

共生コンピューティングに基づく次世代ユビキタス環境

菅原研次[†] , 木下哲男^{††} , 菅沼拓夫^{†††} , 白鳥則郎^{†††}

小型携帯端末や情報家電の普及に伴い、いつでもどこでも誰とでも、マルチメディアデータを含む情報資源の共有が可能なユビキタスコンピューティング環境が整いつつある。本研究では、ユビキタス環境の上に形成されるコミュニティにおいて、利用可能なユビキタス端末資源、ネットワーク資源を効果的に活用し、利用者要求の充足を可能な限り満たす情報共有を実現するためのフレームワークの構築を目指している。本稿では、共生コンピューティングの概念に基づく、マルチエージェント指向の次世代ユビキタス環境の概念を提案する。

Next Generation Ubiquitous Environment Based on Symbiotic Computing

Kenji Sugawara[†] Tetsuo Kinoshita^{††} Takuo Suganuma^{†††} and Norio Shiratori^{†††}

With rapid spread of small mobile devices and intelligent appliances, the Ubiquitous Computing environment has evolved, where people can share and exchange the Information Resources (IRs) including rich multimedia data anytime, any where, and with anybody. In this research, we propose a framework for advanced IR sharing scheme in a community organized in a virtual space on the ubiquitous computing environment. In this paper, we propose a concept of the next generation ubiquitous environment which is designed based on a concept of the symbiotic computing we proposed using the agent-based framework we developed.

1. はじめに

インターネット技術の発展と急速な普及に伴い、社会における大きな変革が進行している。「いつでも、どこでも、だれでも、簡単に」に言われてきたスローガンが、ブロードバンドネットワーク技術、無線ネットワーク技術、モバイルコンピューティング技術、情報家電技術、エージェント技術などさまざまな新しい技

術の登場により、われわれが享受できるサービスとして、日常生活の中に浸透を開始しつつある。

我々は、上記のスローガンの実現を目指して、通信システムのサービスを、より利用者に使いやすくするために、人工知能技術を通信用システムの設計に取り入れる研究を行ってきた[1]。この中で、利用者の世界や通信インフラストラクチャをネットワークシステムに対する環境とみなし、環境の変化にやわらかく対応する「やわらかいネットワーク」の概念の提案[2][3]と、その設計開発を行ってきた[4]。このようなやわらかいシステムのアーキテクチャとして、エージェント指向コンピューティングの枠組みを採用し、ADIPS フレームワークと呼ぶエージェント指向フレームワークの開

[†]千葉工業大学情報科学部

Faculty of Computer and Information Network Science,
Chiba Institute of Technology

^{††}東北大学情報シナジーセンター / 情報科学研究科

Information Synergy Center / Graduate School of
Information Sciences, Tohoku University

^{†††}東北大学電気通信研究所 / 情報科学研究科

Research Institute of Electrical Communication /
Graduate School of Information Sciences, Tohoku
University

発を行い[5]，これを用いたネットワークミドルウェアの開発と実験を行ってきた[6][7]．さらにエージェント開発の方法論とツールを提供する ADIPS フレームワークに基づく適応型システムの構成法の提案を行った[8]．このようなやわらかいネットワークのサービスを利用して，利用者の日常活動を含めたさまざまなネットワーク資源の利用を支援するためには，これまでの効率や管理のしやすさだけでなく，利用者の立場に立ったネットワークサービスと応用システムを実現することが重要である[9]．そのためには，エージェントと呼ばれる代行機能を持つプログラムの活用が重要になる．すなわち，利用者にとってより使いやすいサーバースペースを構築するために，人間とその意図を代行するプログラムであるエージェントが協調して，ネットワーク資源を活用するしくみを作ることが重要である[10][11]．このような考え方をもとに，われわれは人間とエージェントが共生することにより，人間により親和性の高いサイバースペースを作るべきであることを提案した[12]-[15]．この「人間-エージェント共生空間」の定義に基づいて，サイバーオフィスなどの共生空間の実験を行った[16][17]．

近年，モバイルコンピューティングやユビキタスコンピューティングなど，より人間の生活に情報処理を近づけるための研究が進められている．この結果，ネットワーク利用者はこれまでに比べて，比喩にならない数になり，ネットワーク資源の利用に関する競合が発生するであろう．このような問題を解決するためには，より「共生」の概念をサイバースペースに取り込むことが重要になる．

我々は，これまでユビキタスコンピューティングを前提にして，それを社会にとって使いやすくする立場から，これにいくつかの情報処理様式を加えた共生コンピューティングの概念を提案した[18][19]．本稿では，最初に共生コンピューティングの概念について述べ，次にその要素であるコミュニティ指向コンピューティングの概念を定義し，最後に，これを踏まえて次世代ユビキタスコンピューティングについて論じる．

2. ユビキタスコンピューティングの定義

ユビキタスコンピューティングという用語は，1980年代の後半に XEROX PARC の Mark Weiser 博士らにより提唱された概念で，近年の携帯電話，携帯端末，情報家電などの埋め込みがた端末装置の普及で脚光を浴びている．その正確な定義はいまだ定まっていないが，例えば，Mobile Computing と Pervasive Computing を機軸とする平面状に展開する情報処理形態を Ubiquitous Computing とする定義がある[25]．Pervasive Computing とは，コンピュータデバイスとネットワークシステムの性能向上，コンパクト性やコストに関する技術の進化により，人間の生活圏のいたるところに IT が埋め込まれることにより可能となる情報処理・通信の形態であり，これと Mobile Computing を組み合わせることにより可能となる情報処理・通信の形態をユビキタスコンピューティングと定義している．一方，総務省資料（ユビキタスネットワーク技術の将来展望に関する調査研究会）によると，ユビキタスコンピューティングの達成目標は，(1)空間的・地理的制約からの解放，(2)通信能力の制約からの解放，(3)通信対象の制約からの解放，(4)ネットワークリスクからの開放，(5)ネットワーク，端末，サービス・コンテンツの選択の制約からの解放である，としている[26]．この達成目標を策定した背景として，産業構造の変革，電子経済の勃興，少子化と高齢化などを背景として福祉・環境・安全性を充足する社会構造に変革するための技術が必要であるということをおいており，これが成立するための前提条件として，IPv6,テラ・ペタネットワーク技術,セキュリティ技術,情報家電などのデバイス技術,使いやすいソフトウェア・アプリケーション技術などが上げられている．

3. 共生コンピューティング

ユビキタスコンピューティングが提供する情報処理・通信基盤が整備されることにより，「いつでも」，「どこでも」，「だれにでも」コミュニケーションが可能になる．このサービスを享受することにより，これ

までの社会の活動に加えて、サイバースペースを利用した新しい社会活動が発生し、これにより実空間およびサイバースペースに人間やリソースの間にあたらしい関係とそれに基づく社会が生成される。このとき、コンピューティング基盤への要求は「機能」や「効率」を中心としたものから、「使いやすさ」「安全」「安心」の重視へと基準が移って行く[20][21]。情報プラットフォームの役割は、より住みやすい社会を実現するための、人間の支援や環境との共生へと推移していくと思われる[21][10]。本節では、ユビキタスコンピューティングのインフラストラクチャが整備されたあとに必要な情報処理形態について考察する。

Community-Oriented Computing
Safe & Secure, Personalized, Symbiotic,

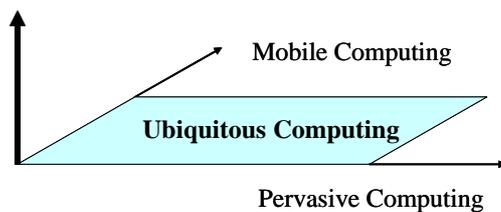


図1 共生コンピューティング

ユビキタスコンピューティングが、Pervasive Computing と Mobile Computing の2本の基軸で定義される平面であるとする、次世代ユビキタスコンピューティングは、これに直交するいくつかの機軸を立てることで定義される。本稿では、この基軸として図1に示すように、前のパラグラフで述べた「安全」「安心」「人間中心」「コミュニティ支援」「環境との共生」などを含む概念を処理するための情報処理の形態として コミュニティ指向コンピューティング (Community-Oriented Computing) を定義し、ユビキタスコンピューティングとコミュニティ指向コンピューティングから構成される情報処理様式を共生コンピューティングと呼ぶことにする。

すなわち、共生コンピューティングは図2にしめす

ように、ユビキタスコンピューティングをベースにして、社会において以下の調和を達成する情報処理様式である。

(1)人工物と個人との調和

人間を取り巻く情報家電、街センサー群、コンピュータなどの人工物を個々の人間のために役立てるしくみ

(2)コミュニティと個人の調和

ネットワークによって集積されたコミュニティ全体の知能を、個々の人々の暮らしに役立てるしくみ。

(3)都市とコミュニティとの調和

人間が生活する環境である都市・町・村の機能を、そこで生活する人々のコミュニティの活動に役立てるしくみ

(4)自然環境とコミュニティの調和

自然環境を育成し、コミュニティの活動がそれを損なわないしくみ。たとえば、地球温暖化やリサイクル問題を解決するためのコミュニティにおけるしくみを提供。

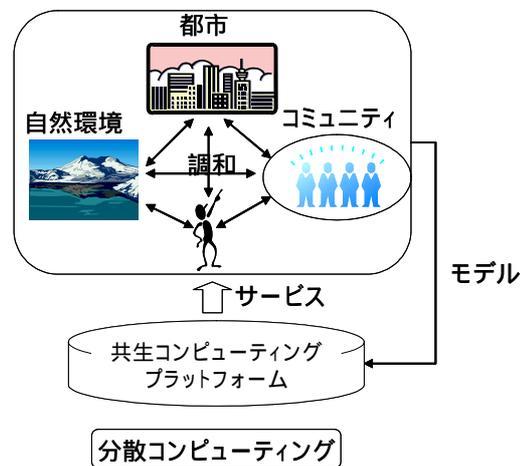


図2 共生コンピューティングの効果

4. コミュニティ指向コンピューティング

4.1 コミュニティ指向コンピューティングの目的

コミュニティという概念はインターネットの上のサイバースペースを人間にとって利用し住みやすくする上での重要な概念である[23][24]。コミュニティ指向

コンピューティングとは、情報処理プラットフォームにコミュニティのモデルを組み込み、それとユビキタスコンピューティングの処理形態と組み合わせることにより、3節の(1)~(4)に述べた、人間のより調和的・社会的活動を可能にする情報処理様式である。コミュニティを支えるプラットフォームを効果的に造ることにより、健全なコミュニティが形成され、このコミュニティの総体である社会において、共生コンピューティングの目的とするさまざまな調和を達成する。その構成員である個々の人間を中心とした情報処理の形態を実現することも重要であるが、それらの構成員が共生しうるコミュニティを構築することを支援することも重要になる。Community-Oriented Computing とは、Human-centered Computing や Personalization の概念を含み、さらにそれらの個性を持った人々から構成されるそれぞれのコミュニティ（複数）における個々の人間の活動を支援するしくみを提供する。

4.2 コミュニティ指向コンピューティングの処理モデル

コミュニティコンピューティングは、図3に示すコンピューティング要素により処理が行われる。

(1) ソーシャルウェアウェア

コミュニティでの社会的な活動を支援するためのソフトウェアの総称をソーシャルウェアと呼ぶ。すなわち、ソーシャルウェアは、情報処理の対象、支援する対象に関する知識、情報、リソースの集合である。あるいは処理や支援に使われるデータや処理プログラムの全体である。たとえば、さまざまなコミュニティに関する知識モデル、コミュニティで利用されるリソース、コンテンツや情報、コミュニティに蓄積された記憶や経験などのオーガニゼイショナルメモリ、規則や慣習などのコミュニティレギュレーションなどから構成される。

(2) パーセプチュアルウェア

情報処理や支援の対象に関する情報を獲得するためのセンサーとその処理プログラムの全体から構成され

る。概念図を図4に示す。(1)家や街に埋め込まれたさまざまなセンサー、ディスプレイ、端末装置、アクチュエータなどのユビキタスデバイスからの情報を取得し処理するためのプログラム、(2)個々の人間に特化されたインタフェースを構成するためのデバイスやプログラムと知識モデル、(3)個々の人間の情報からコミュニティの状況を認識するための知識モデル、(4)自然環境の認識のためのセンサーデバイスや認識プログラムとモデルなどからなる。

(3) ネットワークウェア

図2において、分散コンピューティングと共生コンピューティングプラットフォーム上の支援対象の間のコミュニケーションの知的支援を行う、やわらかいネットワーク機能[3][4]を実現するためのモデル、ソフトウェア、知識の集合である。

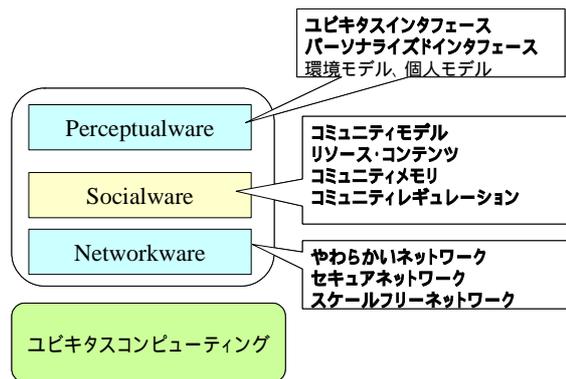


図3 Community-Oriented Computing

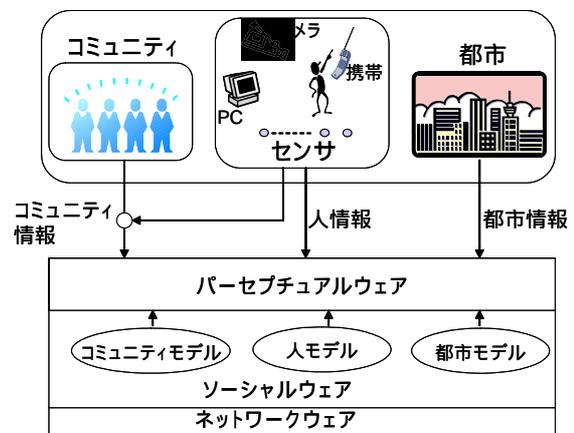


図4 パーセプチュアルウェア

4.3 コミュニティウェア

コミュニティウェアの構成要素は以下のものである。

(1)コミュニティモデル, (2)リソース・コンテンツ, (3)コミュニティメモリ, (4)コミュニティレギュレーション。これらについて以下説明する。

(1)コミュニティモデル

コミュニティが共有するコミュニティに関する知識モデルである。情報処理の過程で、このモデルを利用することにより、高次のコミュニティに対する支援が可能となる。コミュニティモデルは、メンバー、人工物、情報、自然環境、アクトから構成される。アクトとは、そのコミュニティで営まれる構成要素の活動をモデル化したものである。メンバーは個人の集合であり、個人モデルでは、コミュニティにおける個人の役割・目的、それを達成するためのワークフロー、コミュニティにおける制約、個人プロフィール・プリファレンスなどが記述される。個人モデルは、パーセプチャルウェアのパーソナライゼーション機能により参照される。コミュニティモデルは、コミュニティにおける個々の活動をコミュニティ基準における最適化をはかるとともに、コミュニティの一体感を醸成し、自然環境の維持を行うためのさまざまな示唆や助言を与えるしくみを記述する。

(2)リソース・コンテンツ

コミュニティの活動の対象や活動に必要な情報や人工物の集合である。これらは、個人の活動により変化したり、個人の活動の効率化に利用されたり、あるいは競合解消の対象や情報になる。

(3)コミュニティメモリ

コミュニティメモリでは、コミュニティのメンバーが共有する組織の知識であり、コミュニティの活動を通してコミュニティ全体で形成されるオーガニゼイショナルメモリである。これは、コミュニティの活動目的、共有知識、活動のプラン、活動結果、構成員のリレーション、他のコミュニティのリレーションなどが記述される。

(4)コミュニティレギュレーション

社会規範や法律や社会慣習などの知識モデルである。コミュニティにおける常識として利用されたり、セキュリティの判断などに利用される。

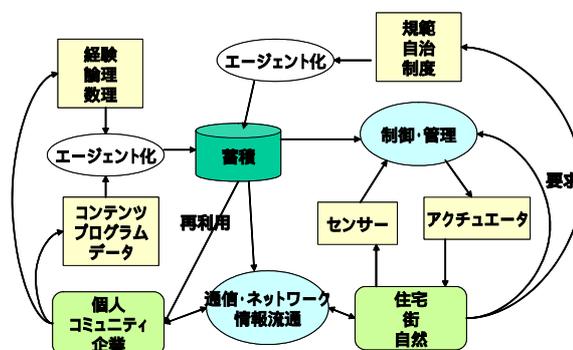


図5 コミュニティウェアのエージェント化

5. コミュニティウェアの実装にむけて

コミュニティウェアは、コミュニティで発生する要求・イベントに対し、情報や知識のかたまりが互いに連携し、関係や組織を動的に形成することによりそれらを処理するためのソフトウェアである。これを実装するためには、エージェントというソフトウェアモデルが適している。本研究では、ユビキタスコンピューティングを実現するソフトウェアをユビキタスエージェントと呼ぶ。ユビキタスエージェントは、コミュニティウェアの実装に使用され、情報家電、街に埋め込まれたセンサー・端末、モバイル端末などとウェブの情報資源との連携をとる機能を実現する。ユビキタスエージェントの実行のためのプラットフォームとして、われわれがすでに開発を終了している DASH フレームワーク[10]の拡張を進めている。DASH エージェントは、プログラム、データ、装置をエージェント化する機能を備えている。コミュニティウェアをエージェント化するためのメカニズムを図5に示す。

6. おわりに

本稿では、ユビキタスコンピューティングの研究開発により実現されるプラットフォームの上で、個々の人間とそれを取り巻く環境が共生するしくみを提供す

るコンピューティングの形態として、共生コンピューティングを提案した。共生コンピューティングは、Pervasive ComputingとMobile Computingの2つの基軸により定義されるユビキタスコンピューティング基盤に対して直交するCommunity-Oriented Computingと呼ぶ基軸を加えることにより生成されるコンピューティングの形態である。ユビキタスコンピューティングは、次世代ネットワーク、情報家電、移動端末、ウェアラブル端末、環境に埋め込まれたセンサー群などの装置の上に展開されるネットワークングのためのソフトウェアにより実現される。

参考文献

- [1] Shiratori N., Takahashi K., Sugawara K., Kinoshita T., Using Artificial Intelligence in Communication System Design, IEEE Software, Vol.19, No.1, pp.38-46, 1992
- [2] N. Shiratori, K. Sugawara, T. Kinoshita, G. Chakraborty, Flexible Networks: Basic Concept and Architecture, IEICE Trans. on Commun., Vol.E77-B, No.11, pp.1287-1294, November, 1994
- [3] 菅原, やわらかいネットワーク, 情報処理, 36巻, 9号, pp.82-830, 1995
- [4] 白鳥, 木下, 菅原, やわらかいネットワーク, 情報処理, 43巻, 6号, pp.639-644, 2002
- [5] 藤田, 菅原, 木下, 白鳥, 分散処理システムのエージェント指向アーキテクチャ, 情報処理学会論文誌, Vol.37, No.5, pp.840-852, 1996
- [6] 菅沼, 藤田, 菅原, 木下, 白鳥, マルチエージェントに基づくやわらかいビデオ会議システムの設計と実装, 情報処理学会論文誌, Vol.38, No.6, 1997
- [7] 今野他, エージェントによるアプリケーション間コネクションの動的構成法, 情報処理学会論文誌, 43巻2号, pp.465-477, 2002
- [8] S. Fujita, H. Hara, K. Sugawara, T. Kinoshita, N. Shiratori, Agent-based Design Model of Adaptive Distributed Systems, The International Journal of Artificial Intelligence, Neural Networks, and Complex Problem-Solving Technologies, Vol.9, No.1, pp.55-68, July/August 1998
- [9] 白鳥, ポストモダン分散システム, 情報処理, Vol.36, No.9, pp.811-814, 1995
- [10] 白鳥, 木下, 菅原, 共生空間の実現に向けてーポストモダン分散システム, 電子情報通信学会誌, Vol.80, No.2, pp.165-168, 1997
- [11] 白鳥, 木下, 菅原, ADIPS: エージェント指向プログラミング環境とその応用ーポストモダン分散システムを目指してー, 電子情報通信学会誌, Vol.81, No.2, pp.191-195, 1998
- [12] 菅原, 木下, 白鳥, やわらかいネットワークと人間-エージェント共生空間, 情報処理学会研究会資料 MDP 76-19, 1996
- [13] Fujita S., Sugawara K., Kinoshita T., Shiratori N., An Approach to Developing Human-Agent Symbiotic Space, Proc. of Second Joint Conference on Knowledge-Based Software, pp.11-18, Burgalia, 1996
- [14] 白鳥, 菅原, 木下, 人間-エージェント共生空間におけるネットワークリアリティ, 信学技法 AI96-11, 1996
- [15] 菅原, 木下, 白鳥, 拡張現実空間の構築に向けて, 情処研究会資料 MDP 88-1, 1997
- [16] 今野, 原, 菅原, 木下, 白鳥, オフィス環境支援のための人間-エージェント共生空間, 信学技法 AI96-39, 1997
- [17] 今野, 原, 藤田, 菅原, 木下, 白鳥, 人間-エージェント共生空間の試作, 情処研究会資料 MDP 89-1, 1998
- [18] 菅原, 白鳥, 木下, ポスト・ユビキタスコンピューティングに向けてー共生コンピューティングー, 信学技法 AI2003-26, pp.43-46, 2003
- [19] 菅原, 白鳥, 木下, 菅沼, "ユビキタス環境におけるネットワークユーザビリティの高度化に向けてー共生コンピューティングー", 情報学ワークショップ 2003(WiNF2003)論文集, pp.91-96, 2003.9
- [20] 畑岡, 暮らしの中のITー身近な応用システムー, 電子情報通信学会誌, Vol.86, No.5, pp.297-297, 2003
- [21] 安西, はじめにー21世紀の社会基盤と人間・環境インタラクションー, 電子情報通信学会誌, Vol.86, No.5, pp.298-303, 2003
- [22] 安西, 人間支援のための分散リアルタイムネットワーク基盤技術プロジェクトの紹介, 情報処理, 44巻1号, pp.3-5, 2003
- [23] Ishida T., Towards Communityware, Proc. of PAAM-97, pp.7-21, 1997
- [24] Hattori H., et. al., Socialware: multiagent systems for supporting network communities, CACM, vol.42, no.3, pp.55, 1999
- [25] Lyytinen K. and Yoo Y., Issue and Challenges in Ubiquitous Computing, CACM, Vol.45, No.12, pp.63-65, 2002
- [26] http://www.soumu.go.jp/joho_tsusin/policyreports/chousa/yubikitas/
- [27] Sugawara K., "An Agent-Based Framework for Developing Flexible Distributed Systems", Proceedings of First IEEE International Conference on Cognitive Informatics (ICCI), pp. 101-106, 2002