

積雪寒冷地における新たな交差構造の導入に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 24～平 28

担当チーム：寒地交通チーム、
寒地機械技術チーム

研究担当者：高橋尚人、宗広一徳、高田哲哉、
牧野正敏、高本敏志、佐藤信吾、
山崎貴志

【要旨】

我が国の国土面積の約6割は積雪寒冷地域に位置しており、このことからラウンドアバウトの運用に際しては、適切な冬期管理が求められる。本研究では、苫小牧寒地試験道路に小型環道1車線型ラウンドアバウトを試験設置し、冬期条件下のドライバーの視認性と除雪車によるエプロン構造への影響把握実験を実施した。ドライバーの視認性実験では、夜間においては、シェブロン標識及び視線誘導標を設置したケースが最も主観評価値が高くなった。また、実際の除雪車を使用したエプロン部除雪に関する実験により、除雪装置接触による縁石の損傷について、エプロン端部の傾斜角度別にデータを取得し、傾斜角が小さいケースで損傷が少ないことを確認した。

キーワード：積雪寒冷地、交差構造、ラウンドアバウト、走行性、冬期管理

1. はじめに

ラウンドアバウトは、環道交通流に優先権を持つ新たな交差点制御方式として、1980年代以降、欧州各国及び米国をはじめとし、世界各国で広く普及するに至っている。ラウンドアバウトの基本構造¹⁾は、中央島、分離島、舗装、エプロン（路面の段差）、標識・路面標示で構成される。日本にも存在する旧来の円形交差点（ロータリー交差点）は、外径が大きく（概ね50～70m）、流入交通優先（左方優先）などにより運用されてきた。これに対し、現代型のラウンドアバウトは、外径がコンパクト（概ね27～40m）であり、環道交通優先のルールにより運用される。これにより、車両の速度抑制、交通事故被害軽減及び環境負荷低減の効果が発揮される。また、我が国では近年発生した地震、津波、豪雪等の自然災害により、広域に亘り停電し、信号が機能しない事態が連続した²⁾。電力を必要とせず、災害時にも機能し得る交差構造として、ラウンドアバウトは期待されている。

日本の国土の約2/3は積雪寒冷地に位置していることから、ラウンドアバウトの冬期管理上の留意事項や積雪条件下での性能を把握することが求められている。寒地土木研究所では、ラウンドアバウトの基本の幾何構造及び冬期管理工法の検討を目的とし、苫小牧寒地試験道路（苫小牧市宇柏原211番地1）において、環道外径27mの環道1車線型ラウンドアバウトを試験

設置した。試験設置後、寒地土木研究所では、ラウンドアバウトにおけるドライバーの運転挙動、冬期管理工法に関する実験に取り組んでいる。

平成27年度は、以下の事項について検討を行った。

- ・ドライバーの視認性に関する実験
- ・除雪車によるエプロン構造への影響把握実験

さらに、積雪寒冷地におけるラウンドアバウトの普及に資するため、第39回寒地道路連続セミナーを開催した。

2. ドライバーの視認性に関する実験

2.1 実験対象としたラウンドアバウト

苫小牧寒地試験道路に模擬設置した小型1車線型ラウンドアバウト³⁾を対象とし、実験を行った。同ラウンドアバウトの主たる諸元は以下のとおりである。

1) 主要な部位

- ・環道外径 (D) : 27.0 m
- ・環道車線幅員 (Wr) : 5.0m
- ・環道走行幅員 (Wc) : 7.5m

2) 中央島

- ・中央島直径 (Di) : 11.0m
- ・エプロン幅員 (Wa) : 2.5m

3) 流入／流出部

- ・流入部幅員 (Wa) : 3.5m, 3.25m

- ・流出部幅員 (W_e) : 3.5m
- ・流入部曲線半径 (R_a) : 13.0m
- ・流出部曲線半径 (R_e) : 15.0m

4)横断歩道

- ・横断歩道とゆずれ線の間隔 (D_c) : 5.0m

5)分離島

- ・分離島延長 (L_d) : 30.0m、14.3m
- ・分離島幅員 (W_d) : 3.25m、2.0m、6.5m

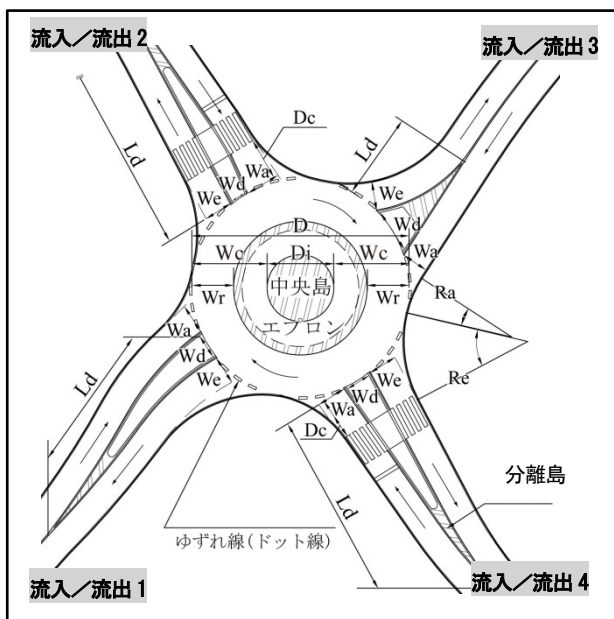


図-1 ラウンドアバウトの平面図

2.2 実験ケース

被験者ドライバーは、圧雪条件下のラウンドアバウトにおいて、試験車両 (2002 年日産プリメーラ、型式 : UA-TP12) を運転した。ラウンドアバウトに設置する道路附属物として、シェブロン標識を中央島、視線誘導標 (スノーポール) を流入/流出部への設置の有無別に実験ケースは3 ケースとした (表-1、図-2)。実験は、昼間及び夜間に行った (表-2)。

表-1 実験ケース

	シェブロン標識	視線誘導標
ケース1	なし	なし
ケース2	あり	なし
ケース3	あり	あり



シェブロン標識



スノーポール

図-2 道路附属物

実験状況については、以下の写真-1 に示すとおりである。

表-1 実験日の概要

昼夜	実験日	開始時間	終了時間	気温(°C)	摩擦係数	ケース
昼間	2016年2月11日	10時30分	16時30分	-2.2	0.28~0.39	1・2
昼間	2016年2月12日	9時45分	15時30分	-4.1	0.26~0.41	2・3
夜間	2016年2月11日	17時20分	21時30分	-3.4	0.26~0.28	1・2
夜間	2016年2月12日	17時10分	21時15分	-0.2	0.33~0.44	2・3



(1) 昼間



(2) 夜間

写真-1 実験の様子

2.3 データ取得

被験者ドライバーは、グラス型視線計測装置 (Tobii Pro Glasses 2) を装着し、試験車両を運転した (図-3)。

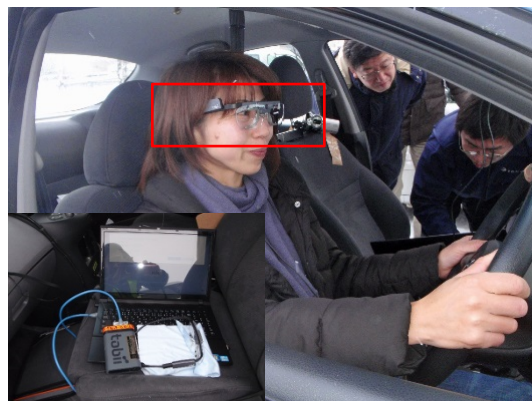


図-3 グラス型視線計測装置 (Tobii Pro Glasses 2)

被験者は、十分に運転経験のある一般ドライバー10人とした。試験車両に搭載したデータロガー（レーステクノロジー社：DL-1）及びガラス型視線計測装置により、以下のデータを取得した。

- ・速度 (km/h)
- ・前後方向加速度、横方向加速度 (m/s^2)
- ・視線計測
- ・主観評価 (安全確認のしやすさを7段階評価)

2.4 実験結果

被験者ドライバーが試験車両の運転時におけるガラス型視線計測装置の計測結果の一例は、図-4のとおりである。ドライバーの視線をヒートマップで表示している。緑色から黄色、黄色から赤色へと変わるほ



(1) 昼間 (ケース1)



(2) 夜間 (ケース1)



(3) 夜間 (ケース3)

図-4 視線計測結果
(ヒートマップで表示)

ど視線の増加を示している。ケース1のシェブロン標識と視線誘導標（スノーポール）の設置なしの条件では、昼間は前方の中央島全体に視線が向いている。夜間になると、環道の路面上に視線が向いていることが分かる。また、ケース3のシェブロン標識及び視線誘導標（スノーポール）が設置された状態の夜間においては、中央島に設置したシェブロンへ視線が集中していることがデータ取得できた。

被験者ドライバー10名による安全確認のしやすさの主観評価について、シェッフェの一对比較法により分析したところ、表-2を得た。

表-2 一对比較値

	ケース1	ケース2	ケース3
昼間	-0.60	0.33	0.27
夜間	-0.70	0.17	0.53

昼間では、ケース2のシェブロン標識（中央島）のみを設置したケースが最大の値を得た。夜間では、ケース3のシェブロン標識（中央島）と視線誘導標（スノーポール、流入／流出部）の両方を設置したケースが最大値を得た。他方、道路附属物を設置しないケース1は、昼間及び夜間ともに、値は低くなった。すなわち、冬期にラウンドアバウト上が雪で覆われて、同構造形状や線形が分かりにくくなる状態では、ドライバーの安全確認のしやすさを向上させるため、シェブロン標識や視線誘導標の設置が効果を発揮することがデータにより示された。特に、夜間において、同設置効果が発揮されることが示された。

3. 除雪車によるエプロン構造への影響把握実験

3.1 実験概要

苫小牧寒地試験道路において、すりつけ形状の傾斜角度が異なる数種類の模擬的なエプロンを設置し、除雪作業の実験を行った。実験にあたっては、除雪車によるエプロン構造への影響が最も厳しいと想定される積雪がない状態で、除雪装置をエプロン段差部に接触させて損傷度合いを確認した。また、接触時の衝撃度合いを定量的に把握するため、除雪装置に加速度計（スリック社製G-MEN DR20）を取り付けて接触時の加速度を計測した。

3.2 エプロン構造

実験に使用したエプロンは、アスファルトと縁石に

より形成された、端部に鉛直部がないすりつけ形状(傾斜角度13°、20°、30°、45°、60°)の直線的な構造とした(図-5、写真-2)。

●すりつけ形状(傾斜角度13°、20°、30°、45°、60°)



図-5 エプロン構造



写真-2 エプロン構造

3.3 除雪車

実験には、ホイールローダ(7t級)(写真-3)とモータグレーダ(3.1m級)(写真-4)を使用した。



写真-3 ホイールローダ(7t級)



写真-4 モータグレーダ(3.1m級)

ホイールローダはバケットの推進角度が90°に固定されているが、モータグレーダはブレードの推進角度を調整可能であり90°に設定した。また、環道の除雪作

業を想定して走行速度を5km/h程度とし、縁石に対する進入角度を30°に設定して、除雪装置の接触を各縁石で5~13回繰り返した。なお、傾斜角度60°の縁石は試験による損傷の度合いが大きく、2~3回しか実施できなかった。

3.4 実験結果

実験の結果、ホイールローダのバケット接触による縁石の損傷状況は、傾斜角度45°、60°で欠損が生じたが、13°では欠損は生じず、30°では欠損が生じて、45°及び60°に比べ損傷の程度は小さい状況であった(表-3、図-5)。

表-3 損傷度合い：ホイールローダ

機種	エプロン端部		縁石欠損部		
	形状	傾斜角度・高さ	幅[cm] (平均値)	奥行[cm] (平均値)	欠損状況
ホイールローダ	すりつけ	13°・6cm	0.0	0.0	欠損なし
		30°・5cm	9.8	2.0	欠損なし、又は、縁石上端部が削られて欠損
		45°・5cm	9.9	5.4	縁石下端部(路面)から削られて欠損、又は、縁石上端部が削られて欠損
		60°・5cm	10.3	6.0	縁石下端部(路面)から削られて欠損

※20°は未実施



図-5 縁石の損傷状況：ホイールローダ

モータグレーダのブレード接触による縁石の損傷状況では、傾斜角度30°、45°、60°で下端部(路面)から欠損が発生し、傾斜角度13°、20°では欠損が生じないか、若干の欠損が発生したが、30°以上の角度の縁石

に比べて損傷の程度は小さい状況であった（表-4、図-6）。

表-4 損傷度合い：モータグレーダ

機種	エプロン端部		縁石欠損部		
	形状	傾斜角度・高さ	幅[cm] (平均値)	奥行[cm] (平均値)	欠損状況
モータグレーダ	すりつけ	13°・6cm	11.0	5.0	欠損なし、縁石上端部が削られて欠損、又は縁石中段部から浅く欠損
		20°・5cm	16.7	8.7	欠損なし、又は、縁石下端部(路面)から浅く欠損
		30°・5cm	43.1	8.3	縁石下端部(路面)から削られて欠損
		45°・5cm	44.3	6.1	
		60°・5cm	31.0	4.0	



図-6 縁石の損傷状況：モータグレーダ

これらの実験結果から、ホイールローダの場合はすりつけ形状の傾斜角度が30°を超えると縁石を相当欠損させること、モータグレーダの場合は傾斜角度が20°を超えると縁石を相当欠損させることが確認された。

一方、接触時の加速度の計測結果は、ホイールローダのバケット接触では傾斜角度 45°で 21G であり、比較対象として試験道路内で行った通常作業時（路肩部拡幅作業）の最大加速度 21G と同じであった。

また、モータグレーダのブレード接触では傾斜角度 30°で 19G であり、比較対象として試験道路内で行った通常作業時（路面整正作業）の最大加速度 18G と同程度の値となった（表-5）。これは、縁石が損傷することで、接触時の衝撃が緩和されていたものと想定さ

表-5 エッジ接触時加速度の計測結果

機種	エプロン端部縁石		接触時 加速度 (G)	(参考)通常作業時	
	すりつけ 形状	傾斜		平均(G)	最大(G)
ホイール ローダ	すりつけ 形状	13° 傾斜	13.6	7.7	20.8
		30° 傾斜	17.6		
		45° 傾斜	21.4		
		60° 傾斜	18.6		
モータ グレーダ	すりつけ 形状	13° 傾斜	16.5	3.8	17.8
		20° 傾斜	15.5		
		30° 傾斜	19.1		
		45° 傾斜	15.9		
		60° 傾斜	15.6		

※加速度は重力方向の絶対値で重力加速度を含む

※ホイールローダの20° は未実施

れる。なお、ホイールローダ、モータグレーダともに除雪車自体に損傷等の不具合は生じなかった。

以上の結果から、ラウンドアバウトのエプロン段差部の端部縁石への除雪装置接触による除雪車自体への衝撃度合いは、通常の除雪作業程度であることを確認した。

4. ラウンドアバウト普及に向けて

4.1 国内動向

平成25年6月に、警察庁により道路交通法が改正され、「環状交差点（ラウンドアバウト）における交通方法として、環道交通優先の規定」が整備された。この改正道路交通法は平成26年9月1日から施行された。これにより、日本国内におけるラウンドアバウト普及に向けて大きな前進が図られた。平成25年には、長野県飯田市東和町で小型の環道1車線型ラウンドアバウトが新設されるに至ったのを始め、新設及び既設を含め、国内51箇所が環状交差点として指定され、運用されている（平成28年3月現在）（図-7）。

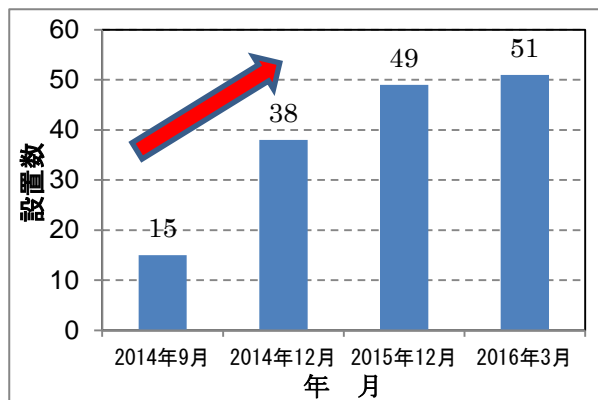


図-7 ラウンドアバウト設置数の推移

4.2 セミナーの開催

「ラウンドアバウトを活用したまちづくり・地域づくり」をテーマとして、第39回寒地道路連続セミナーを平成27年10月8日（木）にホテルポールスター札幌で開催した（主催：寒地土木研究所、共催：公益財団法人 国際交通安全学会 H2764 プロジェクト、後援：北海道開発局、北海道、公益社団法人日本技術士会北海道本部、北海道土木技術会道路研究委員会、ラウンドアバウト普及促進協議会）。応募者158名に対し、131名が参加した。参加者は、関東・東北から北海道に至る東日本の自治体及び建設コンサルタントの技術者に及んだ。寒地土木研究所では、予め参加者に対し、ラウンドアバウトの導入検討段階で抱えている質問の聞き取りを行った。その一例は以下のとおりである。

- ① 道路管理者による交差点改良計画時のラウンドアバウトの導入検討段階での障壁（例えば、冬期条件時の交通容量、地域の合意形成プロセス、ルールの周知徹底）
- ② 積雪寒冷地での幾何構造・交通運用・維持管理に関する課題（例えば、冬期除雪方法、冬期除雪に配慮したエプロン構造）



写真-5 セミナーでの講演



写真-6 円卓会議の様子

セミナーでは、寒地土木研究所の研究成果である苫小牧寒地試験道路で実施した冬期条件時のラウンドアバウトの車両挙動及び除雪方法の試験結果や交通運用等について講演を行った。さらに、3つの円卓のグループに分かれて、予め集約したラウンドアバウトに関する質問に対し、主催者側がセミナー参加者に答える形式でディスカッションを行った（写真-5、写真-6）。

本セミナーを通じ、積雪寒冷地においてラウンドアバウトの実道への導入検討を促進するに至った。なお、道路ネットワークや階層区分を考慮したラウンドアバウトの機能性、ラウンドアバウトの立地条件（土地利用、周囲の建物）という新たな課題が明らかになった。本セミナーの開催結果については、各種報道機関（テレビ北海道、北海道新聞、北海道建設新聞、物流ニッポン）においても取り上げられ、一般市民への啓蒙を促進するに至った。

5. まとめ

平成27年度は、ドライバーの視認性に関する実験、および除雪車によるエプロン構造への影響把握実験を行い、以下のことが明らかになった。

- 1) 冬期条件の夜間時には、シェブロン標識と視線誘導標の設置により、ドライバーの安全確認のしやすさが向上した。
- 2) エプロン端部の傾斜角度を小さくすると、除雪作業によるエプロン端部の損傷が小さくなることを確認した。

日本国内では、ラウンドアバウトの導入が進んでおり、今後もこのような動きが加速すると考えられる。引き続き、積雪寒冷地にラウンドアバウトを導入する際の課題解決に取り組んでいく予定である。

参考文献

- 1) 国土交通省道路局通知：望ましいラウンドアバウトの構造について、2014.8.8,
http://www.mlit.go.jp/road/sign/roundabout_140901.htm.
- 2) 土木学会・電気学会：ICTを活用した耐災施策に関する総合調査団（第三次総合調査団）緊急提言、2011年7月、<http://committees.jsce.or.jp/2011quake/node/93>
- 3) Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen (FGSV) : Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren、2006

STUDY ON INTRODUCTION OF NEW INTERSECTION DESGN IN SNOWY COLD REGION

Budged : Grants for operating expenses

General account

Research Period : FY2012 - 2016

Research Team : Traffic Engineering Research Team,
Machinery Technology Research Team

Author : TAKAHASHI Naoto,

MUNEHIRO Kazunori,

TAKADA Tetsuya,

MAKINO Masatoshi,

TAKAMOTO Satoshi,

SATO Shingo

YAMAZKI Takashi

Abstract :

About 60% of the land area of Japan is located in the cold, snowy area. When operating the roundabout, the appropriate winter management is required. This study, we set up single-lane compact roundabout in Tomakomai Test Track. Visibility of the winter conditions of the drivers, and the experiments were carried out of the influence grasp of the apron structure due to snow removal vehicles. The driver of the visibility experiment, in the night, the most subjective evaluation value is a case that established the chevron signs and delineators is higher. In addition, the experiments on the apron section snow removal using a plow, for the curb of the damage caused by snow removal equipment contact, to get a separate data angle of inclination of the apron end, we showed that there is less damage in case the inclination angle is small.

Key words : snowy cold region, intersection design, roundabout, drivability, winter management