

都市内住宅地における大規模開発が周辺道路交通へ 及ぼす影響評価に関する研究*

A Study on The Traffic Access and Impact Studies for A Large Site Development in Urban Residential Area

高山純一**, 武野雅至***

Jun-ichi Takayama and Masashi Takeno

ABSTRACT

There is a strong suspicion that traffic congestion and traffic accidents increase by traffic flows getting through a residential area, which are generated by a large site development.

In this paper, we propose a supporting system in order to evaluate the alternative plans of transportation system changes. The system consists of four subsystems; the estimation system of trips generated, the traffic demand estimation system, the determining system of off-street parking capacity and the traffic assignment system combined with capacity analysis of signalized intersections. The useful results can be obtained through the application to Kanazawa urban area.

Keywords : large site development, off-street parking, urban residential area, intersection capacity analysis

1. はじめに

近年、産業構造の変化にともなう都市内工場の郊外移転や、国鉄貨物跡地などの都市内大規模空地の出現にともなって、都心部の有効利用を図り、都市機能を更新するための再開発が盛んに行われるようになった。また、ライフスタイルが変化し、特に女性や高齢者の免許取得人口が増加したことや、大規模小売店舗法が改正されたことなどによって、大型駐車場を併設した大規模商業施設が郊外の幹線道路沿いへ数多く進出するようになった。このような商業施設への自動車利用客はかなり多く、特に地方都市の郊外部に立地する施設への自動車利用客の割合は極めて高い状況にある。そのため、新たに生成さ

れる交通需要によって周辺道路交通の円滑性に支障をきたしたり、周辺住宅地内の細街路の通過交通が増加し、事故や騒音などによる生活環境の悪化も懸念されている。

従来より、大規模な商業施設が立地する場合には、開発後に道路交通のボトルネックになると予想される信号交差点を抽出し、その地点での現況交通量の観測結果をもとに開発による影響を予測するという方法がとられてきた。しかし、このような方法では現状の交通制御や交通規制を変更した場合、あるいは開発による影響が広範囲に及び、周辺の道路交通流に変化が生じると予想される場合には対応できない。そのため、普段でも交通量が比較的多い都市内幹線道路では信号制御を変更しなければならない場合が多く、そのような地域での影響評価には十分とはいえないものであった。このようなことから、宮城¹⁾らは本研究でも採用している路外駐車場の容量解析法を提案し、現実の駐車場計画への適用を試み

*キーワード: 大規模商業開発, 路外駐車場計画

** 正会員 工博 金沢大学助教授 工学部 土木建設工学科

*** 学生員 金沢大学大学院 土木建設工学専攻

(〒920 金沢市小立野2-40-20)

ている。しかし、周辺道路交通の解析や代替案の評価を行うに際しては、道路混雑度をその指標としており、一般に渋滞発生最大の原因となる信号交差点を明示的に取り扱っていない点が従来法の限界といえる。

そこで本研究では、交通制御や交通規制の変更あるいは交差点幾何構造の改良など、大規模開発に際して考慮すべきことがらをトータルな視点でとらえた整備計画の立案・評価ができるシステム（図-1）の開発を目指す。本評価システムの特徴は、新規開発により誘発される増加交通量を曜日別、時間帯別に推計する来店客数推計サブモデル、現況交通量の変動特性を考慮した自動車OD推計サブモデル、駐車場利用実態調査に基づき動的に変化する駐車需要から最適な駐車場容量を決定する駐車場容量解析サブモデル、さらには信号交差点を明示的に組み込んだ交通量配分サブモデル²⁾の大きく4つのサブモデルにより構成されている点にあり、特にモデルの出力結果として得られる交差点飽和度や渋滞列長などの情報をもとに、整備計画の各代替案の評価を行えるところが従来研究にはない新しい利点といえる。また、その際に駐車場待ち行列による道路の閉塞状態を考慮していることや、新たに信号機を設置した場合、

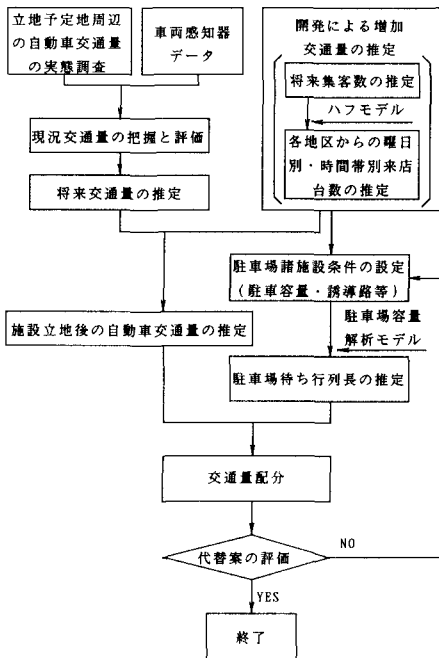


図-1 評価システム全体を示すフローチャート

あるいは新線が建設された場合にも柔軟に対応できることなども、本システムの特徴の1つといえる。今回は、金沢市に建設予定の大規模商業施設をケーススタディーとして、本評価システムの有効性を検討する。

2. 現況交通量の把握

(1) 周辺道路における交通量実態調査

本施設の立地が計画されている地点は、都心部より少し離れた住宅地の一角を占め、その前面道路は、市中心部と郊外地域とを結ぶ業務・物流の主要ルートとして利用されている（図-2）。

立地予定地周辺における現況交通量を把握するために、平日と日祭日の時間帯別交通量調査を行った（表-1）。調査方法としては、主要交差点に調査員を配置し、自動車を普通車と大型車の2種類に大別して、信号交差点での右左折直進交通量を15分ごとに観測した。そして、それをもとに対象地域の時間帯別OD表（ $T(I)_{ij}$ ）を推定した。なお、OD表の推定には、各交差点を基本部分道路網とし、その基本部分道路網を順次結合することにより対象地域内のOD表を推定する飯田の方法を用いた³⁾。また、季節や曜日による変動を考慮して、観測交通量よりも多くの交通需要があった場合（概ね、平均値+標準偏差）を想定して、 $T(I)_{ij}$ をある一定の割合（ α ）で割り増したOD表（ $T(II)_{ij}$ ）もあわせて作成した。

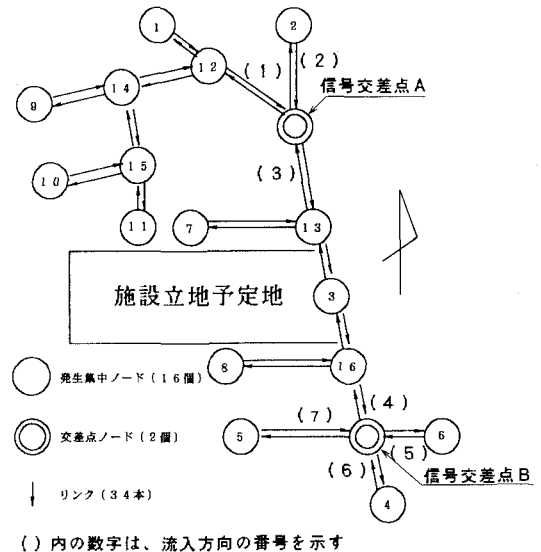


図-2 対象地域を示すネットワーク図（現在）

$$T(II)_{ij} = T(I)_{ij} \times \alpha \quad (1)$$

その作成方法を以下に説明する。

図-3は、調査員による観測交通量（観測値）と観測当日の車両感知器による常時観測交通量（感知器交通量）との比較を行ったものである。このように、観測値と感知器交通量との間にはある一定のずれがあり、感知器交通量のデータを利用する場合には、何らかの補正を加えなければならないことがわかる。そこで、今回は便宜的に、次式によって求まる β 、 γ を掛け合わせた値を割増係数 α とした。

$$\beta = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{\text{感知器交通量}}{\text{観測交通量}}}{n} \quad (2)$$

ただし、 β ：感知器交通量から観測交通量への補正係数

n ：各信号交差点の流入リンク数の合計値

$$\gamma = \frac{\text{感知器交通量の年平均值} + \text{標準偏差}}{\text{観測当日の感知器交通量}} \quad (3)$$

$$\alpha = \beta \times \gamma \quad (4)$$

(2) 交通量配分による現況交通流の解析

このようにして作成したOD表 $T(I)_{ij}$ 、 $T(II)_{ij}$ のなかから、総トリップ数が最も多い時間帯を平日、日祭日別にそれぞれ選び出し、これらの値を用いて現況交通流の解析を行った。なお、解析対象とした信号交差点の交差点形状と信号現示方式は、図-4および図-5のとおりである。

解析結果を表-2に示す。この表からわかるように、観測当日($T(I)_{ij}$)は平日、日祭日ともに、A、Bいずれの交差点においても、その交差点飽和度が臨界飽和度を下回っていることから、円滑な交通流が確保されており、なんら問題がないといえる。しかし、(年平均值+1 σ)程度の交通需要がある場合

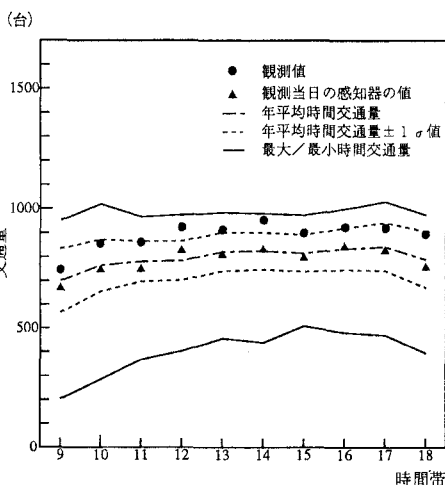


図-3 観測値と観測当日の感知器交通量との比較の一例

($T(II)_{ij}$)には、交差点Aにおいて渋滞が発生し、道路交通に支障をきたしていることが予想される。特に日祭日における交通混雑は著しく、これは行楽客が帰宅経路として本路線を利用していることによる影響が現れているものと考えられる。

また、表-3は交差点Bでの信号待ち行列長について、観測値と交通量配分モデルによる推計値との比較を行ったものである。これによると、観測値が推計値よりもやや大きな値となっているが、その原因としては次のようなことが考えられる。

- ①観測値は、15分間の最大待ち行列長を1時間ごとに平均したものであるのに対して、推計値は1時間の平均値となっている。
- ②交差点Bの近くに踏切があったために、時として観測された最大待ち行列長が非常に長いものになった。
- ③現実の信号オフセットが整合していない。

表-1 観測交通量と感知器交通量との比較例(17時台)

交差点	流入方向	観測値① (台/時)				観測当日の感知器交通量② (台/時)				感知器交通量(台/時)								④/②の平均⑤		③×⑤(α)	
		平日		日祭日		平日		日祭日		年平均值		μ+σ④		最小値		最大値		平日	日祭日	平日	日祭日
		平日	日祭日	平日	日祭日	平日	日祭日	平日	日祭日	平日	日祭日	平日	日祭日	平日	日祭日	平日	日祭日				
A	1	593	551	470	398					464.77	419.43	493.50	474.70	348	226	541	520	1.072	1.233	1.154	1.404
	2	436	441	440	427					456.15	441.13	486.57	500.42	339	233	530	551				
	3	983	918	1116	964	1.076	1.138			1128.83	1004.93	1189.79	1144.27	750	487	1282	1239				
B	4	1021	921	893	825					872.03	842.03	916.49	942.54	663	471	975	1029				
	6	1055	967	877	777					939.09	815.25	990.33	929.06	667	412	1089	1008				
	7	536	357	547	324					530.11	382.49	578.52	489.97	235	103	636	742				

③：感知器交通量→観測値への補正係数(β)

⑤：(感知器交通量の年平均值+1σ)の平均値に対する倍率(γ)

※交差点Bの流入方向(5)には、感知器が設置されていない。

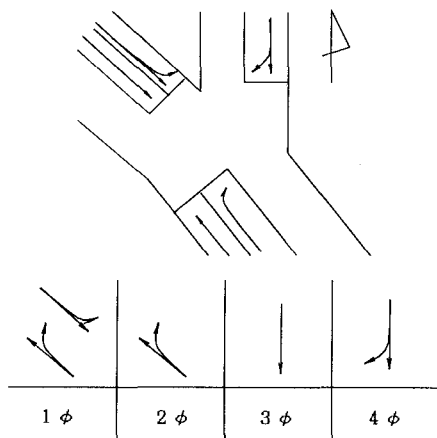


図-4 信号交差点Aの幾何構造と信号現示方式

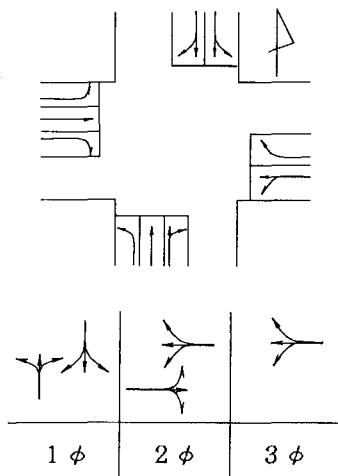


図-5 信号交差点Bの幾何構造と信号現示方式

表-2 現況におけるOD表別交差点飽和度

OD表	交差点	平日	日祭日	臨界飽和度
T(I)ij	A	0.796	0.709	0.8
	B	0.592	0.555	0.9
T(II)ij	A	0.875	1.016	0.8
	B	0.691	0.799	0.9

〔Ⅰ－平日：18時台，日祭日：17時台〕
〔Ⅱ－平日：17時台，日祭日：17時台〕

表-3 交差点Bでの信号待ち行列長の比較

流入方向	平日		日祭日	
	観測値	推定値	観測値	推定値
4	58.8	44.0	43.8	39.0
5	87.5	41.0	92.5	40.0
6	70.0	48.0	62.5	41.0
7	92.5	39.0	33.8	25.0

(単位：m)

このような結果ではあるが、観測値と推計値との差が台数で最大約16台（1台の占有長を6mとする。また、対象リンクの車線数は2車線である）であり、総トリップ数の0.5%程度であることを考えると、本配分モデルによる交通流動の再現性は非常に高く、信頼できるモデルであるといえる。

3. 施設立地にとまう時間帯別増加交通量の推定

(1) 現況集客構造の解析と期待集客者数の推定⁴⁾

商業統計等の資料により、本施設と競合すると考えられる店舗を、以下の条件のもとに想定した。

- 1) 本都市圏で当店舗から半径10km以内に立地する施設
- 2) 売場面積が3000㎡以上の施設
- 3) 商品構成が類似している店舗
- 4) 店舗と同等なまとまりを有する商店街

これをもとに、売場面積を説明変数とし、また売上高を目的変数として単回帰分析を行った結果、式(5)に示す回帰式（相関係数:0.950）が得られた。

$$(\text{売上高}) = 0.9718 \times (\text{売場面積}) - 1225.6 \quad (5)$$

図-6において、No. 15の店舗が回帰直線からかけ離れていることがみてとれるが、その理由として次の2つが考えられる。

- ① 観光客等、本都市圏外からの集客数が著しく多い。
- ② 観光客の消費単価は、一般買物客に比べて一般に高い。

このような理由から、No. 15の店舗を除外し、再度単回帰分析を行った結果をもとに、売上高（集客数）を推定する回帰式（相関係数:0.988）を求めた。

$$(\text{売上高}) = 1.0144 \times (\text{売場面積}) - 2274.0 \quad (6)$$

上式(6)を用いて、本施設と、本施設と並行して計画されている3つの類似店舗の集客者数を推定する。次に、式(7)に示すハフモデルを用いて地区別店舗別買物出向確率 P_{ij} を求め、これに予想される総集客数を乗じることによって地区別店舗別集客者数とした。

$$P_{ij} = \frac{\frac{S_j}{T_{ij}^\lambda}}{\sum_{j=1}^n \frac{S_j}{T_{ij}^\lambda}} \quad (7)$$

ただし、 P_{ij} : i地区の消費者がj店に行く買物出向確率

S_j : j店の魅力度（売上高により基準化）

T_{ij} : i地区からj店までの距離（km）

λ : 交通抵抗パラメータ

これに本都市圏パーソントリップ調査より得られた本施設立地地区への地区別自動車分担比率と平均乗車人数を考慮して、将来における来店台数を推定した。

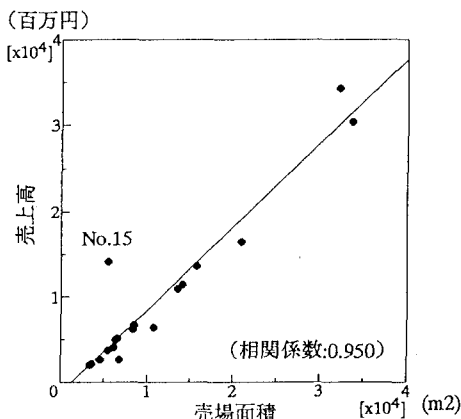


図-6 売場面積と売上高の相関関係

(2) 駐車場実態調査

曜日別・時間帯別の来店・退場比率等の情報を得るために、本施設の類似店舗の1つにおいて、プレートナンバー法による駐車場利用実態調査を平日と日祭日に実施し、施設立地にとまう増加交通量を推定した。

さらに、この駐車場調査より得られた時間帯別滞留時間分布が、理論分布に近似できるか否かの検討も併せて行った。近似させるべき理論分布としては、滞留時間分布が、短時間駐車と長時間駐車の種類のアールン分布を合成することによって表せるものと仮定した⁵⁾。そして、有意水準を5%として検定した結果、ほぼ全ての時間帯において有意であることが確認された（図-7）。

4. 整備計画案の作成とその評価

(1) 整備計画代替案の提案

周辺道路の混雑緩和策には、大きく次の2種類の対策が考えられる。

- ① ボトルネックとなる信号交差点の幾何構造や道路構造の改良、あるいは新線道路の建設や駐車場待ちスペースの確保等、ハードウェアの面か

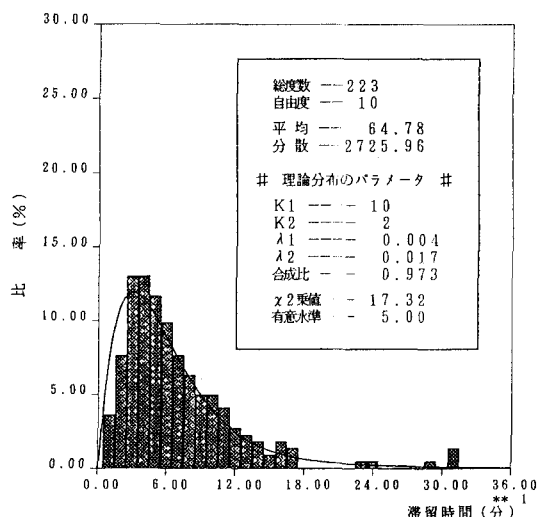


図-7 アールン分布による駐車時間分布の検定例
(日祭日 11時台)

らの対策

- ② 信号制御方式や交通規制などを交通需要に応じた最適なものに変更することによって、既存施設の有効利用を図り、道路交通の円滑性を確保するソフトウェア的対策

しかし、交差点幾何構造の改良を含めた道路整備によって交通渋滞を解消するには多額の投資を必要とする。そのため、整備計画の立案に際しては、まずソフト面からの対策を講じたうえで、その効果が十分に認められない場合に次の段階として、ハード面からの整備を検討するのが一般的に有効な方法と考えられる。

そこで、まず立地予定の施設側で対応可能な①駐車場の容量と出入口の処理方法、ならびに②誘導路の長さや設置位置についての代替案を検討し、次に道路管理者、あるいは交通管理者側が対応しなければならない③信号制御方式、④交通規制、⑤交差点幾何構造の変更に関連する代替案について検討するという2段階の方法により代替案の評価を行う。

1) 駐車場の容量について

駐車場を計画する場合の規模決定方法として、修正ローレンツ曲線を用いた方法が千葉ら⁴⁾によって提案されているが、本研究ではこのように厳密な容量決定法は採用していない。ここでは、郊外住宅地域に立地する類似店舗の駐車容量が、売場面積100m²当たり7台前後である⁶⁾ことを念頭におき、750台と

800台の2種類の規模の出入り自由な駐車場を設定し、駐車場容量解析モデル¹⁾による解析を行った。この結果、容量が800台の場合には平日、日祭日ともに駐車場待ち行列の発生はみられないが、750台の場合には、日祭日の14時から17時の3時間にわたって、全流入方向の合計で、最大約350mの待ち行列が発生すると推定された。なお、ここでは車両が入れ替わる際のロスとなるロット数を50台とし、店舗への到着分布と滞留時間分布は、前述した駐車場実態調査により得られた情報を用いた。

2) 誘導路について

誘導路に関する代替案として、図-8～図-12に示す5つの案を作成した。このうち、誘導案1と2は、立地予定地が住宅地域にあることを考慮し、その内部を通過する交通量が少なくなるように配慮した案であり、誘導案3～5は施設前面道路の交通流が円滑に流れるように配慮したものとなっている。なお、誘導案2～5の場合には、施設前面道路を右折禁止としている。

さらに、誘導案3～5の場合には、方面2からの交通

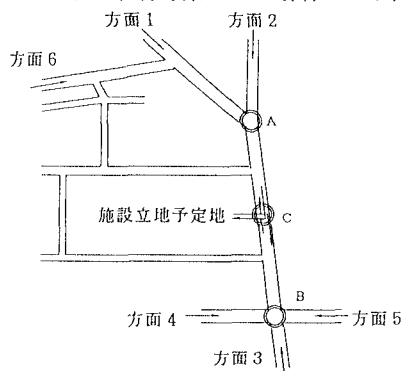


図-8 誘導案1

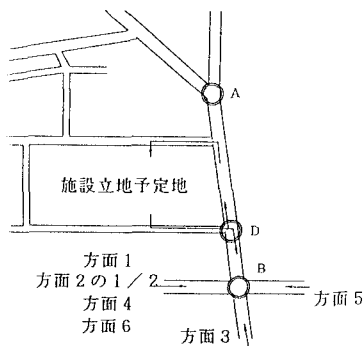


図-9 誘導案2

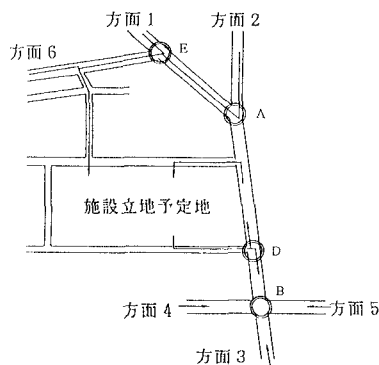


図-10 誘導案3

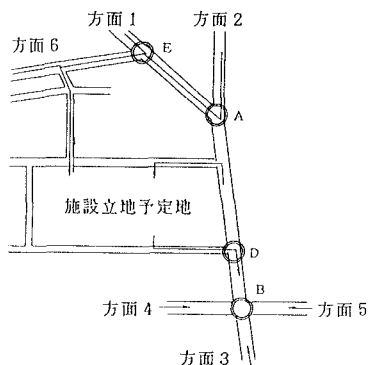


図-11 誘導案4

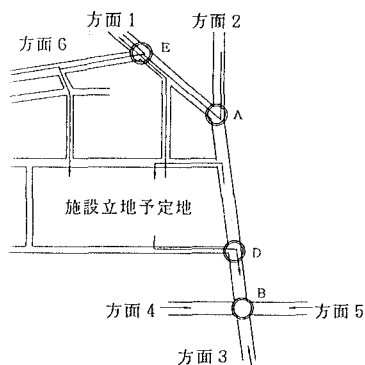


図-12 誘導案5

の誘導方法の違いにより、次の3通りについて解析を行っている。

TYPE1: 方面2からの交通量の全てを、そのまま方面2から進入させた場合。

TYPE2: 方面2からの交通量の全てを、方面1から進入させた場合。

TYPE3: 方面2からの交通量の半分を方面2から、残り半分を方面1から進入させた場合。

3) 交差点の幾何構造と信号現示方式について

新たに設置する信号交差点DとEの幾何構造は、既存道路の拡幅を必要としない、次の4種類を基本構造とした(図-13～図-16)。ただし、施設正面に設ける交差点Cについては、構造案5(図-17)を採用することにする。また、これらの交差点の信号現示は、現示切り替え時における損失時間ができるだけ短くなるように配慮し、最もシンプルな現示方式とした(図-18)。なお、信号サイクル長と損失時間は、周辺の信号交差点との整合性を保つために、それぞれ120秒と4秒に設定した。

以上より、整備計画案として、誘導案(11種類)

と交差点構造案(4種類)を組み合わせ、合計44種類の代替案を作成した。

(2) 計画代替案の評価

計画代替案の評価は、主に次の3点を考慮して行うことにする。

1) 信号交差点における飽和度

2) 細街路通過の交通量

3) 新設する信号交差点の個数

ここで用いる将来OD交通量は、周辺の道路整備の進展によって本

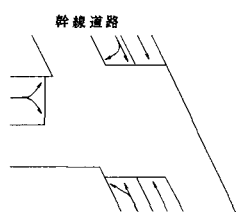


図-13 構造案1

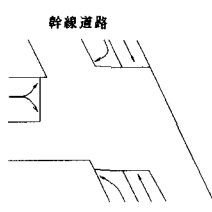


図-14 構造案2

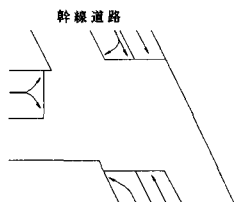


図-15 構造案3

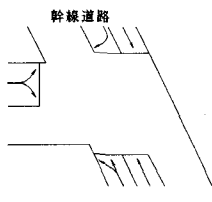


図-16 構造案4

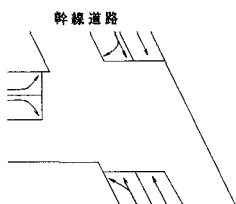


図-17 構造案5

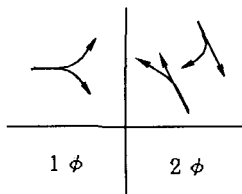


図-18 信号現示方式

路線の交通負荷が通減することが予想されることを考慮し、現況値（（年平均値+標準偏差）程度の交通需要がある場合のOD交通量）をベースに、先に求めた本施設の立地による増加交通量を各代替案に対応した発生・集中ノードに上乗せした値とした。また、交通流解析対象ネットワークは各アプローチルートごとに組み替えるものとし、来店車両による駐車場待ち行列が発生する場合には、車線数を減少させるなどの補正を加えることによって、道路の閉塞状態が再現できるように配慮した。

解析によると、構造案1の道路形状の場合に、相対的に最も良好な結果が得られた（表-4）。しかし、この案でも、平日では3つの誘導案で、また日祭日においては全ての誘導案で、交差点A、Bの推計飽和度が臨界飽和度を越えており、また交差点Dでも2つの誘導案で臨界飽和度を越えていることから、かなりの頻度で渋滞が発生するものと予想される。

さらに、駐車場待ち行列が発生した場合に、最もその影響を受けると思われる誘導案1についての解析

も併せて行った（表-5）。この場合には、南北両方向の道路はともに、駐車場待ち行列によって1車線が占有されてしまっているため、交差点Cの処理能力が需要を下回り、特に日祭日において極度に混雑した状態になると予想される。

そこで、現時点での状況も考慮し、誘導案1~3（TYPE2）を例に、交差点A、Bの車線構成を図-19、図-20のように変更した。また、交差点Dについては、対象施設の敷地をセットバックすることによる道路拡幅を行い、右折車線と左折車線を分離した（構造案5）。その結果、該当交差点の飽和度は、表-6のように改善されることが確認された。

以上より、開発に際して整備すべきことがらをまとめると、次のようになる。

- ①駐車場の容量としては800台程度が望ましい。
- ②本施設への誘導方法は、誘導案5（図-12）が適当である。
- ③誘導案5を採用した場合、新設する信号交差点Dの幾何構造は構造案5、交差点Eは構造案1とし、それらの現示方式は2現示（図-18）とする。
- ④既設信号交差点A、Bの幾何構造を、図-19、図-20のように改良する。

しかし、タイプ2の誘導案を採用する場合には、方面2からの交通が方面1から進入するように、さらに何らかの対策を講じなければならないであろう。

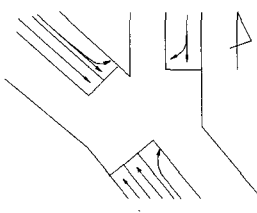


図-19 交差点Aの幾何構造の改善例

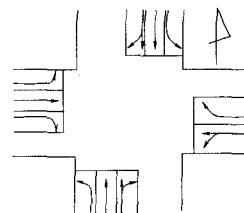


図-20 交差点Bの幾何構造の改善例

5. おわりに

本研究では、都市内の大規模な開発によって、周辺の道路交通や生活環境に悪影響がおよばないようにするために、交通規制や交通管制、交差点の改良などを総合的にとらえた整備計画の立案・評価ができるシステムを提案し、その有効性を検討した。本評価システムの最大の特徴は、代替案の評価を行う

表-4 誘導案別交差点飽和度の比較（構造案1）

（平日：17時台，日祭日：17時台）

平日

交差点記号	A	B	C	D	E
誘導案1	0.991	0.727	0.457	—	—
誘導案2	0.949	0.747	—	0.545	—
誘導案3	TYPE 1	0.949	0.727	—	0.512
	TYPE 2	0.949	0.727	—	0.512
	TYPE 3	0.949	0.727	—	0.512
誘導案4	TYPE 1	0.882	0.727	—	0.435
	TYPE 2	0.882	0.727	—	0.435
	TYPE 3	0.882	0.727	—	0.435
誘導案5	TYPE 1	0.882	0.727	—	0.435
	TYPE 2	0.882	0.727	—	0.435
	TYPE 3	0.882	0.727	—	0.435
臨界飽和度	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9

日祭日

交差点記号	A	B	C	D	E
誘導案1	1.386	0.921	0.732	—	—
誘導案2	1.275	0.974	—	0.987	—
誘導案3	TYPE 1	1.275	0.921	—	0.900
	TYPE 2	1.275	0.921	—	0.900
	TYPE 3	1.275	0.921	—	0.900
誘導案4	TYPE 1	1.017	0.921	—	0.609
	TYPE 2	1.017	0.921	—	0.609
	TYPE 3	1.017	0.921	—	0.609
誘導案5	TYPE 1	1.017	0.921	—	0.609
	TYPE 2	1.017	0.921	—	0.609
	TYPE 3	1.017	0.921	—	0.609
臨界飽和度	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9

表-5 交差点Cにおいて駐車待ち行列が発生した場合

平日

交差点記号	A	B	C	D	E
誘導案1	0.991	0.727	0.783	—	—

日祭日

交差点記号	A	B	C	D	E
誘導案1	1.386	0.921	1.014	—	—

表-6 交差点A, B, Dの幾何構造を変更した場合

平日

交差点記号	A	B	C	D	E
誘導案1	0.851	0.696	0.457	—	—
誘導案2	0.795	0.716	—	0.492	—
誘導案3	TYPE 2	0.795	0.696	—	0.458

日祭日

交差点記号	A	B	C	D	E
誘導案1	1.173	0.846	0.732	—	—
誘導案2	1.047	0.898	—	0.799	—
誘導案3	TYPE 2	1.047	0.846	—	0.712

際、道路交通の最大の障害となる信号交差点を明示的に取り扱った交通量配分を行い、より現実に近い

交通現象の再現を試みている点にある。この配分モデルにより得られる交差点飽和度や信号現示の最適スプリット、信号待ち行列長（渋滞列長）などの情報は、代替案の比較・評価を行うのに非常に役立つものである。また、本評価システムが、①交通管制や交通規制の変更、②ネットワーク形状の変化に柔軟に対応できることや、③駐車場待ち行列による道路の閉塞状態を再現することが可能であることなどを考えると、非常に有効な計画代替案策定支援システムであるといえる。

今回は、評価項目として先に示した3つを取りあげたが、立地場所に応じた評価項目を設けることによって、類似の開発計画への適用も可能であるといえる。また、何らかの方法で発生・集中交通量が予測できるのであれば、商業施設のみならず、より広範囲な開発計画にも対応できるものと考えられる。

最後に、本評価システムの向上のために、①時々刻々と変化する交通現象が記述でき、オフセットも考慮できるような配分モデル（動的な配分モデル）へのモデルの拡張、②より高い精度の集客モデルの開発、③本評価システムをオンライン化し、ユーザー・インターフェイスを組み込むことにより、操作性の向上を図ることなどが、今後の課題として残された。さらに、交差点の改良を効率的に行えるように、④交差点改良エキスパート・システムの開発と本評価システムへの組み込みについても、今後検討していかなければならないであろう。

<参考文献>

- 宮城俊彦，本部賢一：路外駐車場の容量解析法とその応用に関する研究，交通工学，Vol. 25，No. 3，1990年
- 高山純一，中村光生，飯田恭敬：信号交差点を考慮した時間交通量配分モデルに関する研究，第10回交通工学研究発表会論文集，pp. 97～100，1990年
- 飯田恭敬：実測路上交通量を用いた部分道路網の結合による道路網交通需要推計法——初歩的モデルについての考察——，交通工学，Vol. 13，No. 2，1978年
- 千葉博正，五十嵐日出男：ハフモデルによる都市内商業地域の駐車場計画に関する研究，交通工学，Vol. 19，No. 6，1984年
- 大蔵泉，江頭正州：高速度道路休憩施設における駐車時間分布に関する研究，IATSS Review，Vol. 18，No. 1，1992年
- 渡部功：ショッピングセンターにおける駐車場規模の考え方を試みる，パーキングプレス，No. 234～237，1981年
- 高山純一，武野雅至：都市内大規模開発が周辺道路交通に及ぼす影響評価，第47回土木学会年次学術講演会概要集IV，pp. 310～311，1992年