

集計 QK を用いたエリア流入制御の実施効果検証^{*1}

Evaluation of the effect of an area traffic control method using macroscopic fundamental diagram^{*1}

米澤悠二^{*2}・吉井稔雄^{*3}・北村隆一^{*4}

By Yuji YONEZAWA^{*2}・Toshio YOSHII^{*3}・Ryuichi KITAMURA^{*4}

1. はじめに

都市内高速道路における渋滞対策の手法の一つに、ランプ流入制御手法が挙げられる。流入制御の目的は、一般街路からの流入車両台数を制限し、高速道路本線上での深刻な渋滞発生を防止し、円滑な走行を実現することにある。この制御手法は、交通管制を行う上で主要な方策として位置づけられ、阪神高速道路では昭和 55 年から「入路閉鎖・ブース制限方式」による流入制御方式を採用、実施されている^{1),2)}。同方式は、本線上に渋滞が発生・延伸しているときに、入口料金所ブースの一部もしくは全部を閉鎖することによって高速道路への流入調整を行うものである。しかしながら、制御実施の判断や入路閉鎖かブース制限かの判断は、交通管制センターの担当者による経験則に基づいて行われており、系統だった合理的な流入制御を実施するには至っていない。

都市内高速道路の流入制御方式には種々の方式が提案されているが、大きくは、

- a) 道路ネットワーク全体での交通フロー
- b) 局所的道路区間における交通容量の増大

を図るものに分類できる。

b)については、例えば Papageorgiou et al.³⁾, Cassidy et al.⁴⁾, Zhang et al.⁵⁾によって、織り込み区間等ボトルネックにおける高い交通容量を確保するための制御手法が提案されている。一方、本研究が含まれる前者に関しては、代表的な研究として佐佐木ら⁶⁾によって提唱された LP 型ランプ流入制御理論がある。同理論は、各オンランプの流入交通量を操作変数とし、道路ネットワーク上すべての道路区間において渋滞が発生しないとの容量制約条件下で、総流入交通量最大化の線形計画問題を解くものである。同制御手法は、大きな実施効果を期待できることから、実用化に向けた検討が進められているものの、交通状態の時間変化を考

慮しない定常状態を仮定していること、制御時間帯における高精度の予測 OD 交通量を必要とすること、明示的には一般街路への影響を考慮していないことなどの問題点が指摘されていた。定常状態を仮定しているとの問題に対応しては、例えば、松井ら⁷⁾、飯田ら⁸⁾、森地ら⁹⁾、朝倉ら¹⁰⁾、宇野ら¹¹⁾によって同問題を動的に拡張したモデルを提案している。一方の、制御時間帯における OD 交通量の推定誤差による影響を緩和するため、秋山ら¹²⁾、井上ら¹³⁾、奥嶋ら¹⁴⁾はファジィ理論を取り込んだ制御手法を提案している。さらに、一般街路への影響を考慮した研究として、桑原ら¹⁵⁾は動的マージナルコストを定義し、一般道も含めた道路ネットワークにおける総旅行時間最小化に向けたランプ流入制御の基本戦略を明らかにしている。また、小川ら¹⁶⁾は、交通シミュレーションとネットワーク配分を組み合わせた解析手法を用い、流入制御効果に関する定量的分析を行っている。

一方、動的な枠組み、かつ高精度の OD 交通量を必要としない制御手法構築に向けて、Geroliminis et al.¹⁷⁾は、ネットワーク全体の交通密度と交通量（トリップ終了台数）の関係（Macroscopic Fundamental Diagram）に着目し、それぞれの OD に十分な数の代替経路が確保されていることなどの条件が満たされる場合には、交通量が上に凸の交通密度の関数で表現される性質があることを示した。さらに、この関係が把握できれば、ネットワーク全体の交通密度管理を行うことによって、OD 交通量に左右されことなくネットワーク上の交通流動性を増加させることができると結論づけている。この考え方に基づいて、吉井ら¹⁸⁾は、都市内高速道路ネットワークにおける集計 QK 関係を定義し、集計 QK を用いたエリア流入制御手法を提唱した。

同流入制御手法の実用化に向け、本研究は、具体的に流量を制御するリンクの制御交通量決定方法を提案し、上記の研究¹⁸⁾で提案したエリア流入制御手法を実道路ネットワークに適用し、交通シミュレーションを用いて制御実施効果の検証を行う。同制御手法の特徴は、OD 情報を必要とすることなく、エリア交通密度というエリア全体の状態を示す統計量に基づいて制御を実施できる

^{*1} キーワーズ：流入制御，MFD，道路ネットワーク

^{*2} 学生員 京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻

^{*3} 正員 博士（工学）京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻
（京都市西京区京都大学桂，TEL 075-383-3239）

^{*4} 正員 Ph.D. 京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻

点にある．検証では，実高速道路ネットワークを対象とする同制御の実施を想定し，シミュレーション解析によってその制御効果を定量的に評価する．

以下，対象エリアを総括するマクロな交通状態量，集計交通流率ならびに集計交通密度を定義し，両者の関係を利用するエリア流入制御手法を提案する．続いて，シミュレーションモデルを用い，同流入制御手法を阪神高速道路環状線ネットワークに適用した場合の制御実施効果を検証する．

2. 集計 QK

本章では，集計 QK 関係を定義する．

複数リンクから構成される道路ネットワークエリアの交通状態量として，以下に示す集計交通流率と集計交通密度を定義し，両状態量間に存在する関係を集計 QK 関係と命名する．式(1),(2)に示すように，集計交通流率 Q [台・km/h] は，道路ネットワークエリアに内包される全てのリンクについて，リンク単位で算定される単位時間あたりの車両台キロを合算した値．集計交通密度 K [台] は，エリア内に存在する全ての車両台数と定義する．

$$Q = \sum_{i \in L} (q_i \times d_i) \quad (1)$$

Q : 集計交通流率 (台・km/h)

q_i : リンク i の交通流率 (台/h)

d_i : リンク i のリンク長 (km)

L : エリア内のリンクの集合

$$K = \sum_{i \in L} (k_i \times d_i) \quad (2)$$

K : 集計交通密度 (台/エリア)

k_i : リンク i における空間車両密度 (台/km)

・集計 QK 関係

図 1 に集計交通流率と集計交通密度の関係例を示す．図は道路ネットワークエリアにおいて，集計交通密度が小さいうちは密度が増加するに伴って集計交通流率が増加するが，やがて集計交通密度が一定量以上に大きくなってくると，グリッドロック¹⁹⁾が発生し集計交通流率が低下することを示している．このことは，エリアの交通処理能力を超える量の車両が流入する状況下で流入制御を施さずにいると，エリアの集計交通密度は徐々に上昇し，集計交通流率が低下，すなわち道路ネットワークエリアの車両処理能力の低下を招いて加速度的に状況が悪化していくことを意味する．対して，流入制御の実施

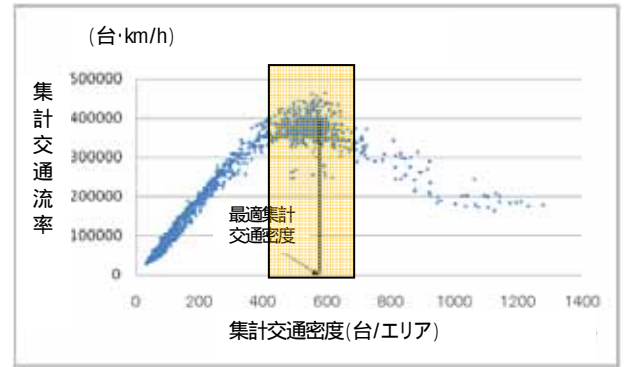


図1 集計 QK 関係の例(イメージ図)

によって適切なレベルの集計交通密度 (図1 中網掛け部分) を保つことができれば，グリッドロックを回避し，高い集計交通流率を確保することが可能となる．このことを踏まえ，本稿が提案するエリア流入制御では，流入交通量の調整を行うことで，高いエリア集計交通流率を達成する交通密度を維持する．

3. エリア流入制御手法

本章では，流入制御手法の制御アルゴリズムを提案する．

提案する制御アルゴリズムは，交通密度が増加した際に，エリア集計交通密度を適切なレベルに維持することを目標とする．ただし，制御実施中，必ずしも一定の集計交通密度を維持できるものではなく，交通状態の変化に応じて目標とする集計交通密度との乖離が生じる．そこで，制御実施時の集計交通密度の目安になる値として，最適集計交通密度 K_c を設定する． K_c は，適切なレベル (図1 中網掛け部) の集計交通密度で，かつ制御結果として集計交通密度が設定した最適値 K_c から大きく乖離した場合でも適切なレベルの集計交通密度を維持できる値であることが望ましく，観測に基づいて事前に設定する制御パラメータである．また，一定の集計交通密度を維持することが不可能であるので， K_c 以下の集計交通密度になった際，即座に制御を打ち切るのは適切ではない．そこで，制御打ち切りの判断を行う閾値として K_E を設定する． K_E は， K_c よりも小さな値を採用する必要があり，適切な集計交通密度の範囲で最も小さい値を設定する．

以下，図2 に示す制御実行フローに従いエリアへの流入交通量の調節を行う．

制御パラメータの決定

K_c , K_E および制御単位時間 Δt の値を決定する．

制御開始の判定

制御非実施時には、集計交通密度（エリア内車両台数）が最適集計交通密度 K_c を上回った場合に制御を開始する。

制御終了の判定

制御実施時には、集計交通密度が制御終了判定値 K_E を下回った場合に制御を終了する。

制御リンクの選定

対象エリアに向かって流入するリンク（以下“流入リンク”）のうち、制御実施時に実際に車両の流入を制限するリンク（以下，“制御リンク”）を選定する。

制御交通量の算定

各制御リンクに許容する流入交通量の最大値（以下，“制御交通量”）を決定する。次の制御時間帯における全流入リンクからの流入交通量および全ての対象エリアからエリア外に向かうリンク（以下“流出リンク”）の流出交通量が変化しないとした場合に、制御時間帯終了時のエリア集計交通密度が最適集計交通密度に一致するように決定する。

上記の ～ を、単位時間 Δt 毎に繰り返すことにより、エリア流入制御を実行する。

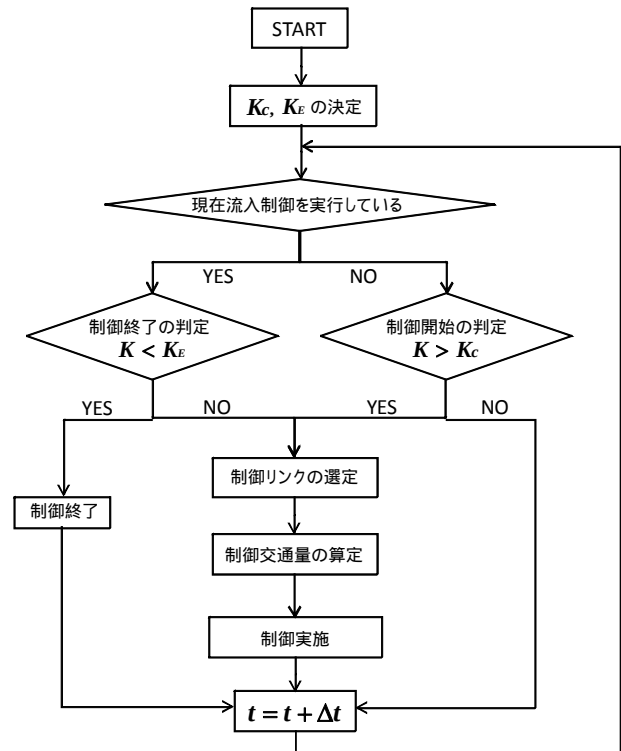


図2 制御フロー

4. エリア流入制御実施効果の検証

本章では、前章までに提案したエリア流入制御手法を実道路ネットワークに適用し、同制御手法の実施効果を検証する。検証には、交通シミュレーションモデル、SOUND モデル²⁰⁾を用い、対象とする道路ネットワークは図3に示す阪神高速道路環状線道路ネットワークとした。同ネットワークは、大阪市中心部を環状的に繋ぐ路線で、大阪都心から放射状に延びる阪神高速道路各路線を連絡する重要な役割を担っており、日常的に交通量が多く渋滞の頻発する路線である。環状線1周の距離はおよそ8.2kmである。なお、基本的には道路上に設置された検知器に対応する形でリンクを定めた。

(1) シミュレーション入力条件の設定

a) 時間帯別 OD 交通量

シミュレーションで発生させる車両 OD 交通量は以下にて設定した。放射各路線が環状線に流入出するリンクについては、そのリンク始点を放射線状に位置するすべてのオンまたはオフランプの集合と見なし、オンオフ各13ノードを起終点ノードとして設定した。さらに、平成6年度実施の第20回阪神高速道路起終点調査報告書による全日 OD データを用いて、式(3)により、全ての起終点ペアについて1時間単位の OD 交通量を設定した。ここで、現実に高速道路ネットワークの混雑が激しくな

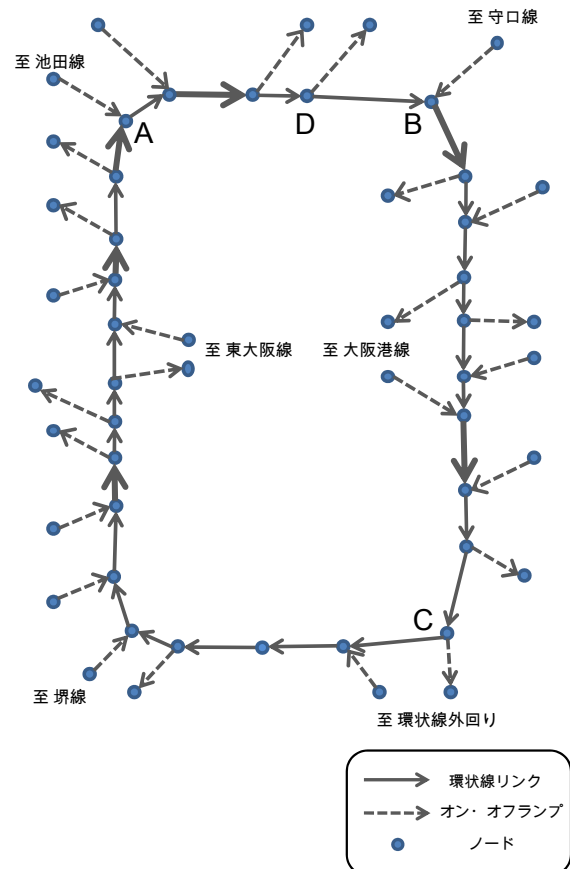


図3 阪神高速道路環状線ネットワーク

った際に、高速の利用を断念し一般街路へ迂回する交通の出現が考えられるが、以下では、設定した全 OD 交通が高速道路の混雑状況にかかわらず、図 3 に示す道路ネットワーク上を目的地まで移動するものと仮定しシミュレーションを実行する。この仮定により、本検証では、一定の OD 交通を対象として制御の有無による総旅行時間の比較を行うということになる。

$$q_{ij,t} = Q_{ij} \times r_t \quad (3)$$

$q_{ij,t}$: t 時台における OD ペア ij の交通量 (台/h)

Q_{ij} : 起終点調査結果から算定した OD ペア ij の全日交通量 (台)

r_t : 阪神高速道路全線における t 時台の流入交通量 / 全流入交通量

b) シミュレーションパラメータ

SOUND モデルでは、各リンクに設定した QK 関係から導かれる車両速度-車頭距離関係に従ってスキニングタイムインターバル毎に各車両がネットワーク上を移動する。

各リンクの QK 関係は、同シミュレーションの首都高速道路適用時²⁰⁾に習って設定した。具体的には、交通容量を設定し自由流側では原点を始点に傾き 60km/h の線分、渋滞流側では傾き 20km/h の線分を用い、図 4 に示す形とした。なお、各リンクの交通容量は以下にて設定した。

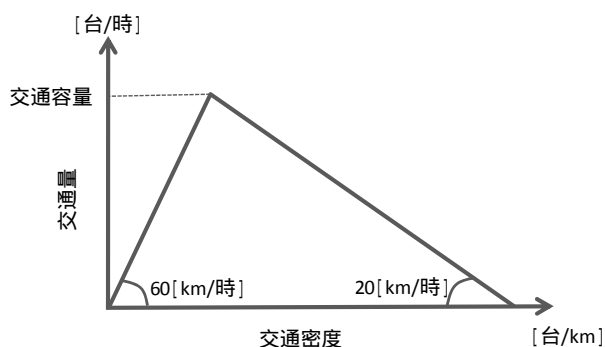


図 4 各リンクに設定した QK 関係

・交通容量

原則として、エリア内の各リンクの容量は車線数 × 1,800 (台/h) とした。ただし、図 3 中太線で示したリンクに関しては、各検知器の交通量-占有率の関係からボトルネックとなっている可能性が高いと判断し、以下にて交通容量を算出し設定した。なお、データは 2007 年 6 月 4 日(月)~6 月 8 日(木)の期間の検知器データ (5 分間交通量, 5 分間占有率, 5 分間平均速度)を用いた。

i) 検知器データから得られた、昼時間帯 (12:00 ~ 14:59) の 5 分間平均速度のうち、エリア内の全検

知器による 5 分間平均速度が 50km/h 以上である時間帯 (すなわちエリア内のどの区間も自由流で流れている時間帯) のデータを抽出、低速の交通状態が渋滞発生直前の交通状態であると考え、各検知器区間毎に、抽出された 5 分間平均速度の 5% タイル値をもって渋滞判定速度と定義する。

ii) 図 5 に、検知器から得られた区間の QK 関係図の例を示す。図中には、上記の渋滞判定速度を示す直線が示してある。当該リンクが渋滞状態と判定され、かつ直下流のリンクが自由流状態であると判定された時間帯 (図中の × で示すプロット) の交通量の平均値を以てその区間の交通容量とする。

・合流比率

SOUND モデルでは、互いに合流するリンクがともに渋滞している場合、事前に設定した合流比率に従って車両を合流させる。本検証においては、オンランプからの交通を優先的に合流させるため、オンランプ側の合流比率が大きくなるよう各合流部の合流比率を 1:1 に設定した。ただし、池田線からの流入リンク (図 3 中 A) と守口線からの流入リンク (図 3 中 B) の合流部に関しては、合流比率の設定値によって大きく交通状態が左右されと考え、混雑時のそれぞれの検知器による交通量の実測値から合流比率を算出した。

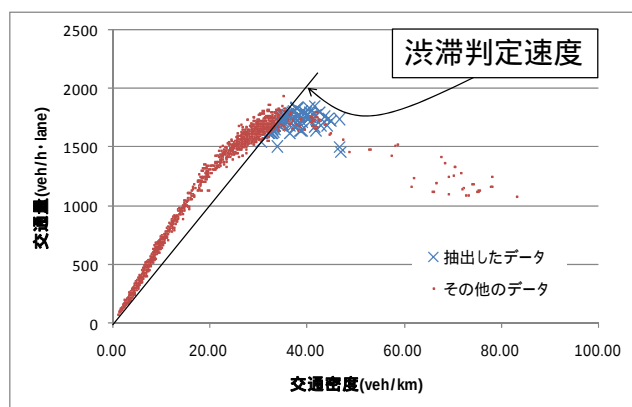


図 5 検知器区間の QK 関係 (例)

(2) 集計 QK 関係

対象エリア内での集計 QK 関係を把握するため、前節で設定した入力値を用いてシミュレーションモデルを実行した。シミュレーションは朝の通勤時間の渋滞を想定し、午前 3 時から 10 時までを対象に実施した。ただし、午前 10 時にネットワーク上に残存する交通が目的地に到着できるよう、新たに交通を発生させることなく正午までの 2 時間を加え、計 9 時間のシミュレーションを行った。

図 6 にシミュレーション出力による 5 分集計の集計 QK 関係を示す。ピーク交通量時には環状エリア内に局

所的な渋滞は見られたものの、最適集計交通密度に相当する極値を得るには至らなかった。そこで、事故などの突発事象によって一部のエリア流出リンクの容量が著しく下がった状況を想定し、環状線と千日前線の分岐出口（図3中C）の交通容量設定値を前節で設定した値3,600（台/h）の半分、1,800（台/h）にしてシミュレーションを行ったところ、図7に示す集計 QK 関係が得られた。図から、集計交通密度が 700～1,000（台/エリア）のあたりで高い集計交通流率となっていることが見て取れる。さらに、集計交通密度が大きくなって、グリッドロックが発生し最後には集計交通流率=0 となっていることも確認できる。なお、現実世界においては人間による調整機能が働いてこのような状況は出現しないが、本稿ではシミュレーションがモデル化した車両挙動に則って各車両が移動するため、同調整機能が働くことなく流率=0 の状況が出現していることに注意されたい。

図7中の実線は、エリア内全リンクの QK 関係に基づき、式(4),(5),(6)にて点B,点Cの座標を求めて描いたダイアグラムである。全てのリンクが常に同じ状態（自由流側 or 渋滞流側）にあれば、プロットはこの実線上に位置するが、実際には自由流状態のリンクと渋滞流状態のリンクが混在するため、集計 QK の状態が自由流側直線と渋滞流側直線の間、すなわちダイアグラムの下側に位置しているものと考えられる。

$$x_B = \sum_{i \in R} (K_i^c \times d_i) \quad (4)$$

$$y_B = \sum_{i \in R} (Q_i^c \times d_i) \quad (5)$$

$$x_C = \sum_{i \in R} (K_i^{jam} \times d_i) \quad (6)$$

x_B : 図中点 B の集計交通密度（台/エリア）

x_C : 図中点 C の集計交通密度（台/エリア）

y_B : 点 B における集計交通流率（台・km/h）

K_i^c : リンク i における臨界密度（台/km）

Q_i^c : リンク i における交通容量（台/h）

K_i^{jam} : リンク i におけるジャム密度（台/km）

L : エリア内リンクの集合

（3）流入制御アルゴリズム

続いて、本検証でエリア流入制御を実施する際に用いるアルゴリズムの詳細を説明する。

本検証では、制御交通量を式(7)にて算定する。同式右辺括弧内の分子は、直前の制御時間帯終了時における集計交通密度（エリア車両台数）が最適集計密度から超過している台数、ならびに直前の制御時間帯におけるエリア流入出交通量の流入超過分の和で、次の制御時間帯

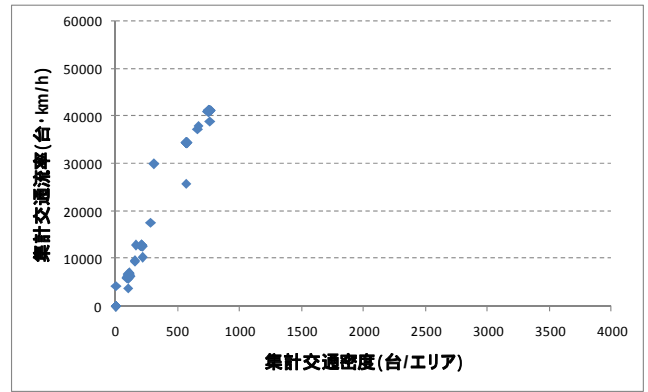


図6 平常時の集計 QK 関係

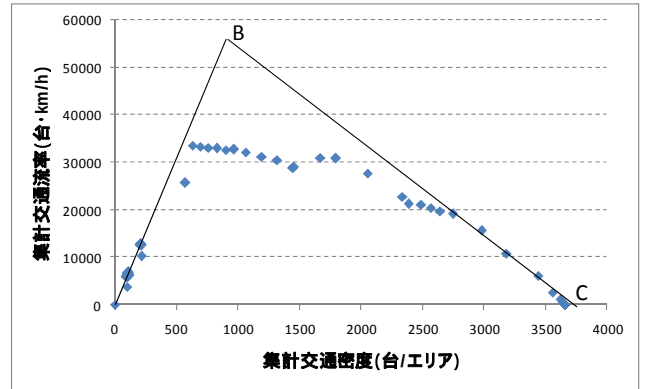


図7 事故発生状況下での集計 QK 関係

においても直前時間帯と同様の流入出交通量が実現された場合に最適集計密度から超過する車両台数を示している。よって同式は、次の時間帯における流入交通量を超過台数分絞るために、制御リンクにおける直前時間帯の流入交通流率に一律の割合を乗じて制御交通流率とすることを表している。制御リンクは、流入直後の道路区間が渋滞流となっている流入リンクのみとする。具体的には、制御時間帯終了時の各リンク交通密度が、同リンクの臨界密度を超過している場合に渋滞流、同臨界密度を下回っている場合には自由流と判定することで制御リンクの更新を行う。

$$N_l(t) = q_l(t-1) \times$$

$$\left[1 - \frac{\sum_{i \in I} q_i(t-1) \Delta T - \sum_{i \in O} q_i(t-1) \Delta T + K(t-1) - K_c}{\sum_{i \in X} q_i(t-1) \Delta T} \right]$$

(7)

$N_l(t)$: t 番目時間帯における制御リンク l の制御交通流率（台時）

$q_i(t)$: t 番目時間帯におけるリンク i の交通流率（台時）

$K(t)$: t 番目時間帯終了時の集計交通密度（台/エリア）

I : 流入リンクの集合

O : 流出リンクの集合

X : 制御リンクの集合

ΔT : 制御単位時間（時間）

なお、流入制御を行う際の制御目標となる最適集計交通密度 K_c は、式(4)で求めた値、 $K_c = 914$ (台/エリア) とした。同値は、図 7 中に示す集計 QK 図の頂点 B の集計交通密度値に相当する。ただし、交通状態 B は全てのリンクが臨界状態にあるとの理想的な状況下で達成される。また、制御終了を判定する集計交通密度 K_E は、最大の集計交通流率を達成する集計交通密度 700 ~ 1,000 (台/エリア) の中の最小値をとり、 $K_E = 700$ (台/エリア) とした。また、制御の単位時間 ΔT を 5 分とした。

(4) 流入制御の効果分析

本節では、阪神高速道路環状線ネットワークに流入する各流入リンクを対象にエリア流入制御手法を実施したときの効果を検証する。

前節のシミュレーション結果(図 6)に示したように、平常時にはエリア内の集計交通密度が K_c を超えることはなかった。すなわち、集計 QK 関係の渋滞側の状態が発生することがなかったため、流入制御を実施する機会が発生しなかった。そこで、交通事故などの突発事象によって一時的に流出リンクの交通容量が大きく低下した場合を想定し、シミュレーションを実施する。具体的には、午前 8 時から午前 9 時の 1 時間、守口線下りでの事故発生を想定し、環状線から守口線へ流出するリンク(図 3 中 D)の交通容量を平常時の設定の 50%, 1,800 (台/h) として、4.2 節と同様午前 3 時から 12 時まで 9 時間のシミュレーションを実行した。総発生交通量は 70,707 (台) であった。

表 1 旅行時間の比較

	制御なし	制御あり
総旅行時間[時間]	32053	21069
総遅れ時間[時間]	28386	17402
平均旅行時間[秒]		
出発時刻	制御なし	制御あり
8時台	2352	1854
9時台	4205	2202

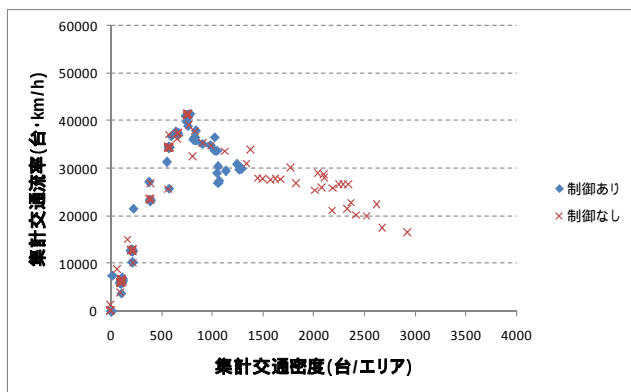


図 8 集計 QK 関係

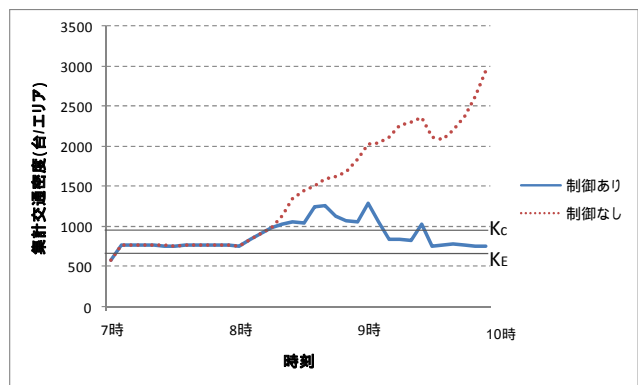


図 9 集計交通密度

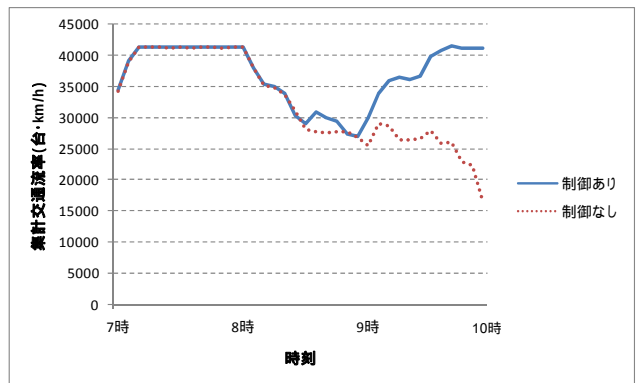


図 10 集計交通流率

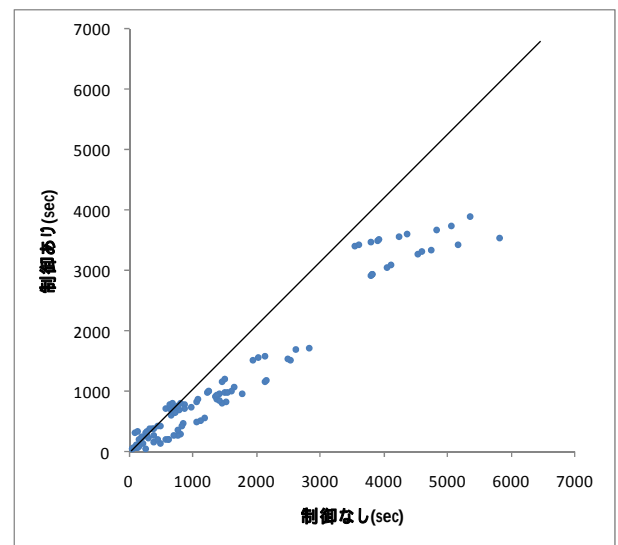


図 11 OD ペア毎の平均旅行時間(8 時台発生交通)

表 1 には、総旅行時間、総遅れ時間ならびに各時間帯に出発した交通の平均旅行時間を示す。なお、総遅れ時間は各車両の旅行時間から自由流旅行時間を差し引くことで算定した。また、旅行時間を算定するにあたっては制御によって待機されている時間も含まれる。表に示すとおり、事故による混雑が激しくなる 8 時台以降、流入制御ありのケースでは平均旅行時間が短縮され、9 時台では約半分にまで短縮されていることがわかる。また、全車両合計での比較において、総旅行時間では約

34%, 総遅れ時間では約 39%減少し, 流入制御実施が交通混雑緩和効果を有することが示された. 図 8 に 5 分単位の集計 QK 関係を示すが, 制御無しの場合に集計交通密度が大きくなり, その結果集計交通流率が低下している時間帯の存在を確認できる.

さらに図 9, 図 10 に, 制御を実施した場合としない場合それぞれの場合におけるエリア集計交通密度と集計交通流率の時間推移を示す. 流入制御ありのケースで流入制御を実施した時間帯は午前 8:15~午前 10:05 であった. 流入制御を実施することで環状線内の交通密度が低く抑えられることは自明であるが, 図 9 より, 流入制御の実施によってエリアの集計交通密度が低く抑えられていることを確認できる. また, 図 10 より, 制御を行わない場合は, 集計交通密度が増加する午前 9 時頃から, 集計交通流率が著しく低下している状態がわかる. それに対し, 制御を実施した場合には, いったんは集計交通密度の上昇を受け, 集計交通流率の低下が起こるが, やがて午前 9 時頃から制御により集計交通密度の上昇が抑えられ, 再び集計交通流率が回復することが確認された. この結果からも, エリア流入制御がエリア全体の車両の流動性を上げる効果を有し, 制御リンクで発生する待ち時間を含めた総旅行時間を大幅に減少させる可能性を持つことが示された.

最後に, OD ペア毎の影響について分析を加える. 図 11 は午前 8 時台に発生した全ての車両について, 各 OD ペア毎に制御ありの場合となしの場合の平均旅行時間を算出して比較した結果を示す. 非常に長い平均旅行時間を持つ OD ペアが散見されるが, これは混雑のため環状線に到達するまでに非常に長い時間を要する OD ペアを示している. 図に示されるように, 制御実施によって, 旅行時間の長い OD では大幅に旅行時間が減少するが, 比較的短距離で旅行時間の短い OD では旅行時間の増加する OD が存在するとの結果が示された. このことは, エリア流入制御を実施することで総旅行時間を減少させることができるものの, 一部の OD に旅行時間の増加を強いる可能性があることを示唆するものである.

5. おわりに

本研究では, 面的な広がりを持つ道路ネットワークを対象に OD 交通量を必要としないエリア流入制御手法を提案, 同流入制御手法を阪神高速道路環状線道路ネットワークに適用したシミュレーション解析を通じて, 同流入制御手法の有効性を検証した. その結果,

- ・エリア流入制御により, 全車両の総旅行時間(待ち時間を含む)が減少する

- ・エリアの集計交通密度上昇が抑えられ, エリアの流動性は高く維持される

- ・旅行時間の小さい一部の OD には旅行時間の増加を強いる可能性がある

ことが示された.

今後は,

- ・LP 型ランプ流入制御など, これまでに提案されている他の制御方法との比較評価

- ・エリア流入制御が有効に機能するための条件整理

- ・一般街路を含めた道路ネットワークでの分析を進めていきたい.

北村隆一教授におかれましては, H21 年 2 月にご逝去されました. ご冥福をお祈り申し上げます. また, 本研究を進めるにあたっては, 先生より多くの厳しくかつ貴重なコメントを頂きました. ここに感謝の意を表します. また, 阪神高速道路株式会社, 情報システム部・情報企画グループの方々から貴重なデータを提供頂きました. ここに記して謝意を表します. また, 本研究の遂行にあたり, 京都大学工学研究科塩見康博助教からは, 多くの有用な助言を賜りました. 厚く感謝致します.

参考文献

- 1) 「阪神高速道路の交通渋滞対策に関する調査研究報告書」, 阪神高速道路公団, 1979.
- 2) 佐佐木綱, 井上矩之: 阪神高速道路松原線供用時交通制御の検討と検証, 土木計画学研究発表会講演集, vol4, pp.450-455, 1982.
- 3) Papageorgiu, M. and Kotsialos, A., "Freeway ramp metering: an overview", IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems 3, 2002.
- 4) Cassidy, M. J., and Rudjanakanoknad, J., "Increasing Capacity of an Isolated Merge by Metering its On-Ramp", Transportation Research Part B, Vol.39, pp896-913, 2005.
- 5) Zhang, H. M. and Ritchie, S.G., "Freeway ramp metering using artificial neural networks", Transportation Research part C, Vol. 5, No. 5, pp. 273-286, 1997.
- 6) 佐佐木綱, 明神証: 都市高速道路網における流入車制御理論, 交通工学, Vol.3, No.3, pp.8-16, 1968.
- 7) 松井寛, 佐藤佳朗: 都市高速道路の動的流入制御理論に関する研究, 土木学会論文集 No.326, pp103-114, 1982.
- 8) 飯田恭敬, 金周顯, 宇野伸宏: 都市高速道路ネットワークに対する動的流入制御モデルの開発, 土木計画学研究・論文集 Vol.12, pp757-768, 1995.
- 9) 森地茂, 清水哲夫: 都市高速道路における新たなリアルタイム流入制御手法に関する研究 - 遺伝的アルゴリズムの適用 -, 土木計画学研究・論文集 Vol.13, pp915-922, 1996.
- 10) 朝倉康夫, 柏谷増男, 山内敏通: 観測データの利用による都市高速道路の動的な LP 型流入制御モデル, 土木計画学研究・論文集 Vol.13, pp923-931, 1996.
- 11) 宇野伸宏, 栗田大貴, 倉内文孝: 都市高速道路におけるオンライン流入制御モデルの渋滞抑除効果に関する分析, 土木計画学研究・論文集 Vol.24, pp835-842, 2007.
- 12) 秋山孝正, 佐佐木綱: ファジィ流入制御モデルを用いた交通制御方法の評価と検討, 土木学会論文集 No.413, pp77-86, 1990.

- 13) 井上博司, 宇野巧: 予見ファジィ制御理論を用いた都市高速道路の流入制御, 土木計画学研究・講演集 Vol.21-1, pp419-422, 1998.
- 14) 奥嶋政嗣, 秋山孝正: 都市高速道路における予見的ファジィ流入制御の導入, 土木計画学研究・講演集 Vol.30, CD-Rom, 2004.
- 15) 桑原雅夫, 吉井稔雄, 熊谷香太郎: 動的システム最適配分とランプ流入制御に関する研究ー簡略ネットワークにおける基礎的分析ー, 土木学会論文集 No.667, pp59-71, 2001.
- 16) 小川圭一, 秋山孝正: 一般街路への迂回交通を考慮した都市高速道路の交通制御に関する検討, 土木計画学研究・論文集 Vol.20, pp967-974, 2003.
- 17) Geroliminis N. and Daganzo C.F., Macroscopic modeling of traffic in cities, 86th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington D.C.2007.
- 18) 吉井稔雄, 塩見康博, 孫瀟瀟, 北村隆一: 集計 QK を用いたエリア流入制御手法, 第 37 回土木計画学研究発表会・講演集, CD-ROM, 2008.
- 19) Daganzo, C. F., "Fundamentals of transportation and traffic operations", Elsevier, 1997.
- 20) 吉井稔雄・桑原雅夫・森田緯之: 都市内高速道路における過飽和ネットワークシミュレーションモデルの開発, 交通工学, Vol. 30, No.1, pp.33-41・1995.

集計 QK を用いたエリア流入制御の実施効果検証^{*1}

米澤悠二^{*2}・吉井稔雄^{*3}・北村隆一^{*4}

本研究では、複数のリンクで構成された道路ネットワークをエリアと定義し、エリアにおける巨視的な交通量-密度関係（以下，“集計QK関係”）を利用したエリア流入制御手法を提案した。また、交通流シミュレーションを用いて、同制御手法を阪神高速道路環状線ネットワークに適用した際の制御実施効果を検証した。その結果、エリア流入制御実施によって、エリア内の交通密度上昇を抑制しエリア内の高い流動性が保たれること、ならびに、総旅行時間の大幅な削減効果があることを示した。

Evaluation of the effect of an area traffic control method using macroscopic fundamental diagram^{*1}

By Yuji YONEZAWA^{*2}・Toshio YOSHII^{*3}・Ryuichi KITAMURA^{*4}

In this Paper, we proposed an effective area traffic control method using aggregated traffic flow and density relationship at a focused road network, which is one of the Macroscopic Fundamental Diagram. We validated the effect of the control method by applying it to Hanshin Expressway road network using a dynamic traffic simulation. As a result, it was confirmed that the area traffic control method can successfully keep the area traffic density at a moderate level and can achieve high mobility in the focused area. Also, it is shown that the method has high potential to reduce the total travel time. Thus, the result shows the effectiveness of the area traffic control method.