

ポテンシャルモデルによる原動機付自転車の走行挙動表現法

—路上駐車車両回避挙動の記述概念とパラメータ推定—*

Description of Motorcycle Behaviors by Potential Model

— Conceptualization and estimation regarding behaviors evading on-street parking vehicles —*

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

わが国における二輪車交通事故件数は全事故の約3割を占めており、二輪車を対象とした効果的な交通安全対策が求められている。筆者らは道路運用面での対策に着目しそれらの事前評価を行うためのツールとしての交通シミュレーションの構築に向け、原動機付自転車(以後、「原付」と記す)の走行挙動を表現するポテンシャルモデルを提案している¹⁾。

本稿では、交差点流入部において原付の走行挙動に及ぼす影響のうち、モデルを構築するにあたり最も基本的な「静的障害物からの影響」を考え、その代表例として路上駐車車両を回避する挙動を取り上げる。路上駐車車両から運転者に与える抵抗感を表す指標である「心理的抑圧ポテンシャル」を道路進行方向と横断方向の各々に想定し、原付運転者に対してポテンシャル許容閾値を与えることにより、路上駐車車両側方通過開始地点と進路変更開始地点を確率分布として記述することにより回避挙動を表現するモデルを構築した。また、兵庫県内の幹線道路において実施した交通実態調査によるビデオ画像の解析を基に、これらの概念におけるモデルパラメータの推定方法を述べる。

2. ポテンシャルの定義と車両挙動の記述

(1) ポテンシャルの定義

走行時に運転者が周囲から受ける影響として、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が感知する抵抗感に着目する。この抵抗感を定量的に表す指標として「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。ポテンシャルは各影響因子の(空間的)周辺に存在し、運転者は影響因子に近づくほど強い抵抗を感じるためポテンシャル値は大きくなる。

例として、原付が路上駐車車両を回避する状況をポテンシャルを用いて考えよう(図-1)。運転者が路上駐車車両側方を通る際に進路変更を行うのは、路上駐車車両の周囲に存在するポテンシャルを感知して、その値を許容値以下に維持しようとするからと考える。ここで路上駐車車両の車道中心側の後側端を原点とした道路横断方向の距離を d 軸として設定すると、ポテンシャルは路上駐車車両に近づくほど高くなるため、図-2のグラフの第1象限に示すような関係があると考えられる。ポテンシャル曲線の形状は路上駐車車両の種類等によって変化するものとする。

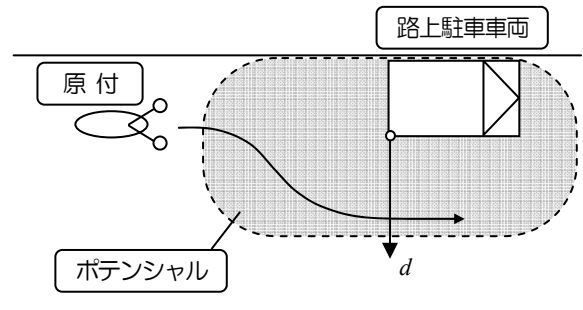


図-1 路上駐車車両からのポテンシャル

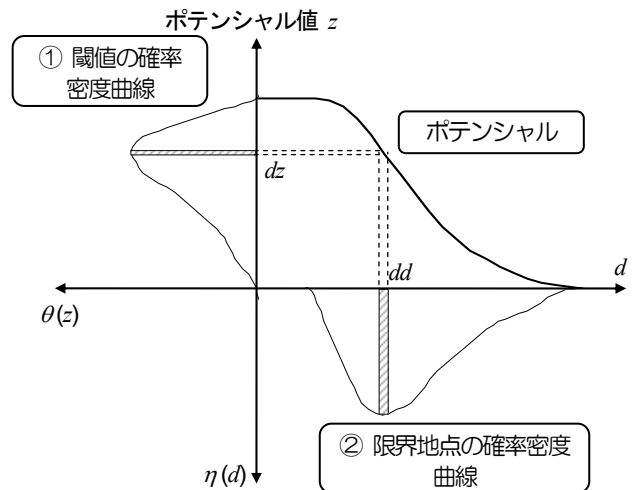


図-2 ポテンシャル閾値と限界地点との関係

*Keywords : 交通流, 交通安全, 交通管理

**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

大阪市立大学大学院工学研究科土木計画学分野

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

***正会員, 博(工), 大阪市立大学大学院工学研究科

****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

ポテンシャルのモデル式は、対数正規分布の信頼度関数に基づいて、

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

ただし d : 回避位置から路上駐車車両までの距離
 κ, μ, σ : パラメータ
 $\Phi(\cdot)$: 標準正規変数の累積分布関数

と定式化する。 κ は路上駐車車両の車種、停止線からの距離に依存するパラメータである。

路上駐車車両のような停止車両だけではなく、走行車両、路端、車線、信号現示等についても同様のポテンシャルを設定してそれらを重ね合わせれば、混合交通状態にある道路空間内におけるポテンシャルを総合的に表現することができる。

(2) ポテンシャル許容閾値と限界地点

原付に対して道路空間内の影響因子が決定されれば定まるポテンシャルに対し、原付の属性のみによって定まる「ポテンシャル許容閾値」 z を定義する。これは、運転者が影響因子によって形成されるポテンシャルについて、走行時に受け入れることのできる限界値を示すものである。すなわち、原付はポテンシャルに対して閾値を越えないように走行する。閾値は原付の属性などに依存してその値が決定される確率変数である。閾値の確率分布を $\theta(z)$ で表す。このようにポテンシャルの閾値を定義することにより、図-2に示すように、ポテンシャルを介して、路上駐車車両通過時に道路横断方向に近づくことのできる側方限界地点の分布を得ることができる。ここ

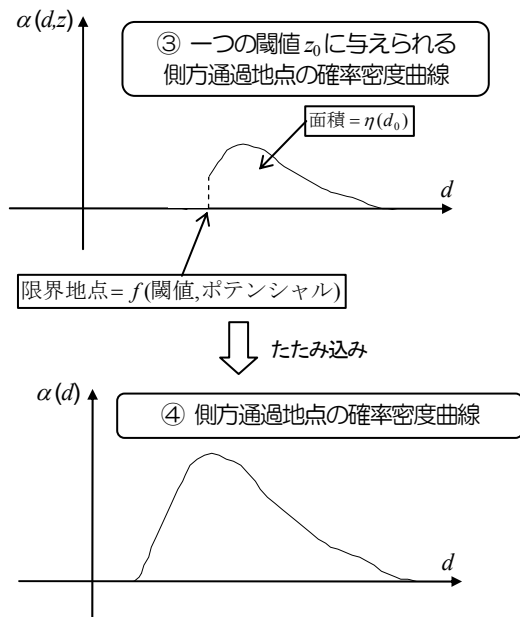


図-3 走行位置分布の決定方法

で、両者の間には以下の式が成り立つ。

$$dz = f(\text{potential}) \cdot dd \quad (2)$$

$$\int \theta(z) dz = \int \eta(d) dd \quad (3)$$

(3) 走行位置分布の決定方法

ポテンシャルと閾値により限界地点が決定されると、路上駐車車両側方の通過点の分布は、図-3のように限界地点を下限として道路中央側へ広がった分布となる。この分布は一つの閾値（つまり、原付の一属性タイプ）について一つの分布が与えられる。したがって、この分布を全閾値にわたって、たたみ込み積分することで、全原付属性の通過地点の分布を得ることができる。

3. モデルパラメータの推定方法

原付の様々な走行挙動のうち、静的な障害物を回避する挙動は、進路変更を伴った最も基本的な挙動であり、モデル化の第一段階として取り扱うべき対象である。ここでは、原付が路上駐車車両を静的障害物として回避する挙動について、上述したポテンシャルモデルのパラメータ推定方法を述べる。

(1) データの取得

実交通流からのデータに基づいてモデルパラメータを推定するために、兵庫県下の幹線道路においてビデオ撮影調査を行った。調査概要を以下に、調査場所の概略図を図-4に示す。

調査地点：神戸市東灘区国道2号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を取り上げ、観測された路上駐車車両を回避する原付240台のうち、

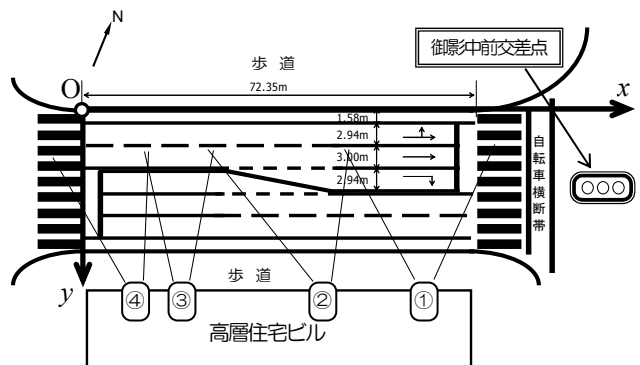


図-4 調査場所の概略とカメラの設置位置

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秒ごとの軌跡座標を得た。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。

(2) パラメータ推定対象

本研究では、路上駐車車両回避挙動における原付の運転者がその走行軌跡を決定する際に、

- 1) 路上駐車車両の側方をどれほどの間隔をもって通過するのか、
- 2) 回避のためにどこで進路を変更するのか、

の2点を重視しているものとして取り上げる。それぞれに対応する地点を、図-5に示すように、「通過開始地点」、「進路変更開始地点」と呼ぶ。各地点について、道路横断方向（ d 方向）、道路進行方向（ l 方向）のポテンシャルを想定し、閾値の分布を設定する。それらより、前章で示したように d 方向については通過開始時の道路横断方向走行地点の分布が、 l 方向については進路変更開始時の道路進行方向走行地点の分布が得られる。パラメータの推定は、ビデオ調査により得られた走行軌跡データを基に、この d 方向と l 方向のポテンシャルについて行う。

回避挙動に関する変数について以下のように定める。

・通過開始時の道路横断方向走行地点 d

路上駐車車両後端を通過する時点での、路上駐車車両からの側方余裕。分布を Ψ_d で表す。

・通過開始時の側方限界地点 d_c

道路横断方向（ d 方向）へ路上駐車車両に近づくことのできる限界地点。分布を η_d で表す。

・進路変更開始地点 l

進路変更を開始する時点での、路上駐車車両後端からの車間距離。分布を Ψ_l で表す。

・進路変更開始限界地点 l_c

道路進行方向（ l 方向）へ路上駐車車両に近づくことのできる限界地点。分布を η_l で表す。

・進路変更開始時の速度 v

進路変更を開始する時点での速度。分布を ϕ_v で表す。

・進路変更開始時の路上駐車車両からの横断方向離隔 r

進路変更を開始する時点での、路上駐車車両右端からの横断方向の離隔。路上駐車車両右端より左側に位置する場合は負値となる。分布を ϕ_r で表す。

(3) 通過開始地点分布と進路変更開始地点分布

通過開始時の道路横断方向走行地点 d と進路変更開始地点 l に関する各分布の相互関係を 図-6 に示す。以下、その詳細について述べる。

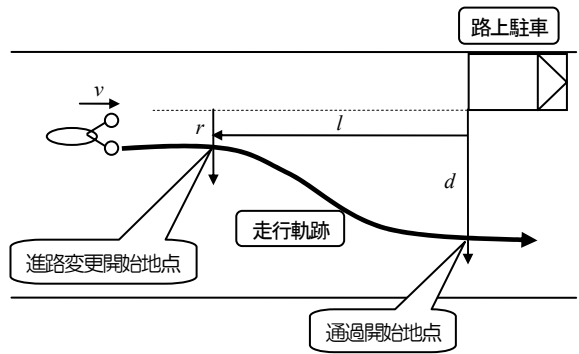


図-5 対象となる2地点

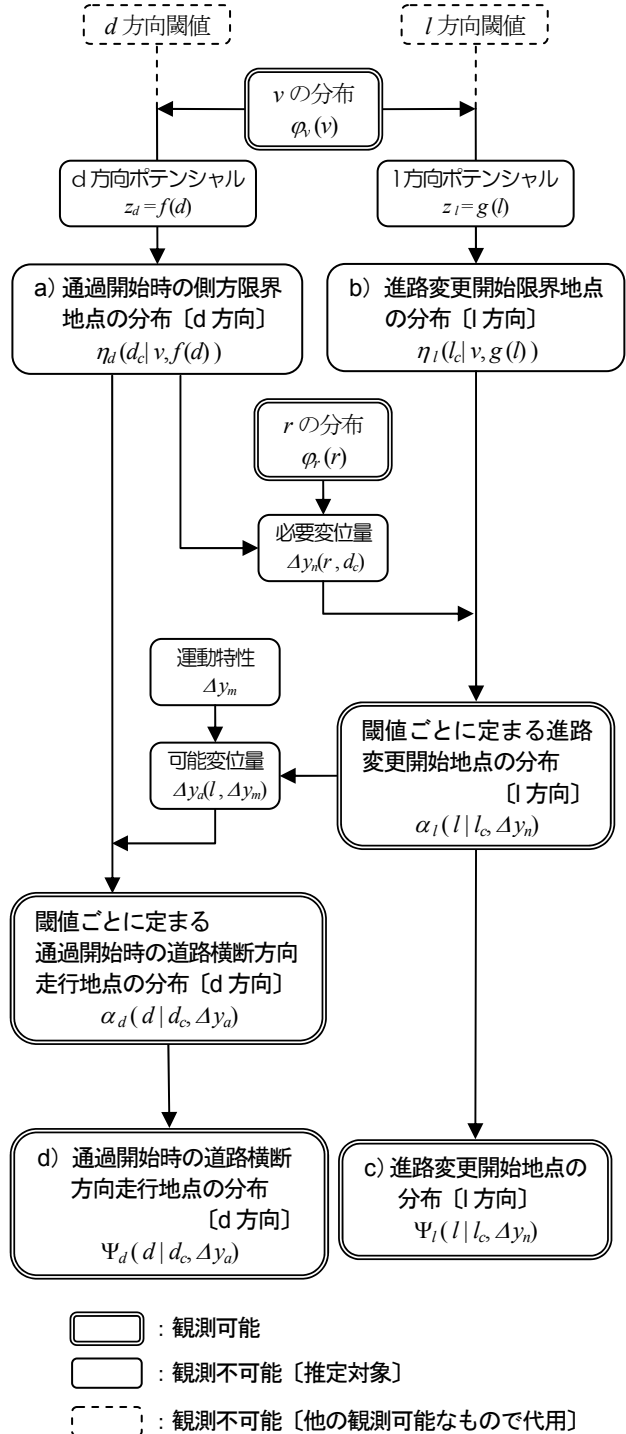


図-6 各分布の相互関係

a) 通過開始時の側方限界地点の分布

まず、原付に対して閾値の分布が与えられる。閾値は原付運転者が受け入れることのできるポテンシャルの限界値として定義しているから、ポテンシャル関数を介することによって通過開始時の側方限界地点 d_c の分布 $\eta_d(d_c | v, f(d))$ が得られる。しかし、閾値の分布は観測不可能であるため、パラメータ推定時には、進路変更開始時の速度 v の分布 $\varphi_v(v)$ で代用することとする。つまり、原付の属性変数のうち、路上駐車車両にいかほど近づくことができるのか、その限界点を最も説明するものが速度であると仮定する。

b) 進路変更開始限界地点の分布

a) と同様に、 l 方向についても閾値の分布として、速度 v の分布 $\varphi_v(v)$ を与え、ポテンシャル関数を介することにより、進路変更開始限界地点 l_c の分布 $\eta_l(l_c | v, g(l))$ が得られる。

c) 進路変更開始地点の分布

ある速度 v を持った原付には閾値が定まるため進路変更開始限界地点 l_c が決定されるが、実際に進路変更を開始する位置は回避のために必要とされる道路横断方向の変位量に依存して変化する。ここで、通過開始時の側方限界地点 d_c と進路変更開始時の路上駐車車両からの横断方向離隔 r により定まる必要変位量 $\Delta y_n(r, d_c)$ を導入し、これが閾値ごとに定まる進路変更開始地点の分布 $\alpha_l(l | l_c, \Delta y_n)$ を決定するものとして考える。これより、進路変更開始地点の分布 $\Psi_l(l | l_c, \Delta y_n)$ は、**図-3** の d を l に置き換えて考え、閾値ごとに定まる進路変更開始地点の分布 $\alpha_l(l | l_c, \Delta y_n)$ をたたみ込み積分することで導かれる。

d) 通過開始時の道路横断方向走行地点の分布

ある閾値を持った原付の通過開始時の道路横断方向走行地点については、その閾値に定まる進路変更開始地点 l と、原付の機械的な運動特性 Δy_m により定まる可能変位量 $\Delta y_a(l, \Delta y_m)$ を導入することにより決定される。そして、c) と同様に、たたみ込み積分を通して、通過開始時の道路横断方向走行地点の分布 $\Psi_d(d | d_c, \Delta y_a)$ が求まる。

(4) パラメータの推定手順

ポテンシャルモデルのパラメータは、 d 方向については、**図-6** より、速度 v の分布 $\varphi_v(v)$ と通過開始時の側方限界地点 d_c の分布 $\eta_d(d_c | v, f(d))$ から推定することが

できる。 l 方向についても同様である。すなわち、モデルパラメータの推定には、通過開始時の側方限界地点 d_c の分布 $\eta_d(d_c | v, f(d))$ と進路変更開始限界地点 l_c の分布 $\eta_l(l_c | v, g(l))$ が推定されることが必要となる。

図-6 に示す分布のうち、調査により得られた画像から直接観測可能なものは、進路変更開始時の速度 v の分布 $\varphi_v(v)$ 、進路変更開始時の路上駐車車両からの横断方向離隔 r の分布 $\varphi_r(r)$ 、閾値ごとに定まる通過開始時の道路横断方向走行地点の分布 $\alpha_d(d | z, d_c, \Delta y_n)$ 、閾値ごとに定まる進路変更開始地点の分布 $\alpha_l(l | z, l_c, \Delta y_n)$ 、通過開始時の道路横断方向走行地点の分布 $\Psi_d(d | d_c, \Delta y_a)$ 、進路変更開始地点の分布 $\Psi_l(l | l_c, \Delta y_n)$ である。このうち、閾値ごとに定まる分布 α_d 、 α_l については、閾値の分布を分布 $\varphi_v(v)$ で代用しているため、速度 v によりセグメント化されたサンプルが示す通過開始地点と進路変更開始地点の分布とする。

a) 通過開始時の側方限界地点の分布推定

可能変位量 $\Delta y_a(l, \Delta y_m)$ は、機械的な運動特性の理論値 Δy_m と分布 α_l から求められ、これに分布 α_d を併せて、通過開始時の側方限界地点 d_c の分布 $\eta_d(d_c | v, f(d))$ を推定することができる。

b) 進路変更開始限界地点の分布推定

必要変位量 $\Delta y_n(r, d_c)$ は、分布 $\varphi_r(r)$ と前項にて得られた分布 $\eta_d(d_c | v, f(d))$ から求められ、これに分布 α_l を併せて、進路変更開始限界地点 l_c の分布 $\eta_l(l_c | v, g(l))$ を推定することができる。

4. まとめと今後の課題

本稿では、原付の走行挙動のモデル化にあたり最も基本的な路上駐車車両を回避する挙動について、ポテンシャルモデルによる表現の記述方法を述べ、パラメータの推定方法を構築した。

現在、取得済みのデータからモデルパラメータを具体的に算出し、考察した上で検証することを試みており、その詳細については講演時にて発表する予定である。

【参考文献】

- 1) 稲垣具志, 内田敬, 日野泰雄, 吉田長裕: 原動機付自転車の走行挙動を表現するポテンシャルモデルの概念構築, 土木計画学研究・論文集 No.22, pp.831-838, 2005.