ラウンドアバウトにおける 効率的な除雪工法の検討

大上 哲也¹・牧野 正敏²・石川 真大³

¹正会員 (独)寒地土木研究所 研究員 (〒062-8602 北海道札幌市豊平区平岸一条三丁目1-34)

E-mail: oogami-t22aa@ceri.go.jp

²(独)寒地土木研究所 研究員 (〒062-8602 北海道札幌市豊平区平岸一条三丁目1-34)

E-mail: makino-m@ceri.go.jp

³(独)寒地土木研究所 研究員 (〒062-8602 北海道札幌市豊平区平岸一条三丁目1-34)

E-mail: ishikawa-ma@ceri.go.jp

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、特に、日本の北部地方は積雪寒冷で気象条件が厳しいことから、冬期間におけるラウンドアバウトの効率的な維持管理手法の確立が必要である。

このことから、本研究では積雪寒冷地におけるラウンドアバウトの問題に特化し、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、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。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及び高さの提案が可能となった。

Key Words : roundabouts, snow removal, vehicular swept path, visibility, snow piles

1. はじめに

ラウンドアバウト(写真-1)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。また、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¹⁾ほか、試験道路における実証データも収集されつつある²⁾。

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、特に、日本は積雪・寒冷地域が国土の約60%を占め(図-1, 写真-2)、そこに2,800万人以上という多くの人々が暮らす地域である³⁾ことから、ラウンドアバウトが日本国内で普及するためには、積雪・寒冷地域への対応を考慮せざるを得なく、冬期間におけるラウンドアバウトの効率的な除雪工法の検討が必要である。

このことから、本研究では積雪寒冷地におけるラウンドアバウトの問題に特化し、今後ラウンドアバウトの積

雪・寒冷地域への適用を図る際の基礎資料とすることを目的に、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。

写真-1 ラウンドアバウト(愛知県豊田市)

図-1 日本における積雪・寒冷地域

写真-2 歩行道間の堆雪が視認性を阻害している状況
(北海道北見市)

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、ラウンドアバウトに接続する道路と同じ除雪車両による連続的な除雪が有効である。ラウンドアバウトの除雪については、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するヒアリング調査なども行われている⁴⁾が、各除雪車両でのラウンドアバウトの環道外径の違いによる除雪（走行）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。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。

図-2 模擬ラウンドアバウト平面図

- 1) 効率的な除雪を目的に、代表的な除雪車両を用いて、各除雪車両のラウンドアバウトでの除雪（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相互の視認性を考慮した、堆雪位置及び高さを検討する

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-2）
 - ・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）
 - ・流入入路幅員：3.25m
 - ・流入部曲線半径：13.0m
 - ・流出部曲線半径：15.0m

4. 走行軌跡試験

除雪車両が実際に実スケールの模擬ラウンドアバウトを走行し、走行軌跡と車両通過地点をRTK-GNSSにより、除雪が可能な最少回転半径をビデオ画像により計測した。

(1) 試験車両⁵⁾

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級相当）に合致した，代表的な除雪車輛の3機種（図-3，表-1）により行った。

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，ホイールショベルは車体を屈折させることにより操舵する方式である。

- ・除雪トラック（10t級）：ニッサンディーゼル KC-CZ53BNN
- ・除雪グレーダ（4.0m級）：小松 GD70A4A
- ・ホイールショベル（13t級）：川崎 70Z2

(2) 走行方法

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（図-4）を実施した。

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の外周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

図-3 試験車輛概略図

表-1 代表的な除雪車輛の特徴

機 械 名	操舵方式	特 徴
除雪トラック	前輪操舵	・機動性，居住性に優れる ・郊外部を中心に配置
除雪グレーダ	前輪操舵	・作業性，圧雪除去能力に優れる ・都市部を中心に配置
ホイールショベル	車体屈折	・旋回（小回り）性能に優れる ・一般的に生活道路や交差点などの特定箇所として配置

左端部を環道の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（各除雪車輛共通：約3km/h）においても走行軌跡の計測を行った。

(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-3）を用いたRTK-GNSS計測を行った．この計測で車輛位置及び進行方向を把握し，さらに，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。

車輛通過地点の計測位置は，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）を結ぶラインのほか，環道と流出入路の接続位置及び接続位置から流出入路側5mの位置（図-4）とし，各試験車輛の最外4点（図-3）の車輛通過地点の計測を行った。

なお，操舵が車体屈折式であるホイールショベルは，車輛位置及び進行方向を正確に把握するため，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 Hiper-II GGDM
- ・GNSS受信機(移動局)：TOPCON LEGACY-E/GGD
- ・解析ソフト：ビーシステム社製 Scan Survey

2) 計測条件

- ・データ取得間隔：1秒
- ・解析・描画間隔：1秒

図-4 走行パターン及び計測箇所図

写真-3 GNSS計測器取付け状況（除雪トラック）

さらに、高所作業車から撮影した各試験車輛の周回状況の画像を用いて、中央島中心から除雪装置（図-3）の中央島側端部までの距離を計測し、除雪が可能な最小回転半径を求めた。

(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（図-5）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（図-6）。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（図-5、図-7）。さらに、ビデオ画像により計測した、除雪が可能な最少回転半径についてもホイールショベルは最も小さかった（図-5）。

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への適応においては、ホイールショベルが最も優位であった。

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も中央島直径8mに対して操舵の切れ角に余裕があったホイールショベルを除いた結果、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（表-2）。今後は、冬期雪氷路面下での走行軌跡試験を実施し、すべり摩擦等の影響についても確認する予定である。

(5) 除雪機械の選定

走行軌跡試験の結果、環道外径26m、中央島直径8mの模擬ラウンドアバウトへの適応においては、ホイールショベルが最も優位であった。しかし、ホイールショベル

図-6 走行軌跡試験結果
(除雪トラック右折試験及び除雪グレーダ左折試験)

図-7 走行軌跡試験結果（ホイールショベル）

* : 走行軌跡図の赤線は試験車輛の外形(除雪装置を含む)
* 1 : 中央島中心から試験車輛の最外4点までの距離(RTK-GNSS計測)
* 2 : 中央島中心から試験車輛の除雪装置端部までの距離(ビデオ計測)

図-5 走行軌跡試験結果（周回試験）

表-2 走行速度別の回転半径の比較

	回転半径*1 (単位: m)		走行速度による変化率 (b/a)
	最低速度 (a)	実作業を 想定した速度 (b)	
除雪トラック	11.55	11.67	101%
除雪グレーダ	8.30	8.54	103%
ホイールショベル	6.57	6.39	97%
平均	8.81	8.87	101%
平均(ホイールショベル除き)	9.93	10.11	102%

* 1 : 各速度毎に2回づつ実施した周回試験における、試験車輛の最外4点の車輦通過地点(A～D)の平均

は、除雪幅員及び回送性能などの理由から、幹線道路では車道部ではなく交差点などの特定箇所として配置されていることが多い。このため、ラウンドアバウトに接続する道路との連続的な除雪ができない可能性が高く、その場合には、路面状況の均一化を図るため、ラウンドアバウトに接続する車道の除雪とラウンドアバウトの除雪を同じタイミングで実施できるように計画する必要がある。

また、ラウンドアバウトの安全性や交通容量など、必要な条件を踏まえたうえで、ラウンドアバウトの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や除雪グレーダでの作業が可能となる。この場合、ラウンドアバウトと接続する道路との連続的な除雪が可能となることから、効率的な除雪管理が期待できる。

以上のことから、除雪機械の選定にあたっては、走行軌跡試験の結果のほか、ラウンドアバウトの形状、接続する道路状況や、既に配置されている除雪車輛の機種など、様々な条件を考慮する必要がある。

5. 視認性確認試験

位置及び高さが異なる模擬堆雪を用いて、ラウンドアバウト内での運転者・歩行者相互の実際の見え方（視認性）について試験を行った。

(1) 試験条件

視認対象物として、模擬ラウンドアバウト内の環道4箇所（A～D）、流入路3箇所（1～3）に除雪グレーダ及び乗用車、歩道3箇所（い～は）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）に配置した。さらに、視認性を阻害する堆雪は中央島、流入路及び流出路に合計7箇所、堆雪高さは、0m、1.2m及び1.5mの3パターンを想定した。なお、模擬堆雪は、測量ボールの堆雪高さの位置にロープを取り付けることにより再現した（図-8）。なお、本試験では視認対象物相互以外の車輛等は存在（走行）しないものとし、その影響については考慮していない。

視認対象物等を以下に示す。

- ・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）：トヨタカラーフィールダー（全長=4.42m、全幅=1.69m、視線高=1.13m）
- ・乗用車（被写体専用）：トヨタ カルディナ（全長=4.51m、全幅=1.74m、全高=1.44m）
- ・歩行者：マネキン人形 全高1.73m、視線高1.60m

(2) 試験方法

模擬ラウンドアバウト内に設置した、各試験車輛（除雪グレーダ、乗用車）の運転者及び歩行者のそれぞれの視線高さから、人間の視野に近い画角とされる50mmレンズを装着したカメラにより相互に撮影し、撮影条件（車輛、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、各撮影条件における実際の見え方の変化について確認した（写真-4）。

なお、比較検証にあたっては、撮影した画像を加工することにより、想定する堆雪の位置及び高さを視覚的に表したほか、画像データに写った視認対象物の視認できる範囲のピクセル数をカウントすることにより、視認面積を定量的に評価した。

(3) 試験結果

視認性確認試験の結果、堆雪高さ1.5mと1.2mでは、実際の見え方が大きく異なった。

具体例として、“環道C”に乗用車を配置し、“歩道ろ”に歩行者を配置し相互の見え方を調査した結果、堆雪高さ1.5mでは、乗用車からは歩行者の頭部（歩行者全体面積の約4%）、歩行者からは車輛上部（車輛全体面積の約19%）しか視認できないのに比べ、堆雪高さ1.2mでは歩行者の胸部より上（約21%）及び車輛全景（100%）が確認できた（写真-5）。

図-8 車輛等配置

写真-4 撮影状況（除雪グレーダの視線高さ）

写真-5 堆雪高さの違いによる視認性比較

表-3 視認面積の比較 (例)

視認対象物		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%	1,820	15.0%
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%

視認対象物は、例えば歩行者の頭部面積に比べ歩行者の胸部面積のほうが広いなど、下部に向かうほど視認できる面積が増える傾向にある。このことから、堆雪高さ1.5mに比べ1.2mでは視認面積が5倍以上に増える場合もあるなど、堆雪高さの差に比べ、それ以上の見え方の違いがあることを定量的に確認した(表-3)。

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にある。しかし、乗用車では視線高さが堆雪高さより低いため、反対の傾向になった。今後は、他利用者(ラウンドアバウト内に存在する車輛等)の存在による視認性への影響についても、確認する予定である。

6. 主観評価試験

位置、高さ及び形状が異なる模擬堆雪を用いて、堆雪が運転者に与える影響度(支障度合い)について試験を行った。

(1) 試験条件

堆雪は中央島、流入路及び流出路に合計7箇所、堆雪高さは1.2m及び1.5mの2パターン、堆雪の形状は交通島A

表-4 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)
2009年	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
2010年	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

のみ視野範囲が異なる2パターンとし、合計16パターンの堆雪を評価対象とした。なお、模擬堆雪の高さ及び交通島の形状は、測量ポールに白色のネットを取り付けることにより再現した。

(2) 試験方法

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乗用車により4回走行し、各堆雪毎に走行するうえでの支障度合いを7段階スケールにより評価した。

被験者の17名(2009年試験: 7名, 2010年試験: 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名は除雪車両オペレータである(表-4)。

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-9)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-10)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。

なお、運転者がラウンドアバウト走行時に注意する対象(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-5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を対象に、冬期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-9 主観評価試験コース

Q: 走行するうえでの影響度を雪堤毎にチェック(○)してください

【1回目】 氏名: _____

模擬堆雪位置	高さ	1	2	3	4	5	6	7
中央島	1.2m							
流入A	1.2m							
流入B	1.2m							
流出A	1.2m							
流出B	1.2m							
交通島A	1.2m							
交通島B	1.2m							

支障にならない 支障になる

図-10 アンケート表

表-5 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

(3) 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）（表-6、表-7）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-8、図-11）。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。

- ・2009年と2010年の試験結果は整合していたことから、各年のデータを集計した17名の主観による評価が可能である

表-6 主観評価の結果（2009年）

高さ	位置	2009年 主観評価試験(7段階評価点数)							基準値(平均)
		被験者A	被験者B	被験者C	被験者D	被験者E	被験者F	被験者G	
1.5m	中央島	1.0	1.0	6.0	3.0	1.0	2.0	2.0	-0.99
	交通島A	7.0	5.0	7.0	7.0	7.0	6.0	6.0	1.21
	交通島A'	4.0	—	6.0	7.0	5.0	6.0	5.0	0.62
	交通島B	7.0	6.0	7.0	7.0	6.0	6.0	5.0	1.16
	流入A	3.0	2.0	3.0	4.0	1.0	4.0	1.0	-0.82
	流入B	7.0	2.0	7.0	7.0	4.0	6.0	5.0	0.70
	流出A	7.0	6.0	7.0	7.0	6.0	6.0	7.0	1.29
1.2m	流出B	1.0	1.0	3.0	4.0	1.0	4.0	1.7	-0.98
	中央島	1.0	1.0	5.0	3.0	1.0	2.0	1.0	-1.15
	交通島A	5.0	3.0	6.0	7.0	6.0	5.0	6.0	0.67
	交通島A'	4.0	2.0	5.0	7.0	5.0	4.0	4.0	0.13
	交通島B	3.0	2.0	5.0	7.0	3.3	4.0	3.3	-0.08
	流入A	2.0	1.0	2.0	4.0	1.0	4.0	1.0	-1.05
	流入B	5.0	2.0	6.0	7.0	4.0	4.0	4.0	0.22
	流出A	5.0	2.0	6.0	7.0	4.0	4.0	5.0	0.28
	流出B	1.0	1.0	3.0	4.0	1.0	3.0	1.0	-1.13

表-7 主観評価の結果（2010年）

高さ	位置	2010年 主観評価試験(7段階評価点数)										基準値(平均)
		被験者H	被験者I	被験者J	被験者K	被験者L	被験者M	被験者N	被験者O	被験者P	被験者Q	
1.5m	中央島	1.0	3.0	1.0	2.0	2.0	2.0	3.0	3.0	2.0	5.0	-0.81
	交通島A	5.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	5.0	7.0	5.0	7.0	1.24
	交通島A'	4.0	5.0	5.0	3.0	5.0	5.0	3.0	4.0	4.0	6.0	0.20
	交通島B	5.0	7.0	7.0	6.0	7.0	5.0	6.0	6.0	6.0	3.0	0.92
	流入A	1.0	5.0	1.0	3.0	3.0	2.0	3.0	1.0	3.5	3.0	-0.70
	流入B	6.0	7.0	7.0	5.0	7.0	5.0	6.0	6.0	6.0	6.0	1.09
	流出A	6.0	7.0	7.0	6.0	7.0	5.0	6.0	6.0	6.0	7.0	1.24
1.2m	流出B	1.0	7.0	1.0	2.0	1.0	2.0	2.0	1.0	2.0	2.0	-0.92
	中央島	1.0	2.0	1.0	1.0	2.0	1.0	2.0	2.0	2.0	4.0	-1.14
	交通島A	4.0	6.0	5.0	5.0	6.0	6.0	4.0	6.0	4.0	5.0	0.56
	交通島A'	4.0	4.0	3.0	2.0	5.0	4.0	3.0	3.0	3.0	4.0	-0.27
	交通島B	4.0	5.3	4.3	4.0	5.0	4.0	2.0	5.0	4.7	3.0	0.05
	流入A	1.0	4.0	1.0	3.0	2.0	1.0	1.0	1.0	3.0	2.0	-1.07
	流入B	5.0	6.0	4.0	4.0	5.0	4.0	2.0	5.5	5.0	5.0	0.29
	流出A	5.0	6.0	4.0	4.0	6.0	4.0	2.0	5.0	7.0	6.0	0.48
	流出B	1.0	6.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	2.0	-1.15

表-8 主観評価の結果（集計）

高さ	位置	主観評価点数(基準値)					
		2009年		2010年		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
1.2m	流出B	-0.98	12	-0.92	13	-0.94	13
	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-11 主観評価の結果（集計）

- ・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，他の堆雪箇所と比べ基準値が著しく低いことから，歩行者の存在は通行車両の存在に比べ走行するうえでの支障となる（基準値を高くする）要因である
- ・全ての箇所において堆雪高さが1.5mに比べ1.2mの基準値が低いことから，堆雪高さ1.5mは堆雪高さ1.2mに比べ走行するうえでの支障となる要因である
- ・堆雪高さの違いによる基準値の変化量に比べ，堆雪位置の違いによる基準値の変化量が大きいことから，堆雪位置は堆雪高さより走行するうえでの支障度合い（基準値）に大きく影響する要因である
- ・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とそれ以外の被験者の主観評価結果は同じ傾向である

(4) 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，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，別に実施し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を対象とした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. まとめ

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の実施するほか，各試験において他利用者（ラウンドアバウト内に存在する車両等）の存在による影響や，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，馬淵大樹，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.44，2009．
- 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．
- 3) 国土交通省北海道開発局：冬期道路管理，2002．
- 4) 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．
- 5) (社)日本建設機械化協会：2005 除雪・防雪ハンドブック，2004．
- 6) 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．

(2011.2.25 受付)

STUDY OF EFFICIENT SNOW REMOVAL METHOD IN ROUNDABOUTS

Tetsuya OGAMI, Masatoshi MAKINO and Masahiro ISHIKAWA

Roundabouts have been actively introduced in many countries due to the higher levels of safety and traffic flow they offer compared with general intersections. Japan is also taking steps such as guideline development to promote them, along with the collection of demonstration data on test roads. However, only a few roundabouts have so far been introduced in the country, and northern Japan (an area known for its harsh weather conditions such as heavy snowfall and low temperatures) in particular faces a need to establish an efficient way to maintain and manage roundabouts in winter.

The results allow enhanced snowplow model selection according to roundabout shapes and enable the proposal of snow pile locations and heights in consideration of visibility and other factors. Study of efficient snow removal method in Roundabouts.