

現場パーツの画像データにおける特徴のクラスタ化

小林 守[†] 渋沢 進^{††} 米倉 達広^{††}

[†]茨城大学大学院理工学研究科 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1

^{††}茨城大学工学部 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1

E-mail: [†]08nd308g@hcs.ibaraki.ac.jp ^{††}{sibusawa,yone}@mx.ibaraki.ac.jp

あらまし 製造やサービスの現場にて利用される画像データには文字や記号等のない画像が多く、現場パーツ（部品）や製品の画像（データ）を目視しながら、該当部品や製品の文字情報を用いて管理を行なっている。数万件の画像データの中から必要な画像を検索する必要性が極めて高いにもかかわらず、これまで体系的な方法について研究開発されてこなかった。そこで本研究では、製造やサービスの現場における文字や記号等のない画像から複数の特徴を抽出し、その特徴をクラスタ化する手法について提案する。画像に対しエッジ検出処理を行ない、最初にエッジ存在情報、次にエッジ形状情報、3番目に圧縮情報の順に特徴を抽出する。この3つの特徴情報を組み合わせることにより画像データに関するクラスタ化を行なう。生成したクラスタを用いて類似性の高い画像データ群を選び出し、次にその画像データ群の画像を用いて類似検索を行なうことで検索時間を短縮することを目指す。

キーワード 画像データベース、フィルタリング処理、エッジ情報、クラスタ、類似検索、現場パーツ

Clustering the Characteristic Information for Image Data of Factory Parts

Mamoru KOBAYASHI[†] Susumu SHIBUSAWA^{††} Tatsuhiko YONEKURA^{††}

^{††}Graduate School of Science and Engineering, Ibaraki University, 4-12-1 Nakanarusawa, Hitachi, Ibaraki, 316-8511 Japan

^{††}Faculty of Engineering, Ibaraki University, 4-12-1 Nakanarusawa, Hitachi, Ibaraki, 316-8511 Japan

E-mail: [†]08nd308g@hcs.ibaraki.ac.jp ^{††}{sibusawa,yone}@mx.ibaraki.ac.jp

Abstract The image data in the factory for manufacturing and services is often the image without characters and symbols. The task is to look at images in the products or factory parts, which manages the appropriate parts and products. Despite the high need to retrieve the necessary image data from tens of thousands of images, research and development has not been in a systematic way. In this study, we will extract several characteristics from images without characters and symbols in the factory of manufacturing and services, and propose a method for clustering these characteristics. It processes the edge detection for image, and extracted the existence of edges first, then edge shape, compressed information. The three of information will be clustered on the image data by combining the characteristics. We select the higher similar group of high-image data using cluster generated, then execute the similar retrieval using the image data of this group to reduce the retrieval time.

Keyword Image database, Filtering processing, Edge information, Clustering, Similar retrieval, Factory parts

1. はじめに

製造やサービスの現場では、製品の修理や部品の交換を現物（品）と保管している製品や部品（パーツ）の情報を確認しながら実施している。確認できた製品や部品に関わる情報から障害履歴や保存の状況を知り対策を行なっている。作業者は目視で現物の確認を行なっているが、確認の精度をあげるのに製品や部品の写真（画像）を用いて行なっている。写真は修理保守用に長期間保存しているために、その画像は年々増え続け記憶容量が拡大し、あるいは作業者の手間が増えている。また現場では中小規模なコンピュータとネットワーク等で実現していることが多く、画像を扱う場合には画像検索の時間

が長くなることにより現場作業の判断ミスや改修作業の遅延につながりやすく、大きな問題となっている。

現場で扱う製品や部品は長期間稼動するために文字や記号等が不明な場合が多く、熟練者でないと改修作業が困難となることが多い。文字や記号等のない画像を検索する場合には、画像をデータベースに登録する際、検索情報を付けて登録されるのが一般的である。しかし現場では画像データに検索に必要な情報を付けることが多くの労力が必要となる。そのために画像に文字や記号等がない場合でも検索時間の短縮が求められる。

画像検索において数百万件の画像データを1秒程度で検索する方法が提案されている[4]。この方法で

は画像の特徴量を抽出してクラスタ化することで実現している．最初の検索はクラスタ情報のみで検索し，2 回目の検索では最初の検索にて選択した画像データを対象に類似検索を行なう方法である．また文字や記号等がない画像に対しエッジ処理を行なうことで3つの特徴量を抽出し，その特徴量を用いてクラスタ化することにより検索時間を短くする方法が提案されている[3]．これらの提案された検索手法では，文字や記号等がなくても，大規模の画像データから画像を検索することが可能であることが報告されている．それは画像データの特徴量をクラスタ化し大容量メモリ上に配置する手法や，大規模なシステムで実現する手法である．しかしながら製造やサービスの現場においては，数万件の画像データを中小規模なコンピュータシステムで検索することが困難であるとされて研究の対象にならなかった．

本研究では，製造やサービスの現場において文字や記号等のない数万件の画像を短時間で検索する手法について提案する．この手法では，まず文字や記号等のない画像に対しフィルタリング処理を行ない，エッジ検出して複数の特徴を求め，その特徴をクラスタ化することにより実現を図る．このクラスタは同じカテゴリとなる画像を類似性がある判断して纏められる．次にこのまとめられた画像に対して類似検索を行なう．すなわち従来大規模コンピュータで行なってきた画像データに対し類似検索を全件逐次処理するのではなく，クラスタ化で限定した画像に対してのみ類似検索を行なうことで検索時間の短縮を目指す．

本論文は2.で関連研究，3.で提案システムの概要，4.で特徴情報におけるクラスタ作成，5.に提案の検討を述べる．

2. 関連研究

文字や記号等のない画像データを検索するために特徴量を抽出してクラスタ化することにより実現する手法が研究されている．特に文字や記号等のない画像データに対し，VisualSEEK[1]では画像の領域を複数の空間分割し，その分割空間による画像の組み合わせと画像データを圧縮した領域から特徴量を抽出して，これらの情報を基に検索する手法が採られている．この画像領域を空間分割して特徴化する手法には数百万件の画像データベースから1秒以内で検索する手法[4]でも適用されている．SIMPLIcity[2]では特徴量として色，テクスチャ，位置情報の3つの特徴を使って検索を行なう手法が採られている．画像データの検索において検索時間だけではなく検索結果の質を向上させるために3つの特徴量をクラスタリングする手法が提案されている[3],[5]．

これらの検索は，画像データが有している位置(領域)，色，テクスチャ，圧縮等で表わされる複数の特徴を用いてクラスタ化することにより数百万件以上になる大規模な画像データを逐次検索すること無く，短時間で検索することができることを示している．数百万件等の大規模な画像データに対する検索の研

究は，インターネットシステムのWebサーバ，あるいはクライアントサーバシステムにおけるサーバ側で行なわれている[3],[4],[5],[6],[7],[8]．

ここでは大規模システムによる画像検索を行なうのではなく製造やサービスの現場で端末装置(現場コントローラ)を用いて，数万件規模の画像データから該当する画像を検索する手法について提案する．本提案の手法は組込み技術の発展により組み込みソフトウェアを構築することで可能になってきている．だが，まだまだ従来のシステムを使用している現場で画像検索ができることを示すものである．そのために従来の中小規模なサーバと現場コントローラを用いて画像データ検索ができることを行う．

3. 提案システムの概要

3.1 現場管理システムの構成

製造やサービスの現場にて稼動している現場管理システムの構成を図1に示す．

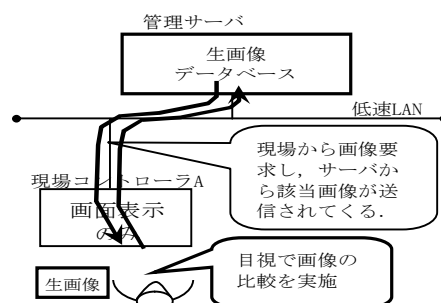


図1 現場管理システムの構成

現場管理システムでは画像データを管理サーバにて集中管理している．そして現場コントローラ側では現場で取得した現物を見ながら，記憶を頼りに管理サーバに対し画像名称の文字情報を入力して，データベースから現物に関する保守情報，すなわち既知情報を取得している．しかし，文字情報だけによる検索では，画像の製品や部品に関する管理情報と現物が一致しているかどうか不安となるために，実物の画像を管理サーバ側からダウンロードして目視による類似の確認を行なっている．そのために現物に対する知識がない管理者や引継ぎ者は，該当画像が見つかるまで繰り返し検索を行なう必要がある．多くの画像データを保管しているにもかかわらず，画像データを有効利用することが少なかった．

本提案では，図1に示す現場管理システムと同じ構成として現場毎に分散する現場コントローラにて画像検索ができるシステムを提案する．本提案システムの構成を図2に示す．提案システムは，文字や記号等のない画像データが有する特徴を用いて類似しそうな画像を，クラスタ定義テーブルに基づいてまとめクラスタ化を行なう．このクラスタ化により増大する画像データの数を少数のグループに置き換えることで検索時間を短くする方法を実現する．具体的には基本となる生画像に対しフィルタリング処理を行い，さらにエッジ加工した加工画像データを管理サーバのデータベースに登録すると同時にクラ

スタ情報を作成する．加工画像データは登録したときに，そのタイミングで加工画像データ，クラスタ定義テーブルおよびクラスタ情報を管理サーバから現場コントローラにダウンロードされる．

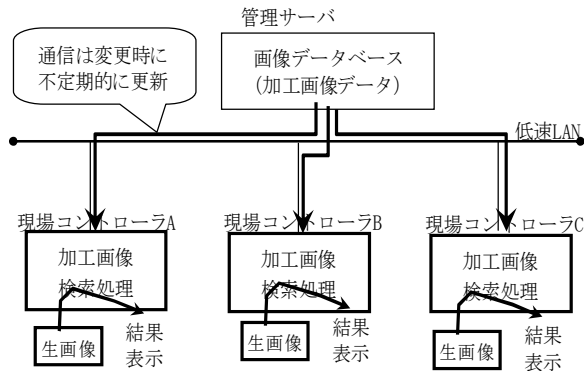


図 2 提案システムの構成

現場コントローラ側では，現場にて取得した画像に対しフィルタリング処理してエッジ検出を行なう．エッジを検出した加工画像データの特徴情報を管理サーバにて定義されたクラスタ定義テーブルからクラスタを定める．そのクラスタを用いて，クラスタ情報からそのクラスタにて含まれる加工画像データをベースから選び出す．そこで選び出された加工画像データと現場で取得した加工画像データを類似検索して，該当した画像を選び出す．この選ばれた画像に関する名称や保守管理情報を得ること可能となる．

本研究の対象とする現場環境は現場コントローラの処理性能とネットワークの伝送性能は低い環境を仮定する．例えば現場コントローラは，CPU の性能規模が 16 ビットプロセッサ，64MB の主メモリを搭載したシステムを想定する．また管理サーバと現場コントローラ間は 10Mbps の低速 LAN とする．

4. 特徴情報におけるクラスタ作成

4.1 特徴情報の抽出

本提案システムでは，文字や記号等のない生画像を直接検索するに代わり，画像が有する特徴情報を自動的にクラスタ化することで検索時間の短縮を可能とする．特に現場のコントローラで実現するには，従来の検索手法[3],[4]とは異なる検索手法を設けることが必要となる．

そのために画像をフィルタリング処理して 2 値化することでエッジを検出する．このエッジ検出により画像内に多数の線画像が発生することを利用して特徴を抽出する．

(1)加工画像のエリア分割

加工画像のエリアを 16 分割化して，エッジが存在するエリアを特徴の 1 つとする．図 3 にエッジの存在情報を用いて特徴化する例を示す．本手法では全エリアを①～⑬のエリアに分割する．例えば，①エリア⇒エッジ線なし，②エリア⇒エッジ線あり，③エリア⇒エッジ線あり，④エリア⇒エッジ線あり・・・⑬エリア⇒エッジ線あり，などである．

①	②	③	④
⑤	⑥	⑦	⑧
⑨	⑩	⑪	⑫
⑬	⑭	⑮	⑯

図 3 エッジ情報の 16 エリア分割

(2) 加工画像のエッジ形状抽出

前記にてエリアを 16 に分割した加工画像において，エリア別にエッジの形を直線，円弧，カギ角に対応づける．そして各対応づいた形状の長さとしきの数を 2 番目の特徴とする．各エリアのエッジ形状について表 1 に示す．

表 1 エッジ形状の属性

NO.	形状	エリア情報	エッジの属性
1	直線	長さ	長い(11以上), 中(8~10), 短い(5~7)
		傾き	水平, 垂直, 右上がり, 左上がり
2	円弧	長さ	長い(11以上), 中(8~10), 短い(5~7)
		弧の内側向き	上弧, 下弧, 右弧, 左弧
3	カギ形	大きさ	大(5x5以上), 中(4x4), 小(3x3)
		角の内側向き	右上, 右下, 左上, 左下

(3)加工画像の圧縮

前記と同様に 16 エリアに分割されたエッジ情報を有する加工画像において，エッジ情報の圧縮処理を行なうと，圧縮された加工画像には圧縮バイトとその数をカウントすることができる．この圧縮バイトの種類とその数を抽出し 3 番目の特徴とする．本圧縮では，圧縮 1 バイトが x 個，圧縮 2 バイトが y 個，圧縮 3 バイトが z 個等を集計することで特徴情報とする．

(4)加工画像と特徴情報の関係

前記の特徴情報は，登録されたすべての加工画像に有している．同時に加工画像には該当製品や部品の保守管理情報を既知情報として有する．

図 4 に 1 つの加工画像に対する特徴の関係を示す．

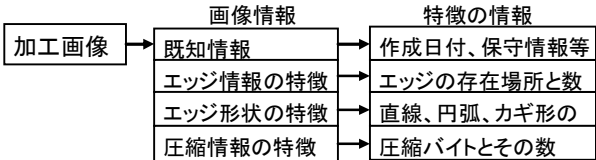


図 4 加工画像と特徴情報の関係

以上の定義により，画像データが特徴情報を有する加工画像データに変換される．

4.2 特徴情報によるクラスタの作成

各加工画像にて抽出した特徴情報を組み合わせることにより，加工画像の全エリアを対象に類似検索しなくても代表的な情報，すなわちクラスタ情報による検索にて対象の加工画像を絞り込むことができる．クラスタに複数の加工画像を含めることにより全件検索から少数検索に切り替えることができる．

(1) クラスタ定義

上記の図 3 に示す 16 分割の加工画像に対し、各エリア別に特徴の属性についてエッジの長さや向きを調べる。そして各属性において合計を集計する。この合計値の算出は、対象となる全加工画像に対して実施する。この合計値を用いてクラスタを A～Z に属するように定義する。クラスタの定義テーブルを表 2 に示す。

表 2 クラスタの定義テーブル

No	属性(個数)	エリアの分割					合計
		1	～	16			
1	直線	長さ	$\alpha 11$	～	$\alpha 116$		$\alpha 1$
2		傾き	$\alpha 21$	～	$\alpha 216$		$\alpha 2$
3	円弧	長さ	$\alpha 31$	～	$\alpha 316$		$\alpha 3$
4		弧の内側向き	$\alpha 41$	～	$\alpha 416$		$\alpha 4$
5	カギ形	大きさ	$\alpha 51$	～	$\alpha 516$		$\alpha 5$
6		角の内側向き	$\alpha 61$	～	$\alpha 616$		$\alpha 6$
7	圧縮	圧縮バイト	$\alpha 71$	～	$\alpha 716$		$\alpha 7$

(注記: α , β はすべて数値データ)

クラスタ		
A	～	Z
$\beta 1a$	～	$\beta 1z$
$\beta 2a$	～	$\beta 2z$
$\beta 3a$	～	$\beta 3z$
$\beta 4a$	～	$\beta 4z$
$\beta 5a$	～	$\beta 5z$
$\beta 6a$	～	$\beta 6z$
$\beta 7a$	～	$\beta 7z$

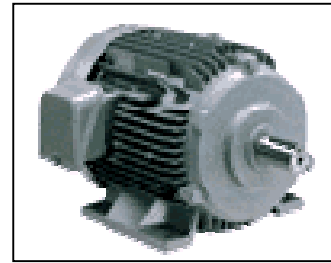


図 6 可変速モータのサンプル

(出展元: ㈱日立製作所可変速モータ)

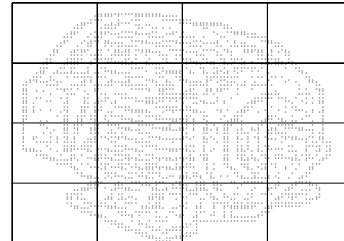


図 7 サンプルの 16 エリア分割

(横 100 ピクセル, 縦 80 ピクセル)

但しクラスタ毎の境界は、各クラスタ間で重複しないように各クラスタ間の範囲を規制する。また 1 クラスタ当りの加工画像数が多くなると最終的に類似検索での検索時間が長くなる。よって 1 クラスタ当りの加工画像数は、システム全体の処理能力に左右されるので、現場の業務経過から経験的に定められる。なお 1 クラスタにおいて加工画像の登録数が基準を超える場合は、クラスタの範囲を再分割することで対応する。

(2) クラスタ情報と加工画像の関係

各クラスタには、定義テーブルにより分類される。分類したクラスタには、ある一定の範囲を持たせることにより複数の加工画像が含まれるようになる。クラスタ情報と加工画像の関係を図 5 に示す。

例えば、図 5 の場合クラスタ情報にあるクラスタ A には、加工画像データベースの画像群にある加工画像 b, f, s, y, z が含まれる。

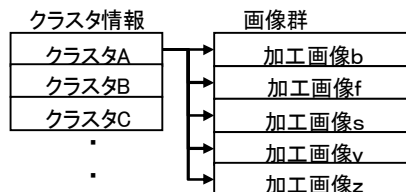


図 5 クラスタ情報と加工画像群の関係

5. 提案の検討

提案の現場パーツにおける画像検索では、画像が有する特徴を抽出しクラスタ化することにより、本目的が達成するかどうかを検討する。

5.1 サンプル画像によるクラスタ作成の検証

(1) サンプルの 16 エリア分割

本提案を検証するために可変速モータのサンプルを図 6 に示す。対象画像に対しエッジ処理してビットマップ化してエリアを 16 に分割する。サンプルのビットマップに対し 16 エリアに分割して例を図 7 に示す。

(2) エッジ形状および圧縮情報の作成

図 7 の 16 のエリア分割のサンプルを用いて、表 2 クラスタ定義テーブルの左側を作成する。表 2 の左側の表には、各位エリア別にエッジ形状および圧縮の数を記入する。図 7 のサンプルを表 2 左側の表に個数を記入した例を表 3 に示す。

表 3 サンプルのエッジ形状および圧縮情報の例

			エリアの分割					合計
No	属性(個数)		1	2	3	～	16	
1	直線	長さ	0	3	0	～	0	14
2		傾き	0	3	0	～	0	14
3	円弧	長さ	2	2	6	～	1	38
4		弧の内側向き	2	2	6	～	1	38
5	カギ形	大きさ	0	0	0	～	0	15
6		角の内側向き	0	0	0	～	0	15
7	圧縮	圧縮バイト	25	43	26	～	17	604

表 3 は複数の属性に対し、16 のエリアに分割して得た特徴の属性数を記入する。この属性数をエリア毎に作成することにより画像の特徴を引き出せるようになる。

(3) クラスタ作成

クラスタは、数万の画像データから作成される。前記の表 3 で得た特徴情報はクラスタ情報の 1 情報となる。クラスタ情報の具体的な内容の検討には、より多くの画像データが必要となる。

5.2 クラスタ化によって期待される効果

各現場の現場コントローラに画像の特徴をクラスタ化したデータを配置することにより、下記の効果が期待される。

(1) 現場コントローラは加工画像データ、クラスタ定義テーブルおよびクラスタ情報を配置することによりメモリを節約できるため、小規模処理装置でも実現性が可能となる。

- (2)現場コントローラでは最初クラスタ情報による検索を行ない、次に該当クラスタにより必要な加工画像のみに限定して類似検索を行なうことで、検索時間の短縮が期待される。
- (3)クラスタは新たに画像を追加するときに、各クラスタに属する画像数を再編集することにより類似検索の回数を一定に調整される。そのために大規模なシステムになっても一定の検索時間に抑えることができる効果が期待される。

5.3 運用において期待される効果

各現場のコントローラにて画像検索を可能とすることにより、運用において下記の効果が期待される。

- (1)文字や記号等のない製品や部品に対して画像から直接的に該当パーツ名と保守情報(修理履歴,仕様)を知ること、従来の目視で画像を探して保守情報を得る方法より作業時間を短縮できることが期待される。
- (2)現場毎に本提案の画像検索を導入することにより作業効率を向上させるだけではなく、将来の技術者不足対策の1つになると期待される。

5.4 提案の応用

本提案における画像データの特徴を用いてクラスタ化する検索は、製造やサービスの現場だけではなく他の分野にも数多く応用することが可能であると考えられる。例えば画像処理に基づく生体認証技術を用いるセキュリティ分野において、数万人の規模を対象とする大規模入退管理に対し、生体の認証に時間がかかる場合でも、認証時間を短縮することが見込まれる。

6. まとめ

本稿では、製造やサービスの現場コントローラを用いて文字や記号等のない画像データを検索する際、直接画像の逐次類似検索を行わずに画像の特徴情報を抽出してクラスタ化することで、画像検索の短縮を実現する方法を試みた。

特に管理サーバのデータベースに登録された画像データと現場で取得した画像データが類似していることを前提に論じてきたが、製造やサービスの現場で取得する画像は撮影位置や距離により変わることが多いために、今後は、特徴情報の最適な設定を検討し、クラスタ情報の収集、クラスタ化を行なう方法の具体化、画像のサイズを一定に取得することについて研究を行なう。さらに提案システムを作成して性能評価を行なう。

参 考 文 献

- [1] J. R. Smith and S.-F. Chang, "VisualSEEK: A Fully Automated Content-Based Image Query System," ACM Multimedia, pp. 87-98, 1996.
- [2] J. Z. Wang, "SIMPLIcity: A region-based image retrieval system for picture libraries and biomedical image databases," Proc. of ACM Multimedia Conference, 2000.
- [3] 久保正明, ザヘルアグバリ, 牧之内顕文, "ウェーブレットとSOMを用いたエッジ特徴による類似画像検索システムの開発", 電子情報通信学会, 第13回データ工学ワークショップ DEWS2002, B1-3, 2003.
- [4] 廣池 敦, 秋良 直人, "日立製作所, 数百万件の画像データベースから類似した画像を1秒以内に検索できる技術を開発," 電子情報通信学会誌, ニュース解説, Vol. 90, No. 11, pp. 1004-1004, Nov. 2007.
- [5] 福井佳紀, 小西修, "画像クラスタリングによる類似検索システム," 電子情報通信学会, データベース, B1-3, 2003.
- [6] 鷲澤 輝芳, 矢田 徹, 安田 靖彦, "画像データベース類似検索におけるk最近傍探索の高速計算アルゴリズム," NII Journal, No. 2, pp. 27-37, March 2001.
- [7] 木村昭悟, 川西隆仁, 大塚和弘, 柏野邦夫, "重み付き特徴点に基づく高速画像検索," 電子情報通信学会, 技術研究報告, Vol. 105, No. 11, pp. 7-12, Sept. 2005.
- [8] 横山 貴紀, 渡辺 俊典, "フラクタル画像圧縮を用いた類似画像検索システム-圧縮符号データベースを対象とした画像の検索手法について," 画像ラボ, Vol. 14, No. 3, pp. 17-20, March 2003.