

歩行者の心理的負担を考慮した都市街路の交通安全対策の検討*

Traffic Safety Policy on Street with Considering Psychological Burden*

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

交通事故が社会的に大きな問題となっている。年間の死者数が一万人、負傷者数が百万人にのぼる現状は異常と言わざるを得ない。このような事態に対し、現在とられている対応策は、経済学的観点から整理すると大きく二つに分けられる。一つが保険システムの導入による交通事故リスクの分散であり、もう一つが交通安全対策による交通事故リスクの軽減である。

現在、自動車運転者は、強制保険は当然として、任意保険にもほとんどの人が加入している。運転者は、保険システムによって、普段は保険料を支払わなければならないものの、交通事故を引き起こした場合には、損失分は補償してもらえするため、自身の損失は最小限にとどめることができる。しかし、交通安全という点で見た現在の保険システムには以下のような問題があると思われる。保険システムは、交通事故を引き起こした当事者の損失を軽減することはできるが、必ずしも交通事故被害そのものの減少には繋がらない、保険システムによりモラルハザードが生じるため、運転者の無謀な運転を抑制することが困難となる恐れがある¹⁾、の二点である。

本研究では、まず現在の交通安全における保険システムの二つの問題点を、簡単な経済モデルを用いて明らかにする。そこでは、特に上記の問題に対し、モラルを欠いた無謀な運転が、歩行者や自転車運転者へ心理的負担を負わし、交通事故による物的被害とは別の心理的被害を生じさせることを指摘する。その上で、交通事故の抑制および歩行者の心理的負担の軽減に対しては、政府の適切な介入が必要となることを示す。なお、本稿の後半では、そこで明らかとなった歩行者の心理的負担が実際にはどの程度のものとなるのかを定量的に示す。そして、それが交通事故の直接的被害と比較しても、決して小さくない値であることを明らかにする。

2. 運転者行動モデル

(1) 運転者行動モデルの定式化

本研究では小林¹⁾を参考に運転者行動モデルを構築する。図-1 にモデルの構造を示す。

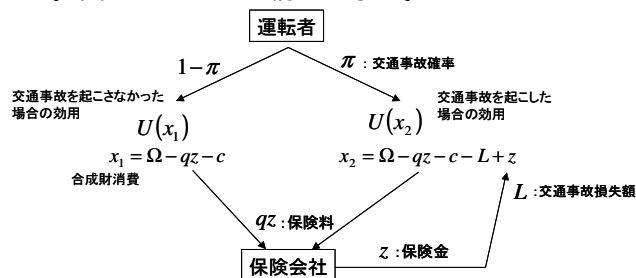


図-1 運転者行動モデルの構造

ここでは任意の運転者の行動に着目する。まず、運転者は、定数で与えられる初期資産 Ω を保有しており、そこから保険料 qz 、交通事故回避のための努力支出 c を支払い、残りを合成財消費 x に充てるものとする。よって、もし運転者が交通事故を起こしていない場合[状況：1]には、

$$x_1 = \Omega - qz - c \quad (1)$$

で表される合成財を消費できる。ただし、 q は保険料率、 z は保険金であり、もし交通事故を起こした場合には z が保険システムを通じて支払われる。また、合成財消費の下付きの添字 1 は、交通事故を起こしていない場合を指している。

ここで、運転者は π で表される確率の下で、交通事故を引き起こすとする。なお、この交通事故発生確率は、運転者の交通事故回避努力によってその値が変化する。つまり、運転者が回避努力を行えば、交通事故発生確率が低下するものとする ($\partial\pi/\partial c < 0$)。

引き起こした交通事故の被害費用を L で表す。運転者は、この L を補償しなければならない。しかし、これに対し、保険システムにより z の保険金が支払われる。したがって、交通事故を引き起こした場合[状況：2]の運転者の最終的な合成財消費は、以下のようになる。

$$x_2 = \Omega - qz - c - L + z \quad (2)$$

なお、保険とは、前章で述べたように、交通事故を起こした運転者の損失を極力小さくすることが第一の目的である。保険会社にとって交通事故のリスクは安

*キーワード：交通安全、整備効果計測法

**学生員 岐阜大学大学院工学研究科博士前期課程
(岐阜市柳戸 1-1, TEL:058-293-2445, FAX:058-230-1248)

***正会員 博(工) 大阪工業大学工学部都市デザイン工学科

****正会員 博(工) 岐阜大学工学部社会基盤工学科

定したものであり、かつこの保険市場は競争が激しく現実にも完全競争状態にあると考えられるため、保険料率 q は交通事故発生確率 π に一致している²⁾と考えられる。したがって、本研究では $q = \pi$ として、運転者の行動を分析することとする。

以上の想定の下、運転者は、交通事故を引き起こす場合、引き起こさない場合のそれぞれの効用に交通事故発生確率を考慮した期待効用を最大化するように行動をとるものとする。なお、効用は合成財消費量と精神的被害によって表されるものとする。ただし、精神的被害は交通事故を引き起こした場合のものだけを考慮する。

$$S_D = \max_{z,c} \{1 - \pi(c)\}U(x_1) + \pi(c)U(x_2, D) \quad (3.a)$$

$$\text{s.t. } x_1 = \Omega - \pi z - c \quad (3.b)$$

$$x_2 = \Omega - \pi z - c - L + z \quad (3.c)$$

ただし、 S_D ：最大期待効用値、 D ：交通事故を引き起こした場合の精神的被害。

式(3)は、制約無しの場合の最適化問題に置き直すことができる。当該最適化問題の一階条件を求めると以下のようになる。

$$\frac{\partial S_D}{\partial z} = \pi(1 - \pi) \left\{ \frac{\partial U(x_2, D)}{\partial x_2} - \frac{\partial U(x_1)}{\partial x_1} \right\} = 0 \quad (4.a)$$

$$\frac{\partial S_D}{\partial c} = -\pi \left\{ \frac{\partial U(x_2, D)}{\partial x_2} \frac{\partial x_2}{\partial c} - \frac{\partial U(x_1)}{\partial x_1} \frac{\partial x_1}{\partial c} \right\} + \frac{\partial \pi}{\partial c} \{U(x_2, D) - U(x_1)\} - \frac{\partial U(x_1)}{\partial x_1} \frac{\partial x_1}{\partial c} = 0 \quad (4.b)$$

まず、式(4.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、

$$\frac{\partial U(x_1)}{\partial x_1} = \frac{\partial U(x_2, D)}{\partial x_2} \quad (5)$$

が成立する。今、効用関数において、合成財消費と精神的被害には、代替関係がないと仮定する。すなわち、精神的被害は合成財消費の増大では軽減しないとの仮定を置く。すると、

$$z = L \quad (6)$$

という、フルカバー保険の条件が得られる。

次に、式(4.b)の条件を考える。その中の合成財消費の交通事故回避努力 c での偏微分は以下のとおりである。

$$\frac{\partial x_1}{\partial c} = - \left(\frac{\partial \pi}{\partial c} z + 1 \right) \quad (7.a)$$

$$\frac{\partial x_2}{\partial c} = - \left(\frac{\partial \pi}{\partial c} z + 1 \right) \quad (7.b)$$

式(7)の右辺第二項は、努力水準の変化による直接的合成財消費の変化を表し、右辺第一項は、努力水準の変化が、交通事故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す。

例えば、運転者が努力水準を高めた場合を考える。このとき、努力水準の向上は、合成財の式から明らかのように、その消費の減少をもたらす[第一項]。しかし、努力水準の向上は、交通事故確率を減少させる。そして、それに伴う保険料支払いが減少し、その分を合成財消費に充てることが可能となる[第二項]。

なお式(7.a)(7.b)は、 c に対する合成財消費の微小変化は、交通事故を起こした場合も起こしていない場合も同じであることを表す。これに、式(5)の条件も考慮に入れると、式(4.b)の第一項はゼロとなる。

よって、式(4.b)は、

$$\frac{\partial \pi}{\partial c} \{U(x_2, D) - U(x_1)\} - \frac{\partial U(x_1)}{\partial x_1} \frac{\partial x_1}{\partial c} = 0 \quad (8)$$

となる。この左辺第一項は、努力水準の変化による精神的被害費用の変化を効用タームにて、第二項は努力水準の変化による合成財消費の変化を効用タームにて測ったものである。

さらに、式(7.a)を代入して整理すると、

$$\frac{\partial \pi}{\partial c} \left[\{U(x_2, D) - U(x_1)\} + \frac{\partial U(x_1)}{\partial x_1} \cdot z \right] + \frac{\partial U(x_1)}{\partial x_1} = 0 \quad (9)$$

が得られる。

式(9)より、先と同様、運転者が努力水準を高めた場合を考える。このとき、交通事故確率の減少による効果が式(9)の [] で表されている。すなわち、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である。なお、式(9)では、これらはいずれも効用タームで表されている。また、式(9)第二項は、式(7)での説明のとおり、努力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表す。

運転者は、式(9)に基づく努力水準変化の各種影響を考慮して、その努力水準を決定することとなる。

(2) 運転者行動と交通安全

以上が運転者に着目した行動モデルである。この想定の下では、運転者は期待効用の最大化によって最適行動をとっていることになる。しかし、そこから導出される保険金 z (=交通事故被害費用 L) および交通事故回避努力水準 c は、必ずしも社会的な最適解となっていないわけではない。

これは、冒頭に指摘した問題であり、まず交通安全における保険システムは、必ずしも交通事故被害費用の軽減には繋がらない。これは、先の運転者行動モデルとの関係で言うと、式(5)の条件が、単に「交通事故を起こした状態と起こさなかった状態での合成財消費に対する限界効用を等しくする」ということを表すに過ぎないことからわかる。すなわち、そこには直接的に保険金 z 、すなわち交通事故被害費用 L を減少させるという誘因が含まれていない。

また、保険システムによりモラルハザードが生じるという問題は、運転者の交通事故回避努力が式(9)から決定されることから示される。運転者は、努力水準を高める場合、合成財消費の減少を通じて効用低下の損失を被るため、努力を怠ろうとする誘因が働く。ただし、式(9)で示したように、努力水準の低下は、交通事故の増大を引き起こし、その結果、交通事故被害費用を増大させ、それが保険料支払いを増加させることになる。また、交通事故を引き起こした場合の精神的被害を被るという問題もあり、それらのバランスによって、最適な努力水準を運転者は決定することになる。ただし、いずれにしても、努力水準を過小とする、いわゆるモラルハザードを生む要因が存在することは確かである。

このような努力水準の低下は、交通事故を引き起こす可能性が高まるという問題もあるが、それに加え、速度の出し過ぎや無理な運転をすることに繋がるため、特に歩行者への負担を発生させることとなる。例えば、直接交通事故にならない場合でも、側を猛スピードで通過されたり、すぐ近くを追い越していったりすることによる恐怖心や不安感によって心理的負担が増大することとなる。このような点でも、運転者のモラルハザードは問題となる。

(3) 社会的最適化問題の定式化

そこで、ここでは社会的な立場から見た運転者の最適な努力水準について検討を試みる。その際、歩行者の心理的負担と交通事故の直接的被害費用を目的関数として扱う。具体的には、現在の状況、すなわち前章で示した運転者の最適化行動のみを考慮した状態から、歩行者の厚生変化、平均交通事故被害費用変化および運転者の厚生変化の和によって表される社会的厚生指標を最大とするような保険金 z と交通事故回避努力水準 c の導出問題を構築した。それが以下である。

$$\max_{z,c} CV_w + CV_D - \Delta[\pi(c)L] \quad (10)$$

ただし、 CV_w は z と c の変化に対する歩行者の厚生変化、

CV_D は運転者の厚生変化、 $\Delta[\pi(c)L]$ は平均交通事故被害費用変化を表す。このうち、 CV で表される歩行者、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、考慮したものである。まず、運転者の厚生変化 CV_D は、先の期待効用最大化問題から得られる最大期待効用値 S_D の変化を埋め合わせる最大支払い意思額(補償的オプション価格)によって定義される。すなわち、以下のように求められる。

$$S_D^A = S_D^B \{U_1(\Omega - CV_D), U_2(\Omega - CV_D)\} \quad (11)$$

ただし、添字 A, B は、それぞれ変化の前と後を表す。また、 U_1, U_2 はそれぞれ交通事故を引き起こしていない場合の効用、引き起こした場合の効用を表す。

また、歩行者の厚生変化は、歩行者の厚生をその支出関数によって示し、その差額として直接的に定義した。なお、その導出方法の詳細は次章にて示す。

以上の最適化問題を解くことにより、歩行者の心理的負担と交通事故被害費用とを最小にする z, c が求められる。それは、現状の z, c より、ともに大きくなる方向に向かうと予想される。なぜなら、現在の z, c は、運転者が己の効用のみを考え決定しているのだから、ここに歩行者の心理的負担、交通事故被害費用を考慮すると、当然それらを軽減するように、逆に運転者にとっては負担を負う方向へ z, c が変化すると考えられるためである。なお、このような z, c を達成するためには政府の介入が必要となる。ただし、そのための政府行動までは、ここでは議論せず、 z, c の最適水準を明らかにしたものである。

本最適化問題では、 CV_w で表される歩行者の心理的負担がどの程度のものであるのかが特に重要となる。交通事故の人的、物的被害額、すなわち式(10)の $\pi(c)L$ にあたる部分は、日交研レポートにて計測された例があるものの³⁾、歩行者の心理的負担を計測したものはほとんどみられない。この心理的負担の額、そして z, c に対するその感度の大きさによっては、式(10)の最適化問題の解も大きく変わる可能性がある。そこで、次章では、歩行者にとっての都市街路における運転者行動から被る心理的負担の計量的評価を試み、本章で構築した社会的最適化問題において、どの程度の影響を与えそうかを明らかにする。

3. 歩行者の心理的負担計測モデル

ここでは、細街路における運転者行動が、歩行者の心理的負担に及ぼす影響に着目しその計測モデルを作成する。運転者行動とは、細街路の状況を考慮するた

め、ここでは歩行者の立場から見た自動車とのすれ違い時の速度と距離によって規定されることとした。

今、自動車が歩行者の側を、ある走行速度とすれ違い距離で通過する状況を考える。そのとき、その速度と距離の組み合わせを2種類取り上げ、それぞれA、Bで表す。運転者は、自らの交通事故回避努力 c を変化させることによって、速度、距離の組み合わせA、Bのいずれかを選択するものとする。

例えば、交通事故回避努力を向上させたとする。これは、モデルとしては、交通事故回避努力を c^A から c^B へと高めたものとして扱われる。なお、その運転者行動変化の影響としては、「自動車の走行速度を下げる」、「歩行者とのすれ違い距離を十分に保って走行する」といったものとして現れると考える。そして、これが歩行者の厚生を $S_w(c^A)$ から $S_w(c^B)$ へと高めることとなる。なお、実際には運転者の行動を介して、その努力水準 c が歩行者厚生に影響を与えると言えるが、ここでは簡単化のため、直接 c が歩行者の厚生に影響するものとして定式化した。

ここで、歩行者の厚生 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。これより、 S_w を用いて直接、歩行者の厚生変化 CV_w を定義することが可能となる。

$$CV_w = S_w(c^B) - S_w(c^A) \quad (12)$$

CV_w とは、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、運転者行動A、Bについて、Bの方が歩行者にとって良い状態である場合、Aと比較してもBの状態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である。CVMを用いれば、この最大支払額を、アンケートによって直接尋ねることができるため、式(12)の CV_w が直接、金額ベースの数値として得られる。なお、これより逆に厚生水準 S_w の値を求めることも可能である。

まず $S_w(c^A) = 0$ と基準化する。よって、式(12)より、

$$S_w(c^B) = CV_w^{A \rightarrow B} \quad (13)$$

のように、運転者行動Bに対する歩行者の厚生水準が求められる。なお、 $CV_w^{A \rightarrow B}$ は、AからBへの変化に対する支払い意思額を表す。次に、運転者行動Cを新たに作成し、BとCとの比較に対して同様のCVMを用いれば $CV_w^{B \rightarrow C}$ の値が得られる。なお、 $CV_w^{B \rightarrow C}$ の理論式は以下のとおりである。

$$CV_w^{B \rightarrow C} = S_w(c^C) - S_w(c^B) \quad (14)$$

本式の $S_w(c^B)$ は、式(13)にて求められているため、結局 $S_w(c^C)$ は以下のように求められる。

$$S_w(c^C) = CV_w^{B \rightarrow C} + S_w(c^B) \quad (15)$$

以上の結果、各運転者行動別、歩行者の厚生水準が導出可能となる。

4. おわりに

本研究では、現在の交通事故問題に対し、運転者の安全運転に対する努力水準の向上が重要となることを指摘し、それが現行の自動車保険のシステムでは、過小な水準となる可能性のあることを、簡便な経済モデルを用いて明らかにした。そこでは、保険システムによるモラルハザードの問題を示し、その回避のために社会的観点から見た最適な運転者の努力水準を導出するための問題を提示した。なお、そこでは、運転者の努力水準の低下は交通事故の増大に繋がる恐れがあるだけでなく、特に細街路などでは、無謀な運転をすることに繋がり、歩行者へ不安感や危険感をもたらすといった点でも多岐に問題となるという評価も考慮に入れている。

本モデルを用いた数値計算結果は、講演時に詳細を報告するが、概要は次のとおりである。岐阜大学の学生を対象にアンケート調査を行い、岐阜市全体での心理的負担を求めた結果、被験者から距離50cm離れた地点を、50km/時から30km/時へ速度を下げた自動車が通過した場合、約1.05億円/年の心理的負担軽減効果が生じるとの結果が得られた。アンケートによる調査であるため、信頼性という点には注意を払う必要があるが、この結果を見る限りは、歩行者の心理的負担も十分重要事項であり、適切な対応が必要であると思われる。

本研究を進めるにあたり、岐阜大学秋山孝正教授、立命館大学小川圭一講師には、貴重な御意見、御示唆を頂いた。また、本研究は、(財)佐川交通社会財団からの研究助成によって行った研究成果の一部である。ここに記して感謝の意を表す次第である。

参考文献

- 1) 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(一般研究)、佐川交通社会財団、pp.73-77。
- 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) 日本交通政策研究会(1994):道路交通事故の社会的・経済的損失-1991年の事故を中心として-