

リアルタイム交通情報の提供効果

吉井稔雄¹・桑原雅夫²

¹正会員 博(工) 高知工科大学助教授 社会システム工学科 (〒782-8502 高知県香美郡土佐山田町)

²正会員 Ph.D. 東京大学教授 生産技術研究所 (〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1)

本研究は、リアルタイムの交通情報提供が交通状況に与える影響について、考察を加えるとともに、その評価方法を提案し、実際の道路ネットワークと交通量を用いた試算を行うものである。簡単なネットワークを用いた考察を加え、需要が変動すると、場合によっては情報の提供が逆効果になるということを確認した。都市内の道路ネットワークを対象として、情報提供効果を試算する方法を提案し、実ネットワークと実交通量を用いた試算を行った。その結果、OD パターンに変化がある場合には情報提供効果が認められるが、平常時に関しては、渋滞の立ち上がり時に効果が得られるものの、その他の時間帯については効果がほとんど期待できない等の知見を得た。

Key Words: network flow, traffic information, route guidance, traffic simulation

1. はじめに

情報化に伴って、質・量ともに豊富な交通情報の提供がなされるようになり、交通情報が交通状況に及ぼす影響はますます増大している。ドライバーに対して渋滞、事故、目的地までの所要時間といった情報を提供することは、「ドライバーの心理状態の改善効果」ならびに交通流を時間的・空間的に分散させることによる「渋滞の緩和効果」があると考えられている。このうち、前者に関しては、定量的にその効果を把握することは困難であるので、ここでは、後者に焦点をあてることとする。例えば、トリップ前には、ラジオなどのマスメディア、電話、FAXを介した情報によって、ドライバーは機関選択や出発時刻選択、あるいはトリップ中止の決定を行うことが予想される。また、トリップ開始後の運転中には、ラジオからの情報、路側に設置された可変交通情報表示板に表示された情報、さらには1996年に開始されたVICSシステムによる情報などを利用して、ドライバーはしばしば経路変更を行う。このような変更を促すことで、交通流が時間的・空間的に分散されることから、渋滞が緩和するものと考えられている。しかしながら、この効果を定量的に把握する方法は確立されていないだけでなく、効果そのものを疑問視する意見も存在している¹⁾⁴⁾。また、トリッ

プ開始前の情報提供による効果とトリップ開始後の効果では、時間的な分散を促す等、より広く需要が分散される前者により大きな効果が期待される²⁾³⁾⁴⁾⁶⁾。本研究では、情報提供効果を評価する第1歩として、空間的な需要の分散効果に着目する。具体的には、トリップ開始後に提供される交通情報に対象を絞り、簡単なネットワークを用いて考察を加えた後、情報提供が交通状況に与える影響を評価する方法を提案し、提案した方法を実ネットワークに適用して、情報提供効果を試算する。

2. 既往の研究

リアルタイムの交通情報を提供することは、その情報が指示する経路に車両が集中することによって、逆にその経路が混雑し、全体として交通状況が悪化することがあるので、「必ずしも交通状況の改善効果が期待できるものではない」という指摘がなされている。例えば、森津ら⁵⁾は、路車間の双方向通信を想定し、情報によって最適と判断される経路を走行する誘導車と、自由流走行時の最短所要時間経路を選択する非誘導車とに分類して分析を行い、誘導車が70%を超える状況での効果の減少および情報伝達の遅れによる効果の減少を指摘している。さらに、

Mahmassani ら²⁾は、現在走行中の路線を引き続き走行するよりも、路線を変更することで、ある一定レベル以上旅行時間が短縮される場合にのみ変更を行うという経路選択ドライバーと、経路変更を行わない経路固定ドライバーの2種類のドライバーを想定した分析を行い、経路選択ドライバーが最短所要時間の経路を選択する場合には、「経路選択ドライバーの割合が増えることによる交通への影響が悪化する」という情報の悪影響がより顕著に現れることを指摘している。これらの研究に共通する最大の問題は、情報が提供されない場合の交通状況をいかに評価するのかという点である。いずれも、情報が提供されない場合には、交通状況には関係無く、全てのドライバーが自由流走行時に最短所要時間となる経路を選択するものとされている。しかしながら、実際にネットワーク上を走行する車両は、経験により交通状況に関する知識を持ち合わせているので、その経験情報に基づいて経路選択を行うドライバーも存在する。そのため、通勤交通を対象とした場合など、日々同じ状況が繰り返される場合には、各ドライバーは経験によって経路を選択すると考えられるので、やがては利用者均衡状態⁹⁾に落ち着くことになる。一方、例えば観光地の交通ネットワークなど、交通状況が大きく変動するネットワークにおいては、ドライバーは経験だけでは正確な交通情報を持つことが出来ないので、リアルタイムの交通情報を提供することで、交通状況が大きく改善される可能性がある。このように、情報提供による交通状況改善効果は、ネットワークの交通特性によって異なるものである。そこで、交通情報の提供効果に関しては、個別のネットワークを対象とした定量的な分析を行う必要がある。

本研究では、最初に、情報提供が無い場合にも、各ドライバーは、経験によって認識する平均的な交通状況に応じた経路選択を行うものと仮定し、安定した需要が発生し、日々同じ交通状況が現れている簡単な道路ネットワークを想定する。このネットワークで需要が微量変化することによって発生する情報提供効果について、その基本的性質を調べる。その後、都市内の実道路ネットワークを対象にして、効果の試算を行う。

なお、面的な広がりを持った道路ネットワークを対象とした、交通情報の提供効果に関する分析は、動的均衡配分理論によるアプローチでは困難であることから、主としてシミュレーションモデルを用い

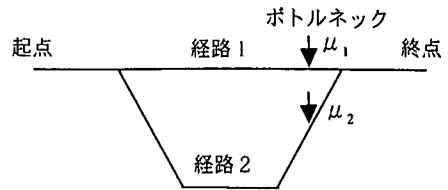


図-1 分析に用いた1OD2経路のネットワーク

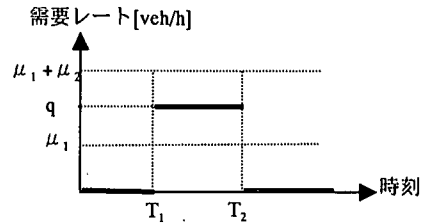


図-2 想定した需要

た分析^{5),7),8),9),10)}が行われており、本研究でもシミュレーションモデルを用いた試算を実施する。シミュレーションを用いた分析は、ケーススタディーにすぎないことから、一般的な結果を導くものではないという問題点を抱えているが、情報提供の効果を定量的に把握することが可能となり、そのおおまかな傾向を知る上では、大変有効な手段であるといえる。

3. 簡単なネットワークを用いた考察

(1) 考察に用いるネットワークと交通需要

安定した交通状況が日々繰り返されている状態を想定し、そこから需要が変動することにより、交通状況が微妙に異なる場合における、情報提供による交通状況改善効果を、1OD2経路の簡単なネットワーク(図-1)を用いて考察する。ネットワークは距離の短い経路1と迂回路の経路2からなり、いずれの経路に関しても、各車両は自由流速度で移動した後、ボトルネック地点(容量はそれぞれ μ_1, μ_2 [veh/h])においてvertical queueをなすものとする。需要パターンとしては、以下に示すように、経路1のボトルネック容量(μ_1)を上回り、両経路の容量の合計には満たない需要レート q が、ある一定時間($T=T_2-T_1$)だけ継続して発生する状況を想定する(図-2)。

需要レート： q [veh/h], $\mu_1 < q < \mu_1 + \mu_2$

総発生交通量： Q [veh], $Q = q \times T$

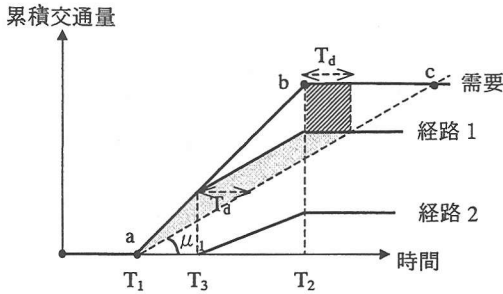


図-3 均衡状態における各経路の累積交通量

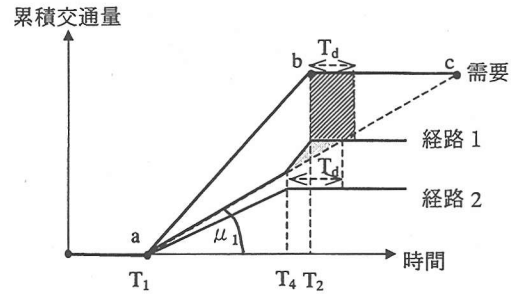


図-4 最適状態における各経路の累積交通量

(2) 利用者均衡とネットワーク最適状態

a) 利用者均衡状態

図-3は、利用者均衡状態が達成された場合に、経路1および経路2を利用する交通の、出発地点における累積交通量を示したものである。最初は全ての交通が距離の短い経路1を利用し、経路1のボトルネックで渋滞が発生する。やがて渋滞による待ち時間が経路2と経路1との自由流旅行時間の差(T_d)に等しくなる時刻(T_3)を過ぎると、ボトルネックの容量に等しい交通量が経路1を選択し、それ以外の交通は経路2へ迂回することになる。このとき、迂回による損失(図中斜線部)と待ち行列による待ち時間(図中網掛け部)の合計が損失時間(式(1))となる。

$$\text{損失時間} = L_{UE} = T_d \cdot Q - \frac{1}{2} T_d^2 \frac{q\mu_1}{q - \mu_1} \quad (1)$$

b) ネットワーク最適状態

利用者均衡状態に対して、トータルの損失時間を最小とするネットワーク最適状態は、以下にして達成される(図-4)。すなわち、基本的には経路1に渋滞が発生しないように、最初からボトルネックの容量に等しい交通量が経路1を選択し、それ以外の交通は経路2へ迂回する。やがて、それ以降の需要が全て経路1を選択した場合に、発生する待ち行列の継続時間が T_d に等しくなる時刻(T_4)を過ぎると、全ての交通が経路1を選択するという状況である。このとき、迂回による損失(図中斜線部)と待ち行列による待ち時間(図中網掛け部)の合計が損失時間(式(2))となる。

$$\text{損失時間} = L_{SO} = T_d \cdot Q - T_d \cdot T\mu_1 - \frac{1}{2} T_d^2 \cdot \frac{\mu_1}{q} (q - \mu_1) \quad (2)$$

先の利用者均衡状態と比較すると、経路2へ迂回する交通量が微増するため迂回による損失は微増するが、経路1に発生する渋滞の待ち時間による損失が大幅に減少するので、全体として損失時間が減少することになる。なお、利用者均衡状態における渋滞継続時間が T_d 以下の場合には、両者は等しくなる。

完全情報を提供した場合に達成されると考えられる利用者均衡状態は、個々の利用者にとっては最適状態であるが、一般的には、ネットワーク最適状態(ネットワークの総旅行時間が最小となる状態)ではないので、情報を提供した場合よりもトータルとして損失時間が減少する余地は残されている。このため、いくつかの指摘にあるように、情報提供により交通状況が悪化するという現象が起こり得るのである。なお、利用者間の公平性という観点からみれば、利用者均衡状態が望ましい状態である。

(3) 情報提供の効果

情報提供が無い場合に、利用者が自由流で最短所要時間となる経路(ここでは経路1)を選択すると仮定した場合には、損失時間は図-3中の $\triangle abc$ で示され、情報提供下で達成されると考えられる利用者均衡状態での損失時間(図-3中、斜線部と網掛け部の合計)と比較することにより、損失時間の差が情報提供効果として評価されることになる。このようなやや乱暴な仮定の下では、必ず、情報提供による効果が現れることになる。これに対して、本研究における分析では、より現実に近い状況として、下記の仮定の下に分析を進める。

a) ドライバーの経路選択行動の仮定

i) 情報提供される場合

全てのドライバーが完全情報を取得し、目的地までの所要時間が(事後的に)最短となるルートを選択する。

ii) 情報提供の無い場合

走行経験豊富で、平均的な交通状況を認識している一部のドライバーは、情報提供がなされない場合でも、彼らの認識する平均的な交通状況をもとに経路選択を行う。

この仮定の下で、日々の交通状況（需要パターン）に変化が無い場合には、情報提供の有無にかかわらず、利用者均衡状態(図-3)が達成されるので、情報提供による効果は発生しない。

b) 需要の変動による情報提供効果

ある日の需要レートが平均的な交通状況を示すレート q_0 からレート q ($q=q_0-dq$) に変化した場合を考える。

情報提供がなされた場合には、上記仮定 i) より、利用者均衡状態が達成される。需要レートが dq 減少した場合の、各経路を選択する交通の累積交通量を図-5に示す。対して、情報提供の無い場合には、各ドライバーは需要レートの変化を知られないので、時刻 T_3 までは、全ての交通が経路1を選び、それ以降は、図-3中の時間帯 $T_3 \sim T_2$ で各経路を選択する比率 ($\mu_1:q_0-\mu_1$) に従って経路選択するものと考えられる(式(3),(4))。このとき、需要レートが dq 減少した場合の、各経路を選択する交通の累積交通量を図-6に示す。図中の時間帯 $T_3 \sim T_2$ における両経路の流入レート μ_{1a} 、 μ_{2a} は、式(3),(4)によって求められる。

$$\mu_1 : q_0 - \mu_1 = \mu_{1a} : \mu_{2a} \quad (3)$$

$$\mu_{1a} + \mu_{2a} = q_0 - dq = q \quad (4)$$

それぞれの損失時間を計算すると、情報が提供される場合(図-5)：

$$L_{inf} = T_d \cdot Q - \frac{1}{2} T_d^2 \cdot \frac{q \cdot \mu_1}{q - \mu_1} \quad (5)$$

情報提供が無い場合(図-6)：

$$L_{no-inf} = T_d \cdot Q + \frac{1}{2} T^2 \cdot \mu_1 \left(\frac{q}{q_0} - 1 \right) - \frac{1}{2} T_d^2 \cdot \mu_1 \left(\frac{q}{q_0} + \frac{q}{q_0 - \mu_1} \right) + \frac{1}{2} \mu_1 \left(\frac{q}{q_0} (T + T_d) - T \right)^2 \quad (6)$$

である。このとき、

$$\text{情報提供効果} = E = L_{no-inf} - L_{inf}$$

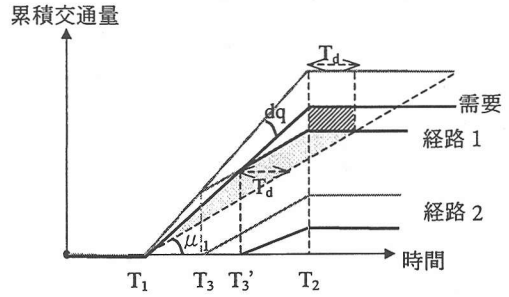


図-5 情報提供がある場合の各経路の累積交通量 (微量需要が減少した場合)

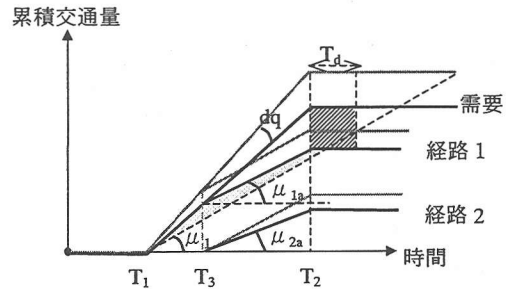


図-6 情報提供がない場合の各経路の累積交通量 (微量需要が減少した場合)

$$= \frac{1}{2} T^2 \cdot \mu_1 \left(\frac{q}{q_0} - 1 \right) - \frac{1}{2} T_d^2 \cdot \mu_1 \left\{ \left(\frac{q}{q_0} + \frac{q}{q_0 - \mu_1} \right) - \frac{q}{q - \mu_1} \right\} + \frac{1}{2} \mu_1 \left(\frac{q}{q_0} (T + T_d) - T \right)^2 \quad (7)$$

$$\frac{dE}{dq} = \frac{1}{2} T^2 \cdot \mu_1 \frac{1}{q_0} - \frac{1}{2} T_d^2 \cdot \mu_1 \left\{ \frac{1}{q_0} + \frac{1}{q_0 - \mu_1} + \frac{\mu_1}{(q - \mu_1)^2} \right\} + \mu_1 \frac{T + T_d}{q_0} \left\{ \frac{q}{q_0} (T + T_d) - T \right\} \quad (8)$$

$$\left. \frac{dE}{dq} \right|_{q=q_0} = \left\{ \frac{\mu_1}{q_0 - \mu_1} T_d + \frac{\mu_1}{2q_0} \left(T - \frac{\mu_1}{q_0 - \mu_1} T_d \right) \right\} \cdot \left(T - \frac{\mu_1}{q_0 - \mu_1} T_d \right) = \left\{ (T_3 - T_1) + \frac{\mu_1}{2q_0} (T_2 - T_3) \right\} (T_2 - T_3) > 0 \quad (9)$$

となり、平均的な交通状況 ($q=q_0$) の場合には、情報提供効果は0であるから、需要が微量減少した場合 ($q=q_0-dq$) には、情報提供効果はマイナスになる。すなわち、情報提供が無い場合の方が情報提供した場合と比較して損失時間が小さく、情報提供が逆効果となることが確認された(反対に需要レートが増大した場合には、情報提供効果が発生する)。

大きく需要が変動した場合

需要レートが大きく変動する場合の、各需要レベルにおける情報提供効果を整理して、以下に示す。ただし、需要が変動しても、需要は、図-2に示すように、ある一定時間 ($T=T_2-T_1$) だけ一定量発生するものとする。

(a) 全需要が経路1を利用した場合でも待ち行列が発生しない場合 ($q < \mu_1$)

$$E_a = (T_2 - T_1) \frac{q_0 - \mu_1}{q_0} q \cdot T_d > 0 \quad (10)$$

$$\frac{dE_a}{dq} = (T_2 - T_1) \frac{q_0 - \mu_1}{q_0} \cdot T_d = \text{const} > 0 \quad (11)$$

(b) 全需要が経路1を利用した場合に、発生する待ち行列の時刻 T_2 における待ち時間が T_d 以下の場合

$$(\mu_1 < q < \frac{T+T_d}{T} \mu_1)$$

$$E_b = -\frac{1}{2} T^2 \frac{q}{\mu_1} (q - \mu_1) + T \cdot T_d \frac{q}{q_0} (q_0 - \mu_1) + \frac{1}{2} T_d^2 \cdot \mu_1 \left(\frac{q - \mu_1}{q_0 - \mu_1} \frac{q}{q_0 - q} - 2 \frac{q}{q_0} \right) \quad (12)$$

$$\frac{dE_b}{dq} = -\frac{1}{2} T^2 \frac{2q - \mu_1}{\mu_1} + T \cdot T_d \frac{q_0 - \mu_1}{q_0} + \frac{1}{2} T_d^2 \cdot \mu_1 \left(-\frac{1}{q_0 - \mu_1} + \frac{q_0}{(q_0 - q)^2} - \frac{2}{q_0} \right) \quad (13)$$

(c) 全需要が経路1を利用した場合に、発生する待ち行列の時刻 T_2 における待ち時間が T_d 以上、かつ情報提供されない場合に、経路1の待ち行列が時刻 T_2 までに解消してしまう場合

$$\left(\frac{T+T_d}{T} \mu_1 < q < \frac{T}{T+T_d} q_0 \right)$$

$$E_c = -T \cdot T_d \cdot \mu_1 \frac{q}{q_0} + \frac{1}{2} T_d^2 \cdot \mu_1 \left(\frac{q - \mu_1}{q_0 - \mu_1} \frac{q}{q_0 - q} - 2 \frac{q}{q_0} + \frac{q}{q - \mu_1} \right) \quad (14)$$

$$\frac{dE_c}{dq} = -T \cdot T_d \frac{\mu_1}{q_0} + \frac{1}{2} T_d^2 \cdot \mu_1 \left(-\frac{1}{q_0 - \mu_1} + \frac{q_0}{(q_0 - q)^2} - \frac{2}{q_0} - \frac{\mu_1}{(q - \mu_1)^2} \right) \quad (15)$$

(d) 情報提供されない場合に、経路1の待ち行列が時刻 T_2 まで継続し、かつ需要が両経路の容量の合計値を超えない場合 ($\frac{T}{T+T_d} q_0 < q < \mu_1 + \mu_2$)

提供効果 E_d ならびにその微分値は、式(7),(8)に示される通りである。

情報提供効果

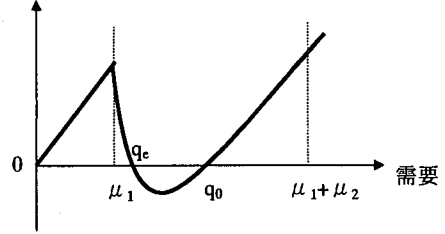


図-7 需要が変動した場合の情報提供効果

(e) 需要が両経路の容量の合計値を超えるが、情報提供がない場合には、経路2に待ち行列が発生しない場合 ($\mu_1 + \mu_2 < q < \frac{q_0}{q_0 - \mu_1} \mu_2$)

$$E_e = T \cdot T_d q \left\{ 1 + \frac{\mu_1 (q - q_0)}{q_0^2} + \frac{\mu_1^2}{q_0 (q - \mu_1)} \right\} - \frac{1}{2} T_d^2 \cdot \mu_1 \left[\frac{q^2}{q_0^2} \left\{ \frac{(3q_0 + \mu_1)(q_0 - \mu_1)}{(q - \mu_1)^2} - 1 \right\} + \frac{q}{q_0} \left\{ 1 - \frac{\mu_1 (3q_0 - \mu_1)}{(q - \mu_1)^2} \right\} + \frac{q}{q_0 - \mu_1} \right] \quad (16)$$

$$\frac{dE_e}{dq} = T \cdot T_d \left\{ 1 + \frac{\mu_1 (2q - q_0)}{q_0^2} + \frac{\mu_1^3}{q_0 (q - \mu_1)^2} \right\} - \frac{1}{2} T_d^2 \cdot \mu_1 \left[\frac{2q(3q_0 - \mu_1)(q_0 - \mu_1)(3q_0 - \mu_1 - q)}{q_0^2 (q - \mu_1)^3} + \frac{2q}{q_0^2} \frac{\mu_1 (q_0 - \mu_1)(q + \mu_1)}{q_0 (q - \mu_1)^2} + \frac{1}{q_0} + \frac{1}{q_0 - \mu_1} \right] \quad (17)$$

(f) 需要が両経路の容量の合計値を超え、情報提供がない場合にも、経路2に待ち行列が発生する場合 ($\frac{q_0}{q_0 - \mu_1} \mu_2 < q$)

$$E_f = E_e + \left(T - \frac{\mu_1}{q_0 - \mu_1} \right)^2 \frac{q}{q_0} \frac{q_0 - \mu_1}{\mu_2} \left(q - \frac{q}{q_0} \mu_1 - \mu_2 \right) \quad (18)$$

$$\frac{dE_f}{dq} = \frac{dE_e}{dq} + \left(T - \frac{\mu_1}{q_0 - \mu_1} \right)^2 \frac{q_0 - \mu_1}{\mu_2} \left(\frac{2q(q_0 - \mu_1) - q_0 \cdot \mu_2}{q_0^2} \right) \quad (19)$$

一般に需要の発生する時間 (T) は迂回する際の自由流旅行時間の差 (T_d) と比較して十分に大きいと考えられるので、 $T \gg T_d$ として、上記(式(10)-(19))の関係を整理すると、情報提供効果と需要には図-7に示される関係があることがわかる。

図に示されるように、需要が減少する場合でも、その変動量がある値 ($q_0 - q_c$) 以上となる場合には、情報提供効果を得る事が出来る。実際のネットワークでの多くの状況下においては、ポトルネックの交通容量に対する超過需要はさほどでもない ($\mu_1 \approx q_0$)。そのため、この値 ($q_0 - q_c$) は小さくなり、需要が減少する場合でも、情報提供効果がある可能性は高いと考えられる。

本章では、簡単なネットワークを例に考察を加え、需要の変動による情報提供効果の有無を調べた。その結果、情報提供効果が得られる場合と逆効果になる場合があることを確認した。以下では、実際のネットワークと実際の OD 交通量に基づいて、情報提供効果について試算した結果を報告する。

4. 情報提供効果の試算

(1) 試算方法について

情報提供による交通状況改善効果の試算は、情報提供がある場合と無い場合について、それぞれに予想される交通状況を再現し、それぞれの交通状況を比較するという方法が一般的であり、現状では、最も妥当な方法であるものと考えられる。情報提供がなされた場合には、「情報により最適と判断される経路を選択する」という方法を用いれば、大きな問題は無いものとする。一方、情報提供が無い場合の交通状況をどのように表現するのかに関しては、大きく意見の分かれる所であり、第2章で示したように、需要の変動特性やドライバーの特性といった、各ネットワークごとの特性を考慮した試算を実施する事が必要となる。

以下、本稿では、都市部の交通ネットワークを対象とする。対象とする都市部の交通ネットワークは、走行経験の豊富なドライバーがかなり含まれていると考えられる。そこで、情報提供なしの場合には、ネットワーク経験の多少に応じて、走行経験豊富で平均的なネットワークの交通状況を認知し、その平均的な交通状況に応じて経路選択を行う「日常ドライバー」と、走行経験が少なく地図や案内標識等を利用して経路を決定する「非日常ドライバー」の2種類に分類して、試算を進めることとする。

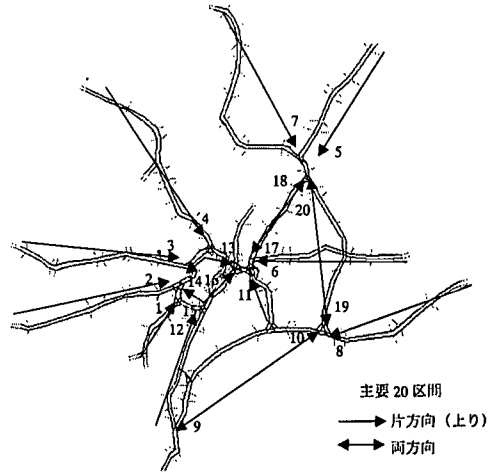


図-8 首都高速道路ネットワーク

(2) 実ネットワークを用いた試算

a) 対象ネットワークと設定 OD

実際の道路ネットワークを用いて、情報提供による効果を試算するため、首都高速道路ネットワーク(図-8)を対象とし、交通状況をダイナミックに再現するシミュレーションモデル SOUND¹¹⁾を用いて情報提供の効果を試算する。より現実に近い状況を設定するため、OD 交通量に関しては、平成2年10月の平日(21日分)および休日(土日祝、9日分)を与える。これは、第20回首都高速道路交通起終点調査¹²⁾が実施された平成2年10月18日を基準日とし、各 ON ランプから発生する交通量の OD パターンは基準日のパターンに従うものとして、各 ON ランプごとに、日交通量の基準日に対する割合を用いて、その ON ランプを起点とする OD 交通量(1時間単位)を一律に増減させることにより求めたものである。なお、平日と休日に分類した理由は、平日は各 ON ランプの交通量パターンに基準日と大きな差は無いが、休日に関してはかなりの違いがあるためである。また、対象とする時間帯は、朝のピーク時を含む午前4時~10時とした。シミュレーションの入力条件として必要となる以下の2種類の入力データは、初期値を設定した後、5分単位の各リンクの平均速度を再現性の指標とし、微調整を行ないながら繰り返しシミュレーションを実行することで求めた値¹³⁾を用いる。

- ・各リンクの交通量と交通密度の関係
- ・合流部における合流比

b) 経路選択行動

情報提供の有無によらず、シミュレーション実行時には、ドライバーを経路選択ドライバーと経路固定ドライバーの2種類に分類する。各リンクの旅行時間を

- ・経路選択ドライバー:5分ごとに更新される同時刻における旅行時間
- ・経路固定ドライバー:距離を自由流速度(60km/hに設定)で除すことにより算出される自由流旅行時間

と定義し、このリンク旅行時間を用いて、Dial配分¹³⁾により各経路の選択確率を算出する。このとき、情報の有無を考慮すると4種類の異なるドライバー層を考え、各層別々にドライバーの行動をモデル化しなければならない。具体的には、Dial配分でモデル化する場合には、期待最小費用を決定するパラメータ θ の値を4種類別々に設定する事が必要となる。しかしながら、本研究では、各層に属するドライバーの経路選択行動を調査することは研究の対象範囲外と考え、4つの層で同一の値を採用することとし、文献11)を参考に、 $\theta=0.002$ [sec]に設定した。

i) 情報提供がなされない場合

・日常ドライバー(経路選択ドライバー)

ネットワークを頻繁に利用するドライバーであり、情報が提供されない場合でも、自身の経験に基づいて、旅行時間が短いと推測される経路を選択する。この層に属するドライバーは、平均的な交通状況(基準日)に基づいて経路を決定するものと仮定する。

・非日常ドライバー(経路固定ドライバー)

ネットワークの走行経験が少ないドライバーであり、交通状況に関する知識を持たないので、距離に応じて経路を選択するものと仮定する。

起終点調査¹²⁾によれば、週に5~6回以上の頻度で首都高速道路を利用するドライバーの割合は51.1%と報告されているので、経路選択ドライバーの割合を50%とする。

ii) 情報提供が実施される場合

・情報利用ドライバー(経路選択ドライバー)

情報を参考に経路を選択するドライバーであり、各時刻の交通状況に基づいて経路を決定するものと仮定する。

・非情報利用ドライバー(経路固定ドライバー)

交通情報が提供されても、その情報によらず、予め決定した経路を選択するドライバーであり、距離

に応じて経路を選択するものと仮定する。

経路選択の際に情報を参考にするドライバーの割合は、代替経路との距離差に依存し、概ね50%~80%程度であると報告されている¹⁴⁾¹⁵⁾。また、本研究に用いるシミュレーションモデルSOUNDの検証時には、50%とした時に高い現状再現性が得られた事から¹⁶⁾、経路選択ドライバーの割合を50%とする。

なお、羽藤ら¹⁵⁾により、日常ドライバーは非日常ドライバーと比較して、情報を利用する傾向が強い事が確認されている。

c) 試算結果

i) 総旅行時間の比較

表-1に、平日21日間ならびに休日9日間で平均した総旅行時間、標準偏差ならびに情報提供による改善効果を示す。休日では1.53%の改善効果が認められたものの、平日では0.10%の効果にとどまった。また、休日の方が平日よりも総旅行時間の変動が大きく、日によって交通状況が大きく異なっていることが伺える。図-9は、総旅行時間の違いによる情報提供効果の違いを示したものである。休日に関しては全日共に情報提供による効果が認められており、情報提供による効果があるものと考えられるが、平日に関しては逆効果となる日が7日あり、情報提供効果があるとは言いがたい。休日においては、基準日(平日)と比較して交通状況が大きく異なっているので、情報提供効果を確認する事が出来たものと考えられる。この事から、突発事象等の発生により、平常時と異なる交通状況が発生した場合に、交通情報の提供は有効であると考えられる。さらに、比較的交通量が少なく総旅行時間が小さい場合には、情報提供による交通状況改善効果を確認できるが、逆に交通量が多くなり、総旅行時間が大きくなると、改善効果が無くなり、場合によっては逆効果になるという傾向が読み取れる。これは、3章で示した結果と異なるものであるが、異なる結果が得られた主な理由として、以下の3点が挙げられる。

・ネットワークの混雑状況に違いがあること

3章では、迂回路を含めれば、ボトルネック容量に十分に余裕のある状況を対象としているが、試算では、迂回路もかなり混雑しているという状況である。このため、混雑が激しくなると、容量に余裕の有る迂回経路が少なくなるので、情報提供による効果が少なくなるものと考えられる。

表-1 情報提供の有無による総旅行時間の比較

	情報無し	情報有り	改善効果
平日平均値 (標準偏差)	193,210 (15,923)	193,014 (16,901)	0.10%
休日平均値 (標準偏差)	173,593 (31,755)	170,928 (32,686)	1.53%

単位：台・時

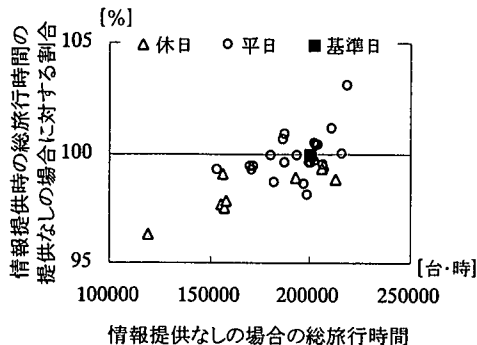


図-9 総旅行時間の違いによる情報提供効果

・設定した OD に違いがあること

3章では、1OD を対象としたのに対して、複数 OD を対象としており、迂回交通が、迂回路を通行する別の OD に影響を与えることになる。

・情報の質そのものに違いがあること

3章では、提供される情報とドライバーの経験する旅行時間が完全に一致しているのに対して、試算では、提供される情報が各時刻における旅行時間であるため、両者は完全に一致するものではなく、この違いが結果に影響を与える可能性がある。

ネットワークを対象とした一般的な情報提供効果についての解析は、今後の課題としたい。

ii) 主要区間における旅行時間の比較

平日 21 日間を対象とし、図-8 に示す主要 20 区間における時間帯別の旅行時間の平均値 (のべ 21 日×20 区間=420 区間の平均) を情報提供の有無によって比較した結果、ならびに、のべ 420 区間について、情報提供による効果が認められた区間数と情報提供が逆効果となった区間数を表-2 に示す。表より、渋滞が発生し始める時間帯 (6:30~8:00) では、多少は情報提供による効果が認められるものの、それ以降、特に 9:00~10:00 の時間帯では、情報提供することによって、提供しない場合と比較して旅行時間のかかる (逆効果の) 区間が多くなっている。渋滞の立ち上がりの時間帯では、容量に余裕のある迂回路が多く存在するのに対して、渋滞発生から時間が経過す

表-2 時間帯別の平均旅行時間の比較

	のべ420区間における			
	平均旅行時間		情報提供効果の有無	
	情報無し [min.]	情報有り [min.]	効果有り [区間数]	逆効果 [区間数]
6:00-6:30	11.8	11.8	34	50
6:30-7:00	13.4	13.5	133	97
7:00-7:30	20.7	20.7	145	80
7:30-8:00	17.1	17.2	189	161
8:00-8:30	18.1	18.1	165	164
8:30-9:00	20.1	20.2	184	185
9:00-9:30	20.7	21.9	160	226
9:30-10:00	23.2	25.3	158	221

注)斜体字は有意な差があると判断できるもの¹⁶⁾

表-3 区間別の平均旅行時間の比較

図8 中の 番号	対象区間	のべ168時間帯における			
		平均旅行時間		情報提供効果の有無	
		情報無し [min.]	情報有り [min.]	効果有り [時間帯数]	逆効果 [時間帯数]
1	2号線乗り	7.5	7.6	46	33
2	3号線乗り	46.2	46.3	57	51
3	4号線乗り	23.9	25.6	19	95
4	5号線乗り	20.3	21.0	11	105
5	常磐道→小菅	14.9	14.0	90	31
6	7号線乗り	13.2	13.6	41	64
7	東北道→小菅	26.0	24.7	102	34
8	東関東道→葛西	15.7	15.2	120	25
9	葛西→平和島	28.6	29.2	93	61
10	平和島→葛西	17.6	17.5	66	36
11	9号線乗り	6.4	6.8	65	78
12	1号線乗り	11.4	11.1	51	36
13	谷町→江戸橋(外)	8.1	8.2	47	79
14	江戸橋→谷町(内)	10.0	10.1	75	92
15	江戸橋→谷町(外)	12.9	12.5	95	65
16	江戸橋→谷町(内)	8.5	8.7	44	70
17	堀切→両国	16.8	22.9	14	152
18	両国→堀切	6.9	6.9	31	36
19	堀切→葛西	12.2	12.2	82	23
20	葛西→堀切	11.5	11.5	19	18

注)斜体字は有意な差があると判断できるもの¹⁶⁾

ると、容量に余裕のある迂回路が少なくなると考えられる。この結果より、以下の 2 つの知見が得られた。

・渋滞の立ち上がりなど、混雑はしているもののまだ迂回路の容量に余裕がある時間帯では情報提供効果の獲得が期待できる

・混雑しているネットワークでは、情報提供効果は期待しにくく、場合によっては逆効果となる

表-3 は、主要区間別の旅行時間の平均値 (のべ 8 時間帯×21 日=168 時間帯の平均) を情報提供の有無によって比較した結果、ならびに、のべ 168 時間帯について、情報提供による効果が認められた時間帯数と情報提供が逆効果となった時間帯数を示したものである。区間 7,8 のように情報提供効果が認められる区間と、区間 4,17 のように逆効果となった区間

表-4 ドライバーの違いによる平均旅行時間の比較

対象区間	情報提供の有無	平均旅行時間	
		経路選択層	経路固定層
平和島→堀切	情報無し	35.7	35.1
	情報有り	35.3	35.3
堀切→平和島	情報無し	52.6	54.5
	情報有り	52.6	56.0

単位：分

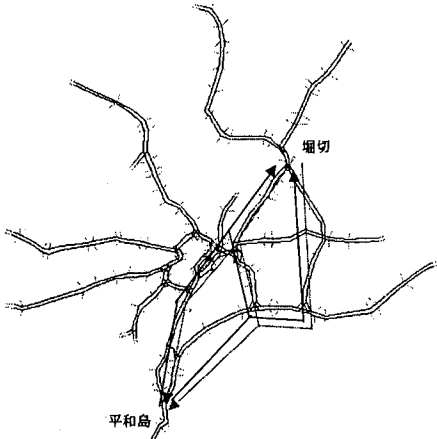


図-10 旅行時間を比較するため抽出した2区間

が共に存在し、対象区間によって情報提供効果に大きな差がある。上記4区間はいずれも都心に向かう放射線区間であり、放射線区間の方が、都心部の区間よりも情報提供による影響が大きいことがわかる。

iii) 経路選択行動の違いによる旅行時間の比較

経路選択の可能性が高い区間として、距離差が小さい3経路を持つ2区間（平和島→堀切、堀切→平和島：図-10）を抽出し、ドライバーの属性別にその旅行時間を比較した。その結果を表-4に示す。吉井の報告¹⁶⁾では、SOUNDを首都高速道路ネットワークに適用した場合、一回のシミュレーション結果では、区間の旅行時間に60%程度の誤差が見込まれる。ここでは、のべ21日×8時間帯の平均をとっているため、シミュレーション結果には標準偏差にして約5%程度のバラツキが有るものと考えられ、経路選択ドライバーと固定ドライバーとの間に有意な差は認められなかった。しかしながら、

1. 「情報無し」の想定下では、平和島→堀切区間において、経路選択するドライバーの平均旅行時間（35.7分）が、そうでないドライバーの平均旅行時間（35.1分）よりも大きくなる
2. 両区間とも、経路固定ドライバーは、情報提供によってその旅行時間が増加するという興味深い結果が得られた。

5. まとめ

本研究では、単純なネットワークを用いて、情報提供による効果がある場合と逆効果となる場合とがあることを確認した。続いて、情報提供効果の試算方法を提案し、実ネットワークへ適用した。その結果、情報提供効果は平常時と異なる状況、渋滞の立ち上がりなど迂回路の容量に余裕がある場合に効果があることを確認した。

情報提供の効果に関する分析は、

1. ドライバーの経路選択行動の仮定（特に情報提供がない場合の利用者行動をどう想定するか）
 2. OD交通量をどう設定するか
- によって大きく異なったものとなる。そこで、ドライバーの経路選択行動についての分析を進めるとともに、いかにしてOD交通量を設定するかについて何らかの基準を作成することが必要である。

謝辞：本論文をまとめるにあたり、論文査読員の方を始めとし、多くの方より数多くの貴重なコメントを頂きました。ここに深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) Arnott, R. de Palma A. & Lindsey R. : Does Providing Information to Driver Reduce Traffic Congestion ? , *Transpn. Res.* Vol.25A , No.5, pp.309-318, 1991.
- 2) Mahmassani, H. S. & Jayakrishnan, R. : System performance and user response under real-time information in a congested traffic corridor, *Transpn. Research A*, vol.25, pp.293-307, 1991.
- 3) 桑原雅夫：ITSへの期待，*交通工学*，Vol.33 増刊号，pp.19-25, 1998.
- 4) 味沢慎吾，吉井稔雄，桑原雅夫：道路交通需要の空間的・時間的分散による渋滞削減効果に関する研究，第18回交通工学研究発表会論文報告集，pp.13-16, 1998.
- 5) 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・論文集*，No.15(1)，pp.55-60,1992.
- 6) Wardrop, J. G. : Some Theoretical Aspects of Road Traffic Research, *Proceedings of the Institute of Civil Engineers Part II*, pp.325-378,1952.
- 7) 飯田恭敬，藤井聡，内田敬：動的交通流シミュレーションを用いた道路網における情報提供効果に関する分析，*交通工学*，Vol.31, No.6, pp.19-29, 1996.
- 8) 藤井聡，飯田恭敬，内田敬：経路選択を考慮した動的交通流シミュレーション，*土木学会論文集*，No.536/IV-31, pp.37-48, 1996.

- 9) Yoshii, T., Kuwahara, M. & Akahane, H.: 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, 1995.
- 10) Yoshii, T., Kuwahara, M. & Akahane, H.: Impacts of the Accuracy of Traffic Information in Dynamic Route Guidance Systems, The Third Annual World Congress on Intelligent Transport Systems '96 Orlando, CD-ROM, 1996.
- 11) 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モデルの開発, 交通工学, Vol.30, No.1, pp.33-41, 1995.
- 12) 首都高速道路公団: 第20回首都高速道路交通起終点調査報告書, 1990.
- 13) Dial, R. B.: A probabilistic Multipath Traffic Assignment Algorithm Which Obviates Path Enumeration, Transpn. Research 5, pp.83-111, 1971.
- 14) 大口敬, 羽藤英二, 谷口正明, 吉井稔雄, 桑原雅夫, 森田綽之: 首都高速道路における経路選択行動に関する実態調査, 土木学会論文集, No.590/IV-39, pp.87-95, 1998.
- 15) 羽藤英二, 谷口正明, 杉恵頼寧, 桑原雅夫, 森田綽之: 複数交通情報リソース下における情報獲得・参照行動を考慮した経路選択モデル, 土木学会論文集, No.597/IV-40, pp.99-111, 1998.
- 16) 吉井稔雄: 大規模ネットワークに適用可能な動的配分シミュレーションモデルの開発と適用, 東京大学学位論文, 1999.

(1999. 11. 8 受付)

AN EVALUATION METHOD ON EFFECTS OF DYNAMIC TRAFFIC INFORMATION PROVISION

Toshio YOSHII and Masao KUWAHARA

This study proposes a realistic method to evaluate impacts of dynamic traffic information provision, and the method is applied to a real urban expressway network using observed OD volumes. Although traffic information has been dynamically provided through VMS, on-board equipment, highway radio etc., the impacts on traffic have not been well evaluated by taking the daily OD demand fluctuation. We therefore propose a new evaluation method considering the OD demand variation and show a possibility that the information provision may lead to total travel time increase. To examine this possibility, the method is then applied to the Tokyo Metropolitan Expressway network for one month. As a result, it is confirmed that dynamic traffic information provision would not be effective under regular traffic conditions except at the beginning of a peak. However, the benefit arises in unusual traffic conditions caused by incidents.