

沖縄本島におけるレンタカー利用外国人 観光客の周遊行動と事故危険区間に関する分析

町田 宗瞭¹・神谷 大介²・上地 安諄³

¹学生会員 琉球大学大学院理工学研究科 (〒903-0213 沖縄県中頭郡西原町千原 1)

E-mail:k218534@eve.u-ryukyu.ac.jp

²正会員 琉球大学准教授 工学部 (〒903-0213 沖縄県中頭郡西原町千原1)

E-mail: d-kamiya@tec.u-ryukyu.ac.jp

³学生会員 琉球大学大学院理工学研究科 (〒903-0213 沖縄県中頭郡西原町千原 1)

E-mail:k218524@eve.u-ryukyu.ac.jp

沖縄県はレンタカー利用外国人の増加に伴い、レンタカー利用者による事故が急増し、社会問題となっている。これまでピンポイント事故対策等が行われてきたが、周遊行動と組み合わせた分析はなされていない。

以上の認識の下、本研究ではレンタカー利用外国人観光客の詳細な位置を把握できる ETC2.0 プローブデータを活用することで、路線区間内の急制動と事故の関係から事故危険区間を抽出した。さらに、走行履歴より周遊行動を明らかにすることで、トリップチェーンを考慮した事故危険区間の分析を行った。その結果、レンタカー利用外国人観光客の事故危険区間とその道路交通環境が明らかとなった。また、この区間は残波岬からアメリカンビレッジやアメリカンビレッジから恩納村リゾートエリアへの周遊で多く利用されていることが確認できた。

Key Words: ETC2.0 probe data, sightseeing activities, accident danger section

1. はじめに

我が国では、観光が地方創生の切り札であると認識の下、「明日の日本を支える観光ビジョン」^{注1)}等の施策を講じてきた。こうした中、訪日外国人観光客数は2018年に初めて 3,000 万人を突破し、それに伴いレンタカーを利用する訪日外国人も急激に増加(2012年度:26万人→2017年度:140万人)している^{注2)}。その結果、レンタカー利用者による事故も増加し社会問題となっており、効果的な事故防止策が必要とされている。

特に、本研究の対象地域である沖縄県は、那覇空港における外国人観光客のレンタカー利用割合が 36.7%と全国で最も高い値となっている^{注2)}。さらに、レンタカー利用者による事故件数も3年間で約3倍(2014年度:2,901件→2016年度:9,648件)と深刻な状況である^{注3)}。今後、訪問者数の増加や観光消費増のための観光振興施策、渋滞や事故抑制のためのマネジメント施設を適切に講じるためには、レンタカー利用外国人観光客の周遊行動の中でどこが事故危険区間になっているのか明らかにする必要がある。

近年、交通分野において通信技術の発展に伴いETC2.0 プローブデータは、交通事故対策において活用が推進されているところである^{注3)}。交通事故対策に活用されてきた死傷事故率等は、効果計測に時間を要することや事故が発生した箇所を対象として、次の事故を予防する視点での対策になっていることが課題とされてきた。その点、ETC2.0プロブデータは車両の挙動履歴を活用することで、今後発生する可能性がある事故を防ぐことが期待できる。

以上の認識の下、本研究では ETC2.0 プローブデータを用いて、路線内の急制動と事故の関係より事故危険区間を抽出する。さらに、走行履歴より立ち寄り地を抽出し周遊行動を把握することで、トリップチェーンを考慮した事故危険区間を明らかにすることを目的とする。

具体的に、2.では既往研究を整理し、本研究の位置づけを示し、3.ではETC2.0プロブデータ調査手法と分析方法を示す。4.では急制動と事故の関係から、潜在的な事故危険区間を明らかにする。5.では、立ち寄り地を抽出し事故危険区間と組み合わせることで、トリップチェーンを考慮した事故危険区間の分析を行う。

2. 既往研究と本研究の位置づけ

ETC2.0プローブデータをはじめとするプローブカーを用いた危険区間や周遊行動の分析および研究はこれまでもいくつか行われている。

菊池ら¹⁾は、交通安全対策事業の即効性のある効果計測が可能な指標として、ヒヤリハット関連指標を提案し、急減速挙動の変化による効果施策が発現していることを明らかにしている。さらに、加速度に対する体感は個人差があるため、明確に定義づけるのは難しいとしているものの、 $-0.3G$ 以上は人が不快に感じる事例があることから閾値を $-0.3G$ とするのは妥当としている。山中ら²⁾は前後加速度 $-0.25G$ 以下として訪日外国人ドライバーの潜在的危険箇所を抽出し、危険箇所の道路交通環境を明らかにしている。沖縄総合事務局では、ETC2.0プローブデータを用いて、外国人観光客の急制動が多い交差点を抽出し、交差点ごとに急制動の起こる要因と対策を明らかにしている。岸ら³⁾は、ETC2.0プローブデータを観光流動分析に用いることが可能かETC2.0プローブデータとGPSロガーデータとの比較を行った。その結果、ETC2.0プローブデータでレンタカーの訪問地や走行経路をほぼ特定できることを明らかにしている。その一方で、エンジンを止めずに停車した行動は把握できない点やITSスポットや路側機を通過しなかった車両は、走行経路が特定できないことを課題として挙げている。

これまでの研究では、危険区間の抽出やそれに対する対策事業は行われてきたが、周遊行動と組み合わせた研究はなされていない。周遊行動と組みわせることで、立ち寄り先で危険箇所を事前に周知することが可能になり、これまでよりも効果的な事故防止策が期待できる。以上の認識の下本研究では、ETC2.0プローブデータを用いることでトリップチェーンを考慮した事故危険区間の分析を行った。急制動の閾値については、山中ら²⁾およびETC2.0プローブデータの記録する基準が $-0.25G$ 以下であることから、 $-0.25G$ 以下を急制動とした。

3. 調査手法と分析方法

(1) ETC2.0プローブデータ

ETC2.0プローブデータとは、ETC2.0車載器及びETC2.0対応カーナビに記録された情報（走行履歴、挙動履歴）で道路管理者が管理するITSスポットと無線通信を行うことにより、ETC2.0車載器及びETC2.0対応カーナビから収集される情報^{注4)}である。本研究では、2017年8月30日～2020年1月30日に貸し出された日本、台湾、香港、韓国のデータを用いる。国籍別のデータ数は表-1に示す通りである。

表-1 国籍別データ数

国籍	グループ数	日・台数
日本	260	877
台湾	515	2,331
香港	206	1,037
韓国	375	1,531

(2) 事故危険区間に関する分析方法

産業災害分野で一般的に知られるハインリッヒの法則では、1件の大きな重大事故の背景には、29の軽微な事故が存在し、さらにその背景に300件のヒヤリハットが存在しているという経験則と、ヒヤリハットを防げば事故を無くせるという教訓が示されている^{注5)}。これを、交通事故に引用すると、ヒヤリハットを防げば軽微な事故や重大な事故を防ぐことができると考える。

以上より本研究では、ETC2.0プローブデータの挙動履歴より路線区間別に急制動を分析することで事故危険区間を明らかにする。さらに、沖縄県の路線区間別事故件数と比較することで、事故が少ないにも関わらず急制動の多い潜在的な事故危険区間を国籍分類別（レンタカー共通：全国籍，外国共通：台湾，香港，韓国，右側通行国共通：台湾，韓国）に特定する。また、路線区間を道路交通環境により類型化することで、事故危険区間となっている要因を明らかにする。なお、路線区間（287区間）は、平成27年度全国道路・街路交通情勢調査一般交通量調査データ^{注6)}を用いる。事故件数は、平成27年度版沖縄県警察交通白書の路線区間別事故件数^{注7)}を用いる。

(3) トリップチェーンを考慮した事故危険区間の分析方法

周遊行動を踏まえた分析をするにあたり、走行履歴より観光目的の立ち寄り地の抽出が必要となる。田中ら⁴⁾は、沖縄県の景勝地で実測値調査を行った際、駐車時間15分以上が90%以上を占めていたことから、立ち寄り時間を15分と設定し分析を行っている。

本研究では、対象地域が田中ら⁴⁾と同様であることから立ち寄り判定を15分以上と設定する。加えて、ETC2.0プローブデータは80km以上走行するとプローブ情報が上書きされるといった特性を持っていることを踏まえ、前後距離に閾値を設ける。一つ前に取得した車両位置との2点間の距離の内400mまでが全データの約90%を占めているため距離差が400m未満という設定を行った。分析方法として、立ち寄り判定より得られた立ち寄り地と事故危険区間を比較することで、事故危険区間を通過する立ち寄り地Origin-Destination（以下、OD）を明らかにする。

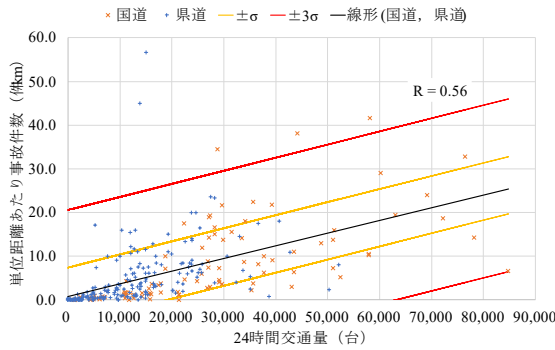


図-1 事故件数と交通量の関係

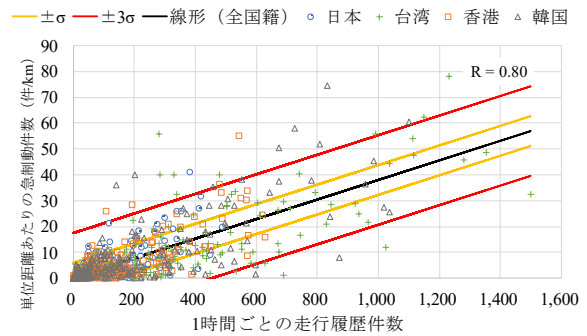


図-2 急制動と交通量の関係

4. 事故危険区間に関する分析

(1) 急制動と事故の関係

急制動や事故は交通量の影響を受けると考えられる。そこで、路線区間別の事故件数と交通量の関係を図-1、急制動と交通量の関係を図-2に示す。図-1の交通量は、平成 27 年度全国道路・街路交通情勢調査一般交通量調査データ^{注9)}の 24 時間交通量を用いる。また、区間延長による影響を考慮し、単位距離あたりの事故件数を算出する。図-2の交通量は、200m ごとに一点取得される ETC2.0 プロブデータの走行履歴を用いる。路線区間における各グループの 1 時間ごとの履歴を 1 件とする。急制動については、路線区間における単位距離あたりの急制動件数を集計する。これらを見ると、事故件数と交通量の相関係数は 0.56、急制動と交通量は 0.80 となっていることから、事故や急制動は交通量に影響することが確認できた。

急制動と交通量の関係において、図-2の回帰直線から +σ を上回っている区間は、交通量に対して多く急制動が起こっている危険区間である。それらを国籍分類別に整理すると、レンタカー共通 10 区間、外国共通 4 区間、右側通行国共通 3 区間、その他 22 区間が抽出された。それらの位置を図-3に示す。ここで、事故があまり発生していないにもかかわらず、急制動が多発している区間は、今後レンタカー利用者にとって事故を起こす可能性の高い潜在的な事故危険区間と考えられる。そこで、図-1において、回帰直線から ±σ 内を「平均」、+σ を上回っている区間を「多い」、-σ を下回っている区間を「少ない」として、急制動と交通量の関係から抽出した危険区間を整理すると表-2の通りである。これより、事故は平均以下であるが急制動が多い区間が数多く存在していることがわかる。また、国籍別で見ると、外国人は日本人よりも事故危険区間が多くなっている。

(2) 道路交通環境の類型化による事故危険区間の分析

事故危険区間となっている要因を明らかにするためには、路線区間ごとの道路交通環境を分析する必要がある。



図-3 危険区間

表-2 急制動と事故の関係

		右側通行国		左側通行国	
		台湾	韓国	香港	日本
		多	多	多	多
事故	多	7	5	6	6
	平均	13	17	12	12
	少	3	6	5	2
計		23	28	23	20

表-3 クラスタ分析に用いる変数

		変数	
道路環境		区間延長	
		道路幅員	
		車道幅員	
		車線数	
		歩道幅員	
		信号交差点数	
		信号無し交差点数	
		法定速度	
		右折専用車線の有無	
		代表的地位状況	1
		2	DID (商業地域を除く)
		3	その他市街地
		4	平地部
		5	山地部
交通環境		中央分離帯の有無	
		24時間交通量	小型車
		24時間交通量	大型車
		昼夜率	
		昼間 12 時間ピーク比率	
		混雑度	
	平均旅行速度		

そこで、山中²⁾らによる道路環境および交通環境における路線区間の類型化を用いる。これは、路線区間ごとの道路センサデータを表-3に示す道路環境と交通環境の二つにわけて Ward 法によるクラスター分析で類型化したものである。これにより、表-4に示すように道路環境、交通環境データはそれぞれ4つの類型に分類された。これを、全路線区間に適用し、表-2の事故危険区間を整理すると表-5の通りとなる。なお、事故が少なく急制動が多い区間を「特に危険な事故危険区間」、事故は平均だが急制動が多い区間を「事故危険区間」とする。特に危険な事故危険区間及び事故危険区間の区間番号と類型、位置は図-4に示す通りである。これより、ID 類型、IIA 類型、IID 類型の道路交通環境で急制動が発生しやすいことが明らかとなった。No.225のID 類型は、「交差点が多いDIDに位置する4車線道路かつ大型車が比較的多く旅行速度も高い道路」である。No.15,82のIIA 類型は、「DIDに位置し、右折帯・中央分離帯がある幅員の大きな信号無し交差点の少ない道路かつ交通量が少なく旅行速度が非常に高い道路」である。No.14,135のIID 類型は、「DIDに位置し、右折帯・中央分離帯がある幅員の大きな信号無し交差点の少ない道路かつ大型車が比較的多く旅行速度も高い道路」である。

特に危険な事故危険区間のNo.14 (IID 類型)の道路環境を見ると、図-5に示すように、合流部を含む交差点付近で急制動が多く発生している。

5. トリップチェーンを考慮した事故危険区間

本章では、4.(2)で明らかにした特に危険な事故危険区間(No.14)に関して、区間内を通過したレンタカー利用外国人観光客の立ち寄り地を明らかにする。これより、特に危険な事故危険区間を通過する前後に立ち寄っている場所を把握することが可能となる。

No.14を通過したグループとその走行履歴件数は表-6に示す通りである。なお、走行履歴件数は各グループの1時間ごとの履歴を1件として集計している。ここで、区間内の走行履歴の前後の立ち寄り地を求めるため、通過したグループの全走行履歴に3.(3)で設定した立ち寄り判定を行う。この結果、1,131の走行履歴に対して、1,103の立ち寄り地ODが抽出された。これを、500mメッシュ

表-6 No.14データ数

国籍	グループ数	走行履歴件数
台湾	267	451
香港	117	267
韓国	213	413
計	597	1,131

表-4 類型ごとによる特徴

道路環境	I	ほとんどがDIDに位置する4車線道路で、交差点が特に多い
	II	ほとんどが DID に位置し、幅員が大きく、右折帯・中央分離帯があり、信号無し交差点が少ない
	III	DID外に位置し、区間延長が長く、右折帯がある
	IV	幅員が小さく、信号交差点が少なく、法定速度が低い
交通環境	A	交通量が少なく、旅行速度が非常に高い
	B	交通量が多く、旅行速度が低く、渋滞も多い
	C	旅行速度が非常に低い
	D	大型車が比較的多く、旅行速度も高い

表-5 事故危険区間と道路交通環境の関係

		交通環境			
		A	B	C	D
道路環境	I	0/0/2	0/0/13	0/0/10	0/1/7
	II	0/2/10	0/0/21	0/0/9	1/1/12
	III	0/0/22	0/0/4	0/0/0	0/0/12
	IV	0/0/51	0/0/12	0/0/50	0/0/42
特に危険な事故危険区間/事故危険区間/その他					



図-4 国籍分類別事故危険区間



図-5 No.14

集計し、上位3のODを図-6に示す。この上位3のODは全ODの約4%を占めている。これらのメッシュ内を見ると、1位ODは景勝地である残波岬を含むメッシュからアメリカンビレッジを含むメッシュへのODであった。2位ODと3位ODは、アメリカンビレッジを含むメッシュから恩納村のホテルやビーチが点在するリゾートエリアを含むメッシュへのODであった。これから、No.14において残波岬や北谷町で事故危険区間の周知を行いドライバーが事前に認知することで、これまでよりも事故削減が期待できる。

6. おわりに

本研究では、ETC2.0 プローブデータを用いて、レンタカー利用者の事故危険区間を急制動と事故の関係から明らかにした。さらに、事故危険区間を通過する前後の立ち寄り地を抽出することで、トリップチェーンを考慮した事故危険区間を示した。この結果は、既存のカーナビによる事故多発案内に加え、立ち寄り地での使用言語別での注意喚起などへの利用が有効だと考えられる。

今後の課題として、実際にレンタカーを利用した方へのヒアリング調査を行うことで分析結果との整合を確認する必要がある。

謝辞：本研究は、国土交通省による道路政策の質の向上に資する技術研究開発「ETC2.0 データの活用と評価を通じた次世代 ETC の基本設計提案」の助成を受けて実施された。

NOTES

- 注1) 明日の日本を支える観光ビジョン構想会議：明日の日本を支える観光ビジョン，2016。
- 注2) 国土交通省観光庁：訪日外国人旅行者のレンタカー利用促進に向けた検討会 第1回検討会資料，2019
- 注3) 国土交通省道路局：第7回地域道路経済戦略研究会資料，2017。
- 注4) 国土交通省道路局：車載器の ID 付きプローブ情報の利用及び取り扱い方針，2015。
- 注5) Heinrich, H. W.: *Industrial Accident Prevention – A Scientific Approach*, McGraw-Hill, 1941.
- 注6) 国土交通省道路局：平成 27 年度 全国道路・街路交通情勢調査 一般交通量調査，2017。
- 注7) 沖縄県警察本部交通部：平成 27 年版交通白書，pp.33-46, 2016。

REFERENCES

- 1) 菊池春海，岡田朝男，水野裕彰，絹田裕一，中村俊之，

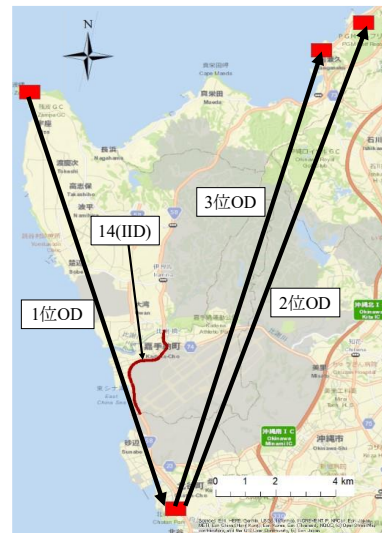


図-6 事故危険区間を通る立ち寄り地 OD 上位 3

荻原剛，牧村和彦：道路交通安全対策事業における急減速挙動データの活用可能性に関する研究，土木学会論文集 D3 (土木計画学)，Vol.68, No.5, pp.I_1193-I_1204.2012.

[Harumi, K. Asao, O. Hiroaki, M. Yuichi, K. Toshiyuki, N. Go, H. and Kazuhiko, M.: STUDY ON THE USABILITY OF HIYARI-HAT DATA TO ROAD-SAFETY PROJECTS, *Transaction of the Japan Society of Civil Engineers*, D3, Vol.68, No.5, pp.I_1193-I_1204.2012.]

- 2) 山中亮，神谷 大介，比嘉健人，和田賢哉，具志堅清一，澤部純浩：訪日外国人ドライバーの急制動箇所と道路交通環境の関係，*交通工学論文集(交通工学研究会)*，6(4)，pp.A_79-A_84, 2020. [Ryo, Y. Daisuke, K. Kento, H. Kenya, W. Seiichi, G. and Sumihiro, S.: Analysis of Relationship between the steep braking point and the road traffic environment for reducing traffic accidents by foreign driver, *Japan Society of Traffic Engineers*, 6(4), pp.A_79-A_84, 2020.]
- 3) 岸邦宏，飯野靖文，水野一男，宮川香奈恵：レンタカー観光行動分析に関する ETC2.0 プローブデータ活用の可能性と課題，土木学会論文集 D3, Vol.73, No.5, pp.I_609-I_619, 2017. [Kunihiro, K. Yasufumi, I. Kazuo, M. and Kanae, M.: FORESIGHT AND ISSUE ABOUT APPLYING ETC 2.0 PROBE DATA FOR ANALYSIS OF RENT-A-CAR TOURISM ACTIVITY, *Transaction of the Japan Society of Civil Engineers*, D3, Vol.73, No.5, pp.I_609-I_619, 2017.]
- 4) 田中謙大，神谷大介，福田大輔，五百蔵夏穂，柳沼秀樹，菅芳樹，山中亮：Wi-Fi パケットセンサーを用いた沖縄本島における観光周遊行動の実態把握，*知能と情報*，Vol.31, No.6, pp. 876-886, 2019. [Tanaka, K. Kamiya, D. Fukuda, D. Ithoroi, N. Yaginuma, H. Suga, Y. and Yamanaka, R.: Analysis of the Tourists' Travel Behavior Using Wi-Fi Packet Sensor: A Case Study in Okinawa Main Island, *Journal of Japan Society for Fuzzy Theory and Intelligent Informatics*, Vol.31, No.6, pp.876-886, 2019.]

(Received ?)

(Accepted ?)

ANALYSIS OF TOURIST CIRCUMAMBULATION BEHAVIOR AND ACCIDENT HAZARD ZONE OF FOREIGN TOURISTS USING RENTAL CARS IN OKINAWA'S MAIN ISLAND

Toshiaki Machida, Daisuke KAMIYA, and Atsushi UECHI

Accidents involving rental cars in Okinawa Prefecture have increased rapidly as the number of foreigners using rental cars increases, and this has become a social problem. Although pinpoint accident countermeasures have been taken, there has been no analysis of the combined effects of these countermeasures and the tourist's touring behavior.

Based on the above recognition, this study utilizes ETC2.0 probe data, which enables detailed location information on foreign tourists using rental cars, to identify accident-risk zones based on the relationship between sudden braking and accidents within a route segment. Furthermore, we analyzed the accident-risk zones in consideration of the trip-chain by clarifying the touring behavior of tourists based on their driving histories. As a result, the accident-risk zones of foreign tourists using rental cars and their road traffic environment were identified. It was also confirmed that this section is often used for excursions from Cape Samba to American Village and from American Village to Onna Village resort area.