

定された経路選択率に基づいて分岐させる。なお、その経路選択率は、自由走行時における旅行時間に基づき、ロジットモデル（パラメータ θ ）を用いて計算される。

2. 経路選択層

この層は、車載器を介してネットワーク全体の情報を得ることができるドライバー群であり、各分岐点到達時に情報により旅行時間が最短と判断される経路を選択する。

3. 3 予測誤差について

現実にはシミュレーションモデルを用いて交通状況の予測を行い、予測情報を提供する状況を想定すると、以下に示す要因により予測誤差が生じる。

- ① 予測時間帯に新たにネットワークに流入するOD交通量の予測誤差
- ② 予測モデルの現況再現の精度に起因する誤差
- ③ 予測開始時点における現況把握の誤差
- ④ 経路選択行動の予測誤差

本解析においては、要因①②③による誤差をまとめて予測誤差として考慮し、予測シミュレーションから得られる予測情報に誤差を付加した場合と、付加しない場合（以後誤差なしと表現する）、ならびに現在情報を提供した場合についてシミュレーションを実行し比較検討した。

予測誤差の与え方

経路選択モデルでは、各経路の中から最短の旅行時間と予測される経路を選択するので、予測情報の誤差を各経路の予測旅行時間に与えた。

この誤差の与え方について、大きく分けて以下の二つの方法が考えられる。

- a) リンク単位で誤差を与える方法
- b) 対象とする経路ごとに誤差を与える方法

a) リンク単位で誤差を与えた場合

リンク a の予測旅行時間を t_a とし、その誤差 ϵ_a は正規分布 $N(0, (\alpha t_a)^2)$ に従うものと仮定すると、各リンクの誤差を含ませた予測旅行時間 $\hat{t}_a$ は、

$$\hat{t}_a = t_a + \epsilon_a \quad (1)$$

となり、リンク数 n 本からなる経路 p を考えた場合に

は、その経路の予測誤差を考慮した予測旅行時間 $\hat{T}_p$ は

$$\begin{aligned} \hat{T}_p &= \sum_a \hat{t}_a = \sum_a t_a + \sum_a \epsilon_a = T_p + \epsilon_p \\ \epsilon_p &\sim N(0, (\alpha \sqrt{\sum_a t_a^2})^2) \end{aligned} \quad (2)$$

となる。

経路 p の旅行時間に含まれる誤差 ϵ_p の標準偏差が経路の旅行時間にしめる割合は、

$$(\alpha t_a) / t_a = \alpha > (\alpha \sqrt{\sum_a t_a^2}) / T_p \approx \alpha / \sqrt{n} \quad (3)$$

T_i : 経路 i の予測旅行時間

となり、経路上のリンクの数が多くなると誤差の割合は小さくなってしまふ。

b) 対象とする経路ごとに誤差を与えた場合

ほぼ同じ傾向の誤差を持つと考えられる2つの経路 i と j (図2) にも、それぞれ独立に誤差を与えるので、誤差の傾向が異なるという問題が生じる。

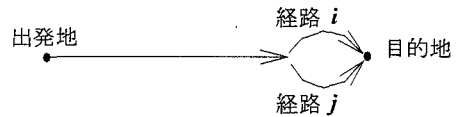


図2 矛盾を生じる例

このように、いずれの方法にも問題が残されているので、本研究においては以下のような方法で誤差を設定した。

各リンクごとの予測旅行時間 t_a に正規分布 $N(0, (\alpha t_a)^2)$ に従う予測誤差を与え $\hat{t}_a$ とし、誤差を含んだ経路の予測旅行時間 $\hat{T}_p$ を、

$$\hat{T}_p = T_p + \epsilon_p = T_p + (\sum_a \hat{t}_a - \sum_a t_a) = (\sum_a t_a / \sqrt{\sum_a t_a^2}) \quad (4)$$

とする。このとき、

$$\begin{aligned} Var\{\epsilon_p\} &= Var\{(\sum_a \hat{t}_a - \sum_a t_a) \cdot (\sum_a t_a / \sqrt{\sum_a t_a^2})\} \\ &= \{(\sum_a t_a)^2 / (\sum_a t_a^2)\} \cdot Var(\sum_a \hat{t}_a - \sum_a t_a) \\ &= \{(\sum_a t_a)^2 / (\sum_a t_a^2)\} \cdot \alpha^2 \cdot (\sum_a t_a^2) \\ &= (\alpha T_p)^2 \end{aligned} \quad (5)$$

となり、同じ区間を持つ経路どうしは同じ傾向の誤差が与えられ、経路単位では、同じ程度の誤差が含まれることになる。

しかし、この方法により誤差の設定を行った場合にも、加法則が成立しないという問題点が残っている。例えば図3に示すリンク a と b からなる経路 p では、 $\hat{T}_p \neq \hat{t}_a + \hat{t}_b$ となる矛盾を生じる。

今後、誤差の与え方についてはおおいに議論の余地

が残されているといえる。

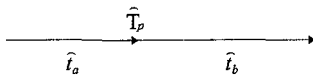


図3 矛盾する例

4. 首都高速道路への適用

4.1 対象ネットワークおよび交通需要

図4は、シミュレーションを適用した首都高速道路のネットワークを示したものである。表1にネットワークの詳細ならびにシミュレーションの設定条件を示す。なお、情報提供による効果をより明確にさせるため、図中の★印の地点に事故を想定した。事故は、交通容量の低下をもって表現し、7時～8時の1時間継続したものとした。

表1 対象ネットワークと計算条件

ネットワーク		シミュレーション設定条件	
総延長	約240k	バケットサイズ	3台
リンク数	820	スキャン Δt	3秒
ノード数	778	経路更新間隔 ΔT	5分
発生ノード数	142	シミュレーション対象時間	午前4～11時
集中ノード数	149	発生交通量	約35万台
		経路選択層の割合	50～100%

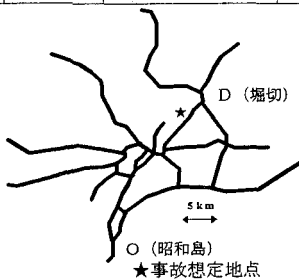


図4 首都高速道路ネットワーク

4.2 予測誤差

提供される情報として、以下の4種類を想定した。

1. 現在情報
2. 予測情報（誤差なし）
3. 予測情報（誤差の標準偏差が旅行時間の10%）
4. 予測情報（誤差の標準偏差が旅行時間の20%）

なお、予測誤差を与える場合には、誤差の与え方によって計算結果が変化するので、予測誤差を与える乱数に、異なる乱数系列を用いた複数回のシミュレーションを実行し、その複数回のシミュレーションの平均値で評価を行う。

4.3 適用結果

図5は、1トリップあたりの平均旅行時間を経路選

択層の占める割合別に示したものである。

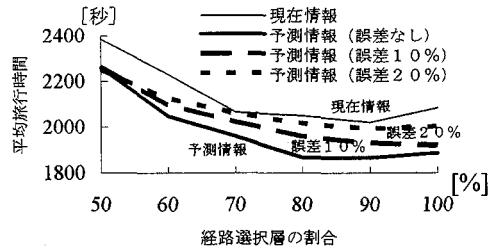


図5 平均旅行時間の比較

図より、以下の結果が読み取れる。

- ① 多少の予測誤差があっても、現在情報よりも予測情報を提供した方が、経路選択層の割合に依らずに、交通状況が改善されること
- ② 100%が経路選択層の場合を除いては、経路選択層の割合が大きくなるに従い、誤差の影響が強く現れること
- ③ 誤差なしの場合には、経路選択層の割合が80～90%を超えると、経路選択層の割合が増えることにより交通状況が悪化に転じるという現象が読みとれるが、予測誤差を考慮した場合には、この逆転現象はほとんど認められないこと

以下、それぞれについて説明を加える。

- ① 表2は、経路選択層80%で、現在情報および予測情報（誤差なし）を提供した場合ならびに予測誤差10%とし、乱数列を変えて20回分のシミュレーションを実行した場合の計算結果（平均旅行時間）を示したものである。このように、誤差がある場合の結果は当然ばらつきが生じるが、10%程度の誤差であれば、予測情報を提供することにより、計算を行った20回すべてにおいて、現在情報を提供した場合よりも交通状況が改善された。

表2 平均旅行時間の比較

現在情報提供	
平均旅行時間	2050
予測情報提供（誤差なし）	
平均旅行時間	1868
予測情報提供（誤差10%、20回）	
平均旅行時間	1936
標準偏差	53
最大値	2025
最小値	1850

(単位 秒)

- ② 図6は、予測誤差10%の予測情報を提供した場合の、昭和島から堀切に至る交通（図4参照）について、経路固定層と経路選択層との旅行時間差を各時間帯ごとに示したものである。

すなわち、各時間帯に起点（昭和島）を出発した交

通について、経路選択層が経路固定層と比較して、平均的にはどの程度短い旅行時間で目的地（堀切）に到達しているのかを示したものである。また、この時間差は、選択される経路が異なることによって生じるので、この時間差が大きければ、異なる経路間の旅行時間の差が大きいと判断できる。

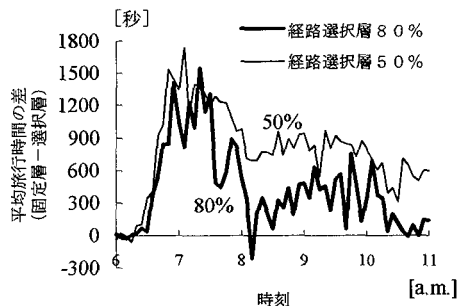


図6 平均の旅行時間差（固定層－選択層）

図より、経路選択層の割合が50%の方が、80%の場合と比較してその差が大きいたことが確認された。すなわち、経路選択層の割合が大きき場合には、経路間（例えば最短の経路と2番目に短い経路）の旅行時間差が小さくなるので、予測誤差により最短経路がその他の経路の旅行時間よりも長くなってしまおうという可能性が高くなり、誤差がない場合に選択する経路（最短経路）とは異なる経路を選択する可能性が高くなる。このため、経路選択層の割合が大きくなるに従い、経路選択層と固定層の旅行時間差が小さくなり、誤差の影響が現れやすいものと考えられる。

③現在情報を提供した場合だけでなく、予測情報を提供した場合でも、

1. 予測情報が正確に今後の旅行時間を与えるものではないということ
2. 仮に利用者均衡状態が再現できたとしても、それは必ずしもシステム最適な状況を実現するものではなく、少数の利用者が多少のロスを被る状況がシステム最適状態を生み出しているということ

を原因として、経路選択層の割合が80～90%を超えると、経路選択層の割合が増えることにより交通状況が悪化に転じるという現象が認められる。

一方、予測誤差を考慮した場合には、100%が経路選択層とした場合でも、経路選択の際に予測誤差による誤りが生じ、ロスのある経路を選択する可能性が

有るため、上記2点目の原因が取り除かれるので、この現象が起こりにくいものと考えられる。すなわち、予測誤差を考慮にいと、車載器の普及に伴い、経路選択層が増えても、交通状況が悪化するという現象は起こりにくいという傾向があることが確認された。

5. まとめと今後の展望

本研究では、予測情報を提供した際の、交通状況の変化について、予測情報の精度と関係づけた分析を行い、以下のような知見を得た。

1. 予測情報の提供により、予測情報に多少の誤差が含まれる場合でも、現在情報を提供した場合と比較しておおむね交通状況は改善されること
2. 経路選択層の割合が大きくなるに従い、予測誤差の影響が大きくなること
3. 予測情報を提供する場合には、予測情報そのものに誤差が含まれるため、車載器の普及により交通状況が悪化するという現象は回避されるか、または緩和されるものと考えられること

また、今後の研究の方向を以下に示す

1. 本研究は、首都高速道路ネットワークを対象にした適用結果であり、得られた結果すべてが一般のネットワークにあてはまるものではない。そこで今後は、さまざまなケースを想定したシミュレーションによる検証に加えて、理論面での裏付けを進める。
2. 予測誤差の考え方について、各要因と予測誤差との関係について詳しく吟味する。
3. 動的な情報を得たドライバーの経路選択行動についての分析を進める。

最後に、本研究を進めるにあたり、資料の提供などご協力頂いた、首都高速道路公団の森田紳之・交通管制部長ならびに計画部、交通管制部の方々に心から感謝の意を表します。

参考文献

- [1] 吉井稔雄, 桑原雅夫, 森田紳之, 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 第30巻 1号, pp.33-41, 1995
- [2] T. Yoshii, H. Akahane & M. Kuwahara, An Evaluation on Effects of Dynamic Route Guidance on an Urban Expressway Network Proceedings of the Second World Congress on Intelligent Transport Systems '95 YOKOHAMA, Vol 4 pp.1995-2000