

研究概要

電子情報学系

## 電子物理研究室

森本章治教授, 川江 健准教授

本研究室では、新規高機能電子デバイス作製を目的として、酸化物強誘電体薄膜の作製・高品質化やパターンニング・デバイス加工に関する研究を行っている。主な研究テーマは以下の通りである。

### 1. 酸化物強誘電体薄膜を用いた不揮発性メモリに関する研究

印加電圧が無くても分極が残る強誘電体材料を用いた不揮発性メモリデバイスの開発を中心課題とし、レーザーアブレーションおよび化学溶液堆積法を用いた種々の電子材料薄膜の作製と評価に取り組み、新規デバイス・材料の実現を目指す。

(1) 環境に有害な鉛を使用せず、高機能な特性を有する新規強誘電体として  $(\text{Bi,Re})(\text{Fe,Mn})\text{O}_3$  (Re: 希土類元素) を提案し、各種電極材料上での結晶性や誘電特性の調査から更なる高性能化を図っている。(東京理科大学との共同研究)

(2) 強磁性体と強誘電体の薄膜積層構造を利用したエンジニアードマルチフェロイック材料創製を提案し、酸化物ヘテロエピ膜構造の形成と優れたマルチフェロイック特性の実現に向けて取り組んでいる。(東京理科大学・東北大学との共同研究)

(3) 高温形成プロセスが不可欠である強誘電・圧電材料に対し、結晶化された厚膜材料をプラスチック等の低融点基板材料上への効率的転写を可能とする要素技術開発を行っている。(石川県工業試験場・金沢工業大学との共同研究)

(4) 極限環境(高温・放射線)において動作を可能とする不揮発性メモリの実現を目指し、高キュリー温度強誘電体  $\text{BiFeO}_3$  とワイドギャップ半導体ダイヤモンドを用いたデバイス構造の形成と動作検証に取り組んでいる。(東京理科大学・物質材料研究機構との共同研究)

### 2. 酸化物半導体薄膜を用いた発光・受光デバイスに関する研究

酸化物はその組成や作製条件により、絶縁体・誘電体のみならず、半導体や導体とすることが可能である。酸化物に各種不純物元素を添加することにより導電性を制御し、その発光特性や光起電力特性などを調べている。

### 3. Al酸化物薄膜を用いた電荷蓄積型不揮発メモリに関する研究

Al過剰アルミナを電荷蓄積層とすることにより、現行のフラッシュメモリよりも高電荷蓄積密度・長時間保持・低電圧駆動を可能とする新規不揮発メモリの実現に向けて取り組んでいる。

(NTTマイクロシステム研究所との共同研究)

## 回路素子工学研究室

佐々木公洋教授

現代の高度情報化社会の発展は、半導体エレクトロニクスの進歩によって支えられている。半導体産業の中核は、トランジスタを核とするSi集積回路の製造技術である。さらにそれは、経済市況の重要指標であって、国の経済発展をも左右する。一方、化石エネルギー資源の乱費による地球温暖化は、現実の問題として浮上してきた。本研究室では、この2つのテーマを見据え研究活動を営んでいる。

### 1. 高誘電率ゲート絶縁膜

近年トランジスタの微細化は、これまで以上の速さで進んでいる。結果、Siに対して最適なゲート絶縁物であった  $\text{SiO}_2$  の薄膜化は限界に達してしまった。世界中で  $\text{SiO}_2$  より誘電率の大きい絶縁物の探索が行われている。

当研究室では、「制限反応スパッタ法」という新しいスパッタ成膜技術を開発し、Si上へ  $\text{ZrO}_2$  膜のヘテロエピタキシを実現してきた。この製法を用いれば低損傷かつ高品位の  $\text{ZrO}_2$  膜の作製が可能であることに着目し、これをゲート絶縁膜に用いることを企図している。

### 2. SiGe誘起歪みSiの形成

微細化によらないトランジスタの高性能化として、歪みSiを用いる手法がある。Siに面内引っぱり応力を加えることによりバンド構造を変調し、キャリアの有効質量を小さくできる。これにより高移動度キャリアを発生させることができ、トランジスタを高性能化できる。

当研究室では、イオンスパッタ法を用い、Si基板上へのSiGe膜のエピタキシャル成長を行っている。スパッタのガス種を変えることにより結晶性を可変できること、また入射イオンの運動エネルギーを変えることにより歪み量を可変できることを示してきた。これらの結晶成長制御技術を駆使することにより、高品質歪みSi膜の成長を目指している。

### 3. SiGeによる巨大熱起電力の発現

種々の産業活動、日常生活におけるエネルギーの輸送・変換・消費の過程で廃熱が生じ、自然界へと排出されている。この廃熱からエネルギーを回収できれば地球温暖化対策の一助となりうる。熱電変換現象を用いれば、熱(温度差)を直接電気エネルギーに変換できるが、従来その変換効率は小さく実用化は困難であった。上記SiGeの結晶成長実験の中で、ある成長温度で作製したSiGe薄膜で大きな熱起電力が観測された。また見かけの抵抗が低く、その熱電変換効率は従来のSiGeを上回る値であると見積もられた。

## 薄膜電子工学研究室

猪熊孝夫教授, 徳田規夫准教授

本研究室では、プラズマ援用化学気相堆積法および高周波スパッタリング法を利用してシリコン系やカーボン系薄膜半導体(単結晶, 多結晶, ナノクリスタル)の半導体薄膜, あるいは絶縁体薄膜(アモルファス)を作製し, その電子物性・光物性の解明とそれらのデバイスへの応用に関する研究を行っている。主な研究テーマは以下の通りである。

### 1. Siナノ結晶分散薄膜を用いた不揮発性記憶素子に関する研究

SiO<sub>2</sub>中にSiナノ結晶粒子を分散形成したSiナノ結晶分散薄膜は優れた電荷保持特性をもつため, 不揮発性記憶素子への応用が可能である。不揮発性記憶素子の一種フラッシュメモリにおいては, フローティングゲートへのデータの記録/消去を司るゲート絶縁膜にある程度の厚みが要求され, 微細化・高集積化の妨げになっている。Siナノ結晶分散薄膜をフローティングゲートに用いることにより, 従来にない素子の微細化ならびに高速化が可能になると期待される。

### 2. 微小球光共振器の形成と応用に関する研究

直径数 $\mu\text{m}$ から数十 $\mu\text{m}$ の透明微小球においては, 光波が球体内面を周回する共振モードが存在する。

このモードはウィスパリングギャラリモードと呼

ばれ, 共振の尖鋭度が極めて高いことが知られている。この性質を利用して, 高感度の分子センサや光子を長時間保管する光記憶素子が実現できる可能性がある。本研究では, 薄膜の微細加工と熱処理を用いた方法で微小球光共振器を固体基板上に任意のパターンで配置する方法を提案しており, 微小球共振器の安定化および集積化を目指している。

### 3. ダイヤモンド半導体に関する研究

ダイヤモンドは非常に優れた物性を持つことから, 究極の半導体デバイス材料として期待されている。本研究では, プラズマ援用化学気相堆積法を用いてダイヤモンド半導体層の成長を行い, ダイヤモンド半導体を用いたダイオードやトランジスタの開発を行う。特に, 超低損失パワーデバイスの実現を目的とし,  $\delta$ ドープ構造や不純物バンド伝導層等を用いた新規デバイスの開発を行う。また, 大口径単結晶ダイヤモンドウェハや, 表面制御・加工技術等のデバイスプロセスの開発も行う。

### 4. グラフェンに関する研究

グラフェンは極めて高い移動度を有した2次元結晶であることから, ポストSi材料として期待されている。我々は, ダイヤモンドの構造相転移を用いてグラフェン・オン・ダイヤモンド構造の開発に成功した。今後は, その積層構造に関して理論計算と実験の両面から研究を行い, 新規機能の創出を目指す。

## 超高周波工学研究室

飯山宏一教授, 丸山武男准教授

本研究室では, 高速光通信システムの実現に向けた光デバイスに関する研究と, 光の干渉を利用した光計測システムに関する研究を行っている。主な研究テーマは以下の通りである。

### 1. 有機光導波路に関する研究

有機光導波路は作製プロセスが容易で大量生産が可能のため, 低コストで光導波路・光波回路の実現が期待できる。また, 有機材料は曲げても割れないなどフレキシブルであるので, 携帯端末や家電製品内での省スペースな光配線が可能である。本研究室では, 飲料ボトルに広く利用されているポリエチレンテレフタレート(PET), アクリル樹脂(PMMA)やポリスチレン樹脂を用いた光導波路・光波回路の検討を行っている。

### 2. 有機半導体レーザーに関する研究

現在の半導体レーザーはGaAsやInGaAsPなどの無機材料で作られており, Si集積回路との集積化は非常に困難であり, 光配線の実現に大きな障害となっている。そこで, 有機材料を用いて半導体レーザーを作り, Si集積回路との集積化を検討している。現在は, 電流発光の有機LEDを試作するとともに, レーザ発振のためのレーザー共振器の設計と構築を行っている。レーザー共振器は高反射率のDBRミラーを持つ垂直共振器構造であり, 電流注入型の面発光型レーザーを目指している。

### 3. Si光導波路に関する研究

光導波路の小型化と高集積化を目指して, Si光導波路の研究を行っている。SOI基板によるSiをコアとする光導波路や低屈折率部に光を強く閉じ込めるスロット光導波路の研究を行っている。また, 多結晶Si, アモルファスSiやCMOSプロセスによる多結晶Si光導波路を検討している。これらの研究は, 集積回路における光配線に大きく前進するものである。

### 4. 高速光検出器に関する研究

#### (1) 光ファイバー通信用長波長帯光検出器

波長1550nm帯用の高速InGaAs光検出器の開発を行っている。また, Si光導波路との集積化を目指して, Si上に直接成長したGeを用いた光検出器や, ウェハボンディング技術によるSi基板上のInGaAs光検出器について研究を行っている。

#### (2) CMOSプロセスによるSi光検出器

光配線では830nm帯の波長の利用が検討されているが, この波長帯ではSiが光検出器材料として利用できる。そこで, Si集積回路との集積化を目指して, CMOSプロセスのみによるSi光検出器を開発している。1GHz以上の帯域と100倍以上のなだれ増幅利得を同時達成しており, 構造最適化を行っている。

### 5. 高精度・高分解能な光距離計測システムの開発

光の干渉を利用して, 高い測定精度と高い空間分解能を持つ光距離計測システムを開発している。レーザー光の光周波数を掃引して距離を測定する特徴があり, 光源に光周波数掃引幅が大きな面発光レーザーを用いることにより, 空間分解能300 $\mu\text{m}$ を得ている。

## 光通信工学研究室

山田 実教授, 桑村有司准教授

本研究室では, 半導体レーザー, 半導体光増幅器, ミリ波増幅器など, 光および超高周波デバイスについて研究している。

### 1. 半導体レーザーの雑音低減化

半導体レーザーは, 光ファイバ通信, DVDやCDなど光ディスク技術, 光により高精度計測技術などでの光源として利用されている。これらの光技術において, レーザから出射した光が, 光ファイバ, 光ディスク, レンズなどの表面で反射し, レーザに再入射すると, 「戻り光雑音」と呼ばれる過剰雑音が発生し, 通信や信号処理の障害となっている。

本研究室では, 半導体レーザーで戻り光雑音が発生するメカニズムについて解明しており, 雑音低減化の方法を開発してきている。現在開発している低減化の方法は

- 1) 電気的正負帰還による雑音低減化
- 2) 高周波重畳法と電気的負帰還の併用による雑音低減化

の2種である。

### 2. 半導体光増幅器および集積化レーザーのスペクトル線幅

大容量の光ファイバ通信では, 数十本以上の光波長

を用いた波長多重(WDM)方式で情報を送っている。そのため, レーザ光のスペクトル波長線幅は細い程良い。また, 光増幅器で光を増幅する場合, 増幅された光の雑音は増加しない方が良い。この課題を理論的に解析したところ, 「光増幅器を通過すると相対強度雑音は低下し, スペクトル線幅は変化しない」という, 電子工学の常識とは逆な結果になった。そこで, 実験により理論解析の確認を行っている。

### 3. 電子ビームと高誘電体導波路を用いた光発生・増幅器の開発

高速に加速した電子ビームを誘電体導波路表面に沿わせて走行させると, マイクロ波から光領域での電磁波発生や増幅が可能であり, チェレンコフレーザーとも呼ばれている。本研究室では, Si-SiO<sub>2</sub>の薄膜導波路を用いて約40KVの加速電子で, 光放射を観測した。現在, その誘導放出作用の観測を試みている。

### 4. 電子ビームと高誘電体導波路を用いたミリ波発生・増幅器の開発

THzの電磁波領域は, 分子運動による擾乱が多いため, これまで電子工学的には利用されておらず, 現在その技術開発が盛んに行われている。高速に加速した電子ビームと誘電体導波路を用いれば, THz波の発生や増幅も可能であろう。そこで, 本研究室ではTHz波領域を挟んだ, 光とミリ波とで, 発生や増幅作用の実証実験を行っている。

## システム制御研究室

山本 茂教授, 金子 修准教授

本研究室では, 動的システムの制御とモデリングに関する研究を行っている。主な研究テーマは以下の通りである。

### 1. コントローラのチューニングに関する研究

制御対象のデータのみを直接かつ有効に用いることで, 制御仕様を達成する制御器パラメータチューニング法に関する研究を行っている。また, このような手法を応用した対象のモデリングに関する研究も行っている。

### 2. アクティブセーフティ制御

人が車両を運転する場面での運転操作のミスやフィードバック制御で補ったり, 機械を遠隔操作する場面での異常を検出する手法を研究している。

### 3. 自己駆動粒子群の制御

高速道路を走行する車両群の渋滞抑制や飛行隊のフォーメーション生成などに代表される局所的な情報によってのみ自律的に運動する粒子からなる多体系の大域的なパターンを形成する手法の研究を行っている。

### 4. 連続離散混在系の制御

計算機で駆動されるシステムのような, 連続値と離散値そして連続動作と離散動作が混在するシステムの研究をおこなっている。具体的にはAD変換器などを用いた量子化フィードバック制御法, 通信ネットワークを利用するネットワーク化制御法, 運転操作を連続・離散混合系としてモデル化する研究などである。

### 5. システムの振舞に基づいた制御理論に関する研究

伝達関数や状態空間の代わりに, システムがとりうる振舞(ビヘイビア)そのものに着目した「ビヘイビアアプローチ」といわれるシステム制御理論の研究を行っている。

## 信号処理研究室

堀田英輔講師

本研究室では、音声・音響信号処理を対象とした適応信号処理の理論と応用に関する研究を行っている。主な研究テーマは以下の通りである。

### 1. 持続的励振条件を自動的に満足する適応フィルタ

(1) 条件付き最小2乗規範から導出される適応フィルタ

従来の最小2乗規範から導出されるRecursive Least-Squares (RLS) アルゴリズムは相関行列の正則化項が適応フィルタの更新に伴い、指数的に減衰して零となる特徴がある。そのため、アレーアンテナに代表される持続的励振条件を満足しない信号処理用としてはRLSアルゴリズムは不向きであった。本研究室で提案しているLeaky RLSアルゴリズムは相関行列の正則化項が適応フィルタを更新しても一定値に保たれるため、持続的励振条件を自動的に満足する。

### (2) Leaky RLSアルゴリズムのリーク係数の時変化

Leaky RLSアルゴリズムはシステム同定問題において、入力信号に加算される雑音がわずかで、出力信号に重畳される雑音が大きいつきに、RLSアルゴリズムより精度の良い係数を推定することが可能である。

本手法では、出力側に加算される雑音が小さいときにはRLSアルゴリズムとして振る舞い、加算される雑音が大きいつきにはLRLSアルゴリズムとして動作するように、リーク係数が時変であるアルゴリズムを開発した。本手法により、観測雑音レベルの変動に応じて最適係数を推定可能な適応フィルタの開発に新たな可能性を切り開いた。

### (3) Leaky RLSアルゴリズムの低演算量化

Recursive Levenberg-Marquardtアルゴリズムを導入することで、Leaky RLSアルゴリズムの計算量をフィルタ係数Nの3乗のオーダーから2乗のオーダーへ削減できることを明らかにした。

### 2. 能動騒音制御システムへのLeaky RLSフィルタの応用

1. のLeaky RLSアルゴリズムを能動騒音制御システム (Active Noise Control System) へ適用した際の動作特性を検討した。leaky least-mean-square (LMS) アルゴリズムをANCシステムへ適用した際の特性解析は独立理論 (independence theory) を用いないものが報告されている。本研究でも、独立理論を用いないでLeaky RLSアルゴリズムを2次経路の推定が不完全なANCシステムへ応用した際の動作解析を行い、その手法の有効性を明らかにした。

## 環境電工学研究室

上杉喜彦教授、田中康規教授、石島達夫准教授

当研究室では、高密度・高熱流プラズマから低密度・低エネルギー密度非平衡プラズマの広い範囲にわたるプラズマを対象として、その基礎物性解明とそれらの次世代応用に関する次のような研究を行っている。

### 1. 核融合プラズマに関する研究

(1) ヘリカル型核融合プラズマ実験装置 Heliotron-DR 装置を用いたトカマクおよびヘリカルプラズマにおけるディスラプション等の電磁流体 (MHD) 不安定性の動的内部構造と、その粒子・熱輸送特性への寄与の解明

(2) 周辺電磁場制御によるプラズマ閉じ込め性能の改善に関する基礎研究

(3) ダイバータプラズマおよびダイバータ板における炭化水素不純物発生とダスト形成過程解明の基礎研究

(4) ダイバータプラズマ中におけるダスト溶発機構の解明と、ダスト微粒子の3次元運動の解明に関する基礎研究

### 2. 高気圧高熱流熱プラズマの先端的応用に関する研究

(1) 様々な新制御を施した変調誘導熱プラズマ炉の開発と、それによる特異な熱プラズマ温度場・反応場・流体場生成

(2) 変動型熱プラズマの熱的・反応論的非平衡電磁熱流体解析による温度場・反応場・流体場解析

(3) 変調熱プラズマを用いた低熱流・高ラジカル密度流の制御生成と、それを応用した材料の低熱ダメージかつ超高速表面改質、および超高速膜生成技術の開発に関する研究

(4) 原料・ガス供給を同期間歇投入した変調型誘導熱プラズマによる機能性ナノ粒子の大量かつ高効率生成と、それらの高次粒径制御技術の開発

(5) SF<sub>6</sub>など分子性ガスを介する高速アークプラズマクエンチング現象の実験および非平衡電磁熱流体解析に関する研究

(6) ポリマーアブレーションおよびポリマースポレーション現象を積極利用したプラズマクエンチング現象の解明と、そのプラズマスイッチング・繊維熱シールドへの応用に関する研究

(7) 高熱流プラズマを利用したプラズマカッティングにおけるプラズマ固体相互作用と電極損耗現象の解明への応用

(8) 固体・液体・気体・プラズマが混在する「重相環境構造」をもつプラズマ-固体相互作用現象の基礎物性の解明と、その応用制御に関する研究

### 3. 高気圧非平衡プラズマの先端的応用に関する研究

(1) 大気圧非平衡プラズマと火炎燃焼とを重畳した相互作用に関する基礎物性解明と、それによる高速着火・完全燃焼への応用

(2) 効率的な大気圧プラズマジェット生成とその医療応用技術に関する研究

## 知能電気機器研究室

上野敏幸准教授

本研究室では、磁歪材料を用いたマイクロアクチュエータおよび振動発電技術に関する研究を行っている。主な研究テーマは以下の通りである。

### 1. 振動発電技術

#### (1) デバイスの開発

振動を電力に変換する原理とデバイスの開発を行っている。提案する磁歪材料（鉄ガリウム合金）を用いた振動発電技術は、従来の圧電素子や永久磁石、エレクトレットを用いたものに対して、シンプルで堅牢、高出力、高効率、高耐熱性、低出力インピーダンスの特徴を有した実用的なものである。本研究では、超小型から大型にて、これら発電を行うデバイスを設計・試作・評価し、発電の原理や特徴を検証している。またデバイスの電気・機械連成を考慮した理論モデルや磁歪材料の特性を含めた有限要素解析技術の開発を行っている。

#### (2) ワイヤレスセンサシステムの開発

ワイヤレスセンサシステムとはセンサと無線通信を一体にした計測システムで、温度、振動などの情報を無線信号にて伝送することで、遠く離れた構造体や機械の状態を監視するものである。本研究では、発電デ

バイスの小型・高出力化と共に、任意の振動から効率よく発電するメカニズムを開発し、タイヤ空気圧モニタリングシステムや橋梁のヘルスマニタリングへの実用化を目指している。また電池の要らないリモコンの実現を目標に、ボタンを押す動きを電気エネルギーに変換するシステムの開発も行っている。

#### (3) 高出力振動発電技術の開発

風力や波力発電に代わる高出力発電の実現を目標に研究開発を行っている。本研究では発生電力が体積に比例すると予測し、デバイスを大型化した場合の特性に関して詳細に検証している。同時に人の歩行や自動車の振動、一様な流体の流れなどを効率よく電力に変換するメカニズムの開発を行っている。

### 2. マイクロアクチュエータ

鉄ガリウム合金を用いた小型球面モータに関して研究を行っている。本研究では、直径3mm径の超小型のものや、自由度を増やした3軸駆動の球面モータの開発を併せて行っている。以上をパソコンのUSBポートの電源（5V）で駆動するドライバの試作及び動作確認も行っており、駆動回路を含めたコンパクトなシステムでの実用化が期待できる。提案する球面モータは、光学や情報通信、医療分野への応用が可能なものである。本研究室では、その他に中空磁歪振動子を用いた液滴塗布システムや耳穴装着型中空骨伝導デバイスの開発も行っている。

## 環日本海域環境研究センター 生体機能計測研究部門

山田外史教授，柿川真紀子助教，  
H.バヤニ機関研究員，A.ミサコフスキー機関研究員，  
B.ベザエラム機関研究員，松本有加技術職員，  
池畑芳雄技術職員

「磁気応用研究グループ」の研究は、「磁界」を切り口に磁界センサ、その産業や医用応用等の磁気応用技術による機器開発を行うと共にこれら装置の電磁界の解析法の研究も進めている。また、電磁界の生体影響評価と医療分野への応用に向けた研究を行っている。研究項目は以下の通りである。

#### 1) 巨大磁気抵抗効果磁気センサの計測への応用

巨大磁気抵抗効果磁気センサは、超小型、高感度の高密度計装の可能な磁気センサである。このセンサの特徴を利用したマルチセンサ、または針形状のセンサ構造を提案し、ミクロンサイズの金属検出、磁性流体濃度検出、磁気的免疫学的検査法への磁気信号の検出などの基礎研究を行なった。

#### 2) マイクロうず電流探傷技術の応用研究

ミクロンサイズの巨大磁気抵抗効果センサからなるマイクロうず電流プローブを開発し、うず電流探傷技術の高分解能、高感度化を実現するとともに、高速の信号処理法を用いることにより高密度プリント基板の検査技術が確立した。また、ミクロンオーダーの傷や溝中の傷などセンサプローブの特徴を利用した渦電流探

傷への応用を検討した。

#### 3) がん温熱療法のための磁界発生器の研究

がん治療用誘導加温装置の励磁コイル（アププリケータ）の構成ならびに高周波電源システムとの整合性を検討し、人体深部の腫瘍を加温できると共に、体内にあるインプラント金属に発生する熱を抑制するために磁気遮蔽機能も有する装置の開発を検討した。また、発熱体である磁性微粒子の特性を考慮して発熱効率の向上ができた。

#### 4) 磁歪アクチュエータによるキャビテーション発生と殺菌への応用

本研究では、超磁歪素子を振動子とした超磁歪アクチュエータを用いたキャビテーション発生装置による水質浄化の研究を行っている。また、キャビテーション崩壊から発生するパルスパワーにより酸化チタンを励起シラジカルを発生させ、ウイルス・大腸菌を不活性化・殺菌することを確認し、実際に河川などの水を処理することができた。

#### 5) 抗がん剤作用の磁場増強効果に関する研究

がん病巣へ交流磁場を曝露することで局所的に抗がん剤作用の効果を高め、抗がん剤の投与量を減らし、副作用を抑えるがん治療法の確立を目指した研究を行っている。

#### 6) 骨代謝に及ぼす磁場影響評価

キンギョのウロコを骨モデルとして、磁場による骨芽細胞、破骨細胞の活性や遺伝子発現変化を測定し、骨代謝における磁界曝露効果について検討している。

## 離散力学系研究室

藤崎礼志准教授

本研究室では、離散力学系のカオスの数理解と  
その工学への応用を行っている。研究概要は以下の通  
りである。

**研究概要：**離散力学系とは、離散的データや情報の背  
後にはそれを生成するシステムがあり、そのシステム  
を変換（写像）と捉え、その変換の特性がデータの解  
析にどのように寄与しているかを研究する学問領域で  
ある。たとえば、無秩序に見える時系列が実はある写  
像の反復によって生成されていると捉えることができ

るか、ある2値系列（0, 1の記号列）が与えられ  
たときどのような変換がその生成に寄与しているかを  
探る、などの試みを行っている。このような諸現象へ  
の離散力学系からのアプローチのみならず、離散力学  
系に基づく乱数生成およびその統計的性質の評価、マ  
ルコフ連鎖系列のスペクトル拡散通信システムへの  
応用、超離散力学系に基づくカオス暗号系の提案など  
様々な分野への応用研究も行っている。現在の研究  
テーマは

- ・離散力学系の基礎研究
- ・離散力学系に基づく系列生成とその応用
- ・離散力学系のカオス暗号系への応用  
などである。

## 計算数理工学研究室

畑上到教授，榎本文彦助教

本研究室では、数値シミュレーションによる非線型  
現象の解析とその基礎となる数値解析および複雑系等  
の応用数学に関する研究および数系とそのタイル張  
り、フラクタル解析、暗号技術に関する研究を行って  
いる。主な研究テーマは以下の通りである。

### 1. 非線型微分方程式の数値解の構造研究

非線形性がひきおこす不安定性を不十分な格子点数  
の離散力学系の多様体上で、しかも有限の時間刻みで  
捕らえられているかどうかを評価するため、数値解の  
構造を最近のカオス理論や複雑系に対してしばしば利  
用されている計算実験的な手法（たとえば数値解から  
構成されるアトラクタのフラクタル次元の評価や  
ウェーブレット変換等の利用）を応用した方法を併用  
して解析している。

### 2. 確率微分方程式による数値計算の誤差移入に関する研究

数値計算における誤差の移入を確率的に取り扱う  
立場から、一般的な決定論の方程式に確率的なランダム  
項を付加した確率差分方程式についての数値解の構造  
を研究している。特にその平均的な力学構造を解析

し、誤差が計算結果に及ぼす影響について研究してい  
る。さらに、現実の流体計算等における誤差移入の数  
値解の構造に対する安定化、不安定化の寄与について  
の解析を行っている。

### 3. 種々の現象の数学モデルの構築と解析

現実の自然・社会現象及び工学的な問題、特に交通  
流問題や生物学的な現象について、それを記述する数学  
モデル（微分方程式）を構築し、数値シミュレーショ  
ンによる解析を行うことにより、現象に内在する本質  
的な構造を追求している。

### 4. 数系とそれに付随するタイル張りに関する研究

数系とそれに付随するタイル張りは記号力学系、  
オートマトン、フラクタル解析などと密接に関連して  
近年数学、情報科学の分野で発展している。その中の  
Pisot数系とそれに付随するタイル張りについて代数的  
整数論及び幾何学的立場からの解明を試みている。

### 5. 暗号技術に関する研究

ネットワーク社会において情報セキュリティを確保  
するための対策の一つは暗号技術を進展させることで  
ある。電子署名、電子現金、電子投票などは公開鍵暗  
号方式を応用して現実社会でも利用されているが不十  
分な点も多い。強固な攻撃に対してより安全性の高い  
ものの構築およびその基礎研究を行っている。

## 基礎数理研究室

佐藤卓治教授, 藤解和也教授

本研究室では, 工学的現象, 数理的現象を函数論, 幾何学等を通して解析・研究するとともに, それらを工学的応用へさしむけることを研究目標とし, 活動を続けている。また, 教育については数学的基礎と情報科学の知識を兼ね備え, それらを実社会において駆使できる人材を育成することを目標の1つとしている。主な研究内容は以下の通りである。

### 1. 概エルミート幾何および情報幾何 (佐藤)

概エルミート多様体の分類を目指し, 曲率と概複素構造の間の関係を調べることを中心課題として研究している。とくに正則断面曲率, 反正則断面曲率が各点ごとに一定な空間の分類およびその例の構成に関する研究を行っている。確率分布族 (統計モデル) を微分幾何学的に取り扱う情報幾何はアファイン接続とその双対接続が重要な役割を果たしている。統計モデルの接バンドルおよび余接バンドル上には双対接続によって概ケーラー構造が導入され興味ある事実が知られる

## 計算機ソフトウェア研究室

山根 智教授, 櫻井孝平助教

本研究室では, 組込みシステムのシステム仕様記述とモデル検査, オブジェクト指向プログラムの解析などの研究を行っている。研究テーマは以下である。

### 1. ネットワークプロトコルなどの確率リアルタイムシステムの抽象化精練によるモデル検査

ネットワークプロトコルなどの確率リアルタイムシステムを確率時間オートマトンで仕様記述して, 検証性質を確率時間時相論理式で仕様記述して, 抽象化精練によるモデル検査手法を開発している。本手法は自動的に抽象化精練の述語を発見して, 自動演繹的に検証するものであり, 大規模システムの検証を実現している。

### 2. ハイブリッドオートマタ理論による動的再構成可能組込みシステムの設計検証

汎用CPUと動的再構成可能プロセッサ (DRP) との協調システムを対象として, その検証性質もハイブリッドオートマトンで仕様記述して, ハイブリッドオートマトン理論によるモデル検査手法を開発する。また, 抽象化精練によりモデル検査を拡張したり, SMTを用いたソフトウェアモデル検査手法も開発する。本手法は動的再構成可能組込みシステムの効率的なシステム設計検証を実現するものである。

ようになった。これらのことから概エルミート幾何と情報幾何との関連を指数型分布族に注目して研究を続けている。

### 2. 値分布理論を用いた複素常微分・差分方程式および超離散方程式に関する研究と応用 (藤解)

複素平面上の領域を定義域とする有理型函数または複素射影空間への正則曲線を値分布の観点から研究し, Nevanlinna-Cartanによる理論を用いた複素常微分方程式あるいは差分方程式の研究に応用している。当該期間の研究概要は次の通りである。(1)Cartanによる第二主要定理の「差分版」の導出し, 正則曲線とシフト不変な超平面との交わりについて精密に評価した。(2)整函数に関するBank-Laine予想が単位円板上の解析函数については否定的であることを証明した。(3)有理型函数の超離散化であるmax-plus有理型関数に関するトロピカルNevanlinna理論に於いて懸案だった第二主要定理が実際に成立することを示した。このほか, 値分布理論的な手法を他分野に適用する可能性を研究するとともに, (超)離散化を通じて複素解析学の豊饒な諸結果の情報工学分野等への応用について模索を続けている。

### 3. ロボット組込みアセンブラのソフトウェアモデル検査

本研究はソフトウェアとハードウェアの相互作用を厳密に検証するために, C言語記述のロボットソフトウェアをアセンブルして, そのアセンブリプログラムをソフトウェアモデル検査する手法を開発するものである。本手法はアセンブリ言語プログラムからKripke構造を抽出して, SMT-LIB形式に変換して, 定理証明器SMTソルバで検証するものであり, 大規模システムの検証を実現する。

### 4. オブジェクト指向プログラムの解析とその応用

本研究は, プログラムの信頼性や開発効率などを向上させるために, 横断的関心事をモジュール化するアスペクト指向プログラミング言語を対象として, メモリ上のオブジェクトの組み合わせ及びテストプログラムの実行パスなどをソフトウェア部品の結合に利用する言語機構などを拡張して, その理論を構築しており, 実際に, そのコンパイラを実装し, 評価を行った。これにより, プログラムの信頼性や開発効率が一躍的に向上することを実証した。さらに, オブジェクト指向プログラムのテストの効率向上のために, メモリ上のオブジェクトが構成するグラフネットワークを探索することでオブジェクトが持つ値を確認するテストの簡単な記述を実現する提案を行い, テストフレームワークとして実装し, 既存のソフトウェア上で評価を行ったその有効性を実証した。



## ネットワーク・並列計算研究室

松林 昭講師

本研究室では、ネットワーク通信や並列計算を効率的に実現する問題について、グラフ理論、アルゴリズム理論、計算理論などの観点から研究している。主な研究テーマは以下の通りである。

### 1. ネットワーク上の分散データ管理に関する研究

ネットワーク上に構築されるデータ共有システムにおいて、データへのアクセス要求に対して効率良くサービスを提供するための最適な動的データ配置を求める問題について、リングネットワークや平面グラフなどの様々なネットワーク構造における最適なオンラインデータ配置アルゴリズムを設計する研究を行っている。

### 2. 無線アドホックネットワークの設計・ルーティングに関する研究

無線アドホックネットワークにおいて、省電力性・平面性・低次数などの望ましい性質を有するネットワークを構築するためのトポロジー制御アルゴリズム

ム、およびブロードキャストをはじめとする通信アルゴリズムを設計する研究を行っている。

### 3. 効率的なナッシュフローを実現するネットワークの設計に関する研究

ユーザが自身の利益を最大化するように経路選択を行うという前提では、各リンクを流れる通信(フロー)量は収束することが知られている。このようなフロー(ナッシュフロー)の量は、ネットワークへのリンクの追加によって却って減少することがあること、およびナッシュフロー量を減少させるリンクを検出することは一般に困難であることが知られている。このようなリンクを効率的に検出できるネットワーク構造について研究している。

### 4. グラフ埋め込みに関する研究

並列アルゴリズムを相互結合網へ効率的に実装する問題や、様々なネットワークの効率的な2次元/3次元レイアウトを構成する問題は、グラフ埋め込み問題として定式化できる。様々なグラフに対して、グラフ埋め込みの計算複雑度や効率的なグラフ埋め込みアルゴリズムを設計する研究を行っている。

## 人工知能研究室

木村春彦教授, 南保英孝講師, 中村宗広助教

本研究室では、人工知能、データマイニング、知的画像処理、医療・福祉工学、顧客購買行動、環境認識、植物工場、ソフトコンピューティング等を専門としている。本研究室の特徴は、情報工学、電気・電子・制御工学、医学、経済・経営・社会学、文学・教育学といったジャンルの異なる出身者が集まり、それぞれの目的のために、人工知能やデータマイニング等の知的手段をマスターして、各々の問題解決を行っている学際的な点である。本研究室のモットーは、過去の栄光よりも、今現在を重視し、各々が一生懸命に研究に取り組むことである。座右の銘は、『偶然は準備のない者を決して助けない』である。

現在の主な研究テーマを以下に列挙する。尚、ゼミ生はゼミナールでの研究発表を義務付けられているが、この他に(1), (2), (4), (6), (13)のテーマについては定例の勉強会を行っている。

1. 軟性膀胱鏡画像のパターン認識とパターン理解
2. 植物生体電位に基づく植物工場の環境認識に関する研究
3. 感情の変化を考慮した顔表現の認識
4. 商品間の相関関係と顧客属性を考慮した顧客購買行動シミュレータの開発
5. 眼球運動と瞬きを用いた文字入力システムの開発
6. 不登校児童の診断と治療支援に関する研究
7. 光学センシング技術を用いた物体検知システムの実用化
8. 視覚障害者のための地図読取りシステムの開発
9. 学習者レベルを考慮した図書推薦システムの開発
10. 把握時に発生する圧力分布による個人識別システムの開発
11. 加速度センサや圧力センサ等を用いた疑似体験システムの開発
12. ニオイセンサを用いた独居老人の振る舞い認知に関する研究
13. マルチエージェントを用いた避難シミュレータの開発研究
14. 三次元モデルを用いた動作推定に関する研究

## オーディオ情報処理研究室

三好正人教授, 齋藤毅助教

当研究室では、人が聴取する音声・音響情報の品質 (Quality) と楽しさ (Entertainment 性) の向上を目的に、オーディオ信号処理方法に関する研究開発を進めている。主な検討課題は次の通りである。

### 1. 講演音声の高品質収録システム技術

講演や授業の現場で収録された音声アーカイブを高品質化 (高明瞭化) し、eラーニングサービス等の拡充に資することを目的として、④スポットライトの様に教壇やその周囲を移動する講師を追尾し音声を高S/N収録するマイクロホンアレイ技術と、⑥収録音声に混入する会場雑音 (聴者の話し声や室内騒音) や残響音を取り除く音声信号回復処理と、⑦回復された音声の音響的特徴を操作して声質や話し方に起因する明瞭性劣化要因を取り除く音声信号強調処理とを統合して、高品質講演音声アーカイブ自動作成システム技術を確立する。

### 2. 歌声合成技術

計算機音楽に代表されるデジタルメディア領域での新たな表現技術として、パソコンで人工的に歌声を作る歌声合成技術がある。本研究室では、歌声固有の生

理的・音響的特徴に基づいた自然で表情豊かな歌声を生成可能な歌声合成技術の構築を進めている。具体的には、歌唱 (歌声の発声) 特有の発声器官運動に起因する音響的特徴を抽出し、それら特徴が聴感印象に与える影響の調査することで、歌声の多様な音色を規定する音響的特徴を明らかにする。そして、この音響的特徴の操作に基づいたヒトの歌唱に近い高度な歌声合成の実現を目指す。

また、歌声合成技術で培った技術を基に、歌声を用いた新しい音楽検索技術や、カラオケにおける歌唱支援システムの検討を進めている。

### 3. スピーカアレイを用いる音像制御技術

3D映像に適した音声提示方法の検討を行っている。具体的には、比較的少数のスピーカ素子で構成する直線アレイを用い、隣り合う素子間の音圧差と位相差を調整することで、アレイの前/背面方向 (映像ディスプレイの前/背面方向相当) に生成する高音圧焦点 (仮想音像) の位置や移動速度を制御し、受聴者に三次元的な広がり感を伴う音空間を提供するオーディオ信号処理システム技術を確立する。

また、上記検討に並行して、ヘッドホンを用いるパーソナルな音像制御方法やこれら再生技術に適した収録方法等、周辺技術の検討も進める。

## 映像情報処理研究室

今村幸祐准教授

本研究室では、画像の伝送・蓄積を目的とした符号化アルゴリズム、ならびに領域分割などの動画像処理に関する研究を行っている。主な研究テーマは以下の通りである。

### 1. Matching Pursuitsの高能率符号化に関する研究

動き補償 (MC) と Matching Pursuits (MP) のハイブリッド符号化方式は、低ビットレートで優れた特性を示す。MPではどのような辞書を用いるかが、符号化特性に大きく影響する。ここでは、汎用的な辞書ではなく、学習の手法を用いて、フレーム単位で動的に最適なMPの辞書へ更新するという動的学習辞書を導入することで符号化特性の向上を行う。

### 2. 映像からの動オブジェクト抽出に関する研究

(1) 動的輪郭モデルと Watershed アルゴリズムを組み合わせた動オブジェクト抽出

まず、動的輪郭モデル (Snakes) によるエネルギー関数の最小化結果としての輪郭抽出を行う。一般的に用いられる輝度勾配に加え、Snakesによるエネルギー

関数最小化の結果に基づいた項を加えた新たな地形図を作成し、Watershed アルゴリズムを用いることで、良好な動オブジェクトの抽出を行う。

(2) 領域統合法による動オブジェクト抽出

Watershed アルゴリズムにより、画像の領域分割を行い、分割された各領域のアフィン動き情報に基づいて、同オブジェクトに属する領域を統合し、動オブジェクト抽出を行う。

### 3. 自由視点画像生成に関する研究

複数カメラ画像から、被写体の3次元形状情報を經由せずに、任意視点からの画像を生成する光線空間法と呼ばれる技術がある。一般的に、カメラ台数などの制限から、補間処理が必要となり、生成される画像には、ボケなどの歪みが生じる。光線空間における構造的特徴を利用して、歪みの低減を行う。

### 4. 電子透かしに関する研究

画像の不正複製が社会問題となっている。その解決策として電子透かし技術がある。インターネットが対象となる場合、対象画像は膨大な数となるため、不正複製画像の検索技術が必要である。また、各種攻撃による画素値の変化も考慮する必要がある。ここでは、電子透かし画像のための画像検索技術の開発を行う。

## 電波情報工学研究室

八木谷聡教授, 尾崎光紀助教

本研究室では、電波の発生や伝搬の性質を利用した地球から宇宙までのリモートセンシング、及び電磁波環境 (EMC / EMI)、電磁波利用技術に関する研究を行っている。

### 1. 電波による宇宙空間のリモートセンシング

科学衛星「あけぼの」「GEOTAIL」等に電波観測装置を搭載して、地球周辺の宇宙空間プラズマにおいて発生、伝搬する自然電波や人工電波を観測することで、電離層や磁気圏の構造や環境を調べている。観測された電波のスペクトルや波形データの解析を行い、またそれを解釈するために理論的解析や計算機シミュレーションによりプラズマ中での電波の発生や伝搬のメカニズムを研究している。また、将来打ち上げが予定されている日欧共同ミッションである水星探査衛星「BepiColombo / MMO」、及び日本の磁気圏探査衛星「SCOPE」「ERG」に搭載予定の電波観測装置の設計、試作、性能評価試験等を行っている。さらに、宇宙プラズマ電波の擾乱を多点計測してその電磁環境情報の把握を目的とした「宇宙圏電磁環境モニターシステム」の小型磁界アンテナも開発している。これらの研究は、京都大学、東北大学、宇宙航空研究開発機構

(JAXA)を始め、国内外の大学・研究機関と共同で行っている。

### 2. 地上における自然電波の観測

雷放電により発生した電波 (雷空電) が、地上及び電離層へどのように伝わっていくかを厳密に計算する手法を用いて、雷空電波形の解析を行っている。それにより、地上の1地点で雷空電波形を観測して落雷位置を特定する装置を開発している。また、宇宙から南極に降り注いでくる低周波電波の観測データを解析することで、南極上空の電離層や磁気圏のリモートセンシングも試みている。

### 3. 電磁波源推定及び電磁界可視化に関する研究

機器から放射される低周波 (MHz以下) の不要電磁波ノイズに対して、その発生源を特定する研究を行っている。機器周辺に複数のセンサを配置してノイズの電磁界分布を観測し、そのノイズを放射している波源の位置、向きや分布を逆問題として推定する。推定された波源は実際に撮影された機器の映像に重ねて表示され、機器のどこから電磁波ノイズが放射されているかを直感的に把握できる。一方、電磁界の空間分布そのものをリアルタイムに計測し、ビデオ映像上に色や矢印で直感的に可視化する装置の開発を行っている。また、高周波 (UHF帯) を対象に電波の強度や位相分布をリアルタイムに計測する電波シートの開発も行っている。

## 通信情報工学研究室

笠原禎也教授, 後藤由貴助教

本研究室では時々刻々と生成される大量データを厳しい制約条件下で効率良く処理・伝達するデータ通信・信号処理、データに含まれる内在的な意味を手掛かりに、重要情報を選択的に抽出・蓄積する知的情報処理、利用者の認証・認可に基づく多様な情報アクセス制御や大規模データベース等の研究を行なっている。主な研究テーマは以下のとおりである。

### 1. 高分解能計測データのリアルタイム処理法の研究

高分解能センサで計測した大量データを、限られた計算機資源を使って、準リアルタイムに有用情報の選別や情報圧縮処理を行ない、少ない伝送帯域でより多くの情報伝送を行なう情報処理技術を研究・開発し、特に制約が厳しい科学衛星搭載器上で自律動作する機上ソフトウェアへの応用に取り組んでいる。これまでに、月探査衛星「かぐや」(2007年打上げ) 搭載波形捕捉器、日欧共同水星探査計画BepiColombo / MMO衛星 (2014年打上げ予定) 搭載の波動受信器用に機上ソフトウェアを実装し、有意な観測データの選別・圧縮アルゴリズムの実証・評価と改良に取り組んでいる。また編隊飛行衛星計画「SCOPE」や内部磁気圏観測衛星「ERG」等の将来衛星計画に合わせ、さら

なる高度情報処理アルゴリズムの研究を進めている。

### 2. 大規模科学データベースの高度情報処理法の研究

大量に蓄積された科学データベースを利用した、大規模データの高度情報処理法を研究する。特に従来、専門知識を有する人間しか扱えなかったデータ中に隠された興味ある情報や知識を、計算機の力で抽出するアルゴリズムを研究し、種々の科学技術データの高度な解析・知識発見に寄与する手法を研究・開発する。

### 3. 電波を用いたリモートセンシング・逆問題解法の研究

GPS、レーダーなど電波の特性と通信・信号処理技術を駆使し、得られた計測データ (結果) から、ある数学モデルに基づき原因を推定する逆問題解法を研究する。本研究では主に、きわめて多くのパラメータに支配される宇宙電磁環境や非可視媒質を、計測データを元に求める解法 (非破壊検査手法) を研究する。

### 3. ネットワークを用いた大容量データの参照・配信技術の研究

各所に分散した多種多様なデータを統合的に相互参照・配信する分散データベース、データの閲覧・参照を統合的に制御する統一認証やセキュアな通信方式、分散管理された異種データベース間の連携法などを研究する。本学のアカンサスポータルならびにそれに連携する全学向け情報システムも本研究の活用事例の一つである。

## 情報セキュリティ研究室

満保雅浩教授

情報セキュリティ研究室では、暗号技術を核として、安全な情報社会の構築に寄与する情報セキュリティ基盤技術の理論と応用に関する研究を行っている。情報セキュリティの確立に役立つ、さまざまな分野の技術や仕組みを活用することにより、情報セキュリティに係わる諸課題に、広い視野を持ちながら、様々な角度から取り組んでいる。

### 1. 暗号基礎理論

情報セキュリティを確立する要素技術として、暗号技術があり、暗号方式、デジタル署名方式、ユーザ認証方式などが知られている。これらの安全性の根拠の解明や、多重署名などの特殊な機能を有するデジタル署名や鍵共有方式の構成などについて研究を行っている。

### 2. セキュアプロトコル/暗号プロトコル

暗号技術を利用した処理手続きである暗号プロトコルを活用することにより、電子商取引・電子マネーや電子選挙・電子オークションなどを構成することが可能となり、社会でのこれらの営みを、情報ネットワー

クを介して、確実に実行できるようになる。小額決済向けの電子マネーや電子マネー供託方式、電子選挙などの暗号プロトコルに関する研究を行っている。

### 3. 各種の保護・認証技術

デジタルコンテンツの不正利用の防止や抑止に暗号や電子透かしが有効である。電子透かしを用いれば、例えば画像において、画質を落とさずに、著作権表示や改竄検出、不正コピー流出元の特定などを実現できる。暗号や電子透かしを組み合わせたデジタルコンテンツ保護などについて研究を行っている。

不正改変防止や不正解読防止、知的財産権保護、プログラム中の情報漏洩対策などを実現するための耐タンパーソフトウェア技術（難読化技術を含む）の重要性に着眼すると共に、その実現方法に関する研究を行っている。

生体情報やライフログなどの個人に密接に係る情報を活用した認証手法ならびにそのプライバシー保護について研究を行っている。

### 4. 新分野でのセキュリティ対策

センサネットワーク、アドホックネットワーク、クラウド、DNA計算など新しく発展しつつある分野における情報セキュリティに関する研究を行っている。

## 適応システム研究室

中山謙二教授，平野晃宏講師

本研究室は、環境適応能力、学習能力を有する線形及び非線形なダイナミカルシステムの研究を行なっている。

### 1. 適応フィルタ

#### (1) ステレオエコーキャンセラ (SEC)

企業との共同研究で、前処理を用いて解の不確定性を解決するSECの収束速度と音質を改善する方式を開発した。また、全域通過フィルタを帯域分割制御する前処理方式を開発した。

#### (2) 携帯電話用ノイズキャンセラ (NC)

スペクトルサプレッション) 法において雑音混入音声スペクトルのエントロピーと分散を用いて音声/無音区間を分離する方法と雑音スペクトル推定法を提案しSNRを12dB改善した。

#### (3) 携帯電話用エコーキャンセラ (EC)

線形ECとエコーサプレッサ (ES) を組み合わせる方式において、ESにおけるパラメータを自動更新する方式を提案し、エコー低減量を13dB、SNRを2~7dB改善した。

#### (4) 入力信号の白色化を用いた高速収束アルゴリズム

有色信号に対して高速に収束する学習法を開発した。

### 2. ブラインド形信号源分離 (BSS)

#### (1) ダイナミックオーバーコンプリートBSS

「話者数>センサー数、同時に話す話者数≤セン

サー数」に対するBSSの構成法と学習法を提案し良好な分離特性を得た。

#### (2) フィードフォワード (FF)、フィードバック (FB) 混合形

学習をFB-BSSで行い、その結果を混合形BSSに変換する方式を提案し、遅延条件に関係なく良好な分離特性が得られた。

### 3. ブレインコンピュータインタフェイス (BCI)

#### (1) 多チャンネル脳波の直交化による特性改善

直交化順を複数用いる並列方式を提案し、メンタルタスクの分類性能を大幅に向上した。

#### (2) 部分空間フィルタ (SPF) と誤差訂正 (EC) 符号を用いる方法

SPFと2分類の並列構成、EC符号を出力とする方式を提案。

#### (3) メンタルタスク (MT) 組合せの影響

MTを大分類と小分類に分け、組合せの影響を解析した。

### 4. 適応システムの実装

#### (1) グラフィックスプロセッサ (GPU) を用いた実装

GPUを用いた音響ECの効率的実装法を検討し、小規模SEC、大規模NLMS適応フィルタとRLS適応フィルタを実現した。

#### (2) 音源方向 (DOA) 推定アルゴリズムの実装

企業との共同研究で、複数マイクによる音の到来方向推定法を固定小数点演算のみで実装する方法を検討した。

## 集積回路工学研究室

秋田純一教授, 北川章夫准教授

本研究室では、現代社会を支える基盤技術である大規模集積回路 (LSI) の設計・応用技術を基礎に、新しい視点に立つ LSI テクノロジーやアーキテクチャ、及び斬新な LSI 応用システムの提案と開発を行っている。主な研究テーマは以下の通りである。

### 1. 新機能センサ LSI

#### (1) 非接触・無線・バッテリーレスセンサ

無線通信 LSI 技術を応用して、各種の非接触計測を可能とする新機能センサ技術について研究を行っている。LSI チップ上に乗った数十マイクロメートルの微小物体を画像化するセンサ、皮膚感覚を模倣する触覚センサ、健康状態モニタや化学汚染物質を検出するラジカルセンサ、介護支援のための人体装着型センサなどの方式や回路について試作・評価を行っている。

#### (2) 高機能・高解像度イメージセンサ Vision Chip

画像を取得だけでなく画像処理機能ももつ、列並列処理構成による高機能・高解像度イメージセンサ (Vision Chip) の研究を行っている。その応用例として、急速眼球運動の追尾にも対応する視線検出カメラ向けの Vision Chip 等のアーキテクチャの検討と実装・評価を行っている。

## バイオインフォマティクス研究室

佐藤賢二教授, 久保守助教

過去20年の間に分子生物学が長足の進歩を遂げた結果、進化や遺伝、疾病などの現象は、ほとんど全て遺伝子やタンパク質といった分子レベルの情報に基づいて理解されるようになった。生命現象の解析に利用できるデータの量と種類は1人の生物学者の頭脳の容量をとっくに超えてしまい、現在ではコンピュータとネットワークの助け無しに研究することは考えられない。中でも重要なのは、機械学習やデータマイニングとよばれる一種の統計処理技術であり、本研究室でもこれを応用した様々な研究を行っている。さらに、本研究室では気象センシングデータの解析と森林の画像計測に関する研究も行っている。

本研究室における主な研究テーマは、以下の通りである。

(1) **機械学習を駆使した各種生物学データの分類及び予測**: サポートベクターマシンをはじめとする様々なアルゴリズムを用いて、DNA 配列やアミノ酸配列、タンパク質立体構造などの情報が持つ特徴を学習し、新しく見つかった配列や構造がどのような機能を持つか予測する。この予測精度を高めるための新たなアルゴリズムを研究開発し、それを通してバイオデータに隠された情報的な構造や意味を明らかにする。

### 2. 新型不揮発メモリ LSI

新型不揮発性メモリは、携帯電子機器の低消費電力化やコンピュータのさらなる小型化に必要な次世代の半導体メモリとして注目されている。新型不揮発性メモリを大容量・高性能化するための回路技術や、メモリ以外の集積回路と混載システム LSI 化するための技術について研究を行っている。

### 3. LSI 応用システム

#### (1) ウェアラブルネットワークシステム

導電性布を用いた衣服を用いたウェアラブルコンピュータ向けネットワークシステムの実装と評価、およびその応用として生体信号の高精度多点計測システムの開発を行っている。

#### (2) 高精細ディスプレイシステム

画素構成を通常のような格子状ではなく不規則とすることで、斜め線のギザを解消することができる画像システムの検討と評価を行っている。

#### (3) ボトムアップ式電子工作

コンピュータのソフトウェア・ハードウェアの垣根を越えた知識体系の構築とそのスキルを持つ人材育成のための教材体系の構築を目指して、マイコンを用いる電子工作を題材とした知識体系構築の実践を行っている。

(2) **生物医学文献からの知識抽出**: 生命科学の分野では、毎日大量の論文が公表される。この中から有用な部分を抽出し、さらにその意味を自動的に導出し学習するシステムを開発している。最終的には、自然文で与えられた科学的な質問に回答できるシステムの開発を目指している。

(3) **次世代シーケンサのデータ解析**: 次世代シーケンサからは、数日のうちに数百 MB から数 TB にも及ぶ大量の短い配列データ (ショートリードデータ) が生産される。これを用いた遺伝子発現データの解析を行っている。

(4) **メタゲノム解析における生物種同定**: 黄砂や腸内など、特定の環境から採取したサンプルにどのような微生物が存在するかを、配列データから高精度に予測する研究を行っている。

(5) **降雪粒子画像計測システム, 気象レーダ, レーザによる統合型降雪データベースの開発**: 独自開発した降雪粒子画像計測システム, 気象センサー等を屋上に設置し, リアルタイムで降雪データの取得と解析を行っている。

(6) **衛星データとデジタルカメラによる森林の空間計測**: 森林の衛星データから樹木を検出する画像解析アルゴリズムの開発, 地上でデジタルカメラを使った森林樹木の空間計測, これらの解析データを用いた森林管理支援システムの開発を行っている。

## ゲノム情報工学研究室

山田洋一准教授

本研究室では、生命情報工学の研究分野に統計処理、分子シミュレーション、遺伝子工学実験などの手法を適用して、主として以下の研究を行っている。

### 1. DNA塩基修飾の網羅的解析手法の開発

ヒトゲノム配列決定後の重要な研究として、DNA塩基修飾（メチル化）やヒストン修飾といったエピジェネティクスの研究が挙げられる。そこで、ヒトのゲノムメチル化を網羅的に解析するための基盤技術を開発した。この技術と情報工学的手法を組み合わせることにより、ヒトゲノムのメチル化を各組織別に解析するシステムを構築している。

## ナノバイオ工学研究室

福間剛士特任准教授

本研究室では、周波数変調原子間力顕微鏡（FM-AFM）を利用した固液界面計測技術の開発と、その応用研究を行っている。主な研究テーマは以下の通りである。

### 1. 液中FM-AFMの装置・手法開発

#### (1) 液中FM-AFMの高速化

液中FM-AFMの主たる構成要素であるカンチレバー、変位計検出器、励振機構、周波数検出器、スキャナ、高圧アンプ、自動制御回路などの高速化に取り組んできた。現在では、これらの要素技術の実用性の向上と、それらを統合した計測システムの開発に取り組んでいる。

#### (2) 3次元水和構造計測技術の開発

従来のFM-AFMの動作原理に改良を加え、固液界面における3次元水和構造の計測を実現した。現在、この技術と上記の高速化技術を統合することによって、比較的凹凸の大きな表面や、不均一性の大きな表面の3次元計測を目指している。

#### (3) 液中電位計測技術の開発

大気・真空中でのナノスケール表面電位分布計測技術として用いられてきたケルビンプローブ原子間力顕微鏡（KFM）の動作原理に改良を加えて、液中での

### 2. 遺伝子発現データを用いた各種疾患特異的な生物学的現象の同定

各種疾患患者と正常人との間では、分子レベルでのなんらかの生物学的現象の差異が生じていると考えられる。このため各種疾患特異的に生じているまたは欠失している生物学的現象を同定することは、薬剤開発や医療診断などに寄与すると考えられる。そこで、これまでの問題点を克服した各種疾患特異的な生物学的現象を同定するアルゴリズムを独自に開発し、その有用性を検討している。

### 3. 分子シミュレーションによるタンパク質の立体構造と相互作用の予測

ヒトゲノム配列決定後の重要な課題として、ヒトの個体差とそれらの原因となる個体間DNA配列差異を対応づけることが挙げられる。そこで蛋白質の立体構造や蛋白質間相互作用に影響を及ぼす個体間DNA配列差異を分子シミュレーションや遺伝子工学の技術を駆使して探索している。

計測が可能なオープンループ電位顕微鏡（OL-EPM）を開発した。現在は、この技術を様々な学術・産業分野へと応用するための応用技術開発を進めている。

### 2. 液中FM-AFMによるナノスケール応用研究

#### (1) 生体分子のサブナノスケール構造計測

生体膜の主要な構成要素である脂質分子とコレステロール分子の混合膜を、液中で直接分子分解能観察し、それらの複合体構造を分子レベルで明らかにした。また、微小管を構成するチューブリン分子の表面をサブナノスケール分解能で観察し、タンパク質の二次構造である $\alpha$ ヘリックスの周期構造を観察することに成功した。

#### (2) 固液界面における水和構造の3次元計測

マイカ/水界面の水和構造を原子スケールの分解能で直接観察し、水和層や吸着水の分布を明らかにした。また、脂質/水界面の水和構造を計測し、その表面に形成された水和層の分布を明らかにした。さらにこの計測においては、脂質膜表面で揺動する脂質頭部の3次元分布をも可視化することに成功し、液中FM-AFM計測の新たな可能性を見出した。

#### (3) 液中電位計測技術の産業分野への応用

様々な分野の民間企業における製品・材料の開発研究に、我々の開発した液中電位計測技術を応用している。また、これらの共同研究を進めることで、本技術を実用化するための技術課題を明らかにし、その対策を進めている。