

<SSR 国家プロジェクト提案部門>

## 1. プロジェクト申請予定のテーマ

テーマ名：エージェントによるビジネスグリッドの実現

キーワード： エージェント、ビジネスグリッド、ポリシー技術、サービス品質、SCM

## 2. プロポーザル概要

### (1) 背景

これまで多くの企業は、スピードと効率化を目指し、様々な情報技術を導入してきたが、ニーズ毎に専用の計算資源を導入し、その上に非標準的な方法でアプリケーションを開発してきた。このため、最近では IT インフラの規模や複雑さが増大し、その管理コストの増大や資源の無駄遣いという新たな問題が指摘されている。

そこで、地理的に分散した異機種計算資源（コンピュータ、ネットワーク、ストレージなど）を必要に応じて動的に接続し、高速、巨大、動的、仮想的なプロセッサ、ストレージ、アプリケーション環境を構築する技術として、グリッド・コンピューティングが脚光を浴びている。グリッド・コンピューティングは、元々は学術／研究分野での科学技術計算を効率良く行うことを目的としていたが、近年では本格的にビジネス分野へ拡大されるとして期待されている。

この動きにあわせて、グリッド・コンピューティング環境を構築するミドルウェア：Globus の研究グループと米国 IBM が、グリッド・コンピューティングの標準規格として OGSA(Open Grid Service Architecture)を共同提案した。OGSA は、SOAP など Web サービス技術を用いてグリッド・コンピューティングの基本サービスを提供するものであり、現在 GGF(Global Grid Forum)にて仕様を策定中である。

現時点では、OGSA がグリッド・コンピューティングにおける唯一の標準技術とされている。OGSA では、アプリケーション、データ、計算資源はすべて「サービス」に統一される。OGSA によって、資源の最適配置という従来のグリッド・コンピューティング技術がもたらす効果に加えて、既存の Web サービスやコンピューティング・資源間の透過性が高まり、サービスの登録や発見が一層容易になる、異種プラットフォーム間での相互運用性が高まるなどの、さまざまな効果が期待できる。しかしながら、エンタープライズ分野での本格的な利用においては未だ解決すべき課題が残されている。

すなわち、グリッド・コンピューティングをビジネス分野へ本格的に適用するには、稼動を予測することが困難で極端な変化をもたらす異機種分散計算環境において、何らかのポリシーに基づいて一定のサービスレベル（あるいはサービスレベル目標）を保証するコンピューティング環境をどのように構築するかが重要な研究課題である。

より具体的には、企業活動の根幹を支えるエンタープライズシステムには、高信頼性・高可用性、セキュリティなど安全性への対応、性能などサービス品質の確保は必須要件である。これらの要件をどのように満足するかについては、Web サービス技術においても議論の途上である。さらに、近年の電子商取引の発展や企業間連携の活発化によって、国境を越えた世界レベルでのサービス連携、異なる計算環境間の相互接続性の確保、必要に応じて自律的に資源を確保する柔軟性、システムのライフサイクル全般を通した効率化（開発、配備、運用、廃棄まで）という課題にも取り組まなければならない。

### (2) 概要

国家プロジェクトとして提案すべく策定中の研究計画では、グリッド・コンピューティング技術を利用して、保有する資源量の異なる企業を動的に結合する場合に生じる資源配備の不均衡を平準化し、事前に契約したサービスレベル合意を満たす迅速かつ柔軟な商取引を実現するものである。現在、ネットワーク上で動的な企業間連携が日常的に行われるようになりつつある。それは、個々の企業内でのセキュリティ

を確保しながら、動的に仮想的な組織を形成することにもつながる。グリッド・コンピューティング技術は既に各企業に蓄積されている分散コンピューティング技術に基づく資産を継承し有効に活用しながら、そうした仮想組織の動的な形成と安全な運用の道を拓く(図1. ビジネスグリッドの概念図)。

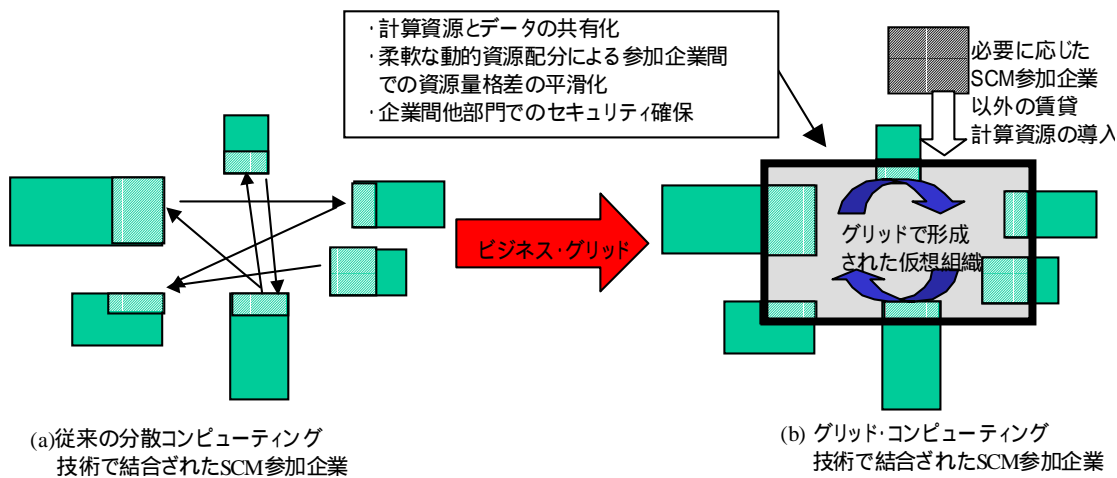


図1. ビジネスグリッドの概念図

グリッド・コンピューティングとは、電力網(Electric Power Grid)をメタファとして、あたかもプラグを挿すだけで電気が使えるかのように、利用者が計算能力ならびに各種サービスの提供を手軽に受けられるようにする技術である。より具体的には、ネットワーク上に分散した異種計算資源を統合して、一つの仮想計算機のように使えることを実現する。電力供給会社が安定した給電を実現するために、複数の遊休発電設備を利用したり蓄電することでピーク時の需要を平準化するように、グリッド・コンピューティングにおいても、投入されたジョブに対して予測的かつ適応的な資源分配を行うようなミドルウェア(グリッド・ミドルウェア)が必要となる。そのための要素技術として、エージェント技術を用いる。

この研究計画では、グリッド・コンピューティングにエージェント技術を適用することで、グリッド・コンピューティング技術の実用化に不可欠な、

- (1) ユーザビリティ, (2) 可用性, (3) 安定性, (4) 安全性, (5) 信頼性

という5つのサービス品質の向上を図ることを目指している。

現在のグリッド・コンピューティング技術は、比較的局所的な分散環境の中で集中制御を取り入れることで、多種多様な計算資源を仮想的に統合した透過的な計算資源を提供しているものである。しかし、各種要請によってその環境の広域化が進むにしたがって、制御の分散化が不可欠となりつつある。制御の分散化と、上記の5つのサービス品質の向上を両立させるために、本プロジェクトメンバが有しているエージェント技術を採用することとした。

グリッド・コンピューティング技術にはオープンかつ標準的なサービス提供プロトコルが重要かつ不可欠である。そこで、本研究計画では、基本方針として、OGSA(Open Grid Service Architecture)やOGSI(Open Grid Service Infrastructure)といった、事実上標準となりつつある規格案をベースに、その基本的なインフラの上に相互運用性を保持したまま、さらに上記の5つの品質向上のための機能を補うというアプローチを採用する。

エージェント技術は、分散システムのためのアーキテクチャならびに、インタフェース技術として、分散人工知能、分散システムにおける仲介と連携、利用者インタフェース技術といった広範な応用にわたって研究されてきた技術の総称である。一方、グリッド・コンピューティング技術も、その中には、分散システム技術と並行プログラミング技術(負荷分散)、サービス連携とワークフロー技術、サービス指向アーキテクチャと利用者インタフェース技術といった数多くの側面を備えており、その実現には、それら技術

を統合化していくことが必要になる．エージェント技術はそうした個々の側面における問題点の解決に貢献するが、それだけでなく、共通にエージェント技術を適用することで、それらの統合化に貢献することが期待できる．ここでは、グリッド・ミドルウェアの機能を補完するために、二つのエージェントを導入する．一つは、ジョブを持ち運んで、グリッド・ミドルウェアと計算資源との間で仲介をするミドルエージェント、ならびに、計算資源をラッピングしエージェント化する計算資源エージェントである．ミドルエージェントはジョブが投入される度に生成され、計算資源エージェントはグリッド環境に新しい計算資源が参加する度に生成される．これらエージェントによって、仮想組織の動的な再構成を実現し、その仮想組織の中で、各種の外部状況の変化に耐える、サービスのライフサイクル全体に渡った管理を行う AgentGrid アーキテクチャを構成する(図2. AgentGrid アーキテクチャの概念図)．

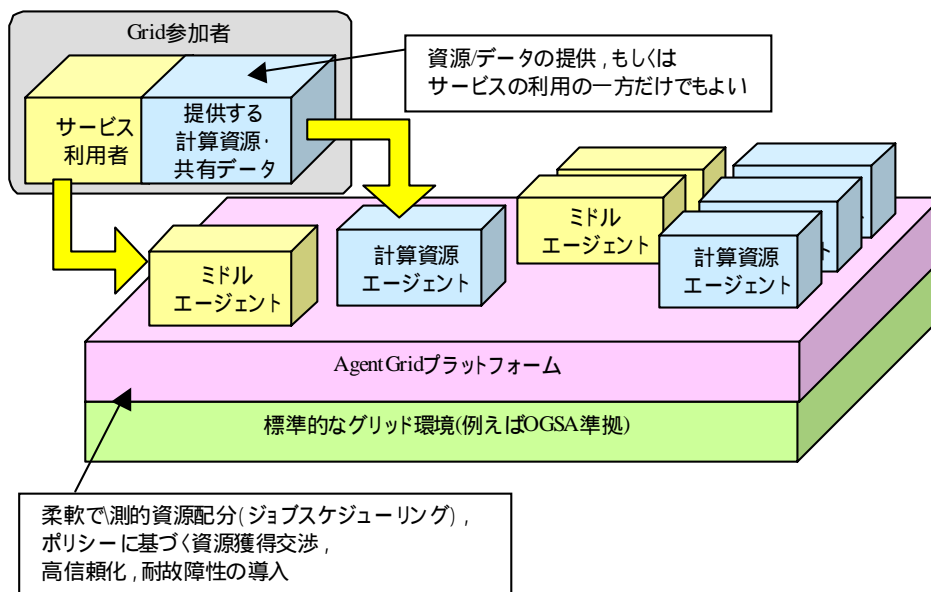


図2. AgentGrid アーキテクチャの概念図

国家プロジェクトとして提案する研究計画は、三つのフェーズに分けることができる．

(第一フェーズ)	グリッドの実行環境のための OGSA + のアーキテクチャ構築フェーズ
(第二フェーズ)	アプリケーションを構築するためのソフトウェア工学的なノウハウをパターンとして蓄積し自動適用を図るアプリケーション開発環境構築
(第三フェーズ)	ビジネス分野で実験検証するフェーズ

まず、第一フェーズでは現状の OGSA/OGSI の問題点を分析し、それを補完するためのサブテーマを4本の柱として設定している．それぞれの柱はともに、有機的に相互に関係を持ちながら構築され、最終的には OGSA/OGSI を内部に含む、AgentGrid アーキテクチャを構成する．この4本の柱は、(1)ユーザビリティ、(2)可用性、(3)安定性、(4)安全性、(5)信頼性という5つのサービス品質の向上を図るためのエージェント技術である、仲介機能、自律的意思決定機能、予測的計画機能、柔軟な調整機能に対応している．

- (a)ミドルエージェントと計算資源、および計算資源間で運用方法/資源配分を自律的に決定し、高品質かつ安全な計算の遂行を可能とすると同時に、必要に応じて交渉等の再調整を行い可用性を高めるためのポリシー技術
- (b)グリッド・ポータルに投入されたジョブを仲介して、計算資源へ配分し柔軟な調整を行うことで、ユーザビリティならびに可用性を高めるミドルエージェント実装技術
- (c)市場経済モデルや生物学的なモデルなどに基づき、大規模かつ形式化しにくい環境における最適な資

源配分を求める，適応的かつ予測的な計画立案技術

- (d) 計算資源をラッピングしエージェント化することで調整機能を付与すると同時に，大規模かつ予測しにくい環境（たとえばネットワークのトラフィック等に関して）において，安定性と可用性を確保するための高信頼化技術

表1．サービス品質向上に貢献する各技術

	ポリシー技術	ミドルエージェント実装技術	計画立案技術	高信頼化技術
ユーザビリティ				
可用性				
効率性				
外乱に対する安定性				
耐故障性				
セキュリティ				

次に第二フェーズでは，この AgentGrid アーキテクチャを有効に活用できるようなアプリケーションを構築するためのソフトウェア工学的なノウハウを，パターンとして蓄積し自動適用を図るようなアプリケーション開発環境を構築する．アーキテクチャがあってもそれだけでは，実際のアプリケーション構築はなかなか難しく，豊富な知識と経験を備える限られた技術者のコンサルテーションに頼らざるを得ない．このノウハウのパターン化と集積，そして自動適用は，その問題点を解消し，生産性を向上させるものである．AgentGrid アーキテクチャとこうした自動適用できるノウハウをもって，従来は，アプリケーション開発者やシステム管理者が知識と経験ならびに多大な労力を割いていた，サービス品質向上のための作業負担が軽減されることになる．

最後に第三フェーズでは，この実行環境と開発環境をビジネス応用分野に適用し，本方式の有効性を確認するための実証実験を行うことを試みる．例題として，SCM（サプライチェーンマネジメント）を取り上げ，計算資源保有量の異なる組織間の動的かつ柔軟な連携を行う．この連携は，計算グリッドだけでなくデータグリッド，アクセスグリッドの側面も有する．さらに，この連携の中で，一部の計算資源に故障が発生したケースを取り上げて，動的再構成によるサービス品質の安定的な確保を図る．

### (3) 具体的なアプローチ

#### (a) AgentGrid のためのポリシー技術

AgentGrid アーキテクチャにおいては，ミドルエージェントと計算資源エージェントの両方がポリシーを持つ．これは，それぞれの所有組織，管理組織において記述されたものを元に，必要に応じて動的に調整され更新される．要求されるサービス品質，提供できる資源量をはじめ，情報やルールが記述される．そのポリシーは，必要な計算資源の発見に使われるばかりではなく，交渉によって自動的に調整され，その結果，適切なサービス品質レベル合意の下で，自動的に契約を締結する．

本サブテーマでは，まず，ポリシーとして与えるべきものを分析し，次にそのオントロジを整理してポリシー記述言語を策定する．さらに，その言語で記述されたポリシーをもとに資源を発見するファシリテータを構築する．加えて，より詳細なポリシー分析のもとに，必要なポリシー強制コードを生成する生成系と，エージェント間で，効率やセキュリティを加味した資源配分のための交渉を行うメカニズムを構築する．こうした技術は，順次，ミドルエージェントの実装と，高信頼化計算資源エージェントの実装に組み込んでいく．

#### (b) ミドルエージェントの実装技術

グリッドでは，プログラム(ジョブ)を構成するコンポーネントがどこで実行されるかは実行時に決まる．

ミドルエージェントは、ユーザからリクエストがあったジョブに含まれるコンポーネントを適切な計算機資源に配置し、その実行やコンポーネント間の通信を仲介を行う。すなわち、このエージェントは、コンポーネントのスケジューリング、コンポーネント間の通信代行、コンポーネントの実行制御を行う。その具体的な動きは次の通りである。まず、ミドルエージェントは、ジョブの実行に必要なコードを収集する。そして、グリッド上の計算機資源管理エージェントと交渉し、必要な資源を確保する。次に、確保した資源に移動し、コンポーネントを実行するための環境を整え、それを実行する。この時、複数のコンポーネントを同時に実行する必要があるなら、ミドルエージェントは、スレーブエージェントを生成し、それらのコンポーネントの実行を補助する。複数のコンポーネントの配置は、ジョブの実行制約に基づいて行われる。そして、コンポーネント間の通信や実行の同期は、ミドルエージェントが代行する。これによって、コンポーネントは実行環境の詳細を考慮しなくてもよくなる。さらに、エージェントが、実行状態に即した通信プロトコルの選択や暗号化、キャッシングを行うことで、実行の最適化・高性能化が行える。また、ミドルエージェントがクローンエージェントを作成することにより、コンポーネントの重複実行などの高信頼化が行える。

本技術では、まずミドルエージェント高性能化のための機能の考察およびミドルエージェントの実装法を考案する。さらに、高信頼化のための機能を順次追加する。

#### (c) 市場経済モデルや生物学的モデルの適用

グリッドに対する要求として、異種混合環境への対応、効率的かつ柔軟な負荷分散、高信頼性といったものがあるが、一方一般的な計算環境におけるこれらの要求に対して、従来よりエージェント技術の適用が検討されてきた。たとえば、市場経済モデルや生物学的モデルに基づくエージェント技術の有効性が明らかになってきている。たとえば市場経済モデルの応用では、計算資源の分配機構として、市場経済における価格変動による需給調整機構のシミュレーションを行うことにより、効率的な資源分配を動的かつ予測的に実現する。そこで、これらのエージェント要素技術のグリッドへの適用を検討する。これにより、グリッドのような異種混合、かつ個々の利用可能な計算資源への信頼性が比較的低いような環境での有効性と課題を抽出し、解決策を考察する。

#### (d) 高信頼グリッドの実現

AgentGrid アーキテクチャにおいては、高信頼化計算資源エージェントが、サービスに最適な高信頼性を実現する資源を探索し、サービス要求を充たす高信頼機能を提供する。高信頼性の意味やレベルは、各サービスが要求するポリシーに準拠しており、そのポリシーをエージェントが遵守することになる。AgentGrid アーキテクチャが提供する高信頼性は、可用性、外乱に対する安定性および、耐故障性である。これら3機能は、用途別にコンポーネント化された計算資源としてネットワーク上に分散かつ多重化されて配置される。そして、エージェントが、3機能のそれぞれが保持するポリシーを充足するコンポーネントの組み合わせを探索し、サービスが要求する最適な機能を提供する。例えば、常時安定したコンテンツ配信サービスが要求された場合、高信頼化計算資源エージェントは、時々刻々変化する資源環境の中から、サービス要求に沿った可用性と安定性を実現する最適なコンポーネントを動的に探し出して、サービスを実現することができる。

#### (4) 期待される成果と意義

本研究計画の成果としては、OGSA/OGSI といった事実上の標準の上に、現在グリッド・コンピューティングに求められている、(1)ユーザビリティ、(2)可用性、(3)安定性、(4)安全性、(5)信頼性という5つのサービス品質を確保したアプリケーションを、より少ない労力で構築するための実行環境を実現する。さらに、環境の実現にとどまらず、それを有効に利用するためのノウハウを蓄積し自動適用できるような開発環境までも視野に入れることで、グリッド・コンピューティングを我々にとってより身近な存在、こ

く当たり前の存在にできると期待している。

### 3. 申請予定先

総務省，文科省，経産省などの産学協同プロジェクト

### 4. 準備調査の計画

基本的に，研究調査，技術討論，提案書の作成を並行に進める．研究領域が多岐に渡っているので，研究調査は，

- ・Grid2003(4th International Workshop on Grid Computing, 2003年11月)
- ・SC2003(Supercomputing Conference, 2003年11月)
- ・globus WORLD 2(2004年1月)
- ・Momuc2003 (8th International Workshop on Mobile Multimedia Communications, 2003年10月)
- ・MATA(International Workshop on Mobile Agents for telecommunication applications, 2003年10月)
  
- ・7th IEEE International Enterprise Distributed Object Computing Conference(2003年9月)
- ・The fourteenth IFIP/IEEE International Workshop on Distributed Systems:Operations & Management(2003年10月)

など，幅広く関連する国際会議に参加して行う．また，定例検討会を開催し，研究調査を踏まえた技術討論を行い，適宜，提案書の作成を進めていく．

### 5. メンバ

- ・本位田真一 国立情報学研究所・東京大学
- ・飯島正 慶應義塾大学
- ・田原康之 国立情報学研究所
- ・吉岡信和 国立情報学研究所