

日本でのラウンドアバウト設計のための調査研究課題*

Research Issues for Designing Roundabout Geometry in Japan *

馬淵 太樹**, 中村 英樹***

By Taiki MABUCHI** and Hideki NAKAMURA***

1. はじめに

現在の日本での交通事故の約半数は交差点で発生しており,そのうちの4割近くが信号交差点で,残りが無信号交差点で発生している¹⁾.また,これらの事故の半数以上は,比較的小規模の交差点で発生している.事故類型に着目すると,出会い頭による事故の割合が高い.次いで,追突,右折車対直進車,歩行者を巻き込んだ事故の発生割合が高くなっている.信号交差点では,車両の速度が比較的速いため,特に右折車対直進車の事故や信号無視による事故が発生すると,損傷の程度が大きくなる.

海外の先進諸国では,比較的小規模で交通量の少ない交差点での安全性の向上,円滑な交差点制御を目的として,ラウンドアバウトが導入されてきている.かつては,無信号交差点の安全性向上を目的としていたが,近年,信号交差点の代替としての導入も検討されている.ラウンドアバウトは,円形の交差点形式であり,交差点自体が車両に対する速度抑制効果を有していること,そして,交差点に進入する車両と環道を走行する車両とが,側面相互で錯綜することから,損傷の程度が大きな事故が起こりにくい.

ラウンドアバウトの安全性の検証のため,アメリカでは,ラウンドアバウト設置前後の事故件数の比較²⁾がなされた(表-1).信号交差点からの置き換え,無信号交差点からの置き換えのいずれの場合にも,事故件数は改良前の半分程度に減少している.また,負傷を伴う重大事故は大幅に減少している.ラウンドアバウトの導入は,事故件数を減らすのみならず,事故の程度を軽減することも可能である.

筆者ら³⁾は,これまでに信号交差点と比較した場合のラウンドアバウトの導入が可能な交通量条件を,交差点での遅れと交錯挙動の関係に着目した分析手法により明らかにしている.その手法により,交差点1流入部あたりの交通量が,500~600台程度の交差点であれば,ラウンドアバウトの導入が妥当であることを明らかにした.ラウンドアバウトの導入を図るための次の段階として,日本の車両挙動特性を考慮したラウンドアバウトの設計手法を明らかにする必要がある.

本稿では,まず,海外のラウンドアバウト設計ガイドラインに基づき,各国のラウンドアバウト構成要素の設計に際しての留意事項を示すとともに,一般的な設計手順を示す.そして,わが国でラウンドアバウトの設計指

表-1 ラウンドアバウトへの改良前後の事故の比較

以前の制御方式	改良された箇所数	事故減少率	重大事故減少率
信号制御	9	48%	78%
無信号	34	44%	82%

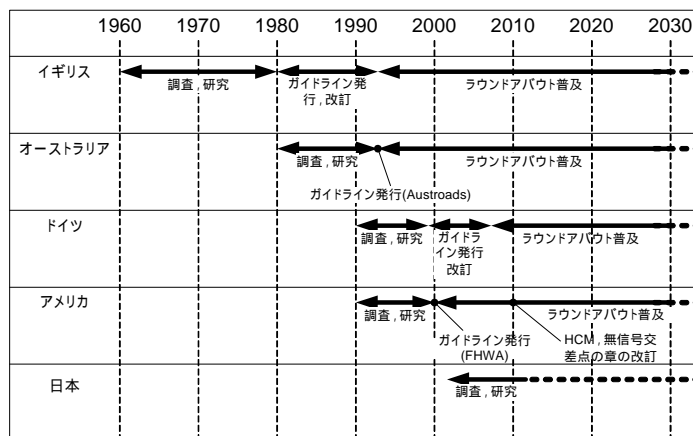


図-1 各国のラウンドアバウト普及までの変遷

針を定めるために必要となる調査研究課題を示す.

2. 海外の設計ガイドラインの特徴

図-1に,海外諸国でのラウンドアバウト普及までの経緯を示す.まず,イギリスでラウンドアバウトの導入が積極的に行われ,その成功実績に基づき,各国で導入に向けた検討が行われた.イギリスで発行されたガイドラインが,他国のラウンドアバウトに対して大きな影響を与えている.また,各国でラウンドアバウトへの関心が高まり,調査が始まった時期に違いはあるが,ラウンドアバウトの存在意義が認識され始めてから,調査,研究を経て普及するまでに,概ね10年を要している.

ここではまず,イギリス,オーストラリア,ドイツ,アメリカでの設計方法の特徴を示す.

(1) イギリス

イギリスでは1960年代よりラウンドアバウト導入のための調査,研究が行われており,設計ガイドラインも,幾度もの改訂を重ねて作成されている.現在は1993年に道路交通局より発行されたガイドライン⁴⁾に基づき,設計がされている.

イギリスでは,off-side priorityが導入される以前は,流入車両が環道車両に対して優先権を持っていたため,流入車両がスムーズに交差点内へ進入できるよう,浅い角度で環道車両と合流し環道内へ進入する構造であった.現在でも,車両がスムーズに走行できるよう配慮されている地方部等のラウンドアバウトでは,そのような構造

* キーワーズ: ラウンドアバウト, 交差点改良, 交差点構造
 ** 学生会員 修(工) 名古屋大学大学院 工学研究科社会基盤工学専攻
 (〒464-8603名古屋市中区千種区不老町, E-mail:tmabuchi@genv.nagoya-u.ac.jp)
 ***正会員 工博 名古屋大学大学院助教授 工学研究科社会基盤工学専攻

を採用している。

(2) オーストラリア

オーストラリアでは、1980年代よりラウンドアバウト導入のための研究⁵⁾が行われている。1993年には、オーストラリアの道路研究所、Austroadsより発行されたガイドライン⁶⁾に基づき設計されている。設計基準の基本的な考え方はイギリスに倣っているが、地方部での設計に際しても、速度抑制効果を持たせようとしている点など、独自の考え方が取り入れていることが特徴である。

(3) ドイツ

イギリスやオーストラリアでのラウンドアバウトの導入実績に影響を受け、1990年代以降、ラウンドアバウトが導入され、現在、設計指針作成のための研究も進められている⁷⁾。また、2001年に発行された道路の交通容量技術マニュアルのHBS⁸⁾中にも、ラウンドアバウトに関する記述が見られる。ドイツの主な特徴は、他国と比較すると、交差点での速度低減による安全性の向上狙った設計であること、また、都市内、住宅地等の用地制約のあるところでの導入を想定していることである。

(4) アメリカ

アメリカでは1990年代より、メリーランド州、フロリダ州等、一部の州で設計ガイドラインが発行され、数は少ないながらも、ラウンドアバウトの設置がなされた。2000年に連邦レベルでの指南書⁹⁾が、FHWA(連邦道路局)により発行されている。これを期に、ラウンドアバウトが積極的に設置されるようになった。

この指南書は海外の実績に基づいており、アメリカの交通特性が十分に反映されたものではない。そこで2003年以降、NCHRP3-65(National Cooperative Highway Research Program)により、米国内のラウンドアバウトで大掛かりな交通流観測¹⁰⁾が行われている。このプロジェクトでは、アメリカ内の300箇所近くのラウンドアバウトで幾何構造データ、走行特性データの取得が行われた。調査での結果をもとに、今後、設計ガイドラインが作成される。2010年までにHCM2000の改訂版が発行される予定であるが、無信号交差点の章に、NCHRP3-65の調査の成果が反映されることとなっている。

3. 海外での幾何構造決定手法

本章では、各国の設計ガイドライン、海外でのヒアリング、現地視察により明らかとなった、ラウンドアバウトを構成する各幾何構造要素の設計基準を示し、それをもとにした、海外での一般的なラウンドアバウトの設計手順を示す。図-2は本稿で考察する幾何構造要素である。

(1) 幾何構造構成要素設計に際しての留意点

a) 流入部幅員

流入部幅員は、流入部とラウンドアバウト内接円の境界、ゆずれ線(yield line)付近での車道幅員を指す。各国のガイドラインとも、流入部幅員はラウンドアバウトの交通容量、安全性に影響を及ぼすことが示されている。流

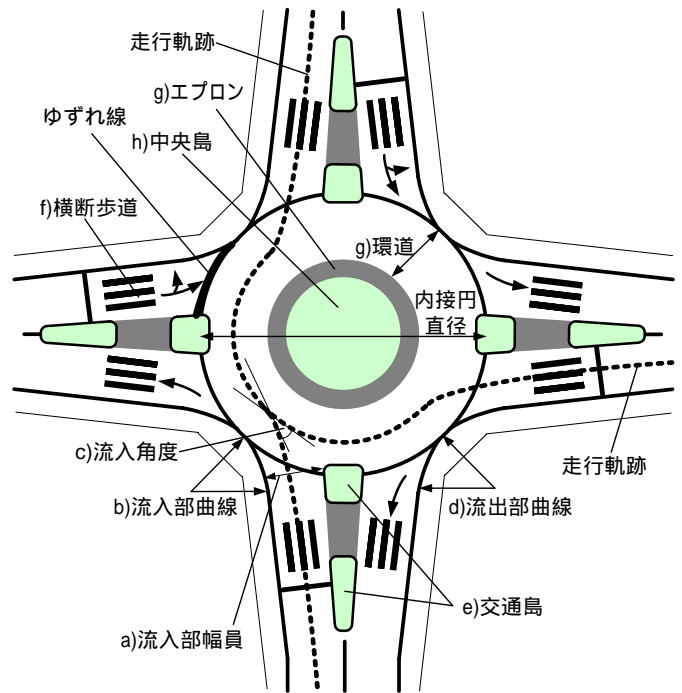


図-2 ラウンドアバウトの幾何構造構成要素

入部幅員が広いほど、交差点の交通容量を高くすることができるものの、車両の速度が高くなるため、事故が発生しやすくなり、さらに事故が発生した際の損傷の程度も大きくなる。流入部の幅員は、交通容量と安全性のトレードオフ関係を考慮し、慎重に決定する必要がある。

b) 流入部曲線

ラウンドアバウトは幾つかの曲線により構成されており、これらは流入部、環道、流出部の大きく3つに分けることができる。

流入部曲線は、ラウンドアバウト流入部のゆずれ線付近の曲線であり、車両に速度抑制を促す上で重要な役割を果たす。各国のマニュアルとも、流入部の曲線半径を最も小さくするよう定めている。これは、流入部で速度を十分に低下させることで、環道を走行する車両が存在する場合、環道車両に進路を譲ることができるようにするためである。なお、流入部の車両速度が高い場合、十分な長さの交通島を設置する、流入部手前の幅員を人為的に狭くするなどし、ドライバーに対して、ラウンドアバウトの存在を知らせる必要がある。

流入部の曲線半径は、イギリスでは6mから100mの範囲とし、20mが推奨値とされている。また、アメリカ、オーストラリアでは10mから30mの範囲とし、ドイツでは、16mが推奨値とされている。イギリスで、流入部半径の最大値が大きくなっているが、これは、以前から存在している、スムーズに進入することが可能なラウンドアバウトの設計を想定しているためである。

わが国で設計する場合には、速度抑制効果、および限られた用地での設計が要求されるので、できるだけ流入部の曲線半径を小さくすることが望ましいであろう。

c) 流入角度

流入角度は、流入車両と環道車両の走行軌跡の交点で



写真-1 交通島(ドイツ)



写真-2 エプロンに乗り上げる大型車



写真-3 中央島, エプロン(ドイツ)

の接線の交差角である。この角度が小さいほど、2車は側面相互で錯綜し、角度が大きいほど、流入車両は環道へ直角に流入する。イギリスでは、流入車両と環道車両とが $20 \sim 60\text{deg}$ (推奨値は $30 \sim 40\text{deg}$)と比較的小さい角度で合流するよう設計する。これに対して、ドイツでは、流入車両は環道内へ直角に近い角度で流入するように設計する。これは、流入車両に速度低減を促すことができるという考え方に基づいている。

d) 流出部曲線

流出部曲線は、環道から流出する際の曲線である。イギリス、オーストラリアのガイドラインによれば、流出部では車両は加速し易くし、後続の環道車両に対して影響を与えないよう配慮して設計する必要があると示されている。従って、流入部、環道での曲線半径よりも大きくする。

また、アメリカのガイドラインでは、流出時の歩行者との錯綜にも言及しており、流出部で極端に速度が上がらないようにすること、環道内から横断歩道を認識しやすい構造にすることが示されている。日本での設計に際しても、歩行者との錯綜は問題となるので、十分に配慮する必要がある。

e) 交通島

交通島はラウンドアバウト流入部に設置され、流入車両と流出車両との錯綜を防ぐ役割を果たしている(写真-1)。また、交通島の設置により、ドライバーに対し、ラウンドアバウトの手前での速度抑制を促すことが可能となる。また、交通島は横断者の滞留スペースにもなり、二段階横断が可能となる。

交通島の形状は、流入部、流出部での車両軌跡の半径、車線幅員に基づき決定され、流入部での速度低減を目的としたラウンドアバウトでは、交通島は長方形に近い形状に、環道内へスムーズに合流できるように設計されたラウンドアバウトでは、環道側を底辺とした三角形に近い形状になる。

f) 横断歩道

交差点流入部の横断歩道の取り付け位置に関する記述が、アメリカのガイドラインに示されている。横断歩道は、通常はゆずれ線から車両1台分セットバックさせた位置が望ましいとされている。ゆずれ線付近に横断歩道を設置すると、流出車両が流出部での横断者を環道内で待

つこととなる。これは危険であるばかりでなく、交差点交通容量を低下させる要因になり、横断歩道設置地点の車道幅員も大きくなるので、避けなければならない。

g) 環道幅員, エプロン

環道幅員は、流入部幅員より広めとし、無理なく走行できるようにする。各国とも、流入部幅員の1から1.2倍程度にするよう定めている。

比較的小規模の小さいラウンドアバウトでは、環道の曲線半径は必然的に小さくなる。その際、大型車でも余裕を持って走行できるようにするためには、環道幅員を極めて広くする必要があり、普通車の走行経路にばらつきが出る要因となる。米国、ドイツでは、中央島の周囲にエプロン(写真-2)を設置し、環道部分だけで曲がりきれない大型車両はエプロンを利用し、無理なく転向できるように配慮している。

エプロン部分は、敷石などアスファルトとは異なり凹凸のある材料を用い、環道部分と段差を設け、エプロンを走行する必要のない車両にとっては走行しにくい構造にする(写真-3)。

h) 中央島

中央島の設計に関しては、特にドイツで様々な配慮がなされている。すなわち、背の高い植栽を配置したり、中央島の周囲を高いコンクリート壁で囲むことは避けるようにする。これは、視認性を低下させるばかりでなく、誤ってドライバーが中央島へ突っ込んだ場合に致命的な事故になることを避けるためである。車両が誤って中央島上へ乗り上げないようにするため、中央島の端に低い障害物を配置(写真-3)することが望ましい。

(2) 一般的なラウンドアバウト設計手順

以上の幾何構造設計の考え方に基づいた、一般的なラウンドアバウトの設計手順を示す。

a) 交差点の各枝の構造, 交通特性の把握

交差点に接続する各枝の幅員、車線数、制限速度を把握する。これらの条件に基づき、ラウンドアバウトの設計のために必要な用地を大まかに把握する。また、既存交差点からの改良の場合には、既存空間の中で設計可能な最大の内接円を算出する。

b) 速度プロファイル, 車両走行軌跡の決定

交差点各枝の制限速度に基づき、ラウンドアバウト内で想定する設計速度を決定し、その速度まで減速させる

ために必要な流入部での曲線半径を決定する。その際、流入部のゆずれ線付近で最も速度が低くなるようにし、環道から流出部に進むにつれて次第に速度が上昇するように設計する。

c) 車道幅員の決定

ラウンドアバウト内での車両動線に基づき、環道、流入部、および流出部の車線幅員を決定する。また、必要に応じて、大型車が環道内を無理なく走行できるようにするため、エプロンを設置する。

d) 中央島、交通島の配置

上記の手順により、ラウンドアバウトの流入から流出までの車両の動線、および車線幅員が明らかとなる。必要な車両経路、および車線幅員を確保するための交通島、および中央島の形状を決定する。

e) 標識、路面標示

交差点のゆずれ線の位置、および横断歩道の設置位置等を決定する。ラウンドアバウトに接近する車両が、ラウンドアバウトの存在を視認しやすくなるよう配慮する。

4. ラウンドアバウト設計のための調査研究課題

以上、海外でのラウンドアバウトの幾何構造要素の一般的な決定手順を示した。これらを参考にしながら、日本でラウンドアバウトを設計する際、幾何構造の決定根拠を与えるために必要な調査研究項目、および設計された幾何構造条件での性能を評価するための調査研究項目を挙げる。

(1) 幾何構造の設計根拠を与えるための調査

ラウンドアバウトの幾何構造決定のため、まず、交差点内の車両動線、および車線幅員を決める必要がある。曲線半径の決定には、ラウンドアバウトでの設計速度を決める必要があるが、これはラウンドアバウト流入時に必要な速度低下量により求められる。様々な幾何構造のラウンドアバウトにおいて、流入時の速度低下量を分析する必要がある。

また、車両の速度と走行軌跡の曲線半径との関係、および走行軌跡の曲線半径と車道幅員との関係を明らかにするため、国内のラウンドアバウト型交差点において、速度プロファイル、走行軌跡データの取得が必要である。

(2) 交通容量推計による交差点性能の評価

幾何構造の違いがラウンドアバウトの性能に与える影響を、交通容量を推計することで評価する。交通容量を推計する際、必要となるギャップパラメータ(クリティカルギャップ、フォローアップタイム)を様々な形状のラウンドアバウトにて取得し、これらを通じて幾何構造が交通容量に与える影響の分析を行う。それにより、設計された幾何構造条件下で、必要性能が得られるか検証する。

また、海外のラウンドアバウトでは、一般に流入部でゆずれ制御が導入されているが、日本ではその概念がないため、一時停止制御を導入する必要がある。一時停止制御がラウンドアバウトの性能に与える影響の分析を行

う必要がある。

(3) 交差点安全性の検証

ラウンドアバウトは信号交差点と比較して、交差点を通過する車両の速度が低く、また、流入車両と環道車両とが側面相互で錯綜するため、安全であると言われている。この効果を実証するため、交差点内での車両軌跡の取得により、車両の交錯角度の計測、また速度データより、事故が発生した際の損失の程度の推計を試みる。さらに、幾何構造の違いが安全性に与える影響を検証する。

また、ラウンドアバウトと同程度の規模、交通量の信号交差点での速度プロファイルの比較により、ラウンドアバウトでの速度抑制効果を実証する。

(4) 横断者に着目した利便性、安全性の検証

横断者にとってのラウンドアバウトの利便性、安全性を検証するため、車両が横断者に対して進路を譲る率の測定、および車両と横断者との錯綜回数等を示す調査を実施する。さらに、横断者がラウンドアバウトの性能に与える影響の分析を行い、横断者交通量から判断される、ラウンドアバウトの導入妥当な条件を示す。

5. おわりに

本稿は、まず、ラウンドアバウトを構成する各種幾何構造要素の設計の際に必要な留意事項を、海外での事例を参考として明らかにし、一般的な設計手順を示した。そして、今後わが国でラウンドアバウトの設計を行う際の幾何構造緒元の根拠を示すために必要な調査研究項目を提示した。

今後、日本でラウンドアバウトの設計を促進していくためには、本稿で示した調査研究項目に基づいて、ラウンドアバウトでの利用者挙動を明らかにし、設計指針を示していく必要がある。

参考文献

- 1) 森健二: これからの信号制御 第3回 信号交差点における交通事故の特徴, 交通工学, Vol. 40, No.2, pp.73-80, 2005.
- 2) Bhagwant P., David H.: NCHRP 3-65 Applying Roundabouts in the United States: Safety: Primary Findings, National Roundabout Conference, 2005.
- 3) 馬淵太樹・中村英樹: 車両の交錯リスクを考慮したラウンドアバウトと信号交差点の性能比較分析, 第25回交通工学研究発表会論文集, pp.45-48, 2005.10.
- 4) Department of Transport: Geometric Design of Roundabouts, TD 16/93, 1993.
- 5) Troutbeck R. J.: Current and Future Australian Practices for the Design of Unsignalized Intersections, Intersection without Traffic Signals, pp.1-19, 1988.
- 6) Austroads: Guide to Traffic Engineering Practice, Part 6-Roundabouts. Sydney, Australia, 1993.
- 7) Brilon W.: Roundabouts - A State of the Art in Germany, National Roundabout Conference Vail Colorado, 2005.
- 8) Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: HBS Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen, 2001.
- 9) FHWA: Roundabouts an Informational guide, 2000.
- 10) Michael. K. Characteristics of Modern Roundabouts in the United States: A summary of the NCHRP 3-65 operation database, TRB 85th Annual Meeting, 2006.