

会長就任あいさつ

瀧 保 夫

瀧 保夫：正員 東京理科大学工学部
The President's Inaugural Address. By Yasuo TAKI, Regular
Member (Science University of Tokyo, Tokyo).
資料番号：昭 57-90 [講演-5]

私、このたび計らずも皆様の御推挙により、輝かしい伝統を持つ電子通信学会の会長の席を汚すことになりました。誠に身に余る光栄と存じますと共に、その重責をひしひしと身に感じている次第でございます。

本会は、大正6年に電信電話学会として発足いたしましてから60有余年、その間に電気通信学会、電子通信学会と2度にわたって名称を変更して今日に至っております。この名称変更の歴史そのものが、本会の関係する技術分野の急速な拡大と学問内容の飛躍的進歩、それに伴う本会の発展を雄弁に物語っているといえます。その間、我が国は戦争等の苦しい体験も致しましたが、今や経済大国といわれるまでに発展して参りました。特に通信エレクトロニクス産業の興隆は誠に目覚ましいものがあり、経済発展の牽引車の役割を果たしてきたと申せます。そして、その基礎となる学問技術を支える学会として、本会の果たしてきた役割はまた、極めて大きいものがあつたと存じます。歴代会長役員を始め、会員諸兄の御尽力に深甚な敬意を表するものでございます。本会も、今や会員数2万9千名に達するマンモス学会となり、その受け持つ学問分野も多岐にわたり、それなりにその運営には難しい問題も少なくないと思います。私自身は、誠に菲才無力ではありますが、幸いにして役員には有能練達の士がそろっておられます。その御助力を得つつ、何とか会員の皆様の御期待に少しでも沿うことができるよう努力して行きたいと思っております。

さて、翻って現在の世の中を眺めて見ますと、時代

は急速に回転しつつあるように見受けられます。ある人は混沌の時代といい、ある人は文明の危機を訴えます。又、ある人は、今までと全く価値観の異なる新しい時代の幕開けを予想する人もあります。いずれにしましても、現代は一つの変革の時代であり、その上この変化の原因には技術の進歩、特にエレクトロニクスの急速な発展と、これに基づく情報技術の飛躍的な進歩が深くかかわっていることは間違い無いように思われます。そして、この社会の変化が、通信の上にその多様なニーズとして再び跳ね返ってくることになり、通信自身も多様化の時代を迎え、急速に変革を遂げつ

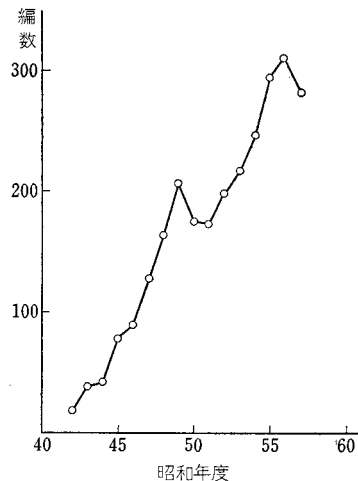


図1 電子通信学会全国大会における画像関係発表論文数の推移

つあると申せましょう。我が国におきましても、電電公社は電信電話中心の通信から脱皮して、データ、ファクシミリ、画像等の多種のメディアと多彩なサービスを含む高度情報通信網を建設する計画を強力に推進しようとしておられると伺っております。

私は、若いころからテレビとか画像の問題に多少興味を持って参りましたので、今日は「通信と画像」の問題に焦点をしばり、その側面から通信技術の発展の跡をたどり、私見を混えお話しして見たいと思います。

まず図1を見て頂きたいと思います。これは毎年行われる電子通信学会全国大会の発表論文の中から、画像に関係があると思われるものを私なりに選び出し、その数の推移をグラフにしたものです。脱落や誤解も少なくないと思いますが大体の傾向は読みとれると思います。これからわかりますことは、昭和45年ころから画像に関する論文が毎年急速に増加し、画像技術に対する関心の高まりを示しております。

通信における画像の役割

人間は情報伝達の手段として言語を発明しました。個人と個人間の通信は、音声言語による会話という形が最も基本的な姿であります。会話は即時的でダイナミックな通信手段ですが、反面、一過的であり記録性がありませんので、時により言語を文書の形で記録する必要が生じます。音声および文字で表された言語が、個人間の通信手段として基本的なものであって、従って電気通信がまず電信電話の形で実現されたのは極めて自然な流れであり、世界の至るところで電信電話網が普及発展して今日に至ったのは当然な成り行きであります。我が国におきましても、御関係諸先輩の御努力により、世界でアメリカに次ぐ電話保有国となり、各種サービスを含む最も整備された電話網を完成させております。

しかし一方、人間の情報収集器官として最も発達しているのは視覚であり、人間の受容する情報の相当のパーセントがこれによっています。「百聞は一見に如かず」といわれるように、ある種の情報は視覚を以ってしか伝達できない場合もあり、一般的な情報伝達媒体として見た場合、視覚そしてその対象である画像が極めて大きな情報伝達能力を持っていることがわかります。ただ、個人と個人間の通信では会話が主体であり、視覚はあくまで脇役であって、相手の表情とか雰囲気といった補助的情報を伝えるに過ぎません。従来の考え方の電話に映像を付加したのみのテレビ電話

が成功しなかった所以だと思えます。しかし、通信そのものが従来の個人と個人間の通信から一步踏み出し、新しい多様なサービスを考えることになり、優れた視覚の特長を活用した「画像」が、情報媒体として極めて重要になってくることが予想されます。

新しい通信システムと画像

最初に述べましたように、現在通信自体が多様化の時代を迎え、従来の電話主体の通信から大きく変わろうとしております。この変革に最も大きなインパクトを与えたのは、申すまでもなくコンピュータの発達であります。従来、我々の仕事は人と人との個人的接触や会議を通して進められてきました。しかし、コンピュータの発達により、それらの仕事の相当部分は、人間とコンピュータとの間で処理されるようになると思われれます。それにつれて、個人の間で交わされてきた電話に代って、端末とコンピュータ、あるいはコンピュータ相互の間で交わされるデータが多くなってくることが予想されます。

又、従来のマスコミの新聞、ラジオ、テレビ等では、情報は一方通行で人間は受動的にこれを受けとるのみという形であります。しかし、人間は段々これに飽き足りなくなり、個人がそれぞれ自分の望む情報を、望む時点で自由に得たいと思うようになるでしょう。その結果は、コンピュータを中心とする高度の情報サービスが要求され発達することが予想されます。例えば、キャプテンや画像応答システムなどもその一例でしょう。更には、特定の目的のためのシステム、例えば教育用、医療用などの特殊な情報システムも多用されると思われれます。

これら、コンピュータと人間との間の通信のインタフェースとしては、音声も考えられますが、文字や図形を含めた画像というものが、極めて重要な役割をすることになるでしょう。出力として、文字、図形、静止画、あるいは動画が、それぞれ適した用途に適当に使分けられるでしょうし、又、入力としても、文字図形の自動読取りを含む画像入力が必要に応じて使われることになると思われれます。

又、非電話サービスとして、既に現在利用が高まってきたつあるものにファクシミリがあります。従来から、電話と共に事務処理に欠かせないものに文書の送達があります。ファクシミリは不在受信が可能という優れた特長もあり、その上送信原稿がそのまま受信側に再現されるという点から、複雑な漢字を用いる我が

国には特に適した方式として、今後急速な普及発展が期待されています。

従来の音声電話による通信の直接的拡張としてのテレビ電話は、コストパフォーマンスの点から見て、現時点ではあまり需要があるとは考えられませんが、テレビ会議は、経済性等に若干の問題はあるというもの、人の移動の時間とエネルギーの節約という面から、今後広く使用されて行くことが期待されています。

又、音声電話に手書き文字や線画を重畳して伝送するオーディオグラフィックは、電話に若干の付加装置を付けるだけで、電話をかけながら画像が利用できるという手軽な便利さから、将来の発展が注目されています。

以上見て参りましたように、新しく考えられている多様な非電話通信サービスの中には、何らかの形で画像に関連したものが多く見受けられます。

画像伝送とデジタル通信

以上述べましたように、新しい通信網の中にはいろいろな情報が混在し伝送されることになると思われますが、これらを一括して合理的に扱うのに適しているのはデジタル通信網であります。音声でも画像でも、符号化されれば同じように0と1のデータの系列になってしまいますから、情報の種類に関係なく同じように処理できます。特に画像は波形伝送でありますから、本質的にデジタル伝送が適しています。ただ画像信号の問題点は広帯域だということでもあります。これがコストの上昇を招き、画像の利用の最大のネックになっております。しかし多くの場合、画像の信号には相当の冗長度がありますので、適当な信号処理を施せば帯域圧縮をすることが可能です。そしてこのような比較的複雑な信号処理は、デジタル技術でなければ不可能です。そのような点から画像には特にデジタル通信が適しております。デジタル技術がなければ、画像の実際的な利用は考えられなかったといってもいい過ぎでないと思われま

す。画像伝送にとってもう一つ幸いなことは広帯域伝送路の進歩です。特に光ファイバは、長波長帯の利用によって0.2とか0.3 dB/kmという極限に近い低損失を実現し、GBの速度の方式も近い将来現実のものとなることが期待されています。又、長距離大容量の通信路ばかりでなく、近距離中小容量の方式の実用化も進んでおります。このような広帯域伝送路が経済的に提供されるようになれば、伝送コストも下がり、画

像の利用は更に加速されるで

ありま

画像信号の帯域圧縮符号化

上述のように、画像信号は広帯域であることが最大の問題であります。放送テレビジョンが実用化された直後から、このテレビ信号の冗長度を除き帯域を圧縮するための多くの研究が成されてきました。しかし何分、当時はアナログ信号が対象であったため、処理に伴う画質低下が大きく、なかなか実用に耐える方式は生れなかったのが実状でございました。1960年代に入ると電話のPCMがいよいよ実用の段階に入り、一方、テレビ電話が話題に上るようになると共に画像のデジタル伝送が真剣に取り上げられるようになって参りました。その後の半導体技術特にLSIの進歩とデジタル信号処理理論の発展により、信号のデジタル処理が経済的に実行されるようになり、画像の帯域圧縮符号化が始めて実用の域に到達したと申すことができます。

次に画像信号の帯域圧縮符号化の現状について概観して見たいと思います。画像といっても、テレビジョンのように階調のある動画から、ファクシミリが主として対象とするような2値画像まで各種のものがあり、自らこれに対する技術も異なって参りますが、ここでは前者を主として考えたいと思います。現在、いろいろの方式が提案され、それぞれ特徴がありますが、最も基本的で重要なものは、

(1) 予測符号化 (predictive coding)

(2) 変換符号化 (transform coding)

及びこれらの組合せの

(3) ハイブリッド符号化 (hybrid coding)

であります。その他、サブサンプリングによる内挿、あるいは符号の問題としてエントロピー符号化、ランレングス符号化など各種の手法が応用されております。

又、符号化を1フレーム内の標本点の操作で行うフレーム内符号化、2フレーム以上にわたって行うフレーム間符号化の別もあります。前者は1フレームの画面の中に存在する相関を利用し、後者は2フレーム以上の画面と画面の間の相関を利用して冗長度を減らそうとするものです。一般に、画像の統計的性質は画の種類によって著しく異なるばかりでなく、1枚の画像の中でも部分的に相当変化すると考えなければなりません。例えば、平たん部と輪郭部では全く違っております。いかなる方式を使うにしても、種々の画面に対し、常に高い能率を確保しようとすれば、適当に適応的(adaptive)な手段を使うことが必要であります。次に各方式について簡単に述べます。

(1) 予測符号化

これはDPCMともよばれ、現在送ろうとする画素の値を、画面の相関を利用して、過去に送られたデータから予測し、その予測値と実際の値との間の誤差を符号化して伝送する方式です。予測に使う画素が同じフレーム内のものであればフレーム内予測で、普通同一フィールド内で3点程度の値を使うことにより、普通の画で3~4 bit/pelで一応満足できる画質が得られます。しかし、更に細部にわたって良質の画を得るためには、画によって予測係数を変化したり、予測に使う画素位置を変更したり、あるいは量子化ステップを変化する等、いろいろな適応的方法が提案されております。テレビ会議のように、比較的動きが少なくまたディテイルも少ない画面の場合には、フレーム間符号化が極めて有効であります。これは前フレームの対応位置の画素の値を予測値とし、これと現画面の画素値を比較し、その誤差があるしきい値以下の場合には信号を送らず、しきい値以上の変化のあった画素についてのみ誤差信号を送り受信側メモリ内のその画素の値を書き変えて行く、条件付画素書換え方式がその代表的なものであります。これにより大幅な圧縮が可能で、動きの少ない人間の頭部画像の場合、1 bit/pel程度で良質の画像が得られています。更に、情報を圧縮するため、フレーム内とフレーム間の複合差信号をとる方式も行われております。フレーム間符号化は当然フレームメモリを必要とし、初期には、圧縮率は高くとも装置が大掛りになるので、特別高級な方式と考えられてきました。しかし、最近のメモリの小形化と低価格化により、フレーム内符号化とのギャップが狭まり、より広い用途に対して注目されるようになって参りました。フレーム間予測は、動きの激しい画では、当然効率

が下がります。しかし、その動きは画の一部または全体の平行移動である場合が少なくありません。この点に注目し、画面の動きを補償しながら予測を行う動き補償予測方式が最近注目されております。これには画面の動きを知らなければなりません、その方法には、(i) マッチング法と(ii) 計算法の2種があります。前者は、画面をある大きさのブロックに分け、送ろうとするブロックに対し、前フレーム内に位置をずらした多数のブロックをとってそれとの相関を調べ、最も相関の高いと思われるものを参照ブロックとして、これを基準として現ブロックの画素との差信号を作って送る方式です。もし、画面が完全に平行移動であれば、参照ブロックと現ブロックは全く一致するはずですから誤差信号は0となります。実際にはこのようになりますが、画面は部分的には平行移動と見られる場合も少なくないので、誤差信号は大幅に減少します。しかし一方、動きベクトルすなわち現ブロックと参照ブロックのずれを送らなければなりませんので、それだけオーバーヘッドになりますが、ブロックに一つ送ればよいので、1画素当りにすればわずかな情報量で済みます。(ii)の方法は、各画面のグラディエントと前フレームとの差信号から、ある画素の動きベクトルを計算で推定し、その値だけずれた前フレームの点との差信号を送るものです。動きベクトルは各画素ごとに計算されますが、計算アルゴリズムさえ定めておけば、送受それぞれに計算すればよく、動きベクトルを送る必要はありません。しかし、伝送誤りがあった場合には動き補償量が喰い違いが生じますので大きい誤差となります。いずれにしても動き補償により伝送情報量は半分くらいに節約できるといわれています。この方式には、これ特有の画質劣化要因などの問題もありますが、高圧縮度を得る有効な方法として注目されています。

しかし、このようにしてもあまり動きが大きい画面や、又、画面の切換え等の場合には、フレーム間符号化は有効ではありません。従って、画面の動きを見て、フレーム間符号化が有効でないときにはフレーム内符号化に切り換える方式が提案されており、放送テレビ程度の高品質の画の伝送を対象として具体的な試作も行われて好結果を得ています。

(2) 変換符号化

これは画面を幾つかのブロックに分け、ブロックごとに画素の値を直交展開しその展開係数の値を伝送する方式であります。係数の間の相関が小さくなれば、

それだけ冗長度が除去されることとなります。又、多くの場合、この係数の大きさに偏りがありますので、大きさに応じたビット割当ができ、特に高次の係数は値が小さく伝送を省略することができるものも少なくないので情報圧縮となります。理論的には、展開係数が完全に無相関化される K-L 展開が最適ですが、これは直交関数自体が画面によって変ることになるので実際的ではありません。実際上には、計算の簡単なアダマール変換、傾斜変換等が用いられてきましたが、最近のハードウェアの小形化と高速計算法の進歩のため、離散 COS 変換などが K-L 変換に近いものとして注目されるようになってきました。又、伝送係数の選択、量子化レベル等を適応的に変化することも行われております。変換符号化はメモリと処理手順数いづれも大きいのが欠点ですが、圧縮率に対して比較的画質は良いので、静止画等には有利な点が少なくありません。

(3) ハイブリッド符号化

ブロックごとに変換符号化し、得られた係数値をブロック間で予測符号化する方法で、予測としてはフレーム内とフレーム間が考えられ、フレーム間予測には動き補償も適用できます。

その他、サブサンプリングはナイキスト間隔より広い間隔でサンプリングし内挿補間で補う方法で、当然画質は落ちますが、動きの早いときはボケが眼に付きにくい等の性質を利用して情報伝送速度を節約する場合などに有効に使われます。その他各種の提案がありますが、省略致します。

以上は一般的方法として主として白黒画像について述べてきましたが、カラー画像についても基本的には全く変わりありません。ただ信号として、明度信号のほかに色度信号を考えなければなりません。NTSC 信号のような複合信号をそのまま符号化する直接符号化と、明度信号 Y と色度信号 (例えば I と Q) をそれぞれに符号化して時分割伝送する分離符号化があります。入力がアナログ複合信号の場合は直接符号化が簡単ですので多く使われておりますが、カラー副搬送波が走査線ごとに、又、フレームごとに位相反転していることに注意しなければなりません。フレーム内符号化では標準化周波数を副搬送波周波数と関連を持たせ、比較的簡単に予測しようとする方法もありますが、一般に予測のための画素数を多くとらなければならないことはやむを得ません。又、フレーム間予測では副搬送波の位相反転を補正する等の手段も必要とな

ります。分離符号化は、情報源から明度と色度がそれぞれ分離された形で得られる場合は有利ですが、普通は色搬送波の分離等の操作が必要だけ面倒ともいえます。その他、色度の変化する場合にはほとんどの場合明度変化を伴うことを利用し、明度変化の小さい領域は一つの色度で表してしまうプラトー符号化などの提案もあります。

画像処理技術とその応用

以上は主として通信の立場から画像の伝送について考えて参りました。ここで、もう少し広い立場から、画像情報処理について考えて見たいと思います。視覚を通して画像の形で人間に取り入れられた情報は、我々の脳の中で、特徴抽出、認識など、何段階かにわたって情報処理を受けます。画像処理技術とは、結局人間のこの画像認識活動を助け、またはこれを代行しようとするものにほかなりません。そこで、順を追って各段階のプロセスとそれに対する技術を見て行きましょう。最初に考えられるのは、画像としての情報を取得する機能とその手段の強化です。その第1として、みる対象の近くまで行く労力を節約するか、あるいは対象に近づくことの不可能な場合に、遠方からこれを観測し視察するための手段を与えるものです。ITV などの遠方監視装置や、衛星によるリモートセンシング、宇宙探査などはこれに入ります。第2に考えられるのは、人間の視覚の対象にならない現象を視覚化し画像として観測するもので、X線や赤外線画像などです。レーダやソナーの映像や、あるいはX線や超音波を使ったコンピュータ断層像などもこのうちに入れて考えてよいと思います。

次に考えられる最も大きな分野は、画像の認識に関する技術でしょう。その最初に考えられるのは前処理です。認識そのものは人間が行うか、あるいはコンピュータで代行するとしても、それがしやすいように画像を整える処理に相当するものであり、狭い意味で画像処理といわれる分野であります。すなわち、画像の回復 (restoration)、強調 (enhancement) といわれる分野で、階調の修正、輪郭の鮮鋭化、雑音の除去など、失われた情報の回復と画質の改善のための処理であります。次は、特徴抽出とか認識といったパターン認識処理です。輪郭線の抽出、特定パターンの検出、テクスチャ解析などがこの例で、具体的には、例えば文字の自動読取り、製品の自動選別、医学におけるX線写真の自動診断、細胞や血球等の検査分類等、

極めて広い応用分野があります。更には、単なる認識から一歩進んで、運動の解析とか、画像の原となる物体を3次元空間の中に位置づけて解釈する画像理解といわれる分野も発展しております。

以上、画像情報の処理技術について極く簡単に触れてきましたが、人間ではこれらの処理が非常に巧みに効率よく行われております。それをコンピュータにやらせようとするとき一般に効率が悪く、大変な計算量になるのが普通であります。しかし、最近ハードウェアが非常に進歩し、大容量メモリも経済的に利用でき、並列処理を行う専用プロセッサの開発も盛んになって、画像処理が実用の域に入ったということができると思います。

む す び

以上、主として「画像」を中心に通信およびこれに関連した技術の進歩の跡をたどって参りました。1980年代は、技術的に見れば、情報化がますます進み通信や情報の技術が華やかに開花する時期だと思います。一方、80年代は、世界的に見て矛盾に満ちた大変複雑困難な時代であることは否めません。しかし、来るべき80年代さらには21世紀がいかなる時代であろうとも、我が国が生き残って行くためには、高度の技術を維持する以外に道はありません。真に日本の独創の技術を育てるためには、80年代こそその基礎を確立すべき重要な時機であるということが出来ます。次代を担う若い技術者研究者に期待するところが大きいと存じます。