

7pA12 デジタルホログラフィを用いる電子透かし法

Digital Watermarking by a Holographic Technique

高井 信勝, 三船 雄都, 成田 貴文*

Nobukatsu Tatai, Yuto Mifune, and Takahumi Narita*

北海学園大学大学院, (株)ハッブル情報開発*

Hokkai-Gakuen Univ, *Hubble Information Development Co., Ltd.

A holographic technique is applied for digital watermarking. A binary image of a mark to be hidden is phase-modulated in a random fashion, and its Fourier transformed hologram is superposed on a content image with very small ratio. The mark is reconstructed by means of holographic reconstruction technique from the bit-map image of the content involving the hidden mark.

はじめに

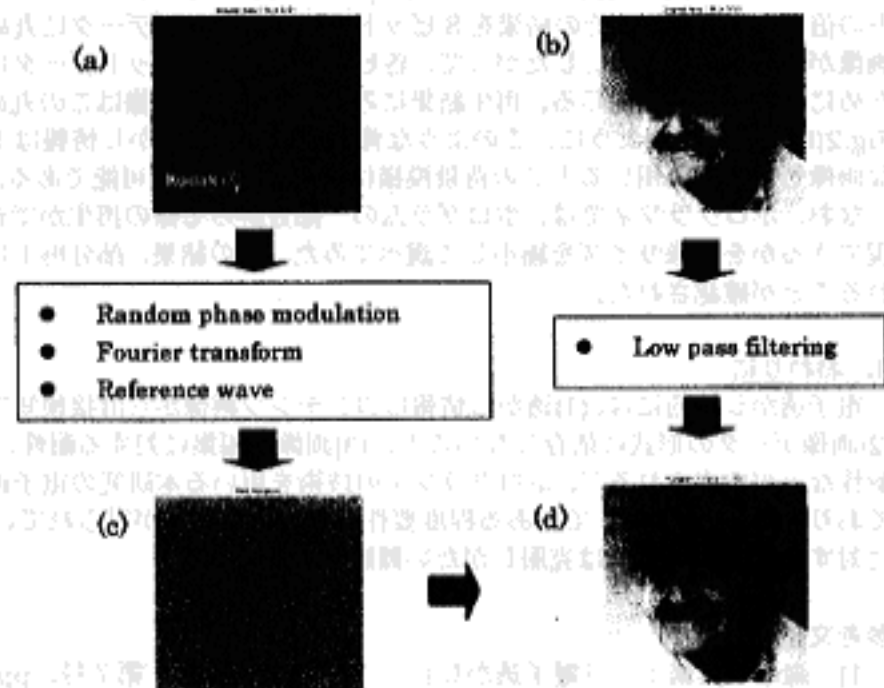
コンピュータの処理能力の向上により、光波の干渉に相当するデジタル画像処理が実行できるようになっている。ここでは、デジタル画像データにホログラフィの技術を用い、コンテンツ画像に秘匿情報を埋め込む電子透かし法について報告する。

1. 透かし情報の埋め込み

Fig.1 において、(a)が埋め込む透かしのマーク (Kodak のロゴマーク)、(b)がコンテンツ画像 (人面) であり、マーク画像(a)をホログラフィの技術を用いて、(b)に埋め込む手順がここに示されている (画像サイズはいずれも 512×512)。マーク画像は、フーリエ変換ホログラムとしてコンテンツ画像に重ねる。このとき、ホログラム面の全域にマーク情報を拡散するためにランダムな位相変調を加えてた上でフーリエ変換し、それに参照波を加えてホログラムを作成した。その結果が(c)である。一方、コンテンツ画像は、あらかじめローパスフィルタを通して帯域制限した。これによって最終的にマークの再生画像と分離することができる。このように帯域制限されたコンテンツ画像に、(c)のホログラムを 50:1 の比率で重ね合わせて透かし情報を埋め込んだ画像が(d)である。なお、画像(d)は、配信に適するビットマップ形式の画像に変換してある。

Fig.1 Procedure making an image hiding a mark.

- (a) Mark to be hidden
- (b) A content image
- (c) Hologram of (a)
- (d) Image hiding the mark (a)
(Bit map image)



2. 透かし情報の再生

ビットマップ形式の画像から透かし情報（すなわち、マーク画像）を再生する手順を Fig.2 に示す。ここでは、一様な再生波を与えた上でフーリエ逆変換を行い、埋め込んだマークの再生を行った。その結果の一つが Fig.2(b) である。これにみられる中央部分の黒い方形部分は、コンテンツ画像のスペクトルが強く現れる領域である。これは、フーリエ変換の空間は、マーク画像に関しては実空間であるが、コンテンツ画像に関しては逆空間で、この領域は作成時の帯域制限によって決まる低周波数領域である。つまり、この領域は、透かし情報には不要であるので、データ値をすべてゼロに置き換えて排除すると、高周波数領域の透かし情報が浮上する。

再生結果は、2つの再生マークが斑点状の背景の中に現れる。これらは、原点対象の位置関係にあり、ホログラム再生の実像と虚像に他ならない。透かし情報であるロゴマーク画像 (Fig.1(a)) と再生像をそれぞれ $g_{\text{mark}}(x, y)$ と $g_{\text{v}}(x, y)$ で表すと、後者は数式展開によって求めると

$$g_{\text{v}}(x, y) = g_{\text{mark}}(x - a, y - b) + g_{\text{mark}}[-(x + a) - (y + b)] \quad (1)$$

と得られる。ここで、 a 、 b はホログラム作成時に用いる参照波の波面の傾きを与えるパラメータで、これに依存して再生画像が原点对称に生じることが裏付けられる。つまり、右辺の2つの項は互いに複素共役転値の関係にある。また、式(1)よりわかるように、パラメータ a 、 b を変えることで再生されるマークの現れる位置を変えることができる。

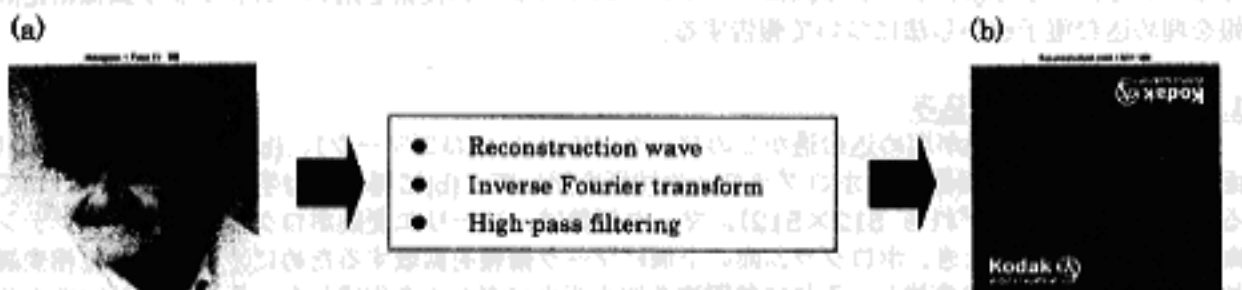


Fig.2 Procedure of mark reconstruction from a bitmap image.

再生結果の透かし情報は、斑点状の背景をもって現れている。この背景模様は、コンテンツ画像をビットマップ形式に変換したことに関係している。つまり、フーリエ変換などの演算処理は16ビットの倍精度で実行し、その結果を8ビットのビットマップデータに丸めることで透かし情報を含んだ画像が作成されている。したがって、各ピクセル値が8ビットデータに対して再生処理が実行されるために、丸め誤差が生じる。再生結果にみられる斑点状模様はこの丸め誤差の現れである。しかし、Fig.2(b)にみられるように、このような背景のもとでも透かし情報は十分に認められる。また、適切な画像処理技術を用いるとこの背景模様は低減することが可能である。

なお、ホログラフィでは、ホログラムの一部分からも像の再生ができる。これがここでの再生に実現できるかを画像サイズを縮小して調べてみた。その結果、部分再生においても透かし情報が認められることが確認された。

3. おわりに

電子透かし技術には、(1)透かし情報はコンテンツ画像から直接検知できない程度で埋め込むこと、(2)画像データの形式に依存しないこと、(3)画像の編集に対する耐性、そして(4)データ圧縮に対する耐性などが要求される¹⁾。ホログラフィの技術を用いる本研究の電子透かし法は、(1)の要件には適しており、(2)、(3)に対してもある程度要件を満足する結果が得られている。しかし、(4)のデータ圧縮に対する耐性に関しては克服しがたい難題がある。

参考文献

- 1) 森本 典繁：「電子透かし」、光学、第29巻、第7号、pp.431-434 (2000)。