

特集①

ブロードバンド時代の 次世代コンテンツ配信技術



客員研究官 小笠原 敦

1. はじめに

最近日本では e-Japan 戦略での急速な通信インフラの整備により、ADSL や光ファイバの普及が進展し、世界で最も安価なブロードバンド（広帯域）ネットワーク利用環境の実現や、インターネット利用が総人口の半数以上（2002年12月末54.5%）に達する状況となった。

それに伴いストリーミング映像等の動画を、インターネットを介して見る需要も急速に伸びつつある。今後放送と通信の融合が進めば更にその需要は高まり、またハイビジョン映像等大容量高精細画

像のコンテンツ（リッチコンテンツ）配信への要求も高まることから、そこで障壁となる技術的問題を解決することが急務となっている。

特に日本は放送技術、映像技術で世界トップレベルを維持しており、また画像コンテンツにおいても世界的に高い評価を得る映画、アニメーションからゲームに至るまで高レベルのコンテンツが多数存在する。

2003年7月2日に発表された e-Japan 戦略Ⅱでも、8月8日に発表された e-Japan 重点計画においても、コンテンツの活用はデジ

タル家電とともにこれからのネット社会において日本が先導的立場に立つための重要な要素として挙げられており、ネットワーク上流の配信技術から下流の端末機器に至るまで統合的な“強み”を活かせるように問題点をクリアしておくことが必要である。

そしてこのコンテンツ配信の革新が従来のネットワークの概念、体系を転換する可能性についても言及し、その中でいかにして日本が技術的にもビジネス的にも競争力を持つかということについて述べて行くこととする。

2. 大容量データ配信における問題点

高精細動画等、非常に情報量の多いコンテンツ（リッチコンテンツ）を配信する上で最も問題となってくるのは、大容量データ転送時のボトルネックである。

特に従来はギガbpsにもおよぶ高速なバックボーンの回線の速さとPCの速度、家庭に直結するLast One Mileの速度差があまりにも顕著であったため目立たなかったが、家庭内のPCのCPUの演算速度が3GHzにも達し、またLast One Mileの通信回線の速度がADSLや光ファイバ（FTTH）によって数Mbps～100Mbpsに向上したため、コンテンツ送出側の相対的な能力の低さが目立ってきたことが挙げられる。

図1はそれを模式的に描いたものであるが、Last One Mileに意識を奪われ、ネットワーク上流のサーバー側のボトルネックを十分に意識していなかったことがわかる。

現在の環境ではこのサーバーのハードウェアとしての絶対的な能力不足、サーバー周辺のネットワークの細さによる見かけ上のサーバーの能力不足、そしてもう1つはアクセス状況の変動によるサーバーの能力変動が、利用者の不満を募らせる要因となっている。放送と違って自分の好みの時間に見られるストリーミング映像も、自分に都合のよい時間は他の多くの人も都合のよい時間であることも多いことからサーバーへの負荷が

集中し、快適に見ることができないという状況が起きている。サーバーの負荷集中の問題も、能力不足によるアクセス速度低下の問題とともに非常に大きな問題である。

具体的な事例としては文部科学省関連でも、宇宙開発事業団（：NASDA、10月1日より宇宙航空研究開発機構：JAXA）がHⅡロケットの打ち上げを中継しているが、アクセスが殺到するとなかなかサーバーにつながらない、つながってもコマ落ちの大きい不十分な映像しか見ることができないといった問題が起きている。これは打ち上げという非常に過大なピークが一時期に訪れるという特殊な状況下の例ではあるが、サーバー

能力の効率的な確保、負荷分散の効率的な手法の必要性が浮かび上がってくる。

そしてこれからさらに高精細で大容量のコンテンツを配信しようとする両者とも一段と大きな問題となってくるのである。

このサーバー能力と負荷変動に対応するため大容量・大規模サーバーが必要となるとすれば、投資体力のある一部企業しか進出できないこととなる。

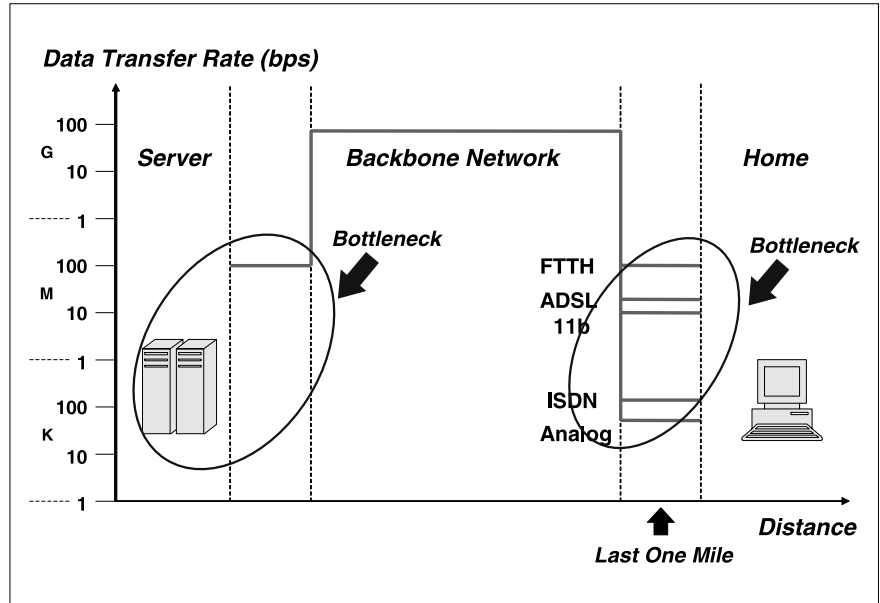
コンテンツビジネスを立ち上げて日本の産業の新しい柱の1つに据えるならば、活性化を促すためにベンチャー企業の参入や、中小企業の参入が欠かせない。その投資負担を低減することも重要な要素として挙げられる。

90年代後半から立ち上がりかけた初期のITビジネスがバブルに終わった理由の大きな原因の1つ

の過剰投資は、この負荷変動に対応するために投資体力以上の設備を保有しなくてはならなかったこ

とが理由の一つとして挙げられている。これも解決しなくてはならない大きな障壁の1つである。

図表1 ネットワークのボトルネック (概念図)



科学技術政策研究所作成

3. ボトルネック解消のための技術

3-1

サーバー能力の向上

(a) プロセッサの高速化・広メモリ帯域化

最も基本となるのは核となるプロセッサのさらなる高速化、広メモリ帯域化である。特に3次元グラフィックスに適したプロセッサは一般のPCに使われる汎用のプロセッサと比較して、動作周波数の高さとともに、より広いメモリ帯域の確保やベクトル化が要求される。日本は世界最高速のスーパーコンピュータ、地球シミュレータに見られるように米国よりも優れたベクトルプロセッサの技術を有している。また、ゲーム機のプロセッサも128ビットクラスの高ビット(PCで主流のIntel Pentium プロセッサは32ビット)で、ベクトルプロセッサを有するものもあり、3次元グラフィック

に適したプロセッサ技術の保有としては世界で最も進んでいると言える。

これらの技術を進化、転用して安価なサーバーを構築することも可能なオプションの1つである。

(b) 並列・分散処理化

サーバーのパフォーマンスを向上させるためのもう一つの手法は並列・分散処理の導入である。

並列・分散処理を強化した単一のプロセッサを開発することも1つの手法であるが、複数のプロセッサを結合してクラスタを形成し、高い処理能力を得るのもコスト的にも優れた手法である。

3-2

負荷変動への対応

(a) コンテンツ配信ネットワーク(CDN)

サーバーそのものの能力ととも

にもう1つの大きな問題である負荷変動に対応する技術の1つとして考えられたのがコンテンツ配信ネットワーク(CDN)である。これはScience & Technology Journal 9月号で三菱総研の西角直樹が解説しているが、コンテンツサーバーをキャッシュサーバー(一般的にはミラーサーバー)として分散配置し、それらを経路制御することによってユーザーから最も近いサーバーにアクセスさせ、高速化を図るというものである。この技術は米国のアカマイ社が推進している。

(b) グリッド

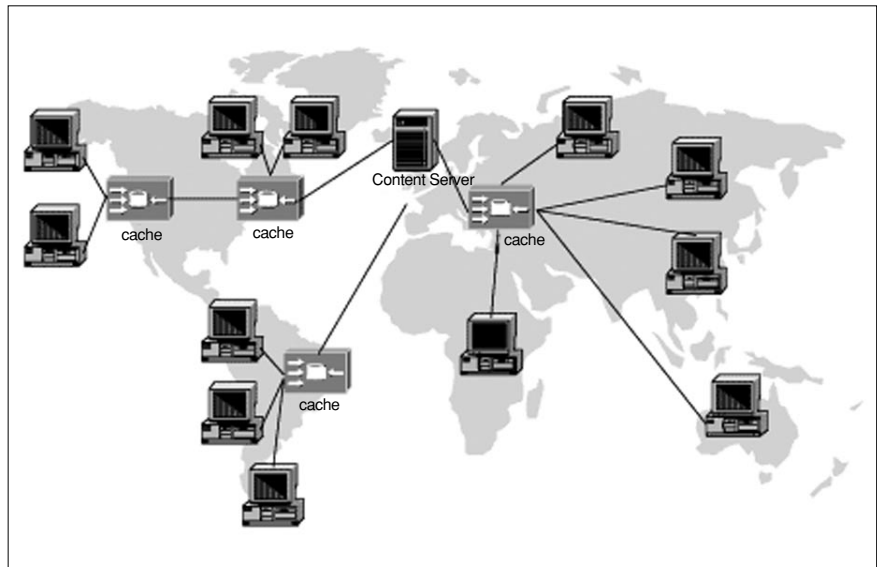
コンテンツ配信ネットワークはサーバー群が独立して個々にデータの処理を行うものであるが、ネットワークを介して複数のコンピュータ、あるいはプロセッサを結合し、計算規模に応じてスケラブルに並列、分散処理を行う手

法もある。それがグリッドコンピューティングであり、ネットワークに接続された複数のコンピュータをそのCPUリソース、メモリー空間を共有することにより1つの巨大なコンピュータとして使用するものである。グリッドの実現のためにはコンピュータだけでなく、高速ネットワークインフラの進展も必要となる。

アカマイ社のコンテンツ配信ネットワークの方式、キャッシュサーバーによる分散処理ではユーザーから見たコンピュータ空間はそのキャッシュサーバーの持つ処理能力の範囲内であり、世界中の何箇所かにキャッシュサーバーが存在していれば、その数だけの独立空間となる。例えば世界中の数十万人が同時に参加するようなコンテンツを想定した場合、実際には数千人ずつの独立空間になってしまうのであるが、グリッドによる分散処理ではユーザーが認識するコンピュータ空間はその数十万人分そのものとなる。

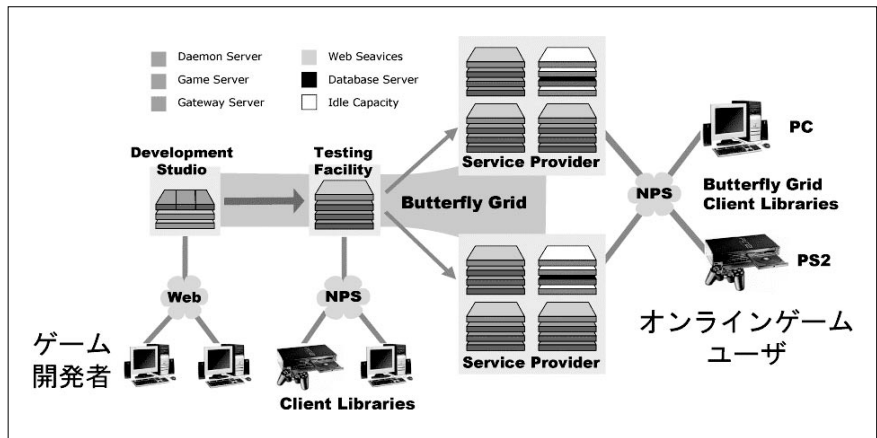
同じ負荷分散を図るのでもキャッシュサーバーによる分散とグリッドによる分散では大きく異なる。時間的な変化や、利用者とのインタラクティブな要素の無いコンテンツではキャッシュでもグリッドでも大差は無いが、利用者が参加し有機的に影響を与え合うコンテンツ（公的な電子政府による政治への参加、教育への利用から

図表2 コンテンツ配信ネットワーク (CDN)



ATT 資料より抜粋

図表3 ゲーム機用グリッドサーバー (IBM)



私的な娯楽のネットワークゲームに至るまで) では大きな差を生むことになる。

またグリッドコンピューティングでは、実際に必要なコンピューティングリソースをサービス事業者が買う形態となる（電気料金の

ように) ため、アクセスピークを見越した過大なサーバー投資をする必要がなくなる。このことはベンチャーや中小企業の事業参入を容易にすることにもつながる。

4. グリッドコンピューティング技術の背景

グリッドコンピューティングはこれまでは主に大学や国立研究機関の大型コンピュータやスーパーコンピュータを高速回線で接続した科学分野での HPC (High Performance Computing) を目的として開発されてきた。

近年では、米国 NSF の Tera Grid Project や NIH の Biomedical Informatics Research Network

(BIRN) の大規模プロジェクトが立ち上がり (巨理誠夫、科学技術動向 2002年9月既報)、高速通信回線を用いたハイエンドな HPC 分野でのグリッド研究は急速に進展しつつある。

米国での IT 関係の研究開発はブッシュ政権発足後 2002 年から HPCC、NII、NGI、IT2 といった個々の研究開発がまとめられ、NITRD

(Networking and IT R & D) と総称されているが、通信ネットワーク技術と情報システム技術のさらなる融合を象徴しているともいえる。そしてその1つの大きな柱がグリッドコンピューティングなのである。

また米国は積極的に標準化を進め、異機種分散環境ミドルウェアの Globus Toolkit を推進している。

そしてハイエンドな領域だけでなく、ビジネス領域にも急激にグリッドコンピューティングの波が訪れつつある。

IBMは2000年頃からB2B領域でのグリッド応用に本格的に取り組み、Globus ToolkitをWebサービスに拡張したOGSA (Open Grid Architecture)を提案した。

当初は専門家の間では非常にエキサイティングな反応を持って迎えられたものの、一般の関心は意外に低いものであった。それは企業内のイントラネットの範囲内では比較的早い次期に実現するが、そこから先はネットワークの整備が必要でまだ遠い先の話という印象だったからであった。

ところが、急速なブロードバンド回線の普及と、コンテンツ配信における送出サーバー側のボトルネックの問題、サーバーの負荷分散の必要性の増大がグリッドコンピューティングへの要求を一気に高めることとなる。

米国の最新の動向としては、Oracleはこの2003年9月8日からサンフランシスコで開催された「ORACLEWORLD」でグリッドコンピューティング技術を取り入れた「Oracle Database 10g」(gはグリッドを意味)を発表し、また同時に講演を行ったHP (Hewlett Packard)のフィオリー

ナCEOもサーバーのグリッド化を今後3～5年以内に急速に進めるとの講演を行なった。IBMだけでなく米国のIT企業全体に急速に波及していることが裏付けられている。

日本でも2003年7月1日に文部科学省による「グリッド研究開発推進拠点(NAREGI)」の開所式が行われた。これは「我が国の情報通信分野での国際競争力強化のため、新世代コンピューティングシステム環境の実現を目指す」というコンセプトのもと、国立情報学研究所(所長:末松安晴)を中核拠点として2003年4月から5ヵ年計画で開始されている「超高速コンピュータ網形成プロジェクト(ナショナルリサーチグリッド・イニシアチブ:通称NAREGI「ナレギ」)」の研究開発拠点として新設されたものである。単独のスーパーコンピュータの代わりに複数のコンピュータリソースを有機的に結合したグリッドコンピューティングによるHPC(High Performance Computing)環境を実現して次代を担うナノテクノロジーやバイオテクノロジーのアプリケーション研究開発を行い、新規通信原理からエレクトロニクスデバイス、光デバイスまで、また分子から創薬までといった産業応用に非常に近い分野に至るまでを

カバーした産学官連携プロジェクトである。

また経済産業省でも2003年7月15日に「ビジネスグリッドコンピューティングプロジェクト」を発足させ、グリッドコンピューティングを中心としたミドルウェア開発支援を行うこととなった(推進委員会委員長:村岡洋一早稲田大学副総長)。

経済産業省においても情報システム分野における国際競争力はグリッドコンピューティング技術が鍵になるとしてプロジェクト化を決定した。現在情報システム分野においては、インテルに代表されるMPU(Micro Processing Unit)、マイクロソフトのWindowsに代表されるOSの世界のみならず、データ配信用サーバーではIBM、HP(Hewlett-Packard)が、データベースではオラクルが支配し、ネットワークの上流から下流に至るまで米国に圧倒されている。

しかしグリッドコンピューティングが科学技術計算だけでなくビジネス領域にまで一般化されてくれば、その時がコンピュータアーキテクチャー、ネットワークアーキテクチャーの転換期であり、日本がトップに立つ好機としてプロジェクトを開始することとなったのである。

5. 日本の研究開発の方向性

IBM、HP等の米国製のサーバーを用い、アカマイ社のコンテンツネットワークを用いるのは一つの解であるが、冒頭でも述べたように日本は来るべき本格的なブロードバンドネットワーク時代を迎えるにあたり、世界のIT産業をリードできる高度な3次元グラフィックス技術やアニメやゲームに代表される独自の映像コンテンツを数多く有している。またデジタル家電機器の開発でも先端を走っ

ており、光通信技術も世界のトップレベルにある。これら情報系技術、通信技術、エレクトロニクス技術等を統合的に活かすのにグリッドは非常に可能性を持った技術である。

このグリッドをサーバーに使う概念には大きく分けて2つあるが、1つは事業者側の複数のサーバー間でグリッドを構成して負荷分散を図る方法(ネットワーク上でグリッドを構成するものからデ

ータセンター内でクラスタを形成するものも含む)、もう1つはユーザー側(クライアント側)のコンピューティングリソースも取り込んで大規模なグリッドを構成する技術である。

特にユーザー側のコンピューティングリソースも取り込む方式では、デジタル家電に組み込まれたプロセッサやホームサーバーとして提案されている機器を核としてグリッドを構成することが可能と

なる。そしてこれらの機器を高速の光回線を介して結合すると、極論すれば日本全体で高速で大規模なグリッドを実現することも可能になる。

コンテンツの発信という観点からも、米国が支配するPCのプロセッサではなく、日本が強みを発揮するゲーム機やデジタル家電機器のプロセッサを接続し、世界トップの技術を持つ半導体レーザ等の光技術、e-Japanで推進された光ファイバーネットワークで高性能なサーバーシステムを構築することができるようになるならば、日本独自の高精細画像処理技術、アニメやゲームコンテンツ等の発

信基地として日本全体がサーバーとしての機能を持ち、非常に大きな意味を持つてくるのである。

そのようになれば、米、欧、アジア3極への高速ネットワークのハブとしての日本の役割は格段に高くなる。

特に高精細な動画コンテンツの配信においては回線の距離に起因する遅延が問題となってくる。例えば米国から日本を経由して東南アジア方面に高精細画像コンテンツを送ると信号遅延によりQoS (Quality of Service: 通信品質) 確保が困難となる。

日本は米、欧、アジアに比較的等距離にあり(欧州は東側へ貫

通するルートの確立が前提であるが)、コンテンツ配信を行う上で中心的な役割を担うのに最適な位置にある。米国の例を見るまでもなく、情報発信の中心やトラフィックの中心には副次的な情報も含めて経済活動の上で非常に重要な情報が集積する。これは非合法的な個人的な情報の収集や企業の情報の収集という意味ではなく、どのような情報がどのような地域に流れているか、という統計的にマスマなデータであっても経済的な価値が高いということである。その経済的波及効果は非常に大きい。

6. グリッドコンピューティングの要素技術研究開発

グリッドコンピューティングを構成する要素技術として、冒頭に挙げた文部科学省のNAREGIではHPC向けではあるが、

- ①グリッド基盤ソフトウェア研究開発
 - グリッド環境における資源管理の研究開発
 - グリッドプログラミング環境の研究開発
 - グリッドアプリケーション開発用ソフトウェア及び環境の研究開発
 - グリッドソフトウェアの統合・運用技術の研究開発
 - ナノシミュレーションのグリッド環境への対応に関する研究開発
- ②ネットワーク利用技術開発
 - ネットワーク通信基盤の研究開発

が挙げられ、研究機関としては

産：富士通、日立製作所、日本電気等

学：国立情報学研究所、分子科学研究所、東京工業大学、

大阪大学、九州大学等
官：独立行政法人産業総合研究所、ITBLプロジェクト等

が参加している。

また、経済産業省のビジネスマグレットプロジェクトではやはり富士通、日立製作所、日本電気の三社が加わって2003年度中にもプロトタイプを開発し、2004年度には実証実験を、2005年に製品化という非常にスピード感溢れるスケジュールとなっている。

これらのプロジェクトで取りあげられているグリッドコンピューティングを直接構成するソフトウェア技術(ミドルウェア、アプリケーション技術)とともに、現在でも日本が非常に高い競争力を持つデバイス技術やハードウェアの研究開発も同時に強化する必要がある。

グリッドをさらに効率よく発展させるためには光技術の育成が欠かせない。光ルーティングの開発等長距離大容量の基幹系の充実もさらに推進が必要であるが、家庭への光ファイバ(FTTH: Fiber

to the home)導入でも現在の100MbpsレベルからGbpsレベルへの一段の飛躍が必要である。

またプロセッサ内部のデータ転送、プロセッサ-メモリ間、チップ間、ボード間等、コンピュータ内部の配線の光化の促進も非常に重要な要素技術の1つとなってくる。

米国ではその先手を打つように、2003年9月11日にDARPA (Defense Advanced Research Project Agency)がIBMとアジレントテクノロジーズ(HPの計測器・デバイス部門の分社)に4年間で3000万ドルを「マルチプロセッシングサーバーのTera bps光接続技術」の研究にファンディングすると発表した。DARPAは2010年にマイクロプロセッサ間を40Tera bpsで接続するHPCS (High Productivity Computing System)イニシアチブの一環だとしているが、この技術をチップ間、ボード間からさらに距離を長く、さらに民生用途に波及するならば、非常に高性能なクラスターサーバーや、グリッドサーバーが実現することとなる。

日本はファイバによる光通

信技術、長距離通信用レーザや VCSEL（面発光レーザ）等光デバイスでも世界のパイオニアであり、先端を走ってきたが、この光分野での優位性を維持するためにも米国を上回る研究開発を推進す

る必要がある。

また、IPv6 のように日本発の技術を核とした情報家電ネットワークの構築、さらには情報家電やゲーム機等を統合するミドルウェア、それに適した端末の OS 開発

等、ソフトウェアとハードウェアを統合したアーキテクチャの先導的な開発が重要な要素技術となると思われる。

7. おわりに

これから需要の高まる大容量コンテンツ配信（高精細動画コンテンツ等）を中心に要素技術としてのグリッドコンピューティング技術を核とした分散処理から光技術の重要性の議論を展開してきたが、最も重要な事はこれらの技術が米国の ARPA-NET に始まった草創期から 30 年以上続いているインターネットの概念、ネットワークの概念を大きく転換するきっかけとなり得るといふところにある。

現在のインターネットの体系では、TCP/IP をはじめとするプロトコル（手順）等、基本的な技術、IP アドレスとドメインネームを管理する最上位のルートサーバーから配信のためのサーバーシステム、そして端末の OS やハードウェアとしての PC に至るまで米国が圧倒的な優位性を持っている。

しかし従来のサーバー・クライアントモデルから、コンピューティングリソースを共有するグリッドモデルに移行するならば、次世代のネットワークもコンピュータも従来の延長上ではなく、IPv6 やデジタル家電等の日本発の技術を核に道を切り拓くことも可能であろう。そしてコンテンツも含めた総合力で優位性を確保することも不可能ではなくなる。技術的には不特定多数のユーザー（クライアント）側のコンピューターリソースを取り込んでグリッドを構成し、配信制御等まで行うのは現在では非常に困難を伴うが、範囲の狭いクラスターサーバー的なものから段階的に技術課題を克服してい

行くことは可能と思われる。

また技術だけでなく日本企業のビジネス構造転換の点からも大きな意義がある。現在日本ではエレクトロニクス業界が自動車業界と並んで高い国際競争力を維持しているが、一般の家電機器、AV 機器は中国の台頭もあって非常に利益率が低下しつつある。

また一時期期待されたネットビジネスの大半も、サービス対価を支払うという一般消費者向けの B2C ビジネスはなかなか理解が得られず、また本文中にも記載したサーバー能力確保のための過大投資によって利益確保の点では大変厳しい状態にある。

一方ネットワーク上流の配信に関わる部分を受け持つ IBM や HP 等の米国企業は高い収益性を保っている。

これはネットビジネスの収益の根源である課金が、リアルな商品の移動を伴う e コマースを除いては B2C 領域では受容され難いということの意味しているのである。

そこで日本では大容量コンテンツ配信を中心に、従来米国に独占されていたネットワーク上流の B2B（事業者間ビジネス）領域に積極的に進出をはかり、元々の基盤である家電機器等の C（消費者）領域のビジネスと統合することによって、従来の日本型でも米国型でもない、新たな B2B2C モデルともいえる領域を開拓するという方向性もあるのではないだろうか。

現在日本の家電メーカーでは

家庭にホームサーバーを置くことを提案しているが、一般消費者にとって一見すると機能がわかり難く、比較的高価な機器を導入するインセンティブは何か？ という問題がある。そこで例えばホームサーバーの余剰能力を貸し出すことによって、供出した分のコンピューティングリソースを電子マネーでキャッシュバックすることによりインセンティブを与え、普及のドライビングフォースとする、といったことも B2B2C モデルの 1 つの事例として考えられる。

文部科学省のプロジェクト NAREGI でグリッドを構築するミドルウェアの研究開発から新しいナノテク、バイオのアプリケーション開発がカバーされ、経済産業省のビジネスグリッドプロジェクトで B2B 領域でのミドルウェア開発からアプリケーション開発がカバーされている。

そこにコンテンツ配信を中心に C 領域をもカバーするプロジェクトがあっても良いのではないかと思われる。

そしてそのネットワークの変革を実現するためのソフトウェア技術の研究開発は勿論のこと、光技術（通信、光配線、光接続、光ルーティング）やデジタル家電を包括した統合的なコンピュータアーキテクチャーの研究開発、ビジネスモデルの開発も含めて、ブレークダウンされた個々の要素技術の研究開発を推進することも重要と思われる。