

# 冬期路面状態におけるラウンドアバウトの 車両走行位置の適正化に関する研究

武本 東<sup>1</sup>・宗広 一徳<sup>2</sup>・高橋 尚人<sup>3</sup>・葛西 聡<sup>4</sup>

<sup>1</sup>正会員 独立行政法人土木研究所寒地土木研究所寒地道路研究グループ寒地交通チーム研究員  
(〒062-8602 北海道札幌市豊平区平岸1条3丁目1番34号)

E-mail:a-takemoto@ceri.go.jp

<sup>2</sup>正会員 独立行政法人土木研究所寒地土木研究所寒地道路研究グループ寒地交通チーム主任研究員  
(〒062-8602 北海道札幌市豊平区平岸1条3丁目1番34号)

E-mail:k-munehiro@ceri.go.jp

<sup>3</sup>正会員 独立行政法人土木研究所寒地土木研究所寒地道路研究グループ寒地交通チーム総括主任研究員  
(〒062-8602 北海道札幌市豊平区平岸1条3丁目1番34号)

E-mail:takahashi-n24k@ceri.go.jp

<sup>4</sup>正会員 独立行政法人土木研究所寒地土木研究所寒地道路研究グループ寒地交通チーム上席研究員  
(〒062-8602 北海道札幌市豊平区平岸1条3丁目1番34号)

E-mail:s-kasai@ceri.go.jp

近年、諸外国でラウンドアバウトが急速に普及し、国内でも実用展開に向けて多様な研究が行われている。積雪寒冷地である北海道にラウンドアバウトを導入する場合、冬期の気象条件を考慮して実用性を検証する必要がある。既存研究において、積雪により路面標示が分かりづらい状況では、走行位置の偏差が大きくなることを示した。本研究では、冬期路面状態と中央島径を2種類ずつ設定し、被験者を用いたラウンドアバウト走行実験を行い、主として車両走行位置に着目して分析した。その結果、環道の境界が不明確になる冬期路面では、中央島の径を大きくすることにより、環道の外側を走行する車両が増えるとともに、走行位置の分散が小さくなることを示した。また、中央島径の違いによる走行速度や横加速度への影響が小さいことを確認した。

**Key Words :** roundabout, winter road surface condition and vehicle position

## 1. はじめに

近年、欧米諸国では、交通量が比較的少ない平面交差点の構造としてラウンドアバウト（以降、RBTと記す）が積極的に導入されている。RBTは、駅前ロータリー等の円形交差点とは運用方法が大きく異なり、交通工学研究会の自主研究において、「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」として定義されている<sup>1)</sup>。

RBTの適切な車両走行位置は、交通の大半を占める主要な車両（例えば小型自動車）は環道であり、規格が大きい車両はエプロンと呼ばれるRBTの一構成要素で担保する考え方を基本としている<sup>1)</sup>。この考え方に基づいて設計した場合、路面標示を視認できる状況では効率的な車両の誘導が期待できる。しかし、積雪地域でRBTを導

入する場合は、冬期の路面状態や気象条件を考慮して、実用性を検証する必要がある。筆者らは、既存の研究において被験者を用いた走行実験を行い、積雪により路面標示が見えづらい状況では、環道とエプロンの境界が不明確になることから、エプロンを走行する車両が増加する傾向があるとともに、走行位置の分散が大きくなることを示した<sup>2)</sup>。

走行位置が分散することに伴う交通事故の誘発等の弊害を防ぐため、本研究は、冬期路面時に環道走行を誘導する方策を検討することを目的とする。前述の通り、路面標示に関連した対策は、冬期路面では不明確になる可能性があることから、本研究では中央島径に着目し、路面状態及び中央島径が異なる条件で被験者を用いた走行実験を行うことにより、各条件での車両走行位置の違いを分析する。次に、各条件における走行挙動への影響を把握する。

## 2. 既存研究レビュー

### (1) 国内外の動向

諸外国で、信号/無信号交差点からRBTへの改良が進んでいる背景として、安全性<sup>34)</sup> や円滑性<sup>5)</sup> の向上が挙げられる。アメリカでは1990年に最初にRBTが設置されて以降、2010年4月時点で設置箇所が2,000箇所を超えており、フランスには約20,000箇所、オーストラリアには約15,000箇所、イギリスには約10,000箇所に設置されている<sup>6)</sup>。アメリカでは、FHWAが技術概要<sup>7)</sup> やガイドライン<sup>89)</sup> をとりまとめており、ドイツでもガイドライン<sup>10)</sup> をもとにRBTを施工している。Jacquemart<sup>11)</sup> は、地域住民の評価がRBT建設後に大きく改善されたことを報告しており、McKnight<sup>12)</sup> らは、RBTを既に知っている人や若者は、新たに導入された際に正しく走行しやすいことを明らかにするとともに、高齢者の認知度向上を図ることが重要であることを示した。

国内においても、実道展開に向けて、多様な研究が行われつつある。中村ら<sup>1)</sup> は、RBTの設計計画ガイド(案)をとりまとめ、その中で、道路ネットワークの階層区分条件に基づくRBT適用箇所を整理し、計画交通量が15,000台/日未満の交差点で適用可能であることを示した。また、交差点通過時の平均遅れを最小化する観点から、最適な平面交差点の制御方式を示した。彌勒地ら<sup>13)</sup> は、RBTと制御方式が異なる2種類の信号交差点について、シミュレーション結果をもとに性能比較を行い、平均車頭間隔が16秒を超える場合、RBTは系統制御方式の信号交差点と比較して、平均車両アイドリング時間が小さく、平均旅行速度が高いことを示した。また、実験や調査を通して、環道車両を考慮した流入判断分析や横断歩行者認識時の車両挙動分析に基づく適切な流入角度<sup>14)</sup> や交差点形状別の安全確認行動の分析結果<sup>15)</sup> が報告されており、ドライビングシミュレーターを用いたRBT走行の慣れと主観評価への影響<sup>16)</sup> 等も分析されている。さらに、現行法体系化での交通運用<sup>17)</sup> や道路交通法上の通行方法<sup>18)</sup> についても整理されつつあり、平成22年11月には、国内で初めてのRBT実道社会実験が実施され、多くのマスコミで取り上げられた。

### (2) 冬期事象に関する研究事例

国内外で様々な知見が蓄積されつつあるが、冬期の運用や走行実態に着目した研究事例は少ない。Pochowski<sup>19)</sup> は、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文献調査を行うとともに、各州の運輸省に対し除雪に関するヒアリング調査を行い、除雪箇所を中央島にするか路外にするかの違いはあるが、除雪自体は問題になっておらず、RBT化を中止する理由にはなっていないことを示した。また、ニューヨーク州

では、堆雪によって視程障害を起こさないために、除雪時に堆雪高さを調節していることを示した。大上ら<sup>20)</sup> は、除雪車の車種別のRBT走行軌跡試験や堆雪時の視認性評価実験を行い、RBTの除雪に適した車種や視認性を考慮した堆雪位置及び堆雪量を明らかにした。

### (3) 路面状態を考慮した研究事例

路面状態の違いに着目した研究としては、Saccomanno<sup>21)</sup> が、ミクロシミュレーションを用いて、片側2車線RBTの乾燥路面と湿潤路面での安全性を評価した。しかし、雪氷路面を対象としたRBTの性能評価に関する研究は僅かである。筆者らはこれまでに、圧雪路面のRBTを対象として被験者を用いた走行実験を行い、積雪により区画線位置が分かりづらい状況では、環道の内側を走行しやすく、また、走行位置の分散が大きくなることを示した<sup>2)</sup>。しかし、路面状態が限定的であり、また、異なる構造での走行位置を含めた走行挙動については確認していない。そこで、本研究では、冬期路面状態と中央島径を各2種類設定し、被験者を用いた走行実験を行うことにより、各条件での車両走行位置の違いに着目する。

## 2. 実験条件

### (1) 実験用ラウンドアバウトの設計と施工

実験を行うためのRBTは、ドイツの設計ガイドライン<sup>10)</sup> で示されている小型RBT(交通量が概ね10,000~25,000台/日以下に対応)を参考として、外径26m、環道幅員5mのRBTを設計した。RBTの線形は、仮設用路面標示材を使って施工した。RBT走行実験は、平成21年度、22年度に行い、平成21年度の実験では、中央島径8m、エプロン幅員4mのRBTを施工した(表-1)。平成22年度の実験は、平成21年度の横断面構成に加えて、中央島径14m、エプロン幅員1mのRBTも施工し、2種類の横断面構成のRBTにおいて実施した。中央島と交通島は、土嚢、人工芝シート及びレンガブロックを用いて造成した。

### (2) 標識の設置

RBT実験時の標識として、流入部の環道手前の左側路端に「徐行」または「一時停止」の規制標識とRBTの進行方向を示す法定外看板を設置した(図-1)。ゆずれ線の手前30mの左側路端には、「ロータリーあり」を示す警戒標識を設置した。中央島内には、進行方向を示す法定外看板を設置した。

表-1 実験用RBTの横断面構成

年度	外径	環道幅員	中央島径	エプロン幅員
21年度	26m (共通)	5m (共通)	8m (小径)	4m
			8m (小径)	4m
22年度			14m (大径)	1m



図-1 実験に用いた標識

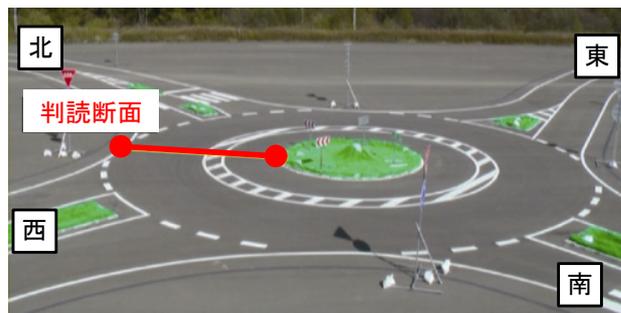


図-3 走行位置の判読断面と流出入方向

表-2 実験条件

	秋期		冬期	
	H21. 9. 16-17	H22. 10. 19-20	H22. 1. 12	H23. 1. 12-13
日時	H21. 9. 16-17	H22. 10. 19-20	H22. 1. 12	H23. 1. 12-13
天候	晴れ	晴れ、曇り	曇り	晴れ一時雪
路面状態	乾燥	乾燥 (一時湿潤)	圧雪	氷板
すべり摩擦係数	0.78	0.78	0.18	0.09
区画線の視認性 (主観)	はっきり視認可	はっきり視認可	積雪により視認不可	氷板越しに視認可
気温 (最高/最低) [°C]	21.6/10.4	15.8/1.0	-0.5/-11.3	-3.5/-13.5
被験者数 [人]	16	12/20	16	12/20



図-2 高所作業車から撮影した実験状況 (左: H22年度秋期乾燥路面、中: H21年度冬期圧雪路面、右: H22年度冬期氷板路面)

### (3) 実験条件と方法

本研究における実験条件を表-2に示す。平成21年度、22年度の2年間で計4回の走行実験を実施した。冬期の実験は、1日中氷点下となる日に、平成21年度は圧雪路面、平成22年度は氷板路面において実施した。冬期の路面のすべり摩擦係数は、コラルバ製の加速度計を用いて計測した。すべり摩擦係数は、平成21年度は4回の計測結果の平均値が0.18となり、平成22年度は15回の計測結果の平均値が0.09となった。秋期の路面のすべり摩擦係数は、バス型路面すべり測定車を使って計測した結果、0.78であった。

本実験は、被験者に1人1台の車両を運転してもらい、RBTと試験道路外周路の走行を繰り返す方法で行った。実験時には、高所作業車を用意して、RBT走行状況を撮影した(図-2)。速度等の車両挙動の測定には、セーフティレコーダー(データテック製 SRcomm)とデータロガー(レーステクノロジー社製 DL-1)を使用した。平成21年度はセーフティレコーダーのみを使用し、秋期は6台、冬期は7台に搭載した。平成22年度は秋期、冬期ともに、6台にセーフティレコーダー、3台にデータロガーを搭載して、計9台の車両挙動データを取得した。

表-3 走行位置の分析対象車両数

		中央島径別		計
		大径(14m)	小径(8m)	
秋期	H22年度 乾燥路面	771	774	1,545
冬期	H21年度 圧雪路面	-	221	221
	H22年度 氷板路面	379	427	806
計		1,150	1,422	2,572

### 3. 走行位置に影響する要因の分析

#### (1) 走行位置データの取得方法と分析対象

走行位置の判読は、平成21年度冬期の圧雪路面、平成22年度秋期の乾燥路面及び冬期の氷板路面を対象とし、ビデオカメラ映像をもとに行なった。まず、RBTの環道に判読断面を1断面設けて、中央島端から断面通過車両までの距離を判読した(図-3)。車両の判読位置は、判読精度を考慮して右後輪とした。次に、中央島径の違いによる走行位置の比較を容易にするため、判読距離に中央島半径を足して、中央島中心からの走行位置を求めた。路面凍結によってスリップした車両及びカメラレンズへの着雪による判読不可車両を除く全車両の断面通過位置を判読し、走行位置の分析対象車両数は2,572台とした(表-3)。

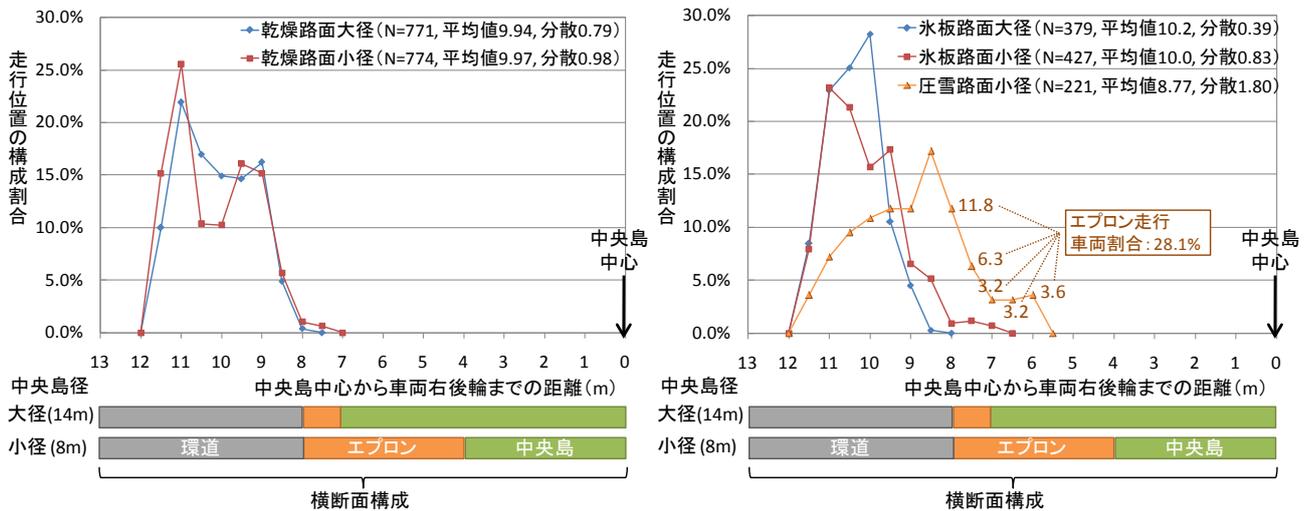


図4 走行位置分布 (左：秋期、右：冬期)

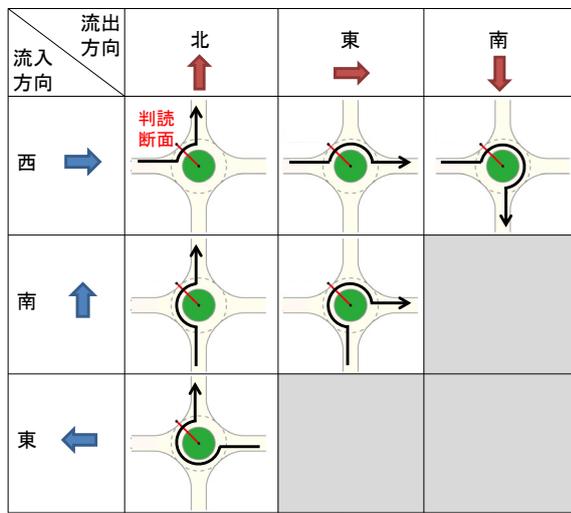


図5 走行位置の分析対象 OD 方向

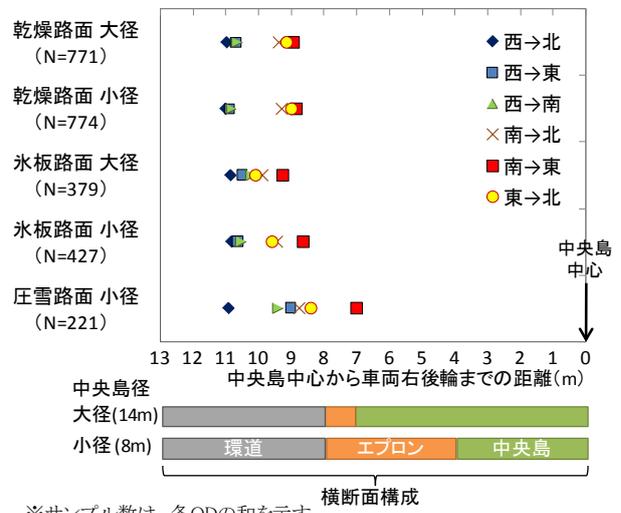


図6 OD 方向別の走行位置の平均値

(2) 走行位置の分析結果

a) 走行位置の分布

路面状態別中央島径別の車両の走行位置について、0.5m単位の構成割合を集計し、走行位置分布を求めた。秋期の乾燥路面での走行位置は、中央島径の大きさに関わらずほぼ同じ分布形となり、中央島から8.0~11.5m離れた位置であることが分かった(図4)。中央島中心から環道までの距離が8.0mであることから、ほぼ全車両が環道を走行したことが分かった。また、分布形をみると、9.0m付近と11.0mの2箇所にピークがみられた。走行位置の平均値は、中央島径に関わらず約10mであったが、分散は小径のほうが大径と比較して大きくなった。

冬期の走行位置は、路面状態及び中央島径の違いによって分布形が異なった。走行位置の平均値は、氷板路面の大径時は10.2m、小径時は10.0mであったが、圧雪路面の小径時は8.77mであり、氷板路面に比べてエプロンに近い位置であった。また、圧雪路面の小径時では、走行位置の28%が8m以下となり、エプロンを踏んで走行して

いた。走行位置の分散が最も大きかったのは、圧雪路面の小径時であり、1.80であった。氷板路面では、小径は大径と比較して、ピークは環道の外側となる一方で、9.5mより内側を走行する車両割合が高く、分散が大きくなった。また、氷板路面の小径時の走行位置分布では、9.5mと11.0mの2箇所にピークがみられた。

b) 走行位置に影響する要因

路面状態別中央島径別の走行位置分布では、2箇所にピークがみられることや、圧雪路面の分散が大きいこと等の特徴があった。これらの要因を把握するため、走行位置を図-5に示すOD方向別に分類し、分析した。

各OD方向の走行位置の平均値を集計した結果、OD西→北(西から流入し北に流出)の車両は、路面状態や中央島径に関わらず、走行位置の平均値が約11mとなり、環道の最も外側を走行した(図-6)。一方、OD南→東は各条件で環道の最も内側を走行した。圧雪路面の小径時のOD南→東は走行位置の平均値が7.0mとなり、エプ

ロン内であった。また、判読断面の直近で流入する方向である西から流入するODの走行位置は環道の外側となり、それ以外の方向から流入するODの走行位置は環道の内側となる傾向があり、これが分布形に2箇所ピークがみられた一因であることが分かった。

圧雪路面の小径時とその他の条件におけるOD別の走行位置について、二群の平均値の差の検定を行った。その結果、OD西→北を除くODの平均値の差は、統計的に1%有意となり、圧雪路面の小径時のほうが環道の内側を走行することが分かった(表-4)。このことから、圧雪路面の小径時では左折行動以外の走行位置が全体的に環道の内側になることが分かった。

次に、氷板路面における中央島径の違いによるOD別の走行位置について、二群の平均値の差の検定を行った。その結果、OD西→北を除くODの平均値において、統計的有意差を確認できた(表-5)。環道の内側を走行する傾向がある西以外から流入するODについては、大径時のほうが小径時よりも環道の0.5~0.7m外側を走行することが分かった。このことから、氷板路面では、中央島径を大きくすることにより、車両を環道のより外側に誘導できることを示した。

以上から、RBTを左折する場合の走行位置は、中央島径や路面状態の影響を受けないことが分かった。一方、RBTを右折する場合の環道内中間付近の走行位置は内側になりやすく、圧雪路面のように環道とエプロンの境界が不明確な場合、その傾向が顕著であることが分かった。冬期においても、車両の走行位置を環道に誘導するためには、中央島径を大きくすることが有効であることが分かった。

表-4 OD別平均走行位置の差の検定の結果  
(圧雪路面小径時とその他の条件との比較)

OD	圧雪路面小径時との比較対象							
	乾燥路面大径		乾燥路面小径		氷板路面大径		氷板路面小径	
	t値	判定	t値	判定	t値	判定	t値	判定
西→北	0.60		0.70		0.25		0.28	
西→東	19.59	**	23.69	**	12.35	**	15.44	**
西→南	11.42	**	14.95	**	4.61	**	7.74	**
南→北	5.91	**	5.14	**	10.26	**	5.17	**
南→東	12.00	**	11.39	**	7.31	**	6.03	**
東→北	6.01	**	4.75	**	10.66	**	6.52	**

※判定は、\*が5%有意、\*\*が1%有意であることを示す。

表-5 氷板路面での径別OD別の平均走行位置の差の検定結果

OD	氷板路面大径		氷板路面小径		平均値の差(m) (絶対値)	t値	判定
	平均値(m)	標準偏差	平均値(m)	標準偏差			
西→北	10.9	0.4	10.8	0.4	0.1	0.13	
西→東	10.5	0.6	10.6	0.5	0.1	2.77	**
西→南	10.2	0.7	10.5	0.4	0.3	2.62	**
南→北	9.9	0.5	9.4	0.7	0.5	6.59	**
南→東	9.3	0.7	8.6	1.0	0.7	2.05	*
東→北	10.1	0.5	9.6	0.7	0.5	3.79	**

※判定は、\*が5%有意、\*\*が1%有意であることを示す。

#### 4. 各条件の走行挙動への影響

##### (1) 走行挙動の分析対象

中央島径や路面状態の違いによる走行挙動への影響に着目する。走行挙動として、速度、横加速度に着目した。

速度と横加速度は、セーフティレコーダーとデータロガーから取得したデータをもとに、RBTを直進する車両を対象とした。流入時に停止行動を行なった車両が少なかったため、停止行動を行わなかった車両を対象とし、流入部のゆずれ線上、環道内中間部、流出部のゆずれ線上の速度と、環道内中間部の横加速度を集計した。速度と横加速度の分析対象車両数は1,250台とし、路面状態、中央島径及び標識種類別に分類した(表-6)。

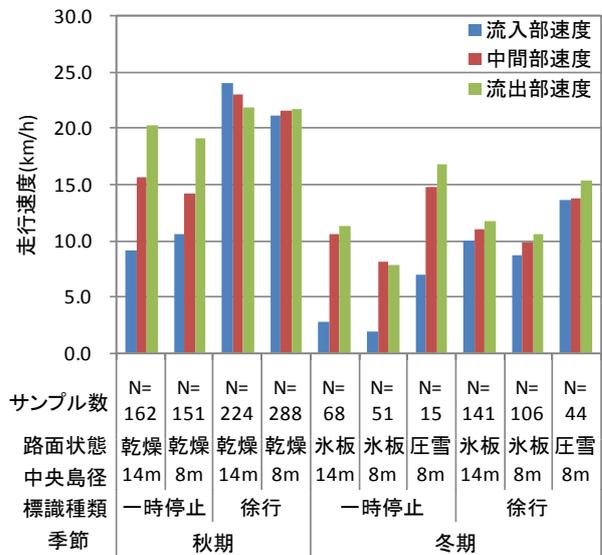
##### (2) 速度と横加速度の分析結果

###### a) 速度の基本集計結果

路面状態、中央島径及び標識種類別の速度を集計した。流入部の平均速度は、乾燥路面・中央島径14m・徐行標識の時に最も高く、24.0km/hであった(図-7)。流入部の平均速度が最も低かった条件は、氷板路面・中央島径8m・一時停止標識の時であり、2.0km/hであった。流入部速度は、路面状態及び標識種類による差が大きく、それと比較して中央島径による差は小さかった。

表-6 速度と横加速度の分析対象車両数

		中央島径別		計	
		大径(14m)	小径(8m)		
秋期	乾燥路面	一時停止	162	151	313
		徐行	224	288	512
冬期	圧雪路面	一時停止	-	15	15
		徐行	-	44	44
	氷板路面	一時停止	68	51	119
		徐行	141	106	247
計			595	655	1,250



※サンプル数は、流入部、中間部、流出部で共通

図-7 路面状態別中央島径別標識種類別の平均速度

表-7 重回帰分析の説明変数間の相関係数

	すべり 摩擦係数	中央島径	標識 (ダミー)	被験者数
すべり摩擦係数	1.00	-0.04	-0.06	0.04
中央島径	-0.04	1.00	-0.06	-0.01
標識(ダミー)	-0.06	-0.06	1.00	0.05
被験者数	0.04	-0.01	0.05	1.00

※標識は、0:一時停止、1:徐行とした。

表-8 重回帰分析結果

	流入部速度		中間部速度		流出部速度	
	標準 偏回帰 係数	判定	標準 偏回帰 係数	判定	標準 偏回帰 係数	判定
定数項	14.3	**	16.5	**	17.8	**
すべり摩擦係数	5.4	**	4.7	**	5.0	**
中央島径	0.4		0.5	**	0.3	**
標識(ダミー)	5.5	**	2.6	**	0.9	**
被験者数	-0.6	**	-		0.1	
決定係数	0.4		0.4		0.6	
調整済決定係数	0.4		0.4		0.6	
分散	238.7		314.7		8.5	
分析	p値		p値		p値	
	<.0001		<.0001		<.0001	

※標識は、0:一時停止、1:徐行とした。

※判定は、\*が5%有意、\*\*が1%有意であることを示す。

中間部と流出部の速度は、流入部の速度と同様、乾燥路面で徐行標識の時間が長く、氷板路面で一時停止標識の時間が低かった。

#### b) 速度に影響する要因

速度に影響する要因を把握するため、路面のすべり摩擦係数、中央島径、標識種類及び被験者数を説明変数とし、各地点の速度を目的変数として、重回帰分析を行った。説明変数間の相関係数が低いことを確認した上で(表-7)、ステップワイズ法により説明変数を選定した。

流入部速度の重回帰分析結果では、路面のすべり摩擦係数と標識の標準偏回帰係数が大きくなり、すべり摩擦係数が高く徐行標識の場合に走行速度が高くなるモデルとなった(表-8)。中間部速度と流出部速度に対しては、標識の標準偏回帰係数は小さくなり、路面のすべり摩擦係数が最も影響する要因となった。中央島径は、3箇所の速度に対する影響が小さいことが分かった。

#### c) 環道中間部での横加速度

中間部の横加速度は、秋期の乾燥路面では0.04~0.09G、冬期の氷板路面では0.03~0.05G、圧雪路面では0.08~0.12Gとなった(図-8)。路面のすべり摩擦係数及び速度が高い条件では横加速度も大きくなり、すべり摩擦係数及び速度が低い条件では横加速度も小さくなった。

中央島径別の横加速度について、二群の平均値の差の検定を行った結果、乾燥路面で徐行標識を用いた場合と氷板路面で一時停止標識を用いた場合に、中央島径の違いによる統計的有意差を確認できた。ただし、乾燥路面で徐行標識を用いた場合の横加速度は、中央島径が8m

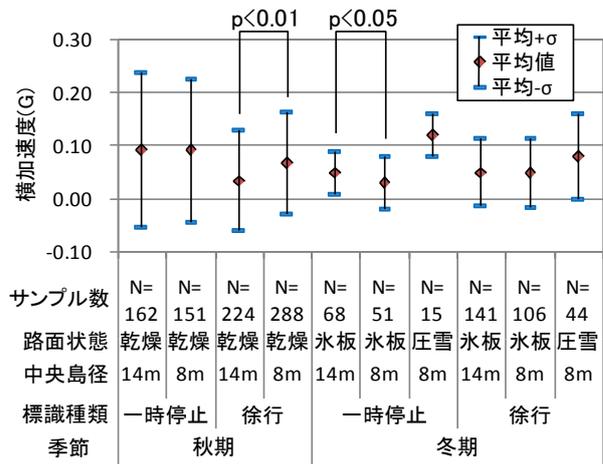


図-8 中間部の横加速度

のときのほうが大きく、氷板路面で一時停止標識を用いた場合の横加速度は、中央島径が14mのときのほうが大きくなり、結果が異なった。また、乾燥路面で一時停止標識を用いた場合と氷板路面で徐行標識を用いた場合の中央島径別の横加速度の比較では有意差がみられなかったことから、中央島径の違いが横加速度に与える影響は小さいと考えられる。

## 5. まとめと今後の課題

本研究では、路面状態と中央島径が異なる条件でRBT走行実験を行い、各条件での車両走行位置を分析した。路面が乾燥しており環道とエプロンの境界が視認できる場合は、中央島径に関わらず環道を走行することを示した。一方、環道とエプロンの境界が不明確になる冬期の路面状態では、中央島径が小さいとエプロンを走行する車両が増えるが、中央島径を大きくすることによって、車両は環道を走行し、走行位置の偏差が小さくなることを示した。また、路面状態や中央島径の違いによる走行挙動に着目し、走行速度や横加速度は、路面状態は影響するが、中央島径の影響は小さいことを示した。

以上から、積雪寒冷地では、冬期においても走行位置の偏差を小さくし、車両走行位置を環道内に誘導するために中央島径を大きくすることが有効であることが分かった。元来、エプロンの設計は、設計車両とそれより大きい副設計車両の走行幅員の差から求めることを基本としており、それより内側に中央島が設置されることが一般的である<sup>1)</sup>。これを踏まえた上で、可能な範囲で中央島を大きくすることが積雪寒冷地では重要であると考えられる。

最後に、中央島径を大きくすることにより環道を走行する行動や、冬期路面では自ずと低速走行を行う行動は、RBTが視覚的な影響をドライバーに与えやすい構造であることが一因として考えられる。今後は、この視覚的な

影響に関する知見を蓄積するとともに、積雪寒冷地でのRBTの実道展開に向けた検討を行う予定である。

#### 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, No.3, pp.24-33, 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, 第41回土木計画学研究発表会, CD-ROM, 2010.6.
- 3) Bhagwant N. Persaud, et. al.: Safety Effect of Roundabout Conversions in the United States: Empirical Bayes Observational Before-After Study, Transportation Research Record 1751, Transportation Research Board, National Academy of Sciences, Washington, D.C., 2001.
- 4) NCHRP Report 572: Roundabouts in the United States. National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board, National Academy of Sciences, Washington, D.C., Washington, D.C., 2007.
- 5) Evdokia Vlahos, et al.: Evaluating the Conversion of All-Way Stop-Controlled Intersections into Roundabouts, Transportation Research Record No. 2078, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., pp.80-89, 2008.
- 6) Insurance Institute for Highway Safety. Q&As: Roundabouts. Insurance Institute 40 for Highway Safety, Highway Loss Data Institute. [Online] IIHS, April 2010. [Cited: April 1, 2011.] <http://www.iihs.org/research/qanda/roundabouts.html>.
- 7) Rodegerdts, L. A., et. al.: Roundabout Technical Summary. Report FHWA-SA-10-006, Federal Highway Administration Office of Safety, 2010.
- 8) Robinson, B. W., et. al.: Roundabouts: An Informational Guide. Report FHWA-RD-00-067. FHWA, U.S. Department of Transportation, June 2000.
- 9) Rodegerdts, L. A., et. al.: Roundabouts: An Informational Guide, 2nd Edition. NCHRP Report 672. Transportation Research Board, National Academy of Sciences, Washington, D.C., 2010.
- 10) Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen ; Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren, 2006.8.
- 11) Georges Jacquemart, et. al.: Modern Roundabout Practice in the United States, NCHRP Synthesis 264, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., pp.19-20, 1998
- 12) Gregory A. McKnight, et al.: Driver Characteristics Associated with Knowledge of Correct Roundabout Negotiation, Transportation Research Record No. 2078, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., pp.96-99, 2008.
- 13) 彌勒地進, 麻生敏正, 長谷川孝明: ラウンドアバウトと信号化交差点の性能比較, 電子情報通信学会技術研究報告, ITS2009-104, pp113-118, 2010.3.
- 14) 吉岡慶祐, 中村英樹, 宗広一徳, 米山 喜之: ラウンドアバウト走行実証実験における車両挙動分析, 第41回土木計画学研究発表会, CD-ROM, 2010.6.
- 15) 滝川遼, 大口敬, 小根山裕之, 鹿田成則: ラウンドアバウトと一般無信号交差点における安全確認行動, 第41回土木計画学研究発表会, CD-ROM, 2010.6.
- 16) 大里由紀広, 浜岡秀勝, 米山喜之: 簡易DSを用いたラウンドアバウト走行における安全性評価, 第41回土木計画学研究発表会, CD-ROM, 2010.6.
- 17) 米山 喜之: ラウンドアバウトの交通運用, 第39回土木計画学研究発表会, CD-ROM, 2009.6.
- 18) 関信郎: ラウンドアバウトにおける道路交通法上の考察, 交通工学Vol.44, No.3, pp.76-77, 2009.5.
- 19) Alek Pochowski, E.I., et. al.: Review of State Roundabout Programs, Transportation Research Record No. 2182, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., pp.121-128, 2010.
- 20) 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回土木計画学研究発表会, CD-ROM, 2010.6.
- 21) Frank F. Saccomanno, et al.: Comparing Safety at Signalized Intersections and Roundabouts Using Simulated Rear-End Conflicts, Transportation Research Record No. 2078, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., pp.90-95, 2008.