

飯田市ラウンドアバウト実道実験における 車両挙動の前後比較分析

中野 祥平¹・中村 英樹²・浅野 美帆³

¹学生会員 名古屋大学大学院博士前期課程学生 工学研究科社会基盤工学専攻
(〒464-8603名古屋市千種区不老町)

E-mail: shohei@genv.nagoya-u.ac.jp

²正会員 名古屋大学大学院教授 工学研究科社会基盤工学専攻(同上)

E-mail: nakamura@genv.nagoya-u.ac.jp

³正会員 名古屋大学大学院助教 工学研究科社会基盤工学専攻(同上)

E-mail: asano@genv.nagoya-u.ac.jp

近年、海外諸国では信号・無信号交差点に代わる平面交差点の新たな制御方式として、ラウンドアバウトが積極的に導入されており、安全かつ円滑な交差点運用を実現している。日本においても導入が検討され始めているものの、実道における知見が不足している状況である。そこで本研究では、幾何構造に問題のある既存のラウンドアバウトを、現在推奨されているラウンドアバウトの構造に基づき改良し、事前事後の車両挙動比較を行った。ビデオ観測による車両挙動データ分析の結果、構造改良により環道走行車両の走行位置と速度が安定するとともに、流入車両と環道車両との交錯点のばらつきが減少し、流入車両の速度抑制などの安全性向上を示唆する効果が示された。

Key Words : roundabout, field operational test, vehicle behavior, unsignalized intersection

1. はじめに

近年、海外諸国では信号・無信号交差点に代わる平面交差点の新たな制御方式として、ラウンドアバウトが積極的に導入されており、安全かつ円滑な交差点運用を実現している。

日本においてラウンドアバウト導入に向けた動きが進んでおり、計画・設計、および運用方法についての基本的な考え方や技術的な検討がガイドライン案¹⁾として取りまとめられている。また馬淵ら²⁾は、海外3カ国と国内の3カ所のラウンドアバウトでの車両挙動分析を行い、ドイツでは日本に比べて交通流の整流化が十分に行われており、ギャップアクセプタンスがし易く、平均速度が低くバラツキが小さいことを示し、日本の既存のラウンドアバウトの幾何構造による円滑面と安全面での問題を明示した。吉岡ら³⁾は試験道路にマーキングのみの簡易ラウンドアバウトを設置し走行実験を行い、安全性の観点から、流入角度は大きくなるように設計するべきであると示している。浜岡ら⁴⁾は事故多発交差点の信号機設置前後の交通諸量を測定し、当該交差点をラウンドアバウトにした場合の効果を予測し、ラウンドアバウトの円滑性について有用であることを示した。

しかし、日本の実道における特に安全性に関する実証データが不十分であることから、本格的な実用展開には至っていないのが現状である。

このような背景から、国際交通安全学会(IATSS)のH2292プロジェクト「安全でエコなラウンドアバウトの実用展開に関する研究」では、幾何構造に問題があると考えられる既存のラウンドアバウトの幾何構造を改良する社会実験を平成22年11~12月に実施した。本稿では、本社会実験の実施前後に得られたビデオ映像データを用いて車両挙動の変化を分析することで、ラウンドアバウトの幾何構造と車両挙動との関連について評価することを目的とする。

2. ラウンドアバウト改良社会実験の概要

(1) 対象交差点概要

対象交差点は、長野県飯田市吾妻町ラウンドアバウトである。市街中心部に近いの住宅地内にあり、東西に県道15号、南北に大宮並木通り、南西部に市道が交差する5枝交差点である。社会実験は、国際交通安全学会と飯田市の協働により、平成22年11月1日から12月12日の42日間行われた。

(2) 社会実験前の状況

社会実験実施前の当該交差点の平面図を図-1に示す。各流出入口をN, E, S, SW, Wと定義し(図-1参照), 幾何構造上の問題点を以下に示す。

a) 環道部

環道が正円でない楕円形をしており, 環道幅員が一定でなく8~13mである。特に環道南から西にかけて環道幅員が広大である。正円でないため環道内走行速度を一定に保ちづらく, 車両運転時の操作性が悪い。環道内での並走や追い越しなどの危険な走行状態がしばしばみられる。

b) 流出入口

N流出入口とS流出部は2車線運用となっている。流出入口の2車線運用は, 車両通行範囲が広がることによる車両間交錯点の増加, 環道内での並走や追い越しの危険性がある。また, N流入部に関して, 第一車線を直進及び左折, 第二車線を右折とマーキングで誘導している。S流入部に関して, 2車線分の幅員をゼブラマーキングで1車線に規制している。

また, N流入部とS流出部は中央島方向を向いておらず, 直線的な流入・流出が可能な構造であるため, 十分に減速を行わないまま高速で流入・流出する危険性がある。

c) 規制・標識

各流入部に「ロータリーあり」の標識があり, 各流入部から視認できる中央島に「一方通行」と「とまれ」の看板が設置されている。全流入部の横断歩道より上流側に停止線が設けられている。SW流入部の停止線が環道から離れており, 流入車両が環道走行車両に対して非優先であるという認識が低下する危険性がある。

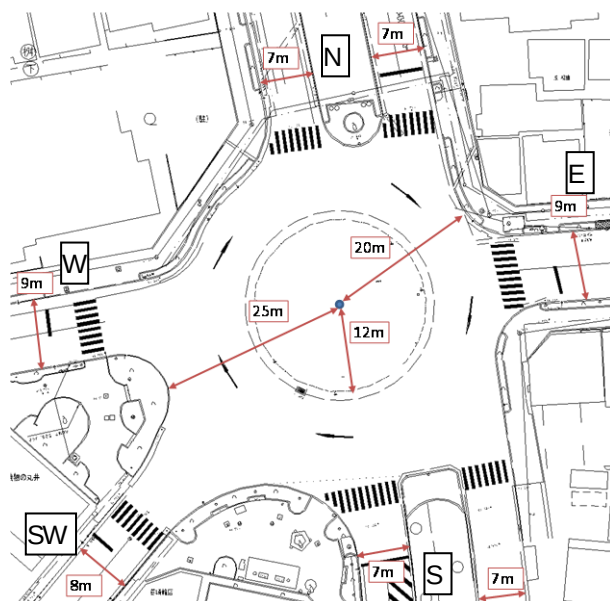


図-1 社会実験前の平面図

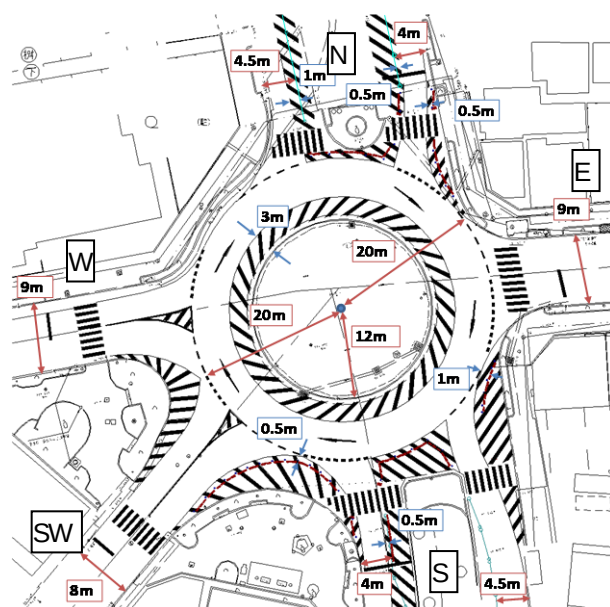


図-2 社会実験中の平面図

(3) 社会実験における対策の概要

上記のような事前の問題点に留意し, ポストコーンやマーキングなどを設置することにより, 図-2のように幾何構造を変更した。なお, 今回は社会実験であることから, 構造物や交通規制の変更は実施していない。以下に構造上の改良点や特徴を示す。

a) 環道部

環道を正円にし, 環道内幅員は一様に5m, エプロンを含めると8mとした。環道車両走行軌跡と走行速度を安定させる効果が期待できる。

中央島の周囲に, ゼブラマーキングによる幅員3mのエプロンを設置した。大型車の走行を担保しつつ, 小型車の走行を安定させる効果が期待できるが, エプロン上を通過しても物理的な抵抗感がないため, 小型車がエプロンを使用する可能性がある。

b) 流出入口

構造物を設置し, 全ての流出入口を1車線運用にした。それにより, 車両間交錯点の減少, 車両軌跡のばらつきを抑える効果が期待できる。また, 構造物を設置し, N流入部とS流出部の線形を中心に向けることによる, 速度抑制と優先関係の明確化の効果が期待できる。

また, SWとW流出入口においては, ゼブラで導流帯を描き, 流入車と流出車を分離した。

c) 規制・標識

各流入部から確認できる個所に, 法定外の「前方優先」とラウンドアバウトを示す看板を設置した。

今回の社会実験では交通規制は変更できなかったため, 横断歩道と停止線の位置は事前から変更していない。流出入口と環道との境界線に, 白線でドット線を設け, 優先関係を明示した。

(4) 交通流実態調査の概要

事前調査は9/28(火)～30(木)、事後調査は、利用者の慣れの影響を見るため、実験開始約一週間後である11/10(水)～11(木)と実験開始一か月後の12/1(水)～2(木)の2回実施した。これらの調査では、いずれも朝6:30～18:30の12時間観測を実施した。観測は、交差点周囲の建築物や環道付近の照明柱にビデオカメラを15台設置して行った。本稿の分析では、交通量が多い朝ピーク時である7:00～9:00のデータを使用する。

(5) 対象交差点交通状況

対象交差点の交通状況として、表-1に12月1日(水)の朝ピークである7:45～8:00の15分間の普通車の交通流率を示す。また、横断歩行者交通量は、12時間の全流出入部合計で、のべ900人程度であった。

(6) 車両挙動データの取得方法

車両挙動データの取得には、ビデオ画像処理システム⁹⁾を用い、複数のビデオカメラからの観測軌跡を統合している。車輪の接地点を記録ポイントとし、0.33秒ごとの車両の走行位置をビデオ画像座標系から地図座標系へ射影変換することで実際の走行位置を求めている。なお、観測データに固定区間カルマンスムージングを適用することで補正を行い、0.1秒ごとの車両の走行位置および走行速度を補間推定している。

表-1 平日朝ピーク時 OD 交通流率

(H22.12.1(水)観測, 単位: [台/時])

流出部 流入部	N	E	S	SW	W	流入交通量計
N	0	12	68	260	28	368
E	8	0	12	212	80	312
S	52	4	0	28	108	192
SW	60	80	12	0	8	160
W	4	32	44	0	0	80
流出交通量計	124	128	136	500	224	1112

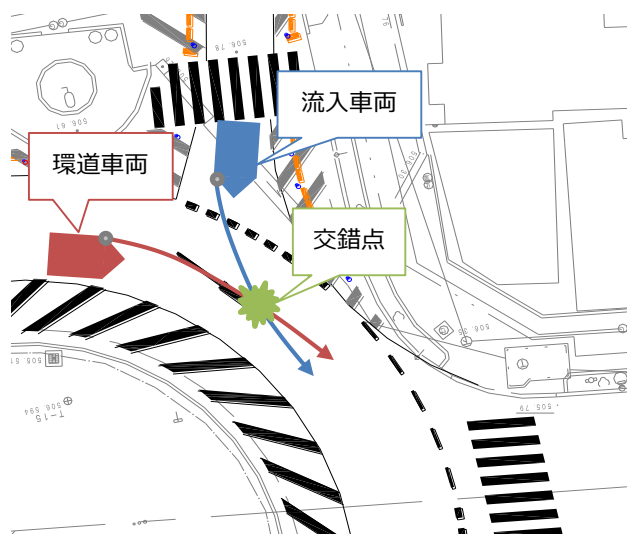


図-3 交差点の定義

3. 流入部車両挙動の分析

N流入部について、流入部を中央島中心へ向け、1車線化することで車両挙動が変化すると考えられるため、交差点の分布と流入時減速位置について分析を行う。

(1) 交差点の分布

本研究では、対象とする流入部から流入する車両を流入車両、対象流入部前方の環道を通過した車両を環道車両と定義する。ラウンドアバウトに流入する際に、流入車両と環道車両との交錯が存在する。交錯とは、車両同士の動線が交わることで、交わる点を交差点と呼ぶこととする。ここでは、幾何構造と交差点の分布との関係について分析を行う。

環道内が一方通行のため、ラウンドアバウトでは、交錯が流入車両の右側と環道車両の左側で生じる。本研究では、対象車両を一般車とし、内輪差がないと仮定することで、流入車両の右前輪と環道車両の左前輪の軌跡の交点を交差点とした(図-3参照)。流入後の流入車両と環道車両の車頭時間が前後4秒以内の車両について、事前

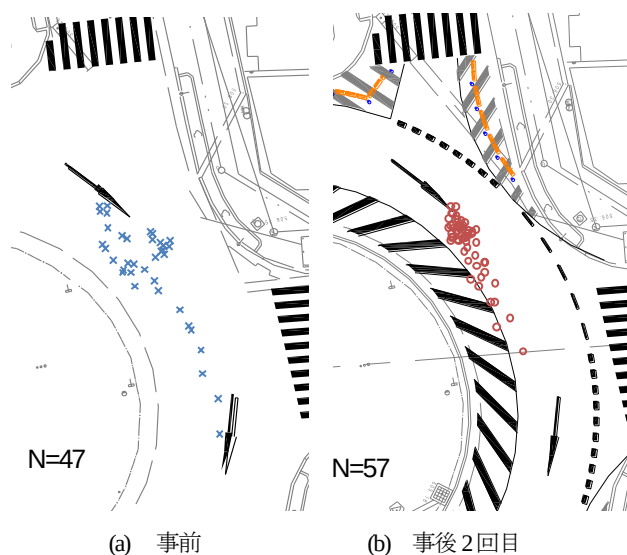


図-4 N流入部交差点分布

と事後2回目の交差点の抽出を行った。観測された交差点の分布を図-4に示す。

事後では、事前に比べて交差点の分布範囲が集約している。これは、事前では流入部が中央島中心を向いていないために、流入車両が環道車両と合流するように車両同士が平行に交錯しているのに対し、事後では流入部を

中央島中心に向け、流入車両が環道車両と十字に交錯していることと、流入部を2車線から1車線運用にすることで流入車両の走行位置を制限したためであると考えられる。

交錯点の分布が集約されることで、交差点内での並走の危険性が減り、流入車の流入判断時の確認範囲が狭くなることでドライバーの負担が減るなどの利点がある。

(2) 流入時減速位置

流入車両が停止線5m上流から環道への流入が完了するまでの間で、車両速度が極小値をとる位置を、減速位置とする。流入車の車両挙動は、幾何構造、追従状態、横断歩行者の有無、環道車両の有無に影響されると考えられる。幾何構造による車両挙動の変化を分析するために、他の要素が車両挙動に影響しないように、先行車両と横断歩行者が存在せず、かつ流入部手前15mから流入するまでの間に、目前の環道部の上流側1/4の部分に車両が存在しなかった流入車両を自由走行車両と定義する。

図-5は、N流入部の自由走行車両の減速位置の累積分布を表したものである。なお、自由走行車両に関しては、流入するまでに2回以上減速する車両がほとんど存在しなかったため、1回減速した車両のみを対象とした。

事前と事後を比較すると、事後で減速位置が下流側に移っている。これは、ドット線の設置や、流入部の構造を中央島に向けたことにより、環道に対して流入部が非優先である意識が高まり、より下流で流入判断を行ったためだと考えられる。それにより、停止線手前で一旦停止する割合が減っている。これは、今回の社会実験では停止線の位置は変更できず、幾何構造改良により停止線から環道までの距離が結果的に長くなったためであり、停止線の位置を下流側へ変更することで解消されることが考えられる。

4. 環道走行車両挙動の分析

環道南西部について、事前は環道幅員が広く、車両挙動がばらつくと考えられるため、環道内の車両走行位置および速度について事前事後の比較分析を行った。

比較のため、E-SWとE-Wの2つのODについて、環道内に中央島の中心を原点とした2つの断面を設け(図-6)、断面通過時の車両速度と走行位置データを取得した。

車両走行位置の基準となる軌跡データについては、まず右前輪の接地点を記録ポイントとし、軽自動車については前輪から0.74m車両中心側、一般車については右前輪から0.85m車両中心側に車両の重心線があるとして、車両走行位置を補正した。

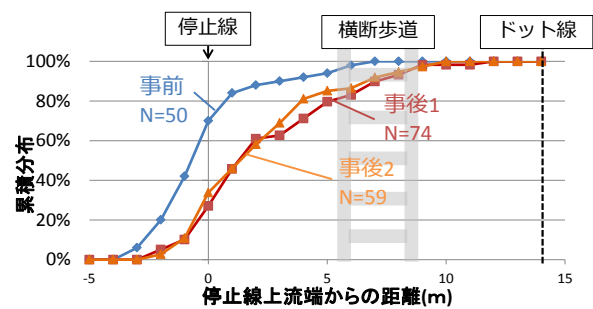


図-5 N流入部における減速位置の累積分布

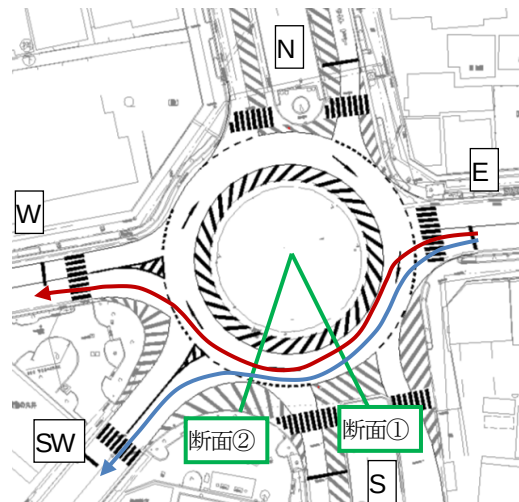
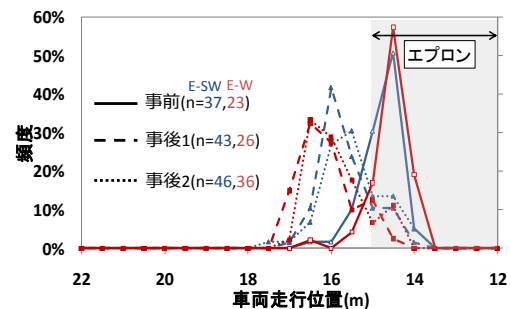
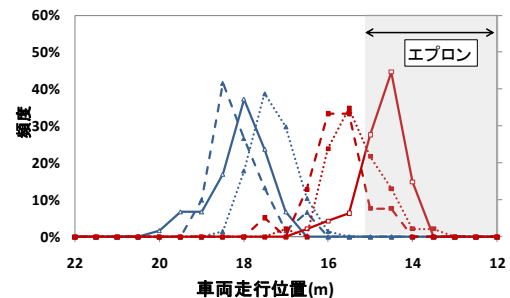


図-6 環道部における計測横断面(事後)



(a) 断面①



(b) 断面②

図-7 車両走行位置

(1) 車両走行位置

断面①、断面②通過時の車両走行位置を図-7に示した。中央島中心を0mとし、横軸に車両走行位置を、縦軸に頻度を表した。

断面②の車両走行位置について、OD別に事前と事後を比較する。E-SWでは事後1で分布が外側に移動し、事後2では再度内側に寄っている。E-Wでは、事後で分布が外側へ広がっている。ここで、ODによる車両走行位置の違いについて事前と事後を比較すると、事後でODによる差異が小さくなっており、環道車両の流出方向による走行位置の違いが事後で小さくなっていることがわかる。

断面①の車両走行位置について事前と事後を比較すると、両方のODで事前では分布が内側に寄っているが、事後では分布が外側へ広がった。これは、事前では車両が環道内側を通り直線的に走行していたものを、事後でエプロンを設置したため、環道内を円形に走行するようになったためだと考えられる。また、事後1と事後2を比較すると、事後2の分布が内側に寄っている。これは、ドライバーが慣れてエプロン上を走行するようになったためであると考えられる。

(2) 車両速度

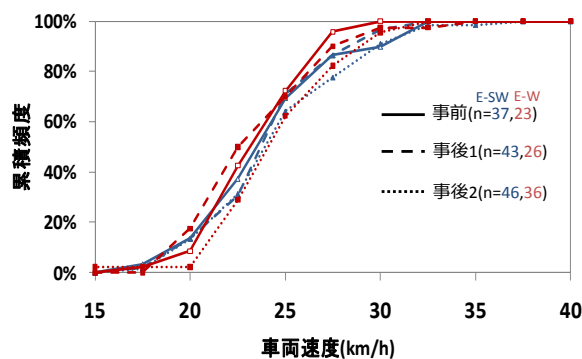
断面①、断面②通過時の車両速度を図-8に示す。横軸は車両速度を、縦軸は累積頻度を表している。

断面①の車両速度について、事前と事後、OD別であり分布に差がみられなかった。

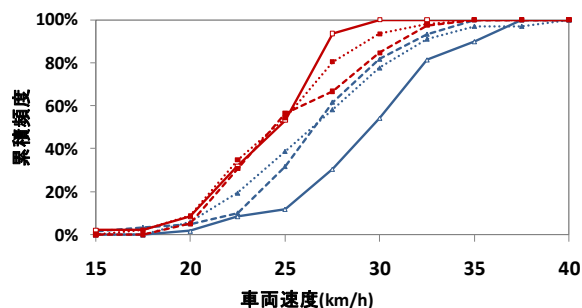
断面②の車両速度について、OD別に事前と事後を比較する。E-SWに関して、事後で速度が低下しており、幾何構造改良により車両が直線的に流出できなくなったためだと考えられる。E-Wについて、事後で高速で走行する車両の速度が増加しており、幾何構造改良によりSW流入部との優先関係が明確化したためだと考えられる。ここで、ODによる車両速度の違いについて事前と事後を比較すると、事後でODによる差異が小さくなっている。つまり、環道車両の流出方向別の速度の違いが事後で小さくなり、S流入部での流入車両の流入判断がしやすくなったといえる。

5. 左折流出時の横断歩道通過速度の分析

全ての流出入部に横断歩道が設置されている場合、どの車両も流入部と流出部の2カ所の横断歩道上を通る。環道車両が優先であるというラウンドアバウトの構造上、環道に流入する際に車両速度が低下するため、流入部の横断歩道については、車両通過時の速度が低く、比較的安全であるといえる。しかし、流出部では、流入時のよ



(a) 断面①



(b) 断面②

図-8 流出部横断歩道における車両速度の累積分布

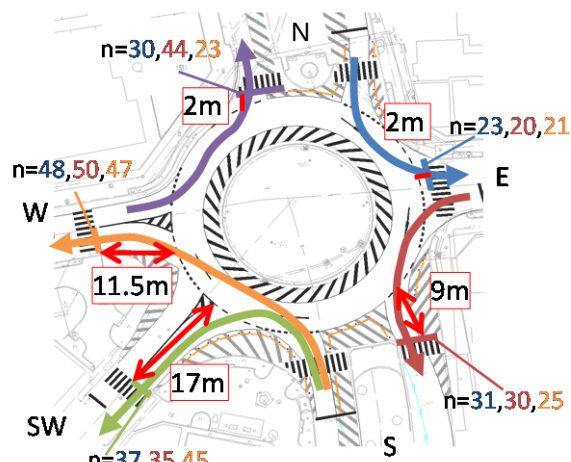


図-9 左折流出図

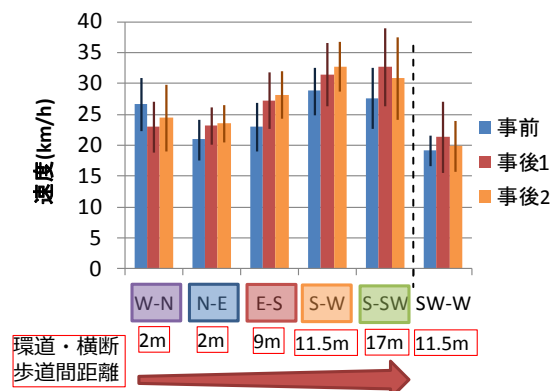


図-10 左折流出時 横断歩道通過速度

うな減速行動がないため、流入部に比べて高い速度で横断歩道を通る可能性がある。そこで、流出時に通過する横断歩道の上流端(環道側の端)に車両が到達したと

きの速度について分析する。また、車両挙動の条件を統一するため、対象車両は歩行者に影響を受けていない車両とした。

図-9に示すODの左折流出時横断歩道通過速度を図-10に示す。棒グラフが平均値、線が標準偏差を表している。

SW-WのODについては、曲線半径が小さいため低速である。

流出部毎に比較すると、環道・横断歩道距離が大きいほど速度が高くなっている。これは、流出後横断歩道に到達するまでに車両が加速するためだと考えられる。

事前と事後を比較すると、N流出部に関して、事後で速度が低下した。これは、事前では左折時に2車線分の幅員を使用し大回りで流出していたのが、1車線化によって抑制され、その結果速度が低下したと考えられる。N流出部以外は事後で速度が上昇している。これは、ドット線を引くことで、相対的に事前より環道・横断歩道環距離が長くなったためだと考えられる。

6. おわりに

本論文では、ラウンドアバウト実道実験における車両挙動の前後比較分析を、流入部、環道部、流出部の3つに分けて行った。

流入部を中央島中心へ向け、一車線化したN流入部について、事後で交差点の分布が集約することでドライバーの負担が軽減し、流入判断位置が下流側へ移動することで流入部が非優先である意識が高まったことが示された。また、流入部の停止線の位置が環道から遠いと、停止線で一旦停止する割合が減ることが示された。

事前で環道幅員が広がった環道南西部では、環道走行位置について、事後で走行位置は安定したが、ドライバーが慣れてくるとゼブラマーキング上を通過する割合が増える、車両速度について、事後で流出方向別の速度差が小さくなり、安定したことが示された。

左折流出時の横断歩道通過速度について、環道・横断歩道間距離が長いほど高く、流出部が2車線であると高くなることが示された。

以上のことから、ラウンドアバウトをより安全に機能させるための幾何構造について検証することができた。

課題として、本論文では朝ピーク時の交通量が多い時間帯での車両挙動分析に留まっているので、車両閑散時の分析が挙げられる。また、今後ラウンドアバウトを日本に導入するためには、十字交差点とラウンドアバウトの機能の違いを明確にするために、両交差点同士の車両挙動の比較が必要である。

謝辞：最後に、本研究の実施にご協力いただいた飯田市役所、長野県警飯田警察署、長野県飯田建設事務所、(株)飯田ケーブルテレビ、(株)キクテック、(株)道路計画、国際航業(株)、(公財)国際交通安全学会の方々に深甚なる謝意を表します。

参考文献

- 1) 中村英樹・大口敬・馬渕太樹・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
- 2) 馬渕太樹・中村英樹：ラウンドアバウト外径と環道部の幾何構造決定方法，土木計画学研究・講演集No.36, CD-ROM, 2007
- 3) 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，土木計画学研究・講演集No.41, CD-ROM, 2010
- 4) 浜岡秀勝・黒子絵美：無信号交差点へのラウンドアバウト設置に関する基礎分析，交通工学 Vol.44, No.3, pp.10-16, 2009
- 5) 鈴木一史・中村英樹：交通流解析のためのビデオ画像処理システムTrafficAnalyzerの開発と性能検証，土木学会論文集D, Vol.62, No.3 pp.276-287, 2006

(2011.5.6. 受付)

ANALYSIS OF THE VEHICLE BEHAVIOR IN A ROUNDABOUT FIELD OPERATIONAL TEST

Shohei NAKANO, Hideki NAKAMURA, and Miho ASANO

In recent years, roundabouts have been implemented as alternative for signalized and unsignalized intersections because of their good safety and mobility performance. Also in Japan, the practical deployment of roundabouts is currently being discussed. However the empirical data is yet sufficient for specific recommendations for Japan. Therefore a field operational test was conducted at a roundabout to evaluate the safety effects of unimproved geometry by changing the geometric structure. In this study, the driver behavior before and after the experiment is analyzed. As the result, it is shown that the speed of entry vehicles decreased and conflict points of entering with circulating vehicles concentrated into a smaller area in consequence of the geometry change.