

## 研究概要 第 3 部

## 河村 研究室 (電力エネルギー工学)

教授 河村 達 雄 (昭和 34 年度～平成 2 年度)

高電圧現象に関する総合的研究ならびに基礎となる物理的機構、現象の精密測定等、さらに、電力系統における絶縁協調に関する新しい手法、電力用機器の信頼性向上に関する研究を行うとともに、大学院の教育に当たった。河村達雄教授は平成 3 年に IEEE フェローに推挙された。

### 1. 統計的手法による電力系統の絶縁信頼度の向上に関する研究 (昭和 54 年度～平成 2 年度)

電力系統における絶縁信頼度を統計的手法を利用して評価し、その向上策を探索するための研究を行った。雷、開閉サージに関連した絶縁信頼度に関する研究を進めた。

### 2. 電力用機器の絶縁信頼性の向上<sup>1) 2)</sup> (昭和 54 年度～平成 2 年度)

大容量変圧器については、絶縁に影響する油中の水分、ガス量等の検討、油中ガス分析の有効性、防災などに関する研究を行った。また、ガス絶縁開閉装置については、大容量化のための諸問題、絶縁設計の合理化、信頼性の検証と向上、標準化等について研究を行った。

### 3. 電力系統におけるサージに関する研究<sup>3) -6)</sup> (昭和 54 年度～平成 2 年度)

送電鉄塔の雷サージに対する等価回路、多相回路等について解析を進め、絶縁設計合理化のための基礎資料を得た。また、送電線から変電所に侵入する雷サージの解析を進めた。さらに、配電線の誘導雷サージの解析も行った。

### 4. 自然雷に関する研究<sup>7)</sup> (昭和 54 年度～平成 2 年度)

雷放電に伴って発生する電界、磁界について、日本海沿岸の冬季雷を対象とした観測結果の収集、解析を行った。また、落雷位置標定システムを利用した研究を進めた。

### 5. 汚損フラッシュオーバの基礎過程に関する研究 (昭和 54 年度～平成 2 年度)

種々のがいし類の交流および直流電圧印加時のフラッシュオーバ現象と耐汚損絶縁設計、直流電圧印加時のフラッシュオーバ電圧の気温、気圧依存性、フラッシュオーバの統計などについて研究を進めた。

### 6. 高電圧現象に関連した測定技術に関する研究 (昭和 54 年度～平成 2 年度)

高電圧現象に関する主としてオプトエレクトロニクス技

術の広汎な応用を実現し、多くの成果を収めた。気中放電ギャップに開閉インパルス電圧を印加した際の空間電荷のポッケルス素子による測定と解析を行った。

### 7. インパルス高電圧発生時の電磁界環境に関する研究<sup>8)</sup> (昭和 54 年度～平成 2 年度)

インパルス高電圧、大電流の測定精度の向上をはかるために、高電圧発生時における電界、磁界の広帯域計測を行った。また、これらの測定系への影響、測定誤差の低減策について研究を行った。さらに、デジタル計測の誤差の解析と測定精度向上の方策について研究を進めた。

### 8. ガス絶縁開閉装置における急しゅんな過渡過電圧に関する研究<sup>9)</sup> (昭和 54 年度～平成 2 年度)

ガス絶縁開閉装置における急しゅんな過渡過電圧について、パラメータの解析を行うとともに、高精度の測定法、フラッシュオーバ現象、耐電圧、絶縁協調上の問題点などについて研究を進めた。

## 主要論文

- 1) T.Kawamura et al.: Dielectric Deterioration and Dielectric Diagnosis of GIS, CIGRE 1990 Session, 15/33-03, 1990. 8.
- 2) T.Kawamura et al.: Progress of Substation Maintenance Based on Records of Operation and Maintenance, CIGRE 1990 Session, 23-102, 1990. 8.
- 3) M.Ishii, T.Kouno, T.Kawamura et al.: Multistory Transmission Tower Model for Lightning Surge Analysis, IEEE Trans. on Power Delivery Vol.6, No.3, pp.1327-1335, 1991. 7.
- 4) 道下, 石井, 河村: 大地導電率の配電線誘導雷電圧波形への影響, 電気学会論文誌, 112-B, 3, pp.245-251, 1992. 3.
- 5) 今井, 道下, 石井, 河村: 有限な大地導電率を考慮した多導体系配電線の誘導雷現象解析, 電気学会論文誌, 113-B, 5, pp.499-508, 1993. 5.
- 6) T.Kawamura et al.: Temporary Overvoltages and AC Test Voltage in 550 kV System with Reduced Insulation Level, CIGRE 1990 Session 33-203, 1990. 8.
- 7) J.Hojo, M.Ishii, T.Kawamura et al.: Seasonal Variation of Cloude-to-Ground Lightning Flash Characteristics in the Coastal Area of the Sea of Japan, Journal of Geophysical Research, 94, D11, pp.13207-13212, 1989. 9.
- 8) 道下, 河村, 石井: 単発波形に対するデジタル計測の誤差評価, 電気学会論文誌, 110-B, 9, pp.761-768, 1990. 9.
- 9) T.Kawamura et al.: Breakdown Characteristics of SF6 Gap Disturbed by a Metallic Protrusion under Oscillating Overvoltages, Japanese Journal of Applied Physics(JJAP), Vol.33, Part 1, No.4, pp.2043-2049, 1994. 4.

## 濱崎 研究室 (電磁光波工学)

教 授 濱 崎 襄 二 (昭和 33 年度～平成 3 年度)

### 1. は じ め に

濱崎研究室は、1958 年の発足以来「マイクロ波」と「光」を巧妙に制御することにより、通信や計測および画像表示などの技術分野で新しい可能性を示すための一連の研究を展開してきている。特に、後半の 20 年間は「3 次元 (立体) 画像技術」の研究に焦点を絞り、シート状に微少円筒レンズを並べたレンティキュラー板 (LS) 光学系を用いた「3 次元 (3 D) テレビジョン」の研究を、理論実験の両面から先導的に進め、注目すべき成果を達成した。さらに LS を用いた立体画像技術を、「X 線 (レントゲン) や電子顕微鏡観察における立体画像」へと展開し、顕著な成果を達成した。以下にこれらの研究成果を時代を遡る形で記す。

### 2. 「立体テレビジョン技術の研究」

多数の微少円筒レンズをシート状に並べたレンティキュラー板 (LS) において、複数 (n) の方向から眺めた画像を各レンズの直下に並べると、裸眼で立体画像を見ることが出来る。この立体絵はがき方式は、複数のカメラで撮影した n 枚の写真を分解し並べ直して 1 枚の写真下絵を構成し、その上に LS 板を置くことで達成される。この複雑な過程を瞬時に行うことで、動画を立体表示できる 3 D-TV システムを実現し、その特色を明らかにした。撮像に際しては、n 個の入力レンズからなる光学系を用い、立体像の下絵をリアルタイムに構成 (および記録) し、これを伝送

(再生) した上で、立体的に表示するシステムを実現し、その有効性を実証するとともに、その動作解析を行っている。

### 3. 「X 線および電子顕微鏡観察の立体化の研究」

上記の 3 DTV 技術を発展させ、CT とは異なる X 線像の立体視化の手法を開発した。この方法では、被写体に X 線を複数の方向から照射し、金属のグリッドを介して、乾板上に多重撮影して作った下絵をレンティキュラー板 (LS) で再生するものである。この方法は簡便に立体像を再生できる特色がある。また複数の角度から電子顕微鏡観察した像を再構成し、これを LS 板を介して見ることで立体像の得られることを実証し、LS 光学系が広汎な応用可能性をもつことを示している。

### 4. 「光波・マイクロ波の研究」

濱崎研究室では、発足当初マイクロ波の先駆的研究を進め、ギガヘルツ帯のトランジスタ増幅器の開発から、低雑音パラメトリック増幅器の開発、超伝導共振器の研究などで顕著な成果を達成した。さらに、研究を光領域に進め、レンズ状光ファイバーにおける画像伝送とモード変換の研究や、金属クラッド光導波路に関するモード選択的な伝播特性など一連の先駆的研究を行っている。その後、これらの研究はさらに発展し、上述の 3 次元テレビ画像の研究に結実している。

## 山口 研究室 (システム制御工学)

教授 山口 楠 雄 (昭和 37 年度～平成 3 年度)

山口研究室は、1962 年設立当初から一貫して計測・制御システムの開発に携わった。はじめは、NC システムおよび計算制御等の研究を、(株)ファナックの前身である富士通(株)制御部の委託により行った。続いて、プロセス制御の研究を行い、1963 年から名古屋製糖((株)当時)、次に 1972 年から伊藤忠製糖(株)の委託により、高度に省力化された製糖工場の自動化設計を行った。後者は、現在でも高水準の工場として知られている。1973 年頃から、防災および材料評価の新技術としてのアコースティック・エミッション(AE)利用研究を幅広く進めた。

検出 AE の波形特徴をマルチ・パラメータ化してリアルタイム抽出する新機能をもち、高度の AE 波識別能力がある AE 計測装置を開発した。システムは高速(数千事象/秒/入力)かつ詳細解析可能な世界最高性能のものであり、そ

の基本コンセプトは必須の計測方法として、広く普及した。

これを構造物試験における監視と破壊挙動・AE 発生機構解析、および材料試験時の破壊モード識別・成長解析に応用し、波形特徴パラメータの多次元解析機能により、多大の研究成果を得た。例えば、材料試験では、従来困難であった FRP 材の多様な破壊モードをニューラルネットワークにより識別する方法を示す等、材料評価に大きく寄与した。また AE 技術の産業への普及のために、変換子較正法および構造物の健全性監視技術の標準化について提案を行った。

プラントの異常診断、防災、工程およびプラント総括制御などの研究を製糖、食品、都市ガスなどのプラントについて行った。生産を、定常-異常診断-停止-再起動の一連の状態としてとらえる検討方法を研究した。

## 藤井 研究室 (応用電子工学)

教授 藤井 陽 一 (昭和39年度~平成7年度)

光工学を中心に、電子ビーム、画像工学、センサなどの多彩な研究をおこなった。

### 1. 電子ビームの研究

斎藤成文教授の指導の下に、電子ビームの雑音パラメータの測定、電子ビームショット雑音の光電効果による測定の研究をおこない、電子ビーム中の雑音軽減効果を、実験的に明らかにした<sup>1)</sup>。

### 2. 光検出デバイスの研究

レーザー光を高感度に検出するための、光検出進行波管、光検出パラメトリック増幅器、光ヘテロダイン光検出デバイス、および光ヘテロダイン検出の各種の応用システムを開発した。

### 3. 光センサの研究

ファラデー効果を使った電流センサ、電気光学効果結晶による電界センサを、世界に先駆けて開発した<sup>2)</sup>。更に、これを応用した、電力センサ、角度センサ、各種の実用的センサ、温度センサ、直流用センサ、電力用センサ、土木用センサなどを開発した。

### 4. 大気汚染計測の研究

大気汚染の観測用の光ヘテロダイン望遠鏡、吸収スペクトル観測用システム、インコヒーレント光のヘテロダイン検出の基礎理論を確立した。

### 5. 光ファイバの研究

光ファイバの基礎的特性の一つとして、楕円コア型の光ファイバの電磁界に関する解析的研究をおこなった。またファイバ中の偏波伝搬の問題に対する基礎的な理論解析法を示した。

### 6. 画像工学・光ヘテロダイン顕微鏡の研究

繰り返しレンズによる画像伝送、更にこれを一般化した正形像の伝送条件、および、光ヘテロダイン検出効果を利用した光ヘテロダイン顕微鏡の基礎特性の解析、および、開発研究をおこなった。

### 7. 光導波路の研究

光導波路用の材料として重要なニオブ酸リチウム、タンタル酸リチウム、KTPなどについて、電気光学効果、フォトリフラクティブ効果などの結晶製作パラメータとの関連性について実験的に調べた。これら結晶の処理法の変化に

よる特性の変化を明らかにした。

### 8. 光導波デバイスの研究

ニオブ酸リチウム、BSOなどの非線形光学効果結晶を利用した光導波デバイスの設計、製作、および、特性の解析をおこなった。各種の変調器、光スイッチ<sup>3)</sup>、光結合器などを提案、その特性を明らかにした。

### 9. ソリトンの研究

光ファイバの小さい非線形効果である光カー効果を利用した、非線形光パルスであるソリトンについて、エッジダイナミクスという基礎的な解析法を提案した。また、結合ソリトン、論理ソリトン<sup>4)</sup>などの新しいソリトンファミリーを提案した。WDMソリトン伝搬における基本的解析をおこなった。超ソリトンという高度のソリトン概念を示した。また、実用的な分散補償型のソリトン伝搬についての基礎的解析をおこなった。また、ソリトンをOTDRセンサについて、新しい概念を提案し、これを実験的に確かめた。

終わりにあたり、御指導頂いた斎藤成文教授、浜崎襄二教授、黒川兼行教授、大野豊、教授、横山幸嗣、白石敏、瀧本英之、西本博信、伊藤孝雄、大林周逸、五十嵐俊文、林淳、尾崎政男、近藤由紀子助手、技官、小川宏、岩本明人、松原俊郎、松村文雄、佐野浩一、三沢雅芳、塩尻悦朗、日高秀人、本島邦明、山下純一郎、正村達郎、四方進、下坂直樹、喬学臣、清水克宏、長浜弘毅、加藤考利、外林秀之、A. Levanon、大沢幸生、小路元、李可人、金沢章弘、酒井敦正、吉岡秀樹、加藤恒夫大学院生、御指導御鞭撻を頂いた各位に深謝致します。

- 1) Shigebumi Saito and Yoichi Fujii; "Measurement of Microwave Shot-Noise Reduction Factor by Laser Light Induced Photoemission"; Proceedings of the IEEE; Vol.52, No.8, p.980; 1964. 8.
- 2) Yoichi Fujii and Shigebumi Saito; "Measurement of the Shot-Noise Reduction Factor"; IEEE Transactions on Electron Devices; Vol.ED-14, No.4, pp.207-214; 1967. 415. Shigebumi Saito, Joji Hamasaki, Yoichi Fujii, Koji Yokoyama and Yutaka Ohno; "Development of the Laser Current Transformer for Extra-High-Voltage Power Transmission Lines"; IEEE Journal of Quantum Electronics; Vol.1, QE-3, No.11, pp.589-597; 1967. 11.
- 3) Hideki Hayashi and Yoichi Fujii; "Programmable Optical Guided-Wave Device using Bi12 SiO20 Crystal"; IEEE Journal of Quantum Electronics; Vol. QE-14, No.11, pp.848-854; 1978. 11.
- 4) 外林 秀之、藤井 陽一「3コア光ファイバ非線形方向性結合器による光ソリトンスイッチングと結合ソリトン伝搬」; 電子情報通信学会論文誌 C-I, Vol. J78, No.3, pp.157-165; 1995. 3.

## 安田 研究室 (画像情報機器学)

教授 安田 靖彦 (昭和38年度～平成4年度)

当研究室は長年画像通信に関連した符号化など各種画像処理の研究と、ローカルエリアネットワークなど情報ネットワークの構築技術を研究の二本柱として遂行してきた。画像符号化の分野では、変換符号化・サブバンド符号化の能率を統一的・解析的評価手法を創出し、高能率符号化の分野を体系化することに成功した。その他にも2値画像の高能率符号化など、波形符号化の分野で多数の研究成果を挙げることができた。

知的符号化の分野では、重点領域「知的情報通信」の中心メンバーとして、人体歩行画像から抽出したスティックモデルをベースにした符号化及び復号化の手法を提案するなど多数の研究成果を挙げることができた。

ネットワークの分野では、Shuffle Exchange Network をリング状に接続した形状のトポロジーとそのファミリーを

提案した。本ネットワーク、大容量のスループットが要求され、極めて多数の光ファイバを敷設しなければ実現不可能な Metropolitan Area Network などへの応用が期待されている。また、移動体通信についても、過疎地域において電波資源を巧妙に再利用することにより、スループットを向上させる方法について研究を行った。

### 主要論文

- 1) J. Katto, Y. Yasuda: "Performance Evaluation of Subband Coding and Optimization of its Filter Coefficients", Journal of VCIP, (Dec. 1991).
- 2) 木本, 梶谷, 安田: "スティックモデルに基づく単眼視動画像からの人体歩行運動の解析の一手法", 信学論 (D-II), Vol. J74-DII, pp.376-387, (Mar. 1991).

## 高羽 研究室 (道路交通情報システム)

教授 高羽 禎雄 (昭和38年度～平成7年度)

本研究室は情報システムとその道路交通分野への応用を25年以上に亘って研究し、交通管制システムや交通情報システムの実現と高度化に貢献した。平成元年4月から平成8年3月の高羽教授の退官までに職員3名、大学院生12名、外国人客員研究員・研究生約10名が在籍した。この期間には下記のITS (高度道路交通システム) 関連の研究に加え論理システムの機能的テスト生成法に関する研究を行った。

### 1. 交通流シミュレータの開発と応用

1969年以降の交通流シミュレータ開発の実績を基に、動的な情報で制御される自動車交通流のオブジェクト指向型シミュレータを開発し、ITSの評価に応用している。

### 2. 交通流画像計測

画像センサによる異常事象検出手法を研究した。また、レーザ光切断法を応用した新型の車両センサを考案し、踏切障害物検知器として実用化した。

### 3. 路車間・車々間通信システム

路車間双方向通信システムにはLCXケーブルを利用した連続通信およびビーコンを利用したスポット通信があるが、本研究室では両者の特徴を併せ持った小ゾーン連続形通信システムを提案し、通信方式の検討、モデル実験などによりその有効性を確認した。

### 4. 高度交通管理システム

ITSが実用化された将来に有用な種々の交通流円滑化手法を考案し、その評価を行ってきた。非定常的な渋滞に対処する新しい信号制御手法、路車間通信を応用した走行誘導や路車間協調型の動的経路誘導システムなどについて提案を行なった。

### 主要論文

- 1) 影沢, 高羽, 電気学会論文誌DH 8.10月号 1034-1040.
- 2) 高羽, 酒井, 関根, 濱辺, 電子情報通信学会論文誌 J-78-B-II.5, 289-296, 1995.

## 高木 (幹雄) 研究室 (概念情報工学)

教 授 高 木 幹 雄 (昭和 40 年度～平成 8 年度)

昭和 40 年に電子応用工学の研究室として創設されたが、昭和 44 年よりデジタル画像処理の研究に従事し、センターの新設に参画しながら多次元画像情報処理センター (54～58 年度)、機能エレクトロニクス研究センター (59 年度～平成 5 年度)、概念情報工学研究センター (平成 6 年度～8 年度) と所属は転々としたが、一貫して画像処理の研究を行った。

### 1. 画像処理ソフトウェア

フラクタル次元と低次統計量とを用いたテクスチャー解析<sup>1)</sup>、ピーク検出に基づいた最適なヒストグラム分割法としきい値選択<sup>2)</sup>、局所の特徴を用いた輪郭の抽出<sup>3)</sup>、認識対象の特徴の抽出と画像検索への応用<sup>4)</sup>、神経回路網による視覚系のモデル化<sup>5)</sup>、ニューラルネットワークによる画像処理<sup>6)</sup>、カラー画像のデータ圧縮<sup>7)</sup>、高画質画像拡大<sup>8)</sup>、パターンのデザイン<sup>9)</sup>等の研究を行った。

### 2. 画像処理の産業応用

産業応用を推進する技術交流の場として、産業における画像センシングシンポジウム、その後身である画像センシングシンポジウム、その国際版として 1988 年より隔年に IAPR Workshop on Machine Vision Applications の開催を主宰してきた。

### 3. 地球環境情報処理

NOAA 衛星の学術的な利用を推進するために、幾何学的歪補正<sup>10, 11)</sup>等の基礎的な手法を開発すると共に、喜連川教授の協力を得て、大規模階層記憶系を用いた大容量画像データベースを開発して来た。

平成 6 年度に衛星データ受信・処理設備の交付を受け、昭和 55 年から運用して来た NOAA 受信システムを更新し、研究者からの要望が大きい「ひまわり」(GMS)の受信システムも設置した。処理、アーカイブシステムも充実し、利用者は受信・処理された衛星画像をネットワークにより入手することが可能となった。NOAA 衛星データ及び GMS データを利用した学術的な研究のセンターの役割

を果たしている。

又、衛星データを用いた学術的な地球環境の研究を推進するために、昭和 61 年度から 3 年間、特定研究「宇宙からのリモートセンシングデータの高度利用に関する研究」、及び、平成元年度から 3 年間、重点領域研究「衛星による地球環境の解明」を組織し、この分野の学術研究の発展に貢献した。

### 主 要 論 文

- 1) 吉沢, 曾根, 高木: フラクタル次元と低次統計量とを用いたテクスチャーの自動分類, 情報処理学会論文誌, 31, 7, 1027-1037, 1990. 7.
- 2) 周, 高木: ピーク検出に基づいた最適なヒストグラム分割法とその閾値選択への応用, テレビジョン学会誌, 45, 10, 1179-1189, 1991. 10.
- 3) 高橋, 高木: 微分値の局所的な分布に基づいたエッジ検出アルゴリズム, テレビジョン学会誌, 45, 10, 1172-1178, 1991. 10.
- 4) Yamamoto, Takagi: Extraction of Object Features and its Application to Image Retrieval, Trans. IEICE, E 72, 6, 771-781, 1989. 6.
- 5) Yamamoto, Takagi: Brightness Information Processing Based on a Human Visual Model, J. of Information Processing, 14, 3, 335-343, 1991. 12.
- 6) 陳, 高木: AVHRR Image Segmentation Using Modified Backpropagation Algorithm, 電子情報通信学会英文誌 E-77 D, 4, 1994. 4.
- 7) Aizu, Nakagawa, Takagi: Color Printing Image Coding Using Vector Quantization, J. of Visual Communication and Image Representation, 2, 3, 281-288, 1991. 9.
- 8) 新堀, 高木: DCT を用いた Gerchberg-Papoulis の反復法を適用した高画質画像拡大, 電子情報通信学会論文誌 D, J76-D-II, 9, 1932-1940, 1993. 9.
- 9) Sakamoto, Takagi: Wallpaper Design - An application of Residue Patterns, Forma, 9, 3, 209-215, 1994. 7.
- 10) 張, 高木: スポットサイズを考えた気象衛星 NOAA の AVHRR データにおける高速な幾何補正, 写真測量とリモートセンシング, 33, 5, 66-77, 1994.
- 11) 張, 高木: “気象衛星 NOAA の AVHRR データにおける精密な幾何補正, 写真測量とリモートセンシング, 34, 2, 25-35, 1995.

## 横澤 研究室 (イメージ・インタフェース)

客員助教授 横澤 一彦 (平成3年度～4年度)

視覚情報処理の基礎過程に関する研究について、特徴抽出、特徴統合、注意、感性などの観点から研究を進めた。特に、視覚探索を中心とした心理学的実験と知覚モデルのシミュレーション実験によって視覚系のパターン情報処理メカニズムを明らかにした。更に、このような研究といくつかの視覚情報処理システムとの関わりとしてのイメージインタフェースについて検討した。

### 1. 初期視覚における特徴抽出

明るさ、色、運動、奥行きなど局所的に定義される初期視覚特徴ではなく、全体的特徴や抽象概念についても調べ、総合的に特徴抽出過程を検討した結果、全体的特徴や視覚的抽象概念において、他の初期視覚特徴と同現象が存在することが分かった。

初期視覚で抽出される特徴の種類と共に、具体的な抽出アルゴリズムや入出力関係を明らかにするため、初期視覚特徴の一つである局所的運動検出を階層型ニューラルネットワークによって試みた。学習結果は、視覚系におけるオン中心型細胞とオフ中心型細胞に対応した内部表現が自動的に得られた。

### 2. 特徴統合と注意

注意の移動によって、ある認識対象が特徴統合され、別の対象は無視される。視覚探索課題で、妨害刺激の一つとしてポップアウトを含めることによって、逐次処理が必要な目標探索への効果を妨害刺激数や距離の関数として検討した結果、妨害刺激としてのポップアウトの存在が注意の制御を可能とした。

注意は、単一焦点で一定の処理限界があるが、ズームレンズのように空間的解像度を随時変えながら、注意位置が自動的に遷移する過程である。このような過程を反映した注意モデルを構築した結果、限られた時間で常に最適な情報量が送られるという注意の基本特性が実現され、凝視点の移動にも類似した軌跡である注意移動の空間的近接性が保持されることがわかった。

### 3. 高次視覚と感性

文章中から誤字を探すという文章校正課題を、視覚的処

理単位の同定を目的として行った。文章校正中、誤字と正字が形態的に類似し検出が困難なとき、刺激文全体を一度に提示するよりも単語単位で継時提示の方が誤字検出率が高くなる。このことは、人間が単語単位のと看処理が効率的であることを反映している。

感性情報処理の研究として、達筆な字とか、下手な字というような文字品質を、人間がどのように決定しているのかを調べた。その結果、ある共通の評価基準を持ち、文字品質を再現性高く安定して評価できることが分かった。また、定量的評価尺度を用いて、手書き文字品質の客観的な定量評価を行った。結果は、人間による評価の再現性を上回り、客観性の高い文字品質尺度が構成できた。

### 主要論文

- 1) 横澤：視覚情報処理の基礎過程，生産研究，44，12，44-48，1992.
- 2) 横澤：一目でわかること - 形状認知にかかわる視覚過程 -，科学，岩波書店，62，6，356-362，1992.
- 3) 加藤，横澤：手書き文字品質の定量評価，電子情報通信学会論文誌，J75-D-II，9，1573-1581，1992.
- 4) Yokosawa: Task Independent Feature Integration in Visual Search, International Journal of Psychology, 27, 3 & 4, 42, 1992.
- 5) Shimomura & Yokosawa: The role of Kana function words in Japanese reading units, International Journal of Psychology, 27, 3&4, 77, 1992.
- 6) Atsumi, Yokosawa, & Takagi: Internal representation of a neural network that detects local motion, Proceedings of 1993 International Joint Conference on Neural Networks, 2, 1259-1262, 1993.
- 7) Hasegawa, Yokosawa, & Ishizuka: Real-time parallel and cooperative recognition of facial images for an interactive visual human interface, Proceedings of the 12th International Conference on Pattern Recognition, III, 384-387, 1994.
- 8) 長谷川，横澤，石塚：自然感の高いビジュアルヒューマンインタフェースの実現のための人物動画像の実時間並列協調的認識，電子情報通信学会論文誌，J77-D-II，1，108-118，1994.
- 9) 渥美，横澤，高木：階層的ニューラルネットによる局所運動検出，電子情報通信学会論文誌，J77-D-II，3，606-615，1994.
- 10) 横澤：多解像度モデルによる視覚的注意と視覚探索の分析，認知科学，1，2，64-82，1994.

## 原島 研究室 (電力変換制御工学)

教 授 原 島 文 雄 (昭和42年度~平成9年度)

### 1. 研究室の概要

原島研究室は、1967年4月に設立され、原島教授が東京都立科学技術大学学長として赴任した1998年3月までの31年間生産技術研究所で活動を行ないました。この間に原島教授は1992年から1994年の3年間生研所長の責務を果たしました。

### 2. 研究の概要

30年余に渡る研究の前半の10年は、半導体電力素子を用いたパワーエレクトロニクス技術の世界的な立ち上げに貢献し、その後の10年間はパワーエレクトロニクスはもとよりモーションコントロールにマイクロプロセッサを使用し、メカトロニクスを中心とする研究を進めました。マイクロプロセッサを用いることにより、単なる機械システムだったものに適応機能・同定機能といったインテリジェンスを実現し、更にロボットへの応用と進みました。最後に当たるここ10年間は、インテリジェントシステムとい

うことで、画像を用いた移動ロボット、ファジィ・ニューラルネットワークに代表されるソフトコンピューティングを用いたビジュアルフィードバック、移動ロボットの経路生成等の新しい課題を進めてきました。また、メカトロニクスの知能化とマイクロ化を中心とした東芝寄附研究部門「インテリジェント・メカトロニクス」の設置の代表者及び支援研究室として1991年から1993年までこの分野を育成することに努めました。

### 3. その他の活動

学会活動では、国内の学会はもとより、IEEE (米国電気電子学会) の IES (産業エレクトロニクス部門) 会長及び、IEEE の副会長 (Secretary) を務め、日本の研究者のグローバルイゼーションに貢献することができました。また、インテリジェントシステムの研究の延長にある ITS (Intelligent Transportation Systems) 及び IMS (Intelligent Manufacturing Systems) の国内国際的な研究活動推進の責務を果たしています。



## 今井 研究室 (情報通信システム)

教授 今井 秀 樹 (平成4年度~)

### 1. 研究内容その1 (暗号と情報セキュリティ)

今後のネットワーク社会の健全な進展のためには、その情報セキュリティが極めて重要な課題となっている。本研究室は暗号技術を中心にして情報セキュリティの研究を行ってきた。その中で、大規模ネットワークにおける暗号鍵の共有方式として予備通信が不要でIDに基づく方式KPSを提案し、ICカードによる実現を詳細に検討した。これは現在実用化されている。KPSは物理的な安全性と情報量的安全性とをバランスさせた方式として先駆的なものである。現在、KPSを発展させた方式に関してさらに検討を進めている。また、ICカード等計算能力の小さい装置で、計算力の大きな端末装置の力を利用し、計算量の大きい計算を安全に行うための依頼計算の概念を提唱した。この研究も各国の研究者によって継承されている。これらの研究業績に対して、1995年電子情報通信学会業績賞を受賞した。現在は、マルチメディアネットワークのための高度情報セキュリティ技術の研究を日本学術振興会未来開拓学術研究推進事業の研究プロジェクトとして行っている。さらに、ネットワークセキュリティの基盤技術である公開鍵暗号方式の強度評価に関する研究を情報処理振興事業協会の研究プロジェクトの一環として行っている。

### 2. 研究内容その2 (符号理論)

符号理論は、デジタル通信やデジタル記録の信頼性向上のため用いられる誤り訂正・検出符号の構成理論であり、衛星通信、移動通信、光ディスクをはじめ多くの通信・記録システムに不可欠な理論となっている。本研究室では、この理論に関し、長年にわたり研究を続けてきており、数多くの研究成果を得た。特に、2次元符号に関しては、世界で最も早くから研究を始め、その基礎理論を構築した。2次元符号は、今後の高密度磁気/光記録システムの信頼性向上に大きな役割を演じると期待されている。また、2個の誤りを訂正する符号の高速な復号法の研究は、テレビ会議における誤り訂正方式の国際標準化に貢献した。さらに、非常に強力な誤り訂正符号である代数幾何符号に関する研究では、電子情報通信学会から1991年度最優秀論文賞を受賞した。この他、さまざまな通信路に適した符号や不均一な誤りを効率よく訂正する符号の構成法に

関し多くの成果を得ている。また、日本および米国において符号理論の著書を3編著し、そのうちの2編が電子情報通信学会から著述賞を受賞した。

### 3. 研究内容その3 (符号化変調)

1977年に米国電気電子学会(IEEE)の情報理論誌に発表したマルチレベル符号化法(今井・平川法)の論文は誤り訂正符号化と変調とを一体化し最適化を図る符号化変調の分野で最も早く、最も重要な論文の一つとなっている。この論文は、1998年にIEEE情報理論ソサイエティから情報理論50周年記念賞を受賞した。日本からの受賞は唯一件であった。この分野において、最近は可変レート符号化変調方式の構成法などの成果を得ている。また、衛星通信やデジタル放送への応用について具体的提案を行っている。

### 4. 研究内容その4 (スペクトル拡散方式の研究)

1983年の電子通信学会に発表した論文は、スペクトル拡散を用いた符号分割多元接続(CDMA)の先駆的業績である。その後アレーアンテナ等も含めた干渉波除去に関する多くの研究成果を挙げた。その後、符号化と干渉除去の統合的最適化に関し検討を進めている。

#### 主要論文および著書

- 1) 今井：“符号理論,” 電子情報通信学会 (1990).
- 2) 今井 (著)：暗号のおはなし, 日本規格協会 (1993).
- 3) 今井 (著)：明るい暗号の話, 裳華房 (1998).
- 4) H.Imai: “Information security aspects of spread spectrum systems,” *Advances in Cryptology-ASIACRYPT'94* : J. Pieprzyk and R. Safavi-Naini eds., Berlin : Springer-Verlag, pp.477-481 (1995).
- 5) 加藤, 今井：“視覚復号型秘密分散法の拡張方式” 電子情報通信学会論文誌(A), vol.J79-A, no.8, pp.1344-1351 (1996-08).
- 6) O.Y.Takeshita and H.Imai: “On strictly geometrically uniform codes: Construction and new codes,” 電子情報通信学会英文論文誌, vol.E 80-A, no.3, pp.590-597 (1997-03).
- 7) D.J.Costello, J.Hagenauer, H.Imai and S.B.Wicker: “Applications of error control coding,” *IEEE Transactions on Information Theory*, 50 th Anniversary Commemorative Issue (1998-10).

## 榊 研究室 (電子デバイス工学)

教授 榊 裕之 (昭和48年度~)

### 1. 研究の狙いと概要

近年の半導体デバイス(素子)の飛躍的な進展により、社会と生活が一変しつつある。特に、SiMOSトランジスタ(FET)を用いたLSIはパソコンやワープロなどを登場させ、半導体レーザやGaAs系超高速トランジスタは、光通信・衛星通信・モバイル通信を大進展させてきた。

本研究室は、1973年の発足以来、まず(a)これらの「基幹素子」の物理を究明し、「極限性能」を実現するための研究を進めてきた。特に、(b)トランジスタやレーザの高性能化には、心臓部に10nm(ナノメートル)級の「超薄膜」の活用が不可欠であることに着目し、膜内の「電子の量子力学的波動性」の先駆的研究を進めた。その結果、基幹素子の飛躍的進歩の道を拓くとともに、赤外線検出器など新機能素子の実現性を示してきた。さらに、(c)電子を極限まで制御するために「半導体(量子)細線や箱」の概念を75年に提唱し、以後その物性解明と素子応用の先駆的研究を展開してきた。また、(d)10nm級の超薄膜・量子細線・量子箱など、ナノ構造を形成し、評価するための研究を進め、物質科学の先端を切り拓いてきている。以下に主要な成果を記す。

### 2. 低次元電子伝導とFETの高性能・高機能化の研究

LSIに不可欠なSiMOSFETの超薄伝導層で電子の量子的波動性の重要性を室温で初めて示すとともに、GaAs/AlGaAs系超薄伝導層に沿う電子伝導を先駆的に調べ、高速ヘテロFET(HEMT)の誕生と関連素子の発展に寄与した。また、高い電流駆動力を持つダブルヘテロFET、伝導層近傍に量子箱を配した新メモリーFET、量子細線FET、速度変調FETなど新しいFETの可能性も提示している。

### 3. トンネル伝導の制御と新機能素子の探索

超薄障壁中の電子のトンネル過程を制御し、素子応用を拓く研究を進めている。特に、2重障壁構造で特定波長の電子が選択的に透過する共鳴トンネル効果を調べ、トンネル時間の直接計測や室温での負性抵抗を初めて実現した。また、超薄膜を積層化した超格子の電子状態を76年米国にてEsakiらと先駆的に調べ、巧みな設計により波長10 $\mu\text{m}$ 付近の赤外線の検出器となることを示した。また75年に量子細線や量子箱を面状に並べた素子を初めて提案し、隣接する細線や箱の間のトンネル伝導をゲートで制御した新しい非線型FET素子の得られることを示している。

### 4. 量子ナノ構造の光物性の探索と素子応用

超薄膜・量子細線・量子箱の独特な光物性を調べ、新素子応用を探索している。まず、77年に量子薄膜中の基底準位E(1)の電子を赤外光で上の準位E(2)に励起するサブバンド間遷移を利用した(中)赤外域の検出器を発明した。続いて、中赤外光を近赤外光に変換する素子の実現性も示した。また、75年に提案した量子細線や量子箱の研究を伝導素子から光学素子に展開することを着想し、82年にまず荒川と共同でレーザへの応用を提言し、続いて変調器や光検出器などへ発展させる研究を進めている。さらに、10nm級の量子細線中の1次元励起子の束縛エネルギーの増大や、量子井戸中の2次元励起子によるテラヘルツ光と近赤外光の混合効果など、新しい光学特性と機能を明らかにしている。

### 5. 量子ナノ構造の形成と評価法の研究

原子スケールで膜厚制御した超薄膜を形成するために、揺籃期から分子線エピタキシーの研究を推進してきた。特に、異種物質の接する界面の凸凹の形状を、電子移動度などの計測解析で定量評価するとともに、成長の中断によりGaAs表面を原子スケールで平坦化できることを発見した。また、断面10nm級の量子細線を結晶成長で形成する手法を開発し、(イ)量子井戸の端面に再成長して作るエッジ細線、(ロ)メサ基板上へ選択的に成長した急峻な稜線構造上のリッジ細線、(ハ)結晶主軸から傾斜した面上の周期的原子ステップを用いて作る細線について、その有効性と特色を明らかにした。さらに、格子定数の異なる材料を堆積して量子箱を自己形成させる研究を92年より進め、量子箱メモリーや光検出器などの実現に活用している。

### 6. 謝 辞

以上の研究は、新分野開拓を奨励する東京大学の理念と伝統の下で、当研究室所属の大学院学生・職員、来訪研究者、欧米15機関を含む内外の共同研究者の協力によって推進された。ここに深く謝意を述べる。また、文部省の特別推進研究制度(81-84年)、新技術開発事業団のERATO制度「量子波プロジェクト」(88-93年)、科学技術振興事業団支援の日米共同研究「量子遷移プロジェクト」(94-98年)、産業界からの寄付など多くの支援を受けた。厚く御礼を申し上げる。

## 坂内 研究室 (マルチメディア工学)

教授 坂内 正 夫 (昭和53年度～)

助手 柳 沼 良 知

技術官 佐 藤 秀

坂内研究室では、この10年、映像を中心とするマルチメディア情報を蓄積・管理し、応用分野を開くためのデータベース及びインターフェースの研究を行っている。特に、4つのマルチメディア環境、すなわちネットワーク型、ストリーム型、ライブラリ型及び実世界型マルチメディア環境に重点を置き、その空間と利用者や応用との情報媒介機構の実現を主眼において研究をしている。手法としては、映像の自動認識により高度なマルチメディアデータベースモデルを作成、それに基づく応用記述を行うという独自のフレームワークを主張している。具体的には、以下のような研究を行ってきた。

### 1. ストリーム型マルチメディアデータベースの研究

今後の有力な情報源となるデジタル放送の高度利用をにらんで

- a. 利用者が望む内容の映像シーンを記述言語 VSDL で指示し、自動的にピックアップするシステム
- b. 自動認識手法により作成した映像部品オブジェクトを自在に加工して、ユーザ独自のハイパーメディアを作成するシステム
- c. ストリーム型データベース内の映像プログラム等を、映像・音声・文書の複数メディア認識を協調させることにより高度理解し、相互にアクセスリンクを形成してユーザ独自の視点による利用を可能とするシステム、等を開発している

### 2. ネットワーク型マルチメディアデータベースの研究

インターネットに代表されるネットワーク空間内のマルチメディア情報を対象に、利用者の視点、興味によって必要な情報に検索、アクセスできる方式を研究している。

- a. 画像、映像の内容に依存したアクセスができる諸方式、
- b. www の情報に対する公開型画像、レイアウトサーチェエンジンの開発、等

### 3. 実世界型マルチメディアデータベースの研究

ロボットカメラ等からの実映像を高速ネットワークを通じて収集し、ローカル／グローバルな視点での現在事象の把握とそれを用いた高速処理のための情報媒介システムの研究を行っている。

- a. 従来の図形地図と映像情報を統合したマルチメディア地図データベースの構築
- b. 都市動画像からの状況に関する3次元情報の認識
- c. インターネット上に公開の実世界関連データの収集機構を作成し、知的なフィルタリング機能を提供してこれから、リアルタイム属性空間を作成する研究

### 4. 10年間の発表論文

欧文学会誌、邦文学会誌、国際会議論文、著書 合計170件

(以下、その一部)

- 1) M. Sakauchi: Integration of Image Retrieval/Filtering with Image Understanding, IEEE Multi-media Computing Magazine, 1,1, 79-81, 1994.
- 2) N. Nakamura, S. Abe, Y. Ohsawa, M. Sakauchi: The MD-Tree: An Efficient Data Management Structure for Spatial Objects, IEEE Trans on Knowledge and Data Engineering, 5, 4, 682-694, 1993.
- 3) 坂内: “コンピュータから見た映像情報メディア—マルチメディア情報媒介機構の提唱”, 映像情報メディア学会誌, vol.51, no.1, 1997.
- 4) 佐藤, 坂内: “ライブハイパメディアにおける映像情報の獲得”, 電子情報通信学論文誌 D-II, vol.J79-D-II, no.4, pp.559-567, 1996. 4.
- 5) 柳沼, 坂内: “DP マッチングを用いたドラマ映像・音声・シナリオ文書の対応付け手法の一提案”, 電子情報通信学論文誌 D-II, vol.J79-D-II, no.5, pp.747-755, 1996. 5.

## 石井 研究室 (電力エネルギー工学)

教授 石井 勝 (昭和51年度～)

電力の送電, 配電に関連するハードウェア, 高電圧現象の研究を行っている. 河村達雄名誉教授の研究室と関連が深い. この10年間は, インドネシアの大学と協力して熱帯の雷に関する国際協同研究を現地で実施している. また高速な高電圧現象の研究, ならびに電磁界を通じた雷観測を実施する上の必然性から, アンテナ, 電波伝搬, EMCに関連した研究手法の重要度が増している.

### 1. 自然雷の研究 (昭和51年度～)<sup>5)</sup>

電力の供給を妨げる要因の中で, 日本では雷の比率が増加を続けている. 100万ボルト級送電, あるいはそれと対極の数ボルト以下で動作する情報通信システムなど, 新たな電氣的なシステムが出現すると, それらの被る雷害は残念ながら予測通りにならないことが多い. これはまだ雷放電そのものに関する知識が十分でないのが原因である. このため主として電磁界による観測を通じて雷放電の研究を行っている. 雷放電の特性の地域, 季節による差異が顕著なため, 中でも熱帯雷, および日本海沿岸の冬季雷の研究に力を入れている. 雷放電位置標定システムの実用化に関する研究では1998年に電気学会の進歩賞を受賞した.

### 2. 電力・通信システムにおける雷サージの研究 (昭和61年度～)<sup>1) 2) 4)</sup>

雷サージとは, 雷放電に関連して発生する有害な過電圧, 過電流のことで, 雷の電流が直接入り込む直撃雷サージと, 離れた場所の雷放電でも発生する誘導雷サージがある. 従来は進行波の概念を用いた近似的な解析手法で検討されてきた. この問題に初めて3次元過渡電磁界の数値解析手法を適用し, 送電鉄塔の雷サージに対する電氣的な振る舞いをかなり厳密に解析できることを明らかにした. 誘導雷も電磁界解析を通じたアプローチが必要で, 採用した数値解析モデルの有効性を, 縮小モデルによる実験結果との照合により確認したことは, この問題の理論面での進展に大きく貢献した.

### 3. インパルス高電圧の測定 (平成2年度～)<sup>7)</sup>

立ち上がり時間1～2マイクロ秒の雷インパルス高電圧の測定を実用的かつ精度良く行うには, 分圧器を使用するのがほとんど唯一の方法である. 分圧器の一端には高電圧がかかるため, 絶縁を保つには数mの大きさが必要となる. これは高い周波数まで精度良く測定したいという要求と相反する条件であり, 20MHz程度までの周波数が含ま

れる雷インパルス電圧を精度良く測定するのは容易ではない. その技術レベルを認定することを目的とした高電圧試験所認定制度の日本における立ち上げに伴う技術的課題の解決をはかった. また3次元過渡電磁界解析手法を分圧器周辺の電磁界解析に適用することに成功し, 実験によらずに高電圧測定システムの特性を検討する途を拓いた.

### 4. がいし類の汚損による絶縁耐力の低下 (昭和51年度～平成7年度)<sup>3)</sup>

この現象は, 高電圧交流, 直流の架空送電において, 非常に大きな問題であった. 最近の10年間では, 人工汚損試験で用いる汚損成分のうちの不溶性成分の性状が, 絶縁耐力に及ぼす影響を, その機構とともにほぼ明らかにした. また海外では広く使用されだしたプラスチックががいしの劣化の度合いの評価方法について研究を行った.

### 5. 人工衛星表面材料の帯電放電現象 (昭和61年度～平成9年度)<sup>6)</sup>

高軌道上の人工衛星の表面が, 太陽起源の電子線により帯電し, その電荷が放電すると人工衛星に障害が発生することがある. 電子線発生装置つきの高真空容器を用いて, 種々の人工衛星表面材料の電子線照射実験を行い, 放電の発生条件, 放電のパラメータについての知見を得ると共に, 放電発生, 進展機構についても検討を行った. 得られた知見は文部省宇宙科学研究所の衛星にも生かされている.

## 主要論文

- 1) M. Ishii et al.: Multistory transmission tower model for lightning surge analysis, IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 6, pp.1327-1335 (1991).
- 2) M. Ishii et al.: Lightning-induced voltage on an overhead wire dependent on ground conductivity, IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 9, pp.109-118 (1994).
- 3) M. Ishii et al.: Behavior of insoluble materials in artificial contamination tests, IEEE Trans. on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 3, pp.4323-4328 (1996).
- 4) M. Ishii and Y. Baba: Numerical electromagnetic field analysis of tower surge response, IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 12, pp.483-488 (1997).
- 5) S. Hidayat and M. Ishii: Spatial and temporal distribution on lightning activity around Java, Journal of Geophysical Research, Vol. 103, pp.14001-14009 (1998).
- 6) 小松原, 石井: 人工衛星構造材料の電子線照射に伴う帯電特性, 電気学会論文誌A, Vol. 118-A, pp.135-141 (1998).
- 7) 石井, 村瀬, 西村: MV級雷インパルス電圧測定系の日本国内試験所間比較試験, 電気学会論文誌B, Vol. 118-B, pp.1249-1255 (1998).

## 池内・佐藤 研究室 (視覚情報工学・視覚メディア工学)

教授 池内 克史 (視覚情報工学) (平成8年度～)

講師 佐藤 洋一 (視覚メディア工学) (平成9年度～)

当研究室は、平成8年度4月に池内教授が米国カーネギーメロン大学計算機科学部より移籍したのに伴い、Computer Vision Laboratory (CVL) として設立された。当初は、池内教授と影澤政隆助手の2名のみによるスタートとなったが、その後平成9年度には研究機関研究員として佐藤洋一(平成9年12月より講師)が、平成10年には長谷川仁則技官がそれぞれ参加、その後も徐々に在籍する学生の数が増え続け、現在では博士課程学生3名、修士課程学生6名、受託研究員2名、研究生1名、短期職員3名、留学生1名という規模にまで拡大するに至った。(平成11年4月現在。他大学からの受入れ学生含む。)

当研究室における研究テーマは、コンピュータビジョン技術を核として、マルチメディア、ロボティクス、知的交通システム、ヒューマンインターフェースと多岐にわたっており、各テーマに関して活発に研究活動を展開してきている。以下に上記の各テーマを具体的に紹介していく。

### 1. マルチメディア：人工現実感および複合現実感のための画像処理技術

現在、人工現実感システムは幅広い分野における応用が期待されている。しかしながら、大部分の人工現実感システムのモデルはプログラマーが手作業で入力しているのが実状である。仮想ショッピング、仮想美術館散策といった人工現実感システムの応用例は、仮想物体および仮想空間のもとになる現実物体と現実空間が存在する。こういった応用分野では、このもとになる現実物体、現実空間を観察することにより自動的にモデルが得られればシステム作成の手間が大幅に削減されることが期待される。当研究室では、このような目標を目指して現実物体および現実空間より寸法、曲率といった物体の幾何形状を自動的に得る手法の開発、物体表面の反射率および色といった質感を得る手法の開発などを進めてきた。一方、3次元空間全てを電子的に合成する人工現実感に対し、現実存在する実空間と電子的に実現する仮想空間との高度な統合を目指す技術は複合現実感技術と呼ばれ、通信・交通・娯楽などのさまざまな産業の分野で、21世紀を担う基礎技術として注目を集めている。複合現実技術により実世界と仮想世界を違和感なく融合させるためには、実世界と仮想世界との間の整合性を実現しなければならない。当研究室では、特に光学的側面に重点を置いて、高品位な複合現実空間の実現を目指し研究を進めている。

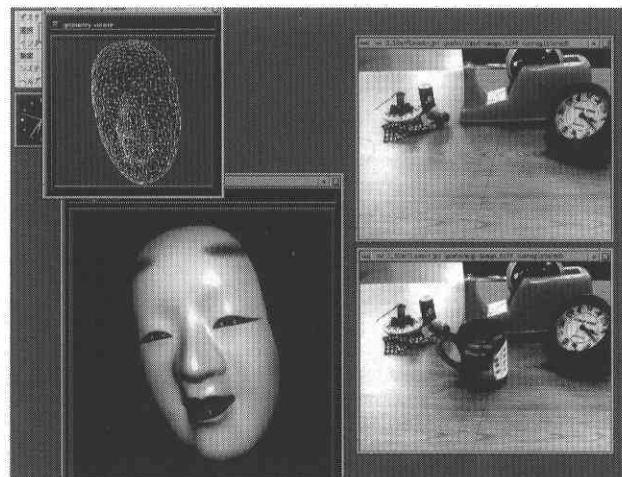


図1 実物体からのモデルの自動生成および実画像との合成

### 主要論文

- 1) I. Sato, Y. Sato, and K. Ikeuchi, "Acquiring a Radiance Distribution to Superimpose Virtual Object onto a Real Scene," *IEEE Trans. Visualization and Computer Graphics*, Vol.5 No.1, March 1999.
- 2) Y. Sato, M. D. Wheeler, and K. Ikeuchi, "Object Shape and Reflectance Modeling from Observation," *Proceedings of ACM SIGGRAPH 97*, pp. 379-387, August 1997.
- 3) 西野, 佐藤, 池内, Eigen-Texture法: 3次元モデルにもとづく見えの圧縮, 情報処理学会画像の認識・理解シンポジウム (MIRU 98), pp. 19-26, vol.1, 1998.

### 2. ロボティクス：人間の行動の観察にもとづくロボットと人間の協調作業の実現

人間の行動獲得は、幼児の例からもわかるように、大半が教師の行動を観察して獲得している。この能力を計算機の上に移植できれば、プログラマーがロボット行動プログラムを書くことなく、単に手本になる行動を見せるだけでロボットがプログラムを自から獲得するようにできる。さらに、これにとどまらず、人間の行動学習の基本理論も構築できる。このようなロボットを開発することを目標として研究を進めている。主なテーマは連続画像に記録された人間の連続行動を重要な部分列に分割すること、各部分列を解析し、人間の動作を抽出すること、人間の動作を記述すること、これをロボットの行動にマップすることである。なお、この分野の研究で、「作業の目的を考慮した視覚認識戦略の生成」の研究に関して1997年度日本ロボット学会論文賞を、「Toward Automatic Robot Instruction from

Perception-Mapping Human Grasps to Manipulator Grasps” の研究に対して、1998 年度 IEEE Robotics and Automation society (米国電気学会ロボティクスとオートメーション部門) K-S Fu Memorial Best Transaction Paper Award を受賞した。

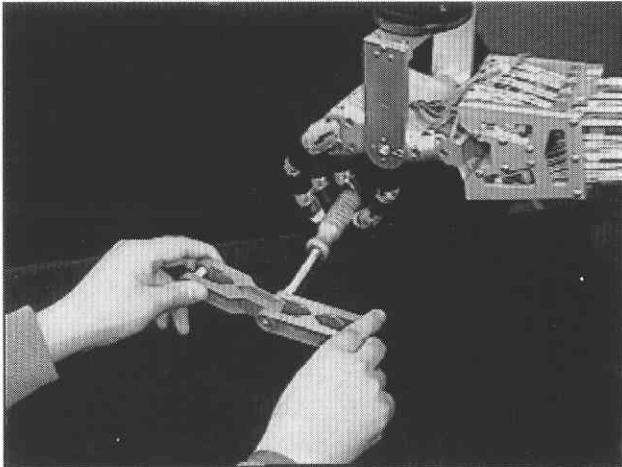


図2 行動観察ロボット

### 主 要 論 文

- 1) K. Ikeuchi and M. Veloso, Symbolic Visual Learning, Oxford Univ. Press, 1997.
- 2) J. Miura and K. Ikeuchi, "Task-Oriented Generation of Visual Sensing Strategies in Assembly Tasks," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.20, No.2, pp. 126-138, February 1998.
- 3) K. Ohba and K. Ikeuchi, "Detectability, Uniqueness, and Reliability of Eigen Windows for Stable Verification of Partially Occluded Objects," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.19, No.9, pp.1043-1048, September 1997.
- 4) S. B. Kang and K. Ikeuchi, "Toward Automatic Robot Instruction from Perception-Mapping Human Grasps to Manipulator Grasps," IEEE Trans. Robotics and Automation, Vol.13, No.1, pp. 81-95, February 1997.
- 5) 三浦, 池内「作業の目的を考慮した視覚認識戦略の生成」日本ロボット学会論文誌, Vol.14, No.4, 1997.

### 3. 知的交通システム：赤外画像による交通流計測

現在まで自動走行ロボットは人間から独立したオートノマスなロボットとして設計されてきた。一方、21世紀に

向けて知的交通システムの中でのそれは、ロボット(車)、人間、さらにその周辺のロボット(車)が協調しながら知的に行動していく必要がある。このため周辺の人間やロボットの行動を見てその状態を理解し、周辺の道路環境を比較しながら、さらに上位のコントロール系からの情報にもとづいて、最適な行動が取れるロボット(車)を開発している。人間の行動を連続的に観測した画像列から行動を理解する手法、地図情報と周辺の状況から現在の位置を決定する手法、位置情報・地図情報を現在の実画像上に付加する手法などが現在の研究テーマである。

### 主 要 論 文

- 1) Liu, Wu, Ikeuchi, Sakauchi, "Recognition of Urban Scene using Silhouette Of Buildings and City Map Database," Proc 1997 ACCV, pp. 209-216, January 1997.
- 2) 影沢, 大場, 池内「赤外画像を用いた固有窓法による特定車両認識」第4回画像センシングシンポジウム講演論文集 pp. 355-pp. 358, June 1998.

### 4. ヒューマンインターフェース：実世界志向型インターフェースの実現

現在のコンピュータインターフェースの形態は、Graphical User Interface (GUI) に代表されるようなコンピュータ端末を利用したインターフェースが一般的である。このGUIの形態としては、デスクトップメタファ、ピットマップディスプレイ、ダイレクトマニピュレーション、WIMP、そしてWYSIWYGなどの様々なものが存在し広く利用されている。しかしながらそれと同時に、このようなGUIの限界や問題点が認識されるようになってきており、その主なものとして現実世界との連携がある。一言でいえば、GUIでは行動の主体であるユーザの注意が常にコンピュータとのインターフェースに向けられている必要がある、現実世界でユーザが行っている本来の作業に集中できないということである。そこで、このような問題点を解決するためには、従来型のGUIの枠組みを超えて、行動主体のユーザと実世界とのインタラクションを考慮したインターフェース技術、言うなれば「実世界志向型インターフェース」を実現することが必要となる。当研究室では、実世界志向型インターフェースの枠組みとして、拡張デスクトップ環境を考え、必要とされる画像処理技術の開発を進めている。

**荒川 研究室** (量子マイクロデバイス工学)  
**染谷 研究室** (ナノオプトエレクトロニクス)  
 教授 荒川 泰彦 (昭和55年度~)  
 講師 染谷 隆夫 (平成10年度~)

## 1. はじめに

荒川研究室は、荒川が講師として採用された1980年4月に、また、染谷研究室は、染谷が助手から講師に昇任した1998年4月に、それぞれ発足した。現在、荒川研究室と染谷研究室は、緊密な協力・連携関係のもとで運営されてきている。研究室の所属メンバーとしては、西岡政雄助手、石田悟己助手をはじめとして、工学系研究科電子工学専攻および学際先端工学専攻の大学院生、ポストドク、外国人研究者が研究室に所属している。また、榊、藤田、平川、平本研究室とは常に協力関係にあると共に、生駒客員教授とも緊密な関係を保ってきている。

荒川は、1988年から1993年まで発足間もない先端科学技術研究センター(先端研)の助教授として、その立ち上げに貢献した。1993年に生研教授に昇任したが、1996年から2年間新設の国際・産学共同研究センターの教授を務めた。現在は、先端研教授および生研教授(併任)として、研究活動をおこなっている。他部局での研究活動は、常に生研の全面的な支援のもとで行われてきているが、それに応えて荒川は東大他部局と生研の間の交流に積極的に役割を果たしている。

染谷は窒化物半導体の結晶成長およびデバイス化の研究に主力を注ぎ込んでおり、研究室発足1年であるにもかかわらず重要な成果を達成している。

## 2. 研究の展開

人工原子・分子などのナノ構造を実現する「ナノテクノロジー」は著しい進歩を遂げており、次世代のエレクトロニクスや光エレクトロニクスへの展開に対して期待が高まっている。荒川・染谷研究室では、量子細線や量子ドットなどの半導体ナノ構造の実現、電子・光子の量子状態の制御による新しい物性物理の探索、および次世代新光デバイスの実現について、先駆的な研究成果を達成してきた。研究室の目標は、ナノ構造の形成、物性究明、デバイス探索の研究を一貫して推進することにより、21世紀の情報通信科学技術にデバイス研究の立場から貢献することにある。

以下では、主に1988年以降に推進された研究を中心に紹介する。

### 2.1 半導体量子ナノ構造の形成技術の研究

有機金属気相成長(MOCVD)および分子千エピタキシー(MBE)技術を用いて、量子細線や量子ドットなどの半導体ナノ構造の形成技術の確立に先駆的に取り組んできた。

V溝構造中に、10 nm級のGaAs量子細線を形成することに初めて成功した[1993]。さらに、選択成長を用いて当時としては最小である25 nmの横寸法のGaAs量子ドット構造を形成するとともに[1993]、自己形成手法によるInAs量子ドットの形成にいち早く取り組んだ[1993]。最近では、新材料系への展開として、GaSb系タイプII量子ドット[1997]およびInGaN系青色量子ドットの形成に成功している[1997]。今後、新材料の開拓とともに、量子ドットの位置制御および密度制御の課題を克服し、電子や光子を一つづつ制御することが可能なナノシステムを創る。

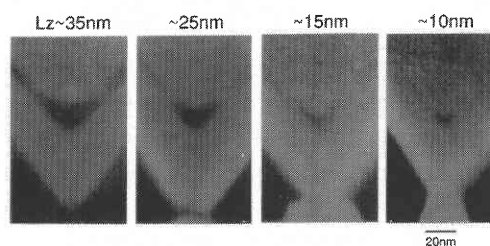


図1 MOCVD 選択成長により形成されたGaAs量子細線。35 nmから10 nmまで系統的に初めて制御した。(T.Tsukamoto, Y.Nagamune, M.Nishioka, and Y.Arakawa, "Fabrication of GaAs quantum wires (~10 nm) by MOCVD growth, Appl. Phys. Lett. 19, 355-357, 1993)

### 2.2 半導体ナノ構造の光・電子物性の研究

量子細線の磁気光学効果を明らかにし、2次元量子閉じ込め効果の存在を先駆的に立証した[1992]。また、単一量子細線、単一量子ドットの超空間分解・時間分解光物性の解明の重要性をいち早く指摘し、近接場分光、STM蛍光分光、および顕微分光法などを用いて重要な成果を達成してきた。すなわち、InAs単一量子ドットの磁気光学蛍光スペクトル、磁気蛍光励起スペクトルの観測に成功し、電子のゼーマン分裂を明瞭に観測した[1997-99]。またSTM蛍光分光により初めて20 nmの量子ドットからの発光像を観測することに成功した[1998]。顕微分光によるポイントコンタクト構造における電子の噴出の可視化の研究も行った[1996]。

### 2.3 量子ドットレーザの研究

本研究室では、研究室発足以来、量子効果を伴う半導体レーザについて先駆的な成果を数多く達成してきた。特に量子井戸レーザの一連の研究[1994-98]、および榊教授と提案した量子ドットレーザの提案の研究は[1982]、世界で高く評価されている。これまで第一量子準位でレーザ発振をする垂直微小共振器型InGaAs量子ドットレーザを実現す

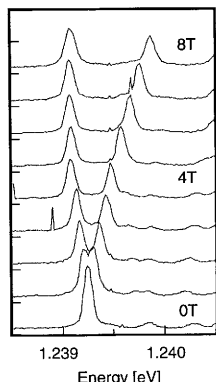


図2 近接場分光により単一量子ドットのゼーマン分裂を初めて観測. S. Shinomori, K. Suzuki, and Y. Arakawa, "Polarized photoluminescence spectroscopy of single self-assembled InAs quantum dots", Phys.Rev. B, Vol. 58, R10487-R19492, 1998)

るとともに [1994], 青色 InGaN 自己形成量子ドットレーザにおける光励起室温レーザ発振に成功した [1999]. また, 理論的研究もナノ構造の電子状態や, 光学フォノンと電子の相互作用を明らかにし, いわゆるフォノンボトルネックは, 問題にならないことを示した [1997]. 今後, さまざまな波長域で量子ドットレーザの実用化の可能性を明らかにすると共に, カスケード型量子ドットレーザの開発に取り組む.

#### 2.4 短波長および中赤外領域半導体レーザの研究

窒化物半導体とアンチモン系化合物半導体を用いて, 紫外から青色の短波長半導体レーザおよび中赤外領域半導体レーザに関する基礎研究をすすめてきている. 常圧 MOCVD 法に改良を加え, GaN/InGaN/AlGaIn からなる高品質な薄膜ヘテロ構造やナノ構造の作製手法を確立した. 特に, これまでに, 反射率 97% の半導体ミラーを作製するなど, 青色面発光レーザの主要な作製技術を確立してきた [1998]. その結果, 低温で光励起発振の段階ではあるが, 世界に先駆けて青色面発光レーザの開発に成功した [1998]. 現在, これらのユニークな短波長半導体レーザについて, 電流注入型素子の実現をはかっている. さらに, アンチモン系化合物半導体を材料とした中赤外領域における半導体レーザを開発する. なお, マイクロメカニカル部分を有する新機能レーザの開拓研究も藤田研究室および LIMMS と共同で推進している.

#### 2.5 微小共振器およびフォトニック結晶の研究

微小共振器などを用いた量子光学的制御の基礎研究をすすめた. これまで, 励起子と光子の強い相互作用に起因する励起子ポラリトン効果を初めて半導体で観測するとともに [1992], 微小共振器中の量子電磁力学現象を励起子寿命等から明らかにしてきた [1994]. さらに, 2次元フォトニック結晶の構造性質を, 不純物効果を含めて明らかにした [1995]. 今後は, 量子ドットと3次元フォトニック結晶による新量子光学現象の発現とデバイス応用をはかる.

#### 2.6 超高速光エレクトロニクス研究

1986年荒川がカリフォルニア工科大学から2年の在外研究を終えて帰国して, 研究のターゲットとして設定したのは, 量子効果デバイス研究とピコ秒・フェムト秒領域デバイスすなわち

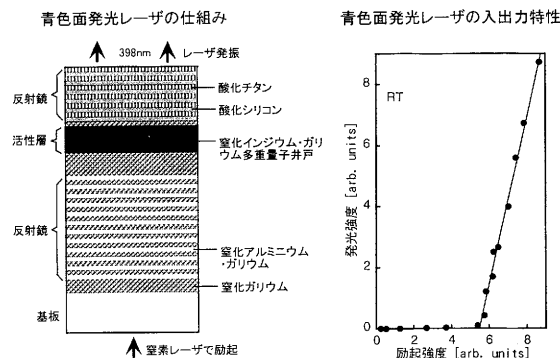


図3 窒化物半導体面発光レーザを初めて実現. (T.Somya, K.Tachibana, J.Lee, T.Kamiya, and Y.Arakawa, "Lasing Emission from an InGaN Vertical Cavity Surface Emitting Laser", Jpn. J. Appl. Phys., vol.37, L1424, 1998)

テラビット光エレクトロニクス研究であった. 量子井戸レーザからの超短光パルスの生成 (利得スイッチング法としては今でも世界最短) [1988] や超高速光スイッチングデバイスの開拓 [1989] をはかった. さらに, 微小共振器型 InAs 量子ドットレーザからの短パルス生成に成功した [1997]. 今後, ナノ構造と超高速光・電子現象の融合により (空間軸・時間軸の極限的微小化), 新たな光エレクトロニクスの世界を切り開く.

これまでの研究業績は, 1990 Young Scientist Award from International Symposium on GaAs and Related Compound, 電子情報通信学会業績賞 (1991) 日本 IBM 科学賞 (1992), 服部報公賞 (1993), 桜井健次郎記念賞 (1998) などを荒川が, またエリクソン・ヤング・サイエンティスト・アワード (1999) を染谷が受賞することによって高く評価されている.

### 3. 学会, 産業界, 社会への貢献

上記の研究活動は, 文部省科学研究費, 通産省提案公募型大型研究や国家プロジェクトからの委託研究や, および民間企業や財団からの支援に支えられてきた. また, 日本学術振興会未来開拓学術研究推進事業「ナノ構造の自己形成と制御」プロジェクト (1996-2000), 民間等との共同研究「量子ナノエレクトロニクス」プロジェクト (民間電気系企業 9 社が参加, 1994-1998 年), 国際産学大型共同研究プロジェクト「次世代情報通信基礎技術」(Sweden Ericsson 社, 1998 より 3 年間) など, 荒川が主宰してきた大型研究プロジェクトも研究推進において大きな役割を果たしている.

学会活動としては, 荒川は, 多くの国際会議・ワークショップの組織委員長を歴任するとともに, 現在 Solid State Electronics の Editor, IEEE JQE の Associate Editor, 応用物理学会常任理事などを務めている. また, 通産省, 郵政省などの審議会専門委員や, 日本電子工業振興協会や光産業技術振興協会における長期展望・戦略関係の委員会の主宰を通じて, 我が国の電子情報科学技術の方向付けにも貢献している.



## 藤田 (博) 研究室 (マイクロメカトロニクス)

教授 藤田 博 之 (昭和 55 年度～)

本研究室では、半導体微細加工で作るマイクロマシンの研究を行っている。マイクロマシンといっても単に従来の機械を小型化するのではなく、メカニカルデバイスとエレクトロニクスデバイスをマイクロ化し、両者を融合したシステムを作る、マイクロメカトロニクス技術を研究している。この技術の基盤となる、半導体マイクロマシニング加工法、静電アクチュエータなどのマイクロアクチュエータ、電子回路やセンサとマイクロ構造やアクチュエータとを集積化したマイクロシステムの研究と、産業界と連携して特定の用途に役立つ応用システムの研究も行っている。なお、1989年10月より1年間 Kaigham Gabriel 先生 (当時 AT&T ベル研, 現在カーネギーメロン大学) が客員助教授として滞在し、マイクロマシン技術の立ち上げに尽力頂いた。

### 1. マイクロマシニングによる超小型アクチュエータ

シリコンチップを作る微細加工技術を用いて、 $100\ \mu\text{m}$  オーダの超小型アクチュエータの開発を行っている。直径  $100\ \mu\text{m}$  の静電マイクロモータを作り、毎分1万回転の高速を得た。静電リニアアクチュエータでは、 $\text{nm}$  以下の分解能で  $10\ \mu\text{m}$  程度の変位を得、数十  $\text{mg}$  重の力を発生できた。また、微小物体の弾性変形と摩擦駆動を組み合わせた、スクラッチ駆動静電アクチュエータ (SDA) を開発し、SDA でマイクロの XY ステージを動かしたり、薄膜マイクロ構造を立体的に組み上げることに成功した。形状記憶合金や圧電アクチュエータなどをマイクロマシン技術で小型集積化する研究も行っている。約  $10\ \mu\text{m}$  の厚さの形状記憶合金薄膜を微細加工したアクチュエータでは、 $200\ \mu\text{m}$  程度の変位と数  $10\ \text{g}$  重の力を得ることができた。更に、セラミック系超電導体のマイスナ効果による反発力を利用し、磁気浮上型の真空用超小型アクチュエータを開発した。

### 2. 並列協調型マイクロ運動システム

「微細な運動機構を多数同時に作れる」というマイクロマシン技術の特徴を生かして、多数のマイクロアクチュエータが協調してある役割を果たす、並列協調型マイクロ運動システムを提案した。熱バイモルフ型マイクロアクチュエータをアレイ状に並べて物体を搬送する、人工繊毛シス

テムの製作と搬送動作の確認に成功し、この概念を実証した。多数のアクチュエータが力を合わせ  $3\ \text{mg}$  のシリコンチップを運ぶ。制御回路とセンサ、アクチュエータを含むモジュールを平面的に並べ、物体を運ぶべき位置と姿勢を指示するだけで、指示に合わせた搬送を行う機構 (自律分散搬送システム) も研究している。この搬送システムの制御やセンシングを分散情報処理で行い、多数のアクチュエータを自律的に動かすマイクロ運動システムを構築中である。

### 3. 応用マイクロシステム

マイクロシステムの応用を進展させるには、従来のシステムと比較して優位性のあることを実際に示す必要がある。このため、マイクロマシンの有望な応用分野として、(1) ナノやバイオの世界の研究ツール、(2) 光技術、(3) 情報機器の3つを取り上げ、研究を進めている。

まず、ナノの世界の探求ツールとして、マイクロマシニングで超小型の走査トンネル顕微鏡を製作した。大きさは、 $500 \times 500 \times 4\ \mu\text{m}^3$  である。表面にプラチナを蒸着し、ギャップ間隔とトンネル電流の間に指数関数的な関係があることを確かめ、超高感度の変位センサーを実現した。単原子分解能を持つ透過型電子顕微鏡の中でこれを動作させ、トンネルギャップ ( $\sim 1\ \text{nm}$ ) の中で原子移動などの物理現象を可視化観測する研究に取り組んでいる。また、バイオ研究ツールとして多数の中空針のアレイを作り、それを細胞塊に刺して DNA の注入を行うデバイスを開発した。

光への応用では、光チョッパーや光スイッチを研究している。水晶を圧電駆動して可動部を共振させる方式の光センサ用のチョッパを製作し、良好な動作を確認した。更に、静電力によって回転する小さな鏡をアレイ状に並べ、空間を伝搬する光ビームの光路を切り替えるマトリックススイッチを作り、実用レベルの性能と寿命を確認した。その他、情報装置への応用では、ハードディスク装置のヘッド微小位置決め用のマイクロアクチュエータ、平面ディスプレイ用の微小冷電子銃アレイ、マイクロ波や光のビームを走査するマイクロスキヤナなどの研究を進めている。

## 桜井 研究室 (システム VLSI 設計工学)

教授 桜井 貴康 (平成8年度~)

平成8年7月に株式会社東芝から桜井教授が招かれ、技官川口博との教職員計2名で研究室の運営を開始した。このため現在まで発足後まだ2年強の期間しか経っていない若い研究室であり、現在大学院の学生6名、ポスト研究者1名、技官2名、研究生1名が在籍している。

本研究室では低消費電力・高速システム VLSI (Very Large Scale Integration : 超大規模集積回路) をいかに実現するかを設計という立場から研究している。0.1  $\mu\text{m}$  以下のディープサブミクロン世代の微細設計ルールで起こる配線遅延増大など諸問題の解析法と低減法の研究、低電力に有効な 1V 以下の低電圧で高速動作ができる各種回路の研究、VLSI プロセッサアーキテクチャの研究などが含まれている。

### 1. ディープサブミクロン VLSI 設計 (平成8年度~)

ディープサブミクロン VLSI のタイミング設計では各種の配線問題が顕在化する。具体的には従来では VLSI の伝播遅延はトランジスタサイズに依存しているものされていたが、将来では配線に強く依存するであろうと考えられているからである。

微細設計ルールとチップ面積の増大に伴い、配線長の増加により配線抵抗と配線容量が急増し、VLSI 内部の信号伝播遅延は配線が支配的になりつつある。また隣り合った配線の接近と長距離にわたりそれらが沿うことにより配線間の結合容量が増し、クロストークなどの結合ノイズの問題も浮かび上がってくる。このためタイミング設計においては配線遅延や結合ノイズを正しく反映することが重要となる。

[1] はこの配線遅延と結合ノイズを解析的に数式に表現し、容易に見積もりが可能である。精度も回路シミュレータ SPICE に完全に一致する。

### 2. 低電圧・高速 VLSI 設計 (平成8年度~)

年々大規模化する VLSI では消費電力が増大の一途を辿り、熱の壁に直面している。消費電力が電源電圧の二乗に比例するため電源電圧を低下させることが効果的だが、従来は 0.6V 以下の低電圧ではトランジスタがオンしなくなるという問題点があった。[2] の SCCMOS (Super Cut-off CMOS Scheme) は回路的な工夫により 0.6V 以下の電源電圧でも高速に動作し、さらに低しきい値トランジスタによるリーク電力を抑えることができる VLSI を提供するものである。

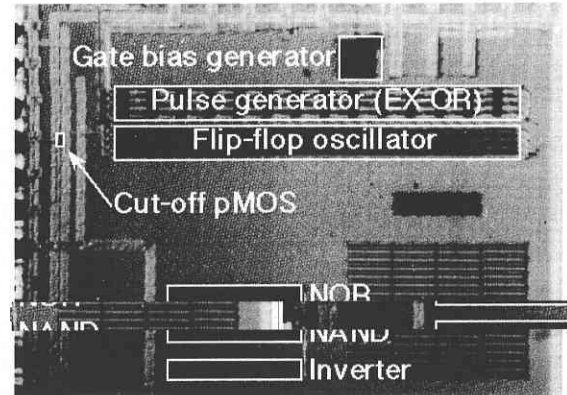


図1 SCCMOS

またメモリにおいても低しきい値トランジスタによる漏れ電流のが問題となるが、ゲート酸化膜に過剰な電圧を加えることなく、従来の SRAM より 2.5 倍高速な電源電圧 0.5V 動作の DLC SRAM 回路を提案している [3]。

LSI の消費電力の 20% から 45% を占めるクロック回路による消費電力を抑制する RCSFF (Reduced Clock-Swing Flip-Flop) の提案 [4] も行っている。

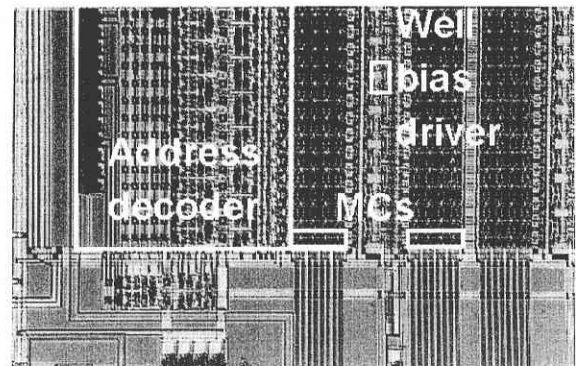


図2 DLC SRAM (MC はメモリセルを表す)

### 主要論文

- 1) H. Kawaguchi and T. Sakurai, "Delay and Noise Formulas for Capacitively Coupled Distributed RC Lines," ASPDAC, pp. 35-43, Feb. 1998.
- 2) H. Kawaguchi, K. Nose and T. Sakurai, "A CMOS Scheme for 0.5V Supply Voltage with Pico-Ampere Standby Current," ISSCC, pp. 192-193, Feb. 1998.
- 3) H. Kawaguchi, Y. Itaka and T. Sakurai, "Dynamic Leakage Cut-off Scheme for Low-Voltage SRAM's," Symp. VLSI Circuits, pp. 140-141, Jun. 1998.
- 4) H. Kawaguchi and T. Sakurai, "A Reduced Clock-Swing Flip-Flop (RCSFF) for 63% Clock Power Reduction," Symp. VLSI Circuits, pp. 97-98, Jun. 1997.

## 喜連川 研究室 (概念情報工学)

教授 喜連川 優 (昭和58年度~)

本研究室ではデータベース工学に関する研究、高性能超並列データベース・データマイニングサーバ、高性能ディスクアレイ、問合せ処理技法、デジタルアースアーカイバシステム、投機的トランザクション等について研究を進めて来た。

### 1. 超並列データベースサーバアーキテクチャの研究

#### 1.1 スーパーデータベースコンピュータ (SDC) の研究

科学技術計算の為のスーパーコンピュータは過去、市場に多数提供されたが、データベース処理を高速に実現するスーパーコンピュータはなかったことから、データベース演算に内在する並列性を効率良く抽出し、当時のメインフレームシステムの性能を大幅に凌ぐ性能を達成することを目的として、データベース専用のスーパーコンピュータ、SDCを開発した。高価なメインフレームに対抗すべく、廉価なマイクロプロセッサを多用することとし、共有メモリ型マルチプロセッサから成るノード8つをデータ平坦化機構を有する専用ネットワークを用いて結合した分散メモリと共有メモリを融合したアーキテクチャを採用した。膨大なハードウェア、ソフトウェア開発が必要であったことから、その開発期間は長期に及んだが、CPU、I/O、メモリ、いずれの資源で正規化しても極めて高い実行効率を達成した。

#### 1.2 ATM 結合型 100 ノード大規模 PC クラスタの研究

NEDO からの研究支援により、100 台のパソコンを ATM により結合した 1997 年 2 月の動作開始時点では世界的に見て最大規模の PC クラスタを構築した。専用ハード開発を必要とした SDC は実効効率が高いものの、長い開発期間が必要であったことから、NEDO-100 はトータルコモディティアーキテクチャを採用した。即ち、ボード、電源、ファン、筐体など、パソコン全体を 1 つのコモディティパーツと見なし、それらを通信のコモディティである ATM により結合したシステムを構築し、データベースサーバとしての可能性を模索した。データウェアハウス応用として TPC-D ベンチマークを走行させ、絶対性能、価格性能比、いずれにおいても現行システムに比べ大幅に高い性能を達成した。また、並列相関ルールマイニングを実現し、高い台数効果を得た。

### 2. 高性能記憶システムの研究

#### 2.1 ディスクアレイの研究

データの参照頻度に基づき、動的に高頻度アクセスプロ

ックを局在化させるホットブロッククラスタリングなる手法、並びに高頻度アクセスブロックをミラー領域に、低頻度アクセスブロックを RAID-5 領域に動的割付を行うホットミラーリングなる手法、更にミラーと RAID-5 を直交配置し、障害時の性能を向上させるオーソゴナルレイアウト手法など、種々のディスクアレイ高性能化の要素技術を提案した。更に標準トランザクションベンチマーク、TPC-C のアクセストレースを利用し、その参照局所性を明らかにすると共に、各種手法が有効であることを明らかにした。

#### 2.2 衛星画像データベースとスケーラブルテープアーカイバの研究

従来、大容量アナログテープに格納してきた衛星画像をデジタル化し、専用に試作した 8 ミリテープを用いたジュークボックスに格納し、地球環境デジタルライブラリを構築しつつある。スケーラブルテープアーカイバは、ユニットを追加することで記憶容量を動的に拡大することを可能とする。また、ユニット間の負荷をテープマイグレーションにより自動的に均等化するホットデクラスタリングなる方式を提案した。

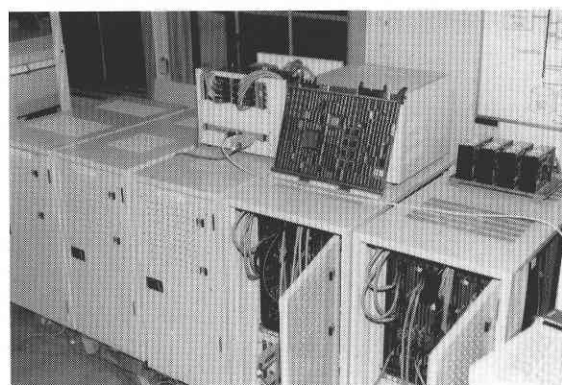


図1 スーパーデータベースコンピュータ

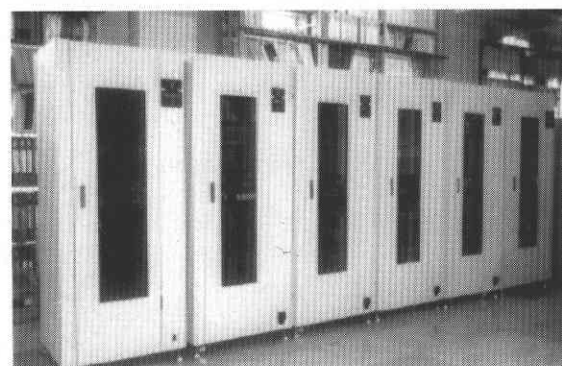


図2 スケーラブルテープアーカイバ

## 橋本 研究室 (知的制御システム)

助教授 橋本 秀紀 (昭和62年度～)

本研究室は昭和62年度に開設され10年以上に渡り制御工学をベースに Robotics 及び Communication を融合した知的システムの研究を進めています。

現在、研究は Robotics と Communication が強く融合した Networked Robotics と、ナノ世界を対象とした Nano Robotics とに大別できます。両者に共通しているのは制御工学であり、Tele-Robotics (Tele-Operation) というキーワードで両者が有機的に結ばれています。

また、私たちは両者に共通したコンセプトとしてインテリジェントスペースを提案しています。

### 1. Networked Robotics

本研究では、情報インフラストラクチャと我々の日常世界である物理世界を結ぶメディアとしての力・エネルギーを取り扱うインタフェース・システムである Networked Robotics を提案しています。Network を利用しその先に接続されたロボットにより遠隔地の物に物理的にコンタクトしたり、ロボットが積極的にネットワークを利用することにより、人間の生活空間におけるロボット利用を実現する事を目指して研究を行っています。

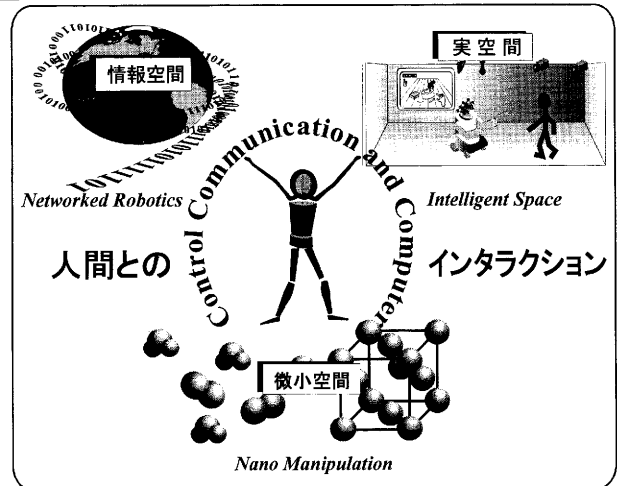
### 2. Intelligent Space

本研究の目標は人間の物理的・心理的支援を行う場であるインテリジェント・スペースの実現です。インテリジェント・スペースとは具体的な一つのシステムを指すのではなく、人間を支援する様々なテクノロジーを埋め込む場として定義されます。必要最小限のネットワーク機能とセンシング・アクチュエーティング機能が用意された空間で、支援のレベルに基づき様々なエージェントが導入されます。

また、このスペースは膨大なデジタル情報が流れているメディア空間と我々が活動している物理空間を結ぶ場としても機能し、同時に情報ネットワークを介して物理空間同士を結びつける機能をも有しています。

### 3. Nano Manipulation

マクロ世界の人間がナノスケールの対象物を自由自在に操作する技術の確立を研究目標としています。原子間力顕微鏡 (AFM) の特殊プローブの複数協調制御によるナノスケール粒子の操作を、仮想現実感生成技術とハプティッ



ク・インタフェースを通して実現することを目指しています。2つの世界を結ぶ工学的手段として遠隔操作技術を研究し、スケールのかつチャネル的に変形された世界を結ぶ方法論を示すことを目標としています。

### 4. ITS, IMS, 自律型移動ロボット等 —民間との共同研究—

制御工学, Robotics の応用としての実用的な知的システムの研究を、様々な企業との共同研究として行っています。現在進めている研究の一部を示します。

- 位置姿勢リアルタイム同定技術及び HID (Human Interactive Driving Supports Systems-知的運転支援システム)に関する研究 (1998～) —— ITS 研究
- CAD データ駆動型組立ロボットセルの構築に関する研究 (1995～) —— IMS 研究
- 移動ロボットの自己位置推定に関する研究 (1995～)
- その他

ホームページ

<http://www-hlab.iis.u-tokyo.ac.jp/>

現況 (1999年4月1日現在)

助教授 1, 秘書 1, 機関研究員 1, 博士研究員 1  
博士課程 3 (内外国人 2), 修士課程 6 (内外国人 1)  
外国人大学院研究生 3, 生研研究員 1

## 平川 研究室 (量子半導体エレクトロニクス)

助教授 平川 一彦 (昭和62年度～)

平川研究室は、昭和62年度に発足した。平成元年からは職員1名が加わり、2名のスタッフと平均約5-6名の大学院生という陣容で運営しており、主に半導体ナノ構造の物性とそのデバイス応用の研究を行っている。

研究室発足当初は、半導体ヘテロ構造中の異種物質接合界面における原子レベルでの電子状態の研究と、半導体極微構造の電子波の干渉現象の研究を行ってきたが、平成3-5年度にかけての米国留学を期に、テラヘルツ電磁波(遠赤外光)の発生・検出技術およびそれを用いた電子物性の研究に研究の重点を移行しつつある。50周年記念誌というせっかくの機会であるので、研究室発足からの主な研究テーマを時間の経過にしたがってご紹介したいと思う。

### 1. 半導体ヘテロ界面極近傍における電子状態の解明と制御 (昭和62年～平成6年度)

異なる半導体超薄膜を積層した量子ヘテロ構造は、超高速・電子デバイスの根幹となる材料系であり、ますますその重要性を増しつつある。異種物質接合界面におけるバンドの並び方(ラインアップ)やその急峻性は量子効果デバイスの性能を大きく左右するため、ヘテロ界面の極近傍の電子状態を調べる研究を開始した。特に、バンドラインアップを議論するときに従来当たり前と思われてきた基準になるエネルギー準位というものが本当に存在するのかなど、物質の表面・界面には、極めて基本的かつ興味深い問題がある。

具体的には、超高真空中で分子線エピタキシーにより結晶成長を行い、そのまま(in-situ)X線光電子分光を行う装置を構築し、半導体ヘテロ接合界面におけるバンド不連続量を決定する方法の確立や、異種物質の接合における価電子分布の急峻性の解明、さらに価数が異なる元素をヘテロ界面に導入することによるバンド不連続量の制御の研究を行った。

### 2. テラヘルツ領域における半導体量子ナノ構造の電子物性とその応用 (平成3年～)

テラヘルツ(遠赤外)領域は、従来のトランジスタや半導体レーザーなどの半導体デバイスがカバーし得ない未開拓の周波数領域である。我々は、半導体量子効果デバイスがその真価を発揮できる土俵ではないかという気持ちと、未開拓ものにチャレンジしたいという気持ちから、現在この研究に取り組んでいる。量子ナノ構造中の多くの物理量(例えば、電子の量子化エネルギーや散乱時間等)の典型的な値は、テラヘルツ/フェムト秒領域に包含される。したがって、量子ナノ構造中の物性の解明には、電子とテラヘルツ領域の電磁波との相互作用を調べることが極めて有効である。具体的には、遠赤外分光測定よりヘテロ構造や量子細線構造中のバンド構

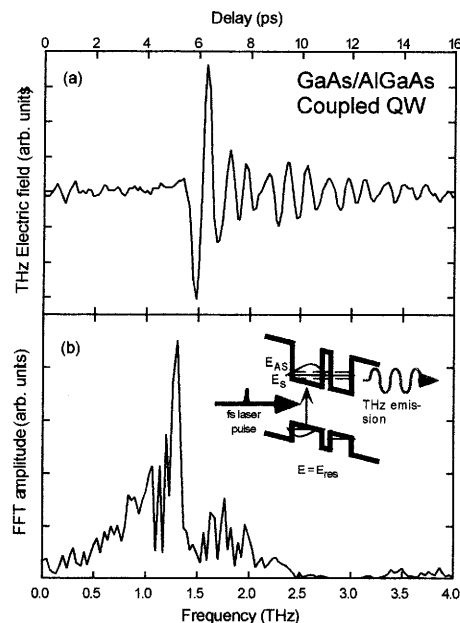


図1 結合量子井戸構造中で電子がコヒーレントに往復運動することにより放射されるテラヘルツ電磁波の時間波形とそのスペクトル

造解明を行うとともに、強電界により加速・加熱された電子系が放出する微弱な黒体輻射を測定することにより電子系の電子温度を決定するなどの研究を行った。さらに、半導体ヘテロ構造2次元電子系に強磁場を印加したときに実現される量子ホール効果状態を用いて、市販の検出器の約100倍の感度を有する遠赤外光の超高感度検出器を実現した。

さらに、フェムト秒レーザーと極短寿命光伝導材料を導電層とする光伝導極微アンテナを用いて、実時間領域でテラヘルツ電磁波を発生/検出ができる技術を開発している。これにより、フェムト秒領域における半導体中の電子のダイナミクスの研究を行っている。特に、電子が結合した量子井戸間をトンネル効果により往復する(ブロッホ振動)とき放射される振動的テラヘルツ電磁波を検出することにより、電子の動きを可視化することに成功した。また誘導ラマン効果により電子のプラズマ振動を生成し、それによりコヒーレントなテラヘルツ電磁波の発生に成功した。

#### 主要論文

- 1) M. Noguchi, K. Hirakawa, and T. Ikoma, Phys. Rev. Lett. 66, 2243 (1991).
- 2) K. Hirakawa, M. Grayson, D. C. Tsui, and C. Kurdak, Phys. Rev. B47, 16651 (1993).
- 3) N. Sekine, K. Hirakawa, and Y. Arakawa, Jpn. J. Appl. Phys. 37, 1643 (1998).

## 瀬崎 研究室 (知的通信システム)

助教授 瀬 崎 薫 (平成元年度～)

瀬崎研究室は、改元の年、平成元年に発足し丁度10周年を迎えた。従って、本稿はそのまま当研究室の歴史に対応する。この間、ネットワークを使った創造的な社会活動を行うシステムを開発することを、常に問題意識におきながら、スイッチング、ルーチング、プロトコル、ネットワークデザインなどのネットワークの要素技術と画像符号化・処理、マルチメディア同期、ネットワークコラボレーションなど、ネットワークを使った応用システムの研究を幅広く展開してきた。

発足当初は、研究室所属員が瀬崎のみであったこともあり、第3部安田研究室との密接な関係の元に研究をすすめた。平成4年に安田靖彦教授が早稲田大学に転出されて以降、小松助手をはじめ8名の大学院学生諸君、他大学卒論生・国内外からの研究員の協力を得て研究を行っている。以下に最近の研究例のいくつかを紹介する。

### 1. 超高速ネットワークの研究開発

ネットワークの高機能化・高速化に向けての諸課題を研究を行った。特に、文部省創世的基礎研究費「学術研究支援のための超高速情報通信網の研究開発」プロジェクトのコアメンバーとして参画し、ATM (Asynchronous Transfer Mode) 実験網を用いて、ネットワーク制御技法・プロトコル開発など多様な研究を行った。また、FDDIなど他のプロトコル体系についても、その改良法・応用方法などを研究した。ハードウェア的にはスイッチ・ファブリックアーキテクチャについて、マルチキャストを柔軟に行える構成や、不均衡トラヒックに対してもスループットの低下しない構成方法を提案した。また、WDM・光スイッチングに適したファブリックについても検討を行った。

### 2. 画像符号化・処理に関する研究

動画像については、動画像を対象として、ベースレイヤとエンハンスレイヤの符号量をネットワークの輻輳状態に

応じて、効率的に制御することにより限られたネットワークリソース条件の下で、効率的に映像伝送を行う方法を開発した。また静止画像については、非可逆符号化・可逆符号化の両方についてサブバンド符号化などを用いて、世界でもトップレベルの圧縮率をもつ方式を開発した。また、圧縮率を若干犠牲にする代わりに、データベースへの適用やネットワークリソースの制限などに柔軟に対応出来る、階層性をもつ符号化についても広範な検討を行った。

### 3. メディア同期と QoS

ネットワークで端末・人間が結合されることにより、単なる画像・音声・データの通信に留まらない多様なアプリケーションが生じつつある。従って、メディア同期や品質保証についても、従来と異なった視点が必要となる。このような問題意識の元で様々な研究を行っている。例えば基盤的技術として、メディア同期に適した遅延予測モデルの予測を行った。この遅延予測モデルにもとづいた分散メディア同期システムの構築を行うと共に、QoS マッピングのための種々の解析を行なっている。想定するアプリケーションは、単なる音声・画像通信に留まらず、今後このようなアプリケーション自体を創出することも重要である。'94年には原島・橋本研究室などと共同し、本所・ロサンゼルス間を非言語コミュニケーションシステムでの接続を行った。

### 主 要 論 文

- 1) T. Nagata, K. Sezaki and Y. Yasuda "A Non-blocking architecture of Wavelength division multiplexing photonic switching network", Proc. Goblecom '95, pp. 2215-2219 (Dec. 1995).
- 2) 小松, 瀬崎 "濃淡画像の可逆的な変換符号化" 信学論 A, J79-A, 4, pp.981-990 (Apr. 1996).
- 3) H. Kawai, K. Sezaki "Adaptive prediction of delay probability density function for intra-media synchronization", Proc. APCC, pp.105-109 (Dec. 01997).

## 平本 研究室 (集積デバイスエンジニアリング)

助教授 平本 俊 郎 (平成6年度～)

平成6年4月に、(株)日立製作所より助教授として赴任し、VLSI デバイスの研究を開始した。近年、半導体大規模集積回路 (VLSI) 技術の進歩は目覚ましく、今日の高度情報化社会はまさに VLSI 技術によってもたらされたと言っても過言ではない。半導体デバイスのサイズは、性能向上のため急激に微細化しており、10年後には0.1ミクロン以下にまで微細化される見通しである。一体 VLSI デバイスはどこまで小さくなるのであろうか？

当研究室の目的は、この疑問に答え、将来の VLSI 像を明確に示すことである。特に、最近の携帯機器の普及により重要度が増している超低消費電力デバイスの実現を目指して、図1に示した2つのアプローチで研究を進めている。

### 1. 超低消費電力微細 VLSI デバイスの研究

第1のアプローチは、既存の VLSI デバイスを微細化し、その延長線上に将来の VLSI デバイスを捉えることである。VLSI の高速性を損なわずに超低消費電力を実現するためには、微細化を進めつつ、低電圧特有の回路とデバイスを構成する必要がある。我々は、Silicon on Insulator (SOI) 基板を用い、そのボディ部の電位を変化させることにより、デバイスのしきい値電圧をダイナミックに制御することにより、高速性を超低消費電力を両立させるデバイスを開発した [1]。図2にデバイス構造を示す。SOI 構造の基板側にバイアス電圧  $V_{sub}$  を印加し、埋込酸化膜/SOI 薄膜界面に電荷を誘起させることによりボディ領域を形成している。この構造では、通常の方法に比べて基板バイアス効果が非常に大きくなり、しきい値電圧を大幅に変化させることが可能である。従って、超高速性と超低消費電力の両立が可能となる。また、デバイスを微細化した場合の不純物数のばらつきの問題や、SOI デバイスの評価法についても研究を進めている。

### 2. 新しい物理現象によるデバイスの高機能化

第2のアプローチは、単電子現象や量子効果などの全く新しい物理概念を VLSI デバイスに導入することである。特に電子1個で動作する単電子デバイスは、究極の超低消費電力デバイスであり、その VLSI デバイスへの応用を研究している [2]。図3はシリコン微細 MOSFET で実現した単電子デバイスの特性である。通常 MOSFET は、ゲート電圧に対し電流はほぼリニアに増加するが、この微細デバイスでは単電子特有のクーロンブロッケード現象により、電流が振動している。このデバイスのメモリ等への応用について現在検討中である。一方、微細 MOSFET の量子効果についても研究を進めている。

最終的なターゲットである将来の超高速・超低消費電力

研究の目的

将来の VLSI デバイスとは？

2つのアプローチ

1. 既存の VLSI デバイスの延長線上 (微細化)
2. 新しい物理現象による高機能化 (単一電子、量子効果)

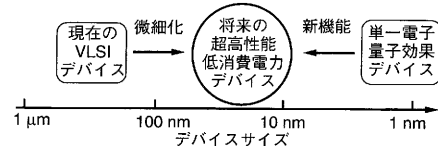


図1 将来の超高性能・超低消費電力デバイスへの2つのアプローチ

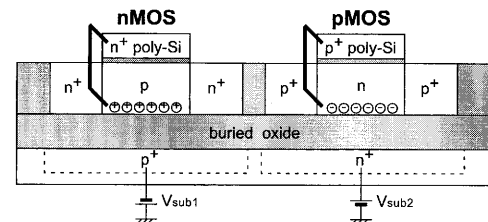


図2 基板バイアス効果の大きい Electrically Induced Body (EIB) SOI MOSFET 構造

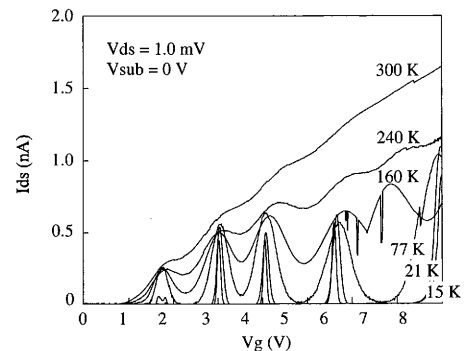


図3 シリコン単電子デバイスの電流-電圧特性

デバイスは、図1のように上記2つのアプローチの真ん中に存在すると考えられる。これらの研究成果は、半導体デバイスの分野で最も権威のある国際学会 IEDM (International Electron Devices Meeting) で昨年12月に発表した [1, 2]。今後は、両者を融合させた超低消費電力 VLSI の研究を進めていく予定である。

### 主要論文

- 1) M. Takamiya and T. Hiramoto, "High Performance Electrically Induced Body Dynamic Threshold SOI MOSFET (EIB-DTMO) with Large Body Effect and Low Threshold Voltage", IEDM, p. 423, 1998.
- 2) Hiroki Ishikuro and Toshiro Hiramoto, "Influence of Quantum Confinement Effects on Single Electron and Single Hole Transistors", IEDM, p. 119, 1998.

## 高橋 研究室 (ナノプロービングテクノロジー)

講 師 高 橋 琢 二 (平成4年4月~4年11月)

平成4年4月に講師として任官し、同年11月に先端科学技術研究センターに配置換になるまでの約半年間、研究活動を行った。研究室が設置されていた半年間は主として実験設備の購入等を含めた研究室の立ち上げにあてた。

研究テーマは、走査トンネル顕微鏡 (STM) や原子間力顕微鏡 (AFM) などの走査プローブ顕微鏡をベースにした新しいナノプロービング技術を開拓し、半導体ナノ構造などの極微細構造における各種物性評価を高分解能で行うことである。このテーマに関連して所より選定研究費の助成も受けた。

現在もこのテーマに基づいた研究を先端科学技術研究センターにて継続中である。具体的には以下のようなテーマについて研究を進めている。

### 1. レーザ光照射型 STM

半導体などの材料にレーザー光を照射した下で STM 計測を行うことにより、試料中の組成分布、表面近傍電子状態などを高空間分解能で評価する。

### 2. AFM による静電引力計測

試料と AFM 探針の間にバイアス電圧を印加し、両者間に働く静電引力を検出することにより、試料の表面近傍電子状態などを高分解能で探る。

### 3. 半導体機能性探針を有する STM の開発

半導体を STM 探針とすることにより、探針自体にエネルギー分光機能などの特殊な機能を持たせた STM を開発する。

#### 主要論文 (各テーマ1編のみ記載)

- 1) T. Takahashi, M. Yoshita, I. Kamiya and H. Sakaki: Appl. Phys. A, 66, S1055-S1058 (1998).
- 2) T. Takahashi, T. Kawamukai and I. Kamiya: to be published in Surface and Interface Analysis (1999).
- 3) M. Yoshita and T. Takahashi: Jpn. J. Appl. Phys., 36, 6957-6961 (1997).



## 館村 研究室 (情報メディアインタフェース)

講師 館村 純一 (平成6年度～)

本研究室では、メディアとしてのコンピュータと人間とのインタラクション、さらにはコンピュータを介した人間同士のインタラクションを対象に、インタラクティブシステムの研究を行っている。

インターネットを中心とした情報流通の多様化・大規模化にともない、個人が必要とする情報を発見する労力が逆に増大している。また、誰もが情報発信できる反面、発信された情報がそれを必要とする者に必要な形で届いてはいない。この問題を解決する情報媒介システムの構築を目指し、ユーザインタフェースから、マルチメディア情報解析、システムの高性能実装までをインタラクションの視点から一貫した形で研究している。

ユーザインタフェース技術としては、大量で多様なデータからの情報獲得を支援する情報探索インタフェース、ネットワーク上のユーザの情報発信・流通を支援する情報媒介インタフェース等を、情報視覚化技術を基盤として研究している。マルチメディア情報解析技術としては、データ自体の解析情報に加えて、ユーザの情報探索・媒介行動から情報を抽出し、個人の視点やグループの視点に基づいた情報の組織化、情報獲得・知識発見支援の技術を研究している。システムの高性能実装技術としては、大量のデータからの情報抽出をインタラクティブに行うための並列処理プログラミング技術等を研究している。これまでの成果として具体例を以下にあげる。

### 1. 文献空間のインタラクティブ視覚化

多数の文献を対象とした視覚的情報探索技術を開発した。関連する文献とキーワードが引かれあう「ばねモデル」を用いた多体問題シミュレーションにより、多数の文献・キーワードがその関連性にもとづいた概念地図として視覚化される。ユーザが自分の視点に合わせてキーワードや文献を移動するとそれに適応して概念地図が動的に更新され、自分の観点にあわせた視覚的な情報分類が可能になる。

### 2. 批評空間の視覚化に基づく情報媒介システム

第三者の推薦や評価にもとづく情報組織化技術、および組織化情報の関連性を視覚化する技術を開発した。評価対

象と評者のつくる情報空間を視覚化した概念地図(図1)の上には評価対象同士の関係、評価対象と評者間の関係がインタラクティブに表現され、ユーザは情報の持つ多様性・関連性を理解しながら批評データを閲覧できる。実験は映画批評を例題としてWWW上にデータベースを構築し、実際にインターネット利用者からの参加を得て継続中である。

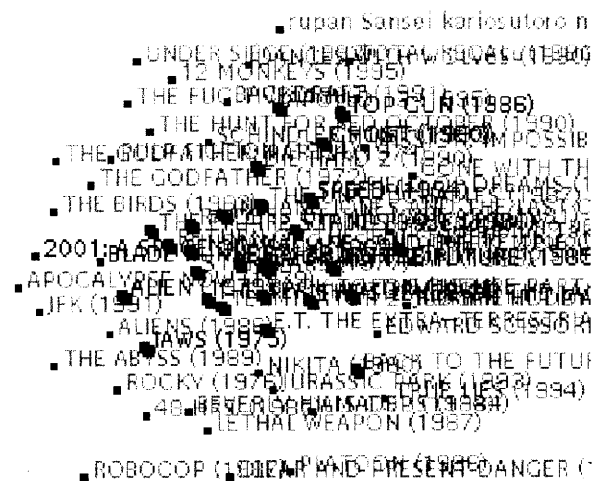


図1：映画批評データの概念地図

### 3. 投機的並列計算を応用したインタラクティブシステム

大量のデータに対するインタラクティブな情報探索を可能にするため、投機的並列処理の概念を応用したユーザインタフェースの構築法を研究している。投機的並列計算は、要求確定前の計算を見込みで並列実行して速度向上を目指す手法である。ユーザのインタラクションと並行した投機的処理により、インタラクション応答性能の向上、制限時間内に提供できる情報の質の向上をはかる。

#### 主要論文 (各一編)

- 1) Junichi Tatemura and Yasushi Ogawa. DocSpace: an Interactive Document Space Visualizer that Combines Querying and Navigation. Proc. of ISDL '97 (1997).
- 2) 館村純一. 情報媒介システムにおける批評空間の視覚化. 日本ソフトウェア科学会 WISS '97 (1997).
- 3) Junichi Tatemura. Speculative Parallelism of Intelligent Interactive Systems, Proc. of IEEE IECON '95 (1995).

## ブラウスキー 研究室 (動的離散事象システム)

助教授 リチャード・ブラウスキー (Richard Zurawski) (1996年4月～1997年3月)

### Activities conducted at IIS:

**Discrete-Event Dynamic Systems:** Research into and development of a systematic approach to the synthesis of discrete-event systems. The approach allows for a systematic synthesis of a class of systems whose requirements specification is expressed using Temporal Logic. The synthesised model is represented by Temporal Petri Nets, thus allowing for formal verification and subsequent automatic translation into C-code for simulation based validation. The developed approach was applied to the synthesis of automated manufacturing systems.

**Robotics:** Application of discrete-event methodologies to the problem of collision avoidance for multiple robot arms operating in a common workspace. The focus of this work was on the development of an approach applicable to stationary robot arms performing asynchronous assembly operations. Approaches were developed allowing for sub-optimal path planning, both off-line and in real-time.

**Micromachines:** The development of an evolutionary algorithm based controller for decentralized MEMS conveyance and manipulator array system. The focus was on the development of a distributed controller for a cellular part conveyor in the form of planar array of microactuators with sensors and control logic. The developed approach, based on two-dimensional cellular automata theory, uses a variant of an evolutionary algorithm for simultaneous positioning and alignment of square shaped objects on the cellular part conveyor.

**University Background:** M. Eng., Electrical Engineering, University of Mining and Metallurgy, Krakow, Poland; Ph.D. Computer Science and Engineering, LaTrobe University, Melbourne, Australia

Position: Associate Professor

Dates of Employment: 1 April 1996 - 31 March 1997

## 年吉 研究室 (マイクロマシンシステム工学)

講 師 年 吉 洋 (平成8年度～)

平成8年4月に講師として任官し現在にいたるまで、第3部の藤田教授と共同して主としてマイクロマシン技術を用いた微小な工学システムに関する研究を行っている。研究テーマは以下の通り。

### 1. マイクロシステムメカニカル光学システム

マイクロマシンングにより微細なミラーやファブリペロー干渉計を製作し、光ファイバスイッチや波長多重光通信用フィルタリング素子などへ応用する研究を行っている。光の伝搬距離が数十 $\mu\text{m}$ 程度と短くなると、自由空間でも低損失で光変調が可能になり、従来にない新しい光の制御方式があることを示した。

### 2. マイクロ振動子アレイを用いた実時間音響解析システム

微小な結合共振器を半導体基板上に集積化して、その共振周波数での応答を利用して実時間で音響信号のシグニチャーを検出するマイクロシステムを検討している。応用として、音声認識や機械振動系の故障診断があげられる。

### 3. マイクロマシンングによるナノプローブの製作

ナノオーダーで先端の尖ったプローブとその駆動機構を

シリコン基板上に集積化して、ナノメトリックな物理現象を観測するための装置を開発している。また、100 MHz以上の高Q値の共振周波数をもつナノカンチレバーをタッピングモードのAFMに応用する研究もおこなっている。

### 主要論文

- 1) Hiroshi Toshiyoshi, Hiroyuki Fujita, "Electrostatic Micro Mirrors for an Optical Switch Matrix," *IEEE Journal of Microelectromechanical Systems* 5(4), (1996.12), pp.231-237.
- 2) Hiroshi Toshiyoshi, Masakazu Kobayashi, Daisuke Miyauchi, Hiroyuki Fujita, "Design and Analysis of Micromechanical Tunable Interferometers for WDM Free-Space Optical Interconnection," *IEEE Journal of Lightwave Technology* (Jan,1999) (in press).
- 3) Muneo Harada, Naoki Ikeuchi, Shoichi Fukui, Hiroshi Toshiyoshi, Hiroyuki Fujita, Shigeru Audo, "Micro Mechanical Acoustic Sensor toward Artificial Basilar Membrane Modeling," *Trans. IEE Japan E* (1998) (in press).
- 4) Hideki Kawakatsu, Hiroshi Toshiyoshi, Hiroyuki Fujita, and Daisuke Saya, "Silicon Based Nanometric Oscillators-Where Mechanics Meets Electronics Without Fail-," *The 6th International Colloquium on Scanning Tunneling Microscopy organized by Thin Film and Surface Physics Division of Japan Society of Applied Physics*, Atagawa, 1998.12.10-12.

## 松浦 研究室 (社会情報システム工学)

講師 松浦 幹太 (平成10年度～)

### 1. 概 要

松浦研究室では、誰もが快く情報をやり取りできる社会システム構築への技術的貢献を目標とし、情報工学に基礎をおきつつも学際的な研究を進めています。特に、情報セキュリティ技術とネットワーク・プロトコルを基盤技術として捉え、社会情報システムの中で実際に運用する際に顕在化する種々の問題に取り組んでいます。その範囲は、暗号・認証関連技術からインターネット・プロトコル、電子商取引契約制度など、多岐にわたっています。また、快適なネットワーク生活が新たに何を活性化できるのか、情報システムの観点から探求しています。

### 2. 主要な研究

#### 2.1 インターネット・プロトコルのセキュリティ

利用者の急増によるアドレス枯渇等に起因してインターネット・プロトコルがバージョン4 (IPv4) からバージョン6 (IPv6) へ移行するにあたり、暗号・認証といったセキュリティ機能が標準でサポートされます。これは、通信プロトコル階層の下位レイヤに負荷の高い作業を組み込むことにつながるため、効率化が問題となります。また、プロトコル仕様との親和性を考慮しなければならないため、暗号方式単独ではなくプロトコル全体として効率の評価と改善を図る必要があります。我々は、そのような観点から、安全な通信を開始する時に最初に行うべき鍵配送・鍵共有プロトコルを改善しています。

#### 2.2 サービス妨害抑止技術

盗聴やなりすましのような狭義のセキュリティ脅威だけではなく、ネットワーク社会では嫌がらせも大問題となります。例えば、安全な通信のために備えた認証機構を逆手に取り、「相手を確認する作業」を次から次へと行わせて計算機資源を枯渇させついでには動作不能状態に陥れるサービス妨害攻撃は、暗号・署名単独ではなく、プロトコル全体として工夫しなければ対処できません。また、アプリケーションのレベルでは、電子メールを大量に送りつける電子メール爆弾などが、ユーザにとって大変身近な嫌がらせの問題です。我々は、いかにしてサービス妨害攻撃を抑止するか、暗号や署名技術単独ではなく、プロトコルの視点から新技術を考案しています。

#### 2.3 情報ネットワーク倫理関連技術

早く通信できるネットワークがインフラストラクチャーとして狭義の技術的課題を克服したとしても、社会に真に受け容れられるためには、さらに情報通信倫理や監査の問題が無視できません。人間同士のいわばフットワークの世界では、法律や制度での対応がなじみ深いところですが、電子的なネットワークの世界では、技術的な設計次第では例えばパフォーマンス監査すら不可能になる恐れがあります。我々は、ネットワークを介した抜き打ち検査を可能とするプロトコル方式など、新たな社会における制度的選択肢を広げる技術に取り組んでいます。

#### 2.4 研究促進技術

様々な研究分野において、基礎的なデータを取得するために大変な手間と時間を要するのは周知の事実です。そのデータを処理・解釈することにより、研究の方向性を見極めるのもまた重要なステップでしょう。場合によっては、その処理技術だけで独立した研究分野をなすほど専門化された状況もあります。従来共同研究の常識を超越した速度と柔軟性で協調した研究ができれば、研究の進展が桁違いに促進されはしまいか。そのような希望をもち、知的所有権やプライバシー保護、信頼性を考慮した基礎技術に取り組んでいます。

### 主 要 論 文

- 1) K. Matsuura and H. Imai: "Inspection Mechanism for Server-and-Client Protocols with Private-Key Cipher", 4th International Conf. on Ethical Issues of Information Technology, Rotterdam, March, 1998.
- 2) K. Matsuura, Y. Zheng, and H. Imai: "Compact and Flexible Resolution of CBT Multicast Key-Distribution", Lecture Notes in Computer Science 1368, Springer-Verlag, Berlin, 190-205, March, 1998.
- 3) K. Matsuura and H. Imai: "Toward Research-Promotion Infrastructure for Multi-Modal Imaging", 11th International Conf. on Biomagnetism, P-V-14, Sendai, August, 1998.
- 4) K. Matsuura and H. Imai: "Protection of Authenticated Key-Agreement Protocol against a Denial-of-Service Attack", 1998 International Symposium on Information Theory and Its Applications (ISITA'98), Mexico City, October, 1998.

## 生駒 研究室 (概念エレクトロニクス)

客員教授 生 駒 俊 明 (昭和43年～昭和57年助教授, 昭和57年～平成6年教授, 平成6年～客員教授)

生駒研究室は、1968年4月に発足し、将来の超高速光・電子デバイスを担う電子材料として、化合物半導体に注目し、特にガリウムひ素を用いた超高速機能デバイスの研究に取り組んできた。特に、化合物半導体集積回路の実現やデバイスの信頼性を左右する大きなファクターである結晶欠陥、特にガリウムひ素中の深い準位の物性にいち早く着手し、その評価手法の開発や欠陥の発生メカニズムに関する研究で、大きな成果を挙げてきた。

さらに次世代の超高速光・電子デバイス実現のための新しい電子材料として、異なる半導体を積層したヘテロ電子材料の研究が重要であるとの認識に基づき、1985年から本所でヘテロ電子材料研究プロジェクトを開始し、集束イオンビーム注入法を用いた極微細半導体加工法の確立や電子分光法を用いたヘテロ界面の電子状態の評価法の確立、および分子線エピタキシー法を用いた人工結晶格子の作製とバンド構造制御の研究を行い、大きな成果を挙げた。

100ナノメートル以下の寸法を有する極微細半導体メソスコピック構造中では、電子波の干渉効果やバリスティックな伝導効果が、電子物性に大きな影響を与える。このようなメソスコピック構造に特有に現れる新しい電子物性を積極的に利用して、次世代の高機能デバイスを探索しようとするプロジェクト「メソスコピック・エレクトロニクス」を、1988年より、民間等との共同研究や国際共同研究、また科研費重点領域研究というフレームワークでスタートさせ、現在もそのプロジェクトから活発に成果が出続けている。

1994年に本所を退職し、テキサスインスツルメンツ筑波研究開発センターに移動して以来、次世代マルチメディア用LSIデバイスの研究にも着手し、現在、極微細シリコンMOSデバイスの作製プロセスや最適な回路設計の研究に従事するとともに、産・学両方の立場を経験した者として、将来の産学協同および国際共同研究のあり方およびそのマネジメントの方法について研究も進めている。

以下に現在取り組んでいる研究テーマを紹介する。(1と2に付いては平川、平本研究室と共同で行っている。)

### 1. マルチメディア用超高性能・超低消費電力デバイスの開発研究

将来のマルチメディア社会では、超高性能かつ超低消費電力VLSIチップが必須である。これらの回路は、従来のデジタル論理回路やメモリ回路に加えて、アナログ回路および高周波回路との混載回路となる。本研究ではマルチメディアVLSIの要求に応えるため、超高性能・超低消費電力VLSIデバイスの設計に関する研究を行っている。特に、高速のデジタル信号処理に適しかつ各種混載回路に適用可能な最適デバイス設計をシミュレーションで行うとともに、試作評価結果を設計にフィードバックするデザインメソッドロジーの確立も進めており、将来のマルチメディアVLSIデバイスのあるべき姿を探究している。

### 2. 新しい物性のVLSI応用に関する研究

マルチメディアVLSIの性能をさらに引き出すためには、従来のMOSデバイスにかわる新しい物性原理に基づくデバイスの開発が必須である。本研究では、究極の超低消費電力デバイスである単一電子現象を利用したデバイスのVLSI応用の研究を進めている。従来、単一電子デバイスの研究は、金属や化合物半導体で行われてきたが、VLSIへの応用を考慮してシリコンを用い、しかも既存のVLSIプロセスを用いて試作・評価を行っている。将来的には、従来のVLSI MOSデバイスと単一電子デバイスを融合させることにより、マルチメディアVLSIのいかなるシステムアーキテクチャにも対応できる全く新しい超高性能・超低消費電力デバイスアーキテクチャの構築を目指している。

### 3. 技術研究開発のマネジメントの研究

産学協同および国際共同研究はいまや時代の流れであるが、これまでに大学において大型産学・国際共同研究を実践するとともに、各所でその重要性を提言してきた。本研究では、大学のみならず企業の立場からも、産学・国際共同研究のあり方およびそのマネジメントの方法について研究を進めている。

## 石塚 研究室 (知能情報工学)

教 授 石 塚 満 (昭和 52 年度～平成 4 年度)

1977 年に石塚が新設された「多次元画像情報処理センター」助教授に着任して、研究室がスタートした。1984 年に組織上ではそれまで兼務であった第 3 部の所属になった。

1992 年には生研を離れ、工学部の電子情報工学科へと移った。職員(助手, 技官)としては、坪井邦明氏, 土肥浩氏, 近藤朗子さんが在籍した。

当初は画像処理, 認識の研究を行ったが, 石塚が 1980 年から 1 年半の間, 米国パデュー大学に客員準教授として滞在したのを機に, 人工知能 (AI), 知的システムを研究テーマとするようになった。特に知識表現と推論の基礎と実用性の両面で重要な仮説推論を対象とし, その高速推論メカニズムについて成果を挙げてきた。1988 年頃から AI とマルチメディア技術の融合を図ったマルチモーダル擬人化インタフェースの研究もスタートした。1995 年からは新しい情報インフラストラクチャになってきているインターネット/WWW の情報空間を, 親しみやすく創造的な空間にするためのソフトウェアエージェント等による知的情報媒介機構の研究をスタートした。

以上の人工知能の高速推論メカニズム, マルチモーダル擬人化インタフェース, 創造的ネットワーク化情報空間の研究は現在も継続している。人工知能 (AI), メディア, ネットワーク技術をコアテクノロジーとし, これらの融合により新しい人にやさしく知能的な情報機能を生み出すようにしてきた。

以下に各研究テーマの内容を記す。

### (1) 人工知能と高速推論メカニズム

高次人工知能機能の基盤技術として, 特に仮説推論, アブダクション (発想的推論) について研究を行った。各種の高速推論メカニズムを考案し, コストに基づく仮説推論の準最適解を低次多項式時間で求める優れた手法などを考案, 開発した。幾つかはフリーソフトウェアとして公開した。重み付き制約充足問題 (CPS) についても,

準最適解を高速に見出す手法を考案した。記号操作を主体とする人工知能の推論に, 数値計画法の手法を融合させる観点からも新たな研究領域を拓いた。

### (2) マルチモーダル擬人化エージェント

現在主流の GUI (Graphical User Interface) を超えるヒューマンインタフェースの新形態として, 自然感の高い動作する顔, 視覚, 音声対話能力を有する VSA (Visual Software Agent) と称するマルチモーダル擬人化インタフェースエージェントの研究, 開発を行った。これは日常生活の face-to-face 対話に近いマルチモーダルなインタフェース環境を可能にする。当初はテキストチャタリングによる動作する顔画像の実時間生成, 及びユーザの実時間認識の両目的に適する並列コンピューティングシステム (トランスピュータを 48 台使用) の開発も行った。VSA の実用性を高めることになったのは, 1995 年に WWW ブラウザ (当初は Mosaic, 次いで Netscape) との結合を実現したことであった。これによってマウス操作に加えて, 擬人化エージェントとの音声対話を介して, 膨大な WWW 情報空間へのアクセスを可能とするシステムを実現した。WWW 上の擬人化エージェントを用いた新しいマルチモーダル・コンテンツ作成機能の開発も進めた。

### (3) WWW 情報空間の知的情報媒介機構

ネットワーク上の新しい WWW 情報空間の特徴は誰もが容易に情報発信できることであり, 不均質だが膨大な情報空間が形成されている。このような情報空間を使いやすい形に整理, 再構成して提示し, 人間にとって親しみやすく創造的な空間にするための情報媒介機構の研究を行ってきた。WWW 上の大量文書データの視点に基づく整理, Web ページの意味のある変化を検出して通知するエージェント機構, 特定領域の多数の Web ページのリンク結合関係に注目した弱構造化, 周辺視機能を持つ Web ブラウザ等の研究, 開発を進めた。