

交通状況と経路誘導効果に関する研究*

A STUDY ON EFFECTS OF ROUTE GUIDANCE SYSTEM IN VARIOUS TRAFFIC CONDITION

森 津 秀 夫**・松 田 洋 二***・高 野 宏 和***

By Hideo MORITSU, Youji MATSUDA and Hirokazu TAKANO

Using route guidance system, drivers are able to reduce their travel time. These effects of route guidance have been studied by the simulation methods. However the effects can be changed by the traffic condition and the network conditions. Therefore, we provide the results of case studies under the various conditions. For example, the effects of route guidance are large when network is congested. As for the effects of route guidance, origin and destination pairs are divided into 2 groups. In the cases of peak period and traffic accident, effects of route guidance were especially conspicuous.

1. はじめに

路車間情報システムを使用して交通情報を得る経路誘導システムを導入した場合の効果として、誘導を受ける車両が目的地までの走行時間を短縮できることが考えられている。さらに、誘導を受けない車両も誘導車が他の経路に移ることによる道路区間の混雑緩和の効果を受け、走行時間を短縮できる可能性がある。このような経路誘導の効果に関して、主としてシミュレーションを用いて研究が成されてきた。

経路誘導の効果は、ネットワークの構成や交通の条件によって異なると予想される。これらに関しては、必ずしも十分な研究が行なわれているとは言え

ない。そこで、ここでは交通状況と経路誘導効果の関係を調べることにする。ネットワークの全体的な混雑状況と経路誘導効果、交通発生が時間的に変化する場合の経路誘導効果、そして、事故が発生したときの経路誘導効果に関してシミュレーションを行い考察する。

2. 経路誘導効果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はプロジェクトとして推進されている。しかし、ネットワーク規模における経路誘導効果に関する研究は、数多く行なわれてきたとは言えないのが現状である。我が国における代表的なもののひとつは、自動車総合管制システムに関するもの^{1), 2)}である。この研究ではフィールドテストに加え、シミュレーションによっても経路誘導効果を検討している。そして、森津・大原他による研究³⁾では、経路誘導に使用する交通情報の遅れの影響等も含めてシミュレ

*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)

***学生会員 神戸大学大学院 工学研究科

ーションによる検討を行なっている。

シミュレーション手法による研究では、現実の状況を単純化した特定のケースを扱っているに過ぎない。最初の段階では、交通ネットワークフローがほぼ定常になるようなケースが選ばれる。しかし、経路誘導システムがその真価を示すのは交通状況が変化する場面であろうと考えられている。そこで、M. Van Aerde らは、事故が生じた場合における経路誘導効果を調べている⁴⁾。この研究では経路誘導と交通制御を組合せた場合も考察しているが、対象としているのは比較的簡単な梯子状ネットワークである。

3. 交通状況と経路誘導効果

ここでは、最も簡単な経路誘導システムが使われる状況を前提とする。すなわち、地上側では一定時間間隔で直前の観測結果に基づいて道路区間ごとの旅行時間を算出し、経路誘導情報として車両に提供する。車載装置では路車間情報システムを通じて提供された旅行時間から目的地までの最短時間経路を求め、誘導経路として表示する。運転者は指示された誘導経路に従って走行する。

それぞれの車両が経路誘導を受けて走行するのは、目的地までの所要時間が短縮されることを期待してである。また誘導車が別の経路を選択することによって混雑していた経路の混雑が緩和され、誘導を受けない車両の所要時間も短くなることもある。したがって、誘導車にとっての経路誘導効果は非誘導車との平均所要時間差で評価することができ、交通全体としてはすべての車両の平均所要時間で評価することができる。これまでの研究で明らかにされているように、誘導車の割合が高くなると、ハンチング現象が生じ負の経路誘導効果になることもある³⁾。

平均所要時間で経路誘導効果を評価することになると、経路誘導を導入したときにどのような状況であれば所要時間の短い誘導経路を示せるかを考えればよい。まず、短い所要時間の経路に誘導するには、利用し得る様々な経路が存在することが望ましい。また、誘導を受けない車両が混雑によって経路を変更しないとすれば、混雑の程度が大きいほど経路誘導効果が大いと考えられる。ただし、ここで対象としているシステムでは、誘導経路に集中する車両が過度に多ければ、実際には期待された時間短縮が

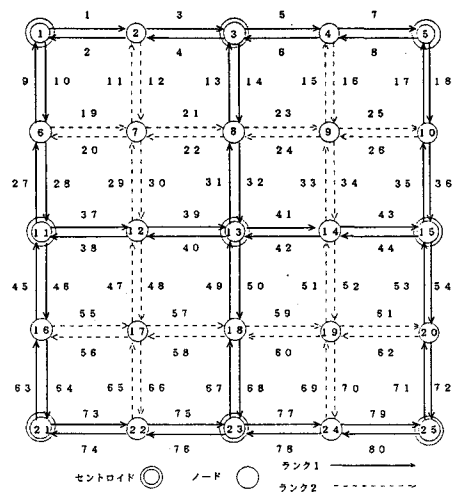


図-1 シミュレーションに用いるネットワーク

得られないこともある。さらに、交通情報の価値が高く、したがって経路誘導効果が大いと考えられるのは、交通需要が時間的に変化する場合や予期しない事態が発生した場合であろう。

そこで、ここではネットワークの混雑状況や代替経路の可能性が経路誘導効果に及ぼす影響を調べ、さらに交通発生が時間的に変化する場合と事故時における経路誘導効果について検討することにする。

4. シミュレーションによる経路誘導効果の評価

(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状況と経路誘導効果の関係を調べることにする。道路ネットワークの形状自体が経路誘導効果に影響すると考えられるが、ここでは図-1に示す25ノードからなる格子状ネットワークを使用する。リンクの長さはすべて1kmとし、4車線道路を想定したランク1と2車線道路を想定したランク2に分類する。リンク間の接続にはそれぞれ一定の右左折コストを与えることにする。

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に発生させる。起点において発生した車両には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

表-1 単位OD表

	1	3	5	11	13	15	21	23	25
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
11	0.45	0.45	0.89	-	0.89	0.45	0.45	0.45	0.89
13	4.46	0.89	4.46	0.89	-	0.89	4.46	0.89	4.46
15	0.89	0.45	0.45	0.45	0.89	-	0.89	0.45	0.45
21	2.23	0.89	3.13	0.45	4.46	0.89	-	0.45	2.23
23	0.89	0.45	0.89	0.45	0.89	0.45	0.45	-	0.45
25	3.13	0.89	2.23	0.89	4.46	0.45	0.23	0.45	-

(単位: %)

合で発生させるが、ここで設定したネットワークではどちらも同じ経路を走行することになる。クラス3は通常の誘導車で、クラス4は新たな経路の時間短縮量に応じて経路変更率が変わるようにした誘導車両である。クラス3、4の2種類の誘導車を使う場合には同じ割合で発生させることにする。

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が、基本的な部分是不変。主要な変更点は、交通発生の時間的変化への対応と、特定の時間にリンクの属性を変えられるようにしたことである。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0.1秒、リンクデータ更新周期は1分、交通流情報更新周期、経路誘導情報更新周期、旅行時間平均化時間はそれぞれ5分、経路誘導情報伝達遅れは0分とする。また、通常の場合は4時間分のシミュレーションを行ない、30分経過した後から3時間の間に発生した車両のデータを集計するものとする。

(2) ネットワークの混雑による影響

最初にネットワークの混雑状況と経路誘導効果の関係について調べる。表-1に示すODパターンは一定のままで、車両の1時間当たり発生交通量を变化させることにより、誘導車と非誘導車の平均所要時間がどのように変化するかを見ることにする。4つの経路選択クラスを使い、誘導率は20%とする。

シミュレーションを行なった結果は図-2に示すとおりである。発生交通量が増加すれば誘導車も非誘導車も平均所要時間も大きくなっているが、誘導車の平均所要時間の増加は非誘導車よりも緩やかである。5000台/時のときには誘導車と非誘導車の差はほとんどないが、12000台/時では誘導車の平均所要時間は20%近くも短くなっている。混雑しているほど経路誘導効果は大きいであろうということは

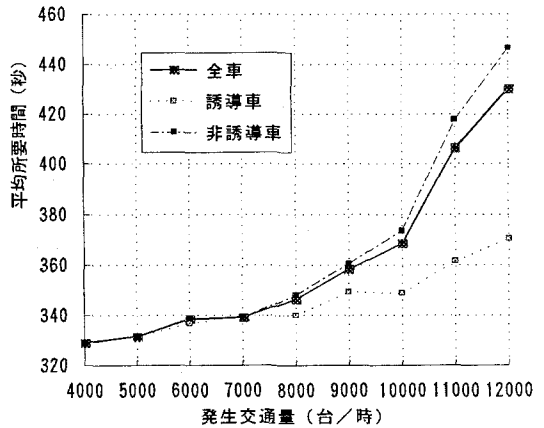


図-2 発生交通量と平均所要時間の関係

容易に想像されるが、それを裏付ける結果が得られた。

(3) 代替経路の可能性による影響

ネットワークの構成、あるいはネットワークにおける起終点の位置関係によっては実際に選択される可能性のある経路の数は異なる。起終点間に経路が1本しか存在しないなら、経路誘導は意味を持たない。起終点間に経路が複数存在し、非誘導車が走行する経路に対して距離的に大差ない経路があれば、混雑したときに経路誘導に利用でき、誘導車の所要時間を短縮できると考えられる。

たとえば、図-1に示したセントロイドから起終点对を選んだとき、その位置関係によって実際に使われる可能性のある経路の数は異なる。そこで、ネットワーク上で同じ位置関係にある起終点对集合ごとに所要時間を集計し、その違いを調べることにする。(2)の結果から、ある程度の混雑がなければ

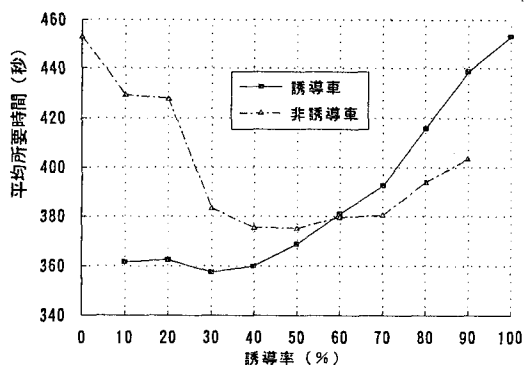


図-3 全起終点对での平均所要時間

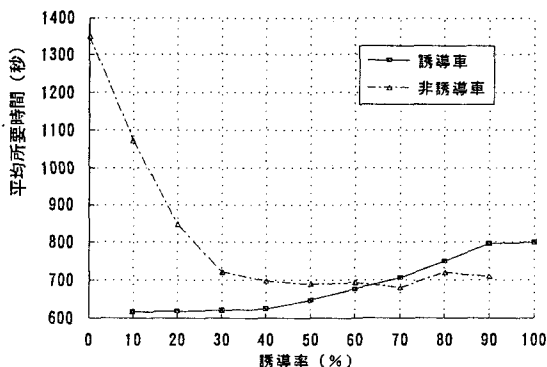


図-5 ノード1→25タイプの起終点对での平均所要時間

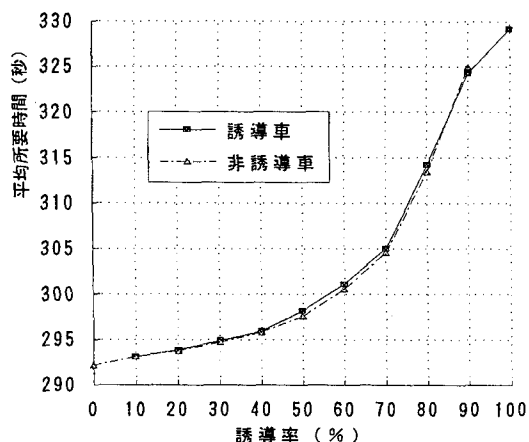


図-4 ノード1→5タイプの起終点对での平均所要時間

ば経路誘導効果が小さいことが明かなので、ここでは、11000台/時の車両を発生させることにする。また、誘導車との相違を明確にするために、誘導車はクラス3のみを使うことにする。

シミュレーションの結果、すべての起終点对での車両の平均所要時間は図-3のようになった。従来の研究でも指摘されていたように、誘導率が高くなれば誘導車の所要時間が増大するというものである。起終点对集合ごとに集計すると、大きくは2つに分けることができる。すなわち、誘導率にかかわらずほとんど経路誘導効果がないものと、全体と同じ傾向を示すものである。

前者の典型的なものを示すと、図-4のようになる。これは、ノード1からノード5へと同じ位置関係にある起終点对の車両についての平均所要時間をまとめたものである。図-4と同様に経路誘導の効果がないものは、いずれもネットワークにおいて起終点が直線上に位置するものであった。他の経路への迂回が実際には起こらないためにこのような結果となっているのである。ただし、他の起終点对の誘導車両の動きのために図-4のように誘導率とともに所要時間が増加するものもあれば、逆のものも含まれる。一方、全体と同じ傾向を示すのは、起終点その他の位置関係にあるもので、ノード1からノード25が代表する起終点对集合の平均所要時間を図-5に示す。

(4) 交通発生の時間的変化と経路誘導効果

これまでのシミュレーションは、需要交通である車両の発生率を一定にした定常な場合のものである。この場合、誘導車両の動きによってリンク交通量は変動するが、ある一定の範囲内でネットワークフローは安定すると考えられる。しかし、経路誘導の価値が大きいのは需要交通が変化する場合であると考えられる。そこで、ここではそのようなケースのひとつとして、車両の発生率を経過時間とともに変化させた状態でのシミュレーションを行なうことにする。ODパターンは一定のままで、ピーク時を想定して図-6のように発生交通量を変化させる。

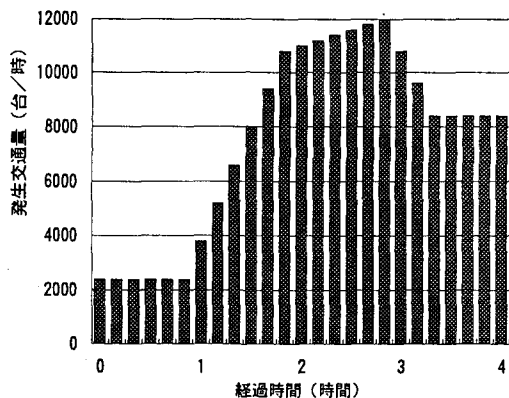


図-6 発生交通量の時間的变化

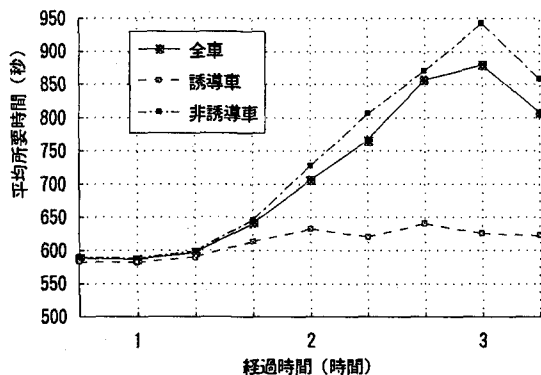


図-7 発生時間帯別平均所要時間

車両をその発生した時間帯ごとに集計して平均所要時間を図示すると、誘導率が20%の場合には図-7のようになる。ただし、(3)の図-5と同様に経路誘導効果の大きい対角位置に起終点があるものだけを抽出したものである。これを見れば、発生交通量が増加しても誘導車の所要時間はわずかに長くなっているだけである。誘導率が高くなった場合には、(2)の結果からも類推されるように誘導車と非誘導車の差が小さくなり、場合によっては誘導車の方が所要時間が大きくなることもあった。

(5) 事故時における経路誘導効果

経路誘導の効果として、予期しない事態に際しても適切な経路に車両を誘導できることがあげられる。これまでの研究にも事故時の状態での経路誘導をシミュレーションで調べているものがある⁴⁾。そこで、

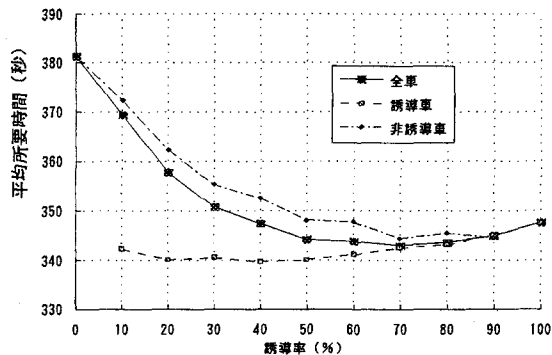


図-8 事故発生時の平均所要時間

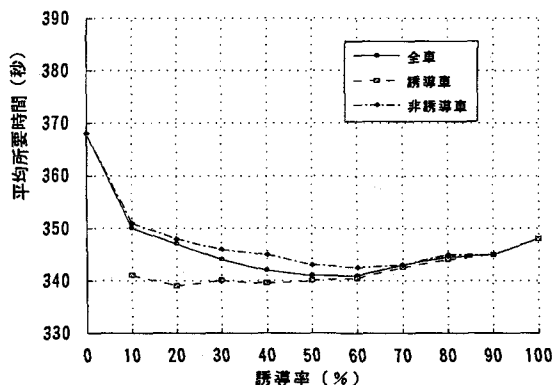


図-9 通常時の平均所要時間

ここでも事故が起きた場合を想定したシミュレーションを行なうことにする。シミュレーションモデルにおいて事故を表現するには、事故の発生時にリンクの属性値を変化させることでできる。ここでは、図-1のリンク47において、40分経過後に容量を0.75車線分相当減少させ、その後に反対車線への影響としてリンク48の速度を25%低下させる。そして30分の継続時間の後に段階的に回復させるものとする。

シミュレーションの結果は図-8に示すとおりである。図-9が事故を発生させない状態での平均所要時間であり、これらを比較すれば事故による影響を見ることができる。非誘導車は事故の影響で所要時間が長くなっているが、誘導車はほとんど影響がない。

5. おわりに

ここでは、様々な交通状況の下での経路誘導効果に関してシミュレーションを行ない検討した。すなわち、ネットワークの混雑や代替経路の可能性が経路誘導効果に与える影響を調べ、経路誘導が効果を発揮できると考えられている交通発生が時間的に変化する場合と事故時を想定したシミュレーションを行なった。

ネットワークの混雑による経路誘導効果への影響に関しては、ODパターンを一定にしたまま発生交通量を変えたシミュレーションを行なった。その結果、発生交通量が多くネットワークが混雑しているほど誘導車と非誘導車の所要時間差が大きかった。もちろん、ネットワークを構成するあらゆるリンクの混雑度が高い場合には経路誘導を行なっても無意味である。しかし、一般に混雑している状態において経路誘導の効果が大きいであろうという見通しを裏付ける結果が得られた。

ネットワークの構成、あるいはネットワークにおける起終点の位置関係によっては実際に選択される可能性のある経路の数は異なる。そのような、代替経路の可能性の違いによって、経路誘導効果が異なることを確かめた。すなわち、ネットワーク上で同じ位置関係にある起終点对について所要時間をまとめると、まったく経路誘導効果が得られないものと、大きな効果が得られるものに分類できた。そして、効果が得られないのは起終点間で通常使われる経路に対して代替経路の距離差が大きい場合であった。

交通発生が時間的に変化する場合として、ピーク時を想定したシミュレーションでは誘導車は発生交

通量が増加してもその影響をあまり受けないという結果が得られた。また事故時を表現したシミュレーションでも経路誘導が有効であるという結果であった。

ここで得られた結果は、いずれも経路誘導の効果に関して考えられていることを確認した内容であった。しかし、経路誘導自体は基礎的な方法であり、改善の余地は大きい。また、交通発生の変動や事故に関しては一つの例を示したに過ぎない。様々な状況における経路誘導の効果を調べ、より望ましい経路誘導を実施できるようにすることが必要であろう。

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 J S K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・大原竜也・多田典史・井上琢弥：経路誘導による交通ネットワークフローの変化に関する分析，土木計画学研究・論文集，NO. 9，pp. 37～44，1991.
- 4) Rakha, H., M. Van Aerde, E. R. Case and A. Ugge : Evaluating the Benefits and Interactions of Route Guidance and Traffic control Strategies using Simulation, VINS' 89-IEEE-VTS-V39 9, pp296-303, 1989.