

文書画像への透かし埋込みにおける背景部分の代替表現方法

橋本 隆志[†] 前野 蔵人[†] 保田 浩之[†]

[†] 沖電気工業株式会社 〒335-8510 埼玉県蕨市中央 1-16-8
E-mail: [†] {hashimoto687, maeno284, hota671}@oki.com

あらまし 文書画像に電子透かしを埋め込む場合、文書画像中の背景部分と透かしが干渉し、透かし品質が劣化する場合がある。本報告では、透かしの特性を変更することなく上記の干渉を低減し、かつ透かし埋込み後の見た目の劣化を抑えるため、文書画像の背景成分を分離し、透かしによって背景を表現する方法を提案する。透かしパターンのドット径を変更して輝度を表現することにより、信号特徴を保持した背景表現を可能としている。

キーワード 電子透かし, 文字抽出, 代替表現

Watermarking Method by Alternative Representation of Document Backgrounds

Takashi HASHIMOTO[†] Kurato MAENO[†] and Hiroyuki HOTA[†]

[†] OKI Electric Industry Co., Ltd. 1-16-8 Chuou Warabi-shi, Saitama, 335-8510 Japan
E-mail: [†] {hashimoto687, maeno284, hota671}@oki.com

Abstract When a digital watermark is embedded in a document image, the watermark patterns are interfered with by the background element of the document, resulting in deterioration of the watermark quality. This paper proposes an alternative representation of document backgrounds by a watermark to decrease the deterioration, in which the background element is separated from the document image, and the watermark is embedded to represent the characteristic of the backgrounds. To represent the background element, the dot size of the watermark is changed from the basic dot patterns, preserving the characteristics of the watermark.

Keyword Robust watermark, Text region detection, Alternative representation

1. はじめに

デジタルコンテンツに情報を埋め込む電子透かし技術は多方面で研究されている。画像における透かしの場合、多値画像に対する電子透かしは、視覚的に目立ちにくい冗長成分に情報を埋め込む場合が多い[1]。一方、二値画像に対する透かしは、多値画像のような冗長性がないため、違和感なく透かしを埋め込むことが困難となる。二値画像に対する透かしは、写真などの濃淡を擬似階調で表現した画像に対するもの[2][3]と、文書のような元々二値で表現される画像に対するもの[4]とに分けられる。

また近年は情報漏えいなどに対するため、印刷物に対する情報埋め込み技術の研究もさかんになっている。

印刷物は最終的に二値画像として出力されるため、前述の二値画像に対する透かしが適用できる。従来から2次元バーコード等の特殊パターンを用いて局所的に埋め込む方法[5]があったが、それに加えて紙面全体に視覚的にほぼ一様なドットパターンを配置して透かしを埋め込む方法[4]が研究されている。この方法は紙面の切り取りなどの透かしを除去しようとする攻撃に対して有効である。この方法は埋め込まれた透かしドットパターンが薄い模様のように見えるため、地紋透かし方式と呼ばれることがある。

地紋透かし方式において、濃淡を擬似階調で表現した画像に透かしを適用する場合、濃度が濃い部分は密度の高い点の集合として表現されるため、この部分と透かしが干渉して透かし読み取り品質が低下する現象

がある。印刷物に対する透かしは、印刷・読み取りの過程の画像処理で透かしの画像が劣化し、読み取り精度に悪影響を与えるが、この劣化を考慮しない理想環境であっても、文書画像によっては透かしを読み取ることができない場合がある。

本報告では地紋透かし方式に対して、透かしパターンの特性を変更することなく上記の干渉を低減し、かつ透かし埋込み後の見た目の劣化を抑えるため、文書画像の背景成分を分離して透かしによって背景を表現する方法を提案する。

以下、2.では地紋透かし方式の概要について述べる。3.では、文書画像の背景部分を透かして代替する上で各方法について述べる。4.では、提案手法による地紋埋込みの有効性について評価する。

2. 地紋透かし方式

地紋透かし方式[4]では、透かし情報を微細なドットパターンで表現して文書画像の背景に重畳することにより、透かしの埋め込んでいる(図1)。情報を表す単位パターン(シンボルユニット)は、特定方向にドットが整列している。この整列方向をドット整列軸と呼び、ドット整列軸の方向によって情報を表している。

情報読み取りは、透かしの埋め込んだ印刷文書を多値画像で光学読み取りして読み取り画像を取得し、読み取り画像を画像解析することによって行う。読み取りによって画素の輝度が連続的に変化する画像となっているため、そのままでは透かし信号を明確に判別できない。そこでドット整列軸に垂直の方向で走査を行い、輝度値の変化に注目して各シンボルユニットに対応する波形を信号解析することによりシンボルユニットを検出する。

図2で示すように、シンボルユニットはドット整列軸によって定まる周波数 $F=1/L$ と方向 θ の波としての性質を持つ。そこで、シンボルユニットの検出に(1)式で示す二次元ガボールフィルタを用いる。ガボールフィルタを用いることで、紙の汚れ、しわ、回転、歪みなどの物理的な雑音に対して耐性のある透かし検出を行うことができる。

$$G: g(x, y) = e^{-\pi(dx^2/\alpha^2 + dy^2/\beta^2)} e^{2\pi i(u dx + v dy)} \quad (1)$$

$$dx = (x - dw/2)/gw$$

$$dy = (y - dh/2)/gh$$

ここで、 gw, gh は読み取り画像上でのシンボルユニットの大きさであり、 α, β はフィルタの影響範囲を示している。また、 F と θ はパラメータ (u, v) によって次の関係にある。

$$F = \sqrt{u^2 + v^2} \quad (2)$$

$$\theta = \tan^{-1}(v/u)$$

画像中のシンボルユニットの埋め込み位置を $I(x, y)$ とおくと、この位置の透かし検出フィルタ G_n (n は各シンボルユニットを表す) の出力値 $R_n(x, y)$ は、

$$R_n(x, y) = \text{MAX} \left[\frac{f_r(n, x, y)}{\text{POW}(x, y)} \right]_{x', y'} \quad (3)$$

$$f_r(n, x, y) = \sqrt{f_r(n, x, y)^2 + f_i(n, x, y)^2}$$

で与えられる。ただし、

$$f_r(n, x', y') = \text{Re} \iint_{x', y'} (x'+x, y'+y) G_n(x, y) dx dy \quad (4)$$

$$f_i(n, x', y') = \text{Im} \iint_{x', y'} (x'+x, y'+y) G_n(x, y) dx dy$$

$$\text{POW}(x', y') = \iint_{x', y'} (x'+x, y'+y) dx dy$$

である。 $I(x, y)$ に埋め込まれているシンボルユニットが S_0 であるか S_1 であるかは以下の条件で判定する。

$$S(x, y) = \begin{cases} S_0: R_0(x, y) > R_1(x, y) \\ S_1: R_0(x, y) < R_1(x, y) \\ \phi: \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

$R_0(x, y) = R_1(x, y)$ である場合は、判別不能として ϕ を出力する。

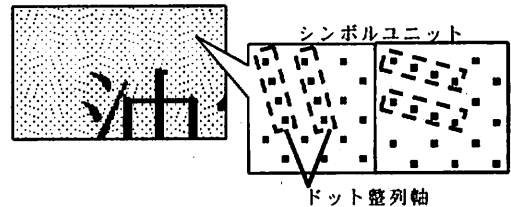


図1 地紋透かし方式

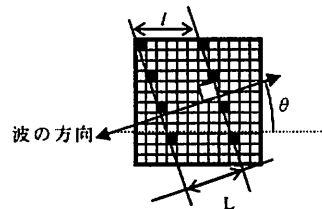


図2 シンボルユニット S_1

2.1. 地紋透かし方式の課題

地紋透かし方式の課題として、文書に地紋を重畳する際に、文書中の塗り潰しや網掛け等の背景コンテンツと地紋のドットパターンとが不必要に干渉し、透かし読み取り精度が劣化する場合あった。

輝度の低い図や写真を多く含む文書画像については、最悪の場合では透かし読み取りが完全に不可能と

なる(図3)。これにより文書によっては地紋透かし方式を適用できない場合があった。

この問題を解決するために、一つの方法として文書画像の輝度の低い部分を消去して透かしを埋め込む方法が考えられる。この方法は透かしの強度は保つことができるが、図や写真の見た目を大きく損なうため、問題の対象となる文書画像には適さない。そこで、本報告では文書画像の輝度の低い部分を透かしで表現する手法を提案する。以下、この手法を透かし代替表現方法と呼ぶ。

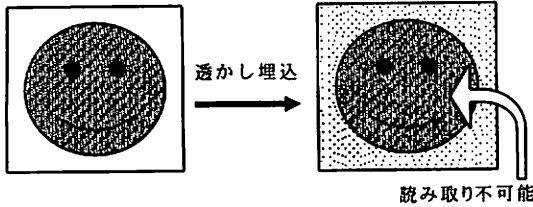


図3 透かし読み取り不可能部分

3. 透かし代替表現

透かし代替表現方法では、文書中の全ての輝度の低い部分を透かしで代替すると、画像の判読性や透かしの品質に悪影響を及ぼす可能性があるため、画像を透かしで代替する部分(以下背景部分)と代替しない部分(以下前景部分)とを定義する。そして透かしを埋め込む際に、背景部分に対応した輝度情報を反映し、前景画像はそのまま重畳することで、元画像から見た目の差が少ない透かし埋込画像を出力する(図4)。

背景部分の輝度成分を透かしで表現するため、3.1.で透かしで輝度成分を表現する方法を考える。3.2.で前景部分と背景部分とする部分を具体的に定める。3.3.で、実際に画像中の成分を前景部分と背景部分に分ける処理について述べる。

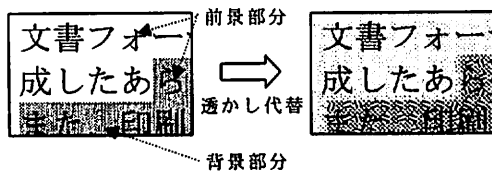


図4 透かし代替表現

3.1. 透かしによる輝度表現

地紋透かし方式の場合、ドットパターンの中の各ドット径を小さくすることで、シンボルユニットが表わす波の方向と周波数を変えずに輝度を表現することができるため、これを利用する。

地紋透かし方式で使用するドットパターンの場合、

輝度100%付近および0%付近ではドット配置による濃淡を表現できないため、シンボルユニットの波成分を表現できず、情報を埋め込むことができない。つまり輝度と読み取りエラー率(情報読み取りに失敗する確率)の関係は、図5のようにバスタブ曲線になる。透かし読み取り時の画像劣化を考えて許容できるエラー率の閾値を定めると、情報埋め込み可能な輝度範囲が求められる。[4]のドットパターンでは、実験より輝度12%~97%の範囲では十分な読み取りが可能であった(図6)。

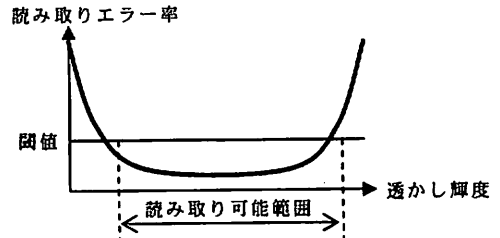


図5 輝度と情報読み取りの関係

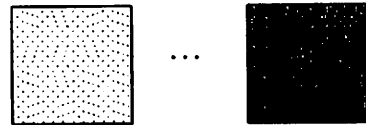


図6 読み取り可能な最高/最低輝度のドットパターン

3.2. 代替対象

画像中の輝度の低い部分を背景部分とする。ただし、以下のような要因で判読性を損なうと考えられる部分は前景部分とする。前述のとおり、透かし代替では背景部分を同じ輝度の透かしによって表現するため、代替された部分の平均輝度は保存される。ここで地紋透かし方式が対象としている印刷物では、1.で述べたように濃淡を擬似階調で二値画像として表現しており、二値化の方法としてパターンディザリングが広く用いられている。地紋透かし方式のドットパターンのドット間隔は、一般にパターンディザリングで使用されるパターンのドット間隔より大きいという特徴がある。

このため、塗り潰し(トーン)部分、写真画像などを代替した場合は見た目の差が目立たないが、中間階調の微小文字や細線を透かしで代替した場合、形状が変化する。これにより判読性を損なうため、文字、線分、線矢印、野線、図形の輪郭線は前景部分とし、代替の対象としない。ただし透かしパターンに対して十分大きい文字であれば、代替しても判読性を損なわないと考えられるので、背景部分とする(図7)。

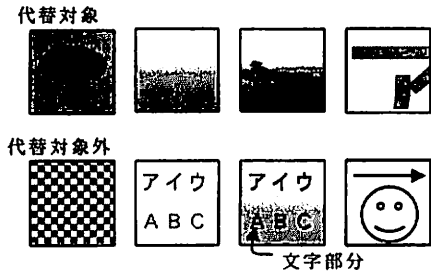


図 7 代替対象／非対象

3.3. 前景・背景分割

文書画像から、前節で定義した前景部分と背景部分を文書画像から抽出する。文書画像中から文字を抽出する研究は[6][7]などで行われている。これらは大きく分けて領域分割による方法、エッジ分析による方法に分けられる。領域分割による方法は、文字は類似の色で表されると仮定し、色空間毎にクラスタリングを行う。得られた各クラスタについて特徴量を用いて判定を行う。エッジ分析による方法は、水平・垂直のエッジ検出を行い、文字パターンを抽出する。

本報告では、前述のように微小な活字等の抽出を主な対象としており、写真画像中の文字は重視しないため、領域分割による文字抽出を行う。

3.3.1. 領域分割

画像中の4近傍で隣接する同輝度の画素をラベリングし、領域に分割する。グラデーションや、自然画像中には微小に輝度に変化する部分があるため、同ラベルとする輝度に幅 st を持たせる(図8)。 st が大きすぎると、前景と背景とを一つの領域として抽出してしまい、代替結果に不整合が起きる。小さすぎると処理コストが増大し、また微小な輝度変化を個別の領域として抽出して背景中に前景がノイズとして入ってしまう場合がある。最適な st は画像の種類・解像度・ノイズの多少等により変化する。本報告では固定値として $st=7/256$ を使用したが、最適な値の決定には別途検証が必要である。

多値画像における中間輝度の表現は、一般には中間輝度の均質な塗り潰しで表現されるが、文書画像を作成するソフトウェアによっては、図9のように中間階調の網点によって表現される場合がある。この場合にすべての領域を単純に抽出すると、領域数が膨大になり、処理コストが過大になる。これを避けるため、注目画素を基点にした微小領域内の輝度分布を測定する。微小領域内の輝度変化の頻度が多い場合は、領域として取得しない。

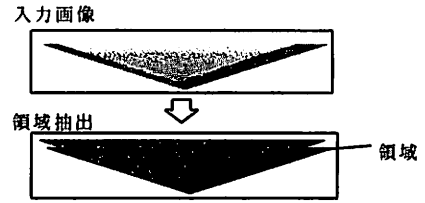


図 8 領域分割

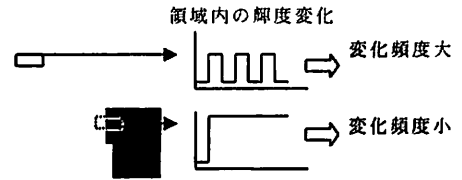


図 9 網点上の領域抽出

3.3.2. 領域特徴量

抽出した各領域について特徴量を分析し、結果により前景部分・背景部分のいずれかを判定する。領域特徴量は、領域太さ・周囲輝度差・包含関係を使用する。

・領域太さ

前景とすべき領域は、前述の通り、文字・直線であり、これらの成分は均一な太さの細線の集合と考えることができる。そこで領域を線分とみなした時の太さを測定し、判定に利用する。領域を距離変換し、端からの最大距離が $d(\text{pixel})$ の時、太さを d とする(図10)。

ここで文字を構成する領域の太さはフォント種類、フォントサイズによって決まる一定の値であると考えられる。フォントサイズ $T_s(\text{pt.})$ 、ただし $1\text{pt.}=1/72\text{inch}$ の文字について上記 d を求め、

$$l_d = \frac{d}{T_s R_s} \quad (6)$$

によって太さ係数 l_d を定義すると、 l_d は T_s によらず一定となる。ここで R_s は画像解像度 ($\text{pixel}/\text{pt.}$ 、 $1R_s=72\text{dpi}$) である。一般に使用されるフォントで測定した結果、明朝やゴシック体では $l_d=4\sim 8$ 程度であり、特に太い書体 (Impact 体太字) では $l_d=24$ 程度であった(表1)。前述より、代替する最大のフォントサイズを $T_{MAX}(\text{point})$ とすると、

$$d_{MAX} = l_d T_{MAX} R_s \quad (7)$$

により、最大太さ d_{MAX} が求められる。サイズ T_{MAX} 以下の文字は全て $d < d_{MAX}$ となるため、 d が文字の判別に使用できると考えられる。ワードプロセッサ等で通常選択可能なフォントサイズは最大 72pt.程度である

ので、 $T_{MAX}=72$ とする。このとき $d_{MAX}=195$ であるので、この値を $d_{TH}=195$ として定義し、 $d < d_{TH}$ である領域を前景（文字）とする。

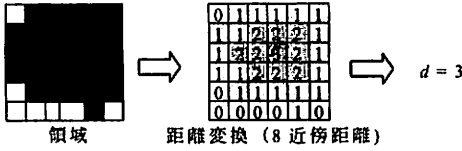


図 10 距離変換

表 1 文字の太さ(72pt.文字・600dpi)

書体	d_{MAX} (pixel)	T_s (pt.)	l_d
MS 明朝	40	72	4
MS ゴシック	65	72	8
HG 創英角ポップ (太字)	170	72	20
Impact (太字)	195	72	24

・周囲輝度差（背景輝度固定）

前景部分である文字や直線が識別されるためには、その領域の輝度 b と、近傍の領域（背景）の輝度 b_N との間に有意な輝度差が必要である。逆に言えば、輝度差が微小であれば文字の形状をした領域でも文字と知覚することは困難である。よって、文字が判別できる限界の輝度差を有意な輝度差 b_{TH} として定義し、輝度差 b_{TH} 以上の領域を、前景とする。

ここで b_{TH} を定めるため、背景と文字の色を 10% ずつ変化させて組み合わせたサンプルを作成した（図 11）。目視による評価の結果、輝度差 10% では文字の判読が困難な場合があったが、輝度差 20% では問題なく判読が可能であった。よって $b_{TH} = 0.2$ とし、 $b < b_{TH}$ である領域を前景とする。

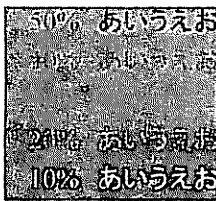


図 11 文字周囲輝度（部分）

・周囲輝度差（背景輝度不定）

グラデーションや写真画像上に文字がある場合は、文字周囲の輝度が場所により変化している。このような場合は周囲の大部分と前述の輝度差 b_{TH} があれば前景とする。具体的には、領域境界の画素毎にその近傍画素との輝度差を測定し、輝度差 b_{TH} 以上の画素数 e_B を求める。 e_B と領域の境界画素数 e_R との比を類似輝度率 r_e として求める（図 12）。

$$r_e = \frac{e_B}{e_R} \quad (8)$$

ここで、1つの領域において、その近傍の画素に注目した時写真画像中の領域は近傍との輝度差が小さいと考えられる。対して、文字や枠線などは近傍との輝度差が大きいと考えられる（図 13）。

これを検証するため、サンプルの文書画像と写真画像の領域を抽出し、各領域について r_e を測定し、 $r_e \leq n$ ($n=0.1, \dots, 1.0$) 以下である領域が画像全体に占める割合（面積比）を求めた（図 14）。文書画像では、 $r_e < 0.9$ の領域が 100% であったので、図からは除外した。

結果から、いずれの画像も $r_e < 0.9$ の領域が大部分を占めており、写真画像領域の判定に有効であることが分かる。また写真画像において $r_e < 0.5$ である領域は 1% 程度以下であった。そこで $r_{TH}=0.5$ とし、 $r_e < r_{TH}$ である領域を前景とする。この値は、文字領域の観点からは“周囲の半分以上が判別できるならば文字として判読できる”ということができ、妥当な値と考えられる。

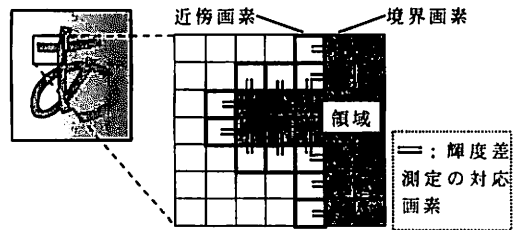


図 12 境界の近傍画素との輝度差



図 13 領域近傍の輝度

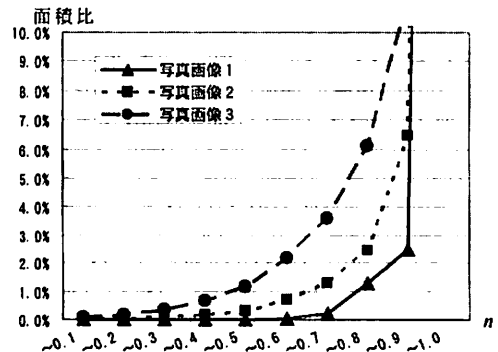


図 14 写真画像領域の周囲輝度差

・領域の包含関係

文字が密に配置された塗り潰し領域や、塗り潰し領域上の文字に含まれる閉領域の太さは、文字の最大太さ d_{MAX} よりも小さい場合が考えられる。

図 15(a)では、“月”の文字中の領域 A は背景となるべき領域であるが、形状は“一”の文字とほぼ同形であり、 $d < d_{MAX}$ である。このような領域は d の値では判定できないため、次の判定を追加する。

領域の包含関係に注目すると、領域 A が領域 B となっている。ここで領域 A を内包領域、領域 B を外包領域とすると、上記問題が発生する領域 A は、文字領域 B を外包領域としてもっているという特徴がある。そこで領域 A, B に対して包含関係 $A \subset B$ が成立し、領域 B が前景であるとき、領域 A は背景と判定すればよい。

ただし、図(b)の文字“回”のように背景部分が前景部分を内包する場合もあるため、輝度が外包領域 < 内包領域 ((a)ならば A の輝度 $b_A < B$ の輝度 b_B) のときのみ領域 B を背景と判定する。この方法では文字輝度が背景輝度より薄い場合は正しく判定できないが、その場合は文字周囲が前景と判定されるため、判読性への影響は少ないと考えられる。

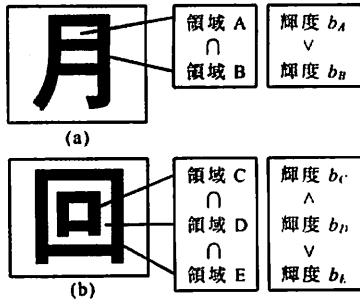


図 15 領域の包含関係

・特徴量の判定優先度

サンプル画像を使用し、各領域について前述の特徴量を集計し、それぞれ閾値以上の領域数を集計した(表 2)。表より、写真・グラデーションのある画像では、 $r_e < r_{TH}$ となる領域が多い。また文字のみの文書では、 $b < b_{TH}$ および $r_e < r_{TH}$ となる領域は抽出されなかった。

表 2 サンプル文書画像の判定結果 (領域数)

	sample1	sample2	sample3	sample4	sample5
	文書	文書+ 図	文書+ 写真	図+ 写真	写真
$d < d_{TH}$	0	16	18	100	3
$b > b_{TH}$	0	2965	204	3780	3688
$r_e < r_{TH}$	0	7636	4609	34728	51230
other	495	4315	453	3674	3135
total	495	12381	4816	36890	53203

$d < d_{TH}$ となる領域の数は少数であったのは、最大サイ

ズ T_{MAX} より小さい文字が多数であり、面積が大きい塗り潰し領域が少なかったためと考えられる。結果から、各特徴量を以下の判定式で判定し、領域の前景(F)/背景(B)を決定する。

```

if  $b < b_{TH}$  then (F) ...rule1
else if  $r_e < r_{TH}$  then (F) ...rule2
else if  $d < d_{TH}$  then (F) ...rule3
else if  $A \subset B$  and  $b_A > b_B$  then (F) ...rule4
else (B)

```

各 rule の優先順は、rule1 は前景として判別可能な条件として定めたものなので、第 1 とする。rule3 は図や写真中の領域にも適合する可能性があるため、優先順を低くする。rule4 は 1~3 で前景と判定された領域を救済するため、最後に適用する。

3.4. 透かし合成

背景代替した画像と、前景部分を合成する際、単純な合成では前景・背景部分の境界部分の整合に不具合を生じる場合があるため、以下の処理を行って整合性を向上させる。

・背景輝度の量子化

画像の輝度をそのまま使うと、透かしパターンで内部で輝度の変化が起こり、本来の信号成分以外のノイズが乗る場合がある。これを回避するため、輝度を微小領域で平均化する(図 16)。図のように、一方向に周期性のある背景の場合、単純に代替した透かしパターンでは、ドット整列軸でない方向へのドット整列が強く現れている。量子化した背景を代替したパターンでは、ノイズ方向よりもドット整列軸方向のドット整列が強く表れている。領域の大きさは、透かしパター

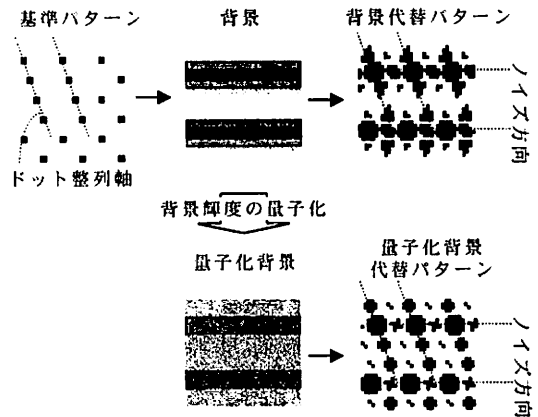


図 16 背景輝度の量子化

ン以上にすればノイズはなくなるが、背景部分の解像

度が1/(パターンサイズ)倍に低下する。ただし代替により透かしパターンのドット間隔より高い解像度表現は実質的に不可能であるため、量子化によりさらに悪化することはない。本報告では、透かしパターンのドット間隔と同じ、パターンサイズの1/6で量子化を行う。

4. 評価

さまざまな文書画像に対して、各文書画像に対して従来方式と提案方式とで、透かし読み取り性能を比較した。実験に使用した文書画像は以下の通り(表3)。

表3 実験用文書画像

文書	枚数
ISO/SCID 標準画像	13
社報	82
雑誌	30
スライドショー	60
ポスター	6
合計	191

表4 読み取り拒否率

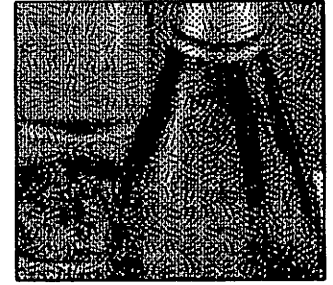
	画像数 (A)	読み取り不可画像数 (B)	拒否率 (B/A)
単純埋込	191	89	46.60%
代替埋込	191	22	11.52%
救済率		75.28%	

実験用文書画像に対して、そのまま透かし埋め込みを行う方法を単純埋め込み、背景代替を行って透かしを埋め込む方法を代替埋め込みとする。両者の埋込画像に対して透かし読み取り処理を行い、透かしに埋め込んだ情報が復号できるかを測定した(表4)。各埋込方法で、読み取り不可であった画像の割合を拒否率、代替埋め込みによって読み取り不可が読み取り可となった割合を救済率とした。

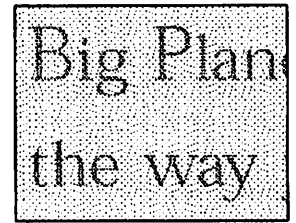
結果より、単純埋め込みで読み取り不可となる文書画像のうち、75%について読み取り可能となり、全体の読み取り拒否率は46%から12%へ改善した。また、結果の中で、代替埋め込みで埋込み不可であった画像は、全て単純埋め込みでも不可であったものであり、代替による透かしの劣化は発生しないことが確認できた。

埋込結果の一部を図17に示す。図(a)は、写真画像の一部に代替・非代替が混在する例である。画像中の黒に近い濃い影部分は非代替部分であるが、境界の違和感は少ない。

図(b)は、文字を前景と判定して代替せずに処理している例である。中間調の文字についても、判読性を損なっていないことが分かる。



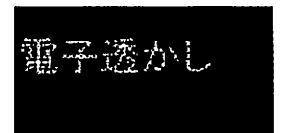
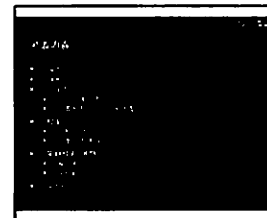
(a)



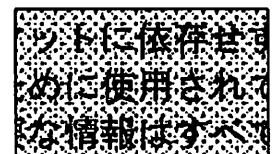
(b)



(c)



(d)



(e)

図17 代替埋め込み結果(右は拡大)

図(c)は、文字などの代替対象でない成分が代替されている例である。3.2.節で前提とした通り、フォントサイズが大きいため、判読には問題がないが、網点の径の差異による違和感がある。この問題は、背景中の非代替領域とトレードオフの関係にあるため、解決には SVM 等により、より詳細にクラスタの特徴を分析する等、他の判定手段が必要である。

図(d)は、透かしの表現可能な最大輝度を超える背景のため、代替埋め込みにおいて読み取り不可能であった例である(黒背景のスライドショー)。透かし方式の限界であるため、透かしの適用には事前の画像処理で輝度を低下させるなどの処理が必要となる。

図(e)は、元画像における黒の網点が代替されないため、読み取りが不可能となった例である。網点に関しては本方式では代替できないため、透かし適用のためには新たに網点の特徴を抽出して背景へ変換する処理が必要となる。

5. まとめ

本報告では、文書画像に対する透かし埋め込みにおいて、従来方式では文書画像と透かしが干渉して十分に読み取り可能な透かしの埋め込めなかった文書画像に対して、画像の背景部分を透かし地紋で代替して前景部分と合成することにより、透かしの強度を高める方法について述べた。

画像成分の領域分割により代替対象を抽出し、輝度成分を同じにした透かしパターンを合成することで見た目の差が少ない透かし埋め込み画像を生成できた。

評価結果から、従来読み取り不可であった文書の約75%が読み取り可能となり、適用可能文書拡大に成果があった。また、前景領域・背景領域の誤判定により文字や背景の一部で代替/非代替の不整合が起きる場合があるが、その場合においても、透かし埋込および見た目の劣化は少なかった。

文 献

- [1] 松井甲子雄, 画像深層暗号, 森北出版, 東京, 1993.
- [2] 荻原剛志, 金田悠紀夫, “画像の2値化過程で情報埋め込みを行う方法の改良について,” SCIS'99, pp.729-734, Jan. 1999.
- [3] M. S. Fu, O. C. Au: Data Hiding for Halftone Images, Processing of SPIE, vol.3971, pp.228-236, 2000.
- [4] Masahiko Suzaki, Yasuhiro Mitsui and Masayuki Suto: New Alteration Detecting Technique for Printed Documents Using Dot Pattern Watermarking, Security and Watermarking of Multimedia Contents V - Proceedings of SPIE, Vol.5020(2003)
- [5] 平本純也, 知っておきたいバーコード・二次元コードの知識, 日本工業出版, 東京, 1999.
- [6] 仙田修司, 美濃導彦, 池田克夫, “文字列の単色性

に着目したカラー画像からの文字パタン抽出法,” 信学技報, PRU94-29, 1994.

- [7] 芦田和毅, 永井弘樹, 岡本正行, 宮尾秀俊, 山本博章, “情景画像からの文字抽出,” 信学論(D), vol.J88-D-II, no.9, pp.1817-1824, Sept. 2005.