【土木計画学研究・講演集 No.16(1) 1993年12月】

経路誘導における交通情報提供の問題点*

A PROBLEM OF PROVIDING TRAFFIC INFORMATION IN ROUTE GUIDANCE SYSTEM

森津 秀夫**・松田 洋二***・市原 賢****
By Hideo MORITSU, Youji MATSUDA and Ken ICHIHARA

Route guidance system provided traffic information with car communication system is expected many effects. These effects of route guidance have been studied by the simulation methods. In route guidance, it is important how to manage traffic information and make good use. Therefore, we investigate a problem of providing traffic information for the purpose of route guidance. The results of case studies are not always as we expected. It may be possible that the collected data are unsuitable.

1．はじめに

路車間情報システムを介して交通情報を得る経路誘導システムの導入が検討されている。その期待されている効果は、誘導を受ける車両が目的地までの所要時間を短縮できることである。さらに、それらの車両が走行経路を分散し、誘導を受けない車両も走行区間の混雑緩和によって、所要時間を短縮できるようになる。このような経路誘導の効果に関しては、おもにシミュレーションを用いて種々の研究がなされてきた。

このような経路誘導システムでは、収集できる交通情報をどのように処理し、有効に利用するかが重要である。そこで、本研究では経路誘導を目的とした交通情報提供の問題点について検討を行うことにする。すなわち、交通情報の精度が経路誘導の効果に及ぼす影響、リンク旅行時間の予測を用いることの効果等に関してシミュレーションを行い考察する。

*キーワード：経路誘導、シミュレーション
**正会員　工博　神戸大学助教授　工学部建設学科
（〒657 神戸市灘区六甲台町1-1）
***正会員　工修　東日本旅客鉄道株式会社
****学生会員　　神戸大学大学院　工学研究科

2．経路誘導に関する従来の研究

路車間情報システムやそれを用いた経路誘導システムに関する研究は、各方面で研究、開発が行われている。しかし、ネットワーク規模における経路誘導の効果に関する研究は必ずしも多くない。我が国における代表的な研究には、フィールドテストとともいシミュレーションで経路誘導効果を検討した自動車総合管制システムに関する研究がある[1) 2)]。そして、森津・高野他による研究[3)]では、混雑状況や時間的な交通発生の変化に対する経路誘導効果について、シミュレーションを行い検討している。

経路誘導システムは多くの構成要素からなる複雑なシステムである。これまでの研究はとりあえず

様々な仮定の下に全体的な効果がどのように得られるかを調べたものであると言える。個々の構成要素がシステム全体の挙動に及ぼす影響は十分に検討されるには至らなかった。そこで、とくに交通情報提供に着目して経路誘導効果との関係に焦点を当てたものが本研究である。

3．経路誘導における交通情報提供

ここでは、次のような経路誘導システムが使用される状況を前提とする。まず、地上側においては一定の時間間隔で各リンクの終点に到着する車両の旅行時間を収集し、各リンクの平均旅行時間を算出してこれを経路誘導情報として提供する。路車間情報システムが使用できる車載装置を備えた誘導を受ける車両では、提供された旅行時間に関する情報から目的地までの最短時間経路の探索が行われ、誘導経路として表示される。運転者は、指示された経路に従って走行する。

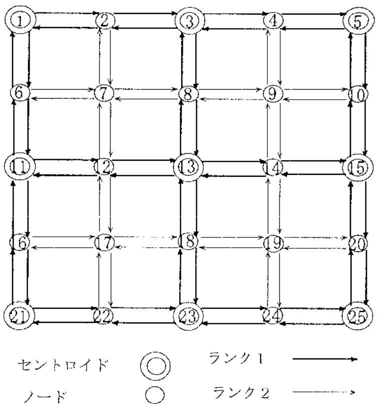
各車両が経路誘導を受けて走行することにより、目的地までの所要時間を短縮するためには、交通情報の的確さが要求される。この際に問題となることとしては、まず経路誘導に用いる交通情報の精度が低い場合にどのような影響があるかということがあげられる。これは、実際に路車間情報システムを使用して、経路誘導を受ける車両から各道路区間の旅行時間に関する情報を収集し、その情報をもとに経路誘導を行う場合の初期段階で起こりうることである。つまり、誘導を受ける車両からの情報のみから経路誘導を行う場合には、情報量の不足により提供するリンク旅行時間の精度が低くなる。その結果、適切な経路誘導ができない可能性がある。

また、経路誘導に使われる情報は、交通状況が刻々と変化しているため、より新しい情報であれば、より高い効果が得られると考えられる。しかし、各道路区間の旅行時間情報の収集は、車両が各道路区間を走行後、はじめて地上側の施設に伝達されるのである。そのため、誘導を受ける車両は、それ以前にリンク終点に到着した車両の情報をもとに最短経路探索を行うことになる。したがって、その時点でのリンクの状況をより正確に反映させるには、これからリンク内に入ろうとする車両の旅行時間を予測しなければならない。

表－1　単位ＯＤ表

（単位：％）

発生セントロイド	到着セントロイド								
	1	3	5	1 1	1 3	1 5	2 1	2 3	2 5
1	－	0.45	2.23	0.45	4.46	0.89	2.23	0.89	3.13
3	0.45	－	0.45	0.45	0.89	0.45	0.89	0.45	0.89
5	2.23	0.45	－	0.89	4.46	0.45	3.13	0.89	2.23
1 1	0.45	0.45	0.89	－	0.89	0.45	0.45	0.45	0.89
1 3	4.46	0.89	4.46	0.89	－	0.89	4.46	0.89	4.46
1 5	0.89	0.45	0.45	0.45	0.89	－	0.89	0.45	0.45
2 1	2.23	0.89	3.13	0.45	4.46	0.89	－	0.45	2.23
2 3	0.89	0.45	0.89	0.45	0.89	0.45	0.45	－	0.45
2 5	3.13	0.89	2.23	0.89	4.46	0.45	2.23	0.45	－



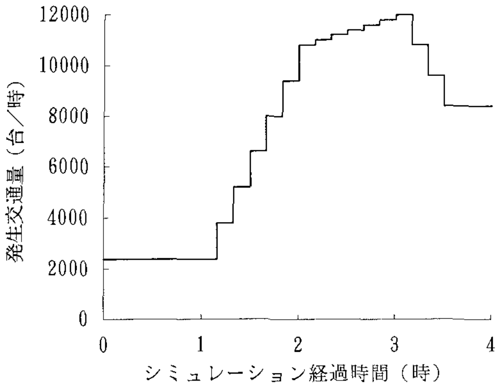
図－１　シミュレーションに用いるネットワーク

そこで、ここでは経路誘導を行う車両からの情報だけで経路誘導を行った場合や、各リンクの旅行時間を予測して経路誘導を行ったときの効果について検討する。

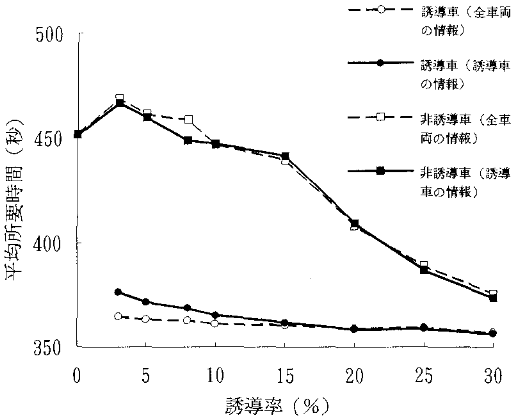
4．交通情報が経路誘導に及ぼす影響の検討

（1）シミュレーションの条件

ここでは、シミュレーションによって交通情報が経路誘導効果に与える影響について調べることにする。道路ネットワークの形状や特性が経路誘導効果に対して影響を与えることが考えられるが、（２）、（３）では以下のような条件でシミュレーションを行う。ネットワークは、図－１に示す25ノードからなる格子状ネットワークとする。リンクは区間長をすべて１㎞とし、２つのランクを設定する。ランク１として４車線道路を、ランク２として２車線道路を想定したものである。リンク間の接続には交差点通過コストとして、それぞれ一定の時間を右左折の際に与えることにする。



図－2　発生交通量の時間的変化



図－3　リンク旅行時間の収集方法による平均走行時間の違い

車両の起終点となるセントロイドは、9ノードに設け、車両は表－1に示す単位ＯＤ表に従ってランダムな時間間隔で発生させる。この表の値は、できるだけネットワークの中心に車両が集まるように考慮した発生交通パターンである。発生交通量は図－2に示すような時間～発生交通量の関係を用い、ＯＤパターンは一定のままでピーク時を想定した形をとっている。起点において発生した車両には、あらかじめ設定された割合を満たしながら乱数により経路選択クラスを与える。クラス1はつねに起終点間の距離による最短経路を走行し、クラス2は自由走行時の最短時間経路を走行する。これらが非誘導車であり、クラス1、2の車両は同一の割合で発生させる。クラス3は誘導車で、最新の経路誘導情報に基づいて経路を決定し、走行する。

シミュレーションモデルは、従来の研究[3]で使用したものを改良したものである。とくに必要のある場合以外には、シミュレーションの最小時間単位は2秒、経路誘導情報伝達送れは0分とする。また、シミュレーションは4時間にわたって行い、30分経過したあとから3時間に発生した車両のデータを集計するものとする。

（2）交通情報の精度と経路誘導効果

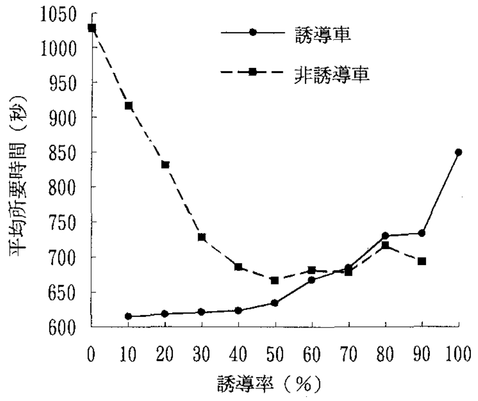
最初に、交通情報の精度と経路誘導効果の関係について調べる。提供される交通情報の精度は、基礎データの収集・処理方法に依存する。ここでは、路車間情報システムを通じて得た走行終了後の旅行時間を平均することにしているため、データを送信する車両が少ない場合には精度が低くなることが考えられる。そのようなケースとして、誘導を受ける車両だけからリンク旅行時間を収集した場合と、全車両のリンク旅行時間を収集できるとした場合の比較を行う。ここでは、その影響が大きいと考えられる誘導率が30%以下の場合に関して、平均所要時間と誘導率の関係について調べる。

シミュレーションの結果を示したのが図－3である。この図を見れば、誘導率が10%以下のところで差異が明確になっている。すなわち、誘導車のみの旅行時間の情報をもとに経路誘導を行った場合の方が誘導車の平均所要時間ががやや大きな値になっている。これに対して、非誘導車の方は、誘導率8%の場合を除いては、全車両の情報による場合も、誘導車のみの情報による場合も大差ない値を示している。

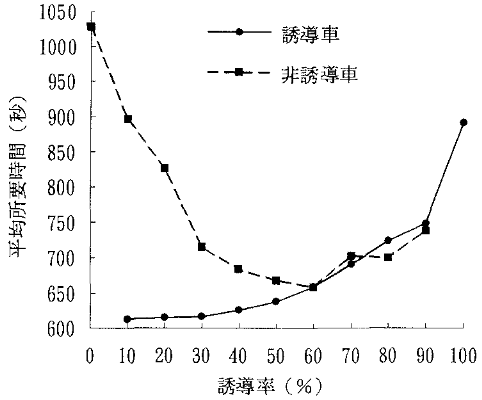
ここで示した例のほかに、人為的にリンク旅行時間に誤差を与えた場合についてもシミュレーションを行った。しかし、この場合には誤差が大きくなっても経路誘導効果にはほとんど影響がなかった。

（3）リンク旅行時間予測の導入

つぎに、リンク旅行時間として提供する情報に走行終了車両の旅行時間の平均値を用いるのでなく、予測値を使用することにしたときの効果を調べる。リンク旅行時間の短期予測の方法は様々な形で提案されているが、ここではもっとも簡単なトレンドを用いた予測方法を導入する。この予測方法は以下に



図－4　初期実行を行った場合の
シミュレーション結果



図－5　5回目の予測を行った場合の
シミュレーション結果

示すとおりである。

一般に、時系列データの時間的変動は、規則変動と不規則変動の2つに分けることができる。規則変動とは過去のデータに基づいた変動パターンであり、不規則変動とは一定の傾向に従った偶然的な変動と考える。その合計がリンク旅行時間の実測値であるとすると、任意時刻tにおけるリンク旅行時間の変動パターンは、次の式で表される。

$$Q(t)=X(t)+Y(t) \qquad (1)$$

ここで、

$Q(t)$：当該時刻のリンク旅行時間の実測値

$X(t)$：過去のデータに基づいた傾向値

$Y(t)$：リンク旅行時間の偶然変動値

よって、時刻tにおいて $X(t)$ と $Q(t)$ が得られれば、偶然変動値 $Y(t)$ が算出できることになる。そして、δt 時点先の偶然変動値 $Y(t+\delta t)$ を予測すれば、リンク旅行時間が予測できることになる。旅行時間の値を直接予測するのでなく、偶然変動値だけを交通状況から予測することによって予測値の誤差が小さくなり、より精度が向上する。

まず、リンク旅行時間の傾向値を求めるためにシミュレーションの初期実行を行い、平均リンク旅行時間の実測値を3項平均で平滑化してトレンド$r_0(t)$を求める。初期実行における偶然誤差 $y_0(t)$ を時系列データとして自己回帰分析を行い、各リンクの次数 p_0 と自己回帰係数 a_m^0 を計算する。そして、これを1回目のシミュレーションに用いる。しかし、この自己回帰モデルは経路誘導の影響を考慮したものにはなっていない。そこで、この過程を繰り返していくと、i回目のシミュレーションで、j時点先の予測偶然誤差および予測リンク旅行時間は次のようになる。

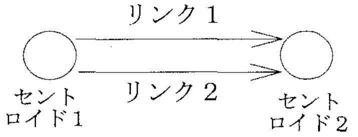
$$y_t(t+j)=a_1^{i-1}y_i(t+j-1)+a_2^{i-1}y_i(t+j-2)+\cdots+a_{p_{i-1}}^{i-1}y_i(t+p_{i-1}+1) \qquad (2)$$

$$\hat{x}_i(t+j)=r_{i-1}(t+j)+\hat{y}_i(t+j) \qquad (3)$$

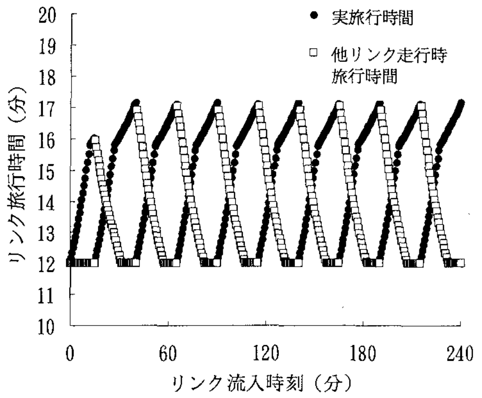
ただし、$j>2$のとき$y_i(t+j)=\hat{x}_i(t+j)$と仮定する。

ここでは、予測を行うリンクはランク1に限り、初期実行を行ってから、経路誘導の影響を考慮した自己回帰モデルにするために予測を用いる5回のシミュレーションを行う。そして、経路誘導の効果がもっとも現れやすい起終点間であるノード1→25、5→21、21→5、25→1を走行する車両について、誘導車、非誘導車別に平均所要時間と誘導率の関係をみることにする。

予測を用いない初期実行と5回目の予測を行った場合の結果を図－4、5に示す。これらの図を比較すると、リンク旅行時間の予測を行っても結果に大きな違いはない。予測を行った場合の方が、誘導率の高いところで非誘導車の平均所要時間がやや大きくなっているのみである。



図－６　単一ＯＤ２経路のネットワーク

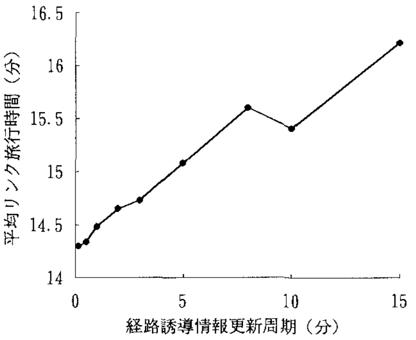


図－７　リンク流入時刻と旅行時間の関係

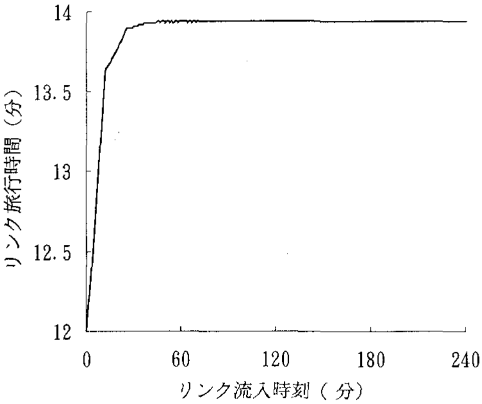
（４）単純なネットワークでの検討

（２）においては、交通情報の精度と経路誘導効果には明確な関係が見られず、（３）においてもリンク旅行時間の予測を導入してもそれほど大きな効果はみられなかった。その原因として、経路誘導情報における旅行時間と、実際に走行する車両の旅行時間にずれが生じており、その影響があるのではないかと考えられる。そこで、単純なネットワークを使い、この問題に関連する車両の経路選択や所要時間などの傾向についてシミュレーションを行い検討する。

ここで用いるシミュレーションは、（２）、（３）とは異なり、図－６に示す単一ＯＤ間を１リンクからなる２経路で結ぶ形のネットワークを用いる。発生交通量は1800台で等時間間隔（２秒間）で発生させる。また、（２）、（３）のモデルではリンク流出部分での滞留を考慮していたが、ここでは考慮しないことにする。また、リンクの旅行時間は各車両のリンク流入時におけるリンクの平均交通密度で決まるものとする。これを経路誘導情報更新周期を10秒から15分の範囲で変更してシミュレーションを行う。



図－８　経路誘導情報更新周期と
平均リンク旅行時間の関係



図－９　適切な経路誘導が行われた場合の
リンク旅行時間

図－７に経路誘導情報更新周期が５分のときのリンク流入時刻とリンク旅行時間の関係を示す。この図から、ある誘導情報に基づいて経路を選択しても、それぞれの車両の実際の旅行時間が誘導情報の場合と異なり、他の経路の方が旅行時間が短く時間を損失していることがわかる。また、いわゆるハンチング現象の発生状況も認められる。そして、図－８からは経路誘導情報更新周期の長さがこれらの現象の大きさに関係していることがわかる。

理想的な経路誘導がなされた場合、リンク流入時刻と旅行時間の関係は図－９のようになる。このようなときには、交通情報の精度を論じたり旅行時間予測を導入する意味があるが、図－７の状態はこれとはかけ離れている。したがって、図－９に示す状

態に近い経路誘導を実現することが最初に目指されなければならない。

5. おわりに

本研究では、経路誘導において提供される交通情報がどのような影響を及ぼすかについてシミュレーションを行って検討した。すなわち、交通情報の精度が重要であるという問題認識であり、また旅行時間を収集するシステムの欠点を補うためのリンク旅行時間予測の導入が必要であるとの認識があった。

交通情報の精度が低い場合として、経路誘導を受ける車両だけからリンク旅行時間を収集したときの影響については、誘導率が10%以下において誘導車の所要時間が増大する結果が得られたが、その差は僅かであった。また、リンク旅行時間を予測して経路誘導を行った場合もほとんど改善は見られなかった。

当初の問題意識からすれば、十分な成果は得られなかった。その原因として、誘導のために提供されたリンク旅行時間と、それによって決めた経路を走行した場合のリンク旅行時間のずれが大きいことが考えられた。そこで、単純なネットワークを用いてこの問題についての考察を行った。その結果、リンク旅行時間のデータ収集を行ってその平均値を提供するという方法では、理想的な経路誘導の状態からは程遠いことが確認できた。

従来から想定している経路誘導システムのモデルでは、経路誘導に用いるリンク旅行時間の情報は、情報提供を行う時点までに各リンクを流出してきた車両が報告してくる情報をもとにしている。これでは、その時点以降に当該リンクに流入しようとする車両には必ずしも有効な情報とはならない。経路誘導に役立つ情報とするためには、可能な限り新しいリンク内の状況を把握できる交通情報収集システムにするとともに、それを用いた正確なリンク旅行時間予測が必要であると考えられる。

参 考 文 献

1) 松本俊哲・三上　徹・油本暢勇・田部　力：自動車総合管制システム，電子通信学会誌，62巻，8号，pp. 870～887，1979.

2) 越　正毅：日本における自動車走行情報化システムの展開（CACSからの発展），財団法人自動車走行電子技術協会　ＪＳＫ国際シンポジウム　情報化・知能化で築く明日の自動車社会，pp. 10～18，1989.

3) 森津秀夫・松田洋二・高野宏和：交通状況と経路誘導効果に関する研究，土木計画学研究・講演集，NO. 15(1)，pp. 55～60，1992.