

I-21 道路整備計画における交通量配分・交通流シミュレーションを複合させた評価手法の提案

A Proposal for Evaluating Road Improvement Plan by Combining Traffic Assignment and Traffic-Flow Simulation

安藤 良輔*, 田中 慎次**, 永田 耕之***, 市川 昌*
 Ryosuke Ando*, Shinji Tanaka**, Kohshi Nagata***, Masashi Ichikawa*

【抄録】従来の道路整備計画策定においては交通量配分および交差点飽和度計算による評価が主体的であった。本研究では、交通流解析等で用いられている交通流シミュレーションを取り入れ、交通量配分・飽和度計算・交通流シミュレーションを複合させた検討手法を構築した上、これまで確立されていない交通流シミュレーションによる評価手法・指標を提案し、実際に国道156号岐阜市内区間の道路整備計画の検討に適用させた。

その結果、従来の交通量配分等による諸指標に加え、シミュレーションにおける種々の評価指標を用いることで道路整備計画案を総合的に比較評価することができ、今後の道路整備計画の一手法として提案することができた。

【Abstract】 To evaluate road improvement plan, we usually use the results, obtained by applying traffic assignment model in a macro level, and the computed saturations of intersections. However, there are disadvantages with each of them. Thus, we propose a combined model system with a traffic flow simulation. Furthermore, we propose a group of evaluating indices when we apply the combined model system by adding for the evaluation of the road improvement plan in practice. As an example, we applied the model system for the evaluation of the improvement plan of National Road No. 156 in Gifu City.

【キーワード】 道路整備計画, 調査計画支援システム, 交通流シミュレーション, 交通量配分, 交差点飽和度, 評価手法, 公共事業評価, アカウントビリティー

【Keywords】 Road Improvement Plan, Support System for Survey and Planning, Traffic-Flow Simulation, Traffic Assignment, Saturation of an Intersection, Evaluating Methodology, Evaluation of Public Works, Accountability

1. 研究の背景および目的

岐阜市の東部を南北に通過する国道156号は、南側岐南以外交差点において国道21号および国道22号と接続しており利用交通量が多い路線である。特に入船交差点付近では、現在岩戸高架橋を暫定2車線で供用している状況であるが、高架部のランプが接続している一般道への交通負荷は大きく、渋滞は激しいため早期の対応が望まれている。

これまでの道路整備計画策定においては、国土交通省中部地方整備局が適用している「MSR法を用いた有料

道路ベスト3ルート法」による交通量配分モデルを用いて交通量配分を行い解析することが主体であった。

また、その交通量配分結果を基に、高架橋検討区間内の平面交差点について時間交通量の交差点方向別交通量を算出し、交差点飽和度の計算を行い、交差点における幾何構造の評価が行われている。

しかし、交通量配分は広域的なネットワークを対象としているモデルであるため、交差点等の局所的な解析に用いる場合、推計精度は条件設定に左右されるため十分な精度をあげられない。

連絡先：* 〒453-0015 名古屋市中村区椿町14-13, (株)片平エンジニアリング 名古屋支店, TEL:052-451-0234, E-mail:ando-ryo@katahira.co.jp

** 〒500-8262 岐阜市茜部本郷1-36-1, 国土交通省岐阜国道工事事務所調査課, TEL:058-271-9815

*** 〒460-8514 名古屋市中区三の丸2-5-1, 国土交通省中部地方整備局企画部広域計画課, TEL:052-962-6311

また、一日のOD交通量をモデルネットワークに配分するため、時々刻々変化する交通量の変動を考慮して瞬間交通量を算出することができない。

従って、渋滞対策や交通流改善対策等の検証を行うには、不向きなモデルであると言える。

一方、交差点飽和度計算に基づいた解析は個別的な平面交差点を対象とするものであって、密にある連続した交差点および高架部との合理的な分担を解析することができない。

そこで、本研究においては、これまで交通流解析等で用いられている交通流シミュレーションを取り入れ、交通量配分・飽和度計算・交通流シミュレーションを複合させた検討手法を構築した上、これまでに確立されていない交通流シミュレーションによる評価手法・指標を提案することを目的としている。また、提案した手法の道路整備計画評価手法としての有用性を検証するため、図-1に示す国道156号岐阜市区間の道路整備計画の検討を行った。

これにより、交差点の幾何構造とともに信号現示や信号サイクル長といった交通制御を同時に検討しながら、交差点飽和度が0.9以下となるよう設定される。

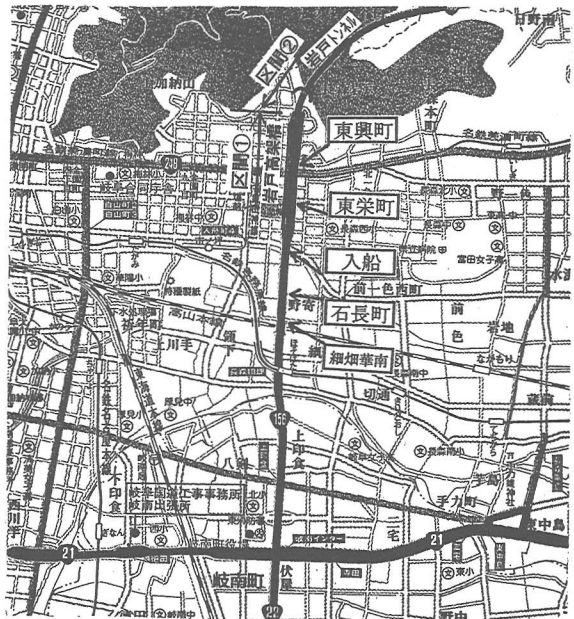


図-1 道路整備計画対象地域

2. 解析手法の検討

2.1 交通量配分手法

交通量配分手法は、図-2に示す平成6年度道路交通センサスペースの交通量配分モデル「MSR法を用いた有料道路ベスト3ルート法」と称するQ-V式・転換率式併用型分割配分法を用いた。これは、平成2年度道路交通センサスペースの交通量配分モデルを基に、自動車専用道路網が密に整備されてきたことを勘案し作成されたもので、異なる5つの時間評価値を設定することにより、転換対象となる有料道路を、従来の1本から最大3本まで抽出できるように考案されたものである。

この配分手法は、平成6年度道路交通センサスペースの将来交通量を推計する際の中部地方整備局の共通的な手法として、道路整備計画等に適用されている。

2.2 交差点飽和度による解析手法

平面交差点における幾何構造の検討方法として、交差点飽和度計算に基づき解析されている。

これは、個別の交差点毎に飽和度計算を行い幾何構造と交通制御を設定するものであり、図-3のように進められるのが一般的である。

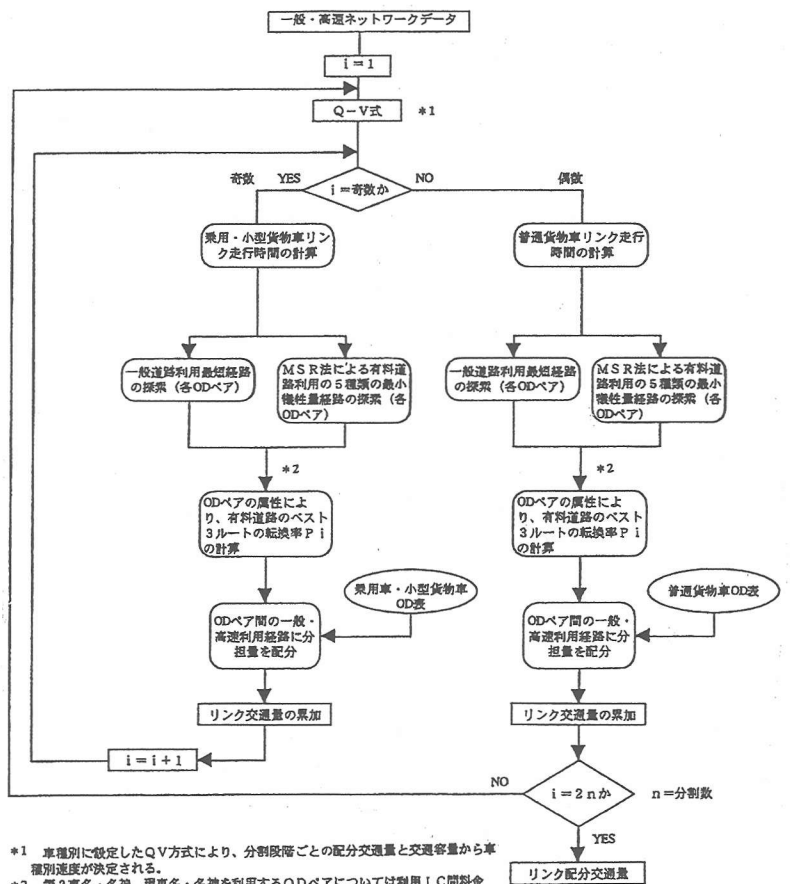


図-2 交通量配分フロー

出典：建設省中部地方建設局，平成9年度将来交通量推計業務委託報告書¹⁾

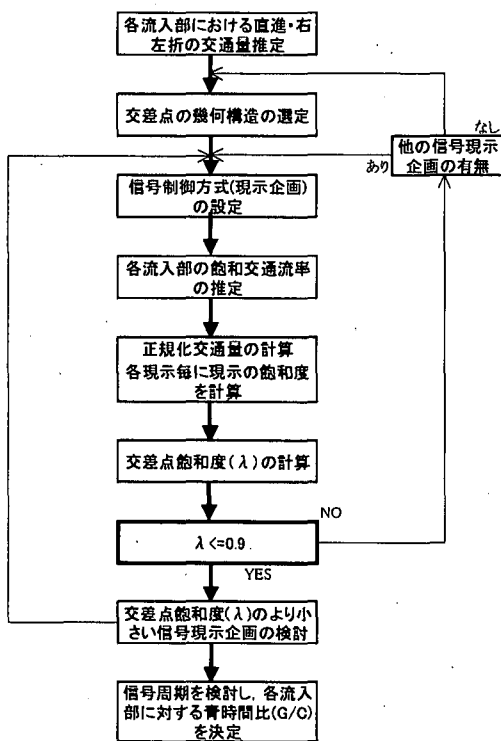


図-3 交差点飽和度による解析フロー

出典：平面交差の計画と設計＝基礎編＝²⁾

2.3 交通流シミュレーション

2.3.1 交通流シミュレーションモデル/NETSIM

現在、交通流シミュレーションモデルは様々なものが開発されている。交通流シミュレーションの利点としては、交通状況をより直接的に表す指標を求めることができる点が挙げられる。

交通量配分による混雑度および飽和度のような数値を示されるより、シミュレーションから得られる渋滞長や旅行時間などの指標で示された方が、計画者や住民に対しても混雑の程度が理解しやすい。

様々な交通流シミュレーションモデル³⁾(NETSIM, AVENUE, CONTRAM, SATURN, DESC モデル, DYTAM-I, INTEGRATION, DYNASMART, FHMA モデル, SOUND, 日産交通流シミュレータ, 等)の中でも、本調査においては以下に示すような特徴を持つ NETSIM/交通流マイクロシミュレータを用いることとした。

NETSIM は、都市内の交通流を詳細にシミュレーションするのに適したモデルであり、個々の車両の移動状況を毎秒毎に算出し、道路ネットワーク上の交通流を再現・分析するのに使用されている。

- 1) 実績：FHWA によって開発された微視的モデルであり、

米国の他、多くの国で広範に使われているモデル。改良が積み重ねられ、日本の交通事情にも適用できる。

- 2) 価格：900,000 円と日本向け他ソフトに比べ比較的安価であり、実務上汎用性がある。
- 3) 使い易さ：新規開発された入力エディタで簡単入力。
- 4) 交通流の表現：車両 1 台ごとの挙動を微視的・確率的に再現し、リンク上を追従走行。
- 5) 交通制御の表現：標識や信号制御など設定可能。
- 6) パラメータ：車種のカテゴリ、車両性能、ドライバーの行動類型(受動的、ノーマル、能動的)、希望速度等、多数設定可能。
- 7) 出力結果：遅れ時間、停止時間、総走行時間、総走行距離、平均速度、最大待ち行列、燃料消費量、ガス排出量など。

2.3.2 手法の適用手順

本検討において用いる NETSIM/交通流マイクロシミュレータの適用により、現実の交通流を再現して、現地調査結果と合わせて入船交差点の渋滞要因を分析する他に、岩戸高架橋整備計画案に対して 1 時間毎のシミュレーションを実施して、渋滞による遅れ時間の評価等、交通運用という観点から整備計画を検証すると同時に、必要に応じて新たな整備計画の比較案を検証・立案することができる。検討手順を次に示す(図-4 参照)。

(1) 現況交通の整理

過年度に実施された交通現況調査結果を用いて、交通流シミュレーションの実施および現況再現性の確認を行うために必要なデータを整理する。

(2) 交通流シミュレーション基礎データの作成

対象路線の基礎データ(車線数や幅員等の道路状況、速度規制や専用レーン等の交通規制)を整理し、交通流シミュレーション用ネットワークを作成する。

発生集中交通量は、各交差点の方向別交通量について集計を行い、分析対象の外縁部に発生ポイントを設け、流入・流出交通量を発生集中交通量とする。

(3) 交通流シミュレーションの実施

現況モデルに対し交通流シミュレーションを行い、パラメータを推定する。

得られたパラメータを用い将来モデルを構築し、交通流シミュレーションを実施する。

(4) 整備計画案検討

交通流シミュレーション結果よりケース毎に交通解析を行い、総合的に評価し最適な整備計画案を検討する。

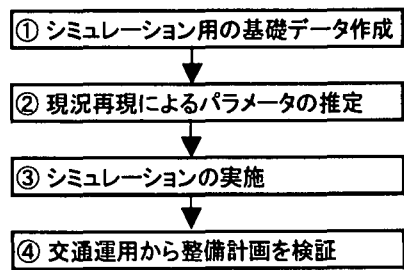


図-4 交通流シミュレーションの検討フロー

3. 交通量配分・飽和度計算・交通流シミュレーションを複合させた解析手法の構築

2章に示す解析手法をシステム化し、図-5に示すような体系的な整備計画案の解析手法として構築した。手順は次のとおりである。

- ①整備計画案を整理し、将来交通量配分を行い、整備計画目標年次における日交通量を予測する。
- ②予測した日交通量を時間別・車種別・方向別に推計。
- ③推計した交通量をもとに交差点飽和度による幾何構造の検討、信号現示の設定を行う。
- ④推計した交通量と、設定した幾何構造および信号現示を交通流シミュレーションモデルに入力・設定し、シミュレーションを行う。
- ⑤シミュレーション結果を検証しさらに検討を進める場合には、信号現示やサイクル長を調整し、再度シミュレーションを行うとともに、交差点飽和度による検証を行う。
- ⑥各整備計画案に対する評価を総合的に判断し、最適と思われる案を抽出する。

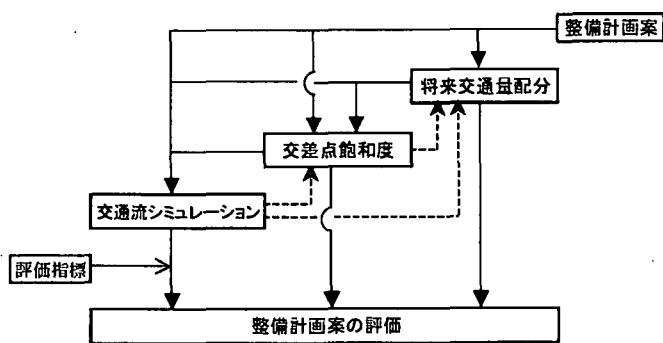


図-5 道路整備計画案の検討フロー

4. 交通流シミュレーションによる整備計画案の評価指標の提案

各整備計画案について、交差点を対象に表-1の評価項目について解析し、総合的に整備計画案の評価を行う。

表-1 評価項目および指標

	評価項目	評価指標
1	サービス水準と改善率	停止遅れ時間
2	最長車列と最大車列長	交差点各方向の最長車列
3	平均速度と通過時間	交差点各方向の平均速度
4	交通行動	アニメーションによる表現

1) サービス水準と交差点改善率による交差点の評価

ここでは、Highway Capacity Manual^④(以下,HCM)のサービス水準の概念(表-2)、およびそこから発想した交差点の改善率の指標を用いた。

信号交差点のサービス水準は‘停止遅れ’によって定義されており、これは停止による通過時間の遅れを意味する。

また、将来モデルにおける整備効果を現況における停止遅れ時間と比較し、式(1)に示す改善率によって評価する。

$$P_i = (d_0 - d_i) / d_0 \times 100 \quad \cdots \cdots (1)$$

P_i=改善率(%), d₀=改良前の遅れ(秒/台), d_i=改良後の遅れ

2) 最長車列による評価

各交差点方向における最長車列台数を集計し、交通量のほとんどは乗用車であることから車頭間隔を1台当たり8mとして最大車列長を算出し、評価を行う。

3) 平均旅行速度・交差点通過時間による評価

交差点各方向から流入する車両の平均速度を集計し、前項の最大車列長を基に交差点通過時間を算出する。

4) 交通行動による評価

実際に画面上にてアニメーション表示を行い、各交差点における交通行動を分析する。

表-2 信号交差点のサービス水準の基準

サービス水準	一台あたり停止遅れ (秒)
A (良好)	≤10
B	10~20
C	20~35
D	35~55
E	55~80
F (許容しがたい)	>80

出典)Highway Capacity Manual

5. 国道 156 号の整備計画案の検討における適用

整備計画案として検討されているのは、表-3に示す4ケースである。ここでは国道 156 号における岩戸高架橋部および並行一般道路部を区間①、岩戸トンネル部を区間②として整備内容をまとめた(図-1 参照)。

3章において構築した解析手法にしたがって国道 156 号の整備計画案の検討を行う。

表-3 整備計画案

	整備内容
現況	区間①：暫定2車線供用(岩戸ランプ～入船ランプ間) 区間②：暫定2車線供用
ケース1	区間①：4車線供用、ただし入船ランプの南進1車線を石長町に延伸させる 区間②：暫定2車線供用
ケース2	区間①：4車線供用、ただし入船ランプの南進1車線を石長町に延伸させる 区間②：4車線供用
ケース3	区間①：北進交通：現在の立体区間を見直し、2車線とも北進利用とする 南進交通：一般部3車線 区間②：4車線供用
ケース4	区間①：暫定2車線供用(岩戸ランプ～入船ランプ間) 区間②：4車線供用

*図-6 もあわせて参照されたい

5.1 交通量配分による検討

整備計画ごとに将来交通量配分を行い、道路構造令⁹⁾による設計基準交通量を用い、配分交通量/設計基準交通量比を算出し評価を行った(図-6 参照)。

これより、4ケースとも配分交通量/設計基準交通量比は概ねすべての区間において1.0以下であり、交通量配分結果では優劣はつけ難い。

5.2 交差点飽和度による検討

整備計画ごとに各交差点における飽和度計算を行った。なお、時間別・車種別・方向別交通量については、交通量配分によって得られた推計結果を基に各路線の1時間交通量を式(2)により算出し、現況調査結果の右左折率を適用して方向別交通量とした。

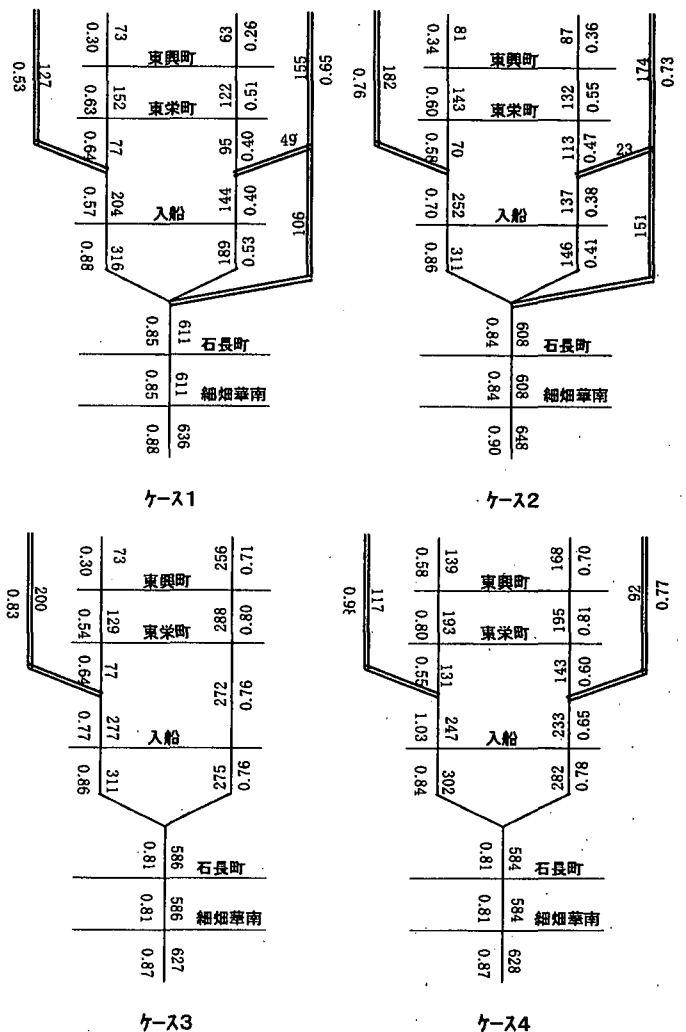
時間交通量(台/時)

$$= \text{推計日交通量} \times (\text{ピーク率} / \text{昼夜率}) \times (D \text{ 値}) \times (\text{補正率}) \cdots (2)$$

*) ピーク率・昼夜率は道路交通センサスによる。また全方向において交通量がピークには達しないとして、時間別交通量調査結果より(夕方(18～19時)のピーク率)/(朝(8～9時)のピーク率)を補正率として計上した。

その結果、ケース4の東栄町においては飽和度が0.9を越えている(表-4)。しかし、その他のケースはすべての交差点において飽和度が0.9以下である。

飽和度計算結果ではケース1～3とケース4との優劣はつけられるものの、ケース1～3に対する優劣はつけ難い。



上段：配分交通量(百台/日、平成16年)
下段：設計基準交通量比

図-6 交通量配分結果

表-4 整備計画案の各交差点飽和度

	入船	東栄町	東興町
ケース1	0.741	0.645	0.623
ケース2	0.741	0.645	0.623
ケース3	0.686	0.738	0.815
ケース4	0.688	0.917	0.789

5.3 交通流シミュレーションによる検討

5.3.1 パラメータの推定

国道 156 号岩戸高架橋区間における一般道部の東興町交差点、東栄町交差点、入船交差点の3交差点については平成 11 年 9 月 21 日(火) 7:00~9:00 に交通量調査が行われており、この観測結果を用い現況再現を行い、パラメータの推定を行うこととした。現況再現を行うにあたり、図-7および表-5 に示す道路交通状況を整理し、入力データとした。

現況再現性の評価基準として、交差点への方向別流入交通量を用い、観測結果とシミュレーション結果(図-8)との相関(図-9)により確認を行った。

なお、パラメータについては、交通量の再現性が良くなるようシミュレーションを繰り返し行い、推定した(表-6)。

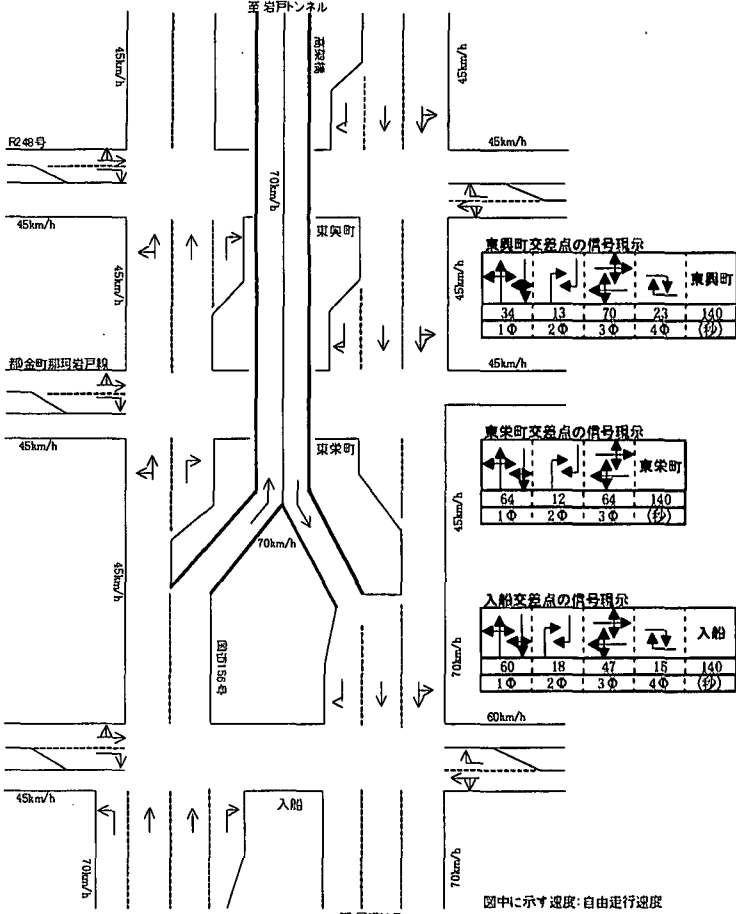


図-7 道路交通現況

表-5 道路交通状況における諸条件

車線	車線数, 右左折レーン, 右左折車線数
信号	信号の有無, サイクル長, わやット
大型車混入率	方向別観測交通量より設定
自由走行速度	法定速度が実勢速度の 85 パーセント値に相当することから、実勢速度を法定速度のおおよそ 1.18 に設定: 40km/h→45km/h, 50km/h→60km/h, 60km/h→70km/h

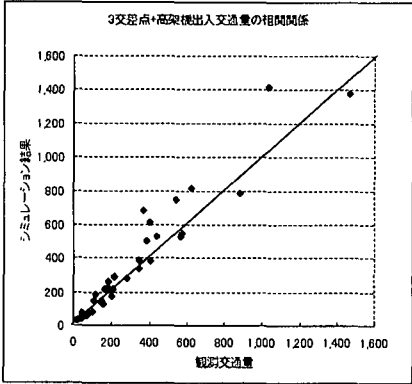


図-9 交通量再現結果における相関関係

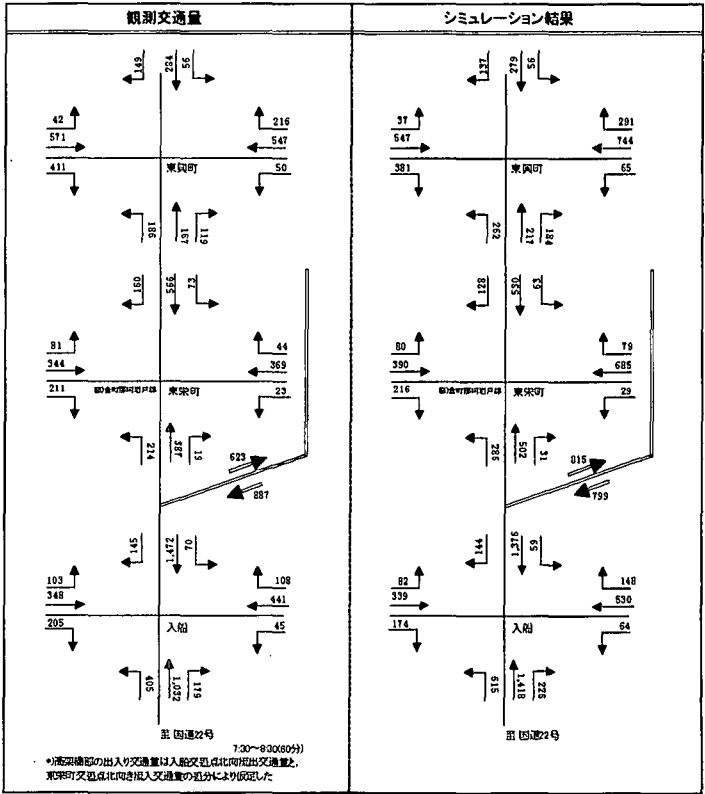


図-8 シミュレーション結果

表-6 パラメータ推定結果

平均発進車頭間隔	1.8 秒
発進損失時間	2.0 秒
乗用車車長	5m
大型車車長	8m
乗用車加速度	10.9km/h/s
大型車加速度	5.6km/h/s
乗用車最大速度	129km/h
大型車最大速度	109km/h
車線変更安全係数	0.9
その他パラメータ	NETSIM のデフォルト値 車線変更間隔時間-3 秒 平均ドライバー反応時間-1 秒 車線変更必要時間-2 秒 協力的なドライバー割合-50% 車線変更を誘発する車頭間隔-2 秒 車線変更しない車頭間隔-5 秒 等々。

5.3.2 前提条件の整理

前項現況再現において推定された各種パラメータの条件を用い、将来交通量推計による 1 時間交通量および、交差点飽和度による幾何構造・信号現示を、各整備計画案の基礎データとして入力・設定した。

5.3.3 各整備計画案の評価

各整備計画案について、交差点を対象に前章における評価項目について集計し、総合的に整備計画案の評価を行った(表-7)。これより最も効果も見られたのはケース2と評価でき、そのケース2の特徴は次にまとめる。

1) 平均停止遅れ時間による評価

- ・入船交差点においては、停止遅れ時間が現況の 117.2 秒/台から 101.6 秒/台となり、15 秒/台短縮された。これは 4 ケースのうち最も小さな値ではあるが、入船交差点での時間損失額は 20,258 千円と最も少ない。
- ・そのほかの交差点においても南北方向においては停止遅れ時間の短縮効果がみられ、改善率が高い。

2) 最長車列による評価

- ・いずれの交差点においても車列長は短縮した。

表-7 交通流シミュレーションによる評価

(入船交差点を中心とした場合)

評価項目		ケース1	ケース2	ケース3	ケース4
平均停止遅れ時間 (入船)	停止遅れ時間 (改善率)	117.2→96.5 秒/台 (17.7%)	117.2→101.6 秒/台 (13.3%)	117.2→91.4 秒/台 (22.0%)	117.2→90.5 秒/台 (22.8%)
	時間損失額	21,534 千円	20,258 千円	21,453 千円	22,831 千円
		△	△	△	△
渋滞緩和効果 (入船)	最大車列長	北進方向 520m→160m(-360m) 入船ワラフ ^o 448m→80m(-368m) ○	北進方向 520m→160m(-360m) 入船ワラフ ^o 448m→24m(-424m) ◎	北進方向 520m→224m(-296m) △	北進方向 520m→184m(-336m) 入船ワラフ ^o 448m→88m(-360m) ○
	所要時間短縮効果 (入船)	平均速度 北進方向 6.8→13.6km/h(+6.8km/h) 入船ワラフ ^o 5.6→14.6km/h(+9.0km/h) 通過時間 北進方向 275→42 秒(-233 秒) 入船ワラフ ^o 288→20 秒(-268 秒) ○	平均速度 北進方向 6.8→14.8km/h(+8.0km/h) 入船ワラフ ^o 5.6→41.4km/h(+36km/h) 通過時間 北進方向 275→39 秒(-236 秒) 入船ワラフ ^o 288→2 秒(-286 秒) ◎	平均速度 北進方向 6.8→12.7km/h(+5.9km/h) 南進方向 7.2→24.8km/h(+18km/h) 通過時間 北進方向 275→63 秒(-212 秒) △	平均速度 北進方向 6.8→13.5km/h(+6.7km/h) 入船ワラフ ^o 5.6→5.8km/h(+0.2km/h) 通過時間 北進方向 275→49 秒(-226 秒) 入船ワラフ ^o 288→55 秒(-233 秒) △
入船を含む5つの交差点全体の傾向	主な傾向	・南北方向における改善率は高い(32.0~68.4%) ・車列長はすべての交差点において減少傾向 ・南北方向において走行速度向上、東方向からの走行速度は全体的に低下	・南北方向における改善率は高い(38.5~72.6%) ・車列長はすべての交差点において減少傾向 ・南北方向において走行速度向上、東方向からの走行速度は全体的に低下	・車列長および通過時間は東栄町、東興町における南進交通において増加傾向	・南北方向における改善率は高い(20.4~67.1%) ・車列長および通過時間は東栄町、東興町における南進交通において増加傾向
	時間損失額	88,947 千円 ○	86,701 千円 ◎	96,752 千円 △	88,945 千円 ○
総評		・石長町ワラフの整備による入船交差点の混雑緩和効果は大きい。 ・東興町および細細華南交差点に対してのワラフ効果が最も少ないケース。	・すべての項目において最も効果の見られるケース。 ・高架部の充実した整備により、一般道の利用交通も減少する。	・南進高架部が未整備のため、一般部交差点への流入交通量が増大し、時間損失額が最も大きくなる。 ・特に東栄町および東興町への影響は大きく、改善効果が見られない。	・入船交差点については北側暫定1車線追加整備により、入船ワラフの混雑は緩和している。 ・2工区の4車線整備により、東栄町および東興町への影響は大きく、改善効果が見られない。
		2	1	4	3

◎効果大、○効果有り、△効果少

*)A→B の A は現況におけるシミュレーション結果(図 5.3.4 参照)、B は各ケースにおける結果。

時間損失額: 交差点停止遅れ時間×交差点流入交通量×時間単価(56.00 円)

時間単価: 平成 11 年乗用車価格を用いた(出典: 道路投資の評価に関する指針(案)⁹⁾)。

- ・特に、現況で最も問題視されている入船ワラフでは最も短縮効果が見られ 424m 短縮した。また、入船交差点南側からの北進交通は最大 360m 短縮した。
- 3) 平均旅行速度・交差点通過時間による評価
- ・入船ワラフにおける速度は 36km/h 向上し、通過時間も約 5 分短縮された。
 - ・入船交差点を南北に通過する平均速度は 8km/h 向上しており、通過時間も約 4 分短縮された。
 - ・その他の交差点においても、南北方向における走行速度は向上した。
- 4) 交通行動による評価
- ・入船交差点において、高架部から流入する交通は少なく、車列長も現況に比べ軽減している。
 - ・入船～石長町交差点間の高架部においては利用交通量が多く、断続的に車両が流れている。

5.4 総合評価

各整備計画案について、交通量配分・交差点飽和度・交通流シミュレーションより得られた結果を、順位点数により総合的に判断し、評価を行った(表-8)。

- ・交通量配分では、設計基準交通量比による評価を行ったが、いずれも 1.0 を下回っており優劣がつけ難い。そのため、すべての評価を同等とした。
- ・交差点飽和度では、ケース 4 において東栄町交差点の飽和度が 0.9 を上回った。それ以外は、すべての交差点において 0.9 以下であるため同等とした。
- ・交通流シミュレーションでは、指標ごとの評価を総合的に判断した。

表-8 総合評価

手法	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4
交通量配分	1	1	1	1
交差点飽和度	1	1	1	4
交通流シミュレーション	2	1	4	3
合計	4	3	6	8
総合評価(順位)	2	1	3	4

6. まとめ

本研究では、交通量配分手法と飽和度計算、交通流シミュレーションを複合させた評価方法を構築し、提案することができた。

また、岐阜市内における国道 156 号の整備計画策定において適用し、交差点改良計画等整備計画案の評価手法の一つとして、その有用性を立証できた。

それにより、①各交差点における局所的な交通現象の分析、②高架部の取付け位置の相違による交差点状況の変化を捉えた整備計画案の比較評価、を行い、最適な整備計画案を抽出することができた。

7. 今後の課題

本研究は実務上の手法を補完するという意味から始めたこともあり、下記の 2 点について十分な検討を行うことができなかった。

- ①シミュレーション結果から交通量配分へのフィードバック
- 局所的な解析をする上では不向きといえる交通量配分手法に対し、交通流シミュレーション結果を踏まえた交通量配分の再検討手法の提案を今後行いたい。
- ②交差点のサービス水準における評価方法

本研究では、HCM のサービス水準を評価指標の一つとして考えていたが、日本における信号サイクル長が長く、設定方法が HCM における基本的な考え方と分離しているため、結果的に HCM のサービス水準を用いることができなかった。

今後も我が国の道路交通管理者側の考え方が変わらない限り、HCM のサービス水準を国内へ適用させることは難しいとも考えられるため、本研究で提案した諸指標のほかに、交差点のサービス水準における評価方法の提案が活発に行われることを期待したい。

また、本研究は交通量のみに着眼したものであるため、道路整備計画の策定においては、最終的に事業費や B/C、整備効果の早期実現等も考慮した総合的な判断を行う必要がある。

謝辞：岐阜国道工事事務所前調査課長高松氏、前調査課若園・家垣氏、(株)片平エンジニアリング瀬戸・後藤氏には多大なるご協力をいただいた。ここに感謝の意を表す。

[参考文献]

1)建設省中部地方建設局(現国土交通省中部地方整備局)：平成 9 年度将来交通量推計業務委託報告書，平成 10 年 3 月
2)社)交通工学研究会：平面交差の計画と設計 =基礎編=，平成 2 年 1 月
3)堀口良太：交通運用策評価のための街路網交通シミュレーションの開発，東京大学学位論文，1996 年 9 月
4)TRANSPORTATION RESEARCH BOARD National Research Council：Highway Capacity Manual 2000
5)社)日本道路協会：道路構造令の解説と運用，昭和 58 年 2 月
6)国土交通省道路局，社)交通工学研究会：平成 11 年度道路交通センサ，平成 13 年 3 月
7)財)日本総合研究所：道路投資の評価に関する指針(案)，平成 12 年 3 月