

災害による道路通行規制時の交通選択行動に関する実証分析*
Empirical Studies on Travel Choice Behaviour
in a Road Network Degraded by Natural Disasters

朝倉康夫**, 柏谷増男***, 高木一浩****, 藤原健一郎*****

by Yasuo Asakura and Masuo Kashiwadani, Kazuhiro Takagi and Ken-Ichiro Fujiwara

1. はじめに

道路ネットワークシステムの信頼性に関する研究の蓄積は、ここ数年の間にかなり充実してきている(1)。しかし、多くの研究では、ネットワーク上を流れる交通フローの記述を捨象するかあるいはきわめて単純に記述し、交通網を単純ネットワーク (pure network) として扱ってきた(2)(3)。リンクの通行可能確率を求める時点で配分シミュレーションなどにより交通フローを考慮している場合もあるが(4)、連結度の計算過程では pure network として考えていることに変わりはない。したがって、リンクが通行不能になった際のトリップメーカーの経路変更に伴う交通流の変化や、結果として生じる可能性のある代替経路の機能低下などは十分に考慮されてこなかった。

最近、ネットワークの一部が物理的に機能しないときの交通流の変化を明示的に考慮した信頼性に関する理論研究(5)(6)や実証研究も始められている(7)(8)。これらは、流れのネットワーク (flow network) における信頼性分析とすることができる。モデル構築においては、信頼性指標の効率的計算法の研究が重要であるが、それと同時に、通行不能区間を持つネットワーク上の交通流を記述するサブモデルを開発することが重要である。

通行規制時の交通量配分の手法としては、これまでにリンク容量制約付きの需要変動型確率配分モデル(8)や、Burrell のモデルを応用した確率配分モデル(9)が提

案されてきた。しかしながら、いずれの場合でも道路網の一部が利用できない状態におけるドライバーの交通行動の記述には、大胆な仮説を設けざるを得なかったし、また、実際の経路選択行動の検証が十分であったとはいえない。

そこで、本研究の目的は、災害によって通行規制されたネットワークにおけるドライバーの交通選択行動について実証的な分析を行うことにある。具体的には、以下の2つの視点から四国地域の一般ドライバーを対象にアンケート調査を実施した結果を分析する。

(1)過去に災害による通行規制に遭遇した経験の有無とその際の交通選択行動

(2)仮想的な通行規制条件下での交通選択行動

そして、得られた行動モデルを四国地域の道路ネットワークに適用し、交通量配分モデル構築のための基礎的検討を行うものである。

この研究は、災害時の道路網信頼性評価モデルに組み込むことのできる交通量配分モデル開発のための基礎的分析として位置づけられる。以下、2では災害時の道路網信頼性評価モデルの考え方と配分モデルの役割、3では交通行動調査の概要、4では実際の通行規制時の行動に関する集計分析の結果、5では仮想的状況下での選択行動モデルの推定、6では5で得られたモデルを四国地域道路網へ適用した結果について述べる。

2. 災害時の道路網信頼性評価モデルの考え方

(1)信頼性評価モデルの全体構造 (7)

ネットワークの連結状態を状態ベクトル $\mathbf{x}$ 、状態の発生確率を $p(\mathbf{x})$ で表す。 $\mathbf{x}$ の要素は(0,1)でリンクが通行可能であれば1、不通であれば0である。それぞれの $\mathbf{x}$ に対してODペア rs 間が機能していると判断されるとき

*Keywords ; 交通行動分析, 経路選択, 防災計画, 交通量配分

**正会員 工博 愛媛大学助教授 工学部環境建設工学科
(〒790松山市文京町, TEL.089-927-9829, FAX.089-927-9843)

***フェロー 工博 愛媛大学教授 工学部環境建設工学科

****学生員 愛媛大学大学院 博士前期課程土木海洋工学専攻

*****正会員 セントラルコンサルタント(株) 広島支店

1. 機能していないと判断されるとき0を取る関数である稼働・停止関数 $Z_{rs}(x)$ を求め、その数学的期待値をODペア間の信頼度とする。

(2) 配分モデルの役割

ODペア間の連結度によって信頼性を評価するなら、すなわち、ネットワークの状態が x であるときに、ODペア間が物理的に連結しているか否かにより稼働・停止関数を評価するのであれば、配分計算は必要ではない。しかしながら、物理的な連結度のみによる信頼性指標は、「交通ネットワーク」の評価指標としては必ずしも十分ではない。たとえば、残された通行可能リンクに集中した交通による混雑は、ネットワークのパフォーマンスを著しく低下させ、実質的に通行できないのとはほとんど変わらない状態を生じさせるかもしれない。

ネットワーク交通流から求められるOD間の旅行時間や交通需要水準などを介在させて稼働・停止関数を評価するのであれば、何らかの方法による配分計算が必要になる。災害時ネットワークを対象とした配分が平常時の配分と異なる点は、部分的に通行できないネットワークにおけるドライバーの迂回行動や、平常時に比較して迂回距離（もしくは時間）が余りに長いことによるトリップ中止行動を記述しなければならない点にある。ドライバーの交通選択行動としてとらえるなら、たとえば、トリップを中止するか否かの選択が第1段階、トリップを中止しない場合の迂回経路の選択が第2段階の選択であるような構造を想定することもできる。いずれにしても、一部の区間が通行できない状態のネットワークにおけるドライバーの交通選択行動を記述できる配分モデルが必要であるということになる。

3. 交通行動調査の概要

災害時の道路ネットワーク利用に関する交通行動分析のためのパイロットデータを得るために、1995年11月にアンケート調査を実施した。アンケートは、通行規制の経験とその際の行動を被験者が記入する調査票Iと、仮想状況下での交通選択行動を記入する調査票IIから構成されている。調査対象者は一般ドライバー

であるが、建設省四国地方建設局の各工事事務所及び愛媛県久万土木事務所を通じて配布できる者に限定した。配布数計200に対し180人から回答を得た。

調査票Iでは主に以下の内容を探ねた。

- ①過去に自然災害による通行止めに遭遇した経験があるか否か。
- ②規制に遭遇したときトリップを中止したかどうか。
- ③規制に遭遇したとき、迂回したか、復旧後平常ルートを利用したか。
- ④迂回ルートを利用した場合の道路名と所要時間。

調査票IIでは、被験者に選択対象となる仮定のネットワーク（図.1）と経路の所要時間の組み合わせをいくつか与えてその選好を探ねた。平常ルートを利用したとき、迂回ルートを利用したとき、復旧するまで待機して平常ルートを利用したときの3つの場合の所要時間をそれぞれ与えて、次の3つの選択肢から1つを選択するものである。

1. 平常ルートが復旧するまで待つ。（待機）
2. 迂回ルートを利用する。（迂回）
3. 目的地へ行くことを取りやめる。（中止）

なお、交通目的による選択の差異を想定して、目的を通勤・業務・観光・私用の4目的に分け、1被験者に対して各目的ごとにそれぞれ3回（計12回）の選択回答を求めた。

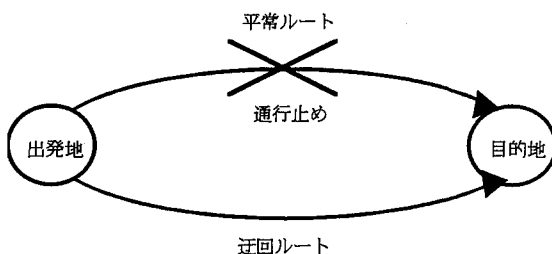


図.1 調査票IIで用いた仮想ネットワーク

それぞれの選択肢の所要時間は、次のようにして設定した。平常ルートの所要時間の値は、四国地域における道路交通センサスの結果などを参考にして、交通目的別に上下限値を設定し、その範囲でランダムに与えた。各目的別の所要時間の範囲は、通勤（30～90分）、業務（30～180分）、観光（60～180分）、私用（30～120分）である。迂回ルートの所要時間も同様にランダムに与えた。その下限値は平常ルートの所要時

間と一致させ、上限値は交通目的別に、通勤（630分）、業務（1080分）、観光（900分）、私用（600分）とした。待機した場合の所要時間も下限値と上限値の間でランダムに与えた。下限値は平常ルート of 所要時間+100分、上限値は、交通目的別に、通勤（900分）、業務（1800分）、観光（1800分）、私用（1200分）とした。すなわち、規制時間の長さを最小100分、最大約15～30時間と設定したことに相当する。四国地域において過去に発生した事前通行規制の時間延長は、概ね数時間～24時間の範囲にある。上記の設定は、それとほぼ対応したものとなっている。

4. 実際の通行規制の行動（調査票Ⅰの分析）

(1)通行規制時のトリップ中止・待機行動

過去に通行規制に遭遇した被験者数は77名で、全体の4割を超える。表.1は通行規制の経験のある被験者（77名）のうち、規制時にトリップを中止した人数と割合を交通目的別に示したものである。目的計では11名が通行規制時にトリップを中止しており、77名に対する割合は約15%である。目的別に見ると、通勤・業務目的では通行規制時でも90%以上の人がトリップをしており、トリップを中止する割合は低い。一方、観光目的では約30%、私用目的の場合には50%以上がトリップを取りやめている。

通行規制時にもトリップを中止しなかった65名（目的不明を除く）について迂回・待機の別に集計すると、迂回路を利用した者が59名（91%）、待機が4名（6%）、回答なしが2名（3%）であった。一旦待機した後にトリップする割合は低いといえる。

表.1 交通目的別トリップ中止数と中止率

	通勤	業務	観光	私用	その他	目的不明	計
サンプル数	30	17	7	9	13	1	77
中止数	3	1	2	5	0	—	11
中止率（%）	10	5.9	28.5	55.6	0	—	14.3

(2)経路変更の実態

通行規制に遭遇して迂回路を利用したドライバー59名のうち、利用ルートの変更回答があった55名について変更パターンをまとめたのが表.2である。最も多いのが二桁国道から三桁国道への変更で4割を越えている。次に多いのが国道から一般道への変更で約2

割、同程度の一般道への変更は1割である。一般道から高速道路への変更も約1割見られ、高速道路が代替機能を果たしているといえる。

表.2 利用ルートの変更パターン

利用ルートの変更パターン	人数（人）	構成比（%）
①二桁国道から三桁国道への変更	24	43.6
②国道から一般道への変更	13	23.6
③県道から一般道への変更	2	3.6
④高速自動車道から一般道への変更	2	3.6
⑤県道から国道への変更	2	3.6
⑥一般道から高速自動車道への変更	6	10.9
⑦同程度の一般道への変更	6	10.9
計	55	100

次に、経路変更による危険度の変化に着目してこの表をさらに集約したのが表.3である。四国地域（とりわけ山間部）の道路整備状況を見ると、主要幹線に比べて非幹線道路の整備・管理水準は低い。高速道路や直轄国道を除くと線形の悪い区間や狭幅員区間が多く、豪雨などによる斜面崩壊に対する施設の整備も不十分で、通行のリスクも高いと考えられる。そこで、本研究では、便宜的に危険度の大小関係は道路の機能に比例するものと仮定した。すなわち、危険度の小さい方から順に、高速道路<二桁国道<三桁国道<県道<一般道である。なお、危険度の設定については、過去の災害時の通行規制データからそれを判定する方法も考えられる。しかしながら、直轄国道以外の県あるいは市町村管理の道路について、過去の規制実績のデータを体系的に入手することは困難であった。したがって、上記のように道路機能と危険度を対応させるものとした。

経路変更により危険度が増大するとみなされるのは、表.3の①、②、③、④のケースであり、このパターンに該当するのは41名（74.5%）である。危険度が低下するのは⑤、⑥の2ケースで該当するサンプルは8名（14.5%）、危険度の変化がないのは⑦で6名（10.9%）である。このことから、迂回路を利用する場合は7割以上のドライバーが危険度の高い経路へ変更していることがわかる。実際、国道の通行が遮断機により事前に規制されるような場合でも、地方道は物理的手段によって通行を遮断することが難しい。幹線道路の規制により、ドライバーは逆にリスクが高い道路の通行を余儀なくされるような状況も発生しているの

である。

表.3 危険度の変化に着目した利用ルートの変更パターン

危険度の変化パターン	人数 (人)	割合 (%)
大きくなる (①, ②, ③, ④)	41	74.5
小さくなる (⑤, ⑥)	8	14.5
変化なし (⑦)	6	10.9
計	55	100

5. 仮想的状況下での選択行動(調査票Ⅱの分析)

トリップの中止・迂回・待機の選択は、平常時と比べたそれぞれの場合の所要時間の大小によるものと考えられる。調査票Ⅱによって仮想的状況下での選択行動のデータが得られているので、平常時の所要時間(t_0)、迂回経路の所要時間(t_d)、一旦待機して再びトリップしたときの所要時間(t_w)を組み合わせて説明変数を作成し、非集計ロジットモデルにより通行規制時の交通選択行動を分析した。

(1)モデル構造

配分モデルに組み込むことのできる簡明な選択行動モデルとするために、説明変数を所要時間に限定して分析を進めた。3つの時間変数 (t_0, t_d, t_w) の組み合わせによるいくつかのロジット型段階的選択行動モデルを仮定した。すなわち、ドライバーは第1段階としてトリップを中止するか(行動s) 中止しないか(行動 $\bar{s}$)を選択する。第2段階として、中止しない場合は、迂回するか(行動d), 待機するか(行動w)を選択するものとした。第2段階の選択の説明変数には平常時経路との時間比あるいは時間差を用いた。第1段階の選択には、下位の選択である第2段階の選択のlogsum変数あるいは時間比(時間差)の小さい方を説明変数とするモデルを考えた。以下、便宜的に第2段階、第1段階の順に選択モデルの推定結果を示す。

(2)迂回・待機行動モデルの推定

トリップを中止しない場合に迂回する確率は次式で与えられる。

$$p(d|\bar{s})=1/\{1+\exp(V_w-V_d)\}$$
 (1)

ここに、 V_d, V_w はそれぞれ迂回および待機する場合の効用の確定項である。時間比モデルでは、確定効用の差は、

$$V_w-V_d=\alpha_0+\alpha_1(t_w/t_0-t_d/t_0)$$
 (2)

であり、時間差モデルでは、

$$V_w-V_d=\alpha_0+\alpha_1(t_w-t_d)$$
 (3)

である。(α_0, α_1 はパラメータ)

目的別にパラメータ推定の結果を表.4 に示す。目的によってトリップ中止の傾向が異なるので、迂回・待機モデルの推定に用いたサンプル数は、通勤(320)、業務(329)、観光(132)、私用(169)である。時間比モデルでパラメータの値の大小関係を見ると、 α_1 については絶対値もt値も業務>通勤>観光>私用の順に大きく、この順に待機よりも迂回の傾向が強いことがわかる。また、通勤や私用に比べて、業務や観光のパラメータ α_0 は大きく、時間比が同じなら待機の傾向が強いことを意味している。

時間比モデルに比較すると、時間差モデルの全体的説明力はやや低下する。パラメータ α_1 の値が示す傾向は、時間比モデルと同様である。

表.4 迂回待機行動のパラメータ [] 内はt値。以下同様

	①時間比モデル			②時間差モデル		
	パラメータ α_0	α_1	χ^2 値 的中率(%)	α_0	α_1	χ^2 値 的中率(%)
通勤	0.135 [0.73]	-0.759 [-8.06]	186.6 82.5	0.037 [0.20]	-0.015 [-7.59]	188.3 82.8
業務	0.185 [1.11]	-0.875 [-8.97]	205.6 87.5	0.022 [0.14]	-0.010 [-7.79]	185.7 86.6
観光	0.340 [1.17]	-0.644 [-5.53]	78.0 86.4	0.220 [0.78]	-0.006 [-5.22]	75.1 86.4
私用	0.045 [0.16]	-0.455 [-4.63]	75.8 82.5	-0.280 [-1.11]	-0.005 [-3.89]	69.1 79.3
その他	0.191 [1.85]	-0.700 [-14.24]	532.4 84.9	-0.060 [-0.63]	-0.008 [-12.30]	482.0 83.7

(3)中止行動モデルの推定

中止行動の選択確率は、

$$p(s)=1/\{1+\exp(V_{\bar{s}}-V_s)\}$$
 (4)

である。ここに $V_{\bar{s}}, V_s$ はそれぞれ中止した場合としなかった場合の効用の確定項である。中止行動モデルと

しては、(i)比較最小モデル、(ii)Nestedモデルの二つを検討した。

(i)比較最小モデル

平常時の所要時間と比べたときの迂回あるいは待機した場合の時間の比（あるいは時間の差）を求め、その小さい方をトリップする場合の効用関数に組み込んだモデルを考える。これを便宜的に比較最小モデルと呼ぶ。効用差は、それぞれ

$$V_s - V_s = \beta_0 + \beta_1 \min\{t_d/t_w, t_w/t_0\} \quad (5)$$

$$V_s - V_s = \beta_0 + \beta_1 \min\{t_d - t_w, t_w - t_0\} \quad (6)$$

で与えられる。（ β_0, β_1 はパラメータ）

パラメータ推定の結果を表.5に示す。サンプル数はいずれの目的も513である。時間差モデルに比べて時間比モデルの説明力はやや低い。パラメータの絶対値の大小関係を見ると、 β_0 については時間比、時間差モデルとも通勤＝業務＞観光＝私用である。通勤や業務に比べて、観光や私用ではトリップを中止する傾向が強いことを示している。パラメータ β_1 については、目的による傾向の差異を明確に読みとることが難しい。また、迂回・待機モデルに比べると、 β_1 のt値は小さくはないものの、中止モデルの説明力は相対的に低い。

表.5 中止モデルのパラメータ（比較最小モデル）

パラメータ	①時間比モデル			②時間差モデル		
	β_0	β_1	χ^2 値 的中率(%)	β_0	β_1	χ^2 値 的中率(%)
通勤	2.998 [8.83]	-0.585 [-7.85]	103.3 68.2	3.016 [10.91]	-0.015 [-9.86]	176.6 76.0
業務	2.026 [6.28]	-0.366 [-4.78]	65.6 60.8	2.576 [10.76]	-0.008 [-9.13]	159.7 74.3
観光	1.870 [5.04]	-1.021 [-7.74]	200.0 76.2	1.181 [4.31]	-0.011 [-7.76]	222.9 77.4
私用	1.454 [4.26]	-0.669 [-6.45]	106.1 70.8	2.004 [6.73]	-0.020 [-8.74]	191.9 72.5
その他	0.796 [5.73]	-0.263 [-7.14]	64.0 60.7	1.448 [13.38]	-0.008 [-15.40]	345.4 69.3

(ii)Nestedモデル

第2段階の選択肢（迂回および待機）の魅力を表すlogsum変数は、

$$\Lambda = \ln\{\exp(V_o) + \exp(V_w)\} \quad (7)$$

で表される。この変数が、中止しない場合の効用を説明するものとした。効用差は、

$$V_s - V_s = \beta_0 + \beta_1 \Lambda \quad (8)$$

となる。パラメータ推定の結果を表.6に示す。モデル全体の説明力は、比較最小モデルとほぼ差がないかやや低い。パラメータの絶対値の大小関係を目的別に比較すると、 β_0 は通勤・業務で大きく、観光・私用で小さい。 β_1 については、明確な傾向を見いだせない。

表.6 中止行動のパラメータ（Nested Logitモデル）

パラメータ	①時間比モデル			②時間差モデル		
	β_0	β_1	χ^2 値 的中率(%)	β_0	β_1	χ^2 値 的中率(%)
通勤	2.959 [8.78]	0.790 [7.79]	101.7 68.2	3.283 [10.99]	0.859 [9.97]	174.4 76.2
業務	1.918 [6.16]	0.398 [4.59]	63.6 62.6	2.616 [10.59]	0.642 [9.06]	153.9 74.7
観光	1.400 [4.01]	1.312 [6.97]	184.0 75.8	0.950 [3.21]	1.210 [6.62]	187.2 73.9
私用	0.775 [2.79]	1.218 [5.53]	93.6 67.8	0.306 [2.07]	2.122 [7.84]	146.2 66.7
その他	0.738 [5.43]	-0.366 [-6.87]	60.0 57.9	1.400 [13.22]	-0.783 [-15.42]	336.9 69.0

非集計分析の結果は以下のようにまとめられる。(1)迂回・待機モデルとしては、時間差よりも時間比を用いたモデルのほうがやや再現性に優れている。(2)中止行動モデルは迂回・待機モデルよりも説明力がやや低下する。Nestedモデルと比較最小モデルの説明力の差は小さい。また、時間比よりも時間差を用いたほうが再現性が良好である。(3)迂回・待機モデルではパラメータ値と目的との関連性に明確な傾向を見いだせるが、中止モデルの場合には必ずしも同様の傾向が見られるとは限らない。中止モデルについては、構造の再検討が必要かもしれない。

6. 四国地域道路網への適用

通行規制時の迂回・待機・中止行動についての分析の結果得られた行動モデルをネットワークモデルに組み込んで、実際の道路ネットワーク上で交通量を求め、通行規制の影響を調べる。以下では、平常ルートの交通量や迂回ルートの交通量を求める際に、OD間の時間最短経路へOD交通量のすべてを負荷する。実際の通行規制では、迂回車両による新たな混雑の発生や、それに伴う代替経路の所要時間の増加も生じる可能性があるが、それらは考慮されない。ネットワークへの

配分は必ずしも現況再現を意図したものではなく、All-or-Nothingルールを適用したときのリンク交通量の挙動を知るためのものである。規制の有無による比較は、需要交通量ベースの議論であることに留意されたい。

(1)前提条件

対象ネットワークは、四国地域の幹線道路網で、国道、主要地方道に加え、一部の一般地方道を含んでいる。通行規制として、近年最も規制が大規模であった平成5年9月3日～4日の台風13号による規制を取り上げた。規制箇所は図.2に示す16ヶ所であり、幹線国道の異常気象時通行規制区間のほとんど全てが通行規制された。高松～高知間の国道32号線や松山～高知間の国道33号線は非常に広範囲にわたって通行不能であった。

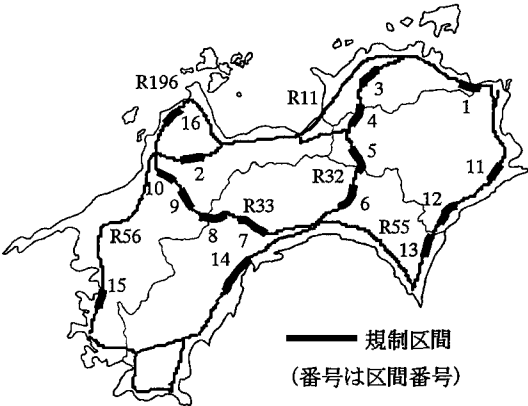


図.2 平成5年9月3日～4日の台風13号による規制箇所

規制時間の最小は6時間30分、最大は12時間であり、ほとんどの区間は約8時間で規制が解除された。規制時間の長さは、アンケートの調査票Ⅱで想定した値の範囲内にあるとみなされる。また、規制区間の空間的分布を見ると、平常時に規制区間を通行するであろうと考

えられる交通の多くは都市間・地域間のトリップである。それらのトリップに要する平常時の所要時間は、概ねアンケートで想定した値の範囲にあると考えられる。

OD表は平成2年度の建設省道路交通センサスによるBゾーンOD表をトリップ目的別に集計したものを用いた。トリップ目的は、通勤、業務、観光、私用、その他とした。通行規制時のドライバーの迂回・待機行動は、時間差を説明変数とするモデル、中止行動は同じく時間差を説明変数とする比較最小モデルを用いるものとした。迂回・待機モデルは時間差を変数としても時間比を変数としても再現性に大きな差はないが、中止モデルは時間差を説明変数とするほうが再現性に優れているからである。

平常時のODペア間の所要時間は、自由走行時間による最短経路上の時間とした。平常時の時間最短経路上に通行規制区間を含まないODペアは、迂回・待機・中止モデルの計算対象から除く。通行規制区間を迂回する場合のOD間所要時間は、規制区間に相当するリンクを取り除いて求めた時間最短経路上の時間である。待機する場合のOD間所要時間は、平常時の所要時間に規制時間を加えたものである。厳密に言えば、待機の場合の所要時間は、個々のトリップの発生時刻と規制の開始時刻により異なると考えられる。しかしながら、そのような個別で動的な処理を行うことにすると、数値計算操作がきわめて煩雑になるため、ここでは上記のように平均的な扱いとしている。

(2)中止行動と迂回・待機行動

表.7に交通目的別の中止トリップ数および迂回・待機トリップ数を示す。影響ODペアおよび影響トリップ数とは、平常時に比較して通行規制時のOD間所要時間の値が大きくなるようなODペアとそのトリップ数をい

表.7 交通目的別の中止・迂回・待機の状況

交通目的	A：配分対象 トリップ数	B：影響トリッ プ数(B/A,%)	C：影響OD ペア数	D：中止トリッ プ数(D/B,%)	E：迂回トリッ プ数(E/B,%)	F：待機トリッ プ数(F/B,%)
通勤	507,427	9,278(1.8)	188	1,021(11.0)	8,231(88.7)	26(0.3)
業務	815,295	33406(4.1)	638	3,512(10.5)	29,255(87.6)	640(7.9)
観光	113,644	4,962(4.4)	133	1,769(35.7)	2,857(57.8)	336(6.8)
私用	202,554	4,178(2.1)	104	1,468(35.1)	2,495(59.7)	216(5.2)
その他	932,826	27,647(4.4)	656	7,613(27.5)	19,415(70.2)	619(2.2)
計	2,571,746	79,471(3.1)	****	15,383(19.4)	62,253(78.3)	1,837(2.3)

う、トリップ数の多い都市部のリンクが規制されることはないで、配分対象トリップ数に対する影響トリップ数の割合は3%程度であり、著しく多いとは言えない。交通目的別に見ると、トリップ長の長い観光や業務目的のトリップが影響を受けやすいことがわかる。

中止・迂回・待機の割合を見ると、迂回が8割、中止が2割であり、待機するケースはほとんど見られない。規制時間が概ね8時間程度であったため、規制されていないルートが残されておれば迂回してでもトリップするか、迂回ルートがない場合には中止する割合が高くなったものと考えられる。通勤や業務では中止率は1割程度であるが、観光や私用では3割を超える。実際の通行規制時の行動の分析（第4章、たとえば表.1）によれば、中止率は全体で15%、通勤・業務では8%、観光・私用では40%であったから、ここでの結果はそれとも概ね整合している。

表.8にトリップ中止率の高いODペアを目的別に上位3位まで示す。この表を見ると、トリップが中止されやすいのは、国道11、32、33、55、196号線を経路とするODペアであり、海岸部・山間部を経由しているものであることがわかる。これらの経路を利用するODペアは、設定した規制条件下では特に有効な迂回路をもたなかったとみなされる。

交通目的	ODペア	中止率 (%)	主要利用道
通勤	上浮穴郡⇄上浮穴郡	30.7	R33
	西条市⇄温泉郡	18.5	R11
	周桑郡⇄温泉郡	18.4	R11
業務	阿南市⇄室戸市	22.0	R55
	海部郡⇄室戸市	21.4	R55
	今治市⇄上浮穴郡	17.0	R33,196
観光	西条市⇄上浮穴郡	65.9	R11,33
	三好郡⇄坂出市	62.8	R32
	三好郡⇄観音寺市	51.4	R32
私用	三好郡⇄高知市	63.3	R32
	上浮穴郡⇄上浮穴郡	58.7	R33
	東予市⇄温泉郡	39.1	R11
その他	阿南市⇄室戸市	46.5	R55
	今治市⇄上浮穴郡	38.8	R33,196
	上浮穴郡⇄高岡郡	37.4	R33

(3) 平常時と規制時のリンク交通量の比較

平常時のOD交通量を時間最短経路にAll-or-Nothing配

分して求めたリンク交通量と、通行規制時に規制の影響を全く受けないかまたは迂回したOD交通量を規制ネットワークにAll-or-Nothing配分して求めたリンク交通量を比較する。規制区間のリンク走行時間は、平常時の値に規制継続時間を加えた値である。また、規制時に配分されないトリップは、トリップを中止するか待機したものである。なお、先に述べたように、この配分はAll-or-Nothing配分ルールによるNetwork LoadingのPerformanceを調べるのが狙いで、必ずしもAll-or-Nothing配分が通行規制時のフロー記述手法として十分であると考えているわけではない。迂回交通による混雑の発生などを考慮した配分へ展開するための予備的検討段階にあるものである。

多数の規制区間を持つ国道33号線の愛媛・高知県境付近（図.3）を例に、平常時のリンク交通量と規制時のリンク交通量を比較する。規制区間の平常時の日交通量（計算値）は、約2,200台（リンク934）から約5,000台（リンク698）である。愛媛県側では、久万町～砥部町（リンク698）が規制されることにより、国道379,380号線（リンク706,707,710,709）へ迂回交通が流れ、これらの区間ではリンク交通量が約2,000台増加する。規制区間に隣接する国道33号線のリンク702,705では、平常時に比較してそれぞれ1,800、3,000台の交通量が減少する。高知県側でも同様に、リンク934,935などが規制されることにより、国道194,439号線（リンク931,932,933）の交通量が700～1,800台増加する。

図.4は、いくつかのリンクについて交通量の目的別の内訳の変化を示したものである。全体に通勤や業務目的の交通の割合が高くなっている。とくに、規制区間に挟まれた国道33号線上のリンク697,702では通勤交通の割合が増え、リンク932では業務交通の割合が顕著に増加していることがわかる。通行規制時にも中止されにくい通勤や業務交通は、平常時には利用されないような経路へ迂回する可能性があることを示唆している。

7. おわりに

通行規制されたネットワークにおけるドライバーの交通選択行動について実証的な分析を行った結果、得られた主な成果は次のように要約できる。

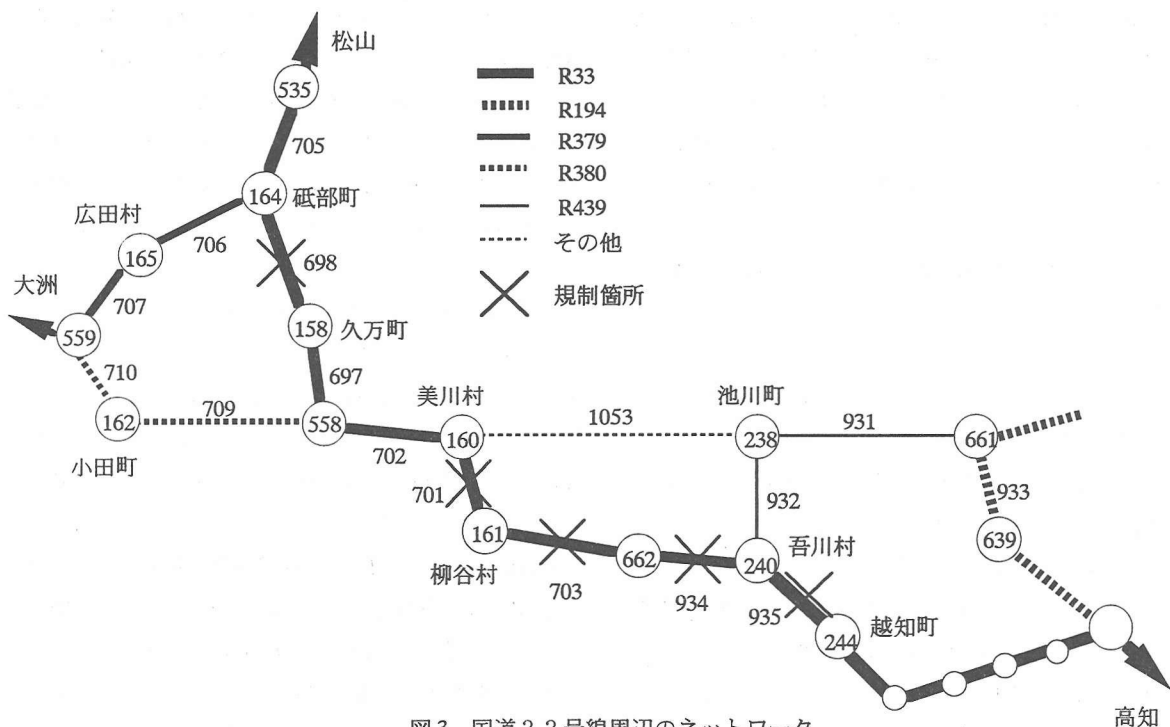


図.3 国道33号線周辺のネットワーク

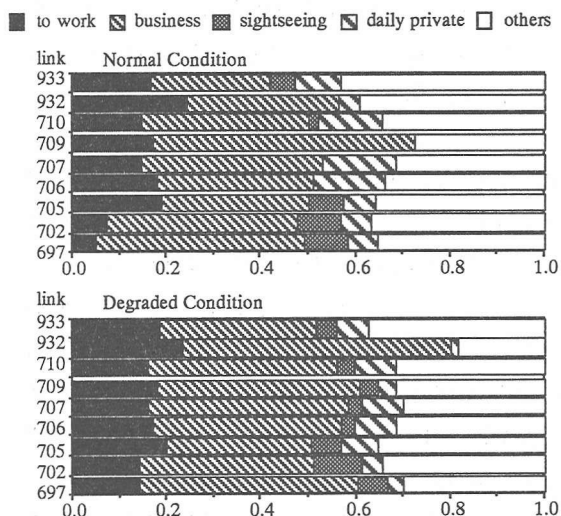


図.4 リンク交通量の交通目的構成の変化

(1) 過去に災害による通行規制に遭遇した経験の有無と、その際の交通選択行動を四国地域の建設省各工務事務所等へのアンケート調査により調べた。通行規制に遭遇しても85%のドライバーはトリップを中止することではなく、そのほとんどが迂回ルートを利用することや、経路変更の際にはほぼ7割のドライバーがリス

クの高いルートへの変更を余儀なくされていることがわかった。

(2) 仮想的な通行規制条件下での交通目的別の選択行動を分析した結果、通行規制時の中止・迂回・待機の行動は、時間差や時間比によりある程度説明できることが確認できた。また、時間差よりも時間比を用いたモデルのほうがやや再現性に優れているが、中止行動モデルは迂回・待機モデルよりも説明力がやや低下することがわかった。

(3) 四国地域の道路ネットワークデータと交通センサスによる交通目的別ODデータを用いて、実際の通行規制時における中止・迂回・待機の行動モデルの適用計算を行った。規制の影響を直接受けるトリップ数は全体の3%程度であったが、トリップの中止率、迂回率は(1)にまとめたドライバーの行動結果とよく一致することがわかった。

以上により、災害時の道路網信頼性評価モデルに組み込むことのできる交通量配分モデル開発のための基礎的なデータが得られたと考えられる。もちろん今後に残された課題も少なくない。とりわけ、(1)交通実態調査のサンプル数を増やし、サンプルの偏りを是正す

ること、(2)経路変更によるリスクの変化の検討については、道路要因以外の要因も考慮した改良を加えること、(3)交通量配分モデルへ適用するための簡明さを失わない範囲で、中止・迂回・待機 行動モデルの精緻化を図ることが挙げられる。これらの諸点については、検討を進めている段階であり、稿を改めて発表した。

豪雨などを原因とする事前規制のように、年間に複数回発生する可能性がある規制については、規制時間の長さなどについてドライバーはある程度経験や知識を持っていると考えられる。したがって、本論文で述べてきたように、規制時間を説明要因の一つとして交通量を推定するといった手順を取ることができよう。しかしながら、極めて稀にしか発生しない通行規制に対しては、このようなアプローチは必ずしも十分ではないかもしれない。この点は、期待値論的な信頼性評価の考え方とも密接に関連しており、今後の課題としたい。

<参考文献>

- (1) 岡田憲夫, 若林拓史, 多々納裕一: 社会基盤整備の計画・管理のためのリスク分析のアプローチ. 土木学会論文集, No.464/IV-19, pp.33-42, 1993.
- (2) 飯田恭敬, 若林拓史, 福田博: 道路網信頼性の近似解法の比較研究. 土木学会論文集, No.311/IV-11, pp.107-116, 1989.
- (3) 高山純一: 異常気象時における道路網の連結性能評価法. 土木計画学研究・論文集, No.12, pp.559-565, 1989.
- (4) 朝倉康夫, 柏谷増男, 熊本仲夫: 交通量変動に起因する広域道路網の信頼性評価. 土木計画学研究・論文集, No.7, pp.235-242, 1989.
- (5) Du, Z.-P. and Nicholson, A.: Degradable Transportation Systems Performance, Sensitivity and Reliability Anの比較研究. 土木学会論文集, No.311/IV-11, pp.107-116, 1989.
- (6) Sanso, B. and Milot, L.: A Reliability Model for Urban Transportation Planning. Preprints in TRISTAN-II Conference in Capri, pp.617-62, 1994.
- (7) 朝倉康夫, 柏谷増男, 為広哲也: 災害時における交通処理能力の低下を考慮した道路網の信頼性評価モデル. 土木計画学研究・論文集, No.12, pp.475-484, 1995.
- (8) 藤原健一郎, 朝倉康夫, 柏谷増男: 交通ネットワークにおける災害時のフローの変化を考慮したODペア間の信頼度の指標. 土木計画学研究・講演集18(2), pp.737-740, 1995.
- (9) Asakura, Y. and M. Kashiwadani: Traffic Assignment in a Road Network with Degraded Links by Natural Disasters, *Journal of Eastern Asia Society for Transport Studies*, Vol.1, No.3, pp.1135-1152, 1996.

災害による道路通行規制時の交通選択行動に関する実証分析

朝倉康夫, 柏谷増男, 高木一浩, 藤原健一郎

過去に災害による通行規制に遭遇した経験の有無とその際の交通選択行動および仮想的な通行規制条件下での交通選択行動について、四国地域の一般ドライバーを対象にアンケート調査を実施した。通行規制に遭遇しても85%のドライバーはトリップを中止することではなく、そのほとんどが迂回ルートを利用することや、経路変更の際にはほぼ7割のドライバーがリスクの高いルートへの変更を余儀なくされていることがわかった。通行規制時の中止・迂回・待機の行動は、時間差や時間比によりある程度説明できることが確認できた。また、中止行動モデルは迂回・待機モデルよりも説明力がやや低下することがわかった。得られた行動モデルを四国地域の道路ネットワークに適用し、交通量配分モデル構築のための基礎的検討を行った。規制の影響を直接受けるトリップ数は全体の3%程度であったが、トリップの中止率、迂回率はドライバーの実際の行動とよく一致することがわかった。

by Yasuo Asakura, Masuo Kashiwadani, Kazuhiro Takagi and Ken-Ichiro Fujiwara

This paper studies drivers' travel behaviour in a road network degraded due to natural disasters. Actual route choice and travel choice behaviour of drivers using a questionnaire survey are analyzed. It is found that 85% of drivers did not cancel their trips and use diversion routes. Due to the insufficient supply of road networks, 70% of diverted drivers were obliged to use lower class of road sections with higher risk of travel. Models describing travel choice behaviour are developed using disaggregate demand modelling methods. Those models are applied to the road network in the Shikoku area. Although 3 % of drivers are effected by road section closure, the estimated trip cancel rate and diversion rate are consistent with actual travel behaviour in the degraded network.
