

ドライバーの運転行動解析による ラウンドアバウトの冬期安全性の検証

影山 裕幸¹・宗広 一徳²・石田 樹³

^{1,2,3}正会員 (独) 土木研究所 寒地土木研究所 (〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目1-34)

¹E-mail:kageyama-h22aa@ceri.go.jp

²E-mail:k-munehiro@ceri.go.jp

³E-mail:t-ishida@ceri.go.jp

平成25年2月に、長野県飯田市で運用開始された東和町交差点での事例をはじめ、ここ数年でラウンドアバウトの国内における本格的導入へ向けた機運が高まってきている。しかしながら、既往の設計や運用の考え方は乾燥路面等の無雪条件下を対象としており、積雪寒冷地における冬期の安全性評価は行われていない。本研究では、積雪寒冷地におけるラウンドアバウトの安全性を検証するため、無雪期と積雪期に、苫小牧寒地試験道路に設置した模擬ラウンドアバウトと一般道の実道平面交差点において被験者を用いた走行実験を行い、走行時の運転行動データを取得・分析し、路面状態の違いによる運転行動への影響を考察した。その結果、ラウンドアバウトは平面十字交差点と比べ、より安全確認がしやすい交差点形式であることが示された。

Key Words : roundabout, at-grade intersection, safety check, driving behavior, snowy cold region

1. はじめに

日本の平面交差点部では、出会い頭事故や右折対直進事故による死亡事故等の重大事故が多発している。郊外部では、交差方向の交通が無い場合でも赤信号のために停止し続けなければならない状況が日常的に発生する。また、平成23年3月11日に発生した東日本大震災（東北地方太平洋沖地震）のような大規模災害や平成24年11月27日の北海道胆振地方で発生した大規模停電時には、信号交差点は機能することが困難である。こうした問題に対し、欧米諸国では、交通量が比較的少ない平面交差点部において、重大事故の抑止、信号待ちによる遅れ時間の削減、災害発生時でも機能する等の長所を有したラウンドアバウトへの改良が積極的に行われている（写真-1）。

一方、国内では、ラウンドアバウトの導入事例が少ないことから、シミュレーション上の研究¹⁾や試験道路での実験結果に基づく検証²⁾、実道での社会実験⁴⁾が行われて全国的な認知度が高まりつつあり、本格的な導入が期待される。しかし、既存の設計や運用の考え方は、基本的に路面が乾燥した状況を対象としていることから、悪条件下における実用性評価に関する知見が不足しており、ドライバーの運転行動や教育・啓蒙普及を考慮した

知見も少ない。例えば、積雪寒冷地にラウンドアバウトを導入する場合、冬期路面時や降雪等の視界不良時の運転行動を踏まえて、安全性や円滑性をより考慮した設計や対策を行う必要がある。

そこで、本研究では、夏期（無雪期）と冬期（積雪期）のラウンドアバウトと実道交差点における走行時の運転行動データを取得し分析することにより、路面状態の違いによる運転行動への影響を明らかにするとともに、冬期（積雪状態）でのラウンドアバウトの安全性を検証し、積雪寒冷地を含めた国内での普及に寄与するための知見を得ることを目的とする。



写真-1 海外のラウンドアバウト設置事例

2. 実験方法

(1) 実験概要

本実験では、冬期（2012年1月～2月）と夏期（2012年8月）に、北海道内の2箇所の実道交差点と苫小牧寒地試験道路に模擬設置した1箇所のラウンドアバウトの計3箇所の交差点を対象とし、被験者（ドライバー）と実験車両を用いた走行実験を行った。各期共に視界が良好な昼間の時間帯で、冬期の実験では最高気温が氷点下となる圧雪路面条件下で実施し、夏期は乾燥路面条件下で実施した。被験者数は、それぞれの時期、交差点において各10名（20歳代～50歳代の男性）とした。

(2) 苫小牧寒地試験道路のラウンドアバウト

実験を行うためのラウンドアバウトは、北海道郊外部の2方向2車線道路同士の交差点を想定し、ドイツの設計ガイドライン⁶⁾で示されている小型1車線ラウンドアバウト（交通量が概ね10,000～25,000台/日以下に対応）を参考に設計を行い、環道幅員5m、直径8mの中央島と幅員4mのエプロンを有する外径26mの構造とした（写真-2）。

交差点において、実験時に取得した各期の交差点毎の時間交通量は、信号交差点の夏期で333台、冬期が331台、無信号交差点の夏期で302台、冬期が236台となった。

(4) 走行条件

苫小牧寒地試験道路のラウンドアバウトにおける走行実験では、2台のダミー車両を用意し、被験者が運転する実験車両が1台のダミー車両に追従して、もう1台のダミー車両が対向車として走行する環道に流入する主方向パターンと、2台のダミー車両が環道を走行している環道に実験車両が単独で流入する従方向パターンの2種類の走行パターンを行った。

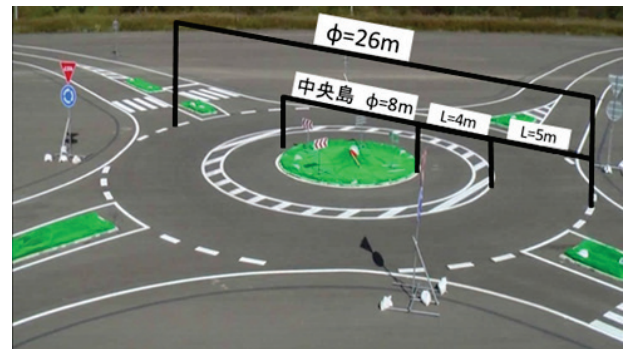


写真-2 ラウンドアバウトの設置状況

(3) 実道交差点

実験対象とした実道交差点は、苫小牧寒地試験道路の近郊にある北海道勇払郡厚真町の信号十字交差点、無信号十字交差点の2箇所とした（図-1）。また、厚真町の



図-1 実験対象交差点の位置図

厚真町の信号交差点では、赤信号で停止した状況から交差点に流入する場合と、青信号で停止なしで交差点に流入する場合の2種類のパターンで走行した。無信号交差点では、優先道路から交差点に流入する場合を主方向パターン、非優先道路から交差点に流入する場合を従方向パターンとして走行した。なお、当該箇所は郊外部であり交通量が少ないことから、実験時に一般走行車両が全くいない状況を避けるため、被験者車両が交差点に流入するタイミングに合わせて1台のダミー車両が主方向道路を走行する状況を設定した(図-2)。

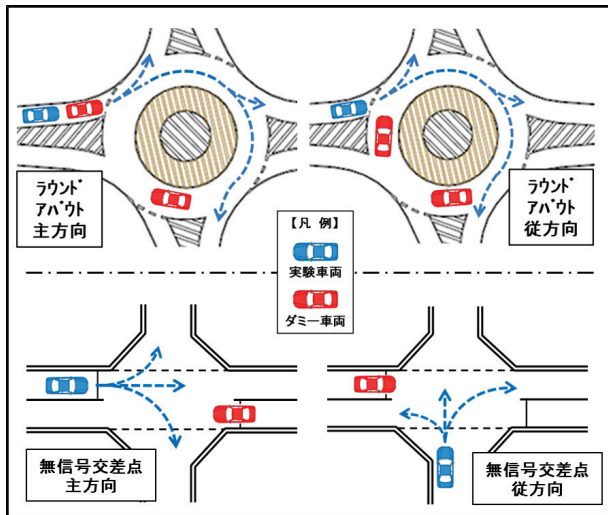


図-2 走行パターン例

(5) データ取得・分析方法

実験では、一般的な乗用車に加速度計 (DL1: レーステクノロジー社製)、ビデオカメラを設置し、これを実験車両とした(写真-3)。加速度計からは、車両速度や横加速度の車両挙動データを取得し分析した。4台のビデオカメラからは、車両前景、ドライバーの状況、ハンドル操作、ペダル操作の撮影をそれぞれ行い、4画面分割装置を用いて、それらを1つの映像として記録した(写真-4)。そして、この映像を用いて、交差点進入時及び交差点内でのハンドル・ペダル操作の状況を分析した。なお、ハンドル操作はハンドルに装着したテープを目印にして回転角度を抽出し、ペダル操作は足の位置が「アクセルペダル上にあるか」「ブレーキペダル上にあるか」により判断し、踏み替え回数をカウントした。

また、走行中の安全確認行動計測のため、被験者にジャイロセンサ (objet: ATR社製) を固定した帽子を装着し、頭部の動いた速度と距離 (3方向加速度) のデータを取得し、被験者の頭部の動きを分析した。さらに、各交差点走行後には、アンケート調査を実施し、安全

確認のしやすさについて7段階の主観評価を行った。



写真-3 実験車両 (日産プリメーラ) と各計測器



写真-4 4画面分割映像記録例

3. 実験結果

(1) 車両速度・横加速度

各交差点右折時の流入から流出までの車両速度の分析結果を図-3に示す。ラウンドアバウトの速度は、夏期・冬期ともに他の交差点より比較的lowく、被験者の違いによるばらつきが極めて小さいことが分かった。また、ラウンドアバウトでは同じシーズン内での、主方向・従方向の差がほとんど無く、十字交差点のような変動がない。

各交差点右折時における被験者毎の横加速度の平均値を分析した結果、夏期・冬期ともに、ラウンドアバウトは他の十字交差点より低い値となり、特に、冬期はより低い値を示しており、被験者のばらつきも少ないことが確認された(図-4)。

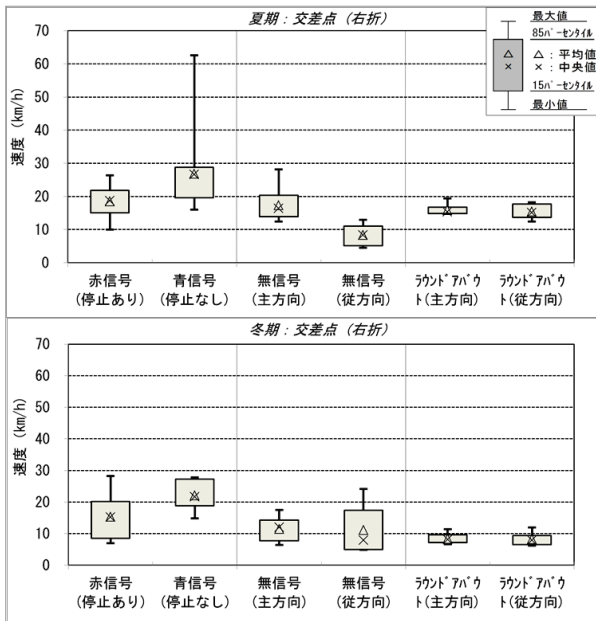


図-3 交差点走行時の車両平均速度（右折）

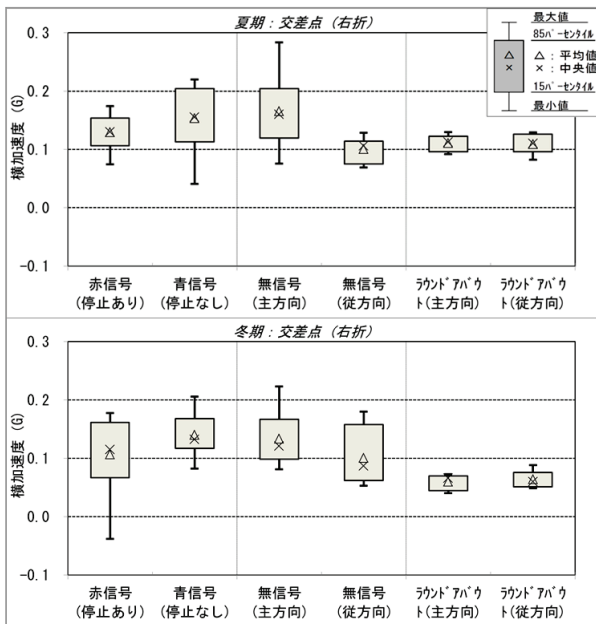


図-4 交差点走行時の車両平均横加速度（右折）

(2) ハンドル・ペダル操作

各交差点右折時の流入から流出までの走行 1m 当たりのハンドル操作量を表-1 に示す。ラウンドアバウトは環道走行時にハンドルの切り返しが必要であるため、夏期・冬期共に他の交差点に比べ操作量が多くなった。

次に、各交差点右折時の流入から流出までのペダルの踏み替え回数の平均値を表-2 に示す。ラウンドアバウトのペダルの踏み替え回数は他の交差点と比較して、

夏期は同程度となり、冬期は信号、無信号交差点より多くなった。冬期のラウンドアバウト走行時は圧雪路面であるため、より頻繁なアクセル・ブレーキ操作を強いられると考えられる。

表-1 走行1m当たりのハンドル操作角（右折）

交差点形式	(° / m)					
	赤信号 (停止あり)	青信号 (停止なし)	無信号 (主方向)	無信号 (従方向)	ラウンドアバウト (主方向)	ラウンドアバウト (従方向)
夏期 平均値	7.3	7.3	13.9	23.0	18.6	19.2
冬期 平均値	9.3	8.4	20.9	19.3	23.3	22.7

表-2 ペダル踏み替え回数（右折）

交差点形式	(回)					
	赤信号 (停止あり)	青信号 (停止なし)	無信号 (主方向)	無信号 (従方向)	ラウンドアバウト (主方向)	ラウンドアバウト (従方向)
夏期 平均値	1.8	1.1	1.0	1.8	1.8	1.8
冬期 平均値	1.6	2.1	1.6	1.8	4.1	5.0

(3) 安全確認行動

各交差点での安全確認行動の違いを把握するため、被験者に装着したジャイロセンサから得られた頭部の動きに着目した。このデータは、各交差点への流入から流出までに、安全確認のためにどの程度の速さおよび距離（走行 m 当たりの移動量）で頭部を動かしていたか（首を振っていたか）を示すものである。各交差点右折時における交差点内での頭部の速さと距離の分析結果をそれぞれ図-5、図-6 に示す。

ラウンドアバウト走行時における頭部の動きの速度は、夏期・冬期ともに、他の交差点形式と比較して 85 パーセントタイル値が低く、また、被験者の違いによるばらつきが小さいことが分かった。これは、交差点流入時において、ラウンドアバウトは環道内の走行車に対する安全確認の方向が、他の交差点と比べて一方向と限られ、環道内においては対向車および併走車が存在しないため、急な安全確認を要しなかった結果であると考えられる。

また、頭部が動いた距離については、夏期・冬期ともに、青信号時の信号交差点と比べ若干高い値を示しているものの、平均値や被験者毎のばらつきが極めて大きい無信号交差点（従方向）以外の十字交差点と同程度となった。なお、ラウンドアバウトについて両期を比較した結果、夏期より冬期の方が頭部を動かす速度が速く、距離については、冬期の方がやや大きい値となる傾向が見られた。

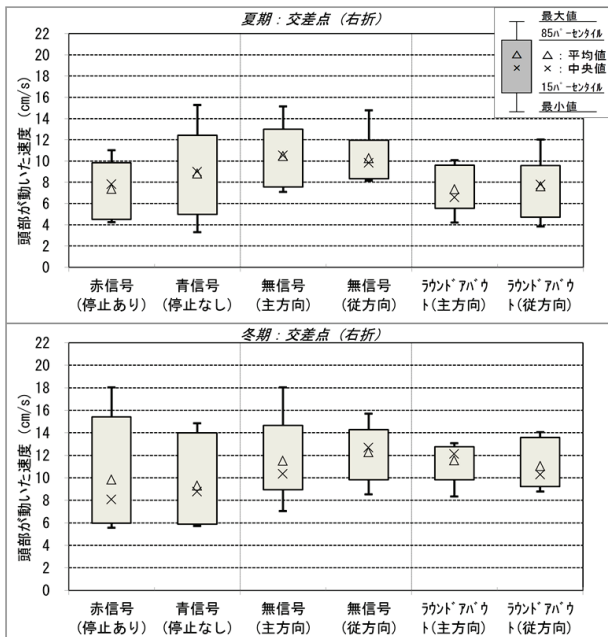


図-5 頭部が動いた速度 (右折)

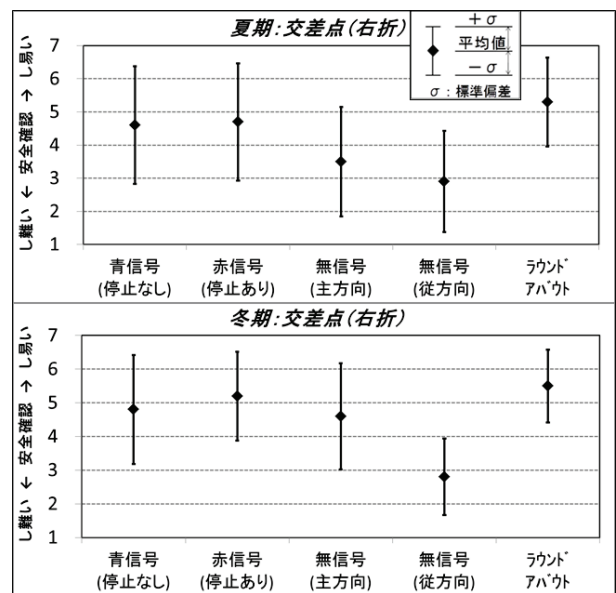


図-7 安全確認のしやすさ (右折)

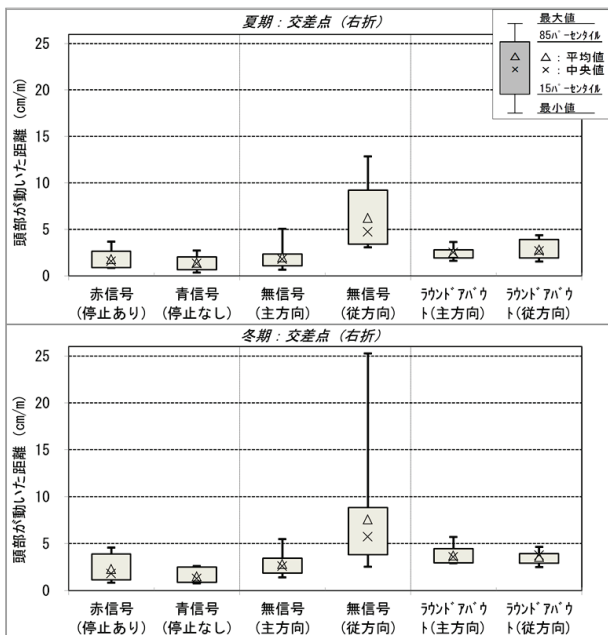


図-6 走行1m当たりの頭部が動いた距離 (右折)

(4) 主観評価

各交差点走行終了時に行ったアンケートの結果、夏期・冬期ともに、ラウンドアバウトの右折時における「安全確認のしやすさ」について、特に無信号交差点より確認しやすいという評価となり、また、信号交差点と比較してもやや高い評価となった(図-7)。

4. 考察

本研究の結果、頭部の動きより、夏期・冬期を通じて、ラウンドアバウトは他の交差点と比べて同等もしくはそれ以上に、急な頭部の動きを必要とせずに走行することができ、被験者のぼらつきが比較的少なく、アンケート調査の安全確認についての高い結果から、積雪状況下においても安全確認がしやすい交差点形式であることが分かった。加えて、交差点部における走行速度が低く、各被験者のぼらつきが極めて小さいこと、また、最大平均速度の結果からは、冬期においても車両安定性が十字交差点と同等以上であると考えられ、ラウンドアバウトは積雪状況下においても重大事故になる可能性が低く他の交差点より安全性も高いと考える。

一方、ラウンドアバウトの夏期と冬期の運転行動を比較した結果、冬期はドライバーの頭部の動きの速度が速く、ハンドルとペダルの操作量が多くなった。これは、冬期(積雪時)では、夏期(無雪期)に比べ路面が滑りやすい状態であること、さらには、ドライバーが走行位置を把握するにあたり、ラウンドアバウトの走行実験を行った苫小牧試験道路では周囲の環境がほぼ単色の積雪状態であり(写真-5)、明瞭な視線位置の対象がほとんど無かったことも原因のひとつではないかと思われる。



写真5 ラウンドアバウトの走行実験状況（冬期）

5. まとめ

本研究により、ラウンドアバウトは冬期（積雪時）においても平面十字交差点と比べて、より安全確認がしやすく、安全性の高い交差点形式であることが明らかにされた。しかし、冬期におけるペダル踏み替え回数が顕著に増えることから、冬期の運用・管理について留意が必要といえる。

今後は、冬期においても安全確認をより行いやすくするため、スノーポールや視線誘導標を中央島及び交差点の両端に設置し、冬期の維持管理作業を考慮した走行位置を明確にする安全対策を行った条件下で実験を行い、その効果を定量的に把握すること、また、交

通量や歩行者などのファクターについて、より実道に近い条件で実験を実施し、特に、冬期の多様な路面条件における走行実験を通じて積雪寒冷地におけるラウンドアバウト導入検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 大里由紀広, 浜岡秀勝, 米山喜之: 簡易 DS を用いたラウンドアバウト走行における安全性評価, 土木計画学研究・講演集 Vol.41, CD-ROM, 2010.
- 2) 吉岡慶祐, 中村英樹, 宗広一徳, 米山喜之: ラウンドアバウト走行実証実験における車両挙動分析, 土木計画学研究・講演集 Vol.41, CD-ROM, 2010.
- 3) 大上哲也, 牧野正敏, 石川真大, 中村隆一: ラウンドアバウトの堆雪がドライバーに与える影響に関する基礎試験, 土木計画学研究・講演集 Vol.45, CD-ROM, 2012.
- 4) 勝岡雅典, 倉田俊文, 鋤柄寛: 長野県飯田市におけるラウンドアバウト社会実験について, 土木計画学研究・講演集 Vol.43, CD-ROM, 2011.
- 5) 中村英樹, 浜岡秀勝, 宗広一徳, 米山喜之ら: 安全でエコなラウンドアバウトの実用展開に関する研究(Ⅲ), 国際交通安全学会・研究調査プロジェクト報告書, 2012.3.
- 6) Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen ; Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren (ドイツにおけるラウンドアバウトの設計ガイドライン), 2006.8.

(2013.??受付)

WINTER SAFETY VERIFICATION OF ROUNDABOUTS BY ANALYZING DRIVER'S BEHAVIOR

Hiroyuki KAGEYAMA, Kazunori MUNEHIRO and Tateki ISHIDA

In February 2013, the roundabout was operational start in Towa town intersection in Iida City, Nagano Prefecture. Thus, Recently, the momentum that full-scale introduction in Japan of roundabout are beginning to increase. However, the anamnestic idea of the design and operation is intended for non-snow conditions, such as dry pavement, safety assessment of winter in snowy cold region is not performed. In this study, in order to verify the safety of the roundabout in snowy cold region, the snowy season and non-snowy period, we conducted experiments running of the car using the subject of driver in public roads plane intersection and simulated roundabout installed at the Tomakomai cold test course. Then, the acquisition and analysis of the driving behavior data during running, we considered the effect on the driving behavior due to a difference in road surface condition. As a result, the roundabout is found to be the intersection form that is easier to safety check than the plane cross intersection.