

わが国における画像処理研究の動向

— 文献データベースから見た研究動向の変遷 —

福村晃夫 吉田雄二 伊藤 篤

(名古屋大学 工学部)

(おろし) 本研究会が21回研究会(昭和57年11月)で報告した画像処理関連文献データベースについて、日本語処理システムに基づき検索条件を構成したことにより、文献集の分析がかなり容易に行えるようになった。本文では、分析結果の概要として、文献数の年代別分布、キーワードの種類と出現率を示すことにより、わが国における画像処理研究の動向を明らかにすることを試みる。また、検索条件の概要も述べる。

1. 画像文献データベースの性格と内容

1.1 文献収集の規模

はじめに、本文献集の内容を、文献収集の作業規定によって明確にして置く。

(1) 本研究会の収集分野と関係の深い境界領域の文献も含むが、他学会、研究会の主要テーマと異なるものは除く。具体的には、

○ 光学・写真処理、ビデオ処理は原則として除く。ディジタル処理であっても、ディジタルTVなどは含まない。

○ 心理学、生理学における視覚に関する研究は、とくに *computer vision* に影響のあるもののみを含む。

○ *Computer graphics* の分野は原則として扱わない。ただし画像処理手法を用いたアニメーション技法や、画像処理の出力装置として利用されるディスプレイは入水。

○ 画像入力装置は、画像処理実験設備やシステムの一部として解説したものも含めるが、装置要素そのものの研究分野は扱わない。

○ パターン認識の理論(特徴抽出、統計的分類、学習、クラスフィニング等)は入水する。図形、画像を中心としたパターン認識研究は含めるが、文字や簡単な図形分類を1例としてのみ試みたものは除く。

○ 信号処理技術は、2次元に拡張して画像に適用したもののみを含め、とくに必要のないとせり、1次元に拘束したものは除く。

○ 画像通信・ファクシミリは別の研究分野を形成しているため、圧縮・符号化などは、とくに画像処理に関連するもの以外は除く。

(2) 応用分野については、ディジタル画像処理・パターン認識の意義が大きいもののみを入水する。したがって、比較的初期において、この種の技術の導入が当該分野において斬新であったものは含めるが、完成した tool として応用されているものは除く。

(例1) リモートセンシング

○ ディジタル処理であっても、画像として扱われるデータ解析や、既存の補正法で得られた結果を目視で評価するものは除く。

○ 新しい補正の提案や、低コストの解析システムの開発等は含める。

(例2) CT

- CTを診断に用いた医学的処置のみの文献, CT装置の利用状況, 機構部分の改善等を扱ったものは除く。
- CTに利用される再構成アルゴリズムの提案や, 画質改善, 自動計測等も含む。

[例3] 文字認識

- 図形としての文字認識法を述べたものは含めず。
- OCRの現状や文字の規格化等については除く。

1. 2 文献の収集期間

1960年(昭和35年)より1980年(昭和55年)までの日本での発表文献が中心となる。ただし, 1981年発表のものも1件だけ含ませている。

1. 3 文献の分類項目

内容に基づき文献の分類項目は次の5)である。

1. 総論・解説

- 1.1 展望・解説, 1.2 文献案内・年表・厂史, 1.3 教科書・技術書, 1.4 会議報告・海外調査概要等, 1.5 研究室, 施設等の紹介

2. 視覚・再構成・符号化

- 2.1 一般, 2.2 視覚と画質, 2.3 再構成及び合成, 2.4 文字及び図形の符号化, 2.5 フラクタル及び多値画像の符号化, 2.6 濃度画像及びTV画像の符号化

3. 画質改善・補正

- 3.1 画像のモザイク, 3.2 幾何学的補正, 3.3 濃度補正・階調, 3.4 雑音除去・平滑化, 3.5 復元・ディジタルフィルタ

4. 特徴抽出・解析手法

- 4.1 一般, 4.2 マッチング, 4.3 セグメンテーション, 4.4 幾何学的特徴, 4.5 テクスチャ

5. 多次元情報の利用

- 5.1 色彩情報, 5.2 マルチスペクトル情報, 5.3 多次元物体の計測・認識, 5.4 動画画像

6. 認識・理解のモデル

- 6.1 一般, 6.2 画像理解, 6.3 認識機構のモデル, 6.4 視覚系のモデル

7. 応用

- 7.1 医用画像, 7.2 リモートセンシング, 7.3 文字認識, 7.4 図面・文書画像, 7.5 産業応用, 7.6 科学応用その他

8. 装置・システム

- 8.1 ハードウェア, 8.2 ソフトウェア, 8.3 解析システム, 8.4 画像データベース

1. 4 文献総数

収集された文献の総数は2,086である。

2. 種々の統計

2. 1 項目別年代分布

表1 項目別年代分布表

(件)

項目 年代	1	2	3	4	5	6	7	8	計	累計	%
1960							2		2	2	0
61							1	1	2	4	0
62	1			1			3		5	9	0
63	1	4		1			2	1	9	18	0.8
64	1	1		1			3	1	7	25	1.2
65	2	1					5	3	11	36	1.7
66	1	2						2	5	41	1.9
67	2	1		4		1	6		14	55	2.7
68	2	2		6	2	4	4	1	21	76	3.6
69	6			1		2	4	1	14	90	4.3
70	8	3		3	1	7	10	3	35	125	6.0
71	8	5	1	11	5	14	19	5	68	193	9.3
72	7	6		15	5	9	17	15	74	267	12.9
73	7	10	2	11	14	11	41	17	113	380	18.3
74	11	25	2	16	6	4	60	19	143	523	25.2
75	11	26	2	24	8	8	75	31	187	710	34.2
76	13	36	7	30	13	13	89	30	226	936	45.1
77	15	40	4	32	15	9	93	25	213	1149	55.3
78	11	48	14	29	28	10	113	38	291	1440	69.4
79	8	45	13	34	20	21	99	38	278	1718	82.8
80	14	53	26	48	28	20	118	50	357	2075	100.0
81							1		1	2076	100.0
計	129	310	71	267	145	133	740	281	2076		
%	6.2	14.9	3.4	12.8	6.9	6.4	35.6	13.5	100.0		

全文献の項目別年代分布は表1の通りである。項目ごとの総計をみると、項目7(応用)が35.6%と他を抜いており、項目2(複写・再構成・符号化)、項目4(特徴抽出・解析手法)、項目8(装置・システム)が中心で、項目1(総論・解説)、項目3(画質改善・補正)、項目5(多次元情報の利用)、項目6(認識・理解モデル)の数が少ない。総論・解説類(1.)は少ないのは当然であるが、多次元、理解に関する文献にはあまり古いものがないことを考慮すると、この項目の文献数が少ないことは理解される。しかし、項目3不足については、本会での画像処理研究がこの分野をスナップして出版したためではないかと思われる。

1960, 1961, 1962年は文献数が少く、その後の年をあげてみると、72の年であった。

(1960年)

7-242 著者名 三浦 茂
 文献名 医学とテレビジョン
 出典 テレビ誌, Vol. 14, no. 10
 頁・発行時期 pp. 463-467, 1960-10
 キーワード テレビジョン顕微鏡, X線テレビジョン, X線写真
 文献の性格 最近の動向の解説

7-676 著者名 吉木 昇, 仙田富男
 文献名 Utilization of television for nondestructive
 inspection
 出典 テレビ誌, Vol. 14, no. 10
 頁・発行時期 pp. 468-472, 1960-10
 キーワード X線透過検査, イメージインテンシファイア, 欠陥検
 出
 文献の性格 非破壊検査の遠隔測定, 監視

(1961年)

7-459 著者名 坂井利之, 吹枝敬彦
 文献名 パターン認識装置の基本設計
 出典 信学研資, オートマチック自動制御
 頁・発行時期 1961-01
 キーワード パターンの識別, 特徴抽出, 文字認識装置, OCR
 文献の性格 試作システムの報告

8-066 著者名 Teruo Noguchi
 文献名 Image seeking computer
 出典 応物, Vol. 30, no. 12
 頁・発行時期 pp. 934-938, 1961-12
 キーワード 画像探査, パターン認識, アナログ計算
 文献の性格 ファクシミリ型入力を持つ画像探査専用計算機

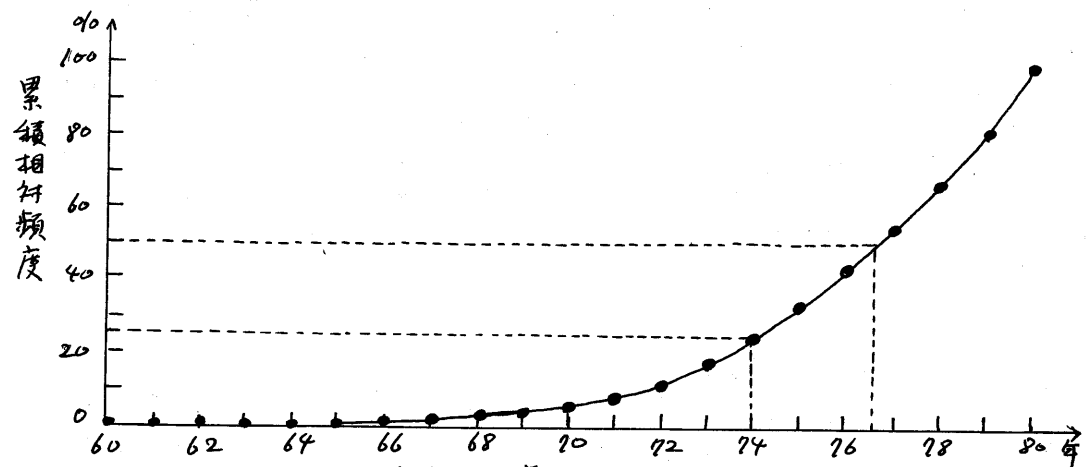
(1962)

1-001 著者名 坂井利之
 文献名 パターンの認識
 出典 情報処理, Vol. 3, no. 4
 頁・発行時期 pp. 189-196, 1962-07
 キーワード 文字認識, 特徴抽出
 文献の性格 初期の文字認識に関するサーベイ

4-052 著者名 飯島泰蔵
 文献名 相関によるパターンの特徴抽出について
 出典 信学研資, AAC 77
 頁・発行時期 1962-12

	キーワード 文献の性格	相関法, アフィン変換, パターンの正規化, 観測本が パターン正規化処理の理論検討
7-460	著者名 文献名 出典 頁・発行時期 キーワード 文献の性格	元岡 達, 山口 楠雄, 龜田 桓彦 Fourier 解析を用いた文字読取機のシミュレーション による評価 信学研資, AAC73 1962-08 1次元 Fourier 解析, 文字読取機, 文字輪郭, パター ン認識 文字読取手法の提案と実験
7-461	著者名 文献名 出典 頁・発行時期 キーワード 文献の性格	吉田 全次郎, 田中 信行 Fourier 解析による文字読取機の試作報告 信学研資, AAC 74 1962-08 1次元 Fourier 級数展開, 文字認識, 文字輪郭波形, 試作システムの報告
7-700	著者名 文献名 出典 頁・発行時期 キーワード 文献の性格	C.G. Furmidge フライングスポット走査方式による粒度測定の精度 ラレコ誌, Vol. 16, no. 3 pp. 176, 1962-03 フライングスポットリゾルバー, 着色粒度 装置の構成と方式

以上の下に, まてまの投稿論文は少なく, 既知の方をとり角応用するこ
とを提案して, このシステムを構成してみるべきか思い付き行わぬところ, 昔
のいは, やはり, OCR の激烈的な内発競争に飛び込んだと感がある。
次に, 研究の成長ぶりを図1に基いて見てみる。この図は, 表1の最後欄を



グラフにしたものが下の。とくに、1975〜74年ころの(昭和50年代の)文献の増加率不顕著で、文字とより指数函数的に増大して止まることを知らるの感がある。総文献数の75%は1974年以降に、50%は、更に77年以後に埋められたりした。文献の収集は今後も継続されることを望む。

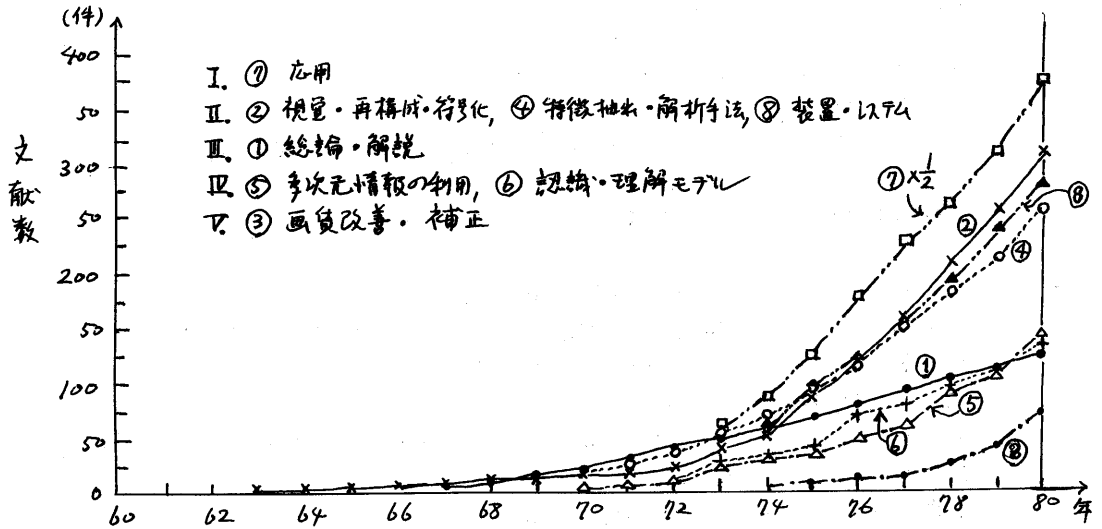


図2 項目別文献数の増加の様子(累積)

つまり、項目別文献数の累積を示したものが図2である。件数の増大の仕方から見て、両方に左右されないと考えられる項目1の件数、やはり一様に増大している。これに対して、項目の7の最近の増加が著しい。つまり、画像処理はつねに応用的面をとるが、とくに最近の画像処理は一気に応用分野へ流入した感がある。つまり、項目2, 4, 8の増加率が大きいのは、これらの項目の内容は画像処理固有の手法を交えてきたものだから、これらの項目における進歩は、画像処理における研究開発の成長を示しているものと解釈される。これに対して、項目3の曲線の振舞いかと云え難い。この項目の研究内容は、画像処理においてはいさ早く取り上げられてしまってきたから、おかげでいってはその実績が乏しいと言えらる。図2の傾向は、この項目の研究開発が、7年前より取り上げられてきたことを示している。そのころからかわかおにける本格的な画像処理時代であると考えれば、その方向性は今後の課題である。項目5, 6の曲線の振舞いにも顕著な性質は見られるが、これらの項目に因る研究は比較的若いもので、このグループ、つまり図中でのグループIVは、今後他のグループ、とくに、グループIIを追い越すことも知らる。

3. キーワードの性質

3.1 キーワードの種類

全文献に対して約5000個のキーワードが付けられているが、種類数に直すと2856である。これらのうち、10以上の文献で用いられているものは82個、20以上の場合は24個、30以上で14個、40以上で8個である。つまり、

之れが多くのキーワードを一覧に文献に対応している。これは、後に示すよ
 うに合成単語が頻用されるのが大きな原因である。右方に30以上の文献に付せ
 ておけるものをあげると(括弧の中は文献数(以下同様)), リモートセンシ
 ング(114), 画像処理(112), 特徴抽出(93), 胸部X線写真(57),
 マルチスペクトルカメラ(46), フィルタリング(46), パターン認識(42),
 輪郭抽出(42), 計算機シミュレーション(37), 符号化(37), 医用画像(36),
 手書き文字認識(33), 文字認識(32), 物体認識(32), である。これは,
 画像処理技術の適用対象としてはリモートセンシング画像, 胸部X線像をはじめ
 とする医用画像, 手書き文字がとくに多く, 主要処理のカテゴリーとしては, 画
 像処理, パターン認識, 文字認識, 物体認識の順に定義範囲が限定されているこ
 とを示す。処理手法としては, フィルタリングと符号化が頻用されていること
 を意味していると考えられる。

一方は, われわれが画像処理関連の仕事をするとき, 技術用語にせよ; 右ア
 レフィックスを用いた語彙があるかを見るために, 5, 6個以上のキーワードに共
 通して用いられているプレフィックスをおもた。20件以上の文献に現れる接頭辞
 (頻度の高い語を語干, 他のキーワードの接頭辞に当たらないものは除く)は
 54個あり, そのうち30件以上の文献に現れるものは30個, 50件以上のものは
 16個, 70以上のものは7個であった。頻度の大きいものをいくつかあげると, 画
 像(445), 画像処理(150), 特徴(130), リモートセンシング(121), 手書き
 (117), 図形(24), パターン(93), 医用(69), 輪郭(67), 視覚(62),
 文字(60), 計算機(60), マルチスペクトル(60), 符号化(59), 距離(56),
 線図形(52), X線(48), 領域(47), 3次元(46), デジタル(44), テキ
 スタ(44), カラー(42), 構造(42), 画像入出力(40), テータ(40),
 動画(40), ソフトウェア(38), 画像(36), 細線(34), 超音波(32)。

一般に, 広い意味を持つ接頭辞に接尾語を付けて意味を特殊化するこ
 とが多い。本データベースのキーワードにもその傾向がある。しかし, 上記の諸接頭辞も,
 ある時期には新分野の出現を意味したはずである。そこで, キーワード使用の
 代的変遷を少し調べてみる。

3. 2 キーワード使用の時代的変遷

キーワードに用いられている用語の変遷を知りよすかとして, いくつかのキ
 ーワードについて, 年間平均使用頻度(平均文献数)をおもてみる。右表, 世代を
 Ⅰ(1960~1965), Ⅱ(1966~1971), Ⅲ(1972~1977), Ⅳ(1978~

表2 キーワード使用の変遷

	画像処理	パターン 認識	物体認識	医用画像	三次元	視覚	フィルタ
総文献数 → 150件		42件	32件	49件	46件	62件	52件
世代 Ⅰ	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ⅱ	2.5	2.3	1.3	1.2	0.3	2.3	1.5
Ⅲ	13.5	7.5	2.5	4.0	1.8	4.8	4.3
Ⅳ	17.3	8.7	2.3	6.0	11.0	6.3	5.3

1980)に分類した。結果は表2のとおりである。これらの用語は、第II世代ではいづれも新研究分野を表わしている。画像処理は第III世代のことで新鮮であったかも知れない。とくに三次元は、第IV世代のことで新研究分野であると言えよう。他のキーワードの使用頻度の増加は、自然増とも考えられるかも知れない。上記の他、総文献数は少数であるが、人工知能(13件)、データベース(16件)、ロボット(15件)、知能(10件)を調べた。知能は第IV世代で、その他は第3世代で画像処理の新課題に定着したと考えられる。

3.3 同時頻度の多いキーワード

他のキーワードで同時に現われた頻度の高いキーワードは、その分野に属する概念、あるいは、共通の概念を持つて考えられるもので、頻度の高いものを中心にあげると次のようになる(括弧の中は、同時に現われるキーワードの件数)。特徴抽出(185)、リモートセンシング(171)、画像処理(79)、パターン認識(74)、物体認識(69)、フィルタリング(66)、手書き文字認識(59)、輪郭抽出(57)、文字認識(55)、符号化(53)、フーリエ変換(51)、細線化(49)、線図形(48)、医用画像(46)、並列処理(45)、動画像(43)、雑音除去(41)、画像計測(41)、CT(38)、シミュレーション(38)、距離変換(38)、マッチング(36)、分類(36)。今後、このようなキーワードが大勢的、あるいは共通的な概念を持って現われてくるであろう。

4. 著者別文献数

文献データベースから得られるその他の情報として、何人当たり文献数のデータを示しておく。これは、おおよそに示す画像処理研究者の数を推定する上で参考となると思われる。著者当たり文献数の累積が図3に示している。数値的には、1件:102名、2~5件:570名、6~9件:172名、10~19件:60名、20~29件:10名、30~99件:8名、50件以上:6名である。ただし、これは、おおよそに示す画像処理研究者の数は200~500名である。なお、総著者数は1827である。

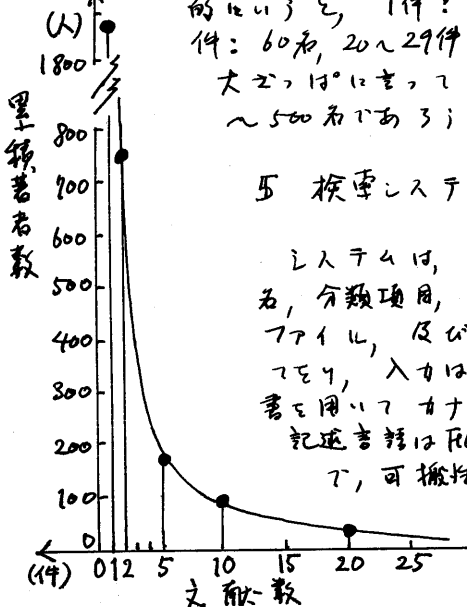


図3 著者当たり文献数の累積曲線

5 検索システムについて

システムは、キーワード、分類項目、発行時期、出典、著者名、分類項目、文献名、文献の各項目と、文献通書との間の逆ファイル、及び分類項目と分類項目内容との間の関係表を持つており、入力にはカナまたはローマ字である。システム固有の辞書を用いてカナ漢字変換が行われた。漢字は縦、和、差であった。記述言語はFORTRANで、JIS漢字コードが使用されているので、可搬性がある。

(謝辞) 文献収集に絶大な労力を払われた情報処理学会コンピュータビジョン研究会研究連絡会の権威メンバーの方々に心から謝意を表す。