

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*

Application of the objective index to the conflict phenomenon of bicycle*

押川智亮** 小川圭一***

By Tomoaki OSHIKAWA** · Keiichi OGAWA***

1. 研究の背景と目的

近年では、モータリゼーションの進展による大気汚染や地球温暖化が深刻化したことなどを受けて交通手段を、環境負荷の少ない自動車から自転車へ転換させようという動きが強まっている。しかし、従来の都市交通政策では自転車交通の位置づけが不十分であったため自転車利用環境の立ち遅れや自転車利用者のマナーの低下などの問題を抱えている。それに伴い、歩道上における自転車に関連した交通事故による死傷者は増え続け、歩行者の不安感を募らせる状況である。

このような問題を解決するためには欧州に習って自転車専用道路を設置することが望ましいが、現在の整備状況から考えて、全ての道路に新たに設置することは難しいと思われる。よって本研究では歩道上における自転車と自動車、または自転車と歩行者の衝突やニアミス、いわゆる「錯綜現象」に注目し、指標を用いて錯綜を定量化し、客観的に分析することを目的とする。

2. 交通錯綜指標

交通錯綜分析に関する研究は、自動車交通を対象とした研究で多く行われており、それに伴い錯綜現象を客観的かつ定量的に評価する指標も多く存在している。その中でも代表的な指標が TTC(Time to Collision)指標である。これは、例えばある車両が先行車に追従走行している時に、仮に現在の速度・進

*キーワード：自転車、錯綜、交通安全

**学生員、立命館大学大学院理工学研究科環境社会工学専攻
(滋賀県草津市野路東 1-1-1)

TEL 077-566-1111, FAX 077-561-2667)

正員、博(工学)、立命館大学理工学部都市システム工学科
(滋賀県草津市野路町 1-1-1)

TEL 077-566-1111 FAX 077-561-2667)

行方向を 2 台の車両が保った場合、追従車が先行車に追突するまでに要する時間により錯綜の程度を評価する指標である。最大値は (無限大) 最小値は 0 である。しかし、TTC 指標には以下の欠点があることが指摘されている¹⁾。

2 台の車両がきわめて接近し、側面衝突をするきわめて危険な状態になっても、2 台の車両の相対的角度がゼロ(2 台の車両は平行に走行)かきわめて小さい場合には TTC 指標は算出されないかきわめて大きな値(安全な値)で算出される。

の理由によって、TTC 指標が前兆もなく突然小さな値で算出される場合がある。

一方、自転車の錯綜分析に関する研究において用いられる分析方法は主に利用者の危険感知や回避行動などによる判断、つまり利用者にとっての主観的判断による方法が取られている²⁾。しかし自転車が多く通行する歩道空間では自動車のように決められた通行スペースや明確な回避方向が定められていないため、より複雑な錯綜現象が起こっているように思われる。よって自転車と歩行者の錯綜現象解析にこそより客観的にその危険度を表すことが必要であると考えられる。そこで本研究では客観的指標の代表である TTC 指標を自転車と歩行者に対して適用することを試み、その際、自動車の場合とどのような違いがあるかを検証する。

3. 自転車対自転車の調査

滋賀県草津市の立命館大学 BKC キャンパス正門～松下東口交差点間の歩道において、ビデオ撮影を行った。以下に詳細を示す。

撮影日：2003 年 12 月 11 日および 12 月 19 日

対象：立命館大学に通う自転車

松下電器産業へ通う自転車

時間帯：午前 8 時 30 分～午前 9 時の 30 分間
 (通勤通学のための自転車が集中するため)
 場所：松下東口交差点 (図 2 参照)
 方法：交差点内の歩道橋上からのビデオ撮影



写真：

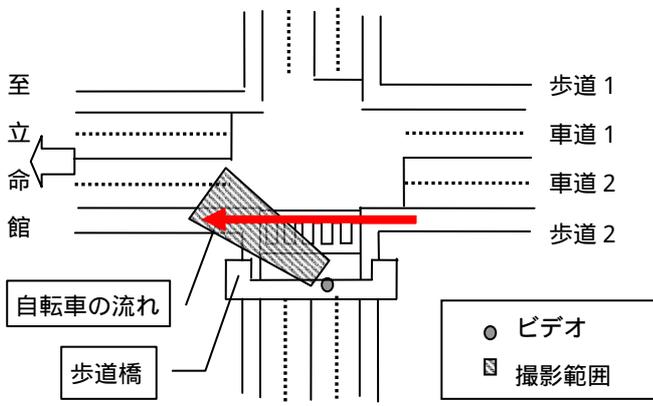


図 1 自転車 対 自転車の撮影地点概要

4. 自転車 対 自転車の分析

(1) 分析方法

撮影した映像より、二台の自転車同士が著しく接近するなど危険と思われる箇所を選定し、その対象となる車両の速度、相対角度、衝突距離を測定する。その測定方法を以下に示す。

() 速度

あらかじめ計測しておいた 5m ごとのラインを画面上に設定し、それぞれのライン上を自転車が通過した時刻を計り、その時間から速度を算出する。

() 相対角度

画面上の対象車両の進行方向に直線を引き、交差する地点の直線同士の角度を測定する。

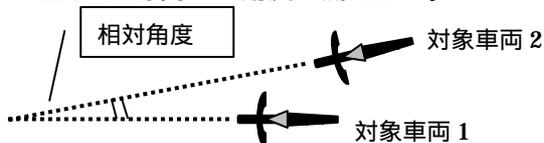


図 2 相対角度の例

() 衝突距離

算出した速度と相対角度から対象車両同士が衝突すると判断された場合、図 2 において直線を引いた際の交差する地点までの距離が衝突距離となる。なお、衝突の対象となる部分は、前方車両 (図 2 の対象車両 2) については自転車全体部、後方車両 (図 2 の対象車両 1) については前輪先端部とした。

() TTC 値

() ~ () をもとに、TTC 値が算出出来るかを検証した。図 3 は TTC 値が算出出来る状況の例である。

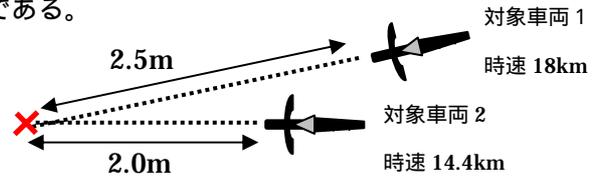


図 3 TTC 値が算出出来る状況の例

上の例では TTC 値は 0.5(秒)となるのだが、TTC 値は、時間ごとに変化をし続けるため、計測する瞬間のとり方によって無限の数が算出されてしまう。そこで本研究では、対象車両がその後何らかの回避行動 (ハンドルを切ることや減速をすることなど) が起こる直前の TTC 値、つまりその状況における TTC 値の最小値を算出することとした。すなわち図 4 に示したように回避行動を始める直前の値を取る。なお、危険な状態であるにも関わらず将来的に衝突を起こさなかったり、平行に走行していたことで値が となる場合は算出出来ないと見なした。

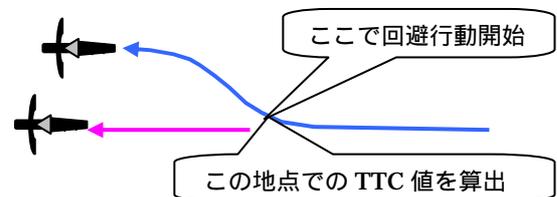


図 4 TTC 値の算出地点

(2) 分析結果と考察

30 分間で通過した自転車の台数は 12 月 11 日では 258 台、平均時速は 14.77km/時、12 月 19 日では 337 台、平均時速は 14.20km/時であった。その中で危険と判断され、かつ TTC 値が算出出来た状況数は 30 サンプル、また危険であるにも関わらず TTC 値

が算出出来なかった状況数は 11 サンプルであった。なお、撮影の時間帯の影響もあり、交通流がある一方向に偏っていたため、今回の研究では同一方向通行時に起こった錯綜現象を取り上げている。

次に、それらの対象車両が衝突する前にどのような回避行動を起こしたかを見て、その行動と算出された TTC 値との関係を考察する。

TTC 値が 0.2 秒以下と算出された場合は、ほとんどは前方車両が急に進路を変えたりするなどして突発的に錯綜が起こった場合であり、この時対象車両は急減速や急ハンドルを切るなどの危機的な回避行動を取っていた。反対に 0.5 秒以上と算出された場合は軽くハンドルを切るだけとかなり余裕のある回避行動を取っていた。このように TTC 値別によるサンプル数とその後の主な回避行動を表 1 に表す。

表 1 TTC 値別のサンプル数と回避行動

TTC 値	数	その後の主な回避行動
0.2 秒以下	3	急ハンドル、急減速
0.2~0.3 秒	9	急ハンドル、中ハンドル
0.3~0.4 秒	9	中ハンドル、軽減速
0.4~0.5 秒	4	軽ハンドル、軽減速
0.5 秒以上	5	軽ハンドル

表中の急、中、軽ハンドルの定義

	ハンドルを切った角度
軽ハンドル	10 度以下
中ハンドル	10 度~20 度
急ハンドル	20 度以上

これらの回避行動を比較すると、TTC 値によって同一方向走行時の自転車 対 自転車の錯綜現象を客観的に危険と判断するには、その値が 0.4 秒以内、安全を考慮するなら 0.5 秒以内であれば危険と判断するのが妥当であると思われる。

一方、TTC 値が算出出来なかった状況のほとんどは、対象車両同士が平行またはそれに近い状態で走行していたため TTC 値が もしくは極めて大きな値となった場合であり、これは自動車における TTC 指標の欠点と一致している。

5. 自転車 対 歩行者 の調査

滋賀県草津市の立命館大学 BKC キャンパス正門 ~ 松下東口交差点間の歩道において、ビデオ撮影を行った。以下に詳細を示す。

撮影日：2004 年 1 月 8 日および 1 月 9 日

対象：立命館大学へ通学する自転車および歩行者

松下電器産業へ通勤する自転車および歩行者

時間帯：午前 8 時 30 分 ~ 午前 9 時の 30 分間

場所：「松下東口」バス停付近の歩道

方法：歩道橋上からのビデオ撮影



写真：

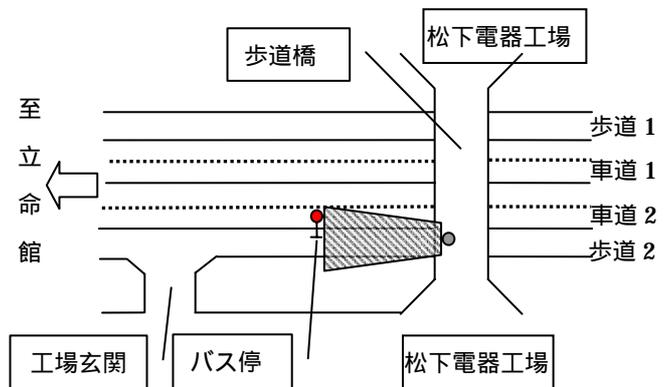


図 5 自転車 対 歩行者撮影地点概要

6. 自転車 対 歩行者 の分析

(1) 分析方法

こちらも自転車 対 自転車の分析と同様の方法で、撮影した映像より、互いの速度、相対角度、車両間隔を測定した。これにより TTC 値を算出出来るかを検証し、回避行動を見た。それに加えて自転車 対 歩行者の分析では、図 6 に示すような実際に自転車が歩行者を追い越す際の間隔(回避幅)を測定し、考察をした。

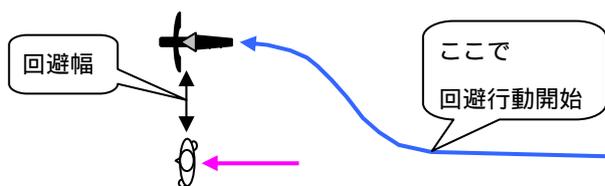


図6 回避幅の例

(2) 分析結果と考察

30分間で通過した自転車、歩行者の数は、1月8日の自転車は330台、平均時速は15.39km/時、歩行者は73人、平均時速は5.77km/時であった。1月9日の自転車は402台、平均時速は15.64km/時、歩行者は67台、平均時速は6.21km/時であった。その中でTTC値が算出出来る状況数は30サンプル、また危険であるにも関わらずTTC値が算出出来なかった状況数は23サンプルであった。なお、こちらの場合も自転車対自転車の分析と同様に同一方向通行時に起こった錯綜現象を取り上げている。

自転車対歩行者におけるTTC値は自転車対自転車の場合と違い、そのほとんどが1秒以上で算出された。これは歩行者の速度が自転車と比べ小さいことから突発的に錯綜現象が起こるといことがほとんどないことに加え、自転車は歩行者を意識しながら走行しているため、早めに回避行動を起こすためではないかと思われる。

次にTTC値と回避幅の関係について考察する。図7に相関図を示す。

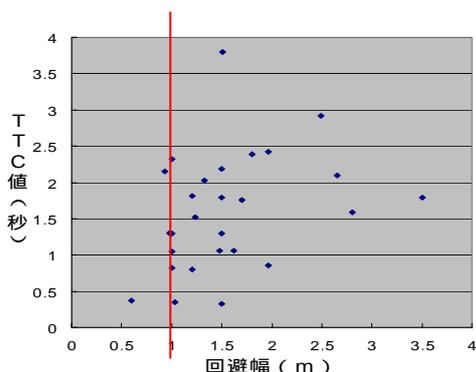


図7 TTC値と回避幅の相関図

これを見ても分かるように、TTC値に関わらず自転車が歩行者を追い抜く際は1m以上距離を取っていることがほとんどである。回避行動を見ても1秒以内では急減速、急ハンドルを切ることが多く、2

秒以内でもややハンドルを切ることが多い。これは自転車が歩行者を追い抜く際に早めに回避して、安全な距離を取ろうとするからと考えられる。よってTTC値によって同一方向通行時の自転車対歩行者の錯綜現象を客観的に危険と判断するには、その値が1.0秒以内、安全を考慮するなら1.5秒以内であれば危険と判断するのが妥当であると思われる。

一方、TTC値が算出出来なかった状況というのは、こちらも自転車対自転車の時と同じく、対象同士が平行だったため値が極めて大きくなったことが原因で、やはり自動車における場合と欠点は一致する。

7. 結論、今後の展開

本研究ではTTC指標という自動車における錯綜研究で代表的な指標を使用し、自転車と歩行者の錯綜現象の分析を試みた。これにより、自動車の適用時と同様の長所、短所が検出された。しかし、実際の歩道空間では自動車のように明確な通行スペースや決められた方向への回避行動などが成されていないため、より複雑な錯綜現象が起きており、TTC指標だけでは危険性を十分に捕捉出来ないと思われる。よって今後の課題としては、対面走行時の錯綜についてもTTC指標が適用出来るかを検証するとともに、TTC指標では補いきれない側面衝突などが起こる状況や多数の自転車と歩行者が混合した場合でも客観的に危険が測れる新たな指標が必要となると思われる。

このため今後の展開として、錯綜を起こす対象の自転車が実際にすれ違う際の距離と速度から面積を指標として算定し、その値によって危険度を測るということを検討する予定である。

参考文献

- 1) 若林拓史、高橋吉彦、安原真史、菅沼真澄：交通流ビデオ解析システムを用いた交通コンフリクト分析と新しい危険度評価指標の提案、土木計画学研究・論文集 Vol.20 no.4 2003年9月
- 2) 山中英生、田宮佳代子、山中仁、半田圭孝：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・講演集 No.23(1)2000年11月