

ラウンドアバウト走行実証実験における車両挙動分析*¹

Analysis on Driving Characteristics at Experimental Modern Roundabout*¹

吉岡 慶祐*²・中村 英樹*³・宗広 一徳*⁴・米山 喜之*⁵

By Keisuke YOSHIOKA*², Hideki NAKAMURA*³, Kazunori MUNEHIRO*⁴ and Yoshiyuki YONEYAMA*⁵

1. はじめに

ラウンドアバウトとは、一方通行の環道交通流に優先権のある円形交差点で定義され、信号交差点や通常の無信号交差点に代わる新たな平面交差点の制御方式として、近年海外で積極的に導入されている。ラウンドアバウトの主な特徴は、中央島の周囲の環道を車両に屈曲して走行させることで交差点通過速度を低減し、正面衝突などの重大事故の抑制が可能となることである。また、環道に車両が存在しなければ、交差点を通過する際に停止することがないため、信号による無駄な遅れが削減できる。さらに、信号機が不要であることからコストの節約も可能であると考えられる。

日本においても、ラウンドアバウトへの関心が高まっており、(社)交通工学研究会の自主研究では、我が国でのラウンドアバウトの計画・設計・運用方法についてのガイドライン案¹⁾が作成されるなど、導入に向けた動きは進みつつある。しかしながら、我が国ではモダン・ラウンドアバウトの本格的な経験が極めて少なく、安全性を裏付ける十分な実証データがないことから、実務現場においては導入が敬遠されがちである。本研究の目的は、試験場内に設置した模擬ラウンドアバウトでの走行実験を実施することによって、我が国でラウンドアバウトの導入を検討する際に現場で直面することの多い懸案項目に関しての実証データを得ることである。

2. 懸案項目の整理

本研究では、具体的に以下の項目に注目した。

- 1) ラウンドアバウト走行時の車両挙動について、流入から流出までの速度変化はどのようになるか。とくに流入時の速度は、安全性に対して最も気かけられる項目である。また、流入時の速度を抑制し安全な流入が行われるための、流入部の構造上の留意点は何か。
- 2) 横断歩行者の安全性を確保するために配慮すべき事項や対策は何か。
- 3) 実際にラウンドアバウトを通行する際に、混乱したり

*¹ キーワーズ：ラウンドアバウト、幾何構造、車両挙動

*² 正会員、(株)長大 東日本社会計画事業本部道路交通計画部
(東京都北区東田端2丁目1番3号, E-mail: yoshioka-k@chodai.co.jp)

*³ 正会員、工博、名古屋大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻

*⁴ 正会員、博(工)、(独)土木研究所寒地土木研究所

*⁵ 正会員、(株)長大 東日本社会計画事業本部

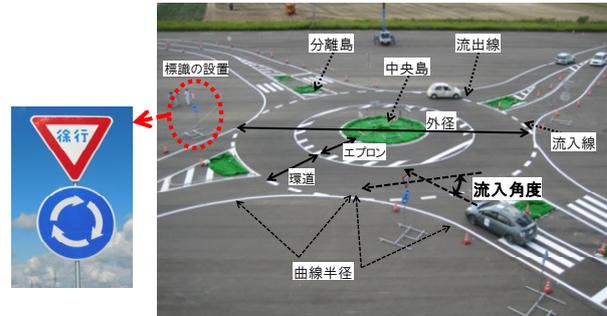


写真-1 試験場に設置したラウンドアバウトと幾何構造

表-1 各流入部構造の諸元値

流入部名称	流入部構造要素			分離島延長	横断歩道	外径	環道幅員
	流入角度	曲線半径(流入/流出)	幅員				
1	42°	13/15m	3.50m	30m		26m	5.0m (エプロン4.0m)
2	65°	13/15m	3.50m	30m	あり		
3	26°	14m	3.25m	15m			
4(=2)	65°	13/15m	3.50m	30m	あり		

誤った走行を行うドライバーは見られないか。

3. ラウンドアバウトの走行実証実験

3.1. 実験概要

- 実施日：平成21年7月30,31日, 9月16,17日
- 実施場所：(独)土木研究所寒地土木研究所, 寒地試験道路(北海道苫小牧市)
- 被験車両：小型車16台
- 被験者：20~60代男性
- 取得データ：①高架車からのビデオ撮影による全体の観測と流入挙動(流入ラグ)の取得。②実験車両6台に車両速度計測装置を設置し、0.1secごとの車両速度、加速度の取得。

3.2. ラウンドアバウトの幾何構造

実験を行ったラウンドアバウトは、試験場内に設置された写真-1に示すマーキングと土嚢を設置したのみの簡易ラウンドアバウトである。その幾何構造の諸元値は表-1に示す通りで、ドイツのガイドライン²⁾の基準値を参考にしている。その特徴として、日本に現存するラウンドアバウトと比べ、外径や幅員を小さくし速度抑制の効果が得やすい構造であることが挙げられる。また、流入時

の車両挙動に影響が大きいと考えられる流入角度については、各流入部でその大きさを変えている。流入角度を変えることで、写真-2のように、流入時の車両の進行方向と中央島の位置関係や環道内の車両の視認性が異なる。

3.3. 流入部の規制方法

海外のラウンドアバウト流入部では、Yield, Give Wayなどの「譲り」による規制が一般的である。しかし日本では、法的に「譲り」を規定する標識が存在しない。米山³⁾は、現行の法体系のもとでの規制方法として、写真-1に示すような「徐行」の標識を用いた規制を提案しており、今回の実験において、各流入部でこの標示を行った。

3.4. 実験走行ケースの設定

実験における走行方法は以下の通りとした。

- まずは、ドライバーへ走行方法等の説明は一切行わず、初見での走行とした。実験の後半は、環道が優先であるというラウンドアバウトの走行ルールの説明を行い、方向指示器の表示方法について指導した。
- 走行時は直進、右左折の指示を予め行い、それ以外については被験者 16 名が自由に走行し、現実の交通状況に近づくよう配慮した。
- 横断歩行者を配置した走行実験も行った。横断歩行者を配置した実験では、横断歩行者をランダムに配置し、横断するタイミングも自由とした。

4. 分析結果

4.1. 流出部における車両挙動分析

(1) 自由走行時の車両速度変化

図-1(a), (b)は、異なる流入角度で設計された各流入部で、観測された自由走行時の車両速度の変化と、その平均値を比較したものである。自由走行時とは、「先行車両と横断歩行者が存在せず、かつ流入部手前15mから流入するまでの間に、環道の上方側1/4の部分に車両が存在しなかった場合」と定義している。

自由走行時に流入線を通る際の平均速度は、流入角度の違いにより異なるが20~30km/hの範囲である。流入部構造の違いに注目すると、流入角度の小さい流入部ほど平均速度が高い傾向が見られ、これは直進車両について顕著に見られる。流入角度の小さい流入部では、高速道路の流入部のようになだらかに環道に接続する構造であることから、ドライバーによっては減速を十分に行わないまま進入したと考えられる。また、左折時は外側線の曲線半径による速度の拘束が大きいと考えられるため、直進時ほど流入角度の影響が表れていない。

(2) 環道に車両が存在する際の減速挙動

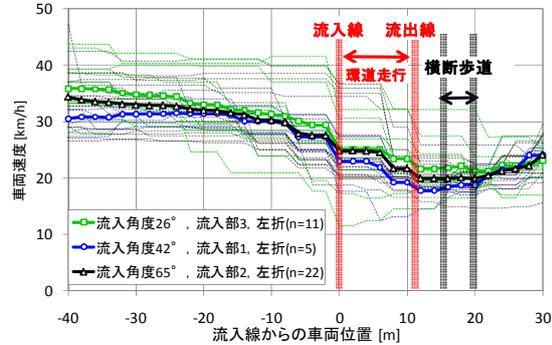
図-2(a)は環道に車両が存在し、ギャップ選択を行うために減速を行った車両の平均速度の変化である。その際の流入速度は10km/hまで低下しており、環道車両を確認しながら徐々に減速を行っている。図-2(b)は減速挙動を



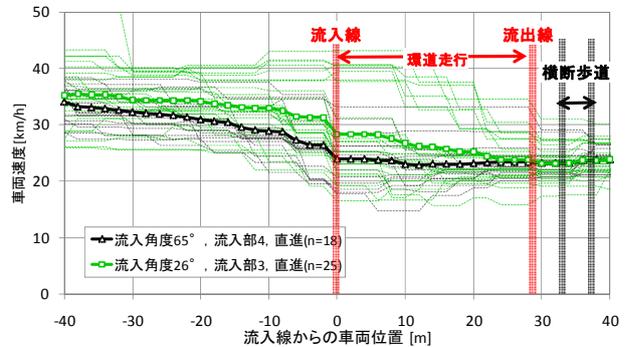
(a) 流入部 2

(b) 流入部 3

写真-2 流入部手前15mにおける車両の進行方向と中央島の位置関係

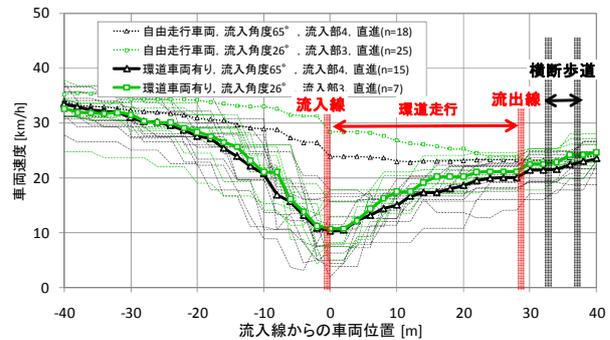


(a) 左折車両の車両速度変化

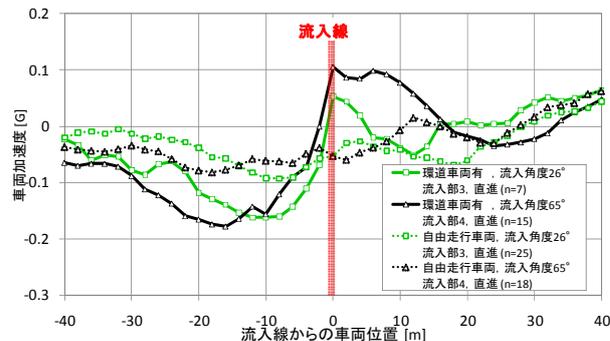


(b) 直進車両の車両速度変化

図-1 流入角度の違いによる車両速度の比較



(a) 直進時の車両速度



(b) 直進時の車両加速度

図-2 環道車両の存在による車両挙動の比較

詳細にみるため、加速度の変化を比較したものである。流入角度の違いにより、減速度が最大となる地点が異なっている。写真-2のように、流入角度を大きくとることにより、ドライバーの進行方向に中央島が存在するため、心理的にブレーキを踏みタイミングが速くなり、速度抑制効果が得やすいと考えられる。

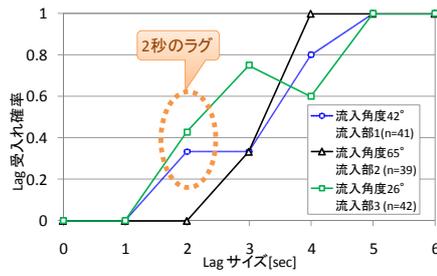


図-3 ラグの受入れ確率

(3) ラグの受入れ確率

ラグとは「流入車両が流入線に到着した時間と、その後環道車両が交差点を通過したときの時間差」で定義しており、ラグの大小により流入車両は流入判断を行う。ラグの受入れ確率とは、流入車両に対して、環道車両との n 秒の後方ラグが表れた時に流入を試みた確率で、式(1)で算出される。なお、観測した0.1秒ごとのラグを四捨五入して集計し、7秒以上のラグは全車両が流入したため、6秒までのラグの受入れ確率を比較する。

$$\text{ラグの受入れ確率} \quad (n = 1, 2, \dots, 6) \quad (1)$$

$$= \frac{n \text{秒での AcceptedLag の数}}{n \text{秒の総ラグ数 (AcceptedLag + rejectedLag)}}$$

図-3は観測されたラグの受入れ確率を流入角度ごとに比較したものである。ラグが1秒以下であれば全車両は流入できず、ラグが5秒以上であれば大抵の車両は流入している。しかし、ラグが2秒から4秒の間であれば、ドライバーにより流入/停止の判断が分かれる。この判断の傾向は流入部構造により異なる。

流入角度の小さい流入部1,3では、2秒のラグを受け入れている車両が存在している。流入角度が小さいと、車両の速度抑制が十分でないため、減速が間に合わずそのまま無理に流入してしまう可能性が考えられる。ラグが2秒であるにも関わらず流入の判断を行うと、交差点において環道車両に極めて接近するため、速度を上げて急いで流入を行う傾向がある。これらは前節の流入速度の分析で、流入角度が小さい流入部で高速流入が起りやすい結果とも整合している。また流入角度が26°のように小さすぎると、必然的にドライバーが首を大きく振って環道の車両を確認する必要があることから、ドライバーによっては大きなラグを見送ったケースもある。このため小さすぎる流入角度は、逆にスムーズな流入を妨げることも考えられる。

4.2. 横断歩行者を認識した際の車両挙動

ラウンドアバウトでは、横断歩行者の安全性が重要な問題とされる。流入部手前では、横断歩行者との位置関係や確認の方法は通常の無信号交差点と同じであるが、ラウンドアバウトでは図-4のように、交差点内の通行方法が通常の交差点と異なるため、流出時の安全確認につ

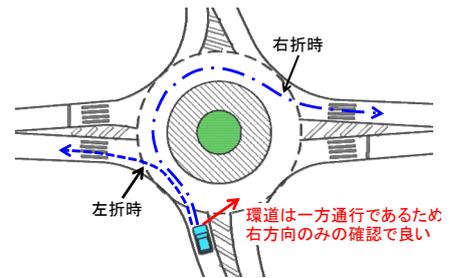


図-4 ラウンドアバウト通過時の車両動線と横断歩道の位置関係

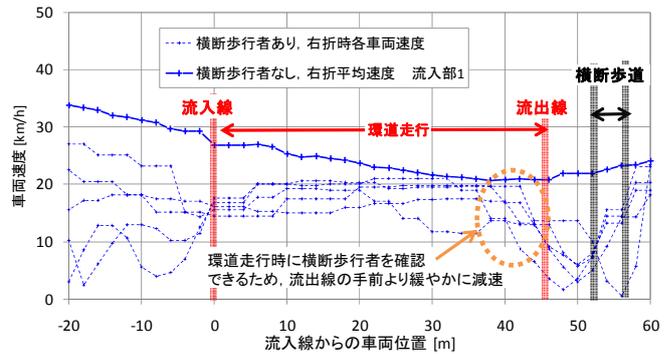


図-5 右折時の横断歩行者の有無による車両速度の比較

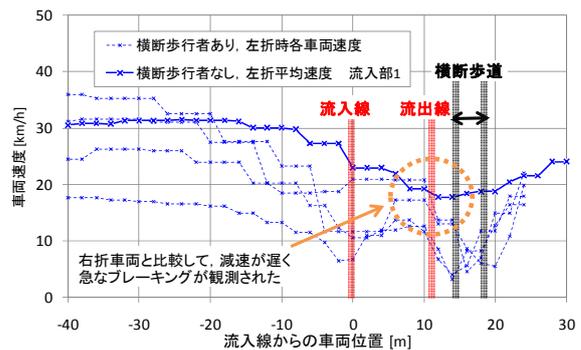


図-6 左折時の横断歩行者の有無による車両速度の比較

いて今回は着目した。Montella⁴⁾は、都市内のラウンドアバウトで発生した事故件数を形態別に分けているが、歩行者に関する事故のみに注目すると、流入部よりも流出部で事故が多発していることが示されている。

図-5, 6は、流出時に横断歩行者を認識した車両と、自由走行車両の速度変化を、それぞれ右折車両と左折車両について比較したものである。図-5の右折車両に注目すると、すべての車両が流出線を通る前の環道走行中に横断歩行者を認識し、横断歩道に達するまで緩やかに5km/h以下まで減速している。右折車は環道を3/4周周回し、その間に各方向へ視線が移動することから、ラウンドアバウト全体の状況を把握できることで横断歩行者の発見も早いと考えられる。それに対し図-6の左折車両では、流出線を通ってから急減速した車両が見受けられる。図-4のように左折時は、環道の走行が短く、流入時に環道上流のみの確認で良いため、流出後の横断歩行者の認識が右折時と異なると考えられる。このため流出入部の設計に際しては、特に左折時の車両の動線や視認性

に配慮する必要があると考えられる。ドイツのガイドラインでは、横断歩道を環道から4~5m離れた箇所に設置することを推奨しているが、これは流出時に横断歩行者を認識しやすく、車両1台分の滞留スペースが確保するためである。またアメリカでは、流出車両に対して横断歩行者に注意を促すために、発光性のデバイスを設置するなどの工夫も見られる。我が国で導入する際にも、ここで述べた車両挙動の特徴を参考に、横断歩行者の安全性について十分な配慮が必要であろう。

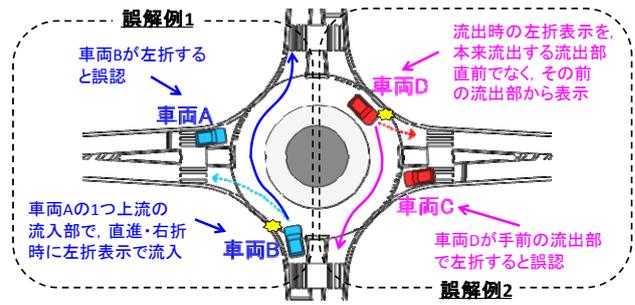


図-7 方向指示器表示による誤認の例

5. ドライバーの走行方法に関する観測

5.1. 誤認走行と慣れ

走行実験の開始直後は、被験者にラウンドアバウトの正しい走行方法を教えず説明しなかったため、被験者によっては誤認走行や戸惑いが見られる場面もあった。主なものとして、以下の事例が確認された。

事例1) 被験者16名のうち1名が、環道側と流入側の優先関係を誤解していることにより、環道に車両が存在するにも拘らず環道に進入し、また、環道内で流入してくる車両に譲ろうとした。

このようなドライバーには正しい走行方法の指導を行うことで、誤った走行は見られなくなった。

事例2) 初回走行時に流出するべき道路が分からなくなり、環道内で停止してしまう被験者が1名存在した。

戸惑いや混乱が見られたドライバーは走行を重ねる中で徐々に慣れていったが、ドライバーにわかりやすい標示、標識の工夫も必要であると考えられる。

5.2. 方向指示器の表示方法

走行実験において、被験者の約半数は次のような方向指示器の表示を行っていた。

- ・ 環道に流入する際に左折の表示
- ・ 環道から流出する前で左折の表示

この表示方法は、ラウンドアバウト各流入部を丁字路と考えた場合、法的に正しいものである。しかしこの表示方法を取った場合、図-7のように、他の車両の誤解を招くことが想定される。このためドイツなどでは、流入時には方向指示器を使わない次のルールを適用している。

- ・ 環道から流出する直前に左折の表示

これは、流出する直前のみに表示を出すといった、ドライバーにとっても簡単な方法である。これより他の車両が誤解することはない。走行実験においても、海外のラウンドアバウトを走行した経験のあるドライバーは、このドイツ式の表示方法を取っていた。

また、一部のドライバーは、以下のような表示を出す場面や、表示を忘れたケースも確認された。

- ・ 右折の流入時に右折表示を出し、環道走行時にオートキャンセルされそのまま流出。
- ・ 直進時に方向指示器の表示を全く行わない。

このように方向指示器の表示が統一されてなかったため、ドライバーは指示器の表示に頼らず、他の車両の動きを注意深く確認し、流入に躊躇するなどの場面が見られた。その後ラウンドアバウトの正しい走行方法や方向指示器の表示方法を指導し、各ドライバーが通行方法を把握したことで、スムーズに機能するようになった。

5.3. 走行方法の指導と周知

海外では、ラウンドアバウトを導入する際に地域住民へのワークショップを開き、ビデオクリップなどで正しい通行ルールの指導を行っている。またアメリカでは、web上で通行方法等の周知を行っている州もある。これらのような通行方法に関する周知のための活動が、日本での導入の際にも極めて重要であることが、今回の走行実験からも確認できた。

6. おわりに

本研究では、ラウンドアバウトの導入に際して実務の現場で発生する懸案項目について、模擬ラウンドアバウトでの走行実証実験により分析を行った。その際、日本で既存のラウンドアバウトではなく、海外のモダン・ラウンドアバウトに基づいた適格な構造とした。その結果、ドライバーはすぐにラウンドアバウトに順応していたものの、走行方法の周知や指導が重要であることが確認された。また、流入部の構造によって車両挙動に相違が見られ、流入角度を大きくすることで、速度抑制の効果を得やすいことが明らかとなった。今後は、横断歩行者の安全性に関わるさらに詳細な挙動分析や、安全対策の効果などについて検討が必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 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, pp.24-33, 2009.
- 2) Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren, 2006.
- 3) 米山喜之：ラウンドアバウトの交通運用，交通工学 Vol.44, No.3, pp.34-42, 2009.
- 4) Montella, A.: Analysis of Crash Contributory Factors at Urban Roundabouts, TRB 90th Annual Meeting, 2010.