

Newsletter

東京大学21世紀COEプログラム 機械システム・イノベーション

No. **2**
2004年10月1日発行

ハイパー・モデリング / シミュレーション・プロジェクト

様々な未来技術を開拓し創造するためには、システム内外で生じるマルチスケール・マルチフィジックスの複雑現象のハイパフォーマンス・シミュレーションを可能とし、強力な設計手法を確立、深化させることが欠かせません。

そのため、ハイパーモデリング / シミュレーション・プロジェクトでは、量子力学から連続体力学に至る階層的

力学系の工学的手法の構築を目標として、ミクロスケールの素過程、異相界面の物理・化学、非線形マルチスケール現象の物理、生化学現象などの高度なモデリングを推進しています。

本報では、先進的機械システム創成の基盤となるモデリング・シミュレーション技術に関する研究概略を御紹介致します。

マルチフィジックス・マルチスケール解析手法の確立・深化

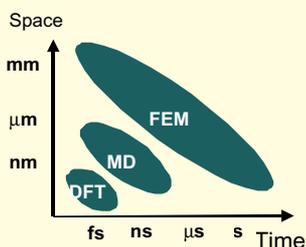
— 量子力学から連続体力学へ —

材料の力学特性のマルチスケール解析



工学系研究科 機械工学専攻
教授 酒井信介

我々のグループでは、固体の力学特性に着目して、電子密度解析 (DFT) から分子動力学解析 (MD), 有限要素法解析 (FEM) までマルチスケールな解析を行っています。右図は、シリコンの表面に着目したマルチスケール解析の一例です。電子レベルの構造欠陥がマクロな真性応力や弾性定数の値を決めるため、微視的構造に踏み込んだ研究が必要な分野の一例です。このような解析により、半導体分野等の設計に貢献するのが我々の目標です。



時空間スケールと計算手法

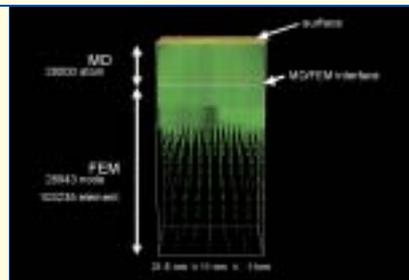
DFT



MD



FEM-MD



シリコン表面のマルチスケール解析

複雑現象のハイパフォーマンス・シミュレーション

— マクロな構造物と流体の連成問題 —

ターボ機械内部流計算

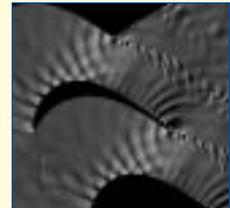


生産技術研究所 機械・生体系部門
(工学系研究科 機械工学専攻)
教授 加藤千幸

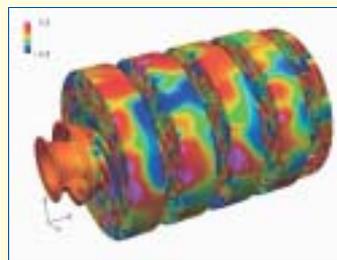
現在、ターボ機械内部の流れの解析にはレイノルズ平均ナビエ・ストークス解析 (RANS) とよばれる手法が用いられていますが、この手法は予測精度に限界があり、また、乱流の非定常変動を計算することができません。そこで、次世代の乱流解析手法として着目されていながら、従来は単純な流れにしか適用されていなかった Large Eddy Simulation (LES) とよばれる解析手法によるターボ機械内部流れの高精度な予測を実現しました。これにより、大きな剥離を伴った流れ、層流から乱流への遷移、流れにより発生する騒音などの高精度な予測が可能になりました。



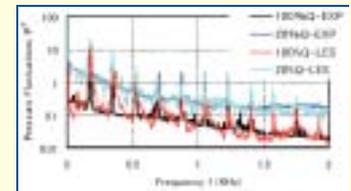
インデューサの入り口逆流渦の解析結果



タービン翼列の遷移流れ解析



多段遠心ポンプの圧力脈動解析



圧力脈動スペクトルの実測値との比較

船舶の高波浪中運動シミュレーター

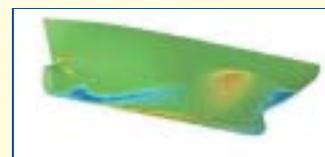


工学系研究科 環境海洋工学専攻
教授 宮田秀明

船舶は約20年の生涯の中で一度は波高30mの波に遭遇すると仮定して設計されます。また一方、1～数年に1回は10mを越える波高の波に遭遇することは一般的で、このような状態で船体の一部を損壊する例は後を絶ちません。このような大波高中では船首船底の露出(スラミング)、波浪衝撃の発生、激しい砕波などが発生します。しかし、このような強度に非線形な現象の詳細を理解することは難しいため、船体局所の設計を必要十分な強度を持たせることを検討して行うことはできませんでした。経験則と単純化したモデルによる計算によって設計されてきたのです。今回開発中のシミュレーターは有限体積法と密度関数法を用いて、強度に非線形な現象の再現を可能にしつつあり、波浪衝撃波などを高精度で推定できることから、一部実際の設計での応用を始めています。



船舶の波浪中の運動の計算モデル



船舶回りの波浪及び衝撃波の計算結果

次世代医療システム創成のためのハイパー・モデリング／シミュレーション — 生体膜の分子論的解析からバイオフィリックスまで —

血管微小循環系の解析

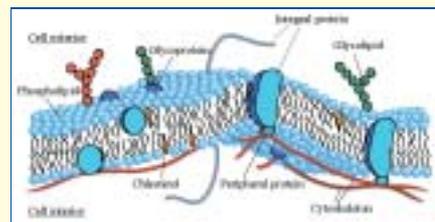


工学系研究科 機械工学専攻 教授 松本洋一郎

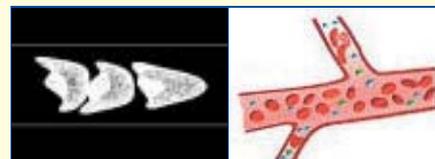
人体内の血液循環に対するシミュレーション技術の開発は、高齢化社会においてより深刻な問題となる循環器疾患、脳血管疾患などに対する高度医療を達成するために、極めて重要な意味を持っています。特に毛細血管における流れは、細胞への各種物質輸送において中心的役割を担っているが、毛細血管内を変形しながら移動する赤血球やドラッグデリバリーシステム(DDS)用マイクロカプセルなどの分散体では、毛細血管内での力学的特性と膜を介しての分子レベルの物質輸送が密接に関連しています。生体内におけるこれらの要素の影響を定量的に評価し、効果的な制御を行なうためには、生体膜を介して細胞内に取り込まれる分子レベルの物質輸送から、連続体レベルでの血流・分散体間の流体・構造連成までマルチスケール性を考慮した解析が必要です。本研究では、これらの複雑な因子を合理的かつ精度良く解析するためのツールの開発を行っています。



血液循環のマルチスケール解析



生体分子膜の分子レベルの解析



血流・分散体間の流体・構造連成

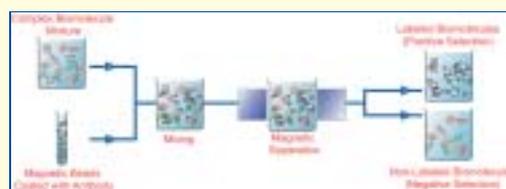
マイクロ・セル・プロセッシング



工学系研究科 機械工学専攻 教授 笠木伸英

患者の体内より抽出した万能細胞(幹細胞)を任意の組織細胞へと分化させ、欠損部に移植することで疾患を治療する再生医療が、有望な次世代医療技術として期待されています。成人の体内に存在する幹細胞は非常に希少(末梢血中全細胞の1/10⁶程度)であり、血中の幹細胞を安全に効率よく抽出する安価な技術の確立が望まれています。本研究では、デバイスの微小化による試料の微量化と処理時間の短縮、コスト削減などを目的し、数cm角のチップ上に構築される、幹細胞の精度の高い抽出が可能な免疫磁気細胞分離システムの設計ツールの開発、システム試作に関する基礎研究を行っています。

現在、設計パラメータ最適化のために細胞の変形や細胞内物質の流動、細胞膜上の抗原抗体反応、磁性粒子の運動を誘起する磁場の解析を含む流体シミュレーションを行い、多様な物理現象を統合した解析・設計ツールの構築を目指しています。



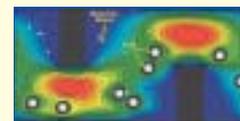
免疫磁気細胞分離法



マイクロ免疫磁気細胞分離システム



マイクロカオス混合器



細胞核、細胞質、及び磁性粒子の運動を含むカオス混合器内流れの数値計算(赤:高速,青:低速)

事業推進担当者

拠点リーダー

笠木 伸英 大学院工学系研究科（機械工学専攻）・教授

エネルギー・イノベーション

長島 利夫 大学院工学系研究科（航空宇宙工学専攻）・教授
 加藤 千幸 生産技術研究所（機械工学専攻）・教授
 寺井 隆幸 大学院工学系研究科（システム量子工学専攻）・教授
 影山 和郎 大学院工学系研究科（環境海洋工学専攻）・教授
 武田 展雄 大学院新領域創成科学研究科（先端エネルギー工学専攻）・教授
 浦 環 生産技術研究所（環境海洋工学専攻）・教授
 中須賀 真一 大学院工学系研究科（航空宇宙工学専攻）・教授
 藤田 豊久 大学院工学系研究科（地球システム工学専攻）・教授

バイオ・医療イノベーション

光石 衛 大学院工学系研究科（産業機械工学専攻）・教授
 鷲津 政夫 大学院工学系研究科（機械工学専攻）・教授
 中尾 政之 大学院工学系研究科（産業機械工学専攻）・教授
 藤井 輝夫 生産技術研究所（環境海洋工学専攻）・助教授

ハイパー・モデリング/シミュレーション

庄司 正弘 大学院工学系研究科（機械工学専攻）・名誉教授
 松本 洋一郎 大学院工学系研究科（機械工学専攻）・教授
 藤田 隆史 生産技術研究所（産業機械工学専攻）・教授
 宮田 秀明 大学院工学系研究科（環境海洋工学専攻）・教授
 酒井 信介 大学院工学系研究科（機械工学専攻）・教授

特任教員

長谷川洋介 大学院工学系研究科 機械システム・イノベーション国際研究教育センター・特任助手

アドバイザー委員会

アドバイザー委員

井上 孝太郎（科学技術振興事業団上席フェロー）
 菊池 昇（ミシガン大学教授）

木村 好次（香川大学長、委員長）
 立石 哲也（東京電機大学教授）

機械システム・イノベーションの活動

〈公開セミナー〉

◎平成15年度第4回

日時：2004年1月8日(木) 13:00～14:30
 場所：本郷キャンパス工学部7号館・73講義室
 題目：Nanomechanics of Biological Structure & Biomaterials
 講師：Prof. Lim Chwee Teck (Division of Bioengineering, Faculty of Engineering, National University of Singapore)

◎平成15年度第5回

日時：2004年1月7日(水) 14:00～15:30
 場所：駒場キャンパス生産技術研究所・第1会議室
 題目：Nanomechanics of Biological Structure & Biomaterials
 講師：Prof. Lim Chwee Teck (Division of Bioengineering, Faculty of Engineering, National University of Singapore)

◎平成15年度第6回

日時：2004年1月15日(木) 15:00～16:30
 場所：本郷キャンパス工学部8号館・125号室
 題目：Fluid Transport, Phase Change and Wetting Behavior of Multiphase Fluids inside Carbon Nanotubes
 講師：Prof. Constantine Megaridis (Department of Mechanical and Industrial Engineering, University of Illinois)

◎平成15年度第7回

日時：2004年2月24日(火) 14:00～15:30
 場所：駒場キャンパス生産技術研究所・第4会議室
 題目：Microfluidics: New Tools to Study the Response of Cells to Chemicals
 講師：Dr. Sander Koster (Institute of Microtechnology, University of Neuchatel)

◎平成15年度第8回

日時：2004年3月3日(水) 14:00～17:30
 場所：本郷キャンパス工学部2号館・セミナー室2
 題目1：Control of Interfacial Nano Structure and Spheroid Array
 講師1：Dr. Hidenori Otsuka (National Institute for Materials Science)
 題目2：Bio Hybrid System
 講師2：Prof. Masaharu Takeuchi (Institute of Industrial Science, The University of Tokyo)
 題目3：Microfluidics: New Tools to Study the Response of Cells to Chemicals
 講師3：Dr. Sander Koster (Institute of Microtechnology, University of Neuchatel)

◎平成15年度第9回

日時：2004年3月19日(金) 14:00～15:30
 場所：本郷キャンパス工学部7号館・73号講義室
 題目：Micro Air Vehicle Research at the University of Florida
 講師：Prof. Peter G. Ifju (Department of Mechanical and Aerospace Engineering, University of Florida)

機械システム・イノベーション Newsletter No.2

発行日 2004年10月1日
 発行所 東京大学21世紀COEプログラム機械システム・イノベーション事務局
 〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1
 TEL/FAX:03-5841-7437
 URL/http://www.mechasys.jp/