

平成16年度
研究開発成果報告書

大容量グローバルネットワーク利用超高精細
コンテンツ分散流通技術の研究開発

受託者：三菱電機(株)

平成17年5月

情報通信研究機構

平成16年度 研究開発成果報告書

「大容量グローバルネットワーク利用超高精細コンテンツ分散流通技術の研究開発」

受託者：三菱電機(株)

目次

1	研究開発課題の背景	2
2	研究開発の全体計画	
2-1	研究開発課題の概要	6
2-2	研究開発目標	13
2-2-1	最終目標	13
2-2-2	中間目標	14
2-3	研究開発の年度別計画	16
3	研究開発体制	
3-1	研究開発実施体制	17
4	研究開発実施状況	
4-1	【課題ア】超高精細コンテンツデジタル化技術の研究開発	18
4-1-1	位置補正・画像構成処理・ひずみ補正処理	18
4-1-2	色補正処理	24
4-1-3	質感表現三次元データ生成処理の研究開発	28
4-1-4	コンテンツ収集	33
4-2	【課題イ】ワンソースマルチユース対応コンテンツ蓄積管理技術の研究開発	35
4-2-1	コンテンツの階層的な蓄積方法	35
4-2-2	分散環境著作権管理方式	39
4-2-3	各種編集・変換処理に対して耐性を持つ電子透かし	41
4-3	【課題ウ】状況適応型コンテンツナビゲーション技術の研究開発	46
4-3-1	ユーザとのインタラクションによる検索ブラウジング精度の 高度化・クラスタリング	46
4-3-2	コンテンツ主導型ナビゲーション	56
4-4	【課題エ】実証実験	59
4-4-1	JGN2 シンポジウム 2005 in 大阪	59
4-4-2	国立西洋美術館「ジョルジュ・ド・ラ・トゥール展」	64
4-5	総括	67
5	参考資料・参考文献	68
5-1	研究発表・講演等一覧	68

1 研究開発課題の背景

近年、ギガビットネットワーク等の基幹ネットワーク、ADSL、FTTH等の一般ユーザ向けブロードバンドの整備により、大容量マルチメディアコンテンツに対するアクセス環境が整ってきた。また、数百万画素のデジタルカメラ、HDTV対応ビデオカメラ、液晶パネル、プロジェクタ等の入出力機器に目を向けると、高精細なデジタルコンテンツを扱える機器が出現してきている。

これらのコンテンツ流通を取り巻く環境は、単にマルチメディアコンテンツの閲覧（ブラウジング）が可能であるというレベルから、映画、フィルム、美術品、放送素材等、高精細かつ良質な真に価値のあるコンテンツがデジタル化され、流通、加工等可能な経済リソースとして、利用可能なレベルへと移行しつつある。

このような背景の下、有形・無形の文化遺産、非デジタル媒体上の映画・フィルム・美術品・放送素材等を、経年変化なく後世に残すこと、一般ユーザが手軽にアクセスできるようにすること、さらには、二次・三次利用を視野にコンテンツを提供すること等を目的として、博物館や美術館等のコンテンツホルダーにおけるデジタルアーカイブへの動きが活発になっている。加えて、コンテンツ流通の障害となっている著作権問題を解決するため、電子透かしやセキュリティ管理の開発がさまざまな研究機関においてなされるようになってきている。また、デジタル化の対象は文化財以外にも広がりを見せ、地域特有の情報や報道・広告・エンターテイメント業界が保有する蓄積情報資産を対象にした二次利用ビジネスモデルの立ち上げのためにデジタルアーカイブを構築する動きも出てきた。

官公庁における取り組みも活発になっており、デジタルアーカイブの計画・整備・運用を推進している。政府・IT戦略本部策定のe-Japan重点計画2004においても先導的7分野の内、「知」としてデジタルアーカイブ化の推進が取り上げられている。

本研究開発に関わる分野での現状は以下に述べるような状況である。

(1) デジタルアーカイブの現状

① 政府・各官庁の取り組み（e-Japan 重点計画 2004 より抜粋）

- ・ デジタルデジタルアーカイブ化の推進（内閣府、総務省、文部科学省、経済産業省及び関係府省）：2005年度までに、放送・出版、映画等のコンテンツや、美術館・博物館、図書館等の所蔵品、Web情報、地域文化、アジア諸国との関係に関わる重要な公文書等について、デジタル化・アーカイブ化を推進し、インターネットを通じて国内外に情報提供が行われるよう必要な措置を講ずる。
- ・ 文化遺産オンライン構想の推進（文部科学省、総務省）：デジタルアーカイブ情報の検索を容易にするため、2005年度までに、国や地方公共団体、私立の美術館、博物館のネットワークの充実を図り、共通索引システムを整備する。また、2006年度までに、全国で1000館程度の美術館、博物館等が参加する文化情報に関するポータルサイトの確立を目指す。

② 美術館・博物館等の取り組み

- ・ 国立西洋美術館では、4,000点を超える館蔵作品のうち、主要絵画作品154点を含む204点の館蔵作品を対象に、超高精細画像検索表示システム「デジタルギャラリー」を館内で利用し情報検索が可能である。
- ・ 東京国立近代美術館では、約1万点の収蔵作品のうち約70%の画像データ化作業が終了している。また、館内での情報検索が可能で、約5,000点に関して画像とテキスト情報の閲覧ができる。

- ・ 2002年9月開館のポーラ美術館では、デジタル画像ファイルのフォーマットとしてVZFファイル形式(Vector Format for Zooming、セラーテムテクノロジー社)を採用し、画像ファイル管理業務の一元化や、カタログなど公開用の各種媒体作成に活用している。
- ・ ルーブル美術館内に設置され、EUのデジタルアーカイブ化事業を主導するフランス美術館修復研究センター(C2RMF)では、フランス国内の約1,200のミュージアムのみならず、ヨーロッパ各国のデジタルアーカイブ化プロジェクトも手掛けている。
- ・ ウフィツィ美術館・先進技術部では、館蔵作品のデジタルアーカイブ構築プロジェクト(DADDI: Digital Archive through Direct Digital Imaging)を3年間に渡り実施し、ウフィツィ美術館の約2,000点の館蔵作品(全絵画・彫刻)のデジタルアーカイブ化を行った。
- ・ 大英博物館では、高解像の画像やアニメーション、動画や音声やガイドツールを用いて収蔵品に関する綿密な情報をインターネットユーザや来館者に提供するデジタルギャラリー「コンパス」を運用している。
- ・ コービス社は、約2,000万点の画像イメージと100万点以上の高精細デジタル画像をデータベース化し、厳格な著作権管理の下、オンラインで画像ファイルや印刷物の流通を行っている。
- ・ ポール・ゲッティ・ミュージアムでは、画像検索システム「アーサー」や、収蔵作品のデジタル化画像と説明情報を提供するコレクション情報システムが継続して開発されている。また、アート・インフォメーション・ルームでは、素材や修復材料の体験や、マルチメディアを用いたアートの歴史体験が可能な環境などが整備されている。

(2) 関連技術動向と問題点

① デジタル化

- ・ VASARIプロジェクトでは、絵画を直接デジタルデータとして取り込む高精度(色再現)、高精細なスキャンシステムを開発した。本システムでは専用の雲台を用いてCCDを動かして絵画をモザイク状に取り込み、後にそれらを合わせてより高精細な画像データを作成する。1mm辺り20ピクセルのデータを、可視スペクトル全域を覆う7つのカラーバンドを用いてデジタル化する。しかし、撮影の際に必要なシステム全体の設置、照明、一昼夜におよぶ取り込み時間に多大なコストがかかるため実用化に至らなかった。
- ・ MARCプロジェクトでは、デジタルカメラを用いてダイレクトにデジタルデータを取得し、撮影時間を30分まで短縮した。しかし、首振り方式で分割して画像取得する方式のため、十分な画質が得られなかった。
- ・ 西洋美術館では、8×10インチ版の大型カメラとカラーポジフィルムを使用して撮影を行い、スキャナを用いて最大8,000×10,000pixelで画像をデジタル化している。
- ・ 問題点は、図1-1に示すように、全国の美術館、博物館の収蔵品のデジタル化率がきわめて低いことである。これは、デジタル化に要する手間やコストが大きいためである。このように、デジタル化に要する時間、費用のコストを削減することが課題である。

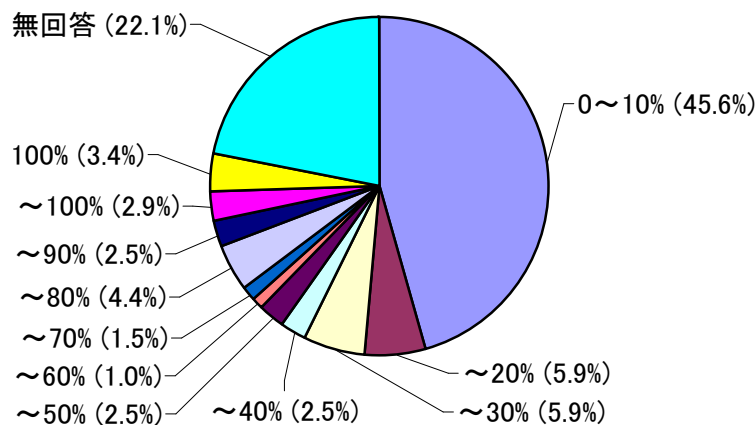


図1-1 収蔵品のデジタル化率（母数=204 施設）
 （「デジタルアーカイブ白書 2003」（デジタルアーカイブ推進協議会刊））

②カラーマッチング

従来からの印刷方式であるオフセットやグラビア印刷では、印刷所におけるコンテンツの集中管理下において、カラーマネージメントがなされてきた。また、印刷機におけるカラーマッチングに関するワークフローも長年の技術蓄積があり標準化されている。しかし、近年の高細密な入出力機器の出現とネットワークによる分散処理される状況の出現に対し、標準化されたカラーマネージメントシステムの確立がなされていないのが現状である。

③コンテンツの階層的蓄積方法

コンテンツの多様な閲覧、利用には階層的蓄積技術が利用される。階層化は解像度多重化により実現されている。代表的な画像フォーマット例として、PFU 社の Gigaview、DATT JAPAN 社の Flashpix、LizardTech 社の Mr. SID 等がある。

④電子透かし

商用デジタル著作権管理方式の標準は確立しておらず、各社から様々な方式が提案されている段階である。

- ・ 日本 IBM の「DataHiding」、digimarc 社の「Imagemarc」、Blue Spike 社の「Giovanni」、エム研の「LUSENT MARK」、MediaSec 社の「SysCop」などの方式のほか、NEC ソフトウェアの直接埋め込み方式による「電子透かしシステム」の開発などがなされている。
- ・ 使用例としては、山梨県立美術館の「美術館システム」では、画像の配信サーバには電子透かしを入れる機能があり著作権や著作権保護を配慮した運用があるほか、コービス社では、インターネット公開している約 210 万点の画像に電子透かしの埋め込み、自動監視によりホームページへ転載などの発見に利用されている。

電子透かしが埋め込まれた画像は、そのまま表示・印刷可能であるが、画像編集による幾何学的な変形処理や改ざん、JPEG などの符号化劣化を伴う圧縮符号化に対しても、電子透かし情報が消去されない「耐性」を持つ必要がある。特に、価値の高い高精細画像データに対する電子透かし技術の確立は、インターネット流通や商用流通の実現に不可欠である。しかし、透かし情報の不可視化と耐性はトレード

オフの関係にあり、いかに両立させるかが課題である。

⑤分散環境著作権管理方式

分散環境で著作権管理を行っている例はほとんど見られず、現在はコービス社、ゲッティイメージ社等の一元管理方式によるコンテンツ流通が一般的である。しかしながら、一元管理方式には管理情報へのアクセス性の問題がある。また、現状ではコンテンツホルダーが、コンテンツプロバイダーに自身の持つコンテンツを安心して提供する環境が整っていないという問題がある。

⑥検索技術

画像検索は大別して、キーワード検索方式と、キー画像検索方式がある。キーワード検索には、通常の文字ベースのメタ情報データベース検索と、文字・画像の主観的な類似情報空間を扱う感性検索方式がある。また、キー画像検索方式は、ユーザが描いたスケッチで検索するスケッチ検索と、ユーザが指定した画像に近い類似画を検索する類似画検索に分かれる。

キー画像検索の例としては以下がある。

- ・ 横浜美術館では、インターネット上で類似画検索が可能で、指定作品の平均色・ヒストグラム色・定位置色・テクスチャに近い類似作品を検索できる。
- ・ 米国ゲッティ情報研究所では画像検索システム「アーサー」を開発した。画像を64ブロックに分割し各ブロックの形状や色の比較を行う。

キーワードによる検索方式も実現されているが、作品に対して適切なキーワードを入力するのは困難な場合が多く、デジタルアーカイブへのユーザアクセスが限られる原因のひとつになっている。このため、候補画像から目的とする画像をデータベース中から検索したり、インタラクティブにスケッチ検索を行うなど、ユーザの嗜好に基づいた画像検索方式の確立が課題である。

2 研究開発体の全体計画

2-1 研究開発課題の概要

2-1-1 全体概要

本研究課題においては、高品位デジタルコンテンツに対して、コンテンツホルダーの権利を保護しつつ、ネットワークを介して流通を活発化させることを目的とする。そのための研究開発課題として、超高精細デジタルコンテンツの生成から一般ユーザへの流通までを網羅する以下の研究開発課題を設定する。

【課題 ア】 超高精細コンテンツデジタル化技術

- (1)位置補正・画像合成処理
- (2)ひずみ補正
- (3)色補正処理（カラーマネージメント）
- (4)質感表現三次元データ生成処理
- (5)コンテンツデータ・メタデータ一元管理方式

【課題 イ】 ワンソースマルチユース対応コンテンツ蓄積管理技術

- (1)コンテンツの階層的な蓄積方式
- (2)各種編集・変換処理に対して耐性を持つ電子透かし
- (3)分散環境著作権管理方式

【課題 ウ】 状況適応型コンテンツナビゲーション技術

- (1)ユーザとのインタラクションによる検索・ブラウジング精度の高度化
- (2)キーワードと画像特徴のマッピング
- (3)コンテンツ主導型ナビゲーション

【課題 エ】 実証実験

最終的な実証実験システムの概要および、各研究課題の位置付けを図2-1に示す。

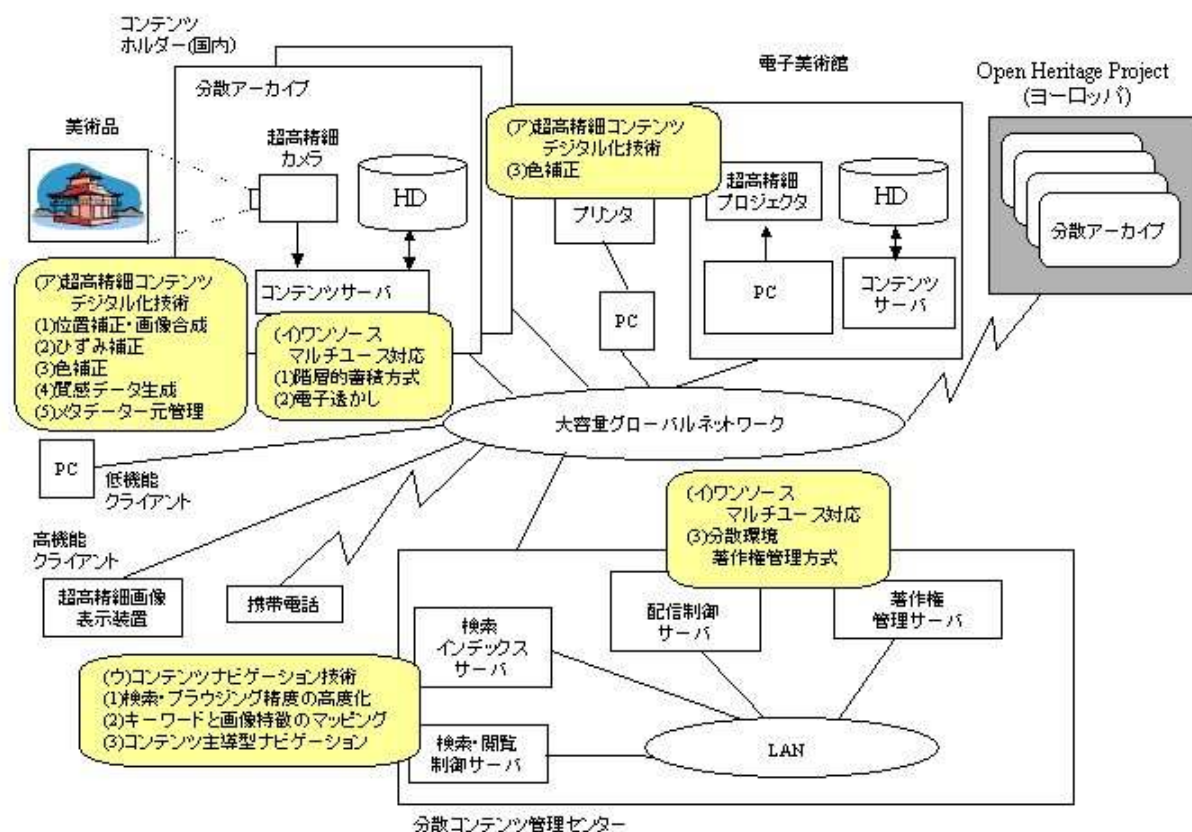


図 2-1 大容量グローバルネットワーク利用超高精細コンテンツ分散流通技術の研究開発 概略図

以下、個別課題毎に課題の設定理由、実施内容について説明する。

2-1-2 個別課題毎の実施内容

【課題 ア】超高精細コンテンツデジタル化技術

高品位デジタルコンテンツ流通のためには、コンテンツホルダーが所有する価値の高いコンテンツを、高品位にデジタル化する環境を整えることが課題となる。デジタル化したコンテンツは、オリジナルコンテンツに対する調査や研究目的、二次・三次利用のためのマスターデータとして利用可能なものでなければならない。そのため、可能な限り高精細かつ高精度でのデジタル化が必須となる。

近年の技術開発によって、超高精細画像コンテンツのハンドリングを可能とする基本的な入出力機器が揃いつつあるが、これらの機器によるデジタル化においては、例えば以下の問題点がある。

- ・フィルムスキャナ

非常に高精細な画像の取り込みが可能であるが、処理に時間がかかる。

- ・デジタルカメラ

フィルムスキャナと比較して解像度的に劣る。高解像度化を図るためには、精密な位置合わせによる撮影が必要になる等、大規模なシステムが必要となる。

そこで、本研究開発では、より簡単かつ高速な高品位デジタルデータ生成のための技術開発を行う。超高解像度、忠実な色再現性を達成するため、超高精細デジタルカメラを用いて撮影した画像に対する以下の処理についての研究を行う。

- (1) 位置補正・画像合成処理
- (2) ひずみ補正処理

(3) 色補正処理（カラーマネージメント）

研究にあたっては、複数枚撮影した画像の合成や、グリッドパターンパタン、色パターンを撮影し、それらのパターンからの補正值をコンテンツの撮影画像に対して随時フィードバックをかけて補正する方式等について検討し、最終的にはこのプロセスの自動化を目指す。また、SN比等の数値比較による客観的評価や、超高精細デジタルコンテンツの表示が可能な表示機器を用いての専門家による主観的評価を実施しながら進める。

さらに、より高度なデジタル化のため、下記についても研究を行う。

(4) 質感表現三次元データ生成処理

コンテンツを単なる平面として捉えるだけでなく、例えば、絵画であれば、キャンパス上の絵具の“のり”といった表面の質的な情報の再現を行うために、三次元データを生成する処理についての研究を行う。これにより、従来の二次元データでは実現できなかった、例えば光源の方向の違いによる見え方の差異等、も表現できるようになり、よりリアルな表示が可能となる。

(5) コンテンツデータ・メタデータ一元管理方式

デジタルカメラによって撮影したコンテンツ自体のデータとメタデータ（例えば、撮影条件）とを関連付けて管理する手法について研究する。これによって、コンテンツデータ管理の負担軽減、及び、コンテンツデータに対して各種処理を施す際の参照データとして、メタデータを簡単に利用できるようにする。

【課題 イ】 ワンソースマルチユース対応コンテンツ蓄積管理技術

超高精細デジタルコンテンツは、流通コンテンツに対するマスターデータとして位置付けられるものである。これらのコンテンツの流通にあたっては、以下の点を考慮する必要がある。

- 用途に応じて、コンテンツの品質（解像度、色深度等）を変えられること
閲覧目的で多くの画像を一度に見たい場合は、解像度を落とし縮小したサムネイル画像で充分であるが、本格的な印刷用途に供する場合には、高品質・高解像度のコンテンツが必要となる。
- 部分的な切り出し／オブジェクト抜き取り等に対応できること
超高精細デジタルコンテンツは、その空間的な一部分であっても十分に再利用可能となる品質を有しているため、コンテンツ内に含まれるオブジェクト等の部分的な領域の切り出しや、有意なオブジェクト単位についても考慮する必要がある。
- 著作権の管理が行えること
二次・三次利用者が編集、変換等を行った後であっても、オリジナルのコンテンツが特定できることが必要である。
- 分散アーカイブ環境に対応した著作権保護環境を提供できること
コンテンツホルダーが、それぞれのデジタルアーカイブを構築する分散環境においては、処理の効率化、メンテナンスのし易さ、著作権管理のし易さ等を考慮した上で、どの部分を分散管理し、どの部分を集中管理するかを考慮する必要がある。

そこで、以下の3点について研究を行う。

(1) コンテンツの階層的な蓄積方式

- ・ 画質／解像度による階層化
- ・ ネットワーク上のデータベース（DB）の階層化

本研究で扱うコンテンツの階層的な蓄積には2つの視点があり、一つはコンテンツのファイル内部構造としての解像度別の階層的蓄積（図2-2）、もう一つはコンテンツの情報を管理するDBの階層的蓄積（図2-3）を考える。

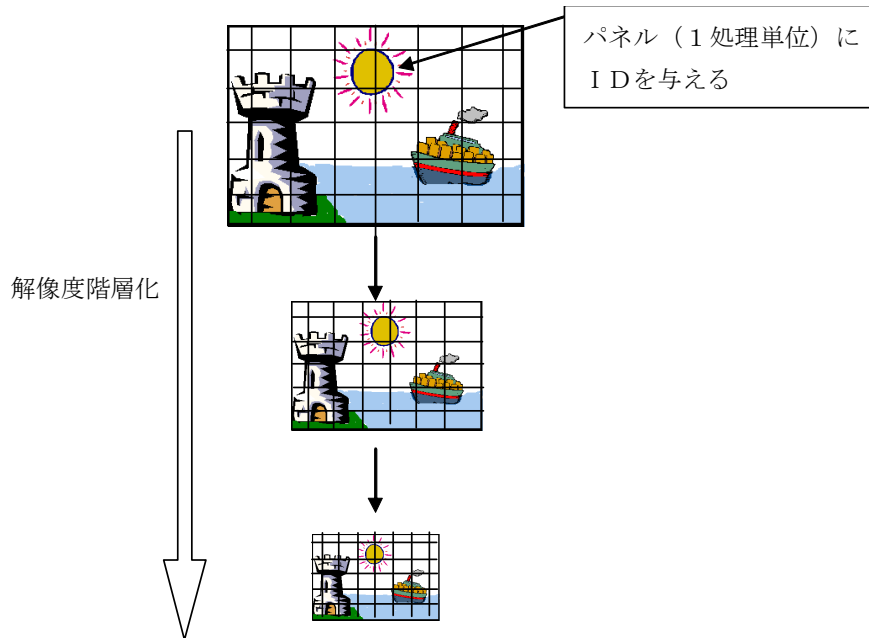


図2-2 超高精細コンテンツの解像度階層化

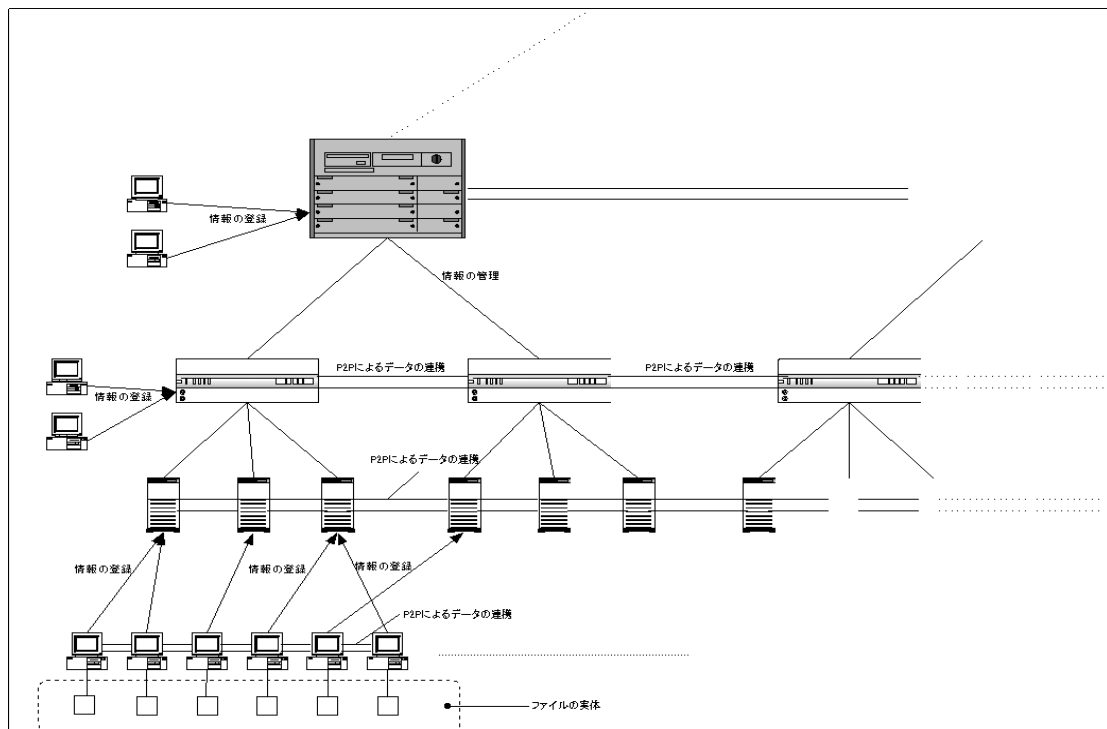


図2-3 データベース構造の階層化

これにより、アーカイブされた画像を自身に一番近いサーバあるいはそのノードに属するクライアントマシンからデータを転送することを可能にし、またその上に解像度別の階層構造をもつデータフォーマットでデータを保持することによりさらに効率的な管理、配信を行うことを可能とする。

また、1つのデータベース/クライアントマシンに1つのカテゴリーのデータを割り当てるなど、その枝自身がDBの1要素として扱えるような構造であることも研究する。

(2) 各種編集・変換処理に対して耐性を持つ電子透かし

デジタルコンテンツに対してなされる符号化、フォーマット変換、変形等の画像処理に対して耐性のある電子透かしについて研究を行う。超高精細デジタルコンテンツが対象であることから、特に以下の2点について考慮する。

- ・画質と埋め込む情報量との関連を明確にすること
- ・部分的な切り出し(トリミング)や縮小等の操作後でも、電子透かしの検出を可能にすること

(3) 分散環境著作権管理方式

図2-3のようなデータベース構造をもったネットワーク上の有意なデータベースの1つ1つがそれぞれ効率的なデータ管理、著作権管理等を実現する仕組みを保持しうることについて研究を行う。これにより、巨大なDBを構築することなく、個々のコンテンツホルダーが自分自身のデータを管理し、そのDBを連携させることによって、著作権管理の負担の少ない透過的な枠組みを提供する。

【課題 ウ】 状況適応型コンテンツ検索・ブラウジング技術

数多くの高品位デジタルコンテンツが蓄積されると、各ユーザが必要としているコンテンツを効率的に検索・ブラウジングすることが困難になってくる。インターネット上のサービスの中には、情報提供のために用いられるHTML中のテキスト情報を用い、検索やブラウジング機能の高度化を目指しているものが幾つか存在する。しかし、画像等のコンテンツの場合、ユーザの検索要求を明確に表現することが困難であること、付加されるべきキーワードを与える処理が負担であること等の問題点がある。

そこで、これらの問題点を解決するため、以下の3点について研究を行う。

(1) ユーザとのインタラクションによる検索・ブラウジング精度の高度化

コンテンツ自体から信号レベルで抽出される特徴量、付加情報から抽出されるキーワードを用いて、多次元の検索インデックスを構成する。これにより、キーワード、例示画像、スケッチ等、ユーザからのさまざまな検索キーに対応可能な検索機能を開発する。その上で、ユーザによる検索結果の評価等のインタラクションから、各種検索パラメータの重み付けを最適化することで高精度な検索を実現する。

同様に多数のコンテンツを提示するブラウジング環境においても、ユーザのアクセス履歴に応じて、ブラウジングのための各種の軸(例: 作者、年代、色分布、テクスチャ等)の重み付けを最適化し、ユーザの方向性に合致した情報整理・提示機能を実現する。

(2) キーワードと画像特徴のマッピング

コンテンツ検索の最初のきっかけとしてふさわしいのは、キーワードである。しかしながら、例えば絵画の場合、その作者、年代等はコンテンツの蓄積時にコンテンツの付加情報として与えられることが自然であるが、絵画の内容についての記述がなされることは少ない。そこで、画像の特徴量とキーワードのマッピングを行う方式について研究を行う。具体的には、キーワードと画像からなる訓練セットを用意し、それらから対応モデルを構築し、このモデルを新規画像データに適用し、キーワードを付加することを目指す。

これにより、以下を可能とする。

- ・画像データに対してキーワード等の付加情報を与え、これによりキーワードによる画像検索が可能になる。
- ・キーワードが検索キーとして与えられた場合に、そのキーワードを画像特徴量にマッピングさせ、特徴量によって分散アーカイブの検索を行う。これにより、キーワードが与えられていないコンテンツ、および、付加されているキーワードの言語（日本語、英語等）が異なるコンテンツに対する検索が可能になる。

上記二つの研究開発において共通するのは、コンテンツとそのラベル((1)においては、ユーザの評価や操作、(2)においては、キーワード)を対応させ、それらの関係を抽象化したモデルを構成するという機械学習的な手法を用いることであり、各機能を実現するための属性（特徴量）の選択方法、学習アルゴリズムの最適化が必要となる。これらのシステム概念図を図2-4に示す。

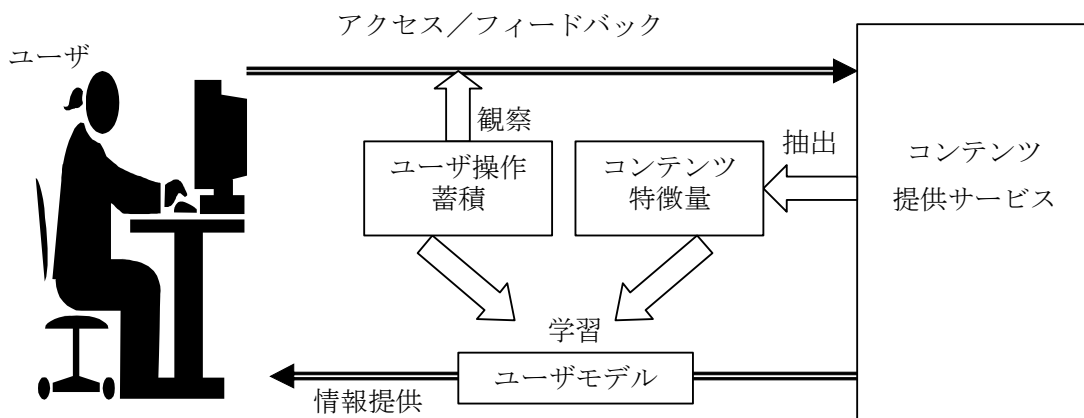


図2-4 状況適応型コンテンツ検索・ブラウジング

なお、使用する画像特徴量等については、マルチメディアコンテンツに対するメタデータの記述方式として標準化が進行中である MPEG-7 記述を参考にし、効率的に研究を進める。

(3) コンテンツ主導型ナビゲーション

従来のインターネットにおける情報提供はテキストが基本であり、静止画等の画像コンテンツは、HTML で記述されたリンク情報によって初めてアクセスが可能であった。そのため、コンテンツそのものが単独で流通した状態では、そのコンテンツに関する情報へのアクセスが困難になる。そこで、本研究開発課題では、電子透かしを活用し、電子透かしをキーとしたメタインデックス作成により付加情報へのアクセスを実現する。本機構の概念を図2-5に示す。

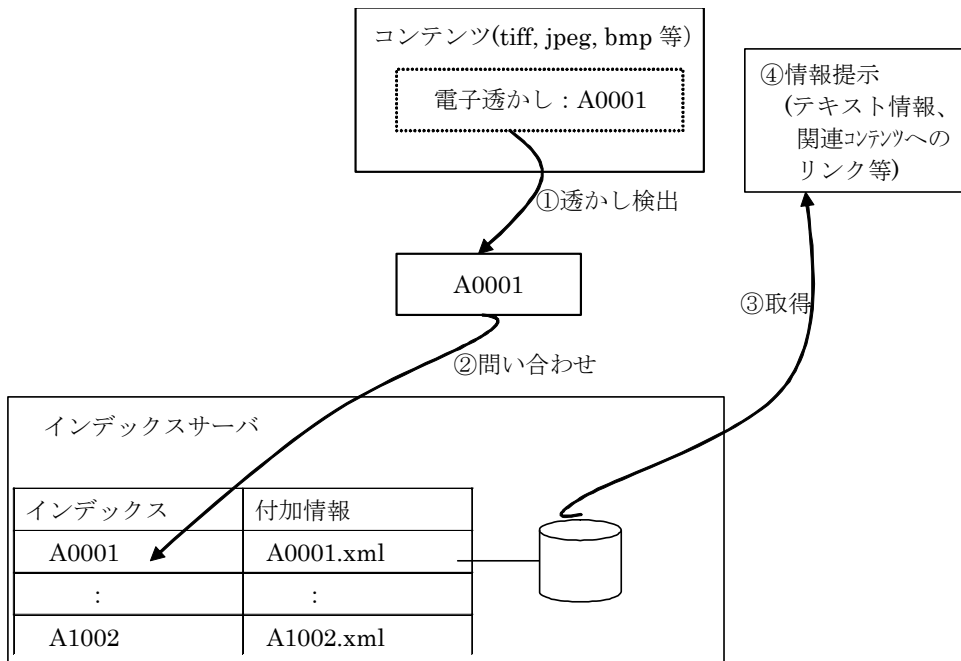


図 2-5 コンテンツ主導型ナビゲーション

これによって、入手したコンテンツの所在場所や画像フォーマットに依存しない関連情報のブラウジングが可能になる。

【課題 エ】実証実験

技術的な面からの研究開発だけでなく、コンテンツホルダーと連携し、ビジネスモデル的な観点からも検討を行う。

上記【課題 ア】から【課題 ウ】までの技術を組み込んだコンテンツ生成、データの蓄積・配信、検索・ブラウジング機能が、1つのフローとして分散アーカイブ上で検証できるシステムを構築する。

本システムでは、実際にギガビットワークを介して、コンテンツホルダーとユーザを接続し、実運用に近い構成での実証実験を行う。さらに、ヨーロッパで進行中であるOpen Heritage Projectとの大容量グローバルネットワークによる接続を目指す。本実証実験において、実運用上の問題点を明らかにし、個々の研究開発技術に対するフィードバックをかける。

2-2 研究開発目標

2-2-1 最終目標（平成18年3月末）

【課題 ア】 超高精細コンテンツデジタル化技術

- ・ 超高精細デジタルカメラで撮影した画像をベースにした超高精細・高忠実度デジタルコンテンツの生成を自動化すること。
- ・ フィルムとスキャナとを用いたデジタルコンテンツと比較し、同等以上の解像度を持つコンテンツのデジタル化を可能にすること。
- ・ フィルムとスキャナとを用いたデジタルコンテンツの生成時間と比較し、1/2以下の時間でコンテンツのデジタル化を可能にすること。
- ・ 撮影時から蓄積時までのカラーマネージメント手法を確立すること。
- ・ 出力時におけるマテリアルの相違に対応するカラーマネージメント手法を確立すること。
- ・ 分散環境下においても使用可能なカラーマネージメントシステムを確立すること。
- ・ 古文書や、塑像、レリーフなどの文化資産を対象に質感情報と、高精細デジタル映像（多視点）と、本プロジェクトの成果として生成した質感表現を持つ三次元データを1,000点アーカイブし、超高精細コンテンツデジタル化技術の実用化実証を行うこと。
- ・ 画像合成や色補正を施しデジタル化された最終的な超高精細デジタルコンテンツから、撮影時に付加されたメタデータにアクセス可能にすること。

【課題 イ】 ワンソースマルチユース対応コンテンツ蓄積管理技術

- ・ コンテンツホルダーから支持される著作権のビジネスモデルを確立すること。
- ・ 分散環境下における著作権管理技術を確立すること。
- ・ コンテンツの構造化がなされ、矛盾のない統一的な管理を可能とすること。
- ・ SN比45dB以上の品質で、256ビットのデータを電子透かしとして埋め込んだ時に、検出の誤り率を 10^{-5} 以下とすること。（解像度：4,000×4,000画素）
- ・ JPEG等の符号化・復号化に対して、電子透かしの検出の誤り率を 10^{-3} 以下とすること。
- ・ 切り出し、変形、解像度変換等がなされた後であっても、検出可能な電子透かし埋め込み技術を確立すること。

【課題 ウ】 状況適応型コンテンツナビゲーション技術

- ・ 利用環境に応じ、質感情報を持つコンテンツの表現形態を変化させる状況適応型コンテンツナビゲーション技術を確立すること。
- ・ 動的解像度変換、色彩・階調変換によって複数の表示環境（超高精細表示装置、三次元表示LCD、任意解像度の通常PC環境、PDAなどの低品質表示装置）に対応できるコンテンツの表示技術を確立すること。
- ・ 課題アで得られるコンテンツ、1,000点の検索表示を実現すること。
- ・ 定義したテストデータによるユーザフィードバック毎の正解率が、典型的なRelevance Feedbackを用いる画像検索手法（例えば、現時点ではMARS）と比較して優れていること。
- ・ システムの使い勝手に対するMOS値（主観的評価値）が、5段階評価中、4以上であること。

【課題 エ】 実証実験

- ・ システム全体の設計を IP ベースの分散環境に対応する構成にし、プロジェクト参加機関以外の研究機関（国立京都博物館、東大学博物館、大英図書館）へ、プロジェクト成果の検証を依頼し、その評価とシステム有効性の実証実験を行うこと。
- ・ グローバルネットワーク（インターネット）アクセスのオーバーヘッドが、ネットワーク構成をとらない集中型コンテンツアクセス方式（従来型の RDBMS 管理）のそれと差が無いこと。

2-2-2 中間目標（平成 16 年 3 月末）

個々の研究課題に対して、以下を達成していること。

【課題 ア】 超高精細コンテンツデジタル化技術

- ・ 開発したアルゴリズムによって、複数枚の超高精細デジタルカメラ撮影画像を合成し、超高解像度画像を生成できること。
- ・ 作品の傾向別のライティング、レンズの種別など最適撮影条件を決定すること。
- ・ デジタルカメラ、フィルムスキャナそれぞれから得られるデータの発色特性の比較実験を完了すること。
- ・ カラーマネジメントにおいて、メタデータにすべき項目を仮決定すること。
- ・ 顔料インク、染料捺染インク、レーザー露光熱現像転写方式、以上 3 方式のプリンターによる発色特性を把握すること。
- ・ キャリブレーションシステムにより生成される修正用カラープロファイル特性を決定すること。
- ・ 10 種類程度の紙、3 種類以上の布を研究材料とし、メディアによる発色特性の違いを把握し、それに対する修正用カラープロファイル特性の有効性を測定すること。
- ・ ルーブル美術館所蔵の油絵、京都の文化財である日本画それぞれ 3 点程度の作品を選択し、その描画手法の違いからカラーマッチング手法の変更の必要性を検証すること。
- ・ デジタルカメラで撮影した画像とメタデータの一元管理システムの設計を完了していること。
- ・ 立体構造が明示的な対象（レリーフや彫刻）100 点の質感情報の解析および入力と、超高精細画像データの管理方式の設計を完了していること。

【課題 イ】 ワンソースマルチユース対応コンテンツ蓄積管理技術

- ・ 単一のコンテンツを自動的に構造化し、データベースに格納可能とすること。
- ・ ローカルネットワークによって、簡易分散環境を構築し、端末から分散して存在するコンテンツにアクセス可能とすること。
- ・ 電子透かし方式を 3 種類作成し、比較検証すること。
- ・ JPEG 符号化・復号化がなされた後であっても、検出の誤り率を 10^{-2} 以下とすること。

【課題 ウ】 状況適応型コンテンツナビゲーション技術

- ・パイロット的な状況適応型コンテンツナビゲーションによる、課題アにより得るコンテンツ 100 点の検索および表現方式の実現を 2D 超高精細表示装置を用いて実現すること。
- ・上記コンテンツから、「色」、「形状」、「テクスチャ」のパラメータを抽出する特徴抽出エンジンの設計を完了していること。
- ・パラメータによる類似画像の検索を可能とすること。
- ・電子透かしとしてコンテンツに埋め込まれているインデックスに対応する関連情報のプレゼンテーションを可能とすること。

なお、【課題 エ】は、平成 16 年度から実施する。

2-3 研究開発の年度別計画

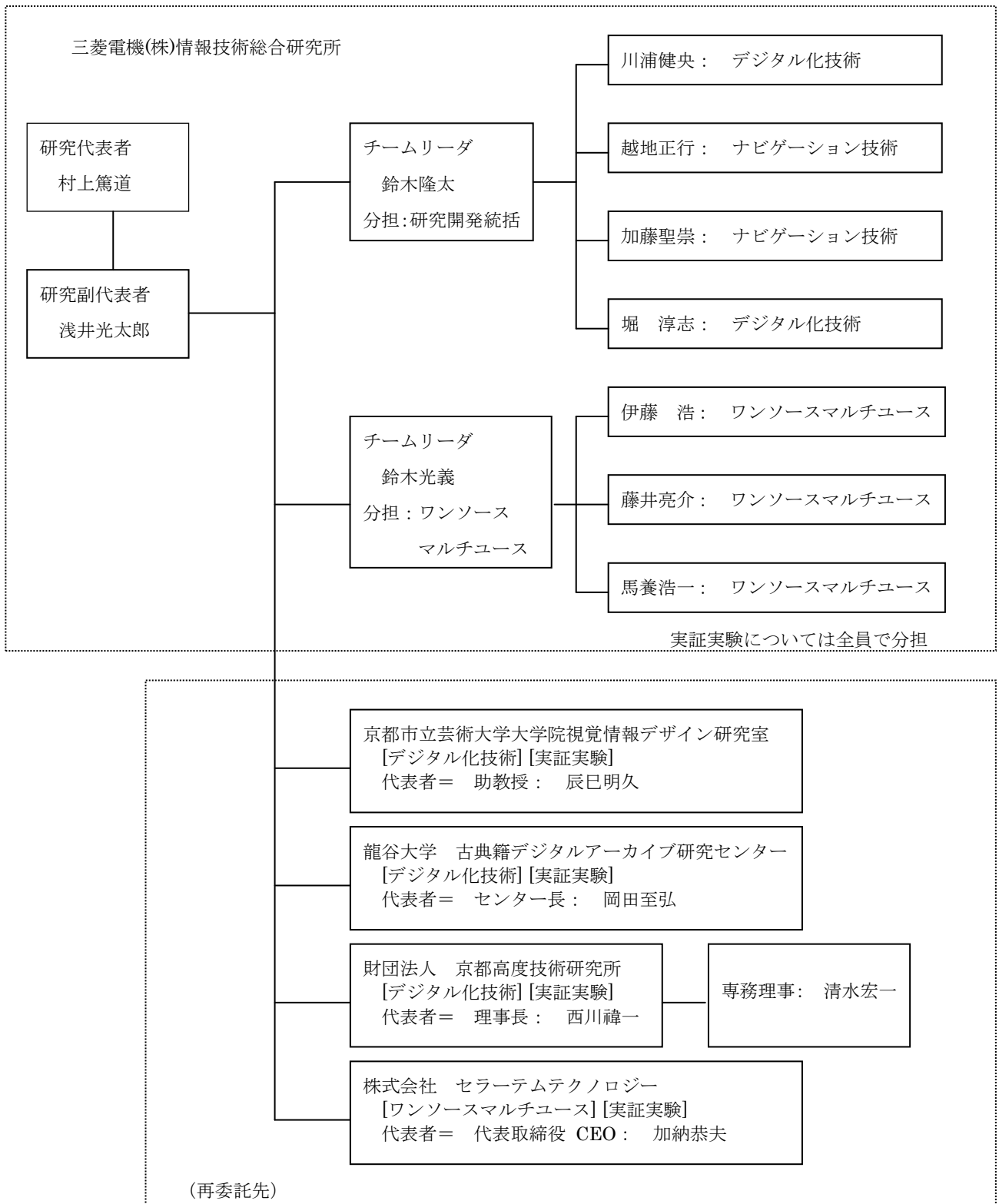
(金額は非公開)

研究開発項目	14年度	15年度	16年度	17年度	計	備考
大容量グローバルネットワーク利用超高精細コンテンツ分散利用技術の研究開発						三菱電機(株)
【課題 ア】 超高精細デジタルコンテンツデジタル化技術	基	一	二	実証実験のフィードバックにより適宜改良 ↓ ↓ ↓		一部再委託： 京都市立芸術大学 龍谷大学 (財)京都高度技術研究所 一部再委託： 京都市立芸術大学 (株)セラータム テクノロジー 一部再委託： 龍谷大学 すべての機関 (他の課題と連携を をとりつつ行う)
【課題 イ】 ワンソースマルチユース対応コンテンツ蓄積管理技術	本	次	次			
【課題 ウ】 状況適応型コンテンツナビゲーション技術	方	開	開			
【課題 エ】 実証実験	式	発	発			
	検					
	討					
	・					
	試					
	作					
		中間評価)				
間接経費	-	-	-	-	-	
合計	-	-	-	-	-	

- 注) 1 経費は研究開発項目毎に消費税を含めた額で計上。また、間接経費は直接経費の30%を上限として計上(消費税を含む)。
 2 備考欄に再委託先機関名を記載
 3 年度の欄は研究開発期間の当初年度から記載。前年度(15年度)までは、合計が当該年度の契約額の実績値となるよう記載。

3 研究開発体制

3-1 研究開発実施体制



4 研究開発実施状況

4-1 【課題ア】 超高精細コンテンツデジタル化技術の研究開発

4-1-1 位置補正・画像構成処理・ひずみ補正処理

1) はじめに

デジタルカメラで撮影した絵画画像を活用して超高精細コンテンツを構成するために画像の位置補正およびひずみ補正処理のアルゴリズムを開発し、そのアルゴリズムを活用して分割撮影した画像に画像合成処理を施すことで高精細コンテンツを構成する技術開発を実施してきた。平成16年度は、実際のコンテンツ撮影を通して得られた課題を改善するために、システム全体に関わる以下の開発・改良を実施する。

- ・ 絵の種類によって自動キャリブレーションが難しい場合がある。このため、キャリブレーションアルゴリズムを改良する
- ・ 撮影から画像構成処理までの一貫したシステムとして機能させるための課題を抽出し、改善および開発を行う。また、プロトタイプシステムのあり方について検討する。

2) 自動キャリブレーションの改良

自動キャリブレーションは、本分割撮影システムの中心的な部分である。平成15年度の実証実験として行った高精彩な油彩画像の構築（合成）を通して見つかった問題点の改善を目指して研究を実施した。

(1) 画像合成・補正処理アルゴリズムの改良

自動キャリブレーションは、ARToolKitによる認識アルゴリズムを活用するもので、プロジェクトで特殊なマーカーを投射し、そのマーカーの位置を計算することで、部分撮影した絵の絶対位置を算出して位置補正・ひずみ補正処理を行い、部分画像群から1枚の合成した高精細な画像を得ている。しかし、実際のコンテンツ撮影において、以下の問題点がわかった。

- ・ 投映画像のARToolKitによる自動認識が外部パラメータに依存し、そのパラメータを計算する必要があった。
- ・ キャリブレーションパターン単位で1つの特徴点しかとれない上、その精度がマーカーを囲む四角形に4頂点の精度に依存するため、信頼性が低い。

この2点を改善するためにアルゴリズムを改良し、実装を行った。具体的には次の通りである。

(a) パターン画像生成手順の導入

絵画の黒地部分にキャリブレーションパターンが重なった場合、キャリブレーションパターンの黒部分がプロジェクトの黒レベルの照度をもつため、キャリブレーションパターンの緑部分（最高照度）との差異を撮影画像から求めるのはかなり困難である。特にその閾値の設定の自動化はヒストグラム上、明確な山谷がつかなくなる可能性があり、人手に頼る場合がでてくる。他の色はさらに照度が低いため、使用する必要がなく、撮影時には一番輝度が高い緑色で十分であった。そこで次の撮影手順を採ることで改善を図った。

- ・ 絵全体に全緑パターンを照射した画像も撮影する。
- ・ 緑以外のパターンの照射をしない。

全緑パターンの撮影理由は次の通りである。

- ・ 全緑パターン画像（図4-1-2）からキャリブレーションパターン（図4-1-1）を照射した画像の差分を取るとパターンの緑部分のRGB値がゼロとなる。プロジェクタの黒レベルはゼロよりはるかに高く、パターン部分とそれ以外の部分が明らかに異なることがわかった。

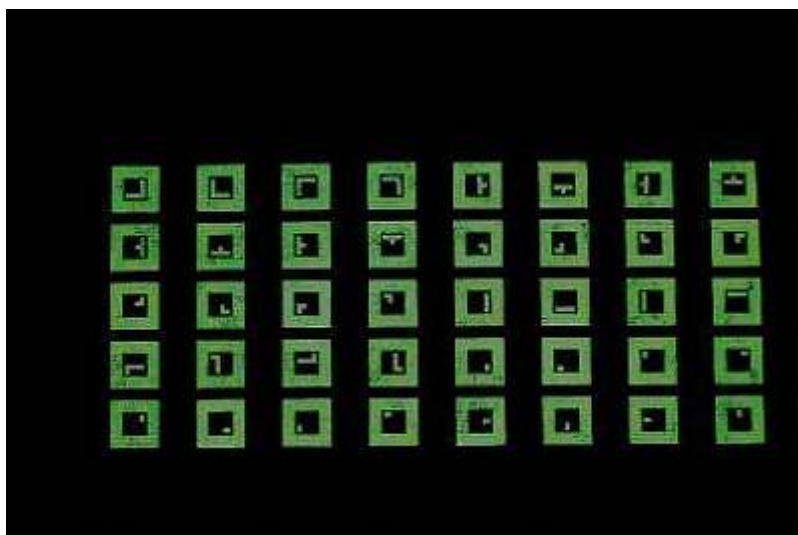


図4-1-1 キャリブレーションパターン



図4-1-2 全緑パターン

(b) 特徴点の変更

ARToolkit の特徴点はパターンの重心部分を取っている。そのため、精度のよい4頂点の座標値を獲得する必要があるため、画像の誤差に弱い。さらに画像変換する際に必要とする特徴点が不足することがわかる。

そこで、パターンの四隅の点を特徴点として採用できるような特徴点抽出方法に変更した。また、この点は格子点に載っていることになるため、射影変換を適用しても直線上にあることは失われない。そこで各頂点情報を基に線形回帰し、誤差の大きい点は精度が悪いと認識し、特徴点候補から外すこととした。

上記 (a)、(b) の改善点を組み込んだ画像合成・補正処理システムを実装し、その結果、図4-1-3に示す通り合成した絵が得られることを確認した。

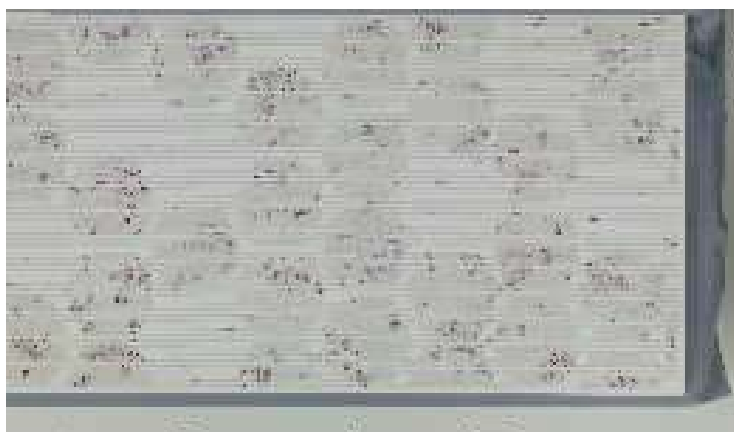


図4-1-3 構成した画像例

(2) 自動キャリブレーションに関わる撮影支援システムの改良

ARToolKit は机上では容易な認識が可能と考えられるが、本システムではプロジェクタの解像度が絵の解像度に比べて圧倒的に粗いため、プロジェクタの投映画像を正確に投映することが必要とされることが撮影を通してわかった。プロジェクタを正確に投映するためには、基本的ではあるがその手順を大きく改善する必要がある。

(a) キャリブレーション画像の改良

精度を向上させるために以下の改善を行った。

① キャリブレーションパターンの動的生成とそれを活用した自動特徴点抽出

撮影する絵や条件によって投映するキャリブレーション画像の位置、大きさなどが異なる。そのため、システム全体で動的に生成したプロジェクタパターンを活用する自動特徴点抽出プログラムおよび撮影支援システムを実装した。まず撮影時の課題として次が挙げられる。

- ・ カメラやプロジェクタが縦、横、逆など様々なケースがある
- ・ その向きに従ってアクリル板やプロジェクタを設置することは不可能である

そこで、カメラ向きとアクリル板の向き、プロジェクタの向きをパラメータ化し、画像合成処理時にそれに従った前処理を用意するようにした。実際、全体画像と部分画像の向きですら異なっていることが多い。さらにARToolkit で用いるキャリブレーションパターンも、正方向、逆方向の2通り用意した。

② プロジェクタの解像度に従ったパターンの採用

同様にプロジェクタパターンを用意する際、次の規則に従うこととした。

- ・ プロジェクタ解像度を離散化の上限としたパターンの生成

プロジェクタ自身が解像度を越えた画像の投映をサポートするため、ボケた画像を投映する可能性があり、それが自動認識の妨げになる。プロジェクタ解像度とパターン投映・生成の解像度を一致させておく必要がある。

- ・ 斜め線の排除（アンチエイリアシングの禁止）

斜め線を使ったキャリブレーションパターンを用意していたが、斜め線部分は、プロジェクタの解像度を超え、またビデオカード内でアンチエイリアシングを行い、ボケた画像を投映する可能性があり、これも自動認識の妨げになる。

③その他

撮影時以外にプロジェクタから投映システムのウインドウなどが表示され、それがコンテンツ自身に投映されてしまうため、コンテンツホルダーから不評であった。それを改善するために次の改良を行った。

- ・ キャリブレーションパターンは実ウインドウのデスクトップの外に投映し、常時プロジェクタ画面はそちらを投映する。標準で黒の状態とすれば、プロジェクタの黒レベルの光が照射されるだけなので、通常時と変わらぬようにすることができる。さらにその状況も満足できない場合のために、サーボモーターを使ったプロジェクタのシャッター機構を試験的に実装した。

3) 撮影作業

寺、博物館、大学などの協力を得ながら、様々な絵画の撮影を行い改良システムの評価を行った。また、これらの撮影を通じて、撮影システムとしての改善点や不足機能も新たに見つかった。以下に撮影内容について述べる。

(1) 流山浄信寺（千葉県流山市）

掛軸の撮影を行い、長く薄い素材の撮影方法の検討を行った。また、煽りレンズの利用可能性を検討した。

撮影物： 閻魔大王 （2点）
墨絵



図4-1-4 閻魔大王をモチーフとした掛軸の合成例（一部）

(2) 島根県立博物館（島根県松江市）

絵図を中心とした古図の撮影を行い、巨大な絵の撮影と字をベースとしたデジタルアーカイブの撮影方法の検討を行った。

撮影物： 絵図「天保十一子 白潟本町・八軒屋町」：松江市所蔵
寸法：242.0×137.6 (cm)
ただし絵の上に2回修正画像が貼ってあるため、3回撮影

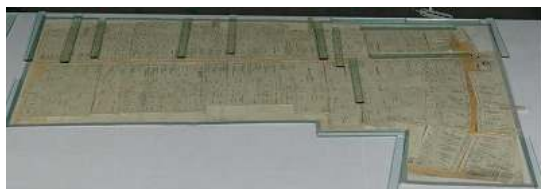


図4-1-5 絵図



図4-1-6 合成例の一部

撮影物： 島根県立博物館所蔵の以下の絵図
寛永出雲国絵図（簡略版）寛永10年（1633年）
寛永石見国絵図（簡略版）寛永10年（1633年）
寛永隠岐国絵図（簡略版）寛永10年（1633年）
寛永出雲国絵図（詳細版）寛永10年（1633年）
寛永隠岐国絵図（詳細版）寛永10年（1633年）
正保出雲隠岐国絵図 正保2年（1645年）
石見国大絵図
島根県観光鳥瞰図 昭和5年（1930年）

(3) 日本中央競馬会（JRA）馬の博物館（神奈川県横浜市）

屏風絵の撮影を行い、絵をベースとしたデジタルアーカイブの撮影方法の検討を行った。

撮影物： 屏風（大）：酒呑童子図屏風 3分割して撮影
屏風（小）：小田原城下図屏風 2分割して撮影

(4) 日本大学芸術学部美術学科（埼玉県所沢市）

学生が制作した油彩画の撮影を行い、多様な油彩画の撮影方法を検討した。

撮影物： 学生の作品（油絵）6点

(他2点は照かりがあり撮影できず)

(5) 現代画の作品

大きな貼り絵 (170cm×90cm 程度の絵)の撮影を行い、油絵と異なり平面に近い絵の撮影により方式の確認を行った。

以上の撮影を通して得られた知見について以下に述べる。

① 巨大絵画撮影時のプロジェクタの設置

巨大な絵の撮影時には、プロジェクタ投映距離を確保する必要がある。特に絵画を床置きで撮影する場合は注意が必要である。例えば、島根博物館では2階の隙間から1階に設置した絵を撮影した。

② 紫外線を除去した照明

照明、特に熱および紫外線のカットに気を配る必要があった。また、プロジェクタの照射も物理シャッターによって撮影時以外は照射を防ぐ必要があった。

③ 煽りレンズの導入

床置き型の巨大な絵を撮影する場合、撮影台の条件が厳しくなる。このような場合、煽りレンズが有効であることがわかった。

4) まとめ

デジタルアーカイブの価値は、絵が見えること、字が読めることにあることを、実際の撮影を通して確認した。キトラ古墳や高松塚古墳の壁画などの価値が高いものでも、美しいこと以外に確実に絵を写し取ることが重要である。カメラ位置とレンズの設定を、絵が見えること、字が読めることを基準にすると分割撮影は必須であり、しかも厳しい撮影条件も想定する必要があることがわかった。実際の撮影によって本研究の価値のひとつを再確認できた。

また、様々な絵画の撮影を通じて、位置補正・画像構成処理・ひずみ補正処理の問題点がわかった。平成17年度はさらに改良を加え、プロトタイプシステムを完成させる予定である。

なお、本研究のために浄信寺、島根県立博物館および松江市、NC ART Gallery、JRA 馬の博物館、日本大学芸術学部美術学科および映画学科の皆様には多大なご協力を頂いた。ここで謝辞を述べる。

4-1-2 色補正処理

1) 撮影時に生成されるデータの発色特性

高精細デジタルカメラ・フェーズワンで生成される陰影の階調は、フィルム撮影に比べて極めて良好であることが付帯して撮影しているグレートーンチャートから確認することができる。その一方、コントラストはやや軟調であり、これらの特性は作品の傾向を問わず共通であった。軟調傾向が見られる原因は、周辺光をゼロにできないというレンズ設計の問題と思われるが、レンズの精度を上げるという解決策よりも撮影データの特長を見極めた自動補正機能の開発という方策を選択する方が解決が早いと思われる。今回の出力用データのカラーマッチング処理では、コントラストを10~30%の範囲で上げることにより、ほとんど解決が可能であった。

平成16年度は、ポジフィルムをCREO社のフラットヘッドフィルムスキャナで入力し、実験を行った。この実験により、ポジフィルムの保存状況によって十分な発色が得られるかどうかは左右されることが確認された。また、撮影時のデータが、ポジフィルムに付帯しているケースはあまり無く、メタデータとしてブランクになるケースがほとんどである。

2) 保存~配信時におけるカラーの劣化要因の有無

保存から配信に至るプロセスでの劣化要因は、人的ミスに集約される。撮影時に生成されたデータ、例えばフェーズワンで撮影されたデータのビット数を、コンテンツをプリントする際に現状のPCの能力からオペレーターが8ビット等に落として加工する可能性は否定できない。これらの加工は、一次保存以降のワークフローにおいて随時行われる可能性があり、コンテンツ流通のプロセスでのチェック項目である。保存用データと加工されたデータの混在を防ぐワークフローの標準化が必須である。

一方、一次保存のプロセスにおいて、担当者へのデータに関する啓蒙がなされていない場合、元データの標準的ファイル形式すら置き換えてしまう可能性も否定できない。よって人為的ミスによる劣化を防ぐためのコンテンツ流通のワークフローを確立し、そのマニュアル化が必要であろう。

3) メタデータすべき項目の抽出

メタデータ項目の標準化は、コンテンツへのアクセシビリティ (accessibility) 向上の面から重要である。国際博物館会議 (ICOM) による International Guidelines for Museum Object Information (博物館資料情報のための国際指針)、また国際標準化機構 (ISO) の TC46 委員会から提案されている Conceptual Reference Model (概念参照モデル) 等の国際標準を目指した動きがある。

一方、様々なコンテンツに対応するため、博物館、美術館等コンテンツホルダーごとのメタデータはカスタマイズを避けるわけにはいかないという実情がある。よってメタデータのモジュール化が最も現実的な解決策と思われる。文化施設の既存分野を越えた検索、コンテンツ流通を実現するためには、図書館、文書館のメタデータの相互利用も視野に入れた Dublin Core Metadata Element Set (DCMES) も、もちろんモジュールの対象である。

アルタイズ MA のメタデータ項目の基本的項目は、メタデータのモジュール化を視野に入れ開発されているが、今後の課題として、データのウェブ上への簡便な書き出しが機能として組み込まれていないことが挙げられる。

アルタイズ MA のメタデータ項目の検証作業を進める一方、フランス国立美術館修復センター (C2RMF) の協力でヨーロッパリサーチオープンシステム (EROS) のメタデータに関する研究を行った。

EROS は、C2RMF が研究対象とした西洋絵画のデータベースシステムである。そのメタ

データ項目は、RGB 画像、X 線画像のほか、マルチスペクトルカメラで撮影された画像データを含む。またテキストデータは、研究論文、雑誌等の掲載記事に及ぶ。さらにそのデータは多言語翻訳されている。この膨大な EROS のメタデータ項目は研究、教育へデータをマルチユースする場合、参考にすべきとの結論に至った。

4) 出力時における各出力デバイス固有の発色特性

- ・ヒューレットパッカード社 Design Jet5500

ハイコントラストで、黒が目立つ発色特性を持つ。明暗がはっきりする傾向がありフェーズワン撮影時に生成されるデータの発色特性である軟調傾向をある程度補完する。しかし、コントラストを落とすデータ加工を施しても限界があり日本画のような繊細な色調変化にはやや不向きである。

- ・エプソン社 PX9000

基本的にはフェーズワン撮影時に生成されるデータの発色特性である軟調傾向をそのまま再現する。赤色の再現において日本の朱色がやや洋風のピンクを感じさせる深紅に置き換わることがあった。また PX インクの特長として、彩度が高くなる傾向が見られる。しかし研究全般において色相のぶれは少なく、カラーマッチングは、PX インク以前の顔料プリンター、あるいは Design Jet5500 に比べるとはるかに容易である。

- ・ミマキ社 TX1600

上記 2 種の顔料プリンターに比べて彩度が低く再現される傾向にある。プリントアウトの後の捺染後処理（蒸気による加熱処理）の後には彩度の向上が見られた。コンテンツ流通において布への展開は、インテリアや服飾分野を中心とする。よって複製というカテゴリーを越え、新しいプロダクトとして位置付けられるならば、十分なクオリティを持った発色特性と言える。

平成 16 年度は絹、綿への出力と後処理加工も施し、捺染プリンターの発色の優位性が確認できた。

5) 紙、その他出力メディアによる発色特性

- 光沢系メディアは概して硬調、ハイコントラストになる特性を持つ。ピクトリコ ハイグロスの発色は光沢系で最高品質の発色結果を得た。
- マット系メディアは概して軟調、低コントラストになる傾向を持つ。マット洋紙メディアの同クラスを比すると各社メディアに大きな差異はなかった。和紙は黄変し、滲む傾向を併せ持つ。絵画作品の再現としてはマット洋紙系メディアが最も無難な仕上がりであり、黄変、滲みという一見再現に対するマイナス要因を持つ和紙であるが、その風合いから日本画という領域のコンテンツには大きな可能性を見いだせた。コントラストを 10~30% 上げ、彩度を 0~40% 上げ、黄変する色相をシアン、マゼンダ等とのバランスを取ることで行い、さらに作品の傾向により部分的な調整を加え、イシカワ軸装用和紙に出力した場合最高品質の結果を得られた。特に狩野派の作品にその結果が顕著であった。
- キャンバス系、ターポリン、シルバーフィルムはこれらのメディアはテクスチャの個性が強く、再現性が優れるものではない。しかしそれぞれの独特な風合いからイン

テリア、エクステリアなどの空間デザインにおいて新しい表現として大きな可能性を持つメディアと言える。

- 布系のメディアはすべて彩度、コントラストとも低い傾向である。ミマキ社TX1600による綿布、シルクへの出力、PX9000によるキャンバスクロス等への出力も同傾向である。よって正確な複製品制作というカテゴリーでは布の選択は困難ではあるが、上記キャンバスクロス、ターポリン、シルバーフィルム同様コンテンツ活用において新たな領域を開発する可能性を持つ。
- 平成16年度は上記メディアに発色補助剤であるアートキープの処理を行い、発色実験を行った。メディアの柔軟性を失わず、良好な発色が得られるアートキープは、通常の顔料、染料プリンターによる出力でも耐候性が高く、評価できるものであった。

カラーマッチングの出力実験に使用したメディアの一覧を参考資料に示す。

- Hewlett-Packard Studio Canvas (ヒューレットパッカード スタジオキャンバス)
- Hewlett-Packard Half-Gloss Paper (ヒューレットパッカード ハーフグロスペーパー)
- Hewlett-Packard Matte Paper (ヒューレットパッカード社マットペーパー)
- Pictorico Hi-Gloss (ピクトリコ ハイグロス)
- Pictorico Velvety (ピクトリコ ベルベッティ)
- Sakura Canvas (桜井 キャンバス)
- Sakurai Matte Synthetic Paper (桜井 マットペーパー)
- Sakurai IJ Tarpaulin (桜井 IJ ターポリン)
- Too Canvas Cloth (Too キャンバスクロス)
- Too Washi White (Too 和紙ホワイト)
- EPSON PX/MC Premium Matte Paper (EPSON PX/MC プレミアムマット紙)
- EPSON PX/MC Cotton Paper (EPSON PX/MC コットンペーパー)
- ISHIKAWA Washi (イシカワ 軸装用和紙)
- Silk cloth (絹 (捺染用))
- Cotton fabric (綿 (捺染用))
- 布2種については後処理加工も行った。

また、印刷に使用した画像データを図4-1-2-1～図4-1-2-3に示す。



図4-1-2-1 大覚寺 紅白梅図



図4-1-2-2 萬福寺 釈迦図

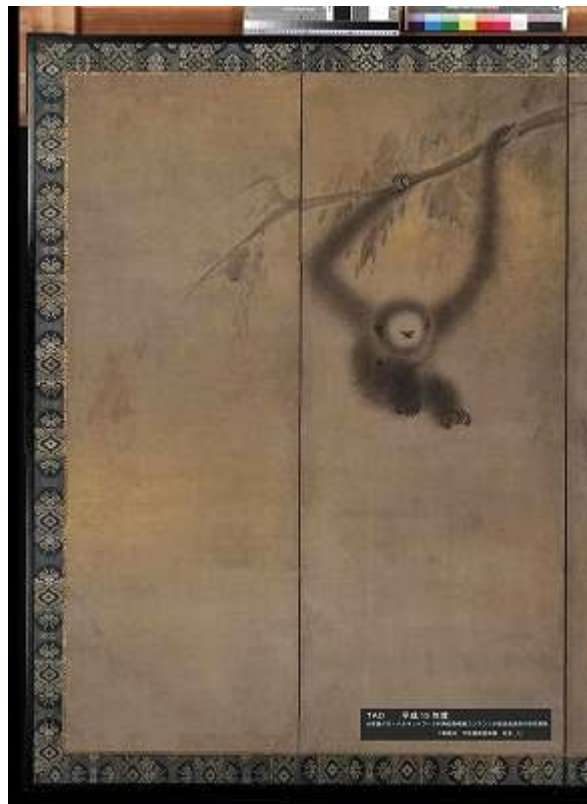


図4-1-2-3 相國寺 竹林猿猴図屏風 右隻

平成17年度は実験を継続し、詳細な研究を行う予定である。

4-1-3 質感表現三次元データ生成処理の研究開発

1) 質感データ入力とその処理モデルの検討

各種材質および各種素材のマルチスペクトル光源に対応した反射特性基本データの整理とそのモデル化、入力システムの作成を行った。以下に壁画に絞った素材および顔料についての実験結果を示す。

[壁画の分析]

表4-1-3-1に、中国新疆地域のベゼクリク石窟寺院内壁画下地と顔料の種類を示す。これらの素材と顔料を対象にゴニオフォトメータを用い、市販で手に入る石膏、石灰、朱、黄土、岩群青、岩緑青、炭素についての反射分光特性の計測結果を図4-1-3-1に示す。顔料は挽きの荒さによって色調が変化し、挽きが細かいほど明るい色になる。

表4-1-3-1 壁画の下地と顔料

下地	赤色	黄色	青色	緑色	黒色
石膏, 石灰	朱, ベンガラ, 鉛丹	黄土	岩群青	岩緑青	炭素

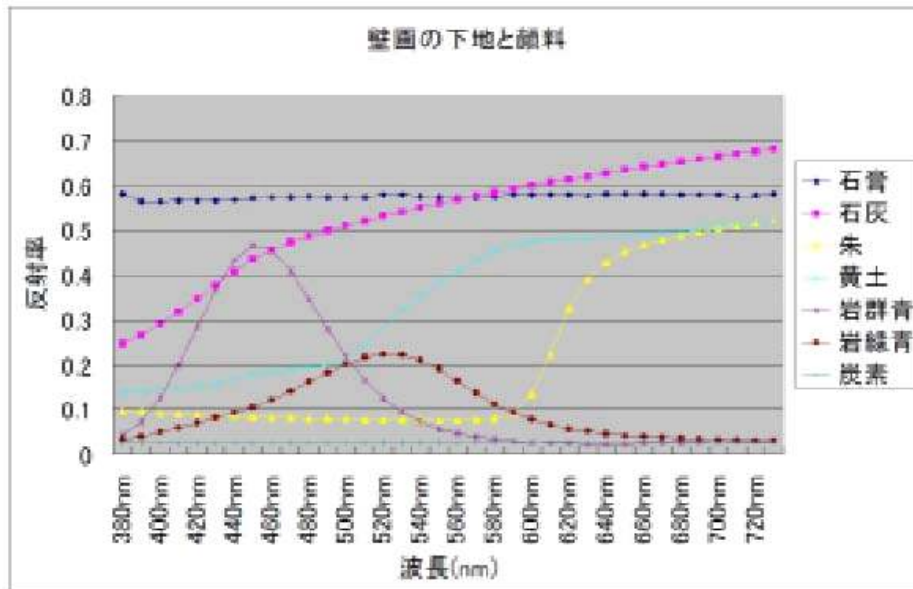


図4-1-3-1 壁画の顔料の分光特性

[双方向性反射特性による処理モデル]

デジタルアーカイブにおけるデータ表現に、AV (Augmented Virtuality) の方法がある。AVにおいては、幾何モデルを用いずに形状の復元(3次元仮想空間の生成)を行うIBR(Image-Based Rendering)においては、光(光源)と環境・対象物体との相互関係を考慮していくことになる。図4-1-3-2に、IBRによる仮想実空間の実証実験の例として光源からの照明光の入射角の制御を行い、質感解析・呈示が可能となることを示す。図中の入力系によって、双方向性反射特性(BRDF: Bi-directional Reflectance Distribution Function)が明らかになり、光の入射および反射の方向と反射率の相互関係を表すモデルの形成が可能となる。

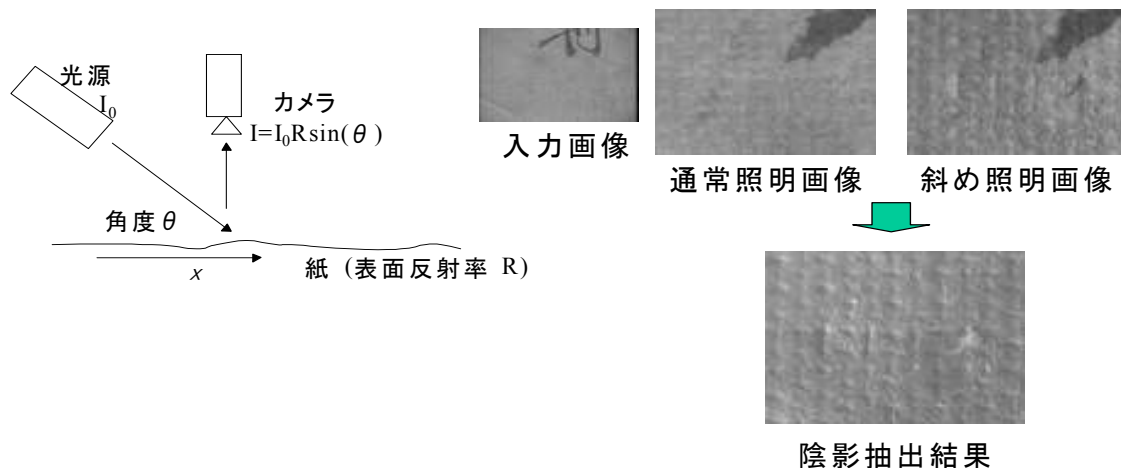


図4-1-3-2 BRDFによる質感解析・呈示

BRDFとは、任意の光源照射角に対応して、種々の対象物によって異なる物体表面の分光反射特性 (R) であり、その値は物体表面の微細構造により決定される。また、物体表面の微細構造からBRDFをモデル化する方法が従来から提案されている。

ここでの研究開発の目的は、超高精細コンテンツデジタル化を目指した、対象物体表面の微細構造の解析と質感表現である。前者では、物体形状の計測、物体表面のテクスチャ取得・解析、BRDFによる物体表面の微細構造の取得・解析を行い、物体構造記述 (Object scale、Micro-scaleのMulti-scale構造記述)を行う。後者では、物体のMulti-scale構造記述をもとに、シームレスな物体表面の質感表示方法についての検討を行う。

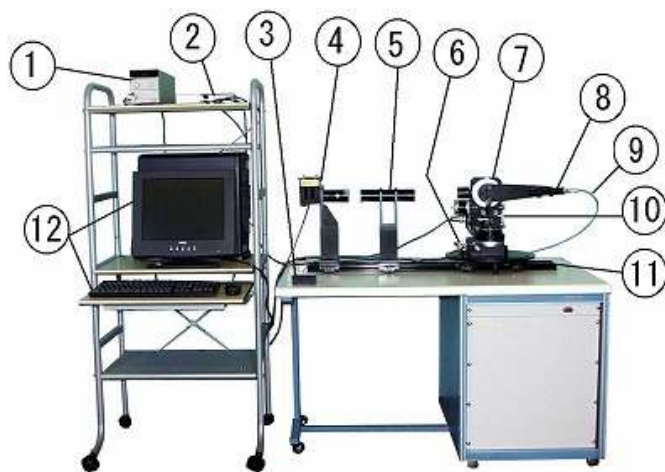
物体構造の記述には、ユーザの視点 (視距離およびユーザの興味) を考慮し、Object scale、Micro-scaleなどのスケールを定義し、各スケールの定義を以下に示す。

Object scaleは、3次元幾何モデルによる物体全体のポリゴン・ボクセル記述であり、Micro-scaleは、色特性およびテクスチャ解析により得られる特徴量と、BRDFによる物体表面の微細構造の記述である。

上述の構造記述方法は、次の通りである。各スケールの物理構造と物体に関する付加情報 (キーワード、対象に関する知識など) を Scene Graph と Document Type Definition (DTD) の概念を包含したデータ構造を定義し、物理構造と論理構造の両面からの物体構造記述を行った。質感表示に関しては、質感表現のためのブラウザの開発を行い、先に述べた Multi-scale 構造記述に基づき、ユーザの視点 (要求) に応じて、3次元幾何モデルから微細構造までをシームレスに呈示する。

[BRDF データ入力システム]

図4-1-3-3にBRDFデータ入力のために、試作したゴニオフォトメータの構成を示す。



- ①白色（ハロゲン）光源用電源
- ②モータコントローラ
- ③マルチチャンネル分光器
- ④白色（ハロゲン）光源
- ⑤投光部
- ⑥受光アーム水平回転ステージ
- ⑦受光アーム垂直回転ステージ
- ⑧受光部
- ⑨光ファイバ
- ⑩測定対象載物台
- ⑪光学ベンチ
- ⑫計測用PC

図4-1-3-3 ゴニオフォトメータによるBRDFデータ測定

表4-1-3-2 システム仕様

本体		
品名	数量	仕様
光学ベンチ	1	薄型アルミベンチ W=100mm l=1000mm
回転アーム	1	アーム水平回転角-165° ~50° (出荷時) アーム垂直回転角-10° ~100° (出荷時) 最小読取り 0.01° [自動] 受光鏡筒固定式
資料回転ステージ	1	±180° 最小読取り 0.1° [手動]
資料直線移動ステージ	1	XY方向±6.5mm [手動]、最小読取り：0.01mm
資料積載台	1	紙など薄い物用

投光部		
品名	数量	仕様
白色光源	1	ランプハウス内にハロゲン球 12V50W フィルター2枚まで装着可能
白色光源電源	1	DC安定化電源 18V 5A
投光側鏡筒	1	f=165、絞り 1~30φ
減光フィルター	4	透過率 10/20/50/80% ランプハウスに装着

2) 質感表現手法の検討と具体的システム化

1) で得られた質感データおよび、その解析結果をベースに、質感表現のためのブラウザと表示システムを作成した。

[仮想光源による質感表現]

ここではベゼクリク洞窟寺院内に復元された壁画の質感表現方法についての具体化を行った。石窟寺院の造営時には、礼拝者はろうそくを灯していたと考えられ、この様子を仮想的に再現することを試みる。すなわち、図4-1-3-4(a)に示すように利用者が仮想光源を操作することにより、仮想的に壁画の光学的な見え方が変化するような表現方法について検討する。

関連研究として、スクリーン物体へ光学パターンを投影する手法や没入型スクリーン (CABIN) を利用して照明や陰影に関するインタラクションを実現したものがあるが、ここでは、光源の反射分布に着目し実環境における精密な反射モデルや形状情報を利用せずに撮影された反射分布画像から反射分布フィルターを生成する。

反射分布フィルターとは RGBA 値 (光源色と透過度) を持つものであり、復元した壁画と反射分布フィルターをアルファブレンディングすることにより、仮想的な照明効果を得ることができる。この反射分布フィルターを用いることにより、実際の対象が存在しない場合において仮想的に照明効果を実現することができる。

反射分布フィルターは、以下のようにして生成する。

- 1 図 4-1-3-4 (a) の対象物体の位置に壁画を投影するスクリーンを設置し、光源はろうそくを利用する。また光源の移動範囲は、図 4-1-3-4 (b) に示すように立方体を想定し、その中を光源位置を変えながら投影面となるスクリーンを撮影する (図 4-1-3-5 (a))。
- 2 撮影した画像の輝度の最大値を基準として正規化を行う。正規化された画像をもとに透過度 (α 値) を設定し、反射分布フィルターを生成する。
- 3 生成された反射分布フィルター (RGBA 値をもつ) と復元した壁画画像 (図 4-1-3-5 (b)) をアルファブレンディングにより画像合成を行う (図 4-1-3-5 (c))。

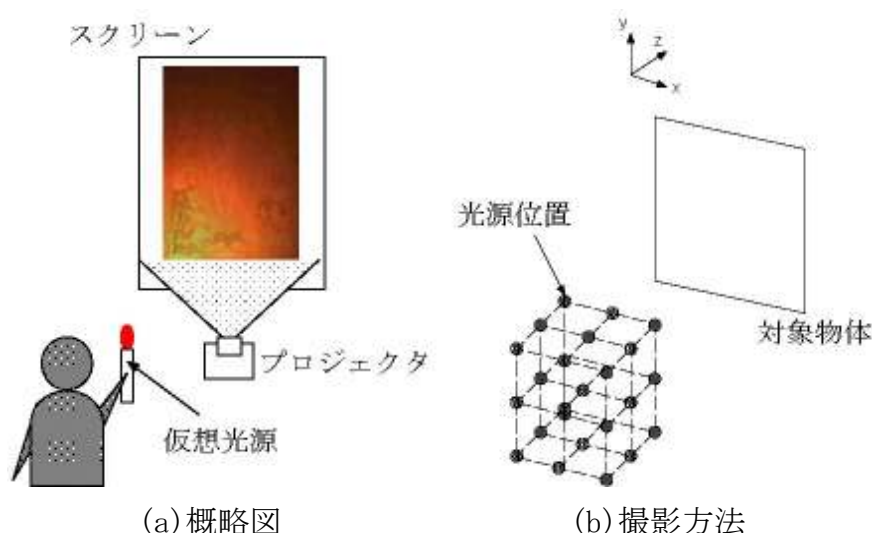


図 4-1-3-4: 反射分布フィルターを用いた仮想光源の実現

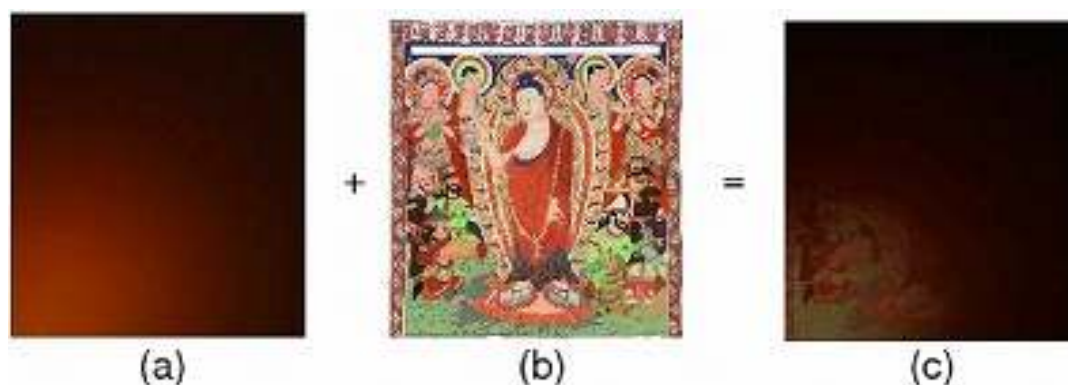


図 4-1-3-5 反射分布フィルターを用いた画像合成

[仮想光源を用いた質感表示ブラウザ]

利用者が持った仮想光源（ペンライト）の位置に応じて、壁画の光学的な見え方を変化させるためには、仮想光源の位置を推定する必要がある。つまり、仮想光源の発光部分をマーカーとし、そのマーカーを2台のカメラで撮影し、得られたステレオ画像を利用して仮想光源の位置推定を行う。これより推定された位置に応じた合成画像を表示する。すなわち、撮影位置と仮想光源の位置が同じ場合には、そのまま合成画像を表示する。また、仮想光源の位置が異なる場合には、仮想光源位置の近傍にある画像に重み付けを行い、画像を生成する。図4-1-3-6(a)に操作画面を示し、仮想光源を用いてインタラクションを行った結果を図4-1-3-6(b)に示す。

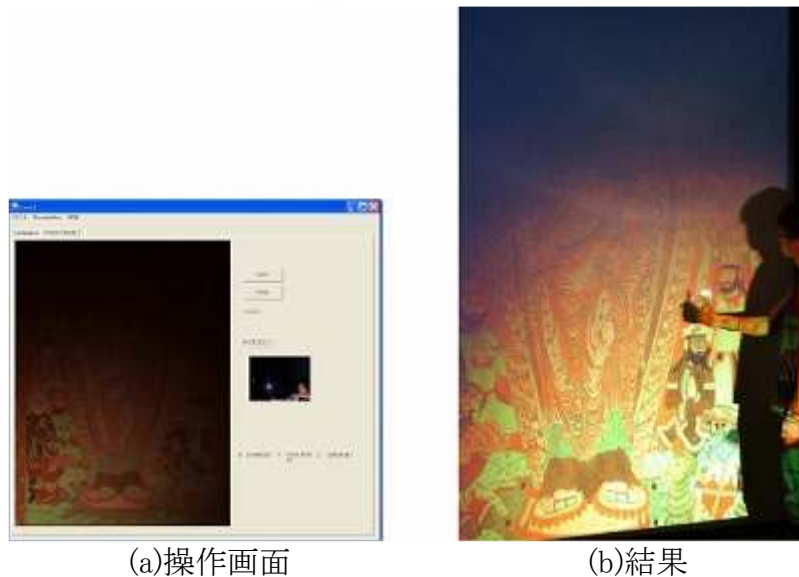


図4-1-3-6 仮想光源を用いた質感表示ブラウザ

3) まとめ

質感データ入力とその処理モデルの検討において、実際に用いられている素材、顔料を対象に、その質感特性、モデル化の研究開発を進めてきた。今後の課題としては、素材・材料としての特性だけでなく、実際に描画されたもの自身に対しての直接的な計測と解析方法の検討が必要である。

また、質感表現手法の検討と具体化においては、石窟寺院を対象とした具体的なデモンストラクションシステムを構築したが、ここから汎用的な質感表現と、表示ブラウザの開発への検討が課題として残る。

4-1-4 コンテンツ収集

1) 検証用超高精細画像データの作成

超高精細コンテンツデジタル化技術における (1) 位置補正・画像合成処理、(2) 歪み補正処理、(3) 色補正処理(カラーマネージメント)の研究を実施するために必要な比較検証用の画像データを作成する。

また、ここで作成された画像データは他のサブテーマである蓄積管理技術やコンテンツナビゲーション技術の研究・実証実験にも必要となるものである。

検証用データ作成の具体的な方法は、大型の文化財を被写体にして超高精細デジタルカメラを用いてそのデジタル画像を作成することにした。

2) デジタル画像作成の対象(被写体)

研究の狙いから被写体としては比較的大きなもので且つ細かな描写・細工が施されており、色彩が豊富であるかまたは単色であったとしても諧調が豊かなものが適している。さらに、実証実験としても実際の優れた文化財を対象とすることが重要である。

特に今回は、本研究の成果をより明確にするため、形状・色彩の異なる多種にわたる文化財を選定した。

相国寺、天龍寺及び禅文化研究所はこのような条件に合致した優れた文化財を保有しており、本研究の趣旨の賛同と協力を得ることが出来た。

<デジタル化の対象とした文化財>

天龍寺：

許由洗耳図、子陵垂釣図、芙蓉水鳥図、谿山行旅図、花鳥図、普賢菩薩図、
佛教、四睡之図、十六羅漢図、亀山天皇尊像、尊氏肖像

禅文化研究所：

布袋図、蝦蟇画賛(坐禅じて云々)、定(在止云々)、二行書 観世音菩薩、
鐘馗画賛(或ひは云々)、一円相 光含佛祖

相国寺：

足利義満像、洞窟達磨図、白鷹図、春景冬景山水図、寒山行旅山水図、
寒山拾得図、琴棋図、薔薇文鳥図、朝顔図・十六善神図、山水図、羅漢図、翡翠図

3) 撮影位置

被写体を記録する解像度について、肉眼で被写体を観察するのと同程度再現性を有したデジタル画像として、被写体に対して5~10画素/mmの精度で記録することにした。

今回の被写体の多くが長編150cmであったため、前期の精度から9,000~18,000画素の解像度を有する下記の仕様のデジタルカメラを用いることとした。

- 撮像部：フェーズワンFX(Phase One 社製デジタルカメラバック)
- 方式：CCD ラインセンサーによるスキャニング
- 解像度：10,500×12,600 画素
- 最大画像ファイルサイズ：600~700MB(RGB 16bit - TIFF)
- カメラ本体：4×5インチ版大型カメラ

4) 照明装置

貴重な文化財を撮影する際に、照明光の紫外線や赤外線(熱)による文化財の損傷・劣化

を防ぐため、照明高原には下記のような紫外線や赤外線(発熱)の少ないものを使用した。

- 写真撮影用蛍光灯 (色温度 5500° K)
- さらに、光源に紫外線カットフィルタ(アセテートフィルム製、透過率 90%以上、紫外線を 390nm でカット。難燃性)および光拡散フィルターを施した。

5) 撮影方法

上記 3)、4) で述べたデジタルカメラと照明装置を用いて撮影した。カメラ操作においては、画像の歪み劣化を低減するために、照明装置(蛍光灯 16 本内蔵)を 4 台用いた。また、撮影記録は 16bit-RGB とし、色温度調整により撮影画像のグレーバランスを整えた。

6) 画像データの記録

撮影した画像データは、16bit - RGB 画像を TIFF フォーマットで記録(記録媒体:CD-R)。また、参照用の縮小画像についても JPG フォーマットで記録した。

平成 16 年度に撮影したコンテンツのリストを付録 1 に示す。

4-2 【課題イ】ワンソースマルチユース対応コンテンツ蓄積管理技術の研究開発

4-2-1 コンテンツの階層的な蓄積方法

1) コンテンツの階層的な蓄積方法の内容

超高精細デジタルコンテンツは、コンテンツの流通におけるマスターデータとして位置付けられる。

マスターデータには、記録・保管の側面で、なるべく多くの情報量を全て記録することが要求されるが、一方の利用の側面では、高精細画像データをそのまま全てのデータが要求されることは少ない。例えば、利用者からインデックス画像が求められる場合、マスターデータが持つ超高精細の膨大情報は、最終的に縮小されて、ほとんどの情報が破棄されることになる。また、利用者から画像のディテールが求められる場合も、出力デバイスの制約から全ての情報が同時に使用されることは少ない。こうした高精細デジタルコンテンツの内部情報を、ディスクから読込む際やネットワークで転送する際になるべく抑制してユーザに必要な部分データのみを効率よく提供することが求められる。

既存の解像度多重フォーマット（FlashPix が代表的なものとして挙げられる）が設計された時期は比較的早く、今日のようなネットワークにおけるデータ・ストリーミングの向けの仕様ではなく、限られたリソース、解像度の低いテレビ受像機や非力なパーソナルコンピュータで、複雑な計算を必要とせずにデバイス毎に異なる解像度のデータを直接的に出力できるよう設計されている。そのため解像度の情報が冗長的になっているなど、今回のような超高精細デジタルコンテンツの蓄積方法として適合していない。

本研究開発では、これらの既存フォーマットが抱える課題を踏まえて、超高精細デジタルコンテンツの解像度多重化構造を設計すると共に、コンテンツの再利用に欠かせない画像の拡大・縮小品質を検証して総合的に効率的な情報提供を可能とする蓄積方法の設計開発を行う。

2) コンテンツの階層的な蓄積方法の実施状況

平成 14～15 年度に試作した解像度多重フォーマットの実データ変換テストならびにデコードテストを基に不備な点などの抽出を行い、フォーマット仕様の設計を変更し、変換プログラムの開発を行った。




コンテンツの階層的な蓄積方法の基本構造は、既存のフォーマットにも見られるようなパネル分割型のピラミッド構造とした。すなわち、先ず元画像をパネルに分割して各々のパネルを辺比 1 / 2 倍で縮小した画像データを生成し、この各中間階層を一段低い解像度データからの差分データとすることを基本的な構成とした。

これにより低解像度画像から高解像度画像へ向けた利用者の画像要求に応じて、都度、注目している画像領域に必要な最小なデータの伝送が可能となる。

検証実験では、元画像データの解像度を 2 分の 1 ずつ下げた画像データを保持する解像度多重データの蓄積方法として、単純解像度多重構成、色深度多重対応型の小画像・差分構成の 2 つの方式の検証プログラムを作成して比較検証を行った。

その後、デコード速度の改善を図るために低解像度画像を拡大して一階層上の差分情報と重ね合わせる処理のメモリ効率及びメモリアクセス効率の改善を行った。この処理速度がボトルネックとなりでコードに時間がかかっていたため、この改善によってデコードの大幅なスピードアップが実現された。

表4-2-1-1 エンコード速度の計測結果

画像	ファイル名	画像サイズ	階層	圧縮タイプ	処理改善前	処理改善後	対前比
	K01.tif	1943 × 3000 pixel	4	Lossless	7.942 sec	1.653 sec	4.8
				Lossy	7.781 sec	1.392 sec	5.5
	K02.tif	1926 × 3000 pixel	4	Lossless	5.848 sec	2.63 sec	2.2
				Lossy	5.998 sec	1.332 sec	4.5
	K03.tif	1788 × 3000 pixel	4	Lossless	5.168 sec	1.993 sec	2.5
				Lossy	5.227 sec	1.211 sec	4.3
	K04.tif	2255 × 3000 pixel	5	Lossless	6.519 sec	1.903 sec	3.4
				Lossy	6.780 sec	1.192 sec	5.6
	K05.tif	1787 × 3000 pixel	4	Lossless	5.097 sec	1.923 sec	2.6
				Lossy	4.967 sec	1.201 sec	4.1
	K06.tif	1819 × 3000 pixel	4	Lossless	5.067 sec	2.323 sec	2.1
				Lossy	5.198 sec	1.552 sec	3.3
	E01.tif	1409 × 1000 pixel	3	Lossless	1.571 sec	0.570 sec	2.7
				Lossy	1.331 sec	0.241 sec	5.5
	E02.tif	1474 × 1000 pixel	3	Lossless	1.422 sec	0.390 sec	3.6
				Lossy	1.462 sec	0.261 sec	5.6
	E03.tif	1000 × 1346 pixel	3	Lossless	1.332 sec	0.370 sec	3.6
				Lossy	1.312 sec	0.251 sec	5.2
	E04.tif	1777 × 1000 pixel	3	Lossless	1.822 sec	0.510 sec	3.5
				Lossy	1.812 sec	0.331 sec	5.4

	E05.tif	1000 × 1362 pixel	3	Lossless	1.351 sec	0.371 sec	3.6
				Lossy	1.302 sec	0.240 sec	5.4
	E06.tif	1477 × 1000 pixel	3	Lossless	1.512 sec	0.411 sec	3.6
				Lossy	1.573 sec	0.280 sec	5.6
	E07.tif	1000 × 1262 pixel	3	Lossless	1.452 sec	0.371 sec	3.9
				Lossy	1.291 sec	0.240 sec	5.3
	E08.tif	1350 × 1000 pixel	3	Lossless	1.412 sec	0.401 sec	3.5
				Lossy	1.381 sec	0.260 sec	5.3
	E09.tif	1000 × 1318 pixel	3	Lossless	1.282 sec	0.360 sec	3.5
				Lossy	1.242 sec	0.240 sec	5.1
	E10.tif	1720 × 1000 pixel	3	Lossless	1.693 sec	0.481 sec	3.5
				Lossy	1.663 sec	0.370 sec	4.4

このフォーマットの特徴は、低解像度画像情報を利用して高解像度画像情報を予測し、誤差情報を付加することにより高品質な多段階の画像情報を効率的に生成することにある。ここで前年の試作プログラムに加えて新たにエントロピー的な偏りが大きくなるよう予測方法の改善を行った。従来法では画像情報の輝度変化の極大極小点に相当する部分を特徴情報として利用し、予測を行っていたが、今回、参照する画素数（参照窓）を解像度に応じて調節することにより改善を図った。参照窓調節を各種拡大縮小方法と組み合わせた場合の圧縮サイズを前年の結果とを比較した結果、参照窓調節と平均法による効果が高く、前年度の値に対して圧縮率を20%程度削減する効果があった。

また、前記の参照窓調節により低解像度画像を生成することにより、低解像度の画像品質の改善効果もあった。図4-2-1-1は、改良前のアルゴリズムによる低解像度画像と、改良されたアルゴリズムによる低解像度画像を示している。被写体の輪郭部分などに画質の改善が見られる。



前回手法の結果

今回手法の結果

図 4-2-1-1 50%サイズの画像品質の比較
(品質評価用の画像には、ISO/DIS12640, ISO400 を使用)

3) コンテンツの階層的な蓄積方法のまとめ

試作の解像度多重フォーマットの実データ変換テストならびにデコードテストを基に、超高精細コンテンツデータでビジュアリーロスレスのデータの品質ならびに圧縮率の最適値を検証し、改良を行った。そして2段階の色深度多重と最高8段階の解像度の構造を持つ解像度多重フォーマットのエンコードならびにデコード処理プログラムの開発を行った。

4-2-2 分散環境著作権管理方式

1) 分散環境著作権管理方式

超高精細で、かつ再利用性にも優れた、高い付加価値を持ったデジタルコンテンツをネットワークを通じて広範囲に流通させるため、情報を提供するサイトのアクセス時にユーザ認証を求めるなど著作物を保護するためのセキュリティシステムが必要となる。

通常、この著作権管理システムには、画像データや、検索文字列、著作権情報、その他のコンテンツの使用条件などが登録されている。これらのデータ管理は、システムリソースの側面や、ネットワークのトラフィックの側面から、コンテンツの増加に合わせて分散化することが望ましい。

そこで、複数のコンテンツホルダーが共同して運用できるような、分散環境での著作権管理システムの検討ならびに設計開発を行う。

2) 分散環境著作権管理方式の実施状況

平成14～15年度にローカルネットワーク上に試作的に構築した簡易分散環境での動作テストを基に不備な点などの抽出と、著作権管理システムのデータベース仕様の設計変更を行い、システム開発を行った。また、分散管理の核となる連携モジュールの仕様検討を行い、分散環境における著作権管理を実現するためのサーバとそのクライアントアプリケーションの開発を行った。

連携モジュールは、分散して配置される著作権管理システム上の情報を相互に、かつ、高速に検索を可能とする。また、連携により著作権管理システムの管理・運用が煩雑にならないようにも配慮している。

著作権管理の連携は、主にコンテンツを管理するコンテンツホルダー向けのサーバと、ユーザならびに使用許諾情報を管理するコンテンツプロバイダー向けのサーバとに分離して運用が可能となるように設計を行った。

図4-2-2-2に2台の著作権管理システムの連携の様子を示す。まず、利用者端末から保護されたファイルにアクセスすると、利用者管理用サーバとの間に通信が行われ、ユーザ認証が行われる。その後、要求されたコンテンツが他の著作権管理サーバで管理されている場合、利用者管理用サーバからコンテンツ管理用サーバへ通信が行われ、暗号化によって保護されたコンテンツの復号化鍵を取得が行われる。利用者管理用サーバは、復号化鍵を取得すると利用者制限情報と共にクライアントへ送信する。

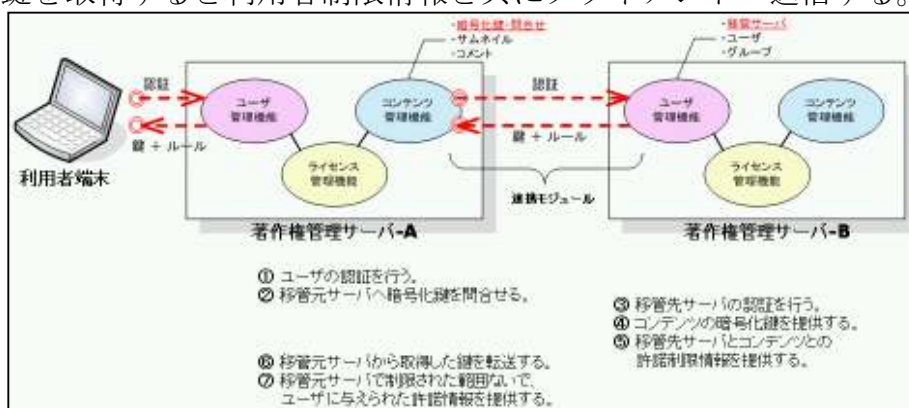


図4-2-2-2 分散著作権管理システムの連携

著作権管理システムを分散し、利用者管理用サーバとコンテンツ管理用サーバに分けて相互に運用することにより、コンテンツホルダーは複数のコンテンツプロバイダーにコンテンツ利用者の管理を移譲できる。また、コンテンツプロバイダーも多くのコンテンツホルダーと連携することにより、効果的にコンテンツを増やすことが可能となる。

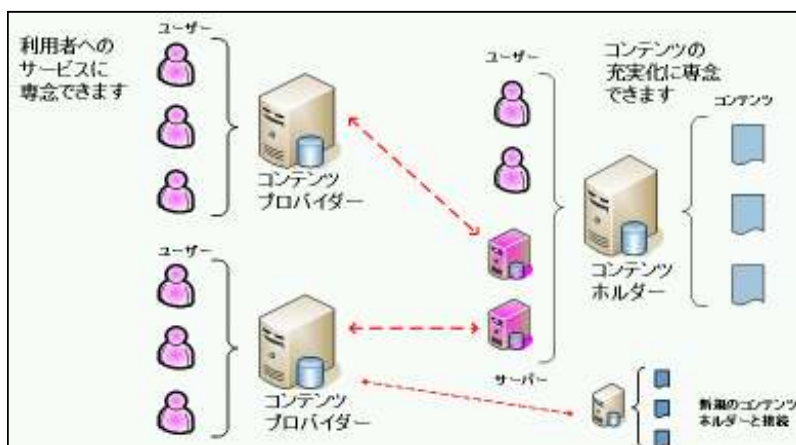


図4-2-2-3 分散著作権管理システムによる効果

分散著作権管理システムの連携には情報交換用のモジュールを用いる。このモジュールのインターフェースによって、クライアントから利用者管理サーバへの通信と、利用者管理サーバからコンテンツ管理サーバへの通信が統一的行われる。このモジュールの主な機能は、分散して配置される著作権管理システム上の情報を相互に、かつ、高速に検索することである。そのため、検索用に最適化したテーブル（検索対象の情報レコードと検索キーワードとのマッピングテーブル）を新たに用意した。

また、実証実験向けに利用者がコンテンツを探すためのシステムを作成した。このシステムは分散著作権管理システムと連携して、ユーザ認証が行われる。利用者はこのシステムを通じて、コンテンツホルダーが提供するコンテンツへ間接的にアクセスすることができる。アクセスされたコンテンツは保護されており、前記の手順によって暗号の復号化鍵と使用許諾の情報がクライアントへ送られる。



図4-2-2-4 コンテンツ参照システム

3) 分散環境著作権管理方式のまとめ

試作の簡易分散環境での動作テストを基に、著作権管理システムのデータベース情報連携の効率を検討し、開発を行った。そして、コンテンツ配信用の各サーバシステムのフロントエンドに連携モジュールを配置し、統合的な情報交換を可能とする設計を行い、分散して配置された著作権管理システム上の情報を相互に、かつ、高速に検索するシステム開発を行った。

4-2-3 各種編集・変換処理に対して耐性を持つ電子透かし

1) はじめに

平成 15 年度までに開発した空間的な拡散パターンを画像に重畳する電子透かしの方式では、JPEG 符号化によりファイルサイズを 7%程度まで符号化圧縮した後でも検出誤りが発生しないことを確認している。しかし、電子透かしの検出精度の面で安定性が十分とは言えず、検出精度向上のための改良が必要である。

平成 16 年度は、検出精度を向上させる新たな手法を考案し、その基礎検討を行った。この手法は、互いに直交する拡散パターンのどれか一つを情報の埋め込みに用い、その拡散パターンのどれを用いたかによって、さらなる情報を埋め込もうとするものである。これによって、検出処理は複雑になるが、一定の透かし電力に対する埋め込み情報量は増加する。また、埋め込み情報量が同じ場合には、その検出精度を向上させることができる。

以下、埋め込みに用いた拡散パターンの検出が、JPEG で圧縮された画像からでも可能なことを実験により示す。また、この手法により埋め込み情報量をどこまで増やせるかについての理論的な検討を「付録 2 検出精度向上のための直交拡散パターン導出方法」にまとめた。

2) 検出精度向上のための直交拡散パターン適用

本研究では、解像度が 4,000 画素（横）×4,000 画素（縦）の画像に対し、256 ビットのデータを電子透かしとして埋め込むことを目標としている。平成 15 年度に開発した電子透かし方式では、ウェーブレット変換を水平方向に 3 段、垂直方向に 1 段適用して抽出した低域成分に電子透かしの埋め込みを行う。ここで、埋め込み対象画像から抽出される低域成分画像の画素数は、500 画素（横）×2,000 画素（縦）=1,000,000 画素となる。この領域に 256 ビットを埋め込むとすると、1 ビット埋め込むために使える画素数は $1,000,000 / 256 = 3,906.25$ 画素となる。

ここで、1 組あたり 4 ビットを表現可能な直交拡散パターンを使えば、1 つの直交拡散パターンの埋め込みに使える画素数は $3,906.25 \times 4 = 15,625$ 画素となる。すなわち、組の中のどのパターンを用いたかによって 4 ビットの情報を伝達できるので、従来 1 ビットの埋め込みに用いていた四つの領域を一つの拡散パターンに割り当てることができる。開発方式では、原理的に一つのパターンを埋め込むために使える画素数が多くなればなるほど検出精度が向上する。つまり、埋め込み・検出に直交拡散パターンを使うことにより、検出精度の向上が期待できる。

3) 電子透かしの埋め込み実験

重畳した拡散パターンを、電子透かしの検出時に特定可能であることを実験により確認する。埋め込み対象画像として、高精細カラーデジタル標準画像データ (ISO/JIS-SCID) を使用した (表 4-2-3-1)。

直交拡散パターン長を 4 とし、4 種類の直交する拡散パターン (直交拡散パターン 0~3) を使って、1 つの拡散パターンで 4 ビットのビット表現を可能とした (図 4-2-3-1)。また、4,000×4,000 画素の画像に 256 ビット埋め込むのと同じ割合になるように各画像に埋め込むビット数を算出後、1 つの直交拡散パターンの埋め込みに使える画素数を算出して直交拡散パターンを埋め込んだ。なお、実験ではすべてパターン 0 を埋め込んだ。

表4-2-3-1 実験に利用した高精細標準画像 (ISO/JIS-SCID)

No.	画像の名称	画像サイズ (横×縦)
1	ポートレート	2048×2560
2	ポートレート (小)	1536×1920
3	カフェテリア	2048×2560
4	カフェテリア (小)	1536×1920
5	果物かご (籠)	2560×2048
6	果物かご (籠) (小)	1920×1536
7	ワインと食器	2560×2048
8	ワインと食器 (小)	1920×1536
9	自転車	2048×2560
10	自転車 (小)	1536×1920
11	蘭	2560×2048
12	蘭 (小)	1920×1536
13	ミュージシャン	2560×2048
14	ミュージシャン (小)	1920×1536
15	キャンドル	2560×2048
16	キャンドル (小)	1920×1536

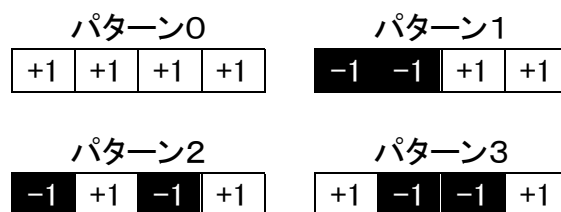


図4-2-3-1 実験で用いた直交拡散パターン (パターン長 4)

このように埋め込んだ画像から、4種類の直交する拡散パターンそれぞれを使って検出を試みた。実験の結果、埋め込み時と一致する直交拡散パターンを使って検出したときの検出値は大きな値となり、不一致のときの検出値はほぼ0になることが判明した。ポートレート画像の検出結果を図4-2-3-2～図4-2-3-4に示す。図において、1つの直交拡散パターンの埋め込みに使った画素の集合をグループと表現している。

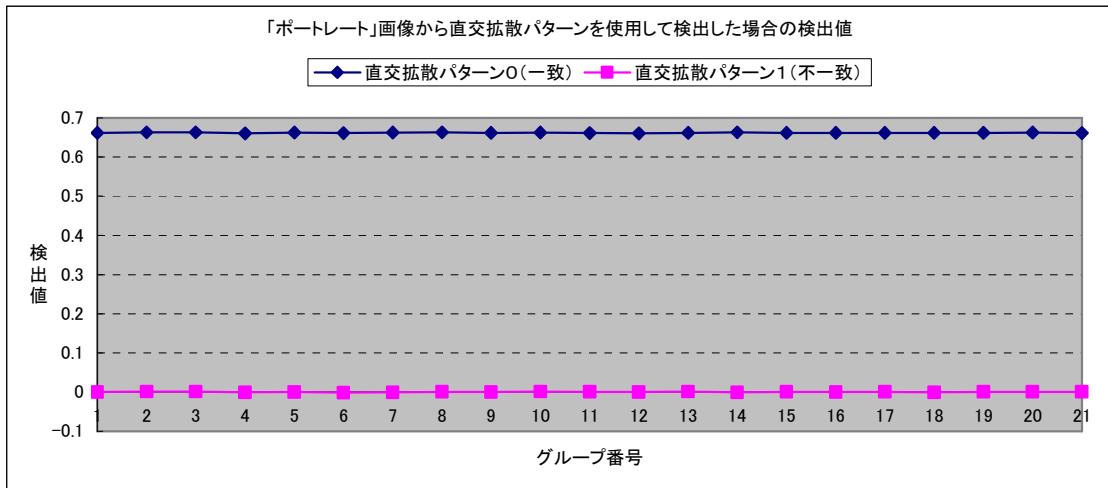


図4-2-3-2 ポートレート画像における検出結果
(一致パターン (パターン0) と不一致パターン (パターン1) との比較)

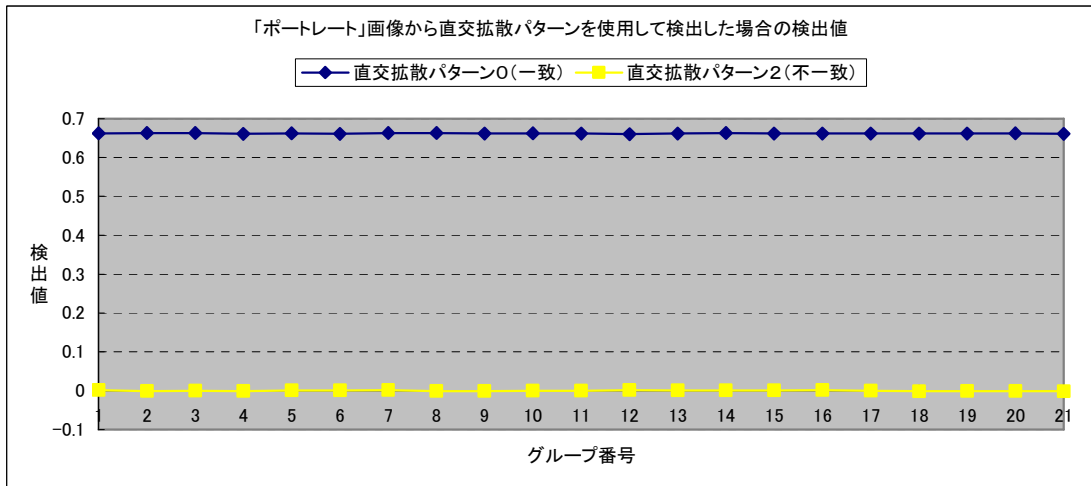


図4-2-3-3 ポートレート画像における検出結果
(一致パターン (パターン0) と不一致パターン (パターン2) との比較)

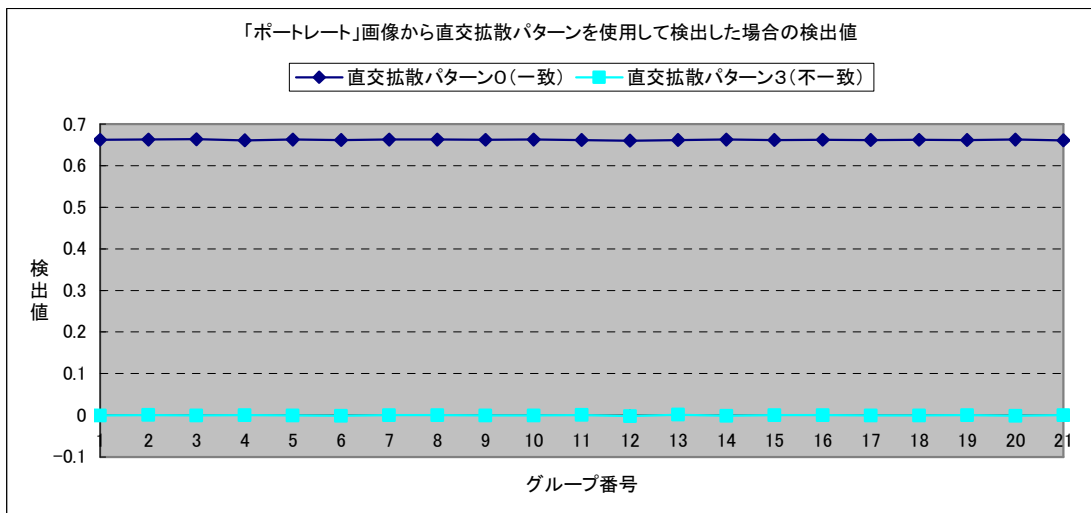


図4-2-3-4 ポートレート画像における検出結果
(一致パターン (パターン0) と不一致パターン (パターン3) との比較)

次に、上記で埋め込んだ画像を JPEG 圧縮した後に、同様の方法で検出を試みた。実験の結果、埋め込み直後に検出したときと同様、埋め込み時と一致する直交拡散パターンを使って検出したときの値が大きくなり、検出値は不一致のときの検出値と明確に区別できることがわかった。JPEG 圧縮後のポートレート画像からの検出結果を図 4-2-3-5~図 4-2-3-7 に示す。なお、各画像の JPEG による圧縮率を表 4-2-3-2 に示す。

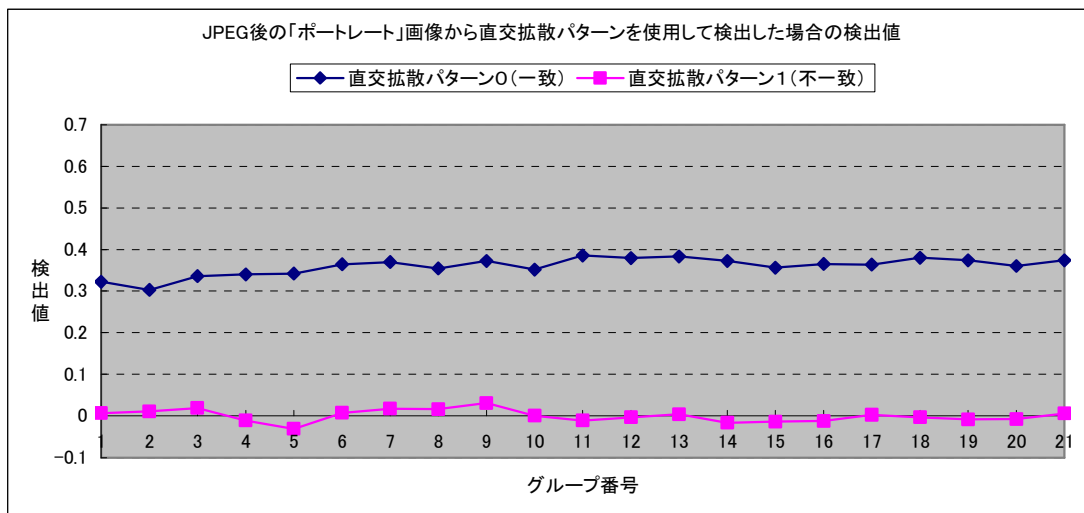


図 4-2-3-5 JPEG 圧縮後のポートレート画像における検出結果 (一致パターン (パターン 0) と不一致パターン (パターン 1) との比較)

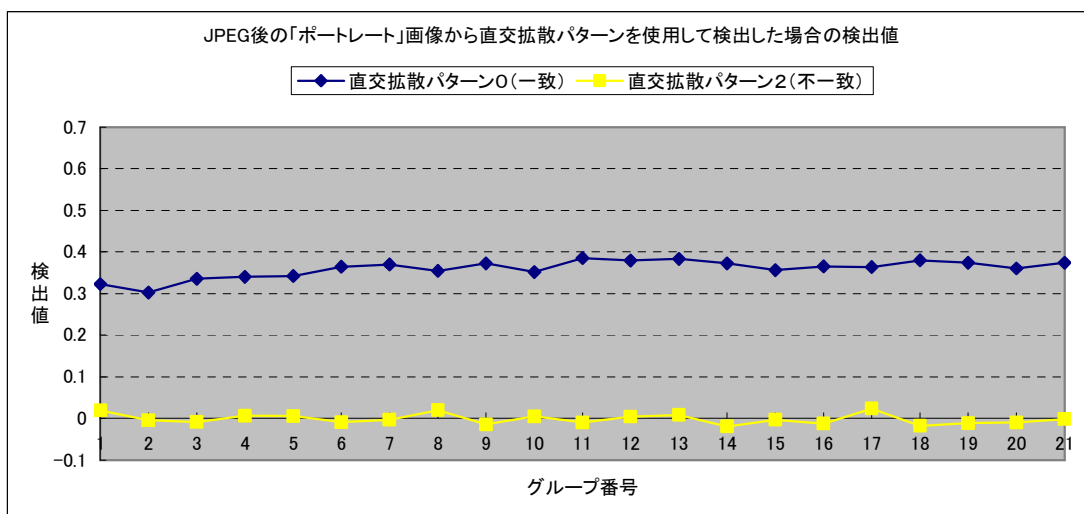


図 4-2-3-6 JPEG 圧縮後のポートレート画像における検出結果 (一致パターン (パターン 0) と不一致パターン (パターン 2) との比較)

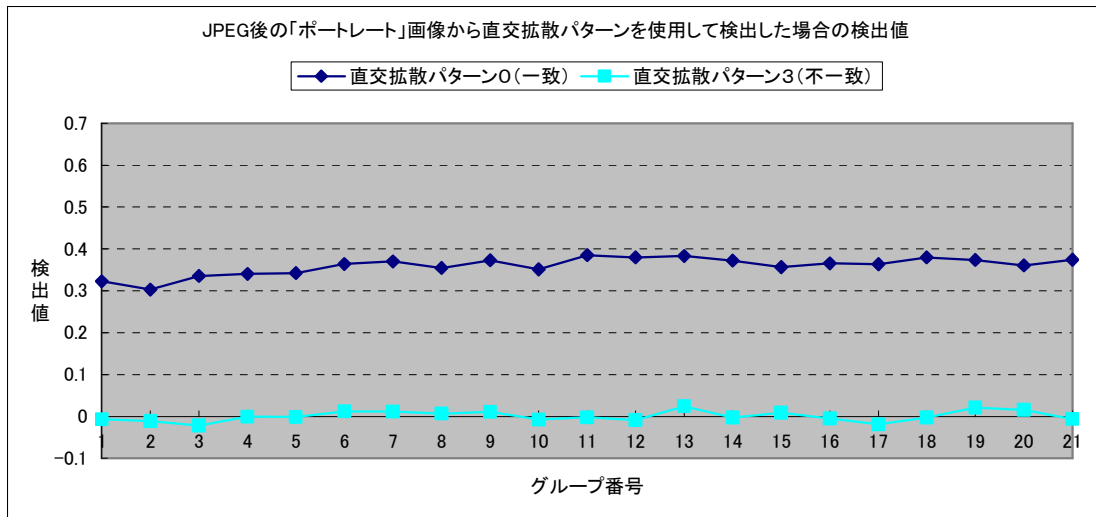


図 4-2-3-7 JPEG 圧縮後のポートレート画像における検出結果 (一致パターン (パターン 0) と不一致パターン (パターン 3) との比較)

表 4-2-3-2 JPEG による圧縮率

	元ファイル サイズ (Byte)	JPEG 後ファイル サイズ (Byte)	圧縮率
ポートレート	10,485,760	426,241	4.065%
ポートレート (小)	5,898,240	286,732	4.861%
カフェテリア	10,485,760	742,064	7.077%
カフェテリア (小)	5,898,240	523,371	8.873%
果物かご (籠)	10,485,760	394,424	3.762%
果物かご (籠) (小)	5,898,240	267,344	4.533%
ワインと食器	10,485,760	371,348	3.541%
ワインと食器 (小)	5,898,240	252,484	4.281%
自転車	10,485,760	463,170	4.417%
自転車 (小)	5,898,240	329,734	5.590%
蘭	10,485,760	211,891	2.021%
蘭 (小)	5,898,240	140,479	2.382%
ミュージシャン	10,485,760	590,890	5.635%
ミュージシャン (小)	5,898,240	380,775	6.456%
キャンドル	10,485,760	801,935	7.648%
キャンドル (小)	5,898,240	543,527	9.215%

4) まとめ

埋め込み情報と直交拡散パターンを対応付けることにより、1ビットあたりの埋め込み領域を増加させ、検出精度を向上させる手法を開発した。また、この手法における直交パターンの検出が JPEG 画像から可能であることを示した。

今後は、直交パターンの相関値の大小から、検出結果の信頼度を推定する方法を確立し、検出の精度が目標を満たしていることを確認する必要がある。

4-3 【課題ウ】状況適応型コンテンツナビゲーション技術の研究開発

4-3-1 ユーザとのインタラクションによる検索ブラウジング精度の高度化・クラスタリング

1) はじめに

膨大な数のデジタルコンテンツの存在は、コンテンツの迅速な検索や、効率よいブラウジングを必要とする。インターネット上の検索サービスの中には、WEB ブラウズのために用いられる HTML 中のテキスト情報を用い、情報検索の高度化を目指しているものが幾つか存在する。しかし、画像や映像等のコンテンツでは、ユーザの検索要求を明確に表現することが困難であること、テキスト検索に必要なキーワードを付与する処理が負担であること等の問題点がある。

本研究開発においては、画像コンテンツそのものから信号レベルで抽出される画像特徴量を利用した類似画像検索機能の研究開発を行っている。

平成 16 年度は、平成 15 年度までに試作した検索システムをベースにして、特長量の追加を行い、さらに適切な検索を可能にすることを目指した。

2) システム概要

本システムは、静止画像データおよび静止画像データから抽出した MPEG-7 特徴量などを管理したり、それらを用いた類似画像検索などを行ったりするコンテンツサーバプログラムと、類似画像検索を行うためのキー画像を選択したり類似画像検索要求の発行などを行ったりするための検索クライアントプログラムの 2 つのプログラムから構成される。

両者は、ネットワークを介して接続されており、HTTP を用いて相互に通信を行うものである。

3) コンテンツサーバプログラム機能仕様

コンテンツサーバプログラムの主な機能を、以下に説明する。

なお、特に指定がない限り、本節ではコンテンツサーバプログラムを本プログラムと記述し、コンテンツサーバプログラムが稼動しているサーバを本サーバと記述する。

(1) 検索要求受信機能

本プログラムは、検索クライアントプログラムと HTTP を用いた通信を行っており、本機能によって検索クライアントプログラムから類似画像検索要求を受け取ることが出来る。

また、受け取った処理要求に従って、他の機能に対し類似画像検索処理の指示を発行する。

(2) 静止画像コンテンツ蓄積機能

検索クライアントプログラムからの静止画像登録要求に従って、静止画像ファイルとその画像に関する MPEG-7 特徴量を本サーバ上に構築されているデータベースに保存する機能である。このとき保存する MPEG-7 特徴量は、静止画像ファイルを登録するたびに本サーバ上で抽出する。図 4-3-1-2 に機能の構成を示す。

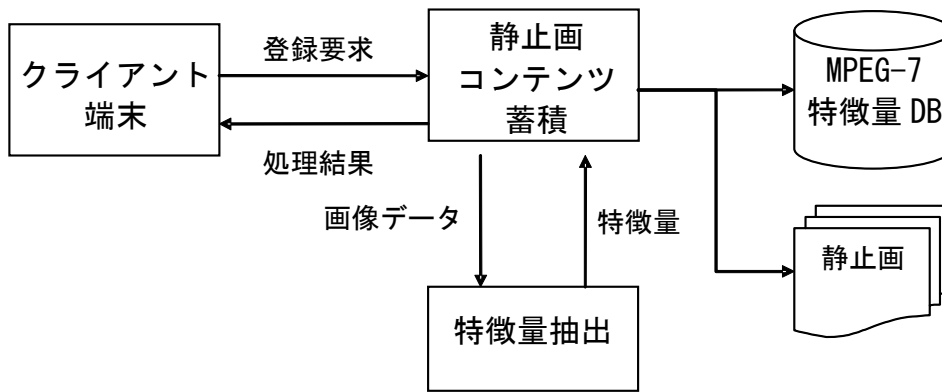


図 4-3-1-2 静止画コンテンツ蓄積機能の構成

なお、静止画コンテンツをコンテンツサーバに登録する方法は 2 種類ある。1 つは 1 画像ずつクライアント端末からアップロードしながら登録する方法であり、もう 1 つは事前にコンテンツサーバ上にアップロードしておいた静止画コンテンツを登録する方法である。前者の場合、クライアント端末からは登録要求に加えて画像ファイルが送られる。後者の場合、コンテンツサーバ上に複数の静止画コンテンツをアップロードしておけば、複数の画像を一括して蓄積することが可能である。

(3) 特微量抽出機能

検索クライアントプログラムからの静止画像登録要求に従って、登録すべき静止画像ファイルより MPEG-7 特微量を抽出する機能である。

本サーバにて抽出する MPEG-7 特微量は、ColorLayout、ColorHistogram、Texture、EdgeHistogram、ColorStructure、DominantColor の 6 種類である。

(4) 類似画像検索機能

検索クライアントプログラムからの類似画像検索要求に従って、本サーバ上にある MPEG-7 特微量データベースに登録されている MPEG-7 特微量を用いた画像検索を行う機能。

検索クライアントプログラムにて類似画像検索キーとして指定された MPEG-7 特微量と本サーバ上の MPEG-7 特微量データベースに登録されている MPEG-7 特微量データをもとに、MPEG-7 に規定されている手順に従って 6 つの MPEG-7 特微量ごとに類似度を算出する。図 4-3-1-3 に機能の構成を示す。

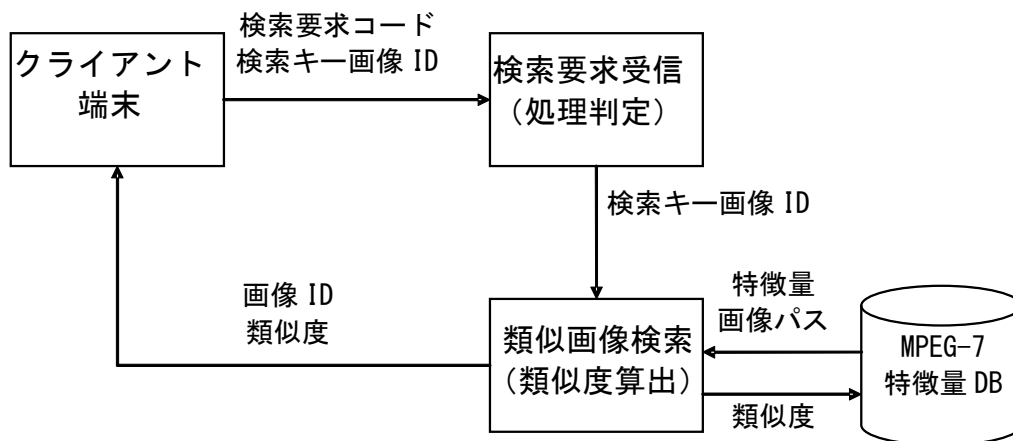


図 4-3-1-3 類似画像検索機能の構成

4) 検索クライアントプログラム機能仕様

検索クライアントプログラムの主たる機能を以下に示す。なお、特に指定がない限り、本節では検索クライアントプログラムを本プログラムと記述する。

4-1) クライアントシステムプログラム

(1) 検索要求受信機能

類似画像検索の条件を設定するための機能。検索条件は、クライアントプログラム上に表示されている画像ファイルを選択すること、および選択された画像ごとに指定可能な検索に使用する特徴量を選択することによって決定される。

(2) 検索要求送信機能

本プログラムは、コンテンツサーバプログラムと HTTP を用いた通信を行っており、コンテンツサーバに対して類似画像検索の要求を送信することが出来る。

(3) 検索結果表示機能

コンテンツサーバプログラムより送信される類似画像検索結果を用いて、検索結果を画面に表示する機能。図 4-3-1-4 に機能の構成を示す。

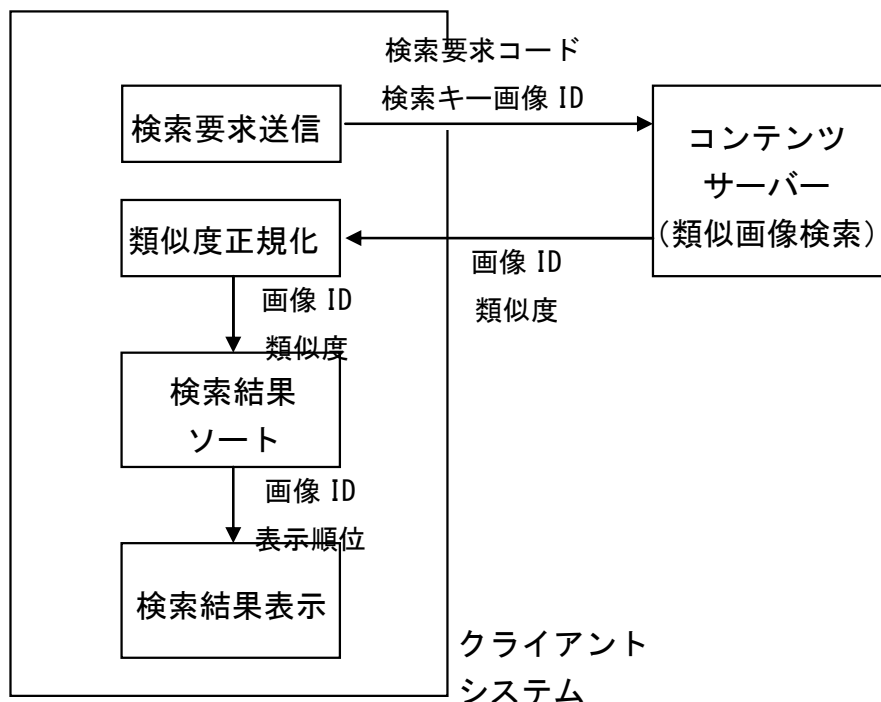


図 4-3-1-4 検索結果表示機能の構成

コンテンツサーバからは、類似画像検索の結果として 1 つの静止画像当たり 3 つの類似度データが送信される。本プログラムではそれらを最大値が 1 となるように正規化し、正規化した類似度を用いて検索条件との相対距離計算を行う。その結果に基づき、距離が小さい静止画像から順番に画面に表示されるように配置する。

ただし、コンテンツサーバプログラムから送信される類似画像検索結果の数が多い場合、1 つの画面内に全ての静止画像を表示することが出来ない。従って、類似画像検索結果を複数のページに分割し、画面にはその中の 1 つのページに割り当てられた静止画像のみを表示する。

(4) ページ送り機能

コンテンツサーバプログラムから送信される類似画像検索結果が複数のページに

分割される場合、他のページに割り当てられている画像を閲覧するために、画面に表示するページを変更するための機能。

(5) グループ作成／削除機能

類似画像検索結果の全部もしくは一部を、検索結果とは別に保持するための領域をグループと呼ぶ。このグループは、ユーザによって自由に作成したり削除したりすることが出来る。

なお、初期検索の結果自体もグループ番号 0 のグループにて管理している。このグループだけは、削除することが出来ない。

(6) 画像登録機能

あるグループに登録されている静止画像の全部もしくは一部を、他のグループにコピーするための機能。

ただし、同一のグループに同一の画像は、1つしか登録することが出来ない。

(7) グループ表示機能

グループに登録されている静止画像を表示するための機能。登録されている静止画像の数が多い場合、複数のページに分割して表示される。

4-2) データメンテナンスプログラム

(1) 画像登録機能

コンテンツサーバに対して検索母集団としての静止画像ファイルおよびその MPEG-7 特徴量や説明文などを登録したり削除したりする機能。クライアント端末にある画像を1つずつ登録する方法と、事前にコンテンツサーバにアップロードしておいた1つ以上の画像を一括して登録する方法と2種類ある。

(2) 登録画像一覧機能

コンテンツサーバにて管理している検索母集団としての静止画像ファイルを一覧表示する機能。

(3) キーワード検索機能

静止画像ごとにつけられているメタデータを用いてキーワード検索を行う機能。メンテナンス対象画像を素早く探し出すためのメンテナンス支援機能である。

5) 画面仕様

本システムが有する画面について、以下に説明する。

5-1) 機能選択画面

検索クライアントプログラムからは、類似画像検索を行うこととコンテンツサーバプログラムにて管理されているデータのメンテナンスを行うことが出来る。

そこで、本ソフトウェアが提供する最初の画面は、これらのいずれの機能を使用するかを選択するための画面である。図 4-3-1-5 に機能選択画面を示す。

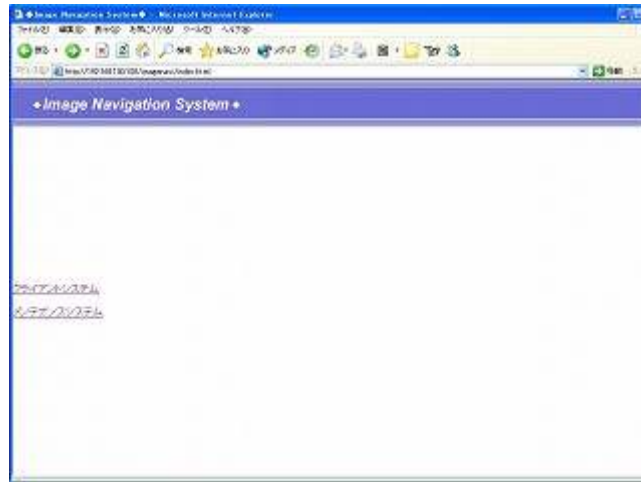


図4-3-1-5 検索クライアントプログラム画面（機能選択画面）

図4-3-1-5に示した通り、本画面には2つのリンクを備えている。1つは、類似画像検索機能呼び出すためのリンクであり、これがクライアントシステムという名称のリンクである。一方、メンテナンスシステムという名称のリンクは、コンテンツサーバ上のデータをメンテナンスするための機能呼び出すためのリンクとなっている。

5-2) 類似画像検索画面

類似画像検索結果の表示やグループ管理を行うための画面であり、図4-3-1-6に本画面の構成を示す。

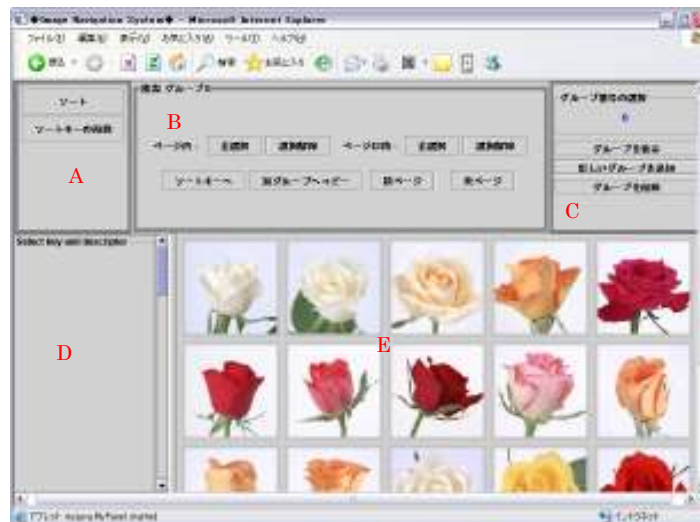


図4-3-1-6 検索クライアントプログラム画面（類似画像検索画面初期表示）

(1) ソートコントロールパネル

本パネルは、画像の並べ替えに関連する操作を行うために必要なボタンを管理するためのものである。本パネルには、「ソート」および「ソートキーの削除」ボタンの2つのボタンが配置されている。各ボタンに対応している処理を、以下に示す。

(a) 「ソート」

表示されている画像をソート条件にもとづいて並べ替える操作を開始するためのボタンである。ソートを行った場合の画面イメージを図4-3-1-7に示す。

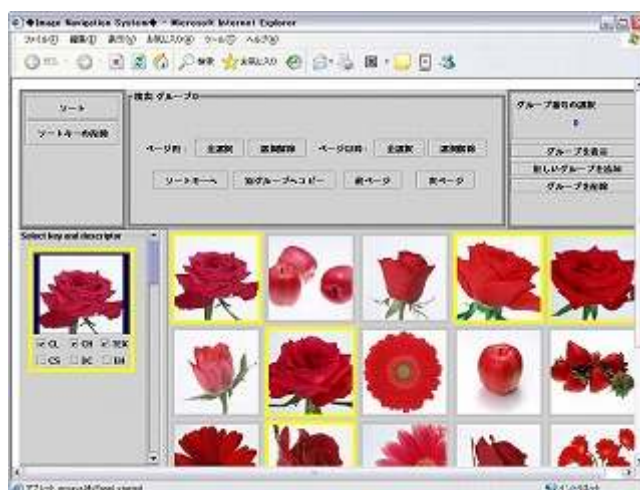


図4-3-1-7 検索クライアントプログラム画面（ソート後）

(b) 「ソートキーの削除」

ソートキー画像表示パネルに表示されているソートキー画像を、ソートキー候補から除外するためのボタンである。

(2) グループ内画像操作パネル

本パネルは、ソートキーに指定したり他のグループへコピーしたりするなどの操作をグループ内の画像に対して実行するためのボタンを管理するものである。本パネルには、ページ内「全選択」、ページ内「選択解除」、ページ以降「全選択」、ページ以降「選択解除」、「ソートキーへ」、「別グループへコピー」、「前ページ」、および「次ページ」ボタンが配置されている。各ボタンに対応している処理を、以下に示す。

(a) ページ内「全選択」

グループ画像表示パネルに表示されている画像を全て選択されている状態に変更するためのボタンである。

(b) ページ内「選択解除」

グループ画像表示パネルに表示されている画像を全て選択されていない状態に変更するためのボタンである。

(c) ページ以降「全選択」

グループ画像表示パネルに表示されているページを含むそれ以降のページの画像を全て選択されている状態に変更するためのボタンである。

(d) ページ以降「選択解除」

グループ画像表示パネルに表示されているページを含むそれ以降のページの画像を全て選択されていない状態に変更するためのボタンである。

(e) 「ソートキーへ」

現在選択されている画像全てを、ソートキー画像表示パネルに登録するためのボタンである。ソートキーを登録した場合の画面イメージを図4-3-1-8に示す。

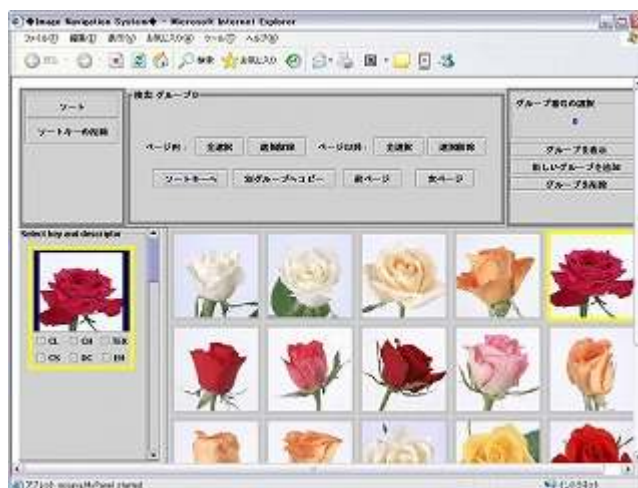


図4-3-1-8 検索クライアントプログラム画面（ソートキー画像登録後）

(f) 「別グループへコピー」

現在選択されている画像全てを、現在選択されているグループに登録するためのボタンである。

(g) 「前ページ」

現在表示されているページの次のページを表示するためのボタンである。

(h) 「次ページ」

現在表示されているページの前のページを表示するためのボタンである。

(3) グループ操作パネル

新たにグループを作成したり表示するグループを変更したりするなど、グループ自体に対する操作を実行するためのボタンを管理するためのパネルである。本パネルには、「グループ番号の選択」パネル、「検索エリアに移動」、「新しいグループを追加」、および「グループを削除」ボタンが配置されている。

(a) 「グループ番号の選択」パネル

現在作成されているグループの番号を表示するため、および表示された番号をクリックすることにより操作対象のグループを選択するためのパネルである。

(b) 「検索エリアに移動」ボタン

現在選択されているグループに登録されている画像をグループ画像表示パネルに表示するためのボタンである。図4-3-1-7にて選択されている画像のみを登録したグループを表示した場合の画面を図4-3-1-9に示す。

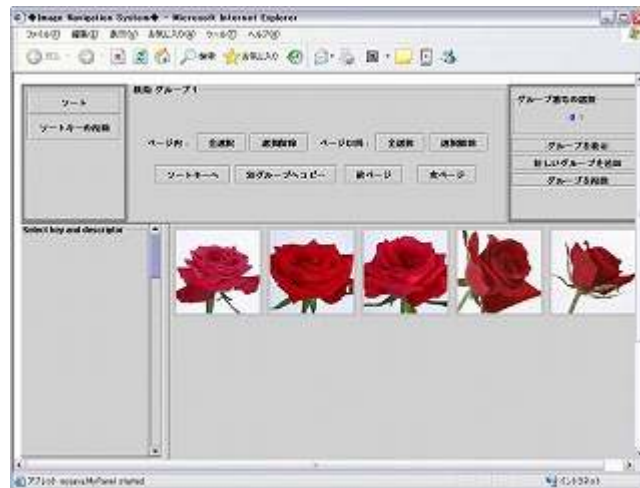


図4-3-1-9 検索クライアントプログラム画面（特定グループ表示）

(c) 「新しいグループを追加」ボタン

新規にグループを作成するためのボタンである。

(d) 「グループを削除」ボタン

現在選択されているグループ削除するためのボタンである。

(4) ソートキー画像表示パネル

ソートキー画像を表示したりソートキー画像を選択したりするなど、画像のソート条件を設定するためのパネルである。

(5) グループ画像表示パネル

グループに登録されている画像を表示するためのパネルである。ここでは、操作対象とする画像を選択することが可能である。

5-3) 画像登録画面

コンテンツサーバに対して、検索母集団としての画像を登録するための画面。本画面を起動したときの様子を図4-3-1-10に示す。



図4-3-1-10 画像登録画面（初期表示）

(1) 登録画像選択

コンテンツサーバに対して、検索母集団としての画像を登録するための画像ファイルを選択する機能。

(2) 登録日付指定

画像を登録する日付を指定する機能。日付入力欄に直接入力することも可能であるが、カレンダー画面から所望の日付を選択することも出来る。

(3) 画像登録

コンテンツサーバに対して、画像ファイルを登録する機能。このとき対象となる画像の MPEG-7 特徴量を抽出し、データベースに登録する。

(4) 登録画像確認画面

(3) にて登録処理を行った結果を確認するための画面。画像ファイルの登録が正常に行われたときの画面の様子を図 4-3-1-11 に示す。



図 4-3-1-11 画像登録確認画面

(5) 登録画像一覧表示画面

コンテンツサーバにて管理している検索母集団としての静止画像ファイルを一覧表示する画面。静止画像を一覧表示している様子を図 4-3-1-12 に示す。



図 4-3-1-12 登録画像一覧表示画面

(6) キーワード検索画面

静止画像ごとにつけられているメタデータを用いて、キーワード検索を行う画面。本画面を図 4-3-1-13 に示す。



図 4-3-1-13 キーワード検索画面

本画面では、登録日付、作者の名称、および説明文に対するキーワード検索が可能である。本画面よりキーワード検索を行った例を図 4-3-1-14 に示す。



図 4-3-1-14 キーワード検索結果画面

6) まとめ

平成 15 年度に使用した、ColorLayout、ColorHistogram、Texture の三つの特徴量に加え、Edge Histogram、ColorStructure、DominantColor の特徴量を追加し、画像検索、フィルタリング精度の向上を図った。

また、大量の画像データ登録を可能にするために、バッチ処理を行う I/F も追加し、画像登録に必要な手間を大幅に削減した。

本システムで検索された映像を鑑賞することを想定すると、単に画面上に映像を表示するだけでなく、拡大・縮小・移動といった各種の画像ブラウジングに対する要求が発生すると考えられる。今後、実証実験と通し、より使い易いブラウジングの方法も検討していく予定である。

4-3-2 コンテンツ主導型ナビゲーション

1) はじめに

平成15年度までにメタ情報埋め込み用透かしを使ってURLを埋め込み、リンク先に存在する画像コンテンツの付加情報にアクセス可能であることを確認した。これによって、コンテンツ主導型のナビゲーションを実現することが可能となった。

しかしながら、メタ情報埋め込み用透かしだけでは、対象コンテンツに関するすべての情報の表現や4-2-2節で報告した特徴量をすべて埋め込むことは困難であり、コンテンツ主導型ナビゲーションの実現には柔軟性が乏しい。

そこで、コンテンツごとにユニークに割り当てられるコンテンツIDを著作権用透かしを用いて埋め込み、このコンテンツIDから各種情報にアクセスする形態を付加する。コンテンツIDについては、コンテンツIDフォーラム(cIDf)で多く議論されている[1]。本稿では、cIDfによって定められたコンテンツIDのフォーマットを元に、コンテンツ主導型のナビゲーションのフォーマットを定義した。これにより、URL以外の情報にも柔軟にアクセス可能になる。

2) コンテンツIDの基本フォーマット

cIDfでは、コンテンツIDのフォーマットを図4-3-2-1のように定めている。コンテンツIDはプレフィックスとサフィックスからなり、バージョン番号、タイプ、グループ番号、センタ番号、センタ内番号から構成されている。

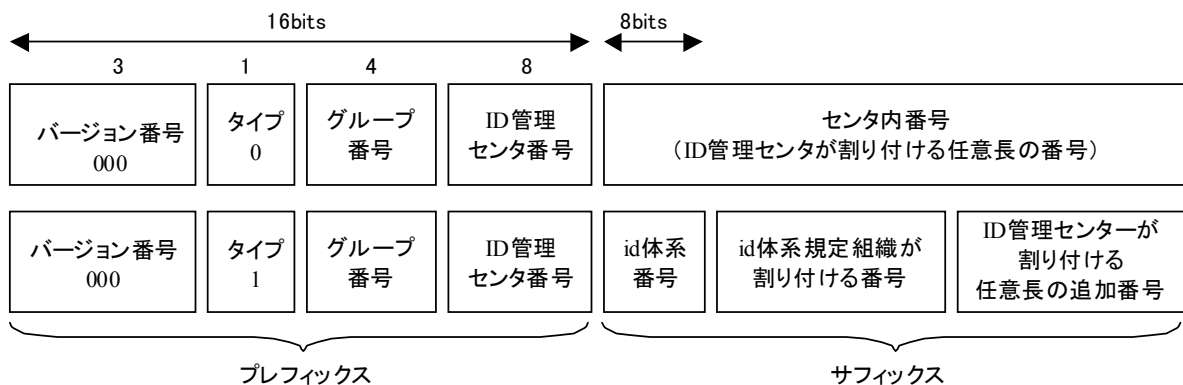


図4-3-2-1 cIDfによるコンテンツIDのフォーマット

- ① バージョン番号 (ビット長 3bit)
「バージョン番号」はコンテンツIDの形式を特定するもので、後述のタイプ、グループ番号、ID管理センタ番号の各ビット長は、この「バージョン番号」によって決定される。
- ② タイプ (ビット長 1bit)
「タイプ」は、各バージョンにおけるコンテンツIDの種別を規定するものであり、センタ内番号のサブフィールドなどは、この「タイプ」の値により規定される。
- ③ グループ番号 (ビット長 4bit)
「グループ番号」は、特定の基準に従ってID管理センター(コンテンツIDの発行機関)のグループを設定し、そのグループごとに番号を割り当てるためのものである。
- ④ ID管理センタ番号 (ビット長 8bit)
「ID管理センタ番号」は、各グループの登録機関(RA: Registration Authority)が発行し、ID管理センタを識別する番号である。

⑤ センタ内番号（ビット長任意）

「センタ内番号」は、ID 管理センタが管理するコンテンツを識別する番号であり、ID 管理センタが任意に割り付けることができる。

3) コンテンツ主導型ナビゲーションのためのコンテンツ ID フォーマット

ここでは、cIDf によって定められた「タイプ 0」のコンテンツ ID のフォーマットを利用することとし、任意に割付可能な「センタ内番号」を定義することによってコンテンツ主導型ナビゲーションのためのコンテンツ ID フォーマットを定める。

コンテンツ ID は著作権用透かしを使って画像に埋め込む。著作権用透かしの埋め込み・検出性能は、本研究における著作権透かしに関する最終目標から、「解像度 4,000 (縦) × 4,000 (横) の静止画像に対して 256 ビット埋め込み可能」が前提となる。しかしながら、コンテンツ主導型ナビゲーションの対象となる画像の解像度は様々であり、解像度が低くなれば埋め込み可能なビット数も減少する。そこで、「センタ内番号」の最初の 1 バイトを「センタ内番号」のバイト長を記すために用いる。この規則に従った上で、コンテンツ ID を定めることにする。

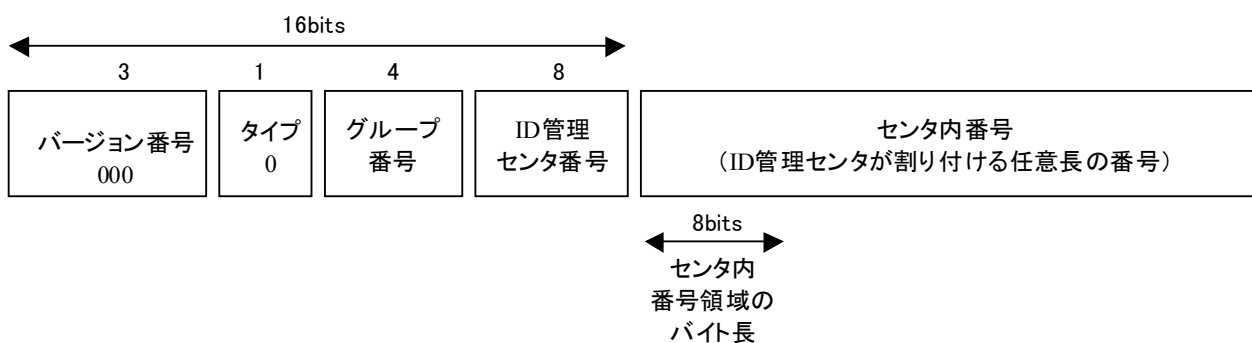


図 4-3-2-2 センタ内番号領域へのバイト長記述

4) コンテンツ主導型ナビゲーション

コンテンツ主導型ナビゲーションは、コンテンツに埋め込まれた 2 種類の透かし情報を利用した方法により実現する。

第一の方法は、上記のコンテンツ ID を利用した方法である。コンテンツ主導型ナビゲーションを利用するユーザ（以下、ユーザと呼ぶ）は、対象コンテンツからコンテンツ ID を抽出し、このコンテンツ ID とクエリーをインデクスサーバに送信する（ここでは、クエリーを著作権に関する情報の送信要求として説明する）。インデクスサーバは、コンテンツ ID に関連付けられた情報を探し、著作権に関する情報を抽出し、ユーザに返信する。上記のフォーマットに従ってコンテンツ ID を電子透かしとして埋め込むことにより、ユーザはコンテンツ ID とクエリーとの組み合わせによるコンテンツ主導型ナビゲーションを通じて URL 以外の情報にも柔軟にアクセスが可能になる。

第二の方法は、昨年度までに開発したメタ情報埋め込み電子透かしを利用したコンテンツ主導型ナビゲーションである。メタ情報埋め込み電子透かしでは、解像度 4,000 (縦) × 4,000 (横) の静止画像に対して 400 字詰原稿二枚分程度のテキストの埋め込みが可能である（図 4-3-2-3）。前述のコンテンツ ID を利用した方法では、対象コンテンツに関する詳細な情報を得られる代わりに、情報を得るためにインデクスサーバにアクセスする必要がある。しかし、すべての人が毎回詳細な情報を必要としているわけではないため、コンテンツ ID を利用した方法だけでは非効率になる。

そこで、メタ情報埋め込み電子透かしで埋め込む情報を原則としてすべてテキストベースにし、URL の抽出など、追加機能についてはユーザ側のアプリケーションで対応するようにする。追加機能を有するユーザ側アプリケーションでは、埋め込まれた URL 情報から Web ページに直接アクセス可能になる一方、追加機能を持たないユーザ側アプリケーションでもテキストとして情報を閲覧できるので、別途 Web ブラウザを利用することによって URL 情報にアクセス可能となる。



図4-3-2-3 メタ情報埋め込み電子透かしを利用したコンテンツ主導型ナビゲーション

5) まとめ

電子透かしをキーとした付加情報へのアクセス方法をより柔軟にするために、電子透かしとして埋め込まれる情報のフォーマットを定義した。また、定義したフォーマットに従って電子透かしを埋め込むことで、URL 以外の情報にも柔軟にアクセス可能になる。

平成 17 年度の実証実験においては、本課題の他の研究項目である『ユーザとのインタラクションによる検索・ブラウジング精度の高度化』および『キーワードと画像特徴のマッピング』と組み合わせ、本フォーマットが有効に機能することを検証する。

参考文献

- [1] 安田浩，安原隆一監修，“コンテンツ流通教科書”，株式会社アスキー，2003.

4-4 【課題エ】実証実験

平成16年度は実証実験として、以下の2つを実施した。

(a) JGN2 シンポジウム 2005 in 大阪 (2005年1月17, 18日)

(b) 国立西洋美術館「ジョルジュ・ド・ラ・トゥール展」(2005年3月8日～5月29日)

以下にそれぞれの実施内容を示す。

4-4-1 JGN2 シンポジウム 2005 in 大阪

1) 概要

本研究テーマでは、文化財や芸術作品などの文化的価値の高い高品位なデジタルコンテンツをコンテンツホルダーの研究を保護しつつ、大容量のネットワークを介して安全に流通させることを目的とし、超高精細デジタルコンテンツの生成からユーザへの配信に必要となる技術の研究開発を行っている。

今回のデモは、本研究成果を適用したシステム製品及びサービスの市場性やユーザニーズに関する情報収集と、高速なJGNII(Japan Gigabit Network II)を利用した高精細デジタルコンテンツ配信におけるスケーラブル配信技術適用に関する実験データ収集を目的として実施した。

2) システム構成

出展システムは、けいはんな情報通信融合センタ内のオープンラボ(けいはんな会場)にサーバシステム、大阪国際会議場のシンポジウム会場に表示装置を設置し、JGNIIを使用して高精細なデジタルコンテンツを配信・表示するシステムであり、コンテンツ表示には2,560×2,048画素表示の超高精細液晶ディスプレイと1,920×1,080画素表示可能な家庭用37インチ液晶デジタルテレビ、1,024×768画素表示のノートパソコンを使用した。

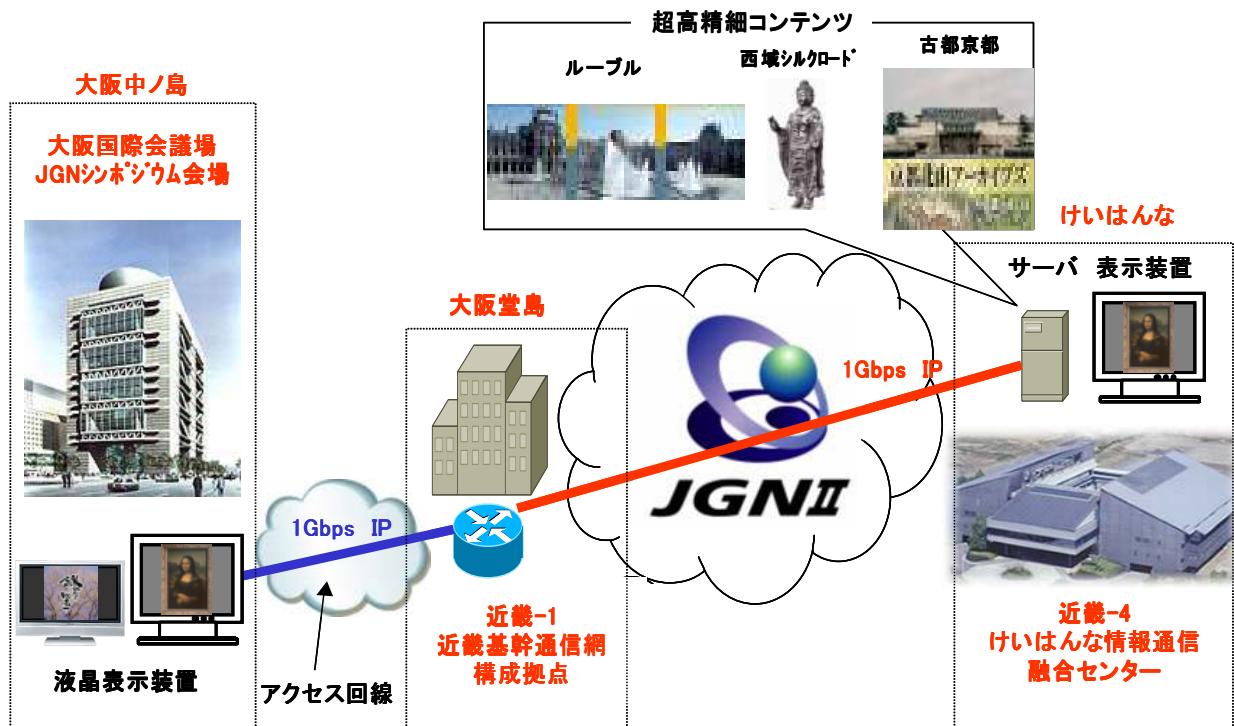


図4-4-1-1 JGN2 シンポジウム 2005 ネットワーク構成

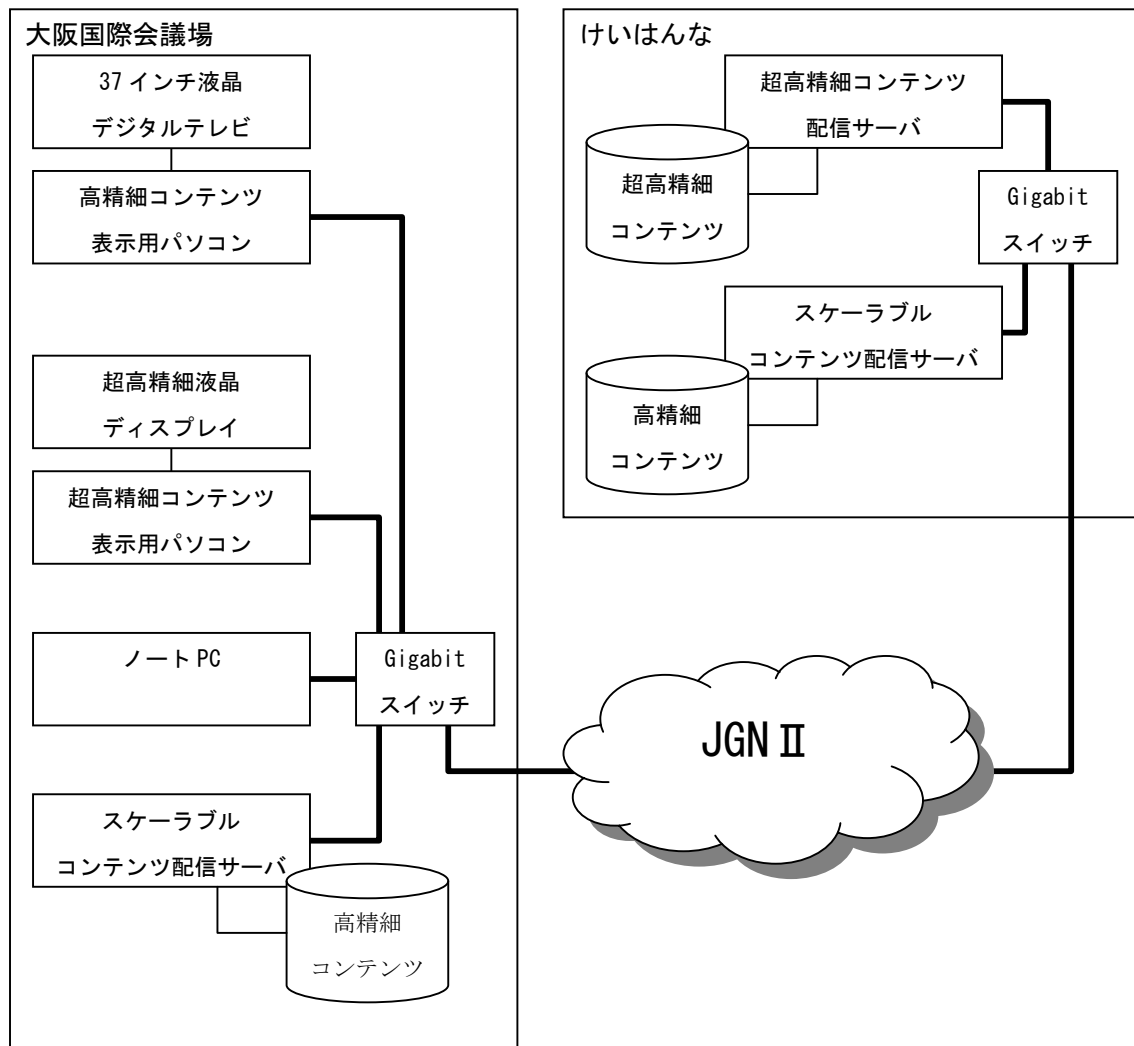


図4-4-1-2 出展システムの機器構成図

3) 実証実験用コンテンツ

デモ用コンテンツは国内外の文化財や芸術作品などを中心にデジタル化されたものを使用し、ビットマップ形式や、JPEG、JPEG2000 で符号化したデータを使用した。各コンテンツは平均して長辺が 10,000 画素程度の高精細デジタル画像である。デモに使用したコンテンツを下記に示す。

- ルーブル美術館絵画（モナリザ等 4 点）
- 京都市二条城襖絵（松鷹図）
- (財)細見美術財団所蔵掛軸（雪中雄鶏図など 5 点）
- 京都府立総合資料館京都北山アーカイブス所蔵絵図（延喜式内並国史見在神社考証 25 点）
- 相國寺屏風画（竹林猿猴図屏風 6 点）
- 三井寺勸学院客殿一之間襖絵（四季花卉図 12 点）
- 龍谷大学提供コンテンツ（ベゼクリク壁画 2 点）
- 鎌倉の四季（鎌倉風景写真 23 点）

4) 実証実験内容

研究成果から 3 つの技術紹介デモを実施した。

(a) 電子透かし技術デモ

デジタルコンテンツ著作権保護を目的とした電子透かし技術として、改ざん検出などの真正性証明、メタ情報の埋め込み、可視透かしのデモを実施した。電子透かしの埋め込み対象は JPEG 画像である。図 4-4-1-3 はデジタル画像内にメタ透かしとして埋め込まれた説明文章を画像から抽出し、表示するデモの画面である。



図 4-4-1-3 メタ透かしデモ画面

(b) スケーラブル配信技術デモ

JPEG2000 符号化を使用し、受信端末の性能やネットワーク環境、ユーザの要求に応じてコンテンツをスケーラブルに配信するスケーラブル配信技術のデモを実施した。スケーラブル配信とは、符号化されたデータの一部のみを取り出して送信することにより、解像度や画質を変更して送信する配信方式である。

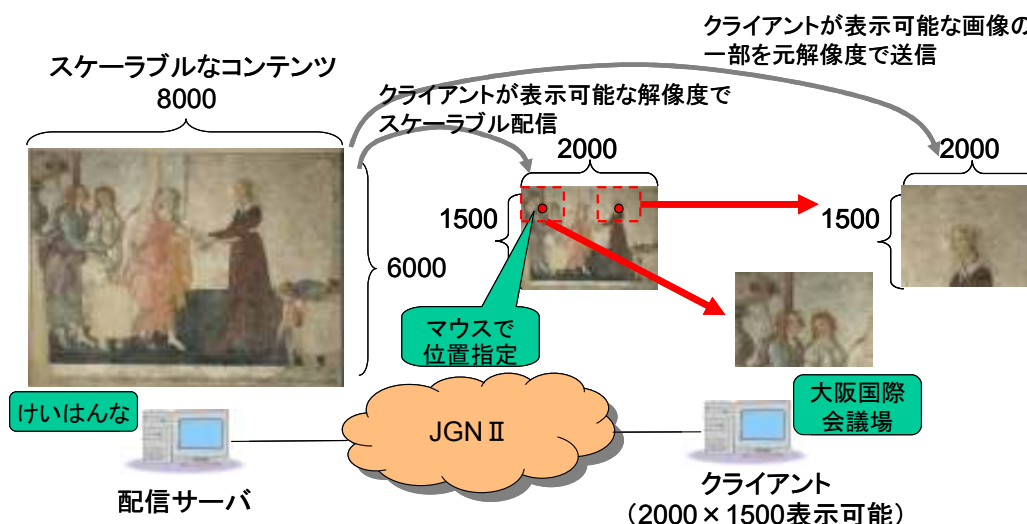


図 4-4-1-4 スケーラブル配信技術デモ

デモでは超高精細液晶ディスプレイ (2,500×2,000 画素表示) とノートパソコン (1,024

×768) に対して、各ディスプレイに表示可能な解像度のデータのみを取りだしてスケラブル配信するデモを行った。

(c) 超高精細画像コンテンツ表示デモ

高精細画像コンテンツを「日本の美」、「西洋、西域の美」、「鎌倉の四季」の3つのカテゴリーに分類し、超高精細液晶ディスプレイと液晶デジタルテレビにスライドショー形式で表示を行った。コンテンツはけいはんな会場から JGN II 経由で配信した



図 4-4-1-5 超高精細液晶ディスプレイ表示デモ

5) ネットワーク配信実証実験に関する考察

(a) スケラブル配信の有効性

JGN II を使用した今回の実験では、解像度スケラブル配信、空間スケラブル配信ともに遅くとも 5 秒程度で画像表示が可能であった。また、元の解像度のままで画像を配信した場合には、表示までに 30~40 秒かかる画像も存在し、解像度スケラブル配信と比較した場合は 4~5 倍、空間スケラブル配信と比較した場合には 10 倍程度の時間を要していることから、スケラブル配信の有効性が確認できる。ただし、ギガビットクラスの専用回線を使用すれば元画像を配信した場合でも容量 10M バイト以下、4,000×3,000 画素程度の画像であれば 5 秒以下で配信可能であることから、スケラブル配信の有効性は画像の大きさが大きくなる程、また回線の伝送速度が遅くなる場合ほど有効である。

一方、元の解像度のままで画像を送信した場合には、スクロールバーを用いて自由に閲覧位置を変えられるアプリケーションや、拡大/縮小率を自由に変更可能なアプリケーションを用意に実現可能であるのに対して、今回開発したスケラブル配信表示アプリケーションは、解像度スケラブル配信された縮小画像を表示し、ユーザがマウス指定した部分を中心にした元画像解像度の部分画像を空間スケラブル配信して表示する機能を有しているが、スクロールバーを用いた閲覧位置の変更や、自由な拡大/縮小率による表示機能を有していない。これらの機能をスケラブル配信で実現する場合、閲覧位置の変更や拡大/縮小処理にあわせて、必要なデータをサーバから取得する必要があると、効率的な実現方式などの検討も含めて今後の課題である。

(b) 高速ネットワーク JGN II による高精細画像配信

けいはんな会場から JGN II 経由での配信実験結果と、大阪会場に設置したローカルサーバからのローカル配信実験の結果を比較すると、スケラブル配信、元の解像度

のよる画像配信とともに全体的には 10%程度ローカル配信の方が表示するまでに要する時間が短いという結果が出た。また、配信実験中には同時にシンポジウム会場での海外からの映像配信による講演や、デジタルシネマの配信実験を行っていたにも関わらず、安定した配信が実現されている。これらの結果から JGN II は非常に安定した高速ネットワークであることが確認された。

6) 研究成果のシステム製品、サービス展開のための情報収集

多くの来場者との意見交換により、本研究成果を適用したシステム製品及びサービスの市場性やユーザニーズに関する情報収集を行った。

(a) 美術品を対象にした超高精細コンテンツへの関心

多くの来場者の方々に絵画などの美術品を対象にした超高精細コンテンツに興味を持っていただき、コンテンツの入手方法、生成方法に関する多数の質問を受けた。特にモナリザ等、有名なコンテンツが含まれているルーブル美術館コンテンツについては反応が大きかった。これらのことから、有名美術品の高精細コンテンツは吸引力が強く、コンテンツ次第では配信ビジネスへの展開に期待が持てると考えられる。

(b) 表示機器への関心

コンテンツを表示していた液晶デジタルテレビ(37インチ)と高精細液晶ディスプレイ(28インチ)についても来場者の方々の高い関心が伺えた。特に、高精細液晶ディスプレイより解像度は低い画面が大きい液晶デジタルテレビについてはインパクトが大きく、多数の問い合わせがあった。このことから専用表示装置と比べて、比較的安価な家庭用テレビを表示端末として利用した高精細コンテンツ配信ビジネスに期待が持てると考えられる。

(c) 電子透かし埋め込みサービス

研究機関、大学等で所有する美術品をインターネット配信したいという要求をいくつか頂き、著作権保護が可能な電子透かしへの問い合わせも多かった。所有する美術品デジタル画像への電子透かし埋め込みサービスが安価で利用可能であれば、今すぐにでも利用したいとの意見もあり、サービスとしての可能性が伺えた。

7) まとめ

今回のデモでは、文化財や芸術作品などの文化的価値の高い高品位なデジタルコンテンツをコンテンツホルダーの研究を保護しつつ、大容量のネットワークを介して安全に流通させることを目的とした超高精細デジタルコンテンツ配信技術の展示を行い、多くの来場者の方とのディスカッションや貴重な意見を頂くことができた。特に本技術が適用可能なシステム製品及びサービスの市場性やユーザニーズに関する情報の入手は平成17年度の研究開発に対し非常に有効であった。

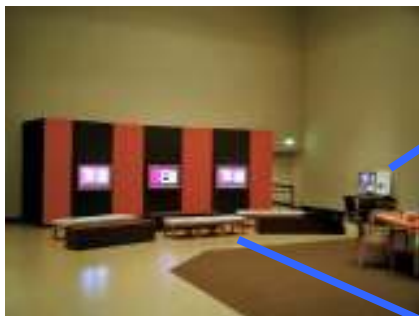
4-4-2 国立西洋美術館「ジョルジュ・ド・ラ・トゥール展」

1) 概要

国立西洋美術館（東京・上野公園）では、企画展示として、17世紀のフランスの画家「ジョルジュ・ド・ラ・トゥール展」が2005年3月8日～5月29日の日程で開催されている。本展示会は、世界中に分散する限られた同画家の作品を一堂に集めるもので、世界中で40点と言われる真作のうち、約半数の20点あまりの真作と関連作品が展示されている。同美術館では比較的少ない展示品を補う意味も含め、マルチメディアコーナを併設し、マルチメディア技術を活用してラ・トゥールの作品や生涯が紹介されている。

このマルチメディアコーナの一角にラ・トゥールの真作画像データを細部まで拡大して表示するブラウザを展示し、超高精細液晶ディスプレイによる絵画鑑賞に対する来訪者のアンケートデータ収集を目的とした実証実験を行った。また、同時に民生用大型液晶デジタルテレビによるラ・トゥールの作品・生涯を紹介するコーナーも設けた。

国立西洋美術館 企画展示室地下3階



28インチ
超高精細
ディスプレイ



37インチ液晶
デジタルテレビ
3面

美術館側の予想(総入場数20万人)を上回り、平日2,500人、休日3,500人の入場者。本コーナーも常に満席の状態。

図4-4-1-6 「ジョルジュ・ド・ラ・トゥール展」マルチメディアコーナ

2) 出展システム構成

(a) 超高精細液晶ディスプレイによるデモ

会場の関係でネットワーク、本展示はスタンドアロンでのブラウザ展示とした。2,560画素×2,048ライン表示可能な28インチの超高精細液晶ディスプレイをWindowsプラットフォーム上で動作させ、MozillaのFirefoxブラウザ上でHTMLとJavaScriptを使用したコンテンツブラウザを構築した。

来場者が自由に操作することを前提に絵画鑑賞以外の操作をJavaScriptで不可能とした。また、どの程度利用されたかを把握可能にするため、webサーバを稼働させ、各ページのアクセスログを取得した。



図4-4-1-6 超高精細液晶ディスプレイによるデモ

(b) 液晶デジタルテレビによるデモ

ラ・トゥールの作品・生涯を紹介するビデオ上映は、Macromedia社のFlashによりコンテンツをループ再生するもので、表示にはフルHDTV解像度(1,920画素×1,080ライン)が表示可能な37インチ液晶デジタルテレビを3台用意し、二つの異なるコンテンツの表示を行った。

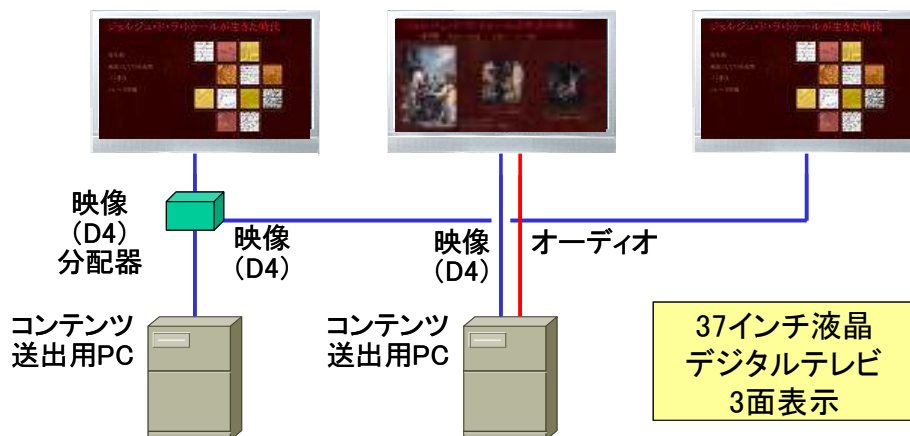


図4-4-1-7 液晶デジタルテレビによるデモ

3) デモ用コンテンツ

コンテンツはラ・トゥール研究の本拠地であるフランス博物館科学調査・修復センター(C2RMF)において、マルチスペクトルカメラで撮影した横4,500~4,800画素、縦5,600~5,800ラインの超高精細画像を使用した。著作権上の問題もあり、今回は以下の3点の新作の超高精細コンテンツを使用した。

- 聖トマス
- 聖小ヤコブ
- 聖ユダ・タダイ

4) デモ・実証実験内容

本研究の開発成果である高精細画像のブラウジング技術を美術館に展示し、来場者がブラウザを操作した感想をアンケートにより収集し、必要に応じてフィードバックを行った。

ブラウザは以下の三つの階層から構成される。

- **トップページ**
コンテンツのサムネイルが表示され、ここから見たいコンテンツ(絵画)を選択する。
- **絵画説明ページ**
トップページで選択した絵画の全体像が表示され、絵画に関連するテキスト情報(キャプション)が同時に表示される。
- **詳細表示ページ**
絵画データを超高精細ディスプレイで DotByDot 表示する。絵画説明ページでクリックした箇所を中心にして DotByDot 表示を行う。また、マウス操作により、上下・左右への視点の移動も可能である。

また、ブラウザを構成するに当たり、以下の点を考慮した。

- ブラウザ以外の操作が出来ないこと
→ kiosk モードでのブラウザ動作
- なるべく簡易な操作になること
→ マウスだけによる操作
- 長時間にわたる動作で問題が発生しないこと(停止したり、動作が遅くなったりしない)

上記を満たすため、Mozilla の FireFox をベースとし、この上に HTML と JavaScript を用いたコンテンツブラウザを構築した。

画像サイズが巨大であるにも関わらず、ブラウズ操作上で問題が発生するような速度低下は見られなかった。

5) まとめ

ディスプレイによる絵画鑑賞の有効性を確認するため、国立西洋美術館で開催されている「ジョルジュ・ド・ラ・トゥール展」のマルチメディアコーナーにおいて、超高精細液晶ディスプレイを用いた超高精細ブラウザ、および民生用大型液晶テレビによる紹介ビデオの上映を実施した。

コンピュータに馴染みのない来場者にブラウザ操作で鑑賞してもらうシステムの構築、及びその展示、更にアンケートによるユーザからのフィードバックを通して、使いやすさ・堅牢さ・ユーザの要求の多様さ、といったものを確認することが出来た。平成 17 年度の実証実験、及びそれ以降の事業化への検討課題としたい。

なお、本実証実験を実施するにあたって国立西洋美術館、コーデックスイメージズインターナショナル、クインランド、京都市立芸術大学に大変お世話になった。ここで謝辞を述べる。

4-5 総括

【課題ア】 超高精細コンテンツデジタル化技術

- ・ 大きさ、形状、種類の異なる絵画の撮影を行い、画像合成システムを用いて超高精細コンテンツを生成し、アルゴリズムの評価を行った。この過程で、自動キャリブレーションアルゴリズムの改良を実施した。
- ・ 撮影時に生成されるデータの発色特性、保存～配信時におけるカラーの劣化要因の有無、メタデータすべき項目の抽出、出力時における各出力デバイス固有の発色特性、紙、その他出力メディアによる発色特性について検討を行った。
- ・ 質感データ入力とその処理モデルの検討において、実際に用いられている素材、顔料を対象に、その質感特性、モデル化の研究開発を実施した。質感表現手法の検討と具体化においては、石窟寺院を対象とした具体的なデモシステムを構築し検討を行った。
- ・ 相国寺、天龍寺及び禅文化研究所で、大型の文化財を被写体にして超高精細デジタルカメラを用いて撮影を実施し、実証実験などに用いるコンテンツの収集を行った。

【課題イ】 ワンソースマルチユース対応コンテンツ蓄積管理技術

- ・ コンテンツの階層的な蓄積方法では、試作プログラムによる解像度多重フォーマットの実データ変換テストならびにデコードテストを基に、超高精細コンテンツデータで低解像度の画像データの品質ならびに圧縮率の最適値を検証し、改良を行った。
- ・ 分散環境著作権管理方法の研究開発では、著作権管理システムのデータベースの情報連携の効率を検討し、実証実験用システムの開発を行った。

【課題ウ】 状況適応型コンテンツナビゲーション技術

- ・ 画像コンテンツそのものから信号レベルで抽出される画像特徴量を利用した類似画像検索システムに画像特長量の追加を行いさらに適切な検索を目指した。
- ・ 電子透かしをキーとした付加情報へのアクセスを柔軟に行わせることを目的に、電子透かしとして埋め込まれる情報のフォーマットを定義した。

【課題エ】 実証実験

- ・ 実証実験として、1) JGN2 シンポジウム 2005 in 大阪、2) 国立西洋美術館「ジョルジュ・ド・ラ・トゥール展」の2つを実施した。
- ・ JGN2 シンポジウムでは、高速ネットワークを介したコンテンツの伝送や、スケーラブル配信によるデモを来場者に対して行い、絵画などの芸術作品に対する超高精細コンテンツへの関心の高さや、大容量の高精細画像配信におけるスケーラブル配信機能の有効性を確認することができた。
- ・ ラ・トゥール展では、超高精細ディスプレイによる絵画の鑑賞の実用性を確認し、ブラウザに対する来場者の声を取り込むことができた。

5 参考資料・参考文献

5-1 研究発表・講演等一覧

- (1) 岡田, 村山他, ” Color Transfer 手法による状況適応型検索画像提示” 人文科学とコンピュータ研究会, 情報処理学会, 研究報告, 平成 16 年 5 月
- (2) 村山, 岡田他, ” $1\alpha\beta$ および HSV 色空間を用いた Color Transfer 手法” Visual Computing/Graphics と CAD 合同シンポジウム, 情報処理学会, 研究発表, 平成 16 年 6 月
- (3) 正司, 岡田他, ” Virtual Candle : 反射分布フィルタを用いた仮想光源の実現” 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2004), 情報処理学会, 研究発表, 平成 16 年 7 月
- (4) 浅井, 鈴木他, ” 超高精細コンテンツ分散流通技術” JGNII シンポジウム in 大阪, 平成 17 年 1 月 17、18 日
- (5) 浅井, 鈴木他, ” 超高精細ディスプレイで見る「ジョルジュ・ド・ラ・トゥール」” ジョルジュ・ド・ラ・トゥール展 (国立西洋美術館), 平成 17 年 3 月 7 日～5 月 29 日
- (6) 辰巳, ” Marketing Plans, Editing and Design Prowess are the Driving Force Behind Content Distribution” 国際博物館と文化資産マルチメディア展示会コンテスト・フォーラム (台湾政府招待講演・故宮博物館), 平成 16 年 5 月 4 日
- (7) 辰巳, ” デジタルアーカイブの現状” 芸術のための科学技術セミナー (京都大学主催セミナー), 平成 16 年 10 月 27 日
- (8) 千葉, 岡田他, ” 傾斜ステージ方式質感データ入力” 電子情報通信学会 2005 年総合大会, 研究発表, 平成 17 年 3 月 23 日
- (9) 秦, 岡田他, ” コンテンツの色分布を考慮したカラーマネージメントシステム” 電子情報通信学会 2005 年総合大会, 研究発表, 平成 17 年 3 月 21 日

研究発表、講演の予稿を付録 3 に示す。