キーボード配列検査システムのアルゴリズム

正員 本郷 保夫 (富士電機)

正員 小室 明夫 (富士電機)

1. はじめに

ワードプロセッサやパーソナルコンピュータなどのOA機器が急増して、キーボードの生産台数も増えてきた。キーボードのメーカーではキースイッチの自動実装機などで組立工程の自動化を図っている。一方、キーボードの外観検査工程では目視検査に替わる装置の開発を待っているのが現状である。

近年、画像処理技術を外観検査に応用した例^{(1)~(3)}が多くなっているが、キーボードの外観検査へ応用した例は少い。Wilder氏⁽⁴⁾はキートップの上面だけでなく、スプリットイメージ光学系により前側面のパターンを縦に引き伸ばすことで、前側面も検査できるパターンマッチングシステムを開発している。このシステムはキートップが正しい位置にあることを検査するもので、ストロークの線幅や一様性などの文字品質を検査するものではない。キーボードの検査時間は90個のキートップの場合で約45秒である。

Griffith氏ら⁽⁵⁾はタイプライターのキートップに関してキー無し、異種キー、方向違い、そして文字汚れなどのパターン不良の4種類の欠陥を検査する装置を報告している。検査アルゴリズムはテンプレートマッチング法を改良したものである。固体カメラの分解能による登録パターンの小さな誤差が、軽度の欠陥の検出感度を純らせている。

肥塚氏ら⁽⁶⁾は工業製品上に印刷された文字パターンの特徴辞書の作成手法について報告している。彼らは、100文字の基準辞書を5分で自動作成する学習アルゴリズムを開発した。肥塚氏らの方式はすべての辞書同士について類似文字を判別し、それらの類似文字間の特徴部分を強調するように辞書を自動作成するこ

とが特長である。

著者らは既にビットマトリックス法⁽⁷⁾を用いてキーボードの配列検査を行う装置⁽⁸⁾を開発した。その装置はキートップパターンの検査基準を計測データからマニュアルで作成しているため、多品種のキーボードに対して検査基準値を作成するのに時間がかかった。

本論文では多品種のキーボードに対応するために、キートップパターンの検査基準値を自動的に作成する学習アルゴリズムと、目視検査の約2倍のスピードで判定する検査アルゴリズムとを持つキーボード配列検査システムについて報告する。学習では、キーボード上のキートップを切出し、ウィンドウを作成する。そして、ウィンドウ内のキートップの2値化条件を決定する。更に、キートップの各文字パターンについてビットマトリックスや特徴量を計測し、検査基準値を決定する。また、自動検査ではキートップを安定に検査するための2値化しきい値制御を行う。更に、アルゴリズムを評価するために実験し、その結果について検討する。

2. キーボードの外観検査

キーボードの外観検査項目にはキートップの配列と汚れやカスレなどの欠陥とがある。ここで外観不良の

図1 外観不良の例

Fig. 1. Examples of defects in outview.

Algorithm of Automatic Keyboard Inspection System. By Yasuo Hongo, Member & Akio Komuro, Member (Electronics Development Division, Fuji Electric Corporate Research and Development, LTD).

本郷保夫: 正員, 富士電機総合研究所電子機器開発本部
小室明夫: 正員, 富士電機総合研究所電子機器開発本部

図 2 キーボード配列検査システムの構成

Fig. 2. Configuration of automatic keyboard inspection system.

例を図1に示す。この中でキートップの汚れやカスレは成形または印刷工程で発生するので、挿入する前工程で検査できる。それに対して異種、逆差し、横差しなどの配列不良はキートップを挿入する工程で発生するので、後工程で検査する。目視による配列検査ではキートップの配列をコピーした透明紙をキーボード上に乗せて、パターン同士を照合検査している。また、キーボードを真横から見て、キートップの側面形状の違いにより挿入方向の誤りを検査している。目視検査にかかる時間は120個のキートップの場合で約1分である。本論文の検査システムはキーボードの組立工程の後で、キートップの配列ミスを検査することを目的としている。

3. 検査システム

〈3・1〉 構成 キーボード配列検査システムの構成を図2に示す。システムは検査装置、ITVカメラ、照明器、XYロボット、ロボットコントローラ、モニタTV、プリンタで構成されている。検査装置はXYロボットに搭載したITVカメラを動かして、キーボード上のキートップを撮像し、配列状態を検査する。キートップの画像はモニタTVに表示される。また、不良と判定したキートップの番号はCRTディスプレイに表示されるとともにプリンタから出力される。

検査装置のマスタプロセッサユニットが画像入力プロセッサ、画像処理プロセッサおよび各種インターフェースをコントロールし、学習や検査を実行する。画像入力プロセッサユニットはカメラのビデオ信号を2

表 1 配列検査システムの仕様

Table 1. Specifications of keyboard inspection system.

項 目	内 容
検査仕様	画面分割数 256(水平)×256(垂直) 画素
	分 解 能 0.2mm/画素 (視野 50×50mm の場合)
	画面内キートップ数 1~4 個/画面
	処 理 速 度 約4個/秒
	結 果 出 力 不良キートップの番号をプリントアウトする
機器仕様	モニタTV 9インチ白黒モニタ TV
	プ リ ン タ 80 桁×44 行/分 (フル印字時)
	フ ロ ッ ピ ー 8インチ片面単密度
	X Y ロ ボ ッ ト ストローク 500(水平)×300(垂直) mm

値化し、特徴抽出部でセグメント情報⁽⁷⁾を抽出して、イメージメモリー A または B に DMA (ダイレクトメモリーアクセス) モードで書き込む。ここで2値化回路部はキートップごとにウィンドウを発生し、文字のコントラストに合ったしきい値 (256 階調) で2値化する。また、文字パターンには、白文字 (キートップの色に比べて文字の色が明るい場合) と黒文字 (白文字と逆に文字の色が暗い場合) とがあるので、文字を2値画像として抽出するように白文字または黒文字を選択する。

配列検査システムの検査仕様と機器仕様とをまとめて、表1に示す。

〈3・2〉 機能 配列検査システムは自動検査や学習以外にもいくつか実用上の機能を持っている。その

図 3 配列検査システムの機能

Fig. 3. Functions of keyboard inspection system.

機能の一覧を図 3 に示す。

自動検査ではキートップのパターンを検査するとともに、不良の発生分布を把握するために誤配列キーの番号を集計する。また、照明やキートップの色の変動がもとで良品を不良品としてリジェクトすることが少くなるように、2値化しきい値を制御する。

学習では、画像入力条件つまり2値化条件とキートップパターンの検査基準値とを作成して、キーボードごとに設定ファイルとしてフロッピーに保存する。学習アルゴリズムが適切な値を部分的に決定できない場合には、学習に使用しているパラメータを変更して、その部分だけを再学習することができる。また、マニュアルで修正することもできる。

設定ファイルの編集機能は2種類のキーボードで共通なキートップの配列がある場合に、共通部分について設定ファイルを利用するためのものである。つまり配列の異なる部分だけ設定ファイルを新規に作成して共通部分については、既存のものを利用し、それらを編集機能で結合することで設定ファイルを完成する。これにより作成時間を短縮できる。

検査基準値の妥当性チェックは、すべての誤配列状態について、設定ファイルの検出性能を評価しようとするものである。そこで、すべての検査基準値で正しい配列のキートップを判定してみて、同じキートップパターンの組合せ以外で良品と判定される組合せを捜し出力する。この良品判定となる組合せとは、検査基準値のキートップ位置にチェック対象のキートップが実装されれば、良品として見逃すことを意味しているので、検査基準値を修正することが必要となる。

4. 学習アルゴリズム

〈4・1〉 キートップの切出し キートップを検査する順序はモニタ TV のキートップ画像を見ながら、コントローラでカメラの移動経路をプログラムする段階で決まる。このキートップのモニタ TV 画像の例を図 4 に示す。最初に図の有効画面枠内からキートップを切出して、文字パターンを囲むウィンドウの位置とサイズを決定する。

キートップの切出しには、2値パターンの面積率ヒストグラムを利用する。ただし、面積率は処理領域に対するパターンの面積の比率である。また、ここでの処理領域は有効画面枠内である。白文字と黒文字のキートップの場合についてヒストグラムを図 5 に示す。いずれのキートップの場合でも、点 A～点 F または点 A'～点 G' のように2値パターンがキートップの外形とはほぼ一致する2値化の範囲がある。この範囲の上

図 4 キートップのモニタ TV 画像

Fig. 4. Image of keytops on a TV monitor.

図 5 白文字と黒文字のキートップの有効画面内面積率ヒストグラム

Fig. 5. Histograms of area ratio in a view for white and black keytops.

下限値を T_0 と T_1 とで表し、ヒストグラムから決定する手順を黒文字のキートップを例に説明する。

キートップ外形の有効画面内面積率は通常 20~80% であるので、2 値パターンの面積率 P_A が 25% ($=P_{A1}$) を越えるしきい値 (点 F) をヒストグラムから求めて、 T_0 の値とする。そして、2 値化しきい値 T_i を T_0 から ΔT_N ずつ下げながら、各点での面積変化率 L_A を次式で計算する。

$$L_A(T_i) = P_A(T_i - \Delta T_N) - 2P_A(T_i) + P_A(T_i + \Delta T_N) \dots \dots \dots (1)$$

この変化率の値が下限値 (点 B) で極大値となり、しかも 0.1% 以上の値となる。このことから、 T_1 の値が求まる。以上求めた T_0 と T_1 との間のしきい値で 2 値化すれば、外形パターンを得ることができる。ここでは T_0 と T_1 の平均値で 2 値化し、外形パターンを囲むウィンドウを作成する。次に、ウィンドウ内でキートップパターンを 2 値化する条件を決定する。

〈4.2〉 白文字と黒文字の判定 白文字と黒文字との場合でウィンドウ内面積率ヒストグラムの形が異なる。その例を図 6 に示す。文字パターンのウィンドウに対する面積率は 0.01~25% 程度であり、50% を越えない。文字を 2 値化するしきい値範囲で面積率が平たんに変化しているのが図からわかる。この平たん部が白文字では 50% より下にあり、黒文字では逆に上にある。つまり、平たん部が上下いずれにあるかを判定すれば、白文字か黒文字かがわかる。この判定方法を図の黒文字キートップのヒストグラムを例に説明する。文字パターンのウィンドウ内面積率が通常 % であることから、平たん部は黒文字で 75% ($=P_{B2}$) 0.01~25~99.99% ($=P_{B1}$) の範囲にあり、白文字で

0.01% ($=P_{W1}$)~25% ($=P_{W2}$) の範囲にある。ここでヒストグラムから P_{B2} , P_{B1} , P_{W1} , P_{W2} に対応する濃度値 T_{B2} , T_{B1} , T_{W1} , T_{W2} を求めて、次式で平たん部の長さ T_{MB} と T_{MW} を求める。

$$T_{MB} = T_{B2} - T_{B1}, \quad T_{MW} = T_{W1} - T_{W2} \dots \dots \dots (2)$$

この例では T_{MB} の方が大きい値なので、キートップは黒文字と判定する。逆にもし T_{MW} の方が大きければ、白文字と判定する。

〈4.3〉 2 値化条件 自動検査で 2 値化しきい値制御を行うために必要なパラメータとして、2 値化しきい値 T_K とパターン面積 A_K 、そしてこう配 S_K とを決定する。前述の黒文字の場合について、そのヒストグラムを図 7 に示す。これを例に決定方法を説明する。ここで図の面積率 (P_K) は面積 (A_K) とウィンドウのサイズ (幅 W_K , 高さ H_K) とから次式で計算している。

$$P_K = \frac{100 A_K}{W_K \times H_K} (\%) \dots \dots \dots (3)$$

まず、しきい値 T_K は T_{B1} と T_{B2} との平均値とし、これを基準に差が ΔT_K となるしきい値 T_{K1} と T_{K2} とを決める。更にヒストグラムからしきい値 T_{K1} , T_K , T_{K2} に対応する面積率を求め、(3)式で面積値 A_{K1} , A_K , A_{K2} に換算する。ここでしきい値 T_K におけるヒストグラムのこう配 S_0 は次式で計算できる。

$$S_0 = \frac{2 \Delta T_K}{A_{K2} - A_{K1}} \dots \dots \dots (4)$$

この値はキートップのコントラストなどにより変化するので、ここではこう配 S_K は次式で計算することにする。

$$S_K = \frac{K}{A_K} \dots \dots \dots (5)$$

ただし、 K は定数である。この定数の値については

図 6 白文字と黒文字のキートップのウィンドウ内面積率ヒストグラム ($P_{W1}=100-P_{B1}$, $P_{W2}=100-P_{B2}$)

Fig. 6. Histograms of area ratio in a window for white and black keytops.

図 7 キートップの 2 値化条件

Fig. 7. Binarization conditions of keytops.

2値化しきい値制御の節で述べる。

〈4.4〉ビットマトリックスの標準パターン

キーボードのパターンはいくつかの文字から成るが近いパターン同士に分けることで、個々の文字パターンに分割する。ここでは、各パターンの外接わくを横方向および縦方向に拡大して、拡大したわくが重なり合うもの同士を統合して領域分割する。拡大したわくによりパターンを領域分けするので、文字パターンの太さ変動しても領域分割に影響を受けない。そして、各領域の文字パターンについてビットマトリックス⁽⁷⁾を計算する。

ビットマトリックスの標準パターンの作成手順を図8に説明する。同一の文字について2値化しきい値を±10階調の範囲内で変化させて、 N_L 回累積する。その累積マトリックスの要素のうち n_1 以上の値の要素から2値行列 B_1 を求め、 n_2 以上の値の要素から2値行列 B_2 を求める。図は N_L が10回のときで、 n_1 と n_2 の値を5と3としている。行列 B_1 について、田村氏⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾のアルゴリズムで4連結の細線化を行い、コアラインマトリックス B_C を求める。

また行列 B_2 を N_F 回膨張して、マスクマトリックス B_M を求める。ビットマトリックスの標準パターンはコアラインマトリックスとマスクマトリックスとで定義する。ビットマトリックスの判定ではコアラインは文字線のカスレや切れを検出し、マスクは文字パターンの汚れを検出するものである。

ビットマトリックスの正規化サイズ(幅 W_N 、高さ H_N)は文字パターンのサイズ(幅 W_C 、高さ H_C)か

ら次式で計算する。

$$W_N = W_C + N_{BM} - W_C \bmod 8 \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$H_N = H_C + N_{BM} - H_C \bmod 8 \quad \dots\dots\dots (7)$$

ただし、 $N_a \bmod N_b$ は N_a を N_b で割ったときの剰余とする。また N_{BM} は正の整数である。

〈4.5〉特徴量の上下限値 自動検査は前述のビットマトリックスによる判定を主としている。しかし、ビットマトリックスは正規化しているので、パターンのサイズを表す特徴量などが補助的に必要である。そこで学習では特徴量として文字パターンの幅、高さ、幅高さ比、面積、周囲長を使う。更に設定フェイルの修正では、マニュアルで追加できる左直線度などの特徴量⁽⁸⁾も用意してある。

j 番目の特徴量の上下限値 U_{Fj} 、 L_{Fj} は、学習時に計測した各特徴量の平均値 M_{Fj} と標準偏差 S_{Fj} とから次式で計算する。

$$U_{Fj} = \max \{ (1 + \alpha_F) M_{Fj}, M_{Fj} + \beta_F S_{Fj} \} \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$L_{Fj} = \min \{ (1 - \alpha_F) M_{Fj}, M_{Fj} - \beta_F S_{Fj} \} \quad \dots\dots\dots (9)$$

ここで定数 α_F と β_F とは、実ラインで計測した特徴量の値が上下限値の範囲内に入るように決める。ここでは α_F を0.3、 β_F を3とする。

5. 判定アルゴリズム

〈5.1〉ビットマトリックス判定 ビットマトリックス判定の原理を図9の例で説明する。検査対象の文字パターン「3」のビットマトリックス B と標準パターン「4」のコアラインマトリックス B_C およびマスクマトリックス B_M との間で、カスレ量 D_C と汚れ量 D_M とを表す二つの距離を次式で定義する。

$$D_C = C \{ B_C(i, j) \cdot \bar{E} C(B(i, j)) \} \quad \dots\dots\dots (10)$$

$$D_M = C \{ B_M(i, j) \cdot \bar{S} M(B(i, j)) \} \quad \dots\dots\dots (11)$$

ここで、オペレータ E_C と S_M とは4連結の膨張処理と収縮処理を意味し、それぞれ N_C 回、 N_M 回繰り返す。また、「 $\bar{}$ 」は2値演算の反転処理を意味し、「 $\cdot$ 」は積演算を意味する。更にオペレータ $C \{ \}$ は $\{ \}$ 内の2値行列の要素の総和を意味する。ビットマトリックス判定では、 $D_C \leq D_{CV}$ 、 $D_M \leq D_{MV}$ の場合に正しい配列と判定する。ただし、上限値 D_{CV} 、 D_{MV} は0~10の範囲で実験的に決める。図の例では、 D_C 、 D_M がそれぞれ26、46なので不良と判定される。

〈5.2〉特徴量判定 特徴量の測定値 F_j がその上下限値 U_{Fj} と L_{Fj} の間にあるときに良品となるが、ここでは次式を満足するとき良品と判定する。

図8 標準パターンの作成手順 ($N_F=1$)

Fig. 8. Calculation of standard pattern.

図 9 距離計算の手順 ($N_c=0, N_m=0$)

Fig. 9. Schematic diagram of distance calculation.

$$\sum_{F_j} U \{ U_{F_j} \geq F_j \geq L_{F_j} \} \leq \gamma_F T_F \quad \dots\dots\dots (12)$$

ただし、 Σ は判定に使っている特徴量のすべてについての和を意味する。また、 $U \{ \}$ は $\{ \}$ 内の条件を満たしたとき 0 で、満たさないときに 1 とする。言い換えれば左辺は条件を満たさない特徴量の個数を意味する。また、 T_F は判定に使用している特徴量の個数である。更に γ_F は定数で、ここでは 0.3 としている。

〈5.3〉 2 値化しきい値制御 自動検査では学習で決定した 2 値化条件 T_k, A_k, S_k により、毎回各キートップのパターン面積が一定値 A_k となるように、前回のしきい値 $T_{k^{n-1}}$ と平均面積 $\bar{A}_k^n$ とから、今回のしきい値 T_k^n を次式で計算し設定する。

$$T_k^n = T_{k^{n-1}} + (\bar{A}_k^n - A_k) S_k \quad \dots\dots\dots (13)$$

ここでこう配 S_k を求めるために定数 K の値を決定する。実験的にしきい値の安定な範囲 $\Delta T_M (\equiv T_{k^n} - T_{k^{n-1}})$ と面積変化 $\Delta A_k (\equiv \bar{A}_k^n - A_k)$ とを求めて、(5) 式と (13) 式とから導かれる次式により定数 K を決定する。

$$K \cong \frac{\Delta T_M}{\Delta A_k / A_k} \quad \dots\dots\dots (14)$$

ここで同じキートップを一定のしきい値で 2 値化する場合でも面積の計測値は 10~20% のばらつきがある。そこで逆に面積変化 $\Delta A_k / A_k$ を 0.1~0.2 まで許容する場合の安定なしきい値範囲 ΔT_M を実験的に求めると、10~30 である。このことから (14) 式により定数 K は 50~300 の値となり、ここでは定数 K を 300 とする。この値と (5) 式からこう配 S_k が求ま

る。更にキートップパターン面積 A_k^n の移動平均値である $\bar{A}_k^n$ を次式で計算する。

$$\bar{A}_k^n = \alpha \bar{A}_k^{n-1} + (1-\alpha) A_k^{n-1} \quad \dots\dots\dots (15)$$

ただし、 α は正数であり、ここでは α を 0.5 とする。また、 $\bar{A}_k^n$ と A_k^n の初期値は A_k とする。

以上の 2 値化しきい値の制御により、キートップの微妙な変動による良品キートップの誤判定を少なくする効果が期待できる。

6. 実験および検討

〈6.1〉 学習アルゴリズムの評価 学習アルゴリズムはキートップの 2 値化条件を決定する過程と 2 値パターンの検査基準値を決める過程とに分けられる。キートップの切出し処理は、コントラストのはっきりしない場合にはウィンドウが正しく作られないことがあるので、ウィンドウの修正が必要となる。ここでは、標準パターンおよび特徴量設定値を学習するステップについて評価実験を行う。ここで実験に使用するキーボード配列検査システムの外観を図 10 に示す。

検査対象のキーボードは白文字で黒色のキートップが 61 個、黒文字で白色のキートップが 1 個、黒文字で黄色のキートップが 1 個で、キートップの総数が 63 個である。学習条件として、ビットマトリックスの膨張回数 N_F と正規化サイズのパラメータ N_{BM} とがあり、 N_F は 0 で、 N_{BM} は 8 または 16 とする。これにより 2 通りの設定ファイルを作成した。次に、ビットマトリックス判定では収縮回数 N_M を 0 と 1 の 2 通りについて実験する。

図 10 キーボード配列検査システムの外観

Fig. 10 Appearance of automatic keyboard inspection system.

図 11 キートップパターンの汚れ量上限値 (DMU) とリジェクト率との関係

Fig. 11. Relation between upper limit DMU of distance and rejection rate of keytop pattern.

正しい配列のキーボードを検査する場合にも、照明変動などの要因で文字パターンの線幅が変動する。そのときに、パターンの汚れ量が上限値を越えることがあり、正しいキートップでも不良品としてリジェクトされる。このリジェクト率は、前記の4通りの条件で各 DMU の値に対して30回検査して求めた。その結果を図11に示す。図から汚れ量による検査では N_M が1の方がリジェクト率が小さく、正規化サイズ (N_{BM}) が大きい方がリジェクト率が大きいことがわかる。ここで、収縮回数 N_M を1、距離上限値 DMU を3とする条件で判定すれば、リジェクト率は0%となる。

以上で得られた検査条件 ($N_M=1$) および設定ファイル ($N_{BM}=8$ と 16) について誤配列検出率を次のように計測した。63個のキートップのうち52個について、誤配列状態を作り、50回自動検査した。その結果、「0」と「Q」のキートップ以外はすべて検出できた。「0」と「Q」のキートップについては標準パターンのコアラインの差が小さいために検出できなかった。ただし、標準パターンを一部修正すれば検出できる。

〈6・2〉2値化しきい値制御の効果 キートップを照明するランプ (定格 12 V, 10 W で8個) の明るさを変えることで、2値化しきい値制御により良品のリジェクト率がどのように変化するかを実験する。ここで使用するキーボードは、白文字で濃い灰色の35個のキートップである。

正しい配列のキーボードを明るさを変えて各50回ずつ自動検査を行って、良品キートップを不良品としてリジェクトする率を求める。その結果を図12に示す。図から、制御しない場合の方がリジェクト率が高いことがわかる。つまり、2値化しきい値を制御し

図 12 2値化しきい値制御の効果

Fig. 12. Effect of threshold control.

図 13 不良品検出の実験例

Fig. 13. Experimental results of defects detection.

た方がリジェクト率を低くする効果があることがわかる。

〈6・3〉不良品の検出 キーボード配列検査システムは、キートップの配列を検査するものであるが、ここでは模倣的に汚れ、ニジミ、カスレに似た不良部分を四角形の紙片で作って、その検出率を求める。

対象とするキーボードはキートップの総数が60個ですべてのキートップに不良部分をつくり各条件で50回ずつ自動検査を行う。その結果を図13に示す。キーボードを1回検査する時間は約13秒であった。図で汚れの検出率がニジミやカスレに比べて良いが、これは汚れが背景部分の汚れ量として検出できて、ニジミやカスレがマスク要素と重なり、コアライン要素でも検出できなかったためである。つまり、ビットマトリックスによる判定ではマスク要素の部分に出現する不良部分に鈍感であることがわかる。

7. あとがき

本論文では、キーボードの配列検査を自動化するために開発した検査システムのアルゴリズムについて述べた。また、学習アルゴリズムの評価を行い、設定ファイルの修正方法についても述べた。更に、キートップの照度や表面反射の変動による良品キートップのリジェクト率を低減するのに2値化しきい値制御が効果があることを確認した。また、キートップの誤配列検出率と汚れやカスレなどのパターン不良の検出率とに関する目安を得た。問題点としては2値化しきい値のマージンが少いキートップつまり低コントラストのキートップについては、良品を不良品としてリジェクトする割合が高いことである。また、類似の文字パターンについてはビットマトリックス判定だけでは検出が難しいものがあり、それを検出するために特徴量を追加しなければならないことがある。これらについては今後の課題である。

画像処理技術の応用により自動化されている外観検査の例も多いが、今後さらに人間の目に近い性能を持つ検査システムを実現していくために、画像処理のア

ルゴリズムだけでなくセンサやハードウェアを融合させたシステムを開発していく所存である。

(昭和61年12月25日受付, 62年6月25日再受付)

文 献

- (1) 電気学会編：外観検査の自動化
- (2) 新田：「自動外観検査装置の現状と動向」電学誌 102, 499 (昭 57-6)
- (3) 枝松：「外観検査における画像処理技術」同上 105, 435 (昭 60-5)
- (4) J. Wilder: "A Pattern Matching System for Inspecting Keyboards" Proc. of the 6th Int. Conf. on Pattern Recognition 444 (1982)
- (5) J.E. Griffith, et al.: "Automatic Keytop Inspection Device" IBM Tech. Disclosure Bull. 24, 11 A 5384 (1982-Apr.)
- (6) 肥塚, 他: 「学習に基づく特徴辞書作成の一手法」電子通信学会技術研究報告 PRL85-1, 1~8 (昭 60-5)
- (7) Y. Hongo & A. Komuro: "Stamped Character Inspection Apparatus Based on the Bit Matrix Method" Proc. of the 6th Int. Conf. on Pattern Recognition 448 (1982)
- (8) 本郷, 他: 「富士ビデオセンサへの応用(キーボード配列検査装置)」富士時報 56, 7, 522 (昭 58-7)
- (9) 田村: 「図形の細線化についての比較研究」情報処理学会研究資料, イメージプロセッシング 1-1 (昭 50)
- (10) 田村: 「多面的画像処理とそのソフトウェア・システムに関する研究」電子技術総合研究所研究報告 835, 25 (昭 58)