

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 30 日現在

機関番号：13903
 研究種目：基盤研究(C) (一般)
 研究期間：2013～2015
 課題番号：25420542
 研究課題名(和文) ユーザ中心設計に基づいた安全・快適な平面交差点の構造・運用制御に関する研究

 研究課題名(英文) Empirical Study of Intersection Geometries and Traffic Control with Safety and Efficiency of At-grade Intersections based on User Centered Design

 研究代表者
 鈴木 弘司 (SUZUKI, Koji)

 名古屋工業大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

 研究者番号：30362320

 交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ユーザー中心設計の考えを交差点整備に取り入れるべく、信号交差点、ラウンドアバウトにおける利用者の危険挙動や交錯事象発生要因に関する実証分析を行った。
 その結果、信号交差点では流入側セットバックを交差点に近づけ、流出側セットバックを利用状態を鑑みて少し遠ざける構造の再検討を行い、同時に信号表示時間のうちクリアランス時間を短くし、サイクル長を短縮することがユーザー視点で求められていることを明らかにした。ラウンドアバウトについては、横断歩道と分離島が存在せず、流入出部幅員も狭いとき、安全停止に必要な減速度は高く、挙動も不安定になり、利用者にとって不快で危険な状況が生じることがわかった。

研究成果の概要(英文)：We conducted empirical analyses for users risky behaviors and traffic conflicts at signalized intersections, unsignalized intersections and roundabouts in order to introduce the concept of user centered design into the improvement of intersection planning.
 As a result, it is revealed that users need to shorten the setback distance of the inflow leg from the viewpoint of reducing turning vehicles risky behaviors, on the other hand, lengthen the setback distance of the outflow leg from the viewpoint of reducing cyclists risky situations. In addition, it is necessary to shorten the clearance time and cycle length at the same time. As for roundabouts, it is found that the necessary deceleration for safety stop near/at crosswalk is high and the movements become unstable due to lack of splitter island, or narrow the road width. For unsignalized intersections, we verified the effect of a safety countermeasure device and the layout near crosswalk through the results of social experiments.

研究分野：交通工学

キーワード：平面交差点 ユーザー中心設計 安全確認 交錯危険性 歩行者 自転車 右左折車

1. 研究開始当初の背景

交通事故がなく安全で快適な交通社会を実現するためには、平面交差点の安全性・快適性を高めるような交差点設計・運用を行う必要がある。しかしながら、従来の安全対策の考え方では、事故に関する統計データや現場の道路交通状況から判断され、事故データによる対策効果の評価に基づくため、信頼性の低さ、効果検証のための時間が必要であること、事前評価が困難であることなどが問題視されていた。そのため顕在化された事故という結果だけでなく、それに至るプロセス、つまり交通錯綜などの潜在的危険性を適切に表現し、それを安全対策の効果検証に用いるアプローチが重要となると考えられる。

既存研究では、潜在的危険性評価の妥当性の検証が必ずしも十分でないこと、また、道路利用者間の交通錯綜のメカニズムを道路環境、交通特性に応じて詳細に表現されていないこと、自動車だけでなく歩行者や自転車などの道路利用者の安全確認動作などの利用者負担、交差点構造と交通錯綜との関連性を表現するには至っていない。

これまで、わが国では無信号交差点での安全対策として、交通信号機の設置で対応されることが多かったと思われる。しかしながら、昨年、東日本大震災時には数多くの交通信号機が停電の影響により機能しなくなるなど、交通運用上の大きな支障をきたしたことは記憶に新しい。このような問題の解決策として、欧米諸国、特にアメリカ合衆国で近年急増しているラウンドアバウトによる制御がわが国でも注目されている。ここで、ラウンドアバウトに対する既存研究については自動車を中心としたものが多いが、歩行者や自転車といった他手段の評価が少なく、また、無信号、信号交差点との利用者挙動の違いなどを詳細に検討された事例も少ない。

2. 研究の目的

本研究は、信号交差点、ラウンドアバウト等の平面交差点に着目し、ドライバー、自転車、歩行者といった道路利用者の交差点流入出時の安全確認動作（首ふり、視線移動等）について、高齢者等の交通弱者、健常者といった属性別に挙動分析を行い、危険な交通錯綜との関係を分析する。また、利用者間で発生する交通錯綜メカニズムについて潜在的危険性を評価しうる統計モデルを構築する。これらより、安全確認のしやすさによる利用者負担や快適性を計量し、潜在的な危険因子と現状の道路構造との関係性を明らかにする。以上より、予算制約を踏まえて今後必要となる交差点整備を効率的に行え、かつユーザー中心設計(User Centered Design)の考えを取り入れて、利用者の負担軽減を可能とする交差点構造・制御方式を検討可能な枠組みを提案することを目指す。

3. 研究の方法

(1) 分析の方針

信号交差点、ラウンドアバウト、無信号交差点別に、利用者危険行為と交錯現象に関する映像データを取得し、統計的分析に基づき、それらの要因を特定することで、ユーザー中心設計の考えを取り入れた利用者負担を軽減するための交差点構造、制御方式について検討を行う。なお、現地での観測調査を行う前に、愛知県事故統計データにもとづき、高齢者、非高齢者の事故特性や交差点構造の特徴を整理し、対象交差点を選定している。

(2) 観測調査の概要

信号交差点については、名古屋市内の6交差点(13横断歩道)、無信号交差点については同市内2交差点、ラウンドアバウトについては長野県飯田市、軽井沢町、須坂市、静岡県焼津市、滋賀県守山市にある5交差点を対象とした。交差点近傍の建物、歩道上の街路灯などにビデオカメラを設置、交通挙動に関する映像データを取得した。また、ラウンドアバウトにおいては、利用者挙動を把握する

ため、速度、加速度、位置を 0.1 秒ごと計測可能なドライブレコーダと周囲の交通環境を把握するためのビデオカメラを搭載した試験車両による走行調査も実施している。なお、調査詳細は、学会発表、に記載する。

4. 研究成果

(1) 信号交差点における安全性・快適性評価に関する分析

(i) 事故統計に基づいた高齢者、非高齢者事故統計分析

高齢者に関する事故の特徴を明らかにするため、愛知県内で発生した自転車対自動車の交通事故統計データ(以下、統計データ)について分析する。対象期間は平成 24 年の 1 月から 12 月までの 12 か月間である。また、高齢者は 60 歳以上と定義し、非高齢者を 60 歳未満とする。

統計データより、高齢者は交差点での事故が最多で 77.9%発生し、ついで単路部での事故が 16.4%発生している。非高齢者も同様の傾向であることがわかった。次に、交差点規模別の分析を年齢層別に分析した(図-1)。このとき、交差点規模を、道路幅員が 5.5m 未満の場合は小、5.5~13.0m の場合は中、13.0m 以上の場合は大として分類する。これより、交差点中中での事故が最多であり、ついで交差点大大での事故が多いことがわかる。以降の分析では、比較的事故の多かった交差点大大、交差点中中の箇所に着目して、危険行為等の分析を行う。

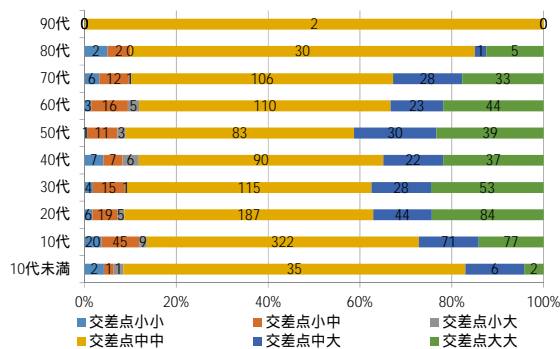


図-1 交差点規模別・年齢層別事故発生割合 (信号交差点)

(ii) 観測調査に基づいた利用者危険行為、交錯事象および交差点特性との関係性分析

信号交差点における利用者の危険行為の発生状況を以下(a)~(c)の利用主体別に集計し、影響要因について相関分析より明らかにする。なお、(c)の左折車については、ロジスティック回帰分析に基づき、要因を特定する。

(a) 歩行者

歩行者の横断歩道進入時タイミングを映像から取得し、歩行者青開始前に横断歩道へ進入した事象(フライング)、歩行者青点滅以降に横断歩道に進入した事象(青点滅以降進入)、歩行者赤以降に横断歩道上に残留した事象(残留)を危険行為とみなし、その危険行為と信号表示設定との関係を相関分析する。このとき、左折車と交錯する可能性がある領域に対して近い側から流入したケースを Nearside 流入、遠い側から流入したケースを Farside 流入と定義し、別々に分析する(表-1)。これより、青点滅時間は Farside 流入の「点滅以降進入」と正の相関傾向があるものの、有意な結果とはならなかった。赤時間は、Nearside 流入の「フライング」、Farside 流入の「フライング」と「残留」で正の相関傾向があり、有意な結果となったのは Nearside 流入の「フライング」であった。

表-1 歩行者の危険行為と信号表示設定との相関分析

	Nearside流入			Farside流入		
	フライング	青点滅以降進入	残留	フライング	青点滅以降進入	残留
青点滅時間	0.12	0.31	0.35	0.31	0.41	0.39
上:相関係数 下:有意確率(両側)	(0.76)	(0.42)	(0.35)	(0.42)	(0.27)	(0.30)
赤時間	0.70**	0.28	0.36	0.55	0.27	0.54
上:相関係数 下:有意確率(両側)	(0.03)	(0.47)	(0.34)	(0.13)	(0.48)	(0.13)

■:正の相関あり(0.4<r<0.7) **5%有意

(b) 自転車

自転車に関しては、「点滅以降進入」についてのみを扱うこととし、歩行者信号と危険行為発生割合を相関分析し、傾向を探る。その結果、Farside 流入の自転車の危険行為発生割合と、青点滅時間や赤時間との間に正の相

関がみられた(青点滅時間: $r=0.64$, 赤時間: $r=0.60$). つまり, 青点滅時間や赤時間が長くなるにつれて, 点滅以降進入が発生しやすい状況になり得るといえる.

(c) 左折車

左折車については, 20[km/h)を越えた速度での流入行為を「交差点非徐行流入」, 流出側横断歩道における横断者の通行を妨げ, 流出横断帯を通過する行為を「横断者優先権無視」, 左折車が先行車の横に移動する際, 先行車の後ろで一時停止することなく, そのまま横で移動する行為を「先行車側方通過前一時不停止」, 左折車が先行車の横を追い抜く際, 一時停止せずに追い抜く行為を「横断歩道直近での先行車追い抜き」と定義し, この4つの危険行為について分析を行う(表-2).

表-2 1サイクルあたりの各危険行為発生件数

横断歩道		交差点非徐行流入	横断者優先権無視	先行車側方通過前一時不停止	横断歩道直近での先行車追い抜き	サイクル数
SO _w	1サイクルあたりの発生件数	1.00	0.39	1.00	0.61	23
	危険行為発生件数	23	9	23	14	
SO _s	1サイクルあたりの発生件数	3.00	0.52	1.91	0.35	23
	危険行為発生件数	69	12	44	8	
SH _s	1サイクルあたりの発生件数	1.48	0.39	0.11	0.05	44
	危険行為発生件数	65	17	5	2	
HF _s	1サイクルあたりの発生件数	1.31	0.78	1.00	0.44	32
	危険行為発生件数	42	25	32	14	
HF _w	1サイクルあたりの発生件数	1.59	0.47	0.41	0.22	32
	危険行為発生件数	51	15	13	7	
NO _w	1サイクルあたりの発生件数	1.44	0.32	0.06	0.06	34
	危険行為発生件数	49	11	2	2	
NO _s	1サイクルあたりの発生件数	1.76	0.09	0.21	0.00	34
	危険行為発生件数	60	3	7	0	
H _s	1サイクルあたりの発生件数	2.08	0.21	0.18	0.05	39
	危険行為発生件数	81	8	7	2	
H _w	1サイクルあたりの発生件数	0.75	0.05	0.02	0.00	126
	危険行為発生件数	94	6	2	0	

これより, 「交差点非徐行流入」は, ほとんどの交差点で1サイクルあたり1回は流入速度が20[km/h)を超えた左折車が存在する状況が発生していることになる. 特に, SO_sでは1サイクルあたり3回も発生し, 他の交差点よりも多く発生していることがわかる. 「横断歩行者優先権無視」に関しては, SO_s, HF_sで1サイクルあたりの発生件数が0.5回以上であることがわかる. 「先行車側方通過前一時不停止」は, SO_w, SO_s, HF_sでは, 1サイクルあたり1回以上発生しており, 特にSO_sでは, 1.91回と多く発生している. また, 「横断歩道直近での先行車追い抜き」も, 先

行車側方通過前一時不停止行為と同様の傾向があることがわかる. これらの危険行為のうち, 危険行為発生件数が多かった「交差点非徐行流入」を対象に, 各危険行為の該当有無を目的変数としたロジスティック回帰分析を実施し, 交差点特性の与える影響について分析を行う(表-3).

「交差点非徐行流入」行為の発生率は, 主に構造特性の補正隅角比(流入セットバック長/流出セットバック長)や流入セットバック, 流出セットバックが正のパラメータ推定値となった. つまり, 交差点構造が大きくなるにつれて, 危険行為が発生しやすいことを示している. 「また, 交通特性については, 左折車の流入タイミングが「青(序盤)ダミー」, 「青(中盤)ダミー」が負のパラメータとなり, 危険行為が発生しにくい傾向にある.

表-3 交差点非徐行流入発生モデルのパラメータ推定結果

サンプル数	ρ	的中率(非徐行, 徐行)	
554	0.555	87.2%(79.8%, 92.9%)	
説明変数	パラメータ推定値	標準誤差	オッズ比(1/0)
補正隅角比	1.724***	0.466	5.606
流出車線	0.291*	0.174	1.338
流入セットバック	0.257***	0.085	1.293
流出セットバック	0.198***	0.076	1.219
隅角比	-25.246***	7.239	1.09E-11
青序盤[1]	-2.184***	0.237	0.013
曲率半径	-1.092***	0.338	0.336
青中盤[1]	-0.588**	0.243	0.308
横断者有無[1]	-0.587***	0.191	0.309
切片	10.114*	5.169	

(d) 左折車の危険行為抑制のための交差点構造改良

(c)の分析結果を踏まえ, 交差点改良や信号現示の見直しを考慮した感度分析を行う. なお, 本研究では, 「流入セットバック」, 「流出セットバック」, 「流入セットバックと流出セットバック」を現状より0.5mずつ縮小したと3ケースを仮定し, 危険行為発生率の推移を比較する. 感度分析の結果を図-2に示す. これより, 「流入セットバックと流出セットバック」を同時に縮小させると抑制効果が大きく, 3mの縮小でほぼ危険行為が発生しなくなることを示された.

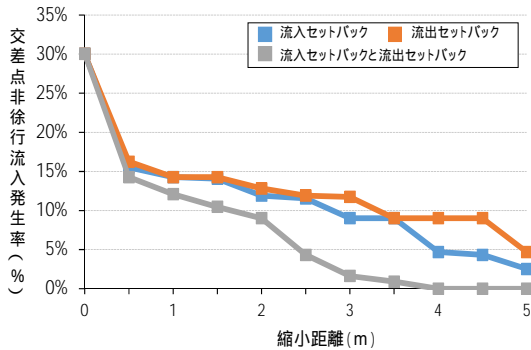


図-2 左折車危険行為発生率とセットバック変化量の関係

(iii) 利用者の安全確認行動と交差点特性との関連性分析

利用者の快適性に関わる指標を検討すべく、自転車利用者の安全確認行動、交錯危険性と交差点特性の関係性について分析する。

自転車と右左折車との交錯可能性を、交差点における両者の通過時間差 (PET 指標) で評価する。今回、自転車が先に交差点を通過し、その後、右左折車が交差点を通過し、かつその通過時間差が 1 秒以内の事象を危険事象と定義する。この危険事象が発生する要因を線形判別分析により明らかにする。高齢自転車利用者を対象とした分析結果を表-4 に示す。このとき、標準化係数が正の値が危険 PET になる要因であり、負の値が非危険 PET になる要因である。よって、他自転車 near ダミー、流入セットバック、右折車ダミーの 3 点が高齢者の危険交錯発生要因であり、首ふり安全確認ダミー、流出セットバックの 2 点为非危険交錯発生要因である。さらに、高齢自転車利用者が横断歩道通過の際、首ふり安全確認するかどうかについて判別分析により影響要因を明らかにする。分析結果を表-5 に示す。これより、高齢者では赤表示ダミー、Nearside ダミー、流出セットバックが首ふり安全確認を行う要因であり、交差角、左折車ダミー、速度 1[m/s]未満ダミーが首ふり安全確認を行わない要因である。首ふり安全確認を行う要因として near ダミーが最も影響を与え、また首ふり安全確認を行わない要因と

表-4 高齢自転車利用者の危険事象発生に関する判別分析 (N=53, 正準相関係数 0.521, 的中率 75.5%, 有意水準 0.009)

説明変数	標準化係数	非標準化係数
首ふり安全確認ダミー (交差点進入時に自転車が首ふり安全確認をした場合:1, それ以外:0)	-0.056	-0.146
他自転車 near ダミー (他の自転車が存在し、かつ nearside から進入した場合:1, それ以外:0)	0.828	2.344
流入セットバック[m]	0.541	0.128
流出セットバック[m]	-0.740	-0.357
右折車ダミー (自転車が交差点進入する際に、交差点内に右折車がいた場合:1, いない場合:0)	0.445	1.147
定数	-	4.298

表-5 高齢自転車利用者の首ふり安全確認実施に関する判別分析 (N=197, 正準相関係数 0.386, 的中率 75.1%, 有意水準 0.000)

説明変数	標準化係数	非標準化係数
赤表示ダミー (交差点進入時に赤表示の場合:1, それ以外:0)	0.563	2.774
Nearside ダミー (Nearside から進入した場合:1, それ以外:0)	0.601	1.228
道路の交差角[deg]	-0.413	-0.030
流出セットバック[m]	0.299	0.177
左折車ダミー (自転車が交差点進入する際に、交差点内に左折車がいた場合:1, いない場合:0)	-0.301	-0.608
速度 1.0m/s 未満ダミー (車両と交錯する領域進入手前 5m 区間の速度が 1.0m/s 未満:1, それ以外:0)	-0.197	-0.581
定数	-	-1.331

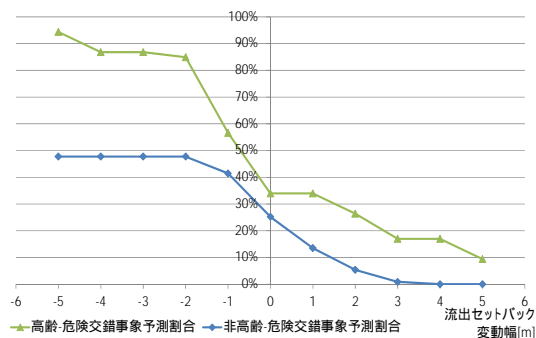


図-3 感度分析による自転車利用者の危険交錯発生割合

して交差角が最も影響することがわかる。

さらに、危険事象発生に関する判別分析結果を用いて、交差点構造改良による効果を感度分析により明らかにする (図-3)。

これより、流出セットバックを現状より

3.0m 下流にシフトすると、特に高齢自転車の危険事象発生割合が低下することがわかる。

以上より、自転車利用者の安全性を高める施策が、自動車の円滑性の低下や危険性を高めることになる可能性が示唆された。今回の結果から、信号交差点では、流入側セットバックを交差点に近づけ、流出側のセットバックを横断者の利用状態を鑑みつつ交差点から離す構造の再検討を行い、同時に、信号表示時間の見直しとしてクリアランス時間を短くし、サイクル長を短縮する方針がユーザー視点で求められていることがわかった。

(3) ラウンドアバウトにおける安全性・快適性評価に関する分析

走行調査にもとづき、横断歩道付近の横断者に対する安全確認位置、速度について挙動データを取得し、要因分析を行った。その結果、横断歩道や分離島が存在せず、また流入部幅員が狭いとき、必要減速度が高くなり、挙動が不安定になることがわかった。走行調査時に得たアンケートから、ラウンドアバウトの流入、流出のしやすさに関する判別分析を行ったところ、流入時には流入角度が大きいと走行性評価が低下し、流出時には流出部幅員が広く、安全停止に必要な減速度が小さいと走行性評価が高くなるとわかった。

(4) 無信号交差点の安全性に関する分析

名古屋市植田東学区を対象として、横断歩道前後区間での道路狭さく社会実験に関する事前事後調査に基づき、安全性に与える影響を検証した。横断歩道付近への狭さく設置により乱横断の割合が減少すること、横断歩道付近で両側狭さくを行うと危険な交錯が生じやすいこと等を示した。

(5) 今後の課題

本研究では、当初目的の、予算制約を考慮した利用者の負担軽減を可能とする交差点構造・制御方式を検討可能な枠組みを提案するまでは至らなかった。今後引き続き研究を進めることで、その点について補完する。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計10件)

Koji Suzuki, Hiroki Ito: Empirical Analysis on Risky Behaviors and Pedestrian-Vehicle Conflicts at Large-Size Signalized Intersections, World Conference on Transport Research, 2016.7【査読有】

伊藤大貴, 松本直幸, 鈴木弘司: 大規模交差点における利用者の危険挙動と交錯発生に関する実証分析, 第53回土木計画学研究発表会, 2016.5

松本直幸, 鈴木弘司, 荻野弘: 高齢者の自転車利用の安全性に関する挙動分析, 平成27年度土木学会中部支部研究発表会, 2016.3

伊藤大貴, 鈴木弘司: 大規模交差点における歩行者と左折車の危険行為と交錯危険性の要因分析, 第52回土木計画学研究発表会, 2015.11

安田宗一郎, 鈴木弘司: 異なるラウンドアバウト構造での安全確認行動と車両挙動の分析, 第51回土木計画学研究発表会, 2015.6

安田宗一郎, 鈴木弘司: ラウンドアバウトにおける安全確認時の車両挙動の実証分析, 平成26年度土木学会中部支部研究発表会, 2015.3

森本清誠, 鈴木弘司, 安田宗一郎: ラウンドアバウトにおける安全確認挙動と走行性評価に関する実証分析, 第50回土木計画学研究発表会, 2014.11

丹下寛人, 鈴木弘司, 伊藤聡: 横断歩道部への路面標示シート設置効果に関する基礎的分析, 土木学会第69回年次学術講演会, 2014.9

丹下寛人, 鈴木弘司, 伊藤聡, 伊藤大貴: 横断歩道部への路面標示シート設置効果に関する分析, 第49回土木計画学研究発表会, 2014.6

松本直幸, 伊藤大貴, 鈴木弘司, 荻野弘: 交差点における自転車利用高齢者の事故要因分析, 第49回土木計画学研究発表会, 2014.6

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕ホームページ等:

http://researcher.nitech.ac.jp/html/195_ja.html?l=ja&k=suzuki+koji&o=title&p=1

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鈴木弘司 (SUZUKI, Koji)

名古屋工業大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号: 30362320

(2) 研究分担者 なし

(3) 連携研究者 なし