

環境に順応した中山間道路走行支援システムの開発

片岡 源宗^{*1} 重山 陽一郎^{*2} 野村 弘^{*3} 熊谷 靖彦^{*1} 野村 満雄^{*4}

高知工科大学 地域連携機構 連携研究センター 地域 ITS 社会研究室^{*1}

高知工科大学 工学部 社会システム工学科^{*2}

高知工業高等専門学校 電気情報工学科^{*3}

高知県 土木部 道路課^{*4}

中山間道路走行支援システムは、1.5 車線の道路整備を補完するシステムとして高知県と高知工科大学が共同開発したもので、平成 20 年度末時点で 7 県 52 個所に導入され、利用者から好評を得ているものの、高知県が四国カルストにある天狗トンネルへの導入を計画した際、幾つかの問題点が明らかになった。1 つ目は観光地であるため不特定の通行車が多く、初めて通行する運転者がシステムを容易に理解できる必要があること。2 つ目は景観への配慮が必要不可欠なこと。最後に商用電源の確保が困難なため、自己給電機能が必要なことが挙げられる。

そこで本稿では、このような環境に順応するため試みた同システムの高度化について報告する。

Development of Narrow Road Driving Support System

Acclimated to Environment

Motomune Kataoka^{*1} Yoichiro Shigeyama^{*2} Hiroshi Nomura^{*3} Yasuhiko Kumagai^{*1} Mitsuo Nomura^{*4}

Kochi University of Technology, Research Organization for Regional Alliances, Center for Research Collaboration,
Regional ITS Infrastructure Research Laboratory^{*1}

Kochi University of Technology, Faculty of Engineering, Department of Infrastructure Systems Engineering^{*2}

Kochi National College of Technology, Department of Electrical Engineering and Information Science^{*3}

Kochi Prefectural, Civil Engineering Department, Road Division^{*4}

Narrow Road Driving Support System is complementary to the 1.5 Traffic Lane. This system was developed Collaborate by Kochi Prefectural and Kochi University of Technology. At the end of fiscal 2008, system has been introduced in 52 places in 7 Prefectural. But, case of Tengu tunnel has some problems.

In this paper, we are trying to adapt to this environment, to report on the sophistication of the system.

Keyword: Grassroots ITS, Narrow Road Driving Support System

1. はじめに

高知県は急峻な地形と厳しい気象条件により、特に中山間地の道路整備が遅れており、県道の改良率は平成18年4月時点で主要地方道45%、一般県道28%と全国平均を大きく下回っており、県民、特に中山間地に住む人々からの道路整備に対するニーズが非常に高い特徴がある。そこで高知県では、次善の策として、整備の遅れた県道の利用者である地域住民のニーズに対し、早期に応える方法として平成9年度より県単独事業として1.5車線の道路整備を開始し、また並行して国への提案及び要望を行ってきた。

1.5車線の道路整備¹⁾とは、全国一律の規格である2車線歩道付の整備でなく、地域の実情に合った規格で整備するもので、図1に示すように、2車線整備だけでなく、1車線整備や局部改良を効率よく組合せ、安全で走行しやすい道路を整備する手法で、大幅な費用削減と地域が求めるサービスレベルの早期達成を可能にするものである。しかし、この整備手法においても、視距を確保するための突角剪除等の局部改良には多額の工事費が必要であり、事実、高知県内では1.5車線の道路整備を予定している路線でも、予算の制約から整備未着手の路線も数多く残っている。そこでその次の策として、行き違いが困難な区間において、図2に示した対向車の接近情報を提供するシステムを試行的に導入したものの、大きく2つの問題点を抱えていた。1つは1.5車線の道路整備を前提としていないため、必ずしもニーズと機能が一致していないこと、もう1つは高価であるため、1.5車線の道路整備の考え方と矛盾することである。そこで、1.5車線の道路整備を補完するシステムとして、道路幅員が狭くカーブが連続する中山間地域の未改良道路において、対向車の有無を情報提供し、安全かつ円滑な行き違いを誘導する、安価で信頼性の高いシステムの開発を、平成16年度に高知県と高知工科大学が共同で行い、1.5車線の道路整備を補完する新たな対向車接近表示システム、「中山間道路走行支援システム」を開発²⁾した。中山間道路走行支援システムは、平成17年度に高知県内で実用化されたのを皮切りに、平成20年度末時点で愛媛県等7県52個所に設置されており、加藤ら³⁾によって効果も報告され、利用者から好評を得ているが、特定の条件下では幾つかの問題点があることが判明した。

県道383号四国カルスト公園縦断線は、愛媛県西予市城山町大野ヶ原から愛媛県上浮穴郡久万高原町まで、高知県と愛媛県を縦横無尽に、四国カルスト

を縦断する道路で、高知県と愛媛県が管理協定を結び、管理を行っている路線である。また四国カルストは、日本三大カルストの1つで、高知県愛媛県共に県立自然公園に指定している、人工構造物が少なく四季を通じて自然豊かな景勝地で、観光期には豊かな自然を求めて多くの観光客が訪れる観光地である。同路線のうち高知県が管理する高知県高岡郡津野町芳生野～高知県高岡郡梶原町大字太田戸間は、同路線内で最も四国カルストの自然が豊かな区間と言えるが、道路改良が実施されていないため、図3に示すように、観光期には対向車と円滑な行き違いができず渋滞が発生したり、後退を強いられるため恐怖や不快な経験をしたりと、観光客から道路整備を求める意見がある。

中でも天狗トンネルは、四国農政局によって1980年に完成した延長140m、幅5.5m、現在は高知県が管理しているトンネルであるが、図4に示すように、その特徴としてトンネル内部はカーブとなっており、さらに縦断勾配があり、トンネル照明がないため、観光バス等の大型車や、観光客等の不慣れなドライバーにとって、トンネル内での行き違いは困難、場合によっては不可能であるため、多くの車両が通行する観光期を中心に、トンネル内での後退や負荷の大きな行き違いを強いられる状況が生じており、同路線において、最も早急な対策が望まれる個所となっている。抜本的な対策としては、広幅員の新たなトンネル建設や現状トンネルの拡幅、またトンネル照明の設置が考えられるが、整備費用や観光期以外の交通量を考慮した場合、抜本的対策は現実的でなく、商用電源の確保が困難な個所であるため照明の設置も困難である。さらに県立自然公園に指定された景勝地であることから、大きな建設を伴う整備も望ましくないと考えられ、天狗トンネルにおける対策は中山間道路走行支援システムの導入が適当であると考えられる。しかし、先に述べたように四国カルストは人工物が少ない自然豊かな景勝地であること、またシステムを稼働させるための商用電源の確保が困難であり、更には山特有の厳しい気象条件も考慮する必要がある。

本稿では、既存の中山間道路走行支援システムを、四国カルスト・天狗トンネルの環境に順応させる同システムの高度化に関する取組みについて報告する。具体的には、景観への配慮、自己給電機能による電力的な駆動の安定性について報告する。



図1 1.5車線の道路整備のイメージ



図2 従来の対向車接近表示システム

2. 中山間道路走行支援システム

中山間道路走行支援システムは、1.5車線の道路整備において従来の対向車接近表示システムの矛盾や問題点を解消すべく、平成16年度に高知県と高知工科大学において共同で開発したシステムである。

同システムは、図5に示す各部で構成される。表示部は、図6に示すLEDによる電光表示の標準型、図7に示す固定文字とLEDパネルによる簡易型の2タイプある。標準型は「対向車注意」の他、車長より大型車と判定した場合は「大型車接近」と、2通りの表示パターンを有している。簡易型では、商用電源を基本としつつ、オプション機能として、ソーラバッテリーと鉛蓄電池による自己給電機能を有している。なお同システムは道路管理者が行う情報提供であり、通行規制ではない。

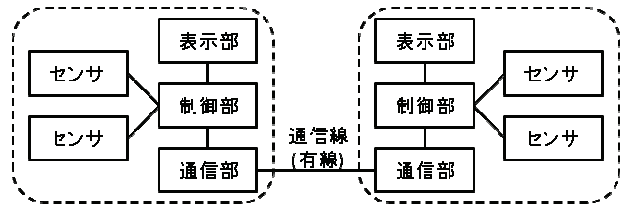


図5 システム構成図



図3 観光期の交通状況



図6 標準型の導入事例



図4 現在の天狗トンネル地芳峠側坑口



図7 簡易型の導入事例

3. 四国カルスト用中山間道路走行支援システム

3-1 前提条件の整理

既存の中山間道路走行支援システムを基本とし、天狗トンネルへの導入に際し、必要となる前提条件の整理、及び機能の検討を行った。

まず対象地域は日本三大カルストの1つであり、人工物が少なく、豊かな自然景観が魅力の景勝地であるため、周辺景観に配慮し、訪れた観光客が不快に感じることはないシステムデザインとしつつ、対向車の接近情報を、わかりやすく、かつ確実に提供する必要がある。

次に、商用電源の確保が困難であるため、自己給電機能を有する必要がある。しかし既存のソーラバッテリーと鉛蓄電池による自己給電機能では、鉛蓄電池の特性や、ソーラバッテリーと鉛蓄電池の相性の問題から、天狗トンネルにおいては安定性及びメンテナンス性の観点から、新たな自己給電機能を開発する必要がある。

そして、休日や観光期に訪れるドライバーの多くに対しては、待避所の位置を情報提供することで、狭隘な区間を走行する際は、対向車と遭遇した際の行動の効率化が期待できると考え、待避所の位置情報を提供する。これにより対向車を待つ時間のおおよその時間が予測できるため、対向車を待つドライバーにとって重要な要素と考えられる。

続いて、システムの稼働時間について検討を行った。まず天狗高原は街灯等の人工光が非常に少ないため、天候が良い日には天体観測に適しており、夜間車両が通行する際にLEDが点滅することは、日中以上に景観上好ましくない。次に、ソーラバッテリーの特徴として夜間は発電が不可能であるため、電力不足によるシステム停止の危険性低減と、キャパシタ個数削減によるコストダウンが図れる電力面のメリットもある。一方、人工光がないが故に、夜間はヘッドライトで対向車の存在が認識できるため、夜間はシステムを停止させることとした。

最後に、天狗トンネルの交通量及び大型車混入率を表1⁴⁾に示す。結果より、大型車の交通量は決して多くないものの、天狗トンネルの現状と休日交通量の関係や、地域住民の意見を考慮した結果、車種判別機能を有する方が望ましいと考え、表示方法は標準型とすることとした。

3-2 景観順応

四国カルストは日本三大カルストの1つであり、その魅力は、人工物が少なく、自然景観が豊かなことが挙げられる。そのためシステムを導入するに当たっては、材質や形状、色合いといったデザインを景観に配慮したものとする必要がある。

デザイン及び検討の結果、採用した案を図8に示す。本デザインは、板のエッジを見せることで普通の箱型よりも薄く見せることを意図している。またセンサを板の間に納めることによってセンサが目立たず、後ろから見ても美しく見える。一方近くで見ると、ある程度の存在感及び重量感が感じられる可能性がある。また現地調査の結果、天狗高原では放牧用の柵や標識が設置されているが、周囲の経験に溶け込む色合いとなっており、筐体を図9に示すように、現存する標識や柵と同じ色合いとするため、鉄を亜鉛メッキ+リン酸処理することとした。なお図8は後述する距離標を設置したイメージ図である。

表1 交通量と大型車混入率

	12時間	24時間
平日	161(8.7)	579(1.4)
休日	203(8.9)	747(2.3)

単位：交通量[台](大型車混入率[%])



図8 表示板設置イメージ図(CG)



図9 天狗高原内の放牧用柵

3-3 新たな電源部の開発

既存システムは太陽電池と鉛蓄電池による自己給電機能を有しているが、天狗トンネルへの適用には解決すべき問題があった。

鉛蓄電池の短所は、充電効率が低いため雨天・曇天時の蓄電は期待できず、平地に比べ天候が変わりやすい天狗高原では致命的な問題である。また放電し切るとサルフェーションを起こし、性能が著しく低下するため、充電効率と併せ、蓄電量低下によるシステム停止や、性能が低下した鉛蓄電池交換の費用は無視できる問題ではない。

そこで、電気二重層コンデンサ・キャパシタ（以後「キャパシタ」とする）を用いることとした。キャパシタの特徴は、充放電効率が90%以上と高いため雨天・曇天時でも日中は充電が行え、放電深度も深く取れ、更に寿命が長くメンテナンスフリーという長所がある。その反面、エネルギー密度が低いため単位蓄電容量あたりの費用が高く、電圧が直線的に大きく変動するため電圧を制御する入出力変換器が必要な短所がある。しかしこれらの短所を考慮した場合でも、四国カルストの気象下において、安定した電力供給やメンテナンス性を考慮すると、キャパシタを用いることが妥当と考えられ、また更に高知県が活用を推奨していることから、キャパシタを用いることとした。そこで、太陽電池の能力を最大に引き出し、効率良くキャパシタを充電する入力回路と、高効率な出力回路の開発を試み、試作装置を作成し実験を行い、開発した回路が十分な性能を有していることを確認した。

3-4 退避所情報の提供

待避所の位置情報を提供する距離標のデザインを図11に示す。

距離標に表示する情報は、現在位置と待避所との距離を視覚的に認識可能な情報のみとした。

距離標のデザインは、現地では図12に示すように、木製の標柱や看板が設置されており、これらと統一感を持たせることが出来るデザインとした。

3-5 説明看板

システムを説明する看板をデザインした。説明看板のデザインを図13に示す。

看板には、システムの説明、誤作動等のリスクの可能性、夜間停止、また管理者の連絡先等を記載している。

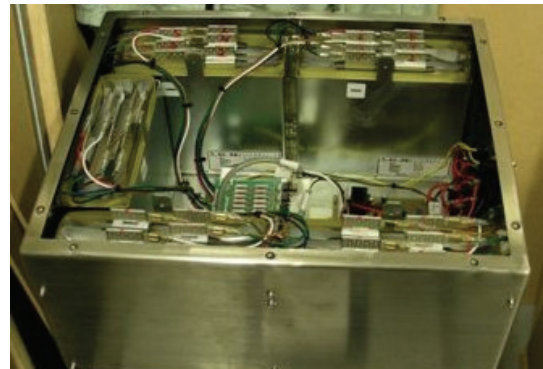


図10 開発した電源部及びキャパシタ

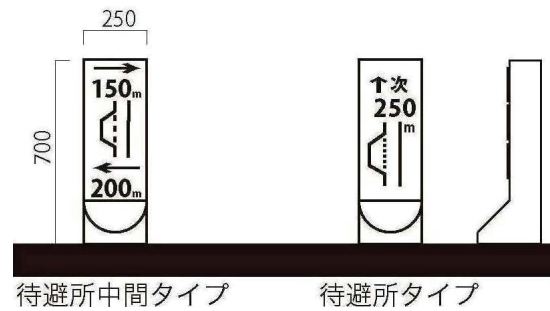


図11 距離標のデザイン



図12 現地の参考事例



図13 説明看板のデザイン

4. おわりに

本稿では、県道 383 号四国カルスト公園縦断線において、既存の中山間道路走行支援システムを四国カルスト、天狗高原、天狗トンネルの環境に順応させるシステムの高度化に関する取組みについて報告した。

現在、高知県須崎土木事務所が設置工事を行っており、年内に完成する予定である。

今後は、システム供用開始後、フォローアップ調査を実施し、適宜見直しを行い、景観と安心・安全な交通の共生を目指していく。

謝辞

高知県須崎土木事務所維持管理課には、現地調査等で多大なご協力を頂きました。また光電設(株)には、機器に関するデータの提供を頂きました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 高知県道路課, 1.5 車線の道路整備の考え方 : https://www.pref.kochi.lg.jp/~douro/keikaku/seibi/1_5sha.pdf : 2009.6 時点
- 2) 北川尚, 熊谷靖彦 : 中山間道路走行支援システムの開発 : 第 26 回日本道路会議, 2005.10
- 3) 加藤瑞穂, 寺部慎太郎, 熊谷靖彦, 片岡源宗, 内山久雄 : 中山間部道路での対向車接近表示システム (中山間道路走行支援システム) の効果計測 : 土木計画学研究・論文集 No. 25, 2008.9
- 4) 平成 17 年度道路交通センサス一般交通量調査箇所別基本表 : 国土交通省四国地方整備局, 高知県道路課, 2007.1