

博士論文概要

論文題目

分散コンテキストウェアシステム
に関する研究

A Study on Distributed
Context-Aware Systems

申請者

氏名

藤波

香織

Kaori

Fujinami

専攻・研究指導
(課程内のみ)

情報科学専攻 情報アーキテクチャ研究

2004年 12月

計算機能の小型・高性能化や無線通信技術の発達により，時間と空間を越えて計算機を使うことが可能になりつつある．また，意識せずとも周辺環境に遍在化した計算機能の影響を受けるようになる．計算機能が日常生活に浸透することで，従来から存在するデスクトップ型の計算機に対して持つ「使う」という意識も同時に消え去り，ペンや紙といった日用品を使用するかのごとく接することが可能になる．このような環境を MarkWeiser は 1990 年代初頭に，Ubiquitous Computing (ユビキタスコンピューティング) と名付けた．

計算機環境が日常生活空間に浸透して行くにつれて，技術者やオフィスワーカー，若者だけでなく，子供や老人，主婦，様々な年齢や職種の人々が必然的に関わりを持つようになる．よって，これらの人々が容易に情報やサービスにアクセスでき，それにより日々の生活の質を向上させたり，安心感を得られることが重要である．そのためには，「いつでも・どこでも」使えるインフラストラクチャの上に，「この場所で・今だけ・この人とだけ・この最中だけ」アクセスできる情報やサービスが必要となる．このような考えに基づいた研究領域には Context-awareness (状況依存) があり，物理空間と仮想空間をシームレスにつなぎ，我々と計算機の関係をより自然なものへと導くことが期待される．

本研究では 3 つの観点から，日常生活空間内に分散したデバイスによるコンテキストウェアネスを実現するためのアーキテクチャを検討した．

一つ目は，「多様な品質や仕様を持ったコンテキストに対して，アプリケーションにポータビリティを与えるための基盤システム」である．多くのコンテキストはセンサから得られたデータを解析することで抽出され，また組み合わせることで複雑で抽象的な状況を表現することができる．しかし，それらは様々な品質や仕様を持っているにもかかわらず，従来は開発者が毎回意識して扱いを決めており，異なる環境への移植性を低くしている原因となっている．

二つ目は，「日常物を通じたコンテキストの取得と表現のための枠組み」である．これまでコンテキストを取得するにあたっては，位置情報やスケジュールを媒介とする方式や，ウェアラブルセンサによる取得や，カメラやマイクから得られた画像や音声を解析することで得る間接的な取得であった．これらは例外的な行動に弱いこと，大規模な設備を必要とすること，プライバシーの侵害感を与えたりすること，拘束的であることから将来の日常生活空間への適用は現実的ではない．一方で我々は，日々の生活で何らかの日常物と接している．そして日常物は役割を持って存在していることから，その役割の遂行状況から自然にコンテキストを推定することが期待される．このような入力のみだけでなく，出力，すなわち我々の状況に即したシステムの挙動の表現に関しても，我々の既得観念の助けを借りることで自然に行えることが期待される．しかしながら，適切な表現方式やエラーの扱いなど未知の部分が多く，これらはプロトタイプングを通じて解明する必要がある．プロトタイプング環境に関しても固有

のハードウェアやソフトウェアの扱いを意識して使わねばならず，初期目的を達成するには障壁が高い．

最後は，「物理空間に遍在する日常物を組み合わせ，コンテキストウェアな空間を構築するための基盤システム」である．物理空間に遍在する日常物や意味付けされた場所，その他所有者や色など様々な属性を総合的に利用することで，単体の日常物から得られるコンテキストの表現力の限界を補うことや抽象度を上げること，さらに分散した出力装置を制御することが可能になる．そして，空間内に存在するアプリケーションが共通の情報モデルやそれを扱うための機能を共有することが開発の高速化と一貫性を提供することに貢献する．しかしながら，従来は物体の種別と場所で構成される単純な共有情報モデルが提案されていたり，一つのアプリケーションに特化し，非常に複雑な状況の表現と推論による自律的動作を目的としているものであった．

本論文は，全 8 章で構成される．第 1 章において本研究の背景を述べ本研究の意義と目的を述べた．続く第 2 章においてコンテキストウェアの概念を関連研究とともに説明し，我々の生活へのインパクトと課題を抽出した．

第 3 章においては先に述べた観点の第 1 番目の課題を解決すべく，コンテキストの多様性を取り扱うためのシステム基盤 ContextDistillery について述べた．ここでは，アプリケーション開発者からコンテキスト情報が持つ多様性を隠蔽するためのメタ情報の概念を適用した．多様な品質属性のセンサで構成される異なる環境へのポータビリティを提供するために，コンテキスト情報をアプリケーションが本来の目的で使用するベースコンテキスト情報と，アプリケーションの実行環境への適応のために使用されるメタコンテキスト情報（メタ情報）の 2 つに分離することを提案した．さらに，多様なメタ情報を柔軟に定義し扱うための枠組みについても提案した．これら提案の有効性を確認するために，「時間軸に沿って変化する事象の測定結果の再現性の程度」を示す情報（TimePrecision）と時刻情報のフォーマットを表す情報を定義したうえで，アプリケーション実装を行った．アプリケーション開発者が記述するコードには多様性に応じた適応処理を記述する処理は現れず，開発者が意識せずともフレームワーク内部で扱われることを示した．また，メタ情報を柔軟に定義する機構を設けたことでフレームワーク自体を新たなメタ情報処理の必要に応じて拡張できることを示した．さらに，実測データを用いたシミュレーションにより，TimePrecision に関する処理時間の見積もりを行い，コンテキスト抽出ノードの再利用性とノードの分散配置によるスケーラビリティのトレードオフを示し，処理時間短縮のための指針を示した．

第 4 章では，Sentient Artifact と呼ぶ概念でセンシングおよびアクション機能を持った日常物を提案した．Sentient Artifact は日常物が持つ役割の遂行情報から利用者のコンテキストを推定しやすくすることを目的としてお

り，自然な使用状態でのコンテキスト取得を狙ったものである．また，様々なセンサデバイスを用いてプロトタイピングを迅速に行うためのソフトウェアフレームワークである Sentient Artifact Framework(SAF)を提案し，タイプが異なる4種類6つの日常物に適用した．そして開発を通して得られた知見をもとにセンサを選択する概念フレームワークを提案した．これは，拡張対象の日常物の役割や形状，使用方法，それに伴う観測可能な現象から段階的に絞り込むものである．これにより，経験に左右されることが多かったセンサ選択をシステムティックに行えることが期待される．

引き続き第5章では，日常物による自然な情報表現についての知見を得るために SAF を利用して AwareMirror と呼ぶ鏡を開発した．これはその前面にいる人物に関連した情報をマジックミラーの原理を用いた背面からの透過光による自然な手法により表示するものである．ユーザによる使用結果から，必ずしも日常物としての自然さに固執する必要はなく，ユーザ自身による制御により受容される役割の変化を自然に受け入れられることが確認された．第4章および第5章は，第2番目の観点に対するアプローチである．

第6章では，Bazaar と呼ぶ物理空間に遍在する日常物を統合するためのミドルウェアを提案した．ここでは，位置検出システムにより検出された位置情報を中心に日常物の情報を管理し，様々な属性による検索と状態変化によるイベント通知をサポートした．また，場所や物理オブジェクトといった日頃慣れ親しんでいる概念をクラスとして表現することで，直感的なプログラミングモデルを提供する．そして，複数の統合アプリケーション開発を通して，日常物から得られるコンテキストの冗長性や相補性，本来持っている意味を用いることで，比較的容易に高い信頼度のコンテキストを取得できる環境を構築した．さらに，開発者自らが開発現場へ赴きその場で開発を行うための統合開発環境 BASE を Bazaar 上に開発した．これにより，対象となる物体や場所を確認することでロケーションシステム配置の最適化や仕様書からは読み取れない曖昧さを解決できることが期待される．本章で述べられている成果は第3番目の観点に対する解である．

第7章では今後の展望として課題や方向性について述べ，最後に第8章で結論を述べ本論文が総括されている．

以上本論文では，1) 多種多様な属性を持つコンテキスト情報の詳細情報についてアプリケーション開発者が意識することなく，処理そのものの実装に注力できる基盤システム，2) 日常物を用いて容易に，ロバストに，自然に，低い曖昧さでコンテキストを取得したり，直感的に情報を表現するためのプロトタイピング環境，3) 空間内に分散している日常物を統合して抽出するコンテキストの抽象度を上げたり，信頼度を上げるために必要な情報や共通機能を提供する基盤システムを実現した．

研 究 業 績

種 類 別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者（申請者含む）
論文	<u>藤波香織</u> ，山邊哲生，中島達夫；コンテキストウェアなアプリケーションフレームワークにおけるメタコンテキスト情報の利用方法の提案とその応用，日本ソフトウェア科学会 コンピュータソフトウェア誌,pp.46-59, Vol.21, No.1, 2004年1月.
論文	<u>藤波香織</u> ，中島達夫；コンテキストウェアなアプリケーション構築のためのフレームワーク，情報処理学会論文誌：コンピューティングシステム（ACS），pp.107-118，Vol.44, No.SIG10(ACS2)，2003年7月.
講演	山邊哲生， <u>藤波香織</u> ，正寺朋子，中村暢芳，中島達夫；PENATES:コンテキストウェアな環境下でのプライバシー制御のためのアーキテクチャ，第16回コンピュータシステムシンポジウム（ComSys2004），2004年11月.
講演 （国際会議）	<u>Kaori Fujinami</u> ，Fahim Kawsar，and Tatsuo Nakajima；Aware Mirror: A Personalized Display using a Mirror, The 3 rd International Conference on Pervasive Computing (Pervasive2005)，May 2005.
講演 （国際会議）	<u>Kaori Fujinami</u> and Tatsuo Nakajima；Towards System Software for Physical Space Applications, ACM Symposium on Applied Computing(SAC) 2005, Santa Fe, USA, March, 2005
講演 （国際会議）	<u>Kaori Fujinami</u> ，Tetsuo Yamabe，and Tatsuo Nakajima；Bazaar: A Conceptual Framework for Physical Space Applications, In Proceedings of the 2 nd International Symposium on Ubiquitous Computing Systems (UCS2004)，pp. 101-108, Tokyo, Japan, November8-9 2004.
講演 （国際会議）	Fahim Kawsar， <u>Kaori Fujinami</u> ，and Tatsuo Nakajima；"Prottoy": A Context Aware Application Framework, The 2 nd International Symposium on Ubiquitous Computing Systems (UCS2004)，Tokyo, Japan, November8-9 2004.
講演 （国際会議）	Tatsuo Nakajima， <u>Kaori Fujinami</u> ，Eiji Tokunaga，Hiroo Ishikawa；Middleware Design Issues for Mobile and Ubiquitous Computing, In Proceedings of the 3 rd International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia (MUM2004)，pp. 55 62, Maryland, USA, October 27-29, 2004.
講演	<u>藤波香織</u> ，山邊哲生，長谷部晴美，小林勲美，中島達夫；"現実世界のモデル化と家庭におけるコンテキストウェアネスへの応用"，マルチメディア，分散，協調とモバイル(DICOM02004)シンポジウム，pp.527-530，2004年7月.
講演 （国際会議）	Tatsuo Nakajima，Eiji Tokunaga，Hiroo Ishikawa， <u>Kaori Fujinami</u> ，Shuichi Oikawa；Human Factor Issues in Building Middleware for Pervasive Computing, In proceedings of the 2 nd IEEE Workshop on Software Technologies for Embedded and Ubiquitous Computing Systems (WSTFEUS '04)，pp. 3 7, Vienna, Austria, May 2004.

研 究 業 績

種 類 別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者（申請者含む）
講演 (国際会議)	Tetsuo Yamabe, <u>Kaori Fujinami</u> , and Tatsuo Nakajima; Experiences with Building Sentient Materials using Various Sensors, the IEEE 4 th International Workshop on Smart Appliances and Wearable Computing (IWSAWC2004), pp. 445-452, Tokyo, Japan, March, 2004.
講演 (国際会議)	<u>Kaori Fujinami</u> , Tetsuo Yamabe, Tatsuo Nakajima; "Take me with you!": A Case Study of Context-aware Application integrating Cyber and Physical Spaces, ACM Symposium on Applied Computing(SAC) 2004, pp. 1607-1614, Nicosia, Cyprus, March, 2004.
講演 (国際会議)	Tomoko Shoji, Nobuyoshi Nakamura, <u>Kaori Fujinami</u> and Tatsuo Nakajima; Software Infrastructure for Sentient Materials, IEEE Computer Society's 2003 Workshop on Software Technologies for Future Embedded Systems(WSTFES '03), pp. 49-52, Hokkaido, Japan, May, 2003.
講演	中島達夫, 追川修一, 石川広男, <u>藤波香織</u> , 徳永英治; 次世代情報家電のためのミドルウェア, 情報処理学会第66回全国大会, pp.5-117-120, 2004年3月.
講演	<u>藤波香織</u> ; 状況依存型サービスのための基盤システムに関する研究, 文部科学省21世紀COEプロダクティブICTアカデミアプログラム成果報告会, 2004年1月.
講演	<u>藤波香織</u> , 正寺朋子, 中村暢芳, 山邊哲生, 中島達夫; ユーザブレンスによる適応制御機構を備えたコンテキストウェアシステム基盤の提案, 情報処理学会ユビキタスコンピューティングシステム研究会第2回発表会, 2003-UBI-2, pp.177-182, 2003年11月.
講演	<u>藤波香織</u> , 山邊哲生, 中島達夫; コンテキストウェアなアプリケーションフレームワークにおけるメタコンテキスト情報の利用方法の提案とその応用, 第6回プログラミングおよびシステムに関するワークショップ (SPA'03), 2003年3月.
講演	<u>藤波香織</u> , 中島達夫; ユビキタス環境下でのコンテキストウェアなアプリケーション構築のためのフレームワーク, 情報処理学会コンピュータシステムシンポジウム論文集, Vol.2002, No.18, pp.91-98, 2002年.
採択事業	<u>藤波香織</u> , 正寺朋子, 中村暢芳, 山邊哲生; プライバシアウェアなユビキタス環境構築のためのシステム (平成15年度未踏ソフトウェア創造事業採択; 徳田英幸 PM)

研 究 業 績

種 類 別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者（申請者含む）
その他 （論文）	藤波香織, 斎藤恵一, 橋本洋, 内山明彦; 超音波画像を用いたファジィ理論による脂肪肝診断支援, 電気学会論文誌C, pp.1432-1437, Vol.115-C, No.12, 1995年12月.
その他 （講演）	藤波香織, 長岡亨; Mobile Agentによる高機能情報サービスプラットフォームの提案, 2000年情報処理学会第61回全国大会 6G-8, 2000年9月.
その他 （講演）	藤波香織, 近江貴晴, 長岡亨; インターネット上でのエージェント流通機構の提案, 2000年電子情報通信学会総合大会 D-6-15, 2000年3月.
その他 （講演）	大堀順也, 藤波香織, 長岡亨; インターネットを利用したクライアントサーバアプリケーションにおける同期アルゴリズム, 1999年電子情報通信学会総合大会 B-7-119, 1999年3月.
その他 （講演）	奥村玲子, 藤波香織, 斎藤恵一, 橋本洋, 内山明彦; 超音波内視鏡画像の3次元構築のための位置補正, 第1回3次元画像コンファレンス95予稿集, 1995年7月.
その他 （講演）	斎藤恵一, 藤波香織, 橋本洋, 横山, 内山明彦; ファジィ推論による脂肪肝診断支援, 第34回日本エム・イー学会大会予稿集, 1995年5月.
その他 （講演）	藤波香織, 斎藤恵一, 内山明彦, 橋本洋; 超音波画像を用いたファジィ理論による脂肪肝の自動診断支援の試み, 第25回画像工学コンファレンス予稿集, pp.187-190, 1994年12月.