

## 論文内容の要旨

論文題目 Interaction Model in Ubiquitous Information Space  
(ユビキタス情報空間における対話モデル)

氏 名 新堂 克徳

本研究では、ユビキタス情報空間においてコンテキスト、特に個人属性に応じて情報をカスタマイズするユビキタス情報システム・アーキテクチャを提案し、それをユビキタス情報システムの応用の 1 つである実空間上のデジタル・ミュージアムに適用した展示システムの実装および評価を行う。

近年、情報技術や通信技術の進展により、コンピュータやネットワークが日常生活空間に浸透しつつある。中でも、実世界のコンテキストに応じた情報サービスを提供したり、機器や環境を制御することで我々をサポートしたりするユビキタスコンピューティングが期待されている。ユビキタスコンピューティングの重要な応用の 1 つに、日常空間の様々な場所に埋め込まれたコンピュータや、人が携帯する情報機器を通して情報を提供し、それぞれの人に対する効率的な情報提供を行うユビキタス情報システムがあり、我々はこのような空間をユビキタス情報空間と呼ぶ。従来から、実空間は物理的なポスターやパネル、看板などが情報を提供する空間であるため、情報が偏在する空間になっている。ユビキタス情報空間は、このような空間を強化することが可能である。特に情報が高密度に集積する博物館やショー、商店や教室などの空間では、こうした仕組みのサポートが期待されている。しかしこのような実空間は大規模なものであり、また様々な種類の情報が相互に影響を与える環境である。また、システムが利用する個人の趣向や特性は保護されなければならない。

このような問題を解決するために、本研究では、ユビキタス情報システム(UIS:Ubiquitous Information System)アーキテクチャを提案し、それをユビキタス情報システムの応用の 1 つである実空間上のデジタル・ミュージアムに適用した展示システムの実装および評価を行った。

我々はアーキテクチャを提案する前に、まず本研究が扱う情報の範囲を明確にするために、情報をシステムが人間に提供する情報と、人間や環境がシステムに提供するコンテキストに分類し、

practical なモデルとして対話モデルを設計した。対話モデルはコンテキストを分類するコンテキストモデル、情報を分類する情報モデル、この2つに基づいてシステムが人間に情報を提供する手法を定める適用モデルの3つからなる。コンテキストモデルとは、コンテキストを(1)個人の属性情報、(2)ものの情報、(3)実空間のコンテキスト情報、(4)ユビキタス情報システムのプロフィール情報の4種類にカテゴリ化したものである。(1)個人の属性情報とは、個人を特徴づけるための情報の集合をいい、これをユビキタス情報システム内で変化しない静的情報と変化する動的情報に分けた。(2)ものの情報は「もの」を特徴づけるための情報で、一般にはものを説明した情報をいう。これは後述する情報モデルと適用モデルに従う。(3)実空間のコンテキスト情報は、現在時刻や天候、温度など、いわゆるユビキタスコンピューティングで用いられる様々なコンテキスト情報である。我々は、ある人と同一空間内にいる別の人の属性情報を実空間のコンテキスト情報として扱った。(4)ユビキタス情報システムのプロフィール情報とは、たとえば端末の解像度などのシステム情報である。情報モデルとは、コンピュータが自動的に変換か否かという観点で情報を(1)意味は同じだが言語や説明のレベルが異なる「コンテンツ」を集めたセマンティック層と(2)文章は同じだが表現方法が異なるものを集めた表現層に分けたものである。適用モデルは、セマンティック層からコンテキストを選ぶ「選択」と、表現層に基づいてコンテキストを変化させる「変換」からなる。

次に我々は、この対話モデルに基づき、個人の特性や趣向に応じてシステムが個人に提供する情報を変化させるユビキタス情報システム・アーキテクチャ(UIS アーキテクチャ)を構築した。UIS アーキテクチャは(1)カード、(2)ユビキタス情報端末(UIT:Ubiquitous Information Terminal)、(3)データベース、(4)センサーの4種類の要素からなり、カスタマイズされる情報を扱う information layer、情報のカスタマイズを行うために information layer に提供するコンテキストのうち個人の属性を扱う personal attributes layer、実空間環境を扱う context layer の3層からなる。本研究では、context layer として既存のユビキタスネットワークを使用した。personal attributes layer を context layer から分離したのは、個人がシステムに庭球する個人属性を保護するためである。我々はこの保護を実現する personal attributes layer として、eTRON アーキテクチャを構築した。eTRON アーキテクチャでは、各個人がカードを所持し、ユビキタス情報システムが持つ端末やサーバは個人が所有するカードから個人属性を得るために、相互に認証を行う。カードには端末やサーバに許可する操作をファイル・アクセス・コントロールによって定義する。端末やサーバはこれらの許可された操作だけを行って個人属性を取得する。information layer は、対話モデルに従って、情報をカスタマイズする層である。我々は以下の手順でカスタマイズを実現した。UIT がコンテンツをデータベースに要求すると、データベースは個人属性を personal attributes layer から収集し、適用モデルの「選択」を行う。選択したコンテンツを UIT が受け取ると、UIT は「変換」を行い、個人に情報を提供する。ここで、UIT は personal attributes layer と information layer に属する、UIS アーキテクチャの中心的な存在である。我々はこの UIT を(1)個人属性を扱う personal attributes layer、(2)個人属性を表示または変更するためにインタフェースを提供する user interface manager、(3)コンテンツを表示する browser、(4)モジュール館のデータ変換を行う filter manager の4つのモジュールの組み合わせとして設計した。また UIS の基本的な機能として、情報の個人化、個人情報動的更新、および実世界ブックマーキングを設計した。

我々はこの UIS アーキテクチャをデジタル・ミュージアムに適用させ、展示システムを実装した。まず、個人が所有するカードとして非接触型スマートカードを選択した。なぜならば、非接触型スマートカードは personal attributes layer を構築するために必要な CPU を持っており、低コスト

であり、所定位置に置くという簡単なインタフェースでユーザは端末に個人属性を提供できるからである。また PDA は表現能力に優れているがまだ重く、壊さないように持ち運ぶためにユーザにストレスを与えるという報告があることから、本研究では個人が所有するカードとして非接触型スマートカードを選択した。我々の展示システムは大きく分けて、来館者が所有するカード、展示物が情報を提供するための公共端末、そして実空間のコンテキスト情報や来館者に提供する情報を管理するサーバの 3 つの要素からなる。我々はこの展示システムを 3 種類の実展示環境に運用した。1 つは 2001 年 7 月にオープンした日本科学未来館(東京都江東区:現在も開館している)、2 つめは 2001 年 7 月から 9 月まで開催された「みらい☆体験博」(兵庫県神戸市)、最後は 2002 年 1 月から 2 月まで開催された「デジタルミュージアム III」(東京都文京区)である。これらの展示には、あわせてのべ 40 万人以上の人々が来館し、のべ 30 万枚以上のカードが発行された。

最後に本研究で提案した UIS アーキテクチャの評価を述べる。まず UIS アーキテクチャに基づいて実装した端末は、そのソースの 50%以上を共有することができた。これは UIS アーキテクチャが開発期間の短縮に寄与したといえる。次に、モデルの設計によってシステム開発の工程と情報コンテンツ準備の工程を分離することができた。また、本研究で提案した eTRON アーキテクチャは、従来のファイルごとに共有鍵でロックする方式よりも柔軟なアクセス・コントロールを可能にした。本研究で実運用したシステムは、のべ 40 万人以上に利用され、かつ 18 ヶ月以上に渡って、重大な問題もなく安定して稼働した。これは、UIS アーキテクチャが実空間上での大規模運用に耐えられることを示しているといえる。システム利用状況の分析から 47%以上の人々が実際にパーソナライズ機能を利用していると考察できた。これは今回実装した個人化機能が不要ではなかったことを示している。端末の反応時間をカードの読み取り時間とコンテンツの取得及び表示時間に分けて計測したところ、端末のカードの読み取り時間の幅が 1,850ms から 3,230ms とコンテンツの取得・表示時間の幅である 1,110ms から 1,850ms に比べて大きかった。カードの読み取り時間が 3,230ms であった時のログから、これは非接触通信のリトライに起因することが分かった。