

ラウンドアバウト運転時における 堆雪の影響度合いに関する調査

大上 哲也¹・牧野 正敏²・石川 真大³・中村 隆一⁴

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 (〒070-0031 北海道旭川市一条通九丁目50-3旭川緑橋第一生命ビル4階)
E-mail: ishikawa-ma@ceri.go.jp

⁴(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: nakamura-r@ceri.go.jp

ラウンドアバウトは、一般の交差点に比べ安全性、円滑性及び経済性に優れ、欧米各国で積極的に導入されている。しかし、多雪地における導入例は少なく、冬期の維持管理手法に着目した研究事例も少ない。このことから、本研究では、ラウンドアバウトの冬期における安全な道路交通機能の確保に資することを目的に、日々の降雪や除雪により生じる堆雪に着目し、堆雪の位置や高さなどがドライバーに与える影響について調査した。

具体的には、堆雪を設置した模擬ラウンドアバウトを被験者が乗用車を運転して走行し、各堆雪がドライバーに与える影響度（支障度合い）について、主観による評価と、走行時の運転挙動（走行速度）の計測を堆雪高さなどが異なる複数の試験条件において行った。

本報告では、これら試験の概要と得られた結果について報告する。

Key Words : roundabouts, winter maintenance, snow piles, subjective assessment, driving behavior

1. はじめに

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、円形の平面交差部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、欧米各国で積極的に導入されている（写真-1）¹⁾。日本においても、現在、指針等の整備が進められている²⁾ほか、試験道路などにおける実証データも収集されつつある³⁾。

しかし、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⁴⁾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。著者ら⁵⁾は、代表的な除雪車両3機種を用いて走行軌跡試験を行い、ラウンドアバウトの構造等に応じた除雪車両の選定手法について検討した。また、高さが異なる複数の模擬堆雪を用いて視認性確認試験を行い、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を確認した。



写真-1 郊外部に設置された小型1車線ラウンドアバウト

2. 検討方針

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、堆雪する位置などによっては、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もある。しかし、既往研究では、ラウンドアバウト内の堆雪について検討が不足しており、堆雪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、本研究では、ラウンドアバウトの冬期における安全な道路交通機能の確保に資することを目的に、堆雪がドライバーに与える影響について調査し、定量的に把握することにより、ドライバーへの影響を考慮した堆雪の位置などについて提案することを検討方針とした。

3. ラウンドアバウト走行試験の概要

堆雪がドライバーに与える影響について調査するため、走行試験を行った。なお、この試験は以下の影響について把握することを目的とした。

- 堆雪がドライバーの主観に与える影響
- 堆雪がドライバーの運転挙動（走行速度）に与える影響

具体的には、堆雪を設置した模擬ラウンドアバウトを被験者が乗用車を運転して走行し、各堆雪がドライバーに与える影響度（支障度合い）について、主観による評価と、走行時の運転挙動（走行速度）の計測を行った。

なお、評価及び計測は、走行環境などの違いによる影響度合いの変化を把握するため、堆雪高さなどが異なる複数の試験条件にて実施した。

走行試験は夏期及び冬期の2回実施しており、夏期試験は、乾燥及び湿潤路面の模擬ラウンドアバウトに模擬堆雪を設置した。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ている。また、冬期試験では、圧雪路面の模擬ラウンドアバウトに実際の雪で製作した堆雪を設置した。堆雪は、試験道路の雪を事前に集積し、試験の直前に除雪車などによって高さや形状を整形している。

(1) 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。

- 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)
- 模擬ラウンドアバウト構造 (図-1)
 - 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
- 夏期試験期間 : 2012年6月19～21日
- 冬期試験期間 : 2013年1月 8～9日

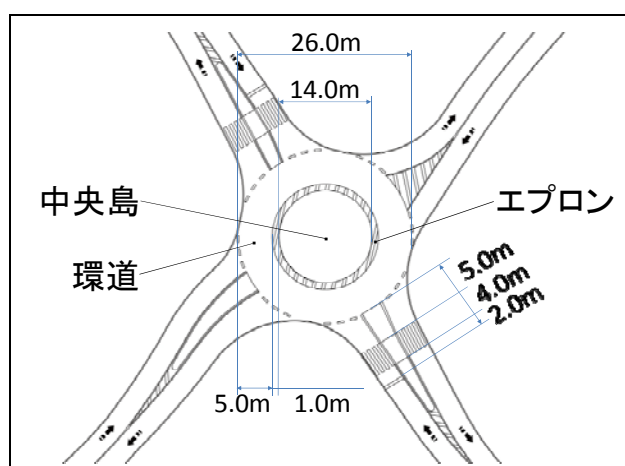


図-1 模擬ラウンドアバウト構造平面図

(2) 堆雪の位置、高さ及び形状

走行試験で用いる堆雪は、中央島、交通島、流入路及び流出路に合計7箇所設置し、その堆雪高さは、0m～1.5mの4パターンとした。

また、堆雪の形状は、車道及び歩道を除く全てに堆雪する標準形状 (図-2) と、その標準形状の堆雪の一部を取り除き、ラウンドアバウト内の他走行車両及び歩行者に対する視認性の向上を図った変形形状 (図-3) の2パターンとした。具体的な変形内容としては、中央島の堆雪直径を14mから8mに縮小したほか、交通島A及びB、流入路B、流出路Aの堆雪の隅角部を1mカットし、さらに交通島Aの環道に接する面の中心から流入路に接する角までをカットした。なお、流入A及び流出Bは変形していない。

- 堆雪位置 : 中央島、交通島A及びB、流入路A及びB、流出路A及びB (7箇所)
- 堆雪高さ : 0m, 1.0m, 1.2m, 1.5m (4パターン)
- 堆雪形状 : 標準, 変形 (2パターン)

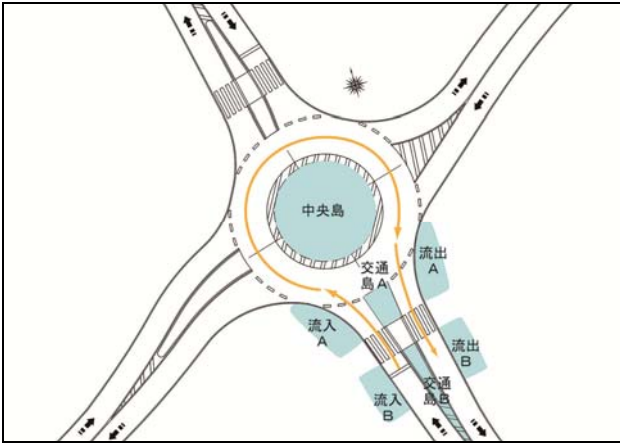


図-2 堆雪位置及び形状（通常）と走行コース

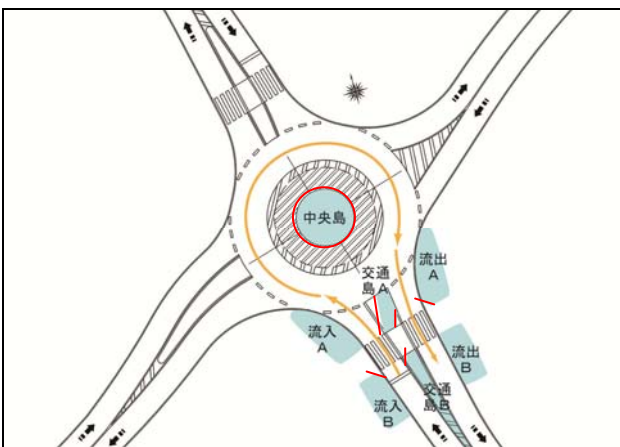


図-3 堆雪位置及び形状（変形）と走行コース

(3) 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 カラーラフイルダー）を運転する。走行コースは、流入路からスタートし、環道を一周した後、流出路にゴールする（図-2,3）。なお、スタート及びゴール地点から環道接続点までの距離は、夏期試験は40m、冬期試験では35mである。

また、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、堆雪高さ、堆雪形状及び交通制御方式であり、試験の進行に伴い条件を変化させる。また、被験者は同じ走行条件で4回から5回連続して走行する。そのうち、1回から2回はラウンドアバウト内に車両もしくは歩行者が進入し、被験者にその存在の意識付けを行った。なお、被験者には進入するタイミングや進行方向などは知らせていない。

但し、冬期試験では、堆雪の製作作業などの都合から、堆雪形状は標準の1パターン、堆雪高さは1.0m、1.2m、1.5mの3パターン、交通制御方式はYIELDの1パターンの

みの走行条件で試験を実施した。

また、冬期試験の圧雪路面での摩擦係数をポータブルスキッドテスターにより計測している。計測にあたっては、路面の性状が異なる2箇所を2日間計測した。この結果、1日目はB.P.N=25及び43、2日目はB.P.N=25及び30であったことから、圧雪とつぶ雪が混在した路面だといえる⁶⁾。

試験状況を写真-2,3に示す。

- 交通制御方式：YIELD, 一時停止（2パターン）
- 他走行車両：有, 無（2パターン）
- 歩行者：有, 無（2パターン）

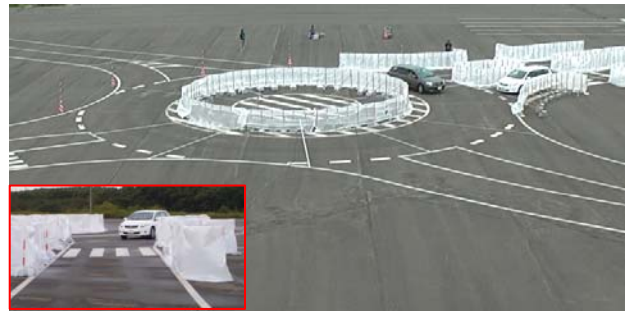


写真-2 夏期走行試験の状況（堆雪高さ1.2m）



写真-3 冬期走行試験の状況（堆雪高さ1.2m）

(4) 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、夏期及び冬期の各走行試験に重複者はいない。

夏期試験の参加者は20歳代から50歳代であり、運転時の目線高さは116.0cmから121.5cmの範囲であった（表-1）。また、冬期試験の参加者は20歳代から60歳代であり、運転時の目線高さは113.0cmから121.0cmの範囲であった（表-2）。

表-1 夏期走行試験の被験者一覧

被験者	性別	年齢	運転歴	年間走行距離数	目線高さ*1
A	男	26	7年	15,000km	120.5cm
B	男	38	9年	10,000km	119.0cm
C	男	34	13年	10,000km	121.0cm
D	女	47	29年	10,000km	116.0cm
E	女	47	20年	1,000km	120.5cm
F	男	44	24年	3,000km	121.0cm
G	男	42	8年	8,000km	121.5cm
H	男	51	33年	10,000km	119.5cm
I	女	56	26年	25,000km	118.0cm
J	男	55	34年	10,000km	118.5cm

*1：目線高さは、乗用車に着座した状態での実測による

表-2 冬期走行試験の被験者一覧

被験者	性別	年齢	運転歴	年間走行距離数	目線高さ*1
①	男	20	1年	1,000km	114.5cm
②	男	26	6年	100km	121.0cm
③	男	53	35年	30,000km	121.0cm
④	男	55	12年	20,000km	116.0cm
⑤	男	67	41年	3,000km	121.0cm
⑥	女	39	19年	10,000km	115.5cm
⑦	女	43	18年	37,000km	113.0cm
⑧	女	47	29年	5,000km	115.0cm
⑨	女	61	33年	10,000km	117.0cm
⑩	女	63	43年	20,000km	115.0cm

*1：目線高さは、乗用車に着座した状態での実測による

4. 主観評価

被験者は各走行環境及び走行条件において、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(図-4)。

なお、ドライバーがラウンドアバウト走行時に注意すると想定される対象(堆雪の存在のために、視認できない対象物)を表-3に示す。

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、図-5,6,7,8)。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。

- 各堆雪位置で基準値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基準値が高い傾向にある。こ

の4箇所は、想定される注意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。

- 堆雪の高さに伴い、基準値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。
 - 堆雪形状が標準の場合、堆雪高さ1.0mは、堆雪高さ1.2m及び1.5mに比べ基準値が特に低く、堆雪位置の違いによる基準値の差も少ない。これは、堆雪高さ1.0mの場合、被験者の運転時の目線高さ(表-1,2)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。
 - 堆雪形状が変形の場合、堆雪形状が標準の場合に比べ堆雪高さ1.2m及び1.5mの基準値が低い。具体的には、変形の堆雪高さ1.5mは、標準の堆雪高さ1.2mと同程度の基準値である。これは、堆雪形状の変形に伴い、不可視範囲が少なくなったためだと推定する。
- なお、堆雪形状が変形しない流入A及び流出Bの基準値も低下しているが、原因は不明である。
- 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基準値の明確な相違は確認できなかった。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。
 - 冬期試験の走行環境(圧雪路面及び実際の雪で製作した堆雪)は、冬期の維持管理手法を検討するうえでは現場再現性が高く、夏期試験に比べてより実態に合致した評価が期待できる。

しかし、夏期及び冬期試験を比較した結果、堆雪高さ1.0mでは、全ての堆雪位置において夏期試験に比べて冬期試験の基準値(支障度)が高く、異なる傾向を示したが、堆雪高さ1.2m及び1.5mの基準値は近似していた。また、堆雪高さに伴う基準値の上昇や、基準値が高い堆雪位置が同一であるなど同じ傾向を示していることから、夏期試験であっても、冬期試験に近い結果が得られると判断する。

Q: 走行するうえでの影響度を雪場毎にチェック(○)してください

【1回目】 氏名: _____


中央島 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
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
	支障にならない  支障になる						

図-4 アンケート表

表-3 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	—
交通島A	—	通行車輛	歩行者
交通島B	—	歩行者	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

表-4 主観評価の結果 (基準値)

	走行条件		堆雪位置							平均点	
	交通制御方式	堆雪形状	中央島	交通島A	交通島B	流入A	流入B	流出A	流出B		
夏期試験	YIELD	標準	1.0m	-1.18	-0.93	-1.19	-0.81	-0.96	-0.67	-1.15	-0.98
			1.2m	-0.30	0.89	0.33	0.18	0.46	0.57	0.15	0.33
			1.5m	0.23	1.66	0.84	0.82	1.37	1.50	0.93	1.05
	YIELD	変形	1.0m	-1.07	-0.69	-0.77	-0.88	-0.82	-0.71	-0.83	-0.82
			1.2m	-0.95	0.07	-0.17	-0.70	-0.42	-0.11	-0.64	-0.42
			1.5m	-0.51	1.02	0.61	0.36	1.05	0.99	0.49	0.57
	一時停止	標準	1.0m	-1.18	-0.53	-0.73	-1.00	-0.73	-0.67	-1.07	-0.84
			1.2m	-0.60	0.82	0.35	-0.07	0.49	0.56	0.09	0.23
			1.5m	0.04	1.46	0.92	0.39	1.45	1.39	0.54	0.88
冬期試験	YIELD	標準	1.0m	-0.62	0.06	0.01	-0.65	0.06	-0.17	-0.62	-0.28
			1.2m	0.36	0.92	0.87	0.08	0.81	0.60	0.04	0.53
			1.5m	0.60	1.45	1.30	0.59	1.30	1.06	0.22	0.93
平均点			-0.43	0.52	0.20	-0.14	0.34	0.36	-0.15	—	

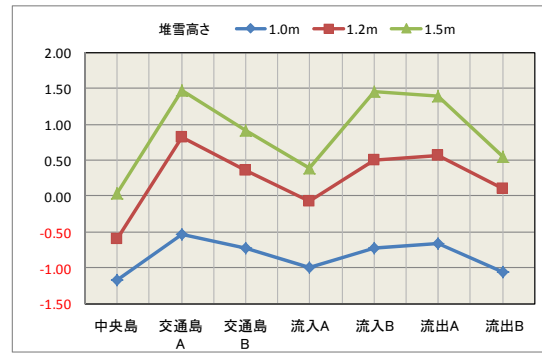


図-7 主観評価の結果

(夏期試験, 交通制御: 一時停止, 堆雪形状: 標準)

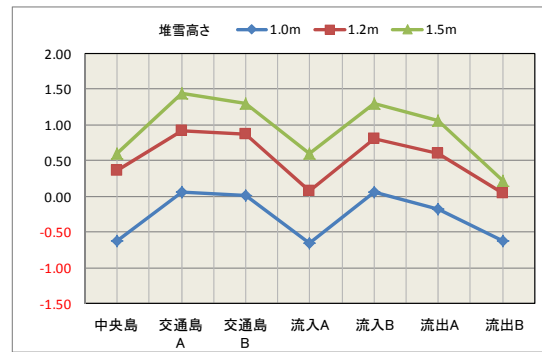


図-8 主観評価の結果

(冬期試験, 交通制御: YIELD, 堆雪形状: 標準)

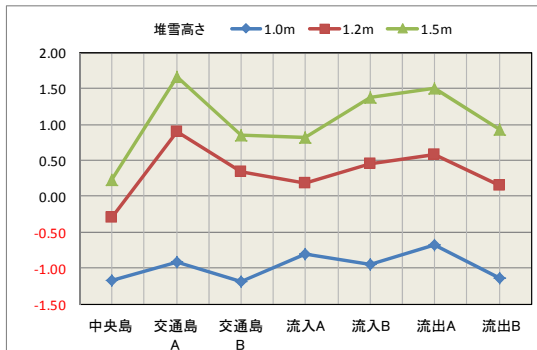


図-5 主観評価の結果

(夏期試験, 交通制御: YIELD, 堆雪形状: 標準)

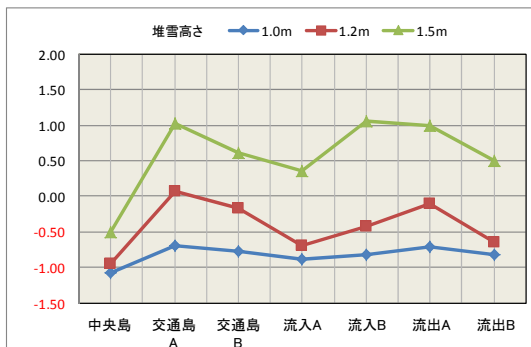


図-6 主観評価の結果

(夏期試験, 交通制御: YIELD, 堆雪形状: 変形)

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, 各試験条件での 1m 毎の走行速度を計測した。なお, 計測対象区間は, 始動及び停止による乗用車の速度低下の影響を排除するため, 環道及び流入出路の環道接続点から 20m の区間としている。

計測により得られたデータは, 走行位置と走行速度の関係をグラフとして作図することにより可視化し, 計測区間内の運転挙動の変化を確認した (図-9)。また, 乗用車の平均走行速度を各区間 (流入路, 環道, 流出路) 毎に整理し, 走行環境及び走行条件の違いによる, 走行速度への影響について検証した (表-5)。

なお, 平均速度の整理にあたっては, 走行条件 (堆雪高さ, 堆雪形状及び交通制御方式) 以外の影響を排除するため, 高所作業車から撮影した走行試験のビデオ画像 (写真-2,3) により, 他の走行車両もしくは歩行者との接近を判断し, 接近がない計測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。

- 安全確認が必要である, 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。特に、環道の走行速度に比べて流入出路の速度低下が顕著である。
- 堆雪高さ 0m から 1.0m への変化量と堆雪高さ 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、1.0m から 1.2m にかけて不可視範囲が大幅に増えるためだと推定する。
- 堆雪形状の違いによる走行速度の明確な相違は確認できなかった。
- 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。
- 夏期及び冬期試験を比較した結果、全ての区間及び堆雪高さの比較において、夏期試験に比べて冬期試験の走行速度は著しく低い。但し、堆雪高さに伴う走行速度の低下や、環道に比べて流入出路の速度低下が著しいなど同じ傾向を示していることから、夏期試験であっても冬期試験と同様の傾向を把握できると判断する。

表-5 運転挙動計測の結果

	走行条件			区間平均速度(km/h)			全区間平均速度(km/h)
	交通制御方式	堆雪形状	堆雪高さ	流入路区間	環道区間	流出路区間	
夏期試験	YIELD	標準	0m	21.14 (103.8%)	17.63 (104.3%)	21.64 (108.6%)	19.13 (105.1%)
			1.0m	20.37 (-)	16.89 (-)	19.92 (-)	18.20 (-)
			1.2m	16.37 (80.4%)	15.46 (91.5%)	16.81 (84.4%)	15.91 (87.4%)
			1.5m	13.63 (66.9%)	14.72 (87.2%)	13.78 (69.2%)	14.32 (78.7%)
	YIELD	変形	1.0m	18.21 (-)	16.36 (-)	19.13 (-)	17.29 (-)
			1.2m	15.79 (86.7%)	16.14 (98.7%)	16.52 (86.3%)	16.14 (93.4%)
			1.5m	11.64 (63.9%)	15.34 (93.8%)	14.17 (74.1%)	14.37 (83.1%)
	一時停止	標準	0m	17.41 (112.9%)	15.95 (101.9%)	18.57 (114.9%)	16.76 (106.7%)
			1.0m	15.43 (-)	15.65 (-)	16.17 (-)	15.71 (-)
			1.2m	12.84 (83.2%)	15.41 (98.5%)	14.09 (87.1%)	14.64 (93.2%)
			1.5m	12.25 (79.4%)	15.17 (97.0%)	13.51 (83.5%)	14.27 (90.8%)
	冬期試験	YIELD	標準	1.0m	10.42 (-)	11.90 (-)	11.81 (-)
1.2m				9.05 (86.8%)	11.35 (95.4%)	11.36 (96.2%)	10.89 (94.0%)
1.5m				8.45 (81.1%)	11.06 (92.9%)	10.96 (92.8%)	10.52 (90.8%)

* : ()は各試験条件の堆雪高さ1.0mとの比較

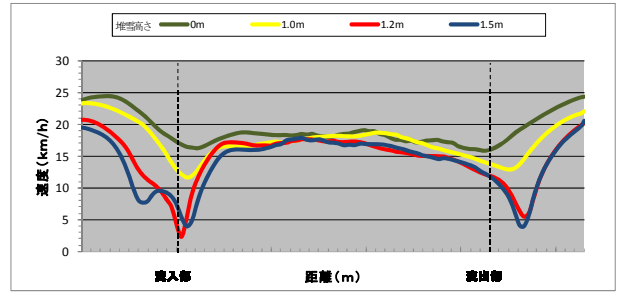


図-9 計測区間内の運転挙動の変化の例
(被験者H 夏期試験 交通制御: YIELD 堆雪形状: 標準)

6. まとめ

本研究では、ラウンドアバウトの冬期における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調査した。

この結果、実施した試験項目の範囲で、走行環境（路年状況、堆雪の性質）や走行条件（堆雪高さ、堆雪形状及び交通制御方式）の違いがドライバーの主観や運転挙動に与える影響度合いの変化について定量的に把握した。

今後は、堆雪の位置毎に堆雪高さを変えて走行試験を行いデータを補完するほか、一般交差点との比較を行うなど、ドライバーへの影響を考慮した堆雪の位置及び高さについて検討を継続し、ラウンドアバウトの冬期の維持管理手法について更なる知見を深めていく所存である。
謝辞：本報告の実施にあたり、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) TRB 第 3 回国際ラウンドアバウト会議：本会議資料、2011.
- 2) 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, No.3, 2009.5.
- 3) 武本東, 宗広一徳, 葛西聡：雪氷路面状態でのラウンドアバウトの運転挙動計測実験, 土木学会論文集 D3, Vol.67, No.5, I-689-I-696, 2011.
- 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) 大上哲也, 牧野正敏, 石川真大：ラウンドアバウトにおける効率的な除雪工法の検討, 土木学会論文集 D3, Vol.67, No.5, I-129-I-136, 2011.
- 6) 独立行政法人土木研究所寒地土木研究所：路面のすべり摩擦係数測定機器の紹介

<http://www2.ceri.go.jp/jpn/news/koutsu/panf/masatusokutei.pdf>