

所要時間の不確実性を考慮した交通渋滞による損失費用の計測\*

The Measurement of Road-User Cost due to Traffic Congestion Considering Time-Varying \*

河野達仁\*\*・荒井 徹\*\*\*・伊藤 卓\*\*\*\*・鹿島 茂\*\*\*\*\*

By Tatsuhiro KOHNO\*\*, Tohru ARAI\*\*\*, Takashi ITO\*\*\*\* and Shigeru KASHIMA\*\*\*\*\*

1. 研究の背景と目的

交通渋滞が道路利用者に及ぼす損失費用の計測に関する従来の研究は交通渋滞を単なる時間損失と考え、基準速度で走行した場合と現在の走行速度で走行した場合の所要時間差に時間評価値を乗じて交通渋滞の損失費用を計測している。<sup>1)2)3)</sup>

しかし、交通渋滞に巻き込まれて費やす時間損失の他に、所要時間の不確実性の増大や交通渋滞によって受ける肉体的・心理的不快感等、交通渋滞の中の道路利用者は様々な損失を被っている。

本研究は時間評価値に加え、所要時間の不確実性および肉体的・心理的不快感に対する道路利用者の貨幣価値の算出を行った。次に実際の交通渋滞が及ぼしている損失費用の計測を首都高速道路（以下、首都高）を対象として、従来の時間損失に加え、所要時間の不確実性が及ぼす損失費用の試算を行った。具体的には次のようにまとめられる。

1) 首都高利用者の「所要時間」, 「所要時間の不確実性」および「交通渋滞による不快感」に対する価値意識を調査し、効用関数の構成によりそれらに対する評価値を計測する。

2) 首都高における所要時間の不確実性を示す所要時間変動関数を想定し、1)の評価値と併せて首都高における実際の交通渋滞による所要時間の不確実性に対する損失費用を時間損失費用に加えて試算する。

2. 道路利用者に交通渋滞が及ぼす影響

混雑が道路利用者に及ぼす影響は時間費用の増加にとどまらず、所要時間の不確実性も増加させ、不快感や疲労等も生じさせる。これらも道路利用者の損失費用に含めて計測しなければならないと考えられる。本研究における道路利用者に対する交通渋滞の損失費用の項目を整理すると図1のようになる。

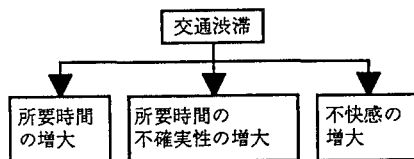


図1 道路利用者に対する交通渋滞の影響

3. 計測の考え方

(1) 一般化費用の計測

意識調査の実施により首都高利用者の道路利用に対する効用関数、すなわち交通渋滞による負効用を(1)式に示される多属性効用関数で表し、一般化費用の計測を試みる。

$$U(x) = \sum_i w_i \cdot x_i \quad (1)$$

$x_i$ : 属性  $i$  の属性別効用関数

$w_i$ : 属性  $i$  のウェイト

通行料金のウェイトで(1)式を除することにより、(2)式のように利用者の一般化費用が計測される。

$$GC = \sum_i v_i \cdot x_i \quad (2)$$

$v_i$ : 属性  $i$  に対する貨幣評価値

(2) 交通渋滞による損失費用

(2)式の属性  $i$  に対する貨幣評価値が道路利用者

\* キーワーズ: 意識調査分析、経路選択、交通行動分析

\*\* 正員, 工修, (財) 計量計画研究所研究部経済研究室  
(東京都新宿区市谷本村町2-9, TEL03-3268-9911, FAX03-3268-9919)

\*\*\* 学生員, 中央大学理工学部土木工学科  
(東京都文京区春日1-13-27, TEL03-3817-1817, FAX03-3817-1803)

\*\*\*\* 正員, 工修, (財) 計量計画研究所研究部経済研究室  
(東京都新宿区市谷本村町2-9, TEL03-3268-9911, FAX03-3268-9919)

\*\*\*\*\* 正員, 工修, 中央大学理工学部土木工学科  
(東京都文京区春日1-13-27, TEL03-3817-1817, FAX03-3817-1803)

が交通渋滞から被る単位損失時間あたりの損失費用として計測される。

#### 4. 意識調査

質問の項目を表1に、質問の形式を図2に示す。

表1 質問項目

|                        |
|------------------------|
| ・通行料金と所要時間のトレードオフ      |
| ・所要時間と所要時間の不確実性のトレードオフ |
| ・所要時間と交通渋滞の不快感のトレードオフ  |
| ・個人属性および自動車利用状態        |

経路A：所要時間が50分で通行料金が無料  
経路B：所要時間が30分で通行料金が700円

上記のような仮想な一対の経路があるとき、次の1～3のどれを選びますか。

1. 経路Bより経路Aを好む。  
2. どちらともいえない。  
3. 経路Aより経路Bを好む。

図2 質問形式

#### (2) 質問項目の定義

各質問項目は表2、3のように定義される。

表2 質問の定義

|           |                                  |
|-----------|----------------------------------|
| 所要時間の不確実性 | 平均所要時間から、ある時間だけ遅れる可能性が存在すること     |
| 交通渋滞の不快感  | 提示した仮想経路の混雑状況（表3）に対する回答者自身の“不快さ” |

表3 仮想経路の混雑状況

|        |                |
|--------|----------------|
| 混雑レベル1 | 時速40km以上の通常走行  |
| 混雑レベル2 | 時速20～40km程度の混雑 |
| 混雑レベル3 | 時速20km以下の渋滞    |

#### (3) 効用関数の設定

本研究では、各属性に対する限界効用を一定と仮定した。効用関数は(3)式のように設定される。

$$U(x) = w_1 M + w_2 t + w_3 \Delta t + w_4 \delta_1 t + w_5 \delta_2 t + w_6 \delta_3 t \quad (3)$$

$M$ ：通行料金

$t$ ：所要時間

$\Delta t$ ：所要時間の不確実性（遅れ時間）

$\delta_i$ ：不快感（混雑レベル  $j$ ）のダミー変数

回答者は経路Aと経路Bの効用差を判断して経路選択を行うと仮定し、効用差を表す変数 $z$ を(4)式に示すように判断誤差を考慮して導入し、プロビット分析<sup>9)</sup>を行いウェイトを推定する。

$$z = U^A - U^B = w_4(x_1^A - x_1^B) + \varepsilon \quad (4)$$

$U^A$ ：経路Aにおける効用

$U^B$ ：経路Bにおける効用

$\varepsilon$ ：平均0、標準偏差 $\sigma$ の正規分布に従う確率変数

#### 5. 単位損失時間あたりの項目別貨幣評価値の計測

##### (1) 調査の概要

意識調査の概要を表4に示す。

表4 調査概要

|     |                                |
|-----|--------------------------------|
| 対象  | 第21回首都高速道路交通起終点調査より無作為抽出の1200名 |
| 期間  | 1995年1月27日～2月13日               |
| 方法  | 郵送による配布・回収                     |
| 回収率 | 59.7%(=716/1200)               |

##### (2) 単位損失時間あたりの損失費用の計測

###### a) 個人属性別による計測

個人属性は性別、年齢階層、職業、収入階層、利用目的別とした。計測の結果、性別に関しては男女の相違はなかった。推定結果を表5に示す。ここでは紙面の制約からカテゴリーを若干まとめている。

- 1) いずれの区分においても相関係数が十分高く、良好な計測結果が得られた。(3)式の線形の仮定の妥当性が示されたといえる。
- 2) 所要時間の不確実性に対する評価値（以下、不確実性評価値）、交通渋滞による不快感に対する評価値は両者とも所要時間に対する評価値（以下、時間評価値）と比例関係にある。
- 3) 時間評価値についてそのレンジを比較すると、収入による区分と自動車利用目的による区分から高い値が得られた。自動車利用目的の客輸送に関しては、意識調査の回答者と実際の経路選択の意志決定者が必ずしも一致するとは限らないことを考慮すると、時間評価値の大小には収入による区分が最も起因しているといえる。
- 4) 通勤通学目的の時間評価値は買物レジャーより約4円/分高い等、興味深い結果を得ることができた。

表5 貨幣評価値（円/分）の計測結果

|            | サンプル数 | 通行料金 | 貨幣的评价値 [円/分] |      |        |        | 相関係数  |       |       |
|------------|-------|------|--------------|------|--------|--------|-------|-------|-------|
|            |       |      | 所要時間         | 不確実性 | 混雑レベル2 | 混雑レベル3 | 通行料金  | 不確実性  | 混雑レベル |
| 年齢         |       |      |              |      |        |        |       |       |       |
| 20～39歳     | 282   | 1.0  | 36.1         | 23.1 | 12.0   | 17.7   | 0.959 | 0.892 | 0.992 |
| 40～59歳     | 357   | 1.0  | 38.1         | 26.5 | 14.1   | 19.2   | 0.971 | 0.957 | 0.988 |
| 60歳以上      | 74    | 1.0  | 42.8         | 29.4 | 17.3   | 27.4   | 0.949 | 0.954 | 0.954 |
| 年収         |       |      |              |      |        |        |       |       |       |
| 600万円以下    | 344   | 1.0  | 35.8         | 24.1 | 12.5   | 18.3   | 0.958 | 0.927 | 0.989 |
| 601～1200万円 | 283   | 1.0  | 38.9         | 26.1 | 14.4   | 20.1   | 0.975 | 0.935 | 0.987 |
| 1201万円以上   | 69    | 1.0  | 42.9         | 29.0 | 14.8   | 20.5   | 0.933 | 0.953 | 0.983 |
| 利用目的       |       |      |              |      |        |        |       |       |       |
| 通勤、通学      | 191   | 1.0  | 36.3         | 23.8 | 10.4   | 16.1   | 0.968 | 0.918 | 0.990 |
| 商談、客輸送     | 312   | 1.0  | 39.8         | 27.4 | 14.8   | 20.6   | 0.967 | 0.946 | 0.983 |
| 買物、レジャー    | 91    | 1.0  | 31.9         | 20.1 | 13.4   | 19.8   | 0.963 | 0.905 | 0.984 |
| 首都高利用者     | —     | 1.0  | 36.8         | 24.5 | 13.0   | 18.9   | —     | —     | —     |

## b) 首都高利用者の効用関数

アンケートの属性構成は実際と偏りがある。そこで昭和63年パーソントリップ調査（以下、63PT）による属性構成を用いて首都高利用者の各評価値を以下の手順で推計した。

- 1) 属性別の推定結果より収入が最も評価値に影響を与えることがわかった。63PTにおいては収入項目はないため収入と相関が高いと考えられる年齢職業のクロス属性を代理させる。
- 2) 属性別効用関数のパラメーターを63PTの構成比を用いて加重平均し、首都高利用者の効用関数を推定した。表5に示す様に首都高利用者の時間評価値は36.8円/分、不確実性評価値は24.5円/分と推定される。

所得接近法による時間評価値は国民所得を用いると平成2年度で43.15円/分、労働賃金を用いると平成4年度で33.2円/分となる。

## 6. 首都高における交通渋滞の損失費用の試算

首都高利用者を対象として所要時間および所要時間の不確実性による損失費用について試算する。

## (1) 所要時間変動関数の想定

実際の所要時間の不確実性を推定するために所要時間変動関数を想定した。

交通量が少ない状態では、運転者は他の運転者による阻害もなく自由に走行でき、所要時間の変動も小さいと予想される。そこで、交通量を説明変数として平均所要時間および平均からの遅れ時間を推計する所要時間変動関数を想定する。具体的には交通管制データ（地点別交通量、走行速度）（平成5年

5月18～23日）を用いてQV曲線を推計することより求めた。QV曲線は図3に示すように全サンプルを用いた（ $Q_{mean}$  曲線）、上限データを用いた（ $Q_{max}$  曲線）、下限データを用いた（ $Q_{min}$  曲線）の3つの曲線を作成した。自由走行領域（混雑領域）では $Q_{mean}$  曲線と $Q_{min}$  曲線（ $Q_{max}$  曲線）から求められる速度差を用いて、平均所要時間からの遅れ時間（ $\Delta T$ ）に変換することで所要時間変動関数とする。

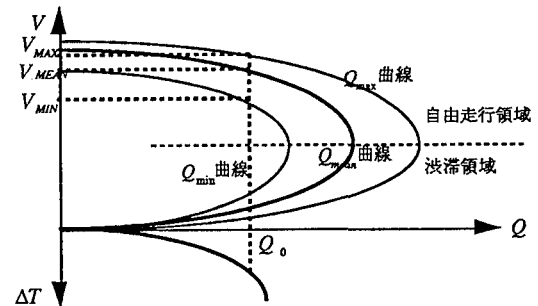


図3 幅のあるQV曲線と所要時間変動関数の想定

具体的手順を次に示す。

- 1) 地点別データから交通密度（ $K$ ）と速度（ $V$ ）の相関式を作成し、QV曲線に変換した。KV相関式は様々な形があるがその後の式の展開が簡単なことから(5)式の線形モデル（Greenshields）を用いた。<sup>9)</sup> 上限、下限はそれぞれ上側、下側の10%のデータを用いて推計した。3号渋谷線(下り)の推計結果を表6に示す。

$$V = \alpha + \beta \cdot K \quad (5)$$

$V$ ：速度（0.1km/h）

$K$ ：密度（10台/km）

$\alpha, \beta$ ：パラメーター

表6 パラメータ推定結果 ()内はt値

|          | $\alpha$         | $\beta$          | 決定係数  |
|----------|------------------|------------------|-------|
| 平均(mean) | 1009.5<br>(55.4) | -78.4<br>(-25.0) | 0.981 |
| 上限(max)  | 1103.5<br>(49.8) | -73.4<br>(-24.5) | 0.980 |
| 下限(min)  | 883.4<br>(30.8)  | -79.0<br>(-11.9) | 0.922 |

3) KV曲線を交通量(Q)と速度(V)の関係式に変換することで遅れ時間が走行領域別に推計される。

(自由走行領域)

$$\Delta T = T_{\max} - T_{\min} \\ = 2 \times L \times \left( \frac{1}{\alpha^{\max} + \sqrt{\alpha^{\max 2} + 4\beta^{\max} Q}} - \frac{1}{\alpha^{\min} + \sqrt{\alpha^{\min 2} + 4\beta^{\min} Q}} \right)$$

(渋滞領域)

$$\Delta T = T_{\max} - T_{\min} \\ = 2 \times L \times \left( \frac{1}{\alpha^{\max} - \sqrt{\alpha^{\max 2} + 4\beta^{\max} Q}} - \frac{1}{\alpha^{\min} - \sqrt{\alpha^{\min 2} + 4\beta^{\min} Q}} \right)$$

L: 路線長

4) 各路線上下線別に推計を行ったが上り路線は良好な結果が得られなかった。これは都心環状線の影響が含まれており様相が複雑になっているためと考えられる。路線別には3号渋谷線の推定結果が良好であったため、これを用い、首都高利用者の損失額を試算した。

## (2) 首都高における渋滞による損失額の試算

時間損失および所要時間不確実性による利用者の損失額を首都高(東京線)を対象として試算する。

時間損失による損失額は規制速度と実際の速度差から計測した。所要時間不確実性による損失額は渋滞による時間の遅れが完全に解消された場合(所要時間一定)との差をもって損失額とした。

実測データは平成2年10月のものを利用した。

### 1) 損失時間による損失

時間損失による損失額は規制速度と実際の速度差による所要時間の差に時間評価値を乗じることで得られる。

$$CT_L = v_2 \cdot \sum_L \sum_i Q_{Li,t} \cdot \left( \frac{L_{Li,t}}{V_{Li,t}} - \frac{L_{Li,t}}{V_{Li,t}^{\lim}} \right) \quad (6)$$

$CT_L$ : 路線Lの損失時間による損失額

$v_2 = w_2/w_1$ : 時間評価値(=36.8円/分×1.7人/台)

$Q_{Li,t}$ : 路線L, 区間i, 時間tの交通量

$L_{Li,t}$ : 路線L, 区間iの路線長

$V_{Li,t}$ : 路線L, 区間i, 時間tの速度

$V_{Li,t}^{\lim}$ : 路線L, 区間i, 時間tの規制速度

(湾岸線は80km/h, それ以外の路線は60km/h)

## 2) 所要時間不確実性による損失額の試算

推定されたQV曲線の傾向から地点別時間帯別の走行速度データを50km/h以上であれば自由走行領域, 50km/h未満であれば渋滞領域と仮定した。

所要時間変動関数より遅れ時間を区間別(概ね300m間隔)毎に算出し, それを交通量を乗じて総和した。なお, すべての路線において所要時間変動関数は同じとした。

$$C\Delta T_L = v_3 \cdot \sum_L \sum_i Q_{Li,t} \cdot \Delta T_{Li,t} \quad (7)$$

$C\Delta T_L$ : 路線Lの所要時間変動による損失額

$v_3 = w_3/w_1$ : 不確実性評価値(=24.5円/分×1.7人/台)

$Q_{Li,t}$ : 路線L, 区間i, 時間tの交通量

$\Delta T_{Li,t}$ : 路線L, 区間i, 時間tの遅れ時間

## 3) 試算結果

東京線全線における交通渋滞による損失額の試算結果を表7に示す。所要時間変動, 損失時間による損失額をあわせると交通渋滞による損失額は年額2256億円となる。

表7 首都高(東京線)における利用者の損失額

| 時間損失による<br>損失額(億円/年) | 所要時間変動による<br>損失額(億円/年) | 合計(億円/年) |
|----------------------|------------------------|----------|
| 1283                 | 973                    | 2256     |

## 7. まとめ

本研究においては, 従来の時間損失に加え, 所要時間の不確実性および肉体的・心理的不快感に対する単位時間当たり貨幣評価値を個別に計測することができた。これらの貨幣評価値は各種設備整備効果の評価にも利用できる。また個人属性別, 利用目的別に推計できるため今後の利用可能性も高い。

首都高利用者の交通渋滞による損失額を上記の貨幣評価値を元に, 実測データを用いて試算できた。

## <参考文献>

- 1) 黒滝: 交通渋滞による経済的損失, 道路交通経済, 1989
- 2) 秋本: 交通渋滞の及ぼす経済損失(効果)の試算, 月刊交通, 3月号, 1993
- 3) 岡本・大森: ロス時間を用いた混雑の分析・評価, 高速道路と自動車, 第8号, 1994
- 4) Morisugi, H., et al: Measurement of Road User Benefits by Means of a Multiattribute Utility Function, Papers of the Regional Science Association, Vol.46, pp31-43, 1981
- 5) 藤田大二: 交通現象と交通容量, 技術書院, 1986