

多次元画像情報システムについて

Multi-dimensional Image Information System

斎 藤 成 文*

Shigebumi SAITO

情報化時代といわれる現在, より多くの情報をより正確にとり入れ, 所定の所へ伝送し, 所要の目的に適合するように処理し詳細な分析を行なうと共に, 要すれば他の情報と混合し新しい情報を合成するなどの情報総合システムの開発が大きく要望されている。聴覚のみに頼る音声情報より視覚を用いる画像情報の方がはるかに多くの情報量をもつことは「百聞は一見にしかず」という諺やラジオとテレビの比較から容易に理解されるところである。画像には文字や線画のように2次元, 黑白2値の画像からはじまって白黒写真のように濃淡の階調のあるもの(階調軸), テレビのように時間変化のあるもの(時間軸), ホログラムのように3次元空間情報をもつもの(3次元空間軸), カラー写真, カラーテレビのごとく色彩を含むもの(色度座標軸), さらに最近問題になっているマルチスペクトラ (Multi-spectra) 画像のごとく可視光および赤外線のスเปクトラム情報をもつもの(時間周波数軸)など多種多様であり, 一般には多次元情報をもっている。画像という概念は人間の視覚を対称としたものではあるが赤外線画像や人間が知覚し得る色彩より遙かに多くの情報をもつマルチスペクトラ画像, 更には視覚画像を処理した結果得られる特徴パラメータの集合や, レーザメモリ像など情報処理の過程に用いられるものも広義の画像と考えられる。

画像は古くから自然可視光を対象として応用光学分野において取扱われ, 直接人間の視覚または写真をその Output として発達してきた。この分野は最近急速に発展したエレクトロ技術から通信理論の時間周波数に対応した空間周波数なる概念を取り入れ, フーリエ変換, コンボリューション, 空間フィルタ, 相関函数などの理論体系を光学系に適用すると共に, ハードウェア部門でも電子写真などの新分野を切り開くことに成功した。一方電子工学分野は主として一次元の時間周波数を対象として発展して来たが, 情報化時代を迎えて写真伝送, ファックスやテレビなど画像を取扱う分野が最近大きなウェイトを占めるようになった。テレビの普及がわが国のエレクトロニクス産業の戦後の復興を促がし, 世界有数のレベルにまで発展させ, またテレビ電話や VTR, ビデオパッケージが情報化社会に大きな役割を果そうとしている。一方半導体技術の発展は光と電気との相互作用現象の利用を促進し, 発光ダイオードによる光・電気結合素子や各種の新しいディスプレイ装置の開発となってあらわれた。狭義のオプトエレクトロニクス (Opto-electronics) といわれる分野がこれで, 光とエレクトロニクスの結びつきは極めて大きくなって来た。この様な状態において光とエレクトロニクスを最終的に合体せしめたものがレーザの出現である。

光は電磁波の一つの周波数帯になすけられたものに過ぎず, エレクトロニクスが従来取扱って来た電波と本質的に異なるものでないことは初等物理教科書の教えるところである。しかし従来の光学が取扱っていた自然光は位相のそろわない, いわゆる可干渉性 (Coherency) の悪い電磁波であり, したがって位相情報を利用する範囲は極めて限られていた。しかるにレーザより発生される光はその発生機構からして電波の発振器と極めて類似しており, したがって可干渉性のよい位相のそろった電磁波である。ここにおいて光の波長が 1μ 程度で, エレクトロニクスが従来取扱っていた最短波長が 1mm として波長の比の $1,000$ 倍程度異なるという以外は原理上光もマイクロ波, ミリ波と区別する何物もないといえる。ただ電磁波を構成する光子 (photon) のもつエネルギー $h\nu$ が光の場合は熱エネルギー kT に比して大きく(マイクロ波, ミリ波では逆に $h\nu < kT$), したがって量子雑音が熱雑音より大きく, また光子が直接物質の電子やフォノン (phonon) に作用して導電電流や格子振動をひきおこすという従来の電波にはない様な現象があるというだけのことである。したがってレーザ光を対称とする限り光学分野は完全にエレクトロニクスと合体したというも過言ではない。ただしこれはあくまでも学問体系上の話であり, レーザ光領域までマイクロ波帯で達成されたエレクトロニクス技術を拡張して名実ともに両者の合体が完成して始めて人類の大きな財産である電磁波周波数スペクトラムを $1,000 \sim 10,000$ 倍にも拡大したことになるわけで, エレクトロニクス技術者の大きな夢の一つがここにある。

ここで「色」について一言しよう。カラー写真やカラーテレビが白黒写真や白黒テレビに比して極めて多彩な情報を含んでいることは衆知の通りである。カラー写真, カラーテレビの最終的な目標はわれわれが直接視覚によって感知するのと同様な色情報を提供することで, これは三原色の配合によって達成されることも事実である。しからばわれわれのもつ視覚がカラー情報をもつ自然光のすべての情報を感知しているかという問題にたちいた。人間の耳は相当複雑な音でもそれが何 Hz と何 Hz の音の合成からなっているということを感じ取る。これを耳は spectra sensitive, すなわち音の周波数スペクトラムを感じし得るといわれる。ただ耳は各成分の位相は検出し得ないので, 合成音をスペク

* 東京大学生産技術研究所 第3部

トル分析し、位相まで検出すれば聴覚によって得られる以上の情報を得ることが出来る。これに対してわれわれの眼は spectra sensitive でない、可視光帯域の一つの波長を定義すれば一つの色が規定される。しかし逆に一つの色を定義しても特定の波長を規定することは出来ないことは三原色の配合によってすべての色が得られることを見ても明らかである。したがってわれわれの視覚は非検出体からの光の時間スペクトル情報をとることには極めて不完全なものである。とが出来る。われわれの視覚では到底得られない様な詳細な情報が光スペクトル分析で得られることはこの間の事情を物語っている。最近画像のもつスペクトラム情報を抽出しようとする努力がなされている。例えば米国航空宇宙局 NASA が本年打上げを予定している地球資源探査衛星 ERTS や静止気象衛星 SMS では可視光帯域のみならず赤外領域のスペクトラム分布画像を得るために Multi-spectra scanner を搭載し、これらのスペクトラム情報をもとにして地球の気象、大気、海洋等の環境や森林、農産物、地下資源などの調査を計画している。しかしこれらは帯域幅の広い光学フィルタによってスペクトラム分布を求めるという初歩的段階でより詳細なスペクトラム画像を取得することが要望されている。時間周波数分布を求めるのはエレクトロニクスの得意とする点で、例えばマイクロ波などで用いられているヘテロダイン受信方式などが考えられる。可干渉性の良質な可変周波数レーザ発振器をローカル発振として用いる広帯域受信方式や、電気的に tunable な光パラメトリック・フィルタや増幅器の実用化などに強い希望がかけられている。

通信システムで入力信号をただ増幅して利用することがないのと同様得られた入力画像をそのまま出力とすることは複雑な画像システムでは極めてまれである。入力画像には本来さけることの出来ない雑音や、後に述べる画像伝送中の歪、目的には不必要な数多くの情報が含まれているのが普通である。このような雑音や歪を除去、補正して画質を向上したり、必要とする情報のみを抽出したりする画像の処理が大きな課題となってくる。特に情報量の多い多次元画像では必要とする情報量をいかに能率よく抽出し、あるいは合成するかということが極めて重要となる。情報抽出の一つとして“パターン認識”が情報科学の大きな課題として採り上げられていることは衆知の通りである。画像処理には良質なレーザ光を光源としレンズ系を用いてコンボリューション、あるいは空間周波数フーリエ変換、空間フィルタ処理を行なう光学的方式と電子計算機によるデジタル方式とがある。両者の長短については種々議論のあるところであるが、前者はレーザ光の出現以後、ホログラム技術、レーザ・エレクトロニクスなどを含めたいわゆる可干渉光学 (Coherent optics) の進歩により大きな発展が期待されている。また後者は情報化時代の主役である電子計算機の大型化、高速化、高速フーリエ変換ソフトの登場、更には“計算機と人間との対話”で代表される画像入出力装置の進歩により急速な成長を遂げつつある。しかし両者とも真の意味の実用化には更に多くのハード、ソフト両面の進歩が必要であろう。

写真伝送、ファックス、テレビなどは何れも機械的あるいは電子的走査により直列の電気信号に変換して伝送される。この際画像の空間周波数とその時間変化は電気的な時間周波数として変換されるわけで、必要とする画像情報を最小の周波数帯域幅で忠実に伝送することが要求される。したがって周波数帯域圧縮や多重通信の課題が生じてくる。この問題を電気信号になった後に処理するか、それ以前に画像として処理するかも大きな問題である。多次元画像、たとえばホログラムなど極めて多量の不必要な空間周波数情報を含んでいる場合には後者を採用するか、あるいは両者を併用する必要がある。いずれにしても膨大な画像情報を伝送するには極めて広い周波数帯域を必要とし、したがって高い搬送周波数を用いざるを得ない。搬送周波数を有効に多重化する方式として従来、周波数多重、時間多重あるいは位相多重方式が広く用いられ、空間多重としてはわずかに偏波面多重が用いられているに過ぎない。しかし搬送波として赤外領域や可視光領域が用いられるようになると新しい空間多重方式が可能となり、画像そのものの並列多重伝送システムの出現が期待される。そしてこれらの実現には伝送回路のハードウェアとしての進歩と共に多次元情報論等ソフトの面の発展が必要であろう。

以上多次元画像情報の取得、伝送および処理、あるいはその部分的フィードバックを含むシステムの問題点について述べてきたが、その応用面について考えよう。ハード・ウェア生産の時代を経て“人類のよりよき生活”を目的とする情報化社会に向おうとしている現在、上述のような情報システムが社会の要請に極めて合致したものであることには多言を要しない。米国において国家の威信にかけ経済性を度外視して推進されてきた宇宙開発、国家の安全保障のための軍事研究などによって発展した科学技術上の成果がいずれも情報化社会の建設に向けられているのも、またわが国で、GNP 世界第2位にまでのし上った生産技術の成果を公害、災害防除、環境改善のために利用しようとしていることは衆知の通りである。前述の NASA の地球資源探査衛星計画は Peaceful use of outer space の一つの例であるが、宇宙以外にも航空画像による公災害防止、交通流検出とその制御、非常時対策、都市開発から運転、製造過程の自動計測、自動検査、医療診断など広い分野への応用が考えられ、既にそのいくつかは実用化のきざしを見せている。これらにはいずれも部分的に人間の判断を必要とするため、計算機の人間との対話として入出力装置の発達を促すであろうし、またこれがパターン認識の完全機械化という情報科学技術者の念願達成にまで発展することが期待される。更にわれわれの日常生活にも立体テレビ、画像電話網の普及など多次元画像情報システムの夢は大きい。(1972年2月16日受理)