



**東京工業大学
大学院理工学研究科**

附属像情報工学研究施設 創設50周年記念要覧



**Tokyo Institute of Technology
Imaging Science and Engineering Laboratory**

像情報工学研究施設50年のあゆみ

東京工業大学
大学院理工学研究科
附属像情報工学研究施設

創立50周年記念事業実行委員会

刊

2005

50周年記念要覧 目次

1 50周年を祝して 像情報工学研究施設長 長橋宏

2 50周年に寄せて

3. 1 像情報工学研究施設時代を振り返って 辻内順平

3. 2 発明一番、説明二番—井上英一先生と材料の心— 小門 宏

3. 3 像情報工学研究施設時代を振り返って 安居院 猛

3. 4 像情報30周年の今後は？ 柊元 宏

3 沿革—像情報50年の歩み—

4 部門の歩みと現在の活動

4. 1 情報記録部門

4. 2 像情報システム部門

4. 3 像情報解析部門

4. 4 応用画像部門

4. 5 知的システム部門

4. 6 寄附研究部門

5 像情報工学研究施設の年譜

6 歴代の施設長と人の歩み

7 像情報工学研究施設の技術領域

8 2002年度像情報工学研究施設白書から

■ 50周年を祝して ■



像情報工学研究施設とともに

像情報工学研究施設長 長橋 宏

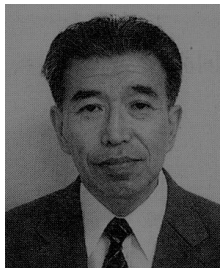
像情報工学研究施設は、その前身である印刷技術研究施設が東京工業大学に設立されてから、満50年を迎えることができました。設立当初からご尽力頂いた井上英一先生を始め、多くの先輩諸氏と学内外からの絶えることのないご支援があったからこそと、感謝致しております。この間、昭和39年には印写工学研究施設と名称を改め、さらに昭和49年には、現在の像情報工学研究施設に改められました。この年、学部4年生であった私には、像情報工学という名称が驚くほど新鮮で強烈な印象を与えてくれたことを記憶しております。そして、卒研で配属された研究室の先輩や同級生の心配を他所に、大学院は像情報工学研究施設の安居院猛先生の研究室を希望し、総合理工学研究科の修士課程に入学致しました。当時、設立されて間もない総合理工学研究科の物理情報工学専攻に像情報工学研究施設の当時の3部門が協力講座として参画していたからです。当時は、大岡山の北棟（現在の南1号館）の6階に像情報の各研究室がありましたが、長津田キャンパスの整備とともに、第1陣として移転致しました。像情報工学研究施設は工学部附属でしたので、像情報の各先生は、このときから所属部局の工学部と大学院総合理工学研究科の2つの教授会構成員になっていたのです。学生の私には、このことがどのような意味を持っているのかを理解することはできませんでしたが、自分が同じ立場に立って初めて、その状況を理解することができました。縦割りの組織構成にあっては、

組織内の連携とコミュニケーションは非常に重要です。しかしながら、像情報工学研究施設は、所属組織としては大岡山キャンパスの工学部でありながら、教育では長津田キャンパスの総合理工学研究科という組織に参加するという変則的な環境の中にありました。このような環境にあって、いずれの組織との間でも十分な連携とコミュニケーションがとれないままに長い年月が過ぎてしまったことを残念に思っています。大学院重点化で像情報工学研究施設は理工学研究科の附属となりましたが、現在も像情報の各教員は、所属部局の関係で、指導する学生のいない理工学研究科の教授会構成員となっています。大学が法人化された現在、このような組織上の問題点を早急に改善し、機動的かつ効率的な組織運営ができるようにしていくことが当面の課題であると考えております。

組織上の改革とともに、研究教育上の更なる発展も無ければなりません。像情報工学研究施設では、情報を工学的に取り扱い可能な形態（物性やエネルギー量など）で表す、情報の像化とその処理に関する研究を基盤として、情報科学技術分野での研究教育と研究施設の組織改革を進めてきました。その結果、現在の大学の研究施設としては最大規模の5部門が設置されるに至っています。わが国の情報産業の発展において、情報技術の学術的基盤の構築とその普及に本研究施設の果たした役割は大きく、国内外で高く評価されるとともに、多くの優秀な研

研究者を世の中に輩出してきております。一方、大学の外に目を向けると、日本の産業の空洞化が進み、新しい産業の創出と雇用の拡大を計ることが急務となっています。このような状況の中で、これからの日本を支える基盤となるものは、高度で総合的な情報科学技術に基づく最先端の研究と、それを継続して発展させる知的創造力を備えた優秀な人材の育成であると考えられます。このような最先端研究の遂行と優秀な人材を育成していくためには、従来の学問の枠を越えた新しい研究教育の場と、そのための方法論を身に付けた優れた指導者を確保することが不可欠です。本研究施設は、縦割りの学問・研究領域にとらわれず、『情報の入力、変換、処理、出力に至る広範な情報処理技術の研究とその応用』という大きな目的に沿って、常に学際的・先端的な研究を行っています。これらのことを考慮すれば、本研究施設が、東京工業大学における情報科学技術の先端的研究を行う場として、また幅広い情報科学技術を身に付けた優秀な人材を世に輩出する場として、さらには日本の情報科学技術を先導する中核的な場として活動していくことができると確信しております。その可能性をより現実のものとしていくためには、本研究施設に属するすべての教職員が目標に向かって自己変革するとともに、学内外の協力と協調によって研究教育組織としての改革を機動的に行って行くことが必要であると考えております。

■ 50周年に寄せて ■



像情報工学研究施設時代を振り返って

名誉教授 辻内 順平

筆者が東工大に在任したのは1967年4月から1988年3月までであって、像情報工学研究施設に籍を置いた。その間、大岡山から長津田への移転、総合理工学研究科の新設と大学院教育への協力、理工学国際交流センターの設置に伴うインドネシア大学大学院への協力など身辺の変動があったが、研究は支障なく続けることができた。この期間を顧みて、印象に残ったことを少し述べてみたいと思う。

東工大赴任の経緯

筆者が像情報工学研究施設に着任したのは前述のように、1967年4月のことであった。そのきっかけは、当時研究施設は印写工学研究施設と呼ばれ、唯一つ部門であった印写化学部門の教授井上先生からお誘いを受け、いろいろ詳しいことを伺ううちに興味を持ち、着任を決意したことであった。当時筆者は通産省工業技術院機械試験所（現産業技術総合研究所）に在籍し、光学機械の性能向上に関する研究に従事していたが、光学機械から画像処理やホログラフィーに関心に移り、通産省の研究所での限界を感じ始めていたのと、研究所の筑波移転が本格的に決まり、自身の去就を決心しなければならぬ時期であったので、思い切って転身を図ったのであった。最初の1年（1967年度）は、試験所が本務で東工大が併任、78年度からは立場を逆にして東工大が本務、試験所を併任として勤務することとなった。

研究施設での立場は新設された印写物理

部門を担当することであったが、67年度は週1回、水曜日に出勤して、当時はまだ私の部屋が無かったため、井上先生の部屋にお邪魔していろいろお話を伺ったり、教授会に出席したり、化学工学系の会議に出席したりして、もっぱら東工大の雰囲気になれることに努めた。そのうち、本館に居室を決めていただき、本年度から使えるようになった講座研究費を使って、10 mW程度のHe-Neレーザーと光学ベンチを発注して、翌年からの仕事に備えた。68年4月からは東工大が本務となって、大学院制御工学専攻修士課程を修了した本田捷夫君（現千葉大学工学部教授）に新任の助手として着任していただき、また応用物理学科の4年生2人が卒業研究のために所属することとなり、ひとまず研究室の体裁を整えた。しかし、昨年整えた実験装置だけでは2人の学部学生をまかなえないので、一人は試験所の研究に仲間入りすることで、研究がスタートした。この時期は、大学紛争がだんだん激しくなり、教授会の開催も困難となって開催場所が毎回変わったり、時には深夜まで続いたりして、気の休まることが無かった。特に翌年2月大学が封鎖されてからは、学生との打ち合わせもできなくなり、ゼミや研究会の会場を試験所の会議室に移したりして、急場をしのいだ。このときは試験所の併任が大いに役に立った。

その少し前から学界には画像工学という分野を発展させようという気運があり、私ども応用物理学会の中では、分科会の光学懇話会が

中心となり、画像工学会を作り、その後TV学会（現映像情報メディア学会）、電子情報通信学会などと共同で画像工学コンファレンスの立ち上げを計画していた時期であったので、この研究施設の存在は大きな支えとなり、70年11月第1回画像工学コンファレンスが開催されたとき、その応用物理学会側の責任者を引き受けることとなった。

この頃は光学が大きく変化を遂げつつある時期であって、従来からの光学に加えて、レーザーという新しい光源が出現したことによって始まったレーザー光学、さらにオプトエレクトロニクスという光学と電子工学の境界領域的な分野が発展しつつあった。当時東工大にはレーザーやオプトエレクトロニクスの専門家は多数おられたが、いわゆる古典光学の専門家はおられなくて、少々寂しい思いでしたが、私自身ホログラフィーを初めとするレーザー光学に足を踏み入っていたので、研究面での孤独感はなかった。

研究施設での研究

当時われわれの研究室が目指していた研究分野は、光情報処理、光計測、およびホログラフィーであった。光情報処理は光を使って行う画像処理であって、コンピューターが非力であった当時としては、画像処理の最前線にある研究テーマであった。もともと、筆者自身光の回折を使って焦点はずれや収差のために劣化して撮影された写真像を修正して鮮明な写真像に戻すという研究を東工大赴任前の57年頃から始めていたので、その延長線上の研究であった。59-60年に回折を使ったコヒーレントフィルタリングによって画像修正に成功し、応用物理学会の光学論文賞を受賞していたが、その方法はまだ原理的段階にとどまり、技術的な困難も多く実用には多くの問題を抱えていたので、何とかしてもっと手際の良い方法を確認したいというのが念願であった。東工大赴任後

は、助手の本田君を中心としてホログラフィーを併用する方法とか、インコヒーレント光と電子回路を使う方法にも成果が得られ、後者の研究に対して、本田君が光学論文賞を受賞した。この研究はその後コンピューターの発展により、デジタル処理が大勢を占めるようになり、後になって助手に加わった大山永昭君（現東工大工学部教授）を中心とした医用画像処理の研究が主流となり、国立がんセンターなどとの共同研究が活発に行われることとなった。ステレオ内視鏡による胃内壁の等高線形成など面白い成果が得られた。

光計測の研究は、光を使った新しい計測法の開発を目的とし、これには助手の上羽貞行君（現東工大精密工学研究所教授）が大きな役割を果たした。光と振動の相互作用を用いた微小振動の測定、スペックル写真方によるカメラぶれの計測など実用的にも興味があった。また、拡散板干渉計、波長走査干渉計による非球面の精密測定など面白い成果が得られた。

ホログラフィーの研究も前任地で基礎研究から始めたが、東工大に移ってからは種々の応用に重点を置いた研究となり、光計測の手段、3次元画像ディスプレイなどが行われたが、ホログラム記録材料に関してもサーモプラスチック感光材料について興味深い成果が得られた。この中には3次元変形の測定、回転中の物体の弾性変形の測定などがあり、また円筒型白色光再生ホログラフィックステレオグラムについては富士写真光機、凸版印刷と共同研究を行い、医用CT画像から臓器の3次元像を抽出再生する装置を開発した。音響ホログラフィーでは、精密工学研究所石川・梅沢研究室と共同で音源探査装置を開発し、動作中の機械騒音源の探査が可能となったが、これは干渉可能光を使うホログラフィーと非干渉光を使う恒星干渉計との中間的な結像法として興味が深かった。上羽君はこの研究で光学論文賞を受賞した。ホログラフィーによる3次元ディスプレイは

芸術創作にも応用され、研究生の石井勢津子さんは優れた創作作品を制作した。

像情報工学研究施設の変遷

赴任したしばらくの間は、研究施設という立場が余りよく理解できなかったが、そのうちに井上先生に代わって施設長を何回か経験することとなり、井上先生と一緒に文部省との折衝にも何回か出向くこととなった。本来は研究所への昇格を希望し、その要求を続けたが、途中からまず部門数を確保するのが先決と戦術転換を行って、部門増を優先したこともあった。長津田移転が研究所昇格の条件として取り上げられたこともあり、総合理工学研究科が設置されたとき、協力講座でありながら実質上基幹講座と同じだけの学生定員を持つようになったことも、この問題に何か影響を及ぼしていることもあったかもしれない。この間の経緯が分かる文書も保存していたが、何回かの引越しのため、いまは手元になくなってしまったのは残念である。その交渉の過程で、「情報」という言葉は当時の文部省のキーワードであったので、それを名称に取り入れた方が良いという文部省当局のアドバイスがあり、「印写工学」から「像情報工学」に変更する動機となったことを記憶している。この名称は最初学内で評判が悪く、うまく発音ができないという話が折々聞こえてきたが、そのうちに定着するようになった。

国際交流

1975 年以来国際光学委員会（ICO、International Commission for Optics）の副会長を 6 年間務め、1981 年から 84 年まで会長をおおせつかったため、国際的な交流がさかんとなり、海外出張が増えたため、研究室のスタッフや学生諸君に迷惑をかけたが、同時に外国からの留学生も増え、研究室にも国際的な雰囲気が漂うようになった。

また東工大に理工学国際交流センターが設置され、インドネシアのジャカルタにあるインドネシア大学光電子工学大学院の教育に協力することとなり、1978 年以来東工大在籍中に 17 回インドネシアに出張し、集中講義をはじめ、入学試験、学位審査などに立ち会うこととなった。発展途上国の大学院教育に関する協力は初めてであり、難問も多かったが貴重な体験となった。これを契機にインドネシアからの留学生が研究室に來たり、またインドネシアの研究者が短期滞在するケースも増え、にぎやかとなった。皆様に迷惑もかけたが、良い経験にもなったと思っている。

結び

像情報工学研究施設設立 50 年ということで、在任中の事柄を思い出して筆を執った。いろいろなことがあったが、在職 20 年間（併任時代を含めれば 21 年間）、良い先輩、信頼できる同僚、優秀な学生に囲まれてすごせたことは、本当に幸せであった。今後の発展を祈念して筆を措きたい。

■ 50周年に寄せて ■



発明一番、説明二番 ー井上英一先生と材料研究のころー

名誉教授 小門 宏

研究施設誕生にまつわる秘話

像情報工学研究施設（当時の名称は理工学部附属印刷技術研究施設）で、私が井上英一先生の助手を拝命した日付は、昭和33年5月15日であった。そのずっと後で知ったことだが、研究施設の発足は29年（1954年）3月31日、その半端な日付は、アメリカ占領下にあった日本の文教政策に占領軍の意向が色濃く反映された時代を象徴しているのかもしれない。後に「この研究施設の開設のとき、こういうことがあったらしいよ」と井上先生が教えてくださいましたエピソードを最初に紹介しよう。

当時、アメリカでは、電子写真複写機が商品化されていた。発明自体は1839年で、チェスター・カールソンの個人業績に帰せられるが、実用化は難航し、1950年、写真印画紙専門メーカーであったハロイド社（現ゼロックス社）が、ようやく始めての商品を発表した（日本の輸入第1号機は、昭和30年、防衛庁）。文書の迅速複写が目的であったが、すでに電子計算機（第1世代末期）の将来の展開を鋭く見抜いていたアメリカの一部技術者たちは、この水を使わない乾式処理に基づく技術に目をつけ、将来のコンピュータ処理出力の記録に応用可能と期待していた。日本の経済復興のための平和技術を模索していた占領軍総司令部（GHQ）は、新興の電子写真技術をその候補の一つとして取り上げるように日本政府に勧

告したが、政府側にその意図を正しく理解する者はまだなく、「印刷技術みたいなものらしい」との判断で、東京工業大学に印刷技術研究施設が設置された、というのである。ちなみに「研究施設」なる組織は、このとき初めて制定されたもので、全国の大学の研究施設第1号は、わが像情報工学研究施設である。

当時の状況下で、大学側がGHQの意図を正しく理解できなかったとしても、無理はない。大学側は、東京高等工芸学校を経て、千葉大学を定年退職された印刷技術の権威、伊東亮次を非常勤講師に迎え、国内の印刷会社や印刷関連教育機関の専門家を招いて、新設の研究室の課題を検討し、設備を購入して間近い活動に備えた。

このとき整えられた製版カメラ、砂目立て機などの機材や、石版印刷用石材などは、残念ながら、本来の役割を果たす機会もなく放置され、廃棄された。

電気化学科に在籍されていた井上英一先生が研究施設の助教授として着任されたのは、昭和31年5月であった。これは正に幸運だった。井上先生は、研究課題の真剣な調査が進めたが、印刷技術関係者にも交友関係をもつ先生の目に、旧来の印刷技術に将来の日本を担う可能性が存するとは映らなかった。そして、さらに辛抱強い調査の末、当時まだごく一部の、海外事情にも通じた人たちにしか知られることのなかった電子写真技術に行き当たったからであ

る。ここに至って、当事者たちの預かり知らぬうちに、GHQ の当初の意図通りに、わが国に電子写真技術の種子が蒔かれたのである。

電子写真の研究

このような経過を経て、東京工業大学印刷技術研究施設で電子写真技術の基礎研究がスタートしたのは、昭和 33 年 5 月だった。ハロイド社が発表した技術はセレンを感光体とするタイプであったが、他社には特許使用権を一切認めないとの方針があった。実用化を視野に入れて研究を始めるには、1950 年代初めに RCA 研究所で開発された酸化亜鉛粉末を樹脂に分散した層を紙に塗布した感光体を使うエレクトロファクス方式を追うのが近道であった。この方式は、感光体上にトナーを融着して最終画像とし、感光体を使い捨てにするタイプであった。

井上研究室で最初に取り上げられたのも、酸化亜鉛・樹脂混合比など、感光体基本処方の確立と、その工学根拠の追求であった。民間企業では、当時、外貨枠に厳しい制約があり、まず、リコーなど数社に技術導入が許可され、複写機、マイクロフィルム・リーダー、乾式製版機の開発を目的に、やはりエレクトロファクス方式が研究された。リコー以外は、写真材料関連会社が多かった。その中に岩崎通信機、東芝のような電気系の会社の名があることは、前述したコンピュータ出力記録技術への応用の期待感を表すものである。その後、さらに数社に技術提携のための外貨の追加割り当てが行われている。

このような動きを受けて、昭和 33 年 6 月、本郷の学士会館で電子写真関係に関心をもつ数十人の研究者・技術者の最初の会合が開かれ、「電子写真懇談会」が結成され、写真科学の権威である東京大学の故菊池真一教授が初代会長、井上英一先生が理事長に就任した。この会

は、後に電子写真学会、次いで日本画像学会と改名して今日に至っているが、発足当初のメンバーが、熱心な議論を交わし、お互いの競争関係を乗り越えて技術の本質を求めた様子を今も鮮明に思い出さす。学会のあり方の一つの理想であろう。

研究室の設備はすこぶる貧弱で、ほとんどの装置が手作りであった。市場に自記式記録計はあったが、手が届かなかった。微弱電流の計測も、FET が発明される前、しかも電源の電圧変動の多い時代、ゼロ点が激しくドリフトし、精密を要する測定は、電圧が安定する深夜まで待つしかなかった。

酸化亜鉛系光導電体の研究は、その後増感剤の探索へと進み、数年を経ずして、弱い電子受容物質（たとえば無水フタル酸）で酸化亜鉛粒子表面を修飾することによる「化学増感」（酸化亜鉛固有吸収領域での感度向上）、さらに、そこに色素を加えることによる「超増感」（より顕著なスペクトル増感）の現象が発見された。この成果は、分散型感光体作成の際の結合樹脂や添加剤の選択に指針を与える発見として国内外からの評価を得て、当時は容易でなかった海外技術事情入手の道も開けてきた。

電子写真に関わる研究はその後も続き、常に次の時代の要求を見据えつつ、有機光導電体、アモルファス・シリコン感光体の研究、製版応用への研究、各種新電子写真システムの提案、等へと展開して行く。

体系づくりの努力

— 印写工学、そして像情報工学へ

開設以来、印刷技術研究施設は、電子写真技術開発の一つの中心となり、関連産業の技術力向上に寄与した。また、研究生の受け入れや、卒業生の供給といった面を通して、井上先生独自の新しい画像技術の捉え方は、徐々に関連企業へと浸透していった。

新しい画像技術の体系化、学問化は、東京工業大学時代の井上先生のライフワークといっ
てよかろう。先生は、他分野の考え方も吸収し、
電気系や機械系の専門家ともよく意見を交換
されたが、通信系の考え方に一つのヒントを見
いだして、画像を工学的に広くとらえるための
体系の必要性を強く感じるようになった。わが
国最初の電子写真の専門書「電子写真技術」が
「電子通信工学講座」の一冊として、刊行（昭
和34年、コロナ社）された事実からも、その
ことがわかる。井上先生の構想は、すでに研究
施設の看板の「印刷技術」から、遠く離れてい
た。実態に合わせるための研究施設名の改訂が
提案され、昭和39年から「印写工学研究施設」
となったのである。「印」は signal、「写」は
transfer を表すというのが、井上先生の真意
であった。時には、情報の行動的処理の学問と
いう難しい言い方もされた。新名称は一部には
受け入れられたが、広くは浸透せず、印刷・写
真の略記と誤解されることもあった。井上先生
の主導で、昭和44年から50年にかけて刊行
（共立出版社）された「印写工学」全6巻（I.
画像解析、II. 信号変換および伝送論、III. 画
像形成論、IV. 印写システム設計論、V. 電子デ
ィスプレイ、VI. 視覚と心理・記録）には、新
学問として印写工学を世間に認知させたいと
の先生の思いがこめられていた。

その後、半導体技術、コンピュータ技術の急
成長に伴って、情報工学が、目を見張る展開、
拡張を見せていた。研究施設のメンバーたちの
間には、画像、音像、不可視像などを包含して
新しい工学体系を樹立しようとする新たな構
想が、井上先生の主導により、芽生えた。昭和
49年、印写工学研究施設は「像情報工学研究
施設」と改名した。

新造の「像情報工学」の名称は次第に定着し
て現在に及んでいるが、最初は学内でも「言い
にくい」とひやかされたし、届いた郵便物の宛
先が「醸造法工学研究施設」だったこともあっ

た。送り主が、電話で間違えて聞き取ったので
あろう。

研究施設における記録材料研究の背景

昭和30年代後半には、電子写真の研究と平行
して、有機感光材料の研究が取り上げられるよ
うになった。その背景には、第2世代計算機が
登場（1958年頃）して、いよいよ緊急の課
題となった出力記録技術開発の要求があった。
そのころ、実用化されていたワイヤ・ドット・
プリンタでは心細かった。新しい技術が求めら
れた。銀塩写真は感度的には申し分ないが、処
理に時間を要する上に高価で、また湿式である
ことが、システム適合上の問題であった。乾式
で高感度な化学プロセスが模索される一方、銀
塩写真プロセス側でも、湿式処理を克服した、
ないしは意識させない新規プロセス（熱処理方
式など）が種々工夫された。そのような世界の
流れの中で、井上研究室で精力的に研究された
ものが、スピロピラン化合物を主とするフォト
クロミズムの研究であった。フォトクロミズム
とは、光（紫外光）を吸収して発色し、別種の
光（可視光）で消色する可逆的現象を指す。さ
まざまな分野への応用が期待されたが、現在比
較的馴染みのなる応用は、日差しの強さに応じ
て発色するサン・グラスである。記録の目的に
は、発色状態がある程度安定で、一定の寿命を
もつ必要がある。この研究は、井上研究室所属
の大学院生時代、助手時代の清水勇氏（現東工
大名誉教授）の手で精力的に行われ、専門家の
間でかなりの注目を集めるに至った。残念なが
ら、フォトクロミズムのコンピュータ出力記録
への応用はならなかったし、他の化学プロセス
の研究も、第3世代の計算機が登場する197
0年頃をピークに減退の一途をたどってしま
った。

背景に、2つの要因があった。一つは、半導
体加工技術の進歩による感熱素子のマルチヘ

ッド化（1965年頃）、インクジェット技術（1960年代終わり頃）の登場、さらには半導体レーザーの実用化、これらの状況下で、物理的な1次元画像処理法が台頭してきたこと、もう一つは、高性能化したコンピュータの普及によって、出力記録技術の必要性はいよいよ緊急度を増し、パワーを食っても信頼性の高い記録技術を、との考えが大勢を占めるに至ったことであった。

プリンタ技術に関連して、ぜひ記しておきたいことがある。専用ワープロ機が普及した昭和60年頃の代表的なプリント方式であった熱転写技術、現在広く普及しているサーマル・ジェット（バブル・ジェット）プリンタ技術、これらがともに、わが像情報工学出身者の研究成果である。前者は、昭和47年度に修士課程を修了（小門研、学部は辻内研卒）した徳永幸生氏（現在芝浦工業大教授）が、NTT武蔵野研究所時代に始めて実用化に成功したもので、最初の商品化は、ブラザー工業株式会社の小型タイプライターであったと記憶している。後者は、昭和30年学部卒（井上研）の遠藤一郎氏（キヤノン株式会社）が、インクを入れた注射針をハンダごての上にのせたところ、インク滴が飛び出すという偶然の発見から生まれ、それが同社のバブル・ジェットの発端であったと聞く。

もちろん、この2人だけではない。多くの出身者たちが、研究、開発、生産等その他各分野で目覚ましい活躍をしていることは、まことに嬉しいことである。

フォトドーピング

上記以外に、昭和40年代後半に世間に注目された成果に、フォトドーピングの研究がある。カルコゲナイド・ガラスと呼ばれ、周期律表でV族とII族の両元素を主体とする非晶質物質の表面に蒸着した銀が、光により、ガラス内部に溶け込む現象で、井上先生によってフォトド

ーピングと命名された。固相同士の光化学反応は珍しく、内部へ溶解・拡散した銀の分布が調べられ、その部分に見られる物性的性質、化学的性質の変化を利用したイメージング・プロセスが提案された。他所でも、この現象が取り上げられ、フォトレジストとしての応用が提案されたことがある。不思議なことに、この現象は、当時の社会主義国家で特に高い関心を集めていた。

フォトドーピングは、像情報工学研究施設での記録材料の研究に、一つの副次的な波及効果を及ぼした。昭和55年頃に始まる電子写真用アモルファス・シリコン感光体の研究もこの延長線上にあるものと言える。フォトドーピングの研究に携わっていた清水勇氏（当時助手）が、その縁でシカゴ大学に留学した時期が、アモルファス・シリコンの良質な膜の作成法が英国で発見された時期とたまたま一致していた。帰国後にスタートした研究は見事に実を結び、高負荷の電子写真装置に多く搭載されるようになった。

終わりに

上記以外にも、エレクトロクロミズムの研究（昭和50年ころより）をはじめ、像情報工学研究施設で行われた先進的な材料研究の例は多々ある。それら研究に共通する精神は、「方向の定まった道で競争するよりも、新しい道を拓く」心意気であった。この「心意気」を自ら実践され、また、研究室にしっかり植え付けたのは、もちろん、井上英一先生であった。

現役時代の井上先生は、研究室で、旅先で、また弟子たちが正月に良く集まった先生のご自宅で、ことあるごとに研究者の「こころ」について語られた。それが、堅苦しくもなく、押し付けがましくもなく、一種の憧れを伴って耳に響いたのは、先生の独特の表現能力によるところが大きかった。

先生は、大切なことを、コンパクトで覚えやすい標語のようにして言われることが多かった。今も鮮明に記憶されているものに

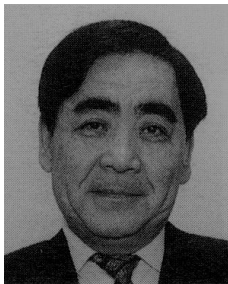
発明一番、説明二番

がある。この言葉は「新しい道を拓く」独創のころをユーモラスに伝える。この頃あまり目にしないが、縫いぐるみの白クマが3匹現れて踊る「カステラー一番、電話は二番、・・・」のテレビ・コマーシャルを、誰もが知っている時代だった。また、何度か伺った印象に残る別の言葉に、次のものがある。

僕は工学へ進んでよかった。理学の仕事は神さまが造られたものを解き明かすことだが、工学の仕事は、神さまも造られなかったものを造ることだから

他人の仕事を見て、「オレならもっとうまくやって見せる」式の動機でテーマを選ぶことを、井上先生はよしとされなかった。嬉しいことに、研究に立ち向かうこの「ころ」は、その後も像情報工学研究施設に受け継がれて、今も健在であるように思う。

■ 50周年に寄せて ■



像情報工学研究施設時代を振り返って

名誉教授 安居院 猛

70 年安保の最中、制御工学科の助手として一年間留学したカナダ、ケベック州のラバル大学から帰国したとき、大学による入校制限で許可証の無い私は入校できなかった。ケベックのテレビで東大安田講堂の映像が流されていたので心配していたことが現実になったと思ったが、たまたま制御工学科の教授が監督者として出張っていたので無事入校できた。その年の秋に、印写工学研究施設で“制御工学の研究者”ということで助手を募集しているので、応募するようにと高井宏幸教授（故人）から話があり、印写工学の諸先生の厳しい審査を経て、71 年 4 月 1 日から、井上先生の講座で助教授を拝命した。

今考えると、印写機器の制御の研究をすることが私のすべきことであつたと思うが、当時はデジタル制御理論、デジタルフィルタ理論の研究をしており、また、高井先生の所の大学院生であつた中嶋正之君が先生の推薦で私の出来たての研究室の院生になったことで、パターン認識の一分野として音声認識の研究をスタートさせた。研究には、一分間 300 円の使用料が必要な本館地下にあつた計算機センタの FACOM222 を使っていた。研究費の大部分はセンタへの支払いで無くなった。

次の年に、制御工学科を卒業した清弘智明君が助手として研究に参加した。この頃のコンピュータの出力には大変音のうるさいワイヤ・ドット・プリンタやタイプライタが使われていたが、これを駆逐すべくインク・ジェッ

ト・プリンタの研究をスタートさせた。計算機利用の研究では卒論、修論の学生も含めるとバグを取るだけでもかなりの計算機使用料を支払っていたので、このままでは研究室に“物”が何も残らないこともあり、研究費の割り振りを徐々にインク・ジェット研究の方に重みをかけることにした。

長津田キャンパスに移る少し前に NEC の研究所からスキャナ（ホト・センサ 1 個、送りねじの太さ 20mm、縦 80cm、横 60cm、解像度 50 階調程度）を寄贈して頂いたので、認識の研究も音声認識から文字、画像認識に広げることがで

昭和 46 年に、大岡山の電気系学生のために交流回路の講義をするようにたのまれ、中嶋君と一緒に講義と演習を行ったが、その中に、後に修士の学生として研究室に所属した長橋君がいた。学生の数が多くなるに従って、計算機の使用料が研究費を相当圧迫するようになった。研究施設には設備更新費というものがあり、私の研究室の番はまだ 2 年ほど先であつたが、関係の先生、辻内教授と小門教授にお願いして順番を先にして頂き、長津田キャンパスへ移転してまもなく、やっと OKITAC4300 b というワーク・ステーションを入手した。これにより、インク・ジェットの研究にかなりの研究費をまわせるようになった。

同じ頃、制御工学科卒業の木村新君が院生として加わり“インク・ジェットのプリンタの基礎的研究”で博士の学位を取得し、すぐに大学に

職を得た。この頃になると多くの会社で研究が始まり、我々としては、例えばマルチ・ノズル化、インキの多様化、多色化などほとんどの研究テーマが大学の研究室では最も不得意な“製造技術の問題”になったと考え、徐々に研究を縮小した。

私が東京工業大学に入学して丁度 20.5 年目に我々の研究施設は長津田キャンパスに精密工学研究所と一緒に移転した。この頃には研究室の人数も 10 人は越すようになり、OKITAC だけでは計算時間が取れなくなったので、一部の学生、院生はデータ用のパンチテープを持って田園都市線に乗って大岡山キャンパスの計算機センタを使用して研究を行っていた。この状態は大学院物理情報工学専攻の計算機が長津田キャンパスに設置されるまで 1～2 年間続いた。この計算機ももちろん使用料が必要であった。助教授になってしばらくして、井上教授の紹介で凸版印刷株式会社から研究生が工派生としてほぼ毎年 1 名来るようになったが、長津田キャンパスに移転した頃にはこの工派生は総計で 10 人程度になっていた。これらの工派生諸君が会社でもインク・ジェット、コンピュータ・タイプ・セッティング、コンピュータ・グラフィスの研究などを行っていて、同じような研究を行っている大学の研究室の設備が大変貧弱であることを話してくれたのだと思うが、その話しが当時の鈴木社長に伝わって、ある日突然、VAX750（DEC 社製、当時 2000 万円位）を貸与すると連絡を受けた。このときは何とも表現の仕様も無い嬉しさが込み上げてきたことを昨日のことのよう思い出す。これ以後計算機についてはまったく何の心配も無く、私の定年まで 20.5 年、さらにアニメーションの研究、3 次元画像の取り扱いなどにも研究を広げることができた。このように私の東工大での研究生生活は物理的にも人材的にも随分と恵まれていたと感謝している。

私が国家公務員として東京工大に勤めていた頃は、現在の大学法人化とはまるで反対で、特許を取ってはいけない、会社の仕事を手伝ってはいけないなどと先輩の先生方にサゼッションされていた。このため、論文は出来るだけ日本語で書きまず初めにタックス・ペイヤに研究結果を知らせるように勤めてきた。また、NHK の驚異の小宇宙・人体（しなやかなポンプ 心臓）の心臓のワイヤ・フレーム画像の制作協力者として名前がテレビに映ったときや、商業映画の CG 製作協力者として名前がでた時などいろいろ注意を受けたことなどを思うと、僅か 10 年ではあるが、隔世の感がある。

最後に、研究室として私が定年になるまでに 250 人位の学生、研究生、留学生を世に送り出し、それらの皆さんが画像関係の仕事で活躍していますが、紙幅の関係もあり現在大学で研究活動をしている人達を列挙します。

中嶋正之	大学院情報工学研究科	教授
清弘智明	山梨大学大学院	
	医学情報工学研究科	教授
木村 新	関東学院大学工学部	
	情報ネット・メディア工学科	教授
細村 宰	東京電機大学情報社会学科	教授
長橋 宏	像情報工学研究施設	教授
宮田一乗	北陸先端技術大学	教授
長尾智晴	横浜国立大学大学院	
	環境情報研究院	教授
永江孝規	東京工芸大学芸術学部	
	メディアアート表現学科	教授
金子 満	東京工科大学メディア学部	教授
呉 永煥	Korean Advanced Institute of	
	Science and Technology	教授
金 太均	（韓国）中南大学	教授（故人）
李 ペイセイ	情報科学芸術大学院大学	
	助教授	

■ 50周年に寄せて ■



像情報30周年の今後は？

名誉教授 柊元 宏

50周年記念誌への寄稿を依頼されましたが、一般に「開設〇〇周年記念」というと年寄りの昔語りに始まるようなので、なんとなく気が進まないというのが正直な心境です。「温故知新（古きを尋ねて新しきを知る）」という言葉がありますが、将来へ向けての志を抱いている現役の方々が語られて意味があるでしょうが、退役の年寄りでは単なる回顧談の自己満足か現役へのお説教になるのが関の山でしょうから。そういうわけですが、像情報工学研究施設50年のうちの約半分の24年間を過ごさせて頂いたのですから、気になっていることを少しだけ述べてみたいと思います。

1972年に私が赴任した当時の「印写工学研究施設」は、その後「像情報工学研究施設」と名称変更されて、「情報記録」、「像情報解析」「像情報システム」の3研究部門から成ってありました。私は像情報解析部門の助教授でしたが、ディスプレイ分野の研究を担当するということで、半導体や蛍光体の物性・デバイスなど好き勝手なテーマで研究と教育を楽しむことができました。井上英一先生のリーダーシップの下で、「像情報工学」が将来必ず発展することを信じておりましたし、また像情報工学研究所となることを期待しておりました。

その後、「応用画像」と「情報認知」の2部門が新設されて、当時の研究所設立に必要な最小5部門にはなりました。しかし、1980年代になって文部省の国立大学付置研究所の見直しの動きもあって、研究所構想の実現の兆し

さえ見えないままに退官した時には大きな心残りがありました。その後凸版印刷に移りまして間もなく「ヘルスケア情報」の寄付部門を6年間置かせていただきました。その間年一回の報告会で像情報の先生方のご活躍の近況を伺う機会が得られて大変嬉しいでしたが、一方では東工大の中での像情報の今後は気になりはじめました。

像情報の各研究室には大学院学生のほかに企業からの研究生が沢山いました。今でこそ産学連携が当初から各先生方は産業界との共同研究開発にも積極的に携わってこられました。今日の総合情報産業の重要部分の基礎作りに果たした像情報の役割は極めて大きいと思います。しかし、この産業分野がますます進化しながら大規模に発展する時代に、5部門程度の独立した研究施設ではとても対処できるとは考えられないのですが、像情報の今後はどのように位置づけるたらよいのでしょうか。学内の他の研究グループとの連携はどのように組織化したらよいのでしょうか。

つい先日、大学院総合理工学研究科の開設30周年記念会に参加しました。専攻名が変わったり新しい専攻ができたりしていることを知り驚きました。以前は物理情報工学専攻の協力講座として大学院教育に参画してきた像情報の教育への今後の取り組みはどうしたらよいのでしょうか。

東工大の独立法人化の下での像情報の今後の構想を検討していただければと思います。

1. 印刷技術研究施設の設立

像情報工学研究施設の前身である「印刷技術研究施設」の開設は昭和29年3月にさかのぼる。わが国の産業界がようやく敗戦の影響を脱して立ち直りの兆しを見せ始め、トランジスタの国産化に成功した頃であった。同時期の米国では既に電子計算機技術が活動を始め、電子写真(複写機に用いられる記録技術)、静電記録など、その後のエレクトロニクスを中心とした情報技術と深い関わりをもつことになる記録・複写技術が揺籃期を脱しようとしていた時代であった。

印刷技術研究施設の創設は、戦後占領下、わが国の行政に指導的役割を果たした連合国総司令部、GHQ (General Headquarters) の科学技術局の文部省への要請によるものであったとされる。GHQ の意図は、当時、米国に比べて、5~10年遅れているといわれた日本の工業界の将来に、当時米国を中心として発展の芽を見せつつあった新しい記録、複写技術を中心とした“情報技術”に関する中心的役割を果たす研究拠点を設立することにあつたようである。しかし、当時はその分野を表すに適当な名称さえなく、GHQ の意図やその背景を真に理解する人は学内はもとより学外にさえはなほ少ないという状況であった。本学では、当時の印刷工業界から主な権威者たちを招いて準備委員会を組織し、種々意見交換を行い、引き続いて、日本印刷界の大先輩であり、東京高等工芸学校教授、東京工業専門学校教授を経て千葉大学工芸学部(現工学部)教授を定年退官されていた伊東亮次氏(昭和39年逝去)を非常勤講師に迎えて、運営方針、研究設備、その他について指導を仰いだ。昭和31年当時、設置された設備が、製版カメラ、砂目立て機、真空密着焼枠などの製版機器がほとんどを占めていたことは、このような事情を反映したものであった。

印刷技術研究施設というのも、当時、“情報技術”と

いうと概念すらも曖昧で、「印刷」が最も関連が深いと考えられたためであった。

印刷技術研究施設は当初、4部門の研究所として計画され、翌30年の実施に向けて準備を進めようとしていた矢先、GHQ の撤収により計画は宙に浮き、1部門の研究施設として発足することになった。

昭和31年5月に至り、理工学部の電気化学科から井上英一氏(現 東京工業大学名誉教授)が専任の助教授として着任し、研究活動が始まった。当初は、助手、技官の籍もなく、研究生として参加された森沢嘉昭氏(現 ㈱ モリサワ会長兼社長)が研究室の唯一のメンバーであった。井上助教授は、前述の本施設設立の目的を知らされていなかったにも関わらず、独自の判断から、当時、ようやく話題になり始めた電子写真の研究に取り掛かった。これは、その後の本研究施設の発展にとって極めて大きな意味をもつ選択であった。なぜなら、これは本研究施設の本来の使命と一致したのみならず、研究が進むにつて、このテーマは当初の予想をはるかに越える工学的意味を明らかにし、将来の技術の方向を示唆する役割を果たすことになったからである。すなわち、電子写真技術を単に文書複製の一手法として限定することなく、むしろ、「情報の流通過程において、情報をもっと適切な形に変換・表現する革新的技術のさきがけ」として捉えた井上助教授の考え方は、その後の本研究施設のあり方に決定的な影響を与えたからであった。

昭和33年4月、梅川惣吉氏(現 東京工業大学名誉教授)が助教授に就任し、さらに、理学部化学科から小門 宏氏(現 東京工業大学名誉教授)が助手として、山口隆司氏(元 千葉大学助教授)が研究生として加わり、酸化亜鉛を用いた電子写真の研究が本格的に開始された。梅川助教授は昭和44年7月に精密工学研究所教授となって転出するまで、精密加工学の立場から画像の研究を行った。

本研究施設は、その後に多数設置されるに至った

「研究施設」の最初のもので、「研究施設」という名称も珍しく、研究資料や図面の複製を請け負うサービス機関と誤解され、こうした依頼の電話に戸惑う状況が数年後まで続いた。開設当時は、本研究施設の小さな建物が大岡山地区の現南4号館の西端やや南に雑草に囲まれて建っていた。施設設立後の10年間は部門増設はなく、施設にとっては苦難の時期であった。

昭和37年、井上助教授が教授に昇任する頃には、本研究施設は日本における電子写真技術研究の中心となっていた。酸化亜鉛を樹脂中に分散させたエレクトロファクス型感光体の基礎研究、酸化亜鉛の光電導感度を飛躍的に向上させる化学増感剤の発見、さらに、色素と化学増感剤の併用による超加成的な超増感作用の発見といった画期的な研究成果を相次いで発表した。これは、電子写真複写機の開発初期にあって暗中模索していた日本の技術者、研究者たちに多大の指針を与えた。研究成果はZnO樹脂分散型感光体を用いた複写機として実用化された。これによって、わが国の複写技術の礎が築かれ、今日の世界に冠たる複写機産業の発展へ導いた。これは、本研究施設の誇りとするところの一つである。

2. 印写工学研究施設時代

設置後、約10年を経た頃には、技術的にはまだ未熟ではあったがともかく、電子写真複写機が世にで、複写以外の画像処理の分野においても迅速性、簡便性を重視する新技術開発の要請の波が押し寄せ、この分野の重要性が認識されるようになった。

施設開設以来、情報の流通技術を工学的視点から捉え、新しい技術分野を開拓してきた井上英一教授（現東京工業大学名誉教授）によって、「印写工学」が提案され、これをもとに、昭和39年に本研究施設は、「印写工学研究施設」と改名された。印写工学とは、情報を担う信号を「印」、情報信号の変換、伝送、変調、記録、表示などのダイナミックなプロセス過程を「写」で表すために作られた新しい造語である。

当時の情報記録はもっぱら光記録が中心で、当時、

最も確立された記録技術であったハロゲン化銀を感光材料に用いる写真技術やそれを基盤として開発された技術が様々な分野で利用されていた。本施設での研究は電子写真のほか、伝統的な銀塩を用いない「非銀塩感光材料」の開発へ次第に拡張され、いわば、研究を通じて印写工学の実践が行われていた時期であった。

昭和41年に、本施設の2番目となる新しい部門が増設され、従来からの1部門を「印写化学部門」、新部門を「印写物理部門」と改称した。翌42年には、新設部門に通産省機械試験所（元、機械技術研究所）から辻内順平課長を教授に迎え、光学像の処理を中心テーマとする新しい研究室が誕生した。同部門の助教授には、本研究施設の小門宏助手が昇任し、井上教授と協力して電子写真材料、非銀塩写真材料の主として基礎面の研究を担当し、科学的裏付けに成果をあげた。同年6月の本学の理工学部の理学部と工学部への分割にともない、本研究施設は工学部付属の付置研究施設となった。また、組織運営のために研究施設長が置かれることになり、井上教授が初代研究施設長に就任した。

全国を吹き荒れた大学紛争も終末を迎えた頃、昭和45年には、本施設3番目となる「印写システム部門」が新設された。新部門の教授には小門助教授が昇任し、材料設計の分野を中心に、拡大しつつある印写工学への技術的期待に応える体制を整えることになった。梅川助教授が転出し、欠員となっていた印写化学部門の助教授には、制御工学科から安居院猛助手を迎え、翌46年、印写システム部門助教授にミノルタカメラ株式会社の池田光男研究室長が、また47年には、印写物理部門助教授に東京大学物性研究所の柊元宏助手が着任した。これは、印写工学を学際的協力によって体系化しようとする意図を反映する人選であった。安居院助教授は電気工学、池田助教授は視覚情報処理、柊元助教授は発光材料物性と、本研究施設のこれまでの活動分野とは異なる領域に研究分野を拡大し、文字や音声の認識に関する研究や新しい電子式画像記録法であるインク・ジェットの研究、画像に対する人間の知覚機作の研究、

画像表示用半導体材料の研究など、数年後には大きな発展を見せる研究の土台が着実に築かれていった。

画像の分野にエレクトロニクスやオプトエレクトロニクスの影響が顕著に現れた昭和40年代は、本研究施設にとっても、組織、研究体制、そして活動内容の大幅な拡充時期であった。ホログラフィの基礎と応用が幅広く研究され、ホログラフィ干渉を用いた各種精密測定が、計測分野に新風を吹き込む成果をもたらした。光学結像系の欠陥(焦点ずれなど)の画像への影響とその修正の研究は、世界の光学界の目を惹きつけた。また、超音波を用いるホログラフィック・サイドルッキング・ソナーで世界で最初に実際の像を得ることに成功した。一方、電子写真の研究はすでに第2期に入り、数々の新しいプロセスが工夫されて話題を呼び、新しい発展の基盤を形成していった。

この時期、印写工学の体系化に関して学外研究者との議論も盛んに行われ、海外からの訪問者も急増した。印写工学と名付けた分野の性格も明確化し、昭和45年には、『印写工学』と題する全5巻の叢書が共立出版社から出版されるに至った。

昭和47年度から、大学院理工学研究科に、学部から独立した大学院組織の第1号となった「物理情報工学専攻」(現在、総合理工学研究科所属)が設置され、その構成6講座のうち、印写像工学講座、情報像計測講座、情報システム講座の3つの協力講座を本研究施設が担当することになった。

3. 像情報工学研究施設時代

昭和49年から平成に至るこの時期、本研究施設の関与する技術分野の進展は、これまでの経緯からの予想を超えて目ざましく、複写機技術は電子計算機による画像処理技術と融合してオフィス・オートメーションを指向し、本研究施設の開設時にその名を冠していた印刷技術もまた、コンピュータ技術に基づく画像処理技術の浸透により、旧来の殻を破って急速に変貌しつつあった。さらに、光学のおよび電子工学的画像処理の分野からは、リモートセンシング、医用

画像処理など新しい応用面が次々に出現していった。これら数々の技術革新は、本施設が関わる技術分野にますます多くの新しい課題を投げかけた。

昭和49年、本研究施設は、「印写工学研究施設」から「像情報工学研究施設」へと改名した。同時にこれまでの部門名も情報記録部、像情報システム部門、像情報解析部門と改めた。情報工学の発展と情報処理技術の普及に伴い、情報の流通に関する諸技術の進歩もめざましく、情報を「像」として取り扱う考え方が一般に定着し始め、名称変更は、こうした状況の中で施設の研究活動の内容を一般に理解しやすくするためであった。

50年9月、本学が横浜市緑区長津田に第2のキャンパスを開設するに当たり、本研究施設は移転第一陣として、現在の長津田の地に移った。昭和51年、池田助教授は総合理工学研究科教授に昇任し、後任助教授には本研究施設の清水勇助手が昇任した。

さらに昭和55年度より、本施設4番目となる「応用画像部門」が増設された。新部門は、コンピュータによる画像処理を含む応用を研究分野とし、その教授には安居院助教授が昇任し、翌56年には、助教授に本田捷夫助手が昇任した。研究組織は、合計4部門となり、いよいよ研究部門の本格的な整備に向けてのスタートが切られた。当時の研究課題は、卵白アルブミンを用いるレーザー記録感熱材料の開発、有機半導体による電子印刷マスターの開発(井上研究室)、三酸化タングステンを用いる全固体ディスプレイ素子の開発、非晶質シリコンを用いる電子写真感光体、撮像素子の開発(井上・清水研究室)、ホログラフィ干渉による3次元変形測定方法の開発、音響ホログラフィによる騒音源の探査の提案、サーモプラスチック・ホログラム材料の改良(辻内研究室)、半導体中の欠陥電子準位の測定手法の確立とその応用、青色発光ダイオードの開発、低速電子線発光材料の開発(柊元研究室)、非銀塩感光材料の設計原理についての考察、情報記録用固体プロトン導電体の開発、光注入型電子写真プロセスによる新しい特徴をもつ記録法の開発(小門研究室)、インクジェットブリタの作動因子に関する基礎的解明、手書き文字お

よび音声の認識についての各種手法の提案、コンピュータによるアニメーション作成の新手法開発(安居院研究室)などがある。

昭和57年、本研究施設の開設以来、本研究分野の発展と施設の運営に力を注いだ井上教授(現東京工業大学名誉教授)が退官し、後任に柗元助教授が昇任した。翌58年には、中嶋正之助手が像情報解析部門助教授に昇任した。この時期になると、半導体技術の急速な進展によるコンピュータの性能の飛躍的な向上によって、実時間で画像のもつ膨大な情報量を身近に取り扱うことが現実味をましてきた。これによって、コンピュータによる画像処理技術を利用した新しいイメージング技術が台頭し、またコンピュータと人との間をとりもつ表示デバイスやハードコピー技術などのいわゆる Man-machine interface 技術や情報の通信技術などの進展が現実的な要請となってきた。研究施設内でも、これを反映した研究テーマが取り上げられるようになった。新しい表示デバイスや発光デバイスのための材料の開発、ホログラフによる立体像表示や光情報処理技術の開発、画像処理技術を用いた医療診断支援技術の開発などがそれである。

昭和60年、清水助教授の本学、総合理工学研究科電子化学専攻教授への昇任にともない、同62年には、その後任に半那純一助手が昇任した。同じ年、情報記録部門に東京大学生産技術研究所から吉野淳二助手が助教授に着任した。翌63年には、辻内教授(現 東京工業大学名誉教授)が退官し、千葉大学工学部へ転出するとともに、大山永昭助手が助教授に昇任した。

こうした中で、研究施設の将来構想に関する議論を通じて、これまでの研究において中心的課題であった効率化を指向した新技術の開発や学問としての像情報工学の体系化に加えて、認知科学、言語学、心理学、社会科学などのいわゆるヒューマンサイエンスの基礎にたった人と情報のかかわりに基づく技術を目指す必要性が認識されるようになった。

4. 総合的な情報研究組織への期待

平成元年、研究施設は、これまでの像情報工学における工学的先進性を目標に掲げて活動してきた4部門に加えて、ヒューマンサイエンスの基礎にたった人と情報のかかわりを取り扱う研究領域として、設置が提案された「情報認知部門」と「情報心理部門」の二つの部門のうち、「情報認知部門」の新設が認められ、これまでの4部門と併せて5部門に組織が拡充された。これは、工学サイドのみならず、人間科学のサイドからアプローチを加えて情報を総合的に取り扱うとする研究施設の新しい一歩であった。新部門教授として応用画像部門を担当していた安居院教授が配置換えとなり、その助教授として山形大学から長橋宏助教授が着任した。安居院教授、長橋助教授は協力して、コンピュータを利用した画像処理、コンピュータアニメーション、コンピュータグラフィクスなど、画像全般にわたる研究を推進した。

平成3年、小門教授(現東京工業大学名誉教授)が千葉大学工学部へ転出した。平成4年には、中嶋助教授の工学部電気系共通講座教授への昇任と前後して、安居院教授の後任として 工学部電気・電子工学科より酒井善則教授が転任した。平成5年、小門教授の後任に、半那助教授が教授に昇任した。さらに、同年、本田助教授が千葉大学工学部教授へ昇任し、吉野助教授が理学部物理学科教授へ昇任した。また、同年には安居院教授と長橋助教授が総合理工学研究科、物理情報工学専攻基幹講座へ転出し、情報解析部門教授に大山助教授が昇任した。平成6年には工学部電気系同助手の吉田俊之(現福井大学教授)氏が応用画像部門助教授に昇任し、酒井教授と協力して平成9年まで、画像情報の通信方式や画像信号処理に関する研究を展開し本研究施設における新しい研究領域の一翼を担った。また、同年、安居院教授の後任として、総合理工学研究科システム科学専攻から内川恵二助教授が昇任し、平成13年、総合理工学研究科へ転出するまで、情報認知部門(平成11年、知的システム部門に改称)を担当し、心理物理学の手法を用いて人の視覚情報の認知に関わる基礎研究を行った。吉野助教授の後任には、米国IBM ワトソン研究所から宗片比呂夫研

究員が助教授に着任し、続く平成7年には、当研究施設の長尾智晴助手が長橋助教授の後任として情報認知部門助教授に昇任し、平成11年横浜国立大学教授に昇任するまで、進化計算論や神経回路網などの新しいアルゴリズムを用いた画像処理の研究を進めた。

平成8年、印写工学研究施設の時代から情報技術の進歩と歩みをともし、半導体発光素子や蛍光表示管のカラー化をはじめ、情報の表示技術の立場から化合物半導体に関する基礎研究と応用を推進してきた柗元教授が凸版印刷㈱に転出した。また、同年には山口雅浩助手が本田助教授の後任として情報解析部門助教授に昇任した。

平成10年には、情報記録部門の柗元教授の後任に宗片助教授が昇任し、理工学研究科に転出した酒井教授の後任には長橋助教授が昇任した。また、同年、原和彦助手が像情報システム部門の助教授に昇任し、本年4月までの間、プラズマディスプレイなどに用いる新しい蛍光体の材料の開発、ZnSe系半導体材料を用いた青色レーザーなどの研究を行った。平成12年には、応用画像部門助教授に、国際電気通信基礎技術研究所(ATR)㈱研究員であった金子寛彦氏が助教授として着任した。

また、平成14年には、本学フロンティア創造共同研究センターへ転出(平成13年～平成17年)した大山教授に代わって、情報理工学研究科から熊澤逸夫助教授が像情報解析部門教授に昇任した。

一方、急速な情報技術の広がりに対して、新しく派生する個別的な技術課題や情報技術が社会基盤となることによって、従来、余り注意が払われてこなかった問題が顕在化するようになってきた。こうした課題に対しては、基幹部門の対応では十分でないことから、問題に関心をもつ企業によって寄附部門が設置され、大学と一体になって研究開発が行われるようになった。その一つは、凸版印刷㈱により平成9年に3年間の予定で設置されたヘルスケア情報寄附研究部門である。この部門の設置により、株)東芝より喜多紘一研究員が同部門客員教授として着任し、同助教授にNTTコミュニケーションズ㈱か

ら石井克典氏(鳥取環境大学教授)が着任した。寄附部門では、プライバシー保護や不正使用防止のためのセキュリティ技術、ネットワークを通じて忠実な情報を伝送し再現する技術、高度ヘルスケア情報社会構築のための環境整備に関する課題、診療支援システムの開発に関する研究が行われた。本寄附部門はさらに3年間、設置が延長され、二期目には防衛大学から岡嶋克典氏(現 横浜国立大学大学院 助教授)が助教授に着任し、加齢に伴う視覚特性の変化について研究を進めた。この寄附講座は一定の成果を得て、平成14年に終了した。また、平成13年には、NTTコミュニケーションズ ㈱により本施設の2番目となるIT都市創造工学(NTTコミュニケーションズ)寄附研究部門が設置され、教授に喜多紘一氏、助教授にリコー㈱ 研究員の谷内田益義氏が着任した。この部門では、将来の電子政府を実現するための周辺技術やその基盤整備を研究課題としている。すなわち、住民基本台帳カードや個人認証基盤で利用するスマートカードシステムやセキュアチップを用いたカードなどを用いた安全なコンテンツ配信・リモートメンテナンスなどを研究対象とし、近未来の情報社会における諸問題の技術的ソリューションを得るべく研究開発に取り組んでいる。この寄附部門は平成16年にはさらに3年間の寄附部門の延長が認められ、現在も研究を継続中である。

1. これまでの歩み

1) 部門の設置

本部門は、昭和 39 年、印刷技術研究施設が印写工学研究施設に名称変更され、その後、昭和42年に本施設の1番目として設置された「印写化工部門」が基となっている。

昭和49年に、印写工学研究施設が像情報工学研究施設に改名された際、「情報記録部門」となり、以後、本研究施設の基礎部門の一つとして活動を続けている。

2) 研究グループの歩み

像情報研究施設における結晶半導体の新機能開拓に関する研究活動は、昭和 47 年(1972 年)「印写物理部門」に、専任助教授として米国 ATT Bell 研究所から着任した柗元宏氏(現 本学名誉教授、現 本学統合研究院機構長)に源を発する。氏は、固体物理学、とりわけ光物性、に基礎を置く材料開発と物性評価の研究を通して、各種表示デバイス用の材料研究を一貫して探究した。柗元助教授は着任当初から、高効率で鮮やかに発色し、かつ、省エネルギー性に優れた赤・青・緑用蛍光体材料と表示デバイスの開発に軸足を置く研究を展開するとともに、当時の産業に登場し始めていた赤色発光ダイオードの将来性を見抜いて、発光ダイオードの多色化(すなわち短波長化)をもう一つの研究の柱に据えたのであった。

画像表示用の蛍光体の研究は、それを塗布して完成する蛍光表示管、あるいは、ブラウン管の研究開発と一体をなすものである。人間活動の場が拡大するにつれて、画像表示の重要性和ニーズが高まったが、そのためのディスプレイデバイスには、様々な要求が課せられてきた。とりわけ、軽量化と薄型化に対する要求は、例えば「壁掛けテレビ」といった言葉に

代表されるように、この分野における究極のディスプレイとして、早くから認識されていた研究開発課題であった。このような背景のもと、柗元助教授は産学連携による低速電子線蛍光体材料の開発を推進したのであった。この成果は、低速電子線蛍光表示管として、国内メーカーにより実用化された。

一方、発光ダイオードは、化合物結晶半導体の p - n 接合がその基本的な構成要素であり、素子に電流を流したときに、電子キャリアと正孔キャリアとが会合して放出される電磁波が可視光として素子外部に取り出される。その素子から得られる発光色は、素材として用いる化合物半導体のバンドギャップエネルギーと結晶中に添加する不純物イオンに著しく支配される。このことが一部の半導体で確立されたのが 60-70 年にかけてであった。また、当時は、半導体物理学で得られた知見が半導体レーザや半導体電子デバイスへと盛んに展開され始めた時代でもあった。そのような時代背景にあって、発光ダイオードの多色化の研究は、母体となる半導体結晶の探索、 p - n 接合の形成、発光層の設計、量産化技術、光の外部取り出しを含むパッケージング技術などを網羅した、基礎・応用両面で未踏部分が多く含まれる大変魅了的な研究課題であった。

昭和 47 年に発足した柗元研究室において、半導体研究に振り分けられたメンバーは、III-V 族化合物や II-VI 族化合物結晶の中で、特に、今日ではワイドギャップ半導体と呼ばれる半導体材料中の発光・非発光過程の研究を開始したのであった。半導体中のキャリア電子とキャリア正孔が会合して消滅する過程をキャリアの再結合と言うが、この時に放出されるエネルギーが光となるか、あるいは、熱として格子振動に変換されてしまうかは、結晶中に取り込まれている不純物イオンや原子レベルの結晶欠陥の有無に大きく左右される。したがって、これらのイオン・欠陥とキャリアとの間の相互作用を調べることは大変重要な研究

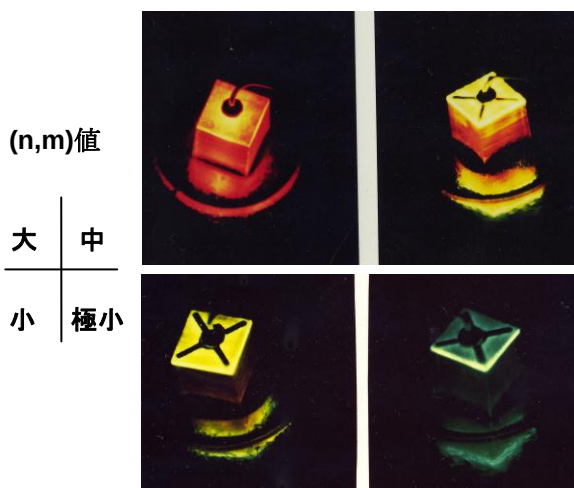
課題であった。具体的には、キャリアがこれらのイオンや欠陥にどのくらいの頻度（速度）で捕獲されるかを明らかにする研究、すなわち、「結晶欠陥が形成する深い準位」の研究が展開されることとなったのである。この研究課題を実験的にすすめる手法として、金属・半導体接合の容量測定を精密に測定する「深い準位の過渡応答スペクトル法」が有力視されていたが、柊元研究室は日本におけるこの手法のパイオニアであった。この手法は、発光ダイオードばかりでなく、様々な電子デバイス中の結晶欠陥の評価にも活用され、日本の技術者、研究者たちに多大の影響を与えた。

昭和50 年台に入ると、半導体技術の急速な進展によるコンピュータの性能の飛躍的な向上によって、実時間で画像のもつ膨大な情報量を身近に取り扱うことが現実味を増してきた。これによって、コンピュータによる画像処理技術を利用した新しいイメージング技術が台頭し、またコンピュータと人との間をとりもつ表示デバイスやハードコピー技術などのいわゆる Man-Machine Interface 技術や情報の光通信技術などの進展が現実となってきた。化合物半導体の研究も、光科学や量子力学に基礎を置いた研究開発との結びつきが強くなり、原子レベルの平坦性を制御

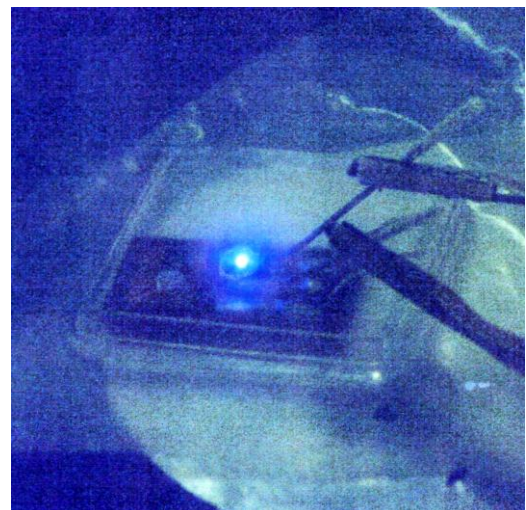
した多層積層膜の作製と物性研究、ならびに、その応用の時代に突入した。こうした電子化の潮流に呼応して、化合物半導体による発光材料・デバイスの研究開発でも、量子効果を取り入れたバンドギャップの精密制御、すなわち、膜厚と組成という新たな自由度を縦横無人に駆使した人工的なヘテロ構造の創製の機運が一機に高まったのであった。その機運を先取りして、わが国の大学において始めて有機金属気相成長法（いわゆる MOVPE 法）を導入し、発光デバイス用の混晶材料と構造の研究開発に挑んだのが名称変更した像情報研究施設における柊元研究室であった。そして、この研究は、その後、柊元研究室の主軸となって行くのである。

昭和 50 年代半ば以降にあっては、国内外での熾烈な競争の中にあって、柊元教授は有機金属気相成長法、ならびに、半導体における深い準位に関する代表的な研究室の一つとしての活動を一貫して遂行したのであった。これらの活動を通して以下の特筆すべき足跡を残し、今日の「青色発光素子」の時代を切り拓いたのであった。それらは、

1. わが国の有機金属気相成長法の先鞭をつけ、
2. わが国の混晶エレクトロニクス研究の基盤を築き、
3. 化合物半導体における代表的な不純物欠陥



有機金属気相成長法で作製した $(\text{GaP})_n(\text{AlP})_m$ 超格子構造発光ダイオード。膜厚制御によって発光層領域の実効的なバンドギャップが大きくなり、それに伴って、発光が赤から緑色へ変化する様子が捉えられている。



有機金属気相成長法で作製した ZnSe 系青色発光ダイオードの評価写真。プローバーを通して試料に電流を流すと、青色に発光している様子が捉えられている。

であるところの DX 準位を解明し、

4. ワイドギャップ化合物半導体の p 型伝導制御への道を開拓した、ことなどに集約される。

この間、昭和 52 年に水田正志氏（現 日本 EMC 代表取締役）が助手に着任し、昭和 57 年には本研究施設の設立と発展に力を注がれた井上教授（現 東京工業大学名誉教授）が退官し、その後任に終元助教授が教授に昇任した。昭和 62 年には本部門に東京大学生産技術研究所から吉野淳二氏（現 本学理工学研究科教授）が助教授に着任し、昭和 63 年、さらには、平成 2 年に、それぞれ安田隆氏（現 石巻専修大学助教授）および、原和彦氏（現 静岡大学電子材料研究所教授）が助手に着任し、情報記録部門は「半導体技術を基盤とする先端的な光材料とデバイスの開拓」を使命とする性格が明確となった。

平成 5 年、吉野助教授が「固体表面の情報化」をめざして理学部物理学科教授に昇任し、吉野助教授の後任として、平成 6 年に米国 IBM T.J. Watson 研究所から宗片比呂夫氏が助教授に着任した。その後、平成 10 年に、原和彦助手が助教授に、宗片比呂夫助教授が教授に、それぞれ昇任している。更に、平成 12 年に近藤剛氏が情報記録部門の助手に着任し、平成 17 年には原和彦助教授が「蛍光体ナノ構造」の研究を推進すべく静岡大学教授として転出して今日に至っている。

2. 現在の研究活動

電子情報の物理的実体は、半導体や磁性体中の電子の「電荷」あるいは「スピン」である。トランジスタやレーザ等の半導体デバイスではキャリアが有する「電荷」を、また、大容量の磁気メモリーでは電子の有する「スピン」を利用してそれぞれ大きな成功を納めてきた。しかしながら、これらのデバイスが将来直面するであろう限界を洞察し、これら 2 つの自由度を組み合わせることで、その壁を乗り越えようと模索する研究が 90 年台のはじめ頃から起こり始めていた。宗片助教

授は、産業上重要な III-V 族化合物半導体に強磁性をもたらす III-V 族磁性混晶半導体を IBM 研究所在籍時に世界に先駆けて創造した（1989 年）研究者であった。そして、本研究施設への着任を契機として、「半導体の機能性（光電変換、増幅特性）」と「磁化の機能性（磁気光学特性、不揮発性）」とを融合させる着想を得たのであった。

電子の「電荷」と「スピン」を利用した新しいデバイスは、ギガビット級ハードディスクの巨大磁気抵抗素子（GMR 素子）として、90 年代に実用化され、今や、この研究分野は「スピントロニクス」という名称で世界の理工学において認知されるまでに発展してきた（付録資料 1）。半導体ベースのスピントロニクス素子の実用化はまだこれからの段階である。宗片研究室では、電子情報の実体であるところの光（強度、波長、偏光）、電荷、磁化、の間の直接変換、ならびに、これらの物理量の特性を組み合わせたデバイスの多機能化についての研究を国内外の研究プロジェクトにおいて推進している。具体的には、磁性半導体ナノ構造ならびに半導体・磁性体融合超構造とを基本とした電子素子・光電変換素子の研究を、結晶成長、物性、デバイス試作の各レベルで展開している。それらを以下に紹介する。

1) III-V 族強磁性半導体

分子線エピタキシー法によって、III-V 族化合物半導体に磁性原子の一種である Mn を多量 (10^{20} - 10^{21} cm^{-3}) に添加して混晶化した (In,Mn)As や (Ga,Mn)As 単結晶薄膜は強磁性を示す。これらの結晶では伝導、光物性、磁性との間に強い相関があり、 n 型試料は常磁性を、 p 型試料は強磁性を示す。強磁性の強さを示すキュリー温度 T_c は、正孔濃度と Mn 濃度に依存して変化するため、これらを制御することで様々なスピントロニクス素子への展開が期待されている（付録資料 2）。しかし、混晶ゆえに Mn 間の平均距離が長く（2 nm）、これまでに実現された T_c は 170 K である。本研究室では、結晶成長に工夫を加えて有効 Mn 組成を

増加させ、 T_c を室温以上に引き上げることをめざした研究を行っている。また、 n 型強磁性半導体の実現も検討している。

2) 光誘起磁性

III-V族磁性混晶半導体の強磁性は、正孔がMn間を遍歴してスピン情報を媒介することで発現される。このことは、宗片研究室の実験によって確立されてきた事柄である。我々は1997年に(In,Mn)As/GaSbヘテロ構造において光生成キャリアによって試料を常磁性から強磁性に変化させ得ること、次いで2000年に、同様の構造で光キャリアで強磁性試料の保持力が変調でき、一定磁場下での光照射によって磁化の方向を反転させ得ること、更には2002年に、強磁性(Ga,Mn)Asにおいて円偏光照射で生成するスピン偏極キャリアの向きに沿って、外部磁場を印加せずに磁化が発生することなど、光生成キャリアを介して強磁性にカップルしたMnスピンの制御の可能性を示してきた。

視点を変えると、これらの実験結果は、光や電場のわずかな変化（入力）が電気抵抗や磁化の位相変化となって現れていると捉えることができる。すなわち、ナノスケールデバイスの微弱な物理信号を信頼性を高めた形で活用できる可能性を示しているのである。我々は、現在、光による磁化制御の研究を、超高速（ピコ秒以下）な時間領域で実現することを目指して取り組んでいる。

3) 円偏光発光・受光素子

円偏光を半導体に照射するとスピン偏極したキャリアが選択的に生成される。すなわち、半導体中でスピンがアンバランスな状態が実現する。そこで、スピン依存光学遷移とスピン依存キャリア輸送を組み合わせると、偏光度を直接検出できる機能を有する受光素子（円偏光に応じて出力が変化する太陽電池）と偏光を発する機能を備えた発光素子（円偏光切り替え可能な発光ダイオード）が原理的に創出可能である。発光－受光素子を1

対のペアと捉え、高速応答可能で、小型、集積可能なシステムが構築できれば、光の偏光が重要な意味（情報）を持つ分野に対して、大きな波及効果があるものと予想される。そのような分野とは、従来の電子工学と異なり、光学異性体の検出・分離などの化学やバイオの分野である（付録資料3）。液晶パネルを組み合わせると、画像処理や立体画像表示への新たな展開も考えられる。光通信や量子情報処理などにおいても、偏波制御や検出はまだ研究する余地のある課題である。宗片研究室では、このような視点に基いて、強磁性半導体による発光と受光機能の研究、それから、非磁性半導体のp-n接合を基礎とした円偏光スピンプォトダイオードの研究を世界に先駆けて推進しているところである。

[付録資料]

1. 「スピントロニクスへの期待」NHK 技研 R&D No.91、2005年5月号、p.1-2.
2. 「III-V族磁性混晶半導体とキャリア誘起強磁性」まてりあ **43(6)**, p.474-479 (2004).
3. 「偏光を情報処理に活用－光エレクトロニクス素子の多機能化－」日経マイクロエレクトロニクス 2005年8月号、p.58-59.

1. これまでの歩み

1) 部門の設置

本部門は、昭和 39 年、印刷技術研究施設が印写工学研究施設に名称変更され、その後、昭和41年に新設された本施設の 2 番目となる「印写物理部門」に続いて、昭和45年に新設された「印写システム部門」が基となっている。昭和49年に、印写工学研究施設が像情報工学研究施設に改名された際、「像情報システム部門」となり、以後、本研究施設の基礎部門の一つとして活動を続けている。

2) 研究グループの歩み

昭和 31 年 5 月に1部門として発足した印刷技術研究施設に初めての専任教官として、電気化学科から井上英一氏(現 本学名誉教授)が助教授に着任した。研究をサポートする助手や技官もいない中、森沢嘉昭氏(現 ㈱ モリサワ 代表取締役会長兼社長)が研究生として加わり、2 年後の昭和 33 年 4 月には化学科より小門 宏氏が(現 名誉教授)が助手として、さらに、山口隆司氏(元 千葉大学助教授)、永島伸一郎氏(キヤノン ㈱)、故 高橋賢次氏(元 大日本インキ化学工業 ㈱)らが研究生として加わり、わが国の電子写真(複写機)技術研究のもととなる酸化亜鉛樹脂分散系の感光体の研究が開始された。この研究は、酸化亜鉛の光電導感度を飛躍的に向上させる化学増感剤の発見、さらに、色素と化学増感剤の併用による超加成的な超増感作用の発見など、画期的な研究成果を生み出した。これは、当時、電子写真複写機の開発初期にあって暗中模索していた日本の技術者、研究者たちに多大の指針を与えた。この成果をもとに、ZnO 樹脂分散型感光体を用いた複写機が国内のメーカーにより実用化された。これにより、わが国の複写技術の礎が築かれ、今日の世界に冠た

る複写機産業の発展へと導いた。ZnO 樹脂分散型感光体は、今日でも、オフセット印刷用版材として実用的に用いられている。

昭和 39 年からの 10 年間、印写工学研究施設の時代は、わが国の情報産業の基盤形成に本施設が思想面で大きな役割を果たした時期でもあった。昭和 30 年代の終わりに、井上教授により情報流通技術の中で取り扱われる情報を「像」として捉え、その流通技術を工学的に体系化した「印写工学」が提唱され、情報産業における技術思想の形成に大きな影響を与えることとなった。一方、研究面では小門 宏助教授、清水 勇助手(現名誉教授)の協力の下で、この考え方に基づいた新しい記録システムやその材料の研究が活発に進められた。いわば、印写工学の実践でもあった。研究のテーマの多くは、当時の情報技術を取り巻く環境を反映して光記録材料とそれを用いた新しい記録システムの開発であった。この中には、ジアゾ感光材料の分光増感、ホトクロミズム材料(光照射によって可逆的に発・消色する材料)、カルコゲナイドガラスへの銀の光ドーピングによって誘起される様々な物性変化を利用した新しいイメージング技術の開発などの研究がある。これらは、ハロゲン化銀を用いる伝統的な写真材料に対して、非銀塩感光材料と呼ばれ、後の Non-impact Printing 技術へとつながる研究であった。当時の光記録の関心事であったホログラム記録の一つの方法として、カルコゲナイドへの銀の光ドーピングを利用した定着不要のホログラム記録も提案されている。一方、電子写真技術は複写機として実用化が進み、研究としては第 2 期を迎えていた。ここでは、電子写真プロセスを用いた新しい応用や有機感光体材料の研究が進められた。電池型や電解を利用した電子写真システムや電子写真プロセスを利用した静電印刷版の開発、ポリビニルカルバゾールの光伝導の増感などがその例である。

こうした研究活動を通じて、印写工学の技術開発に

おける有用性が実証される一方、印写工学の思想は内外の研究者、技術者に受け入れられ、情報産業の発展を支える思想的バックボーンとして大きな影響を与えることとなった。

昭和49年頃になると、情報の流通に関する諸技術の進歩もめざましく、印写工学の基本概念である情報を「像」として取り扱う考え方が一般に定着し始め、これにあわせて、印写工学研究施設が像情報工学研究施設に改名された。人事面でも大きな動きがあった。昭和51年、中山隆雄教務職員（現 東海大学教授）が米国ポリクローム社へ転出、後任に本間清史氏（現チバ・スペシャルティ・ケミカルズ ㈱）が着任した。また、翌年には、長らく助手を務めた山口隆司氏が千葉大学工学部助教授に昇任し、また、清水助手が助教授に昇任、後任に 半那純一氏が東大より着任した。この時期はシリコン半導体テクノロジーの進展によりマイクロコンピュータが生み出だされ、情報流通過程の中での利用が始まりつつある時代でもあった。この普及により、情報は光から電子情報に、光を利用したアナログ技術からコンピュータによる処理に都合の良いデジタル技術へと、大きく舵を切り始める。こうした状況の中、研究テーマもこれを反映して、 WO_3 を用いる全固体型エレクトロミック素子、卵白アルブミンを用いたレーザ感熱記録材料の開発、電荷注入型電子写真技術の開発、有機半導体による電子印刷マスター、アモルファスシリコンを用いた電子写真感光体、撮像素子の開発、情報記録用固体プロトン導電体の開発などのテーマが取り上げられ、研究が進められた。アモルファスシリコンに関する研究はシカゴ大学への留学時にその基礎技術を見聞きした清水助教授によって始められたもので、当時、キヤノン㈱ から派遣されていた小松利行氏（現、キヤノン㈱中央研究所所長）らの努力によってアモルファスシリコンを用いた電子写真感光体の開発という成果につながった。この成果はアモルファスシリコン感光ドラムして、同社により実用化されている。

昭和57年、本研究施設の今日の基礎を築き、電子写真技術のパイオニアとして産業界に大きな足跡を残し、わが国の情報流通技術の発展に印写工学の思想を通じて多大の影響を与えた井上教授が退官した。この頃になると、半導体技術の急速な進展によるコンピュータの性能の飛躍的な向上によって、実時間で画像のもつ膨大な情報量を身近に取り扱うことが現実味をまし、情報流通過程でコンピュータによる情報処理が利用されるようになった。これにより、コンピュータと人との間をとりもつ表示デバイスやハードコピー技術などの人と情報処理の要としてのコンピュータとの間を取りもつ Man-Machine Interface 技術や情報の通信技術開発が現実的な要請となってきた。小門教授は研究テーマの方向性を明確化し、その中心を有機材料においた。清水助教授は研究の方向性を先鋭化し、アモルファスシリコン材料の開発に専念するようになった。ターゲットは、画像用メモリーデバイスや新機能表示デバイス、撮像素子を含む大面積電子デバイスであった。昭和60年、清水助教授の総合理工学研究科電子化学専攻教授への昇任に伴ない、半那助手が助教授に昇任し、後任に電子化学専攻より星野勝義氏（現、千葉大学教授）が着任した。その後、平成3年の小門教授の千葉大学への転出まで、小門教授をリーダーとして、多色表示可能な有機エレクトロクロミック材料の開発、有機導電性ポリマーを用いた光画像メモリー素子の開発、強誘電体を用いた静電記録技術の研究、アモルファスシリコン材料の新しい作製技術の研究開発が進められた。平成5年、小門教授の後任として、半那助教授が昇任した。翌年、東京大学より舟橋正浩（現、産業技術研究所研究員）が助手に着任し、平成17年春まで在籍した。また、平成11年より教務職員の籍にあった清水耕作氏が同年8月に助手に昇任し現在に至っている。

2. 現在の研究活動

シリコン半導体技術の飛躍的な進展によってもたらされたコンピュータを基盤とする情報処理技術は今や私たちの社会を支える基盤技術となるまでになった。この技術の発展はそのまま情報流通技術の変革の過程でもあった。通信は別として、情報流通技術における情報の担い手は「光」から「電気」に代わり、属性においては「アナログ」から「デジタル」へ、プロセスにおいては「並列処理」から「時系列処理」へと大きな変遷を遂げ、情報流通過程の中ではこれに適合する技術の開発が求められるようになった。半那研究室ではこうした変革を踏まえ、材料という原点に立ち返り、将来のイメージング技術の基幹材料となりうる高品質な新しい「大面積半導体材料」の創製に取り組み始めた。

情報技術の中でも情報の入出力技術、特に、人と情報をとりもつハードコピーや表示に用いる材料は情報処理に用いる半導体チップと異なり大きな面積を必要とし、かつ、形態ばかりでなく機能においても均一であることが不可欠である。この要請から、従来、こうした目的には広くアモルファス材料が用いられてきた。しかしながら、材料の示す物性は物質の凝集形態と密接な関係をもつため、アモルファス材料の選択は同時にアモルファス材料のもつ特性の限界を選択することと同義となる。一方、デジタル化された情報のコンテンツを私たちが利用する場合、そのクォリティはそれ自身をもつ情報量によって決定されるのではなく、それを表現する技術のクォリティによって決定されるというデジタル化された情報特有の問題に遭遇することになる。この視点にたって将来起こり得る情報技術の一層の高度化を考えると、情報のコンテンツを表現するハードコピーや表示技術に用いる材料の特性には飛躍的な向上が求められることは必定である。

こうした観点から、半那研究室では「脱アモルファス」、「大面積半導体材料」をキーワードとして、

新しい二つの材料の開発を進めてきた。一つは大面積半導体の基幹材料としての低温ポリシリコンである。もう一つは高品質な有機半導体材料として位置づけられる液晶材料である。この10年余りにわたる取り組みの結果、これら新材料の開発は一定の成果を収め、実用化に向けて研究開発の歩調を速めている。

1) 高品質低温 CVD Poly-Si の創製

高品質な大面積半導体材料は将来にわたって Man-machine interface として用いるイメージングデバイス用の基幹材料となりうる。この材料に求められる要請は安価な基板材料の上に均一に高品質な半導体材料を実現することである。この一つの成功例は水素化アモルファスシリコンである。しかし、この材料の示す特性の限界は前述の通り、アモルファスという凝集形態によって決定されている。そこで、アモルファスシリコンの限界を超える高品質な新材料として、ガラス上に基板上に形成でき、TFT をはじめとするデバイスへの応用が可能な高品質の低温ポリシリコン (poly-Si) をターゲットとした。

この実現にあたっての技術的な要請は3つ、ガラス基板上への poly-Si の直接形成、デバイスグレードの高い結晶品質、基板選択的な膜堆積である。ガラス基板上への poly-Si の直接形成は原料ガスの分解を利用する化学気相成 (Chemical Vapor Deposition: CVD) 法では 500°C 以下での poly-Si の堆積を実現することを意味する。一方、基板選択的な膜堆積は、大面積半導体材料の堆積と言う観点から、膜堆積のスループットの向上を目的として、CVD 装置内壁への堆積を抑制し、装置クリーニングに要する時間の短縮を図ることから要請される。500°C 以下で poly-Si 膜を単に堆積するということであれば、既に、プラズマ CVD 法をはじめとして種々の CVD 法で実現されている。しかし、実際にデバイスへ適用できるだけの高品質の poly-Si を実現できる CVD 技術となると皆無である。この原因は基板に形成される poly-Si 膜

の基板から表面に向けて見られる結晶性の不均一性にある。不均一に結晶が形成される本質的な原因は基板上に直接、結晶核の形成が起こりにくく、アモルファスの成長がおこることにある。膜の基板選択的な成長を実現するため、原料ガスの気相中での分解を膜堆積の低温化の原理とする従来の低温 CVD 法の考え方を捨て、基板の熱を利用して原料ガスを分解する熱 CVD 法を基本とする新しい低温 CVD 技術の開発を目指した。ここでは、基板の熱による化学反応の促進に着目し、原料ガス間の反応を積極的に利用する新しい熱 CVD 法―「反応性熱 CVD 法」を提案し、この概念に基づく低温 poly-Si の堆積技術を構築した。poly-Si の堆積に、Si 原料としてジシラン(Si_2H_6)、膜堆積の低温化と結晶化の促進のために弗化ゲルマニウム (GeF_4) を選択した。

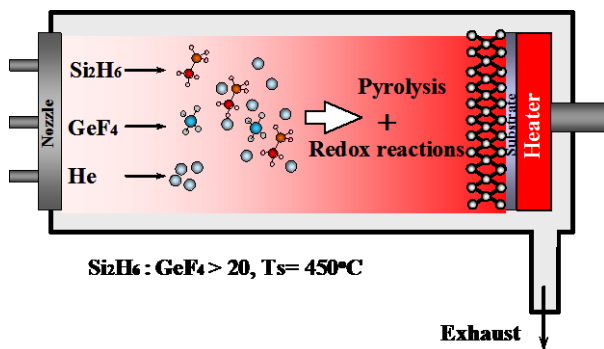


図 1 反応性熱 CVD 法 の概念図

検討の結果、この方法により 450℃程度の基板温度において、図に示すように、結晶性に優れた poly-SiGe (Si 組成>95atm%) の堆積を実現できることが明らかになった。

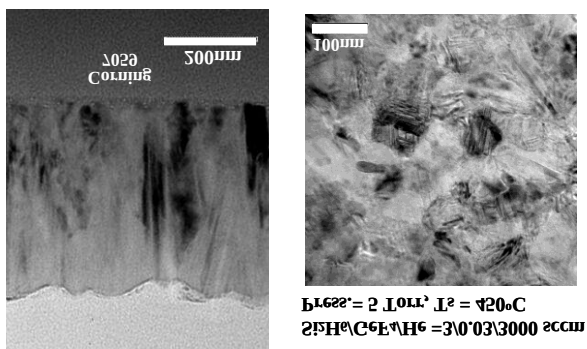


図 2 反応性熱 CVD 法により 450℃で堆積された poly-SiGe 膜の TEM 像

この方法では、ガラス基板上に直接、結晶核の形成が起こり、これが基板直上から高い結晶性をもつ poly-Si の堆積を可能にしている。200nm の poly-SiGe を用いて、n, p-channel bottom-gate 型 TFT を試作した結果、それぞれ、電界効果移動度として $36\text{cm}^2/\text{Vs}$ 、 $54\text{cm}^2/\text{Vs}$ の値が得られた。さらに、ガラス基板上に堆積した 200nm の poly-SiGe 膜を用いた n, p-channel top-gate 型 TFT の試作では、それぞれ、 $25\text{cm}^2/\text{Vs}$ 、 $22\text{cm}^2/\text{Vs}$ の移動度が得られた。

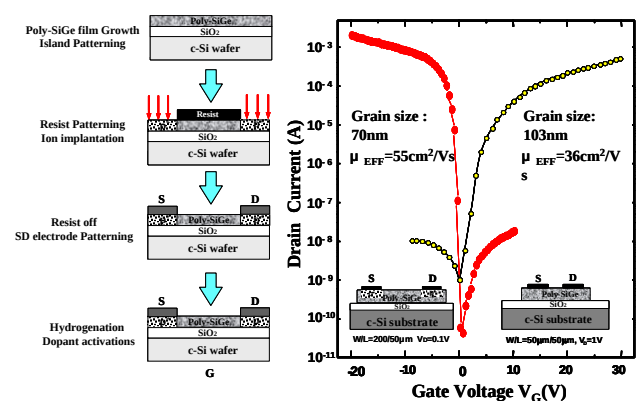


図 3. 200nm の poly-SiGe を用いた n,p-channel Bottom-gate 型 TFT の特性

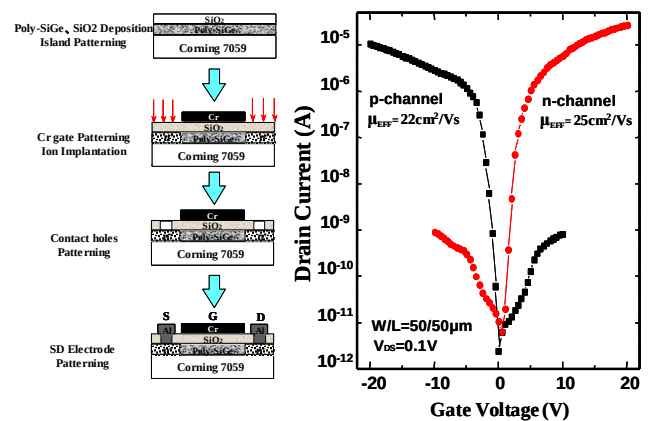


図 4. 200nm の poly-SiGe を用いた n,p-channel Top-gate 型 TFT の特性

これらの結果は、CVD 法による直接形成 poly-Si としてはこれまでにない優れた結果である。このように、TFT の試作を通じて、反応性熱 CVD 法によって作製される poly-SiGe 膜はデバイス作製に適用できる高品質の材料として高い可能性をもつことを明らかにできた。

現在、この方法の工業化に向けた取り組み組みと並行して、ゲルマニウムを含まない poly-Si 膜の作製法の開拓、熱 CVD 法によるゲート酸化膜の堆積法の開発に取り組んでいる。

2) 液晶性有機半導体の創製

前述の観点から、もう一つの新しい取り組みとして、アモルファス有機半導体材料の高品質化のための取り組みを始めた。アモルファス有機半導体材料は、電子写真感光体の材料として広く用いられ、最近では、有機 EL 素子の材料としても用いられている。しかしながら、この材料の示す移動度は一般に、 $10^{-6} \sim 10^{-5} \text{cm}^2/\text{Vs}$ と小さく、高いものでも $10^{-3} \sim 10^{-2} \text{cm}^2/\text{Vs}$ に留まる。有機半導体を従来の応用の枠組みを超えて、新たなイメージングデバイスへ応用するためには、アモルファス材料のもつ限界を超えた新しい有機半導体材料の創製を必要とする。こうした考えのもと、10 年余りに前に研究に着手した。注目したのは液晶物質である。液晶物質は液体のような流動性と結晶のような分子配向をあわせもつ物質である。身近な応用にはディスプレイに広く用いられ配向秩序の低い液体に近いネマティック液晶がある。液晶物質に注目した理由は、自己組織的な分子配向による高速な伝導と流動性による大面積適用性を同時にあわせもたせることができるのではないかと考えたからである。当時、液晶物質の電気伝導はイオン伝導によって支配されていると信じられており、電子伝導の可能性は想像だけにされていなかった。研究を始めて 2 年が経過した頃、スメクティック液晶の 2-phenylnaphthalene 誘導体において、棒状液晶では初めてとなる高速の電子伝導が起こることを見出した。移動度は $10^{-3} \text{cm}^2/\text{Vs}$ を超えていた。この研究は全くの独立の研究ではあったが、世界で初めてとなる液晶物質の電子伝導の発見の誉は、結果的にドイツの Bayreuth 大学の Haarer 教授らのグループによる円盤状液晶である Triphenylene 誘導体にお

ける電子伝導の発見に譲ることとなった。

それから、約 10 年余りの間、物性を中心とした基礎研究を行い、液晶物質における電子伝導の特質を明らかにするとともに、液晶物質特有の特異な伝導特性を理解するための物理基盤の構築を行い、液晶物質を電子材料としてデバイスに応用するために必要となる基盤の構築を進めてきた。

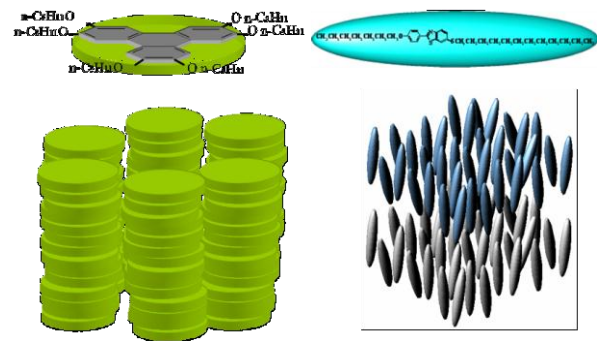


図 5. 初めて電子伝導が発見された液晶物質 Triphenylene 誘導体（円盤状液晶：左）と 2-Phenylnaphthalene 誘導体（棒状液晶：右）

これまでの研究を通じて得た結果から、液晶物質、すなわち、「液晶性有機半導体は、将来のデバイス材料として極めて有望である」と結論することができる。それは、液晶物質の優れた電荷輸送特性は分子が自己組織的に配向した凝集形態によって決定されることことから、分子構造による依存性が小さく材料の多様性が極めて広いことに加えて、有機多結晶物質に匹敵する $0.1 \sim 1 \text{cm}^2/\text{Vs}$ の高い移動度を示し、ドメイン界面などの構造的な欠陥が電気的に活性なキャリアの捕獲準位を形成しにくいという特質に集約される。

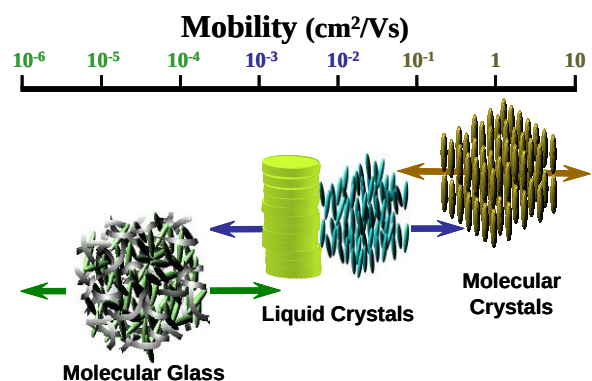


図 6. 有機半導体における物質形態と移動度

現在、研究は、これまでの 10 年にわたる基礎物性の評価を第 1 ステップとして、デバイス材料の開発とデバイス化のための基礎技術の開発を目指す第 2 ステップに取り組んでいる。

近い将来、液晶性有機半導体を用いた実用的なイメージングデバイスを世に送り出すべく、研究を推進している。

【参考文献】

1. 半那純一：半導体代面積薄膜の新しい低温作製法：反応性化学気相成長（CVD）法；応用物理、第 65 巻、第 4 号、p382 ～386 （1996）
2. 半那純一・清水耕作、多結晶シリコン膜の低温堆積技術—反応性熱 CVD 法の開発、化学と工業、Vol.54, No.1、p 36-40 （2001）.
3. 半那純一、清水耕作、張建軍、反応性熱CVD 法による多結晶 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 薄膜の低温堆積とTFT への応用、：応用物理、第71巻, p878 ～882 （2002） .
4. 半那純一、舟橋正浩：液晶物質における電子伝導と材料設計、 Vol.62、 p 799～810 (2004)..

1. これまでの歩み

1) 部門の設置

本部門は、昭和41年に印写工学研究施設の2番目の部門として設置された「印写物理部門」が基となっており、昭和49年の像情報工学研究施設への改名に伴い、「像情報解析部門」として、現在まで活動を続けている。

2) 研究グループの歩み

昭和42年4月に、当時の通産省工業技術院機械試験所から辻内順平氏(現 本学名誉教授)が本部門の教授として併任、翌年専任となり、本部門の活動が始められた。昭和43年に本田捷夫氏(現 千葉大学教授)、昭和45年に上羽貞行氏(現 本学教授、精密工学研究所長)が助手として着任し、光による像の形成や処理を扱う分野が本施設に加わることとなった。

このグループでは、計算機によって画像を扱えるようになるはるか以前の時期に、レンズなどによって作られた像の鮮明化や雑音の除去、パターン認識などの情報処理を、光の物理的な性質を巧みに使って実現している。また、当時発明されたばかりのレーザーを利用して、ホログラフィーの研究に取り組み、3次元形状や振動などを精密に計測する手段を開発している。これらはいわば2次元情報の並列処理であり、今日のデジタル画像技術に生かされている。

昭和40年代後半から50年代半ばにかけて、ホログラフィーや光干渉による形状や振動の計測技術を開発し、光学部品や機械部品の検査に応用している。なかでも、凸版印刷と共同で、現在一万円札やクレジットカード、パッケージ印刷などに広く使われているセキュリティ用のホログラム転写技術を世界に先駆けて開発したのもこの時期である。そのほか、ホログラフ

ィーの感光材料としてサーモプラスチックを用いて、現像処理が不要なホログラフィー干渉計測技術を実用化している。

昭和56年には本田氏が助教授に昇任、大山永昭氏が助手として着任した。この頃、デジタルの計算機技術を利用した画像処理技術が大きなテーマとして加わった。その重要なアプリケーションとして医用画像処理を扱うことになり、国立がんセンターとの共同研究が開始されたのも昭和50年代後半の時期である。CTの画像再構成手法、内視鏡画像をはじめとするカラー画像処理などにおいて先進的な研究成果を残している。また、マルチプレックスホログラムと呼ばれる円筒型のホログラムにより、コンピュータ処理した3次元画像を立体表示する技術を開発し、医工連携による産官学プロジェクトとして、その医療応用の開発が行われた。

辻内教授は、機械試験所当時から産業界と緊密に連携し、結像光学機器や光学部品・機械部品の計測技術に加えて、光学技術に関わるJIS、ISOなどの標準化にも大きく貢献した。昭和63年にその辻内氏が退官し、大山氏が助教授に昇任、翌年に山口雅浩氏(現 本学助教授)が助手として着任する。

この時期には、医療分野でのデジタル画像技術の利用が進展するとともに、画像を含む個人の健康情報を活用し、重複検査の排除や医療の質の向上に役立てようという考え方が台頭してきた。これにともなう、画像の処理、再構成技術を開発するだけでなく、画像の管理やセキュリティの問題を含むシステムを扱うこととなった。特に、画像を中心とした医療情報のセキュリティを確保した画像ファイルシステム ISAC (Image Save and Carry)を提案した。これはその後、法的に紙やフィルムによって保存が義務付けられていた文書や画像などの電子的な媒体での保存の許可へ道を開くことになる。

医用画像処理技術に関しても、東芝、日立、オリンパ

ス光学などともに、X 線 CT においてコーンビーム投影像や螺旋型スキャンによる投影像から本格的な 3 次元画像の再構成を行う技術を開発、シミュレーテッドアニーリングアルゴリズムの心臓血管再構成や生体磁気計測からの脳内電流分布推定への応用、ステレオ内視鏡による生体粘膜の 3D 計測技術などの成果が得られている。医療以外にも、デジタルスキャナにおけるモアレ縞の抑制やモザイクフィルタからの高画質補間法、X 線ホログラフィーからの画像再構成手法などの応用研究も行われている。

ホログラフィーに関しては、コンピュータからの 3 次元画像データの出力として、ホログラフィック・ステレオグラムを応用する研究が進められた。イメージプリンターのようにしてホログラフィーによる立体像を出力するホログラフィック・3D プリンターを提案し、その実現に向けた研究が始められた。

その後、平成 5 年に本田氏が千葉大学教授へ、大山氏が本施設教授へ、平成 8 年に山口氏が本施設助教授へそれぞれ昇任する。また平成 7 年に小尾高史氏(平成 9 年に助手に昇任、現:総合理工学研究科助教授)が教務職員としてメンバーに加わった。

平成 6 年 3 月には、当時の厚生省から「エックス線写真等の光磁気ディスク等への保存について」として、保存義務が規定されている医用画像情報を光磁気ディスク等の電子媒体に保存しても差支えない旨の通知が出された。その頃より大山教授は政府の重点戦略として取り上げられた情報化推進(現在の e-Japan 戦略等)に深く関わっていくこととなった。

医用画像をきっかけとした情報システム、セキュリティに関わる活動は、平成 6,7 年頃より、IC カードシステムの開発へと発展した。それまで、限定された目的にのみ利用が限定されていた IC カードを多目的に利用するため、(財)ニューメディア開発協会とともに、内容アクセスマネージャ(CAM)と呼ばれるミドルウェアを用いるシステムを開発し、その成果は北海道滝川町や岐阜県益田郡などの IC カードシステムへ活用された。また、保存義務のある書類等への応用を目的として開発された原本性保証電子保存システムは、行政文書の電子保存などに活用されつつある。

さらに、通信回線を用いて安全に医療情報の交換を行う技術の開発が新たな課題となり、そのための電子認証やセキュリティ通信の仕組みの開発を行った。その後、これらの活動に関連した企業を中心として、次世代 IC カードシステム研究会(会長:大山教授、現在は NPO 法人として活動)が設立され、IC カード関連技術の普及と情報化推進に向けた政策提言などの活動を行っている。平成 11 年には、住民基本台帳法が改正され、希望者に IC カードの配布が行われるようになり、また、この IC カードを用いて電子的な記名押印の役割を果たす公的個人認証サービスがスタートするなど、社会システムとして成果が生かされることになった。また、このセキュリティが強化された IC チップをパスポートに搭載し、現在その社会実験が行われている。

また、これらの成果を本学の情報化推進にも生かすべく、平成 9 年には保健管理センターの情報化、平成 10 年には当時の郵政省の実証実験プロジェクトとして、本学の学生証、職員証の IC カード化といった活動も進めている。学生・職員の利便性向上や業務の効率化を目的に、その後も継続して身分証明書 IC カードを用いた個人認証を基盤とした情報化を推進してきている。これらは平成 18 年度から稼働を開始する予定のキャンパス共通認証システムの導入につながっている。

他方、画像工学に関する研究開発も継続しており、平成 11 年に通信・放送機構(後の情報通信研究機構)による「ナチュラルビジョン」の研究開発(後述)プロジェクト(平成 18 年 3 月までの予定)を開始し、企業等との共同で次世代のカラー映像伝送・表示システムの研究開発を推進している。

大山氏は、平成 12 年からフロンティア創造共同研究センターに所属し、上記の活動に携わったが、平成 17 年に再び本施設専任となり、現在に至っている。

また、平成 14 年、情報理工学研究科計算工学専攻から、大岡山、すずかけ台、両キャンパスの人材交流の枠組みの中で、熊澤逸夫教授が転任し、現在に至っている。熊澤教授は、画像処理、パターン認識等、像情報の解析・認識技術の応用、ニ

ューラルネットワークを始めとする生体情報処理のモデル構築と像情報処理への応用に関する研究に従事すると共に、人と機械の間に介在し、ユビキタス情報社会の中で整備されたインターネットのインフラを誰でも容易に利用できるようにするための、ユーザインターフェイスの研究に注力しているところである。

2. 現在の研究活動

[大山・山口研究グループ]

(Web page: <http://www.isl.titech.ac.jp/~yamalab>)

1) 医用・生体イメージングの研究

● 医用画像再構成技術

X線CTやSingle Photon Emission CT (SPECT), Positron Emission Tomography (PET)は、体外で収集したデータから人体内部の情報を画像化する技術として、様々な診断に利用されている。本研究室では、疾病の早期発見や高精度な画像診断を可能にすることを目的とし、体内の構造や機能を画像として正確に収集する手法の研究を行っている。現在、放射線医学総合研究所等と共同で高感度・高解像度・高計数特性をもつ次世代PET装置(図1)を開発しており、そのうち解像度やノイズ特性などの面から総合的に評価するために必要となる新たな3次元PET画像再構成手法、画質の向上を目的としたデータ補正手法、リストモードデータを利用した4D(時間+空間)動態画像推定手法等を研究している。

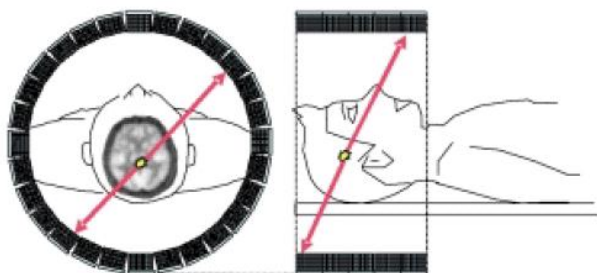


図1 次世代PET装置の構成

● デジタルカラー内視鏡診断

内視鏡診断によるがん等の早期発見や進行度の判定等に応用することを目的として、生体粘膜の形状、色、テクスチャ等の情報を定量値として得るための方法を研究している。また、得られた定量値と病変部の状態等の関係の解析を行っている。

2) スペクトルに基づく忠実な色再現技術の研究

● ナチュラルビジョン

我々の身近なカラー映像システムで再現される色は、実際の被写体とは異なった色になってしまう。従来のR,G,Bの3原色に基づく映像システムでは色の再現性に限界が生じていることから、3原色にとらわれず、光のスペクトルに基づく映像色再現技術「ナチュラルビジョン」の開発を行っている。スペクトル情報に基づいて画像を入力、伝送、表示、保存・分析することによって、忠実な色や質感等を再現するとともに、映像情報の活用を可能にする。本グループでは、(独)情報通信研究機構赤坂ナチュラルビジョンリサーチセンターと共同で、以下に示すテーマについて研究している。

(Web Page: <http://www-akasaka.nict.go.jp>)

● マルチスペクトル画像入力、処理

忠実な色再現などを目的として、スペクトル情報を利用したカラー画像再現システムの開発を行っている。このシステムでは、マルチスペクトルカメラを用いて被写体を撮影するとともに、撮影時の照明光やカメラの分光感度特性等を利用することで、①撮影したときの対象物の色をそのまま表示することや、②被写体を観察者の目の前に置いたときに見える色を再現することが可能になる。これまでに、静止画用マルチスペクトルカメラ(16バンド)、図2の動画用6バンドハイビジョンカメラなどを用いて、医療、文化遺産や

美術品のデジタルアーカイブ、カタログ印刷用商品撮影、アパレルや自動車などの電子商取引などにおいて、忠実な色再現が有効であることを実証した。また、色再現のためのマルチスペクトル画像の新しい圧縮手法の開発等も行っている。



図2 開発した6バンドHDTVカメラ

● 多原色表示

カラーのCRTや液晶ディスプレイ等では、RGBの3原色を混ぜ合わせて色を表現しているが、彩度の高い色など全ての色を表示することはできない。本研究では、RGBの3原色だけでなく、より多数の原色（多原色）を用いてカラー表示を行うことで、再現できる色の範囲（色域）が広い多原色ディスプレイの開発にも取り組んでいる。図3は、通常の液晶プロジェクタ2台に特殊なフィルタを装着して構築した6原色ディスプレイの色域を示している。また、この多原色標示技術を、スペクトルを再現するディスプレイにも応用している。

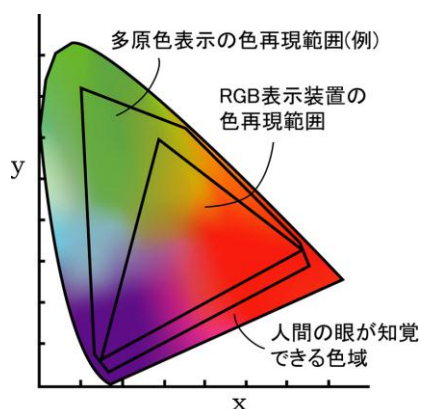


図3 3原色ディスプレイと多原色ディスプレイの色再現範囲の例

3) マルチスペクトル画像の医療応用の研究

● 皮膚科応用

皮膚科の診断において皮膚の色は極めて重要であり、色のわずかな違いをもとに、患部の広がりや良悪性の鑑別などが行われる。このため色の再現性に対する要求は非常に高い。近年の情報通信技術の発展に伴い、遠隔医療の普及により専門医のいない地域でより良質の医療サービスを受けられるようにすることが期待されているが、従来のデジタルカメラは実物の色を忠実に再現できていないため、微妙な色や形態に基づいて診断を行う皮膚科では、画像では患部の状態を忠実に伝えきれないと考えられている。

これに対して本研究では、マルチスペクトル画像技術により、通常のRGBの3原色よりも、色の情報を高精度かつ定量的に取得する。これによって、忠実な色の再現だけではなく、皮膚病変の分光的特徴に基づく病変部の状態の鑑別や面積などの定量化、類似症例の画像検索といった診断支援への応用も可能になる。現在、香川大学医学部と共同で、マルチスペクトルカメラを用いて皮膚病変部の撮影を行い、画像の色再現性や診断支援への応用などについて検討を行っている。

● 病理画像診断への応用

病理診断では、病変部から採取した組織を薄切し、色素によって染色された標本を顕微鏡で観察することによって診断を行う。他の各種の検査を行った後に病態を確定する確定診断として用いられる極めて重要な位置付けを持っている。近年、遠隔病理診断（テレパソロジー）や遠隔画像カンファレンス、画像解析技術に基づく診断支援などによって診断の質の向上を図ることも期待されている。ところが、画像の色が顕微鏡や撮影装置、染色の薬剤や精度管理などの影響を大きく受けてしまい、染色標本の色を客観的・定量的に扱えないことが問題となる。本研究では、マルチスペ

クトル画像技術を適用することで、忠実な色再現や定量的な色情報に基づく診断支援を実現することを目的として、ピッツバーグ大学及び東京医科大学と共同で実験を行っている。

顕微鏡に装着されたマルチスペクトルカメラで撮影された画像から染色色素の量を画素ごとに推定し、デジタル処理によって色素の濃さやバランスを調整する方法を開発した。また、マルチスペクトル撮影から得られた分光情報を用いて、ルーチン的に作成される HE 染色標本の画像から、「デジタルステイン」と呼ばれる技術を開発している。デジタルステインでは、例えば HE 染色標本の画像から、デジタル処理によって特殊染色と同等な画像を作り出す。[図 4]。このような技術は、病理診断プロセスの効率化や定量的な情報に基づく診断に貢献することが期待される。

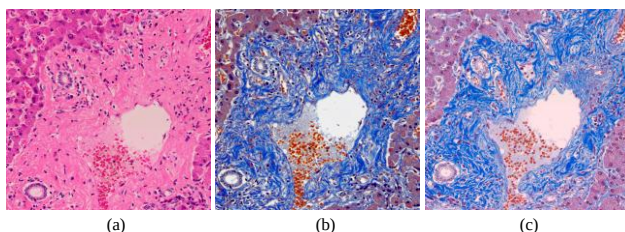


図 4 (a)HE 染色標本の画像、(b)HE 染色標本のマルチスペクトル画像から作成したデジタルステイン画像、(c) マッソントリクローム染色の画像

4) ホログラフィーを用いた 3-D プリンターの研究

コンピュータグラフィックスなど、デジタルの 3 次元画像は様々な分野で利用されつつある。また、映像によって物体を高いリアリティで再現するためにも 3 次元画像を用いる必要性が高まっている。そこで、光を波として記録・再生する技術であるホログラフィーを用いて、3 次元画像を立体像としてハードコピー出力する「ホログラフィック・3-D プリンター (Holoprinter)」の開発を行っている。図 5 に示すプロトタイプを試作し、また、3 色のレーザーを用いてカラーの立体像を記録するシステムを開発した。図 6 に作成したホ

ログラムの再生像を示す。これは、フルパララックス・ホログラフィック・ステレオグラムと呼ばれる方式で記録したものであり、水平・垂直方向に視点を動かして立体感を得ることができる。現在、色再現、画質の向上、光沢や質感の再現、高速化等の課題について研究を行っている。



図 5 ホログラフィック 3-D プリンターの試作機

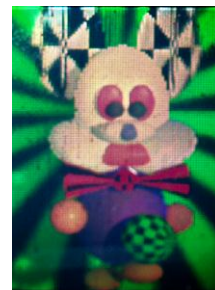


図 6 ホログラムの再生像

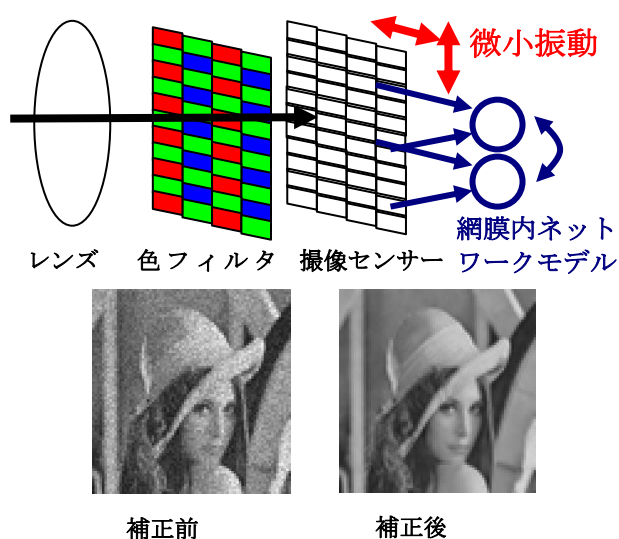
5) セキュアな情報通信システムの研究

CPU 付き IC カードは、クレジットカード、住民カード等に使われはじめ、ネットワーク上での個人認証のためのデバイスとして特に注目されています。本研究室では、本学の学生証・身分証明証の IC カード化等、IC カードを用いた電子身分証明や、多目的利用、電子認証等の研究開発を企業等と共同で行っています。また、この IC カードに使われている IC チップは、暗号鍵の安全管理や認証機能を持っており、これをネットワーク上で安全・安心な情報通信を実現するためのキーデバイスとして応用する研究を行っている。(次世代 IC カードシステム研究会の Web ページ : <http://www.nicss.gr.jp>)

[熊澤研究グループ]

1) 視細胞感度補正、エッジ検出の網膜情報処理モデルとその高精度・高機能画像センサーへの応用

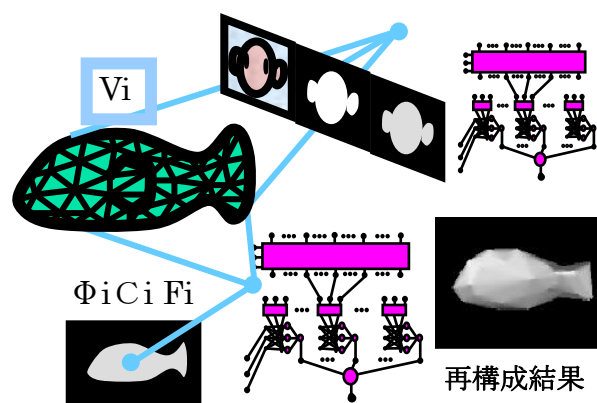
視細胞は形状も大きさもまちまちで疲労の度合も細胞ごとに異なり、光学特性と感度にばらつきがあるのに、人が一様な明るさの領域を一様な明るさに知覚できるのは不思議なことである。また視細胞の解像度に限界があるのに画像内の明暗部の境界（エッジ）を滑らかに連続した線分として知覚できるのも驚くべき能力である。本テーマでは、これらの能力を探索し、固視微動と網膜内のネットワークによって感度のばらつきを補正し、高精度にエッジを検出する情報処理モデルを構築し、このモデルにより高精度に色やエッジを計測する画像センサーを開発している。



2) ニューラルネットによる3次元形状自動モデリング

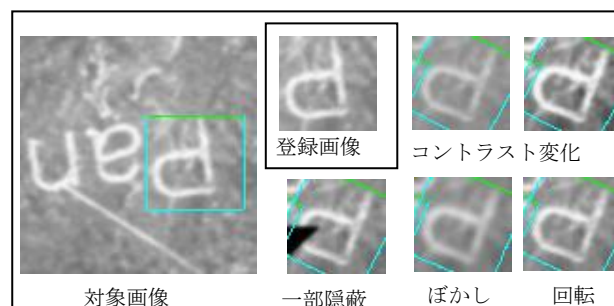
ニューラルネットの構造を工夫することにより、結線構造と結線重みによって3次元形状のポリゴンモデルを表わす方式を開発し、ニューラルネットの学習能力を活用して、多視点画像から3次

元形状のポリゴンモデルを自動構築する方式を開発している。またこのニューラルネットを利用して、3次元CADデータやレンジファインダ（距離計測器）から得られる3次元形状データから、その形状を効率良く表すポリゴンモデルを自動生成する方式を開発している。



3) 形状モデルを用いた画像中の目標物体自動探索方式

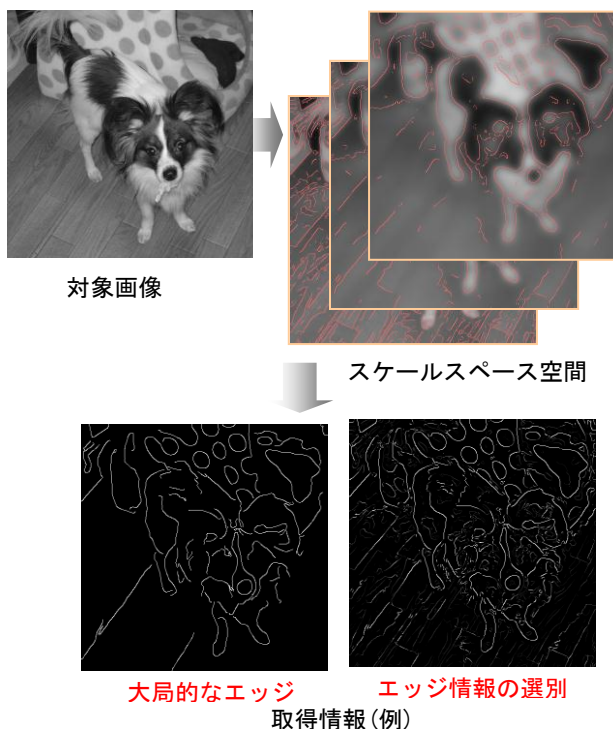
FAにおける生産ラインの自動化、画像計測による製品の自動診断、ロボットの視覚のために、映像中の目標物体を背景から分離して検出する手法、映像中の目標物体を高速探索する手法が求められている。こうした要求に応えるために本テーマではニューラルネットワークや各種形状モデルを使って画像中の目標物体を探索、抽出する方式について研究している。



4) 視知覚上重要な画像成分を優先して符号化する画像符号化方式

画像符号化において情報の損失によってもたらされる画像の誤差は人の視知覚上最も目立たな

い成分に対して発生することが望ましい。このため画像符号化の研究と視覚特性・視覚心理に関する研究は密接に関連しあっている。本研究では、画像内のエッジに視知覚上の重要性に応じて優先順位を付け、通信路容量の制限によってロスの発生が避けられない場合には、優先順位の低いエッジから切り捨てて行くことで、圧縮率を高めても画質が維持される画像符号化方式を開発している。

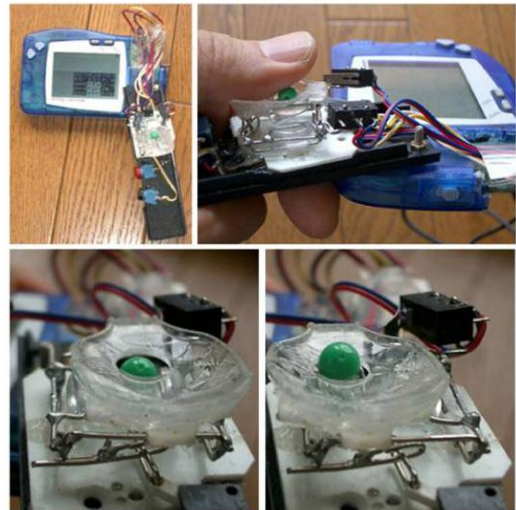


5) 触覚増強機構を備えたユーザインターフェイスによる機器の操作性向上

人は入力デバイス进行操作する際に視覚、聴覚、触覚を通じてフィードバックされる感覚情報に基づいて指運動を制御している。本テーマではこれらの感覚情報のうち、触覚情報を人工的な手段で強調することによって指の運動特性を向上し、携帯機器の小さな入力デバイスで多様な情報を明瞭に区別しながら高速に入力可能とするユーザインターフェイスを開発している。

図の試作例では、緑の突起が上下運動して指先を

刺激して、明瞭な凹凸感を作り出し、ユーザの操作をガイドする。ユーザは、この凹凸感の違いから指位置（入力する情報）を手元を見ずに識別して小さな装置で多様な情報を入力できる。



触覚増強機能を備えた入力装置試作例

6) ボトムアップ処理とトップダウン処理を融合した次世代画像認識手法

人は、画像情報を物理的には光の強度として検出した後、様々な感覚系・神経系の情報処理を経て、最終的には認知のレベルで事物の名前やその相互関係の理解に至り、合理的な行動へと反映している。その過程では物理的情報を認知レベルの情報へ変換するボトムアップ処理と認知レベルの情報に基づき物理レベルの処理を調整・フィルタリングするトップダウン処理が同時進行していることが知られている。本テーマではこの人の情報処理の仕組みをヒントとしてボトムアップ処理とトップダウン処理を融合した新しい画像処理・認識手法を開発している。

1. これまでの歩み

1) グループの設置

視覚研究グループは、昭和 49 年に、印写工学研究施設が像情報工学研究施設に改名された際、「像情報システム部門」に池田光男氏が着任したことに端を発し、以後、本研究施設および本学総合理工学研究科において活動を続けている。

2) 視覚研究グループの歩み

昭和 49 年 4 月に、池田光男氏(現 本学名誉教授)が専任教官として「像情報システム部門」の助教授(当時)として着任した。同時に近江政雄氏(現 金沢工業大学教授)が助手として加わり、視覚研究が開始された。その後、池田氏は昭和 51 年 2 月に本学総合理工学研究科物理情報工学専攻に移動したが、池田研究室においては、人間の視覚における色覚機構、パターン認識機構など主に低次視覚機構に関わり、わが国の視覚研究のさきがけとなる多くの革新的な研究が行われ、また多くの視覚研究者も排出した。

平成 6 年 6 月には内川恵二教授が本学総合理工学研究科より「情報認知部門」に着任、平成 11 年 2 月に「応用画像部門」に配置換となり、その後、平成 13 年 10 月に再び本学総合理工学研究科に移動した。その間、氏家弘裕氏(現 産業総合研究所)、栗木一郎氏(現 NTT)が助手として在籍した。こうした状況の中、カテゴリー色知覚、視覚的注意など高次視覚機構も含めた視覚研究が精力的に進められた。

平成 12 年 1 月に金子寛彦助教授が「応用画像部門」の助教授に着任し、空間知覚メカニズムを主なテーマとした視覚研究が進められ、現在に至っている。

2. 金子研究室の研究概要

1) はじめに

金子研究室では、視覚系を中心とした、人間の空間認識メカニズムの解明を目標としている。具体的には、心理物理学的手法および直接的な生体計測による実験データに基づき、定量的なモデルの構築を目指す。さらに、こうした知見から、立体ディスプレイやバーチャル・リアリティシステムに代表される、3次元情報呈示システムにおける、より自然な表示方法の研究開発に貢献することを目指す。

2) 人間の空間認識メカニズム

外界の光は、眼の水晶体を通して、網膜上に網膜像として投影される。人間の視覚系は、ここを端緒として、脳内の高度かつ複雑な情報処理へと続いていく。人間は色や形、文字や他人の顔などを視覚的に認識するが、これらは全てこの網膜像によってもたらされるものである。

網膜像情報は2次元的な情報であるが、実空間は3次元空間である。したがって、人間の視覚系は、様々な手がかりを用いて、網膜情報を3次元的な空間情報に展開していると推定される。具体的には、左右の眼に入ってくる網膜像のずれ(両眼視差)、物体の影のつきかた(陰影)、遠近法的な情報(パースペクティブ)、両眼の角度(輻輳)などがこの手がかりとして考えられている。

こうした視覚の手がかりの情報処理過程は、人間の空間認識メカニズムの研究にとって、重要な役割を果たすものとして、その解明が期待されている。

また、視覚情報は、他の感覚情報と統合される。以下に示されるような感覚情報は、視覚情報と連携し、空間認識に用いられていると考えられているが、未解明の部分も多い。

深部感覚は、筋肉や腱などに由来し、身体の各部分の位置を示すものである。人間は、眼や頭の方角情報と視覚情報の統合により、現在の視対象の実空間における方向を決定したり、物体が手や足に当たったときの距離感と、その物体の見えによる距離感を統合して、空間認識をより確かなものにしたりしていると考えられる。

平衡感覚は、耳の奥にある前庭器官と三半規管に由来し、身体のバランスを保ったり、身体全体の動きを知覚したりするのに利用される。これらの働きも、視覚情報と互いに影響を与え合いながら達成されているものと考えられている。

3) 研究のアプローチ

人間の感覚および知覚は、通常の物理現象と異なり、その特性を直接測定することは不可能である。そのため、間接的な測定に頼らざるをえないが、科学的議論に耐えうるような、正確かつ客観的なデータを得るため、高度に体系化された以下のような実験手法が確立されている。

心理物理学的手法は、人間を1つの入出力系ととらえ、さまざまな感覚情報を人間(被験者)に与え(刺激呈示)、その知覚的応答を測定・記録し、双方の関係を明らかにするものである。

生体計測手法は、刺激が呈示されたときの、被験者の生体的反応(重心動揺や眼球運動など)を直接測定することである。これらの生体的反応が、人間の知覚そのものを反映していると考えられる場合と、知覚と別システムのシステムととらえ、両者の相違点を調べる場合がある。

これらの実験手法は、絶えずその妥当性が検討され、今日も地道な改良が続けられている。このような手法によって得られた知見をもとに、人間の空間認識メカニズムを明らかにする。

3. 両眼視差による奥行き知覚メカニズム

1) 概要

人間の左右2つの眼は空間的に離れて位置している。このため、左右眼の網膜に映る像はわずかに異なる(図1)。この左右眼像の違いを両眼網膜像差もしくは両眼視差という。左右眼と視対象の位置から幾何学的に一意に定まるこの手がかりは、3次元空間を知覚するうえで、非常に重要な役割を果たしている。

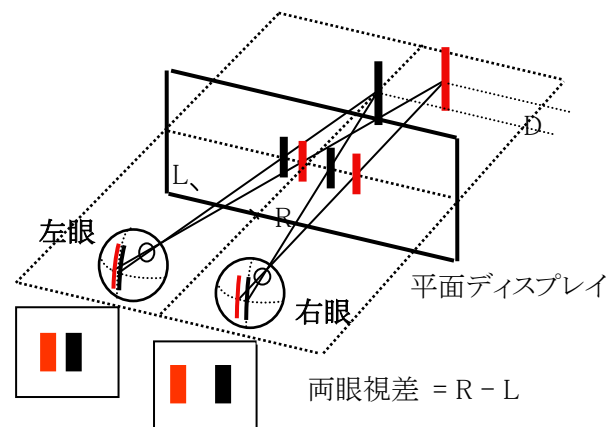


図1 奥行きのある対象と水平両眼視差

2) 垂直視差処理機構

水平両眼視差が奥行き知覚に寄与することは広く知られているが、垂直方向の両眼視差も空間知覚に寄与することが近年明らかになった。そして、その垂直視差は、2次的に特定の分布を持つ場合にのみ、空間知覚に影響する。その特定の分布の1つとして、垂直大きさ視差(vertical size-disparity)が知られている(Ogle, 1938; Kaneko and Howard, 1996)。垂直大きさ視差とは、左右の網膜像の一方が、もう一方に対して垂直方向に圧縮または拡大している視差パターンであり(図2上)、一様な垂直大きさ視差を持つ刺

激(図 2 右上)を観察した場合、鉛直軸回りに傾いた面が知覚される(図 2 右下)。この現象では、水平視差からの奥行き知覚のように単純な幾何学的対応はみられない。すなわち、上記の場合に知覚される正中面内の鉛直軸回りに傾いた面からは、一様な垂直大きさ視差パターンは生じない。

垂直視差処理の性質は、水平視差のそれとは大きく異なる。水平視差は基本的に局所的に処理されるのに対し、垂直視差は基本的に広域的に処理される。垂直視差の空間的広域処理を示す1つの例は、一様な垂直大きさ視差、垂直剪断視差を持つ点の一群と、視差ゼロの点の一群が混ざった刺激から、中間の傾きを持つ一枚の面が知覚されるという現象である(Kaneko and Howard, 1996)。水平視差を用いて同様な刺激を作った場合は、それぞれの群からなる二枚の面が明確に分離して知覚される。

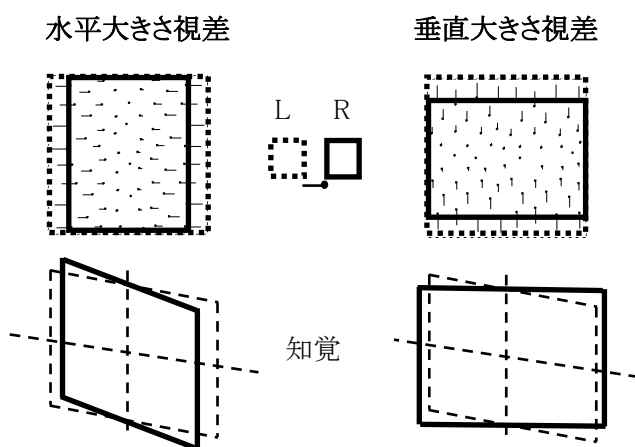


図 2 水平・垂直大きさ視差と知覚される面の傾き

さらに、時間特性についても、垂直視差は水平視差と異なる処理過程を示す。垂直視差は約 500ms の時間範囲で統合処理されるが、水平視差はそのような時間統合処理機構の存在は確認されない。垂直視差の時間統合処理を示す1つの例は、刺激の垂直大きさ視差が高周波(5~10Hz 以上)で時間変化するとき、観察者は呈示された視差の平均値に対応した傾きを知覚するという現象である(K.Fukuda, H.Kaneko and Matsumiya, 2003)。一方、水平視差の

場合は、高周波の視差変化からもそれに対応した傾き変化が知覚される。

これらの垂直視差の処理特性は、空間知覚における垂直視差の働きが水平視差とは異なることを示唆している。

なぜ垂直大きさ視差パターンから面の傾きが知覚されるのであろうか?この理由として、垂直大きさ視差が対象の視方向の情報を含むため、それによって水平視差による面の傾きを補正する、という理論が提案されている(Gillam and Lawergren, 1983)。この考えは、理論的に妥当であり、垂直大きさ視差が時間的、空間的に広範囲で統合処理されるという性質にも合致する。ただし、現実にはあり得ない垂直大きさ視差からも奥行き感が得られることから、垂直大きさ視差の処理は、機能的には対象の距離と方向による水平視差への影響を補正するために役立つが、機構的には距離と方向の計算という直接的な形ではないアルゴリズムを用いていることも示唆されている(Kaneko and Howard, 1997)。

3) 両眼対応点とホロプター

両眼視差と空間知覚の関係を考えるうえで、左右眼の網膜上の対応点と、その対応点に像を作る対象位置の集合であるホロプター概念は重要である。それらは、幾何学的、心理物理学的に定義することができる。

両眼で一点(F)を注視した場合、注視点と両眼の節点を通る円(図3点線)上の全ての点は、左右の眼からみた注視点とのなす角度が幾何学的に等しくなり、左右の網膜上で幾何学的に対応した点に像を作る(図3両眼網膜上の白点)。このため、この円は幾何学的ホロプターである。また、注視点を通る垂直線分(図3点線)も、その上の点が左右網膜上で幾何学的に対応した点に像を作るため、幾何学的ホロプターとなる(Tyler, 1991)。

心理物理的対応点は、左右眼の像が「知覚的に同一方向」という判断基準に基づいて定義される。この判断基準に基づいて測定される網膜上の対応点の分布は、水平軸上においては網膜上の左右で非対

称であり(図 3 左眼網膜上の白点と右眼網膜上の黒点)、垂直軸に沿っては横方向にずれておりその量が徐々に変化する(図 3 左右網膜上の実線)。このため、心理物理的対応点に像を作る空間中の点の集合、すなわち心理物理的ホロプターは、水平面上では幾何学的ホロプターの外側の曲線となり、正中面上では上方が遠方に傾いた線分となる(図 3 実線)(Tyler, 1991; Nakayama, 1977)。

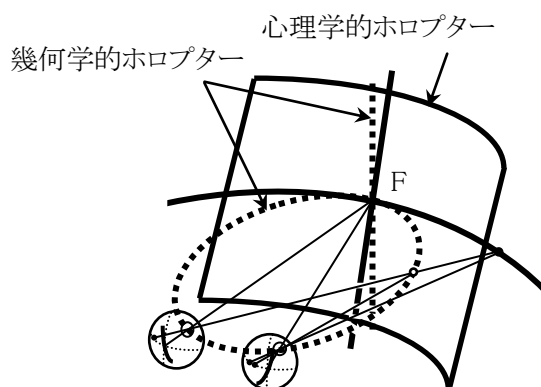


図3 幾何学的ホロプターと心理物理的ホロプター

幾何学的ホロプターは、注視点と両眼の節点を通る円と注視点を通る垂直線分以外には存在しないが、心理物理的ホロプターは、図の実線外側が手前に湾曲し上方が遠方に傾いた形状の面となることが推定されている(Grove, Kaneko and Ono, 2001)。心理物理的に両眼視差ゼロすなわち両眼視差検出の基準となる面がこのような形状となったのは、視覚系が我々を取り巻く空間的な環境に適応した結果であると考えられている。つまり、人間が通常生活する空間において興味ある視覚対象が多い位置、すなわち、視線に対して傾いている地表面を、両眼視差ゼロの面に対応させることにより、視覚系は両眼視差処理を効率的におこなっていると考えられる(Tyler, 1991)。このため、このような形状を持つディスプレイが実現されれば、そこに呈示される像は、全てが単一に知覚され、そのため効率的に情報が取得される可能性が考えられる(Grove, Kaneko and Ono, 2001)。

4) 単眼視野と両眼視野の奥行き知

覚の連続性

一見、視野は一樣に思えるが、視野中央の両眼で見ている領域と、その周囲の単眼のみで見ている領域がある。単眼視野では、両眼視差情報を用いることができないので、単眼と両眼の視野の境界において、奥行き情報には大きなギャップがある。しかし、この情報のギャップは日常意識されることはない。したがって、視覚系はどのようにしてこのギャップを埋め合わせているのかを調べる実験を行った。

ランダムドットステレオグラム(RDS)を大画面スクリーンに表示することにより、両眼視差情報のみで、両眼視野から単眼視野にかけての視野広域にカーテンのような sin 波状の奥行きパターンを、被験者に呈示した。

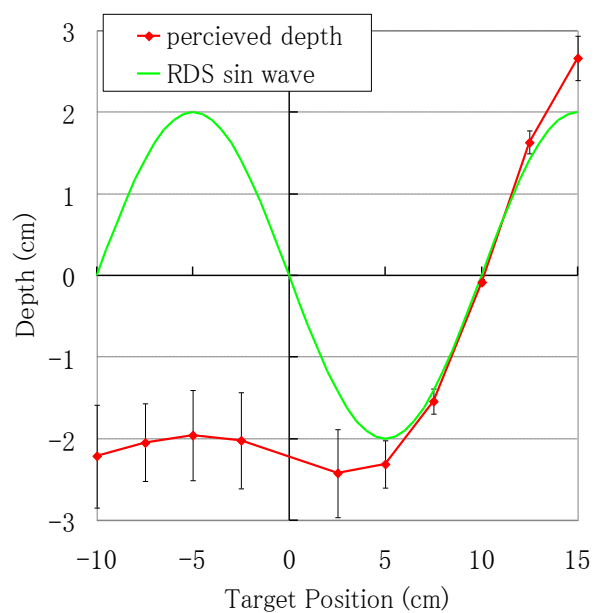


図 4 単眼両眼視野境界付近で知覚された奥行き
横軸は単眼両眼視野境界からの位置(正の領域が両眼視野、負の領域が単眼視野)、縦軸はスクリーンに対する奥行き(正の方向が奥)である。

両眼視差情報のみで奥行き面を示せば、両眼視差を用いることができない単眼視野においては特定の奥行き面を知覚することはできないはずである。したがって、両眼視野との境界で、何らかのギャップが知覚される可能性がある。また、もしギャップが知覚されないのであれば、ギャップを隠すような視覚系のメカニズムがあると考えられる。

実験の結果から、被験者は視野の境界を知覚することではなく、両眼視野から単眼視野にかけて、連続的な滑らかな面を知覚していたことが示された(図 4) (藤井、金子、2005)。これより、視覚系は見えるはずのない奥行き面を知覚していたことになる。

(福田一帆、藤井芳孝、小澤将次)

4. 視覚と前庭・体性感覚との相互作用

1) 概要

視覚情報は、他の感覚情報と統合される。たとえば、人間は、眼や頭の方向情報と視覚情報の統合によって、実空間における視対象の方向・距離感覚を決定し、より確実に空間認識をおこなっていると推定されている。また、平衡感覚情報と視覚情報の統合により、身体全体の動きの知覚や身体のバランスの維持をおこなっていると考えられる。

2) 行動時の視覚的大きさ判断

生物にとって、3次元空間内で自己の行動が達成できるか否かは、非常に重要である。さらに、人間は、自己の行動を達成するために、さまざまな大きさ判断をおこなっている。では、いったいどのような基準を用いて、行動時における大きさ判断をおこなっているのだろうか。1つの可能性として、行動時における大きさ判断に、身体的特徴に依存した基準を用いていると考えられる。本研究では、この可能性を心理物理的手法によって検討することを目的とした。

行動時における大きさ判断に、身体的特徴に依存し

た基準を用いているのであれば、図5に示すような傾きの異なる2種類の隙間を呈示し、その間を手の平を下にした状態のコブシを通すことが出来るか出来ないかの判断のみをおこなわせた場合(手条件)、判断の結果は手の可動範囲に依存すると考えられる。すなわち、判断をおこなう手が右手だと、左方向には曲げることは身体構造的に容易なので、正中面より 45° 傾いた隙間(図5左)に対して通りやすく、右方向には曲げることは身体的に難しいので、正中面より -45° 傾いた隙間(図5中央)に対しては通りにくいと判断する結果が予想される。一方、図5右のように、行動を伴わない大きさ判断(物と隙間との大きさ比較:物体条件)では、身体的特徴に依存しない、すなわち隙間の方向に依存しない結果が得られると考えられる。

実際に実験をおこなった結果、手条件では、同じ傾きの刺激に対し右手で行動することを意識するか、左手で行動することを意識するかで、判断の傾向が異なった。しかし、物体条件では、判断の傾向に違いはみられなかった。このことより、行動を意識する大きさ判断は、刺激の傾きに依存する、すなわち身体的特徴に依存する基準を用いていることが示唆された(羽原、安藤、金子、2005)。

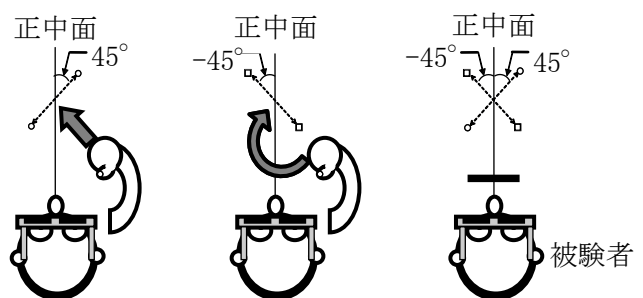


図5 刺激呈示の概念図

3) 自己運動知覚における異種感覚

統合

運動する視覚刺激を連続的に観察すると、自己運動感覚が生じる。本研究では、自己運動感覚の生成に

において、視覚情報および身体の傾きの情報が、どのように利用されているのかを明らかにすることを目的としている。

実験では、視覚刺激によって生起させた自己運動の潜時および方向が、実際に身体を傾けたときに、どのように変化するかを調べた。被験者の身体は、roll 方向に傾けられた。

図6は、身体の傾きごとの身体軸に対する視覚刺激の運動方向の変化による自己運動方向を示している。自己運動方向は、身体の傾きに関わらず身体軸に対して一定の傾向を示し、自己運動の方向知覚においては重力の影響はみられなかった。これに対して、潜時は、身体軸に依存した傾向に加えて重力軸に依存した傾向もみられた。

これらの結果は、自己運動感覚の生成に、重力情報が影響していることを示唆する。

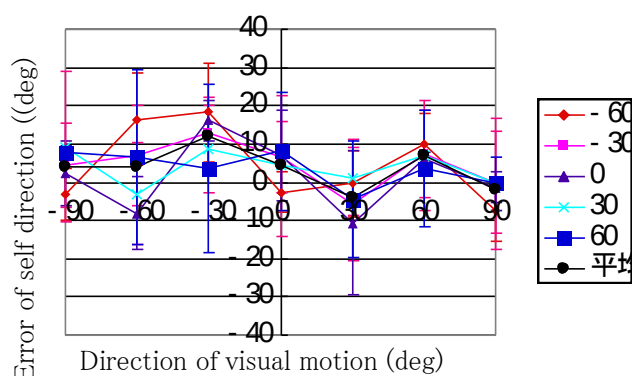


図6 視覚刺激の運動方向と自己運動の方向の関係

4) 視覚刺激の姿勢制御への影響について

人間は、まっすぐ立つために視覚、前庭および体性感覚を用いている。しかし、視覚刺激を傾けると、他の感覚が重力情報を正確に示していても、身体が傾いてしまう。このことから、視覚刺激の重要性が示されている。この視覚刺激を傾けると身体が傾くという現象は、視覚刺激の傾きを、刺激そのものではなく自己の身体が傾いたためと知覚し、その傾いた身体を正

立させようとした結果だと解釈されてきた。だが、運動刺激を呈示した際に、自分が運動していると知覚するよりも早く、重心が移動し始めることが示されており、この解釈には疑問がもたれる。本研究では、視覚刺激を傾けると、実際に刺激および身体の傾きの誤知覚がおこなわれ、その結果として重心が移動しているのかを調べた。

実験では、広視野で自然画像を、静止(正立)で一回転(時計回りもしくは反時計回り)→静止(刺激が傾いた状態)という順序で被験者に呈示した。このとき、刺激である自然画像と自己の身体の主観的な傾き(刺激回転終了直後と 10sec 後)と刺激呈示中の被験者の重心位置を測定した。

実験の結果より、刺激の傾きは知覚できても、重心位置は刺激と同方向に移動することが示された。また、自己の身体の主観的傾きは被験者により回答が異なっていた(Tsuruhara and Kaneko, 2004)。したがって、刺激を傾けたときの重心の移動は、誤った知覚の結果ではなく、姿勢制御が知覚とは独立に視覚刺激に影響を受けた結果であるといえる。

5) 視覚的方向知覚と頭部位置信号

人間が視覚的に物体の位置を知覚するためには、網膜に由来する情報に加えて、“現在、自分がどこを見ているか”ということを示す情報が必要となる。この情報は、眼球および頭部の位置(方向)によって定められ、非網膜的な感覚器に由来すると推定される。本研究では、このうち、頭部位置信号に着目し、これがどのような感覚情報に基づくものであるかを明らかにすることを目的としている。そのため、視覚刺激の示す方向への、自発的な頭部運動の確度の特性を調べた。

実験では、暗室中で頭部運動の目標となる視覚刺激が呈示され、被験者はそれを目標に、自発的に頭部運動をおこなった。そして、視覚刺激の物理的位置と、頭部運動の到達位置を比較し、頭部運動の確度を調べた。ここで、刺激の呈示時間および頭部運動自体の速度をパラメーターとしたときの、確度の変化を明らかにした。

この結果、頭部は実際の刺激位置までは到達しておらず、主観的な頭部位置は物理的な位置よりも過大評価されていることが確認された。そして、この過大評価の量は、頭部運動したいの速度よりも、視覚刺激の呈示時間に大きく影響を受けていた(山口、金子、2005)。このことから、頭部位置信号には視覚情報と体性感覚情報が大きく関与しており、前庭感覚情報の関与は小さいことが示唆された。

(鶴原亜紀、山口大志、羽原啓史、根岸一平、加藤洋平、安藤広志)

5. 視対象の運動の予測と適応行動

1) 概要

運動する対象が存在する実世界において適応的に行動するためには、(a) 対象の運動を予測し、(b) 自己の運動と比較して適切な判断をくださなければならない。本研究においては、視覚に基づいて対象の運動を予測するメカニズムの解明をおこない、また、運動対象に対する適応行動の1つとして自動車運転時の交差点右折に着目し、その判断メカニズムの解明をおこなっている。

2) 視対象の運動の予測

実世界における多様な運動の予測を念頭に、到達時間予測における加速度の影響を検討した。到達時間予測とは対象が目標とする位置に達する時間を予測する課題である。被験者は運動する対象を観察、対象が不可視となった後、対象の運動を予測し、対象が目標とする位置に到達したと判断したら応答する(図7)。これまでのところ、加速度を正確に反映した予測はおこなわないこと、平均速度による近似的な予測をおこなうことを明らかにした(漆畑、金子、松宮、

2004; 漆畑、金子、2004; 漆畑、金子、2005)。なお、視対象の運動の予測においては位置の予測も重要であり、現在、検討中である。

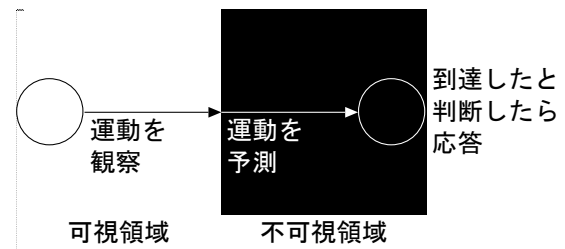


図7 到達時間予測課題

3) 自動車運転時の交差点右折

右折判断の中核をなす対向車間の間隔受け入れ判断(gap acceptance)に関して、対向車の速度が及ぼす影響を検討し、二段階モデルを提案した(鈴木、金子、2005a、b)。対向車の速度が増加すると間隔受け入れ判断の閾値は時間的に減少、空間的には増加したが、対向車の速度の増加に対しては不十分であった。なお、空間的な増加は対向車の速度が高速の条件において飽和した。対向車の速度の影響を説明するため、運転者の判断に3つの仮定を置いたモデルを提案した(図8)。仮定 1: 対向車間の間隔 S_{gap} が閾値 S_{max} よりも大きければ受け入れる。仮定 2: S_{gap} が閾値 S_{min} よりも小さければ受け入れない。仮定 3: S_{gap} が S_{max} よりも小さく S_{min} よりも大きい場合、対向車が S_{min} に進入する時間 T_{enter} が閾値 T_{min} よりも大きければ受け入れ、小さければ受け入れない。

(鈴木雅洋、漆畑健司)

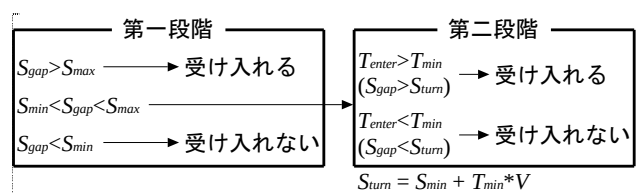


図8 二段階モデル

6. 学習による奥行き知覚変化

1) 概要

空間の奥行きや物体の空間形状を知覚するとき、人間の視覚系は、さまざまな手がかり(例:両眼視差、遠近法、テクスチャ、陰影)を用いている。本研究では、知覚学習実験をとおして、空間知覚に過去の経験が及ぼす影響や、対応付けがなされる視覚的特徴と空間知覚の関係を検証し、人間の視覚系における空間知覚とその成立過程を明らかにすることを目的としている。

2) 経験が陰影による知覚空間形状に与える影響

陰影による空間形状復元は、数学的には不良設定問題であるが、人間は陰影から特定の空間形状を知覚している。本実験では、陰影と知覚空間形状との対応関係が経験により得られた可能性を、知覚学習実験により検証した。

実験の視覚刺激は、図9下の空間形状を様々な方向から照明した陰影を模擬した物を用いた(例:図9上)。実験の流れは、学習ブロックで被験者は両眼で視覚刺激を繰返し観察し(両眼視差により図9下の空間形状が示された)知覚空間形状を応答、その前後のテストブロックでは単眼で同様のタスクをおこなった。

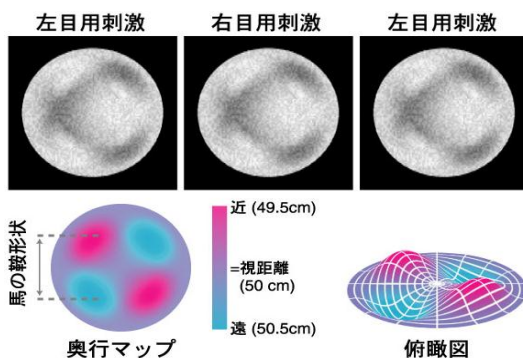


図9 視覚刺激の一例(上)および模擬された空間形状(下)

学習ブロックで両眼視差により図9下の空間形状を知覚した被験者から、学習ブロック後のテストブロックで、学習前には見られなかった図9下の空間形状知覚の応答が得られた。この結果は、陰影と知覚される空間形状の対応関係は、経験により得られる可能性を示している(Sawada and Kaneko, 2005)。

3) 空間認識手がかりの統合

視覚系は、様々な手がかり、例えば両眼視差、運動視差、陰影、テクスチャ、輻輳などから得られる空間構造に関する個別の情報を統合して、最終的な空間知覚を得ていると考えられている。その手がかり統合の方略として、式(1)の様に各手がかりから得られる情報の重み付け平均として統合されるという機構が提案されている。

$$S = w_d S_d + w_t S_t \quad (1)$$

(S:傾き、w:重み、d:両眼視差、t:テクスチャ)

ここで、それぞれの手がかりの重み w がどのように決定されるかは、重要な問題となる。そこで、テクスチャ情報と両眼視差情報の相対的な重みを多くの被験者について調べた。さらに、経験によりテクスチャ情報と両眼視差情報の重みが、どのように変化するかを学習実験により検証した。

相対的な重みの測定実験では、テクスチャと両眼視差の示す平面の傾きの差を一定に保ったまま、その傾きを変化させたときに、平面が知覚的に前額平行面になる点を測定し、そのときの 2 つの手がかりと知覚された傾きを式(1)に代入することで、それぞれの手がかりの重みを求めた。また、学習実験では、一方の情報のみが有効な学習期間を設け、その前後でそれらの手がかりの相対的な重みを調べた。これを1日1回、7日間にわたっておこなった。

相対的な重みの測定では、刺激の呈示距離によって重みが変わることと、重みには大きな個人差があることが明らかになった(図10 図中のシンボルの違いは被験者の違いを示す)。また、両眼視差の重みと近視度合いの指標である調節遠点との間に相関がみられた(図11)。これは、近視の度合いが高いほど空間知覚において両眼視差の寄与度が高いことを

示している。学習実験では、7 日間のテクスチャ情報学習期間で徐々にテクスチャ情報の重みが増加し(図12)、その一方、各日のテクスチャ情報学習直後にはテクスチャ情報の重みが一時的に減少する傾向もあった(坂野、金子、松宮 2004)。

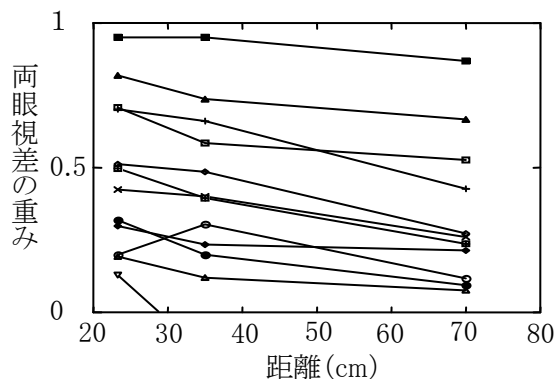


図10 刺激距離の関数で表した各個人の両眼視差の重み

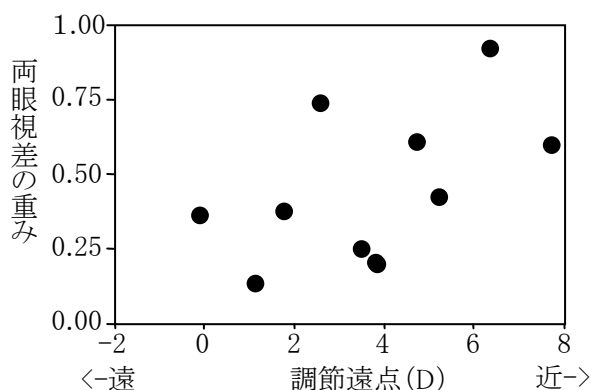


図11 調節遠点と両眼視差の重みの相関

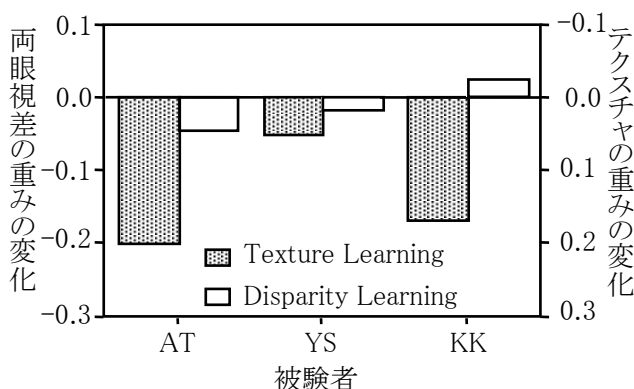


図12 各被験者、各学習での重み変化
学習6、7日目と1、2日目の差

これらの結果は、奥行き手がかりの重みはその手がかりの長期的な利用により正の影響を受けることと、短期的な利用により一時的に負の影響を受けることを示唆している。したがって、手がかり統合過程における各手がかりの重みは、それぞれの手がかりの信頼性に応じて決定され、その信頼性は、刺激条件、個々人の視覚機能や経験に基づいていると考えられる。すなわち、それぞれの手がかりの持つ情報が異なるため、刺激環境や個々人の特性および経験などに応じて、適した手がかりがより用いられるということになる。

(坂野雄一、澤田忠正、上村理絵、上田弘樹)

参考文献

- K.Fukuda, H.Kaneko, and K.Matsumiya: "Temporal integration of vertical-size disparity for slant perception", *Fall Vision Meeting Abstract Book*, p.24 (2003)
- B. Gillam and B. Lawergren: "The induced effect, vertical disparity and stereoscopic theory", *Perception and Psychophysics*, 34 pp.121-130 (1983)
- P.M.Grove, H.Kaneko and H.Ono: "The backward inclination of a surface defined by empirical corresponding points", *Perception*, 30, 4, pp.411-429 (2001)
- H.Kaneko and I.P.Howard: "Relative size disparities and the perception of surface slant", *Vision Research*, 36, pp.1919-1930 (1996)
- H.Kaneko and I.P.Howard: "Spatial limitation of vertical-size disparity processing", *Vision Research*, 37, pp.2871-2878 (1997)
- K.Nakayama: Geometrical and physiological aspects of depth perception, *Image Processing* (ed.) S. Benton, Proc. SPIE, 120, pp.1-8 (1977)
- K.N.Ogle: "Induced size effect. I: A new phenomenon in binocular vision associated with the relative sizes of the images in the two eyes", *AMA*

- Archives of Ophthalmology, 20, pp.604-623 (1938)
- T.Sawada and H.Kaneko: “Visual learning and the selection of perceived shape from shading”, *VSS 05 Abstracts*, p.240, T-872 (2005)
- A.Tsuruhara and H.Kaneko: “Effects of Large-Visual-Stimulus Tilt on Perception and Motor Control”, *Progress in biochemistry and biophysics, vol.31(Supplement)*, p.183 (2004)
- C.W.Tyler: The horopter and binocular fusion, *Binocular Vision* (ed.) D. Regan, CRC Press, Boca Raton, pp.19-37 (1991)
- 漆畑健司, 金子寛彦, 松宮一道: “運動物体の目標到達時間予測における異方性”, 日本視覚学会 2004 年夏季大会, *VISION*, 16, 3, p.196 (2004)
- 漆畑健司, 金子寛彦: “運動物体の運動予測における異方性”, *Optics Japan 2004 講演予稿集*, pp.414-415 (2004)
- 漆畑健司, 金子寛彦: “加速度運動物体の目標到達時間予測”, 日本視覚学会 2005 年夏季大会, *VISION*, 17, 3, p.227 (2005)
- 坂野雄一, 金子寛彦, 松宮一道: “両眼視差と遠近法情報の統合過程における視距離と過去の経験の影響”, *光学*, 33, pp. 110-121 (2004)
- 鈴木雅洋, 金子寛彦: “交差点右折時における運転者のギャップアクセプタンスに接近車の速度が及ぼす影響—複数車両事態における検討—”, *電子情報通信学会技術研究報告*, HCS2004-42 HIP2004-87 (2005a)
- 鈴木雅洋, 金子寛彦: “交差点右折時の間隔受け入れ判断に関する二段階モデル”, *VISION*, 17, pp. 255-258 (2005b)
- 鈴木雅洋, 金子寛彦: “右折時の間隔受け入れ判断に対向車の速度が及ぼす影響と二段階モデル”, *自動車技術会論文集* 印刷中
- 羽原啓史, 安藤広志, 金子寛彦: “行動を意識する大きさ判断と行動を意識しない大きさ判断”, 日本視覚学会 2005 年夏季大会, *VISION*, 17, 3, p.227 (2005)
- 藤井芳孝, 金子寛彦: “両眼視野の両眼視差手がかりが単眼視野の奥行き知覚に与える影響”, 日本視覚学会 2005 年夏季大会, *VISION*, 17, 3, p.214 (2005)
- 山口大志, 金子寛彦: “視覚刺激へ向けた頭部運動の確度についての検討”, *ヒューマン情報処理研究会 講演予稿集*, pp.7-12 (2005)

知的システム部門

1. これまでの歩み

1) 部門の設置

平成元年、像情報工学研究施設の5番目の部門として、「情報認知部門」が新たに設置された。この部門は10年間の期限付きであったため、設置後10年を迎えた平成11年に、それまでの10年の研究成果を基に、さらなる研究の発展と時代の要請に応えるべく、より広範で先進的な研究を目指して「知的システム部門」として改組され、現在に至っている。なお、知的システム部門への改組の時点で10年の時限が外れている。

2) 研究グループの歩み

イメージングと情報・制御との融合によって「情報像」に関わる広範な研究を学際的に進めることを目的に、昭和49年に印写工学研究施設から像情報工学研究施設へと改組が行なわれた。この改革の第一段階として、昭和45年に、制御工学科の助手をされていた安居院猛氏（現名誉教授）が印写工学研究施設印写化工部門（改組後の情報記録部門）の助教授として招かれた。そして、49年の像情報工学研究施設への改組の後、昭和54年に「応用画像部門」が4番目の部門として新設されると、当時、情報記録部門の助教授であった安居院 猛氏が、応用画像部門の教授に昇任された。それまでの銀塩写真技術や複写技術とは異なった、画像をデジタル情報として処理する計算機画像処理の分野を開拓することが最も重要な課題であった。昭和46年から、清弘智昭氏（現山梨大学教授）が、山梨大学へ転出されるまでの3年間、助手として加わった。この時期は静電型および高圧型インクジェットの飛翔解析の研究や音声認識、画像処理の研究を0からスタートさせた時期であった。実験装置は何もなく、インクジェットの飛翔を観測するた

めの高速度撮影装置、音声の入力装置や高速フーリエ変換装置、画像の入出力装置など、すべてを手作りすることから始まった。その後、昭和49年に印写工学研究施設は、像情報工学研究施設と名称変更するとともに、昭和50年にはすずかけ台キャンパス（当時の長津田キャンパス）に第一陣として移転した。総合理工学研究科、物理情報工学専攻の協力講座として大学院教育に携わることによって、それまでは企業からの研究生を中心とした研究体制が、大学院の学生を主体とする研究体制へと移行した。このころが、安居院助教授を中心とする画像処理グループの転機の時期でもあった。研究室の移転と同じ昭和50年に、中嶋正之氏（現 情報理工計算工学専攻教授）が博士課程の学生から助手に就任された。大学院学生の実験室所属と中嶋氏の助手就任を機に、ものづくりを中心としたそれまでのハードウェア重視の研究から、計算機によるシミュレーションを中心としたソフトウェア重視の研究体制へと変わっていく。この当時は、コンピュータ自体が非常に高価であり、研究室で保有することは困難な時代であった。そのような中で、研究室に計算機が設置されたのは昭和51年であった。計算機による画像処理や文字認識の研究に関しては、研究室所有の計算機と入出力装置が、昼夜を問わずフルに稼働した。その結果として多くの研究成果が公表された。中でもコンピュータアニメーションの研究では、他の多くの研究機関に先駆けて、アニメーション作成における計算機利用の可能性と有用性・重要性が安居院研究グループによって明らかにされた。当時の計算機環境としては、国産のミニコンピュータであった OKITAC4300b（主記憶64キロワード）、テレタイプと紙テープによるプログラムの実行、出力というものであった。従って、計算機室は、常にテレタイプのハンマー音と紙テープの穿孔音で会話もできないような状況であった。しかし、このような環境を改善しようと、当時の研究室のメンバーは、

必要なインターフェースとソフトウェアをまったく独力で作り上げ、紙テープを磁気カセットテープ装置に、テレタイプをCRT表示装置にそれぞれ置き換えて飛躍的に処理効率をあげた。さらにプログラム開発環境(PL/1風プログラミング言語+OS)までも研究室専用のものを作り上げた。

昭和55年には、安居院猛氏が応用画像部門の教授に、昭和58年には中嶋正之氏が像情報解析部門の助教授に昇任されたが、引き続き画像処理研究グループとして一体となって研究を遂行した。

昭和60年には、博士課程の学生であった長尾智晴氏(現 横浜国立大学教授)が助手として加わり、その後、継続的に画像処理全般にわたる研究成果を出し続けた。昭和64年には、木見尻秀子氏(現 長秀子氏)が技官として加わった。このころは、文字だけではなく図面や地図の認識に関する研究、アニメーションセル画の自動彩色処理や折り紙のアニメーション作成、画像符号化処理など、次々と新しい分野の課題に対して研究を行っている。

平成元年、像情報の第5番目の部門として「情報認知部門」が新設されたのを機に、応用画像部門から安居院猛教授が「情報認知部門」に異動された。また、同年、山形大学から長橋宏助教授が同部門に加わった。像情報の他の4部門が総合理工学研究科の物理情報工学専攻の協力講座であったのに対し、情報認知部門だけは同研究科に新設された知能科学専攻(現知能システム科学専攻)の協力講座として大学院教育に参画した。「情報認知部門」では、人間の感覚器官とりわけ視覚による情報処理や、感性・感情の表現、知識の獲得などを主なテーマとして、遺伝的アルゴリズムやニューラルネットワークなどを利用した学習に基づく画像の認識や理解などの研究を進めた。そして、他の研究機関に先駆けて多くの研究成果を公表することで、これらの手法の有効性を明らかにした。平成5年に安居院教授および長橋助教授が物理情報工学専攻の基幹講座へ異動したため、内川恵二氏(現、総合理工学研究科物理情報システム専攻教授)が平成6年より教授に昇任された。また、平成7年より、長尾智晴氏が情報認知部門の助教授

に昇任し、それとともに遺伝的手法を核とする進化的計算手法を取り入れた新たな画像処理の研究分野を開拓した。一方、平成8年3月には、安居院 教授が総理工を定年退官されて、桐蔭学園横浜大学(現桐蔭横浜大学)へ移られた。

平成10年には、総理工の物理情報工学専攻の基幹講座から長橋助教授が像情報の応用部門教授に昇任した。さらに翌年、平成11年には情報認知部門の内川教授との配置換で、長橋教授が「情報認知部門」の担当となった。平成11年4月には、「情報認知部門」は10年の時限を経て新たな展開をすべく、「知的システム部門」として改組したうえで、長橋教授、長尾助教授の両名で同部門を担当した。平成12年には、長尾智晴助教授が横浜国立大学に転出する一方で、翌年の平成13年には九州大学から諸岡健一氏が助手として参加した。さらに、平成14年には、独立行政法人産業技術総合研究所の脳神経情報研究部門主任研究員であった長谷川修氏が助教授として迎えられ、現在の教員スタッフに至っている。長橋教授は、機械学習をベースとした画像の理解や画像計測に基づく3次元世界のモデリング、形状変形による自律的機能獲得などの研究を、長谷川助教授はパターン認識や視覚を含むマルチモーダルな実環境でのヒューマノイドロボットの自律的学習の分野などでの研究を進めている。

2. 長橋研究室の研究活動

はじめに長橋研究室の研究概要について述べる。現在、長橋研究室には、諸岡健一助手の他に、特別研究員1名、博士学生3名、修士学生9名、学部学生1名が所属し、各人がそれぞれの研究テーマを持って研究を進めている。長橋研究室で行われている研究の概要をまとめたものが図1である。この図にあるように、研究分野は3つの分野に分けられるが、どの分野も画像が主な対象となっており、必要な手法や知識も密接に関係する。3つの分野に共通するキーワードが“学習”であり、教師付き学習を始めとして、多くの種類の



図1 長橋研の研究概要図

学習によって画像の分割や理解、生成を行い、さらに、学習と画像計測によって3次元物体モデルとその動作機能を獲得する研究などを行っている。この中から、3次元モデリングに関する2, 3の研究内容を簡単に紹介する。

1) ステレオ視による顔形状復元

この研究は、計算機に蓄えてある人間の顔に関する知識と、対象人物の顔画像から抽出した情報を用いて、対象人物の顔の3次元モデルを生成することが目的である。人間と機械のインタラクションをより円滑に行うために、顔の表情や顔の向きなどの3次元情報を利用することが考えられる。このためには、機械が人間の表情変化や顔の動き等の情報を読み取らなければならない。しかし、通常の3次元計測装置で実時間の表情変化を

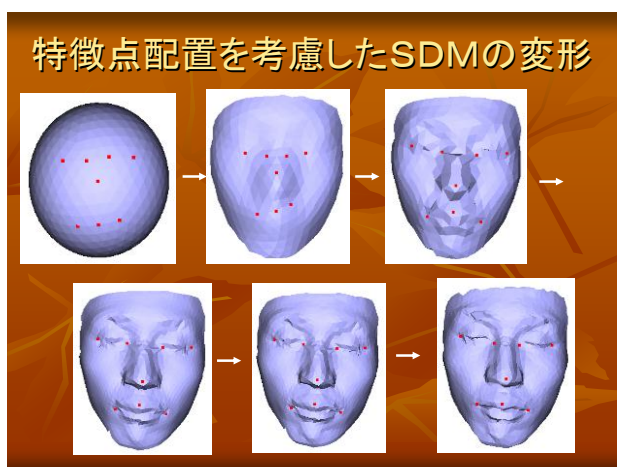


図2 3次元計測データからの顔メッシュモデル作成の例

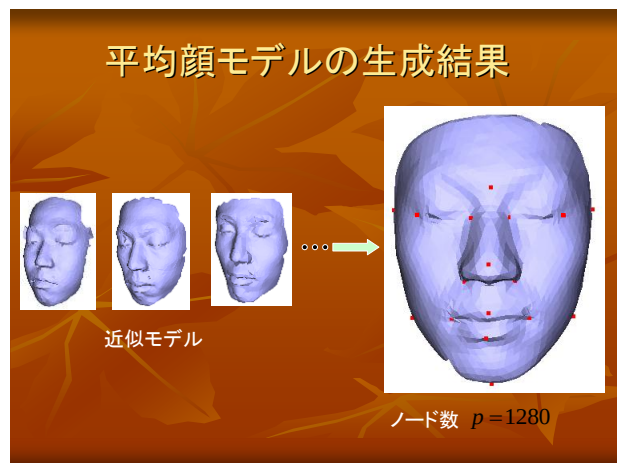


図3 平均顔の作成例

計測することは困難であり、より簡便な方法で3次元形状を得ることが必要となる。

この研究では、ステレオ視と平均顔モデルを用いて効率的に3次元顔モデルを得る。まず、ステレオ視によって得られた2枚の画像から複数の特徴点を抽出する。一方、予め人の顔をレンジファインダによって3次元計測し、その計測された複数人の顔データから3次元平均顔モデルを作成する。この3次元平均顔モデルの作成には、当研究室で考案したSDM (Self-organized Deformable Model; 自己組織化変形モデル) を用いている。このモデルでは、対応を取りたい顔の特徴点を予め指定すると、それぞれの特徴点データに対して計測される顔毎に同一頂点番号を持つ三角形メッシュモデルが自動的に生成される。その例を示したのが図2である。図2の初期SDMは、球を多数の三角形メッシュで近似したモデルであり、このSDMの各頂点が計測された顔の3次元データへ漸近的に近づくことで顔の3次元メッシュモデルが作成される。図中の赤で示される頂点が、ユーザによって指定された顔の特徴点にそれぞれ近づいていく。平均顔モデルを作成する際には、図3に示すように、SDMで得られた個々の顔モデルの指定された特徴点 (SDMでは対応するメッシュの頂点) が一致するようにモデルを変形した上で加え合わせられる。このようにして得られる3次元平均顔モデルと、ステレオ視によって得られる復元しようとする対象



図4 顔の形状復元の例

人物の顔の少数の特徴点から、MAP 推定(事後確率最大化)を用いて統計的に最適な対象人物の顔モデルが推定される。その結果を示したのが図4である。用いる特徴点の数が17点の場合、図に示した程度の形状が復元される。

2) 3次元モーフィング

前に述べた顔の近似モデル作成の例では、SDMとして球をメッシュで近似したモデルを用いていた。次の例では、逆に3次元物体のメッシュモデルそのものをSDMとする。そして、その物体モデルを、平面や球、円筒といった簡単な形状を持つ曲面(目標曲面)へ写像することを考える。顔の場合と同様に、目標曲面を多数の点の集合として表わす。このようにすると、SDMである各物体メッシュモデルはその連結関係を保存したまま目標曲面へ向かって変形を繰り返し、最終的に

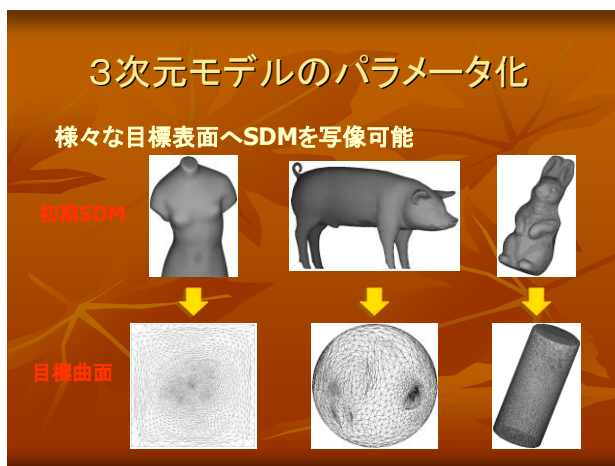


図5 3次元モデルのパラメータ化の例

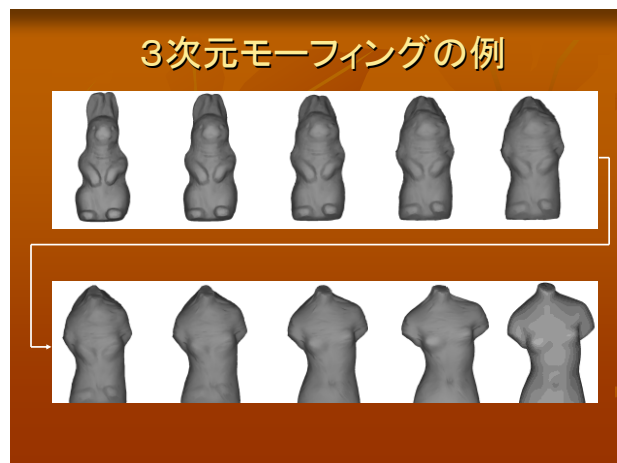


図6 3次元モーフィングの例

は図5に示すように、指定された目標曲面上に写像される(3次元モデルのパラメータ化)。異なる2つの3次元モデルを同一の目標曲面に写像、あるいは一方のモデルから他方のモデルへ直接写像することで、2つの物体メッシュモデル間の対応関係を定義することができる。この対応関係から、2つの物体モデルのモーフィング(morphing)が可能となる。その例を示したのが図6である。この図は、ウサギからビーナス像へ時間と共に形状変化していく例である。

3) かたちと機能の追及

仮想現実感表現の研究では、われわれが持っている感覚機能を有効に活用することで、できるだけ実体験に近い感覚を味わうことができるようにすることを目的とする。最近では、人間の触覚や力覚、嗅覚などの感覚機能を直接刺激することで実体験をさせる研究も盛んに行われてきている。このような状況の中にあっても、人間の視覚による体験は依然として重要であり、かつその割合も他の感覚器官に比べて圧倒的に多い。従って、視覚的により一層実体験に近い感覚を味わえるようにしていくことは極めて重要である。中でも、我々は仮想物体の形状の変形を見ることで、その物体の持つ様々な機能を体感している。この仮想体験をより自然なものとするためには、現実世界の物理モデルに近い仮想物体の形状変形を表現することが必要となる。

近年、計算機性能の向上に伴い、様々なコンテンツが計算機で処理されるようになった。中でも3次元コンテンツは、3次元形状モデリングの手法や各種の計測技術の飛躍的な改良によって、映画を始めとするエンターテインメントの分野や人間と機械とのコミュニケーションの分野で無くてはならないものとなっている。その一方で、重要な役割を担えば担うほど、3次元コンテンツそのものの品質向上と多様性が求められる。しかしながら、3次元コンテンツの中核となるべき動作や形状変形の表現に関しては、現在もその多くの部分が人手によって設計・制作・管理されている。例えば、3次元の人体モデル表現に関しては、3次元モデラによる形状設計、モーションキャプチャによる動き計測、動きに合わせた形状モデルの変形、と別々の工程で行われている。実際の動きの計測が困難な場合には、アニメータの想像と経験にもとづいて動きや動作が作り出されていることも多い。これらの問題への対処法の1つとして、さまざまな動きを計測・蓄積したデータベースを利用して新しい動きを合成する手法も研究され、その有効性が示されている。しかしながら、より自然な動作や形状の変形を表現しようとする、全体の動きを表現するだけではなく、細やかな部分の変化までを表現することが必要となる。さらに、人間とバーチャルヒューマンとのマルチモーダルな対話を想定すると、相手に対してリアルタイムに言葉や顔の表情表現による応答を返さなくてはならない。このとき、画一的な形状制御だけでは生体の自然な動きを十分に表現することは困難である。細やかな表現をさらに追求しようとするれば、モデルの細部に至る形状制御とモデル表現の高精細化が欠かせない。その結果、モデル作成工程は、より一層困難な作業となる。さらに、例えば人間の心臓は全体としてほぼ一定の周期で血液を押し出しているが、各細部は完全に同期して動いている訳ではない。また、個々人の心

電には個人差があり、ときは不整脈などが発生する。このような各個体に特有な形状の変化や自然な動作を表現するためには、異なる性質を持つ個々の形状モデル自身が、環境に応じて固有の動きを獲得できることが重要となる。同時に、全体が1つの動作をするのではなく、個々の部位が自由度を持ちながらも周囲の部位と協調して動作することができるような新しい概念に基づく『かたちと機能』を一体とした物体モデル表現法が必要となる。これらの状況を踏まえ、当研究室では、生物の細胞を意識したエージェント型の3次元物体形状プリミティブモデルを考え、複数のプリミティブモデルの複合体として全体の形状を表現する物体モデル表現法について研究を行っている。さらに、周囲の環境とその物体に与えられた目的に基づいて動作や機能を自律的に獲得していくことができる枠組みについても検討している。この枠組みによって、現在広く用いられている各種の3次元形状モデラが持つ、“作り上げる”という従来の概念に対して、“自らが成長していく”というまったく新しい概念に立ったモデル表現法が可能になると考えられる。この研究では、生物の概念を取り入れつつ、様々な学習法や最適化法、幾何モデル、さらには物理シミュレーション等を複合的に活用することで、自律的な機能の獲得を可能とする新しい概念に基づくモデル表現法およびその環境を達成することを目指している。

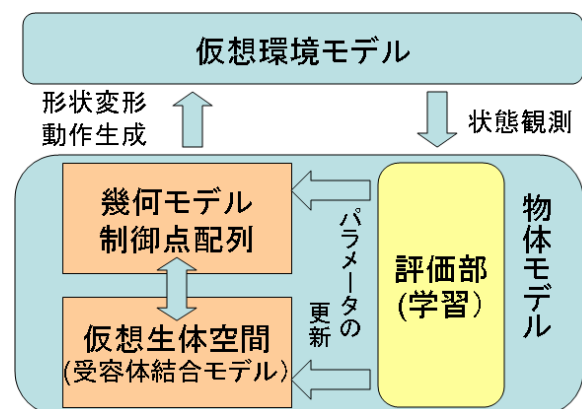


図7 自律的機能獲得物体モデルの概念

4) 最近の主な業績

- Yousun Kang and Hiroshi Nagahashi, "Depth Perception from a 2D Natural Scene Using Scale Variation of Texture Patterns", IEICE Trans. Inf. & Syst., accepted (2005)
- 諸岡健一, 荒川純也, 長橋宏: "Kullback-Leibler 情報量に基づく特徴の生成と選択による顔検出", 電子情報通信学会論文誌 D-II, 採録決定 (2005)
- Yousun Kang, Ken'ichi Morooka and Hiroshi Nagahashi, "Texture Classification using Hierarchical Linear Discriminant Space", IEICE Trans. Inf. & Syst., Vol.E88-D, No.10, pp.2380--2388 (2005)
- Yousun Kang, Keiki Okamoto, Masakazu Ono, Ken'ichi Morooka and Hiroshi Nagahashi, "Automobile Cylinder Sleeve Detection Using Surface Texture Patterns", The 11th Sympo. on Sensing via Image Information (SSII 05), pp. 515-518, (2005)
- 諸岡健一, 浜元和久, 長橋宏: "強化学習と隠れマルコフモデルの結合による自律的な動作認識" 電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol. J88-D-II, pp.1269-1277 (2005)
- 青木工太, 長橋宏: "ベイズ推定に基づく階層的事前分布とマルコフ確率場による画像領域分割" 電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol. J88-D-II, pp.1318-1322 (2005)
- Ken'ichi Morooka and Hiroshi Nagahashi: "Self-organizing Deformable Model: A New Method for Fitting Mesh Model to Given Object Surface", Int. Sympo. on Visual Computing, (2005)
- Khaled Issa and Hiroshi Nagahashi: "An Approach for Defect Detection and Classification of the Yarn Ends for Splicing" IAPR Conf. on Machine Vision Applications pp.92-95 (2005)
- Kohta Aoki and Hiroshi Nagahashi: "Bayesian Image Segmentation Using MRF's Combined with Hierarchical Prior Models", Scandinavian Conf. on Image Analysis (SCIA 2005), LNCS 3540, pp.65-74 (2005)
- Yousun Kang, Ken'ichi Morooka and Hiroshi Nagahashi: "Scale Invariant Texture Analysis using Multi-scale Local Autocorrelation Features", The 5th Int. Conf. on Scale Space and PDE Methods in Computer Vision, LNCS 3459, pp.363-373 (2005)
- 諸岡健一, 長橋宏: "可変モデルを用いた異なる位相を持つ3次元物体モデルのモーフィング", 映像情報メディア学会誌, Vol.58, No.5, pp.713-720 (2004)
- Kohta Aoki, Osamu Hasegawa and Hiroshi Nagahashi: "Behavior Learning and Animation Synthesis of Falling Objects", Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, Vol.8, No.2 pp.100-107 (2004)
- Hiroshi Nagahashi, Rikima Mitsuhashi and Ken'ichi Morooka: "A Method for Watermarking to Bezier Polynomial Surface Model", IEICE Trans. Inf. & Syst., Vol.E87-D, No.1, pp.224--232 (2004)
- Junya Arakawa, Ken'ichi Morooka, Yousun Kang and Hiroshi Nagahashi: "A Method for Detecting Human Face Region Based On Generation and Selection of Kernel Features", IEEE Int. Conf. on Systems, Man and Cybernetics(SMC), pp.2191-2196 (2004)
- Kazuhisa Hamamoto, Ken'ichi Morooka and Hiroshi Nagahashi: "Motion Recognition By Combining HMM and Reinforcement Learning", IEEE Int. Conf. on SMC, pp.5259-5264 (2004)
- Syuichi Yasuoka, Yousun Kang, Ken'ichi Morooka and Hiroshi Nagahashi: "Texture Classification Using Hierarchical Discriminant Analysis", IEEE Int. Conf. on SMC, pp.6395-6400 (2004)
- Kazuhisa Hamamoto, Ken'ichi Morooka and Hiroshi Nagahashi: "Autonomous Model Learning for Recognition and Generation of Motions", Proc. of the 10th Korea-Japan Joint Workshop on Frontiers of Computer Vision, pp.42-47 (2004)
- Yousun Kang, Osamu Hasegawa and Hiroshi Nagahashi: "Scale Invariant Texture Model for Texture Classification and Scene Analysis", Proc. of the 10th

Korea-Japan Joint Workshop on Frontiers of Computer Vision, pp.299-303 (2004)

- 菅野恒雄, 長橋宏, 安居院猛: “若年者の顔特徴と年齢認知”, 電子情報通信学会論文誌 A, Vol.J86-A, No.12, pp.1510--1519 (2003)

- Ken'ichi Morooka, Hiroyuki Takagi and Hiroshi Nagahashi: "Active Balloon Model Based On 3D Skeleton Extraction By Competitive Learning", Proc. Fourth Int. Conf. on 3D Imaging and Modeling (3DIM), pp.87-94 (2003)

- Kumiko Ikesako, Ken'ichi Morooka and Hiroshi Nagahashi: "Watermarking for Bezier Polynomial Surface Models", Proc. IASTED Int. Conf. on Computer Graphics and Imaging (CGIM), pp.193-199 (2003)

- Kohta Aoki, Ken'ichi Morooka, Osamu Hasegawa and Hiroshi Nagahashi: "Animation Synthesis by Observation and Learning", Proc. of 2003 IEEE Int. Sympo. on Computational Intelligence in Robotics and Automation, pp.1258-1263 (2003)

- Yousun Kang, Osamu Hasegawa and Hiroshi Nagahashi: "Texture Structure Classification and Depth Estimation using Multi-scale Local Autocorrelation Features", Proc. of IEEE Workshop on Learning in Computer Vision and Pattern Recognition, (2003)

- Yousun Kang, Osamu Hasegawa and Hiroshi Nagahashi: "Texture Structure Classification Using Multi-scale Local Autocorrelation Features", Proc. of the 9th Korea-Japan Joint Workshop FCV 2003, pp.253-258 (2003)

- Peisuei Lee, Takahiro Kobayashi, Akira Ishida, Makoto Sato, Hiroshi Nagahashi, Masayuki Nakajima, ChiaFang Lee, K.Y.Liaco, P.T. Lin: "Precious Collections Project between Taiwan and Japan with Rich Culture of National Palace Museum" Proc. of Int. Workshop of Advanced Image Technology IWAIT2003, (2003)

- Peisuei Lee, Makoto Sato, Hiroshi Nagahashi, ChiaFang Lee, K.Y.Liaco and P.T.Lin: "Novel Digital Archive Project with National Palace Museum by Using a Serious Chinese Bronzes", Proc. of Int. Conf. on

Virtual Reality Art and Design Technology, pp.29--35 (2002)

- Hiroshi Nagahashi and Mohamed Imine: "Parallel Computation of Parametric Piecewise Modeling Method", IEICE Trans. Inf. & Syst., Vol.E85-D, No.2, pp.411-417 (2002)

- Ken'ichi Morooka, Kohta Sugisawa and Hiroshi Nagahashi: "3D Morphing between Objects with Different Topologies", Proc. IASTED Int. Conf. on Computer Graphics and Imaging (CGIM), pp.1--7 (2002)

- Rikima Mitsuhashi, Ken'ichi Morooka, and Hiroshi Nagahashi: "A Method for Embedding Watermarks in Bezier Parametric Surface Models", Proc. IASTED Int. Conf. on Computer Graphics and Imaging (CGIM), pp.103-109 (2002)

- Ken'ichi Morooka, Kohta Sugisawa and Hiroshi Nagahashi: "Shape Transformation between Objects with Different Topologies", Proc. NICOGRAPH International 2002, pp.85-90 (2002)

- Peisuei Lee, Makoto Sato, Hiroshi Nagahashi, ChiaFang Lee, K.Y.Liaco and P.T.Lin, "A Novel Culture Heritage by Using a Series of Rich Collections between IAMAS and National Palace Museum", Proc. of the Eighth Int. Conf. on Virtual Systems and Multi Media, pp.775-782 (2002)

- Tsuneo Kanno, Masakazu Akiba, Yasuaki Teramachi, Hiroshi Nagahashi, and Takeshi Agui: "Classification of Age Group Based on Facial Images of Young Males by Using Neural Networks", IEICE Trans. on Information and Systems, Vol.E84-D, No.8, pp.187-190 (2001)

- Ken'ichi Morooka and Hiroshi Nagahashi : "3D Shape Recovery From Range Image Using Active Balloon Model", Int. Workshop on Advanced Image Technology 2001 (IWAIT'2001) (2001)

2. 長谷川研究室の研究活動

1) 研究室の人員構成

長谷川研究室は 2002 年 5 月に発足した。発足当初の構成員は長谷川助教授のみであったが、翌 2003 年 4 月より学生の受け入れを開始し、2005 年 11 月現在の人員構成は、長谷川助教授以下、博士課程 5 名、修士課程 11 名、卒論生 1 名、研究生 (YSEP) 1 名となっている。

2) 研究活動

近年、視覚、聴覚、発話、表情やジェスチャの表出、といった機能を兼ね備えた、マルチモーダル対話インタフェースの研究開発が盛んである。こうしたインタフェースはヒューマノイドロボットなどに実装され、人と対話しながら実環境で人と豊かに共存する人工システムの実現が目指されている。

しかし、これまでに実現された対話インタフェースを知能情報処理の観点から眺めると、対話機能は概ねシナリオの決まった限定的なものであり、予め想定された（組み込まれた）範囲内では有効に機能するが、その範囲を超えると破綻してしまう。すなわち人間のように環境や他者との相互作用を通じて新奇な経験を蓄積・学習し、徐々に環境に適応したり、成長・発達して新たな言語能力や身体運動能力を身につけるといったことは殆ど実現されていない。

このように従来の対話インタフェースの機能が限定的である主要な理由のひとつに、従来のパターン認識技術の枠組みが「固く」、柔軟性に欠ける点がある。一般に既存のパターン認識の枠組みでは、まず学習用のパターンが用意され、「学習過程」としてそれらのパターンを精度良く識別

できるよう学習器のパラメータが調整（学習）される。次いでパラメータの調整が完了すると、学習器は「認識過程」に移行し、学習用パターンに類似するパターンが識別・認識されるようになる。すなわち従来のパターン認識の枠組みには「学習過程」と「認識過程」の区別があり、これらは完全に分離していて学習過程が終了するまで認識を行うことはできない。このため通常学習後の学習器に新奇なパターンを追加的に学習させようとすると、既に学習したパターンも含めて全ての学習過程をやり直さなければならない。また学習用のパターンにノイズが混入していると、学習そのものがうまく行かないこともある。

こうした問題は、システムを実環境に置いたときに必要となる、システムが実環境で出会うノイズで膨大なパターン情報（視覚や聴覚など）から本質的な情報を取り出し、それらを経験や知識として追加的に蓄積・学習してゆくといった機能の実現を考える上で大きな障害となる。そしてそれ故に、従来のパターン認識技術を用いた対話インタフェースは、設計時に想定された範囲内においては比較的良く機能するが、想定された範囲を超えると破綻してしまうこととなる。長谷川研ではこの問題の本質的な解決を図るべく、各種の研究を進めている。

その第一は、独自の「自己増殖型ニューラルネットワーク」の基礎と応用の研究である。第二は、独自の「自己増殖型ニューラルネットワーク」をコア技術として利用する「持続的発達学習メカニズム」の構築・実現の研究である。具体的には、このメカニズムを用いた持続的学習・成長・発達型のマルチモーダル対話インタフェースをヒューマノイドロボット上に実装することを目標としている。

長谷川研で利用している自己増殖型ニューラ

ルネットワークは、” Growing Neural Gas” と呼ばれる競合学習の一手法に独自の改良を加えたもので、

- 刺激が加わると刺激量に応じて適応的にニューロンが増減し刺激の分布を近似
- 刺激に混入するノイズを無視し刺激の本質的な（密度の高い）部分のみを追加的に抽出可能
- 刺激の本質的な（密度の高い）部分が何個あったか（刺激に含まれるクラスタ数）を出力可能

といった世界的に見ても他に類を見ない顕著な特長を持つ。

と結合する（概念形成層）。ここで獲得された概念シンボルに誤りがあると人間からの教示をトップダウン情報として構造解析層を修正する。以上の過程は全て並列に稼動し、獲得した色や形、物の名前、動きなどの概念は直ちに認識に利用できる。すなわちこの学習メカニズムには従来のパターン認識手法に見られる「学習過程」「認識過程」の区別がなく、新奇な情報を恒常的・追加的に学習しながら同時に認識も行うことができる。また入力パターンの表現層とネットワークで繋がった概念シンボルに言語による記号情報を付与することで、人工知能における本質的課題である「記号接地問題」の解決を図ることができる。

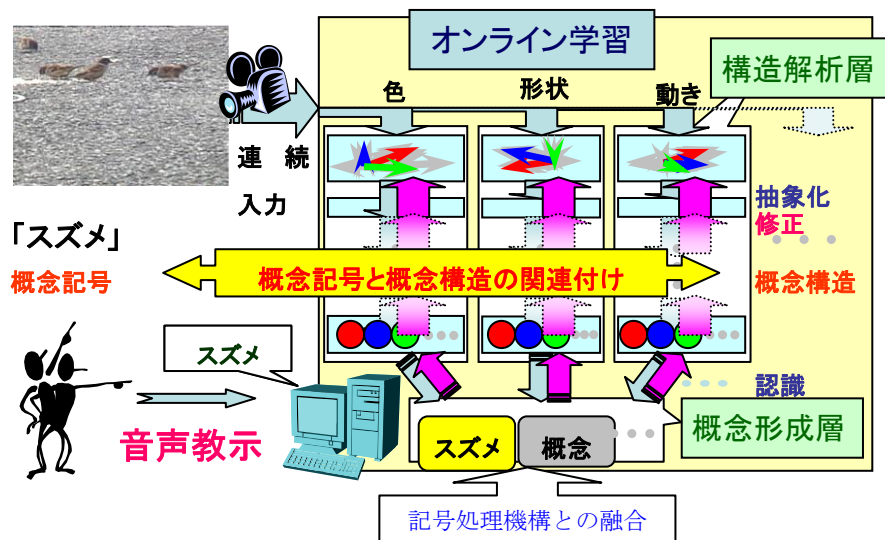


図1：持続的発達学習メカニズムの概要（「スズメ」の概念の形成例）

図1に、独自の自己増殖型ニューラルネットワークをコア技術として利用する「持続的発達学習メカニズム」の概要を示す。ここでは実環境から視覚（色、形状、動き）のパターン情報を恒常的に入力するとともに、自己増殖型ニューラルネットワークを階層的に用いて自己組織的に入力パターン情報の集約的概念シンボル化を進める（構造解析層）。獲得した概念シンボルは、人間との相互作用（準教師あり学習による教示）に基づき言語情報（音声パターンをシンボル化した情報）

さらにはパターンから自己組織的に獲得した概念シンボルをシンボルベースの推論機構等と結合することで、パターン処理と記号処理の融合を図ることも可能である。

長谷川研究室ではこのように独自の自己増殖型ニューラルネットワークの機能を活用し、環境や人間との相互作用を通じて人間の乳幼児のように持続的に成長・発達する世界初の学習メカニズムの構築の研究

や、この学習メカニズムを用いたマルチモーダル対話インタフェースをヒューマノイドロボット上に実装する研究を進めている。

＜関連研究＞

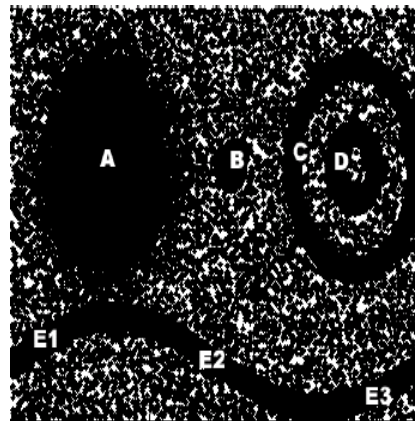
従来の自己増殖型ニューラルネットワークの研究には、Growing Neural Gas (GNG) や Growing Neural Gas with Utility (GNG-U) などの研究があるが、これらはいずれも増殖するノード数に制約（上限）があるほか、ノイズに対する耐性がない。また入力データに含まれるクラスタの数を出力することもできない。一般的なクラスタリング

手法としてはk-means法やEM法があるが、これらは算出するクラスタの数を予め決めておかねばならない。教師無しのクラスタリング手法としてはSOM(自己組織化マップ)があるが、SOMは事前にマップのサイズを決めておく必要がある。提案手法ではそうした必要がない。

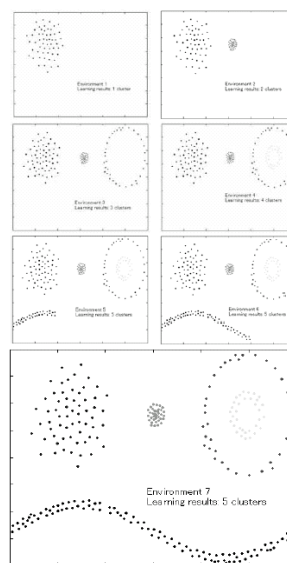
知能情報処理・マルチモーダル対話インタフェースの観点からは、これまでに、ノイジーな実環境中で環境や人間と相互作用しながらオンラインで持続的・追加的に知識や身体運動機能を獲得し、成長・発達するシステムを実現した事例は世界的に見ても存在しない。

<自己増殖型ニューラルネットワーク>

図2に、長谷川研独自の自己増殖型ニューラルネットワーク(Adaptive Neural Gas : ANG)を、2次元のノイズが混入したデータに適用した結果を示す。提案するネットワークは高次元のデータに対しても機能するが、ここでは図示を可能とするため、2次元のデータを用いた。図2(a)は非線形な入力データの全容であり、ランダムに10%のノイズを混入してある。このデータを図中のA, B, C, D, E1, E2, E3の順に、追加的にニューラルネットに与えた。図2(b)は処理結果である。図2(b)の左上より右下に向けて、A, B, C, D, E1, E2, E3のデータが順に与えられたときのニューロンの増殖の様子を示している。図示されるように、ランダムノイズが混入しながら追加的に与えられたデータに対し、ノイズを除去しながらデータの本質的な(密度の高い)部分だけにニューロンが反応(増殖)し、それらの部分を抽出している。



(a)



(b)

図2 : (a) システムへの入力データ (10%のノイズを含んでいる), (b) 処理結果 (ノイズを無視し、(a)に含まれる本質的な領域のみを追加的に抽出している。)

ここで、抽出された領域はクラスタリングされており、処理の最終段階((b)の最下段)においては、システムは入力データには5つのクラスター(密度の高い部分)があったと出力している(Learning results : 5 clusters)。この手法は、実データを用いたいくつかの実験、具体的には複数人の顔画像の追加学習やベクトル量子化の問題などにも適用し、有効性を確認している。こうした高度に柔軟な追加学習を可能とした手法は、世界的に見ても他に例がない。この成果は、国際学術誌 Neural Networks 誌に採録されている。

長谷川研では、この独自手法の機能を多面的に拡充するとともに、その成果を実環境と相互作用しながら持続的に成長・発達する学習メカニズムのコア技術として利用している。

<ヒューマノイドロボット>

図3に、これまでに構築した「持続的発達学習メカニズム」をヒューマノイドロボットに実装した例を示す。



図3：ANGにより学習した「動き」の概念を用いたロボットの制御（近づける）

ここでは「動き」の概念の獲得機能を利用し、その対話的学習・認識・生成を実現した。具体的には、まずロボットの前に2つの物体を置き、「近づける」と発話しながら双方を近づける動きを複

数回見せる。するとロボットは、この教示データから「近づける」という言葉の「意味」に対応した動き（軌跡）を学習した。学習後は、ロボットは「近づける」と命令されると様々な位置関係に置かれた2つの物体を近づける動きを生成することができた。こうした一連の学習・認識・生成は、「遠ざける」「またぐ」の動きに対しても同様に（追加的に）行うことができた。今後はより多様な動きの、提示と発話による教示（やって見せつつ言って聞かせる）を通じた学習・認識・生成を進める。

この他、72種類の物体を順にロボットに見せ（ここでは「動き」は含めていない）、その色・形・名称をオンラインで対話的に追加学習させることを可能としたシステムを実現し、その内容を電子情報通信学会のPRMU研究会で発表して大きな反響を得た（小島・長谷川：ヒューマノイドロボット上の自己増殖型ニューラルネットワークを用いた視聴覚情報からの能動的・追加的概念獲得、2005年9月）。この論文の内容は、一部を拡充して英訳し、IEEEの論文誌に投稿中である（X. He, R. Kojima and O. Hasegawa “Developmental Word Grounding through A Growing Neural Network with A Humanoid Robot”, IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics, Part B. 投稿中）。

さらに長谷川研では、上記の研究を統合的に発展させ、視聴覚情報を相補的に用いた文法の獲得にも挑んでいる。具体的には、例えばロボットに「赤色ーリンゴー黄色ーレモンー右ー置く」といった発話を聞かせると同時に、その様子を実演してみせる。ロボットは見せられた状況（視覚情報）を自らの内部（メンタルモデル）に取り込むとともに、言語で発話された内容と見せられた状況とを内部的に関連付けながら発話を解析し、そこに含まれる文法構造を徐々に獲得する。ただし赤色、リンゴ、黄色、レモン、置く、といった単語（名詞・形容詞・動詞）の意味は予め個別に学習（グ

ラウンディング) させる。この研究のポイントは、従来研究に見られるように多くの文章をセットで与えておいてバッチ的に学習させるのではなく、逐次的に与えられる少ない文章から視覚情報を援用して文法の獲得を可能とする点にある。なおここでは日本語で教える例を示したが、日本語に限らず、英語等の他言語からでも文法の獲得を可能とすることを目指している。

総じて長谷川研では、乳幼児が養育者や環境とのマルチモーダルな相互作用から単語のグラウンディング、文法の獲得、文章の理解・生成などへと発達するのと同じように、持続的・段階的に発達する世界初の機械学習メカニズム（持続的発達学習メカニズム）の実現を目指している。

<最近の発表論文>

1. S.Furao and O.Hasegawa, "An Incremental Network for On-line Unsupervised Classification and Topology Learning", Neural Networks, (2005) 採録決定
2. S.Furao and O.Hasegawa, "An Adaptive Incremental LBG for Vector Quantization", Neural Networks, (2005) 採録決定
3. O.Hasegawa and T.Kanade : "Type Classification, Color Estimation, and Specific Target Detection of Moving Targets on Public Streets", Machine Vision & Applications (2005) 採録決定
4. S.Furao, O.Hasegawa : "A growing neural network for online unsupervised learning", Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, Vol. 8, No. 2, pp. 121-129, (2004)
5. S.Furao, O.Hasegawa: "A fast no search fractal image coding method", Signal Processing: Image Communication, vol.19, pp. 393-404, (2004)
6. 長谷川修、金出武雄：一般道路映像中の移動物体の識別・色の推定と特定対象の検出”、情報処理学会論文誌、Vol. 44, No. 7, pp. 1795-1807, (2003)
7. 長谷川修、栗田多喜夫：“高次元特徴ベクトルの次元圧縮と重みつきK-最近傍法によるパターン認識”、情報処理学会論文誌コンピュータビジョンとイメージメディア、Vol. 44, No. SIG9(CVIM7), pp. 75-85, (2003)
8. O.Hasegawa, T.Kurita : “A Kernel Logit Approach for Face and Non-Face Classification”, Journal of Japanese Academy of Facial Studies, vol.3, no.1, pp. 119-126, (2003)
9. S.Hayashi and O.Hasegawa : “Robust Face Detection for Low-resolution Images”, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, (2005) 採録決定
10. Shen Furao and Osamu Hasegawa, "Fractal Image Coding with Simulated Annealing Search", Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, Vol. 9, No.1, pp. 80-88 (2005)
11. 豊田崇弘, 長谷川修, “高次元局所自己相関特徴の拡張とその顔認識への適用”, 日本顔学会誌, Vol. 5, No. 1, pp. 33-39, (2005)
12. Shen Furao and Osamu Hasegawa : “An On-line Learning Mechanism for Unsupervised Classification and Topology Representation”, Proc. IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR05), Vol.1, pp. 651-656 (2005)
13. 林伸治、長谷川修：“低解像度画像からの顔検出”, 画像電子学会誌, (2005) 採録決定
14. 豊田崇弘, 長谷川修, “高次元局所自己相関特徴の拡張”, 画像電子学会誌, Vol. 34, No. 4, pp. 390-397 (2005)
15. T.Toyoda and O.Hasegawa : “Texture Classification Using Extended Higher Order

Local Autocorrelation Features", The 4th international workshop on texture analysis and synthesis (Texture2005), accepted

Conference on Neural Networks (IJCNN2004), CD-ROM ISBN 0-7803-8360-5, Vol. 1, pp. 11-16 (2004)

16. A.Kawewong and O.Hasegawa : "Combining Rotationally Variant and Invariant Features Based on Between-Class Error for 3D Texture Classification", The 4th international workshop on texture analysis and synthesis (Texture2005), accepted
17. S.Furao, Y.Kamiya, O.Hasegawa : "An Incremental Neural Network for Online Supervised Learning and Topology Representation", International Conference on Neural Information Processing, (ICONIP2005), accepted
18. S.Furao, O.Hasegawa : "An Incremental k-means Clustering Algorithm with Adaptive Distance Measure", International Conference on Neural Information Processing, (ICONIP2005), accepted
19. A.Kawewong and O.Hasegawa, "3D Texture Classification by Using Pre-testing Stage and Reliability Table", IEEE Proc. International Conference on Image Processing (ICIP05), accepted
20. S.Furao, O.Hasegawa, "An effective fractal image coding method without search", IEEE Proc. International Conference on Image Processing (ICIP04), pp. 3197-3200, (2004)
21. K.Aoki, O.Hasegawa, H.Nagahashi : "Behavior Learning and Animation Synthesis of Falling Flat Objects", Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, vol. 8, no. 2, pp. 100-107, (2004)
22. S.Furao, O.Hasegawa : "A Self-organized Growing Network for On-line Unsupervised Learning", IEEE International Joint

1. ヘルスケア情報(凸版印刷)

寄附研究部門

1) 部門の設置

本部門は、1997年11月1日に像情報工学研究施設の寄附研究部門としてヘルスケア情報工学の研究を目的として発足し、2003年10月31日をもって終了した。

2) 研究部門概要

本部門の研究分野であるヘルスケア情報工学は、「揺り籠から墓場まで」の個人の空間的および時間的に広がったヘルスケア情報をシームレスに収集し、患者の視点で高度利用を行うための基盤技術を研究対象としている。その研究目的は、各個人の「健康な生活」、すなわち「ゆとりと豊かさを実感できる創造的な生活」の享受に貢献することである。



具体的には1)プライバシー保護や不正使用防止のためのセキュリティ技術 2)文書や画像の電子保存技術 3)ネットワークを通じて忠実な情報を伝送し再現する技術 4)診療支援システム 5)高度ヘルスケア情報社会構築のための環境整備に関する課題などの研究を行った。

3) 研究部門スタッフ略歴

1) 喜多絃一客員教授

1997年11月1日～2003年10月31日 在籍

1944年5月生・1967年東京大学工学部電子工学科卒業・同年東芝医用機器事業部入社・1990年東芝那須工場特機装置部長・1993年東芝核医学事業推進担当部長・1997年東芝医用画像システム部主幹・2000年(財)医療情報システム開発センタ審議役兼務

2) 長谷川玲客員助教授

1998年4月1日～1999年5月15日在籍

1964年10月生・1993年大阪大学大学院工学研究科応用物理学専攻博士後期課程修了・同年、米国ジョージタウン大学メディカルセンタ Research Associate・1996年カリフォルニアの R2 Technology, Inc. Staff Scientist

3) 石井克典客員助教授

1999年10月1日～2003年3月31日在籍

1955年3月生・1979年3月大阪府立大学大学院工学研究科電気工学専攻修士課程終了・同年、日本電信電話公社・武蔵野電気通信研究所入社・1995年マルチメディアビジネス開発部部长・1996年都市開発営業部長・1999年7月NTTコミュニケーション(株)第二営業部コミュニティ・ディベロプメント・チーム部長・2000年度東京工業大学で博士(工学)を取得

4) 岡嶋克典客員助教授

2001年11月1日～2003年10月31日在籍

1962年9月生・1990年3月東京工業大学大学院総合理工学研究科物理情報工学専攻博士課程修了・同年、防衛大学校応用物理学教室助手・1992年カナダ国立研究所客員研究員・1995年防衛大学校助教授・2003年4月通信放送機構研究フェロー

4) 主な研究成果

1) ヘルスケアセキュリティ基盤技術の研究

ヘルスケア情報を安全に取り扱うための技術としてICカードを認証の信頼点とするセキュアな通信プロトコルとしてISCL(Integrated Secure Channel Layer)の開発を行い、公開鍵対応と共通鍵対応の2系統のプロトコルを設計し、Webへ応用した場合の実証試験を行い、実用性を示した。また、ヘルスケアPKI(公開鍵基盤)のガイドラインを作成し、経済産業省の保健医療福祉セキュリティ推進事業の中で実証した。

2) 原本性保証電子保存の研究

ニューメディア開発協会の委員会で、電子政府等で指針となる原本性保証のガイドラインを作成した。また、厚生労働省の通知として使用された「診療録等の電子保存」および「診療録等の外部電子保存」に対するガイドラインをまとめた。

3) 遠隔画像連携システムの研究

遠隔医療診断として、コンサルテーションを受けるためのプロトコルを医療情報システム開発センターと協同して研究を行った。

4) ROC解析の研究

画像診断特性の評価を行うためのROC解析(Receiver Operating Characteristic Analysis-受信者動作特性解析)手法の適用方法および教育ツールを作成し、教育を実施した。

5) 診断支援システムの研究

「マンモグラムの解析の前処理」、「画像の時系列クラスタ分析」、「クラスタ分析による画像のセグメンテーション」、「健康診断データの時系列クラスタ分析」等を研究した。

6) 高度セキュリティネットワークの開発

東工大の学生の学生証及び職員の身分証明証をICカード化するモデル実験を行うことで、高度情報通信社会におけるICカードシステムのあり方及び課題等を明らかにした。

7) 人体内通信の研究

人体の有する伝達関数モデルを提示するとともに、アナログ伝送プロトタイプシステムを製作し、所定の伝送特性を実現した。さらに、広域展開した医療情報ネットワークを実現するため、「ウェアラブルセンサを用いた健康情報システムの開発」に協力し、所望の成果を得た。

8) 高齢者の色覚特性に関する研究

色の見えの加齢変化を静止画および動画に対してシミュレートできる画像表示システムを開発した。また、光学色彩理論を基にした、高齢者視覚シミュレーション用の電子式ゴーグルを開発した。高齢者に対する視環境設計の評価ツールとしての普及が期待される。

9) 異なるデバイス間のカラーマッチングに関する研究

CRTディスプレイとカラープリンタ出力の色の見えが一致しない原因が、測色学の基本関数である等色関数の個人差に起因していることを示した。等色関数の測定には大掛かりかつ労力を要するため、産学協同の「色の見えの個人差の定量化研究体」を発足させた。

2. IT都市創造工学(NTTコミュニケーションズ)寄附研究部門

1) 部門の設置

本部門は、2001年10月1日に像情報工学研究施設の寄附研究部門としてIT都市創造工学の研究を目的として発足し、今日に至っている。

2) 研究部門概要

IT都市創造工学は、急速に進展するIT情報化社

会のインフラとして注目されている IC カード(スマートカード)の普及のための相互運用確保方式の提案と検証、スマートカード応用システムの研究を研究対象とする。本寄附研究部門は、IC カードシステムおよび関連システムを社会インフラとして構築し、IC カード関連技術の高度利用を可能にするための学問分野を確立することを目的としている。

スマートカードとして、現在注目されているのは、非接触のインタフェースを持ち、一枚のカードに複数のアプリケーションが搭載可能なマルチアプリケーションのスマートカードである。公共サービスを想定すると、個人認証を含むさまざまなサービスが各個人の持つ 1 枚のカード上に載ることとなる。各個人は、電子的な公共サービスを受ける際には、認証となるスマートカードの交付を受け、公共端末や個人の PC などにスマートカードを挿し、個人の認証を行い、各公共サービスを受けることとなる。特に公共サービスでの利用を想定すると、日本全国どこでも同じサービスが提供される必要がある。つまり、どの端末、どのカードを用いても同じサービスを提供する必要がある。本格的に普及させるためには、相互運用性の確保が必須の条件となる。

本研究部門では、さまざまなレベルでのスマートカードシステムの相互運用を確立するための手法とその検証方法の確立を研究の中心にするとともに、認証を始めとするスマートカードを応用したシステムに関する研究を行っている。

具体的には 1) 多機能 IC チップを利用したネットワーク基盤による IT 装備都市モデルの構築 2) 多機能 IC チップを応用した医療情報ネットワークサービスの開発 3) 多機能 IC チップおよび IC カードの標準化 4) 多機能 IC チップと生体情報を利用した個人認証との連携技術の開発などの研究を行う。

3) 研究部門スタッフ略歴

1) 喜多絃一 特任教授

2004 年 7 月 1 日～現在に至る

昭和19年5月生・昭和42年東京大学工学部電子工学科卒業・同年東芝 医用機器事業部入社・昭和65年東芝 那須工場特機装置部長・平成5年東芝 核医学事業推進担当部長・平成9年東京工業大学像情報工学研究施設 客員教授兼務・平成12年(財)医療情報システム開発センター 審議役・平成16年・東京工業大学像情報工学研究施設 特任教授専任。

ヘルスケア情報工学、個人情報保護、電子保存の原本性、ヘルスケア PKI、ヘルスケア IC カード、ヘルスケアセキュリティマネジメント、地域ヘルスケア連携の研究に従事。

厚生労働省医療情報ネットワーク基盤検討会委員、ISO/TC215/WG4 Health Informatics/WG4(セキュリティ)のセクレタリーなどを務める。

2) 谷内田益義 特任助教授

2001 年 10 月 1 日～現在に至る

昭和 35 年 12 月生、平成元年 6 月本学大学院総合理工学研究科物理情報工学専攻博士課程修了後、平成元年 7 月高知医科大学医学部放射線教室助手、平成 3 年 4 月株式会社リコー入社、平成 13 年 10 月東京工業大学像情報工学研究施設客員助教授、現在に至る。これまでに、カラー画像処理、保健医療分野の情報システムの研究開発や情報セキュリティ技術応用などに従事。特に、平成 7 年に始まった G7 のヘルスケアプロジェクトの SP6 に日本の代表として参加するなど、IC カードに関わる研究開発に深く携わつ

Social Activities in the Cyberspace



ている。工学博士

3) 鈴木裕之 寄付研究部門教員(助手)

2004年7月1日～現在に至る

昭和49年10月生。平成15年9月本学総合理工学研究科博士課程退学後、東京工業大学フロンティア創造共同研究センター産学官連携研究員、平成16年7月東京工業大学像情報工学研究施設寄付研究部門教員、現在に至る。これまでに、光情報処理、生体認証、ICチップを利用したセキュリティ技術などの研究に従事。修士(工学)。応用物理学会、電子情報通信学会、他会員。

4) 山谷泰賀 客員助手

2001年10月1日～2004年3月31日 在籍

昭和49年1月生。平成12年9月本学総合理工学研究科博士課程修了後、同年放射線医学総合研究所非常勤研究員、東京工業大学像情報工学研究施設客員助手。医用画像処理、情報セキュリティなどの研究に従事。博士(工学)。応用物理学会、電子情報通信学会、日本医用画像工学会、日本医学物理学会、他会員。

4) 主な研究成果

1) ICカードシステムを共通プラットフォームとするIT都市基盤モデルの構築

住民基本台帳カードの発行も直前に迫り、ICカードが公的サービスで大規模に使われる環境が整いつつある。政府は、住民基本台帳以外にも行政連携カードを想定しており、各省庁が発行・利用するカードに対しては、共通の要件をもうけて共通利用することを想定している。条件としては、

- (1) 非接触インタフェースを持つこと
- (2) 非対称暗号に対応していること
- (3) 後からアプリケーションを追加可能なマルチアプリケーション対応であること等があげられている。特に3番目の要件は、どの省庁が発行したカードに対しても、新たにカード利用者が希望する他省庁のサービスを搭載可能とすることから来ている。ICカ

ードを供給する企業は1社ではなく、それぞれのカードが搭載するICチップは各社異なっている。そのため、どの企業が製造したカードであっても、互換性の取れるカード内のアプリケーションを実現する必要がある。

我々はこれまでに、プラットフォーム毎にICカードの機能やOSが異なることから、ICカードアプリケーション(カードAP)を複数のプラットフォーム間で相互運用できていない問題に対して、プラットフォームの異なるICカード上で同じ動作をするICカードアプリケーション構築手法を提案した。具体的には、カードAP一端末間のコマンド仕様およびシーケンスを規定し、プラットフォーム毎にソースコードを記述する。さらに、ソースコードの記述を容易にするために、ICカード毎の機能の違いを吸収するフィルタ層を実装する。そして、さまざまICカード利用シーンで必要となる読み出し、書き込み、認証、暗号機能など代表的な機能を数種類のICカードに対して実装する実験を行い、提案手法によって互換性が確保されることを示した。

なお本研究の一部は、平成13年度～14年度の東京工業大学・財団法人ニューメディア開発協会共同研究として実施した。

2) ICカード技術を応用した多機能セキュアチップフレームワークの構築

現在のネットワークシステムにおいて、電子的に存在を確認する認証が重要な問題となっている。ネットワーク上で活動する人の認証のために、ICカードに鍵を格納してPKI認証基盤を利用することは、新しいネットワーク社会での安全性を保証し、サイバー社会での存在を表現する手段として注目されている。同じようにネットワーク上に存在する機器も、安全性を確保する上で認証技術を応用する必要性が生じてきている。実現の方法としては、ICカードと同等の認証機能を持ったICチップ(セキュアチップ)を機器に埋め込んで利用する方法が有望視されている。しかしながら、認証を行うためのキーデバイスとして多機能ICチップを応用する場合の方策は明らかにされていない。そこで本研究開発では、セキュアな鍵配送によるセ

キユアネットワーク基盤の構築を目的として、多機能 IC チップを機器の認証に応用した場合のモデルの構築、想定される各種リモートサービスおよびコンテンツ配布サービスにおけるモデルの検証、プロトタイプシステム構築などを行う。

我々はこれまでに、音楽や映像などのデジタルコンテンツのオンライン配信や機器のリモートコントロール、リモートメンテナンスを想定して、プレイヤモデルの検討および機器認証のフレームワークの構築を行った。具体的には、NICSS 方式の IC カードアプリケーション追加方式を応用して、リモートの IC チップ上に新たなアプリケーションと鍵を搭載することを可能とした。そして、機器間認証に必要なセキュアチップの要件および基本仕様について検討し、学内のオンライン講義を想定した実装例を取り上げ、セキュアチップに実装すべき機能およびシーケンスを具体化した。また、実際の学内サービスで利用することを前提として、無線 LAN の利用鍵配信、およびネットワークを通じての講義配信の 2 アプリケーションを検討し、プロトタイプシステムの構築及びシステムの検証によって、多機能 IC チップのモデルが有効に機能することを確認した。

さらに 16 年度は、オンデマンドで VPN 接続を構築する技術(オンデマンド VPN)、特定の機器へ映像を配信する技術、通信ネットワークを利用した放送サービス技術などを開発した。オンデマンド VPN 技術に関しては、東工大、赤坂ナチュラルビジョンリサーチセンター、ピッツバーグ大学の 3 地点にオンデマンド VPN ルータを設置し、3 地点間を VPN 接続する実験環境を構築した。この 3 地点間でテレビ電話実験や大容量ファイル転送実験を行った結果、複雑な設定をすることなく VPN 接続が可能なことや、処理遅延が従来技術と同じ程度であることを示した。特定の機器へ映像を配信する技術に関しては、15 年度までに開発した講義配信システムを発展させ、IC カード認証機能を有していない携帯端末等においても、IC カード認証利用可能な機器と IC チップ間の連携をすることで安全な映像配信を実現する手法を開発し、プロトタイプシステムを構築及びシステム検証によって手法

の有効性を確認した。

3) 多機能 IC チップを搭載したネットワーク機器運用方法の検討

「厚生労働科学研究費補助金(厚生労働科学特別研究事業)医療情報ネットワーク基盤整備と安全な電子カルテ実現のための方策技術的に関する研究」の分担研究者として、「ネットワーク等提供事業者、医療機関におけるネットワーク基盤運用方法の検討」をおこなった。

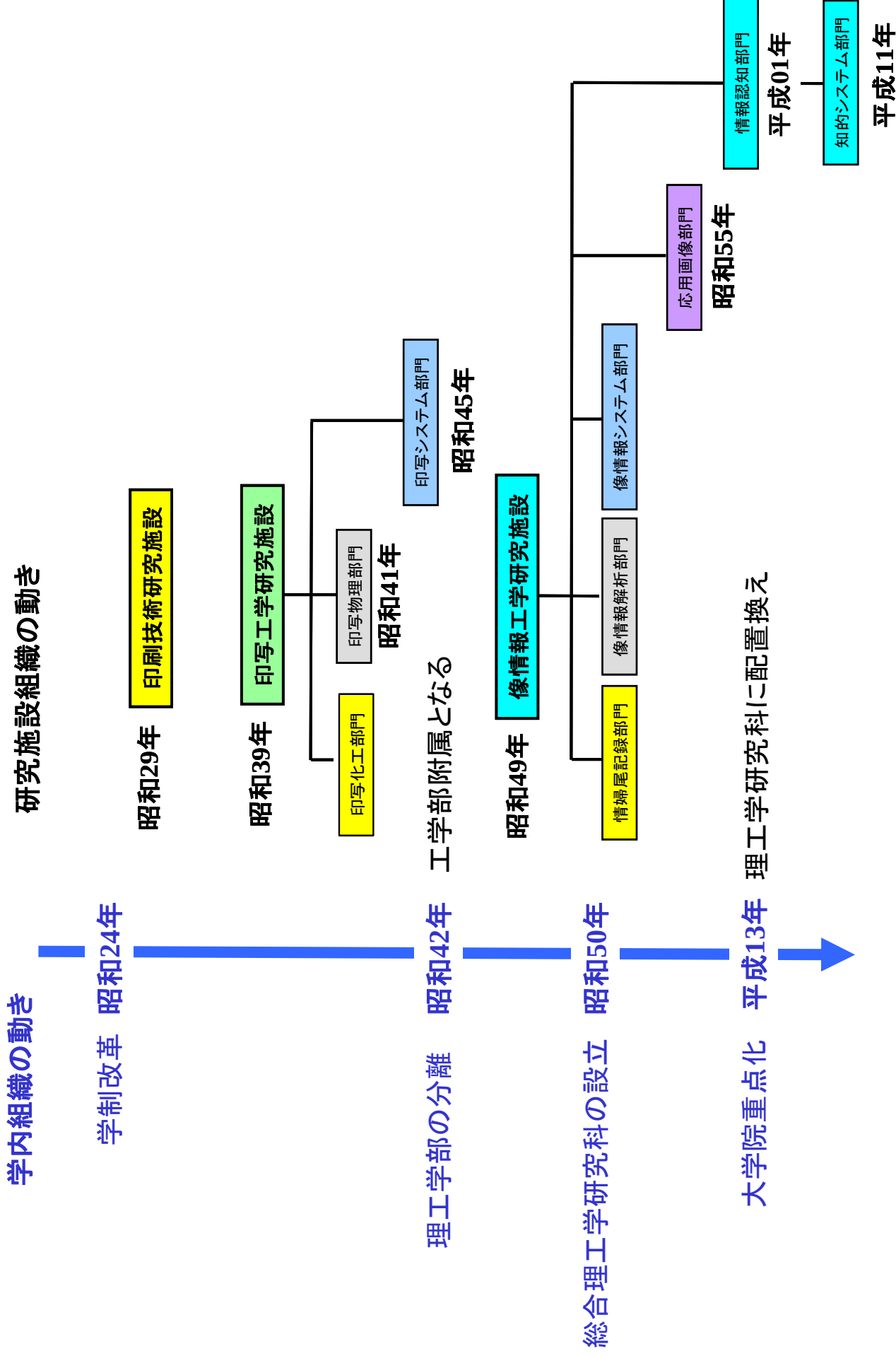
多機能 IC チップを搭載したネットワーク機器等を利用した、VPN 方式を「リモートメンテナンスシステム」「遠隔医療システム」および「地域ヘルスケア連携システム」へ応用した場合を想定し、必要な機能ユニット、システムの関係者、基盤システム、VPN として必要な機能およびソフトウェアを中心にネットワーク等提供者および医療機関における運用方法を検討した。その結果 VPN として要求される設定の自由度がより有効に生かされるシステムとして地域ヘルスケア連携システムがあげられた。

4) 医療資格カードの研究

厚生労働科学研究費補助金(厚生労働科学特別研究事業)「医籍登録情報の電子化・カード化の医療施策への活用に関する研究」の分担研究者として「医療資格カードの仕様調査と最適仕様の研究」をおこなった。

医師資格カードの暫定的な要求仕様を作成し、現状の IC カード仕様を整理した。その結果、署名用鍵、認証用鍵や LINK 情報が格納できること。医師用のアプリケーションがダウンロードできること等を勘案すると「住民基本台帳カード Type II」仕様が最適であるとの方向になるが、最終結論を得るためには、ニーズ調査やシステム設計が十分とはいえ今後とも研究を続けていく必要がある。また、カード活性用の鍵は当面はパスワード方式であるが、今後バイオメトリックスの組み込みを考慮に入れるための調査も必要である。

像情報工学研究施設発展の歴史



歴代の研究施設長

附属印写工学研究施設長



井上 英一

附属印写工学研究施設長 1－4代 昭和 39 年 4 月 1 日～昭和 47 年 3 月 31 日

辻内 順平

附属印写工学研究施設長 5代 昭和 47 年 4 月 1 日～昭和 49 年 3 月 31 日



工学部附属像情報工学研究施設長



井上 英一

工学部附属像情報工学研究施設長 初代 昭和 49 年 4 月 1 日～昭和 51 年 3 月 31 日

小門 宏

工学部附属像情報工学研究施設長 2代 昭和 51 年 4 月 1 日～昭和 53 年 3 月 31 日



辻内 順平

工学部附属像情報工学研究施設長 3代 昭和 53 年 4 月 1 日～昭和 55 年 3 月 31 日



小門 宏

工学部附属像情報工学研究施設長 4代 昭和 55 年 4 月 1 日～昭和 57 年 3 月 31 日



安居院 猛

工学部附属像情報工学研究施設長 5代 昭和 57 年 4 月 1 日～昭和 59 年 3 月 31 日



辻内 順平

工学部附属像情報工学研究施設長 6代 昭和 59 年 4 月 1 日～昭和 61 年 3 月 31 日



柊元 宏

工学部附属像情報工学研究施設長 7代 昭和 61 年 4 月 1 日～昭和 63 年 3 月 31 日





小門 宏

工学部附属像情報工学研究施設長 8代 昭和 63 年 4 月 1 日～平成 3 年 3 月 31 日

柊元 宏

工学部附属像情報工学研究施設長 9・10代 平成 3 年 4 月 1 日～平成 6 年 3 月 31 日



酒井 善則

工学部附属像情報工学研究施設長 11代 平成 6 年 4 月 1 日～平成 8 年 3 月 31 日

大山 永昭

工学部附属像情報工学研究施設長 12・13代 平成 8 年 4 月 1 日～平成 12 年 3 月 31 日



大学院理工学研究科附属像情報工学研究施設長



半那 純一

大学院理工学研究科附属像情報工学研究施設長 14代 平成 12 年 4 月 1 日～平成 14 年 3 月 31 日

長橋 宏

大学院理工学研究科附属像情報工学研究施設長 15・16代 平成 14 年 4 月 1 日～現在



研究施設で活躍された方々

印刷技術研究施設（昭29.4.1～39.3.31）

教 授	在任期間		助教授	在任期間		助 手	在任期間		教務職員	在任期間	
	井上英一	S37.5.1	S39.3.31	井上英一	S31.5.16	S37.4.30	昇任	小門 宏	S33.5.16	S39.3.31	S39.3.31
				梅川莊吉	S33.5.1	S39.3.31		宮澤靖人	S38.4.1	S39.3.31	

理工学部附属印写工学研究施設（昭39.4.1～49.3.31）（42.6.1～工学部附属）

教 授	在任期間		助教授	在任期間		助 手	在任期間		教務職員	在任期間	
	井上英一	S39.4.1	S42.3.31	梅川莊吉	S39.4.1	S42.3.31		小門 宏	S39.4.1	S42.3.31	S42.3.31
								宮澤靖人	S39.4.1	S42.3.31	

昭42.4.1～

部門名	教 授	在任期間		助教授	在任期間		助 手	在任期間		教務職員	在任期間	
		井上英一	S42.4.1	S49.3.31	梅川莊吉	S42.4.1	S44.6.30	精研	宮澤靖人	S42.4.1	S43.7.29	退職
印写化工部門					安居院 猛	S45.4.1	S49.3.31		山口隆司	S42.4.1	S49.3.31	
									上羽貞行	S45.4.1	S49.3.31	
印写物理部門					小門 宏	S42.4.1	S45.11.15	昇任	本多捷夫	S43.4.1	S49.3.31	
					格元 宏	S47.4.1	S49.3.31		清水 勇	S44.4.1	S49.3.31	
印写システム部門 (昭45設置)					池田光男	S46.5.1	S49.3.31		清弘智昭	S46.4.1	S49.3.31	
									近江政雄	S46.10.1	S49.3.31	

事務職員		在任期間	
牧野 房村		S46.8.1	S49.3.31

研究施設で活躍された方々

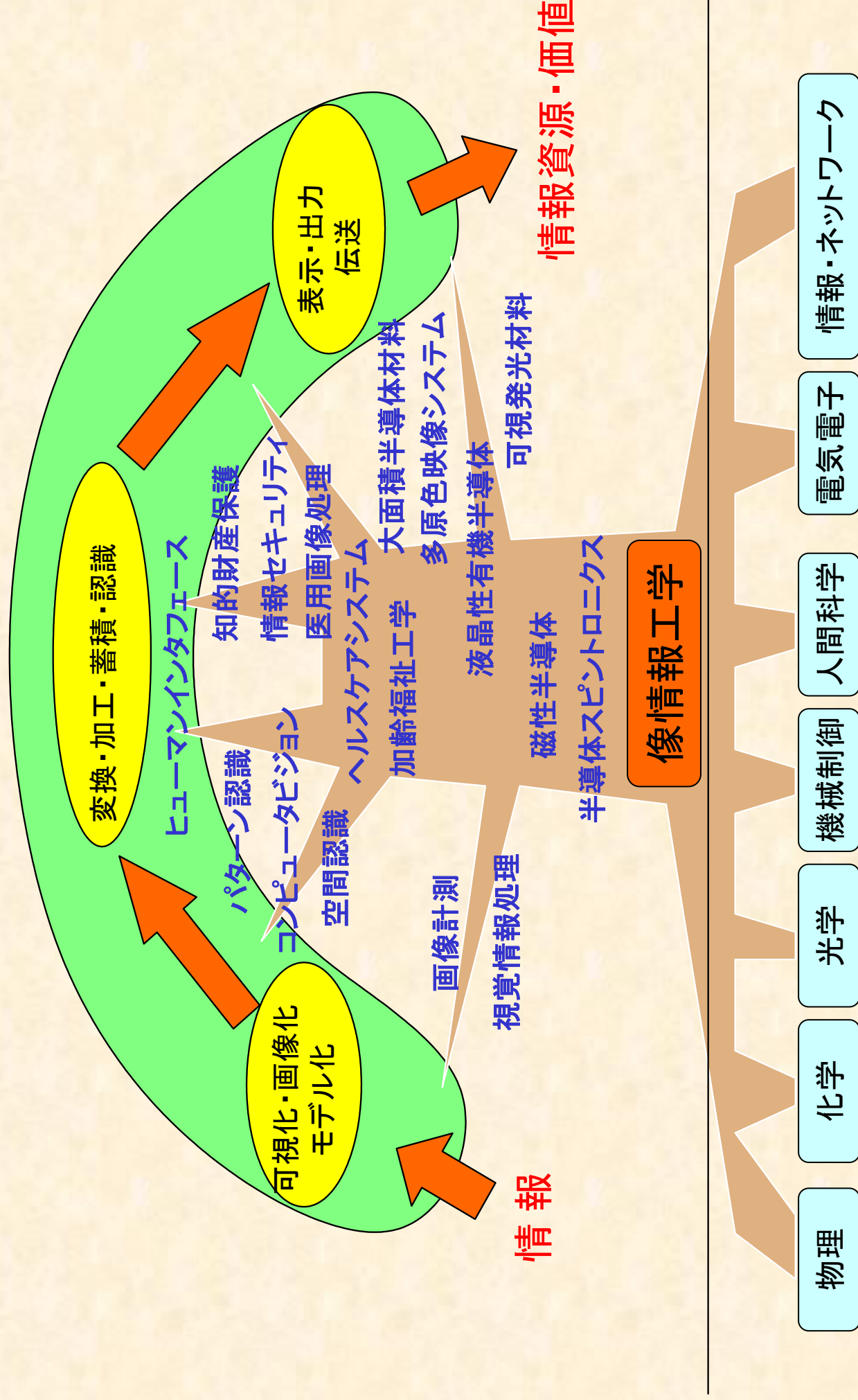
工学部附属画像情報工学研究施設（昭49.4.1～現在）(H12.4.1大学院理工学研究科附属)

部門名	教 授	在任期間	助教授	在任期間	助 手	在任期間	教務職員	在任期間
情報記録部門	井上英一	S49.4.1 S57.4.1	安居院 猛	S49.4.1 S55.10.15	山口隆司	S49.4.1 S52.5.1	中山隆雄	S49.4.1 S51.3.31
	終元 宏	S57.10.1 H8.3.31	吉野淳二	S62.1.1 H5.5.1	上羽貞行	S49.4.1 S55.10.31	本間清史	S51.5.16 S62.12.31
	宗片比呂夫	H10.6.1	宗片比呂夫	H6.1.1 H10.5.31	半那純一	S52.5.1 S62.10.31		
					安田 隆	S63 H2.3.31		
					原 和彦	H2.4.1 H10.3.31		
					近藤 剛	H12.4.1		
画像情報新部門	辻内順平	S49.4.1 S63.3.31	終元 宏	S49.4.1 S57.9.30	本田捷夫	S49.4.1 S56.3.15	小尾高史	H7.4.1 H9.6.30
	大山永昭	H5.11.1 H12.3.31	中嶋正之	S58.6.1 H4.1.16	清水 勇	S49.4.1 S52.2.15	清水耕作	H11.4.1 H17.7.31
	大山永昭	併任H12.4.1～H13.3.31	大山永昭	S63.11.1 H5.10.31	小田俊理	S54.4.1 S60.4.1		
	熊澤逸夫	H14.4.1	山口雅浩	H8.4.1	安田 隆	S60.4.1 S63 配置換		
					大山永昭	S63.4.1 S63.10.31		
					山口雅浩	H1.4.1 H8.3.31		
					小尾高史	H9.7.1 H15.3.31		
					清水耕作	H17.8.1		
画像情報システム部門	小門 宏	S49.4.1 H3.3.31	池田光男	S49.4.1 S51.2.16	清弘智昭	S49.4.1 S50.5.15		
	小門 宏	併任H3.4.1～4.3.31	清水 勇	S52.2.16 S60.1.1	近江政雄	S49.4.1 S51.5.1		
	半那純一	H5.6.1	半那純一	S62.11.1 H5.5.31	中嶋正之	S50.6.1 S58.5.31		
			原 和彦	H10.4.1 H17.3.31	水田正志	S52.4.1 S60.2.28		
					長尾智晴	S60.6.1 S63.5.30		
					星野勝義	S63.6.1 H4.7.1		
					舟橋正浩	H6.4.1 H17.2.28		
応用画像部門 (昭54.4.1設置)	安居院 猛	S55.10.16 H1.9.30	本田捷夫	S56.3.16 H5.5.16	大山永昭	S58.7.1 S63 配置換	鄭 重	H4.4.1 H5.2.28
	酒井善則	H4.1.16 H9.6.30	吉田俊之	H6.1.1 H10.3.31	長尾智晴	S63.4.1 H7.1.31		
	長橋 宏	H10.3.16 H11.1.31	金子寛彦	H12.1.16	氏家弘裕	H7.4.1 H7.6.26		
	内川恵二	H11.2.1 H13.10.16			栗木一郎	H8.4.1 H11.10.16		
	大山永昭	併任H15.4.1～H17.3.31						
	大山永昭	H17.4.1						
情報認知部門 (平15.29～11.3.31)	安居院 猛	H1.10.1 H5.9.1	長橋 宏	H1.8.1 H5.10.15				
	内川恵二	H6.6.1 H11.1.31	長尾智晴	H7.2.1 H11.3.31				
	長橋 宏	H11.2.1 H11.3.31						
知的システム部門 (平11.4.1設置)	長橋 宏	H11.4.1	長尾智晴	H11.4.1 H12.6.30	諸岡健一	H12.5.1		
			長尾智晴	併任H12.7.1～H13.3.31				
			長谷川 修	H14.5.16				

技術職員	在任期間
藤牧 博	S49.4.1 S56.8.31
木見原秀子 (長 秀子)	S59.4.1 H2.3.31

部門名	教 授	在任期間	助教授	在任期間	助 手	在任期間
ヘルスケア情報(凸版印刷)寄附研究部門 (平9.11.1～15.10.31)	喜多紘一	H9.11.1 H15.10.31	長谷川 玲	H10.3.1 H11.5.15		
			石井克典	H11.10.16 H15.3.30		
			岡島克典	H13.11.1 H15.10.31		
IT都市創造工学(NTTコミュニケーションズ)寄附研究部門(H13.10.1～)	喜多紘一	H16.7.1	谷内田益義	H13.10.1	山谷泰賀	H13.10.1 H16.3.30
					鈴木裕之	H16.7.1

Imaging Science & Engineering



2002年度 像情報工学研究施設白書から

1 創造性豊かな人材育成の観点から

本研究施設は、情報技術が産業として、あるいは、社会基盤として今日のような興隆を迎えるはるか以前、昭和29年に創設され、以来、材料分野を基盤として、わが国における最初の情報技術に関する研究組織として、情報技術の進展とともに歩んできた。創設当初の1部門から5部門に、現在は、さらに二つの寄附部門を加えた7部門からなる研究組織として活発に活動を行なっている。本施設は情報の入力から出力にいたる広範な技術領域を研究の対象とし、ハードからソフト技術を含む総合的な情報技術に関する研究組織として40余年の歴史をもつ。本研究組織の理念を教育に反映させる形で、本学の総合理工学研究科 物理情報工学専攻の設立にかかわり、当該専攻創設以来、施設に所属する教官がその大学院教育に携わっている。学内組織上の所属は、大学院重点化に伴い工学部附属から理工学研究科附属に改められ、現在に至っている。

教育における現状と将来目標・計画

昭和50年、大学院大学総合理工学研究科の創設とともに大岡山キャンパスからすずかけ台キャンパスに施設が移された関係から、大岡山キャンパスにおける学部・専攻への教育の参加は限られる。学部教育に関しては一部の講義担当と卒業研究の学部学生の受け入れ（電気系）により、本施設の教官による学部教育への貢献が図られてきたが、重点化にともない学部学生の受け入れ人数と学部教育への参加が減少傾向にある。一方、本施設の教官の広い分野構成から、個別に教官が学科から学部学生（化学系）を受け入れる例も見られる。

大学院教育においては、全教官はすずかけ台キャンパスにおいては総合理工学研究科内の物理情報システム工学創造専攻、及び、知能システム科学専攻の協力講座教官（専任）として、図1に示すように、修士・博士課程の大学院学生を教育に深く参与し、基幹講座の教官と一体となって学生の教育、専攻の運営に当たっている。特に、産業界に関わりの深い研究領域を多くカバーしているという特徴から、社会人博士課程学生の受け入れが増えており、最近の3年間に5名の学生の受け入れている。

本施設は組織上、研究組織の位置づけではあるが、大学における教育・研究の不可分の認識から、各教官の教育に関する認識は高く、工学部主催による Faculty Development (FD) プログラムに本施設の教官も積極的に参加し、教育力の向上に努めている。

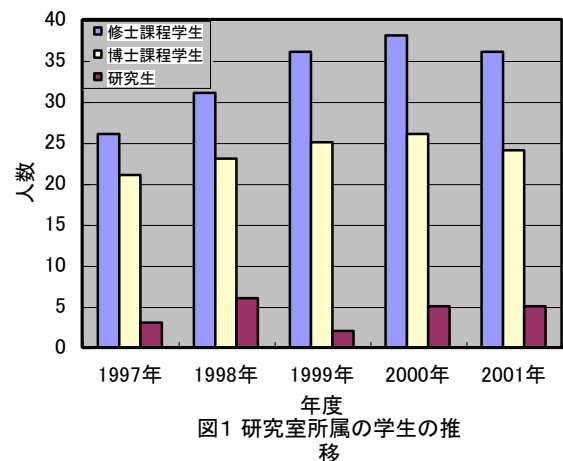


図1 研究室所属の学生の推移

今後の教育に関する目標の一つとして、積極的に社会人博士課程学生の受け入れを進めることがあげられる。これは、歴史的にもこれまで産学連携を積極的に進めてきた本施設の研究組織としての基盤と研究領域の特質を活かすことになるものと考えられる。

本施設は部門増設にともなう教官ポストの振替から、5部門に対して助手3名、教務職員1名の定員があるのみで、教官の育成という観点からみるとこの限られたポストは大きな課題である。教育・研究の将来の大きな発展には有能な若手研究者の発掘と育成を図ることが不可欠であり、これらのポストの適切な人事交代と非常勤研究員ポスト3名の活用を図ることが必要である。

本施設の出身者は、本施設の特徴である教官の広い研究分野を反映して、産業界においては、情報技術に関連する化学材料メーカーから電気・通信・印刷・OA機器・情報サービス分野にいたる広範な業種において活躍している。この点で、本施設は単なる人材の輩出に留まらず、情報関連業界における人的ネットワークの形成にも大きな役割を果たしている。

一方、教官については、この5年間の間に昇任を含む5名（教授：4名、助教授：1名）の学内他部局からの教官の受け入れが行なわれ学内での人事交流に貢献している。部門数5という規模から、本学他部局への転

出者を除くと外部機関への転出者は多くはなく、この3年間を例にとると1名である。このため、本施設出身者の外部からの評価を正しく把握することは難しいが、他国立大学へ転出後、1年余りで教授に昇任されたことから判断して高い評価を得ているものと推察される。

2 学術研究の観点から

本研究施設は、印刷技術研究施設として設立されて以来、印写材料分野を基盤として当初の1部門から、計算機を用いた情報処理分野、応用画像分野、情報認知・感性分野を加え、情報技術の進展とともに研究組織として、現状の5部門まで拡充が図られてきた。小さな組織ではあるが情報技術を広くカバーするわが国のみならず世界的にみても極めてユニークな研究組織として位置づけられる。

研究における現状と将来目標・計画

本施設の創設にいたる経緯から、学内外から研究所への昇格を期待された組織であったが、昭和49年以降、研究所設置が行なわれていないという現実は何となく、情報技術の今日の興隆とその社会基盤としての役割の重要性にもかかわらず、研究組織の拡充による研究所への昇格を果たせず今日に至っている。本施設の現状は、既設の5部門に加え、平成9年度から3年間、2期にわたり凸版印刷(株)によるヘルスケア情報寄附研究部門の設置(現在、活動中)に加え、平成13年度からはNTTコミュニケーションズ(株)によるIT都市創造工学寄附研究部門の二つの寄附研究部門が設置され、拡大する情報技術に対する社会ニーズの要請に答えるべく運営が行なわれている。

先の大学院重点化により本学の学科・専攻では組織の再編・整備が行なわれ、それに伴い本研究施設も理工学研究科附属研究施設への組織上の所属換えが行なわれたが、組織そのものは現状に留まった。平成16年度に予定される国立大学の独立行政法人化への移行を控え、学内の研究組織の再編について検討が行なわれようとしている中、今、将来を見据えた本施設の組織のあり方を見直す絶好の機会と考えられる。これをすすめる際、情報技術の特質、その社会的位置づけ、情報技術をめぐる社会環境、技術の広がり、学内の状況などについて考慮しておく必要がある。

情報技術の要は、従来、情報の入力から出力にいたるハード技術に加えて、その機能を引き出すソフト技術

と考えられ、これがいわば情報技術の両輪と考えられてきたが、三つ目の大きな基盤として、今日、man-machine interfaceの重要性の認識にもあるように、三つ目の大きな基盤として情報の受手である人間の情報認知、評価特性を考慮した情報の技術開発の重要性が指摘される。

情報技術はこの技術が人のコミュニケーションに深く関わることから、技術の進展は量的、質的な効果に留まらず、社会制度のそのものに変革を迫り、ひいては文化にも大きな影響を与えることとなる。これはインターネットや携帯電話をはじめとする先進技術のもたらした社会への影響や最近の公共の諸手続きにかかわる電子化制度への移行の議論を見ても明らかであろう。一方、情報技術の普及による情報のユビキタス化は、情報通信における個人の認証の問題や情報セキュリティの確保、情報の資源化、情報の効率的な検索や蓄積、その活用法など、新たに沸き起こる様々な問題が技術の広がりをもたらし、助長する。

こうした点から、情報をめぐる科学技術の開発は社会的基盤として継続的な取り組みが求められるばかりでなく、前述の情報技術の特質やそれを取り巻く環境を考慮した広い視野に立った研究の推進が必要となる。一方、情報技術に関する研究開発は、学内においては、材料、デバイス、情報処理技術などの各分野にわたって、多くの専攻、研究所の教官によって行なわれているという現実がある。こうした点をもとに、大学における情報関連技術の研究開発においては、① 技術の進歩を踏まえつつ、長期にわたって継続的に研究を推進する研究組織が必要である。② 学科や研究所における従来の縦割りの研究領域では対応が十分とはいえない。③ 既存の理工系専門分野では対応しきれない法律、社会制度からみた技術アセスメントなどの問題を避けては通れない。④ 情報システムの構築まで視野に入れた取り組みがますます必要となる。等の点から、全学規模の横断的な研究組織の再構築がぜひとも必要であると考えられる。この認識にたつて、像情報は以下の観点から情報技術について研究に重心を置いた研究・教育のための新しい組織作りを模索している。

1. 情報技術の研究開発を中心とした全学規模の研究組織作り。例えば、他の研究組織との連携・統合
2. 学内外に開かれた研究環境。例えば、学内外の教官・研究者が一時的にこの研究組織に籍をおき、集中的に研究に専念できる環境を提供する連携部門の設置などが考えられる。

以下、現状の施設の活動状況を項目に則して述べる。

2-1. 独創的・先端的学術研究は行われているか？

施設全体の研究活動の概要は、図2に示すとおりである。各部門ごとの研究領域は異なるものの、毎年、国際会議において多くの招待講演の依頼を受けている。材料・デバイス系部門では、将来の情報デバイスの大きな飛躍につながる磁性半導体や液晶性有機半導体などの新規材料の開拓を世界に先駆けて行い、これらはいずれも NEDO の国際共同研究のテーマに採択され、国際的な共同研究として研究が実施され成果を上げている。情報系部門では、環境によらない自然な色再現を実現するための画像入出力システム（ナチュラルビジョン）の構築を目指して、プロジェクト研究が施設内外の大学・企業の研究グループと共同で進行中である。このプロジェクトは通信放送機構から大型の支援を受けて行なわれている。また、基盤となる情報工学分野においては、人の情報認知のメカニズムを心理物理学的手法を用いて解明する基礎的研究や、画像の処理、認識、生成等に関する理論・及びシステム構築両面からの工学的アプローチ、3次元空間把握のための数理統計的手法に基づく物体形状認識、環境認識などの先端的な研究が行なわれている。一方、二つの寄附部門では、ICカードを用いた学内情報化の実証試験の推進と個人認証の手段としてICカードを用いる情報社会を想定した実用化課題の探索と活用技術の研究、医療情報のセキュリティ技術の開発や蓄積された情報の活用法や体内伝送技術の開発など独自性の高い研究が実施されている。

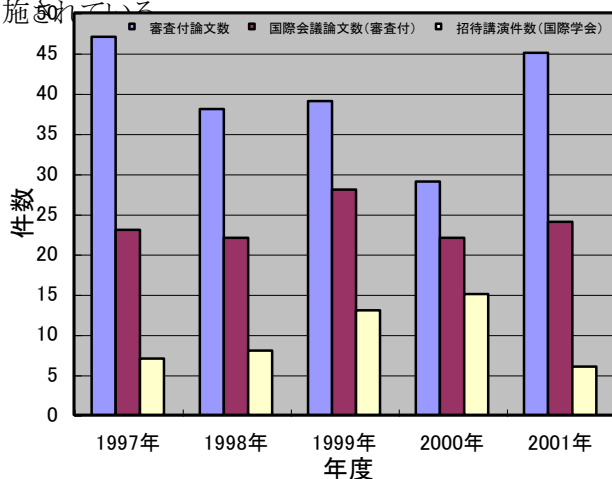


図2 研究業績

2-2. 基礎基盤分野の体系化・深化（学問進化）は行われているか？

材料・デバイス分野においては研究内容の独自性から

現在は材料に関する基礎研究に重点が置かれ、材料の基礎分野の体系化や今後の発展の基礎が築かれている。情報分野の中では、人の情報認知のメカニズムを心理物理学的手法を用いて解明しようとする研究が行なわれ、人の情報認知における基礎研究の積み重ねが進んでいる。

2-3. 新分野創出母体ポテンシャルを維持発展させているか？

施設の教官が絶えず独自性の高い研究テーマを推進することで、結果的に新しい新分野を開拓することにつながっている。例えば、磁性半導体の研究開発では本施設の教官が領域代表となって文科省の特定研究テーマに採択されるなど、実質的な成果を上げている。また、教官人事に当たっては、複数の部門において公募を実施し、外部から優秀な研究者を積極的に受け入れることにより、新しい分野の開拓を進めている。

3 産学連携等を通じた社会への情報発信・社会貢献の観点から

3-1. 産学連携は十分に行われているか？

本施設には、図1に示したように、企業から派遣され各部門で研究指導を受ける研究生が常時、数名程度在籍している。また、図3に示すように、毎年数件程度の各種受託研究、共同研究が実施されており、また、奨学寄附金等の受け入れ状況からも連携の様子がうかがわれる。また、ナチュラルビジョンの研究プロジェクトのように、本施設の教官、および、本施設に関連する教官が研究の総括責任者となって多数の企業の協力の下に大型のプロジェクト研究が実施されている例からも、十分な産学の連携が図られていると言える。

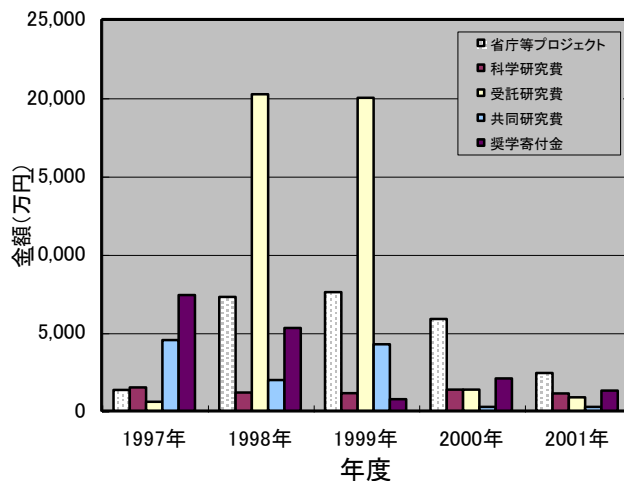


図3 研究費

3-2. 社会貢献は十分に行われているか？

本施設の教官は、電子情報通信学会、応用物理学会、日本画像学会、日本印刷学会などの理事を歴任しているほか、総務省、文部科学省、日本学術振興会、新エネルギー産業技術総合開発機構(NEDO)、通信放送機構(TAO)等の委員を歴任しているほか、横浜市、高知県、大阪府などの公共機関における情報政策に関わる委員会の委員等を担当している。

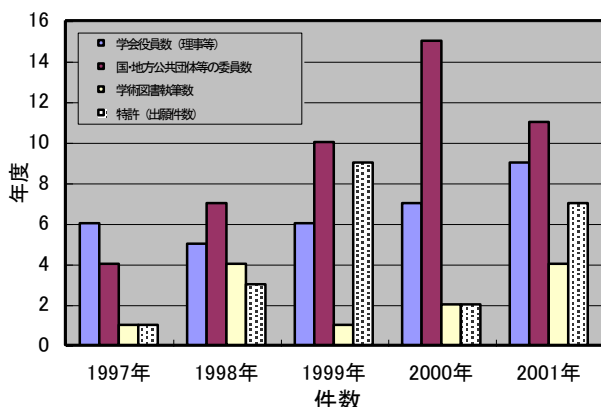


図4. 社会貢献

4 国際的に開かれた教育研究交流の観点から

4-1. 留学生教育は適切に行われているか？

本施設の教官は、総合理工学研究科内の二専攻の協力講座の教官として専攻所属の留学生や国際大学院コースの学生を受け、図5に示すように、絶えず5名程度の留学生が本施設の教官の指導を受けている。

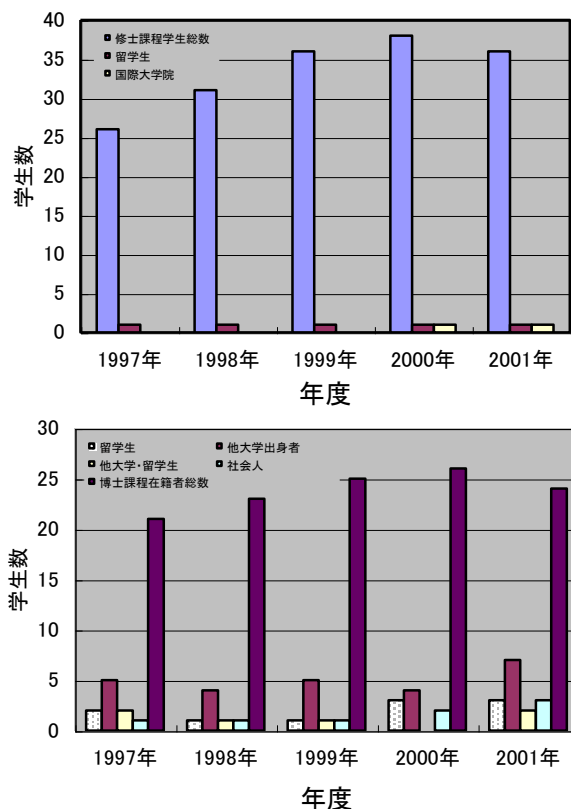


図5 修士及び博士課程在籍者

また、非常勤研究員として、この3年間では外国籍の研究者を2名雇用している。

4-2. 国際交流は適切に行われているか？

この3年間の例にとると、日本学術振興会による日独及び、日英、日韓科学協力事業の支援のもと、日英、及び、日独共同研究、及び、日韓共同セミナーの実施、NEDOの国際共同研究助成による支援を受けた材料に関する国際共同研究を2件、日本と米国、英国、ドイツ、及び、ポーランドとの間で実施し、一部、継続中である。

また、施設全体でみると、年平均、10回程度の国際会議での招待講演の依頼を受けており、あわせて、各教官は年3回程度の海外での国際会議への参加を行なうなど、積極的に海外の研究者との交流を活発に行なっている。

5 理念を実現するシステムの観点から

5-1. 意思決定システムは適切か？

月に一度、施設会議を開催し、組織運営や対外的な案件について討議を行なっている。このほか、必要に応じて臨時の施設会議を召集するほか、電子メールを利用した審議を行い、施設全体の意思の決定を図っている。

5-2. 運営・経営システムは適切か？

本研究施設は、前述の経緯から、組織としては理工学研究科に所属しながら活動拠点はすずかけ台キャンパスと異なるため、しばしば、施設運営に関わる事務・経理上の連絡の不都合がしばしば起こる。この点については、事務部を含む大学全体での組織上の認識を高めていただき、問題の解決をはかる必要がある。施設内部においては、5部門に2つの寄附研究部門を含めた比較的小さな組織であるため、運営や組織の意思の疎通を図ることは容易である。施設会議での議論の補完や教官相互の情報交換の場として、施設内での運営の円滑化を図るため週1度の集まりを開催している。

5-3. 環境整備は十分か？

本施設の研究環境は、新しい部門の設置にも関わらず、これまでそれに見合う実験室等の補充が十分に行なわれておらず、教官あたりの部屋数も研究に支障をきたす状況であった。この点については、近く予定されている研究棟の新築によって、改善が図られる予定である。付帯する実験装置などの研究設備については、十

分ではなく、外部資金等を持ちいて拡充を図る必要がある。

年 度	1997年	1998年	1999年	2000年	2001年	備 考
学生数(入学者数)						
博士 総数						
博士 定員						
博士 留学生	2	1	1	3	3	
博士 他大学出身者	5	4	5	4	7	
博士 他大学出身者かつ留学生	2	1	1	0	2	
博士 社会人	1	1	1	2	3	
博士 国際大学院	0	0	0	0	0	
修士 総数	26	31	36	38	36	施設所属学生数
修士 定員						
修士 留学生	1	1	1	1	1	
修士 国際大学院	0	0	0	1	1	
研究生	3	6	2	5	5	
博士課程在籍者数	21	23	25	26	24	施設所属学生数
教官(教授)数						
総数	4	6	6	5	5	
流動化数(I)*	1	3	3	3	3	
流動化数(II)**	1	2	2	2	3	
他大学出身者	1	1	1	2	2	
女性	0	0	0	0	0	
外国人	0	0	0	0	0	
教官(助教授・講師)数						
総数(助教授)	4	5	4	6	6	
総数(講師)	0	0	0	0	0	
流動化数(I)(助教授)*	0	1	2	2	4	
流動化数(I)(講師)*	0	0	0	0	0	
流動化数(II)**	1	1	0	0	0	
他大学出身者	1	2	3	3	4	
女性	0	0	0	0	0	
外国人	0	0	0	0	0	
教官(助手)数						
総数	3	3	3	4	4	
流動化数(I)*	0	0	0	0	0	
流動化数(II)**	0	0	0	1	0	
他大学出身者	1	1	1	2	2	
女性	0	0	0	0	0	
外国人	0	0	0	0	0	
学術研究						
審査付論文数	47	38	39	29	45	
国際会議論文数(審査付)	23	22	28	22	24	
招待講演件数(国際学会)	7	8	13	15	6	
招待講演件数(国内学会)	4	3	4	7	11	
国際会議口頭発表件数(発表者のみ)	3	8	8	8	13	
国際会議ポスター発表件数(発表者のみ)	3	8	14	9	5	
受賞数***	0	2	0	0	0	
課程博士授与数(総数)	5	4	2	3	2	
課程博士授与数(外国人留学生)	1	2	0	1	0	
論文博士授与数(総数)	0	0	1	0	0	
論文博士授与数(外国人)	0	0	1	0	0	
ポストク数	3	3	3	3	3	
省庁等プロジェクト(交付額)	13,200,000	72,700,000	75,625,000	58,500,000	23,994,000	NEDO国際共同研究を含む
省庁等プロジェクト(採択件数)	2	4	5	2	1	
科学研究費補助金(交付額)	15,000,000	11,700,000	11,300,000	13,400,000	11,000,000	
科学研究費補助金(申請件数)	16	16	15	15	17	
科学研究費補助金(採択件数)	10	8	7	7	5	
科学研究費補助金(採択率)	63	50	47	40	24	
受託研究(研究費)	5,748,000	202,094,200	199,739,630	13,560,000	8,536,000	
受託研究(件数)	2	5	6	3	3	
共同研究(研究費)	45,110,000	19,565,000	42,430,000	2,360,000	2,500,000	
共同研究(件数)	3	3	2	0	1	
奨学寄附金(金額)	73,877,000	52,772,000	7,300,000	20,670,000	12,890,000	
奨学寄附金(件数)	37	18	8	18	10	
社会貢献						
学会役員数(理事等)	6	5	6	7	9	
国・地方公共団体等の委員数	4	7	10	15	11	
学術図書執筆数	1	4	1	2	4	
公開講座(広めに解釈してください)	0	0	0	0	2	
特許(出願件数)	1	3	9	2	7	
研究成果の民間移転件数	1	0	0	0	1	
ベンチャー企業立上げ件数	0	0	0	0	0	
国際活動						
協定校数(学科・専攻・系単位)	0	0	0	0	0	
国際会議企画数(延べ人数)	0	0	1	0	3(200)	
国際共同研究等の件数	0	1	2	2	2	
外国人研究者受入数	0	3	4	4	7	
外国人ポストク数	0	0	1	1	2	

* 流動化数(I):学外の職を経験した教官数

** 流動化数(II):学内外を問わず他の組織の職(学内の場合は他部局の職)を経験した教官数