
スキャナ画像の読取位置ずれ解析手法の開発

The development of analyzing method for scanning jitters in a scanner image

野本 光正* 中重 文宏*

Mitsunasa NOMOTO Fumihiro NAKASHIGE

要 旨

基準パターン原稿を計測対象であるスキャナで読取り、得られた画像データからスキャナの読取位置ずれ及び読取位置ずれの周波数成分を解析する読取位置ずれ計測システムを開発した。読取位置ずれ解析における画像パターンの位置計算において、従来の重心法が高画質に伴う画像信号帯域の変動などにより解析精度が低下する問題を解決するため、隣合う画素間を比較することで読取位置ずれを解析する相対パターンマッチング法を提案した。重心法に比べて、読取位置ずれ以外の画像品質による解析精度の低下も少なく、高画質が進むスキャナの計測にも十分な精度を有する方式であることが検証できた。

ABSTRACT

The measuring system of scanning jitters, which measures horizontal and vertical scanning jitters and their frequencies using a standard chart scanning, is developed. A relative pattern matching method comparing any pixels with neighboring pixels in the image is proposed so as to avoid the some problems caused by degrading an analytic accuracy, such as a signal band shift associated with high quality image in the conventional method of measuring image pattern positions. This method is verified that it can measure scanning jitters with a high degree of accuracy than the conventional method, and withstand fluctuations of factors influencing the image quality except scanning jitter.

* 研究開発本部 生産技術研究所
Manufacturing Technology Research and Development Center
Research and Department Group

1. 背景と目的

コピー機に搭載されているスキャナは、Fig.1に示すよう
なりニアCCDを受光素子として用いたものが一般的である。
このような構成のスキャナにおける画質低下の大きな要因と
しては、照明系と折返しミラーで構成されるキャリッジを副
走査方向に機械的に走査する際の機械的振動があげられる。
この振動による読取位置ずれは、カラー画像の色ずれの原因
となり画像品質を大きく低下させる。

したがって、原稿に忠実な画像信号を生成する高画質な
スキャナを実現するために、振動による読取位置ずれを解析
することは重要な技術課題となっている。

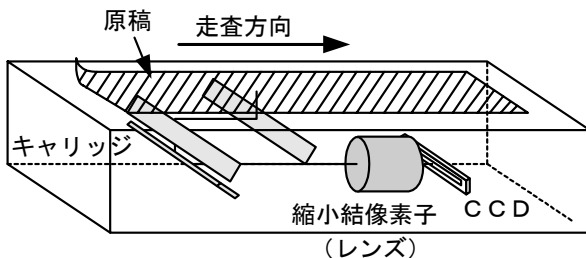


Fig.1 Scanner unit

読取位置ずれの計測法としては、レーザードップラー等
によりキャリッジ速度変動(振動)を計測する方法が知られて
いる。これらの方法は、キャリッジ単体の速度変動(振動)の
計測であり、実際に画質に影響を与える読取位置ずれを直接
計測することはできない。そのため、計測対象であるスキャ
ナが読取った基準原稿の画像データから、重心法により画像
上のパターンの位置を解析し、直接、読取位置ずれを計測す
る方法を開発した。

しかしながら、重心法では、画像信号帯域の変動などに
より、計測誤差が10%以上になることが予測され、高画質化
の進むスキャナの評価への応用は難しいことが予測された。

本報では、1)従来法である重心法による読取位置ずれ解析
の原理と問題点、2)新規に開発した相対パターンマッチング
法による読取位置ずれ解析の原理と特徴、3)今後の高画質化
に必要と思われる誤差3%を目標に、両方式における解析実
験について報告する。

2. 読取位置ずれ計測

2-1 読取位置ずれ計測システム

画像の読取位置ずれ計測システムの概要をFig.2に示す。
本計測システムは、位置ずれ計測用の基準原稿、計測対象と
なるスキャナ及びスキャナの画像信号を解析する画像解析装
置から構成される。基準原稿は、白黒線の一定周期のパター
ンを用い、画像解析装置は、スキャナで読取られた基準原稿
の画像データからパターンの位置を計算する。画像データか
らパターンの位置を算出する方法として、従来法である重心
法と今回開発した相対パターンマッチング法がある。

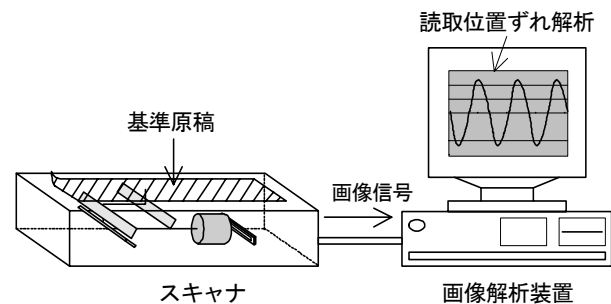


Fig.2 A measuring system of scanning jitter

2-2 重心法による読取位置ずれ解析法

重心法による画像パターンの位置計算法を以下に説明す
る。これは、主走査方向における読取位置ずれを計算する場
合の例である。

- 1) スキャナで読取った画像データから解析領域である
ウィンドウ(主走査方向の画素列)を切出す(Fig.3).
- 2) 切出したウィンドウ内で重心位置を算出する(Fig.4).
- 3) 副走査方向に順次ウィンドウを移動させ(Fig.3)、上記
1)、2)により重心位置を算出する。
- 4) 各重心位置の差分を取り読取位置ずれ量とする。

ウィンドウ内での重心位置算出のフローチャートはFig.5
に示す通りである。

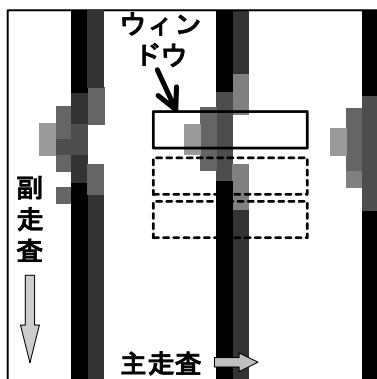


Fig.3 Magnified chart image and window example

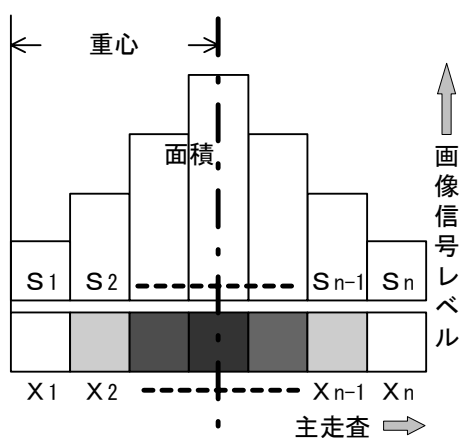


Fig.4 Baycenter of window image

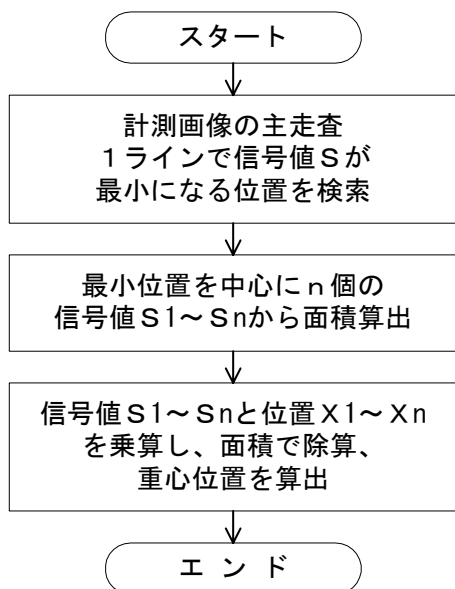


Fig.5 Barycenter calculate flowchart

しかし、重心法は以下のような欠点を有し、高画質化の進むスキャナに対しては十分な精度が得られないことが予測される。

- ①高画質化でゴミ等の画像信号が拡大し、その影響により、重心計算精度が著しく低下
- ②CCD高密度化に伴い光量が減少し、全体的な画像信号レベルが変動することで計算精度が低下
- ③ウィンドウサイズ変更による重心計算の誤差発生

2-3 相対パターンマッチング

今回開発した相対パターンマッチング法による画像パターンの位置計算法を以下に説明する。これは、主走査方向における読取位置ずれを計算する場合の例である。

- 1) スキャナで読取った画像データから、解析領域である副走査方向に隣接した一組の主走査方向の画素列を切出す。
- 2) 一方の画素列の画像信号(パターン)に画像信号が最もマッチングするよう他方の画素列を主走査方向にずらし、その位置を求める。(Fig.6, 7)
- 3) 上記1), 2)を副走査方向に順次適用し、パターンがマッチした際のずらし量より読取位置ずれを算出する。

この相対パターンマッチング法は、以下のような特徴を有し、重心法と比較して高精度であることが予測される。

- 1) 原理的に重心法に比べてゴミの影響が少ない。
- 2) ウィンドウを使用しないためウィンドウサイズに起因する誤差が発生しない。

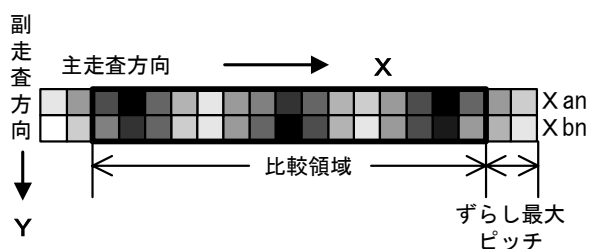


Fig.6 Relative pattern matching model

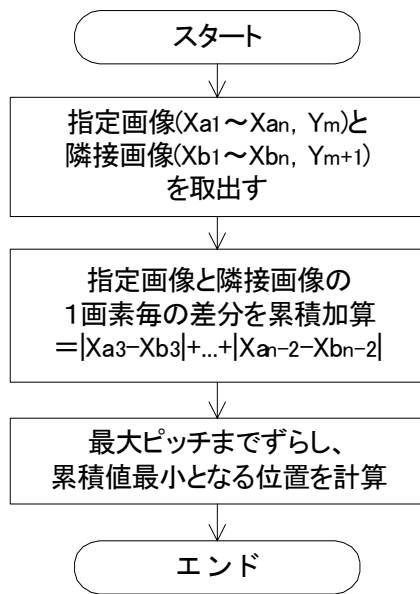


Fig.7 Relative pattern matching flowchart

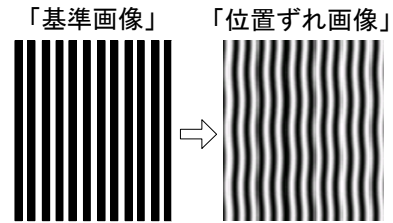


Fig.8 A standard chart image and the image with scanning jitters

<実験結果>

重心法と相対パターンマッチング法による「位置ずれ画像」の解析結果から以下の式により算出した誤差をFig.9に示す。

$$\text{誤差} = \text{解析値} - \text{既知の位置ずれ値 (式1)}$$

また、両手法の誤差の平均と標準偏差をTable 1に示す。相対パターンマッチング法は、重心法と比較して、非常に良い精度で位置ずれの計測が可能であることが確認できた。

3. 重心法との比較実験

本章では3-1において、読取位置ずれのみがある画像での重心法と相対パターンマッチング法との精度比較実験、3-2においてスキヤナの高画質化に伴う画像信号帯域の影響の比較実験について述べる。

3-1 位置ずれ画像による比較実験

読取位置ずれ以外の画像品質要因の影響を除いて両方式の比較するため、以下のような手順で実験をおこなった。

<画像サンプル>

主走査方向読取位置ずれの基準原稿である白黒線パターン(基準画像)に、既知の主走査方向の読取位置ずれを付加したFig.8に示すようなシミュレート画像を生成した。その仕様を以下に示す。

「基準画像」：階調8bit、画像サイズ256×2048画素(主走査×副走査)、線パターン正弦波周期16画素

「位置ずれ画像」：主走査位置ずれ周期72画素、振幅1画素、他の仕様は「基準画像」と同様

<実験手順>

「位置ずれ画像」を用い位置ずれを計測し、既知の位置ずれに対する両方式の誤差を比較する。

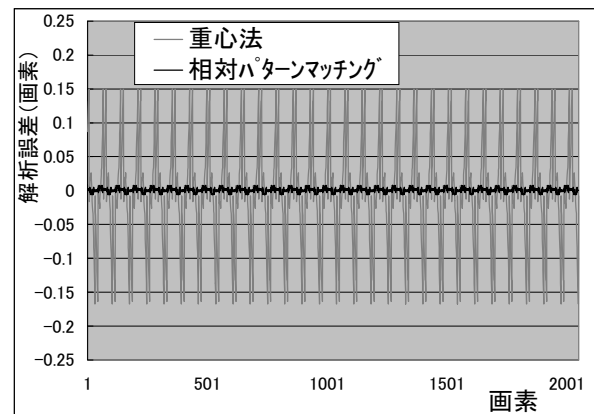


Fig.9 The error between given data and analyzed value of scanning jitter

Table 1 Mean values and standard deviations

	誤差平均	誤差の標準偏差
重心法	-0.005画素	0.077画素
相対パターンマッチング	0.0006画素	0.003画素

3-2 帯域劣化画像による比較実験

高画質化に伴う画像信号帯域の変動が、両手法の解析精度にどの程度影響するか確認するため以下のような手順で実験をおこなった。

<画像サンプル>

Fig.8に示した位置ずれ画像に対し、さらに画像信号帯域を劣化させた。画像信号帯域を8bitから3bitまで1bitずつ劣化させた6つの帯域劣化画像を作成した。その画像の一例をFig.10に示す。

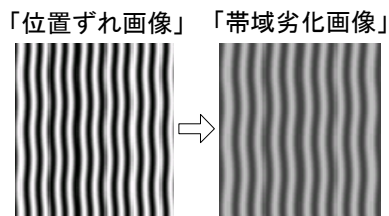


Fig.10 scanning jitter image and signal band degrade image

<実験手順>

両手法による「帯域劣化画像」6つの解析結果から、(式1)により誤差を求め両手法の解析精度を誤差の平均と標準偏差で評価する。

<実験結果>

両手法での各帯域劣化画像における解析誤差の平均と標準偏差をFig.11, Fig.12に示す。重心法では、7bitの帯域劣化で17.7%もの誤差の標準偏差が見られたが、相対パターンマッチング法では、6bitの帯域劣化でも、誤差の標準偏差が1.6%で解析可能であることが確認できた。

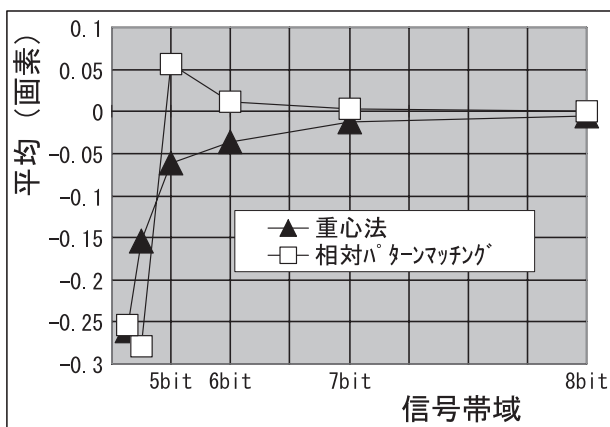


Fig.11 Mean values of analyzing errors under signal band degradation

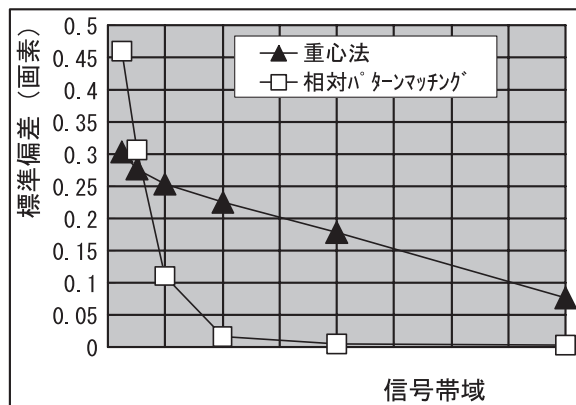


Fig.12 Standard deviations of analyzing errors under signal band degradation

4. まとめ

シミュレート画像を用い、読取位置ずれ解析精度を検証した。今回開発した「相対パターンマッチング法」は、位置ずれの解析誤差が標準偏差で0.3%と従来の「重心法」の7.7%に対し、非常に高精度であることが検証できた。また、画像信号の帯域劣化に対しても、画像信号が6bitに帯域劣化しても位置ずれの解析誤差が標準偏差1.6%であり、7bitへの帯域劣化で解析誤差が標準偏差17.7%となる重心法と比べて、画像信号の帯域の劣化に強いことが検証できた。

これらの結果は、開発当初の目標値3%を達成しており、相対パターンマッチング法を実装することで、高画質に対応した実用的な読取位置ずれ計測システムの構築が可能となった。

謝辞

読取位置ずれ計測システムの設計、実装、運用にご協力いただいた方々に感謝致します。特に、読取位置ずれ解析手法の試行、評価にご協力いただいた方々に感謝します。