 片側交互通行規制
課題		狭隘区間の安全性，円滑性	規制の効率化と追突対策
対象	道路	中山間道路	高速道路
		恒久的	一時的
	車	低速・軽四，大型車	高速・大型車
	人	地元，高齢者，観光客	一般
技術	手段	道路設備	車載器
		簡易	高度
費用		安価	高価

第2章 高速道路の片側交互通行規制時の安全性向上策に関する検討

2.1 現状の整理

高速道路の維持管理上、定期的なメンテナンス工事等は必要不可欠である。片側1車線の暫定2車線区間でこのような工事を行う際は、片側交互通行規制を行い、工事を行うことが1つの有効な方法である。しかし、信号機が無く、基本的には停止車両が存在しない高速道路の性格に対し、片側交互通行規制を行う際は、円滑かつ安全な規制を行うため一時的に信号機を設置するため、本線上に停止車両が存在することとなり、交通事故の危険性がある。図-1及び表-4は西日本高速道路(株)四国支社(以後「NEXCO 四国」とする)管内の高速道路における、片側交互通行規制実施回数と片側交互通行規制に関連する事故件数(以後「関連事故」とする)の推移を示したものである。関連事故

の定義は、片側交互通行規制区間内及びその直近で発生し、かつ関連があると判断されるもので、例えば、信号待ち車両への追突事故、工事や対向側の待ち行列等を見る脇見運転による接触事故等が挙げられる。絶対的な事故件数が多くないため事故発生件数による変動が大きい、大凡の傾向として、片側交互通行規制を40~60[回・日・箇所]行くと関連事故が1件発生していることが読み取れる。NEXCO 四国では事故削減を目的の1つとし、平成18年より夜間集中工事へのシフトを行っており、片側交互通行規制実施回数は減少傾向にある。

一方四国では現在54%が2車線区間であるが、今後整備が進むと70%強と割合は増加する。つまり現在整備中の路線の多くは2車線区間であり、今後ますます重要性が増す可能性が高い。

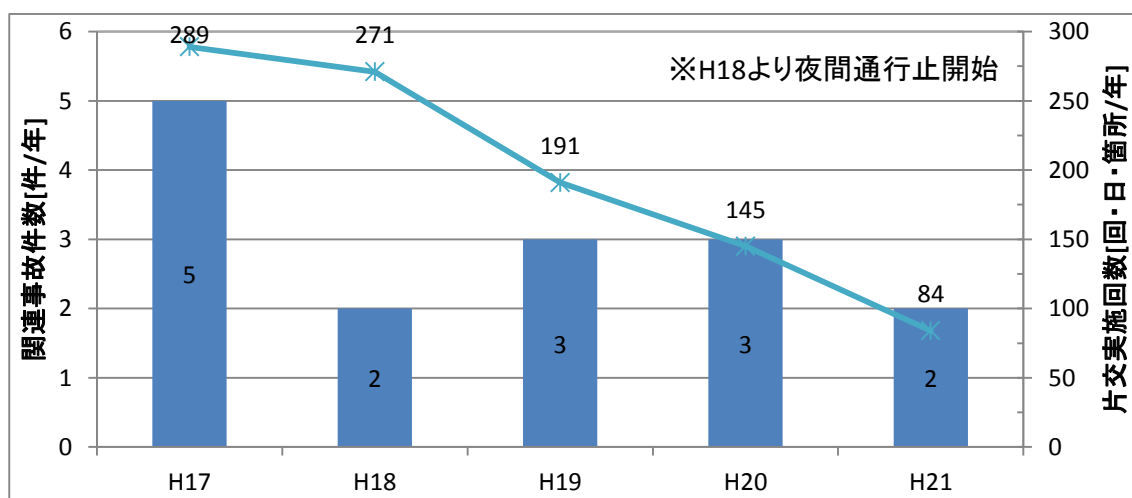


図-1 関連事故と片側交互通行回数の関係

表-4 関連事故と片側交互通行回数の関係

	関連事故 件数[件/ 年]	片交実施回 数[回・日・ 箇所/年]	確率 [回/件]
平成 17 年度	5	289	57.8
平成 18 年度	2	271	135.5
平成 19 年度	3	191	63.7
平成 20 年度	3	145	48.3
平成 21 年度	2	84	42.0
合計	15	980	65.3

2.2 関連事故特徴の分析

徳島自動車道（平成 17 年 4 月～平成 22 年 9 月）を対象に関連事故の特徴の分析を行った結果、以下の傾向が伺えた。

- ・ 事故形態は追突事故が多い（9件中8件）
- ・ 貨物車（含む貨客兼用）が第一当事者で



図-2 追突事故車両の写真

表-5 第一当事者の車種による事故規模の差

一当車種	事故件数 [件]	関係車 両数[台/件]	死傷者人数[人/件]		
			軽傷	重傷	死亡
大型	3	4.7	2.7	0.7	0.0
小型	6	2.3	0.5	0.0	0.0

2.3 対策案の検討

関連事故の特徴や、片側交互通行規制時の交通特性を考慮し検討した結果、高速道路の片側交互通行規制時の安全性向上策として、次の点がポイントとして挙げられ、この点を意識し、研究を進めた。

- ・ 事故が発生する危険な位置は、停止車両群末尾（含む停止直前、及び発信直後の低速時）付近である。

あることが多い（9件中7件）

- ・ 事故要因は前方不注意または漫然運転が多い（9件中7件）
- ・ 第一当事者が大型車の場合、事故の規模が大きくなりやすい（図-2・表-5参照）

なお原則、夜間や休日、雨天時は規制が行われないため、曜日や時間帯、天候・路面は偏りが生じる。また片側交互通行規制を実施した場合、赤信号を出す時間があり、待ち行列が発生する。当然ながら待ち時間が長くなるほど利用者からの苦情が多くなるため、規制区間長によって限界は異なるが、一定以上の交通量がある場合は片側交互通行規制を行うことができない。つまり赤信号によって一時的には待ち行列は伸びるが、渋滞発生や混雑する交通状況では規制が実施できないため、いずれの交通状況も混雑状況ではない。

貨物車の事故が多い理由として、乗用車に比べ、荷物の重量等によって制動距離が長い可能性が考えられる。また貨物故に職業・業務である可能性が高く、慣れによって漫然運転をしてしまうドライバーが多い可能性も考えられる。

- ・ 車載器は対象車両に限られるため、路側からの注意喚起を基本とする。
- ・ 危険度を判定し、危険度に応じたレベルの注意喚起を行う。
 - 注意喚起の情報提供は、プッシュ型の聴覚または触覚に対する情報提供が有効と考えられる。
 - ドライバの受容性を考慮しつつ、情報提供の方法やタイミングを検討する。

2.4 注意喚起・情報提供の検討

事故の特徴より、視覚ではなく、プッシュ型の聴覚または触覚に対して注意喚起や情報提供を行う方法を検討した。

(1) 聴覚に対する情報提供方法の検討

聴覚を利用した情報提供は、プッシュ型の情報提供であるため、情報板等の視覚を利用した情報提供と異なり、音声ドライバに聞こえれば、漫然運転や前方不注意状態からの回復が期待できる。既存の聴覚を利用した情報提供はカーナビ（ITS スポット対応カーナビを含む）やETC等の車載器からの情報提供が挙げられるが、車載器を搭載した車両に限られ、また普及率が高いETCの活用は、NEXCO四国が以前検討した結果、不可能との結論に至っていることから、車載器ではなく、道側からの情報提供が妥当と考えられる。

そこで道路側から、聴覚を利用した情報提供手法として、路肩等にスピーカを設置し、通過する車両に注意喚起の情報提供を行う方法が考えられるため、スピーカによる情報提供手法を検討した。スピーカを用いる場合、周辺への騒音や、情報提供を行いたい車両以外に音声情報が聞こえてしまう問題、車両の防音性能による音声情報を遮断問題が考えられるため、実際のスピーカを用いた実験を行い、適当なスピーカの検討や、課題点の抽出を行った。

まずスピーカの種類によって聞こえ方や減衰等、音の特性が異なるため、各スピーカの特性を把握するため、実際のスピーカを用いた実験を行い、各スピーカのデータを計測した。スピーカと車両等の位置関係を図-3に示す。測定は騒音計を用いて、騒音計の出力をデータレコーダによりリアルタイムで記録し、解析はオフラインで実施した。スピーカから騒音計までの距離は5m及び10mとし、設置高さは1.5m及び5.5mで基準とするデータを取得後、車両に騒音計を搭載し、停止及び走行状態でデータを取得した。

フロントガラスによる減衰量結果を表-7に記す。表-6にパラメトリックスピーカの伝送距離による減衰量をまとめる。（騒音計を基準位置に設置し測定した値。単一周波数の超音波の減衰は、5mから10mでは約10dB.）

実験結果を考察する。フロントガラスによる減衰は軽自動車の方が小型自動車よりも大きな値となったが、フロントガラスの厚みは車種により違いが有り、ほぼ全て車両（軽自動車か

ら大型トラックまで）で5[mm]までの厚みのフロントガラスが使用されていることから、フロントガラスの傾斜角度の違いによるものが推計される。今回の実験では、地面に対して直角に近い角度のフロントガラスの方が、水平に近い角度よりも減衰量が大きいという結果であるが、大型トラックでは運転席高さが1.5[m]、運転者の頭部の高さは2.5[m]程度になるものもあることから、今回の実験とは大きく条件が異なる事になり、実験の結果をそのまま当てはめることは出来ないと考える。パラメトリックスピーカの距離による減衰量は、一般的な超音波での減衰量とも、可聴音での減衰量とも異なった値となっている。製造者から減衰量に関して、大まかなデータが提供されているので、この値を参考とすることで、実際の値に近い値を推計することができる。ドップラ効果に関しては、トランペットスピーカの場合、強い指向性がないために、聞こえる時間が長くなることから、ドップラ効果が顕著に表れている。一方、パラメトリックスピーカは指向性が強いことから聞こえる時間が短い（範囲が狭い）こともあり、ドップラ効果はあるものの、ほとんどデータ上には現れていない。耳で音を聞けば、少しだけドップラ効果があることを確認できる。音の周波数に関して今回の実験では、高齢者であっても比較的よく聞こえる、ということを前提に630[Hz]、800[Hz]、1[KHz]の3周波数を選んで実験を行った。この中で減衰が小さく、聞こえやすいのは1[KHz]であったことから、人の音声により警告を行う場合、音声の基本周波数が低い男性の声よりも、基本周波数が高い女性の声で行ったほうが、認識されやすいと考える。パラメトリックスピーカからの音を聞くことができる長さは、スピーカの指向性と設置角度等により違ってくるが、2秒～3秒程度の比較的短い時間であると考えるのがよいと思われる。

表-6 距離による減衰量（パラメトリックスピーカ）

周波数	設置高さ	減衰量
630Hz	1.5[m]	5.0[dB]
800Hz	1.5[m]	3.2[dB]
1KHz	1.5[m]	2.2[dB]
630Hz	5.5[m]	4.4[dB]
800Hz	5.5[m]	1.7[dB]
1KHz	5.5[m]	1.9[dB]

注記：減衰量は5[m]と10[m]の値の差分。
自由空間伝送、遮蔽物無し。

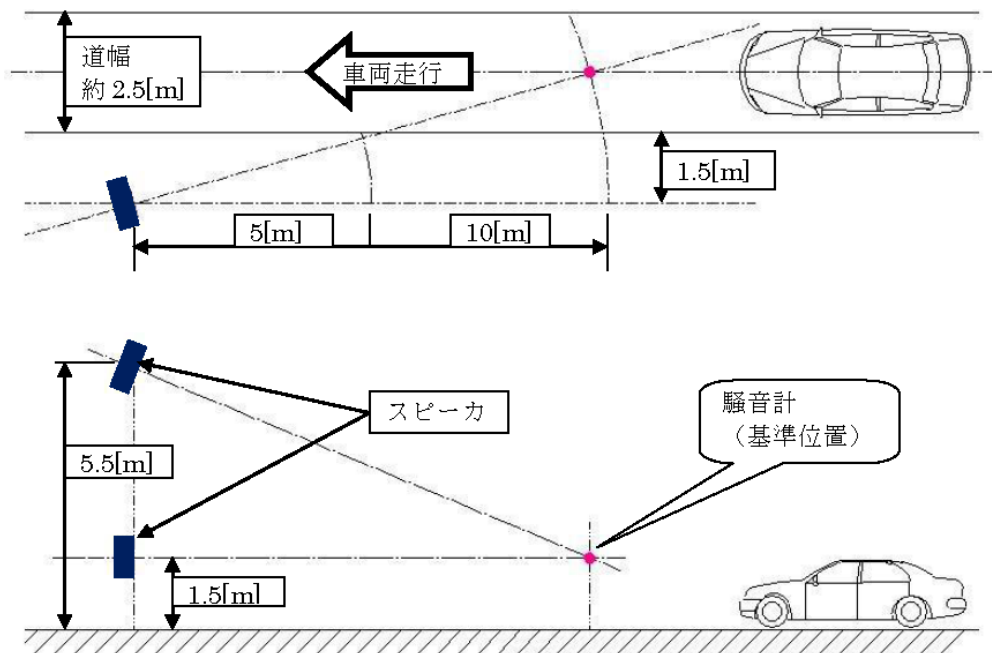


図-3 スピーカと基準位置・走行車両の関係

表-7 フロントガラスによる減衰量

スピーカ	周波数	設置高さ	減衰量(軽)	減衰量(小)
パラメトリックスピーカ	630Hz	1.5[m]	52[dB]	39[dB]
パラメトリックスピーカ	800Hz	1.5[m]	49[dB]	38[dB]
パラメトリックスピーカ	1KHz	1.5[m]	46[dB]	37[dB]
トランペットスピーカ	630Hz	1.5[m]	42[dB]	12[dB]
トランペットスピーカ	800Hz	1.5[m]	37[dB]	13[dB]
トランペットスピーカ	1KHz	1.5[m]	32[dB]	12[dB]
パラメトリックスピーカ	630Hz	5.5[m]	48[dB]	33[dB]
パラメトリックスピーカ	800Hz	5.5[m]	43[dB]	32[dB]
パラメトリックスピーカ	1KHz	5.5[m]	42[dB]	29[dB]
トランペットスピーカ	630Hz	5.5[m]	25[dB]	14[dB]
トランペットスピーカ	800Hz	5.5[m]	27[dB]	15[dB]
トランペットスピーカ	1KHz	5.5[m]	28[dB]	14[dB]

注記：車両は停止し窓は全て閉めた状態。スピーカと車両の距離は10m。
減衰量(軽)は軽自動車での減衰量，減衰量(小)は小型自動車での減衰量。

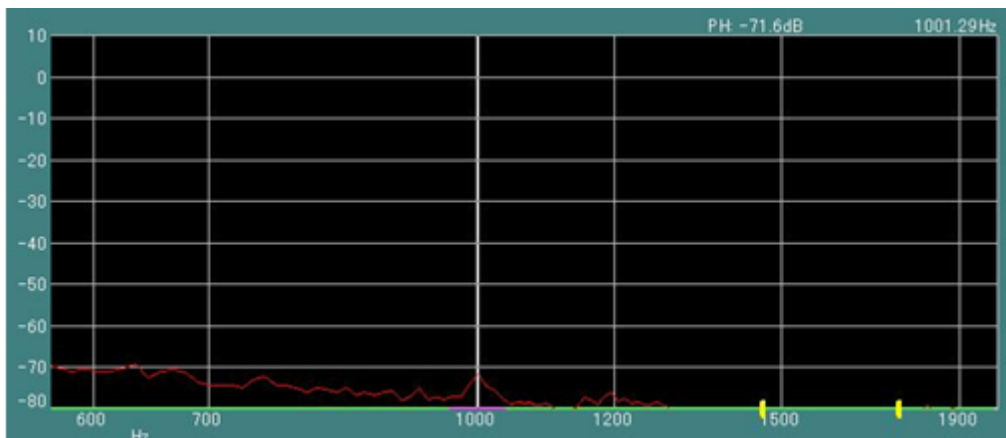


図-4 パラメトリックスピーカ FFT データ (ピークホールド)

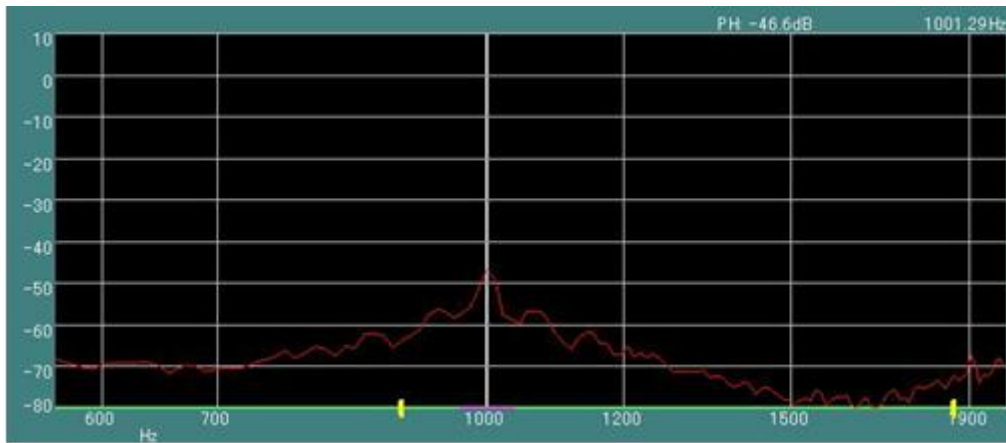


図-5 トランペットスピーカ FFT データ (ピークホールド)

実験結果のまとめを以下に記載する。

- パラメトリックスピーカはトランペットスピーカに比べ、ドップラ効果が少なく、聞こえる音が発信源(スピーカ設置位置)からではなく、耳に近いところで発しているように感じられ、パラメトリックスピーカが活用できる可能性が高い。
- 車のフロントガラスによる減衰量は、スピーカ設置高さ5.5[m]で、軽自動車車内ではパラメトリックスピーカが約42[dB]、トランペットスピーカが約27[dB]であった。また小型自動車車内では、それぞれ、約30[dB]と約15[dB]であった。これらの数値から、フロントガラスによる減衰は車種(フロントガラスの厚みや傾き、車高)により異なるという結果が得られた。
- パラメトリックスピーカの場合、ほぼ正面位置と、それからすこしずれた位置で、感じる音の強さが大きく変化することから、強い指向性を有している(横や後ろは音が聞こえない)ことが確認でき、情報提供範囲をコントロールできる可能性が確認できた。
- 周波数は、人が一番聞こえやすい音である1[KHz]の減衰が小さく、また、実際に音としての認識がしやすく感じた。

今後の課題等としては、以下が挙げられる。

- 今回使用したパラメトリックスピーカは出力が小さなものであった為に、スピーカから20[m]とか30[m]とか離れた位置を基準位置としてのデータを取得することができなかった。スピーカからの距離が遠くなれば比例して聞こえる範囲が広がるため、目標とする位置以外にも音が放射されることになる。このことは、ある範囲だけに限定して音を放射したい、ということに相反することになる。

- 従って、どの程度の指向性があるものを、どの程度の距離に設置するのが最適であるのか、さらなる実験を行って特定する必要があると考える。
- また、今回の実験では単一周波数を放射したが、実際には音声による警告が行われることになると思われるので、それに即した音源を準備し、単一周波数と音声による違いを確認する必要がある。
- 自由空間(周りに壁等がない状態)だけで実験を行っており、防音壁等が設置されている場合に音がどのように聞こえるのか、減衰量に変化はあるのかの確認も出来ていないため、これに関しても実験を行う必要がある。
- 音声による情報提供は騒音問題とトレードオフとなる可能性がある。四国内では山間部が多いため、騒音問題にならない箇所も存在するが、人家が近い場所もあり、一方車両は快適性向上のため遮音性能が高いため、車両内に十分な音量を届けた場合、指向性や減衰等の条件によっては、騒音問題を引き起こす恐れがあるため、指向性や減衰を活用し、騒音問題を解決することが重要と考えられる。
- 車両によって音声の届き方が異なるため、大型車等より多くの車両で、どのように音声が届くか、確認する必要がある。
- 音声による情報提供を受けたドライバーがどのように情報をとらえ、運転挙動を行うのか、検討が必要である。特に往復2車線区間故に、対向車線のドライバーや、一般道路が並行する箇所での実施の可能性もあるため、機器の性能に左右される点はあるが、情報を与えたいドライバーや情報が届いてしまうドライバーの受容性を検討する必要がある。

(2) 触覚に対する情報提供方法の検討

運転者に対して振動を与える方法としては、自動車の座席やハンドルに振動を与える方法と、路面側から自動車のタイヤを經由して自動車全体に振動を与える方法とが考えられる。自動車のハンドルや座席に振動を与える方法は自動車の改造が必要になることから高齢者等には経済的負担から現実的ではない。そこで路面側から自動車に対して振動を与える現実的な方式を紹介する。

検討は特に逆走車に対する警告を意識した方式を例として検討している。検討にあたり以下の諸点に注意を払った。また全体の設置機器の構成を図-7に記す。

- ・ 運転者に対して恐怖感を与えることがないようにする。
- ・ 逆走でない順方向の車には警告を与えない。
- ・ 装置が万が一故障した場合、安全側に機能する。

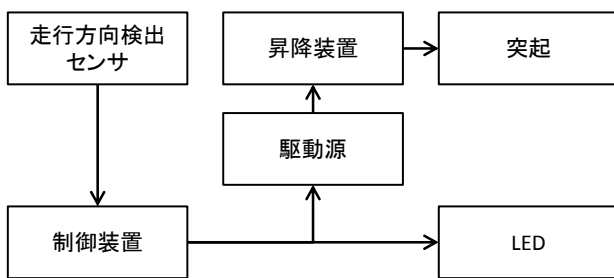


図-6 システム構成図

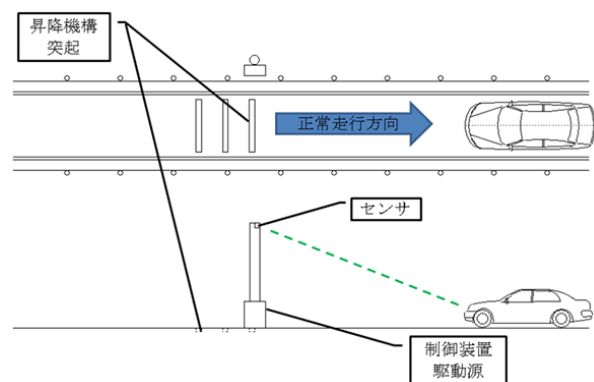


図-7 設置構成

触覚を利用した情報提供方法として、昇降機構を用いた信号装置の可能性を検討した。しかし、技術的な課題のほか、速度が高い高速道路での順応性など、多くの検討課題があり、今後の課題である。

(3) 情報提供タイミングの検討

本研究の狙いは、前方の停止または低速車両への追突事故を減少させることである。前方に停止車両が存在し、接近する後続の高速車両が存在した場合、追突するかしないかの境界は、停止・減速することを認識する時間と反応時間があり、これらの距離は走行速度によって異なる。また実際に車両を制動する距離も走行速度によって決定する。

式(2.1)は上記の停止までの制動距離を数式化したもので、図-8は試算結果である。なおドライバの平均反応時間は1.0[秒]で試算している。また認識に要する時間は2秒が用いられていることが多いことから、2秒と少し厳しい条件で2.5秒、平均減速度は大型車を考慮^{1) 1)}し、1.0 m/秒²と2.0 m/秒²で試算した。図より、以下のことが読み取れる。

$$I_{sd} = C_t \cdot V + \tau V + \frac{V^2}{2d} \quad \dots (2.1)$$

I_{sd} : 停止に距離[m]

C_t : 認識に要する時間[秒]

V : 走行速度[m/秒]

τ : ドライバの平均反応時間[秒]

d : 平均減速度[m/秒²]

- ・ 全ての条件において、速度が高いほど停止に必要な距離は長くなる。
- ・ 認識に要する時間の影響は小さい。
- ・ 平均減速度の違いによる差は大きい。

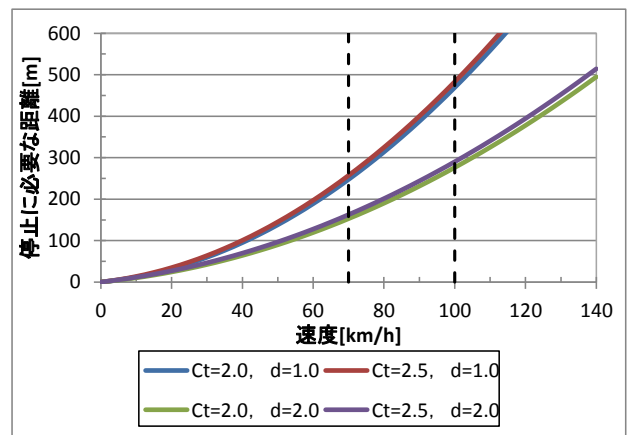


図-8 停止に必要な距離

往復2車線の区間の規制速度は基本的に70km/hであり、今回対象とした徳島道の走行速度は、図-9に記すように、85~90km/hが最も多く、100km/未満で大半を占めることから、今回試算した中でも最も厳しい条件下で100km/hで走行している場合の停止に必要な距離は483mであることから、多少の安全率を考慮し500mとする。なお調査概要については後述する。そ

の他、考慮すべき事項について検討した結果を、以下に記す。

- ・ 漫然運転や前方不注意のドライバは、平均的な走行速度を大きく上回る速度の状態ではなく、追従状況や、単独走行でも平均的な実勢速度で走行していると考えられる。
- ・ 急ブレーキに伴い発生する事故を避けるため、安全に停止できる減速度を用いる
- ・ 減速は車両性能によって異なり、荷物を積載した大型車は性能が低い。
- ・ 必要以上に上流側で情報提供することは、ドライバが忘れてしまう恐れや、円滑性にも影響を与える恐れがあるため、過度な距離としない。
- ・ 安全率を考慮することも重要である。(より厳しい条件での試算)

以上の結果より、情報提供タイミングは、停止車両群末尾位置より上流側 500m 以上で、可能な限り 500m に近い位置となる。また停止車両群末尾位置の最大位置は、交通量と規制区間長によって決定されるため、規制形態によって、最適な位置が決定される。

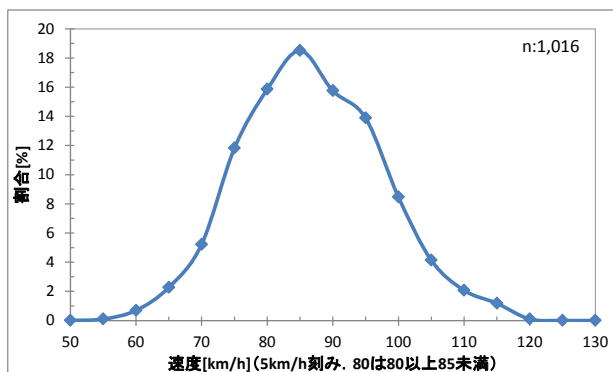


図-9 徳島道の実測走行速度

2.5 停止車両群待ち行列長推計方法の検討

(1) 概要

事故が発生する停止車両群末尾位置は、基本的に片側交互通行の信号が赤の場合は延伸し、青の場合は減少し、最終的に停止車両が存在しなくなる、この2つの現象を繰り返す。そのため、主に規制区間の長さや交通量によって信号の青と赤の時間が決定する為、条件によって停止車両群末尾位置が大きく変動する。実際に、片側交互通行規制時には、交通量と規制区間長によって長い場合には 1.0~1.5km 程度の停止車両群長が存在する状況から、青信号で交通を捌いている際には停止車両群は存在しない状

況となるように常時変化しているため、事故削減効果のほか、交通の円滑性や情報の信頼性の面においても状況に応じて適切な情報提供を行うことが重要と考えられる。なぜなら、交通の円滑性については、必要以上の減速は交通の円滑性に悪影響を及ぼす恐れがあり、情報の信頼性については、過度な情報を提供してしまうことで、情報を受けるドライバからの信頼が失われ、次の機会から無視をされる恐れがあるためである。そこで、状況に応じた適切な情報提供を行うためには、事故が発生する停止車両群末尾位置をリアルタイムに把握、または近未来を予測することが重要なポイントとなるため、停止車両群待ち行列長の推計手法を構築する。

(2) 推計方法

推計方法は待ち行列モデルを用いた。以下にアルゴリズムの基本設計項目を記す。

- ・ 停止線上流で発生した車両はそれぞれ希望走行速度を持ち、原則希望走行速度の一定速度で走行する。ただし、先行車に追いついた場合は追従状態とし、減速や停止をする。また信号が赤は停止する。
- ・ 希望走行速度は、プログラム上で分布をとり、分布に沿った乱数にて決定する。
- ・ 車両の発生は、5分間交通量データに基づき、ポアソン分布で発生する。
- ・ 青信号開始は、規制区間内に対向車が居なくなった際に青を開始する。
- ・ 青信号終了は、停止線より上流一定区間内に車両が存在しない場合に終了する。
- ・ 加速及び減速モデルを用いる。
- ・ 追従モデルを用いる。
- ・ その他設定する項目と単位は、ミュレーション開始時刻 [hh:mm:ss]、終了時刻 [hh:mm:ss]、大型車の車長 [(xx.x)m]、小型車の車長 [(xx.x)m]、飽和交通流率 [veh/h]、車両発生位置 [m]、規制区間長 [m]、ミュレーションのインターバル時間 [(x.x)sec]、青信号終了判定用の距離（上り下り同じ値で停止線からの距離） [(x.x)m]、加速度 [m/sec²]、減速度 [m/sec²]、停止時の車間距離 [(x.x)m]、青信号長最小時間 [(x.x)sec]、出力インターバル時間 [(x)m]、大型車混入率 [(x.x)%]、規制区間内の走行速度 [km/h] とする。
- ・ 結果は、10秒毎に、時刻 [hh:mm:ss]、上りの信号状態 (1:青, 2:赤)、下りの信号状態、車両末尾位置 [(x.x)m]、停止車両群台数 [veh] を出力する。

(3) アルゴリズムの評価

アルゴリズムの評価を行うため、実交通データを計測し、比較を行った。

データ計測調査は、図-10¹⁾・²⁾徳島自動車道の下川トンネル（愛媛県四国中央市川滝町下山）内の維持管理工事のため実施された片側交互通行規制で、平成23年9月6日(火)、7日(水)の2日間行った。時間は工事の進捗によって異なるが、大凡10～15時であった。まず西側は川之江東JCTが近く、橋梁が多いため調査員や調査機材を配置することが不可能であったため、東側（徳島側から川之江東JCTへ向かう車両）のみを対象として、調査を実施した。調査の概要を図-11及び表-8に記す。D地点の速度計測は停止線より上流およそ1.8km地点にある宮の谷橋（橋長83m）を通過する時間をビデオカメラで撮影し、通過に要した時間から速度を算出した。なお使用したビデオカメラはソニー社のHDR-XR500Vで、29.97fpsである。なお現地は山間部にあるため、橋梁や切土が多く、調査員や機材を配置できない箇所が多く、下見の上、可能な範囲停止車両群を観測できる位置に配置した。調査の結果、赤信号中に伸びる車両末尾位置は、B地点とC地点の間で伸縮したため、十分な精度で計測できなかった。しかしこの結果は600m以下であることを意味しており、詳細な検証は不可能であるが、可能な範囲での検証に用いる。

表-8 調査箇所一覧

地点名	調査内容
A地点	・ 反対側信号
B地点	・ 対象側信号 ・ 待ち行列長
C地点	・ 待ち行列長
D地点	・ 接近速度

(4) 推計結果の考察

今回の調査は地形的制約のため、十分な精度のデータが得ることができなかったため、得られた観測データ範囲内での比較と、結果の考察を行う。

推計結果を図-12に示す。この図は横軸に時間、左側の縦軸に推計された停止車両群末尾位置（停止線からの距離）、右側の縦軸に対象側の信号状況を示している。図の結果より以下のことが確認でき、設計通りの結果が得られた。

- ・ 青信号開始後、多少のタイムラグの後、停止車両群末尾位置は短くなり始める。これは発進波が停止車両群末尾位置まで伝わるのに要する時間である。
- ・ 赤信号開始後は、停止車両群末尾位置は原則伸び続ける。例外として、今回構築したアルゴリズムでは、低速車も停止車両群の一部と判定しており、停止直前の低速状態の際に停止車両群の一部と判定された車両が、その後完全に停止した場合に、若干短くなるためである。

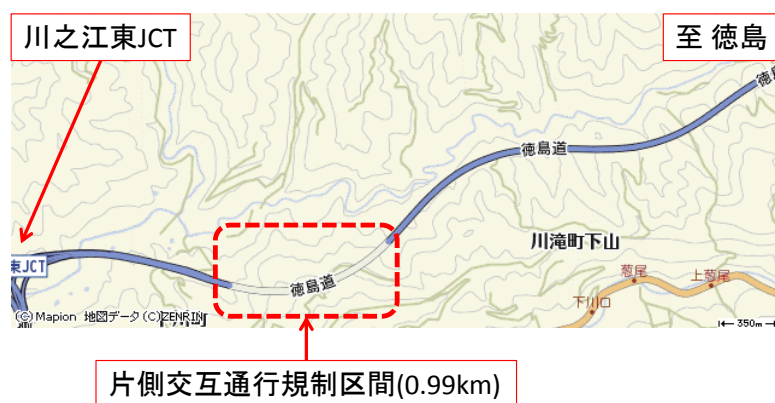


図-10 調査場所

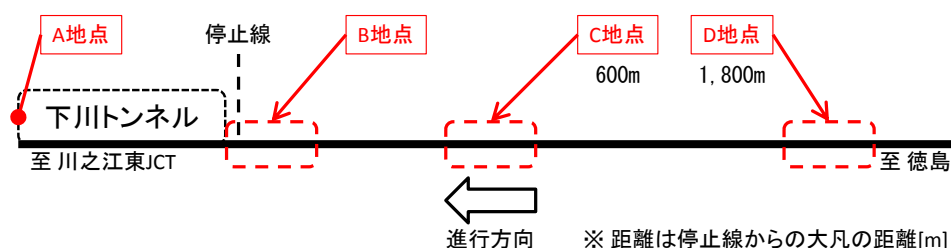


図-11 調査箇所一覧

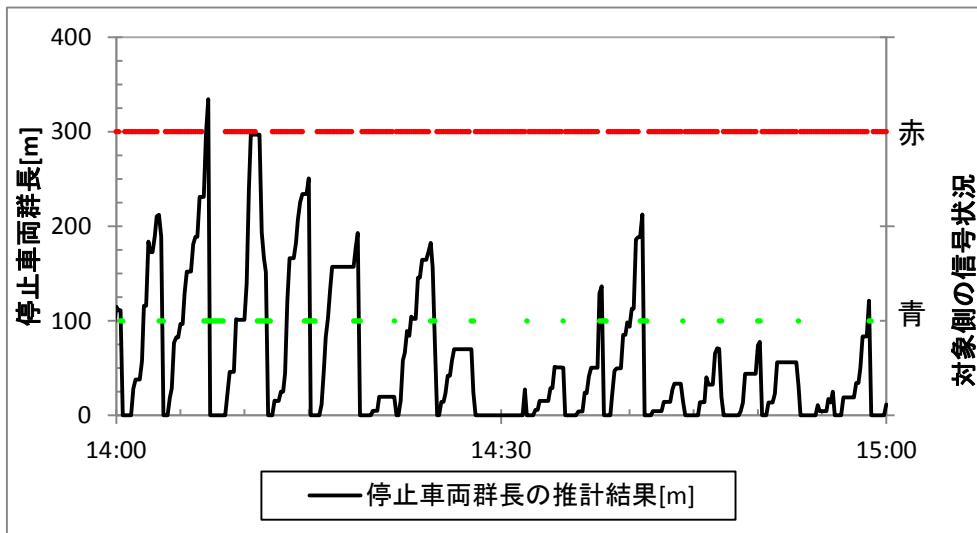


図-12 推計結果

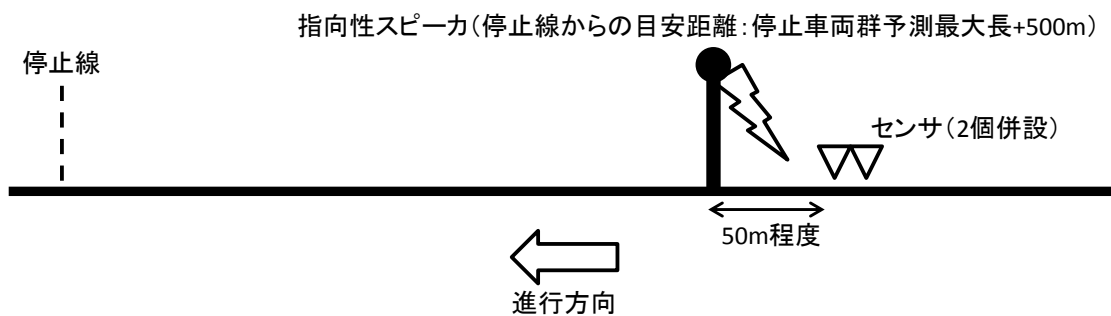


図-13 安全性向上策の実施イメージ

- ・ アルゴリズムで推計された停止車両群末尾位置は最大340mとなっており、今回計測できた実データでは、図-11に記したように600m以下であったことから、極端に過度な推計結果ではない。

以上の結果より、課題はあるものの、推計アルゴリズムは構築できたと言える。なお今後の課題として、以下の項目が挙げられる。

- ・ 詳細なアルゴリズムの検証。
- ・ 追従や加減速等のモデル適合性検証。

2.6 安全性向上策の提案

高速道路の片側交互通行規制時の安全性向上策を提案する。

情報提供手法は指向性スピーカによって聴覚に働きかける。スピーカは高さ5m程度で、停止線より上流側の路肩等に設置する。設置位置は、規制区間長や予測される交通量から推計される停止車両群長の最大長に、「2.4」で検討した500mを加えた長さ以上の位置にする。

センサはスピーカより上流50m程度の位置に2個併設する。センサは中山間道路走行支援

システム等で利用されているサーモセンサを用いる。上流側50m程度とした理由は、図-9に記すように走行速度は100km/h未満が多く、高くとも120km/hであることから、センシングや通信、制御処理に伴う遅れ時間が1.5秒生じても、問題が生じないための配慮である。2個併設する理由は、検知の時間差より速度を検出することと、速度と検出時間の関係より車長を算出し、車種判別を行うためである。

速度検出や車種判別を行う理由は、速度が高いほど、また追突する車両が大きいほど、追突時の衝突エネルギーが大きく、被害が大きくなりやすい。また大型車は小型車に比べて制動性能が劣るため、速度や車種に応じて注意喚起のレベルを変更する為である。

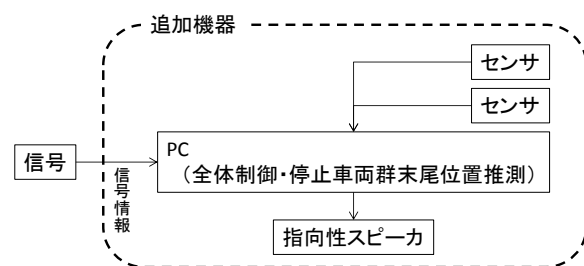


図-14 システム構成図

第3章 車線・道路幅員減少区間における地域ITS技術による走行支援システムの全国展開に関する検討

3.1 概要

高知県はその厳しい地形・地質・気象条件の下、道路整備にコストが掛かり、他に比し道路整備も遅れている。そこで、地形が厳しくコスト高となる中山間地域の比較的交通量の少ない補助的な幹線道路では、全国一律の規格（2車線歩道付き）でなく、新たな発想による1.5車線の道路を提案し、整備を進めている。これは、2車線改良区間、1車線改良区間、及び局部改良区間の組み合わせで整備する手法で、大幅なコストダウンと地域の求めるサービスレベルの早期達成が可能となる。しかし、この意味する所は行き違いの困難な1車線の狭隘道路が多く存在する事となり、畢竟、出合い頭事故や、行き違い困難な状況を生み出す事が予想される。そこで、お互いの接近を相手側に自動的に知らせ、事前に速度を落とし注意する、或いは待機する等の対策を講じる対向車接近表示システム(図-15参照)が種々検討されている。

現在実用化されている対向車接近表示システムは、我々が平成16年度に開発した「中山間道路走行支援システム」が挙げられる。同システムは数十mから数百mの区間を対象に設置するシステムで、平成23年現在全国で64カ所導入されている。高知県によると1つの区間に250万円程度の費用（機器費のみ、工事費含まず）を要している。一方、中山間地域の道路では、視距が悪く、幅員も狭隘な区間が数kmから十数kmに及ぶ未改良路線が多く残されており、それぞれの点在する区間にシステムを導

入するとすれば、多額の設置費用が必要となる。そこで中山間道路走行支援システムと同様に、後退しなくても相手の車との待避所でのスムーズな行き違いを誘導するシステムを基本要件とした簡易型の中山間道路走行支援システムの開発が望まれる。そこで、これを「ゆずりあいロード支援システム」と呼んで開発を進めた。一方、「中山間道路走行支援システム」及び「ゆずりあいロード支援システム」の対象区間の距離は数百m単位を前提としており、数十mの比較的短い距離を対象としたシステムの必要性が考えられる。既存物としてカーブミラーが挙げられるが、カーブミラーのみで比較的短い距離全てをカバーすることは難しく、対向車接近表示システムのラインナップとして、カーブミラーと中山間道路走行支援システムの間位置するシステムが求められる。そこで昨年度より「簡易映像表示提供機器」の開発を行っている。

各システムの位置付けを図-16に示す。ゆずりあいロード支援システムおよび簡易映像表示提供機器によって、既存対向車接近表示システムである中山間道路走行支援システムやカーブミラーでは支援できない範囲が支援可能となる。また表-9に3種のシステム（中山間道路走行支援システム、ゆずりあいロード支援システム及び簡易映像表示提供機器）の違いを比較した。本章では、ゆずりあいロード支援システムと簡易映像表示提供機器について説明する。

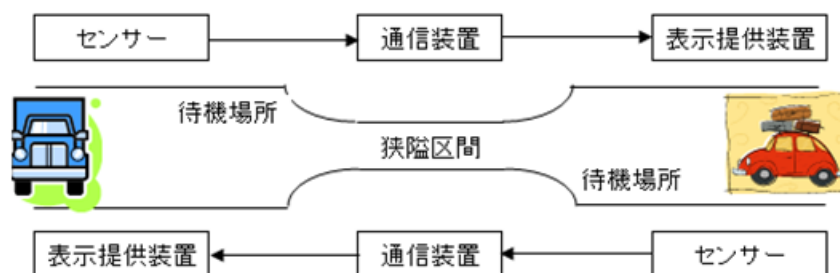


図-15 対向車接近表示システムの概念

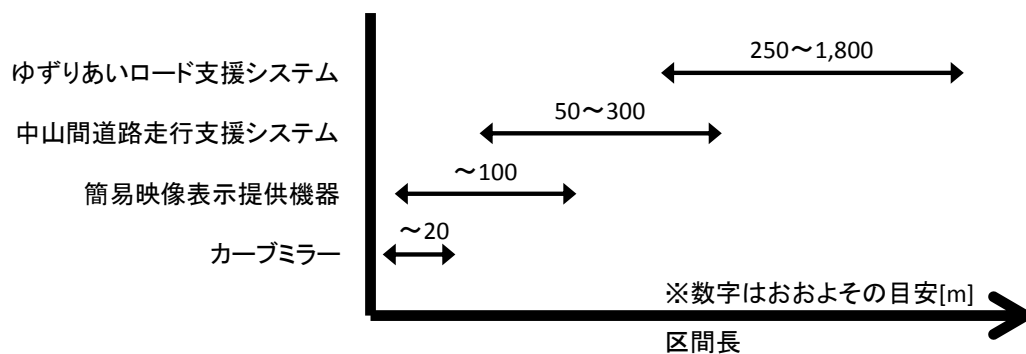


図-16 各システムの位置付け

表-9 各システムの仕様一覧

		中山間道路走行支援システム		ゆずりあいロード支援システム	簡易映像表示機器
		標準	簡易		
設置対象	狭隘区間	1	1	2~9	1~2
	最大延長	200m	200m	1800m	100m
電源供給	商用電源	○	○	○	○
	太陽電池	×	○	○	×
情報提供	文字表示	○	×	×	○
	点滅表示	×	○	○	○
	ピクトグラム表示	×	×	○	○
	実画像	-	-	-	○
通信方式	有線方式	○	○	○	○
	無線方式	×	×	○	△※1
	中継機能	×	×	○	△※1
センサ	赤外線	○	○	○	- ※2
	埋設型	×	×	○ (対応予定)	- ※2



図-17 中山間道路走行支援システムの導入事例

3.2 ゆずりあいロード支援システム

(1) 背景

中山間地域は、「平野の周辺部から山間部に至る、まとまった耕地が少ない地域（農業白書）」とされ、わが国ではこうした地域は国土の7割にも及んでいる。しかしこの地域は過疎高齢化の下、道路整備の優先度も低く、多くの道路交通問題を有している。その対策として、高知県は1.5車線の道路整備と称した新たな発想による道路整備を進めているが、その結果、場所により相互通行が困難な狭隘区間が存在する問題も発生している。そこで高知県と高知工科大学はこのような箇所安全かつスムーズな交通環境を提供しようと「中山間道路走行支援システム」を開発し、加藤らによって有効性等の評価結果が報告され、また静岡県や愛媛県等、高知県以外でも導入されていること等から、地域住民らのニーズに応えたシステムであると言える。しかし幾つかの課題を有している。

「中山間道路走行支援システム」は旧来類似のシステムに比し、機能、価格で優位性を有しているが、予算的に厳しい市町村道への展開までは無理である。又、県道でも走行台数の極めて少ない道路区間では費用対効果を考えると、何箇所もこのシステムを導入する事は長い年月を要する。しかしこのような区間こそ、狭隘

箇所が多く、たまに通過する車同士がお互い危険な状況に陥る事となる。そこで新たな走行支援システムとして「ゆずりあいロード支援システム」(図-17参照)の開発に着手した。尚、ゆずりあいの意味は、対象とする道路はお互い“ゆずりあい”ながら走行することを基本と考えて、その上で本システムが有効と考えているからである。

本研究では、システムを開発し、全国展開を目指し、全国共通のシステムの基本仕様書(案)を作成する。

(2) システム構成

ゆずりあいロード支援システムのシステム構成を図-18に示す。システムは複数の狭隘区間をカバーするよう設計しており、中継機能を有することで情報提供区間を延長することができる。一つの中継区間の長さは、その間を結ぶ特定小電力無線の通信距離で決められ、その場所の条件(道路の曲率や木々等の障害物)によるが、概ね200メートル位までである。又、最大長は現実的に1800メートル位までと考えている。一方、ドライバーへの情報提供は動的ピクトグラムを基本とする。詳細は後述するが、小電力、かつ認識の容易さや注目をする等の特徴がある。

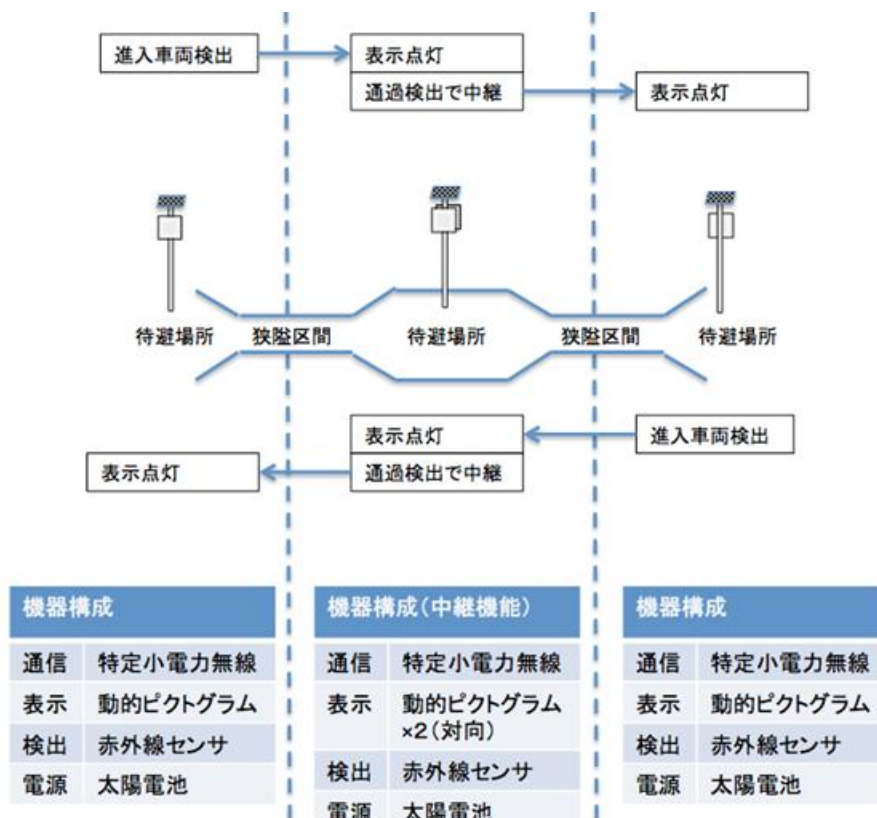


図-18 ゆずりあいロード支援システムのシステム構成図

(3) 動的ピクトグラムの検討

動的ピクトグラムとは、従来のLEDによる文字表示板をよりコンパクトに省電力化し、また対向車が接近してくる状況をイメージしやすい情報提供方法として動的ピクトグラムを開発した。16×16ドットのLED表示板に、自動車を想起するデザインを表示することで、奥から手前に接近してくる状況をアニメーション効果でドライバーにわかりやすく情報提供する。初見でも対向車が接近していることを容易に想起できると考えている。そこでわかりやすいデザインを以下の考え方から検討した。

標識表示は、運転者とのコミュニケーションデザインであり、標示の内容(メッセージ)を、運転者などのユーザに、正確に素早く伝達する

事が目的である。以下にデザインのための前提条件を整理する。

デザインにあたり、前提条件の整理した。まずデザインの目的は、運転者にメッセージを「正確に」「素早く」伝達することである。次に運転者に伝えるメッセージは、「前方から」「車が接近中」「普通車 or 大型車」の3つであり、優先順位をつけると、1.「前方から」、2.「車が接近中」、3.「車は普通車である」or「車は大型車である」と考えられる。最後にメッセージの伝達手段として、最優先のメッセージは「前方から」「車が接近中」ということに注意をうながす事が必要であり、側道から出てくる、等ではなく「対向車が」来る事を伝えるためピクトグラムをアニメーションの動きで表現した。

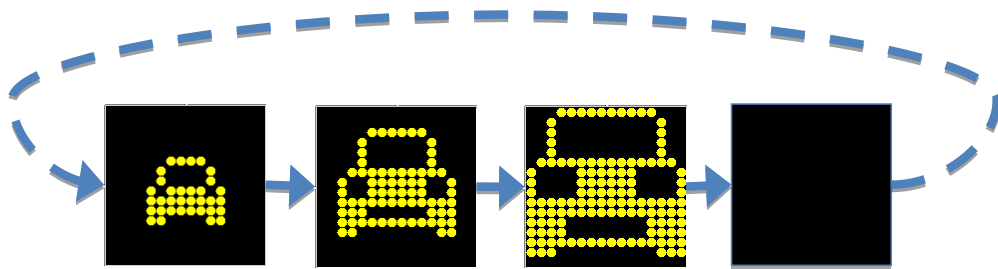


図-19 ピクトグラム表示パターン

大型車のデザイン検討を行った。

まずアニメーション動作検討として、新たに注意喚起に有効と思われる表示パターンをいくつか検討した(図-20 参照)が、対向車が接近してくる状況を想起させるには小さいものから徐々に大きくするパターンが一般的でわかりやすいと結論づけた。

次に大型車の表現検討した。最後に優先されるメッセージは「対向車が大型車であること」普通車より大きいので、特に注意をうながすためピクトグラムの形状を普通車と差別化し表現するため、様々な標識、看板での大型車表現を調査し、それらを基にデザイン検討を行った。

最後に、大型車(トラック)を特徴付ける要因を整理すると以下の5項目となる。

- ・ サイドミラー
- ・ 正面から見えるハンドル
- ・ 後方の荷台
- ・ 運転席上部の導風板
- ・ 大型フロントグリル

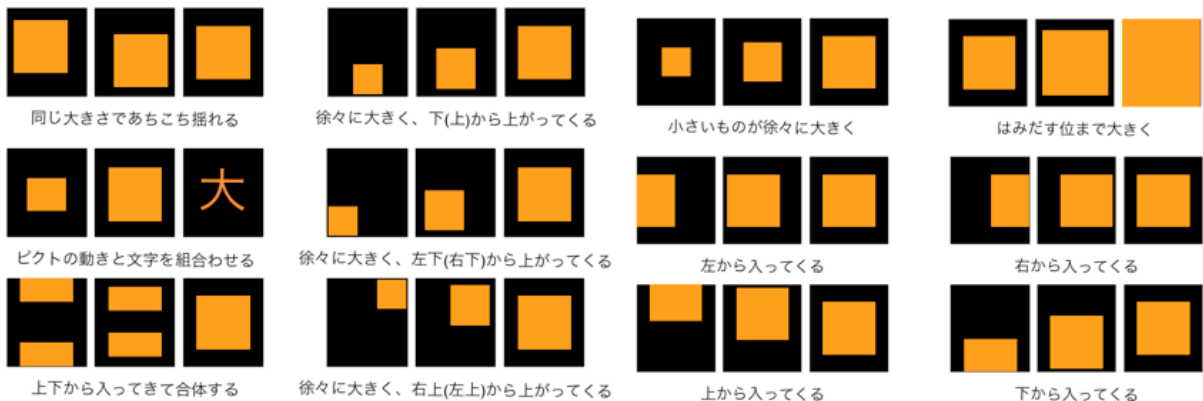


図-20 ピクトグラムのパターン検討

実際のLED表示板で表現出来るよう、大型車を特徴付ける要因を残しながら正面写真をデフォルメし、最終的にピクトグラム化する。

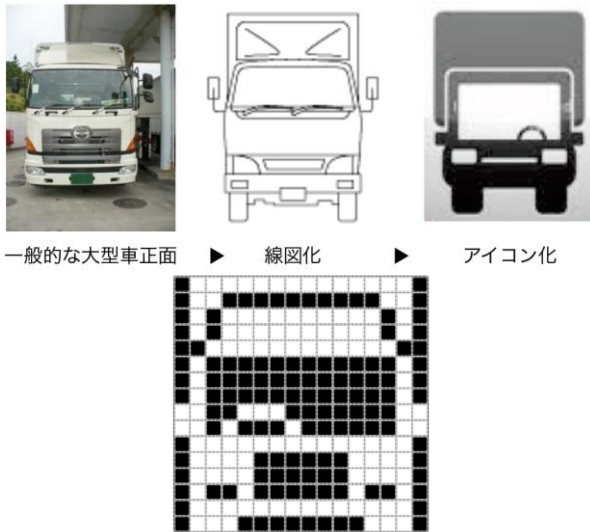


図-21 ピクトグラム化

今回の検討結果から、大型車のデザイン及びパターンを決定した。採用されたデザイン及びパターンによって、「前方から」「車が接近中」「車種は大型」というメッセージを運転者に伝達しやすくなると思われる。

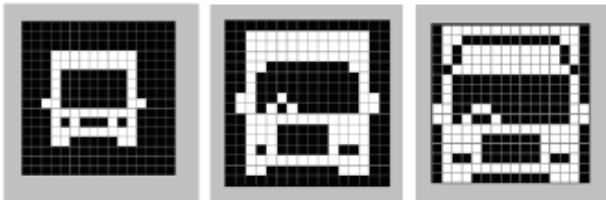


図-22 採用デザイン及びパターン

(4) 実証実験

全国展開を意識し、実証実験を実施した。他地域での実証実験を実施する実験地の選定に

あたっては、以下の条件を重視し、候補箇所を検討した結果、静岡県が適当との結論に至った。

- ・ 走行支援システムに対して理解度が高い地域（中山間道路走行支援システムの導入実績がある）
- ・ 中山間地の整備が遅れた道路を多く抱える地域
- ・ 四国以外の都道府県
- ・ 道路管理者(都道府県)の協力が得られる

具体的な実験地の選定については、静岡県交通基盤部道路整備課の協力を得て、現地調査を行い、決定した。選定に際しては、次の条件を考慮した。

- ・ 走行支援システムを設置した際に効果が期待できる区間
 - ▶24時間交通量は400~800台程度
 - ▶システム設置区間延長は、250~600m程度で、途中に行き違いが可能な待避所があること
- ・ 期間が限定される実験のため、地域住民への周知を考慮し、地元自治会との連携が取りやすい地域

決定した実験地は、静岡県島田市川根町笹間上である。（表-10及び図-23参照）

本実験では、実験開始時にシステムの電源を入れた後は、基本的にメンテナンスフリーで行った。電源はソーラパネルによって発電した電力をリチウムイオンポリマで蓄える自己給電方式とした。また太陽光発電故に夜間は発電ができないが、ヘッドライトによって対向車の存在を把握できることから、安定動作のためシステムの稼働時間は6:00~18:00とした。

表-10 実験地の概要

路線	地名	区間延長	区間内待避所数	H17 センサス(平日 12 時間)
静岡県道 63 号 藤枝天竜線	島田市川根町笹間上	270m	1 箇所	567 台

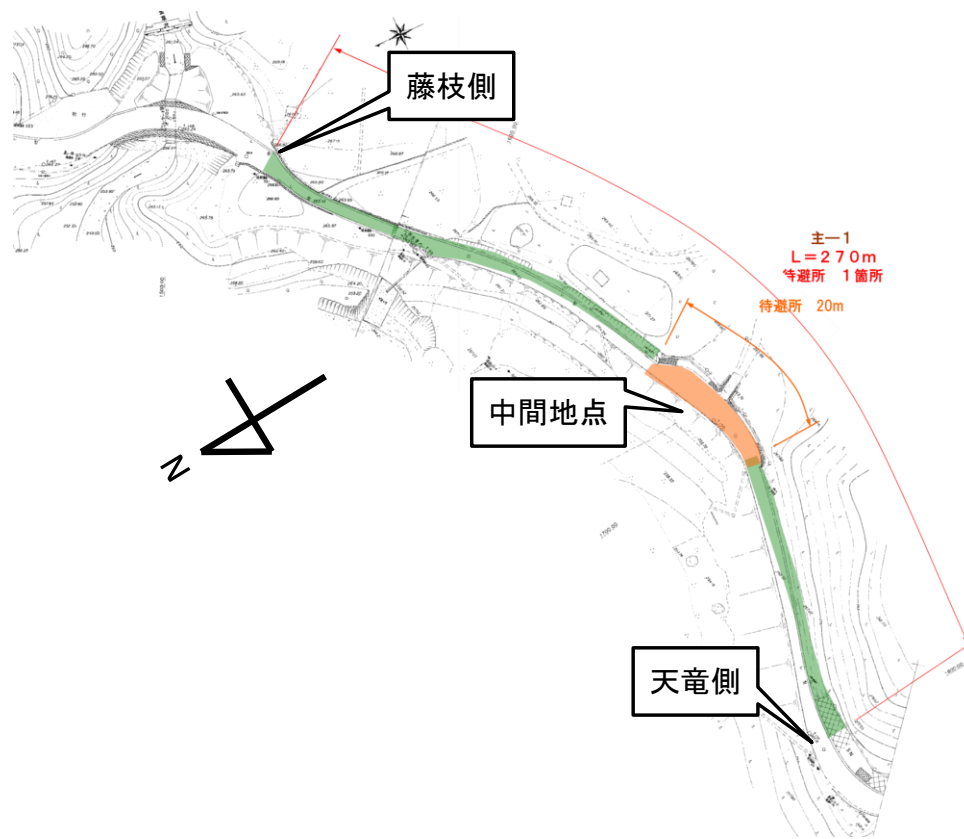


図-23 実験区間の概要と機器設置位置



藤枝側



天竜側



中間地点



中間地点

図-24 実験区間の様子

実験の評価を行うため、表-11 に記す 3 つの調査を実施した。

車両観測調査は、通過する車両の速度や挙動等をビデオカメラで観測する車両観測調査を行った。具体的には以下である。またシステムの効果を計測する為、システムが無い状況として平成 23 年 11 月に、システムがある状況（実験時）として平成 23 年 12 月の 2 時期に実施した。なおいずれも 3 日間、原則 8～18 時を調査時間とした。

- ・ システムの動作状況（対向車の有無）
- ・ 実験区間の通過所要時間
- ・ 進入速度

11 月 11～12 日かけての夜間に、降り続いた雨の影響で実験区間近くの斜面が崩落し、実験区間外ではあったが、実験を行う県道の一部区間で全面通行止が発生した。迂回路はあったが、最も地域住民が利用する道路であったため、実験前の交通量は当初の見込みよりが大きく減

少してしまった。なお 12 月 23 日の朝 7 時より、全面通行止は解除され、実験中は当初見込んだ交通量であった。また 12 月 25 日は夕方 15 時頃から降雪が見られ、その後路面上も積雪が確認された。そのため通過する車両は速度を落として慎重な運転が見られ、通常の状態ではないため比較に適さないことと、調査実施上の安全の観点より、調査終了時間を切り上げた。

観測方法は、ビデオカメラと調査員を 3 地点に配置・設置した。ビデオカメラは各地点 2 台とした。ビデオカメラの設置方法を図-25 に示す。なお使用したビデオカメラはソニー社の HDR-XR500V ほかに、いずれも 29.97fps である。道路上にチョークなどでマーキングし、マーキングを通過する車両を撮影できるようにビデオカメラは道路に対し直角に設置した。各地点の時間差から速度や所要時間を算出する為、設置時と回収時（電池交換含む）に同期をとるため、照明の点灯を全てのカメラで同時に撮影した。

表-11 調査一覧

	目的と概要
車両観測調査	原則通過する全車両を対象に速度や挙動等を観測する。実車走行調査と比べて豊富なサンプル数を計測する。
実車走行調査	計測器を搭載した実験車を、被験者が運転し、車両観測調査と比べて詳細なデータを計測する。 また「車線・道路幅員減少区間における地域 ITS 技術による走行支援システム導入効果の評価手法に関する検討」で構築する評価手法の適用可能性の検討に用いる。
住民アンケート調査	実験箇所近隣地域の住民を対象に実施し、利用者の意見を計測する。

表-12 調査実施日時

時期	システム	調査日・時間	備考
実験前	無	11 月 12 日(土)・8:00～18:00 11 月 13 日(日)・8:00～18:00 11 月 14 日(月)・8:00～18:00	
実験中	有	12 月 24 日(土)・8:00～18:00 12 月 25 日(日)・8:00～16:07 12 月 26 日(月)・8:00～18:00	25 日は降雪のため、終了時間を切り上げている。

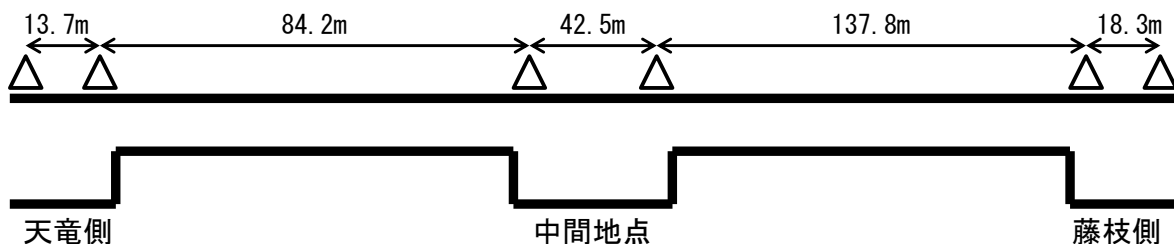


図-25 カメラ配置図

調査結果について報告する。ここでは各地点の速度と実験区間の通過に要した時間について報告する。

表-13 は、天竜側地点で観測した断面交通量である。実験前では11月12日は全面通行止初日であったため、通常の土曜日程度の交通量であったが、13日及び14日は全面通行止が住民に認識され、交通量が減少したと考えられる。実験中では、全面通行止が解除されたことがあり、交通量が実験前より多い結果と考えられる。

以下の分析では、観測されたデータの内、バッテリー交換のためビデオカメラで計測できなかったものや、実験区間内の畑に出入りした車両等を除いた、利用可能なデータで分析した。また12月25日夕方からの降雪・積雪の影響があったため、計測結果を踏まえ分析に用いるデータは

表-14 に記すデータとした。

各地点の通過速度の結果を図-26 に記す。結果より、全ての計測地点で若干ではあるが、実験前より実験中の方が、速度が低い結果であることが読み取れる。この要因としては、調査時期（11月半ばと12月下旬）の違いで、路面の温度が低いことと、システム設置によってドライバがより注意をした結果の2つが考えられる。また天竜側地点と藤枝側地点に比べて、中間地点の速度が高いことが読み取れるが、これは図-24 に示したように、道路線形による影響が大

きいと考えられる。

表-13 断面交通量の結果

		調査時間	断面交通量[台]
実験前	11月12日(土)	8:00～18:00	310
	11月13日(日)	8:00～18:00	216
	11月14日(月)	8:00～18:00	228
実験中	12月24日(土)	8:00～18:00	320
	12月25日(日)	8:00～16:07	244
	12月26日(月)	8:00～18:00	409

表-14 12月25日及び26日のデータの取り扱い

	調査時間	データ取扱時間
12月25日(日)	8:00～16:07	8:00～15:20
12月26日(月)	8:00～18:00	9:00～18:00

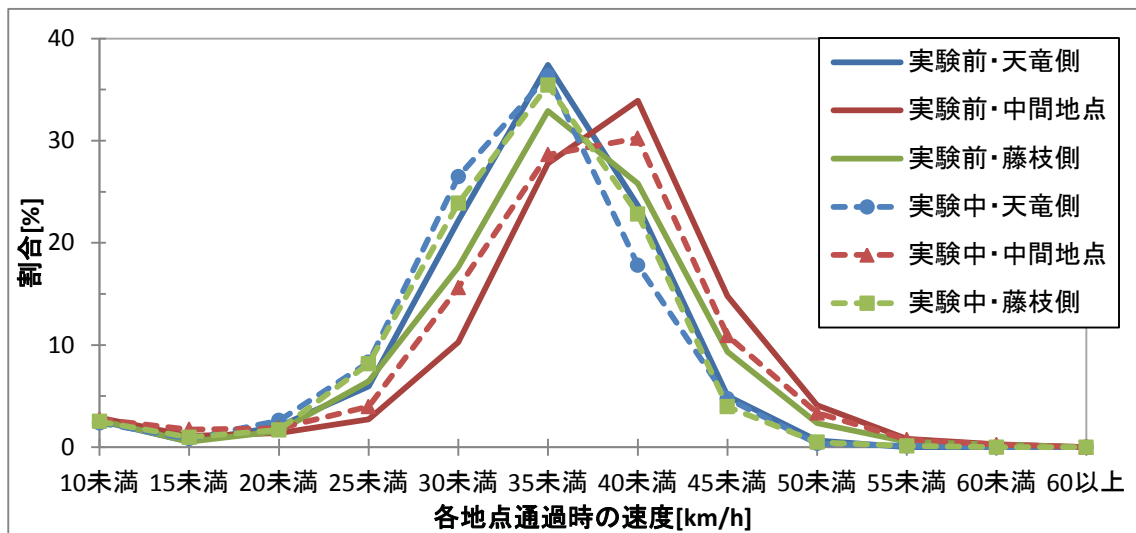


図-26 各地点の通過速度

対向車の存在の有無別に所要時間を集計した。まず平均所要時間は、対向車無しでは、実験前と実験中で差が見られないが、対向車有りでは実験前より実験中の方が、平均所要時間が大きい結果となった。この理由として2つ要因が考えられる。

1点目は、アンケート調査結果での対向車接近時（システム点灯時）の挙動の結果では、多くの人が停止や減速などの安全側の行動をとっているが、一方で、今回実験を行った箇所は、軽自動車同士だと、両端や中間地点以外の実験区間内での行き違いも不可能ではないため、実験前の調査では狭隘な区間での行き違い行動が見られており、今回実験を行った場所を慣れた地域住民が運転する場合は、少々強引な行き違いをする方が平均所要時間は短くなる可能

性が考えられる。

2点目は、車両が実験区間に差し掛かるタイミングの違いが考えられる。この影響は、ある車両が実験区間に到達した際、対向車がどの位置に存在するかの影響で、両車の距離があるほど所要時間は大きくなるため、差し掛かったタイミングによって、所要時間が大きく異なってしまう。実際対向車有りのサンプル数は多くて「7~30」と確率的に偏りが生じる可能性は低いことが要因の可能性はある。

図-27は、対向車有りのサンプル数が多い11月12日と12月26日の藤枝方面行の対向車有りの車両を対象に、天竜側地点の通過速度の割合を示したものであるが、実験前より実験中の速度が低く、上記の要因によって、今回の結果になったことが十分考えられる。

表-15 対向車有無による平均所要時間の結果[秒]

		方向	対向車無し	対向車有り
実験前	11月12日(土)	藤枝方面行	31.7	37.7
		天竜方面行	30.9	32.5
	11月13日(日)	藤枝方面行	30.9	42.8
		天竜方面行	32.8	36.6
	11月14日(月)	藤枝方面行	29.5	35.0
		天竜方面行	30.6	34.6
実験中	12月24日(土)	藤枝方面行	30.0	42.9
		天竜方面行	30.8	39.5
	12月25日(日)	藤枝方面行	29.4	37.3
		天竜方面行	30.9	37.6
	12月26日(月)	藤枝方面行	30.8	40.5
		天竜方面行	33.1	38.5

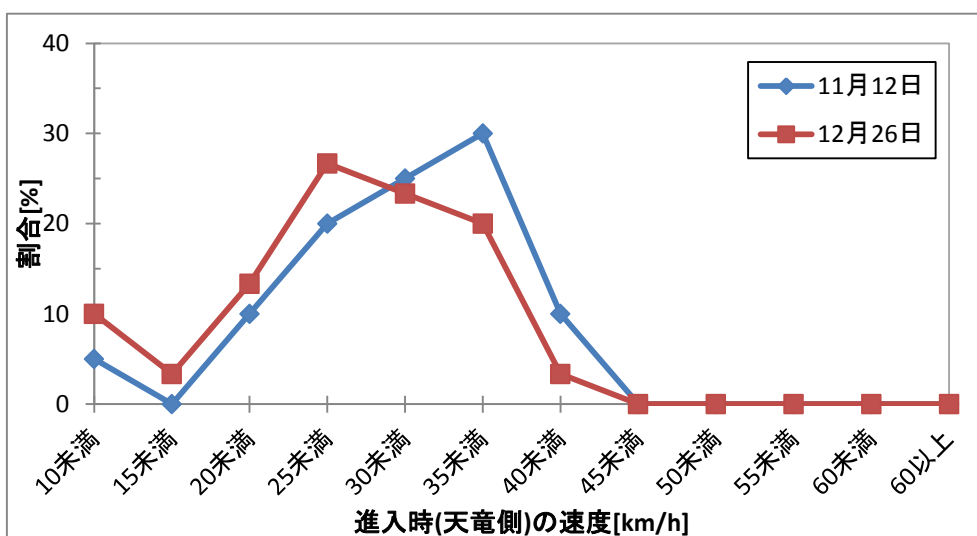


図-27 対向車有りの進入速度の違い

実車走行調査は、被験者が実験車を運転し、データを計測する調査を行った。調査はシステムが有る状況と無い状況の2時期に実施した。観測方法は、用意した実験車を被験者が運転することで、実験車に搭載した記録装置が自動的に計測する方法とし、被験者の負担ができるだけないようにした。実験車にはGPSから日時や緯度経度、移動距離を計測するセーフティレコーダと、走行位置確認用に前方を撮影するビデオカメラを設置した。なおセーフティレコーダの記録分解能は0.1秒である。実験に用いた車両はトヨタ車のVitz(9#型, 1,000cc, CVT車)である。またビデオカメラはGPS機能を有するソニー社のHDR-XR500Vである。被験者は表-17に示す条件で、可能な限り異なる属性のドライバーを各時期12名、合計でのべ24名とした。

調査結果を報告する。まず撮影したビデオ映像から、システム設置区間の走行時間を特定し、分析する時間を決定した。走行時間の結果を図-28～図-31に記す。なおシステム無しでは、一時電線工事の影響を受けたサンプルがあったため、分析から除外した。所要時間は、慣れの問題を考慮し、走行回数毎に所要時間を集計した。結果を表-18及び表-19に記す。平均時間は対向車の影響を受け所要時間が増加した影響を受けるため中位に着目すると、1回目が2回目以降に比べて時間を要しており、慣れの影響が見られる。走行結果の一例を図-32及び図-33に記す。全般として、走行回数や個人差によって速度に違いはみられるが、速度変化の箇所や加速減速の変化方向は同じであることが読み取れる。また図-33中で速度が低下しているが、これは対向車との行き違いのため減速したもので、狭隘区間であったが若干広く、対向車が軽自動車であったため、行き違いをしていたことをビデオより確認した。

表-16 調査実施日

システムの有無	実施日
有り	平成23年12月16日
無し	平成24年1月27日

表-17 被験者条件

年齢	30歳未満 or 50歳以上
性別	男性 or 女性
運転頻度	週1日以下 or 週4日以上
対象区間の走行経験	豊富 or 無いまたはほとんど無い

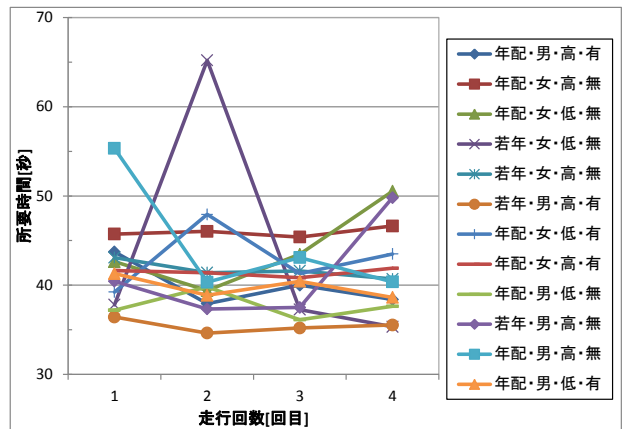


図-28 システム有りの天竜方面行き全所要時間

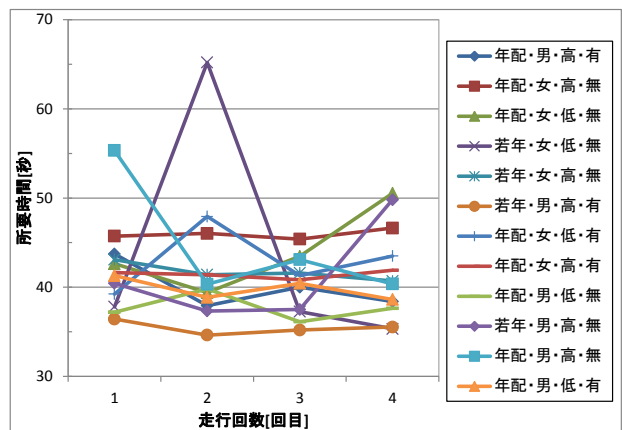


図-29 システム有りの藤枝方面行き全所要時間

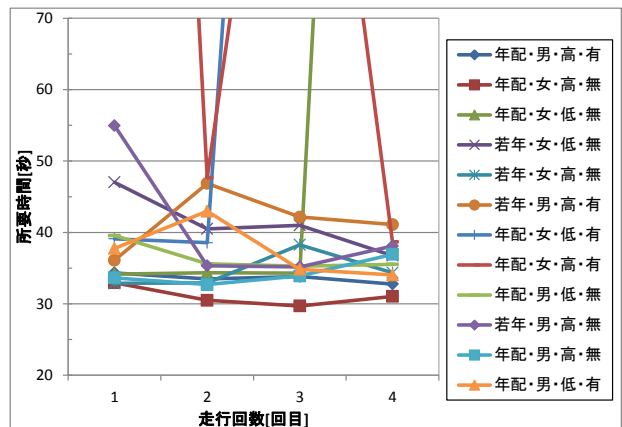


図-30 システム無しの天竜方面行き全所要時間

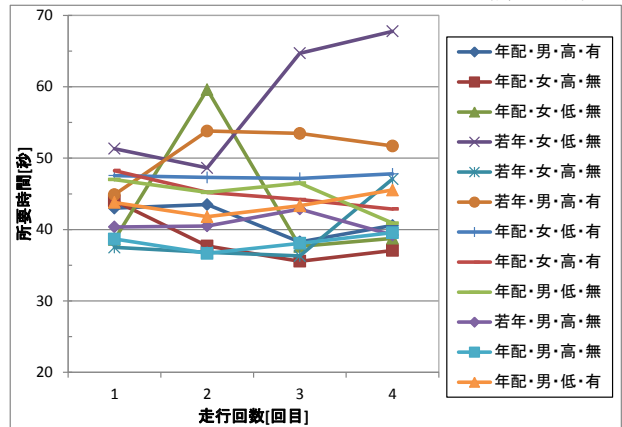


図-31 システム無しの藤枝方面行き全所要時間

表-18 システム有りの所要時間の集計結果

	天竜方面行				藤枝方面行			
	1回目	2回目	3回目	4回目	1回目	2回目	3回目	4回目
平均	40.9	36.3	34.0	36.4	42.0	42.5	40.2	41.6
中位	37.8	35.1	34.3	35.0	41.5	40.1	40.6	40.5

表-19 システム無しの所要時間の集計結果

	天竜方面行				藤枝方面行			
	1回目	2回目	3回目	4回目	1回目	2回目	3回目	4回目
平均	38.4	37.6	35.8	35.9	43.8	42.3	41.0	41.9
中位	36.1	35.5	35.0	36.2	43.9	42.6	40.6	40.7

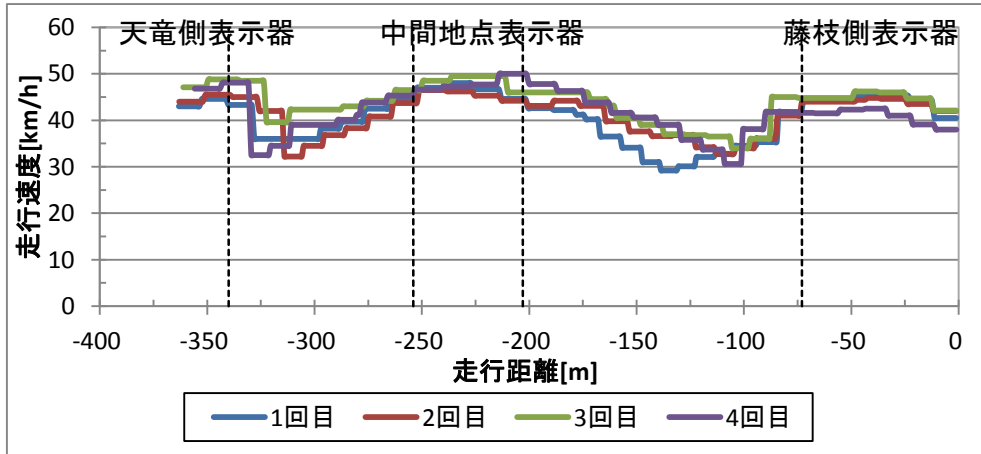


図-32 システム有りの天竜方面行きの結果（若年・男性・高い・豊富）

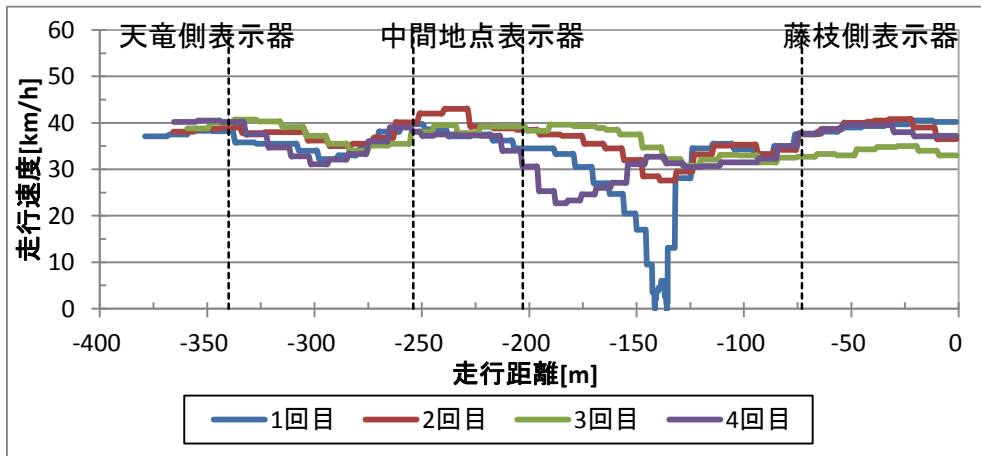


図-33 システム無しの天竜方面行きの結果（若年・男・高・無）

以上のように、本調査で得られた結果は、第4章で報告する走行挙動と同様の結果であり、このことより、ゆずりあいロード支援システムでも同様の評価手法にて評価可能なことが確認した。

住民アンケート調査は、実験地周辺の地域住民を対象としたアンケート調査を実施し、利用者の意見を収集した。

配布は、静岡県と協議をした結果、笹間上及び笹間下地区の世帯、200世帯弱全てに自治会

を介した配布した。配布は、以下に記す一式を1つの封筒に入れ配布した。なお世帯によって人数が異なるが、一律3つのアンケートを入れ、人数に応じて0~3の回答を依頼した。回収は、回収用封筒での郵送回収とした。

- ・ アンケート：3通
- ・ 回収用封筒（料金受取人払いのため、回答者の費用負担は無し）：1つ
- ・ システムチラシ：1枚
- ・ 依頼・説明文：1枚

アンケートは、実際に運転をして体験したドライバの回答を期待しているため、運転免許保有者を対象としたアンケートとした。

アンケートの配布時期は、実験期間が平成 23 年 12 月 14～27 日であったため、12 月後半に配布し、1 月末日までの回収とした。回収の結果 128 通のアンケートを回収した。回収率は、配布が全世帯に 3 通ずつのため実質の配布数が不明であるが、600 通全てを分母にした場合の回収率は 21.3%である。

主な結果として、まず図-34 に記すように、65 歳以上の高齢者が約半数を占めており、高齢

化が進む中山間地の特徴が出た結果と言える。

図-35 は年齢層による運転行動の違いの結果であるが、年齢層による違いは見られず、約 8 割のドライバが何かしらの安全側の行動をとっていたとの結果であった。

図-36 は年齢層とシステムの必要性の結果であるが、全体では約 8 割のドライバが必要と回答しているが、年齢層による違いがあり、高齢者からは約 9 割と、高齢者の評価が高い結果であった。この結果は、高齢化が進む中山間地の有効な道路整備手法の 1 つとして、価値のあるシステムと考えられる。

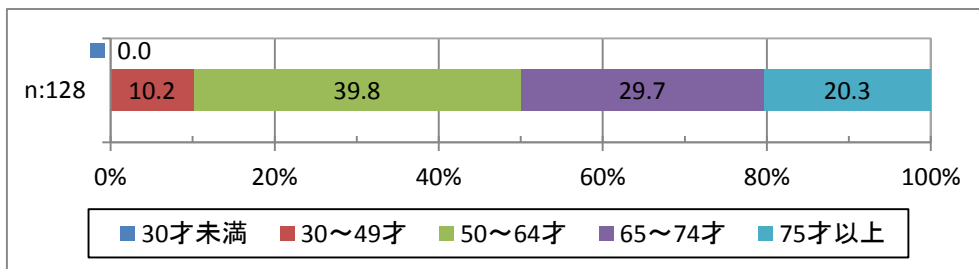


図-34 年齢層の結果

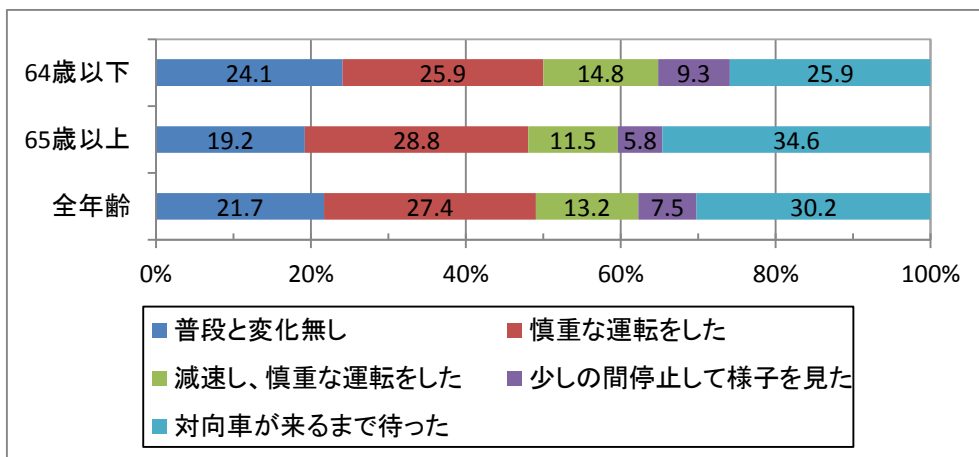


図-35 運転行動の変化

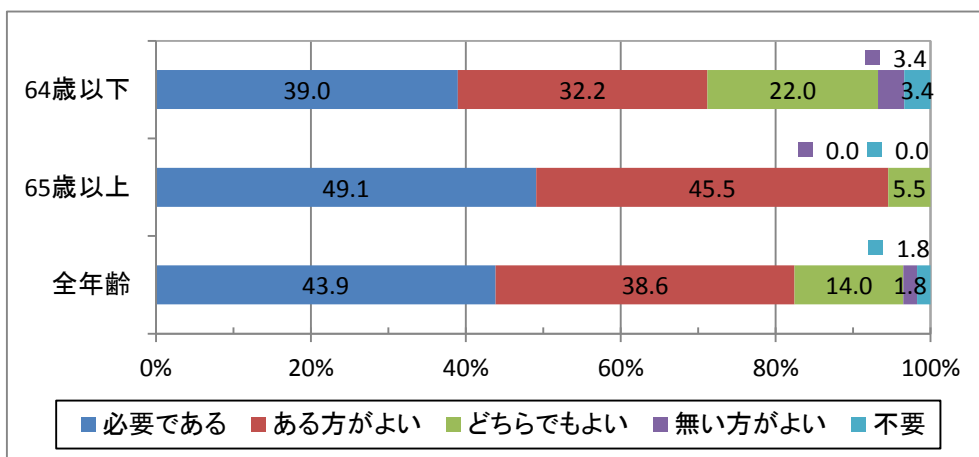


図-36 システム必要性の結果

最後に道路管理者の評価として、実験に協力頂いた静岡県に評価頂いた。なお第4章の「車線・道路幅員減少区間における地域 ITS 技術による走行支援システム導入効果の評価手法に関する検討」の結果もあわせて考慮頂いた。以下がコメントである。

- ・ 実験の評価結果は、おおむね良好であったと考えられる。
- ・ 評価指標や効果についても検討が行われており、効果がわかりやすく良かった。
- ・ 地元、警察との調整、予算確保の制約はあるが、平成23年度に設置される高知県での様子を見つつ、静岡県でも平成24年度以降の設置を検討していきたい。
- ・ 導入に際しては、トラブルが懸念材料で、機器性能等について確認していく必要がある。
- ・ 細かな改良点として、ピクトグラムのパネルの大きさはもう少し大きい方が良いとの意見がある。
- ・ 仮に平成24年度に設置するとなった場合は、高知県や高知工科大学の協力を得たいと考えている。

(5) 成果

本研究成果は、基本仕様書(案)の作成と、本研究成果を基に、高知県はゆずりあいロード支援システムを平成24年3月に試行的導入の2点が挙げられる。基本仕様書(案)は参考資料に添付する。導入された箇所は県道385号香北野市線の香美市岩改である。

3.3 簡易映像表示提供機器

(1) 簡易映像表示提供機器の概要

簡易画像表示提供機器（以下簡易画像機器）はカーブミラーと中山間道路走行支援システムの間にあるカーブミラーの置き換えに位置付けられるものである。

カーブミラーはごく限られた範囲の情報を、鏡を用いて映像としてドライバに直接見せるもので、センサ等を用いていないことが特徴に挙げられる。「簡易映像表示提供機器」はカーブミラーの延長線上にあり、カーブミラーでは補完できない範囲を動画で表示し、カーブミラーと同様に、ドライバが映像を見て判断を行うものである。特徴としてはセンサを用いないことが挙げられ、これによりセンサ費用が不要となり、また誤検知の可能性がないことが挙げられる。適用場所としては、中山間道路部の線形

によりカーブミラーでは見えづらい場所や、見通しが悪く大型車などで行き違いが困難なトンネルなどが考えられる。そこで本研究では、地域 ITS 技術を駆使した安価（簡易）な映像表示装置の開発を行った。具体的には、実際の映像を簡略化して伝送・表示することで機器構成をシンプル化し、簡易・安価な機器を具現化した。

(2) 実験機器構成

実験機器構成は、表示制御パソコンに加えて、カメラ画像をキャプチャし、表示制御パソコンへ画像データを伝送するための画像処理パソコンを追加することで、リアルタイム表示が可能な機器構成とした。データ伝送には Local Area Network(LAN)を使用した。実験機器構成は、図-37の通りである。また、視認性を向上するために移動体を検出することで車体部分の輝度を上げ、強調表示することが可能となった。

(3) リアルタイム対応

リアルタイムとは実時間であり、本実験でのリアルタイムとは録画データを再生するのではなくカメラ映像をキャプチャし、エンコード・(データ伝送)・デコード処理を介して LED 表示板の映像を更新することを指す。またリアルタイム性能とはカメラ映像取り込みから LED の表示が更新されるまでに要する時間を指す。

リアルタイム性能を満たす条件は、静止画を短い時間で更新することで動画映像と認識されるが、この動画の1コマをフレームと呼び、1秒間に静止画が更新される数をフレーム数と呼ぶ。単純にフレーム数が増えれば滑らかに再生されるがデータ処理量も増加するため実用上10フレームを考えた。画像処理に要する時間については、パソコンのシステム経過時間（単位ミリ秒=0.001秒）を計測した。尚、LANでの処理時間については、実験環境が理想的なネットワークであったため理論値で算出している。以下がその計算値である。

- ・ ネットワーク環境 100BaseTX = 実効速度 6.25MB/秒
- ・ 1フレーム伝送データ量2Kbyte → 伝送時間 約0.0003秒

LED 表示までの処理時間合計は最大で 0.06 秒であり、更新間隔(遅延時間)が 0.1 秒以下で可能=10 フレームを実現できるため、リアルタイム性能を満たしているといえる。

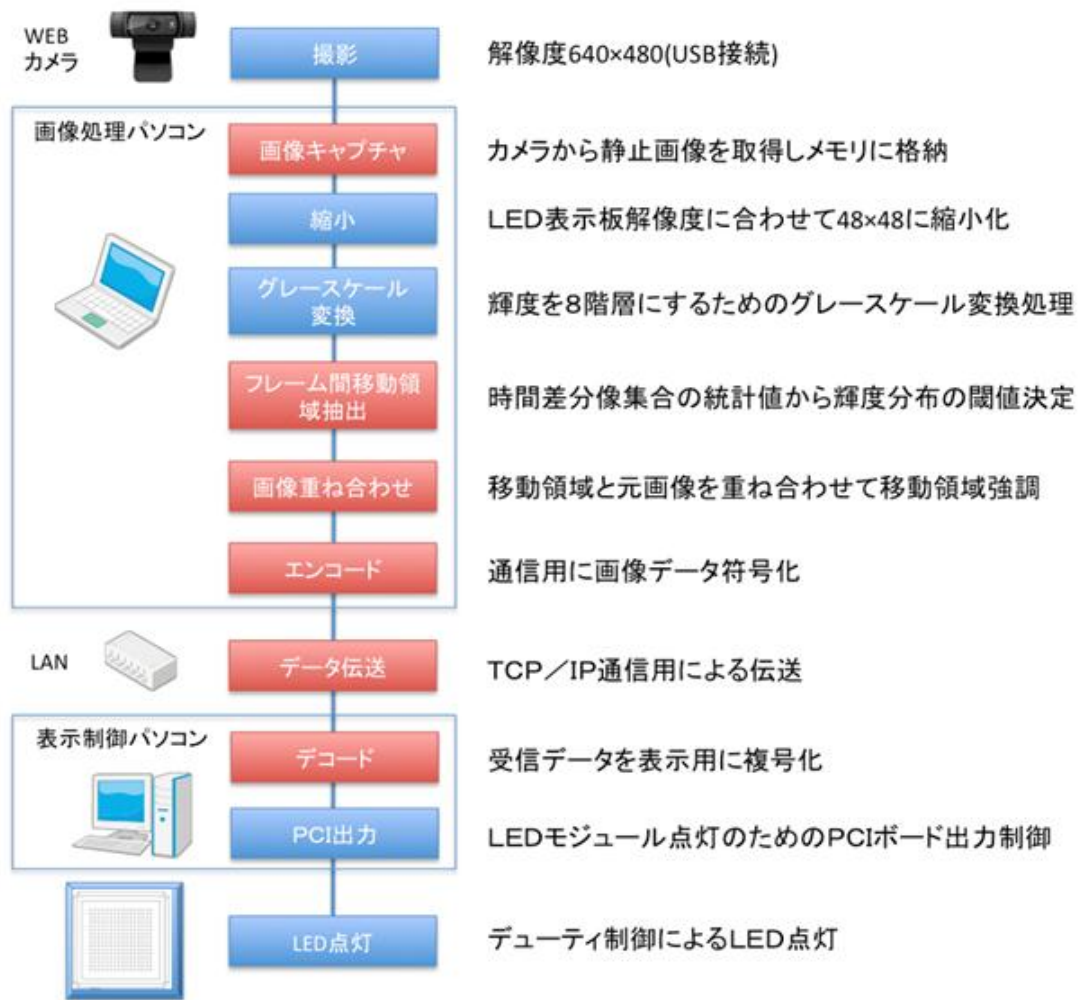


図-37 実験機器構成

(4) 有効性の検証

見やすさを向上させるため移動体を検出することで車両と背景を分離し車両部分を強調表示する。移動体を検出するための従来技術（時間差分方式）には下記のような問題点があった。そこで輝度差の分布を基に、動的に閾値を自動算出するGSLV方式を導入した。

- ・ 輝度差（変化量）に対する閾値設定が難しい
- ・ 閾値が高いと低コントラスト物体を未検出する
- ・ 閾値が低いと高コントラストで誤検出が多発する

GSLVとは、Global-Statistics-based-Local-Voting（大域的統計に基づいた局所的決定）の略で、移動体の検出に使用する閾値をあらかじめ設定するのではなく、検出領域全体の輝度差分布から動的に閾値を決定するための手法である。1枚の時間差分像 $D(t)=I(t)-I(t-1)$ 内の差分値の集合から大域的統計値として次の3つを求める（ t は時間）

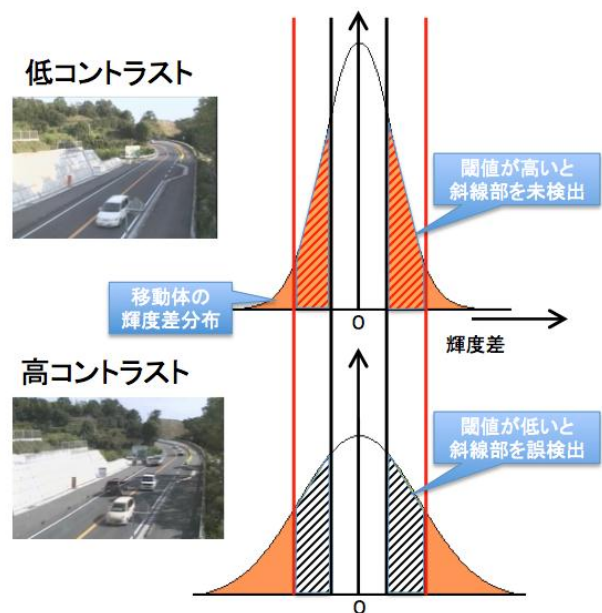


図-38 時間差分方式の問題点

- ・ $M(t)=\text{Median}\{D(t)\}$:メジアン値
- ・ $Q_{lo}(t) = Z*\text{percentile}\{D(t)\}$:下位パーセンタイル値
- ・ $Q_{hi}(t) = Z*\text{percentile}\{D(t)\}$:上位パーセン

タイトル値

- ・ 上記3値とスカラ値fから閾値を求める
- ・ $T_{lo}(t)=m(t)-f*(M(t)-Q_{lo}(t))$
- ・ $T_{hi}(t)=M(t)+f*(M(t)-Q_{lo}(t))$
- ・ $T_{lo}(t)$ と $T_{hi}(t)$ から3値化する

実際の動作中には、低コントラスト（背景と移動体の輝度差が低い）時には閾値を低く、高コントラスト（背景と移動体の輝度差が高い）時には閾値を高く設定するよう自動的に調整する。

本アルゴリズムを導入することで、コントラストに関係なく安定して検出可能となり、また計算量が少なく実行速度が速いためリアルタイム処理が可能となった。

視認性確認のため、LED出力の輝度調整した映像で比較した。実験は高知工科大学構内のグラウンドで実施した。本実験では、グレースケール変換した通常表示、移動体輝度2倍に背景画像2分の一にしてコントラストを広げた表示、背景を削除した表示の3種類を図-40に記載する。

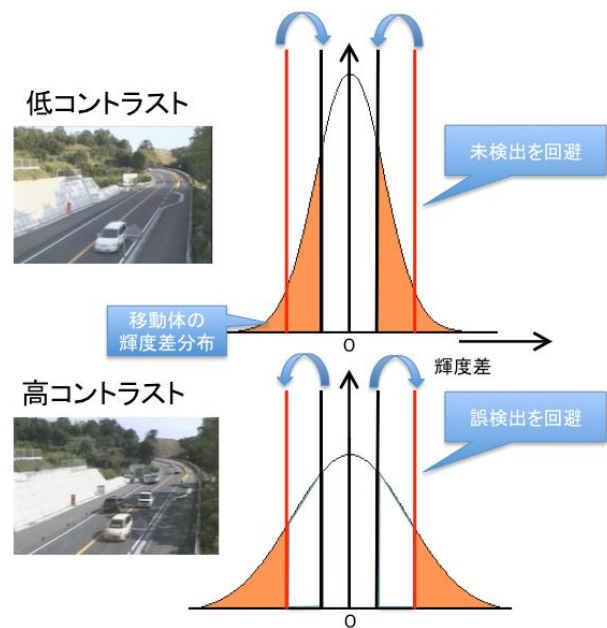


図-39 時間差分方式の問題点

(5) 成果

本研究成果として、基本仕様書(案)の作成した。基本仕様書(案)は参考資料に添付する。

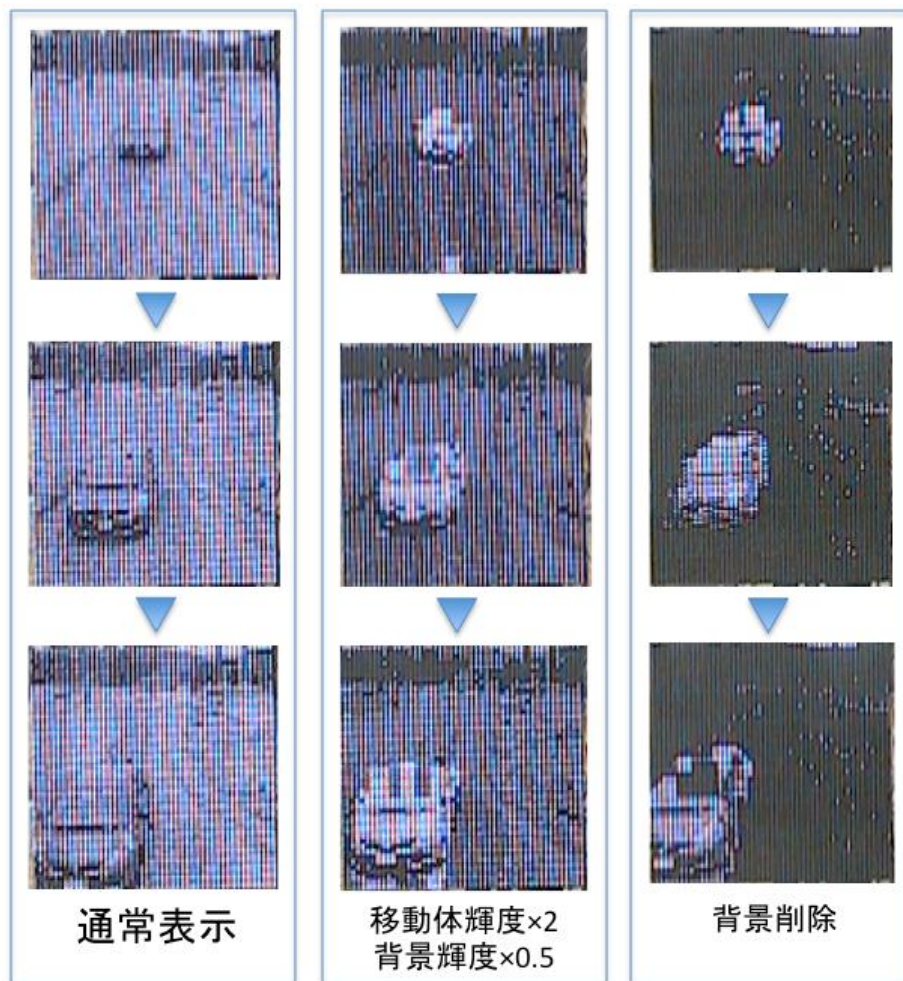


図-40 表示方法比較

第4章 車線・道路幅員減少区間における地域ITS技術による走行支援システム導入効果の評価手法に関する検討

4.1 はじめに

本章では、地域ITS技術の代表的な手法である中山間道路走行支援システムを対象に、その導入効果の評価方法を考えることとする。

本章においては、中山間道路走行支援システムの導入効果について、多面的に評価することを目的とし、その効果の関連性について検討を加えるとともに、各効果の計量化方法について検討を加える。

4.2 評価方法の全体像

(1) 未整備道路の課題の整理と評価軸

中山間道路走行支援システムの導入効果を検討するにあたっては、多様な効果を計量化し、その総合評価を実施する必要がある。

そこで、まず中山間地域における未整備道路の課題とその計測指標について検討として、ブレインストーミングを行い、課題を整理し、評価軸を決定した。

ブレインストーミングは、県職員を含む関係者により第1回目を行い、その後実質の作業を行っているメンバーのみで第2回目を行った。主に第1回では、KJ法を用いて未整備道路の課題およびその計測方法を検討した。第2回ブレインストーミングでは、第1回の際に整理した図を電子化し、再整理することを行っている。なお第2回に参加頂いたニュージェックは、Sakuraを共同開発したコンサルタント会社であり、今回Sakuraのシミュレーションの改良を依

頼している。シミュレーション計算の実現可能性という観点からの助言を期待し、参加頂いた。

表-20 第1回ブレインストーミングの概要

日時	2010年11月5日 13:00～16:30
場所	よさこいビジネスプラザ 2F 会議室
参加者	高知工科大学・3名 岐阜大学・3名 兵庫県立福祉のまちづくり研究所・1名 高知県土木部道路課・3名
検討内容	<ul style="list-style-type: none"> 中山間地域の未整備道路における課題 課題の計量化方法

表-21 第2回ブレインストーミングの概要

日時	2010年12月2日 14:30～17:30
場所	岐阜大学地域システム計画研究室
参加者	岐阜大学・3名 高知工科大学・1名 (株)ニュージェック・1名
検討内容	<ul style="list-style-type: none"> 整備効果の計量化方法

ブレインストーミングの結果を基に、各項目を評価する指標を整理し、その因果関係を合わせて表現したものが図-41である。なお図中の矢印は因果関係を示す。

走行時における快適性・安全性の課題におい

て、道路の物理条件から生じる問題点として、「見通し」に関する指摘が多かった。急なカーブや植生による影響で先が見通せず対向車両が確認できないことが大きな問題といえる。「見通し」の影響や道路の状況によって、「疲労・ストレス」が大きくなり、結果として「走りにくい」道路となると考えられる。また、「疲労・ストレス」は事故の危険性模造題させると考えられる。さらに、加減速を繰り返すことにもなり、時間ロスや燃費のロスも増えていくといえるだろう。これらが、道路を利用するドライバの視点でみた未整備道路における課題といえる。一方で、沿線住民については、より脆

弱な道路の利用を余儀なくされていることによる影響も蒸しできない。すなわち、「道路の物理条件」、あるいは周辺地山の条件により、「管理費用」がかさみ、「災害の危険性」が大きいため、その道路に依存した生活に関する質、すなわち「QOL」が低くなっているといえるだろう。以上のように、道路の物理条件に起因する未整備道路の課題について整理することができた。次に重要なことは、道路の物理条件によるこれら未整備道路の課題に関する発現度を測ることと、課題間の相対的な重みを推定することであろう。

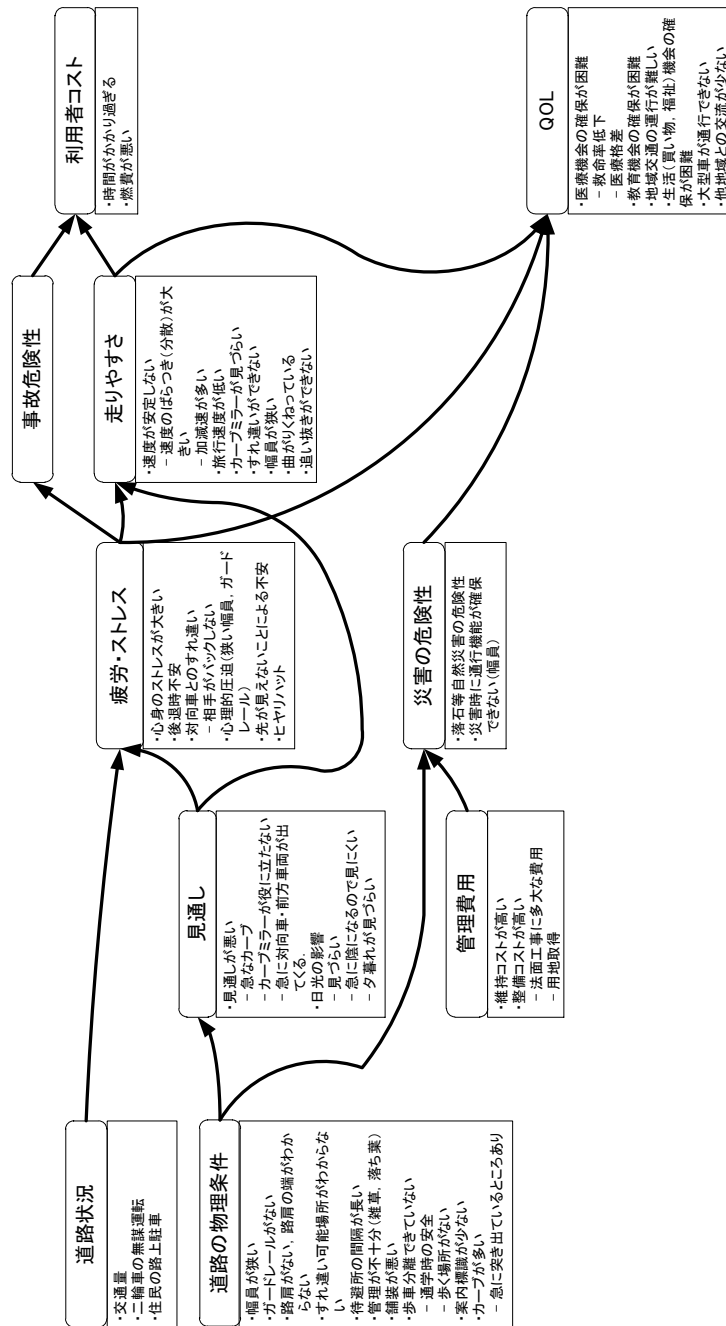


図-41 未整備道路の課題整理

(2) 中山間道路走行支援システム導入効果の定量化方法のフレームワーク

定量化の方針としては、一般的な道路の整備効果は、所要時間の短縮便益、走行費用の減少便益、そして交通事故の減少便益といういわゆる3便益で計測されることが多い。一方で、図-41をみればわかるように、狭隘区間を含む未整備道路を整備する効果は、これらだけでなく、「走りやすさ」など走行の質、そして「災害時や急病時の危険性」など、不安感に由来するものなどが大きいと考えられる。たとえば、見通しのきかない急カーブ区間において、突角の是正を行ったとしよう。おそらく整備費用としては、山を削るといった対策が必要であり、大きなコストを要すると考えられるが、その効果として所要時間や走行費用、事故リスクが大幅に減少するとは考えづらい。ましてや、交通量も非常に少ないため、従来の評価フレームに基づく3便益の総量を計測したとしても、微々たるものになってしまう可能性がある。したがって、所要時間短縮便益、走行費用削減便益、交通事故削減便益に加え、走りやすさや不安感といった利用者の心理的コストを加味した評価方法が必要といえる。

本研究グループでは、この研究と並行して、中山間道路走行支援システムに限定せず、突角是正や待避所整備、拡幅などといった様々な1.5車線の道路整備の総合評価のための道路利用者意識分析を科学研究費基盤研究(B)、「適切な1.5車線の道路整備推進のための走行安全性および円滑性評価手法の構築」として実施している。本研究では、このうち中山間道路走行支援システムにかかわる評価について、上記の研究の成果を活用することとした。一方で、所要時間短縮便益、走行費用削減便益、交通安全性向上便益について、本研究においてその定量化方法を主として検討することとする。以下に、3つの道路整備便益について、その定量化方法を検討する。

なお、道路整備の評価として考えた場合、ある特定の地点についての対策効果を評価する考え方と、路線全体を整備した際の効果としてとらえる場合が考えられる。本研究においては、ある対象路線について、どの地点を優先的に整備することが望ましいかを検討するための評価手法を構築することとする。上述の関連研究も踏まえた評価手法の全体像を図-42に示す。以下に、本研究課題で評価すべき3つの便益について、分析の考え方を整理する。

所要時間短縮便益は、前述の通り、中山間道

路走行支援システムとは、離合ができない狭隘区間において、対向車両と狭隘区間走行中に遭遇しいずれかが後退しなければならないような状況を、狭隘区間入口において両車両に対向車両の有無を知らしめることで開始することを目的としている。図-43は損失時間が発生する両車の状況を図化したものであり、この図より、システムの有無によって発生する損失時間に違いが生じることが読み取れる。

心理的要因の定量化に関しては、前述の「適切な1.5車線の道路整備推進のための走行安全性および円滑性評価手法の構築」において実施している。詳細は後述するが、ウェブアンケート調査に基づき、走行ビデオをみながら事故への不安、走行の快適性などを質問し、共分散構造分析を活用して定量化することとする。

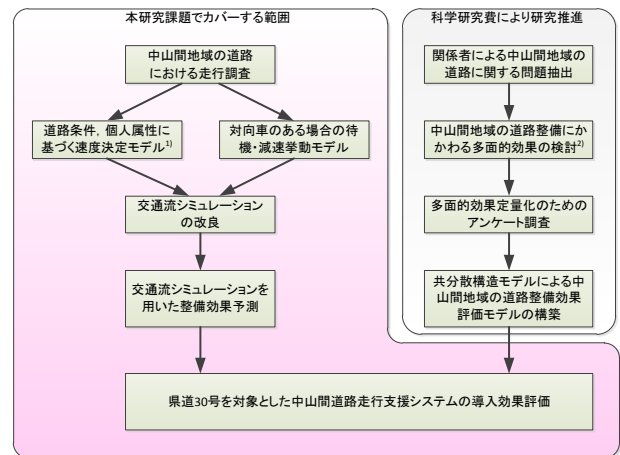


図-42 評価手法の全体像

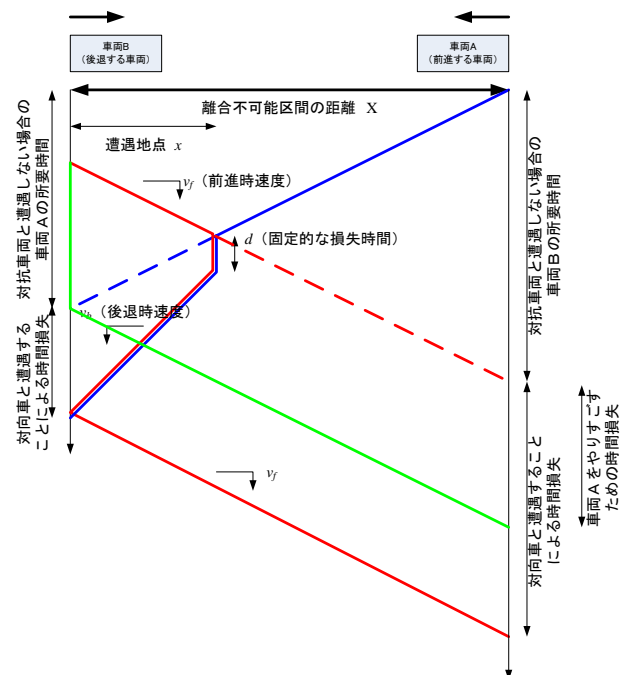


図-43 狭隘区間における車両挙動のイメージ

(3) 利用者意識からみた中山間道路走行支援システム導入効果の定量化

a) 分析方法の概要

中山間道路走行支援システムの効果は所要時間短縮にとどまらず、広く捉える必要があることについては先に述べた。一方で、たとえば走りやすさや事故、災害に対する不安感などを定量化する方法は容易ではない。特に、本研究では中山間道路走行支援システムというハードウェアの整備と利用者意識の変化を結びつけることが重要である。これに関しては、前述の通り、科学研究費補助金基盤研究(B)「適切な1.5車線の道路整備推進のための走行安全性および円滑性評価手法の構築」において1.5車線の道路整備全般を対象とした検討を実施している。本研究では、その成果の一部である中山間道路走行支援システムの導入に関するところについて、活用することとした。本項においては、この評価手法の基本的な考え方について

説明する。なお、詳細は上記科学研究費報告書を参照してほしい。求められているのは、中山間道路走行支援システム導入により変化し観測できる指標値の変化によって、事故危険性などをはじめとした利用者の意識がどのように変化し、最終的にそれがどの程度の便益を生じさせるかを定量的に把握することである。そのために、図-41で整理された未整備道路の課題を参考にして、利用者意識と観測可能な物理量の関係を描いたのが図-44である。基本的にはこの関係図の矢印を定量的に把握することが科学研究費にて実施した研究となる。なお、共分散構造分析を適用し、ウェブアンケート調査によって収集された道路利用者の意識データを用いて各矢印の重みを定量化している。なお、この際には中山間地域における道路を走行しているビデオをみていただき、それに基づいて図-44右側の利用者意識を問うている。

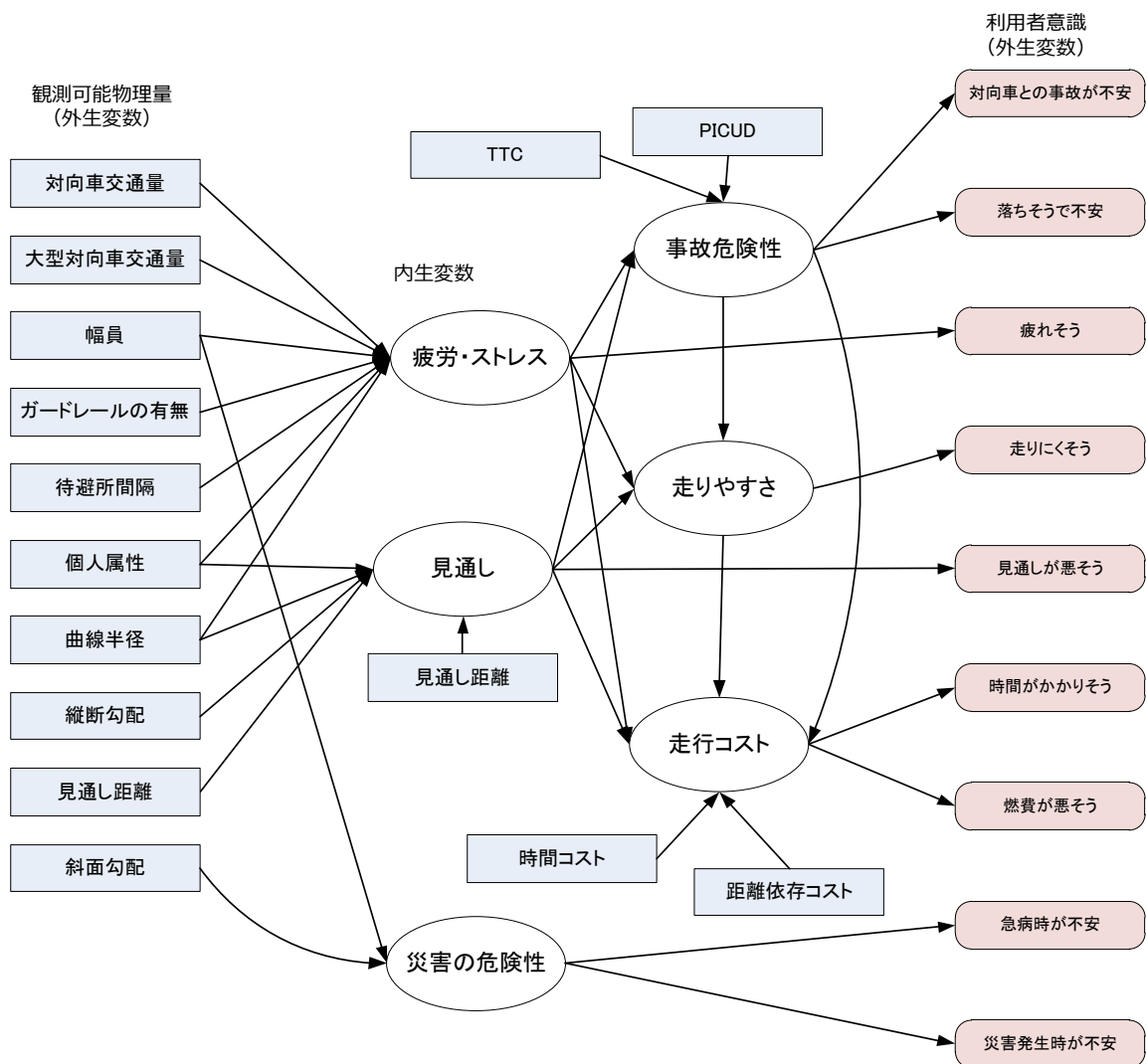


図-44 利用者意識の発現に関する因果関係

b) 重みの推定結果

得られたデータを用い、共分散構造分析を実施した。共分散構造分析とは、観測可能な（＝顕在化した）変数間の因果関係について、その間に内在する観測不可能な（＝潜在的な）変数を介して説明を試みるものである。ここでは、因果関係の「因」となる観測変数と潜在変数、潜在変数間、そして潜在変数値と「果」となる観測変数との関係を、線形回帰式で仮定し、パラメータ推定を行った。なお、モデル同定においては、変数間の様々な接続を試し、最もあてはまりがよいものを推定結果としている。図-45が科学研究費の研究成果として得られた重み推定結果である。左側の長方形がインプットデータである顕在変数、中央の楕円が潜在変数で、右にアンケート調査でお聞きした8項目のイメージを示している。なお、左側のインプットデータの値については、計算時には平均0、分散1に正規化したデータを用いている。矢印が因果関係を表しており、赤い矢印が1%基準で、青い矢印が10%基準で統計的に有意と判定された関係である。また、モデル適合度を表すGFIおよびAGFIはそれぞれ0.9872、0.9735であった。これらの値は、少なくとも0.9以上である必要があり、0.99を超えれば適合度の高い推定といわれている。今回は0.99には及ばないもの

の、まずまずの推定結果である。図-44と比較して、図の因果関係が異なっているが、これはモデル推定に際し、試行錯誤的に形状を変えて推定を繰り返し、その中で最もあてはまりがよく、なおかつパラメータの符号条件等が満たされているものを選択したためである。このパラメータ推定値を用いて、中山間道路走行支援システムの導入効果について、定量化を試みる。

c) 利用者意識の定量化

以上で示した分析結果より、図-45の左側に列挙した観測可能物理量が変化することによって、「疲労・ストレス」、「事故危険性」、「走りにくさ」、「走行コスト」、「災害危険性」の5つの内生変数の値が変化する。すなわち、この5つが心理的イメージと捉えられる。一方で、これらの値が異なることによる道路の選好については、上記の重み推定結果のみでは議論できない。そのため、ウェブアンケート調査では、2つのビデオを同時にみせ、その差を理解させながら、一方の路線が30分で目的地に到達可能である場合の他方の路線での許容可能な走行時間について質問している。このデータを活用することで、5つの内生変数で構成される利用者意識のレベルの違いについて、分単位にて表現することが可能となっている。

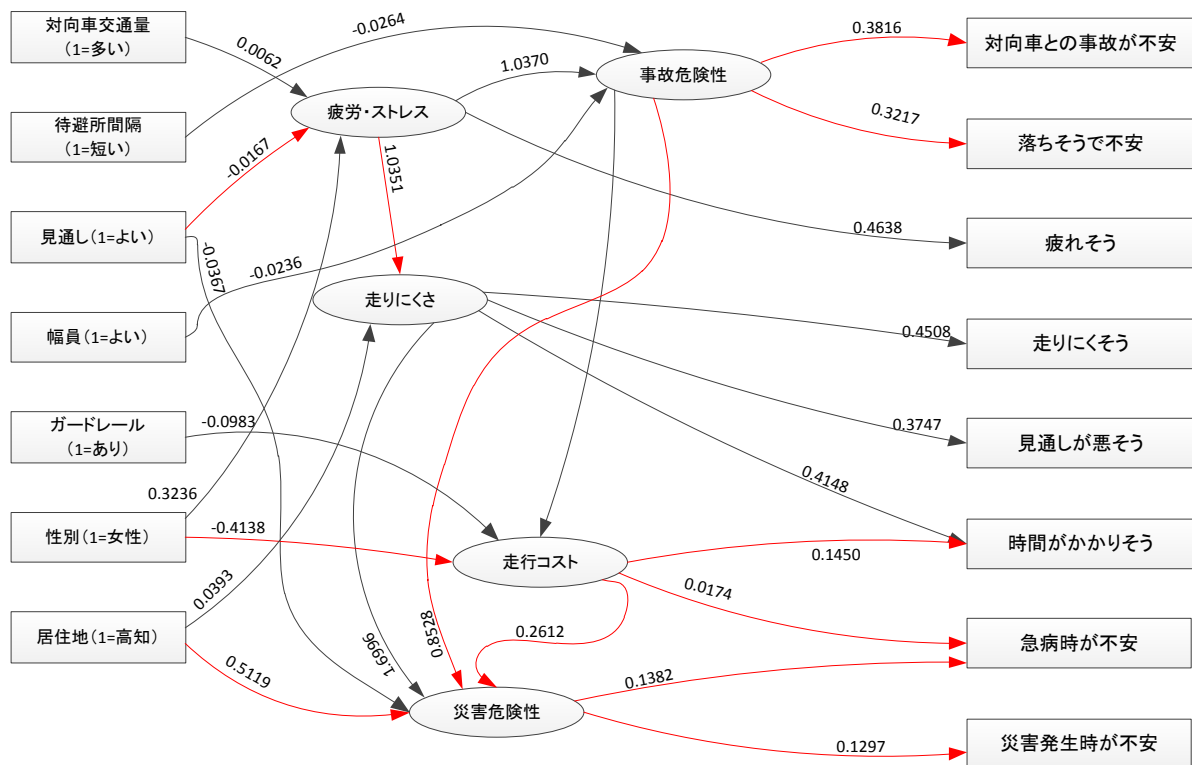


図-45 共分散構造分析による重み推定結果

整備による潜在変数の変化と定量化可能な所要時間を結びつけるために、重回帰分析を行った。ビデオごとの潜在変数値の差を説明変数、等価な所要時間の差を非説明変数として、重回帰モデルによる推定を行った。なお、図-45からもわかるように、潜在変数間に相関を許しているため、潜在変数間の組み合わせによっては、強い重共線性が生じモデル推定ができなかった。そのため、いくつかの潜在変数を除去して推定を行った。さらに、評価に際して、個人の評価の差が大きかったため、個人ごとの差異を考慮するためのダミー変数も併せて導入した。その結果、以下のような計算式が得られた。なお、数式下の括弧内に t 値を示している。

$$t_{diff} = -163.00\eta_2 - 18.48\eta_4 + 35.26\eta_5 \quad \dots (4.1)$$

$$(-16.172) \quad (-8.269) \quad (5.005)$$

なお、 η は潜在変数を表しており、潜在変数 2 は、「事故危険性」、潜在変数 4 は、「走行コスト」、潜在変数 5 は、「災害危険性」である。「災害危険性」について、正の推定値、すなわち災害に対する不安に対して正の影響となっているが、おそらく他の潜在変数との相関によりこのような値となっていると推察される。 R^2 値は、0.418 とあまり大きくなかったが、F 検定の結果このモデルの有意性は確認されたため、これを用いて検討を進めることとする。

d) 利用者意識の定量化

以上により、図-45 における観測可能物理量の変化による利用者意識の変化を所要時間差の形で定量化することが可能である。したがって、中山間道路走行支援システムを導入することで変化しうる要因を物理量の変化で表現することで、その導入効果を定量的に評価可能となる。図-45 の観測可能物理量が、システム導入により以下のように変化すると仮定して定量化を試みることとする。

- ・ 対向車交通量が「少ない」、になる。(対向車はほぼこないと考えてよいため)
- ・ 待避所間隔が「短い」になる。(待避所の心配をする必要がなくなるため)
- ・ 見通しが「よい」、になる。(見通しが悪くとも先方には自分の存在がわかっていると考えられるため)

以上の3つの物理量が増加することを中山間道路走行支援システムの導入効果とし評価を進めることとする。

4.3 実走行調査データを用いた評価手法の具体化

(1) 実走行調査の概要

実走行調査を実施した路線は、高知県道の30号香北赤岡線と33号南国伊野線である。県道30号は、1.5車線の道路整備がこれから進められる路線で、中山間道路走行支援システムが導入されていない路線、県道33号は、1.5車線の道路整備が比較的進んでおり、システムが3機導入されていることから、この2つの路線を選定した。図-46^{1, 2)}及び図-47^{1, 2)}は実験区間である。



図-46 高知県道30号の位置と実験区間



図-47 高知県道33号の位置と実験区間

調査方法は、計測機器を搭載した実験車を、指定した区間を被験者が運転することで、各種データを計測した。計測に関しては、被験者の運転の負荷をさけるため、被験者が計測機器の操作をする必要は全くないよう、設計をした。

計測データは、大きく3つの方法で計測した。まず図-48に記すように、データロガーを用いて、走行速度、後退の有無、ブレーキの使用の有無、アクセル使用の有無の4点をノートパソコンに記録した。計測の時間分解能は、データ精度と機器が処理可能なデータ量の関係から1ミリ秒(1/1,000秒)とした。なお用いたデータロガーはキーエンス社のNR-2000である。次にビデオカメラ3台による撮影を行った。1台は運転中の目線を追うため、被験者の顔を撮影した。残り2台は車両の前方撮影用で、被験者とカメラの視野角の違いから、前方左半分と同右半分用に2台用いた。なお前方中央付近を両方のカメラで撮影出来ていることを、実験前に確認した。実験に用いたカメラはソニー社のHDR-XR500Vで、29.97fpsである。3つ目は記録である。記録では、対向車とすれ違った時刻や、実験中に被験者が感じたことを自由に発言してもらい、助手席に同乗した調査員が紙に記録、及び上記のカメラに音声で記録した。

実験に用いた車両はトヨタ車のVitz(9#型、1,000cc、CVT車)である。

(2) 走行挙動に関する基礎分析

まず一般的な走行特性として、30号、33号の往路、復路ごとに得られた地点ごとの距離図をみてる。結果の例として、被験者No.2の結果を図-49に記す。図よりそれぞれの地点で

おおよそ走行速度がほぼ一致していることがわかり、運転挙動を正確に記録しているといえる。なお、図中走行速度がマイナスとなっているのが、後退をしているケースに該当する。

次に速度の中央値の推移として、30号と33号において、地点ごとに走行速度がどのように変化するかについて、平均的特性をみることにする。なお、代表値として平均速度を用いる場合、特に後退を伴う離合などが発生している際に、平均値としてその影響を大きく受けるために、ここでは走行地点10mごとにメジアン値を求めてプロットした。また、往路についてはグラフ中左から右へ、復路については右から左へ走行していることになる。結果をに示す。今回はメジアン値を使用したがる、何地点かで速度が大きく低下していることから、メジアン値を利用しても、後退を伴うような離合が生じた場合にはその地点での対向車がないときの走行速度にはなっていないようである。また、図をみると、往復でほぼ同じ速度が観測されていることが興味深い。往路走行と復路走行では、幅員等は同じでも、見通し距離は異なる。しかしながら、走行速度がほぼ類似していることから、幅員などの要因が支配的であるのではないかと考えられる。さらに、30号と33号を比較すると、30号についてはおしなべて30km/h程度の地点が多い。また、特に4km以降の峠部分では速度が20km/h程度まで減少するところもある。一方で、33号については、速度が速い場合には、50km/h近くにまでなっていることから、30号と比較して走行速度が高いことがうかがえる。

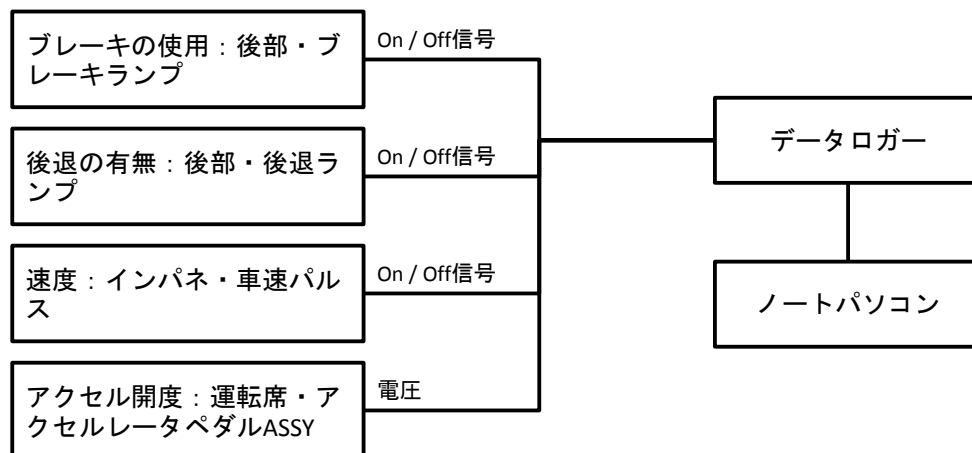


図-48 計測機器の構成

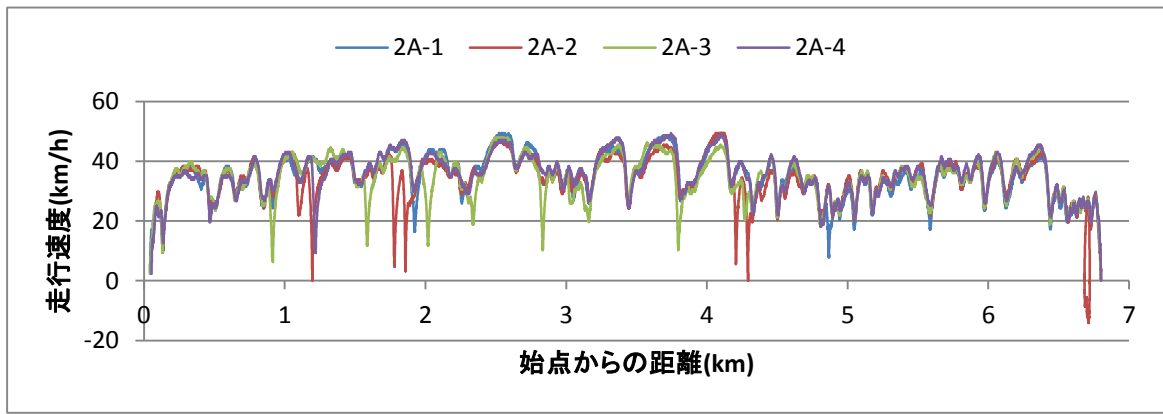
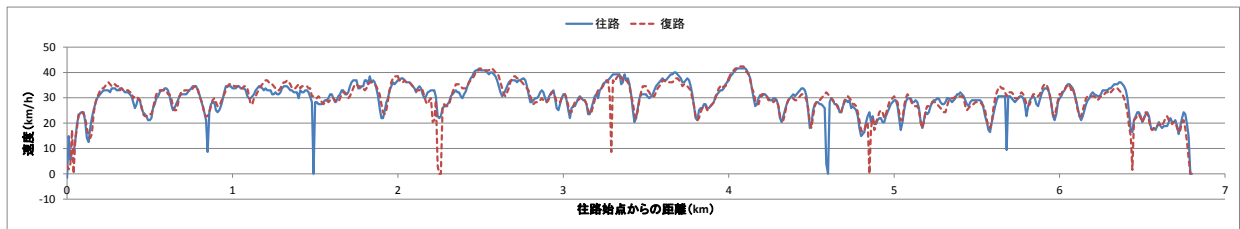
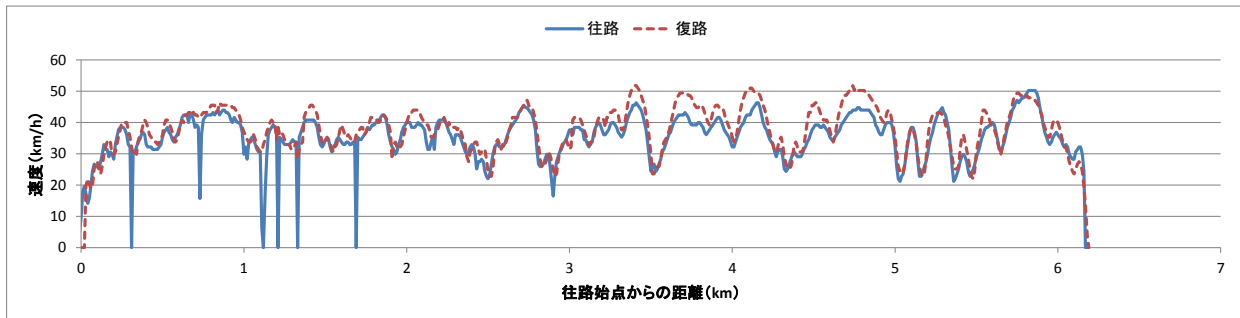


図-49 30号往路の走行時速度（被験者属性 No. 2）



(a) 30号



(b) 33号

図-50 走行速度の10mごとのメジアン値の推移

(3) 離合時の時間損失に関する分析

以上のデータを用い、対向車に遭遇した際の速度低下について検討を加える。走行時に撮影したビデオから、対向車と離合したものを抽出し、それらについて、離合発生カ所の前後50mの走行軌跡を抜き出し、走行時間を算出する。各サンプルが4回の走行しているため、離合が発生した走行回以外の3回の走行時間の平均値より、離合が発生しなかった場合の所要時間を算出する。この値と、離合発生時の所要時間の差を離合による時間損失として定義し、その値について分析を加えることとする。ただし、ここでの分析対象は、後退せずに離合できる場合について対象とする。後退が発生するケースについては、次項で取り扱う。表-22及び表-23に、30号、33号それぞれにおける離合回数とその後退が生じた回数を整理した結果を示す。表より、合計465回の離合が発生しており、そのうち自車が後退しているのが54回発生している。ここでは、まだ整備が行われておらず、

多様なデータが得られている県道30号データを対象とし、後退を除いたサンプルについて、離合時の速度損失に関して検討を加える。

表-22 県道30号の対向車と離合した回数

	離合回数	後退回数	
		自車	対向車
往路	153	17	13
復路	110	14	10

表-23 県道33号の対向車と離合した回数

	離合回数	後退回数		中山間道路走行支援システム内での自車停止
		自車	対向車	
往路	100	8	5	18
復路	102	13	7	8

表-24 後退を伴わない場合の離合時時間損失[秒]

幅員	曲線半径(m)				
	直線	10	15	20	25
<=3.5m	9.8			12.2	
<=4.0m	8.2				9.2
<=5.0m	6.8				5.9
>5.0m		6.7	14.7		

得られたデータより、幅員および曲線半径ごとの離合時の損失時間の平均値を示したのが表-24 である。なお、空欄は該当するデータが存在しなかったことを意味している。まず、直線部をみると、幅員が狭くなるにつれて離合時間が増加しており、やはり幅員が離合時にかかる時間と大きく関連する可能性があることを示している。また、幅員が 5.0m 以上であっても、曲線半径が 10m や 15m と非常に小さな場合、離合時に時間損失が生じることがわかる。なお、表中空白は、時間損失がない、あるいは該当するデータがないものとなっている。

(4) 後退時の時間損失に関する分析

以上のデータを用い、対向車に遭遇した際に後退を余儀なくされたケースについて検討を加える。走行時に撮影したビデオから対向車と離合したものを抽出し、該当するデータは 51 サンプルであるが、データを確認した結果、中には後退がほとんどゼロであるものもあり、最終的に利用可能なサンプルが 38 サンプルであった。これらを用いて分析を進める。

固定損失時間及び後退速度の分析を行った。図-43 に示したとおり、損失時間は、対向車と遭遇し、停止してから後退を開始するまでの固定損失時間と、その後の後退速度が前進速度より遅いことに起因する遅れの 2 種類に分類される。これら进行分析するために、38 サンプルすべてについて、時空間軌跡図を作成し、そこから固定損失時間および後退速度の算出を試みた。図-51 にその一例を示す。このデータでは、総損失時間が 33.1 秒、そのうち固定損失時間が 4.6 秒であり、後退距離が 17m であることから、後退速度が 2.1km/h と算定されている。

図-51 と同様にして 38 サンプルすべての固定損失時間を算定し、それらを短い順に並べたのが図-52 である。また、図-53 には同様に後退速度を遅い順に並べたものを示す。固定損失時間については、おおよそ 85% のサンプルが 6 秒以内であり、その多くが 3~4 秒のようである。ただし、18 秒かかっている例もあり、ばらつき

が大きいことも分かる。固定損失時間の平均値は 5.58 秒、中央値は 4.75 秒であった。次に、後退速度であるが、同様に平均値は 2.29km/h、中央値は 1.76km/h であった。

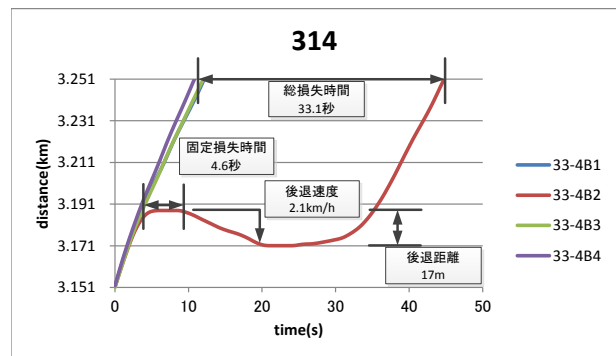


図-51 固定損失時間および後退速度の算出例

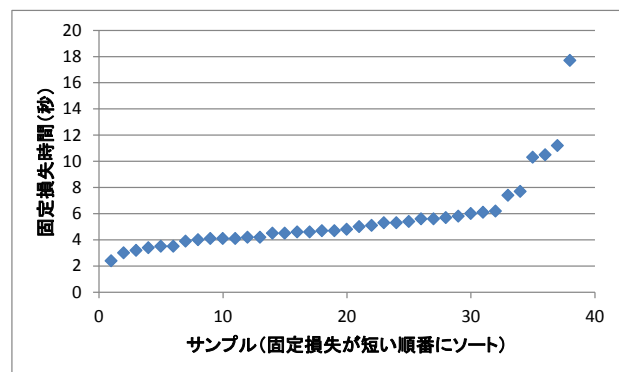


図-52 固定損失時間の分布

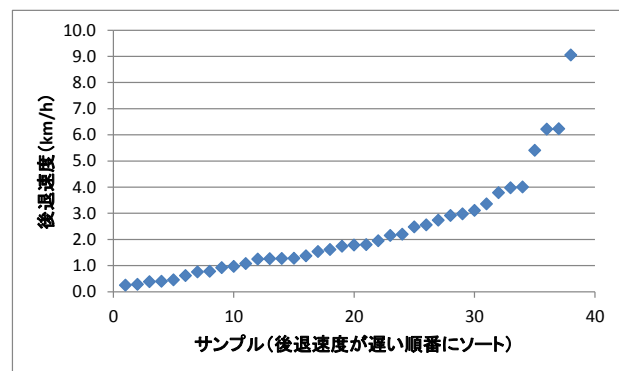


図-53 後退速度の分布

個人属性と固定損失時間および後退速度の関係を分析した。図-52 及び図-53 で示した固定損失時間や後退速度の分布が、個人属性によってどのような差異があるのかを検証する。ここでは、図-52 及び図-53 のプロットについて、年齢、性別、運転頻度、今回実走行実験をしたような中山間地域道路の利用経験の有無について、それぞれ2段階で色分けをしてプロットし、その2つの分布の違いを検討することとする。図-54(a)～(h)にまとめて結果を示す。図より、年齢や中山間道路の利用経験についてはあまり顕著な差はみられないものの、性別では女性は固定損失時間が長く、男性は後退速度が速い傾向にあること、運転頻度が高い人は後退速度が速い傾向にあること、などが確認できる。個人属性によって、運転挙動に多少の違いがあるようである。以上のように、個人属性は運転挙動に影響を及ぼしそうである。しかしながら、特に待ち行列シミュレーションモデルでそれを再現するのは容易ではない。また、分析に用いたサンプル数も18と非常に少ないことから、本年度の分析においては、個人の異質性は考慮せず、代表値を利用することとする。なお図-52 及び図-53 にもあるように、固定損失時間および後退速度の分布は片すその長い分布であるため、平均値ではなく、中央値の4.75秒および1.76km/hを以降の計算では活用することとする。

4.4 待ち行列モデルと交通流シミュレーションの整合性検討

(1) 中山間道路走行支援システムがない場合

中山間走行支援システムがない場合の待ち行列モデルとシミュレーションの結果を図-55 に示す。横軸に閉塞区間長をメートル単位で、縦軸に1時間あたりの期待損失時間の総計を秒単位で示している。図中点線が待ち行列モデル、実線がシミュレーションの計算結果である。図をみれば明らかのように、交通流シミュレーションに対して、待ち行列モデルによる計算結果はかなり過小評価であることがわかる。特に、その傾向は交通量が多いほど顕著である。この要因として考えられるのは、特に交通量が多い場合には、対向車両をやり過ごすために待機している間に次々と対向方向の車両が到着し、結果として非常に長時間待たされる可能性があるためと考えられる。このような状態は、シミュレーション実行画面でも多数確認できた。一方、時間交通量レベルが40台程度であれば、それほど大きな乖離はないようである。参考ま

で、待ち行列モデルとシミュレーションモデルの計算結果の比をとると、時間あたり40台の場合では、シミュレーション値に対して待ち行列モデル値が0.6～0.7程度期待損失時間が小さくなり、時間あたり120台では、0.4～0.5程度であった。したがって、時間あたりの交通量が40台程度までが待ち行列モデルの適用範囲といえるだろう。なお、時間あたり40台とすると、均一な交通が12時間続くとすれば、12時間交通量が480台程度となる。道路交通センサによれば、今回対象としている高知県道30号、33号の12時間交通量が、それぞれ371、511台である。昼間12時間交通量が500台程度の一般的な中山間地域の道路であれば、多少の過小評価には留意すべきであるが、待ち行列モデルである程度の分析は可能であると考えられる。

(2) 中山間道路走行支援システムがある場合

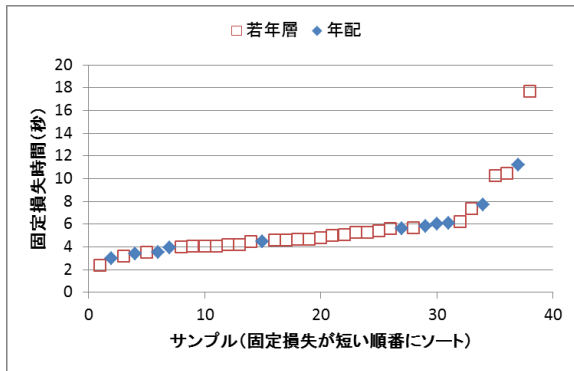
次に、中山間走行支援システムがある場合の待ち行列モデルとシミュレーションの結果を図-56 に示す。図-55 と同様に、待ち行列モデルは過小評価する傾向にある。待ち行列モデルとシミュレーションモデルの計算結果の比をとると、時間あたり40台では、シミュレーション値に対して待ち行列モデル値が0.5～0.7程度であった。交通量が大きくなり、時間あたり120台では、0.4～0.5程度であった。なお、図-55 と図-56 の縦軸の値を比較すればわかるように、期待損失時間の値は、たとえば最も差の大きい時間交通量120台、閉塞区間長150mについてシミュレーション結果を比較してみると、12000秒を超えていたものが600秒程度となっており、95%の所要時間短縮が期待できることがわかる。

(3) 中山間道路走行支援システムの導入効果の比較

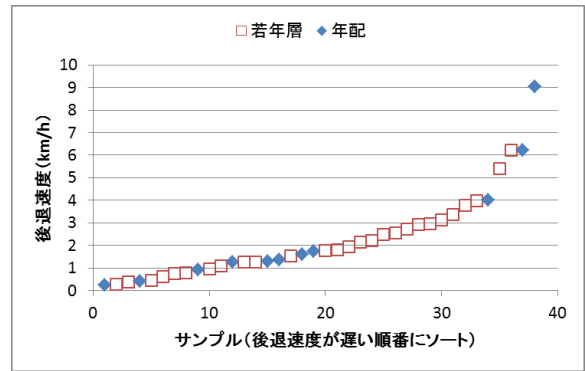
次に、図-55 及び図-56 から得られる期待損失時間差を、待ち行列モデルとシミュレーションで比較してみる。図-57 に、中山間走行支援システムが導入されていない場合の期待損失時間から、中山間道路走行支援システムが導入されている場合のそれを引いたものを示す。図-55 及び図-56 より、中山間道路走行支援システムの有無いずれの場合でも期待損失時間が過小評価されることを示したが、その差で求められる期待損失時間の減少についても過小評価される傾向にあるようである。また、この傾向は交通量が多ければ多いほど大きくなる。ただし、

本研究で主たる守備範囲と考えられる時間交通量 40 台程度であれば、待ち行列モデルで得られる期待損失時間は、シミュレーション値の

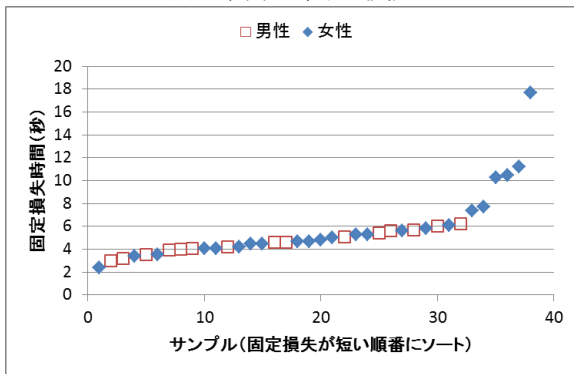
およそ 65%~80%であり、過小評価されることに注意して評価を進める必要があるだろう。



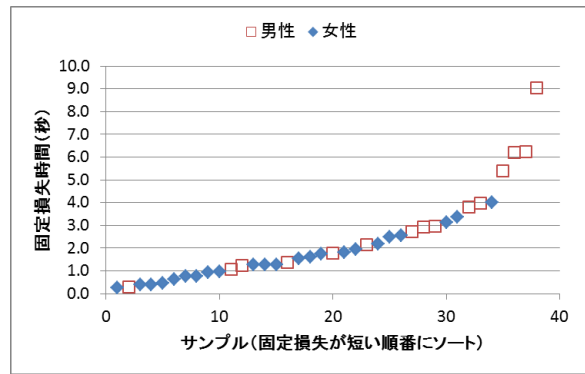
(a) 年齢と固定損失



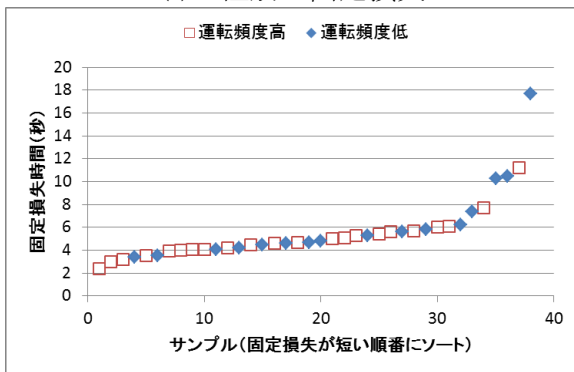
(b) 年齢と後退速度



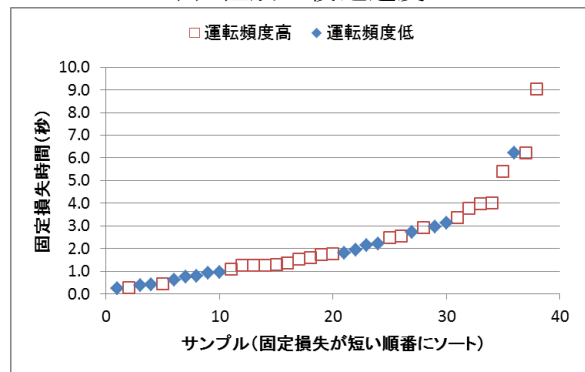
(c) 性別と固定損失



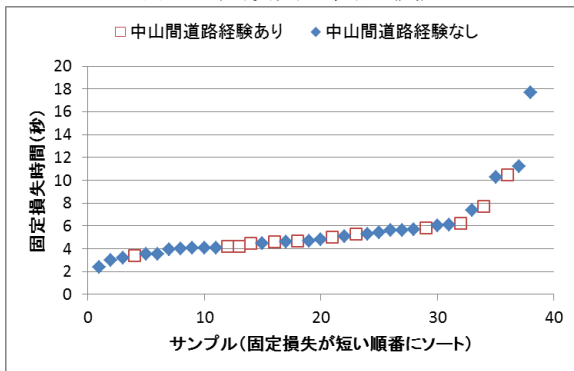
(d) 性別と後退速度



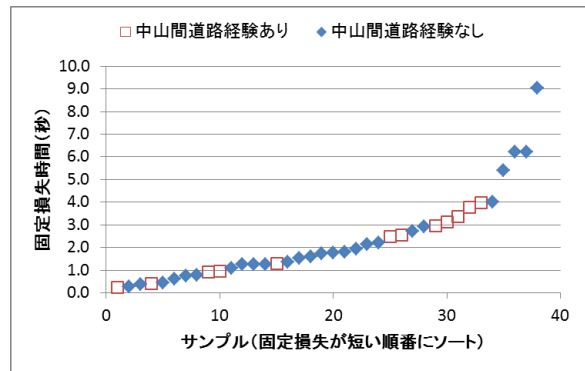
(e) 運転頻度と固定損失



(f) 運転頻度と後退速度



(g) 中山間道路利用経験と固定損失



(h) 中山間道路利用経験と後退速度

図-54 個人属性と固定損失時間・後退速度の関係

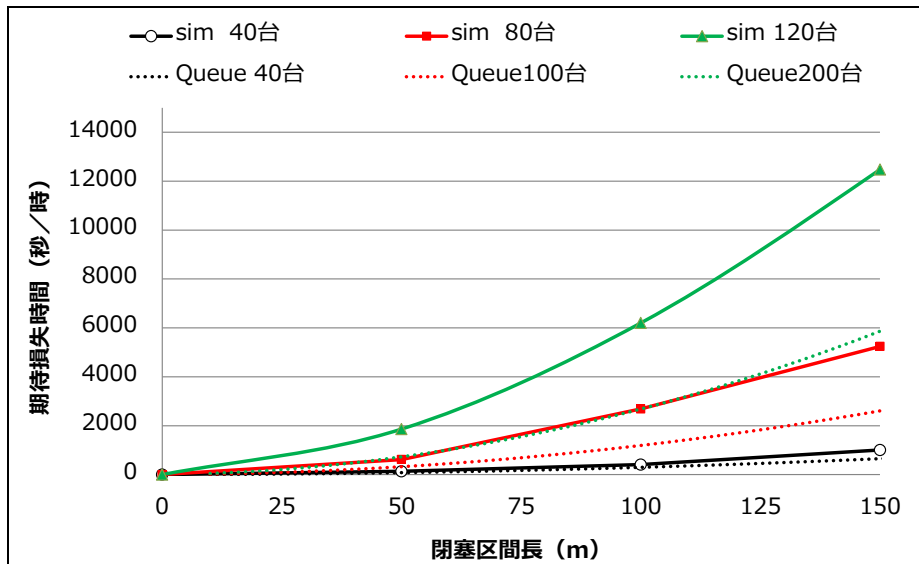


図-55 異なる時間交通量，閉塞区間長ごとの期待損失時間（中山間道路走行支援システムなし）

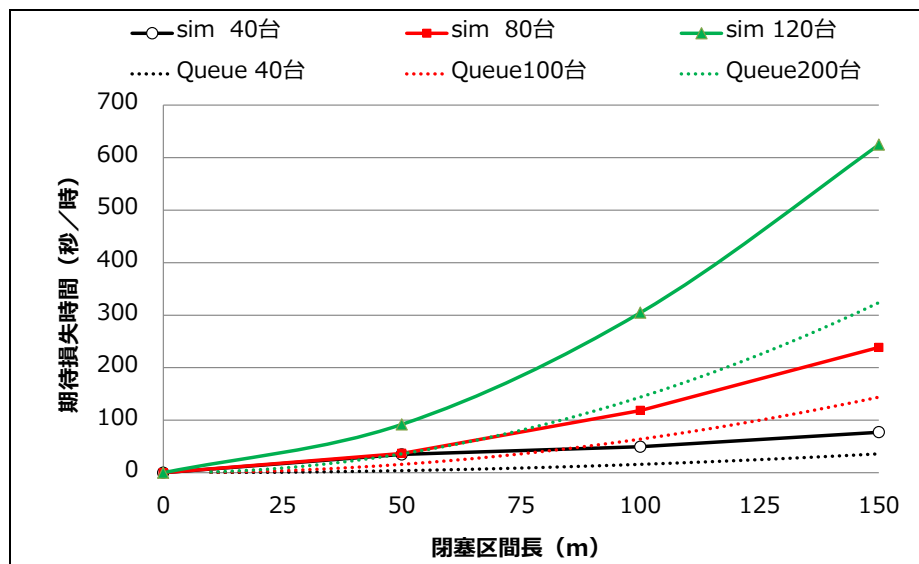


図-56 異なる時間交通量，閉塞区間長ごとの期待損失時間（中山間道路走行支援システムあり）

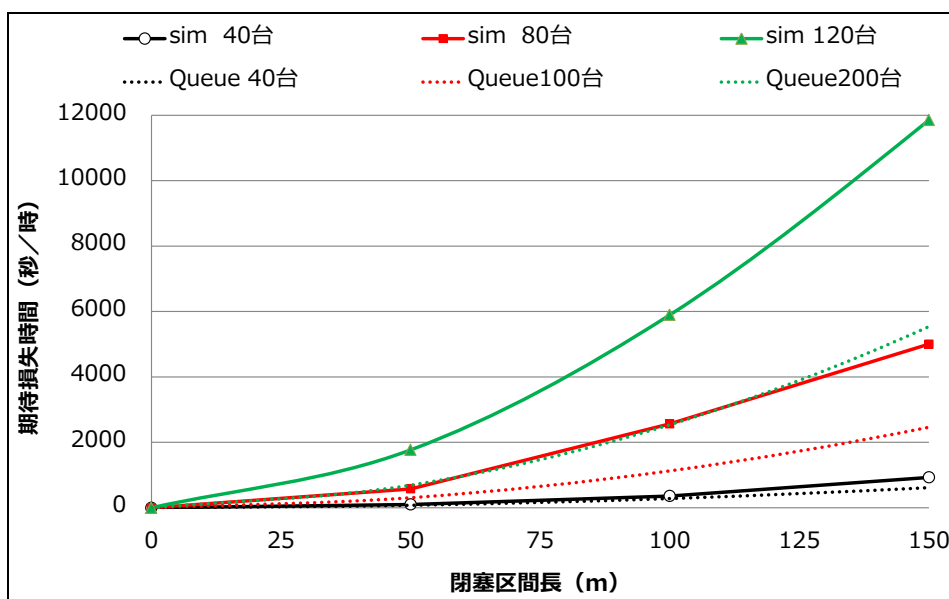


図-57 中山間道路走行支援システム導入効果の比較

なお、前述の通り、待ち行列モデルにおいては、車両のランダム到着を仮定しなければならず、一度に同一方向からの車両が連続し、対向車1台が待機しているところを離合する、といった事象を表現することは不可能である。一方で、離合不可能区間が連続する場合、先行車両に追いついてしまい、ランダム性が確保できないようなケースももちろん生じうる。したがって、正確な期待損失時間短縮効果を定量化したい場合には、交通流シミュレーションを用いる必要があるといえるだろう。一方で、簡易的に短縮効果を把握したい場合には、過小評価となり得ることに留意しつつ、待ち行列モデルを活用することも一定の価値があるものといえる。

以上を総括すると、待ち行列モデルは、交通量が比較的少ない場合には、その乖離はそれほど顕著ではなく、若干の過小評価が生じることがあらかじめ考慮に入れた上での活用であれば許容できそうである。また、交通流シミュレーションを適用する場合には様々なインプットデータが必要であるため、交通量が少ないケースでは、待ち行列モデルを用いることも検討の価値があるといえる。

(3) 高知県道30号における計算結果の比較

ここまでは、仮想的に設定した直線道路における適用計算を進めてきた。次に、今回実走調査を行った高知県道30号について、離合不可能区間の走行時間損失の計算結果を比較することとする。計算対象区間は、走行調査を実施した総延長6.39kmである。道路台帳より離合不可能かつ離合不可能区間の入口から区間全体を見通すことができないと判断した県道30

号の8箇所について、待ち行列モデルを用いた場合と、交通流シミュレーションモデルを用いた場合の比較し、待ち行列モデルの適用可能性について確認した。

表-25より、交通流シミュレーションにより個々の離合不可能区間の損失時間を合計した結果が98.18[分/時]であることにに対し、待ち行列モデルで得られたのが94.66[分/時]でほぼ一致した。時間40台程度の交通量であれば、交通流シミュレーションと待ち行列モデルはほぼ同等の計算結果を導くといえるだろう。ただし、表の下段に8つ全ての離合不可能区間を同時に存在させて実行させたシミュレーションの結果を示しているが、これと比較すると、個々の地点におけるシミュレーションを実行させたのに対して若干過大に損失を評価しているようである。シミュレーション画面を確認すると、離合不可能区間において対向車両を待っている間に後続車両が到着することが頻繁に起こっており、これがその一因と考えられる。つまり、ある離合不可能区間において車両が車群を形成するため、結果的に団子到着となり、到着間隔がランダム到着ではなくなったためと推察される。今回の算定結果では、約8%程度損失時間が小さかった。また、個々の離合不可能区間の時間損失をみると、待ち行列モデルでは、閉塞区間長が長ければ長いほど損失時間が長くなるという結果となるが、シミュレーションについては、場合によってはその順位が逆転することもある。ただしその値はかなり類似しており、大きな相違はないと考えてよいだろう。

表-25 待ち行列モデルと交通流シミュレーションの比較

離合不可能区間	延長 [m]	平均幅員 [m]	平均速度 [km/h]	通過時間 [秒]	Sakuraによる時間損失結果 [分/時]	待ち行列モデルの結果			
						期待離合回数 [回/時]	閉塞時損失時間 [秒]	期待損失時間 [分/時]	
1	80	4.09	28.1	10.24	3.15	2.76	91.32	4.19	
2	80	3.79	28.3	10.24	2.25	2.74	91.32	4.16	
3	70	4.00	34.4	8.96	4.23	1.97	81.09	2.66	
4	230	4.08	32.7	29.44	22.19	7.56	244.73	30.85	
5	80	3.73	24.8	10.24	2.89	3.12	91.32	4.75	
6	120	3.68	26.6	15.36	10.04	4.37	132.23	9.62	
7	140	3.67	27.6	17.92	18.24	4.91	152.68	12.49	
8	190	4.10	24.1	26.88	35.19	7.63	203.82	25.92	
損失時間合計 [分/時]						98.18			94.66
現在の状態でシミュレーション実行した場合の損失時間 [分/時]						86.85			

以上の考察より、今回対象とした程度の交通量、すなわち 12 時間交通量で 500 台程度の地点においては、ひとつひとつ損失時間を算定する限り、待ち行列モデルと交通流シミュレーションで期待損失時間はほぼ同等の値をとった。ただし、全体区間として議論する場合には、待ち行列モデルでは若干過小評価されるようである。また、待ち行列モデルでは、離合不可能区間を通過するのに費やす時間が支配的な要因となって、期待損失時間の大小が決まるが、シミュレーションモデルでは若干その順位に変動が生じる。しかしながら、大まかな傾向は類似している。これらから、12 時間交通量で 500 台程度以下の地点であれば、たとえば離合不可能区間の整備優先順位をみるためには、待ち行列モデルを用いることで十分と考えられるが、時間短縮効果などをより厳密に検証する必要があるのであれば、交通流シミュレーションを用い、緻密に時間短縮効果を予測することが望ましいといえる。12 時間交通量で 500 台程度を超える地点では、離合不可能区間の長さや、速度の条件によって違いがあるものの、グリッドロックが生じなければ、若干過小評価されるものの、算定は可能である。なおグリッドロックとは、行き先の異なる車両同士の進行が妨げられネットワークの機能が失われる現象で、今回の場合はシミュレーション上で交通が捌けない状況であり、待避所の設置や 2 車線拡幅等の対策が不可欠な箇所と言える。

4.5 道路管理者による評価

道路管理者の評価として、構築した評価手法を説明し、コメントを頂いた。

(1) 高知県道路課

今回の研究報告について、中山間道路走行支援システムが 1.5 車線の道路整備を補完する有効的な手法であることを定量的な指標により確認できたことは、今後の現地導入を進めるにあたり、道路管理者として参考とし、道路利用者へ効果の予測をお知らせできる材料と成り得るものと考えます。

今後も、引き続き高知工科大学と共同で地域 ITS の推進を図る。

(2) 静岡県道路整備課

静岡県では、今後、三便益（時間短縮、走行費用削減、事故削減）以外も含めた整備効果を検討する必要があると考えており、その参考となるため、ありがたい成果である。特に所要時間価値などが数値化されており、大いに参考にしたい。

走行支援システム設置も含め、今後も連携をしていきたい。

4.6 第4章のまとめ

本章では、地域 ITS 技術の代表的な手法である中山間地域における道路走行支援システムを対象として、その導入効果の評価方法を検討した。そのために、まずはシステムの直接的効果と位置づけられる所要時間の短縮効果を簡便に予測するための待ち行列モデルを構築するとともに、既存の交通流シミュレーション（KUNJ-Sakura）を改良し、離合不可能な状態を再現可能な交通流シミュレーションを構築した。また、交通流シミュレーションに必要な離合不可能区間での走行挙動などを得るために、高知県道 30 号、33 号において実走行調査を実施し、データを収集するとともに、得られたデータを用いて中山間地域の道路での走行挙動について解析を加えた。また、2 つの方法の有用性を確認するために、仮想道路区間において所要時間短縮効果を比較するとともに、高知県道 30 号において導入候補区間を選定し、その評価を行った。さらに、上記の直接的効果に加え、システム導入によって、「走りにくさ」や「事故への不安感」などメンタルな部分での改善効果があると考え、並行して研究を進めた科学研究費・基盤研究(B)、「適切な 1.5 車線の道路整備推進のための走行安全性および円滑性評価手法の構築」の成果である中山間地域における道路整備による利用者意識を定量化する方法を用い、間接的効果の定量化を行った。

第5章 まとめ

5.1 高速道路の片側交互通行規制時の安全性向上策に関する検討のまとめ

- 高速道路の片側交互通行規制時の安全性向上策として、停止車両群末尾位置推計手法を構築し、指向性スピーカによって聴覚に働きかける情報提供手法を検討し、システム構成や設置案を提案した。
- 停止車両群末尾位置推計手法は精度の検証及び向上のため、詳細な実データによる検証及び改良が望まれる。
- 音声による情報提供故に騒音問題となる可能性があるため、人家の近くでも提案した安全性向上策が実施できるよう、研究開発を行うことが重要である。

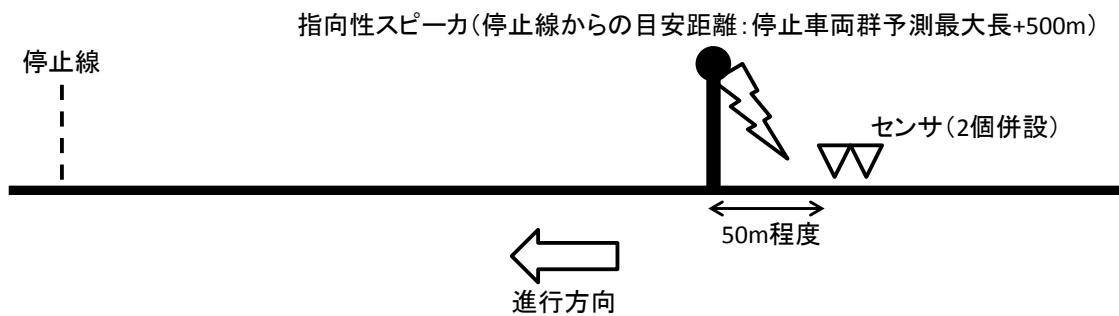


図-58 安全性向上策の実施イメージ

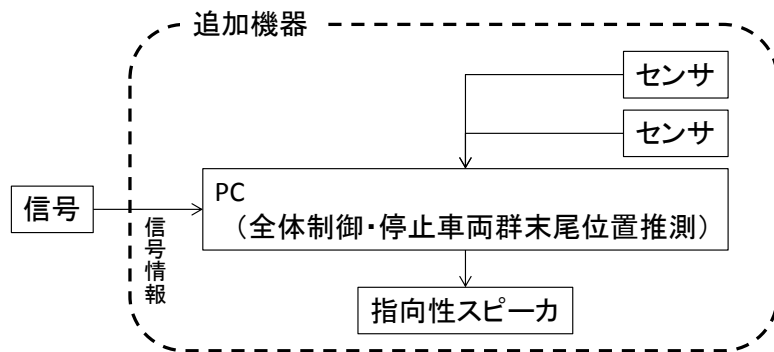


図-59 システム構成図

5.2 車線・道路幅員減少区間における地域ITS技術による走行支援システムの全国展開に関する検討のまとめ

- ・ 「ゆずりあいロード支援システム」を開発した。
- ・ システムは高知県で試行導入（平成23年度末完成）された。
- ・ 静岡県道で実証実験を行い、他地域においてシステムの有効性を確認した。
- ・ 実験結果を踏まえ静岡県庁に意見を頂き、静岡県は今後導入に向けて前向きに検討

する、また設置するとなった場合は、高知県や高知工科大学の協力を得たいと考えている。

- ・ ゆずりあいロード支援システムの基本仕様(案)を作成した。
- ・ 「簡易映像表示提供機器」に関し、リアルタイム性及びコントラストの改善を行い、実用性を確認した。これらの結果を踏まえ、簡易映像表示提供機器基本仕様書（案）を作成した。



図-60 ゆずりあいロード支援システムの導入状況

5.3 車線・道路幅員減少区間における地域ITS技術による走行支援システム導入効果の評価手法に関する検討のまとめ

- ・ 中山間道路走行支援システムを対象とした評価手法を構築した。具体的には、中山間道路走行支援システムのみならず、1.5車線の道路整備の総合評価指標を考慮しつつ、既存の交通流シミュレーション（KUNJ-Sakura）を改良し、離合不可能な状態を再現可能な交通流シミュレ

ションを構築した。

- ・ 構築した交通流シミュレーションを用いて、高知県道30号をケーススタディに評価を行い、中山間道路走行支援システムを導入した際の効果を事前評価した。
- ・ 構築した評価手法を道路管理者（高知県、静岡県）に評価頂き、両者より非常に参考になり、今後も協力・連携を図っていききたいとの意見があった。

最後に、本研究の遂行にあたっては、「高速道路の片側交互通行規制時の安全性向上策に関する検討」では西日本高速道路株式会社四国支社様、「車線・道路幅員減少区間における地域 ITS 技術による走行支援システムの全国展開に関する検討」における「ゆずりあいロード支援システムの全国展開」では静岡県交通基盤部の道路整備課様、同島田土木事務所様、同島田土木事務所川根支所様には、実験や調査フィールドの提供や貴重なご意見など、惜しみないご協力を頂きました。

高知地域 ITS 研究会では、石田東生先生（筑波大学大学院 システム情報工学研究科・教授）、桑原雅夫（東北大学大学院 情報科学研究科・教授）、吉井稔雄（愛媛大学 工学部 環境建設工学科・教授）、国土交通省四国地方整備局様、同土佐国道事務所様にご参加頂き、貴重な意見や情報を頂きました。

ゆずりあいロード支援システムの実証実験では、高知県香美市岩改地区及び静岡県島田市川根町笹間地区の皆様には、実験へのご理解とご協力を頂きました。また大鐘測量設計株式会社の長島博雄氏には、実験に関して、地域に精通された知識にもとづき、貴重なご助言を頂きました。

「車線・道路幅員減少区間における地域 ITS 技術による走行支援システム導入効果の評価手法に関する検討」では、廣川和希君（平成 23 年度：岐阜大学大学院修士 2 年）及び近藤凸並君（平成 23 年度：岐阜大学学部 4 年）より、非常にたくさんの協力を頂きました。

ここに記することで、感謝の意とさせていただきます。

参考文献

- 1) 国土技術政策総合研究所 HP, 各種資料 : <http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0209pdf/ks020906.pdf>
- 2) 地図で検索 - livedoor 地図情報 : <http://map.livedoor.com/>

参照

ゆずりあいロード支援システム基本仕様（案）

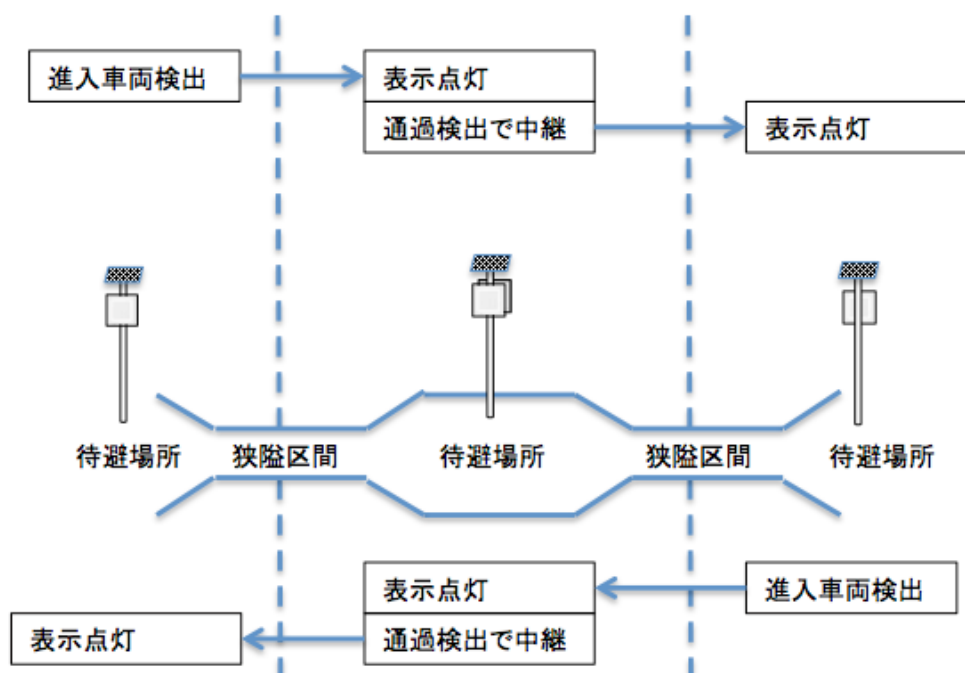


図-1 ゆずりあいロード支援システム構成図

表-1 システム要件仕様案

項目	仕様
情報表示	車両を模した絵文字を表示，また複数のパターンを記録しておき交互表示できること（記録パターン数6以上） 表示周期 800ms～ 1.6s まで可変できること
データ伝送	400MHz 帯域を利用した通信機器による無線伝送
最大伝送距離	最大延長 1.8km（地形条件により変動する）
最大情報提供箇所	1 区間あたり最大 10
車両検出方式	車両存在および走行方向を検出でき，取り付け高さおよび感知角度調整できるもの
検出速度	20km/h ～ 80km/h
電源	太陽電池による発電および二次電池を利用した蓄電機能を備えるもの 蓄電容量は無日照 3 日間の稼働を保証すること
時刻校正	24 時間毎に日本標準時と同期
表示時間	情報提供時間開始時間および終了時間を設定できること

機器構成

設置地点の種別毎に構成 A, B, C と呼ぶ。それぞれ特定小電力無線を搭載し、電源はソーラパネルから独立して供給する。構成 A は、時刻校正機能（GPS モジュール）を持っており、システム開始・停止タイミングを制御する。構成 B は、中継機能を持ち、双方向に情報提供するためピクトグラムを 2 基搭載している。また、最大 8 個まで追加できる。構成 C は、最小構成であり、構成 A と C はシステムに必須である。

構成A	構成B	構成C
特定小電力無線	特定小電力無線	特定小電力無線
動的ピクトグラム	動的ピクトグラム×2	動的ピクトグラム
制御器	制御器	制御器
赤外線センサ	赤外線センサ	赤外線センサ
リチウムイオンポリマ	リチウムイオンポリマ	リチウムイオンポリマ
充放電回路	充放電回路	充放電回路
ソーラパネル	ソーラパネル	ソーラパネル
GPSモジュール		

図-2 機器構成例

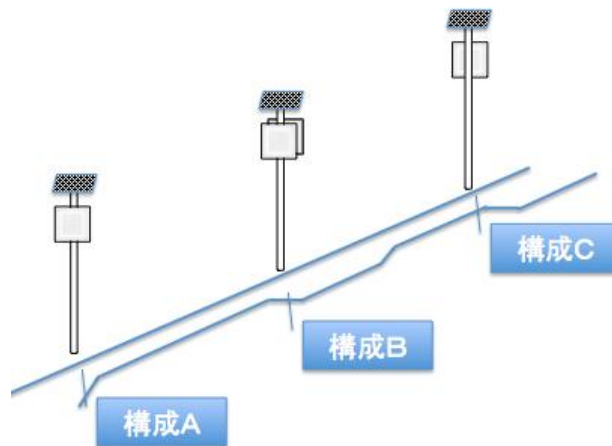


図-3 設置イメージ（区間内に待避所）

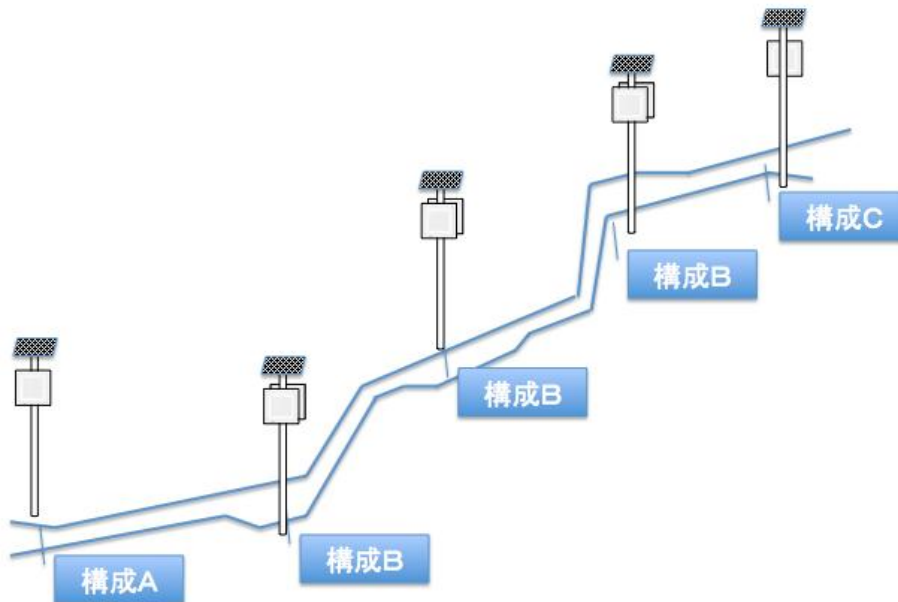


図-4 設置イメージ（区間内に複数の待避所）

以降に各機器仕様詳細を記す。

表-2 太陽電池機器仕様

項目	仕様
最大動作電力	32W+15%, -5%
最大動作電圧	17.4V
最大動作電流	1.84A
開放電圧	21.7V
短絡電流	1.99A
サイズ	517×512×17(mm)以内

表-3 リチウムイオン（ポリマー電池）機器仕様

項目	仕様
最大電圧	4.2V
定格電圧	3.7V
定格容量	25Ah

表-4 充放電制御器仕様

項目	仕様
定格入力	定格電圧=17.4V 定格電流=1.84A 解放電圧=21.7V 短絡電流=1.99A
定格出力	32W 電圧 4V 電流 8A（連続最大）
過電圧保護	4.2V
過電流保護	10A
セル温度	72 度

表-5 表示器仕様

種類	高輝度発光ダイオード
発光色	赤色
輝度	最大 2000cd/m ²
波長	625nm
視野角	30°
LED 球	最大点灯数 128 個※表示中のパターンによって変動する

表-6 表示制御器仕様

項目	仕様
インタフェース	RS-232C D-sub9 ピン ×3 標準無線通信 デジタル簡易無線 GPS
時刻校正	GPS モジュールからの情報により自動校正
動作温度	-20° C ~ +70° C

表-7 GPS モジュール仕様

項目	仕様
入力電圧	DC4 - 5.5V
消費電力	110mA(5V)以下
CMOS 出力	0V - 5V(RS232C 互換極性)
データフォーマット	NMEA 0183 Ver3.0
動作温度	-30° ~+80°
受信感度	-185dbW min
受信方式	WAAS 受信による DGPS 対応
インタフェース	RS-232C (D-sub9 型)
耐浸水性能	JIS 防浸水構造 7 度相当

以上

簡易映像表示提供機器基本仕様（案）

表-1 映像取得用カメラ仕様（案）

項目	仕様
解像度	640×480 以上
ゲイン	自動調整
フォーカス	自動（7cm～∞）
レンズ画角	74°
フレームレート	最大 30 フレーム/秒
インタフェース	USB2.0

表-2 映像取得用演算装置仕様（案）

項目	仕様
CPU	Intel Core2Duo E6600 相当
メモリ	2GB
搭載 OS	Windows7
インタフェース	USB2.0×1 Ethernet×1
電源供給	AC100V

表-3 LED 制御用演算装置仕様（案）

項目	仕様
CPU	Intel Core2Duo E6600 相当
メモリ	2GB
搭載 OS	Linux 2.6
インタフェース	Ethernet×1 PCI×1
電源供給	AC100V

表-4 LED 表示器仕様（案）

項目	仕様
種類	高輝度発光ダイオード
発光色	白色
輝度	最大 2000cd/m ²
波長	625nm
視野角	30°
LED 球	48×48 ドット
電源供給	DC12V

以上