

# 駐車管理のための路上駐車帯設置効果の評価

## ～複合現実感交通実験スペースを活用した効率性・安全性分析～

田中伸治<sup>\*1</sup> 桑原雅夫<sup>\*2</sup> 白石智良<sup>\*2</sup> 加納誠<sup>\*2</sup> 織田利彦<sup>\*2</sup> 増山義人<sup>\*2</sup>

東京大学 生産技術研究所<sup>\*1</sup>

東京大学 国際・産学共同研究センター<sup>\*2</sup>

### 論文概要

路上駐車は都市部の交通渋滞の主な原因となっている一方、物流など都市活動を支える重要な役割を果たしていることも事実である。本研究では都市に必要な路上駐車スペースを提供する方法として動的な路上駐車帯を提案し、その実現可能性について、複合現実感交通実験スペースを利用して効率性および安全性の観点から評価を試みた。効率性の評価については交通流シミュレーションによる分析を行い、交差点間に設置した路上駐車帯により通過交通流率が低減することと、それが駐車帯位置や信号設定により回復することが確認された。また、安全性の評価についてはドライビングシミュレータを用いて路上駐車帯区間を通過するドライバーの運転挙動を観測する方法について検討した。

## Evaluation of On-street Parking Bay for Parking Management

### - Efficiency and Safety Analysis using Mixed Reality Traffic Experiment Space -

Shinji TANAKA<sup>\*1</sup> Masao KUWAHARA<sup>\*2</sup> Tomoyoshi SHIRAIISHI<sup>\*2</sup> Makoto KANO<sup>\*2</sup>

Toshihiko ODA<sup>\*2</sup> Yoshito MASHIYAMA<sup>\*2</sup>

Institute of Industrial Science, The University of Tokyo<sup>\*1</sup>

Center for Collaborative Research, The University of Tokyo<sup>\*2</sup>

### Abstract

On-street parking is one of the major causes of traffic congestion in a city, however, it also plays a role of supporting urban activities. To solve this, the authors proposed dynamic on-street parking bay and evaluated it from a viewpoint of efficiency and safety using mixed reality traffic experiment space. As for efficiency, it is revealed that the flow rate reduction is minimized by appropriate arrangement of parking bay and signal parameters by traffic simulation. As for safety, driving behavior in the parking section is being evaluated with driving simulator.

**Keyword:** on-street parking management, mixed reality

## 1. はじめに

### 1-1 背景

都市内の交通渋滞は依然として大きな問題であり、その主要な原因の一つとして、違法な路上駐車があげられる。東京都心部の交通渋滞のうち、路上駐車が原因となっているのは7割以上に上るという調査結果<sup>1)</sup>もある。路上駐車は車線を閉塞することで道路の交通容量の割割を削減しており、通常渋滞は需要が容量を10%程度上回っただけで起こることを考慮すると、この影響は極めて大きい。路上駐車による通過交通への影響をなくすことは、都市内渋滞の抜本的な対策になりうる。

平成16年の道路交通法改正でも、違法駐車対策として使用者責任の拡充と取締り事務の民間委託の導入が盛り込まれた。これにより今後違法駐車の取締りは強化され、渋滞改善にも寄与することが期待される。

しかし取締りの強化だけで問題が解決するとは考えにくい。路上駐車は物流など多くの場面で最も利便性の高い駐車方法として都市の活動を支えていることも事実であり、これを全面的に禁止することは経済活動に大きな影響を与える可能性がある。すなわち、規制を強化するためには同時にその受け皿を用意しなければ、社会的に受け入れられる可能性は少ない。とはいえ、路外に十分な駐車場を確保することは特に都市部では空間的な制約のため難しく、仮に路外駐車場が十分でも路外では代替できない近接的・短時間の駐車も依然存在する。

そこで本研究では、渋滞の原因となる通過交通への影響を最小限に抑えつつ路上に駐車スペースを確保する方策として、動的な路上駐車帯を提案する。そして、その実現可能性について、交通流シミュレーションとドライビングシミュレータを融合した複合現実感交通実験スペース<sup>2)</sup>を活用して効率性・安全性の面から評価を行う。

### 1-2 動的な路上駐車帯

駐車スペースを確保する方法として、交通量がそれほど多くない非幹線道路や細街路の場合、通過車両が通行できる余地を残せば路上に駐車スペースを設けることは可能であろう。しかし実際の状況を見ても明らかなように、駐車需要は交通量が多い幹線道路においても大きく、ここにも何らかの駐車スペースを確保することが必要である。

都市内の渋滞は必ず交差点を先頭に発生する。これは交差する道路の数で優先通行権(=信号の青時

間)を配分しなければならないためであるが、そこに駐車車両が存在すると、ただでさえ限られた交通容量がさらに減少してしまう。つまり、交差点付近では路上駐車その他の容量を低下させる要因をできる限り排除する必要がある。これは言い換えると、交差点以外の場所では常に交通を処理することが可能なので、路上駐車を認める余地があるということの意味する。駐車車両の周辺で多少流れが滞っても、周辺の交差点も含めて全体として考えれば、交通処理能力を低下させないという状態を達成できるはずである。

これを踏まえて、筆者らは図1に示すような動的な路上駐車帯を提案している<sup>3)</sup>。これは、交差点付近では駐車を排除して交通容量を確保しつつ、交差点間の単路部に路上駐車帯を設けてこの街区の駐車需要に応えようというものである。

さらには、これを時間帯ごとの交通量に応じて動的に変化させることを考える。すなわち、混雑時には駐車を禁止して通過交通の円滑性を優先し、非混雑時に路上駐車帯を運用して駐車スペースを提供するというものである。これにより、限られた路上空間をより有効に活用することが可能になる。

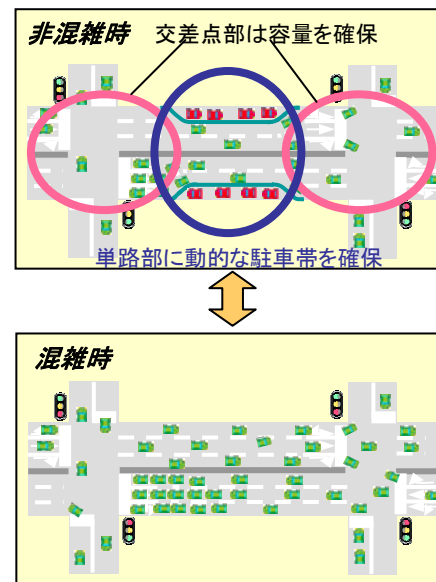


図1 動的な路上駐車帯

## 2. 交通流シミュレーションによる効率性の検討

前章で述べたような路上駐車帯の実現可能性を検討するため、まずは効率性の観点から、路上駐車帯を設置しても交通処理能力が阻害されないかを交通

流シミュレーションを用いて検討する。

### 2-1 理論的な検討

単路部に路上駐車帯を設置しても全体の処理能力を低下させないためには、青信号によりその区間に流入した車両が、次の青信号による車両が到達する前にそこを通過できればよい。その区間では多少遅れが生じることになるが、通常は下流側にもやはり信号交差点があるので、交差点での遅れの方が支配的になる（ように路上駐車帯を設定すればよい）。

この概念を単純な Point-Queue の仮定の下で説明すると次のようになる。信号のサイクル長を  $C$ 、有効青時間を  $G$  とし、上流交差点への到着交通流率を  $a$ 、交差点の飽和交通容量を  $\mu_0$ 、路上駐車帯区間の交通容量を  $\mu_1$  とする。上流交差点が非飽和の場合は、

$$a \cdot C < \mu_0 \cdot G \quad (1)$$

であり、このとき駐車帯区間で遅れを増大させないためには、

$$a \cdot C < \mu_1 \cdot C \quad \text{すなわち} \quad \mu_1 > a \quad (2)$$

であることが必要である。これを横軸に時間、縦軸に累積通過交通量をとった図で表すと、図 2 のようになる。この図では、下流側の到着曲線は上流側の出発曲線を右に平行移動したものとしている。(2) の条件が満たされれば、駐車帯区間で到着曲線と出発曲線が接し、赤時間の間に行列が解消することになる。

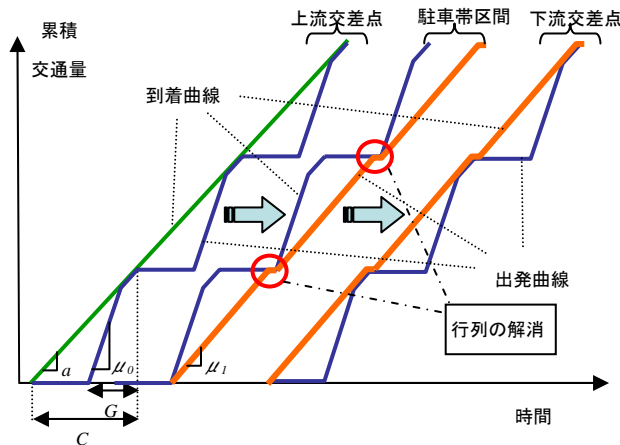


図 2 駐車帯区間の累積曲線（非飽和時）

一方、上流交差点が過飽和状態の場合は、

$$a \cdot C > \mu_0 \cdot G \quad (3)$$

であり、このときは

$$\mu_0 \cdot G < \mu_1 \cdot C \quad \text{すなわち} \quad \mu_1 > \frac{G}{C} \cdot \mu_0 \quad (4)$$

が必要である。これを図に表すと図 3 のようになる。図 2 の場合よりも高い交通容量が必要になる。

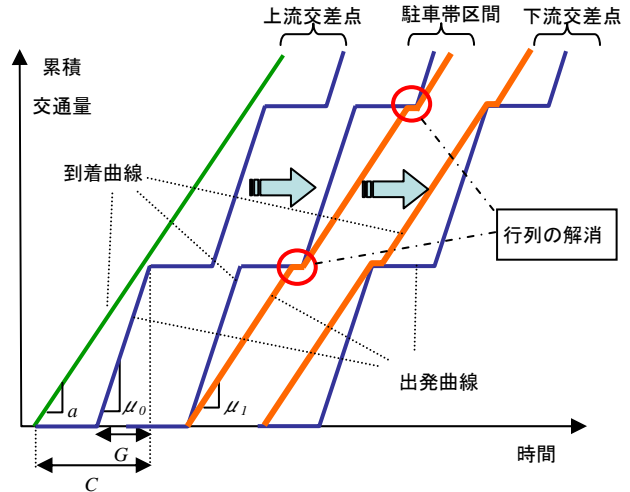


図 3 駐車帯区間の累積曲線（過飽和時）

実際の現象は行列の延伸などを考慮して Physical-Queue で考える必要があるため厳密にはこの通りとはならない<sup>4)</sup>が、それでもなお路上駐車帯を設置する余地を見出すことは可能である。

### 2-2 近似的な設定によるシミュレーション

以上で述べた内容を、交通流シミュレーションを利用して検証する。交通流シミュレーションは、筆者らの研究グループにより開発された KAKUMO モデルを用いる。KAKUMO は、複合現実感交通実験スペースの一部を構成するマイクロシミュレーションモデルであり、車線変更などの車両挙動モジュールを利用目的に応じて変更したり、後述するドライビングシミュレータと接続して、より現実的な車両の挙動を反映させたりすることも可能である。

ここではまず、近似的な状況を再現するものとして、図 4 のように信号交差点間の単路部の車線を減少させることにより、路上駐車帯を表現する。2 つの交差点直下と駐車帯設置区間において通過車両をカウントするために、図に示す位置に車両感知器を設定する。シミュレーション設定は表 1 の通りである。

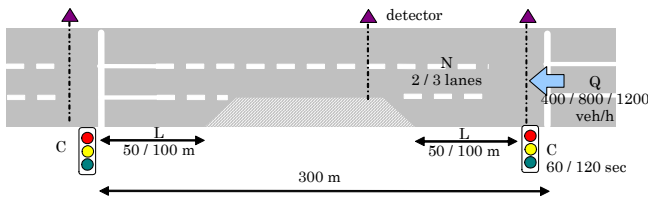


図 4 路上駐車帯の表現

表 1 交通流シミュレーション設定

| 項目                         | 設定             |
|----------------------------|----------------|
| 車線数(N)                     | 片側2車線または3車線    |
| 交差点間距離                     | 300m           |
| 交差点から駐車帯までの距離(クリアランス距離)(L) | 50、100m        |
| 信号サイクル長(C)                 | 60、120秒        |
| 信号青時間                      | サイクル長の60%      |
| オフセット                      | 同時オフセット        |
| 交通需要(Q)                    | 800、1200台/時/車線 |

まず、片側2車線道路で交通需要として800台/時/車線を与えた際の計算結果を示す。サイクル長を120秒とし路上駐車帯を設置しない場合、断面交通流率は1447.6台/時である。ここで、上下流交差点から50mの位置から長さ200mの路上駐車帯を設置したとすると、累積通過交通曲線は図5のようになる。

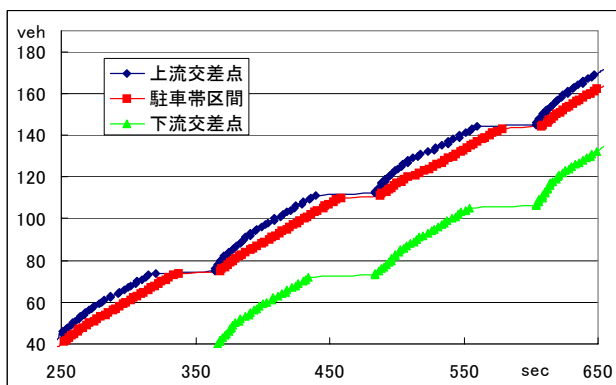


図 5 累積通過曲線(L=50m、C=120sec)

一方、駐車帯の位置を交差点から100mにし、信号サイクル長を60秒にした場合の累積通過曲線は図6である。

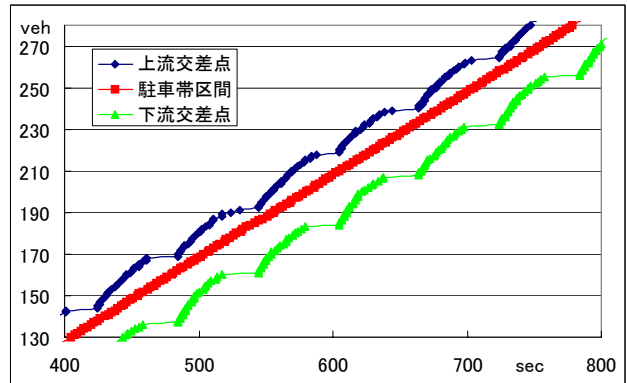


図 6 累積通過曲線(L=100m、C=60sec)

これらを比較すると、図5では上流交差点側の交通流率が青時間開始から10秒程度で逓減し始めるが、図6ではそれより若干長く飽和交通流率を維持している。これは交差点から駐車帯までのクリアランス距離が長い分、衝撃波が交差点まで伝播するのに時間がかかることによる。また、駐車帯区間では図5が赤時間の後半では車両が供給されないのに対し、図6では切れ目なく直線が続いている。これは現示が細かく変わることによりその区間の道路が常に利用され続けていることを意味し、効率がよい利用であるということもできる。

これらの設定ケースでの交通流率を表2に示す。交通流率は交差点間(駐車帯区間)で計測した値である。これによると、クリアランス距離が50mでサイクル長が120秒の場合の交通流率1102.0台/時が、サイクル長の短縮、あるいはクリアランス距離の増加により向上し、両方の場合は1425.2台/時と駐車帯なしの場合に匹敵するほどの交通流率を実現できることが分かる。

一方、下段は与える交通需要を1200台/時/車線とした場合の結果を示している。駐車帯を設置したケースでは800台/時/車線のケースと値はほとんど変わらなかった。これらの値が2車線道路での各ケースの最大の交通流率であり、駐車帯ありの場合の交通流率は今回のケース設定では駐車帯なしの場合の59.5%から77.1%となることが分かる。

表 2 片側2車線道路の交通流率

| 流率<br>(veh/h) | 駐車帯<br>なし | L=50m    |         | L=100m             |                   |
|---------------|-----------|----------|---------|--------------------|-------------------|
|               |           | C=120sec | C=60sec | L=100m<br>C=120sec | L=100m<br>C=60sec |
| Q=800         | 1447.6    | 1102.0   | 1253.3  | 1247.4             | 1425.2            |
| Q=1200        | 1856.9    | 1105.9   | 1238.1  | 1285.4             | 1431.0            |

同様に、片側3車線道路の場合の結果を表3に示す。交通需要800台/時/車線の場合は、サイクル長とクリアランス距離の両方を変更したケースは、サイクル長のみを短縮したケースよりも交通流率が低い結果となった。この理由としては、近飽和状態ではクリアランス距離を伸ばしたことにより不必要な車線変更が増え車群の速度低下を招いたことが考えられ、今後この点に関して車両挙動モデルをさらに改良する必要がある。

交通需要1200台/時/車線の場合はこのような逆転は起きておらず、駐車帯なしのケースと比べてクリアランス距離を伸ばしサイクル長を短くすることによって駐車帯なしの94.8%程度まで交通流率が回復するという結果となった。

表3 片側3車線道路の交通流率

| 流率<br>(veh/h) | 駐車帯<br>なし | L=50m<br>C=120sec | C=60sec | L=100m | L=100m<br>C=60sec |
|---------------|-----------|-------------------|---------|--------|-------------------|
| Q=800         | 2240.9    | 1930.0            | 2156.9  | 2045.2 | 2093.6            |
| Q=1200        | 2578.6    | 1973.2            | 2180.5  | 2055.4 | 2445.1            |

以上のシミュレーションにより、設置場所・信号パラメータを適切に設定することにより、特に3車線道路では交通流率を大きく低下させることなく路上駐車帯を設置できるという可能性を示すことができた。

### 2-3 回避挙動のモデル化

前節のシミュレーションは車線減少を路上駐車帯に見立てたものであるが、実際の状況では駐車車両は1車線を完全に閉塞するわけではなく、そこを通過する走行車両も道路の有効幅員に応じて並走やはみ出し走行などを行う。こうした挙動をモデル化しシミュレーションに組み込むことで、より交通状況の再現性が高く施策評価にも利用できるシミュレーションが構築できる。これにより、路上駐車帯設置状況下の交通流率は、前節で示した結果よりもさらに改善する可能性がある。

路上駐車車両を回避する車両の挙動に関する既往の研究では、表4に示すような項目について観測調査または実験が行われている。

表4 駐車回避挙動の既存調査項目

| 説明変数       | 被説明変数              |
|------------|--------------------|
| 有効幅員       | 並走列数               |
| 有効幅員       | 走行判断(並走、はみ出し、車線変更) |
| 有効幅員       | はみ出し走行率            |
| 有効幅員       | 通過速度               |
| 側方余裕       | 通過速度               |
| 駐車車両までの距離  | 通過速度               |
| 駐車車両までの距離  | 回避シフト量             |
| 1次回避車両シフト量 | 2次回避車両シフト量         |
| 駐車密度       | 第1車線利用率            |
| 断面通過交通量    | 車線利用率              |

本研究ではこれらを参考に、図7に示すような項目について通過車両の挙動を表現できるモデルを構築する。モデル化にあたっては上記のような既往の調査結果を参考に、必要に応じて追加調査を実施し、データを取得する。

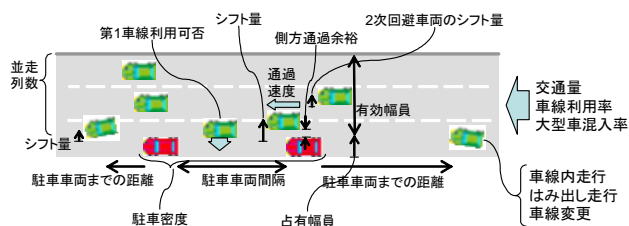


図7 駐車回避挙動のモデル化イメージ

### 3. ドライビングシミュレータによる安全性の検討

幹線道路に路上駐車帯を設置することを考える場合、渋滞の解消という効率性の観点だけでなく安全面からも検討を行うことが不可欠である。ここでは、路上駐車帯を設置した場合にその区間を通過するドライバーがどのような運転挙動をとるか、それが安全性に影響を与えないかについて、ドライビングシミュレータを利用して分析する。

図8に実験で使用する一般街路のイメージを示す。ここに路上駐車車両や周辺走行車両が存在する状況下で被験者に運転をしてもらい、運転挙動のデータを取得する。なお、複合現実感交通実験スペースではこのドライビングシミュレータは交通流シミュレーションと連携して動作するので、ドライバーの運転挙動により後続車がどんな影響を受けるかなど、局所的な周辺交通状況への影響を分析することもできる。



図 8 ドライビングシミュレータ画面イメージ

### 3-1 設定

前節の交通流シミュレーションと同様、本節の分析も片側 2 車線道路と 3 車線道路を対象とする。信号交差点にはさまれる単路区間において、前節と同様に路上駐車車両を交差点から 50m、100m の位置に配置する。この条件の下、図 9 のように現行の路面標示と、車線幅員を狭めるまたは車線数を減少させて路上駐車帯を示した路面標示を設定し、両者を走行する被験者の運転挙動データを取得する。

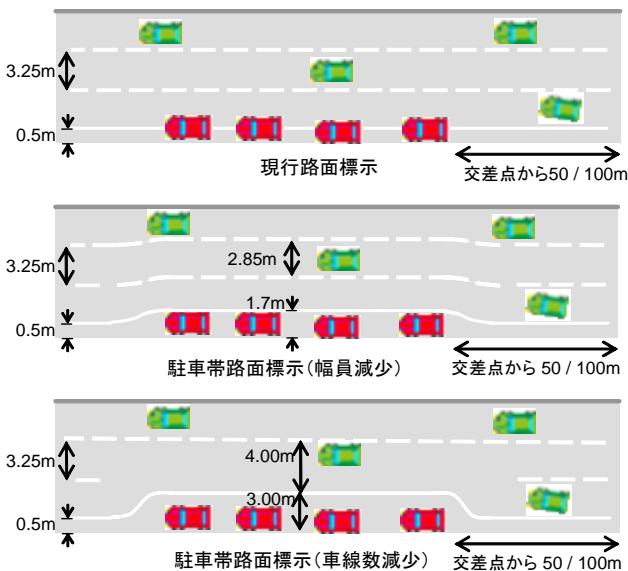


図 9 路面標示の変化

### 3-2 評価指標

ドライビングシミュレータによる走行実験では、車両挙動データとして、走行位置、速度、加減速度、駐車車両側方の通過余裕、車線変更の有無とその位置、周辺車両との接触の有無などを取得することが

可能である。こうしたデータを元に、設定ケースごとに駐車車両を回避する挙動の安全性を比較検証する。あわせて、被験者が感じる不安感・危険性などについて、走行後アンケートにより把握する。

## 4. まとめ

本研究では、路上駐車管理の一つの方策として動的な路上駐車帯を提案した。そして、その実現可能性について効率性・安全性の観点から複合現実感交通実験スペースによる評価を試みた。

その一つとして、近似的な設定による交通流シミュレーションを行った結果、路上駐車帯を設置しても駐車帯の位置・信号パラメータの設定によってはそれほど交通流率を低下させないという可能性が示された。今後、回避車両の挙動モデルをさらに精緻化することにより、より正確な交通処理能力を評価することが可能になると見込まれる。

また安全性を評価する方法として、ドライビングシミュレータを利用した被験者実験の方法を示した。この方法は被験者個人の運転挙動データを取得することができるのみならず、その運転により周辺車両がどのような影響を受けるかについても交通流シミュレーションと連携することで分析できる点で特徴的である。

今後これらの解析を進め、より効率面・安全面で優れ、かつ現実の状況に即し受容性の高い路上駐車管理方策を提示することを目指す。

## 参考文献

- 1) 越正毅、赤羽弘和、桑原雅夫：渋滞のメカニズムと対策、生産研究 41 (研究解説)、pp.753-760、東京大学生産技術研究所、1989.10
- 2) 本多建、池内克史、桑原雅夫、須田義大、影澤政隆、白石智良、大貫正明：トラフィックシミュレータとドライビングシミュレータを連携した「複合現実感交通実験スペース」の構築、第 54 回理論応用力学講演会、2005.1
- 3) 白石智良、桑原雅夫、割田博、田中伸治：動的インフラに関する研究、第 31 回土木計画学研究・講演集、No.31、2005.6
- 4) 田中伸治、新井寿和、川口高志、桑原雅夫：交差点下流の路上駐車が交通流に与える影響の分析、土木計画学研究・講演集、No30、2004.11