

平成 21 年 3 月 31 日現在

研究種目：基盤研究（B）
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18360248
 研究課題名（和文） 平面交差点の計画・構造設計と交通運用の一体的設計手法の構築
 研究課題名（英文） Integrated design of geometric planning and traffic controls of intersections
 研究代表者
 尾崎 晴男（OZAKI HARUO）
 東洋大学・工学部・教授
 研究者番号：30204184

研究成果の概要：

道路交通において最も重要な位置を占める交差点を対象に、現行の設計手法の課題を改善することを目的に研究を実施した。渋滞時を含んだ計測交通量から、直接計測できない需要交通量を推定する手法を見出し、事故や渋滞が特に多い広幅員交差点の制御パラメータの設定法を車両交錯の回避の観点から分析した。さらに交差点制御の評価指標を既往文献から整理し、交差点の幾何構造と制御運用について、交通需要に応じた最適デザインの選択方法を提示した。

交付額

（金額単位：円）

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|------------|-----------|------------|
| 2006年度 | 5,700,000 | 0 | 5,700,000 |
| 2007年度 | 2,500,000 | 750,000 | 3,250,000 |
| 2008年度 | 2,100,000 | 630,000 | 2,730,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 10,300,000 | 1,380,000 | 11,680,000 |

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学、土木計画学・交通工学

キーワード：交差点、幾何構造設計、信号制御、交通流交錯、インターグリーン時間、無信号交差点、ラウンドアバウト交差点、設計車両

1. 研究開始当初の背景

これまでの道路計画、幾何構造設計、交通運用は、道路計画→幾何構造設計→交通運用へと、片方向へ流れるプロセスで進められ、多くの場合それぞれの段階を異なる部局が担当している。幾何構造設計から道路計画へのフィードバック、あるいは交通運用から幾何構造設計、さらには道路計画へのフィードバックは成されずに、各段階は前段階の後追いとなっている。そのため、検討プロセスの上流側の設定が下流側のデザインを大きく制約し、必ずしも道路資産を十分有効に活用

できていない場合が多く存在している実態にある。

2. 研究の目的

道路ネットワークにおける交差点は、交通動線が交錯するため交通安全上最も重要な場所であり、交通容量上も問題が生じやすい。したがって、交差点の計画と幾何構造設計および交通運用方法の設定は、個々の交差点のみならず、道路ネットワーク全体の観点からも、細心の注意を払って行うべき最も重要な事項である。

そこで本研究では、道路交通において最も重要な位置を占める交差点を対象に、現在は道路計画→幾何構造設計→交通運用へと片方向へ流れるプロセスで進められている問題点を抽出し、道路計画+幾何構造設計+交通運用を一体的に考えた体系を構築することをねらいとした。

具体的には、交通運用→幾何構造設計→道路計画へと体系的なフィードバックを合わせて考慮する有効性について、以下の項目を学術的に実証することを目的とした。

(1)交差点の存在を前提とした車線数決定の手法評価

日本の道路計画における車線数決定の鍵となる「設計基準交通量」を用いる手法の適合性を、交差点の存在を前提とした現実の交通データを基に評価する。

(2)広幅員交差点の幾何構造設計と交通運用の一体化

広幅員路線における大規模交差点で設計制約となる、信号現示の組み合わせと現示時間、および現示間のインターグリーン時間の設定手法を実証的に分析する。

(3)評価基準の整理

交通容量、遅れ時間、安全性など、交差点の構造設計や交通運用の代替案からの選択における評価基準を整理する。

(4)設計車両、交差点構造と交通運用の最適デザイン手法

幾何構造設計と交通運用を同時に最適化するための、設計車両、交差点構造と交通運用のデザイン手法の開発を行う。

(5)交差点の制御方法の選択基準の構築

道路交通条件に応じ、工学的に適切な交差点の構造設計と交差点制御の方法を選択する基準を構築する。

3. 研究の方法

(1)交差点の存在を前提とした車線数決定の手法評価

わが国の全国標準である設計基準交通量により計画する車線数の適合性について、交差点が存在する現実の交通流で評価する。時間・日・週・月などの時間的な交通需要の変動を定量的に評価する。

そのため国土交通省で常時観測している交通量データを元に、ピーク時の時間交通量の連なり状況等に着目し、交通渋滞によって観測できない真の需要交通量を推定する。

(2)広幅員交差点の幾何構造設計と交通運用の一体化

広幅員路線における大規模交差点に着目し、信号現示の組み合わせと現示時間、および現示間のインターグリーン時間の設置手法について、実証的に分析する。

広幅員道路の交差点において、方向別交通量と信号現示時間等を現地観測する。同時に、

広幅員道路を横切る車両や横断歩行者の挙動を合わせて計測し、その平均像と共に分布状況を分析し、安全な通行を確保できる制御パラメータの評価に利用する。

(3)評価基準の整理

交差点設計の評価項目として、交通容量、遅れ時間、エネルギー消費量やCO₂等の排出量、安全性が挙げられる。評価指標とその計測・算定手法を対象とし、文献調査によって整理する。

(4)設計車両、交差点構造と交通運用の最適デザイン手法

交差点の構造設計では、路線特性に応じた設計車両とその通行方法に応じて導流路の設計により交差点の隅角部を決定する。隅角部半径が大きいと、これに応じて横断歩道と停止線を流入路の上流側に下げる必要が生じ、交差点の交通容量の低下につながる。

そこで、設計車両、交差点構造と交通運用の最適デザイン手法の評価を行う。

(5)交差点の制御方法の選択基準の構築

交差点の制御方法には、信号制御、無信号制御1(一時停止型)、無信号制御2(ラウンドアバウト型)の3種類の制御方法が候補である。各制御手法の特性を検討し、工学的に適切な構造設計と制御方法の選択基準を構築する。

4. 研究成果

(1)交差点の存在を前提とした車線数決定の手法評価

平成13~15年度の交通量常時観測データを使用した。観測地点は延べ1,585地点である。まず、月・曜日・時間変動とK値を分析した結果、観光交通の利用の大きい道路において交通需要は最も大きく変動することを確認した。

観測される通過交通量は、渋滞が発生した場合に真の交通需要量を得られず、設計基準交通量との比較も合理的ではない。そこで真の交通需要を推定するために、交通量の時系列データから需要変動を推定する手法を検討した。その結果、渋滞が存在する日における本来の需要の変動パターンは、超過需要が存在しない日の変動パターンと同一形状をとる、との仮説を元に分析を行った。

「渋滞あり」と「渋滞なし」の時間係数から、渋滞がある日を補正し連続的な時間交通需要の変動を推定した。渋滞なしの時間係数から標準化変量を求め、渋滞ありの平均値と標準偏差を用いて算出する方法をとった。以下には、愛知県に設置された足助観測地点を事例として、の推定結果を示す。

図1は足助観測地点の24時間別の渋滞発生率である。ここに渋滞の判定は、各1時間の平均速度が時速30km以下であるとしている。休日の交通量において、特に真の需要交

通量が得られない実態が多く抽出されている。

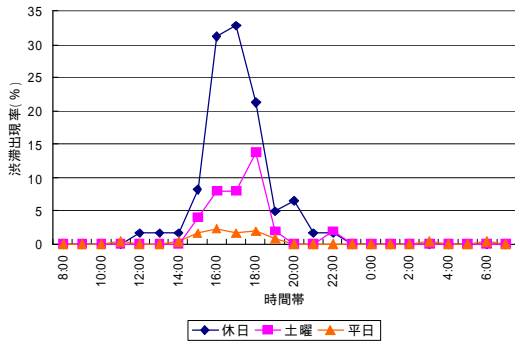


図1 時間帯別渋滞発生頻度
(国道153号上り 愛知県足助)

時間係数から、休日の渋滞日の連続的な時間交通需要の変動を時系列的に推定したものが図2である。

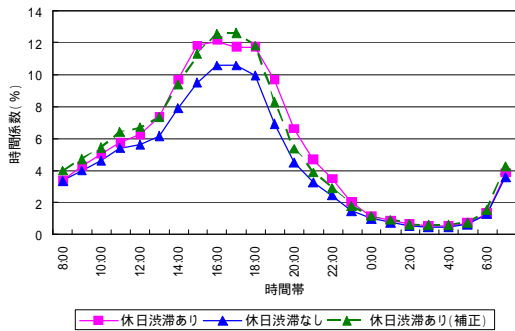


図2 休日交通需要の再現
(国道153号上り 愛知県足助)

この手法を基本に、観測地点を通過できなかった余剰交通量を考慮することにより、交通需要量を推定することが可能である。

(2) 広幅員交差点の幾何構造設計と交通運用の一体化

広幅員路線の道路における大規模交差点において、信号現示の組み合わせと現示時間、

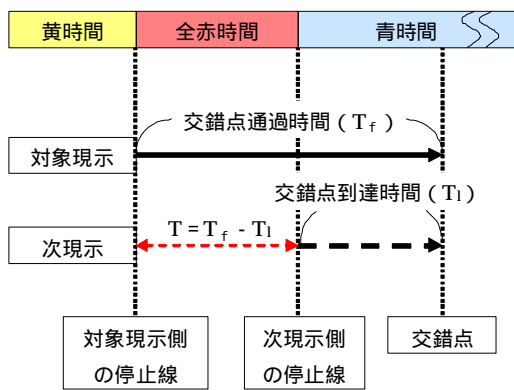


図3 交差点までの通過時間

および現示間のインターグリーン時間を観測し、車両や歩行者の交錯点までの通過時間の分析を行った。

図3のように、交差点を通過する車両の次現示との交錯点までの通過時間分布および現行のクリアランス時間との評価と、交差点形状等を考慮した交差点通過交通流のモデル化を行い、合理的な設定手法を構築する。

以下には、埼玉県の2箇所交差点(十字型:小仙波、X字型:新宿町北)の分析結果を掲げる。

次現示との交錯点を通過するまでを交差点通過時間と定義し、現示の切り替り時に停止線を通過した車両を抽出し分析対象とした。先行現示の交差点通過時刻と次現示の交差点到達時刻の差をとることによって全赤時間の評価を行ったものが図4である。なお、二つのパターンは、次現示の交通流について、前現示交通流との交錯点への到着流の10パーセンタイル値、90パーセンタイル値を適用している。

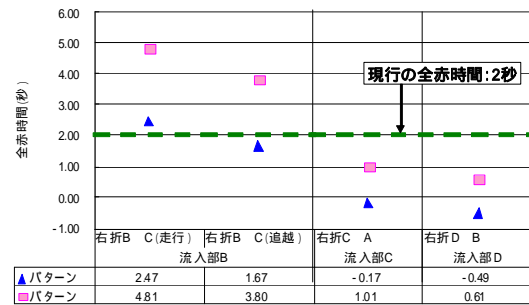


図4 交錯回避の観点からの全赤時間の評価

広幅員道路へ流入する右折交通について、次現示の直進交通の交錯を予防するための全赤時間は実態として余裕があることがわかる。すなわち、現行のように直進交通流同士に着目しながら、停止線間距離と通行速度を目途とする手法では、車両交錯の観点から評価すると、1秒程度の短縮が可能であることが見出された。

さらに現示切り替わりにおけるインターグリーン時間の具体的な設定方法を検討し、評価基準は動線交錯点通過時間差(PET)を取り上げた。交差点における行動データの採取により、PETと幾何構造・信号制御パラメータとの関係を合わせて明らかにした。

(3) 評価基準の整理

交通容量

文献調査によって得られた評価手法は、交差点の飽和度が現行の信号交差点の制御設計において使用されている基準として、代表的なものである。設計時に前提とするパラメータによって評価可能である点が有効となっている。

通例では交差点の飽和度が0,9を越えない場合に再検討とする、との手法が広く行われているが、0.9の判定値に合理性があるわけではないことが弱点である。

遅れ時間

文献調査によって得られた評価手法は、一様到着の場合の遅れ式を基本として、整理されている。需要交通量、飽和交通流率、信号サイクル長、信号スプリットをパラメータとする式である。

これを展開する式として、Websterの遅れ式、HCMの遅れ式が提案されている。わが国では遅れ時間の評価が活用されていない一つの理由に、評価式のパラメータが計測しにくいことが挙げられるが、一様到着式を相対的な評価に活用する方法が提案できる。

温室効果ガス排出量の評価基準の整理

文献調査によって得られた評価基準は、表のとおりである。車両速度を集計的にマクロでとらえるか、個々にミクロにとらえるか、の二通りのアプローチを評価の用途に応じて活用する必要がある。

表1 排出量評価基準の整理

| 項 | 7.41 | 7.42 | 7.43 | 7.44 | 7.45 |
|------|---------------------|------------------------|----------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| 平均 | 平均車速モデルによる排出量推計 | 自動車走行時の燃料消費率と二酸化炭素排出係数 | 走行動態記録に基づく環境負荷量推定モデル | 都市部道路交通におけるCO ₂ 排出量推定モデル | 車両軌跡からの推計 |
| 変数 | ・走行量(台・km) ・平均車速 | ・走行量(台・km) ・平均車速 | ・デジタルタコメータ等の走行動態記 | ・旅行時間 ・旅行距離 | ・流入/流出時刻 ・停止位置 ・停止時間 |
| 対象範囲 | 都道府県以上や市レベル | 都道府県以上や市レベル | 交差点周辺等の加減速の大きい局地的な地域 | 交差点周辺等の加減速の大きい局地的な地域 | 交差点周辺等の加減速の大きい局地的な地域 |
| 特徴 | 簡便でマクロ的な排出量推計 | 簡便でマクロ的な排出量推計 | 運転者の運転方法の違いを明確に反映 | 交通混雑状況下における推定モデル | 動的な交通現象の変化を再現し、速度変動の要素を捉えた推計 |

(4)設計車両、交差点構造と交通運用の最適デザイン手法

交差点の構造設計では、路線特性に応じた設計車両とその通行方法に応じて走行軌跡を想定し、導流路の設計により交差点の隅角部を決定する。設計車両にはセミトレーラ連結車、普通自動車(バスなど)、小型自動車などがあり、交差する道路の通行特性に依存する。

検討の結果、円滑性と安全性を両立させる手法として、停止線を可能な限り交差点に近づけることが望ましいと判断された。

転向する設計車両の通行方法は現行の手法を踏襲し、信号制御の場合には、交通島設定の検討が望ましい。この交通島は、マウントアップすることが通例であるが、道路標示やハンブに準じた小規模の隆起型も有効であろう。

また、信号制御灯機の設置位置についても、わが国で事例の多い流出側の設置が効率性からは有効である。しかし、特に広幅員道路の交差点では、交差側交通から視認できるため、予見に基づくフライング等の発進行動を

抑制することをねらった、流入側の設置の優位性を提起している。

さらに、わが国ではまだ事例の少ないラウンドアバウト型の交差点についても、幾何構造設計を欧州の設計手法を参考に検討した。

その結果、小型自動車の通行を対象として環道の内径・外径および幅員を設計し、これより形状の大きい普通自動車については、環道の内側に緩やかな段差と勾配を持つエプロンを設けることが必要以上に大きな空間を用意することなく円滑な通行が可能となることを見出された。

(5)交差点の制御方法の選択基準の構築

交差点の制御方法には、信号制御、無信号制御1(一時停止型)、無信号制御2(ラウンドアバウト型)の3種類の制御方法の選択を、平均遅れを基準として行った。

遅れ時間の評価方法は3種類の制御方法について、以下のように設定した。

信号交差点

(3)で検討した一つの評価手法である、

Websterの遅れ式により算定するものとした。

無信号制御1(一時停止型)

主道路は遅れを被らないとし、従道路については主道路のギャップを見出すための平均遅れとこれに伴う加減速のための遅れ時間の和とした。

無信号制御2(ラウンドアバウト型)

以下の4つの遅れ時間を総和したものと分析した。環道のギャップを見出す遅れ時間、交差点への待ち行列に到着するまでの遅れ時間、環道走行に伴う追加遅れ時間、さらにこれらに伴う加減速のための遅れ時間の和とした。

直進交通のみの4枝の交差点を想定し、主道路と従道路の需要交通量の組合せで3種類の制御方式の遅れ時間を最小とする制御方式を示したものが、図5である。

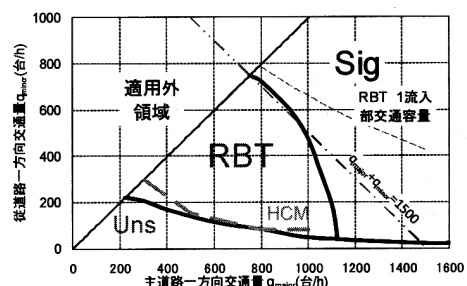


図5 平均遅れに基づく最適制御方式

従道路の交通量がごく小さい場合には、一時停止型の無信号交差点、時間交通量が1000台レベルを越えると信号制御が遅れ時間の観点からは最適な方法である。交通需要量が中程度ではラウンドアバウト型の無信号交差点が有効であることが明らかになった。

交差交通流の方向別組合せ、また評価基準を排出ガス等に設定した場合にも以上の分析手法は適用が可能である。例えば NOx 排出量を基準とした評価結果では、加減速挙動が多く発生する無信号制御の適用領域が図 5 に比較して狭くなる結果を得ている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計7件)

大口敬、多車線交差点における信号制御技術、交通工学、査読無、44(3)、4-9、2009

中村英樹・大口敬・馬淵太樹・吉岡慶祐、日本におけるラウンドアバウトの計画・設計ガイドの検討、交通工学、査読有、44(3)、24-33、2009

TANG, Keshuang and NAKAMURA, Hideki: A Probabilistic Approach to Evaluate Safety during Inter-green Intervals at Signalized Intersections, Compendium TRB 2009 Annual Meeting, 査読有、09-3956、2009

吉岡慶祐・中村英樹・馬淵太樹、遅れと環境負荷に基づく交通量の少ない平面交差点の最適制御方式の検討、交通工学研究発表会論文報告集、査読有、Vol.28、37-40、2008

洪性俊・大口敬、高速道路単路部における車種別車線利用率の実証分析および定式化、交通工学研究発表会論文報告集、査読有、Vol.27、45-48、2007

NAKAMURA, H: Performance Evaluation of Roundabouts Considering Traffic Conflicts, J. the Eastern Asia Society of Transport Studies, 査読有、Vol.7、2412-2424、2007

中村英樹・馬淵太樹、車両間交錯度を考慮したラウンドアバウトと信号交差点の性能比較分析、交通工学、査読有、41(5)、69-79、2006

〔学会発表〕(計6件)

吉原一如、鹿田成則、大口敬、小根山裕之、車線間の利用不均衡を考慮した交差点交通容量の実態分析、土木計画学研究・講演集 38、2008年11月、和歌山、(CD-ROM)

高橋義明・尾崎晴男、交差点形状に応じたクリアランス時間設定に関する研究、土木計画学研究 36、2007年11月、八戸、(CD-ROM)

馬淵太樹・中村英樹、ラウンドアバウト外径と環道部の幾何構造決定方法、土木計画学研究 36、2007年11月、八戸、(CD-ROM)

雨宮知宏・尾崎晴男、構造改革特別区域計画がまちづくりに与える影響、土木計画学研究・講演集 34、2006年11月、高松、(CD-ROM)

澤野弘征・尾崎晴男、地理情報システムを利用した山古志の景観分析、土木計画学研究・講演集 34、2006年11月、高松、(CD-ROM)

小野千晶・尾崎晴男、富士山を例とした形

状イメージの捉え方に関する研究、土木計画学研究・講演集 34、2006年11月、高松、(CD-ROM)

6. 研究組織

(1)研究代表者

尾崎 晴男 (OZAKI HARUO)

東洋大学・工学部・教授

研究者番号：30204184

(2)研究分担者

中村 英樹 (NAKAMURA HIDEKI)

名古屋大学・工学研究科・教授

研究者番号：10212101

大口 敬 (OGUCHI TAKASHI)

首都大学東京・都市環境学部・教授

研究者番号：90281245

(3)連携研究者

なし