

# ITS 技術を用いたトンネルの歩行者安全対策の提案と検証

岡村健志\*<sup>1</sup> 松本修一\*<sup>1</sup> 熊谷靖彦\*<sup>1</sup>  
高知工科大学\*<sup>1</sup>

四国の地方部における既存トンネルは歩道の整備も十分でないままに通学路や遍路観光の順路として歩行者が通行している。そのようななか、高知県井の岬トンネルにおいては歩行者の安全・安心な歩行空間の確保とドライバーへの歩行者の注意喚起を目的として簡便な ITS 技術を用いた安全対策を行った。本稿では地域の実情に沿った歩行者 ITS の実運用事例として、その対策の概要と効果を紹介するとともに今後の地方部における歩行者対策のための ITS の有効性について考察する。

## A Proposition and verification of Safety Measure for Pedestrian in a Tunnel by Using ITS Technology

Kenji Okamura\*<sup>1</sup> Shuichi Matsumoto\*<sup>1</sup> Yasuhiko Kumagai\*<sup>1</sup>  
Kochi University of Technology\*<sup>1</sup>

The tunnels in Shikoku area are used for school zone and route of pilgrimage tours, although they are not safe enough to walk. Inomisaki Tunnel in Kochi Prefecture has been taking safety measures which aim at keeping the pedestrian safety and alerting drivers by using ITS technology. This paper introduces outline and effect of the safety measure as real case example of pedestrian ITS which is based on regional actual condition. It also considers the future effectiveness of ITS for pedestrian safety measures at regional areas.

*Keywords: Regional ITS / Pedestrian ITS*

### 1.はじめに

#### 1-1.背景と目的

四国地方のトンネルは 1960 年代や 70 年代につくられたものが多いためにトンネル内は歩道幅員が狭い、あるいはマウントアップされていないような監査歩廊が歩道として利用されている。また、一方でそれらのトンネルは近隣学校の通学路や四国八十八カ所を巡礼する遍路の順路である遍路道などとして指定されているものも多くみられ、トンネル内を通行する歩行者や自転車利用者の安全性が懸念されている。

高知県黒潮町にある井の岬トンネルも同様な状況にあり、平成 15 年度より当該トンネル内の歩行者等の安全な通行空間を確保するため、地域住民や筆者らによる委員会を結成しその対策について検討を行った結果、IT 技術を活用してトンネル内における歩行者 ITS を実施した。

本稿では、地域の実情に沿った歩行者 ITS の実運用事例として、井の岬トンネルにおける歩行者等の安全対策の概要およびその効果検証の結果などを報告するとともに今後の地方部における歩行者 ITS の有効性について論ずる。

## 1-2.研究の位置づけ

トンネル内における安全対策は、山間部の多い我が国においては長年の課題である。このトンネル内での安全対策に関する既存の研究は「運用上の対策」、「ドライバーの安全対策」、「歩行者への安全対策」と大きく3つに分類される。まず運用上の安全対策としては、過去の事故事例を分析し、その結果をもとにトンネル内における交通運用方法、利用者への情報提供方法等について検討を行った岡田ら<sup>1)</sup>の研究や田沢らの研究<sup>2)</sup>、ROBATSCH K et al<sup>3)</sup>の研究などがある。またトンネル内での突発事象を交通管制員に連絡し交通流阻害要因の素早い除去を目的とした平野ら<sup>4)</sup>の研究がある。

次にドライバーに関する安全対策に関しては、トンネル内のサグ部などにおけるドライバーへの情報提供の可能性の検討を行った研究<sup>5),6)</sup>やドライビングシミュレータを用い高速道路トンネル部の走行環境評価などを行った研究<sup>7),8)</sup>などがある。

最後に歩行者への安全対策に関しては、トンネル内で通行中の自動車や歩行者等の存在を対向車等の運転手に知らせることにより交通事故の縮減や歩行者等の通行の安全確保を目的としたシステムを紹介した黒川<sup>9)</sup>の研究、LED表示パネルを設置し注意喚起を促すシステムの紹介を行った事例<sup>10)</sup>や、歩行空間と車道とを分離することを基本とし様々なIT技術を用いた実証実験を行った定金<sup>11)</sup>の研究などがある。

本研究は歩行者への安全対策に主眼を置いたものであり、上記の分類では「歩行者への安全対策」に分類される。また、これまでの黒川らの研究とは異なり、施策の検討段階から住民らとともに、実際に既存トンネルにおいて実現可能な対策を検討、開発、導入、評価した現場密着型の実践的な地域ITSに関する研究である。

## 2.対象地の概要

対象となった井の岬トンネルは高知県西南地域の幹線道路である国道56号に位置し、1968年竣工、延長315m、歩道(監査歩廊)幅員0.75mの2車線トンネルである。

既存資料<sup>12)</sup>によると、井の岬トンネルの日交通量は7392台、歩行者自転車の12時間交通量は5人と比較的少ないものの、通学路や遍路道として指定されており、安全性の高いと歩行環境が求められている。トンネル風景を写真-1に示す。



写真-1 未対策の井の岬トンネル

## 3.対策の概要

本来はトンネル内の歩道拡幅や物理的に歩車道を分離することなどが望ましかったが、費用的問題や建築限界などの構造的な問題などからそれらの対応をすぐに図るのは困難であるために、車両への注意喚起、歩車間隔の確保、歩行者の安心感確保を目的としてシステム(通称:トンネル歩行者ITS)を開発し、平成18年3月2日より運用が開始されている。

システムイメージを図-1に、システム導入後のトンネル風景を写真-2に示す。

システムは歩行者がトンネル内を通行している間に、トンネル手前に設置されたLED警告灯付情報板および歩道部を点滅させることで走行する車両に対して注意喚起を図るものである。

具体的には、歩行者がトンネル入り口に設置されている押しボタンを押してから、トンネルを退出する際に歩道に設置されたマット式センサを踏むまでの間、トンネル入り口に設置されているLED警告灯付情報板が点滅し、侵入してくる車両に対して注意喚起を図るとともに、トンネル内の歩道の縁に埋設された発光鋏の点滅、歩道上部に設置されたダイヤライトと呼ばれる点滅式注意喚起灯がそれぞれ点滅し、トンネル内を走行する車両に対して歩行者の存在を知らせ、注意喚起を図るものである。ダイヤライトはFELランプを使っており、既存のものに比べ、光量が多い、炎色性が高いなどの特性から発光時の注意力が高いというメリットが考えられる。

なお、歩行者や自転車が侵入時に押しボタンを押し忘れたことがあっても、歩道部に設置されているマット式センサ上を通行することで同様に侵入を知らせ、退出時はマット式センサを踏まなかった場合においてはタイマー式により消灯するものである。

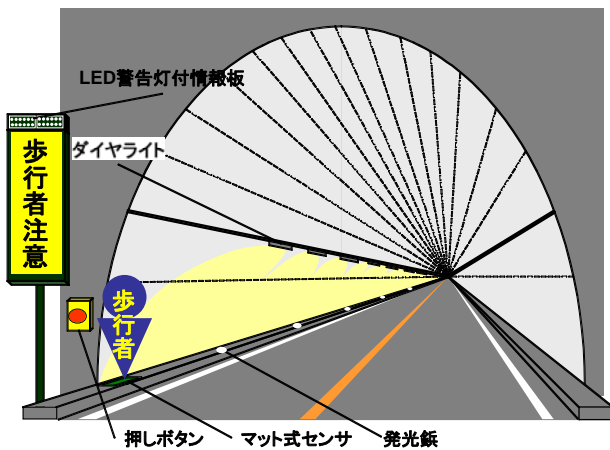


図-1 トンネル歩行者 ITS のシステムイメージ



写真-2 対策後の井の岬トンネル

#### 4.対策の効果

##### 4-1.ドライバーアンケート調査

###### 1) 調査概要

井の岬トンネルを日常的に利用すると考えられるドライバーに対して、対策によるドライバーへの効果を把握することを主な目的としてアンケート調査を行った。調査概要を表-1に示す。

表-1 ドライバーアンケートの調査概要

項目	内容
調査期間	平成18年4月24日から5月19日
調査方法	託送調査
調査対象	周辺集落、教育機関、運送事業者 配布数371通、回答者数121人 (回収率32.6%) 意識変化についてのみ有効回答は本対策を理解して通行した経験のある29人
調査内容	ドライバーの認知・理解度、意識変化、参考度、必要度、改善意見など

###### 2) 調査結果

図-2 にドライバーの注意力の変化について示す。29

人中 27 人がこれまで以上に歩行者に注意すると回答した。図-3 にドライバーのシステムに対する参考度について示す。対策によって 86.0%が参考になると回答した。図-4 に対策に対するドライバーの必要度について示す。90.1%が対策を必要と回答した。

これらより、対策の導入によってドライバーのトンネル内歩行者等に対する注意力が向上していることや、対策が走行時の参考となっているとともに今後もそれらを必要としていることがわかった。

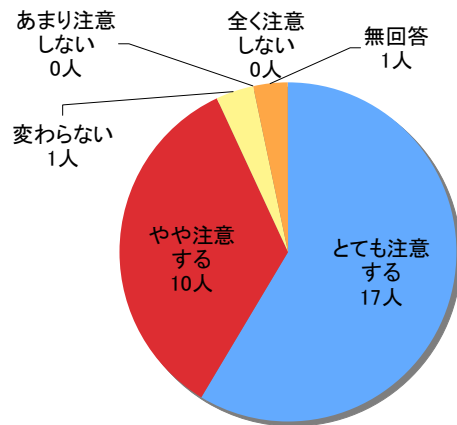


図-2 ドライバーの注意力の変化

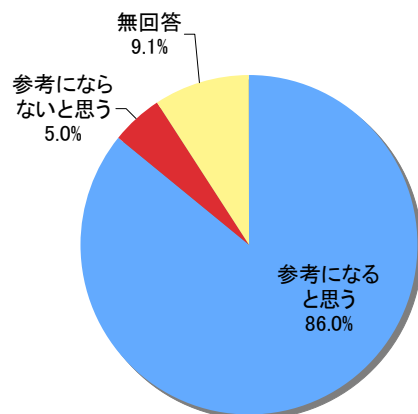


図-3 ドライバーからみた参考度

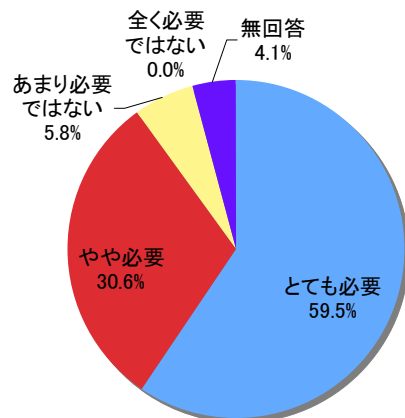


図-4 ドライバーからみた必要度

## 4-2.歩行者アンケート調査

### 1) 調査概要

井の岬トンネルの主な歩行者であると考えられる歩き遍路に対し、対策による歩行者への効果を把握することを主な目的としてアンケート調査を行った。調査概要を表-2 に示す。

表-2 歩行者アンケートの調査概要

項目	内容
調査期間	平成18年4月24から5月19日
調査方法	託送調査
調査対象	対象地周辺の遍路宿に宿泊する歩き遍路 配布数90通、回答者数41人(回収率45.6%)
調査内容	歩行者の認知・理解度、安心度、必要度、 改善意見など

### 2) 調査結果

図-5 に対策による歩行者の安心感の変化について示す。41人中31人が安心すると回答した。図-6 に対策に対する歩行者の必要度について示す。41人中35人が対策を必要と回答した。

これらより、対策の導入によって歩行者の安心感は向上しているとともに、対策は今後も必要とされていることがわかった。

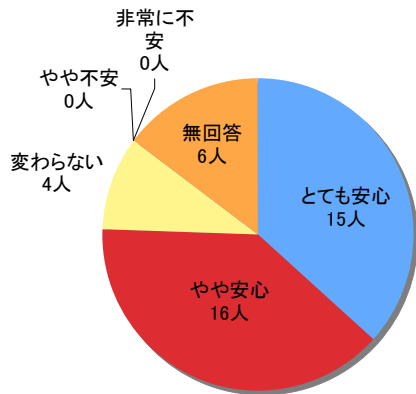


図-5 歩行者からみた安心感

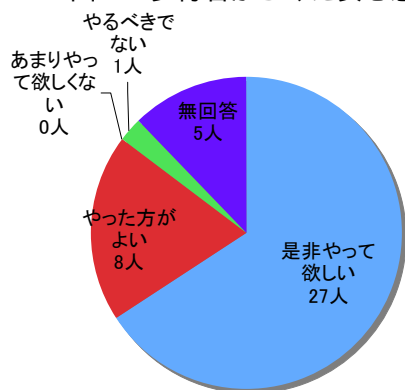


図-6 歩行者からみた必要度

## 4-3.歩車間隔観測調査

### 1) 調査概要

対策の有無によるトンネル内歩行者とそれを通過する車両との間隔を把握することを目的として観測調査を行った。調査概要を表-3 に示す。

表-3 歩車間隔観測調査の調査概要

項目	内容
調査期間	平成18年5月18日 対策なし：午前9時から午前12時 対策あり：午後2時から午後5時
調査方法	歩行者が通行している歩道縁と通過する車両との間隔を調査員の目視により観測。その際、対向車の有無には関係なく、歩行者横を通過する車両
調査対象	観測対象とした車両は、通過時の対向車の有無には関係なく歩行者横を通過するすべての車両で、サンプル数は以下のとおり 対策なし：279台 対策あり：314台

なお、歩行者と歩行者を通過する車両との間隔を把握するにあたっては、表-4、図-7 のように歩車間隔を7ゾーンに分類した。

表-4 歩車間隔計測に用いたゾーンの考え方

	歩車間隔	歩行者の体感と対向車への影響
A	30cm以下	接触寸前
B	30-60cm	接触の危険を感じる
C	60-90cm	大型車の場合は風圧を感じる、普通車はやや風圧を感じる
D	90-120cm	大型車はやや風圧を感じる、大型車は対向車線にはみ出し寸前
E	120-150cm	大型車は対向車線にはみ出し、普通車は対向車線はみ出し寸前
F	150-180cm	全ての車種で対向車線にはみ出し
G	180cm以上	全ての車種で対向車線にはみ出し、対向車危険



図-7 歩車間隔計測のイメージ

## 2) 調査結果

図-8 に対策の有無による歩車間隔の変化について示す。対策が行われている場合は、行われていない場合に比べ、通過車両による危険性や風圧を感じやすかった 120cm 未満のゾーンの割合が若干減少するとともに、120cm 以上のゾーンの割合が若干増加し、対策により歩車間を隔てる効果を確認できた。なお、対向車線へのはみ出しが懸念される 150cm 以上のゾーンの割合増加については、今後対向車の有無による車両挙動の分析を行うことで、その安全性について検証する必要がある。

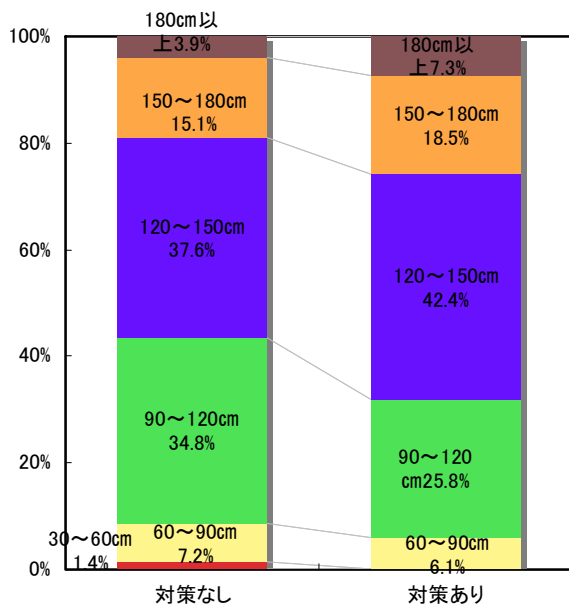


図-8 対策の有無による歩車間隔の変化

## 4-4. 注視行動調査

### 1) 調査概要

対策によるドライバーの歩行者への注視行動の基礎的な変化を把握することを主な目的としてモニタードライバーによるアイカメラ調査を行った。調査概要を表-5 に示す。なお、調査は対策実施前後で行い、それぞれトンネル内の歩行者への注視行動や車速の変化などを比較した。

表-5 注視行動調査の概要

項目	内容
調査期間	平成18年5月20日
調査方法	アイカメラ観測 NAK社製アイカメラEMR-8B
調査対象	モニタードライバー8人(有効サンプル数4人) 注視が80%把握されたモニターが対象
調査内容	歩行者への注視回数、時間、車速など

## 2) 調査結果

図-9 に対策実施前後の被験者のトンネル内歩行者および歩道への注視回数を示す。事前の頻度と比べ、事後の頻度が低下していることがわかる。これらの低下については安全運転に対する適正検証を行う必要がある。また、図-10 に被験者の注視行動と車速変化について示す。他の被験者も対策前後ともに車速が減速している。

今後はサンプル数の確保や注視タイミングと車両挙動との詳細な変化の把握などのより定量的な調査解析を行う予定である。

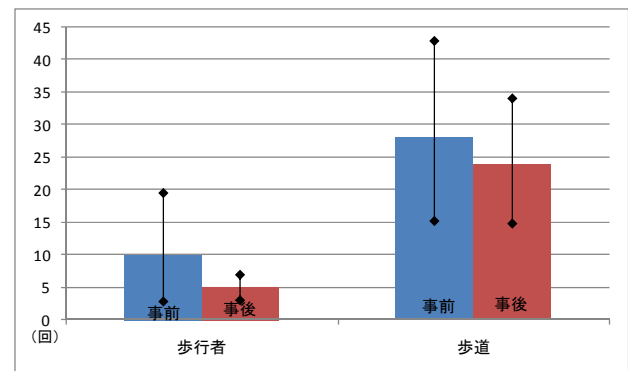


図-9 対策前後の注視回数の変化

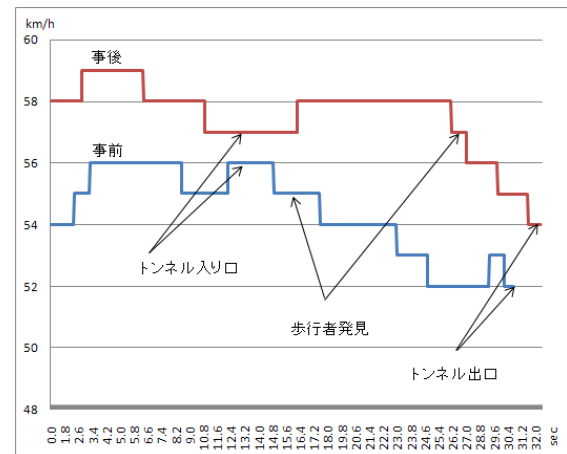


図-10 注視行動と車速変化 (被験者 A)

## 5. おわりに

本稿では、トンネル内で十分に歩道幅員が確保されていないにも関わらず、通学路や遍路道として指定、利用されている井の岬トンネルにおけるトンネル歩行者 ITS の提案とその導入による効果について報告した。

対策の効果については、当初の導入目的のように、ドライバーへの注意喚起、歩行者の安心感向上、歩車間隔の確保についてその効果を確認することがで



きた。

このようなことから本対策は旧道路構造令に基づき建設されたトンネルの抜本的な歩行者等の安全対策に比べ、迅速かつ低予算で実施することができる有効な手段として考えられる。

一方で、今後の改善点としては、このような対策の水平展開に向けて、マウントアップされていない歩道における歩行者検知方法の検討や、本対策における機器の導入、施工に係る費用の低廉化や導入を容易にするための機器や方式の検討が望まれる。

このように道路整備の遅れなどにより歩行者の安全性が懸念される地方部では、都市部とは異なるこのような歩行者 ITS がこれまでの抜本的な道路整備を実施困難な場合の代替手段として有効かつ実践的な手段であり、今後もこのような取り組みの拡大が望まれる。

#### 謝辞

本研究は中村河川国道事務所および鹿島学術振興財団からの研究助成を受けた成果の一部である。また、本研究を実施するにあたっては、ショーボンド建設株式会社および入交道路施設株式会社など多くの支援をいただいた。ここにあらためて感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1) 岡田知朗, 岡野孝司, 長谷川勉 : 「首都高中央環状新宿線トンネル防災安全に向けた交通運用方針」, 地下空間シンポジウム論文・報告集, Vol.12, Page.169-176, 2006 .
- 2) 田沢誠也, 岡野孝司 : 「災害に備える技術-いつでも安心して走行できる道路環境を目指して-首都高中央環状新宿線トンネル防災安全に向けた交通運用方針」, 交通工学, Vol.41, No.4, Page.38-44, 2006 .
- 3) ROBATSCH K, NUSSBAUMER C : “ Comparison of Traffic Safety in Tunnels with oncoming Traffic and One-Direction-Traffic in Austria ”, Str Autobahn, Vol.55, No.7, Page.383-387, 2004 .
- 4) 平野琢磨, 篠沢宗一郎 : 「トンネル内安全走行支援システムについて」, 建設電気技術技術集, Vol.2003, Page.133-137, 2003 .
- 5) 片山恭紀, 可児明生, 石黒祐司 : 「路車協調による安全運転支援-AHS によるサグ部円滑化走行支援の検討 - 」, 日立評論, Vol.88, No.8, Page.620-623, 2006 .

- 6) ALVAREZ Philippe : “ Le Controle automatise des interdistances ”, Rev Gen Routes No.854, Page.29-31, 2006 .
- 7) 蓮花一己, 小川和久, 飯田克弘, 石橋富和 : 「高速道路のトンネルの安全について」, 交通科学, Vol.34, No.1, Page.116-118, 2003 .
- 8) 平田輝満, 屋井鉄雄, 馬原崇史 : 「MOVIC-T4 を活用した都市内地下道路の走行安全性に関する基礎的研究」土木計画学研究・論文集, Vol.23, No.4, Page.797-804, 2006 .
- 9) 黒川泰嗣 : 「対向車検知・歩行者通行支援表示板について-狭小トンネルにおける道路利用者への安全措置-」, 建設電気技術技術集, Vol.2005, Page.226-231, 2005 .
- 10) 国土交通省 近畿地方整備局 紀南河川国道事務所 : 「ちょっと工夫した工事 第 29 回 歩道のないトンネルの安全対策 トンネル抗口に LED パネルを設置」, 土木技術, Vol.62, No.1, Page.100-101, 2007 .
- 11) 定金孝典 : 「既設トンネルにおける歩行者安全対策について-現地実証実験結果及び対策方針-」, 国土交通省国土技術研究会報告, Vol.2003, 自由課題, Page.17-20, 2003 .
- 12) 四国地方整備局道路管理課・四国技術事務所 編 : 既存トンネル内歩行者等の安全対策の手引き(案), 2004 .