

## 交通行動の中止を考慮した災害時における交通ネットワークモデルを用いた有珠山噴火による道路途絶に伴う影響算定

### DISASTER IMPACT ANALYSIS OF LIMITED ACCESS ROADWAYS WITH EMPLOYMENT OF TRAFFIC NETWORK MODEL: MT. USU CASE

高橋 尚人\* 内田 賢悦\*\* 加賀屋 誠一\*\*\* 浅野 基樹\*\*\*\*

Naoto Takahashi, Kenetsu Uchida, Seiichi Kagaya, and Motoki Asano

2000年3月、有珠山は23年ぶりに噴火した。その影響は有珠山周辺にとどまらず北海道の社会経済全体に大きな影響を及ぼした。道路ネットワークでは、道央自動車道、一般国道230号が寸断され、その他複数の路線で通行規制措置が執られた。その結果、道路利用者は迂回を余儀なくされ、また、旅行時間の増大の程度によっては交通行動を取り止めた道路利用者がいたと考えられる。

本研究では、災害時の道路ネットワークを対象としたユーザーコストの定量化を念頭に置き、災害時の交通行動モデルの構築を試みた。このモデルは、旅行時間の増大によって交通行動を取り止める場合も考慮することで、道路区間の途絶による旅行時間費用の増大による損失と、交通行動を中止することによる機会損失が同時に推計されることが特徴である。本モデルを有珠山噴火に伴う実際の通行規制状況に適用し、本モデルにより推計される配分交通量と交通量調査結果を比較し、さらに、旅行時間費用損失及び交通行動を中止することによる機会損失額の算定を行った。

《キーワード：災害影響評価；交通行動の中止；機会費用；旅行時間費用》

The 2000 eruption of Mt. Usu seriously damaged not only the surrounding area but also Hokkaido's socioeconomic activity. As for road network, "Douou" Highway and Route 230 were partly collapsed, and other roadways controlled access. Consequently, it forced road users to substantial detour. Moreover, it is expected that some road users might cancel their trips, depending upon the degree of the estimated travel time and delay.

This study developed a model of travel pattern considering quantification of road users' cost subject to road network at the time of disaster. This model's feature is to be able to estimate travel cost caused by closed road sections and opportunity cost generated by trip cancellation simultaneously, because it considers the situation of travel cancelled as a result of increasing travel time. Reproducing a scenario of the limited road network at the time of the Eruption, the study compares traffic volume and traffic assignment estimated by this model. Thus, the study calculates travel time/cost and opportunity cost due to trip cancelled.

《Keywords: Disaster Impact Study, Trip Cancellation, Opportunity Cost, Travel Cost》

## 1. はじめに

2000年3月、有珠山は23年ぶりに噴火した。その影響は有珠山周辺にとどまらず、北海道の中央部と本州とを結ぶ交通の大動脈の分断などにより、北海道の社会経済全体に大きな影響を及ぼした。特に道路ネットワークに着目すると、有珠山周辺では道央自動車道、一般国道230号が寸断され、そのほか複数の路線で通行規制措置が執られた。その結果、道路利用者は大幅な迂回を余儀なくされて旅行時間の増大による損失が生じ、また、旅行時間の増大の程度によっては交通行動そのものを取り止めた道路利用者がいたものと考えられる。

そこで本研究では、災害時における道路ネットワークを対象としたユーザーコストの定量化を念頭に置き、災害時の交通行動モデルの構築を試みた。このモデルは、旅行時間の増大によって交通行動を取り止める場合も考慮することで、道路区間が通行不能となることによる旅行時間費用の増大による損失と、交通行動を中止することによる機会損失が同時に推計されることが特徴である。当該モデルを用い、有珠山噴火に伴う実際の通行規制状況を再現し、当該モデルにより推計される配分交通量と交通量調査結果とを比較し、さらに、旅行時間費用損失及び交通行動を中止することによる機会損失額の算定を行った。

## 2. 有珠山噴火による道路等被害の概要



図 - 1 有珠山位置図

有珠山は北海道南西部洞爺カルデラ（洞爺湖）の南壁上に生じた火山で、2000年3月31日に23年間の沈黙を破って噴火した。今回の噴火は激しい地殻変動を伴い、西山西麓では数十メートルもの地盤隆起を引き起した。

さらに、降灰は道路上に数十センチも積もり、泥流による橋梁流失等の被害も発生した。有珠山の南麓には道央自動車道、JR室蘭本線が通過しており、北海道と本州を結ぶ物流機能の大動脈と位置づけられる幹線での被害は甚大なものであった。

噴火による土木被害は道路・河川等で59箇所、約44億円に達した（平成13年4月20日現在）。道路に着目すると、有珠山周辺の道央自動車道および一般国道230号の寸断を含み、一般国道37号、一般国道453号や道道を含めた広範囲な道路区間に通行止め措置が執られた。こうした措置に対し、周辺の道道、市町村道が代替機能を果たすことになるが、迂回による旅行時間の著しい増加、さらにこうした道路に自動車交通が集中することによる混雑等、大きな交通混乱が生じた。



写真 - 1 噴煙を上げる有珠山



写真 - 2 被災状況（木の実橋）

道路の寸断により上記のような交通混乱が生じるため、物的被害額だけではなく、道路利用者のユーザーコスト増加分も考慮に入れた場合、実質被害額は飛躍的に

増大するものと考えられ、また、こうしたユーザーコストの考え方は、これからますます重要になると予想される。

### 3. 既存の評価法と本研究の関係

自然災害等により、道路区間が通行不能となった場合の影響評価法としては、固定需要型の交通量配分により、走行費用および時間費用の増分を計測し、それを貨幣換算した損失額を用いる方法が一般的である。こうした方法では、道路区間が通行不能となった場合であっても、全ての人間がこれまでと変わらず交通行動を起こすであろうという仮定に基づいている。しかし、交通行動を中止するというオプションを考えた場合、需要が固定されるという前提には、無理があるといわざるを得ない。これは、走行時間の増大の程度によっては交通行動を中止した方が得られる便益の方が大きい可能性を否定できないからである。

交通行動を買物行動に例えて考えてみよう。この場合、品物の値段が交通費用であり、それを消費することによって得られる効用が交通便益と考えられる。このとき、道路区間が通行不能となることは、品物の値段を上げることになる。消費者は、品物の値段とそれを消費することによる効用の関係を考え、その品物を購入するかどうかを決定するものと考えられる。当然、値段の上昇が小さい場合、ほとんどの人間は、値段が上昇する前のように品物を購入すると考えられる。また、値段の上昇幅が大きくなるにつれ、購入する人間の割合が小さくなると考えられる。これは、道路区間が通行不能となった場合の影響が大きくなると、交通行動を中止する人間の割合が大きくなることに対応する。また、道路区間が通行不能になることによる影響は、トリップの起点と終点の位置が違う交通では異なる。以下、こうした考えに基づき交通行動のモデル化を行っていくことにする。

## 4. モデルの定式化

### (1) モデル化の前提

以下に示す前提のもと、交通行動のモデル化を行う。交通行動は、それを行うことによって得られる交通便益を獲得しようとするために起こる。道路区間が通行不能になることで旅行時間が増大する交通が存在し、その交通は交通行動を中止する場合がある。

交通行動を中止するか否かの判断は、交通行動を起こすことによって得られる交通便益と旅行時間費用の関係のみで決定される（ここでは、走行費用は考慮しない）。

交通行動を中止した場合、目的地を変更する等の代替的な交通行動は考えない。

災害後、道路は復旧していないが、交通状況が定常状態に戻った場合を想定する。

仮定 1 は、交通行動は、目的地に行きそこで目的（仕事、買い物等）を果たすことによって得られる交通便益が存在するため、その交通行動が行われることを示している。仮定 2 は、災害により道路区間の一部が通行不能となった場合、旅行時間が増大する交通は、その程度によっては交通行動を中止する可能性を示しており、仮定 3 では、その判断は、交通行動によって得られる便益と交通行動によって消費する旅行時間費用のみの関係で決定されることを示している。一方、交通行動を中止した交通は、目的地を変更した代替的な交通行動をとることも考えられる。例えば、多少遠くなるが他の小売店や病院を利用するようになり、その代わりに、その交通行動の頻度を減らした代替的な交通行動をとる場合である。仮定 4 は、このような代替的な交通行動を考慮しないことを示している。仮定 5 は、交通行動を起こす全ての者は、通行不能となっている道路区間を認識しており、それを考慮して交通行動を起こすことを示している。すなわち、災害直後にあるような混乱や通行不能区間に関する情報が十分に行き届いていないような状況は想定しない。

### (2) 交通行動の定式化

人が交通行動を起こすのは、目的地に到達し目的を果たすことによって得られる便益が、目的地に到達するまでの旅行時間に応じて負担することとなる時間費用を上回るためと考えられる。

次に、災害による道路途絶等により目的地までの旅行時間が増加する場合を考える。災害前に交通行動を起こしていた者が災害後も交通行動を継続する場合、このような者にとっては目的地に行くことによって得られる便益の方が、災害後に目的地に到着するまでの時間費用の増分を考慮しても依然として高いためと考えられる。

一方、災害前に交通行動を起こしていた者が災害後に交通行動を取り止める場合、このような者は目的地に行くことによって得られる便益と災害後に目的地に

到着するまでの時間費用を比較し、時間費用が便益を上回ると考えたため交通行動を中止したと考えられる。この場合、災害前に目的地に到着するまでに要した時間費用を他のことに費やすことが出来るためその分便益が増大するものの、目的地に行くことで得られる便益を失うためこの分の便益が低下する。なお、交通行動を中止した者は、その時間を利用して別の交通行動を起こすことも考えられるが、ここでは考慮しないこととした。

以上より、ODペア  $rs$  間における道路利用者の便益を災害の前後で区別し、それぞれを  $B_{rs}^p$ 、 $B_{rs}^a$  と表現し (式(1)、式(2))、それらの関係は式(3)となる。

$$B_{rs}^p = b_{rs} f_{rs}^p - t C_{rs}^p f_{rs}^p \quad \forall rs \quad (1)$$

$$B_{rs}^a = b_{rs} f_{rs}^a - t C_{rs}^a f_{rs}^a + t C_{rs}^p e_{rs}^a \quad \forall rs \quad (2)$$

$$B_{rs}^p - B_{rs}^a \geq 0 \quad \forall rs \quad (3)$$

$b_{rs}$  : 起点  $r$  から終点  $s$  に行くことによって得られる便益 (円)

$t$  : 時間価値 (円/分)

$C_{rs}^p$  : 災害前のODペア  $rs$  間の所要時間 (分)

$C_{rs}^a$  : 災害後のODペア  $rs$  間の所要時間 (分)

$f_{rs}^p$  : 災害前のODペア  $rs$  間の交通量 (台/日)

$f_{rs}^a$  : 災害後のODペア  $rs$  間の交通量 (台/日)

$e_{rs}^a$  : ODペア  $rs$  間において災害後に交通行動を中止した交通量 (台/日)

ここで、災害前のODペア  $rs$  間の所要時間 ( $C_{rs}^p$ ) は、交通状況が定常状態にあることを仮定し、需要固定型の利用者均衡配分を行うことによって求めることにする。本研究では、式(4)に示すBPR関数により所要時間を求めた。

$$t_a(x_a) = t_a(0) \left\{ 1 + \alpha \left( \frac{x_a}{C_a} \right)^\beta \right\} \quad (4)$$

$t_a(x_a)$  : リンク  $a$  上の交通量が  $x_a$  の時の所要時間

$t_a(0)$  : ゼロフロー時のリンク  $a$  の所要時間

$C_a$  : リンク  $a$  の交通容量

$x_a$  : リンク  $a$  の交通量

$\alpha, \beta$  : パラメータ

また、災害前のOD交通量は、災害後のOD交通量と災害後に交通行動を中止した交通量との和に等しいため、式(5)の関係が成立する。

$$f_{rs}^p = f_{rs}^a + e_{rs}^a \quad \forall rs \quad (5)$$

災害後の交通行動は、災害前後における便益差の2乗

和が最小となるような行動をとるものと仮定し、式(6)に示す目的関数を設定した。

$$\min L = \sum_{rs} (B_{rs}^p - B_{rs}^a)^2 \quad (6)$$

また、災害前後におけるOD間の所要時間を考慮した制約条件として、式(7)を仮定する。すなわち式(7)は、交通行動における時間制約に相当する条件となっており、災害後に交通行動に費やすことが可能な総時間は、交通行動を中止する利用者も考え、災害前の総時間以下となることを規定するものである。この制約は、災害前の総旅行時間は災害後と比べて小さいか、せいぜい等しい状態となることを示している。

$$\sum_{rs} (C_{rs}^a f_{rs}^a + C_{rs}^p e_{rs}^a) \leq \sum_{rs} C_{rs}^p f_{rs}^p \quad (7)$$

式(1)、式(2)、式(5)および式(7)の関係を用いると、式(8)の関係が成立するため、式(6)は式(9)に変形できる。

$$\begin{aligned} B_{rs}^p - B_{rs}^a &= b_{rs} f_{rs}^a - t C_{rs}^p f_{rs}^p - (b_{rs} f_{rs}^p - t C_{rs}^a f_{rs}^a + t C_{rs}^p e_{rs}^a) \\ &= b_{rs} (f_{rs}^p - f_{rs}^a) + t (C_{rs}^a f_{rs}^a - C_{rs}^p e_{rs}^a - C_{rs}^p f_{rs}^p) \\ &= b_{rs} (f_{rs}^p - f_{rs}^a) + t (C_{rs}^a f_{rs}^a + C_{rs}^p e_{rs}^a - C_{rs}^p f_{rs}^p - 2 C_{rs}^p e_{rs}^a) \\ &= b_{rs} (f_{rs}^p - f_{rs}^a) - 2 t C_{rs}^p e_{rs}^a \\ &= b_{rs} (f_{rs}^p - f_{rs}^a) - 2 t C_{rs}^p (f_{rs}^p - f_{rs}^a) \\ &= (b_{rs} - 2 t C_{rs}^p) (f_{rs}^p - f_{rs}^a) \end{aligned} \quad (8)$$

$$\min L = \sum_{rs} (b_{rs} - 2 t C_{rs}^p)^2 (f_{rs}^p - f_{rs}^a)^2 \quad (9)$$

さらに式(9)を目的関数、式(7)を制約条件とする最適化問題は、式(10)に示すLagrangian関数で表現される。

$$\begin{aligned} \min L' &= \sum_{rs} (b_{rs} - 2 t C_{rs}^p)^2 (f_{rs}^p - f_{rs}^a)^2 \\ &\quad + \lambda \sum_{rs} (C_{rs}^a f_{rs}^a + C_{rs}^p e_{rs}^a - C_{rs}^p f_{rs}^p) \\ &= \sum_{rs} (b_{rs} - 2 t C_{rs}^p)^2 (f_{rs}^p - f_{rs}^a)^2 \\ &\quad + \lambda \sum_{rs} \{ C_{rs}^a f_{rs}^a + C_{rs}^p (f_{rs}^p - f_{rs}^a) - C_{rs}^p f_{rs}^p \} \\ &= \sum_{rs} (b_{rs} - 2 t C_{rs}^p)^2 (f_{rs}^p - f_{rs}^a)^2 \\ &\quad + \lambda \sum_{rs} (C_{rs}^a f_{rs}^a - C_{rs}^p f_{rs}^p) \end{aligned} \quad (10)$$

ここで  $\lambda$  はLagrangian乗数であり、(7)式の不等式制約から非負の有限値をとる。  $\lambda$  は非負なので、式(10)の両辺を  $\lambda$  で割ったものを新たな目的関数と考え、式(11)で表現する。

$$\begin{aligned} \min L'' &= \frac{L'}{\lambda} \\ &= \frac{1}{\lambda} \left\{ \sum_{rs} (b_{rs} - 2tC_{rs}^p)^2 (f_{rs}^p - f_{rs}^a)^2 \right\} \\ &\quad + \sum_{rs} C_{rs}^a f_{rs}^a - \sum_{rs} C_{rs}^p \end{aligned} \quad (11)$$

一方、経路コストがリンクコストと加算の関係で表される場合、式(12)が成立する。

$$C_{rs}^{ak} = \sum_{a \in A} t_a^{a,rs} \quad (12)$$

ここでA、 $C_{rs}^{ak}$  は、それぞれネットワークを構成するリンク集合、ODペア  $rs$  間の  $k$  番目経路の所要時間である。 $\delta_{rs}^{a,k}$  は、リンク  $a$  がODペア  $rs$  間の  $k$  番目経路に含まれる場合に1、そうでない場合に0をとる変数であり、それらは災害後の交通状況で計算される変数である。このとき、ネットワーク全体の総走行時間は全リンクについて足し合わせたものに等しくなり、さらに交通均衡状態を想定すると、利用される経路の所要時間は全て等しいため、式(13)が成り立つ。

$$\begin{aligned} \sum_{a \in A} t_a x_a &= \sum_{rs} \sum_k C_{rs}^{ak} f_{rs}^{ak} \\ &= \sum_{rs} C_{rs}^a f_{rs}^a \end{aligned} \quad (13)$$

ここで、 $f_{rs}^{ak}$  は、災害後のODペア  $rs$  間の  $k$  番目経路交通量であり、式(14)の関係を満たす。

$$\sum_k f_{rs}^{ak} = f_{rs}^a \quad (14)$$

式(13)の関係をい用ると、式(11)は式(15)で表される。

$$\begin{aligned} \min L'' &= \sum_{a \in A} t_a x_a \\ &\quad + \sum_{rs} \left\{ -C_{rs}^p f_{rs}^a + \frac{1}{\lambda} (b_{rs} - 2tC_{rs}^p)^2 (f_{rs}^p - f_{rs}^a)^2 \right\} \end{aligned} \quad (15)$$

式(15)において、リンク交通量を示す変数を  $w$ 、ODペア間の交通量を示す変数を  $v$  とおき、右辺の第1項および第2項を積分形式で表現すると、それぞれ式(16)、式(17)で表される。

$$\begin{aligned} \sum_{a \in A} t_a x_a &= \sum_{a \in A} \int_0^{x_a} \frac{d\{wt_a(w)\}}{dw} dw \\ &= \sum_{a \in A} \int_0^{x_a} \left\{ t_a(w) + w \frac{dt_a(w)}{dw} \right\} dw \end{aligned} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} &\sum_{rs} \int_0^{f_{rs}^a} \frac{d \left\{ -C_{rs}^p v + \frac{1}{\lambda} (b_{rs} - 2tC_{rs}^p)^2 (f_{rs}^p - v)^2 \right\}}{dv} dv \\ &= - \sum_{rs} \int_0^{f_{rs}^a} \left\{ C_{rs}^p + \frac{2}{\lambda} (b_{rs} - 2tC_{rs}^p)^2 (f_{rs}^p - v) \right\} dv \end{aligned} \quad (17)$$

したがって、式(15)は式(18)で表されることになる。

$$\begin{aligned} \min L'' &= \sum_a \int_0^{x_a} \left\{ t_a(w) + w \frac{dt_a(w)}{dw} \right\} dw \\ &\quad - \sum_{rs} \int_0^{f_{rs}^a} \left\{ C_{rs}^p + \frac{2}{\lambda} (b_{rs} - 2tC_{rs}^p)^2 (f_{rs}^p - v) \right\} dv \end{aligned} \quad (18)$$

式(18)は、需要変動型の均衡配分モデルと等価な構造を持つ数理最適化問題となっている。すなわち、式(18)第1項の積分内はリンクコスト関数、第2項の積分内が逆需要関数に対応している。式(18)第1項の積分内はリンク交通量に対して単調増加関数となり、その積分値は狭義の凸関数となる。また、第2項の積分内はOD交通量に対して単調減少関数であり、その積分値は狭義の凹関数となっているが、その値にマイナスが乗じられているため、第2項も狭義の凸関数となる。すなわち、式(18)は狭義の凸関数となっており、解の一意性が保証された非線形最適化問題となっており、効率的な解法が開発されている。

### (3) 交通行動によって得られる便益の定式化

前述のモデルでは、時間価値 ( $t$ )、始点  $r$  から終点  $s$  に行くことによって得られる便益 ( $b_{rs}$ )、ネットワークデータおよび現状のOD交通量データがあれば解析を行うことができる。以下では、 $b_{rs}$  の求め方について説明を加える。

$b_{rs}$  は、ODペア  $rs$  ごとに災害前における交通行動による便益と逆需要関数の関係から考えていくことにする。 $b_{rs}$  は個人が起点  $r$  から終点  $s$  へ行き、目的を達成することで得られる便益であり、これから時間費用を差し引いたものをODペア毎で集計すると、ODペア  $rs$  間における利用者便益となる。一方、これは消費者余剰と考えることができる。この消費者余剰は、式(18)において  $v$  の値を固定して得られる需要変動型利用者均衡配分を解くと、計算することが可能となる。そこで利用者便益と消費者余剰が等しくなる条件 (図-2、式(19)) から  $b_{rs}$  を求めると、これを内生変数として扱うことが可能となる。

$$\begin{aligned}
& b_{rs} - tC_{rs}^p \\
&= t \int_0^{f_{rs}^p} \left\{ C_{rs}^p + \frac{2}{\lambda} (b_{rs} - 2tC_{rs}^p)^2 (f_{rs}^p - v) \right\} dv \\
&- tC_{rs}^p f_{rs}^p \\
&= t \left[ C_{rs}^p v + \frac{2}{\lambda} (b_{rs} - 2tC_{rs}^p)^2 f_{rs}^p v - \frac{2}{\lambda} * \frac{1}{2} (b_{rs} - 2tC_{rs}^p)^2 v^2 \right]_{v=0}^{v=f_{rs}^p} \\
&- tC_{rs}^p f_{rs}^p \\
&= tC_{rs}^p f_{rs}^p + \frac{2t}{\lambda} (b_{rs} - 2tC_{rs}^p)^2 f_{rs}^p \\
&- \frac{t}{\lambda} (b_{rs} - 2tC_{rs}^p)^2 f_{rs}^p \\
\text{よって} \quad b_{rs} - tC_{rs}^p &= \frac{t}{\lambda} (b_{rs} - 2tC_{rs}^p)^2 f_{rs}^p \quad (19)
\end{aligned}$$

具体的には、式(19)を式(3)の条件のもとで  $b_{rs}$  について解くと、 $b_{rs}$  は式(20)で表される。

$$b_{rs} = 2tC_{rs}^p + \frac{\lambda}{2tf_{rs}^p} \left( 1 + \sqrt{\frac{4}{\lambda} t^2 C_{rs}^p f_{rs}^p + 1} \right) \quad (20)$$

式(20)には  $b_{rs}$  が含まれているが、式(18)におけるリンク交通量に関する最小化と  $f_{rs}^p$  に関する最大化問題を繰り返し解くことによってリンク交通量と  $b_{rs}$  を収束させ、このときの  $b_{rs}$  を用いて、 $b_{rs}$  を決定する。

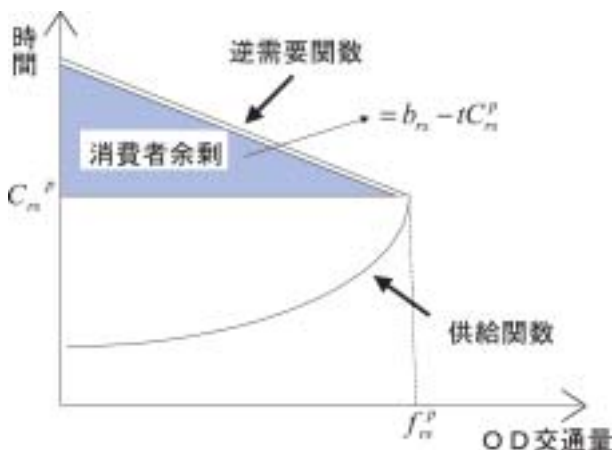


図 - 2  $b_{rs}$  と消費者余剰の関係

式(20)は、災害前における交通行動によって得られる便益は、災害前の交通行動による時間費用の2倍（式(20)右辺第1項）よりも、式(20)右辺第2項の部分だけ大きくなることを示している。この条件は、災害前に交通行動を起こしていることを保証するものであり、重要な意味を持つ。例えば、前述の便益が災害前の交通行動による時間費用の2倍未満である場合、はじめから交通行動を起こさず、その分の時間費用を得た方が得

と感ずることになり、災害前の交通行動を起こす動機は持たないことになる。式(20)は、こうした行為を禁止するものであり、妥当な条件であると考えられる。

## 5. 有珠山噴火による道路途絶に伴う影響算定

### (1) 条件の設定

有珠山の噴火後、通行規制された路線及び区間が刻々と変化するが、同一の通行規制がある程度の期間継続し、かつ国道37号をはじめとした室蘭～函館方面のスクリーンが軒並み通行規制された規制パターン3を対象とし、当該交通行動モデルを適用する。

表 - 1 有珠山噴火による通行規制パターン

規制パターン	通行規制状況
規制1 (3/30～4/1)	道央道（長万部IC～室蘭IC）、国道3路線、道道11路線が通行止め
規制2 (4/2～4/12)	道央道（豊浦IC～伊達IC）、国道3路線、道道5路線が通行止め
規制3 (4/13～5/23)	道央道（豊浦IC～伊達IC）、国道37号夜間、国道230号虻田町内、道道1路線が通行止め
規制4 (5/24～7/12)	道央道（豊浦IC～伊達IC）、国道230号虻田町内、道道1路線が通行止め
規制5 (7/13～11/24)	道央道（虻田洞爺湖仮出入口～伊達IC）、国道230号虻田町内が通行止め。 11月25日以降は国道230号通行止め区間の機能を補間する町道が完成したため、11月24日までとした



図 - 3 通行規制パターン3の規制状況

BPR関数 (式(4)) のパラメータ値 ( , ) については、平成11年度道路交通センサスの一般交通量調査結果を用いて北海道の道路網を対象として推計し、それぞれ (0.14, 2.95) とした。時間価値については、第11次五箇年計画における乗用車の53.12 (円/分) を用いることとし、ODデータについては平成11年度道路交通センサスデータを用いた。

(2) 適用の結果

交通量の再現性検証

実測交通量と本モデルを用いて推計される通常時

(災害前) 交通量及び災害時交通量を比較し、本モデルの精度を確認する (図 - 4、表 - 2)。比較検証に用いる実測交通量は、平成11年度道路交通センサス一般交通量調査を使用することを基本とし、災害時には本検討の条件とした規制パターン3での交通量増減分を用いて実測交通量を表現した。

通行規制措置は洞爺湖の南側で執られたため、洞爺湖北側地点での交通量の増加が大きく、その他では減少傾向を示している。周辺地域の主要箇所での実測値と推計値を比較した結果、それぞれ相関係数は0.9程度となっている (図 - 5、図 - 6)。

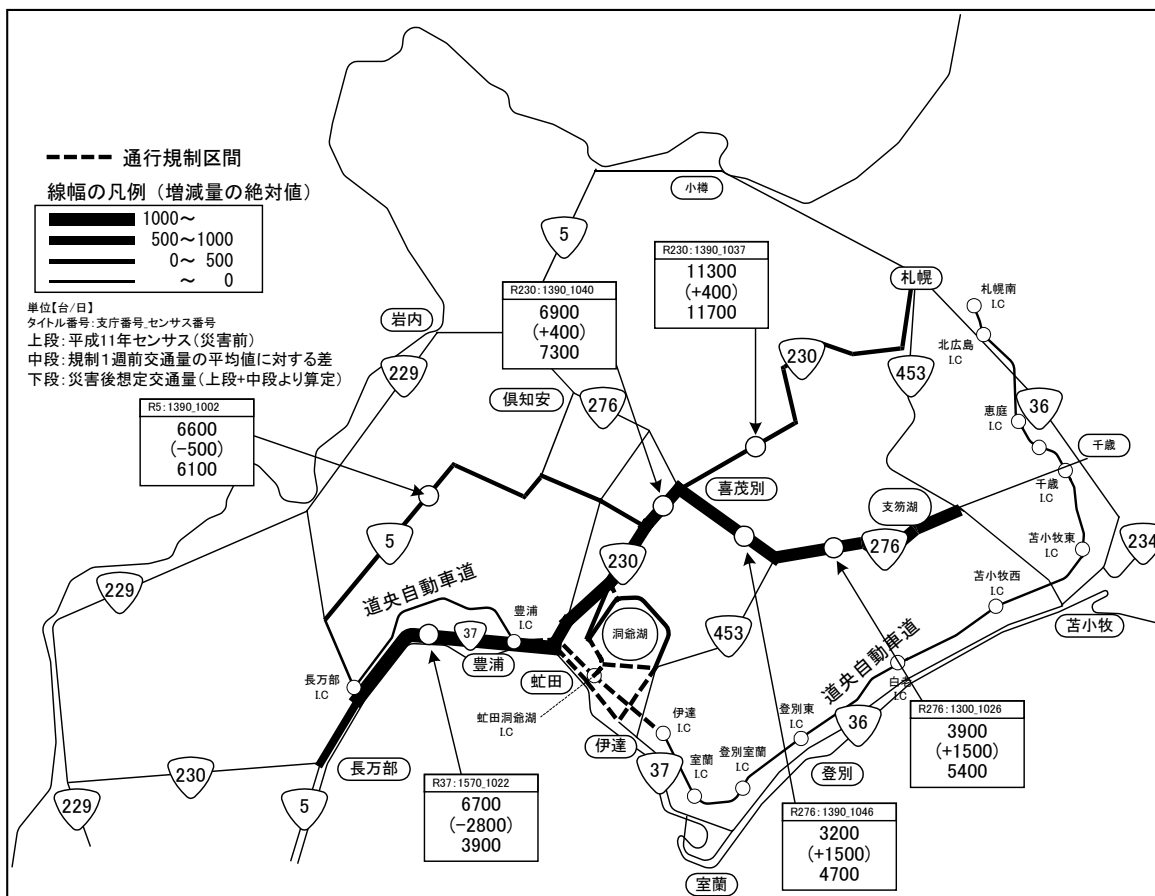


図 - 4 規制パターン3の交通量増減図 (実測)

表 - 2 通常時及び災害後の交通量の実測値と推計結果の比較

路線名	調査地点名	通常時交通量 (台/日)				災害後交通量 (台/日)			
		実測	推計	差分	誤差比率	実測	推計	差分	誤差比率
一般国道276号	千歳市美笛1067林班	3,900	6,100	2,200	0.56	5,400	7,000	1,600	0.30
一般国道5号	磯谷郡蘭越町蘭越町	6,600	6,400	-200	-0.03	6,100	6,400	300	0.05
一般国道230号	虻田郡喜茂別町字伏見	11,300	12,700	1,400	0.12	11,700	11,200	-500	-0.04
一般国道230号	虻田郡留寿都村字三の原	6,900	8,100	1,200	0.17	7,300	7,800	500	0.07
一般国道276号	虻田郡喜茂別町字双葉	3,200	2,200	-1,000	-0.31	4,700	4,800	100	0.02
一般国道37号	虻田郡豊浦町字大岸	6,700	10,600	3,900	0.58	3,900	6,200	2,300	0.59

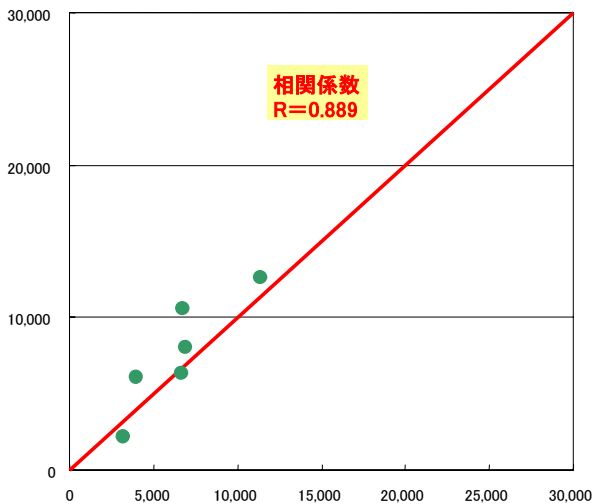


図 - 5 通常時の推計結果と実測値の比較

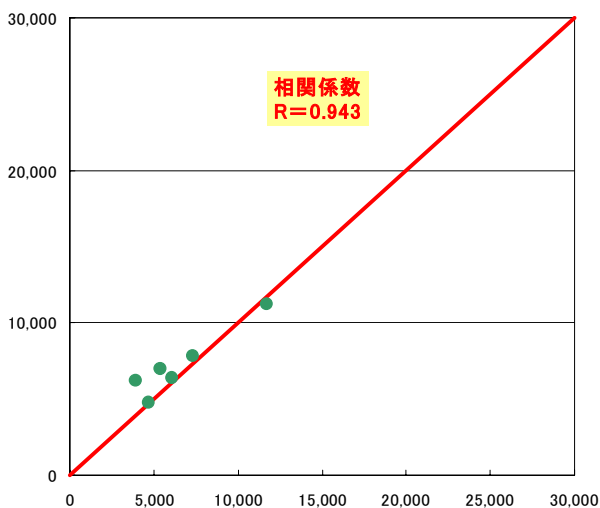


図 - 6 災害時の推計結果と実測値の比較

#### 通行規制による損失の算定

通行規制による損失は、47 (百万円/日) と算出された。このうち、走行時間損失 (旅行時間が増大したことによる損失) は22 (百万円/日)、機会損失 (交通行動を行わなくなったことによる損失) は25 (百万円/日) と算定された。走行時間損失のうち、有珠山の存する胆振支庁管内関連交通が全体の約85%を占める結果となり、残り約15%については、その大半が道南関連の交通となった。

機会損失については、虻田町 (洞爺湖温泉街) で全体の約99%を占める結果となった。この損失は、道路途絶により洞爺湖温泉街が陸の孤島状態となり、交通行動を行えなくなったため生じたものである。

旅行時間の増大により交通行動を取りやめたことによる損失は約1%であり、そのほとんどが道央圏内の交通によるものであった。これは、本モデルでは、交通行動を達成することによる便益は旅行時間に比例して大きくなるため、旅行時間 (トリップ長) が長い交通 (道南～道東等) が災害後にも交通行動を取りやめず、旅行時間の比較的短い道央圏内の交通の一部が交通行動を取りやめる結果になったと考えられる。なお、災害前と同じ交通行動をとらない場合、実際には目的地を変更したり、他の交通機関を利用する等によって目的を達成する可能性があるが、本モデルでの結果はこのようなケースを考慮していない条件下で算出した値である。

表 - 3 走行時間損失の内訳

関連交通	損失額 (百万円)	比率 (%)
<b>胆振管内関連交通</b>	<b>18.22</b>	<b>84.6</b>
道央方面 - 胆振管内	1.53	7.1
道南方面 - 胆振管内	4.24	19.7
胆振管内 - 胆振管内	12.45	57.8
<b>道南関連交通</b>	<b>3.32</b>	<b>15.4</b>
道央方面 - 道南方面	1.80	8.4
道東・道北・後志方面 - 道南方面	1.52	7.1
合 計	21.54	100.0

## 6. まとめ

本研究では、交通行動により得られる便益と時間費用の関係から、災害時の交通行動モデルを構築し、有珠山噴火における実際の通行規制状況にあてはめて計算を行った。同モデルでは、災害による道路区間の寸断により旅行時間が延びることによる損失と、「迂回により旅行時間が増大し、交通行動を取り止める場合がある」という実際の交通行動に即した損失を表現している。交通行動の中止とそれに伴う便益損失の影響は、自然災害を踏まえた道路ネットワーク計画を立てる上で重要なものである。

また、交通量と所要時間から算出する従来型の算定方法で取り止める交通を反映した場合、災害時に交通量が減少した分が経費として計上されないため、災害後のトータルコストの方が低くなり、損失額がマイナスに計上される (災害後の便益の方が高い) といった非現実的な結果を招く。



本研究では、交通行動を起こし目的地に到達することで得られる便益を加味し、走行コストと合わせた便益について評価する交通行動モデルを考えた。

なお、本モデルでは、「災害後に費やすことが可能な総時間は、交通行動を中止する者も加え、災害前の総時間以下となる」とし式(7)を定式化しているが、交通行動を取り止めた場合、その旅行時間は完全には保存されない(交通行動以外の代替行動をとると、その旅行時間分全てを振り向けられない)と考えられる。このことに関しての問題の定式化、解法などについては今後の課題としたい。

参考文献

- 1) 有珠山の活動にかかる対応状況等について (第115報), 平成13年6月28日18時15分現在, 消防庁
- 2) 田村亨: 有珠山噴火に伴う交通規制が地域社会に与えた影響, 道路交通経済, No.96, 49-54, 2001.
- 3) 杉本博之, 首藤諭, 後藤晃, 渡辺忠朋, 田村亨: 北海道の橋梁のユーザーコストの定量化の試みとその利用について, 土木学会論文集, No.682/I-56, pp.347-357, 2001.
- 4) 加賀屋誠一, 内田賢悦, 萩原亨: 札幌市東北部における水災害時のネットワーク交通容量変化に関する研究, 自然災害科学, J.JSNDS 21-4 401-405 (2003).
- 5) 交通ネットワークの均衡分析 - 最新の理論と解法 -, 土木学会, 1998.
- 6) 赤松隆, 宮脇治: 利用者均衡条件下での交通ネットワーク最大容量問題, 土木計画学研究・論文集, No12, pp719-729.
- 7) 平成12年(2000年)有珠山噴火災害報告, 北海道開発局, 平成13年6月
- 8) 平成11年度全国道路交通情勢調査(道路交通センサス)一般交通量調査箇所別基本表 第一分冊, 北海道開発局建設部道路計画課



高橋 尚人\*

北海道開発土木研究所  
道路部  
交通研究室  
主任研究員



内田 賢悦\*\*

北海道大学大学院工学  
研究科  
都市環境工学専攻  
交通システム工学講座  
助手



加賀屋 誠一\*\*\*

北海道大学大学院工学  
研究科  
都市環境工学専攻  
交通システム工学講座  
教授



浅野 基樹\*\*\*\*

北海道開発土木研究所  
道路部  
交通研究室  
室長  
技術士