

平成21年 4月30日現在

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2006～2008

課題番号：18760317

研究課題名（和文） 複雑な非線形システムのモデル低次元化

研究課題名（英文） MODEL ORDER REDUCTION FOR COMPLICATED NONLINEAR SYSTEMS

研究代表者

藤本 健治 (FUJIMOTO KENJI)

名古屋大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：10293903

研究成果の概要

本研究では、複雑な非線形システムのモデル低次元化に関する2つの成果を得た。具体手には、の柔軟構造物や流体などの無限次元システムを有限次元システムで近似する問題に対して、モデル低次元化手法と同様の手順を用いる手法の提案、(2)通常計算が難しい非線形モデル低次元化法の効率的な計算手法の開発、の2点である。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,200,000	0	1,200,000
2007年度	1,100,000	0	1,100,000
2008年度	1,200,000	360,000	1,560,000
総計	3,500,000	360,000	3,860,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・制御工学

キーワード：モデル低次元化，非線形システム，Galerkin 近似，有限次元近似，特異値解析，非線形制御

1. 研究開始当初の背景

状態変数の多い大規模システムや、梁などの無限次元のシステムは、その挙動解析・制御系設計ともに非常に難しい。このような系をモデル化や制御する場合には、平行化打ち切り法などのモデル低次元化が用いられる。ただし、非線形のシステムに対するモデル低

次元化に関しては、これまで基礎的な結果が得られたのみで、実用的な手法は得られていない。

2. 研究の目的

平衡実現に基づく非線形系に対するモデ

ル低次元化や有限次元近似の手法を開発する。特に、これまでに得られている基礎的な手法を元に、より一般的なさまざまな用途に対応できるような低次元化手法を開発することが第一の目的。これ以外にも、効果的な数値解法の開発や無限次元システムの有限次元近似に提案手法を用いるなどの目標も達成したい。

3. 研究の方法

基本的な方針としては、これまでに得られている非線形モデル低次元化に関する結果をさまざまな制御問題や制御対象に拡張して用いることができないかを考察した。また無限次元系に関しては、平行化打ち切り法の概念を拡張するだけでなく、有限次元近似問題に良く用いられる Galerkin 法を併用することで、実用的な計算法も導出している。

4. 研究成果

上記のような問題に対して、以下のような成果を得た。

- ・無限次元の非線形システムに対する平衡実現と、Galerkin 法を併用した有限次元の近似解の計算法を与えた。
- ・元の制御対象のさまざまな性質（ハミルトン系の構造や力学的エネルギー、散逸性、安定性）を保存する低次元化手法を与えた。
- ・フィードバック結合システムに対して、安定性を保証した低次元化法を与えた。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 15 件）

- (1) 佐藤訓志, 藤本健治: 確率ポートハミルトン系の受動性に基づく制御, 計測自動制御学会論文集, vol. 44, pp. 694-677, 2008, 査読有り
- (2) K. Fujimoto: Balanced realization and model order reduction for port-Hamiltonian systems, Journal of System Design and Dynamics, vol. 2, pp. 694-702, 2008, 査読有り
- (3) 福永修一, 藤本健治: H_∞ フィルタを用いた非最小位相系の独立成分分析, 電子情報通信学会論文誌 D, vol. J91-D, pp. 1648-1655, 2008, 査読有り

- (4) K. Fujimoto and D. Tsubakino: Computation of nonlinear balanced realization and model order reduction based on Taylor series expansion, Systems and Control Letters, vol. 57, pp. 283-289, 2008, 査読有り
- (5) 玄相昊, 藤本健治: ハミルトン力学系の対称軌道族と 2 足歩行の大域的歩容生成への応用, 日本ロボット学会誌, vol. 26, pp. 72-80, 2008, 査読有り
- (6) 藤本健治, 小野佐弥香: 無限次元非線形系の平衡実現と有限次元近似について, 計測自動制御学会論文集, vol. 44, pp. 243-251, 2008
- (7) 水野光, 藤本健治: Chebyshev 多項式を用いた Hamilton-Jacobi 方程式の近似解法, 計測自動制御学会論文集, vol. 44, pp. 113-118, 2008, 査読有り
- (8) 椿野大輔, 藤本健治: 非線形系の重み付き平衡実現とモデル低次元化, 計測自動制御学会論文集, vol. 44, pp. 44-51, 2008, 査読有り
- (9) 藤本健治, 堀内哲: ハミルトン系の変分対称性に基づく学習最適制御, システム制御情報学会論文集, vol. 21, pp. 10-17, 2008, 査読有り
- (10) 佐藤訓, 藤本健治, 玄相昊: ハミルトン系の変分対称性に基づく 1 脚ロボットの最適歩容生成, 計測自動制御学会論文集, vol. 43, pp. 1103-1110, 2007, 査読有り
- (11) 福永修一, 藤本健治: 状態空間モデルを用いた非線形独立成分分析, システム制御情報学会論文集, vol. 20, pp. 404-412, 2007, 査読有り
- (12) 藤本健治, 松本慎也, 酒井悟: 受動性を利用した車輪振子系の事変高速制御, システム制御情報学会論文集, vol. 20, pp. 416-418, 2007, 査読有り
- (13) 藤本健治, 佐藤訓志: 変分対称性を利用したハミルトン系の繰り返し制御について, 計測自動制御学会論文集, vol. 43, pp. 711-718, 2007, 査読有り
- (14) 藤本健治, 椿野大輔: 平衡実現に基づく非線形モデル低次元化の計算法について, システム制御情報学会論文集, vol. 20, pp. 358-360, 2007, 査読有り

- (15) 藤本健治：メカトロニクス系の平衡実現とモデル低次元化，日本機器学会論文集 C 編，vol. 73，pp. 1081-1087，2007，査読有り

[学会発表] (計 12 件)

- (1) S. Satoh and K. Fujimoto: On passivity based control of stochastic port-Hamiltonian systems, Proc. IEEE Conf. on Decision and Control, 2008-12-10, Cancun, Mexico
- (2) K. Fujimoto and M. Taniguchi: Passive trajectory tracking control for port-Hamiltonian systems, Proc. IEEE Conf. on Decision and Control, 2008-12-10, Cancun, Mexico
- (3) K. Fujimoto and S. Ono: On balanced realization and finite-dimensional approximation for infinite-dimensional nonlinear systems, Proc. IEEE Conf. on Decision and Control, 2008-12-10, Cancun, Mexico
- (4) S. Satoh, K. Fujimoto and S.-H. Hyon: A framework for optimal gait generation via learning optimal control using virtual constraint, Proc. IEEE/RSJ Inter. Conf. on Intelligent Robotics, 2008-9-23, Nice, France
- (5) K. Fujimoto and I. Koyama: Iterative feedback tuning for Hamiltonian systems, Proc. 17th IFAC World Congress, 2008-07-11, 2008, Seoul, Korea
- (6) S. Fukunaga and K. Fujimoto: Independent component analysis for nonminimum phase systems using H infinity filters, Proc 17th IFAC World Congress, 2008-07-10, Seoul, Korea
- (7) S. Satoh, K. Fujimoto and S.-H. Hyon: Biped gait generation via iterative learning control including discrete state transitions, Proc. 17th IFAC World Congress, 2008-07-07, Seoul, Korea
- (8) K. Fujimoto and H. Kajiura: Balanced realization and model reduction of port-Hamiltonian systems, Proc. American Control Conference,

2007-07-11, New York, USA

- (9) K. Fujimoto and H. Mizuno: Weighted balanced truncation for unstable nonlinear systems using coprime factorizations, Proc. IEEE Conf. on Decision and Control, 2006-12-13, San Diego, USA
- (10) S. Fukunaga and K. Fujimoto: Nonlinear blind deconvolution based on a state-space model, Proc. IEEE Conf. on Decision and Control, 2006-12-13, San Diego, USA
- (11) D. Tsubakino and K. Fujimoto: Weighted balanced realization and model order reduction for nonlinear systems, Proc. Mathematical Theory of Networks and Systems, 2006-07-24, Kyoto, Japan
- (12) K. Fujimoto and D. Tsubakino: On computation of nonlinear balanced realization and model reduction, Proc. American Control Conference, 2006-06-14, Minneapolis, USA

[図書] (計 3 件)

- (1) W. H. A. Schilders, H. A. van der Vorst and J. Rommes Eds.: Model order reduction, Springer, 2008, pp. 251-274 (総ページ数 471)
- (2) F. Bullo and K. Fujimoto Eds.: Lagrangian and Hamiltonian methods for Nonlinear Control 2006, Springer, 2007, 総ページ数 396
- (3) 日本機械学会編：機械工学便覧，デザイン編β6，丸善，2006，pp. 107-109 (総ページ数 191)

[その他]

ホームページ等

<http://www.haya.nuem.nagoya-u.ac.jp/~fujimoto/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

藤本 健治 (FUJIMOTO KENJI)

名古屋大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：10293903