

ラウンドアバウトの効率的な除雪工法の検討*

Study of efficient snow removal method of Roundabout*

大上哲也**・牧野正敏***・柳沢雄二***

By Tetsuya OOGAMI**・Masatoshi MAKINO***・Yuuji YANAGISAWA***

1. はじめに

ラウンドアバウトは国内ではまだ数少ない道路構造であり、現在、指針等の整備が進められている¹⁾。また、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、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である。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、効率的な除雪工法の確立を目的に検討を行った。具体的には、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を確認するため、除雪車両の実走行による走行軌跡試験を行うとともに、一般通行車両及び歩行者の視認性を考慮した堆雪位置の検討を行うため、模擬雪堤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。

本稿では、各試験を中心に、ラウンドアバウトの効率的な除雪工法の検討について報告を行う。

2. 本報告の目的

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。

また、除雪車両により道路上から排除された雪は、道路脇にある堆雪スペースに堆雪されるが、この堆雪された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。

- ① 試験対象である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、実際の走行及び除雪の可否を確認する

- ② 安全性の確保を目的に、視認性を考慮した堆雪位置及び高さを検討する

3. 試験場所と試験期間

本試験場所と試験期間は以下に示す通りである。

①試験日時 : 2009年10月20～21日

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 試験ラウンドアバウト構造 (図-1)

- ・種級区分 : 3種2級相当同士の道路交差点
- ・環道外径 : 26.0m
- ・中央島外径 : 8.0m
- ・環道幅員 : 9.0m (エプロン含む)
- ・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

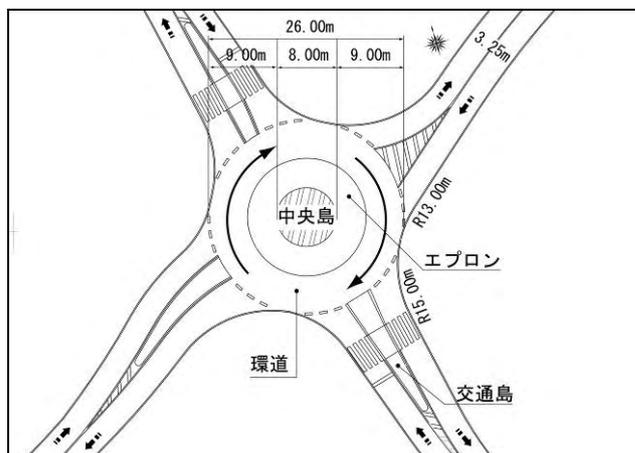


図-1 試験ラウンドアバウト平面図

4. 走行軌跡試験

ビデオ撮影によるラウンドアバウト内の予め定めた地点での車両通過位置計測と、車両に搭載したGPSによる連続した走行軌跡計測の異なる2つの手法により試験を行った。

*キーワード: ラウンドアバウト、除雪、走行軌跡、視認性

**正会員、(独) 土木研究所 寒地土木研究所寒地機械技術チーム (北海道札幌市豊平区平岸1条3丁目1番34号、TEL:011-590-4049、FAX:011-590-4048)

*** (独) 土木研究所 寒地土木研究所寒地機械技術チーム (北海道札幌市豊平区平岸1条3丁目1番34号、TEL:011-590-4049、FAX:011-590-4048)

(1) 試験車両と走行方法

走行方法は、実作業を鑑み「周回、右折、直進、左折」の4パターンとし、周回、右折、直進は中央島外周に除雪装置右端部を沿わせた走行の可否（追従性）、左折については環道外周及び左外側線への除雪装置左端部の追従性に注目した。また、走行速度については実除雪作業を想定した速度のほか、最低速度においても走行軌跡の計測を行った。

試験車両は、試験ラウンドアバウトの種級区分（3種2級）に合致した代表的な下記3機種の除雪車両により行った。なお、操舵方式は、除雪トラックは前輪操舵、ホイールショベルは車体屈折、除雪グレーダは前輪操舵と車体屈折の併用である。

- ・除雪トラック : UD KC-CZ53BNN、10t級IGS
- ・ホイールショベル : TCM ZW-140、11t級Ba
- ・除雪グレーダ : コマツ GD505A、3.7m級

(2) 計測方法

a) ビデオ撮影計測

各試験車両の最外点（除雪トラック及び除雪グレーダは6点、ホイールショベルは4点）に、ビデオカメラ及び車輛通過位置を示す差し棒を取り付け（図-2、写真-1）、予めラウンドアバウト内の路面上に貼り付けた計測テープと同時に撮影することにより、車輛通過位置の計測を行った。

なお、計測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方向）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の位置とした（図-3）。

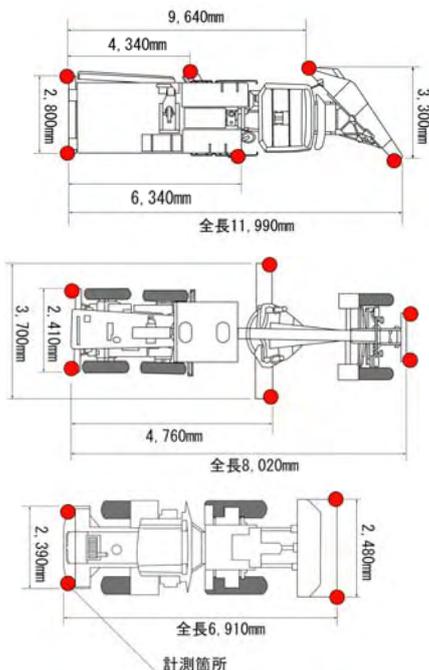


図-2 試験車両概略図



写真-1 ビデオ等取付け状況（ホイールショベル）

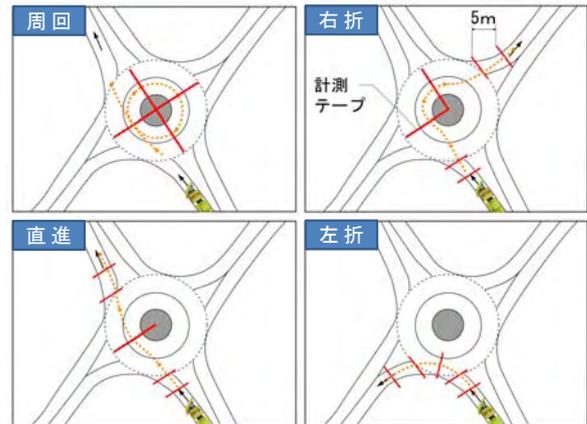


図-3 走行パターン及び計測箇所図

b) GPS計測

ビデオ撮影計測と同時にRTK-GPS計測器により連続的な走行軌跡の計測を行った。

具体的には、試験場所内に設置した固定局と車体上部に取付けたGPS装置（写真-2）により車輛位置を計測し、進行方向は車輛位置データにて解析を行い、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ににより、走行軌跡図を作成した。

機器仕様と計測条件を以下に示す。

- ・GPS受信機（固定局）：TOPCON社製 GB-1000（1台）
- ・GPS受信機（移動局）：TOPCON社製 GR-2100（1台）
- ・解析ソフト : ビーシステム社製 Scan Survey
- ・データ取得間隔 : 1秒
- ・解析・描画取得間隔 : 3秒



写真-2 GPS計測器取付け状況（除雪トラック）

(3) 試験結果

前輪操舵式の除雪トラックでは、中央島への追従ができなかったほか、右左折試験では流出路において車輪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除雪グレーダ及びホイールショベルについては、中央島及び環道外周への追従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輪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、操舵が前輪操舵式の除雪トラックに比べ、車体屈折式の除雪車両（除雪グレーダ及びホイールショベル）の優位性が確認できた。しかし、除雪グレーダでの車体屈折による操舵は、ハンドル操作以外にレバー操作が必要になり、また一般道では試験車両より大型の規格も使用されていることから、環道外径26mの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ることが分かった（図-4）。

但し、ホイールショベルは除雪幅員及び回送性などから、幹線道路では車道除雪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ため、ラウンドアバウト前後の道路と同じタイミングでの除雪が可能な除雪計画の策定が必要である。

なお、走行速度による走行軌跡の違いとして、最低速度の時に比べ、実際除雪作業を想定した速度での回転半径が平均2%程度大きくなった。路面の摩擦係数が影響している可能性があるため、冬期路面における走行軌跡についても確認する必要がある。

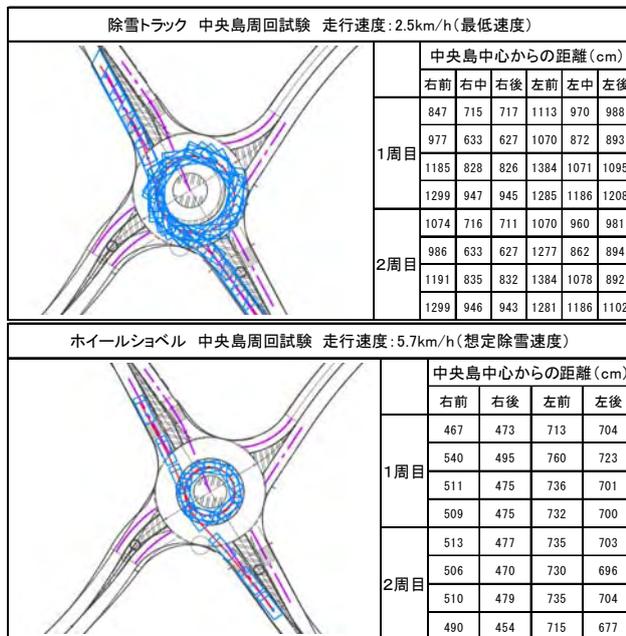


図-4 走行軌跡試験結果

(GPS計測による軌跡及びビデオ撮影による通過位置)

5. 視認性確認試験

ラウンドアバウト内における堆雪状況を想定した、運転者、歩行者相互の見え方について確認した。

(1) 試験方法

試験コース内の環道4箇所、流入路4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を、測量ポール等にロープを取り付けた模擬雪堤により再現した（図-5）。

堆雪高さは1.2mと1.5mの2パターンとし、人間の視野に近い画角とされる50mmレンズにより、それぞれの目線レベルから相互に撮影した合計268パターンの写真により比較検証した。

試験車両等を以下に示す。

- ・除雪グレーダ：コマツ GD505A（全長=8.02m、全幅=2.41m、全高=3.40m、視線高=3.10m）
- ・乗用車：スバル レガシィ（全長=4.680m、全幅=1.695m、全高=1.485m、非撮影車）
- ・乗用車：トヨタ カルディヤ（全長=4.510m、全幅=1.740m、全高=1.445m、視線高=1.10m）
- ・歩行者（マネキン人形）：全高1.73m、視線高1.60m

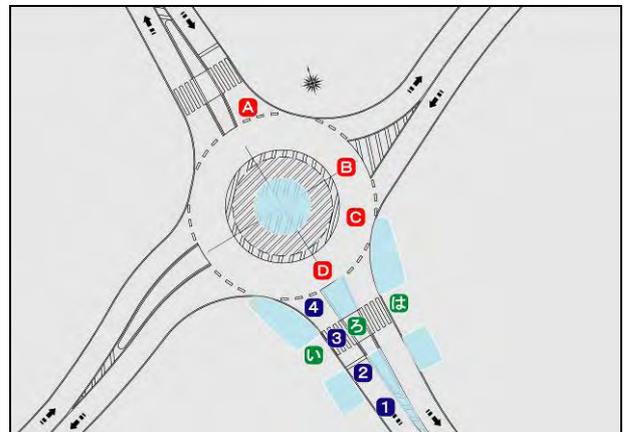


図-5 車両等配置

(2) 試験結果

堆雪高さ1.5mでは車両上部もしくは歩行者の頭部しか視認できないことが多いのに比べ、堆雪高さ1.2mでは車両運転席もしくは歩行者の胸部より上が確認できることが多くなった（写真-3）。さらに、視認対象物は下部に向かうほど視認対象面積が増える傾向があることから、主観的には、その視認できる高さの差以上に大きな差となった。定量的な評価をするため、被写体面積と比較するなど評価手法を検討する必要がある。

また、除雪車両からの視認性では、視認対象物に近

づくほど視認対象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ため反対の傾向となった（写真-4）。

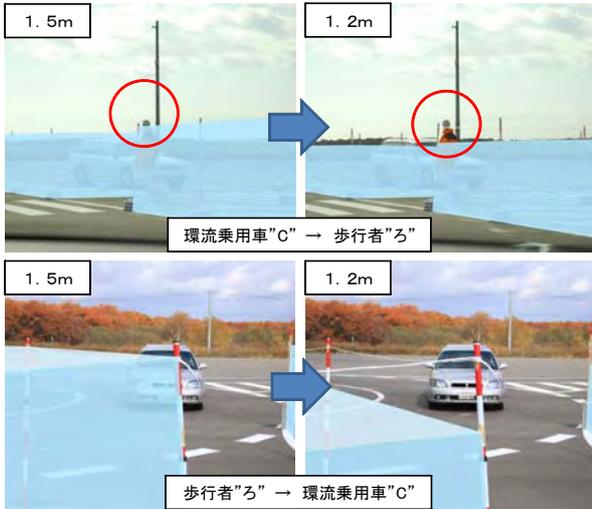


写真-3 堆雪高さの違いによる視認性比較

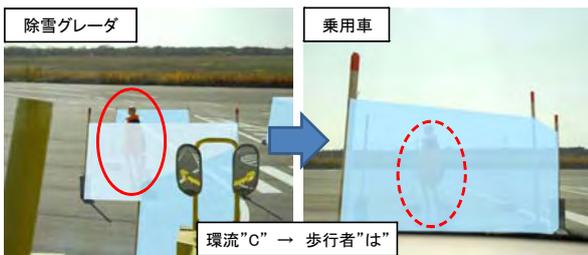


写真-4 車輻の違いによる視認性比較

6. 被験者による主観評価

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位置の影響度を7段階スケールにより評価した。

(1) 試験方法

被験者の7名は、全員が視覚に対する健常者であり、その内1名は除雪機械オペレータである（表-1）。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雪堤により再現した（写真-5）。

被験者は、流入路からスタートし、環道を一周半走行した後、流出路にゴールするコース（図-6）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-7）により評価を行った。なお、同じ雪堤を複数回評価した場合は平均値を評価点数とした。

被験者が注意すると想定される雪堤毎及び走行状態別の対象（雪堤の存在のために、視認できていないと想定する対象物）を表-2に示す。

表-1 被験者ドライバーの一覧

被験者	年齢	性別	運転歴(年)	年間走行距離(km)
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

被験者F：除雪機械オペレータ



写真-5 主観評価試験状況

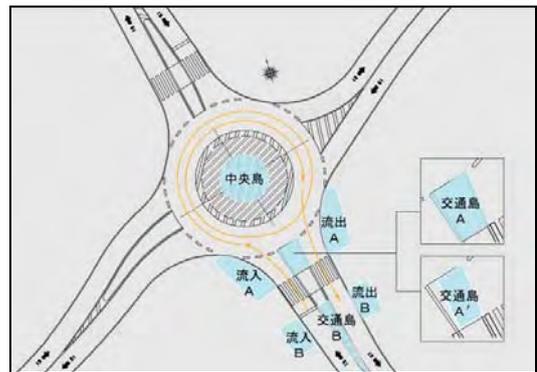


図-6 主観評価試験コース

Q: 走行するうえでの影響度を雪堤毎にチェック(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-7 アンケート表

表-2 想定される注意対象

模擬雪堤位置	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B	—	通行車輛	歩行者
交通島B	—	歩行者	通行車輛

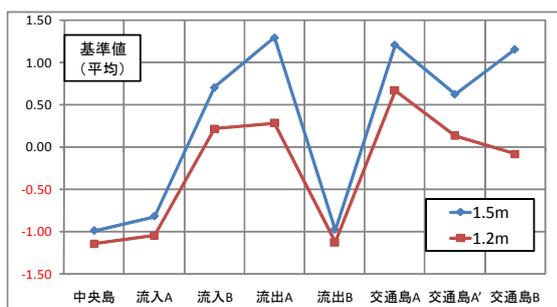
また、本試験とは別に、ラウンドアバウトに類似した構造であるロータリ交差点の除雪工事を担当している請負会社の監督者及びオペレータに対して、一般交通の支障にならないと想定される堆雪位置についてヒアリングを行った。

(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、雪堤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、さらに雪堤毎の全被験者の平均を求めた（表－3、図－8）。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）支障にはならない雪堤位置であるとの主観評価結果となる。

表－3 主観評価の結果

雪堤	主観評価点数							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
	流入A	3.0	2.0	3.0	4.0	1.0	4.0	1.0	-0.92
	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
	流出B	1.0	1.0	3.0	4.0	1.0	4.0	1.7	-0.98
	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
1.2m	中央島	1.0	1.0	5.0	3.0	1.0	2.0	1.0	-1.15
	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
	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



図－8 主観評価の結果

この結果により以下のことが推定される。

- ・想定される注意対象が通行車輛のみである、中央島、流入A及び流出Bの3箇所は、他の堆雪箇所に比べ基準値が著しく低い（「歩行者」>「通行車輛」）
- ・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と他の被験者の主観評価はほぼ同じ傾向である

以上のことから、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

本検討では、効率的な除雪工法の確立を目的に、環道外径26mのラウンドアバウトを対象として、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、操舵が車体屈折式である除雪車輛の優位性が確認できたほか、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、各試験方法を補完し外径が異なるラウンドアバウトに対して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。

最後に、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.