

# 機械工学年鑑(1997年)

## 機械力学・計測制御

### 1. 連続体の振動・波動

平板、殻に関しては積層複合材料を対象とした研究がめだつ。自由振動解析では、三次元弾性論に基づくねじれた厚肉積層板<sup>(1)</sup>、古典理論に基づく積層複合変厚円すい殻<sup>(2)</sup>、厚肉殻理論に基づく回転する積層複合円筒殻<sup>(3)</sup>に関する研究があり、いずれも級数解が用いられている。強制振動解析では、構造減衰を考慮したFRP 逆対称積層長方形板の定常応答<sup>(4)</sup>、回転する異方性一般軸対称殻の時刻歴応答<sup>(5)</sup>に関する研究がある。さらに、Complex 法を用いた積層長方形板の基本振動数の最大化設計<sup>(6)(7)</sup>も見られる。また、粘弾性心材をはさんだサンドイッチ状三層材では、はりの衝撃応答特性<sup>(8)</sup>、折れ曲りばりの振動減衰特性<sup>(9)</sup>、長方形板の曲げ振動減衰特性<sup>(10)</sup>に関する研究がある。

一方、古くから解析されているはりや平板などに対しても、継続してさまざまな問題が取り上げられている。き裂を有する粘弾性ばりの定常応答解析<sup>(11)</sup>、剛性マトリックス法による走行履帯系の自由振動解析<sup>(12)</sup>、圧電フィルムをてん付したはりの振動解析と制御<sup>(13)</sup>、静的計測による回転円板の腰入れ効果評価法<sup>(14)</sup>に関する研究がある。また、選点法と呼ばれる連続体の離散化手法を平板の曲げ振動解析<sup>(15)</sup>、二次元ヘルムホルツ方程式系の解析<sup>(16)</sup>に適用して検討した研究や、平板の振動インテンシティ計測に関する研究<sup>(17)</sup>もある。

なお、浅い殻の自由振動に関する論文調査報告<sup>(18)</sup>では、1970年以降を中心に163件の論文が取り上げられている。本章では具体的に紹介しなかったが、解析対象が集中定数系としてモデル化されることの多かった流体関連振動や非線形振動の分野でも、近年は連続体として扱われるようになってきている。前述の最適化も含めて、このような他分野と融合した研究テーマが今後も増えるものと思われる。

[本田 善久 京都大学]

### 2. 振動基礎

ここ数年の振動基礎に関する研究動向を概観すると、連続体の振動、ロータダイナミクス、ダンピング、非線形振動、不規則振動などの単一の領域に関する研

究論文が減少して、複数の領域にわたるより複雑な問題を取扱った研究が増加している。

たとえば、連続体の非線形振動では積層板における内部共振を解明した研究<sup>(19)</sup>、連続体と流体・音場との関連振動について、間げき旋回流による弾性ディスクの動的安定性を取扱ったもの<sup>(20)</sup>や遮音構造体の弾性を考慮した音場解析<sup>(21)</sup>が挙げられる。さらに、連続体の不規則振動<sup>(22)</sup>に関する研究も見受けられる。

つぎに振動基礎に分類できる研究をみてみると、磁気ディスクに関する振動問題については、ディスクとヘッドの振動モデルにおいてディスク表面の不整の影響を考慮した解析<sup>(23)</sup>やヘッドをディスクに接触して走行させたときの問題を解析した研究<sup>(24)(25)</sup>が挙げられ、より実用的な研究が進められている。また、減衰振動に関する基礎的な研究としては、粘弾性振動子の強制調和振動の厳密解<sup>(26)</sup>や一般粘性減衰系の複素モード解析解について論じた研究<sup>(27)</sup>、弾塑性ヒステリシス系の振動特性<sup>(28)</sup>が見受けられる。さらに減衰パラメータの同定について簡易推定法を提案した研究<sup>(29)</sup>もある。

また、解析法に着目すると、最近注目されているウェーブレット変換を用いた1自由度ロボットの動特性の同定問題<sup>(30)</sup>や数値積分特性の改善のために付加質量法を提案した研究<sup>(31)</sup>がある。また、部分構造合成法とモーダル法を応用した翼・ディスク系の動応答解析<sup>(32)</sup>や畳み込み積分を用いた非線形ばね質量系の振動問題に関する研究<sup>(33)</sup>も挙げられる。

さらに新たな研究分野としては、適応構造物の一つである適応トラスの動力学を論じた論文<sup>(34)</sup>や拘束剛体系のための順動力学の定式化を提案した研究<sup>(35)(36)</sup>等も見受けられる。

[太田 佳樹 北海道工業大学]

### 3. ロータダイナミクス

この分野の研究は活発であり、特に磁気軸受、シール・軸受・ダンパ、非線形振動、翼振動に関して多くの研究報告がなされた。また機械振動のISO基準がISO-10816(軸受振動)、7919(軸振動)として約20年ぶりに改訂され、対応JIS-B 0906が改訂された。

磁気軸受では系の同定と極配置変更<sup>(37)</sup>, セルフセンシング<sup>(38)</sup>, 周期性外乱適応制御<sup>(39)</sup>, フィードフォワード制御による基礎励振応答低減<sup>(40)</sup>, デスクリプタ $\mu$ 設計<sup>(41)</sup>, モード別 $H_\infty$ <sup>(42)</sup>, ゲインスケジュール $H_\infty$ <sup>(43)</sup>制御など報告が多く, International誌で12月に小特集が組まれた。非線形振動では内部共振や和差・超和差調波振動<sup>(44)(45)</sup>, 解析法<sup>(46)(47)</sup>, 自在継手の係数励振<sup>(48)</sup>や自励振動<sup>(49)</sup>の報告がある。軸受・シール・ダンパ関連では静圧気体軸受の動剛性最大設計<sup>(50)</sup>, 液体水素静圧軸受<sup>(51)</sup>, 転がり軸受異常振動<sup>(52)</sup>, ラビリンスシール<sup>(53)</sup>, 翼チップ流体力<sup>(54)</sup>, ER流体による異方性可制御ダンパ<sup>(55)</sup>, 可制御電磁石ダンパ<sup>(56)(57)</sup>の研究報告がある。また遊星歯車太陽軸の自動調心<sup>(58)</sup>, 鉄棒大車輪等の回転引込み現象<sup>(59)</sup>など機構的現象の研究もある。翼振動ではミスチューン翼・ディスク系<sup>(60)(61)</sup>の報告が多い。またV形機関の起振力<sup>(62)</sup>や振動診断システム評価法<sup>(63)</sup>の報告がある。

国際会議では9月にASME Design Engineering Technical Conferenceがあり多くの研究報告がなされた。

[小林 正生 石川島播磨重工業(株)]

#### 4. 運動と振動の制御

ここ数年の傾向でもあるが, 制御手法としてはロバスト性に優れ不確かさを同時に扱うことのできる $H_\infty$ 制御・ $\mu$ シンセシスに関するものが多く発表された<sup>(64)~(68)</sup>。対象としては, 非線形システムを扱った研究が増えてきており, 非線形回路表現と制御に関する研究展望が見られる<sup>(69)</sup>ほか,  $H_\infty$ 制御のロバスト性を期待して線形制御系をゲインスケジュール法により拡張したもの<sup>(70)(71)</sup>, スライディングモード制御のロバスト性を期待したもの<sup>(72)~(74)</sup>, 非線形システムを扱える特徴を生かしたもの<sup>(75)</sup>やオブザーバまで考慮したもの<sup>(76)(77)</sup>, ニューラルネットワークにより非線形要素や不確定要素を補償しているもの<sup>(78)(79)</sup>, などさまざまな手法<sup>(80)~(82)</sup>が報告された。また, スピルオーバーを抑制する周波数成形スライディングモード制御に関する研究も報告された<sup>(83)(84)</sup>。

材料にピエゾ素子を積層することによりセンサとアクチュエータの機能を持たせたスマート材料に関する研究<sup>(85)~(87)</sup>も多く見られた。ニューラルネットワークによるスマート構造物の同定・状態推定・振動制御に関する研究<sup>(88)</sup>, 従来のポイント形アクチュエータでは複雑になってしまう音場などの制御に適用した研究<sup>(89)</sup>, 分布定数系の制御に向けたセンシングと加振に関する基礎研究<sup>(90)(91)</sup>, 積層されたワイヤにより構造

物に生じるのびとねじれを同時に測定できる分布センサに関する研究<sup>(92)</sup>など。

一方特徴ある研究としては, アクティブコントロールを実際のシステムへ適用する際に問題となる多量なエネルギー消費に注目したエネルギー回生形制御システムに関する研究<sup>(93)~(95)</sup>, ロバスト性を有するフィードバックゲインを決めるために遺伝的アルゴリズム(G. A.)を用いた研究<sup>(96)</sup>などが見られた。

[川島 豪 神奈川工科大学]

#### 5. 信号処理と計測

信号処理では, 非線形現象の解析など非定常な信号を分析するための手法に関する報告が多く, 従来のFFTスペクトルによる定常的な信号の解析からより実際的な分析へと進んできていることがうかがえる。特に時間周波数分析の代表的な手法である短時間フーリエ変換, ウィグナー分布, ウェーブレット変換などを具体的な場面に適用した場合の問題点やその解決方法について述べたものが多い<sup>(97)(98)</sup>。また, 非線形現象に適応フィルタ分析を適用した例や<sup>(99)</sup>, 流れの可視化画像を作成するときにニューラルネットを応用して二次元フーリエ変換を行った例もある<sup>(100)</sup>。

計測については, 画像処理を利用した方法, レーザ光を用いた計測, 音響信号を用いた計測などがある。画像処理では, 色彩情報を利用した腐食領域の検出<sup>(101)</sup>や濁りの検出<sup>(102)</sup>など被計測物の性状を検出するものと, 視覚センサとしてロボットの制御に用いた例<sup>(103)</sup>などがある。また, レーザ光を用いた例では, 光ファイバを利用した屈曲形のひずみ計<sup>(104)</sup>や, 空間の屈曲率分布を測定する透過形光CTに関する報告<sup>(105)</sup>がある。音を利用した計測では, 空洞内に設置した円筒の形状測定<sup>(106)</sup>, 薄膜圧電材のAEセンサにより磁気ディスクのスライダとディスクの接触検出をした例<sup>(107)</sup>, ダクト内壁を伝ばする回転音響モードを計測するために音響管壁上に多数のマイクロホンアレイを配置した例<sup>(108)</sup>, 空中用ソナーに多重構造アレイセンサを用いたグレーティングローブ抑圧技術に関する報告<sup>(109)</sup>がある。また, 計測そのものではないが, AEセンサの相互校正方法の報告もある<sup>(110)</sup>。その他には, 磁気軸受のセルフセンシング制御に差動トランスを用いた報告が見られる<sup>(111)</sup>。

なお, 制御系では信号処理と計測が行われるが, それらに関しては本節では取り上げなかった。

[小野 隆彦 (株)小野測器]

## 6. センサ

近年の計測工学の分野では、計測のシステム化の大きな流れがあり、計測は処理構造を含んだセンシングシステムとして扱われる場合が増えてきた。その中でも物理構造を利用したセンサ構造の提案<sup>(112)</sup>や並列処理を導入したセンシングシステムの提案<sup>(113)</sup>が注目されている。また、従来から行われている工学的手法、特に干渉を利用した計測の分野、あるいは音響を利用した計測の分野、さらには応用分野では生体計測の分野等において、デバイス技術や処理能力の進歩に支えられた新しい方法が提案され、従来よりも優れた計測方法が提案されている。

力・ひずみ計測に関するものとしては、超高压力の測定法<sup>(114)</sup>、ねじり剛性分布測定装置<sup>(115)</sup>、イヌ左心室壁の収縮期における残留ひずみ計測<sup>(116)</sup>、多モード音響共鳴を用いたテンソルセル触覚センサ<sup>(117)</sup>、凹形状触覚センシング<sup>(118)</sup>、人工能動触覚<sup>(119)</sup>などがあった。位置・変位計測に関するものとしては、放電式翼端すきま測定法<sup>(120)</sup>、近接RFタグ共振特性を用いた非接触変位センサ<sup>(121)</sup>、高速位置検出用センサアレイ走査法<sup>(122)</sup>、膝半月板の高精度変位量測定<sup>(123)</sup>などがあった。また、散乱光を用いた光学的表面的粗さ測定法<sup>(124)</sup>、超音波支援による局所摩擦観測<sup>(125)</sup>、生体表面の硬さ測定/関節トルク推定<sup>(126)</sup>などの表面計測や、可変オリフィス流量管などの流量計測<sup>(127)(128)</sup>や、振動計測<sup>(129)(130)</sup>、分光応答度の形を利用した放射温度計<sup>(131)</sup>などの温度計測があった。

その他の研究としては、岩盤切削時のリップポイント表面応力/温度測定<sup>(132)</sup>、自動車の実操舵力計測<sup>(133)</sup>、鉄道車両の輪重/横圧/脱線係数測定<sup>(134)</sup>、NC工作機械の運動精度測定<sup>(135)</sup>、加速度センサとジャイロセンサによる屈曲動作計測<sup>(136)</sup>、顕微鏡下での微小振動計測<sup>(137)</sup>やShape from Focusを用いた三次元顕微鏡測定<sup>(138)</sup>などがあった。

[石井 抱, 石川 正俊 東京大学]

## 7. 流体関連振動

4年に1回開催されるASMEの4th Int. Symp. on Fluid-Structure Interactions, Aeroelasticity, Flow-Induced Vibration and Noise<sup>(139)</sup>が、11月にアメリカ・ダラスで開催され145編の論文が発表された。広く産業界全体(原子力, 化学, 建築, 土木, 医療など)から投稿されているのが特徴である。熱交換器管群の流体力学弾性振動<sup>(140)</sup>、二相流中の振動<sup>(141)(142)</sup>、渦放出・音響共鳴<sup>(143)</sup>の研究および管群振動の設計指針を提案する研

究<sup>(144)</sup>が多かった。また最近のCFDの進歩により、流体構造連成の数値解析研究<sup>(145)(146)</sup>も多かった。非線形振動では、送水管について連続体の低次モデル化の研究<sup>(147)</sup>が、回転体では回転弾性ディスクの研究<sup>(148)</sup>がめだつた。一方、本分野の専門誌J. Fluids and Structuresでは、渦励振や円柱周りの非定常流の数値解析、実験<sup>(149)</sup>研究が1/3以上を占め、この他翼まわりの境界層制御<sup>(150)</sup>などがあつた。

国内では、長大橋の渦励振の能動制御<sup>(151)(152)</sup>など、特に建築・土木関連で振動制御研究が盛んである。生体内の流体関連振動<sup>(153)</sup>も増加傾向である。また、4月の通常総会ではパネルディスカッション「もんじゅ事故における流体関連振動について」が開催された。

7月のD&D Conf.では、オーガナイズドセッション「流体関連振動とそのアクティブ制御」が行われ、15件の発表がなされ、「非線形現象とカオス」、「流体計測制御」のセッションでも流体関連の研究が見られた。

研究会では、前年の本分野の主要英文論文を調査する第12回FIV研究会が、1月に例年どおり開催された。8月にはやよい研究会「第7回原子力分野における流体関連振動研究会」<sup>(154)</sup>が開催され、流れによる液面振動、管・管群の流力振動の数値解析技術が取り上げられた。さらに日本機械学会で、5月に講習会「流体関連振動-基礎と実際」が実施されるとともに、「配管内円柱状構造物の流力振動評価に関する基準」原案作成委員会が4月に発足し、1年間で原案を作成する。

[稲田 文夫 (財)電力中央研究所]

## 8. 騒音制御

この分野では自動車の商品性向上<sup>(155)~(158)</sup>や心理音響<sup>(159)(160)</sup>研究の継続と、車外騒音低減研究<sup>(161)~(166)</sup>が活発である。エンジンでは直噴ディーゼルの騒音発生機構解析<sup>(167)(168)</sup>が増えた。実験手法では音響加振<sup>(169)~(171)</sup>と近接音場ホログラフィ法の実用化<sup>(172)(173)</sup>が始まった。有限要素法応用<sup>(174)(175)</sup>は複雑なエンジン構造や高周波数域へと伸びている。また、ブレーキ騒音<sup>(176)~(178)</sup>の研究がめだつ。一般機械ではエレベータ音<sup>(179)</sup>や吸音材料モデル解析<sup>(180)</sup>、音質設計ツール研究がある<sup>(181)</sup>。アクティブ騒音制御では、大振幅制御<sup>(182)</sup>、 $H_\infty$ 制御<sup>(183)</sup>、遮音制御<sup>(184)</sup>、圧電素子での内部空間音場制御<sup>(185)</sup>がある。

[石濱 正男 神奈川工科大学]

## 9. 耐震・制振・免震

兵庫県南部地震以降、耐震・制振・免震への社会的な

関心が高まり、現在、その技術力は研究開発段階から実用段階へと急速に広がっている。また、近年当該分野の注目すべき研究動向としては、C編11月号にも小特集が組まれたが、インテリジェント材料を用いた振動制御技術の研究開発があげられる。以下に1997年度日本機械学会論文集に投稿された当該関連研究論文をまとめる。

**9・1 耐震** 耐震に関する研究では、大形構造物の簡易加振実験のための実時間ハイブリット実験システムの研究<sup>(186)</sup>、地震時における構造物内の精密機器等での機能・性能の維持向上を目的とした振動制御技術の研究<sup>(187)(188)</sup>、鋼管内部に歯車増速機構を設置した知能耐震柱の研究<sup>(189)</sup>、また、兵庫県南部地震時の鉄道車両や水槽の被害状況を調査した研究報告<sup>(190)(191)</sup>、地震時のタンクの破壊確率に関する研究<sup>(192)</sup>がある。

**9・2 制振・免震** 制振・免震に関する研究では、まず、近年論文報告数が飛躍的に伸びている、液晶、 piezo素子、ダイラタント物質等の知的材料を用いた防振<sup>(193)</sup>・除振<sup>(194)~(196)</sup>・制振<sup>(197)~(199)</sup>といった振動制御技術の研究開発に関するものがある。また、橋りょう主塔や高層構造物の振動低減を目的とした振動制御手法や制振装置の研究<sup>(200)~(208)</sup>、メカトロダンパによる免震<sup>(209)</sup>、空気アクチュエータを用いた6自由度微振動制御<sup>(210)</sup>、高減衰ゴムダンパの減衰特性<sup>(211)</sup>の研究もある。

なお、1997年8月にフランス・リヨンにおいて開催され、600件を越す論文報告があった14th International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology (SMiRT)では多くの耐震関連の研究報告があり、また、国内においては7月東京で行われたD&D Conferenceで、耐震・制振・免震に関する26件の研究報告がなされた。

[古屋 治 東京都立工業高等専門学校、清水 信行 いわき明星大学]

## 10. ダンピング

日本機械学会における活動としては、「新ダンピング技術に関する試験研究分科会」(RC 148)が発足したことが挙げられ、(1)ダンピング材料、(2)新形ダンパ開発、(3)動吸振器開発、(4)ダンピング性能評価、(5)最適設計・基準の五つのWGで研究活動が開始された。また、D&D '97のなかのシンポジウムとして「21世紀のダンピング技術」が開催され、約70編の論文が発表されるとともに、パネルディスカッションやワークショップで今後の展望や設計ノウハウに関して活発な意見交換が行われた<sup>(212)</sup>。

材料の減衰に関連する論文としては、積層形の制振材料に関するものが多数あるが<sup>(213)~(217)</sup>、そのなかで、金属板などに粘弾性体および圧電素子のシートが積層されパッシブおよびアクティブダンピングの機能を付加したものに関する論文がASMEでかなり見受けられた<sup>(215)~(217)</sup>。その他、分数階微分<sup>(218)</sup>、ダイラタント物質<sup>(219)</sup>、車両用防振ゴム<sup>(220)</sup>などに関するものが報告されている。

ダンパ関連では、機能性流体を用いたものが目に付き、ER流体に関するもの<sup>(221)(222)</sup>や、液晶を用いたもの<sup>(223)(224)</sup>が報告されている。また、メカトロダンパ<sup>(225)</sup>、弾塑性ダンパ支持配管の振動実験法の提案<sup>(226)</sup>、高減衰ゴムダンパ<sup>(227)</sup>、エンジンマウント系の制振ストッパ<sup>(228)</sup>などに関するものも報告されている。動吸振器に関してもいくつかの研究があり、最大振幅倍率最小化設計<sup>(229)</sup>、周波数追従機能<sup>(230)</sup>、反共振の自動探索<sup>(231)</sup>、副質量を有する建築制振用マスダンパ<sup>(232)</sup>などに関するものが報告されている。

そのほか、減衰振動系に関する論文としては、一般粘性減衰系の複素モード解析解の特徴<sup>(233)</sup>、減衰振動パラメータの簡易推定法<sup>(234)</sup>、モード減衰比の近似推定法<sup>(235)</sup>、実験的特性行列同定法<sup>(236)</sup>、ヒステリシス系の振動特性<sup>(237)</sup>、磁気減衰振動問題における連成モード合成法<sup>(238)</sup>などが報告されている。

[井上 喜雄 高知工科大学]

## 11. 非線形系の力学・制御

非線形系の力学・制御については多岐にわたり膨大な研究が行われており、ここで取りあげられているのは非常に限定されたものである。いくつかの学術誌で関連したテーマについて特集号<sup>(239)~(242)</sup>が組まれており、全般的な最近の研究成果・動向を知る上で有用である。また、カオス現象の工学への応用に関する数年前までの研究については解説記事<sup>(243)</sup>を参照されると良い。

まず、非線形力学に関する基礎的なものとしては、衝突系<sup>(244)</sup>、摩擦系<sup>(245)</sup>、対称性を有する振動系<sup>(246)</sup>、はりの内部共振現象<sup>(247)</sup>、乱れた格子における局所定在波<sup>(248)</sup>および分岐が起こる状態でのノイズの影響<sup>(249)</sup>や過渡現象<sup>(250)</sup>などの研究があげられる。最新の理論を用いた剛体の運動<sup>(251)</sup>や弾性棒の孤立波<sup>(252)</sup>についての研究も興味深い。また、連続体における変形の局所化やソリトンについては、Phil. Trans. R. Soc. Lond. A誌の特集号<sup>(253)</sup>が発行されている。非線形力学系理論を応用したものとしては、弦やケーブル<sup>(254)</sup>、回転体<sup>(255)</sup>、弾性送水管<sup>(256)</sup>、宇宙船<sup>(257)</sup>、動吸振器<sup>(258)</sup>、

切削過程における工具<sup>(259)</sup>などの研究があげられる。

非線形共振を積極的に利用した非線形制御手法が近年注目され、主系と吸振器との間に内部共振を発生させ、エネルギーの渡り歩きを利用してはりの振動緩和を実現した研究<sup>(260)</sup>、アクティブな動吸振器をもちいて二次の非線形性を作りだし、飽和現象を利用して振動緩和を実現した研究<sup>(261)</sup>などが行われている。また、非線形力学系理論を応用した非線形制御法の提案も盛んで、線形近似した場合には非可制御になる系に対する中心多様体理論をもちいた安定化法の研究<sup>(262)</sup>、分岐方程式に着目した分岐制御による Duffing 形の係数励振系に対する非線形安定化法の研究<sup>(263)</sup>、Hopf 分岐によって生じるリミットサイクルを非線形制御により、小さくし、定常振幅の低減を図った研究<sup>(264)</sup>などがある。また、微分幾何学的手法をもちいた制御に関しては、厳密には線形化不可能な系への対処法の研究が盛んで、等価線形化の方法を採り入れた倒立振り子の振り上げと安定化に関する研究<sup>(265)</sup>、標準形理論を用いた近似線形化の研究<sup>(266)</sup>などがある。さらに幾何学的手法をもちいた研究として、履歴特性を持つ非線形系の制御に関する研究<sup>(267)</sup>も興味深い。カオスの安定化法の研究では、リターンマップが一次元形状を示さない複雑なカオス振動系に対する OGY 法の適用法<sup>(268)</sup>が研究されている。

[矢ヶ崎一幸 岐阜大学, 藪野 浩司 筑波大学]

## 12. スポーツ工学

「スポーツ工学」は主にスポーツに係わるハードウェア(用具, 設備, 施設等のスポーツ環境)に関する工学であるが、スポーツという人間の動作を対象としているため、学際的な研究分野でもある。

種目別に見ると、ゴルフに関しては、シャフトの設計<sup>(269)</sup>と計測<sup>(270)~(272)</sup>、打球音の解析<sup>(273)</sup>、衝突と飛球<sup>(274)(275)</sup>やボール周りの流れ<sup>(276)</sup>が研究されている。テニスについてはボールとガットの打撃時の関係<sup>(277)</sup>、ラケットの把持力の評価<sup>(278)</sup>、ラケット材料の変遷<sup>(279)</sup>がある。スキーについては板の振動<sup>(280)</sup>とダンピング<sup>(281)</sup>、ビンディング離脱機構の開発<sup>(282)(283)</sup>、機能変更板の効果<sup>(284)</sup>、ジャンプ時の飛しょう<sup>(285)</sup>と流体力学<sup>(286)</sup>がある。シューズについては靴底の設計<sup>(287)(288)</sup>がある。その他にはランニング時の衝撃<sup>(289)</sup>、ルージュの訓練機器<sup>(290)</sup>、短距離走のスピード計測<sup>(291)</sup>、和弓の力学<sup>(292)</sup>、ボールの衝撃硬さ<sup>(293)</sup>、アーチェリの矢の流体力学<sup>(294)</sup>、柄の握りの評価<sup>(295)</sup>、競泳用水着の抵抗評価<sup>(296)</sup>などがあり、施設に関しては長野オリンピック各会場施設の解説<sup>(297)</sup>がされている。

また、精密工学会誌の特集「競技スポーツと精密工学」<sup>(298)</sup>で展望とシューズ、競漕艇、ゴルフ、バット、スキー、スポーツ計測の解説が示されている。これ以外に1997年7月に開催された日本機械学会創立100周年記念：スポーツ工学シンポジウム(東京)と1997年10月に開催されたスポーツ工学シンポジウム1997(岐阜県)での講演論文集(機講論 No.97-10-2 および No.97-34)に関連する論文が多数掲載されている。

[新津 靖 東京電機大学]

## 13. 最適化と適正化

最適化としては、遺伝的アルゴリズムなどによる報告<sup>(299)(300)</sup>が相変わらず多い。制御系と同時最適化<sup>(301)</sup>や音場など他の領域との連成解析<sup>(302)(303)</sup>がある。制御系もふくめた振動制御、そして、音場の最適化や感度解析、エネルギー流れ解析などは、音と振動の可視化ビジュアル化によってなされていることが多い。これらは、先端技術フォーラムやワークショップに組み込まれて議論されている。

適正化として考えると、いろいろな方向がでてきていると思われる。一つは、構造形態の新しい適正化であり、新しい見方での補強方法<sup>(304)(305)</sup>の検討がある。これは、スポーツ工学やバイオエンジニアリングなどでも言えることかもしれない。1997年3月の機論には、バイオニックデザイン特集も組まれているが、人間特性を考えた研究も多い。操作性を考慮して握りやすさと指の関係や手渡し動作など<sup>(306)~(308)</sup>、感性工学やVRとむすびつく分野の研究も行われている。

また、複雑系の多くの文献では、系と現象に含まれる局所ルールからの創造分析が進められつつあり、最適化適正化<sup>(309)</sup>の方向に向かうものと思われる。中には、通勤車両の座席の配置などレイアウト設計<sup>(310)(311)</sup>なども研究されている。これと同様に、音の波形から現象を分析識別すること、すなわち、ドア音や楽器<sup>(312)</sup>の弾き方の分析もなされている。音響では、音質の最適化の検討も続けて進められているが、放射音の最小化や認識定位や超音波など音圧を利用した搬送やその他がさらにすすめられている。音の放射解析<sup>(313)</sup>、通気性のある遮音<sup>(314)</sup>の新しい方法などもある。振動のエネルギー利用では、振動しているものからの回生エネルギーによるダンピング<sup>(315)~(317)</sup>の検討も進められ、系統的に適正な動力系<sup>(318)</sup>が考えられ始めている。その他、複合材、サンドイッチ材のパラメータ同定<sup>(319)</sup>や逆問題解析による加振力推定<sup>(320)</sup>など、ホモロジー設計<sup>(321)</sup>の研究などが進められている。

[田中基八郎 埼玉大学]

## 14. インテリジェント材料・構造

インテリジェント材料ならびに構造に関する研究はさまざまな分野で行われており、数多くの研究成果が発表されている。これらの研究を材料やデバイスの機能特性で分けると大きくアクチュエータ材料、センサ材料、センサ機能とアクチュエータ機能を一体化した構造システムおよび他の機能性複合材料の開発と応用に分類できる。まず実用化が広がりつつある圧電材料に関しては圧電アクチュエータとして、ヒステリシス非線形特性のモデリング<sup>(322)</sup>ならびに線形駆動法<sup>(323)</sup>、変位の大きいC-Blockアクチュエータ<sup>(324)</sup>、圧電ポンプ<sup>(325)(326)</sup>、その応用としてのアクティブ制音<sup>(327)</sup>、ソフトハンドリンググリッパの把持制御<sup>(328)</sup>等があり、センサとしてはPVDF圧電フィルムを用いた応力ゲージ<sup>(329)</sup>、表面波センサ<sup>(330)</sup>、前立腺<sup>せん</sup>ガンや肥大症触診プローブ<sup>(331)</sup>等がある。また圧電材料のセンサ機能とアクチュエータ機能を利用するインテリジェント構造における最適配置<sup>(332)</sup>、その振動制御<sup>(333)(334)</sup>、騒音伝達の能動制御<sup>(335)</sup>、構造物のヘルスマニタリング<sup>(336)</sup>、粘弾性材料と組み合わせた複合構造物の能動ダンピング<sup>(337)</sup>等に関する研究がある。形状記憶合金については合金板材を用いた人工尿道弁の開発<sup>(338)</sup>、合金ファイバとエポキシ樹脂複合材によるき裂の自己閉鎖作用<sup>(339)</sup>、配列型形状記憶合金ワイヤ複合材の応答性<sup>(340)</sup>、熱エンジンに用いられる形状記憶合金の繰返し変形特性<sup>(341)</sup>等がある。その他の機能性材料に関してはアクチュエータとして、PLZT素子を用いたバイモルフ形光アクチュエータ<sup>(342)</sup>、筋肉をモデルとした静電リニアアクチュエータ<sup>(343)</sup>や空気圧ゴム人工筋<sup>(344)</sup>、伝導ポリマを用いた筋肉アクチュエータ<sup>(345)</sup>のほかに、イオン導電性高分子ゲル<sup>(346)</sup>、磁性微粒子をポリマ母材に分散させた磁性粒子アクチュエータ<sup>(347)</sup>、温度等の外部刺激によって大きく膨張・収縮するスポンジ感温性高分子ゲル<sup>(348)(349)</sup>、温感性磁性流体を利用したエネルギー変換装置<sup>(350)</sup>等があり、センサとしては光ファイバ<sup>(351)</sup>、感温液晶による温度計測<sup>(352)(353)</sup>、カーボンファイバ複合材の電氣的抵抗による材料・構造のひずみと疲労損傷のセルフモニタリング<sup>(354)(355)</sup>等がある。また、最近注目されたダンピング材として発泡ポリマのダンピング特性<sup>(356)</sup>、構造物に適用した場合の解析モデリング<sup>(357)</sup>、磁性流体によるアクティブダンパ<sup>(358)</sup>、液体表面ダンパ<sup>(359)</sup>等の研究が行われた。一方、多機能材料として、電気や温度、磁場等で制御できるハイブレド型圧電・磁性材<sup>(360)</sup>、形状記憶・磁性材<sup>(361)</sup>、半導体と磁性体の一体化によるヘテ

ロ構造材料<sup>(362)</sup>の開発がある。高分子材料にはバイオ材料としてのキチンおよびキトサンの医学への応用<sup>(363)</sup>、生体内分解性高分子<sup>(364)</sup>、傾斜機能高分子材<sup>(365)</sup>機能性リポソーム<sup>(366)</sup>がある。これ以外に、“Japan-France Seminar on Intelligent Materials and Structures”, “Third ARO Workshop on Smart Structure”, 「第9回電磁力関連のダイナミックスシンポジウム」, 「先端機能材料を用いた柔構造機械システムに関する基礎研究」報告書に多くの報告がある。また、今後、材料の原子レベルでの制御やマイクロ・ナノ加工<sup>(367)</sup>等の技術がインテリジェント材料システム・構造の開発に大きな影響を与えることになる。

[江 鐘偉 東北大学]

## 文 献

### [1. 連続体の振動・波動]

(1) 板倉, 機論, 63-608, C, 1061. (2) 鹿内ら, 同上, 63-611, C, 2214. (3) 胡ら, 同上, 63-614, C, 3327. (4) 河島ら, 同上, 63-607, C, 901. (5) 井川ら, 同上, 63-611, C, 2229. (6) 趙ら, 同上, 63-606, C, 364. (7) 趙ら, 同上, 63-613, C, 3023. (8) 矢口, 同上, 63-605, C, 41. (9) 矢口, 同上, 63-616, C, 4108. (10) 関根ら, 同上, 63-613, C, 3016.

(11) 堀辺ら, 同上, 63-610, C, 1842. (12) 渡辺ら, 同上, 63-614, C, 3396. (13) 西垣ら, 同上, 63-615, C, 3728. (14) 岩田ら, 同上, 63-615, C, 3876. (15) 浦田, 同上, 63-605, C, 22. (16) 中川ら, 同上, 63-614, C, 3496. (17) 山崎ら, 同上, 63-608, C, 1088. (18) Liew, K. M. ら, *Appl. Mech. Rev.*, 50-8, 431.

### [2. 振動基礎]

(19) 阿部ら, 機論, 63-616, C, 4086. (20) 渡辺ら, 同上, 63-615, C, 3861.

(21) 田中ら, 同上, 63-616, C, 4160. (22) 青木ら, 同上, 63-610, C, 1855. (23) 豊谷ら, 同上, 63-605, C, 92. (24) 小野ら, 同上, 63-612, C, 2635. (25) 小野ら, 同上, 63-614, C, 3343. (26) 清水ら, 同上, 63-608, C, 1068. (27) 小野ら, 同上, 63-608, C, 1110. (28) 木村ら, 同上, 63-610, C, 1821. (29) 原田ら, 同上, 63-613, C, 3011. (30) 小西ら, 同上, 63-609, C, 1498.

(31) 今西ら, 同上, 63-608, C, 1118. (32) 金子ら, 同上, 63-610, C, 1887. (33) 岩田ら, 同上, 63-605, C, 16. (34) 花原ら, 同上, 63-606, C, 371. (35) 田島, 同上, 63-607, C, 914. (36) 田島, 同上, 63-609, C, 1484.

### [3. ロータダイナミクス]

(37) 久谷, 同上, 63-606, C, 464. (38) 松田ら, 同上, 63-609, C, 1441. (39) 範ら, 同上, 63-609, C, 1448. (40) 鈴木, 同上, 63-610, C, 1909.

(41) 野波ら, 同上, 63-606, C, 457. (42) 林ら, 同上, 63-612, C, 2725. (43) Namerikawa, T., *JSME Int. J.*, 40-4, 561. (44) 石田ら, 機論, 63-606, C, 321. (45) 長坂ら, 同上, 63-611, C, 2206. (46) Ishida, Y. ら, *ASME, VA*, 119-1, 31. (47) Sundarajan, P. ら, *ASME, VA*, 119-1, 9. (48) 加藤ら, 機論, 63-610, C, 1848. (49) Saigo, M. ら, *ASME, VA*, 119-2, 221. (50) 小野ら, 機論, 63-608, C, 1342.

(51) 吉川ら, 同上, 63-607, C, 995. (52) 五十嵐ら, 同上, 63-616, C, 4328. (53) Ishii, E. ら, *JSME Int. J.*, 40-4, 743. (54) Song, S. J. ら, *ASME, TM*, 119, 704. (55) 安永ら, 機論, 63-611, C, 2250. (56) 加藤ら, 同上, 63-609, C, 1435. (57) 水谷ら, 同上, 63-616, C, 4102. (58) 吉野ら, 同上, 63-611, C,

2270. (59) 佐藤ら, 同上, 63-612, C, 2701. (60) 金子ら, 同上, 63-610, C, 1887.
- (61) Yang, M. T. ら, *ASME, GT*, **119-1**, 161. (62) 伊藤ら, 機論, 63-610, C, 1875. (63) 李ら, 同上, 63-606, C, 470.
- [4. 運動と振動の制御]**
- (64) Buschek, H. ら, *AIAA J. Guidance, Control, and Dynamics*, **20-1**, 34. (65) Tchernychev, A. ら, *ASME, DS*, **119-2**, 206. (66) Boulet, B. ら, *IEEE Trans. on Control Systems Technology*, **5-5**, 504. (67) 野波ら, 機論, 63-606, C, 457. (68) 牧野ら, 同上, 63-611, C, 2287 など. (69) 有本, 同上, 63-608, C, 1039. (70) Biannic, J. ら, *AIAA J. Guidance, Control, and Dynamics*, **20-2**, 225.
- (71) Shue, S. ら, *ibid.*, **20-4**, 699. (72) Pandian, S. R. ら, *ASME, DS*, **119-4**, 666. (73) 横山ら, 機論, 63-611, C, 2302. (74) 佐々木ら, 同上, 63-614, C, 3460. (75) Misawa, E. A., *ASME, DS*, **119-3**, 503. (76) Moura, J. T. ら, *ibid.*, **DS**, **119-4**, 657. (77) 川島, 機論, 63-609, C, 1624. (78) McDowell, D. M. ら, *IEEE Trans. on Control Systems Technology*, **5-3**, 297. (79) 木通ら, 機論, 63-605, C, 113-120. (80) Freund, E. ら, *IEEE Trans. on Robotics and Automation*, **13-1**, 49.
- (81) Trumper, D. L. ら, *IEEE Trans. on Control Systems Technology*, **5-4**, 427. (82) Magana, M. E. ら, *ASME, VA*, **119-4**, 523. (83) Moura, J. T. ら, *IEEE Trans. on Control Systems Technology*, **5-4**, 394. (84) 伊藤ら, 機論, 63-611, C, 2308. (85) Rongong, J. A. ら, *ASME, VA*, **119-1**, 120. (86) Tzou, H. S. ら, *ibid.*, **VA**, **119-3**, 382. (87) Shen, I. Y. ら, *ibid.*, **VA**, **119-4**, 504. (88) Yang, S. M. ら, *ibid.*, **DS**, **119-1**, 34-39. (89) Baz, A., *Adaptive Structures and Material Systems*, AD-Vol. 54, ASME, 121. (90) 田中ら, 機論, 63-609, C, 1559.
- (91) 田中ら, 同上, 63-609, C, 1616. (92) Baz, A. ら, *ASME, VA*, **119-4**, 582. (93) Jolly, M. R. ら, *ibid.*, **VA**, **119-2**, 208. (94) 永井ら, 機論, 63-611, C, 2337. (95) 須田ら, 同上, 63-613, C, 3038. (96) Clarke, T. ら, *Proc. Inst. Mech. Eng.*, **211-1**, 53.
- [5. 信号処理と計測]**
- (97) 川上ら, 機論, 63-607, C, 341. (98) 増田ら, 同上, 63-605, C, 105. (99) 藪野ら, 同上, 63-605, C, 29. (100) 村田ら, 同上, 63-609, B, 1628.
- (101) 石井ら, 同上, 63-610, C, 149. (102) 横田ら, 同上, 63-612, C, 205. (103) 清水ら, 同上, 63-616, C, 179. (104) 轟ら, 同上, 63-615, C, 14. (105) 菊田ら, 同上, 63-610, C, 190. (106) 相田ら, 同上, 63-612, C, 205. (107) 今井, 同上, 63-613, C, 109. (108) 石井ら, 同上, 63-614, B, 3302. (109) 猿渡ら, 音学誌, **53-5**, 372. (110) 羽田ら, 同上, **53-7**, 510.
- (111) 松田ら, 機論, 63-609, C, 35.
- [6. センサ]**
- (112) 安藤, 計測と制御, **36-3**, 211. (113) 石川, 同上, **36-9**, 648. (114) 高田ら, 機論, 63-609, C, 1504. (115) 小林ら, 計自論, **33-10**, 1049. (116) 伊藤田ら, 機論, 63-607, C, 859. (117) 寺田ら, 計自論, **33-4**, 234. (118) 金子ら, 同上, **33-5**, 32. (119) 上野ら, 同上, **33-11**, 1053. (120) 渡辺ら, 機論, 63-609, C, 1510.
- (121) 西本, 同上, 63-610, C, 1996. (122) 馬場ら, 計自論, **33-7**, C, 588. (123) 池内ら, 機論, 63-611, C, 2419. (124) 栗田ら, 同上, 63-605, C, 254. (125) 竹内ら, 同上, 63-611, C, 2456. (126) 丸山ら, 同上, 63-616, C, 4224. (127) 猪瀬ら, 計自論, **33-7**, 600. (128) 川嶋ら, 計自論, **33-3**, 149. (129) 山崎ら, 機論, 63-608, C, 1088. (130) 斉藤ら, 同上, 63-615, C, 3722.
- (131) 小林ら, 計自論, **33-10**, 981. (132) 米山ら, 機論, 63-613, C, 3313. (133) 広田ら, 同上, 63-609, C, 1523. (134) 石田ら, 同上, 63-610, C, 3417. (135) 丘ら, 同上, 63-610, C, 3660. (136) 坂口ら, 計自論, **33-6**, 455. (137) Nakano, ら, 同上, **33-7**, 570. (138) 大政ら, 同上, **33-8**, 752.
- [7. 流体関連振動]**
- (139) *Proc. 4th Int. Symp. Fluid-Structure Interactions Aeroelasticity, Flow-Induced Vibration and Noise*, ASME, AD-Vol. 54-1~3. (140) Chen, S. S. ら, *ibid.*, **2**, 153.
- (141) Inada, F. ら, *ibid.*, **2**, 357. (142) Nakamura, T. ら, *ibid.*, **2**, 365. (143) Oengoren, A. ら, *ibid.*, **2**, 183. (144) Goyder, H. G. D., *ibid.*, **2**, 127. (145) Mateescu, D. ら, *ibid.*, **1**, 41. (146) Yamaguchi, A. ら, *ibid.*, **1**, 139. (147) Stendl, A. ら, *ibid.*, **1**, 273. (148) Watanabe, M. ら, *ibid.*, **2**, 57. (149) Deniz, S., ら, *J. Fluids and Structures*, **11**, 3. (150) Drikakis, D. ら, *ibid.*, **11-6**, 627.
- (151) 土井ら, 機論, 63-609, C, 1421. (152) 金子ら, 機講論, No. 97-10, B, 150. (153) 藤岡ら, 機論, 63-607, C, 686. (154) UTNL-R-0356, 東大工学部原子力工学研究施設.
- [8. 騒音制御]**
- (155) Murai, N. ら, 自技会春前刷, 15. (156) 塚原ら, 同上, 24. (157) 竹内ら, 同上, 25. (158) 八幡ら, 同上, 26. (159) 山下ら, 自技会誌, **51-3**, 16. (160) 岩男ら, 同上, **51-3**, 34.
- (161) 西村ら, 自技会春前刷, 14. (162) 名取, 同上, 15. (163) 巖ら, 同上, 155. (164) Gade, S. ら, 同上, 162. (165) 藤野ら, 同上, 163. (166) Linden, P. J. G. ら, 同上, 164. (167) 矢島ら, 同上, 157. (168) 中村ら, 自技会秋前刷, 55. (169) 広瀬ら, 自技会春前刷, 160. (170) 松山ら, 同上, 17.
- (171) 吉原ら, 自技会誌, **51-3**, 77. (172) 高田ら, 同上, **51-3**, 45. (173) 西ら, 自技会春前刷, 161. (174) 諸口ら, 同上, 159. (175) 畔津ら, 同上, 16. (176) 増茂ら, 同上, 92. (177) 永井ら, 同上, 93. (178) Dey, A. J. ら, *Proc. Inst. Mech. Eng., D*, **210** (1996), 35. (179) 濱田ら, 騒音制御, **21-3**, 198. (180) 半坂ら, 同上, **21-3**, 189.
- (181) Cerrato, G. ら, *J. Sound Vib.*, **20-5**, 20. (182) Huang, P. ら, *J. Acoust. Soc. Am.*, **102-6**, 3256. (183) Bai, M. ら, *ibid.*, **102-6**, 2184. (184) Omoto, A. ら, *ibid.*, **102-6**, 1671. (185) Sun, J. Q. ら, *ASME, DS*, **118-10** (1996), 598.
- [9. 耐震・制振・免震]**
- (186) 井上ら, 機論, 63-615, C, 3832. (187) 丹羽ら, 同上, 63-614, C, 3361. (188) 丹羽ら, 同上, 63-616, C, 4094. (189) 長屋ら, 同上, 63-615, C, 3802. (190) 長瀬ら, 同上, 63-606, C, 620.
- (191) 箕輪, 同上, 63-612, C, 2643. (192) 小山ら, 同上, 63-613, C, 2976. (193) 森下ら, 同上, 63-615, C, 3778. (194) 梶原ら, 同上, 63-610, C, 1893. (195) 梶原ら, 同上, 63-613, C, 3003. (196) 梶原ら, 同上, 63-615, C, 3735. (197) 藤田ら, 同上, 63-614, C, 3467. (198) 鎌田ら, 同上, 63-615, C, 3743. (199) 増田ら, 同上, 63-616, C, 4122. (200) 大貫ら, 同上, 63-606, C, 328.
- (201) 長瀬ら, 同上, 63-607, C, 906. (202) 背戸ら, 同上, 63-609, C, 1413. (203) 土井ら, 同上, 63-609, C, 1421. (204) 土井ら, 同上, 63-609, C, 1428. (205) 江連ら, 同上, 63-610, C, 1901. (206) 長屋ら, 同上, 63-615, C, 3796. (207) 藤田ら, 同上, 62-593, C, 3840. (208) 栗原ら, 同上, 63-616, C, 4114. (209) 岩田ら, 同上, 63-613, C, 2991. (210) 田川ら, 同上, 63-608, C, 1081.
- (211) 正木ら, 同上, 63-611, C, 2243.
- [10. ダンピング]**
- (212) 機講論, No. 97-10-1. (213) Lee, B. C. ら, *ASME, VA*, **119-4**, 493. (214) Rongong, J. A. ら, *ibid.*, **VA**, **119-1**, 120. (215) Wu, W. H. ら, *ibid.*, **VA**, **119-4**, 563. (216) Baz, A., *ibid.*, **VA**, **119-2**, 166. (217) Huang, S. H. ら, *ibid.*, **VA**, **119-2**, 192. (218) 清水ら, 機論, 63-608, C, 1068. (219) 増田ら, 同上, 63-616, C, 4122. (220) 廣瀬ら, 同上, 63-614, C, 3367.
- (221) 安ら, 同上, 63-611, C, 2250. (222) Gordaninejad, F. ら, *ASME, VA*, **119-4**, 527. (223) 森下ら, 機論, 63-615, C,

3778. (224) 谷ら, 同上, 63-615, C, 3784. (225) 岩田ら, 同上, 63-613, C, 2991. (226) 井上ら, 同上, 63-615, C, 3832. (227) 正木ら, 同上, 63-611, C, 2243. (228) 横道ら, 同上, 63-608, C, 1074. (229) 西原ら, 同上, 63-614, C, 3438. (230) 水野ら, 同上, 63-612, C, 2616.
- (231) 長屋ら, 同上, 63-615, C, 3796. (232) 藤田ら, 同上, 63-615, C, 3840. (233) 小野ら, 同上, 63-608, C, 1110. (234) 原田ら, 同上, 63-613, C, 3011. (235) 大熊ら, 同上, 63-616, C, 4166. (236) 大熊ら, 同上, 63-616, C, 4171. (237) 木村ら, 同上, 63-610, C, 1821. (238) 堀江ら, 同上, 63-609, C, 1455.
- [11. 非線形系の力学・制御]**
- (239) Antoniou, I. ら (eds.), *Comp. Math. Appl.*, **34**-2~4. (240) Kennedy, M. P. ら (eds.), *IEEE Trans. Circuits Syst.*, **44**-10.
- (241) Huertas, J. L. ら (ed.), *J. Frank. Inst.*, **334B**-5~6. (242) Nijmeijer, H. (ed.) *Syst. Cont. Lett.*, **31**-5. (243) Baker, G. ら, *Proc. Inst. Mech. Engr.*, **211** C, 349. (244) Fredriksson, M. H. ら, *Proc. R. Soc. Lond. A*, **453**-1961, 1261. (245) Feeny, B. F. ら, *Nonlinear Dynamics*, **13**-1, 39. (246) Samaranayake, S. ら, *J. Sound Vib.*, **206**-1, 39. (247) Chin, C. M. ら, *Nonlinear Dynamics*, **12**-2, 129. (248) Emaci, E. ら, *Int. J. Non-Linear Mech.*, **32**-1, 21. (249) Juel, A. ら, *Proc. R. Soc. Lond. A*, **453**-1967, 2715. (250) Maree, G. J. M., *Nonlinear Dynamics*, **12**-1, 1.
- (251) O'Reilly, O. M., *ASME, AM*, **64**-4, 969. (252) Nishinari, K., *Proc. R. Soc. Lond. A*, **453**-1959, 817. (253) Champneys, A. R. ら (eds.), *Phil. Trans. R. Soc. Lond. A*, **355**-1732. (254) Rega, G. ら, *Nonlinear Dynamics*, **14**-2, 89. (255) Adiletta, G. ら, *ibid.*, **14**-1, 57; **14**-2, 157. (256) Paidoussis, M. P. ら, *Int. J. Non-Linear Mech.*, **33**-1, 15. (257) Meehan, P. A. ら, *Nonlinear Dynamics*, **12**-1, 69. (258) Lee, C. T. ら, *J. Sound Vib.*, **203**-5, 731. (259) Wiercigroch M., *ASME, VA*, **119**-3, 468. (260) Cuvalci, O. ら, *ibid.*, **VA**, **118** (1996), 558.
- (261) Oueini, S. S. ら, *Nonlinear Dynamics*, **13**-2, 189. (262) Khajepour, A. ら, *ASME, VA*, **119**, 158. (263) Yabuno, H., *Nonlinear Dynamics*, **12**-3, 263. (264) Mastrotodi, F., *Aeronautical J.*, **100**-999, 389. (265) 大住ら, 計自論, **33**-10, 1010. (266) Talwar, S. ら, *ASME, DSM*, **118** (1996), 201. (267) 井澤ら, 計自論, **33**-12, 1010. (268) 吉田ら, 機論, **63**-615, C, 200.
- [12. スポーツ工学]**
- (269) 松本ら, スポーツ産業学研究, **7**-1, 37. (270) 小島ら, 同上, **7**-1, 29.
- (271) 亀岡ら, 計測技術, **25**-1, 16. (272) 影山ら, 機構論, No. 97-10-1, 245. (273) 筒井ら, 同上, No. 72-10, 55. (274) 岩壺ら, 機論, **63**-616, C, 4239. (275) 力石, 航宇学講論, **28**, 122. (276) 明石, 可視化情報, **17**-2, 311. (277) 川副ら, 機講論, No. 74-1, 232. (278) 高野ら, 機論, **63**-610, C, 2076. (279) Davis, S., *SAMPE J*, **33**-4, 61. (280) 坂田ら, 機講論, No. 46, 297.
- (281) 松前ら, 同上, No. 97-10-1, 241. (282) Hull, M. L. ら, *ASME, MD*, **119**-1, 145. (283) Hull, M. L. ら, *ASTM*, 1289, 81. (284) 伊藤ら, 音響講論, 1997-2, 799. (285) 渡部ら, 航宇学講論, **28**, 104. (286) 村上ら, 同上, **28**, 110. (287) 福岡, 化学と工業, **50**-6, 818. (288) Winston, J., ら, *PMR Am. Chem. Soc.*, **151**-45, 14. (289) 湯川ら, スポーツ産業学研究, **7**-1, 19. (290) 青木ら, 同上, **7**-2, 33.
- (291) 渡辺ら, 同上, **7**-1, 53. (292) 小林ら, 同上, **7**-2, 19.
- (293) Giacobbe, P. A. ら, *ASTM*, 3131, 47. (294) 今度, 航宇学講論, **28**, 134. (295) 高橋ら, 機論, **63**-612, C, 2794. (296) 清水ら, 機講論, No. 74-3, 360. (297) 空気調和・衛生工学, **71**-4, 287. (298) 精密工学会誌, **63**-4, 455.
- [13. 最適化と適正化]**
- (299) 菊池ら, 機論, **63**-608, C, 1159. (300) 芳村ら, 同上, **63**-606, C, 380.
- (301) 平元ら, 同上, **63**-614, C, 3454. (302) 堀江ら, 同上, **63**-609, C, 1455. (303) 鄧ら, 同上, **63**-614, C, 3446. (304) 佐藤ら, 機講論, No. 97-10, B 491. (305) 塚田ら, 同上, No. 97-10, B 495. (306) 柴田ら, 機論, **63**-612, C, 2786. (307) 高橋ら, 同上, **63**-612, C, 2794. (308) 高野ら, 同上, **63**-607, C, 945. (309) 大倉ら, 同上, **63**-608, C, 1146. (310) 須田ら, 同上, **63**-611, C, 2329.
- (311) 白井ら, 同上, **63**-611, C, 2337. (312) 佐藤ら, 機講論, No. 97-37, 303. (313) 円山ら, 機論, **63**-607, C, 982. (314) 巖ら, 同上, **63**-607, C, 989. (315) 須田ら, 同上, **63**-613, C, 3038. (316) 永井ら, 同上, **63**-611, C, 2237. (317) 岡田ら, 機講論, No. 97-1(I), 510. (318) 横山ら, 機論, **63**-609, C, 1595. (319) 松本ら, 同上, **63**-611, C, 2256. (320) 田中ら, 同上, **63**-608, C, 1172.
- (321) 吉川ら, 同上, **63**-612, C, 2622.
- [14. インテリジェント材料・構造]**
- (322) Goldfarb, M. ら, *ASME, DS*, **119**, 478. (323) 江ら, 機論, **64**-617, C, 149. (324) Chattopadhyay, A. ら, *Smart Mater. Struct.*, **6**, 134. (325) 小西ら, 機論, **63**-605, C, 158. (326) Tang, P. ら, *ASME, DS*, **119**, 10. (327) 島田ら, 機論, **63**-609, C, 1603. (328) 森川ら, 同上, **63**-612, C, 2714. (329) 佐藤ら, 同上, **63**-616, A, 2618. (330) 藤井ら, 同上, **63**-615, A, 2444.
- (331) Chonan, S. ら, *Proc. 2nd Asian Control Conf.*, 182. (332) 福永ら, 機論, **63**-608, A, 801. (333) Chen, S. H. ら, *J. Sound Vib.*, **202**-2, 167. (334) Yang, S. M. ら, *ASME, DS*, **119**, 35. (335) 三谷ら, 機論, **63**-613, C, 3053. (336) Lalande, F. ら, *J. Sound Vib.*, **201**-2, 169. (337) Rongong, J. A. ら, *ASME, VA*, **119**, 120. (338) 長南ら, *AEM 学会誌*, **4**-4, 31. (339) 島本ら, 機論, **63**-605, A, 26. (340) Aboudi, J., *Smart Mater. Struct.*, **6**, 1.
- (341) 佐久間ら, 機論, **63**-610, A, 1321. (342) 森川ら, 同上, **63**-612, C, 2714. (343) 壁井ら, 同上, **63**-606, C, 451. (344) 大友ら, 同上, **63**-605, C, 166. (345) Santa, A. D. ら, *Smart Mater. Struct.*, **6**, 23. (346) 菅野ら, 機論, **63**-611, C, 2345. (347) Anjanappa, M. ら, *Smart Mater. Struct.*, **6**, 393. (348) 高橋ら, 高分子加工, **46**-12, 12. (349) 後藤ら, 同上, **46**-12, 26. (350) 山口ら, 機論, **63**-616, A, 3883.
- (351) Levin, K. ら, *Smart Mater. Struct.*, **6**, 369. (352) 森本ら, 機論, **63**-611, A, 2473. (353) 藤沢ら, 同上, **63**-607, A, 818. (354) Wang, S. ら, *Smart Mater. Struct.*, **6**, 199. (355) Wang, X. ら, *ibid.*, **6**, 504. (356) Zhang, J. ら, *ASME, EM*, **119**, 284. (357) Wagner, D. A. ら, *ibid.*, **EM**, **119**, 279. (358) 福田ら, 機論, **63**-616, A, 3891. (359) Ghoneim, H., *Smart Mater. Struct.*, **6**, 40. (360) Shin, K. H. ら, *Proc. Japan-France Seminar on Intelligent Mater. Struct.*, 181.
- (361) Kin, I. J. ら, 同上, 123. (362) 田中, 機能材料, **17**-7, 5. (363) 重政ら, 高分子加工, **46**-2, 27. (364) 大谷ら, 機能材料, **18**-1, 56. (365) 上利, 高分子加工, **46**-6, 11. (366) 奥村ら, 機能材料, **18**-1, 47, 159. (367) Esashi, M. ら, *SPIE*, **3223**, 44.

機械力学・計測制御分野のトレンド, トピックスは, 日本機械学会誌第101巻第957号(1998年8月号)に紹介されています。併せてご覧ください。