

走行実証実験に基づく 瓢箪型ラウンドアバウトのくびれ形状の検討

首藤 貴子¹・吉岡 慶祐²・松岡 寿章³・奥城 洋⁴・
張 馨⁵・中村 英樹⁶・阿部 義典⁷・神戸 信人⁸・下川 澄雄⁹

¹ 非会員 セントラルコンサルタント株式会社 中部支社 道路交通部 (〒460-0003 愛知県名古屋市中区錦 1 丁目 18-22)
E-mail:tkuno@central-con.co.jp

² 正会員 日本大学助教 理工学部交通システム工学科 (〒274-0063 千葉県船橋市習志野台 7 丁目 24-1)
E-mail:yoshioka.keisuke@nihon-u.ac.jp

³ 非会員 セントラルコンサルタント株式会社 中部支社 道路交通部 (〒460-0003 愛知県名古屋市中区錦 1 丁目 18-22)
E-mail:tmatsuoka@central-con.co.jp

⁴ 非会員 セントラルコンサルタント株式会社 東北支社 道路交通部 (〒980-0822 宮城県仙台市青葉区立町 27-21)
E-mail:hokusiro@central-con.co.jp

⁵ 正会員 名古屋大学大学院特任助教 環境学研究科 (〒464-8603 愛知県名古屋市中区千種区不老町 C1-2(651))
E-mail:zhang@genv.nagoya-u.ac.jp

⁶ フェロー会員 名古屋大学大学院教授 環境学研究科 (同上)
E-mail:nakamura@genv.nagoya-u.ac.jp

⁷ 正会員 国際航業株式会社 インフラマネジメント事業部 (〒183-0057 東京都府中市晴見町 2-24-1)
E-mail:yoshinori_abe@kk-grp.jp

⁸ 正会員 株式会社オリエンタルコンサルタンツ 交通運輸事業部 (〒151-0071 東京都渋谷区本町 3-12-1)
E-mail:kanbe@oriconsul.com

⁹ 正会員 日本大学教授 理工学部交通システム工学科 (〒274-0063 千葉県船橋市習志野台 7 丁目 24-1)
E-mail:shimokawa.sumio@nihon-u.ac.jp

愛知県豊橋市牧野町における県道と市道の無信号交差点は、X型の交差点形状により信号制御が困難であり、その対策として環状部に「くびれ」を設けた瓢箪型ラウンドアバウト導入が計画されている。ラウンドアバウトの形状は、「望ましいラウンドアバウトの構造について」にて、“正円又は正円に近い形状とすることが望ましい”と記載されており、国内の環状交差点の内、1箇所を除いては、正円であることから正円でない形状のラウンドアバウトについては知見が乏しい。そこで本研究では、先行研究において実施された実物大の仮設 RAB での実証実験で得られた走行挙動データをもとに、環状部のくびれ形状が走行時のハンドル操作の特性や横加速度に与える影響を分析した。その結果、くびれの形状を非対称とすることで小型車の走行速度を抑えつつ、大型車の走行性を担保できることが明らかとなった。

Key Words: teardrop roundabout, geometric design, field experiment, questionnaire survey

1. はじめに

愛知県豊橋市牧野町の一般県道と市道が交わる無信号交差点 (図-1) は、X型の交差点形状により信号制御が困難であり、その対策として環状部に「くびれ」を設けた瓢箪型ラウンドアバウト (以下、RAB と称す) が検討されている。しかし、国内においては、正円でない

RAB の幾何構造に関する基準や考え方などについて、ラウンドアバウトマニュアル¹⁾などでの記載が無く、国土交通省道路局長の通知「望ましいラウンドアバウトの構造について」においても、“ラウンドアバウトの形状は、正円又は正円に近い形状とすることが望ましい”と記載されているのみである。国内で環状交差点として指定されている 126 箇所 (令和 3 年度末時点) のうち正円

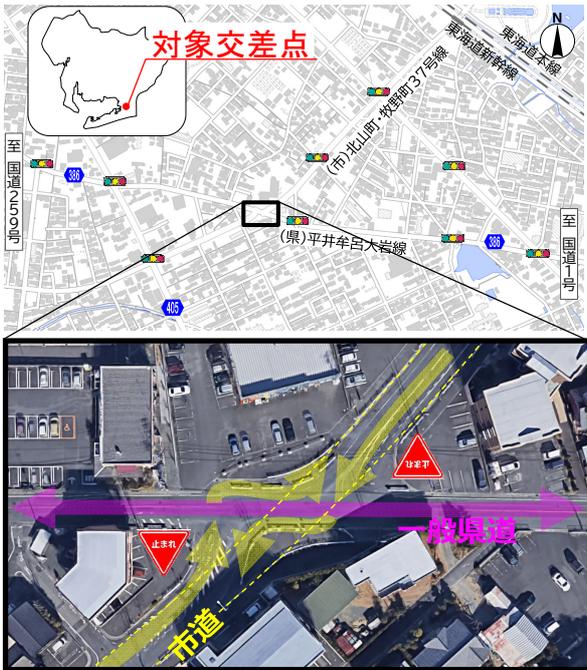


図-1 対象交差点位置図

ではない形状は、郊外に立地する山陰自動車道大田朝山 IC の一般道との接続部の 1 箇所「瓢箪型 RAB」として運用されているのみであり、正円でない形状のラウンドアバウトについては知見が十分でない。そこで、先行研究²⁾において、実物大の仮設 RAB での実証実験が実施され、走行軌跡の検証やアンケートから適切な瓢箪型 RAB の形状が検討されている。本研究では、この先行研究の知見に加え、環状部のくびれ形状が走行時のハンドル操作の特性や横加速度に与える影響を把握することを目的とする。

2. 実証実験の実施内容

(1) 実験の概要

実証実験では、アスファルト舗装が敷設された土地を借用して仮設 RAB を 4 ケース設置し、実際に車両を走行させ、準天頂衛星システムである「みちびき」により走行位置・速度の計測のほか、全被験者（ドライバー）へのアンケート調査が実施されている。

実験は、2020 年 10 月 27 日(火)、28 日(水)の 2 日間に行われており、初日には図-2 に示す Case1,2 を、2 日目には Case3,4 の形状で実施されている。なお、天候は両日も晴であった。

(2) 仮設 RAB の形状

瓢箪型 RAB は、正円 RAB に比べて X 型交差点においても外径をコンパクトにして沿道への影響を抑えることが可能であり、直線区間がないことから小型車の走行速度を抑制できる可能性がある。しかし、くびれが大きくなると、ハンドル操作が多くなり、ドライバーへの走

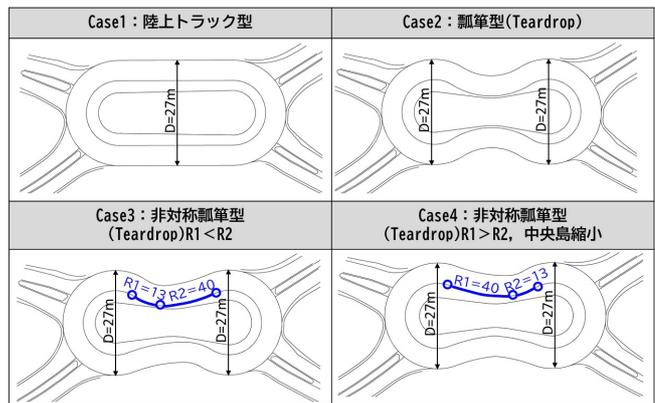


図-2 実験で使った仮設 RAB の形状

表-1 対象車両と被験者

車両	20代	30代	40代	50代	70代	合計
普通自動車	男性 1 名	—	男性 2 名	男性 1 名	男性 1 名	5 名
セミトレーラ	—	—	—	—	—	—
小型自動車	男性 2 名 女性 1 名	男性 1 名	—	男性 1 名	—	5 名

負荷が生じることが想定される。これを踏まえ、実験で用いた仮設 RAB の形状は、図-2 に示す Case1~Case4 の 4 種類とした。

「Case1：陸上トラック型」は、大型車が旋回可能な最小の外径 27m の 2 つの半円を直線で結んだ陸上トラックのような形状である。

「Case2：瓢箪型 (対称形)」は、Case1 の直線部における小型車の走行速度上昇が懸念されるため、陸上トラック型 RAB の直線部に単曲線のくびれ形状を設けたものである。「Case3：非対称瓢箪型(R1<R2)」は、Case2 に対して、くびれ部の曲線半径を流入側(R1)で普通自動車の導流路外側半径の最小値である R=13m、流出側(R2)でその 3 倍程度の R=40m と変化させており、さらに「Case4：非対称瓢箪型(R1>R2)」では、Case3 のくびれ部曲線半径の前半側(R1)と後半側(R2)の大きさを逆転させている。なお Case4 では、Case1~Case3 での大型車の走行状況を踏まえて、現地において仮設防護柵（本設時の中央島縁石に該当）の設置位置が 0.5m 内側へ移動されている。

(3) 対象車両及び被験者

実験に使用した車両は、大型車（セミトレーラ（車長 16.5m）、普通自動車（車長 12.0m））、小型自動車（車長 4.7m）である。また、各車両被験者の年齢及び性別は、表-1 に示す通りである。

(4) 実験走行パターン

実験における走行経路は、大型車の計画交通量が多い経路、小型車の走行速度上昇が懸念される経路を想定して、図-3 に示す 2 経路（①180°（直進）、②270°（右折））としている。ただし、セミトレーラは、現地です実際に通行が想定される①180°（直進）のみとなっている。

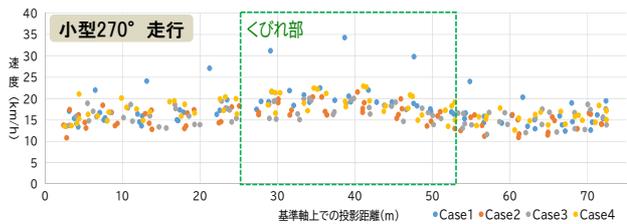
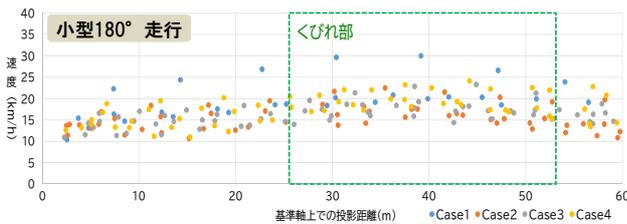
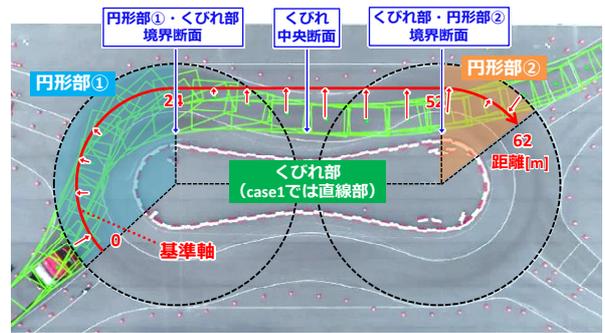
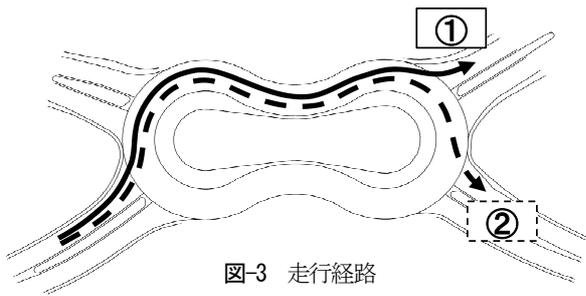


図-5 Case別の速度変化 (小型車)

なお、各被験者は練習走行として小型自動車は1回、普通自動車およびセミトレーラは2回走行しており、概ね走行に慣れた状態でデータが取得されている。

(5) みちびき(準天頂衛星システム)によるデータ取得

「みちびき」とは、準天頂軌道の衛星が主体となって構成されている日本の衛星測位システムのことである。

本研究では、低速度域における速度比較を行うことから高精度の計測が求められたため、内閣府のみちびきWEB サイトで行っているみちびき対応受信機の貸し出しを利用し、センチメートル級測位補強サービスに対応した受信機「AQLOC」を借用し、アンテナを被験車両の車輪軸上に設置して、走行位置と走行速度を計測した。

3. 取得データの分析とくびれ形状の検討

(1) 速度変化の比較 (小型車)

図-5 は、小型自動車を対象に、みちびきを利用して、取得した速度データから、各 Case における環道内の速度変化の特徴を比較したものである。なお、グラフの横軸は図-4 に示すように各走行位置を定義づけた基準軸上に投影したときの基準軸上での距離である。

図-5 を見ると、全体的にほぼ 10~25km/h 以下で速度が推移している。Case1 では、環道内の直線部で速度上昇が顕著なサンプルが見られる一方で、くびれ形状のある Case2~4 では、最大でも 25km/h 程度で推移しており、くびれを設けることによって、速度が抑制されていることが分かる。

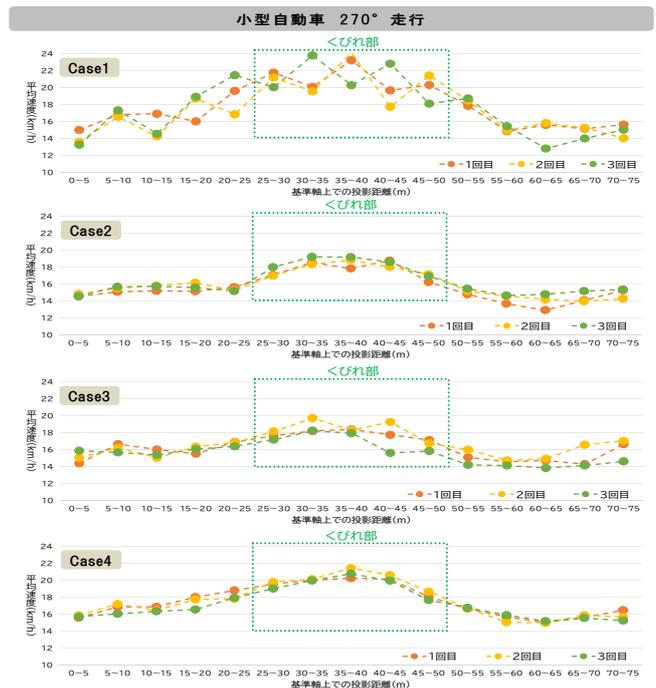
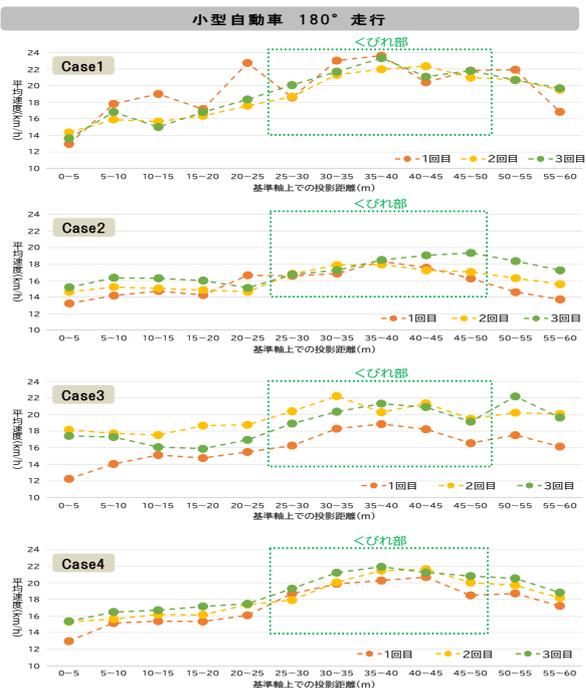


図-6 走行順別の平均速度変化 (小型車)

図-6 は、小型自動車の 1 回目（練習走行）2・3 回目（本番走行）について、被験者 5 名の平均速度を Case 別に比較した図である。なお、グラフの横軸は図-5 と同様に基準上に投影した距離である。

図-6 を見ると、180° 走行、270° 走行の双方において、走行を重ねると、Case1 では、平均速度が上昇する位置にばらつきが生じているのに対し、くびれ形状を有する Case2~4 では、速度が上昇する位置が概ね同じであり、環道内での速度変化の特徴が類似している。また、Case2 や Case3 では、1 回目の平均速度より 2 回目以降の平均速度がやや高くなる傾向にあるが、Case4 では、1 回目~3 回目までの平均速度に大きな違いは見られない。これは、初見でラウンドアバウトを走行した車両とある程度走行に慣れた車両に速度差が少なく、安定した走行が可能になっているものと考えられる。

(2) 曲率変化の比較（大型車）

図-7 は、セミトレーラ、普通自動車を対象に、曲率の変動から、ハンドル操作の特性を比較したものである。なお、グラフの横軸は(1)で述べた基準上に投影した距離である。曲率 k は、式(1a)に示すように軌跡の曲線半径の逆数として表され、ハンドル操作の程度を表す物理量である。

$$k = \frac{1}{R} \quad (1a)$$

ここで、 k : 曲率[1/m], R : 曲線半径[m]であり、左方向への旋回を正とする。

図-7 を見ると、セミトレーラ、普通自動車においては、Case1 が最も曲率が小さく、くびれを設けた Case2~4 の中では、Case4 の曲率が小さい結果となった。特に、くびれ部の終盤（投影距離 50m 付近）において、セミトレーラ、普通自動車の 180° 走行に着目すると、Case4

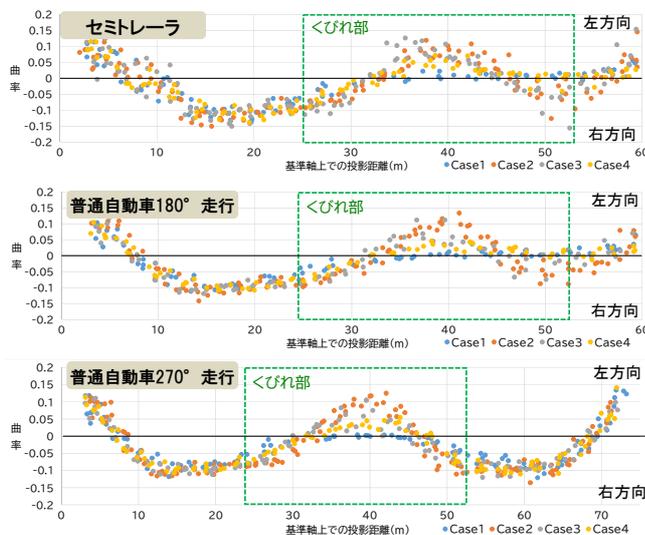


図-7 Case 別の走行曲率変動（大型車）

は Case1 と類似したプロットとなっている。普通自動車の 270° 走行においても、Case4 は、くびれ部の最大曲率が Case2 や 3 と比較して小さいものになっている。くびれを設けた Case2~4 で比較すると、Case4 がくびれの Case1 に近い曲率変化となっており、大型車のハンドル操作に対して最も影響が小さい形状であると考えられる。

(3) 横加速度の比較（小型車・大型車）

図-8 は、くびれ部の 2m 間隔ごとの平均横加速度を示すとともに、くびれ部区間内で Case ごとの平均横加速度が最大となる位置を星印で示したものである。

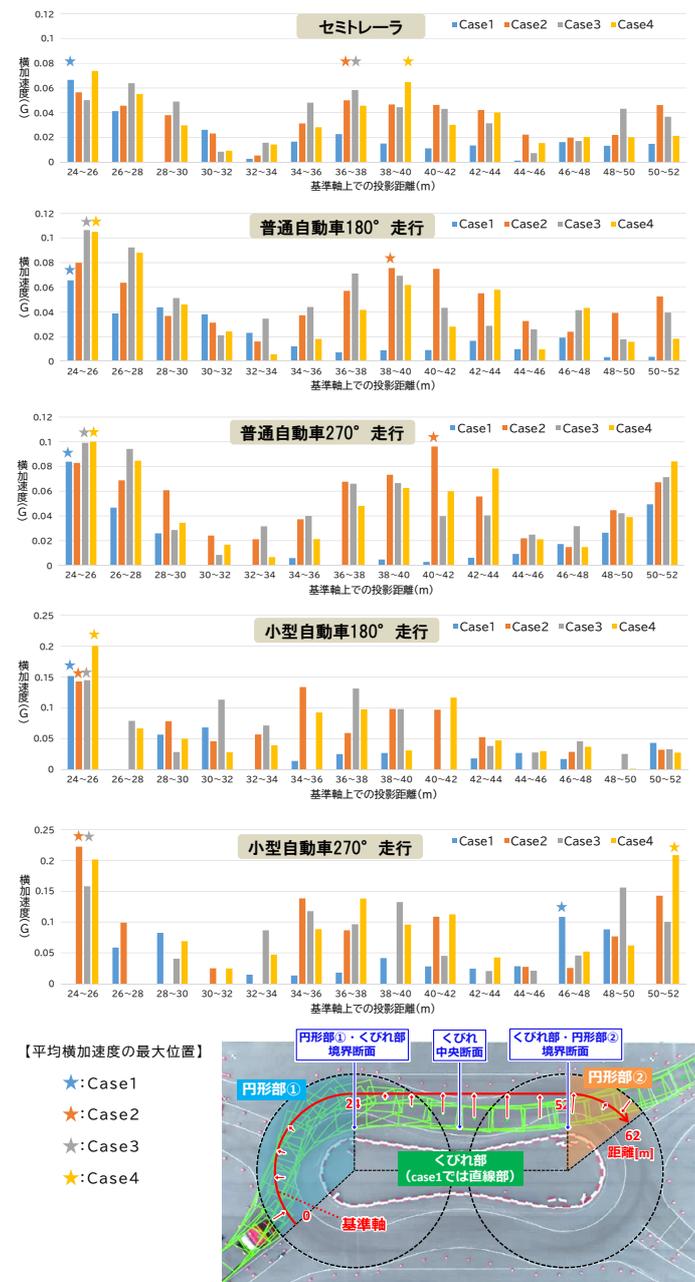


図-8 Case 別くびれ部の平均横加速度（小型車・大型車）

横加速度 G は、式(1b)に示すように、曲線半径と速度から算出され、くびれ部を走行する際にドライバーが受ける力を表す。

$$G = \frac{v^2}{R \times (-9.8)} \quad (1b)$$

ここで、 G ：横加速度[G]、 v ：速度[m/s]、 R ：曲線半径[m]である。

図-8を見ると、くびれがない Case1 では、全車両に対して円形部との境界で横加速度が大きくなる。一方、くびれを設けた Case2~4 を比較すると、Case2 では、セミトレーラや普通自動車において、くびれ中心付近（投影距離 40m程度）で横加速度が大きくなるが、小型自動車は、Case1 と同様に円形部との境界で横加速度が大きくなる。Case3 や 4 は、全車両に対して横加速度の最大は Case1 と同様、円形部との境界となり、Case2 よりくびれによる走行負荷が小さくなったと考えられる。また、くびれ中心付近に着目すると、特に 180° 走行に対して Case3 が Case4 より横加速度が大きくなる傾向にある。以上のことから、Case4 はくびれ形状を有しつつも大型車の走行のしにくさを幾分軽減できているものと考えられる。

(4) アンケート調査

走行実験の被験者 10 名に対して、1 回毎の走行後に「通行しづらい」区間(図-9)に関するアンケート調査を行った。図-10 は、設定した各区間に対して、大型車（セミトレーラ、普通自動車）の通行しづらい箇所の回答数と曲率の平均値を示した図である。図-9 のくびれ部である区間③に着目すると、Case1、4 で通行しづらいとの回答はなく、走行時の負荷が小さいと思われる。これは Case1、4 の曲率の平均値が低い結果と合致してお

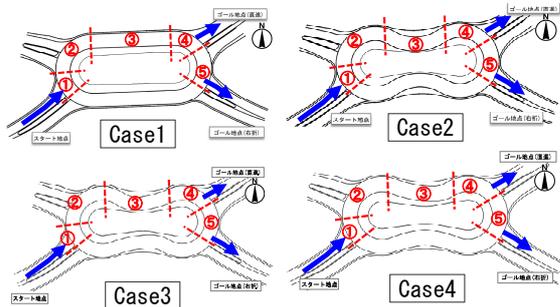


図-9 アンケート項目の区間設定

り、特に Case4 では、くびれ形状を有しつつも大型車の走行性が確保されたためであると考えられる。

4. おわりに

仮設 RAB での走行実証実験の結果から、環状部にくびれを設けることによって環道内での速度が抑制されることが明らかとなった。また、曲率や横加速度などの挙動データとアンケート調査の回答結果を考慮すると、くびれ部の形状が非対称である Case4(流入側 $R1 >$ 流出側 $R2$)のような形状とすることで、大型車の走行性も確保できることが明らかとなった。

ただし、4 つの形状パターンと比較にもとづく結果であるため、流入側と流出側の曲線半径のバランスなど、さらに詳細にくびれの形状について検証することが必要である。

謝辞：本研究は、一般社団法人交通工学研究会が愛知県東三河建設事務所より受託した「令和2年度交差点改良工事(単県)の内ラウンドアバウトの実証実験検討業務委託」の実験データの一部を使用したものである。データの提供をいただいた愛知県東三河建設事務所に、感謝の意を表します。

参考文献

- (一社)交通工学研究会：ラウンドアバウトマニュアル，丸善出版，2016。
- 奥城洋，吉岡慶祐，石黒雄紀，中根武志，松岡寿章，首藤貴子，張馨，中村英樹，阿部義典，神戸信人，下川澄雄：実証実験による瓢箪型ラウンドアバウト幾何構造の検討，第41回交通工学研究会論文集，2021。

(2021.10.1 受付)

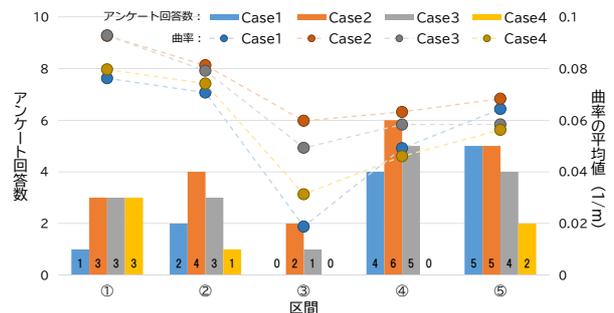


図-10 通行しづらい箇所の回答と曲率の平均値 (大型車)

EXAMINATION OF TEARDROP ROUNDABOUT CONSTRICTION DESIGN THROUGH A FIELD EXPERIMENTAL STUDY

Takako SHUDO, Keisuke YOSHIOKA, Toshiaki MATSUOKA, Hiroshi OKUSHIRO, Xin ZHANG, Hideki NAKAMURA, Yoshinori ABE, Nobuto KANBE and Sumio SHIMOKAWA