

# 車両挙動から見る歩車分離式信号交差点の安全性に関する研究\*

A study on the safety assessment at the intersection with separated traffic signal control by the vehicle behavior\*

鈴木理\*\*・浜岡秀勝\*\*\*

By Tadashi SUZUKI\*\*・Hidekatsu HAMAOKA\*\*\*

## 1. はじめに

自動車は、私たちに便利で効率の良い生活をもたらしてくれる一方で交通事故、渋滞など様々な問題も引き起こしている。平成12年の全国統計によると交通事故者のうち歩行者の割合は約30%に上り、そのうち約20%が信号交差点の横断歩道上又は横断歩道付近での事故である。信号交差点における歩行者事故のうち「歩行者に違反なし」は約70%にも上り、交通事故における弱者の保護という面から、平成14年1月に全国100箇所の交差点で歩車分離式信号のモデル運用が実施された。歩車分離式信号とは、「車両と歩行者の通行権が完全あるいは一部分離され、両者が信号を守って通行すれば、錯綜は起こりえない信号制御」のことを指し、平成17年3月末時点で、全国に約3,500基導入されている。

歩車分離式信号の導入により青時間減少に伴う渋滞が発生しているが、歩行者と自動車の錯綜が減少するため歩行者の安全性は向上した。しかし、車両挙動を見ると信号切替を予測し発進しようとする見切り発進など危険な状況が見られる。歩行者の安全性は確保されたが、車両の安全性はどうだろうか。歩車分離式信号という通常と異なる現示方式は、ドライバーに戸惑いを与えているのではないか。また、歩車分離式信号を導入したことにより車両にとっては逆に危険性が増加している可能性があるのではないか。歩車分離式信号交差点は歩行者の安全を確保するだけでなく、車両の安全も確保すべきだと考える。

そこで、本研究では歩車分離式信号交差点に着目し、車両挙動から、車両の危険行動と安全性について検討する。歩車分離式信号交差点と非歩車分離式信号（歩行者信号有）交差点との相違を把握し、発進時、通過時、停止時それぞれの車両挙動について比較検証する。

## 2. 歩車分離式信号による安全性

歩車分離式信号交差点は、メリットとして歩行者の安全性の向上、デメリットとして渋滞の誘発や車両の安全性の低下が考えられる。

歩車分離式信号交差点による歩行者の安全性の向上、渋滞誘発に関しては、これまでに、いくつかの研究が見られる。佐々木ら<sup>1)</sup>の研究では、主にアンケート調査から歩車分離式信号交差点の評価を行い、渋滞時においてはドライバーのみならず歩行者の評価も下がるものの、概ね歩車分離式信号交差点は歩行者、特に高齢者・子供にとって安心感が増す交差点であることを明らかにした。また、齋藤ら<sup>2)</sup>の研究では、新たに歩車分離式信号が導入された交差点で事前事後調査を行い、その結果、車両と歩行者の錯綜が大幅に減少したことで歩行者の安全性が飛躍的に高まり、なおかつ右左折に限っては交通量が増加したことを明らかにした。これらの研究により歩車分離式信号交差点は歩行者の安全性を向上させるが、同時に渋滞も誘発させることが明らかになった。

一方で、歩車分離式信号交差点における車両の安全性に関する研究は見られない。ここで、信号交差点における車両の安全性に関する研究として、中村ら<sup>3)</sup>が速度・加速度の視点から判別分析を行い、歩行者信号を頼った車両が存在すること、また歩行者信号を頼ることで信号切替予測の助けになり、通過・停止判断に余裕が生まれることで安全が向上することを明らかにした。この研究によりドライバーは交差点走行時に歩行者信号を頼りにしていることがわかった。

では、歩行者信号有ではあるが車両信号と現示にずれがある歩車分離式信号交差点ではどうだろうか。車両信号が青のとき歩行者は赤信号であることは、車両挙動にどのような影響を与えているのだろうか。また、歩行者信号が頼りにならないことで車両の安全性を低下させているのではないだろうか。これらのことを明らかにするために交差点走行車両の発進時・通過時・停止時における調査・分析を行う必要がある。

\* キーワーズ：信号切替，歩車分離式信号，車両挙動

\*\* 学生会員 秋田大学土木環境工学専攻  
(秋田市手形学園町1-1、Tel:018-889-2974  
e-mail: tadashi@hwe.ce.akita-u.ac.jp)

\*\*\* 正会員 博(工) 秋田大学土木環境工学科

### 3. 分析データの概要

本研究では、調査対象となる歩車分離式信号交差点はすべて歩行者専用現示方式とし、車線数が異なり、かつ交通量が多い交差点を選定した。なお、比較するための非歩車分離式信号(歩行者信号有)交差点は歩車分離式信号交差点の一つ上流部の交差点とした。上流部が無理な場合は、道路形状が同じ交差点を選定した。

その結果、歩車分離式信号交差点 3 地点と、非歩車分離式信号(歩行者信号有)交差点 3 地点の計 6 地点をビデオ撮影調査し、比較した。

その際、停止時における分析にはビデオ録画した対象区間内(0~100m)において、黄信号へと変化したときに存在する車両を抽出して用いた。また、交差点を右左折する車両は必然的に減速するため、追従車両は先行車両の影響を受けることになるため除外した。最終的に車群の先頭にいる車両で、他車の影響を受けることなく交差点を直進する車両を抽出した。その概要を表-1 に示す。なお、A-a、B-b、C-c、がそれぞれ比較対象交差点となっている。

表-1 分析データ概要

道路形状		片側2車線	右折車線付片側2車線	片側1車線
交差点		A	B	C
歩行者専用式現示信号	日時	2005 11/27, 11/29, 12/6 11:00~14:00	2005 11/5 11:00~14:00	2005 11/24, 11/26 11:00~14:00
	平均走行台数	2279	1683	871
	平均歩行者数	129	267	662
	全サンプル	61	31	18
	通過車両	42	18	8
	停止車両	19	13	10
非歩行者専用式信号有	交差点	a	b	c
	日時	2005 11/30, 12/4 11:00~14:00	2005 12/5 11:00~14:00	2005 12/1, 12/3 11:00~14:00
	平均走行台数	2610	1471	1692
	平均歩行者数	28	255	111
	全サンプル	66	19	28
	通過車両	38	12	13
停止車両	28	7	15	

### 4. 信号切替時の車両挙動の分析

ここでは交差点走行車両を発進時・通過時・停止時の3つに分け分析することで、それぞれ問題と思われる挙動について検証する。

#### (1) 発進時

歩車分離式信号交差点でよく見られる発進時における問題点としては、見切り発進が挙げられる。そこで、発進時は見切り発進に着目し、歩車分離式信号交差点と非歩車分離式信号交差点の視点から考察する。歩車分離式信号交差点における見切り発進は、歩行者信号青切替前に信号切替を予測し発進しようとする挙動と、

歩行者信号青切替後に歩行者信号を頼りに発進しようとする挙動をさす。また、非歩車分離式信号交差点では、車両信号青切替前に信号切替を予測し発進しようとする挙動をさす。図-1に見切り率と歩行者数の関係を示す。なお、見切り率は信号待ち台数に対する見切り発進台数から求めた。

見切り発進がすべて信号切替を予測し発進しようとしたものなら、両交差点で見切り率に目立った差は出ないはずである。しかし、実際には歩車分離式信号交差点の方で見切り率は高くなっており、最大で約2倍もの差が生じた交差点もあった。

見切り率に差が生じた原因としては、歩車分離式信号交差点では信号切替を予測した見切り発進と歩行者信号を頼った見切り発進の2種類を計測したのに対し、非歩車分離式信号交差点では信号切替を予測した見切り発進の1種類しか計測していないことによるものだと考えられる。

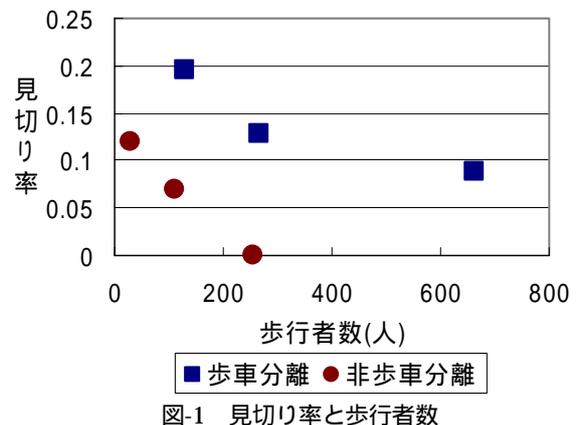


図-1 見切り率と歩行者数

そこで、図-2に見切り発進の種類別による見切り率と歩行者数の関係を示す。この図より、信号切替を予測した見切り発進に関しては両交差点に大きな差はないことがわかる。また、それにより見切り率に差が生じたのは、歩行者信号青切替後の歩行者信号を頼りにした見切り発進によるものだとわかる。このことより、歩行者信号の切替のみを頼りに発進する車両が存在していると考えられる。

交差点における見切り発進は事故に繋がる危険性が高く、特に歩車分離式信号交差点は歩行者と車両の通行時間帯が分けられており、車両対歩行者の事故に繋がる危険性が非歩車分離式信号交差点よりも高くなる。その中でも歩行者信号を頼りにした見切り発進は最も危険な状況であると考えられる。しかし、すべての交差点において、歩行者数が増加するにつれ見切り率は減少する傾向が見られた。このことから、見切り率は歩行者が多い交差点では軽減できると考えられる。歩行者信号を頼った見切り発進は、そこが歩車分離式信

号交差点と知らない／気づかないことから生じる挙動と考えられる。つまり、一目で歩車分離式信号交差点と気付かせることで見切り率は減少させることができると考える。

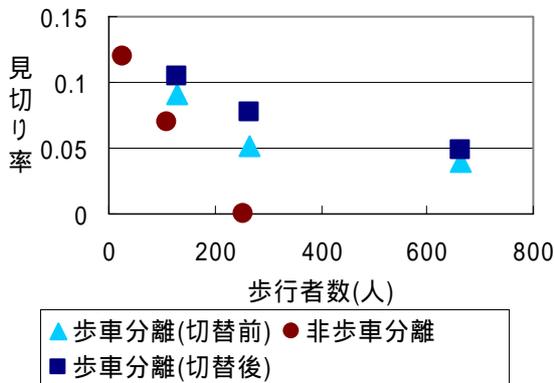


図-2 種類別見切り率と歩行者数

### (2) 通過時

交差点通過時において問題となるのは、歩行者信号を頼りに間違った信号切替予測を行い減速することである。道路線形のため、また安全性確保のため交差点進入時に減速する車両も見られるが、このような挙動は追突事故に繋がりがやすく危険である。そこで通過時は走行中における不可思議なブレーキに着目し考察する。なお、不可思議なブレーキとは、車両信号青にも関わらず交差点に一旦ブレーキを踏み進入する車両挙動をさす。図-3に道路形状ごとの不可思議なブレーキ率を示す。なお、不可思議なブレーキ率は車群先頭車両台数に対する不可思議なブレーキ台数から求めた。

安全性確保のため交差点進入時に必ず減速を行う車両も存在するので、どの交差点においても不可思議なブレーキは見られた。しかし、道路形状の違いによる不可思議なブレーキ率の差はあるものの、対象交差点ごとに比較するとすべての交差点において歩車分離式信号交差点の方が高くなっている。これは車両信号と歩行者信号の現示のずれによりドライバーが信号切替予測を間違ってしまったことが大きな要因であると考えられる。

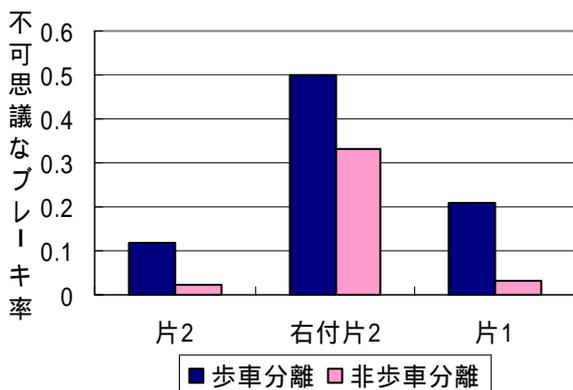


図-3 道路形状ごとの不可思議なブレーキ率

交差点に限らず走行中における不可思議なブレーキは、追突事故に繋がる危険性が高い。しかし、道路形状の違いにより不可思議なブレーキ率に差が出ていることから、不可思議なブレーキを減少させることも可能だと考えられる。例えば、歩行者信号が見え始める距離との関係、また、その時の速度との関係などを今後明らかにすることで解決策を見出せると考える。

### (3) 停止時

交差点での停止時における最大の問題は通過・停止判断である。歩行者信号は通過・停止判断の重要な手助けになる。しかし、歩車分離式信号交差点では走行中の現示のずれによる不可思議なブレーキなどの影響で必ずしも手助けになるとは限らず、逆に通過・停止判断を迷わせる可能性がある。そこで停止時については、車両信号が黄へと変化した時の通過・停止判断をジレンマ・ゾーン、オプション・ゾーンと照らし合わせ分析する。図-4、図-5に比較対象交差点の一つである片側2車線の交差点それぞれにおいて、黄色信号開始時の走行位置と速度の関係を示す。図中の直線は黄色信号時間から、曲線は減速度とドライバーの反応時間から求めている。

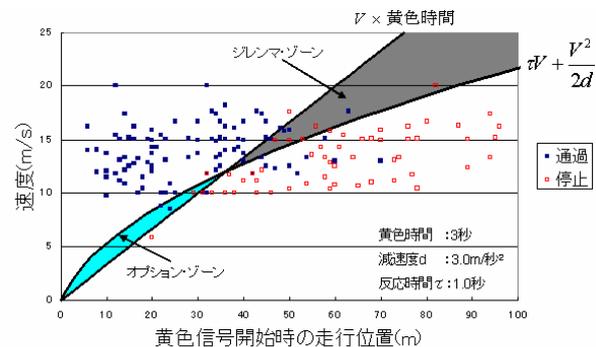


図-4 黄色信号開始時の走行位置と速度 A

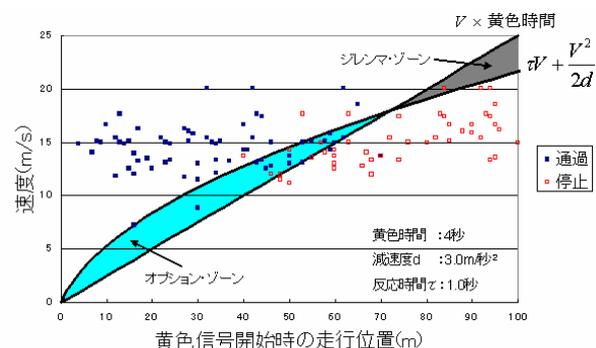


図-5 黄色信号開始時の走行位置と速度 a

図-4ではジレンマ・ゾーン（赤信号開始時まで停止線を越える事も、停止線で安全に停止する事も出来ない範囲）に車両が多く存在し、図-5ではオプション・ゾーン（赤信号開始時まで停止線を越える事

も、停止線で安全に停止する事も出来る範囲)に多く存在している事がわかる。これより、歩車分離式信号交差点 A の方が通過・停止判断に迷いを生じさせていると考えられる。

次に図-6 に道路形状ごとのジレンマ・ゾーン、オプション・ゾーン内の車両台数を示す。これより、比較対象交差点すべてにおいて、歩車分離式信号交差点ではジレンマ・ゾーンに車両が多く存在し、非歩車分離式信号交差点ではオプション・ゾーンに車両が多く存在している事がわかる。これより、歩車分離式信号交差点の方が通過・停止判断に迷いを生じさせており、危険な状況にある車両も多く存在すると考えられる。

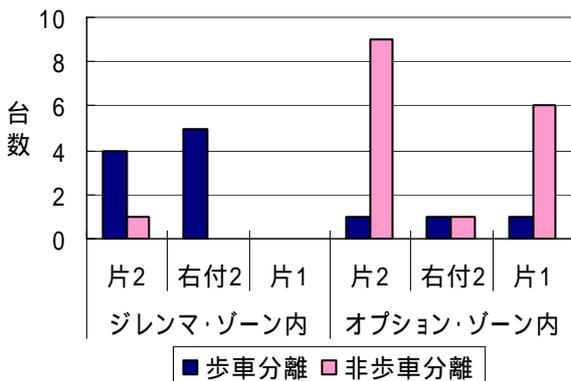


図-6 ジレンマ・ゾーン、オプション・ゾーン内の車両台数

そこで、図-7 に危険な状況として考えられる危険な通過・停止台数を示す。なお、危険な通過・停止とは、赤信号開始までに停止線を越えられないにも関わらず通過すること、停止線で安全に停止出来ないにも関わらず停止することをさす。この図より、危険な停止車両、危険な通過車両共に歩車分離式信号交差点の方が多く事がわかる。これより、歩車分離式信号交差点の方が出会い頭事故や追突事故のように車両事故の危険性が高い状況にあるといえる。しかし、ジレンマ・ゾーンに車両が多く存在したため危険な通過・停止台数も多く存在したと考えられる。このことからジレンマ・ゾーンに存在する車両を減少させることで、危険な車両挙動も減少させることができると考える。

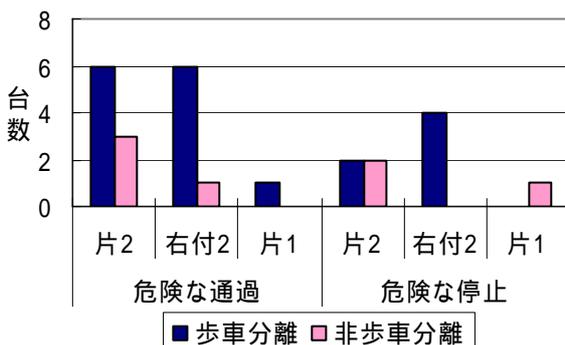


図-7 比較対象交差点における危険な通過・停止台数

## 5. 本研究のまとめと今後の課題

本研究では現示方式の違う、歩車分離式信号交差点と非歩車分離式信号(歩行者信号有)交差点において、歩行者信号と車両信号の切替時に起こるタイミングのずれは車両の危険性を増加させている可能性があるのではないかと考え、その車両挙動の違いを明らかにするとともに、車両の危険行動と安全性について検討することを目的とした。

どの比較対象交差点においても歩車分離式信号交差点の方がドライバーに戸惑いを与え、危険性の高い車両挙動が見られた。しかし、中にはあまり差が見られない交差点もあり、片側1車線の交差点のように、歩行者数が多い歩車分離式信号交差点では危険性が低くなることがうかがえる。

片側1車線の交差点は比較的上手く導入されている例だと考えられるが、歩車分離式信号交差点は非歩車分離式信号交差点よりドライバーに戸惑いを与え、危険性が高い状況にあることは確かだ、今後は上手く導入されている歩車分離式信号交差点で調査・分析を行えば、より良い歩車分離式信号導入のあり方が分かってくるだろう。また、今後新たに歩車分離式信号交差点を導入する際は、歩行者数・交通量を参考にすることで導入後の危険性は軽減できると考えられた。

今後の課題は、非歩車分離式信号交差点(歩行者信号無)と比較・分析を行う事、利用者の意識把握、有雪期との比較など、異なる条件下での調査・分析を行い、車両挙動の違いを明らかにすることで、より良い歩車分離式信号導入のあり方を検討することである。

### 参考文献

- 1) 佐々木克志, 浅野光行: 歩車分離式信号の評価に関する研究~千葉県船橋市習志野台交番前交差点を事例として~, 第22回交通工学研究発表会論文報告集, pp. 41-44, 2002年10月
- 2) 齋藤豊, 安井一彦: 歩車分離式信号導入による効果と課題に関する研究, 第23回交通工学研究発表会論文報告集, pp. 61-64, 2003年10月
- 3) 中村良枝, 高橋勇喜, 浜岡秀勝, 清水浩志郎: 歩行者信号が信号切替時の車両挙動に及ぼす影響, 第31回土木計画学研究発表会講演集, CD-ROM, 講演番号229, 2005年
- 4) 宮田健治, 吉井稔雄: 信号現示切り替り時における車両加減速挙動の分析, 第24回土木計画学研究発表会講演集, CD-ROM, 講演番号83, 2001年
- 5) 齋藤威, 板倉誠司, 高橋義典, 北川朝靖: 空間型感知器を用いたジレンマ感応制御方式の開発, 交通工学 Vol.39, No.3, pp.63-72, 2004年