

地域 I T S のための通信システムの
利活用に関する調査検討会

報告書の概要

第1章 我が国におけるITSの動向

1-1 ITSの歴史と背景

1-1-1 ITSの必要性

我が国は道路の整備と自動車の普及によって、豊かなくらしと産業・経済の繁栄を享受してきたが、一方では、交通事故、渋滞、環境負担といった「負の遺産」が、大きな課題となっている。

ITSは、人・道路・車両を情報通信技術でネットワークすることにより、交通事故、渋滞などといった道路交通問題の解消を期待されている新しい交通システムである。



注 1 警察庁資料による。
2 昭和41年以降の件数には、物損事故を含まない。
3 昭和46年までは、淨犠命を含まない。

図1 交通事故発生件数・死傷者数及び死者数の推移

1-1-2 ITSの推進体制

日本では、1995年2月設置の「高度情報通信社会推進本部」による「高度情報通信社会推進に向けた基本方針」においてITSの推進が位置付けられ、「高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部 (IT戦略本部)」のもと、4省庁が連携してITSを推進している。2006年1月には、「世界一安全な道路交通社会」の実現のための方策として、安全運転支援システムの実用化・全国展開が位置付けられている。

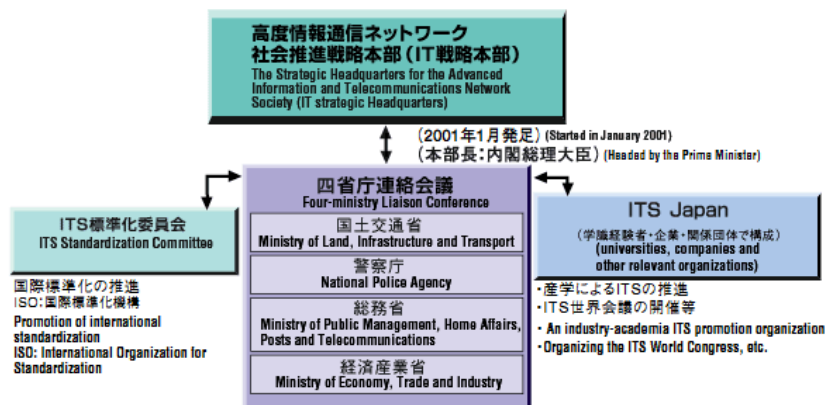


図2 ITSの推進体制

1-2 ITSの取り組み状況

1-2-1 開発分野別の取り組み状況

(1) カーナビゲーション・VIC S

2007年9月現在カーナビゲーションの出荷台数は2,830万台、VIC Sユニットの出荷台数は1,964万台を突破し、VIC Sの情報提供エリアは全都道府県に拡大している。

(2) ETC

2008年2月末現在、ETCのセットアップ台数は約2,162万台を超えており、有料道路での利用率は11月末現在で7割を上回っている。二輪車ETCは2006年11月から全国の高速道路で本格運用開始、2007年2月末時点で2万台がセットアップされている。

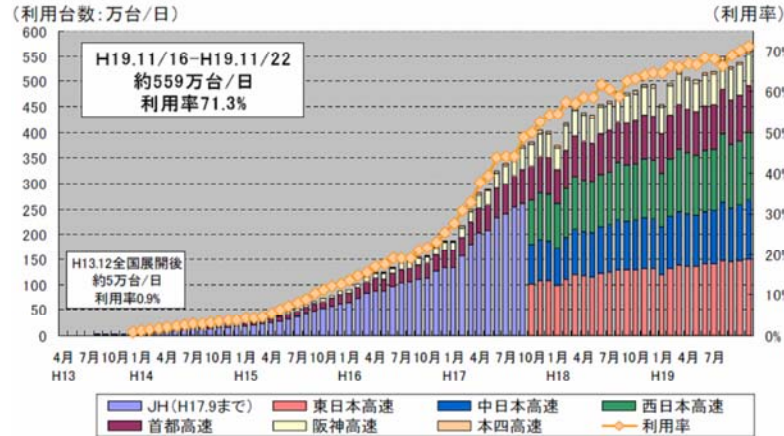


図3 ETC利用状況の推移

(3) 安全運転の支援

都市高速道路では、カーブ先の渋滞末尾や停止車両の情報を路側アンテナから車両に提供し注意喚起する社会実験を実施し、事故が約8割減少する結果を得ている。

1-2-2 新しい時代のITS

ITSの進展にともなって、カーナビ、VICS、ETCなどが普及し、カーライフの快適性・利便性・安全性の向上や、渋滞緩和・環境改善といった社会的効果が現れてきており、さらに様々な社会的課題の解決を促進させ、スマートなモビリティ社会を実現していくために、ITSは「セカンドステージ」に移行している。

そのために、スマートウェイ推進会議の提言に基づき、民間を含めた多くの事業者が共通して利用可能な基盤（プラットフォーム）づくりを進めている。

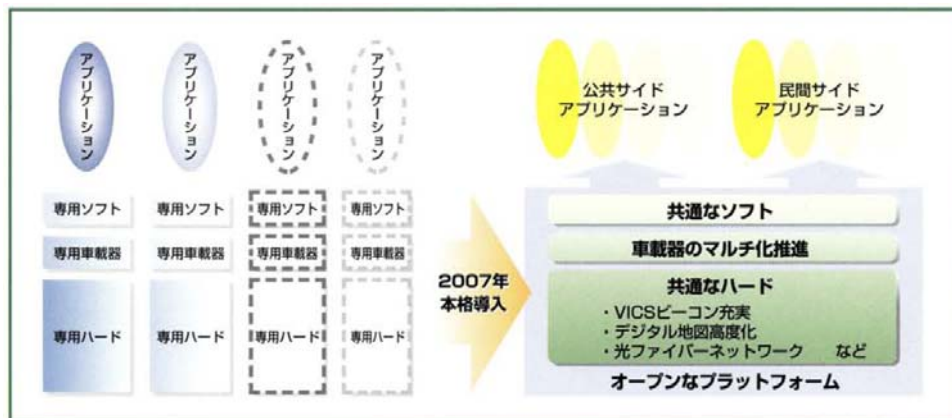


図4 プラットフォームづくりのイメージ

第2章 四国の中山間地域における道路整備状況と地域ITS

2-1 四国の中山間地域の道路整備状況

四国地方は、急峻な地形が多く、台風や梅雨等による集中豪雨も多発しており、道路整備に対して厳しい自然条件にある。

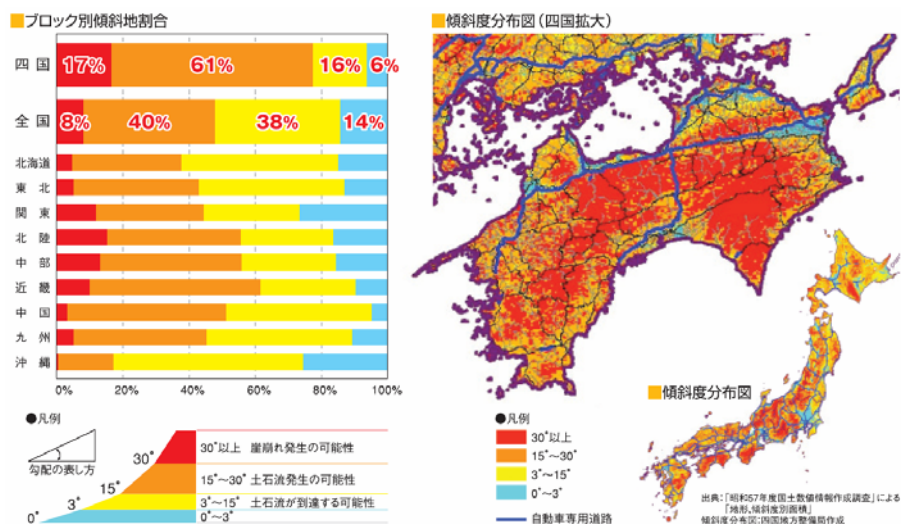


図5 四国地方の地形

出典：平成19年度道路事業概要（四国地方整備局 道路部）

台風等による異常気象時の事前通行規制区間率は、直轄国道で全国ワースト1位、一般県道以上で全国ワースト2位となっている。

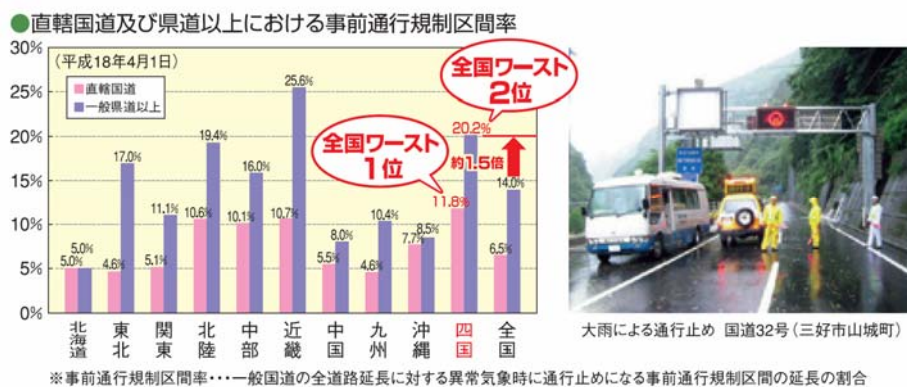


図6 事前通行規制区間率

出典：平成19年度道路事業概要（四国地方整備局 道路部）

四国の太平洋側に位置する高知県では、県内の道路の90%以上が県道及び市町村道であり、道路の改良率は45.0%と全国平均に比べて低い(平成18年10月 高知県土木部道路課資料)。

中山間地域をはじめとする交通量の比較的小さい道路では、地域の実情にあわせた効率的な整備を早期に実現するため、2車線整備だけでなく、局部的に1車線整備を効率よく組み合わせて、安全で走りやすい道路を整備する手法として、1.5車線の道路整備を推進している状況である。

2-2 地域 I T S の導入に向けての取り組み状況

中山間地域の道路ではカーブが連続していて、カーブミラーでは対向車を確認できない箇所が多く、交通事故の発生の要因となっている。また、狭隘で対向車との離合が困難な箇所も多く、安全かつ円滑な通行が確保できない等の問題が生じている。

また、道路利用者の高齢化や過疎化の進展にともなう学校の統廃合等により、歩行者の安全対策も重要性が増している。

一方、高知県の道路予算は平成 10 年度をピークに年々減り続け、局所改良や 1.5 車線の道路整備でも安全な道路の早期実現は困難な状況であり、次善の策として I T を活用したソフト対策による安全・安心の確保が必要であり、現在その整備を行っている。

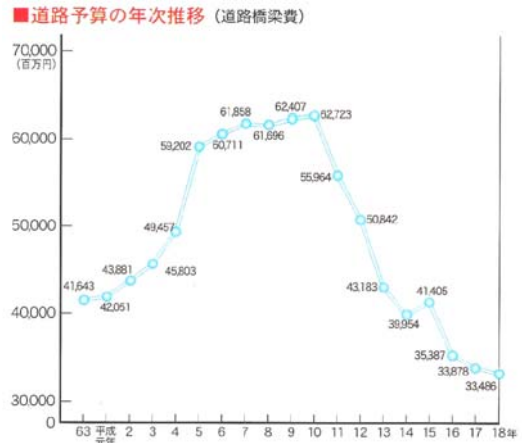


図 7 高知県の道路予算年次推移

出典：高知県の道路(平成18年10月 高知県土木部道路課)

高知県では、地域ニーズに対応した安価で信頼性の高いシステム構築のため、産学官連携により、中山間道路走行支援システムやトンネル歩行者対策等を開発している。

また、道路管理者のみでなく、防災担当者等との連携により、高知県総合防災情報システムとして、気象情報・被災情報・ライフライン情報等とともに道路規制情報を取り扱い、情報提供を行っている。



図 8 K o C o R o 2 1 を構成する三つの軸

出典：K o C o R o 2 1 (高知県地域 I T S) ホームページ

2-3 高知県内における I T S の取り組み状況

高知県では、中山間道路走行支援システムや安価な小型道路情報表示板、中山間歩行者注意喚起システム、トンネル歩行者対策等、地域のニーズに沿ったシステムを開発し、実運用に至っている。

例えば、中山間道路走行支援システムは、見通しの悪いカーブ等において対向車の接近情報を提供するシステムで、1.5 車線の道路整備の一環として比較的交通量の少ない

道路に整備されており、対向車との安全かつスムーズな離合を支援している。

また、トンネル歩行者対策は、トンネル内の歩道の拡幅や物理的な歩車道の分離等が望ましいが、費用的問題や建築限界等の構造的な問題等から、それらの対応を早期に実現するのは困難であるため、車両に対して歩行者への注意喚起を図るシステムが開発され、設置されている。



図9 中山間道路走行支援システム



図10 規制表示板(K L 1)

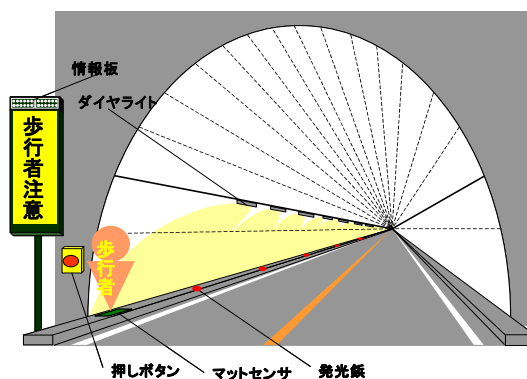


図11 トンネル歩行者対策

2-4 四国の中山間地域におけるITSの意義

将来的にも交通量が少ないと予想される中山間道路では、中山間道路走行支援システム等の地域ITSの導入を更に進め、安心・安全を確保する必要がある。

そのため、既存システムの低コスト化、設置位置の制約、維持作業への影響軽減、省電力化と独立電源化、連続するカーブ区間への対応、事前通行規制情報の提供等の課題に対して、無線通信技術の利活用による解決策を検討する必要がある。

また、2011年7月のアナログテレビ終了を受けて高度道路交通システムに使用可能となる700MHz帯についても、中山間地域におけるITSへの利用が考えられる。

以上のことから、本調査検討会では、中山間道路走行支援システム等に無線を利活用することや路車間通信、車車間通信等の技術的な試験を行い、無線通信システムを利活用した地域ITSの実用化に向けた検討を実施する。

第3章 中山間道路走行支援システム等の無線利用に関する技術試験

3-1 基礎調査・基礎試験及び技術試験の目的、実施項目

中山間道路走行支援システムが設置されている区間の現地調査を行い、電波伝搬環境の観点から次の3つのパターンに分類する。

- ① 谷を越える区間（ある程度見通しできる区間）
- ② 谷間の尾根・崖を越える区間（見通し外で、マルチパスが大きい区間）
- ③ 山越えの区間（見通し外で、マルチパスが小さい区間）

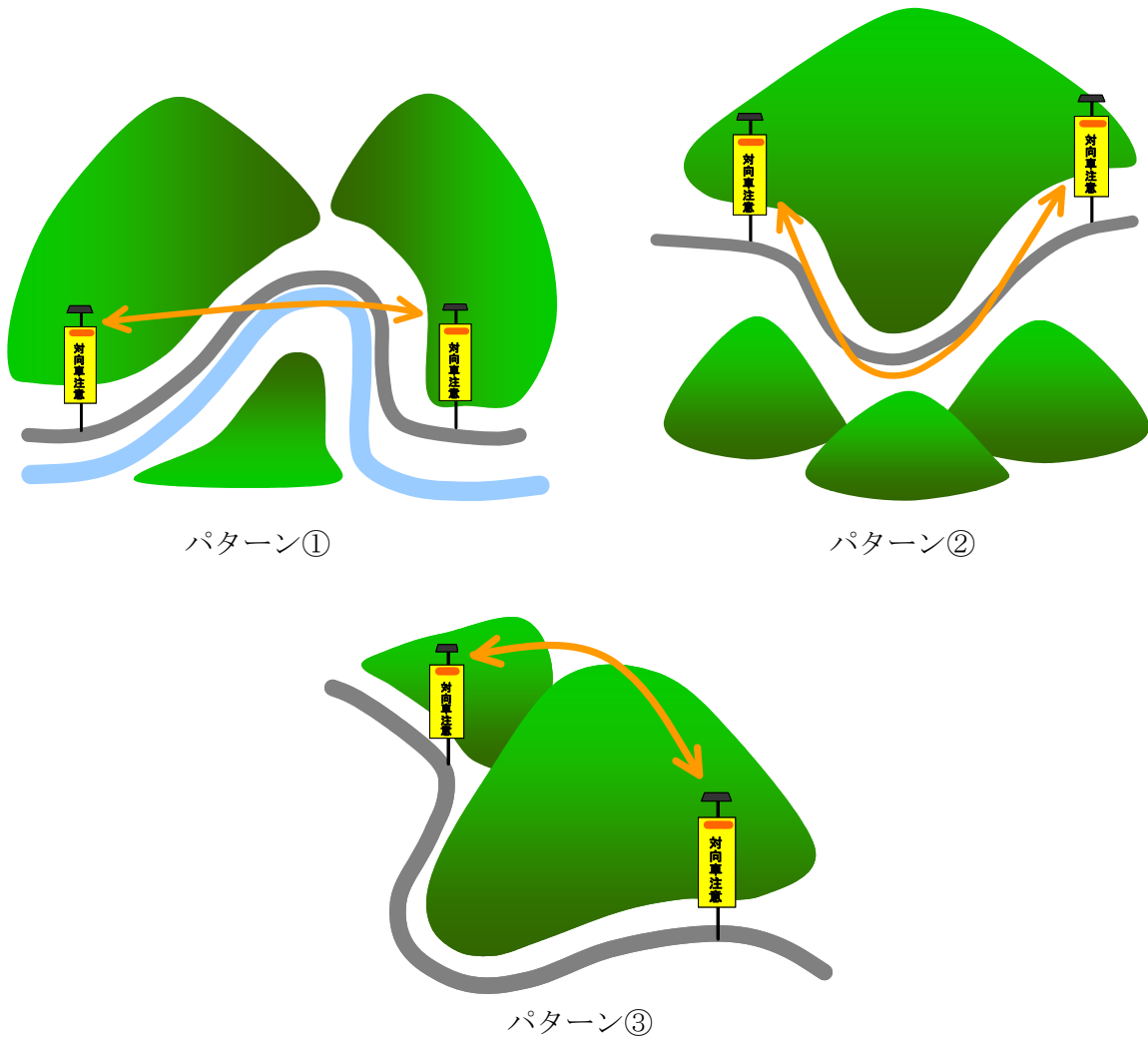


図 12 3パターンの地形

平成18年度末における高知県内の既存システム設置箇所を上記の観点からパターン分けし、代表ポイント（技術試験の実施対象箇所）を選定した。（次表の水色区間）

表 1 高知県内の中山間道路走行支援システムのパターン分類及び代表ポイント選定表

番号	市町村	地先名	型式	表示板間距離	パターン ①②③
1	安芸郡北川村	和田	標準型	160m	②
2	安芸市	奈比賀	簡易型	330m	②
3	高岡郡越知町	片岡	標準型	290m	②
4	高岡郡津野町	桑ヶ市	標準型	110m	②
5	高知市	土佐山西川(西)	標準型	160m	②
6	高知市	土佐山西川(東)	標準型	120m	②
7	高知市	土佐山梶谷	標準型	190m	①
8	南国市	白木谷(東)	標準型	150m	②
9	南国市	白木谷(西)	簡易型	190m	③
10	宿毛市	橋上町楠山	標準型	240m	②
11	香美市	東川	簡易型	110m	①
12	幡多郡黒潮町	川奥	標準型	160m	②
13	四万十市	三里	標準型	160m	②
14	幡多郡大月町	橘浦	標準型	110m	③
15	幡多郡大月町	弘見	標準型	170m	③

3-2 中山間道路走行支援システムの無線化のための電波伝搬試験

中山間道路走行支援システム表示板間の 60MHz 帯、150MHz 帯、400MHz 帯、700MHz 帯の各周波数を使った無線伝送レベル測定試験と信号伝送試験、及び無線 LAN による試験を行った。

表 2 使用した周波数

周波数帯	使用周波数	最大出力
60MHz 帯	59.69MHz	40mW
150MHz 帯	147.82MHz	40mW
400MHz 帯	406.20MHz	40mW
700MHz 帯	711.25MHz	40mW
2.4GHz 帯	2,412~2,472MHz	10mW

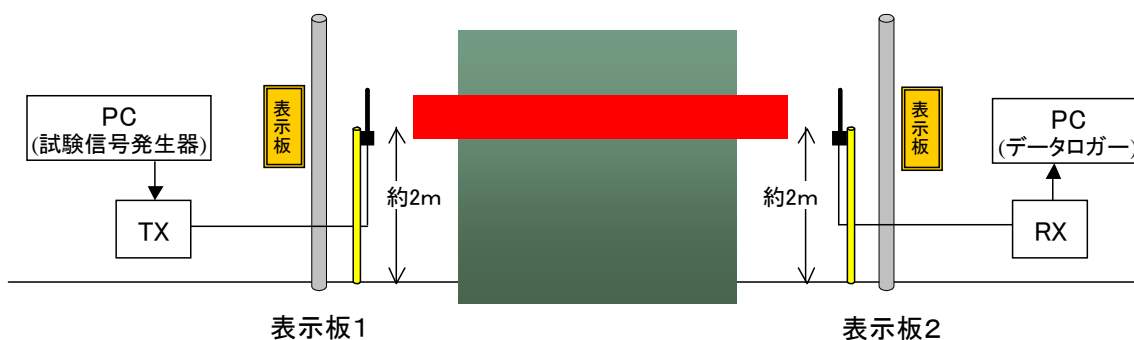


図 13 試験 I (信号伝送試験) の構成

無線伝送レベル測定試験の結果、同一の送信出力レベルに対し、受信端電圧レベルが谷を越える区間が最も高く、次いで山越えの区間、尾根・崖を越える区間となった。また、周波数が高いほど、同一送信出力であっても、受信端子電圧レベルが低くなる傾向であり、周波数の回折特性が現れている。

信号伝送試験の結果、谷を越える区間は周波数にほぼ関係なく 10mW以上の出力で信号が伝送・復調されているのに対し、山越えの区間及び尾根・崖を越える区間では 400MHz帯の 10mWで信号が伝送・復調されているにもかかわらず、60MHz帯や 150MHz帯では信号が復調できない結果となった。

無線LAN伝送試験の結果、表示板間での直接無線LAN伝送はできなかったが、3区間とも1箇所の中継で伝送できる可能性が高いことがわかった。

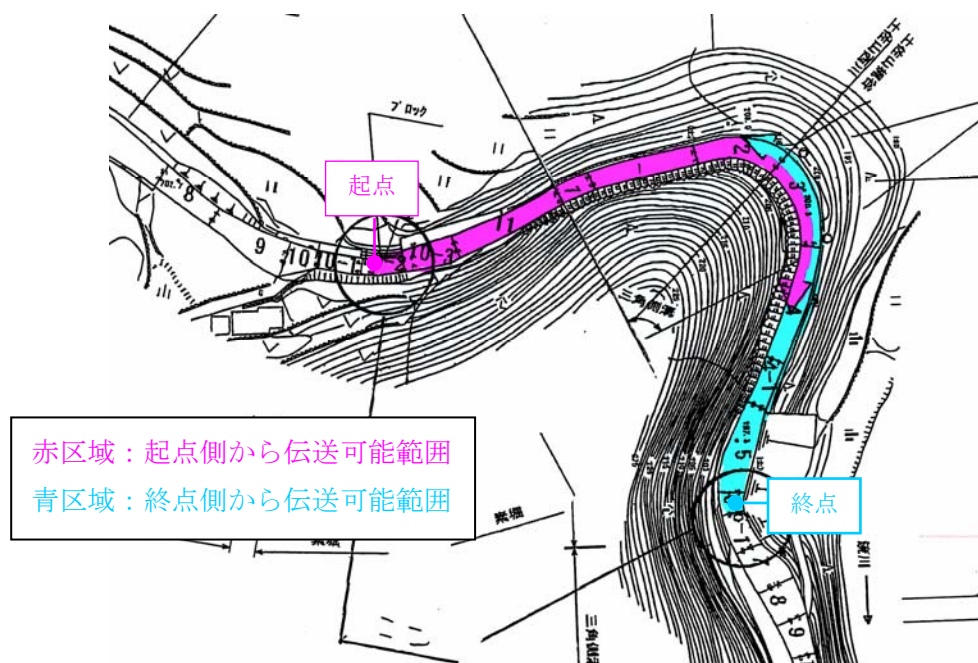


図 14 汎用無線LAN伝送試験の結果(土佐山西川)

試験の結果、電波の伝搬経路が尾根・崖を越える区間や山越えの区間については、400MHz帯の周波数が最も低電力で信号が伝送・復調される結果となり、当該区間に最適な周波数であると考えられる。また空中線電力については、最低でも 10mW以上必要であることが確認された。

3-3 中山間地域におけるDSRCによる路車間通信のための電波伝搬試験

中山間走行支援システムにDSRC(5.8GHz帯)を活用した場合のアンテナの設置位置及び方向等によるDSRCの電波到達範囲及びETC車載器の認識位置把握の試験を行った。

表 3 試験場所選定結果

代表ポイント	特徴
土佐山梶谷の東側表示板	川沿い道路
白木谷の東側表示板	山岳道路

表 4 アンテナ設置方法

設置位置	アンテナ方向
高所位置	真下方向(0度)
	斜め正面下方向(45度)
低所位置	真横方向
	正面方向

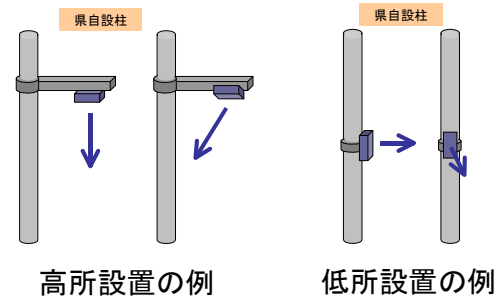


図 15 DSRC 送信機の設置方法

試験の結果、DSRCの設置位置や方向によりDSRCの設置場所から最大で約 27 m、また最小で約 5m離れた地点でETC車載器を検知し、通信を行っており、車両の検知及び対向車の接近情報の音声案内への利用も可能と考えられる。

また、アンテナを必ずしも高い場所に設置しなくとも低所で車に対し正面に設置することで、早期の車両検知等が可能になると考えられる。(既存の支持柱を利用可能)

3-4 中山間地域における車車間通信の電波伝搬試験

700MHz帯を使用した無指向性アンテナと指向性アンテナを使った車車間通信時のレベル測定試験を実施した。

表 5 使用した周波数

周波数帯	周波数	最大出力
700MHz 帯	711.25MHz	40mW

無指向性アンテナ及び指向性アンテナによる試験とも崖等による見通し外通信となったため、送信点からの距離が長くなったにもかかわらず、場所によっては受信端子電圧が高くなるなど受信端子電圧は距離との比例関係はなかった。700MHz帯を使用した車車間通信は、崖等によってカーブした道路を連続的な通信は行えないが、場所によって対向車等との通信を行える可能性があり、中山間地域での利用が見込まれるものとする。

3-5 公開技術試験

既存の中山間道路走行支援システム設置場所は道路が狭隘かつ、一般車両が通行し危険であるため、公開試験を高知工科大学で実施した。

(1) 中山間道路走行支援システムの無線利用について

公開試験当日の会場では、60MHz帯及び150MHz帯で潜在波レベルが高く、用意したシステムを動作できなかったことから400MHz帯での動作試験を行った。

60MHz帯や150MHz帯を使用する場合は、使用周波数帯の潜在電界強度を測定日や時間帯等の条件を変えて測定し、システムが安定して稼動するようにする必要がある。

(2) 中山間道路走行支援システムの無線LANの利用について

公開試験においては、無線LANを使った中山間道路走行支援システムの無線化について検証確認を行った。無線LANの利用にあたっては中継を考慮したシステム設計が今後の課題である。

(3) 小型センサー及び新型表示装置による検証試験

中山間道路走行支援システムの将来システムの一例として、ZigBeeによる小型センサー及び視線誘導灯（デリネータ）による新型表示装置を用いた試験を実施した結果、小型センサー等を使用した次期システムの実用の可能性を検証することができた。



図 16 視線誘導灯（デリネータ）を用いた公開試験

(4) DSRC及びカーラジオによる車両への音声通知検証試験

DSRCの新しい利活用方策として、車両検知センサーとしての活用とともに、車内に音声で対向車情報を通知する音声告知システムとしての活用試験を行った。中山間の道路を走行するドライバーに対し、視覚的な情報提供をベースとして、音声も利用することは有益であると考えられる。またDSRCの利用以外にもカーラジオを通しての音声告知も可能であることを実証した。

第4章 無線を活用した地域ITSの実用化に向けての検討

4-1 中山間道路走行支援システムの無線化の観点

(1) 無線化のメリット

ア システム表示板の設置位置の自由度

システムの無線化により、表示板支持柱の設置位置の自由度の向上が図られる。

イ システム維持作業中の障害回避

システムの無線化により草刈時のケーブル断線による障害を回避することができる。



図 17 表示機ポール基礎の例



図 18 露出ケーブルの例（白木谷）

(2) システムに求められる無線利用の観点

ア 無線利用の信頼度

中山間道路走行支援システムは、対向車の情報を知らせるためのシステムであり、情報を正確に提供できなくなると、事故につながるおそれがある。

無線機器の設置場所によって、混信や干渉等の状況も変わることから、十分に事前調査等を実施することによって、無線利用の信頼度を確保する必要がある。

イ 無線機器のコスト

免許不要の無線LANや特定小電力無線局は、不特定多数の人が利用できる反面、電気店において1~2万円程度で購入できる。

一方、無線局の免許を要する無線機器については、利用者が限られるが数十万円と高い。

中山間道路支援システムの無線化は、無線利用の信頼度を確保しつつ、どの無線機器を使用するかによりシステム構築に要するコストが異なってくる。

ウ システムの将来計画

高知工科大学では中山間道路支援システムを、狭隘道路全区間を対象とし対向車情報の提供ができないか検討中である。

現在の一部区間の無線化に対し、一定の距離を安定的に無線化をするため、これらに利用可能な周波数帯や電力等、無線利用の要求条件が異なってくるため、将来計画をも考慮した無線の利用方法を事前に検討することが必要である。

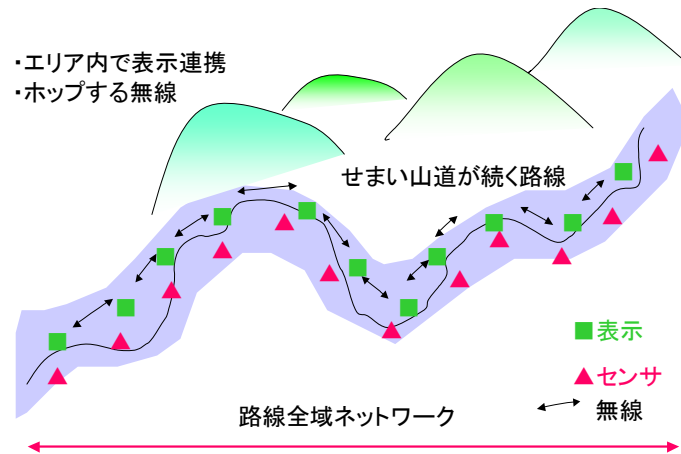


図 19 点から線へのイメージ

4-2 中山間地域における無線利用の検討

(1) 変調方式の検討

F S K 変調方式は、P S K 変調方式と同様に雑音からの影響を受けにくい特性があるとともに、比較的 low コストな非線形増幅器も使用できるメリットを有しているため、中山間道路走行支援システムに適していると考えられる。

(2) 通信方式の検討

中山間道路走行支援システムの使用形態を考えると、道路の狭隘箇所を両側に車両の検知センサーを設置し、通過台数を入車累計台数としてデータに変換し、表示板間で互いに受け渡しを行っている。

この信号のやりとりは交互に行っているため、通信方式は単信方式（送受同一波の 1 チャンネル）で運用が可能であると考えられる。

(3) 無線化に必要なチャンネル数

400MHz 帯は伝搬距離も短いことから、繰り返し利用も可能であり、今後の計画を考慮して使用するチャンネル数は、最低 3～4 チャンネル（3～4 波）程度が必要と考えられる。

また、60MHz 帯や 150MHz 帯は電波の到達距離が長くなることに加え、他地域からの電波が伝搬してくる可能性も大きくなることから、繰り返し利用しても最低 4～5 波程度必要になるものと考えられる。

(4) 周波数帯の検討

ア 60MHz 帯及び 150MHz 帯

60MHz 帯や 150MHz 帯は比較的通信距離が長いことや中山間地域での回折による尾根や谷間でも通信が見込まれることから、将来システムに中山間地域のカーブが連続する長距離区間を対象としたシステムに利活用が考えられる。

イ 400MHz 帯

中山間道路走行支援システムの無線化に使用する周波数として最も有効である。

ウ 700MHz 帯

カーブ等により連続的な通信ができないものの、中山間地域でも車車間通信等への利用が期待される。

エ 2.4GHz 帯

中山間道路走行支援システムの表示板間の中継用として利用が見込まれる。

また、中継を複数組み合わせることにより、長距離区間をカバーすることができるので将来性も見込まれる。

オ 5.8GHz 帯

D S R Cは、中山間道路走行支援システムのセンサーとして利用が可能と考えられる。今後E T Cの普及とともに、従来の表示板による視覚情報に加え、音声告知やセンサーとしての活用が考えられる。

4-3 高知工科大学における無線利用の検討

既存システムの無線化

高知工科大学では、車両検知に埋設型地磁気センサーを使ったシステムで、検知したデータを 2.4GHz帯無線LANで表示板等への伝送を行う試験及び特定小電力無線による表示板間のデータ伝送・検証を行っている。

また、今後 2.4GHz帯無線LANや視線誘導型の表示方式の中山間道路走行支援システムへの活用を計画するとともに、無線による表示板間のデータ信号の送出手順の検証及び無線を利用した車両センサー等、無線化を進めていく計画をしている。

4-4 中山間地域のITS

中山間道路の大半はVICS情報に含まれない路線であり、路線上の行き先の気象や路面の状況をリアルタイムに入手できる新しいシステムも考えられ、例えば中山間道路走行支援システムの表示板を使って、対向車注意情報のみならず、路面状況等の情報、異常気象時通行規制情報及び落石・地すべり等の情報を定常的に提供するなどの利活用も考えられる。



図 20 既存システムの例
(異常気象時通行規制情報)

4-5 今後の無線利用にあたっての課題と展望

(1) 中山間道路走行支援システムの表示板間の無線導入について

中山間道路走行支援システムに最適な周波数は、400MHz帯であるという結果となった。ただし、伝搬距離が長距離になるに従い 60MHz帯や 150MHz帯のように通信距離を確保するための周波数利用も考慮する必要があるものと考えられる。

また、400MHz帯の特定小電力無線局や 2.4GHz帯の無線LANなどの活用も考えられる。

(2) D S R C等の機能連携について

D S R Cを対向車検知のセンサーとして利用するとともに、対向車情報を車に知らせる音声告知システムとしての利活用が考えられる。

今後は、地すべり検知センサー等と連携して防災情報等をドライバーに伝えるため、D S R Cやカーラジオ等の活用を考慮することにより利用者の利便性向上が考えられる。

(3) 低コスト化

中山間道路走行支援システムの普及のためには、システムの構築に係るコストをできるだけ抑える必要がある

中山間道路走行支援システムの無線化に当たり、安価に利用できる技術、汎用品を使用することで、コスト低減を図る必要がある。

(4) システム監視

中山間道路走行支援システムの無線化の場合、システムが故障した時には、安全性を確保するため、故障等を設置者に知らせる仕組みづくりが必要である。

(5) 700MHz 帯を使用した車車間通信

中山間地域では、曲がりくねった道路、つづら折等の段差がある道路も多くあり、対向車の接近を事前に知ることができにくい。

700MHz帯の車車間通信の技術試験では、山の影響を受けて連続的ではないものの数箇所を受信することができた。

中山間地域の曲がりくねった道路等で車車間通信を用い、GPSによる車の位置情報や進行方向等の情報を相互に交換することで、連続的ではないものの事前に対向車等の状況を把握することができると考えられ、中山間地域への活用も期待されるところである。