

総 合

新 画 像 シ ス テ ム 技 術

一 岡 芳 樹

大阪大学工学部応用物理学科 〒565 吹田市山田丘 2-1

(1991年7月16日受理)

Technologies for New Imaging Systems

Yoshiki ICHIOKA

Department of Applied Physics, Faculty of Engineering,
Osaka University, 2-1, Yamadaoka, Suita 565

1. は じ め に

高度情報化社会の進展と共に画像や映像情報などの視覚情報の重要性は日々高まってきた。画像は視覚に情報を与える手段であり、その処理技術は高度情報化社会の進展と共に益々重要となり、これから大きく発展させる必要のある技術である。画像情報は極めて広帯域の信号であり、その処理を高速で行うには、従来の電子計算機を中心としたディジタル画像システムにとらわれない新しい画像システムの開発が必要である。また、このような大容量情報を効率よく入力、処理、記憶伝送、検索、認識表示するサブシステムも必要となってくる。新画像システムとは、発展著しい電子システムと光システムを基盤にした上記のサブシステムが融合した新しい時代の総合画像情報システムである。

従来の画像技術は、マイクロエレクトロニクスの発展、それに伴う、電子計算機の性能向上を背景にして、特定の目的ごとに発展しており、それぞれの分野で実用化レベルに達しているものも多い。しかし、広帯域大容量情報という画像データの特殊性と目的指向という特質から、個々のシステムに必要な基礎技術は共通でありながら、技術的、学問的には必ずしも汎用性を獲得した技術とはなり切っていない。

これから高度情報化社会では人の視覚情報を中心とした知的画像情報がその中心となることは疑う余地がない。特に人にやさしい知的視覚システムの実現には、従来の画像技術を参考にしつつ、さらに新しい画像技術を発展させる必要がある。そのためには、画像データの入

力、収集、処理、記憶、ファイルリング、検索、表示技術などを総括的に取り扱い、それらの技術を有機的に結びつけるシステム指向の研究が必要である。

新画像システムとは、現在、画像処理技術の基礎となっている、基本技術体系、要素技術を横糸に、医療、生産技術、各種視覚ロボット、環境調査、宇宙関連などの広い分野にわたって散在している画像システムの実用化技術を縦糸にして、それらを有機的に包括・統合した総括的な技術体系を基にする 21世紀の大容量知的視覚情報システムとして位置付けられる。

この解説では、まず、従来の各分野の画像システム個別の基礎技術を概観する。そして総括的新画像システムが必要な社会的背景、新画像システムを開発するのに必要な技術体系、挑戦技術などについて述べる。

2. 画像システムの現状と基盤技術

我々の日常生活には五感から入ってくる情報が、大きく影響していることを経験から知っている。その中でも、眼から入る視覚情報は人間の生活行動・様式のほとんどを決定している。朝目覚めると、まず天候、家族の健康を確かめ、TV でニュースを見て、世の中の動きを知り、通勤電車に乗り、職場につき仕事をする。これらの行動ではまわりの環境から与えられる情報を目で確かめ、無意識に自分の行動様式を決めている。視覚情報の大切さは、TV の普及や CG の急速な発展などでも経験済みである。このような視覚情報の有効利用こそが、高度情報化社会、とりわけ人にやさしい知的情報システム実現の中心的課題であることは論をまたないであ

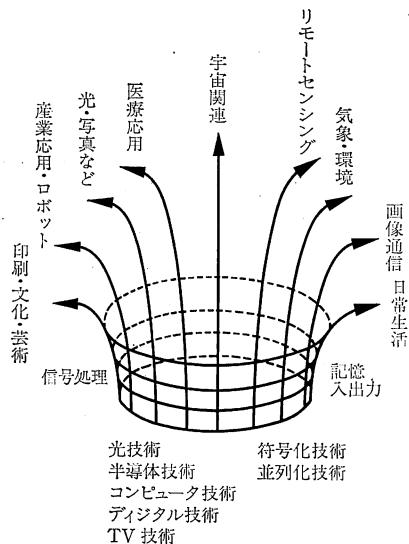


図 1 基本画像技術と応用分野

ろう。なぜなら最も高性能な画像システムは人間の視覚系だからである。高度情報化社会はこの人間の視覚系を中心に形成した情報社会となるであろう。

この 20 年、科学技術は驚異的なスピードで発展してきた。それに伴い画像情報に対する要請（ニーズ）も日増しに増え、視覚情報を中心とした新しい技術分野が多々生成されている。またそれを必要とする分野も日増しに増えている。図 1 に画像システムが特に有効利用されている分野を示してある。

日常生活では、説明の必要がないと思われるが、写真、TV、絵画、など人間の視覚活動に大きく影響を及ぼす光・電子画像システムの普及。

宇宙（航空）関連では、1960 年代半ば頃より NASA による華々しい宇宙開発ミッションが行われてきた。最も印象に残るのは、人類の月面着陸を目的としたアポロ計画と、ポエジャー宇宙探索船による惑星間旅行であろう。この二つの計画で得られた惑星空間に関する画像情報は、何百年にもわたって蓄積されてきた、科学の常識を打ちやぶり、わずか 10 数年で、我々の存在する太陽系や月に対する、全く新しくかつ正確な知見を与えてくれた。これらは正に科学による人類の知的資産の蓄積に大きく貢献したものであった。

一方、宇宙探索と同様の技術を駆使した人工衛星群から送信されてくる画像情報を基にした地球環境、地質調査、資源探索などのリモートセンシング技術は、実用化技術として関連分野に多大の貢献をしている。これらも画像システム技術がもたらした大きな恩恵と考えられよ

う。これらの目的に対して開発された基礎技術は、画像入力、処理、記憶、通信技術などの進展に大きく寄与している。

医療の分野でもこの 20 年間、画像技術の利用により、その診断技術に劇的な発展があった。1970 年代の X 線 CT の発明、それにつづくポジトロン CT、MRI 検査システム、CR システムなどの、計算機による画像合成技術なしでは不可能な非破壊検査システムの完成が見られた。これらの技術とは別に、福祉社会、高齢化社会における新しい医療システム確立を目指して PACS、MIPS、PHDRS、ISAC などの新しい時代の医療画像システムが研究開発されつつある。これらの分野をカバーする学問領域として、米国ではすでに Medical Physics という学問領域ができており、日本をはじめ世界各国に普及する気配をみせている。画像システムの医療応用は産業規模としても極めて大きく、新画像システムの大きなターゲットの一つとして位置付けられよう。

産業応用に対する画像システムの応用も極めて活発に行われてきた。自動機械の眼としての実用化研究・開発が活発に行われている。また最近では、自動車のネビゲーションシステムが、各社で研究、実用化されている。しかし、人が行っているような知的な画像理解・認識を司る知的画像システムはまだ開発されていない。様々な試みの提案やニューラルネットワークを基にした基礎研究が始まっているが、情報処理の最も深遠な部分に関連することから、その実用化には、多くの解決すべき問題が存在する。これらは新画像システムの究極のターゲットである。

印刷、文化、芸術などの分野における画像システムの重要性は万人の認めるところである。美しいカラー印刷写真、雑誌のグラビアなども最近はほとんど電子計算機利用のデジタル画像処理技術が関与している。ホログラムを対象とした文化芸術分野として諸外国ではホログラファーが活躍している。この技術は純光学技術を基盤としているが、写真画像技術と共にこれからの新画像システムにおける画像表示システムとして極めて重要な役割を担ってくる技術と考えられる。

その他、画像技術は、我々の日常生活、社会、マスコミ、経済や政治の分野にも多々利用されている。

図 1 に示すように上で示した画像システムの関連分野は、この 20 年間正に目的指向で個別に発展してきた。そのため、異なる分野間の技術的連携はほとんど考慮されていなかったように思われる。しかし、その基礎技術は共通である。図 1 はこの状態を図示したものである。

現時点の画像システムパラダイムを支えている基本技術およびシステムは

1. デジタル技術
2. フォンノイマン型電子計算機
3. TV 走査技術
4. 光技術

に要約されているように見える。その中でも、デジタル計算機と TV 走査技術はその中心をなしている。マイクロエレクトロニクスのたゆまぬ発展によって、この30年間電子計算機の能力は3年に2倍という割合で向上してきた。一方、TV 技術はほぼ完成の域に達したと思われていたが、高精細度テレビジョンや液晶テレビの実用化など、大きな技術的エポックを画して発展し続けている。

3. 現在の画像システムの技術的問題点

なぜ図1のように現在の画像システムが、分野別に発展してきたのであろうか。これらの発展について学問的な観点、技術的な観点、目的指向などの観点から問題点を指摘し新画像システム技術のるべき対応を考えてみよう。

毎年12月、東京で画像工学カンファレンスという学際的な研究集会が開かれている。今年で22回目を迎えるが、毎年500~600人位の人々が集まる。その設立は日本光学会の前身である、光学懇話会の光画像処理関連の方々の尽力で行われたことはあまり知られていない。

最近では、画像機器展が同時に行われており、この方に1万人以上の見学者が集まる。画像に関連する幅広い分野の研究者が集まり、画像に関連するありとあらゆる分野の発表がある。学問的基盤の異なる人々が集まるので、刺激は大きいが、常に画像工学という学問体系とは何かという疑問が残る。これは画像工学自体が応用指向の技術研究集会という性質から出たものであるからであろう。しかし、20年を経た今日、やはり、学問的な集約が必要であると痛感するようになった。

まず、画像工学という学問分野は何かという点から考えてみる。図2に画像工学がカバーする分野を示した。画像入力から、認識までのレベルを包含している。下の方に各段階で取り扱うデータ量を示してある。低レベルの処理（入力、前処理レベル）では処理すべき単位時間当たりのデータ量は膨大なものである。しかし、認識レベルになると極端に少なくなる。現在のところ図2で示す画像工学を支える基礎技術は、

- 光技術、光情報処理技術
- 信号処理（アナログ、デジタル）技術
- 半導体集積回路技術
- 電子計算機技術
- 符号化技術
- 光ディスクメモリー技術
- 画像データベース技術

などである。画像工学という一部には情報工学の一分野と考え、応用プログラミングの技術による画像処理・

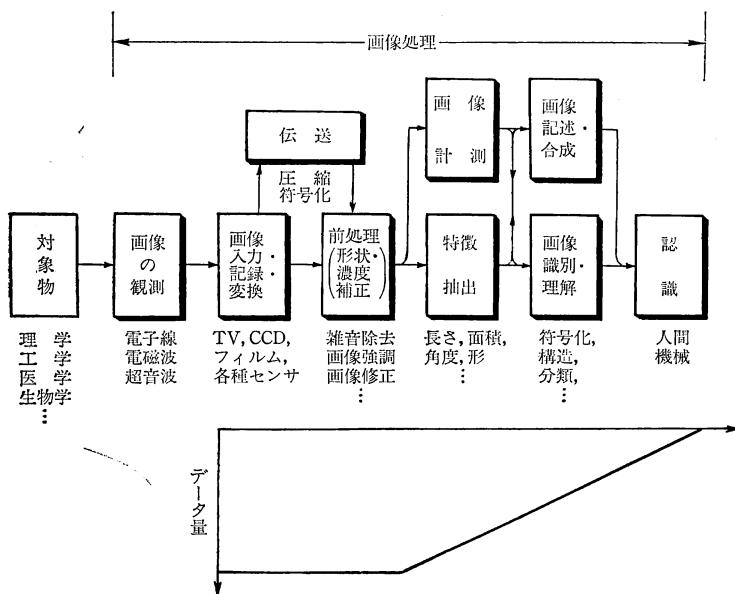


図2 画像工学がカバーする技術分野

理解等であると考えている人もあるが、もう少し幅広い基礎的学問分野に立脚した、奥行きの深い、大容量情報処理を行う分野であると定義する必要がある。

目的指向となつたのは、技術基盤の発展と、目的意識、システム開発の可能性の認識のスピードがほぼ一致したため、目的が技術基盤の発展を促し、逆に技術基盤が目的の設定を促したためであろうと考えられる。

技術的な問題点としては、あまりにもせいい急に目標点到着を指向したため、技術的基盤の見直しをする間もなく、システム開発が行われたためであると考えられる。特に、今の画像システムパラダイムを構成している電子計算機技術、TV走査技術を何らのためらいなしにとり入れたことによる弊害が、現れはじめている。例えば、

- 標準 TV レートに合わせたために高分解能画像処理が不可能
- 電子計算機は逐時処理であるため、演算速度がかかる。実時間処理が難しい。特に全ての映像機器、電子機器が TV 走査レート、電子計算機に合わせるように設定されているため速度向上、処理能力の大幅な改善が図れない。
- 上の 2 点は画像情報の基本的な性質（2-D 高分解能情報の処理）を考慮したものになっていないため、システム的に大きな負担がかかっている。フォンノイマン型計算機は並列信号処理、並列信号伝送に適していない。

以上の問題点を克服するには、根本的に発想をかえた、新しい技術体系に基づく新画像システムの開発が必要となる。現在でも TV ビデオレートの実時間処理を実現するためには、データ入力、処理、表示までも考慮し、画像データ配列に合致したアーキテクチャを持つ専用の画像処理システムが必要である。DSP などが開発され電子的な技術基盤はかなり向上しているものの未だ、コストパフォーマンスや、並列データ処理能力の不足などの点で、要求するシステムの実用化レベルには程遠い。

4. 新画像システムと新しい技術

新画像システムとは冒頭で述べたように、画像データの入力収集、処理、解析、記録、記憶、データファイリング、画像通信、画像表示技術を統括的に取り扱い、それらを図 3 に示すように有機的に結びつけた総合的な画像技術を駆使して開発する大容量知的画像システムである。

新画像システムの役割と目的としては

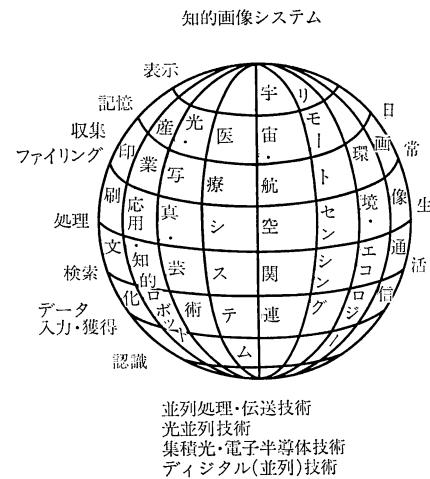


図 3 新画像システムパラダイムにおける基本画像技術の統合と応用分野

表 1 新画像システムに対する期待（アンケート）

1. 医療システム	30%
2. 日常生活	22%
3. 新画像システムへの期待	18%
4. 地球環境等	13%
5. 産業応用	10%
6. 新しい技術	7%

医療画像システム+治療器

ドクターレス検診システム

手軽な医用システム

未知の世界の具現

臨場感システム

3-D 動画像処理システム（理解、認識）

知能ロボット

リアルタイム環境画像システム

並列処理システム

画像データ直接センシング

ハンディー画像システム

手書き文字清書器

知的画像処理

1. 高度情報化社会における中心的大容量高速画像情報システムであること
2. 高齢化社会や、医療、地球環境、産業応用、日常生活などに寄与する社会的意義の高い総合的画像システムであること
3. 総合化により新しい応用分野、マーケット、需要の拡大が図れる大規模システムであること
4. 人にやさしい、知的で取扱いが容易なシステムで

あること

などが挙げられる。個々の分野で考えられている新しい画像システムについては別の論文にゆずることにするが、これから的新画像システムに対する期待として、人がどのような要求を持っているのかをアンケート調査したのが表1である。これらの一部はすでに、実用化研究に向けてのスタートが切られているが、実用化されるまでには、様々な技術的課題を克服する必要があろう。表中には、アンケートを行った人の夢のシステムも併記してある。

5. 新画像システムと挑戦技術

既存の画像システムと新画像システムとして具体的にどのようなものが考えられるかを使用技術と応用分野別に示したのが表2である。

横軸は画像信号の入力方式である。テレビジョンのような光電走査方式と光学系のように一網打尽に並列に信号入力をする並列入力方式に分けてある。縦軸は信号の処理方式を示した。大きく電子的処理方式と光学的処理方式がある。さらに信号形態によって、アナログ方式(多値信号処理)とディジタル方式(2値処理)に分けてある。

ゴチックで書いてあるものは実用化システムのないもの、□で囲んだものは基礎研究レベルのものである。一例として現在のディジタル画像処理を例にとると、入力信号形態は走査・離散信号入力方式で処理形態は電子的ディジタル処理となる。実用化されているシステムは当然のことながら、現在の画像システムパラダイムを構成するTV、電子計算機利用のものが多く、電子走査入力、電子処理方式主体のものが大半である。右に移る程、下へ下る程、実用化システムは少なくなる。これらのシステム(含サブシステム)こそ、正に新画像システムが挑戦すべき対象である。

新画像システム開発における技術的課題としては、

1. 高効率な新しい画像データ収集方式・検索方式の開発
2. 高速並列画像処理・伝送方式の開発
3. 画像データに整合した新しい記憶方式、高効率画像データファーリング方式の探索
4. 新しい画像データ表示方式、3-Dディスプレー技術
5. 走査方式と並列方式の優位性を融合させた画像処理システム
6. 以上をふまえた総合的な新画像システム開発

などが挙げられる。

これらを実現するためには、未開発の要素技術が多々必要となってくる。特に画像データの取扱いを容易にするためには、現在の画像システムパラダイムを凌駕しうる、新画像システムパラダイムと呼ぶべきものの構築が大切になってくる。したがって、従来のディジタル技術、計算機技術、TV走査技術に加えて、

1. 画像データの高速大容量処理技術
2. 2-D並列画像システム技術の確立
システムレベル、サブシステムレベル、デバイスレベル、アルゴリズムレベル
3. 2-D並列光/電子処理・伝送複合化技術

がその中心となろう。

例えばTV走査技術に加えて画像データの収集には、超高速カメラ的な並列入力システムが要求されることになろう。現在の画像処理パラダイムはあまりにも計算機技術とTV走査技術にたよりすぎている。光技術の復権と時代の要請に応えて今こそ、光並列処理の優位性を見直すべき時に立ち至っている。

かくて、新画像システム開発に必要な挑戦要素技術として、

1. 並列化集積光・電子素子の開発
2. 並列アクセスマトリックスシステム
3. 新光画像技術
4. 光コンピューティング技術
5. 新しい並列画像システムのアーキテクチャ。たとえば、ニューラルネットワークを用いた画像処理など
6. 並列プログラミング技術
7. 知的画像処理
8. 並列光・電子検索技術

システム、デバイス、アルゴリズムレベルで、2次元並列性を念頭においていた新たな技術が必要である。勿論、これにはマイクロエレクトロニクスと光技術を基礎とした並列化技術も必要である。画像システムあるいはそれを構成するサブシステムには、光の本質である超並列性の利用とニューラルネットワークを含む新しい処理概念を包含したシステム指向の研究が益々重要になってくる。

6. おわりに

21世紀の高度情報化社会の中心となる、新しい画像システムの概念と、その挑戦技術について述べた。挑戦すべき要素技術はすでに、各々の当該分野で最も先端的

表 2 高性能画像システムと応用分野

処理方式	入力			信号		方式		並列光入力 (空間並列)
	連続	離散	統計	連続	統計	離散	統計	
アナログ電子方式	• 撮像・表示・記録システム テレビジョン ファクシミリ 走査型電子顕微鏡 (SEM) 走査型レーザー顕微鏡 (SOM) 走査型トンネル顕微鏡 (STM)	• 撮像・表示・記録システム 液晶テレビ SEM, SOM, STM • TV 画像処理システム • 光ディスクシステム	• アナログ画像処理 TV 画像処理システム 能動型画像処理システム 3 次元画像処理システム 暗視装置 • ディスクカメラ etc.	• 並列画像処理 並列画像処理装置	• パターン認識 並列画像処理システム セルラーアレイロジックシステム 画像理解システム	etc.	etc.	etc.
	• 高速ファクシミリ デジタル	• デジタル画像処理 電子計算機 並列計算機 高速画像処理システム • デジタルテレビ • CG, OCR, 文字放送, CT, CD, バーコードリーダ etc.	• 画像計測 光計測システム 電子スペックル干渉計 デジタル干渉計 • 視覚情報システム etc.	• 光情報処理・光学処理 ホログラムシステム 自動焦点カメラ モアレトポグラフィー 光情報処理システム 光相関システム etc.	• 並列マトリックス・ペクトル演算システム 並列光フィードバックシステム 微分方程式解析機 フーリエ変換分光映像システム etc.	• 人工眼	• 汎用並列光演算處理 汎用並列光コンピュータ 並列光エレクトロニクンピュータ 並列光交換機 並列光メモリーシステム 光ニューロコンピュータ 実時間画像理解システム etc.	etc.
光方式	• 光通信 アナログ	• 光通信 コヒーレント光通信 etc.	• 高速画像データ通信 光エレクトロニクンピュータ 光通信システム 光モリーシステム 光交換機 etc.	• 生体・光画像情報処理 知的視覚情報処理システム 光ニューロコンピュータ etc.	etc.	etc.	etc.	etc.

な研究テーマとなっている。新画像システムは、それらの技術が開発された時の大きな応用目標を担っている。古今から百聞は一見にしかずといわれ、視覚情報は人類発展のために基本的な役割を果たしてきた。新世纪になっても、この視覚情報の重要性は益々大きくなっていくであろう。新画像システムは総合技術の上に開花するものであり、各分野の相応の進展が必要である。しかるに、昨今のすさまじい勢いの技術革新は全ての分野に及んでおり、新画像システム開発に対して時代は追風である。

フォンノイマン型電子計算機が実用化されてまだ半世紀も経ていないが、20世紀後半の技術革新に与えた影響は計り知れないものがあった。汎用能力を持つという長所から画像システムに応用されてきたのが、これまでの画像システムパラダイムであった。しかし、より高度な知的画像システムの開発には、やはり、これまでのよう

に計算機の腕力だけにたよるのではその実現はむつかしい。現在の画像システムパラダイムを構築した電子計算機はそれなりに評価されるべきであるが、これから的新しい画像システム開発には何が何でも電子計算機という考えを廃して温故知新、今一度光画像システムの本領を見きわめる必要がある。そして、現在進行形の技術革新を正しく評価して、新しい時代のシステム構築にたずさわり、次代の人々に貢献しうる新画像システムの構築を行っていくのが、現代に生きるもののは責任である。

最後に、やや宣伝めくが、1990年度に有志により「新画像システム研究会」が応用物理会の研究会として発足した。今後、この組織を基にして新画像システムの概念、要素技術、サブシステム、システムアーキテクチャ構築の研究などを取り込んだ研究会を定期的に開催すること予定である。関心のある方は参画して頂きたい。