

# 文字字体の一設計法\*

(ラインプリンタ用片仮名字体の例)

吉村 ミツ\*\* 飯島 泰蔵\*\*\*

## Abstract

A method for the design of the Font of KATAKANA (a group of Japanese letters) for the line printer is discussed in this paper. The essential of the method is using a formal characteristic of the letter which is defined by the formula (1). The characters which were amended from those in the Fig. 4 by the method are shown in the Fig. 6.

## 1. はじめに

文字字体は、文字認識上の心理学的要件や、意匠感覚的な種々の要件を満たすように設計されなければならない。すなわち、一つ一つの文字は美しく、安定していて、それぞれが弁別しやすく、一組の文字の系として見たときは統一していて、均一で、融和しているなどの配慮が必要である。これらの要件は、たぶんに感覚的なもので、設計者の主観的評価に頼る面が多かったが、客観的に評価しようという試みもあった<sup>1)</sup>。筆者らも、数量化によって、客観的評価が可能になることに注目して、研究を進めてきた<sup>2), 3)</sup>。

本報告は、上記研究の一環として、日本電子工業振興協会の規格専門委員会郵便カナ文字分科会における、ラインプリンタによるカタカナ印字字体の制定に参加した際の設計過程と、その資料の一部である。

筆者らは、基本としてつぎの視点をとった。

- i) 文字配列上の安定感および文字の読みやすさは、各字形の重心位置の均一性に関係している。
- ii) 各文字の見かけ上の大きさは、字形のひろがり量に関係している。

ただし、濁点、半濁点などの特殊記号は、取扱いとして定量化の対象から除く。

そして、字形の重心の位置、ひろがり量を以下の式で定義し<sup>2)</sup>、数量化した。

字形の重心位置 ( $a_x, a_y$ )

$$a_x = \frac{\iint_R x \cdot f(x, y) dx dy}{\iint_R f(x, y) dx dy} \quad (1)$$

$$a_y = \frac{\iint_R y \cdot f(x, y) dx dy}{\iint_R f(x, y) dx dy} \quad (2)$$

字形のひろがり量  $\sigma (-\sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2})$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\iint_R \{(x-a_x)^2 + (y-a_y)^2\} f(x, y) dx dy}{\iint_R f(x, y) dx dy}} \quad (3)$$

ここで、 $f(x, y)$  は字形を表わす関数で、 $f^2(x, y) = f(x, y)$ 、 $R$  は字形を完全に被覆する領域である。

## 2. 設計の基本視点

ラインプリンタ用字形に関して、つぎのような条件を考慮する。

- a) ラインプリンタの機構上、活字字形のわくが制約される。現在の各メーカーの妥協できるわくの大きさは横 1.70 mm、縦 2.54 mm である。
- b) ラインプリンタが郵便物の宛名書きに利用されるためには、文字字形は大きくて読みやすくなければならない。郵便法<sup>4)</sup>で宛名文字の大きさは、縦横ともに 2.40 mm 以上でなければならないとされているのはこのためである。この法律上の条件は、a) と矛盾する。そこで、やむをえず、読みやすい字体を统一的に規格化するという程度にのみ、この条件を考慮することとした。
- c) ラインプリンタで印字された文字が、光学的文

\* A Method for the design of the Font (An example of the Font of KATAKANA for the line printer), by MITSU YOSHIMURA (Faculty of Engineering, The University of Nagoya), TAIZO IJIMA (Electrotechnical Laboratory)

\*\* 名古屋大学・工学部

\*\*\* 通産省・工業技術院・電気試験所

字認識機械で読み取られるためには、つぎのことが必要である。まず識別前に文字の位置決めが可能であること。つぎに、文字相互が弁別可能であること。

以上の条件を満足させるために、つぎのような設計目標を設定した。

- i) カタカナ字体<sup>5)</sup>の心線字形<sup>6)</sup>の外わく線<sup>7)</sup>の寸法は、横 1.54 mm, 縦 2.38 mm とする。
- ii) カタカナ字体の肉厚<sup>8)</sup>寸法の標準値は、心線字形を中心線として 0.35 mm とする。
- iii) カタカナ字体の肉厚寸法の許容差は  $\pm 0.15$  mm とする。
- iv) カタカナ字体の特性 I カタカナ字体の肉厚寸法 0.35 mm における重心の横成分  $a_x$  のバラツキは、中心から  $\pm 0.150$  mm の範囲にあるとする。
- v) カタカナ字体の特性 II 任意の二つの文字の字形間における相違量<sup>9)</sup>を 50 以上とする。

### 3. いくつかの例

#### 例 1 日本字を原稿用紙にていねいに書く場合

漢字だけの文、あるいはカナだけの文の場合、画数の多い字は大きく書き、ふところが大きくて画数の少ない字は小さく書いて、上下左右の見た感じの大きさをそろえる。そして、重心がほぼわくのある位置にくるようにして、重心等距離の字配りを目指す。Fig. 1 において、漢字だけ、あるいはカナだけに注目した場合は、これと同じになる。漢字カナ混じり文の場合には、従来漢字、カナの果たす役割が異なっていたので、配列文字としての大きさ、位置について、いちはいにはいえない。Fig. 1 では、漢字は与えられたわくの中に大きく書き、カナはやや小さいわくを想定し

和	文	は	漢	字	と	平	仮	名	の	ま	じ
っ	た	も	の	活	字	は	み	ん	な	巾	
か	同	じ	で	そ	の	中	に	粗	密	差	の
あ	る	文	字	が	重	心	を	等	距	離	に
並	ぶ	。	吹	文	は	タ	テ	線	を	等	距
離	に	す	る	。	字	巾	は	だ	か	ら	字
に	よ	っ	て	違	う	。	文	面	は	そ	れ
で	均	一	な	パ	タ	ー	ン	に	な	る	。
和	文	は	濃	淡	不	均	一	に	な	る	。

Fig. 1 Sentences in which characters are written in the given space.

# Spacing Spacing

Fig. 2 Examples of spacing.

て書いている。そして大文字、小文字混じりの英文のように、漢字、カナのそれぞれのわくの下線をそろえている。字配り状態は前と同じことがいえる。

#### 例 2 つづり方向にピッチが限られていない場合

英文、日本文ともに、使用する文字の形、大きさの度合に応じてピッチが決まる。この場合の大きさとピッチは、つづり方向のひろがり量の成分<sup>10)</sup>に関するのではないと思われる。重心は等距離には並ばないだろう。ピッチに応じた重心の分布が見られるはずである。Fig. 2 に 7 文字の Spacing について、等間隔字配り、ひろがり量の横方向成分  $\sigma_x$  による配列を示す。

これらの例から、配列文字としての個々の文字は、字形はもちろんのこと、その大きさ、ひろがり、重心などが大切な要素となっていることがわかる。すなわち、 $a_x, a_y$  をそれぞれ横方向・縦方向の字の位置を表わすと考えれば、一連の文字字形の  $\sigma, a_x, a_y$  の変動が小さいほど、その字体は美しく安定している。

### 4. $a_x$ の説明

2の i) の条件のもとで設計されたいくつかの字体<sup>11)</sup>の中から、人間が見て自然に見える文字を選び出したものを原案(原案字体のこと、以下同じ)として、それらの字形の肉厚(肉厚寸法のこと、以下同じ)が 0.28 mm の場合の  $a_x, a_y$  を求めてみた。Fig. 3 に示す。また、原案に二、三の修正文字を入れ替えて得た案(字体のこと、以下同じ)の字形に対し、その  $\sigma$  の大きさに応じて、縦横比 2 対 3 の長方形を変化させてその定義領域<sup>2)</sup>をつくり、原案の図面上に書き入れたものを Fig. 4 に示す。ここで、原案の重心を×印で表わし、定義領域の中心を×印に置いた。

Fig. 3 および Fig. 4 によると、重心はコ、ノ、タ、フなどは右寄りに、ヒ、レ、トなどは左寄りになり、ア、テ、マなどは上寄りに、ム、レ、ンなどは下寄りになっている。ミの重心はほぼ中心にある。いいかえれば、非対称で、しかも、長い線分のある字形の重心が、その線分方向に片寄っている。 $a_x$  と  $a_y$  のバ

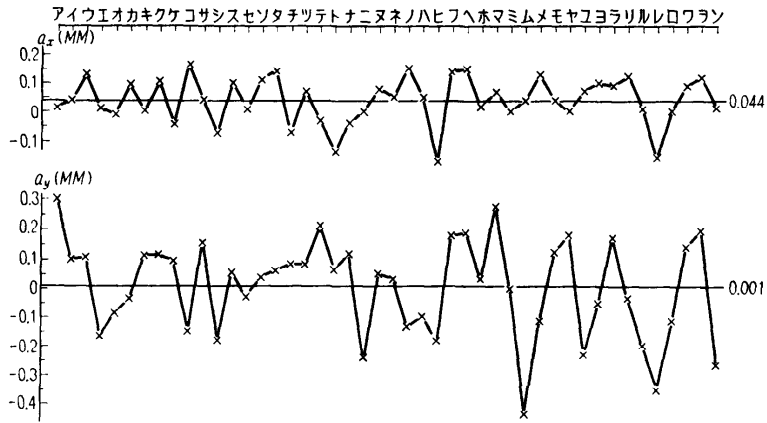


Fig. 3 The horizontal and vertical centroids of primary font.

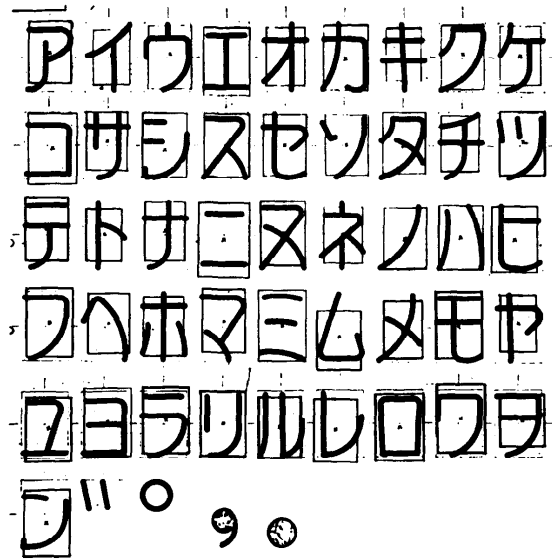


Fig. 4 The definition areas of the primary font.

ラツキの度合を見ると、Table 1 からその比が  $a_y$  の方が約2倍強になっている。これは字形が縦横比2対3の長方形わく内で設計されていることや、量子化誤差<sup>12)</sup>を考えにいれてもバラツキすぎる。 $\sigma$ はFig. 4からコ、ニ、ワなどのふところの大きい文字は大きく、キ、ト、ネなどの中心近くで交差している文字は小さい。

さて、ラインプリンタ用カタカナ印字字体は横組みであるが、縦横両方向に等間隔に配列される。したがって見た目に美しい配列字体であるためには、2のa), b)も考えて、3.によって  $a_x, a_y$  のバラツキをおさ

え、 $\sigma$ を大きめにそろえた方がよい。たとえば、コやヒの縦線、ムの下側横線などを中心寄りに設計したり、あるいは、キの横線間隔を大きくして、エに近づけるなど考えられる。しかし、この方法で $r$ を考慮しながら、既成のイメージで字形設計を行なうのはむずかしい。たとえば、ムの重心を中心寄りにすると、その $\sigma$ がかなり小さい値になること予想されるし、また、トやネの $\sigma$ を大きい値にするためには、重心は中心からずれて、字形もかなり変わると思われる。もちろん、 $a_x, a_y, \sigma$ の値をどの程度におさえるかによって異ってくるが、ここでは、なるべく人間が読みなれた文字

(OCR-A より OCR-B の字体の方が人間には読みやすく、より自然である)をできるだけ将来の機械読み取りに際して、有利になるように設計しておきたい。

これらのことから、問題にしている字体は、横組みである点を重視して、さしあたり、 $a_x$  だけを制限することにした。

## 5. 肉 厚

式(1),(2),(3)において、字形の関数  $f(x, y)$  と積分領域  $R$  は、肉厚によって影響をうけるから、 $a_x, a_y, \sigma$  も肉厚によって変化する。簡単のため、字形の構成要素を長方形と仮定して、たとえば、字形“ニ”について、肉厚が変化したときの  $a_x, a_y, \sigma$  の変化の状況を解析的に検討してみる。

字形“ニ”は仮定から、二つの長方形の和とみなすことができる。すなわち、字形“ニ”の関数  $f^{(n)}(x, y)$  は二つの長方形上方  $F_1$ , 下方  $F_2$  の関数  $f_1^{(n)}(x, y)$ ,  $f_2^{(n)}(x, y)$  を用いて

$$f^{(n)}(x, y) \equiv f_1^{(n)}(x, y) + f_2^{(n)}(x, y) \quad (4)$$

ここで、

$$f_i(x, y) = \begin{cases} 1 & (x, y) \text{ が } F_i \text{ の点であるとき} \\ 0 & \text{それ以外} \end{cases}$$

と置くことができる。

式(4)を式(1),(2),(3)に代入して

$$\begin{cases} \text{二つの長方形 } F_1, F_2 \text{ の長さ} & l_1, l_2 \\ \text{二つの長方形 } F_1, F_2 \text{ の重心の座標位置} & (0, a_1), (0, a_2) \end{cases}$$

を用いて、肉厚が  $d$  だけ変化したときの字形  $f^{(n)}(x, y)$  の重心、ひろがりの変化量  $\Delta a_x, \Delta a_y, \Delta \sigma$  を求めると

$$\begin{cases} \Delta a_x = 0 \\ \Delta a_y = h_1(l_1, l_2, d) \cdot (l_1 - l_2) (a_2 - a_1) d \\ \Delta \sigma^2 = h_2(l_1, l_2, d) \cdot d \end{cases} \quad (5)$$

ここで、 $h_1(l_1, l_2, d) > 0$ ,  $h_2(l_1, l_2, d) > 0$

となる。

字形“ニ”においては、 $l_1 > l_2$ ,  $a_2 > a_1$  であるから、 $d > 0$  のとき、 $\Delta a_y > 0$ ,  $\Delta \sigma^2 > 0$  となる。すなわち、肉厚が大きくなると、ひろがり量は大きくなり、重心はより短い要素の方向、上側へ移動する。

ここで字形の構成要素を長方形と仮定したが、実は、上記の変化量は構成要素の形よりは、むしろその位置、大きさによって影響をうける。カナ46文字に対して、肉厚の変化による重心とひろがり量を調べてみると、ひろがり量はすべての文字において、その肉厚が大き

くなるにつれて、単調増加の性質を示した。重心は字形によって違うが、肉厚が大きくなるにつれて、たとえば、コの重心は左の方へ、ヒの重心は右の方へ、ムの重心は上の方へ、それぞれ長い線分から遠ざかるように移動し、“ニ”で解析したとき、ほぼ同じ性質を示した。

このように、対象とする肉厚の範囲により、 $a_x, a_y, \sigma$  の値が違ってくるので、逆に、 $a_x, a_y, \sigma$  の値を考えると、対象とする肉厚、あるいはその範囲を決めなければならない。

普通、活字字形を印字すると、その肉厚は2~3倍になるといわれている。郵便用カナ文字分科会に参加している各メーカーの、ラインプリンタ用印字字体の肉厚を“エ”によって測定したところ、0.2mm~0.64mmの範囲にわたって<sup>13)</sup>、その平均肉厚は0.38mmであった。使用した活字の肉厚は0.17mm~0.22mmの範囲のものである。さらに、高速プリンタのいくつかの文字についても調べた結果、その平均肉厚は0.41mmとなった。

ラインプリンタ用字形は、それ自身小さく、字間隔も狭いので、人間にとっても、機械にとっても、あまり細くなく、太くないのがよい。そこで肉厚の範囲は、高速プリンタの印字に対する品質管理の意も含めて決められた。とりあえず、ISO規格の対象字体の肉厚標準にならって、範囲を0.2mm~0.5mmとし、標準肉厚を0.35mmとした。

## 6. $a_x$ の許容限界値

ラインプリンタによる配列文字を機械読みする場合、まず、最初にどこに文字図形があるか切り出さなければならない。

$a_x$  をどの程度まで小さくするかについて、ここでは重心の位置を知って、図形の切り出しを行ない、機械読みをする場合を想定した。くわしくは付録<sup>14)</sup>に述べるが、いま

文字わくの大きさ(横方向)	$2a$
字体の重心( $a_x$ )の最大値	$ u_1 $
ある隣接文字の重心( $a_x$ )の大きさ	$u_2$
	$( u_2  \leq  u_1 )$

のとき図形切り出しわくの大きさ  $2t$  は、字形の全部を含み、重心を切り出しわくの中心に一致させるために

$$2t = 2a + 2|u_1| \quad (6)$$

でなければならない。

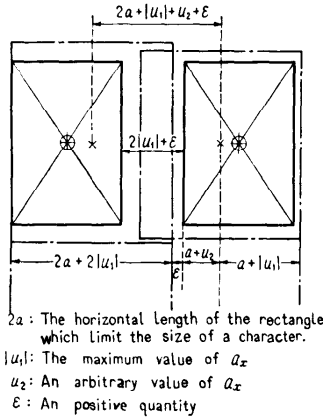


Fig. 5

また図形切り出しわくが隣接文字を含まないために隣接文字間隔  $s$  は、文字間隔の限界値  $\epsilon$  を用いた式

$$s = 2|u_1| + \epsilon \quad \text{ここで } \epsilon < 0 \quad (7)$$

を満たせばよい (Fig. 5)。

式(7)はラインプリンタの印字ずれがおこる場合でもなりたたなければならない。最大印字ずれ  $\beta$ 、正常の隣接文字間隔  $s_0$  の間は、 $2\beta$  だけ近づくようにずれたときを考えて

$$s_0 = 2|u_1| + 2\beta + \epsilon \quad (8)$$

となる。

したがって、求める  $a_x$  の許容限界値を  $u_0 (u_0 \geq |u_1|)$  とすると、 $u_0$  は

$$u_0 \leq (s_0 - 2\beta) / 2 \quad (9)$$

を満たさなければならない。標準肉厚 0.35 mm の場合、 $s_0$  は 2 の ii) から 0.65 mm であるから<sup>15)</sup>、式(9)から  $\beta$  の値がわかれば  $u_0$  は求まる。多くの場合、 $\beta$  の値は社外秘のため知ることができない。そこで、 $\beta = 0.100$  mm とし、 $\epsilon$  を考慮して、0.35 mm 肉厚の場合の  $u_0$  が 0.150 mm となるよう努力することにした。

### 7. 最終案

$a_x$  の値が大きい字形に対して、他の字形とのバランス、 $r$  を考慮しつつ、その値がより小さくなるように修正する方法を重ねて、Fig. 6 に示す最終案ができた。Fig. 7 に最終案の字形の肉厚 0.35mm の場合の  $a_x, a_y, \sigma$  を示す。なお  $r$  は 50 以上である<sup>16)</sup>。

Fig. 7 によると、0.35 mm 肉厚の場合、 $a_x$  はヨの 0.150 mm が最大値となった。最終案に対しては、その他に 0.2 mm, 0.3 mm, 0.4 mm, 0.5 mm の肉厚

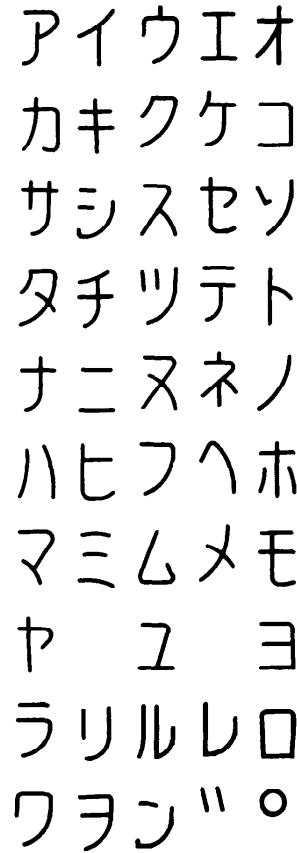


Fig. 6 The final font.

の場合の  $a_x, a_y, \sigma$  を求めた。その結果、すべての肉厚を通じて、0.2 mm の場合のヨの  $a_x$  が 0.203mm で最大である。これは 5. で考察した例となっている。なお、0.5 mm 肉厚の場合の  $u_1$  はレの -0.150mm である。

修正の過程で計算した字体の標準肉厚における  $a_x, a_y, \sigma$  について、平均値、標準偏差、範囲 (最大値と最小値の差) を OCR-B の大文字のそれとともに Table 1<sup>2)</sup> に示す。また、修正の過程で障害になったいくつかの字形例を Fig. 8 に示す。この字形を使った文章例を Fig. 9 に示す。上は 6 月案、下は 10 月案の字体から選んだ。なお、Table 1 の値の小数第 3 位は、量子化誤差のためあまり信用できない。

Table 1 によると、9 月案は全般によいが、 $r$  が 50 以下の文字があった。 $a_x$  の平均値と標準偏差から、OCR-B の字形の重心は、ほぼ中心から左寄りであるのに対し、カナ字形の重心は、中心から右寄りに

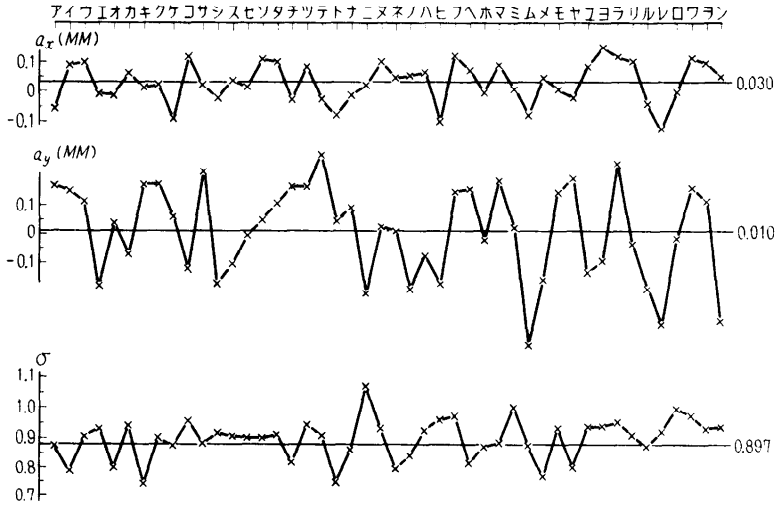


Fig. 7 Horizontal centroid, vertical centroid and the spread of the final font.



Fig. 8 Characters with large  $|a_x|$ .

あることがわかる。前者が本来横書きで、後者が縦書きの文字であったことがうかがえる例である。

Fig. 8 によると、 $r$  が 50 以上という条件もあったので、すべてには通用しないが、横方向において、かなり中心寄りに修正されていることがわかる。

### 8. 機械読み取りに対して

最終案文字を配列して、前に述べた方法で、機械読み取りをする場合を考える。簡単のために横方向だけを問題とする。

印字ずれ  $\beta$  が生じるラインプリンタで印字された配列文字を  $2t$  なる大きさのわくで文字切り出しを行なうためには、 $t$  と  $\beta$  の間に式(10)の関係が成立しなけ

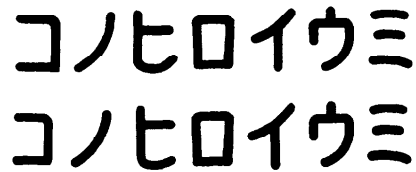


Fig. 9 An examples of amended fonts. Upper sentence is written using font presented in June. Lower sentence is written using the font present in October.

ればならない。

$$\beta \leq (2.54 - 2t) / 2 \tag{10}^{15)}$$

さて、式(5)の  $2a$  は肉厚によって変わる。いま、対象文字に肉厚 0.2 mm, 0.35 mm, 0.5 mm の3種

Table 1 Mean values, standard deviations and ranges of  $a_x$ ,  $a_y$  and  $\sigma$ .

	thick-ness		mean value (mm)	standard-devia-tion ratio	range (mm)
primary font	0.28	$a_x$ $a_y$	0.044 0.001	0.079 0.166	2~4.18 0.340 0.737
August font	0.28	$a_x$ $a_y$ $\sigma$	0.046 0.008 0.872	0.093 0.158 0.077	2~3.40 0.425 0.496 0.230
September font	0.35	$a_x$ $a_y$ $\sigma$	0.025 0.008 0.890	0.067 0.155 0.069	2~4.63 0.253 0.456 0.291
October font	0.35	$a_x$ $a_y$ $\sigma$	0.026 0.024 0.894	0.076 0.159 0.067	2~4.18 0.383 0.644 0.291
final font	0.35	$a_x$ $a_y$ $\sigma$	0.090 0.010 0.897	0.067 0.161 0.070	2~4.78 0.274 0.658 0.334
OCR-B upper case letters	0.35	$a_x$ $a_y$ $\sigma$	-0.041 0.003 0.877	0.069 0.126 0.046	2~3.65 0.272 0.614 0.175

の文字を含んでいる場合と、それぞれ1種類の肉厚の文字だけを対象にする場合に対して、式(9)の右辺を求めると、前者は0.047 mm、後者は順に0.197 mm、0.175 mm、0.1 mm となる。εを考慮をすると、さらに、これらの値は小さくなり、前者では印字ずれが許されなくなる。

このように印字品質の影響は大きいので、この方法で機械読みする場合、その品質は、とくに考慮されなければならない。

### 9. おわりに

現在、国際的に字形(英大文字、アラビア数字および記号類)と、その寸法の規格化が推進されており、そこで、文字の弁別性の指標となる量  $r^9)$  が考慮されている。ここでは、カタカナ文字であるが、 $r$ のほかに、さらに字形の重心の構成成分  $a_x$  の値もおさえたことにより、見た目にも“よい字体”になり、機械読み取りにも有利になったと思われる。なお、計算にはユニコンを使用した。

最後に、郵便用カナ文字分科会に参加した各メーカーの方々と三木氏にお世話になったこと、また、字体の量子化を東芝総合研究所電子機器研究所軽電グループ玄地研究室にお願いしたこと、最終案の計算を電気試験所飯島特別研究室桑原技官にお願いしたことをここに示して感謝の意を表す。

### 注および参考文献

- 1) 佐藤敬之輔：カタカナ，日本字デザイン，英字デザイン，丸善。
- 2) 飯島，山崎，吉村：文字図形の重心とひろがりについて，情報処理，Vol. 9, No. 5 (Sept. 1968)
- 3) 吉村：文字図形の拡がり，昭44連大，3010。
- 4) 昭和22年法律165号の第21条第2項第4号により，昭和22年通信省令34号の郵便規則第11条の4に規定してある。
- 5) ひとそろいの文字の字形の全体。
- 6) 文字の骨組みを表わす線書き字形。
- 7) すべての心線字形を包含する長方形の外接線。
- 8) 印字された文字線の幅。
- 9) ISO/TC 97/SC 3-WG 1 の定義で

$$r = 100 \times \sqrt{1 - \frac{(S_f \cdot \sigma)^2}{S_f \cdot S_g}}$$

ここで、

$$S_f = \iint_R f(x, y) dx dy$$

字形  $f$  の黒色部の総面積

$$S_{f \cdot g} = \max_{-\infty < \xi, \eta < \infty} \iint_R f(x, y) \cdot g(x - \xi, y - \eta) dx dy$$

字形  $f, g$  の黒色部が重なった部分の最大値

なお、 $R$ は字形の定義領域

- 10) 横書きの場合は  $\sigma_x$ ，縦書きの場合は  $\sigma_y$ 。
- 11) 試案として日本電気株式会社が昭和42年2月に設計した字体と、三木氏が同年3月に別途設計した字体のこと。
- 12) 字形の量子化の際に用いたますめの大きさの縦、横の寸法をつぎに示す。  
原案 (0.056 mm × 0.07 mm)  
最終案，OCR-B 大文字 (0.1 mm × 0.1 mm)  
その他 (0.07 mm × 0.07 mm)
- 13) 日本電子工業振興協会：郵便用カナ文字分科会活動状況(規格専門委員会資料)。
- 14) 付録一(文字図形の分割法について)一参照。
- 15) 正常ピッチ  $p_0 (= 2.54 \text{ mm})$  を用いて  $p_0 = s_0 + 2a$   
ここで、文字わくの大きさ  $2a$  と肉厚  $c$  の関係は  $2a = 1.54 + c$
- 16) 日本電子工業振興協会：ラインプリンタによるカタカナ印字字体規格(原案) JEIDA-5, 44-C-187。

### 〔付録〕 文字図形の分割法

- a) 問題を簡単にするために、文字図形  $f_i(x, y)$   $i=1, 2, \dots, L$  は  $x-y$  平面上の長方形領域  $R (=$ 縦

2b, 横 2a) で定義されるとする. すなわち

$$f(x, y) \begin{cases} \geq 0 & (x, y) \in R \\ \equiv 0 & (x, y) \in R \end{cases} \quad (\text{付 1})$$

さらに

$$\int_R f(x, y) dy \equiv f(x) \quad (\text{付 2})$$

とおいて一次元問題とする.

b)  $u$  を次式で定義する.

$$u \equiv \frac{\int_{-t}^t x \cdot f(x) dx}{\int_{-t}^t f(x) dx} \quad (\text{付 3})$$

$t \geq a$  のとき,  $u$  は  $f(x)$  の重心に一致する.

また

$$\begin{aligned} \varphi(\xi) &\equiv \int_{\xi-t}^{\xi+t} (x-\xi) \cdot f(x) dx \\ &= \int_{-t}^t x \cdot f(x+\xi) dx \end{aligned} \quad (\text{付 4})$$

とおくと,  $t \geq a + |u|$  のとき

$$\begin{aligned} \varphi(u) &= \int_{u-t}^{u+t} (x-u) f(x) dx \\ &= \int_{-a}^a (x-u) f(x) dx = 0 \end{aligned} \quad (\text{付 5})$$

となる. さらに

$$\begin{aligned} \frac{d\varphi(\xi)}{d\xi} &= t\{f(\xi+t) + f(\xi-t)\} \\ &\quad - \int_{\xi-t}^{\xi+t} f(x) dx \end{aligned} \quad (\text{付 6})$$

であるから,  $t \geq a + |u|$  のとき

$$\varphi'(u) = - \int_{u-t}^{u+t} f(x) dx < 0 \quad (\text{付 7})$$

となる.

さて

$$\begin{cases} \varphi'(\xi') = 0 \\ \varphi'(\xi') < 0 \end{cases} \quad (\text{付 8})$$

を満たす  $\xi'$  を安定点と呼ぶことにする.

$t \geq a + |u|$  のとき,  $u$  は重心に一致するが, 式 (付

5) および (付 7) から必ず安定点となる. 逆もなりたつことが証明される.  $t < a + |u|$  のときは, 以上の保証はないので, 以後  $t \geq a + |u|$  の場合のみを考える.

c)  $f_1(x), f_2(x)$  なる二つの文字が  $p$  だけ離れて書かれているとき

$$f_{(1,2)}(x) = f_1(x) + f_2(x+p) \quad (\text{付 9})$$

とおくと, 式 (付 4) から

$$\begin{aligned} \varphi_{(1,2)}(\xi) &\equiv \int_{-t}^t x \cdot f_{(1,2)}(x) dx \\ &= \varphi_1(\xi) + \varphi_2(\xi+p) \end{aligned} \quad (\text{付 10})$$

文字  $f_1, f_2$  を式 (付 3) に代入して得られる  $u$  をそれぞれ  $u_1, u_2$  とする. 二つの文字の重心がともに安定点であるためには

$$\begin{cases} u_1 < -a - t + p \\ a + t < p + u_2 \end{cases} \quad (\text{付 11})$$

でなければならない (付 Fig. 1).

$\max(|u_1|, |u_2|) = u_0$  として式 (付 11) を変形すると

$$\left. \begin{aligned} a + u_0 \leq t \leq -a + p - u_0 - \varepsilon \\ p > a + t + u_0 \end{aligned} \right\} \quad (\text{付 12})$$

となる. 一般に  $f_1, f_2, \dots, f_L$  の文字が並んでいる場合でも,  $\max_{i=1,2,\dots,L} |u_i| = u_0$  とおき, 任意の隣接する 2 文字について式 (付 12) がなりたてば, それらの重心はすべて安定点になる.

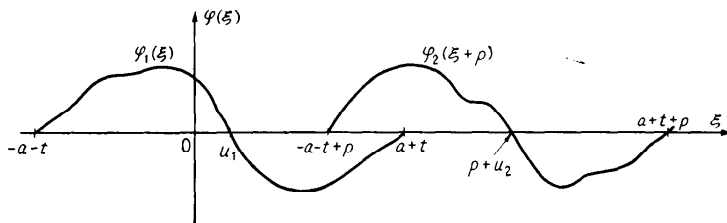
ここで,  $\beta$  だけ印字ずれがおこる場合, 正常ピッチにおける隣接文字間隔  $s_0$  を用いて

$$p = s_0 - 2\beta + 2a \quad (\text{付 13})$$

となるから, 重心の許容限界値  $u_0$  は式 (付 12) および (付 13) から

$$\begin{cases} u_0 < p - a - t \\ \text{ただし, } a + u_0 \leq t < a + s_0 - 2\beta - u_0 \end{cases} \quad (\text{付 14})$$

となる. 誤読なく, しかも限られたピッチで印字されたものを読むには,  $t$  はできるだけ小さい方が望ましい. かりに  $t = a + u_0$  なら



付 Fig. 1



$$u_0 < \frac{1}{2}(s_0 - 2\beta)$$

(付15)

となる.

d) 例

標準肉厚 0.35 mm の場合,  $a=0.945$  mm,  $s_0=0.65$  mm であるから,  $\beta=0.1$  mm とすると, 式 (付 15) から

$$0 \leq u_0 < 0.225 \text{ mm}$$

となる. すなわち

$$u_0 = (0.225 - \varepsilon/2) \text{ mm}$$

(付16)

実際には式(付8)はある  $c$  を用いて

$$|\varphi(\xi' + \varepsilon)| \geq \max_{\xi} |\varphi(\xi)| / c \quad (\text{付17})$$

のとき判定可能であるとする.

いま,  $\varphi(u_0 + \varepsilon) \approx \varepsilon$ ,  $\max |\varphi(\xi)| = 2.73$  mm,  $c=20$  とするとき, 式 (付 17) から

$$\varepsilon \geq 0.1365 \quad (\text{付18})$$

となり, 式 (付 16) および (付 18) から

$$u_0 \leq 0.15675 \text{ mm} \quad (\text{付19})$$

となる.

(昭和44年8月12日受付)