

ラウンドアバウトの走行安全性照査手法 に関する検討

吉岡 慶祐¹・中村 英樹²・下川 澄雄³・森田 綽之⁴・小久保 智朗⁵

¹正会員 日本大学理工学部 交通システム工学科 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1)

E-mail: yoshioka.keisuke@nihon-u.ac.jp.

²フェロー会員 名古屋大学大学院環境学研究科 都市環境学専攻 (〒464-8603 名古屋市千種区不老町)

E-mail: nakamura@genv.nagoya-u.ac.jp

³正会員 日本大学理工学部 交通システム工学科 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1)

E-mail: shimokawa.sumio@nihon-u.ac.jp.

⁴フェロー会員 日本大学理工学部 交通システム工学科 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1)

E-mail: hi-morita@i-transportlab.jp

⁵非会員 日本大学理工学部 交通システム工学科 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1)

E-mail: zeongundamgp02@yahoo.co.jp

ラウンドアバウトは新たな交差点形式の一つとして、今後我が国でも普及が進むものと期待される。しかし我が国では、ラウンドアバウトの計画や設計に関する知見は未だ不十分であり、今後の普及に向けて、安全性を確保するための設計方法を確立する必要がある。海外のラウンドアバウトに関する設計ガイドラインでは、設計段階において幾何構造を照査し、必要に応じて設計の見直しを行うといった安全性の照査手法が確立されている。本研究は、海外のガイドラインで示されている安全性の照査手法に関するレビューにより、安全性の照査に関する考え方について知見を収集するとともに、車両挙動の特性について基礎調査分析を行い、今後我が国での安全性の照査手法の確立に向けた課題について整理する。

Key Words: roundabout, geometry, designing, safety, driving behavior, performance check

1. はじめに

ラウンドアバウトは安全かつ円滑な平面交差点の運用が可能であることから、海外では一般的な交差点形式の一つとなっている。我が国においても、平成26年2月に飯田市東和町において信号交差点からラウンドアバウトへの改良が実施されるなど、我が国での導入も進みつつある。さらに平成26年9月の改正道路交通法の施行により「環状交差点」が新たに定義され、ラウンドアバウトの普及が一層進むことが期待される。

しかし我が国ではラウンドアバウトに関する経験や知見が未だ十分ではないため、幾何構造の設計においては、試行錯誤しながら時間をかけて検討している状況である。ラウンドアバウトは信号による制御を行わないため、車

両挙動は幾何構造の影響を強く受けることとなる。言い換えると、設計者は安全性の高い幾何構造設計が求められるのである。しかしながら、筆者らの経験を踏まえると、幾何構造の検討においてとくに課題となる事項として「出来上がった設計に対して、安全性に関する性能をどのようにすれば評価できるか」が不明であることが挙げられる。すなわち、安全性を照査する方法が確立されていない。

海外のラウンドアバウトに関する設計ガイドラインでは、設計段階において幾何構造を照査し、必要に応じて設計の見直しを行う手順を踏むことを必要としている。これにより、安全性に関する性能を照査しつつ、求められる性能に応じた設計を行うことで、安全性の確保を保証している。

表-1 各国の安全性照査手法の比較

国名	指標	性能照査の方法・目標値	備考
アメリカ	走行軌跡 (fastest path)	AASHTO の式により目指すべき速度に応じて走行軌跡を確認 各 OD の走行速度に一貫性を持たせる(速度差が 15~25km/h 以内)	
イギリス	流入時の走行軌跡 (Entry path radius)	走行軌跡の曲線半径 100m 以内 (コンパクトラウンドアバウトでは 70m 以内)	幾何構造と事故率の関係モデル式が提示されているが、容量を重視する傾向 ソフトによる走行軌跡のチェックも可 (ARCADY)
オーストラリア	流入時の走行軌跡 (Entry path radius)	接続道路の速度に応じて上限を設定 (走行軌跡の曲線半径は最大 100m)	ソフトによる走行軌跡のチェックも可 (ARNDT)
ドイツ	直進車両の横方向 の振れ幅(Deflection)	流入部幅員の 2 倍以上の横方向振れ幅 を持たせる	
フランス	走行軌跡	走行軌跡の曲線半径 100m 以内	
韓国	走行軌跡	AASHTO の式より、走行速度をチェック。 流入速度と環道内の速度差が 20km/h(可能なら 10km/h) 以内になるようにする	アメリカと同様の方法

我が国では、ラウンドアバウトの設計に関する根拠として国土交通省道路局の課長通知「望ましいラウンドアバウトの構造について」¹⁾や交通工学研究会の自主研究成果である「ラウンドアバウトの計画・設計ガイドライン(案)」²⁾が挙げられる。しかし、いずれも幾何構造の数値的な目安が示されているのみであり、現段階では安全性の照査に関しては触れられていない。今後、ラウンドアバウトの普及が安全で効率的に進められるためには、設計段階における安全性の照査手法についても考えていく必要があると考えられる。

そこで本研究は、海外ガイドラインで示されている安全性の照査手法に関するレビューを行い、その考え方を把握することを第1の目的とする。また、今後安全性の照査手法について検討するにあたり、ラウンドアバウトの幾何構造が車両挙動に与える影響、さらにそれらが安全性に与える影響について、そのメカニズムを解明することが重要であると考えている。そこで、既存のラウンドアバウトにおいて、車両挙動に関する基本的な特性について調査し、安全性の照査手法を検討するにあたって今後の課題を整理することを第2の目的とする。

2. 海外の安全性照査手法に関する既往研究

海外のラウンドアバウトに関する設計ガイドラインでは、設計の手順や各幾何構造要素の考え方が示されているほか、できあがった幾何構造に対して、安全性に関する性能の照査手法を示している。

表-1は各国の設計ガイドライン³⁾⁻⁸⁾における安全性の照査に関わる項目を整理したものである。ドイツを除く各国では、図面上から描かれる車両の走行軌跡をチェックすることで、速度が過剰に高くないような安全な幾何構造となっているかの照査を行っている。その例として、アメリカ・イギリスのガイドラインに示されている

例えば直進車両の場合、流入～流出までの走行軌跡を描き、流入時・環道内・流出時の3地点で曲線半径を確認する

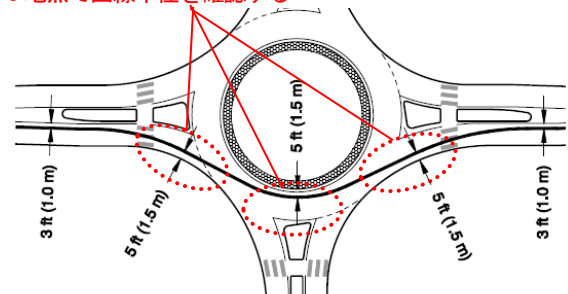


図-1 走行軌跡の描画例(アメリカ)

出典: NCHRP Report 672 Roundabouts: An Informational Guide Second Edition を基に一部追記

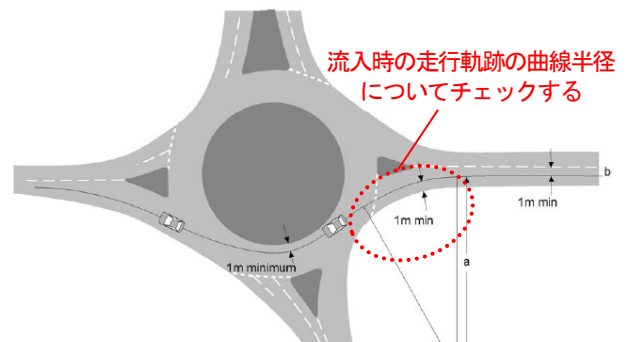


図-2 走行軌跡の描画例(イギリス)

出典: Design Manual for Road and Bridge, TD16/07 Volume6, section2 part3, Geometric Design of Roundabout を基に一部追記

走行軌跡の描画方法を図-1および図-2に示す。

一方ドイツでは、図-3に示す横方向振れ幅(海外では、Deflectionと呼ばれる)という指標により幾何構造のチェックが行われており、これは、図面上から簡易に確認できる指標でありながら、速度が過剰に高くないかのチェックを行うことが可能であり、安全性に対して速度が重要であるという本質的な考え方は、アメリカなどの方法と共通しているものと考えられる。

以降では、海外ガイドラインに示されている安全性の照査手法や関連する既往研究についてさらに詳しく整理する。

(1) 走行軌跡による安全性の照査

表-1に示したように、アメリカをはじめ、イギリスやオーストラリアなどラウンドアバウトの普及が進んでいる海外諸国では、走行軌跡による安全性の照査が主流となっている。ここでの走行軌跡とは、車両が通行する軌跡を1本の曲線で描画したものである。ラウンドアバウトの幾何構造は、外径・環道内の幅員構成・分離島の有無・流出入部の形状・接続道路の交差角度等、様々な要素で構成され、それらの組み合わせの結果生じた形状が走行車両の挙動に影響を与えるものと考えられる。そのため幾何構造の設計においては、ある特定の幾何構造要素のみで安全性を議論することは不適切である。そこで、各種幾何構造の組み合わせの結果生じた走行空間の中で、車両が通行し得る軌跡を図面上で描画し、速度が抑制されるような適切な軌跡となっているかについて、走行軌跡の曲線半径の大きさにより評価が行われている。

アメリカのガイドライン³⁾では、各ODについて流入時・環道走行時・流出時のそれぞれの走行軌跡についてチェックを必要としているのに対し、イギリス⁴⁾やオーストラリア⁵⁾では、最も重要となる流入時の走行軌跡についてのみチェックを必要としている。また走行軌跡の描画方法について、流入部や中央島の縁石位置からオフセットを取った位置をコントロールとして滑らかな曲線で結ぶこととしているが、オフセットを取る量については、各国でわずかに違いが見られる。このように、走行軌跡を用いて評価するという基本的な考え方は各国で共通しているが、その具体的な手順や方法は各国で異なっている。いずれにせよ、上記の方法により、複数の幾何構造要素の組み合わせの結果できあがった幾何構造を、走行軌跡という一つの指標として捉えることで、想定される走行速度、さらには安全性への影響について評価が可能としていることが重要である。

(2) 走行軌跡に基づく速度の推定

アメリカのガイドライン³⁾では、(1)で述べた方法で描画した走行軌跡を用いて、図-4に示す曲線半径と速度の関係式(式-1)により、想定される走行速度を予測する手法が示されている。これを用いて「目標とする速度に抑えられるか」や「各OD間の速度差は適切であるか」などのチェックが行われている。

この速度の推定式(式-1)は、車両が走行する際の力学的なつり合いの式から求められるもので、AASHTOのGreenbook⁹⁾の中では単路の曲線半径を決定する際に用いられるものである。NCHRPの研究¹⁰⁾では、アメリカ国内のラウンドアバウトにおける実態調査から、とくに直進

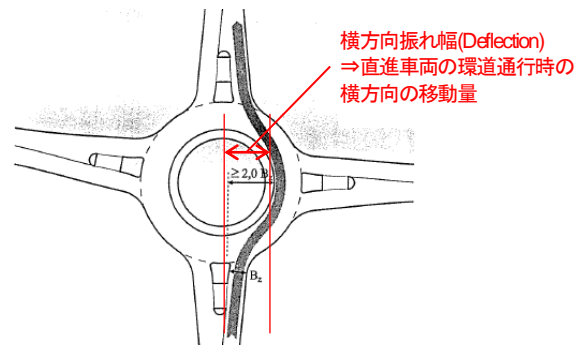


図-3 横方向振幅の定義

出典：Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren,2006
を基に一部追記

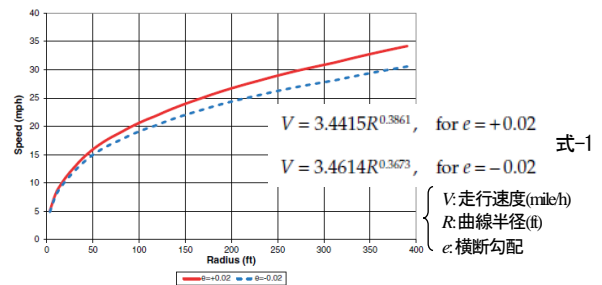


図-4 曲線半径と速度の関係

出典：NCHRP Report 672 Roundabouts: An Informational Guide
Second Edition

と左折（日本では左側通行なので右折に相当）での環道内の走行速度に対して、観測値の85パーセンタイル値と推定値がよく合っていることが報告されている。一方、流入・流出時の速度については、環道の中を走行するときの速度に合わせた加速・減速が必要となるため、この推定式とは乖離が発生する可能性があることを示している。そこで、最もクリティカルとなる環道内の速度を推定した後、合理的な加速度・減速度で走行可能となるような補正方法が示されている。最新のガイドライン³⁾では、流入・流出時の速度については、上記の補正を加えた式も示されている。

また、Gallelli¹¹⁾らの研究では、イタリア国内の2箇所のラウンドアバウトにおいて、流入・環道内・流出時の観測された速度とAASHTOの推定式により推定された速度を比較している。その結果、推定値と観測値の85パーセンタイル値で近い値が得られたことを報告している。

以上から、アメリカのガイドラインで示されている走行軌跡から速度を推定する方法は、合理的で精度の高い推定方法であると考えられる。

(3) 横方向振幅による簡易的なチェック

ドイツの設計ガイドライン⁹⁾では、他国とは異なり、横方向の振幅を用いた幾何構造のチェック方法が示されている。

横方向振幅とは、図-3に示した通り、ラウンドアバウトを直進する車両が中央島を避けながら環道に沿って

走行するために発生する、横方向の移動量のことである。ドイツのガイドラインでは、横方向の振れ幅を流入部の幅員の2倍以上取ることが望ましいとして、幾何構造設計における一つのチェック項目としている。

この横方向振れ幅は、走行軌跡とも接に関係するパラメータであり、横方向の振れ幅に応じて、走行軌跡の曲線半径も変化する。(2)で述べた走行軌跡の描画による方法は、想定される車両の動きを直接的に指標化することが可能ではあるが、作図に手間を要するというデメリットもある。これに対して、横方向の振れ幅は図面から簡易に計測できるというメリットがあり、設計者にとっては非常に使いやすい指標であると考えられる。しかし、外径が大きい場合は必然的に横方向の振れ幅も大きくなるため、横方向の振れ幅のみで設計の良し悪しを判断するのは不適切である。ドイツでは、都市内のラウンドアバウトの外径は40m以内としており、他国よりも外径の上限値が小さい。外径が小さいラウンドアバウトでは、中央島が過剰に小さく直進的な走行が許されるような幾何構造でない限り、環道内での速度が高くなるようなことは通常考えにくい。以上のことから、横方向振れ幅による簡易的なチェック方法も有効であるものと考えられる。

(4) 海外の安全性照査手法のまとめ

海外のガイドラインに示されている安全性の照査手法に関するレビューの結果、車両の走行軌跡を用いた評価が主流となっていることが明らかとなった。一方ドイツでは、横方向振れ幅を設計のポイントとして挙げることで、安全性の性能が確保されるような方法を取っている。

このように各国で安全性の照査手法は異なるが、「車両の走行速度が適切なものとなるか」ということが安全性の照査において重要な事項であるということは共通の考え方である。その照査の手段として、走行軌跡や横方向の振れ幅による確認が行われており、これらは図面上から確認可能な、速度の代替となる指標として用いられているものと考えられる。

3. 走行挙動に関する基礎調査分析

前章では、海外における安全性の照査手法についてレビューを行った。我が国においても安全性の照査手法を確立していく必要があると考えられるが、そのためには、ラウンドアバウトを走行する際の走行挙動（走行軌跡や速度プロファイル）の実態について把握し、適切な指標を検討していくことが必要不可欠である。しかし、我が国に実在するラウンドアバウトにおいて、幾何構造と走行挙動の関係について詳細に分析した研究事例は未だ少ない。そこで、ラウンドアバウトにおける走行挙動のメ



図-5 調査箇所位置図と調査ビデオ画角

表-2 調査概要

調査箇所	滋賀県守山市 立田町交差点
調査日時	2014年12月3日(水) 10時~11時
調査対象	西→東の直進車両、大型車は除く
主な幾何構造 諸条件	外径:27m 環道幅員:5.0m、エプロン:1.5m、中央島 120m 分離島:なし(ポールコーンあり) エプロン段差:なし(カラー舗装のみ)
流入部制御方式	一時停止 (さらに、速度抑止のためのカラー舗装あり)

カニズムを解明することを念頭に、既存のラウンドアバウトにおいて走行挙動調査を実施し、車両挙動の特性について把握することとした。

本稿では、その一例として正十字のラウンドアバウトで実施した調査結果の一部を取り上げ、基礎的な分析内容について紹介する。また、安全性の照査手法の検討に向けて、今後の課題や必要な分析について整理する。

(1) 調査箇所の概要

調査対象箇所は、図-5に示す守山市立田町のラウンドアバウトとした。当該箇所は、我が国でも数少ない正十字の交差点でラウンドアバウトが導入されている事例であり、まずは基礎的な調査を行うことを目的としたため本交差点を選定した。調査の概要は表-2に示すとおりである。

なお今回実施した調査は、ラウンドアバウト走行時のおおよその車両挙動の特性を把握することを目的とした基礎調査であるため、対象車両を西から東に向かう直進車両のみを対象とし、先行車両や環道走行車両、さらに歩行者・自転車等により少しでも車両挙動に影響を受けたと思われる車両や、通行が少ない大型車は対象から除外している。なお、調査当時は環状交差点の指定を受けておらず、流入部では一時停止制御であった。

(2) データの取得方法

ラウンドアバウトを通過する際の車両挙動を取得するため、上空に設置したビデオで車両の動きを撮影し、画像処理ソフト「George」¹²⁾を用いて0.1秒ごとの車両位置（ナンバープレート位置）を記録した。さらに画面上の車両位置から、平面座標変換およびカルマンフィルター

による平滑化処理を行うことで車両の走行軌跡を得た。また、得られた走行軌跡データを基に速度・加速度・進行方向角度・曲線半径・曲率等の走行挙動に関するデータを算出する。なお、速度は車両位置の1回微分、加速度は車両位置の2回微分により算出する。また進行方向角度・曲線半径は、微小時間前後の車両位置から幾何的に算出され、曲率は曲線半径の逆数で求められる。

(3) 走行挙動に関する基礎分析

① 走行速度の変化

ラウンドアバウトにおける走行挙動として、直進で通過した車両の速度変化を示したものと、車両軌跡と合わせて見るために、走行位置を速度に応じてランク別に色分けしてプロットしたものを図-6に示す。

全体的な速度の傾向として、環道内ではおよそ20km/h前後で速度が推移しており、中央島の横を通過した後は、流出部に向かって速度を上げながら走行していることがわかる。また、流入部手前では速度のばらつきが大きい、これは大半の車は流入部の手前で減速をしている一方で、中にはほとんど減速せずに流入する車両も見受けられるためである。

② 加速度の変化

次に、加速度の変化と車両の走行位置との関係に着目する。図-7は、直進で通過した車両の加速度変化と、各走行位置で推定された加速度をランク別に色分けしてプロットしたものである。

流入時や流出時は加速するとともに、中央島を通り過ぎるタイミングで減速状態から加速状態に変化していることがわかる。このことから、中央島を迂回することによってラウンドアバウトの速度抑止効果が発揮されるものと考えられる。

③ 曲率の変化

次に、曲率（曲線半径の逆数をとったもので、車両軌跡の曲がり具合や、ハンドル操舵角の程度を示す）の変化と車両の走行位置との関係に着目する。図-8は、直進で通過した車両の曲率変化と、各走行位置で推定された曲率をランク別に色分けしてプロットしたものである。

流入時と流出時に、左方向へのハンドル操作を示しており、中央島の横を通過する際は右方向へのハンドル操作となる。その間にハンドルの操作方向が素早く入れ替わっており、環道内では曲率がほぼ一定の傾きでの走行（=クロソイド曲線に沿った走行）となっていることがわかる。そして、中央島の横を過ぎた時点で曲率の絶対値が最大（=ハンドルの操舵角が最大）となり、流出部に向かって左方向へのハンドル操作に切り替わっていくことが読み取れる。また、環道内で曲率が0となる

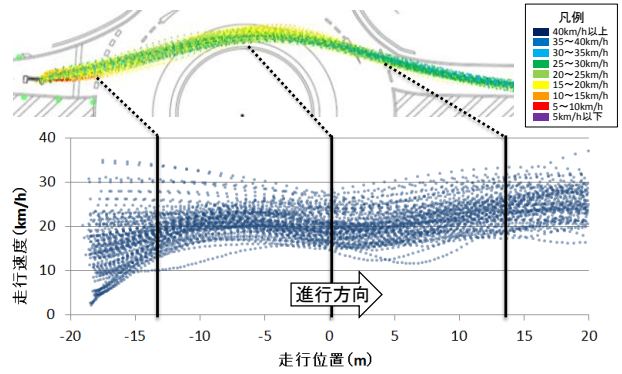


図-6 走行位置と速度変化 (n=93)

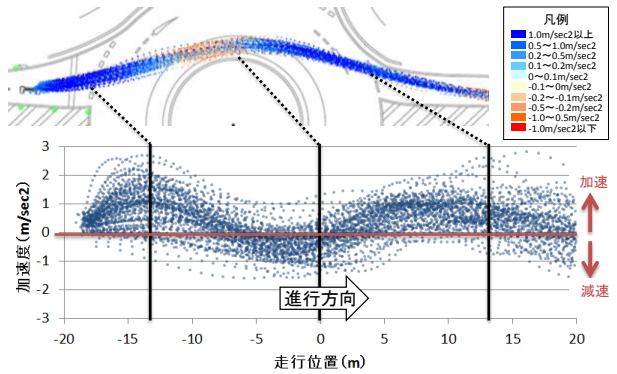


図-7 走行位置と加速度変化 (n=93)

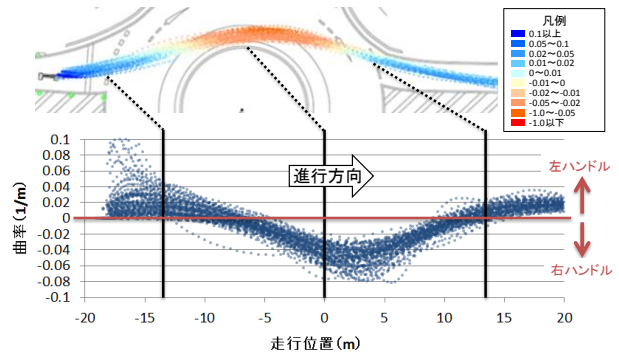


図-8 走行位置と曲率変化 (n=93)

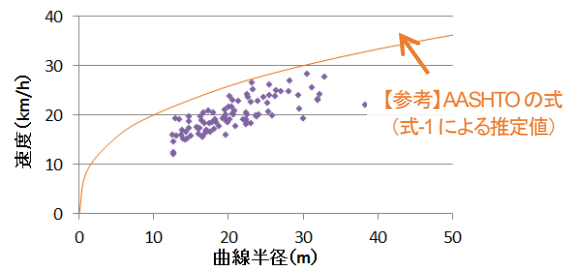


図-9 曲率最大地点における曲線半径と速度の相関

地点（ハンドルの操作方向が入れ替わる変曲点）は、ほぼ同じ地点に集約されていることも特徴の一つである。

④ 走行位置・曲線半径・速度の関係性

①～③の結果から、中央島横を通過直後において、曲率が最大（=曲線半径が最小）となり、かつ環道内での速度が最小となっていることが分かる。すなわち、中央島を避けるという行動が全体の走行挙動を決定づける一

つの重要な要素ではないかと推測される。そこで、各車両の曲率が最大となる地点において、曲線半径と速度の関係を見たものが図-9 である。その結果、曲線半径が大きいほど速度が高い傾向が確認された。また、2 章でレビューした、アメリカのガイドラインで用いられている AASHTO の速度と曲線半径の関係式 (式-1) により推定される速度も同時に示した。その結果、AASHTO の速度モデルと比較して、全体的に 5~10km/h 程度速度が低い結果となった。この要因として、AASHTO の式は力学の理論上、安全に走行可能な速度であるのに対し、実際にはドライバーは安全側に余裕を見て走行すること、また今回の調査では一時停止制御となっていたことが考えられる。

次に、その曲線半径と走行位置の関係をみる。図-10 は図-9 の曲線半径と中央島横を通過する際の走行位置 (ラウンドアバウト中心からの距離) の相関を見たものである。その結果、ラウンドアバウト中心からの距離が小さい (=走行位置が内側寄り) になるほど、曲線半径が大きくなる傾向があることが確認された。以上の結果を踏まえると、中央島から離れた位置で走行するほど車両が走行する際の曲線半径が小さくなり、その結果、速度が抑制されているものと考えられる。なお、ドイツのガイドラインで示されている横方向の振れ幅について、本調査箇所では流入部幅員 2.75m に対し、中央島半径は 6.0m であることから、流入部幅員の 2 倍以上横方向振れ幅が確保されている。このことが、車両の走行軌跡が適切なものとなり、環道内での速度が 20km/h 程度で推移していることに繋がっているものと考えられる。

以上の結果を踏まえると、海外のガイドラインにおける安全性の照査手法について、走行軌跡や横方向振れ幅が速度の代替となる指標は合理的なものと考えられる。

4. まとめ

(1) 本研究の成果

本研究では、我が国のラウンドアバウト設計方法の検討に向けた調査として、安全性の性能照査に関する事項について海外の考え方をレビューした。また、我が国のラウンドアバウトにおける調査から、ラウンドアバウト走行時の基本的な車両挙動特性について把握するとともに、海外では合理的な指標を用いて安全性の照査を行っていることを確認した。

海外のガイドラインのレビューでは、ラウンドアバウトの普及が進んでいる海外諸国では、走行軌跡により安全性のチェックを実施することが主流となっていることが明らかとなった。また、その走行軌跡の曲線半径に基づき、実際の走行速度が精度よく推定できることが既往研究から明らかとなった。

一方、我が国でのラウンドアバウトにおける走行挙動

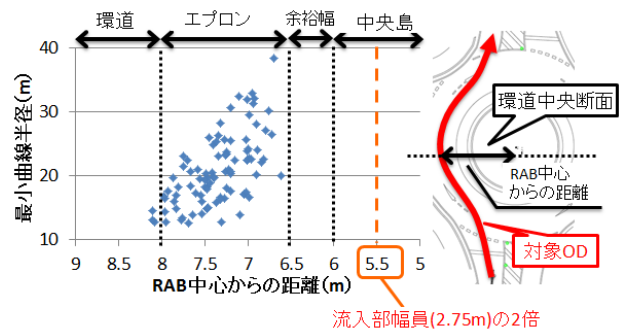


図-10 環道中央断面における走行位置と曲率最大地点における曲線半径の相関

調査では、ラウンドアバウトを直進する際の、速度・加速度・曲率・走行位置に一定の傾向が確認された。具体的には、中央島横を走行する位置と走行軌跡の曲線半径に相関があり、その結果、環道走行時の速度に影響を与えていることが確認された。

(2) 今後の課題

我が国における安全性の照査手法の確立に向けて、本研究の成果を踏まえ、引き続き以下の事項について検討を進める予定である。

①ラウンドアバウトにおける走行挙動メカニズムの解明

ラウンドアバウトにおける個々の走行挙動が、どのようなメカニズムで発現した挙動であるか解明する。例えば、幾何構造が走行挙動に与える影響や、単路部や流入部での走行挙動が、環道を走行する際の走行挙動に与える影響などについて分析する。具体的な分析項目としては、流入部の形状 (幅員・角度・隅角部半径) による流入時の速度・加速度への影響、エプロン構造の違い (段差の有無や形状の違い) による走行位置・速度への影響などが挙げられる。

②走行挙動データの充実

①の分析を進めるには、さらに走行データを充実させることが必要である。

本研究では、特定の箇所・方向の直進車両のみを対象とした分析であるため、幾何構造との走行挙動の関係性については把握できていない。そこで、他の箇所での調査を実施し、さまざまな幾何構造条件下での走行挙動について把握することで、幾何構造と走行挙動の関係性について分析を行う。具体的には、外径・流入部形状・エプロンの段差構造・分離島の有無や形状が異なる箇所が考えられる。

③安全性の評価モデル

ラウンドアバウトでの走行挙動が安全性に与える影響について検証する。具体的には、安全性に最も影響が大きいと思われる速度等について着目し、安全性を定量的に示す指標について検討し、モデル化を行う。

④実務への応用に向けた検討

③で示した評価モデルを実務の設計に応用するためには、安全性の評価方法がそれほど複雑ではなく、汎用性を備えたものである必要がある。そこで、第3者にもわかりやすく、簡便な評価手順の方法について検討する予定である。

参考文献

- 1) 国土交通省課長通知：望ましいラウンドアバウトの構造について
- 2) (一社)交通工学研究会：ラウンドアバウトの計画・設計ガイド(案) ver.1.1, 2009.
- 3) National Cooperative Highway Research Program (NCHRP): NCHRP Report 672 Roundabouts: An Informational Guide Second Edition, 2010.
- 4) Department for Transport, The Highways Agency: Design Manual for Road and Bridge, TD16/07 Volume6, section2 part3, Geometric Design of Roundabout, 2007.
- 5) Austroads: Guide to Road Design Part 4B Roundabouts, 2011.
- 6) Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren, 2006.
- 7) Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques (Certu): Carrefours urbains Guide, 2010.
- 8) 국토해양부 (国土海洋部) : 회전교차로설계지침 (回轉交差点の設計指針), 2010.
- 9) American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO): A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 2004.
- 10) National Cooperative Highway Research Program (NCHRP): NCHRP Report 572 Roundabouts in the United States, 2007.
- 11) Vincenzo Gallellia, Rosolino Vaiana, Teresa Iuele: Comparison between Simulated and Experimental Crossing Speed Profiles on Roundabout with Different Geometric Features, EWGT 16th Meeting of the EURO Working Group on Transportation, 2013.
- 12) 鈴木一史・中村英樹：交通流解析のための簡便な多機能ビデオ画像処理システムの開発, 第24回交通工学研究発表会論文集, pp.69-72, 2004.10.

An Investigation on Safety Performance Check for Roundabouts

Keisuke YOSHIOKA, Hideki NAKAMURA, Sumio SHIMOKAWA
Hirohisa MORITA and Tomoaki KOKUBO