

# 自律分散制御の階層化を実現する為の時間スケール分離技術の検討

A Study on Decomposition of Timescales in Layered Structure of Autonomous Decentralized Control

佐々木 亮†  
Ryo SASAKI

渡部 康平†  
Kohei WATABE

会田 雅樹†  
Masaki AIDA

首都大学東京大学院 システムデザイン研究科†  
Graduate School of System Design, Tokyo Metropolitan University

## 1 はじめに

新世代のネットワーク制御アーキテクチャの可能性として、機能毎に階層化されたアーキテクチャではなく、各種制御の動作時間スケールで階層化するモデル（以下、時間階層モデル）を考えることができる [1]。これを実現するためには、各階層において、その階層を特徴づける時間スケールで自律分散的な動作を行いながら、短い時間スケールの階層からの影響を排除することが望ましい。つまり、短い周期での状態変化によって長い周期での制御動作がバタつかないように動作を分離する必要がある。我々はこれを時間スケールの分離と呼ぶ。本稿では、単純な一次元ネットワークでの自律分散制御を考え、時間スケールの分離の実現可能性を調べる。

## 2 自律分散制御を用いた時間スケール分離法の概要

連続近似したネットワークモデルで分布  $q(x, t)$  を考え、各ノードでの移動量を以下のように決める。

$$J(x, t) = -cf(x, t)q(x, t) - c\sigma^2 \frac{\partial}{\partial x} q(x, t) \quad (1)$$

これは各ノードの局所情報に基づいた自律的な動作ルールであり、右辺第一項はドリフト、第二項は拡散を表す。但し  $c, \sigma^2$  は正の定数であり、それぞれ分布の時間変化の速さ、拡散の速さを表す。ドリフトを決定する関数  $f(x, t)$  はポテンシャル関数  $\phi(x, t)$  を用いて  $f(x, t) = -\partial\phi(x, t)/\partial x$  とする。これらは文献 [2] で提唱する近接作用に基づく自律分散制御の典型例として導入した。

時間スケールの分離の実現に向けた我々の戦略は「近接作用による変化には遅延を伴うことを利用し、特定の時間スケールより速い変動の影響が近接作用ベースの自律分散制御に及ぶことを排除する」というものである。 $\phi(x, t)$  はネットワーク状態を反映したものであるとし、簡略化の為に変動は正弦波とした。

$$\phi(x, t) = a \sin\left((x - vt)\frac{2\pi}{10}\right) + \sin\left(x\frac{2\pi}{100}\right) \quad (2)$$

ここで右辺第一項を短時間スケールの変動、第二項は着目する時間スケールの影響（本稿では時間変化を与えない）を表すとする（図 1 参照）。また、 $a$  は短時間スケールの変動の振幅である。

## 3 時間スケールの分離の評価例

周期境界条件を与えた一次元ネットワークで、適当な初期状態から (1) の動作規則により、分布  $q(x, t)$  の定常分布の数値計算を行った。図 2 は  $\sigma^2 = 1$  および 0.1

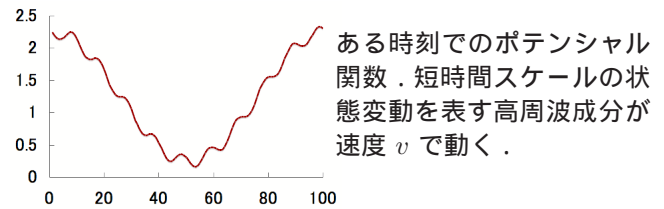


図 1 ポテンシャル関数

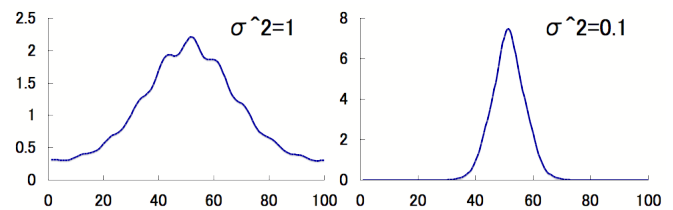


図 2 定常状態の  $q(x, t)$

のときの評価例である。但し  $a = 0.1, v = 1, c = 0.001$  とした。このように、拡散が速いと  $q(x, t)$  の定常分布は短時間スケールの変動の影響をうけているが、拡散を遅くすると時間スケールが分離できることがわかる。

## 4 おわりに

近接作用に基づく自律分散制御の拡散の速度を調整することで、時間スケールの分離を実現できる可能性があることが分かった。今後は、時間スケールの分離を実現するための各種パラメータの設定法を明らかにする予定である。

## 謝辞

本研究の一部は科研費基盤研究 (B) 21300027 および NICT 委託研究「新世代ネットワーク技術戦略の実現に向けた萌芽的研究」より研究費の援助を受けて実施したものです。

## 参考文献

- [1] 会田, “近接作用に学ぶ自律分散ネットワーク制御技術の原理とその応用,” 電子情報通信学会 NwGN 研究会, NwGN2009-1, May 2009.
- [2] 高野, 会田, “物理の近接作用に学ぶ: 拡散現象を指導原理とした自律分散型フロー制御技術,” 電子情報通信学会誌, vol. 91, no. 10, pp. 875–880, October 2008.