

経路選択時の経験的不確実性を考慮した歩行者流動モデル

東京都立大学大学院 機械システム工学域 M2 村沢 直哉 (児島研究室)

1. はじめに

- 人間の歩行行動の把握には、群集挙動モデルによるシミュレーションが広く行われている。
- 従来の群集挙動モデルは、歩行者が合理的判断に基づいて行動することが前提とされている。
- 不確定情報下での人間の選択行動は合理的でなくなる。

研究目的

- 不確定な経験情報に基づいて主観的満足度を算出し、経路選択を行う歩行者モデルを構築。
- シミュレーションにより、主観的な評価が選択行動に与える影響を考察。

2. 群集挙動のモデリング

歩行者を質点として捉え、モデル予測制御問題を解いて得られた制御入力を印加することにより歩行を表現。

モデル予測制御問題

$$J = \sum_{k=0}^{N-1} (s_{t+k|t} - s_f)^T Q (s_{t+k|t} - s_f) + u_{t+k|t}^T R u_{t+k|t} - c \epsilon_{t+k|t}$$

$$\min_u J, U = \{u_{t|t}, u_{t+1|t}, \dots, u_{t+N-1|t}\} \quad \text{subj. to} \begin{cases} \text{状態方程式} \\ \text{歩行時の制約} \end{cases}$$

3. 経路選択行動のモデリング

Fig.1 を例に、歩行者 i が経路を主観的満足度によって評価する手順を示す。柱状図は歩行者 i の経験情報であり、階級値は通過時間のランダム成分、度数はその発生確率を表す。

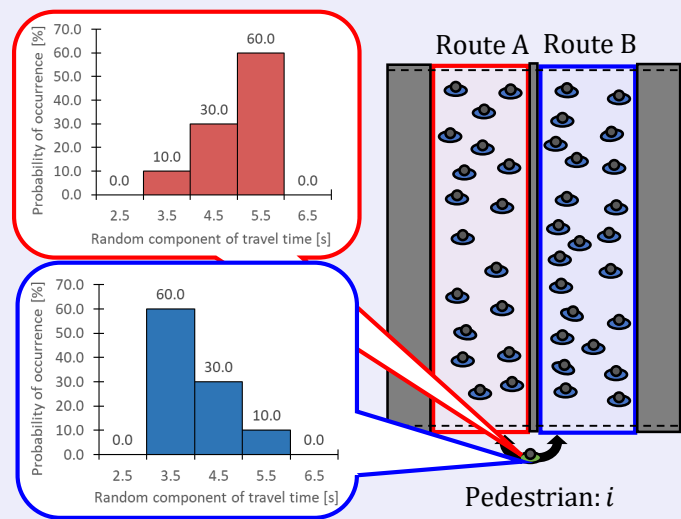


Fig. 1 Subjective route selection

主観的満足度の算出には、不確定情報下における人間の意思決定時の特徴を定式化したプロスペクト理論を用いる。

プロスペクト理論

不確定情報下で選択する際の、通過時間の増加を忌避し、低確率の事象を高く見積もる傾向を定式化したもの。

プロスペクト理論によると主観的満足度は次式で表される。

$$V = \sum_{l=0}^n v_l w_l$$

V : プロスペクト値 (満足度の主観的評価)
 v_l : 価値関数 (通過時間の主観的評価)
 w_l : 確率加重関数 (発生確率の主観的評価)

主観的満足度による経路選択は次の手順に従う。

- 経験情報により、各経路の通過時間・発生確率を推定。
- 価値関数と確率加重関数により、各推定値を主観的な評価に修正。
- プロスペクト値を計算し、値の大きな方の経路を選択。

4. 検証シミュレーション

Fig.1 に示す歩行空間と経験情報の下で経路選択シミュレーションを行い、プロスペクト理論によるバイアスの有無が分配人数の時間変化に与える影響を観察。

シミュレーション条件

- 歩行者は42人とし、各経路に21人ずつ配置。
- 経路 (20m) を超えると、経路選択アルゴリズムに従いプロスペクト値を計算。値の大きい経路に移動。
- (i)(ii) を繰り返す、分配人数の時間変化を記録。

シミュレーション結果と考察

プロスペクト理論によるバイアスを考慮しない場合の結果を Fig.2 (左) に考慮する場合の結果を Fig.2 (右) に示す。

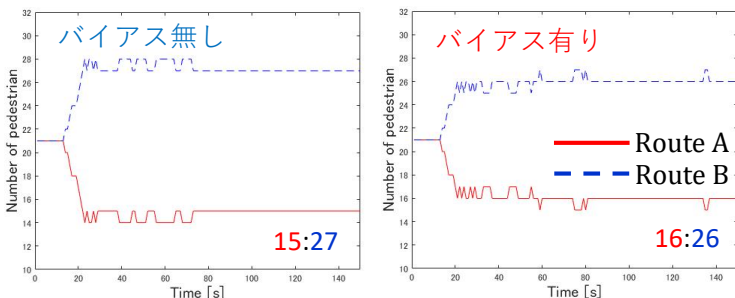


Fig. 2 Simulation result

プロスペクト理論によるバイアスを考慮した場合には

- Route B に対する歩行者の分配が減少。
- 経路ごとの人数の変動が大きく定常状態に収束しない。

これらの結果から、

- 確率加重関数は経験情報の差を実際よりも減少させることにより、分配人数を変化させる。
 - 価値関数は経路変更を促進することにより、定常状態への移行を抑制する。
- ことが考えられる。

5. まとめと展望

経験情報から主観的な経路選択を行う群集挙動モデルをプロスペクト理論に基づいて構築し、主観的な評価が経路選択に与える影響を考察した。

今後は得られた知見を、主観的満足度を維持する経路誘導手法の考案等に活用する予定である。

参考文献

- 幸加木, 児島: MLDシステム表現に基づく群集挙動のモデリング, システム制御情報学会論文誌, Vol.23, No.7, pp.139-146 (2010)
- Tversky, A. and Kahneman, D.: Advances in prospect theory, Cumulative representation of uncertainty. Journal of Risk and Uncertainty, 5, 297-323 1992
- E. Avineri [2006], The Effect of Reference Point on Stochastic Network Equilibrium