

J-052

## 劣化モデルに基づく2値低解像度画像劣化パラメタ推定 Estimating Degradation Parameters of Binary Low Resolution Images based on Degradation Model

佐伯 夏樹  
SAEKI Natsuki

青木 恭太  
AOKI Kyota

### 1. はじめに

既存の2値化電子文書画像を現在の水準のレベルに高解像度化することが望まれる。既存の2値文書画像は、人の目で十分に読み取れる程度の解像度を持つが、プリンタなどで印刷するとその解像度の低さが目立つ。(図1参照)

濃淡画像は、各種の方法で高解像度化できるが2値画像では困難である。現在の技術水準で電子化した高解像度文書画像を学習画像として用いることで高解像度化が可能となる[1]。また、劣化文書画像のみから画像を改善する方式も提案されている[2]。いずれの方式でも、劣化過程に関する知識が利用できれば、よりよい結果を得ることができる。

本研究では、2値低解像度劣化画像と同一画像ではないが同一フォントの文書画像から劣化過程を推定する。同一の文書画像の2値低解像度劣化画像と高解像度画像が利用できるとき、容易に劣化過程も推定できるが、その利用価値は低い。

低解像度画像(8倍)      高解像度画像

図1 実験画像例

### 2. 劣化モデル

スキャナにおける画像Yの生成は、現画像Xから光学系のボケO、CCDによるサンプリングD、さらに2値化Tの順序で行われ、次式で表現される。

$$Y = TDOX \quad (1)$$

本報告では、光学系のボケは一様円形ボケ、CCDは正格子、2値化は閾値による判別とする。このとき、ボケ半径、CCDの開口率、高解像度画像画素と低解像度画像画素の位置関係、2値化閾値が劣化パラメタとなる。高解像度画像と低解像度画像の解像度は、既知である。

画素位置は、高解像度画像と低解像度画像対ごとに異なるので推定せず、すべての可能な位置関係を用いる。

2値化閾値は、低解像度2値画像から一意に対応する高解像度画像を決定することは一般には不可能である。

文書画像においては、人の目で見て低解像度画像は互いに識別可能であり、低解像度画像において同一にならない高解像度画像(単語)が用いられており、低解像度画像に対応する高解像度画像を決定可能である。

### 3. 推定モデル

#### 誤差関数

2値画像を対象とするので、画素単位の誤差の絶対値の和を用いる。2値画像の画素値は、0または1で表す。このとき、誤差の絶対値と2乗誤差は、同一の値をとる。

本研究では2値文書画像を対象としており、黒画素数に対する誤差の絶対値の和の割合を誤差関数として用いる。

#### 予備実験

可能劣化パラメタ組み合わせと誤差の関係を確認するために予備実験を行った。予備実験は、高解像度原画像を用いて、低解像度2値画像を生成して、それらを可能単語片対として、各可能劣化パラメタ組み合わせにおける劣化量の誤差を求めた。低解像度2値画像を生成した劣化パラメタ組み合わせを真の劣化パラメタ組み合わせと呼ぶ。劣化量は(2)式で定義される。

$$\text{劣化量} = \text{劣化半径} \times 2 + \text{CCDの開口一辺長} \quad (2)$$

低解像度2値画像を生成した劣化パラメタ組み合わせ(劣化半径、CCDの開口1辺長)の劣化量と高解像度画像を劣化させた各劣化パラメタ組み合わせによる劣化量との誤差と、その劣化パラメタにより生成された模擬劣化画像と低解像度2値画像との誤差が19以下になる劣化パラメタ組み合わせの個数の分布を図2に示す。図2において横軸は、(2)式で与えられる劣化量であり、縦軸は劣化パラメタ組み合わせの数である。

予備実験より、(1)真の劣化パラメタ組み合わせの周辺に誤差の小さい劣化パラメタ組み合わせが分布する。(2)真の劣化パラメタ組み合わせ周辺に最小誤差を示す劣化パラメタ組み合わせが存在する。(3)劣化量の大きい劣化パラメタ組み合わせにおいて、誤差が小さくなるものが存在する。などが確認された。画像は、図1のandを用いた。

#### 誤差関数の分布

2値低解像度画像へのデシメーションを含む劣化過程を

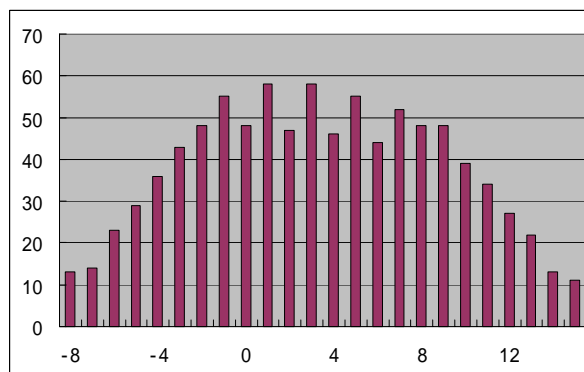


図2 誤差が19以下の劣化パラメタ組み合わせ分布

推定する本研究の場合には、同一の劣化低解像度2値画像を得る劣化パラメタ組み合わせは、単一ではなく複数存在する。低解像度化過程を考慮に入れない場合には、単純に誤差関数の最小値を与える劣化パラメタを推定劣化パラメタとする方式でよい結果が得られる。

低解像度化を含む場合には、統計的に最小誤差を与える確率が大きい劣化パラメタ組み合わせは、必ずしも真の劣化パラメタ組み合わせではない。

(1)真の劣化パラメタ組み合わせ近傍の劣化パラメタ組み合わせは、小さい誤差を与える。これは、実験的[予備実験(2)]に確認されるし、理論的にも期待される性質である。一方、(2)真の劣化パラメタ組み合わせの近傍の劣化パラメタ組み合わせのみが小さい誤差を与えるわけではない。予備実験の結果(3)から小さな誤差を与える真の劣化パラメタ組み合わせより離れた劣化パラメタ組み合わせも存在することが確かめられている。

#### 4. 劣化パラメタ推定方式

最新の技術で電子化された文書画像(学習画像)を利用して古い低解像度電子化文書画像(実験画像)の劣化パラメタを推定する。学習画像と実験画像が同一原文書から得られているとき、実験画像を高解像度化することは必要ない。すなわち、実験画像と学習画像は、同一の文書集合から得られた画像であるが同一の原文書画像から得られたものではない。大量の文書画像が存在するとき、その一部の原本が利用可能である場合が多い。その残存する原本を再読することにより学習画像が得られる。

同一文書集合においては、同一フォントにより繰り返し同一単語が出現することが期待される。この同一フォント同一単語を利用して劣化パラメタを推定する。

##### 4.1 推定方式概要

学習画像を実験画像と同一の解像度に低解像度化する。低解像度学習画像と実験画像を単語画像集合に分割する。低解像度化学習単語画像集合と実験単語画像集合から単語画像外形と1次元プロフィール類似度により可能同一単語画像対集合を得る。低解像度画像において同一判定を行うので、あくまでも同一単語画像対を含む集合であり、すべての単語画像対が同一フォント同一文字列であることは保障されない。多数の同一フォント同一文字列対を含むと仮定する。1枚の画像中において、2値化は同一閾値による単純2値化により行われていると仮定する。

##### 4.2 推定方式

推定モデルの検討から真の劣化パラメタ組み合わせ近傍に誤差の小さい劣化パラメタ組み合わせが分布しているので、誤差の大きくない2値化閾値の集中した劣化パラメタ組み合わせ集合を探索する。そのために、下記の繰り返し手続きを用いる。

(1)各可能同一単語画像対に対して、可能劣化パラメタ組み合わせ・誤差対集合を生成する。

(2)可能同一単語画像対集合から黒画素数の少ない単語画像対、誤差を小さくする劣化パラメタ組み合わせが存在しない同一単語画像対を削除する。(誤差関数の分布(1))

(3)各可能同一単語画像対において可能劣化パラメタ組み合わせ・誤差対集合から誤差の大きい劣化パラメタ組み合わせ・誤差対を削除する。

(4)可能劣化パラメタ組み合わせ・誤差対集合から2値化閾値平均から隔たった閾値を持つ劣化パラメタ組み合わせ・誤差対を削除する。(実験条件より同一の2値化閾値を仮定し、劣化パラメタ組み合わせが同一であるとき、2値化閾値も同一になるので予備実験(2)より2値化閾値が平均より外れたものは正しい劣化パラメタ組み合わせではない)

(5)(3)(4)を残存可能劣化パラメタ組み合わせ・誤差対の数が少数となるまで繰り返す。

(6)残存可能劣化パラメタ組み合わせ平均を推定劣化パラメタ組み合わせとする。

#### 5. 劣化パラメタ推定実験

スキャナで1枚の文書画像の上半分を1200dpiで入力し、ボケ半径2高解像度ピクセル、CCD開口一辺6高解像度ピクセル、2値化閾値0.8で150dpi2値に変換した画像を低解像度画像とした。同一文書画像の下半分を高解像度画像とした。文書画像高解像度化システム[1]の一部として、劣化パラメタ推定を行った。

低解像度2値画像からは400個、高解像度画像からは463個の単語画像を得た。単語画像の外形と1次元照合から可能同一単語画像対が295個得られた。

同様ボケ半径3.2高解像度ピクセル、CCDの1辺4.5高解像度ピクセルと推定された。また、2値化閾値は、0.79となっている。表1に実験パラメタと推定劣化パラメタ組み合わせを示す。表1から明らかなように多くの実験パラメタ組み合わせにおいて、安定した推定結果が得られてお

表1 推定劣化量/単語画像対数

最大誤差率	最小黒画素数				
	175	150	125	100	75
0.2	4.4/1	8.9/22	11/59	11/62	11/73
0.25	5.7/5	8.9/38	11/116	11/130	11/168
0.3	8.0/8	9.1/44	11/132	11/148	11/192
0.35	8.0/8	9.1/44	11/137	11/153	11/203

り、提案方式は実験パラメタの変動に関わらず、真の劣化パラメタ組み合わせを推定可能である。

#### 6. むすび

低解像度2値文書画像を高解像度化する際に必要となる劣化パラメタを推定することが可能となった。また、本方式では、高解像度画像画素と低解像度画像画素の位置は、高解像度画素精度でもとまり、低解像度2値文書画像の改善に役立つ。

#### 文献

[1]渡辺, 外川, 青木, "学習画像を用いた再照合法による文書画像の高解像度化", 電子情報通信学会ソサイエティ大会 D-11-97, Mar 2001.

[2]J. Hobby, T.K. Ho, Enhancing Degraded Document Images via Bitmap Clustering and Averaging, Proceedings of the 4th International Conference on Document Analysis and Recognition, pp.394-400, Ulm, Germany, August 18-20, 1997.