

歩行者の心理的負担を考慮した都市街路における歩車共存施策の検討*

- 社会的最適化モデルによる運転マナー水準の導出に基づく分析 -

Evaluating the Community Street with Considering the Psychological Burden of Pedestrian*

- Introducing the drivers' manner based on with social optimal model -

中村典生**・武藤慎一***・高木朗義****

By Norio NAKAMURA **, Shinichi MUTO *** and Akiyoshi TAKAGI ****

1. はじめに

交通事故は、依然として大きな社会問題である。これに対し、各種交通安全対策が実施されるとともに、異なる観点ではあるが、保険システムも、交通事故被害費用を分散させるという点で自動車運転者にとっては効果的であったと言える¹⁾。しかしながら、保険システムの存在は、自動車運転者に対して、交通事故を起こしても保険金支払いによる被害額の補填があると考えさせるため、彼らの安全運転への努力を怠らせるとの指摘がある。いわゆるモラルハザードの問題²⁾である。さらに、モラルハザードに伴う自動車運転者の安全運転意識の低下は、交通事故被害を増大させるだけでなく、運転マナーの低下を招き、運転者の無謀な運転を助長する恐れがある。これは、交通事故に対する危険を高めるだけではなく、歩行者に対しては、危険感や不安感といった心理的な負担をもたらすことになる。すなわち、保険システムは、運転者からみれば効率的なシステムであるものの、歩行者の心理的負担まで含めた社会的観点からは必ずしも最適とはなっていないと考えられる。

本研究では、歩車共存を大前提として、自動車保険システムを内包した簡便な経済モデルを用いて、モラルハザードが存在する結果として達成される運転マナー水準を求める。そして、その際の歩行者に与える心理的負担額を求めた後、その心理的負担も考慮に入れた社会的目的関数を構築する。さらに、その社会的目的関数の最適化問題を数値的に解くことにより、最適な運転マナー水準とともに、その達成に必要な交通施策について明らかとする。

なお、ここで対象とする具体的な交通施策として、歩車共存施策を考える。これは、最近になり、歩行者の視点から見て安全な街路空間を創造するために検討

されている施策であり、国土交通省においても重要施策の一つに位置づけられている³⁾。具体的には、都市街路にハンプやクランクを設置することにより、自動車運転に負荷を与え、街区における交通安全性を高めようとするものである。実は、このような施策は、1980年代後半に、いくつか導入された例がある。しかし、必ずしも地区交通計画の中に根付いたとは言えず、最近になって改めてその価値が見直されてきた背景がある。なお、当時、施策の導入に伴う効果を評価した研究もいくつかなされた。例えば、成岡・山中・中川⁴⁾では、歩車共存のためのコミュニティ道路について、交通量変化の影響を見るとともに住民意識による評価が試みられている。また、久保田・窪田・林⁵⁾では、Post-Occupancy Evaluation と呼ばれる手法を用いた歩車共存道路の評価がなされている。しかし、それらは歩車共存施策が、当該対象地区に及ぼす影響のみを捉えたものとなっており、運転者の行動や、さらには社会的効率化といった観点からの評価とはなっていない。これに対し、本研究は、歩車共存施策の導入に伴って運転マナー水準が向上し、歩行者の心理的負担を軽減させるものの、運転者には負担を強いる点を踏まえ、どの程度の規模まで施策を導入すれば良いのかを最終的に明らかとするものである。

2. 歩車共存施策評価モデルの構築

本研究で構築するモデルは、運転者と歩行者からなる。運転者は、平常時(状況 1)と交通事故遭遇時(状況 2)の二つの状況を想定した上で、期待効用を最大化するよう行動する。また、歩行者は、自動車運転者の運転状況によって、心理的負担を被るものとする。以上の各主体の行動モデルを定式化した上で、最終的には自動車運転者、歩行者双方の厚生を併せた社会的厚生を求め、その最大化によって、最適な運転マナー水準および最適歩車共存施策水準の導出を行う。

(1) 運転者行動モデル

本研究で構築した運転者行動モデルは図-1 のような

*キーワード：歩車共存施策、運転マナー水準、社会的最適化

**正会員 修(工) 羽島市役所

***正会員 博(工) 大阪工業大学工学部都市デザイン工学科
(大阪市旭区大宮 5-16-1, TEL:06-6954-4203, FAX:06-6957-2131)

****正会員 博(工) 岐阜大学工学部社会基盤工学科

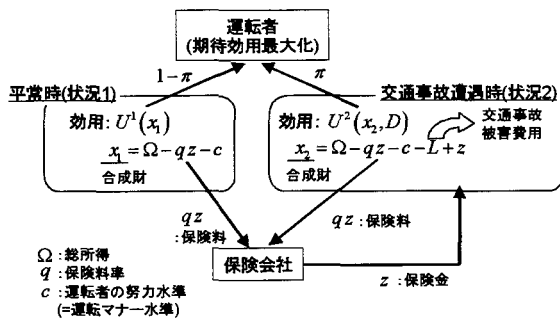


図-1 運転者行動モデルの構造

ものである。

運転者の効用水準は、基本的には、合成財消費量に基づき決定されるものとする。その合成財消費量は、状況1では、年間所得 Ω から、保険金 z に保険料率 q を乗じた保険料 qz と、安全運転への努力に伴う負担を費用換算した c （これが運転マナー水準を表す）を差し引くことにより求められる。

状況2では、状況1に加え、交通事故被害費用 L を補償しなければならない。ただし、保険会社から保険金 z が支払われる。この結果、状況2における合成財消費量は、図-1のように表される。なお、状況2における効用水準は、合成財消費量だけではなく、交通事故に伴う精神的被害 D にも依存するものとする。

続いて、交通事故発生確率 π を導入することにより、運転者の期待効用の定式化を行う。なお、 π は、運転マナー水準 c に依存するものとし、 $\partial\pi/\partial c < 0$ とする。これは、運転マナーの向上が交通事故を減少させることを意味する。ここで、保険会社にとって交通事故のリスクは安定したものであり、かつ、この保険市場が完全競争状態にあるとする。この条件の下では、保険料率 q は交通事故発生確率 π に一致するとされる²⁾。そこで、本研究では、以降 $q = \pi$ として分析を進める。

運転者は、以上の定式化に基づく期待効用を最大化するよう行動するものとする。その行動モデルは、以下のように表される。

$$S_D^* = \max_{x_1, c} \{ [1 - \pi(c)] U^1(x_1) + \pi(c) U^2(x_2, D) \} \quad (1.a)$$

$$\text{s.t. } x_1 = \Omega - \pi z - c \quad (1.b)$$

$$x_2 = \Omega - \pi z - c - L + z \quad (1.c)$$

ただし、 S_D^* ：運転者の最大期待効用値。

(2) 運転者の行動分析

式(1)の一階条件を求めると以下ようになる。

$$\frac{\partial S_D}{\partial z} = \pi(1 - \pi) \left\{ \frac{\partial U^2(x_2, D)}{\partial x_2} - \frac{\partial U^1(x_1)}{\partial x_1} \right\} = 0 \quad (2.a)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial S_D}{\partial c} = & \pi \left\{ \frac{\partial U^2(x_2, D)}{\partial x_2} \frac{\partial x_2}{\partial c} - \frac{\partial U^1(x_1)}{\partial x_1} \frac{\partial x_1}{\partial c} \right\} \\ & + \frac{\partial \pi}{\partial c} \{ U^2(x_2, D) - U^1(x_1) \} + \frac{\partial U^1(x_1)}{\partial x_1} \frac{\partial x_1}{\partial c} = 0 \quad (2.b) \end{aligned}$$

まず、式(2.a)に着目する。ここで、 $\pi \neq 0$ 、 $\pi \neq 1$ と考えて差し支えないため、

$$\frac{\partial U^1(x_1)}{\partial x_1} = \frac{\partial U^2(x_2, D)}{\partial x_2} \quad (2.a)'$$

が成立する。これより、

$$z = L \quad (3)$$

という、フルカバー保険の条件が得られる。ただし、その場合には、状況2の効用関数 U^2 において、合成財消費と精神的被害には代替関係がない、すなわち、精神的被害は合成財消費の増大では軽減させることができないとの仮定を置いている点には注意を要する。

次に、式(2.b)の条件を考える。その中の $\partial x_i / \partial c$ ($i=1, 2$)は、式(1.b, c)を偏微分することで求められる。

$$\frac{\partial x_i}{\partial c} = - \left(\frac{\partial \pi}{\partial c} z + 1 \right) \quad (i=1, 2) \quad (4)$$

式(4)の右辺第一項は、運転マナー水準の変化が、交通事故発生確率の変化を通じて保険料を変化させ、その結果生じる合成財消費の変化を表し、第二項は、運転マナー水準の変化による直接的合成財消費の変化を表す。具体例として運転者が運転マナー水準を高めた場合を考える。このとき、運転マナー水準の向上は、まず、運転者負担の結果として合成財消費を減少させる[第二項]。しかし、一方で運転マナー水準の向上は、交通事故発生確率を減少させ、それが保険料支払いを減少させるため、その分合成財消費を増大させることとなる[第一項]。

なお、式(4)は、運転マナー水準 c に対する合成財消費の微小変化が、状況1, 2において等しくなることを示す。これに、式(2.a)'の条件も考慮に入れると、式(2.b)の第一項はゼロとなり、式(2.b)は

$$\frac{\partial \pi}{\partial c} \{ U^2(x_2, D) - U^1(x_1) \} + \frac{\partial U^1(x_1)}{\partial x_1} \frac{\partial x_1}{\partial c} = 0 \quad (2.b)'$$

となる。この左辺第一項は、運転マナー水準の変化による精神的被害費用の変化を効用タームで表したものである。また、第二項は運転マナー水準の変化による合成財消費の変化を効用タームで表したものである。

さらに、式(4)を代入して整理すると、

$$\frac{\partial \pi}{\partial c} \left[\{ U^2(x_2, D) - U^1(x_1) \} - \frac{\partial U^1(x_1)}{\partial x_1} \cdot z \right] - \frac{\partial U^1(x_1)}{\partial x_1} = 0 \quad (2.b)''$$

が得られる。

式(2.b)''について、具体例として運転者が運転マナー水準を高めた場合を考える。このとき、交通事故発生確率が減少することに伴う効果が [] で表されている。それをさらに細かく見ると、交通事故による運転者の精神的被害の軽減と、保険料支払いの減少による効果となる。なお、それらはいずれも効用タームで表されている。また、式(2.b)''第二項は、運転マナー水準の向上が直接的に合成財消費を減少させることに伴う効用低下を意味する。

ここで、以上の結果をもう少し注意深く検討する。式(2.b)''は、運転マナー水準が決定される条件式である。上の結果から、その中には、交通事故を起こした際に被害費用を補償することに伴う厚生損失が現れてこないことがわかる。これは、フルカバー保険が成立することにより導かれた結論であるが、このことは、交通事故被害費用が保険金支払いによって負担されるため、運転者は被害費用の補償に伴う損失を直接的には被らないことを意味する。唯一損失となるものは、毎月あるいは毎年の保険掛金が上昇することなのである。

一方、式(2.b)''の第二項は、安全運転への努力がもたらす厚生損失を意味する。このように考えると、自動車運転者としては、交通事故を起こしてもその被害費用は保険によってフルカバーされるわけであるから、安全運転へ努力を払うことに対するインセンティブが弱められることとなる。これがモラルハザードにつながるわけである^{2),6)}。

なお、本モデルは、交通事故時に運転者が精神的被害を受ける点もモデル化している。そのため、式(2.b)''の条件から常にモラルハザードが生じると断定することはできない。しかし、モラルハザードにつながる要因については、本モデルによって整理できたと見えよう。なお、モラルハザードが生じて運転マナー水準が低下すると、交通事故の危険性が高まるという問題もあるが、それが運転者の無謀な運転につながり、歩行者に対して危険感や不安感といった心理的負担を生じさせることも重大な問題として指摘できる。後の議論は、この歩行者の心理的負担に着目して分析を進めることとする。

(3) 歩行者の心理的負担計測モデル

ここでは、歩行者の心理的負担計測モデルについて説明を行う。

歩行者は、自動車の走行状況に応じて心理的負担を被ると考える。ここでは、自動車走行状況として、すれ違い時の速度と距離に着目する。例えば、自動車が

歩行者の側を、ある速度と距離で通過する状況を考える。そのすれ違い速度と距離は、自動車運転者が運転マナー水準の選択を介して決定するものと考えられる。

一方、歩行者は、運転者の選択の結果として生ずるすれ違い速度と距離によって、心理的負担を被るとされる。なお、本モデルでは、歩行者の厚生を S_W とおき、心理的負担を S_W によって表現する。したがって、 S_W もすれ違い時の速度と距離に依存することとなる。本来は、これに基づき、 S_W をすれ違い速度と距離によって定式化する必要がある。しかし、先に述べたように、すれ違い速度と距離は、運転者が選択するマナー水準に応じて決定されるとしたため、本モデルでは、マナー水準が直接 S_W を決定するものとして定式化する。

これに基づくと、運転者が運転マナー水準を c^A から c^B へ高めた場合の歩行者の厚生変化 CV_W が求められる。なお、ここでは S_W は、ミクロ経済学における支出関数の概念で定義されるものとする。

$$CV_W = S_W(c^B) - S_W(c^A) \quad (5)$$

CV_W は、補償的偏差と呼ばれるものであり、A から B への変化をあきらめるために支払っても良いと考える金額と定義される。ここで示した例に基づくと、自動車走行状況 A, B について、運転者はマナー水準を $c^A \rightarrow c^B$ へ向上させたとしているため、走行状況 A と比較して B の状況を達成するためにはいくらまで支払っても良いか、その最大支払額を表すものといえる。CVM では、この最大支払額を、アンケートによって直接尋ねることとなる。その結果、式(5)の CV_W が直接、金額ベースの数値として求められる。なお、このような形でアンケート調査に基づき、心理的な影響を計測した研究として屋井ら⁷⁾の研究がある。

CVM の結果を利用すると、厚生水準 S_W を数値的に求めることが可能となる。まず、 $S_W(c^A)$ をゼロに基準化する。その結果、式(5)より、

$$S_W(c^B) = CV_W^{A \rightarrow B} \quad (6)$$

が得られる。なお、 $CV_W^{A \rightarrow B}$ は、A $\rightarrow$ B の変化に対する支払い意思額を表す。

次に、自動車走行状況 C を新たに設定し、状況 B と C との比較について、同様に CVM 調査を行う。これにより $CV_W^{B \rightarrow C}$ が求められる。なお、 $CV_W^{B \rightarrow C}$ は以下とおり定式化される。

$$CV_W^{B \rightarrow C} = S_W(c^C) - S_W(c^B) \quad (7)$$

今、 $S_W(c^B)$ は式(6)にて得られるため、結局、 $S_W(c^C)$ も以下のように求められる。

$$S_W(c^C) = CV_W^{B \rightarrow C} + S_W(c^B) \quad (8)$$

以上に対し、自動車の走行状況パターンを何回か変化させてCVMを行うことにより、自動車の走行状況と、それに対応した歩行者の厚生水準の組み合わせを、データとして得ることが可能となる。なお、後に示すが、これらのデータから、歩行者厚生関数のパラメータ推定を行うことになる。

3. 社会的最適化問題の構築

前章の運転者行動および歩行者行動モデルから、両者の厚生の総和を最大化する社会的最適化問題を構築する。なお、ここでは、操作変数を運転マナー水準とした。これは、まず、社会的観点から最適な運転マナー水準を導出し、次に、その運転マナー水準を達成し得る交通施策水準を導出するという手順を考えたものである。

構築された社会的最適化問題は以下ようになる。

$$\max_c n_D \cdot CV_D + n_W \cdot CV_W \quad (9.a)$$

$$\text{s.t. } S_D \left\{ U^1(x_1(c^0)), U^2(x_2(c^0), D) \right\} \\ = S_D \left[U^1 \{x_1(c) - CV_D\}, U^2 \{x_2(c) - CV_D, D\} \right] \quad (9.b)$$

$$CV_W = S_W(c) - S_W(c^0) \quad (9.c)$$

ただし、 n_D ：自動車、バイク、原付の交通量、 n_W ：歩行者、自転車交通量、 CV_D ：運転者の厚生変化、 CV_W ：歩行者の厚生変化、0：現状を表す添字。

CVで表される歩行者と運転者の厚生変化は、補償的偏差CVの概念を用いて貨幣タームで定義したものである。このうち、運転者の厚生変化 CV_D は、運転者が現在のマナー水準 c^0 から任意のマナー水準 c へと変化させることで最大期待効用値 S_D が変化し、その変化を埋め合わせる最大支払い意思額によって定義されている(式(9.b))。一方、歩行者の厚生変化 CV_W は、歩行者厚生が支出関数の概念に基づき定式化されているので、その差額によって直接的に定義されている(式(9.c))。

4. 数値計算による社会的目的関数の最適化

(1) モデルの特定化とパラメータ推定

モデルの特定化については、交通事故発生確率、運転者の効用関数、歩行者の厚生関数について考える必要がある。

a) 交通事故発生確率

交通事故発生確率は、以下のように特定化する。

$$\pi = \frac{n}{N} \quad (10.a)$$

ただし、 n ：交通事故件数、 N ：保険契約台数。

なお、交通事故件数は、運転マナー水準に依存するとして下記のように定式化した。

$$n = \varepsilon_1 \left(\frac{1}{\varepsilon_2} \right)^c \quad (10.b)$$

ただし、 $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ ：パラメータ。

本モデルを用いて数値計算を行うにあたり、式(10)の運転マナー水準を、数値化する必要がある。ここでは、これを、街区への流入に伴う時間短縮に基づき数値化することとした。運転者が、幹線道路を通らず都市街路に流入するのは、時間短縮効果があるためと考えられる。そこで、自動車運転者が、街区に流入することにより、一日30分の時間短縮効果を受けると仮定し、これに時間価値2,000円/時を乗じ、さらに年間の時間短縮効果を求めると36.5万円/年となる。この結果を受け、逆に都市街路流入車に対し、年間36.5万円の負担を負わせたとなると、当該運転者にとっては街区へ流入するメリットがなくなるため、街区への流入を取りやめる。あるいは、流入するとしても、36.5万円/年を時間によって負担させるとすれば、非常に低速で走行することとなる。その結果、都市街路内での交通事故件数は大幅に減少すると考えられる。

なお、現状および36.5万円/年の負担をさせたときの交通事故件数は、警察庁より頂いたデータ(表-1)に基づき求めた。表-1は、都市街路内の平均速度に対する交通事故件数を表したものである。現在の街区における平均速度を40km/hとすると、表-1において40km/hまでの累積値により現在の交通事故件数が得られる。また、36.5万円/年を負担させるケースは、街区内の平均速度がゼロであると見なし、その交通事故件数の値を用いた。

表-1 都市街路(幅員9m未満)における交通事故件数

交通事故件数(件)	平均速度(km/h)
8,891	0
183,274	10
132,561	20
88,644	30
85,788	40
43,878	50

表-2 交通事故発生確率の推定に係わるデータ

	現状	流入交通へ負荷を与えた状態
運転マナー水準 c (万円/年)	0	36.5
交通事故件数 n (万件)	57.2	0.89
保険契約台数 (万台)	5,732	

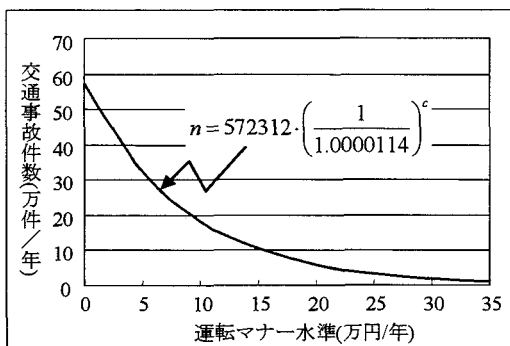


図-2 交通事故件数(対運転マナー水準)の推計結果

以上に基づいて構築した交通事故発生確率を推計するためのデータを表-2に示す。表-2のデータを用いて、式(10.b)のパラメータを求めた。その結果を図-2に示す。

b) 運転者の効用関数

運転者の効用関数は、以下のように Cobb=Douglas 型にて特定化する。

$$U^1(x_1) = x_1^\alpha \quad (11.a)$$

$$U^2(x_2, D) = x_2^\alpha - D \quad (11.b)$$

ただし、 α ：パラメータ。

効用関数のパラメータは、応用一般均衡モデルで用いられるキャリブレーション手法に基づき推定した。その際用いたデータは、表-3のとおりである。表-3のデータについて、可処分所得は国民経済計算書から求めた。また、交通事故発生確率は、表-2の交通事故件数データと保険契約台数より求めたものである。運転マナー水準は、現況をゼロとしている。平均交通事故損失額は、損害保険料率算出機構のホームページ⁸⁾から収集し、交通事故遭遇者の精神的被害は、既存研究⁹⁾を基に推計したものである。以上のデータを用いて、式(1.b, c)の合成財消費量が算定でき、その値をもって効用関数のパラメータを推定することができる。推定されたパラメータは $\alpha = 0.821$ となる。

表-3 運転者の効用関数推定のための現況データ

可処分所得 Ω (万円/年)	212.1
交通事故発生確率 π	0.00998
運転マナー水準 α (円/年)	0
平均交通事故損失額 L (万円/年) (=保険金(円))	218.5
交通事故を起こした運転者の 精神的被害 D (万円/年)	40

c) 歩行者の厚生関数の特定化

歩行者の厚生は、自動車運転者のすれ違い速度 v のみで規定されるとする。それを以下のように線形で特定

化する。

$$S_w = \xi \cdot v \quad (12.a)$$

ただし、 v ：すれ違い速度、 ξ ：パラメータ。

なお、すれ違い速度は、運転マナー水準を用いて以下のように誘導される。

$$v = \frac{\varepsilon_1}{\sigma_1} \left(\frac{1}{\varepsilon_2} \right)^c - \frac{\sigma_2}{\sigma_1} \quad (12.b)$$

これは、まず交通事故と速度との関係を以下のように仮定したことによる。

$$n = \sigma_1 v + \sigma_2 \quad (13)$$

ただし、 σ_1, σ_2 ：パラメータ。

なお、交通事故件数 n は、既に式(10.b)にて運転マナー水準を用いて特定化を行っているので、それを用いることにより、すれ違い速度が式(12.b)のように求められる。

d) 歩行者の厚生関数のパラメータ推定

式(13)の σ_1, σ_2 は、まず、表-1から各平均速度に対する累積交通事故件数を求め(図-3)、そのデータに対して回帰分析を行うことにより推計した。図-3には、回帰分析された式(13)の結果も同時に示している。

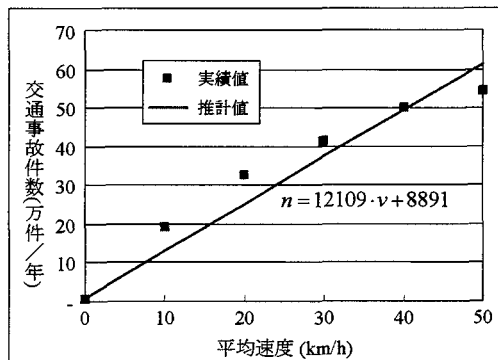


図-3 交通事故件数(対平均速度)の推計結果

式(12.a)のパラメータ ξ は、CVMによる歩行者の心理的負担の計測結果から推計した。まず、CVM調査の概要を示す。

ここでは、被験者に自動車の走行状況を示すビデオを見てもらい、それに対する心理的負担額を直接尋ねるという方法を用いた。想定した自動車走行状況は、すれ違い距離は100cmで一定とし、走行速度を50km/h(映像A)、30km/h(映像B)、10km/h(映像C)の3つのパターンとしたものである。この中の、例えば映像AとBとを被験者に見てもらう。被験者としては、すれ違い速度の低いBのケースの方が安心感があるので効用が高くなると思われる。次に、速度50km/hとい

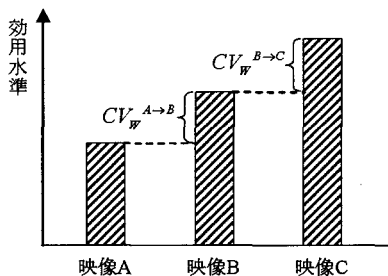


図-4 歩行者に対する支払い意思額調査の概念図

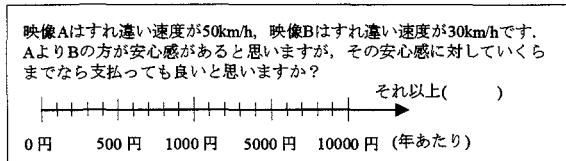


図-5 支払い意思額調査票

う A の状況と比較した場合に、B の状況において、最大いくらまでなら支払っても良いと考えるのかを尋ねる(図-4, 5)。これが、すれ違い速度が 30km/h から 50km/h に上昇した場合の心理的負担額を表している。

実際の CVM 調査では、A→B、B→C それぞれの支払い意思額を 9 人の被験者に尋ねてデータを得た。映像 C のすれ違い速度 10km/h を基準とした心理的負担額の計測結果を図-6 に示す。得られた結果では、金額にばらつきがあり、精度の面からは課題が残るものの、本データから支払い意思額を歩行者厚生 of 低下分と見なし、式(12.a)の傾き ξ を求めた。その結果は $\xi = -383.3$ となった。

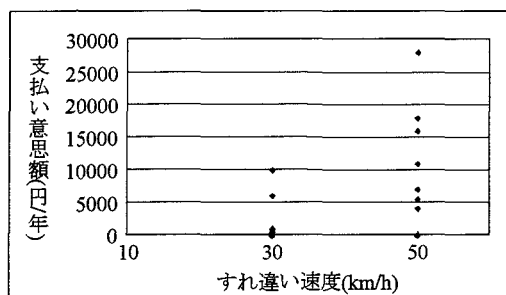


図-6 支払い意思額計測結果

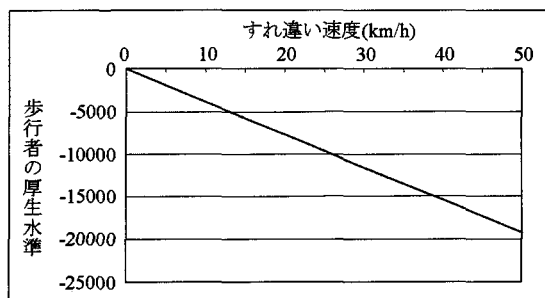


図-7 歩行者の厚生水準の推計結果

e) 社会的最適化問題の制約条件式の特定化

以上のモデルの特定化から、社会的最適化問題の制約条件式を具体的に求めることができる。すなわち、 CV_D, CV_W は以下となる。

$$CV_D = x_1(c^B) - \left[x_1^a(c^A) - D^B \left\{ \pi(c^A) - \pi(c^B) \right\} \right]^{\frac{1}{a}} \quad (14.a)$$

$$CV_W = \xi \cdot \frac{\varepsilon_1}{\sigma_1} \cdot \left[\left(\frac{1}{\varepsilon_2} \right)^{c^B} - \left(\frac{1}{\varepsilon_2} \right)^{c^A} \right] \quad (14.b)$$

(2) 最適運転マナー水準の導出

続いて、岐阜市則武地区を対象として、前節で特定化した社会的最適化問題を数値的に解くことにより、最適運転マナー水準を導出する。まず、当該地区における交通量データは表-5 のようになっている。これは、平日の朝 7:30 から 8:30 のデータである。

このデータを基に、まず運転マナー水準の上昇に伴う自動車運転者の厚生水準の変化および歩行者の厚生水準の変化を数値計算により求めた(図-8)。その上で、両者の厚生を足し合わせることで、社会的厚生水準の変化を求めた。その結果、社会的厚生が最大となる運転マナー水準は、23,565 円/年となる。これは、1 日平均約 2 分の時間損失に相当する負担となる。これ

表-5 都市街路の観測交通量(台/時、人/時)

自動車	バイク	原付	自転車	歩行者
267	1	5	95	383

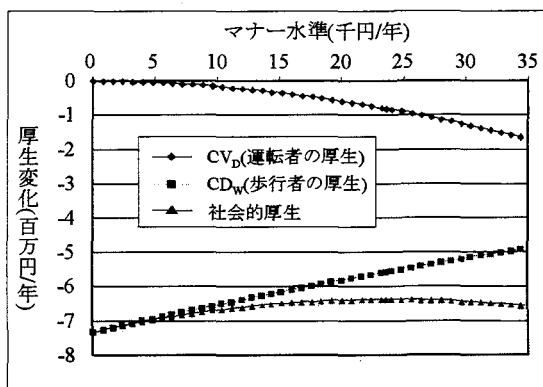


図-8 運転マナー水準変化に対する厚生変化

表-6 数値計算結果

	状態 A	状態 B	A と B の差
交通事故件数 n(件/年)	572,312	437,385	-134,927
運転マナー水準 α (円/年)	0	23,565	23,565
すれ違い速度 v(km/h)	40	30.4	-9.6
歩行者の心理的負担 Sw (円/年)	15,333	11,661	-3,672

を平均速度に換算すると、40km/h の速度を 30.4km/h まで下げることになる。その結果、交通事故件数は約 13.5 万件/年減少し、歩行者の一人あたり心理的負担額は約 3,700 円/年輕減することになる。

(3) 最適歩車共存施策の導出

a) 仮想道路ネットワークの設定と計算手順

続いて、前節の最適運転マナー水準を達成するための歩車共存施策について、数値計算に基づき明らかにする。ここでは、図-9 に示す仮想道路ネットワークを設け、その中で、どのリンクにどのような施設を設置すれば良いのかを明らかにすることにより、最適運転マナー水準を達成するための歩車共存施策を導出することとした。

図-9 の道路ネットワークでは、地区を囲むように幹線道路が存在し、その中に、都市街路が縦横 2 本ずつ通っているものとする。なお、リンクデータは、幹線道路と都市街路とで異なるものとし、表-7 のように設定した。なお、リンク 5、9、13、20 は、通学路であるとし、他の都市街路よりも歩行者が多いものとする。また、ここでは、簡単化のため、自動車はノード 1 から 16 へのみ向かうものとし、各リンクの交通量は利用者均衡配分により求めることとした。

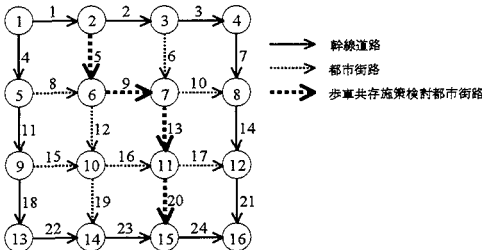


図-9 数値計算で用いた仮想道路ネットワーク

表-7 幹線道路と都市街路

	幹線道路	都市街路
自由走行時の速度(km/h)	50	40
リンク所要時間(分)	0.6	0.75
リンク交通容量(台/h)	750	500
リンク長(m)	500	500

歩車共存施策における具体的施設として、『狭さく』、『クランク』、『ハンプ』の3つを取り上げ、それに『施策を実施しない場合』を付け加えた 4 つの代替案について、通学路と想定した 4 つのリンクへの導入を検討する。したがって、代替案と導入リンクの組合せは全部で 256 通りとなる。この全ての組み合わせについて数値シミュレーションを実行し、その中から社会的厚

表-8 歩車共存施策

	施策なし	狭さく	クランク	ハンプ
自由走行時の速度(km/h)	40	25	20	15
1箇所当たりの所要時間(分)	0.75	1.2	1.5	2

生が最大となるものを探索することとした。なお、各施設の導入に伴い、自由走行時速度とリンク所要時間は、表-8 のように変化するものと設定した。

具体的な計算手順を示す。

- 1) 「施策なし」において、利用者均衡配分を実施。これは、現状の計算といえる。なお、このときの均衡所要時間を現状時間と呼ぶ。
- 2) 「施策導入(256 通り)」に対し利用者均衡配分を実施。このときの均衡所要時間を施策導入時間と呼ぶ。
- 3) {施策導入時間－現状時間}を求め、それに時間価値を乗じる。これが、施策導入に伴う運転者の追加的な負担額であり、運転マナー水準向上分を意味する。
- 4) 3)で得られた運転マナー水準に対し、運転者、歩行者の厚生水準を求める。運転者の厚生水準には、利用者均衡計算から得られる自動車交通量を乗じ、歩行者の厚生水準には、固定的に扱う歩行者数を乗じて社会的厚生水準を求める。
- 5) 4)の社会的厚生水準を全リンクについて合計し、総社会的厚生水準を求める。

以上の計算を、代替案の全組合せ(256 通り)について実行し、その中で最も総社会的厚生水準が高くなる代替案を探索することとした。

なお、ここでは、対象ネットワーク全体の自動車交通量(台)および街区内の歩行者数を、7 ケースに設定してシミュレーション分析を行った。その設定は、表-9 に示すとおりである。

表-9 自動車交通量と歩行者の設定ケース

ケース	自動車交通量(台)	都市街路の歩行者数(人)	
		施策検討箇所	施策検討しない箇所
1	2500	150	75
2	3000		
3	3500		
4	4000		
5	4500		
6	3000	100	75
7	3000	200	

b) 数値計算による歩車共存施策の導出

表-9 の各ケースに対する数値計算結果を以下に示す。表-10 は、各ケースにおいて、社会的厚生が最大化され

表-10 各ケースの数値計算結果

ケース	社会的厚生最大化時の施策組合せ				交通事故数(件)		社会的厚生
	リンク5	リンク9	リンク13	リンク20	対象街路	街区全体	
1	ランク	ハンパ*	ハンパ*	ハンパ*	0.04	0.61	941,821
2	×	ハンパ*	ハンパ*	×	0.17	1.14	514,508
3	×	狭さく	ハンパ*	×	0.46	1.55	377,961
4	×	×	狭さく	×	0.99	2.49	3,703
5	×	×	×	×	1.45	3.44	0
6	×	ハンパ*	ハンパ*	×	0.17	1.14	282,289
7	×	ハンパ*	ハンパ*	狭さく	0.18	1.15	770,228

×：施策導入なしを意味する

*：社会的厚生＝歩車共存施策を行った場合と行わない場合の差

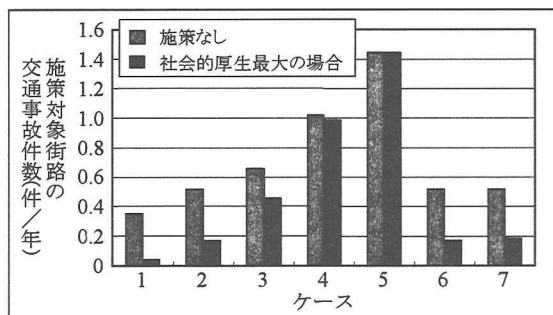


図-10 歩車共存施策対象街路の交通事故件数

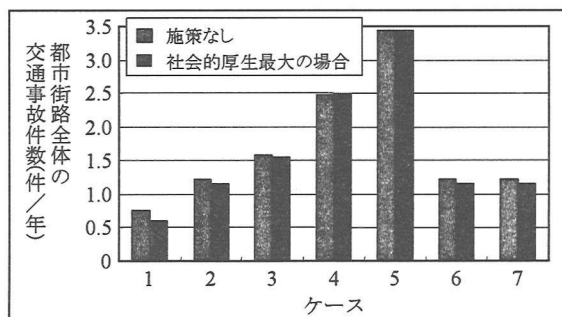


図-11 都市街路全体の交通事故件数

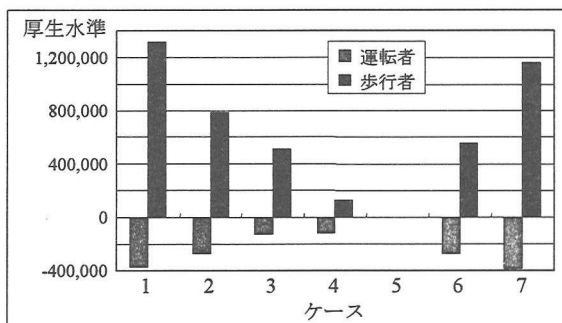


図-12 運転者、歩行者の厚生水準変化

ときの施策の組合せの結果である。そして、図-10、11は、施策対象街路とネットワーク全体の交通事故件数について、施策なしのケースとの変化を示したものである。また、図-12は、運転者と歩行者とそれぞれ別々に厚生水準の変化を示したものである。

図-10より、歩車共存施策の導入に伴い、施策対象街路での交通事故は確実に減少している。しかし、図-11を見ると、ネットワーク全体では交通事故件数は、思ったより減少していない。特に、ケース4では、ネットワーク全体での交通事故件数が少しではあるが増加している。これは、歩車共存施策の導入に伴い、当該街路を走行していた自動車、幹線道路等の他の街路へ流れたため、そこでの交通事故件数が増加したためと考えられる。

次に、歩行者数を変化させたケースについて、結果の違いを考察する。すなわち、ケース6、2、7の比較である。これらのケースでは、交通事故件数はほとんど違いが見られない。しかし、社会的厚生は、歩行者数を増加させたケースにおいて大きく上昇していることがわかる。これは、図-12から明らかなように、歩車共存施策が確実に歩行者の厚生を向上させたためと考えられる。

次に、自動車交通量を変化させたケースに着目して考察する。すなわち、ケース1から5の比較である。これを見ると、自動車交通量を増大させたケースほど、歩車共存施策が導入されにくくなっていることがわかる。特に、ケース5では、施策導入が全くされない解が、最も効率的な結果となっている。これは、自動車交通量の多いケースでは、歩車共存施策が歩行者の厚生増大に及ぼす効果より、当該施策が自動車運転者に与える不効果の方が大きくなるため、施策の導入がされにくくなったものと考えられる。これは、CVMによって求めた歩行者の厚生水準の値によるところが大きい。本研究では、分析のフレームワークの提供に主眼を置いており、必ずしもCVMの結果の信頼性が高いわけではない。そのため、きちんと対象を決め、そこでの歩行者の心理的負担を計測したならば、本結果も変わる可能性のある点には注意が必要である。また、今回のCVMの内容に関しても、すれ違い速度のみに着目しており、これ以外の要因も含めた調査の拡大も課題であると言える。

c) 詳細分析(ケース2を対象として)

次に、先の7つのケースのうち、現在の都市街路の状況を最もよく表しているケース2について、最適解導出の仮定まで踏まえて詳細な分析を行う。

表-11は、ケース2を対象とした数値計算において、社会的厚生水準が上位10位までの施策の組合せ結果を示したものである。これを見ると、交通事故件数は、施策対象街路でもネットワーク全体でもそれほど変化は見られない。しかし、社会的厚生はある程度の変化

表-11 社会的厚生の上位 10 通りの歩車共存施策

ケース	社会的厚生最大化時の施策組合せ				交通事故数(件)		社会的厚生
	リンク 5	リンク 9	リンク 13	リンク 20	対象街路	街区全体	
1	×	ハンプ	ハンプ	×	0.17	1.14	514,508
2	×	ハンプ	ハンプ	狭さく	0.18	1.15	498,900
3	狭さく	ハンプ	ハンプ	×	0.19	1.13	471,860
4	クランク	ハンプ	ハンプ	×	0.20	1.13	391,147
5	×	クランク	ハンプ	×	0.17	1.14	371,621
6	×	ハンプ	クランク	×	0.17	1.14	371,621
7	×	クランク	ハンプ	狭さく	0.18	1.15	356,012
8	×	ハンプ	クランク	狭さく	0.18	1.15	356,012
9	狭さく	ハンプ	ハンプ	狭さく	0.18	1.10	343,393
10	狭さく	クランク	ハンプ	×	0.19	1.13	328,973
WO	×	×	×	×	0.52	1.22	0

WO：施策なしのケース

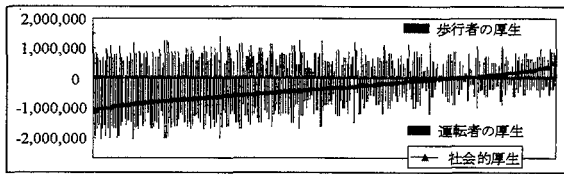


図-13 運転者厚生、歩行者厚生および社会的厚生推移

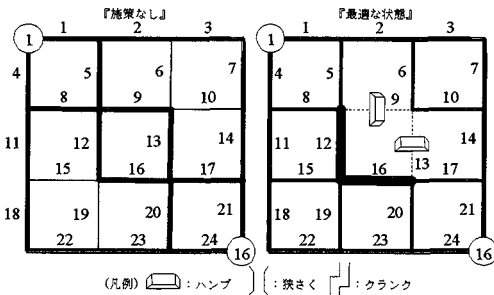


図-14 歩車共存施策と交通事故件数の変化

が見られることがわかる。

図-13 は、全ての代替案について、社会的厚生の小さい順に左から並べた図である。x 軸より上に示された棒グラフが歩行者の厚生を、下に示された棒グラフが運転者の厚生を表している。これを見ると、必ずしも歩行者の厚生が高いからと言って社会的厚生も高くなるとは言えず、運転者の厚生低下分との関係から、社会的厚生水準が決定されることがわかる。

図-14 には、以上の結果の中で、社会的厚生が最大となる場合の、都市街路における具体的な歩車共存施策の施設整備状況と、それに伴う各リンクの交通事故件数の変化を示した。線の太さが交通事故の件数を表しており、点線は交通事故件数がゼロの場合である。この結果を見ると、歩車共存施策の対象街路で、交通事故が減少している。これは、リンク 9 にハンプを設置したことで、リンク 5、8 を通って、都市内街路に流入

する交通が減少したためと考えられる。しかし、施策導入後もリンク 5、8 に流入する交通が存在し、その交通は、今度はリンク 9 を通らず全てリンク 12 に流れるようになる。その結果、リンク 12 での交通事故件数が増加するという結果になった。さらに、リンク 12 を通る交通量はリンク 16 とリンク 19 へ流れるが、その交通量も施策なしの場合と比べ増加するため、当該リンクにおける交通事故が増大する結果となった。

道路ネットワーク全体では交通事故件数が減少しているものの、都市街路内において、一部、交通事故件数の増加するリンクが存在している。これは、今回の数値計算では、通学路と想定したリンクのみに施策の導入を考えていることに原因があり、今後はネットワーク全体を対象とした施策導入を扱えるよう、シミュレーション分析の枠組みを広げる必要がある。

7. おわりに

本研究では、保険システムの存在がモラルハザードを引き起こし、それが運転マナーの低下を招いて無謀な運転を助長し、歩行者に心理的負担をおわせることになる点について、簡便な経済モデルを用いて表現した。その上で、CVM により計測した歩行者の厚生と運転者の厚生を足し合わせた社会的厚生の最大化問題から、社会的に見て最も効率的な運転マナー水準およびその達成のために必要な交通施策について、歩車共存施策を用いて明らかとした。

以上の枠組みを、岐阜市内の街区を対象として、数値計算によって解き、最適マナー水準を導出した。その結果、最適マナー水準は、約 2.4 (万円/年) の負担であることが示された。それは、街路内での平均速度を約 10km/h 程度低下させることに相当する。次に、仮想的なネットワークを設け、先の最適運転マナー水準を達成するために必要な歩車共存施策について、どの施設をネットワーク内のどのリンクに設置すれば良いのかを明らかとした。

なお、本研究では、分析のフレームワークの構築に主眼を置いてきた経緯があり、数値計算において仮想的な設定をした部分があった。この点は、実際のネットワークを対象とした分析に適用する際、データ構築の問題として課題となると思われる。また、今回、歩行者の心理的負担を CVM によって求めたが、これも対象地区全体での調査を行い、地区住民がどの程度の心理的負担を感じているのかをきちんと把握していく必要がある。また、施策については、一方通行等の交

通規制も重要な施策といえ、それらも取り入れた枠組みへの拡張も課題と言える。

本研究をまとめるにあたり、匿名の査読者には、論文の細部にまで目を通していただき、貴重なコメントをいただいた。また、本研究を進める段階では、岐阜大学秋山孝正教授に、貴重な御意見、御示唆を頂いた。また、最適運転マナー水準を導出する際に用いた交通事故件数関係のデータは、警察庁よりご提供頂いた。なお、本研究は、(財)佐川交通社会財団からの研究助成により行われたものである。ここに記して感謝の意を表する次第である。

【参考文献】

- 1) 岩田規久男(1993)：ゼミナールミクロ経済学入門，日本経済新聞社。
- 2) Laffont,J-J.著,佐藤公敏訳(1992)：不確実性と情報の経済学，東洋経済新報社，第8章，pp.133-148。
- 3) 国土交通省道路局(2003)：人と暮らしを支える道をめざして-平成15年度道路政策のポイント-，国土交通省。
- 4) 成岡隆史・山中英生・中川裕二(1987)：交通量変化と住民意識からみたコミュニティ道路の整備効果に関する比較分析，土木計画学研究・講演集，No.10，pp.215-221。
- 5) 久保田尚・窪田陽一・林博基(1992)：歩車共存道路の供用後評価，土木学会論文集，No.449/IV-17，pp.165-173。
- 6) 小林潔司：交通安全対策とドライバーのオフセット行動，交通安全対策振興助成 研究報告書，佐川交通社会財団，pp.73-77。
- 7) 屋井鉄雄・大橋正樹・清水哲夫・坂巻直紀(1999)：高速道路運転時における心理的負担と損失費用の計量化に関する基礎的検討，第19回交通工学研究発表会論文報告集，pp.233-236。
- 8) 損害保険料率算出機構(2002)：平成12年度任意自動車保険用通車種別統計表，<http://www.nlir.or.jp/>。
- 9) 佐井川司(2001)：自動車交通安全対策による精神的被害抑制効果に関する研究，岐阜大学卒業論文。

歩行者の心理的負担を考慮した都市街路における歩車共存施策の検討* - 社会的最適化モデルによる運転マナー水準の導出に基づく分析 -

中村典生**・武藤慎一***・高木朗義****

交通事故は依然として深刻な問題であるが、保険システムの存在は被害の分散という点では自動車運転者にとって効果的である反面、モラルハザードを引き起こし、それが運転マナーの低下を招いて無謀な運転を助長する可能性がある。それは、交通事故の危険性を高めるという問題もあるが、歩行者に心理的負担を及ぼす点も問題であることを指摘した。本研究では、歩車共存を大前提として、保険システムを内包した経済モデルを用いて定式化された運転者行動モデルから導かれる運転者厚生と、CVM 調査によって計測される歩行者厚生とを足し合わせた社会的厚生を最大化するための、運転マナー水準とその達成のために必要な歩車共存施策の水準の導出を行った。必要な歩車共存施策の導出においては、仮想道路ネットワークを対象としたものではあるが、どの施設をどの場所に配置すれば良いのかについても明らかとしている。

Evaluating the Community Street with Considering the Psychological Burden of Pedestrian* - Introducing the drivers' manner level with social optimal model -

By Norio NAKAMURA **, Shinichi MUTO *** and Akiyoshi TAKAGI ****

On the problems of traffic accidents, though the insurance generates the effects on diversification of injury for a driver, it makes a rush driving through the depreciation of drivers' manner level by moral hazard. The fact do not only have problem in the point of raising risk of traffic accidents, but also it has problem of giving the psychological burden for the pedestrian. In this paper, on the major premise of the coexistence of a pedestrian and a car, we formulated the social mathematical programming to evaluate the optimal driver's manner level and Community Street. The programming consist of the drivers welfare introduced through the economic model included the system of insurance, and pedestrian welfare measured by CVM. When simulating the Community Street's design, we computed the optimal alternative of combination for the facilities and executing area on the supposed road network.