

## ディレクトリサービスを利用した都市情報の分散型データベース構築に関する検討

服部 哲<sup>†</sup> 吳 寧<sup>†</sup>  
安田 孝美<sup>††</sup> 横井 茂樹<sup>†</sup>

地理情報システムの利用が広がり、さまざまな都市情報が蓄積され始めているため、ネットワーク上に分散した都市情報のデータベースを効率良く管理することができる分散型都市データベースの構築が重要となってきている。一方、インターネット上の新しい情報リポジトリとして、LDAP (Lightweight Directory Access Protocol) ベースのディレクトリサービスのシステム (以降、LDAP) が注目されているが、LDAP は分散されたデータベースを管理するのに有用な特徴をいくつか持っていると考えられる。本論文では、LDAP をデータベース管理のコアとして利用することで、効率的な分散型都市データベースの構成を提案するとともに、試作システムを開発した。試作システムの都市データベースはデータ提供サイトと管理サイトから成る。管理サイトは、データ提供サイトに分散されたデータベースが1つのデータベースとして機能するように管理する。我々はLDAPをコアとして管理サイトを構築するので、都市情報の分野で利用するためにLDAPの機能を拡張する。システム試作の結果、LDAPの利用により効率的に管理システムを構築することができ、拡張機能は分散型都市データベースに有効であると分かった。

### A Study on Building a Distributed Database of Urban Information Using Directory Service

AKIRA HATTORI,<sup>†</sup> WU NING,<sup>†</sup> TAKAMI YASUDA<sup>††</sup>  
and SHIGEKI YOKOI<sup>†</sup>

In recent years, the use of the geographic information has been spreading and various urban information has begun to be stored. Therefore, importance of building distributed urban databases that can manage the database of urban information distributed on the network efficiently has been growing. On the other hand, a directory service based on LDAP (Lightweight Directory Access Protocol) (hereinafter referred as to LDAP) has attracted attention as a new information repository on the Internet. LDAP has some useful features to manage distributed databases. In this paper, we propose an efficient structure of distributed urban database system using LDAP as a core of database management, and developed a prototype system. The prototype urban database system consists of data provider sites and a management site. The management site uniformly manages distributed databases provided by several data providers. We constructed complimentary function for effective usage of the urban information. As a result of the prototype system, we proved that a management system of a distributed urban database based on LDAP was easily developed and a complimentary function was effective in a distributed urban database.

#### 1. はじめに

地理情報システム (GIS: Geographic Information System) の普及にともない、GISに不可欠な地図と属性 (たとえば人口、地価、行政区面積、土地利用状

況、事業所数、建物の名称や用途など) から成る都市情報が重要視されている<sup>1),2)</sup>。そのためネットワークを利用して都市情報を提供するサービス<sup>3)</sup>や共有を目的に都市情報をデータベース化する研究<sup>4),5)</sup>が行われている。しかしこれらはすべてのデータを1つのサーバで管理しているためサーバへの負担が大きい。また分散型データベースとして都市情報をデータベース化する研究<sup>6)</sup>も行われている。分散型データベースには多くの利点があるが、データベースが点在していることをユーザがきちんと把握していないと使えないと大

<sup>†</sup> 名古屋大学大学院人間情報学研究所  
Graduate School of Human Informatics, Nagoya University

<sup>††</sup> 名古屋大学情報文化学部  
School of Informatics and Sciences, Nagoya University

変不便であり、このような問題に対処してデータベースの管理を適切に行うことがきわめて重要となる<sup>7)</sup>。本研究では、ネットワーク上に分散する都市情報を効率的に管理することができる分散型都市データベースの構築を目的としてシステムの設計と試作を行った。

データベースが分散していることに対処するため、都市情報の所在を検索するシステムを導入したり<sup>8)</sup>、都市情報を所有するサーバに所在情報の検索機能を持たせたりする方法<sup>9)</sup>が提案されているが、これらは検索のみを扱っており、新たに都市情報を提供することが考慮されていない。リレーショナルデータベース (RDB) を利用して分散した都市情報に関する情報を管理する方法<sup>10)</sup>も考えられている。都市情報を管理する場合、その都市情報にはどの街区が含まれるかなどの情報が必要であり、そのような情報は何度も記述しなければならない場合もあるが、RDBではそのためのスキーマ設計が容易ではない。また一度システムが稼動してから管理に必要な情報項目が増えた場合に対処することが困難である。スケールの異なる情報をいかに連続的に表示するかという研究<sup>6)</sup>も行われているが、これは都市情報の表示手法の開発に重点を置いており、本研究と目的を異にする。

これらの問題に対応するために本研究では LDAP (Lightweight Directory Access Protocol)<sup>11)~13)</sup>ベースのディレクトリサービスのシステム(以降、LDAP)に着目した。LDAPはネットワーク上の資源をオブジェクトとして扱い、オブジェクトに関するさまざまな情報を何らかの階層を反映したツリー構造で管理するなど、分散配置された都市情報のデータベースを管理するのに有用であると考えられる。

我々はLDAPをデータベース管理のコアとして利用したシステムを試作した。LDAPを都市情報の分野で利用するには、LDAPの機能のみでは不十分であるが、LDAPをコアとし、機能を拡張した管理システムの導入により、分散した都市情報を効率的に管理することが可能である。本論文では、管理サイトとデータ提供サイトから成る効率的な分散型都市データベースの構成を提案し、システムを試作した結果について述べる。

## 2. LDAPベースのディレクトリサービス

ディレクトリサービスとはネットワーク上の資源に関する情報を一元管理するシステムである。ディレクトリサーバは型と値から成る属性の集合としてさまざまな情報を格納するエントリをツリー構造で管理する。LDAPはサーバにアクセスするためのプロトコルで

表1 LDAPオペレーションの一覧

Table 1 List of LDAP operation.

オペレーション	機能
Bind	LDAPサーバと接続する
Unbind	LDAPサーバとの接続を解放する
Search	指定された条件に合致するエントリの属性を得る
Compare	与えられた属性値をエントリが持つかどうかを調べる
Add	ディレクトリに新しいエントリを追加する
Modify	ディレクトリに存在するエントリの属性値を修正する
Delete	ディレクトリから指定したエントリを削除する
Rename	ディレクトリに存在するエントリの名前を修正する
Abandon	LDAPサーバに送られたオペレーションを廃棄する

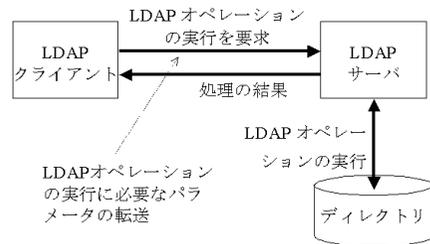


図1 LDAPの仕組み

Fig.1 Mechanism of LDAP.

あり、表1に示したAPIを定義している。そのためLDAPではエントリの検索や更新が可能である。たとえばエントリの属性の検索は、クライアントが検索を開始するツリー上の点や検索フィルタと呼ばれる検索条件などをサーバに送ることで実行される(図1)。

LDAPを利用するには、サーバとクライアントを開発するための開発キットが必要である。本研究では、サーバとしてミシガン大学で開発されたSLAPD (stand-alone LDAP daemon)を利用し、開発キットとしてSun-Netscape Alliance社のNetscape SDK 3.0 for Cを利用した。

## 3. 分散型都市データベースの構成の提案と試作

### 3.1 分散型都市データベースの構成の提案

本研究で提案するシステムの基本構成を図2に示す。データ提供サイトは都市情報を蓄積している各ユニット組織(たとえば、ある県の市町村単位のデータ提供サイトやある都市情報研究グループの各メンバーのデータ提供サイトなどに対応する)を想定しており、都市情報をデータベースとして管理し、ユーザの要求に対して的確にデータを提供する。また管理サイト上の情報の作成や修正を行い、都市情報の提供や更新を伝える。管理サイトは分散しているデータベースが1つのデータベースとして機能するように管理する。そのため、データ提供サイトに関する情報や提供されて

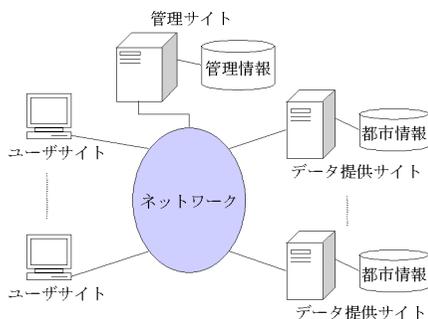


図2 分散型都市データベースの概念図

Fig. 2 Image of distributed urban database.

いる都市情報に関する情報など管理に必要なデータである管理情報を管理する。また管理サイトは都市情報のフォーマットや精度などをユーザの環境に合うように変換したり、都市情報の未整備や重複に対応する。ユーザサイトには都市情報を利用するアプリケーション機能のほかに、データベースから都市情報をダウンロードする機能が become 必要になる。

### 3.2 管理サイトの試作

LDAP 利用の有効性を検討するために試作したシステムについて述べる。

#### 3.2.1 開発方針

分散した都市情報の管理に LDAP を有効に活用するため、また GIS の利用は多岐にわたるのでデータベースのユーザは複数存在するわけであるが、そのような場合でも管理情報の統一性が保たれ、新しく都市情報が提供されてもユーザがそのことを意識することなくつねに最新の情報を利用できるようにするため、さらにネットワークにサーバを接続するだけでデータベースの規模を拡張できるという分散型データベースの利点を生かすため、以下のような基本方針により管理サイトの試作を行った。

- ツリー構造の同じ枝上にないエントリが検索されないという LDAP に不足している機能を作成する。
- 管理サイトに問い合わせることにより、適切なサイトに都市情報を要求することができるようにする。
- ユーザを意識することなく都市情報のデータを提供できるように、管理情報を一括して管理する。
- 比較的容易に都市情報のデータを提供できるように、管理情報の作成を支援する。

#### 3.2.2 管理サイトにおけるディレクトリ

ディレクトリサービスを利用する場合、ディレクトリの内容や構造の設計が重要である。

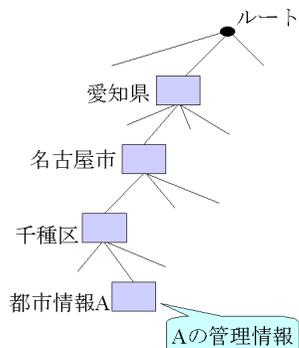


図3 管理サイトのディレクトリの構造

Fig. 3 Directory structure of management site.

#### (1) ディレクトリの構造

分散した都市情報を空間的な統一性を持って管理し、ネットワーク上に都市情報が分散していることに対応するため、図3のようなディレクトリを構築した。図では、「区」に対応するエントリの子ノードとしてのみ都市情報のエントリが存在しているが、2つの「区」にまたがる場合は「市」の子ノードとしてなど、都市情報のエントリは適切な行政区の子ノードとして格納される。

#### (2) 都市情報の識別

LDAP では識別名によりエントリを一意に識別するが、同じ情報が複数の組織から提供されてもそれらを区別できるようにするため、組織名と都市情報の名前によりツリー上のある階層でエントリを一意に識別する。そしてその都市情報のエントリをルートまでたどったときの行政区名を加え、都市情報のエントリの識別名とする。

たとえば、図3において都市情報Aを組織Aが提供していたとしたとき、識別名は「県 = 愛知県, 都市 = 名古屋市, 区 = 千種区, 組織名 = 組織A + 題名 = 都市情報A」となる。

#### 3.2.3 問題点と解決策

LDAP では識別名を利用してエントリ間の関連を表すことができる。つまり隣接する行政区やある行政区がどの行政区に含まれるかという情報は、行政区エントリの識別名を属性として持つことで表すことができる。しかし LDAP サーバには検索されたエントリの属性に含まれる識別名のエントリも検索するという機能がないため、試作におけるディレクトリの構造上、LDAP の機能だけでは、ある行政区をベースとした検索において隣接する行政区内の都市情報やその行政区を少しでも含む都市情報が検索されない。

そのため行政区名をキーとして隣接関係や包含関係



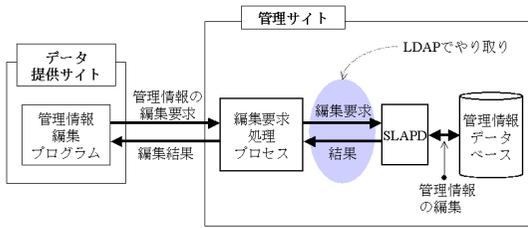


図 6 管理情報の編集処理の流れ

Fig. 6 Editing process for management information.

このように、ユーザを意識することなく、管理情報を修正するだけで都市情報の更新を反映することができるとは、これは新たに情報を提供する場合にもいえる。

#### 4. 考 察

##### 4.1 LDAP の利点について

本研究では、分散した都市情報を適切に管理するシステムを、LDAP をコアとして構築している。LDAP はツリー構造でエントリを管理し、ツリーベースの検索機能を持つため、容易に管理情報を空間的な統一性を持って管理することができ、都市情報を検索するときにすべての管理情報が検索対象にならない効率的な検索を行うことができた。また LDAP は編集機能を持つため、管理情報の編集が可能になり、容易に都市情報を提供することができるようになった。

ところで LDAP と同じ機能はデータベースを利用して実現することもできる。データベースの場合、まずデータベースの構造自体がツリー構造になるように設計しなければならない。また、管理情報には複数個のデータが必要になる項目や必ずしもデータが必要でない項目などがあるが、それらを表現しようとするとスキーマがとてつもなく複雑になってしまう。しかしスキーマを含めたデータベースの設計は容易ではない。LDAP を利用することでツリー構造自体の設計から始めることができ、また管理情報の項目を設定するときにキーワードを付けるだけで必須の項目と任意の項目を指定することが可能になるため、比較的容易に管理情報データベースを設計することができるようになった。また LDAP では 1 つの属性に複数の値を持たせることもできるため、特別にスキーマを設計することなく複数個のデータを持つ項目を格納することができた。効率的に管理情報データベースを構築することができる点が大きな利点として評価できる。

文献 10) では情報を提供する側と情報の所在を検索するサーバとの間で、都市情報に関する情報を交換するために XML ( eXtensible Markup Language ) を利用している。そのため XML 文書として送られたデータをサーバ上のデータベースに格納する変換プログラムが必要になるが、システムを稼動してからツリー構造や管理情報の項目を変更しようとする、データベースの構造のほかに、変換プログラムの変更も必要になってしまう。一方 LDAP では、エントリの属性をテキストで表す LDIF ( LDAP Data Interchange Format ) と呼ばれる表記法を利用した属性の登録機能により、管理情報をテキストで表しディレクトリに一括して登録することが可能になるため、新たに変換プ

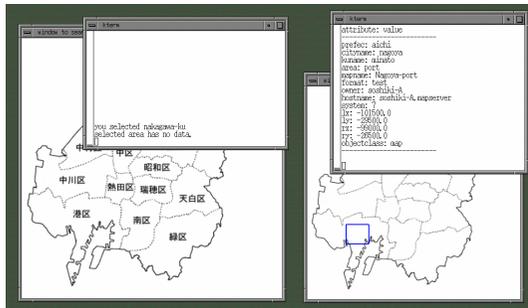


図 7 修正前の「中川区」の検索結果

Fig. 7 Search result for pre-modified "Nakagawa-ward".

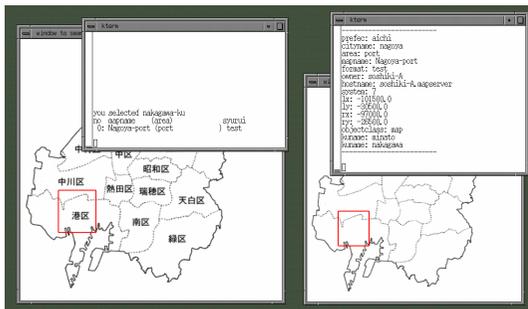


図 8 修正後の「中川区」の検索結果

Fig. 8 Search result for post-modified "Nakagawa-ward".

管理情報を、修正では修正内容と組織名、修正対象になる管理情報に対応した都市情報の名前を、削除では組織名と対象になる都市情報の名前を管理サイトに送ることで編集を要求する。管理サイトでは LDAP の編集機能を利用して管理情報データベースを更新し結果を返す。

図 7 と図 8 は管理情報の修正事例である。図の左側がクライアント、右側が編集プログラムを起動したところである。図 7 はデータ提供サイトが「港区」の都市情報を提供するために管理情報を登録した結果であり、ユーザが「中川区」を検索しても何も検索されていない。その後「中川区」も含むように管理情報を修正し、再び「中川区」を検索した結果が図 8 である。

ログラムを作成することなく管理情報を管理情報データベースに格納することができた。そのためディレクトリの構造を変更しても変換プログラムを変更する必要はなかったので、ディレクトリの構造や内容を検討しやすいことも利点として明らかになった。

また独自にプログラムを作成して LDAP と同じような機能を実現することも可能である。独自に作成する場合、管理情報を管理するプロセスとユーザからの要求を処理するプロセスとの間で、確実にデータをやりとりするために同期をとる必要があり、これはプログラムにとって負担が大きい。一方 LDAP では標準化されている API を実装するライブラリ関数を利用するため、要求処理プロセスを、LDAP サーバとの同期を気にすることなく少ない労力で迅速に作成することができた。LDAP を利用するプログラムを容易に作成することができる点も有利であるといえる。

#### 4.2 LDAP の拡張機能およびシステムの構成について

ある駅から半径 1 km 圏内に含まれる街区の面積を取得するという空間検索を想定し、LDAP の拡張機能の有効性とシステムの構成について考察する。

まず空間検索における本システムの動作を説明する。ユーザが地図上で駅と検索範囲を指定すると、クライアントプログラムは駅を含む「区」の名前と駅の位置、検索範囲を管理サイトに送る。検索要求処理プロセスが SLAPD とやりとりし、管理情報を取り出し、必要な情報を要求すべきサイトなどの情報をクライアントに返す。ところで駅を中心とした半径 1 km の円が指定された行政区に収まるとは限らないので、要求処理プロセスは行政区名をキーとしてリンク情報を取り出し、円と重なる行政区内の都市情報や指定された行政区を少しでも含む都市情報の管理情報を検索しクライアントに転送する。必要ならば取り出された行政区に対しても同じ処理を繰り返す。クライアントは送られた情報を基に、データをデータ提供サイトからダウンロードし、空間検索を行い結果を表示する。

このように空間検索が行われるが、管理サイトにおいて LDAP の拡張機能を用いない場合、半径 1 km 圏内のデータ取得のような検索のために必要な情報を管理サイトで検索するとき、すべての都市情報に関して半径 1 km の円を少しでも含むかどうかを判定しなければならない。またはユーザが検索して欲しい行政区をすべて指定しなければならない。そのため、提供される都市情報が増加したり、空間検索を行う領域が大きくなったりした場合効率的でない。空間検索は頻繁に行われることを考慮すると、LDAP の拡張機能は管

理サイトの機能として不可欠である。

次に本研究ではユーザサイトで空間検索を行う構成であるが、データ提供サイトで空間検索を行う場合と比較すると、転送するデータ量が多い。またデータが更新された場合、再びダウンロードしない限りユーザのデータが最新のものでなくなってしまう。最初はすべてのデータをダウンロードしなければならないが、管理サイトでデータの更新履歴を管理し、同じ都市情報をダウンロードするときは、更新されたデータのみを要求するようにすることで転送するデータ量を削減することができる。ユーザサイトで空間検索を行う利点として、他のデータと組み合わせて利用したり、ダウンロードしたデータを利用してユーザ側で他の空間的な処理が行えるなどの理由から、データの再利用の点で優れていることがあげられる。都市情報を利用する場合、同じ領域が何度も処理の対象となることがよくあるので、再利用の点で優れていることは重要である。

また本研究では都市情報を分散管理しているが、ユーザ数が増えた場合、集中管理では 1 台のサーバに負荷が集中し、応答速度が悪くなってしまう。一方本システムの構成上、ユーザ数の増加にとまぬ管理サイトへの負荷が増加してしまうが、LDAP は検索要求を高速に処理するように設計されているため、管理サイトにおける管理情報の検索を速く行うことが可能である。都市情報のユーザは複数存在すると思われるので、応答速度の良さは重要である。

#### 5. おわりに

本論文では、ネットワーク上に分散する都市情報を効率的に管理することができる分散型都市データベースの構成を提案し、LDAP をデータベース管理のコアに利用しシステムを試作した結果、LDAP をコアとし、LDAP の機能を拡張することにより、ネットワーク上に分散配置された都市情報のデータベースを容易に管理することができる管理サイトが実現できた。

今後の課題として、想定した空間検索を実現するシステムを作成して評価する必要がある。また試作に基づき、さまざまな都市情報を利用してどのような都市情報にも対応できる管理情報やその管理体系を検討しロバストなシステムを構築することがある。さらに 3 次元データの応用面の広さから、今後は 3 次元データが主流になるとと思われるので、3 次元都市情報への対応も重要な課題である。

謝辞 本研究を進めるにあたり、日頃から熱心にご指導いただく名古屋大学大学院 Media & Design Group

の皆様へ感謝いたします。

### 参 考 文 献

- 1) 柴崎亮介: GISを理解する, パドマガ, Vol.16, Jun.-Jul., pp.48-57 (1998).
- 2) 伊理正夫: 新世紀における空間データ基盤の役割, 電子情報通信学会誌, Vol.81, No.7, pp.694-703 (1998).
- 3) 本間 純: 地図情報ソフト/サービス, 日経マルチメディア, No.46, pp.74-79 (1999).
- 4) Raghavan, V., 柴山 守, 升本眞二: インターネットを利用した地理情報サーバの構造と構築, 情報処理学会研究報告, 99-CH-43, pp.59-66 (1999).
- 5) 次世代 GIS モデル事業, 日経情報ストラテジー 1999年10月号特別PR版, p.8, 日経BP社 (1999).
- 6) 有川正俊: デジタルアース—空間データ基盤と視覚化インタフェース, *bit*, Vol.32, No.2, pp.59-68 (2000).
- 7) 小泉 修: 図解でわかるデータベースのすべて, 日本実業出版社 (1999).
- 8) 吉田健一, 勝田啓介: ネットワークによる数値地図の提供, 第9回国土地理院技術報告会資料, pp.47-48 (1999).
- 9) 松本 裕, 大沢 裕: イントラネット対応型地理情報システムの構成に関する考察, GIS—理論と応用, Vol.6, No.2, pp.41-48 (1998).
- 10) 塚本英明, 橋場一郎, 岩根和巳, 井上 潮: 実運用性・拡張性を考慮したクリアリングハウスの開発, 地理情報システム学会講演論文集, Vol.8, pp.317-322 (1999).
- 11) 太田耕平, Mansfield, G.: インターネットの道しるべ, 電子情報通信学会誌, Vol.82, No.4, pp.372-377 (1999).
- 12) Shah, R., 西村卓也: LDAP サーバ構築技法, LinuxWorld 保存版第3弾, pp.59-85, IDG コミュニケーションズ (1999).
- 13) Howes, T. and Smith, M. (著), 松島栄樹, 岡薫 (訳): LDAP インターネットディレクトリアプリケーションプログラミング, プレンティスホール出版 (1997).

(平成12年4月27日受付)

(平成12年10月6日採録)



服部 哲 (学生会員)

1974年生。1997年愛知教育大学教育学部卒業。2000年名古屋大学大学院人間情報学研究科博士前期課程修了。現在、同研究科博士後期課程在学中。都市データの分散データベース構築や地理情報システムの4次元化に関する研究に従事。



吳 寧

1968年生。1989年中国上海交通大学自動制御科卒業。建築CAD開発のソフトハウス等に勤め、1995年来日。1998年名古屋大学大学院人間情報学研究科博士前期課程修了。現在、同研究科博士後期課程在学中。主な研究テーマはインターネットとバーチャルリアリティ。日本バーチャルリアリティ学会、画像電子学会各会員。



安田 孝美 (正会員)

1959年生。1987年名古屋大学大学院博士課程(情報工学)修了。同年同大学助手。1993年同大学情報文化学部助教授となり、現在に至る。工学博士。この間、1986年日本学術振興会特別研究員。CG(コンピュータグラフィックス)、VR(バーチャルリアリティ)の基礎手法とその各種応用に興味を持つ。最近ではネットワークを利用したマルチメディアにCG、VRの新たな可能性を求めて研究を行っている。1987年日本ME学会論文賞および研究奨励賞受賞。1989年市村学術貢献賞受賞。1994年科学技術庁長官賞受賞。1998年情報処理学会坂井記念特別賞受賞。



横井 茂樹 (正会員)

1949年生。1977年名古屋大学大学院工学研究科博士課程修了。同年名古屋大学工学部助手。三重大学工学部電子工学科助教授、名古屋大学工学部情報工学科助教授を経て、1993年名古屋大学情報文化学部自然情報学科教授。1998年同大学院人間情報学研究科教授となり、現在に至る。工学博士。インターネット、マルチメディア、コンピュータグラフィックス等情報メディア技術とその社会的影響に関する研究に従事。電子情報通信学会、情報文化学会、日本コンピュータ支援外科学会等の会員。