

大型車両に対する走行経路表示システムの有効性検証実験

築地 貴裕¹・金澤 文彦²・鈴木 彰一³・佐治 秀剛⁴

¹正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 高度道路交通システム研究室
(〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)
E-mail: tsukiji-t92ta@nilim.go.jp

²正会員 国土交通省 北陸地方整備局 金沢河川国道事務所 (〒920-8648 石川県金沢市西念4-23-5)
E-mail: kanazawa-f87bh@hrr.mlit.go.jp

³正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 高度道路交通システム研究室
(〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)
E-mail: suzuki-s92tg@nilim.go.jp

⁴非会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 高度道路交通システム研究室
(〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)
E-mail: saji-h924a@nilim.go.jp

高度経済成長期に集中的に建設された道路インフラに対し、長寿命化を図ることが必要とされている。そのため、重量が大きな大型車両の適切な走行経路への誘導による、維持管理・更新費の抑制が求められている。一方で、国際競争力の維持の観点から、物流事業者の負担を軽減することが必要とされており、大型車両の適切な走行経路への誘導にあたっては、既存の仕組みや汎用製品を活用した簡易な方法で、実現を図る必要がある。

本研究では、特殊車両通行許可制度の中で作成・利用されている許可証情報を用いて、汎用製品のタブレット端末上で走行すべき経路の表示を行う簡易な実験システムを製作した。その上で、物流事業者の運行業務において実験システムを試用してもらい、得られたログデータ及びヒアリング調査により、システムの有効性を検証した。検証の結果、経路表示のみを行う簡易なシステムでも、有効な走行支援が可能であることが明らかになった。

Key Words : *aging of infrastructure, heavy vehicles, route display system, validity verification experiment*

1. はじめに

我が国には、橋長2m以上の橋梁が約70万橋存在する。そのうち、建設後50年を迎える橋梁の割合は、2013年時点では約18%であるが、2023年には約43%、2033年には約67%になることが予想されており¹⁾、これらの橋梁の長寿命化への対策が急務となっている。しかし、厳しい財政状況から、道路インフラの維持管理・更新費は抑制されることが予想され、既存の道路インフラを保全するための方策が必要になると考えられる。

一般に重量の大きな大型車両の通行は道路構造物の劣化に大きく影響を与えることが明らかにされている。例えば、貝戸²⁾は、道路舗装のひび割れ過程の分析において、大型車交通量が道路舗装のひび割れ過程に対して有意な説明力を有する変数となることを明らかにしてい

る。道路法第47条の2では、構造が特殊である車両、あるいは輸送する貨物が特殊な車両で、幅、長さ、高さ及び総重量のいずれかの一般的制限値を超えるか、橋、高架の道路、トンネル等で総重量、高さのいずれかの制限値を超える車両を「特殊な車両」として、道路を通行するためには「特殊車両通行許可」が必要としている³⁾。既存の道路インフラの保全のためには、大型車両が適切な経路を通行するよう誘導し、道路インフラへの影響を軽減することが必要である。

また、平成25年6月の「道路法等の一部を改正する法律案に対する附帯決議」⁴⁾では、「ITS技術の活用による特殊車両通行許可手続きの簡素化、カーナビ等による許可ルートのわかりやすい表示など、運転者も含めた運送事業者の負担を軽減する方策も検討すること。」とされている。そのため、大型車両の適切な走行経路への誘導

にあたっては、運送事業者の負担を軽減するため、既存の仕組みや汎用製品を活用した簡易な方法により実現を図る必要がある。

このような背景の中、本研究では、汎用的な機器を用いて大型車両に対し経路誘導を行うシステムのプロトタイプを作成し、実験によりその有効性を検証することを目的とした。

本研究ではまず、特殊車両通行許可制度の中で作成・利用されている許可証情報を用いて、汎用製品のタブレット端末上で走行すべき経路の表示を行う「走行経路表示実験システム」（以下、「システム」という。）を製作した。その上で、物流事業者の運行業務においてシステムを試用してもらい、得られたログデータ及びヒアリング調査によりシステムの有効性を検証した。

2. 走行経路表示実験システム

(1) システムの概要

本研究では、既設の特殊車両通行許可関連システムから許可経路情報を抽出し、タブレット端末を用いて、走行中に許可経路（走行すべき経路）及び自車走行位置を表示するシステムを構築した。図-1にシステムの概要を示す。本システムでは、許可経路情報をオフラインでDB（データベース）サーバに保存し、WEBサーバを介してタブレット端末で取得することとした。その際、DBサーバには100台の特殊車両の許可経路（10経路/台）を保存できる仕様とした。表-1にDBサーバ及びWEBサーバの仕様を示す。

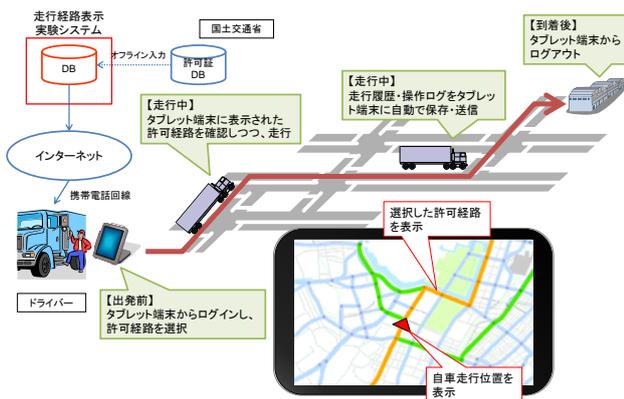


図-1 システムの概要

表-1 DBサーバ及びWEBサーバの仕様

	DBサーバ	WEBサーバ
CPU	Xeon E3-1220 v2 4コア4スレッド	Xeon E3-1220 v2 4コア4スレッド
メモリ	16GB	4GB
ハードディスク容量	4TB	6TB

タブレット端末は、携帯電話回線を通じてインターネットへの接続が可能であること、自車位置の測位精度を確保するため多様な測位衛星に対応できること、走行履歴として車両の進行方向を取得できること、車載することを考慮し小型であること、解像度が高いこと、等の観点から、表-2に示す端末を採用した。

表-2 タブレット端末の仕様

OS	Android 4.3
画面サイズ	7インチ
CPU	Snapdragon S4 Pro 4コア 1.5GHz
メモリ	2GB
寸法	200×114×8.6mm
重量	約290g
バッテリー駆動時間	約9時間
センサー	加速度センサー、ジャイロセンサー
GNSS	GPS, GLONASS
電話回線	3G, LTE
Wifi回線	IEEE802.11 a/b/g/n
Bluetooth	Bluetooth 4.0
外部インタフェース	microUSB
外観	

(2) システムにおける操作作業

システムを用いて実際に走行する際の、システム管理者、配車担当者、ドライバーの操作作業を以下に示す。

a) システム管理者

システム管理者は、配車担当者が登録した申請者IDに紐づく許可データを取得する。走行終了後は、タブレット端末から自動的に送られてきた走行履歴を分析する。

b) 配車担当者

配車担当者は、ドライバーに対する走行指示前に、タブレット端末からシステムにログインし、走行させる車両番号の選択・指定、走行経路の選択・指定・登録、走行するドライバー情報の選択設定を行う。図-2に配車担当者の操作画面のイメージを示す。



図-2 配車担当者の操作画面のイメージ

c) ドライバー

ドライバーは、配車担当者が指定・登録した経路及び許可条件を表示させ、確認する。その後、タブレット端末の経路表示に従い走行する。図-3にドライバーの操作画面のイメージを示す。



図-3 ドライバーの操作画面のイメージ



図-4 実験車両及びシステムの取り付けの状況

3. システムの有効性検証実験

(1) 実験概要

2で構築したシステムについて、有効性検証実験を行った。実験では、物流事業者のドライバー4名を被験者として、通常業務の中で実際にタブレット端末を用いて走行してもらった。走行終了後、走行位置情報及びタブレット端末の動作ログ・操作ログの収集と被験者へのヒアリングにより、システムの有効性検証を行った。なお、走行実験においては、安全のため、運転中のタブレット端末の操作は禁止とした。

(2) 被験者

被験者として、表-3に示すA社、B社のドライバーを選定した。それぞれの被験者の実験期間、走行回数を表-4に示す。また、被験者No.1の実験車両及び実験システムの取り付けの状況を図-4に示す。

表-3 ドライバーの内訳

被験者No.	社名	車両	車種	主な積載物
1	A社	1号車	トラクター	鋼橋桁
2		2号車	トラクター	
3	B社	1号車	トラクター	変圧器
4		2号車	トラクター	重電機器(発電設備機器)

表-4 各被験者の実験期間、走行回数

被験者No.	社名	車両	実験期間	走行回数	総走行距離
1	A社	1号車	2014年1月20日	8回	2,015km
2		2号車	~2014年2月27日	3回	281km
3	B社	1号車	2014年1月28日	5回	1,973km
4		2号車	~2014年2月28日	9回	1,857km

(3) システムの有効性検証

システムの有効性検証は、大型車両が許可経路を遵守する上での有効性、システム利用者への受容性といった観点から行うこととした。そのため本研究では、システムによる表示経路と実際に走行した経路の一致度、運転中のドライバーの操作状況、システム利用者の満足度について、走行履歴及びタブレット端末の動作ログ・操作ログの分析と被験者へのヒアリング調査により、検証を行った。以下にそれぞれの検証方法及び検証結果を示す。

a) 表示経路と実際に走行した経路の一致度

タブレット端末のGNSS測位記録から得られた走行履歴を用いて、システムによる表示経路と実際に走行した経路の一致度を検証した。経路の一致度は、「折進誤り」の回数により評価を行った。「折進誤り」は、走行中、システムにより表示された許可経路から外れ、再び表示経路に戻る動作と定義し、全ての走行に対する「折進誤り回数」をカウントした。折進誤り回数が0であれば被験者は許可経路どおりに走行したことを示し、折進誤り回数が大きい場合は、許可経路から外れた回数が多いことを示している。表-5に全走行実験における折進誤り回数の結果を示す。

表-5 折進誤り回数の結果

被験者No.	社名	車両	折進誤り回数	100kmあたりの折進誤り回数	総走行距離
1	A社	1号車	22回	1.09回	2,015km
2		2号車	4回	1.42回	281km
3	B社	1号車	1回	0.05回	1,973km
4		2号車	9回	0.48回	1,857km

表-5に示すとおり、折進誤り回数はA社の1号車、2号車、B社の2号車で多い。これらの結果について、被験者にヒアリングを行ったところ、いずれの折進誤りも、システムには表示されていないが許可を取得している他の経路を走行するために意図的に経路を外れたとの回答であった。図-5にB社の2号車における折進誤りの例を示し、同じ場所に同車が許可を取得している他の経路を重畳して表したものを図-6に示す。



図-5 折進誤りの例



図-6 取得している他の許可経路を重畳した結果

図-5及び図-6より、B社の2号車のドライバーは、システムには表示されていないが許可を取得している他の経路を走行するために表示経路を外れたことがわかる。このように、物流事業者のドライバーは、経験に基づいて自身が認識している許可経路を走行し、必ずしもシステムに表示された許可経路を走行しないことがわかった。この結果より、車両が取得している経路をもれなく抽出した上で、複数の許可経路を表示するといった工夫が必要であることが明らかになった。

b) 運転中のドライバーの操作状況

ドライバーがどのような場所・状況でシステムを必要としているかを確認するため、タブレット端末の操作ログを収集し、ドライバーによるタブレット端末の操作履歴を分析した。操作履歴の分析にあたっては、操作ログから得られるドライバーの地図操作情報と、走行位置情報から、地図のスクロール、拡大、縮小等の操作がどのような地域で行われるかを分析した。

図-7に全被験者の走行における地図操作回数と道路密度の関係を示す。地図操作回数は、第3次メッシュにおける区画毎にカウントした。

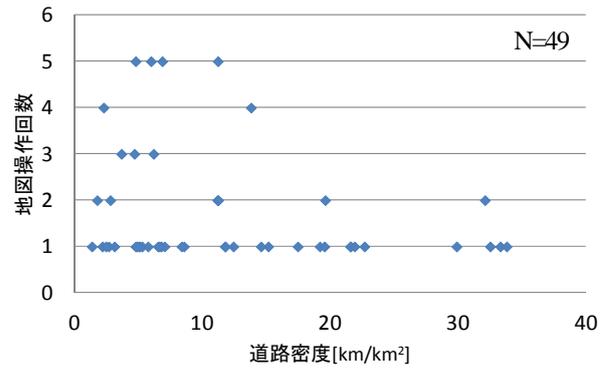


図-7 全被験者の地図操作回数と道路密度の関係

図-7より、道路密度の低い地域では、道路密度の高い地域に比べて、ドライバーによる地図操作の回数が多くなっていることがわかる。これに関しドライバーへのヒアリングを行ったところ、道路密度が高い地域では、標識や目印が多いため視覚での位置確認が容易で、道路密度が低い地域では、目印となるものが少ないため、地図操作回数が増えるとの回答であった。以上より、市街地のような道路密度が高い地域よりも、郊外のような道路密度の低い地域において、よりシステムが必要とされていることがわかった。郊外のような道路密度の低い地域においてシステムの有効性を高めるためには、折進する交差点の手前や許可経路を外れた地点で音声案内を行うなどの改良が必要であると考えられる。

c) システム利用者の満足度

システム利用者の満足度を評価するため、システム導入前後における出発前～走行～到着後の配車担当者及びドライバーの作業効率の変化及びシステムの操作性に関して、A社、B社の配車担当者及びドライバーを対象にヒアリング調査を行った。

システム導入前後における出発前～走行～到着後の配車担当者及びドライバーの作業効率の変化に関するヒアリング結果を表-6に示す。表-6に示すとおり、A社へのヒアリング結果では、10個のヒアリング項目のうち、「○（従前より改善された）」との回答が4項目、「△（従前と同様）」との回答が6項目、「×（従前から改善されない）」との回答は0であった。B社へのヒアリング結果では、「○（従前より改善された）」との回答が5項目、「△（従前と同様）」との回答が6項目、「×（従前から改善されない）」との回答は0であった。個別のユースケースを見ると、出発前に配車担当者が行う許可経路図の作成、出発前及び走行中にドライバーが行う許可経路確認、走行中にドライバーが行う自車位置確認等において、作業効率が従前より改善されたとの意見が見られた。

表-6 システム導入前後における作業効率の変化に関するヒアリング結果

場面	作業者	ユースケース	作業			ヒアリング比較(A社、B社)	
			従前(A社)	従前(B社)	今回		
出発前	配車担当者	許可された経路図を作成する	許可経路図は印刷しない	許可経路図を印刷し、許可証と共にファイルに綴じる	なし	A社 △: 変化なし B社 ○: 作業が削減される	
		空車経路を記入する	許可経路図を印刷しないため、空車経路の記入の作業はない	市販地図をコピーし、空車経路記入を行う	タブレットの地図上で複数ポイントを指定して描画させる	A社 △: 空車経路記入機能は利用しなかった B社 △: 空車経路記入機能は利用しなかったが、利用すれば作業が少なくなると思う	
		許可経路をドライバーに通知する	許可経路図はドライバーに渡さない	許可経路図等を綴じたファイルをドライバーに手渡しする	タブレットを手渡しする	A社 △: タブレットを手渡しする手間は問題ない B社 △: 従前の作業と変わらず、新たな手間は生じない	
	ドライバー	許可経路の受け取り	ドライバーチーム内で許可経路の情報共有がされているため、許可経路図は受け取らない	許可経路図等を綴じたファイルを受け取る	タブレットを受け取る	A社 △: タブレットを受け取る手間は問題ない B社 △: 従前の作業と変わらず、新たな手間は生じない	
		許可経路を選択する	許可経路図を持たないため、選択作業はない	許可経路図等を綴じたファイルの中から該当の経路を選択する	タブレットの「経路リスト」から選択する	A社 △: 多少手間がある B社 △: 従前の作業とほぼ変わらない手間	
		許可経路を確認する	許可経路図を持たないため、許可経路の確認はしない	許可経路図上の許可経路を目視で確認	タブレットに表示される許可経路を目視で確認する 折込部などの注意する場所を地図拡大するなど、詳細に確認することができる	A社、B社共 ○: 許可経路を詳細に確認できて良い	
	走行中	ドライバー	出発する	—	—	タブレットの「走行開始」ボタンを押す	A社、B社共 △: 「走行開始」ボタンを押す手間は問題ない
			許可経路を確認する	許可経路図を持たないため、許可経路の確認はしない	許可経路図を運転席近くに置き、信号待ち等の停車中に確認する	許可経路は常に表示されているため、停車してなくても常に確認できる (停車中のみ) 許可経路を確認するために、地図移動や拡大縮小ができる	A社、B社共 ○: 運行中、常に許可経路を確認できて良い
			許可経路通りに走行する	周囲の状況から現在地を推定し、記憶した経路上であることを確認する	周囲の状況から現在地を推定し、記憶した経路上であることを確認する (停車中のみ) 周囲の状況から現在地を推定し、許可経路図と比較して確認する	タブレットに表示されている許可経路上に自転車走行位置が乗っていることで確認できる	A社、B社共 ○: 運行中、常に許可経路通りであることを確認できて良い
走行中	ドライバー	次の折込箇所と方向を確認する	周囲の状況から現在地を推定し、記憶した経路から折込位置を確認する	周囲の状況から現在地を推定し、記憶した経路から折込位置を確認する (停車中のみ)	タブレットに表示されている許可経路と自転車走行位置で確認できる	A社、B社共 ○: 折込箇所と方向を確認できて良い	
		休憩する	—	—	タブレットの「走行中断」ボタンを押す	A社、B社共	
		休憩終了して出発する	—	—	タブレットの「走行再開」ボタンを押す	△: ボタンを押す手間は問題ない	
到着後	ドライバー	到着する	—	—	タブレットの「走行終了」ボタンを押す	△: ボタンを押す手間は問題ない	

凡例 ○: 従前より改善された △: 従前と同等 ×: 従前から改善されない

システムの操作性に関するヒアリング調査では、「電子政府ユーザビリティガイドライン（平成21年）」⁵⁾の「利用者アンケート調査ガイド」で紹介されているSUS（System Usability Scale）を用いた。SUSは簡易なユーザビリティ評価指標であり、10問の質問に「まったくそう思う」～「まったくそう思わない」の5件法で回答する構成である。回答結果から簡単な計算で対象システムのユーザビリティレベルを点数化でき、全体的なユーザビリティのレベルを把握するのに適している。本研究では、SUSで定められている標準の設問内容10項目をもとに、配車担当者向けの設問10問、ドライバー向けの設問11問を作成した。ヒアリング調査では、被験者に各設問に対し「そう思う」、「どちらかといえばそう思う」、「どちらかとも言えない」、「どちらかといえばそうは思わない」、「そうは思わない」の5段階で回答してもらい、最もよい評価を5、最も悪い評価を1として評価値を整理した。表-7にA社、B社の配車担当者に対するヒアリング結果を示し、表-8にA社、B社のドライバーに対するヒアリング結果を示す。

表-7及び表-8より、A社、B社いずれの配車担当者、ドライバーも評価値の平均は3.7以上である。各項目の評価値を見ると、配車担当者に対するヒアリング項目10項目のうち、評価値4以上の回答はA社で6項目、B社で6項目、ドライバーに対するヒアリング項目11項目のうち、評価値4以上の回答はA社で7項目、B社で10項目である。個別の設問を見

表-7 配車担当者に対するヒアリング結果

No	設問	A社		B社	
		回答	評価値	回答	評価値
1	特殊車両の運行経路を指示する際に本システムを使いたい(使える)と思う	そう思う	5	どちらかといえば、そうは思わない	2
2	車両の選択をスムーズに操作することができたか	そう思う	5	そう思う	5
3	許可経路の選択をスムーズに操作することができたか	そうは思わない	1	そうは思わない	1
4	操作上の不透明や、操作に迷うことがあったか	そうは思わない	5	そうは思わない	5
5	走行する車両の許可経路が漏れなく用意されているか	そう思う	5	そう思う	5
6	同一情報の繰り返し入力・選択など、煩わしい操作があったか	そうは思わない	5	そうは思わない	5
7	特車の配車担当者なら、操作方法を容易に習得できると思うか	どちらとも言えない	3	そう思う	5
8	本システムを利用して使いにくいと感じたか	どちらかといえば、そうは思わない	4	どちらとも言えない	3
9	このシステムを使いこなせる自信があるか	どちらとも言えない	3	そう思う	5
10	操作を行う上での前提や業務の知識について、事前学習が必要か	そう思う	1	どちらかといえば、そう思う	2
	平均		3.7		3.8

表-8 ドライバーに対するヒアリング結果

No	設問	A社		B社	
		回答	評価値	回答	評価値
1	特車の運行経路を確認する際に本システムを使いたい(使える)と思うか	そう思う	5	そう思う	5
2	走行中、自転車位置を正しく確認することができたか	どちらとも言えない	3	どちらかといえばそう思う	4
3	走行中、画面の縮尺や移動を一度も操作することなく走行経路を確認することができたか	どちらかといえば、そう思う	4	どちらかといえばそう思う	4
4	地図の表示が切れたり、自転車位置が消えたりしないで利用できたか	どちらかといえば、そう思う	4	そう思う	5
5	本システムは、容易に使うことができたか	どちらかといえば、そう思わない	2	どちらかといえばそう思う	4
6	操作上の不透明や、操作に迷うことがあったか	そうは思わない	5	そうは思わない	5
7	煩わしい操作があったか	そうは思わない	5	そうは思わない	5
8	特車の運転者なら、操作方法を容易に習得できると思うか	どちらかといえば、そう思う	4	そう思う	5
9	本システムを利用して使いにくいと感じたか	そうは思わない	5	そうは思わない	5
10	このシステムを使いこなせる自信があるか	どちらとも言えない	3	そう思う	5
11	操作を行う上での前提や業務の知識について、事前学習が必要か	そう思う	1	そう思う	1
	平均		3.7		4.4

ると、表-7における設問2, 4, 6に対する回答から、配車担当者は概ねシステムを問題なく操作できていることがわかる。一方、設問3, 10に対する回答から、操作によっては事前学習や習熟が必要であることがわかる。また、表-8における設問6~9に対する回答から、ドライバーも概ねシステムを問題なく操作できていることがわかる。一方、設問5, 10に対する回答から、配車担当者と同様、操作によっては事前学習や習熟が必要であることがわかる。以上より、操作によっては事前学習や習熟が必要であるものの、システムの操作性については、概ね利用者の満足が得られていることが明らかにできた。

4. おわりに

本研究では、汎用製品のタブレット端末上で大型車両が走行すべき経路の表示を行う簡易なシステムを製作し、実験によりその有効性検証を行った。その結果、運転中のドライバーの操作状況、システム利用者の満足度から、システムの有効性を確認することができた。一方で、表示経路と実際に走行した経路の一致度の分析や被験者へのヒアリング調査の結果から、複数の許可経路の表示や音声案内機能の追加が望まれていることが明らかになった。また、本実験で行った走行履歴分析やヒアリング調査では、評価に用いたサンプル数が極めて少ないことが課題であると考えられる。

今後は、これらの課題を踏まえ、実運用に向けた走行経路表示システムの検討、及び走行経路案内実験システムの検討を行うこととしている。本研究の成果を活用し、特殊車両の適切な走行を支援することで、道路法第47条の特殊車両通行許可制度の効率的・効果的な執行及び既存の道路インフラの長寿命化に寄与することができると考えられる。

参考文献

- 1) 国土交通省道路局：予防保全の取組み,
http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/yobol_1.pdf
(アクセス：2014年4月18日)
- 2) 貝戸清之, 熊田一彦ほか：階層型指数劣化ハザードモデルによる舗装ひび割れ過程のモデル化, 土木学会論文集 F, Vol.63, No.3, pp.386-402, 2007
- 3) 国土交通省関東地方整備局：特殊車両通行許可制度について,
<http://www.ktr.mlit.go.jp/road/sinsei/index00000004.html>
(アクセス：2014年4月18日)
- 4) 衆議院：道路法等の一部を改正する法律案に対する
附帯決議
http://www.shugiin.go.jp/Internet/itdb_rchome.nsf/html/rc/home/Futai/kokudoAC1A27462AA8E84849257B6C000C0003.htm
(アクセス：2014年4月24日)
- 5) 首相官邸：電子政府ユーザビリティガイドライン
(2009年7月1日),
http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/guide/index_before090916.html
(アクセス：2014年4月18日)

VALIDITY VERIFICATION EXPERIMENT ON A ROUTE DISPLAY SYSTEM FOR HEAVEY VEHICLES

Takahiro TSUKIJI, Fumihiko KANAZAWA, Shoichi SUZUKI and Hidetaka SAJI

The aging of road infrastructure which was built intensively in high economic growth period is becoming a serious problem in Japan. Therefore, a method to guide heavy vehicles to appropriate routes is required to reduce the costs of maintenance and renewal of road infrastructure. In realizing the guidance for heavy vehicles, a simple method which uses the existing systems or general products is necessitated to mitigate the workloads of logistics companies. In this study, a prototype system to display the routes on which heavy vehicles should drive in general tablet devices was developed and an experiment to verify the validity of the system was conducted. As a result of the study, it has been found that even a simple system which only displays the permitted routes can support the driving of heavy vehicles.