空中に描かれた数式を計算するシステムの試作

A Calculation System for Mathematical Expressions Drawn in the Air

正会員 大倉 充[†], 森田 展行^{††}, 正会員 濱本 高志[†],
正会員 島田 英之[†], 正会員 島田 恭宏[†], 宮垣 嘉也[†]

Mitsuru Ohkura[†], Hiroyuki Morita^{††}, Takashi Hamamoto[†],
Hideyuki Shimada[†], Yasuhiro Shimada[†] and Yoshiya Miyagaki[†]

あらまし 手に持った豆電球により空中に描いた数式を認識して、四則演算を行うシステムの試作を行った。数式記述に必要な数字・演算子 18 カテゴリーを対象とした認識実験では、入力総パターン数 584 に対して認識率 97.6%を得た。基本的な実時間処理システムは完成した。

キーワード：発光点の軌跡，空中，手書き文字，数式，認識システム

1. ま え が き

近年、3次元空間内に描かれた軌跡（文字パターン）に着目した研究が幾つか報告されている。研究の内容は、空中に文字を描くためのデバイス（空気ペン）を含むシステム構築¹⁾、指により空中に描かれた文字の認識²⁾³⁾、発光素子を先端につけたペンによる空中署名の認識⁴⁾⁵⁾、3次元ポインティングデバイスを指に装着して任意の平面に描いた数字の認識⁶⁾、3次元位置センサを指に装着して任意の平面に描いたひらがな文字からのストロークの切り出し⁷⁾等である。研究の主たる目的は、ウェアラブルコンピュータや携帯電話への新しい入力方式の確立にある。この方式では場所および記述面の制約を受けないという利点大きい。これらの研究では、上述したように入力デバイスはさまざまであるが、処理対象とするデータは指先等の空間座標とスクリーン座標に大別される。どちらの場合においても、3次元空間内に描かれた文字パターンは、基本的に非目視文字、完全自由手書き文字および続け字となる。

文字認識研究の観点から、これらの特徴を眺めると、まず非目視文字であることより、筆記者の意図しない文字パターンの生成される可能性が高く、通常の紙面に書かれた文字パターンよりも手書き歪みの多様性が増加す

ると思われる。また単なる続け字ではなく、一つの文字が一筆書きされることにより、異なる文字が同形状のパターンとなる場合があり、さらに1文字からのストロークの分離の問題が生じる。加えて前文字と後続文字の一部、場合によってはパターン全体が重なる可能性も否定できず、文字列からの1文字ごとの切り出しもかなり困難な問題となる。

以上の点を踏まえて、本論文は、新たなマンマシン・インタフェースの提供に目的をしぼり、空中に描かれた字種（カテゴリー）の数を限定した数字・演算子の認識について検討した。さらに一つの応用として、空中に描かれた数式を認識し計算するシステムの試作を行った⁸⁾。例えば、キーボードによる文字入力を考えると、データの入力（完了）とほぼ同時に結果がディスプレイ表示される。本システムにおいても、認識結果のディスプレイ表示に遅延を感じさせない程度の処理時間が要求される。この実時間処理を一つの目標とした。このため、指先の軌跡ではなく手に持った豆電球の発光点の軌跡（2次元座標列）を認識するものとし、認識処理では処理コストの小さい手法を考案した。

なお、上述した異なる文字が同形状となる問題については、文献2)と同様に、カテゴリーごとの記述ルールを定めることで対処した。また、一文字ごとの切り出しの問題に対しては、文献4)と同様に、一文字の描画開始時に豆電球をオンとし終了時にオフとする方法を採用した。

2. システムの概要

屋内にて、被験者をデジタルビデオカメラにより撮影する。被験者は一筆書きの要領で、各文字の描画開始

2003 年 6 月 16 日受付、2003 年 8 月 4 日採録

[†]岡山理科大学 工学部

(〒700-0005 岡山市理大町 1-1, TEL 086-256-9522)

^{††}カノープス株式会社

(〒651-2241 神戸市西区室谷 1-2-2, TEL 078-992-9921)

[†]Faculty of Engineering, Okayama University of Science

(1-1, Ridai-cho, Okayama-shi 700-0005, Japan)

^{††}Canopus Co., Ltd.

(1-2-2, Murotani, Nishi-ku, Kobe-shi 651-2241, Japan)

図 1 システムの概略図
An overview of system.

図 2 発光点の軌跡の一例
An example of path image.

時に手に持った豆電球を点灯させ終了時に消灯させる。ただし、各文字には後述する記述順序（記述ルール）が定められており、被験者はそのルールに従った描画を行わなくてはならない（図 3 参照）。また本システムでは、発光点の検出処理を行うために、カメラの撮影範囲には他の発光物体を配置しないようにする必要がある。本来は撮影環境にロバストなシステムが望ましいが、本論文ではこの点に関しては検討しておらず、撮影時に発光点を誤りなく検出するための色範囲は、手動で設定することとした。

図 1 に本システムの概略図を示す。本システムでは、動画像の入力、発光点の検出処理および処理結果のテレビ画面出力に超高速動画像処理用ボード IMAP-VISION (NEC インキュベーションセンター)⁹⁾を用いている。カメラからの画像は、コンピュータ（以下、PC と記す）に搭載された IMAP-VISION に、フレームサイズ縦 240 × 横 256 画素、毎秒 15 フレームのカラー動画像として入力される。IMAP-VISION では入力フレーム中の発光点の検出処理を行い、PC に発光点の重心座標データを送る。図 2 に発光点の軌跡の一例を示す。

PC では、1 文字を構成する重心座標データが送られた時点で認識処理を行い、認識結果を IMAP-VISION に文字として送る。IMAP-VISION は送られた文字をテレビ画面に表示する。『=』が認識された場合に数式の記述が終了したと判定し、逆ポーランド記法により数式を変換して演算処理を行う。最後に、PC は演算結果を IMAP-VISION に文字列として送り、テレビ画面に表示する。なお本システムでは四則演算のみが可能である。

プログラムの開発には、PC 側での処理に C 言語、IMAP-VISION 側では、ボード付属の 1DC (One Dimensional C) と呼ばれる C ライクな高級言語を用いた。使用した PC の OS は FreeBSD3.2.1, CPU は PentiumIII 500MHz である。

3. 認識処理

3.1 認識対象カテゴリーと記述ルール

本システムの認識対象カテゴリーは、四則演算を表すために必要となる『0~9』の数字と『+ - × ÷ =』の演算子および『() . (小数点)』の 18 カテゴリーである。空中に描かれる文字は図 3 に示す記述ルールに従って一筆書きされる必要がある。図中、黒丸が描画開始点（以下、始点と記す）、白丸が描画終了点（以下、終点と記す）を表している。この記述ルールと後述するカテゴリー別の点数（表 1 参照）は、認識性能を左右する重要なものであるが、本論文では実験を繰り返すことで定めた。

3.2 文字認識処理 1

本システムでは、記述されるパターンに対して大きさの制限を設けておらず、また筆記者によっては描画速度が速く、発光点の軌跡が断続的になる場合がある（図 2 参照）。そのため本論文では、リアルタイム性を重視した以下の認識処理を考案した。

豆電球を消灯することにより、入力フレーム中に発光点が存在しなくなる。これに伴って IMAP-VISION より送られてくる重心座標データが途切れると、システムは 1 文字の入力が終わったと判定し、入力された重心座標群を文字パターンとして認識処理を行う。まず重心座標データの x, y 座標値の最小値を 0 とし（ピクセル座標系）、全てのデータの座標変換を行う。そして、以下の 13 種類の判定条件を用いてカテゴリー別に点数付けを行う。

- (1) 始点がパターンの左半分にあるか右半分にあるか
- (2) 始点がパターンの上半分にあるか下半分にあるか
- (3) 始点から見て後続のデータ点が左方向に存在するか右方向に存在するか

図 3 各カテゴリーの記述ルール
Rules of pattern drawing.

- (4) 始点から見て後続のデータ点が上方向に存在するか下方向に存在するか
- (5) 始点近傍に再びデータ点が現れるか否か (『0』『8』『9』に対する条件)
- (6) 終点がパターンの左半分にあるか右半分にあるか
- (7) 終点がパターンの上半分にあるか下半分にあるか
- (8) 終点に向かうデータ点が左方向に存在するか右方向に存在するか
- (9) 終点に向かうデータ点が上方向に存在するか下方向に存在するか
- (10) 終点がすでに存在するデータ点近傍に位置するか否か (『0』『6』『8』に対する条件)
- (11) 始点を中心として画像領域を 3×3 の小領域に分割し、始点から見て 9 つの領域のどの場所に終点が位置するか
- (12) 文字を矩形で囲んだ場合に一定サイズよりも小さいか否か (『小数点』に対する条件)
- (13) 文字を矩形で囲んだ場合に縦長になるか横長になるか

点数付けは、判定条件ごとにカテゴリー別に定められた点数を基に行われ、判定条件が成立すると点数が加算されていく。表 1 にカテゴリー別の点数表を示す。

点数の評価としては 0 点を「間違いなくそのカテゴリーではないと言えるもの」、9 点を「間違いなくそのカテゴリーであると言えるもの」として、基本的には各判定条件におけるカテゴリーごとの合計値を最大の 9 点とした。これは特定のカテゴリーに得点が偏ることを防ぐためである。ただし、明らかにその条件を満たせば候補カテゴリーが絞り込まれる場合は、最大 27 点とした (条件 (5), (10), (13))。また判定条件 (11) では、表 1 に示した値の 1.5 倍の点数が加算されることとした。この

重み付けの根拠は、他の条件が 2 者選択であるのに対し、この条件は 3 者選択を行っているためである。ただし x, y 両座標とも中央の場合は、『0』『8』に限定できるため「 x 座標が中央の点数」 $\times$ 「 y 座標が中央の点数」が加算されることとした。最後に判定条件 (12) は、『小数点』のみを認識するために設定した。

表 2 にカテゴリー別の最高獲得点数を示す。表中には、最高獲得点数を示すパターンが入力された場合に、獲得点数が 2 番目に大きくなるカテゴリーとその獲得点数も示してある。

点数付け終了後、以下の二つの条件を満たすかどうかを調べる。

- ・ 最高点が 100 点以上である。
- ・ 最高点と 2 番目の得点の差が 5 点以上ある。

これらの条件を満たした場合には入力パターンを最高点を獲得したカテゴリーと判定し、満たさなかった場合には棄却する。

3.3 文字認識処理 2

3.2 で述べた認識処理 1 を用いた実験 1 (後述) を行って誤認識、あるいは棄却しやすいカテゴリーの組を調査した。その結果より、認識処理 1 で候補順位の 1 位と 2 位に以下に示すカテゴリーの組合せが現れた場合の認識処理を作成した。

(1) 『=』と『2』

入力パターンの外接矩形枠の縦横比を調べ、1:1.5 以下であれば『2』、1:1.5 以上であれば『=』と判定する。この追加処理は得点差が 5 点未満であっても適用される。

(2) 『=』と『-』

入力パターンを構成する重心座標データを入力順に調べ、データの x 座標値が + 方向から - 方向に変化する変曲点有無を調べ、変曲点があれば『=』、なければ『-』と判定する。この追加処理

表 1 カテゴリー別の点数表
Points of each category.

判定条件		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	+	-	×	÷	=	(	)	・
(1)	左半分	4	4	9	9	0	0	2	9	1	0	5	9	0	9	9	0	9	0
	右半分	5	5	0	0	9	9	7	0	8	9	4	0	9	0	0	9	0	0
(2)	上半分	0	9	9	9	4	9	9	9	9	9	0	4	9	0	9	0	0	0
	下半分	9	0	0	0	5	0	0	0	0	0	9	5	0	9	0	9	9	0
(3)	左方向	9	7	0	0	9	9	9	0	9	9	9	0	9	0	0	9	0	0
	右方向	0	2	9	9	0	0	0	9	0	0	0	9	0	9	9	0	9	0
(4)	上方向	9	0	9	6	9	0	0	0	9	8	9	5	0	9	0	9	9	0
	下方向	0	9	0	3	0	9	9	9	0	1	0	4	9	0	9	0	0	0
(5)	現れる	27	0	0	0	0	0	0	0	27	27	0	0	0	0	0	0	0	0
	現れない	0	27	27	27	27	27	27	27	0	0	27	27	27	27	27	27	27	0
(6)	左半分	5	5	0	9	5	9	9	6	1	6	0	0	0	0	0	0	9	0
	右半分	4	4	9	0	4	0	0	3	8	3	9	9	9	9	9	9	0	0
(7)	上半分	0	0	0	0	0	0	4	0	9	0	5	5	0	9	0	9	9	0
	下半分	9	9	9	9	9	9	5	9	0	9	4	4	9	0	9	0	0	0
(8)	左方向	2	3	9	0	7	0	0	0	9	0	9	9	9	9	9	9	0	0
	右方向	7	6	0	9	2	9	9	9	0	9	0	0	0	0	0	0	9	0
(9)	上方向	9	9	9	3	9	3	6	9	0	9	9	4	9	0	6	0	0	0
	下方向	0	0	0	6	0	6	3	0	9	0	0	5	0	9	3	9	9	0
(10)	位置する	27	0	0	0	0	0	27	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	位置しない	0	27	27	27	27	27	0	27	0	27	27	27	27	27	27	27	27	0
x 座標	左方向	0	1	0	3	9	9	9	0	0	6	0	0	1	0	0	1	1	0
	中央	9	8	0	6	0	0	0	2	9	3	0	0	7	0	0	7	7	0
	右方向	0	0	9	0	0	0	0	7	0	0	9	9	1	9	9	1	1	0
y 座標	上方向	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	1	0	9	0	9	9	9	0
	中央	9	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	7	0	0	0	0	0	0
	下方向	0	9	9	9	9	9	9	9	0	9	0	1	9	0	9	0	0	0
(12)	小さい	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	確定
	大きい	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
(13)	縦長	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	普通	27	0	27	27	27	27	27	27	27	27	0	27	27	9	27	27	0	0
	横長	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	0	0	18	0	0	0

表 2 カテゴリー別の最高獲得点数
Maximum points of each category.

カテゴリー	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	+	-	×	÷	=	(	)
点数	224	165.5	180	169.5	170	177	171	174	232	171.5	172	161	177	180	168	177	177
第2カテゴリー	8	5	7	7	5	4	5	3	0	5	÷	÷	4	+	-	÷	÷
点数	189	133.5	153	148.5	147	146	147	154.5	191	138	162	139.5	145.5	154	148	148.5	148.5

は得点差が5点未満であっても適用される。

(3) 『3』と『7』

上述の(2)と同様にデータのx座標値が+方向から-方向に変化する変曲点の有無を調べ、変曲点があれば『3』、なければ『7』と判定する。この追加処理は得点差が5点未満であっても適用される。

(4) 『3』と『9』

入力パターンの始点の位置が左右どちらにあるかを調べ、左にあれば『3』、右にあれば『9』と判定する、この追加処理は、得点差が5点以上あった場合にのみ適用される。

4. 評価実験

4.1 実験条件

本論文では二つの認識実験を行い、それぞれ実験1と実験2と記す。実験1は、3.2で述べた認識処理1だけを用了もので、基本となる認識処理1の性能評価のために行った。認識率だけでなく、棄却および誤認識と

なるカテゴリーの調査が、実験1の目的である。実験2は、実験1の結果より作成した認識処理2が有効に作用するかどうかの調査のために行った。ただし、認識率の向上だけが目的ではなく、認識率と後述する認識精度で認識結果の評価を行うものとした。

二つの実験は、2週間の間隔を空けて行った。両実験ともに屋内にて行い、被験者数は10名である。両実験で被験者の変更はない。まず各被験者に記述ルールを伝え、あらかじめ定めた以下に示す2種類の数式を各々3回描いてもらった。

$$\cdot 52 \times 3.14 =$$

$$\cdot 60 + (8 - 9) \div 7 =$$

コンピュータや携帯電話への入力という利用状況では、カメラに対して人物が正対して入力動作を行うと考え、被験者はカメラを向いて描画し、自分の描いた軌跡および認識結果をテレビ画面で確認することはできないことを実験の条件とした。また各文字パターンが記述された後で、筆者らが認識結果を確認し、誤認識あるいは棄却

表 3 認識実験結果
Results of recognition experiments.

	入力回数 A	誤認識回数 B	棄却回数 C	認識率 D	認識精度 E
実験 1	618	7	41	0.922	0.180
実験 2	584	9	5	0.976	0.163

された場合には、被験者にその文字が認識されるまで再入力してもらった。

4.2 実験結果

実験の結果を表 3 に示す。表中の認識率 D は、入力回数を A 、誤認識回数を B 、棄却回数を C として次式で定義した。

$$D = (A - B - C)/A \quad (1)$$

また表中の認識精度 E は、郵政省郵政研究所（現総務省郵政研究所）が実施した「文字認識技術コンテスト」¹⁰⁾における審査項目の一つとして提案されたもので、本論文では次式で定義した。

$$E = (10B + C)/A \quad (2)$$

認識精度 E は、すべての入力パターンが 1 回の入力で認識された場合に 0 となり、 E の値が小さいほど、認識結果の信頼性が高いことを示す。

各カテゴリーの記述ルールを定め、このルールに対応した認識処理 1 を作成したにもかかわらず、実験 1 の認識率は 92.2% であった。認識率を低くした原因は、棄却回数が非常に多かったことにある。棄却回数の多かったカテゴリーは『3』と『=』であり、それぞれ 13 回と 10 回の棄却回数であった。『3』に関しては、『7』と『9』が第 2 候補に挙がることが多く、また『=』に関しては、『2』と『-』が第 2 候補に挙がるが多かった。これら六つのカテゴリーだけで棄却回数は 33 回である。認識処理 1 では、すべての判定処理で得られた得点の合計値でカテゴリーの決定を行うために、特定の二つのカテゴリーの判別に有効な判定処理があったとしても、その得点だけでは、カテゴリー決定に有効に作用しない場合がある。また認識処理 1 は、基本的にパターンの始点と終点の位置関係に着目したものが多く、軌跡の途中の曲がり具合等は調べていない。これらのことが棄却回数の多さの原因と考えられる。

この問題の対策として、3.3 で述べた認識処理 2 を作成し実験 2 を行った。認識率は 97.6% となり、実験 1 よりも 5.4% の認識率向上が得られたが、認識精度は 0.017 しか向上していない。これは、認識処理 2 が認識処理 1 で棄却された場合にも適用されるものが多いこと、および若干の誤認識回数の増加が原因である。したがって、認識処理 2 は棄却パターンの救済には有効であったが、認識精度向上のためには更なる検討が必要と考えている。

実験 2 において、誤認識の多かったカテゴリーとして『3』と『5』が挙げられる。誤認識回数は、それぞれ 3

図 4 誤認識例
An example of misrecognized pattern.

回ずつであり、誤認識の原因はすべて同じであった。始点もしくは終点の近傍に他の点列が存在した場合に誤認識されやすく、非目視文字であるために、被験者の意図したパターンと異なるパターンが生成されていた。本システムにおける認識処理ではこの問題への対処が不十分であり、改善の必要がある。カテゴリー『5』の誤認識例を図 4 に示す。この例では『6』と誤認識された。

本論文では、カメラと人物が正対した場合の実験しか行っていないが、3 次元空間内で文字パターンを描く動作を行った際には、次の二つの問題の影響が大きいと考えられる。

- ・ある 2 次元平面上にその軌跡が描かれるという保証はない。

- ・カメラの位置・向きにより、撮影されたパターンが描画したパターンに対して幾何学的な変形を施したパターンとなる。

単一のカメラを使用した場合には、3 次元空間内で描画されたパターンは 2 次元平面への投影結果として捉えられるため、結局は、文字パターンに幾何学的な変形が加えられるということになる。このことは、文字認識の段階で認識率の低下を引き起こす大きな要因となる。また、手（腕）の動きとカメラの位置・向きの関係によっては、パターンを描画する豆電球が手（腕）によって隠され、パターンの取得に失敗することも予想される。そのため、カメラの回転角および仰角を変化させた場合の認識実験が必要と考えており、今後の課題の一つとしたい。

なお、動画像処理用ボードの使用により、各フレーム

図 5 演算結果画面
An example of result screen.

で発光点の検出処理と重心座標の取得を行いながら、描画中の軌跡は遅延を感じさせることなく、テレビ画面に表示された。また、自作した認識部と演算部の処理時間は、各々15msと1ms以下であり、描画終了とほぼ同時にテレビ画面に認識結果、あるいは演算結果が表示された。このことから、目標とした実時間処理は達成されたと考えている。図5に数式演算結果画面の一例を示す。

5. む す び

本論文は、「空中に描かれた数式を計算するシステム」について述べたものであり、試作したシステムを用いた認識実験を行い、得られた結果を示した。被験者数は10名と小規模な実験ではあるが、かなり良好な結果が得られた。入力総パターン数584に対して認識率97.6%である。

システムの認識部では、非目視文字であることに起因する、記述者の意図しない文字パターン生成への対処が必要であることが明らかとなったが、システムへの入力方法として指ではなく豆電球を用いる、および一般の記述順序とは異なる記述ルールが存在するという前提条件の下では、基本的なシステムは完成したと考えている。

今後は、本論中で述べた残された課題に取組み、続け書きされた複数の文字パターンの認識を視野に入れて、システムの改良を行っていくつもりである。また実用上重要と考えられる、夜間の災害時における懐中電灯を用いた緊急連絡用のシステムについても検討したい。

最後に、本研究に関して、さまざまなご支援を頂いた本学名誉教授塩野 充先生に深謝致します。

〔文 献〕

- 1) 山本吉伸, 椎尾 一郎, “空気ペン—空間への描画による情報共有—”, 情報処理学会第59回全国大会講演論文集(4), pp.39-40, (1999)
- 2) 岡田智也, 村岡洋一, “空中での手書き文字入力システム—ウェアラブルコンピュータ環境での入力インターフェース—”, 情報処理学会インタラクティブ2001論文集, pp.3-10, (2001)

- 3) 岡田智也, 村岡洋一, “赤外線カメラで撮影した画像による空中での手書き文字入力システム”, 情報処理学会第63回全国大会講演論文集, 6J-4, pp.(4-33)-(4-34), (2001)
- 4) 片桐雅二, 杉村利明, “ビデオカメラを用いた個人認証の試み”, 信学技報, PRMU2001-34, (2001)
- 5) 片桐雅二, 杉村利明, “空中署名画像を使った移動環境に適する個人認証”, 映像情報技術, 25, 85, VIS2001-105, (2001)
- 6) 竹下鉄夫, 兼子陽一, 江崎信行, “3次元空間における指書き数字認識”, 信学技報, PRMU2001-76, (2001)
- 7) 古川稔晃, 島田英之, 塩野 充, 宮垣嘉也, “指で文字を書く動作の3次元解析”, 平成12年度電気・情報関連学会中国支部第51回連合大会講演論文集, 132505, p.338, (2000)
- 8) 大倉 充, 森田展行, 濱本高志, 島田英之, 島田恭宏, 塩野 充, “空中に描かれた数式を計算するシステム”, 電子情報通信学会2002年総合大会, D-12-74, p.250, (2002)
- 9) 櫻井和之, 許 昭倫, 岡崎信一郎, “IMAP-VISIONを用いた道路画像からの白線検出”, 信学技報, PRMU99-66, (1999)
- 10) 能見 正, 松井俊弘, 山下郁夫, 若原 徹, 吉室 誠, “手書き数字認識における誤読・リジェクトパターンの分析—第2回文字認識技術コンテストの実施結果より—”, 信学技報, PRU93-46, (1993)

おおくら みつる
大倉 充 1983年, 愛媛大学工学部卒業。1985年, 同大学大学院修士課程修了。同年, 株式会社日立製作所入社。1990年, 岡山理科大学大学院博士課程修了。同年, 同大学助手。1992年, 同講師。理学博士。パターン認識, 画像処理に関する研究に従事。正会員。

もりひろ まさひろ
森田 展行 1999年, 岡山理科大学工学部卒業。2001年, 同大学大学院修士課程修了。同年, 株式会社カノープス入社。在学中, 動画画像処理に関する研究に従事。

はまもと たかし
濱本 高志 1995年, 岡山理科大学工学部卒業。1997年, 同大学大学院修士課程修了。2000年, 同大学大学院博士課程単位取得後退学。現在, 同大学職員。パターン認識, 動画画像処理に関する研究に従事。正会員。

しまだ ひでゆき
島田 英之 1989年, 岡山理科大学理学部卒業。1991年, 同大学大学院修士課程修了。1994年, 同大学大学院博士課程修了。同年, 同大学助手。2001年, 同講師。博士(工学)。パターン認識, 画像処理, CGに関する研究に従事。正会員。

しまだ たかひろ
島田 恭宏 1986年, 岡山理科大学理学部卒業。1988年, 同大学大学院修士課程修了。1991年, 同大学大学院博士課程修了。同年, 同大学助手。1996年, 同講師。理学博士。パターン認識, 画像処理, VRに関する研究に従事。正会員。

みやがき よしあき
宮垣 嘉也 1965年, 神戸大学工学部卒業。1967年, 同大学大学院修士課程修了。同年, 神戸市立高等専門学校講師。1971年, 岡山理科大学講師。1981年, 同教授。工学博士。1986年, 電気通信普及財団賞受賞。通信システム, 並列計算機, 画像処理の研究に従事。