

や、パラメトリック励振と内部共振の影響<sup>(181)~(183)</sup>に関する研究がある。解析手法では、履歴特性<sup>(184)(185)</sup>、連続関数で表される非線形性<sup>(186)</sup>、区分線形系<sup>(187)</sup>、非線形偏微分方程式<sup>(188)</sup>、空間的に分布する非線形要素<sup>(189)</sup>を対象とした研究や、エネルギー保存則<sup>(190)</sup>、ラグランジュ乗数法<sup>(191)</sup>、部分構造合成法<sup>(192)</sup>の利用、強非線形性と弱非線形性の分離<sup>(193)</sup>、摂動近似解の改良<sup>(194)</sup>など多くの研究がある。また、移動する細長いはり<sup>(195)</sup>、弦<sup>(196)</sup>、粘弾性ベルト<sup>(197)</sup>や、ベルト駆動でのガイド<sup>(198)</sup>、ねじれ<sup>(199)</sup>の影響の研究など、移動体の非線形現象を対象とした研究も目立つ。

一方、摩擦関連ではモデル化<sup>(200)</sup>、スティックスリップ<sup>(201)(202)</sup>、内部摩擦による不安定化<sup>(203)</sup>の研究、回転体では支持のクリアランス<sup>(204)(205)</sup>やクラック軸<sup>(206)</sup>の研究がある。また、同定法<sup>(207)(208)</sup>や非線形動吸振器<sup>(209)~(211)</sup>に関する研究も引き続き行われ、非線形波動<sup>(212)~(214)</sup>や非線形系に対する衝撃外力の影響に関する研究<sup>(215)</sup>もある。

[井上 卓見 九州大学]

## 7. 力学系理論と応用

基礎的なものとしては、Melnikovの方法の拡張<sup>(216)(217)</sup>、平均法や多重尺度法の高次近似<sup>(219)(220)</sup>、分岐解析のための数式処理<sup>(221)</sup>、適切な直交モードへの展開<sup>(222)~(224)</sup>、不規則系の分岐現象<sup>(225)(226)</sup>に関する研究があげられる。また、力学系理論の手法を用いた測定法<sup>(227)</sup>や変化のスケールが異なる振動が共存する系<sup>(228)(229)</sup>、カオス同期<sup>(230)(231)</sup>についてのものがある。フィードバック制御系<sup>(232)</sup>、二重倒立振り子<sup>(233)</sup>に対する余次元2の特異性の強い分岐現象の解析も行われている。

応用的なものとしては、支持-固定はりの3:1共振現象<sup>(234)</sup>、シェル自由振動<sup>(235)</sup>、剛体の運動に対するMelnikov解析<sup>(236)</sup>、回転体のwhirlingやカオス振動<sup>(237)~(239)</sup>、送水管の非線形挙動<sup>(240)(241)</sup>、理想的な線路を走行する鉄道車両や<sup>(242)</sup>波浪を受ける船舶の分岐現象<sup>(243)(244)</sup>、回転するタイヤに生じる定在波<sup>(245)</sup>、海中の音波の非線形現象<sup>(246)</sup>などの研究があげられる。また、力学系理論を適用することにより、棒<sup>(247)~(251)</sup>、リング<sup>(252)(253)</sup>、シェル<sup>(254)</sup>などの弾性体に対して、座屈後の局在化したあるいは複雑な変形や分岐現象が解析されている。さらに、カオスなどの非線形挙動を考慮あるいは利用した制御が、倒立振り子<sup>(255)</sup>、ステッピングモータ<sup>(256)</sup>、片持はり<sup>(257)</sup>、熱交換器用配管<sup>(258)</sup>などに対して行われている。

この分野の研究は多岐にわたっており、研究件数は

急速に増加している。1997年に開催された国際会議の会議録<sup>(259)</sup>は比較的最近の研究動向を知る上で有用である。また、文献<sup>(260)</sup>では、著者の研究結果が総括され、数学的ではあるものの、2自由度以上の多自由度系において共振状態で起こるカオス現象に対する有力な解析手法が与えられている。さらに、力学系理論に立脚した非線形制御の入門書<sup>(261)</sup>やカオス制御、カオス同期についてのハンドブック<sup>(262)</sup>も出版されている。

[矢ヶ崎 一幸 岐阜大学]

## 8. 最適設計

複合領域最適化(MDO)の研究が、国外において近年活発に進められているが、わが国においても機械工学ならびに航空宇宙工学の分野において、構造・流体・制御の各設計変数を同時に考慮した最適設計の研究が活発になってきている<sup>(263)</sup>。MDOに関連して1999年に開催されたISSMOの3rd WCSMOでは、トポロジー最適化<sup>(264)(265)</sup>と形状最適化<sup>(266)(267)</sup>の研究をはじめ、板の構造最適設計、多目的関数最適化、スマート構造の最適設計、複合材料の最適化、構造/制御の同時最適化、信頼性設計、生体医療への最適化の応用、などの多くの発表論文があった。また、MDOにおける最適化手法として、並列化GA<sup>(268)</sup>、感度解析と応答曲面などの近似法を用いた最適化手法<sup>(269)(270)</sup>、非こう配法<sup>(271)</sup>、ラディアルベース関数ネットワークによる領域適応形GA<sup>(272)</sup>、などが提案されている。最近では市販の汎用最適化ソフトウェアパッケージを用いた最適設計への応用研究も見受けられる<sup>(273)</sup>。

[古谷 寛 東京工業大学]

## 9. 運動と振動の制御

D & D' 99<sup>(274)</sup>および同時に開催された第6回「運動と振動の制御」シンポジウム<sup>(275)</sup>で、多数の関連論文が発表された。国際学会としては、4月にわが国でPioneering International Symposium on Motion and Vibration Control in Mechatronics<sup>(276)</sup>、9月にはラスベガス(アメリカ)でInternational Symposium on Motion and Vibration ControlがASME Design Engineering Technical Conference<sup>(277)</sup>の中で開催され、それぞれ約50編の論文が発表された。

この分野では、近年、ロバスト制御を中心とする先端的な制御理論が積極的に導入された。最近の研究では、これらの理論を単純に適用するだけでなく、個々の制御対象に合わせて、様々な工夫を施す傾向が見られる。

柔軟構造物の制御に関しては、出力フィードバックによる極配置<sup>(278)</sup>、閉領域へのロバスト極配置<sup>(279)</sup>、フィルタ包含LQ制御<sup>(280)</sup>、2自由度制御系<sup>(281)</sup>、 $H_\infty$ 制御<sup>(282)(283)</sup>、ディスクリプタ形式による $\mu$ 設計<sup>(284)</sup>、スライディングモード制御<sup>(285)</sup>などの制御手法を適用した研究が報告されている。

クレーンの制御には、フィードフォワード制御<sup>(286)</sup>、モデル予測制御<sup>(287)</sup>、波動制御<sup>(288)</sup>、 $H_\infty$ 制御<sup>(289)</sup>、非線形制御<sup>(290)</sup>、ファジィ理論<sup>(291)</sup>、ニューロ制御<sup>(292)</sup>などが適用されている。

弾性アームの防振制御では、非線形 $H_\infty$ 制御手法<sup>(293)</sup>やニューラルネットワーク<sup>(294)</sup>などが用いられる一方で、簡単なデジタル制御の手法も提案されている<sup>(295)</sup>。また、振動が発生しないような目標軌道を最適化手法を用いて求める研究も報告されている<sup>(296)~(300)</sup>。

アクティブまたはセミアクティブサスペンションに関する研究では、 $\mu$ 状態フィードバック制御<sup>(301)</sup>やVSS(可変構造系)オブザーバ<sup>(302)</sup>の適用が検討されている。

構造と制御の同時最適設計に関する研究では、Youlaパラメトリゼーション<sup>(303)</sup>、 $H_\infty$ 制御<sup>(304)</sup>、極配置法<sup>(305)</sup>、行列不等式法<sup>(306)(307)</sup>などが利用されている。また、小形飛翔体の設計への応用が試みられている<sup>(308)</sup>。

形状記憶合金アクチュエータに関しては、逆ヒステリシスモデルを組込んだ位置制御系が提案されている<sup>(309)</sup>。圧電アクチュエータでは、ソフトウェア電荷制御によるヒステリシス補償が位置制御系に用いられている<sup>(310)</sup>。

[水野 毅 埼玉大学]

## 10. 知的システム・知的制御

知的システムと知的制御の研究は広範な研究領域であるが、本章ではファジィ、ニューラルネット、遺伝的アルゴリズム、人工知能などの新しいアプローチの方法論に限定して述べる。1999年に日本機械学会論文集に掲載された論文の中で機械力学・計測制御に関連する知的システム・知的制御の論文は、その数は約20程で、広い研究分野に存在している。その内容はニューラルネットワークの構築法<sup>(311)</sup>や遺伝的アルゴリズムの適応的方法<sup>(312)</sup>、ロバスト設計手法<sup>(313)</sup>などの方法論に関する研究であり、それら以外は応用対象を想定した研究が多い。後者の研究は、ロボットを対象にした研究<sup>(314)~(318)</sup>、推定や診断に関する研究<sup>(319)~(321)</sup>、クレーンの制御<sup>(322)(323)</sup>、油圧サーボ機構<sup>(324)</sup>、電気自

動車の駆動力制御<sup>(325)</sup>などの応用研究である。特に、免疫システムの利用の研究<sup>(315)</sup>は新しい方向性を与えている。

海外の雑誌の動向として、ファジィ制御の分野においては、ファジィルールの自動的な学習法<sup>(326)</sup>とファジィ・ニューロアーキテクチャによる知識抽出<sup>(327)</sup>、1992 ACCベンチマーク問題への定性的ファジィ制御の応用<sup>(328)</sup>などの研究をあげることができる。ニューラルネットワークの応用に関する研究は盛んで、モータの制御<sup>(329)</sup>、サーボ機構への応用<sup>(330)</sup>、マニピュレータ制御への応用<sup>(331)</sup>、音のアクティブ制御<sup>(332)</sup>などの研究がある。その他、新しいパルス連成ニューラルネットワークのモデルとその応用の研究<sup>(333)(334)</sup>は今後の発展が期待でき、制御に重要なリカレントタイプのネットワークのオンライン学習法<sup>(335)</sup>の研究はニューロ制御の応用を広げるものと期待できる。

[吉田 和夫 慶應義塾大学]

## 11. 電磁力関係

1999年度機論C編の機械力学・計測・自動制御の論文総数は445編であり、電磁力関係として38編が抽出できる。新しい学問を形成する振動制御関係では、適用対象が新規性なものとして床制振への電磁アクチュエータ適用<sup>(336)</sup>やAMDによる超高速エレベータ振動制御<sup>(337)</sup>が、設計法主体のものとして長大橋主塔のACモータ制振<sup>(338)(339)</sup>、磁気浮上車両 $H_\infty$ 制御<sup>(340)</sup>、建物制振の変ゲイン制御<sup>(341)</sup>が、アクチュエータ設計では振動制御用電磁石設計<sup>(342)</sup>が、PVDFでは三角状フィルム利用の制振<sup>(343)(344)</sup>が、磁気・導電物間の関係では磁気減衰効果の研究<sup>(345)(346)</sup>がある。 piezo素子に関しては、振動制御応用<sup>(347)(348)</sup>、ヒステリシス抑制<sup>(349)</sup>、マイクロポンプ提案<sup>(350)</sup>、セルフセンシング応用<sup>(351)</sup>の研究がある。ER(MR)流体関係では、減衰性解明<sup>(352)(353)</sup>、位置決めテーブル応用<sup>(354)</sup>、ダンパ応用<sup>(355)~(357)</sup>の研究がある。磁気軸受に関しては、設計法主体の研究<sup>(358)~(361)</sup>、中ぐり加工機開発<sup>(362)</sup>や搬送システム開発<sup>(363)</sup>や耐震設計<sup>(364)</sup>という応用開発、ばねと粘性定数評価<sup>(365)</sup>という基礎研究がある。動吸振器に関しては、DCモータ回生エネルギー利用能動制御<sup>(366)~(369)</sup>、質量測定への適用<sup>(370)</sup>の研究がある。特殊アクチュエータに関しては、高温超電導モータ開発<sup>(371)</sup>、人工心臓モータ開発<sup>(372)</sup>、SMA応用<sup>(373)</sup>がある。なお、国内会議は3月に論文489編を集めD&D'99<sup>(374)</sup>(千葉大)、10月に特別企画6件と講演177件を集め第11回電磁力関連のダイナミクス(横浜)が、国際会議は7月に論文213編を集めPEDS'99<sup>(375)</sup>