広がりを見せるネットワーク技術

山 平 哲 也

1. はじめに

これまでのネットワーク技術の発展と，それに関連する情報処理技術の発展は目覚しいものがある．分散処理，ダウンサイジングに始まり，インターネットの隆盛とさらなるコンピュータの性能向上やネットワークの性能向上，ブロードバンド環境の普及などの相乗効果により，いたるところにコンピュータが遍在する環境と，それらが様々な種類のネットワークを介して相互に繋がり，連携するITの新時代の到来を目前に控えている．

日本ユニシスグループは情報処理におけるネットワーク化の黎明期より深くネットワーク技術に関与してきており，経験の蓄積と新たなネットワークの研究を継続的に行っている．本稿では，これらの経験や活動からのフィードバックや示唆を受けながら，ネットワーク技術が企業ネットワークや通信事業者のネットワークにどのように広がり，いかなる影響を与えるかを見てゆく．

本稿の構成は，最初にネットワーク技術の発展の過程と情報処理技術との関わり合いを振り返る．次にITの新時代に向けて，企業ネットワークや通信事業者のネットワークに影響を与える可能性が高い，注目すべきネットワークの要素技術について論ずる．さらに，ネットワーク技術の組み合わせや注目されているネットワークアーキテクチャについて考察し，最後に，情報処理技術とネットワーク技術の高度な利活用が進んだITの新時代，将来像についてネットワーク技術の観点から議論する．

2. 情報処理技術の変遷とネットワーク技術の進展

ネットワーク技術の発展の過程と情報処理技術との関わり合いを振り返るために，図1でこれまでの情報処理技術とネットワークの発展を概観してみる．

まず，1970年代に情報処理におけるネットワーク化が始まった．電算機室内で閉じていた情報処理が，通信回線の接続により電算機室の外へ広がり始めたのである．これにより多数の端末から大型コンピュータを共同で使用するタイムシェアリング処理や，電算機センターの外に設置された現金自動入出金機からオンライン・リアルタイム処理が可能になった．情報処理におけるネットワーク化のはじまりであった．

1980年代に入ると，コンピュータのオープン化とダウンサイジングによる情報処理システムの大幅なコストパフォーマンスの向上が，副次的に情報処理システムのネットワーク化を加速させた．この時期にはエンドユーザにより近く，利用ニーズにより近い部門で情報処理を行うという方法が広く普及したのが特徴である．またコンピュータの処理能力に比べネットワークの性能が相対的に低かったために，遠隔拠点との通信を量・頻度共に抑制し，データの分散蓄積を促進する傾向が強まり，結果的には情報処理の分散化を後押ししたという側面も見られた．

この時期，通信プロトコルの観点からはパケット交換網によるオンラインネットワーク構築や，TDM（Time Division Multiplexing：時分割多重）によるデータ/音声統合ネットワーク構築等の広域通信網（WAN）を中心とした企業ネットワークが広まりを見せ，日本ユニシスにおいても多くの構築事例（表1）が蓄積された．

1990年代に入っても，コンピュータのオープン化・ダウンサイジングと情報処理の分散化傾向は，PCとインターネットの普及という形をとって加速し続けた．特徴的なのは，それまでの情報処理技術とネットワーク技術は企業における情報処理環境での利用に留まっていたのに対し，PCとインターネットは便利さを原動力に個人レベルにまで広く普及したことである．このため，企業の情報処理は企業内に留まることなく，他の企業や個人，社会全体での利用を見据えて裾野を大きく広げることとなった．PCやインターネットの普及に伴い，これらを支える技術（クライアント・サーバモデル，IPネットワーク技術等）はイントラネットの要素技術として企業の情報処理基盤へ採用され，Webベースのアプリケーションの普及を後押しすることとなった．

インターネット，イントラネットを支えたネッ

図 1　情報処理技術とネットワーク技術の推移（1970 年代～2000 年代）

トワーク技術という観点からは，相互接続技術，特に IP ネットワーク技術の進展と普及，LAN 技術の普及（Ethernet, FDDI, ATM LAN 等），各種ネットワークにおける性能の大幅な向上（アクセスネットワークの速度向上，インターネットバックボーンの帯域拡大等），通信事業者によるネットワークサービスの拡充・充実などが挙げられる．この時期には，通信事業者の基盤や提供サービスについても，まずはネットワークの高速化が，次いで IP ネットワークを意識した多様な通信サービスが提供される流れに進展した．企業ネットワークにおいては，通信事業者の基盤やサービスの動向を意識しながら LAN と IP ネットワーク技術を適用した構築事例の増加が続いた（表 1）．

表 1　代表的なネットワーク構築事例（1970 年代～2000 年代）

年代	ネットワークと情報処理の特徴	構築事例
1970 年代	メインフレーム中心の大規模オンライン・リアルタイム処理やタイムシェアリングシステム	銀行オンライン A 銀行，B 銀行
1980 年代	オンラインリアルタイムネットワークの大規模化，パケット交換網の登場	C 計算センター
1990 年代	TDM によるデータ／音声統合から LAN 構築～IP 統合	D 新聞社，E サービスプロバイダ
2000 年代	ブロードバンド，音声統合 ウェブアプリケーションの普及	F 銀行，H 小売業

1990 年代後半からの携帯電話の普及は，PC とインターネットの普及とあわせて，企業の情報処理環境に影響を与えており，携帯電話や関連する技術は徐々に企業の情報処理基盤に採用されつつある．

2000 年代に入るにつれて，いわゆるブロードバンド時代が到来した．個人向けには CATV 事業者による ISP 事業展開や，ADSL とそれに続く FTTH へのシフトに見られるような高速アクセス回線の普及が推し進められた．企業向けの通信サービスとしては，IP-VPN サービスや広域 LAN サービス等の高速なサービスの提供が開始

された．

2000年代以降を見据えてみると，これまでの情報処理技術の変遷の特徴の一つであるコンピュータの小型化・高機能化という流れは，次章でも取り上げる「ムーアの法則」に沿って今後もしばらくは続くだろうと予測できる．小型化された高性能・高機能なコンピューティングデバイスが，家電製品をはじめ，ドアや窓や壁などあらゆる物に実際に搭載されはじめるだろう．ネットワークという観点からは，多様化したコンピューティングデバイスを接続するためには様々なネットワーク技術が発展するだろう．中でも近年の携帯電話や無線LANの普及から無線通信（ワイヤレスネットワーク）技術の進展と利活用に目覚しいものがあるだろうと予測できる．

3. ネットワーク技術の潮流―ワイヤレスネットワーク領域

本章ではITの新時代に向かい行くネットワーク技術の展望を得るために，まずはネットワーク技術の進展を説明する2つの法則（「ムーアの法則」，「メトカーフの法則」）を紹介し，続いて注目すべきネットワーク要素技術として無線通信（ワイヤレスネットワーク）技術を取り上げて論ずる．

3.1 ムーアの法則とメトカーフの法則

ネットワーク技術の進展と動向を見るにあたり，2章でも少し触れた「ムーアの法則」と「メトカーフの法則」という二つの「法則」を最初に紹介する．この二つの法則は，これまでの日本ユニシスグループにおける各種ネットワークの構築経験や研究活動から，情報通信分野の急激な変化を端的にあらわすという点において，経験則的に有効性が高いことが判っている．

まず一つ目の法則は「ムーアの法則」である．インテル社創業者であるゴードン・ムーア氏が1965年に提唱した．この法則は，元来「半導体の集積密度（または性能向上）は18～24ヶ月で倍増する」と定義されていた．これは1年半～2年経つと，同じ性能の半導体が半額で入手可能になるということである．現在では解釈が拡張されて「半導体そのものや半導体を活用したIT関連製品のコストは毎年30～40%の割合で価格が下落していく」（＝同じ価格のIT関連製品は年々，性能や機能や使いやすさが向上していく）と解釈されている．

次いで二つ目の法則は「メトカーフの法則」である．イーサネット技術を開発し，スリーコム社創業者でもあるロバート（ボブ）・メトカーフ氏が1995年に提唱した「ネットワークの価値はノード数の二乗に比例する」，「ネットワークのコストはノード数に比例して（直線的に）上昇する」という法則である．この法則は，あるn人のネットワークにおいては，自分以外の（n−1）人とのコミュニケーションが可能であり，その時のコミュニケーションの総経路数はn^*（n−1）となるため，nが大きければネットワーク全体としての価値はnの二乗に比例するというものである．このためネットワークを運営する観点からは，コミュニケーションに価値を見出す場合には参加者数nの増加で価値向上が果たせる．また，ある参加者にとっても，コミュニケーションに価値を見出す場合には，自分以外の参加者と交流できるという個人としてのネットワークの価値はn−1である．nが大きくなればなるほど個人にとってのネットワークの価値も向上するため，参加者にとっても自分以外の参加者数nが増加することで享受できる価値は増加することとなる．

このため，「メトカーフの法則」はネットワークの運営者と参加者の両方の観点から見て，参加者数が増加することで得る価値が増加するということができる．

この二つの法則をあわせて考えてみると，ムーアの法則が意味するのは，IT関連製品はそれ単体を見た場合，時間が経つにつれて性能や機能，使いやすさが向上するということである．しかし，その発展の過程で機能や使いやすさの向上を目的としてネットワークに接続されると，メトカーフの法則が作用し始める．参加者と運営者の両方の観点からネットワークへの参加数の増加は歓迎される．このためメトカーフの法則とムーアの法則は相互作用を起こし，単体としてみたIT関連製品の性能向上と，ネットワークへの接続により得られる機能や使いやすさの向上が，連鎖的に加速することとなる．

3.2　携帯電話ネットワークの発展

ムーアの法則とメトカーフの法則が相互作用を起こし，製品単体の機能向上と，ネットワーク接続による製品単体およびネットワーク全体の機能や使いやすさの向上が加速したネットワークの一例として携帯電話ネットワークが挙げられる．

表2にあるように，日本の携帯電話サービスは1979年に自動車電話としてサービスが開始され，端末の小型化に伴い1989年に携帯電話サービスが開始された（電話機はレンタル）．図2は1988年以降の携帯電話，PHS，ポケベル，携帯IP接続の利用者数の推移だが，携帯電話の加入者数は1995年まではさしたる増加量ではなかったものの1996年から急激に上昇している．これは1994年の端末レンタル制から買い取り制への変更，1996年の新規加入料の廃止等によって利用者にとって新規のサービス加入が容易になったためである．このため1996年から2006年の10年間の年平均成長率は72%と高い成長率を示している．

表2　携帯電話の各種サービス開始時期（情報通信白書　平成17年版[1]，各社Webサイト）

年 月	各種サービス
1979 年 12 月	電電公社が東京 23 区で自動車電話サービスを開始
1987 年 4 月	NTT が携帯電話サービスを開始
1992 年 7 月	NTT が移動体通信事業を分離．NTT 移動通信網（株）（NTT ドコモ）が発足
1994 年 4 月	移動機（携帯電話機）売切り制の導入
1996 年 12 月	新規加入料の廃止
1999 年 2 月	NTT ドコモがインターネット接続サービス「ｉモード」を開始
2000 年 4 月	国際ローミングサービス開始（Global Passport）
2000 年 7 月	位置情報サービス開始
2000 年 11 月	カメラ付き携帯の提供開始（J-フォン）
2001 年 1 月	Java 対応サービス開始
2001 年 11 月	動画サービス開始
2004 年 7 月	非接触 IC カード搭載型携帯電話の提供開始

図2　携帯電話，PHS，ポケベル，携帯IP接続利用者数の推移（TCAデータ[2]を元に作成）

携帯電話端末の変遷については，当初は重量が非常に重いために「自動車」電話だったものが，使用回路の高集積化，部品の小型化・薄型化，高密度実装により小型化が図られて，文字通り「携帯」可能な電話端末となった．そして小型化がある程度まで実現された後はWebブラウザ・電子メール，デジタルカメラ，テレビ放送受信，音楽プレーヤー，テレビ電話，ICカードなどの高機能化へシフトすることとなった．

端末の高機能化に伴って，表2，図3にもあるように，携帯電話ネットワークが提供するサービスは音声通話サービスのみから，インターネットアクセス，電子メール，モバイルECサービス，電子認証サービス，ICチップによる決済サービス，GPSによる位置検出サービス等に広がりを見せた．

図3　利用されている携帯電話の各種機能の有無（情報通信白書　平成17年版[3]）

このように携帯電話の発展の過程を見ると，まず移動体通信サービスが始まったことで個人に電話機が割り当たり，通信が個人に従属する可能性が生まれた．言い換えるとネットワークに参加可能なノード数を増加させる素地が固まったのである．

次いで，端末の小型化が進められた．1993年には携帯電話のデジタル化が始まり，ムーアの法則に基づいて端末回路の集積密度向上，部品の小型化・高機能化が促進された．

そして，料金設定の変化が携帯電話サービスの利用者数増加の始まりとなった．爆発的な利用者数の増加を契機として規模の経済性が働き，端末やデバイスの価格性能比の向上を急激に加速したであろうことは想像に難くない．

利用者数増加と端末の小型化・高性能化により，携帯電話ネットワークはその規模や性能だけではなく，機能や使いやすさも向上することとなった．これにより1990年代後半からは端末側，ネットワーク側双方でサービスの多様化（＝機能，使いやすさの向上）が進んだ．サービスの多様化にあたっては，これまでネットワークに接続されていなかった機能がネットワークに接続され（デジタルカメラ，音楽プレーヤー，ICカード等），また移動性を有していなかった機能が移動性を持つこととなった（インターネットアクセス，電子メール，各種アプリケーション等）．

結果として，携帯電話ネットワークは現在のような社会インフラ，生活基盤の一角を担う地位を占めるようになり，ネットワークとしての価値が向上したと考えられる．

3.3　ワイヤレスネットワーク―新たな要素技術と標準規格

このように参加者（接続ノード）の増加とそれに伴う機能・使いやすさの発展が見られてきた携帯電話ネットワークであるが，さらなる性能/機能向上を実現するために，無線通信分野やその周辺領域において近年さまざまな要素技術が進展し，標準規格の議論が進められている．

ワイヤレスネットワークを支える要素技術としては，伝送速度の高速化・高品質化を目指す技術（UWB, MIMO），電波の利用効率を高める技術（OFDMA）がある．また，現在議論が進められている標準規格としては，既存の通信方式の高速化を目指した規格（802. 11n），広域での高速通信を実現する規格（WiMAX，モバイルWiMAX），これまでネットワークに接続されていなかった機器を接続する規格（センサーネットワーク，ZigBee）がある．今後さまざまなネットワークにおいてサービスの多様化を促す可能性を秘めているこれらの要素技術や標準規格の概要について次に紹介し，通信事業者ネットワークや企業ネットワークへの影響を論じる．

3. 3. 1　UWB

UWB（超広帯域無線：Ultra Wide Band）とは，一般にはその名が表すとおりこれまでの無線通信技術に比べて極めて広い周波数帯域を使用する無線通信方式とされている（図 4）．近距離（～10 m）での高速通信（数百 Mbps）を対象としているため，主に室内での利用が想定されている．その他には消費電力が低い，ノイズ耐性がよい，位置検出の精度が高いなどの特徴がある．

図 4　UWB の特徴

UWB の実用化については，米インテル社が推進する WiMedia 方式を基にした USB の無線化方式である「Certified Wireless USB」対応製品が 2006 年中に市場投入されるのが最初だろう，と予測されている．無線 USB については他の方式も同様に市場への参入が予定されており，PC と周辺機器を接続する USB の無線化という同一の目的で複数の技術が提供されることで利用者にとっては混乱を招く可能性があるとの分析も見られている．

無線 USB 以外への UWB 技術の展開については，UWB の特徴（消費電力が低い，ノイズ耐性がよい）を生かして，デジタルテレビや DVD プレーヤーなどの家庭用映像機器の接続への適用も進められている．一方でメッシュ・ネットワーク技術と組み合わせた UWB チップセットを開発しているメーカーもある．メッシュ・ネットワーク技術は，無線で動的に構成されたリンクを伝ってバケツリレー的にデータを送受信することで中継ネットワークを構築する技術である．UWB チップセットとの組み合わせで，家庭内機器（映像機器，音響機器など）やポータブルデバイス（ゲーム機，音楽プレーヤー，携帯電話，デジタルカメラ）が自動的に認識され，自律的に（メッシュ）ネットワークを構成するような利用環境の実現を目指している．

日本国内での UWB の利用については，総務省情報通信審議会が UWB 使用時の出力許容値案を取りまとめており，早ければ 2006 年後期には製品販売が可能になる見通しである．このため，2007 年には初期の UWB 適用製品群（PC–周辺機器接続，家庭用映像機器接続）の提供が開始され，2008 年頃にはメッシュ・ネットワークを構成する利用環境が登場し，企業のネットワーク環境での利用方法が検討され始める可能性がある．

3.3.2　MIMO

MIMO（Multiple Input Multiple Output）はデータの送信・受信に複数のアンテナを使用する通信技術である．図5に示されたとおり，複数のアンテナを使用して空間上で並列伝送することで，伝送容量を増大すると共に通信品質を向上させる点が最大の特徴である．

図5　通常のアンテナシステムとMIMOの比較

MIMOはアンテナ技術を中心としたシステムであり，適用可能な領域は多岐に渡る．そのような中で最も早く製品が登場したのは無線LAN分野である．規格の標準化を待たずに，超高速無線LANという触れ込みで幾つかの機器メーカーから2005年には独自規格の製品が提供された．標準規格であるIEEE 802.11 nの標準化は2006年末から2007年の完了を目標にして検討が進んでおり，2007年には相互接続性を確保した製品の提供が開始されると言われている．

携帯電話ネットワークにおけるMIMOの適用については，2013〜14年頃に実用化を迎えるといわれている第4世代移動通信システムにおいて採用される見通しであり，技術要件に関して，現在ITU等の標準化団体において議論が進められている．

このほかにも，他のデータ通信技術（WiMAX, UWB等）や放送システムへの適用についても研究・開発が進められており，MIMOは各種ワイヤレスネットワークの性能向上（伝送容量拡大とノイズ耐性の向上）の切り札として非常に注目を集めている．

3.3.3　OFDMA

OFDMA（直交周波数分割多元接続：Orthogonal Frequency Division Multiple Access）は多元接続（複数のユーザが無線伝送路を共有して同時に通信を行なう方法）の一つで，無線LAN（802.11 a/g）で使用されているOFDMを応用しており（図6），周波数利用効率の高さに特徴がある．

現在の3G携帯電話ではCDMA（符号分割多重接続：Code Division Multiple Access）が使用されているが，携帯電話に限らず次世代の無線通信ではOFDMAが多元接続の主流技術となるという意見が多い．

図6　OFDMとOFDMAの違い

OFMDA の実用化については，後で述べる WiMAX，モバイル WiMAX（広域・高速無線データ通信方式：IEEE 802.16-2004, 802.16 e-2005）で採用されており，対応製品が徐々に市場に投入されている．

また OFDMA の応用としては，NTT ドコモが次世代 3 G 方式の一部として開発中の「VSF-OFCDM」（可変拡散率直交周波数・符号分割多重：Variable Spreading Factor-Orthogonal Frequency and Code Division Multiplexing）や，米 QUALCOMM 社が IEEE 802.20 ワーキンググループに提案した「QTDD」などがあり，いずれも数年以内に周波数あたりのビットレートを向上させながら，100 Mbps を越える最大データ速度の実現を狙っている．

3. 3. 4　超高速無線 LAN（IEEE 802.11 n）

図 7 に見られるように IEEE 802.11 a/b/g として規定されたいわゆる無線 LAN は PC，ポータブルゲーム機，携帯電話，PDA などと共に個人，企業の両方において広く普及している．この無線 LAN を高速化する技術標準として 802.11 n の策定が進められている．

図 7　無線 LAN の普及率（左：個人の無線 LAN 導入率，右：企業の無線 LAN 導入率，情報通信白書平成 17 年版[4]）

802.11 n は，前述の MIMO 技術を中核に現在の無線 LAN の高速化（目標：実効帯域 100 Mbps 以上，最高数百 Mbps）が目的であり，2007 年の標準化完了を目指している．MIMO 技術を採用するメリットは伝送容量拡大とノイズ耐性の向上（＝伝送品質の向上）といったネットワークの性能向上であるため，802.11 n はこれまでの企業や家庭においてデータ通信に使われてきた無線 LAN 環境の高速化のみならず，デジタルテレビや DVD プレーヤーなどの家庭用映像機器の接続への適用の検討も進められている．

3. 3. 5　WiMAX，モバイル WiMAX

無線 LAN は免許不要な周波数帯域を利用するために伝送距離が短く，主に家庭内やオフィス内での利用に限定されるが，通信事業者が提供するデータ通信サービスをターゲットとしたネットワーク技術として WiMAX（IEEE 802.16 a/d），モバイル WiMAX（IEEE 802.16 e）の普及が進められている（図 8）．

図 8　WiMAX，モバイル WiMAX の利用イメージ

WiMAXは，インターネットアクセスにおけるDSLの無線版という位置づけで，2001～2004年にかけていくつかの規格が標準化され，主に諸外国の郊外エリアや発展途上地域で導入・利用されてきた．

モバイルWiMAX（IEEE 802.16 e）規格は，モバイル環境での利用を念頭において2005年末に標準化が完了した．このモバイルWiMAXは現在の携帯電話とPHSの中間程度の100 km/h程度での移動を伴う環境で利用可能なことから，対象とする環境は，郊外エリアや発展途上地域よりは，むしろ都市部での高速モバイルデータ通信であると考えられている．

日本においては総務省が2006～2007年に電波割当を検討している2.5 GHz帯においてモバイルWiMAXが採用される可能性が高いことから，2007～2008年頃には数十Mbps程度での高速なワイヤレス・ブロードバンド環境が広域で提供され，個人だけではなく企業の情報処理基盤の拡大も期待されている．

3.3.6　センサーネットワークとZigBee

センサーネットワークは多くのセンサーデバイスをネットワークで結び，人やモノの状況，その周辺環境を認識し，利用者の状況に即した様々なサービスを実現することを可能にする．応用分野としては，防犯・セキュリティ，医療・健康，防災，農産物等の各種生産過程，環境問題など多岐にわたり，社会の安全・安心，生活における快適性・ゆとりの向上，生産・業務の効率化等にあまねく寄与するものである（図9）．センサーネットワーク環境が実現することで，これまでネットワークに接続されていなかったものが接続され，今後の情報処理に新しい概念を与え，新たな基盤技術の一つとなる可能性が秘められている．

図9　センサーネットワークを利用したアプリケーション（総務省研究会資料[5]より）

センサーネットワークに活用される技術には，1)外界を認知するためのセンサー自体の技術，2）センサー同士やセンサーと既存のネットワークを結ぶネットワーク技術，3）センサーから得られた情報を活用するためのミドルウェア/アプリケーションの3種類の技術がある．1）と3）は本論の範疇外であるため，ここでは取り上げないが，2）の代表的なネットワーク技術としてZigBeeを取り上げる．

ZigBeeは低消費電力（単3乾電池2本で約2年駆動）と低コスト（チップあたり数十円程度）で数十m程度の伝送距離を実現する無線通信規格の一つである．IEEEとZigBeeアライアンスが中心になり規格の策定・普及を行っており，先に説明したUWB同様にメッシュ・ネットワークを自律的に構成・調整することを想定した技術仕

様である．ゲーム機器・携帯電話などのポータブルデバイスへの応用のほか，低コスト・低電力という特徴から，家電の遠隔制御，ビルオートメーション，ファクトリーオートメーションなどの分野への適用が検討・推進されている．

現時点ではZigBeeをメッシュ・ネットワークで使用する場合に必要なルーティング・プロトコルや，ルーティング・テーブルの大きさ，接続台数，遅延時間設定などの詳細など規定されていない部分も多いが，Bluetoothより低い製造コストが予想され，上記のような防犯・セキュリティ，医療・健康，防災といった分野においてセンサーネットワーク環境の普及を促す可能性の高いネットワーク技術規格である．

4. ブロードバンドとインターネットがもたらしたもの—NGN, P 2 P, Web 2.0—

前章では企業の情報処理環境に影響を及ぼすネットワーク技術の観点からワイヤレスネットワークの要素技術を論じたが，本章ではアーキテクチャ，サービスの観点から影響を及ぼす可能性がある領域の概要を取り上げ，どのような影響を及ぼすかを考察する．

1990年代から2000年代にかけてのネットワーク分野における大きな変化は，2章で見たとおりインターネットとブロードバンドの隆盛が挙げられる．この2つの分野の動きが企業の情報処理にこれまで及ぼした影響には，情報処理システムのさらなるオープン化，企業ネットワークのIP化の促進，情報処理環境の裾野の広がり（企業内に留まらず，他の企業や個人，社会全体での利用を見据えて），アクセスネットワークの高速化による情報処理環境の自由度の向上と通信コストの低減等が挙げられる．

そしてこの2つの領域での変化は今後も引き続き企業の情報処理に影響を与えようとしている．その影響は，目に見える形として，NGN, P 2 P, Web 2.0といういわば「情報通信基盤をどう捉えるか」というアーキテクチャの変化を示すいくつかの潮流として現われてきている．NGNは現在のインターネットの様々な課題に対しての通信事業者からの回答であり，P 2 Pはインターネットの特徴の一つである非中央集権性をアプリケーションレベルで実装したものである．Web 2.0はインターネットを単なる通信基盤ではなく，データやサービスの共有基盤として利用することで，Webを取り巻く技術・サービスを更に進化させようという動きである．そしていずれもがブロードバンドの普及を前提としている．

本章では，アーキテクチャ的な観点から今後企業の情報処理に影響を及ぼす可能性がある領域としてNGN, P 2 P, Web 2.0の概略をひも解き，次章にてどのような影響を及ぼすかを考察する．

4.1 NGN

情報通信技術のグローバルな標準化団体であるITU（International Telecommunication Union：国際電気通信連合）において近年IP技術をベースとした次世代の通信網として，図10で示されるようなNGN（Next Generation Network）が検討されている．

NGNの特徴は次のとおりである．

—現在の回線交換網とは異なり，IPやMPLSのようなパケット通信技術で構成

—トランスポート機能とサービス機能の分離（ストラタムを分離）

—端末による様々な機能（ディレクトリサービス，認証，位置情報，メディア変換等）の活用

—モバイルアクセスと固定アクセスのシームレスな連携

—マルチサービス，マルチプロトコル，マルチベンダーな環境

NGNによって提供されるサービスは，現在の電話サービスだけではなく，VoIP（Voice over IP）に対応した拡張性の高い音声（電話）サービス，インターネットへの接続，テレビ電話，オンラインゲーム，IM（インスタント・メッセージング），プレゼンス機能・位置情報機能等を活用したサービス，データ通信サービス，センサーネットワークとの連携等の拡張サービスが検討されている．

また昨今話題に取り上げられることの多い「固定と移動の融合」（Fixed Mobile Convergence）についても，電話サービスの場合における番号の共通化，エンド・ツー・エンドでの品質確保等がNGNに関連して議論されており，また，携帯電話規格である3GPPで議論されているIMS（IP Multimedia Subsystem）の固定網への拡張も検討されている．

図 10　NGN 概念図

これらのサービスの提供により，NGN は利用者にとっては現在の電話網が提供する高い信頼性・高い安心感を維持しながら，電話だけではなくテレビ会議やストリーミング等を含めた様々な拡張サービスをリーズナブルな料金で利用可能だと言われている．

日本における NGN の導入については，総務省が「2010 年には世界最先端の ICT 国家として先導する」という u-Japan 構想を受け，次世代 IP ネットワーク早期実現に向けて次世代 IP インフラ研究会（2004 年 2 月～2005 年 6 月）を開催した．本研究会からの報告を受けて，総務省の情報通信審議会において具体的な技術課題を検討する「IP ネットワーク設備委員会」や，産学官の関係者により構成される「次世代 IP ネットワーク推進フォーラム」が 2005 年末に相次いで設立され，通信事業者の通信基盤への実際の適用が議論されている最中である．

NGN の動向は，中長期的に通信事業者の提供サービスに影響を及ぼし，結果として企業における情報処理環境へ波及することが想像される．特に通信事業者のネットワークが単なる通信路ではなく，先に見たような様々な拡張サービスを提供する基盤となることで，これまで企業内で構築してきたシステムを置き換えていく可能性がある．このため，アクセスネットワークの動向もさることながら，通信事業者の拡張サービスの展開について注視しておく必要がある．

4.2　P2P

P2P は一般には，他のノードと同等の立場（クライアントでもあり，サーバでもある）にあるノードの集合によって形成されるネットワークモデルのことを指す．言い換えると，階層のないフラットなネットワークが形成される究極の分散処理環境である．

P2P の実際の実装では，処理の一部にクライアント・サーバモデルを使用する場合があり，この場合ハイブリッド P2P と呼ばれる．一方すべての処理を P2P モデルで行う場合にはピュア P2P と呼ばれる（図 11）．

P2P モデルをファイル交換・共有アプリケーションに適用したものに Napster, BitTorrent 等が，音声通信アプリケーションに適用したものとして Skype がよく知られている．また，コンテンツ配信基盤に適用したものとして Kontiki，グループウェアとして Groove がある．

クライアント・サーバモデルとの大きな違いは P2P が持つ非集中性，非中央集権性である．特徴としては，1）サーバに集中する負荷を分散することによるスケーラビリティの確保，2）単一障害点を回避し，高可用性を実現する，というメリットが挙げられる．逆にデメリットとしては，1）処理が分散するために運用・管理が難しい，2）大規模な実環境に向けたスケーラビリティ，高可用性等のテストに工夫が必要，等である．

P2P アプリケーションはスケーラビリティを確保し，高可用性を実現するために下位の通信レ

図 11　クライアントサーバ，ハイブリッド P 2 P，ピュア P 2 P の比較

イヤへの依存度を極力抑えている．このため，P 2 P ネットワークの制御やトポロジは下位の通信網（多くの場合はインターネット）の物理的なトポロジとは独立していることが多い（図 12）．逆の見方をすると，現在の物理ネットワークの構成では P 2 P ネットワークのトラフィックパターンをつかむことは難しく，制御することが困難なケースが多い．

図 12　P 2 P ネットワークと下位ネットワークのトポロジ分離

このような P 2 P モデルで大規模に利用されているものに音声ベースのコミュニケーションツールである Skype がある．Skype は現時点で常時数百万以上のユーザが利用する大規模な P 2 P アプリケーションである．ソフトウェアとしての Skype には音質の良さや設定の容易さなどの特徴があるが，これに加えて，世界中どこでも無料通話可能というメリットとブロードバンド（常時接続）環境の整備のタイミングが合致し，短期間で爆発的な普及を見せた．Skype の急速な普及を可能にした理由の一つは，P 2 P モデルの採用により，短期間で爆発的に利用者数が増大しても全体としては破綻することが無かったという点にある．

また Skype は，小規模ながら企業での利用が散見される．これらの利用例を見た場合，P 2 P アプリケーションはクライアント・サーバモデルと相互補完的な利用が想像される．先にも述べたが P 2 P アプリケーションはサーバが不要で，クライアントにソフトウェアをインストールすることで利用環境が構築可能であるため，イニシャルコストが低く，スケーラビリティを柔軟に確保することが可能である．このため，クライアント・サーバモデルでは重すぎる，期間限定で密度の高いコミュニケーションが必要とされる短期プロジェクトや，流動性の高い運営が必要とされる組織での利用に適している．

先に挙げたように，P 2 P モデルは究極の分散処理である．このため過去に直面してこなかった課題が提示されており，解決方法の研究が必要であるが，徐々にそのメリット・デメリットが明らかになってきている．高い柔軟性をもった企業の情報処理環境の実現に向けて，欠点を補いつつも，これまで見てきたような導入コストの低さと柔軟な拡張性というメリットを生かせる P 2 P の適用領域の検討を開始する時期にさしかかりつつあるといえる．

4. 3　Web 2.0

「Web 2.0」という用語は，様々な理解・分析が

見られるが，平たく言うと Web の様々な領域(技術，サービス)における進化の総称である(図 13)．進化が進んでいる領域には Google, del. icio. us で使用されているデータ検索・分類技術（手法），Ajax（Asynchronous　JavaScript＋XML）によるアプリケーション開発，RSS, ATOM 等コンテンツ配信フォーマットによるデータのシンジケーション，REST, SOAP 等によるアプリケーション間通信など，Web に関連する技術領域があるが，それだけではなく，これらの技術要素を利用したサービスのあり方とその変化までを含めた広範なコンセプトモデルに対しての呼び名である．

図 13 「Web 2.0」と関連分野の連携[6]

Web 2.0 の本質については，サービス提供者として自社が持つデータやサービスを開放し，不特定多数の人々がその周辺で自由に新しいサービスを構築できるプラットフォームを用意することが Web 2.0 の本質である，という指摘がある[7]．サービス提供者はインターネットに Web 2.0 プラットフォーム（データ，コンテンツ，サービス）を提供する．分散処理を推し進めた P 2 P とは異なり，Web 2.0 は集中型の情報処理に戻っているように見えるが，旧来の集中処理と異なるのは，データ，コンテンツ，サービスがプラットフォームとしてインターネットを介してオープンになっていることである．そしてユーザはそのプラットフォームをただ使うのではなく，サービス提供者や他の参加者と一緒にサービスや利用環境を作り上げ，機能や性能が悪ければ改良し，共有すべき情報があれば他の参加者と共有する．

このような参加型環境の実現には，データやコンテンツやサービスが開放された Web 2.0 プラットフォームが提供されていることはもちろんであるが，多数の人々がこの新しいサービス，プラットフォームを手軽に利用できる環境が必要となる．例えばクライアント環境としては，このプラットフォームを利用するために必要なものは Web ブラウザであり，専用のクライアントのインストールは不要である．これにより，端末への依存度を低下させることが可能である．また，ネットワークの観点からは，安定して快適な通信速度を実現し（高速化），様々な場所からのアクセスが可能（モバイル化）な通信環境により，データやサービスをインターネット上の Web 2.0 プラットフォームに残したままでも快適に利用可能である．このような通信環境は主に前章でみたワイヤレスネットワーク技術の進展に伴い，徐々に実現するであろう．このような通信環境の整備によって参加者の数は徐々に増加し，結果として Web

2.0 プラットフォームの質と量の向上につながっていく．

現時点では Web 2.0 と派生する動きは発展途上の初期段階にあり，企業の情報処理環境に大きな影響を与えていない．しかし Web 2.0 プラットフォームを使用し，情報処理環境を拡大しようとする取り組みは徐々に増えつつある．例えば，製品の作り手と使い手の間で製品情報に関する双方向のやり取りに使用するケースや，自社の情報サービスにおける機能拡張の一部に取り込んだケース，また新たなマーケティング基盤の一部として位置づける，などである．さらには Web 2.0 プラットフォームから情報の集積・分類・配信の機能を取り出し，企業内において無形資産であるノウハウや経験，つまり暗黙知の見える化を実現させ，これらの無形資産の流動性を最適化させよう，という取り組みも現れつつある．

Web 2.0 から派生する技術やサービスはこれまでの基幹システムを置き換えるものでは決してないが，企業における次世代の情報処理環境を考える場合にこれらの動きの中で起きていることから目を離してはいけない．

5.　広がりゆくネットワーク技術

本章では，前章まで見てきた様々なネットワーク技術の動向とその影響によって起きてきた動きについてまとめ，今後どのようにネットワーク技術が広がり行くかを考察する．

本論冒頭で 1970 年代～2000 年代までのネットワーク技術の発展の過程と情報処理技術とのかかわりについて概観した．歴史から判ることは，情報処理技術，ネットワークのいずれにおいても価格性能比は向上し続け（ムーアの法則），ネットワークに参加するノードは増え続けてきた（メトカーフの法則）ということである．このムーアの法則とメトカーフの法則を補助線として携帯電話ネットワークの発展を振り返り，ネットワークはどのように発展するかをひも解いた．そこで判明したのは，ネットワークへの接続数の増加，端末・デバイスの高機能化・低価格化，ネットワークの機能・使いやすさの向上というのは連鎖的に作用する関係にあり，その作用がうまく噛み合った場合にネットワークの拡大にもたらす効果は非常に大きい，ということである．

続いて，企業の情報処理環境に変化をもたらす可能性がある領域として，ワイヤレスネットワークの要素技術（UWB, MIMO, OFDMA）や標準規格（802.11 n, WiMAX，モバイル WiMAX, ZigBee）を取り上げた．これらの技術や規格は，他のネットワーク技術の例に漏れず，これまでに接続されていなかったデバイスをネットワークに接続し，既に接続されている場合にはより高速な，より高信頼性のネットワークの実現を目指して，研究や議論が進められている．

また，ブロードバンド，インターネットが企業の情報処理環境に変化をもたらす可能性がある新たな潮流として NGN, P 2 P, Web 2.0 を論じた．NGN は現在のインターネットの様々な課題に対しての通信事業者からの回答であり，P 2 P はインターネットの特徴の一つである非中央集権性をアプリケーションレベルで実装した究極の分散処理基盤，Web 2.0 はインターネットを単なる通信基盤ではなく，データやサービスの共有基盤として利用することで，Web を取り巻く技術・サービスを更に進化させようという動きである．それぞれは一見ばらばらで脈絡がないように見えるが，いずれをとっても企業の情報処理環境を周辺領域から変化させる動きであり，その動向と適用範囲について注視しておく必要がある．

今後も情報処理技術，ネットワークのいずれにおいても価格性能比は向上し続け（ムーアの法則），ネットワークは規模・価値ともに増大し続ける（メトカーフの法則）という流れはしばらく止むことがないだろう．コンピュータの小型化・高性能化は引き続き進化を遂げ，新しい種類のネットワークが登場し，既存のネットワークは規模や機能の拡大を続けていく．

そのような状況では，人だけではなく「モノ」がネットワークへ接続することで，ネットワークへの接続ノード数が増加し，ネットワークの規模と機能の使いやすさを拡大させることになるだろうという予測は不自然なものではなくなりつつある．

さらにネットワークの裾野が広がり行くなかで，セキュリティやサービスレベルを確保するためには NGN のような高機能・高品質なインフラが必要とされ，新たな利用モデルの側面において，データやサービスの共有を進めて利用者のネット

ワークへの関与を高めるためにWeb 2.0のような方法論の必要性も高まってくる．また，ネットワークへ接続する方法としてのワイヤレスネットワーク技術の必要性，有効性は高まり，スケーラビリティを確保するという意味においてＰ２Ｐモデルの適用分野が拡大する可能性も否定できない．

結果として2010年頃にはこれまでの「コンピュータ」に加えて，超小型のコンピューティングデバイスが埋め込まれて知能化されたさまざまなモノが，ワイヤレスに代表されるさまざまなネットワークを介して接続され，いつでも，どこでも，誰とでも，何とでも連携するITの新時代が現われ始めるだろうと想像できる．

6. おわりに

本論で取り上げたさまざまな動きがすべて良い方向に進んでいけば，ネットワークの信頼性や安全性の向上はもちろん，バラ色のITの新世代，絵に描いたようなユビキタス社会が実現するだろう．しかし，いずれの動きにおいても，企業や個人を問わず，利用者が置かれる環境の変化は想像するより大きくなる可能性がある．情報処理環境は常に複雑化する可能性を孕んでいるのである．

これらの潜在的な課題を解決するためには，より使いやすい仕組みやインタフェイスを手軽に利用可能にすることや，利用者の置かれた環境やコンテキストを自動的に知り，利用者の立場に立って機能や使いやすさを自律的に調整する仕組みなどについて研究が必要と想像しており，これらの分野への取り組みを深めていく予定である．

今後の課題の解決に当たっては，日本ユニシスグループでの取り組みのみならず，ユーザの方々を含めて集合的な知の活用が必要だと考えている．利用者の立場に立って課題を解決しながら，いつでも，どこでも，誰とでも，ネットワークを介してあらゆる人・モノが連携して，人と環境に優しく，安心で快適な新しい世界，ユビキタス社会を実現していきたいと考えている．

参考文献
［１］ 総務省，情報通信白書平成17年度版，総務省，2005年6月，第1章　第4節　2−1.
［２］ 社団法人　電気通信事業者協会，携帯電話/IP接続サービス（携帯）/PHS/無線呼出し契約数，http：//www.tca.or.jp/japan/database/daisu/index.html
［３］ 総務省，情報通信白書平成17年度版，総務省，2005年6月，第1章　第4節　2−2.
［４］ 総務省，情報通信白書平成17年度版，総務省，2005年6月，第1章　第4節　2−2.
［５］ ユビキタスセンサーネットワーク技術に関する調査研究会，ユビキタスセンサーネットワークの実現に向けて　最終報告，総務省，2004年8月，第3章.,http：//www.soumu.go.jp/s−news/2004/pdf/040806_4_b 2_4.pdf
［６］ Tim　O' Reilly, Web 2.0：次世代ソフトウェアのデザインパターンとビジネスモデル，http：//japan.cnet.com/column/web 20/story/0,2000054679,20090039−4,00.htm,2005年11月
［７］ 梅田望夫，ウェブ進化論，筑摩書房，2006年2月，pp. 120.

（ユニアデックス株式会社戦略事業グループイノベーションマーケティング部）

All Rights Reserved. Copyright® 2006 Nihon Unisys, Ltd.