

占有空間を用いた自転車・歩行者混在交通の錯綜現象分析*

*An Analysis of the Traffic Conflict Phenomenon of Mixed Traffic of Bicycles and Pedestrians Using Occupation Space Indices**

小川 圭一**

By Keiichi OGAWA**

1. はじめに

近年では、都市交通手段として環境負荷の小さい自転車を活用しようという動きが大きくなっている。しかしながら、現状では多くの道路において十分な自転車走行空間が整備されておらず、自転車は歩道上や車道端部など、他の交通主体のための道路空間の一部を利用して走行している。多くの道路では自転車の歩道上の通行が許可されているが、自転車交通量が多い道路において、歩道上における自転車・歩行者混在交通は自転車・歩行者の両者にとって危険な状況を生じさせている。

このような問題を抜本的に解決するためには自転車専用の走行空間を整備することが必要であるが、現実的にすべての道路に自転車専用の走行空間を整備することは困難である。このため、自転車交通、自転車・歩行者混在交通における危険性を定量的に明らかにし、自転車・歩行者の交通需要と利用可能な道路空間の大きさに応じた適切な自転車走行空間の整備方法を検討する必要がある。このためには、自転車交通、自転車・歩行者混在交通における危険性を、交通現象にもとづき定量的に評価できる指標を作成する必要があると考えられる。

自転車交通を対象とした錯綜現象分析としては、既存研究においても自転車の歩行者の回避挙動を錯綜現象と位置付け、ビデオ撮影などにより、自転車・歩行者の回避挙動と道路条件、交通条件との関係进行分析の研究がなされてきている^{1,2)}。また錯綜現象に関する指標としては、自転車・歩行者のすれ違い時におけるニアミス状態の生起確率や、錯綜現象の結果として起こる走行速度の低下にもとづくサービスレベルの評価などが提案されている^{3,4)}。また、TTC（衝突までの時間）を用いた錯綜現象分析や、TTCを用いた錯綜指標と自転車・歩行者の占有空間を用いた錯綜指標との比較などもおこなわ

れている⁵⁻⁷⁾。しかしながら、これらの錯綜現象の判断方法においては明確な指針がなく、測定誤差が生じやすいこと、評価の基準値などが未整備であることなどが課題点として指摘されている¹⁾。

本研究では、既存研究⁵⁻⁷⁾の成果を踏まえ、自転車・歩行者の占有空間を用いた錯綜指標について、道路条件、交通条件の異なる自転車交通、自転車・歩行者混在交通に対して適用をおこなう。また、既存研究⁵⁻⁷⁾においては占有空間のすべての範囲について同一の危険度で錯綜現象を捉えていたため、占有空間の中でどの範囲に他の自転車・歩行者が侵入することがより危険であるのかが明確ではなかった。そこで本研究では、意識調査を用いて占有空間のどの範囲における錯綜現象がより危険であるのかを明らかにすることを目的とする。

2. 占有空間を用いた交通錯綜指標

自転車交通、自転車・歩行者交通は自動車交通とは異なり、定められた車線や進行方向にもとづいて走行・歩行しているわけではないため、比較的無秩序な交通状況が発生しやすい。そこで本研究では、既存研究^{8,9)}において自転車・歩行者が安全、快適に走行・歩行するために確保しようとする空間的範囲として提案されている占有空間を用いて、錯綜現象を分析することとした。

塚口ら^{8,9)}は、住区内街路における適切な街路空間配分を検討するために、自動車・自転車・歩行者などの交通主体ごとの空間的占有状況を表現するものとして、オキュパンシー指標を提案している。このとき、自転車の占有空間の面積（安全通行面積）は、図-1に示すように、安全な車頭間隔 7.5m（自転車の平均速度を 12km/h とする）と通行幅 1.7m を乗じて 12.8m²とされている。また同様に、歩行者の占有空間の面積（安全通行面積）は 5.0m²とされている。

自転車にとって、自車両の占有空間の中に他の自転車・歩行者が侵入した場合には、危険感や不快感をもちたり、占有空間を確保するために何らかの回避行動（ハンドル操作や減速・停止など）をおこなったりすると考えられる。このため、本研究ではこの空間的範囲に他の

* キーワード：交通流，交通安全，自転車交通行動，歩行者・自転車交通計画

** 正会員，博（工学），
立命館大学理工学部都市システム工学科 准教授
〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1
TEL: 077-561-5033, FAX: 077-561-2667
E-mail: kogawa@se.ritsumei.ac.jp

自転車・歩行者が侵入した場合を錯綜現象とみなすこととする。これにより、ある空間内、時間内における錯綜現象の発生件数を計測することにより、その空間内、時間内の自転車交通、自転車・歩行者混在交通に対する危険性を定量的に示すことができると考えられる。

3. 交通錯綜現象の調査

自転車交通量の多い道路を対象に分析をおこなうため、滋賀県草津市内の市道を調査地点とし、歩道上および自転車道上の自転車交通を歩道橋上からビデオカメラにより撮影した。調査地点は JR 琵琶湖線（東海道本線）南草津駅と立命館大学びわこ・くさつキャンパスとを結ぶ主要経路の途中にあり、大学の始業・終業時間帯を中心に多数の通学の自転車が走行する地点である。

調査地点付近においては、2004年9月から2005年3月に掛けて自転車道・歩行者道の整備がおこなわれ、自転車・歩行者交通の分離がおこなわれている。本研究では、自転車道・歩行者道の整備前（2004年1月）および整備後（2005年10月）の各々に調査をおこない、道路条件の異なる自転車交通、自転車・歩行者交通における錯綜現象を把握することにした。

整備前（2004年1月）の歩道の幅員は約3.5mであり、自転車の歩道上の通行が許可されていた。このため、自転車の多くは歩道上を通行していた。また、調査地点付近にはバス停や沿道企業の出入口があり、路線バス到着時にはバス停から沿道企業へ向かう通勤の歩行者も多く通行しているため、歩道上における自転車相互、および自転車・歩行者の錯綜現象が数多く発生していた。一方、整備後（2005年10月）には幅員約3.5mの自転車道が設置され、歩行者道との分離がなされている（片側のみ）。区間内には自転車道・歩行者道を示す標識が設置され、自転車・歩行者交通の分離がなされるようになった。自転車道・歩行者道の整備前、整備後の調査地点付近の道路状況を、図-2、図-3に示す。

整備前の調査は2004年1月6日～1月9日の4日間、整備後の調査は2005年10月3日～10月7日の5日間にわたっておこなった。

整備前の調査では、学生の通学のピーク時間帯である8:30～9:00の歩道上の自転車交通を、調査地点付近の歩道橋上からビデオカメラにより撮影した。また整備後の調査では、同じく8:30～9:00の自転車道上の自転車交通と、学生の帰宅のピーク時間帯である17:10～17:40の自転車道上の自転車交通を、調査地点付近の歩道橋上からビデオカメラにより撮影した。なお、調査地点付近は南草津駅から立命館大学へ向かう方向に緩い上り勾配となっている。このため、夕方時間帯の方が、朝の時間帯に比較して自転車の走行速度が大きくなっている。

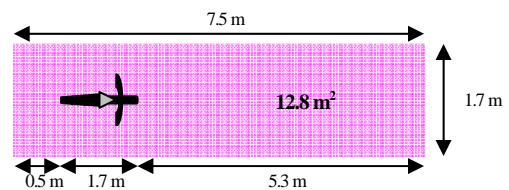


図-1 自転車の占有空間（安全通行面積）



図-2 調査地点の道路状況（整備前）



図-3 調査地点の道路状況（整備後）

4. 交通錯綜現象の分析

(1) 整備前の交通錯綜現象

はじめに、整備前の歩道上における自転車交通の錯綜現象の分析をおこなう。対象とする自転車交通は、2004年1月6日、1月7日の2日間である。

ここでは、自転車が道路上のある断面を通過した時点におけるその自転車の占有空間を設定し、その空間的範囲に他の自転車・歩行者が存在した場合に錯綜現象とみなすことにした。このため、観測されたビデオ映像を5秒間ごとに区分し、5秒間ごとの錯綜現象の発生件数を計測することとした。なお、交通密度の算定においては、自転車・歩行者の占有空間の面積が異なる（自転車：12.8m²、歩行者：5.0m²）ことから、歩行者の交通密度を自転車の交通密度に換算（換算係数：0.39 = 5.0/12.8）し、自転車・歩行者をあわせて自転車換算交通密度として用いることとした。

図-4に、5秒間ごとの自転車換算交通密度と、錯綜現

象の発生件数との関係を示す。これをみると、交通密度が大きい場合には錯綜現象の発生件数も大きくなっており、交通密度と錯綜現象の発生件数との間には正の相関関係が認められることがわかる。すなわち、占有空間を用いた錯綜指標によって求められる錯綜現象の発生件数に対して、交通密度が大きな要因となることがいえる。これより、錯綜現象の発生件数を減少させるためには何らかの方法によって交通密度を減少させることが有効であるものと考えられる。

(2) 整備後の交通錯綜現象

つぎに、整備後の自転車道における自転車交通の錯綜現象の分析をおこない、整備前後の比較、および朝夕の走行速度の違いによる比較をおこなう。対象とする自転車交通は、2005年10月3日、10月6日の2日間である。

図-5、図-6に、朝夕の各々の時間帯について、5秒間ごとの自転車換算交通密度と、錯綜現象の発生件数との関係を示す。ここで、朝夕の時間帯の交通状況の違いとしては、前述のように調査地点付近の道路が南草津駅から立命館大学へ向かう方向に緩い上り勾配となっていることから、夕方の時間帯の自転車交通の方が下り勾配となり、走行速度が大きくなっていることが挙げられる。具体的な走行速度の違いをみると、朝の時間帯の自転車の平均速度は約15km/hであるのに対して、夕方の時間帯の自転車の平均速度は約25km/hであった。すなわち、朝夕の時間帯で自転車の平均速度に約10km/hの違いがあることになる。

ここで、自転車道の整備前後で同じ朝の時間帯を比較した図-4、図-5をみると、大きな差異はないが、整備後の方が同じ交通密度に対してもやや錯綜現象の発生件数が減少している様子がわかる。整備前の歩道、整備後の自転車道とも幅員は約3.5mであることから、この違いは自転車・歩行者交通を分離したことによるものと考えられる。すなわち、自転車・歩行者交通の分離をおこなうことにより、錯綜現象の発生件数を減少できる可能性があるものと考えられる。

一方、朝夕の時間帯の走行速度による違いを比較した図-5、図-6をみると、走行速度の大きい夕方の時間帯の方が同じ交通密度に対しても錯綜現象の発生件数が多くなっている様子がわかる。すなわち、同一の道路条件であっても走行速度が大きい方が錯綜現象の発生件数が多くなることがわかる。

5. 意識調査にもとづく危険度評価

つぎに、このような自転車の占有空間のうち、どの範囲で発生する錯綜現象がより危険であるのかを明確にするため、意識調査をおこなった。ここでは、占有空間お

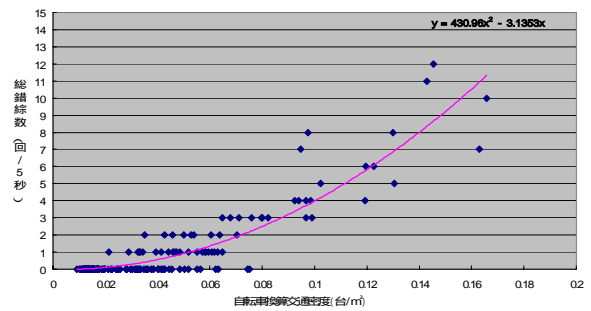


図-4 交通密度と錯綜現象との関係（整備前）

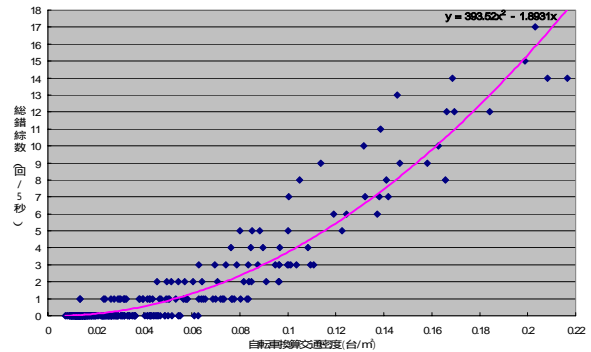


図-5 交通密度と錯綜現象との関係（整備後・朝）

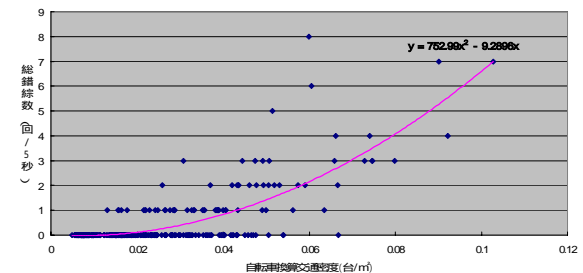


図-6 交通密度と錯綜現象との関係（整備後・夕）

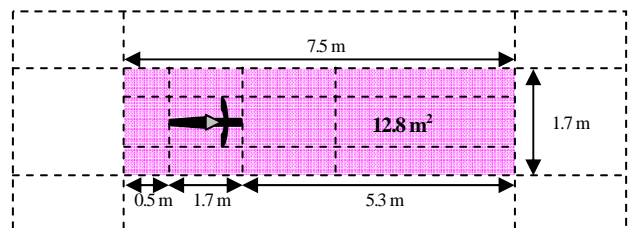


図-7 自転車の占有空間の分類

よびその周辺の空間を図-7のように12種類に分割し、それぞれの範囲に他の歩行者・自転車が存在する状況を分類して捉えることとした。

意識調査は、自転車交通および自転車・歩行者混在交通のビデオ映像を被験者に提示し、各々のビデオ映像について危険度を点数評価させるものである。これにより、占有空間およびその周辺の空間のうち、どの範囲で発生した錯綜現象に対して被験者がより危険と感じるか、相

対的な比較をおこなうことができる。具体的には、上述の調査地点において撮影したビデオ映像から錯綜現象が発生している箇所を抜き出したものを用い、2007年1月に立命館大学の学生30名を対象におこなった。

図-8に、各々の空間的範囲において発生した錯綜現象に対する、被験者の評価値の平均値を示す。なお、評価値は1~7の7段階であり、評価値が大きいほど危険と評価されたものである。

これをみると、占有空間の中でも対象車両に近い範囲で発生する錯綜現象がより危険であると評価されていることがわかる。図-7に示す分類では、占有空間のうち、
、
、
の範囲での錯綜現象の評価値が4.2~4.3と最も大きく、ついで、
、
、
の範囲での錯綜現象の評価値が3.6~4.0と大きくなっている。すなわち、占有空間およびその周辺の空間での錯綜現象の危険度は同一ではなく、錯綜現象が発生する空間的範囲によって異なることがわかる。

これらの分析をより詳細におこなうことにより、道路条件、交通条件に応じた錯綜指標を提案するための適切な占有空間の範囲を定めることができると考えられる。

6. おわりに

本研究では、自転車・歩行者の占有空間を用いた錯綜指標について、自転車交通、自転車・歩行者混在交通に対して適用をおこなった。適用結果をみると、自転車道の整備前後の違い、自転車の走行速度の違いによる錯綜現象の発生件数の違いが表現されていることから、道路条件、交通条件の違いによる錯綜現象の発生件数の違いを表現できているものと考えられる。これにより、ある空間内、時間内における錯綜現象の発生件数を相互に比較できることから、道路条件や交通条件に対する自転車交通の危険性の評価が可能であると考えられる。

また、意識調査を用いて占有空間のどの範囲における錯綜現象がより危険であるのかについて検討をおこなった。その結果、占有空間の中でも対象車両に近い範囲で発生する錯綜現象がより危険であると評価されることがわかった。すなわち、占有空間およびその周辺の空間での錯綜現象の危険度は同一ではなく、錯綜現象が発生する空間的範囲によって異なることがわかった。

今後の課題としては、本研究では歩道上および自転車道上を同一方向に走行する自転車交通を対象に分析をおこなったが、両方向から対向して走行する自転車が存在する場合や、走行速度の異なる自転車が相互に混在している場合など、道路条件や交通条件の異なるさまざまな場合について分析をおこなう必要があると考えられる。また、本研究のような意識調査にもとづく危険度と、交通密度、交通量などの客観的交通指標との関係を明らか

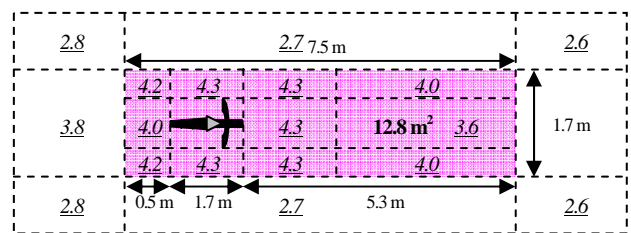


図-8 錯綜現象に対する危険度評価（平均値）

にする必要があると考えられる。

これらにより、錯綜現象の発生件数を減少させるために必要な自転車走行空間の大きさや、自転車・歩行者の分離の必要性など、道路条件や交通条件に応じた適切な自転車走行空間の整備方法の検討がおこなえるものと考えられる。

謝辞

本研究の遂行にあたっては、立命館大学大学院理工学研究科学生 押川智亮氏（現・三重県庁 勤務）、立命館大学工学部学生 大光弘哲氏（現・奈良県庁 勤務）の両名にご協力いただいた。ここに記して感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) 山中英生：自転車の走行環境評価について - 混在交通に着目して - , 交通工学, Vol.40, No.5, pp.20-26, 2005.
- 2) 松丸未和, 大蔵泉, 中村文彦, 平石浩之：自転車の歩道通行可運用区間における錯綜現象に関する研究, 土木学会第 56 回年次学術講演会講演概要集, CD-ROM, 第 部門, -159, 2001.
- 3) 山中英生, 田宮佳代子, 山川仁, 半田佳孝：自転車走行速度に着目した歩行者・自転車混合交通の評価基準, 土木計画学研究・論文集, Vol.18, No.3, pp.471-476, 2001.
- 4) 山中英生, 半田佳孝, 宮城祐貴：ニアミス指標による自転車歩行者混合交通の評価法とサービスレベルの提案, 土木学会論文集, No.730/ -59, pp.27-37, 2003.
- 5) 押川智亮, 小川圭一：自転車の錯綜現象に対する交通コンフリクト指標の適用可能性に関する検討, 土木計画学研究・講演集, Vol.29, CD-ROM, No.17, 2004.
- 6) 小川圭一, 押川智亮：自転車交通に対する交通錯綜指標の適用性に関する研究, 交通科学, Vol.36, No.2, pp.20-28, 2006.
- 7) 小川圭一, 押川智亮：占有空間を考慮した自転車交通の錯綜現象分析, 第 26 回交通工学研究発表会論文報告集, pp.225-228, 2006.
- 8) 塚口博司, 毛利正光：歩車のオキュパンスー指標の提案と住区内街路計画への適用, 土木学会論文集, No.383/ -7, pp.141-144, 1987.
- 9) 塚口博司, 黒田英之, 矢島敏明, 田中一史：歩車のオキュパンスー指標を用いた住区内街路の評価に関する研究, 土木計画学研究・論文集, Vol.7, pp.219-226, 1989.