

平面交差点におけるAlternative Intersectionsの 日本への適用に関する研究

犬飼 望¹・田中 伸治²
中村 文彦³・有吉 亮⁴・三浦 詩乃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:inukai-nozomi-ch@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 准教授

(〒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 理事・副学長

⁴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

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 助教

我が国では依然、慢性的な渋滞や事故が社会問題として考えられている。中でも、交差点は渋滞や事故が最も発生する箇所の一つであり、特に右折車と対向直進車の交錯が問題視されている。我が国では、この右折車と対向直進車の交錯に対して、交差点の立体化や右折専用信号の設置が主な対策手法として考えられているが、費用対効果を考慮すると実施する際には慎重な判断が求められる。海外ではAlternative Intersectionsと呼ばれる交差点の平面幾何構造を工夫することによってこの交錯を減らす新しい概念が提案されている。本研究ではこのAlternative Intersectionsが我が国にも導入可能性があるという仮説のもと、国内の実存する交差点にてシミュレーションを用いた再現を行い、知見を収集し日本初の導入指針策定を目指す。

Key Words : *Alternative Intersections, at-grade intersection, signal control, simulation*

1. はじめに

(1) 研究背景

我が国では依然として慢性的な交通渋滞が社会問題である。平成24年度プローブデータ¹⁾によると、交通渋滞は年間あたり約50億人・時間(約11兆円)の損失の要因であり、更に環境問題に影響を及ぼしている。交通渋滞の要因として考えられることは、一般道路においては需要過多、工事・事故・路上駐車、交差点であり、高速道路では需要過多、工事・事故、合分流部、料金所、道路構造(サグ部・トンネル部)等が具体的に挙げられる。一般道路の交差点に着目すると、更に渋滞要因として需要の交差点容量の超過や右折車と対向直進車の交錯が考えられる。また、交差点は渋滞の要因だけでなく安全性にも問題があり、平成27年交通事故総合分析センター²⁾によると、交通事故発生箇所の内約39.5%が交差点内で発生している状況であり、死亡事故発生割合に着目しても、

全体の約35.7%が交差点で発生している。更に、信号交差点における四輪事故の内39%もの割合で右折車が第一当事者に当たる事故とされており、右直事故は多くの割合を占めている。

以上のように、交差点の構造、特に右折車と対向直進車の交錯が交通状態に与える影響は大きい。我が国において、右折車と対向直進車の交錯に対する交差点の改良手法は右折現示の導入や右折専用車線の設置、立体化が一般的である。しかし、右折現示の導入はサイクル長の増加や遅れ時間の増加につながり、右折専用車線の導入には新たな用地が必要になる。また、立体化は莫大な費用と工期を必要とし、費用対効果を考慮すると、実施する際には慎重な判断が求められる。一方で、海外に目を向けると、平面幾何構造を工夫することによって右折車と対向直進車の交錯を削減・排除し、交通容量・安全性を高める目的でAlternative intersections (以下AI) が導入されている。

(2) Alternative Intersections

Alternative Intersections の基本概念は、平面幾何構造を工夫することによって主要交差点における右折車と対向直進車の交錯を削減・排除し、交通容量や安全性の向上への寄与を目的としたものである。AI には、構造や特徴の異なる様々な種類がある。ラウンドアバウト(図1)が既に長野県飯田市をはじめ各地で導入されており、これもAIの一種とみることができる。本研究では、我が国にて導入事例はもちろん、既存研究も存在しないContinuous Flow Intersection (以下CFI) , Diverging Diamond Interchange (以下DDI) , Quadrant Roadway intersection (以下QR) についてを考える。

a) CFI (Continuous Flow Intersection)

CFIとして代表的なものを図2に示す。この制御方式は主要交差点での右折を禁止する代わりに、主要交差点の上流部に設けられた副交差点にて右折を予め処理することによって、主要交差点での直進車と対向直進車の交錯を排除する。また、交錯点数も従来のものと比べ少なく済み、安全性も高められる。図3と図4に従来型の交差点とCFIの交錯点を比較したものを示す。CFIは米国にて2014年に個別の導入指針が策定されており、導入事例も既に存在する。米国の導入指針³⁾によるとCFIはあらゆる交通量に適應できるが、導入の際には広域な用地が必要になる。構造面に着目すると、右折車は主要交差点の上流部にある副交差点で予め右折車線に入らなければ主要交差点にて右折が出来なくなる等従来型の交差点とは大きく異なる為、ドライバーが迷いや違和感なく運転できるかどうかを評価する必要がある。



図 1 飯田市のラウンドアバウト(飯田市 HP より引用)

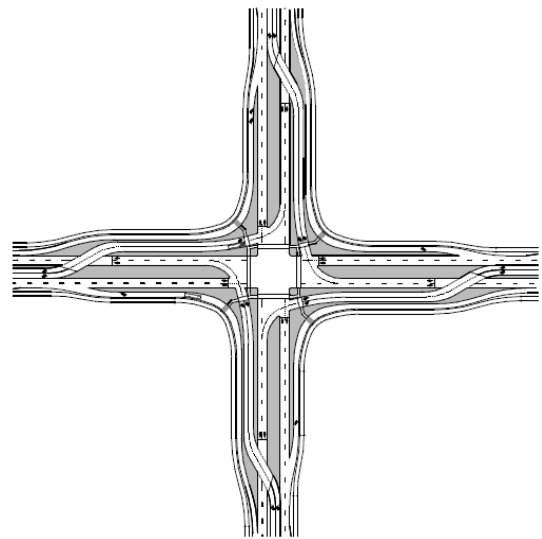


図 2 CFI の概要図³⁾

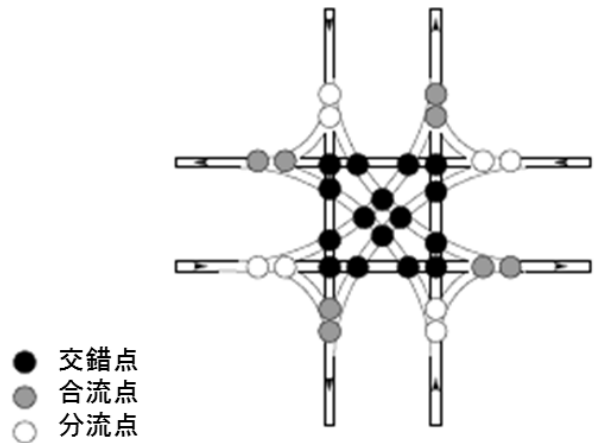


図3 従来型交差点の交錯点³⁾

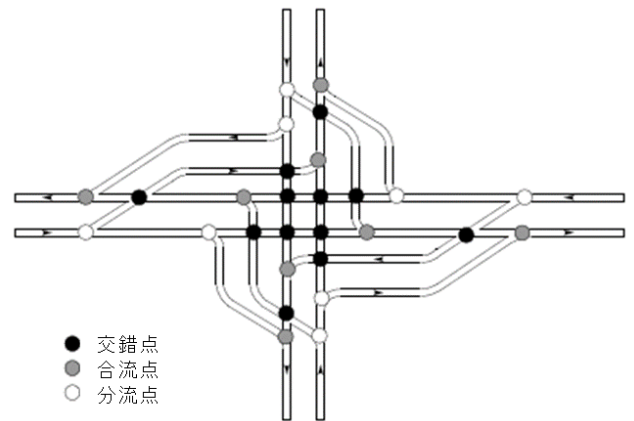


図4 CFIの交錯点³⁾

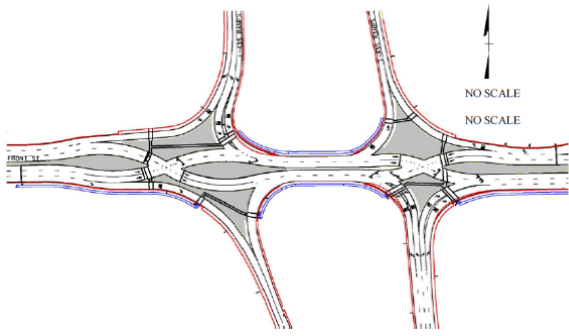


図5 DDIの概要図⁵⁾

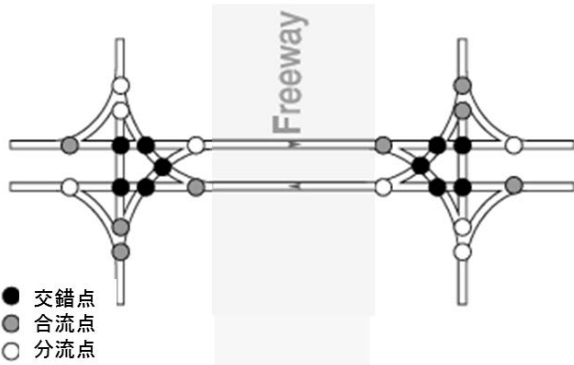


図6 従来型ダイヤモンドインターチェンジ部の交錯点⁴⁾

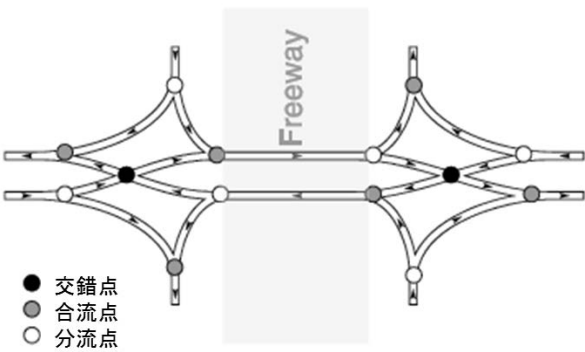


図7 DDIの交錯点⁴⁾

b) DDI (Diverging Diamond Interchange)

DDIとして代表的なものを図5に示す。図5のDDIはHighwayの上部空間に構成されているが、Highwayの下部空間に構成するものも存在する。この制御方式はHighway（高速道路やバイパス道路）に接続するダイヤモンド型インターチェンジ・交差点に用いられ、部分的に対向車線と走行位置を反転させることによって、オンランプへの円滑な右折を可能にし、右折車と対向直進車の交錯を排除する。また、それぞれのオフランプから交差道路へも右左折両方向に円滑に接続できる。図6、図7より従来型のダイヤモンドインターチェンジとDDIの交錯点に関して比較すると、DDIの方が交錯点数が少なく、安全性に関しても優れていると言える。DDIに関しても米国にて個別の導入指針が策定されており、導入事例も既に存在する。既存の導入指針⁴⁾によると、DDIは渋滞の要因となる右折と直進交通量の多い箇所にて強みを

発揮する。また、交通状態の改善以外にも、Highwayの上部空間に交差道路を設置する場合には、構造物を小さくでき、建設コストの削減などの長所がある。CFIと同様に、構造が従来型のものとは大きく異なる為、ドライバーが迷いや違和感なく運転出来るかどうかを評価する必要がある。

c) QR (Quadrant Roadway intersection)

QRとして代表的なものを図8に示す。この制御方式は主要交差点での右折を禁止する代わりに、副交差点とそれを結ぶQuadrant roadway（四分円道路）を用いて、迂回を促すことで、主要交差点での右折車と対向直進車の交錯を排除する。QRに関しては米国においても個別の導入指針は存在しないが、2009年に公開されているAIのインフォメーションレポート内にて概要が紹介されている。また、導入事例も存在する。インフォメーションレポート⁵⁾によるとQRは直進交通量が多いところで特に強みを発揮する。AIの中でも従来型の交差点を組み合わせた構造をしており、適切に標識を設置すればドライバーが運転の際に迷いや違和感を感じることはないと考えられる。

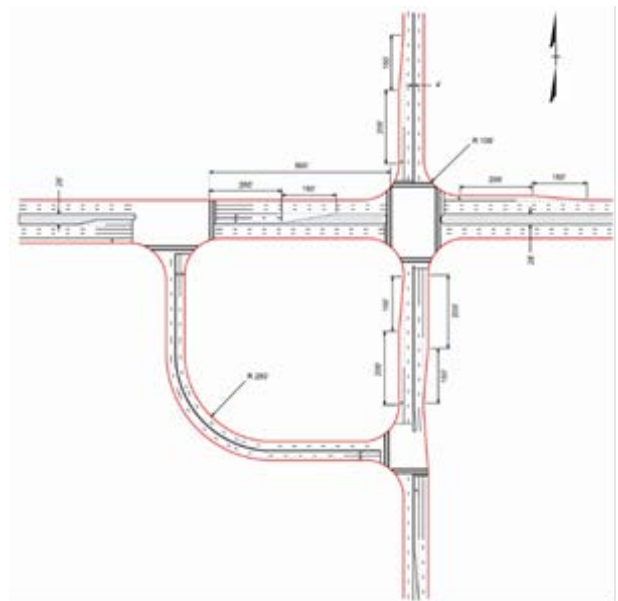


図8 QRの概要図⁵⁾

(3) 既存研究の整理と本研究の目的

既存研究については, Jarvis Auteyら⁶⁾の研究のように海外ではミクロシミュレーションVISSIMを用いた定量的評価を目的とした研究が行われてきた。また, CFIとDDIを対象としたドライビングシミュレーションを用いたドライバーの受容性・安全性評価に関する研究⁴⁷⁾も行われている。一方, 我が国のAIに関する研究はラウンドアバウトのみが先行し, 他の制御手法に関する研究は以下の長谷らのものを除き存在しない。

長谷ら⁸⁾は我が国にて, AIの中でもCFIとMedian U-turn Intersectionを対象に容量算定式, 交通量累積図を用いた交差点容量・遅れ時間を算出し, 従来型の交差点との比較分析を行っている。結果として, ほとんどの交通状態においてCFIが最も交通容量が大きくなることを明確にした。また, 長谷ら⁹⁾はU-turn Intersectionに着目し, U-turn制御手法の活用に向けた実データによる分析結果をもとに, 我が国での運用方法・導入指針についてを示した。

本研究では, 我が国にて既存研究が存在しないCFI, DDI, QRに着目し, ミクロシミュレーションを用いて定量的な評価を行い交差点処理能力の知見を得ること, 更にドライビングシミュレーションを用いてドライバーの受容性評価を行い, 日本人ドライバーが迷いや違和感なく運転できるかどうかの知見を得る。そして, これらの知見をまとめ対象AIに関する我が国への導入指針策定を最終的な研究目的とする。

本稿では, 今後シミュレーションを用いた分析を進めるにあたっての対象交差点の現状分析を行った。

2. 研究手法

本研究は, 我が国における実存する交差点にてシミュレーションを用いてAIを仮想再現し, 評価を行う。はじめに, 予め設定した諸条件を考慮して対象交差点を選定し, ミクロシミュレーションVISSIM上にて現況再現を行う。その際に, 実データである交差点交通量データや感知器交通量データ, 信号制御設定データを使用する。次に, AIを仮想再現し, 交差点通過台数や平均旅行時間, 混雑度を評価指標として, 現況再現したのものと比較して評価を行う。また, 仮想空間構築ソフトUC-Win/Roadを利用したドライビングシミュレーションを用いて, ドライバーの受容性評価も合わせて実施する。

(1) 対象交差点の選定

a) CFI (Continuous Flow Intersections)

CFIの交差点選定条件として,

- ・交差点付近で渋滞が発生していること
- ・交差点付近に十分な用地を有していること
- ・交通量が多い幹線道路同士の交差点であること
- ・隣接する交差点との間隔が副交差点を設置できる程の十分な距離があること

とした。結果, 宮城県仙台市の六丁の目交差点を選

定した。交差道路は国道4号線と仙台塩釜線・荒井荒町線である。

b) DDI(Diverging Diamond Interchange)

DDIの交差点選定条件として,

- ・交差点付近で渋滞が発生していること
- ・ダイヤモンド型インターチェンジ又は交差点構造を有していること

とした。結果, 宮城県仙台市の燕沢交差点を選定した。交差道路は国道4号線と仙台松島線である。

c) QR (Quadrant Roadway intersection)

QRの交差点選定条件として,

- ・交差点付近で渋滞が発生していること
- ・Quadrant roadway (四分円道路) が存在, 又は設置可能な十分な用地があること
- ・隣接する交差点との間隔が, Quadrant roadway (四分円道路) の両端の信号交差点 (副交差点) が設置できる程の十分な距離があること

とした。結果, 宮城県仙台市の長命ヶ丘東交差点を選定した。交差道路は仙台北環状線と大衡仙台線である。

(2) 使用データ

宮城県仙台市が対象交差点での交通量調査を平成25年に実施しており, 本研究ではこのデータを使用する。交通量データは7時から19時までの12時間を対象に, 時間帯別, 交差点方向別, 車種別に記録されている。また, 交通量データ取得時の信号制御設定データ, 交通量データを補完する目的で感知器交通量データを使用する。

表 1 対象交差点一覧と交通量データ取得日時

	交差点名	交通量データ取得日時
CFI	六丁の目	平成 25 年 10 月 29(火)7:00~19:00
DDI	燕沢	平成 25 年 10 月 29(火)7:00~19:00
QR	長命ヶ丘東	平成 25 年 10 月 3(木)7:00~19:00

3. 現状分析

対象交差点における交通特性を把握する為に, 交差点の車線構成, 方向別交通量をまとめた。方向別交通量は仙台市が公開している交通量データを使用した。分析する際に, 混雑時と非混雑時を比較するために以下表2の時間帯区分を設定した。

表 2 分析における時間帯区分

12 時間交通量	AMピーク	PMピーク
12 時間交通量の平均値[台/h]	7時から9時までの交通量の平均値[台/h]	17時から19時までの交通量の平均値[台/h]

a) CFI (六丁の目交差点)

六丁の目交差点は国道4号線と仙台塩釜線・荒井荒町線が交差する地点であり、仙台中心地区や仙台東部道路の仙台東インターチェンジへ接続するため、交差点流入量が極めて多い。方向別交通量を図9に示す。国道4号線は混雑・非混雑に関わらず直進交通量が大きく、AMピーク時には扇町方向が、PMピーク時には蒲町方向の交通量が増加する。右折率に着目すると、蒲町方面から仙台塩釜線に向かう車両が混雑・非混雑に関わらず20%前後の値を示しており、特にAMピーク時には22%と右折する車両が突出して多いことが分かる。一方、交差道路である仙台塩釜線と荒井荒町線に着目すると、国道4号線と同様に一日を通じて直進交通量が大きく、右折率も高い値を示している。

今後、シミュレーション上にてCFIを仮想再現する際には、CFIの特徴である副交差点の設置位置や構造(右折車線数, 右折車線長), 更には信号制御設定を適切に決定できるようにシナリオを幾つか設定する必要がある。六丁の目交差点は全て片側7車線であり、十分な用地と交差点間距離を有し右折率の高い国道4号線上のみに副交差点を設置する場合や仙台塩釜線・荒井荒町線を含めすべてに副交差点を設置する場合など様々な条件で評価が可能である。

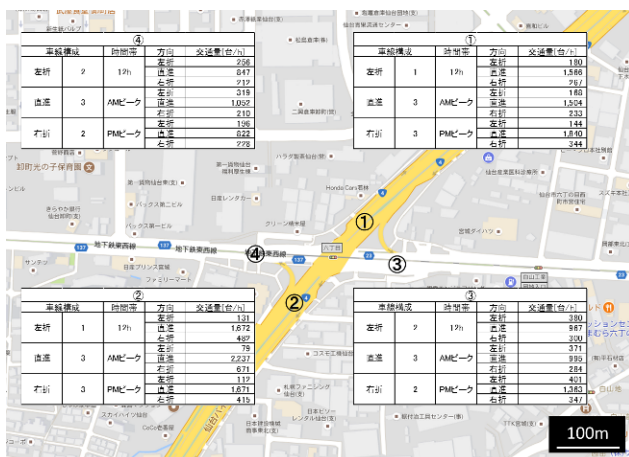


図9 六丁の目交差点

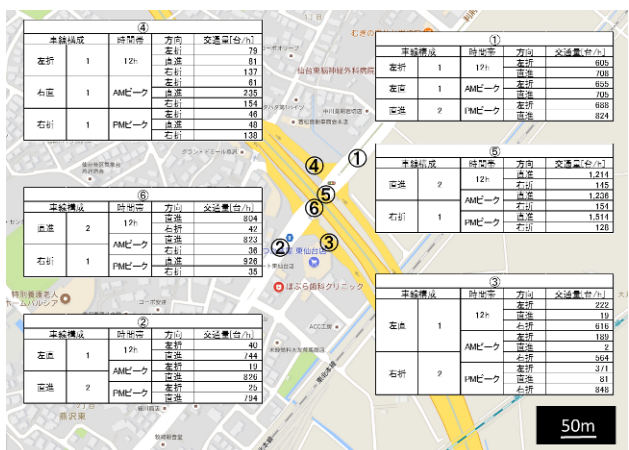


図10 燕沢交差点

b) DDI (燕沢交差点)

国道4号線と仙台松島線が立体交差する箇所が燕沢交差点であり、交差点流入量も多い。方向別交通量を図10に示す。混雑時・非混雑時に関わらず仙台松島線を直進方向に通過する車両が最も多く、特にPMピーク時において顕著になる。また、仙台松島線岩切方面から国道4号線に左折する車両も多い。次に国道4号線から仙台松島線への交通量をみると、扇町方面からの進入は多い値を示しているのに対して、鶴ヶ谷方面からの進入車両は少ない。

今後、シミュレーション上にてDDIを仮想再現する際には、適切な車線数や信号制御設定を求める為に幾つかのシナリオに分けて評価を行う必要がある。右折率はそれほど多くはないが、直進交通量が大きく、扇町方面のオンランプ・オフランプの交通量が多いことからDDIを導入した際にも効果が得られると考えられる。

c) QR (長命ヶ丘東交差点)

長命ヶ丘東交差点は仙台北環状線と大衡仙台線が交差する箇所であり、交差点流入量は大きい。方向別交通量を図11に示す。交差点全体として、直進交通量が多いが、右折率に着目すると、大衡仙台線の桜ヶ丘方面から仙台北環状線に右折する車両が混雑時・非混雑時に関わらず16%と高い値を示している。また、大衡仙台線の泉パーク方面から仙台北環状線に右折する車両もPMピークを中心に19%と高い値を示している。

今後、シミュレーション上にてQRを導入する際には、副交差点を新設する必要があり、設置位置や副交差点の信号制御設定を適切に決定しなければならない。長命ヶ丘東交差点周辺には広大な用地があり、Quadrant roadway (四分円道路)を設置できる。更に交差点間隔も十分にある為、副交差点の設置も可能であり、QR導入に適していると考えられる。



図11 長命ヶ丘東交差点

3. おわりに

今回の分析を通じて、対象交差点の現状を把握した。今後はミクロシミュレーションVISSIMを用いて現況再現を行う。次に、VISSIMと仮想空間構築ソフトUC-Win/Roadを利用したドライビングシミュレーションを用いて、AIを仮想再現し従来型の交差点と比較し定量的な分析、ドライバーの受容性評価を行う。

参考文献

- 1) 国土交通省HP：新たな国土構造を支える道路のあり方について
- 2) 公益財団法人 交通事故総合分析センター：平成27年度交通事故統計年報
- 3) U.S Department of Transportation Federal Highway Administration：DISPLACED LEFT TURN INTERSECTION Informational Guide, 2014
- 4) U.S Department of Transportation Federal Highway Administration：DIVERGING DIAMOND INTERCHANGE Information al Guide, 2014
- 5) U.S Department of Transportation Federal Highway Administration：Alternative Intersections/Interchanges:Informational Report, , 2010
- 6) Jarvis Autey, Tarek Sayed, Mohamed EL Esawey：Guidelines for the Unconventional Intersection Designs, the 4th International Symposium on Highway Geometric Design, 2010
- 7) U.S Department of Transportation Federal Highway Administration：Evaluation of Sign and Marking Alternatives for Displaced Left-Turn Lane Intersections, 2009
- 8) 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の比較に関する研究, 第68回年次学術講演会講演概要集
- 9) 長谷卓, 中村文彦, 田中伸治：平面交差点におけるU-turn制御手法に関する研究, 第48回土木計画学研究発表会・講演集 CD-ROM巻 (? 受付)

Study on the application of Alternative Intersections in Japan

Nozomi INUKAI, Shinji TANAKA,
Fumihiko NAKAMURA, Ryo ARIYOSHI, Shino MIURA,

Recently, traffic congestion and accidents are still considered as social problems in Japan. Intersections are one of the hotspots where traffic congestion and accidents occur most. Because there are conflict points between through vehicles and right turn vehicles at grade intersections. Some countries, especially United States, propose and introduce Alternative Intersections which may offer additional benefits compared to conventional intersections. The objective in this study is to evaluate Alternative Intersections using simulators and to develop an implementation guideline for Alternative Intersections in Japan.