

群ユーザ支援 — ユビキタス情報環境を用いた社会的調整サービス

車谷 浩一

産業技術総合研究所

サイバーアシスト研究センター マルチエージェント研究チーム
〒135-0064 東京都江東区青海 2-41-6

Email: k.kurumatani@aist.go.jp

あらまし 多種多様なセンサー・プロセッサ群が環境内に埋め込まれネットワーク化されたユビキタス情報環境において、市民の間での譲り合いを動的に実現するサービス群ユーザ支援について述べる。ユビキタス情報環境ではサービスは環境内に分散して存在し、様々なサービスが同時並行的に動作する。このような環境を用いることにより、従来は不可能であった動的な資源の配分、例えば道路通行を多数の車両に対して動的に割り当てて、各車両の効用を確保しつつシステム全体の効率をも改善するようなサービスが群ユーザ支援である。本稿では、群ユーザ支援の背景について述べたあと、問題の定式化・解析を行い、その実現のための方向性について概観する。

キーワード エージェント、マルチエージェント、実環境、ユビキタスコンピューティング、群ユーザ

Mass User Support — Social Coordination Service in Ubiquitous Computing Environment

Koichi Kurumatani

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

Aomi 2-41-6, Koto-ku, Tokyo 135-0064, Japan

Email: k.kurumatani@aist.go.jp

Abstract We propose the concept of mass user support in a real environment that integrates the information world with physical world. By mass user support, we mean social coordination services among citizens, such as dynamic resource allocation to mass user. For instance, it is an example of mass user support to assign driving routes to mass user simultaneously with keeping individuals' utilities and suppressing congestions. After analyzing the problem, we show the directions to realize mass user support by using a real environment.

Keyword Agent, Multiagent, Real Environment, Ubiquitous Computing, Mass User

1. はじめに

近年急速に発展を遂げている、携帯型情報端末や携帯電話、無線 LAN に代表される近接無線通信、RF-ID、2次元バーコードによる認証・情報取得等を用いることにより、ユーザがいつでもどこでも情報ネットワークにアクセス可能で、様々なサービスを楽しむことができるユビキタス (ubiquitous) 情報環境 [1] (パーヴェンシブ (pervasive) 情報環境 [2]) が現出することが期待されている。インターネットがいわば情報の世界に閉じた環境であったのに対し、ユビキタス情報環境では、ユーザは情報の世界のみならず自分が存在する物理世界での情報や実体をもサービスの対象とすることが可能になり、従来のインターネットを超えた新たな情報環境を手に入れることが可能となる。

このような情報の世界と物理世界と統合して様々

なサービスを提供できるような環境をここでは「実環境」(Real Environment) と呼ぶことにする。ここでいう実環境とは、従来のウェブのようなサーバ・クライアント型のサービスや P2P サービスが物理世界の津々浦々まで普及したような世界であって、そこでは情報の送り手・受け手といった区分はあいまいになって様々なセンサー情報が飛び交い、また様々なサービスが世界的にグローバルなレベルから目の前の自動販売機と言ったローカルなものまで混在するような世界となる。

そのような実環境において、我々は様々な情報サービスを統合しユーザに提供できるような「サービスコーディネーション (Service Coordination)」という考え方が重要だと考えている。サービスコーディネーションとは、以下のような段階で実現することを想定した、

様々なサービスの総合的な提供の方法である (図 1) [3].

1.1. サービス適応 (Service Adaptation)

サービス適応とは、ユーザの置かれた状況に適応して、サービスの内容や起動タイミングなどを動的に変化させることをいう。ここで言う状況とは、ユーザの位置・方向や天候・気温などの客観的なものから、ユーザモデルを用いて推定されたユーザ属性などがある。

1.2. サービス連携 (Service Combination)

複数のサービスの間で情報を共有しサービス間の連携を図る機能。たとえば、XML で記述された情報をやりとりする場合、XML のタグ情報を相互で共有するためにタグ情報の意味を記述する必要がある。主にセマンティックウェブ (Semantic Web) [4] で議論されているオントロジーの RDF, RDFS 記述を利用する。

1.3. サービス合成 (Service Composition)

サービス適応・連携が可能となると、さらに複数のサービスを組み合わせて新たなサービスを合成することが可能となる。ナビゲーションサービスにおいて、ユーザの効用・嗜好によって評価関数を変化させるような場合を考えると、例えば天候や混雑度といった情報提供サービスのうち、どのサービスをどの程度の重きを置いて評価するかを、ユーザの効用・嗜好等を考慮しながら動的に変化させる必要が生じる。このように他の複数のサービスからの情報を組み合わせて利用するのがサービス合成である。

1.4. 群ユーザ支援, 社会的調整

(Mass User Support, Social Coordination)

多数のユーザ間での譲り合いや合意形成を実現するサービスを群ユーザ支援 (Mass User Support) と呼ぶ [3]. たとえば、多数の人が集まる場所におけるナビゲーションや多数の車両に対するナビゲーションを考える。そのような状況では、各個人に対してその効用を増大させるようなサービスを独立に提供すると、個人の効用ならびにシステム全体の効用ともに減少するような場合がよくある。例えば、「今現在空いているように見える道路に、多数の人・車両が集中して混雑」したり、「混雑している場所が時間的に移動を続け、システム全体の効率が下がる」ような輻輳の同期現象である。群ユーザ支援は、このようなユーザ間の譲り合い (社会的調整) が必要な問題を実環境を用いて解決しようというサービスである。上に述べた道路の通行における動的資源割当 (Dynamic Resource Allocation) が一つの典型的な問題である。

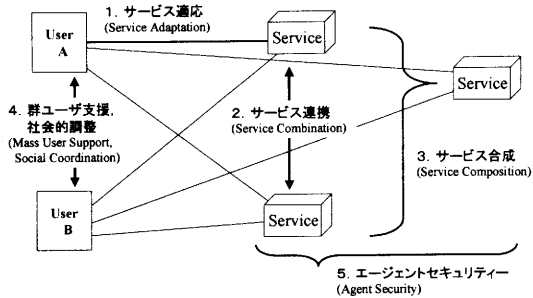


図 1. サービスコーディネーション

本稿では、これらサービスコーディネーションのうち、サービスとしての群ユーザ支援ならびにその定式化としての社会的調整について、問題の定式化・分析・解決への方策について議論する。

2. 群ユーザ支援の例

本節では、群ユーザ支援の具体例について述べる。

1) 施設の利用予約 (テーマパーク問題)

テーマパークのような多数の施設が集まった空間において、ユーザの施設への訪問希望をユーザ間で調整することにより、ユーザの満足度の向上ならびに施設の利用効率向上を図る問題である [5,6,7,8] (図 2)。またユーザの効用を時間的連続性を考慮しながら評価するプランニングも含まれる [9].

2) 道路交通

ユーザの車両による移動に関する希望 (現在位置と目的地) を知り、ユーザの移動経路 (通過する道路) をユーザ間で調整する問題 (カーナビゲーション問題) [10] や、ユーザの移動要求や道路状況に応じて、車両の適切な運行計画を決定するデマンドバス (dial-a-ride bus) の運行計画問題 [11] などが含まれる。また、城内の信号制御・一方通行の動的制御等も例である。

3) サプライチェーン

域内の環境を保全しながら、刻々と変化する物流要求や道路状況に対応し適切な物流計画を立てる問題。

以上のような群ユーザ支援は、リアルタイムでの市民の間の社会的調整を必要とする。「社会的調整」という用語は一般的な概念であるが、情報サービスの文脈で考えた場合、それは従来の個人ユーザへのサービスを含んで、さらには「群 (集団) としてのユーザ」への支援技術と位置付けるとわかりやすい。従って、以下では、情報サービスのイメージとしては「群ユーザ支援」、それを実現するためのユーザ間での調整を「社会的調整」と呼ぶことにする。

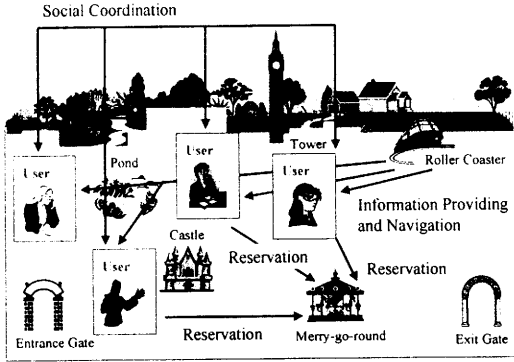


図 2. テーマパーク問題

向上させることが出来る可能性がある。このような「市民の間の社会的調整」を電子的に情報サービスとして提供するものが「群ユーザ支援」である。群ユーザ支援は、今の例では「道路交通システム」というシステム全体の「マクロ情報」を積極的に調整に用いる点に特徴がある。

一方このような群ユーザ支援が、個人支援サービスと切り離されて実現されることがないのも明らかであろう。個人支援サービスが実装されたようなシステム全体に対して、付加的に調整サービスを実現してゆくの、ソフトウェアの実装上の観点からも、また調整サービスの社会的受容の観点からも自然な道筋である。

以上をまとめると、群ユーザ支援とは個人支援サービスと独立に実現されるものではなく、以下のようなサービスの高度化の階層内に位置付けられるものである。

3. 基本的なアイデア

群ユーザ支援が、従来の個人ユーザへの支援（個人支援と呼ぶことにする）と異なる最大の特徴は、「群ユーザ支援は、個人支援サービスの単純な重ね合わせではない」という点にある。道路の通行・施設の利用予約などの例を考えてみよう。個人への支援において利便性を高めるサービスとして最初に思い付くのは、個人ユーザへの道案内や施設の利用予約サービスなどである。その次の段階として、各時点における道路・施設の混雑状況の提示サービスが考えられる。実際、カーナビゲーションにおける VICS システム [12] はこの段階に達している。さらにその次の段階として、混雑状況の近未来での予測のサービスも、その精度に問題はあってもの実現可能であろう。

さて、このような個人への情報サービスを、各ユーザ毎に独立に高度化していった場合、何が起るだろうか？ 道路にしても施設にしても、その容量が十分に大きい場合にはさして問題は起きないが、ある程度以上ユーザの数が増えた場合には、様々な問題が生じることが予想できる。例えば、多くのユーザのカーナビゲーションシステムが、空いている道路へと多くのユーザを同時に誘導した場合、かえってその道路では大きな混雑が起きることになる。その結果起る混雑状況の変化は新たに空いた道路への一極誘導を引き起こし、システム全体として振動の様相を呈することが予想される（輻輳の同期）。このことは、1) ユーザのナビゲーションシステムに対する信頼度が得られない、2) 道路交通システム全体として効率が必ずしも向上しない、と言った問題を生じさせる。

もし仮に、ユーザがその目的地などの情報を開示し、ユーザ間で移動に関する希望を調整するようなシステムを用意することができたなら、各ユーザの利便性をあまり落とすことなく、かつシステム全体の効率をも

1) マクロ情報なし

なんらのマクロ情報の提示もない段階である。通信手段が未発達な時代に相当する。

2) マクロ情報の提示 - 生データ

混雑や予約の状況などのマクロ情報を、いまある状態で提示するサービスが存在する段階である。道路交通情報の放送や VICS がこれに相当する。

3) マクロ情報の提示 - 予測されたデータ

なんらかの手段で近未来に関する予測を伴ったマクロ情報を提示する段階である。予測の方法としては、1) 過去のデータからの演繹による方法 2) ユーザから集められたユーザの希望・意図などを集積する方法、が挙げられる。道路交通の例で言えば、1) の過去のデータからの演繹による方法は、高速道路の GW・年末年始の渋滞予測として実現されている。

4) 社会的調整サービス（群ユーザ支援）

ユーザから提示されたユーザの希望・意図を調整し、各ユーザの利便性を極力落とすことなく、システム全体の効率をも向上させるようなサービス。

調整アルゴリズムは、例えば確率的分散アルゴリズムやオークションメカニズムなどを融合したものが利用可能であり、ユーザの意図を大きく損なうことなくシステム全体の効率向上をも実現するようなものであることが期待される。これは、交通（車両流、人流）や施設・設備の利用効率の向上を、ユーザの意図を大きく損なうことなく実現するための比較的一般的なアルゴリズムとなる。これを VICS などに組み込んで車両流の流れの効率向上を実現するのが一つの具体的応用イメージとなるが、それに留まらず、街角や屋内（オフィス、イベント会場など）に応用し効率の向上

を実現するのが群ユーザ支援の狙いである。

4. 従来手法の比較

群ユーザ支援とそれを実現するための社会的調整といった問題は、従来、プランニング・スケジューリング・数理計画法などの伝統的な手法によって様々なアプローチがなされている。一般的には図3に示したような時空間資源の割当問題として一般化できるが、具体的なアプローチを挙げると以下ようになる。

4.1. 組合せ最適化

社会的調整の問題の多くはオペレーションズリサーチの組合せ最適化 (e.g., [13]) の問題として定式化が可能である。実際、前節までで取り上げた問題の多くはナップサック問題や巡回セールスマン問題を一般化したような問題として定式化できる可能性がある。もし組合せ最適化の問題として定式化できる場合、それは例えば遺伝的アルゴリズム [14] で準最適解を求めることができる。しかしながら、組合せ最適化の問題の多くは NP 困難であり、大規模な問題に対してリアルタイムで社会的調整を行い、群ユーザ支援を実現するのは困難であると考えられる。また、群ユーザ支援ではユーザの希望・意図そのものがリアルタイムに変化する可能性が高く、問題定義 (特に境界条件) を事前に与える必要がある OR 的な解法はそのままでは群ユーザ支援の実現には利用が難しい。

4.2. 確率的分散アルゴリズム

RED などの確率的な分散を用いたアルゴリズム (e.g., [15]) は、リアルタイムで動作するという点において非常に有効であり、実際インターネットにおける情報通信では大きな役割を担っている。また、数学的には待ち行列ネットワーク (e.g., [16]) としての分析が可能であり、長い時間における多くのデータに対する平均的な有効性の統計的分析も可能である。しかしながら群ユーザ支援の場合、資源割当の対象となるのは人間のユーザであり、単に確率的な資源の割当を行っただけでは単なる「運任せ」と捉えることができる。従って、人間のユーザや社会がそのシステムを受け入れられるかどうかという点に疑問が残る。

4.3. マーケット・オークションメカニズム

マーケット・オークションのように、人のユーザが自身の希望に基づいて、自分の希望・意図・既に保持している予約などをマーケット (市場) において交換するような方法も考えられる (e.g., [17,18,5])。この方法はユーザが主体的に調整に参加するという意味においてユーザの理解が得られる可能性はあるが、一方マ

ーケットに参加するという煩雑な手続きを経てまで調整サービスを希望するかどうかという問題がある。また一般に、マーケットにおける意志決定は、ゆらぎが大きいことが知られており (臨界ゆらぎ)、システムの安定的な運用という観点から問題が残る。

4.4. プランニング・スケジューリング

プランニング・スケジューリングでは、特に人工知能の分野でヒューリスティクスを用いた手法が使われている (e.g., [19,20])。ヒューリスティクスは、得られる解の最適度 (正確さ) や時間的・空間的計算量を制御するために有効であるが、そもそもどのようなヒューリスティクスを用意すれば良いのかという問題があり、特に大規模かつリアルタイムな社会的調整において有効なヒューリスティクスを準備するのは困難が予想される。一方で、問題のインスタンス (e.g., ある特定地域の交通制御) に依存したヒューリスティクス (e.g., その地域ではカーブの多い特定の道路が常にボトルネックになっているので、その道路を避ける) の利用は有効と思われる。

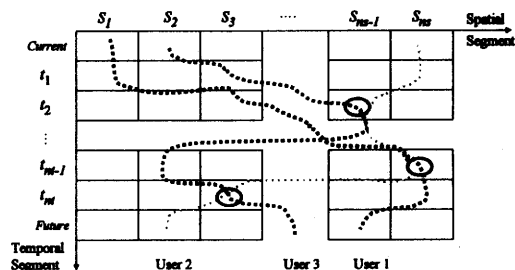


図3. 資源利用割当に関する社会的調整の定式化

5. アプローチ

5.1. アルゴリズム

前節で考察したように、群ユーザ支援とそれを支える社会的調整アルゴリズムは、唯一完全なるアルゴリズムが存在して全ての問題を効率的に解けるといったものではなく、個々の対象に対して適切なアルゴリズムを選択し、また時々のリアルタイムな状況の変化に応じてアルゴリズムならびにその動作パラメータ (ヒューリスティクス) を切り替えて利用するというのが現実的な方法と思われる。

また、群ユーザ支援サービスが、市民や社会に受け入れられるような調整アルゴリズムを使用していることも重要なポイントである。このような問題は工学と

いうよりは社会科学で扱われるべきものであるが、工学の成果としての群ユーザ支援が実社会に受容されるためには、工学的な研究として客観的なデータを示す必要があるだろう。現時点で我々が考えている評価項目は以下のようなものである。

- 調整アルゴリズムの内容が一般に公開されること。
- 公平性の観点から、ユーザ間の利便性変化の分散が一定範囲に押さえられていること（*）。
- 一人のユーザに対して、利用回数が増えれば平均的には利便性が必ず向上すること（*）。
- システム全体の効率が確実に向上すること（*）。
- 利用時においてユーザの負担となるような操作をできるだけ要求しないこと。
- 既存の情報処理機器やインフラストラクチャーを最大限利用できること。
- 個人支援サービスの拡張として実現できること。

特に（*）の項目に関して、調整アルゴリズムの設計・実装と平行して、（準）最適値として一体どの程度の効率向上が可能であるかを客観的に見積もっておく必要があるだろう。そのためには、前節に述べた組合せ最適化の手法が有効であろう。すなわち、組合せ最適化の問題としての定式化と解法はリアルタイムな社会的調整に利用するのは難しいかもしれないが、理論的にどの程度の効率向上が可能であるかを見積もるには有効な手法である。事前検証として、このような見積りを行っておくことは非常に重要である。

具体的な調整アルゴリズムに関しては、現時点ではマルチエージェントシミュレーションで調整アルゴリズムの有効性を検討するアプローチが取られている。たとえば、テーマパーク問題に関しては川村らによる分析 [8]、カーナビゲーションに関しては山下らの分析 [10]、デマンドバスの配車計画に関しては篠田らの分析 [11] が行われており、調整による効率の向上が可能であるとの予備的結果を得ている。またさらに他の調整アルゴリズムとして、ユーザの意図・希望を市場メカニズムで調整する方法などが検討されている。

今後の展開としては、1) 問題の数理的定式化 2) 標準問題の設定 3) それに対する解法の探求、が重要となる。より良い社会的調整の方法を得るためには様々な手法を比較検討する必要がある、そのためには多くのアルゴリズムを比較検討するための「標準問題の設定」、ならびにその前提となる「問題の数理的定式化」が重要である。

また群ユーザ支援のもっとも単純なモデルとしてのマイノリティーゲームによる定式化や分析の知見も

重要と考えられる。

5.2. アーキテクチャ

社会的調整のアルゴリズムの設計と並んで重要なのが、実環境において具体的にどのように群ユーザ支援サービスを実現するかというアーキテクチャ設計である。我々は、実環境において分散して並列動作する多数のエージェント群からなるアーキテクチャが群ユーザ支援実現の一つの鍵と見ている。

現在、設計・実装が進められている CONSORTS (Coordination System of Realworld Transaction Service) は、ユビキタス情報環境におけるエージェント群のためのアーキテクチャである [3,21,22,23,24]。その目的は、ユビキタス情報環境において、人間・社会が計算資源（プロセッサ、センサ、通信デバイス）を別段意識することなく、その場その時の状況に応じて適切なサービスを提供できるようなエージェント群のインフラストラクチャーを提供することである。具体的には第1節で述べたサービスコーディネーションの各段階を実現するインフラストラクチャーであり、群ユーザ支援のような大規模分散問題をエージェント群によってどのように実装するかも念頭に設計・実装が進んでいる。

6. おわりに

本稿では、来るべきユビキタス時代の新たな情報サービスのイメージとしての群ユーザ支援、すなわち、市民の間の社会的調整の電子的な実現について述べた。群ユーザ支援は多くの潜在的なサービスを含むが、特に、1) 施設の利用予約調整（テーマパーク問題）2) 道路交通制御（カーナビゲーション問題、デマンドバス問題）3) サプライチェーン、などが重要と思われる。

またサービスの段階的な拡張の方法として、1) マクロ情報なし 2) マクロ情報の提示（生データ）3) マクロ情報の提示（予測されたデータ）4) 社会的調整サービス、といった段階があることを示した。

具体的な調整アルゴリズムは、従来手法を単に拡張したものでは充分ではなく、調整サービスがユーザ・社会に受容されるために必要なクライテリアを満たすように、適切なアルゴリズムと境界条件を切り替えて使用できるメカニズムが必要なことを指摘した。また、実システムとしての実装に当たって有効なソフトウェア基盤の一つとして、ユビキタスエージェントのためのアーキテクチャ CONSORTS を紹介した。

今後の展開としては、1) 問題の定式化 2) 標準問題の設定 3) それに対する解法の探求、が重要である。特に、より良い社会的調整の方法を見いだすためには、

今後様々な手法を比較検討する必要がある。現在、多くのアルゴリズムを比較検討するための「標準問題の設定」、ならびにその前提となる「問題の数理的定式化」が行われている。

謝辞

本研究の遂行にあたり、CONSORTS チームの皆さんの多大なるご協力を頂いた。特に、川村秀憲、和泉憲明、幸島明男、山下倫央、和泉潔、松尾豊の各氏からは貴重なコメントを頂いた。この場をお借りして皆さんに感謝したい。

文 献

- [1] Weiser, M.: The Computer for the Twenty-First Century. *Scientific American*, vol. 265, September, 94-104 (1991).
- [2] Banavar, G., Beck, J., Gluzberg, E., Munson, J., Sussman, J.B., Zukowski, D.: Challenges: An Application Model for Pervasive Computing. *Mobile Computing and Networking*, 266-274 (2000).
- [3] Kurumatani, K.: Mass User Support by Social Coordination among Citizens in a Real Environment. In *Multiagent for Mass User Support*, LNAI 3012, Springer, in printing (2004).
- [4] Berners-Lee, T., Hendler, J., Lassila, O.: The Semantic Web. *Scientific American* (2001).
- [5] Kurumatani, K.: User Intention Market for Multi-Agent Navigation - An Artificial Intelligent Problem in Engineering and Economic Context. In *Working Note of the AAAI-02 Workshop on Multi-Agent Modeling and Simulation of Economic Systems*, MAMSES-02, Technical Report WS-02-10, AAAI Press, 1-4 (2002).
- [6] 川村秀憲, 車谷浩一, 大内東: テーマパーク問題のマルチエージェントによる定式化と調整アルゴリズムに関する検討, 情報処理学会研究報告, Vol. 2003, No. 8, 2003-ICS-131, pp. 25-30 (2003/1).
- [7] 川村秀憲, 車谷浩一, 大内東: テーマパーク問題の提案と調整アルゴリズムの検討〜ユビキタス環境における群ユーザ支援の実現へ向けて〜, 情報処理学会研究会報告, Vol. 2003, No. 39, 2003-UBI-1, pp. 57-64 (2003/4).
- [8] Kawamura, H., Kurumatani, K., Ohuchi, A.: Modeling of Theme Park Problem with Multiagent for Mass User Support. In *Multiagent for Mass User Support*, LNAI 3012, Springer, in printing (2004).
- [9] Matsuo, Y., Hiratsuka, S., Yamashita, T., Takagi, A., Okazaki, N., Tokiwa, T., Kurumatani, K.: Story-based Planning in Theme Park. In *Multiagent for Mass User Support*, LNAI 3012, Springer, in printing (2004).
- [10] Yamashita, T., Izumi, K., Kurumatani, K.: Effect of Using Route Information Sharing to Reduce Traffic Congestion. In *Multiagent for Mass User Support*, LNAI 3012, Springer, in printing (2004).
- [11] Shinoda, K., Noda, I., Ohta, M., Kumada, Y., Nakashima, H.: Is Dial-a-Ride Bus Reasonable in Large Scale Towns? - Evaluation of Usability of Dial-a-Ride System by Simulation. In *Multiagent for Mass User Support*, LNAI 3012, Springer, in printing (2004).
- [12] VICS (Vehicle Information and Communication System) is information service in ITS (Intelligent Transport Systems): <http://www.its.go.jp/ITS/>
- [13] Lawler, E.L., Lenstra, J.K., Rinnooy Kan, A.H.G., Shmoys, D.B. (eds.): *The Traveling Salesman Problem: A Guided Tour of Combinatorial Optimization*, John Wiley & Sons (1985).
- [14] Goldberg, D.E.: *Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning*, Addison-Wesley (1989).
- [15] Floyd, S., Gummadi, R., Shenker, S.: Adaptive RED: An Algorithm for Increasing the Robustness of RED. Technical Report, to appear, <http://citeseer.nj.nec.com/floyd01adaptive.html> (2001).
- [16] Chao, X., Miyazawa, M., Pinedo, M.: *Queueing Networks*, John Wiley & Sons (1999).
- [17] Wellman, M. P., Walsh, W. E., Wurman, P. R., MacKie-Mason, J.K.: Auction Protocols for Decentralized Scheduling. *Games and Economic Behavior*, 35, 271-303 (2001).
- [18] Prado, J. E., Wurman, P. R.: Non-Cooperative Planning in Multi-Agent, Resource-Constrained Environments with Markets for Reservations. In *Working Note of the AAAI-02 Workshop on Planning with and for Multiagent Systems*, Technical Report WS-02-12, AAAI Press, 60-66 (2002).
- [19] Miyashita, K.: Learning Scheduling Control Knowledge through Reinforcements, *International Transactions in Operational Research*, 7(2), 125-138 (2000).
- [20] 宮下和雄: 分散協調スケジューリング, システム/制御/情報, Vol.42, No.2, pp.74-79 (1998).
- [21] <http://www.consorts.org/>
- [22] Sashima, A., Kurumatani, K.: Seamless Context-Aware Information Assists Based on Multiagent Cooperation. In *the Proc. of The Second International Workshop on Agent-based Approaches in Economic and Social Complex Systems*, AESCS'02 (Tokyo), 39-46 (2002).
- [23] Sashima, A., Kurumatani, K., Izumi, N.: Physically-Grounding Agents in Ubiquitous Computing. In *the Proc. of Joint Agent Workshop*, JAWS-2002 (Hakodate), 196-203 (2002).
- [24] Sashima, A., Izumi, N., Kurumatani, K.: Location-Mediated Service Coordination in Ubiquitous Computing. In *the Proc. of the Third International Workshop on Ontologies in Agent Systems (OAS-03)*, AAMAS-03, 39-46 (2003).