

オブジェクト指向設計によるチベット活字辞書を用いた類似文字認識

小島正美^{†1} 布宮千夏子^{†2} 川村隆庸^{†3}
秋山庸子^{†4} 川添良幸^{†4}

本論文で扱っているチベット活字文字の字種は、基本 30 子音と重層字 76 種および 4 母音と少ないが、類似した文字が大変多く、それに対応して種々の処理が必要となる。本論文では、特に誤認識の多かった類似文字を、類似文字群 1:「ba」,「pa」,「pha」、類似文字群 2:「bya」,「pya」,「phya」、類似文字群 3:「ma」,「sa」、類似文字群 4:「da」,「na」を四つの群に分けて、各群ごとの文字の特徴から固有の認識メソッドと文字とをオブジェクトとした類似文字辞書を作成し、それを用いることにより、チベット文字 6,258 個について認識実験を行った。ユークリッド距離による重ね合わせ法で認識を行った場合の認識率は 98.7%程度であったが、特定の類似文字に本手法を用いることにより 99.5%まで認識率の改善ができた。さらに、本手法では誤認識の割合が高い類似文字に対して、その類似文字群ごとに固有の認識メソッドを他の文字認識メソッドから独立して設計できる利点がある。

Recognition of Similar Characters by Using Object Oriented Designed Printed Tibetan Dictionary

MASAMI KOJIMA,^{†1} CHIKAKO NUNOMIYA,^{†2}
TAKANOBU KAWAMURA,^{†3} YUUKO AKIYAMA^{†4}
and YOSHIYUKI KAWAZOE^{†4}

The set of Tibetan characters consists of basic 30 consonants, 76 combination characters, and 4 vowels. Despite the limited number, there are many similar characters and thus, special treatment is necessary. In the present paper, typical similar characters are categorized into four groups; (1) ba, pa, pha, (2) bya, pya, phya, (3) ma, sa, and (4) da, na. An object oriented dictionary is created by combining the categorization and the character identification procedures. A 99.5% recognition rate is achieved by the present object oriented procedure which improves on the standard pattern matching with Euclid distance (98.7%). Moreover, the present recognition method can, as a further merit, improve each of the categorization independently.

1. はじめに

インド仏教はチベット人固有の文化のあらゆる面に影響を及ぼし、1,200 年近くもチベット文化の主流を形成してきており、仏教文化の受容とチベット仏教文

化の形成・伝承を記すチベット語で書かれた文献資料は膨大な量として今日我々に残されている¹⁾。これらの文献をコンピュータで自動認識することができれば、工学的な研究としての特殊な文字認識の成果のみにとどまらず、インド原典、チベット訳文献、漢訳文献などの研究者が本来の文献学に専念できる点においても大変意義がある²⁾。

今回認識対象としたチベット活字文献³⁾の冒頭部分を図 1 に示す。一般に文字認識を行おうとした場合、文字の切り出しから認識までにわたり多岐に及ぶ処理が必要となる。本論文では、図 2 の様に文字認識システムを大きく 3 段階に分け、各段階ごとに設計開発をオブジェクト指向により行い、各段階で出力されるデータをインタフェースデータとして段階間の連携を

†1 東北工業大学通信工学科

Department of Electrical Communication, Tohoku Institute of Technology

†2 山形県商工労働観光部職業能力開発課

Vocational Ability Development Division, Yamagata Prefecture

†3 日本 IBM オープン C/S 事業本部

IBM Japan, Ltd.

†4 東北大学金属材料研究所

Institute for Materials Research, Tohoku University

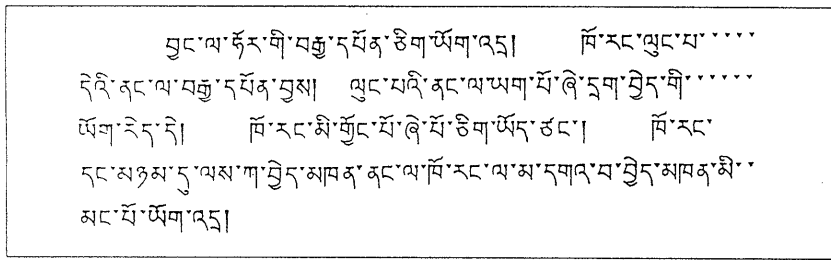


図 1 認識実験に用いたチベット活字文献
 Fig. 1 Part of printed Tibetan texts used in the recognition experiments.

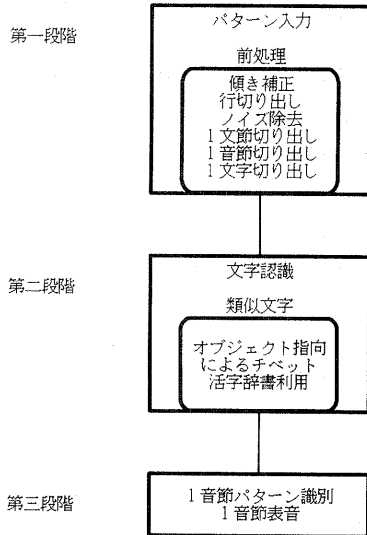


図 2 本チベット活字文字認識システムのフローチャート
 Fig. 2 Flowchart for the present recognition system of printed Tibetan characters.

行う統合的システム構築を目指している。本方法では、各段階ごとに設計開発を他段階と独立して実現できる利点がある。図 2 における第 1 段階は前処理部と言われている部分で、1 音節単位での文字切り出しは既に完成している⁴⁾。第 2 段階は第 1 段階で 1 音節単位に切り出された文字を認識する部分であり、第 3 段階は認識されたチベット文字の 1 音節を構成する文字パターン (図 3, 図 4) の識別を行い、表音表示する部分である。第 3 段階におけるオブジェクト指向によるクラス設計およびプログラムは既に完成し、1 音節単位で表音表示が行われる⁵⁾。

本論文では、主に第 2 段階の文字認識の部分において、対象としているオブジェクトを洗い出し、オブジェクト間のメッセージ・インタラクト・ダイアグラムを作成した。それを基にクラス設計を行い、オブジェクト指向設計の中で特に大事であると言われているオ

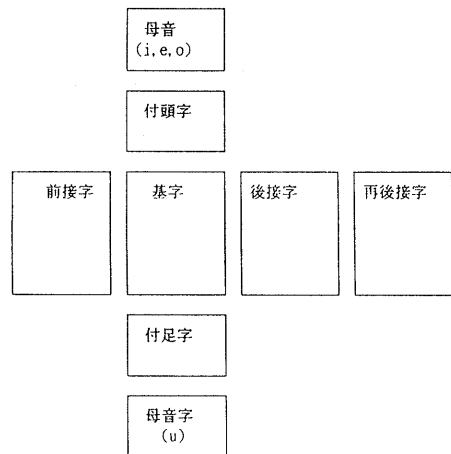


図 3 チベット文字の 1 音節構成
 Fig. 3 Structure of Tibetan script.

ブジェクトとメソッドをカプセル化することを、類似文字認識の部分に積極的に適用した。すなわち、文字特徴により類似文字群を分類し、各文字群ごとに文字と文字の特徴に合わせた認識メソッドをカプセル化⁶⁾する。それを新たなオブジェクト類似辞書とし、これを用いて文字認識を行うことにより、本方法の有効性を確認した。この様に、オブジェクト指向の大きな特長の一つであるカプセル化という概念を、文字認識における類似文字辞書に適用した試みは、これまでになされていない。

2. チベット文字

チベット文字は 1 音節単位で構成され、さらに 1 音節は図 3 に示す様に基字、付頭字、付足字、前接字、後接字、再後接字、母音記号の 7 種の要素から構成される⁷⁾。なお、基字+付頭字および基字+付足字は重層字と呼ばれ 76 通りある。基字および重層字を子音と定義すれば、チベット文字の 1 音節構造は子音 1 ないし 4 個と母音 1 個の組み合わせからなる。母音記号

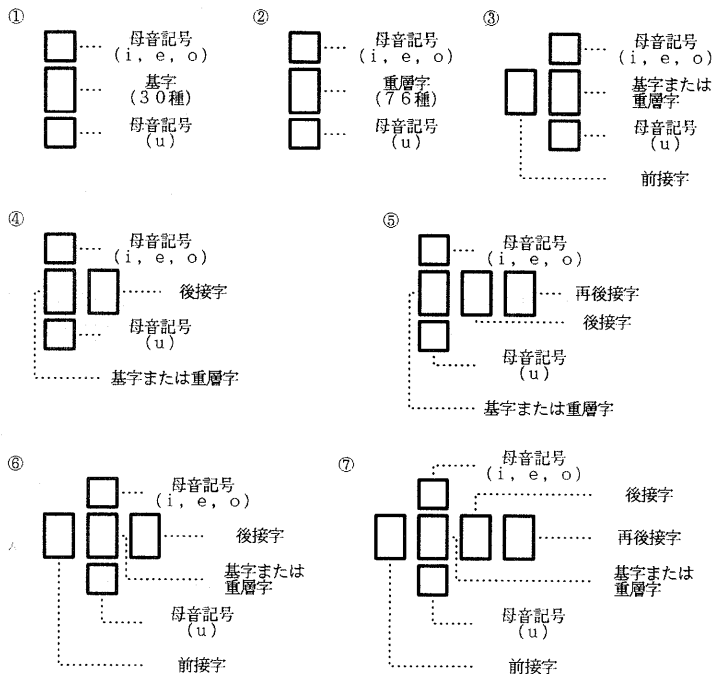


図4 チベット文字分節の七つのパターン

Fig. 4 7 patterns in syllabication of Tibetan characters.

「i」, 「e」, 「o」は基字または重層字の上部に付き、母音記号「u」は基字または重層字の下部に付く。基字または重層字の上部または下部に母音記号が存在しない場合は、通常のローマ字風の記述に従えば母音記号「a」を含んでいる。

すべてのチベット文字が図3に示す構成要素を持つわけではなく、実際のチベット文字は図4に示すように7種の構造に分類できる。チベット文字の1音節構造は子音1ないし4個と母音1個との組み合わせからなる。子音の上部か下部に母音が付いている時は、その子音が基字となる。しかし、上部および下部に母音が付かない基字の場合、母音記号「a」を付けて読む。この場合について文字数が2文字と3文字の時に、どの文字が基字であるかを判断しなければならない。

チベット活字文字の基本30子音および4母音を図5に示す。表音記号「tsa」, 「tsha」, 「dza」の文字は表音記号「ca」, 「cha」, 「ja」の文字と上部のヒゲの部分だけが違うので、各3文字とヒゲの部分の違い点「ts」とし(音素的には「ts」に対応する付加記号)、その組み合わせで表現することにした⁸⁾。

3. 認識実験

3.1 切り出し

まず、イメージスキャナ GT6000 (エプソン) でチ

ཀ	ཁ	ག	ང	ཅ	ཆ	ཇ
ka	kha	ga	ŋa	ca	cha	ja
ཉ	ཏ	ཐ	ད	ཊ	ཋ	ཌ
ña	ta	tha	da	na	pa	pha
བ	མ	ཚ	ཛ	ཞ	མ	ལ
ba	ma	tsa	tsha	dza	va	sha
ཟ	འ	ཡ	ར	ལ	ཤ	ས
za	ha	ya	ra	la	ca	sa
ཱ	ཱ	ཱ	ཱ	ཱ	ཱ	ཱ
ha	a	i	e	o	u	

図5 チベット活字基本30子音および4母音(単独のaも子音に数える。i, e, o, uは、実際はaの文字に付いた上部、下部の部分のみ。)

Fig. 5 Basic 30 consonants and 4 vowels of Tibetan scripts. (a is included in consonants and only upper and lower parts of i, e, o, u are used.)

ベット文献3)をパーソナルコンピュータ PC486 (エプソン)に取り込む。傾き補正には、1) LPP (Local

Projection Profile) 法⁹⁾, 2) GPP (Global Projection Profile) 法⁹⁾, 3) 2次元フーリエ変換法¹⁰⁾, 4) 黒画素の縮退と拡大を利用した方法¹¹⁾などが挙げられるが, ここでは計算時間が短いLPP法を採用した. 本論文で取り扱っている文献に, LPP法を適用した場合, 実用できる傾き補正角度検出範囲は±3度以内であることが実験的に分かった. この範囲内でのイメージデータの取り込みは比較的容易に実現でき, 単純なLPP法でも十分な補正ができる. 傾き補正されたイメージデータの水平方向射影により, 空白行を検出して行切り出しを行う. 行切り出しを行った後, 図6の中央右端部に示す文節記号, 音節記号を識別して, 1文節切り出しおよび1音節切り出しを行う. 1文節記

号および1音節記号の識別はいずれもチベット文字幅の1/4以下なので, 文字幅の大きさ情報より識別し, さらに1音節記号のドット面積は1文節記号のドット面積の1/2以下なので, ドット面積情報を用いて識別した. 次に, 文字の切り出しは, 図7に示すようにチベット文字特有の横棒(MHL: Main Horizontal Line)¹²⁾を境に上部と基部または基部と下部とに分割できる. 上部は「i」,「e」,「o」の3母音と違い点「ts」, 違い点と3母音との組み合わせの「tsi」,「tse」,「tso」から構成される. 上部に母音「i」,「e」,「o」,「tsi」,「tse」,「tso」が存在しない場合は, 下部に母音「u」の文字が存在するかしないかで切り出し位置が変わる. 下部に「u」が存在する場合の基部文字の切り出し位置をLCL (Low Cut Line) とする. また, 「u」の位置も固定されていないので, 「u」を認識しなければ基部の切り出し位置を特定することはできない. そのために下部文字は文字分割と認識を同時に行うことになる. 上部にこれらの母音が存在しない場合は, MHLから下方を基部文字とする. 文字の切り出しは文字の大きさに合わせて切り出し, 最大の文字の大きさは64×64ドットまで対応できるようにした. 音節記号, 文節記号などの文字以外のものはデータと分離して識別できるようにコード化した. MHL情報は文字ごとに付加し, 文字データはバイナリ形式にした. その結果, データ量はおよそ1/8に減少した. 任意の文字の大きさに対応して, 文字の大きさ情報を列情報, 行情報として1バイト単位で表した. この様にして文節ファイル化を行う.

今回実験に用いたのは文献3)の2頁から30頁までの偶数頁15頁(奇数頁は注釈等に使われている)中の6,301文字であり, その中から6,258文字が1文節記号, 1音節記号を検出しながら切り出された. 切り出し率は99.3%である. 認識実験は切り出された6,258文字について行った.

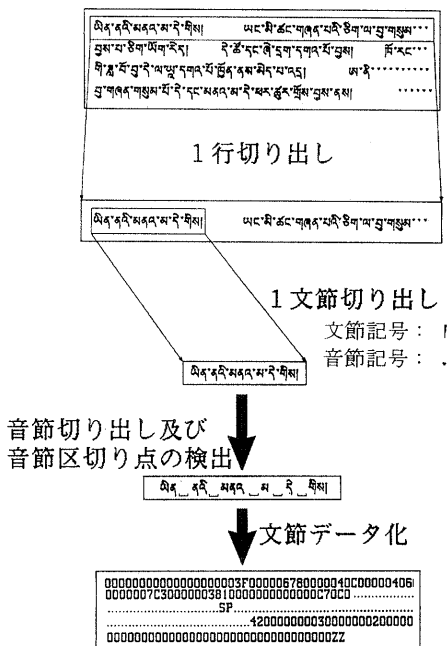


図6 文節単位のインタフェースデータ

Fig. 6 Interface data for one sentence of Tibetan scripts.

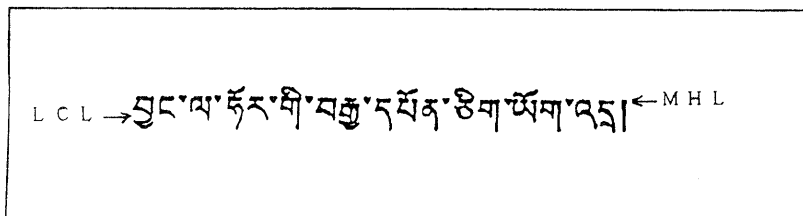


図7 チベット文字特有のMHL (Main Horizontal Line) およびuを識別するためのLCL (Low Cut Line) の説明図

Fig. 7 Examples of MHL (Main Horizontal Line, heavy horizontal line near the top) and LCL (Low Cut Line) to segment the vowel u in Tibetan characters.

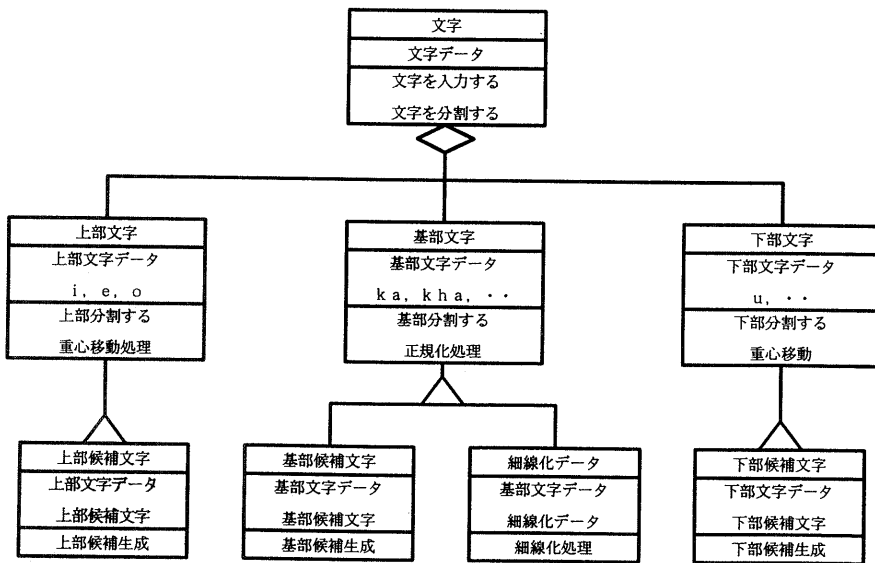


図8 文字クラス図

Fig. 8 Class chart for Tibetan characters.

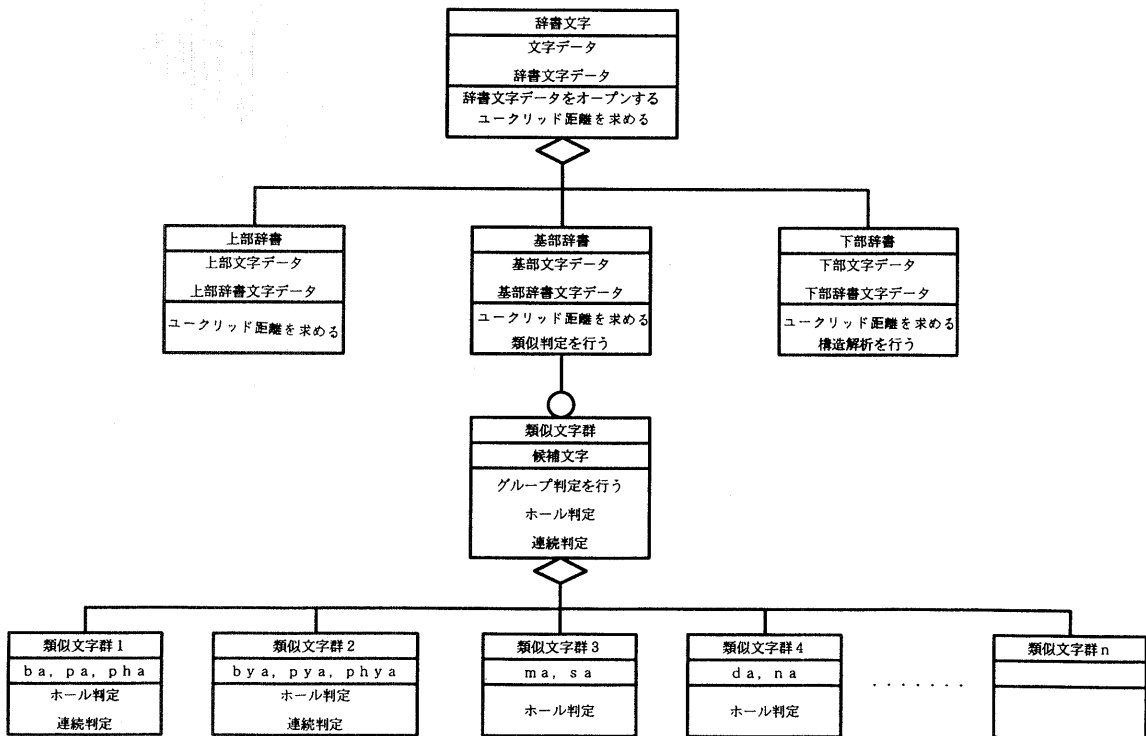


図9 辞書クラス図

Fig. 9 Class chart for Tibetan dictionary characters.

なお、1文字切り出しまでに要する時間は、以下の通りである。イメージスキャナGT6000により、パーソナルコンピュータPC486に1画面(約200文字)を取り込む所要時間はおよそ1分10秒で、取り込

た画像データの傾き補正はおよそ2分20秒、傾き補正された画像データをノート形パーソナルコンピュータJ3100SSにより行切り出しするためにおよそ2秒、1文字切り出しするための所要時間はおよそ0.3秒程

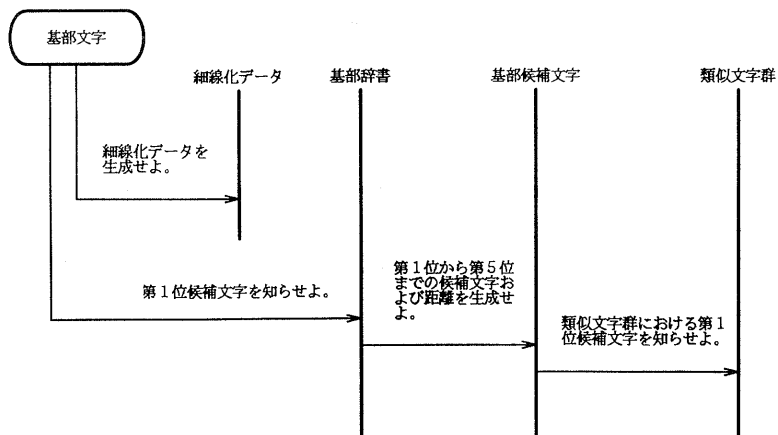


図10 「基部文字」をトリガとしたメッセージ・インタラクト・ダイアグラム

Fig. 10 Message-interact-diagram triggered by the main part of Tibetan character.

度である。

3.2 オブジェクト指向クラス設計

オブジェクト指向設計を行うために、初めに文字分割および認識における作業を記述し、その作業内容から、オブジェクトとメソッドの洗い出しを行い、メッセージ・インタラクト・ダイアグラムを作成した^{(13),(14)}。それを基にクラス設計を行った(図8, 9)。図8の文字クラスにおいて、クラス「文字」は、クラス「上部文字」、「下部文字」、「基部文字」に分割する。クラス「上部文字」はクラス「上部辞書」との重ね合わせ法により、第1位候補文字から第3位候補文字とユークリッド距離を持ったクラス「上部候補」を生成する。同様に下部については、母音「u」とユークリッド距離を持ったクラス「下部候補」を生成し、基部については第1位候補文字から第5位候補文字とユークリッド距離を持ったクラス「基部候補」を生成する。クラス「基部文字」は文字の構造解析のためにクラス「細線化データ」を生成する。

図9の辞書クラスにおいて、クラス「辞書文字」はクラス「上部辞書」、「基部辞書」、「下部辞書」から構成されている。クラス「基部辞書」の一部は、類似判定のためのクラス「類似文字群」と関係する。一般に、クラス「類似文字群」は各類似文字のグループによって「類似文字群1」から「類似文字群n」までに分けられる。現在、類似文字群は1から4群に分けられており、図中の判定法に従ってクラス設計を行った。

「基部文字」をトリガとしたメッセージ・インタラクト・ダイアグラムを図10に示す。「基部文字」は「基部辞書」に対して、第1位候補文字を知らせよという指令を出す。「基部辞書」は「基部候補文字」に対して、第1位から第5位までの候補文字および距離を知ら

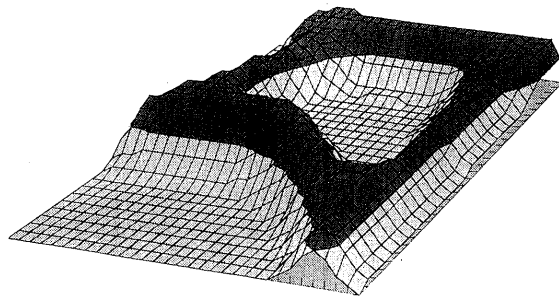


図11 アナログ辞書文字baの例

Fig. 11 Analog dictionary character of the Tibetan Script ba.

せよと指令を出す。さらに、「基部候補文字」は独自で類似判定を行い、類似文字と判定された場合、「類似文字群」に対して同様の処理を行う。「細線化データ」は、重ね合わせ法だけでは認識率が向上せず、構造解析法⁸⁾を認識手法として取り入れる時に必要となる。「基部辞書」は基本30子音と本研究で対象とした文献中に実際に出現した重層字50種を対象に各々10個程度のサンプルを正規化⁽¹⁵⁾し、加算した値をメディアン法による平滑処理⁽¹⁶⁾を行い、アナログ辞書を作成した。この様にして作成されたアナログ辞書文字「ba」の例を図11に示す。4母音(上部の3母音, 下部1母音)、違い点(1個)、および違い点+上部3母音(3個)については、単に重心移動による位置補正を行い、10個程度のサンプルを加算した値をメディアン法による平滑処理を行い、アナログ辞書を作成した。認識実験は辞書文字作成時に使用したサンプルを除いた文字について行った。

3.3 類似文字認識

今回は、基部について正しく切り出された6,258文

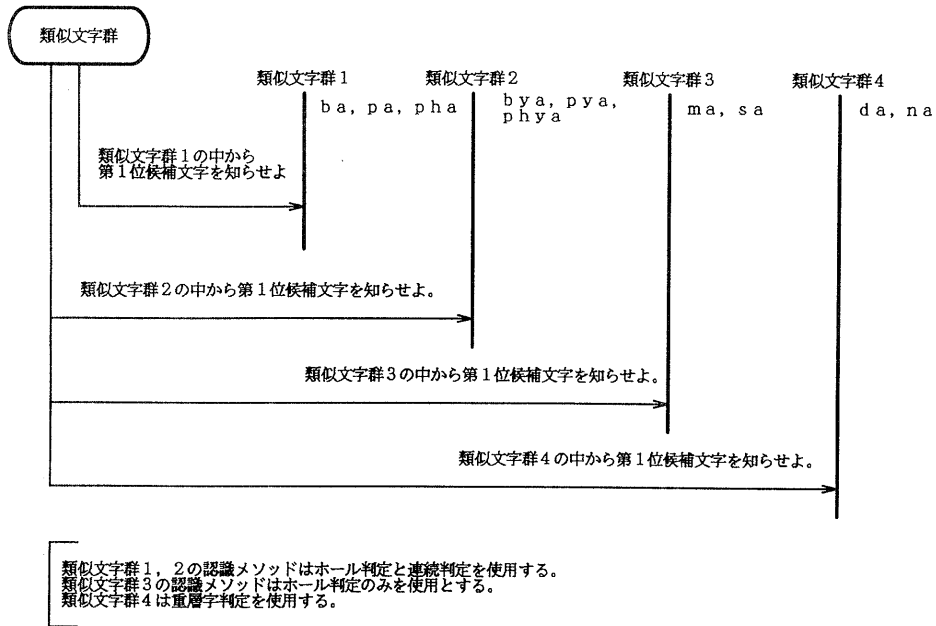


図 12 「類似文字群」をトリガとしたメッセージ・インタラクト・ダイアグラム
 Fig. 12 Message-interact-diagram triggered by the groups of similar characters.

字について、ユークリッド距離による重ね合わせ法により認識実験を行い、第1位候補文字と認識された文字が類似候補文字と判定された場合は、類似文字の特徴により類似文字群1から類似文字群4へ文字認識の判定を任せる。「類似文字群」をトリガとしたメッセージ・インタラクト・ダイアグラムを図12に示す。「類似文字群1」は図13(a)に示す「ba」、「pa」、「pha」の3文字からなり、誤認識の中で最も多かった文字である¹⁷⁾。「類似文字群2」は図13(b)に示す「bya」、「pya」、「pha」。「類似文字群3」は図13(c)に示す「ma」と「sa」。「類似文字群4」は図13(d)に示す「da」、「na」の文字の組である。これらの文字は出現頻度が高く、誤認識は主にこれらの文字間で起こっている。そのため、これらの文字のどれかが第1位候補文字と判定された場合、各々のクラスにおいてホール数を調べる判定(ホール判定)¹⁶⁾と文字上部の連続情報による判定(連続判定)を行い、各々の文字を識別する。この判定方法により、これまで誤認識していた49文字が新たに正しく認識された。

図13(a)において、ホール判定は黒画素で囲まれ部分をホールと判定し、その数とホールの面積を用いた。すなわち「ba」と「pha」はホール数1で、「pa」はホール数0となる。また、「ba」と「pha」は同じホール数でもホールの面積により判定できる。ホールの面積だけでは判定が困難な場合、上部の連続情報により判定する。「ba」の文字は上部連続1で、「pha」は2

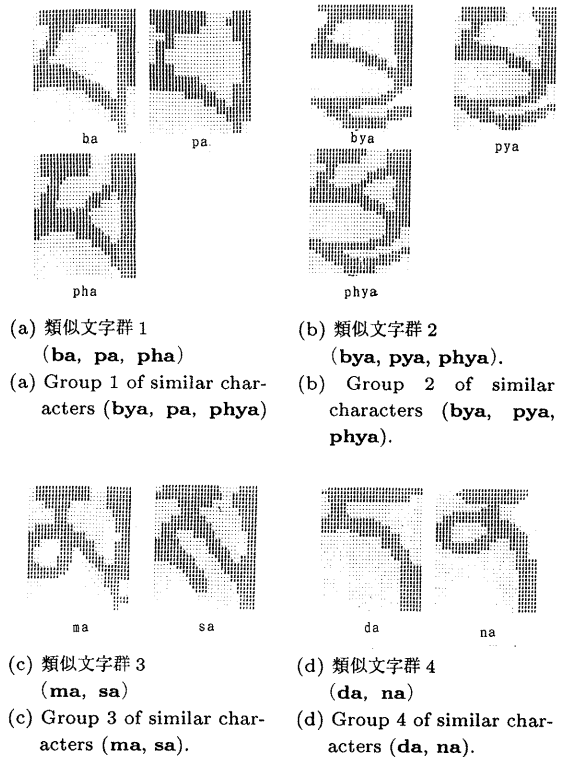


図 13 4 個の類似文字群
 Fig. 13 4 groups of similar characters.

となる。図13(b)において、チベット文字の下部にある母音「u」を認識する際に、母音「u」の特徴をとら

表1 ユークリッド距離を用いた重ね合わせ法による各字種と認識率

Table 1 Recognition rate of each character by the pattern matching with Euclid distance.

子音		
文字	合計	誤認識数
ga	726	2
ca	86	4
tha	44	2
da	698	5
na	395	6
pa	304	16
pha	39	3
ba	280	16
sha	61	2
ya	170	1
la	163	3
sa	641	6
h!a	392	3
n!a	457	2
*100%	1180	0
合計	5636	71
*100%認識した子音		
kha, n_a, tsha, dza, ha, za ja, ka, ma, ra, ta, tsa, a cha, sta		

重層字		
文字	合計	誤認識数
bla	15	1
bya	121	2
dra	118	4
rta	12	1
*100%	356	0
合計	622	8
*100%認識した重層字		
bra, gra, rda, rdza, rgya, rtsa, sda, sga, skra, smya, gh!a, gla, gya, hh!a, khra, khya, kra, kya, lda, lha, lka, lta, nh!a, phra, phya, pya, rba, rga, rja, rka, rkya, rla, rn_a, sbya, ska, skya, sla, sna, sn!a, sn_a, spra, spya, sra, sta, yh!a, zla		

全体の認識率			
文字種	合計	誤認識数	認識率
子音	5636	71	98.7%
重層字	622	8	98.7%
合計	6258	79	98.7%

表2 類似文字にオブジェクト指向辞書文字を適応した場合の各字種と認識率

Table 2 Recognition rate of each character by using object oriented dictionary for similar characters.

子音		
文字	合計	誤認識数
ga	726	2
ca	86	4
tha	44	2
da	304	2
pa	39	1
sha	61	2
ya	170	1
la	163	3
sa	641	2
h!a	392	3
n!a	457	2
*100%	1180	0
合計	5636	24
*100%認識した子音		
kha, n_a, tsha, dza, ha, za ja, ka, ma, ra, ta, tsa, a cha, sta, da, na, ba		

重層字		
文字	合計	誤認識数
bla	15	1
dra	118	4
rta	12	1
*100%	477	0
合計	622	6
*100%認識した重層字		
bra, gra, rda, rdza, rgya, rtsa, sda, sga, skra, smya, gh!a, gla, gya, hh!a, khra, khya, kra, kya, lda, lha, lka, lta, nh!a, phra, phya, pya, rba, rga, rja, rka, rkya, rla, rn_a, sbya, ska, skya, sla, sna, sn!a, sn_a, spra, spya, sra, sta, yh!a, zla, bya		

全体の認識率			
文字種	合計	誤認識数	認識率
子音	5636	24	99.6%
重層字	622	6	99.0%
合計	6258	30	99.5%

えた構造解析法を用いて母音「u」と重層字の付足字「ya」との識別を行い、その判定結果を類似文字群において参照できるようにした。このようにして、認識結果から得た子音文字と母音文字を統合して表音文字を生成する。

ユークリッド距離による重ね合わせ法では、チベット文字6,258文字中、正しく認識できたのは6,179文字で、認識率は98.7%である。誤認識の多い類似文字に本手法を適用することにより、認識率は99.5%と向上した。ユークリッド距離を用いた重ね合わせ法による各字種の認識率を表1に、類似文字にオブジェクト指向辞書文字を適応した場合の各字種の認識率を表2にそれぞれ示す(ただし、認識率が100%の字種については、字種のみを示す)。類似文字判定追加による誤認識した文字の改善数を表3に示す。表3において、類似文字判定した後での誤認識は母音「u」の誤認識または上部母音における誤認識がほとんどである。類似文字群以外の誤認識した文字を子音および重層字に分類して誤認識数の多い文字種から並べたもの

を表4に、誤認識した0.5%の内訳を表5にそれぞれ示す。誤認識した30個中、10個は図14(a), (b)に示すように構造の類似した上部母音「i」と「e」の間で起こっている。次に誤認識の多かったのは図15(a), (b)に示すように構造が類似した母音「u」と重層字の付足字「ya」の間で起き、その個数は8個である。残りの12個は表4に示す文字の中で起きている。

本研究のプログラミングは、オブジェクト指向言語であるC++を用いて行った¹⁸⁾。本研究において、特にオブジェクト指向による設計の特徴を生かしたのは、誤認識しやすい類似文字に対して、クラス「類似文字群1」からクラス「類似文字群4」に分け、それぞれに固有の認識メソッドを持たせたことである。その結果、従来の重ね合わせ法だけでは認識率の向上が望めなかった類似文字に対して本手法が有効であることが分かった。

なお、本研究では文字データをインタフェースデータとして取り扱っているため、認識実験にはパーソナルコンピュータPC9801FAを使用し、各実験パートは独立して実験を行えるようにしている。なお、切り出された1音節文字データから1文字を取り出して認

表3 類似文字判定追加による改善数

Table 3 The number of correctly recognized characters by categorizing similar characters into four groups.

	文字	文字数	誤認識数		改善数
			類似判定なし	類似判定あり	
類似文字群 1	pa	304	16	2	14
	pha	39	3	1	2
	ba	280	16	0	16
類似文字群 2	phya	21	0	0	0
	bya	121	2	0	2
類似文字群 3	ma	306	0	0	0
	sa	641	6	2	4
類似文字群 4	da	698	5	0	5
	na	395	6	0	6
合計		2805	54	5	49

表4 類似文字群以外の誤認識の多い子音と重層字

Table 4 Difficult characters of consonants and combination letters for recognition except similar characters.

子音			重層字		
文字	合計	誤認識数	文字	合計	誤認識数
la	163	3	dra	118	4
ca	86	4	bla	15	1
h!a	392	3	rta	12	1
n!a	457	2	合計	145	6
ga	726	2			
sha	61	2			
tha	44	2			
ya	170	1			
合計	2099	19			

表5 誤認識した0.5%の内訳と個数

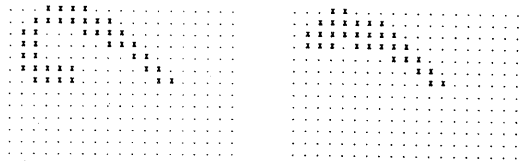
Table 5 Characters with numbers within error recognition rate of 0.5%.

誤認識の内訳	個数
上部母音“i”と“e”の認識ミス	10
母音“u”の認識ミス	8
その他	12
合計	30

識するのに要する時間は認識した結果を表示する時間を含めておよそ8秒程度である。

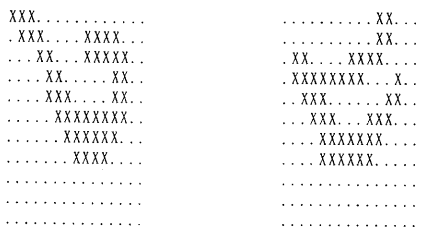
4. ま と め

本研究で対象としたチベット文字は、文字特有の1音節単位の文字認識を行わなければならない。また、チベット文字の特徴として類似文字が多くその出現頻度も高いため、誤認識の割合が高い。これらの文字に、オブジェクト指向設計の特徴である辞書文字データと認識メソッドをカプセル化したオブジェクト指向設計による辞書文字を適用した。すなわち、文字の特徴ごとに類似文字群を設定して類似文字群と類似文字群特



(a) 母音 i の標準パターン (b) 母音 e の標準パターン
(a) Normal pattern of vowel i. (b) Normal pattern of vowel e.

図14 上部母音 i と e の標準パターン
Fig. 14 Normal patterns of vowels i and e.



(a) 母音 u の標準パターン (b) 重層字の付足字 ya の標準パターン
(a) Normal pattern of vowel u. (b) Normal pattern of the character ya of the lower part of combination characters.

図15 母音 u と重層字の付足字 ya の標準パターン
Fig. 15 Normal patterns of vowels u and the character ya of the lower part of combination characters.

有の認識メソッドをカプセル化することにより、メインの認識メソッドを変更することなく類似文字群ごとに新たな認識メソッドを追加する事が可能となる。この認識方法によりチベット文字6,258文字に対して認識率は99.5%となり、ユークリッド距離による重ね合わせ法だけでは認識できなかった類似文字に対する認識率を向上させることによりおよそ1%程度の認識率の向上が達成された。

なお、本研究はシングルフォントチベット活字文字

を用いて実験を行った。

今後の課題として、まず上述の誤認識率の高い母音認識に対する適切な改善が挙げられる。さらに木版刷を含めたチベット文献の自動認識を可能とする高精度認識を実現するために、チベット語の文法を活用した認識方法を追加する予定である。今回のオブジェクト指向を導入したチベット文字の認識は、そのためにも大いに有効な方法であると考えている。また、本手法は漢字をはじめとして、他の文字の自動認識にも同様に応用可能である。

謝辞 本研究を進めるにあたり、日頃ご指導いただいている北陸先端科学技術大学院大学 木村正行教授、貴重なアドバイスをいただいている宝仙学園短大 塚本啓祥学長、東北大学文学部 磯田熙文教授に心から感謝いたします。なお、本研究は文部省科研費一般研究 (C) の補助を得て行っている。

参考文献

- 1) 塚本：インド文学の形成と展開，「サンスクリット・チベット語のコンピュータによる総合研究」，東北大学特定領域研究組織 TURNS017-報告書 (Feb. 1989)；磯田：チベット文字の特色とコンピュータ利用について，ibid.
- 2) 川添：コンピュータによる仏教混淆梵語の研究 (2)，印度学仏教学研究，Vol.37, No.2 (1989).
- 3) The Seminar on Tibet: *Texts of Tibetan Folk-Talks*, IV, pp.2-90, The Toyo Bunko, Tokyo (1984).
- 4) 小島，須貝，原田，樋口，秋山，川添，木村：オブジェクト指向によるチベット活字文字認識システム，平成5年度電気関係学会東北支部連，2C-1 (Sep. 1993).
- 5) 小島，布宮，川村，秋山，川添，木村：オブジェクト指向によるチベット活字文献からの文字パターン識別，第18回情報処理学会人文学とコンピュータ研究会，18-2, pp.11-18 (May 1993).
- 6) 布宮，川村，小島，秋山，川添，木村：オブジェクト指向チベット活字辞書による類似文字認識，平成5年度電気関係学会東北支部連，1D-19 (Sep. 1993).
- 7) 稲葉：チベット語古典文法学，法蔵館 (1966).
- 8) 小島，川添，木村：木版刷チベット文献の文字自動認識の試み，情報知識学会誌，Vol.2, No.1, pp.49-62 (1991).
- 9) 秋山，増田：書式指定情報によらない紙面構成要素抽出法，信学論 (D)，Vol.J66-D, No.1, pp.111-118 (1983).
- 10) 長谷，星野：2次元フーリエ変換を用いた文書画像領域抽出法，信学論 (D)，Vol.J67-D, No.9, pp.1044-1051 (1984).
- 11) 中村，氏家，岡本，南：ミックスモード通信のた

めの文字領域の抽出アルゴリズム，信学論 (D)，Vol.J67-D, No.11, pp.1277-1284 (1984).

- 12) Jayanthi, K., Suzuki, A., Kanai, H., Akiyama, Y., Kawazoe, Y., Kimura, M., Kido, K. and Tsukamoto, K.: Automatic Devanagari Character Recognition Using Structure Analysis, *Journal of Japan Society of Information and Knowledge*, Vol.1, No.1, pp.25-39 (1990).
- 13) Jacobson, I.: *Object Oriented Software Engineering*, Addison Wesley Publishing Company (1992).
- 14) Martin, J.: *Principles of Object Oriented Analysis and Design*, Englewood Cliffs (1993).
- 15) 飯島：パターン認識理論，森北出版株式会社 (May 1989).
- 16) 森，坂倉：画像認識の基礎 (I)—前処理と形の特徴抽出—，オーム社 (1986).
- 17) 小島，秋山，川添，木村：木版刷チベット文献中の文字特徴抽出，印度学仏教学研究，Vol.42, No.2 (1994).
- 18) J. ランボー，M. ブラハ，W. プレメラニ，F. エディ，W. ローレンセン，羽生田 訳：オブジェクト指向方法論 OMT—モデル化と設計—，トッパン (July 1992).

(平成6年8月5日受付)

(平成7年9月6日採録)



小島 正美 (正会員)

1946年生。1967年東北大学工業教員養成所電気科卒業。同年東北工業大学工学部助手，1981年同大専任講師，1992年同大助教授。文字認識，オブジェクト指向データベースに関する研究に従事。電子情報通信学会，日本ME学会，日本印度学仏教学会など各会員。



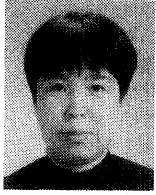
布宮千夏子 (正会員)

1965年生。1988年東北工業大学通信工学科卒業。同年山形県立山形高等技術専門校指導員，1991年山形県立米沢高等技術専門校指導員，1994年山形県商工労働観光部職業能力開発課技師。1993年から東北工業大学客員研究員。オブジェクト指向プログラミングに興味を持つ。



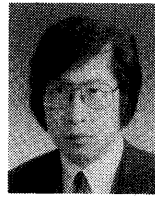
川村 隆庸 (正会員)

1945年生。1969年東北大学理学部物理学科卒業。同年、日本アイ・ビー・エム(株)入社。以来SEとしてシステム開発に従事。現在、同社オープン・クライアント/サーバー事業推進、オブジェクト技術センター所属。1993年から東北工業大学客員研究員。OOP, Framework, 分散オブジェクトに興味を持つ。



秋山 庸子

1947年生。1968年宮城学院女子短期大学教養科卒業。1969年東北大学大型計算機センター, 同大計算センター, 同大情報処理教育センターを経て, 1992年同大金属材料研究所技官。文字認識・処理に興味を持つ。



川添 良幸 (正会員)

1947年生。1970年東北大学理学部卒業。1975年同理学研究科原子核理学専攻博士課程修了。理学博士。同年, 同教養部助手。1981年同情報処理教育センター助教授。1990年同金属材料研究所教授。文字認識, データベース, 大規模シミュレーション技法, サイエнтиフィックビジュアルリゼーションに関する研究に従事。著書「コンピュータプログラミング」(朝倉書店), 「コンピュータ概説」(共立出版), 「コンピュータグラフィックス」(共立出版)など。日本金属学会, 日本物理学会, 電気情報通信学会, MRSなど各会員。