

腕金の再利用可能性を自動判定するシステム

## 画像による腕金の再利用判定

熟練者の識別能力を基にした自動判定システムを開発

自動判定システムの必要性

自動判定システムの開発

誰にでも高精度な判定が可能

ひとこと システム技術研究所 情報システム領域 特別契約研究員 山名 美智子

# 自動判定システムの必要性

電気事業では、資材や機器の再利用に積極的に取り組んでいます。その一環として、配電線に使われている腕金の再利用が行われています。再利用を行う際には判定が必要となりますが、この判定は、判定見本である腕金錆色写真を基準として、現場の担当者により行われています。しかしこの判定は、担当者の色に対する感じ方の違いなどにより、バラツキが生じ、本来は再利用可能な機材が廃棄される懸念があります。

一方、最近の情報技術の発展は、安価で解像度の高いデジタルカメラを生み、大量の設備・機器画像データを収集しやすくしました。また、新しいパターン識別手法の開発は、人間と同程度に高い精度での識別をパソコンで可能にし、パソコンでの判定支援が現実味を帯びてきています。

電力中央研究所では、中部電力と共同で、腕金の錆の画像に精度の高いパターン識別手法を適用した腕金再利用判定方法について研究開発を進めた結果、再利用判定を行うプロトタイプシステムの開発に成功し、フィールドテストで良好な結果を得ました。

## 腕金の再利用判定

従来、錆の生じた腕金は、回収後、地域の拠点ごとに集められ、担当者の目視により「再利用」、「廃棄」が判定されています。

これらの判定には、腕金に発生した錆の色と錆の進行程度との分析結果に基づいて作成された判定見本（例えば中部電力の場合には、10段階の判定見本を使用）を用いています。

しかし、担当者が異なると、色に対する感じ方の違いや光の当たり具合で判定にばらつきができ、再利用時の安全性・信頼性をそこなわれないようにするために、「廃棄」の判定が多くなります。

また、現在、廃棄の分類に入れられているものでも、再度メッキを施すことにより、再利用できる可能性もあり、判定のバラツキのない再利用判定システムの開発が望まれています。

## 自動判定システムの構成

担当者による判定のバラツキを解消するために、パソコンを用いた自動判定システムの研究開発を進めました。システムは、腕金の錆を撮影するデジタルカメラと判定処理を行うパソコンで構成されています。

デジタルカメラは、撮影条件を一定に保つため、フードと光源の付いたものを採用しています。表紙の上段写真がプロトタイプシステムの一式です。

また、熟練者と同程度の高い判定精度を実現するため、判定処理には、最新のパターン識別手法（SVM）を採用しています。この方法は、識別基準を作るために与えられた「再利用」、「廃棄」の画像から、最も「再利用」、「廃棄」の識別が難しい画像を自動的に選び、その画像に基づいて識別基準を決めます。

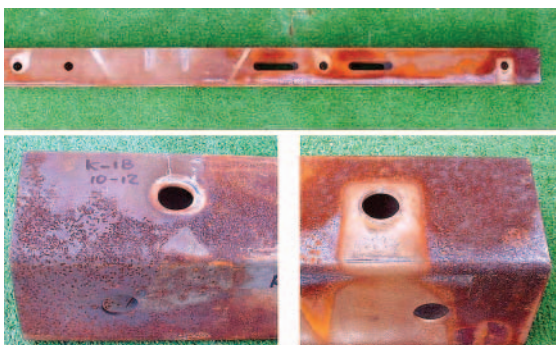


図 廃棄される腕金の例



図 めっき後再利用する腕金の例

# 自動判定システムの開発

## 画像による自動判定

開発した自動判定ソフトウェアは、画像を画素ごとの色情報の数値データ群としてパソコン上で取り扱います。自動判定ソフトウェアによる処理は2段階で行われます。

第1段階は、錆画像とそれに対する熟練判定者の判定結果が対になった多数データに基づき、ソフトウェアが識別基準を作成する（データを学習する）工程です。

第2段階は、実際に判定を実行する工程です。再利用判定を行う腕金の錆を撮影した画像から色情報の数値データ群を算出して、その値を識別基準と照合し、判定を行います。第1の工程で識別基準を一度作成すれば、他のパソコンにこの基準を移植することで同一基準に基づくバラツキない判定が自動的に行えます。

## 熟練者に迫る識別能力

識別基準を自動的に作る方法はこれまでにさまざまな手法が考案されてきました。新しい識別手法（SVM）では、専門家の判断と同程度の正確な判断を下すことができます。それは、与えられた「再利用」と「廃棄」の画像の特徴をもとに、もっとも判断の難しい画像を自動的に選んで、識別する基準を作るからです。

熟練者による判定を終えた錆画像データを731セット（「再利用」：183、「廃棄」：548）用意し、評価をしました。ランダムに約8割のデータを学習に使い、得られた識別能力を残りのデータでチェックしました。その評価を繰り返した結果、正解率は、99%に達しました。間違えたデータは熟練者でも判定に迷う極めて難しいデータであり、この判定法による誤り率は担当者の違いによるバラツキよりも小さいものです。

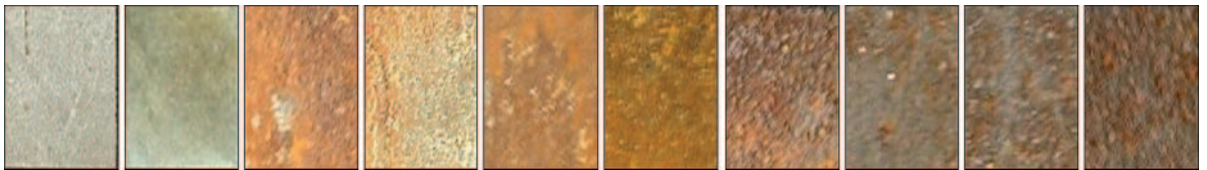


図 10段階の判定用見本

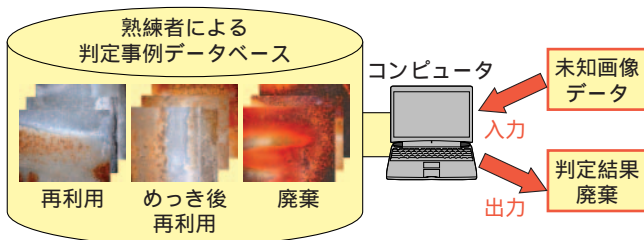


図 画像データに基づく自動判定システム

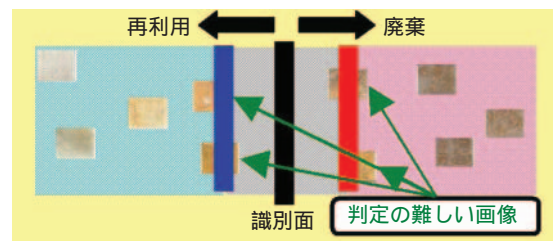


図 判定の難しい画像を基に識別基準を作る

## 誰にでも高精度な判定が可能

### めっき後再利用品への対応

廃棄に分類された腕金のうち、錆の程度が軽いものは、再めっきをして再利用することが可能です。

前と同じ画像データを、熟練者の判断で3分類（「再利用」：183、「めっき後再利用」：281、「廃棄」：267）し、前述と同様のテストを行いました。その結果、正解率は97%でした。この手法による個別画像の識別精度は高く、この場合も担当者の判断よりもバラツキは少なくなります。テストの結果から、画像の自動判定が利用できることが分かりました。

再利用判定は、腕金の中で最も錆の進行が激しい部分の錆色で判定が行われます。しかし、実際には一本の腕金から最も錆の進行が激しい部分を見つけることは難しいため、判定システムでは、錆の進行が激しそうな数箇所（最大5箇所）を撮影し、その画像の中の最悪の判定結果に基づき、「再利用」、「めっき後再利用」、「廃棄」の最終判定を行います。

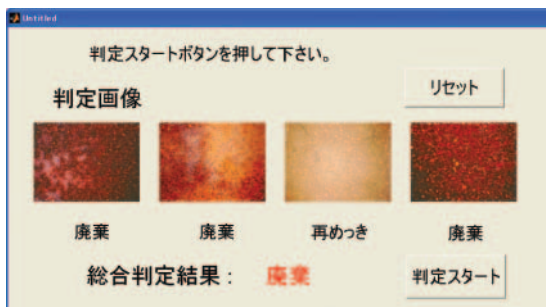


図 プロトタイプによる判定結果の例

### フィールドテスト結果

表紙写真の自動判定プロトタイプシステムを用いて、約30本の腕金の判定を現場担当者が行ったところ、判定結果は熟練者と一致しました。実際に本システムを使った現場担当者へのインタビューでは、どこでも誰でも同じ高精度で判定でき、判定という精神的なストレスから開放されるというよい反応がある反面、レンズフードの形状とコンパクト化をしてほしい、との改善を要する点の指摘などがありました。

これらの結果から、プロトタイプの方式で、腕金再利用判定の支援が可能であることが確認できました。今後は、担当者にとって使いやすい型に改良することで、実用化を目指します。

### ひとこと



システム技術研究所  
情報システム領域  
特別契約研究員

山名 美智子

電力事業では、資源の有効利用と環境への影響低減を目指して、資源や機器の再利用に積極的に取り組んでいます。ここで紹介した腕金錆画像による再利用判定手法についても、資材や機器の再利用の一環として研究開発してきました。本手法は、設備診断時の専門家の感覚に基づく判断を保存、再現するのに有効な方法であると考えられます。画像情報に限らず、音情報やセンサ情報などに基づいて、専門家が感覚的に判断しているような場合にも、紹介した手法が広く適用されることを期待しています。

### 既刊「電中研ニュース」ご案内

No.422 広範囲な海の流れを陸上から把握

No.421 電力自由化に伴う家庭の電力会社選択

No.420 CRIEPIのうごき 2006.1冬

No.419 強風から送電用鉄塔を守る