

## 第 8 回ナノスケールサーボのための 新しい制御技術協同研究委員会議事録(案)

### 1. 日時・場所

日時:平成19年6月21日(木) 14:00~

場所:〒153-8505 東京都文京区 本郷 7-3-1

東京大学大学院 工学系研究科(新)2号館 3階, 電気系会議室 2

### 2. 出席者

委員長 藤本(横浜国立大)

幹事 川福(名工大), 佐渡(東芝)

委員 熱海(日立), 石本(ソニー), 伊藤博仁(キヤノン), 内田(日立), 浦川(ソニー),  
河辺(富士通), 高倉(東芝), 長縄(秋田大学), 中村(安川), 原武生(富士通),  
藤岡(京大), 堀(東大)

幹事補佐 呉(東大)

オブザーバ 高木清志(キヤノン), 石川 潤(東京電機大), 浦谷勝一, 栃本茂昭(以上, コニカミノ  
ルタテクノロジーセンター), 武笠智治(ソニー), 松澤卓治(富士通), 大島隆史, 坂田  
晃一, 浅海博圭, 仲居孝洋, 白石孝行(以上, 横浜国立大), 石原太一(東大)

(計 28名)

### 3. 資料

NSS-8-0 第 8 回ナノスケールサーボのための新しい制御技術共同研究委員会議事次第

NSS-8-1 第 7 回ナノスケールサーボのための新しい制御技術共同研究委員会議事録(案)

NSS-8-2 9月開催の研究会について

NSS-8-3 GKYPに基づくロバスト制御系の設計

NSS-8-4 Output Regulation for Sampled-Data Feedback Systems: Internal Model Principle and  
 $H_{\infty}$  Servo Controller Synthesis

### 4. 議事

#### 4.1 前回の議事録確認(資料 NSS-8-1)

呉幹事補佐より第 7 回委員会の議事録が読まれ, 川福幹事より研究会についての議事記録中  
テーマ名に関する記録の変更と, 藤本委員長よりベンチマークセッションに関する説明の変更の  
要請があり, 修正することにした。

#### 4.2 自己紹介

始めた参加したオブザーバ(石川, 浦谷, 栃本, 武笠, 松澤)4人の自己紹介があった。

#### 4.3 研究会について

川福幹事から 9月に開催予定の研究会に関し, 開催日はまず 9月14日(金曜日)で確定だが  
集まった論文の数によっては 13日, 14日二日間の開催にする予定もあるとの話があった。藤本  
委員長から企業側からの積極的な参加をお願いする呼びかけがあった。また堀委員より, 学術的  
な発表も良いが, 企業ならではの内容での発表もやってほしいとの意見があった。

#### 4.4 今後の予定

佐渡幹事から今後の予定に関する話があり, 8月にできれば委員会を開催できるように計画し  
ているとのことであった。また原辰次講演者より来年 7月6日からソウルで開催される IFAC-

World Congress に関して IPC Co-Chairman としての紹介があり、特に企業側の研究発表を奨励するため Industrial Papers は一般論文とは違うレビューを行なうので、積極的な参加をお願いするとの呼びかけがあった。

## 5. 講演会

### 原 辰次(東京大学)

「GKYPに基づくロバスト制御系の設計」

動的システムの設計方法としてよく使われていた  $H_\infty$  制御の周波数整形は、重みを利用した近似解でありながら、高次化、サイドエフェクトなどの問題点を抱えていたが、GKYP 補題を利用することでより直接的で系統的な設計ができるようにした。

制御しやすいシステムを特徴付け、それをさらに制御器設計にまで利用する統合化設計を目指したのが GKYP 補題を利用した制御系設計である。たとえば、同相のシステムが制御しやすいことに着目、それを有限周波数正実性条件としておくことでシステム論的な議論ができるようにし、さらにそこから制御器の最適化設計ができるようにするのが GKYP 補題を利用した制御系設計の考え方である。

そこで、与えられたシステムの周波数特性(すべての周波数帯域に対する)の条件を線形行列不等式(LMI)で表される等価な条件に変換する KYP 補題を、有限周波数帯域を対象としたものに一般化する GKYP を提案、さらにそれを利用して convex な最適化問題を解けるようにし制御系設計ができるようにした。それにより有限周波数における整形ができるようにした。

Q1: 感度関数のピークを最小化するにはどうすればよいか。

A1: 最適化問題は convex な問題でなければならないので、傾きを固定した線形領域の最適化にして問題をとく。また、線形でないパラメータ、たとえばノッチフィルタの分母なども convex 問題にならないので難しい。

C1: いままでベクトル軌跡を利用して制御器を設計して来たが、それと直接つながる、今までの聞いたことのない理論がこれのように思える。

### 藤岡 久也(京都大学)

「Output regulation for sampled-data feedback systems: Internal model principle and  $H_\infty$  servo controller synthesis」

外乱の信号を特定の初期値によって生成される, exosystem として考える議論にしたときに、ステップ信号のようにその exosystem が反安定(anti-stable)な場合でも、その外乱を出力から除去する問題を考える。

この問題は内部モデル原理として昔から知られている問題だが、これをデジタル制御にした適用し、逆にステップ外乱除去問題を考えたときに、内部モデルがなくてもそれが解決できるかどうかを見る。またサンプル制御器の枠組みで出力レギュレーションを達成するにはどうするかを考えた。

そのための問題設定で理想サンブラとダイナミクスが入った一般化サンブラを考えると、ロバスト性考えた出力レギュレーションができるのは、その出力信号を理想サンブラで取ってきたときだけであることがわかった。すなわち、ダイナミクスが入った一般化サンブラはそのロバスト性を向上させるには役に立たないことが判明された。

Q1: 実際に考えているのは虚軸の極問題なのか。

A1: そうである。それがやはり実際的で面白い問題である。

Q2: 現実的な外乱をこの制御器設計に適用しようとすると何種類の外乱を想定すればよいか。

A2: すべての外乱を想定するのは難しい。最も強い外乱をいくつか決めてそれを抑制するしかない。

Q3: サンブラには制御性能向上に限界があり、ホールダの方でより改善ができると思えたがそれによいか。またその残ったホールダの設計問題を  $H_\infty$  の枠組みで議論することはできないか。

A3: その理解でただし。ステップ外乱に対するホールダ最適設計は示したが、各外乱による設計も可能ではあると思う。