画像処理

～ITSから稀観書まで～

講演日：2007年5月31日（木）

場所：機械振興会館

正会員 小 沢 慎 治[†]

1. ま え が き

ご紹介をいただきました小沢でございます。前会長が総会で講演をさせていただくというのが慣例のようでございます。去年の原島先生のご講演のようにするのはなかなか難しいですがしばらくお時間を頂きたいと思えます。

私は37年間、慶応の、卒業は電気工学科なんですが、情報工学科におりまして、ことしの4月1日に、蒲郡にあります愛知工科大学の工学部情報メディア学科に移りました。電気工学科、情報工学科、情報メディア学科と、だんだんやわらかくなってきました。

2. 学生時代

画像処理、特に屋外における画像認識やITS (Intelligent Transport Systems) で利用されている画像センサに非常に興味を持っています。ただ、担当理事の和田さんのご意向は研究の話ばかりするなということらしいので、研究の周りの話をさせていただきたいと思えます。

1943年の生まれで、実は今日が誕生日です。(拍手) ありがとうございます。1963年に大学電気工学科に入り、4年生のときに、Strattonの「Electro-Magnetic Theory」という電磁気学の本を輪講で読みました。画像処理はデジタルですが、私が学部ときは、電話の方でPCM24チャンネル方式の実用実験が始まったという時代で、先ほど山田さんのお話にもありましたけれど、デジタル化が実用的になり始めた時代に学生生活を送りました。また、Rosenfeldが「Picture Processing by Computers」という名著を書かれたのが1969年です。

そのころ、私は画像処理をするとは夢にも思わず、卒論はマイクロ波関係でした。進行波管は、電磁波をらせん状に回すと横向きが遅くなって、電子ビームとインタラクションして増幅するという、ご存じの原理ですが、その電子ビームの雑音の解析でした。ですから、電磁気といながら、数値計算をただけというのが卒論でした。

指導教授は小林正次先生(図1)で、今年度の矢野新会長

の大先輩でNECの研究所長、副社長をされてから慶応に来られた方でした。小林先生は、丹羽保次郎さんと一緒に、昭和10何年かに大阪から東京まで写真を電送したNE式写真電送装置を開発された方で、羽鳥先生はよくご存じだと思いますけれど、この学会のライバルの画像電子学会の発起人の一人です。

図1 小林正次先生

慶応にはレーザの先生はいましたが、通信の人はいないということで、修士論文は日本電気に預けられました。そのときは通信研究部長が関本忠弘さん、通信基礎研究室長が金子尚志さん。隣の室長が加藤康雄さんという、皆さんもお名前をご存じのそうそうたる方々にお世話になりました。擬三進符号といって、0, 1で送ると直流分が残るので-1も組合せて送るという、符号の最適化の研究をNECで指導していただきました。その延長でPCM回線の中継器のクロックの抽出で学位論文を書きました。

3. マイクロ波から画像処理へ

年表に研究の歴史を書き入れてみると、まず学生時代にはマイクロ波の研究、デジタル通信の研究をしていました。助手になったときコンピュータで音声情報処理を始めました。そのころは大学の小さな研究室ではコンピュータで画像を取り扱うことはまだできない時代で、まずは音声の研究をして、その後画像処理の研究をするようになって、現在は画像情報処理といわれる範疇がかなり多くて、音声の情報処理をはんの少しやっています。

そこで、おもしろそうなことだけをかいつまんでご紹介をしたいと思えます。

3.1 音声疾患の診断

最初の応用システムは、慶応の耳鼻咽喉科の斎藤成司先生と一緒に始めました。その先生はなかなかアクティブな方で、口から直達鏡というまっすぐな鏡を声帯まで入れて、診断と手術をしておられました。手術はともかく診断のときに直達鏡を入れるのは患者さんに負担が多いので、声だけをマイクロホンで採って、その人の声帯にどんな疾患があるかを判定するというテーマです。その先生は「自分で

[†] 慶応義塾大学(現 愛知工科大学)/当学会前会長

"Image Processing: Applied for the ITS and Rare Book Analysis" by Shinji Ozawa (Keio University, Yokohama (Now, Aichi University of Technology, Aichi))

図2 工場内搬送車

聞いてわかるんだから」とおっしゃって、先生が耳で聞いて診断できることはコンピュータがやるべきだと、「はずだ」ではなくて、「べきだ」ということで始めました。

ご存じのように、音声というのは、肺からの空気が声帯を励振してピッチが決まって、声道を通っていく間に調音されて外へ出てくる、という仕組みになっているわけで、伝達関数で書くと、音源のスペクトラム $G(w)$ と、調音のスペクトラム $H(w)$ が積になって音声 $F(w)$ として出てくる。

声帯の病気では声はかすれるけれども、何としゃべっているかわかるので、 $H(w)$ を消せば $G(w)$ だけ残る。それから診断すれば良いでしょう、というかなり乱暴なアルゴリズムでしたが、要求は、声がかすれる病気を、①片方の声帯は動くけれど、片方の声帯は動かないという半開神経麻痺、②幼稚園の先生のように子供を相手に大きな声を出しているとか、プロの歌手のように喉を酷使するとか、の人の喉にまめができる謠人結節、そして③声帯癌の3種類に分類するというものでした。何とか頑張って、一応判定結果が出るようにしました。また、そのことが新聞記事になると、翌日の慶応病院は大変で、外来患者が普段の10倍ぐらい来てしまい、世の中には患者がたくさんいて、黙ってしゃべれば診断できるというシステムができると殺到するという貴重な体験もしました。

3.2 工場内搬送車(図2)

その後にはミニコンで画像処理ができるようになり、いくつかのテーマを行いました。そんなときに自動車会社から研究生が来て、工場内搬送車の視覚誘導という具体的な研究を始めました。工場の中には、通路に誘導線が埋めあって、その誘導線が車体の真ん中に来るように制御して部品の搬送などをする工場内搬送車があるのですが、工場の中では通路の端に線が引いてあるので、画像処理でこの直線を見つければ、真ん中を走れるはずだということで、それをしばらく研究してました。

4. 留 学

1984年に、留学するチャンスももらいました。工場内搬送車の研究をしていましたので、DARPAのファンドでRosenfeldが自律走行者の研究をしていたMaryland大学を選びました。自律走行車の研究はCMUでもあり、Stanfordでもやっていたのですが、“Picture Processing by

図3 Rosenfeld先生

Computers”の著者であるRosenfeld(図3)のところを選びました。

工場内搬送車のセンスで自動運転に必要な画像センサとして、レーンマーク検出をテーマにすることになりました。Rosenfeldとディスカッションしたときに、「レーンマークの検出を画像処理でボトムアップにやっても難しいので、道路を作るときにはルールにしたがって作るはずだから、そのルールのパラメータを同定するという方針をとったらどうだ」と言ってアメリカ版の道路構造令という本を紹介してくれました。日本に問合せたら、日本にも道路構造令というのがあって、その大部分がそのアメリカ版の翻訳だということがわかりました。というようなことで、車両前方のレーンマークを検出するときに、規則にしたがって記述された水平線形と縦断線形のパラメータを同定する、という方針でいくということになり、これが巧く行って“Pattern Recognition”の論文賞をもらいました。

5. ITSにおける画像処理

5.1 ITSとの出会い

留学のあと、日本に帰ってくると、東大の高羽禎雄先生から夜中に電話がありました。ドクターを取った私の卒業生が、東大生研の助手採用のインタビューを受けに行ったのですが、そのインタビューに高羽先生がおられて、慶応でも道路用の画像センサをやっているということが高羽先生にわかって、「仲間になれ」と言って、電気学会の道路交通技術委員会に入れていただきました。現在、名称がITS技術委員会になっていますが、何代目かの委員長をしています。それが講演の題目の最初のITS(Intelligent Transport Systems: 高度交通システム)との出会いでした。

5.2 ITSと学会

ITSは、情報化と知能化によって交通事故とか渋滞とか環境破壊とかをなくそうという国家プロジェクトで、学会では、電子情報通信学会にはITS研究会があって、ETCで使われているような路車間通信とか、あるいは車両群を制御するのに用いる車車間通信などに興味を持っている人が大勢います。情報処理学会にもITS研究会があって、リアシートといって、運転には直接関係なくて、移動中でも情報をやり取りするようなテーマが主で、最近では歩行者ITSにも興味を持っています、電気学会のITS技術委員会、これは今、私が委員長ですが、これはどちらかというと、

情報収集とか、情報をどうやって集めてくるのかとか、ドライバにどういうふうに情報を提示するかというようなことを一生懸命やっています。

当学会にはITS関係の研究会がないんですが、ITSの政策が決まったのは1993年ぐらいで、そのころは確かに当学会とは関係なかったし、ETCもできるかどうか分からないという時代だったんですが、地上波がデジタルになると、710～770MHzのUHF帯が空くということがあって、その中をどう使うかという議論が随分あります。携帯電話に50MHz、ITSには10MHz割当てられるというような案が出ているそうです。そんなこんなで、だんだん進歩してくると、ITSの範囲も広くなり、技術も高まって、当学会でもかなり関係が出てくるんじゃないかと思っています。

1993年にできたITSの9つの開発分野のうち、カーナビとETCはすでに普及しています。

カーナビのコンピュータは能力が余っていて、カーナビをつければ、バックビューアとかオートクルーズも簡単につくようになっています。

ETCのためには路車間通信のために電波が必要で、5.8GHzの周波数を割当てられています。またその周波数がETCだけではなくて、ほかのことにも使えそうだということになっています。

5.3 車両の検出

次に、慶応時代にやった研究を紹介させていただきたいと思います。ITSの分野では車両を検出するというのは、重要な要素技術になっています。車両の検出に目標を絞って考えたときに、教科書で習う背景差分とかフレーム間差分をやれば車が見つかるはずですが、もちろんそんなに簡単ではありません。車は白いとか、車は赤いとかと決まっているわけでもないし、車はこういう形だと決まっているわけでもないで、なかなか車を安定に見つけるということが難しいのです。適切な「車両のモデル」を考えることをいろんなところでやっています。私のところは何年か前からそういうことをやっていて、斜め後ろから撮れば、縦エッジと横エッジが隣り合っているのが車であると定義して、L型フィルタというのを作って、その出力で車を検出するようなことをやっています。

私のところでやっているのは、画像中のどこに車がいるかを見つけようという発想なんです。東大の上条先生のところは、画像をメッシュに切って、そのメッシュのどこに車がいるかを、時空間マルコフランダムフィールドモデルを使って見つけようという方針です。これもなかなかうまく動いていて、強力なライバルなんです。

5.4 車載カメラによるエッジベースの車両の検出

まずご紹介するのは、やむを得ず高速道路をゆっくり走る車があって、例えば、道路公団の作業車みたいなものは時速40kmとか60kmで走るので、普通に走っている車と60kmとか80kmとかいう速度差があって、しょっちゅう追突される。追突するほうはともかく、追突される作業員だ

図4 後方車両の検出 (1)

図5 後方車両の検出 (2)

けは守ろうというシステムです。

さらに言えば、自車両の死角にいる車に気がつかず、レーンチェンジすると危ないとか、いろいろ適用場面があります。学生さんが頑張ってアルゴリズムをつくってくれて、車両にはエッジがあるということを繰り返し使っています。まず水平エッジの閾値処理で探索範囲を定め(図4)、その中で垂直エッジを低い閾値で閾値処理して、すると縦線が出過ぎるので、縦線は正しいかどうかを判定して調べようとか、いろいろ考えてやるんですね。最終的に車の前面だけを見つけようとする、「水平エッジが豊富なところが車である」(図5)というモデルになって、車が見つかる。

実際やってみますと、いろんな補助線が出ていて見にくいですが、このオレンジの四角が「検出した車両」で、自車両との相対距離と相対速度を測って、危険な車両かそうでないかを表示しています。

こういう実験はとても難しく、事故を起こすわけにはいけないので、事故を起こす直前の画像というのがなかなか撮れなくて、評価は難しいと思います。またこのシステムは、一応リアルタイムで動いています。

5.5 路側カメラによる特徴点ベースの車両の検出

もう一つご紹介します。「エッジベースの検出は、曇りの日は良いけれど、晴れの日には車の影が道路に映って誤りが多い」ので新しいアイデアを考えました。

この例ではカメラは道路側にあつて、カメラの下を通る

図6 車両由来の特徴点検出

車を検出するもので、車両を四角で囲むことで処理結果を示しています。

方針は「車両にはコーナー点が豊富にある」というモデルで、ハリスの有名なオペレータで、コーナーを見つけています。

コーナーを見つけるアルゴリズムなので、明るくても暗くても、それから照明の加減でヘッドライトで明るくなっても、昼でも夜でも、影になっても日向でも検出が可能です。そのかわり、路面のテクスチャなども検出されてしまうという問題があるので、工夫して車両由来の特徴点だけが残るような閾値処理をしています。図6が中間結果で車両由来の特徴点だけが残されています。

あとは、1台の車から特徴点がたくさん求まるので、特徴点をクラスタリングして車両に分割すれば良いことになります。そういう問題に帰着すると、グラフ理論のほうでは、グラフの分割問題というのが大きな分野になっているらしくて、その中から一番使いそうなアルゴリズムを採用して分割しました。

このアルゴリズムを8つのシーンに適用しました。照明条件も違う中、カメラがかくも異なる画像に適用しても同一のプログラム、同一のパラメータで妥当な結果が得られていることが判ります。

6. 実用的な画像処理

6.1 ロゼット形成の判定

1986年ごろは、PC9800という16ビットのPCが研究室で使えるようになって、医学部と共同研究をしました。白血球はリンパ球と単球とに分けられる。それに羊の赤血球を混ぜると、ロゼットを組むといって、赤血球が周りに集まると集まらないのができる。それを数えると、白血球の血液型がわかるというものです。当時は臨床検査の技師さんが一生懸命顕微鏡を見てカウンタで数えていたのを、コンピュータがやれないかというテーマです。図7のような画像が入力されて、大きさの相違と、明度の相違でリンパ球か単球か、赤血球かが判定できて、その後形状からロゼットを形成するかどうかを判定するというシステムをつく

図7 白血球

図8 皮膚画像

図9 処理結果

りました。顕微鏡にPCをつないで、ちょっと時間がたつと答えが出てくるようなシステムで、パーセンテージで出せば良いくらいの精度が出ました。

6.2 肌年齢

もう一つおもしろい話があります。化粧品屋さんには、店頭にながしめの装置を置いて、「あなたにはこういう化粧品が向いていますよ」というように、適切な化粧品を薦めたいという要求があって、肌年齢という評価があります。

きんさん、ぎんさんが100歳のときに肌年齢が60歳ぐらいだったということが新聞に出ましたが、そういうのをフォトメトリックステレオで求めようということもやりました。皮膚のレプリカとカメラの関係を固定しておいて、照明の当て方を変えると図8のように見え方が変わる。それから微小表面の傾き p , q を求める。これを積分すると表面の高さ分布が出ます。これがご存じのフォトメトリックステレオの原理ですけれども、やってみると、非常にうまくいって、図9(a)が10代の皮膚の結果で、図9(b)が60代の皮膚の結果です。皮膚の表面を平面として皮膚の溝が判ります。皮溝が深く、幅が狭く、方向がランダムなら若い肌で、年を取ってくると、方向が一様になって、皮溝が浅くなって、幅が広くなる。これをもとに皮溝の深さ、幅、方向を化粧品会社の方が肌年齢に変換しました。このアルゴリズムは、どこかの化粧品屋さんの店頭に多分あると思います。

7. 稀覯書に関わる画像処理

7.1 HUMIプロジェクト

1996年に学科再編をしました。それまで電気工学科、計測工学科、管理工学科とか、いろいろな学科にコンピュータとか情報を取り扱う教員がいたんですが、それが情報工学科に集まりました。

同時にHUMIプロジェクトが発足しました。このとき初めて稀覯書という言葉を知りました。神保町に行くと古本屋さんがたくさんあって、看板を見ると、稀覯書専門という店があるんですね。稀覯書というのは「珍しい」、「貴重な」、「本」という意味です。英語では単にRare Bookというだけですが、そういうものがあって、コレクターというのがいるんですね。

その中でも特に貴重なのが、グーテンベルク(図10)が1400何年に印刷した42行聖書(図11)と呼ばれるもので、現在では世界中でも48冊しか残っていないというものです。その一冊を何億円かで慶応が買いました。理工学部の人にはそんなにあるなら、建物を建てたほうが良いという話もありましたが、文学部や図書館の人にとっては、これは世界に48冊しか残っていないということで絶対欲しいものだったわけですね。文部省の補助金をもらって買ったことになり、全学のプロジェクトができました。

書誌学の人々が中心となって、理工学部からは私とコンピュータビジョンが専門の斎藤英雄、インクなど化学物質の分析が専門の井上秀成、ほかに環境情報学部からも参加して研究しようというのが1996年に始まりました。

書誌学というのは書籍を対象として形態、材料、用途、内容、成立の変遷等の事柄を科学的、実証的に研究する学問です。我々情報屋は、書籍はテキストだと思っていて、内容しか考えないのですが、書誌学の人にとっては、内容はほんの一部であって、他の要素の方が重要ようです。

7.2 グーテンベルク聖書

これは余計なことなんですが、福沢諭吉が文久2年にヨーロッパに行ったときに、48冊のうちの1冊をドイツで見たという、そういう日記があるということです(図12)。そんなこんなも引き合いに出して買いたいなんです。

ちょっと横道にそれますが、活版印刷をグーテンベルクが発明したと教科書には書いてありますが、グーテンベルクが1447年にヨーロッパで活字合金製活字と油性インクで活版印刷を始めたんですね。ところが1041年といいますが、400年ぐらい前に中国の畢昇という人が、膠泥活字という膠と泥を使って活字をつくっています。ただ何を印刷したかもよくわかっていなくて、全然インパクトを与えなかった。ところが、グーテンベルクの時代というのはルネサンスの時代で、偉い人だけが文字を読める時代だったので、グーテンベルク聖書というのがヨーロッパじゅうに伝播されて、メディアの伝播がヨーロッパ全体にインパクト

図10 グーテンベルク

図11 42行聖書

図12 福沢諭吉の日記

を与えたということでグーテンベルクが印刷したということになっています。

7.3 HUMIプロジェクトにおける研究

さて、HUMIプロジェクトの研究の内容です。最初は、デジタル化ですが、貴重な書籍なので図11のように開くのが限界でスキャナは使えず、表面が湾曲したままカメラで撮っていました。そこで画像処理で3次元復元をして平らな画像をつくったら喜ぶでしょうと思って実装したのですが、全然受けませんでした。

文学部の人との付き合いが長くなって「印刷の5大要素」というのがあることがわかりました。原稿があって、それで組版、版をつくって、印刷機を使って紙の上にインクで印刷するというのが5大要素だということです(図13)。

高精細なので、Webで画像を見ると時間がかかるのですが、そのころWebで公開しているところは、大体ピラミッド型で、最初は低解像度の絵が出てきて、だんだんに高解像度になってくるという、そういう表示の仕方が普通でした。

2番目のテーマは、活字だけの情報を見たい人もあれば、挿絵の情報を見たい人もある。文字情報がわかれば良いという人には2値画像、あるいは減色画像でも充分だろうというルールを考えて、原画像を紙の画像と、文字の画像と、挿絵の画像に分解して、プログレッシブに表示するという、そういう仕組みをつくりました。これはちょっとだけ受けました。

そんなこんなしている間に撮影すること自体がとても重要だということがわかってきました。本を押さえる人、デジタルカメラで撮影するカメラマン、コンピュータに取り込んでファイルにするなど、5~6人で撮影隊を構成するノウハウができて、この撮影隊が評判が良くて、評判が良いというのは、そういう大事なものを撮ったことがある経験者だということが評価されて、大英図書館とか、ドイツのマイントの図書館とか、そういうゲーテンベルクのような稀観書をたくさん持っているところが「撮影してくれ」といってくるようになりました。そのときの条件は、慶応が撮影したデジタル画像は慶応がコントラクトの範囲で使っても良いという交換条件であちこちに撮りに行きました。

そうすると、活版印刷ですから、大英図書館にあるのも、マイントの図書館にあるのも、慶応にあるのも、同じはずですが、やっぱり多少違う。多少違う理由が何だとかいうことに書誌学の人には興味があるということが判って、もう一度我々の研究を考え直しました。

図13の中で活字、原稿、植字工、組版は残っていない。印刷された紙面だけが残っているの、18世紀ぐらいから、印刷されたものを研究している人たちがいて、我々の言い方で言えば、紙面を入力とする逆問題を解くということ、コンピュータを使わないで取組んでいる人たちがいたんで

すね。

7.4 文系研究への支援とBladesの研究

その中で著名なのがBladesの研究でした。それをコンピュータで実装したところ、非常に興味を持ってもらいました。文科系の人には気が長くて今かかわっているプロジェクトは、専門家が10人集まって10年でやるとかという、そういうプロジェクトです。認識率が多少問題があったとしても、我々が手伝って10人で1年でできれば大成功で、3年でも良いと。要するに、研究を加速してくれて、精度を高めてくれれば非常に役に立つということでした。

Bladesはすでに活字が残っていませんでしたから、今のOCRみたいに、この文字セットで認識とかというのができないので、この中に出てくる文字が同じか違うかを比較して、違う文字が出てきたら登録するという仕事をしました。そのころの活字は写本のようなスタイルでしたから、アルファベットでは同じ文字でもたくさんの種類があって、私はもちろんですが、Bladesのような専門家が見ないと区別が困難なものもある、700ページぐらいある本の中で、何文字出てきたかをコンピュータで見つけることを第3番目のテーマとしました。

文字認識の専門家の方から見れば、OCRでやれば良いということなのですが、OCRとは全然立場が違ってきます。認識すべき文字セットがない、というより文字セットを求めるのが目的だからです。また、エンドユーザは専門家、システムがなければ自分でやることをシステムが助けるという立場に立っているものですから、システムの一部となって改良に協力してくれます。

実装したシステムは、普通の認識システムで、行分割をしたり、文字分割をしたり、パターンマッチングをしたりというプログラムの中に専門家へのインタフェースを組込んで、徳永さんというのですが、最初の10ページぐらいは、怪しいときは正解を徳永さんに聞くようにして、以後は全部自動で認識するようにしました。

処理結果が図14(b)です。図14(a)のようにBladesは289種類の活字を見つけたのですが、我々のシステムでは147個の活字を見つけました。Bladesは5冊ぐらい探したということなので、我々が解析した1冊にはこれしかないのかもしれないということになっています。

こういうふうテキスト化できると、我々は何でもないとことが文科系の人にはとても役に立つことがあります。同じ「She」でも異なるパターンがあるので、どれぐらいの割合で出てくるかというのを見ると、専門家の人にはとても役に立つようです。

8. 放送に関わる画像処理

いただいた時間が残り少なくなってきました。一応、「ITSと稀観書」というタイトルでお話をしたんですが、当学会の総会なので、少し関係のある話もしないと思って、最後に当学会で鈴木記念賞をいただいたものをご紹介した

図15 バスケットボールの自動撮影

と思います。

図15が結果です。これはカメラマンが撮ったのではなく、自動的にパン角をコントロールしています。システムとしては、今どこを映せばいいかという評価基準があって、その評価基準にしたがってカメラをパンして、その映像を放送するという仕組みになるわけです。

バスケットボールの試合の映像を画像処理してどこに注目したら良いかを判定するのは、なかなか難しいところがあります。あきらめて、観客がどこを見ているかを判定することにしました。観客の中にも不まじめな人がいるし、遠くて解像度が悪かったりするものですから、バスケットボールに公式記録員がコートサイドにいて、仕事として試合を見ていることを利用しました。また、ハイビジョンのような解像度が高いカメラが出てきたので、アクティブカメラを使うよりは、充分広い画角のカメラを使って、その

中から一部切り取って放送する方針でやってみました。顔の方向を見つけるというアルゴリズムはいくつかあるので利用しました。サボっている記録員もいるのですが、5人いれば3人ぐらいはちゃんと見ているので、勢いよく動いているとき、プレイがアクティブなときはかなりうまくいきました。

ところが、タイムアウトがあったり、フリースローがあったり、選手が勝手なことをしてる時間があり、顔方向のセンサだけではなかなかうまくいかないときがあります。そこで、コート全体がどんな状態かということも、状態線図を書いて判定しながらコントロールすることにしました。

9. む す び

今年の3月まで慶応にいたんですが、4月から愛知工科大学工学部情報メディア学科に移りました。もうしばらく若い学生さんと一緒に仕事ができるのかなと思っています。また去年の年次大会は大阪でしたけれど、年次大会が2年に一度は地方に行くということになって、中京地区にも幾つか大学がありますからいつの日か回ってくるんじゃないかなと思っています。

長いことお時間をいただきまして、どうもありがとうございました。終わりたいと思います。(拍手)

小沢 慎治 1967年、慶應義塾大学工学部電気工学科卒業。1970年慶應義塾大学工学部電気工学科助手、1988年、同教授、1996年、同理工学部情報工学科教授。2007年より、愛知工科大学工学部情報メディア学科教授。その間、1984年、メリーランド大学訪問助教授。音声、音響、画像のデジタル情報処理の研究に従事。2002年～2004年、当学会副会長、2006年、当学会会長。正会員。