京都大学 工学部：宇宙基礎工学コース 工学研究科：航空宇宙工学専攻

平成 17 年度 ライト祭

島津製作所関西支社マルチホール
主催：日本航空宇宙学会関西支部

21 世紀ニューフロンティア開拓のための先端技術開発

http://www.kuaero.kyoto-u.ac.jp

航空宇宙、特に宇宙は、今 21 世紀において、最大のニューフロンティアの一つであることにかわりはなく、航空宇宙工学は、種々の工学分野の極限的な先端技術を必要とする最先端工学・総合工学といえます。

航空宇宙工学の関連分野では、航空宇宙という過酷あるいは未知な環境における極限的な工学諸問題に対して、革新的でかつ高い信頼性を有する先端技術を開発していくことが常に求められています。

このような背景のもと、宇宙基礎工学コースおよび航空宇宙工学専攻では、航空宇宙工学関連分野の基礎研究を行い、航空宇宙工学の諸問題、ひいては工学全般の先端的諸問題の解決に寄与する学術成果を蓄積するとともに、新しい学術分野の開拓をめざして研究を行っています。

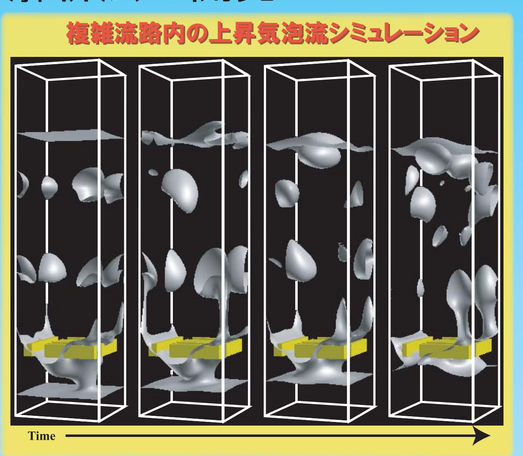
また、教育に当たっては、基礎教育を重視し、十分な基礎学力とそれらを自在に使いこなす豊かな思考力と応用力を有する前途有為な研究者・技術者の育成に努めています。

複雑流の解明を目指して

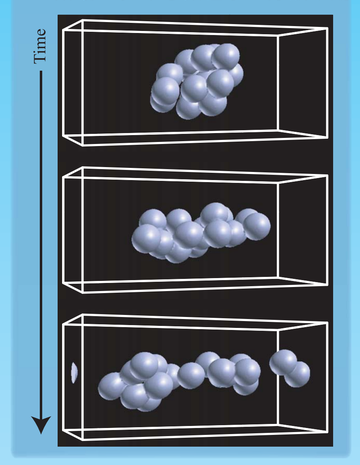
流体力学分野：稲室 隆二（教授）
大和田 拓（助教授）/ 杉元 宏（講師）

格子ボルツマン法による界面ダイナミクス解析法の開発

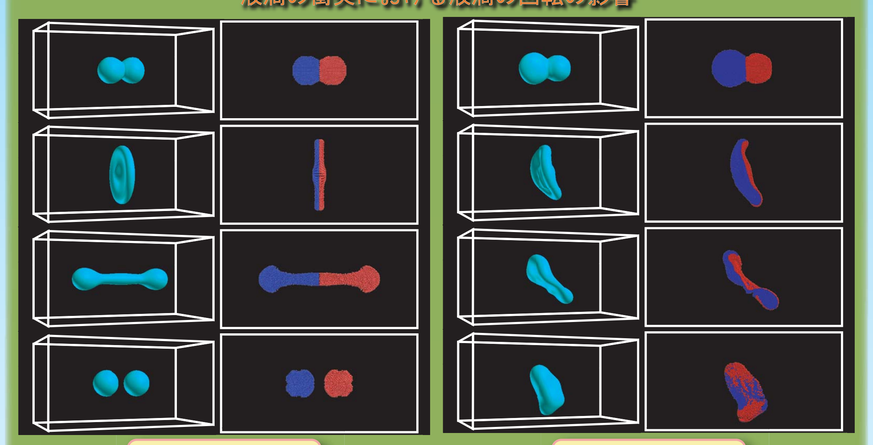
複雑流路内の上昇気泡流シミュレーション



せん断場における微粒子の分散挙動

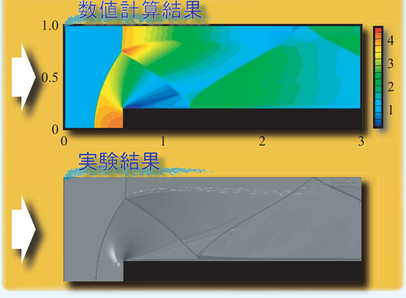


液滴の衝突における液滴の回転の影響

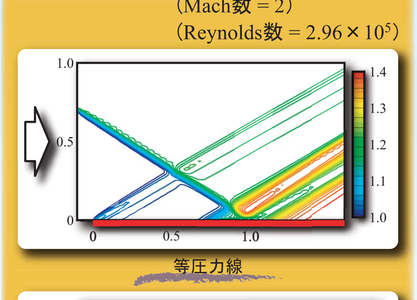


気体論による高解像度スキームの開発

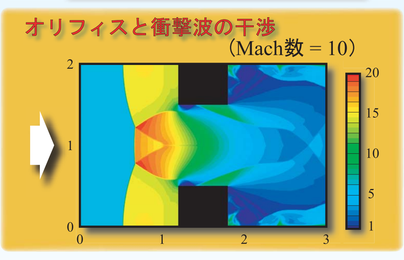
板を通過する超音速流 （Mach数 = 3）

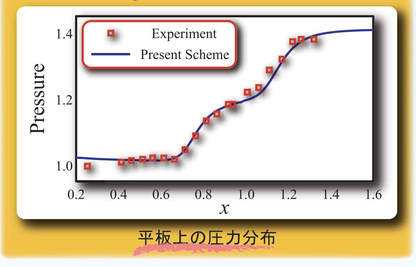


衝撃波と境界層の干渉
（Mach数 = 2）
（Reynolds数 = 2.96×10^5）



オリフィスと衝撃波の干渉
（Mach数 = 10）





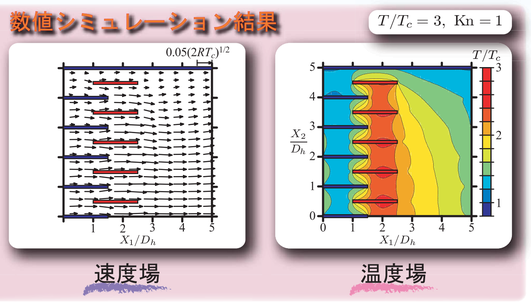
熱駆動型ポンプ・混合気体分離法の開発

低圧あるいはミクロな系の気体では，通常では見られない様々な現象が生じる．それらを応用して，運動する部品が不要の新型真空ポンプを開発している．

試験装置



数値シミュレーション結果 $T/T_c = 3,\ \mathrm{Kn} = 1$

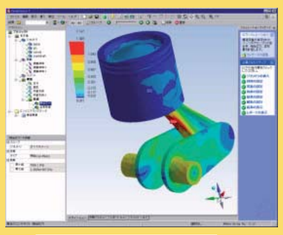


最適システム設計工学分野

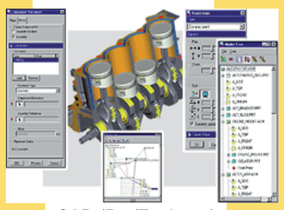
吉村 允孝（教授）/ 西脇 眞二（助教授）
泉井 一浩（助手）

1. IT技術とコンカレントエンジニアリング

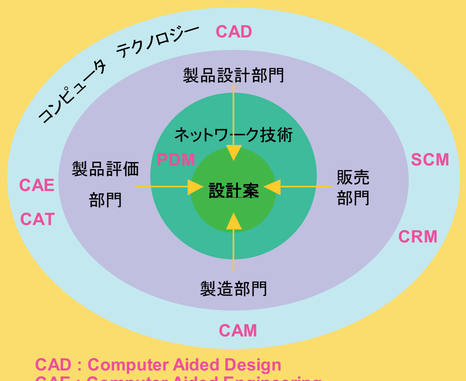
生産活動のグローバル化とコンピュータ技術の進展により，製造業における「ものづくり」はここ10年あまりで劇的な変貌を遂げた．企業は消費者が求めるものをより早く，安く的確に生み出すことが要求されている．



CAE (Design Space)



CAD (Pro/Engineer)



CAD : Computer Aided Design
CAE : Computer Aided Engineering
CAT : Computer Aided Testing
CAM : Computer Aided Manufacturing
CRM : Customer Relationship Management
SCM : Supply Chain Management
PDM : Product Data Management

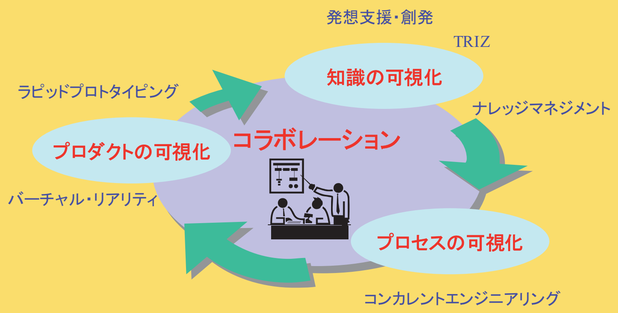
製品設計や解析・評価，製造，販売等，あらゆる分野でコンピュータの利用によるプロセスの高度化・共有化が必要不可欠

機械的諸特性の解明 ＋ 設計情報統合化

設計の初期段階で力学を中心とした機械的諸特性を解明し，設計の後工程で発生し得る問題を早期に解決する．
複数の部門に渡る設計情報および設計知識を統合的に管理する．

2. 統合的情報システムとコラボレーション

高精度に計算されたシミュレーション結果や統合化された情報を集めるだけでは良いものづくりはできない．このような情報を有機的に結合して，設計者などの創造活動を活性化させるためのしくみが必要である．



プロセスの可視化

製品開発プロセスの現状を把握し，自分が何を決めなければいけないかを把握することができる

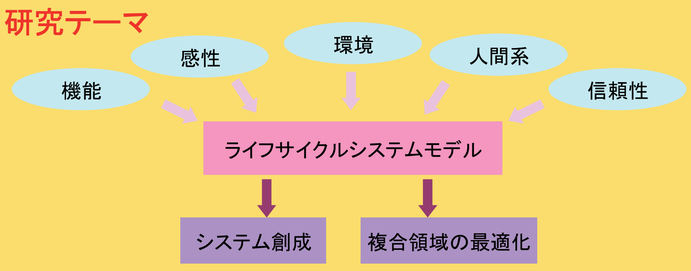
プロダクトの可視化

製品に関わる物理量などの情報を基に，製品を仮想的に作成することで，設計者が具体的な感覚で意思決定が行える

知識の可視化

設計意図，設計知識を蓄積し再利用することで，設計の誤りの回避やノウハウの伝承などが行える

3. 研究テーマ



環境・人間系など，ものづくりにおいて考慮すべき要素は増大する一方

製品のライフサイクルわたる諸要因を考慮した最適化を行うための要素技術およびシステム的アプローチについて研究している

マイクロガスタービン（MGT）と固体電解質形燃料電池（SOFC）のハイブリッドシステム

熱工学分野：吉田 英生（教授）
岩井 裕（講師）/ 齋藤 元浩（助手）

我々の研究室では，21世紀の小型分散エネルギーシステムとして有力視されている『マイクロガスタービン（MGT）と固体電解質形燃料電池（SOFC）とのハイブリッドシステム』の研究を行なっています．

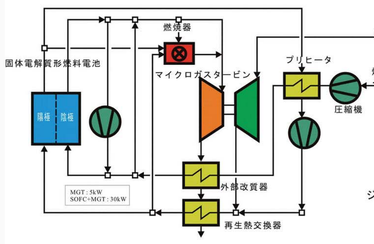
□ 小型分散エネルギーシステムの特徴 □

利点 ・・・ 送配電網が不要なため，送電ロスが無い．
建設費用が少なく，建設期間も短い．
排熱利用による熱併給が可能で，総合効率が高い．
CO2排出量の低減が期待できる．
消費者に環境・エネルギーのコスト感を持たせる．

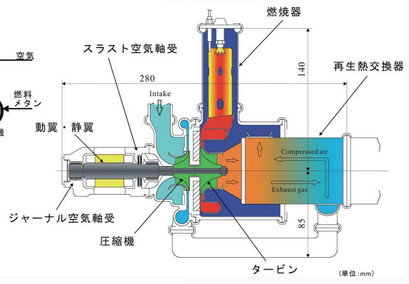
課題点 ・・・ 送配電網が完備されている我が国での普及のためには，効率とコストの両面で大規模集中発電方式による電力に対する競争力が必要となる．

左下の図はSOFC/MGTハイブリッドシステムの代表的な基本システム構成です．このシステムでは，空気はMGTの圧縮機で昇圧された後，再生熱交換器で予熱されSOFCの空気極に送られます．一方，燃料はプリヒータで予熱された後，SOFCの燃料極に送られます．燃料極からの排出ガスと空気極からの排出空気の一部（場合によっては，追い炊き用の追加燃料を加える）は燃焼器へと導かれた後，燃焼ガスとなってタービンで仕事を行います．タービンからの高温排出ガスは，再生熱交換器で圧縮空気の予熱に使用されます．また，空気極からの排出空気の残りは，プリヒータで燃料の予熱に使用された後，圧縮機からの圧縮空気と再び合流します．

SOFC/MGTハイブリッドシステムの基本構成



マイクロガスタービンの概念図



MGTの特徴

- 構造が単純でコスト性に優れ，制御性，耐久性も高い．
- 再生サイクルの採用により，熱効率が向上する．
- 起動時間が短く，大幅な負荷変動に対する応答性も良好である．
- 燃料電池とのハイブリッド化が可能である．
- 多種類のボトミングサイクルとの併用適合性が高い．
- 超小型化の可能性をもつ．

超微細多孔質表面からの水蒸発を伴うハイブリッド気体軸受



超微細多孔質でできたパイプを利用する動圧気体軸受である．パイプは水を満たした給水部の中に置かれ，毛細管現象により軸受面に供給された水が軸受表面で蒸発して軸受隙間を満たし，潤滑流体となる．軸受面からの水蒸発に伴う静圧が軸の振動を減衰するため軸受安定性が向上する，起動・停止時には水を軸受隙間に満たすことで液体潤滑が可能である，水は蒸発の際に蒸発潜熱を奪うため軸が冷却されるなどの利点がある．

熱交換器の研究

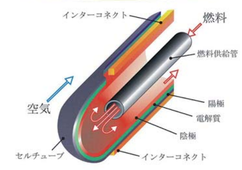


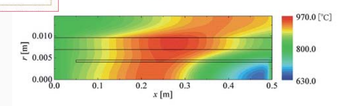
プライマリ・サーフェス型熱交換器の実験装置（上）と数値解析の計算格子（左下）および得られたNu分布（右下）

SOFCの特徴

- 高温で動作するため，白金触媒が不要となり低コストである．
- 発電効率が高い．
- 排熱温度が1000℃程度であるため，利用価値が高い．
- ガスタービンとのハイブリッドシステムに適する．
- 酸化物イオン導電性を有し，燃料の対応性が高い．

固体電解質形燃料電池の研究





数値解析により得られた燃料電池内部の温度分布

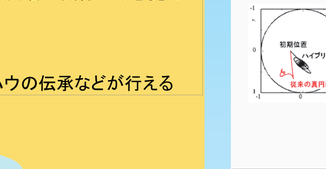
明日を拓くプラズマ科学

–宇宙工学，環境・エネルギー工学から，マイクロ・ナノテクノロジーまで–

推進工学分野：斧 高一（教授）/ 江利口 浩二（助教授）/ 高橋 和生（助手）

次世代超小型・高機能衛星“シリコンナノサテライト”

質量が10kg以下，または1kgを切るような超小型衛星をナノサテライトと呼びます．このような衛星の小型化による大きな利点は以下のようなものが挙げられます．
（1）衛星の構造を簡素化することで製作時間を大幅に短縮することが可能になります．
（2）小型ロケットで一度に複数個打ち上げたり，大型ミッションの便乗ペイロードとして打ち上げたりすることで現在の打ち上げコストを劇的に下げられます．
（3）複数の小型衛星を組み合わせることによりミッション全体の信頼性を向上させることができます．



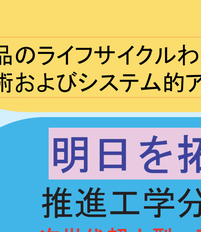
衛星の小型化がもたらす利点は非常に大きなものですが，1kg以下のナノサテライトでは，重量，体積，消費電力などの節約が極めて厳しいため，現行の衛星に利用されている技術の単純なスケールダウンによる小型衛星の開発は難しく，これまでにない新たな技術を必要とします．

衛星の推進，姿勢・軌道制御に必要なアクチュエータ，いわゆるスラスタもその例外ではなく，化学推進，非化学推進の枠に捕らわれない新たな推進機の開発が要求されます．

このような背景の下，特に，“シリコンナノサテライト”に注目しています．シリコンナノサテライトは，マイクロエレクトロニクスとMEMS（マイクロエレクトロメカニカルシステム）の混載デバイスの一つともいうことができ，衛星に必要な電子的・機械的な機能のほとんど全てを１～２枚のシリコン基板上に作り込んで超小型・高機能衛星を構成するものです．シリコンはアルミニウムと同等かそれ以上の強度，比重，熱伝導を有し，半導体だけでなく，衛星の構成材料としても優れているといわれます．さらに最近ではMEMSの材料としても用いられ，従来のシリコン半導体プロセスを駆使できることも利点です．

まず，表面波励起マイクロ波プラズマによるミリメートルサイズの超小型プラズマジェットについて，スラスタとしての性能を評価し，より詳細なシミュレーションによるマイクロプラズマの解析，および実験による検証を進め，切手大サイズのワンチッププラズマスラスタの実現を目指します．

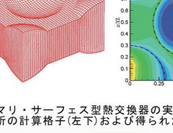
Micro Plasma Thruster Chip



新規材料加工・創製のための先進的プラズマプロセス技術

情報化社会の高度化に伴い超大規模集積回路（ULSI）の集積度は増大し続けています．その変遷の中，ULSIデバイス作製における半導体微細加工・形成技術を担うプラズマプロセスをいかに高精度に制御するかが重要な鍵となります．

次世代ULSIに登場する高誘電率ゲート絶縁膜材料やゲートメタル電極材料などをナノメートル精度で成形する微細加工技術をはじめ，超高速演算処理プロセッサ作製において重要な技術となる低誘電率材料薄膜形成技術など，未来社会を担う情報処理素子を実現するための研究開発を行っています．



また，半導体微細加工には反応性プラズマが用いられますが，このプラズマは既存の材料を加工するのみならず，これまでにない全く新しい材料を生み出す可能性をも秘めています．ちょうど宇宙空間でこの地球という天体が生まれたように，プラズマという媒質中でこれまでに見たことがないものが生成されるのです．例えば，プラズマ中で自発的にダイヤモンドナノ結晶が形成され，ミクロな物質へと成長していきます．この様な現象を積極的に利用し，ナノテクノロジーの要素技術を確立することも目指しています．