

ウフィッツィ美術館におけるデジタルアーカイブ化の試み

高島 秀之 今村 早苗
(文教大学情報学部) (早稲田大学大学院人間科学研究科)

An Attempt at Digital Archiving of Uffizi Collection

Hideyuki Takashima Sanae Imamura

<はじめに>

フィレンツェにあるウフィッツィ美術館は、メディチ家によって1581年に創設された現存する世界最古の美術館である。「Uffizi」とは、イタリア語の「オフィス」であり、メディチ家の事務所を美術館にしたことからその名が由来する。ボッティチェリの「ヴィーナスの誕生」や「プリマヴェーラ」、レオナルド・ダ・ヴィンチの「受胎告知」などイタリア・ルネサンスを代表する美術品の収蔵で名高い。その世界最古の美術館をデジタル・ミュージアム化しようとするプロジェクトが進行している。

このプロジェクトは DADDI “Digital Archive through Direct Digital Imaging” (直接デジタル撮影処理によるデジタルアーカイブ) と呼ばれ、ウフィッツィ美術館先進技術部が推進する所蔵作品の保存、修復、活用のためのプロジェクトである。

参加機関はイタリアのフィレンツェ・ピストイア、プラート地区文化遺産監督局、チェントリカ社、フィレンツェ大学電子工学部、デンマークのフェーズワン社および日本の凸版印刷社である。このDADDI プロジェクトの技術的な特徴としては

1. 超高精細、高細密による画像のデジタル化
(最大画素数：16,000×12,000ピクセルで約8倍サイズの印刷可能)
2. ヴァーチャルな画像修復の技術
3. カラーマネジメント (Colour Management System) によるメディア間の色合わせ技術
4. 電子透かし技法によるコピープロテクションの研究が挙げられる。

さらに、このプロジェクトは “Uffizi Strategic Projects” にバックアップされており

CNR (Consiglio Nazionale della Ricerche),

CNR National Committee for Science and Technology of Cultural Heritage,

フィレンツェ大学電子工学部のLCI (Laboratory Communication and Image) によって、1990年より絵画の修復に関するデジタル処理を中心とした研究が進められている。

この小論は このDADDI のプロジェクトの概要を紹介しつつ、ミュージアムのデジタルアーカイブ化がどのような問題を解決しなければならないかを検証し、これからのミュージアム像に迫ろうとするものである。

キーワード

DADDI 画像部分補修 汚れの除去 ひび割れの除去 カラーマネジメント
高精細画像配信 電子透かし E V A

Summing Up

The Uffizi Gallery established 1581, the oldest museum in the world is famous as Renaissance Art-Collection.

Now in Uffizi, Digital Archive through Direct Digital Imaging (abbreviate DADDI) Project is going on.

DADDI Project is collaborated with Uffizi Gallery, University of Florence, Phase One Co., Ltd., in Denmark, Centorica Co., Ltd., in Florence, Toppan Printing CO., LTD. in Japan and so on.

This Project aims at Digital Image Processing for Virtual Restoration of Art-Works, Science and Technology for the safeguard of cultural heritage, Colour Certification by using the VASARI scanner, Mosaicing for High Resolution Acquisition of Paintings, Telematics networks for remote access to museums, DCT-based Watermark Recovering Without Resorting to the Uncorrupted Original Image and so on.

This report intend to introduce the DADDI Project's Experience. It may be a driving force for future digital archiving.

1. 超高精細、高細密による画像のデジタル化の手法

～その制作手順ならびに他の超高精細、高細密による画像との比較検討～

デジタルによって取り込まれる画像は、高精細で歪みのないこと、あるいは原画の色彩や色調が忠実に再現されていることが求められる。また、立体で三次元画像により、一方向からだけでなく、任意の視点から作品を観察し、自由にその角度や位置を変換できることが求められる。

映像をデジタル化する過程で最も重要な作業は、「画像の取り込み」すなわち「撮影」である。この段階で「甘い」画像となれば、如何に後処理をしても高細密な画像を得ることは難しい。

博物館や美術館が所蔵する作品の撮影には、落剥や褪色を防ぐ工夫が必要となる。強いライティングが嫌われ、本体に触れることなしに、あるいはそれを移動することなしに（ウフィッツィ美術館ではその双方が求められている）、高細密でかつ歪み（レンズの周辺歪みなど）の少ない画像の取り込みが求められる。それには、カメラと被写体の間を平面性の高い状態で保持すること、書籍など大量の取り込みを必要とするものは、撮影時間のスピードアップも不可欠である。一方、大画面の被写体では画面を分割撮影し、あとでその画面を合成する処理なども必要となる。また、蛍光撮影・赤外線撮影・X線撮影など肉眼では確認できない画像を再現する撮影も時に必要である（たとえば「源氏物語絵巻」は落剥や褪色の激しい作品であるが、こうした特殊な撮影技法により、平安の絵師が描いた欠損画像を浮かび上がらせることができる）。

1.1 フィレンツェ大学電子工学部LCIラボ

ここで、DADDIプロジェクトの中核を担う国立フィレンツェ大学電子工学部LCIラボについて触れておく。電子工学部は1983年に創設され、その前身は1971年に設立された電子工学工業大学である。年間の学部予算は1996年で約3億6千万円であり、文部省大学学術局の他、ナショナル・リサーチ・カウンシル、イタリア宇宙開発局、ヨーロッパ・コミュニティやイタリア各企業からの支援を受けている。

電子工学部にはLCI (Laboratorio Comunicazioni ed Immagini) と呼ばれるラボがあり、ここでマルチメディア・システムと通信ネットワークの研究がされている。このLCI が中心となり NRC (National Research Council)、ウフィッツィ美術館と共同で、1990年から絵画の修復に関するデジタル処理の研究プロジェクト“Uffizi Strategic Project”が進められている。

1.2 画像の取込み—デジタルカメラによる撮影

DADDIプロジェクトは撮影にあたって、デジタルカメラで直接作品から画像を取り込む「ダイレクト・デジタル・イメージングシステム」がとられている。云えば、超高解像度を持つ「デジカメ」である。日本のマミヤ・オーピー社製の“Mamiya645AF” (6×4.5cm判一眼レフ) というカメラのバック (フィルム装填部分) に、デンマークのフェイズワン (“phase One”) 社製の“Lightphase” というデジタル・スチルカメラ用バック (CCD-“Charge Coupled Device” という光信号を電気信号に変えるデジタル撮像組織) が取り付けられている。

このカメラはバックが交換可能 (カメラの光学部分とボディを分離することができる) で、ボディにフィルムを装填するホルダーに代わって、デジタルの撮像装置“Lightphase” が取り付けられている。このシステムで撮影すると、画像の撮影結果は約3秒でコンピュータに転送される。それを大画面で確認ができる上、画像をフォトショップのようなソフトウェアで処理ができるなどの利点がある。

また、“Mamiya645AF” というカメラの光学部分は、赤外線を使って暗いところでも被写体との距離を測り、自動的に焦点を合わせることができる段階別探知法という自動焦点システムを採用していて、原画を損なうようなライティングを嫌う美術品の撮影には有効である。また、16秒の長時間露光も可能である。

この“Lightphase” を使った場合、 $2,032 \times 3,056$ pixel という解像度の画像を得ることができる。これは4×5フィルムに匹敵する優れた解像度である。

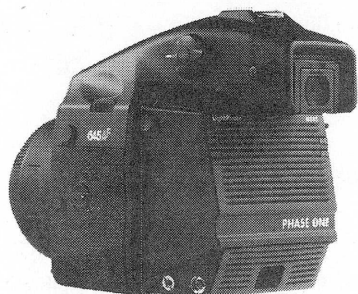


写真-1
ライトフェーズを装着したカメラ

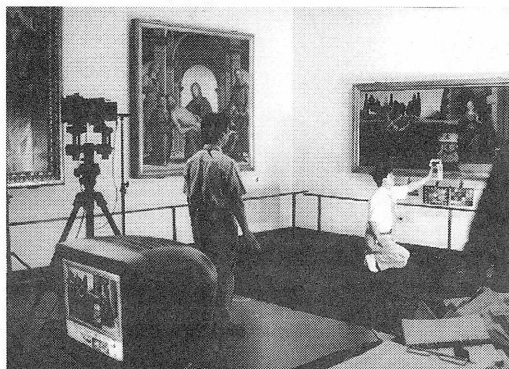


写真-2
DADDIプロジェクトの撮影風景

1.3 DADDIプロジェクトと慶応義塾大学HUMI (Humanities Media Interface) プロジェクトの撮影技法の比較

ここで、慶応義塾大学のHUMIプロジェクトとDADDIの撮影方法を比較・検討してみよう。

慶応義塾大学は、「グーテンベルグ42行聖書」の購入を契機として、1996年の春にHUMIプロジェクトを発足させた。

HUMIは撮影にあたってプロカメラマンを起用し「グーテンベルグ42行聖書」の超高精細画像の撮影において様々な工夫を行っている。

グーテンベルグ聖書のような大型の貴重書の撮影の場合、ページを平面性の高い状態で保持し、安全かつ迅速に効率よく撮影を行う必要がある。そのために書物台に被写体を固定し、撮影するページを背面から平板へ空気吸引し、本を100度以上開かず撮影するなどの工夫が凝らされた。

デジタルカメラとして「SHD」(Super High Definition) が導入された。これは、NTT未来ネット研究所が進めている超高精細画像の静止画取り込み装置であり、2,048×2,048画素、受光素子RGB12bitカラー3板、1枚のデジタル画像を5秒で取り込むというスペックで、NTT、三菱電機、オリンパス光学の共同開発になるものである。

HUMIはこのカメラで、慶応義塾大学所蔵の聖書のほか、1998年にはケンブリッジ大学の「グーテンベルグ42行聖書」の撮影も行っている。SHDカメラは十分高精細画像を得ることができるが、さらに高解像度画像を得るために6分割で撮影し、それをつなぎ合わせて超高精細画像を得る手法がとられた。

そのほか、グーテンベルグ42行聖書の撮影にあたっては、「バインディング」の問題もあり、彎曲したページ面を出来る限り平面に保つブック・クレイドルの開発も不可欠であった。

実際に撮影を担当したカメラマンの西松克洋氏は「4×5フィルムによるアナログフィルム撮影を行い、そのフィルムをスキャンする方法をとった。グーテンベルグ42行聖書の40×30cmという寸法を考えるとそれは極めて実務的選択であったといつてよい。4×5フィルムを1000dpi程度でデジタル化(4,000×5,000画素)した画像は、コンピュータ・モニターやプロジェクターによる投影において、要求を十分に満たす画像であった」と述べている。

さらに「アナログフィルムを用いることの利点は、現時点でデジタルカメラよりはるかに広い階調表現が可能であること、閃光を用いることによって画像のシャープネスを得ることができること、大判のフィルムを使えば高い品質のデジタル・スキャンニングが可能であることをあげており、デジタル画像の作成にあたって、アナログかデジタルかは一概には決められない」として、アナログフィルムの効用をも支持していることは興味深い。

DADDIプロジェクトの撮影においても、マミヤOP社製の“Mamiya645AF”で「フィルム」を装填して撮影した場合に得られる画像の画素数は16,000～60,000pixelである。アナログフィルムをデジタル画像処理しても高細密画像を得ることができる。

2 画像修復の技術 (Imaging and Processing of Digital Arts)

ミュージアムにとって深刻な問題は画像資料が劣化することである。だが劣化した画像はデジタル技術を使ってヴァーチャルに修復することができる。画像修復には縮小処理や拡張処理でノイズを取り除いたり、画素濃度をヒストグラム(統計で表現された柱状グラフ)で変換したりす

るなどの手法が取られる。また、フィルターリングと呼ばれる技術によって画像をシャープ化したり、キズを除去する方法が取られる。

2.1 美術作品をヴァーチャルに修復するための画像切り取りとその部分補修

ウフィツィ美術館所蔵のルネサンス期の美術品の多くは5世紀以上が経過しており、フレスコ画などの汚れや損傷は著しい。原画を損なわずにその汚れをクリーニングし、ひび割れの損傷をデジタル画像によりヴァーチャルに修復することは、DADDIプロジェクトにとって欠かせない作業であった。

2.1.1 落剥箇所のヴァーチャルな埋め込み

フィレンツェ大学電子工学部LCIラボは、実際の修復作業のための新しいヴァーチャル・ツールを提案している。このツールは落剥や脱落した箇所をヴァーチャルに埋めて修復する手段として有効である。これは画像の一部の均質的基準を用いることによって、落剥した箇所を修復するためのプログラムの事例である。それぞれ 1.リガチーノ手法（線描を使って）、2.セレジオーネ・クロマティカ手法（色彩を選択して）、3.ブンチーノ手法（点描を駆使して）で修復した例である。

図-1 リガチーノ（線描手法）によるヴァーチャル修復の事例

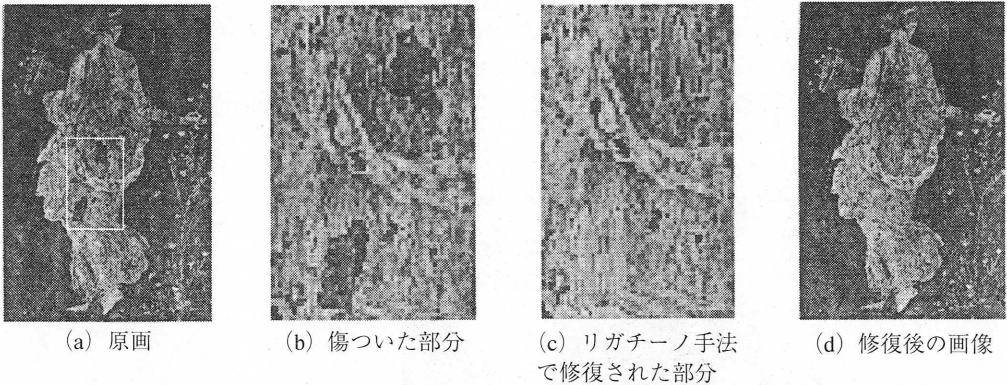


図-2 セレジオーネ・クロマティカ（色彩選択）技法によるヴァーチャル修復

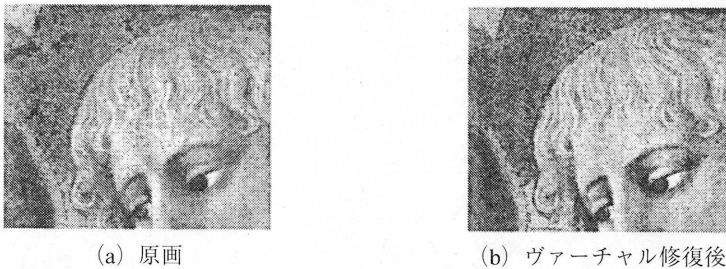


図-3 プンチーノ（線描）技法によるヴァーチャル修復



図-1, 2, 3 出展：“University of Florence Image Segmentation and Region Filling for Virtual Restoration of Art-Works.”

2.2.2 汚れの除去 (Cleaning of dirty painting)

汚れを取り除く手順は、まず原画をスキャナーで読み込み、数列によるアルゴリズムを書き込むことで、部分的なフィルタリング (“Spatial Filtering”) が施される。これはデジタル化する際のノイズや絵画の汚れを取り除くためのもので、スムージング (“Smoothing”) が目的である。

図-4 クリーニングのアルゴリズムにそった結果



図-4 出展：“Univ. di Firenze Digital Image Processing for Virtual Restoration of Art-Works.”

2.2.3 ひび割れの除去

ヴァーチャルな手法によるひび割れの除去 (Cracks removal) は2段階の手順を踏む。まず最初は、自動的に「ひび割れ」を識別して検出する。今まで、「ひび割れ」は人間の眼で発見されていた。しかし、直視では識別できない「ひび割れ」を垂直方向を強調するアルゴリズムを付加することによって自動的な検出が可能となったのである。次に、その「ひび割れ」部分に周辺部の画像に基づいて計算されたカラー画素を埋め込むことで修復する。

図-5

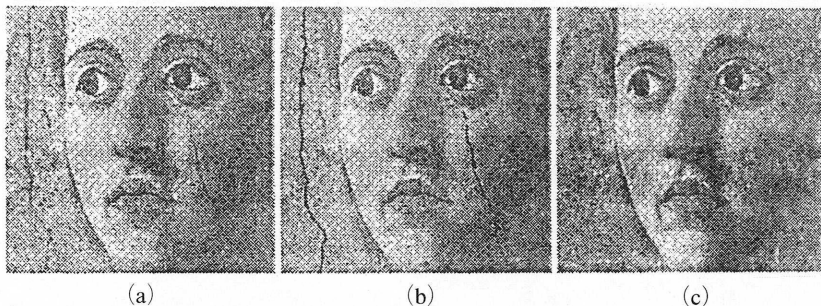


図-5出展：“Univ. di Firenze Digital Image Processing for Virtual Restoration of Art-Works.”

- (a) ピエロ・デラ・フランチェスカ作「アダムとイブの楽園追放の原画」(部分)
原画には複数の「ひび割れ」があり、左の背景部は認識可能であるが、
右側の頬の部分の「ひび割れ」ははっきりとは認識できない。
- (b) ひび割れ自動認識 (自動的に亀裂を発見し、チェックする) によるアウトプット
右側の「ひび割れ」も自動検出により、はっきりと見て取れる。
- (c) 修復後のヴァーチャル画像—このシステムで修復された画像。
画像の一部を切り取ってその部分補修をヴァーチャルに行った画像は実際の修復を
行う際に参考となる。

3 カラーマネジメント

画像入力装置 (スキャナーやデジタルカメラ) と画像出力装置 (カラーディスプレイやカラープリンター) はメディアの特性や装置の機種により、固有の色特性を持っている。またマシンの経年変化でも色特性は変化する。したがって、色特性の相違を測定し、その結果に基づいて色補正を施すカラーマネジメント技術が必要となる。

オフセット印刷、カラーフィルム、CRT (ディスプレイ) では、それぞれの色再現範囲は異なる。印刷メディアでは、インクという色表現手段 (シアン・マゼンダ・黄・黒のインクを重ねることで色を出している) を使うことの限界から、限られた色の再現しかできないという問題もある。

修復や複製作業では、色調が原画と一致することが重要である。まず、原画はスキャナーで読み取られ、RGB 3 原色の静止画に分解されるのが普通である。しかし、スキャナーの読み取り誤

差や表示する際のCRT（モニタ）の特性によって、その色調が原画と異なることはしばしば起こるので、それを考慮した色の補正が必要となる。

3.1 VASARIスキャナーによる色彩証明

DADDIプロジェクトはフィレンツェ大学の協力のもとで、1995年の2月から「VASARIスキャナー」を画像入力装置として使用している。

「VASARIスキャナー」は印刷媒体のデータを作るために企画されたものであり、ヨーロッパのESPRITプロジェクトにおいて開発されたもので、DADDIのオリジナルではない。これを最初に使用したのは大英博物館である。基本的なコンセプトは、画像を縦横のマトリックスに分割してスキャンした後、画像を繋ぎ合わせるのである。

作品（原画像）の前に置いたカメラの受光面にセットしたセンサーを精密なサーボシステムで縦横に少しずつずらしながらパソコンに入力して行く。分割されて入力された画像は後に一つの画面に組み立てられる。この手法によって15,000×12,000pixel程度の高細密度画像を得ることができる（これは1～2mの絵画をミクロのレベルで見ることができる画素数の高い解像度である）。

また、7波長（白、黒、赤、緑、青、マゼンダ、シアン）による色分解が可能であり、これまでのRGB3原色（赤・緑・青）による色分解と比べて、より確かな色情報を得ることができる。

色調の修正に関しては、オリジナル画像のスペクトル分析をもとに、パレット上に「レファレンス・モデル」を作成し、画像に修正を加える（校正に関しては分光器が使われている）こともできる。これによって精度の高い色補正と校正が可能となった。

1997年にはフィレンツェとウィーンを結び、VASARIスキャナーのデモが行われている。

ウィーンには、ウフィツィ美術館の「スコールセンとカタリーナ」の複製があるが、ウフィツィのオリジナルと比べてコピーの色の再現が良くなかった。そこで、2つの地点を回線で結び、広帯域伝送によるリアルタイムの接続で、絵画の復元の補正デモを行ったのである。実験では色補正を完全に行うことができた。

フィレンツェ大学では色調の変換に数学的手法を用いて、オリジナル画像の全体ではなく、ごく一部の分析サンプルを指定することで全体の色調を復元する手法を開発している。

3.2 カラーマネジメント（色を伝える技術）によるメディア間の色合わせ

デジタル・アーカイブで保存されるデータは色情報を含め現状そのものが保存されなければならない。また、信号値であるからディスプレイに表示したり、プリントや印刷物にしなければそれを見ることはできない。しかし、同じデータを表示してもデバイスによって色が異なるケースが頻発する。

図-6 VASARI Scannerによる色彩証明手順

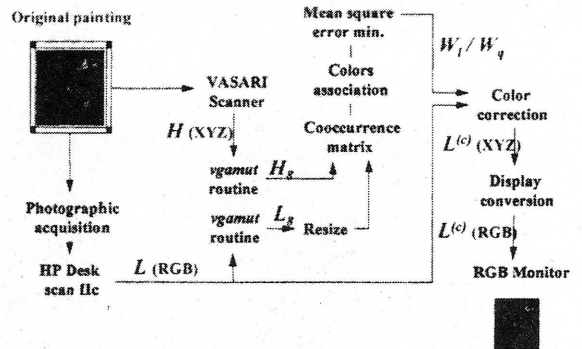


図-6出展：DIE “Color Certification by using the VASARI Scanner.”

撮影の被写体である原画とCRT（ブラウン管モニター）ディスプレイ

CRTディスプレイとプリント

プリントと印刷物

プリンターAとプリンターB

の間における、「色ズレ」によるものである。

原画を取り込むカメラやディスプレイ装置あるいはプリンターの各RGBや印刷のCMYK（[C]シアン [M]マゼンダ [Y]黄の3色で色を表現し、印刷用に [K] 黒のインクを補完したモデル）と各デバイス（機器部品）の信号値はそれぞれ独自の色空間を形成している。デバイスによって信号値に対する解釈が異なるので、信号値のやりとりだけでは色合わせは不可能なのである。特に原画を視認できない遠隔地で印刷したり、コピーを表示する場合にこうした「色ズレ」をどう合わせるかが問題となる。

このような課題に対して、DADDIプロジェクトは信号値を表色値（色）に変換して色をやりとりする方法を開発した。

信号値と表色値との対応を記録した「プロファイル」に基づいて各デバイスの信号値を変換するのである（入力系—デジタルカメラ、スキャナーでは表色値がわかっている対象物に対して得られる信号値との対応、出力系—ディスプレイ、プリンター、印刷機では出力値を測色し対応を作る）。

デジタル化されたデータに「色」情報を付加することにより、はじめて再現された「色」が安定し、デジタル・アーカイブの「色」を保証することができる。

DADDIプロジェクトは、こうして入り口（デジタル撮影）から出口（カラープリント出力）までを一貫したCMS（Colour Management System）による画像管理を行っている。

4 広帯域での画像伝送手法ならびに普及のための伝送手段

デジタル・アーカイブのインターネットによる高精細画像配信はオリジナル画像をタイル状に細分化して送信する手法が取られている。

オリジナル画像を一度に送信するのではなく、画像をタイル状に細分化して送信する技法は、電話回線（56KB）やISDN回線（64KB）といったナローバンド接続環境においても10,000×10,000pixel以上の超高精細画像を伝送を可能にする。そのためのソフトウェアとしては、アメリカのViewpoint社のズームビュー（Zoom View）がある。これによれば、10,000×10,000pixelのデータで絵画の細部までをブラウザ上で鑑賞することができる。

4.1 ウフィツィ美術館へアクセスするためのネットワーク

ウフィツィ美術館のあるトスカーナ地方には、フィレンツェの「MAN」（Metropolitan Aria Network）というネットワークと、ピサ、シエナとの間を結ぶ「トスカーナMAN」というネットワークが稼動している。このネットワークは光ファイバー方式に基づくものであり、都市部は140メガバイト/S、各都市間を34メガバイト/Sで結び、IPネットワーク（インターネット）へと統合されている。Euro-ISDNとの統合はMANの各ノードで進められていて、ウフィツィ美術館は2メガバイト/Sで、このネットワークに接続されている。

ウフィツィ美術館とフィレンツェ大学は、ヨーロッパ・コミュニティのプロジェクトである「RAMA」(Remote Access to Museum Archives) という遠隔アクセスすることのできる7つの重要な博物館の一つでもある。

美術館のデータベースへの遠隔アクセスはすでに実施されており、美術作品の展示準備や研究のために使われている。ここでも美術作品の画像の色調や復元には注意が払われている。実験やテストが繰返された結果、トスカーナMANや美術館用遠隔アクセスのRAMAなどのネットワークは、マルチメディア端末や通信ネットワークとして、十分機能していることも実証されている。

4.2 チェントリカ社のXL Image (<http://www.xlimage.it>)

チェントリカ社は美術館の伝送などを受け持つ民間会社で、「XL Image」という伝送技術開発を行っている。これはインターネット・ユーザーに高速で高画質の画像を提供する手法であり、デジタル・アーカイビング・バンクのほか、商用カタログやエンターテイメントなどにも使われている。画像のズームやパンが可能であり、HTMLかJavaのプログラミング言語を使用していれば、ソフトウェアをダウンロードしたり、新たなハードウェアやプラットフォームを繋ぐ必要もない。また、「電子透かし=ウォーターマーキング」技法(後述)により、コンテンツの著作権は保護されて、「カラーマネジメント」技法により正確な色彩を再現することができる。

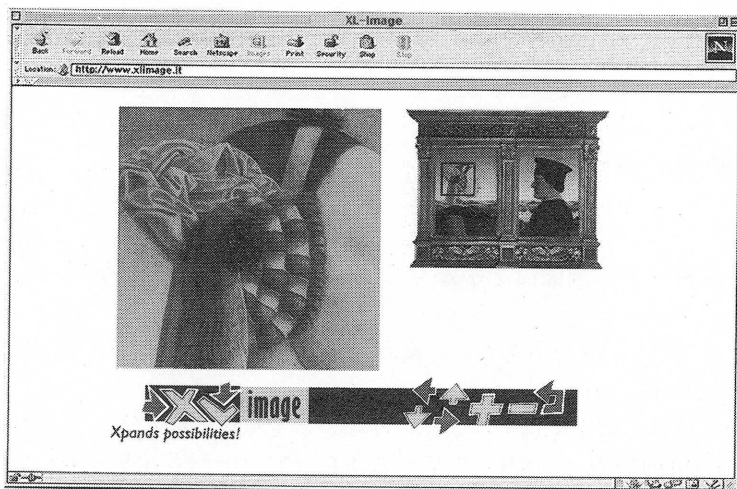


写真-チェントリカ社のXL Image

5 Watermarking (電子透かし) 技法によるデジタル著作権の保護

デジタルコンテンツのコピー防止は暗号化によって達成できるが、暗号はいったん解読されてしまうとデータの拡散を防止することは難しいので、デジタル画像そのものに電子的なマークを埋め込むことが必要となる。

電子的なマーキングは、知的所有権、著作権の保護上から重要であり、電子商取引引きなどにも有効な手段となる。

「電子透かし」(Watermarking) は、本来のデータに他の情報を埋め込んで隠し持たせる手法で

あり、コンテンツの中に不可視 (invisible) 情報を埋め込み、コンテンツを加工しても埋め込まれた「透かし」が残るようにしたり、コンテンツを不正にコピーしてインターネット上で公開するとパトロール・システムで発信源を検知することができるようにしている。イタリアではこれを「ディアフラマ」("diaframma"、透明)と呼んでいる。

「電子透かし」を挿入するには、「透かし」を

1. 画像の特定の領域に限定して挿入する「Spatial Domain」
2. 画像全体に挿入する「Frequency Domain」
3. 両者を混合したりする「Hybrid Domain」という3つの方法があり、フィレンツェ大学では(2)の「画像全体に挿入する」手法が取られている。

「透かし」を取り除く「デコーディング」に関しては、

1. オリジナル画像を呼び出して解除する「Non Blind Technique」と
2. 「透かし」入りの画像から「透かし」のみを取り除く「Blind Technique」手法が混在しているが、フィレンツェ大学ではその双方を研究している。

また、「電子透かし」技法としては

1. 特定の人のみ解読できる安全性の高い「Private」
2. 誰でもが解読できる「Public」
3. それが入っていることを知っている人だけが解読できる「Detectable」
4. 「透かし」のあるなしに関わらず解読できる「Readable」などの技法が開発されている。

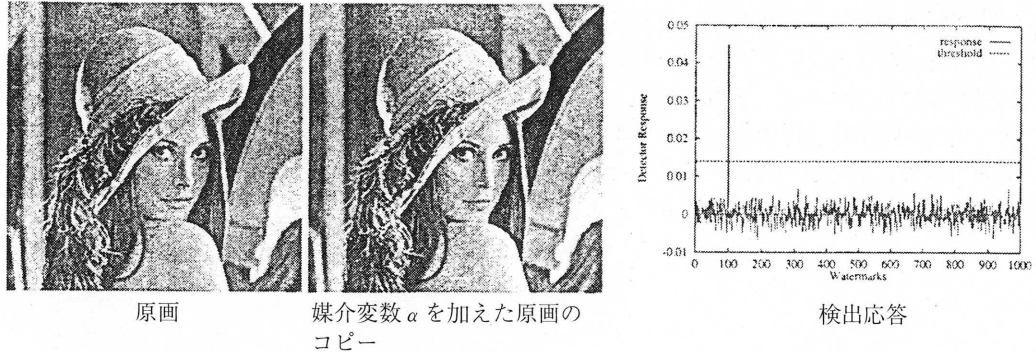
5.1 DCTに基づくオリジナル画像を損なわずに著作権を保護する「電子透かし法＝ウォーターマーク法」

フィレンツェ大学電子工学部の開発した「電子透かし」技法は、著作権者や著作物所有者、ディストリビュータやオーソライズされた顧客などの識別が可能となっており、著作権保護とネットワーク環境に於けるマルチメディア・データの認証を目的としている。

DCT（離散コサイン変換—画像圧縮などに使用される基幹技術のベースとなる）に基づいて画像を損なわずに、一定の信号を付け加える手法であり、ある周波数の中に数値を加工したDCT係数の集合から選択された見せ掛けのランダムな数列をはめ込むのである。

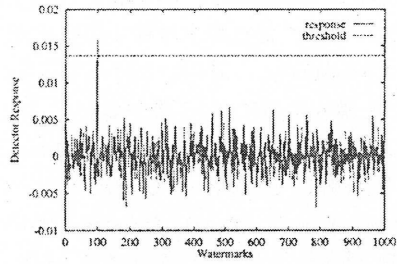
ウォーターマーク手法は、そのマークを見えないようにするために人間の視覚システムの特徴を利用することで成立している。また、はめ込まれた数列は画像を損なうことなく取り除かれる。原画像とウォーターマークが掛けられた画像とを比較すると図-7のようになる。

図-7





ウォーターマークによる原画のJPEG (圧縮) コピー



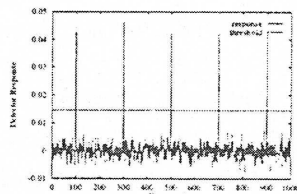
JPEGによるコピー



画像に電磁的なノイズを加えたもの (左) と、それを除去したもの (右)



リサイズしたもの (左)、クロップしたもの (右)



原画に5つの異なる媒介変数を加えたもの (左)、とそのデータ (右)

図-7 出展: Università di Firenze "DCT-based Watermark Recovering without Resorting to the Uncorrupted Original Image"

この技法は一定の周波数帯を操作することにより、ウォーターマーク手法の新しいアルゴリズム (問題解決のための論理構造) を提示するもので、配信する真の数値にDCT係数の集合から選択された見せ掛けのランダムな数列をはめ込むものである。

数列がはめ込まれた後、人間の視覚システムを利用してその手法は隠されてしまうので、ウォーターマーク技法は「透明」となって原画に適用されるのである。

実験の結果、この数列を埋め込むウォーターマーク技法は、多くの信号プロセッシング技術や幾何学的変型技術よりも優れていることを示している。

6 まとめ

ウフィッツィ美術館の DADDI プロジェクトの概要を紹介し、デジタルアーカイビング化がミュージアムの現場でどのように進捗しているかを検証してきた。DADDI は

1. 超高精細、高細密による画像のデジタル化
2. カラーマネジメント (CMS-Colour Management System) と呼ばれるメディア間の色合わせの技術の導入
3. 落剥やひび割れのヴァーチャル修復
4. 高精細デジタル配信の技術
5. 電子透かし技法によるコピープロテクション

など多岐に渉る技術開発を通して、世界最古の美術館を最新のデジタルミュージアムに変えようとしている。美術のデジタルアーカイブ化というシビアな要求を満たすために開発された技術の成果は、単にアーカイビングのみに止まらず多方面への活用が期待されている。

EUではEVA (Electronic Imaging & the Visual Arts) という組織を中心にして、各美術館がデジタル技術情報の交換を定期的に行っており (2002年度にはフィレンツェ、ロンドンのほか北京、岐阜でもEVAは開催される)、デジタルアーカイビングのグローバル化が進んでいる。こうした取組みは我が国のデジタルミュージアムやデジタルアーカイブ推進の一つの手掛かりとなろう。

最後にこのプロジェクトの取材にあたり、フィレンツェ大学電子工学部教授Vito CAPPELLINI 教授ならびに凸版印刷メディア表現センター部長の大島渡氏の支援を得たこと、また文教大学情報学部の特別研究費を得たことを付記し、謝意を捧げたい。

参考文献：

- ◆石丸勝洋 NTT未来ネット研究所「書物学への超高精細デジタルカメラの導入」HUMI 最終年次報告書 慶応出版会 2000.3
- ◆加藤迪「EVA'96からの報告書」London, 1996,6,05
- ◆慶応義塾大学理工学部 小沢研究室「画像情報処理ツールの開発の具体的事例」HUMI最終年次報告書 慶応出版会 2000.3
- ◆西松克洋「稀覯書デジタル化のための撮影技術について」HUMI最終年次報告書 慶応出版会 2000.3
- ◆山田奨治『文化資料と画像処理』勉誠出版 2000年1月
- ◆A.De Rosa, A.M.Bonacchi, V.Cappellini University of Florence Dpt.of Electronics and Telecommunications & M.Barni University of Siena Dept. of Information Engineering “IMAGE SEGMENTATION AND REGION FILLING FOR VIRTUAL RESTORATION OF ART-WORKS” IEEE in Greece, Oct.2001
- ◆Mauro BARNI, Franco BARTOLINI, Vito CAPPELLINI “Digital Image Processing for Virtual Restoration of Art-Works” VSMM Conference Gifu, Nov.1998
- ◆A.Abrardo, V.Cappellini, M.Lunghio, A.Meccocci “Colour Certification by using the VASARI scanner” Dipartimento di Ingegneria Elettronica, 1st international congress on: “science and technology for the safeguard of cultural heritage in the mediterranean Basin” Dec.1995

- ◆ V.Cappellini Dipartimento di Ingegneria Elettronica, Universita degli Studi di Firenze, “Telematics networks for remote access to museums” 1995 1st international congress on: “science and technology for the safeguard of cultural heritage in the mediterranean basin” Dec.1995
- ◆ Mauro Barni, Member IEEE, Franco Bartolini, Member IEEE, Alessia De Rosa, and Alessandro Piva “A New Decoder for the Optimum Recovery of Nonadditive Watermarks” IEEE 2001 TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING, VOL.10, NO.5, MAY 2001
- ◆ A.Piva, M.Barni, F.Bartolini, V.Cappellini Dipartimento di Ingegneria Elettronica Universita di Firenze “DCT-based Watermark Recovering Without Resorting to the Uncorrupted Original Image” IEEE Santa Barbara, California, Oct.1997
- ◆ A.Abrardo, M.Barni (University of Florence) and M.Zappalorti (University of Siena, “CRT Calibration for High Quality Reproduction of Color Images” Annual SPIE MEETING Denver USA, July 1999
- ◆ Massimiliano Corsini, Franco Bartolini, Vito Cappellini, Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni, Universita di Firenze “Mosaicing for High Resolution Acquisition of Paintings” USMM Conference Berkley, Oct.2001

(著者：たかしま ひでゆき 文教大学情報学部、いまむら さなえ 早稲田大学大学院人間科学研究科)