

中央島形状の違いが運転挙動に 与える効果の検証 —中央島径20mのラウンドアバウトを対象とした 走行実験の分析—

国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所 地域景観チーム ○増澤 諭香
榎本 碧
福島 宏文

ラウンドアバウト中央島は、マウンドや植栽の導入により、交通安全面や景観面の向上が期待されている。しかし、北海道等で導入されている中央島径 20m 程度の場合に、中央島形状が運転挙動へ与える影響は十分に明らかにされていない。そこで、交通安全面と景観面で優れた中央島設計手法の提案に向け、中央島径 20m のラウンドアバウトを対象に実車走行実験を実施することにより、中央島のマウンドの有無が運転挙動に与える効果を検証した。その結果、マウンドがある場合は「環道進入時に迷った場面有り」の回答者の割合が 25 ポイント減少し、進入判断しやすくなること、環道走行時に他車両との距離感が把握しやすくなることが分かった。

キーワード：ラウンドアバウト、中央島、実車走行実験、マウンド

1. はじめに

ラウンドアバウトは、図-1に示す中央島や環道等により構成される環状の交差点である。信号がないため、停電の影響を受けないことや、重大事故の防止等が期待されている。ラウンドアバウトは、環道内では時計回りの一方通行のため、十字交差点等とは異なり、対面の流入路から交差点に接近する車（以降、「対面車」とする）よりも、右側の流入路から入ってくる車および環道上を走行する車（以降、「右から来る車」とする）と先に交錯する構造になっている。このことから、米国やオーストラリア等では、図-2のように、環道への流入車から、右から来る車に対する見通しを確保する考え方（以降、「見通し距離」とする）が示されている^{1,2)}。この見通し距離は、設計速度等に基づいて算出され、安全な進入判断に必要な距離として規定されている^{1,2)}。一方、国内では、見通し距離に関する具体的な規定は、現在のところ示されていない。

ラウンドアバウトを構成する要素のうち、中央島は、マウンドや植栽等を導入することにより、遠方からラウンドアバウトに気が付き速度を低減する効果や、環道進入時の視線を右側へと向けることで安全性を高める効果があると考えられている³⁾。また、景観面も向上すると期待される。一方で、中央島は見通し距離に影響する要素であり、その形状の検討が必要である。

本研究では、北海道等で導入されている中央島径20m程度 of 国内において大型に分類されるラウンドアバウト

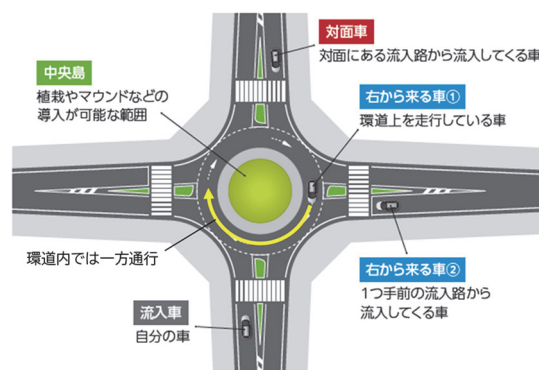


図-1 ラウンドアバウトの構成

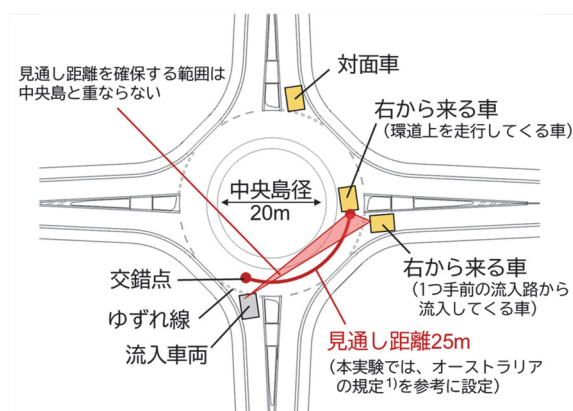


図-2 環道流入時の見通し距離の考え方

を対象として、中央島のマウンドの有無が運転挙動に与える効果を明らかにすることを目的に、実車走行実験を実施した。

2. 研究方法

(1) 実験概要

走行実験概要を表-1に示す。実験は、寒地土木研究所の苫小牧試験道路で、2024年6月～7月の3日間にかけて行った。1日あたりの実験参加者は計24名とし、20代～50代の一般の方を、年代や性別に極端な偏りが無いよう募集した。

1日の実験の流れを表-2に示す。実験開始前に、参加者には、実験目的や方法、安全対策、個人情報の保護、研究成果の利用方法等について説明し、実験参加の同意を得た。その後、参加者1名ずつの走行練習、24名の参加者を2グループに分け、グループ毎に同時に走行練習を行った後、グループ毎に走行（1～5）の各6分間の実験走行を実施した。走行（1～5）では、アイトラッカーやGNSS機器等による車両の走行挙動の記録、走行（2・4）の後、走行時の印象の把握のためアンケートを行った。

なお、走行（5）は、第1回走行実験のみ行った。また、第2回走行実験は、走行（1・2）はパターンB、走行（3・4）はパターンCの条件で行った。

本稿では、平坦とマウンドを比較するため、第1回（パターンA）と、第2回（パターンB）の走行挙動、視線挙動、アンケート結果を報告する。

実験は、寒地土木研究所の研究倫理審査会議で承認を得て実施した。

(2) 実験走路の条件

a) 実験走路の構成

実験走路の条件を図-3に示す。走路は4枝の交差点で、中央島径20 m、エプロン2 m、環道幅員5 mである。各流入路の交差角は90度とした。走路は路面に傾斜があり中央島部分が最も凸となっている。

b) 中央島形状の条件

実験は、対面車の見え方を考慮し、各中央島の形状を計4パターンとし、次の条件とした（図-4）。マウンドおよび植栽の高さは、流入路（イ）のゆずれ線の路盤面からそれぞれの頂点までの高さとする。低木は、ヨドガワツツジを使用した。

- ・パターンA：平坦（植栽無し、砂で舗装面を再現）
- ・パターンB：マウンド1.2m＋芝
- ・パターンC：マウンド1.2m＋芝＋低木（1.8m）
- ・パターンD：マウンド2.0m＋芝

なお、オーストラリアの見通し距離の規定⁹⁾を参考に、環道への進入速度を20 km/hとし、制動停止距離25 mが必要な見通し距離と仮定すると、この実験条件では、全てのパターンで必要な見通し距離が確保される条件となっている。

表-1 走行実験の概要

実 施 時 日		第1回：2024年6月4日（火） 第2回：2024年7月2日（火） 第3回：2024年7月30日（火）
中央島の条件		第1回：平坦、植栽無（パターンA） 第2回：マウンド1.2m、芝生（パターンB） マウンド1.2m、芝生、低木（パターンC） 第3回：平坦、植栽無（パターンD）
実 験 場 所		寒地土木研究所 苫小牧寒地試験道路
実験参加者	数	1日あたり24名、延べ72名 ※各日 A、B の2グループに分けて実験を実施
	内 訳	第1回、第2回走行実験： 男性12名、女性12名（計24名） 20～29歳：6名、30～39歳：6名 40～49歳：6名、50～59歳：6名 第3回走行実験： 男性12名、女性12名（計24名） 20～29歳：6名、30～39歳：5名 40～49歳：6名、50～59歳：7名
	抽 出 条 件	・ 普通自動車の運転免許を有する ・ 職業運転者および利害関係者ではない ・ 0.7以上の視力を有する（眼鏡・コンタクトの着用可、ただしアイマークレコーダーを着用する実験参加者は裸眼またはコンタクトで 0.7 以上の視力を有する） ・ 日常的に運転を行う（週に2回以上） ・ ラウンドアバウトを走行した経験が無い（ロータリーの走行経験は、ラウンドアバウトと走行ルールが異なるため、問わない） ・ 各実験回参加の24名のうち、16名は第1回～第3回の全実験に参加、8名は1回のみ参加とした

表-2 走行実験の概要（1日の実験の流れ）

No.	内容
1	実験説明、同意書に関する説明
2	走行練習（参加者1名ずつ走行）
3	走行練習（グループ毎に同時走行）
4	走行(1)、走行(2)、アンケート
5	走行(3)、走行(4)、走行(5)（第1回のみ）、アンケート
6	実験終了

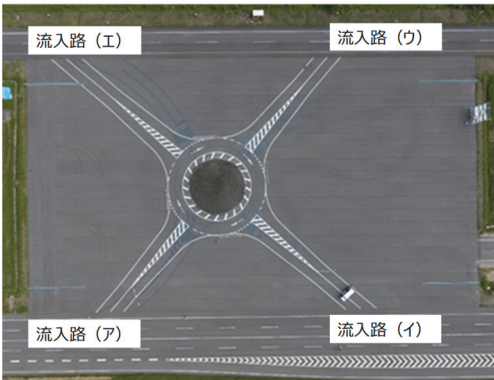


図-3 実験走路の平面図

(3) 分析方法

a) 走行挙動データ

全車両に設置したGNSS機器により、走行速度や加速

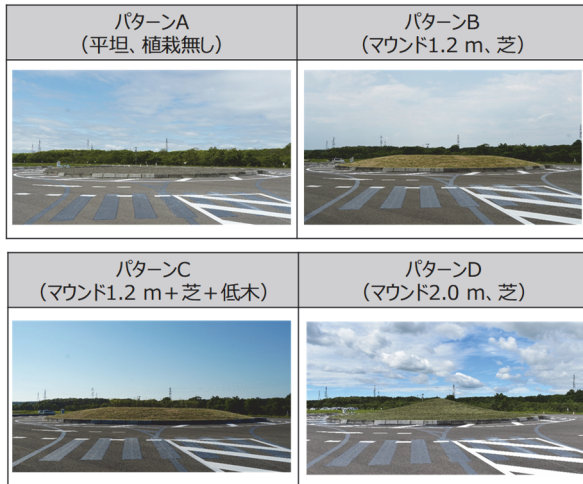


図4 中央島のパターン

表-3 調査項目

No.	使用機器等	取得データ
1	GNSS 機器 (DG-Pro1RWS)	速度、加速度、 走行軌跡（緯度経度情報）
2	アイマークレコーダー (Tobii Pro Glasses 2)	視線挙動
3	アンケート	運転者による評価
4	ドローン	動画（走行挙動）

度、各時刻での走行軌跡（位置情報）を8 Hzで記録した。使用した機器および取得データを表-3に示す。

走行速度の分析は、流入路の長さが45 m以上ある流入路（イ）（図-3）を対象に行うこととし、SchurrとAbos-Sanchez⁹⁾を参考に、ゆずれ線手前10 m、45 mの2地点の走行速度の比較分析を行った。各パターンの速度は、マン=ホイットニーのU検定により比較した。また、流入路（イ）から開始した走行について、各地点での速度変化の比較を行った。

b) 視線挙動データ

各走行で、実験参加者の1名がアイマークレコーダーを着用し、環道進入時の視線挙動の計測を行った。視線挙動の分析範囲は、図-3に示す流入路（ア）および（イ）のゆずれ線手前10 mからゆずれ線までの範囲とし、Tobii Pro Labを用いてヒートマップ図の作成およびAOI分析（Area of Interest：興味関心領域）を行った。ヒートマップ図は、福田ら⁹⁾の注視点に関する研究を参考に、50Hzで記録したデータから、眼球運動速度11 deg/s以下の状態が165ms以上続いた場合を注視点として作成した。また、AOI分析は中央島およびその周辺について、図-5のように14の領域に分け、各領域を注視した時間の割合を算出することにより行った。

c) アンケートによる参加者の主観評価

走行（2・4）の後、採点法のアンケートを行った。アンケートの設問内容を表-4に示す。アンケート結果は、t検定により、パターン毎の比較を行った。これらに加え、第3回走行実験の走行（4）の後に、順位法のア

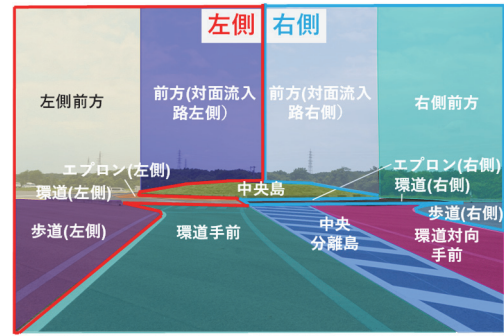


図-5 AOI分析による領域の分割

表-4 採点法のアンケート

設問内容	
問 1	各時点で、どのくらいラウンドアバウトの走行に慣れていてと思いますか。 2 1 0 1 2 慣れて 慣れて いた なかった
問 2	遠方にいるとき、十字交差点と違うことが見た目から分かりましたか。 2 1 0 1 2 分かった 分から なかった
問 3	環道への進入時に、自分が走行すべきレーン（環道）の位置や、走行方向が分かりましたか。 2 1 0 1 2 分かった 分から なかった
問 4	環道内を走行しているとき、自分の前を走る車と十分な距離がとれましたか。 2 1 0 1 2 十分な距離を 十分な距離を とれた とれなかった
問 5-1	走行したラウンドアバウトは、安全に走行できると思いましたか。 2 1 0 1 2 安全 危険
問 5-2	問 5-1 に回答した理由について、ご記入ください。（自由記述）
問 6	環道への進入時に、他の車が原因で、環道に入るタイミングを迷った場面はありましたか。 2 1 0 1 2 あった なかった
問 7	走行したラウンドアバウトは、走りやすいと思いましたか。 2 1 0 1 2 走りやすい 走りにくい

ート等を行ったが、本稿では分析対象としないため省略する。

d) ドローン空撮による動画データの取得

実験時には、ドローン空撮により車両の走行状況を記録した。画角は中央島を中心とし、環道に流入する20 m手前の各流入路が写る範囲に設定した。なお、気象条件により撮影が困難な場合は、地上からビデオカメラを用

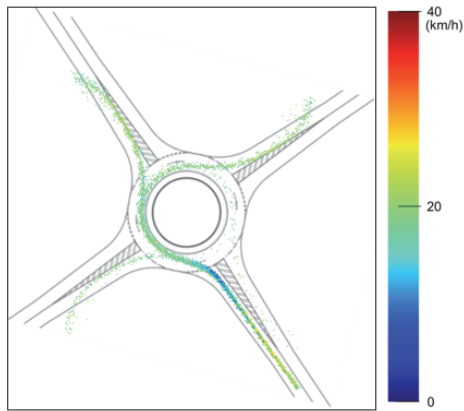


図-6 走行の軌跡と走行速度の分布（パターンA）

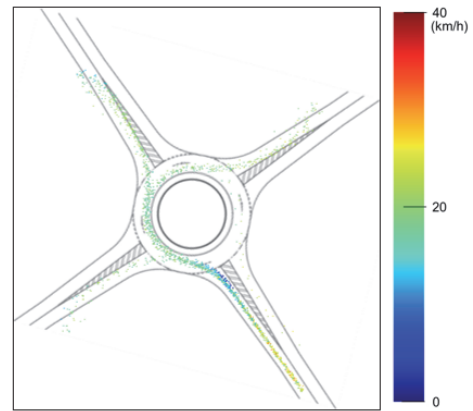


図-7 走行の軌跡と走行速度の分布（パターンB）

いて撮影した。ドローン動画は、実験走路から著しく逸脱した走行が行われていないかの確認のため利用した。

3. 結果

ここでは、パターンA（平坦、植栽無し）およびB（マウンドH=1.2m、芝）の、走行挙動、視線挙動、アンケートの回答結果を示す。なお、アンケートは、Aは第1回走行実験の走行（2）終了後、Bは第2回走行実験の走行（2）終了後の結果を示す。

(1) 走行挙動

走行の軌跡と走行速度の分布を図-6、図-7に示す。パターンA、Bともに、環道進入前に減速している様子が確認できた。

また、ゆずれ線手前45 mと10 m地点の平均走行速度を図-8に示す。45 m地点の走行速度はBの方が高く、マン=ホイットニーのU検定により有意水準5%で有意差がみられた（ $p=1.9 \times 10^{-15}$ ）。一方、10 m地点の走行速度は、どちらも15 km/h程度であることが読みとれ、有意差があるとはいえなかった。また、45 m地点の速度は、10 m地点と比較して高く、環道に接近するにつれて、減速している様子が確認できた。

(2) 視線挙動

各パターンの環道進入時の注視点をヒートマップ図に整理した結果を図-9に示す。パターンAでは左右の流入路側、パターンBでは右の流入路側に視線が集中していることが読みとれる。

また、AOI分析を行った結果を図-10に示す。パターンAでは左側、パターンBでは右側を多く見ていることが分かった。

(3) アンケート

a) 走行の慣れに関する主観評価

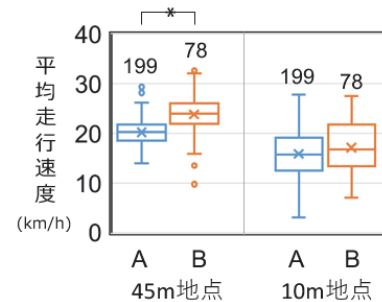


図-8 ゆずれ線手前45mおよび10m地点の平均走行速度



図-9 視線挙動に関するヒートマップ図

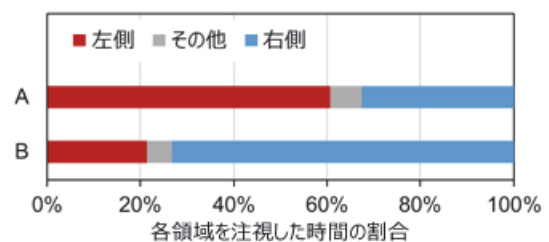


図-10 AOI分析の比較結果

問1「どのくらいラウンドアバウトの走行に慣れていたか」を質問した結果を、図-11に示す。走行の慣れに関して、パターンによる差はみられなかった。

b) 交通安全に関する主観評価

問2「遠方にいるとき、十字交差点との違いが見た目から分かったか」、問3「環道進入時に、走行レーンの位置や走行方向が分かったか」、問4「環道走行時に他車両との間に十分な距離がとれたか」の結果を図-12～図-14に示す。パターンによらず、79%が「遠方から十

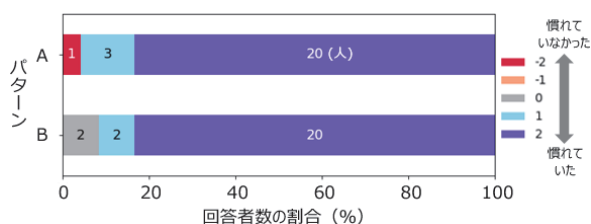


図-11 問1：「どのくらいラウンドアバウトの走行に慣れていたか」の回答者数の割合

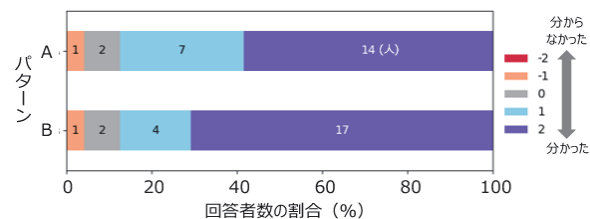


図-13 問3：「環道進入時に、走行レーンの位置や走行方向が分かったか」の回答者数の割合

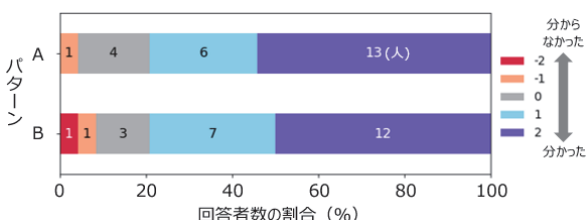


図-12 問2：「遠方にいるとき、十字交差点との違いが見た目から分かったか」の回答者数の割合

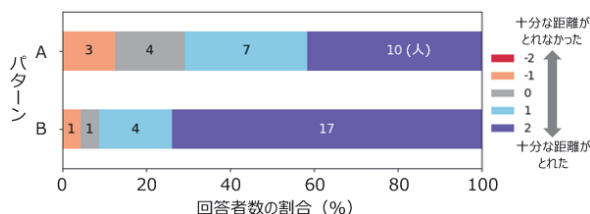


図-14 問4：「環道走行時に他車両との間に十分な距離がとれたか」の回答者数の割合

字交差点との違いが分かった」、88%が「環道進入時に、走行レーンの位置や走行方向が分かった」と回答していた。一方、「環道走行時に他車両との間に十分な距離がとれた」と回答した人は、Aの71%と比較して、Bで91%と多くなっていた（t検定より有意水準5%で有意差あり、 $p=0.006$ ）。

また、問5-1「安全に走行できと思ったか」を質問した結果を図-15に示す。Bは「安全に走行できる」と回答した人が、Aよりも8ポイント多くなっていたが、大きな差はみられなかった。問5-2「問5-1に回答した理由を記入してください」と質問したところ、Aで危険側を選択した2名は、『走行部分が分かりにくい』、『運転者全員が仕組みやルールを理解できるか不安がある、事故が増えそうな気がする』と回答していた。また、Bで危険側を選択した2名は、『他にも通れる道があればそちらを使う』、『運転者しだい』との回答であった。

c) 円滑な走行に関する主観評価

問6「環道への進入タイミングの判断に迷った場面はあったか」、問7「走りやすいと感じたか」について質問した結果を、図-16、図-17に示す。BはAと比較して「環道への進入タイミングに迷った」と回答した人が25ポイント少なくなっていた。「走りやすいと感じたか」についての回答者数の割合は、A、Bでほとんど変わらないことが分かった。

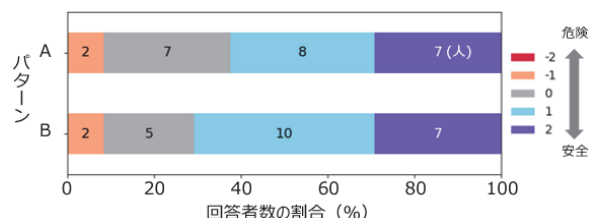


図-15 問5-1：「安全に走行できと思ったか」の回答者数の割合

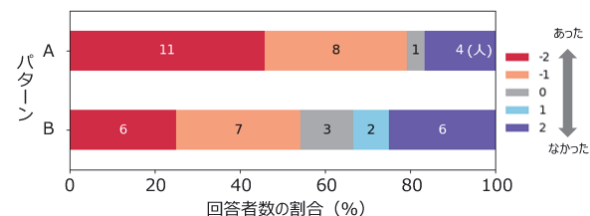


図-16 問6：「環道への進入タイミングの判断に迷った場面はあったか」の回答者数の割合

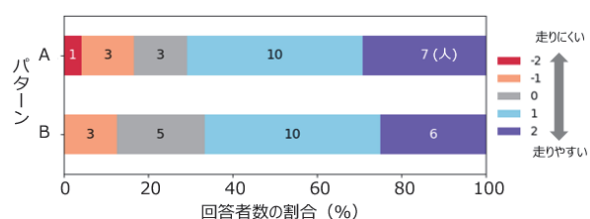


図-17 問7：「走りやすいと感じたか」の回答者数の割合

4. 中央島形状が運転挙動に与える効果の考察

パターンA、Bの走行終了後に、運転の慣れについて質問した結果、パターン毎の差はみられなかった。

また、アンケートで「安全に走行できと思ったか」を質問したところ、どちらのパターンも「危険」と回答

した人は2名と少なかった。回答理由として、Aでは1名が『走行部分が分かりづらい』としていたが、それ以外は『運転者全員がラウンドアバウトの走行ルールを理解できるか不安』といった、ラウンドアバウトの走行に対する不安をあげていた。

このことから、運転の慣れの影響はなく、どちらのパ

ターンも走行の安全上、大きな課題はなかったとして考察を行う。

(1) 遠方からのラウンドアバウトの認知

アンケートより、遠方からの十字交差点との見た目の違いについて、パターンによらず79%の人が「分かった」と回答していた。走行速度は、45 m地点で差がみられたが、10 m地点での差はみられず、どちらも環道進入前に減速している様子が確認できた。

このことから、今回の条件では、マウンドの有無によらず、遠方から十字交差点との違いに気づき、環道に進入できる速度まで減速していたといえる。この要因として、走路の傾斜が中央島部分が最も凸になっていることや、中央島径20mと比較的大きい条件であったこと、周辺に建物等がなく中央島に気づきやすい構造であったことが考えられる。

市街地のように周辺に建物等があり、路面の傾斜も小さい環境では、中央島の形状が影響し、結果が異なる可能性がある。

(2) 環道進入時の判断

アンケートより、環道進入時の走行レーンの位置や走行方向の分かりやすさに関して、パターン毎の差はみられなかった。一方、環道に進入するタイミングの迷いについては、BはAと比較して「迷った」と回答する人が25ポイント少なかった。また、視線挙動の結果より、Bでは左側よりも優先的に確認が必要な右側を注視していることが分かった。

BはAと比較し、環道進入時の判断に迷わなかった要因として、マウンドにより視線を向ける位置が限られていたことがあげられる。一方、Aは平坦なために視界が広く、様々な方向に視線を向けてしまったため、判断に迷った可能性がある。

これらより、中央島のマウンドには運転者の視線を誘導し、運転者の運転判断を支援する効果があると考えられる。

(3) 環道走行時の他車両との距離感の把握しやすさ

環道走行時における車両の位置について、マウンドの有無による比較を行った結果、Bのマウンドありの場合、環道内において車間がとりやすい傾向にあることが確認された。

環道走行時には、主に環道内を走行している他車両と、出入口部を確認する必要があるが、Bではマウンドがあることにより、視線を向ける位置が環道の進行方向および出入口部へ制御されていたため、他車両の位置を把握しやすかった可能性がある。これについては今後、環道走行時のアイマークレコーダーのデータを分析することにより、定量的な検証もすすめたい。

以上より、今回の条件では、中央島のマウンドには、環道進入時に運転者の視線を適切に誘導する効果や、環道走行時に他車両との距離感の把握を支援する効果があったと考える。ただし、本研究は以下の条件下での結果であることに留意が必要である。

- ・中央島径20mの比較的大規模のラウンドアバウト
- ・周辺に建物等の視界を遮る要素が少ない実験環境
- ・晴天時の昼間のみの実験

5. おわりに

本研究では、中央島径20 mの大型のラウンドアバウトを対象に、中央島形状が運転挙動に与える効果を明らかにすることを目的に実車走行実験を行い、中央島が平坦な場合と、マウンドがある場合の結果を比較した。

その結果、遠方からの十字交差点との違いの認知や走行速度については、マウンドの有無による差はみられなかった。一方、マウンドがある場合は、平坦な場合と比較して、環道進入時に進入タイミングの判断がしやすく、環道走行時に他車両との距離感が把握しやすい結果となっていた。このことから、マウンドには、運転者の視線を誘導することにより、運転判断を支援する効果があると考えられる。

今後、マウンド高さの異なるパターンや、植栽したパターンも含めた分析を行うことにより、中央島にマウンドや植栽を導入した場合の交通安全面や景観面の機能について、検証をすすめたい。

参考文献

- 1) Queensland Government Department of Transport and Main Roads : Road planning and design manual, pp.14_44-14_48, 2006.
- 2) L. Rodegerdts, J. Bansen, C. Tiesler, J. Knudsen, E. Myers, M. Johnson, M. Moule, B. Persaud, C. Lyon, S. Hallmark, H. Isebrands, R. B. Crown, B. Guichet and A. O'Brien : ROUNDABOUTS: An Informational Guide, Report FHWA-RD-00-067, pp.1-268, 2010.
- 3) S. U. Jensen : Safety Effects of Height of Central Islands, Sight Distances, Markings and Signage at Single-lane Roundabouts, 5th International symposium on Highway Geometric Design, pp.1-16, 2015.
- 4) K. S. Schurr and J. Abos-Sanchez : Effects of Central Island Landscape Treatments at Single-Lane Roundabouts, NDOR Research Project Final Report, SPR-P1(03) P550, pp.1-46, 2005.
- 5) 福田亮子, 佐久間美能留, 中村悦夫, 福田忠彦 : 注視点の定義に関する実験的検討, 人間工学, Vol.32, No.4, pp.197-204, 1996.