

# 第2章 既往研究の整理

---

論文ゼミ#10

2009/11/11

M2 北川直樹

# 構成

---

1. 歩行者行動モデルに関する研究
  - 歩行者群を回避
  - 追従行動と衝突回避
  - 活動場所と経路の同時選択
  - 先読み行動
  - 譲歩行動
2. ゲーム理論に関する研究
  - 利他的選好
  - 学習モデル
  - 同調効果
3. パラメータの推定手法に関する研究
  - 均衡戦略の出現確率
  - 疑似最尤法
  - 潜在クラスモデルの援用

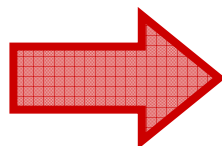
# 歩行者行動モデルに関する研究

## □ 分析要素

- エージェント
- 空間

## □ 選択行動

- 目的地選択
- 経路選択
- 速度選択
- 階層的な選択



### 他者との相互作用

- ・Groval インタラクション
  - ・Local インタラクション
- 福田(2004)

QuickTime<sup>®</sup>  
ãLifEvEçOÉãÉÅ  
ç™Ç±ÇÄÉsÉNÉ EEÇ%ã@ÇEÇZÇ%Ç...ÇÖIKóvÇ-ÇAB

# Antonini(2006)

---

## □ 歩行者群を回避

- コーンd内に存在する他者の重み付き人数

$$occupation_{vd} = \sum_{k=1}^N I_{kd} e^{-\gamma_i \|p_k - c_{vdn}\|}$$

- $N$  : 周囲に存在する歩行者の総数
- $I_{kd}$  : 他者kがコーンd内に存在する場合1, その他0
- $\gamma_1$  : 距離の影響を表すパラメータ(1とする)
- $\|p_k - c_{vdn}\|$ : 歩行者と各選択肢の中心座標までの距離

QuickTime<sup>®</sup> C<sup>2</sup>  
àLifeÉvÉceOàÉÁ  
Ç™Ç±ÇÀÉsÉNÉ ÉÉÇ%a@ÇÉÇZÇ¼Ç...ÇÓIKóvÇ-ÇAB

# Robin(2009)

## □ 追従行動

- 同方向の歩行者を追従
- 対象は最近接の歩行者
- 加速, 減速で非対称

$$I_g^k = \begin{cases} 1 & \text{if } d_1 \leq d_k \leq d_r, 0 \leq D_k \leq D_{th}, 0 \leq |\Delta\theta_k| \leq \Delta\theta_{th} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$I_{v,acc} I_{d,acc}^L \alpha_{acc}^L D_L^{\rho_{acc}^L} \Delta v_L^{\gamma_{acc}^L} \Delta \theta_L^{\delta_{acc}^L} + I_{v,dec} I_{d,dec}^L \alpha_{dec}^L D_L^{\rho_{dec}^L} \Delta v_L^{\gamma_{dec}^L} \Delta \theta_L^{\delta_{dec}^L}$$

QuickTime<sup>®</sup> C<sup>2</sup>  
 @LiEVeEçEOEaEÄ  
 Ç™Ç±ÇÄÉsÉNÉ`ÉÉÇ%â@ÇÈÇZÇ¼Ç...ÇÖIKóvÇ-ÇÄB

- $I_{d,acc}^L$ : コーンに存在し  $v_n$  より早い場合 1
- $I_{d,dec}^L$ : コーンに存在し  $v_n$  より遅い場合 1
- $D_L$ : 選択肢と他者の距離
- $\Delta v_L$ : 選択速度と他者の速度差  $|v_L - v_n|$
- $\Delta \theta_L$ : 選択角度と他者の角度差  $\theta_L - \theta_d$

# Robin(2009)

## □ 衝突回避

- 対向する歩行者を回避
- 対象は最も対向する歩行者
- 認知距離は指数関数

$$I_s^k = \begin{cases} 1 & \text{if } d_1 \leq d_k \leq d_r, 0 \leq D_k \leq D'_{th}, \pi/2 \leq |\Delta\theta_k| \leq \pi \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$I_{d,c} \alpha_c e^{\rho_c D_c} \Delta v_c^{\gamma_c} \Delta \theta_c^{\delta_c}$$

QuickTime<sup>®</sup> C<sup>®</sup>  
àLIEVÉcEOEàEÁ  
Ç™Ç±ÇÄÈsÉNÉ' ÈÉÇ¾à©ÇÉÇzÇ¾Ç...ÇÖIkóvÇ-ÇÁB

- $D_L$  : 選択肢と他者の距離
- $\Delta v_L$  : 選択速度と他者の速度差  $v_L + v_n$
- $\Delta \theta_L$  : 選択角度と他者の角度差  $\theta_L - \theta_d$

# Hoogendoorn(2009)

---

## □ 活動場所と経路の同時選択

- 時刻Tに活動場所に到着するコスト $\phi$
- $t \sim T$ に経路を通過するコストL
- 期待コスト最小経路( $v$ )を選択

$$v_{[t, T_i]}^* = \arg \min E \left[ \int_t^{T_i} L(\tau, x(\tau), v(\tau)) d\tau + \phi(T_i, x(T_i)) \right]$$

## □ 混雑回避

- 経路上の予測相互作用回数の関数 $\zeta$
- $\zeta$ は密度 $k$ の非線形な関数

$$L_4(t, x, v) = c_4 \zeta(k(t, x))$$

Quici  
BLIEE  
Ç™Ç±ÇÄEsENE'EEÇ%

ÈÄ  
%Ç...ÇÖKóvÇ-ÇAB

# 浅野(2006)

## □ 先読み行動

- 周辺歩行者jの移動地点を予測
- 先読み時間T以内の最小距離を算出

$$D_{ij}(t+u) = \|X_i(t+u) - X_j(t+u)\| - 2r$$

$$D_{ijmin}(t,v) = \min_u D_{ij}(t+u,v) \quad s.t. 0 \leq u \leq T$$

QuickTime<sup>®</sup> CF  
8 Lite<sup>™</sup> Player  
© 1999 Apple Computer, Inc. All rights reserved.

- 衝突コストは $+\infty$

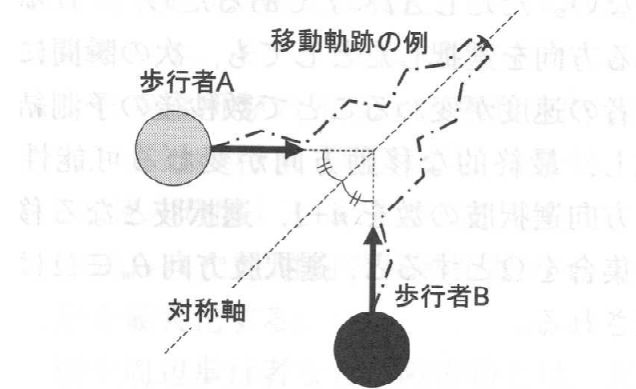
$$C_{ij}(t,v) = \begin{cases} \tau \exp(\phi D_{ijmin}(t,v)) & \text{if } D_{ijmin}(t,v) > 0 \\ \infty & \text{otherwise} \end{cases}$$

- $D_{ij}(t+u)$  時刻 $t+u$ における意思決定者Iと他者jとの距離
- $r$  : パーソナルスペース
- $D_{ijmin}(t,v)$  時刻 $t$ に速度 $v$ を選択した際の他者jとの最小距離



# 浅野(2008)

- 譲歩行動
  - ナッシュ均衡戦略を選択
  - 標準型と展開型を交錯領域への侵入時刻差で分類
  
- 時刻差0.05秒以上
  - 早い侵入者が非減速
  - 遅い侵入者が減速
  
- 時刻差0.05秒以内
  - 一方が非減速, 一方が減速
  - どちらが減速かは50%



		B	
		非減速	減速
A	非減速	$(-U'_a, -U'_b)$	$(U_a, 0)$
	減速	$(0, U_b)$	$(0, 0)$

# ゲーム理論に関する研究

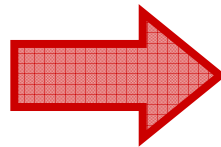
---

## □ ゲーム構造

- 非協力 vs 協力
- 情報完備 vs 情報不完備
- 同時決定 vs 段階決定

## □ 行動原理

- 利他的選好
- 学習モデル
- 同調効果



他者関係をモデル化

# Fehr and Schmidt(1999)

## □ 不平等回避

- プレーヤー間で同程度の利得を受け取りたい

$$U_i(x) = x_i - \alpha_i \frac{1}{n-1} \sum_{j \neq i} \max\{x_j - x_i, 0\} \\ - \beta \frac{1}{n-1} \sum_{j \neq i} \max\{x_i - x_j, 0\}$$

where  $\alpha_i \geq \beta_i, 0 \leq \beta_i \leq 1$

- $U_i$  : 自分iの効用
- $x_i$  : 自分iの利得
- $x_j$  : 相手jの利得

$$\beta_i(x_i - x_j)$$

QuickTime<sup>®</sup> 2  
Apple<sup>®</sup> QuickTime<sup>®</sup> Player  
© 1999 Apple Computer, Inc. All rights reserved.

$$\alpha_i(x_j - x_i)$$

- 自分の利得の方が大事
- 自分の利得大の不効用

# Camerer(1999)

## □ EWA学習

$$N(t) = \rho \cdot N(t-1) + 1, \quad t \geq 1$$
$$A_i^j(t) = \frac{\phi \cdot N(t-1) \cdot A_i^j(t-1) + \left[ \delta + (1-\delta) \cdot I(s_i^j, s_i(t)) \right] \cdot \pi(s_i^j, s_i(t))}{N(t)}$$

信念学習      強化学習

$$P_i^j(t+1) = \frac{\exp(\lambda \cdot A_i^j(t))}{\sum_k \exp(\lambda \cdot A_i^k(t))}$$

- $A_i^j(t)$ : プレイヤー  $i$  が  $t$  期に持つ戦略  $j$  の学習強度
- $\phi, \rho$ : 割引率
- $\delta$  : 学習種別(0のとき強化学習, 1のとき信念学習)
- $\lambda$  : 限定合理性(ナッシュ均衡は $+\infty$ , ランダムは0)

# 福田(2004)

## □ 同調効果

$$\omega_i \in \{-1, 1\}$$

$$V(\omega_i) = u(\omega_i) + J\omega_i\bar{m}_i + \varepsilon(\omega_i)$$

$$P(\omega_i) = \frac{\exp[\theta(u(\omega_i) + J\omega_i\bar{m}_i)]}{\sum_{v_i \in \{-1, 1\}} \exp[\theta(u(v_i) + Jv_i\bar{m}_i)]}$$

- $u(\omega_i)$  私的確定項
- $J\omega_i\bar{m}_i$  相互作用項
- $\bar{m}_i$  : 他者行動に対する主観的期待

## □ 均衡方程式

- 複数均衡状態を表現

$$m^* = \tanh(\theta h + \theta J m^*)$$

h: 切片  
J: 曲率

QuickTime<sup>®</sup> 6.5.2  
© 1999 Apple Computer, Inc.  
All rights reserved.  
Ⓜ Apple Computer, Inc. 03122009

# パラメータの推定手法に関する研究

---

## □ 課題

- 相互作用項の推定バイアス
- 膨大な選択肢の組
- 複数均衡(不動点)の発生

## □ 推定手法

- ナッシュ均衡の出現確率
- 疑似最尤法
- 潜在クラスによる均衡分類

# 喜多(2003)

## □ ナッシュ均衡の出現確率

		Player 2	
		$A_1^2$	$A_2^2$
Player 1	$A_1^1$	$(U_{11}^1, U_{11}^2)$	$(U_{12}^1, U_{12}^2)$
	$A_2^1$	$(U_{21}^1, U_{21}^2)$	$(U_{22}^1, U_{22}^2)$

■  $U_{11}^1 \geq U_{21}^1, U_{12}^1 \geq U_{22}^1, U_{11}^2 \geq U_{12}^2, U_{21}^2 \geq U_{22}^2$

のとき

■ 均衡戦略  $(S_A, S_B)$  は  $(A_1^1, A_1^2)_{case1}$

■ 効用  $U_{ij}^k$  を  $V_{ij}^k + \epsilon_{ij}^k$  とする

■ このとき,  $(A_1^1, A_1^2)_{case1}$  の出現確率  $\Pr(A_1^1, A_1^2)_{case1}$  は

$$\Pr(A_1^1, A_1^2)_{case1} = \frac{1}{1 + \exp(V_{21}^1 - V_{11}^1)} \cdot \frac{1}{1 + \exp(V_{22}^1 - V_{12}^1)} \cdot \frac{1}{1 + \exp(V_{12}^2 - V_{11}^2)} \cdot \frac{1}{1 + \exp(V_{22}^2 - V_{21}^2)}$$

■ よって,  $(A_1^1, A_1^2)$  が出現する全組合せの確率は

$$\Pr(A_1^1, A_1^2) = \sum_{case} \Pr(A_1^1, A_1^2)_{case}$$

# Aguirregabiria(2007) , Draganska et al(2008)

## □ 疑似最尤法

- Player 1 が得る効用

		Player 2	
		$a_2 = 0$	$a_2 = 1$
Player 1	行動		
	$a_1 = 0$	0	0
$a_1 = 1$	$\alpha + X'\beta$	$\alpha + X'\beta + \delta$	

- $a_1 = 1$  の選択確率

$$\Psi(a_i = 1) = \frac{\exp(\alpha + X'\beta + \delta \cdot \Pr(a_{-i} = 1))}{1 + \exp(\alpha + X'\beta + \delta \cdot \Pr(a_{-i} = 1))}$$

- 他者の選択確率の初期値を設定

$$\Pr_0 = \hat{P}_0$$

- 尤度関数を最大化するパラメータを推定

$$L = \prod_{i \in 1,2} \Psi(a_i = 1)^{Y_i} (1 - \Psi(a_i = 1))^{1 - Y_i}$$

$$\hat{\theta}_K = \arg \max_{\theta} L(\theta, \hat{P}_{K-1})$$

- 他者の選択確率を更新

$$\hat{P}_K = \Psi(\hat{\theta}_K, \hat{P}_{K-1})$$



# Sweeting(2005)

- 潜在クラスによる均衡分類
  - EMアルゴリズムで2項選択のゲーム結果を2クラスに分類

QuickTime<sup>®</sup> Ç<sup>2</sup>  
èLiÈÈVÈÇÈÖÈàÈÄ  
Ç™Ç±ÇÄÈsÈNÈ ÈÈÇ%â@ÇÈÇZÇ%Ç...ÇÖiK6vÇ-ÇAB

$$\ln L = \sum_{m=1}^M \ln \left\{ \begin{array}{l} \lambda p_A^{n_{1m}} (1-p_A)^{N_m-n_{1m}} + \\ (1-\lambda) p_B^{n_{1m}} (1-p_B)^{N_m-n_{1m}} \end{array} \right\}$$

- 推定パラメータ
  - $P_A$ : 1つの均衡確率
  - $P_B$ : もう1つの均衡確率
  - $\lambda$ : 混合割合

10回の繰り返しゲーム中,  
選択肢1を選択した回数

- 潜在変数

$$\tau_m = \frac{\lambda p_A^{n_{1m}} (1-p_A)^{N_m-n_{1m}}}{\lambda p_A^{n_{1m}} (1-p_A)^{N_m-n_{1m}} + (1-\lambda) p_B^{n_{1m}} (1-p_B)^{N_m-n_{1m}}}$$

# 文献リスト

---

- Hoogendoorn, S.P, Bovy, P.H.L.: Generic gas-kinetic traffic systems modeling with applications to vehicular traffic flow, Transportation Research Part B 35, pp.317-336, 2001.
- Hoogendoorn, S.P, Bovy, P.H.L.: Pedestrian route-choice and activity scheduling theory and models, Transportation Research Part B 38, pp.169-190, 2004.
- Antonini, G.: A discrete choice modeling framework for pedestrian walking behavior with application to human tracking in video sequences, EPFL web paper, 2005.
- Antonini, G., Bierlaire, M., Weber, M.: Discrete choice models of pedestrian walking behavior, Transportation Reserch Part B 40, pp.667-687, 2006.
- Robin, Th., Antonini, G., Bierlaire, M., Cruz, J.: Specification, estimation and validation of a pedestrian walking behavior model, Transportation Reserch Part B 43, pp.36-56, 2009.
- 浅野美帆, 桑原雅夫, 田中伸治: 混雑時におけるミクロ歩行者流動モデルの構築, 第5回 ITS シンポジウム講演集, 2006.
- 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ミクロ歩行者行動モデル, 交通工学, Vol.43, No.4, pp.80-89, 2008.
- 濱上洋平, 羽藤英二, 川口淳: 活動の共起性に着目した景観要素のアフォーダンスの考察, 景観・デザイン研究講演集, No.4, pp.123-132, 2008.

# 文献リスト

---

- Aguirregabiria, V., Mira, P.: Sequential estimation of dynamic discrete games, *Econometrica*, Vol.75, No.1, pp.1-53, 2007.
- 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.
- Sweeting, A.: Coordination Games, Multiple Equilibria and the Timing of Radio Commercials, Working Paper, 2005.
- 福田大輔, 上野博義, 森地茂: 社会的相互作用存在下での交通行動とマイクロ計量分析, *土木学会論文集*, No.765/IV-64, pp.49-64, 2004.
- Camerer, C. F., Ho, T-H.: Experience-weighted Attraction Learning in Normal Form Games, *Econometrica*, Vol.67, No.4, pp.827-874, 1999.
- 喜多秀行, 谷本圭志, 福山敬: ゲーム的状况下におけるプレイヤーの利得推定モデル, *土木学会論文集*, No.773/IV-60, pp.147-157, 2003.
- Fehr, E., Schmidt, K. M.: A Theory of Farness an, Competition and Cooperation, *Quarterly Journal of Economics*, No.114, pp.817-868, 1999.