



Title	輪郭情報をもとにしたコピー機の画像補正
Author(s)	大削, 弘樹; 伊藤, 秀隆; 隈元, 昭
Citation	大阪大学大型計算機センターニュース. 1997, 106, p. 2-10
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/66234
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

輪郭情報をもとにしたコピー機の画像補正

関西大学工学部 大削弘樹・伊藤秀隆・隈元昭

1 序論

従来、安価なコピー機は、装置の機構が簡単なアナログコピー機が長期間に亘って主流であった。しかし現在では、これに替わって、デジタルコピー機が主流になってきている。これは、安くて精度のよい CCD が開発されたことはもちろんであるが、デジタル処理を伴うパソコンの普及などの OA 化もその後押しとなっている。

アナログコピー機に取って代わろうとするデジタルコピー機は、確かに利点以外にも欠点もあるが、特にその大きな利点である中間処理でデジタル画像が得られることを活かして、画質補正などの画像処理機能が付加されたり、LAN、ISDN といったネットワークにも繋るようになった。

また最近、情報処理および OA 機器関連企業 24 社がコピー機、電話機、ファクシミリ、パーソナル・コンピュータ、およびパーソナル通信機器を相互に接続することを支援するための各種活動と普及促進を目的とする「サリュテーション・コンソーシアム」の設立と、インターフェイス仕様書のドラフト版を完成させたと発表している。このサリュテーション仕様により、機器のメーカーに関係なく、LAN に接続したファクシミリからサーバにある会社住所録にアクセスして送信したり、コピー機のスキャナ機能を使って作成した電子文書をオンラインで配布したりすることができるようになる [1]。

ここで、コピー機のスキャナ機能を単独で利用するのは、デジタルコピー機でないと行なえない。デジタルコピー機はコピー用途そのものの以外の目的でも利用され、今後さらに普及率が上がるものと期待できる。

この様に、日々進化してきているコピー機ではあるが、その仕様などからいって大きな問題がある。それは、本などの厚手の本をコピーする時である。これは、スキャナの特性などや本の形状によって生じる障害であり、コピー時の仕上がり画像に歪みを生じる問題である。そこで、本研究では、本などの厚手のものをコピーした時にできる、これらの陰影や幾何学的歪みを、画像処理という形で、どこまで可読なものに補正できるかということを目標に処理を行なった。

2 コピー機について

コンタクトガラス上に原稿を置いてコピーする従来の方式のコピー機には、2 種類のものがある。以下にその特徴をまとめる。

2.1 アナログコピー機

コピー機としては、デジタルコピー機よりも早く登場した。コピー機の仕様からして、アナログ画像処理の中でも古くから行われてきた光学的画像変換処理の様に、限られた光学的画像処理しかできない。図 1 にアナログコピー機の構成を示す [2]。

アナログコピー機の特徴としては、以下のようなことがあげられる。

- 原稿を読み取る光学系と、プリントを行うプリント部で構成されている。
- 原稿からの経路が短くて単純である。
- 光学系とプリント部を分離することができない。

これらの特徴によって、以下のような欠点があげられる。

- コピー機の光学系のミラーやレンズの移動などの光学的画像処理しかできないので、処理は早くなるが主に拡大や縮小を中心としたことしかできない。
- 光学系とプリント部を分離することができないということは、一度コピーをとったものは、印刷されたものしか残せない。
- アナログで処理するため画素数という概念がなく微細部分の再現が可能ということになるが、一方で無処理で濃淡表現ができるという反面、再現性が低くなってしまう。

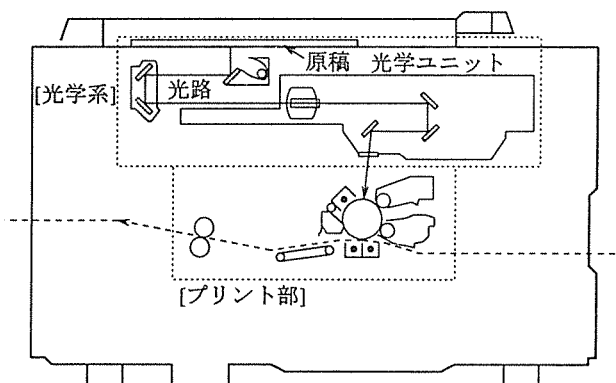


図 1: アナログコピー機の構成

2.2 デジタルコピー機

最近になって特にカラーコピー機として普及してきている。2.1のアナログコピー機とは違い、原稿をスキャンした後に一度データをデジタル化することによって、出力するまでの途中の過程で、画像処理というかたちで追加的な処理ができるようになり、単なるコピー機としての機能以外により多くの役割を持つようにもなった。もちろん画像処理に関しては、デジタル画像処理が行われている。図2にデジタルコピー機の構成、図3には処理の過程を示す[2]。

デジタルコピー機の特徴としては、以下のようなことがあげられる。

- 原稿をスキャンしたものがデジタルデータとなるので、画像処理をするための基板が必要となる。
- デジタル画像処理を行うので、処理にかかる時間を考慮する必要がある。
- スキャナ部とプリント部の分離ができるので、コピー機以外にもスキャナ、プリンタの2つの作業が単独でも行える。また、画像データとして原稿を保管できるということもできる。
- 原稿を読み取り電気信号に変換するスキャナ部、その電気信号を加工する画像処理部、さらに加工された電気信号をレーザービームに変換するレーザー部、およびレーザービームでプリントを行うプリント部で構成されている。簡単な構成に関しては、図2を参照されたい。
- 原稿からプリント機構への経路が長くて複雑である。
- 光学系とプリント機構に分離することができる。

これらの特徴によって、アナログコピー機とは違い、以下のような長所や欠点があげられる。

- デジタル画像処理を導入して、アナログコピー機には出来なかった独立変倍など多くの処理ができる。
- LAN や ISDN などとの接続が可能になるので、ネットワーク化ができる。
- デジタル画像処理結果をメモリに記憶できれば、再度スキャンしなくてもメモリから再出力することによる複数部コピーができるようになる。

- デジタル化するという事は、画素数に制限があるということで、分解能に制限が付加され微細部分を再現するのに制約がある。また、濃淡表現に画像処理をする必要があるが、再現性は高くなる。

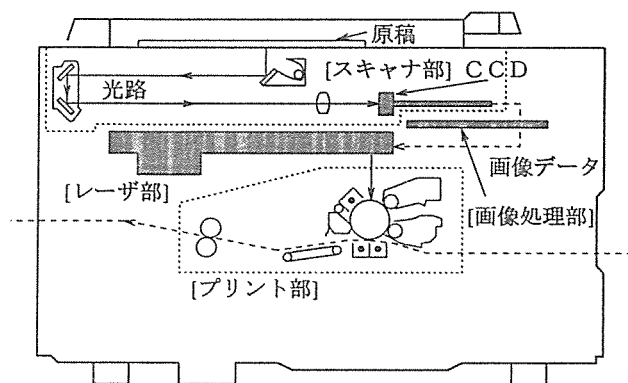


図 2: デジタルコピー機の構成

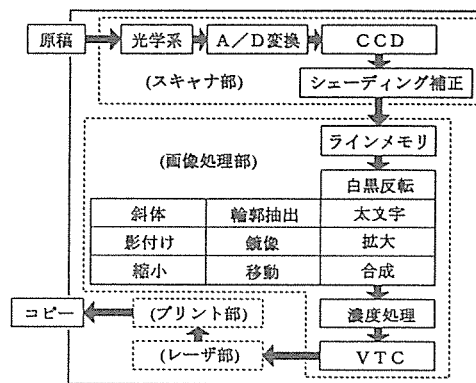


図 3: デジタルコピー機の処理課程

3 スキャナ部に対する実験

書籍の3次元形状を復元するためには、画像処理をする前に対象となるコピー機のスキャナ部の特性を知る必要がある。そこで、この特性を調べるために行なった実験について、その実験方法と実験により判明した特性について述べる。

3.1 概要

実験は、本研究で利用する *mita* のデジタルコピー機 AC-6500 と同じ形式のスキャナ部を持つ *mita* のアナログコピー機 DC-1670M を対象に行った。実験に関しては、スキャナ面上に置かれた本が、中心部の綴じ目を中心として反対方向の傾きでスキャナ面から離れるので、コピー機の副走査方向に対して2件の実験を行う。特に2つの方向に対して実験を行うのは、これらの2方向に対してのスキャナの特性の違いを見極めるためである。

この実験で求めようとする特性は、主にコピー対象物とスキャナ面とのギャップとスキャナのレンズの焦点からスキャナ面までの距離の関係である。これは、文献[3]に紹介されている式を、以下の様に変形したものが実験データに対して正しく成立するかどうか検討し、この式がコピー機のスキャナ部のモデルとして利用できるかどうかを確認する。

$$F = \frac{W}{W_0 - W} d = \frac{W}{W_0 - W} \cdot \frac{s}{s_0} d_0 \quad (1)$$

以下に、式1の変数の説明をする。

W … コピー後の対象物の幅

W_0 … コピー対象物が、スキャナ面上にある時のコピー後の対象物の幅

d … スキャナ面から対象物表面までの高さ

F … スキャナのレンズの焦点からスキャナ面までの距離

s_0 … 対象物の傾きを決定する基準で今回の実験では、 $s_0 = 250[mm]$ とする

実験では、コピー機の副走査方向に進むほどコピー対象物とスキャナ面とのギャップを大きくした場合(図4)と小さくした場合(図5)のそれぞれにおいて、コピーの出力結果から式1による F が一定値になるかどうかを検討することを目的とする。

なお、それぞれのコピー対象物の傾きの相違を考え、図4の場合を“Front”、逆にした図5の場合を“Back”と呼ぶ。

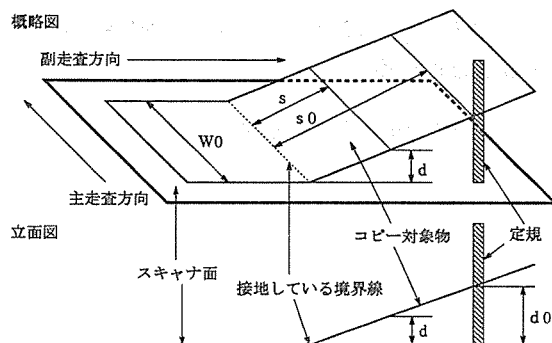


図 4: スキャナの特性を調べる実験 1

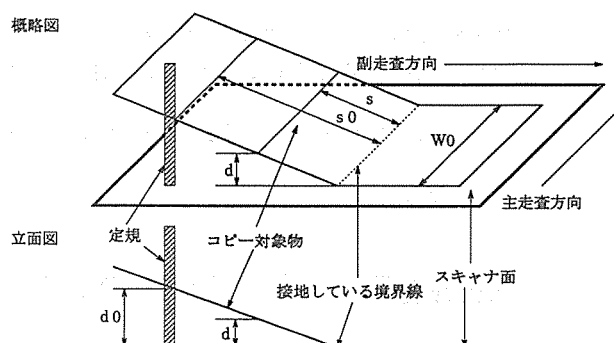


図 5: スキャナの特性を調べる実験 2

3.2 結果

3.1で紹介した実験の方法に基づいて、実験を行った結果について述べる。実験の回数に関しては、副走査方向に対して行う 2 つの実験に共通に、 d_0 を 10, 20, 30, 40[mm] と変化させて合計 8 回の実験を試みた。また、各実験の結果においては、ギャップ d の値が大きくなるほど、 W の値が実測しにくくなるので、ある程度以上測定が困難と思われた点については、結果に反映させない事を前提とする。

実験の結果は、2 つの方向での結果を比較する目的で、同じグラフにまとめた。縦軸に式 1 から求めた計算値である F を、横軸にコピー対象物とスキヤナ面とのギャップ d をとって、図 6 に示す。また、プロット点を示すシンボルの意味を表 1 に示す。

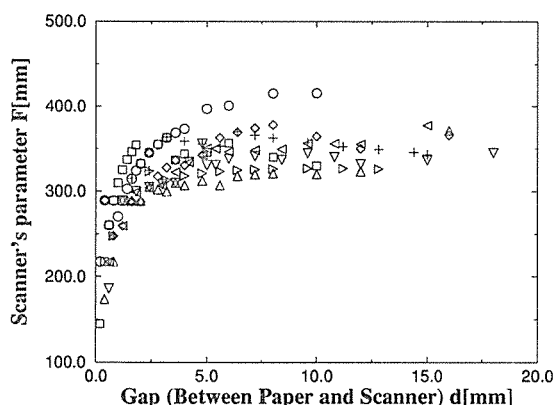


図 6: スキャナの特性を調べる実験結果

表 1: シンボルの意味

グラフマーク	測定条件	
	d_0	方向
○	10mm	Front
□	10mm	Back
◇	20mm	Front
△	20mm	Back
◁	30mm	Front
▽	30mm	Back
▷	40mm	Front
+	40mm	Back

前述したようにここで考察すべき事項は、式 1 が成立するかどうかである。スキヤナのレンズの焦点からスキヤナ面までの物理的距離を意味する F は不変であるので、この式 1 が常に成立すれば、この式から計算した F は、一定でなければならない。図 6 から、 $d_0 = 10$ [mm] の Front (グラフマークが、"○") の時を除くと、 F は d の値が小さい時はともかく、310~380[mm] の辺りに集中している。つまり、この値付近では、式 1 の妥当性は高いものと考えられる。次に、 d の値が小さい時を考えると、図 6 から明らかなように、 F の値は大きく変化している。この原因を考えると、これは実験の読み取り精度に問題が含まれているのではないと思われる。式 1 において F を計算する際には、分母で $W_0 - W$ の値が必要となる。ところが、 d の値が小さい時には、 W_0 と W の値がかなり近くなるが、今回の実験では W の値を定規によって測定したので、この時にも ± 0.1 [mm] 測定値が変化すると F の値が 40~100[mm] 程度すぐに変ってしまうので、式 1 を否定することもできない。

次に、副走査方向を対象に 2 つ行った実験の結果を図 6 にプロットしているが、これらの間には、特に目立った差がなかった。これは、本の綴じ目を境にして互いに逆方向に生じる幾何学的歪みは同じ処理で除去できることを示している。

以上のことを簡単にまとめると、

1. 文献 [3] に紹介されていた式は、利用できると考えられるが、完全であるとは限らない。

2. 今回実験を行ったコピー機 (mita のアナログコピー機 DC-1670M) においては、コピー対象物のエッジが容易に検出できるのは、 d が 20[mm] ぐらいで限界になると思われる。
3. 本の綴じ目を境にして逆方向に生じる幾何学的歪みは、同じ処理で除去できると考えられる。

以上のようになる。

4 画像処理アルゴリズムについて

コピー機 (AC-6500) から得られた実際のデジタル画像に対して、画像処理を行う際に使用するアルゴリズムについて述べる。

4.1 仮定

ここで、紹介する画像処理アルゴリズムには、コピー時に以下の制約を想定している。

1. コピー対象物である本の綴じ目方向は、主走査方向 (y 軸) と平行である。
2. コピー時において主走査方向に対しては、スキャナ面からの高さが同じである。

4.2 陰影の除去

コピー機のスキャナに使われる照明光の減衰やコピー対象物の面の傾きによって生じる陰影の除去には、式 2 を用いる [3],[4]。

$$P = P_0 \times \frac{P_{max}}{P_x} \quad (2)$$

ここで、記号の意味は、

P … 陰影を除去した後の画素の画素値

P_0 … 陰影の除去をする画素の画素値

P_{max} … 画像全体の中で一番明るい画素の画素値

P_x … y 軸に平行な画素の集団の中で一番明るい画素の画素値

である。

4.3 書籍表面の傾きによる幾何学的歪みの補正

コピー機のスキャナによって得られる画像は、書籍表面が傾くことによって x 軸方向に対して縮小されたような形になる。この幾何学的歪みの補正を行うためには、コピー対象物の 3 次元形状を復元する必要がある。この理由は、綴じ目付近を中心に生じるこの幾何学的歪みは、図 7 に示すようにスキャナ面との傾き θ によって変わるからである。

スキャナによって撮影される画像は、y 軸方向に関しては平行投影となるので、書籍表面が θ 傾いているとすると、撮影された書籍表面は y 軸方向に $\cos \theta$ の割合で縮小されることになる。つまり、元の書籍表面を復元するには、各画素を、y 軸方向に $1/\cos \theta$ 画素引き伸ばすことにより、面の傾きによって生じたひずみを補正することができることになる [3]。

よって、この傾き θ が分かると補正できることになるので、以下、この θ の求め方について述べる。ここで、ある x 軸上画素に関してスキャナ面からの距離 d_x を求めるには、3.1 で F を求める時に用いた式 1 をさらに変形した式 3 より求める。

$$d_x = \frac{h_{max} - h_x}{h_x} \times F \quad (3)$$

ただし、記号は以下の意味で用いた。

d_x … スキャナ面と本とのギャップ

h_x … d_x を求めたい y 軸方向の本の画像上での幅

h_{max} … 画像上での本の幅の y 軸方向での最大値

F … スキャナのレンズの焦点からスキャナ面までの距離

ここで、ある x 軸上画素の傾き θ は 1 点からでは求められないので、次の様にして求める。傾きを求めたい画素のとなり (例えば、注目すべき画素の x 軸上の値が “ x ” の時には、“ $x-1$ ” と “ $x+1$ ”) に対してそれぞれのスキャナ面とギャップ d_{x-1} と d_{x+1} を求めて、式 4 で θ を計算した。

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{d_{x-1} - d_{x+1}}{2} \right) \quad (4)$$

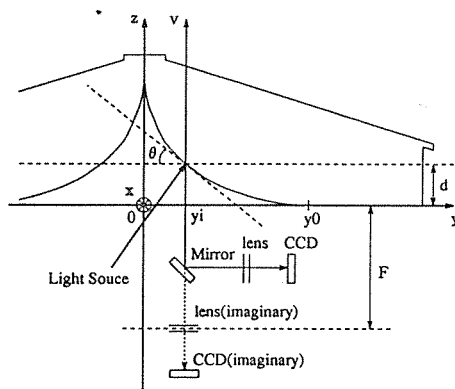


図 7: 幾何学的歪みの原因

4.4 中心投影による幾何学的歪みの補正

コピー機のスキャナによって得られる画像は、コピー機のスキャナ面とコピー対象物との間にギャップがあると、そのスキャナの構造により中心投影がおこる。これにより y 軸方向に関して、縮小されたような形になる [3]。

ここで、式 3 で示した h_x と h_{max} を使って補正する。補正の方法は、単に h_x の画素を h_{max} まで引き延ばすという方法で行う。

5 画像処理の結果と考察

実際に行なった画像処理の手順と結果について述べる。

5.1 処理手順

画像処理の手順を、図 8 に簡単に示す。ここで画像処理を行なう画像ファイルの原画ファイルは、mita のデジタルコピー機 AC-6500 から直接取り込んだファイル (図 9) である。また、文献 [2] よりこの時のデータは、シェーディング補正後の一画素 8 ビット (256 階調で、白:0, 黒:255) である。

5.2 陰影除去に関する結果と考察

図 9 に示す原画像を先に紹介した方法で処理した場合 (図 10) と、主走査方向にいくつかのブロックに分割して除去した場合 (図 11) を比較して陰影の除去に関する考察する。

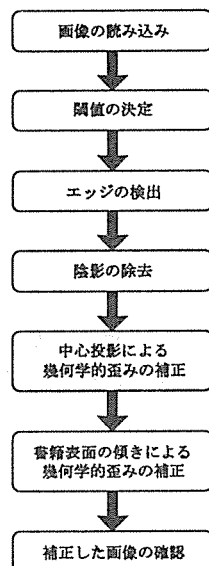


図 8: 画像処理の手順

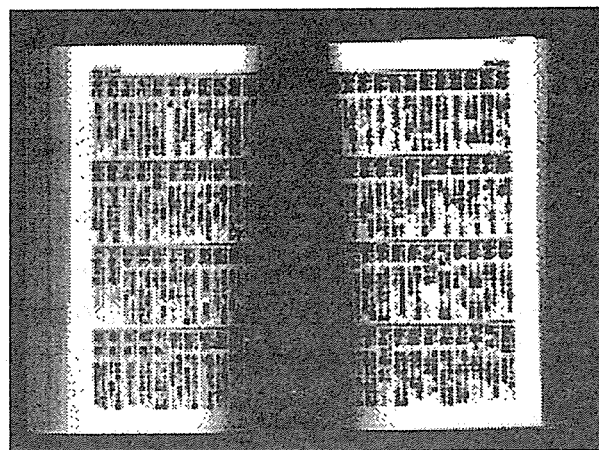


図 9: 原画像 (2300pixel x 3100pixel)

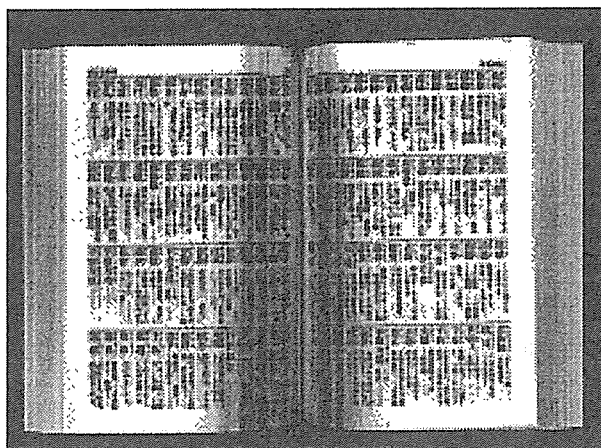


図 10: 陰影除去画像 1(2300pixel x 3100pixel)

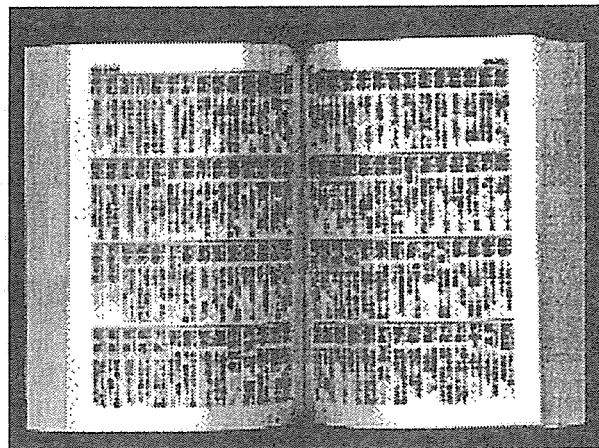


図 11: 陰影除去画像 2(2300pixel x 3100pixel)

影のある部分の処理前と処理後を比較したものと、影のない部分のある 1 列を取り出して、そのヒストグラムをとると、図 12 と図 13 になる。陰影を除去する時に主走査方向に関して分割する時の数を分割数として、図 12 の細い実線が処理前 (図 9)、点線が分割数 1 の処理後 (図 10)、太い実線が分割数 5 の処理後 (図 11) である。

これらから、陰影を除去する時は、幾つかに分割した方がより除去できることが分かる。しかし、今回処理した図 9 の場合には、陰影を除去した後のヒストグラムは、陰影のかかっていない部分のヒストグラムと同じような形状を示すと考えられ、これを考慮すると、陰影の除去は不完全であるといえる。

5.3 全体の処理結果と考察

次に先ほどと同じ原画像 (図 9) を陰影の除去を含めて引き延ばしの処理も考慮し、陰影の除去の時の分割数を 30 として、全ての処理を行なったところ図 14 が得られた。それぞれの中央部のほぼ同領域を拡大して、図 15 と図 16 として示す。

これらから、中央部分は、拡大していることもあって、にじんだ様になっている。文字の色が白っぽくなるのは、陰影の除去のアルゴリズムを改良することで防げるが、文字がにじんでしまうのを防ぐのは、コピー機がスキャンした原画像の段階で、縮小された事により、文字についての情報が一部失われているので、引き延ばすことで補正するだけでは困難であると思われる。

また、書籍表面の傾きによる幾何学的歪みの補正も、4.1 で述べた仮定に反して、ある程度以上、主走査方向に関してギャップが変化する場合には、図 17 のようになってしまいうまく補正ができない事が分かる。また、

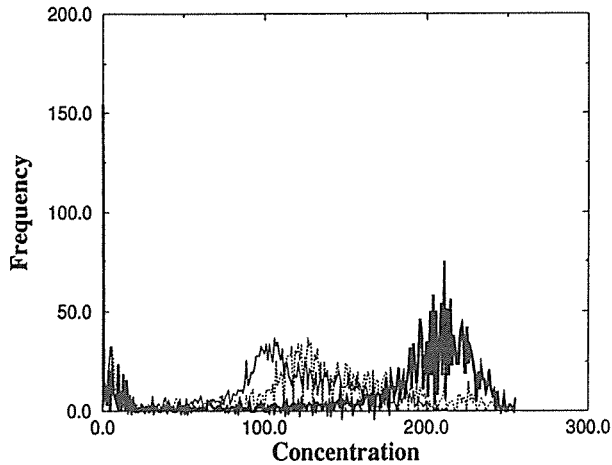


図 12: 影のある場合の濃度ヒストグラム ($y = 1450$)

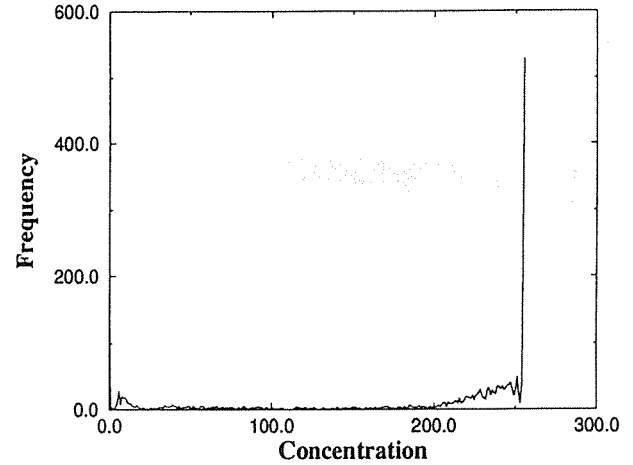


図 13: 影のない場合の濃度ヒストグラム ($y = 2100$)

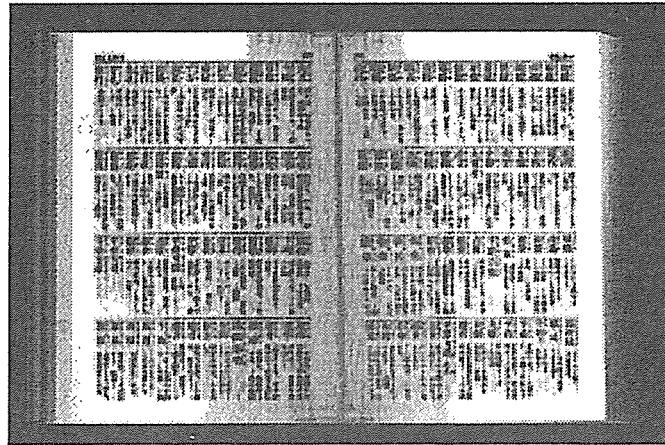


図 14: 処理画像 1 (2300pixel x 3437pixel)

エッジの検出がきちんとできなければ、図 18 の様に文字が歪んでしまう事が確認できた。

6 結論

以上の結果から、本稿で述べた比較的簡単な処理によっても、ある程度までの陰影や幾何学的歪みは除去できることが分かった。しかしこれは、仮定した制約に基づいてコピー時のスキヤニングが行なわれたときである。この制約の条件を満たさないと、変なところに陰影が残ってしまったりする。この様に現在の処理結果について残された主な点としては、以下の事項が考えられる。

- ある程度の制約条件を満たさないと、きれいな処理ができない
- 陰影除去の改良
- 中央部の文字の補正
- エッジの検出の精度

この様に、今後改良しなければならないと思われる事項も多く、実用化に向けては、リアルタイム処理の実現や特に本がある程度斜めに置かれた場合の処理をするには、より多くの実験や今現在の画像処理アルゴリズムの改良を加えていくことが望まれる。

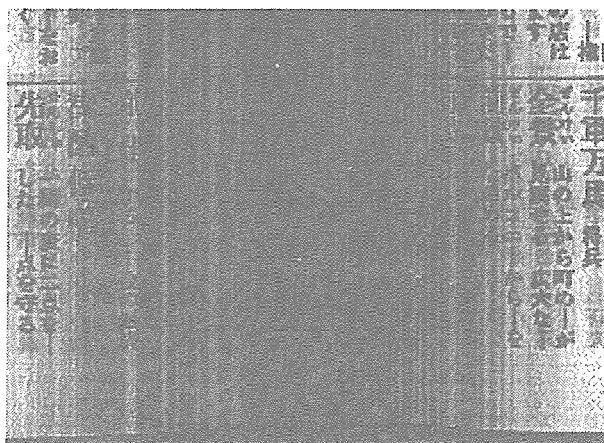


図 15: 原画像の拡大図 (667pixel x 901pixel)

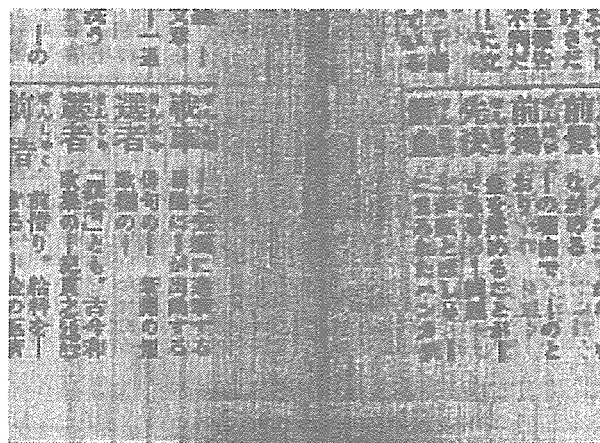


図 16: 処理画像 1 の拡大図 (671pixel x 897pixel)

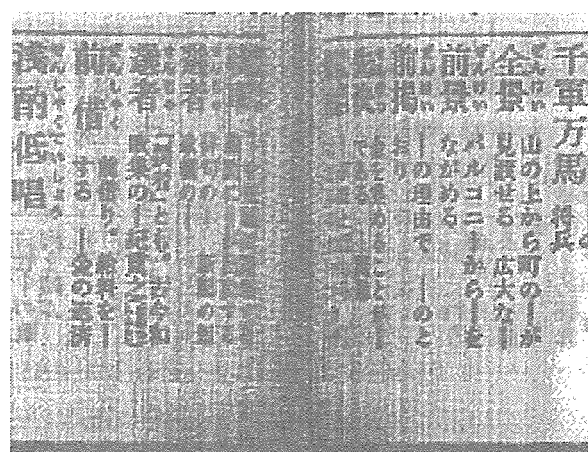


図 17: 処理画像 2 (589pixel x 761pixel)

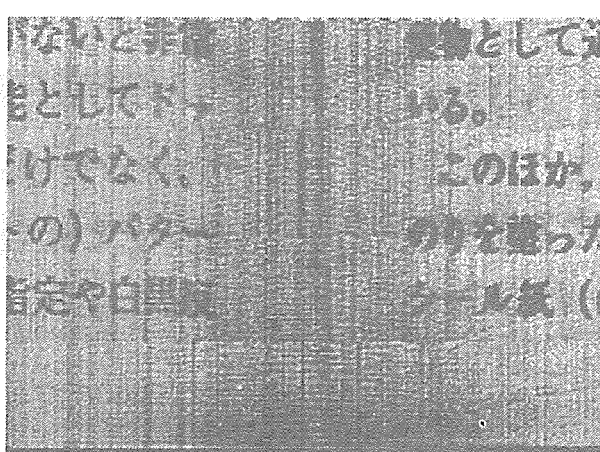


図 18: 処理画像 3 (475pixel x 646pixel)

参考文献

- [1] 「電波新聞」“複写機，パソコンなど相互接続支援 情報・OA24 社が設立” ‘IF 仕様書 ドラフト版も発表’ 電波新聞社 (Jul.14.1995)
- [2] 三田工業株式会社 “ナルホド ザ マニュアル” mita デジタル複写機の基礎知識
- [3] 和田 俊和，浮田 浩行，松山 隆司：“イメージスキャナを用いた書籍表面の 3 次元形状復元 (I)” 「近接照明下での Shape from Shading」 電子情報通信学会論文誌 D-II，Vol.J77-D-II No.6 pp.1059-1067，(1994-06)
- [4] 和田 俊和，浮田 浩行，松山 隆司：“イメージスキャナを用いた書籍表面の 3 次元形状復元 (II)” 「相互反射を考慮した近接光源下の Shape from Shading」 電子情報通信学会論文誌 D-II，Vol.J78-D-II No.2 pp.311-320，(1995-02)
- [5] 大削 弘樹，伊藤 秀隆，隈元 昭：“輪郭情報をもとにしたコピー機の画像補正” 平成 8 年電気関連学会関西支部連合大会