

解説



ペン入力技術

—紙の操作性を目指して†—

福 永 泰 竹

1. はじめに

計算機システムの一般化にともない、日常行っているオフィス業務をそのままの形で電子化できるシステムが使い勝手向上の点から優れていると言われている。一方、計算機性能の向上にともない、今まで考えられなかった処理がリアルタイムで実現できるようになり、こうした計算機資源を使い勝手の向上にふりむける研究が活発化している。たとえば、人工現実感という名のもとに、ディスプレイ上で、3次元空間を模擬し、一般の作業空間と同じ体験ができるシステムなどはその代表例といえよう。

こうした考え方の一つに、身近な、ドキュメントを中心としたオフィス環境をそのまま実現することで、使い勝手の向上が図れるという考え方がある。とくに、最近、米国でペン入力をベースとするオペレーティングシステムが2件発表されたこともあり、これをベースとした製品や試作品の発表が相次ぎ、注目を浴びている。こうした機会をとらえて、ここでは、今までの研究動向と今後の方向性について紹介する。

2. 紙の操作性と必要技術

紀元前のパピルの発明や、14世紀ごろのバルプを用いた製紙業の発展、さらには、1450年ごろのグーテンベルグによる活版印刷技術の発明以来、紙は、現代文化を支えるおおきなメディアとしての位置づけを確固としたものになっている。1970年代ごろからのワープロに代表される電子化されたオフィス環境の発展は、ペーパーレスシステムをもたらすものとして大きな話題を提供し

たが、かえって紙の消費量が増大し、地球環境にまで影響をおよぼすようになってきた。

これは、いくらオフィスの電子化が進んでも、現状の技術では、紙の操作性に至らない点が多く、文書の洪水の中で、印刷、複製されるドキュメントが増大していることに起因していると言える。

一方、技術的には図-1に示すように、出力デバイスの技術変革と、ソフトウェア技術の進展にささえられて、より使いやすさを向上させたマンマシンインタフェースが生まれ、システムの形態が変革している。

1990年代には、フラットパネル技術にささえられて、紙の利用形態を模擬するコンピュータ、ここでは、“シートコンピュータ”と名付けているが、こうしたものが現実のものとなろうとしている。以下では、その操作性と必要となる技術の解析を行ってみたい。

表-1は、紙の操作性と、現状の電子化されたオフィスシステムの違いを比較して示したものである。

まず、紙の上では、われわれは、使う順序などを規定されていないのになら、電子化オフィスでは応用ソフトによって、操作の手順が規定されている。このため、応用ソフトに依存した形で、マンマシンインタフェースが規定されてしまう。

第2番目のポイントは、紙の世界では、各職場や社会対応に、あらかじめ定められたドキュメント上の規則があり、規則にのっとった書式ドキュメントを追加作成することで、その社会での動きの変化に対応できる。たとえば、ドキュメント上に矢印と行先を追加することで回覧順を変更したり、書式の一部を追加することで、他部署の仕事のやり方の変更指示が可能となる。ところが、電子化された世界では、あらかじめ定まったいくつ

† Pen-based Interaction Technology—Seeking the Flexibility of Paper— by Yasushi FUKUNAGA (Hitachi Research Laboratory, Hitachi Ltd.).

竹 日立製作所日立研究所 8 部

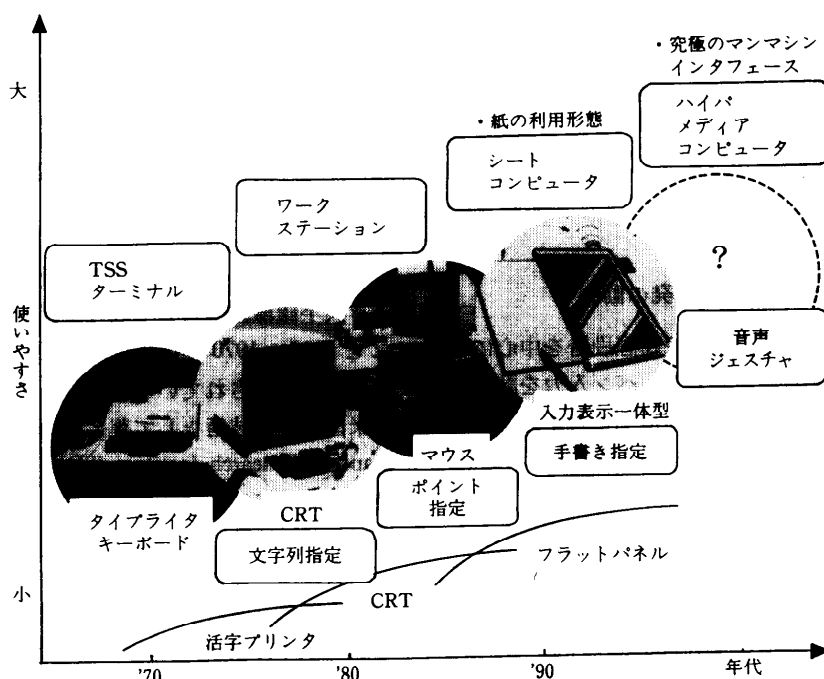


図-1 マンマシンインタフェースの発展とシステムの変遷

表-1 紙の操作性と現状のオフィスシステムとの相違

項 目		紙 の 特 徴	電子化オフィスの特徴
紙のメリット	操作の自由度	順序、ロケーションにかかわらず入力可能	応用ソフトに依存
	処理の追加	定まった書式にしたがっていれば追加可能	応用ソフトの変更要
	データベースアクセス	物理的な位置によりアクセス	論理的な情報によりアクセス
	形状の自由度	折り畳み可能、封印可能、移動可能	小型化されているが紙ほどの自由度はなし
電子化オフィスのメリット	大量データへの対応	体積、重さ共に膨大	ファイル1枚などに蓄積可能
	通信手段	物理的な移動、または FAX	LAN, ISDN, 無線など選択可能

かの定形業務については、アプリケーションソフトウェアを開発したり、購入することで対応できるが、日に日に変更される書式に対応するためには、ソフトウェアの改造が必要で、そのメンテナンスに大きな労力が必要となる。

第3番目のポイントは、データベースアクセス手段の違いがある。紙を用いたファイリングシステムでは、必要となるドキュメントを取り出す場合に、入っている場所や、大まかな配置などの物理的な情報により捜しだせるのになら、電子化されている場合は、キーワードや、ファイル名などの論理的情報によるアクセスが中心となる。このため、定形的なファイリングには有効となるが、定形外のシステムが組みにくいという問

題を有する。

4番目のポイントは、形状の問題があげられる。紙は、折り畳んだり、封印したり、物理的な形状を変えることができる。これによって、仕事の流れを変えている場合もあるが、電子化オフィスでは、小型化が図られているが、紙ほどの自由度は達成されていない。

一方、電子化オフィスのほうが、表に示すように大量データのファイリングや、通信手段の面でメリットを有している点も多い。こうしたことから、紙の世界を電子化するようなシートコンピュータを実現することで、両者の特徴を有した新しいオフィスシステムを実現することが可能となる。

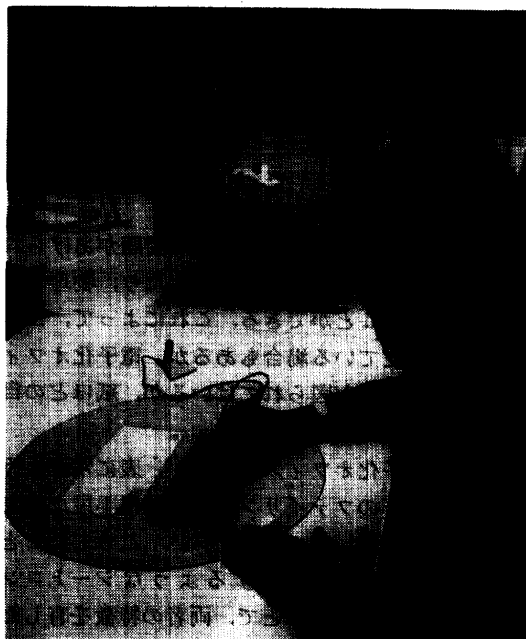
	1940	1950	1960	1970	1980	1990
コンセプトの発表	▼ Memex 'As we may think'			▼ Dynabook	Magic Slate	▼ Tablet
試作品の発表 研究開発				漢字認識ソフトウェアの研究 入力表示一体化ディスプレイの研究		

図-2 ペン入力技術の開発経緯

3. ペン入力技術の研究開発の動向

ペン入力技術の開発経緯を構想段階を中心に示すと、図-2のように示される。ペン入力を計算機とのインタフェースとして使用する考え方は、驚くべきことに、1945年に書かれた論文¹⁾，“As we may think”（思うがままに）で提案されているMemex というシステムにまでさかのぼることができる。マイクロフィルム的なディスプレイ上にコメントなどを追加する考え方がこの時期にすでに示されている。さらに、手書き入力をハイパテキスト的な検索のリンクづけとして使用する手法も示されている。

一方、1970年代に、研究開発されたオフィス環境システムの考え方のベースとなったといわれている Alan Kay の論文^{2),3)}にも、ペン入力の活用手法についての記述がある。



システム写真

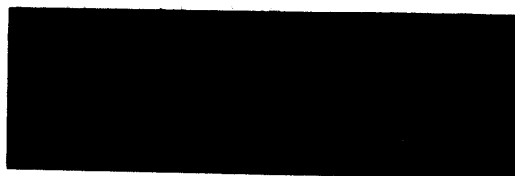
日本における研究開発は、研究のポイントを手書き文字認識技術として取り上げる傾向が強く、たとえば、1970年代には、タブレット上での認識技術が開発されている。

米国の認識技術として著名なものは、当時の、Stanford Research Institute (SRI) における研究開発で、ここでは、漢字の認識アルゴリズムも研究開発されている。

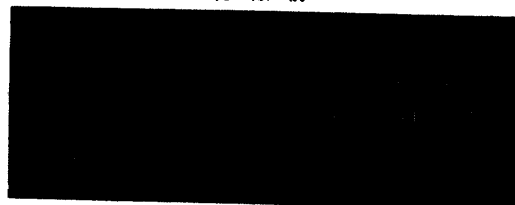
入力表示一体化ディスプレイ上での認識方法が、研究テーマとして紹介され始めたのは、1975—1985年代にさかのぼることができ、たとえば、参考文献 30)には、Electro-Luminescence (EL) を使用したフラットディスプレイ上に文字認識システムを組み込んだ例が示されている。

1984年に、われわれが試作した液晶を用いた入力一体化平面ディスプレイシステムを図-3に示す。

図に示すように、640×200ドットの液晶上で、漢字文字認識、図形認識、校正記号による認識などを組み合わせて、図面入り文書清書システムが実現されている。図-3の右に示すものが、その認識処理の一例で、文書編集を示す。あらかじめ文字認識されている“容易に”という文字例が、



認識前



認識後

校正記号による編集例

図-3 入力一体化平面ディスプレイを用いたシステム例

矢印と丸印で入力された校正記号により、挿入する過程を示している。

1980年代後半には、ペン入力をより系統的にみた開発構想が、米国で相次いだ。参考文献5)で記述されているブルースカイプロジェクト Magic-Slate では、紙の特性に着目した数々の考えが示されている。

4. ペン入力技術の現状と今後の展開

3.で述べたように、古くから多くの研究者がこのフィールドで研究開発を進めており、一方、1980年代後半から製品化も盛んに図られているが、本当に紙の使い勝手にせまる技術を確立するには、まだまだ検討しなければならない点も多い。その特徴的な点につき、以下で解説する。

4.1 小型ハードウェアシステム

ペン入力を基本とするシステムのハード物量は、いわゆる、一般のパソコンからキーボードを取り外し、タブレットを付加する形で実現できるため、ハードウェアの小型化は、ノートパソコンなどの進展にともなって小型化されるものと考えられる。現状数1ぐらいのノートパソコンが今後30%/年の割合で小型化し、さらにキーボードをとりのぞくことによる小型化も図られると仮定すると、2000年には、100cc~200ccクラスのもの

表示対象 表示装置	自由手書き文字	自由手書き図形	消書図形
紙			
640*400ドット 液晶			
1120*780ドット 液晶			

注)
2倍拡大
原寸

図-5 線密度と表示性能の関係

が可能になることも予想できる。これは、A4サイズで厚さ2mmのものにあたるため、まさに紙のような形に近いものになる。

4.2 入力一体化ディスプレイ技術

ペン入力による特長は、手書きで画面上に直接ストローク入力できる点にある。そこで、一体化したケースとしないケースで操作性にどれくらいの差異があるかを比較した一例を図-4に示す。一体化により所要時間を約半分に、また、入力の誤差も約半分にできるというデータが得られている。

一方、筆跡のなめらかさを、10インチクラスのディスプレイを基準にして、各精細度で比較すると、図-5のようになる。1000ドットクラスの筆跡では、紙と比較するとまだなめらかさは足りないが、640×400ドットクラスよりは大きく改善されている。さらにグラフィックスの世界でよく使われる線をスムーズに見せる技術—アンチエイリアシング技術—を手書き出力に応用すると同じディスプレイでさらになめらかな表示が得られるため、1000ドットを超えるディスプレイで、満足のいく筆跡表示が可能になると考えている。

このとき、問題となるのが、視差の問題で、特にフリーハンド入力を、認識せずに、なまのままでデータとして、使用する場合に問題となる。

視差をなくすためには、表示面とペン先のあたる表面との間隔を0にする必要があり、このためには、厚さのないディスプレイを開発するか、表示を表面上に行うかのいずれかで解決できる。後

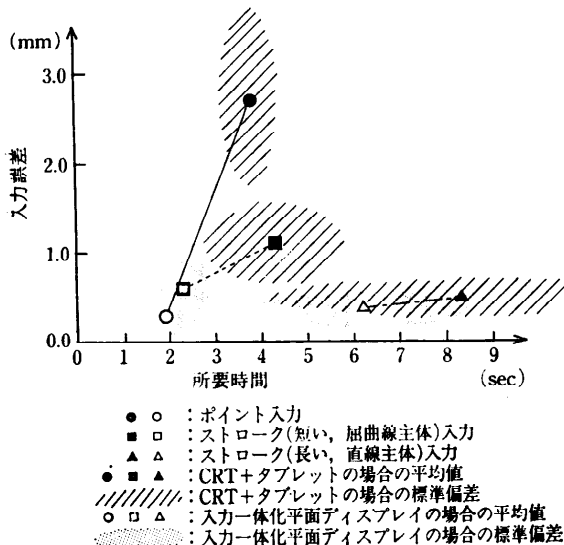


図-4 評価結果

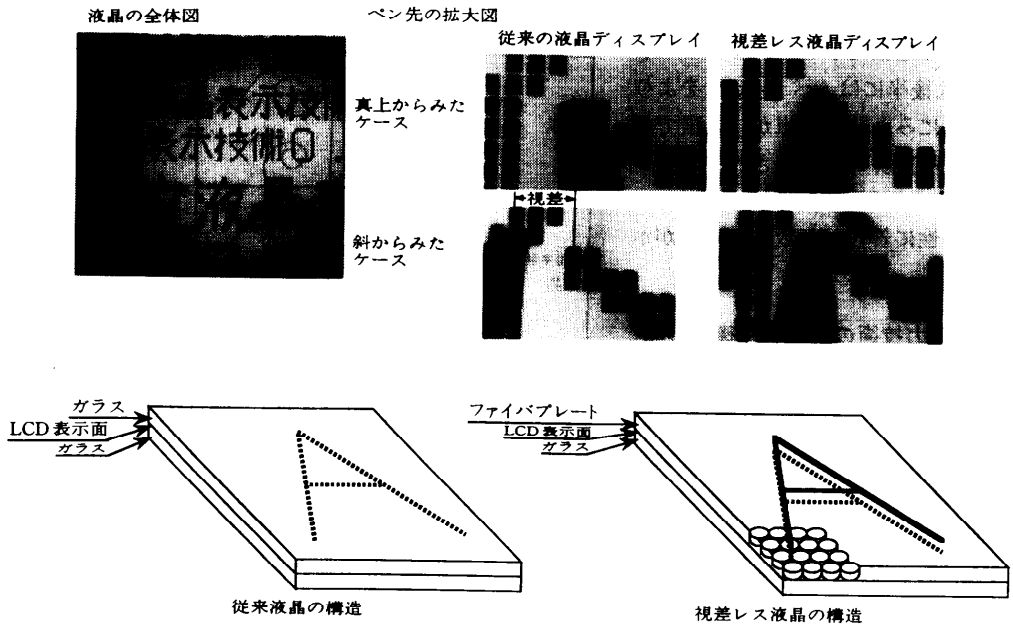


図-6 視差レス液晶ディスプレイの原理と試作例

者を実現するために開発した液晶表示ディスプレイの試作例を図-6に示す。

図に示すように、通常ガラス材の代わりに、ファイバプレートを使用することで、LCDの表示をガラスの間ではなく、表面に像を結ばせることができ、視差をなくすることが可能である。図に、実際の表示例の拡大図を示す。黒い部分の先がペン先である。通常の液晶では真上から見たものと横から見たものでは、図に矢印で示すような視差があるのに対し、試作例では、どちらの方向から見ても、ペン先は、一定の所を指していることが分かる。こうした技術を実用化し、さらに表面材の材質を紙に近いものに置き換えることで、紙に近い入力一体化ディスプレイが実現できる。

4.3 認識技術

オンラインの手書き認識技術は、オフラインのものと比較して、筆跡情報を随時とれるため、今までにいろいろな面からの研究が進められてきた。参考文献22)、23)に最近までの研究成果がまとめられているため、技術的な詳細はこうした論文を参照ねがいたい。ここでは、認識のむずかしさを実際の例を示しながら紹介する。図-7は現在、われわれのところで使用している認識ソフトウェアにおける誤認識例である。認識ソフトウェアの問題点を例を使って以下に示す。

(1) 画数の少ないものは、手書きストロークの形状で、多いものは、文字の一部のストローク間の相関関係の違いで認識されている。たとえば、図に示すように、「し」と「く」は、前者の例で、「間」と「閑」は後者の例である。このため、一つの共通アルゴリズムで全ての文字に対応できない問題を有する。

(2) 筆順は、認識アルゴリズムにとって、大きな情報となる。たとえば、図に示すように、「ゆ」と「わ」の手書きパターンは活字ほどの相違はなく、筆順が違うことによってのみ、切り分けることができる。一方、人の書く筆順は、まちま

分 類		誤認識例	
画数の少ないケース	形状が近似	小 ('ふ', '小')	と ('と', 'そ')
		も ('も', 'E')	ゆ ('ゆ', 'わ')
		え ('え', '之')	
画数の多いケース	位置が近似	さ ('さ', 'ミ')	し ('し', 'く')
		け ('け', 'H')	き ('き', '王')
		ち ('ち', '5')	ろ ('ろ', 'そ')
画数の多いケース	画数を多く書く	食 ('食', '倉')	
	画数を少なく書く	思 ('思', '思')	間 ('間', '閑')
	筆順違い	湯 ('湯', '湯')	

図-7 誤認識文字の例

ちであるため、筆順をフリーにするアルゴリズムを導入すると、'ゆ'と'わ'のケースでは、誤認識が発生して、悪い結果をもたらすという問題が生じる。

このように、同一のアルゴリズムを、全文字の認識に共通に適用するわけにはいかず、現状では、各文字対応の各種のローカルな最適化をとり入れる必要がある。

さらにモードレスで、文字や図形、校正記号などの切り分けを行おうとすると、入力ストロークの前後の関係や、入力ストロークの下に表示内容との関係などを考慮した認識技術も必要となる。また、文字認識にたいしては、自然言語処理技術と融合させることで認識率を向上させることも必要となっている。

4.4 システムソフトウェア技術

紙による電子化された環境を実現するためには、今まで述べたような技術以上に重要なものが、応用ソフトウェア開発にうまく寄与できるシステムソフトウェア技術である。マウスやキーボード入力で実現されている環境と同じものも必要であるが、さらに、ストローク入力特有の問題点を解決する必要がある。現在、X window*上でのペン入力拡張を行っているが、そこでは、以下に示す問題を解決する方式を取り入れた。

(1) ペン入力では、入力と、入力情報の処理は並行処理が必須。

ペンの入力をディスプレイ上に表示する処理(インキング)は、マウス入力とカーソル表示のように、常に優先処理をする必要がある。これは、前に入力したストロークに対し、計算機が認識処理や、その他の処理を行っている間でも、ユーザは次のストローク入力を行っているからである。これに対応できるシステムソフトが必要となる。さらに、認識結果が出るまでにシステムは、次のストローク入力に対する処理を行っているため、認識結果の処理と、ストローク入力の処理で矛盾が生じないように実行を制御できるシステムソフトウェアが必要となる。

(2) 周囲状況によって処理内容の変更が必要。

認識結果はそのときの周囲状況によって変更する必要が生じる。たとえば、入力されたストロー

クが、校正記号と判定されるか、文字の入力と判定されるかは、そのときの応用ソフトウェアの責任で成されるべきである。そのため、システムソフトウェアは、判定に必要な十分な情報、機能を提供しなければならない。

(3) 互換性の確保が重要。

同じアプリケーションを、時と場合によって、ペンで動作させる場合と、キーボード、マウスで動作をさせる場合がある。たとえば、文章の、最初の入力は、キーボードで行って、修正作業を、ペンでやりたい、というようなケースが考えられる。このユーザに対する互換性を応用ソフトウェアの変更なく、対応できるようにする必要がある。

5. 今後の展開

ペンインタフェースは、米国では、主に、ブルーワーカや、外回りの人間のデータ収集用をマーケットとした形での広がりをもせようとしている。たとえば、交通事故の現場の状況を記録したり、工場内部の、工程管理システムのデータ収集を主なマーケットと考えたものである。

一方、日本では、電子手帳の入力技術として、脚光を浴びつつある。こうしたことから、各所で、相当の研究開発が進み、ここで述べた技術ギャップもおおのずと解決していくものと思われる。

さらに、オブジェクト指向的なソフトウェアについても、開発が進められており、こうした技術と、ペン入力が合体すると、オフィスの中でも、キーボードやマウスと同じように使われる時代が生まれてくるものと思っている。

ペンでの作業形態は、アルファベット社会の米国よりも、象形文字を中心とする漢字文化の日本に向けたテーマであり、また、自然言語理解技術との融合も必要とされているため、この分野に強い日本から、新しい計算機文化として、生まれていくことを期待する。

参 考 文 献

システムコンセプト

- 1) Bush, V.: As we may think 原本は The Atlantic Monthly 誌; 1945 に、訳本はニューバビルス<I>システム編 pp. 3-17 など。
- 2) Kay, A.: A Personal Computer for Children of All Ages, XEROX Palo Alto Research Center (1972).

* X window は、米国マサチューセッツ工科大学の登録商標です。

- 3) Kay, A.: Personal Dynamic Media, IEEE COMPUTER 1977. 3. pp. 31-41.
- 4) Rose, F.: PIED PIPER OF THE COMPUTER, THE NEW YORK TIMES MAGAZINE 1987. 11. 8. pp. 56, 60, 61, 132, 140, 141 (1987).
- 5) Bill Atkinson との対談, HyperLib 1989 1/2 月号 pp. 12-23.
- 6) Jackson, M.: Active Books: InterMedia (London) Vol. 17, No. 5 10/11 月号 pp. 40-43 (1989).
- 7) 藤崎: 人間的なソフトウェア, bit, Vol. 21, No. 3, pp. 291-294.
- 8) Mel, A. W.: TABLET: Personal Computer in the Year 2000, CACM, Vol. 31, No. 6, pp. 639-646.
- 9) McCormick: THE SCENARIO DYNABOOK, COMPUTER SHOPPER, 1989. 2. pp. 329-333 (1989).
- 10) Hauser, H.: PEN AND PAPER—THE NEW REVOLUTION, Dataquest Europe European Semiconductor Industry Conference (1990. 6).
- 11) 福永: 紙のような計算機を目指して—平面ディスプレイがもたらす 21 世紀の新しい計算機文化—, 電子情報通信学会研究会 EID 91-20, pp. 27-33 (1991).
- 文字認識
- 12) Miller, G. M.: On-Line Recognition of Hand-generated Symbols, AFIPS Proc. FJCC, 35, p. 399 (1969).
- 13) 寺井他: オンライン手書き文字認識を用いた原稿校正システム, 情報処理学会論文誌, Vol. 15, No. 6, pp. 419-427 (1974. 1).
- 14) 岩瀬他: 手書き図形入力におけるストローク認識方式, 電子通信学会全国大会, p. 1343 (1981).
- 15) 小高他: 筆順に依存しないオンライン手書き文字認識アルゴリズム, 電子通信学会論文誌 J 65-D, No. 6. pp. 679-689 (1982).
- 16) Tappert, C. C.: Consive Script Recognition by Elastic Matching, IBM Journal of Research and Development, Vol. 26, pp. 765-771 (1982).
- 17) 富本他: オンライン手書き漢字・ひらがな認識, 電子通信学会研究会 PRL 87-37, pp. 49-56 (1982).
- 18) 富本他: オンライン手書き文字認識, National Technical Report, Vol. 30, No. 3, pp. 118-123 (1983).
- 19) くずし字など筆記制限を緩和する方向に進むオンライン手書き漢字認識, 日経エレクトロニクス 1983. 12. 5, pp. 115-133 (1983).
- 20) 若原, 梅田: ストローク結合規則を用いたオンラインくずし字分類, 電子通信学会論文誌, J 67-D, No. 11, pp. 1285-1292 (1984).
- 21) 若原他: 画数・筆順に依存しないオンライン手書き文字認識, 研究実用化報告, Vol. 34, No. 1, pp. 85-96 (1985).
- 22) Nakagawa, M.: Non-Keyboard Input of Japanese Text On-Line Recognition of Handwritten Characters as the Most Hopeful Approach, Journal of Information Processing, Vol. 13, No. 1, pp. 15-34 (1990).
- 23) Tappert, C. C., Suen, C. Y. and Wakahara, T.: The State of the Art in On-Line Handwriting Recognition, IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 12, No. 8, pp. 787-808 (1990).
- 図形校正記号認識
- 24) 葛貫他: ワークステーションにおける手書き認識技術, 日立評論, Vol. 67, No. 3, pp. 69-72 (1985).
- 25) 正嶋他: 画数, 筆順, 回転, 区切に依存しないオンライン手書き図形認識方式, 情報処理学会論文誌, Vol. 27, No. 5, pp. 492-498 (1986).
- 26) 葛貫他: JIS 校正記号準拠のオンライン手書き編集方式, 情報処理学会論文誌, Vol. 27, No. 10, pp. 1027-1034 (1986).
- 27) 正嶋他: オンライン手書き編集方式, ヒューマンフレンドリーなシステム; 1986. 7. 23~24, pp. 149-154 (1986).
- 28) Rhyne, J.: Dialogue Management for Gestural Interface, Computer Graphics, Vol. 21, No. 2, pp. 137-142 (1987).
- 29) Kurtzberg, J. M.: Feature Analysis for Symbol Recognition by Elastic Matching, IBM J. RES. DEVELOP, Vol. 31, No. 1, pp. 91-95 (1987).
- システム/応用
- 30) 若原他: EL 表示付透明電極タブレットの手書き入力日本語ワードプロセッサへの応用, 電子通信学会論文誌, Vol. J 67-D, No. 9, pp. 981-988 (1984).
- 31) 福永他: 高度マンマシンシステム(1)-(5), 第 30 回情報処理学会全国大会 5 F-1~5, pp. 1829-1838.
- 32) 福永他: 高度マンマシンインタフェース付ワークステーションの開発, 日立評論, Vol. 68, No. 2, pp. 37-40 (1986).
- 33) 坪井他: 電子記帳台, FUJITSU, Vol. 40, No. 5, pp. 280-287 (1989).
- 34) Souya, T. et al.: Handwriting Interface for a Large Character Set, 1991 Proc. 5th Handwriting Conf., Arizona.
- 35) 三木他: 手書きワードプロセッサ, 電子通信学会全国大会 pp. 6-109 (1985).
- 36) 木村, 木島, 島内: ペンベースなカルテ記載システム, Human Interface 第 17 回研究会, pp. 275-282 (1991).
- 37) 遠藤: 手書き画面入力システム (T-Board) の概要, Human Interface 第 17 回研究会, pp. 269-274 (1991).
- 入力一体化ディスプレイ
- 38) Tanaka, T. et al.: Entry of Data and Command for an LCD by Direct Touch: An Integrated LCD Panel, SID International Symposium, pp. 318-320 (1986).
- 39) 長江他: 熱書き込みスメクチャの液晶ディスプレイにおけるライトペン及び情報読出機能, テレビジョン学会論文誌, Vol. 38, No. 4, pp. 362-365 (1984).
- 40) 古賀他: 入力一体化ディスプレイの開発と評価, 情報処理学会論文誌, Vol. 27, No. 6, pp. 648-654 (1986).
- ソフトウェア

- 41) 待井他：自己拡張機能を有する図形言語を用いた
文書編集システム，電子情報通信学会研究会 HC
90-13, pp. 45-51 (1990).
- 42) 岡野他：多重 OS「江戸」の設計と実現，情報処理
学会論文誌，Vol. 30, No. 8, pp. 1126-1134 (1989).
- 43) 荒井他：手書きヒューマンインタフェースの開発，
41 回情報処理学会全国大会，pp. 5-233~234
(1990).
- 44) 荒井他：手書きヒューマンインタフェースの構築
支援環境，ヒューマンインタフェース研究会 35-7,
pp. 43-49 (1991).

(平成 4 年 3 月 2 日受付)



福永 泰 (正会員)

1950 年生。1973 年京都大学工学
部電気工学科卒業。1975 年同大学院
修士課程修了。同年(株)日立製作所
入社。制御用計算機システム，ワー
クステーション，グラフィックス，ペンベースシステム
などの研究開発に従事。現在(株)日立製作所日立研究
所兼オフィスシステム開発センタ主任研究員。IEEE,
ACM, 電子情報通信学会各会員。

