

交差角度の異なるラウンドアバウトにおける 車両挙動分析

小久保 智朗¹・下川 澄雄²・吉岡 慶祐³

¹学生会員 日本大学大学院理工学研究科博士前期課程社会交通工学専攻
(〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1)
E-mail: csto16004@g.nihon-u.ac.jp

²正会員 日本大学教授 理工学部交通システム工学科 (同上)
E-mail: shimokawa.sumio@nihon-u.ac.jp

³正会員 日本大学助手 理工学部交通システム工学科 (同上)
E-mail: yoshioka.keisuke@nihon-u.ac.jp

ラウンドアバウトは、平成26年の改正道路交通法の施行を契機に、全国各地で導入が進んでいる。平成28年4月には、設計の考え方や構造の標準値等を示した「ラウンドアバウトマニュアル」が出版され、今後さらなる普及が期待される。

そこで本研究は、正十字型の焼津市焼津ラウンドアバウトと5枝の須崎市野辺町ラウンドアバウト、須崎市沼目町ラウンドアバウトを対象として、交差角度の違いに着目し、速度・曲率等の車両挙動について比較した。その結果、流入部の交差角度によって、環道内の挙動特性が明らかに異なること、流入部の隅角部曲線半径が大きいほど、流入部の速度が高くなることを明らかとした。

Key Words : Roundabout, Driving behavior, Vehicle trajectory

1. はじめに

ラウンドアバウトは、平成25年6月の改正道路交通法により、「環状交差点」として正式に位置づけがなされ、全国各地で導入の検討がされている。平成28年4月には、設計の考え方、標準値などを記載した技術指針となる「ラウンドアバウトマニュアル」¹⁾が出版され、今後さらにラウンドアバウトの普及が進むものと考えられる。

ラウンドアバウトは信号に頼らず幾何構造によって車両を制御するため、安全性能を確保するためには、適切な幾何構造設計が重要である。しかし、幾何構造が車両挙動に関する知見の蓄積は緒に就いたばかりである。

また、ラウンドアバウトマニュアルの隅角部の設計では、「流入部の隅角部の曲線半径は過大とならないように留意する」と記されているように、具体的な数値は示されていない項目が散見される。このことは、これまでラウンドアバウトの設計経験の少ないわが国の実務者において混乱を招き、誤った選択をもたらしかねない。

このことから、わが国において、ラウンドアバウトのより適切な設計とそれによるさらなる普及を進めていくためには、幾何構造が車両挙動に与える影響を蓄積していく必要がある。そこで本研究では、その一環として、

流入部の交差角度、流入部の隅角部曲線半径の二つに着目し、これらが異なるラウンドアバウトにおいて、その違いを明らかにすることを目的とする。

2. 既往研究と本研究の位置づけ

ラウンドアバウトの幾何構造と車両挙動に関する研究は、既にいくつか行われている。

小林らの研究²⁾³⁾では、試験走路における走行調査により、エプロンの段差構造や環道部幅員構成によって、被験者の評価や車両挙動が異なることを示した。また、泉らの研究⁴⁾では、社会実験中のラウンドアバウトにおける環状部の横断構成改良前後の比較を行い、中央島の直径が小さくなると、流入部から流出部にかけて見通しが良くなるため直線的な走行を招き、速度が高くなることを示した。このように、一部の幾何構造要素については、車両挙動との関係について研究が行われている。本研究は、これ以外にも車両挙動に大きく影響を与えると考えられる流入部の交差角度および流入部の隅角部曲線半径に着目し、ラウンドアバウトの幾何構造と車両挙動の関係性について知見を深めるものである。

3. 車両挙動データの取得

(1) 分析対象箇所と構造条件の整理

本研究では、流出入口の交差角度と流入部の隅角部曲線半径が車両挙動に与える影響について比較するため、これらが異なる焼津ラウンドアバウト、野辺町ラウンドアバウト、沼目町ラウンドアバウトの特定の方向について対象とした。表-1は、分析対象とする進行方向別に幾何構造条件を整理したものである。焼津・沼目ラウンドアバウトは、流出入口の交差角度は同一であるが、流入部の隅角部曲線半径が異なるものとなっている。また野辺町ラウンドアバウトは5枝であり各流入部間の交差角度がそれぞれ異なっている。また、流入部隅角部曲線半径は各進行方向で3m~25mといった違いがみられる。

(2) 走行挙動の算出方法

走行挙動の算出には、図-1 に示すように、上空から撮影した映像を用いることとした。なお、調査日はすべての箇所において供用開始から一定程度経過しており、ドライバーはラウンドアバウトの通行に慣れており、通行方法に関する知識は十分あるものと考えられる。ビデオの撮影は、流入から流出までの走行挙動データを取得するため、UAV を用いるものとし、幾何構造が車両挙動に与える影響を把握するため、自由走行車両のみのデータを取得した。また、走行挙動データの取得には交通流解析ソフト「Traffic Analyzer」⁹⁾を用い、車両のナンバープレート位置を 0.2 秒間隔で手動のクリックにより記録するとともに、得られた位置データを平面直角座標系



走行位置(座標位置)・速度・曲率等を算出

図-1 軌跡データ取得作業の例

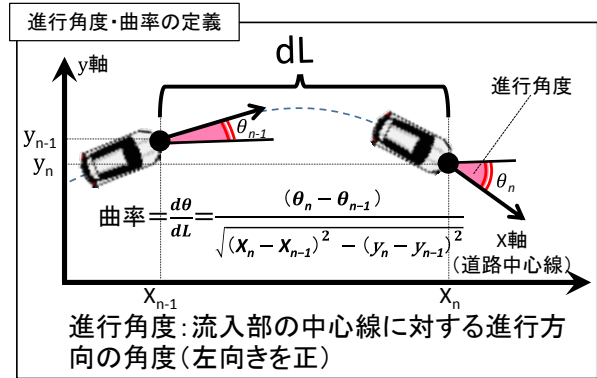


図-2 曲率と進行方向角の定義

に変換し、速度や曲率等の走行挙動データを算出した。さらに、ビデオの読み取り誤差を取り除くため、カルマンフィルターによる平滑化処理を行った。

ここで曲率とは、図-2 に示すとおり、進行角度の走行距離に対する変化量であり、車両のステアリングの操舵角の程度を示すものとして使用した。

表-1 分析対象ラウンドアバウトの構造条件 (分析対象方向)

航空写真	焼津市 山の手交差点		須崎市 沼目町交差点		須崎市 野辺町交差点					
	対象方向	1-3	3-1	1-3	3-1	1-3	3-1	2-4	4-1	5-2
サンプル数	39	37	27	20	10	7	12	13	8	
撮影時期	2016年5月19日(木)		2016年11月16日(水)		2016年11月16日(水)					
環道部 関連	外径	27m		26m		31m				
	環道幅員	50m		50m		50m				
流入部 関連	流出入口交差角度	180°	180°	180°	180°	177°	183°	130°	137°	168°
	流入部車線幅員	3.8m	3.8m	4.7m	4.7m	3.0m	2.7m	3.0m	2.8m	2.8m
	流入部隅角部曲線半径	25m	25m	13m	13m	9m	3m	9m	6m	10m
流出部 関連	流入部角度	46°	46°	54°	53°	51°	63°	53°	58°	51°
	流出部車線幅員	3.4m	3.2m	5.1m	5.5m	4.8m	4.9m	3.5m	4.9m	3.6m
	流出部隅角部曲線半径	15m	15m	35m	35m	15m	3m	9m	20m	10m
	流出部角度	55°	76°	76°	70°	56°	55°	57°	55°	56°

※番号は各流出入口番号を示し、対象方向は車両の進行方向を示す。(例：1-3：流入部1から流出部)

4. 分析結果

(1) 流入～流出までの速度特性

図-3は進行方向ごとの流入から流出までの速度の平均値を示したものである。横軸は、図-4に示すようにラウンドアバウトの中心からの距離を、道路中心線軸上に換算した距離である。また、図-3に示している流入断面、流出断面は環道の境界に表示されたドット線の位置に相当する代表断面であり、環道断面はラウンドアバウトの流入から流出までの間の中央断面である。

図-3をみると流入断面付近では進行方向によって最も速度の低下する位置が異なっている。特に、この中でも速度低下位置が大きく異なる焼津1-3と野辺2-4を例に、各車両の速度が最小となる位置をプロットし、比較した(図-5)。これをみると野辺2-4はほとんどの車両が流入部付近にプロットが集中しているのに対し、焼津1-3は流入部付近と環道断面付近に大きくプロットが二分されている。これは流入の際に十分に減速を行った車両と、減速が十分でなかったため、環道を周回する際のステアリング操作によって速度を下げざるを得ない状況が発生した車両が存在するためであると考えられる。この様な流入時の挙動の違いによって図-3に示すプロファイルの違いにつながったものと考えられる。

図-6、図-7、は流入断面・環道断面において進行方向別に速度の平均値、中央値、85パーセンタイル値、15パーセンタイル値、最大値、最小値を比較したものである。図-6より、流入断面では平均速度は16km/h～24km/h程度である。また、焼津1-3、焼津3-1、野辺2-4での速度のばらつきが大きい。図-7の環道断面の比較を見ると、野辺の2-4のみ速度のばらつきが依然として大きい。この様に車両間の速度のばらつきについても進行方向によってその特徴が異なることが確認できる。

(2) 流入～流出までのステアリング特性

図-8は、曲率の平均値を図-3と同様にラウンドアバウト中心からの道路中心線軸上に換算した距離に応じて示したものである。流入断面、環道断面、流出断面の3点において曲率が大きく変化しているが、とくに交差角度の小さい野辺2-4、野辺4-1は、環道断面の曲率の絶対値が低く、ステアリングの操作量が明らかに異なることがわかる。

図-9は、ステアリング操作のばらつきを示すものとして曲率の標準偏差を比較したものである。いずれも流入断面付近で曲率の標準偏差が高いことがわかる。これに対して、野辺2-4では、流入から流出ま

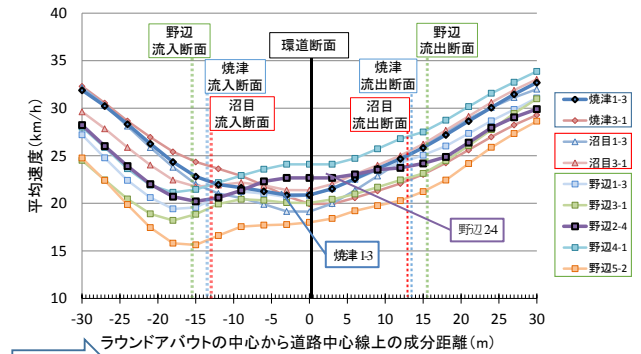


図-3 平均速度のプロファイル

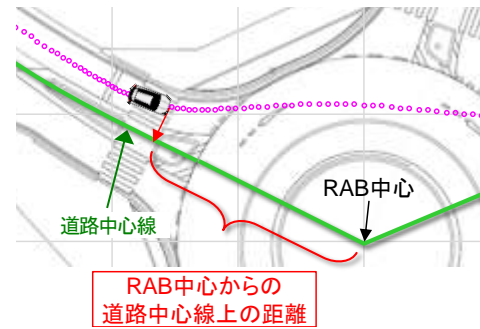


図-4 プロファイルにおける走行位置(横軸)の定義

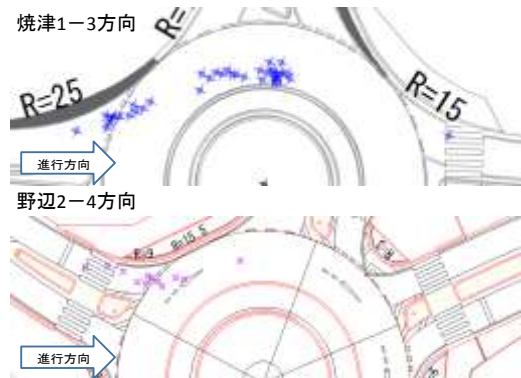


図-5 速度の最小位置のプロット図

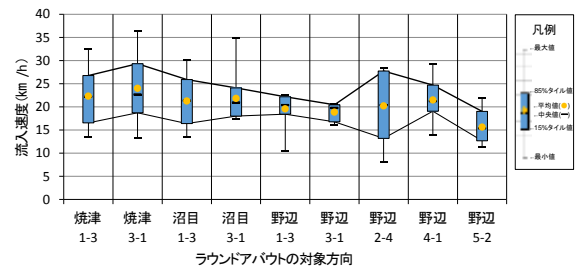


図-6 流入部断面における対象方向別速度

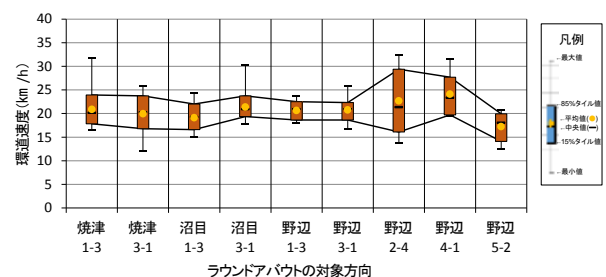


図-7 環道部断面における対象方向別速度

で全体的にばらつきが大きく、図-8でみる野辺41とは明らかに異なる傾向を示している。

図-10は流入断面での代表断面において図-5と同様に曲率の平均値、中央値、85パーセンタイル値、15パーセンタイル値、最大値、最小値を進行方向別に比較したものである。

これによれば、焼津1-3、焼津3-1の曲率が低く、野辺2-4は、曲率のばらつきが大きい。従って、野辺2-4においてはステアリング操作量が車両間で大きく異なっており、走行の自由度が高いことが推察される。

(3) 各断面における速度と軌跡の曲率の関係

図-11は、環道断面における全観測サンプルの速度と曲率の観測値をプロットしたものである。全体的に曲率の絶対値が小さいほど速度が高くなる傾向にある。この中でも交差角度の小さい野辺2-4、野辺4-1は、図-8でも示したように、他の進行方向と比較して環道断面における曲率の絶対値が小さいため、一部のステアリング操作の小さい車両について高い速度が観測された。一方、野辺2-4は(2)で示したように曲率のばらつきが大きいため(1)で示した速度のばらつきの発生につながったものと考えられる。これらの違いは、交差角度以外の何らかの幾何構造等の違いが影響したものと考えられる。

(4) 車両挙動と構造の関係

a) 環道断面速度と流出入口交差角度の関係

図-12は、流出入口の交差角度と環道断面の85パーセンタイル速度の関係を示したものである。その結果、交差角度が小さいものほど速度が高い傾向にある。野辺5-2については、交差角度が168°であり、180°より小さいが、接続する道路が中央線のない1車線道路であり、図-3を見てもわかるように流入部手前からのアプローチの速度が低いためである。

なお、本研究で対象とした交差角度は180°程度と130°程度でありパターンが少ないため、これらの詳細な関係性についてはさらに異なる交差角度を有するラウンドアバウトでの調査が必要である。

b) 流入断面速度と流入部の隅角部曲線半径の関係

図-13は流入部の隅角部曲線半径と流入断面の85パーセンタイル速度の関係を示したものである。その結果、(3)で明らかな挙動の違いが確認された交差角度の小さい野辺2-4、野辺4-1を除くと、流入断面の隅角部曲線半径が大きいほど速度が高い傾向である。また、隅角部曲線半径が大きいと、軌跡もそれに応じて緩やかになり、小さいハンドル操作で流入が可能となるためである。この結果から、流入部の隅角部曲線

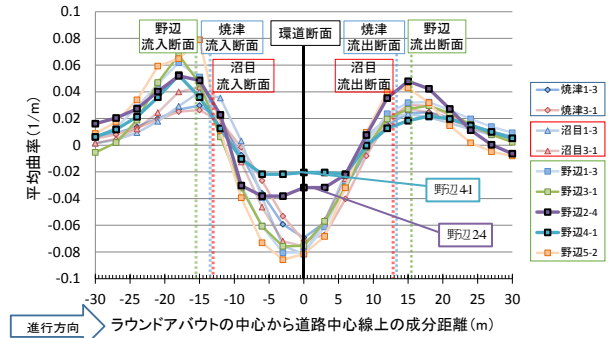


図-8 曲率平均のプロファイル

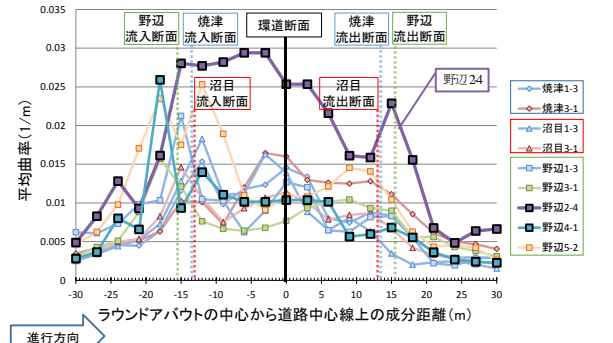


図-9 曲率の標準偏差のプロファイル

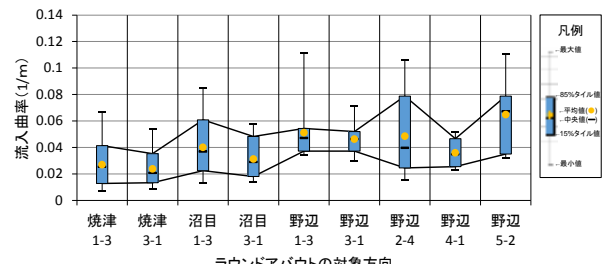


図-10 流入部断面における対象方向別曲率

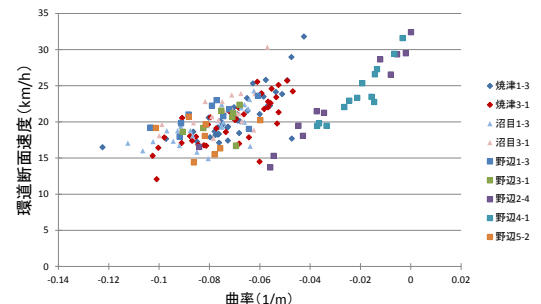


図-11 環道断面の速度と曲率の関係

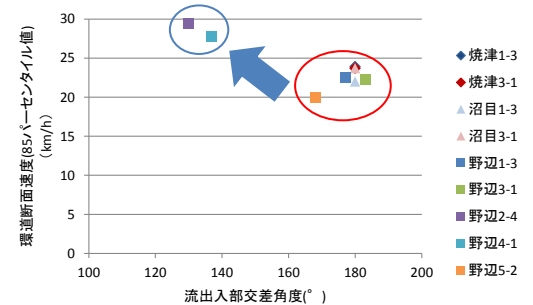


図-12 環道断面速度と交差角度の関係

半径も流出入口の交差角度と同様に車両挙動に影響を与えると考えられる。

5. おわりに

(1) 得られた知見

本研究では、異なる幾何構造を有するラウンドアバウトにおける車両挙動調査から、流出入口交差角度と流入部の隅角部曲線半径が車両挙動に与える影響について分析した。その結果、以下のことが明らかとなった。

- ① 流出入口の交差角度によって、環道断面の挙動特性が明らかに異なり、流出入口の交差角度が小さい対象方向は、環道内の速度が高くばらつきも大きくなる。
- ② 流入部の隅角部曲線半径および流出入口の交差角度は車両挙動に影響を与えると考えられる。
- ③ 野辺24, 野辺4-1は共に交差角度が小さく、他の進行方向と比較して速度が高い傾向にあるが、車両間のばらつきの程度は異なっており、その他の何らかの幾何構造等の影響を受けていると考えられる。

(2) 今後の課題

本研究の分析対象箇所は3箇所のみであったため、さらに異なる幾何構造を有するラウンドアバウトの調査結果が必要である。とくに、影響の大きい交差角度については、より多くのパターンの調査が必要である

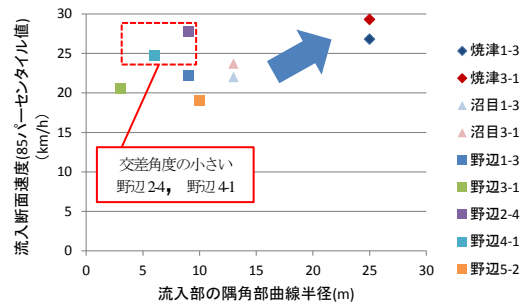


図-13 流入部断面速度と流入部の隅角部曲線半径

と考えられる。また、挙動のばらつきが大きく観測された進行方向については一部の高速で走行する車両について、より詳細に挙動分析を行う必要がある。

参考文献

- 1) (一社)交通工学研究会：ラウンドアバウトマニュアル，2016。
- 2) 小林寛・今田勝昭・上野朋弥・高宮進：ラウンドアバウトのエプロン構造の違いによる車両走行特性に関する実験検討，第 51 回土木計画学研究・講演集，CD-ROM，2015。
- 3) 小林寛・高宮進・吉岡慶祐・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 Vol. 39, No.1, pp.37-46, 2014。
- 4) 泉典宏・村松寿馬・樋上正晃・藤岡亮文・蔵下一幸：正十字交差点の標準ラウンドアバウト社会実験，第 51 回土木計画学研究・講演集，CD-ROM，2015。
- 5) 鈴木一史・中村英樹：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, 2006。

ANALYSIS OF VEHICLE BEHAVIOR OF DIFFERENT TURNING ANGLE FOR ROUNDABOUTS

Tomoaki KOKUBO, Sumio SHIMOKAWA and Keisuke YOSHIOKA