

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、新規高機能電子材料・デバイス開発を目的として、各種酸化物薄膜の作製・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デバイス開発に関する研究

印加電圧が無くても分極が残る強誘電体材料を用いたデバイス開発を中心課題とし、パルスレーザ堆積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。一例として、極限環境（高温・放射線）において動作を可能とするパワーデバイスの実現を目指し、高キュリー温度強誘電体 BiFeO_3 とワイドギャップ半

導体（ダイヤモンド・酸化ガリウム）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。

（物質・材料研究機構との共同研究）

また薄膜の組成や作製条件の調整によって強誘電体薄膜に半導体性も付与し、抵抗変化特性や光起電力特性を発現させることが可能になっており、これらのデバイス化のための高性能化と機構解明に取り組んでいる。

2. 2次元物質を用いたデバイス開発に関する研究

グラフェンに代表される2次元物質は従来の半導体材料を超える特性を多く有している。この2次元物質を用いたデバイス開発を目的とし、種々のゲート絶縁膜を用いたモノレイヤー MoS_2 FET構造の形成とデバイス動作の実証に取り組んでいる。

（東京理科大, 上智大学, 山梨大学, 北海道大学, 東京電機大学, 豪州・RMIT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 SiO_2 の薄膜化は限界に達してしまった。世界中で 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 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でかつ高品位の 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調整し、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

SiO₂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 μm から数十 μm 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バリングギャラリーモードと呼ば

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, δ 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であり, 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, 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, ポリエチレンテレフタレート樹脂(PET), アクリル樹脂(PMMA), ポリスチレン樹脂や感光性樹脂を用いた光導波路・光波回路の検討を行っている。

2. 有機半導体レーザに関する研究

現在の半導体レーザは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共振器の設計と構築を行っている。レーザ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を目指している。

3. 高屈折率材料を用いた微細光導波路に関する研究

光導波路の小型化と光波回路の高集積化を目指して, Si, SiN, Ta₂O₅などの高い屈折率を持つ材料をコアに用いた光導波路・光波回路の研究を行っている。伝搬モード解析と共に実際に光導波路を試作して光伝搬特性を評価している。また, 超高速光通信の実現のためには光波回路の波長依存性や偏波面依存性を低減させる必要がある。光伝搬シミュレーションにより波長依存性が少ない光分岐・合流回路や偏波面分割・多重回路などの設計を行い, 試作もを行っている。

4. CMOSプロセスによる高速光検出器に関する研究

LSIとの集積化による光電子集積回路の実現のため, CMOSプロセスによる光検出器を設計・試作している。応答速度を劣化させる拡散移動キャリアの除去や電極構造の最適化などにより, 10GHzの帯域と100倍以上のなだれ増幅利得を達成しており, 市販のSi光検出器より高速・高感度を達成している。また, SOI基板を用いたCMOS互換プロセスも利用して光検出器を試作し, 13GHzの帯域を得ている。

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。レーザ光の光周波数を掃引する特徴があり, 1mm以下の空間分解能と10 μm の距離測定精度を実現している。また, レーザ光の空間的掃引による物体の形状計測システムも構築・実証している。

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、表面プラズモンを利用した有機発光パネルの高効率化や新型光源の開発など、光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特性

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、光による高精度計測技術などでの光源として利用されている。レーザーから出射した光が、光ファイバ、光ディスク、レンズなどの表面で反射し、レーザーに再入射すると、「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。当研究室では、半導体レーザーにおける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、またその雑音低減化の方法を開発してきている。

2. 半導体光増幅器の雑音特性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、1本のファイバに数百本以上の異なった光波長を伝送する波長多重(WDM)方式で情報を送っている。そのため、レーザー光のスペクトル線幅は細いほど良い。また、光増幅で光を増幅する場合、増幅された光の強度や周波数雑

音は小さいほど良いが、半導体光増幅器の雑音特性には不明な点があった。「光増幅器を通過すると相対強度雑音は低下する場合があります、スペクトル線幅は変化しない」など、理論解析と実験によりその雑音特性の解明をおこなった。

3. 表面プラズモンを利用した有機発光パネルの高効率化および新型光源の開発

金属電極と誘電体膜の界面には、表面プラズモン(以下SPPと略す)とよばれる表面電磁波モードが存在する。SPPの状態密度を増加させて、金属/誘電体界面に適度な凹凸構造を形成すると、面型発光素子から上側への発光強度を増加することができる。当研究室では、アルミ基板表面をスパッタして形成した凹凸構造を利用して、有機発光膜からの発光を増強する技術の開発を行っている。

また、真空中において数十kVで加速した電子ビームを金属表面に沿って走行させると、金属と真空の境界面にSPPを発生させることができる。さらに発生したSPPを金属界面に形成した回折格子または凹凸構造を利用して、回折や散乱させると、真空側に光として取り出すことができると予想される。本研究室では上記の方式で発光する新型光源の開発を行っている。

*平成26年3月31日定年退職

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. 極値探索制御

太陽光発電や風力発電などの出力最大化や摩擦補償などを自動的に行う実時間最適化に基づく極値探索制御を研究している。

2. 自己駆動個体群の反応拡散現象の解析と制御

個体間の相互作用や個体の移動が調整可能な個体群に見られる反応拡散現象の解析と設計に関する研究を

行っている。とくに現象をセルオートマトンで記述表現する超離散反応拡散モデルに基づいて、集団現象の生成と消滅を制御する手法を研究している。

3. データを直接用いた制御器の設計・更新・調整に関する研究

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。

4. 実システムを対象とした制御応用に関する研究

鉄鋼の圧延プロセスにおける板厚制御系や、空気圧ゴム人工筋肉の制御など、実際のシステムを対象とした制御応用に関する研究を行っている。

VLSIシステム研究室

松田吉雄教授, 深山正幸講師

現在, LSIの微細化レベルは数十nmの時代に突入しており, 膨大なハードウェア資源を如何に有効に活用するかということが最重要課題となっている。本研究グループでは, 集積容量を効率的に機能させ高性能化を達成するためのVLSIアーキテクチャ技術をはじめ, 回路技術や設計手法の研究など, VLSI集積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. 画像認識用VLSIの研究

(1) 動きモデル推定プロセッサの研究

動画像認識の基礎となるアフィン動きモデル推定アルゴリズムのハードウェア実装向け最適化やアーキテクチャの研究を行っている。

(2) 動き分割プロセッサの研究

動画像中の動きにより領域を分割する動き分割アルゴリズムのハードウェア実装向け最適化やアーキテクチャの研究を行っている。

(3) 動き分割を応用した画像認識プロセッサの研究

ステレオ視と動き分割を用いた物体検出, 認識, 追跡の高効率アルゴリズムやSoCアーキテクチャの研究を行っている。

2. 低消費電力H.264動き検出プロセッサの開発

H.264はMPEG-2, MPEG-4に続く次世代動画像圧縮符号化技術の1つである。H.264は既存の規格と比

べて非常に高い圧縮性能を有するが, 一方で符号化に必要な演算量が膨大となる。この研究ではエンコーダ(符号化器)の中で最も処理の重い「動き検出部」に注目し, アルゴリズム・アーキテクチャ・回路設計の各階層を横断的に見渡すことでS/WとH/Wの協調設計を実現し, 低消費電力化を図っている。

3. オプティカルフロープロセッサの開発

近年, ロボット, 車載, マルチメディア応用といった分野で, 高精度・リアルタイムの動画像認識の重要性が高まっている。これを実現する手段として, 画素単位で動きを検出する「オプティカルフロー」がある。しかし, 画素単位で動きを求めると, 演算負荷が非常に高くなるという問題がある。そこで, オプティカルフローをリアルタイムで計算できるプロセッサの開発を目指し, VLSI向けアルゴリズムとアーキテクチャの研究を行っている。

4. 高性能, 高機能メモリの開発

メモリの各ビット或いはワード毎に同一の論理機能を付加することにより, メモリ上で超並列演算が可能となる。メモリは単なるデータの記憶装置ではなく, 超並列処理エンジンの役割を担うことができる。このような機能メモリの一つにCAMがある。CAMは動作原理の点で消費電力がSRAMやDRAMよりはるかに大きいといった問題がある。この問題の解決に向け, 低消費電力向けアーキテクチャや回路技術の開発を行っている。また, 機能メモリのベースとなるSRAMの高機能化や高性能化の研究にも取り組んでいる。

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) 正則化された線形最小2乗法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, リーク項が存在するためTikhonov型RLSフィルタであり, Levenberg-Marquardt型RLSフィルタとは異なっている。

(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。リーク係数を時変とする部分のアルゴリズムの演算量はフィルタ長Nの1乗に比例するので, リーク係数を時変化する際の計算コストは少ない。

ナノバイオ工学研究室

福岡剛士教授

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いる。また、それらの実用性の改善や、それらを統合した計測システムを開発している。

(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) 分子系試料のサブナノスケール液中計測

生体膜の主要な構成要素である脂質分子の二重膜と生理溶液の界面における、水和および表面揺動構造を液中で直接分子分解能観察し、それらの3次元分布を明らかにした。また、タンパク質の非特異吸着抑制能を持つエチレングリコール鎖で終端された自己組織化単分子膜の表面構造を液中で観察し、その分子スケールの構造を明らかにした。

(2) 無機固体試料のサブナノスケール液中計測

CaF₂ (111) / 水界面を原子スケールの分解能で観察し、結晶の溶解、成長、カルシウム水酸化物の析出、プロトンの吸着など、様々な物理化学現象を明らかにした。CaCO₃ (10-14) の純水中における溶解過程を高速AFMにより観察し、ステップ端近傍の原子レベルの動的挙動を直接可視化することに初めて成功した。

(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。

環境電力工学研究室

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装置を用いたプラズマ-壁相互作用 (主として、グラファイト耐熱壁の損耗・再堆積と水素同位体吸蔵の制御) に関する研究

(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

(4) 直線型高熱流プラズマ-固体材料相互作用に関する研究

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型・ループ型・平面型誘導熱プラズマ装置の新規開発と、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・超高効率生成

(5) SF₆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) 最新半導体素子を用いた高効率/大容量大気圧非平衡プラズマの生成とその応用に関する研究

(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

磁気応用研究室

山田外史教授, 柿川真紀子助教, 南谷保機関研究員,
池畑芳雄技術職員

「磁気応用研究グループ」の研究は、磁界の非接触、低侵襲の特徴を生かした磁気センシング、非接触エネルギー伝送、医療応用等の基礎研究等を進めている。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、マイクロサイズの金属検出、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

マイクロ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、高感度化を実現した。応用としてマイクロオーダーの傷、高密度プリント基板検査がある。

3) 火山性岩石の微小残留磁気の計測法の開発

地磁気をキャンセルするため、マグネティックインピーダンス (MI) 磁気センサを試料の貫通穴内中央に固定し、試料を回転させる測定系を考案し、阿蘇火

砕流堆積物 (溶結凝灰岩) をサンプルに残留磁束密度を計測した結果、地磁気環境の実験室内で $0.5 \sim 15 \mu\text{T}$ の値が計測可能となった。

4) ハイパーサーミア治療法における磁場発生装置の研究

磁気の医療機器への応用として癌温熱療法があり体内の発熱体 (磁性微粒子・インプラント) を励磁コイルにより数 mT- 数 10 mT の磁界を発生させ病巣部を $43\text{-}60^\circ\text{C}$ 程度に加熱する必要がある。我々は、体深部での磁界を大きくするとともに患者の体型に合わせることが出来る 2 個の平面コイルで構成したダブルパンケーキ形励磁コイル装置を提案した。

5) 抗がん剤作用の磁場増強効果に関する研究

本研究では、磁場によるがん標的薬剤療法を目指し、交流磁場による抗がん剤作用の増強に効果的な交流磁場条件や抗がん剤の種類、磁場の作用メカニズムについて検討している。

6) バイオエアロゾルの生命情報学的解明

バイオエアロゾル (生物由来の浮遊物質で真菌や細菌などの微生物、ウイルス、花粉など) の濃度や性質の情報は空気質や自然環境、ヒトの健康影響へのリスク評価として重要であるが、知見は少ない現状にある。本研究では DNA 配列情報によりバイオエアロゾルの生物種や濃度解析を行っている。

知能電気機器研究室

上野敏幸准教授

本研究室では、磁歪材料を用いた振動発電技術に関する研究を行っている。振動発電は日常にある様々な振動や動きから電力を生み出すことができる画期的な技術である。振動で半永久的に点灯する電灯が実現でき、またワイヤレスセンサシステムにおいては、電池や外部からの電力供給が不要にてシステムが動作する。デバイスを大型化すれば、キロワットオーダーの電力を生み出すことも可能であり、風力や波力発電に代わる新しい発電方法としての実用化が期待できる。主な研究テーマは以下の通りである。

(1) 汎用発電デバイスの開発

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、ミリワットオーダーの電力を出力する小型からワットオーダーの大型までのデバイスの設計・試作・評価を行い、発電の原理や特徴を検証している。またデバイスの機械・磁気・電気の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) デバイスの高感度・広周波数帯域化に関する研究

環境振動は一般に低周波数 (20 Hz 以下)、低加速度 (0.1G 以下) かつ、周波数成分が変化する。これに対応して十分な出力が確保できるようデバイスの高感度、広周波数帯域化に関する研究を行っている。具体的には、周波数アップコンバータ、非線形な磁石の吸引・反発力の利用、多自由度共振、振動増幅機構に関する研究である。

(3) 無線センサシステム用、電力変換・蓄電回路の開発

無線センサシステムとはセンサと無線通信を一体化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、遠く離れた建物や機械の状態が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、プラントやインフラのモニタリングに利用できる実用的なシステムの実現を目指している。また電池の要らないリモコンの実現を目標に、ボタンを押す動きから振動を介し、効率よく電気エネルギーを取り出すメカニズムや電力変換・蓄電回路の研究開発を行っている。

(4) 高出力振動発電技術の開発

従来の水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、一樣な水の流れや波力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。

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。

基礎数理解析研究室

藤解和也教授

本研究室では、複素解析的な手法を差分化しそれを工学的現象、数理的現象の解析に応用することを研究の目標としている。本期間における主な研究内容は以下の通りである。

1. 複素領域における値分布理論

複素平面上で定義される超越的な有理型関数及び複素射影空間への正則曲線に関するR.Nevanlinna及びH.Cartanによる値分布理論の改良と、その応用について研究した。この理論で中心的な役割を演じる「対数微分の補題」という重要な評価式の差分化の可能性を考察した。その際、対象となる超越関数あるいは正則曲線の無限遠点での増大をどのように制限すべきかについて困難があったが、R.HalburdとR.Korhonenとの共同研究で、最良な評価を得た。この「対数差分」に関する評価を組み込むことで、Nevanlinna-Cartan理論の「差分化」を導出した。

2. max-plus代数上での値分布理論

超離散極限という作用を通して導かれるmax-plus代数上の区部分的線型な連続関数の「値分布」を解析する「トロピカルNevanlinna理論」がHalburd-

Southall, Laine-Tohgeによって完成された。それは、複素領域上の有理型関数に対する値分布理論が、単に上下動を無限に繰り返すような折れ線グラフを定義する「トロピカルな有理型関数」 $y=f(x)$ に対する直線 $y=a$ との交叉の分布に関する理論へと翻訳できることを示す理論であったが、本研究ではそれをさらに推し進めて、対応する定義・主要結果の殆どがきれいに対応していることを発見した。この期間の研究成果を現在、Laine及びKorhonenとの共同執筆でLecture Notes 'Tropical value distribution theory and ultra-discrete equations' に纏めている。これはWorld Scientific Bookより2015年に出版される予定である。ここでは例えば、整関数のべき級数表示の対応物として、実数直線の各点で収束するmax-plus級数で定義された凸関数を考えるとき、複素解析学において既知である位数やタイプと係数の関係式と同様な関係式が成り立つことを確認し、その評価式に対する解釈を得ている。これらの結果を通して、複素関数に対する微分、差分、q-差分作用素と実関数に対する超離散作用素の間の「辞書」の存在を見出した。これを活用して、複素解析の手法を超離散的手法へと変形し、またmax-plus代数上で行った解析を逆に複素解析的な現象の理解に役立たせることを次の目標として研究を進めている。

数理解析研究室

蚊戸宣幸教授

自然科学及び工学における様々な現象や問題は、それらを記述する数理モデルを通して理解されたり、解決されたりする。特に偏微分方程式によって表現された現象を解析する上で有効な方法として抽象的な発展方程式として解析する方法がある。この研究室では発展方程式の立場から数理モデルを解析するとともにその応用について研究する。特に生物の個体群動態モデルとそれに関連した最適制御問題などへの応用を意識した数理モデルの研究をしている。教育面では、数学とコンピュータの知識を持ち、論理的な思考のできる人材を育成することを目標の一つとしている。

主な研究内容は以下の通りである。

1. 発展方程式

時間とともに変化する現象を表す偏微分方程式を関数空間上の微分方程式とみなしたものを発展方程式という。問題によって関数空間の取り方は様々あるが、バナッハ空間という抽象空間上の微分方程式としての理論と応用について研究している。中でも新しい枠組

みとしてバナッハ空間上の偏微分方程式についての研究をしている。

2. 個体群動態モデル

様々な生物の個体群の個体数変動を記述する際、年齢構造やサイズ構造などを考慮したモデルは非局所境界条件を持つ偏微分方程式で定式化される。個体群動態モデルのうち、主にサイズ構造を持つモデルの研究を行っている。またサイズと空間拡散の影響を考慮したモデルについても研究している。

3. 感染症モデルの研究

感染症モデルとしてSIRモデルがよく知られているが、年齢構造やサイズ構造、さらには空間拡散を考慮した感染症モデルについて研究している。

4. 最適収穫問題

植物や魚類などの収穫に関連した最適制御問題について研究している。これは収穫量や収穫による収入を最大にする問題で、そのような最適収穫率が存在するための必要条件や十分条件を研究している。

5. 数値解析

年齢構造やサイズ構造を持つ個体群動態モデルに対して、それらを差分化して近似解を構成し、それをコンピュータ上で表現することを試みている。

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、組み込みシステムの仕様記述及びアセンブリプログラムのSMTモデル検査、クラウドコンピューティングによるビッグデータ解析、ソフトウェア基盤上のプログラム解析の研究を行っている。研究テーマは以下である。

1. 組み込みシステムの仕様記述と仕様検証及びアセンブリプログラムのソフトウェアモデル検査

- (1) 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、動的ハイブリッドオートマトンによる仕様記述言語の開発及びSMTベースの抽象化精錬型のモデル検査手法を開発している。
- (2) 定理証明技術を駆使して、アセンブリプログラムのソフトウェアモデル検査手法を開発している。
 - ①動的プログラムにより最小モデルを構築する。
 - ②Resolution原理とクレイグの補間定理を用いて、自動証明技術による抽象化精錬型SMTモデル検査を行う。

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. 低負荷サーバシステムのための動的サーバ再配置に関する研究

ネットワーク上に構築されるサーバ・クライアントシステムにおいて、サーバを動的に再配置することによってクライアントからの要求を最小の通信コストでサービスする問題、ならびに、この問題に関連するオンライン問題に対して、様々な前提、制約、ネットワーク構造における競合的なオンラインアルゴリズムを設計する研究を行なっている。

2. 省電力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、平面性や低次数といった望ましい性質を持ちながら、省電力性を有するネットワークを構築するための分散トポロジー

2. クラウドコンピューティングによるビッグデータ解析

クラウドのオープンソース Hadoop Yarn を用いて、統計的機械学習及び深層学習のアルゴリズムを実装して、TwitterやFacebookといったSNSなどのテキストや画像を解析して、知識発見を行う。

3. クラウドおよびモバイルに対するソフトウェア基盤上のプログラム解析

- (1) クラウドコンピューティングのソフトウェア基盤であるHadoop上に動的な解析を行うための特殊なプログラムを埋め込み、実行中の情報を取得・分析する手法を開発することで、基盤上で動作するアプリケーションの開発、運用およびデバッグを支援する。
- (2) Androidフレームワーク上で動作するモバイルアプリケーションに対して、実行ログ情報とプログラムの静的なソースコード解析を組み合わせた支援ツールを開発することで、効率の良い開発とデバッグを実現する。
- (3) ソフトウェアの進化に伴うプログラム更新作業を支援する、新しい変換言語を開発している。

制御アルゴリズム、および、ブロードキャストをはじめとする省電力通信アルゴリズムを設計する研究を行なっている。

3. 低負荷利己的ルーティングのためのネットワーク最適化に関する研究

交通網やインターネットにおいて現れる利己的ルーティングと呼ばれる経路選択ポリシーにおいて、均衡状態のフロー (ナッシュフロー) のコストを最小化するようにネットワークを最適化する問題について研究を行なっている。特に、このような最適化を効率的に実現できるネットワーク構造とアルゴリズム、および、このような最適化が不要であるようなネットワーク構造を探求している。

4. 高効率並列アルゴリズム実装のための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最適な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。特に、相互結合網として重要な格子グラフ上に最適な埋め込みを実現するアルゴリズムを設計する研究を行なっている。

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*
(*平成26年3月31日退職)

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, 環境認識, 経営情報, 教育工学, 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。現在実施している主な研究テーマを以下に列挙する。

1. Webカメラと二オイセンサを用いた食事画像の識別に関する研究
2. Androidスマートフォンのアプリ開発
 - ・近接センサと加速度センサによる画面点灯と画面ロック
 - ・子供のスマートフォン依存を抑制する画面ロックアプリケーションの開発
 - ・過去の設定情報を活用した音量設定自動化

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

遠隔音声収録は, 講演会に於ける講演者音声や質問者音声の高品質収録を目的とする一技術分野である。当研究室では, 複数のマイクロホン素子を備えるアレイを用い, 素子間の振幅差・位相差を調整して, 鋭い指向性収音ビームを形成する方法や, 特定位置から到来する音波の位相を揃え同位置に焦点を形成する方法により, 目的音声(発話者)を含む局所空間の収音感度を他より強調する方法の検討を進めている。特に, 後者(焦点形成)の検討では, 目的音声の存する水平面に鉛直なアレイを用いることにより, 高い効率で, 局所空間収音感度の(他との)差別化が可能な新しい空間音響信号処理方法を提案している。

2. 歌声合成技術

デジタルメディア領域での新たな表現技術として, 計算機で人工的に歌声を作る歌声合成技術がある。当研究室では, 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合成可能な技術の構築を進

- ・ログ情報を用いた睡眠時間推定
 - ・利用者の自由時間推定
3. POSデータによる最適な稼働レジ台数の予測
 4. 英文テキスト文書からのグレード識別
 5. 位相限定相関法を用いた視覚障害者のための前方下り階段認識
 6. 情景画像内の文字列抽出
 7. 特徴選択を用いた識別器自動選択システム
 8. ミールプリペイドカードの利用履歴による食堂利用者の分類
 9. 植物生体電位による居住者のふるまい認知
 10. 独居者のふるまい変化早期発見支援システム
 11. 初期のうつ状態・認知症の早期発見支援システム
 12. ボディランゲージを用いた感情表現
 13. ボディランゲージからの感情認識
 14. 画像処理と音響処理を用いた睡眠時無呼吸検知
 15. 疾病予防のための生体情報とオープンデータを用いた気分予測
 16. オプティカルフローと韻律情報を用いた発話態度の識別
 17. 聴覚障害者のための音源方向推定
 18. 足裏への刺激による情報伝達手法に関する研究
 19. 上下関係を把握するための各種お辞儀認識
 20. マナー教育のお辞儀学習支援システム

めている。具体的には, 歌唱固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を調査することで, 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している。

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. 石川方言の音響的調査

日本各地には, その土地特有の音が様々な存在する。当研究室では, 北陸地方に存在する多様な音の調査を通じて, 北陸各地の音が持つ特徴・特色を理解することを目指している。その最初の取組みとして, 石川県内の方言(石川方言)を対象とした研究を進めている。これまでは, 石川方言の音響的な調査を行うことで, 世代間で方言の音韻的特徴の違いがあることを確認した。今後は, この違いの理解に向けて研究を拡大していく予定である。そのための取組みとして, 石川方言の自然発声の収録方法の構築に着手している。

また, 富山・福井の研究者と協力して, 北陸地方の方言の大規模なデータベースを作成し, これを利用した各方言の特色, 方言間の音響的な違いを紐解く取組みを進めていく。

人間情報処理研究室

大岸通孝教授

本研究室では、人間の認知処理機構の解明を目的とした研究を、行動学的実験法により行っている。主な研究テーマは以下の通りである。

1. 情動が認知機能に及ぼす影響に関する研究

本研究は、従来の認知心理学では重要視されてこなかった人間の情動機能が認知機能に及ぼす効果を検討することを目的としている。実験では怒り、嫌悪、喜びなどの情動的表情を示す写真を提示したあと、視覚的シーンの写真を提示した。その結果、嫌悪などネガティブな情動刺激は視覚的シーンを実際より狭い領域として記憶させる効果をもたらすことが見出された。しかし喜びなどポジティブな表情は記憶に影響を及ぼさなかった。このことから情動的要因が人間の認知機能に重要な役割を果たしていると考えられる。研究ではさらに、不安や共感性など被験者の特性が、認知機能に及ぼす実験を行っている。

2. 視覚シーン探索におけるカテゴリーレベル効果の研究

日常生活においてわれわれは、目の前に展開される視覚的シーンから対象物を絶えず間なく探している。環境の中にある特定の対象物を探すとき、環境について熟知している場合とそうでない場合では、探索の効率が異なる。また、人が何かを探す際、状況に応じて対象のカテゴリーレベルが異なる場合が生じる。一般に対象の認識は、基本レベルカテゴリーで行われるとされるが、対象物を単独で認識する場合に比べ、自然シーンのように他の対象物が存在する状況での対象物の認識では、基本レベルカテゴリーの優位性が低下す

る。本研究では、視覚的シーン探索において、シーンに関する視覚的記憶が、シーン内に存在する対象認識のカテゴリーレベルに影響を及ぼすという仮説のもとに、反応時間と眼球運動パターンを指標として、プレビュー探索法による実験を行っている。

3. 動きによる注意の捕捉効果に関する研究

視覚刺激属性の1つである動きは、人間の注意を捕捉し、対象の検出をボトムアップ的に促進することがこれまでの注意研究で指摘されている。本研究では、対象の動きと注意の関係を規定する要因を特定するために、視覚探索における探索項目の動きを実験変数に設定して、プレビュー画面で呈示されている複数の項目が、探索画面で別の項目に変化する手続きで実験を行った。実験では、プレビューの呈示時間を一定にした条件と、ランダムにした条件を比較することにより、被験者の予測が動きの効果に及ぼす効果を検討した。さらに、二重課題事態で注意の容量が減少したとき、変化検出に及ぼす動きの効果が変化するかどうかについて調べた。その結果、プレビュー画面で静止していた項目が探索画面でターゲットとして動きを開始する条件において、ターゲットの検出がもっとも速まることが明らかにされた。

4. 視覚情報が音韻知覚に及ぼす影響に関する研究

本研究は、矛盾する口の動きを音声刺激と同時に提示した時に、音韻聴取成績に影響がみられるかどうかを調べることを目的としている。実験ではさらに、音韻の種類（破裂子音・母音）、言語の種類（日本語・英語・インドネシア語）、SOA（刺激開始時間）の3要因を独立変数として設定することにより、発話者から得られる視覚情報が聴取者の音韻知覚に及ぼす効果を比較文化的観点から検討している。

脳型情報処理研究室

唐堂由其准教授

当研究室では多値情報処理の立場と情報論的学習理論の立場から脳型情報処理のソフトウェアとハードウェアの融合をはかるというテーマで、以下のような研究を行っています。

(1) **多値論理とその応用に関する研究**。VLSIの高密度化がさらに進行しているが、デバイス自体のスイッチング時間よりも内部配線の複雑さに起因する性能限界が相対的に大きな問題となりつつある。当研究室では内部配線量の減少と共に、高並列性・コンパクト性などの特長を有する多値演算VLSI回路やシステムを開発し、また、従来の延長上にはない新しい多値情報処理システムの要素技術、ネットワーク構成、アルゴリズムなどの研究を行っています。

(2) **情報論的学習理論に関する研究**。情報論的学習理論とは、コンピュータに人間と同様の学習を実現させようという試み、あるいはそのための一連の基礎技術

をさします。大量のデータから知識を獲得する技術として「機械学習」が注目を集めており、データマイニング、ロボティクス、バイオインフォマティクスなど広く現実的な応用可能性をもっています。当研究室では人間が日々の実体験から得られる情報の中から、後に再利用できそうな知識を獲得していく過程を、コンピュータにおいて実現することを目指すと共に、パターン認識や音声情報処理をはじめ、さまざまな分野における応用的な研究を行っています。

(3) **脳の情報処理システムに関する研究**。脳の優れた情報処理能力は、脳における神経細胞（ニューロン）の樹状突起（シナプス結合）を介した様々な相互作用により実現されています。当研究室では脳の計算能力を向上するためにも、脳の動作原理を知るためにも、より忠実かつ高度な神経細胞（ニューロン）モデルを構築すると共に、脳波を測定、記録する装置を脳波計（Electroencephalograph: EEG）を用いて、脳の情報処理システムを明らかにするための脳波の観察・解析を行い、脳の解明や脳の情報処理の仕組みなどを明らかにする研究を行っています。

情報セキュリティ研究室

満保雅浩教授, 安永憲司助教

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、正規の行動を逸脱した怠け者の存在や鍵漏洩の発生を考慮した、より現実に近いモデルでの安全性解析、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。電子マ

ネーなどの暗号プロトコルに関する研究や、ゲーム理論に基づく暗号プロトコルの理論解析などを行っている。

3. 各種の保護・認証技術

生体情報やライフログなどの個人に密接に関係す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。更に、生体情報から取得誤差を補正して鍵を抽出する枠組みについて研究を行っている。

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。これらを用いたデジタルコンテンツ保護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。

4. 新分野でのセキュリティ対策

匿名通信路、マイクロログ、クラウド、スマートグリッド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。

マルウェアなどの攻撃通信の検知やWebの安全性対策などネットワークセキュリティについても取り組んでいる。

映像情報処理研究室

今村幸祐准教授

本研究室では、動領域分割などの動画像処理、ノイズ除去などの静止画像処理、伝送・蓄積を目的とした動画像符号化アルゴリズムおよび応用技術である電子透かし画像検索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. 電子透かし画像検索に関する研究

画像の不正複製が社会問題となっている。その解決策の一つ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、不正複製画像の効率の良い検索技術が必要である。この検索技術には、画像の圧縮、変換等の各種攻撃による画素値の変化も考慮した検索が可能であることが要件の一つとなる。本研究では、電子透かしの検出処理の前に行う簡易で高速な検索アルゴリズムについての検討を行っている。具体的には正規化された画素値ヒストグラム等の画像の統計量に基づき電子透かし画像を検索する高速検索法である。

2. 映像からの動オブジェクト抽出に関する研究

(1) 奥行き情報を考慮した動的輪郭モデルによる動オブジェクト抽出

動画像における動オブジェクト抽出はオブジェクト

ベースのアプリケーションに利用される重要な基礎技術である。動的輪郭モデルの一つであるレベルセット法では、フレーム間差分に基づいて動オブジェクトを抽出する手法が一般的である。しかし、Uncovered backgroundの影響による精度の低下が無視できない。そこで本研究では、Depth from Defocus (DFD) 法により奥行き情報を推定し、これを利用することで、動オブジェクト抽出精度の向上を実現した。

(2) オブジェクト数を自動判別可能な動オブジェクト分割法

Watershed アルゴリズムにより分割された画像領域を、動き情報に基づいて統合することで、画像を動オブジェクト領域に分割する手法がある。通常は、予めオブジェクト数を与える必要があるが、本研究ではベイズ情報基準 (BIC) に基づき、動オブジェクト数を自動的に推定し、動オブジェクト分割を行う手法を提案した。

3. ショウジョウバエの飛行方向検出

脳視覚中枢機能を生み出す発生メカニズム解明を目的とした研究が進められている。その中で解析の一環として、ショウジョウバエの行動テストによる視覚認識機能解析を実施している。この実験を効率的かつ安価で行うために、カメラで撮影したハエの飛行方向を画像処理で検出するソフトウェアを開発した。

電波情報工学研究室

八木谷聡教授, 尾崎光紀准教授

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「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。一方で、宇宙プラズマ電波は地上においても観測可能である。このため、北米や南極に電波受信機を設置し、地上から電離層や磁気圏のリモートセンシングも試みている。これらの研究は、京都大学、東北大

通信情報工学研究室

笠原禎也教授, 後藤由貴准教授

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で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・開発している。この技術は、特に制約が厳しい科学衛星搭載器で自律動作する機上ソフトウェアに応用され、月探査衛星「かぐや」(2007年打ち上げ)では、我々が開発した波形捕捉器が月周辺電波環境の計測に成功した。現在は、日欧共同水星探査計画BepiColombo / MMO衛星、内部磁気圏観測衛星「ERG」(いずれも2016年打ち上げ予定)に搭載する波動受信器用機上データ処理部の開発をはじめ、超小型衛星や惑星探査機に適用可能な有意な観測データの選別・圧縮法の改良と評価、圧縮センシングアルゴリズムなど、さらに高度な情報処理技術の研究を進めている。

学、名古屋大学、宇宙航空研究開発機構、国立極地研究所を始め、国内外の大学・研究機関と共同で行っている。

2. プラズマ波動観測用集積回路開発

科学衛星やロケットに観測機器を搭載するには大変厳しい物理制約(質量, サイズ, 消費電力)の条件を満たす必要がある。このような制約の中で、目的の科学性能を達成する必要がある。高度な技術開発が要求される。本研究では最新の設計ツールを用いて、これまで数十センチのプリント基板に作成されていた観測機をわずか数ミリ角のチップ内で実現するよう極端な小型化を図った集積回路の研究開発を進めている。

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。

2. 大規模科学データベースの高度情報処理法の研究

大量に蓄積された大規模科学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、計算機の手で抽出するアルゴリズムや、大容量の科学技術データの並列分散処理など、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。

4. 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大容量データの効率的な相互参照・配信をめざし、データの閲覧・参照を安全・安心に制御する統合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やデータウェアハウスなどを研究する。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。

適応システム研究室

平野晃宏講師

本研究グループは、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っている。

1. 適応フィルタ

(1) ステレオ音響エコーキャンセラ (SAEC)

SAECの学習解の不確定性を解決するために前処理を用いる方法を検討した。前処理としては、複数の2次全域通過フィルタ (APF) を縦続接続する構成と、高次FIRフィルタを用いて1サンプル未満の遅延変化を導入する構成を開発した。APFを用いる方式では、極半径と中心周波数を交互に変化させる。周波数帯によって異なる遅延変化を与えることによって、遅延変動による音像移動を抑えている。極半径を変化させる方式に比べて、係数誤差を6dB低減する時間を約42%削減している。

高次FIRフィルタを用いる方式では、0.8サンプルの遅延時間差で収束速度が最大になることを示した。1サンプル遅延を用いた従来法に比べて、係数誤差を8dB低減するために要する時間を約25%低減している。主観評価を行い、従来法と比べて統計的有意差を持って音質を改善していることを確認している。

(2) 有色信号に対して高速に収束する適応フィルタ

白色化フィルタを用いて学習に用いる入力信号を白色化する方式を開発した。白色化と適応フィルタの係数同期を不要とするために、学習用信号と誤差のみを白色化する。また、白色化用フィルタの係数更新の影響を抑えるため、白色化用フィルタ係数を一定期間固定する。適応フィルタを複数に分割し、各部分に白色化フィルタを配置することによって、収束特性を改善している。音声信号に対して、係数誤差を30dB低減

するために要する時間を従来の白色化法と比べて約半分に削減している。

2. ニューラルネットワークによるLi-ion電池の残量推定

ニューラルネットワーク (NN) を用いて、リチウムイオン電池の残量を高精度に推定する手法を開発した。電池の継時劣化による影響を抑えるために、電圧降下率を入力に追加し、電圧・電流・温度を加えた4入力とする。残量に応じて3個のNNを切り替える。各NNの学習は、互いにオーバーラップする担当範囲に対しては残量を直接推定し、担当範囲外に対しては閾値を超える出力となるように行う。NNの切り替えは、NNの出力に基づいて行う。最大5%未満の誤差で残量を推定できる。

3. 側抑制NNを用いた音楽信号源分離

ステレオ音楽信号の特性に着目し、側抑制・強調NNを用いて、時間-周波数領域で音楽信号を分離する方式を開発した。まず、2本のマイク間の時間差に着目して、楽器数と配置を推定する。周波数軸上と遅延時間差軸上で側抑制NNを用いて、高精度な遅延時間差推定を行っている。次に、各周波数成分を複数楽器のうち一つに割り当てる。周波数軸上での側抑制NN、倍音成分の強調と抑圧を行い、分離性能を向上させている。3音楽の人工合成データに対しては、ほぼ原音を分離できた。

4. 適応システムの実装

nVIDIAのGeForce 8000系グラフィックスプロセッサ (GPU) とCUDAを用いて、大規模な適応フィルタを効率的に実現する手法を開発した。収束速度は速いが、演算量がタップ数の二乗に比例するため、音響エコーキャンセラには適用不可能と考えられていたRLSアルゴリズムを実時間処理できる。また、AMDのRadeon 7000系GPUとOpenCLを用いてNNの学習を並列実現する手法を開発した。

集積回路工学研究室

北川章夫教授

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。

1. 新機能センサLSI

無線通信技術を応用して、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フリーラジカルセンサ、可動機構を必要としないフォトリソ可視光スペクトラムセンサ、介護支援のための人体装着型センサ、健康状態をモニタするための経穴センサなどの測定方式や回路方式について提案し、試作・評価を行っている。

2. 無線センサネットワーク

無線ネットワークとセンサ、各種データ処理法を組み合わせた応用システムの提案と試作を行っている。橋梁や道路の安全管理のための、環境発電と低消費電力マイコンを組み合わせたメンテナンスフリーの社会インフラモニタリングシステム、環境負荷のない精密農業を実現するための、ガスセンサと高精度な臭い識

別を組み合わせた無線E-noseシステム、認知症患者の介護支援のための、無線オムツセンサ、車載ネットワークのコネクタの信頼性を高めるための、広帯域非接触コネクタ等を開発している。

3. 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の中でも、大容量化と高速動作が可能な、相変化型メモリ (PRAM) および抵抗変化メモリ (ReRAM) について多値記録技術により高性能化するための回路や読み出し-書き込み方式について研究を行っている。

4. その他のLSI設計技術と応用システム

アナログ回路は、センサやディスプレイなどの入出力制御、無線通信、エナジーハーベストや無線送電といった電子機器の機能と性能を決定する重要な役割を担っているため、一層の高性能化が望まれるが、半導体素子の微細化とともに精度の保証が困難になっている。このため、微細化により集積度を高められるディジタル回路をアナログ要素の代用として使用し、ディジタル統計処理により高精度化を達成する手法について研究している。この他、昆虫音声の収集を行うスマートフォンアプリケーションと種の自動識別を行うサーバの組み合わせにより昆虫の分布や発生状況を調べる環境モニタリングシステムなど、スマートフォンを利用した応用システムの提案と開発を行っている。

インタフェースデバイス研究室

秋田純一教授

本研究室では、コンピュータを、仮想世界にとどまらずに実世界との接点（インタフェース）のあり方から考え、集積回路やフィジカルコンピューティングをその具現化の手段として活用したインタフェースとそのデバイス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. 画像処理機能統合型イメージセンサ

カメラの眼であるイメージセンサに、画像処理機能のための回路を統合したイメージセンサの開発とその応用に関する研究を行っている。特に視線計測に特化した高速・小型カメラデバイスとその応用システムについて研究を行っている。

2. 擬似的不規則画素配置による高精細画像システム

画像を構成する画素構造そのものに着目し、その中

の受光領域の配置を擬似的に不規則とすることで、等価的に画像解像度を向上させることができるカメラ・ディスプレイとその応用に関する研究を行っている。

3. 可視光インタフェース

ユーザである人間が操作する際には、人間が視認できる可視光を用いたインタフェースが有用である。リモコンなどのユーザインタフェースで、可視光を利用するシステムとその応用に関する研究を行っている。

4. 生体情報の計測デバイス

筋電信号や視線情報などの生体情報を非接触で計測するための計測デバイスとその応用に関する研究を行っている。

5. 身体拡張デバイス

ユーザの身体行動・動作に連動することで、単機能ながら等価的に高度な情報提示が可能なデバイスに関する研究を行っている。

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、広瀬 修助教

DNAの塩基配列や遺伝子の発現レベルを測定する技術の高速化・ワンチップ化・ローコスト化により近年急速に増大している生命のビッグデータに対し、情報科学や統計科学を駆使して新たな知見を発見することを目的とした、様々な研究を行っている。一方、ライフサイエンスに限らず様々な分野において、静止画像や動画画像に含まれる物体を適切に認識した上で、そこから新たな知識を引き出す研究も行っている。

本研究室における主なテーマは、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やディープラーニングなどの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) **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TBにも及ぶ大量の短い配列データが生産される。金沢大学で近年見つかった新しい納豆菌や、院内感染を引き起こすMRSAについ

て、これら大量の配列データを解析し、変異と特徴の関係を解析している。

(3) **バイオイメージに対する解析手法の開発**：細胞や分子のイメージング技術が発展し、生物・医学研究において静止画や動画データの詳細な解析手法へのニーズが急速に高まっている。データの特徴として、形状が不規則な多数のオブジェクトが高密度に分布し位置や形状が時空間的に変化することが挙げられる。このような複雑性を持つ画像データに対し、ベイズ統計学・機械学習を基礎とした新たな解析手法の開発を行う。

(4) **深度センサやヘッドマウントディスプレイを用いた画像処理技術の応用研究**：写真や動画に写った対象を画面上に実寸で表示する実寸写真や実寸動画の研究開発を行っている。また、近赤外光とヘッドマウントディスプレイを用いた静脈注射の補助システムの研究開発を行っている。

(5) **降雪粒子画像計測システム、気象レーダ、レーザー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。本研究室は、ヒトにおいて初めて、配列に依存したアレル特異的メチル化修飾を発見した。これは個体間のDNA配列の違いにより引き起こされる様々な疾患の作用機序を理解する上で重要な発見である。このようにエピジェネティクスに関する様々なテーマを対象として、遺伝子工学と情報工学技術の両方を駆使して研究を行っている。

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。