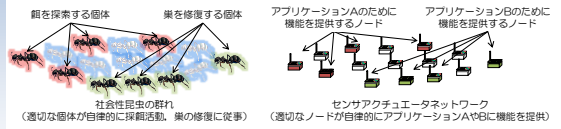


自己組織型ネットワーク制御のための 反応閾値モデルの特性分析

大阪大学大学院情報科学研究科
○岩井卓也, 若宮直紀, 村田正幸

研究の背景

- 適応性や頑健性に優れた通信ネットワークの実現のため、生物に着想を得た**自己組織型ネットワーク制御**に期待
- 社会昆虫の役割分担の仕組み（反応閾値モデル^[1]）を用いた例
 - センサアクチュエータネットワークのデバイス割当制御^[2]



- センサネットワークのセンサの ON/OFF 制御^[3]
- P2P ネットワークのキャッシュ置き換え制御^[4]

研究の背景

- 反応閾値モデルを用いたネットワーク制御が既に数多く提案されており、それらの有効性も確認済み
- 反応閾値モデルとネットワーク制御の親和性の高さはモデルの優れた特性に由来するはずだが、それらの検証は不十分
 - 情報欠損への耐性がどの程度高いのか？
 - 情報遅延への耐性がどの程度高いのか？
 - 個体数への拡張性がどの程度高いのか？
- 反応閾値モデルの特性を明確化することで、
 - モデルのネットワーク制御への適用可能領域が分かり、将来のネットワーク制御の設計に生かせること期待

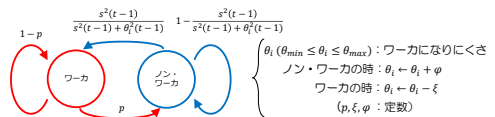
ネットワーク制御の観点から、反応閾値モデルの特性分析を行う
(今回は**情報欠損**に対する特性分析の結果の一例を示す)

役割分担の数理モデル：反応閾値モデル

- 十分な数の個体が自律的に仕事（例：採餌）をする仕組み
- 個体は仕事をするかを定期的に刺激の大きさに応じて決定
- 時刻 t における刺激 $s(t) (\geq 0)$

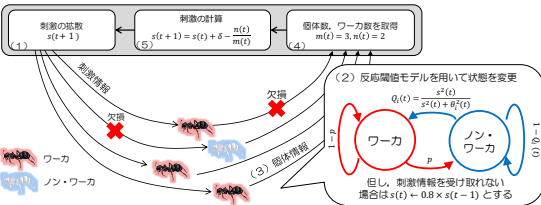
$$s(t) = s(t-1) + \delta - \frac{n(t-1)}{m(t-1)} \begin{cases} m(t-1) > 0 \\ n(t-1) > 0 \\ \delta (0 \leq \delta \leq 1) \end{cases} \begin{cases} \text{時刻 } t-1 \text{ における個体の数} \\ \text{時刻 } t-1 \text{ におけるワーカ数} \\ \text{刺激の増加係数} \end{cases}$$

- 時刻 t における個体 i の状態変更



反応閾値モデルにおける情報欠損のモデル

- 刺激の情報、個体の情報が確率 q で欠損



- 刺激情報の欠損により、個体は誤った刺激で状態を変更
- 個体情報の欠損により、一部の個体の情報を用いて刺激を計算

シミュレーション評価

- 情報欠損のモデルを用いて、刺激情報、観測情報の欠損によるワーカ数の最適性、安定性、収束性への影響を評価
 - 情報欠損の確率 q が 0.00, 0.02...0.30 の 16通り

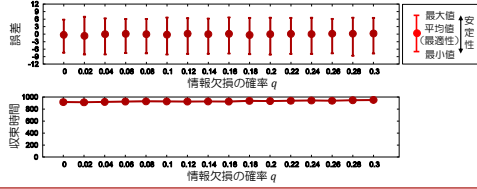
- シミュレーションの設定

- 1,000個の個体を配置
- 200個の個体を仕事を従事
- 1回10,000秒のシミュレーションを100回試行

反応閾値モデルのパラメータ設定	
パラメータ名	値
ノードの総数 M	1000
刺激の増加係数 δ	0.2
閾値の最大値 θ_{max}	1,000
閾値の最小値 θ_{min}	1
閾値の増加係数 φ	1
閾値の減少係数 ξ	10
ノン・ワーカになる確率	0.001

シミュレーション結果

- 情報欠損の確率 q が3つの特性に与える影響を評価
 - 最適性: 10^3 秒間の平均ワーカ数の目標値に対する誤差の小ささ
 - 安定性: 同時間の最大, 最少ワーカ数の目標値に対する誤差の小ささ
 - 収束性: ワーカ数の誤差が目標値 $\pm 10\%$ に留まる迄の時間の短さ



情報欠損は反応閾値モデルの最適, 安定, 収束性に影響を与えにくい

まとめと今後の課題

- まとめ
 - 情報欠損に対する反応閾値モデルの特性への影響を評価
 - 情報欠損は反応閾値モデルの特性に影響を与えにくい
- 今後の課題
 - 情報遅延が反応閾値モデルの特性に与える影響を分析
 - 非線形安定性理論などを用いた理論的な特性分析
 - ・ 情報欠損や情報欠損を考慮した解析モデルの作成
 - ・ 所望する特性が得られるパラメータ領域の導出

ご清聴有り難うございました.