

平成22年度

ラウンドアバウトの除雪に関する 走行軌跡及び視認性試験の報告について

独) 土木研究所寒地土木研究所 寒地機械技術チーム ○大上 哲也
牧野 正敏
石川 真大

ラウンドアバウトは、一般の交差点に比べ、安全性、円滑性、経済性に優れ、各国で積極的に導入されている。日本においても、現在、指針等の整備が進められているほか、試験道路における実証データも収集されつつある。しかし、日本国内でのラウンドアバウトの導入事例は少なく、冬期間の維持管理手法については検討がなされていない。

このことから、冬期の安全な道路交通機能の確保に資することを目的に、模擬ラウンドアバウトにおいて各種試験を行い、ラウンドアバウトの効率的な除雪工法について検討した。この結果、除雪機械の選定方法及び視認性を考慮した堆雪位置の提案が可能となった。

キーワード：ラウンドアバウト、除雪、走行軌跡、視認性

1. はじめに¹⁾

ラウンドアバウトとは、「環道交通流に優先権があり、かつ環道交通流は信号機や一時停止などにより中断されない、円形の平面交差点の一方通行制御方式」であり、一般の交差点に比べ、交差点内の錯綜点が少ないなど安全性に優れるほか、信号機を使用しないことなどから、円滑性、経済性に優れ、各国で積極的に導入されている。日本においても、現在、指針等の整備が進められているほか、試験道路における実証データも収集されつつある。

しかし、日本国内でのラウンドアバウトの導入事例は少なく、冬期間の維持管理手法については検討がなされていない状況にある(写真-1)。

このことから、本研究ではラウンドアバウトの維持管理のうち、特に積雪寒冷地の問題に特化し、冬期の安全な道路交通機能の確保に資することを目的に、除雪機械の選定方法や堆雪位置及び高さなど、ラウンドアバウトの効率的な除雪工法について検討した。



写真-1 ラウンドアバウト (愛知県豊田市)

2. 検討方針

ラウンドアバウトを効率的に除雪管理するためには、その前後の道路と同じ除雪車両による連続的な作業が有効であるが、ラウンドアバウトにおける各種除雪車両での除雪の可否は確認されていない。

また、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が、この堆雪は日々の除雪によって大きくなり、一般通行車両及び歩行者の視界を遮ることがある。

以上のことから、本研究では下記2点を検討方針とした。

- ① 効率的な除雪を目的に、ラウンドアバウトに接続が想定される道路に合致した除雪車両を用いて、除雪(走行)の可否を確認する
- ② 安全性の確保を目的に、一般通行車両及び歩行者の視認性を考慮した、堆雪位置及び高さを検討する

具体的には、実スケールでの模擬ラウンドアバウトにおいて、除雪車両の実走行による走行軌跡試験を行ったほか、模擬堆雪を用いた視認性確認試験及び被験者ドライバーによる主観評価試験を行った。

3. 試験期間と試験場所

本試験期間と試験場所は以下に示す通りである。

- ① 試験期間：2009年10月21日
(主観評価試験)
：2010年 8月 3～ 5日
(走行軌跡、視認性確認、主観評価試験)
- ② 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)
- ③ 模擬ラウンドアバウト構造 (図-1)
 - ・種級区分：3種2級相当の交差点
 - ・環道外径：26.0m
 - ・中央島直径：8.0m
 - ・環道幅員：9.0m (エプロン含む)
 - ・流出入口幅員：3.25m
 - ・流入部曲線半径：13.0m
 - ・流出部曲線半径：15.0m



図-1 模擬ラウンドアバウト平面図

4. 走行軌跡試験

除雪車両による連続的な作業を想定し、RTK-GNSS計測器等により、各除雪車両の走行軌跡を確認した。

(1) 試験車両

試験車両は、模擬ラウンドアバウトに接続が想定される道路の種級区分 (3種2級) に合致した、代表的な下記3機種の除雪車両 (図-2) により行った。

なお、除雪トラック及び除雪グレーダの操舵は前輪操舵式であるのに比べ、ホイールショベルは車体屈折式である。

- ・除雪トラック：UD KC-CZ53BNN、10t級IGS
- ・除雪グレーダ：小松 GD70A4A、4.0m級
- ・ホイールショベル：川崎 70Z2、13t級Ba

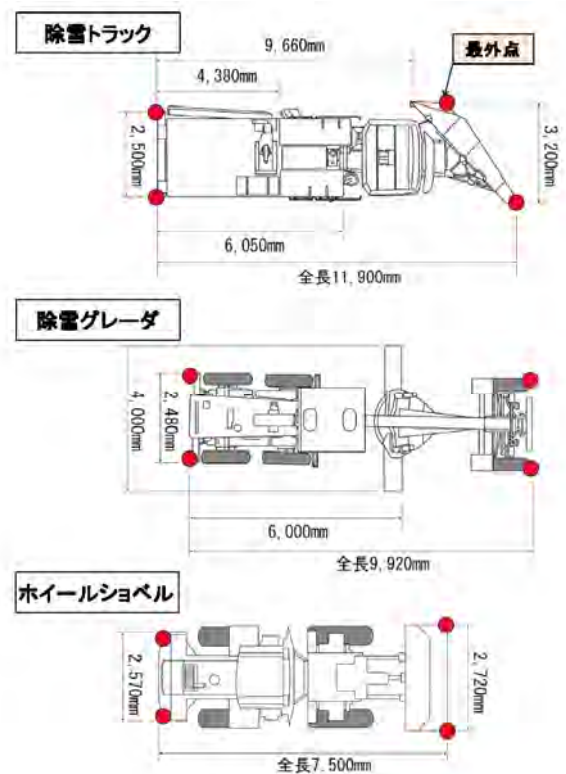


図-2 試験車両概略図

(2) 走行方法

走行方法は、実作業を鑑み「周回、右折、直進、左折」の4パターン (図-3) とした。

周回、右折、直進は中央島外周部分の除雪を想定し、除雪装置右端部を中央島に沿わせた走行の可否、左折については環道外周部分の除雪を想定し、除雪装置左端部を環道外周に沿わせた走行の可否に注目した。

また、走行速度については実作業を想定した速度 (除雪トラック：約10km/h、除雪グレーダ及びホイールショベル：約7km/h) のほか、最低速度 (各除雪車両共通：約3km/h) においても走行軌跡の計測を行った。

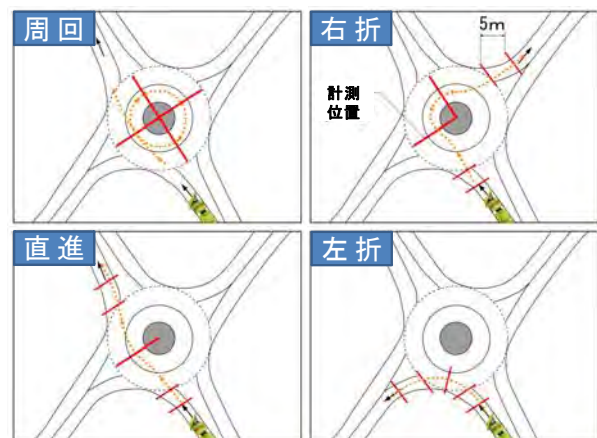


図-3 走行パターン及び計測箇所図

(3) 計測方法

試験場所内に設置した固定局と、車体上部に取付けた移動局（写真-2）を用いたRTK-GNSS計測により、車輛位置及び進行方向を把握し、予め登録した地図及び車輛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輛通過地点を計測した。

車輛通過地点は、中央島中心から各流出入路中心（左折試験では、隣接する流出入路間の中心）のほか、環道と流出入路の接線位置及び接線から流出入路側5mの位置（図-3）とし、各試験車輛の最外4点（図-2）の車輛通過位置の計測を行った。

なお、車輛位置及び進行方向を正確に把握するため、操舵が車体屈折式であるホイールショベルは移動局を3台使用した。

機器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社製 Hiper-II GGDM
- ・GNSS受信機(移動局)：TOPCON社製 LEGACY-E/GGD
- ・解析ソフト：ビィシステム社製 Scan Survey

② 計測条件

- ・データ取得間隔：1秒
- ・解析・描画取得間隔：1秒

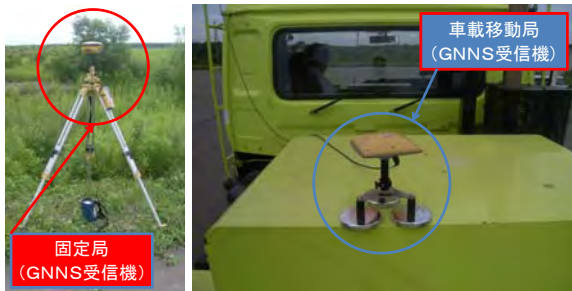


写真-2 GPS計測器取付け状況 (除雪トラック)

(4) 試験結果

前輪操舵式の除雪トラック及び除雪グレーダでは、中央島外周に沿った走行ができなかったほか、右左折試験では流出路において車輛外寸が車道幅員をはみ出すことも多くあった。一方、操舵が車体屈折式のホイールショベルについては、中央島及び環道外周に沿った走行が可能であったほか、右左折試験での流入出路においても車輛外寸が車道幅員をはみ出すことは少なかった。

以上のことから、環道外径26m、中央島直径8mの模擬ラウンドアバウトにおいては、ホイールショベルが最も優位であった（図-4.5）。

また、走行速度による走行軌跡の違いは、実除雪作業を想定した速度では、最低速度の時に比べ回転半径が平均2%大きくなった。今後は、冬期路面下での走行軌跡試験を実施し、路面摩擦係数等の影響についても確認する予定である。

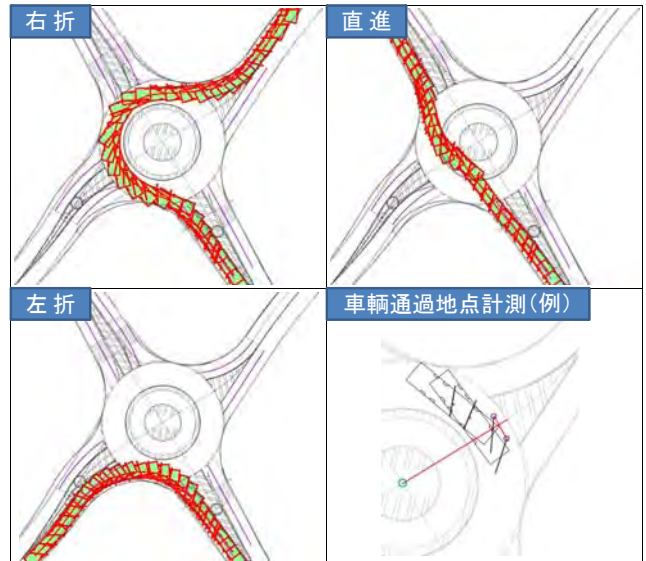


図-4 走行軌跡試験結果 (除雪トラック)

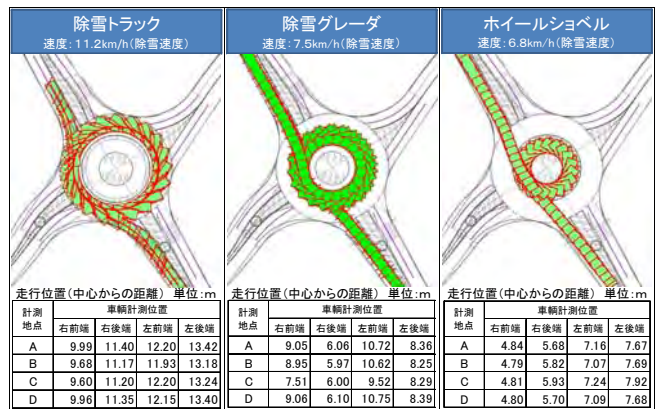


図-5 走行軌跡試験結果 (周回)

(5) 除雪機械の選定

走行軌跡試験の結果、最も優位であったホイールショベルは、除雪員及び回送性能などの理由から、幹線道路では車道の新雪除雪用機械ではなく付帯除雪用機械として配置されていることが多い。このため、ホイールショベルによりラウンドアバウトを付帯除雪として作業する場合には、路面状況の均一化を図るため、ラウンドアバウト前後の車道の新雪除雪と同じタイミングでの作業を計画する必要がある。

また、新規にラウンドアバウトを設置する場合には、中央島直径などを大きく設計することにより、ホイールショベルに比べて機動性や作業性が良好な除雪トラック及び除雪グレーダでの作業が可能となる（表-1）。

さらに、ラウンドアバウト前後の道路に配置されている既存除雪機械での作業を検討するなど、除雪機械の選定にあたっては、様々な現場条件を考慮する必要がある。

表-1 除雪機械の特性

機 械 名	機 械 の 特 徴	中央島直径 *1
除雪トラック	<ul style="list-style-type: none"> ・最も保有割合が高い新雪除雪機械 ・機動性(除雪速度)、居住性に優れる ・郊外部を中心に配置されている 	18m
除雪グレーダ	<ul style="list-style-type: none"> ・除雪トラックの次に保有割合の高い新雪除雪機械 ・作業性、圧雪除去能力に優れる ・都市部を中心に配置されている 	12m
ホイールショベル	<ul style="list-style-type: none"> ・一般的に生活道路や付帯除雪(後処理、特定箇所)用として配置されている ・旋回(小回り)性能に優れるが、回送性能が低い ・交通量の少ない地方道では新雪除雪機械として使用 	8m

*1：走行軌跡試験の結果、中央島外周部に沿った走行が可能と想定される最小の直径

5. 視認性確認試験

位置、高さ及び形状が異なるラウンドアバウト内の堆雪状況を想定し、運転者・歩行者相互の実際の見え方について確認した。

(1) 試験条件

試験コース内の環道4箇所、流入路3箇所に除雪グレーダ及び乗用車、歩道3箇所に歩行者(マネキン人形)をそれぞれの幅員の中心(環道はエプロンを除く中心)に配置し、さらに、視認性を阻害する堆雪の高さは、0m、1.2m及び1.5mの3パターンとし、測量ポール等にロープを取り付けた模擬堆雪により再現した(図-6)。

試験車両等を以下に示す。

- ・除雪グレーダ：小松 GD70A4A (全長=9.92m、全幅=2.48m、全高=3.78m、視線高=3.06m)
- ・乗用車(撮影専用)：トヨタ カラファイルダー (全長=4.420m、全幅=1.690m、視線高=1.13m)
- ・乗用車(被写体専用)：トヨタ カデッセ (全長=4.510m、全幅=1.740m、全高=1.44m)
- ・歩行者(マネキン人形)：全高1.73m、視線高1.60m

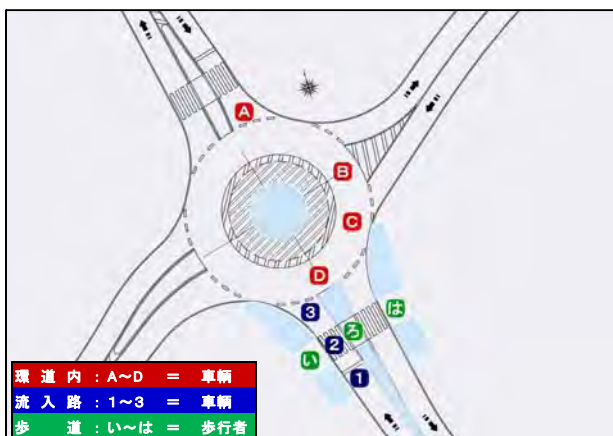


図-6 車両等配置

(2) 試験方法

試験コース内に設置した、各試験車両(除雪グレーダ、乗用車)の運転者及び歩行者のそれぞれの目線レベルから、人間の視野に近い画角とされる50mmレンズにより相互に撮影し、撮影条件(車両、撮影位置、堆雪高さ等)が異なる合計474パターンの画像を比較検証することにより、条件の変化に伴う実際の見え方について確認した(写真-3)。

なお、比較検証にあたっては、撮影した画像のロープの高さまでを堆雪として画像加工することにより、堆雪位置及び高さを視覚的に表したほか、画像データのピクセル数をカウントすることにより、視認対象物の視認できる面積を定量的に評価した。



写真-3 撮影状況(視認性確認試験)

(3) 試験結果

堆雪高さ1.5mでは歩行者の頭部もしくは車両上部しか視認できないことが多いのに比べ、堆雪高さ1.2mでは歩行者の胸部もしくは車両運転席より上が確認できることが多かった(写真-4)。さらに、視認対象物は下部に向かうほど視認できる面積が増える傾向にあり、堆雪高さ1.5mに比べ堆雪高さ1.2mでは、視認面積が5倍以上に増える場合もあるなど、その視認できる高さの差以上に大きな差となった(表-2)。

また、除雪車両からの視認性では、視認対象物に近づくほど視認面積が増える傾向であるのに比べ、乗用車では視線高さが堆雪高さより低いいため、反対の傾向となった。

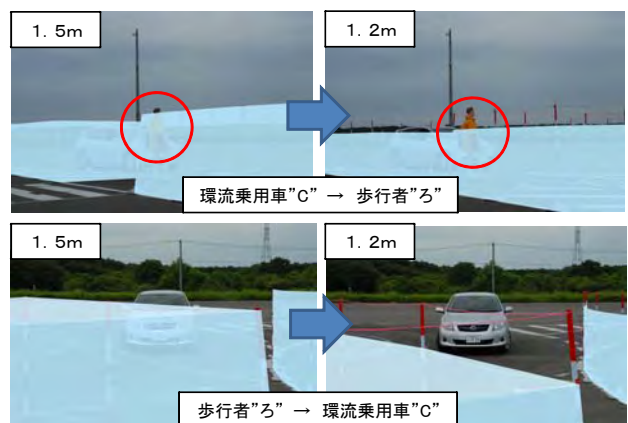


写真-4 堆雪高さの違いによる視認性比較

表-2 視認面積の比較 (例)

視認対象	歩行者 "ろ"					
	堆雪なし		堆雪1.2m		堆雪1.5m	
	ピクセル数	割合	ピクセル数	割合	ピクセル数	割合
撮影位置						
除雪グレーダ 還流A	5,135	100%	1,838	35.8%	678	13.2%
除雪グレーダ 還流B	12,102	100%	4,614	38.1%	244	2.0%
除雪グレーダ 還流C	19,580	100%	9,271	47.3%	3,628	18.5%
乗用車 還流A	6,730	100%	501	7.4%	0	0.0%
乗用車 還流B	15,064	100%	3,470	23.0%	619	4.1%
乗用車 還流C	31,602	100%	6,698	21.2%	1,249	4.0%

表-3 被験者の一覧

試験年次	被験者	年齢	性別	運転歴(年)	年間走行距離(km)
H21実施	A	34	男	16	約20,000
	B	24	男	5	約3,000
	C	29	男	11	約20,000
	D	49	男	31	約4,000
	E	35	男	16	約6,000
	F	46	男	27	約30,000
	G	37	男	19	約8,000
H22実施	H	32	男	10	約10,000
	I	40	男	21	約10,000
	J	45	男	26	約3,000
	K	41	男	20	約17,000
	L	42	男	23	約4,000
	M	36	男	16	約8,000
	N	24	男	2	約2,000
	O	26	女	2	約300
	P	45	男	27	約60,000
Q	52	男	28	約60,000	

被験者F、P、Q：除雪機械オペレータ

6. 主観評価試験

位置、高さ及び形状が異なる、模擬堆雪が設置されたラウンドアバウトを被験者が実際に走行し、運転に対する影響度（支障度合い）を各堆雪毎に評価した。

(1) 試験方法

走行毎に堆雪高さ及び交通島の堆雪形状が異なるラウンドアバウトを被験者が4回走行し、走行するうえで支障となる堆雪の影響度を7段階スケールにより評価した。

被験者の17名（平成21年：7名、平成22年：10名）に重複者はなく、全員が視覚に対する健常者であり、その内3名は除雪機械オペレータである（表-3）。堆雪の高さ及び交通島の形状は、測量ポール等に白色のネットを取り付けた模擬堆雪により再現した。

被験者は、流入路からスタートし、環道を二周走行した後、流出路にゴールするコース（図-7）を運転（乗用車 トヨタカルディナ）し、走行の度にアンケート（図-8）により評価を行った。なお、同じ堆雪を複数回評価した場合は平均値を評価点数とした。

参考として、被験者が注意すると想定される堆雪毎及び走行状態別の対象（堆雪の存在のために、視認できていないと想定する対象物）を表-4に示す。

また、これとは別に、ラウンドアバウトに類似した道路構造であるロータリ交差点の除雪工事を担当している請負会社の監督者及びオペレータに対して、一般交通の支障にならないと想定される堆雪位置についてヒアリングを行った。

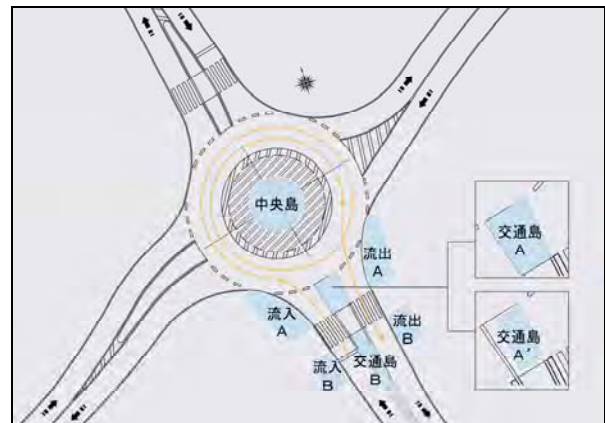


図-7 主観評価試験コース

Q: 走行するうえでの影響度を雪堆毎にチェック(O)してください

【1回目】 氏名: _____

中央島 1.2m	1	2	3	4	5	6	7
流入A 1.2m	1	2	3	4	5	6	7
流入B 1.2m	1	2	3	4	5	6	7
流出A 1.2m	1	2	3	4	5	6	7
流出B 1.2m	1	2	3	4	5	6	7
交通島A 1.2m	1	2	3	4	5	6	7
交通島B 1.2m	1	2	3	4	5	6	7

支障にならない 支障になる

図-8 アンケート表

表-4 想定される注意対象

模擬堆雪位置	走行状態		
	環道走行時	流入時	流出時
中央島	通行車輛	通行車輛	—
流入A	—	通行車輛	—
流入B	—	歩行者	—
流出A	—	—	歩行者
流出B	—	—	通行車輛
交通島A	—	通行車輛	歩行者
交通島A'	—	通行車輛	歩行者
交通島B	—	歩行者	通行車輛

(2) 試験結果

アンケートにより得られた7段階評価（主観評価点数）について、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）し基準値を求め、さらに堆雪毎の全被験者の平均を求めた（表-5、図-9）。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）支障にはならない堆雪位置であるとの主観評価結果となる。

この結果により以下のことが推定される。

- ・平成21年と平成22年の試験結果は整合していた
- ・想定される注意対象が通行車両のみである、中央島、流入A及び流出Bの3箇所は、他の堆雪箇所には比べ基準値が著しく低い（「歩行者」>「通行車両」）
- ・全ての箇所において堆雪高さが1.5mに比べ1.2mの基準値が低い（「1.5m」>「1.2m」）
- ・堆雪高さの違いによる基準値の変動幅に比べ、堆雪位置の違いによる基準値の変動が大きい（「堆雪位置」>「堆雪高さ」）
- ・堆雪位置が同じで堆雪形状が異なる交通島Aと交通島A'では、視野範囲が広い交通島A'の基準値が低い
- ・除雪機械オペレータである被験者F、P、Qと他の被験者の主観評価はほぼ同じ傾向である

表-5 主観評価の結果

高さ	位置	主観評価点数(基準値)					
		H21		H22		集計	
		基準値(平均)	順位	基準値(平均)	順位	基準値(平均)	順位
1.5m	中央島	-0.99	13	-0.81	12	-0.88	12
	交通島A	1.21	2	1.24	1	1.23	2
	交通島A'	0.62	6	0.20	8	0.36	7
	交通島B	1.16	3	0.92	4	1.02	3
	流入A	-0.82	11	-0.70	11	-0.75	11
	流入B	0.70	4	1.09	3	0.93	4
	流出A	1.29	1	1.24	2	1.26	1
	流出B	-0.98	12	-0.92	13	-0.94	13
1.2m	中央島	-1.15	16	-1.14	15	-1.14	16
	交通島A	0.67	5	0.56	5	0.61	5
	交通島A'	0.13	9	-0.27	10	-0.11	10
	交通島B	-0.08	10	0.05	9	-0.01	9
	流入A	-1.05	14	-1.07	14	-1.06	14
	流入B	0.22	8	0.29	7	0.26	8
	流出A	0.28	7	0.48	6	0.40	6
	流出B	-1.13	15	-1.15	16	-1.14	15

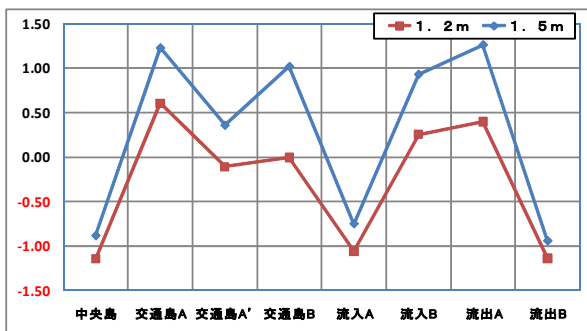


図-9 主観評価の結果(集計)

(3) 堆雪位置の提案

主観評価試験の結果、除雪した雪は、中央島、流入A及び流出Bに堆雪するのが望ましい。しかし、流入Aは日々の除雪によって堆雪が大きく（堆雪面積が広く）なり、隣接した接続道路の流出Aの堆雪位置に変化する可能性もあることから、環道外径26mのラウンドアバウトを除雪するうえでの堆雪位置は、中央島及び流出Bが最も望ましいと考える。

なお、中央島及び流出Bに堆雪場所を限定した場合、堆雪高さによる基準値の違いは少なかったが、視認性確認試験の結果を踏まえ、堆雪高さは1.2mが望ましい。

また、ロータリ交差点の除雪工事を担当している請負会社の監督者及びオペレータとのヒアリングの結果も、堆雪位置として望ましいのは中央島であるなど整合していたことから、このことから試験結果が妥当であると判断する。

7. おわりに

本研究では、冬期の安全な道路交通機能の確保に資することを目的に、ラウンドアバウトの効率的な除雪工法を検討するため、走行軌跡、視認性確認及び主観評価試験を行った。その結果、除雪機械の選定手法及び視認性を考慮した堆雪位置の提案が可能になった。

今後は、冬期路面下での走行軌跡試験を実施するほか、除雪の作業手順及びコストについて検討するなど、更なる知見を深めていく所存である。

謝辞：本試験の実施にあたりご助言、ご協力頂いた方々に対し、ここに謝意を表する。

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, No3, 2009年5月.
- 2) 宗広一徳, 高橋尚人, 葛西聡：試験車両を用いたラウンドアバウトの走行実験, 第39回土木学会土木計画学研究発表会, 2009年6月.
- 3) 大上哲也, 牧野正敏, 柳沢雄二：ラウンドアバウトの効率的な除雪工法の検討, 第41回土木学会土木計画学研究発表会, 2010年6月.