

JGN を利用した VR デジタル伝統工芸システム

杉田 薫[†] 宮川 明大^{†,††} 柴田 義孝[†]

近年、産業構造の近代化の陰で伝統工芸は自動化による効率化が必ずしも発達しておらず、地域産業としての伝統工芸を活性化するために積極的な啓蒙活動や継承者の育成とともに生産の効率化が必要とされている。そこで本論文では伝統工芸や地域産業の活性化を目指し、VR 技術、感性情報処理技術、超高速ネットワーク技術の導入によりリアルタイムでインタラクティブな伝統工芸のプレゼンテーションが可能なデジタル伝統工芸システムについて提案する。本研究では建具を例とした VR 技術と 3 次元 CG による伝統工芸品のプレゼンテーション法と空間オブジェクトを検索対象とした感性検索法を導入し、利用者の感性を反映したプレゼンテーションが可能となる。そして本システムの有効性を確認するために JGN を利用したプロトタイプシステムの構築し、その機能性および性能評価を行ったので報告する。

VR Digital Traditional Crafting System on Japan Gigabit Network

KAORU SUGITA,[†] AKIHIRO MIYAKAWA^{†,††} and YOSHITAKA SHIBATA[†]

Recently, since traditional Japanese crafting industries are not necessary developing their productivities, it is necessary to activate those industries, introduce enlightenment activity for young generation, and to train successors to improve economically and technologically. In order to realize improvement of traditional Japanese crafting and local industries, we propose a three-dimensional CG presentation system using Virtual Reality and Kansei information technologies over high-speed network. Using our proposed system, user can design and present exterior and interior of houses, buildings, walk-through the presentation space and retrieve fittings from database based on Kansei words. In this paper, we discuss the presentation method and Kansei retrieval method by presentation space model and object for constructing the three dimensional presentation space based on Kansei Words. The prototype system is constructed and precisely explained to show their functionality and performance over Japan Gigabit Network.

1. はじめに

日本各地には古来より建具、家具、繊維、漆器等のような伝統工芸が培われてきており、日本人の文化や生活に密接に関わってきた。しかしながら、近年伝統工芸は日本人の生活様式の欧米化により若者の興味から離れつつある。また、地域における少子化や過疎化傾向にともなって各地で伝統工芸の継承者が減少している。このような背景から日本独自の文化を担ってきた伝統工芸を促進し後世に継承するため、積極的な啓蒙活動や継承者の育成が必要とされるとともに生産性

の効率化が求められている。

これに対して 1980 年から 1990 年代にかけて、伝統工芸や地場産業では情報通信技術の導入により、伝統工芸品のデータベース化が促進され、これらのデータが World Wide Web (WWW) で公開され始めている¹⁾。とりわけ、建具や家具等の伝統工芸品においては、マルチメディア技術により障子や襖、欄間、衝立等の建具がデータベース化され、WWW によるプレゼンテーションが行われつつある^{2),3)}。

しかしながら、多くの伝統工芸品は人間の生活空間を構成する要素であり、従来の動画像・静止画像・テキスト等によって構成される 2 次元のハイパーメディアでは工芸品本来の印象や機能性を正確に表現することが困難である。特に建具のような伝統工芸品は室内空間に設置されることから外光や照明による室内全体の印象や、建具の開閉操作にともなう採光の影響等も表現する必要があり、これらの伝統工芸品を 3 次元オ

[†] 岩手県立大学ソフトウェア情報学部
Faculty of Software and Information Science, Iwate
Prefectural University

^{††} 石川県田鶴浜町教育委員会
Section of Social Education, Tatsuruhamacho, Ishikawa

プロジェクトとして3次元空間内に配置され、リアリティのあるプレゼンテーションが実現されなければならない。

一方、伝統工芸オブジェクトをデータベースから検索する方法としては、キーワードによる検索方法が一般的であるが、伝統工芸品データは工芸職人や学芸員の主観によって専門用語を使ってデータベースに登録される場合がほとんどであり、利用者が印象を表す言葉によって意図した検索結果を得るためには通常のキーワード検索方法では困難な場合が多い。また、大規模に地域分散するデータベースから利用者がイメージする伝統工芸品データを効率良く検索したり、絞り込んだりすることも困難であるという問題点がある。さらに、これらの3次元オブジェクトとしての伝統工芸品データサイズは、それぞれ数百キロバイトから数メガバイトに及ぶことから、現在のインターネットを利用して提供する場合は、通信速度が障害となり、インタラクティブなプレゼンテーションは困難である。

これらの問題点を解決するための方法として高速ネットワークの利用とVR技術を導入した仮想空間によるプレゼンテーションが有効と考えられる。すでにVR技術は遠隔教育システム⁷⁾、仮想図書館⁸⁾、仮想都市⁹⁾等の研究がなされているが、これらの研究では利用者の感性を反映できるものではなかった。これに対して筆者らは遠隔講義支援システムにおける利用者の感性を考慮した共有空間である拡張仮想現実空間を提案し、感性とインテリアカラーコーディネートとの関連性に着目した利用者の感性を考慮した3次元仮想空間の実現化を行ってきた¹⁰⁾。また、分散データベースに格納された繊維デザイン画像を感性語により検索可能な分散型繊維デザイン画像データベースを構築し、その有効性も示してきた^{14)~18)}。

そこで本論文では、高速ネットワークの利用とこれらのVR技術と感性情報処理技術を導入し、利用者の感性を考慮した伝統工芸品のプレゼンテーションが可能なデジタル伝統工芸システムを新たに提案する。VR技術により伝統工芸品によって構成されるプレゼンテーション空間はリアリティにあふれかつインタラクティブな操作を可能とする。また感性情報処理法に基づくデータベース検索により利用者の感性に基づいたプレゼンテーション空間の実現が可能となる。さらに高速ネットワークの利用により、3次元CGで表現される室内空間データや複数の伝統工芸データの転送に要する時間を減少させることができ、利用者へのインタラクティブな操作を円滑にできるので、VR技術の有効性をさらに向上させることができる。そして、次世代

インターネットのテストベッドであるJGN (Japan Gigabit Network) を利用することによりリアルタイムかつインタラクティブなプレゼンテーションが可能であることをプロトタイプシステムにより検証し、有効性を示すことができた。

以降、2章ではデジタル伝統工芸の定義について述べる。3章ではデジタル伝統工芸システムについて述べる。4章では本システムのシステムアーキテクチャについて述べ、本システムを構成するクライアントエージェント、知識エージェントの機能について述べる。5章では建具を例としたプレゼンテーション法について述べる。6章では感性語と建具との関連性に着目した感性検索法について述べる。7章では本システムによるプレゼンテーションの流れについて記述する。8章では本システムを評価するための利用する高速ネットワークJGNについて述べる。9章ではJava言語およびVRML'97による本システムのプロトタイプの実装方法およびJGN上で測定した応答時間についての性能評価を述べる。最後に10章でまとめおよび今後の課題について述べる。

2. デジタル伝統工芸

一般に伝統工芸とは主要な製造過程が手作りであり、一定の地域で産地を形成し、伝統的な原材料や伝統的な技術や技法をもって製品が製造されるものを指す。これに対して本研究では計算機やネットワーク技術を導入して伝統工芸品の創作、設計、プレゼンテーションをデジタルの形式で扱える伝統工芸をデジタル伝統工芸と呼ぶ。デジタル伝統工芸では従来の伝統工芸と比較してデザインの加工・編集が容易に行えるとともに創作・設計段階からプレゼンテーションが可能である点から製造工程の効率化が図れ、距離や時間の制約を受けずに伝統工芸品のプレゼンテーションを受けることが可能となる。一方、伝統工芸品のプレゼンテーションではコンピュータグラフィックス技術の利用により、表示される伝統工芸品の実物感を与えるだけでなく感性情報に対応したプレゼンテーションも可能となる。さらに伝統工芸品は設計データに基づいて製造されるので、消費者が前もってプレゼンテーションを受けた製品をそのまま生産者に製造を依頼することが可能になる。以上のような理由により本研究では建具を応用例としたシステムについて検討する。

3. デジタル伝統工芸システム

本論文で提案するデジタル伝統工芸システムとは、図1に示すように、インテリアや建具等の生産者、旅

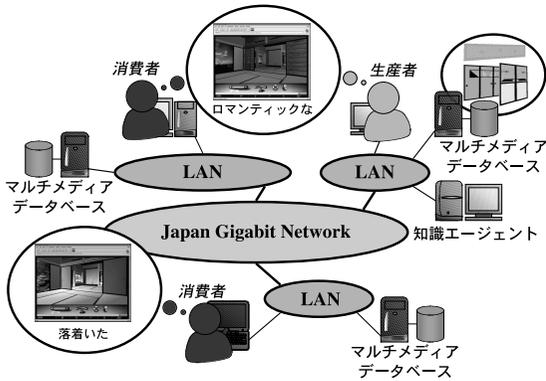


図 1 デジタル伝統工芸システム

Fig. 1 Traditional Japanese crafting presentation system.

館・ホテル・住宅等の建築を予定している消費者らが伝統工芸品を用いた建築物の室内空間を設計可能な臨場感あふれる 3 次元プレゼンテーションシステムである。本システムは多種多様な伝統工芸品を 3 次元 CG オブジェクトの形式で格納した複数のマルチメディアデータベース (MDB), 利用者端末としての複数のグラフィックワークステーション (WS) やパーソナルコンピュータ (PC) が JGN に接続された環境を想定しており、次の機能を提供する。

- (1) 感性を反映した 3 次元プレゼンテーション機能
- (2) 感性検索機能
- (3) 消費者と生産者による協調デザイン支援機能

(1) の 3 次元プレゼンテーションでは「落ち着いた」や「ロマンチックな」等の感性語により、それにふさわしい障子・襖・格子戸等の多様な建具を含むプレゼンテーション空間が提供される。(2) の感性検索機能では 3 次元空間に配置される建具等の 3 次元データが複数の MDB から感性語に基づいて検索され、プレゼンテーション空間内に配置される。これにより、利用者は建具の違いによる空間内の印象の違いを視覚的にとらえることができる。利用者は WWW ブラウザを用いてプレゼンテーション空間内の自由なウォークスルーが可能であり、様々な視点から空間内の障子や襖等の建具を眺めたり、開閉操作をすることが可能である。また、本システムで提供されるプレゼンテーション空間は視点や照明による建具の陰影の違いや季節の日照時間による景観の違いも表現可能である。さらに MDB には CAD により設計された 3 次元データが登録されており、利用者が気に入った建具の製作を生産者に依頼するといった用途への応用も期待できる。さらに (3) の協調デザイン支援機能により、消費者と伝統工芸品の生産者の感性語に対する建具への印象の違いを考慮してプレゼンテーション空間が提供される。

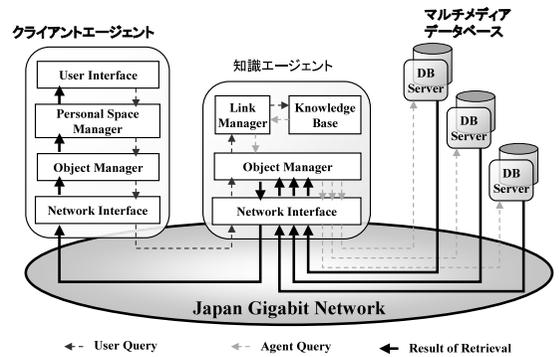


図 2 システムアーキテクチャ

Fig. 2 System architecture.

4. システムアーキテクチャ

感性語による 3 次元プレゼンテーション空間の提供を実現するために本システムは図 2 に示すようにクライアントエージェント (CA), 知識エージェント (KA), 複数の MDB により構成される。

4.1 クライアントエージェント (CA)

利用者からの要求に基づくプレゼンテーションを提供するために CA は、利用者からのプレゼンテーションの要求の受付やプレゼンテーション空間の提供を行う User Interface, プレゼンテーション空間の生成とその制御を行う Personal Space Manager (PSM), プレゼンテーション空間を要求するための User Query (UQ) を生成し, KA に対する UQ の発行と CA における検索結果の管理を行う Object Manager (OM) により構成され, 統一的なユーザインタフェース機能を果たす。

4.2 知識エージェント (KA)

感性に基づくユーザからの要求と知的検索を果たすために, KA は感性語と建具の特徴との関連性を知識として格納した知識ベースに基づいて UQ を Agent Query (AQ) へ変換する Link Manager (LM), ネットワーク上に分散する複数の MDB に検索要求を発行し, 検索結果を CA に提供するために各 MDB から得られた検索結果を統合する Object Manager (OM) により構成される。

4.3 マルチメディアデータベース (MDB)

MDB にはプレゼンテーション空間内に配置されるオブジェクト, 色彩, 形状, 質感を示すオブジェクトの特徴量が格納されており, AQ に相当するオブジェクトを KA に返す。

5. プレゼンテーション法

本システムによるプレゼンテーションでは図3に示すように空間の選択と空間内に配置されるオブジェクトの検索によってプレゼンテーション空間がCA内に構築され、利用者に提供される。プレゼンテーション空間は空間モデルに基づく複数のオブジェクトによって構築され、利用者は空間内に配置されたオブジェクトの開閉や交換操作を行うことが可能である。たとえば利用者が“落ち着いた”といった感性語によりプレゼンテーション空間を要求した場合には“落ち着いた”という感性語がクエリとしてCAからKAに送信される。KAでは“落ち着いた”という感性語とプレゼンテーション空間構成要素の関連性を用いて空間オブジェクトの選択が行われる。さらに選択された空間のレイアウトに基づいて工芸品オブジェクトと景観オブジェクトの検索が行われる。これらのオブジェクトは“落ち着いた”と色彩、パターン、材質との関連性を用いた感性検索法によって検索される。検索結果はKAに集積され、空間オブジェクトに工芸品オブジェクトと景観オブジェクトが配置され、“落ち着いた”プレゼンテーション空間が構築される。このようにしてプ

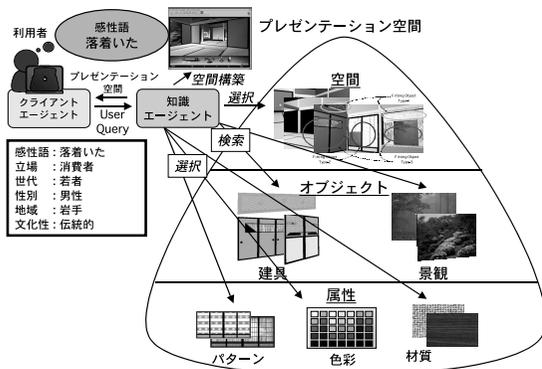


図3 プレゼンテーション空間の構築

Fig. 3 Construction of presentation space.

レゼンテーション空間が構築された後に利用者はプレゼンテーション空間内を自由にウォークスルーすることが可能となる。また、提供された空間内の工芸品の開閉や交換操作をすることも可能となる。このように利用者に対して、以下のような手順で感性検索法を反映したプレゼンテーションを提供できる。

- (1) 感性語を入力する。
- (2) この感性語にふさわしいプレゼンテーション空間の空間レイアウト例が表示される。
- (3) また、感性語に基づいた工芸品オブジェクトが自動的に検索され、プレゼンテーション空間の指定位置に配置される。
- (4) さらに、感性語に基づいた景観オブジェクトが自動的に配置される。
- (5) 各工芸品オブジェクトについて利用者が変更したい場合には、感性語を用いて次候補を検索し、置き換えることができる。これを繰り返して利用者の満足するプレゼンテーション空間を構成する。

5.1 プレゼンテーション空間モデル

プレゼンテーション空間は大きく分けて室内空間と室外の空間要素に分類される。室内空間はさらにその構成法より図4に示すように和室、洋室に分類され、床、天井、柱、壁、廊下、建具、家具、調度品によって構成される。また、室内空間を表現するためにはこれらの基本構成要素や室内装飾品に加えて外光、照明、景観等の構成要素も必要となる。さらにこれらの構成要素の特徴および機能が異なる。そのため、オブジェクト指向モデルに基づいて室内空間の構成要素についてそれらの機能と特徴に着目して分類した。その結果を図5に示す。本システムにより提供されるプレゼンテーション空間は空間オブジェクト、伝統工芸オブジェクト、景観オブジェクトにより構成される。空間オブジェクトとは、伝統工芸品を除く室内空間を構成する部品であり、壁や床、廊下、柱等のオブジェク



図4 和室と洋室

Fig. 4 Interior space type.

トと3次元空間上でこれら表現する空間モデルにより構成される。景観オブジェクトとは、室内空間の外の景観を表現する部品であり、静止画または動画像によって構成され、3D空間上で景観として利用される。伝統工芸オブジェクトとは室内空間に配置される建具、家具、漆器等の伝統工芸品を表現するためのオブジェクトである。さらに建具オブジェクトは、室内空間内の配置場所、材質、開閉機能によって分類される。

5.2 空間構成オブジェクトタイプ

建具オブジェクトは図6に示すようにプレゼンテーション空間の部屋のレイアウトに基づいて選択される。また、建具に応じてそれぞれ異なる開閉機能が必要になる。たとえば障子の場所では1枚や2枚、4枚等で1つの組を構成されるものが存在する。そこでプレゼンテーション空間上で、このような異なる形式の建具の配置や開閉機能を容易に実現するためにオブジェクトタイプを定義した。表1は建具オブジェクトの3つの異なるタイプを示している。建具形式1では2つの建具が左右へ開閉する機能を実現するために、図7に

示すような建具の交換が可能で4つの部分から構成され、PROTO ClusterTypeにより定義される。

5.3 空間とオブジェクトの制御

利用者にプレゼンテーション空間内の建具の開閉や交換等のインタラクティブな操作性を提供するためには、プレゼンテーション空間を構成するオブジェクトに加え、利用者がプレゼンテーション空間を制御するメカニズムが必要である。そこで本システムでは図8に示すようにCAでプレゼンテーション空間を扱うためのオブジェクトをクラスとして定義した。プレゼンテーション空間を扱うクラスは建具リストフレームクラス、建具リストクラス、建具オブジェクトクラス、景観クラス、照明クラス、視点クラスによって構成される。建具リストフレームクラスは建具の選択画面を

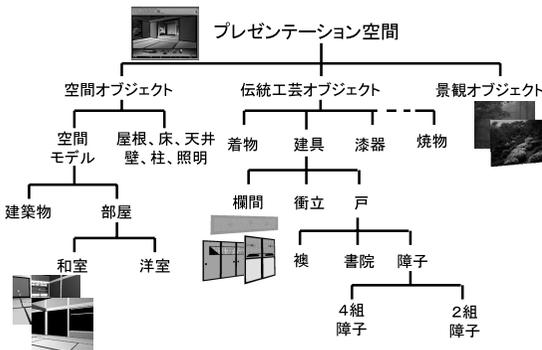


図5 プレゼンテーション空間モデル
Fig.5 Presentation space model.

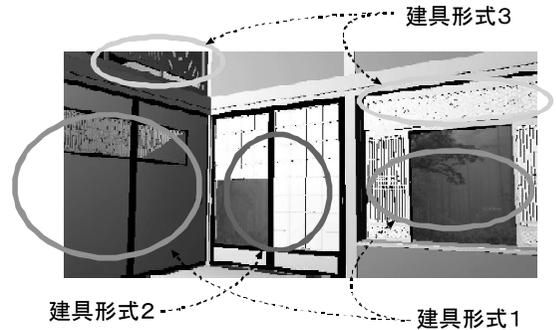


図6 建具オブジェクト
Fig.6 Fitting object.

表1 建具形式
Table 1 Fitting type.

建具形式	構成数	開閉機能
1	4	あり
2	2	あり
3	1	なし

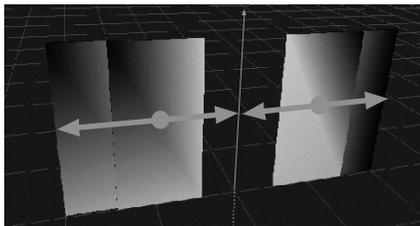


図7 建具形式1

Fig.7 Example of fitting type.

```
PROTO ClusterType1[
    EventIn MFString changeBody1
    EventIn MFString changeBody2
    EventIn MFString changeBody3
    EventIn MFString changeBody4
    EventIn MFString changeKnob2
    EventIn MFString changeKnob3
    EventIn SFBool trigger
    EventIn SFBool openDoor
    EventIn SFBool closeDoor
    EventOut SFTime
    bodyTouched
]
```

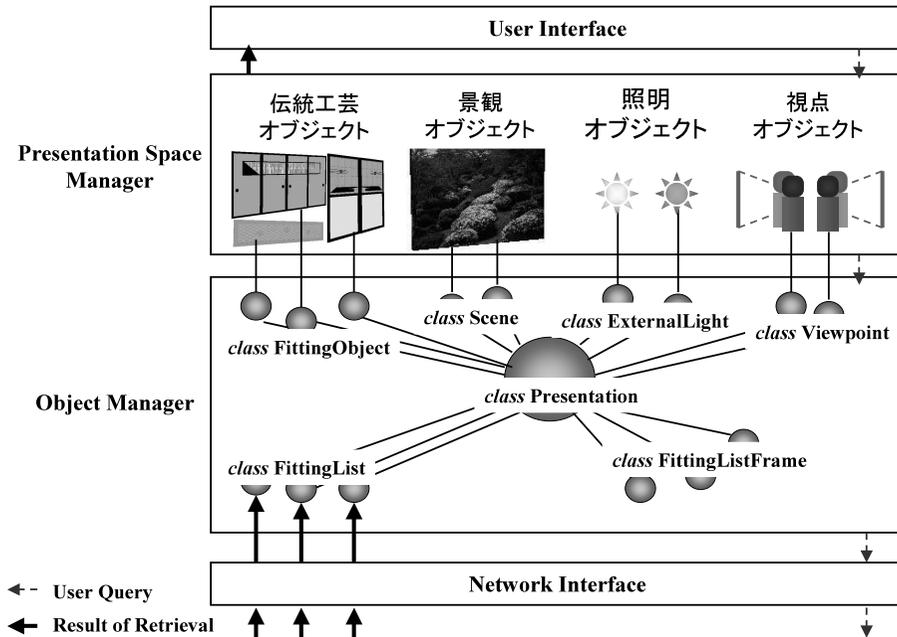


図8 空間とオブジェクトの制御
Fig. 8 Control of space and objects.

利用者に提供するためのクラスであり、建具リストクラスは検索された建具オブジェクトのリストを格納するためのクラスである。また、建具クラスは建具オブジェクトの3次元データを扱うためのクラスである。このクラスの実装によって利用者の要求に合わせて伝統工芸オブジェクトや景観オブジェクトのインスタンスを提供することができる。

本システムで、対象とした伝統工芸オブジェクトは、現在業界で規格化された実際のCADデータに基づいた固定サイズのものであるが、伝統工芸品の洋室や和洋室への多様化も視野に入れており、サイズ変更や配置の柔軟性も目指している。

6. 感性検索法

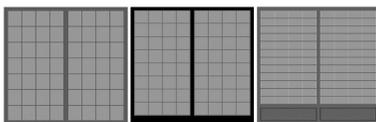
利用者のイメージするプレゼンテーション空間を実現するためには、それに最もふさわしい伝統工芸を選択することが必要であるが、素材や産地等による従来のキーワード検索法では消費者や生産者の感性に適切なデザインが得られないといった問題がある。これに対し筆者らはデザインと人間の感性との関連性に着目し、この感性を反映した感性検索法を開発した^{15)~17)}。感性検索法を導入するために本システムでは人間が建具に対していただく印象やイメージを表現する感性語の中から特に建具デザインやインテリアデザインの分野で使用頻度の高い感性語に限定し、感性語と室内空間

および建具との関連性の知識ベースを利用することにした。これらの関連性については感性工学における色と感性の関連性や、アンケート調査を基にすでに検討され、研究会でも発表されており、その有効性も示されている¹⁹⁾。知識ベースには感性語と人間が定性的に認識可能な視覚的特徴との関連性を格納する。本システムでは配色、幾何学図形、パターン、規則性、粗密度、材質といった建具の構成要素に基づく視覚的特徴を用いており、知識ベースには図9に示すような感性語と建具オブジェクトの特徴との関連性が格納される。たとえば図9に示すように「落ち着いた」という感性語に対応する建具の特徴では、粗密度は「粗」で、幾何学図形は「四角形」、パターンは「直線的」、規則性は「高」で、素材の配色は「黒か茶」、という関連性が知識として格納されている。このように知識ベースには、利用される感性語すべてに対して、建具オブジェクトや空間オブジェクト、さらに景観オブジェクトについての関連性がアンケート調査の分析結果よりオブジェクトごとに分類されて格納されている。また知識ベースには、利用者の年代、男女別、住んでいる地域、職業別による感性の違いも、アンケート結果より考慮している。

一方、データベースは、各オブジェクトごとに分類され、データベース管理システムにより管理されている。たとえば建具オブジェクトは図10の

感性語	粗密度	幾何学図形	パターン	規則性	色	線の太さ	構成
個性的な	密	菱形・六角形	直線	高	黒・茶		組子
落ち着いた	粗	四角形	直線	高	白・茶	細	
モダンな	粗		曲線	低	白・茶	細	高窓・腰
...

「落ち着いた」
障子



「華やかな」
書院

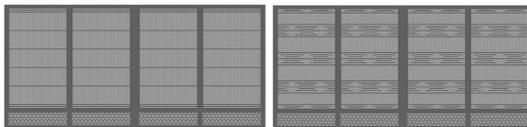


図 9 感性と建具との関連性

Fig. 9 Relationship between Kansei words and fittings.

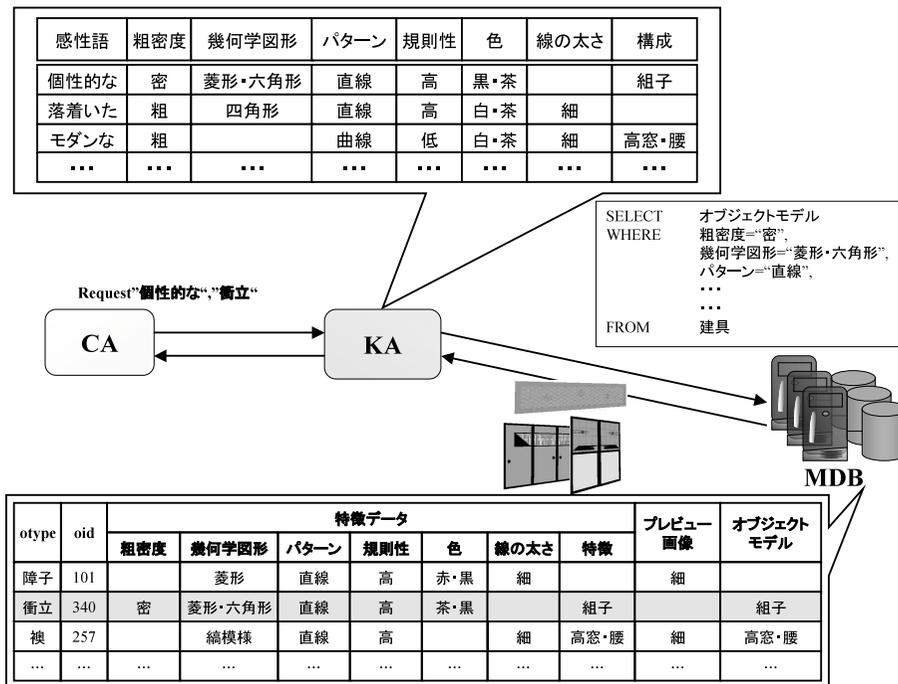


図 10 感性検索法

Fig. 10 Kansei retrieval method.

下の表に示すように、建具の種類、識別番号、粗密度、幾何学図形や素材配色、パターンの大きさ等の特徴データに加え、2次元のプレビュー画像ファイル (JPEG 形式) や 3次元の実データファイル (VRML 形式) がデータベース管理システムにより管理されている。

検索法の流れとしては、最初に利用者のプロファイ

ル (年齢、性別、職業、住んでいる地域等) をあらかじめ KA に転送しておく。そして、たとえば図 10 に示すように利用者が「個性的な」室内空間を要求する場合、感性検索用 GUI より「個性的な」のアイコンをクリックし、「個性的な」というクエリが CA から KA へと発行される。KA では知識ベースよりプロフィールと感性語「個性的な」より素材の配色が「黒が茶」、

幾何学図形が「菱形か六角形」、パターンが「直線的」で、規則性が「高」で、粗密度が「密」の特徴量を抽出し、これらの特徴データをクエリとして MDB に発行する。MDB では、データベースに対して、図 10 に示すように、この特徴量データに基づく SELECT 文を発行し、このクエリに一致する建具が選出され、KA に転送され、さらに CA のプレゼンテーション空間内に配置される。以上の処理が建具オブジェクト、空間オブジェクトおよび景観オブジェクトについて実行される。これにより「個性的な」雰囲気のパプレゼンテーション空間が構築される。さらに利用者は個々の建具をクリックし、感性検索を実行することにより、他の候補の建具をブラウジングして気に入った建具と交換することができる。また「個性的」かつ「モダンな」等、複数の感性語の AND, OR, NOT 検索も可能である。これを繰り返すことによって利用者に最もふさわしいプレゼンテーション空間が実現される。

7. プレゼンテーション提供の流れ

本システムによるプレゼンテーションの流れは CA の起動を行うためのプレゼンテーション準備フェーズ、プレゼンテーション空間の構築、プレゼンテーション空間内のウォークスルー、建具の交換が可能なプレゼンテーションフェーズによって構成される。

7.1 プレゼンテーション準備フェーズ

利用者がクライアントステーションからプレゼンテーションを受けるためには、図 11 に示すように利用者が WWW ブラウザを用いて WWW サーバへサービス要求を発行し、CA を含むアプリケーションのダ

ウンロードを行うための HTML を取得する。WWW ブラウザは、この HTML に基づいて、クライアントアプリケーション転送要求を WWW サーバに発行し、CA のダウンロードと、その起動を行う。WWW ブラウザにより起動された CA は、個々の利用者を識別するための利用者 ID を含んだ検索サービス要求を、WWW サーバに発行し、その利用者のユーザモデルを取得するとともに、利用者に対して検索要求を選択するためのインタフェースを提供することにより個々の利用者の感性に合わせた検索を可能とする。

7.2 プレゼンテーションフェーズ

図 12 に示すようにプレゼンテーションフェーズで

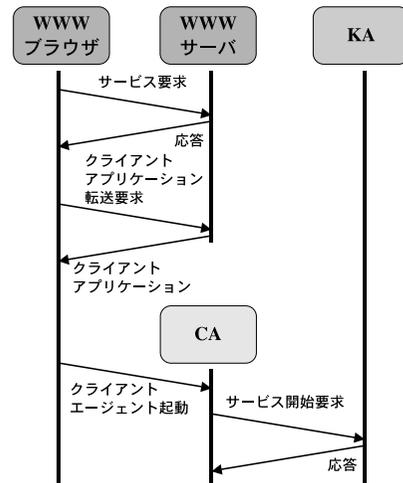


図 11 プレゼンテーション準備の流れ
Fig. 11 Flow of connection phase.

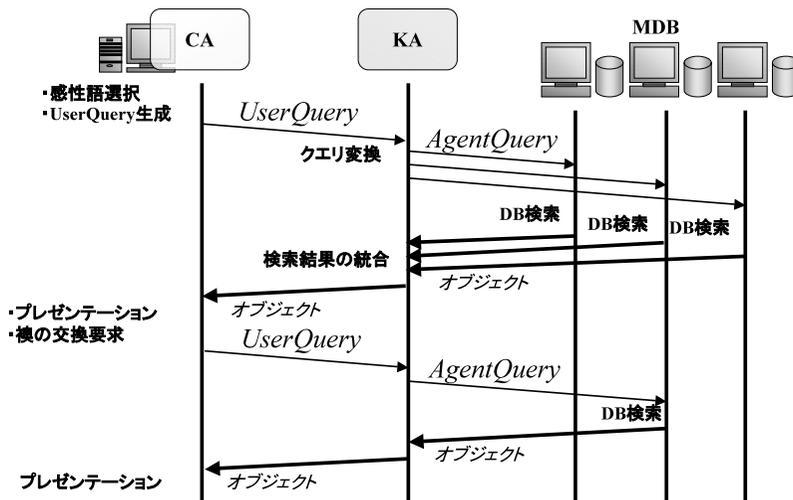


図 12 プレゼンテーションの流れ
Fig. 12 Flow of presentation phase.

は感性語による要求に従ってプレゼンテーション空間を提供するために建具オブジェクトが検索され、プレゼンテーション空間内に配置される。利用者によって選択された感性語は、CA の PSM により UQ に変換され、OM によって KA に送信される。KA では LM において空間内に配置されるオブジェクトの特徴量を表現する AQ に変換され、建具オブジェクトが格納される複数の MDB に検索要求が発行される。検索結果は KA に集められ、プレゼンテーション空間内に配置される。プレゼンテーション空間にはソートの結果、利用者からの要求に最も相関性が高い建具オブジェクトが配置される。このようにして KA によりプレゼンテーション空間内に配置される建具オブジェクトが検索され、CA に提供される。さらに、提供されたプレゼンテーション空間に対して建具オブジェクトを選択して交換することも同様の手順により可能である。以上のプロセスを繰り返すことにより、利用者の希望する室内空間のプレゼンテーションが提供される。

8. 高速ネットワーク

本システムで提供されるプレゼンテーション空間を構成する 3 次元オブジェクトとしての伝統工芸品データサイズは、それぞれ数百キロバイトから数メガバイトに及ぶことから、現在のインターネットを利用して提供する場合は、通信回線速度がボトルネックとなり、インタラクティブなプレゼンテーションは困難である。

たとえば、本システムで利用されるオブジェクトの標準的なデータサイズは、

- (1) 空間オブジェクト：約 1.8~2.3 Mbyte
- (2) 建具オブジェクト：約 0.09~1.2 Mbyte
- (3) 景観オブジェクト：約 0.2~0.7 Mbyte

であり、5 つの建具を含む標準的な和室空間全体としては、約 2.45~9.0 Mbyte のデータ量となり、これらのオブジェクトがすべて MDB より CA に転送されてプレゼンテーションがスタンバイとなる。また、プレゼンテーションを開始してからは、感性検索法によりインタラクティブに MDB より候補の建具オブジェクト(プレビュー画像および実データ)を選んで、プレゼンテーションする場合でも、0.09~1.2 Mbyte のデータ転送がともなう。仮にネットワークとして ISDN (128 Kbps) を利用したとすると、ネットワーク転送時間はスタンバイに 153~562 秒を要する。また 1 つの建具オブジェクトの転送には、5.63~75 秒を要する。表示を完了するには、さらに表示のためのデータ処理時間がこれに加算され、利用者への円滑なプレゼンテーションが困難となる。

一方データを簡素化したり、高圧縮したりして利用した場合、プレゼンテーション空間のリアリティや品質が低下し、伝統工芸が本来持っている特徴や機能性が損なわれ、本システムの有効性が発揮できない等の問題が生じる。

これに対して次世代のネットワークサービスやネットワークアプリケーションの研究を推進するための次世代インターネットプロジェクトが各国で行われている²⁴⁾。この次世代インターネットプロジェクトの一環として日本では JGN (Japan Gigabit Network) が敷設され²⁶⁾、これを利用した超高速ネットワークに関する研究が行われつつある^{27);28)}。伝統工芸品の提供では高品質なメディアによる提供はもちろんのこと、生産地が日本全体に点在することから、大容量の伝統工芸品データを広域・高速に提供できる高速ネットワークを利用したシステムの構築が有効であると考えられる。本システムでは高速化する次世代インターネットでの利用を前提とし、一般利用者でもリアルタイムかつインタラクティブなプレゼンテーションシステムを目指している。このため、JGN 上にプロトタイプを構築し、システムの機能性や応答性を明らかにする。JGN は、ATM 方式の 2.4 Gbps のバックボーンが日本全土を縦断し、そこから、OC-3 (155 Mbps) または OC-12 (622 Mbps) ではほぼ各県に 1 カ所以上のアクセスポイントが設置されており、利用者はこのアクセスポイントより無料でかつ高速なデータ転送が可能となっている。本システムは、JGN が次世代インターネットのバックボーンの一部となることを想定し、各地域ごとに伝統工芸がデータベース化され、日本全体として分散データベースが構築できると考える。また、知識エージェントも同様に JGN 上に構築され、利用者は知識エージェントにアクセスすることによって本システムを利用することが可能となる。

9. プロトタイプシステム

9.1 プロトタイプ環境

本システムの機能性や応答性を評価するために図 13 に示すように岩手県立大学、埼玉工業大学、石川県田鶴浜町を JGN で相互接続した環境においてクライアントステーションとして Gateway 2000 および 2 台の SGI O2, KA として SGI OCTANE, MDB として 2 台の SunSparc により構成されたプロトタイプシステムを構築した。プロトタイプシステムではプレゼンテーション空間および建具を表現するために VRML'97 を使用した。また、室内照明および室外照明を実現するために、空間オブジェクトは SpotLight,

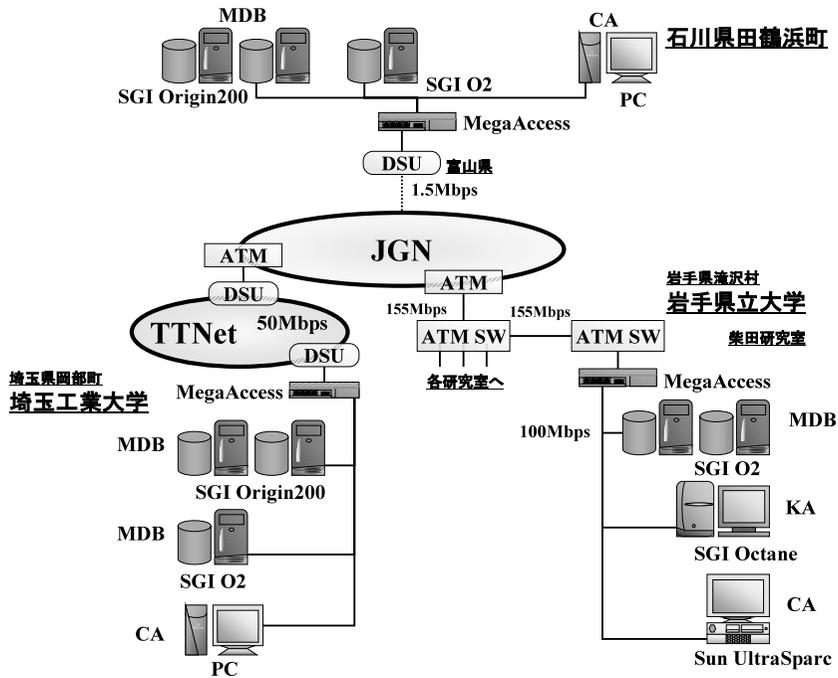
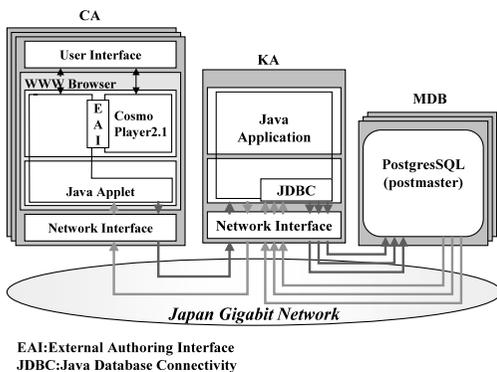


図 13 プロトタイプ環境
Fig. 13 Prototype system.



EAI: External Authoring Interface
JDBC: Java Database Connectivity

図 14 プロセス構成
Fig. 14 Process configuration.

PointLight, DirectionLight ノードを含み、これらの照明ノードの制御を行うために JavaScript を使用している。3次元仮想空間上に建具を容易に再配置可能とするために建具オブジェクトは、VRML'97の機能であるPROTOを用いて実現され、このPROTOで生成されるオブジェクトの内部は建具の動的な変更を実現するために JavaScript を、建具の開閉アニメーションを実現するために PositionInterpolator ノードを使用した。

9.2 プロセス構成

本システムのプロセス構成を図 14 に示す。CA は、

マルチプラットフォームにおける動作、WWW による提供を実現するために Java を用いたアプレットにより実現し、VRML2.0 により表現される仮想空間を利用者に提供するために CosmoPlayer2.1 を使用した。KA は利用者の感性に合わせた建具の検索を行うために、CA から取得した UQ を AQ に変換する LM および、MDB へ検索要求を発行する OM は 1 つの Java アプリケーションとして実現し、データベースへアクセスするためのインタフェースとして、異なるデータベース管理システムに対して同一のインタフェースを利用できる JDBC1.2 を用いた。AQ の生成に必要な知識である知識ベースはファイルとして実現した。MDB には様々なプラットフォームで利用可能な PostgreSQL (6.4) を使用し、空間オブジェクトおよび建具オブジェクトを格納した。

9.3 ユーザインタフェース

プロトタイプシステムではプレゼンテーション空間内のウォークスルー、建具の開閉・交換、照明操作や日照時間の自動調整を可能にした。このプロトタイプシステムでは図 15 (a), (b) に示すような臨場感のある 3次元プレゼンテーションの提供を行うことができる。利用者らはあたかもこの空間の中に存在するかのように移動しながら、様々な視点で建具を眺めることができる。また、室内に配置された照明スイッチをク



(a)「落ち着いた」



(b)「暖かみのある」

図 15 プロトタイプシステムの実行例

Fig. 15 Presentation example on prototype system.

リックすることによる室内照明の変更や、朝・昼・夕・夜が用意された日照時ボタンをクリックすることにより、室外から室内への採光および室外の景観の変更が可能となっており、また障子や襖等の建具をクリックすることにより、その建具の交換や上下左右方向への開閉操作を行うことができる。

9.4 性能評価

本システムを利用してインタラクティブなプレゼンテーションが円滑に実現できるかを評価するために、

- (1) スタンバイ時間：利用者が最初に感性語を選択してから、すべての空間オブジェクト、建具オブジェクト、景観オブジェクト(合計

3.679 Mbyte) が所定の位置に配置され、表示されるまでの応答時間、

- (2) 建具転送時間：スタンバイの後、利用者が候補のブラウジング画面の中から、好みの建具オブジェクト(書院障子 0.965 Mbyte または障子 0.285 Mbyte) を選択してから、交換され、表示が完了するまでの時間、

を、それぞれ、

- 1) ISDN (128 Kbps) 転送(岩手県立大学—田鶴浜町)
- 2) JGN (1.5 Mbps) 転送(岩手県立大学—田鶴浜町)
- 3) JGN (50 Mbps) 転送(岩手県立大学—埼玉工業

表2 プロトタイプシステムにおける応答時間
Table 2 Response time on prototype system.

	回線	接続元	接続先	クライアントマシン	スタンバイ時間	建具転送時間 (書院障子)	建具転送時間 (障子)
1	ISDN (128 Kbps)	岩手県立大学	田鶴浜町	OCTANE	256	78	12
2	ISDN (128 Kbps)	岩手県立大学	田鶴浜町	PC	284	73	9
3	JGN (1.5 Mbps)	岩手県立大学	田鶴浜町	OCTANE	71	22	7
4	JGN (1.5 Mbps)	岩手県立大学	田鶴浜町	PC	80	22	9.4
5	JGN (50 Mbps)	岩手県立大学	埼玉工業大学	OCTANE	33	16	7
6	JGN (50 Mbps)	岩手県立大学	埼玉工業大学	PC	52	16	8.5
7	学内 LAN (100 Mbps)	岩手県立大学	岩手県立大学	OCTANE	33	14	8
8	学内 LAN (100 Mbps)	岩手県立大学	岩手県立大学	PC	52	14	8
9	Local	岩手県立大学	岩手県立大学	OCTANE	33	17	7
10	Local	岩手県立大学	岩手県立大学	PC	52	17	7

大学)

4) Ethernet (100 Mbps) 転送(岩手県立大学内 LAN)

5) 同一ホスト内転送

によって測定実験を行った。正確な測定を実施するため、すべての転送において、End-to-End間で他のトラフィックをいっさい排除した環境で実験を行った。測定結果を表2に示す。この測定結果から明らかなように、ISDN転送においては、スタンバイ時間は256秒以上、JGN(1.5 Mbps)環境では71秒であったが、JGN(50 Mbps)環境では33秒であった。また、Ethernet(100 Mbps)および同一ホスト内転送とも、JGN(50 Mbps)のスタンバイ時間とほぼ同一で33秒であった。一方、書院障子1個の建具転送時間は、ISDN環境で73秒であったのに対し、JGN(1.5 Mbps)環境では22秒であり、JGN(50 Mbps)、Ethernet(100 Mbps)、同一ホスト内転送ではともにほぼ同一で14秒であった。以上の結果より、ISDNの環境でのスタンバイ時間および建具転送時間ともに大きく、利用者への円滑でインタラクティブなプレゼンテーションは困難であるといえる。一方、JGN(50 Mbps)やEthernet(100 Mbps)環境では、ISDN環境と比べると、スタンバイ時間および建具転送時間ともに大きく改善され、実用に支障のない応答が得られている。一方、JGN(50 Mbps)、Ethernet(100 Mbps)、同一ホストマシン上でのスタンバイ時間および建具転送時間は、ほぼ同一時間となっていることから、この環境では、ネットワーク転送時間よりも、オブジェクトの読み出し、配置、表示等のホストコンピュータ上での処理時間が支配的であることが分かり、これはサーバおよびクライアントコンピュータの処理能力の向上により応答時間の改善が期待できると考えられる。

10. まとめと今後の課題

本論文では建具を応用例としたデジタル伝統工芸システムについて提案し、感性語による3次元プレゼンテーションを実現するためのプレゼンテーション法とVR空間内に配置する建具データの感性語による検索を可能とする感性検索法について述べた。また、本システムを用いたプレゼンテーションの流れについて述べ、現在までに実装されているプロトタイプシステムについて述べた。さらに本システムの有効性は、JGN等の高速ネットワークを利用することで、リアルタイムかつインタラクティブなプレゼンテーションを実現できることを確認できた。本論文ではプレゼンテーション空間として室内空間をモデル化し、開閉機能や空間を構成するオブジェクトの交換機能を実現するための機構について詳細に述べたが、ここで用いた機構は室外空間をモデル化することによって室外空間にも応用することが可能である。

消費者と生産者による協調デザイン支援機能については、現在検討中である。また、感性語により建具データの検索を実現するための感性語と個々の建具との関連性に加え、同一の感性語に関連する空間オブジェクト、建具オブジェクト、景観オブジェクトの組合せに対する感性のアンケート調査も継続して行っており、その結果をさらに分析して、知識ベースへと反映していきたいと考えている。またここでは触れなかったが、個人差による感性への相違を考慮することも重要である。これは、アンケートより得られる分析結果が平均的な人物の感性と考え、個人差はこの平均的人物の感性からのズレとしてモデル化でき、検索結果への個人の満足度を学習機能によりモデルに反映させることで考慮できることがすでに明らかにされており^{15),17)}、今後のシステムに導入する方向で検討している。最後に、本研究ではJGNを利用した本システムの性能評

価を行って実用化の可能性を確認したが、実際に消費者および生産者に利用してもらい、本システムの有効性の機能評価を行うことも今後の課題となる。

謝辞 本研究に協力していただいた埼玉工業大学深町共榮教授に感謝します。また、JGN の利用にあたりご協力をいただいた石川県田鶴浜町教育委員会、埼玉工業大学先端科学研究所事務室の方々に感謝します。さらに建具を扱うにあたり貴重なご意見をいただいた田鶴浜町建具組合の方々に感謝いたします。本研究の一部は通商産業省資源エネルギー庁平成 12 年度電源地域産業育成支援補助事業の補助を受けて行われました。

参 考 文 献

- 1) 伝統的工芸品産業振興協会：日本の伝統工芸品。
http://www.wnn.or.jp/wnn-craft/w_index.html
- 2) 石川県田鶴浜町：平成 8 年度田鶴浜建具デザインシミュレーション事業報告書 (1997. 3).
<http://www.town.tatsuruhaman.ishikawa.jp/r&d/job/report/REP8/H8.htm>
- 3) 石川県田鶴浜町：平成 10 年度田鶴浜建具デザインシミュレーション事業報告書 (1999. 3).
<http://www.town.tatsuruhaman.ishikawa.jp/r&d/job/report/REP10/h10.htm>
- 4) 石川県田鶴浜町：平成 13 年度「人間の感性を利用した、建具プレゼンテーション技術の確立」事業報告書 (2001. 3).
- 5) 埼玉県：産学官共同技術開発推進事業研究報告 5「デザイン画像データベースの構築」(1997. 3).
- 6) 小林盛太：和風住宅の知識，彰国社 (1984).
- 7) 白戸，佐々木，竹谷：バーチャルリアリティ技術を用いた遠隔教育支援システムの開発と適用，電子情報通信学会論文誌 (D-I)，Vol.J83-D-I，No.6，pp.619-626 (2000).
- 8) 箱崎，金井，石川，陳，井澤：個人利用に適合した仮想図書館の構想，電子情報通信学会論文誌 (D-II)，Vol.J81-D-II，No.5，pp.1025-1034 (1998).
- 9) 谷崎，嶋田：能動型検索機構による空間情報提供方式と仮想都市構築への適用，電子情報通信学会論文誌 (D-II)，Vol.J81-D-II，No.5，pp.1005-1013 (1998).
- 10) 高坂，宮川，橋本，柴田：感性を考慮したデジタル伝統工芸プレゼンテーションシステム，情報処理学会マルチメディア通信と分散処理ワークショップ，No.18，pp.49-54 (Dec. 1999).
- 11) 柴田，杉田，宮川，橋本，深町：JGN を利用した遠隔デジタル伝統工芸システム，ギガビットネットワークシンポジウム 2000，pp.79-85 (Nov. 2000).
- 12) Sugita, K., Miyakawa, A., Fukamachi, T. and Shibata, Y.: Basic Consideration of Digital Traditional Japanese Crafting System, *15th International Conference on Information Networking (ICOIN-15)*, pp.763-768 (Feb. 2001).
- 13) 高坂，橋本，勝本，柴田：やわらかいマルチメディア遠隔講義支援システムのための個人の感性/要求を考慮した共有空間の設計，情報処理学会研究会報 DPS-90，Vol.98，No.84，pp.75-80 (Sep. 1998).
- 14) 広瀬，勝本，柴田：分散型データベースシステムの検索方法及び性能評価，情報処理学会マルチメディア通信と分散処理ワークショップ，Vol.94，No.1，pp.289-297 (1994).
- 15) 福田，勝本，柴田：ユーザモデルを基本とする感性検索法，情報処理学会研究報告 DPS-68，Vol.95，No.13，pp.43-48 (1995).
- 16) 福田，柴田：デザイン画の形状パターンをとらえた感性検索法，情報処理学会マルチメディア通信と分散処理ワークショップ，Vol.96，No.1，pp.267-274 (1996).
- 17) Fukuda, M., Sugita, K. and Shibata, Y.: Perceptual Retrieving Method for Distributed Design Image Database System, 情報処理学会論文誌，Vol.39，No.2，pp.158-169 (1998).
- 18) 杉田，植田，高畑，柴田：WWW 環境における繊維デザイン画像データベースシステムの実現化，情報処理学会研究会報 DPS-86，Vol.98，No.8，pp.177-182 (1998).
- 19) 宮川，杉田，細川，柴田：感性情報処理によるデジタル伝統工芸プレゼンテーション，情報処理学会研究会報 DBS-124，pp.9-15 (2001).
- 20) 井口ほか：感性情報処理，オーム社 (1994).
- 21) 栗田，加藤，福田，板倉：印象語による絵画データベースの検索，情報処理学会論文誌，Vol.33，No.11，pp.1373-1383 (1992).
- 22) External Authoring Interface Working Group.
<http://www.web3d.org/WorkingGroups/vrml-eai>
- 23) PostgreSQL. <http://www.postgresql.org>
- 24) 宮原：次世代インターネットプロジェクトの研究の動向，情報処理学会誌，Vol.40，No.5，pp.494-495 (1999).
- 25) 村井：TCP/IP とインターネット，情報処理学会誌，Vol.41，No.5，pp.514-518 (2000).
- 26) 通信放送機構：研究用ギガビットネットワーク (JGN). <http://www.jgn.tao.go.jp/>
- 27) 大川ほか：次世代インターネットを利用した高等教育環境の構築実験 GIOS プロジェクト，情報処理学会誌，Vol.42，No.1，pp.51-57 (2001).
- 28) 阿野ほか：柔軟なネットワーク構築を目指すアクティブネットワークのテストベッドと広域実験，情報処理学会誌，Vol.42，No.4，pp.376-381 (2001).

(平成 13 年 6 月 7 日受付)

(平成 13 年 12 月 18 日採録)



杉田 薫(正会員)

1974年生。1998年東洋大学大学院修士課程修了。1998年(株)エーティーエー入社。現在、岩手県立大学博士後期課程在学中。感性情報処理, マルチメディアシステム, 画像

処理等の研究に従事。電子情報通信学会会員。



宮川 明大(正会員)

1968年生。1993年石川県田鶴浜町に採用。1995年より田鶴浜町教育委員事務局へ出向。現在、岩手県立大学大学院博士前期課程在学中。田鶴浜町行政ネットワーク管理および

地場産業関連(木工関連産業)へのコンピュータ応用に関する研究に従事。感性工学会, IEEE 各会員。



柴田 義孝

1950年生。1985年UCLAコンピュータサイエンス学科修了。Ph.D. in Computer Science。1985年から1988年までBellcore(旧AT&Tベル研究所)にて専任研究員としてマ

ルチメディア情報ネットワークの研究に従事。1989年より東洋大学工学部情報工学科助教授。1997年同大学教授。1998年より岩手県立大学ソフトウェア情報学部教授。同大学メディアセンター長。高速パケットビデオ, マルチメディアプロトコル, ハイパーメディアシステム, 感性情報処理等の研究に従事。IEEE, ACM, 電子情報通信学会各会員。