

都市道路網における実用的交通情報提供方法についての基礎的考察*

Fundamental Research on the Practical Information Provision Method for Urban Road Network *

陶山 貴之***・奥嶋 政嗣***・秋山 孝正****

By Takayuki SUYAMA**・Masashi OKUSHIMA***・Takamasa AKIYAMA****

1. はじめに

交通事故・交通障害など都市道路網における緊急事象に対する交通管理として、交通情報提供方法を検討することは極めて重要である。すなわち、平常時とは異なり、緊急時は交通情報提供が与える交通流動変化の影響が大きく、道路網の効率性に関して十分な配慮が必要となる。

本研究では、現実的な都市道路網を対象とした緊急時の効率的な情報提供方法を提案する。具体的には、文字情報板による交通情報提供方法を前提とし、交通情報の空間的配置について最適な交通情報提供パターンを導出する。情報提供による交通流変化の記述には認知所要時間を考慮した確率的利用者均衡配分を用い交通情報の不確実性を明示的に取り扱う。また、交通情報提供パターンに応じた道路利用者の迂回現象から社会的費用に相当する都市道路網の総走行時間を評価指標として取り上げる。既存研究にて提案された都市道路網における緊急時情報提供方法を参考として、情報提供パターン決定手順の変更を試みる¹⁾。これにより、現実的なネットワークにおけるODペアごとの経路の多様性に配慮しつつ、緊急時情報提供の簡便な運用手順が導出可能となる。

2. 交通情報提供効果の評価手法と評価対象

(1) 交通情報提供効果の評価方法

ここでは、交通情報提供効果の評価方法について検討する。最初に、経路途上でのドライバーへの交通情報提供について、ネットワーク分析を用いた評価方法を示している既存研究について整理する。これにより、本研究における利用者の交通行動について定義する。

まず、高速道路の通行止めを対象に、迂回経路情報の提供によるドライバーの時間損失の軽減効果の分析が

行われている²⁾。ここではSA/PAでの待機または一般道路への迂回の2項選択モデルを作成し、交通情報提供に対するドライバーの判断過程を考慮している。

また、VICS情報の加入利用者の需要変動を考慮した確率均衡モデルが構築され、期待効用の大きさによってVICS導入の便益評価が行われている^{3), 4)}。

本研究では、交通情報提供後の交通状態を表現するにあたり、2種類の利用者グループに分類した。各グループにおける行動仮説を以下のように設定する。

a) 事象発生情報を得たグループ

交通情報提供を受けることで利用者は事象発生時の交通状態を認知できる。そのことにより、事象発生地点の迂回経路選択など合理的意思決定が可能となる。

b) 事象発生情報を得ていないグループ

事象に関する情報を得ることができない。そのため、平常時の経験的情報に基づく経路選択を行う。

それぞれのグループについて交通情報提供下における経路の分散を推定し、交通流動を重ね合わせることで、交通情報提供後の交通状態の推定を行う。ただし、利用者によるグループの選択は不可能である。

このように、緊急時を対象として、事象発生による時間損失が最小となる情報提供方法について検討する。

(2) 都市道路網の設定

本研究の対象とする情報提供方法について述べる。基本的な情報提供方法として図-1に示す文字情報板を考える。一般道路について通常設置されている20文字表示可能な文字情報板(上下各10文字)を想定する。上段で事象発生地点を、下段で事象の種類、規制、注意事項などを表示する。ここでは複数事象発生時にも、1枚の情

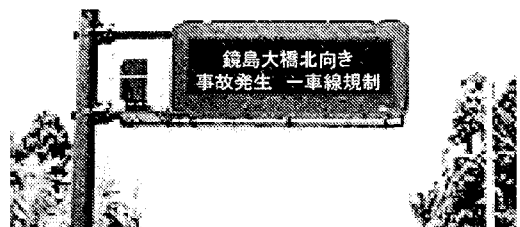


図-1 交通情報板の表示例

*キーワード：交通流，交通管理，交通情報

**学生員，岐阜大学大学院工学研究科土木工学科専攻

***正会員，工修，岐阜大学工学部社会基盤工学科

****正会員，工博，岐阜大学工学部社会基盤工学科

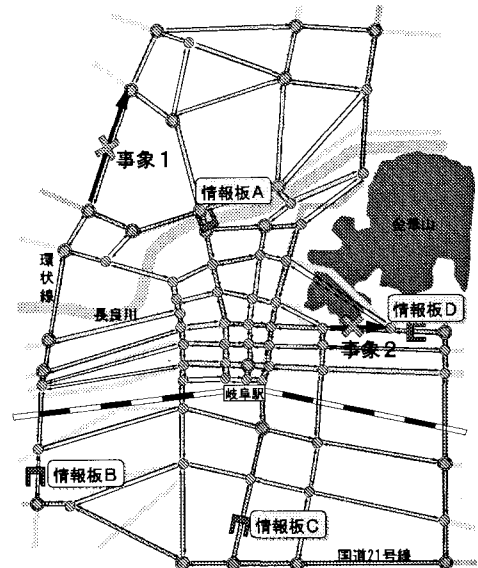
(岐阜県岐阜市柳戸1-1，

TEL:058-293-2446, FAX:058-230-1528)

報板には1事象の情報のみ表示可能とする。したがって情報板1枚につき情報提供内容の選択が必要となる。

本研究では対象地域として図-2に示される岐阜中心部の岐阜駅周辺市街地のネットワークを対象とする。図中央の岐阜駅の北部分が中心業務地域にあたる。特徴としては、環状線と国道21号線が市街地を囲むように配置されている。また、長良川が横切っていることから橋梁に交通量が集中する。朝夕のラッシュ時には岐阜市北部の居住地域と都心部の間で交通が集中し交通混雑が発生している。本研究では、岐阜中心部の岐阜駅周辺市街地のネットワークを表現するのに、リンク数256、ノード数79、ゾーン数33のネットワークを用いて検討する。文字情報板の配置については、都心地区を取り囲むように考慮し、図中の4ヶ所に設置したときを仮定する。

次に、配分計算に用いたOD表について説明する。第3回中京都市圏PT調査および平成8年度PT中間年次調査の結果を参考に、平成13年平日OD交通量を作成した。時間帯は交通のピーク時を想定しており、ピーク率として10%を設定し、配分対象時間帯OD交通量を算定した。



※：事象発生位置の例（2箇所で発生した場合）

図-2 対象ネットワーク（岐阜駅周辺市街地）

3. 都市道路網における情報提供効果の評価手順

ここでは緊急事象発生時における交通情報提供の評価を行い、その評価結果から最適な情報提供パターンを算出する。(1)最初に情報提供後の交通状態を求め、交通情報提供効果を算出する手順について整理する。また、

(2)すべての情報提供パターンについて情報提供効果を求め、比較することで最適な情報提供パターンを導出する。(3)さらに最適情報提供パターンにおける情報板設置位置と事象発生地点の空間的配置について検討する。

(1) 交通情報提供効果の算定手順

効率的な情報提供を考えるため、情報提供効果を算定する。情報提供効果の算定手順の概要を図-3に示す。算定プロセスは①～⑤の手順に従い整理する^{5), 6)}。

①平常時の道路状況の再現

最初に緊急事象の発生前の平常時における交通状態を表現する。道路利用者は日常的な交通状況に対する経験的知識にしたがって行動すると仮定する。具体的には、確率的利用者均衡配分(SUE)に基づく多経路配分結果を用いて道路交通状態 V_0 を算定する⁷⁾。 V_0 とは平常時のリンクフローベクトルを表している。ここで用いる平常時とは道路網上に緊急事象の発生していない状態のことを指している。このとき、配分計算については、リンクパフォーマンス関数としてBPR関数($\alpha=0.15, \beta=4$)を用いた。また、平常時交通および事象発生情報による経路選択交通について、経路選択のばらつきをあらわす分担パラメータは共通に $\theta=0.5$ と設定している。

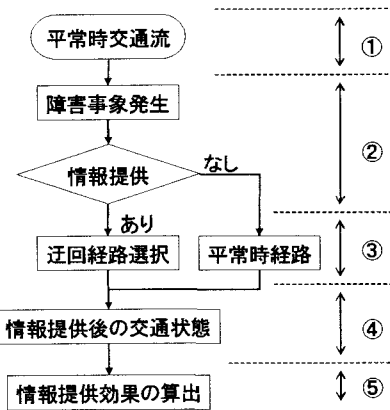


図-3 情報提供効果の算定手順

②経路選択交通の抽出

ここでは、平常時の交通状態から迂回経路を選択する利用者を抽出する。平常時におけるOD間の経路において、文字情報板設置位置および当該情報板に表示された事象発生地点をともに通過する経路を抽出する。この経路を選択している利用者のみが交通情報提供に対応した経路選択を可能とする。具体的な計算過程では、以下の手順にしたがって、当該経路を通過する交通量をリンクフローベクトル V_1 として抽出する。 V_1 とは、情報提供の対象となる平常時の交通量を表している。

Step1. ODペアrs間について、確率的利用者均衡配分を用いて、平常時の交通量 V_0^{rs} を算出する。

Step2. 情報板設置位置を通過する交通量を調べる。情報

板の設置リンク i の交通量 $V_0^{rs}(i)$ を情報板設置リンクの着ノードから終点 s まで配分を行う。このとき求まる交通量 V_{inf}^{rs} が情報板設置リンク通過後の交通量となり、その中でも情報提供された事象発生リンク j を通過する交通量 $V_{inf}^{rs}(j)$ を算定する。すなわち、この交通量が事象発生情報による経路選択交通である。

- Step3. 求まった当該交通量 $V_{inf}^{rs}(j)$ を以下の3通りのノード間について配分を行い、交通量を合成する。
- (i) 始点 r から情報板設置リンク i の発ノード
 - (ii) 情報板設置リンク i の着ノードから事象発生リンク j の発ノード
 - (iii) 事象発生リンク j の着ノードから終点 s

これにより算出される交通量を V_1^{rs} とする。全てのOD間について同様の手順を行い、合成したものを V_1 とする。すなわち、この上記の手順で算出される交通量 V_1 が、情報提供の対象となる平常時の交通量となる。

③経路選択行動

情報提供後の利用者の経路選択行動について記述する。情報提供により経路選択を行うのは、情報板設置区間と当該情報板にて提供対象となっている事象発生区間の双方を通過する交通のみである。経路選択交通の経路変更後の交通流動を表すリンクフローベクトル V_1^* に、経路選択交通を除いたリンクフローベクトル V_2 ($=V_0 - V_1$) を付加することによりリンクコスト t を算出する。

ここで事象発生リンクの取り扱いについて説明する。リンクコストの算出に用いるリンク交通量は事象発生時の設定値とする。すなわち、経路選択交通に限り、このリンクコストを用いた経路配分を行なう。

$$t_a(V_{1a}^*) = t_{a0} \left\{ 1 + 0.15 \left(\frac{V_{1a}^* + V_{2a}}{Q_a} \right)^4 \right\} \quad (1)$$

経路選択交通の経路変更後交通流動 V_1^* の算出方法について説明する。ODペア rs 間について先ほど算出した当該交通量 $V_{inf}^{rs}(j)$ を、情報板設置リンクの着ノードから終点 s まで配分を行う。情報板設置区間を通過するまでの交通状態は V_1^{rs} と等しいものとする。全OD間について同様のことを実行し、経路選択交通の経路変更後交通流動 V_1^* を確定する。すなわち、発生事象に対する情報を得た利用者の迂回経路選択を表現している。

④情報提供後の交通状態

情報提供によって経路選択を行なった交通量の確定値 V_1^* と経路選択交通以外の交通量 V_2 を合成することで、情報提供後の交通状態 V^* ($=V_1^* + V_2$) を算定する。

⑤交通提供効果の評価方法

算出した情報提供後の交通状態から事象発生に対する情報提供の効果の算出を行う。情報提供後の交通流状態の評価では「総走行時間」を用いる。事象発生時に全利用者が平常時と同一経路を選択した場合(①)の総走行時間 $TC^{(0)}$ に対して、情報提供実施時の経路選択を前提と

した場合(④)の総走行時間 $TC^{(1)}$ を比較する。具体的には、交通情報提供の効果として、情報提供後の時間損失の減少分 ΔTC を用いて考える。

$$\Delta TC = TC^{(0)} - TC^{(1)} \quad (2)$$

以上の手順で情報提供効果の算出を行う。この情報提供効果 ΔTC の値が大きいほど、社会的に見て交通状態が改善されたといえる。つまり、情報提供が効率的に行えたことになる。また、交通情報提供パターンによっては、 ΔTC が負の値になる場合もある。このような非効率ケース ($\Delta TC < 0$) では情報提供により総走行時間 $TC^{(1)}$ が増加し、利用者への時間損失が増えたことになる。

(2) 交通情報提供パターンの評価

複数事象発生時を想定した場合、各情報板の表示内容は異なるため、組合せは複数想定される。この情報提供パターンにより情報提供効果も異なり、効率的な情報提供が求められる。ここでは、情報提供を最も効率的に行える情報提供パターンの算出方法について記述する。

本研究では事象の規模として1車線規制に限定している。なお、ここで事象発生位置として、片側2車線以上の主要幹線上の道路区間について検討することとしている。事象発生後には、交通容量が1車線分減少するものとして、事象発生後の交通容量を決定する。

図-2に示す事象1, 2が同時に発生したケースを想定する。このとき各文字情報板の表示内容は、2種類の事象情報と、情報表示なしの計3種類である。つまり、情報提供パターンは $3^4 (=81)$ 通りとなる。すべての組合せについて ΔTC の算出を行い、最大となる値 ΔTC_{max} の組合せが、時間損失最小の交通情報提供パターンとなる。すべてのパターンについて評価を行った結果、 ΔTC の高い上位20ケースを表-1に示す。

表-1 各組み合わせによる ΔTC の算出結果

表示内容				ΔTC (分・台)
情報板A	情報板B	情報板C	情報板D	
事象2	事象1	事象2	事象1	812.09
事象2	事象1	事象1	事象1	806.37
事象2	事象1	表示なし	事象1	806.37
事象2	事象1	事象2	事象2	630.72
事象2	事象1	事象2	表示なし	630.72
事象2	事象1	事象1	事象2	624.99
事象2	事象1	表示なし	事象2	624.99
事象2	事象1	事象1	表示なし	624.99
事象2	事象1	表示なし	表示なし	624.99
事象2	事象2	事象2	事象1	621.03
事象2	事象2	事象1	事象1	615.99
事象2	事象2	表示なし	事象1	615.99
事象1	事象1	事象2	事象1	524.72
表示なし	事象1	事象2	事象1	524.72
事象1	事象1	事象1	事象1	517.66
事象1	事象1	表示なし	事象1	517.66
表示なし	事象1	事象1	事象1	517.66
表示なし	事象1	表示なし	事象1	517.66
事象2	表示なし	事象2	事象1	516.57
事象2	表示なし	事象1	事象1	510.84

ΔTC の最大となった組合せは、情報板Aで事象2を、情報板Bで事象1、情報板Cで事象2、情報板Dで事象1を表示したときであり、 $\Delta TC_{\max}$ は 812.1 分・台であった。本表から、情報板A、Bに関して、 ΔTC の値の上位では、表示内容が変動していないことがわかる。

ここで $\Delta TC_{\max}$ 以外の指標について整理する。例えば、現状で行われている情報提供方法との比較が考えられる。しかしながら、対象都市道路網における情報板の表示決定方法は具体的には存在しない。ここで、実存方法の代替として考えられる情報提供方法として、情報板設置位置から最も近距離に発生した事象を表示する決定方法と比較する。この方法を用いた結果、表示内容（情報板A：事象1、情報板B：事象1、情報板C：事象2、情報板D：事象2）であり、 ΔTC は 343.5 分・台であった。最適情報提供パターンと比較すると、42.3%得られたことになる。また、この組合せの ΔTC は、81通りある組合せの36位に相当する。これより、例示した情報提供方法では効率的な交通状況の改善がなされないことがわかる。

また、最適情報提供時の交通量の増分を表したものが図-4である。平常時の交通状態と比べ、事象の発生区間を通過する交通量は、事象1の発生区間に関しては260台、事象2の発生区間に関しては107台少ない。また、事象発生区間の周辺のリンクでは、事象発生地点を迂回する交通量により交通量が多くなっている。例えば増加最大の区間（リンク156）では、事象1を迂回する交通量176台が流入することで、リンク所要時間は2.41分から2.67分に変化している。

最適情報提供パターンにおける事象発生区間の交通状況を情報提供なしの場合と比較する。事象1の発生区間では通過交通量7.8%、区間所要時間11.2%とともに少なく推計される。事象発生により発生区間の混雑度が高い状態となるため、交通量変化に対して所要時間変化の割合が高い。すなわち、事象発生区間の混雑度が高くなるにしたがって、情報提供効果は大きくなると考えられる。

最適情報提供パターン提供時には、迂回交通量は平常時の交通量が少ない区間に負荷されることとなるため、情報提供後の総走行時間の抑制が可能となっている。

(3) 最適情報提供時の空間配置に関する考察

最適情報提供パターンについて、事象に関する情報提供位置と事象発生地点の空間的配置について検討を行う。そのことにより、効率的な交通情報提供するため、表示内容の決定に関しての要点について整理を行う。

情報板B、Cに関しては、情報板設置位置から近距離に発生している事象について情報提供することが効率的となる。つまり近距離な分、事象に関係する交通量も多くなる。また、事象1が環状線上の区間で発生している。情報板Bの設置区間と事象の発生区間の双方を通過する

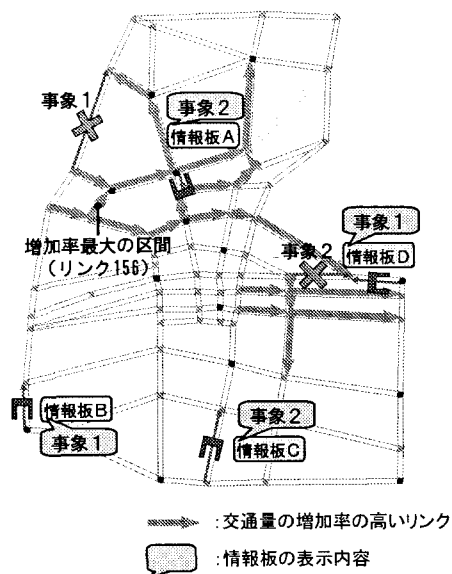


図-4 情報提供後の交通量の増加したリンク

交通量が多いと考えられる。つまり関連交通量が多いほど、当該事象の情報を表示することが効率的である。

また、情報板A、Dに関しては、情報板設置区間のリンクの方向に対し、逆方向のリンクに発生している事象を表示した場合には効率性が低下している。つまり、情報板の設置位置を通過し、その後に事象発生地点を通過するような経路をとる関連交通量は少ないため、その事象に関する情報を表示することは効率的ではない。

このように、効率的な情報提供を考えた場合、事象発生地点と情報板設置位置の空間的配置が関係している。効率的な情報提供を運用するための表示内容の決定に関して、具体的には以下の2点が重要である。

- ① 関連交通量が多いほど、事象発生区間の交通量が分散し、時間損失が減少する。つまり交通混雑が緩和され、効率的な情報提供が実行されたことになる。関連交通量の多い事象を優先的に表示する必要がある。
 - ② 事象発生地点が混雑している事象ほど、事象発生による時間損失が大きくなる。情報提供を実行することで、発生区間の交通量を分散させる必要がある。
- この2点の考慮により効率的な情報提供が可能となる。

4. 交通情報提供内容の決定方法

前章では想定されるすべての情報提供パターンから最も効率的な組合せの算出方法を示した。しかしながら、緊急時を想定した場合、即時性に欠けることから、総当たりからなるこの方法は実用的ではない。本章では、前節の考察をもとに、簡単な指標で効率的な情報提供が実行可能となる実用的運用方法の提案を行う。また、可能

な限り最適情報提供パターンの効率性に近似した情報提供内容を決定する運用方法を構築することを目的とする。

情報提供方法の有効性を検証するにあたり、対象ネットワーク上の任意の2箇所にて、同時に交通事故が発生する場合について検討する。ここで交通事故発生箇所として、岐阜市内の交通事故多発地点より30区間を対象とする。これらは片側2車線以上で構成される主要幹線上の道路区間である。事象発生地点では1車線閉鎖が起っており、計算過程に関しては交通容量が1車線分減少する。また、設定ケースの組み合わせ数は、30区間の2箇所ですべて事象発生する場合を想定するため、435 ($=_{30}C_2$)通りである。この全ケースについて指標値に基づく情報提供方法を適用した場合の効果 ΔTC_{info} を算出し、情報提供方法についての検証を行う。

(1) 評価指標の提案

ここでは、情報提供方法を構成する指標について説明する。具体的には、前章の考察をもとに、効率の情報提供に必要と思われる以下の3指標を提案する。

○合理的経路指標 (IRP : Index of Reasonable Path)

表示内容が示す事象発生区間を通過する経路を、利用者が選択する合理性が高い場合には、当該事象を表示することにより、情報提供の効果が得られる。

この関連交通量の有無を表現するために合理的経路を用いる。具体的には、事象発生区間が情報板設置区間からの合理的経路上にあるかを判断する。合理的経路の決定にはSingle Path Algorithmを用い、次式により判断する。

$$r(i) \leq r(j) \quad (3)$$

$r(i)$: 発生点からリンク e の発ノード i までの最短時間

$r(j)$: 発生点からリンク e の着ノード j までの最短時間

合理的経路上に事象発生区間が無い場合、その区間を通過する利用者はいない。つまり、交通状況により選択経路の合理性は変化するため、合理的経路指標が必要となる。具体的に合理的経路指標の値として、事象発生区間が合理的経路上にある場合には $IRP=1$ とし、合理的経路上にない場合は $IRP=0$ とする。

○情報の有効度 (DSI : Degree of Significant Information)

事象に関係する利用者が多いほど、情報提供により事象発生区間の交通量が分散でき、交通状態が改善する。つまり、関連交通量の多い事象ほど情報の有効性が高い。

事象の有効性を考えるのに、情報提供地点と当該事象発生地点までの通過分岐数 N を用いる。通過分岐数 N が大きいほど、情報提供地点と事象発生地点の距離が離れていることを示しており、利用者は分散するため、情報提供による交通状態への影響が減少することになる。具体的には、次式を用いて通過分岐数 N から情報の有効度 DSI を算出する。

$$DSI = 1 - \alpha \cdot N \quad (4)$$

上記の式は、通過分岐数 N が増加するにしたがい、有効度 DSI が減少するように設定されている。つまり、パラメータ α は通過分岐数 N に対する利用者の分散の度合いを表現している。具体的には、対象ネットワークに関して、 N の最大値は25であるため、 $\alpha=0.04$ と設定した。

○事象に対する迂回必要度

(PDR : Preference of Detour Route)

現実の道路網では、事象発生地点により交通量、交通容量が相違する。つまり、事象発生地点が異なることで事象による被害も異なるため、迂回の必要性も異なる。

事象発生による車線規制の交通状態への影響を測る指標として、混雑度を用いる。つまり、事象発生区間の混雑度の高さに応じて、表示内容の優先順位を決定する。この事象発生区間の混雑を表現した指標が迂回度であり、迂回度は事象発生区間の混雑度 C と等価とする。

$$PDR = \frac{V_a}{Q_a} \quad (5)$$

V_a : 障害発生リンクの平常時交通量

Q_a : 障害発生リンクの障害発生時交通容量

(2) 交通情報提供内容の決定手順

各情報板に関して、簡便に算出可能な発生事象に対する評価値を用いて、表示内容を決定する手順について説明する。情報板の表示内容決定プロセスを図-5に示す。この評価値は、表示事象の重要性を示しており、前節で提案した3指標から算出を行う。各情報板について、発生事象の評価値の比較により、表示内容の選択を行う。

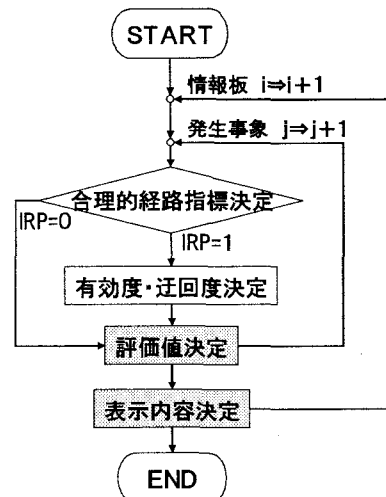


図-5 情報板の表示事象の算出手順

情報板における表示内容の決定手順を以下に示す。

①発生事象に対する指標値の決定

最初に合理的経路指標を算定する。合理的経路指標値

が1の時、有効度、迂回数について算出を行う。

②発生事象に対する評価値の決定

発生事象に対し、算出した3指標から評価値EVLの算出を行う。評価値は次式より算出する。

$$EVL = \begin{cases} DSI \times PDR & : IRP = 1 \\ 0 & : IRP = 0 \end{cases} \quad (6)$$

③情報板の表示内容の決定

各発生事象の評価値の算出結果にしたがって、表示内容の判定を行う。表示内容の決定方法として、発生事象の中で最も評価値の高い事象情報を表示するものとする。

以上の手順により表示内容の決定を行う。この提案した情報提供方法で求まる情報提供パターンと3章で記述した最適情報提供パターンを比較する。具体的には、提案した情報提供方法の効率性を、最適情報提供パターンの効率性と比較し、その近似の程度を検討する。情報提供方法の効率性を測る指標の一つとして、総走行時間を用いた以下の式(7)で算出される達成度Rを用いる。この達成度は、最適情報提供パターンと等しい場合に100%となる。すなわち、達成度が高いほど、効率的な情報提供が可能であることを示している。

$$R = \frac{\Delta TC_{info}}{\Delta TC_{max}} \quad (7)$$

ΔTC_{info} : 提供方法を用いたときの総走行時間減少分

ΔTC_{max} : 最適情報提供時の総走行時間減少分

設定される事象位置の組合せの ${}_{30}C_2$ (=435) ケースにおける達成度の分布を図-6に示す。達成度が100%となるケース、つまり、最適情報提供時と同じ表示内容の組み合わせとなったケース($\Delta TC_{info} = \Delta TC_{max}$)は285ケースあり、全体の65.5% (=285/435)にあたる。また、情報提供を行わない場合と比較して、総所要時間の減少分が負となる非効率ケース($\Delta TC_{info} < 0$)が6ケース計測された。一方、平均 ΔTC_{info} は、724.8(分・台)であり、最適情報提供時は799.1(分・台)であることから全体で90.7% (=724.8/799.1)の改善が見られた。

つぎに、前述した現状の情報提供ルール of 代替的ルールによる情報提供方法と比較を行う。この方法により算出される平均 ΔTC_{info} は294.3(分・台)あり、最適情報提供時に比べ36.8%の改善であった。本節で提案した情報提供方法は、この現状の情報提供を表す代替的ルールによる方法得られる平均 ΔTC_{info} の2.5倍が得られる。

つまり、提案した情報提供方法を用いることにより、効率的な情報提供が可能となる。

以上の結果から、以下のように整理できる。

- ① 総当りからなる最適情報提供パターンと比較することで、情報提供方法の有効性の検討を行った。
- ② 3指標を用いた簡便な運用方法についても、効率的な情報提供が可能であることが確認された。

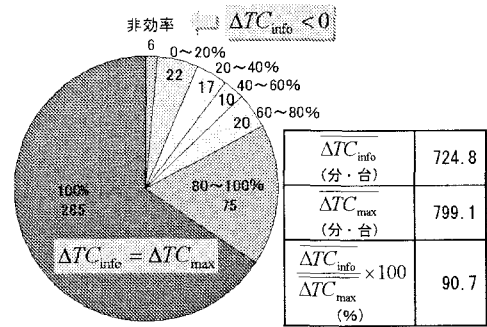


図-6 達成度の分布

(3) ランク別評価値表による決定

前節では3指標を用いた情報提供方法について検討した。ここでは、前節の3指標を基本とした実用的な情報提供方法の提案を目的としている。このとき、実用性の観点から以下の2点について改善を図る。

- ① 小数のランクで表される判断基準により、表示内容を決定する方法を提案する。
- ② 各事象の評価値と評価指標値の関係について、非線形な関係を表現可能な形式として構成する。

具体的には、前節で提案した情報提供方法の指標値を、連続な数値からランクに分類し、ランクに基づいて各発生事象の評価値を決定する。すなわち、有効度、迂回数などの指標値の算出手順は前節と同様とし、発生事象に対する評価値と表示内容の決定方法のみ変更する。

合理的経路指標は前節と同様に1,0で表され、合理的経路指標が0のときは評価値を0とする。また、有効度、迂回数に関しては、前節とは相違し、評価値を5ランクに分類する。有効度は通過分岐数が少ないほど、迂回度は混雑度の値が高いほどランクが高く設定されている。

このようにランク付けされた有効度、迂回度の2指標から、表-2に示すランク別評価値表を用いることで評価値を算出する。評価値自体は3ランクに分類されており、迂回度の指標が高いほど、また迂回度の値が高いほど、高く設定されている。このランク別評価値表は、「もし、有効度が3かつ、迂回度が4ならば、評価値は3とする」のように25種類の判断基準で構成される。

表-2 ランク別評価値表

DSI \ PDR		5	4	3	2	1
		C>1.8	C>1.6	C>1.4	C>1.2	-
5	N<4	3	3	3	2	2
4	N<6	3	3	3	2	2
3	N<9	3	3	2	2	1
2	N<12	3	2	1	1	1
1	-	2	1	1	1	1

また、各発生事象の評価値から情報板の表示内容を決するにあたり、以下の規則にしたがって決定を行う。

- ・ 評価値の高い事象についての内容を表示する。
- ・ 評価値が等しい場合、混雑度の高い事象を表示する。

実用的情報提供方法を用いたときの達成度の分布を図一7に示す。評価値の非線形性を表現したものの、非効率のケースは多くなり、最適情報提供時と同じ表示内容の組み合わせとなったケース ($\Delta TC_{info} = \Delta TC_{max}$) は少なくなっている。しかしながら、平均 ΔTC_{info} は 723.1 (分・台) であり、前節で示した情報提供方法と比較すると、0.3 (分・台) の違いである。この結果からこの方法についても効率的に情報提供が行われた結果として判断できる。つまり、実用的な情報提供方法についても高い達成度が得られることがわかる。

ここで、情報提供を行わない場合と比較して、非効率な交通状況が推計されたケースについて、詳しく交通状況を確認しておく。このとき、交通容量が大きい区間について事象が発生した場合であり、かつ当該区間が混雑状況になく、交通容量に十分な余裕がある場合について、情報提供により非効率な交通状況が推計されている。事象発生区間について、車線閉塞による交通容量が低下した状況に関しても、なお交通容量に余裕がある場合、迂回経路の利用により、利用者の経路所要時間は増加することになる。また、迂回交通により、迂回経路の交通混雑を引き起こす場合も推計されている。

この実用性を考慮した情報提供方法により得られた結果について、以下の2点に整理できる。

- ① ランクで表される判断基準により表示内容の決定方法を示した。これより、決定指標の比較が単純化されるとともに、判断基準をルールで表現することも可能となり決定過程が理解しやすい形式となった。
- ② 各事象の評価値と基準となる3指標の関係の表現形式として、部分的な関係の変化など、その非線形な関係を表現可能な形式として構成した。

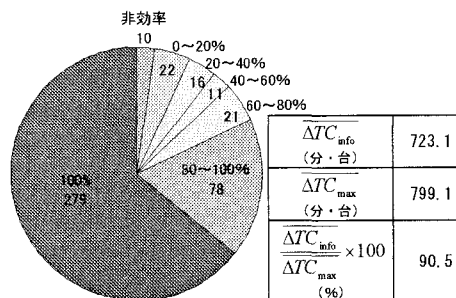
次節では、先に述べた問題点について解決するために、車線閉塞による交通容量を考慮した判断指標を追加する。これにより、情報提供により非効率な交通状況と推計されるケースをなくすことを目的とする。

(4) 判断指標追加による情報提供方法の改善

ここでは、前節の情報提供方法の問題点を考慮した情報提供方法を検討する。つまり、新しい判断指標の追加により、非効率ケースの減少を図るものである。

○当該事象の閉塞度 (RBN : Rate of Bottle Neck)

事象発生により、平常時に比べ、事象発生後に発生区間の通過し難さの程度が、情報提供効果に影響を与える。つまり、平常時に比べ発生区間の通過所要時間の変化が少ない場合、情報提供効果は小さい。



図一7 実用的情報提供方法を用いた時の達成度の分布

発生区間の通過し難さの程度を表す指標として、当該事象の閉塞度を提案する。閉塞度とは事象発生による発生区間の通過の難さを表している。具体的には、平常時の車線数に対する事象発生による閉塞車線数の割合で表している。つまり、事象発生による事象発生区間の容量減少割合を示している。事象発生による容量減少が大きいほどランク値を高く設定し、5ランクに分類した。

ここで、閉塞度と迂回必要度について比較する。迂回必要度とは、事象発生時の事象発生区間の混雑度を表している。つまり、平常時と事象発生時の通過所要時間の変化が考慮できないことが問題である。

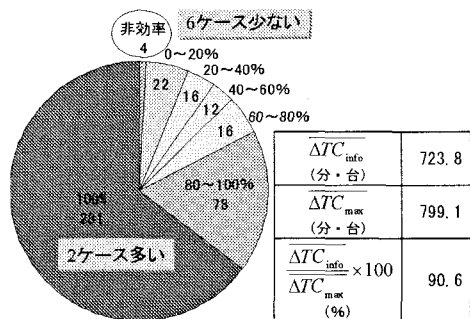
ここで提案する閉塞度は、事象発生時に関する発生区間の交通容量の減少分を用いた指標である。そのため、事象発生区間の通過所要時間の変化を考慮した情報提供が可能となる。つまり、前述した迂回必要度とは相違する概念であり、相互に独立した指標である。

情報板の表示内容の決定について、事象発生区間の通過し難さの程度が大きくなり、また、混雑の程度の低い区間に関しては、当該事象を表示対象から除外する。具体的には、以下の判断の追加を行うことで表現する。

「もし、閉塞度が3以下で、

迂回度が1ならば、評価値は0とする」

この閉塞度を追加した情報提供方法により、事故多発地点2箇所ですべて同時に事故が発生した場合の情報提供効果について推計した。このときの達成度分布を図一8に示す。



図一8 判断指標追加後の達成度の分布

前節の情報提供方法に比べ、総所要時間の減少分が負となる非効率ケース ($\Delta TC_{info} < 0$) が10 ケースから4 ケースになっていた。また、時間損失最小となるケースに関しても増加が推計されている。ただし、平均 ΔTC_{info} については723.8 (分・台) であり前節の情報提供方法とあまり変化はない。判断指標の追加により、非効率なケースは少なくなり、平均的な時間損失についても増加していることから、情報提供による効率の改善について有効であると確認した。すなわち、この情報提供方法により効率的な情報提供が可能である。

4 指標 (合理的経路指標、迂回度、有効度、閉塞度) からなる情報提供方法が、最も効率的に情報提供が実行可能である。次の章には、この4 指標からなる実用的情報提供方法についての適用性について検討を行う。

5. 実用的交通情報提供方法の効率性に関する検討

前章で提案した情報提供方法の適用性について検討を行う。具体的には、需要変動時、また情報板の設置位置の変化から、提案したこの情報提供方法がどの程度効率的に情報提供を行えているものか検討する。

(1) 交通需要変化時の効率性の確認

前章までは1 日で交通量がピークとなる時間帯を想定した時間帯 OD 交通量を用いていた。ここでは、この OD 交通量が変化した場合、提案した情報提供方法が効率的に行えるものか検討する。具体的に交通量の変動として、もとの交通量が-5、-10、-15%減少したときと5、10、15%増加したときを想定して算出を行った。各設定における情報提供方法の達成率の分布を示したのが図-9 である。

8 割以上のケースに関して情報提供により達成率が50%以上となる。OD 需要の大きい場合、情報提供の効率性はほとんど変化がない。一方、OD 需要の減少により、非効率となるケースは増加している。OD 需要が減少することで、事象発生位置の混雑度が小さくなる。そのため、情報提供により迂回交通量が事象発生地点の周辺に分散し、総走行時間が大きくなっている。

交通状態の変化時における実用的情報提供方法の検討結果をまとめると以下のように整理できる。

- ① この情報提供方法は、需要変動時に関しても、最適情報提供パターンと比較することで、頑健性があり、効率的に情報提供が行われていることが確認された。
- ② 道路全体の交通需要の少ない場合には、道路網全体の混雑度が減少しており、事象発生区間に関しても混雑度が低いいため、情報提供の効果は小さくなる。

(2) 情報提供機器の配置と効率性の関係

情報板設置位置の違いから、提案した情報提供方法へ

の影響について考察を行う。情報板設置位置の設定とし

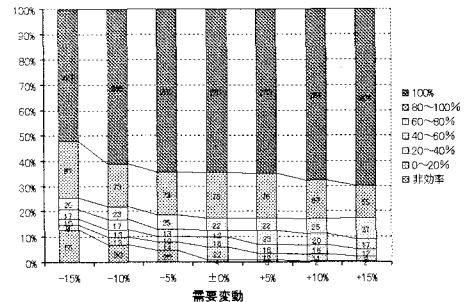


図-9 需要変化時の情報提供方法の効率性

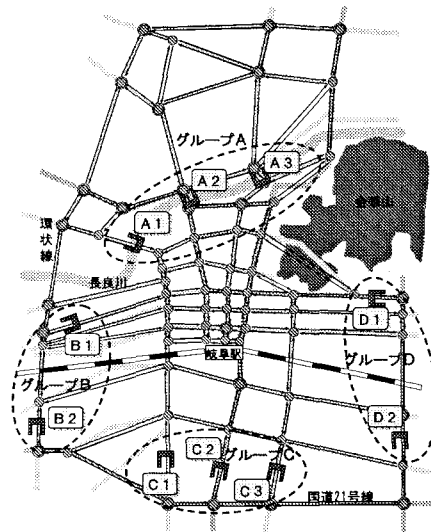


図-10 情報板設置位置

て、主要な路線の中から10 路線を選択し、各路線から中心市街地方向となる情報板設置位置の候補を一箇所ずつ選定した。この情報板設置候補を方向別に図-10 に示すように4 グループに分類する。情報板の設置位置の組み合わせとして、各グループから一箇所ずつ選択する。つまり $3 \times 3 \times 2 \times 2 = 36$ 通りの情報板の組み合わせすべてについて情報提供方法の効率性に関して検討を行う。

情報板設置位置変更時の情報提供方法の効率性の結果を図-11 に示す。

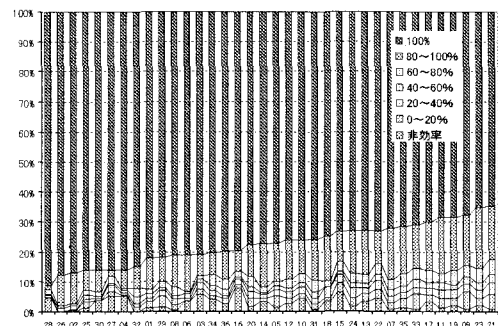


図-11 情報板設置位置における情報提供方法の効率性

すべての情報板設置位置について、達成率が100%となるケースが7割近くを示しており、実用的情報提供方法が効率的に行えていることが確認できる。

最も情報提供方法が効率的に機能した情報板設置位置では、達成率が100%となるケースが全体の91.3%を占めている。この設置位置の組合せの場合、平均 ΔTC_{info} は614(分・台)であり低い値を示している。

情報板設置位置の組合せにより、情報提供の効果が異なる。想定した組合せの中で平均 ΔTC_{info} は、最大1,073(分・台)で最小293(分・台)であり、3.6倍の差がある。また、最も情報提供の効果が高かった組合せは、A2, B2, C3, D2であった。最適な情報板設置位置をみた場合、グループDに関してはすべてのケースについてD2を選択した時、効果が高かった。D1に比べD2のほうが広範囲の事象発生位置を網羅できるためである。また事象発生地点から離れた位置から情報提供することで迂回交通量が分散し、効率的な情報提供が可能になっている。このように、効率的な情報提供について、情報板の設置位置に関しての検討が必要となる。

都心部を囲むように4方向に情報板を設置した場合における検討結果をまとめると以下のように整理できる。

- ① 情報提供位置に関わらず、提案した情報提供方法が有効に運用可能であることが確認された。
- ② 情報板の配置により、情報提供効果は大きく相違する。情報提供効果を高めるためには情報板の最適配置について検討を行う必要がある。

6. おわりに

本研究では、現実的なネットワークにおける緊急時の交通情報提供に関して、交通情報の空間的配置と交通流動を考慮した有効な運用方法を検討した。具体的には、都市道路網における緊急時の情報板による情報提供を想定し、時間損失を低減するための実用的運用方法を提案した。本研究で得られた成果は以下のように整理される。

- ① 時間損失最小となる情報提供パターンから、緊急時の交通情報提供における基本的考え方が実証的に整理された。特に、現実ネットワークにおける事象発生位置と情報板設置位置の空間的な位置関係を要約する指標として「合理的経路指標」が提案され、実用的な情報提供のための基本指標が示された。
- ② 緊急時の交通情報提供を実行するための4指標からなる実用的運用方法を提案し、現実的なネットワークについてその有効性を示した。このとき、「当該事象の閉塞度」の判断基準により、情報提供により非効率となる状況を抑制することが可能となることが示された。

- ③ 本研究で提案した実用的な運用方法は、現実的なネットワークについて、交通状態の変化時や、情報板の設置位置の相違する場合についても適用可能であり、効率的な情報提供が可能であることが示された。

これらの成果を踏まえて、今後現実面から検討すべき課題として、以下のように整理される。

① ファジィ推論の導入の検討

提案した実用的情報提供方法の判断指標は、ランク値で設定されている。各指標のランク境界値におけるあいまい性を考慮することにより、柔軟性の高い情報提供方法が構築できると考えられる。このため、情報提供ルール of 整理およびファジィ推論の導入が検討課題となる。

② 事象規模の変化への対応

発生事象として1車線規制のみを想定して情報提供方法の検討を行ってきた。現実の事象は多様であり、様々な事象のケースについて検討する必要である。事象の規模の指標を追加した情報提供方法の構築が必要とされる。

③ 情報板の最適配置の検討

情報板の配置により情報提供効果が相違することが明示されている。したがって、現実の予算や情報板設置可能箇所の制約のもとで、対象道路網における情報板の設置数および空間的配置の最適化が検討課題となる。

参考文献

- 1) 陶山貴之, 秋山孝正, 奥嶋政嗣: 都市道路網における緊急時情報提供の効率的運用に関する検討, 第23回交通工学研究発表会論文報告集, pp201-204, 2003.
- 2) 高山純一, 中川晶一郎, 小松孝輝, 加藤千宗: 高速道路における通行止発生時のドライバーの行動分析と最適迂回路情報に関する研究, 第22回交通工学研究発表会論文報告集, pp177-180, 2002.
- 3) 溝上章志, 本田秀太: 多種類確率均衡配分理論を用いたVICS情報の利用率予測と効果予測の方法, 土木学会論文集, No.709/IV-56号, pp.105-115, 2002.
- 4) 溝上章志: ネットワーク分析を用いた道路交通情報提供システム導入の便益試算, 土木学会第57回年次学術講演会概要集, CD-ROM, IV-362, 2002.
- 5) 小川圭一, 秋山孝正: 経路誘導情報を想定した都市道路網の効率的利用に関する検討, 土木学会第57回年次学術講演会概要集, CD-ROM, IV-361, 2002.
- 6) Takamasa Akiyama, Koji Iwata: Evaluation of Traffic Information Provision with Stochastic User Equilibrium, The CD-ROMs, the proceedings of the 55th JSCE Annual Meeting, Japan Society of Civil Engineers, CD-ROM, IV-368, 2000.
- 7) 土木学会編: 交通ネットワークの均衡分析, 土木学会, pp.73-102, 167-193, 1998.

都市道路網における実用的交通情報提供方法についての基礎的考察*

陶山 貴之**・奥嶋 政嗣***・秋山 孝正****

緊急時は交通情報提供が与える交通流動変化の影響が大きく、道路網の効率性に関して十分な配慮が必要となる。本研究では、現実的な都市道路網を対象とした緊急時の効率的な情報提供方法を提案した。文字情報板による交通情報提供方法を前提とし、交通情報の空間的配置について最適な交通情報提供パターンの導出を行った。また、4種類の判断指標を提案することで、現実的なネットワークにおけるODペアごとの経路の多様性に配慮しつつ、緊急時情報提供の簡便な運用手順により導出可能とした。これにより、実際の情報提供方法に関しても、本研究で提案した簡便な運用方法が適用可能であることを示した。

Fundamental Research on the Practical Information Provision Method for Urban Road Network*

By Takayuki SUYAMA**・Masashi OKUSHIMA***・Takamasa AKIYAMA****

The information provision should be an important technique of traffic management to produce the efficient traffic flow on the network. In particular, it is quite difficult to assume that drivers may have perfect information on the network in case of emergency. The practical information provision method is proposed for efficient traffic management in emergency conditions in the study. It can be formulated with the four kinds of indexes to restore the traffic flow on the network. The effectiveness of the proposed system is almost equivalent to the theoretical result of optimized allocation of information.
