

FA 分野での文字認識技術の開発と応用

Development of Character Recognition System in Factory
Automation Field and Its Application竹内 齋之郎^{*(1)} 谷口 修^{*(2)} 山口 悟^{*(3)} 前田 稔^{*(4)}
Seishirou TAKEUCHI Osamu TANIGUCHI Satoru YAMAGUCHI Minoru MAEDA

抄 録

FA 分野へ文字認識技術を適用するためのシステム“CR30”の開発を行った。CR30の技術と特徴について述べ、主な成果である鉄鋼分野での文字認識装置の適用状況について紹介した。

Abstract

Nippon Steel has developed a character recognition system CR30, which can be applied to recognize characters in the factory automation field. This report presents the technology and features of this system, and main applications of the system in steelmaking plants, where good results were produced, are described.

1. はじめに

最近のマイクロプロセッサの飛躍的パフォーマンス向上に伴い、最先端理論をコンピュータに組み込み、様々な分野へと応用する試みが盛んに行われるようになってきている。

代表的なものとしては、計算機の登場以来研究開発が行われてきた画像認知工学があり、とりわけその中でも文字認識技術は積極的に研究と実用化の試みが進められてきた分野である。

著者らは、文字認識技術の実用化で OA 分野に比べて遅れている FA 分野での文字認識システムの開発を行い、主に鉄鋼分野での実績を確立できたので、その技術の概要と代表的な成果例について紹介する。

2. FA 分野での文字認識技術と課題について

2.1 文字認識技術の応用について

文字認識技術の研究の歴史は古く、古典的なテンプレートマッチング法や複合類似度法から、最新のニューロ理論を用いた手法まで様々なアルゴリズムが提唱されてきた。しかし、文字認識技術を始めとするパターン認識技術の基礎理論は、いまだに研究開発の途上にある。

しかしながら、高度情報化社会が進展する中で計算機に大量の文字データを入力する業務が発生し、文字認識技術を応用した文字データ入力作業自動化のニーズが高まってきた。このようなニーズを受け、まずは OA 分野において積極的に応用のための技術開発が行われた結果、現在では文字認識は郵便番号読み取りや帳票読み取り装置等の OCR として用いられ、OA 分野では広く知られる技術とな

ってきている。

一方、FA 分野で文字認識技術に期待される応用は、製品に書かれた製造番号等を読み取り、ラインの計算機に製造管理、物流管理のためのデータを自動入力することである。特に、バーコード等の使用ができない対象、例えば高温対象物などは、文字認識技術の応用が期待される。

2.2 FA 分野での文字認識技術実用化上の課題

FA 分野に文字認識技術を応用する試みは、様々な対象に対して行われてきたが、今まで OA 分野の OCR での実用化例ほどに成功したものは無い。

以下に FA 分野での文字認識技術適用のための課題と問題点をまとめる。

2.2.1 FA 分野文字認識処理上の課題

FA 分野の文字認識は、OA 分野のように紙の上にかかれた文字だけが対象でなく、製造ライン上を流れる製品に直接書かれた文字を対象とする。従って、画像には文字以外に背景画像や様々な汚れによるノイズが含まれている。またライン周辺の外光等による外乱に大きく影響されて、画質の悪い文字画像を対象とすることが多い。

従って FA 分野で文字認識をするためには、対象とするラインごとに固有で複雑な処理が要求されることが多い。

2.2.2 ラインへ文字認識システムの組み込みを行う際の課題

FA 分野での文字認識の主な用途は、製品上に書かれた製造番号を読み取り、計算機上の予定情報と照合を行うことである。

従って、文字認識システムは様々なユーザごとに使用されている計算機システムに接続できるように設計されていなければならない。また製造ラインに組み込まれるために信頼性が高く、しかも画像入

*⁽¹⁾ エレクトロニクス・情報通信事業部 産業システム開発部 掛長

*⁽²⁾ エレクトロニクス・情報通信事業部 IT センター 掛長

*⁽³⁾ エレクトロニクス・情報通信事業部 産業システム開発部

*⁽⁴⁾ エレクトロニクス・情報通信事業部 IT センター

部長代理

力のタイミングから計算機データとの照合まで、全てラインの操業に適合したシステムが要求される。

2.2.3 画像文字認識エンジニアリングを行う上での課題

多くの場合、人間は簡単に文字を読みとることができるが、現状の文字認識技術を含むパターン認識技術は、その期待される技術レベルと実力に大きな開きがある。従って、本技術を応用する場合には様々な制約を要求されることが多い。

例えば、文字認識システムのカメラを含む画像入力系と人間の目の機能を比較すると、人間の視覚機能は広い視野から対象物を見つけて、目の焦点を制御することにより、目的の対象物を抽出することができる。画像処理で同様の処理を行う場合には、複雑なカメラ制御と高度な画像処理やパターン認識が必要とされる。

しかし一方で、ライン側で対象がカメラ視野内に入るような位置決め制御を行うことができれば、同じ目的の機能が簡単に実現できる。

このように、文字認識システムを導入する場合には、文字認識や画像処理機能ばかりでなく、印字方法、ライン制御、周辺機器、操業方法、上位システム等を含む総合的画像処理文字認識エンジニアリングを行うことが重要である。

FA分野において文字認識技術を適用する場合には、ラインや対象の独自性から、画像処理や文字認識などの技術的難しさやラインへ組み込む際の負荷が大きいため、専用で高価なシステムが一般には要求される。そのためにコストパフォーマンスは悪く、実用化につながらないことが多かった。

著者らは、以上の点を考慮して、豊富な画像処理文字認識機能を持ち、組み込み性が良く、しかも信頼性の高いシステムを比較的安価に提供できることを目標として、CR30の開発を行ってきた。

特に、総合的画像処理エンジニアリングが容易に行える最適プラットフォーム環境を考慮して開発を進めてきた。写真1にCR30標準システムの外観を示す。

3. CR30の特徴と技術

3.1 様々な対象の文字を高い認識率で読みとる認識性能

3.1.1 文字認識エンジン

FA分野での文字認識の難しさは、様々な形状の文字に幅広く対応しなければならない点である。すなわち、対象ごとにIJP(Ink Jet Printer)文字、捺印文字、更に印字マーキング文字等の様々な文字フォントがあり、また同一フォントの印字文字であってもノイズの影響で文字形状が大きく変化することである。

CR30では幅広い文字種と文字画像の形の変化に対応するため、文字認識アルゴリズムの核としては、手書き漢字まで高い認識率で認識することができる加重方向指数ヒストグラム法による文字特徴抽出アルゴリズムと、疑似ベース識別関数を採用している。認識性能の大幅な向上と幅広い対応を目的とした本方式の採用により、手書きを含めたFA分野での文字認識が可能となった。

3.1.2 専用辞書

文字認識アルゴリズムの識別関数で使用する辞書は、画像ノイズや小さな印字不良による画像の変形まで反映させることができる主成分分析法を使って作製する。

更に、辞書を登録作製する際にライン上での文字をサンプリング

して、ノイズの影響まで含めた専用辞書を簡単に作ることができる。

3.1.3 画像処理機能

FA分野での文字認識の難しさは、多くの場合文字の汚れや画像ノイズがラインや対象ごとに様々であり、簡単な処理ではノイズが除去できないことである。すなわち、ノイズ除去のためには、対象ごとに特有の複雑な画像処理の最適化機能が要求される。

CR30では様々なノイズ除去に対応するため、有効な画像処理ライブラリを開発して搭載した。更に、画像処理の最適化が容易なように、メニュー上で処理の組み替えや設定ができる。

図1に任意のフィルタをメニュー上で簡単に設計できる様子と処理ライブラリの構成を示す。

また、画像処理アルゴリズムを画像処理ボード上のDSPでソフトウェア的に追加開発が可能な環境も持っている。

3.2 ラインカスタマイズが容易なシステムの提供

CR30のシステム面での特徴は、ラインの操業に合わせたシステムが簡単に作れ、しかも上位コンピュータシステムを含む周辺機器への接続や拡張が可能なことである。すなわち、ラインの操業やオペレータの希望に合わせて、特注のマンマシンインターフェースまで含めた、使いやすい専用システムを安価に提供することができる。

図3にCR30の基本的ハードウェア構成を示す。

3.2.1 基本 OS

CR30の基本OSは、コンパクトなマルチタスク・リアルタイムOSであるOS/9^{*1}/68Kを採用している。全てのアプリケーションは、統括CPUボード上で、専用ライブラリを使用してC言語で手軽に開発できる。また、専用アプリケーションは、認識処理系のモジュールからマンマシンインターフェースや上位との通信システム系のモジュールまで、カスタマイズが可能である。以上のように、ラインの操業や周辺機器に応じた、最適な専用アプリケーションシステムを安価に提供することができる。

3.2.2 ハードウェアの拡張性

CR30のハードウェアの基本アーキテクチャは、VMEバスシステムを採用している。オープンアーキテクチャを採用することにより、

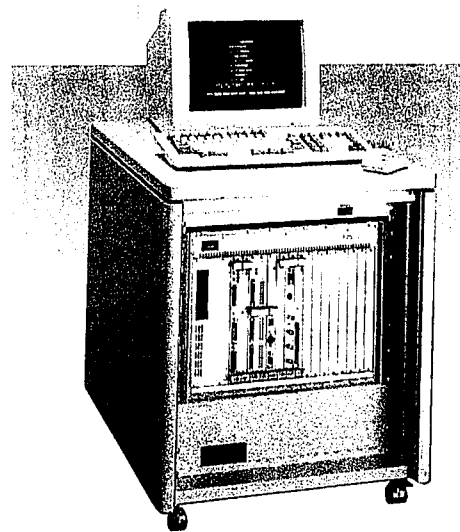


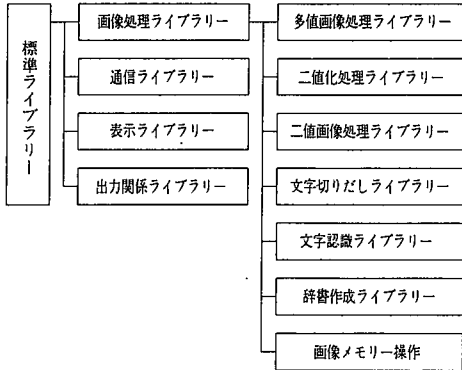
写真1 FA用文字読み取り装置CR30外観写真

*1 OS/9は米国Microware System Corp.の登録商標である。

機能の拡張が必要な場合には様々な市販の汎用 VME ボードをシステムに組み込み、ハードウェア的にも機能の拡張を行うことができる。



(a) 多値画像処理機能設定画面



(b) 標準ライブラリー構成

図1 CR30 画像処理機能

CR30システムは、画像処理ボードと文字認識ボードを基本ハードウェアとして、その他のボードは用途に応じて変更や追加をすることが可能である。例えば、通信機能等の拡張にはPI/O、RS232C～TCP/IP ボード等を必要に応じて追加すればよく、画像メモリやカメラ入力ボードの変更等の処理基本性能に関わる機能拡張についても、ボードの追加交換で対応が可能である。

4. CR30の適用例

4.1 熱間マーキング文字読み取りへの応用

(ブルームナンバー認識システムの例)

鉄鋼業でのスラブ/ブルームなどの半製品は製鋼工場で製造され、製造指令により熱延工場、厚板工場、棒線工場、鋼管工場等の製品工場に供給される。

受け入れ側の工場では、赤熱高温状態のスラブ/ブルーム等の表面に製鋼工場で直接印字マーキングされた製品ナンバーを読むことで、製造予定情報と現品の照合が行われる。

この製品ナンバーと製造情報の照合を自動化するニーズは根強くあったが、今までの装置では印字やノイズの状態により大幅に形状が変わる文字を安定して読み取ることができず、鉄鋼ライン自動化のネックとなっていた。

ここではCR30を使用して、熱間マーキングされた製品ナンバーを安定に高い認識率で初めて読みとることができたブルームナンバー認識システムの例を紹介する。

4.1.1 認識処理系の最適化

写真2に、読み取り対象となるブルームナンバーの例を示す。画像の品質はマーキング装置の状態、マーキング後の経過時間等で大

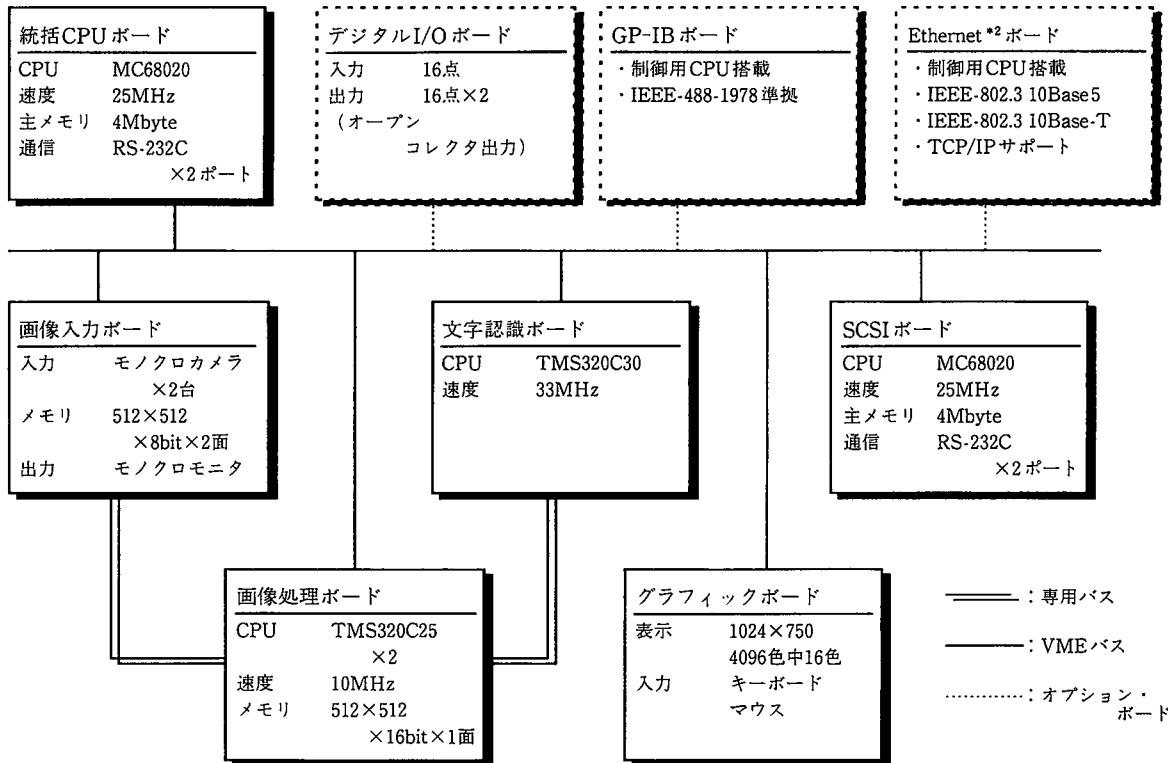


図2 CR30ハードウェア構成図

*2 Ethernet は富士ゼロックス (株) の登録商標である。

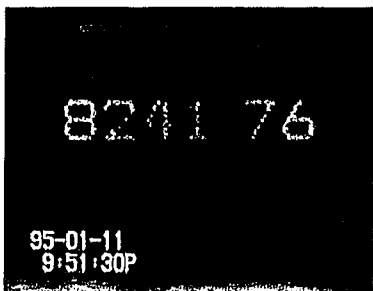
幅に変化する。また、文字はぼやけやかすれたものが多く、不鮮明な文字画像が認識対象となる。

画像処理装置で変化の大きい不鮮明な文字を読み取る場合、一定の画像処理を使用しただけでは文字形状の変化に対応することは困難である。

この点の技術的限界を考慮して、特性の異なる画像・文字認識処理を複数回行い、それぞれ得られた結果のうち、最も信頼性の高い結果を評価関数から決定するシステムを構築した。その結果、初めて安定した性能が得られる認識処理システムが実現できた(図3参照)。



(a) 太く印字されている例



(b) 薄くかすれた印字例

写真2 熱間ブルームマーキング文字印字例

本技術は拡張性の高いCR30の豊富な画像処理機能を自由に組み合わせて最適な認識処理系を作ることにより実現できた例である。

4.1.2 システムの最適化

熱間ブルームナンバーの読み取りは、印字状態が悪い場合にはオペレータにも判読できない時がある。そのような場合には、オペレータは前後の文字からブルームナンバーを推定したり、前のブルームナンバーを参照して推定を行っていた。

本システムの場合は自動的な推論機構等は一切使わずに、画像的に文字認識ができなかった場合の判断は全てオペレータの目視判断に頼るシステムに徹している。まず、文字が読めない場合には、全てブザーでオペレータに知らせ、同時にモニタ上に対象画像を表示する。目視確認処理が完了するまでは、ラインにインターロックをかけてブルームの搬送を停止させ、不確かなブルームはライン内に流れないシステムとなっている。また、処理を行った全ての大量のブルームナンバーの画像は、処理日時とともにVTR装置に記録され、処理結果はプリンタで印字記録されるという、今まで以上の受入れ監視環境を実現している。

現在では、平均95%を超える受け入れブルームに対して本システムの照合作業自動化が可能となり、オペレータは予定情報と現品の受け入れブルームの目視確認作業から解放されている。

4.2 刻印文字読み取りへの応用

(ピレットナンバー認識システムの例)

鉄鋼業における半製品への製品番号印字方法としては、刻印によるナンバーリングがある。この刻印文字を直接読みとるニーズはかなり高い。

CR30の刻印文字への適用例として、ピレット端面に打刻されたピレットナンバーを認識するシステムについて紹介する。

4.2.1 認識処理系の最適化

刻印文字を認識する場合の難しさは、刻印文字画像が刻印の深さや打刻面の表面状態と光の影響で大きく変わることである。刻印文字はその刻印の影の形状を利用して画面に現れるが、打刻面に刻印

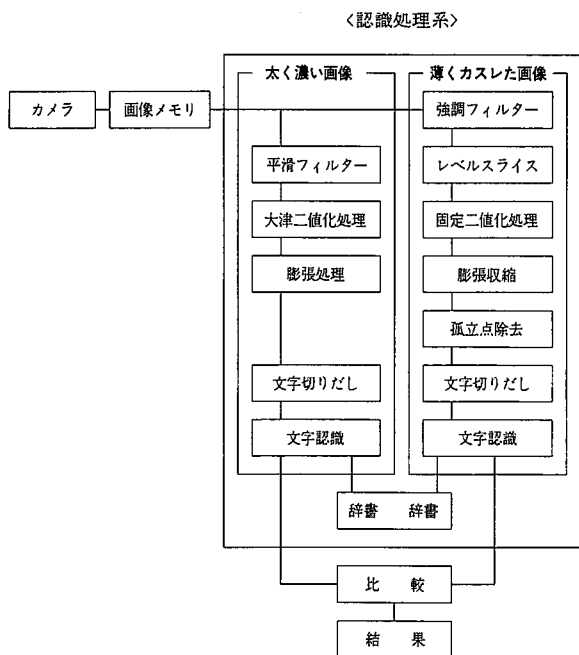
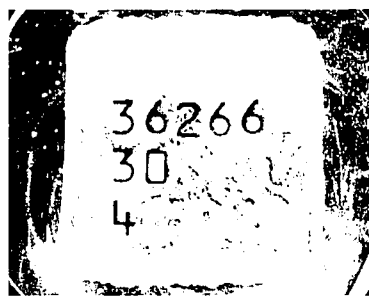
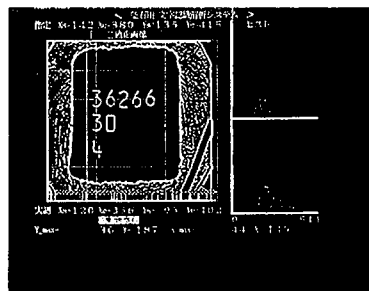


図3 画像品質が大幅に変わる場合の認識処理系



(a) カメラ生画像



(b) 画像処理後の画像

写真3 ピレット刻印文字の例

の影より濃い色の錆や切断面の凹凸による影が残る場合は、その影響が大きくノイズとして残る。これらのノイズを除去できるかどうか、その認識性能を大きく左右する。

刻印文字の画像処理に関しては、文字の線幅がほぼ一定であることを利用して、その幅の画像のみ選択的に強調するフィルタを使うことにより、ノイズ除去を実現した。

写真3にビレットナンバーの生画像と、本フィルタ処理後の画像を示す。

また、ビレットは矩形の断面を持つため、搬送中に90度ずつ回転することがある。このため、画像処理的に回転方向が判定できるよう、文字の並びに特殊性を持たせた打刻が施されている。

以上の特殊フィルタの設計と回転方向の検出を含めた特殊な画像処理アルゴリズムは、CR30のライブラリの組み合わせにより、比較的容易に実現することができた。

4.2.2 システムの最適化

線材工場の鋼片台の読み取りシステムの例を紹介する。

本例の場合には、鋼片台上に並べられた複数のビレットのナンバーをロットごとに読み取り、次の工程に流す確認を文字読み取りシステムで自動化するものである。

ハードウェア的には、CR30の周辺に画像メモリや映像切替器等の映像機器を追加して、ラインの操業に合わせた処理が可能となるシステムとしている。システムの動作としては、まず鋼片台に並んだ最大13本分のビレットの断面画像を、カメラ台車を移動制御するこ

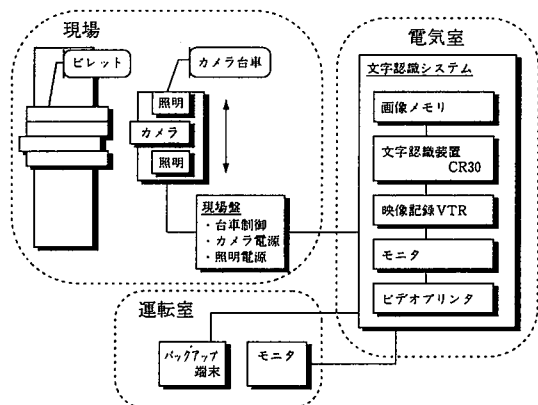


図4 ビレット刻印文字認識システムの例(鋼片台システム)

とにより、画像メモリへ1本ごとに記録する。全てのビレット断面画像の記録を終えると、順次CR30へ画像が入力されて認識処理を行う。ビレットの認識処理が終わると、その結果は一括して上位の計算機に送られる(図4参照)。

一方、文字認識処理で処理がリジェクトされた場合には、モニタ上に対象ビレットの画像が表示され、オペレータが目視確認してバックアップ用の端末からビレット番号を修正入力する。

以上のように、ラインの操業に合わせたマンマシン性の良いシステムを実現しており、高い認識性能と併せて工程の自動化に大きく貢献している。

5. おわりに

CR30は、適用例で紹介した刻印文字や熱間マーキング文字以外にも、曲面に書かれたコイルナンバーの認識やラベル上に書かれた手書き文字を含む文字の認識等様々な対象に適用され、それぞれの工程で自動化に大きく貢献している。

特に、今まで難しかった分野における文字認識技術を実用化できたという実績と成果は、文字認識技術の新たな適用の可能性を作り得たと考える。

現在のCR30システムは、これまでの経験と技術蓄積を処理ライブラリに常に反映させており、当初の性能に比較して格段の性能向上がなされている。

また、本システムの成功のポイントは文字読み取り装置単体の機能向上のみに固執せずに、文字読み取り技術の不完全さを十分に認識したていることである。即ち、文字を書く側での検討、導入時のシステム運用上の検討、カメラ照明等の光学系の検討、実際の工場内での電磁ノイズ防止等の工事上の検討など、総合的画像処理文字認識エンジニアリングを進めたことが大きいと考える。

最後に、CR30システムの適用のための機会を与えていただき、初期の不十分な機能の時期から様々な助言と暖かいサポートをしていただいたユーザ・関係先各位に、紙面を借りて厚く御礼を申し上げる次第である。

※ ここに記載された各ハードウェア及びソフトウェアの呼称はそれぞれのメーカーの商品名又は商標である。

参考文献

- 1) 三宅康二 ほか：電子情報通信学会論文誌D. 70(7), p.1390(1987)