

交通特性分析に基づくラウンドアバウト制御の適用性に関する検討^{*1}

An Investigation on Performance of Roundabout Control Based on Traffic Characteristic Analysis^{*1}

シャマリ マナゲ^{*2}・鈴木 弘司^{*3}・中村 英樹^{*4}

By Shyamalee MANAGE^{*2}, Koji SUZUKI^{*3} and Hideki NAKAMURA^{*4}

1. はじめに

わが国では、戦後、道路交通の混雑とともに急速に姿を消してしまっただラウンドアバウト型交差点(ロータリー)であるが、近年特に欧州諸国においては、新しいタイプのラウンドアバウト(modern roundabout)の数が飛躍的に増加している。これは、1966年の英国における優先規則の変更(off-side priority rule)を契機とする¹⁾ものであるが、特に1980年代半ば以降、交通容量や遅れ、安全性などさまざまな観点でラウンドアバウト制御の評価を行った、Troutbeck²⁾、Brilonら³⁾、Flanneryら⁴⁾などによる数多くの研究成果をもとに、各国でラウンドアバウトが本格的に再評価されたためである。

わが国においても、ラウンドアバウト制御はその適用性を評価することにより、必要以上の遅れや停止を強いられるような信号制御の代替としての活用が期待される。また、交通静穏化手段としての機能も期待できる。

そこで、本研究では、わが国で実際に運用しているラウンドアバウト型交差点において交通実態調査を実施し、各種交通特性値データを収集分析するとともに、これらに基づき交通容量・遅れの観点からラウンドアバウトの評価を行うことを目的とする。

2. ラウンドアバウト型交差点における実態調査

長野県飯田市に、わが国で数少ないラウンドアバウト型交差点の一つが現存する。本研究では、この交差点において交通実態調査を行い、交通特性につ

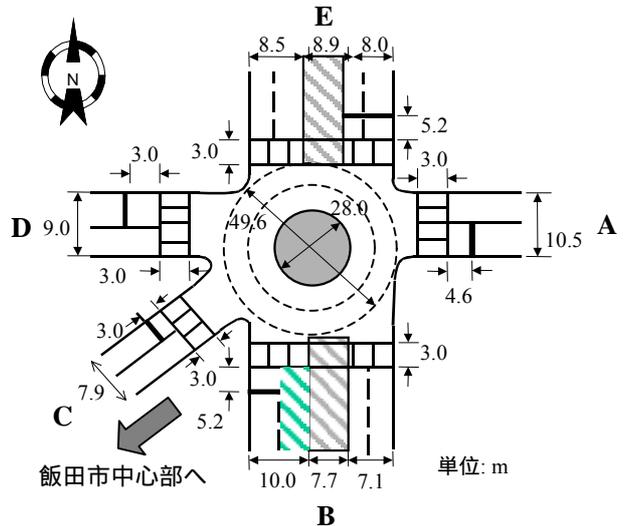


図1 飯田市ラウンドアバウト型交差点の幾何構造

いての分析を行う。

2.1 幾何構造特性

この交差点の幾何構造を図1に示す。本交差点は、流出入口Eと流出部Bが2車線、その他の流出入口は1車線で構成されている5肢交差点である。この交差点では、欧米における一般的なラウンドアバウトと異なり、各流入部では環道部直前での「ゆずれ(yield)」制御ではなく、横断歩道上流部での「止まれ」制御が行われている。また、流入部はラウンドアバウトのようにフレア(flare)構造とはなっておらず、特に交通島による導流(channelization)も施されていない。そのため、厳密にはFHWA⁵⁾によるラウンドアバウトの定義とは異なり注意が必要である。しかしながら、図1に示すように、本交差点では停止線から環道部入口まで8mほどの距離が取られており、停止線で一旦停止した車両が徐行しながらギャップを探索し、環道部に進入している。このように、実質的にラウンドアバウトに近い挙動がとられているため、以下においては、この交差点をラウンドアバウトとみなして分析する。

*1 キーワーズ：交通制御，交通容量，ラウンドアバウト

*2 非会員，修士(工学)

*3 正会員，修士(工学)，名古屋工業大学 助手

ながれ領域 社会開発工学教育類 (suzuki@ace.nitech.ac.jp)
(〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町，Tel.052-735-7962)

*4 正会員，工博，名古屋大学大学院 助教授

工学研究科地圏環境工学専攻

表1 調査時間帯におけるOD特性[単位：%]

流出 流入	A	B	C	D	E	流入交通量 [veh/2h]
A	-	4.8	68.3	24.7	2.2	542(100%)
B	0.3	-	13.3	47.3	39.0	300(100%)
C	40.7	3.4	-	1.5	54.4	263(100%)
D	42.4	35.8	1.2	-	20.6	165(100%)
E	3.5	40.6	49.0	6.9	-	539(100%)
流出交通量 [veh/2h]	197	313	676	317	306	1809

2.2 交通実態調査

2002年12月26日(木)の午前7時から9時までの2時間、飯田市東新町一丁目の交差点において、4台のビデオカメラによる交通状況撮影、および4名の調査員のカウントによるOD交通量調査を行った。

(a) 流入交通量とOD特性

調査時間帯における各流入部・流出部の交通量およびOD特性を表1に示す。これらより、流入部AおよびEの流入交通量が他の流入部に比べて多く、また、Cへ向かう交通が多いことがわかる。このことは、交差点北東部にある住宅地から発生した交通が飯田市中心部へ向かうことを表している。

(b) 調査時間帯における交錯回数

ラウンドアバウト制御の安全性について、調査時間帯における自動車同士の交錯回数の観点から分析する。ここで交錯回数は、他車の影響を受け、何らかの回避行動を取らざるを得なかった状況の発生回数をビデオ映像より読み取ったものである。

その結果、調査時間帯において約1800[veh/2h]の交通量があった中で、軽度の交錯が2回生ずる程度であった。これは、この時間帯の大部分の利用者がラウンドアバウトに慣れた通勤者であるため、比較的スムーズな運用がなされているものと思われる。

以下では、ピーク時間帯である7:30~8:30の1時間を対象に分析を行う。

3. ラウンドアバウトにおける走行特性分析

本章では、ラウンドアバウトにおける流入交通、環流交通(circulating flow)の走行特性を分析する。

3.1 流入交通の走行特性

(a) クリティカルギャップ

ギャップはある地点に到着する車両と同じ地点に

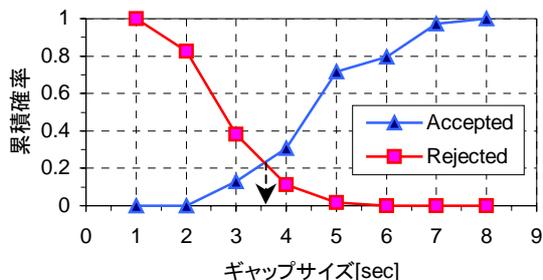


図2 クリティカルギャップ(サンプル数：108)

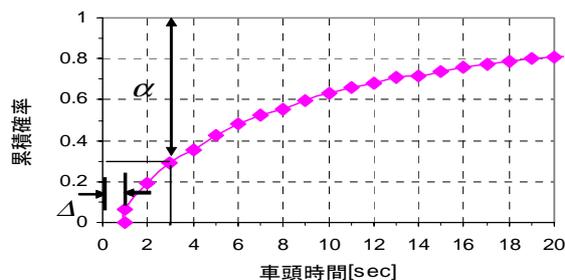


図3 車頭時間分布(サンプル数：581)

到着する次の車両との到着時間差と定義される。また、クリティカルギャップ T は、累積ギャップ受入確率と累積ギャップ拒絶確率が等しくなった場合のギャップの大きさを定義する。ビデオ映像より確認された流入部Aにおける受入ギャップと拒絶ギャップの累積確率を図2に示す。

これより流入部Aにおけるクリティカルギャップは約3.5[sec]となる。同様にして、他流入部においてもクリティカルギャップを算出する。その結果は3.3節で述べる。

(b) フォローアップタイム

フォローアップタイム T_0 は、環道への流入部において待ち行列を形成している複数車両が、環流交通のギャップを選択し、連続して環道部に進入する際の平均的な車頭時間である。各流入部のフォローアップタイムについての実測値は3.3節で述べる。

3.2 環流交通の最小車頭時間と自由走行確率

環流交通の車頭時間の分布の一例(流入部Aの正面)を図3に示す。これより、最小車頭時間はおよそ1[sec]であることがわかる。また、ビデオ映像を確認することで、先行車との車頭時間が3[sec]以上の場合、その後続車両を自由走行車両、3[sec]未満の場合、それらの車両を車群と仮定する。自由走行確率は車頭時間分布形より求められる。

表2 流入部別交通特性値

流入部	環流交通流率 q_c [veh/h]	T [sec]	T_0 [sec]	Δ [sec]	α
A	384	3.50	3.46	1.00	0.67
B	389	3.70	4.20	1.00	0.70
C	286	3.50	4.90	1.00	0.72
D	201	3.70	4.07	1.00	0.72
E	270	3.80	4.19	1.00	0.87

3.3 本ラウンドアバウトでの挙動特性

ラウンドアバウトの挙動特性値を、流入部ごとにまとめたものを表2に示す。これより、クリティカルギャップ T は3.5~3.8[sec]程度で、流入部による差異がないことがわかる。一方、フォローアップタイム T_0 は3.46~4.90[sec]と大きく変動している。特に、流入部Cの値が大きくなっているのは、図1に示すように、他の流入部と異なり、直角に交差していない交差点形状に起因するものと考えられる。また、自由走行確率は、流入部Aの値が他流入部に比べて低いが、これは、調査時間帯において中心部へ向う交通が多いOD特性によるものである。

ここで、海外のラウンドアバウトにおける特性値との比較を行うと AUSTROAD⁶⁾における T は 2.84~4.00[sec]、また T_0 は 2.38~2.48[sec]である。 T に関してはほとんど差がないのに対し、 T_0 は大きく異なっている。これは、停止線が流入部から 8m 程度セットバックしている本交差点の幾何構造特性に起因するものと考えられる。

4. 交通容量によるラウンドアバウト制御の評価

4.1 適用する交通容量推計モデル

今回、交通容量を表現するモデルとしてオーストラリアの交通容量式⁶⁾を適用する。この式は、ギャップアクセプタンスをはじめとする車両間の相互作用に立脚して求められたもので、各流入部の交通容量と環流交通流率との関係を表すものである。ラウンドアバウトの適用事例が少なく、データ取得が困難なわが国において分析を行う際に適していると考えられる。

$$Q_e = \frac{3600\alpha q_c e^{-\lambda(T-\Delta)}}{1 - e^{-\lambda T_0}} \quad (1)$$

また、減衰パラメータ λ は式(2)のように定義される。

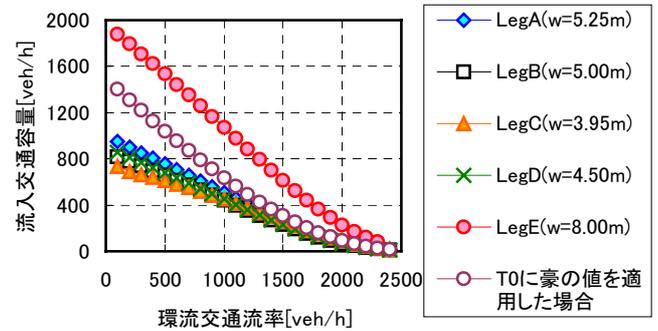


図4 流入交通容量と環流交通流率の関係

$$\lambda = \frac{\alpha q_c}{1 - \Delta q_c} \quad (2)$$

ここに、

Q_e : 流入部交通容量[veh/h], α : 自由走行確率,
 q_c : 環流交通流率[veh/sec], T : クリティカルギャップ[sec],
 T_0 : フォローアップタイム[sec], Δ : 最小車頭時間[sec]
 である。

4.2 現地調査データを用いた交通容量推計

式(1), (2)の各パラメータに、表2の値を代入することで、各流入部における交通容量推計を行う。得られた環流交通流率と流入交通容量の関係を示す。図4に示す。図中に、流入部Cと同じ車線幅員で、 T_0 のみAUSTROADの標準的な値(2.4[sec])を想定して推計した結果も併せて示してある。

流入部AとCの比較より、1車線あたりの幅員が流入交通容量の拡大に与える影響は大きい。また、環流交通量が増加すると道路幅員が流入交通容量へ与える影響は小さくなる。一方、入力するフォローアップタイムに、本研究での観測値よりも小さいAUSTROADの値を用いた場合には、特に環流交通量が少ない場合に流入交通容量が向上することがわかる。このことから、日本においてもゆずれ制御を導入すれば、ラウンドアバウトは交通容量の観点からより高い性能を発揮することができると考えられる。

5 遅れによるラウンドアバウト制御の評価

5.1 適用する遅れ推計モデル

遅れ推計には、ギャップ選択行動や流入部での待ち行列の影響が考慮可能であり、AUSTROADで適用されている、式(3)のモデルを用いる⁶⁾。

$$D = D_{\min} + 900 \left(Z + \sqrt{Z + \frac{8kx}{Q_e H}} \right) \quad (3)$$

ここに,

D_{\min} : 最小遅れ[sec], x : 流入部の飽和度(q_e/Q_c), Z : $x-1$,

Q_e : 流入交通容量[veh/h], H : 分析時間[h]

である. また, D_{\min} および k は式(4), 式(5)で表される.

$$D_{\min} = \frac{e^{\lambda(T-\Delta)}}{q_c \alpha} - T - \frac{1}{\lambda} - \frac{\lambda \Delta^2 - 2\Delta + 2\Delta \alpha}{2(\Delta \lambda + \alpha)} \quad (4)$$

$$k = \frac{D_{\min} Q_e}{3600} \quad (5)$$

5.2 遅れに関する信号制御との比較

次に, ラウンドアバウト制御と信号制御について, 遅れの比較を行う. ここでは, 現示設定の容易さを考慮して, 一般的な直交4枝交差点を仮定して比較を行う.

式(3), (4), (5)の各パラメータに, 表2の値を代入し, さらに流入交通量(400-3200[veh/h]), 転回比率(左折: 直進: 右折 = 10: 70: 20), 交通量比率(東西: 南北 = 50: 50)を仮定することで, 流入部における遅れ推計を行う. 同時に, 同様の交通条件での信号制御を仮定し, HCM⁷⁾の推計式を用いて, 遅れを算出する. ここで, サイクル長は60[sec]とし, 右折交通量が100[veh/h]未満ではスプリット50:50の2現示制御を, それ以上の場合についてはサイクル長80[sec]の右折専用現示を加えた4現示制御を仮定する.

得られた平均遅れと総流入交通量との関係を図5に示す. 交通量の少ない状況では, ラウンドアバウト制御は信号制御に比べ平均遅れが小さいことが示されている. これは, 右折待ちに対する遅れが信号制御の方が大きいことに起因する. また, 総流入交通量が2000[veh/h]を超える付近から, ラウンドアバウトの平均遅れが急激に増加する. これは, 環流交通率が高くなり, この中にギャップを見つけるのが困難になってくるためである. このように, ラウンドアバウトの導入に際しては, 容量のみならず遅れの観点からもその性能を十分評価した上で適用の可否を判断することが必要である.

6. おわりに

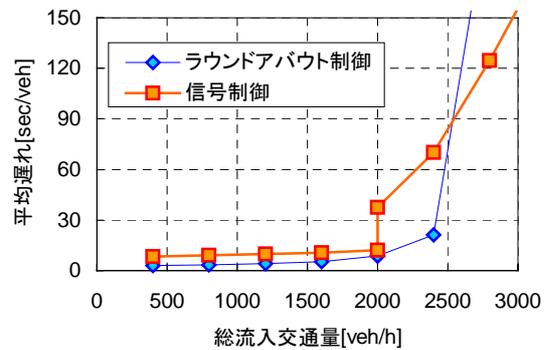


図5 総流入交通量と平均遅れの関係

本研究では, 日本における交通実態調査データを用いてラウンドアバウトにおける挙動特性を明らかにし, 交通容量・遅れの観点からラウンドアバウトの適用性の検討を行った.

その結果, 容量の観点からは, 停止線が環道部から離れた位置にあると, 本来の性能を十分に発揮できないことが示された. また, ラウンドアバウトでは, 需要が高くなると遅れが飛躍的に増大し, 信号制御との遅れの大小関係が逆転することを示した.

今回の分析はケーススタディに過ぎないが, 今後は様々な条件のもとでラウンドアバウトの性能評価を行い, 一般化することが必要である. また, 安全性についても, 車両挙動のコンフリクト分析等, 微視的な観点でより詳細な検討が必要である. さらに, 経済性や沿道環境面からも適用可能性について検討した上で, ラウンドアバウトを導入することが可能な交差点の条件を明らかにしていく.

参考文献

- 1) 山田晴利・青木英明: ラウンドアバウトの発展と流入部での優先通行権, 土木史研究第20号, pp.69-76, 2000.
- 2) Troutbeck, R.J.: Capacity and design of traffic circles in Australia, Transportation Research Record 1398, pp.68-74, 1993.
- 3) Brilon, W., Ning W. and Lothar, B.: Unsignalized intersections in Germany: A state of the art 1997, Proceeding of the 3rd International Symposium, Intersections Without Traffic Signals, pp.61-70, 1997.
- 4) Flannery, A., Elefteriadou, L., Koza, P. and McFadden, J.: Safety, delay and capacity of single lane roundabouts in the United States, 77th Annual Transportation Research Board Meeting, January, pp.11-15, 1998.
- 5) FHWA: Roundabout: An Informational Guide, 2000.
- 6) AUSTROAD: Guide to Traffic Engineering Practice, Part 6-Roundabouts, Australia, 1993.
- 7) Transportation Research Board: Highway Capacity Manual, Washington, 2000.