

**概要**

ネットワークで結ばれた多数の PC の余剰パワー集め、仮想的に高性能コンピュータとして利用するのが PC グリッド・コンピューティングであり、PC の急速な普及や CPU 処理速度の劇的な向上、ブロードバンドによる通信環境の整備により、その構築環境が向上しつつある。これらの動向を背景に PC グリッドの構築形態を分類し、学校など地域の組織が持つ計算資源を共通にプールし、必要な時に必要なだけ利用できるインフラとして提供することを提案する。これにより、地域の大学や研究機関にとっての研究環境が向上するだけでなく、豊富な計算資源を利用した e-learning 用教材の開発促進や、地域のコンテナビジネス振興などの効果が期待される。

**1 PC グリッド・コンピューティングについて****1.1 グリッド・コンピューティングとは<sup>1,2)</sup>**

グリッドの概念は電力送電網に由来し、「ネットワーク上に分散した多様な情報処理資源(コンピュータ、記憶装置、表示装置、実験観測装置など)を一つの仮想コンピュータとして利用する環境」である。グリッド・コンピューティングは、ネットワークを介して情報処理資源を必要なとき必要なだけ提供することを目指すもので、期待される効果としてはつぎのようなものがあげられる。

- ・分散した情報処理資源を一括して利用可能になる
- ・遊休資源を有効に活用できる
- ・負荷分散のため、個別にピーク負荷に耐えられる設備を持たなくてもよい
- ・個別装置がダウンしても全体としては運用維持ができ、信頼性が向上する

**1.2 PC グリッド・コンピューティングの考え方**

大部分の PC は、処理能力の 80~90%はまったく使われてないと言われている<sup>3)</sup>。これは PC の電源が入られてないということではなく、PC の頭脳に相当する CPU の能力を使い切っていないということである。たとえば、文書処理やインターネット接続などの場合、キーボードの入力速度や通信速度に比べて CPU 処理速度の方がはるかに速いため、大部分の時間が待ち状態になっている。

そこでこのような CPU 遊休時間を仮想的に集約し、資源として活用することが考えられる。すなわちネットワーク

で結ばれた多数の PC 群を仮想的に 1 つの高性能コンピュータとみなし、その高性能コンピュータに大きな処理を依頼するのである。受け取った側はそれを極めて多数の微小処理単位に分割し、グリッドのようにネットワーク化されている PC 群に振り分ける。CPU が高速化されつつあるとはいえ PC の処理速度はスーパーコンピュータに較べればはるかに遅いが、微小単位を同時並行に処理するため、全体では極めて高い性能が実現される。これが PC グリッド・コンピューティングであり、PC の普及や処理速度の向上、ブロードバンドによる通信環境の整備は、PC グリッド・コンピューティングの構築を促進するものとなっている。

**1.3 PC グリッド・コンピューティングの特徴と制約**

PC グリッド・コンピューティングは、コンピュータとしては極めて安価、かつ大量の PC によって構成され、次のような特徴と制約を有している。

**(1) 構築の容易さと運用の経済性**

LAN やインターネットなど、ネットワークに接続されている多数の PC があれば、高性能コンピュータに相当する計算能力を極めて安く構築できる。職場や家庭に PC が普及しつつある現在、新たな初期投資をせずに高性能コンピュータ機能が実現できる意義は大きい。

**(2) システム全体性能の“自動的な”向上**

CPU をはじめとする PC の性能は絶えず向上しており、PC グリッドを構成する個々の PC も、本来の導入用途の必要性に応じて逐次、更新されている。そのため PC グリ

ッドをシステムで見た場合、個々の PC 性能にはばらつきがあるものの、全体としては自動的に性能が向上していくことになる。

### (3) 処理単位の相互独立性

PC と外部とを結ぶ物理的ネットワークは、通常は LAN や ADSL、光回線などであり、データ転送速度は CPU 処理速度に較べるとはるかに遅い。そのため PC グリッドでは、極力、通信回数を減らせるよう、各 PC に振り分けられた処理が相互独立に実行でき PC 間の通信が頻繁には発生しない、比較的単純に並列処理できるアプリケーション分野が中心となる。たとえば数値データとして与えられた物体や図形情報から計算によって画像を作る CG (Computer Graphics) レンダリングや、バイオインフォマティクスにおけるゲノム情報の比較、検索などがあげられる。

### (4) マシン所有・運用者の非専門性

スーパーコンピュータなどでは、マシンの所有・運用者の多くはコンピュータの専門家であるのに対し、PC の場合、ほとんどは非専門家である。そのため PC グリッドの構築・運用では、所有・運用者に対して高度な専門知識の保有を前提にできない。

## 1.4 PC グリッド・コンピューティング実現のポイント

### (1) セキュリティの確保

まず PC 提供者側リスクとして、ウィルスの侵入や個人情報情報の漏洩などが想定されるが、接続先が信頼でき、かつネットワーク上のデータをすべて暗号化していればリスクは大幅に軽減される。むしろコンピュータの常時接続による不正アクセス機会の増加が懸念されるが、これは PC グリッド固有の問題としてよりも情報化社会における共通の課題として、ソフトウェアのセキュリティ・ホールを頻繁にチェックし修正プログラムを適用したり、ファイアウォールによるプロテクションなどで対処すべきことである。

一方、PC グリッドを利用する側にとっては悪意を持つ者が PC 提供者となり、データの窃盗や不正な処理結果の意図的な転送などのリスクが想定される。これに対しては PC ハードディスク内に格納するデータはすべて暗号化することや、他と較べて特異な処理結果については再演算するなどで対処する。

### (2) 演算結果の信頼性確保

スーパーコンピュータなどの専用コンピュータは、電源や温度などの環境条件が比較的良好に管理されるのに対し、一般に PC の利用環境は厳しく、コンピュータ自体の安定性も高いとはいえない。このため個別 PC の処理結果は信頼性が低いことを前提とし、提供 PC の状態に応じて冗長性を持たせる必要がある。たとえば同一処理を複数台の PC に依頼し、結果が一致したデータのみを有効とし、そうでないデータは再度、処理を行うなどの工夫が求められる。

## 2 PC グリッド・コンピューティング構築形態の分類

### 2.1 オープンタイプ

現在、最も一般的に行われている PC グリッド・コンピューティングがオープンタイプである。インターネット接続を前提とし、多くは組織などによる束縛を受けずに、個人が所有する PC の遊休 CPU 能力の提供を受けて構築するもので、極めて広範囲から膨大な数の PC が参加する場合がある。基本的に参加への強制はできないため、いかに効果的な参加インセンティブを与えるかが鍵になる。

一方で、このような経済的対価に代わり、社会的な福祉への寄与、真理の探求、人類の進歩への貢献などによって、参加者のボランティア意識に訴えるものもある。その場合、参加者は PC 余剰能力を自主的、かつ無報酬かそれに近い形で提供するため、ボランティア・コンピューティングと呼ばれることがある。このタイプで最も著名なものが、カリフォルニア大学バークレー校が運営する SETI@home<sup>4)</sup> である。これは電波望遠鏡で集められたデータを基に、地球外知的生命体の探査を行なうプロジェクトで、世界中から 500 万台以上の PC がボランティアで結集している。その結果、現時点で最高性能のスーパーコンピュータである IBM 社のブルージーン L (約 140<sup>5)</sup> TFlops<sup>1)</sup>) に迫る 100TFlops の計算能力を発揮できると言われている<sup>6)</sup>。

### 2.2 クローズドタイプ

企業などの組織が保有する PC 群を活用して PC グリッド・コンピューティングを構築するのがクローズドタイプであり、当該組織は保有している資源の有効活用を図りつつ

<sup>1</sup> Flops (Floating point number Operations Per Second) とはコンピュータの性能をあらわす単位の 1 つで、1 秒間に行える浮動小数点数演算 (実数計算) の回数を示す。

低コストで高い計算力を得ることができる。このタイプの特徴として、組織として意思決定すれば参加に対するインセンティブを考慮する必要がない、比較的容易に各PCの状態把握や管理ができる、参加者が明らかなのでセキュリティ上のリスクを抑えられる、などがあげられる。

### 2.3 セミオープンタイプ

ゆるい枠組みの中に多数のPCを持つ組織が複数ある場合に、組織を越えてネットワークを組むことにより、その枠組み全体として高性能な計算パワーを実現することが考えられる。これがセミオープンタイプで、たとえば公的機関(自治体、学校など)や地元企業などが連携して地域に計算資源を提供することが考えられる。

このタイプの実証例として、2005年2月に岐阜県下の大学や高校、教育委員会、地元研究機関などから1000台以上のPCが参加した地域グリッド・コンピューティングの実証実験がある。実験の結果、参加機関からは、豊富な計算資源を手軽に得られるようになれば、膨大な演算を伴うシミュレーションなど従来は不可能であった研究にも着手できるようになるといった、さまざまな期待が寄せられている。しかしその一方で、組織の個別目的で導入したPCを組織を超えて使うことが制度的に認められるかという点や、各組織間のセキュリティポリシーの差異をいかに吸収するかなど、検討すべき社会的課題が大きいことも明らかにされている<sup>7)</sup>。

### 3 地域研究資源供給の提案

現状のPCグリッド・コンピューティングはオープンタイプがほとんどで、クローズドタイプやセミオープンタイプは始まったばかりである。このうちオープンタイプとクローズドタイプは、個人や組織の判断で実施できるため、行政レベルで関与すべきことはほとんどないと思われる。これに対しセミオープンタイプを地域で構築することは、新たに公共の計算資源インフラを持つと同様な効果が期待できると考えられる。これはあたかも水道や電気が公共サービスとして提供され、これらを必要とする者は個々に浄水場や発電機を用意しなくても、応分の負担さえすれば潤沢に利用できるようになっている状態に類似する。計算資源の利用者は水道や電気ほど一般的ではないものの、地域が持つ資源を共通にプールし、必要な時に必要なだけ

利用できるようにすることは、地域で活動する者に対してさまざまな効用をもたらすことになる。そのため今後、地域活性化を目指す自治体などは、公共インフラの一つとしてPCグリッド・コンピューティングの持つ可能性に着目する必要があるだろう。

しかし現状では、セミオープンタイプについての具体的な構築法や効果的な活用法が十分に確立されているとは言い難い。そこで、まずPCグリッド・コンピューティングの持つ潜在的可能性を探るために、様々な観点からフィージビリティスタディを積み上げることが必要であり、たとえば次のような取り組みが考えられる。

#### 3.1 セミオープンタイプ構築に関する一提案

学校の保有するPCの活用

最近では初等中等教育でもPCを扱うようになっており、地域の学校には多数のPCがある。たとえば小学校～高等学校には全国で約150万台のPCがあり<sup>8)</sup>、平均すると1都道府県あたり約3万台になる。これらでPCグリッドを構築した場合の計算能力をFlops値で推定すると、理想的状態では100MFlops/台×3万台=3TFlopsになる(2000年以降に作られた一般的なPCは1GFlopsの性能があるといわれるが<sup>9)</sup>、それ以前のPCもあるため平均性能を1/10に見込む)。これはスーパーコンピュータの下限目安である500GFlopsを優に超えており、スーパーコンピュータに十分、匹敵するCPUパワーが得られることになる。

しかしこのような効果が期待できる一方で、現状、学校にあるPCのほとんどは児童・生徒の学習用であるため、責任者はPCを本来の目的以外に使用することの是非や、学校外となる地域のPCグリッド・コンピューティングにどの程度参加してよいか判断し兼ねると考えられる。そこで各学校を所管する機関が、PCグリッド推進に向けた方針を提示してはどうか。もちろんその前提として、光熱費など運用コストの増加を見込みそれに対処することや、学校のPCがネットワークに常時接続されていること、それに対するセキュリティが確保される仕組みなどが整備される必要があることは言うまでもない。

#### 3.2 地域への研究資源供給

地域にあるPCを活用してグリッド・コンピューティングを構築することにより、スーパーコンピュータを使いたくても費用負担能力が乏しいような地元中小企業に低廉に計

算資源を提供できるようになる。もちろん大手企業であっても、高価なスーパーコンピュータは必ずしも手軽に利用できるものではなく、この恩恵を蒙ることができる。あるいは地方の大学や研究機関でも、同様な恩恵を得ることができる。現在、地域情報化としてさまざまな取り組みが行われているが、地域にあるPCを利用するPCグリッド・コンピューティングはそれを発展させるものでもあり、いわば「地域の、地域による、地域のための計算資源の供給」といえよう。

### 3.3 その他の活用案

#### (1) 地域におけるバーチャル教材の開発

学校などの教育機関が中心になって構築されたPCグリッドは、地域におけるバーチャル教材の開発に使うことが考えられる。たとえば危険を伴う実験や、力学における運動や材料の内部変化など通常は目視できないことを可視化することが可能になる。また、実際には不可能な地域社会に関する社会実験などを計算機によってシミュレーションし、アニメーションによって表現する方法で有効な教材を開発できると考えられる。

#### (2) 地域のコンテンツビジネス振興

これからの我が国の進むべき方向として知的財産立国が示されており、政府の知的財産戦略本部の「コンテンツビジネス振興政策」<sup>9)</sup>や、経団連の「知的財産推進計画2005」<sup>10)</sup>などでも、その具体的推進が図られている。コンテンツの中で、今後、重要性を増すものの一つとして高度・高品質なデジタルコンテンツがあり、その充実には人材開発の強化や流通の促進などと共に、開発環境の整備があげられている。世界的に評価の高い我が国のアニメ作品であるが、フルCGアニメの増加やテレビのハイビジョン化が進むと、その処理にはコンピュータパワーがますます必要となる。しかし我が国の映画産業の産業基盤は磐石とはいえ、特にアニメ業界は資金力が乏しいため高性能コンピュータを十分に使うことができない。そのため低廉で豊富なコンピュータパワーの供給が求められるが、PCグリッド・コンピューティングはそれに応え得る可能性を秘めている。しかも産業の極端な一極集中を避けバランスのとれた地域活性化を進めるには、これに対する開発環境の整備は地域分散にすべきであり、地域のPCグリッド・コンピューティングはこれらに極めて適していると考えられる。

## 4 おわりに

社会のデジタル化がさらに進むと、たとえば HDD (Hard Disk Drive) 型ビデオレコーダや家庭内の情報流通を一元的に制御するホームサーバなどの情報家電、オンライン型ゲームマシンなど、高性能 CPU を搭載し、かつネットワークに接続された機器が社会のいたる所に存在ようになる。これらはいずれも潜在的に CPU パワーの供給源となるもので、PC グリッド・コンピューティングの構成要素が、今後、PC 以外にも拡大していくと考えられる。このような社会環境の変化も PC グリッド・コンピューティングを促進する方向に作用するものとして、将来的にはこれらの活用も視野に入れるべきであろう。

### 参考文献

- 1) 亙理 誠夫(2002):「グリッド技術の動向」、科学技術動向 No.18、文部科学省科学技術政策研究所、2002年9月
- 2) 独立行政法人 産業技術総合研究所 グリッド研究センター(編):「グリッド」、丸善、2004
- 3) Michael Miller(2001):Discovering P2P, SYBEX Inc.『P2P コンピューティング入門』(株)大和総研 情報技術研究所 監修、トップスタジオ訳、翔泳社、2002年10月)
- 4) 2001 SETI@home:  
<http://setiathome2.ssl.berkeley.edu/>(2005年7月26日)
- 5) TOP500 SUPERCOMPUTER SITES:  
<http://www.top500.org/lists/plists.php?Y=2005&M=06>(2005年8月12日)
- 6)「@homeで科学に貢献」、日経サイエンス 2005年8月号、日経サイエンス社
- 7) 柴田良一、小池啓高:「地域の計算リソースを活用したグリッドシステムの開発 —岐阜グリッドプロジェクトの実証実験報告—」、先進的計算基盤システムシンポジウム SACSIS2005 論文集 情報処理学会シンポジウムシリーズ、Vol.2005, No.5, 2005年5月18日
- 8) 文部科学省:「学校のコンピュータ整備及びインターネット接続について」  
[http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/zyouhou/04120301.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/04120301.htm)(2005年7月27日)
- 9) 知的財産戦略本部:「コンテンツビジネス振興政策(案) —ソフトパワー時代の国家戦略—」  
<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/titeki2/tyousakai/contents/dai5/5siryou5-1.pdf>(2005年7月27日)
- 10) 経済団体連合会:「『知的財産推進計画2005』の策定に向けて」  
[http://www.keidanren.or.jp/japanese/policy/2005/013/honbu\\_n.html](http://www.keidanren.or.jp/japanese/policy/2005/013/honbu_n.html)(2005年7月27日)