

# 面白いこと

—深く、広く、できれば「数式」で、かつ、「定性的・直感的・物理的」に理解したい—

Interesting: Understanding Deeply and Widely, If Possible,  
Mathematically and Intuitively

羽鳥光俊 Mitsutoshi HATORI

## 1. はじめに

深く研究すると面白いことが分かることがある。すぐには分からないことが多いが、研究するうちに、ついに分かった時のうれしさは大きい。

広く関心を持つことも大事だと思う。夢中になって深く研究しているうちに、自分の専門以外の分野に関心を失うと、自分の専門分野に関連して何を研究すべきか、研究テーマの選択の判断に適正さを欠くかもしれない。

自分の専門分野以外についても、「深く、かつ、広く」が理想であろうが、「浅く、広く」でもよいから関心を持つことが大事と思う。それが、結構面白い。楽しい。研究だけでなく、教育についても、深く勉強し、準備して講義することが大事と考えるが、自分の担当教科以外の教科についても関心を持って、広く勉強することも大事だと思う。学生にも喜んでもらえると思う。

理解するにあたっては、できれば数式を使って理解したい。数式は明快で、疑う余地がなくよい。しかし、数式を使って明快に解くことは、残念ながら、常に可能ではない。それゆえ、定性的・直感的・物理的に理解できることも大事である。

以下、小生の経験の中で面白いと思ったことをつづねるままに書いてみたい。研究ではないことがあるのは御了承頂きたい。

## 2. 電気磁気学(古典電磁気学)

小生の専門ではないが、電電公社の中央学園で電気磁気学を教えさせて頂いたことがある。友人が留学している間のピンチヒッターとしてであった。学生時代に山田直平先生に教えて頂いた教科書を使って教えることは難しくないと思って引き受けた。ところが、講義の準備をするにあたって、学生のときは気が付かなかった、難しさと面白さに気が付いた。div, grad, rot等を、定性的・直感的・物理的に理解する面白さを改めて勉強した。

表皮効果、導波管のハイパス特性も面白い。導波管の低域

羽鳥光俊 名誉員：フェロー 東京大学名誉教授 国立情報学研究所名誉教授  
E-Mail hatori-mitsutoshi@silc.plala.or.jp  
Mitsutoshi HATORI, Fellow, Honorary Member (Professor Emeritus, The University of Tokyo, Professor Emeritus, National Institute of Informatics, Tokyo, Japan).  
電子情報通信学会 基礎・境界サイエティ  
Fundamentals Review Vol.3 No.4 pp.4-8 2010年4月  
©電子情報通信学会 2010

遮断特性が長さ方向に対して極めて急しゅんであることも面白い。ハネカム状の穴の開いた厚さ1cm程度の空調用のふたにより、空気は通すが遮断周波数より低い電磁波の減衰を90dB以上、すなわち、ほぼ完璧に遮断することができるのである。

マクスウェルの電磁界方程式は芸術的といえるほど美しい。電磁界方程式は、直線状導体、円筒状導体、球状導体、方形導体等、特殊な形状の境界条件のとき、きれいに、解析的に解を求めることができるが、複雑な一般の形状の境界条件に対して解析的に解を求めることは難しい。有限要素法によりコンピュータで解くことが可能であるが、見えが悪い。あわせて、近似的でもよいから、定性的・直感的・物理的に理解したい。

2分の1波長のダイポールアンテナの、給電点から見た等価回路として、L(インダクタンス)とC(キャパシタンス)と放射抵抗Rの直列回路で極めてよく近似できることを、残念ながら、十分に理解できていないことに忸怩たる思いがある。それを理解できれば、八木・宇田アンテナの指向性を、より良く理解できる。

電磁気学はマクスウェルの時代まで物理学の最先端の研究対象であった。今や、研究の対象ではなく、学習・勉強の対象となって久しいが、勉強すると面白い、楽しいことは、まだたくさんあると思う。

## 3. 光の波動性と粒子性、量子力学

電磁気学、古典電磁気学では、光の波動性と粒子性が共にあることを説明できない。ボーアの原子モデルには、電磁界を放射して電子の運動量が減衰するという矛盾がある。シュレーディンガーの波動方程式の解、波動関数によりこの矛盾が解消する。すなわち、粒子の存在を確率で表すことにより、波動性を持つことと粒子性を持つことを説明することができる。

波動関数により、光ファイバの中の光の伝搬を説明することが可能となる。幾何光学では説明できない、単一モード光ファイバを説明することができる。波動は $h\nu$  ( $h$ はプランクの定数、 $\nu$ は波数)のエネルギーを持つと説明される。

小生の量子力学に対する理解は、残念ながらこの辺止まりである。アインシュタインが明らかにした、質量は $mc^2$ の工

エネルギーを持つことが、原子力発電のエネルギーの源だともでは理解するが、それ以上は小生の理解の先にある。特殊相対性理論、一般相対性理論も残念ながら理解の先にある。

#### 4. 人体に対する電波の安全性

携帯電話の電波が人体に対して安全ではないのではないかと危ぐする警鐘がある。古典電磁気学的に危険な強電界、例えば、電子レンジのように、人体が温まってしまうほどの強い電波が危険であることはもちろんで論外である。しかし弱い電波でも、がんになる等、人体に危険であるという警鐘に小生はくみしない。なぜなら、小生の理解では、電波の $h\nu$ のエネルギーで考えれば、携帯電話の電波の周波数・波数 $\nu$ は、人体の細胞に悪影響を与える粒子エネルギーを持たないと考える。紫外線以上の波数でなければ安全と考える。ただし、これも、確率の問題であり、ハイゼンベルグの不確定性原理の教えを引用するまでもなく、ガウス分布のすそ野のところの、極めて小さい確率を論じているのであれば、異論はない。

小生の理解は、古典電磁気学、量子力学による。量子力学を超える電磁気学が発見されれば、考え直さなければならぬ。しかし、量子力学を超える電磁気学は発見されないと思う。

#### 5. 虚数単位 $i$ or $j$ と複素数、複素関数論、解析接続、ジョルダンの補助定理、周回積分、留数

$z=x+jy$  ( $x, y$ は実数,  $j$ は虚数単位. すなわち $j$ の二乗は $-1$ ,  $jy$ は虚数.) で与えられる複素数 $z$ は体をなす. 実数体 $x$ 上で定義される解析関数の $x$ の代わりに複素数 $z$ 上で解析関数を定義する複素関数論は面白い. 更に、その複素関数の複素平面上における、解析接続の有用性には目を見張るものがある。

定積分の積分路にジョルダンの補助定理が教える半径無限大の積分路を加えて周回積分に変更し、積分路内の極の留数により定積分の値を算出できることを複素関数論は教えてくれる。フーリエ変換やラプラス変換をはじめとする定積分の計算が可能となる。解析関数の微分は常に可能であるが、不定積分、定積分は常に可能ではない。不定積分を求めることができなくても、定積分を求めることができるのである。

コンピュータにより数値積分を行うことは常に可能である。しかし解析的に定積分を計算できることにより、見えが良くなる。

#### 6. 確率関数の複素表示とその絶対値の二乗が確率

波動関数の絶対値の二乗が粒子の存在確率となると理解すると、光や電波の波動性と粒子性を矛盾なく説明することができる。複素関数として定義される波動関数の絶対値の二乗を粒子の存在確率と理解するのが自然なのか。複素関数のノルムの二乗がその絶対値の二乗であり、それが存在確率と考えれば、それが自然であることを理解できる。波動方程式の解を実数関数として求めると、そのノルムの二乗を求めるこ

とができない。解は複素関数として初めて求めることができる。

#### 7. ヘッジファンド、トラヒック理論、待ち行列理論

1997年のノーベル経済学賞受賞者のマイロン・ショールズ氏とロバート・マートン氏、FRB元副議長のデビット・マリーンズ氏を取締役とするLTCM (Long-Term Capital Management) 社のヘッジファンドの破たん、近年のリーマンブラザーズのヘッジファンドの破たんはなぜ起きたか。マイロン・ショールズ氏とロバート・マートン氏の用いたブラック・ショールズ方程式は、確率を用いた精妙な経済方程式である。経済の分野において、確率の方程式が成立しない異常状態があるという教訓であろうか。それともサブプライムローンという金融商品が、確率方程式の成立しない異常状態を作り出したということであろうか。

トラヒック理論や待ち行列理論は有用な美しい理論であるが、電話ネットワークにおいては、地震が起きたとき等の異常トラヒック時に発信規制を行い、ネットワークを守る仕組みが組み込まれていた。また、IPネットワークにおいても、DDOS攻撃のような、確率・統計のモデルが成立しないような状況を作り出す攻撃をされると、トラヒック理論や待ち行列理論では対応できない。だからNGN (Next Generation Network) には、DDOS攻撃等からネットワークを守る仕組みが組み込まれている。

#### 8. フェルミ統計とボーズ・アインシュタイン統計

熱力学・量子力学のフェルミ分布・統計、ボーズ・アインシュタイン分布・統計の違いは、1という粒子と2という粒子を区別できるか区別できないかによる。半導体中のキャリア電子や正孔はフェルミ統計に従うフェルミ粒子である。ボーズ・アインシュタイン統計に従うボーズ粒子、例えば整数スピンを持つ二つの粒子は、同一の量子状態をとることができる。区別できない粒子であることが面白い。その結果全く違う性質が出てくる。

例えば、レーザー・ダイオード中の冷機された電子はボーズ・アインシュタイン統計に従うボーズ粒子であり、一つの量子状態に、多数の励起された電子が入ることができることから、コヒーレントな光を生じさせることができる。

#### 9. 正弦波表示と複素正弦波表示、固有関数と固有値

複素関数の面白さに戻ろう。

大学で電気工学科に進学し、回路理論、電磁気、通信理論を習ったとき、中学、高校以来慣れ親しんだ $\sin(2\pi ft)$ 、 $\cos(2\pi ft)$ でなく、 $\exp(j2\pi ft)$ を使うのはなぜか疑問に思った。それは、複素正弦波が、線形系の周波数表示である伝達関数を固有値とする、固有関数となるからである。正弦波、余弦波は、伝達関数の固有関数とならない。入力を複素正弦波に

フーリエ積分表示、フーリエ級数表示するゆえんである。

## 10. $\exp(j2\pi ft) = \cos(2\pi ft) + j\sin(2\pi ft)$ は定義ではない

複素正弦波は、表記のように、余弦波と正弦波で表すことができる。これを定義だと思っている人は多いが、実は定義ではない。 $\exp(x)$  のテイラー展開を複素平面  $x+jy=z$  で解析接続して得られる展開表示の虚部と実部が  $\sin(y)$  と  $\cos(y)$  のテイラー展開となるからなのである。

## 11. インパルスレスポンス, 伝達関数

線形系にインパルスを入力したときの出力信号, すなわちインパルスレスポンスをフーリエ変換したものが, 周波数領域での伝達関数となる。出力信号の時間領域表現は, 入力とインパルスレスポンスの畳込み積分で与えられるが, 周波数領域表現すると, 入力信号のフーリエ変換と伝達関数の積という見えの良い表現で表すことができる。

インパルス関数は区分的連続でないから, 本来, フーリエ変換できない。そこで, 例えば, 幅  $\Delta$  が無限に狭く, 高さが無限に高い, 面積 1 の方形波の,  $\Delta$  が無限に小さい極限で定義し, 極限をとる順番とフーリエ変換をとる順番を入れ替え, 区分的連続な方形波のフーリエ変換の  $\Delta$  が無限に小さい極限のときの応答を伝達関数と定義すれば, 区分的連続でない入力に対する応答, インパルスレスポンスと伝達関数を定義することができるのである。

## 12. フーリエ積分表示, フーリエ変換, 逆変換, 絶対可積分, 区分的連続, 両側微分可能

時間領域での畳込み積分が周波数領域で積となることがフーリエ変換, 逆変換のメリットである。絶対可積分, 区分的連続, 両側微分可能な関数はフーリエ積分表示することができる。これを変換と逆変換に分離して, フーリエ変換, 逆変換を定義したのであり, したがって, フーリエ変換可能であるためには, 絶対可積分, 区分的連続, 両側微分可能であることが求められる。ただし, インパルスレスポンスで言及したように, 極限と組み合わせると, フーリエ変換を可能にすることができる。絶対可積分でないユニタリステップ関数に対するフーリエ変換を可能にするため,  $\exp(-\alpha t)$  を掛けて変換し,  $\alpha \rightarrow 0$  の極限をとるのが, ラプラス変換と考えることができる。

複素正弦波が伝達関数の線形系の固有関数となるから, 線形系の出力を級数表示することができる。だから, フーリエ級数表示の逆変換, すなわち, 級数表示を時間領域の波形に戻すこともできる。普通の教科書には書いてない(齋藤正男先生の回路演習の教科書に「少し工夫をすれば戻すことができる」との記述がある程度だと思う)が, ポアソンの総和式を使って戻すことができる。

## 13. チャールズ・カオ氏, ウィラード・ボイル氏, ジョージ・スミス氏のノーベル賞

2009年のノーベル物理学賞は, 光ファイバの減衰を少なくするためにはガラスに含まれるOH基を除去することが重要であることを明らかにしたチャールズ・カオ氏, CCDを発明したウィラード・ボイル氏とジョージ・スミス氏が受賞された。

チャールズ・カオ氏の論文を受けて, OH基を除去することにいち早く成功したのはコーニング社であった。ほぼ同時に, 日本の電電公社研究所でもOH基を除去することに成功した。

ウィラード・ボイル氏とジョージ・スミス氏の発明を受けて, CCDを作ったのは日本のソニーであった。デジタル信号用のCCDに比べアナログ信号用のCCDは, 半導体中の不純物を減らすことが鍵であったと聞く。

## 14. 標本化定理, PCM, ランダムパルス列のスペクトル

標本化定理は, 帯域幅  $W$  (Hz) (片側) の信号は,  $2W$  (Hz) より少し大きな標本化周波数で標本化した値を伝送すれば, 低域フィルタで元の信号に戻すことができるというものである。これを学生に教えるときに, 「標本値を求めると一瞬話を聞けば, 次の標本値を求めるとの間話を聞く必要はない」と面白おかしく説明すると, 学生は興味を持ってくれる。

標本値を量子化し, 符号化し, 伝送する, PCM (Pulse-Code Modulation, すなわちデジタル伝送) の量子化雑音は白色であるという論文と, 白色ではないという論文のどちらが正しいかというのが, 私に与えられた卒業論文のテーマであった。二つの論文を詳細に勉強したが, 二つの論文いずれにも論理的誤りを見いだすことはできなかった。できなかったが, 式を詳細に追うことの面白さを勉強したことを思い出す(白色であるという論文が正しい)。

大学院時代, W.R.Bennett 氏の, 「ランダムパルス列のスペクトル」というBSTJ (Bell System Technical Journal) の論文を勉強した。結果もさることながら数式が面白い論文で, その後の教師生活での講義でしばしば使わせてもらった。

## 15. ハイビジョン, HDTV

CCITT (Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique, 現ITU (International Telecommunication Union)) におけるHDTVの標準化は, 日本(NHK)の提案によるものであった。CCITTにおけるHDTVの標準化にあたって, 欧州のEBU (European Broadcasting Union) より, 欧州のHDTV, HD-MAC (High Definition Multiplexed Analog Component) スタジオスタンダードの提案がなされ, 日本のハイビジョン方式と欧州のHD-MAC方式の2方式(後に, アメリカの提案する780P方式も加わった)が, 国際標準化の場で, 激しい競争を行うこととなった。

HD-MAC方式は, 携帯電話のGSM (Global System



for Mobile Communications)方式(日本(NTT)はPDC(Personal Digital Cellular)方式を提案)とともに、1992年のEC(現EU)統合を象徴する標準化とされていた、スタジオスタンダード(走査線数、インタレース走査かプログレッシブ走査か、フレーム数(フィールド数)、アスペクト比、RGBの色相等)の標準化と伝送方式の標準化は分けて行われたが、走査線数と色副搬送波周波数の関係があるなど、分けて考えにくいところもあった。また、SDTV(Standard Definition Television)のNTSC方式とHDTVのハイビジョン方式とのすり合わせ、PAL、SECAM方式とHD-MAC方式とのすり合わせも重要であった。2:1であったハイビジョンのアスペクト比を16:9に変更する妥協提案、59.94Hzであったフィールド周波数を60.00Hzに変更する妥協提案も行われた(フィールド周波数は、その後、再び、59.94Hzに戻された)が、ハイビジョン方式、HD-MAC方式を一つに統合することはできず、両方式と780P方式の3方式をHDTVのスタジオスタンダードとすることとなった。

EBUは、1993年、HD-MACをあきらめ、放送のデジタル化(DVB: Digital Video Broadcasting)の標準化に戦略を変更した。一方、日本では、御承知のように、世界に先駆け、BSアナログ放送において、MUSE方式によるハイビジョン放送が実用化された。

直ちに実用化できたのは、ハイビジョンカメラの研究開発、ハイビジョン用ディスプレイ(ブラウン管、プラズマディスプレイ、液晶、プロジェクタ等)の研究開発が並行して行われていたからである。

その後、御承知のように、MUSEハイビジョン放送は停波され、デジタルハイビジョン放送に世代交代した。MUSEハイビジョン放送の研究開発は無駄な努力であったとおっしゃる方もおられるが、小生はそうは思わない。MUSEハイビジョン放送の研究開発、実用化の成果が露払い、太刀持ちとなって、HDTVデジタルハイビジョン放送のスムーズな実用化ができたのだと思っている。

## 16. 放送のデジタル化、帯域圧縮符号化

1992年、小生は、郵政省(現総務省)電波監理審議会のハイビジョン放送研究会(委員長 猪瀬 博先生)の委員、同作業部会(部会長 石川晃夫元電波監理委員会会長)の部会長代理を務めさせて頂き、ハイビジョン放送のデジタル化研究のお手伝いをさせて頂いた。

既述のように、ハイビジョンは、MUSE帯域圧縮伝送方式により、衛星放送BSの1トラボン(トランスポンダ)を使って放送されていた。上記研究会は、帯域圧縮を、アナログ方式のMUSEから、MPEG-2デジタル方式に切り換えるべきかを研究する研究会であった。作業部会のメンバーの方々と御一緒に、NHKの研究所、NTTの研究所、KDD(KDDI)の研究所、アスキーの研究所、日電(NEC)の研究所、富士通の研究所等を見学させて頂き、MPEG-2による画質とMUSEによる画質の比較検討を行った。MPEG-2の画質がMUSEの画質に比べやや劣る画像もあったが、ほぼ同等で

あった。しかし、1992年、1993年の時点で、また、近い将来において、MUSEをやめ、MPEG-2に変更すべきとは考えられなかった。

地上デジタル放送においては、アナログ放送では不可能なSFN(Single Frequency Network)が実現できるとか、マルチパスひずみ(ゴースト障害)に強いOFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplex)のすじの良さは大きなメリットと考えたが、3年後の1996年にBSの1トラボンで2デジタルハイビジョンが放送できるようになる、また地上波では6MHzの帯域幅で、ハイビジョン放送ができるようになるとは予測できなかった。

しかし「アナログ放送をデジタル放送に切り換えるのは時期尚早」という作業部会の報告書は委員長である猪瀬 博先生のお考えには沿わない報告書であった。その後、月尾嘉男先生を長とする懇談会がもたれたが、デジタル方式に切り換えるというコンセンサスは得られなかった。

1996年5月13日(月)、放送のデジタル化を再検討する検討会、すなわち、BS3後発機をアナログ方式とするかデジタル方式とするか、1年かけて再検討する検討会を設けることへの賛否を問う、電波監理審議会のヒヤリングがあった。NHKの方、松下電器の方と小生が呼ばれた。電波監理審議会のヒヤリングは、通常は審理官が行うが、電波監理審議会会長の猪瀬 博先生自らが行うという異例の状況であった。

このヒヤリングのころには、1992年、1993年のハイビジョン研究会で主張した意見を変更したいと考え始めていた。1996年までの間に、MPEG-2符号化機が大きく進歩し、BS1トラボンで2デジタルハイビジョン放送を可能とし、6MHzの帯域幅で地上デジタルハイビジョン放送が可能となりつつあった。検討会を設けることに賛成すると答へ、検討会の座長を務めさせて頂き、放送のデジタル化推進のお手伝いをする事となった。ヒヤリングに呼んで頂いたことを感謝している。

1992年、1993年から1996年の間の技術進歩は符号化LSIの進歩であった。すなわち、MPEG-2の動き補償符号化(Moving Compensation)の動きベクトルを求めるためのDSP(Digital Signal Processor)の高速化が行われ、更に動きベクトルを、輝度信号の相関に加え色信号の相関も用いて求めることにより高い帯域圧縮率が実現されたのであった。

## 17. 移動通信、携帯電話、GSM、3G、W-CDMA、CDMA2000、3.5G、3.9G、4G

携帯電話加入者数が固定電話加入者数を追い越し、固定電話加入者数は漸減しつつある。携帯電話の普及が進み、携帯電話加入者数の増加も頭打ち状態となりつつある。そのような中、我が国では、携帯電話ネットワークを用いる新サービスの開発に力が入られている。携帯メール、iモード、携帯インターネット、着メロ、着うた、おサイフケータイ携帯等の非電話サービスによる収入増を狙う事業戦略がとられて

きた。新サービスに対応する携帯端末の開発競争には目を見張るものがある。

我が国では3GのW-CDMA、CDMA2000の普及率が極めて高い。そのことが、非電話系の新サービスの開発を支えている。更には3.5G、3.9G、そして4Gの高速データ通信が可能な携帯電話の研究開発に力が入れている。

我が国の携帯電話端末の高機能化は世界的に突出したものである。ガラパゴス化といわれることがあるが、いずれ、近い将来、諸外国の携帯電話端末も高機能化し、新サービスを追求することになると思われるので、使いやすい、喜んで使ってもらえる新サービスを、そして、諸外国でも使ってもらえるような端末、サービスの研究開発に力を入れることが大事と考える。

PHS電話事業は難しかった。1社だけ頑張っていたウィルコム社の状況は極めて厳しくなった。PHSはセルラー型に比べ約100倍電波利用効率が良い。しかしその代償として100倍基地局を設ける必要がある。セルラー型電話との競争は難しかったということであろうか。デジタルコードレス電話と、限られた区域で通話可能な事業という選択はまだあるかもしれない。

無線LAN (WiFi (802.11b, 11a, 11g, 11n等)) は免許不要である。一方、広帯域無線アクセスシステム (BWA: Broadband Wireless Access (WiMAX, 次世代PHS)) は免許が必要な電波で、免許が必要ということは、送信・受信周波数が保護されるということ、免許がいらぬということとは保護されないということである。

広帯域無線アクセスシステムの免許にあたっては、MVNO (Mobile Virtual Network Operator) (ハードを持たない通信サービス事業者) の受入が求められた。BS放送、CS放送における委託放送事業者はハードを持たない放送事業者である。ハードを持たないことは、参入時の障壁、退出の障壁を低くする効果があると考えられている。

## 18. FTTH

メタル (銅線) ケーブルから光ファイバケーブルへの移行が急速に進んでいる。光ファイバケーブルは、長距離基幹回線において中継機数の大幅な低減、波長多重による大容量化等の利点を生かして、早くから、広く使われてきた。

近年、加入者系においても、FTTH (Fiber to the Home) が広く普及しつつある。FTTHの普及率は、世界的に、日本が1位である。FTTHの広帯域性を生かす新サービスの開拓が期待される。IPTV (Internet Protocol Television) やビデオオンデマンドが期待されている。NGNと組み合わせたサービスプラットフォームの研究開発が行われている。

## 19. 組み込みソフト、ファームウェア

マイクロプロセッサの進歩と組み込みソフトの進歩により、ファームウェアアップデートが広く用いられるようになった。組み込みソフトを入れ替えることが可能となり、バージョンアップを容易に行うことができる。また、組み込みソフトのバグを修正することができる。例えば、フィールド周波数の異なる、日本のワンセグ放送にも、ブラジルのワンセグ放送にも対応できる端末を作ることも容易にできる。

BSデジタル放送においては、エンジニアリングスロットと呼ぶ電波を使って、組み込みソフトを入れ替える仕組みが採用された。携帯電話においても、当初はなかったが、同様な仕組みが採用され、バグ修正などに活躍している。

ただし、組み込みソフトが複雑になると、バグのない組み込みソフトを作ることが容易ではないという問題の解決が課題と言えよう。

## 20. おわりに

この小文を書かせていただくことを決めたとき、「通信、放送の進歩と課題」という題で書こうとしたが、書き進めるうちに、大きすぎて難しいことが分かった。やむを得ず、もう少し軽い随想的な小文で許して頂くこととした。しかし、なおかつ、浅学非才ゆえの誤りのあることを危ぐしている。分からないと白状したことについても、それはこういうことだと教えて頂けることがあるのではないかと思う。御教示頂ければ幸いである。

なお、15. と 16. は、映像情報メディア学会誌2009年8月号に書かせて頂いたものの一部を流用したものである。



羽鳥光俊 (名誉員：フェロー)

昭38、東大・工・電気卒、昭43、同大学院工学系研究科博士課程了、工博。同年、東大・工・講師、昭44、同助教授、昭61、同教授、平11、同名誉教授、同年、学術情報センター (現国立情報学研究所) 教授、平16、同名誉教授、同年、中大・理工・教授、平21、中大を停年退職。平10、映像情報メディア学会会長、平14、本学会長。映像情報メディア学会名誉会員、IEEE ライフフェロー、電気通信技術委員会 (現情報通信審議会) 元委員、電波監理審議会元会長、情報通信技術委員会会長、YRP 研究開発推進協会名誉会長。