

# イメージ差分抽出技術

## Image Difference Extraction Technology

---

### 要 旨

---

製造、土木・建築などの設計・開発業務における図面改訂時の検図作業や、マニュアル・パンフレットなどの文書作成・印刷における校正作業では、改訂前後の図面や文書同士を比較し、その変更箇所を抽出する必要があるが、業務効率向上のために、正確に（漏れ無く）かつ短時間に抽出することが求められる。

そこで、紙原稿をスキャンさせ、画像同士を比較することにより、差異箇所を抽出することが考えられる。しかし、自動原稿送り装置（オートドキュメントフィーダー）を用いて紙原稿をスキャンさせると、原稿ごとに傾きや左右上下斜め方向への位置のズレが生じる。そのため、二つのスキャン画像同士を比較する際には、スキャン時に発生する位置ズレを事前に補正しておく必要がある。さらに、複合機や普及型スキャナーなど、特性の異なるスキャナーに共通して対応できる処理が必要である。

本稿では、スキャン画像に対して、その差異箇所を抽出することができる、イメージ差分抽出技術について紹介する。

---

### Abstract

---

Comparing revised documents or drawings with the older versions to quickly and accurately extract changes is crucial in enhancing efficiency in the checking process for drawings revised in design and development work involved in manufacturing, construction & architecture, and in proofreading newly created or printed manuals and brochures.

To realize the above, paper documents should be scanned and images compared to extract differences. However, skews and positional shifts in all directions occur when using an Auto Document Feeder to scan paper documents. Therefore, a function is needed to correct the problem prior to scanning, and must be applicable to all commercially available devices.

This report introduces an image difference extraction technology that enables the precise extraction of differences in scanned images.

執筆者

小山 俊哉 (Toshiya Koyama)  
足利 英昭 (Hideaki Ashikaga)

## 1. 緒言

製造業や土木・建築業などの設計・開発業務では、設計者・開発者が図面を作成するが、かなりの頻度で、また場合によっては、同一図面に対して複数回の設計変更が発生する。

設計変更が発生した場合、図面の改訂を行なうが、改訂後、意図した通り図面が改訂されているか、また逆に、意図していない不用意な変更が行なわれていないかを確認する目的で、検図を行なう。

この検図作業においては、改訂前後の図面の比較を行なうが、

- 目視でチェックを行なうため、検図工数に多大な時間がかかる。
- 変更箇所を見逃してしまった場合、手戻りの発生や後工程のストップ、不良品の発生に繋がる。
- チェックする枚数が多くなると、作業効率落ち、またミス発生率が増加する。

などの課題がある。そのため、自動で差異箇所を検知する技術・システムが求められており、これに応えるため複数の提案がされている。<sup>1) 2) 3)</sup>

また、図面に限らず、説明書やマニュアル、パンフレットなどの文書作成・印刷における校正作業においても、同様のニーズがある。

以下の章で紹介するイメージ差分抽出技術は、差異箇所を簡単に抽出できることで、お客様の現場課題・経営課題の解決につながる、お客様に価値提供できる技術であると考え、開発を進めている。

## 2. イメージ差分抽出処理構成

紙にプリントされた図面・文書・帳票などを対象に、改訂前・改訂後の2枚の原稿をスキャンした画像を入力として、その改訂箇所を抽出・表示する、イメージ差分抽出処理のプロトタイプシステムを構築した(図1)。

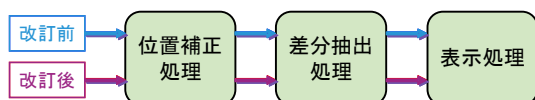


図1. イメージ差分抽出処理構成  
Processing composition of Image Difference Extraction

### 2.1 位置補正処理

まず始めに『位置補正処理』において、改訂前の画像を基準として、改訂後の画像の傾きや位置ズレを補正し、位置を合わせる処理を行なう。『位置補正処理』の詳細については、後述する。

### 2.2 差分抽出処理

続いて『差分抽出処理』において、改訂前の画像に対して、改訂後の画像で追加されたパーツ(文字や線分など)および、削除されたパーツを抽出する。追記パーツを抽出するため、改訂後画像から改訂前画像を減算する。その際、微小な位置歪みを補正するため、1画素から数画素程度、改訂前画像を膨張させ、改訂後画像から減算することにより、追記パーツのみを抽出している。

また逆に、改訂前画像から、1画素から数画素程度膨張させた改訂後画像を減算することにより、削除パーツを抽出する。

### 2.3 表示処理

最後に『表示処理』において、前記追加されたパーツと削除されたパーツをそれぞれ識別できるように、色を異ならせる。図2に示すとおり、追加されたパーツおよび削除されたパーツを、それぞれ色を異ならせて表示するとともに、追加・削除領域が微小な場合に人の目が見逃してしまうことを避けるため、追加・削除領域を異なる色で枠付けをして、表示している。

表示色や線幅などは、使用者の好みや視認性を高めるため、自由に設定変更することが可能となっている。

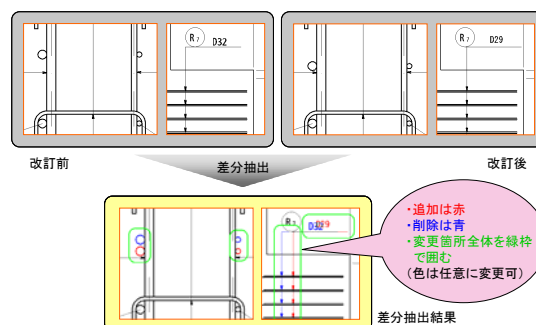


図2. イメージ差分抽出結果  
Result of Image Difference Extraction

### 3. 技術課題

このように構成したプロトタイプシステムを自社製・他社製を問わず複数のスキャナーで評価したところ、安定して良好に差分抽出が可能なスキャナーがある一方で、スキャンして処理する度に結果が変わる（成功したり失敗したりする）不安定なスキャナーもあることが分かった。

図3に図面に適用した場合の成功例を、図4に失敗例を示す。失敗例（図4）では差の無い部分も赤や青に着色されており、誤認識を起している。

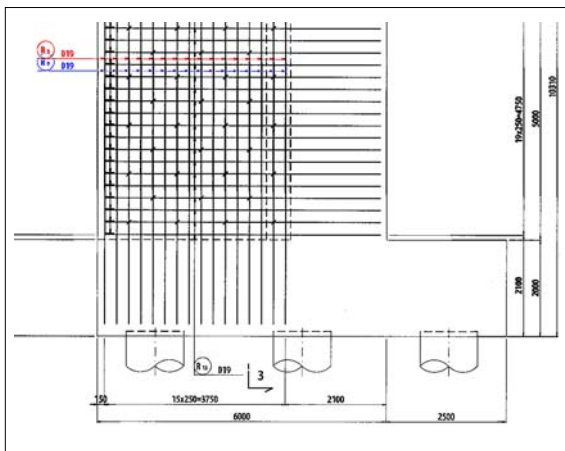


図3. 成功例  
Success example

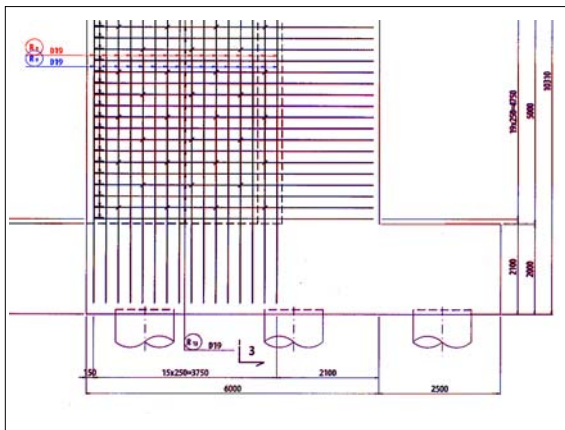


図4. 失敗例  
Failure example

原因を分析したところ、

- ①位置補正処理後の画像に位置ズレが残っていると前述のような失敗を起こす。
- ②処理結果が不安定なスキャナーは、スキャン画像が局所的に伸び縮みしてしまう現象（以下、局所歪み）が大きい。

の2点分かった。

位置補正処理は、二つの画像から対応するオブジェクトを抽出して基準点とし、この基準点の位置が重なるように一方の画像を補正するものであり、本処理の良し悪しを決めるポイントは、如何に2画像の位置ズレ量を正確に測定するかである。

ところが前述の通り、局所歪みが大きいスキャナーでは基準点の位置が正確に測定できず、結果として位置補正できないことが分かった。

そこで本研究では、基準点の位置測定が正確にできないときでも、画像全体の位置ズレを正確に測定し、位置補正を可能とする手法を開発することを課題とした。

### 4. 位置補正処理

#### 4.1 位置補正処理の従来技術

位置ズレ量を正確に測定する分野の従来技術として、基準点に何をを使うかについて多様な提案がなされている。

所定の位置に所定の位置合せマークを付与するもの<sup>4)</sup>、原稿中の特徴的な記号や文字を使うもの<sup>5)</sup>、OCRを使い文字を抽出し文字列並びの類似性で対応付けるもの<sup>6)</sup>、表領域・テキスト領域・タイトル領域などの属性が一致する領域を基準とするもの<sup>7)</sup>、共通する罫線を抽出して基準とするもの<sup>8)</sup>などがある。

また、対応付けの誤りを防ぐ方法について、パターンマッチングを利用するもの<sup>9)</sup>、補正を繰り返し粗調・微調のステップを設けるもの<sup>10)</sup>なども提案されている。

しかし従来技術には、本研究と同様の課題を取り上げ、改善を行なった事例はない。

#### 4.2 基準点位置測定に影響する要因1

スキャン画像には、画像全体がずれる位置ズレと、画像が局所的に伸び縮みする局所歪みの2種類がある。

前者には、並行移動、回転、拡大縮小の3種類のモードがある。これらが本処理の補正対象であり、ズレ量を正確に測定することが本処理の課題であることは既に述べた。

一方後者は、ずれモードは拡大縮小の1種類

だが、発生原因は次の3種類ある。

- ① スキャンする紙原稿の伸び縮み
- ② スキャンセンサーの移動速度のゆらぎ（センサーが固定され紙原稿が一定速度で移動するタイプのスキャナーでは、紙原稿の移動速度のゆらぎ）によるスキャン画像の伸び縮み
- ③ スキャンセンサー光学系の振動による像（スキャン画像）の伸び縮み

これらの要因で発生する局所歪みは、一つの画像の中でも場所によって伸縮の状況（ズレの量や方向）が異なり、スキャンする度にその様子に変化する。これが基準点位置測定の精度を悪化させる最大の要因である。

#### 4.3 基準点位置測定に影響する要因 2

スキャン画像には、画像のかすれなどの濃度変動が発生する場合がある。スキャン画像を処理対象とする場合、この濃度変動から受ける影響は無視できず、基準点の位置測定誤差を悪化させる。

#### 4.4 仮説

本研究では当初、原稿の四隅に近いところから特徴的な文字を抽出し、これを基準点としていた。ところが局所歪みが大きいスキャナーでは、四隅から抽出した文字の位置が画像の歪み分だけずれて測定される。たまたま4文字とも同じ方向にずれて測定されると言ったことも頻繁に起こり、位置補正が不安定になる状況を引き起こしていると推測した。

基準点位置測定に影響する要因を次の二つに分類した。

- 誤差の方向と量がランダムなもの（要因 1-①③、要因 2）
- 誤差の方向はセンサー移動方向に限定されるが、量は周期性があり平均すると相殺が可能なもの（要因 1-②）

その結果、基準点位置測定に影響する要因を根本的に除去することはできないが、補正に用いる基準点の数を増やすことで画像全体の位置ズレ測定精度を向上することはできるとの仮説を立てた。

#### 4.5 検証

図5は、基準点の数（横軸）と位置ズレ測定精度（縦軸）の関係を示している。スキャン解像度 200dpi で局所歪み（要因 1）が  $p$  であるスキャナーを用い、基準点の数を増やしながらかと位置ズレ測定を繰り返したときの精度をプロットした。ただし、位置ズレ測定精度（縦軸）は、測定したズレ量で画像を補正したとして2画像に残るズレに変換しプロットしている。

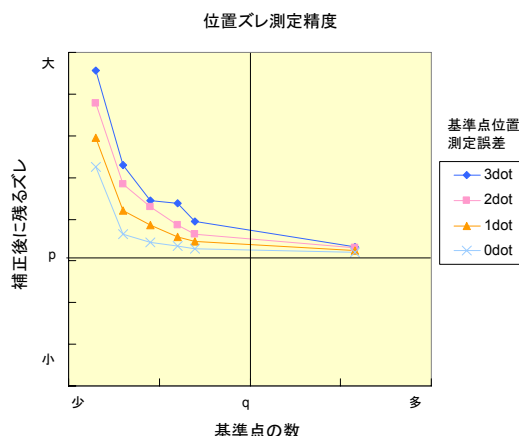


図5. 位置ズレ測定精度  
Measurement accuracy

基準点の位置測定誤差（要因 2）として、0ドットから3ドットまでのランダムノイズを入れたところ（図5の4本のグラフ）、どのケースも補正後に残るズレ量は基準点が増えるに従って減少し、 $q$  を超えるとほぼ  $p$  に収束している。これは局所歪み（要因 1）の量と同等であり、本処理の補正対象である画像全体の位置ズレ（4.2章参照）が精度良く補正できることを示しており、位置ズレ測定精度が向上していることを裏付けている。

次に、基準点位置測定誤差の大小に着目すると、誤差が大きくなると位置ズレ測定精度も低下しているが、基準点の数が増加するに従ってその低下量は減少し、更に増加するとほぼ0に収束する。これは、基準点の数を増やすことで基準点位置測定誤差によらず良好に位置ズレを測定できることを示している。

以上の通り検証した仮説に基づき、当初は4個としていた基準点（原稿四隅）を、 $q$  以上確保することとした。

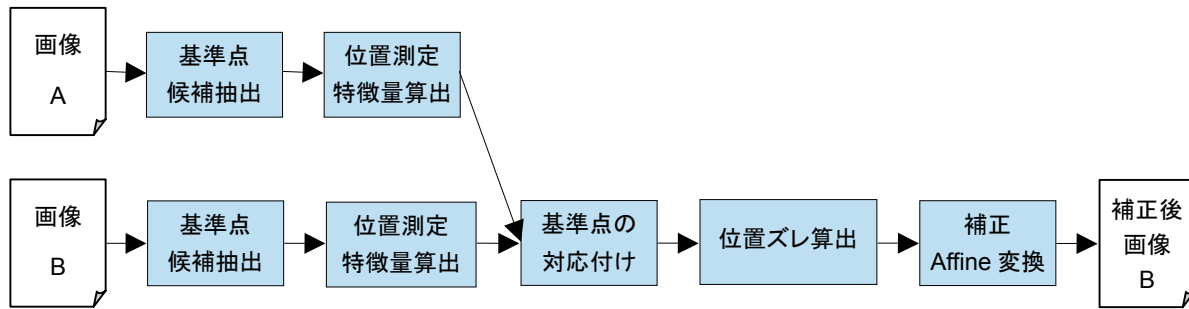


図 6. 位置補正処理の構成  
Constitution of alinement processing

#### 4.6 位置補正処理の構成

以上の検証結果を受け、本処理の構成を、基準点を出来るだけ多く確保できるように見直した。見直し後の構成を図 6 に示す。

2 画像 (A と B) から基準点の候補を抽出しその位置を検出すると同時に特徴量を算出する。この特徴量を基に双方の基準点を対応付けした後、位置ズレを算出し、それに従い一方の画像を補正する。

以下、個々の処理について説明する。

##### 4.6.1 基準点候補抽出

入力画像から文字または文字を構成するオブジェクトを抽出し、これを基準点候補とする処理である。

基準点が  $q$  以上必要であることは既に述べた。ここで基準点として文字を選択したのは、イメージ差分抽出技術が対象とする原稿 (図面、文書、帳票など) には、常に文字が含まれているためである。

位置合わせマークを原稿に付与し、このマークが重なるように補正する方法も一般的であるが、位置合わせマークを大量に付与するのは現実的では無いため、前述のような文字を利用する方法を選択した。

具体的には、入力画像にラベリング処理を行ない黒画素のオブジェクトを抽出、各オブジェクトの外接矩形を求め、その大きさが文字またはそれを構成するオブジェクトと思われる大きさのものを再抽出する。ここでは、正確に文字のみを抽出する必要はないため、このような簡便な処理が可能である。

##### 4.6.2 位置測定、特徴量算出

基準点候補からその位置と所定の特徴量を算出する処理である。

オブジェクトの位置は、黒画素の濃度重心とする。また所定の特徴量とは、オブジェクトの大きさ (縦/横) と黒画素数である。

##### 4.6.3 基準点の対応付け

画像 A に含まれる基準点候補それぞれに、その基準点近くにある画像 B の基準点候補の内、特徴量の類似性が最も高いものを対応付ける処理である。

具体的には、基準点候補同士で大きさと黒画素数が近似しているものが対応付けられる。

なお、間違った対応付けを防ぐために、対応付けられた基準点ペアのうち、周りのものと相対位置が大きくかけ離れているものは除外する処理を後処理として付加している。

##### 4.6.4 位置ズレ算出

対応付けられた基準点ペアの位置情報を基に、画像全体の位置ズレを算出する処理である。

画像全体がずれる位置ズレは並行移動、回転、拡大縮小の 3 種類のモードの組み合わせとして表せる。これら 3 モードのズレ量をそれぞれ、並行移動を  $X$  および  $Y$ 、回転を  $\theta$ 、拡大縮小の倍率を  $\beta$  とおくと、画像 A の基準点  $(x_A, y_A)$  とそれに対応する画像 B の基準点  $(x_B, y_B)$  の関係は、

$$x_A = \beta \cos \theta x_B - \beta \sin \theta y_B + X \quad (\text{式 1})$$

$$y_A = \beta \sin \theta x_B + \beta \cos \theta y_B + Y \quad (\text{式 2})$$

と表せる。ここでこの 2 点間の距離を  $r$  とおく

と、2 画像のずれが最小になる条件は  $r^2$  の総和が最小になるときであるから、各位置ズレ量は、

$$\Sigma r^2 = \Sigma((x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2) \quad (\text{式 3})$$

をそれぞれ  $X$ 、 $Y$ 、 $\theta$ 、 $\beta$  で偏微分した値がゼロになる条件から求めることができる。<sup>11)</sup>

#### 4.6.5 補正

こうして求めた位置ズレ量を用い、式 1 および 2 の幾何学変換式に従い画像 B を変換する処理である。

本処理では、幾何学処理としてアフィン変換<sup>12)</sup>を、アフィン変換の際の補間方法としてバイリニア法<sup>12)</sup>を採用した。

#### 4.7 改善結果

以上の通り、位置補正処理を改善し再度評価を行ない、イメージ差分抽出のプロトタイプが正常に動作することを確認した。

### 5. 結言

今回開発した技術を用いたイメージ差分抽出システムは、社内言行一致活動として複数の開発部門に展開し、実際の設計・開発業務の中で、既に利用を開始している。

今後は、製造・土木・建築など業種の異なるお客様先にトライアル設置をさせていただき、多種多様の図面や文書において検証を重ね、更なる技術精度の向上と、利便性・操作性の良いシステムの構築に反映していくとともに、獲得した技術や知見を元に、早期の商品化を目指す。

### 6. 参考文献

- 1) 布引純史ほか . 新旧地図図面からの差分抽出方法の検討 . 電子情報通信学会総合大会講演論文集 . 情報システム (2), 275, 1997-03-06 (1997)
- 2) 西村伸郎 . 富士ゼロックス(株) . 文書処理装置 . 特開平 5-244387
- 3) 堀川裕文ほか . リコー(株) . 加筆抽出装置、加筆抽出方法、同プログラムおよび

- 記録媒体 . 特開 2004-178002
- 4) 宮原隆洋 . 三菱電機(株) . 図面入力装置 . 特開平 1-226084
  - 5) 玉垣光ほか . シャープ(株) . 画像処理装置 . 特開平 6-164890
  - 6) 高倉裕幸ほか . 富士通(株) . 文書画像結合装置、文書画像結合方法及び文書画像結合プログラムを記録した記録媒体 . 特開 2000-278514
  - 7) 金田北洋 . キヤノン(株) . 画像処理装置及び画像処理方法並びに記憶媒体 . 特開 2002-24838
  - 8) 長谷俊徳 . 日本電気エンジニアリング(株) . プレ印刷除去装置及び方法 . 特開 2002-57873
  - 9) 目黒真一ほか . 日本電信電話(株) . 画像位置ズレ検出方法 . 特開平 1-207881
  - 10) 小杉幸夫ほか . 東京工業大学ほか . 画像変化抽出方法、およびその画像処理プログラム . 特開 2004-280462
  - 11) 片山達嗣ほか . キヤノン(株) . 画像合成装置および方法 . 特開平 9-321972
  - 12) 奥富正敏ほか . デジタル化画像処理 . 東京 . 財団法人画像情報教育振興協会 . 2004 . 383p.

#### 筆者紹介

小山 俊哉  
研究技術開発本部 顧客価値デザインセンターに所属  
Customer Value Design Center, Research & Technology Group

足利 英昭  
研究技術開発本部 顧客価値デザインセンターに所属  
Customer Value Design Center, Research & Technology Group