

擬似最尤推定法を用いた相互作用モデルによる 街路空間改変の影響分析

大山雄己¹・北川直樹²・羽藤英二³

¹学生非会員 東京大学工学系研究科 都市工学専攻 (〒113-8656 東京都文京区本郷7丁目3-1)

E-mail: oyama@bin.t.u-tokyo.ac.jp

²非会員 鹿島建設株式会社 開発事業本部 (〒113-8656 東京都港区元赤坂1丁目3-1)

E-mail: k.naoki212@gmail.com

³正会員 東京大学工学系研究科准教授 都市工学専攻 (〒113-8656 東京都文京区本郷7丁目3-1)

E-mail: hato@bin.t.u-tokyo.ac.jp

環境負荷、健康面から歩きの重要性が見直され、自動車主体の道路整備から遅い交通を主体とした街路再配分の動きが各地で見られるようになる中で、歩行者の安全性は大きな課題であり、異なる交通主体間の相互作用を定量的に分析していく必要性は高い。本研究では歩行者と自動車の錯綜する状況をゲーム的に捉え、意思決定が他者の選択行動結果に相互依存するモデルを構築した。実際に空間改変が行われた領域を対象とし、その前後で擬似最尤法を用いて入れ子型のモデル推定を行うことで、両者の選択行動の組み合わせである相互規範の変化を定量的に分析した。

Key Words : *pedestrian, shared space, microscopic behavior model, dynamic interaction*

1. はじめに

近年の人口減少や少子高齢化社会の進展に伴い、従前の自動車交通を中心とした道路整備の見直しや、歩行者を中心とした適切な街路空間の再配分の動きが見られる。健康医療福祉施策の面からも歩きに主眼をおいた都市施策への関心は高く、歩行者にとって快適な街路空間整備の在り方が議論されている。こうした整備では、現在の道路が持つ自動車主体のイメージから、車線数を削り歩行者・自転車に解放し、歩行者との共存空間である「Shared Space」として改変することで歩行者のための空間へと転換させようとする動きが見られる。その際、自動車空間が逼迫することによる異なる交通主体間の錯綜の可能性など、安全面における課題が重要になる。歩車共存空間においては、両者が共に減速をしなければ衝突し事故が生じてしまうなど、他者の行動に大きく依存した意思決定を行うことになる。複数の主体間での相互作用行動を評価するモデルの必要性は高いだろう。

Robinら(2009)¹⁾は、各歩行者が現在の速度と進行角度から成る認知空間内に存在する他歩行者の影響を考慮して意思決定を行うと考え、歩行者間の追従・衝突回避行動をモデル化した。浅野(2008)²⁾は交錯した状況における歩行者間の譲歩行動を、相補型の利得行列を持つ

非協力2人ゲームのナッシュ均衡戦略に選択確率を分配するアルゴリズムを適用して分析している。

本研究では、信号が存在せずに歩行者と自動車のそれぞれ他者の行動に依存した横断が見られる道後温泉駅前を対象にして分析を行う。歩行者と自動車の錯綜を異なる交通主体間ゲームと捉え、両者の選択行動確率が相互に依存する入れ子型のモデルとして構築する。両者の行動の組み合わせである相互規範が空間改変によってどのように変化するかを分析・予測することで、より安全で快適な公共空間の設計へとつなげることを目的とする。

2. データ概要

分析には、愛媛県松山市道後温泉駅前の信号なし交差点において撮影されたビデオ映像から得られたデータを用いる(表-1)。撮影エリアはもともと駅から道後温泉地区に向かう観光客と、近隣の商店街や宿泊施設に向かう自動車の動線が錯綜している状況にあったが、2009年秋の駅前空間整備により、歩道の拡幅と車道の一方通行化が行われた(図-1, 図-2)。取得したビデオ映像のうち錯綜回数が多く、比較的位置座標を認識しやすいと考えられる2008年3月8日(土)14:20~14:40、さらに整備

表-1 ビデオ撮影調査の概要

項目/日時	2008.03.08 (土)	2008.03.09 (日)	2010.01.09 (土)
調査時間帯	10:00～18:00	9:30～16:30	10:00～15:20
撮影時間	8時間	7時間 (※降雨のため切り上げ)	5時間20分
使用器具	家庭用ビデオカメラ2台	家庭用ビデオカメラ2台	家庭用ビデオカメラ2台
調査日の天候	終日晴れ	晴れのち雨	終日晴れ
最高気温	12.7℃	15.1℃	10.6℃
最低気温	1.2℃	4.2℃	2.1℃



図-1 撮影対象エリア 整備前



図-2 撮影対象エリア 整備後

後の2010年1月9日(土)14:20～14:40の20分間ずつを対象として分析を行なった。整備前では歩行者156人、自動車166台、整備後は歩行者393人、自動車108台のデータが取得された。

歩行者は足下の中心、自動車は前方バンパーの中心を位置座標として高さを0m(地表面)に統一して1/3秒間隔で取得した。予め座標を計測した12ポイントの標識点 (x_i, y_i) と対応する画像上の座標 (X, Y) から式(1)を用いて変換係数 b を算出して射影変換を行い、式(2)で1秒間(3時点間)の移動平均によるスムージングを実施することで距離補正を行なった。

$$x = \frac{b_1 X + b_2 Y + b_3}{b_7 X + b_8 Y + 1}, \quad y = \frac{b_4 X + b_5 Y + b_6}{b_7 X + b_8 Y + 1} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} x'(t) &= \{x(t-1) + x(t) + x(t+1)\}/3, \\ y'(t) &= \{y(t-1) + y(t) + y(t+1)\}/3 \end{aligned} \quad (2)$$

3. 相互作用行動の基礎分析

本章では、歩行者と自動車の相互作用行動をゲーム的

に捉え、ゲームを行なった結果として特定の戦略の組み合わせが出現しているという視点から整備前のデータを用いて分析を行う。歩行者と自動車の動線が錯綜する状況下で両者の相互作用行動が生まれていると考え、意思決定者である歩行者がフレームインしてからフレームアウトするまでの対象時間内に自動車の移動軌跡と一致した地点を「錯綜地点」として定義した。それに基づき以下のようにデータを抽出した。

- 1) 意思決定を行う歩行者が錯綜地点を持つ
- 2) 複数の錯綜地点を持つ場合、通過時刻差が最小のものを錯綜地点とする
- 3) 歩行者が錯綜地点を通過する前のデータとする
- 4) 相手プレイヤーである自動車がフレームイン中のデータだけを扱う

以上の抽出したゲーム的状况にあるデータを用いて、意思決定を行う歩行者と、相手プレイヤーである自動車の選択行動の組み合わせを分析した。ここでは、意思決定者が動線の錯綜を時間的に回避した行動の結果が歩行者と自動車の速度に表れていると考え、両者の速度の組み合わせについて考察した。

図-3を見ると、最も出現頻度の高い速度の組み合わせは、歩行者が1m/s、自動車が2m/s前後の場合であること

がわかる。錯綜時平均速度は、歩行者では全サンプルの0.891m/sに対し0.833m/sとあまり変化が見られない一方で、自動車の錯綜時平均速度は2.363m/sと全サンプルの2.928m/sに比べて減速幅が大きいことが確認された。

次に、歩行者速度別の自動車速度構成割合（図-4）と、自動車速度別の歩行者速度構成割合（図-5）を考察する。図-4を見ると、全体として歩行者と自動車の速度が共に遅い場合と、共に速い場合といった両者の速度に相関性のある大きく2つの状態空間が存在することがわかる。浅野(2008)²⁾は歩行者同士の錯綜状況を表現するゲームとして一方が減速を、もう一方が非減速を選択することがナッシュ均衡戦略となるペイオフマトリクスを書いていたが、本章で考察された協調的行動は浅野の想定した状況に異なるものといえよう。

一方で図-5を見ると、歩行者は自動車の速度に依存せず一定の速度で錯綜地点を通過していることがわかる。自動車の速度が1.0m/s以下と遅い時に限っては歩行者の速度も遅くなっており、減速における協調的行動が確認された。両者は相手の減速に合わせて減速を行うという共通点が見られたが、このことから、両者が速度をより出しにくい空間を創出することで他者に合わせて減速しようという行動規範を誘発できる可能性が示唆された。

4. 歩行者と自動車の相互作用モデル

本研究では、歩行者行動をRobin (2009)¹⁾の速度角度選択モデルを、自動車行動をToledo (2007)³⁾の速度選択モデルを援用して定式化を行う。さらにDoraganska (2008)⁴⁾を参考にして相互作用項を考え、歩行者と自動車の各モデルに相手の選択確率を入れ子にした相互作用モデルを構築して両者の挙動の同時選択を推定する（図-6）。推定に用いるモデルの効用関数の確定項を式(3)に示す。

(1) 歩行者モデル

歩行者の基本モデルは、Robin (2009)¹⁾の歩行者同士の状況に比べて衝突リスクが大きいことを考慮し、行動選択結果が直後の0.3秒後の位置に反映していると仮定して角度5分類、速度3分類の15肢選択を考える。

方向維持性に関する説明変数として進行方向と選択角度の差 dir_{dn} を、目的地志向性を表す説明変数としては各選択肢から目的地までの角度、距離をそれぞれ $ddir_{dn}$, $ddist_{v,dn}$ を用いる。速度保持性に関しては加速、減速を表すダミー変数 $I_{v,acc}$, $I_{v,dec}$ と感度パラメータ λ_{acc} , λ_{dec} を導入する。また、今回の分析では、歩行者の70%は2人以上のグループからなる来訪者であった。2人以上のグループに属する歩行者データ I_{group} に対し、

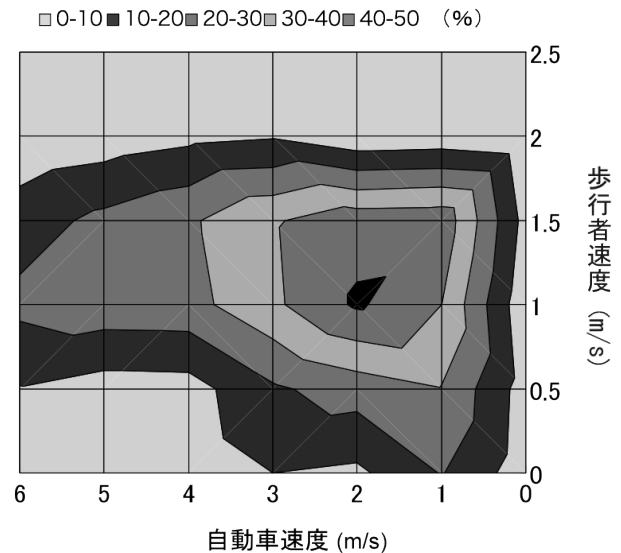


図-3 歩行者速度と自動車速度

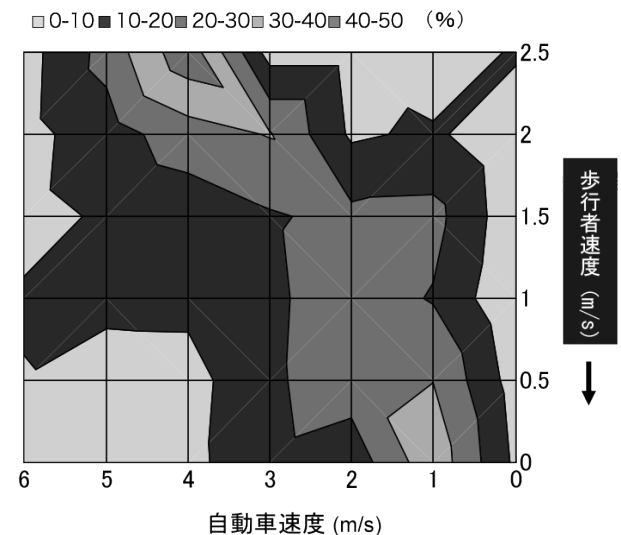


図-4 歩行者速度別の自動車速度

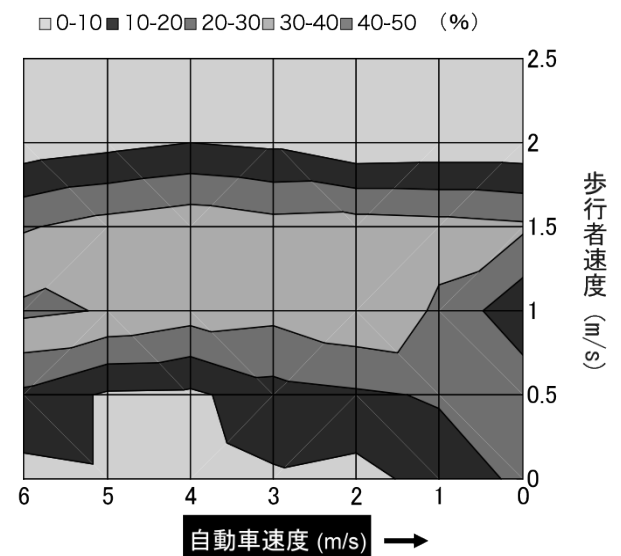


図-5 自動車速度別の歩行者速度

$$\begin{aligned}
& \left. \begin{aligned}
V_{v_{dn}} &= \beta_{dir} dir_{dn} + \\
& \beta_{ddist} ddist_{v_{dn}} + \\
& \beta_{ddir} ddir_{dn} + \\
& \beta_{acc} I_{v,acc} (v_n)^{\lambda_{acc}} + \\
& \beta_{dec} I_{v,dec} (v_n)^{\lambda_{dec}} + \\
& \beta_{ped} I_{v,group} odist_{v_{dn}} + \\
& \beta_{type} I_{type} I_{v,cons} I_{d,cent} +
\end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{方向保持性} \\ \text{目的地的志向性} \\ \text{速度保持性} \\ \text{他歩行者の影響} \\ \text{異質性} \end{array} \\
& \left. \begin{aligned}
I_{CF} I_{v,dec} \{ \beta_{v_{ped}} v_{ped} + \beta_{v_{car}} v_{car} + \beta_{dist} dist + \\
I_{walk} \beta_{walk} + I_{origin,car} \beta_{origin,car} + \\
\theta_{dec} Pr_{car}(dec) + \\
\theta_{acc} Pr_{car}(acc) \}
\end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{自動車の影響} \\ \text{(速度, 距離, 歩行空間)} \\ \text{相互作用項} \\ \text{(自動車の選択確率)} \end{array} \\
& \left. \begin{aligned}
V_{vn} &= a_n^{ff} I_{v,dec} I_{v_{\geq v_n}^{DS}} \alpha^{ff} \{v_n - v_n^{DS}\} + \\
& a_n^{ff} I_{v,acc} I_{v_{\leq v_n}^{DS}} \alpha^{ff} \{v_n^{DS} - v_n\} + \\
& a_n^{efdec} I_{v,dec} \alpha^{efdec} v_n^{\rho} \Delta X_n^{\gamma} \Delta v_n^{\lambda} + \\
& I_{v,const} \alpha_{v,const} +
\end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{自由走行時の速度調節} \\ \text{追従走行時の減速} \\ \text{定速の定数項} \end{array} \\
& \left. \begin{aligned}
I_{CF} I_{v,dec} \{ \beta_{v_{ped}} v_{ped} + \beta_{v_{car}} v_{car} + \beta_{dist} dist + \\
I_{walk} \beta_{walk} + I_{origin,car} \beta_{origin,car} + \\
\theta_{dec} Pr_{ped}(dec) + \\
\theta_{acc} Pr_{ped}(acc) \}
\end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{歩行者の影響} \\ \text{(速度, 距離, 歩行空間)} \\ \text{相互作用項} \\ \text{(歩行者の選択確率)} \end{array} \\
& \left. \begin{aligned}
Pr_{ped}(dec) &= \sum_{i=1}^5 Pr_{ped}(i) \\
Pr_{ped}(acc) &= \sum_{i=11}^{15} Pr_{ped}(i)
\end{aligned} \right\} \text{選択確率の導出} \\
& \left. \begin{aligned}
v_n^{DS} &= I_{berore} \beta_{left}^{before} + I_{left} \beta_{left}^{after} + \\
& I_{right} \beta_{right}^{before} + I_{right} \beta_{right}^{after} + \\
& I_{bus} \beta_{bus} + \\
& \beta_0
\end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{右左折前後の希望速度} \\ \text{バスの希望速度} \\ \text{希望速度の定数項} \end{array} \quad (3)
\end{aligned}$$

5m以内に位置する最近接者を追従対象として各選択肢からの距離 $odist_{v_{dn}}$ を他歩行者の影響に関する説明変数として用いる。さらに選択結果から判断して偏りが見られる大人男性のダミー変数 I_{type} ，最も選ばれやすい速度，進行方向を維持する選択肢の指示関数 $I_{v,cons} I_{v,cent}$ を用いて異質性を考慮する。

(2) 自動車モデル

本研究では，Toledo (2007) ³⁾で対象としている状況とは異なり対象エリアに存在するすべての車両を認知可能だと考え，車頭時間を指標とした足切りを行わない。前方に同一ODの車両が存在する場合は追従走行 $a_n^{ef}(t)$ ，存在しない場合は自由走行 $a_n^{ff}(t)$ として識別する。本分析では追従走行時に前方車両に追いつこうと加速する行動は見られなかった。そのため減速行動のみを考慮し，意思決定車両の速度 v_n ，前方車両との距離 ΔX_n ，速度差 Δv_n を説明変数として用いる。一方自由走行時にはドライバーはカーブを曲がるために加減速をしていると考えられるため，説明変数としては希望速度 v_n^{DS}

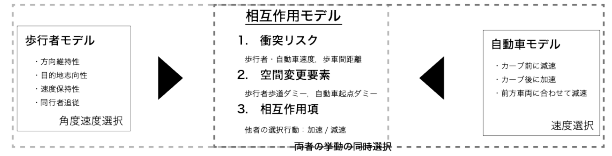


図-6 モデルのフレームワーク

と，それを算出する右左折×カーブ前後の4つのダミー変数 I_{turn}^{time} を導入する。また，バスの走行速度が他の車種と比較して小さいため，バスダミー I_{bus} を入れて異質性を考慮する。

(3) 相互作用モデル

はじめに歩行者と自動車について，相手プレイヤーの影響を表す項を説明する。この項は両者に共通する。 I_{CF} は意思決定者が相手プレイヤーと錯綜し，かつ錯綜地点を通過前のデータであることを示す指示関数である。また本研究では錯綜時に起こる減速行動のみに着目し，減速か非減速かを表現する $I_{v,dec}$ を指示関数として導入する。説明変数としては歩行者速度 v_{ped} ，自動車速度 v_{car} と歩車間距離 $dist$ を用いて追従行動を表す。さらに空間分類として，歩行者が歩道空間に位置することを表す I_{walk} と，自動車の起点が東側（放生園南側）であることを示す $I_{origin,car}$ を導入した。

次に，相互作用対象である相手プレイヤーの行動選択結果が意思決定者の行動に影響を与えていると考える。他者の加速，減速行動の選択確率 $Pr(dec), Pr(acc)$ を変数とした相互作用項を用いて，互いの効用関数が入れ子型になったモデルの定式化を行なっている。その際，パラメータ $\theta_{dec}, \theta_{acc}$ によって他者の行動が意思決定者の減速行動に与える影響の大きさを表現している。

5. 推定結果

本章では，前章で示した歩行者と自動車の相互作用モデルの推定を行う。推定には擬似尤度の最大化と選択確率の更新を繰り返す擬似最尤法を用いた。擬似最尤法のプロセスを説明する (図-7)。まず，意思決定者に内生する他者の選択確率の初期値を代入する (①)。本研究では最初に意思決定者が予測する他者の選択行動はランダムであると仮定して初期値は0~1の一樣乱数とする。ここで分析者が任意に設定した初期値を代入することで算出された意思決定者の尤度関数を「擬似尤度」と呼び，両者の擬似尤度を合計した擬似尤度関数を最大化にするパラメータを推定する (②)。このパラメータを再度歩行者と自動車の効用関数に代入し，両者の選択確率を算出する (③)。最後に算出された選択確率を再度相互作用対象の選択確率として更新し (④)，次の擬似尤度を

表-2 相互作用モデル推定結果 (整備前)

	歩行者				自動車		
	説明変数	推定値	t値		説明変数	推定値	t値
目的地志向性	目的地までの距離(m)	- 5.886	- 13.79**	追従走行時 (減速)	係数	0.248	2.08*
	目的地までの角度(°)	- 0.031	- 19.21**		走行速度(m/s)	1.422	4.34**
方向保持性	角度(-10°,10°)定数項	- 0.763	- 12.56**	自由走行時の希望速度(m/s)	速度差(m/s)	- 0.040	- 0.51
	角度(-25°,25°)定数項	- 1.981	- 31.27**		距離(m)	- 0.213	- 2.71**
速度保持性	減速の係数	- 1.091	- 43.09**	自由走行時の希望速度(m/s)	係数	0.174	7.42**
	速度(m/s)の累乗(減速)	0.431	6.56**		右折前ダミー	- 2.778	- 3.07**
	加速の係数	- 2.080	- 56.19**		右折後ダミー	8.832	9.10**
異質性	速度(m/s)の累乗(加速)	1.497	27.93**	自由走行時の希望速度(m/s)	左折前ダミー	- 3.216	- 3.06**
	大人の男性ダミー	0.734	19.05**		左折後ダミー	11.232	9.25**
歩行者の影響	他歩行者との距離(m)	- 1.304	- 5.15**	常時	バスダミー	- 0.769	- 4.28**
					定数項	0.770	4.48**
自動車の影響	歩行者の速度(m/s)	0.995	5.03**	歩行者の影響	定数項(定速)	1.790	42.95**
	歩行者の速度(m/s)	0.226	0.37		自動車の速度(m/s)	0.467	5.90**
	歩車間距離(m)	- 0.012	- 0.53		歩行者の速度(m/s)	- 0.500	- 2.07*
	歩行者歩道ダミー	0.182	0.94		歩車間距離(m)	- 0.028	- 1.24
	自動車起点ダミー	- 1.176	- 4.29**		歩行者歩道ダミー	- 0.193	- 0.79
相互作用パラメータ	自動車選択確率(dec)	-33.674	- 4.06**	相互作用パラメータ	自動車起点ダミー	0.693	2.63**
	自動車選択確率(acc)	85.813	3.77**		歩行者選択確率(dec)	-10.822	- 0.41
					歩行者選択確率(acc)	2.946	0.19
	サンプル数						
	初期尤度						
	最終尤度						
	尤度比						
	修正済み尤度比						

**1%有意 , *5%有意

表-3 相互作用モデル推定結果 (整備後)

	歩行者				自動車		
	説明変数	推定値	t値		説明変数	推定値	t値
目的地志向性	目的地までの距離(m)	- 7.625	- 36.80**	追従走行時 (減速)	係数	1.219	7.15**
	目的地までの角度(°)	- 0.016	- 20.25**		走行速度(m/s)	0.547	8.11**
方向保持性	角度(-10°,10°)定数項	- 1.136	- 85.80**	自由走行時の希望速度(m/s)	速度差(m/s)	- 0.086	- 2.42*
	角度(-25°,25°)定数項	- 1.814	- 108.00**		距離(m)	- 0.013	- 0.22
速度保持性	減速の係数	0.132	6.17**	自由走行時の希望速度(m/s)	係数	0.443	22.58*
	速度(m/s)の累乗(減速)	2.486	20.23**		右折前ダミー	- 0.002	- 0.04
	加速の係数	- 1.574	- 47.24**		右折後ダミー	6.731	22.85**
異質性	速度(m/s)の累乗(加速)	2.104	55.55**	自由走行時の希望速度(m/s)	左折前ダミー	-	-
	大人の男性ダミー	1.467	100.29**		左折後ダミー	-	-
歩行者の影響	他歩行者との距離(m)	- 1.151	- 8.42**	常時	バスダミー	- 0.004	0.03
					定数項	- 0.001	- 0.03
自動車の影響	歩行者の速度(m/s)	- 0.115	0.65	歩行者の影響	定数項(定速)	3.116	87.77**
	歩行者の速度(m/s)	- 0.096	- 2.22*		自動車の速度(m/s)	0.315	4.68**
	歩車間距離(m)	0.023	2.13*		歩行者の速度(m/s)	0.562	2.19*
	歩行者歩道ダミー	0.773	3.62**		歩車間距離(m)	- 0.060	- 3.44**
	自動車起点ダミー	-	-		歩行者歩道ダミー	- 1.516	- 3.19**
相互作用パラメータ	自動車選択確率(dec)	11.554	2.93**	相互作用パラメータ	自動車起点ダミー	-	-
	自動車選択確率(acc)	- 87.571	- 3.72**		歩行者選択確率(dec)	13.080	4.08**
					歩行者選択確率(acc)	- 15.359	- 4.26**
	サンプル数						
	初期尤度						
	最終尤度						
	尤度比						
	修正済み尤度比						

**1%有意 , *5%有意

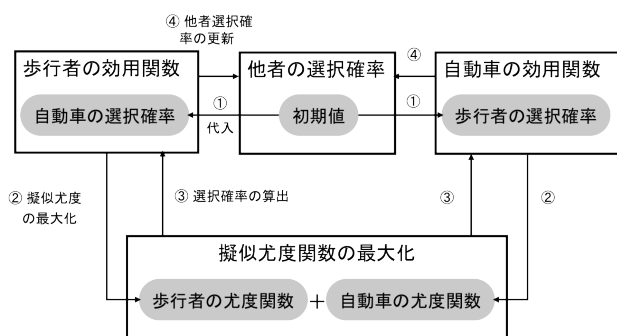


図-7 擬似最尤法の推定プロセス

算出する。これら擬似尤度の最大化と相互作用対象の選択確率の更新という①～④のプロセスを擬似尤度の変化値が 10^5 以内になるまで繰り返す。

(1) 駅前空間整備前の推定結果

推定結果を表-2に示す。相互作用項パラメータの推定値の符号に着目すると、歩行者、自動車のどちらも他者がdecを選択する確率に関するパラメータの符号が負になった。これは他者が高い確率で減速を選択するとき、意思決定者は減速を選択しにくい傾向を表しており、「他者が減速するならば自身は減速を行わず、他者が加速するならば自身は減速する」という行動規範が働いていることが定量的に確認できた。また、歩行者の方が相互作用パラメータの絶対値が大きく、より過敏に他者の選択行動に反応していると考えられる。3章では、歩行者は自動車速度と無関係に、自動車は歩行者速度に合わせて減速を行うと考察したが、このことと本節での知見を合わせると、歩行者は自動車の速度よりも選択行動に反応し、自動車は歩行者の選択行動よりも歩行速度に反応して減速行動をとることが言えよう。

(2) 駅前空間整備後の推定結果

整備後の推定結果を表-3に示す。各説明変数の推定値の符号を整備前と比較すると、有意に検出されたものは全体的に同様の傾向を示しているが、歩行者の減速に関するパラメータは整備前が負であるのに対して整備後では正を示している。これより整備後の空間では歩行者がゆっくりと歩き、滞留するといった行動が増加したことが考えられる。次に相互作用項の推定値に着目すると、整備前では有意でなかった自動車の相互作用パラメータが有意に推定されたことから、整備後の空間では自動車が歩行者の選択行動により依存して意思決定を行なっていることがわかる。また歩行者、自動車共に整備前と比べて推定値の符号が異なる結果となり、整備後では他者がdecを選択する確率の符号が正、accを選択する確率の符号が負となった。これより「他者が減速するならば自身も減速し、他者が加速するならば自身は減速しない」

といった協調的な行動規範が整備後の空間には働いていることが確認された。また、絶対値に着目すると、他者がaccを選択する場合の推定値に大きな差が見られる。これは歩行者の方が他者が加速するときに非減速を選択する傾向が強いことを示しており、整備後の空間では「歩行者優先意識」が強く働いていることが考察された。

6. まとめ

本研究では、歩行者と自動車が錯綜する状況をゲーム的に捉えてデータを抽出し、両者の選択行動の組み合わせに着目して相互規範を分析した。意思決定の相互依存性を考慮したモデルを構築することで、他者の選択行動が意思決定に与える影響を確認した。さらに空間整備が行われる前後でモデル推定を行うことで、移動空間の更新に伴う相互規範の変化を定量的に分析した。

この結果は選択行動の組み合わせが空間改変によって変化することを示しているものの、実際の空間設計により直接的に活かしていくためには、歩道幅や障害物との距離といった空間特性について詳細な分析を加えることで、相互規範の変化を誘発する空間要素を明確にしておく必要があるだろう。本論文では歩行者と自動車の1対1ゲームとして、両者の選択確率を入れ子型にした相互作用モデルを構築した。しかし実際の意思決定を考えると、錯綜する可能性がある場合の減速行動は、他者の行動だけでなく、減速するタイミングといったような意思決定者の時間的な選択行動の変化が重要になってくると考えられる。意思決定者自身の異なる時点での選択行動を考慮したモデルの構築、そして空間変化と行動変化の関係のより精緻な分析を今後の課題としたい。

参考文献

- 1) Robin, Th., Antonini, G., Bierlaire, M. and Gruz, J. : Specification, estimation and validation of pedestrian walking behavior model, Transportation Research PartB, Vol. 43, No.4, pp.36-56, 2009.
- 2) 浅野美帆, 井料隆雅, 桑原雅夫: 交錯交通の容量評価のためのマイクロ歩行者モデル, 交通工学, Vol.43, No.4, pp.80-89, 2008.
- 3) Toledo, T., Koutsopoulos, H.N., Ben-Akiva, M.: Integrated driving behavior model, Transportation Research Part C, vol.15, Issue 4, pp.96-112, 2007.
- 4) Draganska, M., Misra, S., Aguirregabiria, V., Bajari, P., Einav, L., Ellickson, P., Horsky, D., Narayanan, S., Orhun, Y., Reiss, P., Seim, K., Singh, V., Thomadsen, R. and Zhu, T.: Discrete choice models of firms strategic decisions, Marketing Letters, Vol.19, pp.39-416, 2008.
- 5) 北川直樹, 羽藤英二, 森博子, 北岡広宣: 歩車動線の錯綜空間における歩行者の速度-角度選択モデルの

- 6) 構築, 交通工学研究発表会論文集, Vol.29, p.157-160, 2009.
- 7) 羽藤英二, 北川直樹, 原祐輔: 移動空間における歩行者と自動車の動的相互作用とそのモデル化, 交通工学研究発表会論文集, Vol.30, pp.341-344, 2010.
- 8) 柳沼秀樹, 福田大輔: ゲーム論的均衡モデルの構造推定に関する基礎的研究-混雑緩和政策評価を年頭に-, 土木計画学研究・講演集, Vol.36, No.30, 2006.

ANALYSIS OF EFFECTS ON THE STREET CONVERSION BASED ON INTERACTION MODEL USING QUASI-MAXIMUM LIKELIHOOD ESTIMATION

Yuki OYAMA, Naoki KITAGAWA and Eiji HATO

For the conversion of the street, the safety of pedestrians is so important issue. It is also significance to analyse quantitatively interaction among defferent players, for example pedestrians and cars, in the street space. The model proposed in this paper represents the combination of behaviors between pedestrian and car by considering that the probabilistic behavior of players is constrained in each other. Compared between before and after conversion of the public space, it was confirmed that the interaction of behaviors changed.