

平成25年度研究調査プロジェクト (H2534)

ラウンドアバウトの社会実装と普及促進に関する研究 (II)

報告書

平成26年3月



公益財団法人 国際交通安全学会
International Association of Traffic and Safety Sciences

研究組織

PL	中村 英樹	名古屋大学大学院工学研究科 教授
メンバー		
	大口 敬	東京大学生産技術研究所 教授
	小川 圭一	立命館大学理工学部 准教授
	尾崎 晴男	東洋大学総合情報学部 教授
	小澤 盛生	国土交通省道路局環境安全課 課長補佐
	塩見 康博	立命館大学理工学部 講師
	下川 澄雄	日本大学理工学部 教授
	鋤柄 寛	飯田市建設部地域計画課 課長補佐
	鈴木 弘司	名古屋工業大学大学院工学研究科 准教授
	高瀬 達夫	信州大学工学部 准教授
	土井 健司	大阪大学大学院工学研究科 教授
	野坂 周子	国土交通省道路局企画課 企画専門官
	浜岡 秀勝	秋田大学工学資源学部 准教授
	森田 綽之	日本大学理工学部 客員教授
	森本 章倫	宇都宮大学大学院工学研究科 教授
研究協力者		
	康 楠	名古屋大学大学院工学研究科 博士後期課程
	森本 清誠	名古屋工業大学大学院工学研究科 博士前期課程
オブザーバー		
	玉垣 潔士	警察庁交通局交通規制課
	高宮 進	国土交通省国土技術政策総合研究所
	藪 雅行	国土交通省国土技術政策総合研究所
	小林 寛	国土交通省国土技術政策総合研究所
	武本 東	国土交通省国土技術政策総合研究所
	松田 昌二	飯田市建設部地域計画課
	塩澤 友之	飯田市建設部地域計画課
	井田 光則	飯田市建設部地域計画課
	森 茂夫	飯田市建設部地域計画課
	尾曾真理恵	飯田市建設部地域計画課
	宗広 一徳	(独)土木研究所寒地土木研究所
	伊藤 聡	(株)キクテック
	泉 典宏	(株)オリエンタルコンサルタンツ
	神戸 信人	(株)オリエンタルコンサルタンツ
	中嶋 一雄	(株)オリエンタルコンサルタンツ
	藤岡 亮文	(株)オリエンタルコンサルタンツ
	中林 真人	(株)長大
	米山 喜之	(株)長大
	吉岡 慶祐	(株)長大
	野中 康弘	(株)道路計画
	野間 哲也	(株)道路計画
	阿部 義典	国際航業(株)
	沖本 洋人	国際航業(株)
事務局		
	今泉 浩子	(公財)国際交通安全学会
	梶田 智之	(公財)国際交通安全学会

目次

0. ラウンドアバウトとは?	1
1. 研究の背景と目的	2
2. 東和町信号交差点のラウンドアバウト化	3
2.1 ラウンドアバウト化の経緯	3
2.2 道路構造と交通運用の変化	4
3. 評価方法の検討	7
3.1 評価の視点	7
3.2 安全性に関する評価方法	7
3.2.1 車両走行速度	8
3.2.2 車両対車両交錯	9
3.2.3 車両対歩行者交錯	11
3.2.4 環道内走行位置	12
3.2.5 流入部、流出部での運転者の安全確認行動	13
3.3 円滑性に関する評価方法	13
3.3.1 流入部交通容量	14
3.3.2 車両平均遅れ時間	15
3.3.3 歩行者平均遅れ時間	16
4. 交差点実態調査	17
4.1 調査の概要	17
4.2 交通状況の整理	18
4.3 分析用データの収集方法	20
4.4 安全確認データの収集方法	21
5. 東和町交差点ラウンドアバウト化の安全性評価	23
5.1 車両走行速度	23
5.1.1 交差点進入速度	23
5.1.2 環道内速度	24
5.2 車両と車両の交錯	26
5.2.1 交錯点数	26
5.2.2 交錯頻度と交錯強度	27
5.3 横断歩行者と車両の交錯	28
5.4 環道内走行位置	30
5.4.1 環道走行位置	30
5.4.2 エプロン使用率	33
5.5 危険挙動の事例	34

5.5.1	車両通行方法	34
5.5.2	自転車の通行	35
5.6	交差点流出部における安全確認時の車両挙動特性分析	36
5.6.1	流出部における安全確認時の車両挙動特性分析	36
5.6.2	交差点流出入部における安全確認行動分析	38
5.6.3	利用者の走行しやすさの評価	42
6.	東和町交差点ラウンドアバウト化の円滑性評価	44
6.1	流入部交通容量	44
6.2	車両平均遅れ時間	45
6.3	歩行者平均遅れ時間	46
7.	総括	48
7.1	東和町交差点事前事後比較分析に関する知見と課題	48
7.2	ラウンドアバウト計画/社会実験の技術的提案・参画	49
7.3	各地における RAB 普及促進活動	49
7.4	おわりに	50
	参考文献	51

0. ラウンドアバウトとは？

ラウンドアバウト(Roundabout; RAB)とは、『環道交通流に優先権があり、かつ環道交通流は信号機や一時停止などにより中断されない、円形の平面交差点部の一方向通行制御方式』のことを指す(図-0.1)。すなわち、円形の交差点形状や、幾何構造に関する各種条件は、こうしたラウンドアバウトの機能を担保するために必要とされるものであり、こうした幾何構造をした平面交差点部のことを直接指すわけではない。したがって、「円形」の形状を持つ平面交差点部であっても、ラウンドアバウトの定義を満たす制御方式が実現されている場合と、そうでない場合とがある。流入車両が環道交通流より優先されるもの、環道交通流が信号機により制御されるものや、駅前ロータリーなど駐停車機能を備えているものは、ラウンドアバウトではない(図-0.2)。

仮にこの優先・非優先の関係が逆転し、流入交通が優先であると、図-0.3 に示すように環道部の交通流がロックしてしまう。日本を含む各国で、かつての流入側優先のロータリーが駆逐されていった一つの大きな理由がまさにこれである。このような流入交通が優先であったり、優先・非優先の関係が明確でない円形の「トラフィック・サークル」や「ロータリー」などと、上記の近代的ラウンドアバウトが混同される誤解が未だに多いので、注意が必要である。

ラウンドアバウトにおける環道側車両優先ルールは、英国の off-side priority rule に始まる。off-side priority rule とは、日本と同様の左側通行である英国の道路における中央側優先、すなわち流入車両から見て環道側優先を意味する。これは、英国道路研究所(Road Research Laboratory; 現 TRL)で大規模な実証実験を行ったところ、環道側優先とすることでラウンドアバウトの交通容量の増大、遅れの減少、安全性の向上が認められたことから、1966年に道路交通法(Road Traffic Act)で定められたものである。

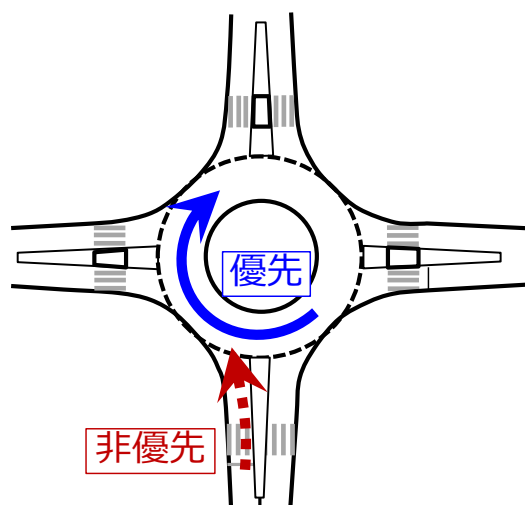


図-0.1 ラウンドアバウトにおける環道交通流の優先



図-0.2 ラウンドアバウトの位置づけ

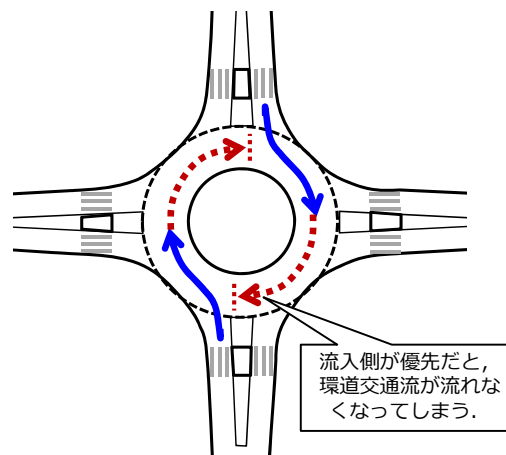


図-0.3 流入車優先による環道交通流のロック

1. 研究の背景と目的

近年、欧米諸国で積極的に導入されているラウンドアバウト(RAB)は、信号交差点と比べて交差点も少なく、走行速度低下による重大事故発生の抑制や、無駄な信号待ち時間の削減、災害などによる停電時にも自立的な運用が可能であることから、わが国でも今後普及が大いに期待される平面交差点の形式である。

わが国で実交差点を RAB に改良した事例として、2010 年に長野県飯田市吾妻町で既存のロータリー型交差点に RAB 制御方式を導入する社会実験が挙げられる(H188 および H2292 プロジェクト)。また、2012 年には長野県軽井沢町で無信号の 6 枝交差点から RAB 形式へ改良する社会実験が行われ、最近でも、静岡県焼津市や滋賀県守山市など、社会実験を活用した RAB の導入が積極的に進んでいる(H2425 プロジェクト)。2013 年 2 月には長野県飯田市東和町で既存の信号交差点から RAB へ改良する事例が全国で初めて行われた(H2420 プロジェクト)。他方、2013 年 6 月に道路交通法の改正が公布されることで RAB(環状交差点)が位置付けられ、交差点への進入方法や交差点内の通行方法が規定されるだけでなく、国土交通省において RAB 検討委員会が設置されるなど、RAB 整備に関わる技術者、研究者、道路管理者や交通管理者の活発な取り組みや技術指針、法的基盤整備も進められている。

さて、上記の先行プロジェクトでは、RAB 導入前後の調査分析により、RAB に関する研究蓄積や技術的知見を数多く得ることはもちろんのこと、各地での社会実験において RAB 導入の計画・設計段階での様々な技術提案や住民説明会への参画などにより、安全安心な地域づくりに大きく貢献してきた。本年度の H2534 プロジェクトでは、引き続き、RAB 計画/社会実験の技術提案・参画や全国における RAB 普及促進活動に取り組む社会貢献活動を行いつつ、H2420 プロジェクトの継続課題であった飯田市東和町交差点の RAB 整備効果を検証することを主たる目的としている。

本報告では、国内で初めて実交差点を RAB 化した長野県飯田市東和町の事例について、制御方式の違いによる性能変化を定量的に評価し、RAB 整備による効果を整理することで、今後、他の交差点で信号制御から RAB への変更を検討する際の基礎資料とする。



図-1.1 H2534 プロジェクトに至る経緯

2. 東和町信号交差点のラウンドアバウト化

2.1 ラウンドアバウト化の経緯

長野県飯田市では、2009年3月に谷川・公園と併せた新しい市道の整備に伴い、東和町信号交差点を改良するにあたり、変則4枝交差点から5枝交差点への改良が必要となった。その後、5枝交差点の複雑な信号制御を解消する案として、RAB化が検討された。(公財)国際交通安全学会と飯田市との間で検討が重ねられ、RABの適用性、交通容量の確認が行われた。同年6月に地元住民への説明会も開催されて正しい走行方法や導入するメリットについて説明が行われ、住民の合意を得た。しかし同年7月に行われた県警との協議のなかで、横断歩行者の安全性について指摘を受けた結果、RAB導入を断念し、このときは4枝信号交差点として整備されることとなった。

他方、飯田市吾妻町において、既存のロータリー型交差点を用いて、仮設構造物等による流入車線の改良や路面標示の施工により、RAB制御として運用する社会実験が2010年11月に行われた。分析結果から環道走行車両の速度や流入速度低下などの成果がみられ、RABを導入する効果が実証された。これを受けて、東和町交差点についてもRABによる整備検討が再開され、2012年2月にRABを導入することが決定された(図-2.1)。

改良工事は段階を踏んで行われ、2013年2月5日に信号制御からRABへの移行が行われた。午前8時30分に全方向の信号機を滅灯し、RAB化工事が行われた。信号機が撤去されるとともに仮設RABが設置され(図-2.2)、RABとしての運用が開始された(図-2.3)。同年3月24日に竣工式が行われ、正式にRABとして完成した(図-2.4)。

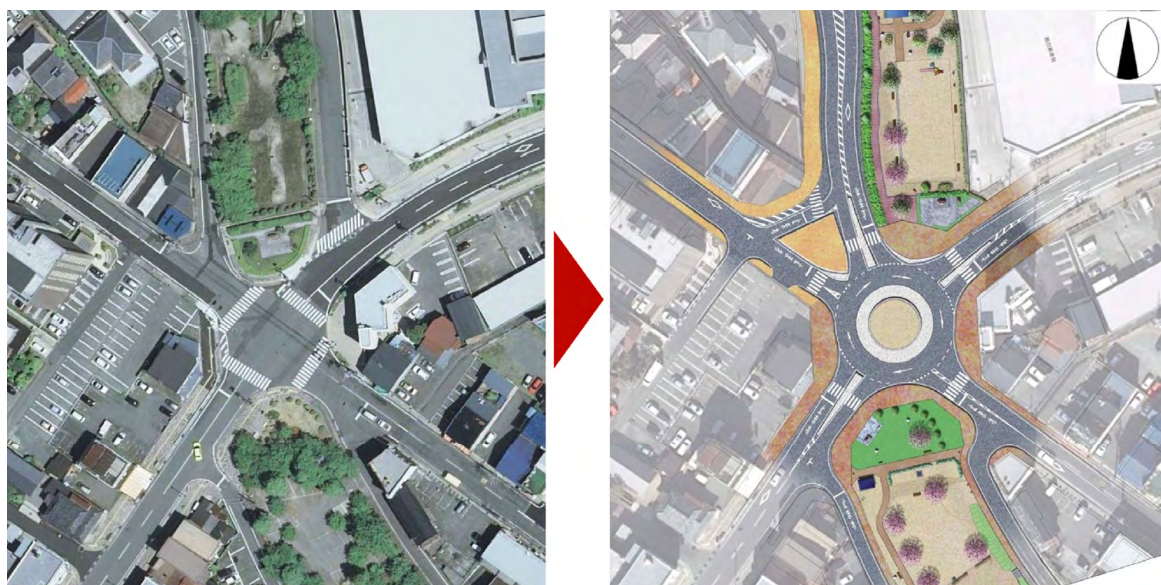


図-2.1 東和町交差点上空写真と完成予想図

出典：飯田市ホームページより(<http://www.city.iida.lg.jp/uploaded/attachment/16718.pdf>(最終アクセス日:2014.1.27))



図-2.2 信号の撤去



図-2.3 仮設 RAB



図-2.4 完成した東和町 RAB

2.2 道路構造と交通運用の変化

東和町交差点への RAB 導入における道路構造・交通運用の変化を以下に整理する。交差点の各流入部名を図-2.5、2.6 に示すように定義する。

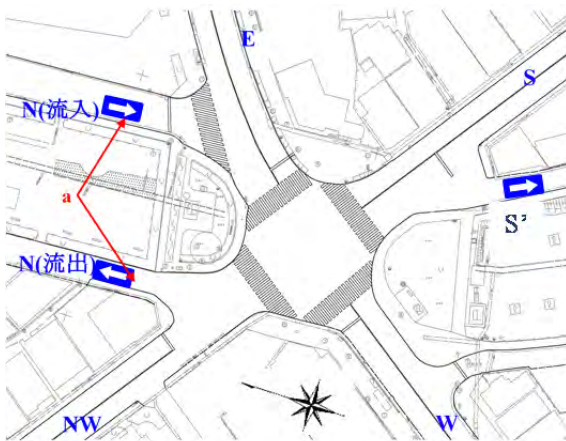


図-2.5 改良前の交差点図

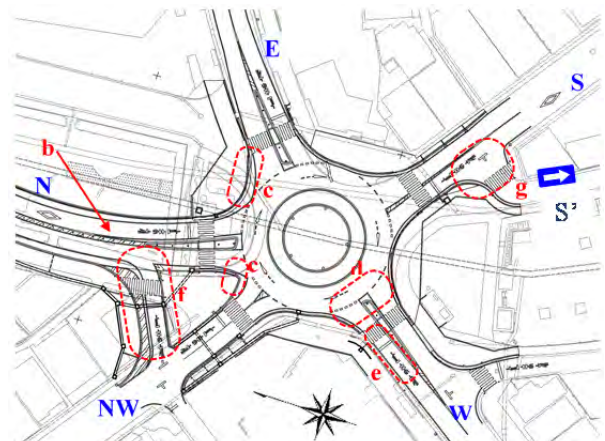


図-2.6 改良後の交差点図

1) 道路構造に関する変化

- 改良前の N 方向流出入部は上下線が公園により分離された一方通行道路だが、改良後は上下線が対面通行となり、一つの流入部として運用されるようになった*(図-2.5、a 部と図-2.6、b 部)。

※北側上流部の再整備に伴い交通量の増加が見込まれ、4 枝運用の場合は接続する E、NW 方

向への影響が懸念されたことから、RAB化とともに5枝運用へ改良された。

- 用地制約が影響しない E、N、W 流入部は、歩行者の二段階横断ができるよう、分離島が設置された(図-2.7)。
- 普通自動車の環道走行が可能となるようエプロンを設置し、小型自動車の走行を抑制するために約 2cm の段差が設置された (図-2.8)。



図-2.7 分離島(W 流入部)



図-2.8 エプロン部

- NW、N 流入部には普通車の左折に対応するため、エプロン部をセットバックし、車線境界線を明示した (図-2.6、c 部)。
- 各流出入部は小型車両 1 台分程度の停止スペース*が設けられたことにより、横断歩道位置は下流側へと移設された (例：図-2.6、d 部)。

※歩行者の横断終了を待つ流出車両や、環道流入車がギャップを待って停止するスペース

2) 交通運用に関する変化

- 警察協議の結果、流入部の横断歩道手前は一時停止が必要となり、結果的に停止線位置は上流側へと移動した(例：図-2.6、e 部)。
- 環道で逆走するのを防ぐために、環道内進行方向を示す路面標示と標識が設置された(図-2.9)。
- 分離島の無い S、NW 流入部は、流出入を明確にするためゼブラによるマーキングが施された(図-2.10)。



図-2.9 進行方向を示す路面標示と標識



図-2.10 ゼブラマーキング

3) その他

- NW から N 方向への普通車の通行を可能とするバイパス路が設置された(図-2.6、f 部)。
- 改良に伴い、S 流入部に接続する細街路は直交して接続する形となった(図-2.6、g 部)。

4) 改良前の信号現示

改良に伴い、信号機が撤去された。東和町交差点における従前の信号現示階梯図を表-2.1 に示す。改良前の信号現示数は 2 現示である。

表-2.1 改良前の東和町信号交差点の信号現示階梯図

現示階梯		時間長 [秒]										サイクル長 [秒]	
		ϕ_1					ϕ_2						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
E-W(N)方面	車両											80	
	歩行者												
S-NW方面	車両												
	歩行者												
東和町	6:00-7:00	33	7	3	3	2	19	5	3	3	2		110
	21:00-22:00	56	7	5	3	2	22	5	5	3	2		
	7:00-9:00	49	7	4	3	2	21	5	4	3	2		
	17:00-19:00	42	7	3	3	2	20	5	3	3	2		
	9:00-10:00	23	7	3	3	2	19	5	3	3	2		
	16:00-17:00												
	19:00-20:00												
	10:00-16:00												
	20:00-21:00												
22:00-6:00													
パターン (2現示制御)													

3. 評価方法の検討

3.1 評価の視点

交差点の性能を評価するに際し、表-3.1 に示す4つの視点を考える。

表-3.1 交差点性能評価の視点

評価の視点	評価項目
安全性	車両速度、交錯点通過速度、交錯点通過時間差
円滑性	交通容量、遅れ時間
環境負荷	CO ₂ ・NO _x 排出量、騒音、振動
経済性	建設工事費、維持管理費

本研究では、研究の対象とする交差点が信号交差点から RAB への全国初の改良事例であることを考慮し、交差点の性能を評価する上で最も基本的な特性である安全性と円滑性の観点から比較評価を行う。

3.2 安全性に関する評価方法

3.1 節にて選定した評価の視点に対し、評価項目、およびその効果を定量的に示す評価指標を検討し、各指標値を事前事後で比較することにより評価を行う。評価項目は、RAB の導入にあたり懸念される事項と解釈して選定した。交差点の安全性に関する評価項目と評価指標を表-3.2 にまとめる。ここで、交錯とは、対象とする2者間で5秒以内に軌跡が交わった場合の事象を指す。それぞれの評価指標について、指標値の推定方法を述べる。

表-3.2 安全性に関する評価指標

評価項目	評価指標	対象	該当する項
速度抑制効果の有無	車両走行速度	車両	3.2.1
流入判断の個人差	車両対車両交錯	車両と車両	3.2.2
歩行者の安全性	車両対歩行者交錯	車両と歩行者	3.2.2
(RAB 環道内で)危険な走行の有無	環道走行位置	車両	3.2.3

3.2.1 車両走行速度

車両走行速度は、交差点進入速度と交差点内速度の2つに分けて分析を行う。

1) 交差点進入速度

流入部上流～交差点進入までの速度変化について、図-3.1、3.2 に示す通り RAB 時の停止線を基準として上流 40m 地点から流入部破線(ドット線)までの速度を交差点進入速度と定義する(N 流入部は画角の関係上、上流 15m 地点まで)。信号交差点では RAB と同じ断面位置の速度とする。

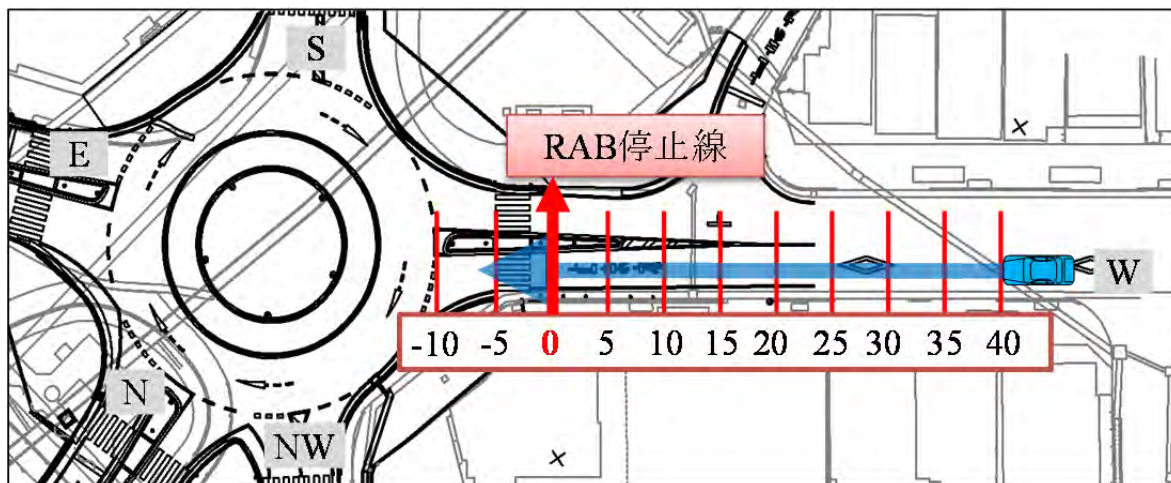


図-3.1 RABの観測断面

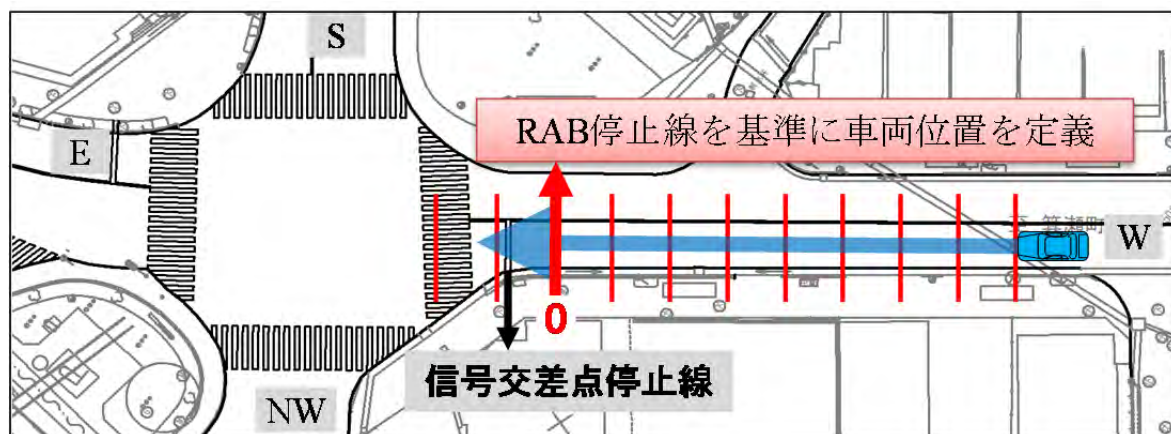


図-3.2 信号交差点の観測断面

2) 環道内速度

環道内の車両速度について、RAB 流入ドット線から流出ドット線までの速度を環道内速度と定義する。図-3.3 に示す通り、流入部の分離島流入側縁(A)と環道中心(O)を結ぶ線分を基準線とし、環道走行車両の右前輪軌跡(P)と時計回りになす $\angle AOP$ を θ とする。このとき θ の増加に伴う環道内速度の変化について分析を行う。また、対象交差点は流入方向が環道中心からずれている流入部があり、 θ によって車両の進行方向を定義すると実際の感覚とずれが生じるため、図-3.4 に示すように流入部の道路を延長し、他流入部と交わった時計回りの角度を交差角と定義する。例えば、図-3.4 に示すS→W方向は $\alpha=89^\circ$ であるが、これを θ で表すと $\theta=66^\circ$ となり両者に差が生じている。OD ごとの交差角を表-3.3 に示す。なお、交差点進入速度は流入部ごとに、交差点内速度(RAB)は OD 別に集計して分析を行う。OD 別の交差角を表-3.3 に示す。

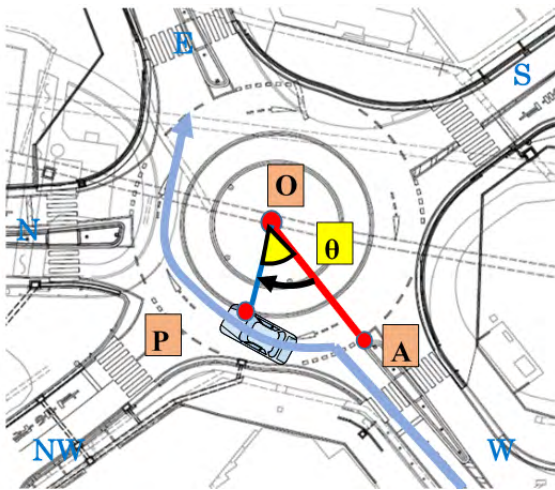


図-3.3 環道内速度の取得方法

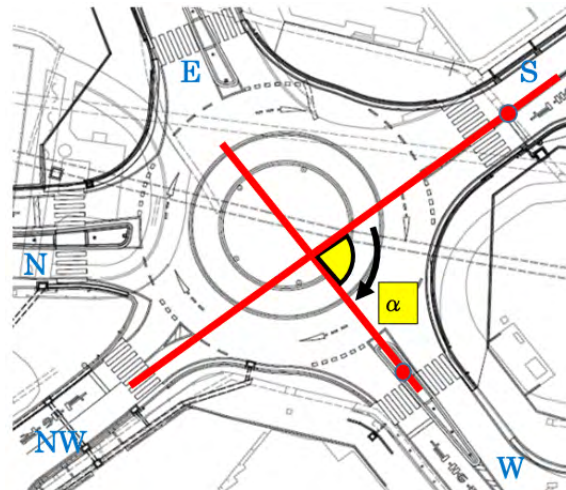


図-3.4 交差角の定義

表-3.3 OD別の交差角

交差角 α [deg]		流出				
		W	NW	N	E	S
流入	W	360	87	125	195	271
	NW	273	360	36	107	183
	N	235	324	360	71	150
	E	165	253	289	360	76
	S	89	177	210	284	360

3.2.2 車両対車両交錯

車両対車両の交錯について、交錯点数と交錯頻度、交錯強度の観点から信号交差点とRABを比較し分析する。交錯頻度の指標には交錯点通過時間差(Post-Encroachment Time; PET)を、交錯強度には衝突を仮定した場合の前後のエネルギー変化量を用いて分析を行う。ここで、PETとは交錯を起し得る2者が、交錯点を通る時に生じる時間差のことである。

ここで、対象交差点は交通量が少なく、交差道路側からの車両とのインターグリーン時の交錯はサンプルが殆ど取得できない。よって、交錯点通過時間差とエネルギー変化量の分析においては対向車両との交錯のみを扱う。また、対向車両との交錯には右折車両-対向直進車両の交錯と右折車両-対向左折車両の交錯の2種類があり、どちらも右折車両が関係している。よって今回は右折車両数が多かったW→S方向車両との交錯を分析対象とした。以降、図-3.5、3.6に示すように、W→S方向を右折、E→W方向を直進、E→S方向を左折と定義し、右折車両と直進車両の交錯を右直交錯、右折車両と左折車両の交錯を右左交錯と定義する。



図-3.5 信号時の車両交錯図

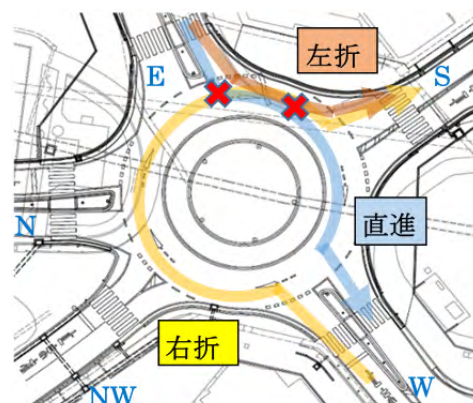


図-3.6 RAB時の車錯交錯

1) 交錯点数

2.2節で示したように、当該交差点は2現示制御であるため、信号現示の切り替わるタイミング(インターグリーン時間)には対向車両との交錯だけでなく、側方車両との交錯も考えられる。インターグリーン時間に発生する交錯も考慮し、信号時とRABで交錯回数を比較する。

2) 交錯点通過時間差

車両が進路を譲るかどうかによって、PET値は正と負の値を取りうる。ここで、信号交差点ではE→WまたはE→S方向の車両が先に交差点を通過した場合、RABではW→S方向の車両が先に交差点を通過した場合、PETが正となる。逆の場合、負のPETとなる。しかしながら、RABではW→S方向の車両は環道車両であり、かつ、環道車両が優先権を持っているため、正のPETしか発生しないはずである。このため本研究では、正のPETのみ分析対象とする。なお、車両の大きさを考慮して、表-3.4に設定した車両端点の軌跡が交差点を通過する時刻を観測した。

表-3.4 交差点観測時の設定位置

交錯の種類	信号 右直	信号 右左	RAB 右直	RAB 右左
	W→S 右前方	W→S 左前方	W→S 左前方	
観測車両 取得位置				
	E→W 右後方	E→S 右後方	E→W 右後方	E→S 右後方
対象車両 取得位置				

3) エネルギー変化量

エネルギー変化量の計算方法について、図-3.7 に示す通り、車両軌跡が交錯する 2 車両について衝突が発生したと仮定する。衝突後の速度を v とし、衝突前後のエネルギー差 ΔK_e を求める(式(3.1))。 v は x 成分と y 成分に分解し、それぞれに運動量保存側(式(3.2))を適用することにより計算する。

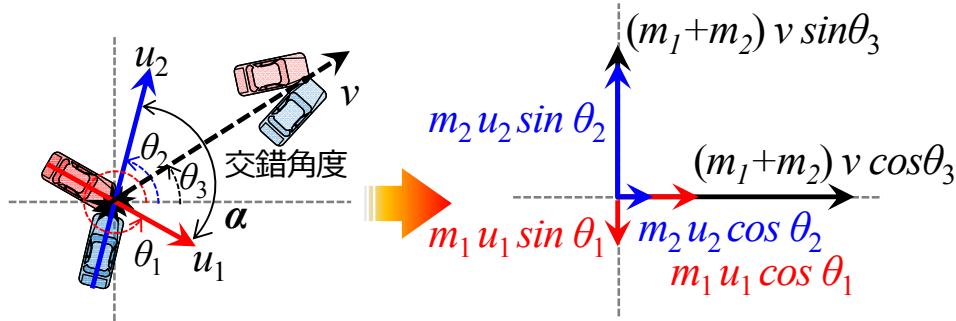


図-3.7 エネルギー変化量

$$\Delta K_e = \frac{1}{2}(m_1 u_1^2 + m_2 u_2^2) - \frac{1}{2}(m_1 + m_2) v^2 \quad (3.1)$$

$$m_1 u_1 \sin \theta_1 + m_2 u_2 \sin \theta_2 = (m_1 + m_2) v \sin \theta_3 \quad (3.2a)$$

$$m_1 u_1 \cos \theta_1 + m_2 u_2 \cos \theta_2 = (m_1 + m_2) v \cos \theta_3 \quad (3.2b)$$

$$\theta_1 - \theta_2 = \alpha \quad (3.2c)$$

3.2.3 車両対歩行者交錯

車両対歩行者の交錯について、交錯頻度と交錯時の深刻さの観点から信号交差点と RAB を比較し分析する。交錯の指標には、PET を用いて分析を行う。車両と歩行者の場合は、車両対車両の場合と異なり衝突を仮定したエネルギー変化量でとらえることは妥当ではないと考え、交錯点での通過速度を指標とした。RAB では車両-歩行者交錯には図-3.8 に示す通り流入車両-歩行者と流出車両-歩行者の 2 種類が存在する。しかし流入側には横断歩道手前に停止線が設置され一時停止が義務付けられており、一時停止を行った車両と歩行者との交錯は危険性が低い。よって本研究では流出車両-歩行者の交錯のみ評価を行う。PET について図-3.9 に示すように横断歩行者が流出車両より先に交錯点を通過した場合の PET を正とし、流出車両が先に交錯点を通過した場合の PET を負として定義する。

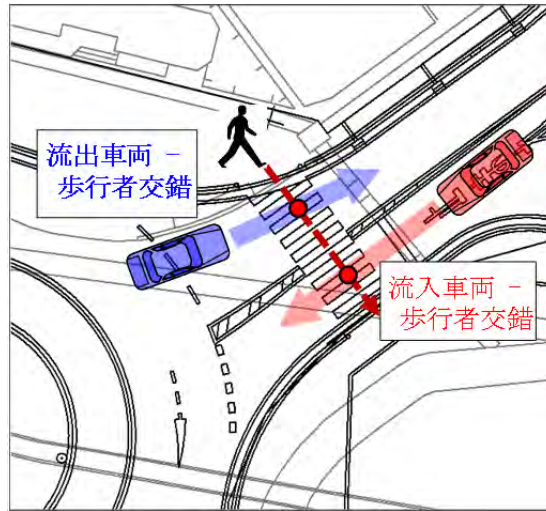


図-3.8 RAB の車両-歩行者交錯

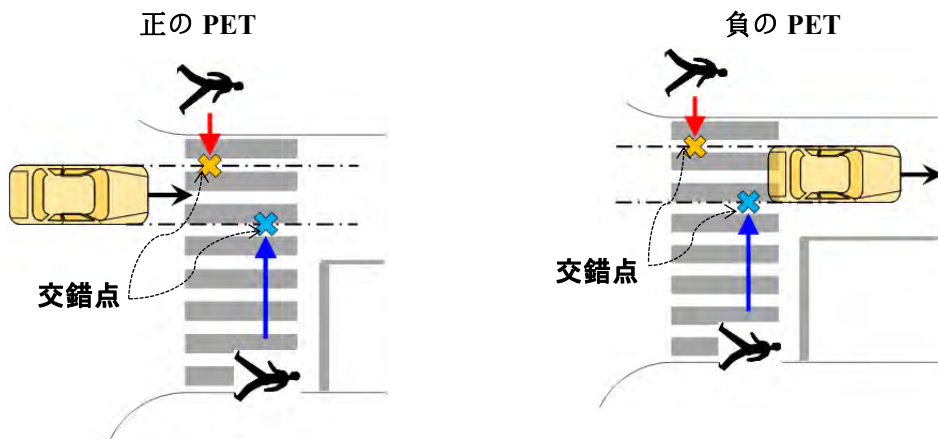


図-3.9 PET の正負

3.2.4 環道内走行位置

RAB 環道内での車両走行位置について、OD 別に分析を行う。図-3.3、3.4 で定義した θ と α を用いて交差角の違いによる走行位置の違いをみる。図-3.10 に示す通り、環道中心(O)と環道走行車両の右前輪軌跡(P)を結んだ線分 OP を環道中心からの距離と定義し、 θ の変化による推移を分析する。また、直進方向に対しては流入部道路中心を延長した直線上に、P から降ろした垂線の足を H とし、環道内走行位置(θ)と直進方向に対する膨らみ量(PH)の関係により評価する。また、車両軌跡がエプロン内に侵入した場合の交差角との関係についても分析する。

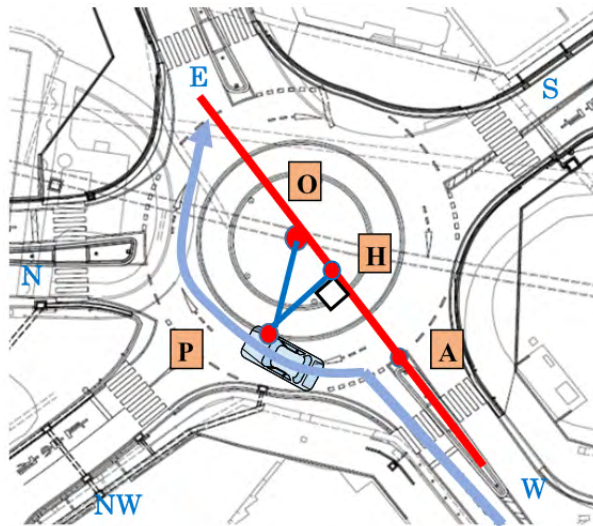


図-3.10 各点の定義

3.2.5 流入部、流出部での運転者の安全確認行動

本研究では、東和町交差点にて小型乗用車(図-3.11)を実際に走行させ、車内に設置したビデオカメラ 2 台(ビデオカメラ 1: 走行時における前方交通状況取得用、ビデオカメラ 2: 走行時における運転者の安全確認動作回数取得用)とドライブレコーダ、GPS ロガーによって運転者の車両挙動、安全確認挙動等を取得するための調査を、信号交差点時(2012 年 5 月 8、9 日)、RAB 運用直後(2013 年 2 月 5、6 日)の 2 時点において実施した。また、交差点付近でのドライバーの視認動作を詳細に分析するため、注視点の動きを捉え、注視する対象物を把握可能なアイマークレコーダーEMR-9(model ST-725)を使用する調査を同時に実施している。



図-3.11 調査車両と車内の様子

3.3 円滑性に関する評価方法

交差点の円滑性に関して、3.2 節と同様にして表-3.5 に評価項目とそれに対する評価指標をまとめる。指標値の推定方法を述べる。

表-3.5 円滑性に関する評価指標

評価項目	評価指標	対象	該当する項
流入部閉塞可能性の有無	流入部交通容量	車両	3.3.1
通過時間短縮の有無	平均遅れ時間	車両、歩行者	3.3.2、3.3.3

3.3.1 流入部交通容量

(社)交通工学研究会の「ラウンドアバウトの設計・計画ガイド(案)」(2009)では、RABの流入部交通容量の計算式としてギャップアクセプタンス確率に基づいた(3.3)式が示されており、本研究でもこれを用いて流入部交通容量の推定を行う。東和町交差点のSおよびW流入部にて観測したクリティカルギャップ(図 3-12、3-13)、フォローアップタイム、最小車頭時間の結果を、表-3.6にまとめて示す。

$$c_{e_i} = \frac{3600}{t_f} (1 - \tau q_{c_i}) \exp \left\{ -\frac{q_{c_i}}{3600} (t_c - \frac{t_f}{2} - \tau) \right\} \quad (3.3)$$

c_{e_i} : 流入部 i の流入交通容量[台/時]

q_{c_i} : 流入部 i 正面の環道交通量[台/時]

t_f : 流入車両の追従車頭時間(フォローアップタイム)[s]

τ : 環道交通流の最小車頭時間[s]

t_c : 臨界流入ギャップ(クリティカルギャップ)[s]

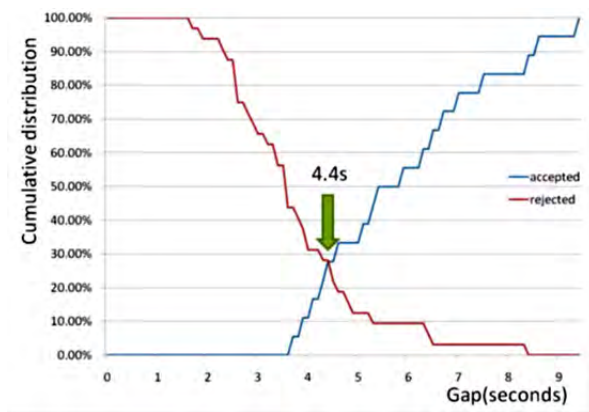


図-3.12 S 流入部でのギャップ観測結果

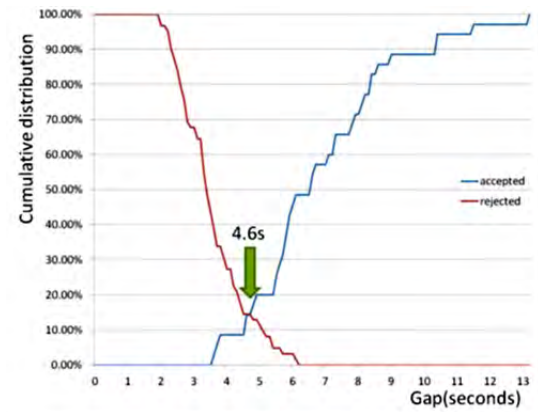


図-3.13 W 流入部でのギャップ観測結果

表-3.6 流入部交通容量の推定に用いた設定値(実測結果の平均値)

クリティカルギャップ t_c [秒]	フォローアップタイム t_f [秒]	最小車頭時間 τ [秒]
4.5	3.4	2.2

交通容量に対する実際に走行した車両の割合(需要率) λ_i は、(3.4)式により計算する。一般に、需要率が0.9を超える流入部が1つでもあるとRABの適用は困難であり、0.8程度の値を示す場合も慎重に判断すべきであるとされている。

$$\lambda_i = Q_i / c_{e_i} \quad (3.4)$$

Q_i : 流入部 i の交通量[台/時]

n 枝の信号交差点における需要率 λ は式(3.5)にて計算する。

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \rho_i \quad (3.5a)$$

$$\rho_i = Q_i / s_i \quad (3.5b)$$

$$s_i = s_B \times \alpha_W \times \alpha_G \times \alpha_T \times \alpha_{RT} \times \alpha_{LT} \quad (3.5c)$$

- ρ_i : 流入部 i の需要率
- Q_i : 流入部 i の設計交通容量
- s_i : 流入部 i の飽和交通流率
- s_B : 飽和交通流率基本値
- α : それぞれ車線幅員(W)、縦断勾配(G)、大型車混入率(T)、右折車混入率(RT)、左折車混入率(LT)による補正率

3.3.2 車両平均遅れ時間

車両平均遅れ時間について、信号制御と RAB で比較を行う。信号制御によって被る遅れは、制御遅れ(control delay)である。RAB によって被る遅れ d_R は、交差点流入部の待ち行列に並び始めてから交差点へ進入するまでの停止による制御遅れ(Control delay) d_c と、環道内を低速で走行することによる幾何構造遅れ(Geometric delay) d_g の 2 つに分けることができる。

$$d_R = d_c + d_g \quad (3.6)$$

図-3.14、3.15 に示す通り、信号時と RAB それぞれにおいて、同じ区間を設定して旅行時間を観測する。なお、N 流入部は改良前と後で幾何構造に大きな変化があり、比較が困難なため分析から除外し、残りの 4 方向について旅行時間を観測している。

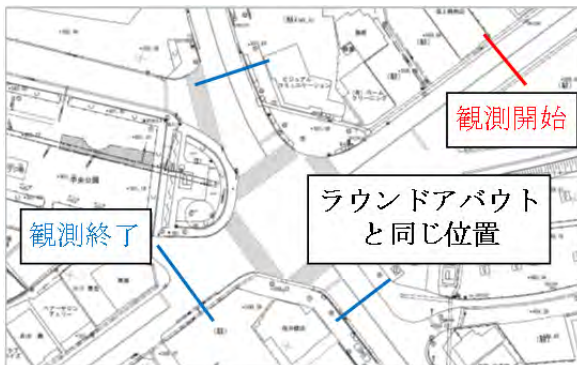


図-3.14 信号時の旅行時間観測位置

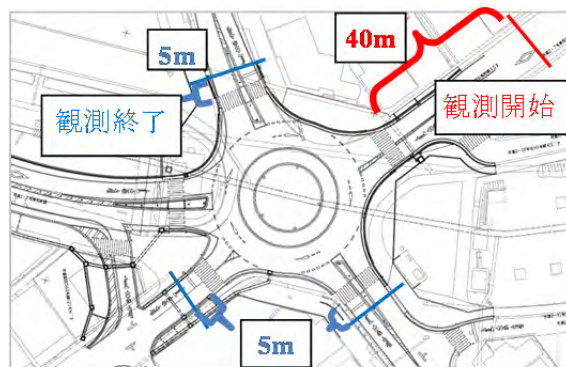


図-3.15 RAB 時の旅行時間観測位置

1) 信号制御遅れの計算

観測した旅行時間データのうち、先頭車両かつ丸青時間内に区間内を通過した車両(以下、自由走行車両)を抽出し、OD ごとに平均の旅行時間を計算し、これを基準時間とした。信号交差点での制御遅れは(走行に要した旅行時間-同じ OD での基準時間)によって計算する。

2) RAB 幾何構造遅れの計算

RAB 幾何構造遅れは、信号交差点時と走行軌跡の似ている左折車両は遅れ 0 とし、直進および右折車両については、(環道走行による増加距離÷環道内平均速度)によって計算する。増加距離は(環道中央を走行した距離-同じ OD の直線距離)とし、環道内平均速度は各車両の環道内速度の平

均値を用いる。

3) RAB 制御遅れの計算

RAB の制御遅れは、{走行に要した旅行時間-(同じ OD での基準時間+RAB 幾何構造遅れ)}によって計算する。

3.3.3 歩行者平均遅れ時間

歩行者平均遅れ時間について、信号時と RAB の比較分析を行う。RAB は横断歩道において歩行者優先であるため待ち時間は信号時より短縮されるが、構造変化によってセットバック距離が長くなり幾何構造遅れが生じる。

信号時と RAB それぞれにおいて、同じ区間を設定して旅行時間を算出する。構造変化の大きい N 流入部を利用する歩行者は除外し、残りの 4 方向について旅行時間を算出した。

歩道は各流入部につき両側に存在するが、**図-3.16** に示す通り、流入車線に近い歩道を near-side(表記 n)、遠い歩道を far-side(表記 f)と定義する。**図-3.17**、**3.18** に、RAB と信号交差点における横断歩行者旅行時間の観測位置をそれぞれ示す。

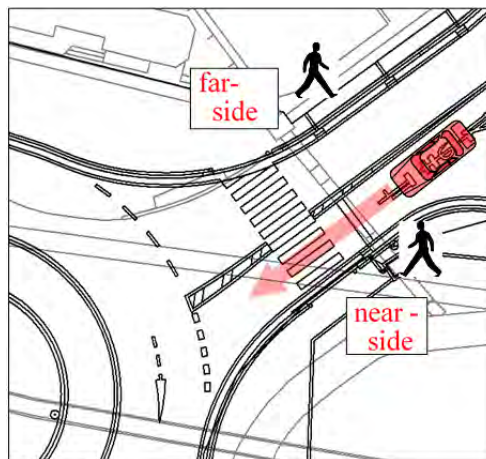


図-3.16 両側の歩道の定義

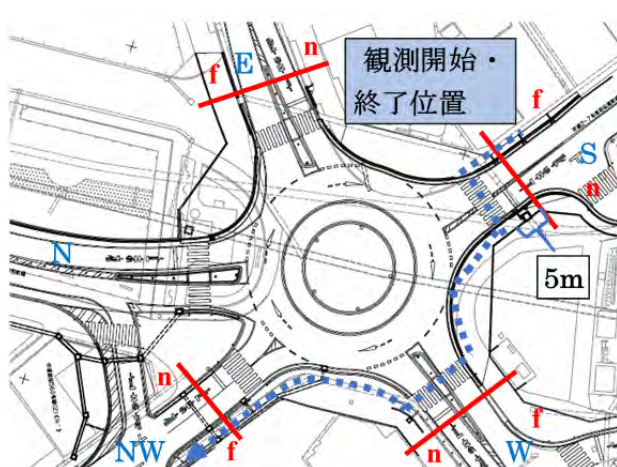


図-3.17 RAB の歩行者旅行時間観測位置

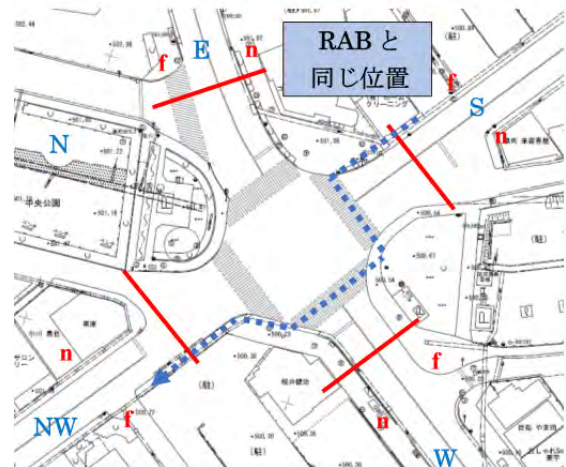


図-3.18 信号時の歩行者旅行時間観測位置

4. 交差点実態調査

4.1 調査の概要

各種データ収集のために、東和町交差点現地にて制御方式変更前に1回、RABへの変更後すぐに1回、変更から半年後に1回、計3回の実態調査を行った。これらの概要を表-4.1に示す。

いずれの調査でも複数のビデオカメラを使用し、付近の建物屋上から三脚で固定し交差点内を上から撮影を行った(図-4.1)。同時に、(株)飯田ケーブルテレビ(CATV)の協力により、Webカメラより撮影した映像を提供していただいた(図-4.2)。

表 4-1 調査の概要

調査	改良前	改良後1回目	改良後2回目
制御方式	信号交差点	ラウンドアバウト	ラウンドアバウト
調査年月日	2012/5/8(日)、9(月)	2013/5/7(火)、8(水)	2013/9/19(木)、20(金)
調査時間	5/8 17:00～5/9 13:00 (20時間)	5/7 14:30～5/8 17:00 (26.5時間)	9/19 14:30～9/20 17:00 (26.5時間)
天候	晴れ	晴れ	晴れ



図-4.1 屋上からのビデオ撮影



図-4.2 飯田 CATV 映像

4.2 交通状況の整理

飯田 CATV 映像を用いて、交通量の観測を行った。改良前の 12 時間交通量は、9 日 18:00~19:00 の映像が取得できなかったため、8 日の 18:00~19:00 における交通量を代用して集計した。

1) 車両区分の定義

交通量を整理する上で、区分は小型車・大型車・二輪車・歩行者とした。小型車・大型車の区別を表-4.2 に示す。

表-4.2 車種区分の定義

車両区分	寸法
小型車	全長 6.0m、全幅 2.0m 以下
大型車	全長 6.0m または全幅 2.0m を超えるもの

2) 車両交通量

3 回の調査時の自動車および歩行者交通量について整理する。各回の二輪車を除く車両の 12 時間交通量を、それぞれ表-4.3~4.5 に示す。方向別の 12 時間交通量を図-4.3、4.4 に示す。

表-4.3 改良前調査時の 12 時間交通量 (2012 年 5 月 8、9 日)

台/12 時間 (7:00~19:00)		流出交通量						流入合計
		N	E	S	S'	W	NW	
流入 交通量	N	10	145	403	137	277	34	1,006
	E	66	0	144	54	1,349	179	1,792
	S	578	234	0	15	421	451	1,699
	W	492	1,422	395	45	0	202	2,556
	NW	38	111	408	37	103	0	697
	流出合計	1,184	1,912	1,350	288	2,150	866	7,750

表-4.4 改良後 1 回目の 12 時間交通量 (2013 年 5 月 8 日)

台/12 時間 (7:00~19:00)		流出交通量						流入合計
		N	E	S	S'	W	NW	
流入 交通量	N	0	161	685	112	404	14	1,376
	E	85	0	129	31	1,163	152	1,560
	S	666	203	0	0	494	459	1,822
	W	481	1,226	325	13	0	332	2,377
	NW	2	116	350	28	90	0	586
	流出合計	1,234	1,706	1,489	184	2,151	957	7,721

表-4.5 改良後 2 回目の 12 時間交通量 (2013 年 9 月 20 日)

台/12 時間 (7:00~19:00)		流出交通量						流入合計
		N	E	S	S'	W	NW	
流入 交通量	N	0	155	843	132	485	16	1,631
	E	95	0	153	54	1,294	191	1,787
	S	779	216	0	13	572	464	2,044
	W	579	1,319	401	13	0	388	2,700
	NW	2	131	356	25	141	0	655
	流出合計	1,455	1,821	1,753	237	2,492	1,059	8,817

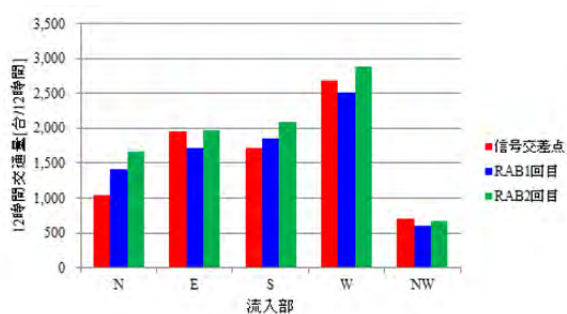


図-4.3 12 時間交通量(流入方向)

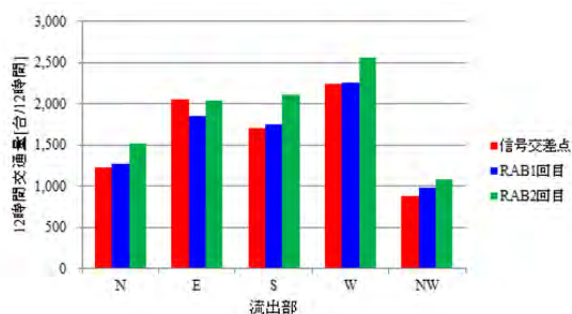


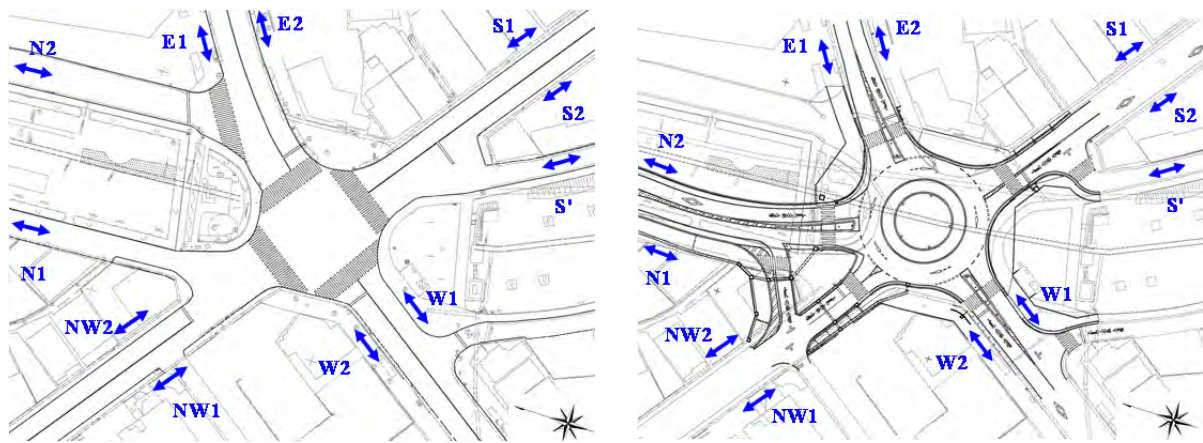
図-4.4 12 時間交通量(流出方向)

交通量について比較を行うと、改良前と改良後 1 回目は総交通量に変化はほとんど見られず、改良後 2 回目は交通量が増加している。方向別に比較すると、N 方向の道路が整備されて N 流入部として統合された結果、流出・流入ともに交通量が改良前より増加している。3 回の調査いずれにおいても、E→W および W→E 方向車両の交通量が他方向より多かった。また、12 時間交通量にて大型車混入率を計算したところ、信号交差点が 0.75%、RAB1 回目が 0.96%、RAB2 回目が 1.58%であり、当該交差点は大型車混入率が極めて低い状況にある。

3) 歩行者交通量

信号時と RAB それぞれにおいて、歩行者交通量を集計するための流出入部を図-4.5 のように定義する。そのもとで方向別に 12 時間交通量を計測した結果を図-4.6、4.7 に示す。

もっとも歩行者交通量が多い流入部は N2 方向であり、これは N2 方向の先には中学校があるため、通学路として利用されていることによるものである。尚、別途実施している時間帯別集計結果においても N2 方向は朝 7 時台の交差点流出方向、夕方 16 時~18 時台の交差点流入方向が多い傾向が確認された。



(a) 信号時 (b) RAB

図-4.5 歩行者交通量集計における流出入口の定義

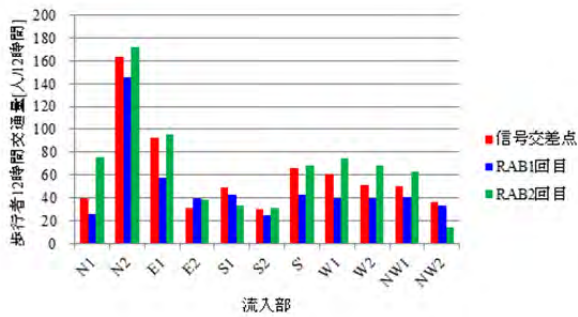


図-4.6 歩行者 12 時間交通量(流入方向)

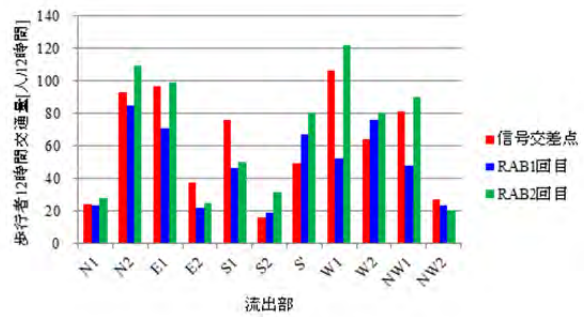


図-4.7 歩行者 12 時間交通量(流出方向)

4.3 分析用データの収集方法

取得した映像データから、ビデオ画像処理システムを用いて 0.3 秒ごとに車両位置(右前輪タイヤの接地点)を追跡し走行軌跡を取得した(図-4.8)。これらの走行軌跡を射影変換により画像座標系から実座標系に変換を行った上で、カルマンスムージングにより観測誤差の補正及び補間推定を行って 0.1 秒ごとに位置、速度、加速度などのデータを得た(鈴木・中村, 2006)。

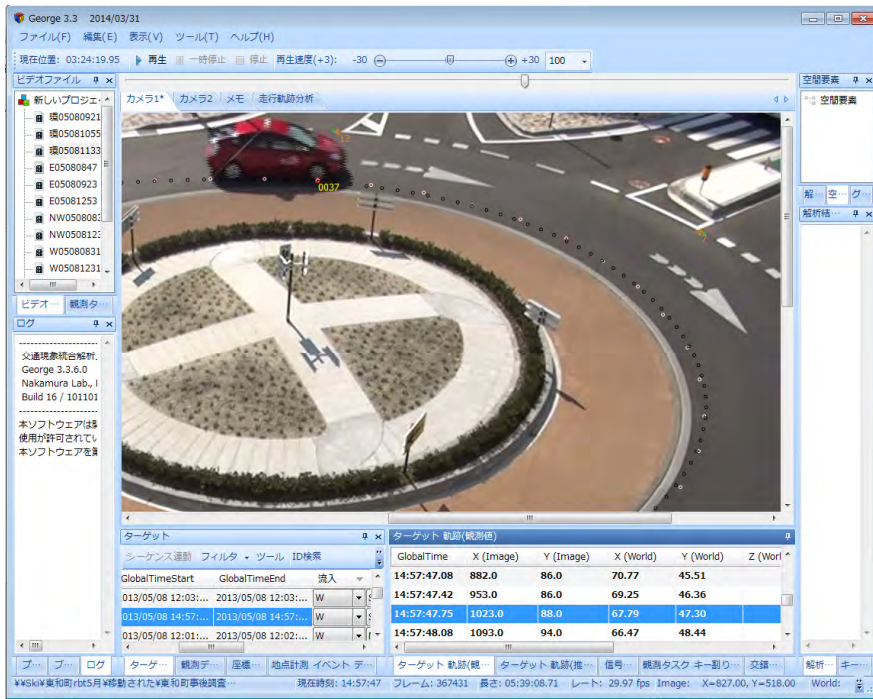


図-4.8 ビデオ画像処理システムによる軌跡取得

4.4 安全確認データの収集方法

本走行調査において、信号時は 20 代男性 4 名、RAB 運用直後は 20 代男性 2 名を被験者とした。なお、このうち 2 名は信号、RAB の両方で調査に参加していた。本分析では、信号時と RAB 時の共通の被験者 2 名を対象に分析を行う。東和町交差点は 5 流出入口で構成されているため、走行ルートは、U ターンを除く 5 流入路×4 流出路の合計 20 ルートとなる(図-4.9)。しかし、RAB 運用直後において、N 流入部が工事作業により通行止めであったため、走行ルートから除外した 4 流入路×4 流出路の合計 16 ルートを分析に使用する。本調査では、被験者の疲労を考慮し、全ルートを 2 パターンに分けて走行調査を行った。

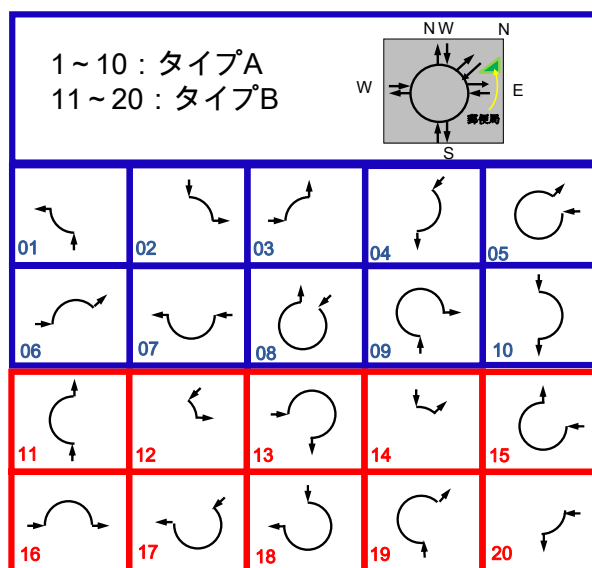


図-4.9 走行ルート

ここで、安全確認行動に関して、被験者は、交差点流入右左折時の横断歩道直近到達時、歩行者等への安全確認をした時点(以降、安全確認時)に合図(「確認」と発声)を出してもらい、そのタイミングを車両に同乗した記録員がドライブレコーダに記録している(図-4.10)。さらに、各ルート走行終了後に交差点流入から流出までの走行のしやすさを4段階(1:しやすい、2:まあまあしやすい、3:ややしにくい、4:しにくい)で評価している。なお、本研究では、左折をルート01、02、03、06、20とし、右折をルート05、09、13、15、18とし分析を行っている。ここで、本交差点は流出入部が均等でない5差路であるため、当交差点内の右左折時の走行距離が異なる点に留意が必要である。他方、全流出部における横断歩道の環道からのセットバック距離が5.5m程度とほぼ同一であり、流出部での挙動への影響は小さいと考えられる。

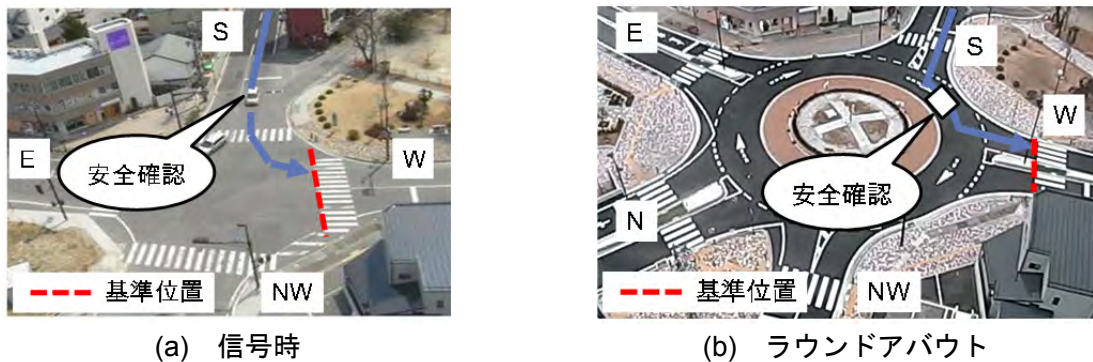


図-4.10 安全確認タイミングと基準位置

5. 東和町交差点ラウンドアバウト化の安全性評価

5.1 車両走行速度

5.1.1 交差点進入速度

流入部ごとに、図-3.1、3.2 に示した位置での交差点進入速度を観測した結果を、図-5.1 に示す。信号交差点時の車両は、停止線通過時の信号表示によって青信号時、黄信号時、赤信号時に区別する。

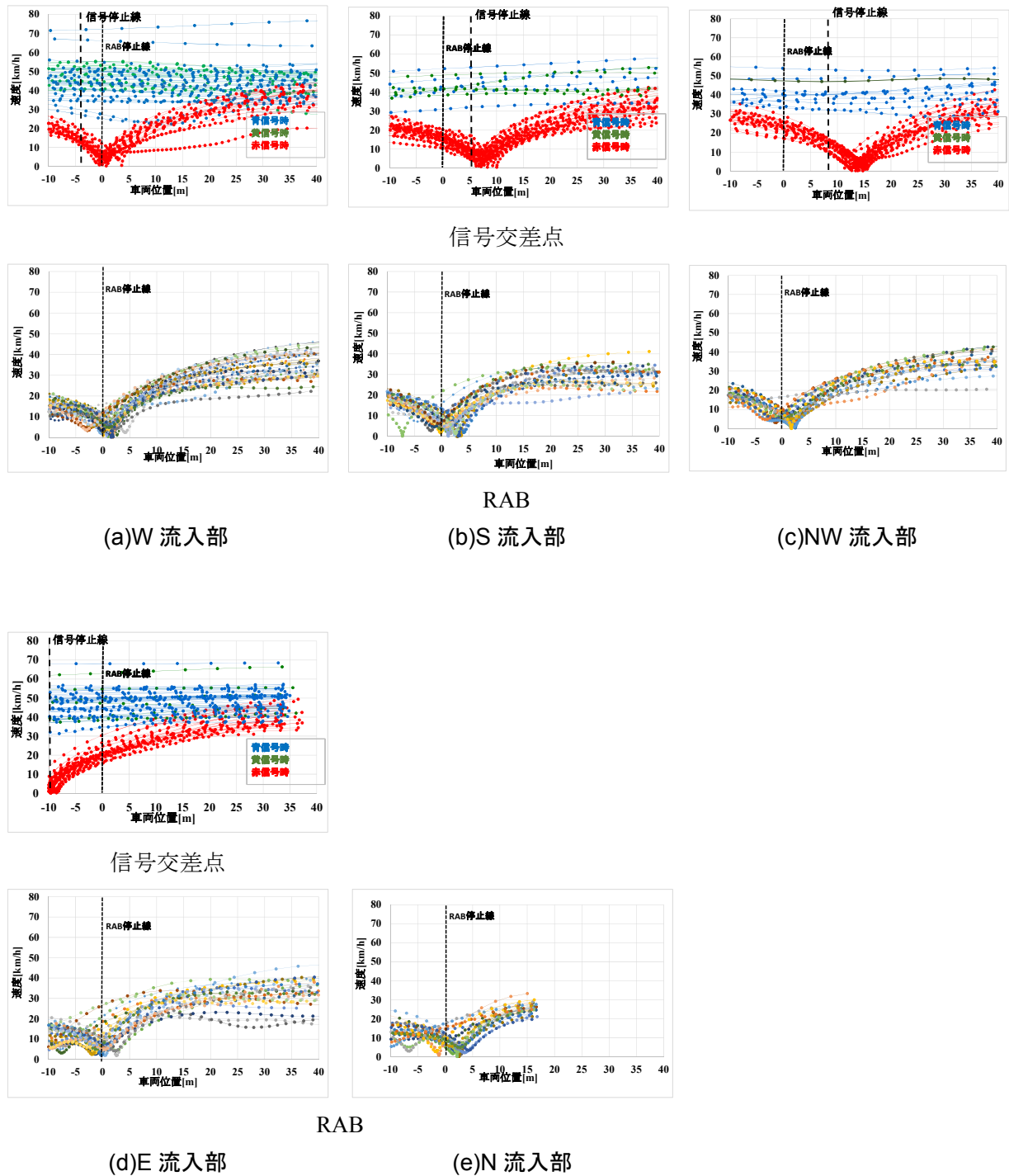


図-5.1 信号時と RAB 時の交差点進入速度の推移

1) 信号交差点の進入速度

図-5.1 各図の上の図において、信号表示状態によって速度を比較してみると、サンプル数に違いはあるものの、青信号時と黄信号時では青信号時の方が速度のばらつきが大きいことがわかる。W 流入部において RAB 停止線位置の断面速度を取得したところ、青信号時は平均して約 45.5[km/h]であるのに対して、黄信号時は約 48.2[km/h]と青信号時よりも高い速度であった。信号が青から赤へ変わるタイミング(黄時間 3 秒)に交差点内へ進入する車両は、やや強引に駆け込むことにより、高い速度となり、かつ挙動が似ていたためと考えられる。

2) RAB の進入速度

図-5.1(a)~(e)より、OD ごとに比較してみると、RAB の E 流入部から流入する車両は速度のばらつきが大きく、停止線位置で一時停止をしていない車両が多くみられる。これは、E 流入部は上流側から交差点方向へ下り勾配になっており、見通しも良好で安全確認が容易であるため停止線を越えてドット線付近まで速度を落とさない車両がいたことによるものと考えられる。

3) 信号交差点と RAB の比較

OD による多少の違いはあるが、全体的に RAB では停止線へ近づくにつれて緩やかに減速を行い、停止線通過後に再加速を行ってドット線を通過している。同じように停止挙動を取る赤信号時の車両と比較すると、ドット線位置での平均速度は W 流入部において信号時が約 21.1[km/h]であるのに対して、RAB は約 14.5[km/h]と RAB の方が低くなっていることがわかる。また、当該道路の規制速度は 40[km/h]であるが、信号時にはこれを大きく超える車両が存在している。

5.1.2 環道内速度

OD ごとに環道内速度を観測した結果を、交差角の小さい順に図-5.2~5.4 に示す。交差角が $0 \leq \alpha < 150$ 、 $150 \leq \alpha \leq 210$ 、 $210 < \alpha \leq 360$ の範囲で、それぞれ左折、直進、右折方向とした。

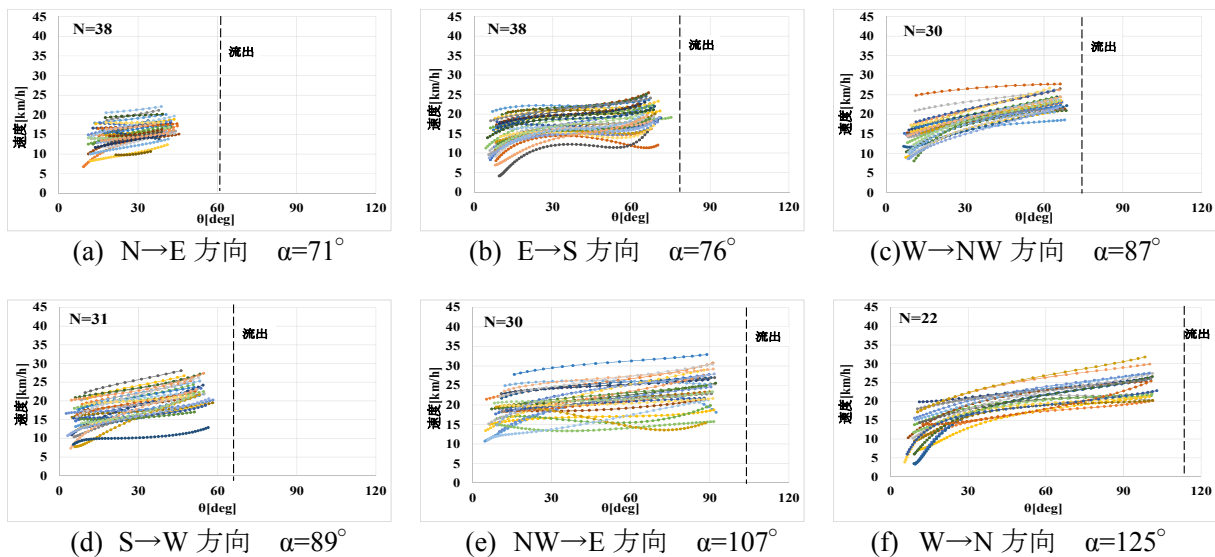


図-5.2 左折方向の環道内速度

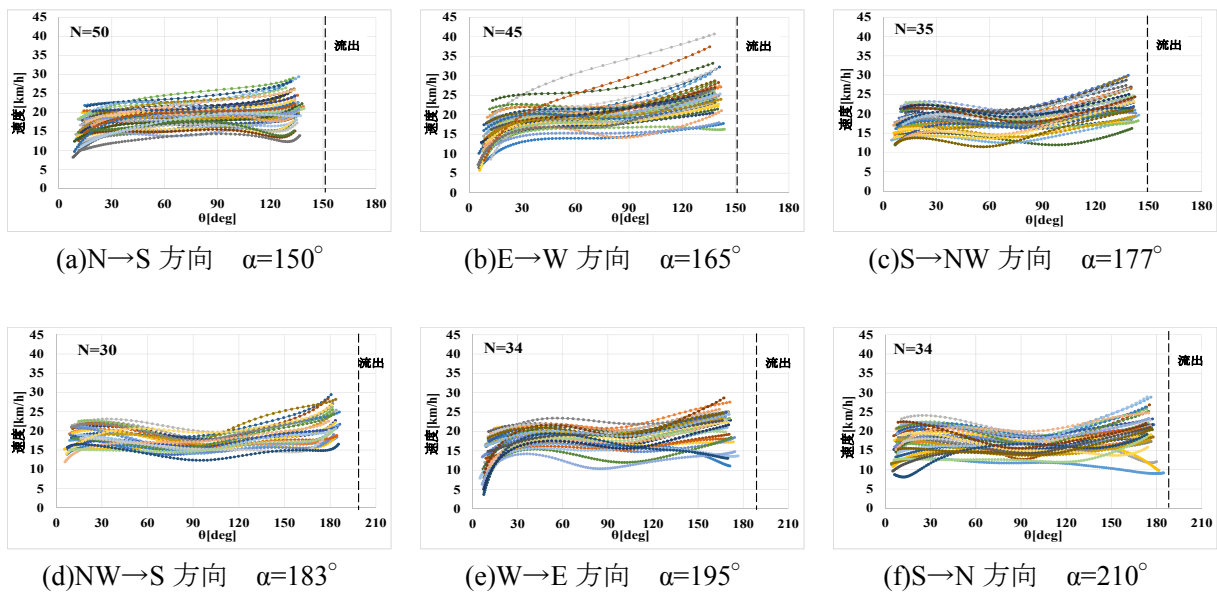


図-5.3 直進方向の環道内速度

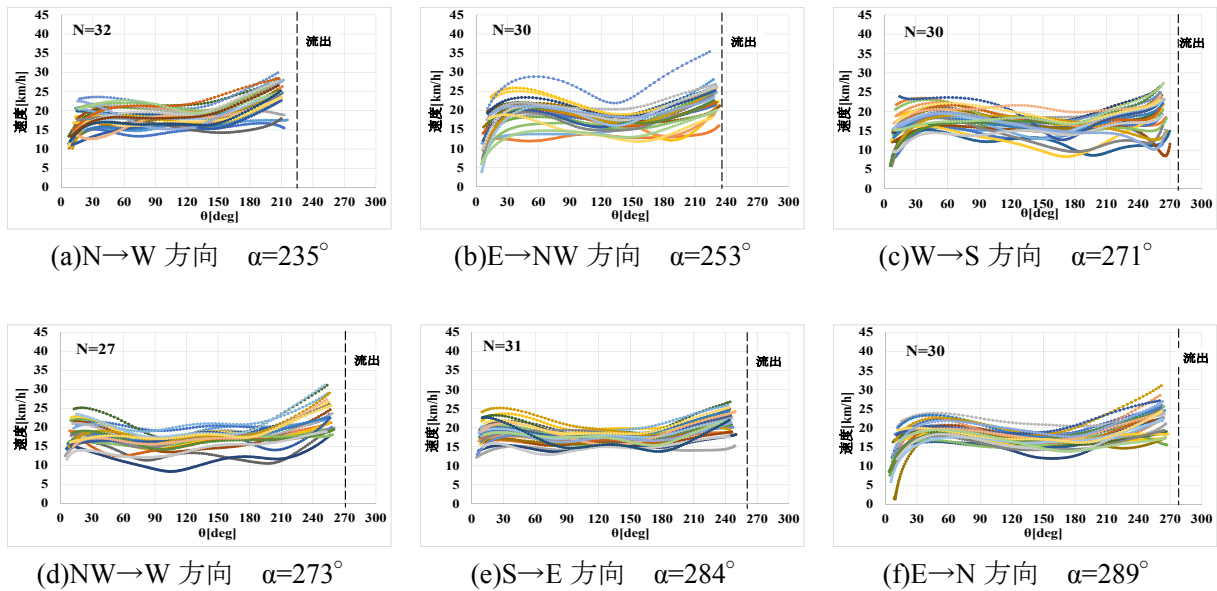


図-5.4 右折方向の環道内速度

- 全体的な傾向として、環道内走行速度の最大値はほぼ 30[km/h]以下である。
- 図-5.2 を見ると、左折方向車両は流入部から速度を上げ、減速は行わずに流出を行っている。 α が大きくなるにつれて加速時間が長くなるので速度の最大値は大きくなっている。
- 図-5.3 を見ると、直進方向車両は $\alpha=165^\circ$ 以下の場合には左折方向車両と同様に減速を行わず流出している。 $\alpha=177^\circ$ を超える場合は流入から加速を行い、 $\theta=90^\circ$ 付近で一度減速した後には再加速して流出している。これは轉向角度が大きくなったため S 字走行が必要となり利用者がアクセルを緩めて走行したと考えられる。
- 図-5.4 より、右折方向車両はグラフの概形にばらつきが大きく、車両によって減速位置や再加速位置の個人差が大きいことがわかる。

5.2 車両と車両の交錯

5.2.1 交錯点数

信号交差点と RAB で起こりうる交錯を整理する。2.2 節で示したように、当該交差点は 2 現示制御であるため、信号現示の切り替わるタイミング(インターグリーン時間)には対向車両との交錯だけでなく、側方車両との交錯も考えられる。表-5.1 に例として W 方向からの流入車両に対して起こりうる交錯をまとめ、W→E 車両の交錯を例として図-5.5、5.6 に示した。

表-5.1 信号交差点と RAB の交錯点数の比較

	交錯点数		対象車両	
	信号	RAB	信号	RAB
W→NW (左折)	2 (1)	1	①E からの対向右折車両 ②S からの側方直進車両	①環道車両
W→E(直進)	5 (4)	3	①E からの対向右折車両 ②NW からの側方直進車両 ③NW からの側方右折車両 ④S からの側方直進車両 ⑤S からの側方左折車両	①環道車両 ②NW からの流入車両 ③N からの流入車両
W→S(右折)	6 (4)	4	①E からの対向直進車両 ②E からの対向左折車両 ③NW からの側方直進車両 ④NW からの側方右折車両 ⑤S からの側方直進車両 ⑥S からの側方右折車両	①環道車両 ②NW からの流入車両 ③N からの流入車両 ④E からの流入車両

※交錯点数欄のカッコ内はインターグリーン時間の交錯数、対象車両欄の破線上段は青現示時間内に起こる交錯、下段のグレー色部分はインターグリーン時間中に起こる交錯を示す。

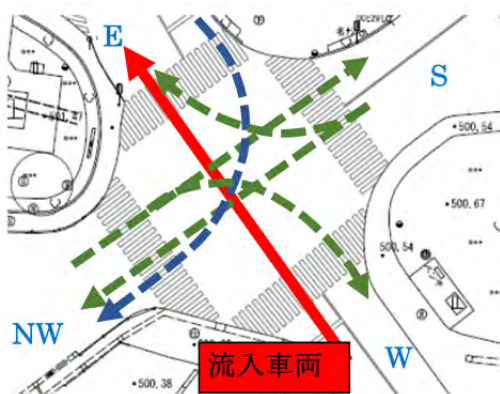


図-5.5 W→E 車両の交錯点(信号)

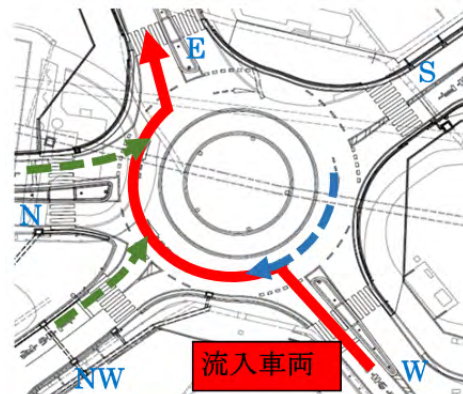


図-5.6 W→E 車両の交錯点(RAB)

図-5.5 において、青時間内での交錯を青破線、インターグリーン時間での交錯を緑破線で示す。また図-5.6 において、環道車両との交錯を青破線、流入車両との交錯を緑破線で示す。

表-5.1 をみると、信号現示切り替わりのタイミングで発生する交錯も考慮すると、信号制御から RAB へ変更することで起こりうる交錯点数が減っている。また交錯の発生位置と交錯車両同士の角度も大きく異なっており、信号時は他方向からの車両による多様な交錯が発生するが、RAB に改良することで環道車両-流入車両の 1 種類の交錯となる。RAB へ変更することによって交錯点数が減り、交錯の種類も単純になることがわかる。

5.2.2 交錯頻度と交錯強度

PET およびエネルギー変化量計算に用いたデータの概要を表-5.2 に示す。

表-5.2 車両-車両交錯分析データ

	信号		RAB	
取得時間	17:00~19:00、7:00~12:00 (計 7 時間)		17:00~19:00、7:00~17:00 (計 12 時間)	
対象車種	小型車			
対象車両 OD	W→S			
交錯車両 OD	E→W	E→S	E→W	E→S
サンプル数	31	13	26	7

PET の算出結果の累積頻度分布を図-5.7、5.8 に、PET の平均値・分散・最小値を表-5.3 に示す。また、エネルギー変化量の頻度分布を図-5.9、5.10 に、エネルギー変化量の平均値・分散・最大値と交錯角度を表-5.4 に示す。

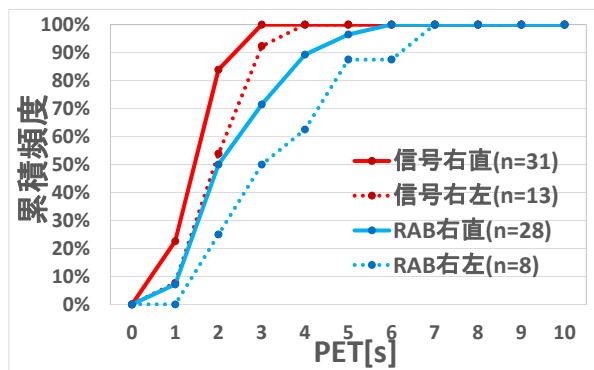


図-5.7 PET の累積分布

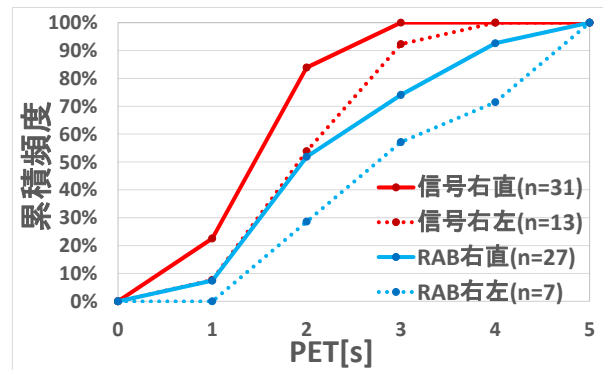


図-5.8 5 秒以内 PET の累積分布

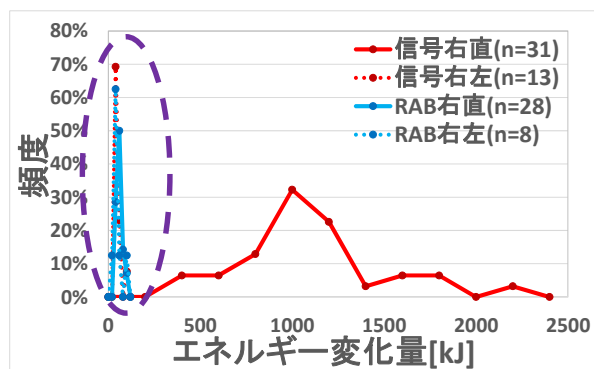


図-5.9 エネルギー変化量の分布

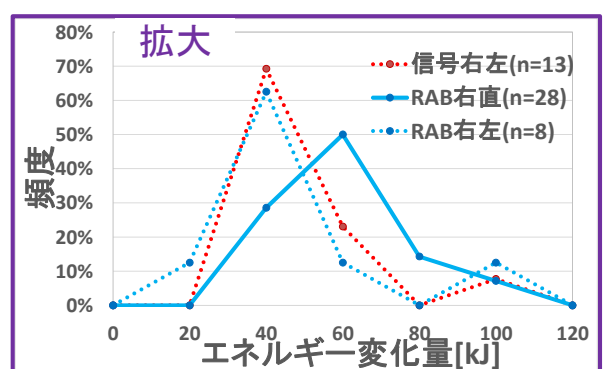


図-5.10 エネルギー変化量の分布(部分拡大図)

表-5.3 PETの平均値・分散・最小値

観測車両 OD	W→S			
対象車両 OD	E→W		E→S	
制御方式	信号	RAB	信号	RAB
平均 PET[s]	1.5	2.4	2.0	2.4
$\sigma^2_{PET}[s^2]$	0.28	0.93	0.25	1.4
最小 PET[s]	0.6	0.9	0.7	1.1

表-5.4 エネルギー変化量と交錯角度の平均値・分散・最大値

観測車両 OD		W→S			
対象車両 OD		E→W		E→S	
制御方式		信号	RAB	信号	RAB
エネルギー	平均 $\Delta k[kJ]$	936	48.2	38.5	37.1
	$\sigma^2_{\Delta k}[kJ^2]$	1.39×10^5	239	416	573
	max $\Delta k[kJ]$	2.10×10^3	86.9	98.9	82.9
角度	平均 $\alpha[deg]$	133	32.0	24.6	22.3
	$\sigma^2_{\alpha}[deg^2]$	53.9	17.2	63.8	56.8

図-5.7、5.8をみると、RABでは短いPETの割合が少ないことが分かる。また、RAB同士で比較すると右直交錯より右左交錯の方が短いPETの割合が少ない。表-5.3をみると、PETの平均値は右直、右左ともにRABの方が大きい。PETの分散は信号時の方が小さいが、図-5.8の通りRABはPETが大きい場所に広く分布している。最小PET値をみても信号時の方が小さく、RABの方が衝突は起こりにくいと言える。

図-5.9、5.10をみると、信号時の右直交錯のエネルギーが非常に大きいことが分かる。これは直進車両の速度が高く、交錯角度が大きいため相対速度が高くなったことが原因である。また右左交錯では信号時とRABで同じような分布となっている。合流に近い、類似した交錯形式を取っていたため近い値になったと考えられる。RAB同士で比較してみると、右直交錯のエネルギー変化量がやや高い結果となった。交錯角度 α が右直交錯の方が平均9.7度大きく、相対速度が大きくなったためと考えられる。

これらの結果より、RABでは短いPETの数が少なく、衝突発生時のエネルギー変化量が右直交錯で特に大きく減少していることから、車両の交錯に関する安全性は高くなったと考えられる。

5.3 横断歩行者と車両の交錯

事前事後で同じ横断歩道上の交錯について比較を行う。観測データの概要を表-5.5に示す。

対象交差点は歩行者交通量が少なく、観測された車両-歩行者交錯の数が少ない。本研究では信号時、ラウンドアバウトともにサンプル数の多いS流入部の横断歩道上での車両と歩行者の交錯について分析を行う。

算出したPETの頻度分布と累積頻度分布を図-5.11、5.12に、交錯点での通過速度の頻度分布と累積頻度分布を図-5.13、5.14に示す。また、PETと交錯点通過速度の平均値と分散、最大値や最小値の算出結果を表-5.6に示す。

表-5.5 車両-歩行者交錯のデータ概要

取得時間		17:00~19:00、6:00~9:00(計 5 時間)									
横断歩道		E		S		W		NW		N	
		信号	RAB	信号	RAB	信号	RAB	信号	RAB	信号	RAB
サンプル数	流入	0	16	16	6	9	2	15	3	0	7
	流出		6		12		1		4		8
歩行者交通量 [人/5 時間]		146	131	112	111	78	99	153	148	86	145
横断歩道セット バック距離[m]		5.4	19.3	3.2	21.9	3.7	11.6	5.1	17.5	/	/

表-5.6 S 流入部での PET、交錯点通過速度の計算結果

交錯の種類		信号	RAB 流出
サンプル数		16	12
(正の)PET [s]	平均 PET	2.7	2.2
	σ^2 PET	0.39	0.61
	最小 PET	1.4	1.2
交錯点通過速度 [km/h]	平均速度	15.5	20
	σ^2 速度	7.66	18.7
	最大速度	22.6	27.8

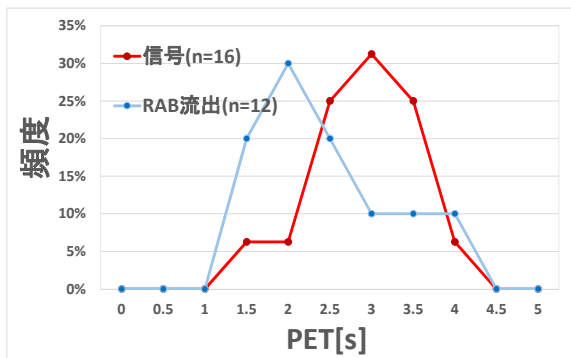


図-5.11 車両-歩行者 PET の頻度分布

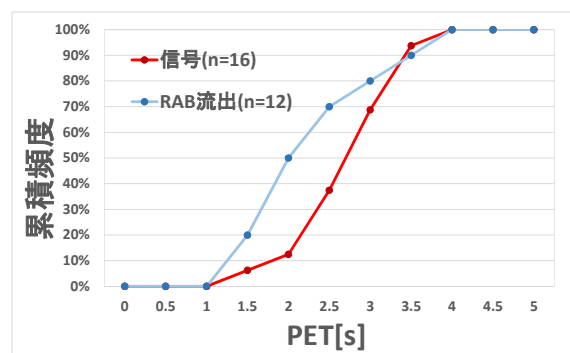


図-5.12 車両-歩行者 PET の累積分布

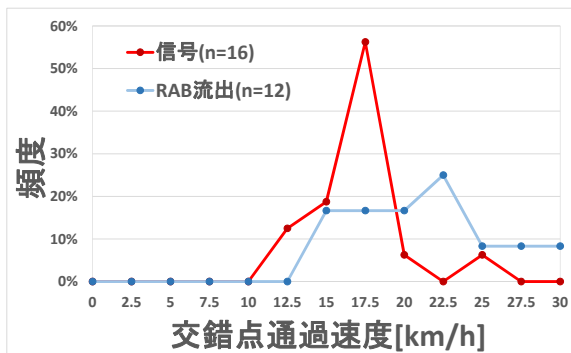


図-5.13 交錯点通過速度の分布

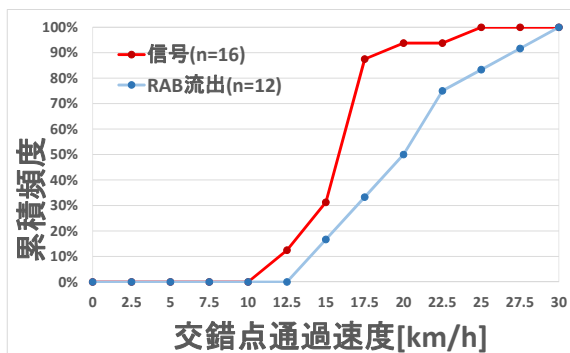


図-5.14 交錯点通過速度の累積分布

PETについては、図-5.11、5.12と表-5.6からRABの方が短いPETの分布が多く、ばらつきがやや大きいことが分かる。また、交錯点での通過速度については、図-5.13、5.14と表5.6からRABの方が高い速度で通過しており、ばらつきも大きいことが分かる。

以上の分析結果より、交差点流出部における流出車両と横断歩行者との交錯に関してはRABの方がPETが短く、交錯点通過速度が高い結果となった。理由としては、今回行った分析ではサンプル数に制約があり、RABにおいてS横断歩道上での車両-歩行者交錯を対象としたが、出発地点別に分類せず集計し指標値を算出したため、ばらつきの大きい結果となったと考えられる。今後の課題としては、多くのサンプルを取得しOD別に分類したうえで分析を行う必要がある。また他の要因として、図-5.15、5.16に示すように、事前事後での幾何構造の変化により横断歩道のセットバック距離が大きく変化したことによる影響が考えられる。

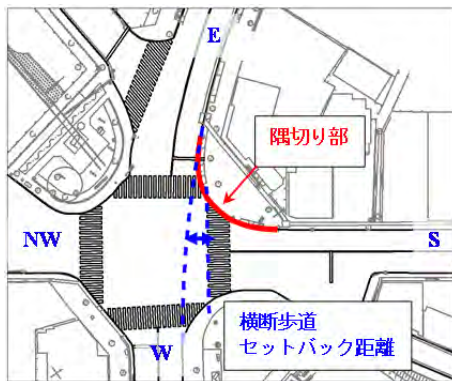


図-5.15 信号時のセットバック距離

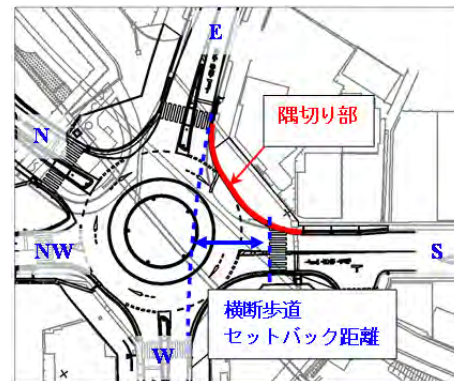


図-5.16 RABのセットバック距離

5.4 環道内走行位置

走行位置分析に使用する軌跡データのOD別サンプル数を、表-5.7に示す。

表-5.7 使用した軌跡データ

取得時間		16:00~19:00				
サンプル数		流出				
		W	NW	N	E	S
流入	W	—	30	23	34	30
	NW	28	—	0	30	27
	N	32	0	—	38	50
	E	46	30	30	—	38
	S	31	35	34	31	—

5.4.1 環道走行位置

軌跡データより環道走行位置を θ によって表した結果を、直進方向、左折方向、右折方向の順に交差角の小さいODから図-5.17~5.19に示す。

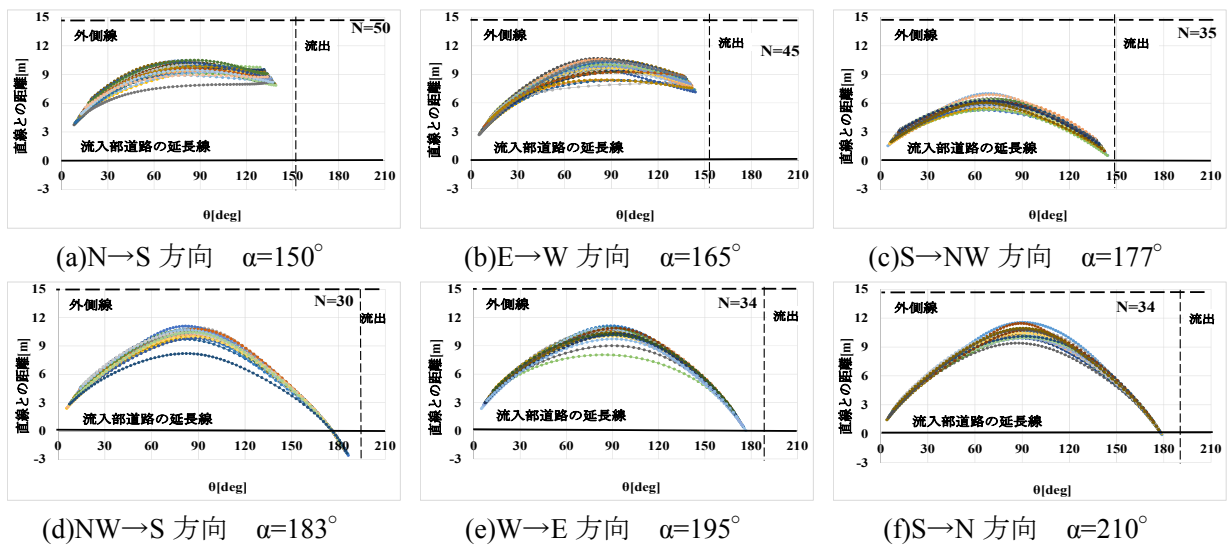


図-5.17 環道内軌跡と流入直線との距離

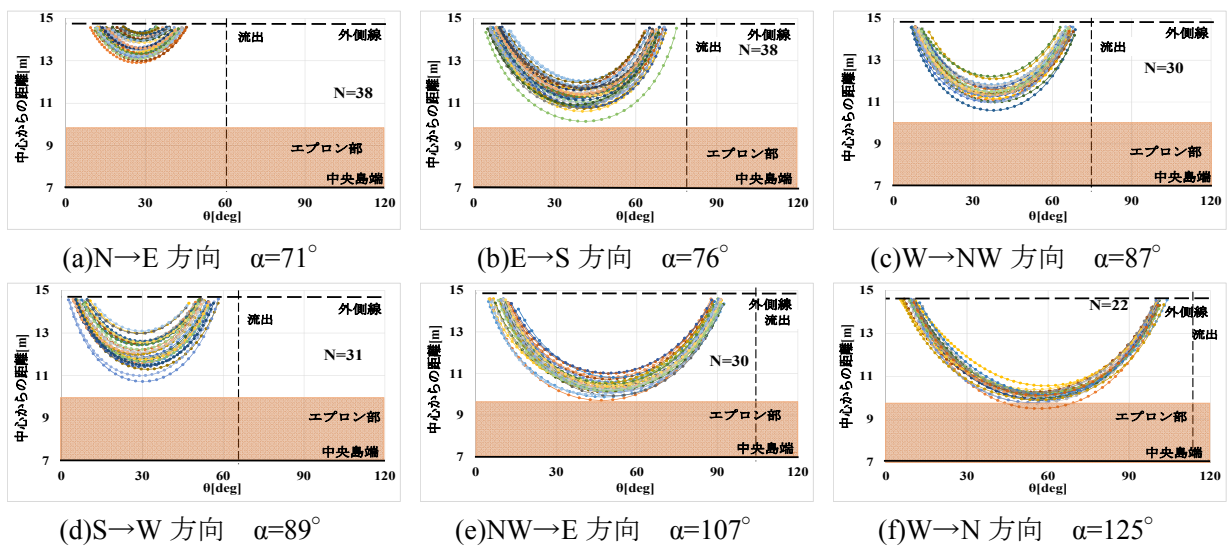


図-5.18 環道内走行軌跡と θ の関係(左折方向)

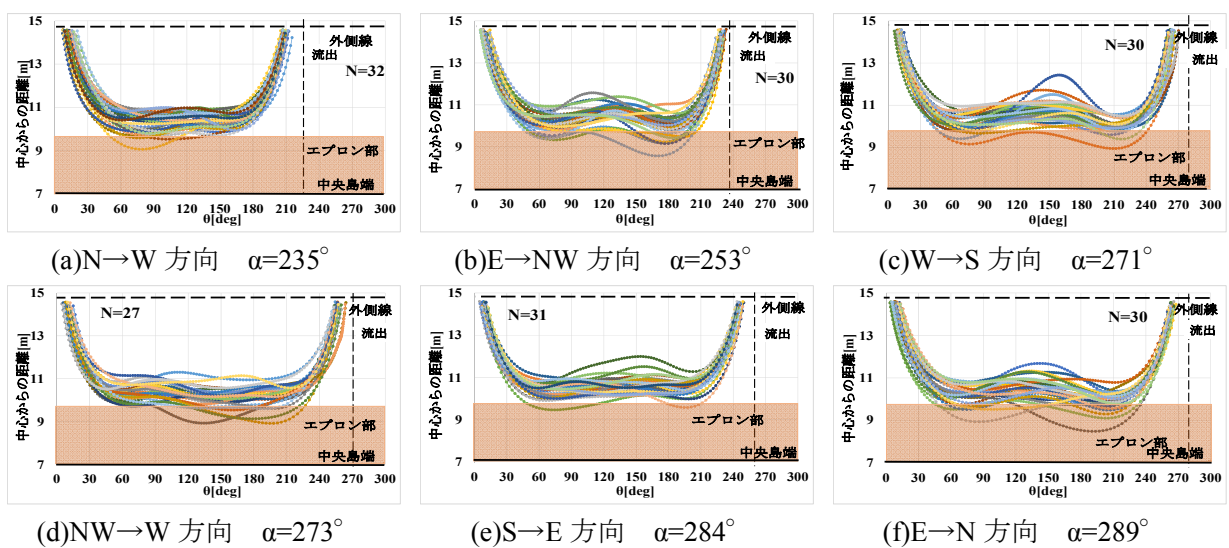


図-5.19 環道内走行軌跡と θ の関係(右折方向)

1) 直進方向車両

図-5.17 をみると、OD によって曲線の膨らみ具合に差があることが分かる。OD ごとの交差角 α と直線との距離の最大値の平均値 d 、および分散 σ^2 を、表-5.8 に示す。

表-5.8 交差角、直線との距離の最大値の平均値および分散

流入部	N→S	E→W	S→NW	NW→S	W→E	S→N
α [deg]	148	165	177	183	195	212
d [m]	9.7	9.8	6.0	12.1	9.3	6.4
σ^2 [m ²]	0.16	0.35	0.16	0.29	1.53	0.15

2) 左折方向

図-5.18 をみると、 α が小さいときは環道中心から 11[m]以上離れた位置を走行しており、また車両によるばらつきが大きい。左折方向車両は環道の外側寄りを走行するとショートカットになるので、図の上側へ多く分布している。 α が 90° を超えると環道の中央寄りを走行するようになり、軌跡のばらつきが小さくなる。これは α が大きくなったことで、ハンドルを切る量が少なくなり個人差が出にくくなったためと考えられる。表-5.9 をみると、NW→E および W→N では環道中心から 10[m]まで環道内側を走行していることが分かる。

表-5.9 交差角、環道中心との距離の最大値の平均値および分散

流入部	N→E	E→S	W→NW	S→W	NW→E	W→N
α [deg]	71	76	87	89	107	125
d [m]	13.7	11.3	11.6	12.1	10.4	10.1
σ^2 [m ²]	0.16	0.18	0.13	0.32	0.09	0.05

3) 右折方向

図-5.19 をみると、 $\alpha=235^\circ$ では軌跡は比較的まとまっているのに対し、他の OD では車両による個人差が大きく軌跡がばらついている。また、直進や左折と違い軌跡が波形を示している車両が多く、概形が定まっていない。環道を長距離走る際に、利用者が細かく位置取りに気を使わず走行したためと考えられる。特に、 $\alpha=289^\circ$ の図-5.19(f)に見られるような、環道中心にかなり近い位置を走行する車両は大まかに直線的な位置取りで走行していると思われる。

4) 交差角との関係

取得した軌跡データについて、OD ごとに流出側分離島端までの角度(θ_{\max})を計算した。OD ごとに $\theta = \theta_{\max} / 2$ となる断面における車両位置データを取得し、交差角 α との関係进行分析した。OD ごとに環道中心からの距離の平均値、85%値、最小値を計算した結果を図-5.20 に示す。

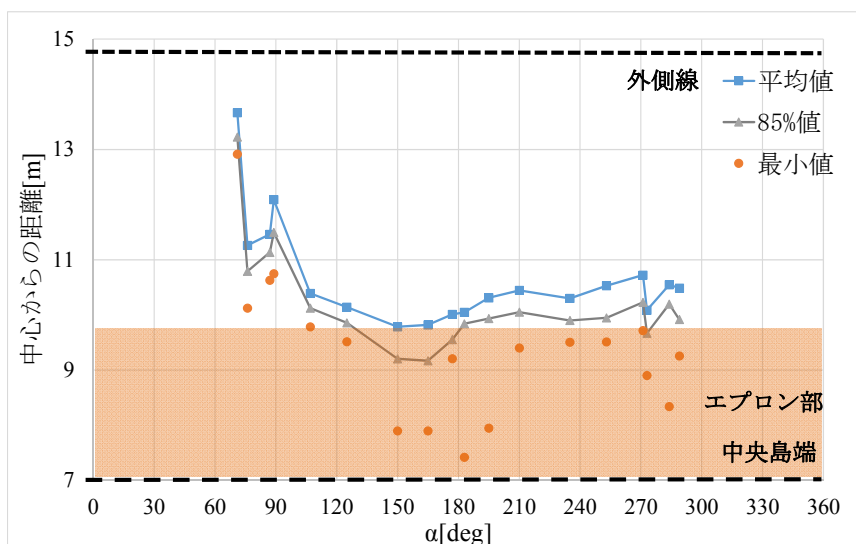


図-5.20 各断面における車両位置と交差角の関係

図-5.20 の平均値および 85%値をみると、 $\alpha=90^\circ$ より小さい左折方向では環道の外寄りを走行しているが、OD によって違いがみられる。 $\alpha=180^\circ$ よりやや小さい OD で最も環道中央寄りを走行しており、 α が大きくなるにつれて徐々に外側を走行している傾向がみられる。最小値をみると、最も環道内側を走行している車両は $\alpha=183^\circ$ の OD である。

5.4.2 エプロン使用率

OD 別に交差角 α とエプロン走行車の割合を分析した。OD 別の交差角と使用データを表-5.10、5.11 に示す。

表-5.10 OD 別の交差角 (表-3.3 再掲)

交差角 α [deg]		流出				
		W	NW	N	E	S
流入	W	360	87	125	195	271
	NW	273	360	36	107	183
	N	235	324	360	71	150
	E	165	253	289	360	76
	S	89	177	210	284	360

表-5.11 エプロン走行台数とサンプル数

エプロン走行台数/ 全走行台数[台/台]		流出				
		W	NW	N	E	S
流入	W	0/0	0/30	1/23	5/34	5/0
	NW	7/28	0/0	0/0	0/30	10/27
	N	3/32	0/0	0/0	0/38	15/50
	E	16/46	9/30	8/30	0/0	0/38
	S	0/31	9/35	1/34	3/31	0/0

OD ごとのエプロン走行車両の割合を図-5.21 に示す。また、環道走行時間に対するエプロン内走行時間の割合をエプロン時間率と定義し、交差角 α との関係を図-5.22 に示す。

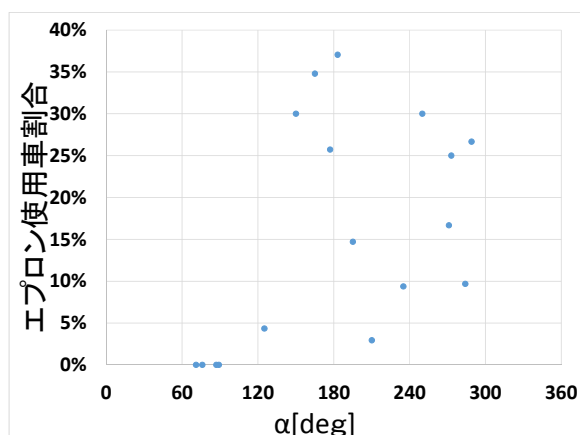


図-5.21 エプロン使用車両の割合

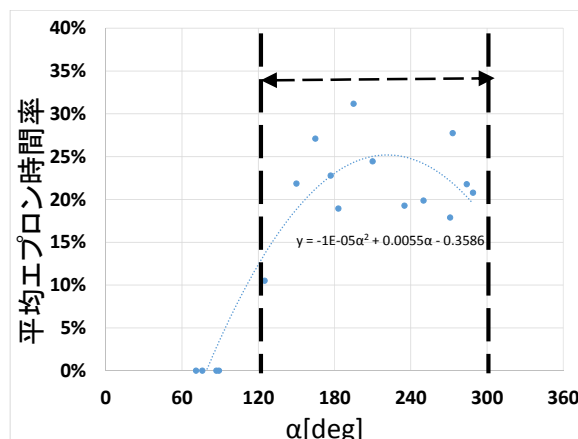


図-5.22 平均エプロン時間率

α が 120° を超えるまではエプロン使用車両はいなかった。図-5.21 に示す通り、左折方向ではエプロン使用車両は殆どおらず、直進に近い方向でエプロン使用台数割合は高くなり、さらに α が大きくなると使用台数は減少傾向にあるとわかる。今後の課題として、他の交差点において別の交差角をもつ OD に対して同様の分析を行い、エプロン走行車両が現れ始める α の値についてより細かく分析を行う。

図-5.22 に示す通り、最もエプロン時間率が高かったのは $\alpha=183$ のときで、直進に近い交差角の時にエプロン使用率が高くなり、右折に近づくにつれまたエプロン時間率は減っていく。交差角 α と平均エプロン時間率で回帰式を求めてみると、 $R^2=0.86$ となり相関があることが分かった。

5.5 危険挙動の事例

調査中に得られたビデオ映像で確認されたラウンドアバウト利用時の危険挙動事例について、実交差点のラウンドアバウト化における今後の留意事項・課題点として整理する。

5.5.1 車両通行方法

■ 環道走行車両の非優先

流入部直近上流に環道車両がいるにも関わらず、流入部から車両が進入する事例が確認された(図-5.23)。

■ 環道の逆走

夜間において、環道を意図的に逆走しようとする車両が確認された(図-5.24)。



図-5.23 環道優先の非遵守



図 5.24 環道逆走車両

このような車両は衝突を起こす可能性が高く危険であり、特に環道の逆走に関しては環道車両と正面衝突を起こす重大な事故につながる恐れがある。特に深夜など閑散時には、遠回りをすることを嫌った車両が意図的に逆走していることも考えられる。また、調査観測時には方向指示器の出し方がドライバー間で統一されていない状況も見受けられた。今後、ラウンドアバウトの走行方法についての理解促進が必要である。

5.5.2 自転車の通行

自転車が走行方法を守らずに環道内を逆走する事例がみられた(図-5.25)。このようなケースは環道走行車両と衝突を起こす可能性があり非常に危険である。また、流入車両は環道内進入時には環道上流に意識を置いており、流出側から逆走する自転車に対して反応が遅れることが考えられ衝突の危険性が高くなる。

自転車の走行方法については一層注意を呼び掛けるとともに分かり易い標示の設置が求められる。現在、ラウンドアバウトでの自転車走行位置に関する社会実験や研究が進められていることから、それら成果をもとに自転車走行位置の統一や明確化を図っていく必要がある(図-5.26)。

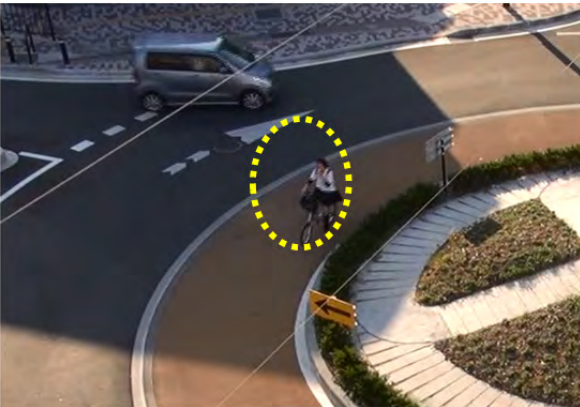


図-5.25 環道部を逆走する自転車



図-5.26 軽井沢町 RAB の自転車路面標示例

5.6 交差点流出部における安全確認時の車両挙動特性分析

5.6.1 流出部における安全確認時の車両挙動特性分析

ここでは、平均値に関して2標本 t 検定を用いて比較分析を行う。検定統計量は、信号交差点時の値からRAB時の値を引いて算出した t 値であり、 t 値が正の場合には、信号交差点時の値が大きいことを示す。以下、「*」は有意確率(*:1%有意、**:5%有意、***:10%有意)を示すものとする。

1) 流出部安全確認時速度に関する分析

右左折の進行方向別に、各ルートに対して安全確認時速度を計測し、それらを用いて平均値および標準偏差を算出した結果を図-5.27に示す。

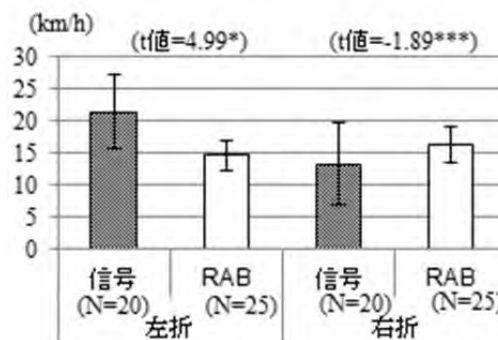


図-5.27 右左折別安全確認時速度の平均値及び標準偏差

これより、左折の場合、信号時と比較してRAB時において、安全確認時速度が低下し、統計的にも有意な結果であることがわかる(t 値=4.99*)。これは、RABでは、流入時に横断歩道で一旦停止、発進し、その後環道手前で減速し、環道内の交通状況を確認したうえで、交差点に進入する必要があり、その後交差点流出までの走行距離が短いことからその間での大きな加速挙動が抑制された結果を反映したものと考えられる。一方、右折の場合、信号時と比較してRAB時において、安全確認時速度が上昇し、統計的にも有意な差であった(t 値=-1.89***)。これは、信号時には右折の際に、交通状況によっては交差点内で一時停止し、その後流出することとなるため、速度の低い走行が混在したことが影響したと思われる。このことは、速度の標準偏差が大きいことより裏付けられる。一方、RABでは信号時と比較して速度はやや高くなるものの、走行ごとのばらつきは小さいことがうかがえる。

2) 流出部安全確認時位置に関する分析

安全確認時位置を、交差点流入から流出部にかけて流出部の歩行者等の安全確認を行った位置から基準位置(流出部の交差点内側横断歩道端点)までの車両走行距離と定義する(図-4.10)。ここで、図-5.28に右左折別安全確認時位置を示す。

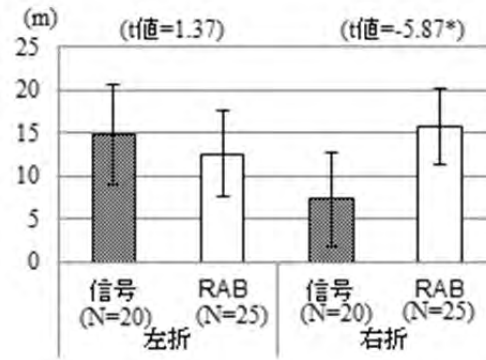


図-5.28 右左折別安全確認時位置の平均値及び標準偏差

これより、左折の場合、信号時と比較して RAB 時において、安全確認時位置に差がみられなかった(t 値=1.37)。一方、右折の場合、信号時と比較して RAB 時において、安全確認時位置が交差点上流側へシフトし、統計的にも有意な結果であることがわかる(t 値= -5.87*)。これは、RAB では右折時に交差点内にて環道を走行することで交差点流入から流出までの走行距離が延び、基準位置から離れた位置にて安全確認を行うことができるためと考えられる。

3) 流出部における必要減速度の分析

走行調査によって取得した安全確認時速度と安全確認時位置のデータを用いて、信号交差点時と RAB 時における交差点流出部での必要減速度(以降、減速度)に関する比較を行う。ここでは、減速度を、各運転者が交差点流入から流出部にかけて流出部の歩行者等の安全確認を行った位置から基準位置(流出部の交差点内側横断歩道端点)まで等減速度直線運動で走行し、横断歩道の手前の基準位置にて停止したと仮定する場合の必要な減速度と定義する。

なお、減速度は(1)式によって算出する。

$$DR = \frac{v^2}{2x} \quad (5.1)$$

ここで、 DR は減速度[m/s²]、 v は安全確認時速度[m/s]、 x は安全確認時位置[m]である。

また、本節では、信号現示による車両の停止有無は考慮せず、データを取得し分析を行っている(信号現示による車両停止割合:左折 28%、右折 25%)。ここで、減速度の平均値と標準偏差を、右左折別に算出した結果を図-5.29 に示す。

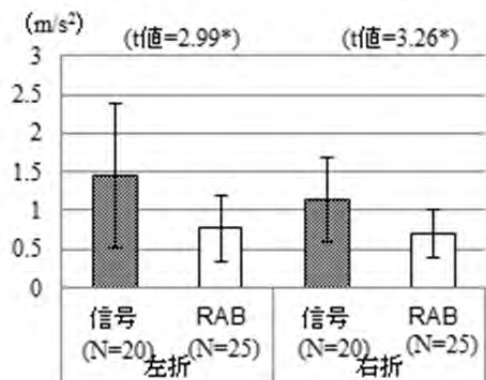


図-5.29 右左折別減速度の平均値及び標準偏差

これより、左折、右折ともに、信号時と比較して RAB 時において、平均減速度が低下し、統計的にも有意な結果であることがわかる(左折： t 値=2.99*、右折： t 値=3.26*)。これは、左折について、安全確認時位置の変化がなかったが、安全確認時速度が大きく低下したためであり、一方、右折については、安全確認時速度が上昇したが、安全確認時位置が交差点上流部へ大きくシフトしたためと考えられる。この結果より、RAB 化によって、交差点流出時の急減速の回避につながったといえる。

5.6.2 交差点流出入口における安全確認行動分析

1) 流出部安全確認回数に関する分析

まず走行調査によって取得した映像データを用いて、信号交差点時と RAB 時における交差点流出部での安全確認時から交差点流出(流出部の交差点外側横断歩道まで走行)する際の安全確認回数に関する比較を行う。ここでは、安全確認回数を、「目線の動作」、「首ふりの動作」、「目線の動作+首ふりの動作」の合計回数と定義する。

ここで、図-5.30 に右左折別の安全確認回数の平均値と標準偏差を示す。

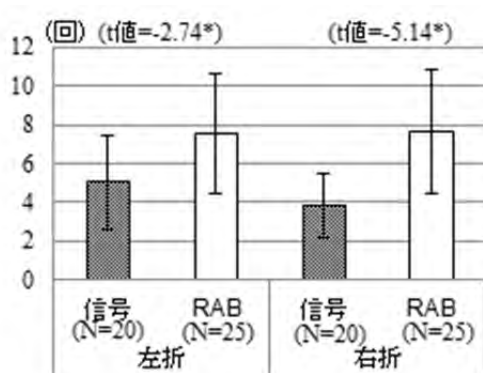


図-5.30 右左折別安全確認回数の平均値及び標準偏差

これより、左折、右折ともに、信号時と比較して RAB 時において、平均安全確認回数が増加し、統計的にも有意な結果であることがわかる(左折： t 値=-2.74*、右折： t 値=-5.14*)。よって、RAB 運用になったことで注意深く安全確認が行えているといえる。

2) アイマークカメラによる注視点挙動分析

■ 注視点挙動分析に用いる各種設定および定義

RAB 化により、交差点流入時から流出時にかけて、運転者が確認すべき対象が変化すると考えられる。よって、ここではまず、信号、RAB の注視状況の特徴を把握するとともにその変化を分析する。特に、ここで、注視すべき対象物とは、「注意すべき道路や車両：対向車線・交差道路・環道(及び環道を走行する車両)等」、「信号機等：車両用信号及び歩行者用信号」、「標識や案内板」、「歩道・歩行者等：(横断)歩道、自転車、歩行者」、「ミラーその他：サイドミラーや車内及びその他(メーター等)」の 5 つとする。なお、本稿では、ある対象物を 0.165 秒以上連続して見ている状況を注視と定義し(福田, 1996)、評価指標として、注視時間と注視割合を用いた分析を行う。ここで注視割合とは、ある走行区間において、対象物を注視した時間とある区間を走行している時間の総和の割合と定義する。

以下では、車両走行における注視点の傾向を詳細に把握するため、本稿では、1 走行を下記 3 つの区間に分けて分析する。

- 流入部：流入部の横断歩道手前にある停止線から上流約 30m の区間(信号停止中は分析対象外)
- 交差点内部①：停止線から流入部の環道ドット線までの区間
- 交差点内部②：流入部環道ドット線から流出部の横断歩道を越えた地点までの区間

■ 交差点流入時の注視特性分析

まず、交差点流入時の注視割合について、信号時、RAB 時の対象物ごとに集計した結果を図-5.31 に示す。

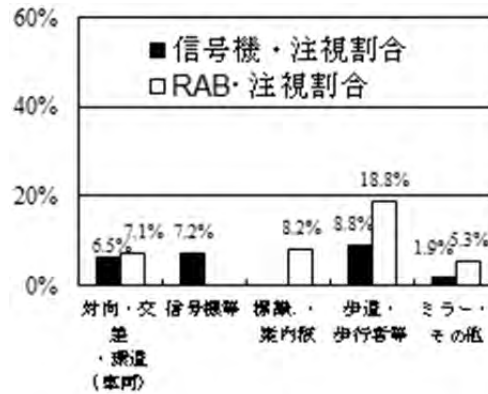


図-5.31 流入時の注視割合

これより、信号時、RAB 時の「対向・交差・環道(車両)」の割合がほぼ同等であり、信号時の「信号機等」、RAB 時の「標識・案内板」の割合が同程度あることがわかる。これらより、それぞれ必要な対象物への注視を適切に行っているものといえる。また、「歩道・歩行者等」への注視割合は RAB 時の方が高いことがわかる。信号機がなくなることにより、RAB の方が歩道や歩行者への注意が向けられていることがうかがえる。

次に RAB の構造的特徴と運転者の安全確認行動との関係を確認するため、流入時のデータを各流入部(NW、S、E、W)に分けて、それぞれの注視割合を算出し、結果を考察する。本交差点では、NW と S の 2 流入部には分離島がなく、W、E の 2 流入部には分離島が設置されている。ここで、分離島とは RAB 流入出部に設置され、RAB へ流入出車両を分離するための交通島を示している。各流入部における注視割合の結果を図-5.32 に示す。

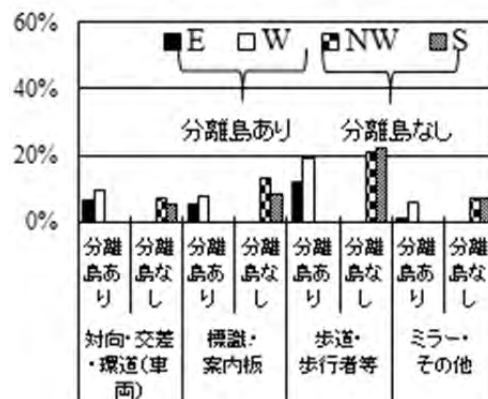


図-5.32 分離島の有無別流入時の注視割合

これより、「歩道・歩行者等」に対する注視割合は、分離島がある東西の流入部の方が、分離島がない南北の流入部に比べて、注視割合が低いことがわかる。分離島を設置することで、歩行者に対する安全確認の負荷が軽減する傾向にあると推察できる。

さらに、RAB 時において、環道へ流入する際に環道車両の有無の確認をどの範囲まで行っているか、**図-5.33**のようにエリアを4分割し、アイマークデータを用いて、運転者の視認を確保する範囲を把握する。各エリアに対する確認状況を**図-5.34**に示す。

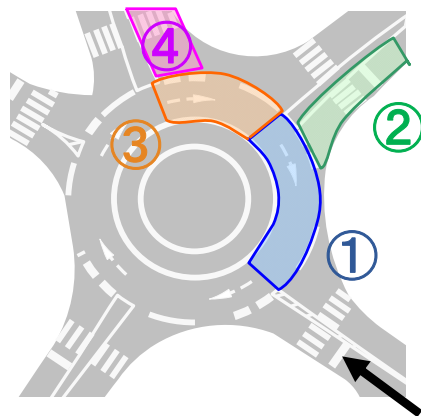


図-5.33 環道流入時の確認範囲のエリア分割

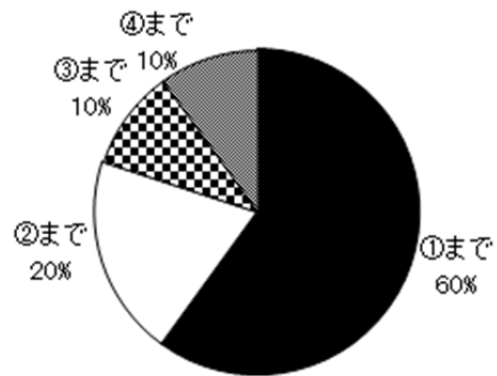


図-5.34 環道流入時の上流部の確認範囲 (サンプル数 N=10)

これより、運転者の6割が直近の①環道(右側流入部まで)を注視しており、残りの4割はさらに上流まで確認していることがわかる。よって、RAB 時には、運転者は少なくとも、環道を走行する車が右側に隣接する流入部まででないことを確認した上で流入していたといえる。なお、残り4割の内訳は、右側に隣接する流入部まで注視していたのが2割、約半円分あたりまで注視している人が③④合わせて約2割という状況であった。

■ 交差点内部における注視特性分析

交差点内部における注視割合について、右左折直進の進行方向別に分析を行う。信号時、RAB 時別に左折の注視割合の結果を**図-5.35**に、右折の注視割合の結果を**図-5.36**に、直進の注視割合の結果を**図-5.37**に示す。

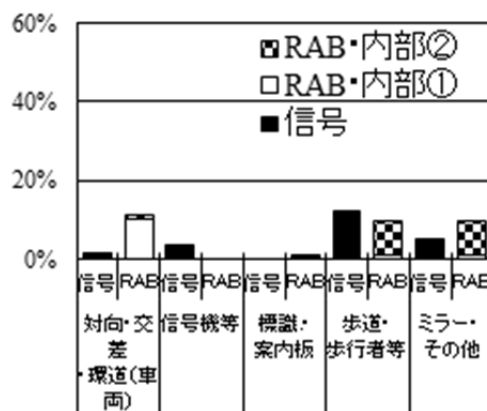


図-5.35 交差点内部の注視割合(左折)

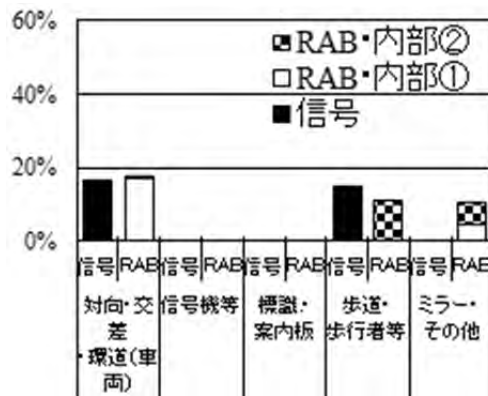


図-5.36 交差点内部の注視割合(右折)

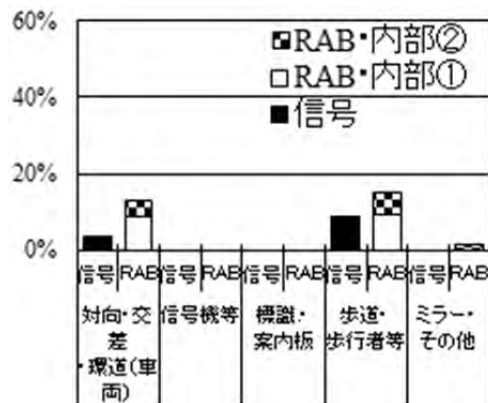


図-5.37 交差点内部の注視割合(直進)

図-5.35 より、左折については、RAB 時では信号時と比較すると「対向・交差・環道(車両)」に対する注視割合が大幅に増加している。特に交差点内部①の割合が高いことから、一時停止線を過ぎた後から環道へ進入するまでに、環道を走行する車両の確認が十分に行われていたと推察できる。

図-5.36 より、右折については、RAB 時と信号時の「対向・交差・環道(車両)」の割合がほぼ同程度であった。左折のケースと同様に、交差点内部①がほぼ占めていることから、停止線から環道内へ流入する際に確認している特徴が明らかとなった。また、「歩行者への注視」については、RAB 時の方がやや値が低下している。一方、RAB 時においてミラー等への注視割合は 10%程度あることがわかる。RAB での右折にはハンドル操作を行う環道走行を伴うため、ミラーによる巻き込み確認などの交通状況の把握が生じ、この注視割合が高くなったと推察される。

図-5.37 より、直進については、信号時には交差点内部での注視行動がほとんど見られていない。これは、交差車両や歩行者が信号で制御されていることを反映した結果と考えられる。また、RAB では、「対向・交差・環道(車両)」、「歩道・歩行者等」への注視割合が高い傾向にあり、特に、右左折と同様に、交差点内部①での確認行動が大きく占める結果となっている。

■ 交差点流出時における注視特性分析

交差点流出時における注視特性として、歩道・歩行者等に対する注視割合を集計分析する。ここでは、交差点内部に流入した運転者が歩道・歩行者等を注視した時間について、1 走行あたりの平均注視割合を図-5.38 に示す。

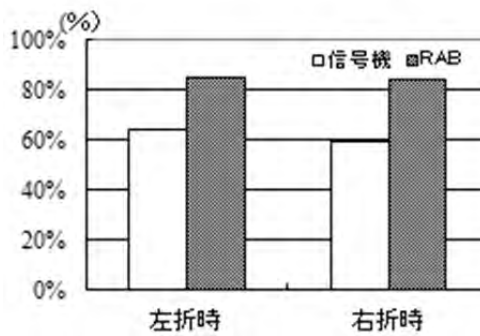


図-5.38 1 走行あたり流出時の歩道・歩行者等に対する注視割合

これより、RAB では、信号交差点と比較すると、左折時・右折時ともに注視割合が約 20%向上していることがわかる。これは信号機や対向車両等への注視の必要性がなくなり、歩行者等を注視するための時間を確保することが可能となった結果を反映したものと推察できる。

5.6.3 利用者の走行しやすさの評価

本節では、走行調査によって取得した走行のしやすさのデータを用いて、信号時と RAB 時における走行のしやすさの比較分析を行う。ここで、取得した走行のしやすさは、順序尺度であるため、本稿では、統計的な分析を行うため、リッカートのシグマ法(森正・篠原, 2007)を用いて間隔尺度への変換を行う。変換した間隔尺度は、0 点を最低点とした 100 点満点の得点とする。ここで、リッカートのシグマ法によって変換された得点を表-5.12 に、右左折別走行のしやすさ評価結果を図-5.39 にそれぞれ示す。

表-5.12 走行のしやすさ評価の定量化

走行のしやすさ (1~4 段階)	走行のしやすさの得点 (0~100 点)
1: しやすい	100 点
2: まあまあしやすい	49.4 点
3: ややしにくい	16.4 点
4: しにくい	0 点

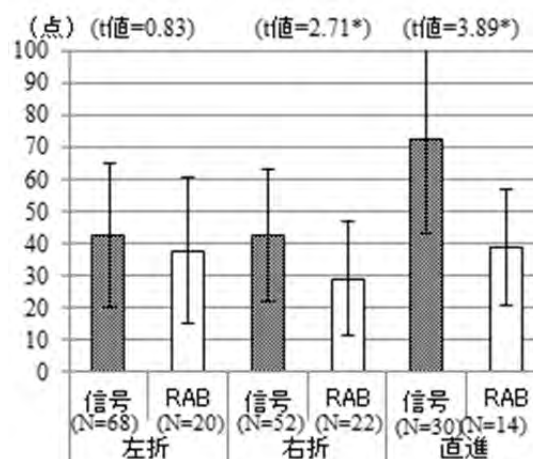


図-5.39 右左折別走行のしやすさの得点

図-5.39 より、RAB 時の左折の場合、信号時と比較して、走行のしやすさの得点に差が見られなかった(t 値=0.83)。よって、RAB 化によって、利用者の走行のしやすさは変化していないといえる。

一方、RAB 時の右折の場合、信号時と比較して、走行のしやすさの得点が減少し、統計的にも有意な差があることが示された(t 値=2.71*)。これは、RAB 化によって環道を走行するため、走行軌跡が円状になることで環道内への流入から流出にかけてハンドル操作が煩雑になったこと、交差点内における走行スペースが限定されること、交差点流入車両に対する注意が必要になったことによる影響と考えられる。

また、RAB 時の直進の場合、信号時と比較して、走行のしやすさの得点が大きく減少し、統計的にも有意な結果であることがわかる(t 値=3.98*)。これは、右折時以上に、RAB 化によって交差点内走行軌跡が直進的であった軌跡から曲線的な軌跡に変化し走行する際のハンドル操作が必要になったためと考えられる。よって、RAB 化に伴い、左折時を除き、走行のしやすさ評価は低下傾向にあることがわかった。

6. 東和町交差点ラウンドアバウト化の円滑性評価

6.1 流入部交通容量

表 4-1 に示した調査日時のうち、改良後 2 回目調査を行った 2013 年 9 月 20 日の 7~19 時の交通量データを用いて、各流入部の交通容量の推移を推定した結果を、図-6.1 に示す。

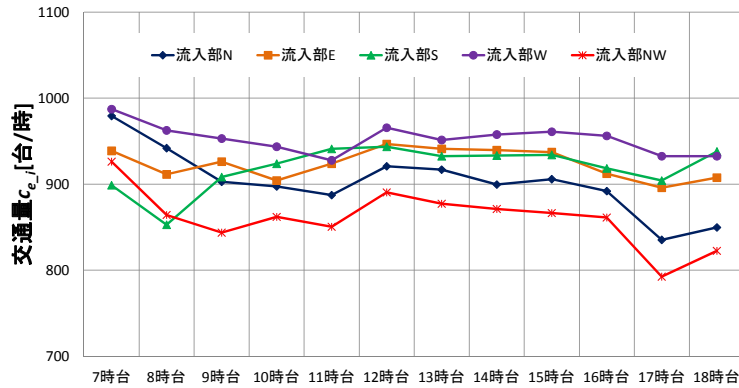


図-6.1 流入交通容量の推定結果 (2013.9.20(金)の実測交通量に基づく)

NW 流入部の交通量が低く、最も低い時間帯では約 800 台/時となっている。これは 4.2 に示したように W→E 方向の車両交通量が多く、環道車両 q_{ci} として NW 流入部正面を通過した結果、NW 流入部から流入し辛くなったためと考えられる。

図-6.2 に、図 6-1 の結果に基づき求めた 7~19 時における RAB 各流入部および信号交差点時 (2012.5.9(月))の需要率計算結果を示す。最も高い時間帯の需要率は S、N、NW 流入部において 20% を下回っており、E 流入部で約 23%、W 流入部で約 28%を示している。W 流入部における需要率が 9~19 時の間において高く、NW 流入部ではどの時間帯においても他流入部より需要率が低い等、流入部ごとに違いがみられる。

信号時と比較すると、W 流入部では 9~19 時において同程度の値を示しており、他流入部では RAB の方が低くなっている。通常、RAB は信号時より交通容量が小さくなるため需要率は信号時より高くなるが、当該交差点の信号設計が必要交通量に対し過大設計であったため需要率が下がったと考えられる。

これらの結果により、今回 RAB へ改良を行った東和町交差点では、改良後も十分な交通容量が確保されており、円滑性に問題は無いと考えられる。

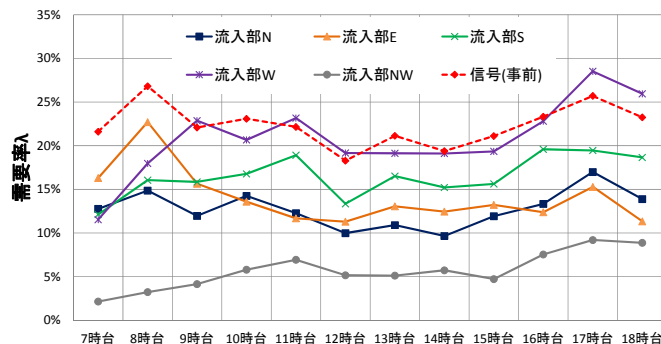


図-6.2 7~19 時における需要率の推移

6.2 車両平均遅れ時間

車両旅行時間の観測に用いたデータを、表-6.1 に示す。

取得した旅行時間から OD 別に 1 台あたりの平均遅れを計算した結果を、図-6.3 に示す。幾何構造遅れ算出に用いる環道内平均速度は、5.1.2 に示した環道内速度から $\theta_{\max}/2$ 断面で平均速度を計算した結果、約 18[km/h]であった。

表-6.1 車両旅行時間観測に用いたデータ

	信号	RAB
分析時間帯	2012.5.8(日) 17:00~18:00	2013.5.7(火) 17:00~17:30
サンプル数	635	334

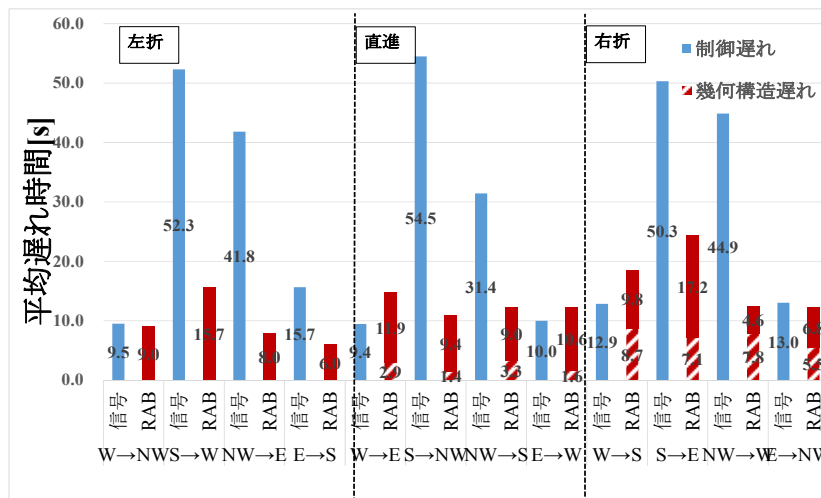


図-6.3 OD別の車両平均遅れ時間

図-6.3 をみると、ほとんどの OD において平均遅れ時間は RAB の方が短くなっている。W→E、E→W、W→S 方向においては信号時の方が平均遅れが短くなっている。これは、W 流入部上流交差点とのオフセットが短く、信号制御による遅れを被る車両が少なかったためと考えられる。また、表-2.1 に示した通り、改良前の東和町交差点は W-E 方向の信号 1 サイクルに占める青時間割合が高く、1 サイクルの約 62%の割合で青時間となっているため、W および E 流入部では信号制御遅れを被る車両が少なく平均遅れが小さくなったと考えられる。逆に、S-NW 方向では 1 サイクルあたりの青時間割合が少なく遅れを被る車両が多かったために、RAB 化による遅れ時間の減少効果が大きく表れたと考えられる。

交差点全体で車両平均遅れ時間を計算した結果を、図-6.4 に示す。

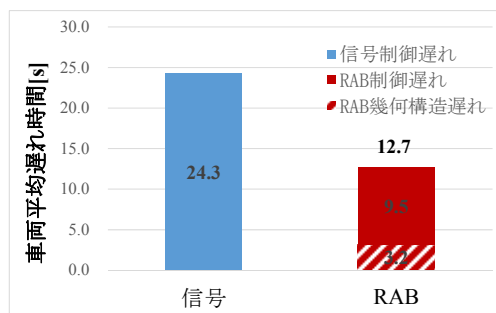


図-6.4 交差点全体の車両平均遅れ時間

RABへ変更したことによって、1台あたり約11.6秒遅れが少なくなっている。一部のODではRABの方が遅れが大きくなっているが、図-6.4をみると交差点全体として遅れ時間は減少している。特に、信号による制御遅れの大きいS、NW方向において遅れ時間は大きく減少し、流入部ごとの遅れ時間の差が小さくなっている。

6.3 歩行者平均遅れ時間

歩行者旅行時間の観測に用いたデータを表-6.2、6.3に示す。

表-6.2 歩行者旅行時間観測に用いたデータ

	信号	RAB
分析時間帯	2012.5.8(日) 17:00~19:00、 2012.5.9(月) 6:00~7:00	2013.5.7(火) 17:00~19:00、 2013.5.8(水) 6:00~7:00
サンプル数	129	42

表-6.3 OD別歩行者サンプル数

信号/RAB [人]/[人]		W		NW		E		S	
		near	far	near	far	near	far	near	far
W	near	—	—	1/0	0/0	0/0	13/1	1/0	0/0
	far	—	—	2/1	1/0	6/1	9/0	0/0	2/0
NW	near	0/2	5/0	—	—	0/1	0/2	7/0	2/0
	far	0/1	0/3	—	—	0/0	2/1	0/3	0/1
E	near	0/0	2/5	1/1	0/0	—	—	5/0	0/0
	far	11/2	6/1	0/2	4/3	—	—	8/0	8/1
S	near	0/0	0/0	1/0	3/2	5/5	12/2	—	—
	far	0/0	0/0	0/0	1/0	0/0	11/1	—	—

※青字は横断歩道を1回使用、赤字は2回使用するODを表す。

同じODで信号時とRABでサンプルが取得できている方向について比較を行った。横断歩道を使用するODについて、横断歩道の使用数が1回のODは信号による遅れを受けると受けない場合があるが、横断歩道を2回使用するODでは必ず信号による遅れを受けるため区別して分析を行った。

歩行者旅行時間の算出結果を図-6.5に、OD別の算出結果を図-6.6、6.7に示す。

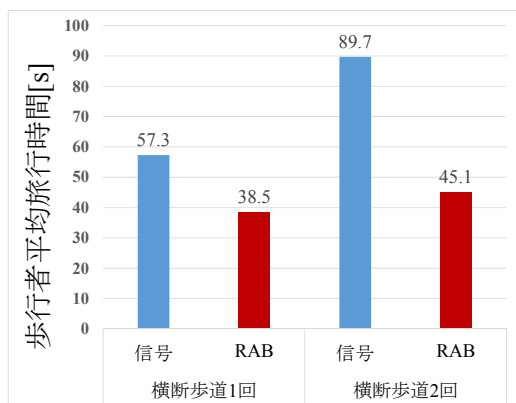


図-6.5 歩行者旅行時間の計算結果

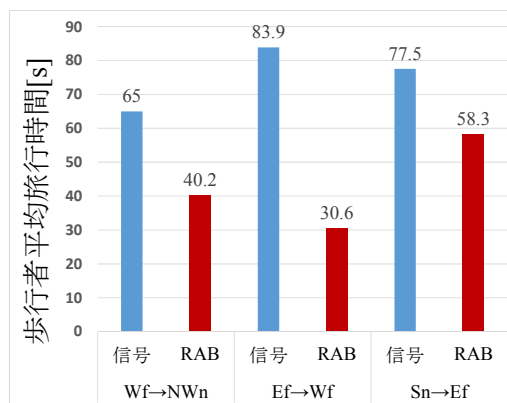


図-6.6 OD別歩行者旅行時間(横断歩道2回)

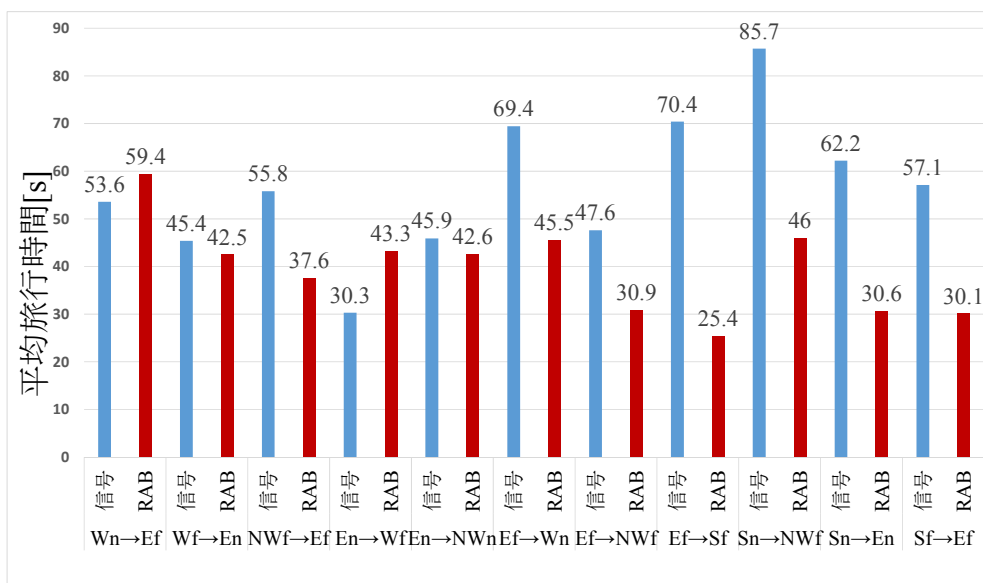


図-6.7 OD別歩行者旅行時間(横断歩道1回)

横断歩道を1回利用のODでは、ほとんどの方向でRABの方が旅行時間は短くなったが、信号現示の青時間が長いWn→Ef方向とEn→Wf方向では、RABの方が旅行時間は長くなっている。信号現示の青時間がW-E方向は長く、信号による遅れを受けない歩行者が多かったために、セットバック距離が長くなった影響によりRABの方が旅行時間は長くなったと考えられる。横断歩道を2回利用するODでは、いずれの方向でもRABの方が19.2~53.3[秒]旅行時間が短くなった。信号による待ち時間が無くなったことで大幅に旅行時間が短縮されている。

7. 総括

7.1 東和町交差点事前事後比較分析に関する知見と課題

本研究では、国内で初めて実交差点を RAB 化した事例を用いて、制御方式の違いによる性能変化について、安全性と円滑性を対象とした定量的評価を行った。本研究により得られた知見を以下に示す。

1) 安全性

- 交差点進入速度について、RAB の速度変化は赤信号時における一時停止と概ね類似しており、青/黄信号時と比べると 10~20km/h 程度の速度低下がみられる。
- 交差角度により RAB 環道内走行速度の推移が異なり、左折方向車両は流入から流出まで加速挙動を行い、直進方向車両は環道内で一度減速した後再加速を行い、右折方向車両は加減速の位置に差が存在した。
- RAB の環道内走行速度はどの方向においても概ね 30km/h 以下程度である。
- 車両相互の交錯について、右直交錯において特にエネルギー変化量は大きく減少している。
- 横断歩行者と車両の交錯は、車両の出発方向によって分類せずに集計した結果、短い PET の数が RAB の方が多くなり、交錯点通過速度も高くなった。
- 環道内走行位置について、交差角度により軌跡の集まり具合が異なり、また流出部までの中間断面でみると、交差角 α が 180° よりやや小さい OD で最も環道中央寄りを走行している。
- 交差角度とエプロン走行車両台数について、直進に近い交差角の OD でエプロン時間率が高く、右折へ近づくにつれて減少している。
- RAB 利用時の危険挙動として環道車両の非優先や自転車の逆走通行等が確認された。
- 流出部の安全確認時速度に関する分析より、交差点が RAB 化されることによって安全確認時の平均速度が左折の場合に低下し、右折の場合に上昇することがわかった。
- 流出部の安全確認時位置に関する分析より、交差点が RAB 化されることによって安全確認時位置が左折の場合、制御による違いがみられず、右折の場合、RAB 時において、交差点上流側へシフトしたことがわかった。
- 流出部における必要減速度の分析より、交差点が RAB 化されることによって減速度の平均値が低下した。よって、交差点流出時における安全確認時に急減速の度合いが信号時と比べて低下したといえる。
- 交差点流入時では、信号時、RAB 時ともに必要な対象物への注視を適切に行っていることが確認できた。また、流入時に環道への確認行動は、約 6 割が右側隣接流入部までの環道車両の有無を確認し、さらに残り 4 割は、環道の半周程度までを確認した上で、流入の判断を行っていることがわかり、他方、分離島の有無により注視行動がやや異なることがわかった。
- 交差点内部での注視行動分析より、左折時では、RAB 時では信号時と比較すると「対向・交差・環道(車両)」に対する注視割合が大幅に増加し、一時停止線を過ぎた後から環道へ進入するまでに、環道を走行する車両の確認を行っていることがわかった。右折時では、信号時と比べて、RAB では、歩道・歩行者等への確認割合が若干低くなり、他方、ミラー等への確認割合が増加することがわかった。

- 交差点流出時の注視行動分析より、RAB 時の方が、歩行者への 1 走行あたりの平均注視割合が高いことがわかった。
- 利用者の走行のしやすさの評価に関する分析より、交差点が RAB 化されることによって左折時を除き走行のしやすさ評価は低下傾向にあることがわかった。

2) 円滑性

- RAB の流入部別需要量を算出した結果、最も高い値は約 28%であり分析個所では十分な容量が確保されている。
- 信号時と RAB の需要率を比較した結果、W 流入部では同程度、他流入部では RAB の方が低くなっている。
- 車両平均遅れ時間算出結果より、信号制御時における青時間比の関係から一部の流入部で遅れ時間が微増したものの、交差点全体として平均遅れ時間が約 11.6 秒短縮されている。
- 歩行者の平均旅行時間算出結果より、車両平均遅れ時間と同様に一部の方向で平均旅行時間が増加したものの、交差点全体として平均旅行時間が約 20.5 秒短縮されている。

今回行った比較評価では、データに限りがあったため、特に車両-歩行者交錯において車両の出発方向を分けずに分析を行った結果、有用な知見が得られなかった。今後の課題として、より多くのサンプルを取得し、方向別に整理したうえで分析を行うことが今後の課題として挙げられる。また、今回の比較結果は 1 交差点における事例であり、全ての交差点において同じことが言えるとは限らない。交差枝数や交差角の異なる他の交差点においても、同様の結果が得られるか検証しさらに知見を高めることが必要である。本研究では安全性と円滑性を取り扱って比較を行ったが、環境性や経済性など他の指標についても詳しい比較評価を行うことが今後の課題として挙げられる。

また、上述の飯田市東和町交差点の事前事後比較分析のほか、本研究で取り組んだ活動を以下にまとめる。

7.2 ラウンドアバウト計画/社会実験の技術的提案・参画

長野県軽井沢町、長野県須坂市、長野県安曇野市、静岡県小山町、福岡県北九州市、愛知県春日井市、静岡県焼津市、並びに滋賀県守山市などにおいて、候補交差点のラウンドアバウト化計画・設計、および社会実験実施の企画提案、技術的支援を行った。その結果、軽井沢町、焼津市、守山市では国交省の社会実験に採択され、ラウンドアバウト化が実現し、大きな効果を上げることが確認された。また、須坂市、安曇野市では、2014 年度中に無信号交差点のラウンドアバウト化が実現することとなった。これらの取り組みにおいては、地元住民説明会等にも積極的に参加して技術的解説を行い住民の方々の理解を促すとともに、現場意見の聴取を通じて住民ニーズの把握を行い、経験の蓄積を図った。

7.3 各地における RAB 普及促進活動

岩手県、長野県、東京都、静岡県、愛知県、三重県、宮崎県などの各地においてラウンドアバウトに関するセミナーを開催し、多数の参加者を集め、積極的に情報発信を行った。これよりラ

ラウンドアバウトに関する適切な認知を深め、普及促進を図るとともに、行政担当者・実務技術者らとの意見交換を通じ、実務ニーズを把握した。また、2014年1月には、IATSSが共催して「ラウンドアバウトサミット」を飯田市で実施し、北海道から沖縄までの全国各地から221名の参加者(自治体参加者は6県20市4町から)を集め、大きな反響を呼んだ。この際、ラウンドアバウトサミットを主催した同サミット実行委員会会員である7自治体の首長らにより、「ラウンドアバウト普及促進協議会」の設置が宣言されることとなった。

7.4 おわりに

日本におけるRABへの関心と取り組みは、もはや一部の研究グループのみでなく、全国各地の行政関係者や技術者、周辺住民など、社会に対して幅広く裾野を拡げている。また、道路交通法改正や国レベルでの技術指針の検討なども進み、各地でRAB導入の動きが本格化していくものと思われる。

したがって、IATSSプロジェクトとして、これまで行ってきたRAB導入への技術的参画などの取り組みを絶やすことなく、技術的支援要請のある自治体等への適切な技術の普及を進めること、また、RAB導入事例に対して適切な追跡調査をすることでデータの蓄積や計画設計事例ならびに経験の整理を行っていくこと、さらにはその成果をセミナー等の開催を通じて広く普及させることや交通安全教育活動を展開させていくことが必要である。

ラウンドアバウトキャラクター
「ランナバちゃん」



デザイン：
春アキ 氏

参考文献

- ・ 警察庁ウェブサイト統計「平成 24 年中の交通事故の発生状況」,
<http://www.npa.go.jp/sitemap/index.htm>
- ・ (一社)交通工学研究会(2009)：ラウンドアバウトの計画・設計ガイド(案)
- ・ (社)交通工学研究会(2003)：改訂 平面交差の計画と設計，丸善株式会社，pp.88-94.
- ・ (公財)国際交通安全学会(2011)：「H2292 プロジェクト・安全でエコなラウンドアバウトの実用展開に関する研究報告書(II)」.
- ・ (公財)国際交通安全学会(2012)：「H2303 プロジェクト・安全でエコなラウンドアバウトの実用展開に関する研究報告書(III)」.
- ・ 鈴木一史・中村英樹(2006)，交通流解析のためのビデオ画像処理システム TrafficAnalyzer の開発と性能検証，土木学会論文集 D，Vol.62，No.3，pp.276-287.
- ・ 滝川 遼，大口 敬，小根山裕之，鹿田成則(2010)：「ラウンドアバウトと一般無信号交差点における安全確認行動」，『土木計画学研究・講演集』，Vol.41，No.289.
- ・ 中村英樹，大口 敬，馬淵太樹，吉岡慶祐(2009)：「日本におけるラウンドアバウトの計画・設計ガイドの検討」，『交通工学』，Vol.44，No.3.
- ・ 福田亮子(1996)：「注視点の定義に関する実験的検討」，『人間工学』，Vol.32 (4).
- ・ 森正義彦，篠原弘章(2007)：『心理学研究法 科学の本質から考える』，pp.150-153.
- ・ 森本清誠・鈴木弘司・泉 典宏・梶井 敦(2013)：信号交差点とラウンドアバウトにおける安全確認挙動に関する比較分析，第 47 回土木計画学研究発表会・講演集，7 pages in CD-ROM.
- ・ 吉岡慶祐・小林 寛・山本 彰・橋本雄太・米山喜之(2013)：ラウンドアバウトに関する設計基準の海外比較と我が国での幾何構造基礎検討，第 47 回土木計画学研究発表会・講演集，8 pages in CD-ROM.

非売品

H2534 プロジェクト
ラウンドアバウトの社会実装と普及促進に関する研究(Ⅱ)
報告書

発行日 平成 26 年 3 月
発行所 公益財団法人 国際交通安全学会
東京都中央区八重洲 2-6-20 〒104-0028
電話/03(3273)7884 FAX/03(3272)7054

許可なく転載を禁じます。



公益財団法人 国際交通安全学会

International Association of Traffic and Safety Sciences