

## 筆者認識技術の現状

吉村 ミツ

司会(小内)：それでは講演に先立ちまして、吉村ミツ教授のプロフィールをご紹介いたします。吉村教授は、1962年東京理科大学理学部数学科をご卒業の後、電気試験所(現在の電子技術総合研究所)に入所されました。その後名古屋大学、聖徳学園女子短期大学、中部大学を経て、1998年に現在の名古屋市立大学芸術工学部に移られました。

大学をご卒業後、一貫してパターン認識の研究をされています。興味を中心は主として文字認識や筆者認識の研究だったのですが、最近では名古屋市立大学の motion capture システムを用いた動作の時系列データ解析にも興味を拡げておられます。著書には「文字の科学」, 「From Pixels to Features III」(いずれも共著)がごございます。

本日は「筆者認識技術の現状」というテーマでご講演をして頂きます。初心者向けに、用語説明等を交えてお話しいただけるという話でしたので、非常に楽しみにしてまいりました。

それでは吉村先生、よろしくお願いいたします。

### はじめに

吉村でございます。

ただ今ご紹介を頂きましたように、私は最初、電子試験所(今は名前が違うので電総研ということにしますが)そこに入りました。そこは、皆さんご存じかもしれませんが日本で最初に電子計算機を作ったところです。そ



吉村ミツ氏

こで日本最初のトランジスタ計算機「マークIV」を機械語で使いました。計算機を使う言語は最初は機械語で、次がアセンブラ言語、そしてフォートランと変わっていきました。当時はまだ $C = A + B$ ぐらいのことしかできない時代でした。当時の場所は首相官邸の下の所で、今でもその蔦の絡まったビルが残っています。そのころの計算機というのは、たとえば有楽町にあるIBM情報サービスセンターへ計算の依頼をしておいて後で結果をもらいにいったら、「あっ、動いてなかった。プログラムミスだった」という調子の時代でした。何事もあまり早くは進まない状況で過ごしていたような気がします。

当時私が所属したのは電子計算機部オートマトン研究室で、室長は、後に東京工業大学に教授として移った飯島泰蔵さんです。そこ

では、文字を計算機で認識させる研究、あるいはそのための装置を作る研究をしていました。「オートマトン」を辞書でひくと自動的に動くもの、自動人形、(機械の)自動装置と書いてありますが、当時のレベルでは文字を機械で読むまでにはいっておらず、自分で動くものの1つとして、文字を読むためのソフトウェアあるいはハードウェアを作ることが研究の焦点だったようです。

文字の入力ということですが、1つの文字たとえばカタカナの「ア」を思い浮かべて下さい。これを計算機に入れることを考えてみましょう。碁盤のマス目に白と黒の基石を用いて、アの形を作るように黒い石を置き、その他の所に白い石を置きます。碁盤の升目を、仮に50×50としましょう。そうすると横に50個、縦に50個、文字になるように白や黒の基石を並べればいいのです。それを計算機にカードで入力する時は50枚のカードを用意して1枚のカードに、白い石は0に、黒い石は1に対応させ1行分50個の0や1をパンチし、それを50枚用意してカードリーダーに読ませるのです。50枚読ませ終わると、アという文字が1つ入る、ということで計算機に文字を入力するのですが、それができるようになったのは、私が入ってから何年か後のことでした。ですから、それ以前はそれさえもできなかったのです。

そうしていく中で、文字認識ということを進めていくのですが、幸いなことに通産省工業技術院で大型プロジェクト(正確には超高性能電子計算機の大型プロジェクト)というのが企画されました。それは何かというと、日本の計算機関連企業、情報産業界にお金をたくさん投入し活性化しようという企画です。その一環として、高性能OCRの開発が企画されました。計算機への入出力装置としての文字認識機械です。電総研もこれに参加することになりました。文字読みとりの研究をしていた私たちのオートマトン研究室は、飯

島さんをリーダーとして、委託メーカー先として当時郵便番号読み取り区分機の開発で実績があった東芝を選びました。通産省から多額のお金がこれらの研究に投じられたはずですが、一大プロジェクトが進行しました。目標は英数字タイプ印刷文字の読み取りで、特に低品質の文字の読み取りに力点が置かれていました。その中に組み込まれていた文字認識の研究グループは理論の面でも技術の面でもこれで大々的に研究を発展させることができたのです。

私は夫の転勤の関係でプロジェクト半ばにして名古屋大学に移りました。移った先はアナログ計算機の研究をしていたところでしたが、その教授は「アナログ計算機はもう時代遅れだ」と考えていたようです。そこに移ってきて何をしようかと考えたのですが、教授は「何とかして、吉村さんが今までやっていたテーマで、デジタルの研究を進められないか」と言うものですから、やめようかと思っていた文字認識をまた続けることになりました。名古屋大学の先生やこの研究室の学生と一緒に文字認識の研究をするようになったわけです。文字認識というのは、大量のデータを使った方がいいのですが、当時はまだそういう大量のデータがありませんでした。そこで再度大型プロジェクト(このときは手書き文字認識も含む通産省工業技術院による「パターン情報処理システム」)が企画されたときに、日本に手書き文字データベースを作ろうじゃないかという話がでてきたのです。

そんなときに、偶然に、犯人かどうかを調べるのに筆跡を証拠にするという事件が起きました。それを解決するためには文字をよく研究している人間でないとできないだろうということで、間接的に私が意見を聞かれました。私は、文字の筆者を調べるということをやったことがありませんでしたが、聞かれるとなると、筆者を調べるとは、どういうことをやるのだろうと考えざるを得ません。そ

うということがきっかけで筆者認識の研究を始めることになったのです。

## 筆者認識技術の模索

さて今日のタイトルは「筆者認識技術の現状」ですが、皆さんのお手元にお渡しした資料は、1996年に電子情報通信学会のPRMU研究会、テーマセッション「セキュリティとセーフティのためのパターンメディア理解」です。これは理系の研究会で依頼されて行った講演の資料のコピーです。この会場に来られている人たちは、たぶん理系の方ではないだろうから、その資料に書いてあることに、その前段階のことを付け加えてお話ししようと思い、私の学位論文の資料を追加して持ってきました。これらをあちこち織り込んでお話ししていこうと思います。

さて私は、書かれているこの文字の筆者は誰であるか、それをどうやって調べていけばいいかということから、この研究をはじめました。手書き文字は、いろいろと見てみますと、個性があることが分かります。個性というのは、いつもその人の文字に現れるていてしかも他人とは違うところです。これを機械で調べるためにはどうしたらいいのだろうか、これは非常に大きな問題です。主観的ではなくて、機械的、客観的に調べる方法があるだろうか、こういうところから研究が始まったのです。

私が電総研にいた頃は、まだ何も装置はありませんでした。NHKのマイクロフォトメーターというものを使わせてもらって、それを0や1に直して文字に表したことを記憶しています。電総研が東芝とタイアップしていろいろ研究を始めるようになってから、東芝の装置が電総研に入ってきました。観測装置です。紙に書かれた文字を、計算機に入れられるようにデジタルパターンに変換して磁気テープに入れる、という装置だったと思います。今は手元のスキャナーで簡単にできるの

ですが、その装置は大きな装置でした。ですからそのころは、この文字の特性をみようと思ってもそう簡単にはいかず、まず紙に文字データを書いてもらい、筑波に移っていた電総研に行き観測装置でデータを変換し、磁気テープに入れて名古屋に戻って計算機で調べてみるというような手間暇をかけました。今では考えられないほど幼稚な手法でしか調べられないので、研究はなるべく簡単などころから始めざるを得ませんでした。

話が脇道にそれますが、東京時代の電総研では、すぐ上に国会図書館や情報センターがありました。そこで今仙台にいる黒田正典先生の「書の心理」という本や、筆跡鑑定に関するいろいろな本を見つけました。それによると、西暦120年のローマの歴史家が最初に筆跡学的観察の記録の発表をしたと言われていました。1622年には筆跡と人格の関係についての最初の本が出ています。1871年には、フランス人が筆跡学（グラフィロジー）という名前を使っています。手書き文字の個性については古くからの歴史があるのです。

さて、計算機がだんだん進歩して計算機で文字を処理できるようになるにつれて、客観的方法で筆跡を調べるという報告が少しずつ出てきました。客観的方法というのは、いつでも誰が測っても同じ結果がでる方法ということです。客観的な方法は計算機で容易に検討できます。

私の調べたところでは、これについての外国の研究発表が1973年ごろからいくつか出ていますが、日本でも1969年に早稲田のグループが研究発表を行っています。町田欣一という警視庁の人が早稲田出身だった関係で、その先生との共同研究が電気通信学会で口頭発表されているのです。それが日本で初めての報告でしょう。

この種の研究が、昔はどういう方法でおこなっていたのだろうかということですが、たとえばこういう風にいくつか縦棒をおき、そ

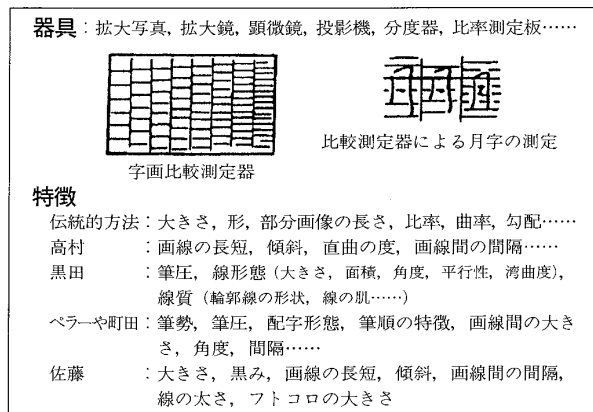


図1 過去における手計測

の棒の間に間隔幅の異なる線を置く，そういう字画を比較する測定器があったようです（図1）．そこにこのように「月」という文字を置くとき，どの間隔がちょうど合うかを調べ，その文字の画線間の比較数値を出し，大きさの特徴にしていたようです．この他に，伝統的な方法として，大きさ，形，部分の各線の長さ，あるいは比率，曲率勾配，こういうものを特徴とする方法もありました．高村巖という筆跡鑑定家は，「筆跡」という本の中で，画線，長さ，あるいは傾斜，こういったところが特徴になる，とっています．先ほどあげた黒田正典先生は「書の心理」の中で，筆圧，線形態（大きさ，面積，角度，平行性，湾曲度），線質（輪郭線の形状，線の肌など）等が特徴になる，とっています．

私はこれらの先輩たちが言っていることが，果たして数式で表現できるのだろうか，計算機でそれらの特徴が表現できるのだろうか，こういうところからスタートしました．その当時は，先程お話ししましたように，50×50の碁盤のマス目に表されたカタカナのアを使うのに50枚のカードが必要であって，今のように簡単にスキャナーで計算機に文字を取り込み計算できる時代ではなかったからです．今の感覚で，0，1のパターンで文字を表したものをみてみましょう．縦横が128×128，これが「は」という文字ですね．これくらいでも計算機では16,384個のデー

タを処理しなければならず，これが当時の計算機では処理が難しいので，どんどん圧縮していき，大きさを4分の1に縮小した64×64の4,096個にしたり，位置を合わせたり，いろいろするわけです．これをいくつかの升目をまとめて1升目の値にするというやり方で，さらに，15×14，210個の大きさの文字に表していきます．これははじめの16,384個に対し78分の1です．このように大きさを変えても情報を保存できるように，いろいろなテクニックを駆使して計算機が扱える形にしていきます．そのうえで，いろいろな処理を始めます．

その当時の計算機はまだ，現在私たちが考えているような水準で文字を扱える性能ではなかったのですが，それでも統計的手法や画像処理的手法，その他の手法での研究はいろいろと行なうことができました．先程の特徴を式で表現できないかと考え，たとえばモーメントであらわすことを考えました．皆さんご存じだと思いますが，文字の面積はゼロ次のモーメントです．文字の重心は，それが書かれている部分に厚さ1の板をあてて重さの支点を求めるように1次のモーメントです．広がりには2次のモーメントです．

そんなことをいろいろ考えて，最終的には，この「ア，エ，ツ，ル」という4文字に対して，いくつかの特徴を定義していきます．その当時でも2次元のグラフィックス・ディスプレイというのがありましたので，アという文字を大きく表示して，そしてマウスに相当するようなものであらかじめ用意してある項目をこういうふうをクリックします（図2）．たとえば，「細線化」という項目をクリックしてやると，ここに細線化された幅1マス目のものが表示されます．このところの湾曲を測ったり，上の方のところを別々に細線化したり，あるいは画線，以下ではストロークともいいますが，それぞれではなく，文字を1度に細線化したりすると，いろいろな細線化

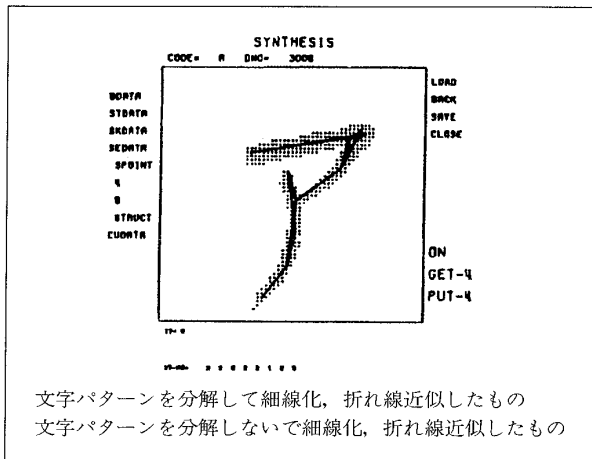


図2 文字パターンと細線化

パターンの形を得ることができます。それらのうちどれで細線化部分を測ろうかということは、また定義がいろいろありまして難しいところですが、一挙に、書かれた文字を分解しないで細線化を行うと、このパターンになります。このとき生じるこの部分をヒゲといいます。このヒゲを取ってしまうと、こうなります。ヒゲも1番外側のところを取っていくとこうなります。何をもってこのアを同定しようかと考えます。その同定のための特徴を安定して取り出せる方法はないだろうかを考えます。考えた後でその妥当性を実験で調べるのです。こんなことをあの手この手といろいろ考えていきました。

### 筆跡の個性と構造情報

このように文字の旁が特徴を表すかどうか、といったようなことを考えて得る情報を構造情報と呼びます。それに対して、先程の碁盤のマス目上に白い石、黒い石を置いていったようなことで得る情報を濃度情報と呼びます。濃度情報からはモーメントが計算できます。構造情報からはストロークの位置関係や湾曲関係、ストロークの端点、特徴点間の長さ、傾きなどが計算できます(図3)。

先程お見せした定義表によりますと、文字の画数が違うと特徴の数が違うということになります。たとえばこの「ア」、「エ」、「ツ」、

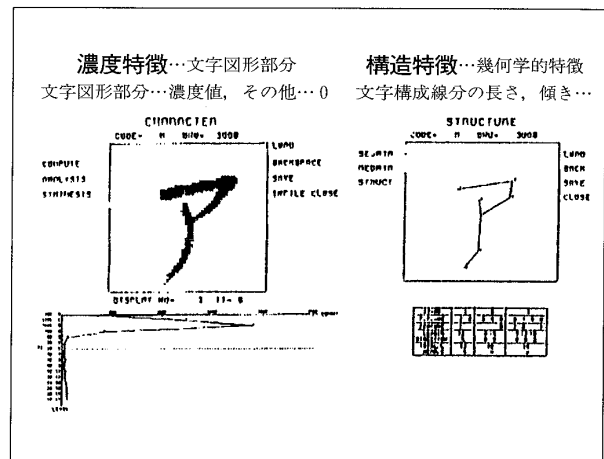


図3 文字の個性を表す特徴

「ル」の中で、「ア」は普通二画ですね。ところが、たとえばこの特徴的な屈折点を新たに特徴点として、そのところまでを1つのストロークとみなすと三画ということになります。ストロークの数は3、特徴点の数は5ということになるのです。ルも同じようなことになります。それに対して、エやツの場合はストロークの数は3、特徴点の数は6、文字によって特徴の数が違ってきます。こうなると取り扱いが大変不便になります。これについてはまたあとで問題にすることにします。

いずれにしても最初のころはどんな方法がいいかわかりませんから、どうやって計算機で測定できるのかを、すでに出版されている本に基づいて考えました。特徴と見なされる部分についての検証から入ったのです。ここに、何人かの特性値があり、そこに人による違いがあるのかどうかをみたいとき、分散分析により1つずつの特性値の評価をすればわかります。すなわち、その特性値の個人間分散と個人内分散の比、F比といいます。それを計算すればその値で個性の大きさを知ることができるのです。こういうことを調べる中で、これらの特徴で個性が表現できるということがわかってきました。

この研究では、4人の人に、ア、エ、ツ、ルという文字をそれぞれ100文字ずつ書いてもらったデータを使いました。現在筆跡の個

性を調べるには、1人の人間から10個くらいの試料が得られればいいのですが、このときは初めてですからわかっていません。そこで、文字認識研究での経験からそれぞれの人から100個ずつを集めたのです。これらの4字種を選んだのは、この4字種が、ストロークの長さ、勾配、湾曲度、接続の形においてカタカナに現れる多様な状況をほぼ含んでいて、しかもそれぞれは異なったタイプのパターンを示していたからです。

これらのデータから、各特性値の役割を評価するために先ほどお話ししたF比を求めてみました(図4)。F比が大きいことは、その特性値の筆者間の違いが同一筆者の反復手書きに比べて大きいことを意味します。そこに筆者の個性がよく現れているといえます。たとえばアで、F比が非常に大きい部分をみますと、第1ストロークの方向性、右上がりか右下がりか、あるいは丸く書くか、などが出てきます。エでは第1ストロークの終端点と第3ストロークの始端点の距離、ツでは第3ストロークの湾曲などで、F比はそれぞれ189、236、194という大きな値でした。

少し専門的な話になりますが、4人で反復が各32の場合のF比を考えますと、有意水準5%の分散分析における限界値が $F(3, 124, 0.05) = 2.7$ です。4字種を通してみると、どの字種においてもF比がこの2.7より大き

くなっています。これは取り上げている特性値がどれも個性を表す特徴になっているということです。ただし注意すべきことはF比が大きいということが必ずしも4人が別々の個性を持っていることを意味しているわけではないことです。たとえばツの第3ストロークの湾曲度を表す特性値の場合、1人は他の3人に比べ殆ど湾曲性がみられず、そのF比が大きい値であることは1人を残り3人と区別するためのものであって、3人の間の区別には他の特性値が必要なのです。だからどういう人間がこの試料を提供したかによって、特性値の役割が変わるのです。この実験で小さなF比を与えた特性値も更に多くの人の中では、大きなF比を与えるかもしれません。日本人一般に通じる法則性を見いだすには、もっと多くの人を調べなければなりません。しかし少なくともここで大きなF比を与えた特性値はそこに個性を現す人がいるということです。

以上のように分散分析で1つずつの特性値を評価したところ、先ほどお見せしたどの特性値も何らかの個性を現していることがわかりました。この段階で、これらのすべてを集約した合成総合特性値を作り、手書きにおける変動を把握できないかどうかを調べてみました。これには主成分分析を用いました(図5)。4人のアの場合、第1主成分はストロークの長さの和、縦と横の積、文字部分の大きさ、第1ストロークの長さなど、大きさに関する量でした。第2、第4主成分はそれぞれ右上がり、平べったさに関する量でした。第3主成分だけはどうもうまく解釈ができませんでした。その他の文字についても同じように主成分を調べたところ、それぞれが手書きにおける変動の主な様子を把握するものでした。専門的なことになりますが、固有値の大きい主成分の変動には人の違いによるものと同一人の反復手書きによるものが含まれていますから、これらの主成分が、即筆者識別

		F(3,124,0.05)=2.7 F(6,84,0.01)=3.03	
	傾き	F 比	189 (4人) 反復32
	距離		236 (4人) 反復32
	湾曲度の対数		194 (4人) 反復32
	距離		106 (7人) 反復13
	傾き		185 (4人) 反復24 131 (7人) 反復24

図4 F比の値の大きい特徴

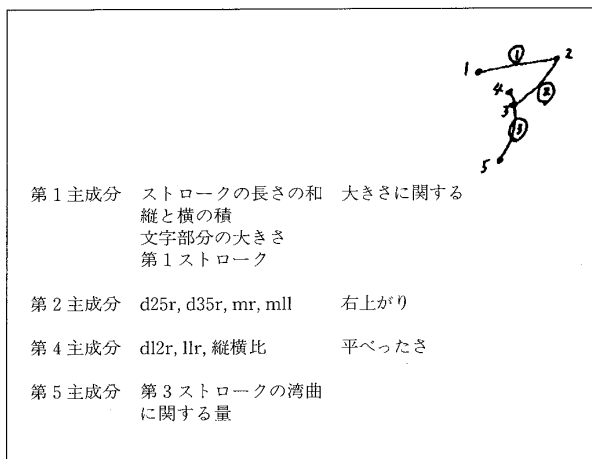


図5 「ア」の主成分

に利用できるものというわけではありませんが、何らかの意味で個性を反映していることは確かめられたこととなります。このように各主成分には、それなりに意味をもたせることができるものでしたので、筆者認識はこのような構造情報を利用してやっていけるのではないかと感じた次第です。

## 筆者照合と筆者識別

はじめに非常に古い話を持ち出しましたけれども、これから本論に入っていきます。書かれた文字を計算機に入れるのは、現在ではスキャナーで簡単にできますが、前にもお話ししたように、昔は大変でした。

私は1962年から7、8年電総研にいました、それから名古屋大学に移りましたが、初めてこの課題で論文を出したのは1980年です。その間は、研究用文字データを集めたり文字認識のための研究環境を整えるのに時間がかかったこともあります。なにより問題だったのは計算機の性能だったのです。今のような計算機環境から考えますと、実に効率の悪い研究しかできなかったのです。

それはともかくとして、今からお話しすることはハードウェアではございませぬ。ソフトウェアの話です。筆者認識というのは書かれたものについて、それが誰によって書かれたものかという問題を扱います。計算機に直

結しているタブレットという装置の前で書いているオンラインの場合は、書いた結果だけでなく書くという行為でもそれが問題にできますが、とにかく書かれたものが誰によって書かれたのか、こういったことを判断するのが筆者認識ということになります。

筆者認識では、この人の書いたものはこういうものだわかっている資料がないと何もできません。こういう筆者があらかじめわかっているものを参照資料、referenceといいます。これに対して、今調べようとしているものを対象筆記物、questioned documentと、こんなふうに言います。

筆者認識の問題には、似ているような似ていないような2つの問題があります。1つは筆者照合 writer verification, もう1つは筆者識別 writer identification です。照合というのは、「私は吉村です」と名乗った人の書いたものが、本当に吉村が書いたものなのかどうかというものです。判断は「受け入れ」か「拒否」しかありません。これに対して、識別というのは何人かの候補者がいて、その中どの人が書いたかを当てることです。文字認識の問題は、常にこの識別の問題になるのですが、筆者認識では2つの問題が起こります。

これらの2つの問題はテクニック上で大きな違いがあります。照合の場合には、どのくらい似ていたら本人とみなそう、あるいはどのくらい違っていたら本人でないかとみなそうかが技術的に難しい問題となります。このどのくらいという限界の値を閾値といいます。その閾値をどのように決めるかということです。これはすでにある参照資料から決めておかなければなりません。閾値の決め方というのは極めて難しいのですが、照合の場合にはこれを避けて通ることが絶対にできません。

これに対して識別の場合には、たとえば脅迫状を誰が書いたかというときに、犯人はわからないですね。そうすると、それと思われ

る人間にいろいろ書かせるわけです。しかし、何を書かせていいかわからない。脅迫状の場合、たいてい参照資料がないのです。どうやって、その資料を作るかが最大の焦点になるようです。遺言書鑑定の場合もそうです。少ない資料の中で、どう判断するか。これが大きな問題になります。

遺言書鑑定とか、脅迫状とか、そういう特別なものを除くと、実際問題での識別と照合は、そのときそのときで何を焦点にするかによって変わってくるので、これは照合の問題、これは識別の問題と分けられないということもあります。お配りした資料にシステムへのアクセスということを書きましたけれども、これはそこに入る人間に限られていてその中の誰であるかを筆記で判断しようということです。このときに、名前をあらかじめ自己申告させれば、問題が照合になります。そうではなくて、来たときにそこで書かせる、そこに入る人間は20人ぐらいという場合に、あらかじめ文字を書かせておいて参照資料として登録しておき、その中の誰かが入ってきたらよしというのであれば、問題が識別になります。ですから、問題は状況によって変わります。

私は授業の時に出席はとらないのですが、この先生方の中で出席を取られる先生はおられるでしょうか。その場合、もしかして学生がエスケープしているかもしれませんね。出席表の人数が、そこにいる学生の数よりも多かったら、他人の分を誰かが書いているわけですね。そういう場合にはどうするか。厳密にされる先生がいたら、本人かどうかを判断するためにそこにいる人間に名前などを書かせるでしょう。それでわかるかもしれません。

最近になって私は、6月でしたが、松尾芭蕉の筆跡の鑑定をするという人の発表を聞きに行きました。これは松尾芭蕉が書いたものか、それとも弟子の書いたものか、あるいは誰かが書いたものか。ああいうもの場合に

は参照資料があって、その中のこれが似ているからこうなんだとやっていましたけれども、なかなか難しいものでした。この掛け軸の書も、ある中国の人からもらったものですが、すごい人が書いたといわれています。その人があらかじめどういう書き方をするのかがわかっていたらこれが本物かどうか判断できるかもしれません。このように、鑑定にもいろいろな場合があるものだと思います。

### 構造情報と濃度情報

さて、先程お話ししましたように手書き文字には構造に現れる個性があります。昔の手書き文字の認識はそれに基づいて筆者認識をするのに構造情報を用いました。ここにおられる森田さんも最初の頃文字認識の研究をされていたそうですね。余談ですが、当時、まだ画像を処理するほどメモリーはなくCPUの速度も遅かったので、殆どの画像処理屋さん、まず文字認識の研究から入っていきしました。そのため筆者認識でも文字認識と同様にはじめは構造情報を用いました。ちょっと考えると、アという文字は横に書いて、斜めに書いてまた斜めに書くという、自分が覚えた順番を何とかして計算機にチェックさせる方法はないだろうかというところから入るのです。だから大多数の研究者は手書き文字では構造情報を使って調べるのが自然と思っていました。ところが先程お話ししましたように、現実の手書き文字では、ストロークの数や特徴点の数がそれぞれ違います。これが違うと計算機での処理が大変です。自動的、機械的に筆者認識を進めていくためには、途中で全く人間を介在させないで最初から最後まで計算機だけで認識の処理をしてほしいということになります。そういうときに構造情報は非常に不便です。これに比べると濃度情報の方が計算機での処理が非常に楽なのです。実際に研究をしていくと、その理由がわかってきて、最初のころはどの研究者の方も構造



情報を使っていましたけれども、その後しばらくは構造情報を使わなくなりました。私たちもそうでした。

しかし最近また、濃度情報だけでは不便だということで、構造情報を使って行う研究報告が出始めるようになっていきます。どうやら両者は相補う側面があるようです。毎年、文字認識に関する国際会議がたくさん開かれていて多数の人が参加していますが、これらの会議でも、構造情報を用いた文字認識の報告がたくさん出ています。

さて、このような自動筆者認識の現在達成できている性能ですが、1980年代に私がまとめた正答率、つまり正しく識別する確率は、実験材料としてこういうものを使ったときに、カタカナの場合は95%でした(図6)。ひらがなの場合、1文字ずつ判断して、それらの和を求めて、この文章は誰が書いたかというときには100%でした。漢字の場合も全部使っていくと、非常にスコアは高くなります。しかし、4, 5文字だけで識別する場合は、字種によって性能が違ってきます。たとえば、ひらがなの文字は斜めの線があったりして、画数のわりにはその人の個性が出やすく、漢字より正答率が良くなる傾向があるように思われます。複雑な漢字の場合にはひらがなよりさらに正答率が高くなります。このグラフの縦軸は正答率です。カタカナの「ノ」は皆が適当に書くので個性が出ていません。このような結果が得られたわけです。

材料：枠内(カタカナ, ひらがな, 漢字), (筆者4~24人), (反復数25~100).  
筆記条件 (横書き, 縦書き), (文字単位, 文章単位)

識別率 (正答率):

- I. カタカナ 4人4字種 平均95% (文字単位) 参照文字32/1人
- II. ひらがななど7人26文字 86% (文字単位) 参照文字13/1人  
構造変数80.0% 濃度変数85.5%  
100% (文章単位)
- III. 漢字など 11人13文字 89% (文字単位) 参照文字8/1人  
識別文字, 参照文字の筆記条件が同じ89% 違う76%(参照文字8/1人)  
識別文字, 参照文字の筆記条件が同じ94% 違う84%(参照文字32/1人)

図6 筆者識別実験結果

## テキスト依存型とテキスト独立型

さて、筆者認識に利用する情報といいますと、いろいろあります。脅迫状の場合は用いたインクはどんなインクだったか、紙はどうだったか、文章の作り方はどうだったか、句読点はどうだったか、字の書き方、字配りはどうだったかなどです。ですが、この講演ではこのような情報の利用の話に割愛し、書かれた文字だけを用いる場合に話を限ることにします。

さて次は文字についてどんな情報が利用できるかについての違いを考えましょう。まず、何という文字が書かれているのか、この文字がわかっているかどうかですが、分かっているときをテキスト依存型といいます。それに対して、どのような文字が書かれているかわからないけれども、ある人の書いた文字のかたまりがある。こういうときにテキスト独立型といいます。外国ではテキスト独立型が多いのですが、日本の場合は、一文字一文字区切って書くことができ、書字教育でもそのように教えられていますのでテキスト依存型も十分考えられます。外国の場合には単語を単位として筆記体で続けて書きますので、文字単位でみるということができなくなるからです。

そういう問題があるので、結局テキスト独立で考えるか、テキスト依存で考えるかは、お国柄によるのではないかと思います。

## オフライン情報とオンライン情報

次に、タブレットが目のある場合とそうでない場合での情報の違いというものがあります。すでに書かれたものを使う場合には、使うデータをオフライン情報と呼びます。この情報はスキャナー等を使って計算機にとり込みます。static information という言い方もします。これに対してタブレットなどから対話的に取り込む情報をオンライン情報と呼びます。dynamic information という言い

方もします。タブレットの上で手を動かしたとき、筆圧も測定できる装置を使いますので、書いている点のXY座標と筆圧が時間順の系列、時系列としてこれらの情報が計算機に取り込むことができます。筆跡と同時に、筆順、つまり時間的な書き順も情報として使えます。

一般的にいうと、書き順、筆記速度、筆圧が情報としてありますのでオンライン情報の方が個性をよく表すのですが、私が装置を使った経験から言いますと、オンラインの装置というのは慣れるまでちょっと大変です。タブレットから少し離れていても、情報をキャッチするので、どこからを本当の情報として使うかというのが、ちょっと難しい問題になります。筆圧が安定して取れないという問題点もあります。それらがちゃんと情報として取り込めれば、オンラインの方がオフラインより、はるかに多くの情報を使えます。

しかしそうは言っても、文字がもうすでに書かれて紙の上にあるというときには、オフライン情報しか使えません。さらにオフライン情報は、再利用が簡単です。紙の上に字が残っているのですから。そういうわけで両者は一長一短なのです。

以上、利用する情報等についてお話ししましたが、先程もお話ししましたように、私は主観的にではなくて、客観的、自動的、機械的な方法で筆者を調べていきたい、ということを目指していますので、計算機を使うということが必要な条件になります。

### 筆者認識の研究動向

さて、ドイツの警察グループは1980年前後に、極めて精力的、組織的に画像処理的手法を用いて筆者識別の研究をし、報告を行っています。また、IBMのグループも、同じ頃に、オンラインの筆者照合に関する研究を、計算機を用いて行っています。欧米では先程お話ししましたように、一文字一文字ということ

がなかなかできないので、全体の像をとらえて、幅をどうするかとか、傾きをどうみるかというふうに、当然違った手法が取られます。

そのころには日本でもいろいろな研究がなされ、先程お話ししたモーメントとか、大きさとかを調べる方法などを発表しています。そのほかにもNTTの、森田さんがおられたところの上司が、文字認識手法として提案した外郭寄与度法や、三重大の同じく文字認識手法の加重方向指数ヒストグラム法なども利用されています。この図はパターンの頻度を調べる私の局所円弧パターン法です。詳しくは後で説明します。

オンライン情報の場合には、書かれた情報を、筆記順に、時間的に、X情報、Y情報、筆圧情報と並べて、それをどうやって合わせてマッチさせていくかということが問題になるので、DPマッチングという手法が使われます。それは、たとえば同じ文字についての2つの手書き文字があるときに、一方のピークのところを他方のピークに対応づけるように時間軸を部分的にゴム伸ばしをするようにして調整し、2つの文字を合わせていくものです。この手法はいろいろなところで使われています。そこでは、位置や筆圧以外に、速度やペンの傾きといった情報も使われます。そしてそれぞれの情報に重みをつけて、2つの手書き文字がどのくらい似ているか、あるいは違っているかを調べていくのです。その例はあとでお見せします。

1965年から1998年までの研究について、ジクスト(JICST)の検索データで、発表報告数を全部カウントしてきました。世界的にみて署名と署名でないもののが、ほぼ同じ件数で、発表されています。日本人と日本人以外という分け方をしてみますとこのようになります。日本は署名社会でありませんから、署名以外の研究が圧倒的に多いことがわかります。識別という問題ですね。日本では署名照合の研究があまりありません。外国では日

常に小切手を使うことが極めて多いので、署名照合が非常に大きな問題になるのだそうです。

2年前にブラジルで開かれたシンポジウムで聞いたのですが、ブラジルは小切手を使うことが極めて多いそうです。日常的に小切手を使うので、署名照合が非常に大きな問題になっているということでした。銀行で金額の数値を読むということよりは、署名が本当に本人が書いたのかどうか重要なのです。しかしまだ、署名照合が実用的に利用されるところまではしていない、ということでした。そのように外国では署名照合の研究が多いのですが、日本の場合はそうじゃない。そんな統計です。

これはまた、ちょっと違った統計です。これによれば国際会議が開かれる年は発表件数が多いことがわかります。5年くらいにまたがって研究発表したところをみますと、こんなふうには日本では保原さんが、電通大の先生ですが、初期のころから続けて研究発表をしています。吉村は1番長いのですが、その他に早稲田大学の小松さんのグループが続けて発表しています。外国では初期の頃、IBMグループは1975年頃から、ドイツ警察研究所は1978年頃から発表していますが、いずれも1985年頃以降の報告は見られません。シリアのMaanさんは1985年頃から発表していますが、1995年以後は報告が見当たりません。カナダのPlamondonさんらや、Sabourinさんらの発表はかなり多く、これからも続きそうです。これらはJICSTでの検索結果です。

## 実用性と署名照合法

さて、それでは実用性についての現状はどうかです。一般に実用性があるならば、文字認識のための、装置が市販されるでしょう。そのとき、会社は力を入れますので、たくさんの研究者が出ます。しかし、実用性がないか、あるいは、まだ実用に耐えるだけのレベ

ルに達していないと会社が判断すると、実用機は出ません。そのため研究者も増えないし、技術のレベルも上がりません。ドイツの場合、非常に大きなデータベースを国家的レベルで用意しておいて、犯罪捜査のデータベースにしようということで、実用化を目指してやっているようです。日本では、キャディックスという会社がID-007という品名での装置を市販しています。これはその一時代前の装置です。これが電子署名装置です。私も購入しました。私の知っている人の技術を用いているといわれているので、その能力はだいたいわかります。売れば一生懸命がんばるでしょうが、売れないと、あとは趣味の研究になってしまいます。研究報告を通じて、報告されている内容をいろいろと調べてみますと、どのくらいデータを取って参照資料にしたらいいかわからないので、昔はたくさん集めました。けれども今は、そういうことをしても実用性を考えたときの意味がある資料にならないということがわかったので、なるべく少ない資料で、実用性を評価できるようにしたいと考えています。実用性はないのですが、可能なら参照資料を多く使えばそれに応じて、正答率は高くなることは、実験で分かっています。

ではどんな筆者認識技術があるかですが、そのいくつかを紹介しましょう。

これは日本文字に対して、1次、2次モーメント、主軸、文字幅、署名幅、高さとの比などの特徴を定義し、1文字を単位としたものです。一般的な署名照合法です。

これはシリアの人の例ですが、全部署名を重ねて行って、重ねたところから判断するという方法ですが、この人はいろいろな手法を提案しています。

これはカナダの人の例ですが、署名を定義する領域を縦横いくつかに分割してその領域ごとにさらに対角線を引き、それらの上下斜めの線上に署名部分を射影し、それらをコー

ド化して特徴とする方法です。Shadow code 法という名で発表されています。この人は今世界で最も精力的に研究している研究者の一人です。これはフランスの研究者の例ですが、書かれてある署名を外接多角形であらわし特徴とするものです。参照署名のその特徴はニューラルネットで学習しているようです。

これは私の方法ですが、文字の定義領域を縦横にそれぞれ2分割して各領域ごとあらかじめ定義してある特徴パターンの頻度を調べる方法です。あらかじめ定義してあるのが局所円弧の場合、局所円弧パターン法と呼んでいます。ここに「学」という文字がありますが、この文字は意外に高い正答率を与えます。これは先ほど紹介した、あらかじめ定義しておいた局所円弧パターンの例です。文字認識にも使えます。

これは三重大大学の手法ですが、文字の定義領域を縦横それぞれ7分割し、各領域ごとに輪郭線上の点の方向頻度を調べ、さらにそれらの頻度を縦横4領域になるよう重みをつけてまとめ、最終的には縦横4領域、すなわち全部で16領域の方向特徴を求めるもので、加重方向指数ヒストグラム法という名で発表されているものです。これは文字認識には有効な方法ですが、筆者認識にもサンプルがたくさんあるときには有効です。

これは旅行小切手上の署名照合の例です。私は4～5年前から旅行小切手の署名を対象に署名照合の研究を行っています。日本は印鑑社会ですから、日本で署名というとき、旅行小切手かクレジットカードの署名が考えられます。今は、クレジットカードが非常に使いやすくなったので、私は前ほど旅行小切手は使わなくなりましたが、かつては外国旅行の際に使っていました。旅行小切手というのは購入したときに上の段に銀行で書きます。そして、使うときに下の段に、カウンター署名を書きます。下に書いたカウンター署名が上に書いた筆者と同じか、これを判断するの

が旅行小切手の署名照合です。これらの署名が自動化の対象にできるのかどうかは難しい問題です。署名を行う場所に背景図柄がありますのでそれを取り除くのが第1の困難点です。その問題が解決しても最終的には1対1で照合しなければなりません。これが第2の困難点になるのです。この例での1対1の署名照合では、平均誤照合率が約37%でした。その後この方法を改善して、誤照合率を約10%低くできるようになったので、この秋には結果を国際会議で発表する予定です。

ここに示した旅行小切手に対する手法は、1対1の署名照合ではなく、先ほど示した局所円弧パターン法を用いて、参照資料を10個利用できるとして行ったものです。この条件での平均誤照合率は約13.1%でした。このほかにいろいろな手法で行いましたが、この同じ署名に対して最もよい結果をえたのは、署名をその構成文字に切り出して、おのおの字種ごとに照合して全てを総合して判定する方法です。平均誤照合率は12.9%でした。参照署名は6個で、切り出しの際に工夫を行い、最終的にはパターンマッチング法を用いています。

協道にそれですが、私の実験で用いる資料はほとんどが研究室の学生に書いてもらったものです。その資料の収集をしながら気がついたことは、学生は続け文字を書けないということです。署名では漢字などの文字を一文字ずつ切り離して楷書で書いているのです。その結果、書いた署名が人に真似されやすい形になっています。日本の文字は署名には向かないのかどうか、これについてはいずれ調べてみたいと思っています。

### 照合・識別の正答率

さて、テキスト独立型問題ですが、欧米では照合や識別を文字ごとに行うことはまれです。ほとんどの場合、全体を通してながめて行います。これはその例です。傾き等が使わ

れます。これはヘブライ文字に対するテキスト独立型問題で、方向性を調べ、そのランレングスを特徴として使っています。

私もそれをまねてテキスト独立型を考えてみました。用いる特徴はランレングスではなく、テキスト独立型用円弧が特徴です。まず、日本文字の約 100 文字からなる文章と、それに相当する韓国の文字の文章を、こういうふうに 2 種類用意し、それらを A 4 版の用紙に横書きで 3 行から 5 行くらいに書くことを 6 回繰り返してもらい、実験材料を用意しました。次に各行を 4 ブロックに分けます。各ブロックには約 10 文字くらいずつ入りますが、それらを何個か合わせて、中にある文字の局所円弧の頻度などを調べて参照資料とします。そして、あるブロックの中に書かれた文字の筆者は誰かを調べてみました。どの程度の文字を含む領域を単位にするか、あるいはどの範囲の円弧の頻度を用いるかで識別率は異なりました。しかし、適切な大きさの領域と円弧の種類を選べば予想以上に良い結果を与えることがわかりました。韓国の文字の方が成績は良かったようです。

これは先程紹介した研究者の遺言書鑑定結果の例です。ここに書かれている文字は「前川」さんですね。遺言書に書かれた署名部分に着目しています。上は本物です。下は問題となる資料です。さて、どういう結論を出したのでしょうかね。

オンラインの方はたくさんあります。外国ではほとんどがオンラインの署名照合ですが、この中のたとえばこれはフランスの例です。DP マッチングを使わないオンライン照合の例ですが、こういうのはあまりありません。フランスのロレットという人の研究です。この人は署名照合、筆者識別、筆者照合、いろいろ研究をしています。ここでは特徴を 40 個定義しまして、その中から適当に 10 個ずつ用いた場合と、最も良いものを用いた場合とで成績がかなり違うということを報告してい

ます。

私は「愛知県名古屋市千種区不老町」、これは名古屋大学の住所ですが、これを用いて実験を行いました。この図はそのオンラインの文字でペンがダウンしたところを実線で、アップしたところを点線で表したものです。この照合実験を DP マッチング法で行ってみました。署名ではなくて住所の方が文字の数が多いため良い結果を得るのではないかと予想したのですが、期待した通り、署名の場合より良い結果になりました。

これは、署名による照合実験の結果です。位置情報、筆圧、点の傾き情報などの特徴を重み付けて DP マッチング法でやってみますと、99.1%の正答率を得ることができました。日本人の署名の場合には、その構成文字は 4～6 個くらいです。この結果は先ほどの住所の結果より少し落ちます。

この実験に用いたデータは沢山ありましたので、いろいろな角度から調べることができました。たとえば、これは日本人の日本文字の場合、これは欧米人の英字の場合、これは日本人のローマ字の場合です。日本人がローマ字で書いた方はあまり良くありません。日本人がローマ字を書く頻度は、日本語を書く頻度よりも少ないので、書き方が不安定になるようです。ですから、日本人が署名を書く場合には、いつも書き慣れているものを使った方が良いのではないかということがこの実験からわかりました。

さて、到達している性能ですが、自然筆の場合、テキスト依存型問題では、参照資料の量が多ければ確実にその人間を当てることができます。テキスト独立型問題では、約 1～2%の平均誤り率となります。偽筆ありの照合では、参照資料の数が 10 個くらいで、オフライン署名の場合、英字 8%、日本字 10%、オンライン署名の場合約 1%という平均誤照合率になります。これが、外国人の署名も含めて得た、私の実験結果です。

それに対して、用いる情報がオフラインの住所の場合、これは外国の住所でやっていませんので確実なことはいえませんが、住所は署名より字種数が多いので署名より良く、0%という平均誤照合率を得ています。

旅行小切手の場合には、1対1の場合には約30%の平均誤照合率となっています。全然使いものにならない感じですね。これに対して、参照資料としての署名を6個を使い、文字切り出しを行うと、12.9%、約13%という平均誤照合率を得ています。これが、私が得ている最高の結果です。

## 今後の予想

それでは、今後どんなことが予想されるでしょうか。これは難しい問題です。当時、和文タイプは難しいから情報化社会で日本文字をコンピューターに入れるためには文字の機械認識が必要であるということから、何とかして日本の文字をコンピューターに入れる方法を確立しようということで、文字認識の研究に沢山の研究者が従事し、盛んに行われたのでした。

ワープロは東芝が開発したのですが、大型プロジェクトの成果を発表したころですから、1970年代前半ですね。ワープロが登場するまでは、たとえば、NTTでは文字認識研究あるいは装置の開発化に、沢山の人が従事しているという印象を受けました。ワープロができてしまった。そうすると、これから新しく入れる情報は全てワープロで入れられます。文字の機械認識は、それほど謳わなくてもよくなってしまいました。あのころは、日本の文字認識の研究レベルは、世界のトップレベルにあったのです。欧米では文字の手入力はタイプで行うので文字の機械認識に関する思いはそんなになく、それほど文字認識研究が盛んではなかったのです。ワープロの登場でNTTの文字認識研究者の人口はだいぶ少なくなりました。今はほとんどいなくなっ

たのではないかと思われるほどです。このような厳しい現実を前に、研究の予測として何年後までをターゲットとして絞れるかが非常に重要であるという感じがします。

この筆者認識もそういうことで、コストとか、空間とか、時間の関連、使いやすさとか、心理的抵抗など、そういう因子を比較すると、先程森田先生が言われたように、バイオメトリックな情報と比較されます。それに対して筆者認識というのがどの程度有効かというのは、ちょっと疑問ですね。ご自分で文字を書いてみればわかると思います。

筆者認識の研究を始めた頃、私は大学に行くともまず文字を書きました。同じ文字です。文字の形は違うのです。これでは筆者認識なんて無理だと思いました。形が安定していないのです。では安定していないものからいかにして本人の特徴をつかみ出すか。これは難しいですね。筆者認識の結果を単独で使うというのはどうも難しいと思います。しかしながら、残っている情報が筆跡しかない場合、これは筆跡から何らかの情報を取り出さなければなりません。こういう問題が一方ではあるのです。ですから、大変難しい課題ではあるのですが、誰かが「よし、やるぞ」という考えで、良いアイデアをそこに注ぎ込んで技術を開発してくれば良いのではないかなと思います。もちろん、たくさんの方が出れば、もっと良い結果が得られるかもしれません。

それでは、どうするかということですが、いわゆる評価や開発をやる時に注意することがいくつかありますが、それをお話しして終わりたいと思います。

まず、当該文書の筆者が本人かどうかを判断するとき、あらかじめ登録している本人の特徴と比べて似ている度合い、あるいは違いの度合い、距離を求め、それがある数値よりも多いか少ないかで見ていきますが、その数値、閾値ですね、それをどう決めるかです。

その閾値により、本人の書いたものを本人が書いたのではないと判定する誤り、第1種の誤りと言いますが、それが生じたり、逆に、他人の書いたものを本人が書いたと判定する誤り、第2種の誤りと言いますが、これが生じたりします。この第1種の誤りと第2種の誤りとは、トレード・オフの関係にあります。すなわち、閾値を大きくするか小さくするかで、その割合が変わってくるのです。閾値の設定は、システムを設計する人の責任において決めるのですが、この2つの誤りのバランスというのは大変難しいのではないかと思います。

旅先で小切手が使えなければ困ることを考えると、第1種の誤りは小さくした方がいいのではないかと一方で思います。ところが、犯人に使われたらまずいと考えると、第2種の誤りを小さくした方がいいと思います。そこをどういうところに落ち着かせるか、このバランスが大きな問題になります。

いろいろな研究発表が行われています。私たちが発表してきました。「あなたの名前を登録してあげるから書きなさい。」「何回書くの?」、「10回か、20回書いて。」と言うと、「そんなに書くの?」といわれます。なるべくなら少ない回数で登録したいものです。そのため、どれだけ少ない参照資料でどれだけ結論が出せるかということが技術の最も大きな焦点になります。それを実験でいろいろな方法について調べます。ときどき、私はそのような論文の査読をやることがありますが、実験に用いた資料の数を全く書かないで、結果だけ出してくる論文があります。これは信用できません。参照資料とテスト資料というのは、どの程度の違いがあるのか、そしていくつ使ったのかが問題になるのです。そのところをはっきり見立てる必要があるのです。ですから、単に結果が良かっただけでは報告にはならないということです。実験の質が問われます。

実際には、自分たちが使ったデータで結果を出しましたというだけでは信用できません。文字認識の研究は非常にたくさんの方が行っていますが、それは、データベースがあったからなのです。ドイツには筆者認識のデータベースがあります。カナダの先生も、実は国のお金でいっぱいデータを集めたそうです。使わせて貰えるか尋ねたところ断られました。政府に文句を言われるからだそうです。日本に筆者認識用データベースがほしいものです。そこには偽筆や晦筆を含めるべきでしょう。繰り返しますが、研究の発展には公開されたデータベースが必要だということです。

文字認識と筆者認識。筆者認識は人間を当てることですが、文字認識の場合は字種を当てることです。これは先程もお話ししましたが、一文字一文字ずつ筆者認識をする場合は、文字認識に使う手法は使えます。しかし、文書として続けて書くようなものに対しては全く使えません。場合によるのです。そこで気をつけなければいけないのは、文字認識は識別問題であるということです。筆者認識は照合問題も含みます。どういう手法ならば両方に使えるかはその都度考える必要があります。

文字認識と筆者認識の関係について異なることがまだあります。文字認識の研究は参照資料を大量に使います。しかし、筆者認識ではほとんど使えないのが常識的に考えられることです。そこは著しく違うと思います。

仮に犯罪捜査で筆者認識をする場合には、お金に糸目はつけなくてもいいのではないかと思います。しかし文字認識の場合には、なるべくならばコストは低く、しかも短時間で認識できる方がいいです。今やOCRは、簡単に使え、コンピューターの入力に使えます。あれは大変良いのではないかと思います。筆者認識の場合には、ただそれだけが必要条件とすることはできないと思います。場合によっては、会話型で行うことも必要だ

と思います。

### まとめ

まとめます。技術というのは現時点では基礎研究と実用化の中間段階であると、ここに書きました。中間段階ということは、何かだいたい進んできたという感じもありますが、先は遠いということも考えられます。発展方向を予想するのは先程お話ししましたように大

変難しいことです。この分野の技術に市場、あるいは需要があるだろうか。これはやはり、技術がどこまで進むかによっても変わってくるのではないかと思います。セキュリティやアクセスコントロールは、他の技術と併用できれば良いのではないかと思います。小切手の文字の自動照合は参照資料に工夫が必要である。

以上です。

---

## 吉村講演に対するコメントと質疑

齊藤：最初の方のお話で文字認識を実用化した郵便番号自動読取機は、手書きの数字を認識する必要があったが、そのところが先程お話にあった通産省のプロジェクトでやられてきた、大変大きな成果ではないか。これ自体は実用化の何十年も先とかなんですか。

吉村：いわゆるパーセンテージはともかくとして、私が電総研にいたころから、何で東芝が選ばれたかという、それ以前に分類機ですね。東芝のソーター（正しくは郵便番号読み取り区分機）が極めてすぐれていたのですね。他の所をぐんを抜いていて、それで東芝が選ばれたのです。メカニックなところも含めて東芝が良かったのです。

齊藤：それで聞きたいのは、先程100個の同じ文字を書かせたというデータがございまして、同じ人も非常にばらつきがあるというお話があったのですが、具体的には分散などはどのくらいあったのですか。

吉村：1つ条件があるのです。私は今データを収集するときに、1度にすべてを集めることはしません。皆さん、多分会場の皆さん、おわかりになるとは思いますけども、私は学位

論文を自分の手書きで書きました。文字は日によって違うんですね。書き始めたときと、それから次の日に書いたとき、それから書き終わりのときと違うんですよ。要するに条件というのは、疲れてくることもあるし、気分によっても違うんですよ。でも、このデータは一気に書いてもらいました。分散そのものがそんなに大きくないのはそのせいです。ですから、条件によって違います。私が、その後どうしたかという、毎日書かせたとか、何ヵ月おきに書かせたとか、時期変動をかなり意識しています。

齊藤：その場合は、どのくらいになるんですか。

吉村：そういう形の分散はですね、特徴を構造情報に用いているか、それから濃度情報に求めていくかによって変わってきます。構造情報を使っている場合の分散は、多分出しているんじゃないかな。とにかくこれは個人間分散と個人内分散の比です。ですから個人内分散そのものはこのデータからはわからないです。すみません。ただし、比はとにかく大きいですね。ここにだいたいの数値をもって



います。漢字はもっと大きいです。先ほども2~3お話ししましたが、カタカナの場合の特性値とそのF比をいくつか示します。

「ア」：文字の広がり（2次モーメントの和の平方根）105，相関係数127，共分散140，文字の外接長方形の面積101，それから特徴点番号2と5の長さ（「ア」の右上の点と最も下の点）105，上の横棒の傾き189です。これはとても大きいですね。

次に「エ」：文字幅181，特徴点番号2と5（「エ」の第1画の終端点と第2画の始端点）の長さ236。ツ：湾曲度194。ル：第1画の長さ189，結構大きいです。それで，すぐ識別できちゃいます。だから，何か嬉しいような，「えっ，これでできちゃったの？」って感じですね。

ただ，そこに至るまでが，どれを特徴としていいのかわからなかったのが続いたので，ああでもない，こうでもない，やっていた。分散分析あるいは主成分分析からやっていくわけですね。それから，識別実験は，主成分分析，正準判別分析，変数選択など，どれもうまくいきます。これは構造情報を使っています。

私が現時点で考えていることは，構造情報は文字の細部を分析できるということです。奥の細道の筆跡に関する発表を聞いたときに感じたのです。そのひとつひとつの文字に関してデータベースがあれば，一般人の目から見たときに，これは非常に違った書き方をしているユニークであるというユニークさを，そのデータベースから判断できるだろうということです。そのためには，構造情報が非常に良いのではないかと思います。単に濃度情報だけでは，どこを見ても違いはわかりません。構造情報は，ここの所が極めてユニークであると。

現に鑑定書を見てみますと，1つの文章の中に，この文字がユニークだというものがあります。他の所，全ての文字がその人らしい

というわけではないのです。ある文字を絶対に他人は書かない。こういうのをよく使うのです。それが本当に他人は書かないのかという，客観的な数値データが必要ですね。そういうものがデータベースになっていくものなのです。特性，特徴のデータベースです。そういうものを警察の研究所でやってほしいと思います。

齊藤：つまり，筆者を特定する場合に，署名だと，今までのやり方でいいと思いますが，文書のような長い文の場合は助詞の特異な使い方だとか，よく出てくるそういうものを合わせて分析するのが有効ではないでしょうか。

吉村：それは，先程割愛すると言いましたけれども，学歴がなく漢字を書けない人がこういう用語を使えるだろうか。こういう文章を考えられるのか。そういう意味のことはあります。とにかく総合的に判断する必要がありますね。

日本人の日本字署名は真似されないで書くことができるのかということ，いま科研費をもらいまして3年計画で調べています。日本の文字の自動照合に強い署名のデザインというのを，実際に創ってもらっているのです。グラフィックデザイナーに頼んでいるのですが，なかなかいいです。3年後をご覧下さいというところです。

齊藤：カードに署名するときに，ローマ字で書くべきなのか，漢字で書くべきなのか。

吉村：漢字で書くべきです。

齊藤：今のお話を聞くと，漢字の方が良い。

吉村：そうではないのです。安定して書ける，他人に真似されにくい。その場合，私たちは自分の署名を，自分が読める文字でなく書いてもいいのです。記号でもいいのです。花押的なもの。

齊藤：スターがやるサイン。

吉村：去年か，一昨年，先程もお話ししましたが，実は科研費をもらって，またもらった

のですけれども、その前の科研費でインドネシア人の署名と、日本人の署名の両方を比較したのです。インドネシアは署名社会です。インドネシアの方が圧倒的に良い結果なんです。なぜだろうと考えて、インドネシアの署名を見たら、署名ではないのですね。年を取った人たちは名前を書いています。若い人たちは、デザイン署名なのです。この丸味を何回か続ける。そういうふうなので、とにかく読めなくても、書ければいいわけです。安定していればいいわけです。

**齊藤**：要するに花押みたいなものですね。

**吉村**：そうなんです。そうすると、常識的に考えるもの、それが署名だということではないんですね。署名はその人を表すものなんです。それでパスポートに通用するかどうかやってみたいなと思っています。

**山崎**：札幌学院大学の山崎と申します。わかりやすいお話で、大変おもしろく伺いました。

今、安定して書ければいいとのお話でしたが、十代の半ばぐらいまでは筆跡がおそらく安定しなくて、いつも同じようにサインを書くというのはなかなか難しいことだと思うのですが、日本人の場合でしたら、一般的に何歳くらいになってからの筆跡でしたら、本人の同定ができるのでしょうか。

**吉村**：まず、あなたに聞きたいのですが、署名が必要とされるのは、どういうときでしょうか。問題はそこから入るのです。

**山崎**：パスポートやトラベラーズ・チェックです。個人的な話で恐縮なのですが、1番最初に海外に出たのが15歳で、そのときは同じ字を書くのが非常に大変で、とても緊張したのですが、2度目に出た21歳のときはあまり心配しないで同じ字をだいたい書けたんです。

**吉村**：その辺のお答えはできると思います。インドネシアは高校2年生から署名が要求されて、これは身分証明になります。5年に1度、更新させられます。署名は見破られると、

すぐ更新します。彼らは友達同士で見せ合います。友達はそれを見てパッと真似られたら、すぐ更新します。そして、常に自分の署名を磨いています。

私は前の大学で留学生担当だったんですが、そこに実はインドネシアの学生が何人かいたんです。彼らに聞いてみると、インドネシアにいるときは、もっと何回も何回も自分の署名を書いていたそうです。「日本に来たら書かなくなってしまったので、下手になっちゃった」と、こう言っていましたけれども、書いていけば、ちゃんと安定して書けるんですね。5年間で署名の書き方が変わったら、また更新する形を取っていたのです。

小規模な実験、バージョンゼロの実験は終わっていたのですが、日本人の場合、練習をさせないで署名を書いてももらったときと、練習する場合とで全然違います。どんどん上手に安定して書けるようになってきました。ですから、日本の文字が悪いということではなくて、日本人は自分の署名を安定して書けるよう努力してないということではないかなと思いました。なおかつ、他人に真似されにくいような署名をつくり上げればもっと良いということで、今、デザイン署名を考えているのです。

**司会(小内)**：それでは、他の方で、もし質問があれば。

**野川**：結局、ログインに関するような補助手段としては、しばらく筆圧を読みとれる式でいいぞって。

**吉村**：そうですね。実は私、キャディックスから署名照合装置を買って、今デザイン署名の練習をしています。デザイン署名の筆順は見せません。私は3種類の実験をしています。書いた文字、実はタブレット上に紙を置いて、紙の上に書かせる。筆圧がとれます。それから、紙の上に書いた文字、これを視覚的な紙の上の文字をランダムに並べて、誰が書いたか当てさせます。それから、オンライ

ンの情報として筆跡と筆圧, XYP ですね. これらを使ったオンラインの実験をします. それからオフラインの実験をします. これらの3種類の実験をすると, 最も良いのはオンラインの実験です.

実験はどうするかといいますと, 書いた署名を見せて, 自分なりに真似をして偽筆を書かせます. その人間の真似方が安定したと思ってから, 偽筆を書いてもらうようにしています. 本人にも自分の署名を安定させてから書かせています. この偽筆の練習部分や, 本人の練習部分をキャディックスから買った照合装置を用いて行わせたいと思っています. そういう方法でやるのがいいのではないかという気がします.

電子署名を頭に描いてみます. 今, 電子署名って盛んになっていますね. ああいう装置を目の前におくということになったら, とにかく真似られない署名. 誰が書いたかわからないような, しかし本人には絶対にわかる, こういう署名をつくらなければならないと思います.

有名な野球選手の落合博満からもらったといっって, 学生がそのサインを持ってきたのです. どうやって, どういうふうにかこれを書いたのだろうと思っても, たどれません. 結局, 形から真似てみますが, 落合博満になりません. では, 我々も自分の署名を作ろうと思いました. このときは単なる書道の崩し文字でやったのです. 崩し文字でも結構うまくいきます. 今度はもうちょっと格好をつけようと思っています.

**司会:** それでは他の方, もし質問がございましたらお願いします.

**千葉:** 計算機のユーザーの認証なんですが, 本人の署名を高い確率で識別して本人を認識する装置, パスワードにかわる, そういう装置の可能性もありますか.

**吉村:** パスワードを入れて, 要するに ID ね. たとえば銀行で自分のお金を引き出すときに

パスワードを入れますね. そして, なおかつ筆跡でと. そうすると2つの側面から見られているなという意識で, 何かちゃんとやるんじゃないかなという気がしますし, とにかく両方使うといいのではないのでしょうか.

**千葉:** その可能性はあるということですか.

**吉村:** いや, それはわかりません. 今のところまだその見通しはないですね. 私がここにチラッとお見せしましたが, 筆者認識の研究歴は1番長いです. これは, もうすでに趣味ですね. これはお金に全然ならないんです. だから, どこかからお金をもらうことはありません. 文字認識の研究はうまくいくと, 会社から頼まれます. お金が入ります. 私は全くお金をもらわないで, 自分1人でやっています. でも自分は大変楽しくやっていますね. これは趣味ですよ. ですから, あまりみんなやらなくても私はおもしろい. そういう人間がもっと増えてくれればいいなと思っています.

もうちょっと技術が進歩し, 研究者の数が増えれば, 「ああでもない, こうでもない」ということで議論ができますし, 向上します. この種の段階というのは, 実は学術的なものとしては, この9月, 文書解析と認識に関する国際会議がインドであります. これは, こういうことは相手にしません. ここでは方法論が焦点となりますから, 特別なものが出たら非常に良いんですが, 具体的にいろんなことをやっていく場合のものとは違います. 一般には筆跡学会という国際会議に出します. 規模は小さいのですが, 数十人から100人くらい, 開催場所によっては200人くらい集まります.

あまり華々しくやらなくてもいいんだと考えています.

**司会:** 他にご質問がありましたら.

**田中:** 非常につまらないことですが, 掛け軸などにいろんな人の書いた文字の鑑定なんですが, 聞いてみたところによると, そういう

文字は、適当にずっと行書で書いてあるようで、藤原定家だとか、中国の能書家を含めて、江戸時代などでは4人の人のどれかを手本にせずと練習して、多くの書家といわれるものも4人のどれかの、かな文字の書き方だとか、そういうものに似せて練習したんだそうです。そうだとすると、4人の人の文字をスタンダードにして、どの程度、誰が、どのようにズレているかということ、それぞれ誰が書いたのか筆跡鑑定ができそうな気がしますけれども。

**吉村：**そうですね、逆に、それができると良いですね。ということは、実は問題がありまして、小学校や中学校で先生が、「さあ、こう書きなさいよ。ここのところはあまりはねちゃダメよ」という形で教えますね。教えられたことが、どの程度生徒に通じるか。要するに、学習者と教師と、その文字が似てくるのかどうか、この辺は是非やってみたいところです。これはまだやっておりません。それによって真似たい書が本当に真似られた書を越えるか、これが全く同じになるのかどうか、これはなかなかおもしろい問題だと思います。

あれは太さだとか、筆勢があるということ。黒田さんの本には筆勢があると、これも特殊だと書いてあるんですよ。筆勢ってどうやって定義しようかなと思ったんですけど、線の長さに対する細さの、太さの減り具合。こういうもので定義しようかなと思ったんです。筆勢は多分、定義できるんじゃないかなという気がしているのです。加速度、これはオンライン装置があったら、速度も測れると思っています。

あとは筆圧。筆圧はグッと抜いて、パッと早く書くんですね。ですから、興味あるところです。

**田中：**筆勢がないのはその線の両側がわりとなめらかな曲線ですよ。

**吉村：**どちら側に力が入っているとか、何と

かと書いてあるんですよ。この辺は濃淡の情報に関係する、だから両方あれば解明できるなど。定年後の仕事にします。

**司会：**よろしいでしょうか。

**秋山：**今のお話の筆勢というのは、非常に大切だと思うのですが、先程のサインなんかも、似たものをゆっくりとなぞってやりますと、似たものができますね。ところが、人の前でサインしなさいと言われたときに、同じものをサインするのは非常に難しいんですよ。そういう場合には筆勢というのは非常に大きな役割を感ずります。

**吉村：**それは、オフライン情報として得られるのか、オンライン情報として得られるかによって違うんです。オンライン情報は確実にとどまってしまうのです。遅くなる、真似、その上をなぞっていこうとすると、絶対遅くなる。これでわかってしまう。ですから、オンライン情報か、オフライン情報かによって違う。上をなぞるかどうかということが。

墨はオンライン情報になりにくいですね。筆圧がないから。どうなんでしょうね、森田先生。

**森田：**私、前に勉強し始めたとき、オンライン情報の方が文字認識としてもものすごく良かったことを知りました。逆に、村瀬さんは良い仕事をやりすぎちゃったのかも知れません。

**山崎：**書いたものをぱっと見たときに、感覚的にこれは誰が書いたとか、これは違うとかという筆勢で、私はかなり判断していたと思うんですが、もう1つ書き順もあるかと思うんですが。学生の字を見て、この漢字は書き順が間違っているとかわかったりするのですが、オフラインであつてもたとえば漢字の「五」ですとか、ひらがなの「方」ですとか、間違つて書くと形が違うということもありますが、そうしたのも情報として認識されるということもお考えでしょうか。

**吉村：**オフラインの方式から書き順を想定す

ることはしてません。しかし、わかります。カタカナの「ヲ」、これをどう書きますか。すばらしい。実はあなたのように書く人、あまりいないんですよ。大多数がこう書いて、こう書くんですよ。ということは、教えた先生がそう教えたということです。これは必ず書かれた文字に反映します。だから形だけからでも良いんですけども、筆順が違う場合に形に反映します。形が違う。

**田中：**右ききと左ききの違いははっきりみえます。

**吉村：**そうですね。書き順がね。だから、オンラインで「ちょっとあなた、書いてごらんさい。」と言うと、「間違っって覚えちゃって、いつからこんな書き方をしているの？」なんて学生に言うのですけれども、本当に書き方は形に反映します。

**森田：**ちょっと教えて下さい。私はセキュリティの立場で、ずっと興味をもっていて、筆者の指紋とか、いろいろ見ているのですけれども、特に文字認識は私もちょっと関わっていたので、1番簡単で良いと思うんですけども、やっぱり紙と鉛筆の社会なんで、そういうところで簡単にできるので利点があります。先週どこかの会社が発表した新しいワープロでは、文字認識のオンライン機能があって、すぐキーボード打ちができない人でも簡単に入れられるというすぐれものです。今後は、活字ばかりになってしまったので、逆に手書き文字の方が必要なくなってしまい、そういうオンラインが、今後とも重要になると思います。

一方、今回のご発表では、セキュリティの立場がすごい一種の重要性をもっていると思いました。文字認識のときは1つの文字を書いたとき、それに対応する文字を見つけるということに1番のパワーが必要です。そこばかりに頭がいつってしまうのですが、今回は逆に、先程もチラッとインドネシアの方が、たぶん登録しているんだと思いますが、それ

と真似られないというような、そういう関係をつくり出しているということです。

さっき犯罪者の話がちょっと出ましたけれども、怪人21面相なんていないわけですから、誰でもない人の文字を書いているのですけれど、私が最も興味をもっているのは、自分が登録した文字で、他人がもしかしたら、その文字を真似て書くわけです。そのときは先生が仰った第1種過誤と第2種過誤です。あの辺の選択機能を果たしているというのが1番重要なんですけれども、そういうものをうまく峻別するというのは、さっきのパーセンテージでもすごく良さそうに思いました。かなり、逆にものすごく難しく、昔フランスの映画で「太陽がいっぱい」というのありました。アラン・ドロンが一生懸命サインをまねするケースはいかがでしょうか。

**吉村：**あれはオンライン装置がまだなかった時代です。その時代に、とにかく署名を真似るということをやっていますね。あれは形で作ってあげているのです。先程、あちらから質問があった、書き方が形に反映するというならば、書き方を真似しているはずなんです。ですから、アラン・ドロン扮するあの人は非常に有能だったということになるのですが、あれはまだ名前です。名前じゃないものを書くということが必要なのではないかなと思います。

そのためにどうしたらいいか。署名について、外国では美的か、綺麗かの他に、書かれた署名はその人を表すということで、性格との関連についても研究されています。とにかく、自分の、真似られない署名をデザインすることは大切ですね。書き順、今、私たちにINGでやっていますから、お話をするわけにはいきませんが、来年ぐらいには発表します。そこでできあがった署名は多分皆さん、思いつかないような署名になる。書き方は絶対想定できません、それから形は大変綺麗です。すばらしく綺麗です。そういうようなの

ができあがると、ルールができあがればいい。そうするとこれは、形は問題ない、絶対筆順が違ってくる感じになります。

実は少しくずした文字でかいたときに、オンライン署名は完全に誤り率ゼロ%になりました。今は、それだけではなく、もうちょっと美的な署名をつくろうとがんばっているんです。乞うご期待です。

森田：先程、先生方のお話だと、顔に近いような、現代的なデザインで。

吉村：そうです。さらに花押に近いものを求めて、ある人がグラフィックデザイナーなんですけれども、タイに飛んだのです。タイに行って調べてくるというのです。でも、タイの文字から花押が出るかどうかわかりませんが、やはりグラフィックデザイナーのセンスというのは、書道家の書とは違います。去年まで書道家の先生に書いてもらったのです。今度はグラフィックデザイナーです。センスが違うんです。センスが違うというか、美的ということの意味が違うんです。やはり書道家というのは可読性を大事にするんです。子どもたちに字を教えるという立場にあるらしくて、あまり変なものを教えられないということが多分ありますけれども。

森田：昔、その顔の話でちょっと思い出したのですけれども、伊達政宗が出てきて、豊臣秀吉に何か実は針で穴を刺していたんだとかとって言い逃れをしたケースがあるのですけれども。ちょっと私が求めているのはどちらかということと確実で、絶対真似されないというところが、是非いろいろ採用したいとそういう気持ちになるのですけれども。

吉村：とにかく電子署名にはあれだというふうに思っていますけれども、でもそんなにルールが作れるかどうかかわからない。とにかく3種類ぐらいのルールを作ったのです。今度は、作ってある実験の結果がどうなのか興味あります。

司会：それではもう少し時間がありますけれ

ども、どなたかご質問はありますか？そうしましたら私の方から1つだけ。今日の御発表には直接関係ないのですが、先ほどプロフィールを御紹介したとき、現在、時間経過の解析とか間の解析とかに興味をもっておられるようですが、具体的にはどの様なことなのでしょう。

吉村：モーションキャプチャーですね。

では、ちょっと今日の発表に関係ないのですけれども、うちは芸術工学部です。

その説明の前に少し脇道にそれますが、先程の中野先生のとくにも質問したかったです。ここの大学の先生が質問するときがあるのか、時間を減らすといけないなと思ってお尋ねしなかったのですけれども、実はホームページを学生に開いてはいけないことにしているんです。倫理的問題がありまして、うちはデザイン系ですから、とにかく先生方が予想できないものがたくさんあるわけです。今度6月から大学としては、一応公的にホームページを立ち上げるのですけれども、学生にどうするかということは、また別問題です。その辺はまた懇親会のときに、もう1回伺います。

そういうわけでデザイン系の大学で、今4年生がいますが、これが最高学年です。来年度、大学院をつくって、研究者を養成するはずですが、さて、我が学部には視覚情報デザイン学科と生活環境デザイン学科があります。そして総合デザイナーの養成を目的にしています。イメージできますか？ その映像スタジオというところにモーションキャプチャー、3次元の動きをキャッチするシステムが3千万円ぐらいしたのです。そのほかVRシステム、3次元のデジタイザーなども入っています。レンジデータ、カラー情報を取り込む最新兵器です。

その中でモーションキャプチャーというのは、動きをとらえるのですが、取り込みたいものにマーカーを30個以上つけられます。タ

イタニックをご覧になった方がおられると思いますけれども、いろいろなアクションを画面に撮るときに、そういうもので撮ったものを部分的に採用してCGに取り込んだという、そのときに使った装置だそうです。30個以上のマーカーをつけ、6つの赤外線ランプでデータを取ります。ランプが2カ所からキャッチできれば、そのマーカーの3次元的な場所情報がわかる。ですから、時間的に動きをとらえることができるというシステムなわけです。

概ねデザイナーの卵は、それをアニメに使います。アニメーションです。「ソフトイマーシ」という高価なアプリケーションソフトがあるのですが、そのソフトに取り込んでいろいろと動かし、アニメーションをつくる。私は情報系の人間ですから、なるべくなら既成応用ソフトは使いたくないので、ユニックスのXウィンドーライブラリーを使って視覚的に表示しながらC言語で動作解析をしています。どうするかというと、動きは時間データで撮りますから、1次元のこのオンライン情報の解析と同じですね。私はそれに着目しました。マーカーというのは、ここの頭のとっぺんから、足の先まで必要なところ、全体の動きがとらえられる場所に、貼り付けます。そういうデータですから、たとえばテニスならば、もしラケットにもマーカーをつけると、ラケットの動きに対して手の動きが追従しなかったら、これはちゃんと当たりません、といえます。そういう動作の解析に使えます。

それから今度、踊り、バレリーナの動きのデータを取るんですけども、そうするとその動きがどのぐらいスムーズに、滑らかに動いているのかとか、わかるはずですが。あるいは私は「間」に興味があるのですけれども、ある動きとある動きの間は、どのぐらいか、リズムがあるか、滑らかに、なおかつ止まるのか。そして学生の話によれば、パッと止まって、そして次のストロークに移るといって、そ

のときにこれがモタモタしていると下手な人なんですから。そして、パッと動いて次の動作に移るのは、これはうまい人なんですから。この時間の取り方というのは大変個人差がある。なおかつ、その上手さ、下手さを分別できる1つの指標になるのではないかというものですから、調子よくやっています。動作解析です。

**司会：**どうもありがとうございます。

**野川：**オプトトラックですか。

**吉村：**光学式、モーションキャプチャリングシステムです。それで調子よく今やっています。磁気式ではないんです。ですから、ランプから見えないとだめなんですけれども、フレーム数を多くとれば何とかとれるようです。

**野川：**今、大学院の出身の研究室で、私が出てからそれを買ったそうです。僕は医学系の大学院の出身なんですけれども、そこではオプトトラックを用いたコンピューターシステムを手術に使っている。

**吉村：**手術など医療方面に使われると書いてありましたよ。

**野川：**まさに今阪大でやっています。ハーバードと一緒に。

**吉村：**そうですね、それは何個ぐらいマーカーがあるんですか。

**野川：**それはマーカーは数個に、数ポイントというか、正確にメスの先、メスの先に数カ所やって、あとは患者の体に布をつける前にポイントだけやって、そのキャリブレーションを行っています。

**吉村：**磁気式は秋田で、わらび座というところが民謡の踊りを記録して、精力的に発表しています。

**野川：**磁気式も脳外の手術で、阪大ではよく使われていますけれども……。

**吉村：**光学式の方が何となく安全だという気がしませんか？ 磁気式は部屋の条件も厳しいようです。何かいろんな人がデータをとっ

て下さいと来ますよ。太極拳の動作もとりま  
した。今後どれだけの人が来るかわかりませ  
んし、また、それらをどういうふうになにに使  
えるかもわかりません。これから考えます。

**司会**：その他に何かご質問があったらどう  
ぞ。

それでは、そろそろ時間がまいりましたの  
で、以上で終わりたいと思います。長期間

にわたる御研究を短時間に、しかも非常に楽  
しそうにお話していただいてどうもありがと  
うございました。いろいろご質問がまだある  
と思うのですが、懇親会や明日の補足  
の時間にまた、深めてまいりたいと思います。

では、これで吉村先生の討論を終わりにし  
たいと思います。どうもありがとうございました。