

ラウンドアバウトの幾何構造要素が
流入交通容量に与える影響に関する研究
**A Study on the Impact of Geometric Elements
on Roundabout Entry Capacity**

神戸 信人

KANBE, Nobuto

名古屋大学大学院環境学研究科 博士（工学）

2017 年

論文要旨

我が国では、平成25年6月に道路交通法の一部を改正する法律が公布され、ラウンドアバウトが環状交差点として法的に位置付けられ、ラウンドアバウトの導入事例が増えている。ラウンドアバウトの導入に際して重要なことは、流入部の交通容量を推定し、走行の円滑性を確保できるかどうかを判断することである。ラウンドアバウトは無信号の平面交差点であることから、幾何構造条件と、環道優先、ゆずれ制御等の交通運用方法により種々の方向の交通流を制御することになる。このため、ラウンドアバウトの交通容量は、幾何構造条件や交通運用が関連し合っただけで影響を受けることになり、利用する車種構成、横断歩行者などの交通条件だけでなく、幾何構造条件が交通容量に与える影響と、交通容量を左右する車頭時間パラメータに与える影響を明らかにすることが重要となる。しかしながら、我が国では、現状において、ラウンドアバウトの導入事例が少ないため、ラウンドアバウトの幾何構造が交通容量に与える影響が明らかになっていない。さらに、我が国では、ラウンドアバウトの導入の判断に重要となる、流入部の交通容量の推定に必要な我が国の車頭時間パラメータの値も明らかになっていない。この車頭時間パラメータの値は、ラウンドアバウトの幾何構造が影響すると考えられているが、車頭時間パラメータの値と幾何構造の関係も明らかになっていない。

そこで本研究では、我が国のラウンドアバウトで収集・計測した幾何構造諸元値と車頭時間パラメータのデータに基づき、幾何構造諸元値と車頭時間パラメータの代表値の関係についてモデル分析を行い、幾何構造諸元が車頭時間パラメータに与える影響を定量的に明らかにする。さらに、このモデル分析の結果に基づき、幾何構造諸元が交通容量に与える影響を定量的に明らかにする。

本論文は、以下の6章より構成される。

第1章では、ラウンドアバウトの中に位置付けられる我が国の環状交差点の概要と幾何構造事例から円滑性への影響を述べ、本研究の目的を示した。

第2章では、ラウンドアバウトの交通容量は、利用する車種構成、横断歩行者などの交通条件だけでなく、幾何構造条件が相互に関連し合っていることを述べた上で、既往研究によるラウンドアバウトの交通容量とその推定手法について、マクロモデルとミクロモデルの観点から研究内容をレビューした。マクロモデルでは、代表的な研究のKimber(1980)の実験式があるが、我が国への適用性については、我が国で観測される多くの流入交通容量と環道交通量のデータから、適用条件を確認する必要があるため、同実験式の特性を把握ことにした。ミクロモデルについては、流入交通容量の推定式のモデル構造をとりまとめた上で、諸外国のガイドラインによる交通量の推定方法、我が国における横断歩行者を考慮した理論交通容量の推定方法についてレビューした。そして、これらレビュー結果に基づき、本研究の位置付けをとりまとめた。

第3章では、後章で行う幾何構造が車頭時間パラメータに与える影響分析に、必要な分析対象ラウンドアバウトの幾何構造諸元値のとりまとめと、撮影されたビデオ画像データから計測した3つの車頭時間パラメータの代表値を設定した。

第4章では、幾何構造と車頭時間パラメータの関係についてモデル分析を行い、このモデル分析結果に基づき、幾何構造が車頭時間パラメータに与える影響を定量的に明らかにした。クリティカルギャップは流入部幅員、流入部の曲線半径を説明変数、経過期間をダミー変数とする推定式を提案した。流入車両の追従車頭時間は流入部幅員、流入部の曲線半径、流入部の車線幅員を説明変数、経過期間をダミー変数とする推定式を提案した。環道交通流の最小車頭時間は外径、合流角度を説明変数、経過期間、横断歩行者・自転車ダミー変数とする推定式を提案した。

第5章では、車頭時間パラメータと幾何構造が流入交通容量に与える影響を分析した。流入交通容量の変化率への影響が大きい車頭時間パラメータは、環道交通量が少ないときは、流入車両の追

従車頭時間の変化量であり、環道交通が多くなると、クリティカルギャップ、環道交通流の最小車頭時間の変化量であることを定量的に明らかにした。幾何構造については、環道交通量が少ないときは、流入車両の追従車頭時間の説明変数となる流入部の車線幅員、環道交通量が多くなると、環道交通流の最小車頭時間の説明変数となる外径の変化量が流入交通容量の変化率に対して大きく影響することを定量的に明らかにした。さらに、我が国のラウンドアバウトマニュアルに示されているギャップアクセプタンス確率に基づく流入交通容量の推定式に基づく推定流入交通容量、康・中村モデル(2015)に基づく推定流入交通容量と、横断歩行者・自転車交通量が多い軽井沢の実測データによる流入交通容量を比較検証した。比較検証の結果、横断歩行者の影響を考慮した康・中村モデル(2015)による推定流入交通容量が最も推定精度が高くなることを確認した。ただし、この康・中村モデル(2015)の推定式では、幾何構造による影響を考慮していない。ラウンドアバウトの流入交通容量は、幾何構造や、経過期間、横断歩行者・自転車などの交通条件の影響を受けることから、これらの影響を考慮することが重要である。このことから、流入交通容量の推定方法としては、本研究で提案した幾何構造諸元と横断歩行者・自転車の影響を考慮した車頭時間パラメータの推定式に基づき算定した車頭時間パラメータの代表値を、我が国のラウンドアバウトマニュアルに示されているギャップアクセプタンス確率に基づく流入交通容量の推定式に代入して流入交通容量を算定することが、我が国におけるラウンドアバウトの流入交通容量を推定する有効な手段になる。

最後に、第 6 章で本研究の成果および得られた知見をまとめ、研究上の今後の課題を整理して、結論とした。

目 次

| | |
|--|----|
| 第1章 序論 | 1 |
| 1.1 研究の背景 | 1 |
| 1.2 研究の目的 | 5 |
| 1.3 本論文の構成 | 6 |
| 第2章 既往研究によるラウンドアバウトの交通容量とその推定手法 | 8 |
| 2.1 ラウンドアバウトの交通容量 | 8 |
| 2.2 マクロモデルによる交通容量の推定方法 | 11 |
| 2.2.1 U. K. モデル | 11 |
| 2.2.2 その他の幾何構造を考慮した交通容量の推定手法 | 19 |
| 2.3 ミクロモデルによる理論交通容量 | 22 |
| 2.3.1 流入部交通容量推定式のモデル構造 | 22 |
| 2.3.2 既往研究による理論交通容量の推定方法 | 24 |
| 2.3.3 マクロモデルを組合せた理論交通容量の推定手法 | 26 |
| 2.4 本研究の位置付け | 29 |
| 第3章 分析対象ラウンドアバウトの幾何構造諸元と車頭時間データの準備 | 30 |
| 3.1 分析対象ラウンドアバウト | 30 |
| 3.2 幾何構造諸元の特徴 | 34 |
| 3.3 車頭時間パラメータの代表値の設定 | 36 |
| 3.3.1 定義と計測方法 | 36 |
| 3.3.2 車頭時間パラメータの代表値の設定 | 38 |
| 3.3.3 車頭時間パラメータの代表値の特徴 | 44 |
| 3.4 まとめ | 47 |
| 第4章 幾何構造が車頭時間パラメータに与える影響分析 | 49 |
| 4.1 幾何構造諸元と交通条件が車頭時間パラメータに与える影響要因の仮説 | 49 |
| 4.2 分析の方法 | 52 |
| 4.3 幾何構造諸元と車頭時間パラメータのモデル分析 | 55 |
| 4.3.1 幾何構造諸元とクリティカルギャップのモデル分析 | 55 |
| 4.3.2 幾何構造諸元と流入車両の追従車頭時間のモデル分析 | 63 |
| 4.3.3 幾何構造諸元と環道交通流の最小車頭時間のモデル分析 | 72 |
| 4.4 推定モデルの適用性の検証 | 80 |
| 4.5 まとめ | 83 |

| | |
|---------------------------------------|-----|
| 第5章 幾何構造が交通容量に与える影響分析 | 85 |
| 5.1 流入交通容量の感度分析 | 85 |
| 5.1.1 感度分析の方法 | 85 |
| 5.1.2 車頭時間パラメータによる流入交通容量の感度分析 | 87 |
| 5.2 推定交通容量と実測データによる流入交通容量の比較検証 | 95 |
| 5.3 幾何構造諸元が流入交通容量へ与える影響のケーススタディ | 99 |
| 5.4 まとめ | 100 |
| 第6章 結論 | 102 |
| 6.1 本研究の成果および得られた知見 | 102 |
| 6.2 今後の課題 | 106 |

第1章 序論

1.1 研究の背景

(1) 我が国における環状交差点の概要

我が国では、平成25年6月14日に公布された道路交通法の一部を改正する法律(平成25年法律第43号)が、平成26年9月1日から施行され、環状交差点の運用が開始された。環状交差点は、**図-1.1**に示すように、ラウンドアバウトの中で、道路交通法第4条第3項に規定される「車両の通行の供する部分が環状の交差点であって、道路標識等により車両が当該部分を右回りに通行すべきことが指定されているもの」が、環状交差点として位置づけられる。

この道路交通法の一部を改正する法律が成立してラウンドアバウトが環状交差点として法的に位置付けられてから、我が国でのラウンドアバウトの導入事例が増え、**図-1.2**、**図-1.3**に示すように平成28年4月末時点において全国53箇所環状交差点が指定されている状況にある。この背景には、ラウンドアバウトに関するこれまでの調査研究や社会実験による導入効果を通して、我が国での交通量の少ない平面交差点での出会い頭事故など重大事故の削減、信号による制御遅れの無駄の軽減などの安全性と円滑性の向上という導入メリットや多枝交差点と特殊ケースでの処理能力向上の一つの解決策になり得ると認められるようになったためである。

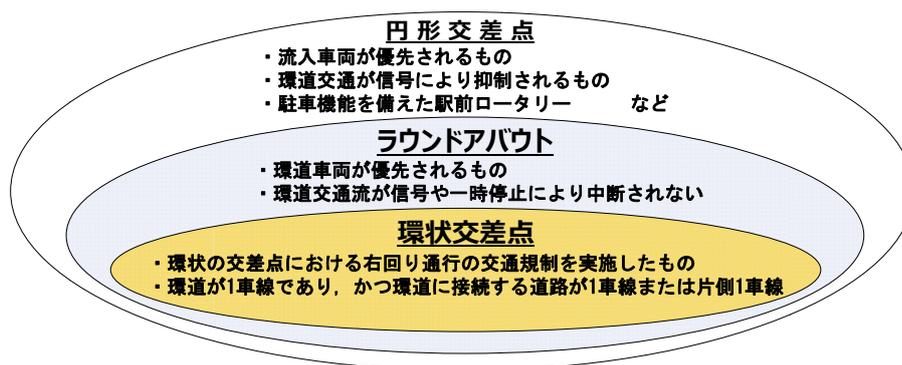


図-1.1 ラウンドアバウトと環状交差点の位置付け



(a) 滋賀県守山市立田町



(b) 静岡県焼津市山の手(提供：焼津市)

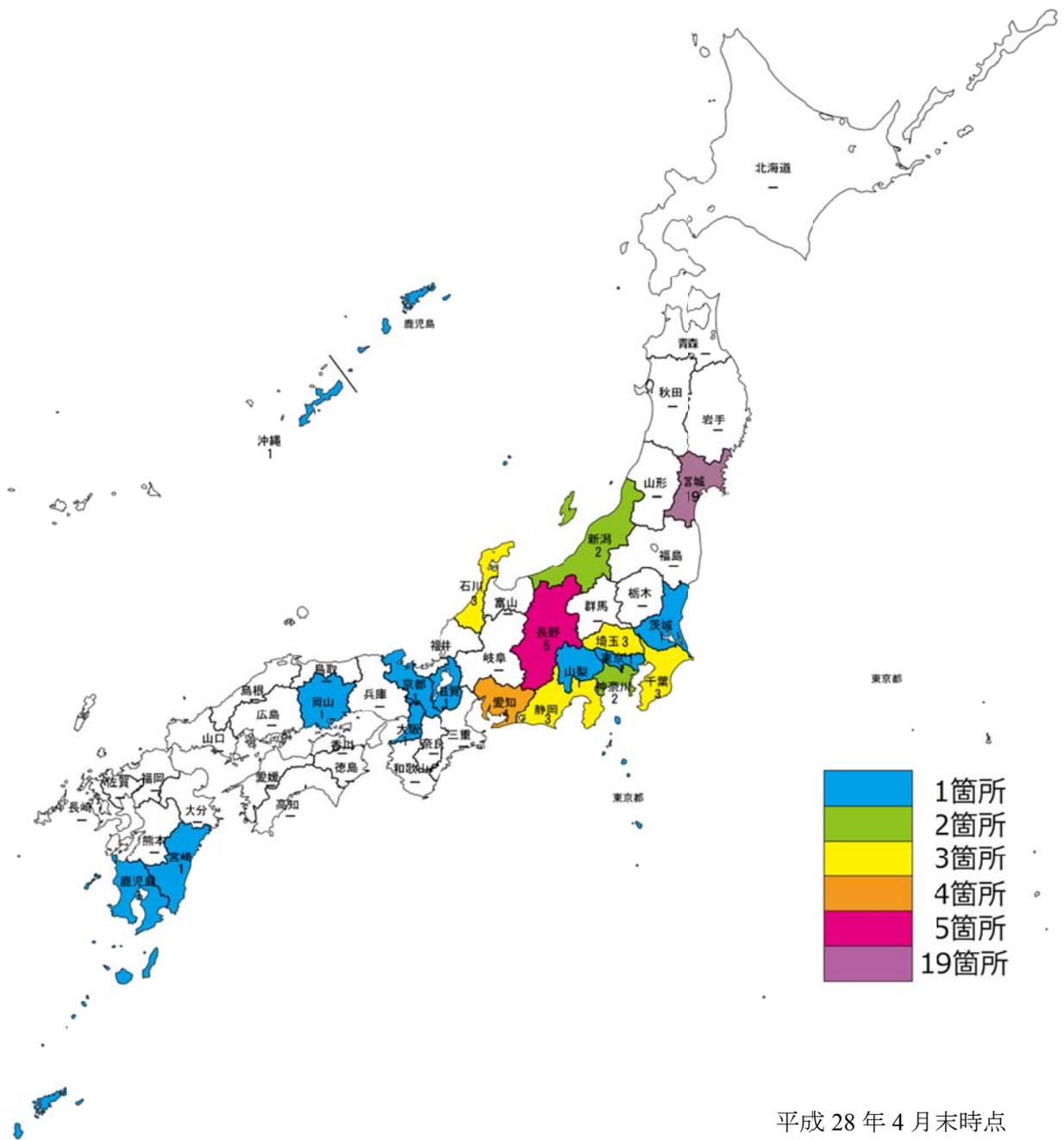


(c) 長野県軽井沢町六本辻



(d) 沖縄県糸満市

図-1.2 我が国における環状交差点の例



注) 環状交差点には、本格導入が決定した社会実験中の環状交差点も含む。

図-1.3 都道県別環状交差点の分布状況

(2) 環状交差点の幾何構造事例による円滑性の影響

我が国では、平成28年4月に一般社団法人交通工学研究会よりラウンドアバウトマニュアル(以下、「我が国のマニュアル」という。)が発行され、ラウンドアバウトの設計は、この我が国のマニュアルに基づき行われている。ラウンドアバウトは、**図-1.4**に示すように、主に、環道、中央島、エプロン、分離島、流出入部の基本構成要素を有した構造である。環道は、優先交通となる車両が時計回り(右回り)に通行する部分である。また、エプロンは、環道のみでは通行困難な普通自動車又はセミトレーラー連結車が交通してもよい部分で、環道と区別するために、嵩上げた段差構造が基本とされている。この我が国のマニュアルに基づく、ラウンドアバウトの幾何構造設計に関する最大の特徴は、導入箇所毎の交通特性を踏まえて、走行の安全性能と円滑性能を確保することである。しかしながら、我が国の狭い国土の状況から道路用地内での設計を求められることが多いこと、外径が大きくなると環道の走行速度が高くなり、安全性が低下することなどから、極力小さな外径サイズになるように設計することが多い。確かに、ラウンドアバウトの安全性能を確保するためには、必要以上に大きな外径サイズにならないように幾何構造を設計することは望まれるが、コンパクト化を重視しすぎると、走行し難くなる、交通容量が低下するなど、適切な走行の円滑性能が確保されなくなる。

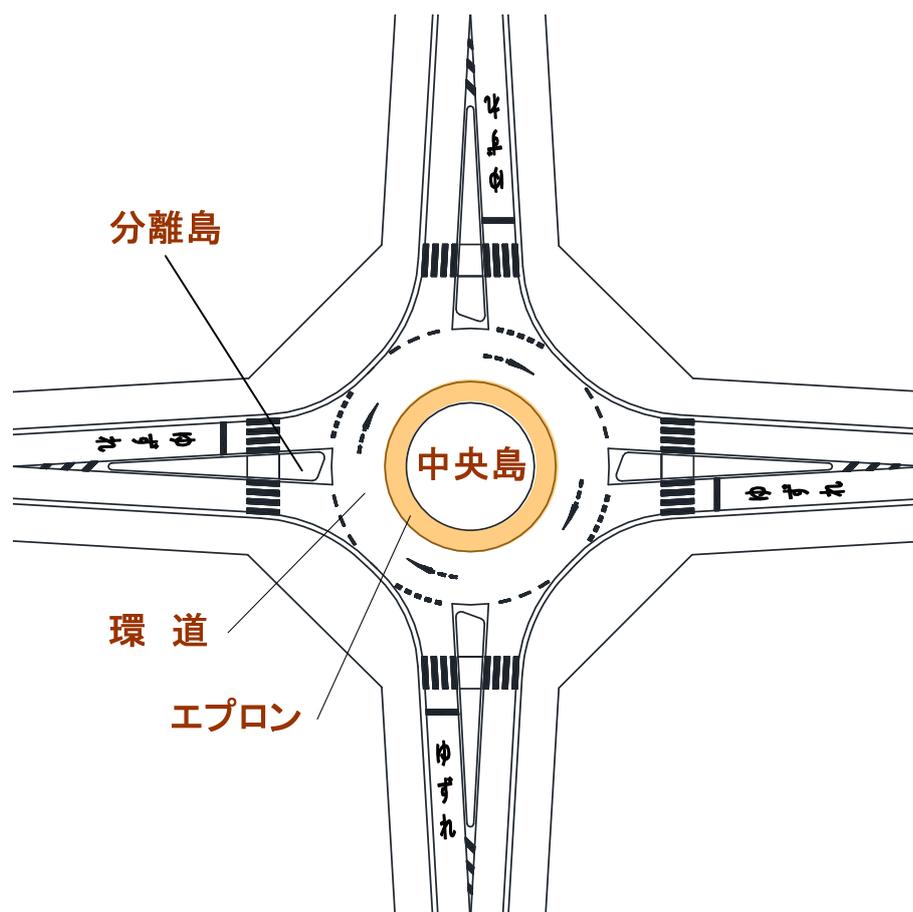


図-1.4 ラウンドアバウトの主要構成要素

例えば、図-1.5 に示す焼津市山の手の事例でみると、当該ラウンドアバウトには、利用交通量も多くないことから、セミトレーラー連結車が通行するにも関わらず、通行頻度が極端に少ないため、中央島直径を短くするなどの工夫により、本来ならセミトレーラー連結車の通行が困難な外径 27.0[m]で供用している。セミトレーラー連結車は、実施した工夫によりラウンドアバウトを通行しているが、かなりの低速走行となり、他の交通の円滑性への影響がないとは言い切れない状況である。

また、図-1.6 に示す軽井沢町六本辻ラウンドアバウトでは、道路用地内での整備が条件であったため、大型車の環道周回による流出という交通方法等の工夫により、6本の接続道路でありながら、外径 27.0[m]という小さな外径のラウンドアバウトとして暫定供用している。このため、観光シーズンを中心に観光バスが利用すること、流出入車両が多いことなどから、環道は走行しにくい構造となっている。



提供：焼津市

図-1.5 小さな外径でのセミトレーラー連結車の走行例



図-1.6 軽井沢町六本辻ラウンドアバウトの幾何構造例

さらに、図-1.7 に示す守山市立田町ラウンドアバウトの事例から流入部の幾何構造をみると、流入部の車線幅員は、流入車両の流入速度の抑制を図るために、分離島の設置とともに、流入部のアプローチ部の車線幅員より狭くするように工夫している。また、環道への逆走流入を抑制するために、流入部でカーブを設けて、流入車両を誘導する工夫をしている。これらの幾何構造の工夫は、流入部での速度抑制、逆走防止に対して効果的であり、安全性能は向上する。

一方で、この幾何構造の工夫により、流入車両は、流入部でより減速するようになり、環道流入に際して加速しづらくなり、流入交通容量の低下につながる可能性もある。

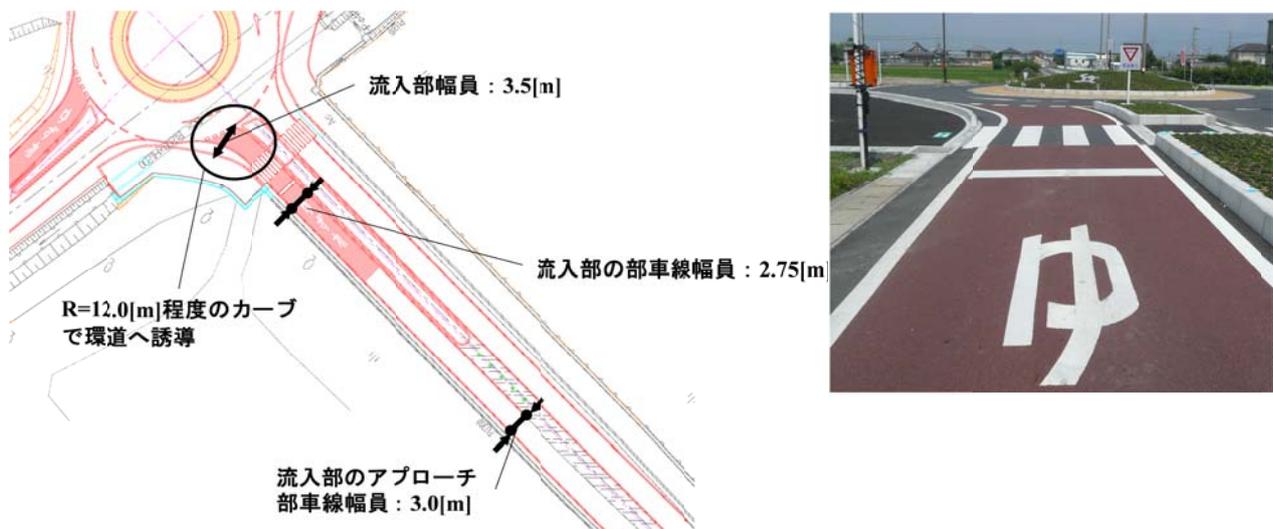


図-1.7 守山市立田町ラウンドアバウトの幾何構造例

このように、我が国におけるラウンドアバウトの幾何構造については、ラウンドアバウトの第一の目的である安全性能を確保するため、各箇所の交通特性を踏まえて必要最低限の走行の円滑性能を確保した上で、走行速度の抑制や逆走防止を図る幾何構造になっている。特に、流入部の線形で特徴的なのが、小さい曲線半径のカーブで環道へ誘導するなどの幾何構造の工夫を行っている。一方で、この幾何構造は、流入部での流入車両の減速を促すとともに、加速しづらくなるため、環道への流入には、流入車両は環道交通流へ合流するために、より長いギャップが必要となり、流入交通容量を低下させるという影響が懸念される。このため、ラウンドアバウトの走行の安全性能と円滑性能を確保したラウンドアバウトの導入には、幾何構造と交通容量の関係を明らかにする必要がある。

1.2 研究の目的

ラウンドアバウトの計画・設計では、流入交通容量の確認が不可欠となる。しかしながら、我が国では、未だラウンドアバウトの導入事例が少ないため、ラウンドアバウトの幾何構造が流入交通容量に与える影響が明らかになっていない。また、我が国のマニュアルでは、ギャップアクセプタンス確率にもとづく交通容量の推定式を用いて、流入交通容量を算定するようにしている。しかしながら、この交通容量の推定式に用いる我が国のクリティカルギャップ、流入車両の追従車頭時間、環道交通流の最小車頭時間という3つの車頭時間パラメータの値については、未だ明らかになっていない。この車頭時間パラメータの値を設定するには、車頭時間パラメータはラウンドアバウトの幾何構造に影響を受けると考えられているため、我が国における幾何構造と車頭時間パラメータの関係を明らかにする必要がある。

そこで本研究では、ラウンドアバウト制御に近い既存円形交差点やラウンドアバウト社会実験などで得られた観測データを用いて、幾何構造諸元が車頭時間パラメータに与える影響を定量的に明らかにするために、幾何構造諸元と車頭時間パラメータの関係についてモデル分析を行う。さらに、この分析に基づき、幾何構造諸元と車頭時間パラメータが流入交通容量に与える影響を定量的に明らかにすることを目的とする。

1.3 本論文の構成

本論文の構成を、図-1.8 および以下に示す。

第1章では、ラウンドアバウトの中に位置付けられる我が国の環状交差点の概要と幾何構造事例から円滑性への影響を述べ、本研究の目的であるラウンドアバウトの幾何構造が交通容量に与える影響分析の目的を説明する。

第2章では、ラウンドアバウトの交通容量を考える上で重要な事項を示し、既往研究によるラウンドアバウトの交通容量とその推定手法について、マクロモデルとミクロモデルの観点から研究内容をレビューする。マクロモデルでは、代表的な研究の Kimber(1980)の特性を把握する。ミクロモデルについては、流入交通容量の推定式のモデル構造をとりまとめ、諸外国のガイドラインによる交通量の推定方法、我が国における横断歩行者を考慮した理論交通容量の推定方法についてレビューする。そして、これらレビュー結果に基づき、本研究の位置付けをとりまとめる。

第3章では、後章で行う幾何構造が車頭時間パラメータに与える影響分析に、必要な分析対象ラウンドアバウトの幾何構造諸元値をとりまとめる。さらに、撮影されたビデオ画像データから計測した3つの車頭時間パラメータであるクリティカルギャップ、流入車両の追従車頭時間、環道交通流の最小車頭時間の代表値を設定する。

第4章では、幾何構造諸元と3つの車頭時間パラメータの関係について、それぞれモデル分析を行い、このモデル分析結果に基づき、幾何構造諸元に基づきクリティカルギャップ、流入車両の追従車頭時間、環道交通流の最小車頭時間の代表値を算定する推定式を策定する。策定する推定式に基づき、幾何構造諸元の違いがクリティカルギャップ、流入車両の追従車頭時間、環道交通流の最小車頭時間の代表値に与える影響のケーススタディを行う。

第5章では、幾何構造諸元と車頭時間パラメータが流入交通容量に与える影響を、各車頭時間パラメータの単位当たりの変化量に対する流入交通容量の変化率、幾何構造諸元の単位当たりの変化量に対する流入交通容量の変化率を分析し、幾何構造諸元と車頭時間パラメータが流入交通容量に与える影響を定量的に明らかにする。さらに、横断歩行者・自転車交通量が多い軽井沢の実測データによる流入交通容量と、我が国のマニュアルに示されているギャップアクセプタンス確率に基づく流入交通容量の推定式に基づく推定流入交通容量、康・中村モデル(2015)に基づく推定流入交通容量、横断歩行者交通量を0[人/h]に仮定した場合の康・中村モデル(2015)に基づく推定流入交通容量の比較検証を行う。最後に、幾何構造諸元の違いがクリティカルギャップ、流入車両の追従車頭時間、環道交通流の最小車頭時間の代表値、流入交通容量に与える影響のケーススタディを行う。

第6章では、本研究の成果および得られた知見をまとめ、研究上の今後の課題を整理して結論とする。

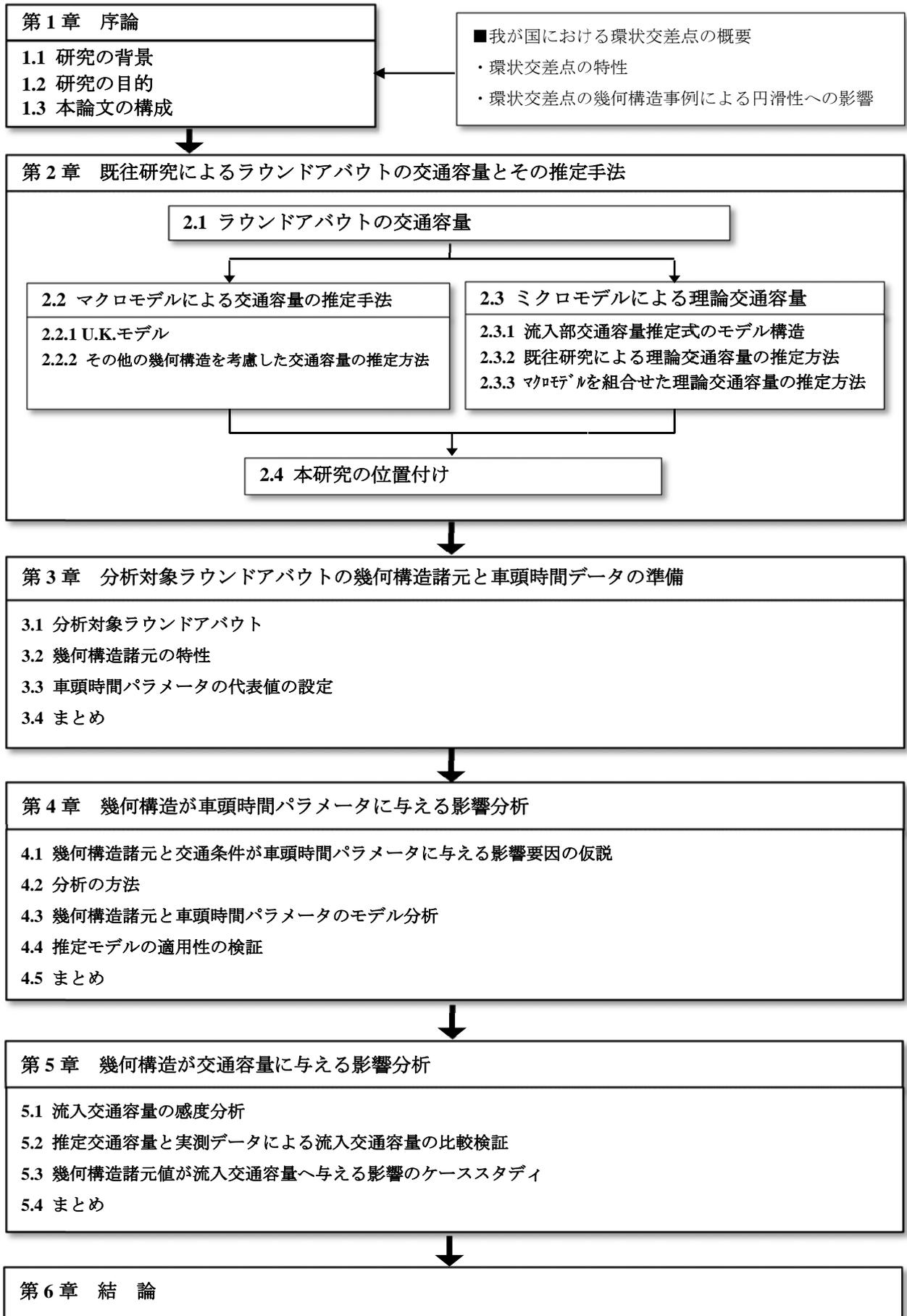


図-1.8 本論文の構成

第2章 既往研究によるラウンドアバウトの交通容量とその推定手法

本章では、ラウンドアバウトの幾何構造が交通容量に与える影響分析にあたって、まず、ラウンドアバウトの交通容量の考え方についてとりまとめる。次に、ラウンドアバウトの交通容量の推定には、大きくマクロモデルとマイクロモデルの2つの推定手法があることから、これら2つの交通容量の推定手法に関する既往研究をレビューし、本研究の位置付けを明らかにする。

2.1 ラウンドアバウトの交通容量

(公社)日本道路協会の「道路と交通容量 昭和 59 年 9 月」を参考文献として引用すると、道路の交通容量と平面交差点の交通容量の考え方は、『道路の交通容量とは、ある道路がどれだけの自動車を通し得るかというその道路の最も基本的な機能上の能力を示すものである。』となる。交通容量は、その道路の道路条件と交通条件の下で、ある一定の時間内に、ある道路の断面を通過することが期待できる自動車の最大値であり、これらの条件が変われば、交通容量の値も変化する。道路条件とは道路の物理的形狀により生じる条件であり、交通条件とは道路上の交通の質に基づく条件である。これらの条件は、場所と時間によりいろいろ変化する。このため、交通容量は、このような道路条件や交通条件に影響を及ぼす要因から影響を受けると考えられる。道路条件の影響要因としては、車線数、車線幅員、線形、勾配など道路の幾何構造に関する物理的な形状に基づくものが考えられる。交通条件の影響としては、大型車、右左折車、横断歩行者、交通制御、交通量の変動特性など道路を利用する交通の質に基づくものが考えられる。さらに、これら道路と交通の要因の他に、路面の湿潤、積雪、視界の良し悪しなど気象条件等による外的要因や、出入制限、駐停車が頻繁に行われる市街化の程度など沿道に起因する要因が考えられる。そして、道路には、単路部、交差点、ランプ部、織込み区間などの様々な部分があり、交通容量はそれら部分によって異なった捉え方となる。新たにラウンドアバウトという制御方式が加わった平面交差点の交通容量は、交差点形状、交差点角度などの交差点全体、交差点流出入口の幾何構造条件と、種々の方向の交通流をどのように流すかという交通信号、一時停止、一方通行等の制御方式とその内容などの交通運用方法によって大きな影響を受ける。そして、この平面交差の幾何構造と交通運用とは互いに相互制約、相互依存の関係にあり、それぞれを単独に扱うことができない。

このことを踏まえ、ラウンドアバウトの交通容量の考え方は、次のとおりとなる。

ラウンドアバウトは、平面交差点の新たな制御方式であることから、ラウンドアバウトの交通容量は、平面交差点と同様に、幾何構造や交通運用方法に大きな影響を受ける。ラウンドアバウトの交通運用は、無信号制御方式の平面交差点のように、非優先交通である流入車両が優先交通である環道を時計回り(右回り)に通行する環道走行車両の間隙を待って、環道へ合流する制御方式である。この交通流の優先・非優先の関係は、我が国においては、平成 26 年 9 月 1 日に道路交通の一部を改正する法律(平成 25 年法律第 43 号)が施行され、非優先交通に対して「ゆずれ」規制を定め、環道が 1 車線かつ、環道に接続する道路が 1 車線または片側 1 車線のラウンドアバウトとなる環状交差点として運用が行われている。ラウンドアバウトの交通容量は、優先側の環道の交通量のある値に対して、非優先側の流入部から流入できる最大交通量となる。交通現象としては、非優先側の流入車両が優先側の環道交通流の間隙を利用する、すなわち、ギャップアクセプタンスの現象として捉えられるため、交通容量は、**図-2.1** に示す非優先側が流入可能な環道交通流の最小車頭時間、**図-2.2** に示す非優先側交通が流入する時のクリティカルギャップ(臨界流入ギャップ)、**図-2.3** に示す非優先側交通が環道交通流中の同一ギャップに連続して流入するときの流入車両の追従車頭時間により異なる。環道交通流の最小車頭時間とは、「環道交通流の連続する 2 台の車両がある地点を通過する最

小時間間隔」である。クリティカルギャップとは、「非優先側の環道へ流入しようとするドライバーが、優先側の環道の交通流に対して合流し得る最小のギャップ(連続する2台の車両の隙間)」である。流入車両の追従車頭時間とは、「環道交通流中の同一のギャップ(連続する2台の車両の隙間)に、流入車両が連続して流入する際の平均車頭時間」である。これら車頭時間パラメータへの影響要因としては、ある箇所の車種構成、横断歩行者だけでなく、環道流入に際しての流入車両の環道への流入のしやすさ、環道走行のしやすさといったラウンドアバウトの幾何構造条件が関係するものと考えられる。したがって、ラウンドアバウトの導入を判断する流入部の交通容量の推計には、ある箇所の利用する車種構成、横断歩行者の交通条件だけでなく、ラウンドアバウトの外径、流入部の車線幅員、流入角度、流入部の曲線半径等の形状などの幾何構造条件と相互に関連し合っているため、幾何構造条件が交通容量と、交通容量を左右する車頭時間パラメータに与える影響を明らかにすることが必要である。

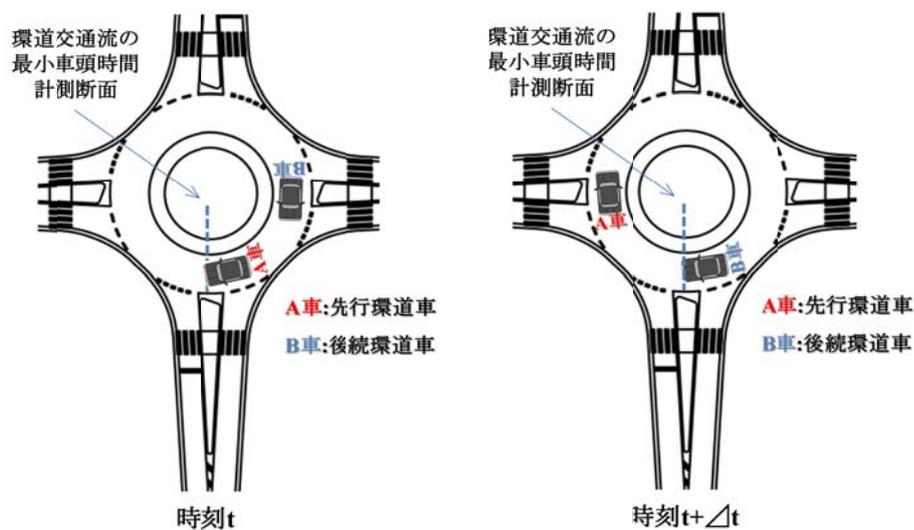


図-2.1 環道交通流の最小車頭時間の説明図

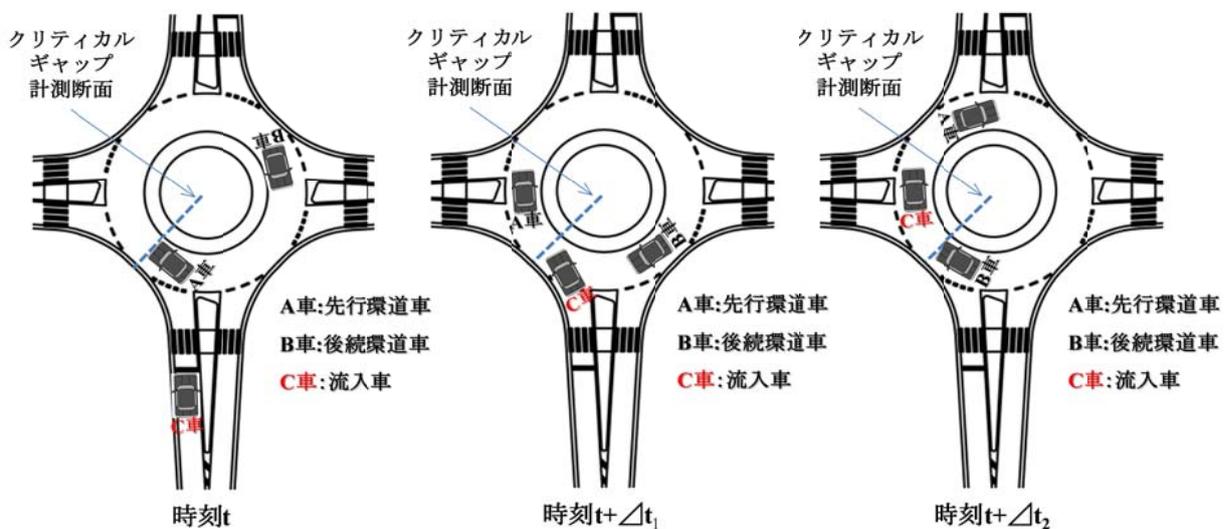


図-2.2 クリティカルギャップの説明図

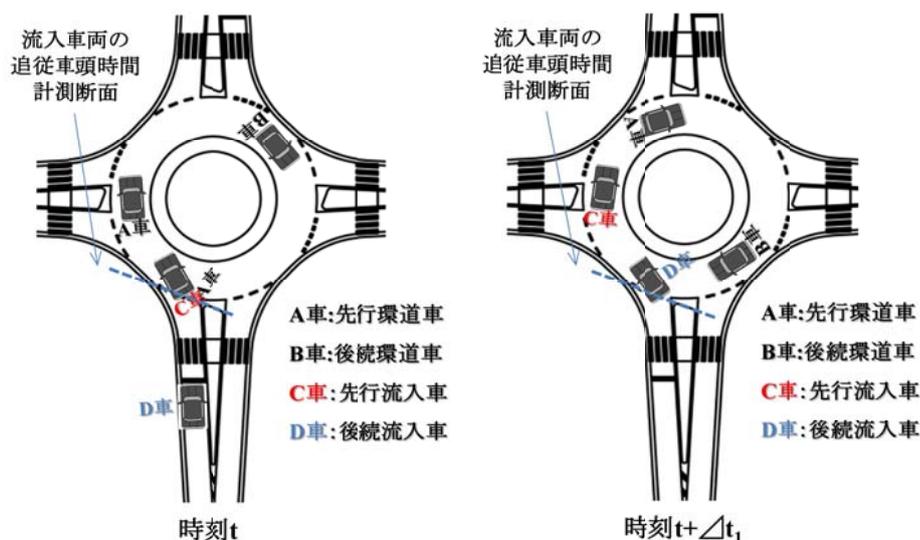


図-2.3 流入車両の追従車頭時間の説明図

ラウンドアバウトの流入交通容量の推定手法については、諸外国において、実測データに基づき、交通容量に関係する幾何構造、環道交通量を説明変数として交通容量を推定するマクロモデルと、ギャップアクセプタンス確率に基づき交通容量を推定するマイクロモデルが提案されている。

マクロモデルについては、1980年代より、交通容量の推定式の研究が行われている。代表的な研究は、Kimber(1980)の研究による交通容量の推定式であり、イギリスのラウンドアバウトの実測データに基づき、各種幾何構造、環道交通量等を説明変数とする線形回帰モデルにより交通容量の推定式が提案されている。この Kimber(1980)の研究による交通容量の推定式に基づき、Brlon(1993)は車線数、交通量のみを説明変数とする交通容量の推定式を提案している。また、NCHRP REPORT 572(2007)では、主な幾何構造諸元とクリティカルギャップ、流入車両の追従車頭時間の関係について単回帰分析を行い、各関係における相関係数がまとめられている。

マイクロモデルについては、Troutbeck et al.(1992)、Wu et al.(2001)が、ギャップアクセプタンス確率にもとづく交通容量の推定式を提案している。また、これら複数の推計式のうち、Eisenman et al.(2004)が、実測値と合致する推定式の研究を行っており、ギャップアクセプタンス確率に基づく推定式は、概ね実測値と合致することを明らかにしている。ギャップアクセプタンス確率にもとづく交通容量の推定式は、ラウンドアバウトの幾何構造の違いによる影響を考慮できないという課題があったが、Wu et al.(2006)により、流入部の幅員、車線数の違いが交通容量に与える影響を、既往の推定式に補正係数を掛け合わせるにより明らかにしている。

このことから、ラウンドアバウトの交通容量について、マクロモデルによる交通容量の推定手法と、マイクロモデルによる理論交通容量に関する既往研究のレビューを行う。

2.2 マクロモデルによる交通容量の推定方法

本節では、既往の研究において、幾何構造等を考慮したマクロモデルによる交通容量の推定方法を取りまとめ、その特徴を把握する。

2.2.1 U.K.モデル

(1) Kimber(1980)の実験式

Semmens et al.(1980)は、ラウンドアバウトの流入容量を推定する実験を実施するために、イギリスの86箇所のラウンドアバウトを対象に、流入交通容量と環道交通量を観測している。観測結果から、図-2.4に示す1車線のラウンドアバウトの流入交通容量と環道交通量の関係を示しており、環道交通量が増加するに従い流入交通容量が減少することを確認している。

Kimber(1980)の研究では、このSemmens et al.(1980)が観測した流入交通容量と環道交通量に基づき、ラウンドアバウトの交通容量と幾何構造についての実験式(2.1)~(2.7)を提案している。表-2.1に、この実験式の各幾何構造諸元値とその適用範囲を示す。なお、この実験式は、イギリスのガイドラインで採用されている。

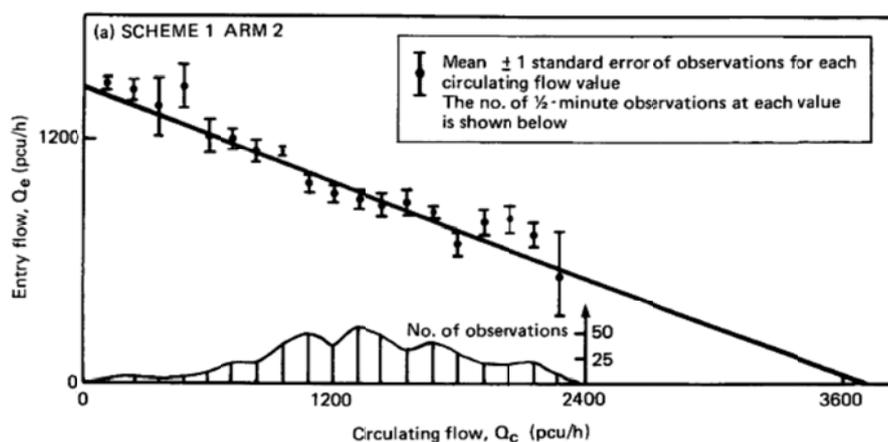


図-2.4 1車線ラウンドアバウトの交通容量と環道交通の関係(Semmens et al., 1980)

表-2.1 幾何構造諸元と適用範囲(kimber, 1980)

| 幾何構造諸元 | 摘要範囲 |
|------------------------|-------------------------|
| 1. 流入部幅員 e [m] | 3.6[m]以上, 16.5[m]以下 |
| 2. 流入部の車線幅員 v [m] | 1.9[m]以上, 12.5[m]以下 |
| 3. 流入部のフレア区間長 l' [m] | 1.0[m] 以上, ∞ 以下 |
| 4. 流入部曲線半径 r [m] | 3.4 [m] 以上, ∞ 以下 |
| 5. 外径 D [m] | 13.5 [m] 以上, 71.6[m]以下 |
| 6. 流入角度 θ [deg] | 0[deg]以上, 77[deg]以下 |

$$c_e = k \cdot (F - f_c \cdot q_c) \quad \dots(2.1)$$

$$k = 1 - 0.00347(\theta - 30) - (1/r - 0.05) \quad \dots(2.2)$$

$$F = 303x_2 \quad [\text{veh/h}] \quad \dots(2.3)$$

$$f_c = 0.21T_D(1 + 0.2x_2) \quad \dots(2.4)$$

$$x_2 = v + (e - v)/l + 2S \quad \dots(2.5)$$

$$T_D = 1 + 0.5/\{1 + \exp[(D - 60)/10]\} \quad \dots(2.6)$$

$$S = (e - v)/l' \quad \dots(2.7)$$

ここに、 c_e :流入部の交通容量、 q_c :環道交通量[veh/h]、 F :環道交通量 0[veh/h]の時の流入部の交通容量[veh/h]、 e :流入部幅員[m]、 v :流入部の車線幅員[m]、 l' :流入部のフレア区間長[m]、 r :流入部の曲線半径[m]、 θ :流入角度[deg]、 S :拡幅角度、 D :外径[m]である(図-2.5)。

実験式(2.3)と実験式(2.4)について、幾何構造諸元との関係がわかりやすくなるように表現すると、式(2.8)と式(2.9)のとおりとなる。

$$F = 303 \left[\frac{2v(e-v) + e \cdot l'}{2(e-v) + l'} \right] \quad [\text{veh/h}] \quad \dots(2.8)$$

ここに、 F :環道交通量 0[veh/h]の時の流入部の交通容量[veh/h]、 e :流入部幅員[m]、 v :流入部の車線幅員[m]、 l' :流入部のフレア区間長[m]である。

$$f_c = 0.21 \left\{ 1 + 0.5 / \left\{ 1 + \exp[(D - 60) / 10] \right\} \right\} \cdot \left[1 + 0.2 \left[\frac{2v(e-v) + e \cdot l'}{2(e-v) + l'} \right] \right] \quad \dots(2.9)$$

ここに、 f_c :環道交通量 q_c の補正係数、 e :流入部幅員[m]、 v :流入部の車線幅員[m]、 l' :流入部のフレア長[m]、 D :外径[m]である。

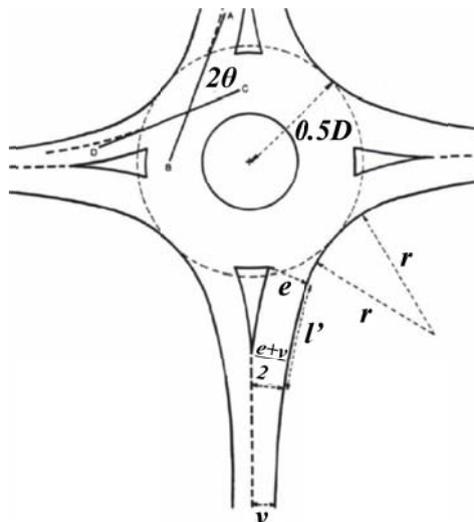


図-2.5 Kimber(1980)の研究による6つの幾何構造諸元(Kimber, 1980)

(2) Kimber(1980)の実験式の特徴

Kimber(1980)の実験式(2.1)~(2.7)の特徴としては、流入交通容量は、より小さな流入部の曲線半径 r 、流入角度 θ 、外径 D 、より狭い流入部幅員 e 、流入部の車線幅員 v で減少するようになることである。次に、この特徴について考察する。

一つ目の特徴は、Kimber(1980)の実験式では、Kimber(1980)の実験式(2.1)からわかるように、環道交通量 $0[\text{veh/h}]$ の時の流入部の交通容量 F から環道交通量 q_c を減じて算定した流入部の交通容量に、実験式(2.2)を用いて流入部の曲線半径 r 、流入角度 θ から算定した補正係数 k を乗じて、流入交通容量 c_e を算定することである。この補正係数 k の特徴は図-2.6 に示すように、流入角度 θ が大きくなるに従い、交通容量 c_e が低下する補正係数 k の値となる。さらに、各流入角度 θ において、流入部の曲線半径 r が小さくなるに従い、交通容量 c_e が低下する補正係数 k の値となる。特に、流入部の曲線半径 r が $20[\text{m}]$ 以下になると、補正係数 k の変化が大きくなり、交通容量 c_e が急激に低下する。

二つ目の特徴は、環道交通量 q_c に、実験式(2.4)から算定した補正係数 f_c を乗じることである。この補正係数 f_c は、外径 D と、流入部幅員 e 、流入部の車線幅員 v から算出される流入部の車道部幅員 x_2 により決まる。補正係数 f_c の特徴は、図-2.7 に示すとおりである。外径 D が大きくなるに従い、環道交通量 q_c が低下する補正係数 f_c の値となる。また、各外径 D において、流入部の車道部幅員 x_2 が狭くなるに従い、環道交通量 q_c が低下する補正係数 f_c の値となる。これにより、交通容量 c_e が増加するようにしている。

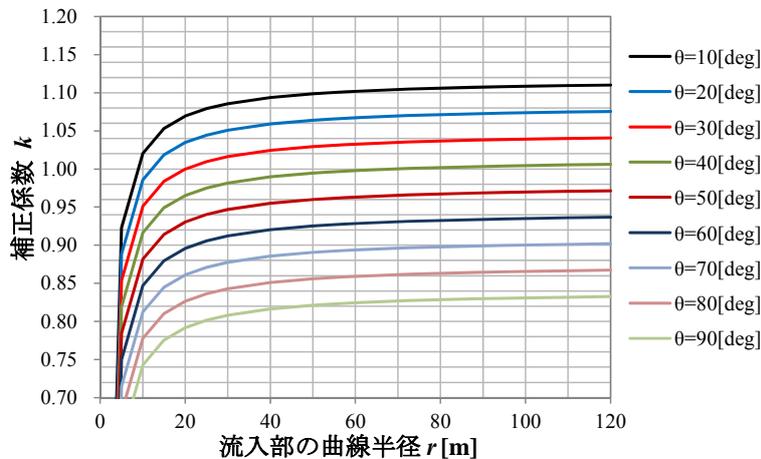


図-2.6 流入部の曲線半径 r 、流入角度 θ と補正係数 k の関係

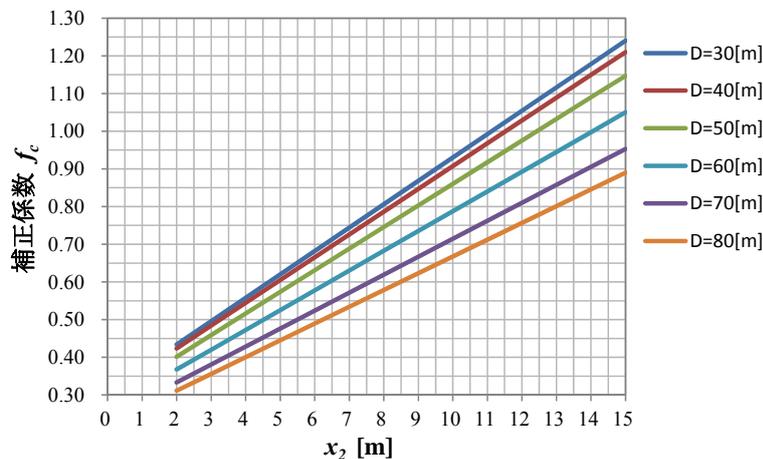


図-2.7 外径 D 、流入部の車道部幅員 x_2 と補正係数 f_c の関係

三つ目の特徴は、実験式(2.3)であり、環道交通量 Q [veh/h]の時の流入部の交通容量 F を算定することである。この特徴は、図-2.8 に示すように、流入部の車線幅員 v に対する流入部幅員 e が広がるに連れ、また流入部のフレア区間長 l が長くなるに連れ、環道交通量 Q [veh/h]の時の流入部の交通容量 F は増加する。図-2.9 より流入部の車道幅員 v と環道交通量 Q [veh/h]の時の流入部の交通容量 F の関係を見ると、流入部の車線幅員 v と流入部幅員 e が同じ幅の時、流入部の車線幅員 v の幅員が広がるに連れ、環道交通量 Q [veh/h]の時の流入部の交通容量 F は増加する。この流入部の車線幅員 v の幅員が広がるということは、車線数の増加も意味することから、車線数の増加により、環道交通量 Q [veh/h]の時の流入部の交通容量 F は増加することにもなる。

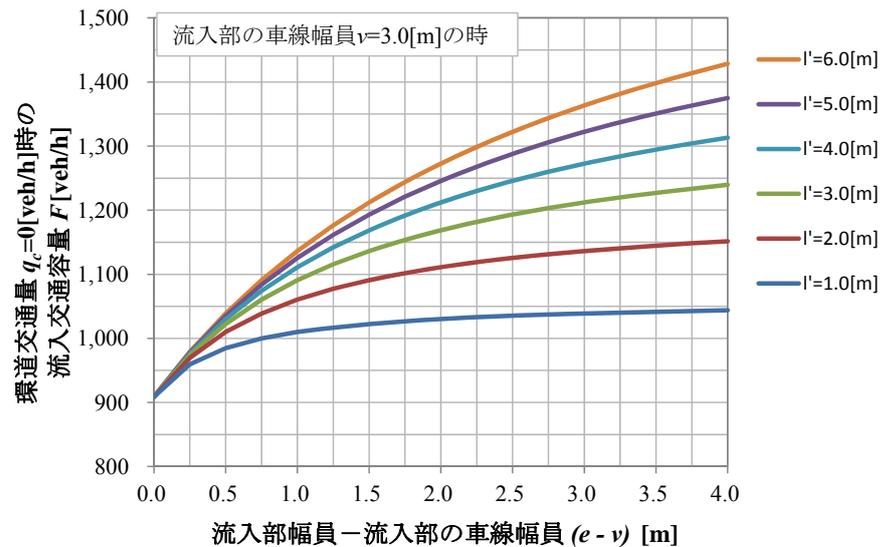


図-2.8 流入部幅員-流入部の車線幅員(e-v)と環道交通量 Q [veh/h]の時の流入部の交通容量 F の関係

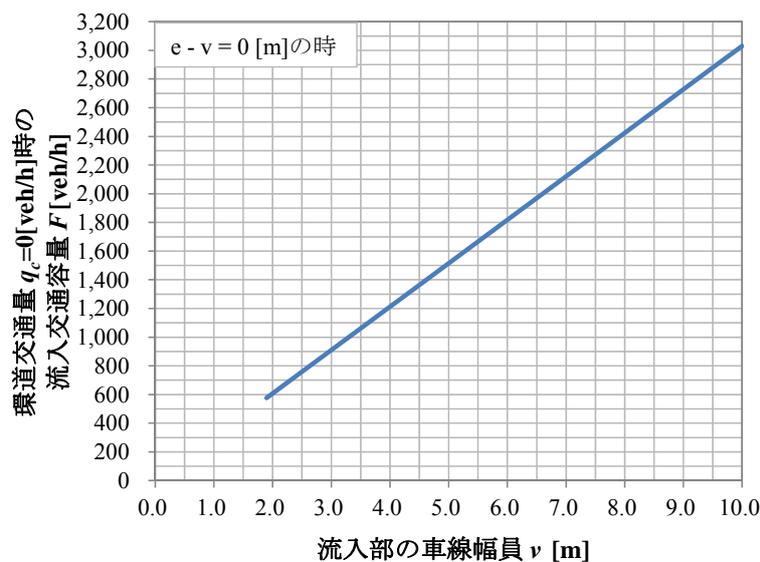


図-2.9 流入部の車道幅員 v と環道交通量 Q [veh/h]の時の流入部の交通容量 F の関係

(3) Kimber(1980)の実験式の特性把握

この Kimber(1980)の実験式(2.1)~(2.7)が、我が国において適用できるのであれば、流入交通容量を推定する有効な手段となる。しかしながら、イギリスのラウンドアバウトには表-2.1 に示したように外径が 70[m]程度もあるような大きなラウンドアバウトがある。しかし、我が国のラウンドアバウトはイギリスとは異なり、比較的小さなラウンドアバウトが多い状況にあり、イギリスと日本ではラウンドアバウトの幾何構造諸元が異なると考えられ、Kimber(1980)の実験式がそのまま適用できないと考える。このため、我が国への Kimber(1980)の実験式の適用性について確認することが必要となる。我が国への Kimber(1980)の実験式の適用性を確認する方法としては、実測に基づく流入交通容量 c_e と、環道交通量 q_e および幾何構造諸元値を、Kimber(1980)の実験式に代入して算定した推定流入交通容量 c_e との比較検証による確認が望まれる。しかしながら、我が国では、流入交通量が交通容量状態となっているラウンドアバウトはほとんどないため、実測に基づく Kimber(1980)の実験式の適用性を確認することができない。

このため、Kimber(1980)の実験式の特性を、我が国の幾何構造諸元値の適用範囲と照らし合わせながら把握することにする。Kimber(1980)の実験式の特性の把握方法は、仮定する幾何構造諸元値の条件を設定し、この設定した値を Kimber(1980)の実験式に代入して算定した流入交通容量 C_e と各幾何構造諸元値の関係図から、各幾何構造諸元値の変化による流入交通容量の変化を確認した上で、我が国の幾何構造諸元値の適用範囲を照らし合わせ、我が国の幾何構造諸元値の適用範囲での Kimber(1980)の実験式に基づく流入交通容量 C_e の変化を確認することにする。

表-2.2 に、仮定条件とする幾何構造諸元値を示す。Kimber(1980)の実験式は、多車線ラウンドアバウトも考慮していることから、流入部の車線数を 1 車線と 2 車線に分け、各車線数に相当する流入部の車線幅員 v を設定する。流入部幅員 e については、流入交通容量に影響を与える幾何構造諸元を少なくするために、実験式(2.7)による S の算定値が $S=0$ となるように、流入部幅員 e を流入部の車線幅員 v と同じ値とする。外径 D については、実験式(2.6)による T_D の算定値が変化点となる外径 $D=60[m]$ とする。流入部の曲線半径 r と流入角度 θ については、実験式(2.2)による k の算定値が $k=1.0$ となるように設定する。表-2.3 には、Kimber(1980)の実験式の適用性を確認するために設定した幾何構造諸元値の適用範囲を示す。幾何構造諸元の適用範囲の設定は、我が国でのラウンドアバウトの外径、流入部の車線幅員等の主要構成要素から想定できる範囲とする。

表-2.2 幾何構造諸元の仮定条件

| 流入部車線数 | 流入部幅員 e [m] | 流入部の車線幅員 v [m] | 流入部のフレア区間長 l' [m] | 外径 D [m] | 流入部の曲線半径 r [m] | 流入角度 θ [deg] |
|--------|---------------|------------------|---------------------|------------|------------------|---------------------|
| 1車線 | 3.25 | 3.25 | 40.0 | 60.0 | 20.0 | 30.0 |
| 2車線 | 6.50 | 6.50 | 40.0 | 60.0 | 20.0 | 30.0 |

表-2.3 我が国における幾何構造諸元の適用範囲

| 幾何構造諸元値 | 範囲 |
|---------------------|------------------------|
| 流入部幅員 e [m] | 3.0[m]以上, 5.5[m]以下 |
| 流入部の車線幅員 v [m] | 2.5[m]以上, 3.25[m]以下 |
| 流入部拡幅変化長 l' [m] | 1.0[m] 以上, 12.0[m]以下 |
| 流入部曲線半径 r [m] | 3.0 [m] 以上, 50.0[m]以下 |
| 外径 D [m] | 25.0 [m] 以上, 50.0[m]以下 |
| 流入角度 θ [deg] | 20[deg]以上, 80[deg]以下 |

Kimber(1980)の実験式の適用性を確認する前提として、表-2.2 に示した幾何構造諸元値を Kimber(1980)の実験式(2.1)~(2.7)に代入し、環道交通量 q_c を変化させた時の環道交通量と流入交通容量 c_e の関係を示すと、図-2.10 のとおりである。環道交通量 $q_c=0$ [veh/h]の時の流入部車線数 1 車線と 2 車線の流入交通容量 c_e はそれぞれ 909[veh/h], 1,818[veh/h]となり、環道交通量 q_c が増えるにつれて、一定の変化量で流入交通容量 c_e は低下し、環道交通量 $q_c=500$ [veh/h]の時の流入交通容量 c_e はそれぞれ 699[veh/h], 1,529[veh/h]となる。流入部車線数 1 車線の環道交通量 $q_c=0$ [veh/h]の時の流入交通容量 $c_e=909$ [veh/h]については、図-2.6 に示した流入部の曲線半径 r , 流入角度 θ と補正係数 k の関係から考えると、表-2.2 に示した値より流入部の曲線半径 r を大きく、流入角度 θ を小さくすることで流入交通容量 c_e は高くなるが、仮に流入部の曲線半径 $r=120$ [m], 流入角度 $\theta=10$ [deg]にしても、流入交通容量 c_e は 1,000[veh/h]程度である。流入交通容量 $c_e=909$ [veh/h]は、2.3.2 で詳細に後述するギャップアクセプタンス確率に基づく流入交通容量の推定式(2.24)に、我が国のマニュアルで適用している車頭時間パラメータの値の $t_c=4.1$ [s], $t_f=2.9$ [s], $\tau=2.1$ [s], 環道交通量 $q_c=0$ [veh/h]を代入して算定した流入交通容量 c_e =約 1,200[veh/h]に比べて、300[veh/h]程度低い値となる。また、流入交通容量 $c_e=909$ [veh/h]は、推定式(2.24)に代入する流入車両の追従車頭時間 t_f の値を 4.0[s]程度にした時の流入交通容量 c_e に相当することから、比較的長い追従ギャップの時の流入交通容量になることが示唆される。

次に、図-2.11 より Kimber(1980)の実験式に基づき推定した流入交通容量 c_e と各幾何構造諸元の関係の特性を把握する。この特性把握の条件としては、実験式(2.1)へ代入する環道交通量 q_c を、 $q_c=0$ [veh/h]にする。また、我が国でラウンドアバウトとして位置付けられた環状交差点は流入部の車線数が 1 車線を対象としているため、流入部の車線数は 1 車線とする。図-2.11 に示す各幾何構造諸元に対する流入交通容量 c_e は、表-2.2 に示した流入部車線数を 1 車線とした場合の幾何構造諸元の基本条件に基づき、対象の幾何構造諸元値のみ変化させて推定したものである。例えば、流入交通容量 c_e と流入部幅員 e の関係では、流入部幅員 e の値を変化させ、Kimber(1980)の実験式(2.1)~(2.7)に基づき流入交通容量 c_e を算定する。図-2.11 に示す推定交通容量 c_e と各幾何構造諸元の関係について考察すると、以下のとおりである。

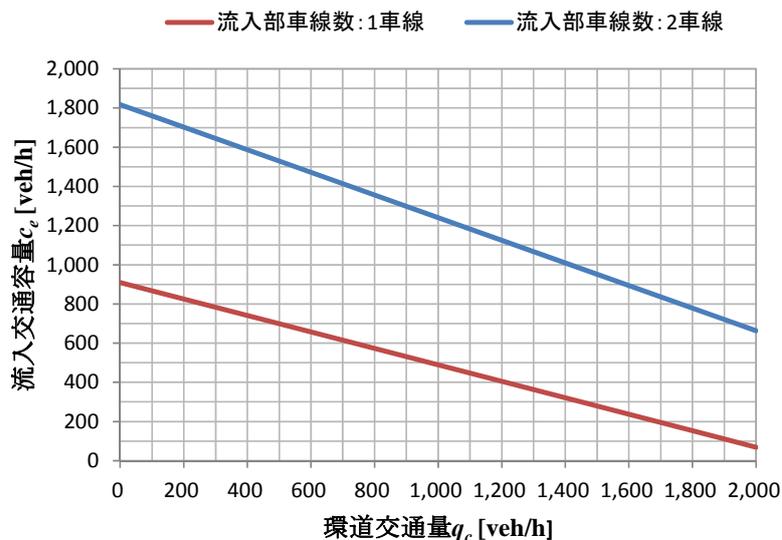
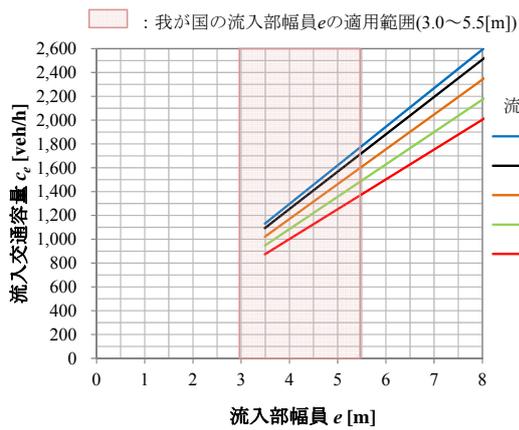
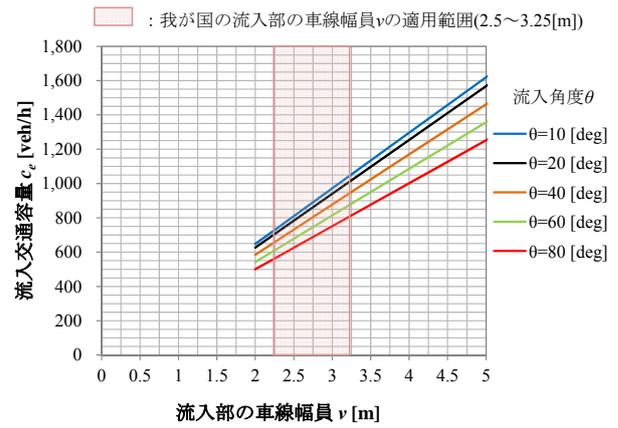


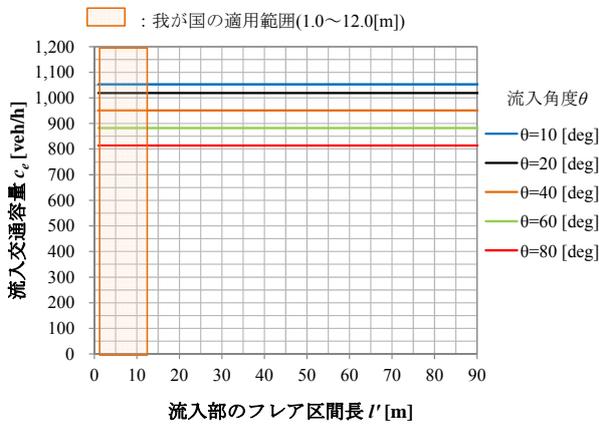
図-2.10 環道交通量 q_c と流入交通容量 c_e の関係



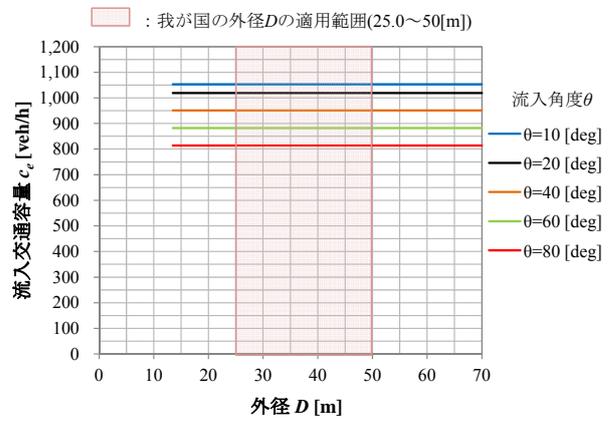
(a) 流入部幅員 e の変化による流入交通容量 c_e との関係



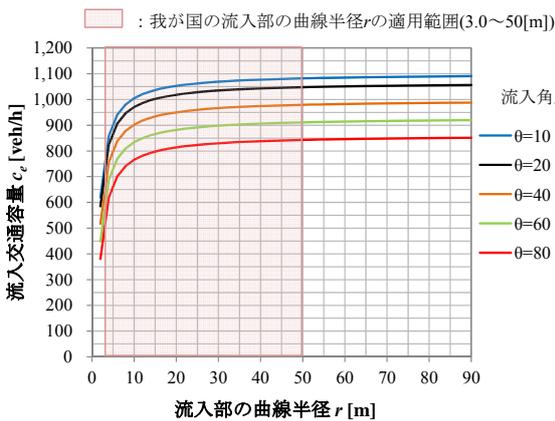
(b) 流入部の車線幅員 v の変化による流入交通容量 c_e との関係



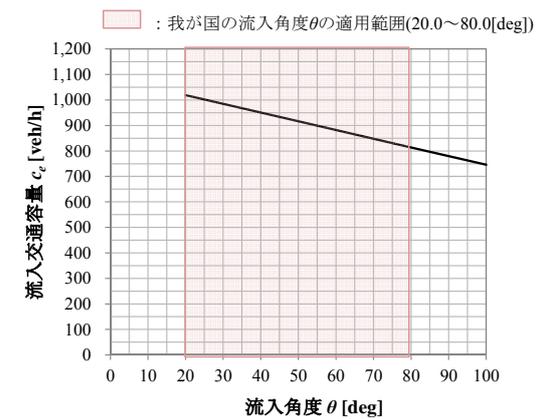
(c) 流入部のフレア区間長 l' の変化による流入交通容量 c_e との関係



(d) 外径 D の変化による流入交通容量 c_e との関係



(e) 流入部の曲線半径 r の変化による流入交通容量 c_e との関係



(f) 流入角度 θ の変化による流入交通容量 c_e との関係

図-2.11 Kimber(1980)の実験式による推定交通容量 c_e と幾何構造諸元値の関係

図-2.11(a) , (b)より流入部幅員 e と流入交通容量 c_e , 流入部幅員 v と流入交通容量 c_e の関係についてみると, 流入部幅員 e , 流入部幅員 v が広くなるにつれて, 流入交通容量 c_e は増加する. この流入交通容量 c_e の増加は, 流入部幅員 e , 流入部幅員 v が広くなる, すなわち流入部の車線数の増加による流入交通容量 c_e の増加を意味することになる. また, 同じ流入部幅員 e において, 流入角度 θ が小さく(鋭角)になると, 図-2.6 からわかるように補正係数 k による流入交通容量 c_e の補正率が小さくなるため, 流入交通容量 c_e は増加する.

図-2.11(c)より流入部のフレア区間長 l' と流入交通容量 c_e の関係をみると, 流入部のフレア区間長 l' が変化しても, 流入交通容量 c_e は変化しない. これは, 表-2.2 に示した基本条件の流入部幅員 e と流入部の車線幅員 v が同じ値であるため, 流入部のフレア区間長 l' を変化させても式(2.8)で算定する流入交通容量 c_e が変わらないためである. さらに, 流入部の曲線半径 r と流入角度 θ も一定の値としたため, これら値を用いて式(2.2)から算定する補正係数 k も変わらないためである. ただし, 流入部のフレア区間長 l' は, 流入部幅員 e , 流入部の車線幅員 v , 流入部の曲線半径 r の値から決定するため, これらの値が一定でなく変化した場合は, 流入部のフレア区間長 l' が変化し, 流入交通容量 c_e も変化するようになる. 特に, 流入部の曲線半径 r の値が小さくなると, 補正係数 k による補正率が大きくなり, 流入交通容量 c_e は急激に低下するようになる.

図-2.11(d)より外径 D と流入交通容量 c_e の関係をみると, 外径 D が変化しても, 流入交通容量 c_e は変化しない. これは, 環道交通量 q_c を $0[\text{veh/h}]$ としたために, 外径 D を用いて式(2.9)から算定する補正係数 f_c が影響しないためである. ただし, 環道交通量 q_c を $0[\text{veh/h}]$ にしない場合は, 外径 D の変化により, 式(2.9)の補正係数 f_c が変化するため, 流入交通容量 c_e は変化する.

図-2.11(e)より流入部の曲線半径 r と流入交通容量 c_e の関係をみると, 流入部の曲線半径 $r=15[\text{m}]$ 程度を境に, $r=15[\text{m}]$ 以上になると流入交通容量 c_e の変化は鈍化し, 概ね一定となる. 一方, $r=15[\text{m}]$ 未満になると, 急激に流入交通容量 c_e は低下するようになる. さらに, 同じ流入部の曲線半径 r の場合, 流入角度 θ が大きく, すなわち鈍角になると, 流入交通容量 c_e は低下する. これは, 図 2.6 で示したように式(2.2)で算定する補正係数 k のためであり, 流入部の曲線半径 r が小さく, 流入角度 θ が大きくなると, 補正係数 k による流入交通容量 c_e の補正率が大きくなるため, 流入交通容量 c_e は低下する.

図-2.11(f)より流入角度 θ と流入交通容量 c_e の関係をみると, 流入角度 θ が大きくなるにつれて, 流入交通容量 c_e は一定量の変化で低下する. 我が国の流入角度 θ の適用範囲では, 流入角度 θ を $20[\text{deg}]$ から $80[\text{deg}]$ へ変化させると, $\theta=20[\text{deg}]$ の流入交通容量 $c_e=1,000[\text{veh/h}]$ が 20% 程度減少し, $\theta=80[\text{deg}]$ では流入交通容量 $c_e=800[\text{veh/h}]$ 程度となる.

以上, Kimber(1980)の実験式の特性的について, 各幾何構造諸元と流入交通容量 c_e の関係から, Kimber(1980)の実験式の特性を考察した. Kimber(1980)の実験式において, 流入交通容量 c_e に与える影響要因として大きく2つのことがある. 1つ目は, 流入部幅員 e と流入部の車線幅員 v の広さである. 流入部幅員 e は, 環道交通量 $0[\text{veh/h}]$ の時の流入交通容量 c_e を決定する重要な幾何構造諸元となり, 流入部幅員 e , 流入部の車線幅員 v が広くなるにつれて流入交通容量 c_e は増加する. 2つ目は, 流入部の曲線半径 r と流入角度 θ である. この幾何構造諸元は, 最終的な流入交通容量 c_e を算定するために, 式(2.2)から算定する補正係数 k を設定する幾何構造諸元となる. 流入部の曲線半径 r が小さく, 流入角度 θ が大きくなると補正係数 k が小さくなり, 流入交通容量 c_e は低下する. 特に, 流入部の曲線半径 r が $15[\text{m}]$ 以下になると, 流入交通容量 c_e は急激に低下するようになる. 我が国の流入部の曲線半径 r の適用範囲は, この流入部の曲線半径 $r=15[\text{m}]$ 前後になるため, 我が国へ Kimber(1980)の実験式(2.1)~(2.7)の適用条件を検証する場合は, 実測に基づく流入交通容量 c_e と, 環道交通量 q_c および幾何構造諸元値により, 特に, 流入部幅員 e , 流入部の曲線半径 r , 流入角度 θ と流入交通容量 c_e の関係性について検証し, Kimber(1980)の実験式を我が国へ適用するための条件や方法を明らかにする必要がある.

2.2.2 その他の幾何構造を考慮した交通容量の推定方法

(1) ドイツモデル

ドイツでは, Brilon and Stuwe(1991)が流入部と環道の車線数を考慮し, 線形回帰モデルを導き, 流入交通容量の推定式(2.10)を提案している.

$$C_{cir} = A + Bq_{cir} \quad \dots(2.10)$$

ここに, A, B :流入部と環道の車線数により調整された定数, q_{cir} :環道交通量[veh/h]である.
 A および B の値は, 表-2.4 に示すとおりである.

表-2.4 ドイツの線形回帰モデルにおけるパラメータ A, B の値(Brilon and Stuwe, 1991)

| 流入車線数 | 環道の車線数 | A | B |
|-------|--------|------|-------|
| 1 | 1 | 1218 | -0.74 |
| 1 | 2 or 3 | 1250 | -0.53 |
| 2 | 2 | 1380 | -0.50 |
| 2 | 3 | 1409 | -0.40 |

また, Brilon and Grossmann(1991)は, 線形回帰モデル以外にも, 流入部および環道の車線数を考慮した指数モデルも導き, 流入交通容量の推定式(2.11)を提案している.

$$C_{cir} = C \cdot \exp(-Dq_{cir}/1000) \quad \dots(2.11)$$

ここに, C, D :推定式において流入および環道の車線数により調整された定数, q_{cir} :環道交通量[veh/h]である.

C および D の値は, 表-2.5 に示すとおりである.

表-2.5 ドイツ式指数回帰モデルにおけるパラメータ C, D の値(Brilon and Grossmann, 1991)

| 流入車線数 | 環道の車線数 | C | D |
|--------|--------|------|------|
| 1 | 1 | 1089 | 7.42 |
| 2 or 3 | 1 | 1200 | 7.30 |
| 2 | 2 | 1553 | 6.69 |
| 3 | 2 | 2018 | 6.68 |

線形モデルの推定式(2.10)と指数モデルの推定式(2.11)では, 異なるパラメータの値を取っているが, 流入交通容量と車線数の関係は, 流入交通容量は流入部もしくは環道の車線数が増えれば, 流入交通容量も増加するという同じ考えに基づくものである.

(2) FHWA モデル

アメリカの Robinson et al.(2000)は、U.K.モデルとドイツモデルの推定式に基づき、流入交通容量を推定する回帰モデルを導いている。このモデルは FHWA (Federal Highway Administration [連邦道路管理局], Roundabouts; An Information Guide, 2000)に採用されている。導いた回帰モデルは、表-2.6 に示すドイツモデルに類似した指数モデルの推定式を選択している。

回帰モデルは、表-2.6 に示すように、3つのラウンドアバウトのカテゴリ(1車線ラウンドアバウト、複数車線ラウンドアバウト、都市型コンパクトラウンドアバウト)での推定を考慮している。

1車線と複数車線に関しては、一定の形状下における U.K.モデルが採用され、指数関数に変換されている。一定形状の要素は、表-2.6 に示されているとおりである。

一方、都市型コンパクトラウンドアバウトに関しては、流入部および環道が1車線の条件の下において、ドイツ指数モデルが活用されている。FHWA モデルのパラメータの E, F の値は、表-2.6 に示すとおりである。

表-2.6 FHWA が採用した回帰モデル(Robinson et al., 2000)

| | | 1車線 ラウンドアバウト | | 複数車線 ラウンドアバウト | | 都市型コンパクト ラウンドアバウト | |
|--------------------------|----------------|-----------------|----------|------------------|----------|----------------------|----------|
| $C_{cir} = E + Fq_{cir}$ | | <i>E</i> | <i>F</i> | <i>E</i> | <i>F</i> | <i>E</i> | <i>F</i> |
| | | 1218 | -0.45 | 2424 | -0.71 | 1218 | -0.74 |
| 形状 の 考 慮 | <i>r</i> [m] | 20 | | 20 | | / | |
| | <i>v</i> [m] | 4 | | 8 | | | |
| | <i>e</i> [m] | 4 | | 8 | | | |
| | <i>D</i> [m] | 40 | | 55 | | | |
| | <i>φ</i> [deg] | 30 | | 30 | | | |
| | <i>l'</i> [m] | 40 | | 40 | | | |

(3) スイスモデル

スイスの Bovy et al.(1991)は、流入部および環道の車線数、流出交通量および分離島の幅の影響を考慮した回帰モデルを導き、流入交通容量の推定式(2.12)を提案している。

$$C_{cir} = \left(1500 - \frac{8}{9} q_b \right) \beta \quad \dots(2.12)$$

ここに、 $q_b = \gamma q_{cir} + \alpha q_{exit}$

q_{cir} = 環道流量 (pcu/時)

q_{exit} = 流出流量 (pcu/時)

$\beta = 0.9 \sim 1.1$ 流入車線が1車線の場合 (標準値 1.0)

= 1.4 ~ 1.6 流入車線が2車線の場合 (標準値 1.5)

= 1.9 ~ 2.1 流入車線が3車線の場合 (標準値 2.0)

$\gamma = 0.9 \sim 1.0$ 環道が1車線の場合 (標準値 1.0)

= 0.6 ~ 0.8 環道が2車線の場合 (標準値 0.66)

= 0.5 ~ 0.6 環道が3車線の場合 (標準値 0.55)

$$\begin{aligned}
 b &= \text{図-2.12 による(m)} \\
 a &= 0.6 && \text{for } 0 < b \leq 9 \\
 &= 0.6 - 0.05/12(b - 9) && \text{for } 9 < b \leq 21 \\
 &= 0.1 && \text{for } 21 < b \leq 27 \\
 &= 0.1 - 0.1(b - 27) && \text{for } 27 < b \leq 28 \\
 &= 0 && \text{for } b > 28
 \end{aligned}$$

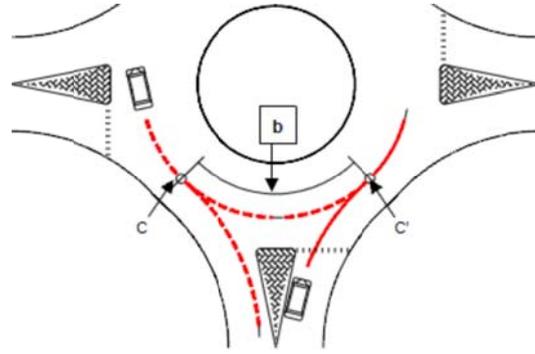


図-2.12 スイス方式によるパラメータ b (Bovy, 1991)

(4) フランスモデル

フランスの Louah(1992)は, 流出交通量に影響を与える形状要素(中央島の半径, 流入部の幅員, 環道の幅員, 分離島の幅員)を考慮した流入交通容量を推定する指数回帰モデルを提案している. 流入交通容量の推定方法を推定式(2.13)に示す. なお, このモデルは, GIRABASE というソフトウェアに用いられている.

$$c_{cir} = C_F \cdot \exp(-D_F \cdot q_g) \quad \dots(2.13)$$

$$\text{ここに, } q_g = q_{exit} \cdot k_{exit} \left(1 - \frac{q_{exit}}{q_{cir} - q_{exit}} \right) + q_{ci} \cdot k_{ti} + q_{co} \cdot k_{to}$$

$$C_F = \frac{3600}{t_f} \left(\frac{L_e}{3.5} \right)^{0.8}$$

q_c = 総流入交通量[pcu/h]

q_{ci} = 内側の車線の流入交通量[pcu/h]

q_{co} = 外側の車線で流入交通量[pcu/h]

q_{exit} = 流出交通量[pcu/h]

$D_F = 3.525$ 都市部

$= 3.625$ 地方部

t_f = 流入車両の追従車頭時間 = 2.05[s]

L_e = 流入部の幅員[m]

$$k_{exit} = \frac{R}{R + L_{cir}} - \frac{L_s}{L_{s,max}} \quad \text{Forelse } L_i < L_{i,max}$$

$$= 0$$

R = 中央島の半径[m]

L_{cir} = 環道の幅員[m]

L_s = 分離島の幅員[m]

$$L_{s,max} = 4.55 \sqrt{R + \frac{L_{cir}}{2}}$$

$$k_{ti} = \min \left\{ \frac{160}{L_{cir}(R + L_{cir})}, 1 \right\}$$

$$k_{to} = \min \left\{ 1 - \frac{(L_{cir} - 8)}{L_{cir}} \left(\frac{R}{R + L_{cir}} \right)^2, 1 \right\}$$

2.3 ミクロモデルによる理論交通容量

2.3.1 流入部交通容量推定式のモデル構造

流入部交通容量 c (単位時間あたりに 1 流入部で進入可能な車両台数) は、式(2.14)に示すように環道交通流のギャップ t の出現頻度 $h(t)$ と、ギャップ t に進入可能な車両台数 $E(t)$ の積を積分することにより 1 ギャップあたりに進入可能な車両台数の期待値を算出する。そして、これに単位時間あたりの環道交通量(単位時間当たりの環道ギャップの個数) Q_c を乗じて算出する。

$$c = Q_c \int_0^{\infty} h(t)E(t)dt \quad \dots\dots(2.14)$$

式(2.14)の $h(t)$, $E(t)$ については、それぞれの式の形式を仮定して、様々な交通容量推計式のモデル構造にすることが可能である。従来までに提案されている容量推計式を整理すると、表-2.7 のとおりである。

表-2.7 交通容量推計式のモデル構造

| モデル名 | ギャップ t の出現頻度 $h(t)$ | ギャップ t に流入可能台数 $E(t)$ | 推計式 c |
|-----------|-----------------------|-------------------------|--|
| HCM | 指数分布 | 離散関数 | $c = \frac{q_c e^{-\lambda_a}}{1 - e^{-\lambda_f}}$ |
| Siegloch | 指数分布 | 連続関数 | $c = \frac{l}{t_f} e^{q_c t_0}$ |
| Troutbeck | Cowan の M3 モデル | 連続関数 | $c = \frac{\alpha q_c e^{-\lambda(t_a - \tau)}}{1 - e^{-\lambda t_0}}$ |
| Wu(HBS) | Cowan の M3 モデル | 連続関数 | $c = \alpha^{n_c} \cdot \frac{n_e}{t_f} \cdot e^{-q_c(t_0 - \tau)}$ |

$h(t)$ の仮定方法については、次のことが示唆されている。

環道ギャップ t の出現頻度 $h(t)$ について、指数分布に従うものとした場合、 $h(t)$ は式(2.15)により表すことができる。

$$h(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad \dots\dots(2.15)$$

ここに、 λ : 車両の平均到着率[台/sec]である。

式(2.15)では環道ギャップの大きさが0の場合の確率密度が最も高くなる。しかしながら現実では、車両はある程度の車間距離を保って走行するため整合しない。この課題を解決したのが、原点から最小車頭間隔 τ だけシフトさせ式(2.16)の指数分布 (Cowan の M2 モデル) となる。

$$h(t) = \lambda e^{-\lambda(t-\tau)} \quad \dots(2.16)$$

ラウンドアバウトのように、比較的交通量の少ない状況下で式(2.15)を適用すると、小さいギャップの出現頻度が過大推計される傾向にある。このため、全車両のうち、 $1-\alpha$ の割合の車両は車群を形成して走行している、すなわち、ギャップ τ で走行していると仮定する、式(2.17)の Cowan の M3 モデルにより表す。

$$h(t) = \lambda \alpha e^{-\lambda(t-\tau)} \quad \dots(2.17)$$

ここに、 α : 自由走行確率 (ギャップ τ 以上で走行している車両の割合) である。

環道ギャップ t に流入可能な車両台数 $E(t)$ の導入プロセスは、次のとおりである。
 $E(t)$ の導出には、離散関数による方法と、連続関数による方法の2つの方法がある。
 離散関数による方法では、式(2.18)に示すように1ギャップあたりに流入可能な車両台数の期待値 E を算出する。

$$E = \sum_{n=1}^{\infty} n P_n = q_c \sum_{n=1}^{\infty} n \int_0^{\infty} h(t) \cdot P_n(t) dt = \int_0^{\infty} h(t) \cdot \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot P_n(t) dt \quad \dots(2.18)$$

ここに、 n : 1ギャップに流入できる車両台数、 P_n : 1ギャップに n 台流入できる確率である。

従って、環道ギャップ t のときの1ギャップあたりの平均流入台数 $E(t)$ は式(2.19)のようになる。

$$E(t) = \sum_{n=1}^{\infty} n P_n(t) \quad \dots(2.19)$$

この式(2.18)と式(2.19)の関数をグラフで示すと、図-2.13 のとおりである。

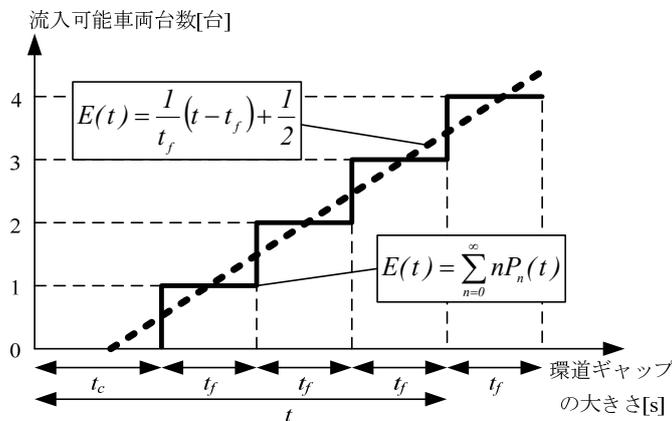


図-2.13 環道ギャップの大きさと流入可能車両台数の関係

また、連続関数を仮定した場合のギャップ t に流入可能な車両台数は式(2.20)、式(2.21)により表される。

$$E(t)=0 \quad (t > t_c) \quad \dots(2.20)$$

$$E(t)=\left(\frac{t-t_c}{t_f}\right)+(l/2) \quad (t > t_c) \quad \dots(2.21)$$

式(2.21)において、 $t-t_c$ は流入車両によって利用可能なギャップの大きさを表し、それを流入車追従車頭時間で除すことにより、ギャップ t のときに流入可能な車両台数が算出される。

2.3.2 既往研究による理論交通容量の推定方法

(1) ドイツのガイドラインによる交通容量の推定方法

ドイツのガイドラインでは、式(2.14)において、ラウンドアバウトのように比較的交通量の少ない箇所の車頭時間を再現するのに適している式(2.17)のCowanのM3モデルを適用し、 $E(t)$ の導出には連続関数を用いて流入部の交通容量を推定することとしている(式(2.22)、式(2.24))。このギャップアクセプトランス確率に基づく流入交通容量の推定式(2.24)は、我が国のマニュアルでの流入部の交通容量の推定にも採用している。

$$C = Q_c \int_{t_c}^{\infty} \alpha \cdot \lambda \cdot e^{-\lambda(t-\tau)} \cdot \frac{t - (t_c - t_f/2)}{t_f} dt$$

$$= 3600\alpha \cdot \frac{l}{t_f} \cdot \exp\left\{-\frac{Q_c}{3600} \cdot \left(t_c - \frac{t_f}{2} - \tau\right)\right\} \quad \dots(2.22)$$

ここに、 α ：自由走行車両の比率、 λ ：到着率(= $Q_c/3600$)、 t_c ：クリティカルギャップ[s]、 t_f ：流入車両の追従車頭時間[s]、 τ ：環道交通流の最小車頭時間[s]である。

自由走行車両の比率 α については、Tanner(1962)が、自由走行車両の比率 α を、環道交通流の最小車頭時間 τ と到着率 λ により表す式(2.23)とし、流入部の交通容量は、式(2.22)に式(2.23)を代入した式(2.24)が示されている。

$$\alpha = 1 - \tau \cdot \lambda = 1 - \frac{\tau \cdot Q_c}{3600} \quad \dots(2.23)$$

$$c_i = \frac{3600}{t_f} \left(1 - \tau \cdot \frac{q_{ci}}{3600}\right) \cdot \exp\left\{-\frac{q_{ci}}{3600} \cdot \left(t_c - \frac{t_f}{2} - \tau\right)\right\} \quad \dots(2.24)$$

ここに、 c_i ：流入部 i の交通容量[台/時]、 q_{ci} ：流入部 i 正面上流断面の環道交通量[台/時]、 t_c ：クリティカルギャップ[s]、 t_f ：流入車両の追従車頭時間[s]、 τ ：環道交通流の最小車頭時間[s]である。

なお、ドイツのガイドラインでは、クリティカルギャップ $t_c=4.1$ [s]、流入車両の追従車頭時間 $t_f=2.9$ [s]、環道交通流の最小車頭時間 $\tau=2.1$ [s]を標準値としている。

(2) 横断歩行者を考慮した理論交通容量に関する研究

康・中村(2015)の研究では、日本特有の用地制約等の都合を踏まえ、諸外国で標準的である流出入口への分離島の設置が必ずしも行われなため、横断歩行者挙動やその影響が諸外国と異なる場合があると考え、横断歩行者の交通量、横断方向、譲る率、流入線と横断歩道間の滞留スペース、分離島の有無や下流側の流出部を横断する歩行者による環道車両のブロック率を考慮した、理論モデルを構築している。特に、この理論モデルの特徴は、流入車両が対象流入部から環道へ流入する場合、横断歩行者の影響は、対象流入部の横断歩行者だけでなく、対象流入部の下流側の流出部の横断歩行者からも受けるため、理論モデルに対象流入部の下流側の横断歩行者の影響を考慮していることである。下流側の流出部への流出車両は、その流出部の横断歩行者にブロックされ、環道に待ち行列となり、待ち行列が上流に延伸すると、上流側の流入部の流入車両もブロックされる可能性がある。このため、理論モデルでは、環道車両が流れる場合と待ち行列になる場合の2つのケースを考慮し、対象流入部の流入交通容量を推定している。待ち行列になる場合は、待ち行列確率により推定することとしている。構築した理論モデルの検証について、流入交通量が交通容量状態にあり、かつ横断歩行者が多く、横断歩行者が流入交通容量に影響を与えている軽井沢六本辻のラウンドアバウトで観測されたデータより行われている。検証の結果、理論モデルで推定した流入交通容量は、観測データと適合することが示されている。

鈴木ら(2013)の研究では、環道車両の挙動による交通状況を流出車両のギャップアクセプタンス挙動により、流入部目前に到達する環道車両の到達時間を以下の3つに分類してモデル化し、それをを用いて交通容量を推定する2つの方法を提案している。

- ・待ち時間：横断歩行者のギャップが短く流出車両が有効ギャップの出現を待つ間、後続の環道車両がブロッキングを受ける時間。
- ・飽和時間：有効ギャップの出現により流出車両が流出し、上記の待ち時間の間にブロッキングを受けていた後続の環道車両が流入部に飽和流で到達する時間。
- ・通常時間：これら2つの待ち時間、飽和時間に該当しない時間で、環道車両が通常通り通行できる時間。

推定方法の一つ目は、任意の歩行者及び環道車両のギャップ分布を用いて歩行者を考慮し、交通容量を推定する方法である。この方法は、歩行者のギャップの確率密度関数、歩行者と環道車両を重ね合わせたギャップの確率密度関数から流入可能時間を推定し、流入部には流入可能時間の車頭時間を持って流入車両が絶えず存在すると仮定して交通容量を算定するものである。推定方法の二つ目は、歩行者および環道車両のギャップの分布を指数分布と仮定して、交通容量を推定する方法である。これら推定方法の特性としては、一つは、横断歩行者交通量が多くなると環道の流出車両がブロックされ、流入車両が環道へ流入しやすくなり、交通容量を増加させることである。二つは、歩行者が多くなると、流入車はそのギャップを縫って流入しなければならないので、交通容量を低下させることである。これら推定方法の感度については、歩行者が比較的少ない場合は流出車両が歩行者ギャップを待つことによって生じる交通容量の上昇効果は低く、横断歩行者を考慮した場合、交通容量は流入車のギャップアクセプタンス挙動により強く影響を受けることが示されている。また、環道交通量と歩行者が増加するとラウンドアバウトの交通容量が低下することが示唆されている。

(3) 車両走行軌跡データに基づくラウンドアバウト環道流入挙動に関する研究

塩見・今仲(2014)の研究では、ラウンドアバウトの交通容量を正確に評価する手法を構築する前段として、ビデオ画像から抽出した車両走行軌跡データに基づき、環道への車両流入挙動を分析し、流入/見送りの選択確率を推定するモデルを提案している。さらに、その結果から、交通容量を増加するための方策について考察している。環道流入挙動モデルは、流入車両におけるギャップ選択モデルを定式化し、流入車両がラグを選択し環道に流入する確率、流入車両がラグを見送り待機する確率を提案している。パラメータの推定結果から、流出車両が存在しても環道流入挙動には有意な影響を及ぼさないが、当該の流出車両が方向指示器を出して流出する際には有意に環道への流入がしやすくなることから、交通容量の増大に繋がると示唆している。

2.3.3 マクロモデルを組合せた理論交通容量の推定方法

(1) 横断歩行者を考慮した理論交通容量の推定手法

諸外国のラウンドアバウトの流入交通容量の推定方法は、流出入部での分離島の存在、環道と横断歩道の間で車両1台分の停留スペースの離隔距離の確保など、標準的な幾何構造を前提としたものである。しかしながら、狭い国土から用地制約等の条件がある日本では、流出入部に分離島を設けないラウンドアバウトが多く存在するとともに、計画設計段階から分離島を設けない構造を検討することがある。さらに、ラウンドアバウトの流入交通容量に大きな影響を与えるものとして、横断歩行者・自転車があり、日本では流出入車両が横断歩行者・自転車を優先しない実態も多くみられる。このため、日本でのラウンドアバウトの流入交通容量を推定するには、これら日本の特徴的な各種環境が流入交通容量に与える影響を考慮することが重要である。

以上のことから、康・中村(2014)の研究では、日本の特徴的な道路構造や利用者挙動の状況を想定し、交通流シミュレーションにより、これら様々な条件での流入車両のギャップアクセプタンス挙動を再現し、横断歩行者による影響を考慮した流入交通容量の推定方法を提案している。提案されている推定方法は、横断歩行者の交通量、横断方向、分離島の有無を変数として、流入交通容量曲線を指数関数によってモデル化したものである。しかしながら、このモデルでは、横断歩行者の存在に対して、流入車両は必ず停止して進路を譲ることを前提としているため、分離島が無い場合に流入車は必ず停止していたため、流入交通容量を過小に推定する傾向があると示唆している。

そこで、康ら(2015)の研究では、流入車両が横断歩行者に進路を譲る率を考慮し、流入交通容量の推定モデルを再構築している(以下、「康・中村モデル(2015)」という)。提案している推定モデルは、2.3.2で詳述したギャップアクセプタンス確率に基づく交通容量の推定式(2.25)を、式(2.26)のような二項の指数関数として表し、式(2.26)の係数 A 、 B 、 C が式(2.27)~(2.29)の重回帰モデルで表されるものとしている。軽井沢六本辻のラウンドアバウトの観測データを用いて、推定モデルによる推定値と流入交通容量の観測値の誤差を定量的に評価した結果、提案している推定モデルによる推定流入交通容量は、観測された流入交通容量を十分に適切に推定しているという結論を得ている。

$$c_i = \frac{3600}{t_f} \left(1 - \tau \cdot \frac{q_{ci}}{3600} \right) \cdot \exp \left\{ - \frac{q_{ci}}{3600} \cdot \left(t_c - \frac{t_f}{2} - \tau \right) \right\} \quad \dots (2.25)$$

ここに、 c_i : 流入部 i の交通容量[台/時], q_{ci} : 流入部 i 正面上流断面の環道交通量[台/時], t_c : クリティカルギャップ[s], t_f : 流入車両の追従車頭時間[s], τ : 環道交通流の最小車頭時間[s]である。

$$c = A \exp(-Bq_{cir}) - Cq_{cir} \exp(-Bq_{cir}) \quad \dots(2.26)$$

ここに、 c : 歩行者の影響を考慮した流入交通容量[台/時], q_{cir} : 環道交通量[台/時], A, B, C はそれぞれ式(2.27)~(2.29)で表されるパラメータである。

$$A = \alpha_0 + \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \alpha_3 x_3 + \alpha_4 x_4 \quad \dots(2.27)$$

$$B = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 \quad \dots(2.28)$$

$$C = \gamma_0 + \gamma_1 x_1 + \gamma_2 x_2 + \gamma_3 x_3 + \gamma_4 x_4 \quad \dots(2.29)$$

ここに、 x_1 : 対象流入部の横断歩行者交通量[人/時], x_2 : 直近下流各流出入部の横断歩行者交通量[人/時], x_3 : 対象流入部SのFar-side率, x_4 : 対象流入部SのFar-side歩行者に譲る率FPYRであり、 $\alpha_0 \sim \alpha_4$, $\beta_0 \sim \beta_4$, $\gamma_0 \sim \gamma_4$ は、表-2.8に示すパラメータである。

表-2.8 康・中村モデルのパラメータ推定結果(康ら, 2015)

| 被説明変数 | 係数 -変数 | 分離島あり | 分離島なし |
|-------|-----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| | | 推定結果 (t値) | 推定結果 (t値) |
| A | a_0 -定数項 | 1,060** (87.86) | 997.8** (38.26) |
| | a_1 -流入部Sの横断歩行者交通量 [人/時] | -1.268** (-10.46) | -1.213** (-19.04) |
| | a_2 -流出部Wの横断歩行者交通量 [人/時] | -0.6999** (-5.777) | -0.3210** (-6.330) |
| | a_3 -流入部SのFar-side率 [0,1] | / / | -119.3** (-4.788) |
| | a_4 -流入部SのFPYR [0,1] | / / | -85.26** (-5.235) |
| | R^2 | 0.9822 | 0.9129 |
| B | b_0 -定数項 | -4.708×10^5 (1.525) | -1.423×10^4 (1.926) |
| | b_1 -流入部Sの横断歩行者交通量 [人/時] | $1.283 \times 10^{6**}$ (4.409) | $6.987 \times 10^{7**}$ (3.485) |
| | b_2 -流出部Wの横断歩行者交通量 [人/時] | $8.861 \times 10^{7**}$ (3.044) | $2.445 \times 10^{7**}$ (2.513) |
| | b_3 -流入部SのFar-side率 [0,1] | / / | $2.755 \times 10^{4**}$ (2.980) |
| | b_4 -流入部SのFPYR [0,1] | / / | $2.920 \times 10^{4**}$ (3.006) |
| R^2 | 0.9142 | 0.6589 | |
| C | c_0 -定数項 | 0.9255** (32.13) | 0.9263** (28.78) |
| | c_1 -流入部Sの横断歩行者交通量 [人/時] | -0.001296** (-4.773) | -0.001642** (-20.75) |
| | c_2 -流出部Wの横断歩行者交通量 [人/時] | $5.780 \times 10^{4**}$ (3.129) | $7.010 \times 10^{4**}$ (11.78) |
| | c_3 -流入部SのFar-side率 [0,1] | / / | -0.2011** (-6.492) |
| | c_4 -流入部SのFPYR [0,1] | / / | -0.2137** (-7.522) |
| R^2 | 0.9225 | 0.9622 | |

*95%有意, **99%有意

なお、式(2.25)の各項を、式(2.26)の係数 A, B, C に置き換えることで、式(2.30)~(2.35)を得ることができる。

この式(2.30)~(2.35)から、まず、式(2.30)を式(2.34)にすることで、流入車両の追従車頭時間 t_f を求めることができる。次に、式(2.32)に式(2.34)を代入して式(2.35)を導くことで、環道交通流の最小車頭時間 τ の値を求めることができる。そして、式(2.31)に式(2.34)と式(2.35)代入して式(2.33)を導くことで、クリティカルギャップ t_c を求めることができる。

$$A = 3600/t_f \quad \dots(2.30)$$

$$B = \frac{1}{3600} \left(t_c - \frac{t_f}{2} - \tau \right) \quad \dots(2.31)$$

$$C = \tau/t_f \quad \dots(2.32)$$

$$t_c = 3600 \cdot B + \frac{1800(1 + 2 \cdot C)}{A} \quad \dots(2.33)$$

$$t_f = 3600/A \quad \dots(2.34)$$

$$\tau = 3600 \cdot C/A \quad \dots(2.35)$$

ここに、 t_c :クリティカルギャップ[s], t_f :流入車両の追従車頭時間[s], τ :環道交通流の最小車頭時間[s], A, B, C はそれぞれ式(2.27)~(2.29)で表されるパラメータである。

(2) 車頭時間パラメータに環道と流入部の車線数および外径を考慮した理論交通容量の推定手法

Brilon et al. (2008)は、外径と車頭時間パラメータ(クリティカルギャップ, 流入車両の追従車頭時間, 環道交通流の最小車頭時間)の関係について、線形回帰により、表-2.9に示す外径を説明変数とした車頭時間パラメータの値の推定式を提案し、これにより推定した車頭時間パラメータの値に基づき、環道と流入部の車線の影響を考慮したギャップアクセプタンス確率に基づく推定式(2.36)を提案している。

$$C = 3600 \cdot \left(1 - \frac{t_{min} \cdot q_k}{n_c \cdot 3600} \right)^{n_c} \cdot \frac{n_e}{t_f} \cdot \exp \left[- \frac{q_k}{3600} \cdot \left(t_g - \frac{t_f}{2} - t_{min} \right) \right] \quad \dots(2.36)$$

ここに、 C :流入部の交通容量[pcu/h], q_k :環道交通量[pcu/h], n_c :環道の車線数, n_e :流入部の車線数, t_g :クリティカルギャップ[s] (表-2.9), t_f :流入車両の追従車頭時間[s] (表-2.9), t_{min} :環道交通流の最小車頭時間[s] (表-2.9)である。

表-2.9 交通容量を推定するためのパラメータ(Brilon et al., 2008)

| Type of roundabout | n_e | n_k | t_g | t_f | t_{min} |
|--------------------------------------|-------|-------|--|-------------------------------|-----------------------------------|
| eq. 1 with the following parameters: | | | | | |
| Mini 13 ≤ d ≤ 26 m | 1 | 1 | $t_g = 3,86 + \frac{8,27}{d}$ | $t_f = 2,84 + \frac{2,07}{d}$ | $t_{min} = 1,57 + \frac{18,6}{d}$ |
| 1/1 26 ≤ d ≤ 40 m | 1 | 1 | | | |
| 1/2 40 ≤ d ≤ 60 m | 1 | 2 | $C = 1440 \cdot e^{-\frac{q_k}{1180}}$ | | |
| 2/2 compact 40 ≤ d ≤ 60 m | 2 | 2 | $C = 1642 \cdot e^{-\frac{q_k}{1180}}$ | | |
| 2/2 large d >> 60 m | 2 | 2 | $C = 1926 \cdot e^{-\frac{q_k}{1405}}$ | | |

2.4 本研究の位置付け

本章では、ラウンドアバウトの交通容量は幾何構造に影響を受けるとともに、環道優先という制御方式から車頭時間パラメータに左右されるということを踏まえ、幾何構造と交通量を説明変数として交通容量を推定するマクロモデルと、ギャップアクセプタンス確率に基づき交通容量を推定するミクロモデルに関する既往研究についてレビューした。

マクロモデルによる交通容量の推定手法に関する既往研究のレビュー結果から、次のこと示唆される。

各国のラウンドアバウトで観測した幾何構造、交通量のデータに基づき、主な幾何構造諸元と交通量を説明変数とした交通容量の推定式が提案されている。代表的な研究が、Kimber(1980)の研究による流入交通容量を推定する実験式である。このKimber(1980)の実験式は、多車線のラウンドアバウトの観測データも用いて提案されている。このため、我が国で導入されている1車線のラウンドアバウトを対象として、流入交通容量を推定するためには、我が国のラウンドアバウトで観測した流入交通容量、環道交通、幾何構造のデータを用いて、Kimber(1980)の実験式を検証する必要がある。しかしながら、現時点において、我が国で導入されているラウンドアバウトが少ないこと、流入交通容量が観測できるラウンドアバウトがほとんどないことから、Kimber(1980)の実験式を検証することが困難な状況である。

ミクロモデルによる理論交通容量に関する既往研究のレビュー結果から、次のことが示唆される。

ミクロモデルによる理論交通容量は、ギャップアクセプタンス確率に基づき流入交通容量を推定するため、環道交通流中のギャップの出現頻度、そのギャップに流入可能な車両台数を仮定する式形と、それに代入する車頭時間パラメータの値の設定が重要となる。設定する車頭時間パラメータの値は、各国により交通特性が異なるため、各国の交通特性に基づくことが望まれる。さらに、車頭時間パラメータは、ラウンドアバウトの幾何構造の影響を受けると考えられるため、幾何構造の影響を考慮して設定することが重要である。また、交通容量は、利用車両だけでなく、横断歩行者の影響も受けることから、仮定する式形では、横断歩行者の影響を考慮した式形を仮定することも重要となる。

以上のことから、本研究の位置付けを、次のとおりとする。

本研究の目的は、幾何構造が交通容量に与える影響を研究することである。

マクロモデルによる幾何構造と交通量から交通容量を推定する手法については、現時点において、我が国で導入されているラウンドアバウトが少ないこと、流入部の交通容量が観測できるラウンドアバウトがほとんどないことから、我が国独自の推定手法やKimber(1980)の実験式の我が国への適用条件を分析することは難しい。

このため、ミクロモデルによる理論交通容量に着目し、我が国において、未だ明らかになっていない幾何構造が車頭時間パラメータに与える影響を定量的に明らかにし、ラウンドアバウトの幾何構造が交通容量に与える影響を定量的に明らかにすることにする。

第3章 分析対象ラウンドアバウトの幾何構造諸元と車頭時間データの準備

本章では、本研究で分析対象とするラウンドアバウトの幾何構造諸元値と、クリティカルギャップ t_c 、流入車両の追従車頭時間 t_f 、環道交通流の最小車頭時間 τ の3つの車頭時間パラメータの代表値を設定する。

3.1 分析対象ラウンドアバウト

(1) 分析対象ラウンドアバウトの概要

本研究の分析対象ラウンドアバウトは、交通状況を撮影した既存ビデオ撮影データがあり、車頭時間データが取得できる糸満、軽井沢、常陸多賀、守山の4つのラウンドアバウトとした。表-3.1に、各ラウンドアバウトのビデオ撮影日時と運用開始からビデオ撮影日時と経過日数を示す。また、表-3.2に、各ラウンドアバウトの主な主要構成要素と流入部の交通制御の概要を示す。

既存ビデオ撮影データにおける分析対象ラウンドアバウトの交通運用の状況は、以下のとおりである。

- ・守山の Case1~3, 軽井沢 Case1, 2 は、改正道路交通法施行以前のラウンドアバウトの社会実験中のビデオ撮影データであり、全流入部の交通制御は一時停止制御である。
- ・守山 Case4 については、改正道路交通法施行以後に環状交差点として完成供用したビデオ撮影データであり、全流入部の交通制御はゆずれ制御である。
- ・糸満は、改正道路交通法施行以後の環状交差点としての社会実験中のビデオ撮影データであり、全流入部の交通制御はゆずれ制御である。
- ・常陸多賀は、改正道路交通法施行以前にラウンドアバウト運用されていた既存円形交差点でのビデオ撮影データであり、全流入部の交通運用はゆずれ制御である。

幾何構造諸元値と車頭時間パラメータの値を取得する流入部については、分析対象ラウンドアバウトの全流入部を基本とする。ただし、軽井沢 Case1, 2 は流出入交通量が多い流入部 A, C, D の3つの流出入部とし、常陸多賀はバスターミナルが取り付く流入部 B 以外の流入部 A, C, D の3つの流出入部とする。

表-3.1 分析対象箇所でのビデオ撮影日時と運用開始日からのビデオ撮影日の経過日数

| 分析対象ラウンドアバウト | 運用開始日 | Case | ビデオ撮影日時 | 経過日数(日) |
|--------------|---------------|-------|--------------------------|---------|
| 守山 | H26年1月5日(水) | Case1 | H26年1月23日(木) 7:00~19:00 | 9 |
| | | Case2 | H26年3月3日(月) 7:00~19:00 | 48 |
| | | Case3 | H26年12月3日(水) 7:00~19:00 | 323 |
| | | Case3 | H27年6月11日(木) 7:00~19:00 | 513 |
| 糸満 | H27年10月1日(木) | — | H27年11月19日(木) 7:00~19:00 | 48 |
| 軽井沢 | H24年11月15日(木) | Case1 | H25年5月4日(土) 7:00~18:00 | 171 |
| | | Case2 | H25年10月13日(日) 7:00~18:00 | 333 |
| 常陸多賀 | H24年6月22日(日) | — | H24年10月17日(金) 7:00~16:00 | 118 |

※社会実験中のビデオ撮影：守山 Case1~3, 糸満, 軽井沢 Case1・2

表-3.2 分析対象ラウンドアバウトの主要構成要素と交通制御

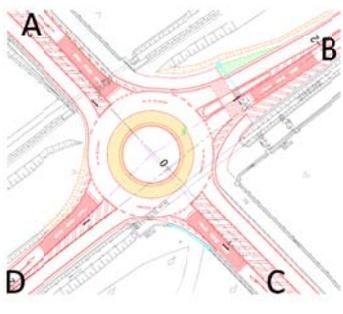
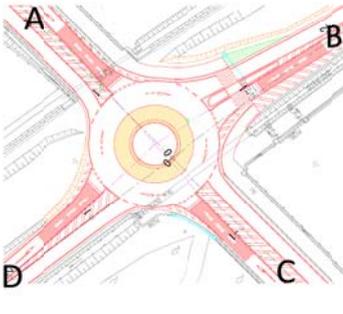
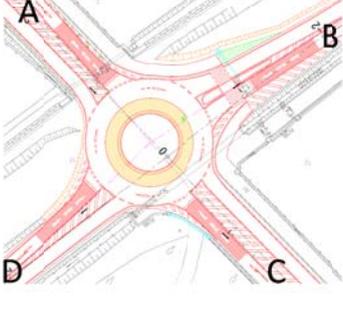
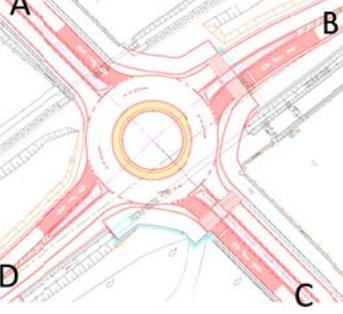
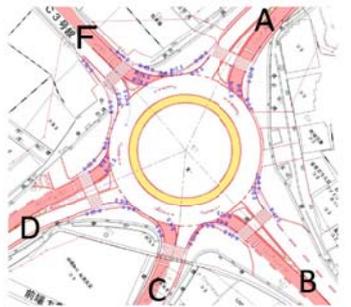
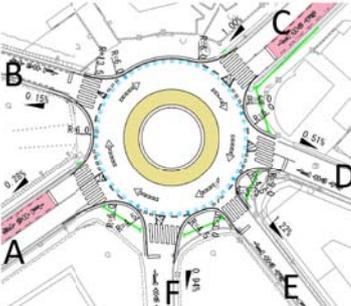
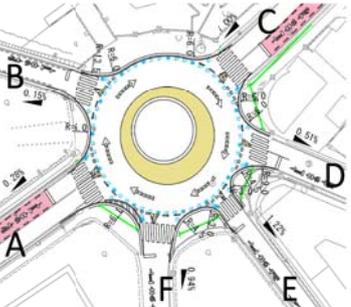
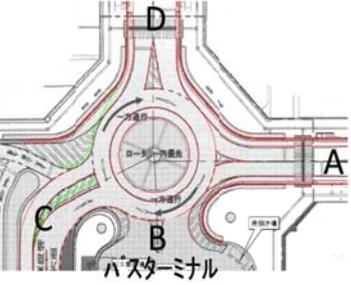
| | 流入部 | 流入部の交通制御 | 主要構成要素 | | | | | | 概要図 | |
|----|-------|----------|--------|-----|-------|----------|---------|-----------|-----|---|
| | | | 横断歩道 | 分離島 | 外径[m] | 中央島直径[m] | 環道幅員[m] | エプロン幅員[m] | | |
| 守山 | Case1 | A | 一時停止 | なし | なし | 27.0 | 12.0 | 4.0 | 2.5 |  |
| | | B | 一時停止 | あり | あり | | | | | |
| | | C | 一時停止 | なし | なし | | | | | |
| | | D | 一時停止 | なし | なし | | | | | |
| | Case2 | A | 一時停止 | なし | なし | 27.0 | 9.0 | 5.0 | 3.0 |  |
| | | B | 一時停止 | あり | あり | | | | | |
| | | C | 一時停止 | なし | なし | | | | | |
| | | D | 一時停止 | なし | なし | | | | | |
| | Case3 | A | 一時停止 | なし | なし | 27.0 | 11.0 | 5.0 | 3.0 |  |
| | | B | 一時停止 | あり | あり | | | | | |
| | | C | 一時停止 | なし | なし | | | | | |
| | | D | 一時停止 | なし | なし | | | | | |
| | Case4 | A | ゆずれ | なし | あり | 27.0 | 11.0 | 5.0 | 1.5 |  |
| | | B | ゆずれ | あり | あり | | | | | |
| | | C | ゆずれ | あり | あり | | | | | |
| | | D | ゆずれ | なし | あり | | | | | |

表-3.2 分析対象ラウンドアバウトの主要構成要素と交通制御

| | 流入部 | 流入部の交通制御 | 主要構成要素 | | | | | 概要図 | | |
|------|-------|----------|--------|-----|-------|----------|---------|-----|---|---|
| | | | 横断歩道 | 分離島 | 外径[m] | 中央島直径[m] | 環道幅員[m] | | エプロン幅員[m] | |
| 糸満 | A | ゆずれ | あり | あり | 39.0 | 24.0 | 5.0 | 1.5 |  | |
| | B | ゆずれ | あり | あり | | | | | | |
| | C | ゆずれ | あり | なし | | | | | | |
| | D | ゆずれ | あり | あり | | | | | | |
| | F | ゆずれ | あり | あり | | | | | | |
| 軽井沢 | Case1 | A | 一時停止 | あり | なし | 27.0 | 10.0 | 5.0 | 2.5 |  |
| | | B | 一時停止 | あり | なし | | | | | |
| | | C | 一時停止 | あり | なし | | | | | |
| | | D | 一時停止 | あり | なし | | | | | |
| | | E | 一時停止 | あり | なし | | | | | |
| | | F | 一時停止 | あり | なし | | | | | |
| | Case2 | A | 一時停止 | あり | なし | 27.0 | 12.0 | 5.0 | 2.5 |  |
| | | B | 一時停止 | あり | なし | | | | | |
| | | C | 一時停止 | あり | なし | | | | | |
| | | D | 一時停止 | あり | なし | | | | | |
| | | E | 一時停止 | あり | なし | | | | | |
| | | F | 一時停止 | あり | なし | | | | | |
| 常陸多賀 | A | ゆずれ | あり | なし | 28.0 | 11.0 | 4.5 | 2.0 |  | |
| | B | ゆずれ | なし | なし | | | | | | |
| | C | ゆずれ | あり | なし | | | | | | |
| | D | ゆずれ | あり | なし | | | | | | |

(2) 流入交通量と環道交通量の状況

分析対象ラウンドアバウトの各流入部におけるピーク時間における流入交通量と流入部正面の環道交通量は、表-3.3 のとおりである。また、表-3.4 に、分析対象ラウンドアバウトの各流出入部の横断歩道の横断歩行者・自転車交通量を示す。

表-3.3 より分析対象ラウンドアバウトの各流入部の流入交通量と環道交通量をみると、軽井沢 Case1, 2 の流入部 A, C では、ビデオ撮影日のピーク時間を中心に、環道への流入車両の滞留車列が延伸し、これら流入部の流入交通量は交通容量に近い状態であった。この状況下での交通量の状況を見ると、軽井沢 Case1, 2 の流入部 A は流入交通量 600[veh/h]程度、環道交通量 50～80[veh/h]程度であり、流入交通量の方が多し。一方、軽井沢 Case1, 2 の流入部 C は流入交通量 400[veh/h]程度、環道交通量 400[veh/h]程度であり、流入交通量と環道交通量は同程度である。このことから、流入部 A では流入交通量が多いこと、流入部 C では流入交通量と環道交通量の両方が多いことから交通容量に近い状態になったと考えられる。他の分析対象ラウンドアバウトの流入部の流入交通量と環道交通量については、流入交通量と環道交通量とも少ないが、常陸多賀の流入部 D では正面環道交通量が 800[veh/h]程度、糸満の流入部 C の正面環道交通量は 600[veh/h]程度であり、比較的多い状況である。

表-3.4 より、分析対象ラウンドアバウトの各流出入部の横断歩行者・自転車交通量をみると、軽井沢 Case1,2 と常陸多賀流入部 A,D の横断歩行者・自転車交通量が多く、100[人・veh/h]以上の歩行者と自転車が利用している。軽井沢 Case1, 2 の流入部 A,C が交通容量に近い状態になるのは、この多い横断歩行者・自転車交通量も影響していると考えられる。また、他の分析対象ラウンドアバウトの各流出入部の横断歩行者・自転車交通量は、100[人・veh/h]未満と少ない状況である。

表-3.3 分析対象箇所のピーク時の流入交通量と環道交通量

| 箇所名・Case | | ピーク時流入交通量[veh/h] | | | | | 流入部正面環道交通量[veh/h] | | | | |
|----------|-------|------------------|-----|-----|-----|-----|-------------------|-----|-----|-----|-----|
| | | A | B | C | D | F | A | B | C | D | F |
| 守山 | Case1 | 400 | 68 | 193 | 96 | - | 99 | 391 | 67 | 180 | - |
| | Case2 | 375 | 62 | 175 | 94 | - | 92 | 373 | 59 | 170 | - |
| | Case3 | 319 | 62 | 175 | 123 | - | 130 | 390 | 60 | 149 | - |
| | Case4 | 266 | 64 | 158 | 96 | - | 99 | 325 | 64 | 139 | - |
| 常陸多賀 | | 373 | - | 545 | 261 | - | 184 | - | 217 | 809 | - |
| 軽井沢 | Case1 | 598 | - | 400 | 277 | - | 84 | - | 386 | 482 | - |
| | Case2 | 635 | - | 346 | 160 | - | 53 | - | 386 | 386 | - |
| 糸満 | | 481 | 359 | 44 | 249 | 136 | 146 | 317 | 626 | 296 | 318 |

※【ピーク時間】守山 7:15～8:15, 常陸多賀 7:00～8:00, 軽井沢 16:00～17:00, 糸満 7:30～8:30

表-3.4 分析対象箇所のピーク時の横断歩行者・自転車交通量

| 箇所名・Case | | ピーク時横断歩行者・自転車[人・veh/h] | | | | |
|----------|-------|------------------------|----|-----|-----|----|
| | | A | B | C | D | F |
| 守山 | Case1 | 1 | 30 | 2 | 0 | - |
| | Case2 | 0 | 49 | 0 | 0 | - |
| | Case3 | 0 | 39 | 0 | 0 | - |
| | Case4 | 0 | 53 | 1 | 0 | - |
| 常陸多賀 | | 464 | - | 0 | 191 | - |
| 軽井沢 | Case1 | 114 | - | 164 | 156 | - |
| | Case2 | 105 | - | 136 | 133 | - |
| 糸満 | | 24 | 27 | 34 | 47 | 32 |

※【ピーク時間】守山 7:15～8:15, 常陸多賀 7:00～8:00, 軽井沢 16:00～17:00, 糸満 7:30～8:30

3.2 幾何構造諸元の特徴

本研究の分析対象ラウンドアバウトの幾何構造については、表-3.5 と図-3.1 に示す7つの幾何構造諸元を設定する。設定理由は、次のとおりである。

車頭時間パラメータの値は、ラウンドアバウトの幾何構造によって影響を受けると考えられているが、影響を与える幾何構造が明らかになっていない。このため、本研究では、2.2.1 の Kimber(1980) の研究において、交通容量と幾何構造に関するモデルで使用されている6つの幾何構造諸元の流入部幅員 e 、流入部の流入車線幅員 v 、流入部のフレア区間長 l' 、外径 D 、流入部の曲線半径 r 、流入角度 θ を分析対象の幾何構造諸元として設定する。さらに、我が国では、流入車両の環道への逆走防止のために流入部の幾何構造において、図-3.2 に示すように環道への合流角度 ϕ を鋭角にして流入車両を環道へ誘導を促す工夫を講じることが多い。一方で、この合流角度 ϕ が鋭角になるほど環道の走行車両を確認しづらくなり、環道へ流入するためには、より大きな環道走行車両のギャップが必要になり、流入部の交通容量も低下すると考えられる。このため、本研究では Kimber(1980) の研究の6つの変数に、合流角度 ϕ を加えた7つ幾何構造諸元を設定し、車頭時間パラメータの値との関係进行分析する。

表-3.6 は、分析対象ラウンドアバウトのこれら7つの幾何構造諸元値を示したものである。同表より、分析対象ラウンドアバウトの幾何構造諸元の特徴をみると、外径 D については、守山 Case1~4、軽井沢 Case1, 2 が 27.0[m]、常陸多賀が 28.0[m]、糸満が 39.0[m] の3種類となるが、その他の幾何構造諸元値については、流入部毎の幾何構造諸元値に差異があり、異なる幾何構造条件となっている。軽井沢 Case1, 2 については、表-3.2 に示したように外径 $D=27.0$ [m] に6枝の道路が接続するため、他の箇所と比べ、流入部の曲線半径 r が小さく、流入部のフレア区間長 l' が短くなっている。糸満の流入部 C についても、接続道路が環道に小さな流入部の曲線半径 r で取り付いている。

表-3.5 分析対象とする幾何構造諸元

| No. | 幾何構造諸元 | 記号 | 単位 |
|-----|------------|----------|-----|
| 1 | 流入部幅員 | e | m |
| 2 | 流入部の車線幅員 | v | m |
| 3 | 流入部のフレア区間長 | l' | m |
| 4 | 外径 | D | m |
| 5 | 流入部の曲線半径 | r | m |
| 6 | 流入角度 | θ | deg |
| 7 | 合流角度 | ϕ | deg |

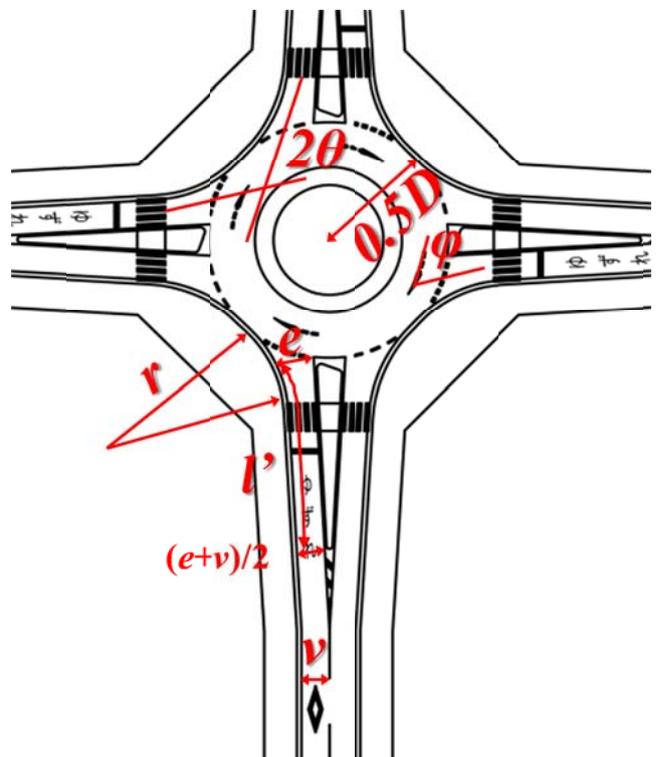


図-3.1 幾何構造諸元の位置図



図-3.2 逆走防止対策の流入部における幾何構造の工夫例(守山 Case4)

表-3.6 分析対象箇所幾何構造諸元値一覧

| 分析対象 ラウンドアバウト | | 流入部 | e [m] | v [m] | l' [m] | D [m] | r [m] | θ [m] | ϕ [m] |
|------------------|-------|-----|---------|---------|----------|---------|---------|--------------|------------|
| 守山 | Case1 | A | 4.88 | 2.75 | 3.00 | 27.0 | 22.0 | 35.0 | 17.5 |
| | | B | 4.85 | 2.75 | 2.92 | | 22.0 | 40.0 | 27.5 |
| | | C | 4.94 | 2.75 | 2.56 | | 22.0 | 41.0 | 33.5 |
| | | D | 5.03 | 2.75 | 3.38 | | 22.0 | 43.0 | 23.5 |
| | Case2 | A | 4.88 | 2.75 | 3.00 | 27.0 | 22.0 | 35.0 | 17.5 |
| | | B | 4.85 | 2.75 | 2.92 | | 22.0 | 40.0 | 27.5 |
| | | C | 4.94 | 2.75 | 2.56 | | 22.0 | 41.0 | 33.5 |
| | | D | 5.03 | 2.75 | 3.38 | | 22.0 | 43.0 | 23.5 |
| | Case3 | A | 4.88 | 2.75 | 3.00 | 27.0 | 22.0 | 35.0 | 17.5 |
| | | B | 4.85 | 2.75 | 2.92 | | 22.0 | 40.0 | 27.5 |
| | | C | 4.94 | 2.75 | 2.56 | | 22.0 | 41.0 | 33.5 |
| | | D | 5.03 | 2.75 | 3.38 | | 22.0 | 43.0 | 23.5 |
| | Case4 | A | 3.71 | 2.75 | 2.74 | 27.0 | 30.0 | 19.0 | 21.0 |
| | | B | 3.49 | 2.75 | 2.22 | | 30.0 | 16.0 | 22.0 |
| | | C | 3.92 | 2.75 | 3.09 | | 30.0 | 21.0 | 24.0 |
| | | D | 3.55 | 2.75 | 2.33 | | 30.0 | 17.0 | 21.5 |
| 常陸多賀 | | A | 4.70 | 3.25 | 4.44 | 28.0 | 11.0 | 32.0 | 34.0 |
| | | C | 4.44 | 3.00 | 11.46 | | 5.5 | 56.0 | 11.5 |
| | | D | 5.35 | 3.25 | 5.03 | | 13.0 | 26.0 | 14.0 |
| 軽井沢 | Case1 | A | 3.00 | 2.90 | 2.90 | 27.0 | 6.0 | 55.0 | 57.5 |
| | | C | 3.50 | 2.90 | 0.30 | | 6.0 | 65.0 | 57.0 |
| | | D | 4.10 | 2.50 | 1.60 | | 3.0 | 77.0 | 65.0 |
| | Case2 | A | 3.00 | 2.90 | 2.90 | 27.0 | 6.0 | 55.0 | 57.5 |
| | | C | 3.50 | 2.90 | 0.30 | | 6.0 | 65.0 | 57.0 |
| | | D | 4.10 | 2.50 | 1.60 | | 3.0 | 77.0 | 65.0 |
| 糸満 | | A | 4.15 | 3.00 | 7.17 | 39.0 | 21.5 | 43.0 | 15.0 |
| | | B | 3.87 | 3.00 | 4.95 | | 23.5 | 40.0 | 39.5 |
| | | C | 3.26 | 3.00 | 2.42 | | 6.0 | 45.0 | 37.0 |
| | | D | 3.99 | 3.00 | 4.68 | | 21.5 | 37.0 | 26.5 |
| | | F | 3.74 | 3.00 | 7.61 | | 39.0 | 33.0 | 28.5 |

3.3 車頭時間パラメータの代表値の設定

本節では、車頭時間パラメータの定義と計測方法について説明した上で、これに基づき計測した分析対象ラウンドアバウトの車頭時間パラメータの値から代表値を設定する。本来、同じ交通条件や幾何構造諸元においても、車頭時間パラメータの値はバラツキがある。しなしながら、ラウンドアバウトを計画・設計する実務者にとっては、設計した幾何構造諸元により、どの程度の車頭時間パラメータの値になるかという目安値を示す方が扱いやすい。したがって、本研究では車頭時間パラメータの値から代表値を設定することにする。車頭時間パラメータを計測時間は、各分析対象箇所の各流入部とも、総流入時間交通量が最も多いピーク時間を中心に前後3時間の計測を基本とした。ただし、守山と糸満については、ピーク時間では小型車で形成されるギャップの計測対象のサンプル数が少なかったため、ビデオ撮影時間の7時~18時の11時間を対象とする。

3.3.1 定義と計測方法

(1) 計測方法

表-3.1に示した分析対象ラウンドアバウトのビデオ撮影データを基に、小型車で形成されたクリティカルギャップ t_c ，流入車両の追従車頭時間 t_f ，環道交通流の最小車頭時間 τ の3つの車頭時間パラメータの値を計測する。図-3.3は、車頭時間パラメータの値を計測した計測断面を示したものである。

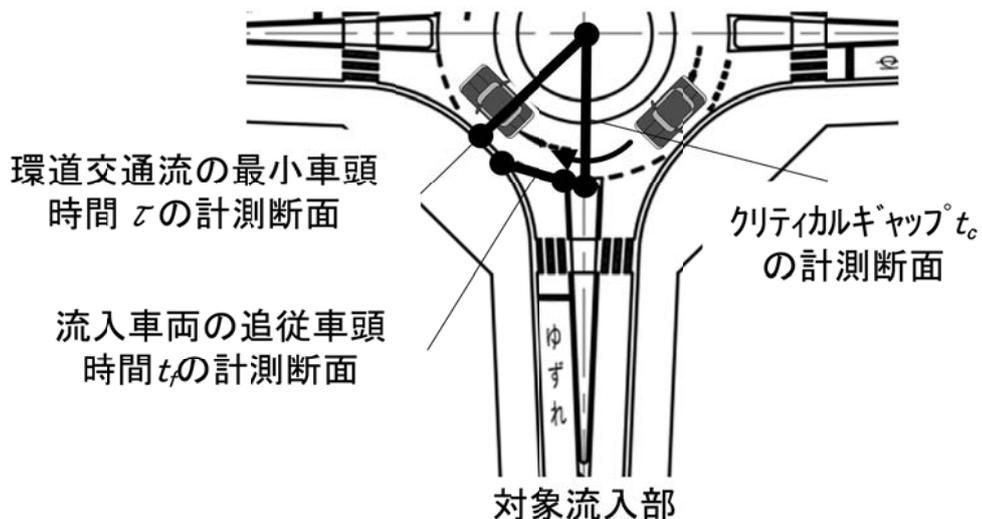


図-3.3 車頭時間パラメータの計測断面

(2) クリティカルギャップ t_c の定義と計測方法

クリティカルギャップ t_c とは、無信号交差点において「非優先側道路のドライバーが、優先側道路の交通流に対して通過あるいは流入可能と判断する最小の車頭時間(ギャップ)」と定義される。このことから、ラウンドアバウトのクリティカルギャップ t_c とは、「非優先側の環道へ流入しようとするドライバーが、優先側の環道交通流に対して合流し得る最小のギャップ(連続する2台の車両の隙間)」と定義される。クリティカルギャップ t_c より小さいギャップは、流入車両が環道交通流

中に流入できないことから棄却ギャップ、クリティカルギャップ t_c より大きいギャップは、流入車両が環道交通流中に流入できることから流入ギャップということにする。

流入ギャップと棄却ギャップの計測は、**図-3.3**に示した対象流入部の正面の位置で、中心位置と分離島、ゼブラの頂点を結んだ断面を t_c 計測断面として計測する。環道流入前の流入車両が存在する場合を対象として、環道走行車両の t_c 計測断面の通過時刻を記録し、連続して通過する2台の車両の通過時刻の差を取ることで、ギャップを計測する。本研究の流入ギャップは、1つのギャップに2台以上連続して流入した場合は、計測対象外とする。計測対象データは、環道走行車両のギャップが長ければ長いほど、先行する環道走行車両が t_c 計測断面を通過した時点で、後続の環道走行車両がまだ環道内に流入しておらず、流入車がギャップとして認識しない可能性が高いことから、本研究では10.0[s]以下のギャップサイズを対象として計測する。

本研究のクリティカルギャップ t_c の推定方法は、我が国で多く用いられている、Raff's methodの推定方法を用いてクリティカルギャップ t_c の代表値を推定することにする。Raff's methodの推定方法とは、観測値による流入ギャップの累積分布と棄却ギャップの累積分布の交点を、クリティカルギャップ t_c の代表値とする方法である。**図-3.4**に、Raff's methodにより、クリティカルギャップ t_c の代表値を推定した一例を示す。

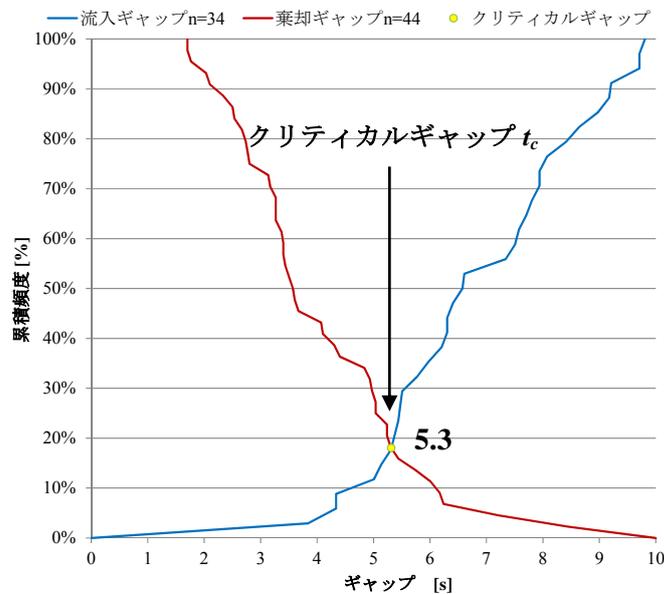


図-3.4 クリティカルギャップ t_c の値の一例

本研究で用いたRaff's methodの推定方法は、比較的サンプルが少ない場合に、簡単にクリティカルギャップ t_c を推定することができるが、ラウンドアバウトで優先側道路となる環道交通量が増えるに従い短くなる傾向が指摘されていること、交点による代表値しか求められないため、クリティカルギャップの分布のバラツキを把握することはできないという指摘がある。

これについて、後藤・中村(2016)による、ラウンドアバウトにおけるクリティカルギャップの推定に関する研究において、Raff's methodとWu's methodのそれぞれの計測手法から算定したクリティカルギャップ t_c の代表値の比較結果から、次のことが示唆されている。

Wu's methodでは、観測値による流入ギャップと棄却ギャップのそれぞれの累積分布からクリティカルギャップ t_c の累積分布を推定し、これから算定したクリティカルギャップ t_c の平均値を代表値とする。我が国の糸満と常陸多賀のラウンドアバウトで計測した観測値の流入ギャップと棄却ギャップの値を用いて、Raff's methodとWu's methodのそれぞれの推定手法により算定したクリ

ティカルギャップ t_c の代表値を比較した結果、これら2つの方法で推定したクリティカルギャップ t_c の代表値の差は0.3[s]であり、非常に近い値となる。このことから、Raff's methodの推定方法の課題となるクリティカルギャップの分布のパラツキを把握できないことについては、クリティカルギャップ t_c の累積分布を考慮して算定したクリティカルギャップ t_c の代表値と大きな差異はないと考えられる。

以上のことから、本研究では、既存ビデオ撮影データに基づき、比較的少ないサンプルから、クリティカルギャップ t_c の代表値を推定するため、Raff's methodの推定方法を用いることとする。

(3) 流入車両の追従車頭時間 t_f の定義と計測方法

流入車両の追従車頭時間 t_f の定義は、環道交通流中の同一のギャップ(連続する2台の車両の間)に、流入車両が連続して流入する際の平均車頭時間である。

流入車両の追従車頭時間 t_f の計測は、図-3.3に示した対象流入部のゆずれ線(破線)を流入車両の追従車頭時間 t_f の計測断面として、環道走行車両の有無に関わらず、追従して環道へ流入する流入車両の追従車頭時間 t_f の計測断面の通過時刻を記録し、連続して通過する2台の流入車両の通過時刻の差をとることで流入車両のギャップを計測する。

(4) 環道交通流の最小車頭時間 τ の定義と計測方法

環道交通流の最小車頭時間 τ の定義は、環道交通流の連続する2台の車両がある地点を通過する最小時間間隔である。

環道交通流の最小車頭時間 τ の計測は、流出入による加減速の影響を受けにくい箇所データを計測する必要があるため、図-3.3に示した位置で中心位置と隅角部の縁石を結んだ断面を環道交通流の最小車頭時間 τ の計測断面として、流入車両の有無に関わらず、追従して走行する環道走行車両の最小車頭時間 τ の計測断面の通過時刻を記録し、連続して通過する2台の環道走行車両の通過時刻の差をとることで、環道走行車両の車頭時間 τ を計測する。

3.3.2 車頭時間パラメータの代表値の設定

ここでは、クリティカルギャップ t_c 、流入車両の追従車頭時間 t_f 、環道交通流の最小車頭時間 τ の3つ車頭時間パラメータの代表値を設定する。

車頭時間パラメータの代表値は、ギャップアクセプタンス確率に基づく交通容量の推定式(2.24)で流入交通容量を推定する時に用いる値となる。推定流入交通容量は、クリティカルギャップ t_c 、流入車両の追従車頭時間 t_f 、環道交通流の最小車頭時間 τ の代表値が短くなる従い高くなり、長くなるに従い低くなる。したがって、これら3の車頭時間パラメータの代表値があまりにも短い場合は、推定流入交通容量が、現実の流入交通容量より高くなり、交通容量を過大評価することになる。逆に、車頭時間パラメータの代表値が大きい場合は、推定流入交通容量が、現実の流入交通容量より低くなり、交通容量を過小評価することになる。このため、車頭時間パラメータの代表値は、最大限、流入交通容量を過大・過小評価しないように設定する必要がある。

クリティカルギャップ t_c の代表値については、計測したクリティカルギャップ t_c の値が、流入車両が環道交通流中に合流し得る最少のギャップとして、環道へ流入する際の臨界状態を表すことから、3.3.1で述べた方法で推定したクリティカルギャップ t_c の値を代表値とする。表-3.7に、クリティカルギャップ t_c の代表値を示す。

表-3.7 クリティカルギャップ t_c の代表値

| | | t_c [s] | | | | |
|------|-------|-----------|--------|--------|--------|------|
| | | A | B | C | D | F |
| 守山 | Case1 | 5.39 | 5.81 | - | 5.61 | - |
| | Case2 | - | 5.54 | - | 5.31 | - |
| | Case3 | 4.92 ※ | 4.39 ※ | 4.61 ※ | 4.70 ※ | - |
| | Case4 | - | 4.53 ※ | - | 4.37 ※ | - |
| 糸満 | | 5.50 | 5.10 | 5.00 | 6.00 | 4.60 |
| 軽井沢 | Case1 | 4.57 | - | 4.64 | 4.62 | - |
| | Case2 | 5.25 | - | 4.83 | 4.79 | - |
| 常陸多賀 | | 5.30 | - | 4.50 | 4.50 | - |

※: 取得サンプル数が少ない(サンプル数: 20サンプル程度以下)

流入車両の追従車頭時間 t_f と環道交通流の最小車頭時間 τ の代表値については、流入交通容量を算定するために用いるため、流入車両と環道走行車両の追従状態を考慮する必要がある。追従状態の判断としては、HCM2010の車頭時間3.0[s]以内を追従状態とするという考え方がある。この考えに基づくと、3.0[s]以下の流入車両の追従車頭時間 t_f と環道交通流の最小車頭時間 τ の値を計測して、代表値を設定することになる。しかしながら、分析対象箇所のラウンドアバウトは交通量が少ないため、表-3.1に示したビデオ撮影時間では、3.0[s]以下の流入車両の追従車頭時間 t_f と環道交通流の最小車頭時間 τ の値の取得サンプルが少なくなり、分析ができなくなる可能性がある。このため、取得サンプルを多くするために、5.0[s]以下の流入車両の追従車頭時間 t_f と環道交通流の最小車頭時間 τ の値を計測し、計測した結果を、追従状態の3.0[s]以下の流入車両の追従車頭時間 t_f と環道交通流の最小車頭時間 τ の値と比較して、これら車頭時間の代表値として設定できるかどうかを確認する。確認の方法は、5.0[s]以下で計測した流入車両の追従車頭時間 t_f と環道交通流の最小車頭時間 τ の値を対象に、5.0[s]以下と3.0[s]以下の車頭時間の値による累積分布を比較し、流入交通容量の過大評価を避けるため、3.0[s]以下の累積分布の累積頻度が低くならない値に対応する5.0[s]以下の累積分布の車頭時間を確認し、流入車両の追従車頭時間 t_f と環道交通流の最小車頭時間 τ の代表値として設定することにする。

(1) 流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値

表-3.8は、5.0[s]以下の流入車両の追従車頭時間 t_f の値から、代表値になり得る可能性がある値をまとめたものである。これら値に対して、図-3.5に例示するように、3.0[s]以下の流入車両の追従車頭時間 t_f の累積分布の累積頻度が低くならない値に対応する5.0[s]以下の流入車両の追従車頭時間 t_f の値を確認する。確認の結果、表-3.8に示すように、5.0[s]以下の流入車両の追従車頭時間 t_f の15パーセンタイル値に対応する3.0[s]以下の累積分布の累積頻度が、概ね40%以上となり、3.0[秒]以下の流入車両の追従車頭時間 t_f の中でも短い値ではないことが確認できる。このことから、5.0[s]以下の流入車両の追従車頭時間 t_f の15パーセンタイル値を用いて算定する推定流入交通容量は、過大評価とはならないと考える。

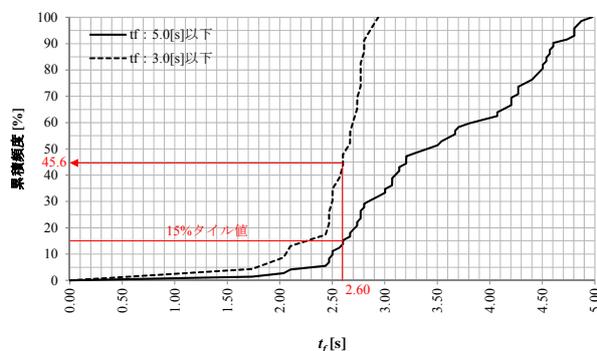
したがって、流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値は、5.0[s]以下の流入車両の追従車頭時間 t_f による15パーセンタイル値で設定することにする。

表-3.8 流入車両の追従車頭時間 t_f の分布特性

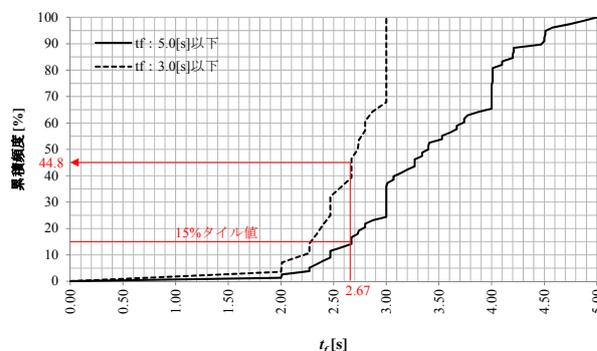
| | | 流入車両の追従車頭時間 t_f 5.0[s]以下 | | | | | | t_f 3.0[s]以下の累積分布による15パーセンタイル値の累積頻度 [%] | |
|------|-------|----------------------------|----------------|---------|---------|----------------|---------|---|--------|
| | | 最大値 [s] | 85パーセンタイル値 [s] | 中央値 [s] | 平均値 [s] | 15パーセンタイル値 [s] | 最小値 [s] | | |
| 守山 | Case1 | 流入部A | 4.94 | 4.51 | 3.60 | 3.67 | 2.94 | 1.87 | 87.5 |
| | | 流入部B | 4.97 | 4.57 | 3.45 | 3.54 | 2.60 | 1.73 | 45.6 |
| | | 流入部C | 4.97 | 4.75 | 3.90 | 3.76 | 2.68 | 2.10 | 64.6 |
| | | 流入部D | 4.91 | 4.47 | 3.85 | 3.78 | 3.10 | 2.00 | - * |
| | Case2 | 流入部A | 4.94 | 4.31 | 3.37 | 3.49 | 2.70 | 1.97 | 54.1 |
| | | 流入部B | 5.00 | 4.20 | 3.40 | 3.45 | 2.67 | 2.00 | 44.8 |
| | | 流入部C | 5.00 | 4.01 | 3.01 | 3.33 | 2.25 | 2.00 | 30.4 |
| | | 流入部D | 5.00 | 4.51 | 3.76 | 3.67 | 2.80 | 1.50 | 42.3 |
| | Case3 | 流入部A | 5.00 | 4.41 | 3.20 | 3.38 | 2.52 | 2.07 | 38.6 |
| | | 流入部B※ | 5.00 ※ | 4.61 ※ | 3.34 ※ | 3.43 ※ | 2.17 ※ | 1.94 ※ | 45.0 ※ |
| | | 流入部C | 5.00 | 4.17 | 3.34 | 3.41 | 2.50 | 2.20 | 61.9 |
| | | 流入部D※ | 5.00 ※ | 4.15 ※ | 3.24 ※ | 3.26 ※ | 2.27 ※ | 2.00 ※ | 50.0 ※ |
| | Case4 | 流入部A | 4.87 | 4.07 | 3.05 | 3.14 | 2.37 | 1.70 | 32.6 |
| | | 流入部B※ | 4.91 ※ | 4.45 ※ | 3.22 ※ | 3.34 ※ | 2.46 ※ | 1.87 ※ | 36.6 ※ |
| | | 流入部C | 4.90 | 4.38 | 3.22 | 3.25 | 2.27 | 1.70 | 34.9 |
| | | 流入部D※ | 4.97 ※ | 4.25 ※ | 3.30 ※ | 3.33 ※ | 2.67 ※ | 1.57 ※ | 39.2 ※ |
| 糸満 | 流入部A | 4.34 | 3.57 | 2.66 | 2.78 | 2.20 | 1.47 | 21.4 | |
| | 流入部B | 4.97 | 3.90 | 2.94 | 3.07 | 2.40 | 1.30 | 25.8 | |
| | 流入部C※ | 4.93 ※ | 4.57 ※ | 3.67 ※ | 3.60 ※ | 2.71 ※ | 1.93 ※ | 52.5 ※ | |
| | 流入部D | 4.93 | 4.27 | 3.10 | 3.23 | 2.37 | 1.71 | 32.1 | |
| | 流入部F | 4.97 | 4.31 | 3.23 | 3.29 | 2.41 | 1.73 | 39.1 | |
| 軽井沢 | Case1 | 流入部A | 5.00 | 4.45 | 3.34 | 3.38 | 2.49 | 2.00 | 36.2 |
| | | 流入部C | 4.93 | 4.40 | 3.27 | 3.46 | 2.59 | 2.10 | 43.5 |
| | | 流入部D | 5.00 | 4.74 | 4.01 | 3.92 | 3.18 | 2.43 | - * |
| | Case2 | 流入部A | 4.97 | 4.67 | 3.77 | 3.79 | 3.04 | 1.80 | - * |
| | | 流入部C | 4.94 | 4.67 | 4.00 | 3.91 | 3.16 | 2.50 | - * |
| | | 流入部D※ | 4.87 ※ | 4.63 ※ | 4.00 ※ | 3.86 ※ | 3.34 ※ | 2.67 ※ | - ※ |
| 常陸多賀 | 流入部A※ | 4.97 ※ | 4.40 ※ | 3.32 ※ | 3.45 ※ | 2.44 ※ | 2.00 ※ | 53.2 ※ | |
| | 流入部C※ | 4.90 ※ | 4.24 ※ | 3.14 ※ | 3.17 ※ | 2.23 ※ | 1.70 ※ | 42.9 ※ | |
| | 流入部D※ | 4.90 ※ | 3.96 ※ | 2.99 ※ | 3.06 ※ | 2.20 ※ | 1.70 ※ | 28.8 ※ | |

注 1) ※ : 50 サンプル以下.

注 2) * : 3.0[s]以下の流入車両の追従車頭時間 t_f の累積分布の累積頻度 100%の値が, 5.0[s]以下の流入車両の追従車頭時間 t_f の 15 パーセンタイル値未満となる.

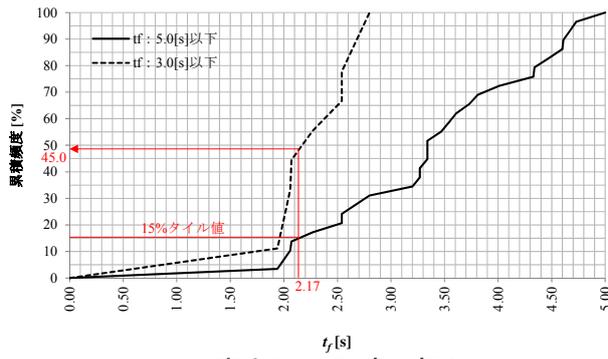


(a)守山Case1 流入部B

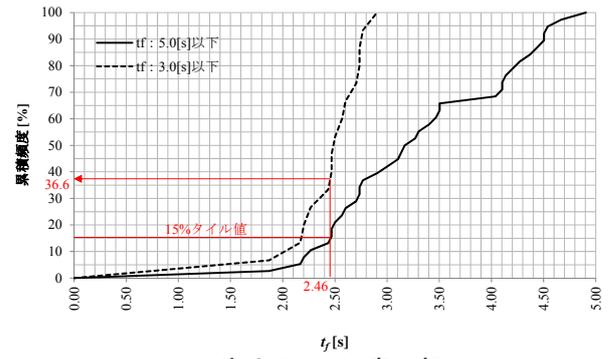


(b)守山Case2 流入部B

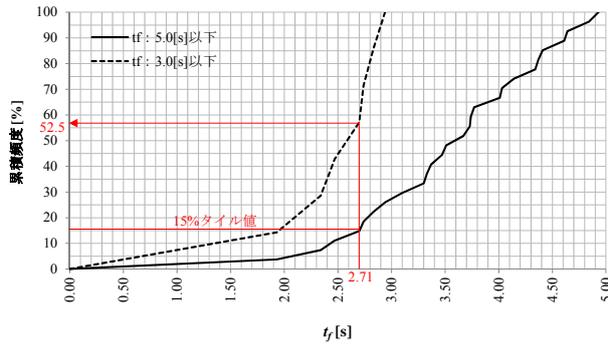
図-3.5 流入車両の追従車頭時間 t_f の累積頻度(t_f : 3.0[s]以下・5.0[s]以下)



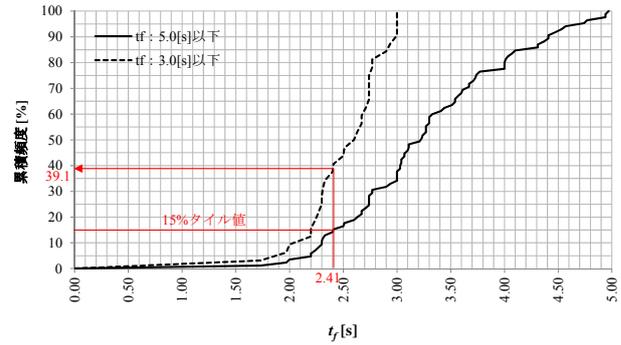
(c) 守山Case3 流入部B



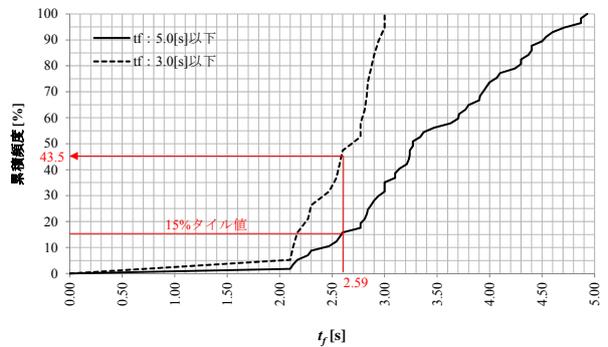
(d) 守山Case4 流入部B



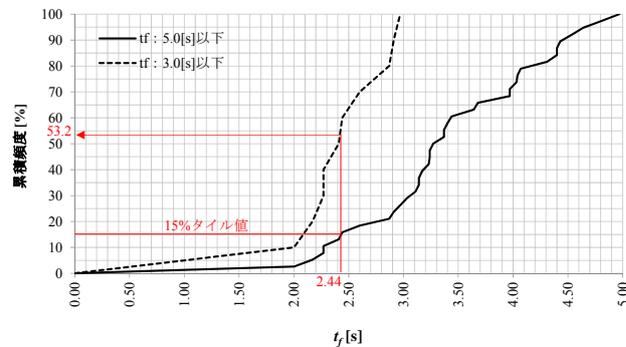
(e) 糸満 流入部C



(f) 糸満 流入部F



(g) 軽井沢Case1 流入部C



(h) 常陸多賀 流入部A

図-3.5 流入車両の追従車頭時間 t_f の累積頻度(t_f : 3.0[s]以下・5.0[s]以下)

(2) 環道交通流の最小車頭時間 τ の代表値

表-3.9は、5.0[s]以下の流入車両の最小車頭時間 τ から、代表値になり得る可能性がある値をまとめたものである。これら値に対して、図-3.6に例示するように、3.0[s]以下の環道交通流の最小車頭時間 τ の累積分布の累積頻度が低くならない値に対応する5.0[s]以下の環道交通流の最小車頭時間 τ の値を確認する。確認の結果、表-3.9に示すように、5.0[s]以下の環道交通流の最小車頭時間 τ の15パーセントイル値に対応する3.0[s]以下の累積分布の累積頻度が、概ね20~60%となり、3.0[s]以下の流入車両の最小車頭時間 τ の中でも短い値ではないことが確認できる。このことから、5.0[s]以下の流入車両の最小車頭時間 τ の15パーセントイル値を用いて算定する推定流入交通容

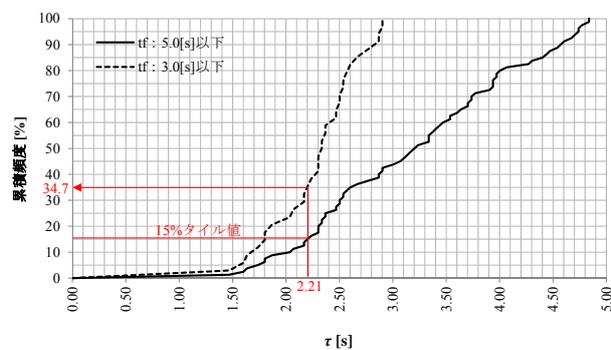
量は、過大評価とはならないと考える。

したがって、流入車両の最小車頭時間 τ の代表値は、5.0[s]以下の流入車両の最小車頭時間 τ による15パーセンタイル値で設定することにする。

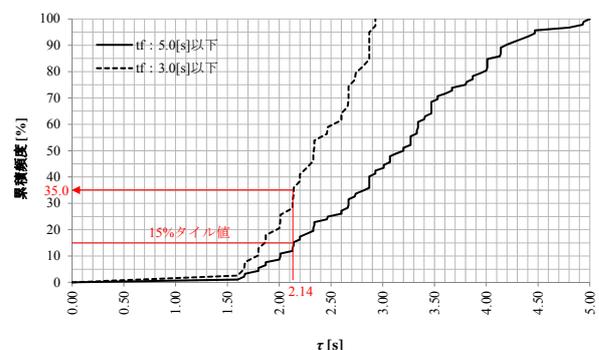
表-3.9 環道交通流の最小車頭時間 τ の分布特性

| | | 環道交通流の最小車頭時間 τ 5.0[s]以下 | | | | | | τ 3.0[s]以下の累積分布による15パーセンタイル値の累積頻度 [%] | |
|------|-------|------------------------------|----------------|---------|---------|----------------|---------|--|--------|
| | | 最大値 [s] | 85パーセンタイル値 [s] | 中央値 [s] | 平均値 [s] | 15パーセンタイル値 [s] | 最小値 [s] | | |
| 守山 | Case1 | 流入部A | 4.84 | 4.43 | 3.22 | 3.22 | 2.21 | 1.47 | 34.7 |
| | | 流入部B | 4.94 | 4.46 | 3.30 | 3.25 | 2.18 | 1.20 | 36.3 |
| | | 流入部C | 4.94 | 4.29 | 3.14 | 3.15 | 2.04 | 1.37 | 32.0 |
| | | 流入部D | 4.91 | 4.47 | 3.40 | 3.35 | 2.23 | 1.47 | 39.0 |
| | Case2 | 流入部A | 5.00 | 4.13 | 3.20 | 3.16 | 2.14 | 1.60 | 35.0 |
| | | 流入部B | 4.94 | 4.26 | 3.27 | 3.28 | 2.40 | 1.87 | 41.5 |
| | | 流入部C | 5.00 | 4.03 | 3.00 | 3.00 | 1.93 | 1.33 | 31.1 |
| | Case3 | 流入部A | 5.00 | 4.44 | 2.74 | 2.97 | 1.94 | 1.40 | 24.4 |
| | | 流入部B | 4.87 | 4.07 | 3.00 | 3.05 | 2.10 | 1.60 | 29.0 |
| | | 流入部C※ | 5.00 ※ | 4.46 ※ | 2.73 ※ | 2.93 ※ | 1.80 ※ | 1.54 ※ | 26.1 ※ |
| | Case4 | 流入部D | 5.00 | 4.43 | 3.01 | 3.15 | 2.09 | 1.47 | 30.0 |
| | | 流入部A※ | 4.90 ※ | 4.04 ※ | 2.84 ※ | 3.00 ※ | 2.07 ※ | 0.97 ※ | 27.3 ※ |
| | | 流入部B | 4.94 | 4.01 | 2.64 | 2.87 | 1.93 | 1.43 | 23.8 |
| | | 流入部C※ | 4.80 ※ | 3.66 ※ | 2.67 ※ | 2.79 ※ | 1.81 ※ | 1.63 ※ | 23.2 ※ |
| | 糸満 | 流入部D | 4.94 | 4.15 | 2.64 | 2.92 | 1.97 | 1.40 | 24.9 |
| | | 流入部A | 4.97 | 4.06 | 2.87 | 2.98 | 2.06 | 1.40 | 26.5 |
| 流入部B | | 5.00 | 3.34 | 2.37 | 2.52 | 1.83 | 1.43 | 20.8 | |
| 流入部C | | 4.88 | 4.08 | 2.60 | 2.89 | 1.94 | 1.47 | 23.4 | |
| 流入部D | | 4.94 | 3.89 | 2.60 | 2.79 | 2.00 | 1.47 | 22.6 | |
| 軽井沢 | 流入部F | 4.94 | 3.67 | 2.61 | 2.79 | 1.83 | 1.33 | 23.3 | |
| | Case1 | 流入部A※ | 4.84 ※ | 4.22 ※ | 3.30 ※ | 3.32 ※ | 2.44 ※ | 1.87 ※ | 38.7 ※ |
| | | 流入部C | 4.81 | 4.52 | 3.30 | 3.31 | 2.24 | 1.84 | 33.9 |
| | | 流入部D | 4.97 | 4.67 | 3.58 | 3.50 | 2.36 | 1.66 | 48.2 |
| | Case2 | 流入部A | 4.91 | 4.10 | 3.20 | 3.22 | 2.40 | 1.00 | 36.5 |
| | | 流入部C | 4.90 | 4.33 | 3.45 | 3.46 | 2.57 | 1.40 | 60.0 |
| 流入部D | | 4.97 | 4.34 | 3.34 | 3.40 | 2.67 | 1.80 | 50.7 | |
| 常陸多賀 | 流入部A | 5.00 | 4.25 | 2.87 | 3.05 | 2.16 | 1.67 | 25.4 | |
| | 流入部C | 4.94 | 4.31 | 2.90 | 3.01 | 1.97 | 1.54 | 26.0 | |
| | 流入部D | 4.97 | 4.12 | 2.90 | 3.04 | 2.12 | 1.37 | 26.7 | |

注) ※ : 50 サンプル以下。

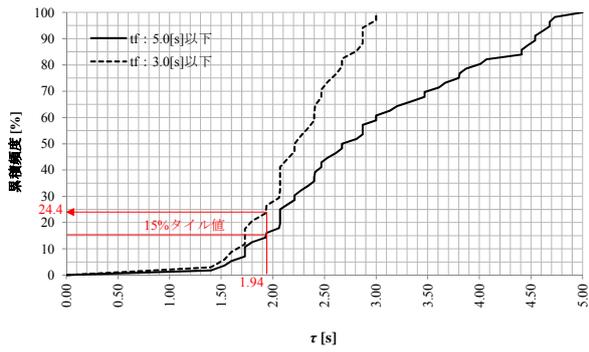


(a) 守山Case1 流入部A

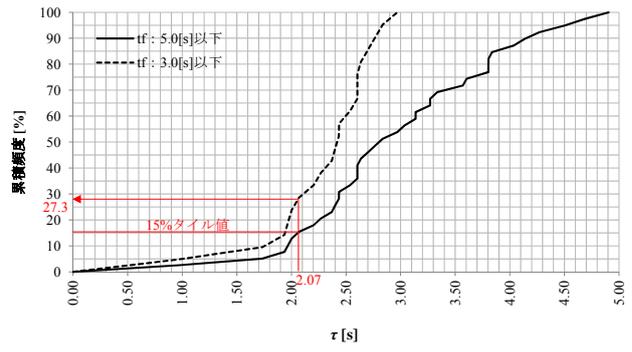


(b) 守山Case2 流入部A

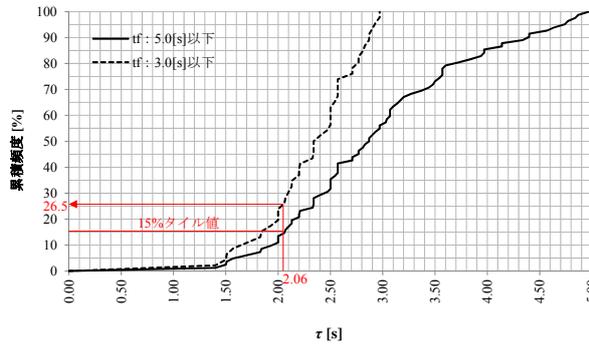
図-3.6 環道交通流の最小車頭時間 τ の累積頻度(τ : 3.0[s]以下・5.0[s]以下)



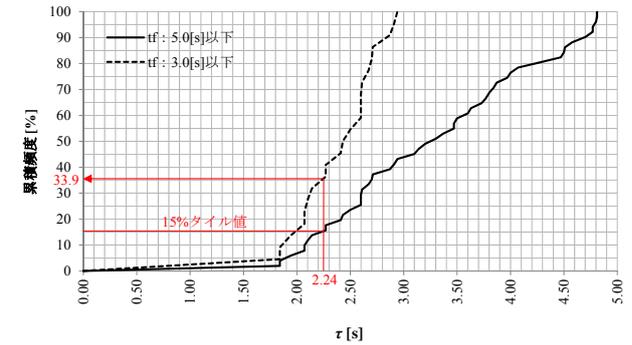
(c)守山Case3 流入部A



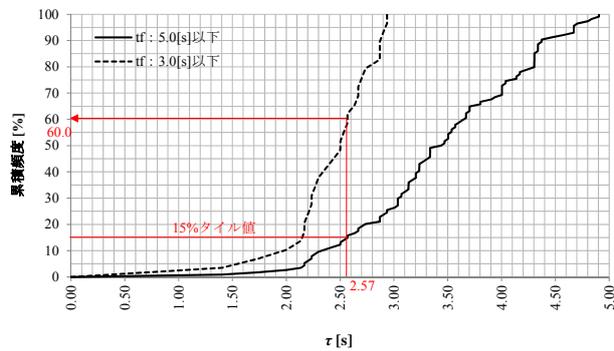
(d)守山Case4 流入部A



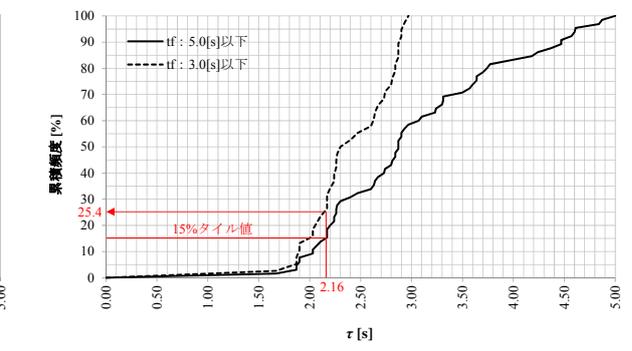
(e)糸満 流入部A



(f)軽井沢Case1 流入部C



(g)軽井沢Case2 流入部C



(h)常陸多賀 流入部A

図-3.6 環道交通流の最小車頭時間 τ の累積頻度(τ : 3.0[s]以下・5.0[s]以下)

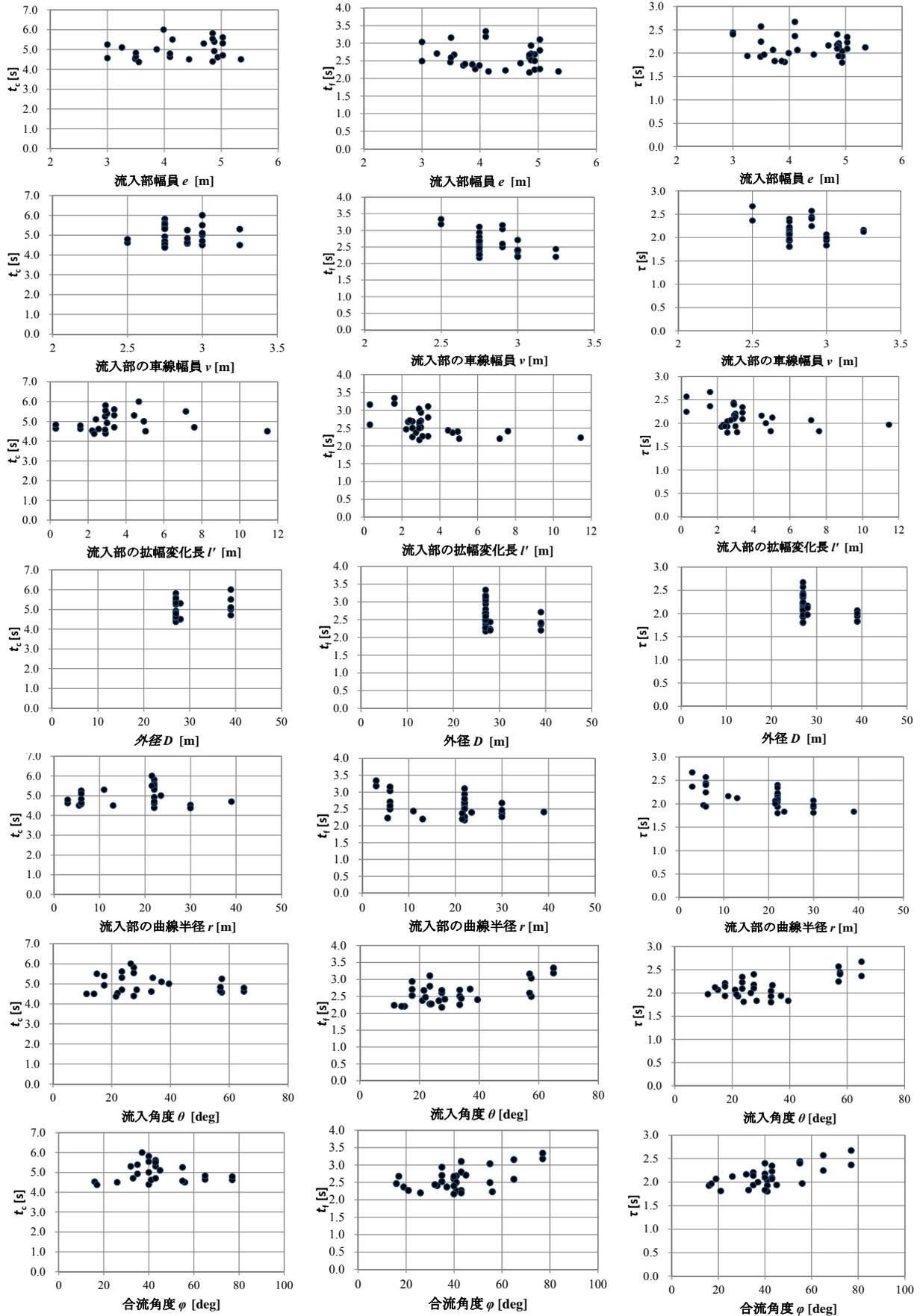
3.3.3 車頭時間パラメータの代表値の特徴

3.3.2 で設定したクリティカルギャップ t_c 、流入車両の追従車頭時間 t_f 、環道交通流の最小車頭時間 τ の代表値をとりまとめると、表-3.10 のとおりである。同表より、各車頭時間パラメータの代表値は、流入部間で差異がある。この差異の要因として、表-3.6 に示したように流入部間で幾何構造諸元値の違いが考えられる。この差異について、車頭時間パラメータの代表値と幾何構造諸元値の関係からみると、図-3.7 のとおりである。図-3.7 をみると、クリティカルギャップ t_c 、流入車両の追従車頭時間 t_f 、環道交通流の最小車頭時間 τ の代表値とも、各幾何構造諸元のそれぞれの代表値の分布は直線的な分布傾向となるものが比較的多く見られ、直線幾何構造諸元値が変化するにつれて、これら代表値は長くなる、あるいは短くなること傾向を示す。

表-3.10 車頭時間パラメータの代表値

| | | | 車頭時間パラメータの代表値 | | |
|------|-------|------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| | | | クリティカル ギャップ t_c の代 表値 [s] | 流入車両の追 従車頭時間 t_f の代表値 [s] | 環道交通流の 最小車頭時間 τ の代表値 [s] |
| 守山 | Case1 | 流入部A | 5.39 | 2.94 | 2.21 |
| | | 流入部B | 5.81 | 2.60 | 2.18 |
| | | 流入部C | - | 2.68 | 2.04 |
| | | 流入部D | 5.61 | 3.10 | 2.23 |
| | Case2 | 流入部A | - | 2.70 | 2.14 |
| | | 流入部B | 5.54 | 2.67 | 2.40 |
| | | 流入部C | - | 2.25 | 1.93 |
| | | 流入部D | 5.31 | 2.80 | 2.34 |
| | Case3 | 流入部A | 4.92 ※ | 2.52 | 1.94 |
| | | 流入部B | 4.39 ※ | 2.17 ※ | 2.10 |
| | | 流入部C | 4.61 ※ | 2.50 | 1.80 ※ |
| | | 流入部D | 4.70 ※ | 2.27 ※ | 2.09 |
| | Case4 | 流入部A | - | 2.37 | 2.07 ※ |
| | | 流入部B | 4.53 ※ | 2.46 ※ | 1.93 |
| | | 流入部C | - | 2.27 | 1.81 ※ |
| | | 流入部D | 4.37 ※ | 2.67 ※ | 1.97 |
| 糸満 | | 流入部A | 5.50 | 2.20 | 2.06 |
| | | 流入部B | 5.00 | 2.40 | 1.83 |
| | | 流入部C | 5.10 | 2.71 ※ | 1.94 |
| | | 流入部D | 6.00 | 2.37 | 2.00 |
| | | 流入部F | 4.70 | 2.41 | 1.83 |
| 軽井沢 | Case1 | 流入部A | 4.57 | 2.49 | 2.44 ※ |
| | | 流入部C | 4.64 | 2.59 | 2.24 |
| | | 流入部D | 4.62 | 3.18 | 2.36 |
| | Case2 | 流入部A | 5.25 | 3.04 | 2.40 |
| | | 流入部D | 4.79 | 3.34 ※ | 2.67 |
| 常陸多賀 | | 流入部A | 5.30 | 2.44 ※ | 2.16 |
| | | 流入部C | 4.50 | 2.23 ※ | 1.97 |
| | | 流入部D | 4.50 | 2.20 ※ | 2.12 |

※：少ない取得サンプルで設定した代表値(クリティカルギャップ t_c ：20サンプル程度以下、流入車両の追従車頭時間 t_f ：50サンプル以下、環道交通流の最小車頭時間 τ ：50サンプル以下)。



(a) クリティカルギャップ t_c と幾何構造諸元の関係

(b) 流入車両の追従車頭時間 t_f と幾何構造諸元の関係

(c) 環道交通流の最小車頭時間 τ と幾何構造諸元の関係

図-3.7 車頭時間パラメータの代表値と幾何構造諸元との関係

さらに、各車頭時間パラメータの代表値の流入部間で差異は、幾何構造諸元以外にも、次のような交通条件による影響があると考えられる。

- 表-3.1 に示したようにビデオ撮影日について、運用開始からの経過日数が異なる。
- 表-3.2 に示したように、流入部間において、交通制御には一時停止制御とゆずれ制御がある。
- 表-3.2 に示したように、流出入口において、分離島の有無がある。
- 表-3.4 に示したように横断歩行者・自転車交通量が 100[人・veh/h]以上の多い場合と、100[人・veh/h]未満の少ない場合がある。

このことから、各車頭時間パラメータの代表値の流入部間での差異について、経過日数、交通制御、分離島、横断歩行者・自転車の交通条件の影響を分散分析により確認する。表-3.11 に、差異を確認するための交通条件とそのグループ区分を示す。

クリティカルギャップ t_c の代表値の差異について、分散分析を行った結果を示すと表-3.12 のとおりである。クリティカルギャップ t_c の代表値については、経過日数の p 値が 1%水準で統計的に有意な結果となることから、クリティカルギャップ t_c の代表値は、経過日数で差異が生じていることが確認できた。

流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値の差異について、分散分析を行った結果を示すと表-3.13 のとおりである。流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値については、経過日数、交通制御の p 値が 1%水準で、横断歩行者・自転車、分離島が 5%水準で統計的に有意な結果となることから、流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値は、これらにより差異が生じていることが確認できた。

環道交通流の最小車頭時間 τ の代表値の差異について、分散分析を行った結果を示すと表-3.14 のとおりである。環道交通流の最小車頭時間 τ については、経過日数、横断歩行者・自転車、および交通制御の p 値が 1%水準で、分離島が 5%水準で統計的に有意な結果となることから、環道交通流の最小車頭時間 τ の代表値は、これらにより差異が生じていることが確認できた。

表-3.11 交通条件のそのグループ区分

| 交通条件 | グループ区分 |
|-----------|---|
| 経過日数 | グループ 1:9日, グループ 2:48日, グループ 3:118日, グループ 4:171日, グループ 5:323日, グループ 5:333日, グループ 5:513日. |
| 横断歩行者・自転車 | グループ 1:100[人・veh/h]未満, グループ 2:100[人・veh/h]以上. |
| 分離島 | グループ 1:分離島有り, グループ 2:分離島無し. |
| 交通制御 | グループ 1:一時停止制御, グループ 2:ゆずれ制御. |

表-3.12 クリティカルギャップ t_c の分散分析結果

| | p値 |
|-----------|---------------------------|
| 経過日数 | 2.189×10^{-3} ** |
| 横断歩行者・自転車 | 2.326×10^{-1} |
| 分離島 | 3.750×10^{-1} |
| 交通制御 | 8.064×10^{-1} |

* : 有意水準5%以内, ** : 有意水準1%

表-3.13 流入車両の追従車頭時間 t_f の分散分析結果

| | p値 |
|-----------|---------------------------|
| 経過日数 | 2.525×10^{-4} ** |
| 横断歩行者・自転車 | 2.774×10^{-2} * |
| 分離島 | 2.347×10^{-2} * |
| 交通制御 | 4.555×10^{-3} ** |

* : 有意水準5%以内, ** : 有意水準1%

表-3.14 環道交通流の最小車頭時間 τ の分散分析結果

| | p値 |
|-----------|---------------------------|
| 経過日数 | 2.861×10^{-4} ** |
| 横断歩行者・自転車 | 6.961×10^{-5} ** |
| 分離島 | 4.063×10^{-2} * |
| 交通制御 | 1.472×10^{-3} ** |

* : 有意水準5%以内, ** : 有意水準1%

3.4 まとめ

本章では、分析対象ラウンドアバウトの守山、糸満、常陸多賀の幾何構造諸元を整理するとともに、ビデオ撮影データの画像解析から計測したクリティカルギャップ t_c 、流入車両の追従車頭時間 t_f 、環道交通流の最少車頭時間 τ の代表値を設定した。

車頭時間パラメータの代表値については、クリティカルギャップ t_c の代表値は、Raff's method の推定方法を用いて、観測値による受入ギャップの累積分布と棄却ギャップの累積分布の交点を、クリティカルギャップ t_c の代表値とした。流入車両の追従車頭時間 t_f と環道交通流の最少車頭時間 τ の代表値は、5.0[s]以下の流入車両の追従車頭時間 t_f の 15 パーセンタイル値、5.0[s]以下の環道交通流の最少車頭時間 τ の 15 パーセンタイル値を代表値として設定した。設定の理由は、5.0[s]以下の

流入車両の追従車頭時間 t_f と環道交通流の最小車頭時間 τ の 15 パーセント値が、追従状態とする 3.0[s] 以下のそれぞれの車頭時間の累積分布の累積頻度で見ても、短い値となっておらず、流入交通容量を過大評価する値でないことを確認したためである。

設定した 3 つの車頭時間パラメータの代表値には流入部間で差異がある。この差異の一つの要因は、各幾何構造諸元値であることが確認でき、幾何構造諸元値の変化に伴い、車頭時間パラメータの代表値は延長、あるいは短縮する傾向を示し、各幾何構造諸元のそれぞれの代表値の分布は直線的な分布傾向となるものが比較的多く見られることを確認した。二つ目の差異の要因としては、幾何経過日数、横断歩行者・自転車、分離島、交通制御の交通条件により差異が生じていることが確認できた。このことから、3 つの車頭時間パラメータの代表値は、幾何構造諸元と、経過日数、横断歩行者・自転車、分離島、交通制御の交通条件からも影響を受けていると考える。

第4章 幾何構造が車頭時間パラメータに与える影響分析

第3章では、車頭時間パラメータの影響要因として考えられる7つの幾何構造諸元と、車頭時間パラメータであるクリティカルギャップ t_c 、流入車両の追従車頭時間 t_f 、環道交通流の最小車頭時間 τ の代表値を設定した。また、この3つの車頭時間パラメータの代表値は、幾何構造諸元と、経過日数、横断歩行者・自転車、分離島、交通制御の交通条件で差異が生じているという特徴を確認し、車頭時間パラメータの代表値は、幾何構造諸元だけでなく、交通条件からも影響を受けていると考えられる。そこで、本章では、幾何構造諸元と車頭時間パラメータのモデル分析を行い、幾何構造諸元が車頭時間パラメータの代表値に与える影響を定量的に明らかにするとともに、幾何構造諸元と交通条件に基づく車頭時間パラメータの代表値の推定式を策定する。

4.1 幾何構造諸元と交通条件が車頭時間パラメータに与える影響要因の仮説

幾何構造諸元と車頭時間パラメータのモデル分析では、各幾何構造諸元と各交通条件がどのように車頭時間パラメータの代表値に与える影響を与える仮説を踏まえ、モデル分析することが重要と考える。このため、ここでは、各幾何構造諸元と各交通条件が車頭時間パラメータの代表値に与える影響要因の仮説を立てる。

(3) 幾何構造諸元が車頭時間パラメータに与える影響要因の仮説

幾何構造諸元が車頭時間パラメータに与える影響要因の仮説について、車頭時間パラメータの代表値が短くなる各幾何構造諸元の条件の仮説を立てると、次のとおりである。

クリティカルギャップ t_c の代表値を短くするには、環道交通流に合流し得るギャップを短くする必要があり、このための幾何構造諸元の条件は、流入車両が環道流入に際して減速せず、加速しやすい条件になると考える。流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値を短くするには、環道へ連続流入する時の先行流入車両に追従する追従ギャップを短くする必要があり、このための幾何構造諸元の条件は、流入車両が連続流入しやすくなるように、環道流入に際して減速せず、加速しやすい条件になると考える。環道交通流の最小車頭時間 τ の代表値を短くするには、環道を走行する連続する2台の最小ギャップを短くする必要があり、このための幾何構造諸元の条件は、環道走行車両が環道を走行しやすい条件になると考える。これらのことに基づき、車頭時間パラメータの代表値を短くする各幾何構造諸元の条件は、次のとおりと考える。

- ・流入部の車線幅員 v 、流入部幅員 e を広くして、流入部での閉塞を緩和する。
- ・流入部の曲線半径 r を大きくして、流入部でのカーブ線形を緩やかにする。
- ・流入部のフレア区間長 l を長くする、すなわち、流入部の車線幅員と流入部幅員の擦りつけ区間長を長くして、流入部での滑らかな視線誘導効果を上げる。
- ・外径 D を大きくして、接続道路間の環道延長を長くする。
- ・合流角度 ϕ 、流入角度 θ を小さくして、環道への流出入角度を鋭角にする。

(4) 交通条件が車頭時間パラメータに与える影響要因の仮説

3.3.3で確認したように車頭時間パラメータの代表値は、経過日数、横断歩行者・自転車、分離島、交通制御といった交通条件で差異が生じていることから、これら交通条件が車頭時間パラメータの代表値に影響を与えていると考える。各交通条件が車頭時間パラメータに与える影響要因の仮説を立てると、次のとおりである。

分離島は、2.2.2のlouah(1992)の研究を踏まえると、幾何構造諸元として分離島の幅員が車頭時間パラメータに与える影響を分析することが望まれる。しかしながら、分析対象ラウンドアバウトの分離島は、横断歩道部の分離島の幅員が全て概ね2.0mであるなど、分離島の幅員にほとんど差異がない。しかし、分析対象ラウンドアバウトには、流出入口に分離島が有る場合と無い場合の2種類がある。このため、分離島の有無という交通条件として、車頭時間パラメータに与える影響を分析する。分離島は、流入車両と流出車両を物理的に分離するため、環道への流入、環道からの流出に際しての運転者の判断時間へ与える影響を軽減させると考えられ、分離島がある場合のクリティカルギャップ t_c 、流入車両の追従車頭時間 t_f 、環道交通流の最小車頭時間 τ の代表値は、分離島がない場合に比べ、短くなると考えられる。

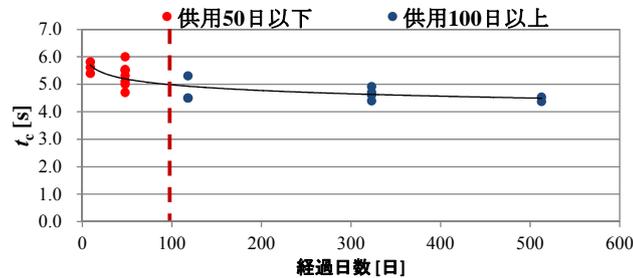
横断歩行者・自転車は、康・中村(2014)、康ら(2015)の研究のように、横断歩行者・自転車の多い場合と少ない場合により、環道からの流入と環道からの流出に際しての運転者の判断時間や交通挙動に影響を与え、クリティカルギャップ t_c 、流入車両の追従車頭時間 t_f 、環道交通流の最小車頭時間 τ の代表値に影響を与えられ、横断歩行者・自転車の多い場合は、環道の流出入に際して、車両挙動だけでなく横断歩行者・自転車の挙動も判断する必要があるため、横断歩行者・自転車が少ない場合に比べて判断時間が長くなり、横断歩行者・自転車の多い場合のクリティカルギャップ t_c 、流入車両の追従車頭時間 t_f 、環道交通流の最小車頭時間 τ の代表値は、横断歩行者・自転車が少ない場合に比べ、長くなると考えられる。横断歩行者・自転車の多い、少ないの定義については、(公社)日本道路協会の「道路構造令の解説と運用 平成27年6月 p.496」の考え方にに基づき、横断歩行者・自転車交通量が1流入部あたり100[人・veh/h]以上となる場合、「横断歩行者・自転車交通量が多い」とする。逆に、横断歩行者・自転車交通量が1流入部あたり100[人・veh/h]未満となる場合、「横断歩行者・自転車交通量が少ない」とする。

交通制御は、環道流入時の一時停止制御、ゆずれ制御という交通制御の違いにより、環道への流入に際しての運転者の判断時間、環道への進入後の車両挙動へ与える影響があると考えられる。一時停止制御の場合は、環道流入時に必ず一時停止をする必要があること、一時停止により環道への進入直後の環道走行速度が遅くなることから、一時停止制御の場合のクリティカルギャップ t_c 、流入車両の追従車頭時間 t_f 、環道交通流の最小車頭時間 τ の代表値は、ゆずれ制御の値に比べて長くなると考えられる。

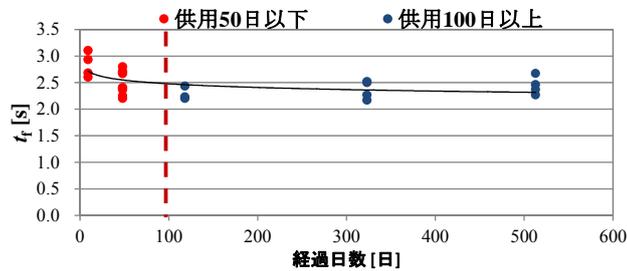
経過日数は、我が国のようにラウンドアバウトの数が少なく、ラウンドアバウトの利用に慣れてない運転者が多い場合は、特に運転者のラウンドアバウトの経験の差異から、環道への流出入および環道走行に際しての運転者の判断時間や運転操作へ与える影響があると考えられる。運用開始から経過日数が長い場合のクリティカルギャップ t_c 、流入車両の追従車頭時間 t_f 、環道交通流の最小車頭時間 τ の代表値は、経過日数が短い場合に比べ、短くなると考えられる。

この経過日数については、図-4.1より、幾何構造条件が厳しく、車頭時間パラメータに対する幾何構造の影響が強いと考えられる軽井沢を除く分析対象ラウンドアバウトで、経過日数と各車頭時間パラメータの関係をみると、各車頭時間パラメータの値は、経過日数の変化傾向が供用50以下と100以上で異なり、100日以上になると経過日数による車頭時間パラメータの値の変化率が小さくなる。これは、車頭時間パラメータの代表値は、運転者のラウンドアバウトの利用経験により、運用開始からの100日未満と100日以上の期間により、差異が生じると考えられる。運用開始から経過期間が長い場合のクリティカルギャップ t_c 、流入車両の追従車頭時間 t_f 、環道交通流の最小車頭時間 τ の代表値は、経過日数が短い場合に比べ、短くなると考えられる。経過期間を100日未満と100日以上の2つの期間として、経過期間別にグループ分けした各車頭時間パラメータの代表値と流入部の曲線半径 r との関係をみると図-4.2のとおりである。100日以上の各車頭時間パラメータの代表値は、100日未満より短くなり、流入部の曲線半径 r の値が大きくなるにつれて、短くなる傾向を示す。この傾向は、他の幾何構造諸元と各車頭時間パラメータの

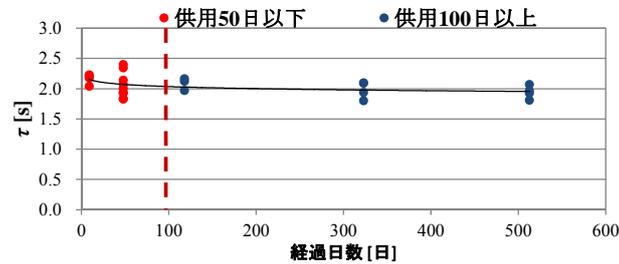
代表値の関係も同様であり、100日以上の各車頭時間パラメータの代表値は、100日未満より短くなり、幾何構造諸元の値の変化に伴い、各車頭時間パラメータの代表値は長く、あるいは短くなる傾向を示す。このことから、本研究では、経過期間も車頭時間パラメータの代表値の差異に影響を与えると考えられるため、経過期間について、100日未満を概ね3ヶ月未満、100日以上を概ね3ヶ月以上と定義し、交通条件とすることにする。



(a) 経過日数とクリティカルギャップ t_c との関係

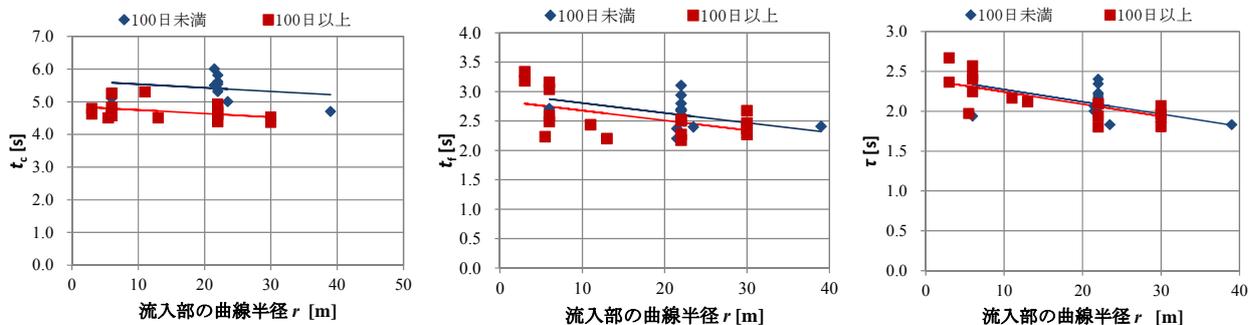


(b) 経過日数と流入車両の追従車頭時間 t_f との関係



(c) 経過日数と環道交通流の最小車頭時間 τ との関係

図-4.1 軽井沢を除く経過日数と車頭時間パラメータの関係



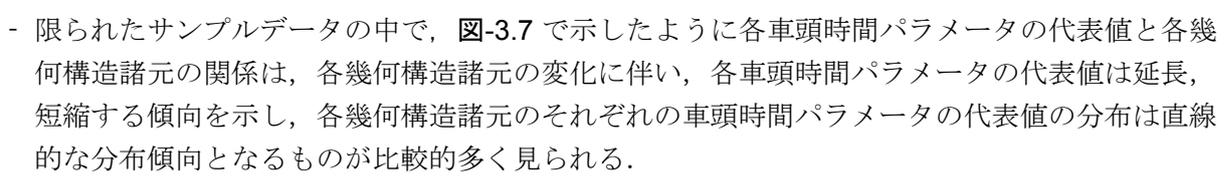
(a) クリティカルギャップ t_c と流入部の曲線半径 r の関係 (b) 流入車両の追従車頭時間 t_f と流入部の曲線半径 r の関係 (c) 環道交通流の最小車頭時間 τ と流入部の曲線半径 r の関係

図-4.2 経過期間 100日未満・以上別車頭時間パラメータの代表値と流入部の曲線半径 r との関係

4.2 分析の方法

(1) 車頭時間パラメータの推定のための重回帰モデル

4.1 の仮説を踏まえ、幾何構造諸元と交通条件が車頭時間パラメータの代表値に与える影響の定量的な分析と、車頭時間パラメータの代表値を推定する推定式を導くために、本研究では、クリティカルギャップ t_c 、流入車両の追従車頭時間 t_f 、環道交通流の最小車頭時間 τ の代表値を被説明変数、4.1 の仮説での各幾何構造諸元を説明変数、各交通条件をダミー変数とした重回帰分析を行う。クリティカルギャップ t_c 、流入車両の追従車頭時間 t_f 、環道交通流の最小車頭時間 τ の代表値は、式(4.1)~(4.3)のように線形の重回帰モデルで表されるものとする。線形の重回帰モデルで表されるとした考え方は、次のとおりである。

- 様々なモデル分析を行うには、分析対象サンプルデータが限られている。
- 限られたサンプルデータの中で、図-3.7 で示したように各車頭時間パラメータの代表値と各幾何構造諸元の関係は、各幾何構造諸元の変化に伴い、各車頭時間パラメータの代表値は延長、短縮する傾向を示し、各幾何構造諸元のそれぞれの車頭時間パラメータの代表値の分布は直線的な分布傾向となるものが比較的多く見られる。
- 説明変数とする全ての幾何構造諸元は相互に関係しているとは限らない。
- ダミー変数とする交通条件は、独立変数である。
- ラウンドアバウトを計画・設計する実務者にとって、扱いやすいモデルとする必要がある。

$$t_c = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot x_1 + \cdots + \alpha_8 \cdot x_8 + \alpha_9 \cdot d_1 + \cdots + \alpha_{12} \cdot d_4 \quad \cdots(4.1)$$

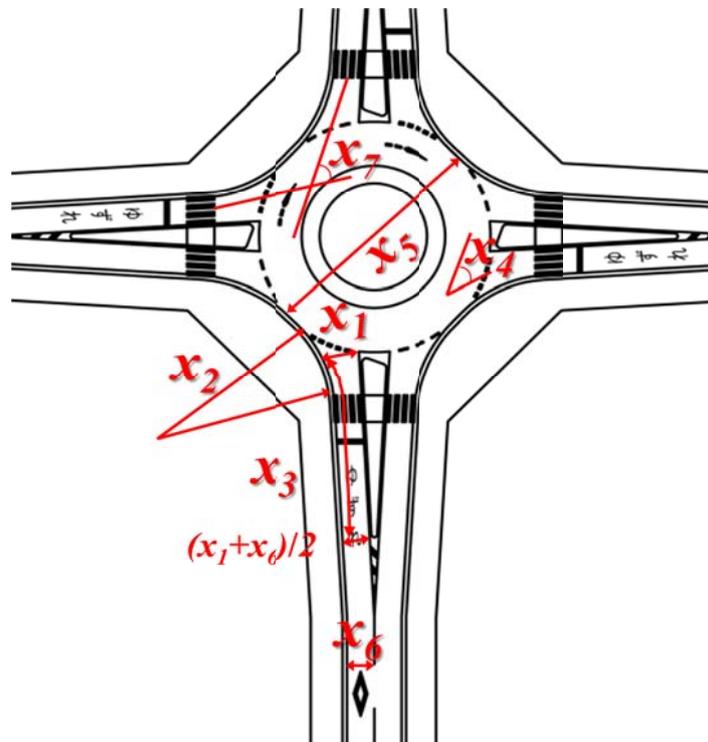
$$t_f = \beta_0 + \beta_1 \cdot x_1 + \cdots + \beta_8 \cdot x_8 + \beta_9 \cdot d_1 + \cdots + \beta_{12} \cdot d_4 \quad \cdots(4.2)$$

$$\tau = \gamma_0 + \gamma_1 \cdot x_1 + \cdots + \gamma_8 \cdot x_8 + \gamma_9 \cdot d_1 + \cdots + \gamma_{12} \cdot d_4 \quad \cdots(4.3)$$

ここに、 t_c ：クリティカルギャップ[s]、 t_f ：流入車両の追従車頭時間[s]、 τ ：環道交通流の最小車頭時間[s]、 $\alpha_0 \sim \alpha_{12}$ 、 $\beta_0 \sim \beta_{12}$ 、 $\gamma_0 \sim \gamma_{12}$ ：係数、 $x_1 \sim x_8$ ：幾何構造諸元値、 $d_1 \sim d_4$ ：ダミー変数である。表-4.1に、式(4.1)~(4.3)の幾何構造諸元 $x_1 \sim x_7$ と交通条件の経過日数 x_8 の説明変数と交通条件のダミー変数 $d_1 \sim d_4$ を示す。図-4.3に、何構造諸元 $x_1 \sim x_7$ との位置を示す。

表-4.1 重回帰分析の説明変数とダミー変数

| 説明変数・ダミー変数 | 適用範囲およびダミー変数の内容 |
|----------------------|---|
| 流入部幅員 x_1 [m] | 3.0[m] ~ 5.35[m] |
| 流入部の曲線半径 x_2 [m] | 3.0[m] ~ 39.0[m] |
| 流入部のフレア区間長 x_3 [m] | 0.3[m] ~ 11.5[m] |
| 合流角度 x_4 [deg] | 11.5[deg] ~ 65.0[deg] |
| 外径 x_5 [m] | 27.0[m] ~ 39.0[m] |
| 流入部の車線幅員 x_6 [m] | 2.75[m] ~ 3.0[m] |
| 流入角度 x_7 [deg] | 16.0[deg] ~ 77.0[deg] |
| 経過日数 x_8 [日] | 9[日] ~ 513[日] |
| 経過期間ダミー d_1 | <ul style="list-style-type: none"> 概ね3ヶ月未満 : 1 概ね3ヶ月以上 : 0 |
| 分離島ダミー d_2 | <ul style="list-style-type: none"> 分離島が有る : 1 分離島が無い : 0 |
| 横断歩行者・自転車ダミー d_3 | <ul style="list-style-type: none"> 横断歩行者・自転車が多い : 1 横断歩行者・自転車が少ない : 0 |
| 交通制御ダミー d_4 | <ul style="list-style-type: none"> 一時停止規制 : 1 ゆずれ規制 : 0 |



ここに、 x_1 :流入部幅員[m]、 x_2 :流入部の曲線半径[m]、 x_3 :流入部のフレア区間長[m]、 x_5 :外径[m]、 x_4 :合流角度[deg]、 x_6 :流入部の車線幅員[m]、 x_7 :流入角度[deg]である。

図-4.3 説明変数の7つの幾何構造諸元

(2) 重回帰分析における説明変数の絞り込みの考え方

重回帰分析において、表-4.1 に示した説明変数の中から、車頭時間パラメータの代表値の影響要因となる説明変数を導くために、変数減少法により、車頭時間パラメータの推定式に用いる説明変数を絞り込むことにする。

最初に、全ての説明変数 $x_1 \sim x_8$ と全てのダミー変数 $d_1 \sim d_4$ による重回帰分析を行う。次に、多重共線性の問題を解消するために、説明変数間およびダミー変数間の相関係数を確認し、高い相関関係にある説明変数およびダミー変数を抽出する。また、重回帰分析の係数と車頭時間パラメータの代表値と説明変数の単相関係数を確認し、重回帰分析の係数と単回帰の係数の符号が一致していない説明変数を抽出する。抽出した説明変数とダミー変数は、高い相関関係にある場合は、 t 値が低い説明変数、ダミー変数から順次除く。重回帰分析の係数と単回帰の係数の符号が一致していない場合は、単相関係数と異なる重回帰分析の係数の傾向を示す説明変数、ダミー変数から順次除く。次に、これらの考え方で絞り込んだ説明変数、ダミー変数において、統計的に有意でない t 値について、 t 値が低い説明変数から順次除く。そして、決定係数が高く、かつ t 値が統計的に優位になる説明変数とダミー変数を、車頭時間パラメータの推定式に用いる説明変数、ダミー変数とする。

また、我が国のマニュアルにおいて、ラウンドアバウトの平面幾何構造の幾何構造諸元として扱っていない幾何構造諸元が最終的に説明変数として残った場合など、政策変数の位置付けで、その幾何構造諸元を間接的に説明する幾何構造諸元により、新たに重回帰分析を行い、決定係数、説明変数とダミー変数の t 値の統計的な優位性を確認し、車頭時間パラメータの推定式に用いる説明変数、ダミー変数とする。

(3) 車頭時間パラメータの推定値の検証方法

導いた各車頭時間パラメータの推定式から算定する推定値については、実測値との誤差を定量的に評価するため、式(4.4)で算定する MAPE より評価する。なお、一般的に、MAPE の十分な推定精度を有した基準は 15%以下とされている。

$$MAPE_i = \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|x_i - \hat{x}_i|}{x_i} \right) \cdot 100\% \quad \dots(4.4)$$

ここに、 x_i :車頭時間パラメータの実測値[s], \hat{x}_i : 車頭時間パラメータの推定値[s]である。

4.3 幾何構造諸元と車頭時間パラメータのモデル分析

4.3.1 幾何構造諸元とクリティカルギャップ t_c のモデル分析

(1) 幾何構造諸元とクリティカルギャップ t_c のモデル分析結果

表-4.2 に、クリティカルギャップ t_c の重回帰分析の結果を示す。また、表-4.3 にクリティカルギャップ t_c の代表値と説明変数、およびダミー変数の相関分析の結果を示す。表-4.2 より、各 t_c モデルについて考察すると、次のとおりである。

(a) t_c モデル 1

t_c モデル 1 は、全ての説明変数とダミー変数による重回帰分析結果である。このモデルの自由度調整済決定係数は 0.435 と低く、統計的に有意になるクリティカルギャップ t_c の代表値の影響要因は、経過期間ダミー d_1 のみの結果となり、幾何構造諸元値 $x_1 \sim x_7$ は、クリティカルギャップ t_c の代表値の影響要因として統計的に有意にならなかった。理由としては、幾何構造諸元値 $x_1 \sim x_7$ のサンプルデータが限られている中で、データにバラツキがあるためと考える。ただし、 t_c モデル 1 の説明変数間、説明変数とダミー変数間には、表-4.3 に示すように高い相関係数ものが含まれており、このモデルの信頼性は低い。高い相関関係にある説明変数とダミー変数は、以下のとおりである。

- 流入部の曲線半径 x_2 と合流角度 x_4 の相関係数：-0.799
- 流入部の曲線半径 x_2 と横断歩行者・自転車ダミー d_3 の相関係数：-0.753
- 合流角度 x_4 と流入角度 x_7 の相関係数：0.762
- 流入角度 x_7 と横断歩行者・自転車ダミー d_3 の相関係数：0.735
- 経過日数 x_8 と経過期間ダミー d_1 の相関係数：-0.783

(b) t_c モデル 2

t_c モデル 2 は、よく似た説明変数の経過日数 x_8 と経過期間ダミー d_1 について、 t_c モデル 1 での経過日数 x_8 と経過期間ダミー d_1 の t 値を比較して、t 値が低い方の経過日数 x_8 を除き、重回帰分析を行った結果である。このモデルの自由度調整済決定係数は 0.422 と低く、 t_c モデル 1 と同様に、統計的に有意になるクリティカルギャップ t_c の代表値の影響要因も、経過期間ダミー d_1 のみの結果となり、幾何構造諸元値 $x_1 \sim x_7$ は、クリティカルギャップ t_c の代表値の影響要因として統計的に有意にならなかった。ただし、このモデルには、幾何構造の説明変数間、説明変数とダミー変数間に、 t_c モデル 1 で示した高い相関関係にあるものが含まれているため、このモデルの信頼性は低い。

表-4.2 クリテikalギヤツプ t_c の重回帰分析の結果

| 説明変数 | t_c モデル1 | | t_c モデル2 | | t_c モデル3 | | t_c モデル4 | | t_c モデル5 | | t_c モデル6 | | t_c モデル7 | |
|----------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|
| | 係数 | t値 | 係数 | t値 | 係数 | t値 | 係数 | t値 | 係数 | t値 | 係数 | t値 | 係数 | t値 |
| 流入部幅員 [m] x_1 | 1.805×10^{-1} | 0.877 | 5.627×10^{-2} | 0.318 | 8.591×10^{-2} | 0.636 | 8.389×10^{-2} | 0.652 | 1.211×10^{-1} | 1.139 | 1.001×10^{-1} | 1.079 | - | - |
| 流入部の曲線半径 [m] x_2 | -3.532×10^{-2} | -1.580 | -2.862×10^{-2} | 0.022 | -1.476×10^{-2} | -1.115 | -1.536×10^{-2} | -1.428 | -1.640×10^{-2} | -1.567 | -1.320×10^{-2} | -1.774 + | -1.130×10^{-2} | -1.558 |
| 流入部のフレア区間長 [m] x_3 | 4.434×10^{-2} | 0.598 | 7.396×10^{-3} | 0.109 | -2.282×10^{-2} | -0.533 | -2.395×10^{-2} | -0.609 | - | - | - | - | - | - |
| 合流角度 [deg] x_4 | -1.362×10^{-2} | -0.710 | -1.404×10^{-2} | -0.724 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 外径 [m] x_5 | 6.306×10^{-3} | 0.149 | 1.027×10^{-2} | 0.240 | -1.743×10^{-2} | -0.609 | -1.764×10^{-2} | -0.638 | - | - | - | - | - | - |
| 流入部の車線幅員 [m] x_6 | 3.668×10^{-1} | 0.359 | -6.480×10^{-2} | -0.068 | 5.838×10^{-1} | 0.943 | 6.064×10^{-1} | 1.125 | 4.550×10^{-2} | 0.124 | - | - | - | - |
| 流入角度 [deg] x_7 | 5.373×10^{-4} | 0.032 | -3.238×10^{-3} | -0.193 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 経過日数 [日] x_8 | 1.895×10^{-3} | 1.143 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 経過期間ダミー d_1 | 1.415 | 2.564 ** | 8.463×10^{-1} | 3.495 ** | 8.661×10^{-1} | 3.746 ** | 8.606×10^{-1} | 4.012 ** | 7.668×10^{-1} | 5.020 ** | 7.842×10^{-1} | 5.529 ** | 7.886×10^{-1} | 5.542 ** |
| 分離島ダミー d_2 | 1.835×10^{-1} | 0.777 | 2.054×10^{-1} | 0.862 | 1.867×10^{-1} | 0.824 | 1.880×10^{-1} | 0.858 | 9.551×10^{-2} | 0.466 | - | - | - | - |
| 横断歩行者・自転車ダミー d_3 | 3.486×10^{-1} | 0.773 | 2.569×10^{-1} | 0.572 | 2.360×10^{-2} | 0.083 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 交通管制ダミー d_4 | 4.538×10^{-1} | 1.119 | 3.976×10^{-1} | 0.976 | 1.329×10^{-1} | 0.484 | 1.359×10^{-1} | 0.516 | - | - | - | - | - | - |
| 自由度調整決定係数 R^2 | | 0.435 | | 0.422 | | 0.467 | | 0.500 | | 0.514 | | 0.555 | | 0.551 |
| p値 | | $6.003 \times 10^{-2} +$ | | $5.291 \times 10^{-2} +$ | | $1.9291 \times 10^{-2} *$ | | $8.853 \times 10^{-3} **$ | | $1.611 \times 10^{-3} **$ | | $1.536 \times 10^{-4} **$ | | $5.713 \times 10^{-5} **$ |
| サンプル数 | | 25 | | 25 | | 25 | | 25 | | 25 | | 25 | | 25 |

+ : 有意水準10%以内, * : 有意水準5%以内, ** : 有意水準1%以内

表-4.3 クリテikalギヤツプ t_c の代表値と説明変数およびダミー変数の相関分析の結果

| t_c | x_1 | x_2 | x_3 | x_4 | x_5 | x_6 | x_7 | x_8 | d_1 | d_2 | d_3 | d_4 |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| t_c | 1.000 | 0.195 | 0.119 | 0.046 | -0.070 | 0.296 | 0.093 | -0.167 | 0.737 | 0.185 | -0.248 | 0.052 |
| x_1 | 0.195 | 1.000 | 0.224 | 0.144 | -0.170 | -0.298 | -0.100 | -0.518 | 0.268 | -0.215 | -0.330 | 0.319 |
| x_2 | 0.119 | 0.224 | 1.000 | 0.149 | -0.799 | 0.161 | -0.099 | -0.646 | 0.336 | 0.647 | -0.753 | -0.282 |
| x_3 | 0.046 | 0.144 | 0.149 | 1.000 | -0.162 | 0.440 | 0.504 | -0.519 | 0.181 | 0.182 | -0.298 | -0.533 |
| x_4 | -0.070 | -0.170 | -0.799 | -0.162 | 1.000 | -0.073 | -0.243 | 0.762 | -0.125 | -0.520 | 0.580 | 0.525 |
| x_5 | 0.296 | -0.298 | 0.161 | 0.440 | -0.073 | 1.000 | 0.477 | -0.096 | 0.496 | 0.388 | -0.251 | -0.580 |
| x_6 | 0.093 | -0.100 | -0.099 | 0.504 | -0.243 | 0.477 | 1.000 | -0.226 | 0.049 | 0.019 | 0.181 | -0.585 |
| x_7 | -0.167 | -0.518 | -0.646 | -0.519 | 0.762 | -0.096 | -0.226 | 1.000 | -0.283 | -0.318 | 0.735 | 0.392 |
| x_8 | -0.650 | -0.379 | 0.131 | -0.322 | -0.225 | -0.381 | -0.298 | 0.089 | -0.783 | 0.219 | 0.103 | -0.149 |
| d_1 | 0.737 | 0.268 | 0.336 | 0.181 | -0.125 | 0.496 | 0.049 | 1.000 | 1.000 | 0.172 | -0.527 | 0.027 |
| d_2 | 0.185 | -0.215 | 0.647 | 0.182 | -0.520 | 0.388 | 0.019 | -0.318 | 0.172 | 1.000 | -0.459 | -0.508 |
| d_3 | -0.248 | -0.330 | -0.753 | -0.298 | 0.580 | -0.251 | 0.181 | 0.735 | -0.527 | -0.459 | 1.000 | 0.185 |
| d_4 | 0.052 | 0.319 | -0.282 | -0.533 | -0.580 | -0.585 | -0.149 | 0.027 | -0.508 | 0.185 | 0.185 | 1.000 |

(c) t_c モデル 3

表-4.2 に示す t_c モデル 3 は、よく似た幾何構造諸元の説明変数の合流角度 x_4 、流入角度 x_7 について、 t_c モデル 2 での t 値の比較から t 値が低い方の流入角度 x_7 を除いて重回帰分析を行い、さらに、その結果から高い相関関係の合流角度 x_4 と流入部の曲線半径 x_2 の t 値を比較して、 t 値が低い方の合流角度 x_4 を除き、重回帰分析を行った結果である。このモデルでは、幾何構造諸元の説明変数間の多重共線性の問題を解消している。

このモデルの自由度調整済決定係数は 0.467 となり、 t_c モデル 1, 2 に比べて高くなる。説明変数とダミー変数の t 値をみると、依然、統計的に有意になるクリティカルギャップ t_c の代表値の影響要因となるのは、経過期間ダミー d_1 のみである。ただし、流入部の曲線半径 x_2 の t 値が -1.115 となり、統計的に有意な水準ではないが、他の幾何構造諸元に比べて高くなり、係数が -1.476×10^{-2} となることから、4.1 の仮説のとおり、流入部の曲線半径 x_2 が大きくなると、流入部でのカーブ線形が緩やかになり、環道流入に際して加速しやすくなるため、クリティカルギャップ t_c の代表値は短くなる。逆に、横断歩行者・自転車ダミー d_3 の t 値が 0.083 と最も低くなる。この理由としては、横断歩行者・自転車が 1 流入部あたり 100[人・veh/h] 以上と多い、分析対象流入部の約 7 割を占める軽井沢にあると考える。軽井沢では、横断歩行者・自転車が多いいにも係らず、横断歩道待ちの歩行者・自転車が存在しても、停止しない流入車両が多いこと、環道と横断歩道の離隔距離が約 1.3m 程度と短く、環道流入に際して横断歩道に停止する流入車両が多いという実態があるため、運転者の環道流入の判断が車両のみとなる場合が多く、横断歩行者・自転車が、少ないによるクリティカルギャップ t_c の代表値への影響に差異が生じなかったためと考える。

(d) t_c モデル 4

表-4.2 に示す t_c モデル 4 は、 t_c モデル 3 から、 t 値の低い横断歩行者・自転車ダミー d_3 を除いて重回帰分析を行った結果である。このモデルの自由度調整済決定係数は 0.500 となり、 t_c モデル 3 に比べて高くなるが、依然、統計的に有意になるクリティカルギャップ t_c の代表値の影響要因となるのは、経過期間ダミー d_1 のみである。ただし、統計的に有意な水準ではないが、流入部の曲線半径 x_2 の t 値 -1.428、流入部の車線幅員 x_6 の t 値 1.125 となり、他の幾何構造諸元に比べて高くなる。流入部の車線幅員 x_6 の係数が 6.064×10^{-1} となることから、4.1 の仮説とは逆に、流入部の車線幅員 x_6 が広くなるとクリティカルギャップ t_c の代表値は長くなる。この理由としては、流入部のアプローチ部の車線幅員が広いと走行しやすく、狭い時と比べて速度が高くなると考えられるが、流入部では減速が生じて速度差が大きくなり、環道流入に際して加速しづらくなるため、クリティカルギャップ t_c の代表値は長くなると考える。交通制御ダミーの t 値が 0.516 と低くなったのは、一時停止制御の守山 Case1~3、軽井沢では、一時停止制御にも係らず、環道流入に際して一時停止しない流入車両が多いという実態があるため、交通制御の違いによるクリティカルギャップ t_c の代表値への影響に差異が生じなかったためと考える。また、外径 x_5 の t 値も -0.628 と低い。この理由は、経過期間が概ね 3 が月以上の外径 x_5 のサンプルデータが 27.0[m] のみであったためと考える。しかしながら、外径 x_5 については、2.3.2 で示したように Brilon et al. (1997) の研究では、線形回帰により、外径を説明変数としたクリティカルギャップの推定式を提案していることから、外径 x_5 の種類を多くして分析した場合、外径 x_5 はクリティカルギャップ t_c の代表値の影響要因になる可能性がある。

(e) t_c モデル 5

表-4.2 に示す t_c モデル 5 は、 t_c モデル 4 から t 値の低い外径 x_5 と交通制御ダミーを除いて重回帰分析を行った結果である。このモデルの自由度調整済決定係数は 0.514 となり、 t_c モデル 4 に比

べて高くなる。クリティカルギャップ t_c の代表値に対する説明変数とダミー変数の影響要因は、依然、統計的に有意になるのは経過期間ダミー d_1 のみであるが、流入部の曲線半径 x_2 の t 値 -1.567 は、統計的に有意な水準ではないが、他の説明変数とダミー変数に比べて高くなる。また、流入部幅員 x_1 の t 値も 1.139 となるが、係数が 1.211×10^{-1} となり、4.1 の仮説とは逆に流入部幅員 x_1 を広くすると、クリティカルギャップ t_c の代表値は長くなる。この理由は、流入部の車線幅員 x_6 に対して流入部幅員 x_1 が広がるに連れ、これらを擦りつけるために急なカーブ線形になり、これにより流入車両の誘導効果が低下し、流入部で減速が生じて加速しづらくなるため、クリティカルギャップ t_c の代表値は長くなると考える。流入部の車線幅員 x_6 の t 値 0.124 と低くなるのは、上記の流入部幅員 x_1 の影響が強まったためと考える。また、分離島ダミー d_2 の t 値 0.466 が低くなるのは、経過期間が概ね 3 ヶ月以上の分離島が有る場合のデータサンプルが守山 Case4 のみと少ないこともあり、分離島の有無の違いによるクリティカルギャップ t_c の代表値への影響に差異が生じなかったためと考える。

(f) t_c モデル 6

表-4.2 に示す t_c モデル 6 は、 t_c モデル 5 から t 値の低い流入部の車線幅員 x_6 と分離島ダミー d_2 を除いて重回帰分析を行った結果である。このモデルの自由度調整済決定係数は 0.555 となり、 t_c モデル 5 に比べて高くなる。クリティカルギャップ t_c の代表値に対する説明変数とダミー変数の影響要因は、依然、経過期間ダミー d_1 は統計的に有意となるが、流入部の曲線半径 x_2 の t 値が 1.774 となり、10%水準で統計的に有意な結果となる。これについては、経過期間でクリティカルギャップ t_c の代表値を分けることにより、流入部の曲線半径 x_2 を大きくして、流入部での緩やかなカーブ線形で流入車両を誘導し、環道流入に際して加速しやすくして、クリティカルギャップ t_c の代表値を短くするという影響要因が強まったためと考える。この流入部での緩やかなカーブ線形にするためには、流入部幅員 x_1 の幅は、流入部の車線幅員 x_6 に対して広くなりすぎないようにする必要がある。流入部幅員 x_1 については、クリティカルギャップ t_c の代表値の変化要因として統計的に有意にはならなかった。これは、分析対象のサンプルデータが限られている中で、流入部幅員 x_1 に対してクリティカルギャップ t_c の代表値にバラツキがあったためであると考えられる。ただし、クリティカルギャップ t_c の代表値の影響要因となる流入部での緩やかなカーブ線形で流入車両を誘導し、環道流入に際して加速しやすくする幾何構造条件には、流入部幅員 x_1 と流入部の曲線半径 x_2 は重要な幾何構造諸元であり、分析対象のサンプルデータが多くなれば、統計的に優位な関係になると考えられる。

(g) t_c モデル 7

表-4.2 に示す t_c モデル 7 は、 t_c モデル 6 から流入部幅員 x_1 を除いて重回帰分析を行った結果である。このモデルの自由度調整済決定係数は 0.551 となり、 t_c モデル 6 に比べて低くなる。このことから、クリティカルギャップ t_c の代表値を短くするには、 t_c モデル 6 のように、流入部の曲線半径 x_2 を大きくすること、流入部の車線幅員 x_6 に対して流入部幅員 x_3 が広くなりすぎないようにして、流入部で緩やかなカーブ線形で流入車両を誘導し、環道流入に際して加速しやすくする幾何構造諸元にすることが確認できた。

以上のことから、 t_c モデル 6 は、自由度調整済決定係数 0.555 が最も高く、ダミー変数の経過期間も統計的に有意となる。また、クリティカルギャップ t_c の代表値の影響要因となる幾何構造諸元の流入部の曲線半径 x_2 、流入部の車線幅員 x_6 については、クリティカルギャップ t_c の代表値を変化させる重要な幾何構造諸元であり、分析対象のサンプルデータが多くなれば、統計的な優位性が高まると考えられる。このことに基づき、本研究では、クリティカルギャップ t_c の代表値の

推定式を t_c モデル 6 とし，説明変数として流入部幅員 x_1 ，流入部の曲線半径 x_2 ，ダミー変数として経過期間ダミー d_1 を設定することにする。

設定した説明変数とダミー変数に基づくクリティカルギャップ t_c の代表値の推定式は，式(4.5)のとおりである。表-4.4 に，パラメータの推定結果を示す。また，図-4.4 に，推定式(4.5)の幾何構造諸元の位置を示す。

$$t_c = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot x_1 + \alpha_2 \cdot x_2 + \alpha_3 \cdot d_1 \quad \dots(4.5)$$

ここに， t_c :クリティカルギャップ[s]， x_1 :流入部幅員[m]， x_2 :流入部の曲線半径[m]， d_1 :経過期間ダミーであり， $\alpha_1 \sim \alpha_2$ は，表-4.4示すとおりである。

表-4.4 クリティカルギャップ t_c の推定モデルのパラメータ推定結果

| 定数項と説明変数 | パラメータ | | t値 | 自由度調整済 決定係数R ² | p値 |
|--|------------|-------------------------|-----------|------------------------------|---------------------------|
| 定数項 [s] | α_0 | 4.467 | 11.638 ** | 0.555 | 1.536×10 ⁻⁴ ** |
| 流入部幅員 x_1 [m] | α_1 | 1.001×10 ⁻¹ | 1.079 | | |
| 流入部の曲線半径 x_2 [m] | α_2 | -1.320×10 ⁻² | -1.774 + | | |
| 経過期間ダミー d_1 (0:概ね3ヶ月以上，1:概ね3ヶ月未満) | α_3 | 7.842×10 ⁻¹ | 5.529 ** | | |

+ : 有意水準10%以内， * : 有意水準5%以内， ** : 有意水準1%以内

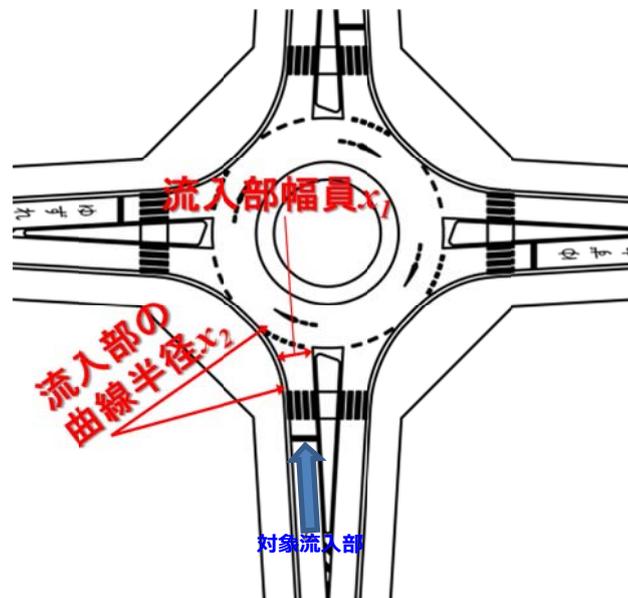
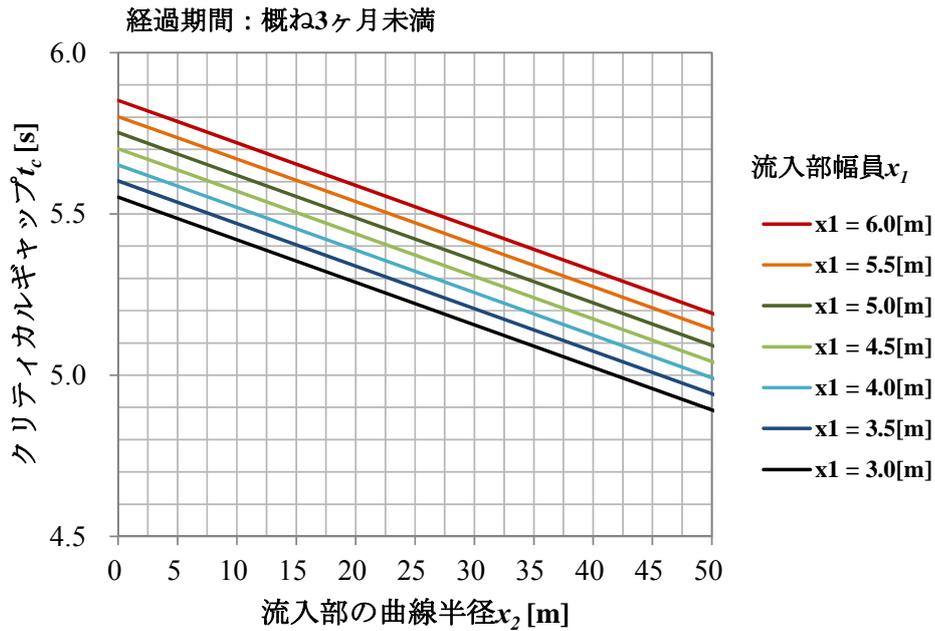


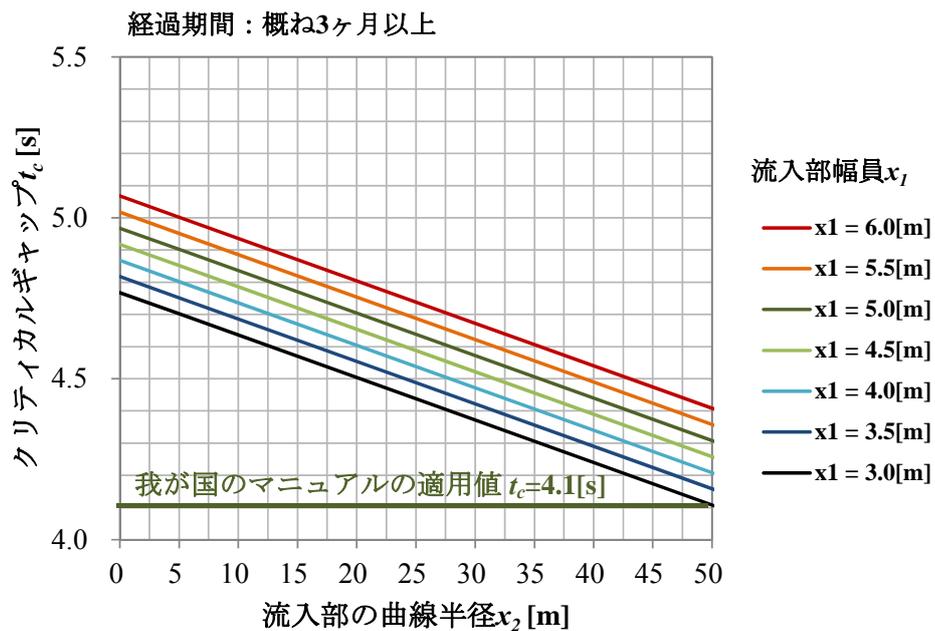
図-4.4 クリティカルギャップ t_c の推定式(4.5)の説明変数となる幾何構造諸元の位置

分析対象ラウンドアバウトで計測した幾何構造諸元値の適用範囲を目安に，この推定式(4.5)によるクリティカルギャップ t_c の推定値と説明変数の流入部幅員 x_1 ，流入部の曲線半径 x_2 ，および経過期間 d_1 の関係を示すと，図-4.5のとおりである。クリティカルギャップ t_c の代表値は，運転者がラウンドアバウトの利用に慣れるにつれて短くなるため，推定式(4.5)では，図-4.5(b)に示す概ね経過期間が3ヶ月以上のクリティカルギャップ t_c の代表値を，図-4.5(a)に示す概ね3ヶ月未満の値に比べ，0.8[s]程度(18%程度)短くなるように推定する。また，クリティカルギャップ t_c の

代表値は、環道流入に際して、緩やかなカーブ線形での誘導により、流入時に必要以上の減速を避け、加速しやすくなる幾何構造諸元にするると短くなる。これについて、推定式(4.5)では、クリティカルギャップ t_c の代表値を、流入部幅員 x_1 が 1.0[m]狭くなる毎に 1.001×10^{-1} [s]、流入部の曲線半径 x_2 が 1.0[m]大きくなる毎に 1.320×10^{-2} [s]短くなるように推定する。クリティカルギャップ t_c の代表値の推定値について、我が国のマニュアルのクリティカルギャップの適用値 $t_c=4.1$ [s]と比較すると、クリティカルギャップ t_c の代表値の推定値は、経過期間が概ね3ヶ月未満、概ね3ヶ月以上とも、我が国のマニュアルのクリティカルギャップの適用値に比べて、長くなる傾向となる。



(a)経過期間が概ね3ヶ月未満のケース



(b)経過期間が概ね3ヶ月以上のケース

図-4.5 流入部幅員 x_1 と流入部の曲線半径 x_2 によるクリティカルギャップ t_c の関係

(2) クリティカルギャップ t_c の推定値の検証結果

クリティカルギャップ t_c の実測値と推定式(4.5)による推定値の比較を、図-4.6 に示す。クリティカルギャップ t_c の推定値は、実測値との誤差率が概ね±10%の範囲内の推定結果となる。

表-4.5 は、式(4.4)で算定した MAPE より、クリティカルギャップ t_c の実測値と推定値の誤差を定量的に評価した結果である。クリティカルギャップ t_c の実測値と推定値の MAPE は 4.6% となり、推定値は、十分な推定精度を有していると考ええる。

したがって、クリティカルギャップ t_c の代表値の設定については、クリティカルギャップ t_c の代表値の主な影響要因となる幾何構造諸元の流入部幅員 x_1 と流入部の曲線半径 x_2 、経過期間 d_1 の条件に基づき、推定式(4.5)を用いて推定することが有効な手段であると考ええる。

表-4.5 クリティカルギャップ t_c の実測値と推定値の MAPE

| クリティカルギャップ t_c | |
|------------------|------|
| MAPE | 4.6% |

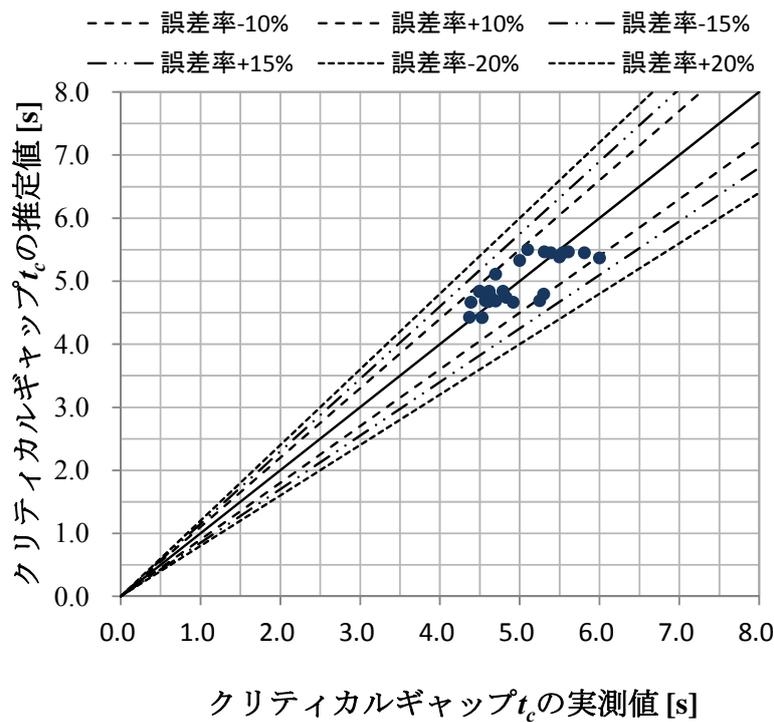
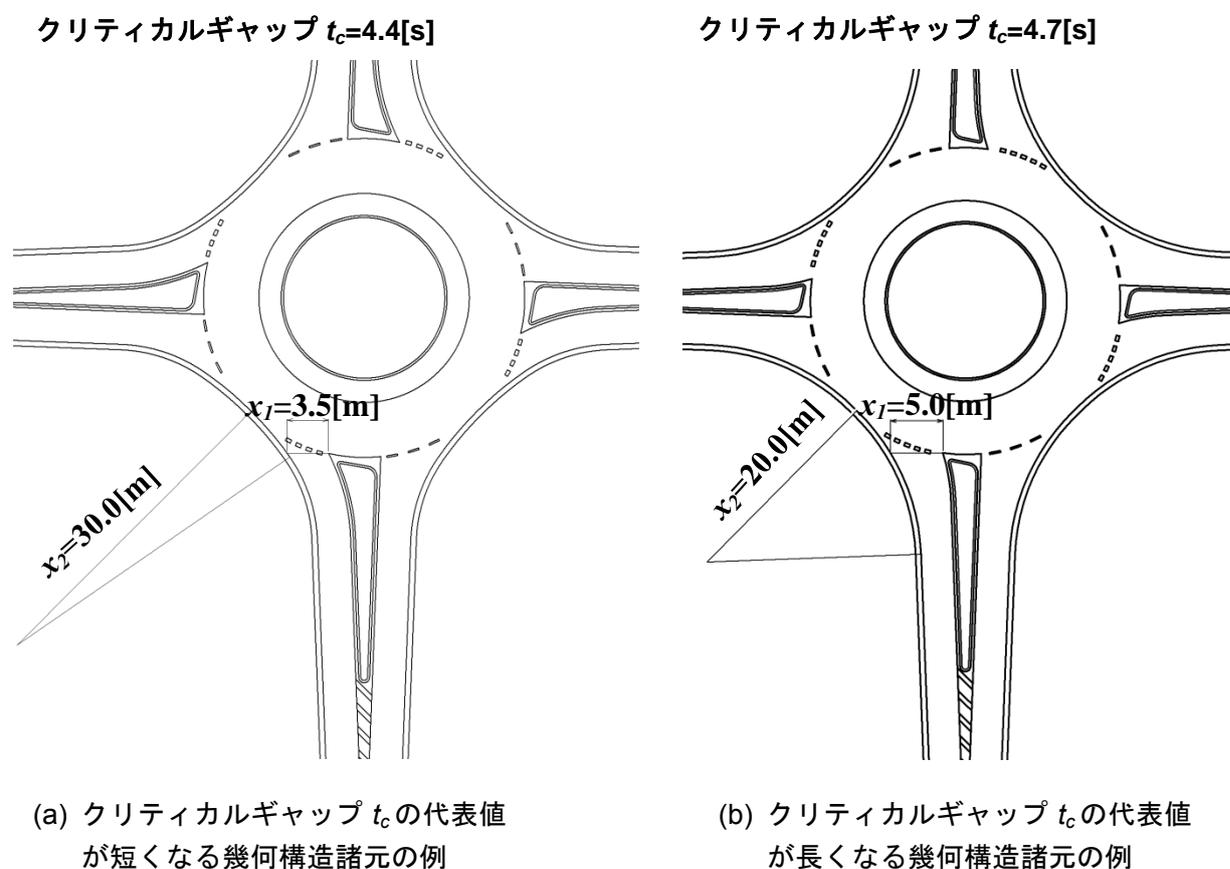


図-4.6 クリティカルギャップ t_c の実測値と推定値の比較

(3) 幾何構造諸元がクリティカルギャップ t_c に与える影響のケーススタディ

推定式(4.5)に基づき、クリティカルギャップ t_c の推定値を短くする、流入部幅員 x_1 と流入部の曲線半径 x_2 のケーススタディを示すと、図-4.7 のとおりである。流入部幅員 x_1 を図-4.7(b)に示す 5.0[m]から図-4.7(a)に示す 3.5[m]に狭くし、流入部の曲線半径 x_2 を図-4.7(b)に示す 20.0[m]から図-4.7(a)に示す 30.0[m]に大きくすることにより、運用開始から概ね3ヶ月以上のクリティカルギャップ t_c の値は図-4.7(b)に示す 4.7[s]から図-4.7(a)に示す 4.4[s]となり、0.3[s]短くなる。このケーススタディの幾何構造条件としては、流入部において、流入部幅員の内側(分離島側)も曲線にすることである。これは、現在、流入部で講じている逆走防止の幾何構造条件と同様となる。したがって、クリティカルギャップ t_c の値を短くする流入部幅員 x_1 と流入部の曲線半径 x_2 の条件は、逆走防止の安全性を確保する幾何構造条件にも繋がると考えられる。



- ここで、 x_1 :流入部幅員[m]、 x_2 :流入部の曲線半径[m]である。
- 共通条件：外径 27.0[m]，流入部の車線幅員 3.0[m]，分離島の幅 2.0m，経過期間は概ね3ヶ月以上である。

図-4.7 幾何構造諸元がクリティカルギャップ t_c に与える影響のケーススタディ

4.3.2 幾何構造諸元と流入車両の追従車頭時間 t_f のモデル分析

(1) 幾何構造諸元と流入車両の追従車頭時間 t_f のモデル分析結果

表-4.6 に、流入車両の追従車頭時間 t_f の重回帰分析の結果を示す。また、表-4.7 に、流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値と説明変数、およびダミー変数の相関分析の結果を示す。表-4.6 より、各 t_f モデルについて考察すると、以下のとおりである。

(a) t_f モデル 1

表-4.6 に示す t_f モデル 1 は、全ての説明変数とダミー変数による重回帰分析結果である。このモデルの決定係数は 0.544 となり、統計的に有意になる流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値の影響要因は、経過期間ダミー d_1 と横断歩行者・自転車ダミー d_3 の結果となる。幾何構造諸元値 $x_1 \sim x_7$ については、流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値の影響要因として統計的に有意にならなかった。理由としては、幾何構造諸元値 $x_1 \sim x_7$ のサンプルデータが限られている中で、データにバラツキがあるためと考える。ただし、 t_f モデル 1 の説明変数間、説明変数とダミー変数間には、表-4.7 に示すように高い相関係数ものが含まれており、このモデルの信頼性は低い。高い相関関係にある説明変数とダミー変数は、以下のとおりである。

- 流入部の曲線半径 x_2 と合流角度 x_4 の相関係数：-0.799
- 流入部の曲線半径 x_2 と横断歩行者・自転車ダミー d_3 の相関係数：-0.753
- 合流角度 x_4 と流入角度 x_7 の相関係数：0.762
- 流入角度 x_7 と横断歩行者・自転車ダミー d_3 の相関係数：0.735
- 経過日数 x_8 と経過期間ダミー d_1 の相関係数：-0.783

(b) t_f モデル 2

表-4.6 に示す t_f モデル 2 は、よく似た説明変数の経過日数 x_8 と経過期間ダミー d_1 について、 t_f モデル 1 での経過日数 x_8 と経過期間ダミー d_1 の t 値を比較して、t 値が低い方の経過日数 x_8 を除き、重回帰分析を行った結果である。このモデルの決定係数は 0.527 となるが、5%水準以上で統計的に有意になる流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値の影響要因は、経過期間ダミー d_1 のみの結果となり、横断歩行者・自転車ダミー d_3 と流入部の車線幅員 x_2 が 10%水準で有意となる。幾何構造諸元の流入部幅員 x_1 と流入部の車線幅員 x_2 の t 値がそれぞれ -1.325、-1.979 となり、他の幾何構造諸元の説明変数に比べて高くなり、流入部幅員 x_1 と流入部の車線幅員 x_2 の係数から、これら幅員を狭くすると、流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値は短くなる。これは、流入部幅員 x_1 と流入部の車線幅員 x_2 を狭くすることは、流入部幅員 x_1 と流入部の車線幅員 x_2 の差を大きくせず、擦りつけのカーブ線形を緩やかにして誘導効果を高め、先行収入車両に追従しやすくすることに繋がり、流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値が短くなることを考える。また、分離島ダミーの t 値も -1.440 と他の説明変数と比べて高くなり、分離島ダミーの係数からは、分離島が有る場合は、無い場合に比べて、流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値が短くなる。これは、4.1 の仮説のとおり、分離島が有る場合は、流入車両は、流出車両と物理的に分離されるため、先行流入車両に追従して環道へ流入できるかどうかの運転者の判断時間が短くなるためと考えられる。

ただし、このモデルには、幾何構造諸元の説明変数 $x_1 \sim x_7$ 間の関係において、合流角度 x_4 と流入部の曲線半径 x_2 、合流角度 x_4 と流入角度 x_7 など高い相関関係にあり、説明変数の独立変数となっていないため、このモデルの信頼性は低い。

表-4.6 流入車両の追従車頭時間 t_f の重回帰分析の結果

| 説明変数 | tモデル1 | | tモデル2 | | tモデル3 | | tモデル4 | | tモデル5 | | tモデル6 | | tモデル7 | | tモデル8 | | tモデル9 | |
|----------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|----------|
| | 係数 | t値 | 係数 | t値 |
| 流入部幅員 [m] x_1 | -5.484×10^{-2} | -0.455 | -1.377×10^{-1} | -1.325 | -1.461×10^{-1} | -1.736 + | - | - | - | - | - | - | -8.274×10^{-2} | -1.239 | - | - | -7.787×10^{-2} | -1.088 |
| 流入部の曲線半径 [m] x_2 | -1.594×10^{-3} | -0.116 | 3.459×10^{-3} | 0.258 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 流入部のフリア区間長 [m] x_3 | -6.306×10^{-3} | -0.139 | -3.189×10^{-2} | -0.766 | -3.204×10^{-2} | -1.254 | -6.599×10^{-2} | -3.142 ** | -6.768×10^{-2} | -3.259 ** | -6.332×10^{-2} | -3.055 ** | - | - | - | - | - | - |
| 合流角度 [deg] x_4 | 6.805×10^{-3} | 0.579 | 6.576×10^{-3} | 0.549 | 6.497×10^{-3} | 1.675 | 9.323×10^{-3} | 2.767 * | 1.071×10^{-2} | 3.691 ** | 1.034×10^{-2} | 3.542 ** | - | - | - | - | 9.592×10^{-4} | 2.993 ** |
| 外径 [m] x_5 | -9.926×10^{-3} | -0.417 | -9.627×10^{-3} | -0.397 | -1.442×10^{-2} | -0.824 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 流入部の車線幅員 [m] x_6 | -8.530×10^{-1} | -1.389 | -1.148 | -1.979 + | -4.566×10^{-1} | -1.260 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 流入角度 [deg] x_7 | -4.847×10^{-3} | -0.531 | -6.865×10^{-3} | -0.750 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 経過日数 [日] x_8 | 1.280×10^{-3} | 1.288 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 経過期間ダミー d_1 | 7.409×10^{-1} | 2.295 * | 3.628×10^{-1} | 2.658 * | 2.244×10^{-1} | 1.855 + | 1.223×10^{-1} | 1.351 | 1.141×10^{-1} | 1.276 | 1.852×10^{-1} | 1.934 + | 1.593×10^{-1} | 1.687 | 9.800×10^{-2} | 1.006 | - | - |
| 分離島ダミー d_2 | -2.101×10^{-1} | -1.541 | -1.997×10^{-1} | -1.440 | -1.706×10^{-1} | -1.305 | -8.838×10^{-2} | -0.823 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 横断歩行者・自転車ダミー d_3 | 5.524×10^{-1} | 2.137 * | 4.774×10^{-1} | 1.862 + | 3.624×10^{-2} | 0.426 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 交通制御ダミー d_4 | -9.729×10^{-2} | -0.421 | -1.604×10^{-1} | -0.698 | -1.578×10^{-1} | -0.808 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 自由度調整決定係数 R^2 | 0.544 | 0.527 | 0.538 | 0.538 | 0.459 | 0.459 | 0.466 | 0.466 | 0.454 | 0.454 | 0.464 | 0.464 | 0.454 | 0.454 | 0.453 | 0.453 | 0.392 | 0.392 |
| p値 | 5.598×10^{-3} ** | 4.971×10^{-3} ** | 1.412×10^{-3} ** | 1.412×10^{-3} ** | 5.516×10^{-4} ** | 5.516×10^{-4} ** | 2.166×10^{-4} ** | 2.166×10^{-4} ** | 1.092×10^{-4} ** | 1.092×10^{-4} ** | 5.009×10^{-4} ** | 5.009×10^{-4} ** | 2.954×10^{-4} ** | 2.954×10^{-4} ** | 2.154×10^{-3} ** | 2.154×10^{-3} ** | - | - |
| サンプル数 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |

+ :有意水準10%以内, * :有意水準5%以内, ** :有意水準1%以内

表-4.7 流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値と説明変数およびダミー変数の相関分析

| t_f | x_1 | x_2 | x_3 | x_4 | x_5 | x_6 | x_7 | x_8 | d_1 | d_2 | d_3 | d_4 | |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| t_f | 1.000 | -0.165 | -0.427 | -0.505 | 0.562 | -0.267 | -0.478 | 0.581 | -0.037 | 0.031 | -0.413 | 0.402 | 0.504 |
| x_1 | -0.165 | 1.000 | 0.224 | 0.144 | -0.170 | -0.298 | -0.100 | -0.518 | -0.379 | 0.268 | -0.215 | -0.330 | 0.319 |
| x_2 | -0.427 | 0.224 | 1.000 | 0.149 | -0.799 | 0.161 | -0.099 | -0.646 | 0.131 | 0.336 | 0.647 | -0.753 | -0.282 |
| x_3 | -0.505 | 0.144 | 0.149 | 1.000 | -0.162 | 0.440 | 0.504 | -0.519 | -0.322 | 0.181 | 0.182 | -0.298 | -0.533 |
| x_4 | 0.562 | -0.170 | -0.799 | -0.162 | 1.000 | -0.073 | 0.477 | 0.762 | -0.225 | -0.125 | -0.520 | 0.580 | 0.525 |
| x_5 | -0.267 | -0.298 | 0.161 | 0.440 | -0.073 | 1.000 | 0.477 | -0.096 | -0.381 | 0.496 | 0.388 | -0.251 | -0.580 |
| x_6 | -0.478 | -0.100 | -0.099 | 0.504 | -0.243 | 0.477 | 1.000 | -0.226 | -0.298 | 0.049 | 0.019 | 0.181 | -0.585 |
| x_7 | 0.581 | -0.518 | -0.646 | -0.519 | 0.762 | -0.096 | -0.226 | 1.000 | 0.089 | -0.283 | -0.318 | 0.735 | 0.392 |
| x_8 | -0.037 | -0.379 | 0.131 | -0.322 | -0.225 | -0.381 | -0.298 | 0.089 | 1.000 | -0.783 | 0.219 | 0.103 | -0.149 |
| d_1 | 0.031 | 0.268 | 0.336 | 0.181 | -0.125 | 0.496 | 0.049 | -0.283 | -0.783 | 1.000 | 0.172 | -0.527 | 0.027 |
| d_2 | -0.413 | -0.215 | 0.647 | 0.182 | -0.520 | 0.388 | 0.019 | -0.318 | 0.219 | 0.172 | 1.000 | -0.459 | -0.508 |
| d_3 | 0.402 | -0.330 | -0.753 | -0.298 | 0.580 | -0.251 | 0.181 | 0.735 | 0.103 | -0.527 | -0.459 | 1.000 | 0.185 |
| d_4 | 0.504 | 0.319 | -0.282 | -0.533 | 0.525 | -0.580 | -0.585 | 0.392 | -0.149 | 0.027 | -0.508 | 0.185 | 1.000 |

(c) t_f モデル3

表-4.6 に示す t_f モデル3 は、以下の手順により t_f モデル2 から流入角度 x_7 と流入部の曲線半径 x_2 を除いて重回帰分析を行った結果である。

- まず、よく似た幾何構造諸元で高い相関関係にある合流角度 x_4 と流入角度 x_7 の t 値を比較すると、流入角度 x_7 の t 値(-0.750)の方が合流角度 x_4 の t 値(0.549)より高くなるので、合流角度 x_4 を除くとこになる。しかしながら、流入角度 x_7 の重回帰係数 -6.865×10^{-3} と表-4.7 に示す流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値と流入角度 x_7 の単相関係数 0.581 の符号を比較すると、係数符号が一致しておらず、重回帰係数からは流入角度 x_7 が大きくなると流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値は短くなるが、逆に単相関係数からは流入角度 x_7 が大きくなると流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値は長くなるという矛盾が生じている。このため、 t 値が低い合流角度 x_4 ではなく、流入角度 x_7 を除いた。
- 次に、合流角度 x_4 と流入部の曲線半径 x_2 の相関係数をみると、相関係数が-0.799 と高い相関関係にある。このため、 t_f モデル2 での合流角度 x_4 と流入部の曲線半径 x_2 の t 値を比較し、 t 値が低い流入部の曲線半径 x_2 を除いた。

t_f モデル3 の決定係数は 0.527 となり、 t_f モデル2 より高くなるが、流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値の影響要因として、流入部幅員 x_1 、経過期間ダミー d_1 が 10%水準で統計的に有意となる。このモデルにおいて、横断歩行者・自転車ダミーの t 値が 0.426 と低くなったのは、横断歩行者・自転車が多い軽井沢 Case1, 2 から考えると、横断歩行者・自転車が多い条件と厳しい幾何構造諸元の条件の同じ軽井沢となり、流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値への幾何構造諸元の影響の方が大きくなったこと、横断待ちの歩行者・自転車が存在するにも係らず、一時停止しない流入車両が多いことから、横断歩行者・自転車ダミーが統計的な有意にならなかったと考える。また交通制御ダミーの t 値が-0.808 と低くなったのは、一時停止制御の守山 Case1~3、軽井沢では、一時停止制御にも係らず、環道流入に際して一時停止しない流入車両が多いという実態があるため、交通制御の違いによるクリティカルギャップ t_c の代表値への影響に差異が生じなかったためと考える。

(d) t_f モデル4

表-4.6 に示す t_f モデル4 は、 t_f モデル3 から、 t 値の低い説明変数を順次除き、流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値の変化要因として、統計的に有意な幾何構造諸元の説明変数が確認できた時の重回帰分析結果である。このモデルは、流入部のフレア区間長 x_3 と合流角度 x_4 を説明変数、経過期間 d_1 と分離島ダミーをダミー変数としたものであり、決定係数は 0.459 となるが、流入部のフレア区間長 x_3 と合流角度 x_4 の t 値がそれぞれ-3.142, 2.767 となり、流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値の影響要因として統計的に有意となる。一方で、分離島ダミーの t 値が-0.823 と低くなる。これは、経過期間が概ね3ヶ月以上で、分離島があるのは守山 Case4 のみでサンプルデータが少なく、分離島の有無別のフレア区間長 x_3 と合流角度 x_4 が流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値の変化要因にならなかったためと考える。また、流入部幅員 x_1 が統計的に有意にならなかったのは、流入車両の誘導性を総合的に表す流入部幅員 x_1 が一つの決定条件である流入部のフレア区間長 x_3 の統計的な有意性が高くなったためと考える。

(e) t_f モデル5

表-4.6 に示す t_f モデル5 は、 t_f モデル4 から、 t 値の低い分離島ダミーを除いた重回帰分析の結果である。このモデルは、流入部のフレア区間長 x_3 と合流角度 x_4 を説明変数、経過期間をダミー変数としたものであり、決定係数は 0.466 となり、 t_f モデル4 より高くなる。流入部のフレア区間長 x_3 と合流角度 x_4 の t 値はそれぞれ-3.259, 3.691 となり、 t_f モデル4 より高くなり、流入車両の

追従車頭時間 t_f の代表値の影響要因としての統計的な有意性は強まる。流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値の変化は、4.1 で仮定したとおり、流入部のフレア区間長 x_3 が長くなる、合流角度 x_4 が小さくなると、流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値は短くなる。これは、流入部のフレア区間長 x_3 が長くなると、流入部での幅員変化が緩やかに変化して流入車両の誘導効果を高め、合流角度 x_4 が小さくなると、環道へ鋭角に流入することになるため、先行流入車両に追従しやすくなり、流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値が短くなるためと考える。

(f) t_f モデル 6

表-4.6 に示す t_f モデル 6 は、 t_f モデル 5 から、 t 値の低い経過期間ダミーを除いた重回帰分析の結果である。このモデルの決定係数は 0.454 となり、 t_f モデル 5 より低くなる。説明変数の流入部のフレア区間長 x_3 と合流角度 x_4 の t 値もそれぞれ -3.055, 3.542 となり、 t_f モデル 5 より低くなる。このことから、流入部のフレア区間長 x_3 と合流角度 x_4 を説明変数とするモデルとする場合は、流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値は運転者の慣れの影響を受けると考えられることから、ダミー変数として経過期間を入れる方が、モデルの決定係数が高くなり、また、流入部のフレア区間長 x_3 と合流角度 x_4 の流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値の影響要因としての統計的な有意性は強まる。

(g) t_f モデル 7

表-4.6 に示す t_f モデル 7 は、 t_f モデル 6 の幾何構造諸元の説明変数である流入部のフレア区間長 x_3 の代わりに、流入部幅員 x_1 、流入部の曲線半径 x_2 、流入部の車線幅員 x_6 を説明変数としたモデルである。 t_f モデル 6 には説明変数に合流角度 x_4 があるが、流入部の曲線半径 x_2 と高い相関関係となるため、 t_f モデル 7 から除いた。この理由は、次のとおりである。

流入部のフレア区間長 x_3 は、流入部の車線幅員 x_6 に対する流入部幅員 x_1 の横断方向の広がりを縦断方向の長さで表したものであり、流入部のフレア区間長 x_3 が長くなると、流入部での横断方向の広がりが緩やかになり、流入車両の誘導効果を高めて、先行流入車両に追従しやすくなる重要な幾何構造諸元と考える。しかしながら、現時点での我が国のマニュアルによるラウンドアバウトの平面幾何構造の設計では、流入部のフレア区間長 x_3 ではなく、流入部の車線幅員 x_6 、流入部幅員 x_1 、および流入部の曲線半径 x_2 の 3 つの幾何構造諸元により、流入部の線形を決定している。このため、流入部のフレア区間長 x_3 は、ラウンドアバウトを設計する実務者にとって、馴染みのない幾何構造諸元になることから、説明変数としては、流入部のフレア区間長 x_3 を決定する流入部の車線幅員 x_6 、流入部幅員 x_1 、および流入部の曲線半径 x_2 の方が望ましいためである。

表-4.6 に示す t_f モデル 7 の決定係数 0.464 は、 t_f モデル 5 とほぼ同じとなり、流入部の曲線半径 x_2 と流入部の車線幅員 x_6 が 1%水準で統計的に有意な流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値の影響要因となる。流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値と説明変数の関係をみると、流入部幅員 x_1 と流入部の車線幅員 x_6 を広げ、流入部の曲線半径 x_2 を大きくすると、流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値は短くなる。特に、流入部の車線幅員 x_6 の影響が大きく、流入部の車線幅員 x_6 を 1.0[m] 広くすると、流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値は約 1.0[s] 短くなる。これは、流入部の車線幅員 x_6 を広くすると、流入部で走行しやすくなり、先行流入車両に追従しやすくなるためと考えられる。流入部幅員 x_1 については、流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値の変化要因として統計的に有意にはならなかった。これは、分析対象のサンプルデータが限られている中で、流入部幅員 x_1 に対して流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値にバラツキがあったためであると考えられる。ただし、流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値の影響要因となる流入部での流入車両の誘導効果を高め、環道流入に際して加速しやすくなる幾何構造条件には、流入部幅員 x_1 は重要な幾何構造諸元であり、分析対象のサンプルデータが多くなれば、統計的に優位な関係となると考えられる。

(h) t_f モデル 8

表-4.6 に示す t_f モデル 8 は、 t_f モデル 7 から統計的に有意にならなかった流入部幅員 x_1 を除いて重回帰分析を行った結果である。このモデルの決定係数は 0.453 となり、 t_f モデル 7 より低くなる。また、説明変数の流入部の曲線半径 x_2 、流入部の車線幅員 x_6 の t 値も t_f モデル 7 より低くなる。この理由は、流入部のフレア区間長 x_3 は流入部の車線幅員 x_6 、流入部幅員 x_1 、および流入部の曲線半径 x_2 の 3 つの幾何構造諸元から決まり、流入部のフレア区間長 x_3 を決定要素の一つである流入部幅員 x_1 を除いたためと考える。

(i) t_f モデル 9

表-4.6 に示す t_f モデル 9 は、 t_f モデル 7 での幾何構造の説明変数とした流入部の曲線半径 x_2 の代わりに、流入部の曲線半径 x_2 と高い相関関係にある合流角度 x_4 を説明変数としたモデルである。このモデルの決定係数は 0.392 となり、 t_f モデル 7 より低くなる。この理由としては、合流角度 x_4 は流入部のフレア区間長 x_3 を決定する幾何構造諸元でなく、流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値の影響要因として強い幾何構造諸元は、流入車両の誘導効果を高める重要な幾何構造諸元となる流入部のフレア区間長 x_3 、あるいは流入部のフレア区間長 x_3 を決定要素となる流入部の車線幅員 x_6 、流入部幅員 x_1 、および流入部の曲線半径 x_2 であるためと考える。

以上のことから、流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値の推定式としては、決定係数が 0.466 で説明変数を流入部のフレア区間長 x_3 と合流角度 x_4 、ダミー変数を経過期間 d_1 とした t_f モデル 5 が望ましい。しかしながら、現時点で我が国のマニュアルでは、流入部のフレア区間長 x_3 ではなく、流入部の車線幅員 x_6 、流入部幅員 x_1 、および流入部の曲線半径 x_2 の 3 つの幾何構造諸元により、流入部の線形を決定している。このため、我が国での設計を行う実務者のことを考慮すると、説明変数を流入部幅員 x_1 、流入部の曲線半径 x_2 、流入部の車線幅員 x_6 、ダミー変数を経過期間 d_1 とした t_f モデル 7 が望ましく、 t_f モデル 7 の決定係数 0.464 も、 t_f モデル 6 と同程度である。流入部幅員 x_1 の有意水準についても、分析対象のサンプルデータが多くなれば、統計的に優位な関係となると考えられる。そこで本研究では、我が国のマニュアルに基づくラウンドアバウトの平面幾何構造の設計に用いる幾何構造諸元を踏まえ、流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値の推定式を t_f モデル 7 とし、説明変数として流入部幅員 x_1 、流入部の曲線半径 x_2 、流入部の車線幅員 x_6 、ダミー変数として経過期間ダミー d_1 を設定することにする。

設定した説明変数に基づく流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値の推定式は、式(4.6)のとおりである。表-4.8 に、パラメータの推定結果を示す。また、図-4.8 に、推定式(4.6)の幾何構造諸元の位置を示す。

$$t_f = \beta_0 + \beta_1 \cdot x_1 + \beta_2 \cdot x_2 + \beta_3 \cdot x_6 + \beta_4 \cdot d_1 \quad \cdots(4.6)$$

ここに、 t_f :流入車両の追従車頭時間[s]、 x_1 :流入部幅員[m]、 x_2 :流入部の曲線半径[m]、 x_6 :流入部の車線幅員[m]、 d_1 :経過期間ダミーであり、 $\beta_0 \sim \beta_4$ は、表-4.8に示すとおりである。

表-4.8 流入車両の追従車頭時間 t_f の推定モデルのパラメータ推定結果

| 定数項と説明変数 | パラメータ | | t値 | 自由度調整済 決定係数 R^2 | p値 |
|---|-----------|-------------------------|-----------|----------------------|---------------------------|
| 定数項 [s] | β_0 | 6.212 | 7.577 ** | 0.464 | 5.009×10^{-4} ** |
| 流入部幅員 x_1 [m] | β_1 | -8.274×10^{-2} | -1.239 | | |
| 流入部の曲線半径 x_2 [m] | β_2 | -1.831×10^{-2} | -3.672 ** | | |
| 流入部の車線幅員 x_6 [m] | β_3 | -1.061 | -4.086 ** | | |
| 経過期間ダミー d_1 (0:概ね3ヶ月以上, 1:概ね3ヶ月未満) | β_4 | 1.852×10^{-1} | 1.934 + | | |

+ : 有意水準10%以内, * : 有意水準5%以内, ** : 有意水準1%以内

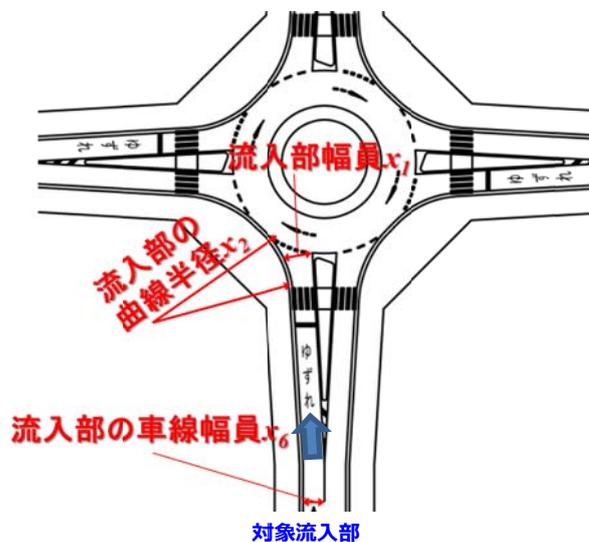
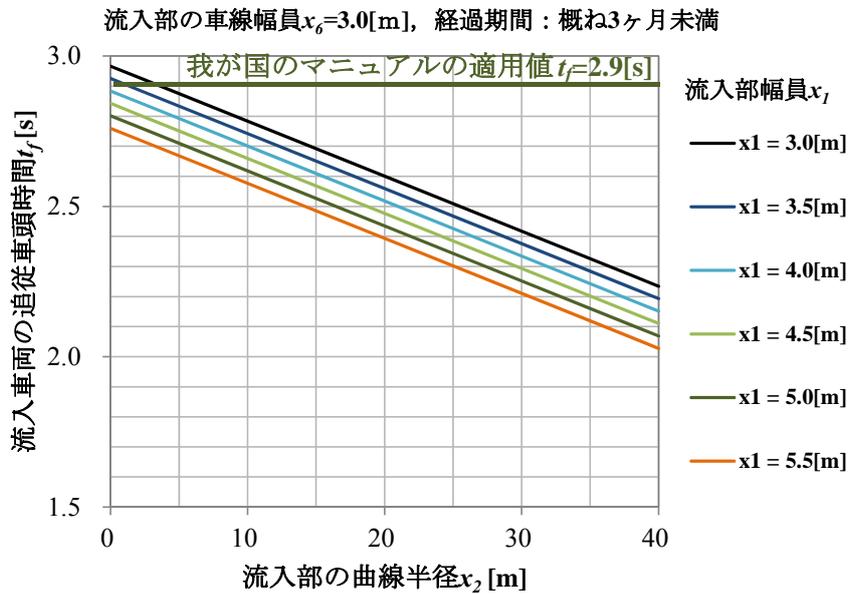
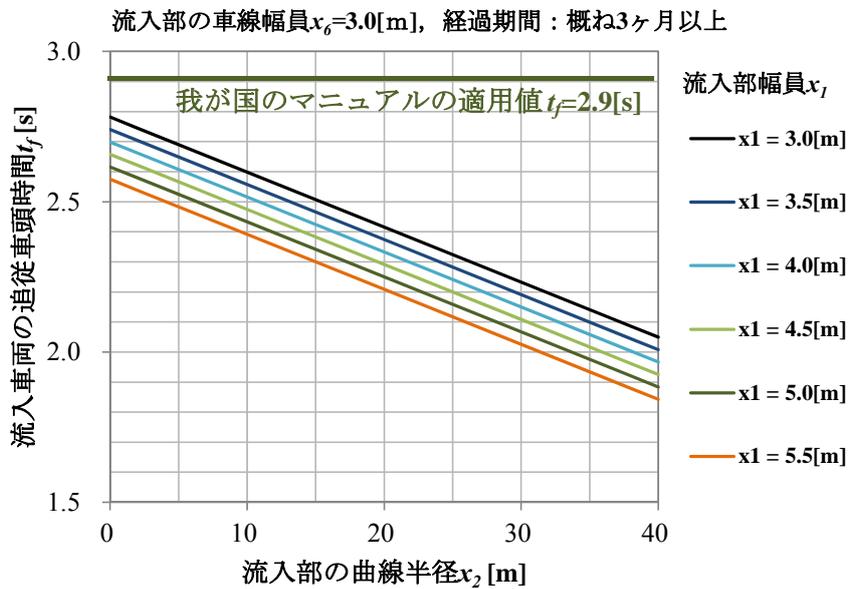


図-4.8 流入車両の追従車頭時間 t_f の推定式(4.6)の説明変数となる幾何構造諸元の位置

分析対象ラウンドアバウトで計測した幾何構造諸元値の適用範囲を目安に、流入部の車線幅員 $x_6=3.0[m]$ の時の、推定式(4.6)による流入車両の追従車頭時間 t_f の推定値と流入部幅員 x_1 、流入部の曲線半径 x_2 、合流角度 x_4 の関係を示すと、図-4.9 のとおりある。流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値は、流入部で緩やかな幅員の変化で交通誘導を行って必要以上の減速をさせず、加速しやすくして、先行流入車両に追従しやすい幾何構造諸元にすると、より短くなる。これについて、推定式(4.6)では、流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値を、流入部幅員 x_1 が $1.0[m]$ 長くなる毎に $8.274 \times 10^{-2}[s]$ 、流入の曲線半径 x_2 が $1.0[m]$ 小さくなる毎に $1.831 \times 10^{-2}[s]$ 短くなるように推定する。流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値の推定値について、我が国のマニュアルの流入車両の追従車頭時間の適用値 $t_f=2.9[s]$ と比較すると、流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値の推定値は、図-4.9(a) に示す経過期間が概ね3ヶ月未満、図-4.9(b) に示す経過期間が概ね3ヶ月以上とも、ドイツのクリティカルギャップの標準値に比べて、短くなる傾向となる。



(a) 流入部の車線幅員 $x_6=3.0$ [m] で経過期間が概ね 3 ヶ月未満のケース



(b) 流入部の車線幅員 $x_6=3.0$ [m] で経過期間が概ね 3 ヶ月以上のケース

図-4.9 流入部幅員 x_1 と流入部の曲線半径 x_2 による追従車頭時間 t_f の関係

(2) 流入車両の追従車頭時間 t_f の推定値の検証結果

流入車両の追従車頭時間 t_f の実測値と推定式(4.6)による推定値の比較を、図-4.10 に示す。流入車両の追従車頭時間 t_f の推定値は、実測値との誤差率が概ね±20%の範囲内の推定結果となる。

さらに、流入車両の追従車頭時間 t_f の推定値の誤差を定量的に評価するため、式(4.4)で算定した MAPE より評価する。表-4.9 は、流入車両の追従車頭時間 t_f の実測値と、推定式(4.6)で算定した推定値の MAPE を示したものである。流入車両の追従車頭時間 t_f の実測値と推定値の MAPE は 6.6% となり、推定値は、十分な推定精度を有していると考ええる。

したがって、流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値の設定については、流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値の主な影響要因となる幾何構造諸元の流入部幅員 x_1 、流入部の曲線半径 x_2 、および流入部の車線幅員 x_6 の条件に基づき、推定式(4.6)を用いて推定することが有効な手段であると考えられる。

表-4.9 流入車両の追従車頭時間 t_f の実測値と推定値の MAPE

| 流入車両の追従車頭時間 t_f | |
|-------------------|------|
| MAPE | 6.6% |

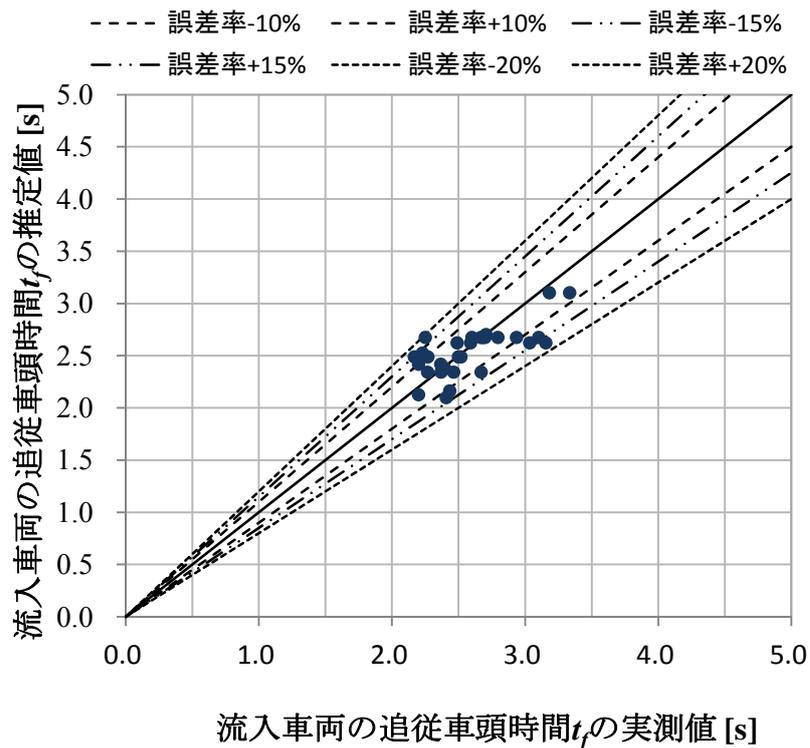
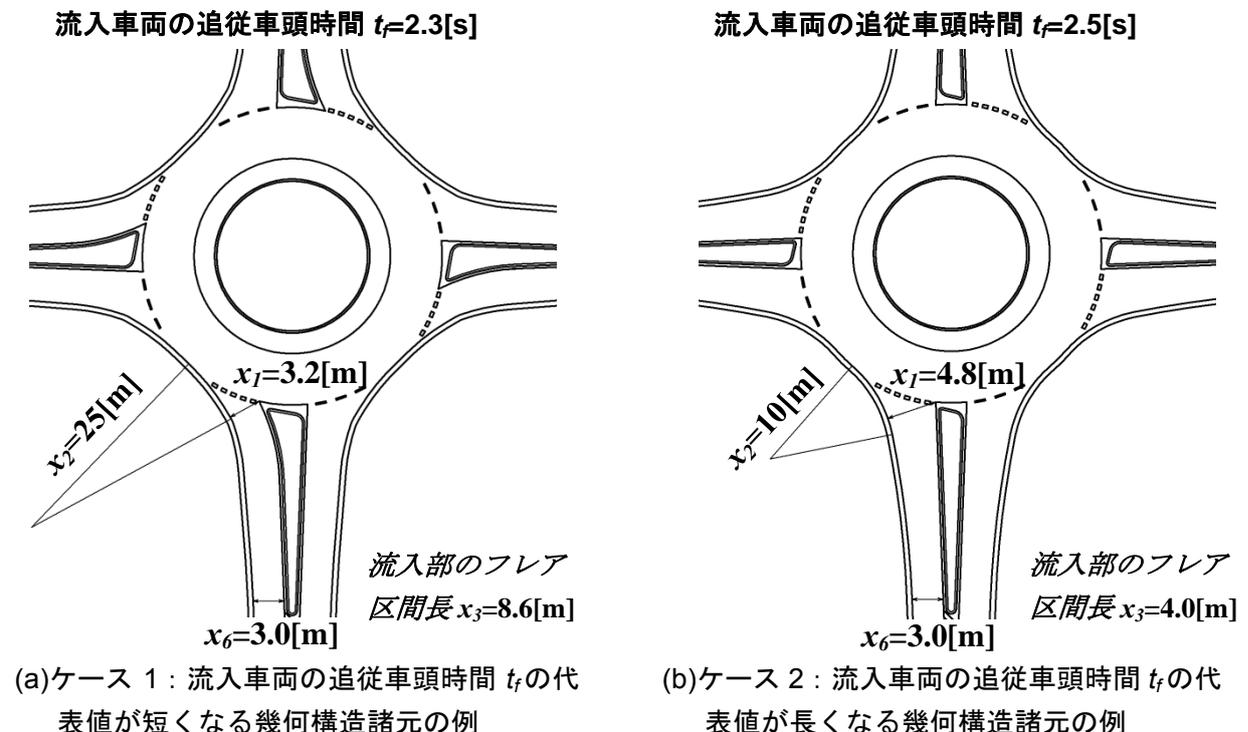


図-4.10 流入車両の追従車頭時間 t_f の実測値と推定値の比較

(5) 幾何構造諸元が流入車両の追従車頭時間 t_f に与える影響のケーススタディ

推定式(4.6)に基づき、流入部の車線幅員 x_6 を 3.0[m] に固定し、異なる流入部幅員 x_l と流入部の曲線半径 x_2 による流入車両の追従車頭時間 t_f の値を比較したケーススタディを示すと、図-4.11 のとおりである。図-4.11(a)に示すケース 1 は流入部幅員 $x_l=3.2$ [m]、流入部の曲線半径 $x_2=25.0$ [m] とした場合、図-4.11(b)に示すケース 2 は流入部幅員 $x_l=4.8$ [m]、流入部の曲線半径 $x_2=10.0$ [m] にした場合の流入車両の追従車頭時間 t_f の値である。図-4.11(a), (b)に示すケース 1, 2 の流入車両の追従車頭時間 t_f の値はそれぞれ 2.3[s], 2.5[s] となり、図-4.11(a)に示すケース 1 の流入車両の追従車頭時間 t_f の値の方が短くなる。この理由は、図-4.11(a)に示すケース 1 は、流入部の曲線半径 x_2 を大きくして、流入部の車線幅員 x_6 に対する流入部幅員 x_l の広がり少なくして、流入車両の誘導効果を高めて、追従しやすくしたため、図-4.11(a)に示すケース 1 の流入車両の追従車頭時間 t_f の値の方が、図-4.11(b)に示すケース 2 に比べて短くなる。また、図-4.11(a), (b)に示すケース 1, 2 の流入部のフレア区間長 x_3 はそれぞれ 8.6[m], 4.0[m] になることから、流入部の車線幅員 x_6 に対する流入部幅員 x_l の広がり少なくすることは、流入部のフレア区間長 x_3 を長くすることになり、流入部のフレア区間長 x_3 を長くなると、流入車両の追従車頭時間 t_f の値の方が短くなることになる。このことは、 t_f モデル 5 の推定式でも示している。

また、図-4.11(a)に示すケース 1 のこの流入部の幾何構造条件は、現在、流入部で講じている逆走防止の幾何構造条件と同様となることから、流入車両の追従車頭時間 t_f の値を短くする流入部幅員 x_l 、流入部の曲線半径 x_2 、流入部の車線幅員 x_6 の条件は、逆走防止の安全性を確保する幾何構造条件にも繋がると考えられる。



ここで、 x_l : 流入部幅員[m], x_2 : 流入部の曲線半径[m], x_6 : 流入部の車線幅員[m] である。

共通条件：外径 27.0[m], 流入部の車線幅員 3.0[m], 分離島の幅 2.0m, 経過期間は概ね 3 ヶ月以上である。

図-4.11 流入車両の追従車頭時間 t_f に及ぼす幾何構造条件のケーススタディ

4.3.3 幾何構造諸元と環道交通流の最小車頭時間 τ のモデル分析

(1) 幾何構造諸元と環道交通流の最小車頭時間 τ のモデル分析結果

表-4.10 に、環道交通流の最小車頭時間 τ の重回帰分析の結果を示す。また、表-4.11 に環道交通流の最小車頭時間 τ と説明変数、およびダミー変数の相関分析の結果を示す。表-4.10 より、各 τ モデルについて考察すると、以下のとおりである。

(a) τ モデル 1

表-4.10 に示す τ モデル 1 は、全ての説明変数とダミー変数による重回帰分析結果である。このモデルの決定係数は 0.812 と高くなる。統計的に有意になる環道交通流の最小車頭時間 τ の代表値の影響要因は、説明変数としては幾何構造の流入角度 x_7 と経過日数 x_8 であり、ダミー変数としては交通制御 d_4 を除く経過期間ダミー d_1 、分離島ダミー d_2 、横断歩行者・自転車ダミー d_3 となる。幾何構造諸元の説明変数 $x_1 \sim x_7$ については、統計的に有意にならなかった。この結果については、 τ モデル 1 の説明変数間、説明変数とダミー変数間には、表-4.11 に示すように高い相関係数ものが含まれており、信頼性は低い。い相関関係にある説明変数とダミー変数は、以下のとおりである。

- 流入部の曲線半径 x_2 と合流角度 x_4 の相関係数：-0.799
- 流入部の曲線半径 x_2 と横断歩行者・自転車ダミー d_3 の相関係数：-0.753
- 合流角度 x_4 と流入角度 x_7 の相関係数：0.762
- 流入角度 x_7 と横断歩行者・自転車ダミー d_3 の相関係数：0.735
- 経過日数 x_8 と経過期間ダミー d_1 の相関係数：-0.783

(b) τ モデル 2

表-4.10 に示す τ モデル 2 は、よく似た説明変数の経過日数 x_8 と経過期間ダミー d_1 について、 τ モデル 1 での経過日数 x_8 と経過期間ダミー d_1 の t 値を比較して、t 値が低い方の経過日数 x_8 を除き、重回帰分析を行った結果である。このモデルの決定係数は 0.731 となり、統計的に有意になる環道交通流の最小車頭時間 τ の代表値の影響要因は、説明変数としては幾何構造の流入角度 x_7 であり、ダミー変数としては交通制御 d_4 を除く経過期間ダミー d_1 、分離島ダミー d_2 、横断歩行者・自転車ダミー d_3 となる。

ただし、このモデルには、幾何構造諸元の説明変数 $x_1 \sim x_7$ 間の関係において、合流角度 x_4 と流入部の曲線半径 x_2 、合流角度 x_4 と流入角度 x_7 など高い相関関係にあり、説明変数が独立変数となっていないため、このモデルの信頼性は低い。

表-4.10 環道交通流の最小車頭時間 τ の重回帰分析の結果

| 説明変数 | τ モデル1 | | τ モデル2 | | τ モデル3 | | τ モデル4 | | τ モデル5 | | τ モデル6 | |
|---------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|
| | 係数 | t値 |
| 流入部幅員 [m] x_1 | -5.725×10^{-2} | -1.212 | -9.134×10^{-2} | -1.667 | -2.548×10^{-2} | -0.494 | - | - | - | - | - | - |
| 流入部の曲線半径 [m] x_2 | -1.071×10^{-2} | -1.724 | -5.006×10^{-3} | -0.709 | - | - | - | - | - | - | -1.001×10^{-3} | -2.516 * |
| 流入部の拡幅変化長 [m] x_3 | -7.617×10^{-3} | 0.395 | -9.696×10^{-3} | -0.442 | -5.623×10^{-3} | 0.282 | - | - | - | - | - | - |
| 合流角度 [deg] x_4 | 3.584×10^{-3} | 0.672 | 5.905×10^{-3} | 0.936 | 4.650×10^{-3} | 1.141 | 5.045×10^{-3} | 2.520 * | 9.244×10^{-3} | 4.874 ** | - | - |
| 外径 [m] x_5 | -1.248×10^{-2} | -1.167 | -1.234×10^{-2} | -0.965 | -2.312×10^{-2} | -1.790 + | -2.134×10^{-2} | -3.434 ** | -1.749×10^{-2} | -2.687 * | -2.248×10^{-2} | -3.096 ** |
| 流入部の車線幅員 [m] x_6 | -2.615×10^{-1} | -1.017 | -3.440×10^{-1} | -1.125 | -1.040×10^{-1} | -0.348 | - | - | - | - | - | - |
| 流入角度 [deg] x_7 | -9.389×10^{-3} | -2.299 * | -1.130×10^{-2} | -2.342 * | - | - | - | - | - | - | 5.273×10^{-3} | 2.218 * |
| 経過日数 [日] x_8 | 6.858×10^{-4} | 2.959 ** | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 経過期間ダミー d_1 | 4.167×10^{-1} | 4.521 ** | 2.100×10^{-1} | 2.919 ** | 2.054×10^{-1} | 2.532 * | 1.816×10^{-1} | 2.774 * | - | - | 1.421×10^{-1} | 2.077 * |
| 分離島ダミー d_2 | 1.827×10^{-1} | 2.955 ** | 1.548×10^{-1} | 2.117 * | 1.118×10^{-1} | 1.471 | - | - | - | - | - | - |
| 横断歩行者・自転車ダミー d_3 | 5.890×10^{-1} | 5.143 ** | 5.343×10^{-1} | 3.952 ** | 3.538×10^{-1} | 2.718 * | 2.884×10^{-1} | 3.583 ** | - | - | - | - |
| 交通制御ダミー d_4 | 1.647×10^{-1} | 1.619 | 1.357×10^{-1} | 1.120 | 5.011×10^{-2} | 0.415 | - | - | - | - | - | - |
| 自由度調整決定係数 R^2 | | 0.812 | | 0.731 | | 0.657 | | 0.666 | | 0.517 | | 0.546 |
| p値 | | 7.000×10^{-6} ** | | 5.957×10^{-5} ** | | 1.300×10^{-4} ** | | 1.749×10^{-6} ** | | 2.053×10^{-5} ** | | 6.963×10^{-5} ** |
| サンプル数 | | 30 | | 30 | | 30 | | 30 | | 30 | | 30 |

+: 有意水準10%以内, *: 有意水準5%以内, **: 有意水準1%以内

表-4.11 環道交通流の最小車頭時間 τ と説明変数およびダミー変数の相関分析

| | τ | x_1 | x_2 | x_3 | x_4 | x_5 | x_6 | x_7 | x_8 | d_1 | d_2 | d_3 | d_4 |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| τ | 1.000 | -0.105 | -0.625 | -0.392 | 0.656 | -0.394 | -0.251 | 0.592 | -0.062 | -0.152 | -0.376 | 0.665 | 0.555 |
| x_1 | -0.105 | 1.000 | 0.224 | 0.144 | -0.170 | -0.298 | -0.100 | -0.518 | -0.379 | 0.268 | -0.215 | -0.330 | 0.319 |
| x_2 | -0.625 | 0.224 | 1.000 | 0.149 | -0.799 | 0.161 | -0.099 | -0.646 | 0.131 | 0.336 | 0.647 | -0.753 | -0.282 |
| x_3 | -0.392 | 0.144 | 0.149 | 1.000 | -0.162 | 0.440 | 0.504 | -0.519 | -0.322 | 0.181 | 0.182 | -0.298 | -0.533 |
| x_4 | 0.656 | -0.170 | -0.799 | -0.162 | 1.000 | -0.073 | -0.243 | 0.762 | -0.225 | -0.125 | -0.520 | 0.580 | 0.525 |
| x_5 | -0.394 | -0.298 | 0.161 | 0.440 | -0.073 | 1.000 | 0.477 | -0.096 | -0.381 | 0.496 | 0.388 | -0.251 | -0.580 |
| x_6 | -0.251 | -0.100 | -0.099 | 0.504 | -0.243 | 0.477 | 1.000 | -0.226 | -0.298 | 0.049 | 0.019 | 0.181 | -0.585 |
| x_7 | 0.592 | -0.518 | -0.646 | -0.519 | 0.762 | -0.096 | -0.226 | 1.000 | 0.089 | -0.283 | -0.318 | 0.735 | 0.392 |
| x_8 | -0.062 | -0.379 | 0.131 | -0.322 | -0.225 | -0.381 | -0.298 | 0.089 | 1.000 | -0.783 | 0.219 | 0.103 | -0.149 |
| d_1 | -0.152 | 0.268 | 0.336 | 0.181 | -0.125 | 0.496 | 0.049 | -0.283 | -0.783 | 1.000 | 0.172 | -0.527 | 0.027 |
| d_2 | -0.376 | -0.215 | 0.647 | 0.182 | -0.520 | 0.388 | 0.019 | -0.318 | 0.219 | 0.172 | 1.000 | -0.459 | -0.508 |
| d_3 | 0.665 | -0.330 | -0.753 | -0.298 | 0.580 | -0.251 | 0.181 | 0.735 | 0.103 | -0.527 | -0.459 | 1.000 | 0.185 |
| d_4 | 0.555 | 0.319 | -0.282 | -0.533 | 0.525 | -0.580 | -0.585 | -0.392 | -0.149 | 0.027 | -0.508 | 0.185 | 1.000 |

(c) τ モデル3

表-4.10 に示す τ モデル3 は、 τ モデル2 から幾何構造諸元の説明変数 $x_1 \sim x_7$ 間の多重共線性の問題を解消した重回帰分析結果である。多重共線性の問題は、次のように解消した。

- まず、高い相関関係の合流角度 x_4 と流入角度 x_7 から、流入角度 x_7 を除いた。高い相関関係の合流角度 x_4 と流入角度 x_7 を比較した場合、合流角度 x_4 の t 値(0.936)は、流入角度 x_7 の t 値(2.342)より低いため、 τ モデル2 から合流角度 x_4 を除くことを考えたが、流入角度 x_7 の重回帰係数 -1.130×10^{-2} は、流入角度 x_7 が大きくなる、すなわち流入角度が鈍角になるにつれて、環道交通流の最小車頭時間 τ の代表値は短くなることになり、表-4.11 に示す単相関(0.592)との符号が一致しない関係になる。本来、流入角度が鈍角になるにつれて、環道への流入車両は、環道へ流入し難く、これにより環道走行車両も走行し難くなり、環道交通流の最小車頭時間 τ の代表値は長くなると考えられる。このことから、 τ モデル3 では、 τ モデル2 から合流角度 x_4 を除かず、係数に矛盾がある流入角度 x_7 を除いた。
- 次に、 τ モデル2 において、高い相関関係の合流角度 x_4 と流入部の曲線半径 x_2 の t 値を比較し、流入部の曲線半径 x_2 の t 値が低くなるため、 τ モデル3 では、 τ モデル2 から流入部の曲線半径 x_2 を除いた。

表-4.10 に示す τ モデル3 の決定係数は 0.657 となり、統計的に有意となる環道交通流の最小車頭時間 τ の影響要因は、ダミー変数の経過期間ダミー d_1 、横断歩行者・自転車ダミー d_3 となる。分離島 d_2 の t 値が低くなった要因としては、経過期間が概ね3ヶ月以上で、分離島があるのは守山 Case4 のみでサンプルデータが少なく、環道交通流の最小車頭時間 τ の代表値の変化要因にならなかったためと考える。また、幾何構造諸元の説明変数の中で、外径 x_5 の t 値が -1.790 となり、10%水準で統計的な優位性が確認できた。外径 x_5 による環道交通流の最小車頭時間 τ の代表値の変化は、外径 x_5 が大きくなると、環道交通流の最小車頭時間 τ の代表値は短くなる。これは、4.1 の仮定のとおり、外径 x_5 が大きくなると、環道を走行しやすくなり、環道交通流の最小車頭時間 τ の代表値は短くなると考える。

(d) τ モデル4

表-4.10 に示す τ モデル4 は、 τ モデル3 から t 値が低い説明変数を順次除き、環道交通流の最小車頭時間 τ の代表値の影響要因として、統計的に有意な幾何構造諸元の説明変数が確認できた時の重回帰分析結果である。このモデルの決定係数は 0.666 と比較的高く、説明変数の合流角度 x_4 と外径 x_5 、ダミー変数の経過期間ダミー d_1 と横断歩行者・自転車ダミー d_3 が統計的に有意な水準となる。合流角度 x_4 と外径 x_5 の係数から環道交通流の最小車頭時間 τ の代表値の変化は、4.1 の仮説のとおり、外径 x_5 が大きくなると、環道を走行しやすくなるため、環道交通流の最小車頭時間 τ は短くなる。合流角度 x_4 が大きくなると、流入車両が環道流入に際して加速しづらく、環道流入後も走行しづらくなるため、環道交通流の最小車頭時間 τ は長くなる。経過期間ダミー d_1 と横断歩行者・自転車ダミー d_3 については、経過期間が運用開始期から3ヶ月未満の環道交通流の最小車頭時間 τ は長くなる。これは、4.1 の仮説のように環道走行に不慣れなためと考える。横断歩行者・自転車が 100[人・veh/h]以上と多い場合の環道交通流の最小車頭時間 τ の代表値は、横断歩行者・自転車が 100[人・veh/h]未満と少ない場合に比べて長くなる。これは、4.1 の仮説のように環道からの流入車両が、横断歩行者・自転車により環道で停止する機会が多く、環道走行車両が環道を走行しづらくなるためと考えられる。

(e) τ モデル5

表-4.10 に示す τ モデル5 は、環道交通流の最小車頭時間 τ の代表値と幾何構造諸元だけの関係を見るために、 τ モデル6 から、ダミー変数の経過期間ダミー d_1 と横断歩行者・自転車ダミー d_3 を除いて重回帰分析を行った結果である。幾何構造諸元の説明変数の合流角度 x_4 と外径 x_5 は、経過期間ダミー d_1 と横断歩行者・自転車ダミー d_3 を除いても、環道交通流の最小車頭時間 τ の代表値の影響要因としての統計的な優位性があること確認した。しかしながら、このモデルの決定係数が 0.517 となり、 τ モデル4 より低くなる。これは、環道交通流の最小車頭時間 τ の代表値は経過期間ダミー d_1 で表す運転者の慣れと、横断歩行者・自転車ダミー d_3 で表す環道からの流出のしやすさに影響を受けているためと考える。したがって、環道交通流の最小車頭時間 τ の代表値は、このモデルのように幾何構造諸元の合流角度 x_4 と外径 x_5 だけでなく、交通条件の経過期間ダミー d_1 と横断歩行者・自転車ダミー d_3 による影響を考慮して推定することが望ましいことが示唆できる。

(f) τ モデル6

表-4.10 に示す τ モデル6 は、 τ モデル4 での合流角度 x_4 の代わりに、合流角度 x_4 と高い相関関係にある流入部の曲線半径 x_2 と流入角度 x_7 を説明変数として、重回帰分析を行った結果である。なお、横断歩行者・自転車ダミー d_3 は、流入部の曲線半径 x_2 、流入角度 x_7 と高い相関関係となるため、横断歩行者・自転車ダミー d_3 は除いた。幾何構造諸元の説明変数の流入部の曲線半径 x_2 、外径 x_5 、流入角度 x_7 は、環道交通流の最小車頭時間 τ の代表値の影響要因としての統計的な優位性があること確認した。しかしながら、このモデルの決定係数が 0.546 となり、合流角度 x_4 が説明変数となる τ モデル4 より低くなる。これは、流入部の曲線半径 x_2 と流入角度 x_7 より、合流角度 x_4 の方が、環道流入に際しての流入車両の挙動に直結する幾何構造であり、より環道の走行しやすさに影響を与えるためであると考えられる。

以上のことから、多重共線性の問題を解消したモデルの中で、 τ モデル4 の決定係数 0.666 が最も高く、説明変数となる幾何構造諸元の合流角度 x_4 、外径 x_5 と経過期間ダミー d_1 と横断歩行者・自転車ダミー d_3 は、環道交通流の最小車頭時間 τ の代表値の影響要因として統計的に有意になることを確認した。また、ダミー変数の経過期間、横断歩行者・自転車についても、環道交通流の最小車頭時間 τ の代表値の影響要因として統計的に有意になることを確認した。そこで、本研究では、環道交通流の最小車頭時間 τ の代表値の推定式を τ モデル4 とし、説明変数として合流角度 x_4 、外径 x_5 、ダミー変数として経過期間ダミー d_1 、横断歩行者・自転車ダミー d_3 を設定することにする。

設定した説明変数に基づく環道交通流の最小車頭時間 τ の代表値の推定式は、式(4.7)のとおりである。表-4.12 に、パラメータの推定結果を示す。また、図-4.12 に、推定式(4.7)の幾何構造諸元の位置を示す。

$$\tau = \gamma_0 + \gamma_1 \cdot x_4 + \gamma_2 \cdot x_5 + \gamma_3 \cdot d_1 + \gamma_4 \cdot d_3 \quad \dots(4.7)$$

ここに、 τ :環道交通流の最小車頭時間[s], x_4 :合流角度[deg], x_5 :外径[m], d_1 :経過期間ダミー, d_3 :横断歩行者・自転車ダミーであり、 $\gamma_0 \sim \gamma_4$ は、表-4.12に示すとおりである。

表-4.12 環道交通流の最小車頭時間 τ の推定モデルのパラメータ推定結果

| 定数項と説明変数 | パラメータ | | t値 | 自由度調整済 決定係数 R^2 | p値 |
|--|------------|-------------------------|-----------|----------------------|---------------------------|
| 定数項 [s] | γ_0 | 2.380 | 12.717 ** | 0.666 | 1.749×10^{-6} ** |
| 合流角度 x_4 [deg] | γ_1 | 5.045×10^{-3} | 2.520 * | | |
| 外径 x_5 [m] | γ_2 | -2.135×10^{-2} | -3.434 ** | | |
| 経過期間ダミー d_1 (0:概ね3ヶ月以上, 1:概ね3ヶ月未満) | γ_3 | 1.816×10^{-1} | 2.774 * | | |
| 横断歩行者・自転車ダミー d_3 (0:横断歩行者・自転車が1流入部あたり100[人・veh/h]未満, 1: 横断歩行者・自転車が1流入部あたり100[人・veh/h]以上) | γ_4 | 2.884×10^{-1} | 3.583 ** | | |

+ : 有意水準10%以内, * : 有意水準5%以内, ** : 有意水準1%以内

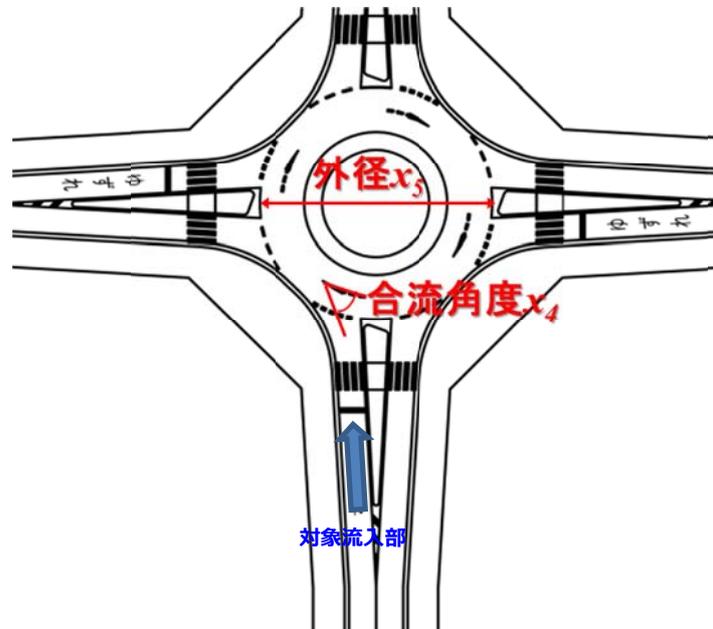
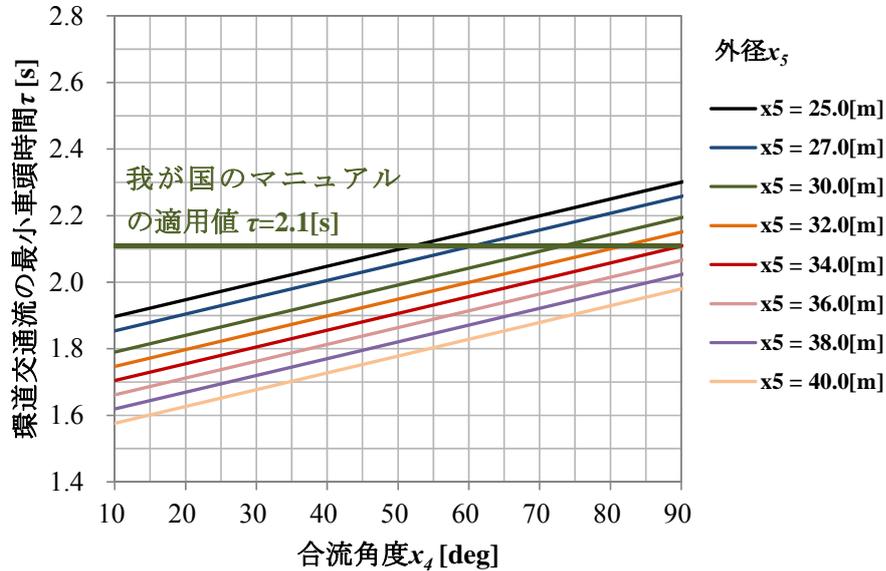


図-4.12 環道交通流の最小車頭時間 τ の推定式(4.7)の説明変数となる幾何構造諸元の位置

分析対象ラウンドアバウトで計測した幾何構造諸元値の適用範囲を目安に、経過期間が概ね3ヶ月以上の時の、推定式(4.7)による環道交通流の最小車頭時間 τ の推定値と説明変数の合流角度 x_4 、外径 x_5 の関係を示すと、図-4.13 のとおりである。環道交通流の最小車頭時間 τ の代表値は、外径が大きくなるにつれて、環道を走行しやすくなり、環道走行車両はより短いギャップで走行できるため、外径 x_5 が 1.0[m] 大きくなる毎に 5.045×10^{-3} [s] 短くなるように推定する。また、環道交通流の最小車頭時間 τ の値は、合流角度が小さくなると、鈍角に環道へ流入でき、環道流入に際して加速しやすくなり、環道進入後もより短いギャップで走行できるため、合流角度 x_4 が 1.0[deg] 小さくなる毎に 2.134×10^{-2} [s] 短くなるように推定する。環道交通流の最小車頭時間 τ の代表値の推定値について、ドイツの環道交通流の最小車頭時間の標準値 $\tau=2.1$ [s] と比較すると、環道交通流の最小車頭時間 τ の代表値の推定値は、図-4.13(a) に示す経過期間が概ね3ヶ月以上で、横断歩行者・自転車が1流入部あたり100[人・veh/h]未満の場合は、ドイツの環道交通流の最小車頭時間 τ

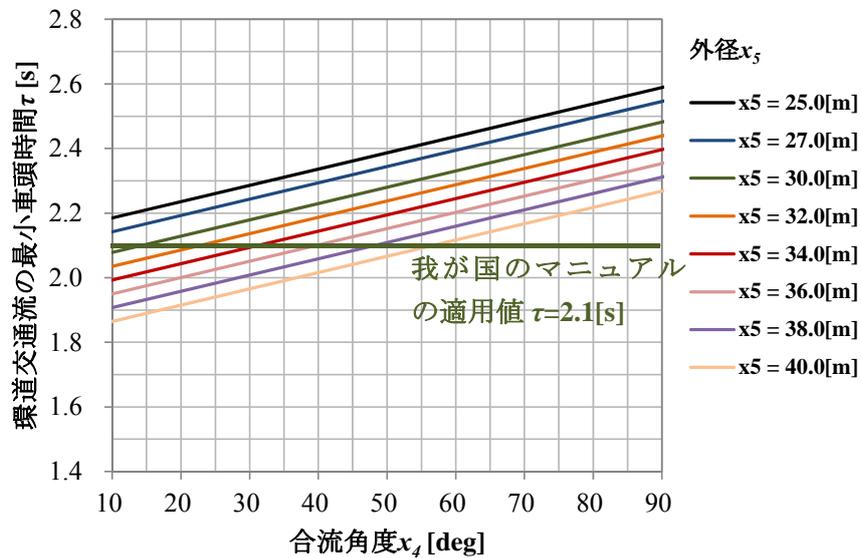
の標準値に比べて、短くなる傾向となる。逆に、図-4.13(b)に示す経過期間が概ね3ヶ月以上では、横断歩行者・自転車が入り部あたり100[人・veh/h]以上の場合は、長くなる傾向となる。

経過期間：概ね3ヶ月以上，横断歩行者・自転車：1流入部あたり100[人・veh/h]未満



(a)経過期間が概ね3ヶ月以上で横断歩行者・自転車が1流入部あたり100[人・veh/h]未満のケース

経過期間：概ね3ヶ月以上，横断歩行者・自転車：1流入部あたり100[人・veh/h]以上



(b)経過期間が概ね3ヶ月以上で横断歩行者・自転車が1流入部あたり100[人・veh/h]以上のケース

図-4.13 合流角度 x_4 と外径 x_5 による環道交通流の最小車頭時間 τ の関係

(2) 環道交通流の最小車頭時間 τ の推定値の検証結果

環道交通流の最小車頭時間 τ の実測値と推定式(4.7)による推定値の比較を、図-4.14 に示す。環道交通流の最小車頭時間 τ の推定値は、実測値との誤差率が概ね $\pm 20\%$ の範囲内の推定結果となる。

さらに、環道交通流の最小車頭時間 τ の推定値の誤差を定量的に評価するため、式(4.4)で算定した MAPE より評価する。表-4.13 は、環道交通流の最小車頭時間 τ の実測値と、推定式(4.7)で算定した推定値の MAPE を示したものである。環道交通流の最小車頭時間 τ の実測値と推定値の MAPE は 4.8% となり、推定値は、十分な推定精度を有していると考ええる。

したがって、環道交通流の最小車頭時間 τ の代表値の設定については、環道交通流の最小車頭時間 τ の代表値の主な影響要因となる幾何構造諸元の合流角度 x_4 と外径 x_5 の条件に基づき、推定式(4.7)を用いて推定することが有効な手段であると考ええる。

表-4.13 環道交通流の最小車頭時間 τ の実測値と推定値の MAPE

| 環道交通流の最小車頭時間 τ | |
|---------------------|------|
| MAPE | 4.8% |

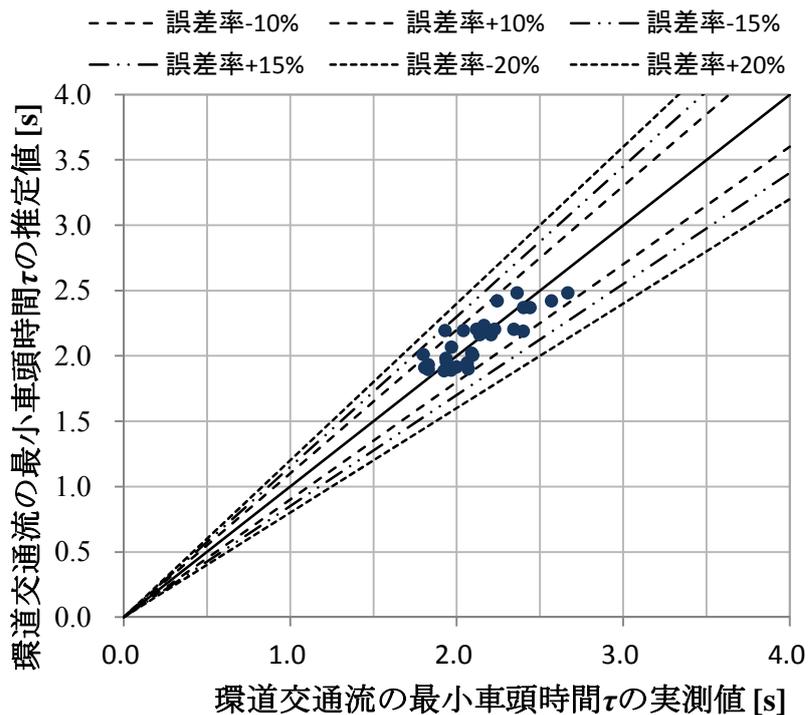


図-4.14 環道交通流の最小車頭時間 τ の実測値と推定値の比較

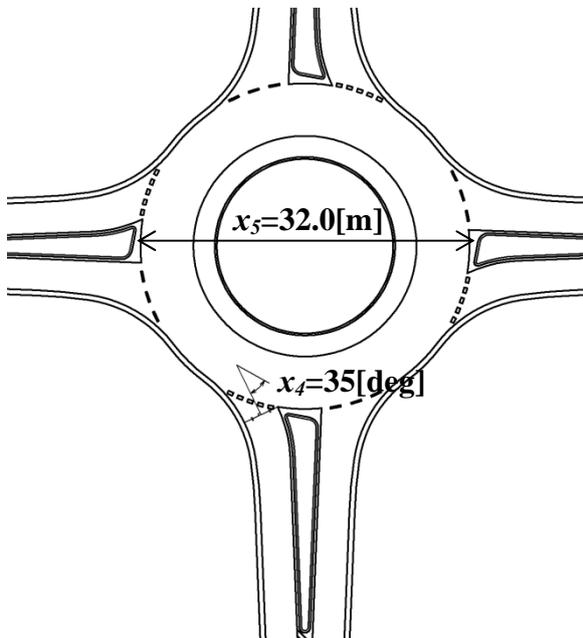
(3) 幾何構造諸元が環道交通流の最小車頭時間 τ に与える影響のケーススタディ

推定式(4.7)に基づき、環道交通流の最小車頭時間 τ の値を短くする、合流角度 x_4 と外径 x_5 のケーススタディを示すと、図-4.15のとおりである。

同図より、合流角度 x_4 が同じ角度においても、外径 x_5 を図-4.15(b)に示す27.0[m]から図-4.15(a)に示す32.0[m]に大きくすると、環道交通流の最小車頭時間 τ の値は図-4.15(b)に示す2.0[s]から図-4.15(a)に示す1.9[s]となり、0.1[s]短くなる。ただし、外径 x_5 を大きくするに従い環道の走行速度が高くなり、また流入角度を小さくするに従い環道流入に際しての安全確認がし難くなるため、安全性が低下すると考えられる。

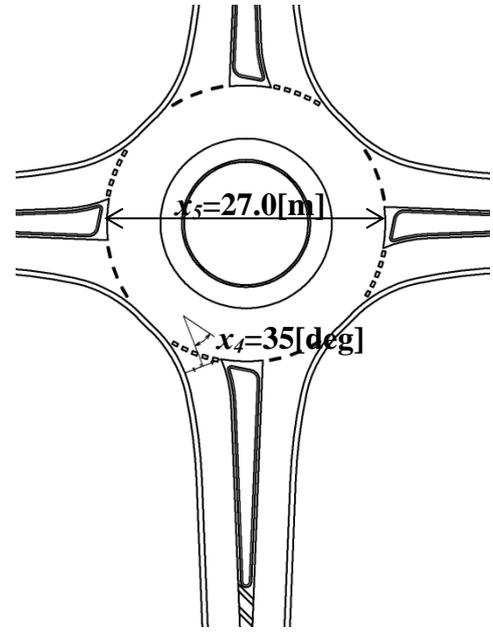
このため、環道交通流の最小車頭時間 τ の値を短くする合流角度 x_4 と外径 x_5 の条件については、安全性の確保に留意して設定することが望まれる。

環道交通流の最小車頭時間 $\tau=1.9[s]$



(a) 環道交通流の最小車頭時間 τ の代表値が短くなる幾何構造諸元の例

環道交通流の最小車頭時間 $\tau=2.0[s]$



(b) 環道交通流の最小車頭時間 τ の代表値が長くなる幾何構造諸元の例

ここで、 x_4 :流入角度[deg], x_5 :外径[m]である。

共通条件：流入部の車線幅員3.0[m]、分離島の幅2.0m、経過期間は概ね3ヶ月以上、横断歩行者・自転車は1流入部あたり100[人・veh/h]である。

図-4.15 環道交通流の最小車頭時間 τ に及ぼす幾何構造条件のケーススタディ

4.4 推定モデルの適用性の検証

ここでは、4.3の分析結果から、本研究で提案する車頭時間パラメータの推定モデルについて、他のラウンドアバウトへの適用性を検証する。表-4.14、図-4.16に、検証対象とする長野県飯田市のラウンドアバウトを示す。表-4.15は、分析対象ラウンドアバウトの推定式(4.5)~(4.7)に用いる幾何構造諸元と、車頭時間パラメータの実測値として用いる康・中村(2015)の研究で計測された車頭時間パラメータの代表値を示したものである。なお、計測された車頭時間パラメータの代表値は、改正道路交通法以前、および一時停止制御の値である。

表-4.14 検証対象とする長野県飯田市のラウンドアバウトの概要

| 検証対象ラウンドアバウト | 運用開始年月日 | ビデオ撮影日 | 経過日数(日) | 改良前の制御方式 |
|--------------|--------------|------------------------|---------|----------|
| 東和町 | H22年11月1日(月) | H22年11月10,11日(水,木) | 9~10 | 信号制御 |
| 吾妻町 | H25年3月24日(日) | H25年3月25,26,27日(月,火,水) | 1~3 | ロータリー |

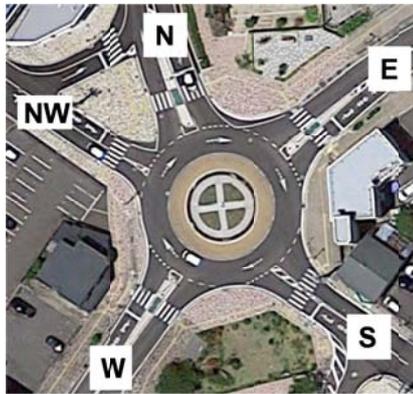


写真:Google Map

(a)東和町ラウンドアバウト

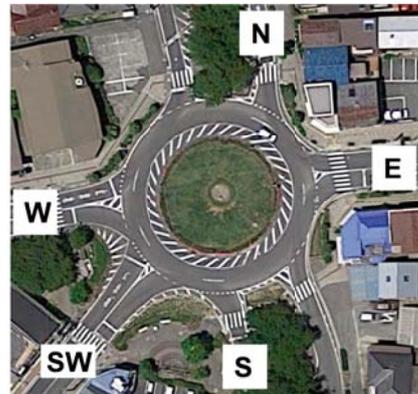


写真:Google Map

(b)吾妻町ラウンドアバウト

図-4.16 検証対象とする長野県飯田市のラウンドアバウト

表-4.15 検証対象ラウンドアバウトの幾何構造諸元と実測の車頭時間パラメータの代表値

| 検証対象ラウンドアバウト | 流入部 | 推定モデルに用いる幾何構造諸元 | | | | | 車頭時間パラメータの代表値 | | |
|--------------|-----|-----------------|--------------|--------------|--------|------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|
| | | 流入部幅員 [m] | 流入部の車線幅員 [m] | 流入部の曲線半径 [m] | 外径 [m] | 合流角度 [deg] | クリティカルギャップ t_c [s] | 流入車両の追従車頭時間 t_f [s] | 環道交通流の最小車頭時間 τ [s] |
| 東和町 | S | 4.2 | 3.0 | 13.0 | 30.0 | 65.0 | 5.0 | 4.0 | 2.7 |
| | W | 5.2 | 3.15 | 13.0 | 30.0 | 78.0 | 5.0 | 3.5 | 2.7 |
| | NW | 4.7 | 2.75 | 12.0 | 30.0 | 74.0 | 4.6 | 4.0 | 2.5 |
| | N | 6.2 | 3.0 | 8.0 | 30.0 | 69.0 | 4.4 | 3.4 | 2.6 |
| | E | 4.8 | 3.0 | 13.0 | 30.0 | 73.0 | 4.7 | 3.6 | 2.6 |
| 吾妻町 | S | 5.9 | 3.0 | 15.0 | 40.0 | 62.0 | 4.4 | 3.2 | 2.5 |
| | SW | 4.9 | 3.25 | 16.4 | 40.0 | 65.0 | 4.2 | 2.8 | 2.5 |
| | W | 4.0 | 3.0 | 8.6 | 40.0 | 56.0 | 4.5 | 2.8 | 2.4 |
| | N | 6.0 | 3.0 | 18 | 40.0 | 64.0 | 4.5 | 3.3 | 2.3 |
| | E | 4.9 | 3.25 | 7.3 | 40.0 | 75.0 | 4.1 | 3.2 | 2.6 |

図-4.17~図-4.19 に、車頭時間パラメータの実測値と推定式(4.5)~(4.7)による車頭時間パラメータの推定値の比較結果を示す。表-4.16 は、車頭時間パラメータの実測値と推定式(4.5)~(4.7)による車頭時間パラメータの推定値の MAPE を示したものである。

図-4.17 からクリティカルギャップ t_c の実測値と推定式(4.5)による推定値の比較結果をみると、東和町の推定値は、実測値との誤差率が概ね+20%の範囲内の推定結果となり、表-4.16 に示す MAPE も 18.5%で、比較的良い推定精度となる。一方、吾妻町の推定値は、実測値との誤差率が+20%以上で、表-4.16 に示す MAPE も 29.1%となり、東和町に比べて推定精度が低くなる。この理由としては、吾妻町ラウンドアバウトのクリティカルギャップ t_c の推定値は、運用開始からの経過期間が3ヶ月未満に基づき算定した値であるが、吾妻町のラウンドアバウトはラウンドアバウトの運用に近いロータリー制御からの改良であるため、無信号制御や信号制御からの改良に比べて、運転者がラウンドアバウトの利用に慣れていたことが主な要因であると考えられる。このため、推定値の方が実測値に比べて長くなり、推定値と実測値の誤差が大きくなったと考える。

図-4.18 から流入車両の追従車頭時間 t_f の実測値と推定式(4.6)による推定値の比較結果をみると、吾妻町の推定値は、実測値との誤差率が概ね+20%の範囲内の推定結果となり、表-4.16 に示す MAPE も 19.6%で、比較的良い推定精度となる。東和町の推定値は、実測値との誤差率が-20%以下で、表-4.16 に示す MAPE も 29.5%となり、吾妻町に比べて推定精度が低くなる。この理由としては、東和町の推定値は、運用開始からの経過期間が1~3日と供用直後に撮影したビデオデータに基づく計測値であるため、初めてのラウンドアバウトの利用となる、利用経験が極端に少ないなどのラウンドアバウトの利用の不慣れさの影響が大きかったことが主な要因であると考えられる。このため、推定値の方が実測値に比べて短くなり、推定値と実測値の誤差が大きくなったと考える。

図-4.19 から環道交通流の最小車頭時間 τ の実測値と推定式(4.7)による推定値の比較結果をみると、東和町、吾妻町と共に、実測値との誤差率が概ね-20%の範囲内の推定結果となり、表-4.16 に示す MAPE も比較的良い推定精度となる。東和町の MAPE は 12.8%となり、十分な推定精度を有していると考えられる。吾妻町の推定精度が 15%以下にならなかった理由としては、吾妻町の外径は 40m と大きく走行しやすいが、利用交通量が多くないことから、比較的長い環道交通流の最小車頭時間データのサンプルの割合が高いなどの影響によるものと考えられる。

以上のことから、推定式(4.5)~(4.7)に基づく車頭時間パラメータの推定値は、推定値は実測値に対して大きく乖離しないことから、推定精度は比較的よいと考える、ただし、推定値と実測値との誤差率は概ね±20%の範囲内にあることを考慮しておく必要がある。また、推定値と実測値の乖離については、ラウンドアバウトの利用経験、すなわち経過期間による影響を受けると考える。特に、経過期間が短い供用直後やロータリー制御からラウンドアバウト制御への改良では、経過期間が3ヶ月未満の推定値と実測値の乖離が大きくなることに留意し、車頭時間パラメータの推定値を判断する必要がある。

表-4.16 車頭時間パラメータの実測値と推定値の MAPE

| | | クリティカル ギャップ t_c | 流入車両の 追従車頭時間 t_f | 環道交通流の 最小車頭時間 τ |
|------|-----|----------------------|-----------------------|-------------------------|
| MAPE | 東和町 | 18.5% | 29.5% | 12.8% |
| | 吾妻町 | 29.1% | 19.6% | 17.3% |

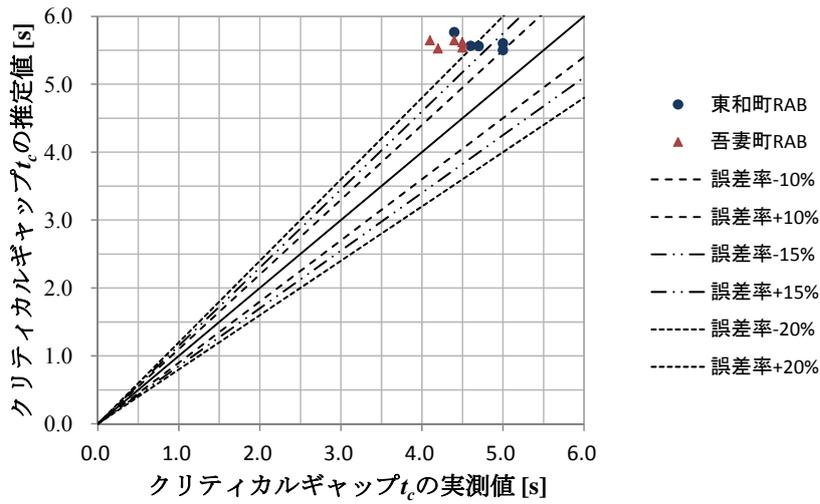


図-4.17 クリティカルギャップ t_c の実測値と推定値の比較

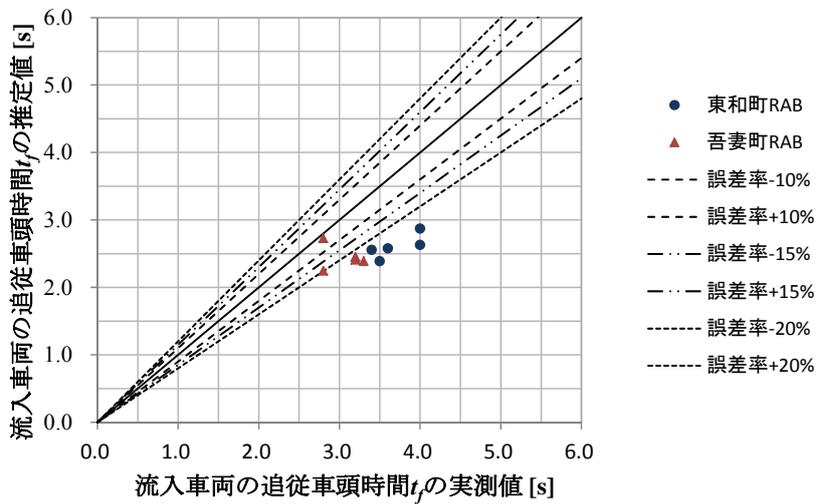


図-4.18 流入車両の追従車頭時間 t_f の実測値と推定値の比較

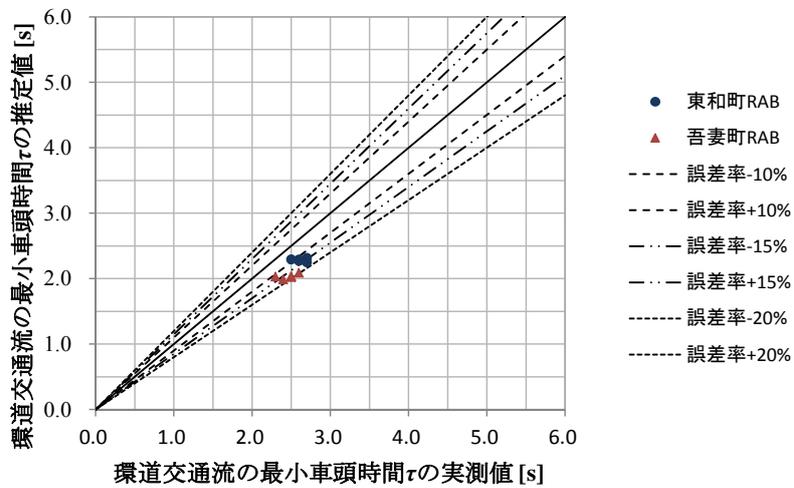


図-4.19 環道交通流の最小車頭時間 τ の実測値と推定値の比較

4.5 まとめ

本章では、幾何構造が車頭時間パラメータに与える影響分析として、重回帰分析により、幾何構造諸元値を説明変数、交通条件をダミー変数として車頭時間パラメータを推定する推定式を提案した。提案した推定式を再掲すると、推定式(4.5)~(4.7)のとおりである。表-4.17には、推定式(4.5)~(4.7)のパラメータの推定結果一覧を示す。

$$t_c = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot x_1 + \alpha_2 \cdot x_2 + \alpha_3 \cdot d_1 \quad \dots(4.5)$$

$$t_f = \beta_0 + \beta_1 \cdot x_1 + \beta_2 \cdot x_2 + \beta_3 \cdot x_6 + \beta_4 \cdot d_1 \quad \dots(4.6)$$

$$\tau = \gamma_0 + \gamma_1 \cdot x_4 + \gamma_2 \cdot x_5 + \gamma_3 \cdot d_1 + \gamma_4 \cdot d_3 \quad \dots(4.7)$$

ここに、 t_c :クリティカルギャップ[s]、 t_f :流入車両の追従車頭時間[s]、 τ :環道交通流の最小車頭時間[s]、 x_1 :流入部幅員[m]、 x_2 :流入部の曲線半径[m]、 x_4 :合流角度[deg]、 x_5 :外径[m]、 x_6 :流入部の車線幅員[m]、 d_1 :経過期間ダミー、 d_3 :横断歩行者・自転車ダミーであり、 $\alpha_0 \sim \alpha_3$ 、 $\beta_0 \sim \beta_4$ 、 $\gamma_0 \sim \gamma_4$ は、表-4.17示すとおりである。

表-4.17 車頭時間パラメータの代表値の推定モデルのパラメータ推定結果一覧

| | 定数項と説明変数 | パラメータ | t値 | 自由度調整済 決定係数R ² | p値 | |
|-------------------------|--|------------|-------------------------|------------------------------|-------|---------------------------|
| クリティカル ギャップ t_c | 定数項 [s] | α_0 | 4.467 | 11.638 ** | 0.555 | 1.536×10 ⁻⁴ ** |
| | 流入部幅員 x_1 [m] | α_1 | 1.001×10 ⁻¹ | 1.079 | | |
| | 流入部の曲線半径 x_2 [m] | α_2 | -1.320×10 ⁻² | -1.774 + | | |
| | 経過期間ダミー d_1 (0:概ね3ヶ月以上, 1:概ね3ヶ月未満) | α_3 | 7.842×10 ⁻¹ | 5.529 ** | | |
| 流入車両の 追従車頭時間 t_f | 定数項 [s] | β_0 | 6.212 | 7.577 ** | 0.464 | 5.009×10 ⁻⁴ ** |
| | 流入部幅員 x_1 [m] | β_1 | -8.274×10 ⁻² | -1.239 | | |
| | 流入部の曲線半径 x_2 [m] | β_2 | -1.831×10 ⁻² | -3.672 ** | | |
| | 流入部の車線幅員 x_6 [m] | β_3 | -1.061 | -4.086 ** | | |
| | 経過期間ダミー d_1 (0:概ね3ヶ月以上, 1:概ね3ヶ月未満) | β_4 | 1.852×10 ⁻¹ | 1.934 + | | |
| 環道交通流の 最小車頭時間 τ | 定数項 [s] | γ_0 | 2.380 | 12.717 ** | 0.666 | 1.749×10 ⁻⁶ ** |
| | 合流角度 x_4 [deg] | γ_1 | 5.045×10 ⁻³ | 2.520 * | | |
| | 外径 x_5 [m] | γ_2 | -2.135×10 ⁻² | -3.434 ** | | |
| | 経過期間ダミー d_1 (0:概ね3ヶ月以上, 1:概ね3ヶ月未満) | γ_3 | 1.816×10 ⁻¹ | 2.774 * | | |
| | 横断歩行者・自転車ダミー d_3 (0:横断歩行者・自転車が1流入部あたり100[人・veh/h]未満, 1: 横断歩行者・自転車が1流入部あたり100[人・veh/h]以上) | γ_4 | 2.884×10 ⁻¹ | 3.583 ** | | |

+ : 有意水準10%以内, * : 有意水準5%以内, ** : 有意水準1%以内

クリティカルギャップ t_c の推定式(4.5)は、流入部幅員 x_1 、流入部の曲線半径 x_2 を説明変数として、経過期間 d_1 をダミー変数とする式とした。この推定式(4.5)の特徴は、運転者のラウンドアバウト利用に対する慣れと、流入部幅員 x_1 を狭くし、かつ流入部の曲線半径 x_2 を大きくして、環道流入に際して、緩やかなカーブ線形で流入車両を誘導し、加速しやすくすることで、クリティカルギャップ t_c の推定値はより短い値になることである。特に、経過期間概ね3ヶ月以上のクリティカルギャップ

プ t_c の推定値は、概ね 3 ヶ月未満の推定値に比べ、約 0.8[s]程度短くなる。クリティカルギャップ t_c の推定値の検証を MAPE で行った結果、十分、推定精度を有している結果となる。このため、クリティカルギャップ t_c の代表値は、推定式(4.5)に基づき推定することが有効な手段であると考えられる。ただし、推定式(4.5)の説明変数とした流入部幅員 x_1 の t 値は、分析対象としたクリティカルギャップ t_c の代表値のサンプル数が少なく、またデータにもバラツキがあったため、統計的な優位性は確認できなかった。また、同様の理由で、流入部の曲線半径 x_2 の t 値も 10%水準での統計的な有意性となった。しかしながら、クリティカルギャップ t_c の値は、変化量は小さいが、流入部幅員 x_1 、流入部の曲線半径 x_2 により変化する。このため、今後、分析対象サンプル数を多くして、統計的な優位性を確認することが望まれる。

流入車両の追従車頭時間 t_f の推定式(4.6)は、我が国のマニュアルに基づき、流入部幅員 x_1 、流入部の曲線半径 x_2 、流入部の車線幅員 x_6 を説明変数、経過期間ダミー d_1 をダミー変数とする式とした。この推定式(4.6)の特徴は、流入車両の追従車頭時間 t_f の推定値は、流入部幅員 x_1 と流入部の車線幅員 x_6 の両方を広くして、流入部幅員が流入部の車線幅員に対して急に变化しないこと、流入部の曲線半径 x_2 を大きくすることで、環道流入に際して、流入車両の誘導効果を高め、必要以上の減速が伴わず、また加速しやすくなることから、流入車両の追従車頭時間 t_f の推定値はより短い値となることである。流入車両の追従車頭時間 t_f の推定値の検証を MAPE で行った結果、十分、推定精度を有している結果となる。このため、流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値は、推定式(4.6)に基づき推定することが有効な手段であると考えられる。ただし、推定式(4.6)の説明変数とした流入部幅員 x_1 の t 値は、分析対象としたクリティカルギャップ t_c の代表値のサンプル数が少なく、またデータにもバラツキがあったため、統計的な優位性は確認できなかった。今後、分析対象サンプル数を多くして、統計的な優位性を確認することが望まれる。また、我が国のマニュアルにおいて、ラウンドアバウトの平面幾何構造設計の幾何構造諸元の条件に流入部のフレア区間長 x_3 を考慮する場合は、流入車両の追従車頭時間 t_f の推定は、流入部での流入車両の誘導効果の高さと加速のしやすさによる追従のしやすさを直接的に幾何構造諸元で表現する流入部のフレア区間長 x_3 と合流角度 x_4 を説明変数、経過期間ダミー d_1 をダミー変数とする推定式にすることが望まれる。

環道交通流の最小車頭時間 τ の推定式(4.7)は、合流角度 x_4 、外径 x_5 を説明変数、経過期間ダミー d_1 、横断歩行者・自転車ダミー d_3 をダミー変数とする式とした。この推定式(4.7)の特徴は、環道交通流の最小車頭時間 τ の値は、外径 x_5 が大きくなるほど環道を走行しやすくなること、合流角度 x_4 が小さくなると、鈍角に環道へ流入でき、環道流入に際して加速しやすくなり、環道進入後の環道走行車両の走行挙動に与える影響が軽減されることから、環道交通流の最小車頭時間 τ の値は、より短い値となることである。また、横断歩行者・自転車が多い場合は、環道からの流出車両が環道に停止する等から、環道交通流の最小車頭時間 τ の値は長くなる。環道交通流の最小車頭時間 τ の推定値の検証を MAPE で行った結果、十分、推定精度を有している結果となる。このため、環道交通流の最小車頭時間 τ の代表値は、推定式(4.7)に基づき推定することが有効な手段であると考えられる。

これら車頭時間パラメータの推定式(4.5)~(4.7)に基づき、ケーススタディを行った結果、車頭時間パラメータの値を短くして、流入部の交通容量を高くする幾何構造諸元の条件は、現在、流入部で講じている逆走防止の幾何構造条件と同様になり得ることもあるため、逆走防止という安全性を確保の幾何構造条件にも繋がると考えられる。

推定モデルの適用性を検証した結果、推定式(4.5)~(4.7)に基づく車頭時間パラメータの推定値は、推定値は実測値に対して大きく乖離しないことから、推定精度は比較的良好であると考えられる。ただし、推定値と実測値との誤差率は概ね $\pm 20\%$ の範囲内にあることを考慮しておく必要がある。ただし、経過期間が短い供用直後やロータリー制御からラウンドアバウト制御への改良では、経過期間が 3 ヶ月未満の推定値と実測値の乖離が大きくなることに留意する必要がある。

第5章 幾何構造が交通容量に与える影響分析

流入交通容量を、ギャップアクセプタンス確率に基づく交通容量の推定式で算定する場合、この推定流入交通容量は、車頭時間パラメータのクリティカルギャップ t_c 、流入車両の追従車頭時間 t_f 、環道交通流の最小車頭時間 τ のそれぞれの代表値と環道交通量を代入して算定することになる。車頭時間パラメータの代表値は、第4章において幾何構造諸元の条件に影響を受けることが明らかになっている。このことを踏まえると、ラウンドアバウトの計画・設計を行うにあたっては、車頭時間パラメータの代表値と幾何構造諸元の条件が、推定流入交通容量にどの程度影響を与えるかを定量的に明らかにしておくことが望まれる。

このため、本章では、車頭時間パラメータの単位当たりの変化量が流入交通容量に及ぼす影響を示した上で、第4章で立案した車頭時間パラメータの推定式(4.5)~(4.7)を用いて、幾何構造諸元の単位当たり変化による流入交通容量の感度分析を行い、車頭時間パラメータと幾何構造諸元の流入交通容量に与える影響を明らかにする。さらに、推定式(4.5)~(4.7)より算定した車頭時間パラメータによる推定流入交通容量と、車頭時間パラメータの実測値による推定交通容量と比較検証を行う。

5.1 流入交通容量の感度分析

5.1.1 感度分析の方法

流入交通容量の感度分析は、4.3で策定した車頭時間パラメータの推定式(4.5)~(4.7)に基づき、3つの車頭時間パラメータの単位当たりの変化量に対する流入交通容量の変化率から感度分析を行い、幾何構造と車頭時間パラメータが流入交通容量に与える影響を分析する。感度分析の方法は、我が国のマニュアルによる流入部の交通容量の推定式(5.1)に基づき、3つの車頭時間パラメータの単位当たりの変化量による交通容量の変化率と、推定式(4.5)~(4.7)の説明変数となる各幾何構造諸元値の単位当たりの変化量による交通容量の変化率を算定し、交通容量の感度分析を行う。

車頭時間パラメータの単位当たりの変化量による交通容量の変化率の算定方法は、次に示すとおりである。

流入交通容量は、我が国のマニュアルでのギャップアクセプタンス確率に基づく交通容量の推定式(5.1)で算定する。なお、流入部 i の交通容量 c_i と流入部 i 正面上流断面の環道交通量 q_{ci} の単位については、本研究の車頭時間パラメータは小型車で形成されたギャップを計測対象としたため、乗用車換算台数[pcu]による交通容量 c_i [pcu/h]、環道交通量 q_{ci} [pcu/h]とする。

$$c_i = \frac{3600}{t_f} \left(1 - \tau \cdot \frac{q_{ci}}{3600} \right) \cdot \exp \left\{ -\frac{q_{ci}}{3600} \cdot \left(t_c - \frac{t_f}{2} - \tau \right) \right\} \quad \dots(5.1)$$

ここに、 c_i ：流入部 i の交通容量[pcu/h]、 q_{ci} ：流入部 i 正面上流断面の環道交通量[pcu/h]、 t_c ：クリティカルギャップ[s]、 t_f ：流入車両の追従車頭時間[s]、 τ ：環道交通流の最小車頭時間[s]である。

クリティカルギャップの単位当たりの変化量により交通容量の変化率 λ_c は、次のように算定する。

クリティカルギャップの値を t_c [s]、クリティカルギャップの単位当たりの変化量を Δt_c [s] とする時、クリティカルギャップの単位当たりの変化量による交通容量の変化率 λ_c は、式(5.2)のように表すことができ、式(5.1)に t_c [s] と $(t_c + \Delta t_c)$ [s] をそれぞれ代入し、その比をとることにより、クリティカルギャップの単位当たりの変化量 Δt_c [s] による交通容量の変化率 λ_c を算定することができる。

$$\lambda_c = \frac{c_i(t_c + \Delta t_c)}{c_i(t_c)} \quad \dots(5.2)$$

ここに、 λ_c : クリティカルギャップの単位当たりの変化量による交通容量の変化率、 t_c : クリティカルギャップの値[s]、 Δt_c : クリティカルギャップの単位当たりの変化量[s]である。

式(5.1)に t_c [s]と $(t_c+\Delta t_c)$ [s]をそれぞれ代入し、式(5.2)に基づき展開すると、式(5.3)のようになり、クリティカルギャップの単位当たりの変化量による交通容量の変化率 λ_c は、クリティカルギャップの単位当たりの変化量 Δt_c [s]と環道交通量 q_{ci} [pcu/h]で求めることができる。

$$\lambda_c = e^{-\frac{\Delta t_c \cdot q_{ci}}{3600}} \quad \dots(5.3)$$

ここに、 λ_c : クリティカルギャップの単位当たりの変化量による交通容量の変化率、 Δt_c : クリティカルギャップの単位当たりの変化量[s]、 q_{ci} : 流入部 i 正面上流断面の環道交通量[pcu/h]である。

同様に、流入車両の追従車頭時間の値を t_f [s]と流入車両の追従車頭時間の単位当たりの変化量を Δt_f [s]、環道交通流の最小車頭時間の値を τ [s]と環道交通流の最小車頭時間の単位当たりの変化量を $\Delta \tau$ [s]とすると、それぞれの単位当たりの変化量による交通容量の変化率 λ_f と λ_τ は、それぞれ式(5.4)、式(5.5)で求めることができる。

$$\lambda_f = \frac{t_f}{t_f + \Delta t_f} \cdot \exp\left(\frac{\Delta t_f \cdot q_{ci}}{7200}\right) \quad \dots(5.4)$$

ここに、 λ_f : 流入車両の追従車頭時間の単位当たりの変化量による交通容量の変化率、 t_f : 流入車両の追従車頭時間[s]、 Δt_f : 流入車両の追従車頭時間の単位当たりの変化量[s]、 q_{ci} : 流入部 i 正面上流断面の環道交通量[pcu/h]である。

$$\lambda_\tau = \left(1 - \frac{\Delta \tau \cdot q_{ci}}{3600 - \tau \cdot q_{ci}}\right) \cdot \exp\left(\frac{\Delta \tau \cdot q_{ci}}{3600}\right) \quad \dots(5.5)$$

ここに、 λ_τ : 環道交通流の最小車頭時間の単位当たりの変化量による交通容量の変化率、 τ : 環道交通流の最小車頭時間[s]、 $\Delta \tau$: 環道交通流の最小車頭時間の単位当たりの変化量[s]、 q_{ci} : 流入部 i 正面上流断面の環道交通量[pcu/h]である。

流入車両の追従車頭時間の単位当たりの変化量 Δt_f に対する流入交通容量の変化率 λ_f は、式(5.4)に示すように、流入車両の追従車頭時間の値 t_f [s]、単位当たりの変化量 Δt_f [s]、および環道交通量 q_{ci} [pcu/h]から求めるようになる。環道交通流の最小車頭時間の単位当たりの変化量 $\Delta \tau$ に対する流入交通容量の変化率 λ_τ は、式(5.5)に示すように、環道交通流の最小車頭時間の値 τ [s]、単位当たりの変化量 $\Delta \tau$ [s]、および環道交通量 q_{ci} [pcu/h]から求めるようになる。

5.1.2 車頭時間パラメータによる流入交通容量の感度分析

(1) 車頭時間パラメータの単位当たりの変化量による流入交通容量の変化率

車頭時間パラメータの単位当たりの変化量による流入交通容量の変化率と環道交通量 q_c の関係から考察する。考察については、車頭時間パラメータの単位当たりの変化量が増加した場合と減少した場合の流入交通容量の変化率は逆の変化となるため、ここでは、クリティカルギャップの単位当たりの変化量 $\Delta t_c=+1.0[s]$ に対する流入交通容量の変化率 λ_c 、流入車両の追従車頭時間の単位当たりの変化量 $\Delta t_f=+1.0[s]$ に対する流入交通容量の変化率 λ_f 、環道交通流の最小車頭時間の単位当たりの変化量 $\Delta \tau=+1.0[s]$ に対する流入交通容量の変化率 λ_τ により行う。

図-5.1に、式(5.3)より算定した、クリティカルギャップの単位当たりの変化量 $\Delta t_c=+1.0[s]$ に対する流入交通容量の変化率 λ_c と環道交通量 q_c の関係を示す。クリティカルギャップの単位当たり変化量が $\Delta t_c=+1.0[s]$ になるということは、流入車両が環道交通流に対して合流し得る最少のギャップが大きくなることを意味するため、流入交通の変化率 λ_c は、流入交通容量が低下する側の変化となる。環道交通量 q_c に対する流入交通容量の変化率 λ_c は、環道交通量 q_c が多くなるにつれて、クリティカルギャップより小さいギャップで走行する環道車両が増えるため、流入交通容量の変化率 λ_c は大きくなる。流入交通容量の変化率 λ_c を、交通量 $q_c=600[pcu/h]$ でみると、流入交通容量の変化率 λ_c は0.85となり、流入交通容量は15%程度低下する。

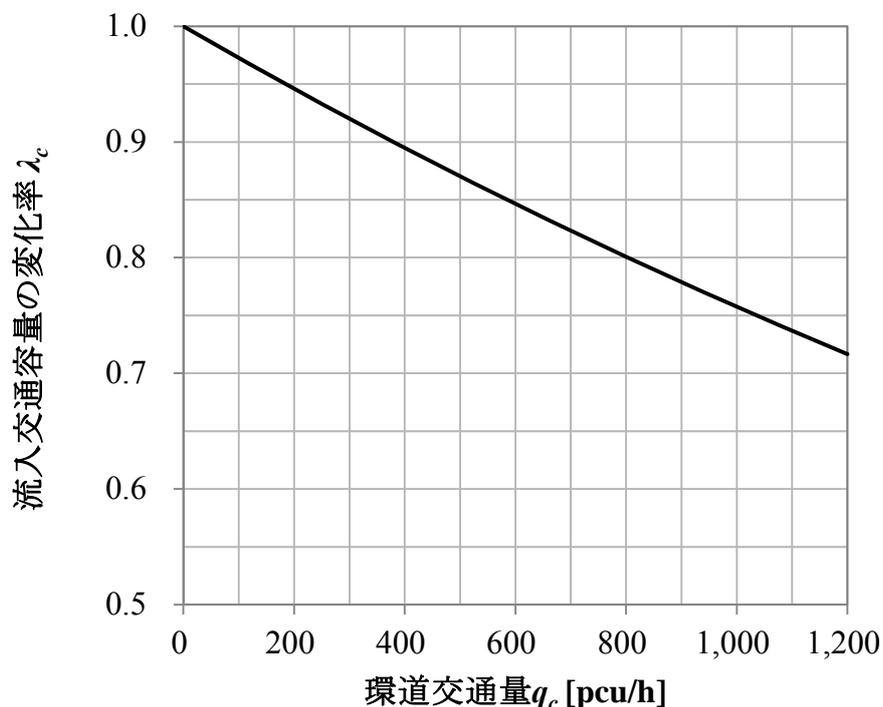


図-5.1 クリティカルギャップの単位当たりの変化量 $\Delta t_c=+1.0[s]$ に対する流入交通容量の変化率 λ_c と環道交通量 q_c の関係

図-5.2 に、式(5.4)より算定した、流入車両の追従車頭時間の単位当たりの変化量 $\Delta t_f = +1.0[s]$ に対する流入交通容量の変化率 λ_f と環道交通量 q_c の関係を示す。流入車両の追従車頭時間の単位当たりの変化量が $\Delta t_f = +1.0[s]$ になるということは、環道交通流中の同一ギャップに流入車両が連続して流入する際の平均車頭時間が長くなり、単位時間当たりの追従流入する交通量が少なくなることを意味する。このため、流入交通容量の変化率 λ_f は、流入交通容量が低下する側の変化となる。また、流入交通容量の変化率 λ_f は、流入車両の追従車頭時間の値 t_f が短くなると大きくなり、流入交通容量を低下させる側に変化する。これは、流入車両の追従車頭時間の値 $t_f[s]$ に対する単位当たりの変化量 $\Delta t_f = +1.0[s]$ の比率が大きい、すなわち、流入車両の追従車頭時間の延長比率が大きくなるためである。逆に、流入車両の追従車頭時間の値 t_f が長くなると、流入車両の追従車頭時間の延長比率が小さくなり、流入交通容量の変化率 λ_f は小さくなる。また、環道交通量 q_c が多くなるにつれて、流入交通容量の変化率 λ_f は小さくなる。これは、環道交通流による流入車両の追従車頭時間の値 t_f への影響が大きくなるため、流入交通容量に与える流入車両の追従車頭時間の延長比率の影響が小さくなるためである。流入交通容量の変化率 λ_f について、流入車両の追従車頭時間の値 $t_f = 3.0[s]$ 時の環道交通量 $q_c = 0[pcu/h]$ 、 $q_c = 600[pcu/h]$ をみると、流入交通容量の変化率 λ_f はそれぞれ 0.75、0.82 となり、流入交通容量はそれぞれ 25%、18% 程度低下する。環道交通量 $q_c = 600[pcu/h]$ の流入交通容量の低下率 λ_c は、クリティカルギャップの単位当たりの変化量 $\Delta t_c = +1.0[s]$ に対する流入交通容量の変化率 λ_c に比べて、若干大きくなる。

この流入車両の追従車頭時間の単位当たりの変化量 $\Delta t_f = +1.0[s]$ に対する流入交通容量の変化率 λ_f については、環道交通量 q_c が少ないと、環道へ流入可能な単位当たりの追従車両台数は、直接的に流入車両の追従車頭時間の値 t_f の影響を受けるため、流入車両の追従車頭時間の延長比率が流入交通容量に与える影響が大きくなり、流入交通容量の変化率 λ_f が大きくなる。一方、環道交通量 q_c が多くなると、環道へ流入可能な単位当たりの追従車両台数は、流入車両が連続して流入できる環道交通流中のギャップの出現確率が少なくなり、この環道交通流による流入車両の追従車頭時間の値 t_f への影響が大きくなるため、流入交通容量に与える流入車両の追従車頭時間の延長比率の影響が小さくなり、流入交通容量の変化率 λ_f が小さくなる。

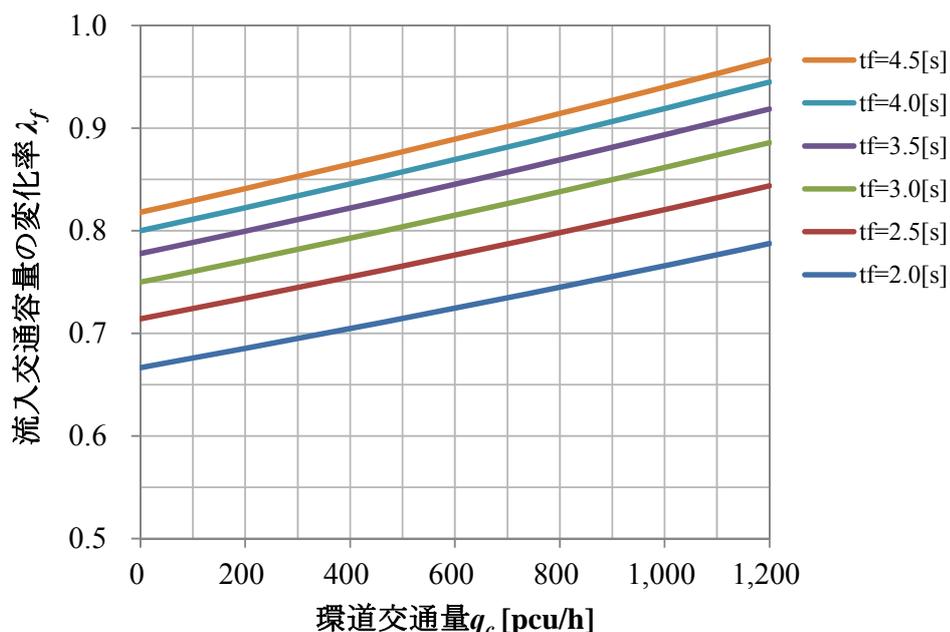


図-5.2 流入車両の追従車頭時間の単位当たりの変化量 $\Delta t_f = +1.0[s]$ に対する流入交通容量の変化率 λ_c と環道交通量 q_c の関係

図-5.3 に、式(5.5)より算定した、環道交通流の最小車頭時間の単位当たりの変化量 $\Delta\tau=+1.0[s]$ に対する流入交通容量の変化率 λ_r と環道交通量 q_c の関係を示す。環道交通流の最小車頭時間の単位当たりの変化量 $\Delta\tau=+1.0[s]$ になるということは、環道交通流の連続する 2 台の車両の最小車頭時間が長く、単位時間当たりの環道交通量が少なくなる、すなわち環道への流入交通量が少なくなることを意味するため、流入交通容量の変化率 λ_r は、流入交通容量が低下する側の変化となる。環道交通流の最小車頭時間の単位当たりの変化量 $\Delta\tau=+1.0[s]$ に対する流入交通容量の変化率 λ_r は、環道交通量 q_c が多くなるにつれて、環道へ流入しづらくなるため、著しく変化し、流入交通容量が大きく低下する。流入交通容量の変化率 λ_r を、環道交通流の最小車頭時間の値 $\tau=2.0[s]$ の時の環道交通量 $q_c=600[pcu/h]$ でみると、流入交通容量の変化率 λ_r は 0.89 となり、流入交通容量は 11% 程度低下する。この流入交通容量の低下は、クリティカルギャップや流入車両の追従車頭時間の単位当たりの変化量に対する流入交通容量の変化率に比べて、若干小さくなるが、環道交通量 q_c が多くなると、流入交通容量の低下率は最も大きくなる。

以上のことから、各車頭パラメータのそれぞれの単位当たりの変化量に対して、流入交通容量の変化率は、環道交通量 q_c が少ないときは、流入車両の追従車頭時間の単位当たりの変化量 $\Delta\tau_f$ に対する流入交通容量の変化率 λ_f の影響が大きく、環道交通量 q_c が多くなるにつれて、クリティカルギャップの単位当たりの変化量 $\Delta\tau_c$ に対する流入交通容量の変化率 λ_c 、環道交通流の最小車頭時間の単位当たりの変化量 $\Delta\tau$ に対する流入交通容量の変化率 λ_r の影響が大きくなる。特に、環道交通量 q_c が多くなると、環道交通流の最小車頭時間の単位当たりの変化量 $\Delta\tau$ に対する流入交通容量の変化率 λ_r の影響が大きくなる。

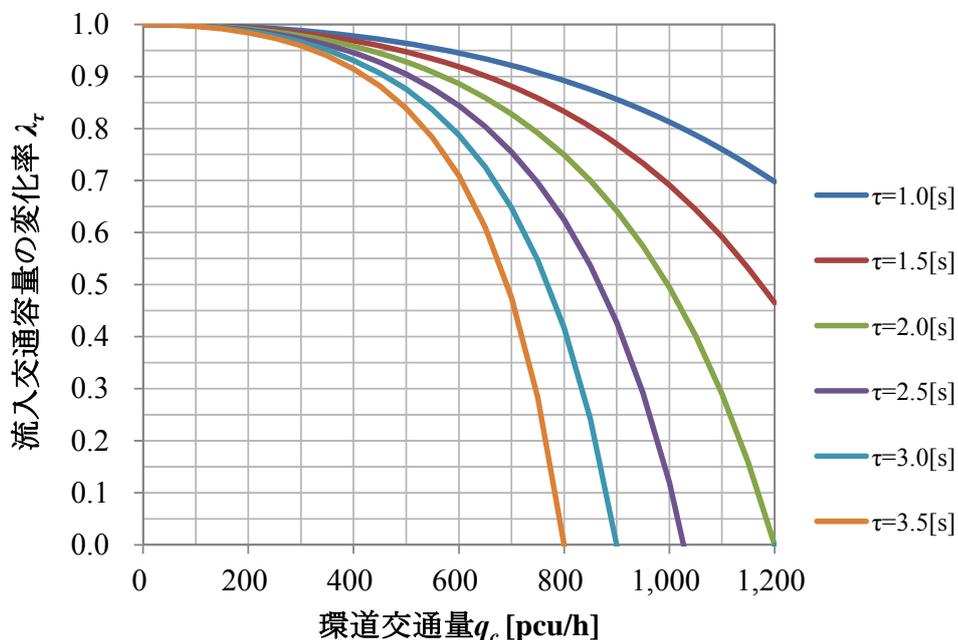


図-5.3 環道交通流の最小車頭時間の単位当たりの変化量 $\Delta\tau=+1.0[s]$ に対する流入交通容量の変化率 λ_r と環道交通量 q_c の関係

(2) 幾何構造諸元値の単位当たりの変化量による交通容量の変化率

ここでは、幾何構造諸元の単位当たりの変化量に対する流入交通容量の変化率について考察する。幾何構造諸元の単位当たりの変化量に対する流入交通容量の変化率の算定方法は、幾何構造諸元の単位当たりの変化量に対する各車頭時間パラメータの変化量を算定し、算定した各車頭時間パラメータの変化量を、式(5.3)~(5.5)に代入して、流入交通容量の変化率を求める。表-5.1に、推定式(4.5)~(4.7)に基づき算定した、対象とする各幾何構造諸元の単位当たりの変化量(+1.0[s])に対する車頭時間パラメータの変化量を示す。

表-5.1 各幾何構造諸元の単位当たりの変化量に対する車頭時間パラメータの変化量

| 車頭時間パラメータ | 幾何構造諸元の単位当たりの変化量に対する車頭時間パラメータの変化量[s] | |
|------------------|---|-------------------------|
| クリティカルギャップの変化量 | 流入部幅員の単位当たり変化量 $\Delta x_1=+1.0$ [m] | 1.001×10^{-1} |
| | 流入部の曲線半径の単位当たり変化量 $\Delta x_2=+1.0$ [m] | -1.320×10^{-2} |
| 流入車両の追従車頭時間の変化量 | 流入部幅員の単位当たり変化量 $\Delta x_1=+1.0$ [m] | -8.274×10^{-2} |
| | 流入部の曲線半径の単位当たり変化量 $\Delta x_2=+1.0$ [m] | -1.831×10^{-2} |
| | 流入部の車線幅員の単位当たり変化量 $\Delta x_6=+1.0$ [deg] | -1.061 |
| 環道交通流の最小車頭時間の変化量 | 合流角度の単位当たり変化量 $\Delta x_4=+1.0$ [deg] | 5.045×10^{-3} |
| | 外径の単位当たり変化量 $\Delta x_5=+1.0$ [m] | -2.134×10^{-2} |

図-5.4に、10%水準で統計的に有意になった、クリティカルギャップ t_c の代表値の推定式(4.5)の説明変数である流入部の曲線半径の単位当たりの変化量 $\Delta x_2=+1.0$ [m]に対する流入交通容量の変化率 λ_c と環道交通量 q_c の関係を示す。流入部の曲線半径の変化量 $\Delta x_2=+1.0$ [m]に対する流入交通容量の変化率 λ_c は、流入交通容量が増加する側に変化する。これは、流入部の曲線半径の変化量 Δx_2 が+1.0[m]になることは、流入部の曲線半径が大きくなることであり、流入部で緩やかなカーブ線形となり、流入部での流入車両に対する誘導効果が高くなり、環道流入に際して減速せず、加速しやすくなり、流入交通容量が増加するためである。流入交通容量の変化率 λ_c は、環道交通量 q_c が多くなるにつれて、若干大きくなり程度であり、環道交通量 $q_c=600$ [pcu/h]での流入交通容量の変化率 λ_c は1.002程度で、流入交通容量はほとんど変化しない。図-5.5は、統計的に有意とならなかった、クリティカルギャップ t_c の代表値の推定式(4.5)の説明変数である流入部幅員の単位当たりの変化量 $\Delta x_1=+1.0$ [m]に対する流入交通容量の変化率 λ_c と環道交通量 q_c の関係を示したものである。流入部幅員の単位当たりの変化量 $\Delta x_1=+1.0$ [m]に対する流入交通容量の変化率 λ_c は、流入交通容量が低下する側に変化する。これは、流入部幅員の単位当たりの変化量 Δx_1 が+1.0[m]になることは、流入部幅員が広がることであり、流入部の車線幅員に対して流入部幅員が広がると、流入部での流入車両に対する誘導効果が低くなり、環道流入に際して必要以上の減速が伴うとともに、加速しづらくなり、流入交通容量が低下するためである。流入交通容量の変化率 λ_c は、環道交通量 q_c が多くなるにつれて大きくなる。環道交通量 $q_c=600$ [pcu/h]での流入交通容量の変化率 λ_c でみると、流入部幅員の単位当たりの変化量 Δx に対する流入交通容量の変化率 λ_c は0.983となり、流入交通容量を1.2%程度低下させる。流入部幅員の単位当たりの変化量 Δx_1 に対する流入交通容量の変化率 λ_c は、流入部の曲線半径の変化量 Δx_2 より大きくなる。この流入交通容量の変化率 λ_c の傾向については、今後、分析対象のサンプルデータを増やし、クリティカルギャップ t_c の代表値の影響要因として流入部幅員の統計的な優位性を確認した上で、再度分析する必要がある。

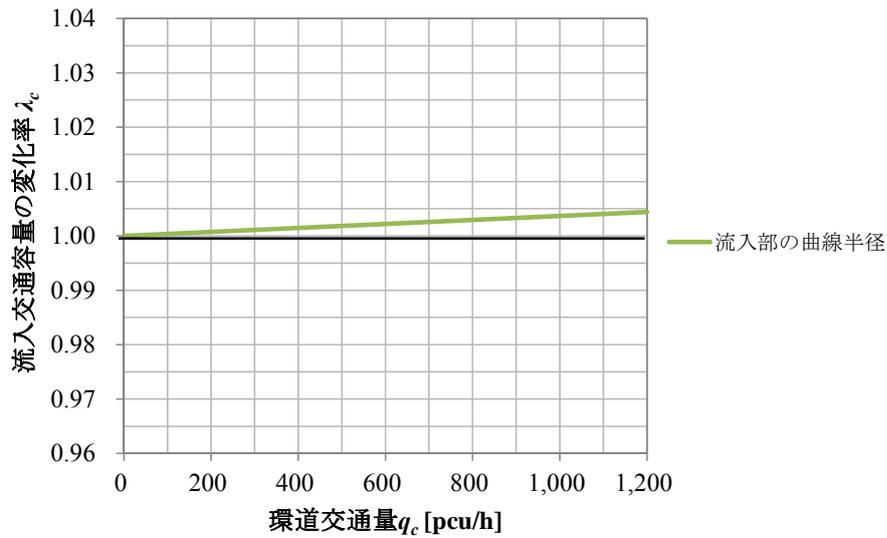


図-5.4 流入部の曲線半径の単位当たりの変化量 $\Delta x_2 = +1.0$ [m] に対する流入交通容量の変化率 λ_c と環道交通量 q_c の関係

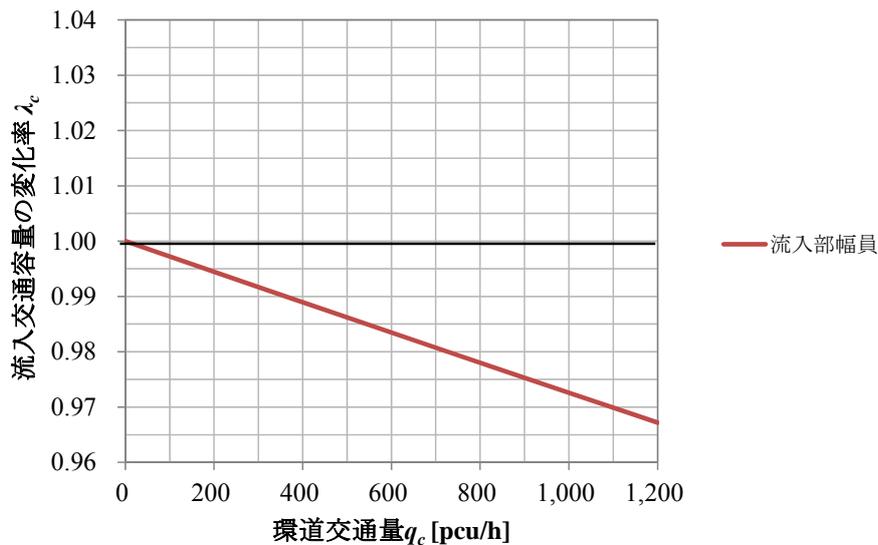


図-5.5 流入部幅員の単位当たりの変化量 $\Delta x_7 = +1.0$ [m] に対する流入交通容量の変化率 λ_c と環道交通量 q_c の関係

図-5.6 に、1%水準で統計的に有意になった、流入車両の追従車頭時間の代表値の推定式(4.6)の説明変数である流入部の曲線半径、流入部の車線幅員のそれぞれの単位当たりの変化量 $\Delta x_2 = +1.0$ [m], $\Delta x_6 = +1.0$ [m] に対する流入交通容量の変化率 λ_f と環道交通量 q_c の関係を示す。なお、流入交通容量の変化率 λ_f を算定する時の流入車両の追従車頭時間の値 t_f は、推定式(4.6)の定数項 $\beta_0 = 6.212$ [s] とする。各幾何構造諸元の単位当たりの変化量に対する流入交通容量の変化率 λ_f は、環道交通量が 0 [veh/h] の時、流入交通容量を増加させる側の変化となる。2つの幾何構造諸元のうち、特に、流入部の車線幅員の単位当たりの変化量 $\Delta x_6 = +1.0$ [m] に対する流入交通容量の変化率 λ_f が大きく、環道湖交通量 0 [veh/h] の時の流入交通容量の変化率 λ_f が 1.21 であり、流入交通容量を 20%程度増加させる。これは、流入部の車線幅員の単位当たりの変化量 Δx_3 が +1.0 [m] になることは、流入部の車線幅員が広がることであり、流入部の車線幅員が広がると、流入部での速度

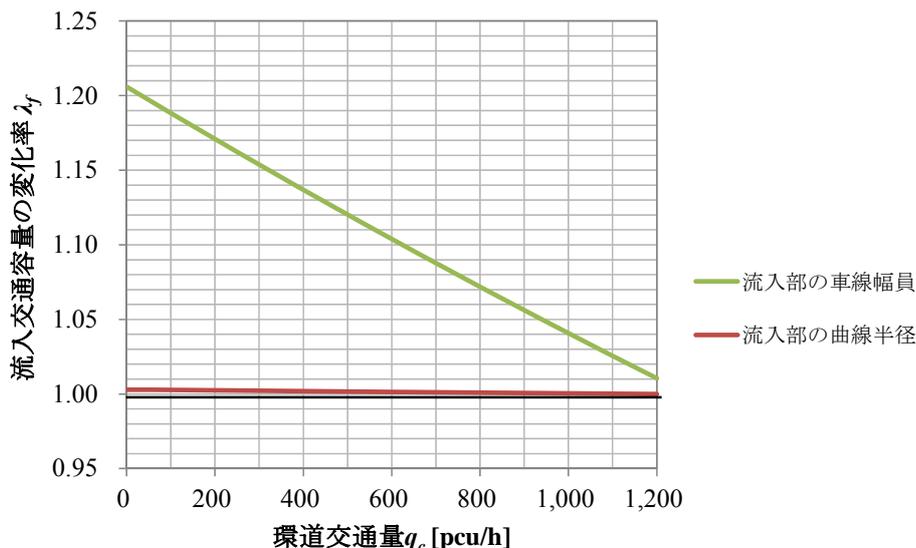


図-5.6 流入部の曲線半径，流入部の車線幅員の単位当たりの変化量 $\Delta x_2=+1.0$ [m]， $\Delta x_6=+1.0$ [m]に対する流入交通容量の変化率 λ_f と環道交通量 q_c の関係

が高くなり，先行流入車両を追従しやすくなり，流入交通容量が増加すると考えられる．この流入交通容量の変化率 λ_f は，環道交通量 q_c が多くなるにつれて，環道交通量 q_c の影響を受けるため，流入交通容量の変化率 λ_f は小さくなり，環道交通量 $q_c=600$ [pcu/h]の時の流入交通容量の変化率 λ_f は 1.10 程度となる．流入部の曲線半径の単位当たりの変化量 $\Delta x_2=+1.0$ [m]に対する流入交通容量の変化率 λ_f は，環道交通量が 0[veh/h]の時に 1.00 程度であり，流入交通容量への影響はほとんど見られない．これは，流入部の曲線半径を大きくすると緩やかなカーブ線形とるため，流入部での走行がしやすくなり，先行流入車両を追従しやすくなるが，これより，流入部の車線幅員を広げて，アプローチ速度を高くした方が，追従走行しやすくなるためと考えられる．流入部の曲線半径の単位当たりの変化量 $\Delta x_2=+1.0$ [m]に対する流入交通容量の変化率 λ_f は，環道交通量 q_c が多くなるにつれて，環道交通量 q_c の影響を受けるため，流入交通容量の変化率 λ_f は小さくなり，環道交通量 $q_c=600$ [pcu/h]の時の流入交通容量の変化率 λ_f は 1.00 程度となるが，環道交通量が 0[veh/h]の時とほとんど変化しない．図-5.7 は，統計的に有意にならなかった，流入車両の追従車頭時間の代表値の推定式(4.6)の説明変数である流入部幅員の単位当たりの変化量 $\Delta x_7=+1.0$ [m]に対する流入交通容量の変化率 λ_f と環道交通量 q_c の関係を示す．流入交通容量の変化率 λ_f を算定する時の流入車両の追従車頭時間の値 t_f は，同様に推定式(4.6)の定数項 $\beta_0=6.212$ [s]である．流入部幅員の単位当たりの変化量 $\Delta x_7=+1.0$ [m]に対する流入交通容量の変化率 λ_f は，環道交通量が 0[veh/h]の時，流入交通容量を増加させる側の変化となる．流入部幅員の単位当たりの変化量 $\Delta x_7=+1.0$ [m]に対する流入交通容量の変化率 λ_f は，環道交通量が 0[veh/h]の時に 1.01 程度であり，流入交通容量への影響は小さい．これは，流入部幅員を広げること，流入部の曲線半径を大きくすると流入部での走行がしやすくなり，先行流入車両を追従しやすくなるが，これより，流入部の車線幅員を広げて，アプローチ速度を高くした方が，追従走行しやすくなるためと考えられる．流入交通容量の変化率 λ_f は，環道交通量 q_c が多くなるにつれて，環道交通量 q_c の影響を受けるため，流入交通容量の変化率 λ_f は小さくなり，環道交通量 $q_c=600$ [pcu/h]の時の流入交通容量の変化率 λ_f は 1.00 程度となるが，環道交通量が 0[veh/h]の時とほとんど変化しない．流入部幅員の単位当たりの変化量 $\Delta x_7=+1.0$ [m]に対する流入交通容量の変化率 λ_f の傾向については，今後，分析対象のサンプルデータを増やし，クリティカルギャップ t_c の代表値の影響要因として流入部幅員の統計的な優位性を確認した上で，再度分析する必要がある．

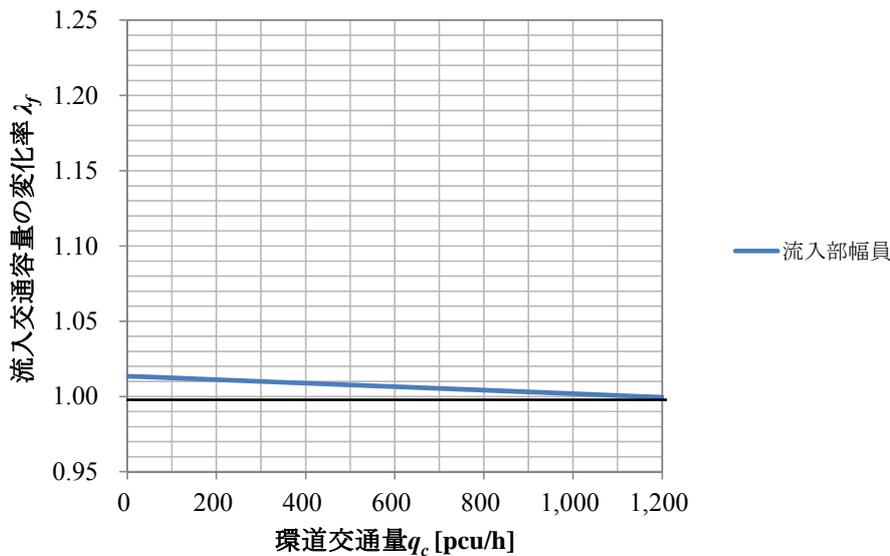


図-5.7 流入部幅員の単位当たりの変化量 $\Delta x_f = +1.0$ [m] に対する流入交通容量の変化率 λ_f と環道交通量 q_c の関係

図-5.8 は、統計的に有意になった、環道交通流の最小車頭時間 τ の推定式(4.7)の説明変数である合流角度と外径のそれぞれの単位当たりの変化量 $\Delta x_f = +1.0$ [m], $\Delta x_5 = +1.0$ [m] に対する流入交通容量の変化率 λ_f と環道交通量 q_c の関係を示したものである。なお、流入交通容量の変化率 λ_f を算定する時の環道交通流の最小車頭時間の値 t_r は、推定式(4.7)の定数項 $\gamma_0 = 2.380$ [s] とする。外径の単位当たりの変化量 $\Delta x_5 = +1.0$ [m] に対する流入交通容量の変化率 λ_f は、流入交通容量を増加させる側の変化となる。これは、外径の単位当たりの変化量 Δx_5 が $+1.0$ [m] になるということは、外径が大きくなることであり、外径が大きくなると、環道を走行しやすくなり、流入交通容量が増加すると考えられる。流入交通容量の変化率 λ_f は、環道交通量 q_c が多くなるにつれて大きくなる。合流角度の単位当たりの変化量 $\Delta x_f = +1.0$ [m] に対する流入交通容量の変化率 λ_f は、流入交通容量を低下させる側の変化となる。これは、合流角度の単位当たりの変化量 Δx_f が $+1.0$ [m] になることは、合流角度が大きくなる、すなわち鈍角になることであり、合流角度が鈍角になると、環道流入に際して、加速しづらく、環道走行車両の走行挙動に影響を与えるようになり、流入交通容量が低下するためである。環道交通量 q_c に対する合流角度と外径の単位当たりの変化量 $\Delta x_f = +1.0$ [m], $\Delta x_5 = +1.0$ [m] に対する流入交通容量の変化率 λ_f は、環道交通量 q_c が多くなるにつれて大きくなる。流入交通容量の変化率 λ_f の影響を比較すると、外径の単位当たりの変化量 $\Delta x_5 = +1.0$ [m] の方が、合流角度の単位当たりの変化量 $\Delta x_f = +1.0$ [m] に比べて大きく、その流入交通容量の変化率 λ_f に与える影響は、環道交通量が多くなるにつれて、大きくなる。環道交通量 $q_c = 600$ [pcu/h] での流入交通容量の変化率 λ_f を比較すると、外径の単位当たりの変化量 $\Delta x_5 = +1.0$ [m] に対する流入交通容量の変化率 λ_f は 1.002、合流角度の単位当たりの変化量 $\Delta x_f = +1.0$ [m] に対する流入交通容量の変化率 λ_f は 0.999 となり、流入交通容量はほとんど変化しない。しかしながら、環道交通量 $q_c = 1,200$ [pcu/h] になると、外径の単位当たりの変化量 $\Delta x_5 = +1.0$ [m] に対して流入部交通容量の変化率が 1.027 となり、流入交通容量は 3% 程度増加する。合流角度の単位当たりの変化量 $\Delta x_f = +1.0$ [m] に対する流入交通容量の変化率 λ_f についても 0.994 となり、流入交通容量は 1% 程度低下する。

以上のことから、各車頭パラメータの代表値の推定式(4.5)~(4.7)の説明変数である幾何構造諸元の単位当たりの変化量に対して、流入交通容量の変化率は、環道交通量 q_c が少ないときは、流入車両の追従車頭時間の代表値の推定式(4.6)の説明変数である流入部の車線幅員の単位当たりの変化量 Δx_6 に対する流入交通容量の変化率 λ_f の影響が大きくなる。環道交通量 q_c が多くなると、クリティカルギャップの代表値の推定式(4.5)の説明変数である流入部幅員の単位当たりの変化量 Δx_7 に対する流入交通容量の変化率 λ_c 、環道交通流の最小車頭時間の代表値の推定式(4.7)の説明変数である外径の単位当たりの変化量 Δx_5 に対する流入交通容量の変化率 λ_r の影響が若干大きくなる。特に、流入交通容量の変化率への影響が大きい幾何構造諸元の単位当たりの変化量は、流入車両の追従車頭時間の代表値の推定式(4.6)の説明変数である流入部の車線幅員の単位当たりの変化量 Δx_6 である。

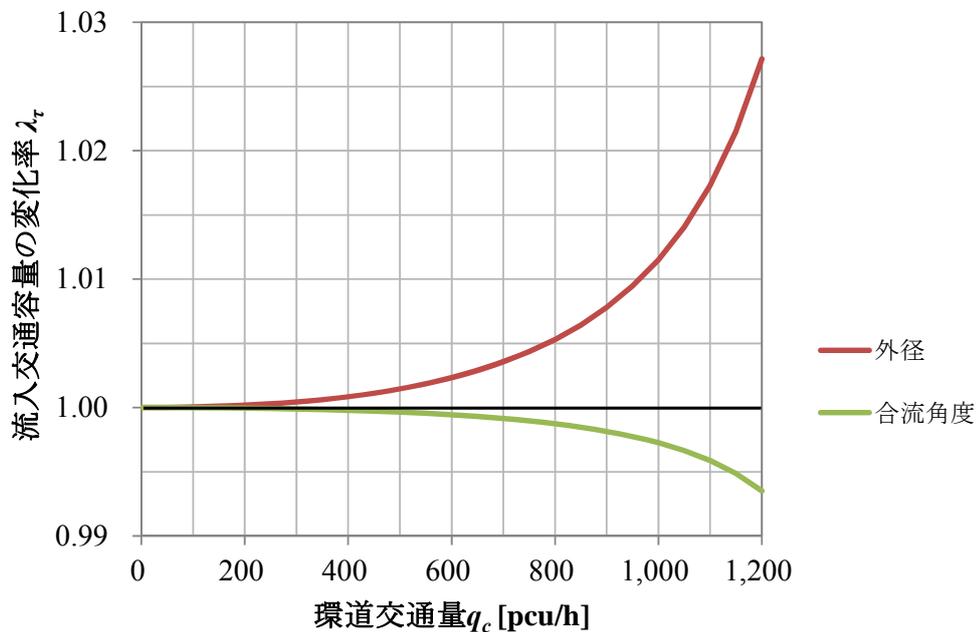


図-5.8 合流角度と外径の単位当たりの変化量 $\Delta x_4=+1.0[\text{deg}]$, $\Delta x_5=+1.0[\text{m}]$ に対する流入交通容量の変化率 λ_r と環道交通量 q_c の関係

5.2 推定流入交通容量と実測データによる流入交通容量の比較検証

5.1 では、車頭時間パラメータの単位当たりの変化量、および4.3で策定した車頭時間パラメータの推定式(4.5)~(4.7)の説明変数となる幾何構造諸元の単位当たりの変化量による流入交通容量の変化率を確認した。本節では、車頭時間パラメータの推定式(4.5)~(4.7)を、我が国のマニュアルに示されているギャップアクセプタンス確率に基づく流入交通容量の推定式(5.1)へ代入して算定した推定流入交通容量 C_{e_est} と実測データによる流入交通容量 C_{e_flow} を比較検証する。比較検証に用いる実測データの流入交通容量は、我が国で唯一、交通容量状態にある軽井沢の流入部 A で、2013年5月4日(土)、5日(日)に観測された15分間流入交通流率とする。なお、この観測された15分間流入交通流率は、表-3.4に示したように横断歩行者・自転車が多い時の15分間流入交通流率である。比較検証の考察については、次に示す他の3の方法で推定した推定交通容量と実測データによる流入交通容量 C_{e_flow} の比較検証も行いながら考察を行う。

- 我が国のマニュアルで適用している車頭時間パラメータの値をギャップアクセプタンス確率に基づく流入交通容量の推定式(5.1)へ代入し、推定流入交通容量 C_{e_sta} を算定する。
- 横断歩行者の影響を考慮するために、軽井沢の流入部 A, B の実測データによる横断歩行者交通量を用いて康・中村モデル(2015)の式(2.26)~(2.29)に基づき、推定流入交通容量 C_{e_ped} を算定する。
- 軽井沢の流入部 A, B の横断歩行者交通量を 0[人/h]と仮定して、康・中村モデル(2015)の式(2.26)~(2.29)に基づき、推定流入交通容量 C_{e_ped0} を算定する。

これら比較検証に用いる4つの流入交通容量の推定方法の概要を、表-5.2に示す。

なお、各推定流入交通容量に用いる観測データの15分間流入交通流率と環道交通量については、本研究の車頭時間パラメータを小型車で形成されたギャップで計測していることから、大型車の乗用車換算係数 $E_T=2.0$ により補正し、乗用車換算台数[pcu]として算出する。大型車の乗用車換算係数 $E_T=2.0$ は、HCM2010において、ラウンドアバウトの流入交通容量を推定する際に用いられている大型車の乗用車換算係数の値 $E_T=2.0$ とした。

表-5.2 比較検証する4つの流入交通容量の推定方法

| モデル | 流入交通容量の推定方法 | 車頭時間パラメータの代表値 | | | 摘要 | |
|---|--|---|-----------|-----------|---|---|
| | | 推定方法 | t_c [s] | t_f [s] | | τ [s] |
| 車頭時間パラメータの推定値を用いた推定流入交通容量 C_{e_est} | 式(5.1) | 式(4.5) 式(4.6) 式(4.7) | 4.69 | 2.78 | 2.37 | 表-3.6 に示した軽井沢流入部 A の幾何構造諸元を用いて、推定式(4.5)~(4.7)に基づき算定した車頭時間パラメータの推定値と軽井沢の環道交通量を式(5.1)へ代入して、軽井沢流入部 A の流入交通容量を推定する。 |
| 我が国のマニュアルで適用している車頭時間パラメータを用いた推定流入交通容量 C_{e_sta} | 式(5.1) | — | 4.1 | 2.9 | 2.1 | 我が国のマニュアルで適用している車頭時間パラメータの値と軽井沢の環道交通量を式(5.1)へ代入して、軽井沢流入部 A の流入交通容量を推定する。 |
| 康・中村モデル(2015)による推定流入交通容量 C_{e_ped} | 式(2.26) 式(2.27) 式(2.28) 式(2.29) | モデル分析時のベース値 | | | 表-3.6 に示した軽井沢の流入部 A, B の横断歩行者交通量と流入部 A の環道交通量を用いて式(2.15)~(2.18)に基づき、軽井沢流入部 A の流入交通容量を推定する。 式(2.22)~(2.24)での対象流入部の FPYR は、「1」とした。 | |
| | | | 4.5 | 3.2 | | 2.2 |
| | | 式(2.33)~(2.35)で算定した横断歩行者の影響を考慮した値 | | | | |
| | | 式(2.33) | 5.06 | 4.53 | | 2.03 |
| 式(2.34) | ~ | ~ | ~ | | | |
| 式(2.35) | 6.51 | 8.91 | 3.36 | | | |
| 横断歩行者交通量 0[人/h]と仮定した場合の康・中村モデル(2015)による推定流入交通容量 C_{e_ped0} | 式(2.26) 式(2.27) 式(2.28) 式(2.29) | モデル分析時のベース値 | | | 表-3.6 に示した軽井沢の流入部 A, B の横断歩行者交通量と流入部 A の環道交通量を用いて式(2.15)~(2.18)に基づき、軽井沢流入部 A の流入交通容量を推定する。 流入部 A, B の横断歩行者交通量は、0[人/h]と仮定した。 | |
| | | | 4.5 | 3.2 | | 2.2 |
| | | 式(2.33)~(2.35)で算定した横断歩行者交通量 0[人/h]と仮定した場合の値 | | | | |
| | | 式(2.33) | 4.63 | 3.61 | | 3.34 |
| 式(2.34) | | | | | | |
| 式(2.35) | | | | | | |

図-5.9に、実測の15分間交通流率 C_{e_flow} と表-5.2に示した方法で算定した推定流入交通容量の比較結果を示す。また、表-5.3には、式(4.4)に基づき算定した、実測の15分間交通流率 C_{e_flow} と表-5.2に示した方法で算定した推定流入交通容量のMAPEを示す。

図-5.9より、推定式(4.5)~(4.7)で算定した車頭時間パラメータの代表値を用いた推定流入交通容量 C_{e_est} と実測の15分間交通流率 C_{e_flow} を比較すると、推定流入交通容量 C_{e_est} と実測の15分間交通流率 C_{e_flow} の誤差は大きく、表-5.3に示すMAPEが約92%となり、推定精度が良くない結果となる。この理由としては、車頭時間パラメータの代表値を算定する推定式(4.7)では幾何構造と横断歩行者・自転車の影響を考慮しているが、推定式(4.5)、(4.6)では幾何構造のみ考慮しており、横断歩行者・自転車の影響を受けている15分間交通流率 C_{e_flow} にもかかわらず、推定式(4.5)、(4.6)には横断歩行者・自転車のダミー変数が含まれておらず、推定式(4.5)から推定するクリティカルギャップ t_c 、推定式(4.6)から推定する流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値が、横断歩行者・自転車の影響を考慮していない値となっているためと考える。推定式(4.7)では、横断歩行者・自転車のダミー変数を含めており、横断歩行者・自転車が多い場合の環道交通流の最小車頭時間 τ の代表値は、少ない場合に比べて約0.3[s]長くなる。このことから考えると、推定式(4.5)、(4.6)が、横断歩行者・自転車の影響を考慮した推定式になると、それぞれの推定式から算定する横断歩行者・自転車が多い場合のクリティカルギャップ t_c と流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値は、横断歩行者・自転車が少ない場合に比べてそれぞれ長くなり、式(5.1)を用いて算定する推定流入交通容量 C_{e_est} は低下し、15分間交通流率 C_{e_flow} に近づくと考える。特に、流入交通容量の変化率への影響が大きい流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値への横断歩行者・自転車への影響の精度を高めることが、推定流入交通容量 C_{e_est} を、15分間交通流率 C_{e_flow} に近づけることになると考える。

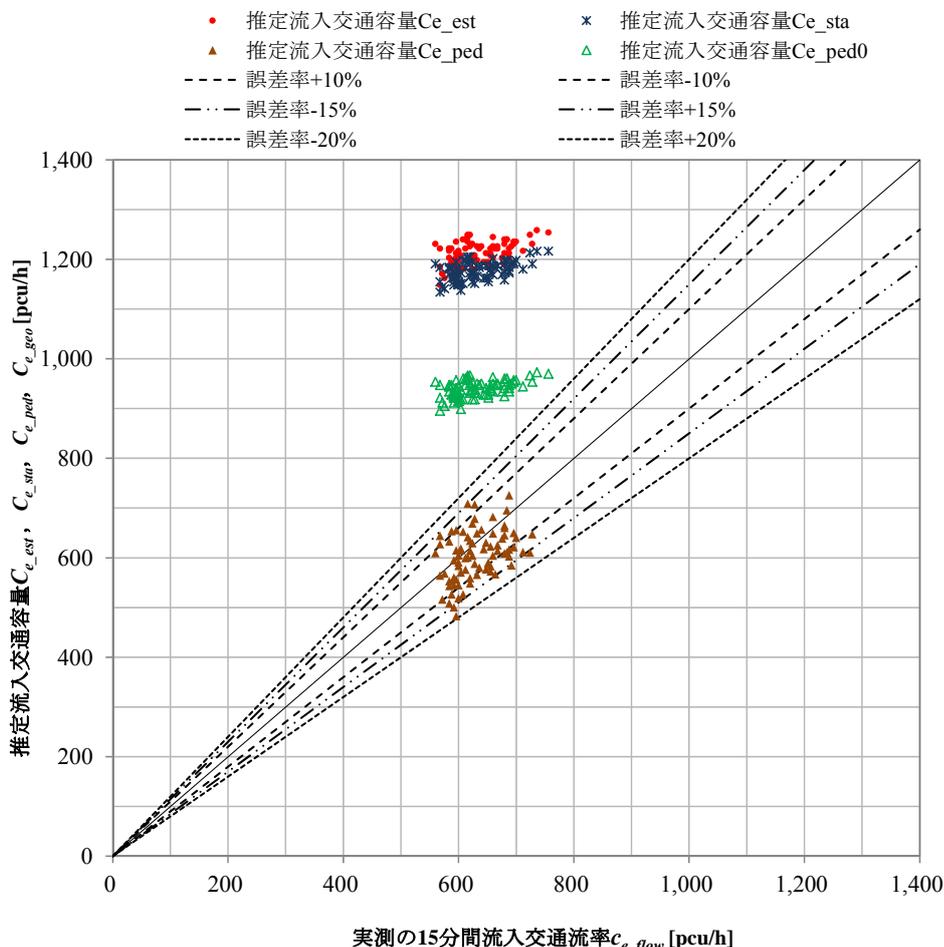


図-5.9 軽井沢流入部 A の 15 分間交通流率と推定交通容量の比較

表-5.3 推定流入交通容量と実測の 15 分間流入交通流率 C_{e_flow} の MAPE

| 推定流入交通容量のモデル | MAPE [%] |
|---|----------|
| 車頭時間パラメータの推定を用いた推定交通容量 C_{e_est} | 91.8 |
| ドイツ標準値の車頭時間パラメータを用いた推定交通容量 C_{e_sta} | 86.4 |
| 康・中村モデル(2015)による推定交通容量 C_{e_ped} | 7.5 |
| 横断歩行者交通量 0[人/h]と仮定した場合の康・中村モデル(2015)による推定交通容量 C_{e_ped0} | 49.5 |

図-5.9 より、我が国のマニュアルで適用している車頭時間パラメータの値を用いた推定流入交通容量 C_{e_sta} と実測の 15 分間交通流率 C_{e_flow} を比較すると、推定流入交通容量 C_{e_sta} と実測の 15 分間交通流率 C_{e_flow} の誤差は大きく、表-5.3 に示す MAPE が約 86% となり、推定精度が良くない結果となる。この要因としては、表-3.4 に示したように軽井沢の流入部 A は横断歩行者・自転車交通量が多く、実測の 15 分間流入交通流率 C_{e_flow} は横断歩行者・自転車の影響を受けているが、推定流入交通容量 C_{e_sta} は式(5.1)に基づく推定値であり、式(5.1)では横断歩行者が流入交通容量に与える影響が考慮されていないためである。また、推定流入交通容量 C_{e_sta} の算定に用いた車頭時間パラメータの値は、我が国のマニュアルで当面適用することになっている値であり、軽井沢の流入部 A の幾何構造や横断歩行者・自転車などの交通条件を反映したものではない。このため、推定流入交通容量 C_{e_sta} の MAPE が推定流入交通容量 C_{e_est} に比べて若干高くなっているが、推定流入交通容量 C_{e_est} の推定精度は、推定流入交通容量 C_{e_sta} に比べて、高いという判断をするものではない。なお、推定流入交通容量 C_{e_sta} が推定流入交通容量 C_{e_est} に比べて、相対的に低くなった主な理由は、5.1.2 での分析結果に基づくと、表-5.2 に示すように推定流入交通容量 C_{e_sta} の流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値 2.9[s]の方が、推定流入交通容量 C_{e_est} の流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値 2.78[s]より 1.0[s]程度長く、推定流入交通容量の算定に用いた実測の環道交通量が 30~110[pcu/h]と少ないことから、この流入車両の追従車頭時間 t_f の延長が大きく影響したためである。

図-5.9 より、康・中村モデル(2015)による推定流入交通容量 C_{e_ped} と実測の 15 分間交通流率 C_{e_flow} を比較すると、推定流入交通容量 C_{e_ped} と実測の 15 分間流入交通流率 C_{e_flow} の誤差率は概ね±20%以内で、表-5.3 に示す MAPE が 7.9% となり、十分な推定精度を有する結果となる。推定精度が良くなる主な要因としては、康・中村モデル(2015)の推定式(2.26)~(2.29)では、流入交通容量の低下要因となる対象の流入部 A、この下流側の流入部 B の横断歩行者交通量と横断歩行者挙動の影響を考慮しているためである。しかしながら、康・中村モデル(2015)の推定式では、幾何構造の影響を考慮しておらず、横断歩行者の影響だけでなく、幾何構造の影響も考慮すると、康・中村モデル(2015)の推定式から算定する推定流入交通容量 C_{e_ped} の推定精度は高まると考える。

図-5.9 より、横断歩行者交通量 0[人/h]と仮定した場合の康・中村モデル(2015)による推定流入交通容量 C_{e_ped0} と実測の 15 分間交通流率 C_{e_flow} を比較すると、推定流入交通容量 C_{e_ped0} と実測の 15 分間交通流率 C_{e_flow} の誤差は大きく、表-5.3 に示す MAPE も 49.5% となり、推定精度が良くない結果となる。ただし、推定流入交通容量 C_{e_ped0} の誤差は、推定流入交通容量 C_{e_est} と推定流入交通容量 C_{e_sta} の誤差と比べて小さくなる。実測の 15 分間交通流率 C_{e_flow} との誤差が大きくなった理由としては、推定流入交通容量 C_{e_ped0} は横断歩行者交通量 0[人/h]と仮定して算出したため、流入交通容量の低下要因となる対象の流入部 A、この下流側の流入部 B の横断歩行者交通量と横断歩行者挙動の影響を考慮していないためである。実測の 15 分間交通流率 C_{e_flow} との誤差が推定流入交通容量 C_{e_est} と推定流入交通容量 C_{e_sta} の誤差に比べ小さくなった理由は、推定流入交通容量の算定に用いた車頭

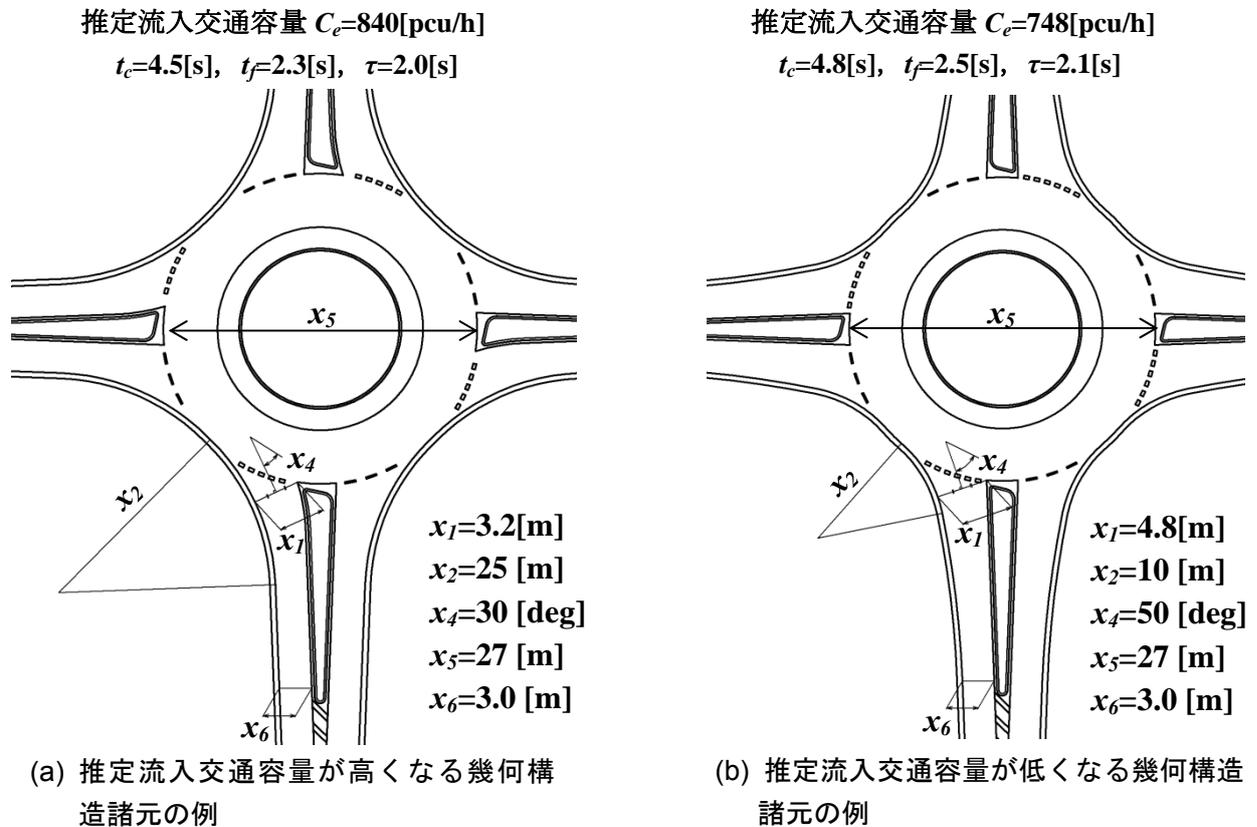
時間パラメータの代表値にある。表-5.3 より車頭時間パラメータの代表値を比較すると、推定流入交通容量 C_{e_ped0} の流入車両の追従車頭時間 t_f と環道交通流の最小車頭時間 τ の代表値は、推定流入交通容量 C_{e_est} と推定流入交通容量 C_{e_sta} の代表値に比べてそれぞれ長く、また推定流入交通容量 C_{e_ped0} のクリティカルギャップ t_c の代表値は、推定流入交通容量 C_{e_sta} の代表値に比べて長くなる。これにより、推定流入交通容量 C_{e_ped0} の誤差は、推定流入交通容量 C_{e_est} と推定流入交通容量 C_{e_sta} の誤差に比べ小さくなる。推定流入交通容量 C_{e_ped0} の車頭時間パラメータの代表値は、表-5.3 に示す康・中村モデル(2015)のモデル分析時の車頭時間パラメータのベース値に基づくものである。このベース値は、我が国の数箇所のラウンドアバウトで観測した車頭時間パラメータの代表値に基づき一般的な値にしたものであり、幾何構造諸元や経過期間が車頭時間パラメータの代表値に与える影響を考慮していない。したがって、安易に、推定流入交通容量 C_{e_ped0} の精度は、推定流入交通容量 C_{e_est} と推定流入交通容量 C_{e_sta} 比べて良くなるとは言えない。

結論として、流入交通容量は、幾何構造だけでなく、経過期間、横断歩行者・自転車の交通条件の影響を受けることから、これらの影響を考慮して流入交通容量を推定することが重要である。このため、流入交通容量を推定する方法としては、本研究で提案した推定式(4.5)~(4.7)に基づき推定した車頭時間パラメータの代表値を、我が国のマニュアルに示されているギャップアクセプタンス確率に基づく式(5.1)に代入して流入交通容量を推定することが、有効な手段になると考える。理由は、この推定方法に基づく推定流入交通容量は、幾何構造と、経過期間、横断歩行者・自転車の交通条件の影響を考慮していることから、我が国でラウンドアバウトを計画・設計する実務者の判断基準となる流入交通容量の目安値を推定することになるためである、ただし、本研究では、車頭時間パラメータの代表値を推定する推定式(4.5)、(4.6)に横断歩行者・自転車の影響は考慮できていないため、横断歩行者・自転車の影響を受ける場合の推定流入交通容量の推定精度は低い状況にある。しかしながら、上記の推定方法は、我が国における流入交通容量を推定する有効な手段となるため、引き続き、横断歩行者・自転車が多いラウンドアバウトのデータを蓄積し、本研究で提案した推定式(4.5)~(4.7)の検証を行い、車頭時間パラメータの代表値の推定精度を向上させていく必要がある。

5.3 幾何構造諸元が流入交通容量へ与える影響のケーススタディ

幾何構造諸元が交通容量に与える影響のケーススタディを示すと、図-5.10 のとおりである。図-5.10 に示す流入交通容量は、環道交通量 $q_e=600$ [pcu/h]と仮定し、図-5.10 に示した幾何構造諸元値から推定式(4.5)~(4.7)により推定した車頭時間パラメータの代表値を式(5.1)に代入して算定した推定値である。クリティカルギャップの値 t_c は、流入部幅員 x_1 を図-5.10(b)に示す 4.8[m]から図-5.10(a)に示す 3.2[m]へ狭く、流入部の曲線半径 x_2 を図-5.10(b)に示す 10[m]から図-5.10(a)に示す 25[m]に大きくすることにより、図-5.10(b)に示す 4.8[s]から図-5.10(a)に示す 4.5[s]へ短くなる。流入車両の追従車頭時間 t_f も、流入部幅員 x_1 と流入部の曲線半径 x_2 を上記と同じように変更することで、図-5.10(b)に示す 2.5[s]から図-5.10(a)に示す 2.3[s]へ短くなる。環道交通流の最小車頭時間 τ は、外径 $x_3=27$ [m]において、合流角度 x_4 を図-5.10(b)に示す 50[deg]から図-5.10(a)に示す 30[deg]へ小さくすることで、図-5.10(b)に示す 2.1[s]から図-5.10(a)に示す 2.0[s]へ短くなる。これら車頭時間パラメータの代表値を用いて式(5.1)より流入交通容量を推定すると、推定流入交通容量 C_e は図-5.10(b)に示す 748[pcu/h]から図-5.10(a)に示す 840[pcu/h]へとなり、約 12%増加する。これは、流入部において、流入部幅員 x_1 を流入部の車線幅員 x_6 に対して広がり過ぎないようにするとともに、大きな流入部の曲線半径 x_2 で流入部を緩やかなカーブ線形として、幾何構造諸元による流入車両に対する誘導効果を高め、環道流入に際して、速度を安定させて加速しやすくすることが、流入交通容量を高めることになるためである。また、この流入交通容量 C_e を増加させる幾何構造条件は、現在、ラウ

ラウンドアバウトの設計において、流入部で講じている逆走防止の幾何構造条件と同条件にもなり、流入交通容量を高くして走行の円滑性を確保する幾何構造条件は、逆走防止の安全性を確保する幾何構造条件を満たすことにも繋がることとわかる。



ここで t_c :クリティカルギャップ[s], t_f :流入車両の追従車頭時間[s], τ :環道交通流の最小車頭時間[s], x_1 :流入部幅員[m], x_2 :流入部の曲線半径[m], x_4 :合流角度[deg], x_5 :外径[m], x_6 :流入部の車線幅員[m], 経過期間:概ね3ヶ月以上, 横断歩行者・自転車:1流入部あたり100[人・veh/h]未満である。

図-5.10 幾何構造諸元が流入交通容量に与える影響のケーススタディ

5.4 まとめ

本章では、ラウンドアバウトの計画・設計を行うにあたっては、車頭時間パラメータの代表値と幾何構造諸元の条件が、推定流入交通容量にどの程度影響を与えるかを定量的に示しておくことが望まれることから、車頭時間パラメータの推定式(4.5)~(4.7)を用いて、車頭時間パラメータと幾何構造諸元の変化による流入交通容量の感度分析を行い、車頭時間パラメータと幾何構造諸元の流入交通容量に与える影響について示した。さらに、推定式(4.5)~(4.7)より算定した車頭時間パラメータによる推定流入交通容量と、車頭時間パラメータの実測値による推定交通容量と比較検証を行った。

幾何構造諸元と車頭時間パラメータの変化による交通容量への感度分析では、流入交通容量の変化率に影響を与える車頭時間パラメータとしては、環道交通量が少ない時は、流入車両の追従車頭時間の変化量 Δt_f の影響が大きく、環道交通量が多くなると、クリティカルギャップの変化量 Δt_c と環道交通流の最小車頭時間の変化量 $\Delta \tau$ の影響が若干大きくなることを確認した。また、流入交通容

量の変化率に影響を与える幾何構造諸元としては、車頭時間パラメータの代表値の推定式(4.5)~(4.7)で統計的に有意になった説明変数でみると、流入部の車線幅員の変化量 Δx_6 、外径の変化量 Δx_5 が、流入交通容量の変化率に影響を与えるが大きいことが明らかになった。特に、流入交通容量の変化率への影響が大きい幾何構造諸元の単位当たりの変化量は、流入車両の追従車頭時間の代表値の推定式(4.6)の説明変数である流入部の車線幅員の単位当たりの変化量 Δx_6 であることが確認できた。

横断歩行者の影響を受ける軽井沢流入部 A の実測による 15 分間交通流率 C_{e_flow} と推定流入交通容量の比較検証からは、横断歩行者の影響を考慮した康・中村モデル(2015)による推定流入交通容量 C_{e_ped} は、実測による 15 分間交通流率 C_{e_flow} に対して、十分な推定精度を有する結果となった。ただし、康・中村モデル(2015)では幾何構造の影響は考慮していない。一方で、幾何構造、経過期間、および横断歩行者・自転車の影響を考慮した車頭時間パラメータの推定式(4.5)~(4.7)から算定した推定値を用いた推定流入交通容量 C_{e_est} は、軽井沢流入部 A の実測による 15 分間交通流率 C_e と乖離する結果となった。これは、横断歩行者・自転車の影響を考慮しているのが環道交通流の最小車頭時間 τ の代表値の推定式(4.7)のみであり、クリティカルギャップ t_c の代表値の推定式(4.5)、流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値の推定式(4.6)には横断歩行者・自転車の影響が考慮できていないためである。したがって、推定式(4.5)、(4.6)に横断歩行者・自転車の影響ができれば、3 つの車頭時間パラメータの代表値について幾何構造と横断歩行者・自転車の両方の影響を考慮して推定できるため、流入交通容量の推定精度が向上することが十分に期待できる。この検証結果を踏まえ、流入交通容量の推定方法の結論としては、次のとおりである。

ラウンドアバウトの流入交通容量は、幾何構造や、経過期間、横断歩行者・自転車の交通条件の影響を受けることから、これらの影響を考慮することが重要である。このため、流入交通容量を推定する方法としては、本研究で提案した推定式(4.5)~(4.7)に基づき推定した車頭時間パラメータの代表値を、我が国のマニュアルに示されているギャップアクセプタンス確率に基づく式(5.1)に代入して流入交通容量を推定することが、有効な手段になると考える。理由は、この推定方法に基づく推定流入交通容量は、幾何構造と、経過期間、横断歩行者・自転車の交通条件の影響を考慮していることから、我が国でラウンドアバウトを計画・設計する実務者の判断基準となる流入交通容量の目安値を推定することになるためである。ただし、本研究では、クリティカルギャップ t_c と流入車両の追従車頭時間 t_f の代表値を推定する推定式(4.5)、(4.6)には、横断歩行者・自転車が多くの場合の分析対象のサンプルデータが軽井沢のデータに限られていたこともあり、横断歩行者・自転車の影響は考慮できず、横断歩行者・自転車の影響を受ける場合の推定流入交通容量の推定精度は低い状況にある。しかしながら、上記の推定方法は、我が国における流入交通容量を推定する有効な手段となるため、引き続き、横断歩行者・自転車が多くのラウンドアバウトのデータを蓄積し、本研究で提案した推定式(4.5)~(4.7)の検証を行い、車頭時間パラメータの代表値の推定精度を向上させていく必要がある。

第6章 結論

6.1 本研究の成果および得られた知見

本研究は、ラウンドアバウトの幾何構造が交通容量に与える影響について、我が国のラウンドアバウトで収集・計測した幾何構造諸元と車頭時間パラメータのデータに基づき、幾何構造諸元値と車頭時間パラメータの代表値の関係についてモデル分析を行い、幾何構造諸元が車頭時間パラメータに与える影響を定量的に明らかにした。さらに、このモデル分析の結果に基づき、幾何構造諸元が交通容量に与える影響を定量的に明らかにした。

(1) 幾何構造が車頭時間パラメータに与える影響について

幾何構造が車頭時間パラメータに与える影響を定量化するために、幾何構造諸元値と交通条件を用いて3つの車頭時間パラメータの代表値を推定するモデル分析を行い、クリティカルギャップ、流入車両の追従車頭時間、環道交通流の最小車頭時間の代表値の推定式を提案した。

3つの車頭時間パラメータの代表値を推定するモデル分析を行った結果、車頭時間パラメータの代表値に影響を与える幾何構造諸元の条件として、次のことが明らかになった。

- クリティカルギャップと流入車両の追従車頭時間の代表値を短くするには、流入部幅員、流入部の車線幅員、流入部の曲線半径を組合せて、流入車両が環道交通流に合流しやすく、また先行流入車両に追従しやすくするように、流入部での流入車両に対する誘導効果を高める幾何構造にする。
- 環道交通流の最小車頭時間の代表値を短くするには、外径と合流角度を組合せて、環道走行車両が環道を走行しやすくする幾何構造にする。

また、幾何構造諸元以外に、車頭時間パラメータの代表値に影響を与える交通条件として、次のことが明らかになった。

- 3つの車頭時間パラメータの代表値は、運転者のラウンドアバウトの利用経験、すなわち運転者のラウンドアバウト利用に対する慣れから、運用開始からの経過期間が影響し、経過期間が概ね3ヶ月以上の3つの車頭時間パラメータの代表値は、概ね3ヶ月未満に比べて短くなる。
- 環道交通流の最小車頭時間の代表値は、横断歩行者・自転車の多い、少ないが影響し、横断歩行者・自転車が1流入部あたり100[人・veh/h]以上と多い場合は、横断歩行者・自転車により、流出車両が環道から流出し難くなり、環道走行車両の走行を妨げるようになるため、環道交通流の最小車頭時間の代表値は長くなる。

これら幾何構造条件と交通条件が車頭時間パラメータに与える影響に基づき、3つの車頭時間パラメータの代表値を推定するために、本研究では、次の推定式を提案した。

クリティカルギャップの代表値の推定は、幾何構造諸元の流入部幅員、流入部の曲線半径を説明変数、経過期間をダミー変数とする推定式とした。この推定式によりクリティカルギャップの代表値を短くする幾何構造の組合せの条件は、流入車両の誘導効果を高めるため環道交通流に合流しやすくするため、流入部の車線幅員に対して流入部幅員が広がりすぎないように、流入部幅員を狭くし、かつ流入部の曲線半径を大きくして緩やかなカーブ線形とすることである。この幾何構造によって、流入部幅員を1.0[m]狭く、流入部の曲線半径を1.0[m]大きくすることにより、クリティカルギャップの代表値は約0.1[s]短くなる。また、この推定式での経過期間の影響については、運用開始からの経過期間が概ね3ヶ月以上のクリティカルギャップの代表値は、概ね3ヶ月未満に比べ、約0.8[s]短くなる。

流入車両の追従車頭時間の代表値の推定は、幾何構造諸元値の流入部幅員、流入部の曲線半径、

流入部の車線幅員を説明変数、経過期間をダミー変数とする推定式とした。この推定式により流入車両の追従車頭時間の代表値を短くする幾何構造の組合せの条件は、流入部での誘導効果を高めて先行流入車両に追従しやすくするため、流入部幅員と流入部の車線幅員を広くすることで流入部の車線幅員に対する流入部幅員の広がりやを少なくする、かつ流入部の曲線半径を大きくして緩やかなカーブ線形とすることである。この幾何構造によって、流入部幅員と流入部の車線幅員をそれぞれ 1.0[m]広く、流入部の曲線半径を 1.0[m]大きくすることにより、流入車両の追従車頭時間は約 1.1[s]短くなる。また、この推定式での経過期間の影響については、運用開始からの経過期間が概ね 3 ヶ月以上の流入車両の追従車頭時間の値は、概ね 3 ヶ月未満に比べ、約 0.2[s]短くなる。なお、流入車両の追従車頭時間の代表値の推定式に用いた幾何構造の説明変数の流入部幅員、流入部の曲線半径、流入部の車線幅員は、我が国のマニュアルで示されている、平面幾何構造を設計する際の幾何構造諸元に基づき設定している。しかしながら、本研究のモデル分析でわかったことは、流入車両の追従車頭時間の代表値の推定式の決定係数が最も高くなるのは、説明変数に流入部のフレア区間長と合流角度を用いた推定式である。このフレア区間長は流入部の車線幅員と流入部幅員の擦りつけ区間長であり、この長さは流入部幅員、流入部の曲線半径、流入部の車線幅員により決定される。このため、今後、我が国のマニュアルにおいて、幾何構造の条件に流入部のフレア区間長の概念が入れば、流入部のフレア区間長、合流角度を説明変数、経過期間をダミー変数とした推定式を用いて、流入車両の追従車頭時間の代表値を推定することが望まれる。

環道交通流の最小車頭時間の代表値の推定は、幾何構造諸元の外径、合流角度を説明変数、経過期間、横断歩行者・自転車をダミー変数とする推定式とした。この推定式により環道交通流の最小車頭時間の代表値を短くする幾何構造の組合せの条件は、環道の走行をしやすくするため、外径を大きく、合流角度が小さく(鋭角)することである。この幾何構造によって、外径を 1.0[m]大きく、合流角度を 1.0[deg]小さくすることにより、環道交通流の最小車頭時間は約 0.03[s]短くなる。また、この推定式での経過期間の影響については、運用開始からの経過期間が概ね 3 ヶ月以上の環道交通流の最小車頭時間の代表値は、概ね 3 ヶ月未満に比べ、約 0.2[s]短くなる。横断歩行者・自転車の影響については、横断歩行者・自転車が 100[人・veh/h]未満の少ない場合の環道交通流の最小車頭時間の代表値は、横断歩行者・自転車が 100[人・veh/h]以上の多い場合に比べて約 0.3[s]短くなる。

これら推定式により算定した車頭時間パラメータの推定値と車頭時間パラメータの実測値を比較検証した結果、十分に、推定精度を有する結果となった。このため、設計した幾何構造諸元について、本研究による推定式から車頭時間パラメータの推定することは、有効な手段と考える。

(2) 幾何構造が交通容量に与える影響について

本研究で提案した車頭時間パラメータの推定式を用いて、幾何構造諸元と車頭時間パラメータの変化による交通容量への感度分析、車頭時間パラメータの推定値と実測値による推定流入交通容量の比較検証、および推定交通容量と実測の交通容量の比較検証を行った。

幾何構造諸元と車頭時間パラメータの変化による交通容量への感度分析では、車頭時間パラメータの代表値の単位当たりの変化量が流入交通容量の変化率に与える影響を定量的に示し、流入交通容量への影響が大きい車頭時間パラメータの代表値を示した。流入交通容量の変化率に影響を与える車頭時間パラメータについては、環道交通量が少ない時は、流入車両の追従車頭時間の変化量の影響が大きく、環道交通量が多くなると、クリティカルギャップと環道交通流の最小車頭時間の変化量の影響が大きくなることを確認した。特に、環道交通流の最小車頭時間の変化量の影響は、環道交通量が多くなると急激に大きくなることがわかった。幾何構造については、環

道交通量が少ないときは、流入車両の追従車頭時間の説明変数となる流入部の車線幅員の影響が大きく、環道交通量が0[veh/h]の時、流入部の車線幅員が1.0[m]広くなると、流入交通容量を20%程度増加させることが確認できた。環道交通量が多くなると、クリティカルギャップの説明変数となる流入部の曲線半径、環道交通流の最小車頭時間の説明変数となる外径の変化量が流入交通容量の変化率に対して若干大きく影響することが明らかになった。

横断歩行者・自転車の影響がある軽井沢流入部Aの実測による15分間交通流率と推定流入交通容量の比較検証からは、実測による15分間交通流率が横断歩行者・自転車の影響を受けているため、横断歩行者の影響を考慮した康・中村モデル(2015)による推定流入交通容量が、実測による15分間交通流率に対する誤差が最も少なく、十分な推定精度を有する結果となった。ただし、康・中村モデル(2015)の推定式(2.26)~(2.29)では、幾何構造による影響を考慮していない。しかしながら、ラウンドアバウトの流入交通容量は、幾何構造条件や、経過期間、横断歩行者・自転車の交通条件の影響を受けることから、これらの影響を考慮することが重要である。

このため、流入交通容量を推定する方法としては、本研究で提案した推定式(4.5)~(4.7)に基づき推定した車頭時間パラメータの代表値を、我が国のマニュアルに示されているギャップアクセプタンス確率に基づく式(5.1)に代入して流入交通容量を推定することが、ラウンドアバウトを計画・設計する実務者が判断する流入交通容量の目安値として、有効な手段になると考える。ただし、推定式(4.5)、(4.6)にはダミー変数の横断歩行者・自転車は組込んでいない。理由は、横断歩行者・自転車が多い場合の分析対象のサンプルデータが幾何構造条件の厳しい軽井沢のデータに限られていたこともあり、推定式(4.5)、(4.6)から推定する流入車両の追従車頭時間 t_f 、環道交通流の最小車頭時間 τ に対する幾何構造諸元の影響が大きかったこと、また軽井沢では横断歩行者・自転車優先を遵守する流入車両が少なかったなどから統計的に有意にならなかったためと考える。このため、幾何構造諸元と横断歩行者・自転車の利用実態に応じた流入交通容量を推定するには、今後、横断歩行者・自転車が多いラウンドアバウトのデータを蓄積し、本研究で提案した推定式(4.5)~(4.7)の検証を行い、車頭時間パラメータの代表値の推定精度を向上させることが、有効な手段になると考える。

(3) 本研究結果の実務への有用性

ラウンドアバウトの流入交通容量は、ギャップアクセプタンス行動、たとえば非優先側の流入車両の運転者が優先側の環道交通流の間隙を見て、環道へ流入できるかどうか判断する行動に影響を受けるため、クリティカルギャップ、流入車両の追従車頭時間、環道交通流の最小車頭時間の車頭時間パラメータの値に左右される。この車頭時間パラメータの値は、幾何構造諸元の条件、経過期間や横断歩行者・自転車の交通条件から影響を受け、これら条件によって車頭時間パラメータの値が異なり、流入交通容量も異なることが、本研究で明らかになった。また、同じ幾何構造諸元の条件であっても、交通条件が違えば車頭時間パラメータの値は異なるため、同じ幾何構造諸元の条件下の流入交通容量は一定値にはならず、流入交通容量は幅を持つことになる。このように、本来、同じ幾何構造諸元の条件下の流入交通容量では、幅があることを踏まえて考えないといけない。しかしながら、幅を持った流入交通容量は、実務者にとっては扱いつらいため、実務においては、流入交通容量の幅を考慮する代わりに、推定した一つの流入交通容量により、流入部の需要率(流入交通量 / 流入交通容量 比)を算定し、この需要率に基づき、走行の円滑性の確保状況について判断し、ラウンドアバウトの導入の可否の判断や、幾何構造諸元の条件に幅を持たせた設計を行っている。しかしながら、これまでの我が国でのラウンドアバウトの流入交通容量の推定では、幾何構造諸元の条件や交通条件が車頭時間パラメータに与える影響が明らかになっていなかったため、実務者は、現状において我が国のマニュアルに示されているドイツのガ

イドラインの車頭時間パラメータの標準値を適用して、幾何構造諸元の条件や交通条件が違って同じ値を用いて流入交通容量を推定している。このため、実務者は、適切なラウンドアバウトの導入の可否の判断や、幾何構造諸元の設計を行っているとは言えない。

そこで、本研究では、幾何構造諸元と交通条件を考慮した流入交通容量を推定するための第一歩として、幾何構造諸元の条件や経過期間、横断歩行者・自転車の交通条件の影響を考慮した車頭時間パラメータの推定式(6.2)~(6.4)を提案した。そして、本研究で提案した車頭時間パラメータの推定式(6.2)~(6.4)に基づき算定したクリティカルギャップ、流入車両の追従車頭時間、環道交通流の最小車頭時間の代表値を、我が国のマニュアルに示されているギャップアクセプタンス確率に基づく交通容量の推定式(6.1)に代入して流入交通容量を算定することは、各ラウンドアバウトの幾何構造諸元の条件と、運転者の慣れや横断歩行者・自転車の交通条件を反映した流入交通容量を推定すとなり、実務者にとって、適切なラウンドアバウトの導入の可否の判断や、走行の円滑性能面から適切な幾何構造諸元の設計を行うための有用な手段となる。また、引き続き、分析対象データを収集・蓄積して、車頭時間パラメータの推定式(6.2)~(6.4)の信頼性を向上させていくことは、各ラウンドアバウトの幾何構造諸元の条件と様々な交通条件を反映した精度よい流入交通容量を推定する有効な手段となり得ると考える。

$$c_i = \frac{3600}{t_f} \left(1 - \tau \cdot \frac{q_{ci}}{3600} \right) \cdot \exp \left\{ -\frac{q_{ci}}{3600} \cdot \left(t_c - \frac{t_f}{2} - \tau \right) \right\} \quad \dots(6.1)$$

$$t_c = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot x_1 + \alpha_2 \cdot x_2 + \alpha_3 \cdot d_1 \quad \dots(6.2)$$

$$t_f = \beta_0 + \beta_1 \cdot x_1 + \beta_2 \cdot x_2 + \beta_3 \cdot x_3 + \beta_4 \cdot d_1 \quad \dots(6.3)$$

$$\tau = \gamma_0 + \gamma_1 \cdot x_4 + \gamma_2 \cdot x_5 + \gamma_3 \cdot d_1 + \gamma_4 \cdot d_2 \quad \dots(6.4)$$

ここに、 c_i :流入部*i*の交通容量[pcu/h]、 q_{ci} :流入部*i*正面上流断面の環道交通量[pcu/h]、 t_c :クリティカルギャップ[s]、 t_f :流入車両の追従車頭時間[s]、 τ :環道交通流の最小車頭時間[s]、 x_1 :流入部幅員[m]、 x_2 :流入部の曲線半径[m]、 x_3 :流入部の車線幅員[m]、 x_4 :合流角度[deg]、 x_5 :外径[m]、 d_1 :経過期間ダミー、 d_2 :横断歩行者・自転車ダミーであり、 $\alpha_0 \sim \alpha_3$ 、 $\beta_0 \sim \beta_4$ 、 $\gamma_0 \sim \gamma_4$ は、表-6.1に示すとおりである。

表-6.1 車頭時間パラメータの代表値の推定モデルのパラメータ推定結果一覧

| | 定数項と説明変数 | パラメータ | t値 | 自由度調整済決定係数R ² | p値 | |
|---------------------|--|------------|-------------------------|--------------------------|-------|---------------------------|
| クリティカルギャップ t_c | 定数項 [s] | α_0 | 4.467 | 11.638 ** | 0.555 | 1.536×10 ⁻⁴ ** |
| | 流入部幅員 x_1 [m] | α_1 | 1.001×10 ⁻¹ | 1.079 | | |
| | 流入部の曲線半径 x_2 [m] | α_2 | -1.320×10 ⁻² | -1.774 + | | |
| | 経過期間ダミー d_1 (0:概ね3ヶ月以上, 1:概ね3ヶ月未満) | α_3 | 7.842×10 ⁻¹ | 5.529 ** | | |
| 流入車両の追従車頭時間 t_f | 定数項 [s] | β_0 | 6.212 | 7.577 ** | 0.464 | 5.009×10 ⁻⁴ ** |
| | 流入部幅員 x_1 [m] | β_1 | -8.274×10 ⁻² | -1.239 | | |
| | 流入部の曲線半径 x_2 [m] | β_2 | -1.831×10 ⁻² | -3.672 ** | | |
| | 流入部の車線幅員 x_3 [m] | β_3 | -1.061 | -4.086 ** | | |
| | 経過期間ダミー d_1 (0:概ね3ヶ月以上, 1:概ね3ヶ月未満) | β_4 | 1.852×10 ⁻¹ | 1.934 + | | |
| 環道交通流の最小車頭時間 τ | 定数項 [s] | γ_0 | 2.380 | 12.717 ** | 0.666 | 1.749×10 ⁻⁶ ** |
| | 合流角度 x_4 [deg] | γ_1 | 5.045×10 ⁻³ | 2.520 * | | |
| | 外径 x_5 [m] | γ_2 | -2.135×10 ⁻² | -3.434 ** | | |
| | 経過期間ダミー d_1 (0:概ね3ヶ月以上, 1:概ね3ヶ月未満) | γ_3 | 1.816×10 ⁻¹ | 2.774 * | | |
| | 横断歩行者・自転車ダミー d_2 (0:横断歩行者・自転車が1流入部あたり100[人・veh/h]未満, 1:横断歩行者・自転車が1流入部あたり100[人・veh/h]以上) | γ_4 | 2.884×10 ⁻¹ | 3.583 ** | | |

+ : 有意水準10%以内, * : 有意水準5%以内, ** : 有意水準1%以内

6.2 今後の課題

本研究の成果を踏まえ、今後の課題を以下に示す。

(1) 分析対象の幾何構造データの種類と範囲の拡大

本研究では、守山、日立多賀、軽井沢、糸満の4箇所を対象とした流入部数30の幾何構造諸元と車頭時間パラメータに基づいたモデル分析から、幾何構造諸元が車頭時間パラメータに与える影響を定量的に確認した。しかしながら、この結果は、以下に示すように、限られた幾何構造のデータによるものである。

- ・流入部のフレア区間長は2.0~3.0[m]程度が多い、外径が3種類(27[m], 28[m], 39[m])、環道幅員はほぼ5.0[m]など対象としたデータの対象範囲や種類が限られていた。
- ・3枝の接続道路の幾何構造諸元値が含まれていない、分離島の幅、エプロン段差等の構造、縦・横断線形を考慮していないなど、さらに車頭時間パラメータに影響を与える可能性がある幾何構造がある。

このことから、今後、分析対象とする幾何構造諸元の種類と範囲を拡大して、幾何構造諸元が車頭時間パラメータに与える影響を分析することが望まれる。

(2) 車頭時間データの信頼性の向上

本研究では、25サンプルのクリティカルギャップ、30サンプルの流入車両の追従車頭時間と環道交通流の最小車頭時間で、幾何構造諸元が車頭時間パラメータに与える影響を定量的に確認したが、このサンプルにも、以下のような課題がある。

- ・経過期間が1年以上の車頭時間パラメータのデータサンプルが少なかった。
- ・少ない流入ギャップ、棄却ギャップのサンプルで、クリティカルギャップの代表値を推定した流入部がある。
- ・少ないサンプルで流入車両の追従車頭時間、環道交通流の最小車頭時間の代表値を設定した流入部がある。
- ・経過期間が概ね3ヶ月以上の分離島が有る場合、ゆずれ制御や横断歩行者・自転車が多い場合のサンプルデータが少ない。また、サンプルが少ない中で横断歩行者・自転車が多いサンプルと厳しい幾何構造諸元のサンプルが同じ箇所(軽井沢)であった。
- ・少ないサンプルで、データにもバラツキがあり、クリティカルギャップでは幾何構造との関係において、幾何構造諸元が統計的に優位となる影響要因にならなかった。

このことから、今後、車頭時間データの観測値の精度を上げるとともに、幾何構造諸元や交通条件の範囲を拡大した多くの車頭時間のデータに基づき、車頭時間パラメータの特性分析を行い、車頭時間パラメータのモデル分析に用いる車頭時間パラメータの代表値の信頼性を向上することが望まれる。

(3) 車頭時間パラメータの推定モデルの検証

本研究では、分析対象とした車頭時間パラメータの代表値と幾何構造諸元値の範囲が限られていることから、線形による重回帰分析を行い、車頭時間パラメータを推定する推定式(4.5)~(4.7)を提案した。しかしながら、推定式(4.5)、(4.6)に基づき算定する流入車両の追従車頭時間、環道交通流の最小車頭時間には、分析対象のサンプルデータが限られていたことから、横断歩行者・自転車の影響を考慮することができなかった。また、同じ理由から、車頭時間パラメータの代表値と幾何構造諸元値のデータ分布の特性を把握し、このデータ特性から様々なモデルの適合性を検証して、本研究で提案した推定式が最適なモデルであることは検証できていない。

このため、今後は、分析対象のサンプルデータを増やし、車頭時間パラメータの値や代表値の分布特性も分析し、本研究で提案した推定式(4.5)~(4.7)が、車頭時間パラメータを推定するための適切なモデルかどうかを検証し、より精度の高い推定モデルを策定していくことが望まれる。

(4) 車頭時間パラメータの安全性の検証

本研究では、走行の円滑性の確保に着目し、幾何構造が車頭時間に与える影響を分析した。分析の結果から定量的に明らかになった幾何構造諸元を説明変数とする車時間パラメータの推定式により、ケーススタディとして、車頭時間パラメータの値を短くして交通容量を高くする幾何構造諸元を示した。しかしながら、この走行の円滑性を確保する幾何構造諸元では、安全性がどの程度確保できるかは明確になっていない。

このことから、今後、走行の円滑性の確保だけでなく、安全性の確保に着目して、幾何構造と車頭時間パラメータの関係を分析することが望まれる。

参考文献

- Austrroads(1993):Guide Traffic Engineering Practice, Part 6 Roundabouts, Australia.
- Brilon, W. and Stuwe, B. (1991): Kreisverkehrsplaetze-Leistungsfahigkeit, Sicherheit und verkehrstechnische Gestaltung. (Roundabouts-Capacity, safety, and design), Strassenverkehrstechnik,vol. 6.
- Brilon, W. and Grossmann, M. (1991): The New German Guideline for Capacity of Unsignalized Intersections. Intersections without Traffic Signals II (Ed.: Brilon, W.), Springer Publications, Berlin.
- Brilon, W., Stuwe, B. and Drews, O. (1993): Sicherheit und Leistungsfähigkeit von Kreisverkehrsplätzen (Safety and Capacity of Roundabouts). Research Report Ruhr-University Bochum, Germany.
- Brilon, W., Wu, N.(2008): Kapazitaet von Kreisverkehren - Aktualisierung, (Capacity of roundabouts – actual solution), Strassenverkehrstechnik, Nr. 5, S. 280 – 288.
- Brilon W.(2005): Roundabouts - A State of the Art in Germany , National Roundabout Conference Vail Colorado.
- Brilon, W., Koenig, R., and Troutbeck, R. J.(1999): Useful Estimation Procedures for Critical Gaps, Transportation Research Part A, Vol.33, pp.161-186.
- Brilon, W., Bondzio, L., Wu, N.(1997): Unsignalized Intersections in Germany - a State of the Art, 2nd International Symposium for Unsignalized Intersections, Portland/Oregon.
- Bovy, H. Dietrich, K. and Harmann, A. (1991): Guide Suisse des Giratoires. Lausanne, Switzerland, p. 75 (cf. summary: Straße und Verkehr (Road and traffic), No. 3, p.137–139, March 1991).
- Cassidy, M. J, Madanat, S. M., Wang, M. and Yang, F.(1995): Unsignalized Intersection Capacity and Level of Service: Revisiting Critical Gap, Transportation Research Board Annual Meeting.
- Cowan, R. J. (1975):Useful Headway Models, Transportation Research Vol.9, pp.371-375.
- Department of Transport (1993): Geometric Design of Roundabouts, TD 16/93.
- Eisenman, S, (2004), A Comparisons of Operational Data and Performance Model Predictions for Several US Roundabouts, TRB 2004 Annual Meeting CD-ROM
- FHWA(2007). National Cooperative Highway Research Program, HCHRP Report 572, Roundabout: An Information Guide, U. S.

- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2001): HBS Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen.
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV)(2006): Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren.
- Forschungsgesellschaft fuer Strassen- und Verkehrs wesen(2005): Handbuch fuer die Bemessung von Strassen-verkehrsanlagen (HBS), Germany.
- Highway Capacity Manual 2010, Voiume 3 Interrupted Flow, pp.21-22.
- Kang, N., Nakamura, H. and Asano, M.(2012): An Empirical Analysis on Critical Gap and Follow-up Time at Roundabout Considering Geometry Effect, 土木計画学研究発表会・講演集No.46, 8ページ, CD-ROM.
- Kang, N., and Nakamura, H.(2015): Estimation of Roundabout Entry Capacity Considering Conflict with Pedestrians, Transportation Research Record, Journal of Transportation Research Board, Vol. 2517, pp.61-70.
- Kang,N., Kanbe,N., Nakamura, H. and Odaka S.(2016): Development and Validation of a Roundabout Entry Capacity Model Considering Pedestrians under Japanese Conditions, Asian Transport Studies, Volume 4, Issue 2, pp.350-365.
- Kimber, R.(1980):Traffic Capacity of Roundabouts, Transportation and Research Laboratory, Laboratory ReportLR942, Crawthorne, Berkshire, U.K.
- Kimber, R.M.(1980).: The traffic capacity of roundabouts. TRRL report LR 942.
- Louah, G. (1992). Panorama Critique des Modeles Francais de Capacite des Carrefours Giratoires. Proc., Roundabouts 92, Nantes, France.
- Margarida C. Coelho, Tiago L. Farias, Nagui M. Rouphail(2005) : Effect of Roundabout Operations on on ollutant Emissions.
- Raff, M. S. and Hart, J. W.(1950): A Volume Warrant for Urban Stop Signs. *Traffic Engineering and Control*, pp.255-258.
- Robinson, B. W., L. Rodegerdts, W. Scarbrough, W. Kittelson, R. Troutbeck, W. Brilon, L. Bondzio, K. Courage, M. Kyte, J. Mason, A. Flannery, E. Myers, J. Bunker, and G. Jacquemart (2000). Roundabouts: An Informational Guide. Report FHWA-RD-00-067. FHWA, U. S. Department of Transportation.
- Rodegerdts A. L. (2005):State-of-the-Art in U.S.roundabout practice,TRB 84 Annual Meeting.
- Semmens, M.C., Fairweather, P.J., and Harrison, I.B.(1980). Roundabout Capacity: Public Road Experiment at Wincheap, Canterbury. TRRL Supplementary Report 554,Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, Berkshire, U.K.

- Tanner, J. C. (1962): A Theoretical Analysis of Delays At An Uncontrolled Intersection. *Biometrika* 49(1 and 2), pp. 163-70.
- Tracz, M. (2006) : Reseach on capacity of Single- and Two-lane Roundabouts, Proceedings of the 5th International Symposium on Highway Capacity and Quality of Service, Transportation Research Board, pp.479-488.
- Transportation Research Board(2000):Highway Capacity Manual.
- Transportation Research Board(2007): NCHRP Reports 572 Roundabouts in the United States, pp.38-43, Washington, D.C.
- Troutbeck, R. J.(1986):Capacity and Design of Traffic Circle in Australia, Transportation Research Record 1398,pp.1-19.
- Troutbeck, R.J.(1992): Estimating the Critical Acceptance Gap from Traffic Movements, *Research Report 92-5*, Physical infrastructure center, Queensland University of Technology.
- Vasconcelos, L., Seco, A. and Silva, A. B.(2013): Comparison of Procedures to Estimate Critical Headways at Roundabouts, *PROMET –Traffic&Transportation*, Vol.25, pp.43-53.
- Weinert, A.(2000): Estimation of Critical Gaps and Follow-Up Times at Rural Unsignalized Intersections in Germany, Fourth International Symposium on Highway Capacity, pp.409-421.
- Wu, N.(2006): Capacity Enhancement and Limitation at Roundabouts with Double-lane or Flared entries,Proceedings of the 5th International Symposium on Highway Capacity and Quality of Service, Transportation Research Board, pp.459-468.
- Wu, N.(2012): Equilibrium of Probabilities for Estimating Distribution Function of Critical Gaps at Unsignalized Intersections, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Vol.2286, No.1, pp.49-55.
- (一社)交通工学研究会(2016) : ラウンドアバウトマニュアル.
- 康楠・中村英樹(2014) : 横断歩行者を考慮したラウンドアバウト流入交通容量のシミュレーション分析,国際交通安全学会誌 IATSS Review,Vol.39, No.1.
- 康楠・中村英樹・神戸信人(2015) : 日本におけるラウンドアバウト流入交通容量推定モデルに関する研究,交通工学論文集,1巻5号.
- 神戸信人・尾高慎二・康楠・中村英樹・森田緯之(2015) : 日本におけるラウンドアバウトの実測最大交通量と交通容量の分析,土木学会論文集 D3(土木計画学)Vol.71,No.5,pp.I_889-I_901.
- 神戸人・尾高慎二・中村英樹(2016) : ラウンドアバウトのギャップパラメータと幾何構造の関係に関する分析,土木計画学研究発表会・講演集No.54,2030ページ,CD-ROM.

神戸信人・尾高慎二・康楠・中村英樹・森田緯之(2014)：ラウンドアバウトの実現交通量に関する分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.50.

(公社)日本道路協会(1984)：道路の交通容量.

(公社)日本道路協会(2015)：道路構造令の解説と運用.

後藤梓・中村英樹(2016)：ラウンドアバウトにおけるクリティカルギャップの推定に関する考察, 土木計画学研究発表会・講演集No.54,294ページ, CD-ROM.

塩見康博・今仲弘人(2014)：車両走行軌跡データに基づくラウンドアバウト環道流入挙動の分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.50.

鈴木惇平・桑原雅夫・原祐輔(2013)：歩行者を考慮したラウンドアバウトの交通容量推定に関する研究, 土木計画学研究・講演集, Vol.47.

真島君騎・康楠・後藤梓・中村英樹(2015)：ラウンドアバウトにおける大型車挙動特性に関する分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.51.

謝 辞

本論文は、私が実務者としてラウンドアバウトの計画・設計に携わり始めてから現在に至るまでの約6年間における研究成果をとりまとめたものです。この間、ご指導、ご鞭撻頂きました全ての方々に対して、この場を借りて心よりお礼申し上げます。

指導教員である中村英樹教授(名古屋大学大学院環境学研究科)には、私がラウンドアバウトの計画・設計に携わり始めてからの約6年間の長きにわたりご指導を頂くのみならず、本研究の実施の機会を与えて頂き、その遂行にあたって終始、大変熱心にご指導を頂くとともに、辛抱強く見守って頂きましたことに深く感謝申し上げます。この約6年間、中村英樹教授には、本研究だけでなく、交通工学分野などの様々なことを教えて頂くとともに、国内外を問わず、学会活動、研究発表など様々な機会を与えて頂きました。これに対しては、どのような感謝の言葉も見つかりません。

学位論文審査において、副査をして頂きました森保宏教授(名古屋大学大学院環境学研究科)、加藤博和准教授(名古屋大学大学院環境学研究科)、鈴木弘司准教授(名古屋工業大学大学院工学研究科)には、本論文の内容を見直すきっかけとなる重要なお指摘と、貴重なご指導・ご助言を頂きましたことに、心より感謝申し上げます。

日本大学の森田綽之客員教授には、本論文のとりまとめにおいて、大変ご心配をおかけしました。また、実務者が学位論文をとりまとめるための大変重要な示唆を頂きましたことに対して、心より感謝申し上げます。

本論文をとりまとめるにあたり、中村研究室の後藤梓助教(現、国土技術政策総合研究所道路交通研究部高度道路交通システム研究室 研究官)、張馨研究員、東京理科大学理工学部土木工学科の康楠嘱託助教には多くのご助言、ご協力を頂きました。心より感謝申し上げます。

本研究は、公益財団法人国際交通安全学会のラウンドアバウトの研究、一般社団法人交通工学研究会のラウンドアバウト技術出版小委員会での研究活動を通じて、様々なことを学ばなければ進めることができませんでした。これら研究活動において、大変貴重なご意見、ご助言を頂きました下川澄雄教授(日本大学理工学部交通システム工学科)、浜岡秀勝教授(秋田大学土木環境工学コース)、高瀬達夫准教授(信州大学工学部水環境・土木工学科)、吉岡慶祐助手(日本大学理工学部交通システム工学科道路マネジメント研究室)、今泉浩子氏(公益財団法人 国際交通安全学会)、阿部義典(国際航業(株))をはじめとする関係者の方々に対して、ここに謝意を表します。

本研究は、我が国のラウンドアバウトの観測データに基づき研究を進めたものであり、この観測データがなければ研究を進めることができませんでした。この貴重な観測データの取得にあたり、ビデオ撮影調査などにご協力頂きました(株)道路計画の野中康弘氏、野間哲也氏をはじめとする関係者の方々に対して、ここに謝意を表します。

私がラウンドアバウトに携わり始めてからの約6年、私が在籍します(株)オリエンタルコンサルタンの江藤和昭氏、辻光弘氏、泉典宏氏、田中淳氏、蔵下一幸氏、藤岡亮文氏をはじめとす

る関係者の方々には、研究を進める過程において、様々なご支援、ご協力を頂きました。ここに深く感謝致します。

本研究を通じて、私は多くの方々とお会いし、お会いした方々からご支援、ご協力を頂きました。ご支援、ご協力を頂きながら、ここにお名前を記すことができなかった多くの方々に心より感謝申し上げます。

最後に、自分の思う道を進むことに対し、温かく見守り支援して頂きました家族に対しては深い感謝の意を表して謝辞と致します。

2017年3月

神戸 信人

