

CTIにおける市場ベースのジョブ割当機構に関する一考察

榎木 浩 北村 泰彦 辰巳 昭治

大阪市立大学大学院工学研究科
〒558-8585 大阪市住吉区杉本3丁目3番138号
TEL/FAX: 06-6605-2778
E-mail: enoki@kdel.info.eng.osaka-cu.ac.jp

本稿では、CTIシステムに応用できる市場ベースのジョブ割当機構（ジョブマーケット）の枠組みと、割当時ににおける意志決定方法について述べる。近年、組織構造のピラミッド組織からネットワーク組織への転換や、テレワークなどの新しい勤務形態が起きている。インターネット利用のビジネスでは、CTI (Computer Telephony Integration) が注目されている。このような環境のもと、市場ベースでジョブを供給し契約するのがジョブマーケットである。ジョブマーケットにおいて、組織は、利潤や顧客満足度が最大となるようにジョブを供給し、個人は自身の効用が最大となるようにジョブを請け負うことができる。

ジョブ割当、意志決定、市場モデル、マルチエージェントシステム、CTI

A Study of Market-based Job Assignment Mechanism for CTI

Hiroshi Enoki, Yasuhiko Kitamura, Shoji Tatsumi

Faculty of Engineering
Osaka City University
3-3-138 Sugimoto, Sumiyoshiku, Osaka City 558-8585, Japan.
Telephone/Facsimile: +81-6-605-2788
E-mail: enoki@kdel.info.eng.osaka-cu.ac.jp

This paper proposes a market-based job assignment mechanism (called job markets) for CTI systems and discusses a framework and decision making for job markets. Recently, organization structures have changed from pyramidal structures to networked structures, and a new work style such as tele-work has began to appear. Especially, business systems by utilizing CTI (Computer and Telephony Integration) have attracted considerable attention. Under this business environment, the job markets enable us to supply and contract jobs with market mechanism. Organizations can supply jobs with maximal benefits and workers can contract with own maximal utility on the job markets.

job assignment, decision making, market mechanism, multiagent systems, CTI

1 はじめに

本稿では、CTIシステムに適用できる市場ベースのジョブ割当機構（ジョブマーケットと呼ぶ）を提案し、その枠組みと、割当時における意志決定方法について述べる。

近年、組織構造は、ピラミッド組織からネットワーク組織（フラットな組織）への転換が重要となり[1]、勤務形態もテレワーク、SOHOなどの新しい形態が生まれてきた。テレワークの基盤となるネットワークとして、インターネットの一般家庭への拡大も挙げられる。また、インターネットを利用したビジネスでは、電子商取引の他に、CTI (Computer Telephony Integration) を利用した新しいビジネス形態が注目されている[2]。

一方、マルチエージェントシステムにおいては、インターネットオークション[3]などにより、実社会への応用がようやく注目され始めてきている。ジョブマーケットは、オークションに似た性質も持っており、CTIビジネスシステムへのマルチエージェント技術の応用は、有効な応用例の1つといえる。

ジョブマーケットは、市場ベースでジョブを供給、及び契約することを意味している。特に、個人と組織が疎な関係にある場合には、ジョブマーケットの利点が発揮される。組織は、利潤や顧客満足度の向上という儲けが最大となるようにジョブを供給する。個人は自身の満足度が最大となるようにジョブを選択して請負う。ジョブマーケットでは、これらの結果を導く効用関数を、組織、個人各々に定義し、ジョブ割当の最適化を図る。本稿では、ジョブマーケットの枠組みを示すとともに、ジョブマーケットをいくつかのモデルに分類し、モデルに適したマルチエージェントシステムにおける意志決定方法について考察する。

以下、2節では、ネットワーク組織やCTIによるビジネス環境の変化を述べる。3節では、CTIシステムについて説明する。4節では、ジョブマーケットの分類と枠組みを示す。5節では、いくつかのジョブマーケットに適合した意志決定方法について考察する。

2 ビジネス環境の変化

これからの情報社会は、必要な時、必要な場所で、必要な情報を探して、必要な人と、地理的・時間的制約を超えてコミュニケーションするネットワーク社会である。企業組織も、従来のピラミッド組織からネットワーク組織へと変化するであろう。ピラミッド組織の特徴は、組織ユニットが階層形であるのと、「ミドル」と呼ばれる階層間での調整機能にある。ピラミッド組織はミドルを中心として機能し、また歴史的な集団主義の意識も強い。

一方、ネットワーク組織は、分散した組織ユニット

が自律的に行動し、ユニット間は物理的なネットワークで繋がり、かつ、そのネットワークに集中コントロールは存在しないのが特徴である。例えば、情報ネットワークを利用した多くの異企業間プロジェクトチーム（一種の仮想組織）がそうである。しかし、現実解としてのネットワーク組織は、完全なネットワーク構造でなく、階層の部分を最小限に押さえて、組織ユニットの自律性や、組織構成の柔軟性を実現することが妥当である。

ビジネスの観点からの変化を見ると、近年では、顧客指向をより強く意識した仕組みとして、コンピュータ・テレフォニ・インテグレーション (Computer Telephony Integration, 略してCTI) が新たなビジネス基盤として注目されている。CTIは、文字通りコンピュータと電話が相互に連動し、音声やデータが一体となって処理される環境を意味する。CTIを利用し、顧客サービスの向上やオフィスでの業務効率向上を図ろうとしている。さらに、CTIがもたらす社会への影響としては、「テレワーク」に代表されるビジネススタイルやビジネスパラダイムの変化の促進が挙げられる。すでに米国ではこのテレワークが全就労者の約1割に達している。テレワークという在宅勤務制度には、労働者、企業、社会に対してそれぞれメリットとデメリットがある。例えば、個人は、自身の裁量で自由に仕事ができるが、家庭との混交や仕事上の孤立感がある。企業にとっては、コスト削減や顧客サービス・マーケティングの強化につながるが、経費や人事管理の面で課題がある。しかし、CTIは、コンピュータによりデータ資源や顧客資産などの空間軸の情報を処理し、テレフォニにより時間と距離を超えた通信を実現するソリューションとして、テレワークなどの新しいビジネスパラダイムに対応できる環境として最適である。また、雇用の点からも、会社を退職した女性、障害者などの就労の場として期待できる。

このようなネットワーク化したビジネスに対応できるのが、まさしくインターネットである。インターネットは、従来のトップダウンによる機能分割や分散による階層的なシステムでなく、それぞれのネットワークエレメントが自律分散しており、ネットワークの出入りも自由でオープンなシステムである。インターネットは、ネットワーク組織やCTIの通信基盤として十分機能するネットワークである。

今後は、インターネットを活動基盤として、遠隔での作業も可能とする自律的なネットワーク組織において、個人と組織がともに最大の恩恵を受けながら、企業活動や社会活動が行える情報ネットワークシステムが望まれる。

3 CTIとジョブ割当

3.1 CTI

CTIには多くの機能がある。PBX(企業内交換機)とコンピュータとのインタフェース,異なる通信手段(電話, FAX, ボイスメール, 電子メールなど)が1つのイメージ空間で利用できるユニファイド・メッセージ, コールセンターなどへの電話の着信方法を制御するACD(Automatic Call Distribution), 着信に自動応答するIVR(Interactive Voice Response)装置が, 主な技術である。

このような技術を用いたソリューションとして, コールセンターが最も代表的である。コールセンターは, 主に電話をメディアとしたマーケティング・コミュニケーションセンターである。具体的には, 顧客サービスセンター, 受注センター, 故障受付センター, カタログセンターなどのサービスを実現する。コールセンターは, 顧客を指向する企業にとっては, 顧客とのコミュニケーションを実現する上で不可欠な仕組みとなってきた。ここでは, 後者のコールセンターによるジョブをもとに, ジョブ割当について考察する。コールセンターの業務は次のように分類される。

- 顧客サービス
- アウトバウンド・テレマーケティング(顧客や見込み客へ電話をかけるタイプ)
- インバウンド・テレマーケティング(顧客や見込み客からの電話を受信するタイプ)
- ヘルプデスク/社内業務
- 営業支援/受注
- 督促業務

3.2 CTIにおけるジョブ割当

コールセンターでは, 業務を行う作業者をエージェントというが, AIにおけるエージェントと区別するため, 以下作業者をオペレータと称する。オペレータには, その資質により担当する業務を割り当てているが, コールセンターでは担当するオペレータの最適化を図るための機能が埋め込まれている。例えば, オペレータのスキル, 待ち時間, 特定の顧客による割当アルゴリズムがある。

オペレータやその企業の各部門のスタッフで構成されるコールセンターは, 2節で述べたネットワーク組織の構造に近い。オペレータはスーパーバイザと呼ばれる監督者の管理のもと, オペレータはコールセンターにおけるビジョンに従って, 自由度の高い個別の行動をとることができる。また, 任意のオペレータがコールセンターへの参入・退出が可能である。個人と組織の関係では, 複雑なミドルによる調整も少なく, 疎な(ドライな)関係にある。インターネットを活動基盤とし

て, 遠隔での作業も可能とする自律的なネットワーク組織として, コールセンターは非常に適した情報ネットワークシステムの1つといえる。

通常, オペレータの業務は, 経営側の条件(戦略)もとで割り当てられ, 勤務時間などのスケジュール以外にオペレータ自身の選択は反映されない。例えば, アウトバウンド・テレマーケティングでは, 顧客情報をもとに電話勧誘を行う際, プレディクティブ・ダイヤリングにより一定の間隔で強制的に発信が行われるため, 経営側はオペレータのサボリ防止という付加効果も得ることができるが, オペレータにとっては一方的に働かされるという意識がある。在宅などの遠隔な業務形態を考えると, オペレータ自身も仕事を選ぶことができる仕組み必要である。

コールセンターのジョブの種類は, 顧客からの受付など秒刻みでリアルタイムに供給されるジョブや, 顧客リストに基づくマーケティングなど, ある程度の期間をもって契約される時間的に緩やかなジョブなど多様である。また, ジョブの成果の観点から, インバウンド・テレマーケティングでの通信販売や広告によるレスポンスの獲得など, 成果が顧客の消費(=組織の売上)に直結するジョブと, 苦情受付などのヘルプデスクやアウトバウンド・テレマーケティングによる顧客満足度の向上を獲得したり, 二次消費を期待するジョブがある。

コールセンターを管理する側(コールセンター・マネージャ)の役割として, スケジュールリング, トレーニング, リソースプランニング, 性能測定, 運用管理, エスカレーション(ジョブの転送)が挙げられる。これらは, ジョブを割り当てるときの選択基準のもとになっている。例えば, コールセンターでのオペレータのスケジュールリングにマルチエージェントシステムを利用した研究[4]や, CTIにおけるワークフローにマルチエージェントシステムを応用した研究[5]がある。

CTIにおいて, ジョブを供給する側と受ける側双方の効用が最適になるようにジョブを割り当てる, あるいはジョブを選択することは, 今後のビジネス環境の変化に対応するための重要な機構と考える。

4 ジョブ割当機構(ジョブマーケット)

ジョブ割当の問題は, ジョブを財とした市場モデルに基づいた, 個人(ジョブ請負人)と組織(ジョブ供給者)の効用を最適化する選択(意思決定)の問題とである[6]。そこで, CTIでのジョブ割当機構を実現する上で必要となる, ジョブ割当機構(ジョブマーケット)の枠組みを示し, ジョブマーケットをいくつかのモデルに分類する。

4.1 ジョブマーケットの枠組み

ジョブマーケットでの主体は、ジョブを供給する供給者、ジョブを請負い実行する請負人である。供給者は、儲け（利潤やそれに類する成果）を最大になるような供給の仕方を考える。請負人は、満足度が最大になるようなジョブの選び方を考える。

ジョブの供給では、あるジョブの儲けが最大になるように、予め定義したジョブの属性をもとに、特定のジョブに必要な属性を決定し、その値を設定する。ジョブの属性は、価格、期間、資源など多属性であるが、どれだけの属性が必要かは、供給の最適化にとって重要な課題である。最終的には、ジョブの供給において、ジョブ全体でパレート最適状態を作り出すように配分を考慮しなければならない。請負人は、属性値とともに供給されたジョブに対し、予め決めてある自分のジョブに関する属性（これも多属性）をもとに評価する。ジョブの供給から請負いまでの流れを図 1 に示す。供給者は、ジョブ集合 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ の任意のジョブ x_i に対して、選択機構を通じて効用が最大になるようにジョブマーケットに供給する。ジョブは請負人 1, 2, ..., n の各々の選択機構により選好・選択され、最も効用の高い請負人 j に割当てられる。

このような多属性評価による選好判断での評価関数は、多属性効用関数として定義でき、多属性効用関数で求められる効用値が高いものが選好対象となる。多属性効用関数には、各属性に対する評価値（属性別効用値）を加法的に統合する加法的コンジョイント構造モデル、加法形だけでなく多項式で表わす多項式コンジョイント構造モデル、総合的効用を求めてから比較するのでなく、属性毎に比較した後加法的に統合する加法的差分構造モデルの他に、これまでの荷重和タイプのモデルでは解釈しにくい評価が可能なファジィ測度による積分統合モデルなど、いくつかのモデルがある[7]。

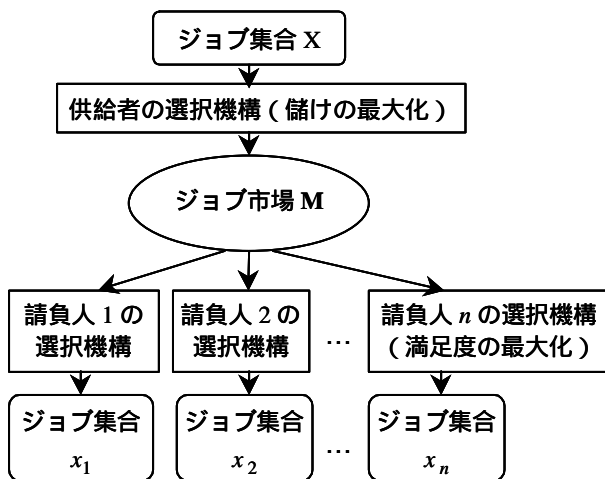


図 1 ジョブマーケットの概括的な枠組み

4.2 ジョブマーケットの分類

ジョブマーケットは、供給者の数、請け負い方、ジョブの価格設定の方法を基準にして、いくつかのモデルに分類できる。実際のジョブマーケットは、これらのモデルの組み合わせで実現される。次に分類の基準とジョブマーケットのモデルを示す(図 2)。

- a) 供給者数（市場数）
 - a-1) 単一なマーケット

供給者 1 に対して請負人 n の最も単純なジョブマーケットのモデルである。
 - a-2) 供給者が複数のマーケット

供給者 m に対して請負人 n のジョブマーケットで、請負人は異なる複数の市場のジョブを複数請け負うことができる。
- b) 請負体制
 - b-1) 単独で請け負うマーケット

請負人 n のとき、1 つのジョブを一人の請負人のみで請け負うジョブマーケット。
 - b-2) 複数で請け負うマーケット

請負人 n のとき、1 つのジョブを複数の請負人が協力して請け負うジョブマーケット。
- c) 市場の開放性
 - c-1) オープンマーケット

請負人 n すべてがジョブを請け負うことができるジョブマーケット。
 - c-2) クローズマーケット

請負人 n のうち、予め制限された一部の請負人のみ請け負うことができるジョブマーケット。例えば、CTI では顧客・ユーザ情報を扱うため、この情報を保護するためには、クローズな市場が必要である。
- d) ジョブの入札値
 - d-1) 単一属性を入札値とするマーケット

ジョブの属性の中から、1 つの属性を入札の対象とするジョブマーケット。例えば、価格、時間、場所、件数などを選択の対象とする。
 - d-2) 複数属性を入札値とするマーケット

ジョブの属性の中から、複数の属性を入札の対象とするジョブマーケット。例えば、価格と時間を組み合わせて選択する。
- e) 供給者と請負人の関係
 - e-1) 雇用契約

予め、供給者と請負人の間で何からの雇用契約がされているマーケット。例えば、時刻、月、年などの時間による契約を結んでいる場合。
 - e-2) フリー契約

事前に供給者と請負人の間で何ら契約がないマーケットで、請負人は自由な立場でジョブを選択する。

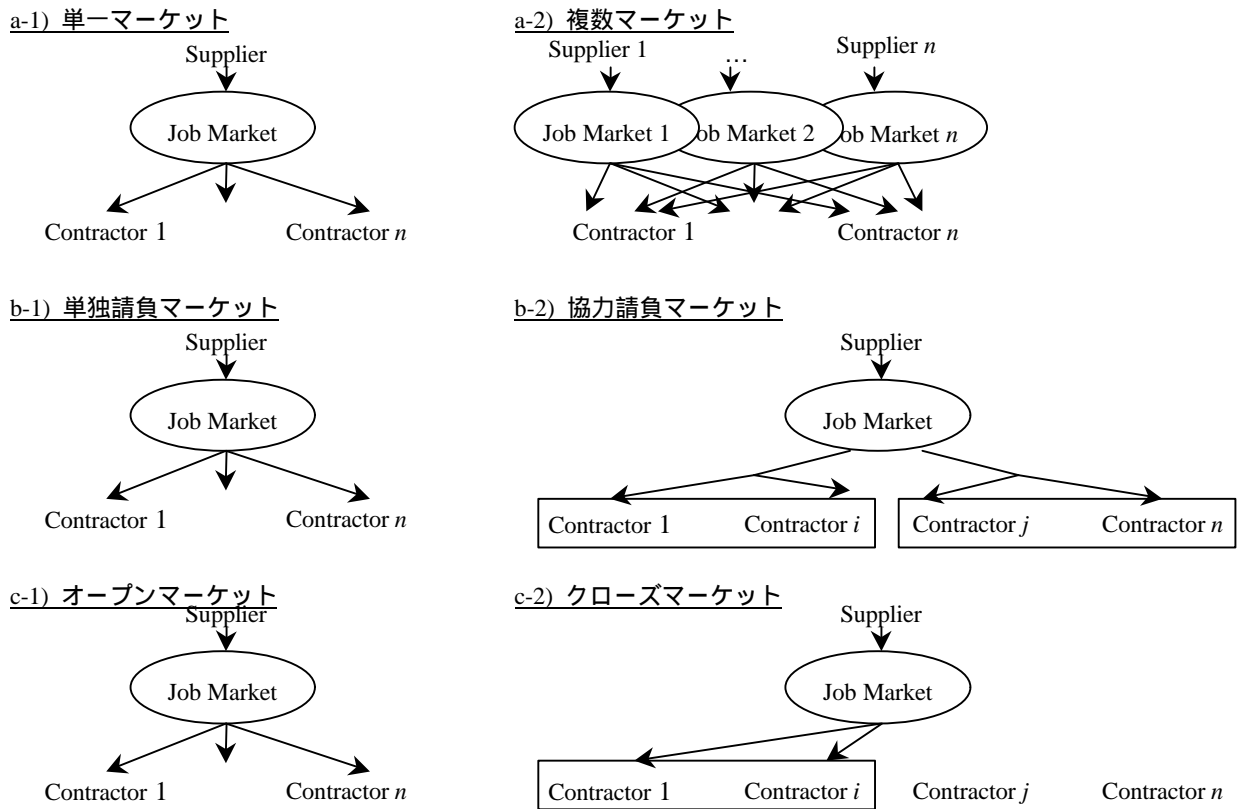


図 2 ジョブマーケットの分類例

5 ジョブマーケットに適合する意志決定

ジョブマーケットは、4 節で示したジョブマーケットモデルの組み合わせで提供される。モデルを組み合わせたジョブマーケットをいくつか想定し、それらに適合する意志決定方法について考察する。

マルチエージェントシステムにおける合理的な意志決定として、次に方法が挙げられている[8]。

- 投票 (社会的選択) : それぞれのエージェントが固有の評価基準や結果に対する選好構造をもち、それらすべてを集めた評価構造の集合がシステム (社会) 全体の評価構造になる。
- オークション : オークションには、最後まで競り上げに残った買い手にその入札価格で落札する English auction, 逆に競り下げを止めた買い手に止まった時の価格で落札する Dutch auction, 最高価格を提示した買い手にその価格で落札する first-price sealed-bid auction, 最高価格を提示した買い手に 2 番目に高い提示価格で落札する Vickrey (second-price sealed-bid) auction がある。オークションの代表的な理論の revenue equivalence theorem では、ある一定の前提条件を満たす時、4 つのオークションのうちどの方式でオークシ

ョンを行っても売り手の期待収入は等しくなることが知られている。

- バーゲニング (交渉) : エージェントが互いに有益な合意を得るための交渉理論で、ナッシュ交渉解、ルービンシュタイン交渉解などが挙げられる。
- 市場メカニズム (一般均衡理論) : 一般均衡理論は、市場価格をもとに、商品や資源をエージェントの間に能率的に割り当てるための方法を提供する。
- 契約ネットプロトコル : タスク配置問題での交渉プロトコルであるが、従来のプロトコル *original (O) contract* に加え、タスクの細かな集合として契約する *cluster (C) contract*, タスクの対とエージェントの対の間で契約する *swap (S) contract*, エージェント間で極小なタスクの交換を行う *multiagent (M) contract* が導入されている。
- 協力形成 : n 人協力ゲームは、考慮すべき変数や利得関数が多次元となるため、標準形式でのゲーム分析では複雑になる。この場合、特性関数を利用して分析する。これを特性関数ゲームといい、協力の生成、最適化、配分などの行動が理論化されている。

この方法の中から、オークションと協力形成を例に

して、ジョブマーケットとの適合性をみる。

(1) オークションメカニズム

最も単純なジョブマーケットは、a-1)単純、b-1)単独請負、c-1)オープン、d-1)単一属性（価格）、及び e-2)フリー契約を組み合わせたマーケットである。このとき、供給者はできるだけ安い価格で供給し、請負人はできるだけ高く請負うことを希望する。この単純なモデルは、オークションと類似している。

一般に、オークションメカニズムでは、次の 3 つの性質を満たすべきとされている。

- 個人合理性 (individual rationality) : エージェントが受け取る効用は、交渉が不成立の場合の効用以上である。
- パレート効率性 (Pareto efficient) : 誰かの利得を下げることなく、他の誰かがより高い利得を得ることができないような割り当て。
- 誘因両立性 (incentive compatible) : 真の価値を申告することが、支配戦略（すべての戦略の中で最適な戦略）である。

個人合理性を満足すれば、損はない。パレート効率性では、最も評価が高いエージェントに割り当てられ、全てのエージェントの効用の和が最大化されることがわかっている。誘因両立性は、嘘の価値を申告しても効用はない。

最も単純なジョブマーケットでの意志決定では、これらの性質を満たせば、供給者、請負人共に最適な割り当てが可能であり、オークションメカニズムは有効な方法と考えられる。

(2) 協力形成

(1)の単純モデルに、b-2)協力請負を加えたジョブマーケットでは、1つのジョブを n 人で請け負うことから、 n 人の間で何らかの協力関係が生まれる。このとき、ジョブの協力におけるパレート最適な状態を得ることが必要となる。例えば、2人でのジョブの協力を考えると、2人の共同純戦略を (i, j) とし、その戦略をとる確率を s_{ij} とすると、双方の共同混合戦略は次の確率ベクトルで表現できる。

$$s = (s_{11}, s_{12}, \dots, s_{mn})$$
$$s_{ij} \geq 0, \quad \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n s_{ij} = 1$$

で表わせる。この時、請負人 i の利得を $p_i(s)$ とすると、 s_0 S に対して、

$$i \quad p_i(s) \geq p_i(s_0) \quad \text{かつ} \quad i \quad p_i(s) > p_i(s_0)$$

を満たす s S がないとき、 s_0 がパレート最適解である。

このようなパレート最適による共同合理性と、個人合理性を満たすよう合意が存在すれば、ジョブの協力は可能と考えられる。

6 おわりに

本稿では、市場をベースにしたジョブの割当て問題に対して、割当の効用を評価する枠組みと、割当における意志決定方法を考察した。また、いくつかの限定したジョブマーケットにおけるオークションや協力ゲームの応用性について検討した。

今後は、ジョブマーケットにおける意志決定論とそのソフトウェアシステムの確立、及びシミュレーションシステムによる評価、さらには CTI におけるフィールドトライアルを順次に進めていく。

参考文献

- [1] 高木(編), "マルチメディア時代の人間と社会", 日科技連, 1995.
- [2] 森田, "エンタープライズコンピューティング", プレンティスホール, 1998.
- [3] <http://ecommerce.cs.wustl.edu/emediator/>
- [4] Balzier, F.M.T., et al., "Distributed Scheduling to Support a Call Centre: a Co-operative Multi-Agent Approach," Proc. of PAAM'98, pp. 555-576, 1998.
- [5] 榎木,他, "CTI アプリケーションのためのエージェントシステムに関する一考察", 信学技報, vol.98, No.668, IN98-218, pp.203-208, 1999.
- [6] 奥野, "ミクロ経済学入門", 日本経済新聞社, 1990.
- [7] 中村, 富山, "選択の数理 - 個人的選択と社会的選択 -", シリーズ[現代人の数理]13, 朝倉書店, 1998.
- [8] Sandholm, T., "Distributed Rational Decision Making", Multiagent Systems: A Modern Introduction to Distributed Artificial Intelligence, Weiss, G., ed., MIT Press. pp. 201-258, 1999