

# 首都高速道路における 大規模イベント開催時を対象とした 集計QKを用いた流入制御に関する研究

稲富 貴久<sup>1</sup>・割田 博<sup>2</sup>・桑原 雅夫<sup>3</sup>・吉井 稔雄<sup>4</sup>

<sup>1</sup>非会員 パシフィックコンサルタンツ株式会社 中部支社 (〒451-0046 名古屋市西区牛島町2番5号)

E-mail: takahisa.inatomi@tk.pacific.co.jp

<sup>2</sup>正会員 首都高速道路株式会社 技術コンサルティング部 (〒100-8930 東京都千代田区霞が関1-4-1)

E-mail: h.warita1116@shutoko.jp

<sup>3</sup>正会員 東北大学大学院情報科学研究科 (〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉6-3-09)

E-mail: kuwahara@plan.civil.tohoku.ac.jp

<sup>4</sup>正会員 愛媛大学大学院理工学研究科 (〒790-8577 愛媛県松山市文京町3番)

E-mail: yoshii@cee.ehime-u.ac.jp

首都高速道路では、都心から約8kmに位置する中央環状線が全線開通したことで、中央環状線内側に流入する交通が減少し、都心環状線の渋滞が減少傾向である効果が報告されている。このように、環状線ネットワークの整備により、利用者は効率的な経路選択が可能となったため、今後は道路ネットワークの効率的運用に資するマネジメントが現実的で重要な課題となる。そこで、本研究では、大規模イベント開催時の交通マネジメントを想定し、都心環状線を対象とした集計QKによるエリア流入制御について検討した。具体的には、都心環状線で車線規制等の交通規制を実施した際の交通影響について、集計QKを用いた交通状況分析を実施した結果、首都高速道路網だけでなく、一般道路に影響する可能性が示唆された。また、円滑性・安全性の両面を確保する効率的な交通マネジメントについて、集計QKを用いたエリア流入制御の可能性についても分析・検討した。

**Key Words :** area inflow control, macroscopic fundamental diagram, metropolitan expressway

## 1. はじめに

首都高速道路（以下、首都高）は路線延長約300km以上、1日の利用台数が100万台以上の大規模な道路ネットワークであり、首都圏の大動脈としての機能を有している<sup>1)</sup> (図-1)。2015年3月に、中央環状品川線が開通し、首都圏3環状道路の最も内側（都心から約8km）に位置する環状道路の中央環状線が、首都圏3環状道路で初めて全線開通した。これにより、中央環状線内側では渋滞・混雑量が約5割減少したことが報告されている<sup>2)</sup>。しかしながら、時間的な交通集中や事故等の突発事象に起因する渋滞が発生しているため、環状線ネットワークを有効活用し、迂回効果を最大限に発現可能な施策を展開する必要がある。

ソフト的な渋滞対策や交通規制時の渋滞対策として、本線に流入する交通の総量を抑制する流入制御手法が有

効な対策であると考えられる。流入制御に関するこれまでの研究では、高速道路利用台数が最大となる制御理論によるLP制御手法が提案されている<sup>3)</sup>。同手法は、制御時間帯における精度の高い予測OD交通量が必要とされることや入口での制御であることによる一般街路へ与える影響等から、未だ研究の域に留まっている。また、一般街路への影響を考慮し、ボトルネック遅れ時間を最小化するため、各入口からの最適な流入量を決定するLP制御手法<sup>4)</sup>が提案されている。一方、阪神高速道路においては、エリアを対象とし集計QK関係を用いた流入制御手法による研究<sup>5)6)</sup>が報告されており、実用化に向けた期待が高まっている。

また、国賓等の要人が首都高を通行する際に警備・警護を目的とした交通規制や目的地までの円滑な通行を確保する交通規制が実施されている。交通規制の方法としては、通行直前の時間において、通行するルートの上流

断面における交通規制や合流断面における交通規制が挙げられる。しかし、慢性的に渋滞が発生している路線では、渋滞に巻き込まれた車両が捌けるまでに時間を要することから、即時的に交通状況を円滑に変化させることが難しく、また、交通規制時間が長くなるという問題が懸念されている。

そこで、本研究では大規模イベント開催時における首都高の交通規制について、集計QK関係を用いた分析を実施した。都心環状線において1車線規制した際の交通影響を分析するとともに、適切な交通運用により定時性・円滑性が確保されることを分析した。また、交通状況と突発事象発生との関係を整理し、突発事象発生による渋滞が、更なる突発事象を誘発しているため、道路ネットワークの効率性維持が重要であることを検証した。



図1 首都高速道路ネットワーク

## 2. 大規模イベント開催時における交通運用

本研究では、首都高を対象とした大規模イベント開催時における効率的な交通運用を検討する。大規模イベント開催時には、関係者の円滑な移動を確保することを目的に、大規模な交通規制が検討されている。例えば、都心環状線を対象とした専用レーンや優先レーンの導入が挙げられる。都心環状線に専用レーンや優先レーンが導入された場合、都心環状線は概ね2車線で運用されているため、交通容量は半減し、大規模な需要抑制や迂回交通を許容可能な迂回路の確保等が必要となる。また、首都高への流入を制限された交通が、一般道路を通行するため、高速道路・一般道路を含め都心部全体における道路ネットワークへの影響が懸念される。

以上より、本研究では、都心環状線の交通運用について、関係者の円滑な移動を確保しつつ、一般交通への影響を最低限に抑制し、道路ネットワークを効率的に活用する交通運用について検討する。

## 3. 集計QK関係を用いた交通状況分析

### (1) 集計QK関係の定義

複数のリンクから構成されるネットワーク（エリア）において、ネットワークの交通状況やパフォーマンスを表現する指標として、本研究では集計交通流率及び集計交通密度を用いる<sup>8)</sup>。この集計交通流率及び集計交通密度を、以下の式において定義し、集計QK関係を用いた交通状況分析を実施する。

#### ・集計交通流率

$$Q = \left( \sum q_i \times l_i \right) / L \quad (1)$$

ただし、

$Q$  : 集計交通流率[台/h]

$q_i$  : リンク  $i$  の交通流率[台/h]

$l_i$  : リンク  $i$  の区間長[km]

$L$  : 総延長[km]

#### ・集計交通密度

$$K = \left( \sum k_i \times l_i \right) / L \quad (2)$$

ただし、

$K$  : 集計交通密度[台/km/lane]

$k_i$  : リンク  $i$  の交通密度[台/km]

### (2) 集計QK関係を用いた交通状況分析

大規模イベント開催時における交通運用について、首都高の中心に位置し、ネットワークの要衝である都心環状線を対象に、交通運用を検討した。

都心環状線は、内回りと外回りの路線により構成されている。都心環状線内回りは全長14.2km（延車線長：約30.0km）であり、オンランプ、オフランプともに8箇所、また9箇所のジャンクション（合流部：8箇所、分流部：7箇所）から構成されており、34区間に分割されている。一方、都心環状線外回りは全長14.2km（延車線長：約30.5km）であり、オンランプ6箇所、オフランプ9箇所、また、9箇所のジャンクション（合流部：7箇所、分流部：8箇所）から構成されており、32区間に分割されている。

都心環状線における交通状況を集計QK関係により整理した結果を図2に示す。図より、大規模イベント開催時において、概ね2車線で構成されている都心環状線を、専用レーンとして1車線を規制した場合、臨界集計交通密度が750[台/エリア]となることが推測される。また、都心環状線における交通需要について、現在と同様の交通需要を想定とした場合、約60%の時間が飽和状態となる（図3）。

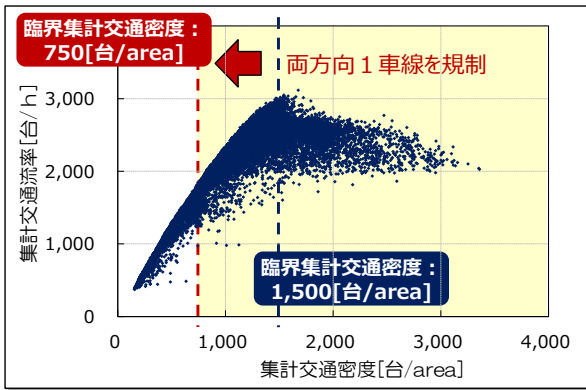


図 2 都心環状線の集計 QK 関係

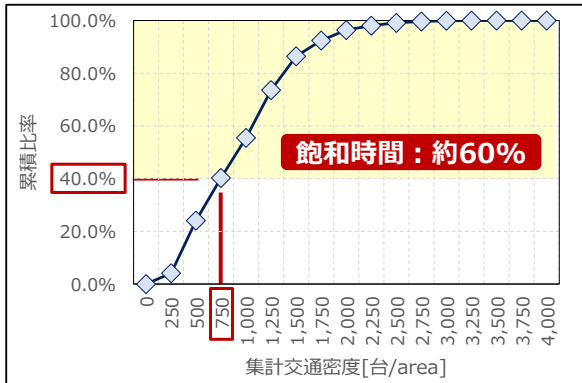


図 3 規制時における飽和状態の時間割合

また、大規模イベントの開催時間を考慮し、昼間12時間における都心環状線の交通状況を集計QK関係により整理した結果を図4示す。図より、都心環状線を1車線に規制した場合、昼間12時間のうち、概ね全時間において、臨界集計交通密度（750[台/エリア]）以下の飽和状態が継続し、都心環状線を中心に首都高ネットワーク全体で交通が麻痺している状況が懸念されるとともに、首都高利用から一般道路に転換した交通により一般道路ネットワークも同様に麻痺することが推測される。大規模イベント開催による都心環状線の1車線規制により、都心部における交通機能は失われ、交通需要過多による大規模な渋滞が継続することが推測されるため、適切な交通調整により交通需要を削減する施策を検討し、効率的な交通運用を展開することが必要である。

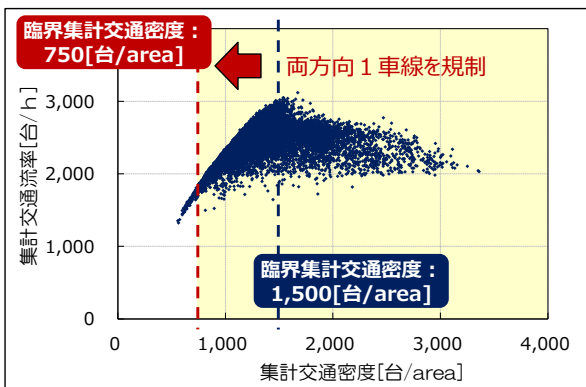


図 4 都心環状線の集計 QK 関係[昼間 12 時間]

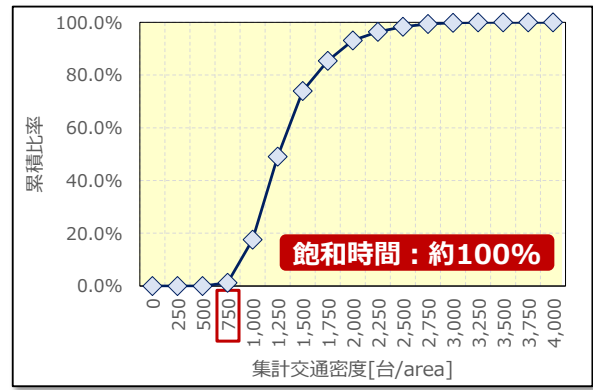


図 5 規制時における飽和状態の時間割合[昼間 12 時間]

次に、都心環状線の交通状況が混雑状況下において、定時性・円滑性を確保可能な存在台数について、分析を実施した。都心環状線の全区間が40[km/h]以上、50[km/h]以上、または9割以上の区間が規制速度以上の条件下における集計交通密度の関係を図6に示す。図より、都心環状線の全区間において、40[km/h]以上の速度サービスを維持するためには、集計交通密度を1,350[台/エリア]以下に交通調整する必要があることを示している。都心環状線の9割以上の区間において規則以上の速度サービスを維持するための集計交通密度（800[台/エリア]）は、前述した1車線規制した場合の臨界集計交通密度の750[台/エリア]以上であることから、1車線規制を実施することなく、規制速度以上の速度サービスを維持する可能性を示している。よって、大規模な交通需要の抑制を実施せず、都心環状線の存在台数（800[台/エリア]）を適切に管理することにより、大規模イベントの関係車両及び一般車両の両方における定時性・円滑性を確保する交通運用が可能である知見を得た。

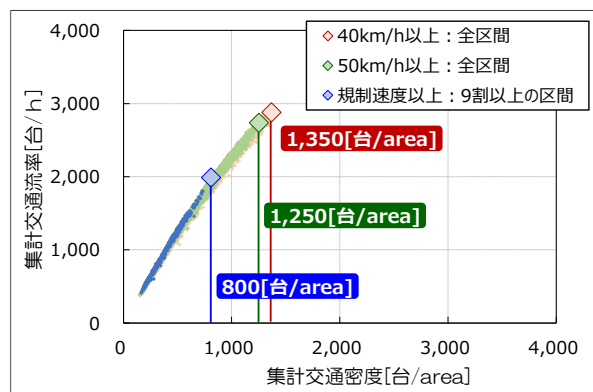


図 6 一定速度を確保するための集計交通密度

#### 4. 交通状況と突発事象の関係

前章では、都心環状線の交通状況を適切に運用することにより、定時性・円滑性を維持することの可能性を検証したが、ネットワークの効率性維持に最も影響する突発事象を抑制する交通運用について分析する。

都心環状線の交通状況（集計交通密度）と突発事象の発生状況の関係を図 7 に示す。図より、集計交通密度が小さい状況では、突発事象の発生リスクは小さいが、集計交通密度が増加するに従い、突発事象の発生リスクが大きくなる関係を示している。また、突発事象発生時以外と突発事象発生時の集計交通密度の割合が逆転する集計交通密度は、概ね1,500[台/エリア]を示している。これは、円滑性を維持するための臨界集計交通密度と同程度となっており、円滑性と安全性の確保は臨界集計交通密度において両立することが示された。

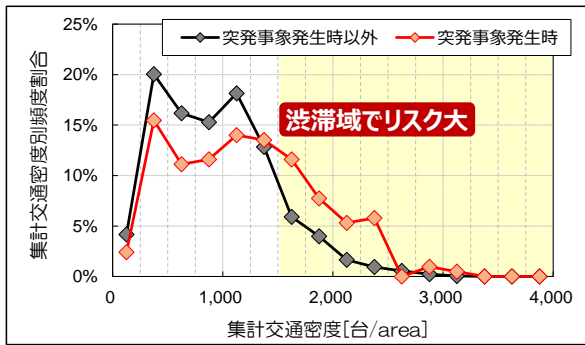


図 7 交通状況による突発事象の発生状況

また、都心環状線の交通状況（集計交通密度）と突発事象の発生件数の関係を図 8 に示す。図より、突発事象発生時の交通状況が渋滞領域の場合、更なる突発事象が発生するリスクが高まることが示されている。よって、突発事象の起因する渋滞が発生した際は、迅速に渋滞緩和を図る交通調整を実施し、ネットワークの効率性を維持することが必要で知見を得た。

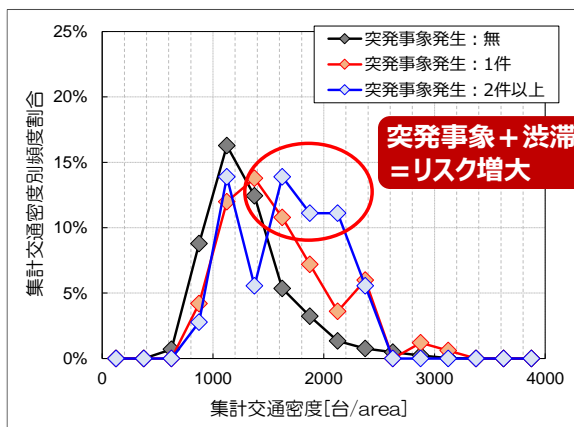


図 8 規制時における飽和状態の時間割合

#### 4. おわりに

本研究では大規模イベント開催時における首都高の交通規制について、集計QK関係を用いた分析を実施した。都心環状線において、1車線規制した際の交通影響を分析した結果、飽和した状態が長時間継続し、都心環状線を中心に首都高ネットワーク全体で交通が麻痺することが懸念される結果を得た。また、1車線規制を実施しない状況においても、適切な交通運用を実施することにより定時性・円滑性が確保される可能性を示した。さらに、交通状況と突発事象発生との関係を整理し、円滑性と安全性の確保は、臨界集計交通密度において両立する知見を得るとともに、突発事象発生に起因する渋滞が発生することにより、更なる突発事象を誘発していることが示されたため、道路ネットワークの高い効率性を維持することが必要であり、突発事象発生の抑制を視野に入れた動的な交通調整が効果的であると考えられる。

今後は、大規模イベント開催時だけでなく、甚大な自然災害が発生した際の緊急輸送路の機能（緊急車両の円滑走行）確保への活用や、首都高に限らず、出入制限可能な狭域の道路ネットワークでの適用可能性について、検討することを考えている。

#### 参考文献

- 1) 首都高速道路株式会社 HP ; <http://www.shutoko.jp/>
- 2) 佐々木網, 明神証: 都市高速道路網における流入車流入制御, 交通工学, Vol3, NO3, pp8-16, 1968.
- 3) 松井寛, 藤田素弘, 堀尾朋宏: 交通量の空間的分析を考慮したファジィ LP 制御, 土木計画学研究・論文集, NO10, 1992.
- 4) 岡田知朗, 桑原雅夫, 森田緯之, 割田博: 都市内高速道路における待ち行列を考慮した流入制御モデルの構築と適用, 土木計画学研究・講演集, Vol39, 2009.
- 5) 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, 土木計画学研究・講演集, Vol37, 2008.
- 6) 米澤悠二, 吉井稔雄, 北村隆一: 集計 QK を用いたエリア流入制御の実施効果検証, 土木計画学研究・講演集, Vol38, 2008.
- 7) 米澤悠二, 吉井稔雄, 北村隆一: 都市内高速道路における集計 QK エリア流入制御の実施効果検証, 第 29 回交通工学研究発表会論文報告集, pp181-184, 2009.
- 8) Gerolimini N. and Daganzo C.F., Macroscopic modeling of traffic in cities, 86th Annual Meeting Transportation Research Board, Washington D.C. 2007

A Study of an Area Inflow Control Method in the Large-scale event for Tokyo Metropolitan Expressway based on Macroscopic Fundamental Diagram

Takahisa INATOMI, Hiroshi WARITA, Hiroshi WARITA, Masao KUWAHARA, Toshio YOSHII