

瓢箪型ラウンドアバウト導入に向けた 実証実験によるくびれ構造の検討

しゅどうた かこ まつおかとしあき おくしろひろし かりやけいすけ あべよしのり
首藤貴子¹・松岡寿章¹・奥城 洋²・荻谷佳祐¹・阿部義典³

¹セントラルコンサルタント（株）中部支社（〒460-0003 愛知県名古屋市中区錦1丁目18番22号）

²セントラルコンサルタント（株）東北支社（〒980-0822 宮城県仙台市青葉区立町27番21号）

³国際航業（株）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）

我が国の導入済みラウンドアバウトは、その殆どが正円であり、ラウンドアバウトマニュアルにおいても正円でない場合の幾何構造に関する設計の考え方は記載がない状況である。

愛知県豊橋市牧野町における県道と市道の4枝無信号交差点は、周辺に店舗や集合住宅が密接する市街地に存在し、交差角が鋭角で従道路である市道が食い違い交差となっている。道路状況に起因した交通事故の対策として、瓢箪型ラウンドアバウトの導入が計画されているが、国内では市街地における導入事例がない。そこで本研究では、実験フィールドに実物大の仮設ラウンドアバウトを設置し、実証実験を通して瓢箪型ラウンドアバウトのくびれ形状を検討した。

Key Words : 瓢箪型ラウンドアバウト, 実証実験, くびれ構造

1. はじめに

(1) ラウンドアバウトの整備と形状

我が国のラウンドアバウト（以下、RABと称す）整備は、全国で進められており、環状交差点として126箇所（令和3年度末時点）が指定されている。

環状部の形状は、「望ましいラウンドアバウトの構造について（国土交通省）」にて、“正円又は正円に近い形状とすることが望ましい”と記載されていることもあり、島根県の1箇所を除き、正円になっている。

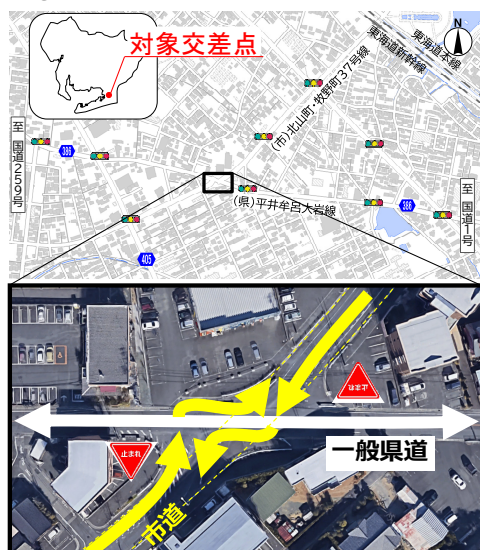


図-1 対象交差点位置図

(2) 対象交差点の現状

愛知県豊橋市牧野町の一般県道平井牟呂大岩線（県道386号）と市道北山町・牧野町37号線（都市計画道路弥生町線）の交差点（図-1）は、周辺に店舗や集合住宅が密接する市街地に存在し、自動車の総流入交通量は、約15,000台/日あり、通勤通学等の自転車及び歩行者の通行も比較的多い。

現況は、交差点の交差角が $\theta=50^\circ$ 程度のX型で、従道路である市道が食い違い交差するため、交差点内をクランク状に走行する必要があるなど、交通処理方法に問題を抱えている。

また、交差点制御方法は、信号制御とした場合、サービス水準が著しく低下する上に、県道の停止線間距離が長くなる等の問題が生じるため、一時停止制御で運用されている。

このような道路及び交通の状況に起因して、追突、出合頭などの交通事故が年間数件程度発生しているため、交通安全上の対策としてRABが検討されている。

(3) RABの設計経緯

本交差点において、従来通り正円を適用すると外径が非常に大きくなり、大規模な用地取得が必要となる。その対策として、RABの形状を陸上トラック型とすることが考えられたが、直線部における小型車の走行速度上昇が懸念される。そこで、陸上トラック型RABの直線部を単路ととらえ、歩車共存道

路等のハード的速度抑制手法である「屈曲部（シェイン）」を参考に「くびれ」を設けた瓢箪型RABを計画されていた。さらに、海外に目を向けると、導入された瓢箪型RABの中には、くびれ部の曲線半径を非対称としたものも存在している。

しかし、くびれ形状は、海外においても統一されておらず、ラウンドアバウトマニュアル¹⁾などの設計基準類においても正円でない形状の考え方までは言及されていないため、設計の妥当性の判断が難しい。

よって、本研究にて、実スケールにおける実証実験を実施し、瓢箪型RABのくびれ形状を決定することとした。

2. 瓢箪型RABの課題

小型車の速度抑制を目的とし、陸上トラック型にくびれを設けた瓢箪型RABを検討する上で、課題が2つ挙げられる。

(1) 小型車：速度抑制効果の検証方法

RABは、環道内の走行速度に規制はないが、対象交差点の流出部には横断歩道が設けられており、歩行者や自転車に対する安全確保のため、環道内の速度上昇を抑えなくてはならない。

したがって、くびれ形状から横断歩道手前までの速度変化と位置を正確に把握し、横断歩道手前における速度抑制効果の検証を行う必要があった。

(2) 大型車：走行性の評価方法

RABにくびれを設けることで、多くのハンドル操作が発生し、普通車やセミトレーラなどの大型車の円滑な走行が難しくなると懸念された。また、大型車は、エプロンを踏んで走行することが可能であるが、荷物の傾きを懸念し、踏まずに走行しようとすることも想像される。よって、くびれを設けることに伴う大型車への走行影響を評価する必要があった。

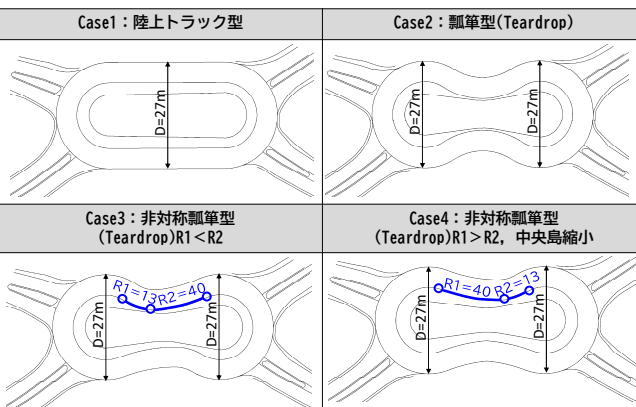


図-2 実験で使用した仮設RABの形状

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	男性2名	男性1名	—	男性1名	—	5名
小型自動車	女性1名	—	—	—	—	—

3. 実証実験の実施内容

(1) 実験の概要

実証実験は、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て、UAV（ドローン）による動画撮影と、みちびきによる走行位置・速度の計測、及び全被験者（ドライバー）へのヒアリングを行った。

実験は、2020年10月27日（火）、28日（水）の2日間に行った。初日にはCase1、2を、2日目にはCase3、4を対象として実施した。天候は両日とも晴であった。

(2) 仮設RABの形状

実験で用いた仮設RABの形状（図-2）は、外径27mの円を単純に伸ばした「Case1：陸上トラック型」、Case1の直線部に約4mのふり幅を確保し、くびれ形状を左右対称に設けた「Case2：瓢箪型（対称形）」、加えてくびれ部の曲線半径を複合円とした「Case3：非対称瓢箪型（ $R1 < R2$ ）」、Case3のくびれ部曲線半径の流入側（ $R1$ ）と流出側（ $R2$ ）の大きさを逆転させた「Case4：非対称瓢箪型（ $R1 > R2$ ）」とした。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）の設置位置を0.5m内側へ移動し、実験を行った。

(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（ルート1（直進）、ルート2（右折））とした。ただし、セミトレーラは、現地で実際に通行が想定されるルート1（直進）のみとした。

なお、各被験者に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回走行してもらい、概ね走行に慣れた状態でデータの取得を行った。

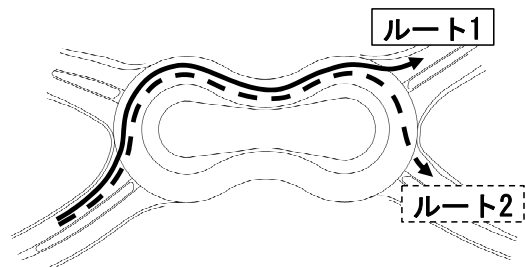


図-3 走行経路

(5) データの取得方法

a) UAVを使用した走行状況確認

2機のUAVを交互に飛行させて撮影した映像から、走行状況を確認した。

b) みちびき(準天頂衛星システム)による位置、速度取得

「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。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、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高精度で計測した。

4. くびれ形状検討

(1) 小型車：速度抑制効果検証

図-4に示すように環道の中心を5m間隔で区切った12区間を定義し、横断歩道までの区間内平均速度をCaseごとにグラフで示した。

図-5を見るとルート1・2ともに、全体の速度がCase1>Case4>Case3>Case2となり、くびれ形状があるCase2~4は、Case1と比べて低く、くびれを設けることで速度低下につながっていることが分かる。

次に、くびれ形状の違いを把握するため、Case1と比べて速度が下がったCase2~4について、区間平均速度の最大値に対する差をグラフ化したものが図-6である。

ルート1・2ともに、いずれのCaseも区間4、5付近が最高速度となり、横断歩道部では、速度の低下が大きい。Case4が最も速度の下がり幅が大きい。

よって、小型車の流出部横断歩道付近に向けての速度抑制効果が高い形状は、Case4と考えられる。



図-4 区間位置

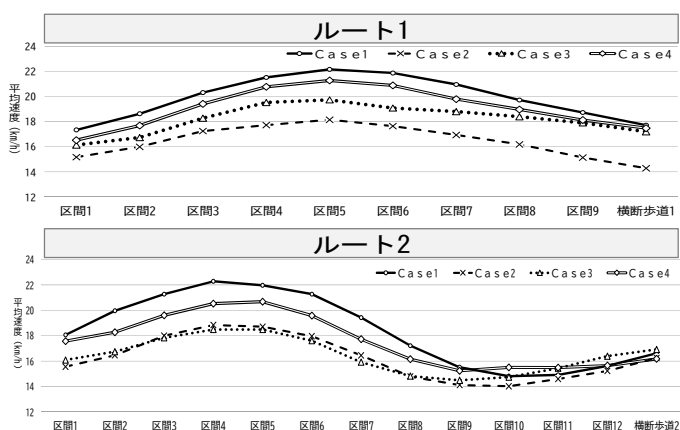


図-5 区間内平均速度

(2) 大型車：走行性の評価

図-7, 8は、普通自動車・セミトレーラを対象に準天頂衛星みちびきから取得した位置データの分布状況を1m×1mの六角形メッシュで表現したものである。今回、走行性を「走行できる位置の選択肢が広いこと」と定義づけ、評価を行った。

図-7は、普通自動車について、ルート1・2に対する各Caseを比較した結果である。どのCaseにおいても、ハンドル操作が発生する曲線部では走行位置の集計数が少なく、広く分布している。くびれ部に着目すると、Case3・4では、走行位置が広く分布し、走行できる位置の選択肢が広いと評価できる。一方、Case2は、走行位置が限られた場所に集中しており、走行できる位置の選択肢が狭いと評価できる。

また、ルート2のCase3では、外側エプロンを利用して走行しているが、実際のRABではエプロンに段差を設けることから積み荷を気遣いエプロンを利用しないドライバーがいることも想定される。

次に図-8は、セミトレーラについて、各Caseを比較した結果である。普通自動車と同様にくびれ部に着目するとCase4では、走行位置が広く分布していることに対し、Case2・3は、限られた位置に集中しており、走行位置の選択肢が狭いと評価できる。

よって、走行性の高い形状は、くびれ部における走行位置の選択肢が広く、エプロンの利用なく走行することが可能であるCase4と考える。

(3) 大型車：隅角部の軌跡確認

普通自動車を対象に、UAVの映像から流出隅角部における車両外形の軌跡を1秒毎に取得した。

図-9は、同一被験者における各Caseの走行軌跡と図-7のルート2を重ね合わせた図である。

各Caseの走行軌跡を比べると、Case1では歩車道境界を示すカラーコーンから余裕があるが、くびれを設けたCase2~4は、どれも厳しい軌跡となり、円滑な走行が難しいと確認できた。

なお、軌跡は被験者1名のものであるが、図-7のルート2と重ねると、走行位置の集計数が多い箇所と軌跡がほぼ一致しており、流出隅角部には課題があると考えられる。

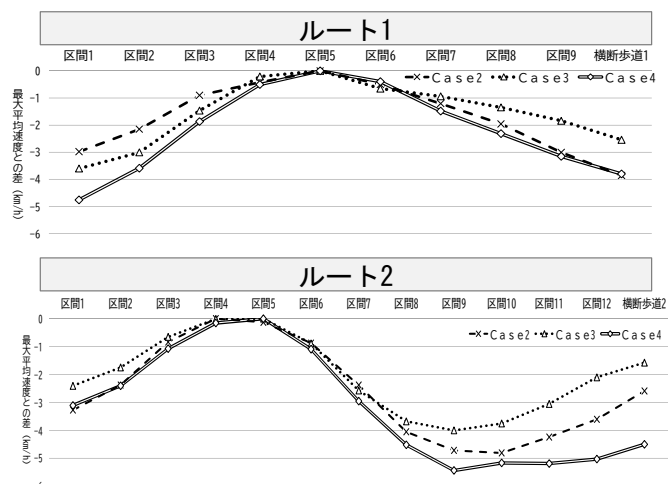


図-6 区間内平均速度の最大に対する差

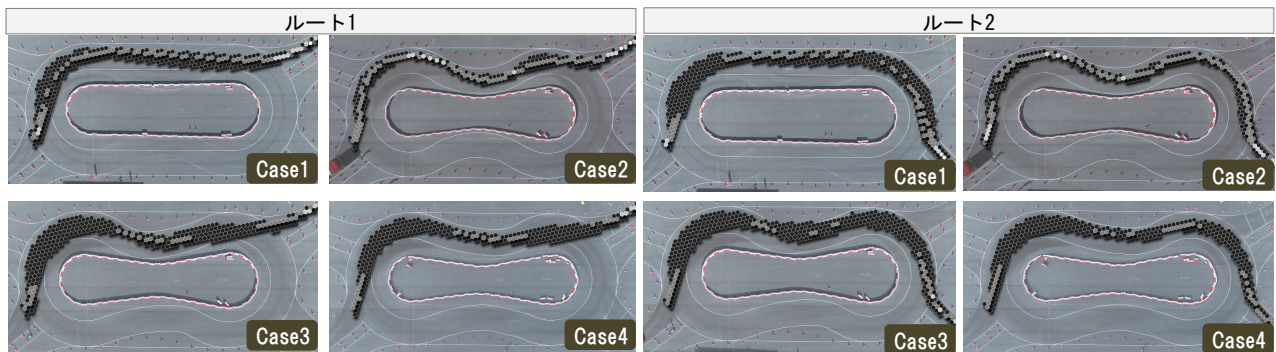


図-7 普通自動車の比較

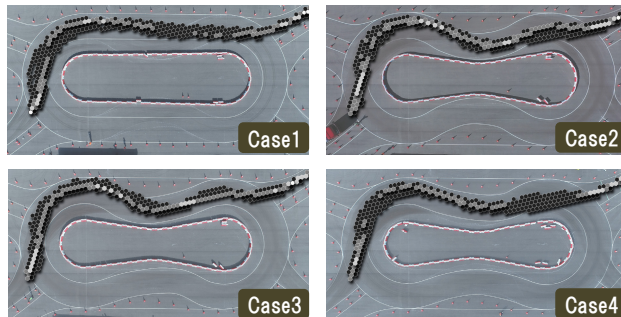


図-8 セミトレーラの比較

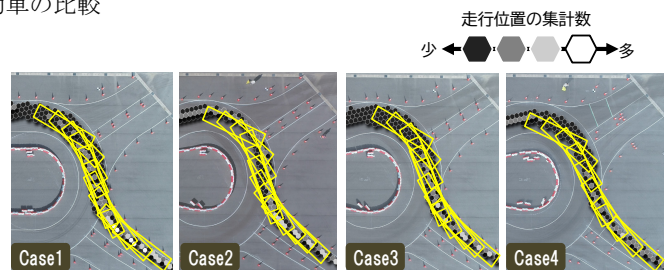


図-9 軌跡と走行位置の比較

(4) 主観評価（ヒアリング調査）

a) 調査内容

実証実験に参加した被験者10名に対し、走行後にヒアリング調査を実施した。

b) 結果集計

ヒアリング結果を集計すると、以下のことが明らかとなり、Case4が下記の通り走行性に関する評価が高く、望ましい形状であるという結果となった。

① 通行しづらい箇所の回答数は、図-10に示すようにCase4が最も少なく走行性で優位と考えられる。

② 出口からの出やすさは、図-11に示すようにCase4が最も「出やすい」という意見が多かった。

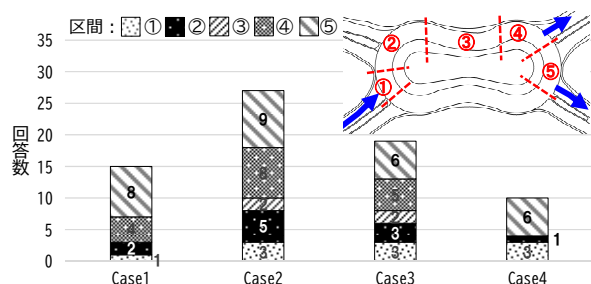


図-10 通行しづらい箇所

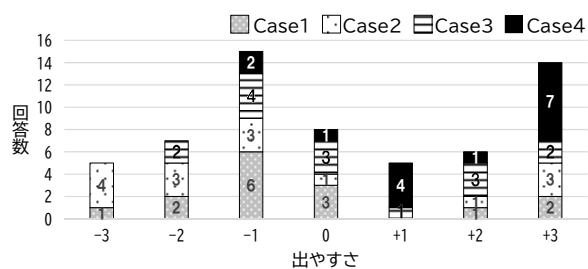


図-11 流出のしやすさ

5. 検討結果

実証実験による分析を行い、小型車の走行速度（速度抑制）、大型車の走行位置の選択幅、被験者へのヒアリング調査の結果を踏まえると、「Case4：非対称瓢箪型 ($R1 > R2$)、中央島縮小」が望ましいであろうという結論を得た。ただし、流出部において、大型車が余裕をもった円滑な走行ができないなどの課題も確認されたことから、実験結果を踏まえ、沿道建物に支障とならない範囲で、隅角部形状の見直しを行うこととした。

6. おわりに

本研究の実験において、複数の調査で得られたデータに基づく分析結果を踏まえ、瓢箪型RABの幾何構造設計に反映することができ、対象交差点の安全性及び円滑性を担保できた。

基準のない瓢箪型RABの形式の決定プロセスとして実証実験を行うことができたことを、感謝する。

今後、瓢箪型RABを計画する際の参考となれば幸いである。なお、実証実験は大掛かりでコストもかかることから、この実証実験データがシミュレーションの根拠として反映されていけば、より一層の発展が見込まれると考える。

謝辞： 本実験の完遂にあたり、関係機関などと様々な調整をしていただいた発注者である愛知県の皆様に、感謝の意を表します。分析においては、交通工学研究会ラウンドアウト出版小委員会の他メンバーから最新の知見を基に的確なアドバイスをいただきました。心より感謝いたします。

参考文献

- 1) (一社) 交通工学研究会：ラウンドアウトマニュアル，丸善出版，2016。