

左折車の走行軌跡に基づくラウンドアバウト幾何構造要素の適切な組合せ条件の分析

Analysis of the Appropriate Combination of Roundabout Geometric Elements Based on the Left-turn Vehicle Path

指導教授 吉岡 慶祐 下川 澄雄

7017 江口 美紅

1. はじめに

ラウンドアバウトの幾何構造設計は、様々な構造要素の組合せであり、この組合せにより生じる走行空間に応じて車両は走行する。我が国のラウンドアバウトの設計に関する技術指針であるラウンドアバウトマニュアル¹⁾は、外径や環道幅員といった個々の構造要素の目安値を示しているものの、これら構造要素の適切な組合せの条件までは言及されていない。

そこで本研究では、幾何構造の組合せによって速度の上昇が懸念されるラウンドアバウトの左折車の走行軌跡に着目し、走行安全性を損なわない適切な幾何構造の組合せの条件を明らかにすることを目的とする。

2. 既往研究レビューと本研究の位置づけ

ラウンドアバウトマニュアル¹⁾では、幾何構造設計に関する事項として、外径、環道幅員等の基本的な幾何構造の目安値を示しているが、交差角度が大きくなると左折方向の走行軌跡が大きくなり安全性が損なわれることを指摘している。また小久保ら²⁾は、実観測から外径と交差角度の組合せが車両挙動に影響を与えることを明らかにしたが左折方向に関しては示されていない。

このように、設計において求められる適切な幾何構造の組合せの条件を明らかにした研究は存在しない。本研究では、走行軌跡の机上計算や作図での検証を通して、速度抑制の観点から適切な幾何構造の組合せを明らかにするものである。

3. 本研究で考える道路構造条件

3.1 対象とする構造要素

ラウンドアバウトを構成する構造要素全てを考慮すると非常に複雑となる。本研究では、既往研究において走行挙動や安全性に影響が大きいと示されている交差角度、外径、環道幅員、隅角部曲線半径を対象とする。なお、その他の構造要素として分離島幅 2.0m、流出入口幅員 3.0m、路肩幅 0.5m として一律に設定した。環道幅員の最小値は小型自動車の走行必要分として 3.0m、最大値は小型自動車の並走を不可能とするため 6.0m とする。

3.2 走行安全性を確保するための条件

本研究では、小型自動車の軌跡から予測される速度が 30km/h 以下であること（軌跡の曲線半径が 30m 以下であること）が走行安全性を確保する構造条件であると考えられる。アメリカのラウンドアバウト設計ガイドライン³⁾では、概略の設計図面上から走行軌跡を推定し、その軌跡の曲線半径に基づく走行速度の推定式を示している。これによると、軌跡の曲線半径が 30m のとき想定される速度が 30km/h であることから、実現し得る小型自動車の走行軌跡の曲線半径が 30m 以下であることを、走行安全性を確保するための条件とする。

4. 検討手順

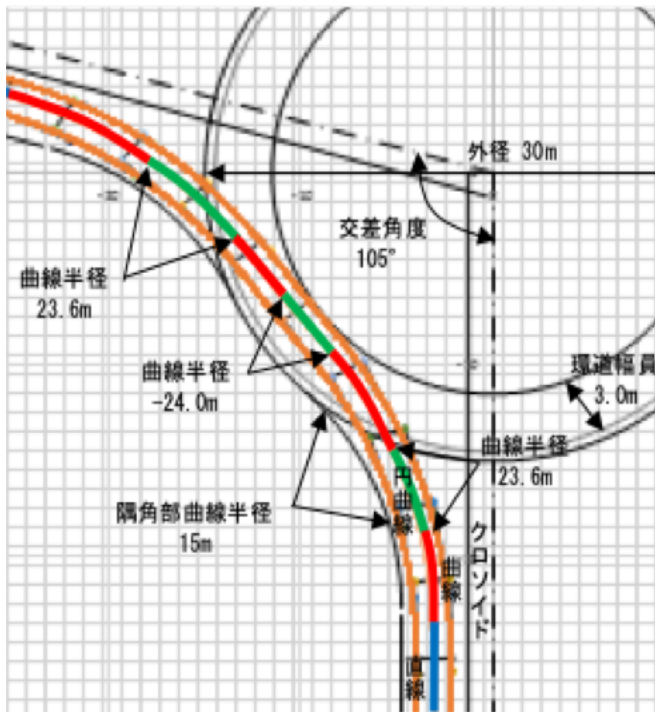
3.1 で挙げた構造要素に対して、3.2 に示した条件を満たす構造条件を以下の方法により分析する。

4.1 Excel による机上計算

ラウンドアバウトを通過する際の S 字の走行軌跡を、前輪車軸中心位置を基準として直線区間・クロソイド区間・円曲線区間の組合せと仮定し、エクセルによる机上計算から実現し得る円曲線部の最小曲線半径を求める。具体的には、各区間の走行距離と円曲線部の曲線半径を未知パラメータとし、以下の 5 つの制約条件を満たす組合せのうち、円曲線部の軌跡の曲線半径が最大となるようなパラメータの組合せをエクセルのソルバー機能を使って探索する。車両の走行軌跡の計算は土木研究所資料⁴⁾に基づくものとする。

- ① 最終的な走行方向は流出部の方向であること。
- ② 流出部の車線の中央を走行すること。
- ③ 車両の内側が隅角部に衝突しないこと。
- ④ 車両の外側がエプロンに衝突しないこと。
- ⑤ 環道からはみ出さないこと。

図-1 は、交差角度 105°、外径 30m、環道幅員 3.0m、隅角部曲線半径 15m の場合において、上記の方法により推定されたパラメータから描画された走行軌跡の例であり、走行可能となる軌跡の最小曲線半径の最大値は 23.6m である。これと同様の分析を、各幾何構造条件の組合せを変更して実施する。



図一 机上計算による走行軌跡の描画例

4.2 車両走行軌跡作図システムによる検証

4.1の机上計算により推定される走行軌跡が現実的なものであるかどうか確認するため、MTC社の車両走行軌跡作図システム「APS-K」を用いて検証する。具体的には、各幾何構造条件の組合せにおいて、回転半径30mの走行軌跡が走行空間の中に収まるかどうかを確認する。

5. 道路構造条件の検証結果

図-2は交差角度105°、外径30mを固定し、環道幅員と隅角部曲線半径を変化させたときの構造条件において、4.1により推定された走行軌跡の円曲線部の曲線半径の値をコンター図として図示したものである。同時に、4.2により検証した結果も示している。これによると、環道幅員、隅角部曲線半径が大きいほど軌跡の曲線半径は大きくなる。3.2で述べたように、軌跡の曲線半径が30m以下であることが走行安全性を損なわない組合せの条件とすると、その範囲は図中の破線で示された領域となる。これは4.2の検証結果ともほぼ合致しており、机上計算による推定結果は概ね妥当であろうと判断できる。

図-3は交差角度105°、外径40mとして同様に図示したものであるが、図-2と比較すると外径が大きくなると条件を満たす環道幅員、隅角部曲線半径の範囲は大きくなる。3.2で述べたように、軌跡の曲線半径が30m以下であることが走行安全性を損なわない組合せの条件とすると、その範囲は図中の破線で示された領域となる。これは4.2の検証結果ともほぼ合致しており、机上計算による推定結果は概ね妥当であろうと判断できる。

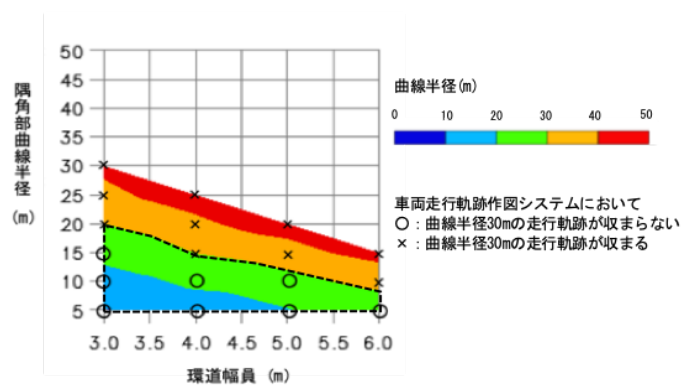


図-2 交差角度105° 外径30mの構造範囲

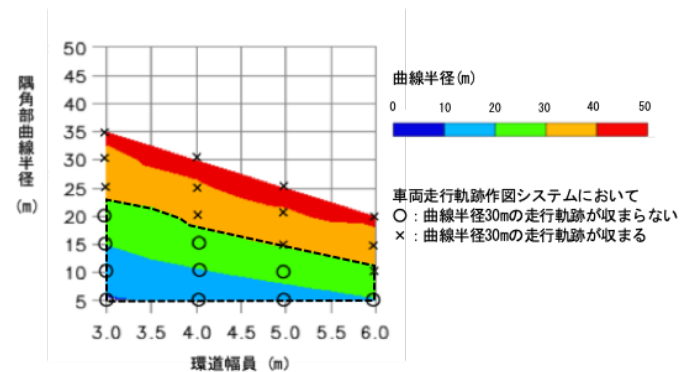


図-3 交差角度105° 外径40mの構造範囲

6. まとめ

本研究では、走行軌跡の机上計算や作図での検証を通して、左折車の走行安全性を考慮した交差角度、外径、環道幅員、隅角部曲線半径の適切な組合せの条件を示した。また、外径が大きいくほど、条件を満たす環道幅員、隅角部曲線半径の範囲が大きくなることを明らかにした。ただし、この条件はある一定の分離島や流出入口幅員を前提とした結果であるため、実フィールドでの走行軌跡の検証も加えた検討が必要である。

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) 小久保智朗, 吉岡慶祐, 下川澄雄: ラウンドアバウトの外径と交差角度の組み合わせを考慮した車両挙動分析, 第45回土木学会関東支部技術研究発表会講演集, 2018.
- 3) Transportation Research Board: NCHRP Report 672 Roundabouts: An Informational Guide 2nd Edition, 2010.
- 4) 旧建設省土木研究所道路部道路研究室: 巡回軌跡による隅角部の設計について, 土木研究所資料, No.1453, 1979.