

# 二輪車走行挙動の記述を目的としたポテンシャルモデルの提案\*

## A Potential Model for Description of Motorcycle Behavior\*

稲垣具志\*\*・内田敬\*\*\*・日野泰雄\*\*\*\*・吉田長裕\*\*\*\*\*

By Tomoyuki Inagaki\*\*・Takashi Uchida\*\*\*・Yasuo Hino\*\*\*\*・Nagahiro Yoshida\*\*\*\*\*

### 1. はじめに

世界各国の二輪車保有率を比べると、日本は世界の中でも高く<sup>1)</sup>、わが国の交通社会は独特な混合交通を形成しているといえる。ここで、自動車全体の交通事故発生件数が増加している背景を踏まえるならば、今後の交通事故安全対策を考える上で、二輪車の存在を含めた施策を検討することが重要である。特に典型的な二輪車事故類型は交差点での右直事故および左折巻き込み事故であり、右折矢印信号の導入、車道外側帯の縮小といった交通安全対策が試みられているが、それらを事前に評価する手法が確立されていない。そのため、交通シミュレーションによる混合交通の再現と代替案評価に対するニーズは大きいものと考えられる。

本稿では、右直および左直巻き込みによる錯綜状況を定量的に表現する交通シミュレーションの構築を目指し、その初期段階として二輪車の走行挙動を表現するポテンシャルモデルを提案する。また、実際の交通流をビデオ撮影、分析し、交差点付近を走行する二輪車が障害物、走行車両といった外的要因から受ける影響についても考察する。

### 2. ポテンシャルの定義と車両挙動の記述

走行時に運転者が周囲から受ける影響のうち、本稿では、その影響因子（障害物、走行車両など）からの心理的な抑圧、つまり影響因子に対して運転者

\*Keywords: 交通行動分析, 交通安全, 交通流

\*\* 学生員, 修(工), 大阪市立大学大学院工学研究科

〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138

TEL: 06-6605-2731 FAX: 06-6605-3077

\*\*\*正会員, 工博, 大阪市立大学大学院工学研究科

\*\*\*\*正会員, 博(工), 大阪市立大学大学院工学研究科

\*\*\*\*\*正会員, 博(工), 大阪市立大学大学院工学研究科

が感知する危険度を取り上げる。運転者はその危険度がなるべく小さくなるように（逆に言えばより安全なところへと）走行位置を決めながら車両を制御すると考える。よって、運転者に対する道路空間内の危険度が表現できれば、それによって車両の走行挙動が再現できる。ここで、運転者が周囲の状況に対して感じる危険度、すなわち心理的な抑圧を表す指標として「心理的抑圧ポテンシャル」（以後「ポテンシャル」と記す）を定義する。車両が他の車両や障害物などに近づくほど運転者は危険と感ずるため、ポテンシャルは徐々に高くなる。

二輪車が路上駐車車両を回避する状況を考える場合(図-1), ある運転者が路上駐車車両側方を通過するときの路上駐車車両までの側方間隔  $d$  を確率変数とする。ここで一定の条件で何度も通過した場合,  $d$  が図-2 に示すヒストグラムのように対数正規分布に従うと仮定する。上述の通り, ポテンシャルは路上駐車車両に近づくにつれて高くなるので, ヒストグラムを右側から累積した曲線がポテンシャルとして与えられるものとする。

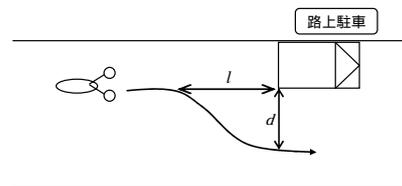


図-1 路上駐車車両回避の例

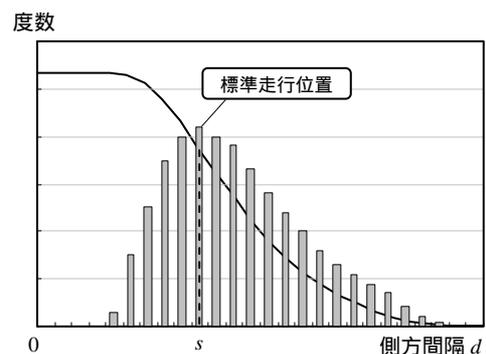


図-2 側方間隔のポテンシャル分布例

ポテンシャルのモデル式は、対数正規分布の信頼度関数<sup>2)</sup>に基づいて、

$$f(d) = \kappa \left\{ 1 - \Phi \left( \frac{\log d - \mu}{\sigma} \right) \right\} \quad (1)$$

ただし  $d$  : 回避位置から駐車車両までの距離

$\kappa, \mu, \sigma$  : パラメータ

$\Phi(\cdot)$  : 標準正規変数の累積分布関数

と書くことができる。 $\kappa$ は他車両の車種などの属性によって定まるパラメータである。ポテンシャルは、車両の速度、走行位置、車種、運転者の年齢、性別といった個人属性などの要因によって変化するものとし、式(1)で $\mu, \sigma$ がそれらによって表されると考える。すなわち、ポテンシャルにより各要因を考慮しつつ車両の走行挙動について確率的に表現する。

一方、縦断方向についても同様に考えることにより図-1における  $l$  について、

$$f(l) = \kappa \left\{ 1 - \Phi \left( \frac{\log l - \mu}{\sigma} \right) \right\} \quad (2)$$

のように表現できる。

### 3. 路上駐車車両回避についてのポテンシャル分布パラメータの検討

路上駐車車両は二輪車の走行軌跡に大きく影響を及ぼすため、その存在の有無は走行車両の交差点への流入形態や二輪車と右折車との右直錯綜を考える際には重要な外的要因として考え得る。ここでは路上駐車車両を回避する原動機付自転車(以後「原付」と記す)の挙動から、上述モデルのパラメータを実際の交通流から得るために、兵庫県の比較的交通量の多い都市内幹線道路交差点付近においてビデオ調査によりその走行状況を観察し、原付の速度別と走行位置別にモデルパラメータの変化を分析した。

#### (1) 調査の目的と方法

モデル化のための基礎データを得るために、ビデオ調査を行った。調査概要を以下に示す。

調査地点：神戸市東灘区国道2号線御影中前交差点東向き流入路。

調査日時：平成15年10月22日(水), 27日(月), 29日(水) 10:00~12:00(AM), 15:00~17:00(PM)の各2時間ずつ、計12時間(天候：晴れ)。

調査ではビデオカメラによる交通流の現地観察を行った。図-3のように約70mの東向き流入路部分全体の状況を詳細に把握するために、対象区間を4分割しそれぞれに対してビデオカメラを1台ずつ沿道ビルの10階に設置した。調査日時と調査地点の交通量を表-1に示す。

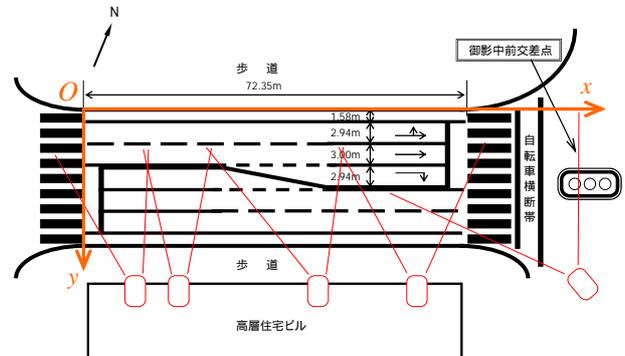


図-3 調査場所の概略とカメラの設置位置

表-1 調査日時と調査地点の交通量

	時間	交通量		
		二輪車	乗用車	合計
10/22	AM 10:00-12:00	137	2237	2374
	PM 15:00-17:00	179	2248	2427
10/27	AM 10:00-12:00	138	1930	2068
	PM 15:00-17:00	192	2246	2438
10/29	AM 10:00-12:00	139	1917	2056
	PM 15:00-17:00	161	1703	1864
合計		946	12281	13227

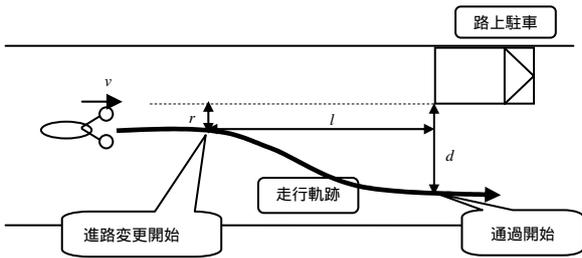
単位:[台]

#### (2) データの抽出

ビデオ画像から回避行動についてのポテンシャル分布を記述するための準備として道路上に座標軸を設定し、歩道の縁石と対象区間の西側横断歩道の右端とが交わる地点を原点として  $x$  軸を道路進行方向に、 $y$  軸を道路横断方向に定めた(図-3参照)。画像処理によって得られる座標データの精度は、その誤差が0.1m以内に収まる程度である。

調査日のうち、二輪車の混入率と天候条件に差のない10/22 PM, 10/27 AM, 10/27 PM, 10/29 PMの路上駐車車両を回避する原付240台のうち、信号待ち・渋滞による停滞車両の存在や、他車両との並走といった複雑な外的要因のないもの(160台)について自動追尾ソフト(Ditect社「Dipp-Motion 2D」)により車両の追尾を行うことで1/30秒ごとの軌跡の座標を得た。

続いて、得られた軌跡データと路上駐車車両の位置座標から図-4 に示す値を求めた。路上駐車車両を回避するために進路変更を開始する位置を「進路変更開始位置」と呼び、1 台の軌跡データのうち y 座標の値が観測開始時刻の y 座標の値に 0.15m (原付幅 0.6m の 1/4) を足した値を初めて越えるときの位置として求めた。また、路上駐車車両の側方を通過し始める位置を「通過開始位置」と呼び、1 台の軌跡データのうち x 座標が路上駐車車両後尾部の x 座標と同じ値となるときの位置として求めた。



- l : 進路変更開始位置から路上駐車車両までの x 方向の距離
- d : 通過開始位置から路上駐車車両までの y 方向の距離
- v : 進路変更開始位置での原付の速度
- r : 進路変更開始位置での y 座標から路上駐車車両の y 座標を引いた値

図-4 取得したデータ

### (3) ポテンシャル分布の記述

ポテンシャルの形状は式(1)において、 $\mu, \sigma, \kappa$  の3つのパラメータによって定まるが、ここでは、速度と走行位置がモデルパラメータに与える反応を考察するため、 $\mu, \sigma$  が前項にて得られる進路変更開始速度  $v$  または進路変更開始位置  $r$  にのみより決定する変数とする(式(3))。なお、原付が回避する路上駐車車両の車種は考慮に入れずに  $\kappa$  は便宜的に 1 とする。

$$\begin{aligned} \mu &= f(v), & \mu &= f(r) \\ \sigma &= f(v), & \sigma &= f(r) \end{aligned} \quad (3)$$

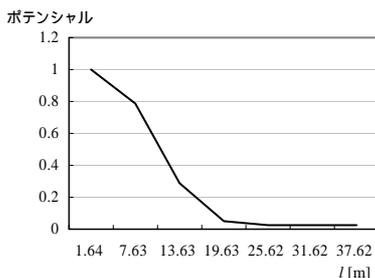


図-5 l 方向ポテンシャル分布 ( $v < 30$ )

$v, r$  の分布を基に原付サンプルを階級化し、各セグメントについて(1)で算出した値に基づいてポテンシャルを記述した。その例として、 $v < 30$  における l 方向のポテンシャル分布を図-5 に示す。

### (4) パラメータ推定結果

求められた各区間での分布からパラメータ  $\mu, \sigma$  を推定した。図-6 は l 方向のポテンシャルについてパラメータ  $\mu, \sigma$  の  $v, r$  に対する変化を示す。これによると 40km/h までは運転者が駐車車両に接近する際に感じる危険度は、速度には依存しない。また  $r$  については、走行位置が道路左側に寄るほど  $\mu$  の値が大きくなり、ポテンシャルが上流側に広がることから、早めに回避を始めていることを示している。しかしながら、1.0m を超えると、駐車車両までの側方間隔が確保されているため、ポテンシャルの張り出し具合は進路変更開始位置よりもむしろ運転者の属性といった他の要因に影響を受けやすいと考えられる。

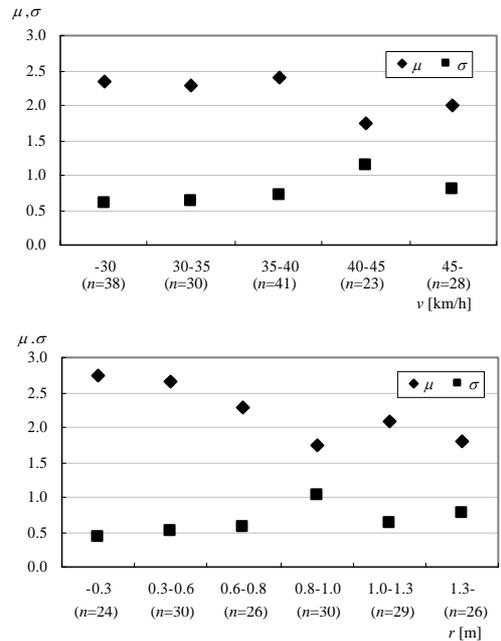


図-6  $v$  と  $r$  に対する l 方向パラメータの変化

d 方向のポテンシャルでは(図-7), わずかながら、速度が大きくなるにつれて駐車車両から離れた地点を通過することを示している。それに比べ、 $r$  に対する  $\mu$  の変動は大きく、回避する際に原付がとる軌跡の膨らみ度合いは、進路変更をどこで開始するかに大きく依存していることが分かる。

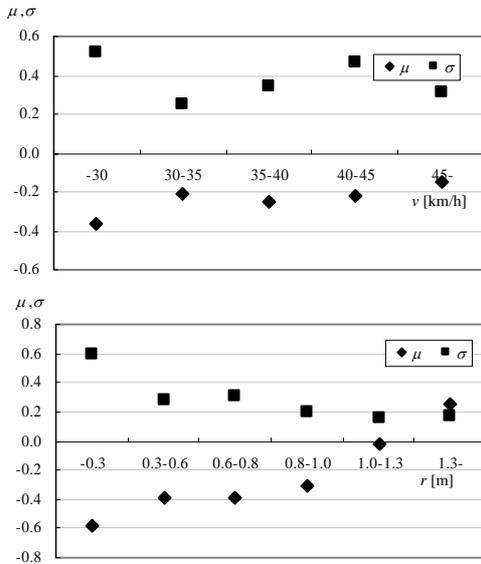


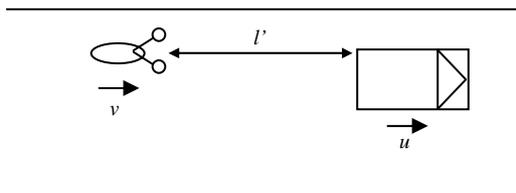
図-7  $v$  と  $r$  に対する  $d$  方向パラメータの変化

#### 4. 左折車に関する二輪車の挙動についてのポテンシャル分布

交差点における左折乗用車と直進二輪車との左直巻き込みの状況の評価するための走行挙動の再現に際しては、前方左折車から二輪車の走行挙動への影響を把握する必要がある。ここでは、交差点近傍を走行する二輪車が前方の走行車両に追従する挙動と、前方車両から左折の指示器が出されたときの挙動の変化をポテンシャルモデルを利用して考察する。

##### (1) 前方を走行する車両からのポテンシャル

まず、二輪車が交差点付近で前方車両に対して追従走行している状況を考える(図-8)。この場合、前方走行車両からのポテンシャルは、前章の路上駐車車両からの  $l$  方向ポテンシャルと同様に、前方車両から二輪車に向かって張り出されるものと考えられる。



$l$  : 二輪車と前方走行車両との車間距離  
 $v$  : 二輪車の速度  
 $u$  : 前方走行車両の速度

図-8 前方走行車両への追従挙動

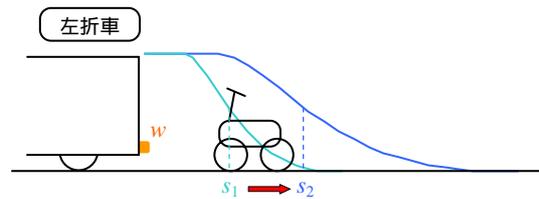
ポテンシャルのモデル式は式(1)と同様に、

$$f(l) = \kappa \left\{ 1 - \Phi \left( \frac{\log l' - \mu}{\sigma} \right) \right\} \quad (4)$$

と表される。路上駐車車両からのポテンシャルについては、パラメータが  $v, r$  にのみ依存するとしたが、前方車両の場合は走行車両が動的障害物と捉えられるため、 $v, r$  に加え走行車両の速度  $u$  が新たにポテンシャルの形状を説明する変数となる。追従する二輪車は、図-2 で取り上げた標準走行位置を基準にして前方車両との間に車間距離を取るとする。

##### (2) 左折指示器の合図に対するポテンシャル変化

前方走行車両から左折の合図が出されると、二輪車の運転者は前方車両の減速を予知し、自車両を減速させるものと考えられる。この挙動をポテンシャルで考えると、前方車両の合図によってポテンシャルが二輪車側にさらに張り出し、標準走行位置が徐々に相対的に後方へずれていくと解釈できる(図-9)。



$w$  : 指示器による合図の有無を示すダミー変数

図-9 合図によるポテンシャルの形状変化

#### 5. まとめと今後の課題

本稿では、二輪車の走行挙動を表現するポテンシャルモデルを提案し、路上駐車車両の存在と左折車の合図が二輪車の走行に与える影響をこのモデルによって表現した。現在、ビデオ画像データより左折合図がある場合 ( $w=1$ ) とない場合 ( $w=0$ ) のそれぞれについて  $l', v, u$  を求め、ポテンシャルモデルのパラメータ値を順次算出している。これら双方の比較によって、左折合図による二輪車走行挙動の変化の表現が可能になるものと考えられるが、詳細については講演時に発表する予定である。

##### 【参考文献】

- 1) 交通工学統計, 交通工学, Vol.37, No.3, p.95, 2002.
- 2) 蓑谷千風彦: 統計分布ハンドブック, 朝倉書店, pp.405-415, 2003.