

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

森本 清誠¹・鈴木 弘司²・安田 宗一郎³

¹正会員 株式会社 オリエンタルコンサルタンツ (〒450-0003 名古屋市中村区名駅南2-14-19)
E-mail: morimoto-ky@oriconsul.com

²正会員 名古屋工業大学大学院准教授² (〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町)
E-mail: suzuki.koji@nitech.ac.jp

³学生会員 名古屋工業大学工学部³ (〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町)
E-mail: 23117090@stn.nitech.ac.jp

本研究は、国内4か所のラウンドアバウト交差点において、走行調査を行い、ドライバーの安全確認挙動と走行のしやすさ（以下、走行性評価）に関して、実証的な分析を行ったものである。まず、走行調査時に取得した流入部、流出部の走行性評価結果から、各交差点におけるドライバーの主観評価の特徴を分析した。次に、ドライバーの安全確認時の位置、速度により規定される安全停止に必要な減速度（以下、減速度）を交差点流入部、流出部ごとに算出し、各交差点の進入退出時の潜在的な交錯危険性について分析した。さらに、重回帰分析を行うことで、走行性評価と減速度に影響を及ぼす構造的要因をそれぞれ明らかにした。

Key Words : Roundabout, Safety check behavior, Roadability evaluation, Intersection geometry

1. はじめに

わが国の平成25年度の交通事故死者数は、4373人であり、道路形状別に見ると、無信号交差点での交通死亡事故構成率が高く発生件数自体は減少しているものの依然として無信号交差点での交通安全対策が必要といえる¹⁾。ここで、無信号交差点などの比較的交通量の少ない交差点制御方式として欧米では、ラウンドアバウト（以降、RAB）が導入されている。RABとは、中央島、環道、流入部、流出部、分離島で構成され、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一方通行制御の円形の平面交差点である。環道交通流が一方通行制御ため、交差点内における安全確認動作が容易であること、さらに、環道走行による走行速度抑制などの特徴があることから運転者の負担軽減や安全性の向上が期待できる²⁾。

現在、日本においても、RAB導入のために、様々な技術的検討³⁾が行われ全国各地でRABが運用されはじめていている。例えば、2014年2月5日より長野県飯田市東和町交差点において信号交差点からRABへの交差点制御運用変更が行われた（図1）。また、2012年11月13日より長

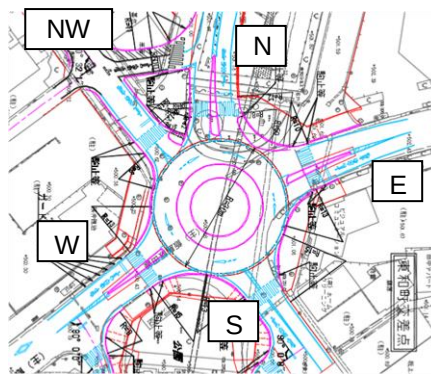


図1 長野県飯田市東和町交差点³⁾

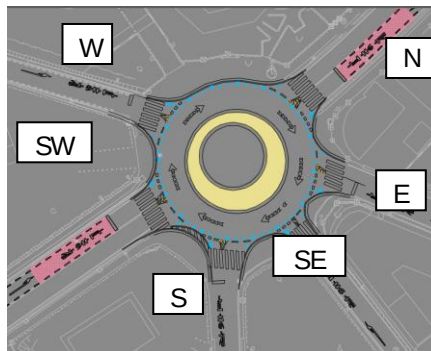


図2 長野県北佐久郡軽井沢町六本辻交差点

野県北佐久郡軽井沢町六本辻交差点（図2），2014年1月16日より静岡県焼津市関方交差点（図3），2014年1月15日より滋賀県守山市立田町交差点（図4）が，それぞれ無信号交差点からRABへの交差点構造変更が行われた。

小林ら⁴⁾は，模擬的に設置したRABにおいて走行調査を実施し幾何構造の違いによる車両挙動を分析した．また，鈴木ら⁵⁾は，信号交差点とRABにおいて走行調査を実施し交差点制御運用変更前後での運転者の安全確認動作の変化を分析した．しかし，交差点幾何構造の異なるRABにおける運転者の安全確認動作に着目し車両挙動，さらに，運転者の主観的評価を比較したものは現状では少ない．

そこで，本研究では，長野県飯田市東和町RAB（以降，東和町RAB），長野県北佐久郡軽井沢町六本辻RAB（以降，六本辻RAB），静岡県焼津市関方RAB（以降，関方RAB），滋賀県守山市立田町RAB（以降，立田町RAB）にて走行調査を行い，各RABの流入出路横断歩道付近における運転者の安全確認動作と車両挙動を分析し，幾何構造の違いによる運転者の安全確認動作に与える影響，さらに，運転者の主観的評価に与える影響について明らかにする．

2. RABの構造特性

各 RAB の構造諸量を表 1 に示す．なお，流入部幅員は流入部停止線の長さ，流出部幅員は各流出部環道ドット線端点間の直線距離，流入部セットバックは流入部停止線から環道流入ドット線までの直線距離，流出部セットバックは流出部環道ドット線から横断歩道までの直線距離，環道幅員は環道の幅員，エプロン幅員はエプロンの幅員，取り付け角は環道円中心から各流入出路中心点に直線を引いた際に隣り合う直線のなす角とする．

表 1 より，東和町 RAB は，北（以降，N），東（以降，E），南（以降，S），東（以降，E），北西（以降，NW）の 5 流入出路で構成されている．主な構造諸量として，中央島の半径は約 7m，環道幅員は約 5m，エプロン幅員は約 3m である．小型自動車等のエプロン部における走行を抑制するため，エプロン部には約 2cm の段差を設けている．また，流入出車両の分離，歩行者の横断距離の短縮のため，N，E，W には分離島が設置されている．

六本辻 RAB は，北（以降 N），東（以降，E），南東（以降，SE），南（以降，S），南西（以降，SW），西（以降，W）の 6 流入出路で構成されている．主な構造諸量として，中央島の半径は約 5.0m，環道幅員は約 5.0m である．また，中央島の設置位置が環道外側線の円の中心点からずれているためエプロン幅員が一定でな

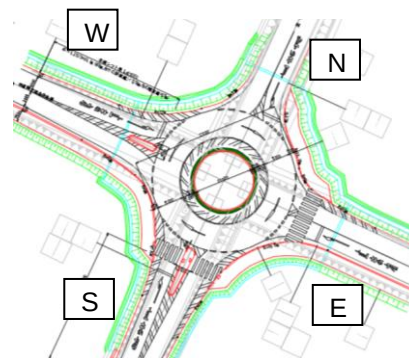


図 3 静岡県焼津市関方交差点

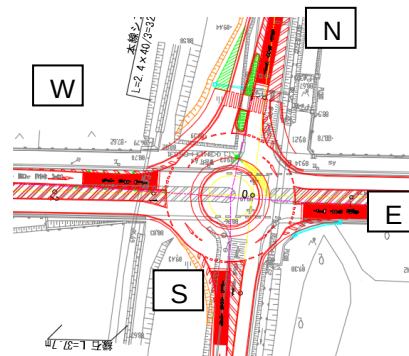


図 4 滋賀県守山市立田町交差点

表 1 各 RAB の構造諸量

交差点名	地点	幅員 (m)		セットバック (m)		環道幅員 (m)	エプロン幅員 (m)	取り付け角 (°)
		流入	流出	流入	流出			
東和町	NW	2.6	3.9	9.5	5.8	5.0	2.9	43.4
	N	3.0	6.6	9.7	5.1			72.4
	E	3.0	10.2	9.7	5.4			89.2
	S	2.9	7.7	10.1	4.9			73.8
	W	3.0	6.2	10.5	5.0			81.2
六本辻	N	2.7	6.0	8.7	1.7	5.0	1.5~3.5	50.9
	E	2.2	4.1	6.5	1.7			40.9
	SE	2.0	2.3	6.5	1.7			54.2
	S	2.0	6.7	6.9	1.5			53.8
	SW	2.8	6.5	9.6	1.5			58.1
	W	1.7	6.1	7.0	1.3			102.0
関方	N	3.3	7.5	1.7		5.0	2.0	90
	E	3.0	7.0	6.4	1.5			90
	S	3.0	6.5	6.8	1.5			90
	W	3.2	6.2	1.8				90
立田町	N	2.6	6.8	11.0	4.9	5.0	3.5	82
	E	3.4	4.6	2.0				85
	S	3.8	4.3	2.0				95
	W	3.8	4.6	2.1				98

表 2 走行調査の概要

調査箇所	調査日	ルート数	被験者	RAB 運転経験
東和町 RAB	2013/9/19-20	20ルート 5流入路×4流出路 (Uターンを除く)	20代男性2名	被験者A:あり 被験者B:あり
六本辻 RAB	2013/10/11 2013/10/12	30ルート 6流入路×5流出路 (Uターンを除く)	20代男性2名	被験者A:あり 被験者B:あり
関方 RAB	2014/1/31	12ルート 4流入路×3流出路 (Uターンを除く)	20代男性2名	被験者A:あり 被験者B:あり
立田町 RAB	2014/1/23	12ルート 4流入路×3流出路 (Uターンを除く)	20代男性3名	被験者A:あり 被験者B:あり 被験者C:なし

く約 1.5m～3.5m のレンジをもっている。

関方 RAB は、北（以降、N）、東（以降、E）、南（以降、S）、西（以降、W）の 4 流入出路で構成されている。主な構造諸量として、中央島の半径は約 5.5m、環道幅員は約 5m、エプロン幅員は約 2m であり、エプロンには段差を設けず、ゼブラ表示としている。また、E、S 流入出路に横断歩道が設置され、S、W 流入出路には分離島が設置されている。

立田 RAB は、北（以降、N）、東（以降、E）、南（以降、S）、西（以降、W）の 4 流入出路で構成されている。主な構造諸量として、中央島の半径は約 6m、環道幅員は約 5m、エプロン幅員は約 3.5m である。また、N 流入出路のみ横断歩道が設置され、かつ分離島が設置されている。さらに、E、W 流入出路には環道流入後の逆走防止のためポストコーンが設置されている。

3. 走行調査の概要

各交差点で実施した走行調査の概要を表 2 に、調査車両と車内状況を図 5 に示す。

本研究では、東和町 RAB、六本辻 RAB、関方 RAB、立田町 RAB にて普通自動車を実際に走行させ、車内に設置したビデオカメラ 2 台と Data-tech : SRcomm（ドライブレコーダ）、Wintech : G-Rays（GPS ロガー）を用いて車両挙動、運転者の安全確認挙動等を取得している。また、本調査では、東和町 RAB、六本辻 RAB の走行ルートパターンが多いため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。ここで、安全確認挙動に関して、被験者は、RAB 流入出時の横断歩道直近到達時において横断歩道周辺の歩行者等に対して安全確認をした時点（以降、安全確認時）に「確認」と発声し合図を出してもらい、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 6）。なお、横断歩道が設置されていない流入出路の場合、流入部では RAB 流入時の停止線直近到達時において流入部周辺の歩行者等に対して安全確認をした時点、流出部では、RAB 流出時の環道ドット線直近到達時において流出部周辺の歩行者等に対して安全確認をした時点に合図を出してもらっている。また、各ルート走行終了後に交差点流入から流出までの OD 別の走行のしやすさ（全体的な走行性評価）、また、各流入部、流出部における走行のしやすさを 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（流入部別の走行性評価）している。なお、本稿では、分析の整合性を高めるため被験者 A、B のデータを用いる。



図 5 調査車両と車内状況⁵⁾

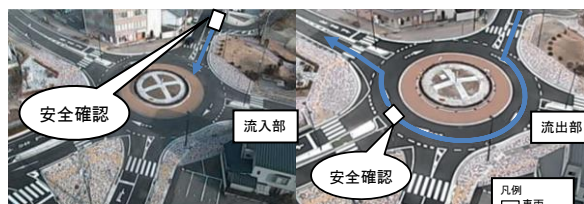


図 6 安全確認のタイミング

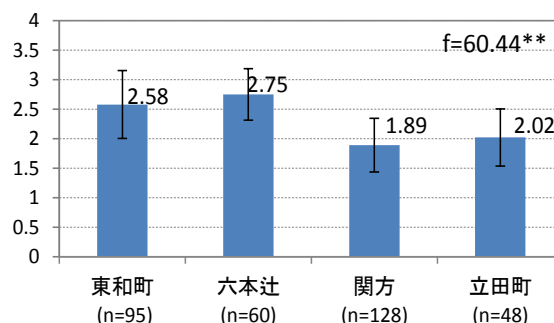


図 7 各交差点での走行性評価

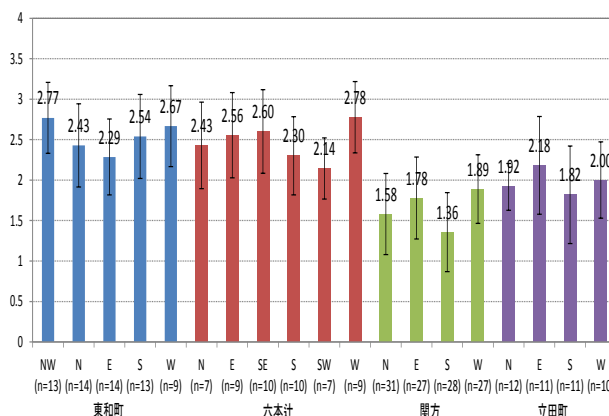


図 8 各流入部での走行性評価

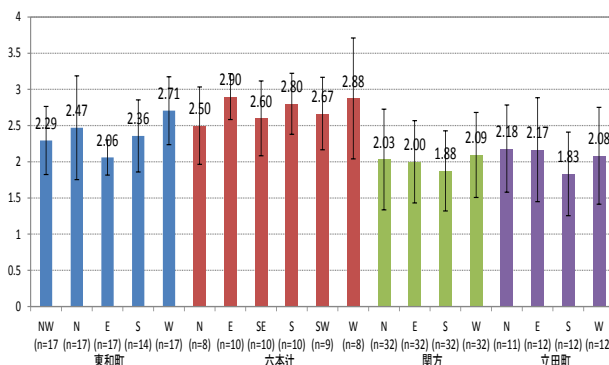


図 9 各流出部での走行性評価

4. 被験者による走行性評価の特性分析

各交差点での全体的な走行性評価について、平均値と標準偏差を算出した結果を図7に示す。

これより、東和町RABと六本辻RABは評価が「まあまあしやすい」と「ややしにくい」の中間ぐらいで、関方RABと立田町RABは「まあまあしやすい」という結果になった。関方RABと立田町RABは4枝交差点であり、東和町RABと六本辻RABの5枝以上の流入路を持つ交差点と比べると比較的走行しやすかったことが影響したものと考えられる。また、関方RABと立田町RABは他2交差点と比較すると交通量も少なく、交差点周辺に安全確認の妨げとなる障害物もなく見通しもよいことも影響したと考えられる。

同様に、流入出部別の走行性評価の結果について、図8、図9に示す。

図8より、流入部については関方RABが最も評価が高く、ついで立田町RABの評価が高く、東和町RABと六本辻RABが同等の評価であることが読み取れる。また、立田町RABのS流入部の評価が最も高く、東和町RABのNW流入部と六本辻RABのW流入部の評価がやや低いことがうかがえる。一方、図9より、流出部については、関方RABと立田町RABが同程度、ついで東和町RABの評価で、六本辻RABが最も低い評価であることがわかる。しかし、流入部と比べると交差点ごとの評価値の差は小さくなっているといえる。比較的高評価であったのは関方RABのS流出部、立田町RABのS流出部であり、六本辻RABのE流出部とW流出部がやや低評価であること、特に、六本辻RABのW流出部は評価のばらつきも大きい傾向にあることが読み取れる。

これらの影響要因については、6章にて、道路構造、交通条件、環境条件との関係を分析することとする。

5. 流入出部における安全確認時の車両挙動特性

本章では、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、交差点流入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⁹⁾。

なお、減速度は(1)式によって算出する。

$$DR = \frac{v^2}{2x} \quad (1)$$

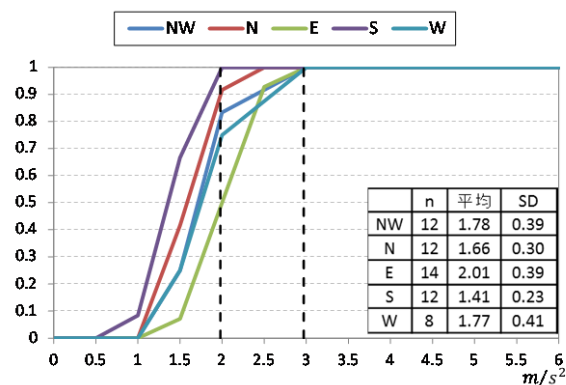


図10 東和町 RAB 各流入部での流入時減速度

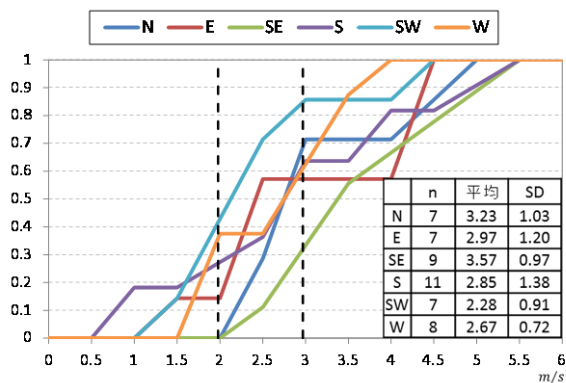


図11 六本辻 RAB 各流入部での流入時減速度

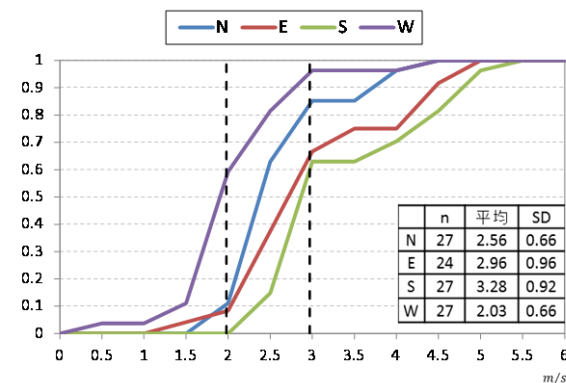


図12 関方 RAB 各流入部での流入時減速度

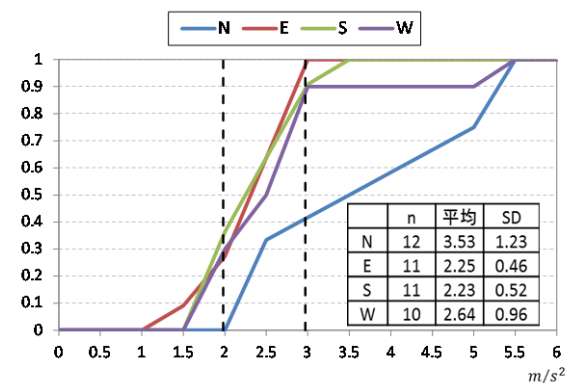


図13 立田町 RAB 各流入部での流入時減速度

ここに、

DR：減速度[m/s²]

v：安全確認時速度[m/s]

x：安全確認時位置[m]

以下では、減速度を交差点別、流入部別に算出し、比較を行う。

各交差点の流入部別の減速度の累積分布ならびに平均値、標準偏差について、図10から図13に示す。これらより、全体的には、東和町RABの減速度が小さく、六本辻RABの減速度が大きい値を示している様子がうかがえる。なお、各図において、交通挙動に影響を及ぼし得る減速度の目安として、 2m/s^2 (0.2G) と 3m/s^2 (0.3G) を破線として示している。

各交差点の結果に着目すると、図10より、東和町RABでは流入部Eの減速度が大きい傾向にあり、 2m/s^2 以上となるものが50%程度を占めることがわかる。しかし、どの流入部も 3m/s^2 を超えていないことが読み取れる。

図11より、六本辻RABについては、SE、Nがやや大きめの減速度が必要であることがわかり、標準偏差の値や累積分布の形状から、流入部ごとの減速度のばらつきが大きいことがうかがえる。

図12より、関方RABについては、Wを除く3流入部では 2m/s^2 以上の減速度の割合が90%程度以上を占め、E流入部とS流入部では 3m/s^2 以上のやや高めの減速度が40%程度必要となっており、交通挙動が乱れる恐れがあるものと推察される。

図13より、立田町RABについては、N流入部で 3m/s^2 以上の割合が60%程度を占めており、他3流入部では概ね同様の傾向を示していることが読み取れる。

次に、各交差点の流出部別の減速度の累積分布ならびに平均値、標準偏差について、図14から図17に示す。

図14より、東和町RABでは、すべての流出部で 2m/s^2 以下の減速度となっており、若干E流出部の標準偏差が大きいものの、流出部ごとの差異は小さいといえる。

図15より、六本辻RABではS流出部で 2m/s^2 以下、SE流出部で 2m/s^2 以上が10%と割合が低いものの、N流出部とW流出部では30%程度、E流出部とSW流出部で50%程度が 2m/s^2 以上の減速度を必要としており、流出部によって若干取り得る値の範囲が異なる様子がうかがえる。

図16より、関方RABでは、 2m/s^2 以上の減速度がN流出部、S流出部で60%程度、E流出部、W流出部で80%程度を占めており、流出部での必要減速度がやや高い傾向にあるといえる。

図17より、立田町RABでは、どの流出部も50%程度が 2m/s^2 以上の減速度を必要としていること、また、 2m/s^2 より低い減速度の範囲では流出部による分布の違いが読み取れる。

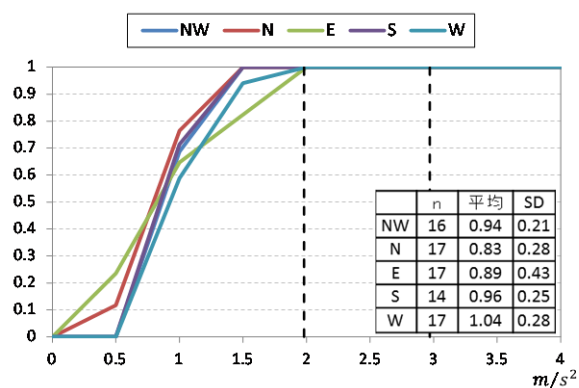


図14 東和町RAB各流出部での流出時減速度

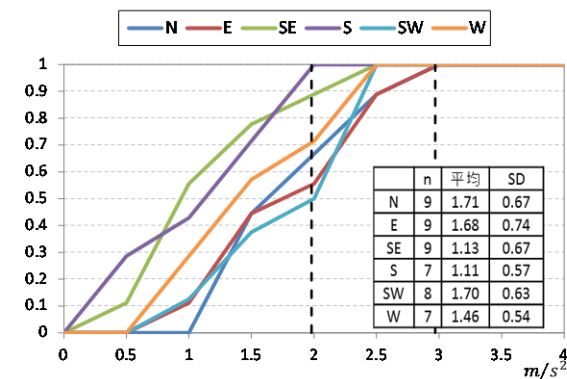


図15 六本辻RAB各流出部での流出時減速度

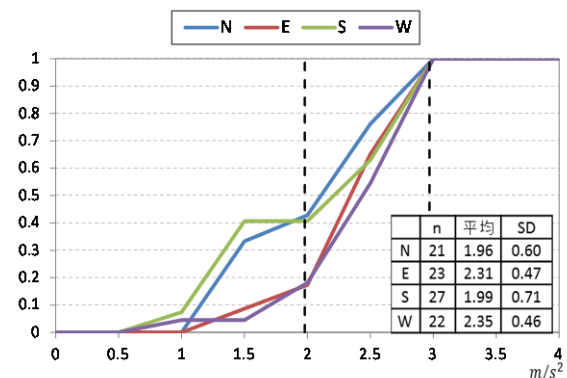


図16 関方RAB各流出部での流出時減速度

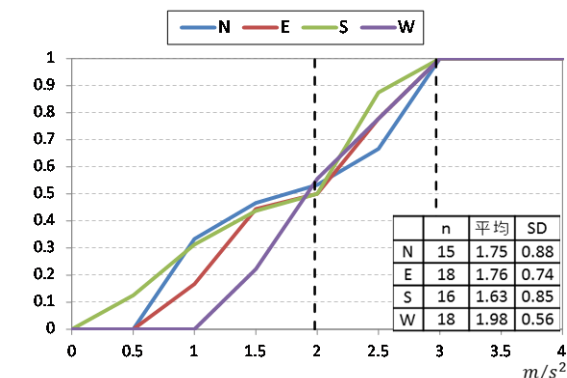


図17 立田町RAB各流出部での流出時減速度

6. 安全確認時車両挙動と走行性評価に影響を与える構造的要因の分析

(1) 安全確認時車両挙動と道路構造との関係性

まず、流入部、流出部別の平均減速度と道路構造との関係性について分析する。ここで、交差点別の流入部で

の平均減速度と流入部の車線幅員との関係を図18に示す。これより、流入部の車線幅員が広いと流入部での平均減速度の値が低くなる傾向が読み取れる。

次に、交差点別の流出部での平均減速度と流出部の車線幅員との関係を図19に示す。これより、車線幅員が広がっても、平均減速度の値は一樣に減少する傾向は読み取れず、車線幅員と平均減速度の相関性は低いといえる。ここで、その他の道路構造条件も踏まえて、平均減速度との関係性を統計的に解析する。本研究では、平均減速度を目的変数とした線形重回帰分析を行うことで、平均減速度に影響を与える幾何構造を明らかにする。

ここで、流入部の平均減速度を推計するモデルのパラメータ推定結果を表3に示し、流出部の平均減速度を推計するモデルのパラメータ推定結果を表4に示す。

表3より、流入部の平均減速度に関して、流入路が下り勾配であると減速度が低下し、また、5%有意ではないが、流入部の道路幅員が広がると減速度が低下する傾向が読み取れる。流入部の道路幅員が広いと早めに安全確認ができ、結果的に必要となる減速度が小さくなると推察できる。

表4より、流出部の平均減速度に関して、取り付け角が直交に近いと減速度の値が大きくなることがわかる。一方、流出部に横断歩道および分離島が設置されていると減速度が小さくなることがわかる。

(2) 走行性評価と道路構造との関係性分析

本節では、流入部、流出部別のドライバーの走行性評価の平均値と車線幅員との関係について分析する。

まず、流入部での走行のしやすさと車線幅員との関係を図20に示す。これより、車線幅員が広がると走行のしやすさの数値が低下する。すなわち、利用者の評価が高くなる傾向が読み取れる。

次に、流出部での走行のしやすさと車線幅員との関係を図21に示す。これより、流入部同様に車線幅員が広がると走行のしやすさの数値が低下し、利用者評価が高くなる傾向が読み取れる。

続いて、前節と同様に、走行性評価を目的変数とし、道路構造要因を説明変数とした重回帰分析を行い、その結果を考察する。

ここで、流入部の走行のしやすさ推計モデルのパラメータ推定結果を表5に示す。これより、車線幅員の数値が大きくなると走行のしやすさの数値が低下し、走行性評価が高まることが読み取れる。また、流入部の平均減速度が大きいことも走行性評価を高める要因であることがわかる。このことは走行速度が高い状態で環道に進入できることが影響したものと推察される。

次に、流出部の走行のしやすさ推計モデルのパラメータ推定結果を表6に示す。これより、流出部の取り付け

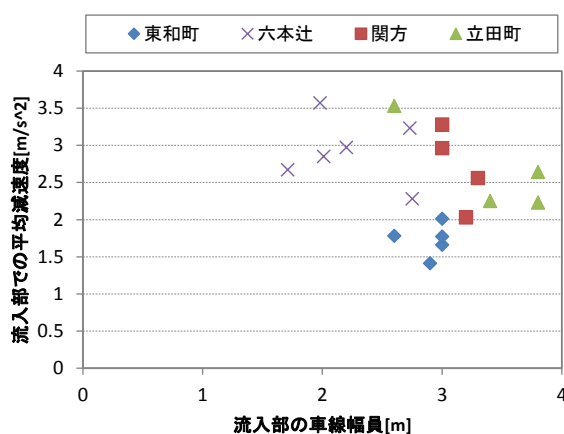


図 18 流入部の車線幅員と平均減速度の関係

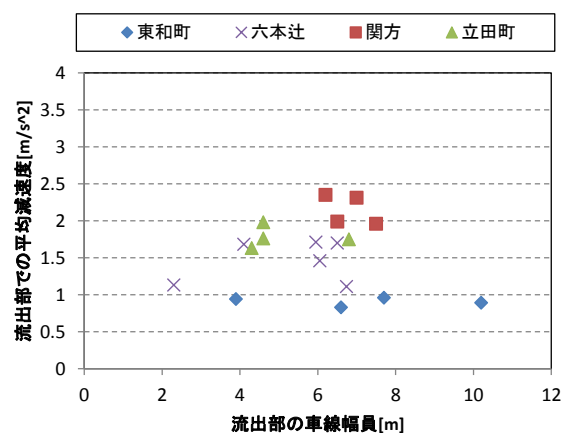


図 19 流出部の車線幅員と平均減速度の関係

表 3 流入部の平均減速度推計モデルのパラメータ推定結果 (R=0.54, F=0.061, n=19)

説明変数	係数	t 値
定数項	3.43	5.26
下り勾配ダミー (流入路が下り勾配 : 1, それ以外 : 0)	-0.72	-1.94
流入部道路幅員[m]	-0.091	-1.24

表 4 流出部の平均減速度推計モデルのパラメータ推定結果 (R=0.71, F=0.0034, n=19)

説明変数	係数	t 値
定数項	1.34	11.00
取り付け角ダミー (80~90° : 1, それ以外 : 0)	0.65	3.70
横断歩道および分離島設置ダミー (ともに設置 : 1, それ以外 : 0)	-0.56	-2.80

角が直交に近いと走行性評価が高まることがわかる。

以上の分析より、流入部、流出部での減速度や走行のしやすさに影響を与える道路構造要因が確認できたといえる。

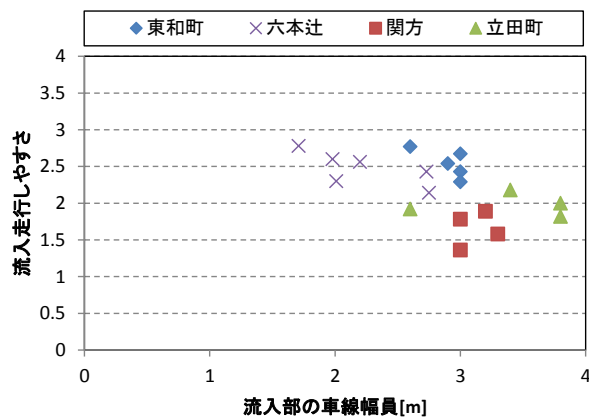


図 20 流入部の走行のしやすさと車線幅員の関係

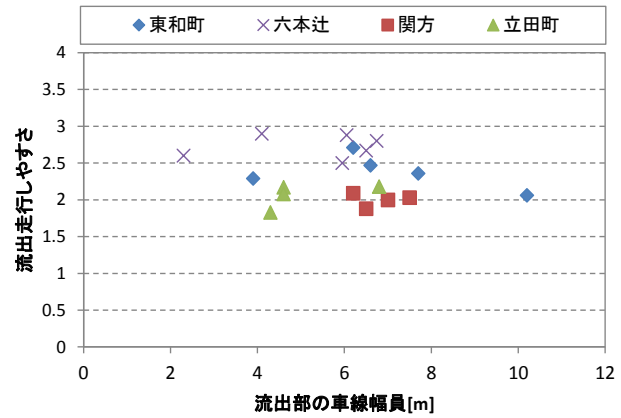


図 21 流出部の走行のしやすさと車線幅員の関係

表 5 流入部の走行しやすさ推計モデルのパラメータ推定結果 (R=0.62, F=0.022, n=19)

説明変数	係数	t 値
定数項	4.13	6.70
流入部の車線幅員[m]	-0.13	-2.76
流入減速度平均値[m/s ²]	-0.32	-2.38

表 6 流出部の走行しやすさ推計モデルのパラメータ推定結果 (R=0.75, F=0.00019, n=19)

説明変数	係数	t 値
定数項	2.61	33.72
取り付け角ダミー (80~90° : 1, それ以外 : 0)	-0.50	-4.74

7. おわりに

本研究では、構造条件の異なる4つのRAB交差点において走行調査を行い、ドライバーの安全確認行動、車両挙動とRAB構造要素との関係性を分析し、また、ドライバーの安全確認のしやすさといった主観的な走行性評価とRAB構造要素との関係性についても統計的解析により明らかにした。なお、今回の分析では、交通条件を考慮していないため、今後、更なる分析を行う予定である。

謝辞

本研究は、公益財団法人国際交通安全学会H2534プロジェクトの一環として行ったものである。調査実施にご尽力頂き、また資料をご提供頂いた関係各位ならびに研究会での貴重なご助言を頂いた方々に謝意を表する。

参考文献

- 1) 警察庁 HP 統計「平成 25 年中の交通事故の発生状況」<http://www.npa.go.jp/sitemap/index.htm>
- 2) 中村英樹, 大口敬, 馬淵太樹, 吉岡慶祐「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, 2009
- 3) (公財) 国際交通安全学会 H2534 プロジェクト研究会資料
- 4) 小林寛, 高宮進, 吉岡慶裕, 米山喜之「ラウンドアバウト幾何構造基準の策定に向けた基礎研究」, IATSS Review Vol39, No.1
- 5) 鈴木弘司, 泉典宏, 森本清誠, 梶井敦「ラウンドアバウトにおける安全確認行動に関する研究」, IATSS Review Vol39, No.1

(2014. 8. 1 受付)

EMPIRICAL ANALYSIS OF SAFETY CHECK BEHAVIOR AND ROADABILITY EVALUATION AT ROUNDABOUTS

Kiyoaki MORIMOTO, Koji SUZUKI and Soichiro YASUDA