

## 心理的影響に着目した都市街路の交通安全性評価\*

### Evaluation of Traffic Safety on Urban Streets Considering the Perception of Pedestrians\*

中村 典生\*\*, 武藤 慎一\*\*\*, 高木 朗義\*\*\*\*

by Norio NAKAMURA\*\*, Shimichi MUTO\*\*\* and Akiyoshi TAKAGI\*\*\*\*

#### 1. はじめに

これまでのわが国の道路整備事業は、輸送力の増強という量的な面での整備が中心であった。これは、自動車中心の道路整備と言ってもよい。これに対し、最近になり道路利用における快適性や安全性、アメニティといった道路サービスの質的側面での整備が求められるようになるとともに、歩行者や自転車の視点に立った道路整備の必要性が指摘されるようになってきた<sup>1)</sup>。本研究では、歩行者の視点から見た道路サービスの質、特に交通安全性について評価を行い、それを都市街路計画に活かすための方法について検討を行う。

これまでの交通安全対策は、事故多発地点を中心に交通事故をいかに抑制するかという視点が多かったように思われる。無論、多大な被害をもたらす交通事故を減らし、安全で快適な道路サービスを提供することが重要であるという点は筆者らも同じ考えである。しかし、そのような対策に加えて、歩行者の安全と快適性を確保していくことも同時に重要といえるのではないだろうか。なぜなら、歩行者は一度交通事故に遭うと重大な被害を受ける可能性が高く、また道路交通に恐怖感を持つあまり、外へ出ることを避けるということも起こっている。

これらの問題に対し、本研究では、歩行者が受ける心理的影響に着目し、交通安全性の評価を行う。これにより、現段階で歩行者の安全性確保という観点から問題のある道路の評価を行い、事前に対策を検討することが可能となる。具体的には、まず歩行者の道路利用時に受ける危険感やストレス等の心理的影響をCVMを用いて評価する。そして、この評価値を、ファジィ推論を用いて道路に存在するいくつかの要因により説明する。そして、これらのモデルを用いた、都市街路の交通安全性を向上させる施策の検討方法について明らかにする。

\*キーワード：交通安全性、心理的影響、経済評価

\*\*学生員 岐阜大学大学院 博士前期課程  
(岐阜市柳戸 1-1, TEL: 058-293-2447, FAX: 058-230-1248)

\*\*\*正会員 博(工) 岐阜大学助手 工学部 土木工学科

\*\*\*\*正会員 博(工) 岐阜大学講師 工学部 土木工学科

#### 2. 道路交通における心理的影響

本章では、前章で述べた道路歩行時に生じる心理的影響について具体的に分析する。ただし、ここでは歩行者の立場に立って、歩行時にどのような心理的影響を受けるのかを、筆者らが推察することで分析を進める。

まず、道路歩行時に交通安全という視点から見た歩行者の心理としては、結局は自動車との接触や衝突に関わる思考が大部分を占める。それにより起因する歩行者の心理的影響について、ここでは以下の3つの項目に分けて考えた。

##### 1) 交通事故そのものに対する恐怖心や不安感

これは、実際に交通事故に遭わなくても、自動車とすれ違う際の自動車との距離や自動車の速度、歩道の設置や道路幅等の交通や道路状況によって生じるものである。それらの状況によって、交通事故に遭う確率が高いと判断した場合に、これらの心理的影響が大きくなるといえる。

##### 2) 自動車との接触・衝突の回避行動によるストレス

1)のような心理的影響の結果として、人々は自動車との接触や衝突を回避する行動をとる。例えば、一旦停止して、左右の安全確認を行う場合等である。また、歩道や歩道橋などがある場合には、事故回避のためそれらを利用する。このとき、その回避行動が歩行者に負担をかけ、それがストレスとなる可能性がある。例えば、歩道橋は昇り降りに負担がかかるし、歩道が狭くて通りにくい場合、そこを通ることはストレスを生む可能性がある。こうしたストレスは、歩行者の視点で施設を設計することやドライバーが歩行者のことも気を付けて運転することで小さくなると考えられる。

##### 3) 自動車への不信感

これは、道路を実際に通行していない場合でも生じる心理的影響といえる。まず、現在の交通事故はドライバーに責任がある場合が大部分である。このような交通事故が多発すると、自動車への不信や不満がつのるであろう。また、最近では住区への自動車交通の流入が増加し、そのような自動車の中には、道路を速度を

落とさず走り抜けたり、一旦停止をしなかったりという場合がある。あるいは、歩道にのりあげて平然と駐車している自動車もあり、それらドライバーのマナーの低下に対する不信、不満も大きい。

これらは、従来の評価の対象とはなりにくい部分であり、その点も含めた評価を本研究では行いたいと考えている。

### 3. 心理的影響を引き起こす要因分析

2章では本研究で考える心理的影響を具体的に示した。本章では道路に存在するどのような要因により心理的影響が引き起こされるのかを細かく分析する。

#### 1) 交通事故そのものに対する恐怖感や不安感

これには次のような要因が関係していると考えられる。それは直接的には自動車との距離や自動車の速度、自動車の交通量で、間接的には道路幅や歩道、歩道橋である。まず、歩行者が自動車と道路ですれ違う際、自動車の速度が速くてその距離が近く、またすれ違う回数が多くなるほど恐怖心や不安感が大きくなる。また逆に、道路幅が広く、歩道やガードレール等があることで、歩行者は自動車から守られ、恐怖心や不安感は軽減されると考えられる。

#### 2) 自動車との接触・衝突の回避行動によるストレス

このストレスを引き起こすのは、自動車の交通量、道路幅、歩道や歩道橋の状態、また、路上駐車という要因が関係すると考えられる。具体的には、交通量が多く道路を横断できない場合、イライラがつのる。また、歩道橋を渡ったり、歩道を歩いたりする場合には、歩道橋や歩道の状態によってストレスが生じる。例えば、歩道橋において急な階段があれば、その昇り降りに負担がかかる。歩道においても、幅が狭く舗装も悪いようだとストレスが生じると思われる。また、歩道にのりあげて駐車をしている自動車の存在も問題である。これにより歩道を下りて通行しなければならなくなりストレスが増幅する。

#### 3) 自動車への不信感

この自動車への不信感を引き起こすのは、直接的なものではなく人々が主観的に判断する自動車とのすれ違い距離や自動車の速度に現れるドライバーの運転の状況によると考えられる。ここで、主観的といったのは、経験や人からの情報によって実際とは異なる交通状況を認知し、それにより自動車への不信、不満を持つ場合もあるからである。しかし、もちろんこのよう

に認知することには、その基になる原因があると考えられる。

以上のような要因が各道路に存在しており、これらの組み合わせにより歩行者が道路上である種の心理的影響を受けることとなる。このような要因と心理的影響との関係を図1に示す。

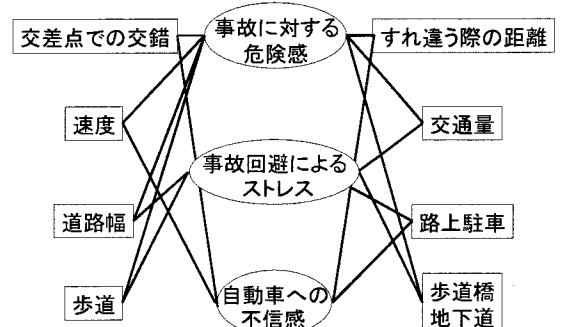


図-1 心理的影響とそれを引き起こす要因との関係

### 4. 心理的影響の評価

2章では心理的影響について推察し具体的に示した。3章では心理的影響を引き起こす要因について分析を行った。そこで本章ではその心理的影響を実際にどのように計測するのかを具体的に示す。

#### (1) CVMを用いた心理的影響の計測

最近、環境経済学の分野で研究が進んでいるCVM(仮想市場法: Contingent Valuation Method)という手法は、いくつかの問題をはらんでいるものの、人々の心理的な側面を直接評価できるという点では非常に有効な手法といえる。またCVMは、理論上は厳密な経済理論に基づいており<sup>2)</sup>、アンケート調査により尋ねられる支払い意思額WTP(Willingness to Pay)や受け取り補償額WTA(Willingness to Accept compensation)は、経済学の分野で発展させられてきた便益評価理論での補償的偏差CVあるいは等価的偏差EVに対応するものとなっている。まずここでは、そのCVMの背景にある便益評価理論を示すことでWTPの意味を明らかとし、さらに便益評価理論を拡張することによって、調査されたWTPを用いて各道路の心理的影響が評価できることを示す。

ここでは、代表的個人を想定する。その代表的個人は $a$ で表される道路及び交通の属性に対し、 $u$ という心理的影響を表す効用を有するものとする。本研究では、都市街路の中でも特に危険な個所といえる道路に

対象を絞ることとし、A という道路の効用を  $u^A$  によって表すこととする。すると、 $u^A$  は以下のように表される。

$$u^A = u^A(\mathbf{a}^A, I) \quad (1)$$

ただし  $I$  : 所得(一定)

同様に道路 B では、その要因  $\mathbf{a}^B$  に対する効用を求めることができる。

$$u^B = u^B(\mathbf{a}^B, I) \quad (2)$$

これら道路 A と B の効用が異なるとしたら、その差を埋め合わせるような所得補償によって、効用差を貨幣換算することが可能とされている<sup>3)</sup>。ここでは、補償的偏差 CV の概念を用いて、その貨幣換算を行うものとする。

$$u^A(\mathbf{a}^A, I) = u^B(\mathbf{a}^B, I - CV) \quad (3)$$

式(3)は、以下のように考えると理解がしやすい。まず、道路 A より B の方が危険感が小さく効用が高いとする。この場合、道路 A と B のどちらの道路を通っても良いが、B を通るためにはいくらかの金銭の支払いが必要であるとする。当然、その支払い額が多ければ、A を通った方がその個人の効用は大きくなる。このとき、この個人がいくらまで支払う意思があるのか、その額を式(3)の CV の値が表している。なお、CVM では、この値をアンケート調査によって直接尋ねるという方法をとる。それが支払い意思額 WTP と呼ばれるものである。また、式(3)は支出関数  $e$  を用いて表すことが可能であり、CV を WTP で置き換えると、WTP は以下のようなになる。

$$WTP^{A \rightarrow B} \equiv e(\mathbf{a}^B, u^B) - e(\mathbf{a}^B, u(\mathbf{a}^A, I)) \quad (4)$$

ここで、効用関数あるいはここでいう支出関数が、相対的な意味しか持たないということに着目し、 $e(\mathbf{a}^B, u(\mathbf{a}^A, I)) = 0$  と基準化すると、道路 B の支出水準である  $e(\mathbf{a}^B, u^B)$  が以下のように求められる。

$$e(\mathbf{a}^B, u^B) = WTP^{A \rightarrow B} \quad (6)$$

$WTP^{A \rightarrow B}$  は、アンケート調査により求められている値であるので、これより道路 B の心理的影響の評価値である支出水準  $e^B$  が求められる。

次に、道路 B と C に対し同様のことを行う。まず、アンケートより  $WTP^{B \rightarrow C}$  を尋ねる。この  $WTP^{B \rightarrow C}$  は以下のように表される。

$$WTP^{B \rightarrow C} \equiv e(\mathbf{a}^C, u^C) - e(\mathbf{a}^C, u(\mathbf{a}^B, I)) \quad (7)$$

今、 $e(\mathbf{a}^B, u(\mathbf{a}^B, I))$  の値は求められている。この中で  $\mathbf{a}^B$  の値は決まっているので、 $u(\mathbf{a}^B, I)$  を求めることが可能であり、その値と  $\mathbf{a}^C$  を支出関数に代入することにより、 $e(\mathbf{a}^C, u(\mathbf{a}^B, I))$  を求めることができる。よって、 $e(\mathbf{a}^C, u^C)$  は以下のように求められる。

$$e(\mathbf{a}^C, u^C) = WTP^{B \rightarrow C} + e(\mathbf{a}^C, u(\mathbf{a}^B, I)) \quad (8)$$

この  $e(\mathbf{a}^C, u^C)$  は、道路 C の心理的影響の評価値を表している。他の道路についても同様の方法により、歩行者が受ける心理的影響を数値として求めることが可能となる。

## (2) ファジィ推論を用いた心理的影響の計測

(1)では CVM を用いることで歩行者の視点から各道路の交通状況に対応した心理的影響が計測できることを示した。この CVM による評価値は、各道路に存在する様々な要因が歩行者に心理的影響を与えた結果を表している。

そのため、本節では(8)式で求められた CVM の評価値にあたる支出水準を、ファジィ推論を用いて各道路に存在する様々な要因と関係付けることを考える。

### a) 概要

ファジィ推論とは、個人の判断構造を言語変数によりモデル化する方法であり、人間の認知や判断のあいまいさといった思考を表現することができる。これにより例えば、自動車が速い速度で通過した場合、そのときに何 km/時であったかという具体的な数値よりも、「速度が速い」というイメージのようなものに対し、危険であるかとか、不快であるかとかといった感情が生じることのモデル化が行える。なお、この危険感や不快感なども「危険だろう」とか「少し不快だ」など、あいまいさを考慮した表現が可能となっている。

ファジィ推論の詳細は参考文献にゆだねるとして<sup>4)</sup>、3章で示した要因を用いて具体的なルール構成について示す。

### b) ファジィ推論ルール構成と計算手順

本研究で構築するファジィ推論のルールは大きく 2 つに分けられる。1 つは各道路に存在する様々な要因から 2 章で示した事故に対する危険感、事故回避によるストレス、自動車への不信感を表す 3 つの心理的影響を求める部分である。もう 1 つはそれら 3 つの心理的影響レベルの計測結果から各道路に対する総合的な心理的影響の評価値といえる支出水準を求める部分で

ある。

それら 2 つの段階ごとにルールを作成した。それらのルールを表 1, 2 に示す。ただし,  $x_i$  は要因  $i$  の値,  $y_1$  は事故に対する危険感,  $y_2$  は事故回避に対するストレス,  $y_3$  は自動車への不信感,  $z$  は支出水準を表す。これらを具体的に表したものを表 3 に示す。

表-1 3つの心理的影響を表すファジィ推論ルール構成

R-1	IF $x_1$ is many THEN $y_1$ is large	R-9	IF $x_3$ is wide THEN $y_1$ is small
R-2	IF $x_1$ is many THEN $y_3$ is large	R-10	IF $x_3$ is narrow THEN $y_1$ is large
R-3	IF $x_1$ is many THEN $y_1$ is large	R-11	IF $x_4$ is many THEN $y_2$ is large
R-4	IF $x_2$ is near THEN $y_1$ is large	R-12	IF $x_4$ is many THEN $y_3$ is large
R-5	IF $x_2$ is near THEN $y_3$ is large	R-13	IF $x_7$ is wide THEN $y_1$ is small
R-6	IF $x_3$ is quick THEN $y_1$ is large	R-14	IF $x_7$ is narrow THEN $y_2$ is large
R-7	IF $x_3$ is quick THEN $y_3$ is large	R-15	IF $x_8=1$ THEN $y_1$ is small
R-8	IF $x_4$ is many THEN $y_2$ is large	R-16	IF $x_8=1$ THEN $y_2$ is large

表-2 支出水準(効用)を表すファジィ推論ルール構成

R-17	IF $y_1$ is large and $y_2$ is large and $y_3$ is large THEN $z$ is very large
R-18	IF $y_1$ is large and $y_2$ is small and $y_3$ is large THEN $z$ is very large
R-19	IF $y_1$ is large and $y_2$ is large and $y_3$ is small THEN $z$ is very large
R-20	IF $y_1$ is large and $y_2$ is small and $y_3$ is small THEN $z$ is large
R-21	IF $y_1$ is small and $y_2$ is large and $y_3$ is large THEN $z$ is large
R-22	IF $y_1$ is small and $y_2$ is small and $y_3$ is large THEN $z$ is large
R-23	IF $y_1$ is small and $y_2$ is large and $y_3$ is small THEN $z$ is large
R-24	IF $y_1$ is small and $y_2$ is small and $y_3$ is small THEN $z$ is small

表-3 各変数の種類

$x_1$	交差点での交錯	$x_7$	歩道
$x_2$	すれ違う際の距離	$x_8$	歩道幅
$x_3$	速度	$y_1$	事故に対する危険感
$x_4$	交通量	$y_2$	事故回避によるストレス
$x_5$	道路幅	$y_3$	自動車への不信感
$x_6$	路上駐車	$z$	支出水準

表 1, 2 のルール構成は, ここでは試行錯誤により求めた。また, ここで示したルールは一例である。

ファジィ推論の計測手順は, まず第一段階で危険感, ストレス, 不信感それぞれを, 分布重心を求めることで非ファジィ化する。それをさらに表 2 のルールの前件部に代入し, 「min-max-gravity 法」によって支出水準の値を求めた。この値も非ファジィ化されている。なお, 支出水準の値については 0~1 の間で表現することとし, 各道路の相対的な関係を表すものとして導出されるようになっていく。

このファジィ推論で導出される 0~1 で表される支出水準と CVM で得られる支出水準との間は線形回帰式を作成することで結合をはかっている。

## 5. モデルの交通安全性評価への適用

4 では, CVM とファジィ推論を適用した交通安全性評価モデルを示した。これらをまとめると, まず 3 でまとめた歩行者の心理面に影響を与える要因が, どのような認知構造の下で心理的影響を生んでいるのかをファジィ推論により記述できたといえる。

そして, このときの心理的影響については, CVM を用いて評価できることを示した。さらに, ファジィ推論モデルと CVM とを結びつけることで, 道路属性, 交通状況等のどの要因が, CVM で得られる心理的影響の評価値に影響を与えているのかが分析できる。そしてそれにより, ある街路に対して, ある要因がどの程度心理的影響を生じさせているのかについても明らかにできると考えている。また, 本モデルを利用すると例えば, ドライバーにスピードを落とすように注意し, 速度低下が生じた結果, どの程度の心理的影響における改善効果が生じるのかなども評価できる。

以上の結果, 現在検討が必要といわれている歩行空間に着目した道路空間の再配分といった問題についても定量的に検討することが可能となると考えられる。

## 6. おわりに

本研究では, 歩行者の立場に立った道路の安全性評価の必要性, そしてそれを行うための心理的影響の計測の必要性を示した。また, その心理的影響を CVM により評価し, その後ファジィ推論を用いて道路に存在する様々な要因から説明できるモデルの構築を行った。今後, 実際に CVM によるアンケート調査を行い, いくつかの対象道路について歩行者の心理的影響を計測する必要がある。この結果については講演時に発表する予定である。

最後に本研究は, (財)佐川交通社会財団による研究助成を受けて行ったものであり, ここに記して感謝の意を表す。

### 【参考文献】

- 1) 山中英生, 木村義雄, 三谷哲雄(1993): 歩行者・運転者心理を考慮した自動車占有空間の計測と住区内街路安全性評価モデルの提案, 第 28 回日本都市計画学会学術研究論文集, pp.121-126.
- 2) 林山泰久(1998): 仮想的市場評価法による環境質の便益評価, 現代フォーラム, 土木学会誌, pp. 37-40.
- 3) 森杉壽芳(1997): 社会資本整備の便益評価, 勁草書房.
- 4) 古田均・秋山孝正他(1992): ファジィ推論の土木工学への応用, 森北出版株式会社.