

ラウンドアバウトの堆雪が ドライバーに与える影響に関する基礎試験

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 (〒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

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、日本においても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不足している。

本研究では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、日々の降雪や除雪により生じる堆雪に着目し、堆雪がドライバーに与える影響を調査した。具体的には、各試験条件（堆雪の高さ、他走行車両の有無）において、模擬堆雪を設置した模擬ラウンドアバウトを被験者が運転して走行し、被験者の主観評価と運転挙動の計測により、堆雪がドライバーに与える影響を調査した。この結果、堆雪高さなどの違いによる、ドライバーへの影響が確認できたことから、第1報として報告する。

Key Words : roundabouts, winter maintenance, snow piles, visibility, 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い。

日本は積雪・寒冷地域が国土の約60%を占め(図-1)、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⁾。このことから、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維持管理手法について検討が必要であるが、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は少ない。

既往研究では、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形状等に応じた除雪車両の選定手法について検討した。また、位置及び高さが異なる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ほか、同じく位置及び高さが異なる模擬堆雪を用いて主観評価試験を行い、ラウンドアバウト内に他走行車両が無い状況での堆雪がドライバーに与える影響度(支障度合い)を調査した。

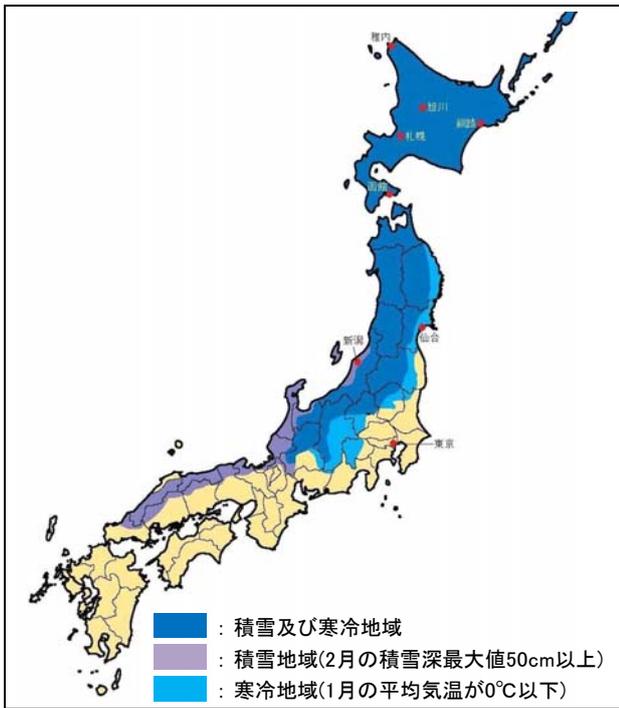


図-1 日本における積雪・寒冷地域

以上のことから、本研究では積雪・寒冷地域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、ラウンドアバウトの堆雪がドライバーに与える影響について調査した。

2. 検討方針

日々の降雪や除雪によって生じる堆雪は、形状が大きくなることにより、ドライバーや歩行者の視界を遮ることがあるなど安全性に影響する。また、堆雪する位置及び高さにより、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。しかし、既往研究では、ラウンドアバウト内の堆雪位置及び高さについて検討が不足している。

このことから、本研究ではラウンドアバウトの冬期維持管理に大きく影響するこの堆雪に着目し、模擬ラウンドアバウトでの走行試験により、堆雪がドライバーに与える影響を把握し、ラウンドアバウト内の堆雪位置及び高さを提案することを検討方針とした。なお、走行試験は以下の把握を目的とする。

- 位置及び高さが異なる各堆雪がドライバーの主観に与える影響度
- 堆雪高さの違いによる運転挙動の変化

3. ラウンドアバウト走行試験

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、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、各堆雪がドライバーに与える影響度（支障度合い）の評価及び走行時の運転挙動（加減速度）を計測した。

(1) 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。

- 試験期間：2011年10月1～2日
- 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-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

(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箇所とし、堆雪高さは1.0m、1.2m及び1.5mの3パターンを設置した。なお、模擬堆雪は、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ている。

(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 カラーラファイルダー）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30m）し、環道を二周走行した後、流出路にゴール（環道接続点から30m）する（図-3）。なお、環道接続部の交通管制方式は、流入側に対して環道側が優先する「ゆずれ（YIELD）」とした。

試験毎の走行条件は、模擬堆雪の高さ（1.0m、1.2m及び1.5m）及び模擬ラウンドアバウト内の他走行車両の有無を変えた（写真-1）。なお、走行条件は試験毎に被験者に知らせている。

また、試験当日（10月2日）が荒天となり、走行条件“堆雪高さ1.2m及び1.5m、他走行車両有り”の試験は実施できなかった。

(4) 被験者

ラウンドアバウト走行試験には、被験者として20歳代から70歳代の男女10名が参加した。なお、被験者は、全員が視覚に対する健常者であり、これまでにラウンドアバウトの走行経験はない（表-1）。

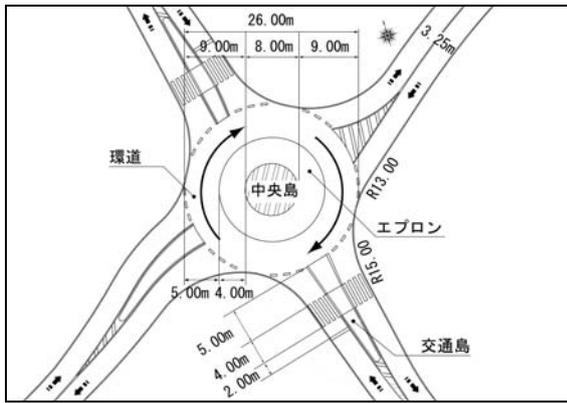


図-2 模擬ラウンドアバウト平面図

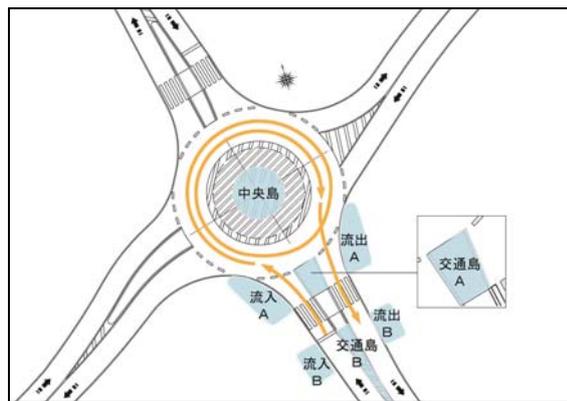


図-3 走行試験コース



写真-1 走行試験の状況（堆雪高さ1.2m, 他走行車両有り）

表-1 被験者の一覧

被験者	性別	年齢	運転歴 (年)	年間走行 距離数	目線高さ*1
A	男	65	30	20,000km	118cm
B	男	57	39	10,000km	116cm
C	男	34	7	2,000km	119cm
D	男	28	9	5,000km	116cm
E	男	21	9ヶ月	100km	115cm
F	女	70	33	5,000km	110cm
G	女	68	26	3,000km	115cm
H	女	41	18	800km	112cm
I	女	38	18	200km	111cm
J	女	26	7	600km	114cm

*1：目線高さは、乗用車に着座した状態での実測による

(5) 主観評価

位置及び高さが異なる各堆雪がドライバーの主観に与える影響度（支障度合い）を把握するため、被験者による主観評価を行った。

具体的には、被験者が走行条件（堆雪の高さ及び他走行車両の有無）が異なるラウンドアバウトを1回ずつ走行し、走行の度に被験者の主観により各堆雪（堆雪位置7カ所、堆雪高さ3パターン）の走行するうえでの支障度合いを評価した。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-2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、各堆雪毎に全被験者の値を平均した（表-3、図-5）。なお、値が高いほど走行するうえでの支障になり、逆に値が低いほど支障にはならない堆雪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。

- 堆雪高さの増加に伴い、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。
- 堆雪の位置により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。
- 想定される注意対象物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、歩行者を注意対象物とする他の堆雪位置に比べ主観評価点数が低いことから、ドライバーは特に歩行者に注意している。なお、この結果は既往研究⁹⁾と整合している。
- ラウンドアバウト内に他走行車両が無い場合、堆雪高さ1.0mでは、堆雪高さ1.2m及び1.5mに比べ主観評価点数は特に低く、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（表-1）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。
- 堆雪高さが同じ1.0mでも、ラウンドアバウト内の他走行車両の有無により、主観評価点数が大きく変化したことから、ラウンドアバウト内の他走行車両の有無は、各堆雪のドライバーに与える支障度合いに影響する。

Q: 走行するうえでの影響度を雪場毎にチェック(O)してください

【1回目】 氏名: _____

中央島	1.2m	1	2	3	4	5	6	7
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-2 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-3 主観評価の結果

他走行車両		無し			有り
堆雪高さ		1.0m	1.2m	1.5m	1.0m
堆雪位置	中央島	1.2	1.2	1.3	1.6
	交通島A	1.7	3.1	4.0	3.3
	交通島B	1.6	2.6	3.8	2.9
	流入A	1.7	2.3	3.5	2.4
	流入B	1.6	2.7	4.1	3.5
	流出A	1.8	3.4	4.3	3.5
	流出B	1.7	2.2	3.1	2.3

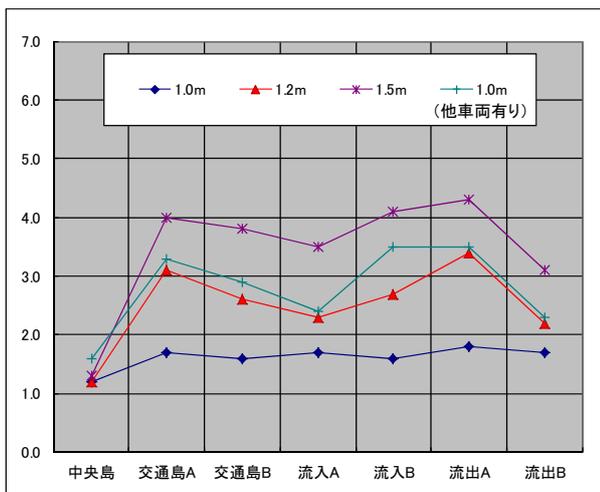


図-5 主観評価の結果

(6) 運転挙動の計測

堆雪高さの違いがドライバーに与える影響を把握するため、被験者が運転する乗用車の運転挙動（加減速度）を計測した。

具体的には、被験者が運転する乗用車にGPSを内蔵したデータロガー（Racelogic社製V-boxmini：以下GPSデータロガー）を搭載し、各走行条件（堆雪の高さ及び他走行車両の有無）において、乗用車の0.1秒毎の走行速度等を計測した。

a) データ整理の条件（堆雪の高さ）

GPSデータロガーにより計測した走行速度を、走行条件“堆雪の高さ”による走行速度の変化について整理した（表-4、図-6）。

なお、走行条件“堆雪高さ1.5m、他走行車両無し”における被験者Jの走行試験において、計測機器の障害によりGPSデータが欠測したため、走行速度の計測ができなかった。

表-4 走行速度の計測結果（堆雪高さの影響）

		平均速度(km/h)*1				流入時速度(km/h)*2			
堆雪高さ		0m	1.0m	1.2m	1.5m	0m	1.0m	1.2m	1.5m
被験者	A	15.0	16.1	13.6	13.8	13.6	13.4	9.8	9.1
	B	19.0	19.7	19.2	19.1	18.4	17.5	16.0	15.0
	C	15.1	15.3	17.9	15.9	13.2	12.5	15.4	12.9
	D	15.4	17.8	16.3	14.4	14.5	15.9	11.5	10.6
	E	11.8	13.2	12.9	12.4	10.8	11.2	10.1	9.0
	F	13.2	14.8	13.6	12.0	13.0	14.1	10.7	9.7
	G	15.8	17.2	17.3	16.3	12.1	15.6	13.0	13.4
	H	16.3	15.2	15.9	15.9	15.4	12.7	12.9	12.3
	I	16.5	17.1	17.7	17.1	16.0	14.3	13.2	13.9
	J	17.1	19.0	16.7	—	14.1	15.1	12.5	—
被験者平均①		15.5	16.5	16.1	15.2	14.1	14.2	12.5	11.8
(0mとの比較)		(—)	(107%)	(104%)	(98%)	(—)	(101%)	(89%)	(83%)
被験者平均②*3		15.3	16.3	16.0	15.2	14.1	14.1	12.5	11.8
(0mとの比較)		(—)	(106%)	(105%)	(99%)	(—)	(100%)	(89%)	(83%)

*1：流入路(20m)、環道(2周)及び流出路(20m)の区間を対象とする

*2：環道接続点の前後20m、合計40mの区間を対象とする

*3：被験者Jを除く平均

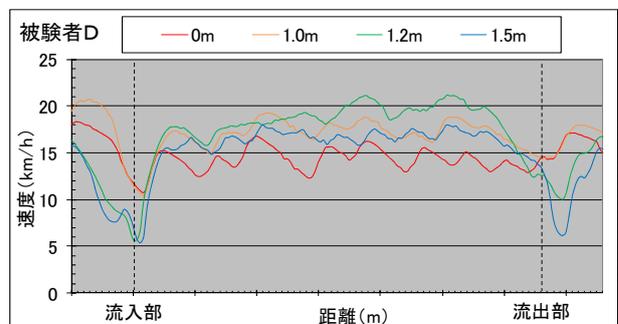


図-6 堆雪高さの違いによる運転挙動の変化(例)

b) 堆雪高さの違いによる運転挙動の変化

この結果、以下のことが推定される。

- 堆雪高さ1.0m, 1.2m及び1.5mでは、堆雪高さの増加に伴い、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、ラウンドアバウト内の平均速度に比べ、安全確認が必要だと思われる環道接続点前後（横断歩道含む）の走行速度である、流入時速度の低下が顕著である。
- 流入時速度の比較では、堆雪高さ1.2mと1.5mとの変化量に比べ、堆雪高さ1.0mと1.2mと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。
- 堆雪高さ1.0mでは、堆雪高さ0m（堆雪が無い状況）に比べて走行速度が速い。これは、走行試験を0m, 1.0m, 1.2m, 1.5mの順で行ったことから、被験者のラウンドアバウト走行の慣れが影響していると推定する。

c) データ整理の条件（他走行車両の有無）

GPSデータロガーにより計測した走行速度を、走行条件“他走行車両の有無”による流入時の走行速度の変化について整理した（表-5、図-7）。

整理にあたっては、被験者の意識「他の車両がラウンドアバウト内を走行している（いない）」以外の走行条件を均しくするため、走行条件“他走行車両が有る”場合の運転挙動は、被験者が他の走行車両の影響を受けずに環道に流入した走行データのみを対象とした。さらに、環道走行時にも他走行車両の影響を受ける可能性があるため、走行速度の比較は流入時速度のみとした。このため、被験者毎に取得できたデータ件数が異なり、被験者C, D, F, H, Iでは、一部のデータ取得ができなかった。

なお、他の走行車両の影響の有無については、高所作業車からラウンドアバウト走行試験を撮影したビデオ画像（写真-1）を参考に、被験者が環道に流入する時点の他走行車両の位置により判断した。

d) 他走行車両の有無による運転挙動の変化

この結果、以下のことが推定される。

- 堆雪高さ0mでは、ラウンドアバウト内の他走行車両の有無による走行速度の変化は少ないことから、被験者が他走行車両を完全に視認できる場合には、他走行車両の有無は運転挙動に影響しない。
- 他走行車両の無い場合の堆雪高さ1.0mでは、堆雪高さ0mとの走行速度の変化が少ない。この結果は主観評価の結果と整合している。
- 堆雪高さ1.0mでは、被験者が他の走行車両の影響を受けずに走行したデータのみを対象として整理したにもかかわらず、ラウンドアバウト内の他走行車両の有無により走行速度が大きく変化した。

このことから、被験者が他走行車両の存在を意識している場合には、堆雪高さが被験者の運転時の目線高さより低い1.0mであっても運転挙動に影響する。なお、この結果は主観評価の結果と整合している。

表-5 走行速度の計測結果（他走行車両の影響）

堆雪高さ	流入時速度(km/h)*1				
	0m		1.0m		
他走行車両	無し	有り(データ件数)	無し	有り(データ件数)	
被験者	A	13.6	12.0 (4)	13.4	10.3 (2)
	B	18.4	15.8 (3)	17.5	10.3 (1)
	C	13.2	16.2 (3)	12.5	— 0
	D	14.5	14.5 (2)	15.9	— 0
	E	10.8	12.5 (2)	11.2	10.6 (4)
	F	13.0	15.7 (2)	14.1	— 0
	G	12.1	13.9 (2)	15.6	11.4 (3)
	H	15.4	— 0	12.7	12.4 (1)
	I	16.0	— 0	14.3	14.3 (1)
	J	14.1	14.7 (1)	15.1	13.2 (1)
被験者平均① (無しとの比較) (0mとの比較)	14.1 (—) (—)	14.4 (102%) (—)	14.2 (—) (101%)	11.8 (83%) (82%)	
被験者平均②*2 (無しとの比較) (0mとの比較)	13.8 (—) (—)	13.8 (100%) (—)	14.6 (—) (106%)	11.2 (77%) (81%)	

*1：環道接続点の前後20m、合計40mの区間を対象とする

*2：被験者C、D、F、H、Iを除く平均

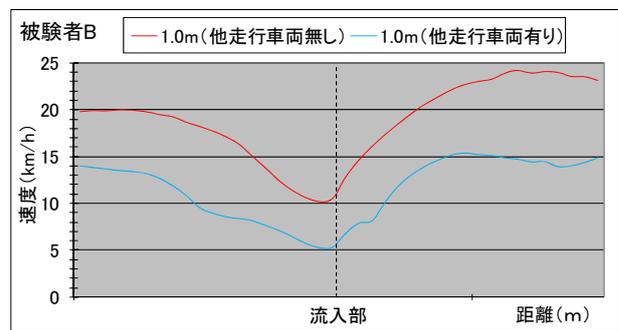


図-7 他走行車両の有無による運転挙動の変化（例）

7. まとめ

本研究では、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、ラウンドアバウト内の堆雪位置及び高さを提案するため、模擬ラウンドアバウトでの走行試験により、堆雪がドライバーに与える影響について検証した。この結果、実施した試験項目の範囲で、堆雪の高さ及び流入車両の有無による主観評価への影響や運転挙動の変化を確認した。

今後は、荒天のため実施できなかった走行条件での主観評価及び運転挙動の計測を行い、データを補完するほか、ラウンドアバウト内の堆雪位置及び高さについて検討するなど、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) 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.
- 2) 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.
- 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) 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.