

駐車を考慮した道路網の最大容量推定モデルとその適用*

Estimation Model of Maximum Road Network Capacity with Parking Constraints and its Application

朝倉 康夫**, 柏谷 増男***

By ASAKURA Yasuo and KASHIWADANI Masuo

Maximum capacity of a road network is defined as the maximum number of car trips which could be loaded onto the network within given link capacity. Conventional assignment simulation type model for estimating the maximum capacity is modified considering parking constraints as well as link capacity constraints. The model describes the mechanism that drivers park cars on roads in proportion to the congestion level of off-street car parks, and roadside parking vehicles reduce link capacity. An increment of travel demand is assigned to the network until off-street car parks in a zone becomes occupied or links in a zone are full of parking vehicles. The model shows satisfactory performance through an application test to the network in Imabari city.

1. はじめに

一般に、交通ネットワークの最大容量とは、特定条件（物理的、経済的、環境的な限界条件）のもとで、ネットワーク全体として受け入れ可能な最大交通量を表わすとされている¹⁾。わが国では道路網を対象に最大容量に関する多くの研究がなされてきたが、そこでの最大容量の定義は、「各道路区間の容量が与えられたとき、ODパターン（単位OD）を保持しつつネットワークが処理可能な最大トリップ数」とされている。従来の研究では主に、線形計画法や交通量配分の応用による計算法の開発に重点が置かれてきたが^{2), 3)}、最近では交通インフラが許容できる都市開発の規模を求めることを狙いとして、都市モデルとの結合も試みられている⁴⁾。

ところで、都市部における道路網の容量は、道路区間（リンク）の容量だけではなく、駐車場の容量によっても規定されていると考えられる。また、路上駐車によるリンクの容量減少が、ネットワーク全体の容量を低下させていることも事実である。駐車場を整備してもリンク容量に余裕がなければ道路網全体としての交通処理能力は向上しないし、逆に道路区間を整備しても駐車場の制約が厳しければ必ずしも容量増強効果を生むとは限らない。道路区間容量と駐車容量のいずれがネットワーク容量を支配しているかがわかれば、両者の適切な整備量の目安を知ることができるものと思われる。

そこで本研究の目的は、従来の最大容量モデルに駐車場容量を組み込むことにより、道路網と駐車場を同時に考慮したネットワークの最大容量推定モデルを開発することにある。このようなモデルを示すことは、道路網全体の処理能力を向上させるための駐車容量とリンク容量のバランスのとれた適切な整備量を検討する際や、駐車場の整備効果を道路網の容量の増大効果という視点から評価する際に有用であると考えられる。

* キーワズ：道路網容量，駐車

** 正会員 工博 愛媛大学助教授 工学部土木海洋工学科（〒790 松山市文京町）

*** 正会員 工博 愛媛大学教授 同上

本稿では、実用性の面で優れている配分シミュレーション法を用いて、著者らがこれまでに提案した最大容量推計モデル⁵⁾に改良を加え、その精緻化を図る。さらに、提案したモデルを愛媛県今治市の道路網へ適用し、駐車場整備効果を論じる上でのモデルのパフォーマンスを吟味する。以下では、2.において最大容量モデルの構成を述べ、駐車に関する制約について詳細に説明する。3.では、これらの方法を今治市域の道路ネットワークへ適用した計算結果について述べる。

2. 駐車を考慮した最大容量モデルの改良

2-1 既存研究

配分シミュレーションによる最大容量モデルに駐車制約を組み込むに際して、関連する既存研究を見てみよう。まず、交通量配分において駐車場を明示的に扱った研究としては、Eldinら⁶⁾、Gurら⁷⁾を挙げることができる。いずれもネットワーク表示を工夫することで路外駐車場を通常の（均衡）配分に取り込んでいる。Cascettaら⁸⁾は路上駐車を明示的に扱おうとしているが、路上駐車とリンク交通量の相互関係は考慮されていない。また、行動モデルからのアプローチでは、ドライバーの路外駐車場の選択を扱った研究は多いが、路上駐車を選択肢に含めた研究は塚口・小林⁹⁾などに限られており、駐車場選択と道路網上の経路選択を同時に記述するには至っていないようである。Youngら¹⁰⁾は、動的なシミュレーションモデルにより駐車の詳細な側面を扱おうとしているがモデルの詳細な構造は示されていない。

一方、著者らは既に配分シミュレーションによる最大容量の計算法の中で路外駐車場の容量制約と路上駐車によるリンク容量減少を考慮する方法を示している⁵⁾。配分シミュレーションによる最大容量の計算法とは、所与のODパターンの下で、ネットワークが非連結網（注：少なくとも一つのOD間でトリップが不可能なネットワーク）になるまでトリップ数を漸増させながら交通量を負荷していくというものである。この計算手順において駐車を考慮することは、トリップエンドでの路外駐車場の容量制約を導入することと、路上駐車によるリンク容量の減少を考慮することである。

ここで、トリップエンドでの路外駐車場の容量制

約とは、ゾーンへの集中交通量が駐車容量以下であるかどうかを判定し、容量以下であればトリップ運行が可能であり道路網の機能が失われることはないとするものである。また、これまでのモデルでは、トリップエンドでの駐車台数の一定割合がゾーン内の路上に駐車するものと仮定し、ゾーン内の全路上駐車台数を各リンクに配分することによって路上駐車によるリンク容量の減少を算定していた。しかしながら、路上駐車モデル化についてはパラメータ値の設定がシナリオ的にならざるをえないという点に問題があった。

2-2 改良モデル

(1)モデルの全体構成

改良モデル全体の構成を図1に示す。図中の主な記号は以下のとおりである。

- V_a : リンクaの交通量, C_a : リンクaの容量,
 - T_a : リンクaの走行時間, P_{ij} : 単位OD交通量
 - ΔX : 一回の繰返しでネットワークに負荷するトリップ数
- 改良モデルも基本的には配分シミュレーションの枠組みに従っているが、これまでの手順と異なっている点は、ステップ④、⑥である。

ステップ④では、従来の非連結性の判定に加え、路上駐車スペースによる制約を加えている。これは、後述する路上駐車密度に上限値を設けたことと、“切断したリンクには路上駐車を加算しない”という条件を導入したことによって、ゾーン内に路上駐車を加算できない状況が生じるため導入したものである。ステップ⑥は、後に述べる路上駐車によるリンク容量減少の算定である。

ネットワークに負荷するトリップ数を増やせば、各リンクでは通過交通量が増加する一方で、路上駐車増加によりリンク容量が低下する。したがって、駐車を考慮しない場合に比べて、リンクの混雑は一層加速されることになり、ネットワークも相対的に切断されやすくなる。

(2)路外駐車場の容量制約

ゾーンの路外駐車スペースを日単位の容量制約に変換するために、一時預り、事務所などの場所別駐車スペースに回転率の上限を乗じることにより、路外駐車場の容量（ $P U_j$ ）を推定する。

$$P U_j = \sum_{k \in K} P S_{jk} \cdot P R_k \cdots \cdots \cdots (2)$$

ここに,

PS_{jk} : ゾーン j , 駐車場所 k の駐車スペース

PR_k : 駐車場所別回転率の上限

である。容量制約とはそれぞれのゾーンにおいて路外駐車台数 (U_j) が容量 (PU_j) を以下でなければならないという制約である。

駐車が発生しやすくなると考えられる。そこで、従来のモデルでは定数としていたゾーンの路上駐車発生率 (RP_j) を当該ゾーンの路外駐車場の混雑率 (PCR_j) の増加に比例して増加する関数

$$RP_j = \alpha PCR_j = \alpha (U_j / PU_j) \quad \dots\dots(2)$$

であると仮定した。パラメータ α の値は実績データより推定することになる。

ゾーンへの集中トリップ数に RP_j の値を乗ずることにより、ゾーン全体での路上駐車台数 (台/日) が求められる。発生した路上駐車は、リンク長の比によってゾーン内の各リンクに様に分布するとする。すなわち、ゾーン j に 1 台のトリップが集中したとき、各リンクの路上駐車台数 (台/日) は、次式で与えられる。

$$RC_a = RP_j (L_a / \sum_{a \in A_j} L_a) \quad \dots\dots(3)$$

ここに,

RC_a : リンク a の路上駐車台数

RP_j : ゾーン j の路上駐車発生率

L_a : リンク a のリンク長

A_j : ゾーン j 内のリンクの集合

である。

(4) 路上駐車によるリンク容量低下の算定法

路上駐車による交通容量の低下は現象として明かではあるが、道路条件や沿道状況によって一台の駐車車両による容量低下の度合いが様々であることなどのために具体的な算定法に関する研究は少ない。わが国での報告例^{11), 12)}や諸外国の例¹³⁾を見ても、必ずしも方法論が確立されているとは言えない。そこで本研究では路上駐車による容量逓減率 (r_a) を路上駐車密度 (q_a , 台/km) の減少関数と仮定し、次式によって容量低下量 (ΔC_a) を算定するものとした。

$$\Delta C_a = C_a r_a = C_a f(q_a) \quad \dots\dots(4)$$

具体的な容量逓減率の関数形を定めるために、以下のような路上駐車の状況を仮定する。

- ・歩道や中央分離帯によって路外や対向車線からは完全に遮断され、路側帯もなく車線だけで構成される片側2車線の道路
- ・左側車線上の道路端に、均等に、駐車できる最小

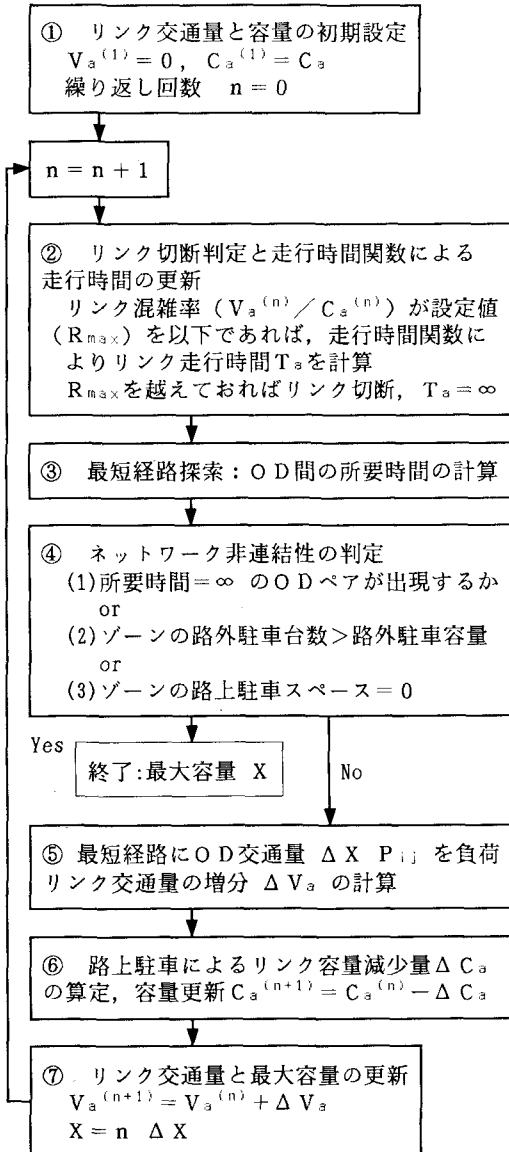


図1 駐車制約を考慮した最大容量計算の手順

(3) 路上駐車の発生量

一般に、路外駐車場の混雑が厳しくなれば、路上

の車頭間隔で路上駐車している。

・多重駐車は発生しない。

このような状況下では、片側2車線の内1車線は駐車車両によって完全に閉塞し、リンク交通容量はちょうど半分になったとみなせる。すなわち、逓減率は、 $r_a=0.5$ である。この状況での路上駐車密度を路上駐車密度の上限値(P_{max})とする。路上駐車がない状態では $r_a=0.0$ であり、 $0 \leq q_a \leq P_{max}$ では、 q_a の増加とともに r_a が線形に減少するとする。片側1, 3車線の場合も同様に考えると、容量逓減率の関数は式(5)で表される。

$$r_a = 1.0 - q_a / (P_{max} N_a) \quad \dots\dots\dots (5)$$

ここに、 N_a はリンクaの車線数である。

なお、路上駐車密度 q_a は、式(3)で求めた一日の路上駐車台数(RC_a)を一日の内で実際に路上駐車の影響を受けるとされる時間帯(路上駐車時間帯、 PRH)に集約し、その平均の駐車密度を用いるものとする。

$$q_a = RC_a / (PRH L_a / TP) \quad \dots\dots\dots (6)$$

ここに TP は平均路上駐車時間である。

3. 今治市中心部道路網への適用

提案したモデルの実用性を検討するために、愛媛県今治市の道路網を対象に適用計算を行う。今治市では、平成元年度に駐車場整備計画調査、平成2年度に都市OD調査がそれぞれ実施されており、適用計算のためのデータが充実している。適用計算の具体的な狙いは、現況道路網の容量が道路区間容量と駐車容量のいずれに規定されているかを検討するとともに、計画されている駐車場整備が行われた場合の効果をネットワーク容量の増加分などの指標を通して捉えることにより、モデルのパフォーマンスを調べることにある。

3-1 インプットデータおよび前提条件

現況OD表、道路網および需要側からみた駐車状況などに関するデータは、今治広域都市圏街路交通情勢調査¹⁴⁾に基づいて加工したものである。ネットワークの規模は、リンク数179、ノード数63(うちセ

ントロイド数30)である。リンク容量は配分計算で用いている日容量であり、リンク走行時間関数はBPRタイプの関数である。

駐車場の容量や駐車実態などのデータは、今治市駐車場整備計画調査¹⁵⁾に基づくものである。この調査は市街地中心部の駐車場整備地区を対象に実施されたものであり、市全域の駐車容量を知ることはできない。しかし、路上駐車が発生や路外駐車場の容量不足などの問題は、おおむね市中心部に限られており、適用計算において駐車の影響を考慮する地域はこの調査の対象となってる中心部(ゾーン数4)に限定するものとした。

最大容量の算定において一回の繰返しで道路網に負荷する交通量は、現況の配分交通量(188,920 トリップ)の30分の1とした。このことにより、駐車制約を考慮する市中心部の集中交通量は、一回の繰返しで約1,000 トリップづつ増加することとなる。

ゾーンにおける路外駐車場は、自宅、一時預かり及び月極、事務所及び店舗の3種類に区分した。運用実態からみて、一時預かりと月極を厳密に区別できない場合があったため、両者を集約した。ゾーンの駐車容量は、それぞれの場所別駐車スペースに回転率の上限を乗じて集計することにより求めるが、回転率の上限は、駐車場整備計画調査から得られた駐車場所別スペースと都市OD調査の駐車場所別利用台数の実績値や、松山市における調査データなどを勘案して、自宅(1.5)、一時預かり及び月極(3.0)、事務所及び店舗(4.0)とした。表1に都心部4ゾーンの駐車容量の値を示す。

表1 今治市中心部の駐車スペースと容量

ゾーン (j)	自宅	一時預り 及び月極	事務所 及び店舗	計	容量 (PUj)
1	714	1,740	566	3,020	8,555
2	352	997	517	1,866	5,587
3	800	896	481	2,177	5,812
4	367	1,133	430	1,930	5,670
計	2,233	4,766	1,994	8,993	25,624

路上駐車によるリンクの容量減少を算定するために必要なパラメータ値の設定は以下のとおりである。

路上駐車密度の上限値（ P_{max} ）については、車1台当たりが駐車する際の平均長（実測による 6.3 m）より、最大の駐車台数は約 160 台/kmとなるが、現実には建物の出入口や交差点など沿道の 50%程度は駐車できないと判断し、 $P_{max}=80$ （台/km）に設定した。平均駐車時間（TP）は、実績値（32.8分）より 30 分とした。

集中交通量のうち路上に駐車する割合である路上駐車率を表す関数は、図2に示す対象地区内の路上駐車率と一時預り駐車場混雑率の実測値をもとに

$$RPj = 0.604 \times PCRj \quad \dots\dots\dots (7)$$

RPj：路上駐車率

PCRj：一時預りおよび月極駐車場混雑率と推定した。

調査によって得られた 8:00～20:00 の路上駐車の時期的変化を見ると、路上駐車のパーク性は高いとは言えない。そこで、路上駐車時間帯（PRH）の値は便宜的に5時間を基準値とし、この値をパラメトリックに変化させてその影響を調べるものとした。

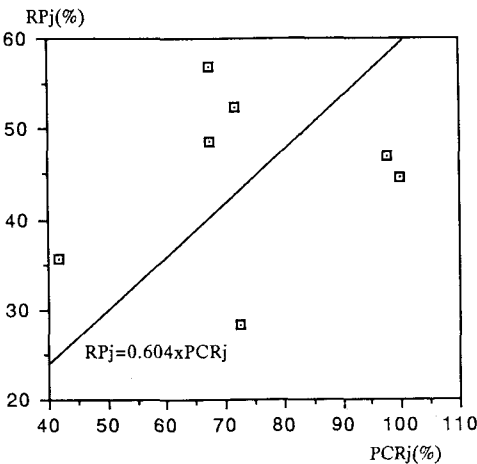


図2 路外駐車場混雑率と路上駐車率

3-2 現況道路網の容量

最大容量の計算に先立ち、駐車を考慮しない通常の交通量配分（IA法による）を行った。観測値のある 13 箇所について、リンク交通量（往復計）の

実績値と計算値の相関係数および平均誤差率はそれぞれ 0.678, 24.4% であった。交通量配分の現況再現性から見ると、用いたネットワークデータとOD表の整合性はおおむね良好であるといえる。

ODパターンを保持しつつ、2. で述べた制約条件が有効となるまで現況道路網に交通量を負荷し続けることにより最大容量を求めた。リンク切断の判定基準（Rmax）が 1.00 の場合は、他の設定条件の値にかかわらず現況配分交通量の 90%を負荷した時点で多くのリンクが切断されてネットワークが非連結網となった。このサービス水準では現況道路網が現況交通量を処理できないことになるため、Rmax を 1.25 に緩和して計算を行ったところ、負荷交通量が配分対象交通量に達した時点でネットワークが非連結となった。非連結性の判定は、路外駐車場の容量、路上駐車密度、リンク混雑度のいずれかによるものであるが、この場合はゾーン3の路外駐車台数が容量制約に達したため計算が打ち切られた。

各ゾーンの駐車状況の集計結果は表2に示すとおりであり、ゾーン3以外では路外駐車場に余裕がある。路外駐車場の混雑度に応じて路上駐車率が決まるため、ゾーン3の路上駐車率は 22%と高い。平均的には 15%であるが、この値は都市OD調査から別途集計した路上駐車率 14.0%（駐車場所不明を除く）と良く一致している。また、路上駐車台数を道路延長で割った路上駐車密度の計算値は 3.42（台/10m/日）であるが、駐車場整備計画調査の際に実測された路上駐車状況から対象道路網に含まれる路線の駐車密度を求めると、3.56（台/10m/日）であっ

表2 ゾーンの駐車状況（単位：台）

ゾーン	路外容量	路外	路上	集中量
1	8,555	4,960 (.60)	651 (.09)	7,481
2	5,587	4,125 (.74)	858 (.13)	6,644
3	5,812	5,898 (1.0)	2,400 (.22)	11,063
4	5,670	3,754 (.66)	590 (.10)	5,793
計	25,624	18,737 (.73)	4,499 (.15)	30,981

注1：駐車場所が空き地及び不明などを除く
 注2：路外の（）は、路外駐車台数/路外容量（%）
 注3：路上の（）は、路上駐車台数/集中量（%）

た。これらのことから、路上駐車
 の発生に関する仮説や、先に設定
 した路上駐車率関数はほぼ妥当であ
 ったと考えられる。

市中心部の道路網のうち、混雑度
 が R_{max} に達したため切断されたと
 みなすリンクは図3に示すとおり
 である。中心部の外側に迂回経路が
 残っているため、ネットワーク自体
 は連結を保っているが、かなり大規
 模な迂回を余儀なくされる状態であ
 り、切断寸前であることがわかる。
 切断されたリンクでは、単位時間当
 りの路上駐車密度も 50 (台/km/時)
 以上となり、リンク容量は路上駐車
 を考慮しない場合の 30% 程度にま
 で低下している。中央の三角形は右
 回りのロータリーであるが、切断
 プロセスを見るとこの部分がまず切
 れ、その迂回経路である東西方向
 のリンクが次に非連結となったこと
 から、ネットワーク的にはこの部分
 に問題があるものと思われる。

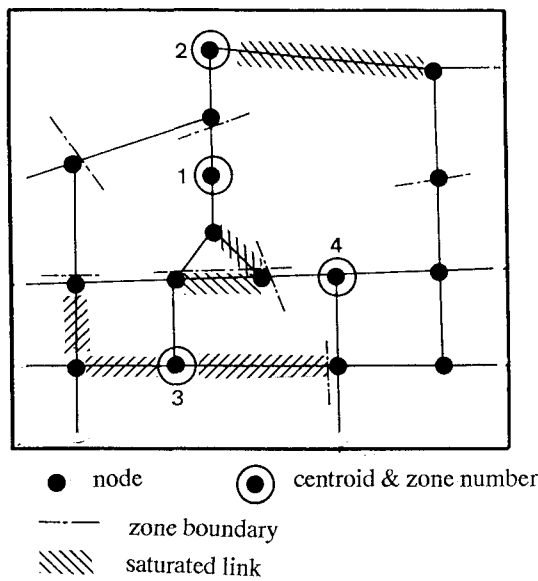


図 3 中心部の道路網切断状況

路上駐車時間帯 (PRH) を 2 時間と
 した場合は、現況配分交通量の 77%
 を負荷した時点で最大容量に達した。
 これは、ゾーン3のすべてのリンクで
 路上駐車密度が上限に達したことによ
 るものである。集中量に占める路上駐
 車の割合は 11% と低いものの、駐
 車時間帯にピーク性をもたせたため
 時間当りの路

上駐車密度がきわめて高くなったた
 めである。PRHを 10 時間とした場
 合は路上駐車の影響が相対的に小さく
 なるが、PRHを 5 時間とした場合と
 同様に現況配分交通量を負荷した時点
 で最大容量に達した。このことから、
 路外駐車場の容量が道路網容量を支
 配していると考えられる。

3-3 路外駐車場整備による影響

現況道路網の最大容量を規定してい
 る要因が路外駐車場の不足やそれによ
 って生じる路上駐車による道路区間の
 容量減少にあるとするならば、路外駐
 車場を整備することはネットワークの
 容量を増加させる上で効果的である。
 そこで、現況道路網のネットワーク条
 件は変更することなく、路外駐車場のみ
 整備拡大を行ったとしたときの最大容
 量の試算を行った。路外駐車場の容量
 増強案は、今治市の駐車場整備計画
 案を参考にして、表3のように設定し
 た。整備対象は一時預り駐車場であり、
 整備後の容量は全体で 10% 程度、最
 も駐車需要の大きなゾーン3で 20%
 弱増えることになる。

表 3 路外駐車場整備案 (単位: 台)

ゾーン	現況容量	整備量	整備後容量	増加率 (%)
1	8,555	200	9,155	7.0
2	5,587	100	5,887	5.4
3	5,812	300	6,862	18.1
4	5,670	200	6,270	10.6
計	25,624	800	28,174	10.0

最大容量の値を求めると、現況配分
 交通量の 110% を負荷した時点で、
 現況と同様にゾーン3の路外駐車台数
 が容量に達してネットワークが非連結
 になった。このことは、路外駐車場を
 整備することにより、現況よりも 10%
 多いトリップを処理できるようになっ
 たことを意味している。

表4は最大容量に達した時点での駐
 車状況を集計したものである。路上駐
 車台数を現況と比較すると、ゾーン3
 では 10% 減少し、その他のゾーンで
 は集中交通量が 10% 増えたために
 路上駐車台数もそれに応じて増える
 という結果となったが、増加率は 10

%以下に押さえられている。また、集中交通量のうち路上が占める割合は、現況の 15%から13%へと低下し、駐車場整備による路上駐車率の減少効果が認められる。

トリップ数が増加したために全体にリンクの混雑度は現況よりも高くなっているにもかかわらず、ネットワークの切断状況は現況と同じ程度であり、中央部のロータリーと一部のリンクが切断されるにとどまっている。これは、路上駐車への偏りが平均化されて、見かけ上リンク容量の減少が押さえられたためである。

表 4 最大容量における駐車状況の変化

ゾーン	路外台数	路上台数	対現況差	対現況比
1	5,463	709	+58	1.09
2	4,535	946	+88	1.10
3	6,940	2,187	-213	0.91
4	4,167	612	+22	1.04
計	21,106	4,454	-45	0.99

表 5 はネットワークへ負荷する交通量が現況配分対象交通量に達した時点（最大容量に達する前）における駐車状況を示している。これは、駐車を考慮したマクロな交通量配分の結果であるともいえ、現況と比較して駐車場の整備効果を論じるには都合がよい。

表 5 現況配分交通量に対する駐車状況の変化

ゾーン	路外台数	対容量比	路上台数	対現況比
1	5,023	0.55	588	0.90
2	4,194	0.71	789	0.92
3	6,466	0.94	1,831	0.76
4	3,836	0.61	509	0.86
計	19,519	0.69	3,717	0.83

路外駐車台数は現況に比較して4%程度増加したが、全体の容量にはかなり余裕があることがわかる。また、路上駐車台数は平均的にみて現況の8割強に

まで減少し、特にゾーン3では25%程度減少する結果となっている。路上駐車密度は、いずれのリンクでも50(台/km)以下となった。これらの結果から、路外駐車場の整備は路上駐車への削減効果を少なからず生じさせ、道路網容量を増加させるものと判断できる。

4. おわりに

本研究では、従来の配分シミュレーションタイプの道路網最大容量モデルに駐車容量制約を組み込んだモデルにおいて、路上駐車の影響を考慮できるように改良を加えるとともに、今治市道路網への適用を通して駐車場整備が最大容量に及ぼす影響を調べた。得られた主な成果は次のようにまとめることができる。

①路外駐車場の容量制約を道路網の最大容量モデルに反映させる際に、路上駐車への発生を路外駐車場の混雑度の関数として求めるプロセスを加えることにより、トリップエンドでの直接的な容量制約だけでなく路上駐車を通して間接的にも路外駐車場の整備水準を反映させられるようモデルを改良した。

②路上駐車によるリンクの容量低下を路上駐車密度の減少関数で与えることにより、ネットワークに負荷するトリップ数の増加に伴うリンク交通量の増加と路上駐車によるリンク容量の減少という両面を配分シミュレーションモデルに組み込んだ。また、これらを加味してネットワークの切断判定を行うようモデルを修正した。

③与えた前提条件の下では、今治市の道路網の容量を規定しているのは路外駐車場の容量であり、駐車場整備により道路網全体の処理能力を向上させられることがわかった。

要するに本研究で提案したモデルは、マクロな視点から駐車制約とリンク容量制約のいずれが道路網容量を規定しているかを知るためのネットワークシミュレーションモデルであり、駐車場整備計画を最大容量の視点から評価するというような場合にも使うことができることを示したわけであるが、今後に残された課題も少なくない。以下にその一部を示しておく。

①個々のドライバーの駐車場選択行動は明示的に取

り扱っていない。ここで取り上げた駐車場整備計画の他に、料金政策や路上駐車規制を含む駐車運用計画を最大容量の視点から評価するためにはドライバーの行動メカニズムを考慮することが必要であるとするならば、モデルの改良が必要となる。

②できる限り簡明に路上駐車による道路区間容量の減少を算定するために、車線数ごとに路上駐車密度に応じて容量が線形に減少するとしているが、この算定法の裏づけが十分ではない。実測データの入手が容易ではないこともあり、得られた関係式を厳密に実証するには至っていないが、沿道状況や道路規格を考慮して精緻化を図るべきであろう。

なお、本研究は文部省科学研究費（一般研究C、代表：柏谷増男、#04650485）を受けた研究の一部である。最後に本研究を進める上で、データ提供をいただいた関係各位と、データ整理や数値計算において協力いただいた愛媛大学工学部、田屋淳氏（現在、広島市役所）に感謝致します。

参考文献

- [1] 西村昂：ネットワーク容量の計画，JSCE第18回土木計画学講習会テキスト，pp.126-138，1987.
- [2] 榎谷有三：道路網容量による道路網の感度分析とその応用に関する基礎的研究，北大学位論文，1985
- [3] 佐佐木綱監修，飯田恭敬編著：交通工学（第6章），国民科学社，pp.177-178，1992
- [4] 柏谷増男，朝倉康夫，下岡英智：道路ネットワークから見た容積率問題，土木計画学研究・講演集 No.15(1)，pp.443-450，1992
- [5] 朝倉康夫，柏谷増男，齊藤道雄，和田拓也：配分シミュレーションによる道路網の最大容量推定に関する実証的研究，交通工学，Vol.27，No.2，pp.7-15，1992
- [6] Eldin M.S.N.， El-Reedy T.Y. & Ismail H.K.： A Combined Parking and Traffic Assignment Model，Traffic Engineering & Control，Vol. 22，No.10，pp.524-530 Oct. 1981
- [7] Gur Y. J. & Beiborn E.A.： Analysis of Parking in Urban Centers：Equilibrium Assignment Approach，Transportation Research Record 957，pp.55-62，1984
- [8] Cascetta E.， Nuzzolo A. & Bifulco G.N.： Some Applications of a Stochastic Assignment Model for the Evaluation of Parking Policy，Proc. 19th PTRC Summer Annual Meeting，pp.17-29，1991
- [9] 塚口博司，小林雅文：駐車管理のための駐車場所選択行動のモデル化，土木学会論文集，No.458/IV-18，pp.27-34，1993
- [10] Young W.， Taylor M.A.P.， Thompson R.G.， Ker I. & Foster J.： CENCIMM：A Software Package for the Evaluation of Parking Systems in Central City Areas，Traffic Engineering & Control，Vol.32，No.4，pp.186-193，1991.
- [11] 濱田俊一：路上駐車が交通容量に及ぼす影響，交通工学，Vol.23，No.3，pp.71-79，1988
- [12] 濱田俊一：路上駐車が2車線道路の交通流に与える影響，交通工学，Vol.23，No.4，pp.68-74，1988
- [13] 佐佐木綱監修，飯田恭敬編著：交通工学（第11章），国民科学社，pp.297-298，1992
- [14] 愛媛県：今治広域都市圏総合交通体系調査報告書，1992
- [15] 今治市：今治市駐車場整備計画調査報告書，1990