

首都高速道路の環状線建設による 交通混雑の緩和予測

島川 陽一, 林 美沙, 田口 東

1. はじめに

首都高速道路は首都圏の主要な幹線道路である。総延長約263km（平成11年7月末現在）の高速道路網であり、一日の通行台数は約116万台、ピーク時の瞬間最大交通量は1時間あたり25,000台である[6]。営業路線は東京都内の路線（東京線）、神奈川県内の路線（神奈川線）、埼玉県内の路線（埼玉線）からなり、主要都市間高速道路（6路線）と接続している。

首都高速道路公団によれば首都高速道路の交通渋滞は88%までが交通集中渋滞である。この交通集中渋滞の主要な原因のひとつは、都心が起終点ではない交通についても、その多くが都心部を通過することである。このような通過のためだけに都心へ集中する車両の台数を分散させるように、中央環状線の建設が進められている。

本稿では、首都高速道路の各出入口を起終点とする交通量（OD交通量）に対する交通量配分問題を考え、建設予定の路線が完成した場合に各道路の混雑状況がどのように変化するかを推測する。ここで、起終点間交通量を各道路に配分する原理として、等時間原則にもとづく利用者均衡配分原理を用いる。

交通量配分問題に関しては今まで数多くの研究がなされている。最近の文献リストは[16]に見ることができる。ここで取り上げたような、各道路のコスト関数がそこを通る交通量だけに依存し、時間にはよらない静的な問題について考えると、コストの総和を最小にするシステム最適化配分と、利用者がそれぞれ持つ

情報にもとづいて経路を選択した結果、流れが均衡状態になるという利用者均衡配分の考え方が広く用いられる。前者は計画問題に用いられ、後者は現状の分析や予測問題に用いられるのが普通である。

ここで考える等時間配分は利用者均衡配分の最も簡単な場合であり、すべての利用者が道路網に関する情報を完全に知っていて、それぞれが最小コストの経路を選択するという確定的な配分がなされる。この問題は比較的一般的な仮定の下で凸計画問題として定式化できるので、解を得ることが容易である。これに対して、すべての人が完全な情報を持っていること、および一律に最小コストの経路を選択することは現実的でないとして、利用者個人の得る情報、および選択に関する不確定性を考慮に入れて、経路選択に確率的な要因が含まれるとする確率的均衡配分がある。この方法はそれぞれの利用者によって異なる選好を考慮することが可能であり、より現実的な交通手段選択の予測を行なうことができる。その一方で、道路状況に対する利用者の選好を表す効用関数を推定する必要があり、この問題はそれ自身非常に難しい。

首都高速道路を対象とした解析では、確率的均衡配分を適用し、近似解法によって均衡解が求められており、新設路線や道路交通管理施策の評価が報告されている[1][12]。また、中央環状線の建設効果は、[7]、[8]に時間短縮効果として要約された形で報告されている。

本稿では、前述のように交通量に関するデータだけで計算が可能であり、求解も容易である等時間配分を適用して、新路線建設前後の各道路の交通量、および経路選択の変化を詳しく調べる。また、ここで用いる手法の有効性は、現在の道路網に対して、実際の道路交通量と計算による配分結果を比較することによって

しまかわ よういち 中央大学大学院理工学研究科

はやし みさ 住友海上システム開発

たぐち あずま 中央大学理工学部

〒112-8551 東京都文京区春日1-13-27

受付 00. 6. 30 採択 01. 1. 12

確かめることとする。本稿の構成は以下の通りである。2章で首都高速道路網をネットワークとして表現する。3章で各リンクに対して混雑度によって所要時間が増すコスト関数を定義し、交通量配分問題を定式化する。4章では数値計算により、首都高速道路の交通量の評価を行なう。東京線を対象路線とし、現状の道路網、王子・新宿線が建設された場合、王子・新宿・品川線が建設され中央環状線全線が開通した場合を考える。交通需要は現在のものと変わらないと仮定する。

2. 首都高速道路網のネットワーク表現

2.1 首都高速東京線と建設予定の路線

図1に1999年7月現在の首都高速道路の営業路線と建設予定の中央環状線を示す。図中、C1と示されている点線部分は都心環状線である。4.2節の交通量配分計算では、都心環状線C1を1周するために必要な所要時間を比較する。C2と示された中央環状線の葛西から江北までの区間は1987年に営業を開始している。王子・新宿線は建設中であり、品川線は建設準備中である。品川線は品川区八潮から目黒区青葉台を接続する路線であり、詳細な建設場所はまだ公表されていない。本稿では、都道環状6号線（山手通り）に沿って建設されると想定する[2]。

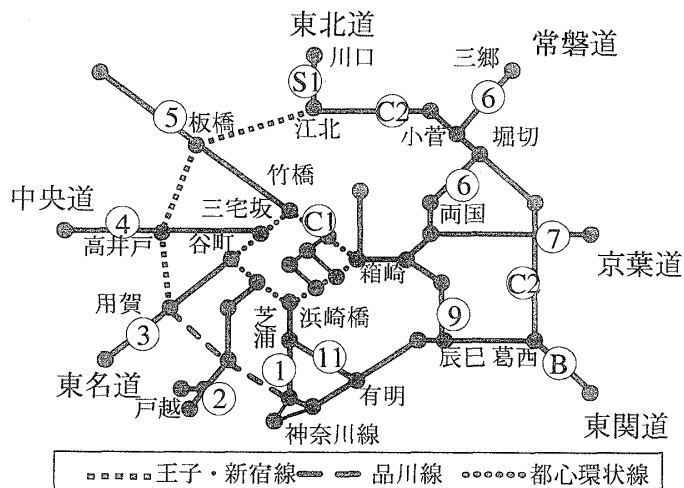
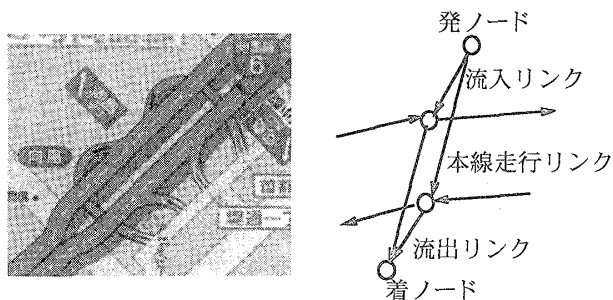


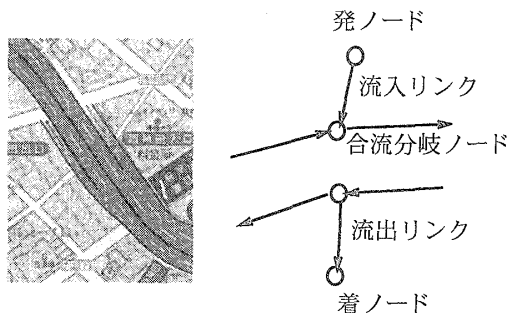
図1. 首都高速道路の営業路線（東京線）と建設予定の中央環状線

2.2 道路網のネットワーク表現

高速道路において交通が分岐や合流する場所としてインターチェンジ（以下IC）とジャンクション（以下JCT）がある。図2に地図上のICとネットワークによる表現の例を示す。ICは一般道と首都高速道路



(a) 出入口が上下線に接続している場合



(b) 出入口が片方向の路線にのみ接続している場合

図2. ICとそのネットワーク表現（地図は[5]から抜粋）

の接続点であり、首都高速道路の車両はすべてICの入口から流入し、出口から流出する。ICの入口を発ノード、出口を着ノードと呼ぶ。3章で述べる交通流配分問題において、車両の出発地を発ノード、到着地を着ノードに対応させる。

複数リンクが接続するノードを合流分岐ノードと呼ぶ。発ノードから流入した車両は流入リンクを通り、分岐合流ノードから本線に合流する。また、本線を通行している車両は分岐合流ノードから流出リンクを通り、着ノードから流出する。

図3に地図上のJCTとネットワークによる表現の例を示す。JCTでは複数の路線が合流分岐する。JCT内では各路線の上下線に分岐合流ノードを置き、走行方向が正しくなるように他の各路線の分岐合流ノードとの間を接続する。JCT内の合流分岐ノードを接続するリンクをJCT走行リンクと呼ぶ。

図4に示すようにICとJCTの間をリンクで接続することにより、道路ネットワークを構成することができる。このICやJCTの間を接続するリンクを本線走行リンクと呼ぶ。

ネットワークの各リンクの交通容量は実際の車線数に応じて設定する。首都高速道路は高速湾岸線と一部郊外区間が3車線となっているのを除いて2車線である。3車線となる区間とJCTと本線の分岐合流地点で車線数が減少する場所を[5]によって調べた。図5に

現状の道路網の車線数が減少する箇所と3車線区間を示す。王子線、新宿線、品川線はすべて中央環状線葛西-江北区間と同じ2車線であると仮定する。

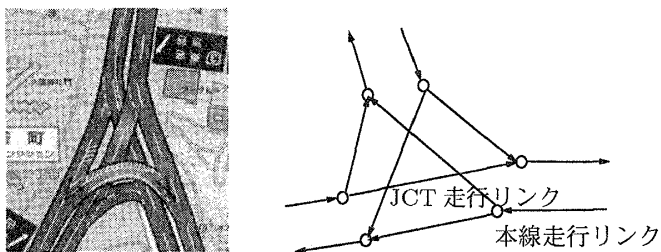


図3. JCTとそのネットワーク表現(地図は[5]から抜粋)

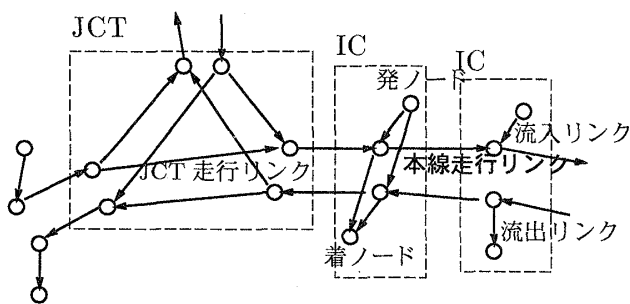


図4. 道路ネットワークの構造

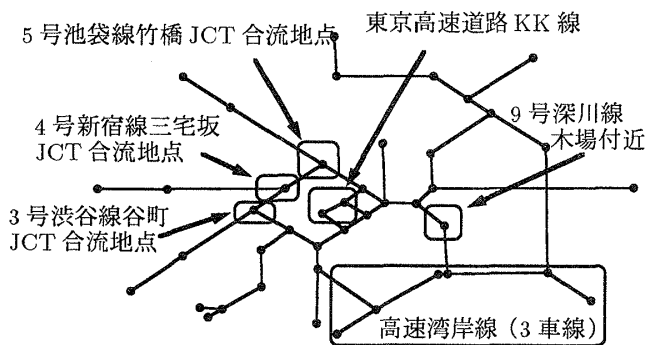


図5. 現状の道路網の車線数減少箇所と3車線区間

2.3 交通容量

車両の走行速度を V (km/時), 車両の平均長を l (m), 制動効率を μ , 車両の縦滑り摩擦係数を f とした時, 交通容量 C (台/時) は以下のように与えられる [13].

$$C = \frac{1000V}{l + \frac{V}{3.6}r + 0.00394 \frac{V^2}{\mu f}} \quad (1)$$

ここでは制動効率 μ を速度に無関係として1, 反応時間 r を0.75 (秒), 車両の平均長 l を5.5mとする。首都高速道路の大部分は設計速度60km/時(第2種第2級), 高速湾岸線と一部郊外区間は設計速度80km/

時(第2種第1級)となっているが, 地形状況等から第2種第2級は40km/時~50km/時, 第2種第1級は60km/時となるといわれている [6]. そこで, 各路線の設計速度を表1のように設定する。

縦滑り摩擦係数 f は車両の速度に応じて与える。これを表2に示す。式(1)で V に設計速度を代入すると, 表1の第3列に示すような実用交通容量 C が得られる。表の C は1車線の単位時間あたりの台数である。複数車線の容量は表1の数値を車線数倍した値とする。

表1. 各路線の実用交通容量

	設計速度 (km/時)	実用交通容量 C (台/時/車線)
都心環状線	50	1133
高速湾岸線	80	753
その他道路	60	918

表2. 縦滑り摩擦係数 f と走行速度 V の関係

V (km/時)	35	40	50	60	70	80
f	0.4	0.35	0.35	0.30	0.30	0.25

3. 交通量配分問題

3.1 リンクパフォーマンス関数

経路選択の主要因は所要時間であると考え, 所要時間をコストとする。ここで各リンクのコストはそのリンクを流れる交通量 x_a の関数であるとし, $t_a = t_a(x_a)$ と表す。 t_a には米国土道局 (US Bureau of Public Road) で開発された次式のBPR関数を用いる。

$$t_a(x_a) = t_a^0 \left\{ 1 + \alpha \left(\frac{x_a}{C_a} \right)^\beta \right\} \quad (2)$$

ここで, C_a はリンク a の実用交通容量, α, β はパラメータである。また, t_a^0 は交通量が0の時の所要時間である。表3に [11], [15], [17] に与えられている代表的なパラメータを示す。コスト関数 $t_a(x_a)$ は流量 x_a の単調増加関数である。

第4章の交通量配分計算では, コスト関数として式(2)において [11] で与えられた α, β の値を代入したものを用いる。これは日本国内でのピーク時, オフピーク時の試験走行のデータをもとに最尤推定法によって得られた数値である。 t_a^0 は以下の式で与える。

$$t_a^0 = \frac{\text{リンク距離}}{\text{設計速度}} \quad (3)$$

ただし、流入、流出リンク、JCT 走行リンクのコストは0とする。

表3. 代表的なパラメータ

	α	β
アメリカ [15]	0.15	4.0
オランダ [17]	2.62	5.0
今回のパラメータ [11]	0.96	1.20

α , β の推定において、実用交通容量として [15] では実用容量 (practical capacity), [17] では定常状態での容量 (steady state capacity), [11] では時間可能交通容量を用いている。

3.2 利用者均衡の定義

交通量配分問題とは、各リンクにコスト関数が定義された道路ネットワークにおいて、起終点間の交通需要が与えられたとして、フローの保存条件を満足させながら各起終点間の経路別交通量を見つける問題である。起終点間の交通量を利用可能な経路に配分するための規則として Wardrop の第一原則と第二原則が知られている。

利用者均衡配分 (Wardrop の等時間原則 (第一原則)) は以下のような規則である [10][18].

利用される経路の旅行時間は皆等しく、利用されない経路の旅行時間よりも小さいかせいぜい等しい。

すべての利用者は利用可能な経路について完全な情報を得ており、それぞれの旅行時間を最小化するという価値基準に基づいて経路を選択する時に、このような交通は実現する。また、Wardrop の第二原則は以下のように定義される。

道路網上の総旅行時間は最小となる。

これはシステム最適化配分とも呼ばれる。以下では Wardrop の等時間原則に基づく交通均衡状態を考える。

ネットワーク上の交通の起終点ペア (以下 OD ペア) の集合を Ω とする。OD ペアの起点を r , 終点を s とし、OD(r, s) 間の有向経路集合を K_{rs} , 添字 k で K_{rs} の k 番目の経路を示すものとする。また、次のような記号を用いる。

f_k^{rs} : OD(r, s) 間第 k 経路の経路交通量

c_k^{rs} : OD(r, s) 間第 k 経路の経路所要時間

c^{rs} : OD(r, s) 間の経路所要時間の最小値

Q_{rs} : OD(r, s) 間交通量

これらの記号を用いると、等時間原則による配分を次のように表すことができる。各 $(r, s) \in \Omega$ に対して、

$$f_k^{rs} > 0 \text{ のとき } c_k^{rs} = c^{rs} \quad \forall k \in K_{rs}, \forall (r, s) \in \Omega \quad (4)$$

$$f_k^{rs} = 0 \text{ のとき } c_k^{rs} \geq c^{rs} \quad \forall k \in K_{rs}, \forall (r, s) \in \Omega \quad (5)$$

である。ただし、

$$\sum_{k \in K_{rs}} f_k^{rs} - Q_{rs} = 0 \quad \forall (r, s) \in \Omega \quad (6)$$

$$f_k^{rs} \geq 0 \quad \forall k \in K_{rs}, \forall (r, s) \in \Omega. \quad (7)$$

さらに、 A をリンクの集合、 x_a をリンク a のリンク交通量、 $t_a(x_a)$ をリンク a のリンクコスト関数とし、各経路とリンクの関係を

$$\delta_{a,k}^{rs} = \begin{cases} 1 & \text{OD}(r, s) \text{ 間の第 } k \text{ 経路がリンク } a \text{ を含む時} \\ 0 & \text{それ以外} \end{cases}$$

によって表現すると、

$$x_a = \sum_{k \in K_{rs}} \sum_{rs \in \Omega} \delta_{a,k}^{rs} f_k^{rs} \quad \forall a \in A \quad (8)$$

$$c_k^{rs} = \sum_{a \in A} \delta_{a,k}^{rs} t_a(x_a) \quad \forall k \in K_{rs}, \forall (r, s) \in \Omega \quad (9)$$

と表すことができ、各リンクのコスト関数を用いて経路コストを表すことができる。

上の等時間原則 (4) (5) を最適化問題の解が満たすべき最適性の条件とみなすと、以下に示す制約条件つき非線形最適化問題として定式化できる。

$$\min Z_p(x_a) = \sum_{a \in A} \int_0^{x_a} t_a(w) dw \quad (10)$$

$$\text{制約条件: } \sum_{k \in K_{rs}} f_k^{rs} - Q_{rs} = 0, \quad \forall (r, s) \in \Omega \quad (11)$$

$$x_a = \sum_{k \in K_{rs}} \sum_{rs \in \Omega} \delta_{a,k}^{rs} f_k^{rs}, \quad \forall a \in A \quad (12)$$

$$f_k^{rs} \geq 0 \quad (13)$$

上の問題と条件が等価であることは $t_a(x_a)$ が単調増加関数であり、したがって、目的関数 (10) が変数 x_a の凸関数となっていることによって [14].

3.3 数値解法

最小化問題 (10) ~ (13) を Frank-Wolfe 法を用いて解く。Frank-Wolfe 法は目的関数の最急降下方向に沿って解を探索する方法である。\$n\$ 回目の計算ステップにおけるリンク交通量ベクトルを \$\mathbf{x}^n\$ としたとき、最急降下方向ベクトル \$\mathbf{d}\$ を求めてみよう。\$\mathbf{y} = \mathbf{x}^n + \mathbf{d}\$ とおいて、式 (10) に代入し、1 次の項まで展開すると次式を得る。

$$\begin{aligned} Z_p(\mathbf{y}) &\approx Z'(\mathbf{y}) = Z_p(\mathbf{x}^n) + \nabla Z_p(\mathbf{x}^n)^T(\mathbf{y} - \mathbf{x}^n) \\ &= Z_p(\mathbf{x}^n) + \sum_{a \in A} (y_a^n - x_a^n) t_a(x_a^n) \\ &= Z_p(\mathbf{x}^n) - \sum_{a \in A} x_a^n t_a(x_a^n) + \sum_{a \in A} y_a^n t_a(x_a^n) \end{aligned} \quad (14)$$

\$Z'(\mathbf{y})\$ を制約条件のもとで最小化すると、次のように容量制約条件のない線形最小費用流問題となる。

$$\min Z'(\mathbf{y}) = \sum_{a \in A} y_a t_a(x_a^n) \quad (15)$$

$$\text{制約条件: } \sum_{k \in K} f_k^{rs} - Q_{rs} = 0 \quad \forall (r, s) \in \Omega \quad (16)$$

$$y_a = \sum_{k \in K} \sum_{rs \in \Omega} \delta_{a,k}^{rs} f_k^{rs} \quad \forall a \in A \quad (17)$$

$$f_k^{rs} \geq 0 \quad (18)$$

この問題の解が、\$t_a(x_a^n)\$ をリンクのコストとして各 OD\$(r, s)\$ 間の最短経路を求め、その経路に全交通量を割り当てた流れであることは容易にわかる。最急降下方向ベクトル \$\mathbf{d}\$ に沿っての探索は通常の 1 次元探索の手順による。

4. 首都高速道路の交通量評価

4.1 交通量データと道路ネットワーク

OD 交通量は第 22 回調査報告書 [3] と第 23 回解析報告書 [4] にまとめられたものを用いる。表 4 に各調査の概要をまとめる。計算に使用する OD 交通量は、調査日 1 日の交通量にピーク時の交通量の比率をかけたものとする。また、建設予定の王子線、新宿線、品川線に設けられる IC を出入りする車両はないものとする。

環状線建設による交通混雑への影響を見るために以下の 3 個の道路ネットワークを用意する。

- (1) 現状の道路網の場合
- (2) 王子・新宿線が建設された場合

(3) 王子・新宿・品川線が建設された場合

また、神奈川線上の発ノードと着ノードをそれぞれ 1 つにまとめる。この発ノードと着ノードを湾岸線と 1 号羽田線に接続する。各道路ネットワークのノードとリンクの数を表 5 に示す。

混雑度は以下の式で表す。

$$\text{混雑度} = \frac{\text{リンクの所要時間}}{\text{リンクに交通量の無い時の所要時間}} \quad (19)$$

4.2 交通量配分計算の結果

現状の道路網の場合、王子・新宿線が建設された場合、王子・新宿・品川線が建設された場合について、平日および休日の交通量データを用いた交通量配分計算を行なった。計算結果の妥当性については付録 A で述べる。

移動時間に対する環状線建設の効果を見てみよう。表 6 に流入したすべての利用者が OD 間の移動に必要とする時間の総和を示す。中央環状線が建設されるにしたがい、利用者の総所要時間が減少している。表 7 に都心環状線を 1 周するために必要とされる所要時間の変化をまとめる。中央環状線の建設は都心環状線の混雑緩和に効果があることがわかる。

4.3 各リンクの所要時間の変化

次に各リンクの所要時間の増加の割合を見てみよう。

図 6 に現状の道路網の場合のリンクの混雑度 ((a) 平日, (b) 休日) と混雑度の分布 ((c) 平日) を示す。分布図の横軸は混雑度、縦軸はリンク延長距離である。各リンクの混雑度は平日、休日の両方で全線にわたり高い。特に、慢性的に交通集中渋滞が発生する箱崎-江戸橋間(上下方向)の混雑度はかなり高い。竹橋付近、三宅坂付近などの分岐合流地点でも車線数の減少による混雑が顕著に見られる。混雑度の分布を見ると、谷町合流付近(上り)が一番大きな混雑度を示している。

王子・新宿線が建設された場合のリンクの混雑度とその分布を図 7 に与える。リンクの混雑度を見ると、竹橋付近の混雑度が平日、休日共に下がっている。これは東北道、常磐道方面への交通が王子・新宿線を使用するようになったためと考えられる。混雑度の分布を見ると、浜崎橋-芝浦間(下り)が一番大きな混雑度

表 4. 各調査の概要

	第 22 回 (平日)	第 23 回 (休日)
調査日	平成 7 年 9 月 20 日 (水)	平成 9 年 9 月 28 日 (日)
調査時間	22:00 からの 24 時間	3:00 からの 24 時間
ピーク時	8:00 ~ 9:00	10:00 ~ 11:00
ピーク時の交通量の比率	6.9%	6.2%
全利用台数 (台/日)	1,096,004	818,320

を示している。混雑度分布は全体に低い方に移り、混雑の緩和が見られる。

王子・新宿・品川線が建設された場合のリンクの混雑度とその分布を図 8 に与える。リンクの混雑度を見ると、浜崎橋-芝浦間の混雑が緩和されている。これは今まで浜崎橋-芝浦間を經由していた東関道方面への交通が品川線を利用して湾岸線に出るようになったためである。また、箱崎-江戸橋間(下り)の混雑も緩和された。これは箱崎を通過して辰巳に出る交通が品川線を利用して湾岸線に出るようになったことを示している。混雑度の分布はさらに低い方に移っている。

表 5. 各道路ネットワークのノードとリンクの数

	ノード数	リンク数
現状の道路網	302	378
王子・新宿線開通後	314	410
王子・新宿・品川線開通後	326	446

表 6. 利用者の総所要時間の変化
(単位: (時間・台)/時間)

	第 22 回 平日	第 23 回 休日
現状の道路網	36746	29669
王子・新宿線建設後	31061	20262
王子・新宿・品川線建設後	24446	17555

表 7. 都心環状線一周の所要時間の変化 (単位:分)

	内廻り		外廻り	
	平日	休日	平日	休日
現状の道路網	44	41	48	39
王子・新宿線建設後	38	35	40	33
王子・新宿・品川線建設後	31	26	33	26

4.4 均衡配分による経路選択の分析

環状線の建設によって選択される経路がどのように変化するかを見てみよう。都市間高速道路を結ぶ経路の中から、東名道から常磐道への経路と東名道から東関道への経路を取り上げる。所要時間の変化を表 8 に

まとめる。

平日の東名道から常磐道に向かう経路について、現状の道路網の場合を図 9 に、王子・新宿線が建設された場合を図 10 に示す。後者の場合に、選択される経路は王子・新宿線から常磐道へ至る経路だけとなった。王子・新宿・品川線が建設された場合では経路選択に変化はない。表 8 を見ると、王子・新宿線の建設による所要時間の減少が最も大きく、この経路に対する建設の効果が大きいことがわかる。

平日の東名道から東関道へ向かう経路の、現状の道路網の場合を図 11 に示す。王子・新宿線が建設された場合、平日に選択される経路は現状の道路網の経路と同じである。王子・新宿・品川線が建設された場合の経路を図 12 に示す。品川線を使用して湾岸線経由で東関道へ至る経路が新たに選択される。この経路の交通量は全交通量の 92.9% であることから、ほとんどの利用者は品川線を利用するようになることがわかる。

表 8. 所要時間の変化 (単位:分)

	東名道から 常磐道		東名道から 東関道	
	平日	休日	平日	休日
現状の道路網	87	75	71	60
王子・新宿線建設後	48	43	64	56
王子・新宿・品川線建設後	46	43	41	36

表 8 を見ると、品川線の建設による所要時間の減少が最も大きく、この経路に対する建設の効果が大きいことがわかる。

次に、混雑度の高いリンクを取り上げて、そこを通る交通量とそのリンクを利用する経路の数が、中央環状線の建設によってどのように変化するかを見てみよう。対象は箱崎-江戸橋間と浜崎橋-芝浦間とする。表 9 に交通量、表 10 に利用経路の数をまとめる。

最初に箱崎-江戸橋間を見てみよう。表 9 より、2 つの路線の開通によって順調に交通量が減少していることがわかる。表 10 では王子・新宿線が建設されると

利用経路の数が減少するが、品川線の建設ではほとんど変化していない。浜崎橋-芝浦間の交通量は、表9より、王子・新宿線建設による変化は小さく、全線開通してはじめて大きく減少する。表10から、王子・新宿線が建設されると利用経路の数は少し減少するが、品川線の建設では増加している。

この理由を詳しく見てみよう。首都高速道路網を図13に示すように4つの領域に分割する。現状の道路網において、箱崎-江戸橋間を利用する交通の大部分は、領域AとBの間の交通である。また、浜崎橋-芝浦間を利用する交通の大部分は領域AとCの間の交通である。

王子・新宿線および品川線が建設されると、中央環状線に接続されていなかったAの路線が接続されるため、AとBの間に中央環状線を通る経路が利用可能となる。そのため、箱崎-江戸橋間の交通量は新路線の建設にしたがって減少する。

表9. 混雑度の高いリンクの交通量（平日）
（単位：台/時間）

	箱崎 - 江戸橋		浜崎橋 - 芝浦	
	上り	下り	上り	下り
現状の道路網	6385	8026	6717	7838
王子・新宿線開通後	4966	6608	7206	7763
王子・新宿・品川線開通後	3879	5267	3871	4517

表10. 混雑度の高いリンクの利用経路の数（平日）

	箱崎 - 江戸橋		浜崎橋 - 芝浦	
	上り	下り	上り	下り
現状の道路網	296	281	210	230
王子・新宿線開通後	277	246	196	225
王子・新宿・品川線開通後	274	248	256	268

一方、AとCの間の交通が中央環状線を通る経路を利用可能となるのは全線が開通してからである。そのため、浜崎橋-芝浦間では品川線が開通するまでは交通量がほとんど変化せず、全線開通してはじめて大きく減少する。また、中央環状線全線が開通すると、神奈川線とAまたはBの間の交通が、中央環状線を経由する経路と都心環状線を経由する経路を選択できるようになる。このため、浜崎橋-芝浦間の利用経路の数は増加する。

最後に、新設された路線の使用状況を見てみよう。王子・新宿線の渋谷-高井戸間と高井戸-板橋間を取り上げる。表11に平日の新路線の交通量と利用経路の数を示す。交通量の増加は前述の通りである。中央環

状線全線が開通したとき、利用経路の数は高井戸から板橋間ではほとんど変化しないが、渋谷から高井戸間では減少している。この理由を見てみよう。品川線が開通するまでは、AとCの間の交通は都心環状線を利用しなければならない。このため、3号渋谷線は混雑し、東名道方面とDの間の交通の一部は中央環状線の渋谷から高井戸を通り、4号新宿線を利用する。品川線が開通すると、渋谷線の混雑が緩和され、新宿線への迂回がなくなる。このため、渋谷から高井戸間の利用経路の数は減少する。

表11. 新路線の交通量と利用経路の数（平日）

	交通量（台/時間）	
	渋谷から高井戸間	高井戸から板橋間
王子・新宿線開通後	2466	2525
王子・新宿・品川線開通後	3350	2913

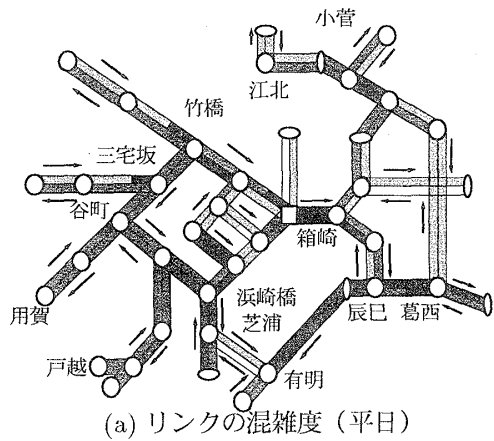
	利用経路の数	
	渋谷から高井戸間	高井戸から板橋間
王子・新宿線開通後	92	70
王子・新宿・品川線開通後	72	71

5. おわりに

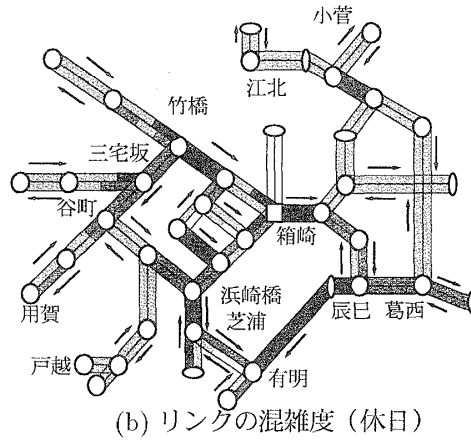
等時間配分による利用者均衡解を計算することにより、中央環状線建設のそれぞれの段階において、どの方面間の交通に新路線建設の効果が現われるのかを詳しく推測することができた。中央環状線の建設は都心部へ集中する交通を分散させる効果があり、都心環状線の交通集中渋滞を緩和させるのに有効であることがわかった。また、付録に述べたように、この手法によって配分された道路交通量は実際の道路交通量とよく一致しており、この手法の妥当性を示すことができた。

最初に述べたように、等時間配分原則はやや現実性を欠いた仮定をおいている一方で、定式化と求解が容易であるという長所がある。本論文で取り上げたような、主たる選択基準が混雑度を加味した所要時間という単純な要因であり、かつ、実際にも繰り返し選択が行なわれて平衡状態に達すると考えられるような問題に対しては、有効な手法であると考えられる。確率的均衡配分による手法との比較は利用者の効用関数の獲得とその検討を行なうことを含めて、今後の課題としたい。

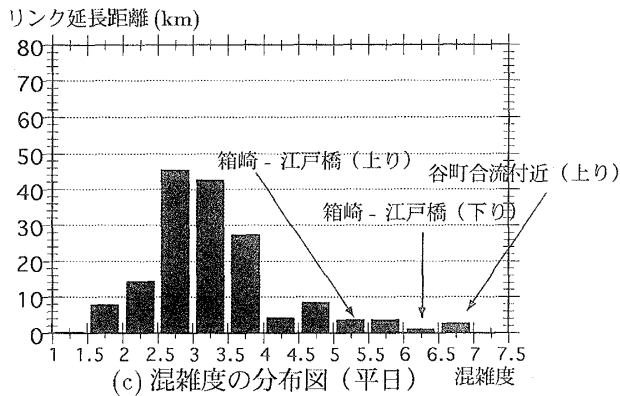
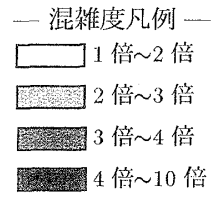
最後に、首都高速道路公団計画部調査課山口正晃



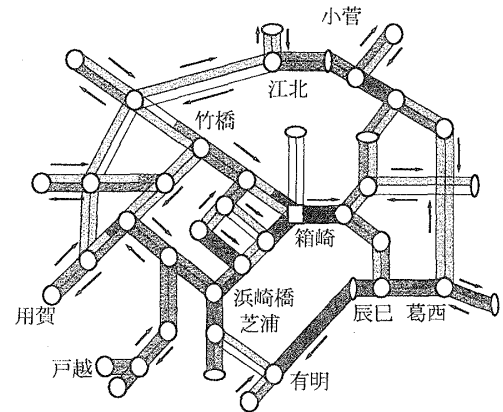
(a) リンクの混雑度 (平日)



(b) リンクの混雑度 (休日)

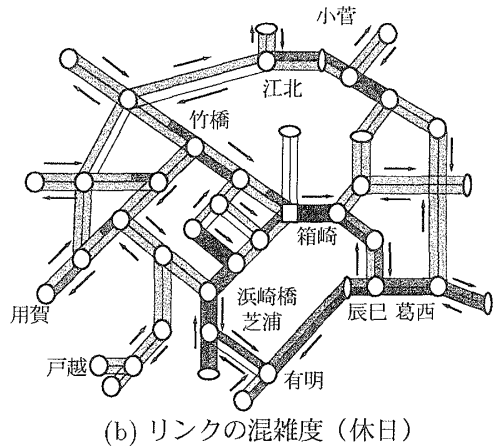


(c) 混雑度の分布図 (平日)

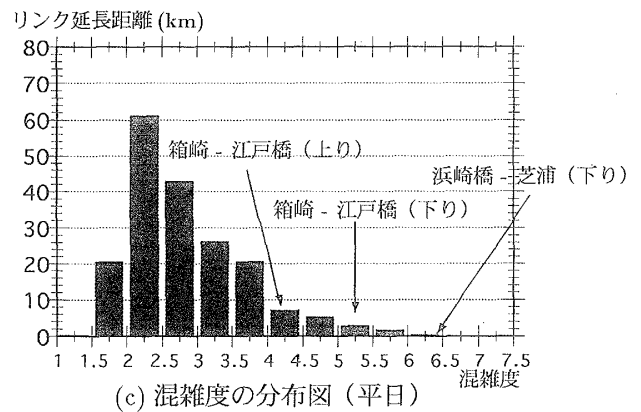


(a) リンクの混雑度 (平日)

図6. 現状の道路網のリンクの混雑度と混雑度の分布図

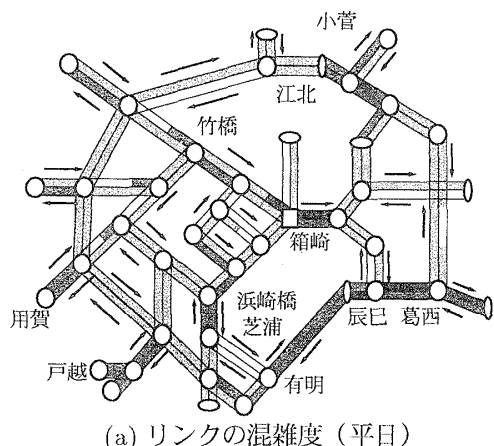


(b) リンクの混雑度 (休日)

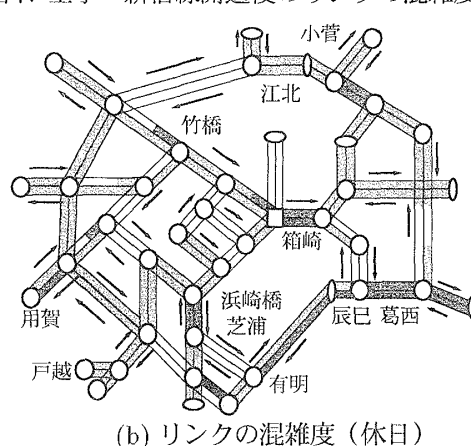


(c) 混雑度の分布図 (平日)

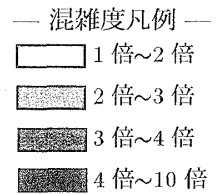
図7. 王子・新宿線開通後のリンクの混雑度と混雑度の分布図

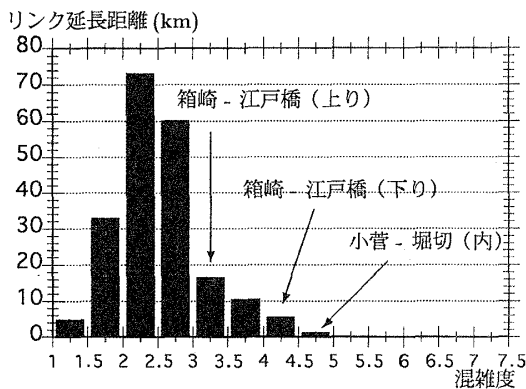


(a) リンクの混雑度 (平日)



(b) リンクの混雑度 (休日)





(c) 混雑度の分布図 (平日)

図8. 王子・新宿・品川線開通後のリンクの混雑度と混雑度の分布図と混雑度の分布図

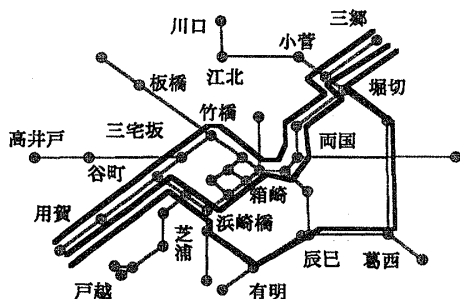


図9. 常磐道への経路 (現状) (平日)

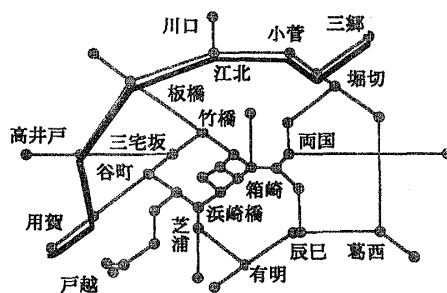


図10. 常磐道への経路 (王子・新宿線開通後) (平日)

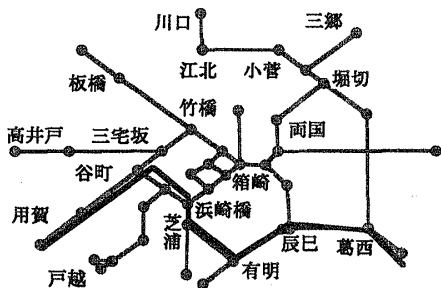


図11. 現状の道路網の東関道への経路 (平日)

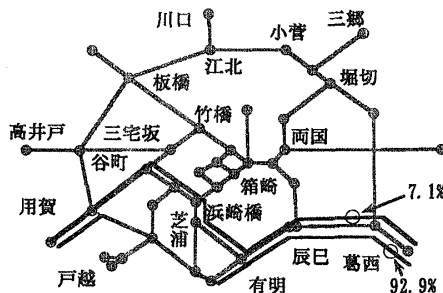


図12. 東関道への経路 (王子・新宿・品川線開通後) (平日)

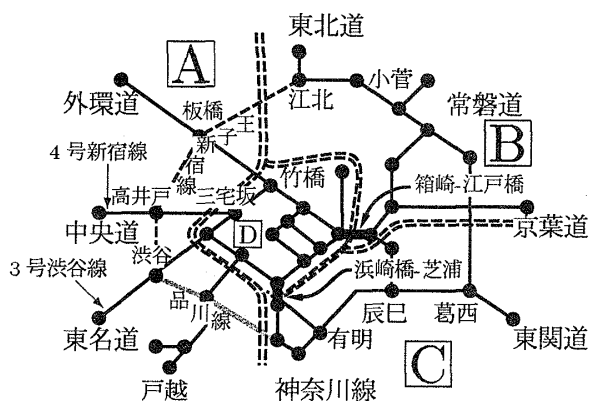
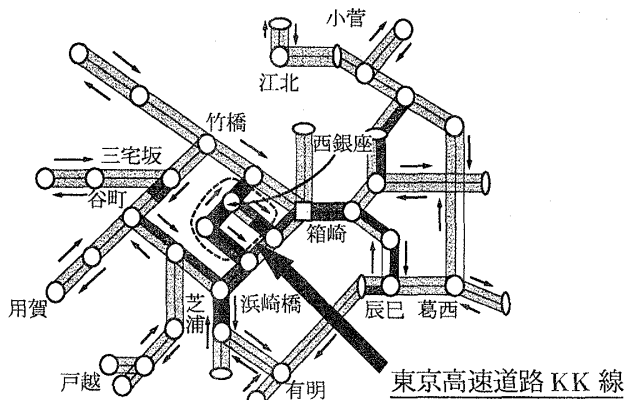


図13. 4つの領域への分割



0.52~0.8倍
 0.8~1.2倍
 1.2~1.6倍
 1.8~2.2倍
 2.2~2.7倍

図A. 配分された交通量と実際の交通量との比

氏、田中芳和氏、鈴木裕介氏には貴重な御助言をいただきました。ここに感謝の意を表します。また、査読者の御助言によって、本論文の内容ならびに記述が改善されましたことを心より感謝いたします。

A 交通量配分計算の結果の妥当性

利用者均衡にもとづく交通量配分がどの程度妥当であるかを確かめる。現在の道路網に対して、各リンクごとに実際に測定された交通量と3.2章の(10)~(13)式の方法により得られた交通量との比較を行なう。計算に用いるOD交通量は平日(第22回調査)の24時間の交通量である。

測定された交通量を1とした場合の、交通量配分計算により得られた交通量との比を図Aに示す。都心環状線を中心とした放射線と湾岸線、中央環状線で、比が0.8~1.2となっている。利用者均衡による配分交通量が実際の交通量と近いことを示している。もっとも大きな比を持つリンクは、KK線西銀座付近に現れる。

この計算結果より、利用者均衡に基づく交通量配分計算の結果が妥当であることがわかる。

参考文献

- [1] 石橋学, 鶴田和久, 土橋浩: 新しい交通シミュレーションモデルの検討(TRANDMEX). 首都高速道路公団技報, 第30号, 1-4-1, pp.43-48, 1998.
- [2] 鹿原行雄, 小林幸雄: 中央環状品川線の計画. 首都高速道路公団技報, 第22号, 1-3-2, pp.31-35, 1990.
- [3] 首都高速道路公団: 第22回首都高速道路交通起終点調査報告書, 首都高速道路厚生協会, 1996.
- [4] 首都高速道路公団: 第23回首都高速道路交通起終点調査の解析報告書, 首都高速道路厚生協会, 1999.
- [5] 首都高速道路公団(監修): MEXWAYマップ, (社)首都高速サービス推進協会, 1999年9月.
- [6] 首都高速道路公団: 首都高速道路公団ガイド平成11年度版, 1999.
- [7] 首都高速道路公団: 中央環状線進行中, 2000.
- [8] 道路投資の評価に関する指針検討委員会: 道路投資の評価に関する指針(案), 建設省, 1998.
- [9] 林美沙: 首都高速道路の渋滞緩和予測, 中央大学理工学部情報工学科卒業論文, 1999年3月.
- [10] 松井寛: 交通ネットワークの均衡分析 — 最新の理論と解法 —, 土木学会, 東京, 1998.
- [11] 溝上章志, 松井寛, 可知隆: 日交通量配分に用いるリンクコスト関数の開発. 土木学会論文集, No.401, pp.99-107, 1989.
- [12] 吉井稔雄, 桑原雅夫, 森田綽之: 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の開発. 交通工学, Vol.30, No.1, pp.33-41, 1995.
- [13] 米谷栄二: 交通工学, 国民科学社, 1977.
- [14] Azuma Taguchi: Braess' paradox in a two-terminal transportation network. *Journal of the Operations Research Society of Japan*, Vol.25, No.4, December 1982.
- [15] Bureau of Public Roads: *Traffic Assignment Manual*, U.S. Department of Commerce, Urban Planning Division, Washington D.C., 1964.
- [16] Randolph W.Hall(Ed.): *Handbook of transportation science*, Kluwer Academic Publishers, 1999.
- [17] Steenbrink,P.A.: *Optimization in Transportation Networks*, Academic Press, 1972.
- [18] Wardrop.J.G.: Some theoretical aspects of road traffic research. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers Part II*, pp.325-378, 1952.