

第2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

1. 日時・場所

日時:平成18年4月27日(木) 13:00~17:30 (13時~:見学, 委員会は14時から)

場所:東京大学生産技術研究所 第4会議室(プレハブ棟)

〒153-8505 東京都目黒区駒場4-6-1 東京大学生産技術研究所

2. 出席者 (敬称略)

委員長 藤本(横浜国立大)

幹事 川福(名工大)

委員 熱海(日立製作所), 伊藤博仁(キヤノン), 岩崎(名工大), 内田(日立GST),
浦川(ソニー), 小出(NHK), 佐藤(兵庫県立大学), 長縄(秋田大学), 中村(安川),
橋本(群馬大学), 原武生(富士通), 平田(宇都宮大), 堀(東大), 牧野内(ニコン),
楊(ニコン)

幹事補佐 呉(東大)

オブザーバ 河辺(富士通), 広瀬(名工大), 巖(名工大), 鴨下(東工大), 中村(東大)

3. 資料

NSS 2-0 第2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次第

NSS 2-1 第1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)

NSS 2-2 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活動方針及び報告書

NSS 2-3 産業計測制御研究会への参加について, H18産業応用部門大会シンポジウム

NSS 2-4 第3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開催案内

NSS 2-5 HDDベンチマーク問題概要(フォロイング制御編)

NSS 2-6 30 μ m動作範囲を有するナノモーションアクチュエータの設計と制御

4. 議事

4.1 第1回委員会議事録の確認

呉幹事補佐より第1回委員会議事録(案)の概要が朗読され(資料NSS 2-1), 熱海委員から出席者の名前に不備があるとの指摘があり, 呉幹事補佐が改めて確認することにした。

4.2 活動報告

藤本委員長より電気学会総会に提出した委員会活動方針及び報告書(資料NSS 2-2)に基づき, 活動報告を行われた。3月に行われたAMCでのオーガナイズドセッションに関する報告を行い, 2年後のAMCでもセッションを設けたいとの趣旨を述べた。

4.3 産業計測研究会に関して

川福幹事より, 9月工学院大学で行われる産業計測制御研究会に関する説明(資料NSS 2-3)があり, 特にベンチマーク問題に関しては, ショートスパンのシーク系も含めた問題設定の論文も投稿してもらいたいとの呼びかけがあった。

4. 4. HDDベンチマーク問題に関して

平田委員よりMSS委員会で作成されたHDDベンチマーク問題に関する説明(資料NSS 2-5)があった。昨年9月の研究会でまとめた、フォロイングに対していくつかの手法をベンチマーク問題に適応した結果を紹介し、今年度の研究会ではショートスパンシークに関して、同じようなまとめをしたいとの趣旨を述べた。

さらに、熱海委員が現在のベンチマークモデルのメカモデルの高周波振動表現に関する問題点を指摘し、平田委員よりその部分を改良したバージョンを5月中旬に公開するとの話があった。公開の方法は委員会のメーリングリストを利用するとのことであった。

藤本委員長より、ベンチマーク問題に関する論文も設計論自体は既発表のものであっても、それをベンチマークに適用し、新しい考察や知見が得られた報告であるならば、新規性のあるオリジナル論文であるとの見解が述べられた。

4. 5. 産業応用部門大会シンポジウムに関して

川福幹事より8月に行われる産業応用部門大会シンポジウムの案内(資料NSS 2-3)があり、テーマ名はナノスケールであっても超高速超精密制御に関するものであるので、ぜひ聴講をとの呼びかけがあった。

4. 6. 3回委員会開催案内に関して

呉幹事補佐より次回委員会が7月11日(火曜日)、東京工業大学すずかけ台キャンパスで行われるとの説明(資料NSS 2-5)があった。

4. 7. その他

藤本委員長より杉浦新委員(東芝)の委員追加の報告があり、2回委員会に始めて参加した委員とオブザーバ参加者の自己紹介があった。

岩崎委員から11月に開かれるIECONのスペシャルセッション、High Precision Motion Controlへの投稿依頼と査読をお願いするとのことと、平田委員から10月開かれる日韓合同のSICE-ICCASでIndustrial Collaborationの一つのセッションとしてInformation Device関係のセッションを準備している、委員の方に投稿をお願いするかもしれないとの話があった。

5. 講演会

・長縄 明大(秋田大学)

「PZTと変位拡大機構を組み合わせた超精密位置決め機構の制御」(資料NSS 2-6)

秋田県地域結集型共同研究事業(平成12年度～17年度)の一環として、スピンドルテスター(磁気記録評価装置)におけるHGAの超精密位置決め機構に関する研究開発を行っている。スピンドルテスターでは、これまで機械剛性やスピンドルモータの精度を向上することにより高記録密度化に対応できていた。

しかし、ナノスケールでの位置決め精度が要求される現在では、スピンドルモータからの非同期な回転振れや温度ドリフトなどの影響により、安定した記録再生信号の評価を行うことが不可能となり始めている。そこで、スピンドルテスターにおいて、高速高精度なトラックフォロイングを実現するナノモーションアクチュエータ(NMA)の研究開発を行っている。NMAは、PZTと変位拡大機構を組み合わせた超精密位置決め機構であり、共振周波数5.0kHz、最大変位量12.5 μ mの性能を有する。しかし、共振ピーク値が非常に大きいため、粘弾性体とステンレススチール製の拘束板で構成される減衰材を導入した。

また、自重の2倍の15gの負荷質量を取り付け、PIDコントローラとIIRフィルタで構成されるコントロー

ラにより、サーボ帯域3.07kHzを実現し、位置決め精度0.11nm($\pm 3\sigma$)での制御を実現した。さらに、NMAの最大変位量は12.5 μ mであり、あらかじめサーボ信号が記録されたメディアを評価する場合、取り付け偏心が許容できないことが懸念されている。しかし、最大変位量と機械剛性はトレードオフの関係にあるため、ビーム寸法や変位拡大率の検討を行いながら、最大変位量30 μ mを実現する30 μ m型NMAを開発した。その制御性能を検証したところ、サーボ帯域2kHz以上、立ち上がり時間0.06msの高速な位置決め性能を実現することができた。

Q1: ヒンジを介して減衰材を貼り付けると、変位拡大率は低下しないか。

A1: 研究で使用した減衰材を用いた場合には、変位量の低下は見られなかった。

Q2: 2種類の30ミクロン型NMAの評価では、共に減衰材を導入したのか。

A2: 減衰材を導入して計測した結果である。

Q3: 形状を最適化する際、機構系と制御系の同時最適制御は検討したのか。

A3: 現在、他の大学と共同研究を行っている。

Q4: 50%程度のオーバーシュートはなぜ起きるのか？

A4: 制御系の伝達関数にも依存しているが、DSP環境の2サンプル遅れの影響も大きいと考えている。

Q5: 2~3kHzの帯域で0.06msecの立ち上がりの速さは速すぎるのではないか？

A5: サンプリング周期が20 μ secであるため、サンプリング周期について今後検討したい。

Q6: センサ系の周波数特性が問題になるのでは？

A6: 機械共振周波数よりセンサ系の帯域が高いため、問題にならないと考えている。

Q7: 光ファイバー式センサの原理は？

A7: ATOPS with ATP-A30を利用しており、被測定物から受光ファイバーに反射する光量が距離によって変化する原理を利用している。

・熱海 武憲((株)日立製作所)

「ナイキスト周波数を超えた外乱抑圧制御」

HDDにおいて、データの読み書きを行っている間はサンプル値制御系のサンプル点間に相当しているため、データの守るためにはサンプル点間振動も補償するサンプル値制御を行う必要がある。そのために必要なサンプル制御系での外乱抑圧特性(感度関数)を新しく提案した。

提案する解析手法は制御対象と離散制御器の周波数特性から直接感度関数を計算する手法で、考慮する周波数を有限とし、連続時間信号を複数の周波数での離散時間信号の和として表現した。その結果、サンプリングの逆特性を定義可能となり、その逆特性より離散時間系の相補感度関数から、サンプル値制御系での感度関数と相補感度関数を求める計算式を示した。また、得られた感度関数に基づいてPIと位相変動フィルタを設計し、ナイキスト周波数より大きい共振を抑えることができた。

Q1: マルチレートにして二つの共振を同次に抑えることはできないか？

A1: ウォータベッド現象によりやはりどこかの感度関数を下げると違う部分が盛り上がってしまう。

Q2: 一般化サンプリングは使えないか？

A2: 現在はインパルスサンプリングを利用しているが、位置と速度の和などのサンプリングがあれば使いたい。