

遅れと交錯に着目したラウンドアバウトの性能評価手法*

Performance evaluation technique for roundabouts considering delay and conflicts*

馬淵 太樹**, 中村 英樹***, 鈴木 弘司****

By Taiki MABUCHI**, Hideki NAKAMURA*** and Koji SUZUKI ****

1. はじめに

交通量の極めて少ないような交差点においても、特に安全上の理由から信号機を設置することがある。わが国では一般にサイクル長が長めであることもあって、交通量が少ない箇所での信号機の設置と赤信号によって、利用者に遅れや停止を強いることとなりがちであるとともに、信号無視を誘発することも考えられる。その一方で、一般の無信号交差点においては、一時停止無視などによる出会頭衝突事故の危険性をはらんでいる。

近年欧米などにおいて、交差点の制御方法としてラウンドアバウト(roundabout)が積極的に導入されてきている。ラウンドアバウトとは円形をした交差点形式の一つで、交差点に流入する車両が、環道側の車両に対して進路をゆずる「ゆずれ制御」を行うことが特徴である。

ラウンドアバウトの導入により期待されるメリットとして、遅れの抑制、安全性の向上が挙げられよう。前者については、交通量が少ない状況下においては、ラウンドアバウトの方が信号交差点に比べ効率的に交通を捌くことができることが期待される。一方、後者については、事故の程度の軽減効果が挙げられる。すなわち、ラウンドアバウトでは、環道交通に優先通行権が与えられることから、交差点進入の際、流入車両の速度を低下させることが可能である。そのため、仮に交差点内において接触が起こったとしても、信号交差点に比べて、その程度を軽減できる。また、その際、信号交差点での事故と異なり交錯車両同士が対向した事故となるのではなく、側面での接触となることから、事故程度の軽減が期待される。

欧米のラウンドアバウト導入事例の大半は、安全性向上のために無信号交差点の改良を目的としたものであり、その効果は導入前後の事故件数の変化で評価されている²⁾。

しかしながら、欧米諸国では信号交差点をラウンドアバウトに置き換えようという事例は見当たらず、わが国で遅れの削減を狙いとしたラウンドアバウト導入に際しては独自の検討を行う必要がある。

このような背景から、筆者らは日本の交通量の少ない交差点において、ラウンドアバウトの設置可能性について検討を進めているが、現段階ではラウンドアバウト型交差点の遅れ・容量の観点からの評価にとどまっている¹⁾。そこで本稿では、わが国においてラウンドアバウトの導入可能条件を明らかにするためのアプローチとして、交差点における遅れと交錯挙動に着目し、これらが安全性に与える影響を信号交差点と比較しながら評価するための手法について述べる。

2. ラウンドアバウトおよび信号交差点における交錯

ラウンドアバウト、信号交差点とも、他利用者との交錯は避けることはできないが、双方の交錯の特徴は異なっている。図1および図2に、ラウンドアバウトと信号交差点(右折車)において、ある1台の車両が交差点を通過するまでの間に遭遇し得る交錯をそれぞれ示す。

ラウンドアバウトにおいて起こりうる交錯は、環道での車両相互の交錯、「ゆずれ線」手前の横断歩道における横断歩行者、自転車(以降、横断者)との交錯に大きく分類することができる。図1において、運転者はまずラウンドアバウト手前の横断歩道において、横断者との交錯に遭遇しうる。次に環道外縁部のゆずれ線まで到着すると、環道に流入するためにギャップアクセプタンスをするが、その際に環道側車両との交錯が起こりうる。その後、環道走行時には、他流入部からの流入車と交錯を起こしうる。最後に、ラウンドアバウトから流出する際に、再び横断歩道において横断者との交錯が考えられる。

一方、信号交差点における右折車に起こりうる交錯は、図2において、着目する車両が赤信号時に交差点に到着したと仮定すると、「青」開始前の「全赤」時にタイミングする交差方向車両と横断者との交錯が起こりうる。

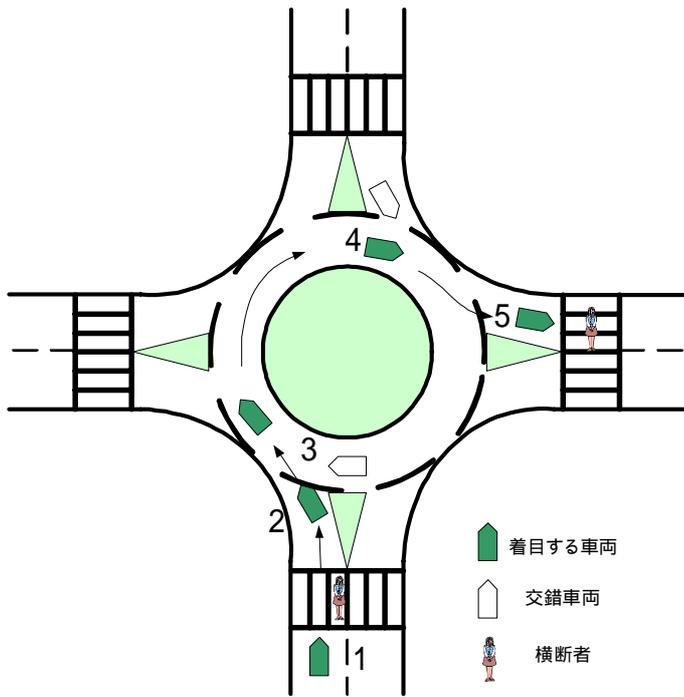
*キーワード: 交差点, ラウンドアバウト, コンフリクト

** 学生会員, 名古屋大学大学院 工学研究科 博士課程前期課程
名古屋市千種区不老町, Tel: (052)-789-3828,

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

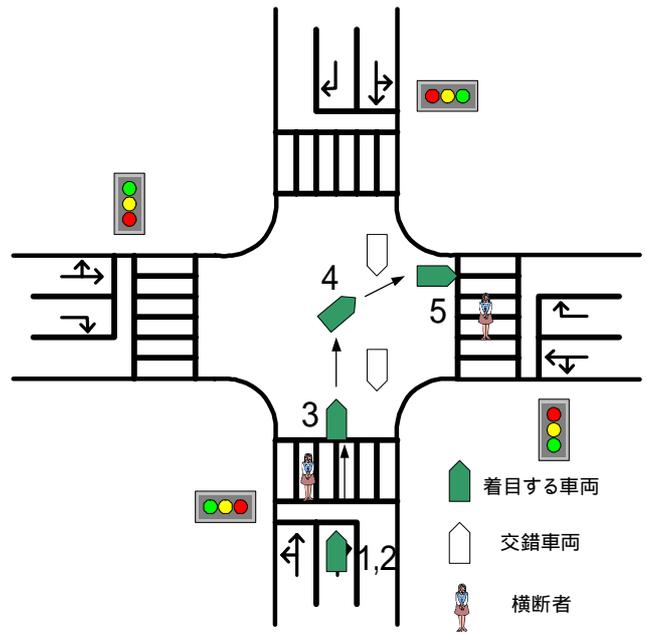
*** 正会員, 工博, 名古屋大学大学院 助教授 工学研究科

**** 正会員, 修士(工学), 名古屋工業大学助手 都市社会工学科



	注目する車両のステータス	注目車両のリスク行動	交錯する対象
1	流入部(横断歩道)に到着	そのまま通過	横断者
2	ゆずれ線でギャップアクセプタンス	リスクを冒して流入	環道車両
3	環道に流入		
4	環道を走行		流入車
5	環道から流出	そのまま通過	横断者

図1 ラウンドアバウトにおいて起こりうる交錯



信号	注目する車両のステータス	注目車両のリスク行動	交錯する対象
1 赤	停止線		
2 全赤	停止線	フライング	交差方向車
3 青	交差点内に流入		
4 青	対向直進車ギャップ待ち	リスクを冒して流入	対向直進車
5 青	交差点流出	そのまま通過	横断者

図2 信号交差点における右折車両の交錯

「青」になり交差点内に進入すると、対向直進車との交錯がある。そして、交差点から流出する際に、横断歩道付近において横断者との交錯が起こりうる。

これらのうち、本稿では、横断者との交錯に関しては分析対象として扱わないこととする。今回は、ラウンドアバウトにおいて最も交錯が起こりやすいポイントと考えられる流入部に着目し、流入車両が環道の車両に対してギャップアクセプタンスを行う際に生じる環道走行車両との交錯に関して分析を行う。一方、信号交差点においては、右折車が対向直進車に対してギャップアクセプタンスを行う際に生じる交錯を扱う。この両者の比較を通じて、交通量条件に応じたラウンドアバウトと信号交差点の安全性の比較評価を行う。

3. 平面交差点におけるリスク挙動の評価手法

(1) リスク評価値の推計方法

ラウンドアバウトと信号交差点の性能比較を、安全性と遅れの観点から行う際に、本研究ではリスクの概念を用いる。信号交差点におけるリスク評価に関する考え方は、鈴木ら³⁾によって提案されている。この概念をラウン

ドアバウトにおいても拡張して適用する方法について検討を行う。

ここで、リスクとは危険性の程度を表すものと定義でき、そのリスク事象が発生する確率 P と、その事象の強度 I との積によって定義することができる。

今回、ラウンドアバウトおよび信号交差点におけるリスク事象として、他車との交錯(交錯リスク)、遅れを被ること(遅れリスク)の2つを考える。そして、各リスク事象の発生確率と強度の積との加重和をリスク評価値 R として式(1)のように定義する。

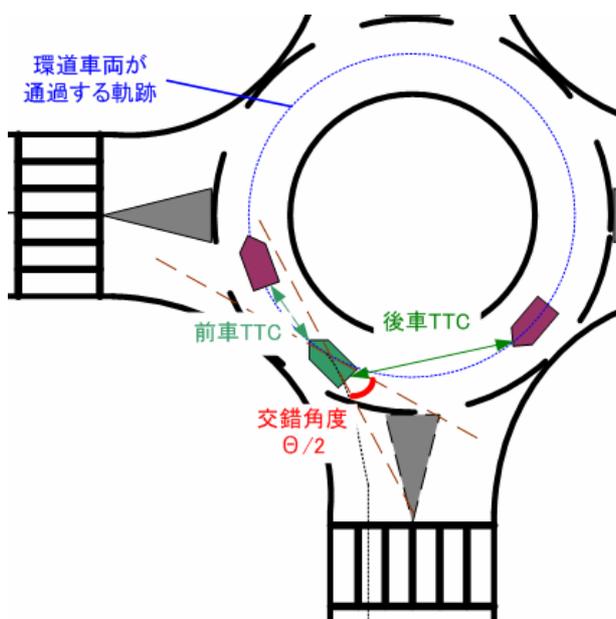
$$R = \sum \alpha_i P_{accepti}(t) I_{con} + \beta P_{reject}(t) I_{del} \quad (1)$$

ここに、

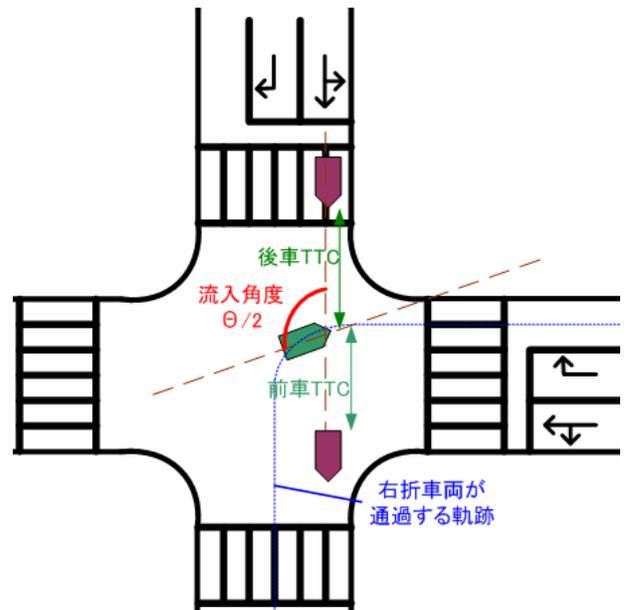
del : 遅れ, con : 交錯, $reject$: ギャップを拒絶する事象, $accept$, ギャップを受け入れる事象, P : リスク発生確率, I : リスク強度, α_i , β : パラメータ, である。

式(1)において R については直接計量することはできないが、 P , I に関しては計量可能であると考えられる。その計測方法に関しては次節以降で述べる。

なお、リスク事象間の重み付けに関しては、流入車両



(a) ラウンドアバウト



(b) 信号交差点

図3 対象とする交錯ポイント

の運転者が環道走行車両のギャップを受け入れるか否かの判断を行う際に、遅れリスクと交錯リスクの大きさによって影響を受けるとの仮説に基づき、非集計2項選択ロジットモデルを構築する。ここで得られたモデルのパラメータをリスク事象間の重みとする。

(2) リスク発生確率

流入車が環流車に対してギャップアクセプタンスを行う際、そのギャップを受け入れる場合をリスク行動とみなす。そのリスク行動の発生する確率 P_{accept} は各ギャップにおける流入確率として求めることができる。

(3) リスク強度の推定

(a) 遅れリスク

ラウンドアバウトにおいて、流入車両が流入待ち行列末尾に到着してから、ゆずれ線まで順次前進して環道内に流入可能なギャップを探索し、環道に流入するまでの時間を遅れと定義する。ここで流入車両は、環道内の交通量が多いほど流入可能なギャップを見つけにくくなるため、遅れは環道交通量の関数として表現される。一方、信号交差点に関しては、右折待ち行列末尾に到着してから、交差点に進入した右折車が対向直進交通流において通過可能なギャップを探索し、交差点を流出するまでの時間を考慮する必要がある。これに関しても、対向直進+左折交通量の関数で表現できる。

(b) 交錯リスク

交錯リスク強度 I_{con} を表す指標として、Howard⁴⁾の提唱するTTC(Time to Collision)が挙げられる。TTCは対象とする2車間の車間距離、及び相対速度によって求めることができる。

ラウンドアバウトと信号交差点とは、2車両が交錯する角度が異なるため、生じる事故の程度が異なると考えられることから、交錯角を考慮した交錯強度の定義が必要である。ここで、交錯角 θ が 180° 、すなわち正面衝突するときの事故の程度が最大、進行方向が平行に近づくほど小さいという仮定に基づけば、交錯する2車のそれぞれの速度 v_1, v_2 に $\sin\theta/2$ を乗ずることにより求めることができる。

以上より I_{con} は以下のように定式化できる。

$$I_{con} = \frac{2\text{車間の車間距離}}{2\text{車の相対速度}} = \frac{\Delta x}{(v_1 - v_2) \sin \frac{\theta}{2}} \quad (4)$$

(4) リスク事象間の重み付け方法

ラウンドアバウト、信号交差点におけるギャップアクセプタンス判断を、式(5)に示すような非集計2項選択ロジットモデルで表現する。その際、説明変数として、交錯、遅れを表す変数を取り入れる。このモデルから得られたパラメータ $\alpha_1', \alpha_2', \beta$ を式(1)中の各リスクの重み α_i を表しているものと考え、リスク評価値 $Ri(\theta)$ を推定する。



図4 京都市におけるラウンドアバウト型平面交差

$$P_{accept} = \frac{1}{1 + \exp(Vrej_i - Vacc_i)} \quad (5)$$

$$u_i = Vrej_i - Vacc_i = \alpha_1' X_{confro} + \alpha_2' X_{conrear} + \beta' X_{del} + \gamma \quad (6)$$

ここで、

$\alpha_1', \alpha_2', \beta$: パラメータ、

X_{confro} : 前方TTC、

$X_{conrear}$: 後方TTC、

X_{del} : 遅れ、

である。

(5) リスク評価値の推計とラウンドアバウト・信号交差点の性能比較

前節までで表現されるリスク強度、発生確率およびリスク事象間の重みを用いることで、ラウンドアバウトおよび信号交差点におけるリスク評価値の推計が可能となる。これより様々な交通量レベル、および同一交通量レベルでの様々な右左折率に応じて、信号交差点とラウンドアバウトそれぞれにおけるリスク評価値の推定を試み、これらの比較を行っていく。

4. 今後の展開

本稿では、ラウンドアバウト導入のために必要な条件を明らかにする方法論として、安全性の観点に着目し、特に自動車相互の交錯の分析方法に関してリスクの概念を用いて検討する方法について提案した。今後は、国内の2箇所のラウンドアバウト型交差点(飯田市および京都市)を取り上げ、ビデオ観測による調査を行い、本稿で述

べたモデルを実証するために必要なデータ収集を行う。これらは、各流入部の交通量、OD、車両速度、車頭時間、右左折率等である。また、この2箇所の交差点は、流入角度、環道直径、環道幅員等、幾何構造に大きな違いがある。これらの相違による挙動特性にも着目し、分析を行う。また、対象とする信号交差点に関しても、可能な限りこれらのラウンドアバウト型交差点と同程度の交通量条件の箇所を取り上げることにより、比較検討を行う。

最終的には、ラウンドアバウト型交差点を容量、遅れ、安全性の観点から総合的に評価し、ラウンドアバウトの導入が可能な条件について明らかにしていく方針である。

参考文献

- 1) Shyamalee MANAGE, 鈴木弘司, 中村英樹 : 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, 土木計画学研究講演集 vol.28, 2003.11.
- 2) Flannery, A. and Datta, T.K. : Modern roundabouts and traffic crash experience in United States, Transportation Research Record 1553, 103-109., 1996.
- 3) 鈴木弘司, 中村英樹, 山口 哲 : リスク概念を用いた信号交差点のサイクル長評価フレームワーク, 土木計画学講演集 vol.28, 2003.
- 4) Hayward, J.C. Near-miss determination through use of a scale of danger, Highway Research Record, pp.24-34, 1972.