

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 26

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、影山裕幸
牧野正敏、大上哲也、石川真大、
中村隆一

【要旨】

我が国では交通安全対策が依然として重要な課題であるが、道路形状別の交通事故発生件数では、交差点で 56%、単路 42%、また、北海道の交通事故死者数 215 人（いずれも平成 22 年）のうち交差点での事故死者数が約 1/3 を占め、交差点での安全対策が重要となっている。欧米各国では、無信号の円形交差点で環道交通優先の「ラウンドアバウト」が積極的に導入され、事故減少などで効果を挙げているが、北海道のような多雪地での導入例が少ない。本研究では、積雪寒冷地におけるラウンドアバウトの基本性能（走行性、安全性）と冬期維持管理手法に関する検討を行う。

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、冬期維持管理

1. はじめに

我が国では交通安全対策が依然として重要な課題であり、全国の交通事故件数は 72 万件（平成 22 年）を超えている。道路形状別では、交差点で 56%、単路 42% であり、交差点での事故発生が多い。このうち、約 2/3 は無信号交差点、約 1/3 が信号交差点で発生している。また、交通事故死者数は全国計 4,863 人（平成 22 年）と 5 千人を下回ったが、都道府県別では、東京都と並んで北海道が 215 人でワースト 1 だった。このうち、無信号交差点における事故（いわゆる「田園型事故」）を含め交差点事故での死者数が約 1/3 を占め、交差点での安全対策が重要となっている。

欧米各国では、安全性、走行性等に優れた平面交差方式として、無信号の円形交差点で、環道交通優先の特徴を有する「ラウンドアバウト」が積極的に導入され、事故減少などで効果を挙げている。このことを踏まえ、我が国においてもラウンドアバウトの本格的導入が期待されているが、北海道のような多雪地における導入例は少なく、良好な走行環境の確保など諸課題について検証・対応する必要がある。

また、2011 年 3 月の東日本大震災により広域的・長期的な停電が発生し、信号交差点が機能せず深刻な交通渋滞並びに交通事故が起き、同年 7 月、土木学会などの調査団による緊急提言¹⁾では、「災害に強い交差構造」とし

てラウンドアバウトの導入が提言され、東北を含めた積雪寒冷地へのラウンドアバウト導入推進するにあたって、所要の検討を行うことが急務である。

このような背景のもと、本研究では、交差点の安全性向上や大規模災害発生時の交通機能確保に向け、災害に強い交差構造として積雪寒冷地におけるラウンドアバウトの基本性能（走行性、安全性）と冬期維持管理手法に関する検討を行う。

平成 24 年度は、以下の事項について検討を行った。

- ・積雪寒冷地におけるラウンドアバウトの実道導入に向けた課題整理及び試験的導入の検討
- ・ドライバーの走行性及び安全性評価に関する被験者試験
- ・災害により信号交差点が機能不全となった事例調査
- ・除雪車の実地試験（除雪車両の組合せ、除雪による堆雪位置・高さの検討）

2. 積雪寒冷地におけるラウンドアバウトの実道導入に向けた課題整理及び試験的導入の検討

2.1 ラウンドアバウト設計資料の収集および比較整理

ラウンドアバウトの導入実績があり、設計基準等が策定されているアメリカ、ドイツ、イギリスの 3 か国を中心に設計基準等の資料^{2)、3)、4)}を収集し、導入箇所、幾何構造、交通運用、歩行者の処理、自転車の処理、舗装材

料、排水、照明、および冬期道路管理に分類して比較整理を行った(表-1)。

ドイツとイギリスでは、冬期道路管理に関してガイドライン等には記されておらず、アメリカのガイドラインに、除雪の一般的留意事項が次のように示されているにとどまっている。積雪寒冷地におけるラウンドアバウトの導入可能性を検討するにあたって、冬期を含めたラウンドアバウトの基本性能(走行性・安全性)の検証と冬期維持管理手法について検討が必要である。

《除雪に関する留意事項》²⁾

- 除雪機の通行を考慮した幅員で設計する必要がある。
- 一般的な除雪手順は、中央島の中心側(エプロン)から徐々に外側へ掃きだし、その後(もしくはもう1台で)流入/流出部の除雪を行う。
- 積雪量が多いときは、エプロンや縁石の位置が分かるようにする必要がある。
- 堆雪場所は、車両の視角の妨げにならず、歩行者の動線に影響を与えないように配慮すべき(図-1)。

- 長期間降雪がある場合、雪壁の解体や堆雪の除去も必要である。
- 堆雪が溶けて、環道がアイスバーンにならないよう、雪を留めておかないことも重要である。
- 除雪の際は、凍結防止剤(塩化)や車両から捨てられたゴミが含まれているため、周辺の環境に影響する可能性もある。



View looking left from the entry (New York)

図-1 分離島の堆雪が視認性に影響を与えている例

表-1 アメリカ、ドイツ、イギリスにおけるラウンドアバウトの設計ガイドラインの要約

大項目	中項目	アメリカ	ドイツ	イギリス
導入箇所	道路階層区分	略	略	-
	交通容量 (通常の1車線ラウンドアバウトの場合)	15,000[台/日]以下で問題なく機能条件により、25000[台/日]まで可能	交通量の均整が取得できれば、25,000[台/日]まで可能	-
	周辺土地利用状況	略	略	略
幾何構造 (基本のコンパクトラウンドアバウト)	外径	設計車両により、以下とする 27~46m [B-40(B-12)] 32~46m [WB-50(WB-15)] 40~55m [WB-67(WB-20)]	【市街地内】26~40m 【郊外部】30~50m	28m~100m 設計車両によって、最小は28~36m
	環道幅員	4.9m~6.1m	6~8m	6m以下 外径が小さい場合は拡幅が必要
	エプロン	幅: 1~4.6m 中央島からの傾斜: 1~2% かさ上げ高さ: 50~75mm	かさ上げ高さ: 2.54cm~4cm	-
	中央島	高さ: 1.0m(最大でも1.6m)以内とする 傾斜: 水平方向と垂直方向の比率は1/6以下	環道を周回する際の横移動幅が、流入車線幅員の2倍以上となるよう設置	直径は4m以上必要
	交通島	分離島延長: 15m以上(可能であれば30m以上) 分離島幅: 1.8m以上	分離島幅: 最低でも1.6m必要 歩行者を考慮すると2.0m、自転車を考慮すると2.5mが望ましい	幅: 2.5m以上
	流入/流出部の曲線半径	【流入部】15~30m 【流出部】30~60m(少なくとも15m以上) 郊外部: 14~16m	【流入部】都市部: 10~14m 郊外部: 14~16m 【流出部】都市部: 12~16m 郊外部: 14~16m	【流入部】10m~100m 大型車を考慮して: 20m以上 【流出部】15~20m
交通運用	標識	略	略	略
	路面標示	略	略	略
	流入部の制御方法	略	略	略
歩行者・自転車の処理	歩行者の通行方法	環道から車両1台分セットバックして設置	横断歩道は環道から4~5m離して設置	環道から5~20m離れた位置とする
	自転車の通行方法	基本的に、車道部を利用 多車線の場合、歩道の利用も可 環道内での自転車レーンは設置すべきでない	15000台/日以下では車道を利用 もしくは、環道外に自転車道もしくは自歩道を設置 環道内での自転車レーンは設置すべきでない	交通量10000台/日以下、自転車1000台/日以下で、環道利用可 交通量が多い場合、自転車道を設置 環道内での自転車レーンは設置可
舗装材料		略	略	-
排水		環道に外側に向けて2%の勾配を設ける	環道に外側に向けて2.5%の勾配を設ける	環道に外側に向けて0.5~2.5%の勾配を設ける(通常は2%)
照明		略	略	略
冬期道路管理	除雪工法	中央島から徐々に外側へ掃きだし、その後流入/流出部を除雪 車両の視角や歩行者の動線に影響を与えないように堆雪する	-	-
	路面管理	-	-	-
	凍結防止剤の散布	-	-	-

2.2 ラウンドアバウトの試験的導入の検討

ラウンドアバウト設計に関する事例研究として、既設の無信号交差点4か所を対象として、現地調査を行った(図-2)。調査項目としては、方向別交通量調査、速度/加減速度調査、現地ビデオ撮影、現地写真撮影および交差点計測(標識や停止線の形状計測)を行った。一例として、美瑛町の調査対象交差点を示す(図-3)。

交通量の調査結果を表-2に、各地点の走行速度(交差点通過速度)を図-4に示す。C、Dから流入する交通量が多いが、ともに流入部に停止線があることからC直進とD直進の交差点通過速度が、A直進、B直進に比べて著しく低下していることがわかる。



図-2 現地調査実施地点



図-3 調査対象交差点(美瑛町)
※A~Dは交通量等の観測断面を示す

今後、各自治体の意向も踏まえ、各交差点の課題抽出、ラウンドアバウト化を含めた交差点改良(案)の検討、ラウンドアバウト化による工事費や導入効果の算定等に取り組む予定である。

表-2 交通量調査結果

方向		自動二輪車	乗用車	バス	小型貨物車	普通貨物車	自転車 合計
A	流入	1	45	0	4	12	61
	流出	0	44	2	4	9	59
	断面計	1	89	2	8	21	120
B	流入	0	31	0	6	13	50
	流出	1	27	0	7	8	42
	断面計	1	58	0	13	21	92
C	流入	2	92	6	13	5	116
	流出	2	90	3	9	11	113
	断面計	4	182	9	22	16	229
D	流入	1	85	5	9	2	101
	流出	1	92	6	12	4	114
	断面計	2	177	11	21	6	215

3. ドライバーの走行性及び安全性評価に関する被験者試験

5.1 試験の概要

ラウンドアバウトに関して数多くの研究がなされてきたが、雪氷路面状態でラウンドアバウトの性能を評価した研究は見当たらないため、苫小牧寒地試験道路にラウンドアバウトを模擬設置して走行実験を行い、運転挙動計測と走行性・安全性に関するアンケート調査を行った。

ラウンドアバウトの規格はドイツの設計ガイドライン³⁾を参照して環道直径は26m、環道幅員は5.0mとし(図-5)、秋期(乾燥路面)および冬期(圧雪路面)を対象に試験を行った(図-6)。

試験には、十分な運転経験を有し視覚健常な20代~60代の一般男性16名が被験者として参加した。試験車両にはセーフティレコーダー(datatech社SRcomm)を搭載し、走行中の速度、加速度(前後方向、横方向)を記録し、被験者は走行後に走りやすさと安心感を7段階で評価するとともに、走行時の感想を自由回答した。

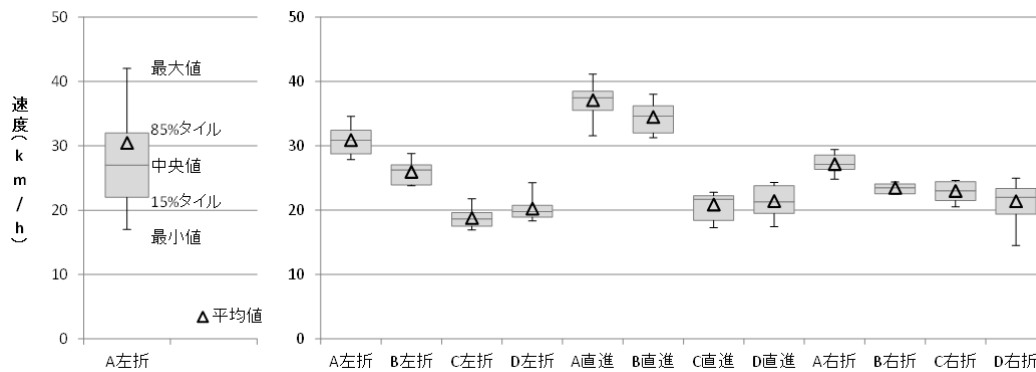


図-4 交差点通過速度(美瑛町)

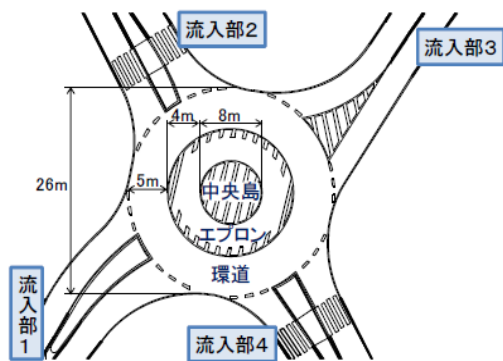


図-5 模擬設置したラウンドアバウト



図-6 試験状況

3.2 試験結果

図-7 に、流入部1における環道流入時の走行速度を示す。環道流入時に、環道内に支障となる車両が存在しない場合を「なし」、存在する場合を「あり」とした。秋期には、「あり」の場合、「なし」と比べて平均で約10km/h低下した。冬期には、両者の差は小さくなり、平均速度はともに10km/h前後に低下した。

次に、図-8 に主観的評価の結果を示す。走行性に関する評価の平均値は、20～40代の被験者では、秋期の5.6から冬期に4.3となり、1.3低下した。60代以上では、秋期の6.7から冬期に6.0となり、0.7低下した。安全性に関しては、20～40代は、秋期の5.4から冬期に4.0

となり、60代以上では、秋期の6.3から冬期に5.8となり、冬期には走行性・安全性ともに評価が低下した。

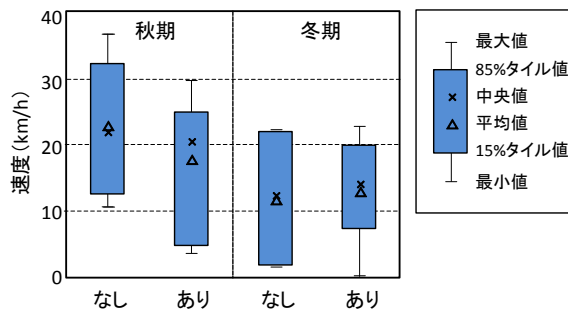


図-7 流入部1から環道への流入時走行速度

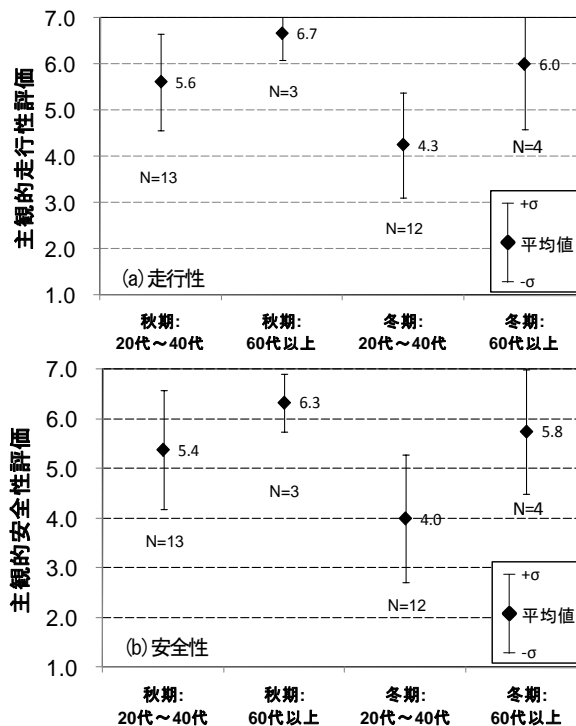


図-8 期別及び年代別の主観的評価

また、走行後に被験者から得られた代表的なコメントを以下に紹介する。

- ラウンドアバウトでの走行がスムーズで良好だった。
- 交差点で一時停止しなくてよいことは利点である。
- 対向車線の交通を気にする必要がなく安心感が高い。
- 交差点進入時に、「右方向」から走行する車両に注意する必要がある。
- 冬期は、路面状態に対し、最も注意を払いながら走行する必要がある。

環道流入時に、右方向（環道内車両）のみ注意すればよいラウンドアバウトの特徴が肯定的な評価につながったと考えられるが、同時に、冬期の路面状態への懸念が伺え、冬期間の走行の安全性や維持管理手法の検討が必要である。

4. 災害により信号交差点が機能不全となった事例調査

従前、日本の交差点の安全対策は、信号にやや頼りすぎてきたきらいがあると指摘されている⁵⁾。ひとたび災害等により停電が発生すると信号が機能不全となり、道路交通の混乱が生じる。近年の災害等によって信号が機能不全となった事例としては、東北地方太平洋沖地震⁶⁾、北海道の胆振地方等を襲った暴風雪⁷⁾が挙げられる。
 <東北地方太平洋沖地震>

平成 23 年 3 月 11 日、三陸沖を震源とする国内観測史上最大規模の地震(マグニチュード9.0)が発生した。この地震により、東北地方から関東地方にかけての太平洋沿岸を巨大な津波が襲い、未曾有の被害が発生した。

被害状況の紹介は割愛するが、道路交通では、信号約 800 基が破損⁷⁾するとともに、停電によって多くの信号が機能不全となった。これらの交差点においては、多数の警察官が交通整理にあたった(図-9)が、交通整理が行われなかった交差点もあった。

自治体では、警察官が交通整理を実施できる交差点はごく一部であることや、交通整理されていない交差点での交通安全について注意喚起するなどの対応を取った⁸⁾が、滅灯した信号交差点での出会い頭事故などの交通事故が発生した⁹⁾。



図-9 交通整理にあたる警察官(塩釜市内)

<北海道の胆振地方等を襲った暴風雪>

平成 24 年 11 月 26 日に発達中の低気圧が日本海を東北東に進み、27 日に北海道付近を通過した。低気圧通過後には湿り雪を伴って非常に強い風が吹き、日本海側南部や太平洋側西部では、統計開始以来または 11 月の日最大風速の極値を更新した地点が多数あった。

この暴風雪による主な影響(11月30日時点)として、以下の報告がなされている¹⁰⁾。

- ・登別市で送電線の鉄塔が 1 基倒壊し、胆振・日高地方を中心に約 5 万 6 千戸が停電
- ・JR 北海道では、特急 37 本を含む、163 本が運休

- ・国道 4 路線を含む 17 路線で通行止め
- ・新千歳空港を発着する 84 便が欠航、186 便が遅延
- ・胆振地方等の小中高では、93 校が臨時休校

道路交通では、通行止め以外にも室蘭市・登別市で停電によって信号が滅灯し、警察署員約 90 人が交通整理にあたった。しかし、警察官が配備されなかった交差点もあり、11 月 27 日午前 11 時までには人身事故 1 件、物損事故 23 件が発生するなど混乱が生じた(図-10、図-11)。

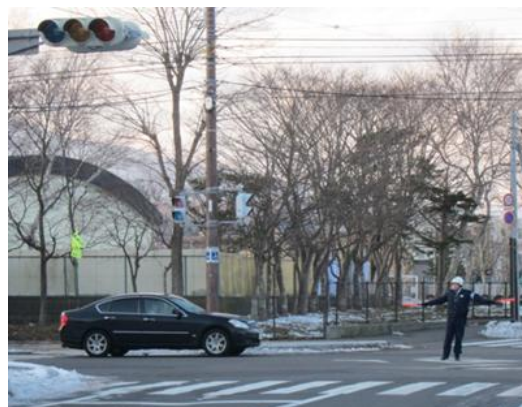


図-10 信号が滅灯した交差点(登別市内)

暖房消え 震える市民



室蘭・登別両市内では停電で信号機が消え、室蘭署員約 90 人が交差点に立ち、手旗信号で交通整理を行った。ただ、警察官がいない交差点もあり、午前 11 時までには両市内では人身事故 1 件と物損事故 23 件が発生した。

図-11 暴風雪の影響を伝える新聞記事(抄)
 (平成 24 年 11 月 27 日北海道新聞夕刊第 13 面)

ラウンドアバウトの設計ガイドライン^{2)、3)}では、日交通量の適用条件は 25,000 台以下とされており、また、連続的な導入が適切ではないことが提言されている¹¹⁾。適用箇所を選定には留意が必要だが、信号機に依らずとも自律的に機能する災害に強い交差点として、ラウンドアバウトの特徴を踏まえた導入検討が必要である。

なお、事例調査に際して、現地踏査・交通量調査等を行っており、今後、信号交差点が機能不全となった場合の影響の定量的評価、当該交差点にラウンドアバウトを導入した場合の効果の評価等に取り組む予定である。

5. 除雪車の実地試験

ラウンドアバウトは欧米各国で積極的に導入されているが、多雪地における導入例は少なく、ラウンドアバウトの冬期の維持管理手法に着目した研究事例も少ない。例えば、Pochowski ら¹³⁾は、米国カンザス州、メリーランド州、ニューヨーク州及びウィスコンシン州の各交通局に対しヒアリング調査などを行い、メリーランド州の一部が中央島に堆雪しているほかは、路外に堆雪していることを示した。また、ニューヨーク州では、堆雪が視認性を妨げないように、除雪装置により堆雪高さを管理していることを示したが、除雪車両のラウンドアバウト構造への適応性や、堆雪する位置及び高さがドライバーに与える影響についての定量的な検証はなされていない。

このことから、ラウンドアバウトの積雪寒冷地への適用を図る際の基礎資料とすることを目的に、除雪車などを用いた実施試験を行い、効率的な冬期維持管理手法について検討した。

なお、試験は寒地土木研究所苫小牧試験道路に設置した模擬ラウンドアバウトで行った。試験場所及び模擬ラウンドアバウト構造を以下に示す。

① 試験場所：寒地土木研究所苫小牧寒地試験道路

(北海道苫小牧市字柏原 211 番地)

② 模擬ラウンドアバウト構造 (図-12)

- ・環道外径 : 26.0m
- ・中央島直径 : 14.0m
- ・環道幅員 : 6.0m (エプロン 1.0m 含む)
- ・流出入路幅員 : 3.25m
- ・流入部曲線半径 : 13.0m
- ・流出部曲線半径 : 15.0m

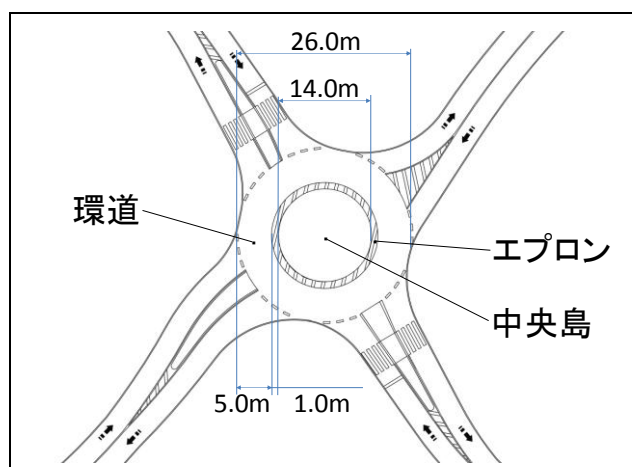


図-12 模擬ラウンドアバウトの構造

5. 1 除雪車両の組み合わせ

ラウンドアバウトを効率的に管理するためには、接続する道路と同じ除雪車両による連続的な施工が有効である。しかし、各除雪車両のラウンドアバウトへの適用性(除雪の可否)については確認されていない。

このことから、ラウンドアバウトを管理する除雪車両の組合せ(配置)の参考とするため、走行軌跡試験を行い、各除雪車両が除雪(走行)できるラウンドアバウトの中央島直径等について検証した。

5. 1. 1 走行軌跡試験

走行軌跡試験は、夏期(乾燥路面)及び冬期(圧雪路面)の模擬ラウンドアバウトを除雪車両で走行し、この時の車両位置と進行方向を、試験場内(固定局)及び車体上部(移動局)に設置したRTK-GNSS(図-13)により計測した。さらに、予め登録した地図及び車両外寸データを重ね合わせることで、連続的な走行軌跡及び車両通過地点を確認した。

計測機器の仕様と計測条件を以下に示す。

① 機器仕様

- ・GNSS受信機(固定局) : TOPCON Hiper-II 1台
- ・GNSS受信機(移動局) : TOPCON GR2100 2台
- ・GNSS受信機(移動局) : TOPCON LEGACY-E 1台
- ・解析ソフト : ビーシステム社製 Scan Survy

② 計測条件

- ・データ取得間隔 : 1秒
- ・解析・描画間隔 : 1秒



図-13 RTK-GNSS設置状況

5. 1. 2 試験車両

走行軌跡試験では、機械配置の基本となる新雪除雪に適した¹⁴⁾3機種の除雪車両(図-14)を用いた。

- ・除雪トラック(10t級、6×6) : UD CZ520
- ・除雪グレーダ(4.3m級、高速型) : 三菱 7G
- ・除雪ドーザ(13t級) : 川崎 70Z2

なお、試験車両のうち、除雪トラック及び除雪グレー

ダは前輪により操舵する方式であり、除雪ドーザは車体を屈折させることにより操舵する方式である。この車体の屈折状況を正確に把握するため、除雪トラック及び除雪グレーダに移動局を2台車載したのに対し、除雪ドーザは3台車載した。

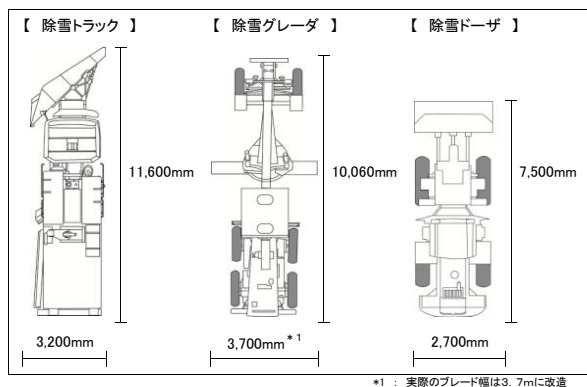


図-14 試験車両 (外寸図)

5. 1. 3 走行方法

走行軌跡試験での除雪車両の走行方法は、実作業を想定した「周回、右折、直進、左折」の4パターンとした。このうち「右折、直進、左折」は模擬ラウンドアバウトの中央島及び環道の外周部に除雪装置を沿わせて走行することとし、その可否を確認した。「周回」は各除雪車両での除雪が可能な中央島の最小半径を把握するため、中央島外周のラインには拠らず、各除雪車両の旋回性能を最大限発揮させて走行することとした。また、除雪車両の走行速度は、実作業を想定した速度のほか、最低速度の計測も行った。

なお、冬期の走行軌跡試験の最後には、ラウンドアバウト環道部を実際に除雪し、その走行軌跡を計測した。

5. 1. 4 試験結果

除雪トラックは、中央島外周に沿った走行ができなかった (図-15)。また、除雪トラック及び除雪グレーダでは、右左折試験では流出路において車両外寸が車道幅員をはみ出すことも多くあった (図-16)。

一方、除雪ドーザについては、周回試験における車両通過地点の計測結果、他の2機種に比べ最小回転半径が小さく、実際に中央島及び環道外周に沿った走行が可能であったほか、右左折試験での流出路においても車両外寸が車道幅員をはみ出すことは少なかった。

また、路面状況及び走行速度の違いによる走行軌跡への影響を定量的に評価するため、周回試験における各条件での最小回転半径を比較した (表-3)。

この結果、各々の最小回転半径に大きな違いが見られなかったことから、本試験における路面状況及び走行速度の差では、走行軌跡に影響しなかったと考えられる。

以上のことから、環道外径 26m、中央島直径 14m の模擬ラウンドアバウトへの適応性については、除雪ドーザが最も優位であった。しかし、除雪トラックは直径 15m、除雪グレーダでは直径 11m の構造物への適応性が確認できたことから、当該ラウンドアバウトの構造や、接続する道路での使用機械などの周辺状況についても勘案し、除雪機械の組み合わせ (配置) を検討することが必要である。

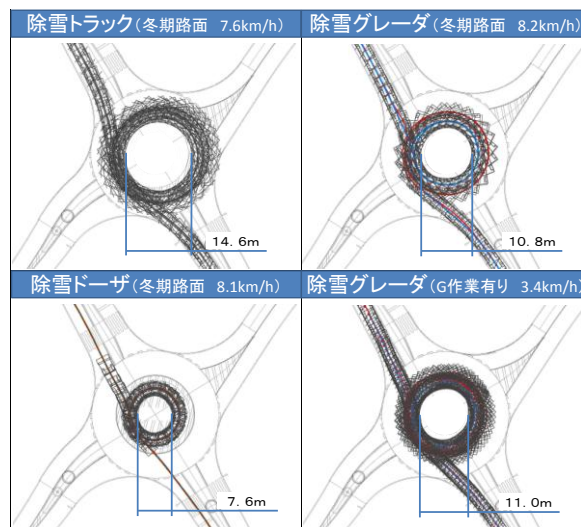


図-15 走行軌跡試験の結果 (周回試験)

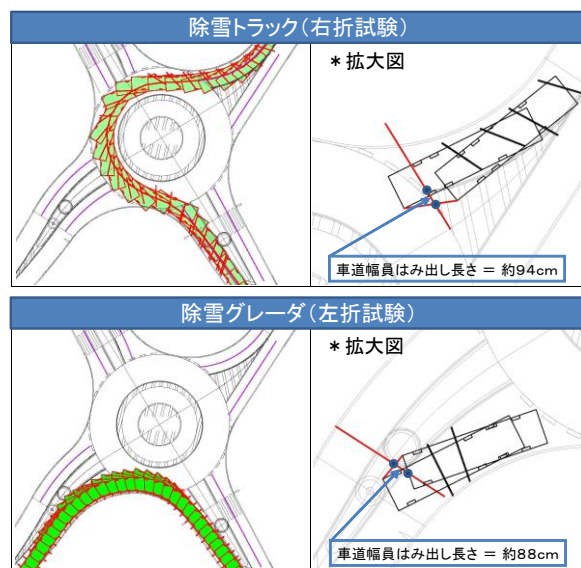


図-16 走行軌跡試験の結果
(除雪トラック右折試験及び除雪グレーダ左折試験)

表-3 最小回転半径*1の比較

	夏期路面		冬期路面	
	最低速度	作業速度	最低速度	作業速度
除雪トラック	8.2m	8.2m	7.3m	7.3m
除雪グレーダ	5.5m	5.6m	5.6m	5.4m
除雪ドーザ	—	3.4m	4.2m	3.8m

*1：最小回転半径とは、後軸端部が描いた回転半径の平均

5. 2 除雪による堆雪位置・高さの検討

除雪車両により道路上から排除された雪は、道路脇にあるスペースに堆雪される。この堆雪は、日々の降雪や除雪によって大きくなり、ドライバーや歩行者の視界を遮ることがあるなど、交通の安全性や円滑性への影響が懸念される。また、堆雪する位置及び高さによっては、冬期維持管理の主体である除雪の工法が変わるほか、堆雪スペースなど、ラウンドアバウトの構造設計にも影響する可能性がある。しかし、これまで堆雪の位置及び高さがドライバーに与える影響については定量的な検証がなされていない。

このことから、除雪によりラウンドアバウト内に生じる堆雪の位置及び高さを検討するうえでの参考とするため、模擬ラウンドアバウトでの走行試験を行い、堆雪がドライバーに与える影響について検証した。

5. 2. 1 走行試験

模擬ラウンドアバウトに位置及び高さが異なる模擬堆雪を設置した。そのラウンドアバウトを被験者が乗用車を運転して走行し、被験者の主観により各堆雪の影響度（支障度合い）を評価した。また、堆雪高さなどの違いによる走行時の運転挙動（加減速度）を計測した。

5. 2. 2 模擬堆雪

堆雪は中央島、交通島、流入路及び流出路に合計7箇所設置し、堆雪高さは1.0m、1.2m及び1.5mの3パターンとした。なお、模擬堆雪は、測量ポールに白色のシートを取り付けることにより再現した。

5. 2. 3 被験者

走行試験には、これまでにラウンドアバウトの走行経験がない20歳代から50歳代の男女10名の被験者が参加した。被験者は、全員が視覚に対する健常者であり、運転時の目線高さは116cmから122cmの範囲であった。

5. 2. 4 走行方法及び走行条件

走行試験では、被験者は乗用車（トヨタ カローラフィールダー）を運転する。走行コースは、流入路からスタート（環道接続点から40m）し、環道を一周した後、流出路にゴール（環道接続点から40m）する（図-17）。

なお、環道接続部の交通制御方式は、流入側に対して環道側が優先する「ゆずれ（YIELD）」と「一時停止」の2パターンとした。

試験毎の走行条件は、模擬堆雪の高さ及び交通制御方式であり、被験者は同じ条件を4回から5回連続して走行する。また、同じ走行条件のうちに、車両もしくは歩行者がラウンドアバウト内に1回から2回進入し、被験者にその存在の意識付けを行った。なお、進入するタイミング等については被験者に知らせていない。

試験状況を図-18に示す。

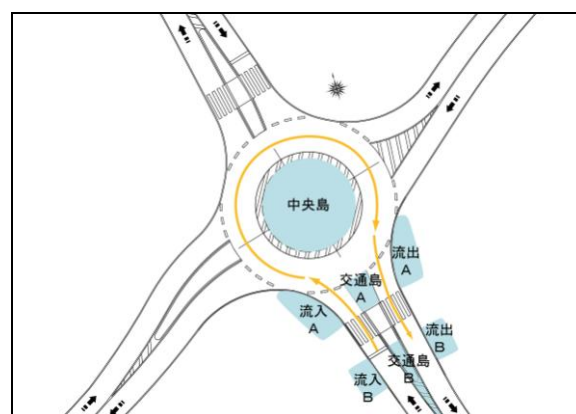


図-17 走行試験コース及び堆雪位置

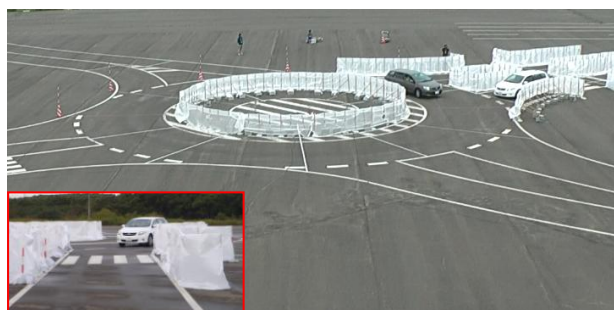


図-18 走行試験の状況（堆雪高さ1.2m、他走行車両有り）

5. 2. 5 主観評価

被験者は走行条件毎に、走行するうえでの各堆雪の支障度合いを主観により評価した。評価には7段階スケールのアンケートを用いた。

アンケートにより得られた7段階評価（主観評価点数）は、堆雪毎の比較を容易にするため被験者毎に標準化（（個々の点数－平均）／標準偏差）し、さらに堆雪毎の全被験者の値を平均することで基準値を求めた（表-4）。なお、基準値が高いほど（プラス方向）走行するうえでの支障になり、逆に基準値が低いほど（マイナス方向）支障にはならないとの主観評価結果となる。

この結果、以下のことが推定される。

- 堆雪の高さに伴い、主観評価点数も高くなることから、堆雪高さはドライバーへの支障となる。
- 各堆雪位置で主観評価点数が大きく異なることから、堆雪位置はドライバーへの支障度合いに影響する。
- 流入B、流出A、交通島A及びBの4箇所は、他の堆雪位置に比べて主観評価点数が高い。この4箇所は、堆雪の陰に隠れていると想定する対象に歩行者が含まれており、それ以外の堆雪位置には歩行者が含まれない。このことから、ドライバーは特に歩行者に注意しているといえる。
- 堆雪高さ1.0mは、堆雪高さ1.2m及び1.5mに比べ主観評価点数が特に低く、堆雪位置の違いによる主観評価点数の差も少ない。これは、堆雪高さ1.0mの場合、被験者の運転時の目線高さが堆雪より高い位置にあり、他の堆雪高さに比べ不可視範囲が少ないためであると推定する。
- 各堆雪位置及び高さにおいて、交通制御方式の違いによる主観評価の明確な差は見られなかった。このことから、交通制御方式の違いはドライバーへの支障度合いに影響しない。

表-4 主観評価の結果

走行条件	交通制御方式 堆雪高さ	YIELD			一時停止			平均点
		1.0m	1.2m	1.5m	1.0m	1.2m	1.5m	
堆雪位置	中央島	-1.18	-0.30	0.23	-1.18	-0.60	0.04	-0.50
	流入A	-0.81	0.18	0.82	-1.00	-0.07	0.39	-0.08
	流入B	-0.96	0.46	1.37	-0.73	0.49	1.45	0.35
	流出A	-0.67	0.57	1.50	-0.67	0.56	1.39	0.45
	流出B	-1.15	0.15	0.93	-1.07	0.09	0.54	-0.08
	交通島A	-0.93	0.89	1.66	-0.53	0.82	1.46	0.56
	交通島B	-1.19	0.33	0.84	-0.73	0.35	0.92	0.09
	平均点	-0.98	0.33	1.05	-0.84	0.23	0.88	-

5. 2. 5 運転挙動の計測

被験者が運転する乗用車に GPS 内蔵のデータロガー (Racelogic 社製 V-boxmini) を搭載し、各走行条件での乗用車の 0.1 秒毎の走行速度を計測した。

計測したデータにより、計測区間内の運転挙動の変化を確認したほか、流入出路の環道接続点から 20m と環道部の区間を対象とした平均速度を整理し、模擬堆雪高さ及び交通制御方式の違いによる、走行速度への影響について検証した (図-19、表-5)。

なお、平均速度の整理にあたっては、模擬堆雪の高さ

及び交通制御方式以外の影響を排除するため、他の走行車両もしくは歩行者との接近がない、3 回分の走行データのみを使用した。

この結果、以下のことが推定される。

- 計測区間内では、横断歩道を含む環道接続点前後の走行速度の低下が顕著であったことから、ドライバーはこの地点を特に注意して運転している。
- 堆雪の高さに伴い、走行速度が低下したことから、堆雪高さはドライバーの運転挙動に影響する。
- 堆雪高さ 1.2m から 1.5m への変化量に比べ、堆雪高さ 1.0m から 1.2m への変化量のほうが大きい。これは、主観評価と同じく、被験者の運転時の目線高さが影響していると推定する。
- 交通制御方式が一時停止である場合に比べて、一時停止義務がない YIELD では平均速度が高い。しかし、堆雪の高さに伴い、その差は減少する。

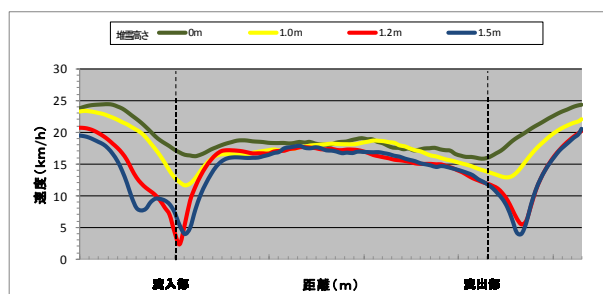


図-19 計測区間内の運転挙動の変化 (被験者 H、交通制御方式: YIELD)

表-5 運転挙動計測の結果

交通制御方式	堆雪高さ	YIELD				一時停止			
		0m	1.0m	1.2m	1.5m	0m	1.0m	1.2m	1.5m
平均速度 (km/h)	被験者A	19.20	19.82	17.73	16.16	19.97	18.85	15.62	16.23
	被験者B	18.77	18.22	16.46	15.86	15.60	14.65	12.76	13.48
	被験者C	19.15	18.73	16.43	14.78	19.21	18.16	16.85	18.12
	被験者D	17.08	17.09	16.05	13.04	14.59	14.65	14.06	13.13
	被験者E	16.81	16.65	15.91	12.65	15.21	14.84	13.04	12.38
	被験者F	20.74	19.94	17.70	14.58	16.13	13.97	13.36	12.82
	被験者G	19.22	17.46	14.72	14.08	18.36	15.43	14.56	14.84
	被験者H	19.67	18.25	14.13	14.63	17.14	16.89	16.80	13.66
	被験者I	20.02	18.07	14.54	13.27	15.47	13.72	12.87	12.58
	被験者J	19.11	18.46	15.96	14.54	16.15	16.20	16.62	15.67
被験者の平均		18.98	18.27	15.96	14.36	16.78	15.74	14.65	14.29
YIELD 堆雪高さ0mとの比較 (%)		-	96.3%	84.1%	75.7%	88.4%	82.9%	77.2%	75.3%

6. まとめ

平成24年度は、研究の初年度として、積雪寒冷地におけるラウンドアバウトの実道導入に向けた課題整理、ドライバーの走行性及び安全性評価に関する被験者試験、信号交差点が機能不全となった事例調査、および除雪車の実地試験を行った。

日本国内では、ラウンドアバウトの導入が一部進んでいるが(図-20)、北海道のような多雪寒冷な地域での導入事例はないため、引き続き、積雪寒冷地にラウンドアバウトを導入する場合の課題解決に取り組んでいく予定である。



図-20 ラウンドアバウト導入に関する新聞記事 (平成25年2月6日信濃毎日新聞、日刊第1面)

NCHRP Report 672、2000

- 3) たとえば、Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen (FGSV) : Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren、2006
- 4) たとえば、Department of Transport : Geometric Design of Roundabouts TD16/07、2007
- 5) 久保田尚、上野俊司、伊藤将司：譲り合いの生活道路、国際交通安全学会誌 vol.36, No.2、pp.133-138、2011
- 6) 気象庁：平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震調査報告、気象庁技術報告第133号、2012
<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/gizyutu/133/ALL.pdf>
- 7) 北村博文：災害に強い交通安全施設整備を推進、UTMS ニュース第31号、2011
- 8) たとえば、埼玉県：計画停電時の交通安全について 合い言葉は「ゆずりあい埼玉」!、2011
<http://www.pref.saitama.lg.jp/site/jikotoujisyu/jisinkanren.html>
- 9) たとえば、東京海上日動火災保険株式会社：計画停電地域での交通リスク ～警察官等のいない交差点での重大事故～、リスクマネジメント最前線<東日本大震災 臨時号 No.2>、2011
- 10) 札幌管区気象台：平成24年11月27日 暴風雪と高波に関する気象速報、2012
<http://www.jma-net.go.jp/sapporo/saigai/pdf/KishoH241127.pdf>
- 11) (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
- 12) 財団法人国際交通安全学会：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報告書
- 13) Pochowski, A. and Myers, E. J.: Review of State Roundabout Programs, Transportation Research Record, No.2182, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., pp.121-128, 2010.
- 14) 社団法人日本建設機械化協会：2005 除雪・防雪ハンドブック (除雪編)、2004

参考文献

- 1) 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
URL: <http://committees.jsce.or.jp/2011quake/node/93>
- 2) たとえば、FHWA(Federal Highway Administration) : Roundabouts An Informational Guide Second Edition、

A STUDY ON INTRODUCTION OF NEW INTERSECTION DESIGN IN COLD AND SNOWY REGIONS IN JAPAN

Budget : Grants for operating expenses

General account

Research Period : FY2012 - 2014

Research Team : Traffic Engineering Research Team
and Machinery Technology Research
Team

Author : TAKAHASHI Naoto

MUNEHIRO Kazunori,

KAGEYAMA Hiroyuki

MAKINO Masatoshi

OGAMI Tetsuya

ISHIKAWA Masahiro

NAKAMURA Ryuichi

Abstract : In Japan, traffic safety measures have still remained a critical issue. As for the number of traffic accidents in 2010, 56% of them were intersection-related crashes and 42% were non-intersection-related crashes. Besides, one-third of fatalities from traffic accidents occurred in Hokkaido in 2010, died in intersection accidents. Therefore, safety measures against intersection accidents are indispensable to improve traffic safety. In western countries, unsignalized and circular intersections named “roundabouts” in which priority is given to the circulating flow have been actively introduced. Although roundabouts have showed significant improvements in traffic safety, few roundabouts have been introduced in cold and snowy regions such as Hokkaido. The purpose of the study is to verify the basic performance of roundabouts and explore ways of winter road maintenance in cold and snowy regions.

Key words : cold and snowy regions, intersection design, roundabout, drivability, winter road maintenance