

平成 22 年 5 月 26 日現在

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2007 ～ 2009

課題番号：19760153

研究課題名（和文） 波動制御法におけるロバスト解析・設計手法の開発

研究課題名（英文） Development of Robust Analysis and Control Design for Wave Control

研究代表者

長瀬 賢二 (NAGASE KENJI)

和歌山大学・システム工学部・准教授

研究者番号：70303667

研究成果の概要（和文）：

本研究では、柔軟構造物の振動制御において、波動解析に基づく波動制御法に着目し、特に、非一様構造など、純粋な進行波による解析が困難なシステムに対する波動制御コントローラの設計法について考えた。一定比で変化する梯子型回路に対する波動解析・波動制御法の類推より、閉ループ系とコントローラの伝達関数の差の大きさを表すインピーダンスマッチング指標を考え、その指標に基づく制御系設計法の提案を行った。また、その手法のロボットの接触作業などへ適用を目指し、そのための要素技術として、接触位置検出のための推定法、ならびに、接触状態移行のための制御アルゴリズムの開発を行った。

研究成果の概要（英文）：

In this study, we were concerned with the vibration control of flexible structures by the wave control, and proposed a control design method for the systems that, possibly, cannot be analyzed by the wave analysis. From observation of the wave analysis and control for the uniformly varying ladder networks, we proposed a control design method based on the impedance matching index, which represents the difference between the transfer functions of the closed loop system and the controller. In addition, considering the application of the method to the robot systems contacting with the environment, we developed the techniques such as the estimation method of the contact location and the control design method for transition of the contact situations.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	2,100,000	0	2,100,000
2008 年度	500,000	150,000	650,000
2009 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,100,000	300,000	3,400,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学・機械力学・制御

キーワード：振動制御、波動制御、インピーダンスマッチング

1. 研究開始当初の背景

近年、柔軟構造物の振動制御法において、進行波による解析に基づく波動制御法が注目されている。波動制御法は、モード制御法の適用が難しい、多くの制振モードをもつ大規模なシステムに対して有用な制振法として期待されているが、現在のところ、進行波による解析手法が確立している様なはりやマス・バネ・ダンパ系が主な適用対象であり、非一様構造など、純粋な進行波による解析が困難なシステムに対する波動制御コントローラ的设计手法は確立されていない。

2. 研究の目的

本研究では、上記研究背景に基づき、非一様構造など、純粋な進行波による解析が困難なシステムに対する波動制御コントローラ的设计手法の確立を目指し、そのための設計指標の提案ならびにその指標に基づく設計アルゴリズムの検討を行う。また、波動制御法の適用範囲の拡大のため、特に、ロボットの接触作業を想定し、波動制御法適用に向けた要素技術の開発を行う。

3. 研究の方法

これまでに、一定比で変化する梯子型回路(図1)において、波動制御コントローラを適用した閉ループ系の伝達関数が波動制御コントローラの伝達関数と(一定比倍の差を除いて)一致することが分かっている。本研究では、波動制御コントローラの上記性質に着目し、インピーダンスマッチング指標(図2)と呼ばれる、閉ループ系とコントローラの伝達関数の差の H_∞ ノルムを指標とする波動制御コントローラ的设计手法の確立という観点から上記課題の解決を目指す。

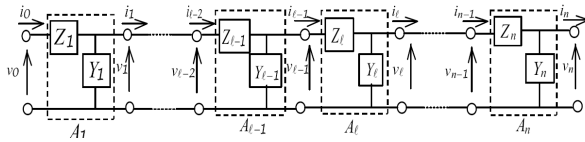


図1 梯子型回路

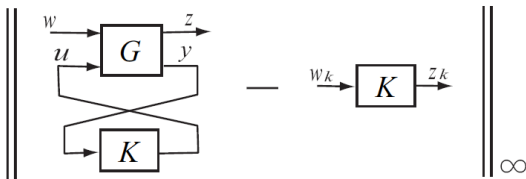


図2 インピーダンスマッチング指標

4. 研究成果

非一様構造物などに対する波動制御コントローラ設計のための設計指標の確立という観点からは、まず、同指標に基づく設計法の有用性を確認するため、単純な受動ダンパと動吸振器の最適調整結果について詳細な検討を行い、その有用性を確認した(図3, 4: 図3は動吸振器を最適調整した場合の閉ループ特性. 実線が提案手法, 破線は無制御時の結果. 図4はそのインパルス応答. 実線が提案手法, 破線が従来手法(定点理論)による結果). また、上記指標に基づくコントローラ的设计アルゴリズムの確立という観点からは、伝達関数表現、ならびに、状態空間表現に基づく定式化とその解法の検討を行った。その結果、同指標に基づく制御問題は、標準的な H_∞ 制御問題の範疇には入っておらず、新しい設計アルゴリズムの開発が必要であることが明らかとなった。現在までのところ、完全な解法の確立には至っていないが、これまでの研究成果をもとに、引き続き解法の検討を進める予定である。

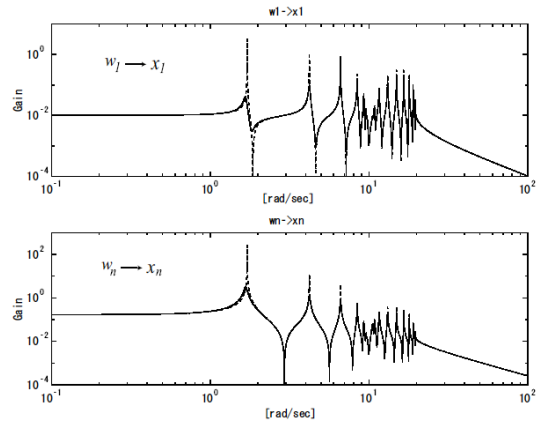


図3 周波数特性

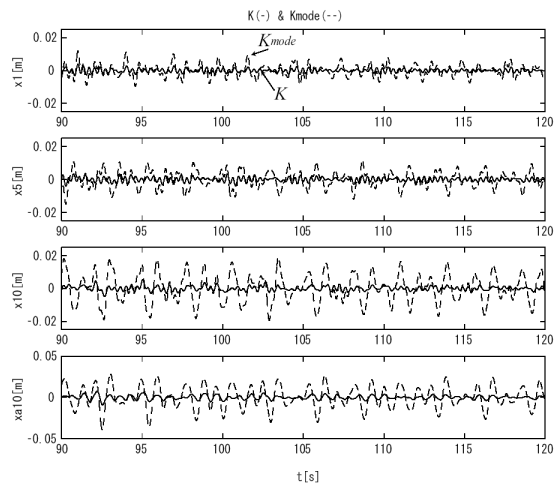


図4 インパルス応答

また、波動制御法の他分野への展開という観点からは、外界と接触作業を行うロボットの衝撃力を波動制御法の概念を用いて吸収することを考え、そのための要素技術として、接触位置の推定法、ならびに、接触状態移行のための制御アルゴリズムの開発を行った(図5, 6: 図5は接触点位置推定誤差. 左側が提案手法, 右側が従来手法. 図6はハンドロボットによる物体の捕獲~設置の様子). 今後、これらの要素技術をもとに、滑らかな接触作業実現のための設計指標の確立を進める予定である.

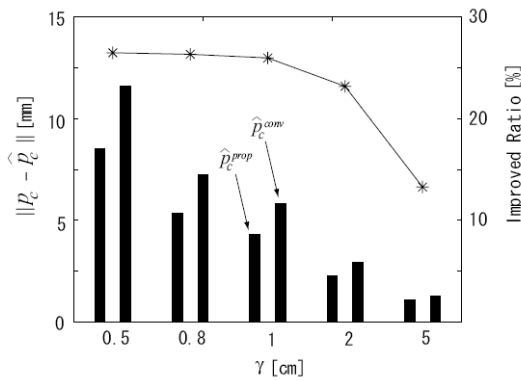


図5 接触位置の推定誤差

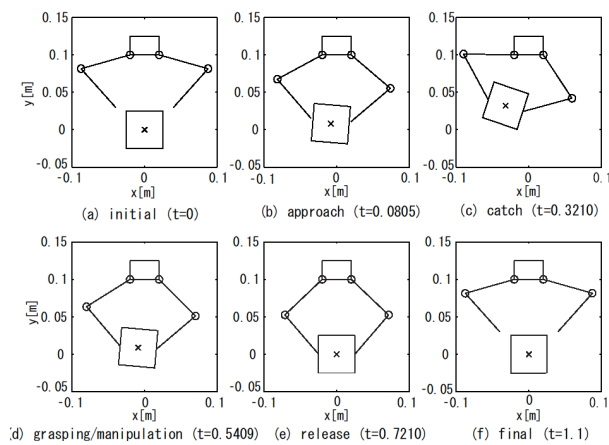


図6 捕獲~運搬~設置作業の様子

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 8 件)

- ① 竹内康之, 長瀬賢二, インピーダンスマッチング指標を用いた柔軟構造物の振動制御(受動ダンパと動吸振器の最適調整), 日本機械学会論文集(C編), 査読有, Vol.

76、2010、掲載決定

- ② 林剛史, 長瀬賢二, 指先と対象物の相対距離に基づく多指ハンドロボットの制御-ソフトコンタクトの場合-, 第27回日本ロボット学会学術講演会講演論文集, 査読無, 2009, RSJ2009AC3A1-4
- ③ 長瀬賢二, 向井浩氣, 力とモーメントのノイズの偏りを考慮した力覚センサによる接触点位置の推定, 日本ロボット学会誌, Vol. 27, No. 10, 査読有, 2009, 1160-1168
- ④ H. Mukai and K. Nagase, Contact Point Sensing from Force Measurements Disturbed by Noise, Proc. of European Control Conference 2009, 査読有, 2009, TuA14.6
- ⑤ 竹内康之, 長瀬賢二, インピーダンスマッチング指標を用いた柔軟構造物の振動制御(受動ダンパと動吸振器の最適調整), 第11回運動と振動の制御シンポジウム講演論文集, 査読無, 2009, 424-429
- ⑥ H. Mukai and K. Nagase, Estimation of Contact Location from Force Measurements Disturbed by Noise, SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration, 査読有, 2009, 146-152
- ⑦ 白井哲, 長瀬賢二, 指先位置と対象物の重心位置間の相対距離に着目した把握操りの制御, ロボティクス・メカトロニクス講演会'08 講演論文集, 査読無, 2008, 1P1-A03
- ⑧ 向井浩氣, 長瀬賢二, 力覚センサの力/モーメントのノイズの偏りを考慮した接触点位置推定法, 第8回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会論文集, 査読無, 2007, 9-10

[学会発表] (計 5 件)

- ① 林剛史, 長瀬賢二, 指先と対象物の相対距離に基づく多指ハンドロボットの制御-ソフトコンタクトの場合-, 第27回日本ロボット学会学術講演会, 2009.9.17, 横浜国立大学(神奈川)
- ② 竹内康之, 長瀬賢二, インピーダンスマッチング指標を用いた柔軟構造物の振動制御(受動ダンパと動吸振器の最適調整), 2009.9.4, アクロス福岡(福岡)
- ③ H. Mukai and K. Nagase, Contact Point Sensing from Force Measurements Disturbed by Noise, European Control Conference 2009, 2009.8.25, Hotel InterContinental Budapest (Hungary)
- ④ 白井哲, 長瀬賢二, 指先位置と対象物の重心位置間の相対距離に着目した把握操

りの制御、ロボティクス・メカトロニクス講演会、2008. 6. 6、ビックハット（長野）

- ⑤ 向井浩氣，長瀬賢二、力覚センサの力／モーメントのノイズの偏りを考慮した接点位置推定法、第8回 計測自動制御学会 システムインテグレーション部門講演会、2007. 12. 20、広島国際大学（広島）

6. 研究組織

(1) 研究代表者

長瀬 賢二 (NAGASE KENJI)
和歌山大学・システム工学部・准教授
研究者番号：70303667

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：