

## 【招待講演】 センサーネットワークと人間ネットワーク

中島 秀之<sup>†</sup> 松尾 豊<sup>††</sup> 橋田 浩一<sup>††</sup>

<sup>†</sup> 公立ほこだて未来大学 〒041-8655 函館市亀田中野町 116-2

<sup>††</sup> 産業技術総合研究所 〒101-0021 東京都千代田区外神田 1-18-13 秋葉原ダイビル 10F

E-mail: †h.nakashima@fun.ac.jp, ††{y.matsuo,hasida.k}@aist.go.jp

あらまし 筆者らはサイバー・アシストプロジェクトを推進して来たが、これは人間支援を 前面に押し出し、ユビキタス・コンピューティング環境のみならず、知的コンテンツの扱いや人間ネットワークまでを広く扱うものである。本論文ではサイバー・アシストの概要とその先に見える社会支援について述べる。

キーワード サイバーアシスト, ポリフォネット, 社会支援

## Sensor Networks and Social Networks

Hideyuki NAKASHIMA<sup>†</sup>, Yutaka MATSUO<sup>††</sup>, and Koiti HASIDA<sup>††</sup>

<sup>†</sup> Future University – Hakodate, Kamedanakano-cho, Hakodate-shi, Hakodate 041-8655, Japan

<sup>††</sup> National Institute of Advanced Industrial Science and Technology Sotokanda 1-18-13, Tokyo 101-0021, Japan

E-mail: †h.nakashima@fun.ac.jp, ††{y.matsuo,hasida.k}@aist.go.jp

**Abstract** The authors has been working on Cyber Assist Project. The project focuses on human centered information processing environment whose research issued include not only ubiquitous computing but intelligent content and human networks. This paper briefly describes the basic concept of Cyber Assist and discusses on social supporting systems along the view.

**Key words** Cyber Assist, Polyphonet, societal applications

### 1. はじめに

ユビキタス・コンピューティング [10] はコンピュータシステムが人間を影で支援するという概念である。Weiser が提唱した当時はシステムの主要構成要素はコンピュータのみであったが、近年ではこれに多様なセンサ・ネットワークが加わり、支援を受けるユーザや環境の状態を多面的に把握する研究が盛んになっている。環境全体が知的になって人間を支援するという意味では環境知能 (ambient intelligence) という用語も使われるようになってきた。

センサーネットワークはこのような人間支援の目的のためにユーザや環境の状態を取得する機能を期待されている。位置、画像、音、温度などの情報を取得することにより、ユーザの意図を推論したり、あるいは必要性を事前に察知しユーザの指示を待たずに環境 (たとえば室温) を制御したりすることが可能になる。会議などにおいては必要情報のみを抽出した記録を残せる。また、物流や交通流などの状態を把握することにより、それらを制御するばかりでなく、将来の都市設計などに活かす道もある。

本稿ではセンサーネットワークの概念を上記のような広いコンテキストで捉え、社会全体の機能を最適化するための技術として位置付ける。その上で、個人支援よりは社会支援への応用を中心としたビジョンを展開したい。

筆者らはサイバー・アシストプロジェクト [12], [14]~[16] を推進して来たが、これは人間支援を前面に押し出し、ユビキタス・コンピューティング環境のみならず、知的コンテンツの扱いや人間ネットワークまでを広く扱うものである [13], [17], [18]。以下ではサイバー・アシストの概要とその先に見える社会支援について述べる。

### 2. サイバーアシストプロジェクトの概要

従来の情報技術はコンピュータを介してアクセスできるデジタル世界にほぼ限定されていたが、われわれ人間の生活は実世界で営まれている。したがって、情報技術の利用可能な場面をすべての人々の生活のあらゆる側面に拡張するということは、デジタルな情報を実世界に密接にグラウンディングすることを意味する。実世界とは人間にとって意味のある世界であり、モノや個人や社会が織り成すリアリティの総体である。グラウン

ディング (grounding; 接地) とは、デジタルな世界とこの実世界との間で意味や状況を共有するということである。物理的位置の計測やコンテンツの意味構造化などの情報通信インフラに基づいてグラウンディングを実現し、それによって、実世界にある人やモノの間の絆を支援しようというのがサイバーアジストの構想と言える。

デジタルな世界を実世界とを緊密に結び合わせる事が、情報技術を効果的に活用する上で本質的に重要である。米国におけるネットバブルの崩壊が物語っているように、デジタルな世界に閉じこもっている限り新しい価値を生み出せない。情報に価値があるのは、伝達経路の両端に人がいてモノがあるからにほかならない。情報技術を用いた健全なビジネスモデルを数多く生み出し、また情報技術によってわれわれの生活におけるさまざまな価値を高めるには、デジタル世界を実世界と融合する情報技術が欠かせない。

## 2.1 位置に基づく通信

我々が最初に手がけたのは位置に基づく通信 [5], [6] という概念である。現在のインターネットが IP アドレスというグローバルな ID を用いて通信の宛名としているのに対し、位置をアドレスとすることにより

(1) その場にはいない人やシステムにとっては受け手が誰かわからず、プライバシーの保護になる;

(2) 位置という情報はユーザの状況に関する大きな手がかりである。この情報を使うことにより、状況依存の情報支援の可能性が増す;

などの利点が得られる。

我々は愛地球博にて赤外線による位置に基づく通信を用いた端末 Aamulet [3] を用いた状況依存サービスを展開した。

## 2.2 フルデマンドバス - マルチエージェントシミュレーションの力

我々はセンサーネットワーク等のインフラの進歩によって実現可能となる新しい社会システムの提言も行って来た。協調カーナビ [11] やフルデマンドバスシステム [7], [8] がそれである。ここでは後者について説明する。

フルデマンドバスとはダイヤや路線を全く固定せず、乗客の要求に応じて呼び出しがあった地点から目的地まで自在に運行する形態のバスサービスを意味し、固定路線を走っていて呼び出しに応じて回り道をする通常のデマンドバスとは異なるものである。

我々が調査した 2002 年の時点でフルデマンドバスが運行されているのは高知県中村市のみであった。現地を訪問調査した結果・病院などにバスの予約端末を設置したが、お年寄りは使わないということがわかっている。現状で使用されているインタフェースは電話による予約だけで、この場合は電話を受けた人が予約端末を操作している。これは一つには技術が未熟なため、たとえばボタン一つで現在位置をバスに知らせるような携帯端末があれば話は違って来ると考えられる。GPS などの測位システムを使えば技術的に問題ないし、インタフェースもユーザビリティの問題であるから容易に解決可能と考えるが、もう一つ大きな問題はお年寄りが話し相手を求めてバスに乗る

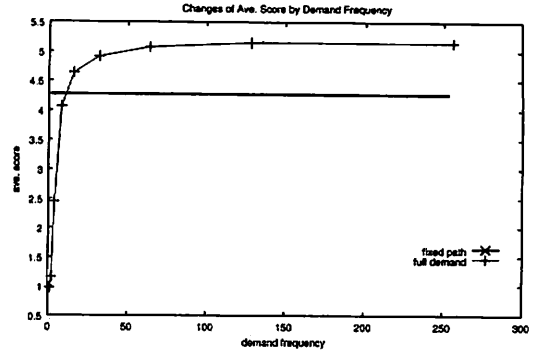


図 1 Simulation with Fixed Number of Buses

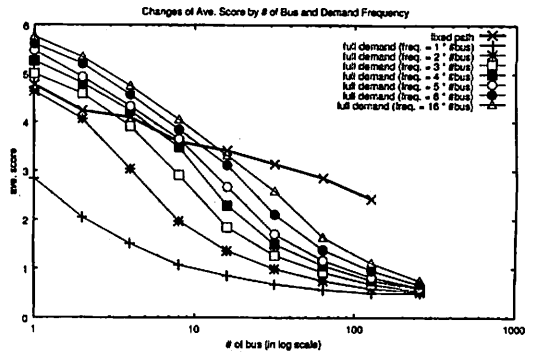


図 2 Simulation with Fixed Number of Passengers

という心理的要素だ。これは社会心理学者などとの協調なしにシステムを設計しにくいことを意味する

実はフルデマンドバスは中村市の他、近くの高知市でも実証実験がなされている。ところが大都市では一般バスの方が効率が良いとの実験結果が得られ、人口の少ない中村市のみで実用化されることとなった。我々はこの結論に疑問を抱き、マルチエージェントシミュレーションを行った。

シミュレーションの詳細は割愛するが、バス 1 台によるシミュレーションでは図 1 のような結果が得られた。横軸は乗客数。これは人口に比例すると考えられる。縦軸は平均到着時間。これはバスを呼んでから目的地に到着するまでの平均時間で、バスを待つ時間とバスに乗っている時間が含まれる。この値が少ない程効率が良いことになる。図でわかるように、フルデマンドバスは乗客数が少ない内は効率良く稼働するが、乗客数が増える様々なポイントを經由しないと個々の客の目的地に到達できないため、急激に効率が下がる。これに対し、固定路線固定ダイヤのバスは乗客数の影響を受けず (シミュレーションでは乗降時間は無視している) 常に一定の時間で目的地に到着する。高知市では両者のグラフの交点より右、中村市では交点より左の現象が観察されたわけである。

しかしながら、乗客数が増えてもバスが 1 台というのは実は非現実的である。乗客が増えればバスも増発できる。そこで、バス 1 台当たりの乗客数を固定して実験したグラフが図 2 である。乗客数を変えた数本の線が引かれているが、いずれも乗客

数の増加に従い効率が良くなり、最終的には固定路線バスを上回る事が読み取れる。ちなみに固定路線バスも増発の効果で効率が良くなって行くが、フルデマンドバスほど急激ではない。

実証実験においては、このようなバスの増発は想定されていなかった。パラメータを自由に変えられるシミュレーションならではのメリットだと考える。このように、これからの社会の仕組みとそれを支えるユビキタスコンピューティング技術を考えて行く上で、シミュレーションは肝要かつ協力的な手段を提供してくれる。

### 2.3 絆 支援

Amulet 等の端末の裏には様々なコンテンツを用意しておく必要がある。人と人の絆を支援するということは初期の段階から我々の目標の一つであった。

人々は、さまざまな絆に囲まれて日常生活を送っている。家族や友人といった絆、職場での同僚や仲間といった関係性が、日々の意志決定に影響を与えている。近年、流行している mixi や twitter などのソーシャル系サービスでは、この他人との絆に基づくコミュニケーションの基盤を提供している。

一般のユーザでもこういった他人との絆は重要であるが、研究者の世界では、近い分野の研究者がコミュニケーションを行い、情報交換したり議論することによって研究が効率的に進む。(専門性の高い職業では、多かれ少なかれ、こういった絆は重要であろう。) 実際、研究者の共著関係や同じ大学・研究室の出身という関係は、「見えざる大学」(invisible colleges) という研究コミュニティを構成し、その分野の進展に大きな影響を与えている。したがって、この研究者同士のコミュニケーションを把握し、うまく支援することができれば、研究コミュニティ全体の生産性を上げることが可能である。

我々は、近年のユビキタス情報技術と Web を組み合わせ、学会という実世界の場における研究コミュニティの支援を 2003 年から行って来た。イベント空間情報支援というこの試みは、学会会場に集まった研究者・技術者に対し、Web マイニングにより研究者の関係をマイニングし、参加者間の関係を表示したり、関係性に基づく人や発表の推薦を行う。参加者に RFID カードを配布することで、各会場にいる人を把握することができ、自分の知り合いがどういう発表を聴講していたのかを共有したり、それに対してコメントをつけたりすることができる。

Web マイニングの部分の基本的な方法は、研究者名を手がかりに、どういった関係があるかの情報を Web から取得する。検索エンジンとテキスト処理、機械学習を利用し、関係の手がかりとなるようなページを検索し、テキスト処理によりこの関係を確認する。研究者の関係に関しては、例えば「共著関係」「同研究室関係」「同プロジェクト関係」「同発表関係」などの関係を抽出することができる。この基本的な方法に関連して、さまざまな研究開発を行っている。

- 同名同姓の人物を把握し検索用のキーワードを提示する。
- 企業間の関係やアーティスト間の関係を抽出する。
- 検索クエリーを減らして、スケーラブルにネットワークを抽出する。
- 研究キーワードを抽出する。

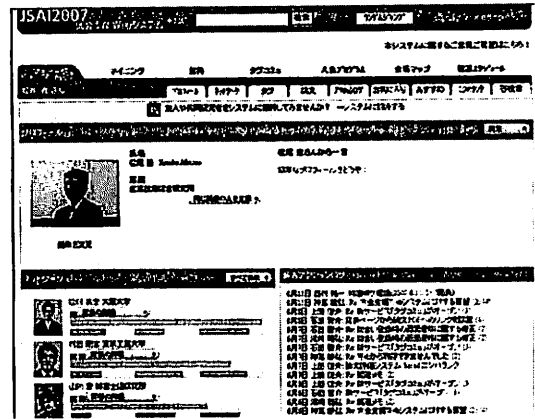


図 3 JSAI2007 版学会支援システム

- 2部グラフを作成し、研究者をクラスタリングする。
- 関係を教師なしで学習する (クラスタリングする)。
- 関係を取得するパターンを学習する。

こうした技術の一部を用いて運用しているのが学会支援システム (ないしは Polyphonet [4]) である。図 3 は、JSAI2007 の学会支援システムであり、Web マイニングだけでなく、検索、推薦、ブログなど複数の機能で構成されている。また、Polyphonet は、常時運用を意図して作られたシステムであり、人工知能学会をはじめ、さまざまな学術コミュニティで試験的に運用され、人工知能学会では近く公式の学会サービスとして常時運用される見通しである。

こういった検索エンジンを利用する研究はますます増えてきており、検索エンジンを基盤とした上で、ユーザにとって価値の高い情報をどのように提示するかは今後ますます重要になる技術であろう。検索エンジンはあくまでも「汎用の」情報検索システムであって、これを特定のドメイン、ユーザの特定のニーズにあわせて加工していく技術は実世界技術やさまざまなソーシャル系のサービスと組み合わせる必要がある。

### 2.4 知的コンテンツ

人間同士の (物理的な、あるいはインターネットなどの仮想空間での) 出会いを直接に支援する以外にも、人と人の絆の支援は様々な可能性を持っている。従来のシステムではインフラのみが取り上げられることが多かったが、そのようなシステムで伝達される情報の中身にも注目することが必要である。単なるブレインテキストではなく、意味構造を伴った知的コンテンツ [1] の利用によって人間支援の幅が広がる。

たとえば Wikipedia に典型的に見られるような共同執筆作業などはその例である。この方向の先にはドキュメント全体を皆でシェアできるような仕組み [2] も考えられる。

## 3. 環境知能

ユビキタスコンピューティングより上の層に注目した概念としてヨーロッパ中心に環境知能 (Ambient Intelligence [9]) という概念が唱えられている。

カメラ、マイク、RFID タグなどのセンサを用いて会議室や

研究室の環境を知能化する試みは多く行われてきた。しかしながら、我々の研究環境を離れてそれらの応用を研究した例はまだ少ないように思う。我々が研究してきたフルデマンドバスや協調カーナビシステムなどはまだ実用化には至っていないが、社会応用を目指したシステムである。学会支援システムなどは運用実績も長く、実用システムと呼べるであろう。

今後、センサーネットワークがこれら一般社会にまで拡張され、人のネットワークを知的に支援する環境を提供することを望んでいる。

## 文 献

- [1] Koiti Hasida. Gda: Annotated document as intelligent content. invited talk. In *COLING 2000 Workshop on Semantic Annotation and Intelligent Content*, 2000.
- [2] Kôiti Hasida. Semantic authoring and semantic computing. In Akito Sakurai, Kôiti Hasida, and Katsumi Nitta, editors, *New Frontiers in Artificial Intelligence: Joint Proceeding of the 17th and 18th Annual Conferences of the Japanese Society for Artificial Intelligence*. Springer, 2007.
- [3] Hideo Itoh, Xin Lin, Ryosaku Kaji, Tatsuya Niwa, Yoshiyuki Nakamura, and Takuichi Nishimura. Compact battery-less guest guidance system at the expo 2005, aichi japan. In *International Conf. on Control, Automation and Systems (ICCAS 2005), UA10-1*, 2005.
- [4] Yutaka Matsuo, Junichiro Mori, Masahiro Hamasaki, Keisuke Ishida, Takuichi Nishimura, Hideaki Takeda, Koiti Hasida, and Mitsuru Ishizuka. Polyphonet: an advanced social network extraction system from the web. *WWW 2006*, pages 397-406, 2006.
- [5] Hideyuki Nakashima and Koiti Hasida. Location-based communication infrastructure for situated human support. In *Proc. SCI 2001(World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics)*, 2001. "Location-Based Wireless/Optical Communication for Situated Human Support"-Invited Session(IS00165).
- [6] Takuichi Nishimura, Hideo Itoh, Yoshinobu Yamamoto, and Hideyuki Nakashima. A compact battery-less information terminal (coblt) for location-based support systems. In *Proceedings of International Symposium on Optical Science and Technology (SPIE), 4863B-12*, 2002.
- [7] Itsuki Noda, Masayuki Ohta, Yoichiro Kumada, Kosuke Shinoda, and Hideyuki Nakashima. Usability of dial-a-ride systems. In *Proc. AAMAS 2005*, pages 1281-1282, 2005.
- [8] Itsuki Noda, Masayuki Ohta, Kosuke Shinoda, Yoichiro Kumada, and Hideyuki Nakashima. Evaluation of usability of dial-a-ride systems by social simulation. In *Multi-Agent-Based Simulation III. 4th International Workshop, MABS 2003 (LNAI-2927)*, pages 167-81, 2003.
- [9] The European Union report. Scenarios for ambient intelligence in 2010. 2001.
- [10] Mark Weiser. The computing for the 21st century. *Scientific American*, 265(3):94-104, 1991.
- [11] Tomohisa Yamashita, Kiyoshi Izumi, Koichi Kurumatani, and Hideyuki Nakashima. Smooth traffic flow with a cooperative car navigation system. In *Proc. AAMAS 2005*, pages 478-485, 2005.
- [12] 伊藤日出男, 西村拓一, and 森彰. 人間中心の知的都市基盤—通信システムの概観. *情報処理*, 43(8):884-887, 2002.
- [13] 橋田 浩一. 人間中心の知的都市基盤—インテリジェントコンテンツ. *情報処理*, 43(7):780-784, 2002.
- [14] 車谷浩一, 野田五十樹, and 西村拓一. 人間中心の知的都市基盤—社会システム応用. *情報処理*, 43(6):653-657, 2002.
- [15] 中島 秀之, 橋田浩一, 森彰, 伊藤日出男, 本村陽一, 車谷浩一, 山本吉伸, 和泉潔, and 野田五十樹. 情報インフラに基づくクラウンディングとその応用—サイバーストプロジェクトの概要—. *コンピュータソフトウェア*, 18(4):48-56, 2001.
- [16] 中島 秀之 and 橋本 政朋. 日常生活のための知的都市情報基盤. *情報処理*, 43(4):573-578, 2002.
- [17] 中島秀之, 橋田浩一, and 松尾豊. It と社会を繋ぐ認知科学. *認知科学*, 14(1):31-38, 2007.
- [18] 松尾 豊, 藤田 孝祐, and 中島 秀之. 中心性に着目した合理エージェントのネットワーク形成. *人工知能学会論文誌*, 21(1):122-132, 2006.