

ストロークに基づく漢字フォントの構成とその展開の可能性

紀友則¹、合原勝之²、中山真樹²、小山真史³、藤井章博⁴

(有)キハ¹、(株)アイハラデザインオフィス²、(株)ハップ³、文部科学省⁴

本研究では、漢字を表現する新しい体系の構築を提案する。具体的には、「紀フォント」とよぶフォントセットを構築する。これは、既存の文字構造に基づいたフォント生成手法に関する研究を参考に、コード体系までも含めた提案を行うものであり、フォント生成を行う従来研究の利用範囲の拡大を促すものである。この体系の特徴は、可変長コードの日本語コード体系を提案し、任意のあらゆる文字・漢字を、文字数全体の母数の制限なしにコード化可能にすることである。また、漢字がストロークから成り立っているという構造に着目し、その漢字を構成する点画コードを連結することで自然に任意の漢字を表現する。また任意の文字を表現する目的の一方で、現実的に全世界的に普及する英語 ASCII 環境との親和性を考慮し、ASCII と同じ 1 バイトの下位ビット空間だけを利用してコード化が行える。その結果、表現されたコードは、ASCII と同一の 8 ビットコードが文字ごとに可能となる。フォントの利用システムには、ソフトウェアエンジニアリングにおける構造化の手法を取り入れ、柔軟かつ拡張性のある利用環境を構築する。

キーワード： 漢字フォント、文字フォント、手書き文字、漢字変換、紀フォント

Structured Kanji Font Design based on Stroke and its Potential for advanced Japanese processing environment

Tomonori KINO, Katsuyuki AIHARA, Masaki NAKAYAMA, Masashi KOYAMA, Akihiro FUJII

A novel structure of Japanese Kanji character set, Kino-font, is proposed in this paper. The proposal is influenced by the previous method in defining Kanji fonts and the new body of computer code to represent characters is also defined. The unique feature of this body is that the flexible length code structure allows any possible Kanji variation without the limitation of number of characters. Kanji is made from strokes, so that it is quite natural to define each character code with basic set of strokes. In order to ensure the coherence with other character sets, this structure uses same length as ASCII 8 bit code for the representation of one stroke in a character. Recent software engineering technology is introduced for flexible and extensible environment of utilizing this character set.

Key words; Kanji Character, Font, Stroke, Kino-Font, Front-Ed-Processor

1. 問題の背景

古来、文字や文章は、紙のうえの自由な空間の中で、自由闊達に表現されてきた。それは時として、当時の常識からの逸脱であり、それゆえに文字や文章は新しい生命力を得て現代にいたるまで日本語は豊かな発展を遂げてきた。

昨今、情報化時代と言われパソコンが普及する中、日本人は、ワープロソフトが提供する「かな漢字変換システム」へ過度に依存し、その結果「漢字離れ」が進行しているという指摘がある。また、利用する漢字の体系についても、過度の規格化・固定化がおこなわれ、時代の流れに添いながら文字が発展・変化してゆくという可能性が摘まれてしまう恐れもある。

パソコンや情報システム上における日本語の表現は、

現時点の工業技術の中で固定的に規格化されている。現在、漢字の利用環境を取り巻く潮流は、そうした規格にそぐわない、あるいは基準に足りない文字の使用や印字表現が存在できなくなりつつあるということである。すなわち、現時点で一度規格化されてしまうと、その基準から逸脱した文字の使用や、個性的な文字表現が、社会生活のなかにおける言語活動からまったく許容されなくなってしまうということである。

また、常用漢字表の限界もある。例えば、ある二つの漢字が相互に似通っていて一方が稀にしか現れないような場合、本来違う意味をあらわしているにもかかわらず、工業化・電子化にそぐわないという理由で一方を切り捨てる事態も起きている。他の例では、法的に使用可能な漢字の範囲が情報システムで利用可能な文字に制限されてしまうという本意な現実さえ起きている。

要するに、個々の文字の字形や字体は、工業製品としての既存の体系のうえで完全に商品化されている。このため、現状ではパソコン上の文字に個人の筆跡の癖や特徴が入り込める余地はない。そこで、現在の文字生活の実態にてらして、日本の漢字の取扱いを総合的に検討する必要性が増している。

科学技術政策の観点からは、こうした状況を踏まえた検討がされている。例えば、平成17年2月の文化庁の文化審議会総会では、「今後取り組むべき課題について」と題して、「情報化の進展」に合致する「総合的な漢字政策の構築」、「漢字を手書きすることの重要性」等を提言している。こうした政策課題が浮かび上がる背景には、情報機器の急速な普及に伴い、一般の文字生活の中で、手書きをする機会が極端に減ってきていることから「漢字を手で書くこと」を教育や産業の中にどのように位置づけるかについて、検討する必要が生じている点が挙げられよう

一方、情報技術の発達は、文字の情報の利用環境に関して可能性をもたらしているといえる。例えば、近年のマルチモーダルなコンピュータインターフェース周辺技術の進展により、ワープロを越えて漢字を取り扱う環境が広がっている。また、先進的なソフトウェア設計論、プラットフォーム、環境支援システム等を活用できる基盤が生まれつつある。すなわち、より柔軟性が高い漢字利用環境を実現できる可能性がある。

本論文では、こうした着想に基づき、漢字を表現する新しい体系の構築を模索するものである。具体的には、「記フォント」とよぶフォントセットを構築することが具体的な目的となるが、その設計思想にソフトウェアエンジニアリングにおける構造化の手法を取り入れる。

2. 先行研究と本研究の位置づけ

2.1 大規模フォントセット

大規模文字フォントセット作成の先行研究として、今昔文字鏡[7]、e漢字[8]、GT書体フォント[9]が挙げられる。これらの先行研究では、文字の多様性に対処するという問題に対する解決方法として、使われているあらゆる文字のコード化を行い、大規模なフォントセットを作成するというアプローチがとられている。

今昔文字鏡は、1986年からはじまったプロジェクトで、漢字学、中国文学、国文学、仏教学、歴史学など、さまざまな分野の研究者の支援のもとに構築したフォントを公開している。現在、約12万文字が収録され、一部の書体のTrueTypeフォントと簡易検索ソフトの無償配布を行っている。

ホームページでは文字鏡文字の画像(24ドット版と96ドット版)も無償公開し、使いたい文字画像のURLを書きこむことで、利用者のWWWページに文字鏡文字を表示することができる。

e漢字は、1997年10月にユニコードのCJK漢字2万文字余の24ドットフォント(日本欄)から始まり、京都大学が1981年に康熙字典の親字に通し番号を付けた『康熙字典文字集覧』準拠の四万九千字余、大漢和辞典の5万字余、世界最大の漢字字典『中華字海』8万7千字余をフォント化している。漢字を特定するには、大漢和辞典ならm、康熙字典ならkの後に検字番号をつけ、ユニコードならuの後に16進数をつける。現在では、約96,000字のフォントが収録されている。

GT書体フォントは、1995年から日本語の文字を電子化するプロジェクトとして推進され、現在では、約6万6千文字を収録したフォントセットとなった。GT書体フォントは、TRONコードにも利用されている。TRONコードは、BTRON3仕様に、150万文字を扱うTRON多国語言語環境として追加されたもので、実際に10万文字を超える具体的割り当てを行っている。

これらの大規模なフォントセットにおいては、外字の利用を行わないため、多くの字種をコードに割り当て、フォントを作成する方針を採っている。この方針では、新たな文字を追加する場合、書体を統一してフォントをデザインする必要がある。また、文字情報を流通させる場合、流通する側とされる側で同一のコードとフォントセットを所有している必要性もあるため、フォントセットの規模に比例して文字情報を流通させるために事前に必要な情報が増加する問題がある。今昔文字鏡においては、URLによって文字を指定しフォントを取得することも可能であるが、ネットワークに接続していることを前提としているため、利用機会が限定される可能性がある。

2.2 文字の構造化によるフォント生成手法

本論文では漢字を表現する体系として、ソフトウェアエンジニアリングにおける構造化手法を採用する。文字構造を利用したフォント生成の従来研究としては、文字のストローク形状を基本要素としたエレメントを用いた骨格ベクトルを利用した研究がある[10]。これらは、フォント開発におけるデザインの統一性や開発コストに着目し、文字の骨格構造をフォント設計に利用する提案を行っている。また、TeXから利用できるフォント生成システムにMETAFONT[11][12]がある。METAFONTは文字が幾何学的な曲線により構成されているとし、曲線を数学的に制御

するプログラミング言語として定義されている。そのため、自由にフォントを生成し利用するためには、高度な専門的知識が必要となり、TeX 程一般的に利用されていないと言える。

これらの研究は、フォントを生成する際の骨格情報の利用方法、それを基にしたストロークの描画方法について多くの知見を与えるものであり、有用な研究であると言える。

先行研究にする本研究の特徴は、文字のコードを漢字の構造に合致させて体系するというものである。従来の文字構造に基づいたフォント生成手法に関する研究を参考に、コード体系までも含めた提案を行うものであり、従来研究の利用範囲の拡張と言える。

2.3 文字認識研究における位置づけ

本論文は、文字構造を利用した文字形状表現手法とコード体系を提案するものである。近年、コンピュータにより文字認識研究の新しい展開として、古文書を対象とした古文書翻刻支援システム開発プロジェクト[13]が挙げられる。このプロジェクトは、手書き文字 OCR 技術などを発展的に応用して古文書の翻刻を支援する認識システムの構築を目指したものである。古文書を電子化しコンピュータでの扱いを可能にするためには、現代で使用されていない文字のコード化や翻刻結果の流通などを視野に入れる必要がある。古文書のような文書の場合、現在一般的に利用されている文字とは異なり、同一の文字にも多くの変形や「くずし」が存在する。特に、日本語固有の平仮名においては、漢字からの異なる変形によって作られた変体仮名、二文字以上の仮名を一文字で表した略略仮名が存在し、現在のコード体系では取り扱いが困難な文字がある。また、古文書の電子化の研究が進展するに伴い、新たなフォント生成、コード化の必要性が生じてくると考えられ、そのような要求に柔軟に対応できる技術が必要であると言える。古文書翻刻支援システム開発プロジェクトの基盤となっている手書き文字 OCR 技術においては、現代の文字に対しても、認識システム構築の際に利用する文字データベースの作成が大きな問題となっており、文字データの自動生成手法の提案なども行われている[14][15]。これらの研究においては、人が書いた文字画像データや筆跡情報を元に新たな文字画像データベースの生成を行っている。そのため、新しい字種のデータ生成の要求があった際、その字種のサンプル収集を行わなければならない。本プロジェクトで提案する技術は、文字の形状のコード化を実現するものであり、新たな字種のフォントやデータベースを作成する場合、文字の形状を表現するコードを生成すれば

その文字画像を得ることが出来るため、認識システム構築の際に必要なデータベース作成にも利用できると考えられる。

3. 基本構想

紀フォントの基本構想は、以上のような日本語の情報処理の現状を踏まえ、日本語本来の豊かな表現力をパソコン上でより自然な形で実現する。すなわち、「まったく新しい文字を含む任意のあらゆる日本語文字を、環境に依存せず自由にパソコン上で入力・表示・処理可能にする」ことである。また、手書き文字の特徴である「書き手個人の癖や特徴の表現」を目指し、ひいては日本語とパソコン環境とのより自然な融和をめざした拡張性のある処理環境を提供することを目指す。

この設計思想を支援する発明は、文献[16][17]に挙げた二つの特許出願「ASCII コード化日本語」と「合成漢字フォント」である。以下、それぞれの着想を述べる。

「ASCII コード化日本語」では、日本語を構成する文字種を、音節文字のかなと漢字に分離する。かなの文字要素を音素とし、漢字の文字要素は点画に分解する。こうして分解された両文字要素を ASCII コードのアルファベットの大字小文字に対応したカタカナコード、ひらがなコード、漢字点画コード、漢字部首コード等に分解分類する日本語のコード体系を構築する。現在、コンピュータ上での日本語の処理は、かな漢字混じり文を2バイトのコードで処理している。このことは、高度な日本語を処理する処理系をコンピュータによって構成するためには制約となる。そこで、新しい日本語のコード体系を ASCII コード群と文字フォントを関連付ける相互変換辞書を設けることによって、より柔軟で高度な日本語処理環境を実現することを目的としている。

また、「合成漢字フォント」とは、点画フォントを合成してフォントの体系を構成するものである。この基本となる点画フォントは、ASCII コードに対応づけられた点画コード、および補正值、座標軸の3要素で生成される。

従来は、1文字1コードであったため、フォントセットはコードに利用可能な情報空間の量に制約を受けた。特に、日本語も外字などの特殊な文字の処理は、異機種間では同一の表示ができないなどの問題を生んだ。そこで、必要最小限の漢字フォントを所持し、必要に応じて漢字フォントを増減できるようにするなどの課題を解決するために、漢字要素の点画フォントの組み合わせで漢字フォントを作ること考案した。

4. 「紀フォント」システムの設計

紀フォントは、上述した設計思想のもとで具体的には、以下で説明する「紀(Kino)コード」と「紀(Kino)フォント」によって構成する。Kino コードと Kino フォントを実装した「KinoFont」アプリケーションによって、フォントの利用者に対して、Kino コードへの変換機能、独自のフォントを定義する機能等を提供する。以下では、具体的にこれらの説明を行う。

4.2 Kino コード

これは、任意のあらゆる文字・漢字を文字数全体の母数の制限なしにコード化可能にするために考案された可変長コードの日本語コード体系である。漢字の文字構造に即して、その漢字を構成する点画コードを連結することで自然に任意の漢字を表現する。

また任意の文字を表現する目的の一方で、現実的に全世界的に普及する英語 ASCII 環境との親和性を考慮し、ASCII と同じ1バイトの下位ビット空間だけを利用してコード化が行えるよう考慮されている。その結果、表現されたコードは、ASCII と同一の 8 ビットコードが文字ごとの可変長として連続するコード表現となる。

図1は、Kino コードの適用事例である。紀フォントでは、漢字を構成するストローク=点画を一つの ASCII コードであるアルファベットに対応させている。この例で、「鎌」は、18画からなる漢字であり、それぞれの点各に対応する18文字のアルファベットからなる。例えば、「w」は、右むきの八ネをあらわすので、同様のストロークは、「倉」「知」「人」の第一項に現れている。



図1 Kino コード適用事例

従来のように漢字体系を固定長のコードの各アルファベットに対応付ける方式では、固定長サイズによって利用できる漢字の数に制限が生まれる。Kino コード特徴は、まず漢字を構成するストロークの種別がせいぜい英文字アルファベットのオーダーと同等の記号で表現できる点に着目している。欠点としては、画数の多い漢字はそれを表現するアルファベット文字列が長くなることである。

コンピュータが発明された当初、文字に長いメモリ空間

を割り当てる結果となるこのような体系は、非常に効率の悪いものと考えられた。このため、こうした体系がその後のコンピュータ技術の進展のなかで発展する素地が得られなかった。しかし、今日の演算速度の高速化、通信容量の増大という環境においては、このようなコード体系が利用できる環境にあると考えられる。

4.3 Kino フォント

Kino フォントは、任意のあらゆる文字や漢字をできるだけ制約なしに取り扱うことを目的としている。現在の汎用 OS では、日本語処理環境や特定のフォントセットを利用者が選択する余地は少ない。そこで、こうした環境に依存せず、多様なヒューマンインターフェースを可能とする各種デバイス上に、自由に文字の可視化や印字を行うために考案した技術である。

Kino フォントは、あらかじめ具体的な印字形状(タイプフェイス)データを用意せず、文字自身の幾何学的な論理構造だけに基つき文字を構成している。この着想は、本来文字は、限られた基本的なストロークの組み合わせによって成り立っているという事実に基づく。

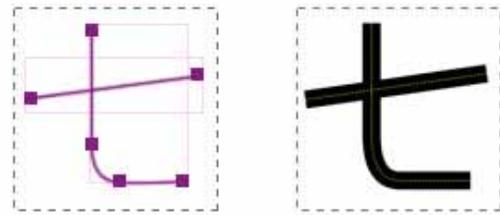


図2 Kino フォントにおける印字形状の定義

図2は、「七」という漢字が、二種類のストロークで成り立ち、これらのストロークの大きさと位置関係を規定することにより文字を定義していることを表している。

4.4 Kino フォントの実装

「KinoFont」アプリケーションは、内部にリスプリンターブリタを内蔵し、Lisp 言語の S 式コマンドの評価によって動作する。このため、フォントを規定する各種データの外部表現も Lisp 文のフォーマットになっている。

また、利用者が容易に Kino フォントに触れられるように、Java で実装したユーザ利用環境をウェブで公開している。公開サイト <http://www.kinofont.jp/> を是非参照されたい。

4.5 ストロークを基礎とする漢字の構造化

今後の課題として、紀コードのより高度な利用環境を構築することを目指して、コードのメタデータをセマンティックウェブ技術の利用のもとで構造化することを検討している。漢字を部首に基づいて分類し、そのメタデータに基づいて構造化する試みは、先行研究の文献[8]などで実施されている。

本研究では、点画ストロークに基づいてフォントを構成する。そのため、ストロークのレベル、部首のレベル、漢字のレベル、漢字体系に係るメタデータのレベルなど一つの文字に関して、4層程度の階層構造を持たせることが考えられる。これによって、より柔軟な文字の運用を例えば、セマンティックウェブ技術を用いて実現するということが考えられるため、現在検討中である。

5. 紀フォントの評価

5.1 大規模フォントセットとしての評価

大規模なフォントセットを構成するという先行研究の代表は、文献[7][8][9]である。これらは、確固とした設計思想の上に拡張性のあるシステムが既に構築されており、種々のフォントをワープロ上で活用するという観点では、完成の域にあるといえる。

本稿で提案した紀フォントが従来の設計と異なる点を明示すれば、「文字や文章は紙の上の自由な空間の中で自由闊達に表現されるべきである」という発想に基づくシステムの設計思想を持つ点である。むしろ、我々のこれまでの研究成果では、この思想を充分反映しているとはいえない。しかし、従来方式が、今後の情報通信技術の進化の方向を考えた場合に、一つの処理環境として有効利用される可能性があり、検討の余地がある。

拡張したフォントを利用する場合は、文書のやり取りに際して、各自の処理システムに同等のフォントセットが必要である。メモリ容量が増大した今日こうした環境を持つことはさして負担ではないかもしれない。漢字に係る情報の流通のモデルは、現状ではこうした環境で完結している。しかし、ユビキタス化といわれる多様な情報入出力端末が普及すること、情報環境とロボットなどの融合領域における技術進展が見込まれることなどを勘案すると、別の「手書き文字・文書」流通の発想が可能である。本提案は、文書のコード化自身にその表現を生み出す構造を内包する。この点は、本研究の特徴と考えられる。

5.2 フォント生成手法からの観点

フォント生成手法の観点から、若干の考察を試みる。ストロークを基に、個別のフォントを生成するという着想は、既に80年代に文献[12]等によって処理環境として確立されている。このため、この点だけの技術的に評価に留まると、紀フォントの新規性は乏しい。例えば、TeX の METAFONT や従来のフォントのデザイン手法においても紀フォント以上の技術的提案はなされている。

ただし、コード体系を柔軟に構成しているという視点は、提案の独自性・新規性が主張できる点であると考ええる。コンピュータの処理系の根底には、8ビットによるASCIIコード体系が存在する。そこで、このASCIIコードを最低限の前提とした上で、拡張性のある柔軟なコード体系を取りうるという観点は独自であり、今後の情報処理システムの進化を展望すると有効性が期待できる。

例えば、ウェブ技術においては、文書情報を構造化して流通させるために、XMLなどの汎用的なデータ記述手法が発達している。また、知識処理は、セマンティックウェブ技術の体系などを利用し、こうした構造化した情報の上に構築される。そこで、特殊な漢字や手書き文字・文書を構造のある情報として流通させるという観点からは、このような情報流通技術との関連性において本システムの優位性が期待できる。

一方、本稿で十分な検討がなされていない点として、定量的評価の不足が挙げられる。例えば、外字を多く含む同一の文書を幾つかの方式でコード化した場合のデータサイズなどの定量評価が必要であろう。その上で、紀フォントの性能や適用範囲を他システムの場合と比較し、有効な適用領域の範囲を明確するべきであろう。こうした評価は、今後の我々の研究における課題であると考ええる。

理想的な、METAFONTのようなある種プログラミング言語的な表現手法を取り込める拡張性を有したシステムへ発展出来れば非常に有用なものになると期待できる。

5.3 文字認識への応用可能性

紀フォントはあくまで文字を表現するための体系であるが、これを利用すると手書き文字の認識において、処理の効率化、認識精度の向上に繋がる可能性が考えられる。従来の文字認識手法については、例えば、文献[1][3][5][14][15]にあげたような文字の骨格情報を利用したものが挙げられる。本稿での提案は、必ずしもこうした既存研究に対して何らかの新規性を主張するものではないが、これらの文献に述べられている手法と親和性があ

るため、紀フォントを利用した文字認識システムを構築することを想定した場合、前述したような研究の蓄積を生かすことができる。

また、現在文化遺産をデジタル情報処理技術によって保存・活用するための研究が重要かつ盛んになっている。古文書に関するこうした研究が進むにつれ、変体仮名などのような、新たな文字が発見される可能性がある。これは文字の形状だけが新しいとは限らず、ある文字が別の文字の代わりとして使われたりする可能性も想定される。例えば、変体仮名は、典型例でもある。明治の頃は「悪」を崩した「あ」も存在した。つまり、時代と共に変遷する文字の利用や解釈の違い、また、文字の「くずれ」といった特性をコンピュータ上に体系的にコード化することが有効である。

さらに、古文書のコンピュータの支援による解読のように、一般的な文字辞書を利用するだけでは文字セットが不足する状況に対処する方が重要である。基本的には、前述した大規模フォントを利用することが考えられるが、新たに文字を追加する必要性も生じる。例えば文献[13]などの報告を検討すると、柔軟な文字セットの構成が古文書の処理に有効であると考えられる。こうした機能を実現する方式として紀フォントの位置づけが考えられる。

また、文字認識研究においては、認識するシステムの側に学習やパターンマッチングの対象となるデータサンプルの収集が重要な課題となっている。そこで、文字の骨格情報からなんらかの変形手法を適用するとこにより、多くのバリエーションを持った文字画像の自動生成が考えられる。従来は、人間が実際に書いた筆跡情報を利用したりした。しかしこれには、作業コストが掛かる。紀フォントのような形状記述の枠組みを応用出来れば文字認識のためのデータ生成の研究の発展を促すことも可能であろう。

6. むすび

本研究では、「紀フォント」とよぶ漢字を表現する新しい体系を提案した。これは、文字構造に基づいたフォント生成手法に関する研究を参考に、コード体系までも含めた提案を行うものであり、従来研究の利用範囲の拡大を促すものである。フォントの利用システムは、ウェブサービスなどの現在のソフトウェアエンジニアリングの発展を考慮し、構造化の手法を取り入れ、柔軟かつ拡張性のある利用環境を構築することを想定している。

謝辞

本稿をまとめるにあたり、東北大学大学院情報科学研究科和泉勇治先生には貴重なご助言を賜りました。著者一同心よりお礼申し上げます。

参考文献

1. 中井満, 嵯峨山茂樹, 秋良直人, 小場久雄, 下平博, 「ストロークHMMによるオンライン手書き文字認識の性能評価」電子情報通信学会, 信学技報 PRMU2000-36 (2000-06)
2. Jianying Hu, et al. "HMM Based On-Line Handwriting Recognition," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.18, no.10, pp.1039-1045 (1996-10).
3. 野中利成, 小沢慎治, "Hidden Markov Models を用いたオンライン手書き平仮名認識," 信学論(D-II) vol.J74-D-II, no.12, pp.1810-1813 (1991-12).
4. 小学漢字 1006 字の正しい書き方, 旺文社
5. 市屋剛, 中川竜太「手書き文字の準同期入力を併用した音声認識手法の予備検討」
6. 三苦寛人, 内田誠一, 迫江博昭, 「弾性マッチングと固有変形を用いたオンライン文字認識」
7. 「文字鏡研究会」 <http://www.mojikyo.org/>
8. 島根県立大「e 漢字データベース」
<http://ekanjyu-shimane.ac.jp/>
9. 「東京大学多言語処理研究会」
<http://www.lu-tokyo.ac.jp/GT/>
10. 上原徹三, 国西元英, 下位憲司, 鍵政秀子, 「骨格ベクトル方式による文字形状の表現と生成」信学論 D-II, Vol.J74-D-II, No.8, pp.1020-1031, 1991年8月
11. Hobby J.D. and Gu G., "Chinese Meta-Font", Stanford Report STAN-CS-83-974, 1984.
12. Donald E. Knuth, "The METAFONTbook", Addison-Wesley, 1986, Addison-Wesley, 1986
13. 加藤寧他「古文書翻刻支援システム開発プロジェクト報告(1) - プロジェクト概要 - 」, 情報処理学会研究報告, Vol2000, No.8, pp.1-8, 2000.
14. 和泉 勇治他, "非線形正規化を応用した学習パターン生成による手書き文字認識", 電子情報通信学会論文誌 D, Vol.J86-D-II No.10, pp.1391-1399, 2003年10月
15. 鈴木 雅人他, "オンライン文字筆跡を用いた手書き文字パターンの自動生成法", 電子情報通信学会論文誌(D-II), J84-D-II, No.11, pp.2353-2361(2001).
16. 紀友則, 特願 2004-83490「ASCIIコード化日本語」平成16年2月25日
17. 紀友則, 特許 2004-127320「合成漢字フォント」平成16年3月