

用地制約を踏まえた Alternative intersections の幾何構造に関する研究

宮村 隆人¹・田中 伸治²・松行 美帆子³・中村 文彦⁴・有吉 亮⁵

¹学生会員 横浜国立大学大学院 都市イノベーション学府

(〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5 土木工学棟)

E-mail:miyamura-takato-nh@ynu.jp

²正会員 横浜国立大学大学院 都市イノベーション研究院 教授

(〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5 土木工学棟)

E-mail:stanaka@ynu.ac.jp

³正会員 横浜国立大学大学院 都市イノベーション研究院 教授

⁴正会員 東京大学大学院 新領域創成科学研究科 特任教授

⁵正会員 横浜国立大学大学院 都市イノベーション研究院 特任准教授

我が国の交差点では依然として多くの渋滞が発生し、交通事故も多発している。その対策として右折専用現示の導入や交差点の立体交差化などが行われているが、前者ではサイクル長の増加、後者では多くの工費や用地が必要となるなどの課題が存在する。一方諸外国では平面幾何構造と交通制御を工夫した新たな交差点概念である Alternative Intersections が提案され、導入も進んでいる。しかし日本ではラウンドアバウト以外の Alternative Intersections は導入がなされておらず、研究も進んでいない。また我が国は海外に比べ用地制約も厳しく、その導入を考える際には幾何構造についてより注意深く検討しなければならない。

本研究では交通流シミュレーションを用い、従来型交差点と Alternative Intersections との比較を幾何構造と円滑性の観点から行うことで、Alternative Intersections が効果的に適用される範囲やそのために必要な幾何構造条件等を整理する。そして、その結果から我が国における Alternative Intersections の設計要領作成のための知見を得ることを目指す。

Key Words: *Alternative Intersections, at-grade intersections, geometric structure, land contracts, simulation*

1. はじめに

(1) 研究背景

我が国の道路では依然として多くの渋滞ならびに交通事故が発生している。国土交通省のデータ¹⁾によると、平成 31・令和元年の直轄国道における渋滞損失時間は合計 14.1 億人・時間にのぼるとされ、これは年間約 85 万人分の労働力に相当する。また交通事故に関しても、警察庁の交通事故統計²⁾によると令和 3 年には 7 月末までで 1395 件の交通死亡事故が発生しているが、そのうちおよそ 50%は交差点で生じている。このように交差点は交通課題の一因となっており、特に右折車と対向直進車の交錯はその要因の一つとなっている。その対策として、我が国では右折専用現示や右折専用車線の導入、交差点の立体交差化などが行われているが、前者はサイ

クル長の増加や直進方向の青時間配分の減少、後者では莫大なコストと用地が必要となるなどの課題が存在する。一方で米国など諸外国では、Alternative Intersections と呼ばれる新しい交差点概念が提案・導入されており、こうした交通課題の解消を図っている。

(2) Alternative Intersections と既往研究

Alternative Intersections は、平面幾何構造と交通制御を工夫することで交通課題の要因の一つである右折車と対向直進車の交錯を削減することを目的としている。構造や特徴によってその種類は様々あり、現在日本で導入が進んでいるラウンドアバウト（環状交差点）もその一種である。本研究ではそのうち Continuous Flow Intersections（以下、反転交差点）を研究対象とする。これは、米国の導入指針³⁾にて紹介されており、かつ日本での導入事

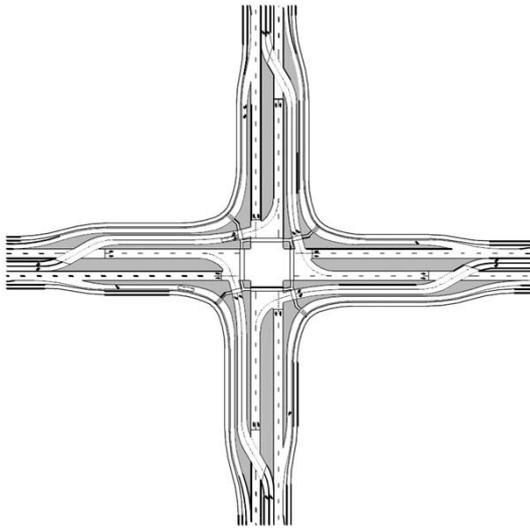


図-1 反転交差点の模式図³⁾より加工

例が無く、その幾何構造が従来型交差点と大きく異なるため、我が国への導入を図る際検討すべき項目が多い交差点様式と考えられるからである。

反転交差点は図 1 のような構造を有する。その制御方式は、主交差点での右折を禁止し、代わりに右折車は主交差点よりも上流部の副交差点で予め対向車線を横断させるものである。このような制御方式とすることで、主交差点での右折車と対向直進車の交錯を排除することができ、危険な交錯点の削減やサイクル長の短縮などの利点が見込める。

反転交差点は、これまで立体交差化するしか交通課題への対策が存在しなかったところに新たな交差点改善の選択肢を設けることが可能である。全ての交差点を立体交差化することは現実的ではないため、今ある施設を最大限に活用しつつ改善をはかることが可能である点が反転交差点の利点である。

反転交差点は前述の通り日本ではまだ導入事例が存在しない。日本での研究については、長谷ら⁴⁾が容量算定式と交通量累積図を用いた交差点容量・遅れ時間の算出を行っている。また犬飼ら⁵⁾は観測データを用いて実在の交差点を反転交差点とした場合の交差点処理性能評価を行っている。いずれの研究も、従来型交差点に比べ反転交差点のほうが処理性能が高いことを示している。犬飼らはまた、従来型交差点と大きく異なる構造の反転交差点を日本人ドライバーが違和感なく走行できるかドライビングシミュレータを用いて検証を行い、ドライバーの受容性を明らかにしている。しかし、反転交差点の必要用地や幾何構造について検討した研究は、国内外含めほとんど存在しない。

(3) 研究目的

我が国での *Alternative Intersections* の研究はラウンドアバウトに関するものが先行しており、反転交差点については前述の長谷らや犬飼らの研究の他にはほとんど存在しない。特にその幾何構造に関する研究は行われていない。また、日本は海外に比べ用地制約も厳しく、設計車両なども異なるため、海外の設計基準をそのまま導入することもできない。日本への反転交差点の導入を考える際には、実務的な幾何構造の課題に対する検討を行う必要がある。そこで本研究は、そうした用地制約を踏まえ、反転交差点を我が国へと導入する際に求められる幾何構造基準についての知見を得ることを目的とする。

2. 研究手法

本研究では反転交差点の幾何構造に関する分析・考察を行う。そのために、まず CAD 上で副交差点の曲線半径や交差角度、交差点全体の車線数や滞留長等について複数パターン反転交差点を設計し、必要な交差点用地等についての検討を行う。

また、日本国内で反転交差点と似た走行挙動を示す交差点を選出し、ビデオ画像処理システム⁶⁾を用いてそこを走行する車両の走行パラメータを分析することで、反転交差点特有の S 字構造での走行挙動をモデル化する。そしてマイクロシミュレーションにて反転交差点を組み、モデル化された車両走行パラメータをシミュレーション内に反映させることで反転交差点の処理性能を検討し、その幾何構造に対する知見を得る。

3. 分析結果

(1) CAD での設計による検討

ここでは設計による検討の一例として、一車線あたりの交通需要と反転交差点延長の関係について示す。反転交差点延長とは、図 2 のように右折専用車線の分岐点間の距離のことを表し、主交差点の大きさ、副交差点の大きさ、滞留長、右折専用車線のシフト長の和によって決まる。

図 3 がその関係を表したグラフである。ここでは主交差点の大きさを設計から得られた 51.6m、シフト長を 30m とし、滞留長は交通需要ごとに必要な長さを計算して設計している。凡例の数値の内、左側は副交差点部の曲線半径を、右側は交差角度を表す。これを見ると、交通需要に対してどれほどの反転交差点の大きさが必要なのかの目安が把握できる。また、曲線半径よりも交差角度のほうが交差点延長方向の長さに与える影響が大きい



図-2 反転交差点延長が示す長さ

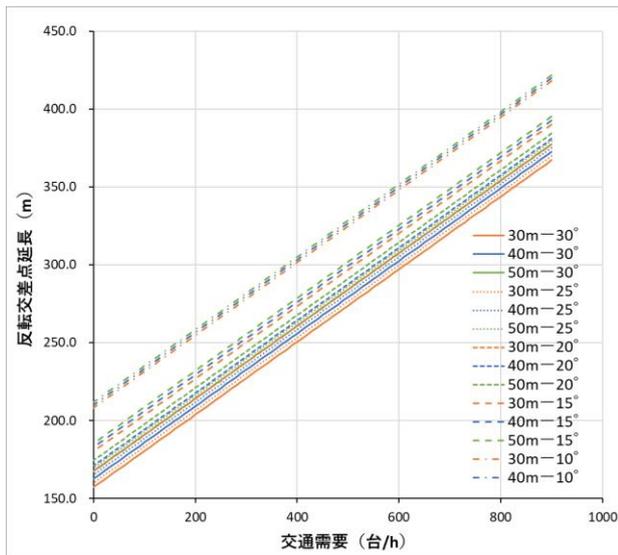


図-3 交通需要と反転交差点延長の関係

ことが分かる。

また、CADによる検討の一環として、反転交差点と立体交差との面積比較も行った。これは、反転交差点が立体交差に比べ狭い面積で交通を処理することが可能なら反転交差点の有用性を示すことができるためである。ここでは比較対象の立体交差型交差点として神奈川県横浜市戸塚区の前原交差点を挙げ、現況の交差点面積と、前原交差点を反転交差点とした場合の面積とを比較した。前原交差点を反転交差点化する際、車線構成は現況のものと同じになるように設計し、滞留長については交通量調査報告書⁷⁾より得られた交通量を基に必要長さを算出した。また副交差点部の構造は曲線半径30m、交差角度30°の場合を採用した。現況の立体交差の面積はGoogle Mapより計測している。

比較結果を表1に示す。これによると、現況の立体交差ではおよそ15000㎡ほどの用地が必要である一方で、これが反転交差点となるとおよそ6000㎡となり、同じ

表-1 交差点必要面積の比較

	必要面積 (㎡)
立体交差 (現況)	14689
反転交差点とした場合	5897

交通量进行处理するのに60%近くも必要用地を削減できることが明らかとなった。ここでは簡単のために条件を簡略化して比較を行っているため、実務の上でも一概にこの数値の通りになるとは限らないが、それを踏まえても反転交差点では立体交差に比べ大きく用地の削減を行うことができると考えられる。

(2) 交差点撮影と車両走行パラメータ分析

交通流シミュレーションに用いる車両走行パラメータを得るための分析を正常に進めることができるか確認することを目的に、本分析の前段階としてプレ分析を行った。ここからはその結果について記述する。

車両走行パラメータの取得対象交差点として、ここでは東京都西東京市東伏見の東伏見四丁目交差点を選出した。都道7号線南西方向から都道4号東方面へと走行す

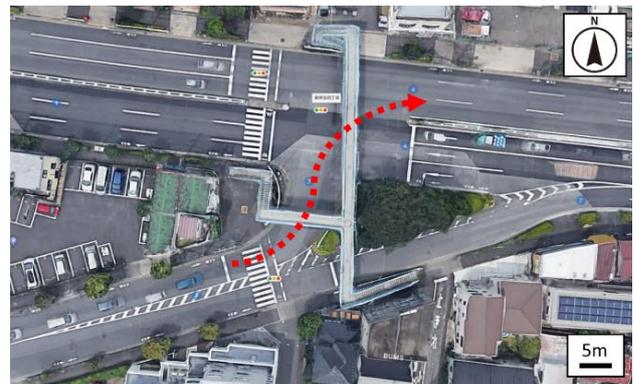


図-4 東伏見四丁目交差点空中写真 (Google Mapを引用し加工)



図-5 東伏見四丁目交差点撮影映像

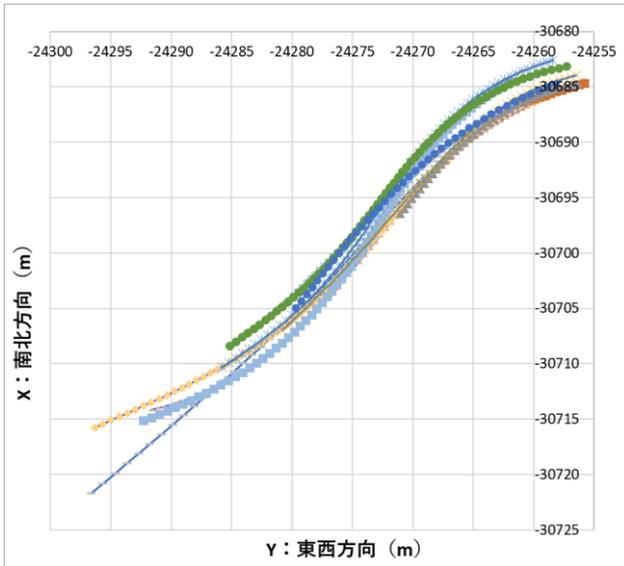


図-6 走行車両の軌跡

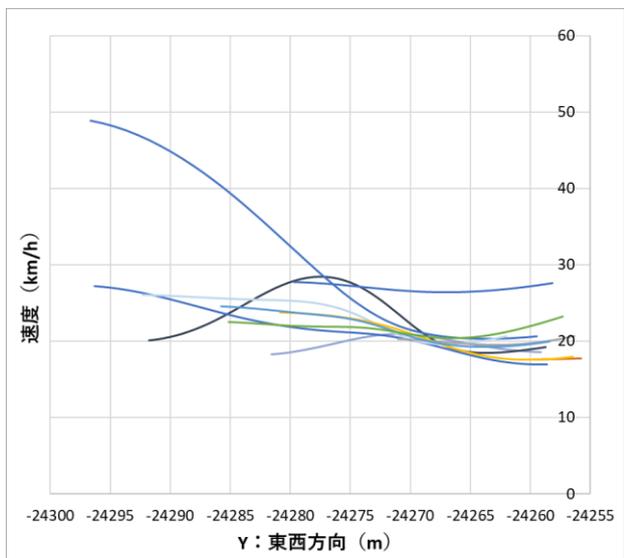


図-7 Y座標（東西方向）基準の速度推移

る車両が、反転交差点と似たS字の走行軌跡（図4中の赤色点線矢印）を示す。撮影日時は8月1日13時頃、適切な撮影角度を模索する意味合いもかねて複数回場所を変えて撮影し、撮影時間は1サイクルずつ計5分ほど、データを取得できたサンプルは計11台分である。

これら撮影映像から、ビデオ画像処理システムを用いて走行する車両の速度と軌跡を取得した。それらを整理したグラフをそれぞれ図6、図7に示す。図中のX、Yはそれぞれ測量座標系での南北方向、東西方向の座標を示す。これによると、この東伏見四丁目交差点の場合はS字構造の特異点付近から下流側の区間で走行速度がおよそ20km/hに収束することが明らかとなり、交通流シミュレーションへと用いるパラメータの取得を行うことができた。

(3) ミクロシミュレーションVISSIMによる分析

前節で明らかとなったS字構造での走行挙動をミクロシミュレーションに組み込むことで、反転交差点の幾何構造に関する分析を行う。シミュレーションソフトにはVISSIMを用いている。このソフトは国内外の反転交差点に関する研究⁴⁵⁾⁸⁾で使用されている。シミュレーションのネットワーク構造については反転交差点一つとその上流部までを対象とし、各リンクの上流端を車両発生点、交差点流出側リンク下流端を車両消滅点としている。S字構造での走行挙動については、シミュレーション内で特定の区間に制限速度を設定する機能を用いることで再現する。

まず東伏見四丁目交差点のS字構造を基に、滞留長を構造令で最小と設けられている30mとして反転交差点を設計する。それをもとにシミュレーション上でネットワークを作成し、S字部分の走行挙動も設定する。シミュレーションへの入力交通量は、はじめは1車線あたり100台/hとし交差点の各四方向から流入させる。一度シミュレーションを動かし終わると次は入力交通量を200台/h、と100台ずつ入力交通量を増やしていく。右左折率は各方向とも直進：80%、左折：10%、右折：10%とする。信号現示についてはサイクル長60sで四方向ともにスプリットを平等に割り当てた現示パターンを用いる。入力交通量を一通り増やし終わると、今度は反転交差点の滞留長を延長し、再度100台/h/車線から交通量を入力してシミュレーションを動かす。この作業を繰り返すことで、それぞれの反転交差点の大きさにおける処理可能な入力交通量を明らかにする。

シミュレーションによる結果を図8に示す。プロットされている点は、シミュレーションにより得られた各反転交差点構造で処理可能な最大の入力交通量である。入力交通量が増加するという事は1回の赤現示で停止す

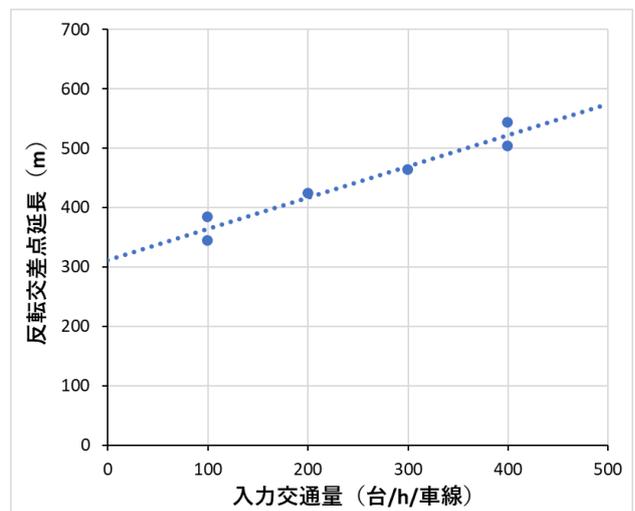


図-8 交通量ごとの必要な反転交差点延長

る車が増加するということであり、その分必要な滞留長は長くなる。そのため必要となる反転交差点延長の長くなり、このような右肩上がりの結果となる。また、図中の点線は各プロットされた点全体の近似直線であり、グラフ内でこの点線よりも上側の範囲が反転交差点を適用可能な範囲となる。

4. おわりに

今回、反転交差点の適用可能範囲について明らかにした。今後は本分析としてサンプルを増やしつづ、入力交通量や右左折率、信号現示、車線構成などについて更に条件を変えながらより詳細な検討を行っていく。なお、今回のシミュレーションによる分析では、入力交通量に対して必要な反転交差点延長しか明らかにされていない。今後は従来型交差点ならびに立体交差点との性能の比較を行い、反転交差点が優位性を保てる範囲や求められる幾何構造条件を明らかにしていく必要がある。

また、現在はビデオ画像処理システムから得られた車両走行パラメータのうち速度と軌跡座標のみしか利用できていない。このシステムからは加減速度のデータも取得することが可能であり、今後はそれらの要素も取り込んだより精密な S 字区間の走行挙動のモデル作成を図る。

謝辞：本研究で用いたビデオ画像処理システムは群馬高専鈴木一史准教授に提供していただきました。この場を

借りて厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省 HP：平成 31 年・令和元年 年間の渋滞ランキング（令和 2 年 6 月 8 日）
http://www1.mlit.go.jp/road/ir/ir-ata/pdf/highway_ranking_r01.pdf
- 2) 警察庁：交通事故統計月報（令和 3 年 7 月末）, 2021.
- 3) U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration：Alternative Intersections / Interchanges：Informational Report, 2010.
- 4) 長谷卓、中村文彦、田中伸治、王鋭：平面交差点の多様な制御手法に関する研究、第 68 回年次学術講演会講演概要集、IV-028、pp.55-56、2013
- 5) 犬飼望、田中伸治、中村文彦、有吉亮、三浦詩乃、小根山裕之、柳原正実：平面交差点における Alternative Intersections の日本への適用に関する研究、土木学会論文集 D3（土木計画学）、Vol.74, No.5（土木計画学研究・論文集第 35 巻）、I_1327-I_1338, 2018
- 6) 鈴木一史、中村英樹：交通流解析のためのビデオ画像処理システム TrafficAnalyzer の開発と性能検証、土木学会論文集 D、Vol.62, No.3, pp.276-287, 2006.7,
- 7) 横浜市 HP：平成 28 年度交通量調査
<https://www.city.yokohama.lg.jp/kurashi/machizukuri-kankyo/doro/data/traffic/h28.files/H28tyousakekka.pdf>
- 8) Autey, J., Sayed, T. and El Esawey, M. : Guidelines for the use of some unconventional intersection designs, the 4th International Symposium on Highway Geometric Design, 2010.

(?)

A STUDY ON THE GEOMETRIC STRUCTURE OF ALTERNATIVE INTERSECTIONS BASED ON SITE CONSTRAINTS

Takato MIYAMURA, Shinji TANAKA, Mihoko MATSUYUKI, Fumihiko NAKAMURA and Ryo ARIYOSHI