

Title	マイクロデシック・ネットワークの社会的効用
Author(s)	上杉, 志朗
Citation	大阪大学, 2001, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3184249
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

[博士論文]

マイクロデシック・ネットワークの社会的効用

2001 年 3 月

大阪大学大学院国際公共政策研究科

上杉 志朗

目次

序章	5
1 はじめに	5
2 「パンの時代から言葉の時代」へ	7
3 自律超分散型デジタル・コミュニケーション・ネットワークとは	9
3.1 インターネットの歴史的背景	10
3.2 ネットワークのネットワーク「インターネット」への進化	10
3.3 インターネットの商用化とその後の進展	11
4 本論の問題意識と課題	11
4.1 日本におけるデジタル・コミュニケーション・ネットワークの課題	11
4.2 現在のアクセス網のありかたと課題	12
4.3 マイクロデシック・ネットワーク概念と本論の課題	15
5 本論の構成	16
第一部 マイクロデシック・ネットワークの理論的研究	
第1章 マイクロデシック・ネットワークの背景	23
1 はじめに	23
2 マイクロデシック・ネットワークの源流 ~ ジオデシック・ネットワーク ~	24
2.1 ジオデシック・ネットワークとは	24
ジオデシック・ネットワークの背景	26
3 現在のアクセス網の類型に関する整理	31
3.1 求められるネットワーク像	31
3.2 有線系技術	36
3.3 無線系技術	38
3.4 小括	41
4 マイクロデシック・ネットワークへの漸近	43
4.1 電力線通信 (Power Line Communication)	43
4.2 Bluetooth	45
第2章 マイクロデシック・ネットワークとは	51
1 はじめに	51
2 マイクロデシック・ネットワークの特性	53
2.1 近距離での通信能力の向上	53
2.2 事実上無限の伝送能力	54
3 マイクロデシック・ネットワークの「構成要素」	55

3.1	ノード.....	55
3.2	リンク.....	56
3.3	小括.....	58
4	マイクロデシック・ネットワークの「地理的な広がり」.....	59
4.1	コミュニティのネットワーク.....	59
4.2	BAN (Body Area Network)	60
4.3	小括.....	60
5	マイクロデシック・ネットワークの「対象」.....	61
5.1	広義のコンピュータ・ネットワーク.....	61
5.2	コミュニティ・ネットワーク.....	61
5.3	小括.....	61
6	まとめに替えて：マイクロデシック・ネットワークでなにができるか.....	62
6.1	ピア・トゥー・ピア (水平的関係)	62
6.2	ボトムアップ型ネットワーク構築.....	63
第3章	マイクロデシック・ネットワークの社会的効用.....	67
1	はじめに.....	67
2	社会的効用の捉え方.....	68
2.1	経済的利得の捉え方.....	68
2.2	非経済的利得の捉え方.....	69
3	経済的利得として捉えたマイクロデシック・ネットワークの社会的効用.....	70
3.1	ミクロ的な経済的利得.....	70
3.2	マクロ的な経済的利得.....	72
4	非経済的利得で捉えたマイクロデシック・ネットワークの社会的効用.....	74
4.1	コミュニティ・ビルディング (コミュニティの再生)	74
4.2	分散化された知恵の活用.....	75
4.3	民主化の促進.....	77
4.4	次世代インターネットのあり方を考える道しるべとしての役割.....	78
4.5	コミュニティ・エリア・ネットワーク (CAN) の促進.....	78
5	まとめ.....	80
第4章	マイクロデシック・ネットワークに関わる政策課題.....	85
1	はじめに.....	85
2	電力線通信システムの日米比較.....	86
2.1	日米の電力線通信システムの性能比較.....	86
2.2	性能差の原因.....	88
3	電力線通信に関する公的規制の日米比較.....	88

3.1	日米の電力線通信に関する規制の概観	89
3.2	規制の背景にあるもの	90
4	規制策の日米比較からの教訓	93
4.1	電力線通信の二つの顔	93
4.2	First 100 feet	94
4.3	我が国の電波政策に求められる姿勢	95
5	まとめと政策提言	97
5.1	電力線通信について	97
5.2	関連の電波行政について	98
5.3	マイクロデシック・ネットワークの観点の重要性	98
第二部 マイクロデシック・ネットワークの事例研究		
第5章	家庭内のマイクロデシック・ネットワーク	105
1	はじめに	105
2	家庭内のデジタル化で何が起きるか	106
2.1	「衣」	106
2.2	「食」	106
2.3	「住」	107
2.4	「遊」	107
3	二つのネットワーク方式	107
3.1	ピア・トゥー・ピア型	108
3.2	クライアント＝サーバ型	109
4	まとめ（マイクロデシック・ネットワーク概念の利用）	112
第6章	コミュニティのマイクロデシック・ネットワーク	115
1	はじめに	115
2	コミュニティのデジタル・コミュニケーション・ネットワークに出来ること	116
2.1	制御系の機能	117
2.2	情報系の機能	118
3	マイクロデシック・ネットワークとデジタル化されたコミュニティ	118
3.1	デジタル・コンテンツ	119
3.2	バリアー・フリー・コミュニティ	121
3.3	強化されるコミュニティの結びつき	123
4	マイクロデシック・ネットワークの運営形態	124
4.1	トップダウン型	124
4.2	ボトムアップ型	125

5	ケース・スタディ：開発途上国におけるデジタル・コミュニケーション・ネットワークの構築.....	127
5.1	開発途上国におけるデジタル化に伴う課題.....	127
5.2	モンゴルでの無線インターネット網構築実験からの教訓.....	129
5.3	コミュニティがネットワークを所有する意味.....	133
5.4	小括.....	134
6	コミュニティのマイクロデシック・ネットワークの評価.....	135
	新しい評価軸の必要性.....	136
6.2	コミュニティ・マネーの活用.....	137
6.3	具体的手法.....	138
7	まとめ.....	138
第7章	終章 まとめと展望.....	143
1	まとめ.....	143
2	ダウンサイド.....	144
	謝辞.....	146

序 章

1 はじめに

本論は、21 世紀における社会基盤の一部であるテレコミュニケーション・ネットワークについて、とくにその重要な一部を構成すると予想されるデジタル・コミュニケーション・ネットワークの最下層を構成する¹アクセス網について、そのあり方を考察し、理想像としての「マイクロデシック・ネットワーク」構想の社会的効用を示すことをテーマとしている。

より具体的にいうと、本論では、現在「ユビキタス・コンピューティング（遍在する計算機能）」「ユビキタス・ネットワーク（遍在するネットワーク）」と称される次世代のネットワーク環境のあり方、すなわち、「どこにいても」「どんな時にも」デジタル・コミュニケーション・ネットワークを利用できる環境を睨んで、その実現に不可欠とされるネットワークにおけるアクセス系の構造が、我々²の提唱する「マイクロデシック・ネットワーク（Microdesic Network）」構想が描くものに合致することが描かれる。そして、このようなネットワーク構造が社会的資本として有用であり、社会的効用の高いものであり、コミュニティのデジタル・コミュニケーション・ネットワークの構築にとって不可欠であることが示される。

¹ 「最下層」という用語法は、はからずも現存のネットワークが「上下関係」に重きをおいた「階層構造」によって構築されてきたことを想起させる象徴的な用語である。ネットワークの利用者からすれば、最も身近にある部分、そして日常的に利用している部分、更には自分達自身が、「上下関係」でいうところの「最下層」に置かれているということ、これは、この部分が「アクセス網」と呼ばれる事と対を成して、キャリア、即ち、ネットワークの構築者であり、サービスの提供者である通信事業者からみてその部分を「下」と見続けていることを示している。従来型のネットワークの物理的構造からみると、「上」に行けば行くほど「高価」な交換機が使用され、「下」に行けば行くほど安価で機能も限定された端末が使用されるのが自然であった。この構造はあたかも国家の構造の縮図のように通信ネットワーク内に「上下関係」を確立していた。しかし、いまや端末には「インテリジェンス」が宿り、行政にあっては国から地方への権限の委譲が希求されている時代である。技術の高度化と社会構造の変化は程度の差こそあれ、同方向に向かって歩みを進めている。本論の問題意識の根底を流れているのは、それが民主化に至る歩みであること、そして 21 世紀に社会制度上の大きな変革が生まれるであろうという期待感と、これを支えるべきデジタル・コミュニケーション・ネットワークのあり方を現段階において熟考しておかなければ方向を見誤るのではないかという危機感である。

² 真田 [1999]、篠原 [1999]、水谷 [1999]、上杉 [1999] など

「マイクロデシック・ネットワーク」は超分散型、自律的なデジタル・コミュニケーション・ネットワークのあり方を示す概念である。

我々が日常「IT（情報技術）」という言葉聞いて連想するインターネットは超分散型ネットワークの一例である。しかし、その物理的な伝送網は電話通信網を主とした集中型である。ここには物理的伝送路とネットワーク構造との不一致が発生している。

本論では、現時点ではインターネットで代表されているデジタル・コミュニケーション・ネットワークが、ユビキタス・ネットワーク時代においては、技術進歩によって、インターネットにとどまらず、多くがマイクロデシック型、即ち、物理的な伝送網すらもが超分散型になり、ノード（端末）が「末端」にありながら、同時に主役でもあるというネットワークのあり方に進化することが示す。そして、マイクロデシック型ネットワークによってもたらされる社会的効用の向上について、具体的に明らかにする。

マイクロデシック・ネットワークは特定の要素技術、例えば、Bluetoothを指すものではない。むしろ、種々の要素技術のお互いの位置関係を一つのシステムとして捉えようとした場合に有効なネットワーク概念である。その意味で「スター型」「ツリー型」「バス型」などの概念と並行に「マイクロデシック型」ネットワークと対置させてもよい。

本論は、「マイクロデシック型」という観点から現在のネットワーク技術を点検し、未来を展望した際に何がみえてくるのか、何が必要となるのか、何が達成されるのか、という考察の記録であり、そこから得られたものを問題提起するものである。

2 「パンの時代から言葉の時代」へ³

古くは4千年以上遡るの中国の秦朝において、「狼煙(のろし)」を用いた連絡網が国々に張り巡らされていたことから分かるように、人間には、より遠くへ、より迅速に、より多くの情報を伝えたいという自然な欲求があるかに見える。そして、社会の要請を受け、この「遠くへ情報を伝える」技術は嘗々と進化を遂げてきた。

こんにちではテレコミュニケーションというと、電氣的通信手段が一義的に想定されることが多いが、電気を媒介しない通信手段もいまだに多々健在であり、人間のテレコミュニケーションに対する欲求は根源的なものようだ。

本来「テレコミュニケーション(telecommunication)」を辞書的に定義すると、「tele(離れた) communication(通信)」ということだが、「通信」が漢語であることから、更に読み解くと「信」すなわち人の言葉を「通」わせることであり、「離れた人と人とが言葉を通わせる」という意味である。

人間社会に古くからある「テレコミュニケート(離れた人と言葉を通わせ)したい」という欲求を満たす為に進化してきた技術は、20世紀末になって、これまでとは相当異なる成果をもたらした。それは、社会のありとあらゆる場面において、これまでの常識を覆すような影響を呼んでいる。それは、新しい産業の立役者として米国に未曾有の経済的繁栄をもたらす原動力となっている。また、それは、人類史上初めて、地球規模の物理的テレコミュニケーションを、特権をもった人物以外の一般人にも手が届く財として提供可能なものとした。

しかしながら同時に、それは、地球規模での財の偏在を解決する手段として礼賛されつつも、他方では、「情報格差(digital divide)」と名付けられた新たな貧富の差の拡大を招くものとして警鐘をならされる対象となっている。20世紀を締めくくる先進国首脳会議(沖縄サミット)の中心議題として「情報格差(digital divide)」問題が取り上げられたことは、未だ記憶に新しい。

³ 真田[1996]

19世紀末に導入された電信、そして20世紀初頭から導入された電話の技術は、概ね100年に亘り進化した結果、20世紀末に至って、他のテレコミュニケーション技術がなし得なかった機能を有し、社会に大きな変革をもたらしている。それはデジタル革命⁴と称される。コミュニケーションの対象（内容）をデジタル化することで、通信される容量を格段に増大させ、また、誤り無く迅速に伝送することが可能になった。そして何よりもコストの著しい引き下げを実現し、よって社会の隅々にまでデジタル・コミュニケーションが可能になった。

真田[1999]は、社会の変遷を分析するなかで、産業革命以降の工業化の歴史を「パンの時代」と呼び、デジタル革命以降を「言葉の時代」と名づけている。(図1-1参照)これによると、「パンの時代」においては、人々は日常の糧(「パン」)を得る技術を工業化のプロセスによって発展させてきた。そこでは、農業生産の工業化、新しい流通方式の開発、フォーディズムにみられる大量生産方式の開発と改善など、生産様式や新材料の開発、ディストリビューション・チャンネルの開発とその手段(自動車や航空機など輸送手段)の開発によって、「より安価に、より大量に」生産することが追求されてきた。これらの活動に

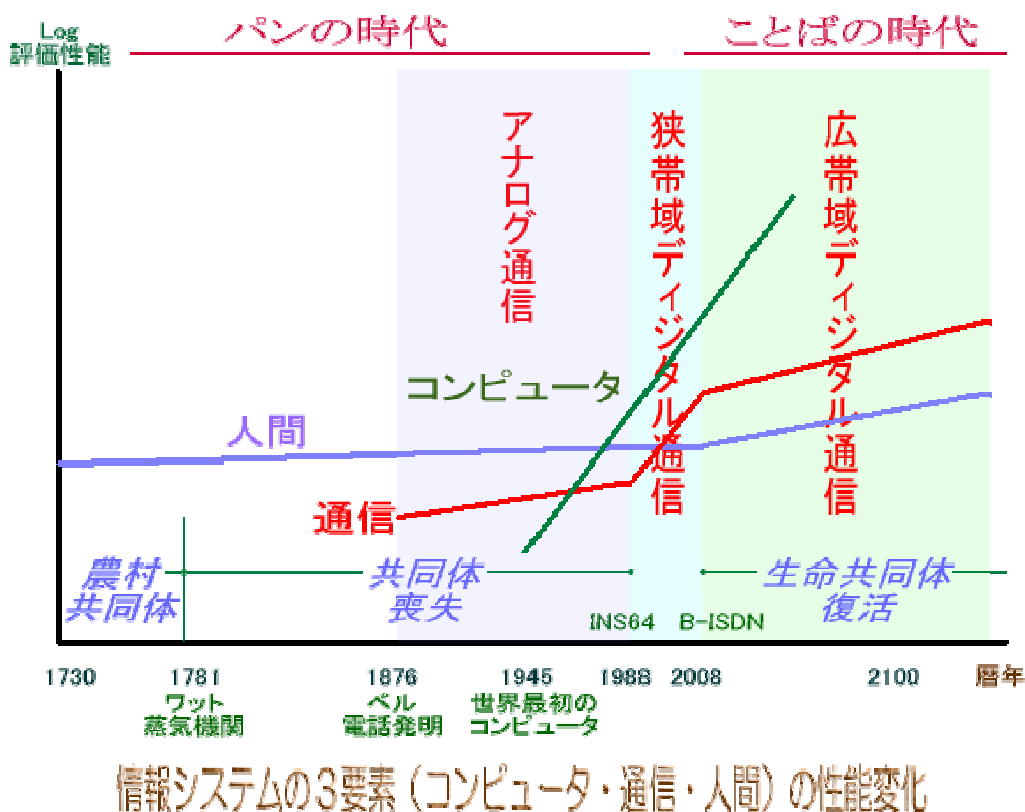


図 序 - 1 「言葉の時代パンの時代」(真田[1999]p.11 より転載)

⁴ トフラー[1980]、ギルダー[1992]、公文[1994]などを参照

よる生産物は一般財 (general goods) であり、経済学の対象として公共財 (public goods) が扱われる以外は、人間経済活動の興味の大勢を占めてきた。一般財は他人がその財を消費することが、一般に自己の消費可能性を脅かす (モノがなくなってしまう) 可能性を有する財である。それゆえ、産業は人々の「飽くなき欲求 (non-satiation)」に応えるような生産様式を発展させてきた。

ところが、デジタル技術は「完全な複製」を可能にした。デジタル技術で作成されたものは、厳密に不連続なデータで記述することができる。それ故にその複製は完全である。また、デジタル化され、複製されてしまえば、他人が消費する量は自己の消費になんら影響を有しないものとなった。ここでは、「パンの時代」にみられたような、財の消費における「排除性 (excludability)」を心配する必要がなくなってしまった。むしろ、デジタル化される財にとっては、その内容、つまり、その財で「なにができるか」という点にオリジナリティが求められることになった。

すなわち、「言葉」は「パン」とは異なり、誰かが消費したからといって、減るものではない。すぐれた「言葉」は格言として残る。また、何人聴衆が増えようとも、聴衆一人あたりに届く「言葉」の量が減るわけでもない。ここに時代は「言葉の時代」に入っていた。

優れた生産技術や経営管理のあり方は、特許やビジネス・モデル等として再現可能である。その根底を支えているのは「考え方」すなわち「ソフトウェア」である。これを記述するのはまさに「言葉」である。デジタル化が可能にしたのは「ソフトウェア」を完全に複製することであり、その生産に必要な物理的な限界費用を限りなくゼロに近づけたことである。これを成し得たのはコンピュータの急速な発達のおかげである。

そして現在、デジタル・コミュニケーションの社会的利用価値を更に向上させるものとして、デジタル・コミュニケーションのネットワーク化が急速に進んでいる。コミュニケーションは一对一の双方向から一对多、多対多のネットワーク化されたものを主流として発達している。これは技術面でデジタル・コミュニケーションが完全な複製を可能にしたこと、イノベーションによりデジタルベースのコミュニケーション・コストが低廉化してきたことが主たる理由である。現在、テレコミュニケーション・ネットワーク「イコール」デジタル・コミュニケーション・ネットワークとされる所以である。

3 自律超分散型デジタル・コミュニケーション・ネットワークとは

このように社会全体に革命的な影響力を及ぼしていると考えられるデジタル・コミュニケーション・ネットワークだが、これほどのモメンタムを持ち得たのは、米国で1992年に誕生した民主党政権において、当時のゴア副大統領が「NII (National Information Initiative)」を打ち出し、全米規模の取組みが国家プロジェクトとしてスタートしたことが

大きな後押し要因となっている⁵。ブッシュ共和党政権の敗因としてシリコンバレーを中心としたハイテク業界の支持を得られなかったことが挙げられているが、これは即ち勝者たるクリントン政権がこれらの企業の意を挺したことの証左にほかならない。以後、米国における NII はインターネットの発展という姿をみせて順調に進展していく⁶。

3.1 インターネットの歴史的背景

インターネットは初期においては、"The Internet is a loosely organized system of inter-connected computer networks, which primarily serves the research and education community." (Hart [1992] p.666) と記述されたように、国防・学術・研究目的に限った「ネットワークのネットワーク」であった。母体は 1967 年の ARPA (Advanced Research Project Agency) によるパケット交換網すなわち「ARPANET」構想である。最初の専用電話回線を用いた ARPANET が稼動したのは 1969 年であり、当時の通信速度は毎秒 56Kbps であった。以後 1970 年代を通じて公衆電話回線から ARPANET へのダイヤルアップ接続が可能になったものの、利用は国防関係者に限定されていた。日本においてもパケット交換網の重要性に気づき、今日のインターネット網を予言した論文が時を置かずして発表されていることは注目に値する (真田 [1964])。しかし残念ながら当時の日本では事の本質を真剣に理解し発展させていこうという動きは大勢ではなかった。

翻って本家の米国では 1980 年代前半になると、国防目的に限られないパケット交換網が研究者の強い要望から構築されることになった。NSF (National Science Foundation) による CS (Computer Scientists) NET と IBM 社による BITNET である。

このような流れに並行して、パケット通信すなわちデジタル・コミュニケーション・ネットワークを用いて無線システムとコンピュータを相互接続する技術、すなわち「Gateway (ゲートウェイ)」技術が開発され、IEEE (The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.) で TCP/IP (Transmission Control Protocol/Interconnection Protocol) として 1974 年公表された。IBM 社は TCP/IP をサポート、1983 年には ARPANET においても TCP/IP が採用されることになった。

3.2 ネットワークのネットワーク「インターネット」への進化

以後 1988 年には NSF が自前のスーパーコンピュータをネットワーク化する T1 (秒速 1.5Mbps の伝送容量をもつ回線) 通信網を IBM 社と MCI 社を含む事業体に構築させ、これが初期のインターネットの中心を構成することになる。

日本でも当初は学術・研究を目的とした小型計算機・分散処理システムの学術ネットワークとしてコンピュータのネットワーク化が 1980 年代に進められた。パーソナルコンピュータの価格低下が始まった 1980 年代後半からは、企業における LAN 構築や個人のパソコン

⁵ 公文 [1994]

ン通信利用が盛んになり、コンピュータのネットワーク化が進展しはじめた。1990年代に入ると、この延長上にこれらネットワークの相互接続が進められ、インターネットが構築された。

3.3 インターネットの商用化とその後の進展

1990年代半ばに至ると商用プロバイダーの参入とともに一挙にインターネットが急成長することになった。2000年には日本ではNTT Docomo社が先陣を切った携帯電話の「i - モ - ド」サービスなど、パーソナルコンピュータを使用しないでインターネットにアクセスする形態が急速な成長を示している。(後掲 図表序 - 1 参照)

4 本論の問題意識と課題

4.1 日本におけるデジタル・コミュニケーション・ネットワークの課題

現在我が国では「インターネット」は「デジタル・コミュニケーション・ネットワーク」の同義語として使われている。

当初は米国でNII構想自体が、「デジタル・コミュニケーション・ネットワーク」構築を意味していたものが「インターネット網構築」と理解され、「デジタル・コミュニケーション・ネットワーク」イコール「インターネット」と認識されていることには異論がなくもなかったが⁶、5年以上経過した現在では、もはや厳密な用語の定義としてよりも「インターネット」という用語は、「デジタル・コミュニケーション・ネットワーク」を描写する言葉としてもっとも人口に膾炙している。

ところが、NIIの構想をもって発達してきた米国のインターネットと、そのような構想を抜きにして拡張してきた日本のインターネットとでは、「デジタル・コミュニケーション・ネットワーク」のインフラとしての意味合いが異なっている。

先のインターネットの歴史的背景から明らかなように、インターネットは本質的に「自律超分散型デジタル・コミュニケーション・ネットワーク」である。すなわち、ネットワークの構成要員がそれぞれにネットワークの一部を分担しつつ(自律超分散型)、全体として調和のとれた巨大なネットワークを構築している。

ところが、日本で主流を占めているダイヤルアップ・サービス・プロバイダーを利用する方法でインターネットを使おうとすると話は随分と違ってくる。バックボーンと呼ばれる主幹系のネットワークはさておき、アクセス系と呼ばれる加入者からの回線網、すなわち、家庭からデジタル・コミュニケーション・ネットワークを利用するためのテレコミ

⁶ ゴア [1995]

⁷ ゴア [1995]、公文 [1994]

ユニケーション・ネットワークは、必ずしもデジタル・コミュニケーションを想定して構築されたものとは限らないからである。

この部分ではデジタル化技術の進歩と電氣的テレコミュニケーション技術とは歩調を合わせて発展してきた訳ではない。平たく言うと、従来型の電話網は本来音声の伝搬を企図して構築されてきたのであり、コンピュータとコンピュータとの交信を媒介することを目的として構築されたものではない。

電気通信網がデータ伝送網となり、テレコミュニケーション・ネットワークがデジタル・コミュニケーション・ネットワークとなって、両者が密接な関係を結ぶのは、コンピュータの演算機能が向上してからである。さらに、インターネットとして一般大衆の手に届くようになるのはパーソナルコンピュータの低価格化が急速に進んだ1990年代後半からである。つまり、日本に現存するアクセス網は、100年以上かけて構築されてきた電話のネットワークを前提とした、回線交換型交換機が何重層に積み重なったネットワーク・システムである。

21世紀がデジタル・コミュニケーション・ネットワーク(すなわち「インターネット」)を社会基盤の大きな一部として、経済活動の主要部分として利用する社会であるならば、そして、ユビキタス・ネットワークを実現していく社会であるとするならば、日本においても基盤整備は急務の課題である。既に「IT革命」と称される社会的な変革が進行しつつあるが、上記のような「過去の時代の遺物」的なアクセス網を如何に効率的にデジタル・コミュニケーション・ネットワーク対応として転換させていくかという問題は、共通の政策課題として認識されている。

4.2 現在のアクセス網のありかたと課題

4.2.1 アクセス系広帯域化普及に関する課題

2000年10月23日の日本経済新聞は、アメリカの調査会社フォレスター・リサーチのレポートを引いて、現在280万世帯のアメリカでのブロードバンド利用者が、2005年には4,670万世帯に増加するという見通しを報じた。その中で、ブロードバンド利用のためのインフラとして、利用者が多い順にCATV(48%)、DSL(38%)を挙げ、残りをFWAが占めると述べている。(それぞれの技術にかんする解説は次章で行う。以下同じ)

翻って日本の現状を見てみると、アメリカに比較してCATV加入者数が少ないこと、また、DSLサービスが僅少であることが特徴的である。

日本での取り組みは、FTTHを基本構想とするB-ISDN(セル伝送とATM交換を利用した広帯域ISDN)の構築を前提として進められてきた(鬼木[1996])というこれまでの歴史的背景もあるが、CATV網での光ファイバ利用推進が勸奨されたり、DSLではNTTの提供しているISDNとの雑音問題などを理由とされ、2000年に入って郵政省が接続ルールづくりを始めるまで(たとえば、8月31日付電気通信審議会答申「電気通信事業法施行

規則の一部改正について)、NTT回線を利用した事業への新規参入がほぼ不可能であったという事情もある。

[図表序 - 1]では2000年11月末時点迄のインターネット利用がどのようなアクセス手段をとっているか調査した結果の速報である。ここで既にブロードバンド対応ができているのはDSLとCATVだけである。実質的にサービスを享受している利用者数からいうと、現時点ではCATVが最多と考えられるが、この中には物理的にはDSL技術を利用しているものも含まれており、表中の項目DSLはあくまでもNTT加入者網との接続件数を表している。最近の発表によれば、首都圏でのDSLサービスを手がける東京メタリック通信(株)は50万回線を2000年中に使用可能にするとしており、加入者数は数10万人から数100万人規模に上ると推定される。

[図表序 1] 郵政省「インターネット接続サービスの利用者数等【平成12年12月】(速報)」にみるサービス別加入者数等の推移

	ダイヤルアップ (万人)	携帯電話 (万加入)	DSL* (加入)	CATV*** (事業者)
平成11年12月末	1,059	367.3	19**	84
平成12年3月末	1,193	749.9	211	89
5月末	1,284	1,056.7	760	110
6月末	1,326	1,272.3	1,235	122
9月末	1,454	1,967.9	2,537	152
11月末	1,534	2,395.6	5,347	179

*NTT地域会社による「DSL接続サービス(試験提供)」の加入者数。

**平成12年3月末

***インターネット接続サービスを行う事業者数の推移

さらに2001年からは、IMT2000の導入により、携帯電話がブロードバンド対応となることも予想されている。

ところが、CATV、DSL、IMT2000のいずれをとっても、その普及は大都市から始まり、地方への導入には、かなりの時差が発生してしまう。たとえば、IMT2000でいうと首都圏で2001年に開始されるサービスが地方では2003年になる、CATVにいたっては都市周辺にしか業者が存在しないという状況である。

翻って、現在多くの利用者を擁するダイヤルアップ接続をみると、ブロードバンドの前段階である常時接続サービスの提供が、やはり都市地域(県庁所在地)に限られており、FTTHにいたっては地方の町村レベルでは目途すらたたない。

いずれの場合についても、アクセス系のインフラを整理したところで事業採算にあわないという、経済性の点が問題視されている。

以上を要約すると、

⁸ <http://www.metallic.co.jp/news/20000703.html>

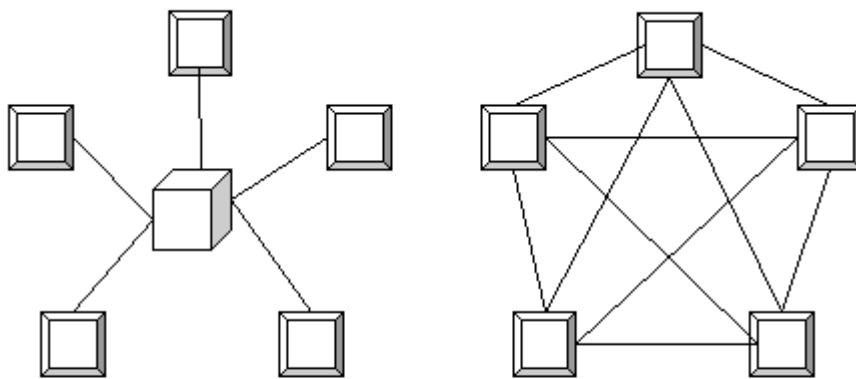
- (1) 地方でのブロードバンド利用のためのアクセス系ネットワーク整備の必要性。
 - (2) 経済性を考慮して、FTTH だけではない多様な技術を組み合わせる必要性。
- という課題が見えてくる。

4.2.2 ネットワークの物理的構造上の課題

マイクロシク・ネットワークの背景にある課題、すなわち「最後の 100 フィート」問題に対して、水平的な分散型（ポイント・トゥ・ポイント）の自律的なネットワークをつくって対処をはかるとい側面について述べる。

電話網は [図表序 - 2] にあげた中央集中型のツリー構造が重層的に積み重なった垂直分散型構造を有する、ポイント・トゥ・マルチポイントの重層構造である。

一箇所で複数の末端組織を制御するにはポイント・トゥ・マルチポイントは有効な構造である。また、ネットワーク・トポロジーの設計上、一箇所に集中させるポイント・トゥ・マルチポイントは、スター型ネットワークであることから、配線数がポイント・トゥ・ポイント構造に比較して格段に節約できる [図表序 - 2]。これは回線交換方式、つまり、物理的に接続させることを重視するネットワークでは効率的な構造である。しかしながら、この構造は同時に末端の端末同士のトラフィックを上層の結節点（スター型ネットワークならば星の中心）が制御権を握っているという点に問題がでてくる可能性がある。つまり、



ポイント・トゥー・マルチポイント

ポイント・トゥー・ポイント

【図表序 2】 ポイント・トゥ・マルチポイントとポイント・トゥ・ポイント

末端同士でいくら高速で効率のよい情報の伝送を志向しても、上位層の許容量がボトルネックとなる可能性がある。

現実的には上位層の容量を膨大なまでに増強することでボトルネックを発生させないような施策が採用されているが、それが本当に経済的に望ましいかどうか疑問が残る。

ところで、ノードとノードが直接通信する自律分散型ネットワークのような場合、とくに、パケット交換方式のように物理的に通信回路を確保するような接続方式を必ずとも必要としない場合は、スター型構造で中央を経由するのは余分なことである。

自律分散型ネットワークの典型例はインターネットである。インターネットでは物理層でみると結節点はIX (Internet Exchange:インターネット接続点) に集中されてスター型で交換接続がなされているが、ネットワーク層では各ノードに上下関係があるわけではなく水平的な分散形態をとっている。

このような構造が可能になったのは、前節で述べたように端末の高機能化、低廉化が大きな理由であるが、問題は、これが物理的な伝送網の形態に反映されていない点である。本来ならば、インターネットはポイント・トゥ・ポイント構造をとった伝送網上に建設されてしかるべきである。そうすることで、強靱なネットワーク構造が構築される。ポイント・トゥ・ポイント構造は最短距離同士を接続させると強靱なジオデシック構造(「第1章 マイクロデシック・ネットワークの背景」にて詳述)を構築することになるが、これが実現されていない。

以上から解決すべき課題となる点をまとめると、つぎのようになる。

中央集中型のポイント・トゥ・マルチポイント構造をとっているゆえに、

- (1) 本来のデジタル・コミュニケーション・ネットワークとしての効率性が発揮されているか疑問。
- (2) 本来達成されるネットワーク構造に比較して脆弱である。

4.3 マイクロデシック・ネットワーク概念と本論の課題

マイクロデシック・ネットワークは、ボトムアップで、すなわち、デジタル・コミュニケーション・ネットワークの利用者自身が、ネットワークの物理層を構築していく可能性を示唆する。これは、川上からアクセス網を構築しようという運動に対して、川下からのアプローチの可能性を探るものである。

真田英彦大阪大学大学院教授は、「マイクロデシック・ネットワークとは、ユビキタス・ネットワークのアクセス網である」と定義する。これは即ち「身近で、どこにでもあるデジタル機器を利用してコミュニケーションすることで、ネットワークを構築する」ということを意味する。

本論は、以上の議論を念頭に置きながら「マイクロデシック・ネットワーク」概念の社会的効用について論じる。ここでの議論の焦点は、「社会的効用」であるが、これを本論では「社会的厚生の上昇に資するかどうか」という側面から検証する。

マイクロデシク・ネットワーク概念が、そもそも社会的厚生の上昇に貢献できるものでなければ、このような概念を提唱すること自体の意味が失われる。ところが、本論を通して、マイクロデシク・ネットワーク概念が、様々な側面から社会的厚生を向上することに貢献するものであることが明らかになり、マイクロデシク・ネットワーク概念が有用性の高い、すなわち社会的効用の高いものであることが分かる。

本論では、マイクロデシク・ネットワーク概念が社会的厚生の上昇に貢献していることが演繹的に示される。ここでは、マイクロデシク・ネットワーク概念がどのような形で社会的効用を向上させるに役立つかという姿が描写されることで、社会的効用が認識される。

5 本論の構成

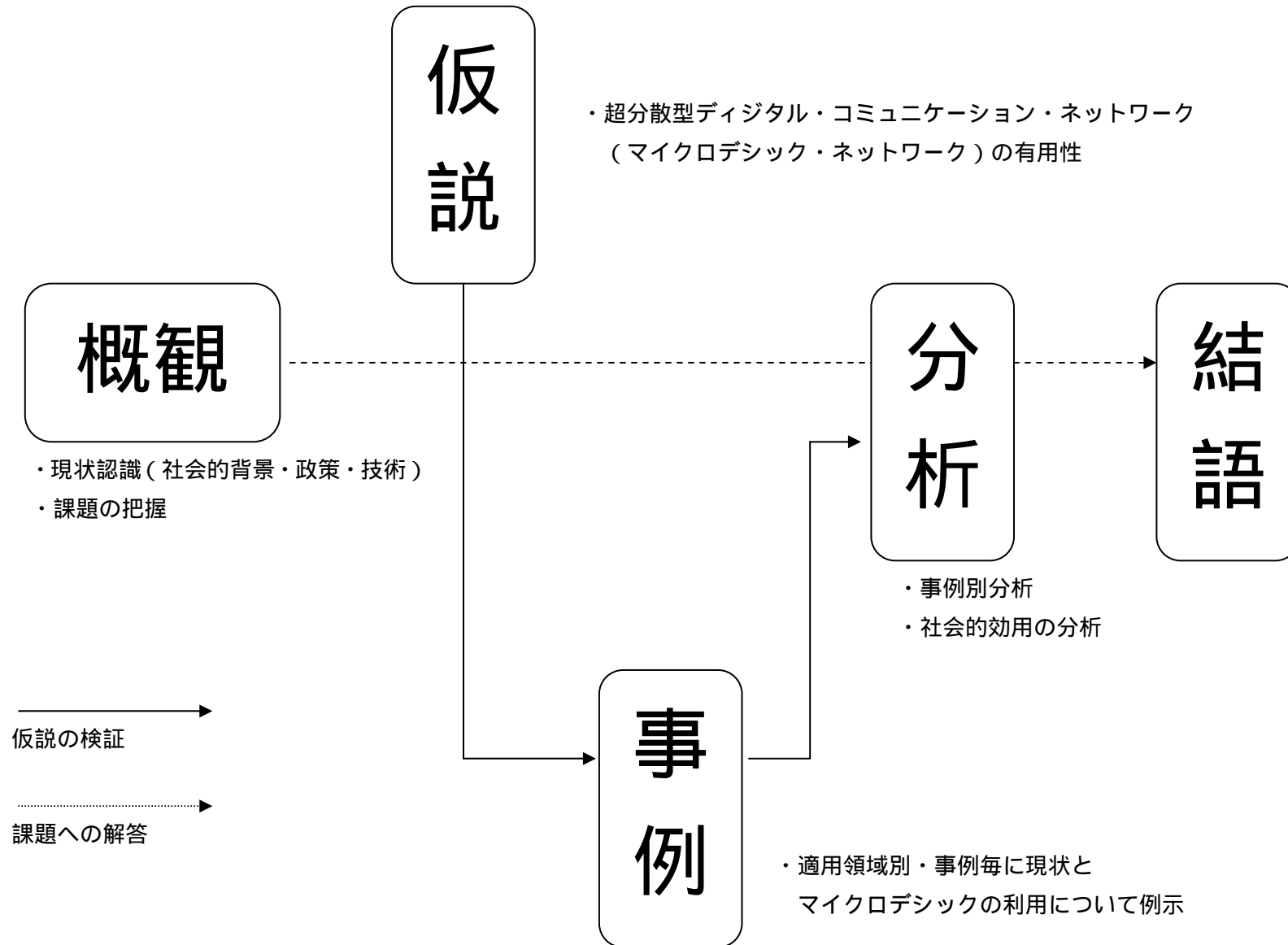
本論は次ページに掲げるとおりの構成をとりながら、以上の論旨を展開していく。別ページに掲げる [図表序 - 3] は、本論の構成を図表化したものである。

章	主眼点	内 容
序 章 背景と課題の同定		
第一部 マイクロデシック・ネットワークの理論的研究		
第1章	マイクロデシック・ネットワークの原点	マイクロデシック・ネットワーク概念誕生の原点 アクセス系を主眼に、現在から近い将来にかけて援用可能な技術の概観と整理
第2章	マイクロデシック・ネットワークとは	マイクロデシック・ネットワークとは
第3章	マイクロデシック・ネットワークの社会的効用	マイクロデシック・ネットワークの社会的効用についての整理と考察
第4章	マイクロデシック・ネットワークに関わる政策課題	電力線通信にみる日米政策の比較
第二部 マイクロデシック・ネットワークの事例研究		
第5章	家庭内のマイクロデシック・ネットワーク	状況別の課題と対策：ユビキタス・ネットワークのイメージ：家庭内
第6章	コミュニティのマイクロデシック・ネットワーク	状況別の課題と対策：ユビキタス・ネットワークのイメージ：コミュニティ
第7章 終 章 まとめと展望		

[参考文献]

- ・石黒一憲 [1994]『超高速通信ネットワーク - その構築への夢と戦略』 NTT出版.
- ・NTT未来予測研究会編 [1991]『2005年の社会と情報通信』 NTT出版
- ・大塚玲 [2000]「情報家電によるユビキタス・ネットワーク市場の創造」『知的資産創造 / 2000年2月号』野村総合研究所
- ・鬼木甫 [1999]「次世代ネットワーク(アクセス網)展開のシナリオ」『次世代電気通信ネットワーク構築に関する調査研究報告書』財団法人日本データ通信協会. Pp.49-62.
- ・ギルダー, ジョージ [1992] 牧野昇監訳『未来の覇者: マイクロコズムの世紀』 NTT出版.
- ・公文俊平 [1994]『アメリカの情報革命』NECクリエイティブ.
- ・ゴア, アル [1995] 浜野保樹監修・訳『GII世界情報基盤』BNN.
- ・真田英彦 [1964]「ダイナミックデータ伝送の研究」大阪大学大学院工学研究科通信工学専攻修士論文.
- ・真田英彦 [1996]「もう一つの貨幣—パンの時代からことばの時代へ—」『日本機会学会誌』 Vol.99, No.926 p.56-60..
- ・真田英彦, 篠原健, 上杉志朗, 水谷直樹 [1999.7]「これからの地域情報ネットワーク - マイクロデシックネットワークの構想」信学技報 FACS99-17 電子情報通信学会.
- ・篠原健・上杉志朗・真田英彦 [1999] 「マイクロデシックネットワーク」電子情報通信学会技術研究報告[オフィスシステム研究会]OFS99-3 p.17-21 電子情報通信学会.
- ・トフラー, アルビン [1980] 徳山二郎監修、鈴木健次・桜井元雄他訳『第三の波』日本放送出版協会.
- ・水谷直樹, 上杉志朗, 篠原健, 真田英彦 [1999]「マイクロデシックネットワークの特性分析 シミュレーションによる負荷特性評価」信学技報, OFS99-4 電子情報通信学会.
- ・村井純 [1995]『インターネット』岩波書店.
- ・村上輝康・藤沼彰久 [2000]「ユビキタス・ネットワーク時代に向けて」『知的資産創造 / 2000年2月号』野村総合研究所
- ・諸橋轍次 [1993]『大漢和字典』大修館書店.
- ・Arrow, Kenneth [1963] "Social Choice and Individual Values", New York, Wiley..
- ・Britannica [1999 ed.]
- ・Hart, Jeffrey A.; Robert R. Reed, and Francois Bar, [1992] "The Building of the Internet", *TELECOMMUNICATIONS POLICY*, (Nov.1992). 666-89.
- ・『世界歴史事典』[1990] 平凡社 .

[図表序 - 3] 本論の構成



第一部マイクロデシック・ネットワークの 理論的研究

第1章 マイクロデシック・ネットワークの背景

1 はじめに

本章では、マイクロデシック・ネットワークについての議論を展開していく上で必要となる背景について詳細に示していく。

その為に、本章では、第一に、マイクロデシック・ネットワークの源流となった「ジオデシック・ネットワーク」概念について、命名者であるヒューバー博士からの聞き取りを含め、その背景を、デジタル・コミュニケーション・ネットワーク技術の進化のこれまでの経緯を辿りながら、俯瞰し、今後進む方向について、ジョージ・ギルダの「マイクロコズム」概念との関係についての見解も交えて示す。

第二に、マイクロデシック・ネットワークの具体像を知る為に必要な技術的知識の整理の為に、現段階でのアクセス系での技術について記す。ここでは、はじめに、今後のデジタル・コミュニケーション・ネットワークがユビキタス・ネットワークへと変化していく中で求められる理想的なネットワーク形態がどのようなものになるか考察する。そして、その後で、具体的なアクセス系技術について、有線系、無線系のアクセス網向け代表技術それぞれについて「遍在性」「広帯域性」「価格」からみた理想的なネットワーク像との関連を踏まえた検証をおこなう。最後に、現存技術とつながるマイクロデシック・ネットワークとの関係性について、有線系と無線系ののそれぞれについて、電力線通信ないし無線 LAN、Bluetooth を取り上げ検討する。

2 マイクロデシク・ネットワークの源流

～ジオデシク・ネットワーク～

「マイクロデシク・ネットワーク」という用語は「微小さ」をあらわす「マイクロ(Micro)」と「ジオデシク・ネットワーク(Geodesic Network)」を合成してつくられた(篠原ほか[1999])。この節では、まず原案となった「ジオデシク・ネットワーク」について述べる。そうすることで、マイクロデシク・ネットワークのネットワーク構造が、ツリー型やバス型といったものとは異なったジオデシク構造によるものであることの視覚的理解への一助としたい。つぎに、ネットワークのジオデシク化が進行するに至った経緯を、背景となった社会的変容・技術進歩について述べたい。

2.1 ジオデシク・ネットワークとは

2.1.1 ジオデシク構造とは

「ジオデシク・ネットワーク」の要素である「ジオデシク(Geodesic)」とは、辞書的には「測地線」をあらわす形容詞で幾何学乃至地理学の用語である。すなわち、曲面上の2点の間を最短距離で結ぶ「測地線」を「ジオデシク・ライン」とよぶ。

そのような構造からなる構造物の一例は「測地線ドーム」すなわち「ジオデシク・ドーム」である。

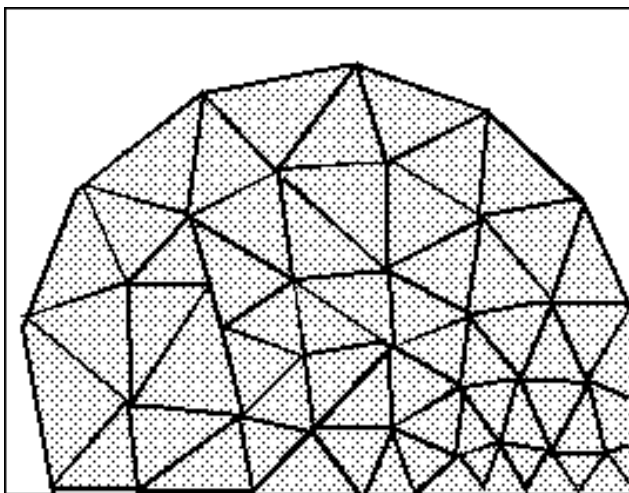


図 1-1 ジオデシクドーム

[図1-1]はフラー博士が1967年に構築した「ジオデシク・ドーム」を示す。この構造物の特徴は、多角形の格子を最小単位([図1-1]で三角形に見える部分)として組み合わせて作り、内部に支柱などを必要としない点にある。つまり、ジオデシク・ドームでは、測地線で結ばれた最小単位がお互いに支え合うことで、全体として強固でしなやかなバランスのとれた構造物をつくりだすところが特徴である。

2.1.2 ヒューバー博士の描いたジオデシック・ネットワーク

1987年、司法省の為に電話産業における独占禁止法を論議するための報告書“The Geodesic Network” (Huber [1987]) を著した時、ヒューバー博士はマサチューセッツ工科大の準教授職を辞した後、ハーバード・ロースクールを修了し弁護士資格を得、ワシントンD.C. で新進気鋭の若手弁護士として売出し中であった。

そこで彼が描きだしたのは、アメリカの電話産業では近距離通話の占める割合が長距離のそれを上回っていることであり、電気通信ネットワークを強化するためには、近接した近距離ネットワークと近距離ネットワークが互いに競争的にしっかりとインフラを支え合う構造が必要となるという点であった。つまり、競争政策の導入により、より密接に関係した地方電話網を構築することが重要な課題であるという主張を展開し、結論として、近距離電話会社への競争導入すなわち参入自由化を図るべきである旨論じた。

結果としてみると、彼の主張はとらえず、近距離回線網ではなく長距離回線網の自由化を勧奨する政策が採用されることになってしまったが、彼はこの報告書を作成する中で、効率的な網の構築方法として、最も近接するネットワークをつなぐ、すなわち、ジオデシック構造をとった通信網の構築 (Geodesic Network) が適切であり、現実にアメリカの通信網がその方向に向かっていることを主張した。

筆者が1999年におこなったインタビューで、なぜ一見無関係に見える物理学の「ジオデシック」という用語を通信ネットワーク構造に適用したのかと、という問いに答えて、ヒューバー博士は「当時の通信網を観察し、そのトラフィックを調査してみると、近接するノードとノードの通信をささえる部分が重要であることがわかった。そこで、近接する2点間を最短距離で結ぶ幾何学の用語を借りて『ジオデシック・ネットワーク』という名前が最も自然で、今後のネットワークを描く言葉として適切だと考えた」と答えた。

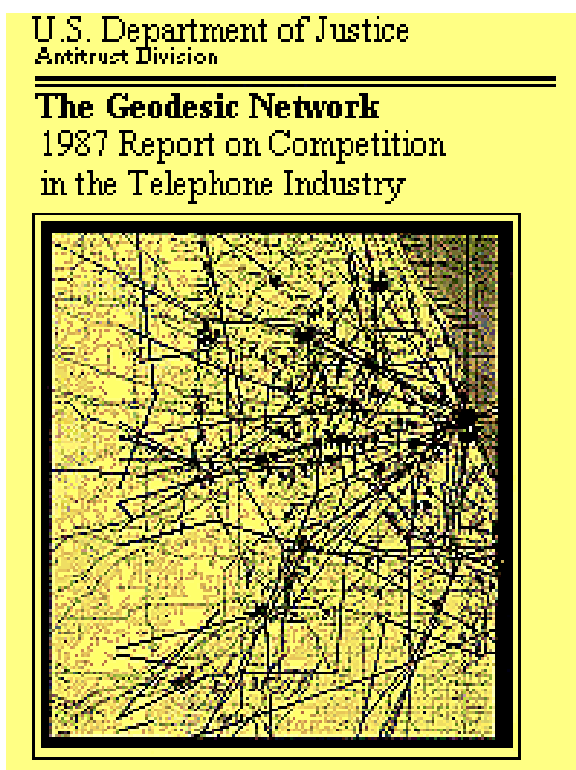


図 1-2 ジオデシックネットワーク

Huber による“The Geodesic Network”の表紙。アメリカ東部の長距離電話網と近距離電話網が図示されている。

ヒューバー博士の主張では、「ジオデシック」という言葉の中には、「Millefiore」のペーパー・ウェイト [図 1-3] にみられるようなフラクタルなイメージがあるという。すなわち、小さなネットワークが幾重にも結びつき合うことで、全体として調和のとれた、ひとつの大きな美しいネットワークを構成する、そのようなイメージを言葉で表すと「ジオデシック」がぴったりに思えたという。



[図 1-3] Millefiore の例

全体がガラスでできていてほぼ球体で、その中に何千もの花が咲いたように見える造作であることからこの名前がついた。原産地はヴェネチア。

2.2 ジオデシック・ネットワークの背景

それではヒューバー博士が「ジオデシック」と銘々した、アメリカの電気通信網（主として電話回線である）は、なぜ、「ジオデシック」構造をとるようになってきていたのだろうか？

この背景は、大きく分けて2つの技術的な革新がみられる。ひとつはエレクトロニクス技術の革命的な進歩、とくに集積回路の大規模化と同時に進行した価格の低廉化がある。ギルダー [1992] はこのような傾向を「マイクロコズム」という言葉をもちながら描いてみせた。もうひとつは、コンピュータのネットワーク化の進展である。これはデジタル・コミュニケーション・ネットワークの発展と並行してきたもので、ダウンサイジングや並列処理という技術とお互いに正のフィードバックを与えながら並行して進化してきたが、そもそもの出発点からジオデシック化の方向に向いていたわけではない。むしろ、当初は中央集中型のネットワークからはじまった。

以下では、これら2つの技術革新の動向について詳しくみてみよう。

2.2.1 マイクロコズム：小さいものほど早く進化する、規模の経済性の意味の変化

ギルダー [1992] は、マイクロチップの開発速度すなわち集積度の向上に関するムーアの法則と、性能あたりの価格に着目して、いわゆる収穫逓増がおきていることを指摘して、マイクロコズム論を展開している。すなわち、小さいもの（つまり、「マイクロコズム」の構成要素）ほど早く進化し、より効率的になる。その結果、規模の経済性を追求するために巨大化してきた仕組みは、小さいものにとって代われ、超分散型ネットワークが組み合わせられて全体として大きなネットワークを組み上げていくことになるという。

公文 [1993] はこれを引いて下記のようにいう。

「(中略) "マイクロコズム" においては、接続される要素の数が増えるとともに、システムの効率性はその二乗に比例して増加し、その結果、システムは、より安く、より早く、より信頼性が高くなるのである。つまり、マイクロコズムにおけるネットワークの新たな分散型アーキテクチャーは、マイクロチップスの上のスイッチと接点はますます大量廉価 (数千万～数億) になったのに対し、チップを外の世界に繋ぐ線は稀少で高価 (16～48) なままだという事情を反映しているのである。すなわち、コミュニケーション能力に比べて、個々のコンピューターの情報処理能力が格段に大きくなるので、メインフレームによる集中的な情報処理よりは、それぞれが高度の情報処理機能をもっているパソコンやワークステーションによる分散コンピューティングに向かう傾向が生まれ、それがネットワークの新たなアーキテクチャーを決定することになる。今や、過去の時代のマクロコズムの法則を反映した集中型のネットワーク - - 電話、放送、データベース等 - - は、時代遅れのものとなり、その存在理由を失ってしまう。(1) しかも、そのことはまた、今日の自動車のハイウエーの管理者とドライバーの間の力関係と同様に、通信ネットワークにおいても、その建設・管理者よりも、そのユーザーの力が強くなることを意味する。マイクロコズムにあっては、知力も情報も、システム全体に分散してしまうのである。

このようなマイクロコズムの法則は、コンピューターやそのネットワークの在り方を一変させるだけでなく、これまでの産業社会に形成されている独占、階層構造、ピラミッド、権力の網を一挙に吹き飛ばす効果を発揮する。とりわけ、すべての全体主義的政体の基盤を掘り崩してしまう。なぜならば、いまや人民の力の増加が、監視者 (ビッグ・ブラザー) の力の増加を上回ってしまうからである。こうして、社会組織にあったこれまでの階層構造は消滅して、共通のルールの下に平等な主体たちが相互作用する自律分散型の "ヘテラーキー" 構造が出現するようになる。」

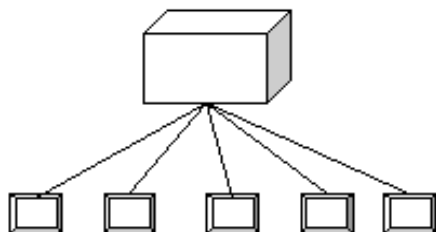
(公文俊平 [1993] より引用)

ギルダールの「マイクロコズム」が示しているのは、最短距離で結ばれた構造 (ジオデシック構造) がネットワークを織りなしていく姿、すなわち、マイクロコズムにおけるジオデシック・ネットワーク像である。そして、それはデジタル・コミュニケーション・ネットワークの未来像を示しており、インターネットからユビキタス・ネットワーク時代への以降が始まった 21 世紀初頭において示唆に富んだ見解である。

2.2.2 デジタル・コミュニケーション・ネットワークの発展

ではここで、もう一方の「ジオデシック」化促進の要因である、コンピュータ・ネットワークのあり方の革新的変化についてみてみよう。

コンピュータ同士をネットワーク化することによって、機能を向上させようという試みは集積回路を用いたコンピュータがつくられた頃と時を同じくして始まっていた。しかしながら当初ビジネスその他で要求されたのは、メインフレームと呼ばれる大型コンピュータを多くのオペレータが利用できるような、操作端末とつなごうというアイデアであった。



[図 1 - 4] 中央集中型 (ツリー型)

これは一台のホスト・コンピュータに何台もの「ダム (dumb¹)」端末をぶら下げるといふネットワーク構造をとった。つまり、[図 1 - 4]に見られるような中央集中型(ツリー型)の構造がとられた。

この理由の大きなものとしては、メインフレームが高価であったことが挙げられる。商業用コンピュータが開発された頃には、高度の演算機能を一台のメインフレームで賄う

方法、つまり、高価な中央演算処理装置をもっとも効率的に利用する方法が、定型化された限定的な機能しか有しない端末をインターフェースとして、中央演算処理装置を利用するか、時分割による利用かであった。

ところが、先に記したように、中央演算処理装置の高性能化と低廉化が進むとメインフレーム・システムに代わってクライアント・サーバ・システムの利用が有利になってくる。これは、「ダム端末」に代わって高性能化してきた端末を、小型で高性能なサーバと結びつけることで小さなネットワーク (LAN : Local Area Network) をつくり、そのネットワークを相互に結ぶことで、分散された処理システムにおいて、メイン・フレームと同等のもしくはそれ以上の高機能を安価に実現しようというシステムである。

このようなシステムにおいては、ネットワーク構造をいかに効率的に構築するか、分散した処理システムでいかに効果的にタスクを与えるのかという点が重要になる。もちろん、分散処理に不向きなタスクもあるが、それでもネットワークの性能の向上は望ましいものとして急ピッチで技術革新が進められた。

このような背景のもとで、電話通信のネットワークを支える、デジタル処理技術も並行して発達してきた。たとえばデジタル電話交換機にみられるように回線交換をデジタルで処理することや、コンピュータ同士の通信にデジタル信号を直接使うことで、通信に付加価値を与えるといったネットワークの構造変化ももたらされた。ここにコンピュータのネットワークから始まった、デジタル・コミュニケーション・ネットワーク技術は、音声をアナログでとりあつかうことを目的として設計された電話通信網にも利用されることになった。なぜならば、電話交換機はコンピュータそのものであるから、交換機と

¹ 「間抜け」という意味。高度な演算機能を有さないことからこう呼ばれた。

交換機との通信はコンピュータ通信である。すなわち電話網において交換機と交換機とのネットワークはコンピュータ・ネットワークそのものだからだ。

ヒューバー博士は筆者のインタビューのなかで「電話交換機が低廉化して、ビル内部の交換だけをおこなうPBXが開発され、またそのデジタル化がなされたりすると、かつてのように、加入電話がすべて電話会社の交換機にまで行かなくても、ビル内の通話ができるようになった。つまりノード（この場合電話機）とノードを結びつけるネットワークはよりノードに近づいてきた。つまり、近距離での直接的な通信が可能になってきた」と表現したが、PBX同士を結ぶネットワーク自体が、（前掲のMillefioreの図で、あたかも小さな花びらが大きな花びらの内部を埋め尽しているかに見えるように）地域電話網を埋め尽している様子がみてとれる。これは、交換機の高機能化、低廉化というマイクロコズムの流れと共通している。

他方、現代のインターネットで利用されているパケット交換技術についても言及する必要がある。パケット交換技術は、インターネットという切り口で見た、コンピュータ・ネットワークとジオデシック化の関係を考える上で重要であろう。現代のインターネットは、20年以上にわたる進化を経て、パケット交換技術を利用した分散処理システム技術の延長に構築されてきた。パケット交換技術はもともとデジタル・データに強い伝送技術と

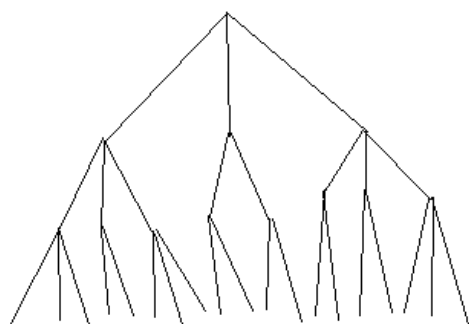


図 1 - 5 ツリー型ネットワーク

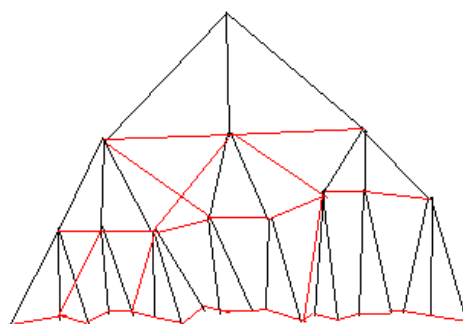


図 1 - 6 ジオデシック型ネットワーク

して開発されており、回線交換方式と異なって、いちどきに回線を占有することなく通信

を可能にするし、地理的に近い部分を直接に結んで、パケット・データのリレーによる通信を可能にする。また、経路を固定しないので、分散型のジオデシック・ネットワーク構築に適している。

現在では、このような技術を利用しながら、大学や企業内でもパーソナル・コンピュータや低価格のサーバを使って容易にLANを構築できるようになっている。たとえば、一つの研究科や部がサーバを立ち上げてLANを構築して、それを全学、全社のサーバに接続している、などというのは当たり前の光景である。

この技術革新の特色は、近在のコンピュータを手っ取り早くネットワーク化していくことが可能になったということである。ここでは、過去において全世界に存在するメインフレームが数えるほどしかなかった頃の中央集中型ネットワーク形態が、当時の高価なメインフレーム・コンピュータが持っていた能力と同等かそれ以上の機能を有する安価なサーバによって置きかえられている。そして、コンピュータがより密接に、より身近なところで結び付けられたネットワークが構築されている。

[図 1 - 5] が示している、ツリー構造が [図 1 - 6] で示されるように、階梯の下の部分で、より多くの結節点を持つようになること、ここにはコンピュータ・ネットワーク構造の変化も一つの要因として機能していた。

3 現在のアクセス網の類型に関する整理

本節では、デジタル・コミュニケーション・ネットワークのインフラとなるそれらの技術について整理する。本論全体を通してデジタル・コミュニケーション・ネットワークについて述べていくためには、現在利用されている、もしくは利用が検討されている技術について理解しておく必要がある。これらの中にはマイクロデシック・ネットワークと親和性の高い技術もあれば、そうでないものもある。

技術革新の著しい昨今、ここに描かれている技術が将来に亘っても主流であるという保証はない。マイクロデシック型のネットワークが発展したあかつきにはマージナライズされてしまう技術もあろう。しかしながら、現在の技術、及び現時点で実用化の目処がたっている技術を知らずして、マイクロデシック・ネットワークを理解するのは不可能である。したがって、以下ではマイクロデシック・ネットワークとの関係を念頭に置きつつも、必ずしも限定的なアプローチではなく、主要な技術それぞれについて検討する。そうすることで、ここでのもうひとつの狙いである、マイクロデシック・ネットワークとの親和性の高いデジタル・コミュニケーション技術を同定することにつながる。

本節での整理は、まず、現在から近未来にわたって求められるネットワーク像を確認することから始める。

3.1 求められるネットワーク像

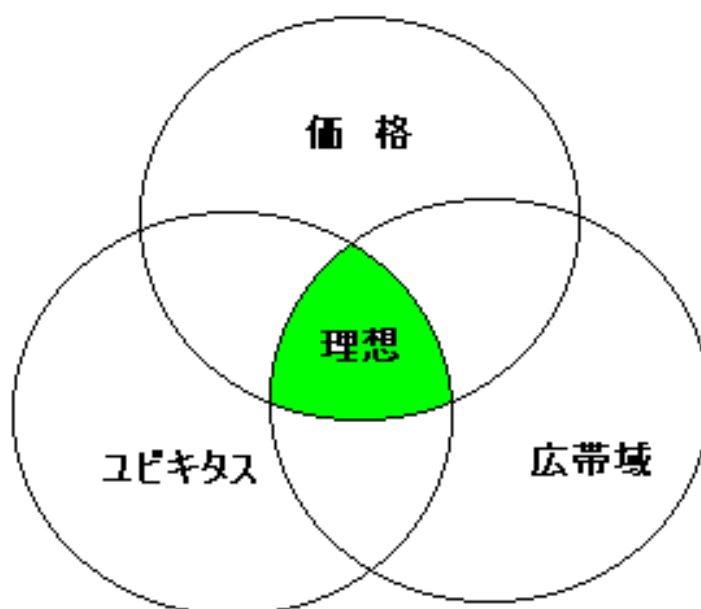
現時点で、デジタル・コミュニケーション・ネットワークの求められるインフラ像について考えると、重要な共通課題は、

- ・いつでも、
- ・どこでも、
- ・高速で、
- ・購買可能な (affordable) デジタル・コミュニケーション・ネットワーク環境を、どのようなインフラを利用しながら実現するかという点に集約される。

このなかで、「どこでも」という部分は「ユビキタス・ネットワーク（遍在するネットワーク）」²という用語で表現され、また、「高速で」という部分は「ブロードバンド・ネットワーク（広帯域ネットワーク）」という用語で表現され、別々のカテゴリーからアプローチされている。つまり、「どこでも」という環境を実現する技術と「高速で」という環境を実現する技術とでは技術的なアプローチが異なっている。

技術者がしのぎを削っているのは、この2つの条件を満たしながら低価格化を実現しようという点である。つまり「いつでも」というの条件は、常時「広帯域」を「どこでも」確保するという点であり、「手が届く価格で」という条件に集約される。

以上を概念的に図示したのが [図表1 - 7] である。3つのカテゴリーが重複している部分に理想的なネットワーク像が描けると考える。



[図表1 - 7] 理想のネットワークの位置付け

そこで以下では、デジタル・コミュニケーション・ネットワークを支える技術について、これら3つのカテゴリーについて配慮しながら検討する。

いうまでもなく、「価格」に関する制約条件が「ユビキタス」な性質の実現性を左右し、「広帯域」が実現するか否かも左右する。他方で、「価格」制約を外したとしても「広帯域」

² 「【ユビキタス環境】

ユビキタス (Ubiquitous) とは「どこにでもある」という意味であり、もともとユビキタスコンピューティング環境という言葉で使われてきた。ユビキタス環境は、コンピュータの中に現実世界に類似した仮想世界を作り上げるアプローチにとは逆に、現実世界のいたるところへコンピュータが出ていき作り上げる環境である。」(NTT 「SO - 」[1999] Vol.9, <http://www.ntts.co.jp/SO/so9/index.html>)

性と「ユビキタス」性には相関関係を見出すことが出来る。要するに、これらの3つのカテゴリーは互いに独立ではない訳であり、その意味では[図表1-7]は数学的には正確とはいえない。また、価格制約条件が異なれば当然異なるネットワークの展開シナリオが描ける³が、本論ではネットワーク普及の予測や戦略に基づいた厳密な「理想実現のシナリオ」を描くことには立ち入らない。本論の目的が、マイクロデシック・ネットワークという視角の必要性を訴え、その有用性を説き、さらなる検討(そのなかには普及戦略も含まれるだろう)を招請するものだからだ。

3.1.1 検討対象となるネットワークインフラの範囲

検討対象となるネットワークインフラの範囲としては、通常「アクセス系」と呼ばれる部分に焦点を絞る。この部分は電話通信網であれば、加入者と電話通信網との結節方法に関する部分である。マイクロデシック・ネットワークが対象とするのはアクセス系であり、例えば都市間や大陸間の伝送路、ネットワークはその範疇外に属するからである。

以下ではバックボーンでも利用されている技術も一部取り挙げられているが、あくまでも本章での取り扱い「アクセス系」を念頭に置いている点を確認しておく。

更に、整理方法であるが、OSI ネットワーク基本参照モデル[図表1-8]で定めるところのネットワーク層では、将来に亘って最も高い確度でデジタル・コミュニケーション・ネットワークにおけるアクセス系ではTCP/IP(とくにIPv6との互換性が保たれている)が基本とされることが推定されることから、本章でもこれを前提に話を進める。また、現在「物理層」を支える伝搬手段として実用化されている、もしくは実用化が確定的であると考えられている技術は、通常「有線系」、「無線系」に分類されることから、これに従うこととする。

さて、これらの前提で、まず有線系からみると、「光ファイバ」、「メタリック(主として銅線)・ケーブル」、「同軸ケーブル(Coaxial Cable)」、などが挙げられる。つぎに、無線系であるが、基本的には無線はすべて電磁波(光も電磁波の一種である)を用いるが、その利用周波数帯域によって、「マイクロ波」、「ミリ波」、「光空間」という分類が可能であり、それぞれ、周波数帯域に独特の性質を有する。

以下では、これらを総括したものを[図表1-9]に掲げ、「遍在性」「価格」「広帯域性」の3つの観点から検討した。

³ たとえば、野村総合研究所[2000]には2005年の普及率と価格が予測されている。また、ガートナー・ジャパン[2000]では展開の実現可能性率入りでのシナリオが描かれている。しかし、本論ではアクセス網の需要や供給の予測を目的としていないので、予測方法などには立ち入らず、各機関による予測価格の紹介にとどめる。

[図表 1 - 8] TCP/IPの protocols 体系と OSI 基本参照モデル、

出典 『日経 B P デジタル大事典 2000-2001年版』 p 7 6 2 表を基に作成

OSI 基本参照モデル	TCP プロトコル	プロトコルの内容
アプリケーション層	F T P H T T P	ファイル転送 H T M L 転送プロトコル
プレゼンテーション層	P O P 3	メール受信プロトコル
セッション層	S M T P T E L N E T R P C	メール交換プロトコル リモート端末制御プロトコル リモート手続きの呼び出し
トランスポート層	T C P U D P	コネクション型トランスポート・サービス コネクションレス型トランスポート・サービス
ネットワーク層	I P I C M P	2 台のコンピュータ間の通信路確立のプロトコル 通信時の異常状態処理のプロトコル
データリンク層	イーサネット、F D D I、パケット交換、I S D N、A T M など	
物理層		

[図表 1 - 9] アクセス系の伝送技術

	伝送媒体	システムの一般的呼称	伝送容量	媒体の使い方	備考
有線系 アクセス網	光ファイバ	PDS	1.5MBps 以上 / 回線	共有	
		システム	144kbps / 回線	占有	光ファイバとメタリックケーブルの混在
		ADS	1 M b p s 10MBps	占有	
	メタリックケーブル	XDSL	128kbps ~ 52MBps	占有 非対称・対称	伝送容量は距離などの条件に依存。メタルケーブルを複数使用する場合もある。伝送容量の数値は米カタログ値
		IPoverISDN	123kbps ~ 1.5MBps	占有	構想段階・実装した機器はない
		電力線	100kbps ~ 30MBps	占有	日本と欧米での法規制の差異大
	同軸ケーブル	C A T V	30MBps	共有 非対称	H F C では 50MBps 程度まで伝送容量を拡大できる
無線系 アクセス網	準マイクロ波 マイクロ波	WLL FWA Bluetooth 無線 LAN	1,5,10MBps ~	共有	2,22,26,38GHz 帯を使用
		IMT - 2000	144kbps ~ 2MBps	共有	2MBps は静止時の伝送容量。
	ミリ波	LEO・GEO	数 kbps ~ 30MBps		人工衛星 米国では数 10MBps の伝送容量をもつ次世代衛星通信システムが実現する見込み
		成層圏プラットフォーム	144kbps ~ 数 100Mbps		IMT-2000、FWA のプラットフォーム
	赤外線 レーザー光線	光空間通信	300MBps	占有 可能	赤外線を使用。伝送容量は希少条件に依存する。

次世代ネットワーク構想に関する懇談会 [1999] 「 2 0 0 5 年次世代ネットワークのすべ
て」 「 図 3 - 2 - 1 0 アクセス網システム概要」 p 9 1 に加筆して作成

3.2 有線系技術

有線系のネットワークは、コミュニケーション・ネットワークとして古い歴史を有する。最初の大陸を超えた伝送路は、1866年にイギリスとアメリカとを結んだ電信線であった。はからずも電信はデジタル通信である。電信から発達した電話網は現在においても有線系通信ネットワークの重要な部分を占めている。しかしながら、媒体として金属を用いるのか、ファイバークラスをもちいるのか、また、その媒体上をどのような信号伝播方式を用いてコミュニケーションを成立させるのかという点では種々のバリエーションがある。更に、電話通信網以外にもケーブルTV（CATV：有線放送）網、電力線網などが、種々の媒体を利用しながらデジタル・コミュニケーション・ネットワークのインフラとして利用されつつある。

3.2.1 光ファイバ

光ファイバによる伝送は、シリコンをベースにしたガラスの中を通る光が比較的少ない減衰によって遠距離に迄到達できる性質を利用することから始まり、現在では素材の多様化、光源の制御の高度化によって、「高速」で「大容量」の通信を実現する手段とされている。

・ 遍在性

我が国では一貫して、通信網の光ファイバ化が進められてきている。現存する電話を中心とする通信網の主要幹線部分については既に光ファイバによるネットワークが構築されたが、FTTH（ファイバー・トゥー・ザ・ホーム）即ち家庭の引込み線にまで光ファイバ化を進める計画は、実現までには暫くかかることが見込まれている。そこで、FTTC（ファイバー・トゥー・ザ・カーヴ）即ち「カーヴ（路肩）」までの配線をもってひとつの目途とするように計画が検討され直している。また、CATV 網での光ファイバへの転換も進められている。CATV 網は「最後の1マイル」における電話通信網に次いで発達したアクセス系の通信網であり、家庭の入り口までの（宅内を除く）光ファイバ化が進むことにより、遍在性が高まる。

・ 広帯域性

光ファイバの最大の特長はその広帯域性であり、ギガビット級のネットワーク構築の為には不可欠ともいわれる。利用する光の周波数や伝送技術も着実に進化しており、ますます広帯域化が進むことも期待される。

・ 価格

媒体は銅よりも安価な素材を利用できることから、比較的安価に製造できる。しかしながら、伝送媒体素材の安価さに比して配線にかかるコスト、すなわち埋設費用など人件費に負うところが大きいこともあり、各家庭への普及は未実現である。その遅れがひとつの

原因となり光スイッチや一般家庭での光コンセントの導入に必要な市場を創り出すまでには至らず、これらの機器の普及価格へ向けた低下価格化も遅れ気味である。

野村総合研究所 [2000] では、NTT による敷設費用を 10 万円以上、有線ブロードネットワークスで 5 万円程度 (一戸以下同)、接続費用は月額 2000 円 ~ 5000 円と幅を持たせて見ている。また、NTT 東西日本は 2000 年末から家庭用ファイバ・アクセス (10Mbps) の大規模検証実験を行うが、価格は初期工事費用 3 万円弱、月額 1 万円強に設定されている。

3.2.2 メタリック・ケーブル (ISDN、xDSL、IEEE1394、電力線通信)

ここでいうメタリック・ケーブルとは、一般の加入電話線に使用されている 2 芯撚線 (ツイスト・ペア・ケーブル) に加えて、AV 機器の高速接続規格 IEEE1394、家庭への配電に使用されている 2 芯の電力線も含む。CATV で利用されている同軸ケーブルもメタリック・ケーブルのひとつではあるが、後に取り上げる。

従来より、我が国では一般加入電話を対象として、銅線を介したデジタル通信、ISDN (統合デジタルネットワークサービス) が提供されてきた。しかし、近年インターネットへのアクセスが増大するにつれ、アクセス系サービスの広帯域化、低価格化が求められるようになり、メタリック・ケーブルを利用する xDSL 技術や、電力線通信技術利用への期待が高まっている。

・ 遍在性

電話線網や電力線網を使用する大きな理由は、現存するインフラを利用できるメリットがあるからだ。電話線網は光ファイバ化が進められているとはいえ、宅地に接続しているアクセス系部分は銅線であり、宅内の配線もそうである。最近では各部屋にローゼットを備えた家庭も増えており、比較的遍在している。他方、電力線は我が国において最も普遍的なインフラであり、しかも、必ずといって良いほど居住空間にはコンセントが備えられており、遍在性は電話よりも格段に高い。IEEE1394 規格は主として AV 機器を接続 (AV 機器同士や PC との接続) する規格であり、AV 家電製品中心にひろく普及しつつある。

・ 広帯域性

従来型の銅線を利用した家庭の加入サービスを利用する ISDN は最大で 128Kbps であり、狭帯域に属する。xDSL は従来の電話回線に使用されている銅線をそのまま利用するが、回線の終端に変復調機を設置して、数 Mbps から数 10Mbps の帯域を確保する。電力線通信は現在の法規制では利用できる周波数帯域に制限があり、3 Mbps が計測上の最高記録である。IEEE1394 は 100Mbps 以上の高速接続が可能。

・ 価格

機器の低価格化は ISDN では一巡し、xDSL では現在進行形、電力線通信では今後の開発次第である。ISDN では初期費用が (電話加入権を別として) 3 万円程度、常時接続が月額 4000 円強で可能である。xDSL では初期費用が 6 万円程度、月額 5000 円から 6000 円

程度とされる（野村総合研究所 [同]）。電力線通信では低速（9600bps まで）機器で試作機段階のものが 2 万円を目標にしている（OpenPLANET 構想：尾崎 [2000]）。

3.2.3 同軸ケーブル（CATV）

同軸ケーブルは、メタリック・ケーブルの一種であるが、芯線を撚り合わせるのではなく絶縁体を挟んで同心円状に銅線を配して、雑音・干渉の排除を行い、高品質即ち高速大容量のデータ伝送を行うものである。

長く CATV ネットワークにおいて、有線放送網の構築に使用されてきたほか、初期のイーサネットの伝送路としても利用された。また、扱いやすいことから通信以外の用途で家庭用テレビ受像機のアンテナ線として頻繁に利用されている。

・遍在性

宅内におけるテレビのアンテナ端子としては、比較的普及していると考えられるが、通常アンテナとテレビ間を結ぶだけであり、外部との接続を考慮して配線されているわけではない。これを考慮すると、同軸ケーブルは、CATV 加入者に限っては各家庭に普及しているといえる。CATV 加入者は、平成 11 年度末の加入世帯数は約 1000 万世帯であり、世帯間を結ぶインフラとしても普及しつつあることが見て取れる。

・広帯域性

高速ケーブル・モデムを利用した場合数 10Mbps の速度を実現するが、国内で実用化されているのは、最高 512Kbps 程度。また、(1) 他の CATV 加入者と帯域を共有していることから混雑が起こり易い、(2) (ADSL とも共通する課題だが) 下り速度に比して上り速度が極端に遅い、という問題点がある。

・価格

ケーブル・モデムの低価格化が進んでいるが、ケーブルの敷設にかかるコストが高いのはファイバと同様である。野村総合研究所によると、初期費用を 6.5 から 7.5 万円、月額使用料金を 5000 円程度としている。

3.3 無線系技術

無線系の搬送方式では、技術的な要素の違いによって分類が大きく分かれてくる。初期の電信が、ガルバーニによる接触式火花電信機にはじまり、1837 年のモールスの電信機発明と通信の実験、1895 年のマルコーニの無線電信機に進化したこと、また「ラジオ」と呼ばれた放送システムに進化したことから始まったことは、無線を用いたデータ伝送が、今また進化の先鋒をきっていることに似ており、興味深い。現在の無線技術は搬送経路の違いがシステムの性質や構造に与える影響も大きく、ここでは電波と光線に分けて、電波による無線ではさらに地上系と衛星系に分けて検討する。

一般に無線は有線に比較すると可搬性に優れる（すなわち遍在性に優れる）代わりに高速化（すなわち広帯域化）が難しいとされる。

3.3.1 準マイクロ波、マイクロ波、ミリ波（WLL / FWA・IMT-2000）

利用する電波の周波数帯域の違いによって、免許を必要とするものと、必要としないものに分けられる。代表的なサービスとして次世代携帯電話（IMT-2000）は準マイクロ波を利用、固定された無線局を利用する FWA（Fixed Wireless Access）、WLL（Wireless Local Loop:最近では FWA に包摂）がある。さらに ISM バンドを利用した無線 LAN や Bluetooth の存在が最近では新たなアクセス技術として注目されている。

・ 遍在性

IMT-2000 を睨んで、携帯電話サービスの提供会社は、サービスエリアの拡大中である。2000 年 9 月末に、携帯電話ないし PHS が「15～59 歳の約 70%」（野村総合研究所[前傾]）であることを考えると、これらの契約者が IMT-2000 への乗り換え潜在性をもっているということであり、遍在性が高いといえよう。

FWA に関しては、現在のところ大きくふたつの流れが存在する。ひとつは無線機の使用に免許の必要とされない周波数帯域（具体的には ISM バンド）を使用する、無線 LAN や無線ルータ、Bluetooth といった技術であり、もうひとつは免許要件が課されている帯域での大容量無線通信である。前者にかんしては、機器の低価格化、小型化が急速に進行していることから、遍在性もまた急速に高まっている。後者については、高出力が特長であり、都市部での企業による利用にとどまっている。

・ 広帯域性

IMT-2000 は従来の携帯電話よりも高い周波数帯域を利用する為高速化が可能である。当初は 384Kbps からサービスを提供、その後 2Mbps へと以降する予定である。

ISM バンドの 2G 帯域を使用する無線 LAN や Bluetooth では伝送速度の限界は 5 Mbps 程度といわれる。他方 26/38G 帯域を利用する FWA では数 Mbps から数 10Mbps の通信が可能である。

・ 価格

機器のコスト、加入者費用、通信費用などについては、現在の携帯電話についても、時間課金制度、パケット課金制度、月額定額など種々の体系が、キャリアのビジネス・モデルや戦略の違いを反映して入り乱れており明快な評価を下すことは困難であるので、敢えて具体的な価格についての言及を避け、現存するパケット量による課金体制では、常時接続を前提として、かつ今後高速化によって増大する情報量をやりとりする上では、現在のパケット代金は高額過ぎる。

ISM バンドを利用する場合、機材のコストは電波の到達距離によって異なる。近距離を対象としている無線 LAN や Bluetooth では数万円（Bluetooth ではマイクロチップを 5 ドル＝約 550 円にする計画）であり、5 キロメートル程度の中距離を対象としている無線ルータでは 20 万円程度必要である。ただし、いったん機材を導入すると、通信にはコストがかからないという大きな利点がある。

FWA は出力が大きい無線ルータ同様、機器や設置費用に 20 万円程度かかる。

3.3.2 マイクロ波、ミリ波（GEO/LEO、成層圏プラットフォーム）

一般に地球上の静止軌道上に存在するGEO（Geostationary Satellite）を経由してマイクロ波、ミリ波の送受信をすることを衛星通信という。中でも、LEO（Low Earth Orbit）は通常のGEOが高度36,000メートル上空にあるのに対し、高度1,000メートル上空に静止させ通信を行うものをいう。いずれも衛星間や衛星と地上との通信をおこない、IMT-2000やFWAでの基地局としての利用が想定されている。

・遍在性

LEO、成層圏プラットフォームは、上記の通り、他の無線アクセス系の基地局としての機能を提供する。その際にカバーする範囲が広域であるところが特長である。これらの基地局（プラットフォーム）は、身近に遍在するわけではないが、広範囲におけるサービスの利用は可能である。

GEOについては、衛星系帯電話イリジウムに代表されるように独自の衛星ネットワークを利用することで世界中どこでも通信をおこなうことを可能にするものだが、利用者が多いとはいい難く、遍在性は低い。

・広帯域性

主として16Kbpsから2Mbps程度の通信が可能になるといわれる。FWAやIMT-2000での利用はそれぞれのサービスの通信速度に従うことになる。

・価格

いずれのプラットフォームも設置費用が高額であり、GEOでは端末、回線使用料ともに高額である。また、現在のインターネットにおける利用方法は、上り回線を狭帯域の地上電話回線でまかない、下りに広帯域の衛星回線を用いる形態であり、電話回線使用料と衛星回線使用料の2ヶ所の異なるコスト発生源を経由することになり、高コスト化の要因となっている。

3.3.3 赤外線・レーザー光線（光空間通信）

光空間通信技術は、電波の中でも波長が短く（100 μ m～1 μ m）、可視光線に近い赤外線を使用して通信を行うものが主流である。なかでも身の回りでよく見かけるのは、屋内での無線伝送を主たる目的とするIrDAという規格（規格の制定団体名でもある）によって、パソコンをはじめ、PDAや携帯電話、デジタルカメラなどの間で至近距離の通信を行う技術である。赤外線は、空中浮遊物、雨などに吸収されやすいため、屋外での使用には不利といわれるが、比較的人体への悪影響が少ないこと、電波法に基づく免許が不要であるなどの利点があり、利用が進んでいる。

・遍在性

アクセス網としての利用は、現在のところ、FWAの基地局と同等であり、企業間のポイント・トゥ・ポイント通信に利用される程度であり遍在しているとはいい難い。しかしながら、携帯端末やデジタル・カメラを始めとして家電製品への組み込みが増加しており、

極短距離での通信空間での遍在性を増している。ただし、アクセス系としての利用はほとんどなされていない。

- ・広帯域性

屋外の使用では赤外線レーザー光線を利用する高速（100Mbps 程度）の通信設備も市販されている。光は直進性が高いため、見通しがきく範囲で、かつ直線で結べる場合には数キロメートル程度の通信が可能である。短距離での IrDA に基づく通信では 10Mbps が最高速度である。

- ・価格

IrDA 以外の赤外線無線 LAN 専用機器は 20 万円から 60 万円と一般家庭のアクセス用の利用向きには高価である。但し、いったん設置した後は回線使用料は不要。IrDA 機器は単体で販売されるというよりもむしろ端末機器に組み込まれるほどに低価格化が進んでいる。

3.4 小括

以上で検討した結果をまとめると、「遍在性」「広帯域性」「価格」の観点から見た、現在のアクセス系技術の評価の一覧ができる。[図表 1-10]には、評価をとりまとめた一覧表と、[図表 1-11]にはそれをグラフ化したものを掲げる。

これらの評価からいえることは、理想的な技術であるはずの光ファイバがいびつな形となっており、まだまだ実用には時間がかかりそうであるということ、それに比して有線系では xDSL が、無線系では Bluetooth が比較的バランスのとれた技術であることがわかる。

現状アメリカ、韓国を始め xDSL の普及が急速に広がっていることを考えると、納得できる結果である。他方、ここで、注目すべきなのは、電力線通信である。遍在性において著しく高い評価を得られているにもかかわらず全体としていびつな形になっている。

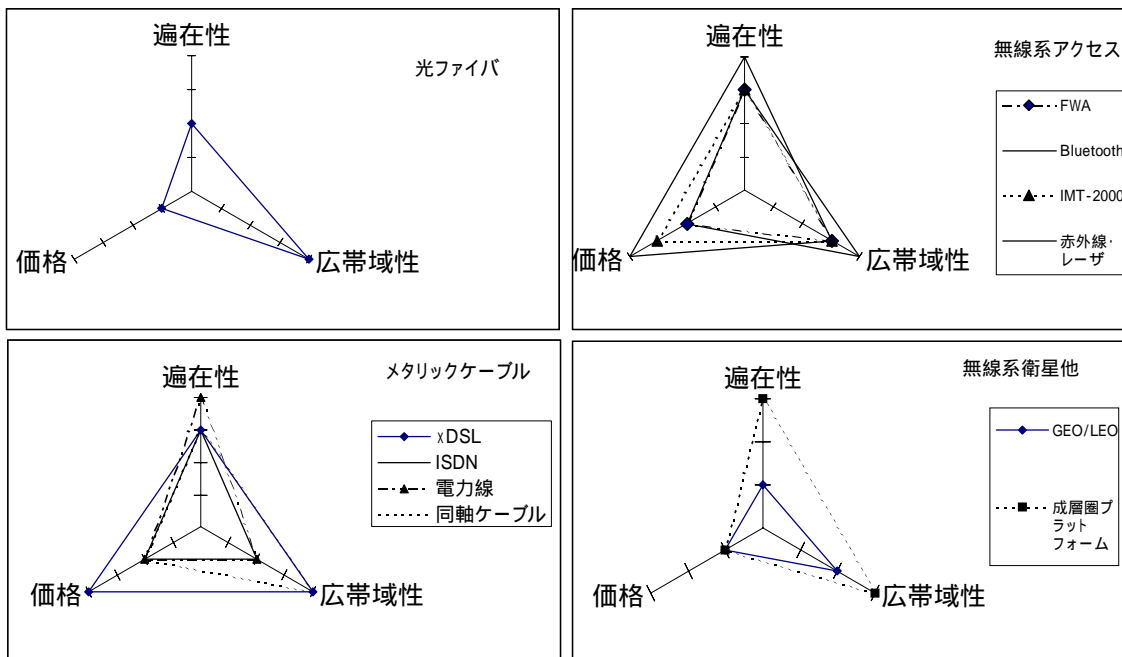
マイクロデシック・ネットワークにとって、遍在性の高さは他の要素にも増して重要である。かかる観点から次節においては、以上の評価結果にもとづいてマイクロデシック・ネットワークに向かう技術について詳論するが、その中ではある程度評価の固まっている xDSL ではなく、電力線通信について検討する。

[図表 1-10] アクセス技術の種類のまとめ

アクセス技術の呼称	遍在性	広帯域性	価格
光ファイバ			×
×DSL			
ISDN			
電力線通信			
同軸ケーブル			
FWA			
Bluetooth			
IMT-2000			
GEO/LEO	×		×
成層圏プラットフォーム			×
赤外線・レーザ			

凡例： ◯：非常に優れている △：良い ◇：やや劣っている ×：劣っている

[図表 1-11] アクセス技術の種類のまとめ [グラフ]



4 マイクロデシック・ネットワークへの漸近

前節では、伝送媒体の違いに着目して、有線系、無線系のアクセス網の類型化の中から、「遍在性」「広帯域性」「価格」の面から検討してきた。

本節では、次章への橋渡しとなるように、これら有線系、無線系のアクセス網の類型的なかから有線系では電力線通信、無線系では Bluetooth をとりあげて、マイクロデシック・ネットワークの観点からさらなる検討を加える。

次章においては、マイクロデシック・ネットワークを定義する。その際、これまでみてきた技術との関連が具体的に描けた方が役に立つだろう。本節の目的は電力線通信、Bluetooth の例をとりあげ、これらがマイクロデシック・ネットワークへと漸近しつつある要素技術であることを示すことである。

マイクロデシック・ネットワークはユビキタス・ネットワークにおけるアクセス系を構成するネットワークである。したがって、電力線通信、Bluetooth はいずれも、他の技術よりも「遍在性」という点で優れている点を評価して採用した。これらは、現在の技術段階ではマイクロデシック・ネットワークを実現していないが、将来的に漸近していく技術である。

4.1 電力線通信 (Power Line Communication)

4.1.1 電力線通信とマイクロデシック・ネットワーク

電力線は、家庭内では凡そ居住空間のどの部分にも張り巡らされているし、屋外にもくまなく張り巡らされている、極めて遍在性の高いものである。

さらに、宅内においては、ノード同士が近接している（コンセントとコンセントの距離が短く互いに接続している）というネットワーク構造（宅内配電はリング型ないしバス型）上の特長がある。また、コンセントから電力を供給されている機器であれば凡そどんなものでもネットワーク化できるという性質がある。

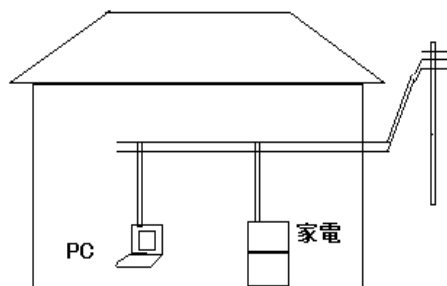
さらに、近隣の家庭との関係をみると、通常近在の 5 から 10 戸で柱上トランスを共有していることが多く、これらをひと括りとした、近隣ネットワークの構築に有利である。

これらの特長を勘案すると、電力線通信は遍在性が高く、また、近距離でのネットワーク構築に有利であり、マイクロデシック・ネットワーク実現の最有力な要素技術のひとつである。

ところで、電力線通信は有力な技術ではあるが、残念ながら現時点ではその開発すらままならないというのが現状である。理由は主に技術的な問題と規制が原因である。

4.1.2 電力線通信の技術的難点

従来から電力線通信の広帯域化には技術難点があるとされてきた。電力線上に高周波を流すと、電波の漏洩が発生する恐れがある、すなわち電力線が「アンテナ」の機能を持ってしまい、他の電波を使用する機器に悪影響を及ぼす可能性がある点である。



【図表 1 - 1 2】電力線通信

この性質は更にやっかいな問題を含む。高速広帯域化のために電力線上に重畳させる高周波の帯域幅を増やすために高い周波数を用いれば用いるほど伝送距離が短くなってしまふことだ。もし伝送距離を伸ばそうとして出力を上げると周囲に広がる雑音もまた大きくなってしまふ。

電力線通信における高周波利用に周波数帯域の制限が設けられた背景にはこのような事情があるが、その為に現行法規の下では広帯域化に限度があるとされる。

4.1.3 技術的問題への解決策の存在

ところが、発想を転換して考えてみると、実は単純な解決方法があるということが見えてくる。電力線通信が対象としているのは、主として家庭内や近隣の家庭である。本来ならば、なにも、多大な雑音を発生するほどの高出力を必要とするはずはない。

さらに、電力線通信技術の開発に、現在の無線において利用されている技術（スペクトル拡散、OFDM など）を転用することで、ごく小電力による、高伝送容量の通信の実現が期待できる。

このような考え方は、マイクロシク・ネットワーク概念を応用したものである。つまり、ごく短距離（家庭内のコンセントとコンセント）を微小なエネルギー（小さな電力）を利用してつなぎ（高周波数帯域で OFDM などを利用し）ながら、「バケツリレー」的にデータを伝送する。そうすることで全体としてみるとひとつのネットワークが構築されている状態をつくりだすことができる。

4.1.4 小括

電力線通信は、マイクロシック・ネットワーク実現のための有力な要素技術であるが、技術的難点を理由に法規制がかかり、現状では十分にその優位性を活かしてきていない。ここには非常に重要な政策課題が存在することがわかっており、その問題は、政策提言も含めて第4章で詳しく論じる。

4.2 Bluetooth

4.2.1 Bluetooth とマイクロシック・ネットワーク

Bluetooth には速度が遅いという難点があるが、2005 年までには 100 億チップ以上の出荷を見越しており、また、電氣的制御が可能なものであれば凡そなんにでも搭載可能であり、遍在性が非常に高い。さらに、Piconet、Scatternet（後述）のような増殖するネットワーク構造を基本設計として備えており、マイクロシック型ネットワークを構築する為の必要条件を満たしており、無線でのマイクロシック・ネットワーク構築技術の最有力候補である。

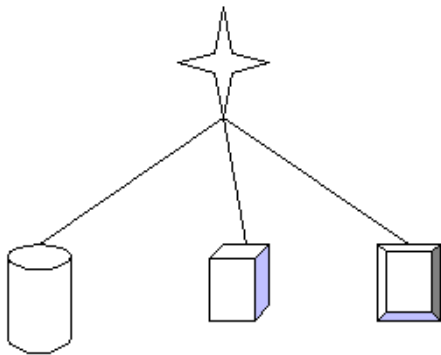
4.2.2 Bluetooth の構成： 「Piconet」と「Scatternet」

Bluetooth ではピア・ツー・ピア接続の他に、同一の周波数チャンネルを共有しながら一対多のネットワークを構成することができ、これを Piconet と呼ぶ⁵⁾。[図表 1 - 1 3] は Piconet の構成図であり、星型は親機（Master）をそれ以外は子機（Slave）を表す。

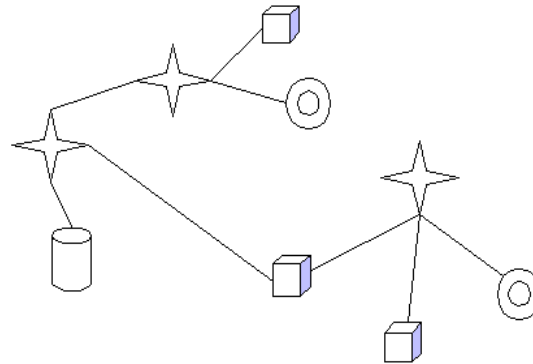
Piconet を用いることで一台の親機で複数（最大 7 台）の子機を制御することができることになる。

これに対して Scatternet は Piconet が複数つながったものである。[図表 1 - 1 4] では星印で表した親機が一部では親として機能しながら同時に子機として機能している様子を示す。

Bluetooth では異なる TDM (Time Division Multiplex)を使用することで、このようなネットワーク構成を可能にしており、同一空間において異なるネットワークを同時に存在させることが可能である。また、Piconet が「数珠繋ぎ」になっていくことで、全体としてひとつのネットワークを構築するというマイクロシック・ネットワーク的なネットワークの構築が可能である。



【図表 1 - 1 3】 Piconet



【図表 1 - 1 4】 Scatternet

4.2.3 Bluetooth の利点と難点

Bluetooth の利点として、無線ベースであるので可搬性に優れる（アドホック・ネットワークの構築に有利）、現状の LAN と異なりファイルやプリンタの共有のみならず、凡そ電気制御されているものであればどんなものでもネットワークの対象となり得る、という点が挙げられる。これらに対して、難点としては、イーサネットに比較して伝送速度が格段に遅い（1Mbps）、Scatternet で「数珠繋ぎ」になった際には更にスループットの低下が懸念される、2.4GHz の ISM 帯域を使用していることから、他の電波源からの干渉で性能の低下が懸念されること、などが挙げられる。

4.2.4 まとめに替えて：無線 LAN と Bluetooth の違い

無線 LAN は IEEE802.11b⁴によって標準規格化され、2.4GHz 帯域で DSSS（Direct Sequence Spread Spectrum）を使用するものが主である。伝送速度は 1、2、5.5、11Mbps である。IEEE802.11 は無線 LAN の標準化を進める作業部会だが MAC 及び PHY を対象としている。

Bluetooth は広い意味で無線 LAN の一端を担っているが、IEEE802.11 作業部会の範疇ではなく IEEE802.15 が取り扱っている。そのことから、Bluetooth をして「無線 LAN ではない」という分類をする向きもある。しかしながら、Bluetooth と LAN との親和性を示す証左として IEEE802.15/TG1 の取り組みが挙げられる。この部会は Bluetooth を使用した至近距離ネットワーク（PANs: Personal Area Networks）の標準化を進めているが、言うまでもなくこれは 802 委員会の一翼であり、IEEE において Bluetooth が LAN の一形態としての認識されていることを表わしている。

⁴ IEEE（The Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. 全米電気電子学会）の 1980 年 2 月に設置された委員会。当初 LAN の標準化を目指して創設された。

つまり、本論で考察しているマイクロシック・ネットワークの考え方の枠組みでは「無線 LAN は PC 用、Bluetooth は家電用」などという区別はもとより不要である。

[参考文献]

- ・石井孝利 [2000] 『次世代 IT』 東洋経済新報社
- ・NTT 未来予測研究会編 『2005年の社会と情報通信』 NTT出版
- ・大塚玲 [2000] “情報家電によるユビキタス・ネットワーク市場の創造” 知的資産創造, 2000年2月号 野村総合研究所
- ・尾崎賢二 [2000] “家庭内電灯線を利用した宅内ネットワーク化構想 / 四国電力のオープンプラネット構想” 電子情報通信学会技術研究報告 [スペクトル拡散] SST2000-58 pp.27-34 電子情報通信学会
- ・鬼木甫 [1996] 『情報ハイウェイ建設のエコノミクス』 日本評論社.
- ・ガートナー・ジャパン [2000] 『ITトレンド』 東洋経済新報社
- ・片山正昭 [2000] “高速高信頼性電力線通信システム実現の為の技術課題” 電子情報通信学会技術研究報告 [スペクトル拡散] SST2000-60 pp.43-49 電子情報通信学会
- ・ギルダー, ジョージ、牧野昇監訳 [1992] 『未来の覇者 : マイクロコズムの世紀』 NTT出版.
- ・公文俊平 [1994] 『情報文明論』 NTT出版.
- ・公文俊平 [1993] 『「マイクロコズムとテレコズム」ジョージ・ギルダーの未来の情報通信産業論』 (http://www.glocom.ac.jp/proj/kumon/paper/1993/93_02_13c.html).
- ・次世代ネットワーク構想に関する懇談会 [2000] 『2005年次世代ネットワークのすべて』 クリエイト・クルーズ
- ・篠原健・上杉志朗・真田英彦 [1999] 「マイクロデシックネットワーク」電子情報通信学会技術研究報告[オフィスシステム研究会]OFS99-3 p.17-21 電子情報通信学会.
- ・高山省吾 [2000] “電力線通信技術の現状と展望” 情報処理, vol.41, No.1
- ・地域情報化研究会編 [2000] 『次世代地域情報化ビジョン』 ぎょうせい
- ・都築伸二 [1999] “スペクトラム拡散技術の新たな展開 - 電力線搬送のホームネットワークへの適用 - ,” システム制御情報学会誌, vol.43, No.12, pp.637-643, Dec.1999
- ・都築伸二 [2000] “高速電力線通信実現にかかる諸問題” 電子情報通信学会技術研究報告 [スペクトル拡散] SST2000-54 pp.1-6 電子情報通信学会
- ・野村総合研究所 [2000] 『IT市場ナビゲーター』 野村総合研究所
- ・林紘一郎 [1998] 『ネットワークング 情報社会の経済学』 NTT出版.
- ・林俊彦・松浦克巳 [1992] 『テレコミュニケーションの経済学』 東洋経済新報社.
- ・松本渉・斎藤成一 [2000] “電力線通信の課題と開発動向” 電子情報通信学会技術研究報告 [スペクトル拡散] SST2000-57 pp.19-26 電子情報通信学会
- ・宮尾尊弘 [2000] 『日本型情報化社会』 ちくま新書.
- ・武藤佳恭編 [2000] 『無線アクセスのすべて』 翔泳社

- ・村上輝康・藤沼彰久 [2000] “ ユビキタス・ネットワーク時代に向けて ” 知的資産創造 , 2000 年 2 月号 野村総合研究所
- ・山崎朗・玉田洋編著 [2000] 『IT 革命とモバイルの経済学』 東洋経済新報社

- ・Bluetooth,1999,Specification of the Bluetooth System v1.0B, Specification Volume 1, pp.41-42.
- ・Bluetooth,[1999]”Specification of the Bluetooth System v1.0B,” Specification Volume 1, pp.41-42.
- ・Huber, Peter W. [1987] ”The Geodesic network 1987 Report on Competition in the Telephone Industry.” Washington D.C. U.S. Government Printing Office. (谷田敏一訳 「電話産業における競争に関するヒューバー報告書」海外電気通信 1987 年 4 月号 pp.5-41 . [1987]) .
- ・Jaap C. Haartsen, 2000, “The Bluetooth Radio System,” IEEE Personal Communications, February, pp.28-36.
- ・Richard van Nee, Geet Awater, Masahiro Morikura, Hitoshi Takanashi, Mark Webster, and Karen W. Halford, 1999, “New High-Rate Wireless LAN Standards,” IEEE Communications Magazine, Vol.37, No.12, pp.82-88.
- ・Shiro Uesugi, Naoki Mizutani, Takeshi Shinohara, Hidehiko Sanada, [2000] ”Microdesic Network,” paper presented at INFORMS/KORMS 2000, Institute for Operations Research and the Management Science.
- ・Thomas M. Siep, Ian C. Gifford, Richard C. Braley, and Robert F. Heile, 2000, “Paving the Way for Personal Area Network Standards: An Overview of the IEEE 802.15 Working Group for Wireless Personal Area Networks,” IEEE Personal Communications, February, pp.37-43.

- ・日経 B P 社編 [2000] 『デジタル大事典』 日経 B P 社
- ・日本情報処理開発協会編 [2000] 『情報化白書』 コンピュータエージ社

第2章 マイクロデシック・ネットワークとは

1 はじめに

本章ではマイクロデシック・ネットワークの定義について述べる。ネットワークの定義を引くと：

ネットワーク (Network)

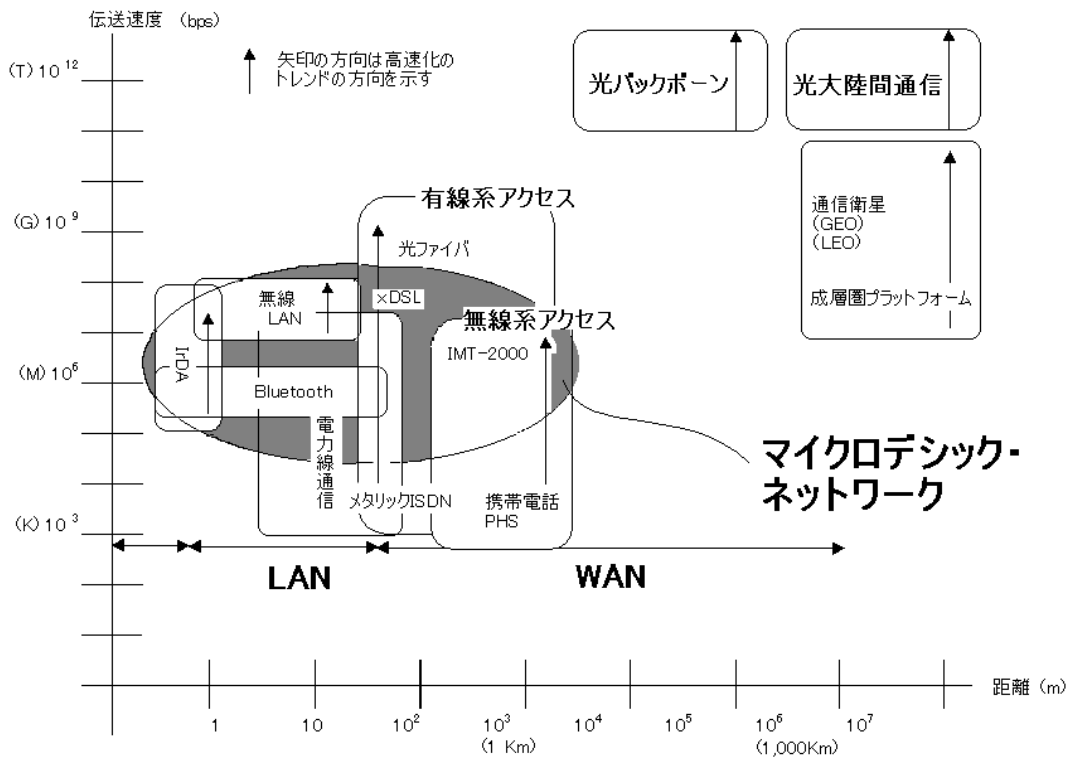
網状の組織の総称。情報通信網、放送網、道路網、物流網など多種類のネットワークがある。情報通信ネットワークはデータを伝送するリンク(通信回線)と、リンクの結び目のノード(ルーターや交換機)で構成される。情報通信ネットワークには地理的な広がりに対応する、LAN、MAN(都市域ネットワーク)、WAN(Wide Area Network)などがある。コンピュータ・ネットワークは、コンピュータ、サーバー、データ端末などの情報機器をつないだネットワークである。インターネットはコンピュータやLANを相互接続するインターネットワーキングのためのバックボーン・ネットワークである。

日経BP社『日経BPデジタル大事典 2000-2001年版』

などとされ、すくなくとも、「手段」(情報、放送、道路など)「構成要素」(リンク、ノードなど)「地理的な広がり」(ローカル、都市など)「対象」(コンピュータ、インターネットワーキングなど)といった切り口からの定義がされている。

本章では、これらの切り口でマイクロデシック・ネットワークを定義することにするが、はじめに、[図表2-1]にマイクロデシック・ネットワーク概念の位置付けを示す。図は横軸に包摂範囲をあらわす為に距離をとっている。原点から離れるにつれて、対象となっている距離が長くなる。縦軸は伝送速度をしめしている。このなかに、アクセス系の技術を配置してある。また、バックボーンとして国内の光ファイバ、また、大陸間の光ファイバを図示している。

この図のなかで、マイクロデシック・ネットワークが対象とするのは影を施されている領域に相当する。ただし、厳密に横軸・縦軸に示されている数値に規定されるわけではない。しかし、図から明らかなように、マイクロデシック・ネットワークは各要素技術を統



[図表 2 - 1] マイクロデシク・ネットワークの位置付け
 (Uesugi et.al.[2000]、篠原他 [1999] を基に作成)

合的に包摂するような一つの系、すなわちシステムである。したがって、この定義はひとつのシステム思考を定義するものだと理解するべきである。

以上を念頭に置きつつ、以下ではマイクロデシク・ネットワークについて、ネットワークの構成要素にしたがって、定義していくこととするが、最初の定義として、第1章で記した技術的進化や社会的な変化という背景のもとで、マイクロデシク・ネットワークがどのような特性を持ったものであるのか描写することから始めたい。そして、引き続き、ネットワークの要素である「構成要素」「地理的な広がり」「対象」(「手段」は情報通信であるので割愛)のそれぞれについて定義する。

2 マイクロデシック・ネットワークの特性

2.1 近距離での通信能力の向上

マイクロデシック・ネットワークの特性として最初にあげべきものは、篠原ほか[1999]で明らかにされた「一定範囲においてノード(端末)数が増加すれば増加するほどマイクロデシック・ネットワークは、ネットワーク全体の能力を向上させる」点である。

これによると、シャノンの第一定理(Shannon[1948])にしたがうと、通信を行うノードとノード距離が近ければ近いほど通信能力は向上する。そこで、正規化モデルを用いてある一定範囲内のノード数を N 倍にした時に、ネットワーク全体の能力は $N \sqrt{N \log_2 N}$ に比例して増大することになる。(篠原ほか[ibid.]¹)

つまり、近距離であればあるほど、そこでの通信に使用できる周波数帯域を高くすることが可能であり、周波数帯域が高ければ高いほどより大きな容量を持たせることが可能になる。これはよく知られたことであり、無線の世界では応用され実用に供されているアイデアである。

例えば、携帯電話を例にとると、初期の携帯電話で使用可能な周波数帯域は 800 ないし 900MHz 帯であった。ところが、利用者数の増大にともない、利用可能な周波数の増大も求められた。そして、現在では 1.5GHz 帯が利用されている。ところが、IMT-2000 に対応するにはより広い帯域幅が求められる。IMT-2000 は 2GHz 帯を使用する。周波数帯域が高くなればなるほど、高速化、大容量化が可能になる実例である。

マイクロデシック・ネットワークが想定するのは、ピア・トゥー・ピア(一対一)での通信能力が向上したならば、そのような通信の和であるネットワーク全体の通信能力は当然向上すること、そして、その向上の度合いは、ノード数の N 倍に比例するのではなく、 $N \sqrt{N \log_2 N}$ に比例して増大するということである。

ところが、電波には、周波数帯域が高くなればなるほど直進性が高くなり、また、同じエネルギーを用いた場合の伝送距離は短くなるという特性がある。これはネットワークの能力向上にとって不利ではないのだろうか。この疑問にこたえるべく、次節では、マイクロデシック・ネットワークの伝送能力向上の仕組みについて述べる。

¹ ここで置かれている重要な前提は「高周波数帯域を使用することによって向上する通信能力は、ルーティングにかかる遅延ロスその他種々の物理的遅延要素を克服するような」技術進歩がなされるということである。

2.2 事実上無限の伝送能力

直進性が高く、遠距離との直接の通信を可能にするには高出力が必要となるというのは、アクセス系のネットワーク構造として不利ではないかという疑念に対して、想起されるのはギルダールの「マイクロコズム」であり、ヒューバーの「ジオデシック・ネットワーク」である。デジタル技術の発達を背景として、前者は「小さいものほど早く進化し、大きな能力を有することになる」ことを示し、後者は「テレコミュニケーション・ネットワークにおいては、近接するノードとノードを直接に結ぶ経路が急速に発達している」ことを示した。両者の命題を合成すると、直進性が高いこと、遠方に到達するには高いエネルギーが必要とされるということは欠点ではないことが分かる。以下はその理由付けである。

2.2.1 マイクロデシック・ネットワークの技術的な利点

いま、電波の特性として、高周波数帯域を利用するためには距離を伸ばせないとすれば、逆に、近距離を結ぶには有利であるという命題が成立する。だとすれば、これはデジタル技術による符号化を利用して、近接するノードとノードを結ぶと通信の容量が増大することに等しい。つまり、ノードとノードが近接してさえいれば、高い指向性を確保することはさほど困難ではないことが言え、そこで大容量の通信を実行することが、比較的低エネルギーの利用によって可能であることが言える。したがって、通信距離を短くすることは、不利益どころか、指向性の高さで低出力（人体に悪影響を及ぼさず、周辺に雑音を撒き散らさないための要件）という利点をもたらすことになる。

さて、指向性の高さで低出力を満たしながら通信をおこなうとすれば、必然的にヒューバーの描く「ジオデシック」でいうところの最短距離は、ごくごく短距離（すなわち「マイクロ」）になる。そして、ここでは、ギルダールが描く「マイクロコズム」の世界の法則に則って、通信設備は急激な技術進化を遂げることが予想される。

この時、マイクロデシック・ネットワークのもうひとつの特長が顕著にあらわれることになる。それは、出力を絞って、極短距離での通信によりネットワークをつくることから、同じ周波数を繰り返し別の場所で使用できるという利点である。

2.2.2 無限の転送力を持つマイクロデシック・ネットワーク

指向性が高く、かつ出力が小さい通信からなるひとつの網は「マイクロセル」を構成する。「マイクロセル」と「マイクロセル」の間では互いに干渉しないように通信経路を設計することが可能であり、これらそれぞれのセルのなかでの通信能力がノード数の増加にしたがって向上していくと、マイクロセルの集合が有するネットワークのネットワーク全体としての能力が向上する。マイクロセルの大きさを十分に小さくし、その内部で利用可能な周波数資源を十分に大きくすることで、マイクロセルの集合体であるところのマイクロデシック・ネットワークの能力は事実上無限に拡大させることができる。

3 マイクロデシック・ネットワークの「構成要素」

本節では、マイクロデシック・ネットワークをネットワークの構成要素からみた場合にどのように定義できるかを明らかにする。ネットワークは、結節点である「ノード」と、結節点間を結ぶ「リンク」から構成される。以下ではそれぞれについてマイクロデシック・ネットワークはどう構成されているか示すが、通常ネットワークは「ノード」の違いによって対応する「リンク」も異なる場合が多い。²

しかしながら、マイクロデシック・ネットワークが想定するのは、デジタル化技術の進展によって、「ノード」固有の条件によって「リンク」(もしくは「リンク」固有の条件によって「ノード」)が一対一対応で決定されるのではない、より、柔軟なネットワーク構築が可能になっているという状況である。したがって、これら2つの構成要素を別々に論議することには何ら不都合はない。いうまでもなく、たとえ別々に取り上げているからといって互いに独立しているわけではなく、両者は密接に関係しあっている要素であるから、その関係についても随時述べる。

3.1 ノード

マイクロデシック・ネットワークが対象とするのは電気的なデジタル・コミュニケーションである。したがって、電氣的にデジタル化可能な部分を有するものは、どんなものでも「ノード」足り得る。

現在の通信網におけるアクセス系技術では、ノードは、電話網では交換機であり電話機である。また、インターネットではクライアント・コンピュータでありサーバ・コンピュータであり、ルータである。

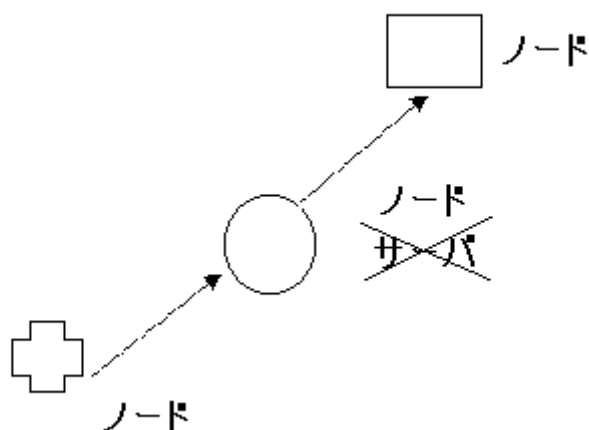
このようなアクセス系の技術においては、電話機には音声信号を電気信号に変換する(またはその逆の)機能と、交換機に相手先の電話番号を発信するダイヤル機能があるだけで、交換機は電話機のダイヤル信号を受けて相手先への回線接続を行う機能があるだけだ。インターネットの場合はすこし複雑になって、これにサーバとルーティングが加わるし、クライアントのコンピュータも音声信号だけではなく、デジタル・データ一般を取り扱うことができるようになる。

マイクロデシック・ネットワークのノードは各々がもう少しインテリジェント化された機能をもっている必要がある。

マイクロデシック・ネットワークでは近接するノードに対してのみ交信が可能である。すなわち、交信の相手は交換機やサーバとは限らない。むしろ、交換機やサーバに直接交信することは考慮の対象外である。このようなネットワーク構造では、一つ一つのノードにルーティングの機能を持たせることで、ひとつのネットワークを構築することができる。

² 例えば、「コンピュータ・ネットワーク」という場合、「ノード」はコンピュータであったり、プリンタであったりして、これらを結ぶ「リンク」にはIEEE1394を利用する、という具合である。

つまり、マイクロデシック・ネットワークは、ノードがそれぞれに独立し、ルーターとしての機能する、「超分散型」のデジタル・ネットワークである。このようなネットワークにおいてはピア・トゥー・ピアの通信がリレーされることで大きなネットワークへと広がることになる。[図表 2 - 2]



[図表 2 - 2] ノードからノードへの自律的な伝送

このような「超分散自律型」ネットワークでは、それぞれのノードにルーティング機能を持たせることになるが、IPv6によって事実上無限のIPアドレスをつくることができるようになり、また、システムをマイクロチップに搭載することが可能になった現在では、このような技術が予測可能な将来に実現すると考えられる。

実際、Bluetoothでは、Scatternetの仕様としてこのような機能が組み込まれているし、Java、Jiniといったソフトウェア・エージェントを利用することでもそれは可能である。但し、マイクロデシック・ネットワークのノードに要求されるのは、巧妙に設計されたルーティング機能をハードウェアとして装備し、ソフト的な処理よりも高速なルーティングを実現することであろう。³

3.2 リンク

現在リンクに用いられている伝送技術は、既述のとおり、「有線系」「無線系」からなる。マイクロデシック・ネットワークのリンクはいずれでも問題ではない。但し、ごく近距離の伝送を考え、そして、高い遍在性を確保することを考慮して、しかも経済的にも実現可能なものを選ぶとすれば、以下のようになろう。

³ マイクロデシック・ネットワークのルーティングについては、水谷他 [1999]、水谷他 [2000] などを参照。

3.2.1 有線系

有線系の「リンク」媒体について考察する上でまず、遍在性の側面からみてみる。現在遍在性の高いものは、新たなリンク構築にコストがかからないため、有利だからである。すると、電力線が身近では有利なリンク媒体であることが見えてくる。

開発の遅れから普及こそしていないものの、電力線は遍在性が高く、電力線通信であれば、コンセントから電力の供給を受ける機器が、およそどんなものでも「ノード」機能を持たせることが可能になる。

他方、最も速度が速く、広帯域化に適している光ファイバは、アクセス系に達するには暫く時間がかかることと思われる。光ファイバの敷設は新たなリンクの構築ということになり、コストがかかる。既存の電話線を利用するならばxDSLが優位である。xDSLを利用すると、新たにリンクを構築する必要はない。しかし、xDSLが利用できるのは、電話線に繋がれたノードだけである。

また、「ノード」としてのAV機器間をつなぐ為にはIEEE1394が普及しはじめているが、この規格は基本的にはPC周辺機器やAV機器のネットワーク化を意図して設計されている為、シリアル接続が可能な機器だけが対象となり、また、リンクには新たな配線がひつようとなる。

CATV用の同軸ケーブルは普及率が高いがやはり都市部中心であり、遍在しているとはいえない。そして、xDSLと同じく利用できるのはケーブルに繋がれたノードだけである。

他方、「リンク」には、広帯域性も要求される。すべての媒体の中で現在のところ最も広帯域な伝送を実現しているのは光ファイバである。また、減衰などエネルギーのロスの高さを考えても光ファイバは理想的な伝送媒体である。媒体の価格も低下している。

以上から勘案すると、もっとも遍在性の高いのは、電力線であり、これを利用した電力線通信は「リンク」の構築に新たな投資を必要としない有利な「リンク」であると言える。同時に、「リンク」媒体としての理想は光ファイバであることが結論付けられる。

3.2.2 無線系

つぎに無線系について考察すると、「リンク」を考える上で重要なのは遍在性であるが、無線リンクはいずれの技術を利用したとしても、無線の特性上高い遍在性へのポテンシャルを有する。つまり、無線機を導入するだけで、リンクを構築することが可能であり、有線系のように「リンク」を物理的に張り回す必要はない。

とはいえ、無線でも「リンク」に関する制限条件は存在しており、利用される周波数帯域の種類によって物理的な、もしくは制度的な限定が付与される。

他方、マイクロシック・ネットワーク構造の「リンク」として見た場合には、使い易さの点でこそ差異があるかもしれないが、準マイクロ波以上の高周波数帯域を利用するのであれば、光であれ、ミリ波であれ、一向に問題にならない。すなわち、既述のとおり、

マイクロデシック・ネットワークが対象とする「ごく短距離」の交信においては、指向性が高く、伝播距離が短いほうが、広帯域利用に有利であり、無線技術を利用する上でのメリットを享受することになる。

したがって、無線系技術はマイクロデシック・ネットワークの「リンク」としては有線系技術よりも柔軟性に富んでいることがいえる。

3.3 小括

以上をまとめると、マイクロデシック・ネットワークの「リンク」は、有線系においては、理想的には光ファイバの利用が望ましいものの、現存する遍在性の高いリンク網として見た場合には電力線利用が有利であることがいえる。また、無線系のリンクは、マイクロデシック・ネットワークの特性を勘案すると、準マイクロ波以上の高周波数帯域を利用する低出力の無線技術を利用するのであれば、どんなものでも有力な候補であるといえる。

また、ノード間の距離を縮小していく上では、無線のリンクを利用したほうが有線系の技術よりも柔軟性が高く、有利であることがいえる。

4 マイクロデシック・ネットワークの「地理的な広がり」

本節では、ネットワーク構造の別の側面である、地理的包摂範囲によるカテゴリー区分に対応してマイクロデシック・ネットワークを定義する。

通常、IEEE の区分に従うと、LAN、MAN、WAN の順に包摂範囲が拡大し、地理的に広い領域を含むようになる。最近 IEEE ではこれらに加えて PAN(Personal Area Network) を検討し始めているが、マイクロデシック・ネットワークが包摂する範囲はこれらの区分とは異なる。[図表 2 - 1] で示されたように LAN と WAN の一部を含む。以下ではより詳しくその地理的な包摂範囲について述べる。

4.1 コミュニティのネットワーク

マイクロデシック・ネットワークはコミュニティのネットワークである（真田ほか [1999]）。次節でとりあげるが、マイクロデシック・ネットワークはコンピュータ・ネットワークでも有り得るし、コンピュータの形をとらないマイクロチップのネットワークでも有り得る。これらユビキタス・ネットワークの要素といわれるものが互いにつながっているものが、マイクロデシック・ネットワークである。そして、このつながりが無限に連鎖することは当然考えられるが、無限の連鎖はインターネットと呼び、マイクロデシック・ネットワークはコミュニティの範囲に限定されたものをいう。

4.1.1 コミュニティにないもの

現在のコンピュータ・ネットワークの定義をみると、企業や学校で構築されたネットワークを LAN といい、都市レベルで構築されたコンピュータ・ネットワークを前提とした通信ネットワークを MAN、それ以上の範囲を含み、地球的規模まで広がる可能性を許された WAN というのが地理的な規模からみた定義である。

ところが、この定義からは「コミュニティ」が抜け落ちている（真田ほか [1999]）。

コミュニティの定義には諸説あり、より詳細な議論は第 6 章に譲ることとするが、ここでいうコミュニティは「地域」や「町内」という言葉で日常的に表現されているものである。職場や学校でのコンピュータ・ネットワーク利用はデータ（メールを含む）伝送を主として相当普及している。しかしながら、コミュニティとしてのデジタル・コミュニケーション・ネットワークはいまだ緒についたばかりである。

マイクロデシック・ネットワークはコミュニティを地理的包摂範囲とするネットワークである。

4.1.2 コミュニティでのネットワークの広さ

では、コミュニティにおけるネットワークは、具体的にはどの程度の広がりの意味するのであるか。

マイクロシク・ネットワークでは[図表 2 - 1]で示すように、この広がりには 10Km に満たないと考えている。人口の稠密度によっても異なるが、せいぜい数 Km までを限度である。これは NTT の交換機がカバーする範囲よりも少し小さい。

また、最小単位については、次に述べるように、ゼロ・メートルからが対象である。

4.2 BAN (Body Area Network)

マイクロシク・ネットワークではコミュニティが領域として定義された。コミュニティは上限を設定するのに有用な概念であるが、下限はどうなるのか。篠原健京都大学大学院客員教授によると、IEEE の定める PAN よりも小さい範囲である「BAN (Body Area Network)」が有用な概念であるという。

既に、携帯電話の小型化にともなって、また、Bluetooth の応用製品として、携帯電話の無線機部分を腕に装着し、受話器をヘッドセットで身につける製品が完成しているが、このような製品にみられる概念は、機能と装着位置とを対応させることであり、身体をひとつの領域と見立ててその上にネットワークを構築している訳である。

その意味で、マイクロシク・ネットワークの人間とのインターフェースで最小単位となるのは BAN であるといえる。他方、マイクロシク・ネットワークは人間とのインターフェースをもたない機械同士のネットワークを排除するものではなく、その意味においては理論上の最小単位いくらでも小さくできるがここでは具体的にその部分までは立ち入らない。

4.3 小括

マイクロシク・ネットワークの包摂する地理的領域は、コミュニティである。すなわち、最小単位は身体上のネットワーク (BAN) に始まり、最大では数キロメートル程度までの LAN、MAN (時には WAN) と共通する部分を包摂する。

5 マイクロデシック・ネットワークの「対象」

ネットワークの定義におけるもうひとつの切り口は「対象 (objective)」である。つまり、「コンピュータ」を手段として網を構築する場合には「コンピュータ・ネットワーク」であるし、「市民」を手段として網を構築する場合には「市民ネットワーク」である。この節ではマイクロデシック・ネットワークが何を「対象」、言い換えれば結びつける対象、としているのか定義づけする。

5.1 広義のコンピュータ・ネットワーク

マイクロデシック・ネットワークはデジタル・コミュニケーション・ネットワークの一種である。したがって、自動的に対象のデジタル化に必要な要素、すなわち、コンピュータが「対象」として含まれることになる。

しかしながら、ここでいう「コンピュータ」は狭義での「パーソナルコンピュータ」「クライアント」「サーバ」「メインフレーム」といったものではない。むしろもっと広く「マイコン内蔵機器一般」といったほうが適切であろう。

電子レンジにせよ、炊飯器にせよマイコン制御されている機器は一概にマイクロデシック・ネットワークの一部である。また、アナログ家電、たとえばアナログ FAX などでも Bluetooth を搭載して制御が可能になれば、立派なマイコン内蔵機器である。

つまりアナログであれ、デジタルであれコンピュータ（マイコンやシステム・オン・チップも含む）によって制御されるものはすべてマイクロデシック・ネットワークを構成する要素として定義される。

5.2 コミュニティ・ネットワーク

上述のとおり、マイクロデシック・ネットワークはハードウェアの「対象」としての「コンピュータ」を結ぶ一方、他方ではソフトウェアとしての「対象」である「コミュニティ」を結ぶ。

ここでいう「コミュニティ」は総体としてのコミュニティではなく、コミュニティ内部の構成要員である一人一人が対象である。言い換えれば、マイクロデシック・ネットワークが対象とする「対象」はコミュニティを構成する一人一人の要員である。

5.3 小括

マイクロデシック・ネットワークはコミュニティのデジタル・コミュニケーション・ネットワークである。これによって結び付けられる「対象」はコミュニティの構成員であるが、繋がれているのはシステムチップ化されたものを含むコンピュータである。

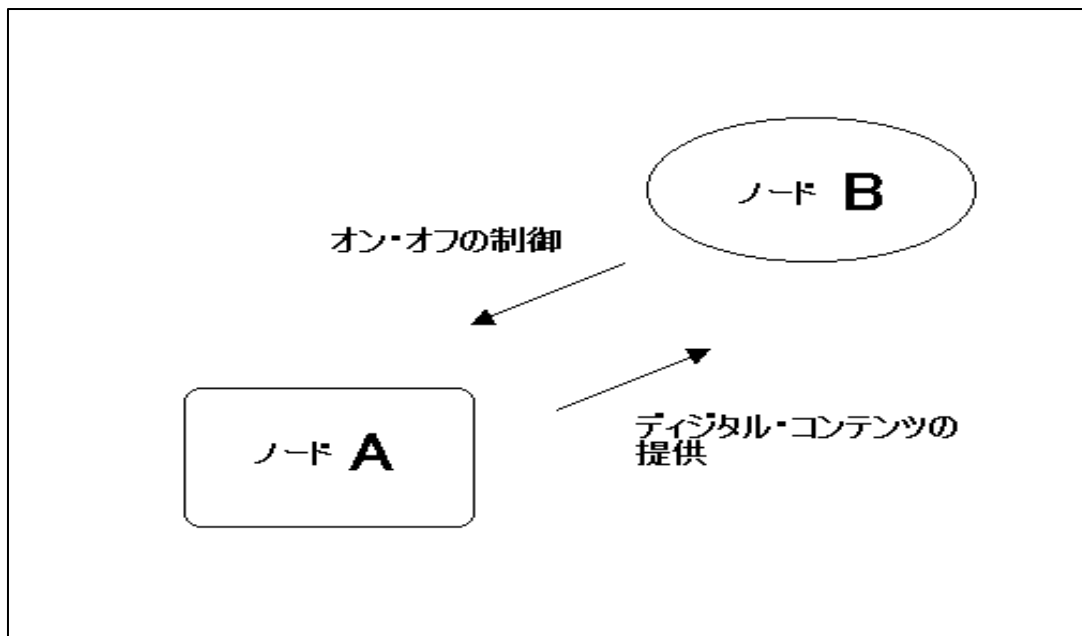
6 まとめに替えて：マイクロデシック・ネットワークでなにができるか

以上でマイクロデシック・ネットワークの定義を、ネットワークの「構成要素」「地理的な広がり」「対象」の側面から示した。また、マイクロデシック・ネットワークには、近距離であればあるほど能力が向上する、事実上無限の伝送能力が想定される、という特性も示した。

本節では、これらの定義、特性をもったマイクロデシック・ネットワークには一体なにができるのかという面からまとめ、次章でのマイクロデシック・ネットワークの社会的効用を考察するための基礎的な考え方の枠組みを示したい。

6.1 ピア・トゥー・ピア（水平的関係）

マイクロデシック・ネットワークの「構成要素」のひとつ「ノード」は、およそ電氣的に通信可能なものであればなんでも含み得る。また、特性として個々の「ノード」は独立して超分散型自律ネットワークを構成する。これは平たくいうと、それぞれの「ノード」がピア・トゥー・ピアで結ばれたネットワークを容易につくることができるということである。



[図表 2-3] ピア・トゥー・ピア関係

言い換えると、マイクロシック・ネットワークでは、各「ノード」が階梯状ではなく、水平的に関係を結び、ひとつのネットワークを構築することができるということだ。

ピア・トゥー・ピア、すなわち互いが平等な関係でネットワークを作ると、現在のクライアント・サーバ型のネットワークとは違うことができる。

たとえば、ここにある「A」というノードがあったとして、「A」が、自らの有しているデジタル資源を提供すれば、「A」はサーバの役目を果たすことになる。しかし、別の時点で、他のノード「B」からの制御信号によってスイッチのオン・オフがなされたとすると、「A」はサーバではない。

[図表 2 - 3] は上記の関係を図示したものである。

つまり、マイクロシック・ネットワークにおいては、各「ノード」に絶対的な役割が付与されるわけではなく、その意味では「アドホック・ネットワーク」的である。⁴

しかしながら、重要なのは「どちらのノードが優越する」という関係を固定化しないで極めて柔軟な構造が採用されていることである。

このような構造を利用すると、マイクロシック・ネットワークでは、全てのネットワーク構成員が同じ情報発進力を持つことができる。言い換えれば、究極的に全員の平等が確保された情報通信ネットワークを構築することができる。

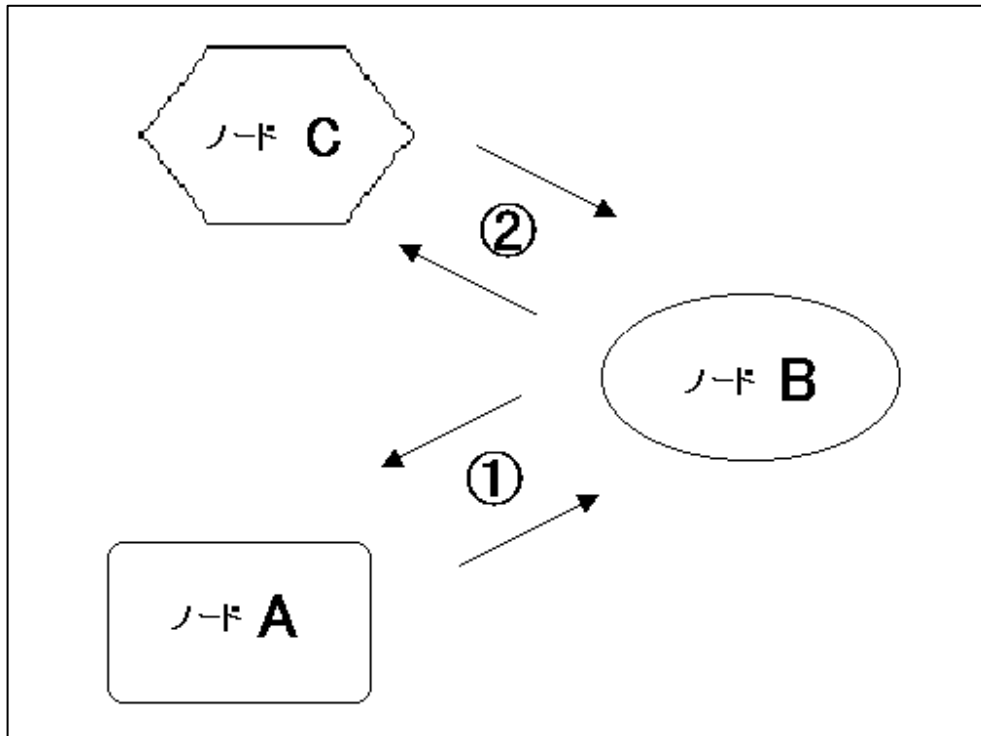
この「ピア・トゥー・ピアで水平的 = 平等な」ネットワーク構造を応用すると、次に掲げるボトムアップ方式によるネットワーク構築が可能になる。

6.2 ボトムアップ型ネットワーク構築

ピア・トゥー・ピアでネットワークを構築することができるというマイクロシック・ネットワークの特性を利用すると、ネットワークを構成する際に、構成員である全ての「ノード」同士の関係を知っている必要はない。つまり、ある「ノード」は自身に最も近接している別の「ノード」との交信だけを配慮すればよい。

これはボトムアップ型でネットワークを構築することができるようになることを意味している。例えば、「A」というノードは「B」というノードとの交信だけを行う（ピア・トゥー・ピアでの交信）。他方、「B」は「C」とも交信をすれば、結果的に「A」「B」「C」という経路が完成し、ネットワークが出来あがる。

⁴ 通常用いられる「アドホック・ネットワーク」という用語には、一時的にその場に集まったノードによってネットワークを構築するという意味がある。この場合「一時性」が強調されており、たとえば、ノートパソコンを持ち寄って会議をするときに、面倒な配線を行わなくても自動的にパソコン同士が互いを認識してネットワーク化する、というようなモデルが想定されている。マイクロシック・ネットワークは、そのような「一時性」を含むものの、時限的な「アドホック」性だけではなく、機能面でもアドホックであること、すなわち、ノードの役割を固定しないところに特長がある。



[図表 2 - 4] ボトムアップ型ネットワーク

これをコミュニティにおける関係に置き換えてみると、「向こう三軒」の家並びがあったとして、「Aさん宅」と「Bさん宅」という経路 と、「Bさん宅」と「Cさん宅」という経路 がそれぞれ独立に作られたとしても、結果的には「Aさん宅」と「Cさん宅」が互いの共通の知人である「Bさん宅」を経由して結ばれる、ということである。マイクロデシック・ネットワークの構造は、このような関係を構築するのに適している ([図 2 - 4])。

しかも、これらのネットワークは、どんどん自律的に増殖していくことが可能であり、さらに、その内部での通信容量は、マイクロデシック・ネットワークの特性から、無限大に増加させることが可能である。

以上の特長を活かすと、地域内で生産され、消費される地域性の高い情報を、それぞれの地域に存在しているマイクロデシック・ネットワーク内に留めることが可能になり、域外とのトラフィック量を減少させ、インターネット上で取り扱われるトラフィック量の節約にも役立つ。

以上の特長を [図表 2 - 5] にまとめて次ページに掲げる。

[図表 2 - 5] マイクロデシック・ネットワークの特長

特長の内容	説 明
無限の通信容量	<ul style="list-style-type: none"> ・ ノードとノードの距離を接近させることで、ネットワーク内の通信容量を無限に拡大できる ・ マイクロセルの大きさを適切に設計することで、ある特定の地理的領域内での通信容量を無限に拡大できること。
ピア・トゥー・ピア（水平的）なネットワーク構築	<ul style="list-style-type: none"> ・ 柔軟なノードの役割。時限的なだけでなく、場所、機能などあらゆる意味でのアドホックなネットワーク構築ができること。
ボトムアップ型のネットワーク構築	<ul style="list-style-type: none"> ・ 超分散型自律ネットワークであることから、各ノードが自発的に自由に柔軟なネットワーク構築を行うことができること。

以上に見られるような特長を有した、超分散自律型デジタル・コミュニケーション・ネットワークがマイクロデシック・ネットワークである。

参考文献

- ・ 上杉志朗・篠原健・真田英彦 [1999] 「マイクロデシック・ネットワークの経済効果に関する一考察」電子情報通信学会技術研究報告[オフィスシステム研究会]OFS99-4 p.23-29 電子情報通信学会.
- ・ 真田英彦・篠原健・上杉志朗・水谷直樹 [1999] 「これからの地域情報ネットワーク - マイクロデシックネットワークの構想」電子情報通信学会技術研究報告 FACS99-17 電子情報通信学会 .
- ・ 篠原健・上杉志朗・真田英彦 [1999] 「マイクロデシックネットワーク」電子情報通信学会技術研究報告[オフィスシステム研究会]OFS99-3 p.17-21 電子情報通信学会.
- ・ 白河芳徳・太田能・真野浩・白石善明, 森井昌克, 山下徹, 高橋富雄, 竹田義行 [1999.5] 「小電力無線通信システムによる広域ネットワークの構築と運用実験」電子情報通信学会技術研究報告, OFS99-3 電子情報通信学会 .
- ・ 水谷直樹・上杉志朗・篠原健・真田英彦 [1999] 「マイクロデシックネットワークの特性分析 シミュレーションによる負荷特性評価」電子情報通信学会技術研究報告[オフィスシステム研究会]OFS99-4 電子情報通信学会 .
- ・ Shannon, Claude E. [1948]. A mathematical theory of communication. Bell System Technical Journal, (27(3)):379-423, 1948.
- ・ Shiro Uesugi, Naoki Mizutani, Takeshi Shinohara, Hidehiko Sanada, [2000] "Microdesic Network," paper presented at INFORMS/KORMS 2000, Institute for Operations Research and the Management Science.
- ・ 日経 BP 社編 [2000] 『デジタル大事典』日経 BP 社

第3章 マイクロデシック・ネットワークの社会的効用

1 はじめに

前章までに、マイクロデシック・ネットワークの定義と、その背景にある経済、社会、技術進歩の変化についてみてきた。本章では、そのようなマイクロデシック・ネットワークが、社会的効用という側面から見てどのようなものであるのか分析する。

本章で展開されるマイクロデシック・ネットワークの社会的効用についての分析は、以下を目的としている。

第一に、「マイクロデシック・ネットワーク概念」が、社会的効用を向上させる考え方であることを確認することである。マイクロデシック・ネットワークが、21世紀に急速に展開するであろうユビキタス・ネットワーク社会においてデジタル・コミュニケーション・ネットワークのあり方をさまざまな面から認識し描写する概念であることは、前章において詳述した。マイクロデシック・ネットワーク概念を採用することで、21世紀初頭にひろがるIT技術、とくにアクセス系の要素技術を総合的なシステムとして読み解くことができるし、逆に、マイクロデシック・ネットワーク概念を道しるべとして、具体的に実体化するようなシステム構築、ないし技術開発を進めることが社会的効用の増進につながると考えられる。

第二に、以上に挙げたようにマイクロデシック・ネットワーク概念を利用した発想法の重要性を理解する為に、マイクロデシック・ネットワークによってもたらされる社会的利得の具体像について明確化することである。

ここでは、経済的な利得のほかに非経済的な利得が想定されることを示し、マイクロデシック・ネットワークの社会的効用として描く。これは一見巷に溢れる「ITによって何ができるか」という未来ビジョンの描画プロセスに似ているが、目的とするところは、あくまでもマイクロデシック・ネットワーク概念の活用によって得られる社会的効用を具体的に描写することであり、両者はまったく異なったものである。

さて、以上のようなゴールを示す為に必要な第一段階として、社会的利得をどのように把握すべきであるかという議論が必要である。次節ではこれについて論じ、経済的利得と非経済的利得という観点を導入する。続いて、経済的利得と非経済的利得という切り口が

ら見て、マイクロデシック・ネットワークが社会的効用を増進するか否かについて議論し、その中で、上記の二つの論点を明らかにする。

2 社会的効用の捉え方

一般に社会的効用の捉え方は、「経済的利得」があるかどうか、という観点から捉えるものが主である。あるサービスなり財なりが考案されるなり創出されるなりして、社会に投入された際に、それがどれだけの社会的資源を費消して、どれだけの社会的利益を生み出すか、それを金銭的尺度で測る、いわば、費用対効果を明らかにしようとするものが基本となろう。

さらに進んで、経済的利得を、競争市場において消費者余剰と生産者余剰の総和が最大になるように設定される価格の問題として捉えたり、厚生経済における資源の効率的分配の命題として捉え、パレート最適性をもって定義されるか、もしくは、カルドア - ヒックス的資源配分論として捉えることも可能であるし、分配の公平性の観点からのアプローチも可能である。(足立 [1994])

他方、社会的効用を論じる際に、通信ネットワークのような、インフラストラクチャー(社会資本)に類するものの価値を、必ずしも経済的利得だけではなく、「非経済的」利得も併せもったものとして論じるアプローチもある。宇沢 [2000] は、ソースティン・ヴェブレンの『営利企業の理論』(Veblen [1904]) の制度主義が批判的に描くような、人間生活を経済的特質に限ってとらえる考え方と比較しながら、経済的特質を超えてより広い意味での人間の「豊かさ」を担保する枠組みとして「社会的共通資本」を認識する。

マイクロデシック・ネットワークの社会的効用を考える際には両方のアプローチが必要である。すなわち、マイクロデシック・ネットワーク概念がデジタル・コミュニケーション・ネットワークという社会資本を規定し直すようなものであり、それ故にこの利用が社会的効用の向上をもたらすものであるならば、マイクロデシック・ネットワーク概念には、当然、「経済的」利得として認識される効用をもたらす部分と「非経済的」利得として認識される部分とが並存してしかるべきだからだ。以下ではそれぞれについて検討する。

2.1 経済的利得の捉え方

それでは、マイクロデシック・ネットワークの社会的効用を考える際に、経済的利得をどのように捉えればよいだろうか。

「経済的利得が得られる」という状況は、新たになんらかの「モノや仕組み」を導入することで、企業の場合であれば新たな利益が生まれ、個人であれば効用が高まる状況を意味するだろう。端的にいうと、世の中に受け入れられる新規性のあるモノや仕組みは全て何らかの意味で経済的利得を生み出すと考えてよからう。つまり、何らかの形で生活を便

利にするモノや仕組みとして社会に敷衍しているということは、程度の差こそあれ経済的利得を生み出している証左であると考えられよう。

どんな新規性のあるモノや仕組みにせよ、人々の生活を豊かにするものからは、何らかの経済的利得が得られるのだとすれば、これらのものは必ず経済的利得の向上というモノサシで測った社会的効用を向上させるものである。そうだとすれば、新発明や発見はなべて社会的効用を高めるものであると結論付けられ、もはやそれ以上の議論を続ける意味はない。

しかし、我々は、このような新規性のあるモノや仕組みを、社会的効用を高めるものとして無批判に受け入れることはしない。それは、たとえ新たなモノや仕組みが生活を豊かにするものであったとしても、また、それらが総体として社会的効用の高進をもたらすものであったとしても、分配上の不均衡が生じる可能性があること、そして、時によってはその不均衡故に、総体としての社会的効用の増大が見かけほどには望ましいものでない場合があることを知っているからである。これらの問題は多くは市場の失敗と関連付けて議論され、一歩先を進めて、市場が失敗した際の公共政策の出動の条件として検討されることも多い。

ところが、マイクロシク・ネットワークの社会的効用を論じるにあたっては、我々はまだ上述の議論で言うところの最初の段階に辿りついたに過ぎない。我々はマイクロシク・ネットワークが新規性の高い概念として社会的に有用なものであり、厚生の上をもたらしものであることを示そうとしている段階である。この段階においては、分配の公平性という観点から議論をするよりもむしろ、「『経済的利得』の向上あるや否や」を論じる必要がある。

したがって、本論での議論はマイクロシク・ネットワークが経済的利得を我々の社会にもたらしのかどうか、この蓋然性（実現性）を検証するところをに焦点を絞ることとする。つまり、第一のステップとして「マイクロシク・ネットワークという考え方を扱うことは、金銭的に測ってみて、我々の社会に利益をもたらすのかどうか」を検証しなければならない。

マイクロシク・ネットワークが公平性も含めた社会的効用の高進という側面から検討されるまでには、現実社会の中でマイクロシク・ネットワークが顕在化するまで待たざるを得ないであろう。

2.2 非経済的利得の捉え方

経済的利得を論じるにあたって、合理的個人は全ての欲求を金銭的に換算できると想定するならば、「非経済的利得」なるものは考慮の対象外とせねばならない。しかし、ここでは、宇沢 [2000] が描く社会的共通資本に具備された評価基準、すなわち、「社会的」「文化的」な基準を採用し、経済価値をなべて市場価値、ないし金銭的価値で測る捉え方は採用しない。

その理由は、マイクロシック・ネットワーク概念が包摂するのが、「ネットワークの形態論」から「ネットワークの構成要素」や「社会的なトレンド」といった、費用便益分析で捉えられるものから、市場価格での把握が極めて困難な「制度・概念」にまで及ぶからである。たとえば「民主主義の価値を高める」というような利得があったとして、それを経済的に捉えることは、さまざまな前提をおいて、相対的に計算することは不可能ではなからう。しかし、それを計算して、「これだけの経済的利得が得られた」と提示することは本論の主旨には沿わない。むしろ、市場において取引が困難な、しかしながら、人類社会の厚生の上昇に貢献できる何かが、マイクロシック・ネットワーク概念を導入することには存在していることを示したほうが有意義であろう。

マイクロシック・ネットワークの社会的効用を検証する上で、市場経済において取引されていないような有意義な価値、すなわち、非金銭的である「非経済的利得」が生じていることを示すことは、このような理由から重要である。

3 経済的利得として捉えたマイクロシック・ネットワークの

社会的効用

マイクロシック・ネットワーク概念は、消費者や企業にとって、直接の経済的利得を生み出す。その内容はいくつかに分類できるが、ここでは、ミクロ的な経済的利得とマクロ的な経済的利得の観点からこれらを論じる。

3.1 ミクロ的な経済的利得

ミクロ的な経済的利得は、マイクロシック・ネットワークによって、個人や消費者がどれだけの利得を得ることができるかという側面と、企業がどれだけの利得を得ることができるかという側面の二面がある。

3.1.1 消費者の利得

消費者の経済的利得は、基本的には通信費用の削減や、初期投資など支出金額の節約から得られる。それに加えて、時間当りや接続費用当りで得られる情報量の増大が考えられる。大きく分けると以下のような経済的利得が挙げられよう。

・高速なデジタル・コミュニケーション・ネットワーク

マイクロシック・ネットワークの特性からすると、ネットワーク内の伝送能力は、ネットワーク参加者（構成者：ノード）の数が増加すればするほど増大する。したがっ

て、通信容量が増加したとしても資源の不足に悩まされることなく、大容量の発信を行うことができる。

・安価なデジタル・コミュニケーション・ネットワーク

マイクロシック・ネットワークでは、ボトムアップ型でネットワークを構築することが可能になる。そうすると、ネットワークの構成者（ノード）と利用者、所有者が同一であり、伝送データや接続時間に課金する必要がなくなり、初期投資と電気料金以外の利用料金が必要でなくなるようなネットワークを構築できる。

・必要に応じたデジタル・コミュニケーション・ネットワークの構築

マイクロシック・ネットワークはボトムアップ型でデジタル・コミュニケーション・ネットワークを構築する上で利用可能な概念である。ボトムアップ型ネットワーク構築スタイルにしたがうと、必要なときに必要な場所に、ネットワーク参加者である消費者の需要に応じてネットワークを構築することができる。これは、消費者にとって自由度の高い、しかも裁量の大きい技術を手に入れることを意味し、ネットワーク構築に際して必要となる最適な費用構造を描く上でメリットが大きい。

例えば、開発途上国において、村単位での通信インフラ作りにマイクロシック・ネットワークを利用することすら考えられるが、このようなネットワークは従来型の WLL（Wireless Local Loop）に比べて、上記のような高速安価であるというメリットも享受できることが魅力である。

3.1.2 企業の利得

企業の得る経済利得は、新たな市場の創出から来る利潤（多くは創業者利潤を伴う）と、生産・製造工程においてマイクロシック・ネットワークを利用することで得られる生産費用の削減による。以下に代表的な経済的利得を挙げる。

・機器の製造と販売による利潤

マイクロシック・ネットワークは線路にかかるコストを極小化し、ノードとノードが接近した構造である。したがって、ノードを構成する機器は十分な数量が必要になるが、これらのノードはマイクロシック・ネットワークの説くところでは極小化し、ワンチップ化するなど「マイクロコズム」の法則によって生産コストを低減させ、製造では収穫逡増により利潤を増加させる。また販売からはネットワーク外部性により勝者の「独り勝ち」という利潤機会を企業にもたらす。

・新たなコンテンツ流通市場からの利潤

現時点においても、既にインターネット上に巨大な市場が形成されているが、マイクロデシック・ネットワークによって、これが更に膨張することが期待される。また、コミュニティに特化したマイクロデシック・ネットワークでは、新たな市場の創設による利益機会を得、そこでの新たなコンテンツ流通からの利潤を得る。

・全く新しい生産システムの活用

マイクロデシック・ネットワークはユビキタス・ネットワークを前提としているが、この環境下のオフィスにおいては、全く新しい生産工程が創出され、オフィスにおける生産活動が一般的になるとされる。また、オフィスから工場まで一気通貫の製造工程によりコストの削減を実現することが予想され、企業にとっての利潤創出機会となる。

3.2 マクロ的な経済的利得

マクロ的な経済的利得は、個人や家計、企業などという個別の存在（ミクロ的存在）が得る個々の経済的利得ではない。ここでいうマクロ的利得は、ミクロ的な利得の発生を促す社会の枠組み（マクロ的枠組み）を利するものを意味する¹。

このようなマクロ的視点からみると、マイクロデシック・ネットワークは、新たな社会制度が機能するためのインフラストラクチャーを供給する役割を果たしており、いわば制度的な面から経済的利得を生み出すものであると考えられる。制度的な利得の内容は、デジタル・コミュニケーション・ネットワークの機能を考えると、その効果はある程度予測可能なものである。他方、マイクロデシック・ネットワークが広がると、マクロ的に予測不可能な効果が出現することも想定される。以下ではまず予測できる効果を示し、次に予測できない効果について、その性質について記す。

3.2.1 制度面からの経済的利得～予測できる効果

マイクロデシック・ネットワークは、我々の生活の隅々にまでデジタル・コミュニケーション・ネットワークが行き渡った社会を想定している。制度面からみた経済的利得はある程度予測可能なものである。

マイクロデシック・ネットワーク上では、それぞれのノードが対等な発言力を持つことで、究極的に分権化された構造が構築される。このような構造は国領 [1997] がいうよう

¹ この立場は、足立 [1994] の「『社会それ自体の利益』たいうがごときものはありはしない、実在するのは社会を構成する諸個人の利益だけだ」(p.81)という立場と同一である。

に「N × N」の情報発信力を有する²。そして、このような関係の下では、特定のキャリアが利潤動機にもとづいてネットワークを運営するのではなく、それぞれのノード（Nにあたる）が応分にネットワークの維持を担うことから、キャリアの利潤に相当する分は確実にコストが低減する。つまり、このようなネットワーク構造においては、ボトムアップ型の構築・維持体制による負担の分担がネットワーク全体にかかるコストを低下させ、マクロ的にみて、支出される費用を低減させることになる。そして、このようなネットワークには、新たなネットワーク市場が創出されることも予測される。市場の維持費用が最小化されたネットワーク市場において、取引のさらなる低コスト化、効率化は予測される範囲である。

さらに、金子[1997]などが指摘している通り、この種のネットワークに特長的な、ボランティアな貢献が、ネットワークの物理的な維持のみに終わらず、マイクロデシク・ネットワーク内を流通する情報やネットワーク・コミュニティの維持・管理にも反映して、コンテンツの面でも社会全体が必要とする機会費用の低減が期待できよう。

また、地域コミュニティの復活にマイクロデシク・ネットワークが利用されると、そこには、行政サービスを肩代わりするような機能が復活するかもしれない。つまり、地域コミュニティにおける住民同士のコミュニケーションの復活によって、本来地域コミュニティにおいて解決されるべきである問題が、行政の手を離れて地域に帰ってくる可能性もある。例えば、公的介護問題では、地域コミュニティによる支え合いを前提としている部分があるが、これが十分に機能していないという問題があり、社会福祉協議会などによる地域外コミュニティ外からの支援が寄せられているところである。これは本来地域で賄われるべきサービスが、地域コミュニティの崩壊によって担い手がいないために、社会福祉協議会という外部の制度に頼っているのだが、外部からの資源を投入するには、内部での資源の有効活用と比べて、余分の社会的費用がかかっている。コミュニティ本来の機能を取り戻すことにマイクロデシク・ネットワークが利用されることになると、これらの社会的費用は必要でなくなる。

3.2.2 予測不可能な効果

マイクロデシク・ネットワークには、近在コミュニティを強固に結びつける機能があり、コミュニティを再生する潜在性を有している。コミュニティの再生による、社会的費用の削減の一例を上述したが、それで十分にマイクロデシク・ネットワークのマクロ的な経済的利得をいあらわしているとはいえないだろう。

ネットワーク市場の利用にしても、コミュニティの再生にかかる経済的利得にしても、もっと多くのバリエーションがあるだろうし、その利用は、利用者の数だけアイデアがで

² 現在のインターネットもある程度「N × N」を実現しているが、インターネットの構成要素の多くは「クライアント=サーバ」システムを前提としている為に、ノードの発信できる通信容量と受信できる容量との差が大きい。その意味で、まだ完全にノード同士が対等な関係にあるとはいえない。

てくるものと考えられる。ただし、それらを現時点ですべて予測することは不可能である。ただ、マクロ的にみて、なんらか予想もできない効果が得られる可能性があることは、これまでのインターネットが社会生活にもたらした大きな変革から類推しても確かなことであろう。

4 非経済的利得で捉えたマイクロデシク・ネットワークの社会的効用

マイクロデシク・ネットワークの社会的効用には経済的尺度で測りきれない部分が含まれる。ここでいう経済的尺度は金銭的尺度と言い替えることができる。これに対して、あらゆる事物現象を市場価値で評価できるという立場からすると、ここでいう「非経済的利得」というのは、厳密にいうと金銭的尺度を「適用しにくい」効用ということになるだろうが、おおまかにいうと、世間でいうところの「お金では買えない」という部分である。

宇沢〔2000〕は「社会的共通資本」を「ゆたかな経済生活を営み、すぐれた文化を展開し、人間的に魅力ある社会を持続的、安定的に維持することを可能にするような社会的装置」と定義する。

ここでいう「ゆたかな経済生活」というのは、潤沢に金銭を保有し、好きなものを好きなだけ買える生活という意味ではなく、「すべての人々が、その先天的、後天的資質と能力とを十分に生かし、それぞれのもっている夢とアスピレーション（aspiration:熱望、抱負）が最大限に実現できるような仕事にたずさわり、その私的、社会的貢献に相応しい所得を得て、幸福で安定的な家庭を営み、できるだけ多様な社会的接触をもち、文化的水準の高い一生をおくることができるような社会」（宇沢前出 p. 2）で営まれる全人的な生活を意味する。ここには「文化的」な要素や「幸福」といった金銭的尺度では計り難い要素が含まれる。

同様に、マイクロデシク・ネットワーク概念が扱う範囲は、我々の生活の一部分を支えるデジタル・コミュニケーション・ネットワークの様式、つまり、「社会的共通資本」である。そこに「ゆたかな経済生活」をささえる機能が含まれ、その「ゆたかさ」に金銭的尺度で測り難い部分があっても不思議はない。

そこで、以下では、マイクロデシク・ネットワークの社会的効用について、かならずしも経済的利得となって表面化しないような側面に照らして検討する。

4.1 コミュニティ・ビルディング（コミュニティの再生）

マイクロデシク・ネットワークは、ネットワークの構成員の自発的な貢献によって構築される。つまり、ノードとなる個人個人が自分のノードを他人のデジタル・コミュニ

ケーションを媒介する用に役立てる、バケツリレー型の通信を行い、全体としてひとつのネットワークを紡ぎ出す。これは、デジタル上のコミュニティである。

同時に、このデジタル・コミュニケーション・ネットワークからなるコミュニティを支えるのは、現存の、地理的に近接したコミュニティである。

これは、地域コミュニティに自主的なデジタル・コミュニケーション・ネットワークを構築するという、ばらばらになりつつある地域社会を修復して、電子上でも、また実生活上でも豊かで安心して暮らせる地域コミュニティを築くという、マイクロデシック・ネットワークで最も期待されている役割である。

コミュニティ回復の社会的効用は算出不可能であるが、すくなくとも、誰もが、地縁で結ばれた地域社会の一員であることを享受できるような人間関係を構築することには、何らかの社会的効用の増進が期待できよう。

もちろん、都市の魅力として匿名性を挙げて、地域コミュニティが都市では不要だとする反論もあろう。隣人との付き合いなど煩わしいだけである、地域の為に何かをするのはごめんこうむるという意見だ。一方で、現在のデジタル・コミュニケーション・ネットワークはこのような志向に充分応え得る。現在でも、都市において必要な費用を払えば広帯域で常時接続が容易に行える。

しかし、他方で、地域で協力して分担してデジタル・コミュニケーション・ネットワークを構築しようとしても、現在のネットワークのあり方では処方箋は得られない。

マイクロデシック・ネットワークは、ボトムアップによる参加型のデジタル・コミュニケーション・ネットワーク構築を意味する。参加型の形態をとるが故に、地域コミュニティからの貢献を必要とし、それ故にその貢献が結実したときにはコミュニティ・ビルディング、コミュニティの再生の役割を果たす触媒として機能する。

4.2 分散化された知恵の活用

マイクロデシック・ネットワークは現在のインターネットよりも、さらに分散化が進み、かつデジタル・コミュニケーション・ネットワークが生活の津々浦々にまで浸透している状況に出現する。そこでは、現在では表面化しないような知識の集積、いわば、「生活の知恵」ともいうべき情報が、それと意識することなくして吸収され、広汎に共有されることが可能になる。

これに関して、金子郁容は、ホームページ上で次のように述べる。

「経済や社会によって重要な情報は、整理され、統合されたものではなく、社会のさまざまな生活の場面で、実際に事に当たっている当事者が分散し、もっているものだということは、すでに 50 年前に経済学者のフリードリヒ・ハイエクが洞察している。ハイエクの 1945 年の論文の一部を引用しよう。

The knowledge of the circumstances of which we must make use never exists in concentrated or integrated form, but surely as the dispersed bits of incomplete and frequently contradictory knowledge which all the separate individual possess. (中略)A little reflection will show that there is beyond question a body of very important but unorganized knowledge which can not possibly be called scientific in the sense of knowledge of general rules: the knowledge of the particular circumstances of time and place. It is with respect to this that practically every individual has some advantage over all others in that he possesses unique informatin of which beneficial use might be made, but of which use can be made only if the decisions depending on it are left to him or are made with his active cooperation. 」

(<http://www.coe.keio.ac.jp/report/html96/KANEKO/k-kyoutuu.html> からの引用。英文のスペルについても原文のまま)

金子が「インターネット」の機能を描いてハイエクを引いて説明しているように、知識なり、智恵なり、社会のなかに蓄積されている情報は、どこか一箇所に「情報保管庫」があって、そこで管理・保管されているわけではなく、かならず、「現場」があって、その「現場」との関係をもつものとして存在している。ここで「現場」というのは、何らかの情報処理が要求される場所、という意味である。この場合の情報処理は、なにも計数処理や画像処理などといったものをいうのではない。人間の活動全般をいうのである。人間が生活する場においては、ありとあらゆる情報処理活動がなされており、それら全てが行われる場がまさに情報処理「現場」なのである。

したがって、マイクロデシク・ネットワークのように、「現場」にもっとも密接に位置しているデジタル・コミュニケーション・ネットワークに託される役割は極めて大きなものがある。

マイクロデシク・ネットワークにおいては、何人でも好む限り、好きなだけ情報を供給する立場にたてる。これは人類にとって、分散化した知識や智恵を地理的な制限を越えて、地球上の隅々から発信し交換し吸収する機会がもたらされることを意味する。

このような知識の共有は、既に無償ソフトウェアやシェアウェアの提供という形で、インターネット上にみることができるが、マイクロデシク・ネットワークにおいては、この裾野が生活の隅々にまで行き届き、かつ、情報の発信力が現在のインターネットで多く見られるクライアント＝サーバ型ネットワークと比較して格段に向上することになることから、ソフトウェアやシェアウェアにとどまらず、ありとあらゆる知識の共有へと向かうことになる。

4.3 民主化の促進

高橋信彰はアマルティア・センの考え方をひきながら豊かさの本質を「自分が価値あると判断する生活を送ることができる自由」であるとする³。これは究極的には民主主義の目標とするところであるが、マイクロデシク・ネットワークの社会的効用を考える際にもそのまま当てはめられる考え方である。

インターネットの普及にしたがって、我が国においても顕著にみられる民主化への動きがある。それは、2000年中に行われた選挙の結果に示されている。代表例として取り上げられるのは、「草の根」選挙として注目を集めた、長野県知事選挙である。この選挙では、特定の支持母体をもたない新人の田中康夫氏が、副知事である地元の候補を抑えて当選した。この選挙は従来型の組織票固めで優位に立っていた副知事が、市民参加による「草の根」運動を背景とした田中氏に敗れたところに意義がある。この市民の活動を支えるのにインターネットが利用された。

2000年11月20日に「茶番劇」と揶揄される終結をみた、自由民主党の加藤元幹事長らグループによる野党提出内閣不信任決議案への同調騒ぎも、加藤氏をはじめ、加藤派閥の首脳らがインターネットによる国民からの強い支持に応えようとしたものといわれる⁴。

政治制度の問題に深く触れるのは本論の趣旨から外れるのでさておき、インターネットは、それ以前では不可能であった双方向コミュニケーションを、とくに、「下から上」と表される一般市民・個人の声を他の誰とも平等な位置関係からの発信を可能にした。

「自分が価値あると判断する生活を送ることができる自由」を実現する為には、まず、外に何がひろがっているか、オプションには何があるか知ることが必要である。そしてそれを得る為に何が必要（どのような制度をつくる、もしくは撤廃する）かを知らなければならない。そして、その為に行動しなければならない。民主主義は、これらのプロセスを経ながら、個人の声を社会に反映させる仕組みであるが、これらのプロセスのどこか一箇所でも欠けると民主主義自体が機能しなくなってしまう。そして、もっとも機能不全に陥り易いのが行動するプロセスである。先の二つのプロセスは、情報開示のプロセスとして、例えば行政に要求できる、いわば他人への要望で賄える部分だが、行動は自分が起こさなければならない。

マイクロデシク・ネットワークはネットワーク構造を「タテ」から「ヨコ」へと転ずる考え方である。現在のインターネットは、普及率からいっても、さらに、「個人からの」トラフィックへの容量の制限（現在のブロードバンド構想でも、個人への情報の流れを増加させることを優先している）が設計に組み込まれていることからいっても、まだ充分とはいえない。「個人」の「ヨコ」へのつながりを強化し、個人の可能性を引き出すことは、民主化の礎ともなり、社会的効用を高めよう。

³ 日本経済新聞「やさしい経済学」2000年12月29日掲載

⁴ 加藤派首脳議員秘書から聴取。結果として失敗とされる加藤元幹事長の蜂起の背景には、何万通もの支持を表明する電子メールが寄せられていたことを、国民の大部分の声と誤解したことがあるという。

4.4 次世代インターネットのあり方を考える道しるべとしての役割

マイクロシック・ネットワークは、本来のインターネット設計に求められていた「計算機の分散による攻撃に強いネットワーク」構造を実現するものである。しかし、現在の我が国において、インターネット網構築のグランド・ビジョン（総合的な将来展望を含んだ鳥瞰図）は描かれていない。むしろ、その部分は市場原理に任されている。その結果、我が国において、プロバイダー同士の結節点である IX（Internet Exchange）は学術目的の NSPIX（Network Provider Service Exchange Project）、商用の JPIX（Japanese Internet Exchange）など東京に集中してきた。

インターネットでは、地域のトラフィックを地域内に留めることで、バックボーンに対する負担を減らし、自然災害や事故などへの脆弱性を減少させることにつながる冗長性を増加させることで、ネットワークを強靱にすることが可能である。しかし現実には東京にほとんどのトラフィックが集中しており、首都圏地震が起きた際には地方都市間の通信までもが麻痺してしまう恐れがある。

これらの問題点は中川郁夫 [2000] や林英輔 [2000] らによって指摘されてきたところであり、MEX（Media Exchange）や、各地方の「インターネット協議会」などが地域 IX を設立してはいるものの、利用がすすんでいるとは言い難い。

その背景には、インターネットを構築してきた自律的自主独立を尊重するという運営体制があり、制度的な統一ビジョンを提供することにそぐわないということもあろうが、インターネットが物理的に電気通信業者の構築した電気通信網上に築かれてきたという事情もあろう。このネットワークは、基本的にはツリー型であり、上位のもっとも容量の大きい部分での結節がもっとも経済効率性の高い方式であったとしても不思議はない。

マイクロシック・ネットワークの視点に立つとき、このようなツリー状のネットワークは視野の外におくことができる。むしろ、当初からインターネットが企図してきたように、分散型のネットワーク、いや、それよりも遍在性が高いのだから「超」分散型ネットワークを対象に見据えて、将来の設計を考えることができる。

すなわち、マイクロシック・ネットワーク概念を利用することで、次世代以降のインターネットのあり方を考える上で有用な概念の枠組み（conceptual framework）を共有することができる。このことは、直近の経済性にのみ左右されるようなネットワーク構築のあり方に対する「よきアンチ・テーゼ」としてマイクロシック・ネットワークが提示され、そのことが結果的に（脆弱性の克服などの）社会的効用の向上に資するというのである。

4.5 コミュニティ・エリア・ネットワーク（CAN）の促進

宮尾尊弘は『日本型情報化社会』（宮尾 [2000]）において「分散型で双方向性のあるコンピュータ・システムの普及が情報化のあらゆる側面を根本から変革しており、地域情報

化の分野もその例外ではない。集中型から分散型へというネットワーク・システムの変化は、地域情報化に対しても大きな意味を持つといえる」(p.38)として、地域の情報化の促進を訴える。そして、地域におけるネットワークの構築、コミュニティの構成員をつなぐネットワークである CAN (コミュニティ・エリア・ネットワーク) の必要性を説く。

CAN は「地域コミュニティの住民のニーズに合った地域主導の高度情報通信網のことで、各地域の「産、官、学、市民」などの構成員が全員参加して、お互いにつながり合うような地域単位の情報ネットワークを意味する。具体的には、地域コミュニティの組織(企業、役所、学校、団地、商店街など)がそれぞれ LAN をつくり、それをお互いにつなぎ合うとともに地域内で整備した幹線網につなぐことによって、コミュニティの誰もが高速で安価なインターネットにアクセスできるような地域ベースの情報通信基盤を築こうというもの」(p.46)である。日本の例として北海道の標茶町インターネットプロジェクト、富山県の山田村情報化事業、長野県のスマートレイク、長野県のいなあいネット、岡山県の岡山情報ハイウェイ構想、高知県の KOCHI 2001 PLAN、大分県のニューCOARA、アメリカの例としてヴァージニア州の Blaksburg Electronic Village の例が先進事例として紹介されている。

CAN 構想はコミュニティのネットワーク基盤を構築するという点でマイクロデシック・ネットワーク構想と共通している。もちろん、CAN においては、コミュニティの生活一般が対象となる為、経済的利得を高めるという意味での社会的効用の増大がみられるほか、マイクロデシック・ネットワークといくつかの点で異なっている。ここではそれら相違点はさておき、マイクロデシック・ネットワーク構想が CAN 構想に貢献できる部分について、とくに非経済的利得の向上につながる点に絞って述べる。

第一に、マイクロデシック・ネットワークの考え方を採用すると、CAN で必要となる基盤構築の技術について体系化が容易になる。CAN で採用される LAN の構築方法は、基本的には、FTTH や CATV、有線放送網など現地で入手できる手段であれば、その内容を問わない。「直近のノードとノードを結びつけるネットワーク」というマイクロデシック・ネットワークの視点からみると、何がもっとも有用な技術であるか容易に整理され、実際のネットワーク構築に役立つ。これは考え方の整理という最終的には経済的利得につながるが、第一義的には利益も節約も生まない非経済的利得である。

第二に、CAN では重要視されていないが、マイクロデシック・ネットワーク概念を導入して、CAN の各構成員が同次元での情報発信能力をもつようにネットワークを設計すると、本来 CAN で企図されている「ローカルな価値を高める」情報発信・交換能力を向上させることが期待できる。

第三に、マイクロデシック・ネットワーク概念を導入した CAN を構築すると、ネットワークの強靱さの増大が期待され、しかも、域内トラフィックの容量の増大が期待できる。この点は CAN が獲得し得る経済的利得と直接結びついてはいるが、マイクロデシック・ネ

ネットワーク概念自体がすぐに経済的利得を生む訳ではない。マイクロデシク・ネットワークは、間接的に CAN の経済的利得の向上に貢献するという非経済的利得を有している。

以上の三点からマイクロデシク・ネットワークは CAN に対して非経済的利得という側面から貢献することがいえる。

5 まとめ

本章では、マイクロデシク・ネットワークの社会的効用について、経済的利得があるか否かを基準として検討してきた。その結果、マイクロデシク・ネットワークには、デジタル・コミュニケーション・ネットワークの使用費用を低減、節約させたり、新たな生産手段や生産要素を提供することによって新しい利潤機会を生み出したりするというミクロ的な経済的利得があることが言えた。さらにマクロ的にも、分散による社会的費用の低減という制度的な利得が得られることも分かった。

また、経済的利得以外の、コミュニティの再生、分散化された智慧の活用、民主化野促進、次世代インターネットを構想する土台概念の提供、CAN の促進など、費用対効果を算定することが困難な分野においても、マイクロデシク・ネットワークが貢献できることが言えた。

本章を締め括るにあたって、これらの社会的効用を増進する機能のうちで、マイクロデシク・ネットワーク構想にとって最も重要なものをひとつ挙げておきたい。それは、コミュニティ再生の機能である。地域社会において協同であたるべきアジェンダがあり、それが地域社会の構成員の協力によって、皆に果実がもたらされるという意味では、マイクロデシク・ネットワークによって新しくデジタル・コミュニケーション・ネットワークを構築するのは、ムラ社会における「道普請」⁵に似ている。ムラ人が自分たちのよく利用する道を共同で力を出し合って整備するというやり方である。しかし大きく違うのは、デジタル技術を利用するとコミュニティの負担が比較にならないほど小さくて済み、得られる効果は比較にならないほど大きくなるということである。

⁵ 篠原健 京都大学大学院客員教授による比喩。

[参考文献]

- ・浅井澄子 [1997] 『電気通信事業の経済分析』日本評論社
- ・足立幸男 [1994] 『公共政策学入門』有斐閣
- ・アマルティア・セン (石塚雅彦訳) [2000] 『自由と経済開発』日本経済新聞社
- ・荒川弘熙編 NTT データ・ユビキタス研究会著 [2000] 『Bluetooth って何だ』カットシステム
- ・石井孝則 [2000] 『次世代 IT』東洋経済新報社
- ・石川宏編著 [1997] 『マルチメディア・ネットワーク』NTT 出版
- ・今井賢一・金子郁容 [1988] 『ネットワーク組織論』岩波書店
- ・インターネット政策研究会編 [1998] 『わが国のインターネット政策』クリエイト・クルーズ
- ・宇沢弘文 [2000] 『社会的共通資本』岩波書店
- ・宇沢弘文 [1992] 「社会的共通資本とは何か」宇沢・高木編 『市場・公共・人間 - 社会的共通資本の政治経済学』第一書林
- ・宇沢弘文 [1994] 『宇沢弘文著作集第 1 巻社会的共通資本と社会的費用』岩波書店
- ・鬼木甫 [1996] 『情報ハイウェイ建設のエコノミクス』日本評論社
- ・NTT 未来予測研究会編 [1991] 『2005 年の社会と情報通信』NTT 出版
- ・NTT 技術動向研究会編 [1991] 『2005 年の情報通信技術』NTT 出版
- ・ガートナー・ジャパン [2000] 『IT トレンド』東洋経済新報社
- ・金子郁容 [1992] 『ボランティア：もうひとつの情報社会』岩波書店
- ・金子郁容 [1998] 『ボランティア経済の誕生:自発する経済とコミュニティ』実業之日本社
- ・金子郁容 [1999] 『コミュニティ・ソリューション：ボランティアな問題解決にむけて』岩波書店
- ・公文俊平 [1988] 『ネットワーク社会』中央公論社
- ・小松裕子・小郷直言 [1998] 「山田村が抱える情報化 3 年目の現状と課題」日本社会情報学会関西支部研究会予稿集 p.7-14.
- ・小松裕子・小郷直言 [2000a] 「高齢者とパソコン - 山田村の事例を中心に - 」高岡短期大学紀要、vol.14、pp27-38.
- ・小松裕子・小郷直言 [2000b] 「山田村の 5 年間 - 淘汰されはじめた情報化 - 」日本社会情報学会関西支部研究会予稿集 p.17-24.
- ・次世代ネットワーク構想に関する懇談会 [1999] 『2005 年次世代ネットワークのすべて』クリエイト・クルーズ
- ・地域情報化研究会編 [1999] 『次世代地域情報化ビジョン』ぎょうせい
- ・辻正次・西脇隆 [1996] 『ネットワーク未来』日本評論社

- ・中川郁夫 [2000] 「地域 IX の現状と展望」『情報処理』41 巻 1 号 pp.8-13 情報処理学会
- ・永井進編 [1994] 『現代テレコム産業の経済分析』法政大学出版局
- ・南部鶴彦・伊藤成康・木全紀元編著 [1994] 『ネットワーク産業の展望』日本評論社
- ・日経 BP [2000] 『デジタル大事典』日経 BP 社
- ・日本情報処理開発協会編 [2000] 『情報化白書 2 0 0 0 』コンピュータエージ社
- ・野村総合研究所 情報・通信コンサルティング一部・二部 [2000] 『IT 市場ナビゲーター』NRI 野村総合研究所
- ・野村総合研究所 [2000] 『ユビキタス・ネットワーク』野村総合研究所
- ・三友仁志 [1995] 『通話の経済分析』日本評論社
- ・宮尾尊弘 [2000] 『日本型情報化社会』ちくま新書
- ・宮川公男 [1994] 『政策科学の基礎』東洋経済新報社
- ・宮川公男 [1995] 『政策科学入門』東洋経済新報社
- ・モバイルコンピューティング推進コンソーシアム編著 [2000] 『Bluetooth』リックテレコム
- ・林紘一郎 [1998] 『ネットワーキング - 情報社会の経済学』NTT 出版社
- ・林紘一郎・牧野二郎・村井純編 [2000] 『IT2001』岩波書店
- ・林敏彦 [1989] 『需要と供給の社会 - 改訂版』日本評論社
- ・林敏彦・松浦克巳編著 [1992] 『テレコミュニケーションの経済学』東洋経済新報社
- ・林敏彦編 [1994] 『講座・公的規制と産業 電気通信』NTT 出版
- ・林英輔 [2000] 「地域ネットワークの目的と新しい展開」『情報処理』41 巻 1 号 pp.3-7 情報処理学会
- ・広松毅・大平号声 [1990] 『情報経済のマクロ分析』東洋経済新報社
- ・福田豊・須藤修・早見均 [1997] 『情報経済論』有斐閣
- ・山内直人 [1997] 『ノンプロフィットエコノミー』日本評論社
- ・山内直人 [1999a] 『NPO 入門』日本経済新聞社
- ・山内直人 [1999b] 『NPO データブック』有斐閣
- ・山崎朗・玉田洋編著 [2000] 『IT 革命とモバイルの経済学』東洋経済新報社
- ・Brian Kahin and James Keller eds. [1995] "Public Access to the Internet" The MIT Press.
- ・Brian Kahin and Janet Abbate eds. "Standards Policy for Information Infrastructure" The MIT Press.
- ・Deborah Hurley and James H. Keller eds. [1999] "The First 100 Feet" The MIT Press.
- ・Donald A. Schon, Bish Sanyal and William J. Mitchell eds. [1999] "High Technology and Low-Income Communities" The MIT Press.

- Gunter Muller and Kai Rannenberg eds. [1999] "Multilateral Security in Communications" Addison-Wesley, Munich.
- Harvard Business Review [2000] 『IT マネジメント』ダイヤモンド社
- Huber, Peter W. [1997] "Law and disorder in cyberspace: abolish FCC and let common law rule the telecosm" Oxford University Press.
- Lee W. McKnight and Joseph P. Bailey eds. [1998] "Internet Economics" The MIT Press.
- OECD 編山本哲三・松尾勝訳 [1993] 『規制緩和と民営化』東洋経済新報社
- Veblen, Thorstein B. [1904] "Theory of Business Enterprise" (小原敬士訳 『営利企業の理論』東洋経済新報社)
- Yuko Komatsu and Naokoto Kogou [1999] "The Internet and Its Impact on a small rural Japanese Village," CRIAW Conference, p.48.

第4章 マイクロデシック・ネットワークに関わる政策 課題

1 はじめに

第1章で触れたように、マイクロデシック・ネットワークを実現する上で有望な技術には現在のところ有線系では電力線通信、無線系では Bluetooth であると考えられる。Bluetooth は世界的なコンソーシアム¹の設立もされ、各国の主要な企業がこぞって参加して規格の整合性を築いたり、製品化技術の共有をおこなったりして、2000 年後半には第一号製品が発表、2001 年には新製品が次々と発表されることが予想されるまでになっている。そして 2005 年にかけて、Bluetooth の市場規模は 100 億円程度に成長するといわれている。

他方、電力線通信については、2001 年 1 月 1 日付の日本経済新聞が第一面に報じるところでは、郵政省（現総務省）が 2002 年の実用化を目指し、2001 年中には電気技術審議会の承認を得て省令の改正をおこない、メーカーからの販売認可を受付けるとのことである。

電力線通信技術を利用すると、家庭内ではコンセントにつながった家電製品を独自のノードとして機能させることが可能となり、これらのノードに自律性をもたせることで、容易にマイクロデシック・ネットワークを構築することが出来る。この技術は家庭におけるマイクロデシック・ネットワークの実用化にとって、極めて重要な技術である。

省令の整備は、マイクロデシック・ネットワークという観点から見ると、基盤技術普及の為のお膳立てをしているかに見受けられるものの、遅れが目立つ。無線の世界と有線の世界であまりに時間差が開きすぎたという感は否めない。

さらに、新聞が報じる省令の改正については、今後の展開を極めて注意深く見守る必要がある。どのような方向に省令が変更されるのか、万が一にも方向を見誤ることになると、今後の家庭におけるマイクロデシック・ネットワークの発展のみならず、我が国における IT 戦略上で取り返しのつかない失敗を導きだしてしまう原因につながりかねない。

¹ Bluetooth SIG (<http://www.bluetooth.com>) を参照

本章は、マイクロデシック・ネットワークに係る具体的規制の例として、この省令改正を捉え、ここから敷衍してみられる日米の政策の差異について論じ、今後の規制緩和策について、マイクロデシック・ネットワークの観点から提言することを目的としている。

そのために、本章は以下の構成をとる。まず日本とアメリカの電力線通信装置が 2000 年年末時点でどれほどの差があるものなのか技術的特徴をみながら検証する。つぎに、このような技術的格差をもたらした原因が日米のこの分野における規制形態の差に起因することを検証する。最後に電力線通信が擁する重要機能である情報通信網における位置づけについて論じ、これを活用する政策の重要性について論じる。また、その中で、マイクロデシック・ネットワークの観点がこの分野においても政策判断に重要な役割を果たすことについて触れる。

2 電力線通信システムの日米比較

電力線通信システムは電力線搬送通信システムともいい、電力供給に使用されている銅線上に電波を重畳させて末端同士の通信をおこなうシステムである。これまでも、家庭内のコンセントに差込むだけで会話ができるようになるインターホンなどの製品がみられるほか、同様の利用方法が可能なモデムが開発されてきている。

我が国においては、通産省（現経済産業省）が省エネ行動を支援するシステム・サービスに関するヒアリングを実施して実態調査をする一方、業界団体であるエコーネットコンソーシアム²が立ちあがって来たり、九州電力による高速インターネット接続実験が行われたりしている。

海外の例をみると、英国の Nor.Web 社による高速伝送実験が 1997 年におこなわれたことをきっかけに³注目度がたかまった。アメリカでは HPA (HomePlug Alliance⁴) が結成され、そのメンバーによる高速モデムの開発が進行中である。

2.1 日米の電力線通信システムの性能比較

日本で 2000 年末現在実用化されている機器は、主として電化製品の制御、とくに省電力を目的としてきたために低速である。具体的には、振幅変調を用いるもので 240bps、スペクトル拡散方式で 9600bps、位相変調方式で 30kbps などとなっている。さらに電力通信システムが信頼性に劣るという面も指摘される（片山 [2000]）。また、九州電力が実験に使用している三菱電機製のモデムは最大速度 3Mbps まで可能であるとされるが、条件が整った環境での最高速度であり、実験段階ではあるが常時期待できる性能とは言いづらいという。

² エコーネットコンソーシアム (<http://www.echonet.gr.jp/>) 参照。

³ 同社によるサービスは 1999 年不採算を理由に打ちきられた。

⁴ HomePlug (<http://www.homeplug.irg/>) 参照。

他方、アメリカで実用化されている機器の代表例は、Echlon 社の LONWORKS⁵であるが、主力製品は 78kbps の伝送速度をもつ。ちなみに同社の製品は日本の規制に適合しており、利用例もある⁶。最近では、「ラストワンマイル」への広帯域アクセス手段として電力線が着目されたことから高速化が志向され、Intellon 社の PowerPacket という製品のように、14Mbps という伝送速度を謳ったものも現れた。また同社は、近日中に伝送速度をその 3 倍以上に引き上げることが可能であるとしている。30Mbps 以上の伝送速度を実現させることが出来るというわけであり、これは、現在のテレビ画像程度の伝送には十分な容量であり、光ファイバによって家庭につながってくる伝送速度が 100Mbps を目標としているとすれば、伝送速度でその 3 分の 1 に迫るものである。

この時点で日米の製品間での技術格差は一目瞭然である。安定性や性能が常時維持できるのかという面を除いても、かたや最大 3Mbps ともういっぽうは 30Mbps である。10 倍以上の性能差は極めて大きい⁷。

[図表 4 - 1] 電力線通信システムの型式指定条件 (電波法施行規則 46-2 より抜粋)
(片山 [2000] p.45 表 1 より)

	許容電力	変調方式	搬送波周波数	データ速度	その他
搬送式インターホン	50mW	AM、PM	6ch(230,270,310,350,390,430kHz) 周波数偏移 ±10kHz 以下	アナログ 3.4kHz 以下	
一般搬送式デジタル伝送装置	100mW	ASK、PSK、FSK	10 ~ 450kHz		
	10mW/10kHz	スペクトル拡散	10 ~ 450kHz		
特別搬送式デジタル伝送装置	100mW 以下	ASK	125/165kHz	100/200bps (AC:50Hz) 120/240bps (AC:60Hz)	
	350mW	PSK	115/132kHz	30kbps 以下	CSMA 連続送信 0.7s 以下
	10mW/10kHz*	スペクトル拡散		9.6kbps 以下	CSMA 連続送信 0.2s 以下

*拡散範囲 10 ~ 200kHz の場合は、30mW/10kHz 以下

⁵ Echlon 社 LONWORKS サイト (<http://www.lonworks.com>)

⁶ 四国電力の OpenPLANET 実用化実験で使用された。

⁷ 現状の 3Mbps と 14Mbps の差は 11Mbps である。11Mbps の速度差は、例えば CD-ROM 1 枚分のデータを転送する際におよそ 2 . 8 時間の差がつくということである。

2.2 性能差の原因

日米の電力線通信システムが、4倍もの大きな差のついたものになっている原因として、技術者達からは利用できる電波の周波数帯域に関する規制の違いが指摘されている。具体的には、使用できる周波数帯域の差が日米間での技術開発に差を生み出す原因となっているという（都築 [2000] 片山 [2000]）。

日本の電波法の施行規則によって禁じられている高周波数の利用がアメリカでは可能であり、それゆえに広い帯域幅を使用でき、高い伝送能力の向上を実現することが可能になっている一方、使用電波の出力は微弱であり、人体への影響などの問題は少ないとされる。

3 電力線通信に関する公的規制の日米比較

[図表4-1]は片山[2000]に掲載されている表で、日本の電波法施行規則のうち、電力線通信を規制する部分（施行規則第四十四条、四十六条）をまとめたもの、[図表4-2]はFCC(米国連邦通信委員会)による電力線通信に関する規制(CFR 47 Part 15. Radio Frequency Devices)をまとめたものである。

[図表4-2] FCC(米国連邦通信委員会) CFR47 Part 15. Radio Frequency Devices にみられる電力線通信に関する規制

Carrier Current System / Unintentional Radiator

種類	搬送周波数帯域	Conducted Limits (§15.107)	Radiated Emission	備考
Power Line Carrier System	9 ~ 490 kHz	“minimum power possible”		電力会社による、送電線上での運用に限る (§15.113)
AM broadcast	535 ~ 1705 kHz	“no limit”		
Other	535 ~ 1705 kHz	1000 μV	§15.221(a)* or §15.209(a)**	
Other	1705 ~ 3000 kHz		§15.209(a)**	

*§15.221(a): 線路からの距離が $47,715 / (\text{周波数 KHz})$ メートル (/ 2 に等しい) のところで電界強度が $15 \mu\text{V/m}$ を超えないこと。

*§15.209(a): 下の表による。関連部分のみ抽出。

周波数 (MHz)	電界強度 (microvolts/meter)	計測距離 (メートル)
0.009-0.490	2400/F (kHz)	300
0.490-1.705	24000/F (kHz)	30
1.705-30	30	3

3.1 日米の電力線通信に関する規制の概観

それぞれの規制の内容について補足説明を加えると以下のとおりである。

3.1.1 日本の規制

まず、我が国の規制であるが、利用可能な搬送周波数の上限は 450kHz である。我が国の規制では [図表 4 - 1] に掲げられた 3 種類、すなわち (ア) 搬送式インターホン、(イ) 一般搬送式デジタル伝送装置、(ウ) 特別搬送式デジタル伝送装置、以外は、使用可能な周波数を 10 から 450kHz に限定されている (施行規則第四十四条 3)。

(ア) から (ウ) については、郵政大臣 (現総務大臣) による個別の型式の指定が必要である。これについては細かく限定が付与され、結果的に 450kHz 以上の周波数を利用できないようになっている (同第四十六条の二の一、二、三、四)。

3.1.2 アメリカの規制

つぎに、アメリカの規制を見てみると、まず、電線から意図的に電波を放射する仕組み (intentional radiator⁸) であるかそれとも、電線から電波を意図的に放射しない仕組み (unintentional radiator⁹) であるかが基礎的な判断条件として示される (47CFR15.3(o)、同(t))。

その上で、電力線通信については、Carrier Current System (47CFR15.3(f) : CCS) で定義され¹⁰、さらに、電力会社が運用する CCS については Power Line Carrier System (47CFR15.3(t) : PLCS) という特別な区分が与えられる¹¹。

この規制の下では、PLCS にだけ使用周波数帯域の上限が 490kHz という制限が課せられる。それ以外では、AM ラジオへの電源からの電波放射による利用に関して 535 ~ 1705kHz という周波数制限内での規定があるが、それにしても AM ラジオが利用している周波数を示し、この範囲において Conducted Limits の限定を解除 ("no limit") する類のものであり、我が国の制限的な規制とは相当様相が異なる。

さらに、9 kHz から 30MHz の周波数帯域については、この周波数帯で割り当てられている電波の利用 (47CFR15.205(a) に定められる) を妨げない限り、原則的に自由である。

⁸ 「intentional radiator」：空中に電波を放射して信号を伝えることを企図して、電線中に電波信号を放射する仕組み

⁹ 「unintentional radiator」：空中に電波を放射して信号を伝えることを企図しないで、電線中に電波信号を放射する仕組み

¹⁰ 「電力線上の伝導によって、電波を伝搬するシステムもしくはその一部をいう。電力線上に接続することで直接的に信号が伝導によって受信されるように設計された 非意図的放射 と電波信号を空中における輻射の結果として受信するように設計された 意図的放射 の別がある」

¹¹ 「電力会社が、保守・料金徴収など、電力システム全般の管理の為に、電力千乗に用いる carrier current system で unintentional radiator として使用されるもの。システムは送電線上の電波の伝導によって機能させる。家庭への引込み線や分電所への接続回路を含まないこと」

3.2 規制の背景にあるもの

以上の違いだけを見ても、両国の規制には相当の差があることが読みとれる。同じ電力線通信を扱う上で、なぜこれだけの差があるのだろうか。

両国の規制がともに目的としているのは、限られた電波資源の公平な有効利用である（電波法第一条、47CFR15.1）。また、両国の規制の技術標準の背景には世界標準である CISPR（International Special Committee on Radio Interference：国際無線障害特別委員会）の EMC（ElectroMagnetic Compatibility）関連の規定がある。これだけが規制の決定要因であるならば、両国で同様の規制がつくられてもよからう。

しかし規制は個別の国の事情を反映しながら成立するものである。ここに見られる日米の規制の差異もそれぞれの国の異なる事情を反映しているのだろうか。以下ではこれらの規制の背景について考察し、ここで取り上げている、電力線通信で利用可能な周波数帯を定める規制を生み出す背景の差異を政策的な特質の問題として両国別々に検証してみる。

3.2.1 日本の場合

日本の規制は、限定列挙の原則に則っているために新規性のある技術に対応できない。このケースのような電力線通信の技術は古くから存在し利用されてきたが、規制はこれらの技術を前提として作られたものを引きずってしまっている。新規の技術を活用するためには使用帯域幅を拡張するために利用周波数帯を高くすることが分かっているにもかかわらず、いちいち限定列挙して機材の型式や伝送方式を細かく定義しているのでは、開発や製造・流通に手間がかかって仕方がない。

逆に、具体的に細かく技術要件をきめ込むが故に、その本来の目的に沿ってより優れた技術が開発されたとしても、型式要件から排除されて、市場に登場できないということになりかねない。さらに、細かな技術要件の決定に際しては、一般的な（generic）技術よりも、特定の（specific）技術が採用されかねない。つまり、特定の規格が推進されてしまう可能性を排除できない。

一例を、1999年9月27日に電気通信技術審議会からの一部答申として提出された「2.4GHz帯小電力データ通信システムの高度化に対応した電気通信ネットワークへの接続の技術的な条件」にみる。この答申では、2.4GHz帯の使用周波数を拡大することが盛り込まれており、後日、郵政省（当時、現総務省、以下同じ）はこの答申に拠って端末設備等規則に基づく関係告示をおこなった。

2.4GHz帯での周波数帯の拡張は、既にその周波数帯を使用していたアマチュア無線器などとの相克を生むものであったが、海外で製造されている無線LANとの整合性を図るために極めて重要であった。なによりも、Bluetoothで使用する周波数帯がこの部分を必要としており国内外からの強い希望が郵政省を動かしたとされる（荒川編[2000]）。

この例から得られる教訓はいくつかある。第一に、この答申が「平成 5 年諮問第 6 4 号：端末設備としての移動機に求められる技術的な条件」に対するものだという点である。平成 5 年から 11 年にかけて 6 年の歳月が流れている。この間日本企業はこの周波数帯を利用する機器を国内の市場を対象として販売することができなかった。技術進歩の早いこの分野においては 6 年というのは致命的な時間となり得る。第二に、この規則の変更に外国からの圧力（いわゆる「外圧」）が大きな役割を果たした点にある。Bluetooth の導入に当たっては、Bluetooth SIG の働きかけが大きく、また、日本独自の方式にこだわっている「世界の孤児になってしまう」（荒川編 [2000]）という危機感が国内からの同調者を獲得する力となった。

以上の流れをみてみると、我が国の規制のあり方にひとつの典型的な姿が浮かんでくる。それは、旧来からの規則（それは多くの場合旧来からその規則のなかで行動しているもの達を守っている）に則って、細かな限定列挙的で、融通のきかない規制をなかなか排除できず、時間ばかりが過ぎてしまう。その間に現実社会の技術革新が急激に進行し、グローバル主義のなかで結果的に取り残されてしまう。最終的には世界標準を受け入れざるを得ないので、融通のきかない規制は撤廃されざるを得ないのだが、対応に時間を要した分だけ後発者として不利な立場におかれてしまう、という姿である。

3.2.2 アメリカの場合

アメリカの FCC による規制にみられるのは、原則自由で問題が発生したときには直ちに介入して行動を停止させるという姿勢である（47CFR15.1(c)）。したがって、細かな技術要件は記載されてはいるものの、原則的に国際標準である CISPR に準拠しておれば、簡単な形式認証を経て、自由に機器の開発、運用が可能になる。

もちろん、FCC の規制については、それでも不要論が唱えられている。たとえば、「ジオデシック・ネットワーク」という言葉の生みの親であるヒューバー博士は、

”Monopoly delivers standards the same way it delivers averaged prices and universal service – by suppressing competition and innovation. Competition delivers real standards more slowly but far more robustly”
（FCC による規制の 独占は競争やイノベーションを阻害することで、平均費用やユニバーサルサービスがもたらすのと同様の 好ましからざる 標準化をもたらす。競争こそが本当の標準化をもたらすのだ。たとえ遅々としていたとしても、比較にならないほどの強烈な勢いで）(Huber [1997] p.161)

[図表 4 - 3] 先進国の行政改革のパターン

(Vogel [1996] p.257, “Table.16. Patterns of regulatory reform in five advanced industrial countries” より)

	United States	United Kingdom	Japan	France	Germany
Eagerness to liberalize markets fully	High	High	Low	Low	Low
Willingness to reduce control over industry	High	High	Low	Relatively low	Relatively low
Reform process	Uneven	Uneven	Coordinated	Coordinated	Coordinated
Pattern	Disengagement	Disengagement	Reinforcement	Reinforcement	Reinforcement

と指摘し、FCC による規制は政府による独占に過ぎず、サイバースペースでは害こそあれ利益をもたらすものではないことを力説している。そして、公的規制に代わるものとして市場メカニズムによる競争策を強く推奨している。

[図表 4 - 3] は、「ジャパン・アズ・ナンバーワン」を著して有名なハーヴァード大学教授のエズラ・ヴォーゲル博士の子息である、スティーヴン・ヴォーゲル博士がハーヴァード大学準教授であった 1996 年に著した“Freer markets, more rules” (Vogel [1996]) に掲げられている規制緩和の国際比較である。

これをみると、イギリスやアメリカは規制緩和と市場化を高く関連付けていおり、これらの国々では改革のプロセスやパターンも不均一的で政府から市場への権限の委譲という形でなされるのに対して、日本をはじめフランス、ドイツなどでは、改革のプロセス自体が統一化され、パターンも強制力の強化という形をとっていることがわかる。言い換えると、アメリカにみられるのは、ヒューバーの言う「政府による独占」をとりやめる形での規制緩和である。

ほぼ同時期に著された書物のなかで、かなり異なった見解が述べられているのは興味深い。どちらかが間違っているということではない。ヴォーゲルの指摘したような行政改革の流れがありながらも、それをなお不足として更なる規制緩和を推し進めようとしているのがヒューバーの見解であると理解すべきである。

いずれにせよ、アメリカ型の規制の背景にあるのは、原則自由主義、市場主義であり、政府の役割は、市場競争の結果生じる不都合を解決するものである。日本との比較で言うと、日本ではまだまだパターナリスティック（父親的温情主義）な役割が行政の規制に委ねられており、競争は審判の顔色を伺いながらしなければならないのに対し、アメリカでは最低限のルールの下で選手達が勝手に競技をはじめて、不都合が生じたときに審判による裁定を求めるといった図式が描ける。

4 規制策の日米比較からの教訓

前節では日米の規制策の差異の背景にある国別事情の差異を論じてきた。本節では、より具体的に、規制の内容から解釈できる政策の差異について、日米の電力線通信に関する規制策の比較から得られる教訓として論じる

実は、FCC には前節で挙げた裁定者としての側面に関連して重要な権能が付与されている。それは、通信業界の参入に関する許認可権である。これは、裁定者というよりも、むしろヒューバーが「国家による独占」として非難する権能であるが、電力線通信を地域デジタル・コミュニケーション・ネットワークのアクセス網に利用しようと考えたときに極めて重要な含意を有する。結論を先にいうと、日本の規制と相似系である「9kHz～490kHz までしか使用してはいけない(47CFR15.113)」というルールは、電波の有効利用というよりもむしろ、電力業界の通信事業への参入規制という側面を重視したものである。もしこの教訓から学ぶとすれば、我が国はこの面での自由化をアメリカに先んじておこなうことが、IT 立国を標榜する上では最低限の条件である¹²。

4.1 電力線通信の二つの顔

電力線通信には、以下に記すように、家庭内のコンセントを情報アウトレットとして使用するというユビキタス・ネットワークの宅内基盤としての働きと、家庭向けの送電線に電波を重畳させて通信回線として使用するいわばアクセス網の働きとの二つの顔がある。

4.1.1 家庭内のマイクロデシック・ネットワーク

電力線通信は、家庭内にマイクロデシック・ネットワークを構築する手段として、無線の Bluetooth に並ぶ有力な手段である。既存の AC コンセントを利用できるということは、AC 電源を使用するあらゆる電気機器にデジタル・コミュニケーション・ネットワークのノードとしての機能を付与できるということである。

この際重要なのは、技術的要素として指摘されている、雑音やコンデンサによる引き込み現象などを考慮の対象とすることである。しかしながら、名古屋大学の片山正昭が指摘するように、無線通信の技術革新は日に日に高度で信頼性の高い高速通信を予測不可能な雑音発生などに対処しながら実現してきている訳であり、日本はこの分野において、世界的に優れた技術力を有しており、有線で、しかもネットワークにつながっている電気機器の種類がはっきり分かっている宅内の電力線通信について有効な技術的な対策が立てられないはずはない(片山 [2000])。

¹² その意味では、経団連が 1998 年に「情報・通信分野の規制緩和要望」の一部として「電力線を使用する電力線搬送通信設備の指定基準の見直し」(章末)が 2 年以上塩漬けされてきたことは甚だ遺憾な問題である。1996 年の Telecommunication ACT 改定後アメリカの電力会社の電気通信業への参入は自由化されているが、電力線の使用には上記のような技術的に参入を阻害する制限条項が見られる。

電力線通信の最大の利点は、あらたに配線をする必要がないという点である。この部分に投下された資産価値は、有効に活用された場合には計り知れないものになる。

そして、後章で詳しく述べるが、その際重要になるのは、マイクロデシック・ネットワークの概念を充分活かしたネットワーク構築である。単にコンセントをアクセス網のアウトレットとして利用するだけでなく、ノードの自律性を高めることで、一挙にデジタル・コミュニケーション・ネットワークのユビキタス化を前進させることが可能になる。

4.1.2 地域でのアクセス網

2001年1月7日付の日本経済新聞は「サイエンス」欄に九州電力が三菱電機と協力して実施中の実験を取り上げて、電力会社が電柱にまで行き渡らせている自前の光ファイバ網と家庭への引込み線を直結させて、電力線通信をおこなうことでNTTに対抗する潜在力を有すると報じている(26面)。

じつは、九州電力による実験は、電力線搬送通信だけではなく、柱上に設置した無線機と宅内の無線機を結ぶものも併せて行われているのだが、日本の場合、欧米と比較して、一箇所のトランスを共有する戸数が約十分の一であり、無線機のコストが割高になるといふ難点が指摘されていることから、電力線搬送装置が割安に製造できれば無線を凌駕する有力なアクセス網構築の手段となる。

アメリカでは、すでに電力線通信用モデムの高速化が実現しており、これを使うと事実上電力会社が通信事業に参入し、広帯域のデジタル・コミュニケーション・サービスを提供することは不可能ではない。しかし、なにより日本にとってのアドバンテージは、柱上にまで張り巡らされている光ファイバ網が既に存在しているという点である。日本は世界一光ファイバ網の普及率が高い国であり、これを家庭とどのように繋げるかという問題に正解を出すことができれば日本は極めて短期間でデジタル・コミュニケーション・ネットワークのインフラ構築において世界のトップレベルになることができる。

4.2 First 100 feet

「ラストワンマイル」問題という認識の仕方は、川上(事業者)から川下(消費者)に情報をながすという発想から銘々されている。しかし、ハーヴァード大学の「情報インフラストラクチャープログラム」のディレクターであるハーレイ女史は視点を消費者に移し「ファースト100フィート」(最初の30メートル)と名づけた(Hurley et.al. [1999])。

今後の地域アクセス網の構築については是非とも採用すべき観点である。マイクロデシック・ネットワークの考え方をを使うと、「最初の30メートル」部分が未来のデジタル・コミュニケーション・ネットワークの根幹を構成することになるからだ。

さて、ハーレイ女史は論文の中で、電力線通信について、無線、衛星通信とともに取り上げている。ここで注目すべき重要な点は「ファースト100フィート」を論じる際に、家庭における投資金額が500ドルから1000ドルに納まるような技術を取り上げているとい

う点である。あくまでもアクセス系の技術として捉えている為に、家庭に一台アウトレットとなる「情報コンセント」があればこと足りるという発想である。

しかし、電力線通信の強みは、モデム機能をマイクロチップ化した際に家庭のコンセントのどこでも使えて、しかもデジタル・コミュニケーション・ネットワークのノードであるような家電製品を、現在の価格とさほど変わりなく提供できるという点である。この点は、無線を利用する Bluetooth にも似ているが、Bluetooth は携帯性、移動性を重視した設計になっていることから、部分的に機能を限定している。電力線通信モデムは固定して利用することを想定して設計すればよいので、異なった利用方法を生み出すことが可能で、そのひとつの応用が、「最初の 30メートル」部分のアクセス手段としての利用であろう。

4.3 我が国の電波政策に求められる姿勢

日本国内には 5500 万を超える無線局があるという。電波行政の大きな柱は、これらの整合性をとりながら、電波という限られた資源をもっとも有効に活用することを確保することである。また、電化製品が巷に溢れるようになると、これらさまざまな機器が健康上有害な影響を引き起こさないように仕様のコントロールをすることである。ここで求められてくるのは、時限的でもよいから、利益調整のための行政ではなく、長期的展望を内包させた「政策」である。具体的には以下のような方策が考えられよう。

4.3.1 原則的自由化

技術進歩が急速に進展する中で、さまざまな利害を調整するのは並大抵の仕事ではない。しかし、日本の行政はあまりにパターンリスティック（父親的温情主義）である。「転ばぬ先の杖」が昂じて自由な競争を阻害している。アメリカを見習えとはいわないが、「健康上の害がない」という最小限のルールを定めて、市場に任せる方策を採るべきである。

さもなければ育つ技術も育たない惧れがある。現に電力通信技術についても、アメリカや欧州、韓国が周波数帯の拡大では先行している。このままでは、アメリカの電力線事情や配線事情に合った機器に関する認証だけが「外圧」の為に成立してしまうのではないかという危機感が学界や技術者達の間広がっている。世界標準が先に決まってしまって、後追いの立場に甘んじざるを得なかった Bluetooth の二の舞を避けるためにも早急に手を打つ必要がある。

また、日本の電線事情や、配電設備の事情は、国土の広大なアメリカで採用されているものとは異なるし、最大の技術課題である家電製品からの雑音に対する対策にしても、家電製品の種類も質も異なるアメリカとは随分環境に違いがあり、技術的適合性にも問題がある。もし、技術適合性の審査という制度を残してしまうと、本来は我が国の事情に最適ではないようなアメリカの技術標準に適合した製品や、技術標準自体がそのまま採用されてしまうかもしれないという恐れがある。

すくなくとも、日本の周波数帯に関する規制をアメリカと平仄のあったものにして、国内における商品化が可能な機材としなければ、現在の規制は、学界における基礎研究を阻害するのみならず、企業による研究開発を殺いでしまう。後は市場の選択に任せればよい。

4.3.2 電力業界の情報通信企業化促進

2001年に発足した総務省は、FCCによる競争の促進（乃至制限）という機能と同等もしくはそれ以上の権能を有すると目される。2001年1月6日付日本経済新聞の第一面には、ソニーなど24社が有線ブロードネットワークスと組み、家庭用に100Mbpsもしくは10Mbpsの広帯域サービスの提供に乗り出すという記事が掲載された。

有線ブロードネットワークスには全国で約160万加入があり（うち約3分の1が家庭）、総延長22万キロメートルの同軸ケーブル網を有しており、漸次光ファイバ化を進行中であるという。

翻って、電力業界についてみると、電力各社は関連会社にNCCを有し、全国にPHS網を構築してきた実績もあり、上述の有線ブロードワークスにひけはとらない。それどころか、電力会社が電力制御用に敷設している12万キロに及ぶという光ファイバを利用すると、電力線通信技術と組み合わせると一挙にFTTHを前に進めることができる可能性がある。また、電柱をはじめ、配線の架空権を有するほか、電線設備工事の専門部隊や高度な研究開発部隊を要するハイテク産業である。

ところが、2000年12月25日に提出された郵政省の「21世紀における情報通信ネットワーク整備に関する懇談会」による第2次中間報告には、電力通信は含まれていない。懇談会のメンバーにも電力業界としての出席者はみられない。その為であろうか、ブロードバンドの普及見通しについても電力線通信は全く考慮の対象外である。

郵政省時代における電力線通信の取り扱い、電力業界が通産省の監督下にあることもあってか、まったく抜け落ちてしまっている。

この部分を重点的に強化することは、2001年中に決着をみるべき急務であり、電力業界に高度情報通信企業化に向けての規制緩和策を打ち出すべきである。冒頭に引用した2001年1月1日付けの日経新聞では詳細が知らされていないが、しかるべき筋からの情報に拠れば、ここで議論される予定となっているのは、あくまでも、現状の省令・施行例の改定というレベルの対処であるという¹³。

「日経 IT 通信・放送（最終更新日時：2001/01/04 06:59）（<http://it.nikkei.co.jp/it/>）」は、電力通信技術の進化の結果、電力業界が情報通信分野に参入すると、NTTとともにガリバーの支配体制がしかれるのではないかと懸念している。

¹³ 具体的にはエコーネットコンソーシアムが制定化を進める型式をもとに、認証の変更をすすめているという未公認情報がある。もし、そうだとすると、一部業界団体の意思を反映した恣意的な改定に終わってしまう恐れを排除できなくなり、今後の技術の開発、発展の為に極めてゆゆしき自体であるといわざるを得ない。日本が独自の型式を開発にこだわり、それを規制によって擁護するような前時代的な行政手法が、万が一にも採用されないことを望む。

しかし、電力線通信技術は、電力線搬送技術として電力会社の光ファイバへのアクセス手段として利用できるほかに、コミュニティにおけるアクセス系の技術としてみた場合には、同じトランスを共有している家庭間にマイクロデシック・ネットワークを構築する手段として利用できるというメリットがある。すなわちボトムアップ型のネットワーク構築手段としても使用できるものであり、ガリバー支配とは逆の方向でのネットワーク構築に資する可能性を有している。

言い換えると、光ファイバ網の利用とは別に、家庭間をつないでいる電力線を利用して、これらの電力線上に、自営系の極めて小規模ではあるが、小回りのきくデジタル・コミュニケーション・ネットワークが構築される可能性がでてくる。マイクロデシック型ネットワークの構築に規制が課せられない限り、電力線通信は、メリットの方がガリバー支配の恐れというデメリットを上回るのではなかろうか。

但し、ここで重要なのは、PHS の轍を踏まぬことである。PHS にはトランシーバー機能があり、互いに電波の通じる距離であれば任意の 2 台間で通話をすることができるはずである。しかしながら、現状では、トランシーバー通話は、予め番号を登録・設定した機器間においてのみに許されている。電力線通信の場合にこのような機能制限が付されることになると、マイクロデシック・ネットワークを構築するのは不可能になる。電力線通信はユビキタス・ネットワークのひとつの基盤になり得る重要な技術であり、仕様の決定については出来る限り余分な限定を意図的に排除すべきである。

5 まとめと政策提言

本章では、電力通信に関する省令改正が 2001 年に電気通信技術審議会の答申をまっけて行われる予定であるという報道を受けて、この省令が今後の我が国の IT 戦略にとって重要なものである点を、電力線通信に係る日米の規制格差をみながら論じてきた。そのなかで、今後の我が国の政策の方向についても触れてきた。ここでは、それらをまとめ、政策提言として提示する。

5.1 電力線通信について

電力線通信における日本の独自の規制は、日米の技術格差として、2000 年末時点で潜在的に 10 倍の性能差を生み出す直接の原因となっている。実用化されている技術をもとにその差を測ると、11Mbps である。これを経済的損失として計算すると、例えば、パケットの代金で測ると、150 万円分の伝送料金に相当する¹⁴。時間の損失としてみた場合には先に挙げたとおり、CD-ROM 1 枚分の伝送で約 3 時間の差がつくことに相当する。これを経済全体に引き直すと莫大な金額の機会費用になってしまう。

¹⁴ NTTDocomo が提供しているサービスの伝送料金。1 パケット 0.3 円として計算。

これ以上の差がつく前に、また「外圧」によって日本市場でテストされたものでない技術が時期だけを急いで採り入れられる前に、以下のような施策を採用するべきである。

5.1.1 採るべき施策

電力線通信について、人体に悪影響がない場合で、他の機器への干渉が予想されないような極小電力を利用する技術については原則自由化する。具体的には FCC が規制していないような 9kHz から 30MHz 程度の周波数帯は開放するべきである。

この際、極小電力でことたりる宅内と、それより大きな電力が必要となる屋外とでは、出力、漏洩電界強度の限界を指定する際に差別化するように検討すべきである。

5.1.2 早期の実現へ

以上のような規制方法は、現存する法や施行規則への改定だけでは不十分である。2000 年の政府 IT 戦略会議は 2005 年までに 3000 万世帯への高速インターネットの普及を定めた。この実現のための具体的施策として、金融再生法のように時限を区切った特別法によって集中的な投資、技術開発の支援をすることが必要である。これと平仄をあわせて、時間的な電波利用の完全自由化を含めて電力線通信も検討されるべきである。

5.2 関連の電波行政について

上記に述べた限定的な特例期間の間は実験的な企業活動や起業が許されるように、5.1 に挙げたような原則自由化された電力線上での電波利用を認めるべきである。アメリカの FCC がそうであるように、監督庁はこの施策から生じる不都合についての裁定機関として機能すべきであり、決して許認可機関として機能しないように意図的に行動する。そして、電力と電気通信という経済産業省と総務省をまたがるような行政については、各省の上位に位置する委員会に一定期間に限り権能を付与することで、行政の円滑化を図ることとする。

5.3 マイクロデシック・ネットワークの観点の重要性

以上、マイクロデシック・ネットワークに関わる政策課題を、電力線通信にかかる規制の問題から検討し、政策提言を掲げた。本節では締め括りとして、電力線通信政策におけるマイクロデシック・ネットワークの観点の重要性を強調するために、マイクロデシック・ネットワーク概念を政策の検証に利用することの有用性について、いま一度述べておく。

まず、マイクロデシック・ネットワーク概念は、電力線通信の利用適用範囲を検討する際に、宅内と屋外とに区別する理由付けを与えてくれる。宅内における電力線通信は家庭内でのマイクロデシック・ネットワーク構築に使用するという用途がある。これと、屋外

の配電線を使用した光ファイバまでのアクセスに使用するという用途では使用電波の強度など、差があってしかるべきである。

マイクロデシック・ネットワーク概念によって、これら「宅内」「屋外」の利用方法の違いが明らかになると、規制撤廃をする際に政策上の取り扱いの差異が際立つ。具体的には、宅内であれば、あくまでも人体や他の電気機器への雑音など悪影響のみに限って規制を適用し、屋外であればアクセス系の通信インフラとして捉えるといった具合に、異なるアプローチをとる理由付けが得られる。

さらに、屋外における利用についても、光ファイバまでのアクセス線として使用する場合と、コミュニティでの自営系デジタル・コミュニケーション・ネットワークの構築に使用する場合とでは使用電波の強度に差がでてくる可能性は当然考えられる。

これらの差別化の根拠としてマイクロデシック・ネットワークの概念は有用である。すなわち、コミュニティでの自営系デジタル・コミュニケーション・ネットワークの構築は、マイクロデシック・ネットワーク概念を利用したものである一方、光ファイバまでのアクセス線としての利用は、必ずしもそうである必要はない。

自営系のマイクロデシック・ネットワークに対して規制の完全撤廃を行い、アクセス線としての利用についてはキャリアである電力会社と他の第一種通信事業者との競争を奨励するような政策をつくる、といったように、違った政策の適用をすることが可能になる。

以上から分かるように、宅内、屋外、自営系、アクセス線などという分別が政策的に有効であると判断する基準として、それぞれがマイクロデシック・ネットワーク概念に照らしてどのような位置に属するかという観点を利用できる。マイクロデシック・ネットワーク概念の政策課題への基準の提供という機能である。

本章では、この機能から出発して電力線通信の有用性を明らかにし、これに関わる政策課題について論じた。

[参考文献]

- ・ 荒川弘熙編 NTT データ・ユビキタス研究会著 [2000] 『Bluetooth って何だ』 カットシステム
- ・ 尾崎賢二 [2000] 「家庭内電灯線を利用した宅内ネットワーク化構想 / 四国電力のオープンプラネット構想」電子情報通信学会技術報告 SST2000-58、pp.27-34 電子情報通信学会
- ・ 片山正昭 [2000] 「高速高信頼性電力通信システム実現のため技術課題」電子情報通信学会技術報告 SST2000-60、pp.43-49 電子情報通信学会
- ・ 通商産業省 [2000] 「省エネ行動を支援するシステム・サービス」 (<http://www.meti.go.jp/report/downloadfiles/g00713mj.pdf>)
- ・ 都築伸二 [2000] 「高速電力線通信実現にかかる諸問題」電子情報通信学会技術報告 SST2000-54、pp.1-6 電子情報通信学会
- ・ 松本渉・斎藤成一 [2000] 「電力線通信の課題と開発動向」電子情報通信学会技術報告 SST2000-57、pp.19-26 電子情報通信学会
- ・ 郵政行政法令研究会 [1999] 『平成 12 年版郵政行政六法』郵研社
- ・ Cameron, Ian [1999] "£10m Nor.Web pulls the plug" *Electronics Times*, 13 September, 1999
- ・ Federal Communication Commission [1998] Code of Federal Rule 47, Part 15, FCC.
- ・ Huber, Peter W. [1997] *Law and Disorder in Cyberspace*, Oxford University Press
- ・ Propp, Michael 1999 "The Use of Existing Electrical Power Lines for High-Speed Communications to the Home" In *The First 100 Feet*, edited by Deborah Hurley and James H. Keller, pp.75-91. Cambridge MA: MIT Press.
- ・ Rivkin, Steven, R. [1999] "Power on Both Sides Now: The Critical Role of Electric Utilities in Internet Development" In *The First 100 Feet*, edited by Deborah Hurley and James H. Keller, pp.75-91. Cambridge MA: MIT Press.
- ・ Vogel, Steven, K. [1996] *Freer markets, more rules: regulatory reform in advanced industrial countries*, Cornell University Press

[関連資料] (経団連による要望書)

情報・通信分野の規制緩和要望

電力線を使用する電力線搬送通信設備の指定基準の見直し 【新規】

規制の現状

電線路に 10 kHz 以上の高周波電流を通ずる通信設備は郵政大臣の許可が必要であるが、電波施行規則第 44 条第 1 項第 1 号に該当する電力線を使用する電力線搬送通信設備は、その送信装置及び受信装置が郵政大臣の指定を受けた型式であれば、郵政大臣の許可が不要である。
この指定を受けるためには、同規則第 46 条の 2 に定める送信装置の搬送波の周波数又は搬送波が拡散される周波数の範囲、変調信号の伝送速度、搬送波出力などについての条件を満たさなければならない。

要望内容と要望理由

電力線を使用する電力線搬送通信設備の送信装置の指定基準について、現行の項目である変調信号の伝送速度、搬送波出力を廃止するとともに、搬送波の周波数又は搬送波が拡散される周波数の範囲の基準を 30 MHz まで緩和すべきである。
電力線に信号をのせることにより懸念される最大の弊害は、電波を受信する他の通信機器に妨害を与えることであるが、伝送速度がどんなに速くても、搬送波出力がどんなに高くても、漏洩電波の電界強度が小さければ問題ない。例えば、30m法で $30 \mu\text{V}/\text{m}$ 以下程度での漏洩電波の電界強度を直接規制することが十分かつ現実的であり、伝送速度や搬送波出力による間接的な規制は不要である。
因みに米国では、漏洩電波の電界強度は、30m法で $30 \mu\text{V}/\text{m}$ 以下程度までは許容されている。また、30 MHz までの搬送波の周波数帯域が認められている。

規制の根拠となる関係法令等

電波法第 100 条第 1 項

電波法施行規則第 44 条、第 46 条、第 46 条の 2

所管官庁

郵政省

「経済再生に向け規制緩和の推進と透明な行政運営体制の確立を求める」(1998 年 10 月 20 日) より

(<http://www.keidanren.or.jp/japanese/profile/topics/info/dt199810.html#14>)

第二部マイクロデシック・ネットワークの 事例研究

第一部では、理論的にマイクロシック・ネットワークの効用について、消費者の利用、企業の利用や社会全体として利得を得られるような例など様々な状況を想定しながら分析してきた。そして、マイクロシック・ネットワークには社会的効用を向上させる能力があることを述べてきた。

第二部においては、より具体的に、シーンを分けてマイクロシック・ネットワークを社会的効用の増進に役立てる様子を見ていく。

ここで取り上げるのは、家庭、コミュニティという二種類の環境である。これらの環境の中に、既にデジタル・コミュニケーション・ネットワークの一形態としてマイクロシック・ネットワークの萌芽は育ちつつある。

以下では、現在発展しつつあるマイクロシック・ネットワーク的なネットワーク環境について言及しながら、将来的に利用できる技術水準が向上するにつれて、マイクロシック・ネットワーク概念に基づくデジタル・ネットワーク環境のデザインや構築がより重要性を増すであろうということを示す。

第5章 家庭内のマイクロデシック・ネットワーク

1 はじめに

家庭におけるデジタル・コミュニケーション・ネットワークは2000年後半から急速に普及が始まった。大きな牽引車は、家庭におけるパソコンを利用したインターネットへのアクセスが急増したことを根底に、家庭内でのLAN構築が手軽にできるようになったことである。これに拍車をかけているのが、アップル・コンピュータを先鋒とする、低価格化した家庭内無線LAN機器が普及し始めたことである¹。2001年はデジタル・衛星テレビ放送が本格的に普及し始めることも予想され、家電メーカーは本放送の始まった2000年12月に投入したデジタル衛星放送対応機器の増産に追われている。2000年末時点で既に品薄状態なのだ。こんな中で家電大手企業ソニーの行動も象徴的である。2000年夏には通信機能を有しDVD再生の可能なゲーム器「プレイステーション2」を発売。年末には家庭内で自由に持ち運びのきく無線のインターネット接続兼用テレビモニターを投入した。

他方、これらの現象は、AVやインターネット、ゲームなど、生活の一部の分野に用途が限られており、まだまだ家庭におけるデジタル化には大きな余地が残されていると考えられる。

2001年から本格的に普及を始めるBluetooth²が「シロモノ」と呼ばれる家庭の一般の電気製品に組み込まれるようになり、また、Echonet³など電力線搬送通信技術を利用して家電製品のデジタル・ネットワーク化を計られる動きが本格化すると、我々はデジタル技術の恩恵をますます享受できるようになることは間違いない。

そこで、本章では、マイクロデシック・ネットワーク概念を利用してこのような動きを読み取ると、何が見えてくるのか、家庭内のデジタル・ネットワーク化を事例として取り上げて論じる。

以下では、まず家庭内のデジタル・ネットワーク化でなにが起きると考えられているか整理した上で、それを支える二つのネットワーク形態、すなわち、ピア・トゥー・ピア

¹ アップル・コンピュータの「AirMac」など。

² <http://www.bluetooth.com/>

³ <http://www.echonet.gr.jp/> を参照。国内の家電メーカーを中心に電力線搬送通信技術を利用して家電製品を制御する規格を開発中。

型とクライアント＝サーバ型の違いという視点からアプローチする。そうすることで、マイクロデスク・ネットワーク概念を利用するで、家庭内のデジタル・ネットワークについての新たな側面をみつけることができることを示す。

2 家庭内のデジタル化で何が起きるか

家庭内のデジタル化で何が起きるかという議論は、電化製品が発明された時点以来常に存在してきた。近年では、マルチメディア化が言われて以来さまざまな「夢」や「計画」が存在する。以下では、それらの中から主なものを生活のシーンに分けて整理した。

2.1 「衣」

2.1.1 管理と選択

気候にあった衣類を身につけることは、健康維持に重要な要素である。「お洒落」をすることは精神面での健康維持にも貢献する。物理的な気候という要素や、お洒落のような好みといった要素などを加味した、着衣の管理と気候やTPOにあった選択を支援する「デジタル・ワードローブ(衣装棚)」が考えられている。

2.1.2 洗濯

管理とも共通するが、洗いから乾燥までを一貫して行う洗濯機が、より進化すると、衣服に織り込まれた「デジタル認識票」で種類別の選択が可能になる。さらに、最適な時間に自動的洗濯を済ませる、他の機器での電気や水の使用料をみながら経済性の向上を図る、といったことが可能になる。

2.2 「食」

2.2.1 健康管理と直結

健康管理のデジタル化にあわせて、食生活に反映させるための、メニューの提案機能、自動調理機能などが考えられている。

2.2.2 買い物と直結

冷蔵庫の在庫と直結したメニューの提案機能や、買い物発注機能、遠隔調理機能などが考えられている。

2.3 「住」

2.3.1 快適な住空間

住空間をより快適で、健康に住易くする方法として、空調機器や風呂の自動管理や、遠隔管理、調光の自動化などが考えられている。

2.3.2 セキュリティの向上

防犯設備の安価な提供のほか携帯電話をつかった遠隔監視機能が考えられているほか、毎日の排便からの健康管理や、生命維持状況のモニターの医療機関との直結、高齢者宅のモニターなど生活上のセキュリティ全般の向上が考えられている。

2.3.3 環境への配慮と経済性の向上

各電気機器の電力消費や稼働状況、周囲の状況たとえばエアコンの効きすぎ等のモニターをして、総電力消費量の抑制をおこなうことで、家計にとっては経済的で、環境全体としては電力消費の抑制による環境付加の低減を行う。

2.4 「遊」

「遊」には、余暇のすごし方という意味のほか、教養娯楽、教育なども含める。デジタル・コミュニケーション・ネットワークでのネットワーク対戦型ゲーム、デジタル・テレビによるショッピングや番組への参加、ネットワーク・コミュニティへの参加などが考えられている。

3 二つのネットワーク方式

前節にあげたように、家庭内のデジタル・ネットワーク化にはさまざまな夢を描くことができる。もちろん実現までの所要時間は相当のばらつきが予想されるし、ネットワークの方式も種々考えられよう。

これまでのところ、高速の広帯域アクセスが必要であるという部分と、それほど高速でなくとも信頼性を重視するといった考え方や、有線でのネットワーク化と無線でのネットワーク化の違いなどさまざまな考え方が模索されている段階であろう。

そこで、本節では二通りの系統のネットワーク方式を考え、マイクロシック・ネットワークとの関係を論じる。ひとつは家庭内の機器をピア・トゥー・ピアでつなぐ方式であり、もうひとつは、ホーム・サーバを置いてそこを家庭と外とのゲートウェイとして利用

するクライアント＝サーバ型である。以下ではそれぞれについて典型的な例を挙げながら論じる。

3.1 ピア・トゥー・ピア型

テレビのデジタル地上波放送とインターネットを結びつけた視聴者の番組参加や、ネットワーク・ゲーム対戦など広帯域でのリアルタイムのサービスは、多くが「テレビとインターネット接続」「ゲーム器とテレビ」という直接接続されている機器で提供される⁴。

これらは「ピア・トゥー・ピア型」ネットワークで直結している。たとえば、ソニーのAV製品の例をみると分かり易い。ソニーは、企業戦略として「AV機器をデジタル化し、デジタル家電の新市場をいち早く開拓したかったのである」(八木[2000] p.189)とあるように、デジタルビデオカメラ、VAIOブランドで知られるパソコン、プレステーション2のようなデジタル・コミュニケーション・ネットワーク対応ゲーム器、AirBoardというテレビ兼インターネット機、に「i.Link」と呼ばれるIEEE1394⁵での接続機能をもたせたり、あるいは「メモリー・スティック」と呼ばれる独自の記憶媒体を共有させて、これらの機器相互間の接続を可能にしている。

3.1.1 ピア・トゥー・ピア型からマイクロシク・ネットワークへ

ここにみられるネットワーク構造は、AVやゲーム機器を中心とするピア・トゥー・ピア型ネットワーク構造である。これはあくまでもエンターテイメントを軸としたネットワークであるが、ネットワークの範囲を広げて、家庭でのデジタル化の他の部分を取り込んだ形態を想定することも可能である。たとえば、冷蔵庫とITテレビがネットワーク化され、自動的に在庫にあったレシピを教えてくれるというように。

重要なのは、この際冷蔵庫にあるデジタル・ノードはITテレビに内蔵されているノードに「直接」⁶接続していることである。すなわち、冷蔵庫のノードは自律的に在庫を管理しており、それを、ITテレビのノードに伝える。ITテレビはその情報をもとに、自律的にインターネットからレシピを抽出して提示する、という一連の動きが「自律的に」(つまりサーバ⁷を介さずに)行われるところである。

これはまさに家庭内におけるマイクロシク・ネットワークそのものである。

⁴ なかには一体化しているものもあり、これは「近接しているものが結びつく」というマイクロシク型ネットワークの典型でもある。

⁵ 伝送速度が100Mbps以上の高速シリアル・インターフェース規格。音声・動画の伝送に優れている。

⁶ 物理的には中継点を經由していても構わない。

⁷ ここでいうサーバは、冷蔵庫からの情報を受け取り、送信先をITテレビに決定して受け渡すというようなことをする、あくまでもネットワークの管理機能をはたす機器を示す。ITテレビがインターネットに接続するときにゲートウェイを使用するような状況とは異なる

3.1.2 マイクロデシック・ネットワークを支える技術

このようなマイクロデシック・ネットワーク化に直結する技術は既にさまざまな開発が進められている。

たとえば、ネットワーク構築のハードウェアとしては、有線系では、IEEE1394、電力線搬送通信や電話線を利用する HomePNA などや、旧来からの LAN 用の 10Base-T や 100Base-T を利用する方法がある。無線系で有望視されているのは、HomeRF⁸、Bluetooth や IEEE801.b など、そして構想段階にある無線 IEEE1394 である。

ソフトウェアでは、制御プログラムである Jini⁹や、ハードウェアの仕様を含めた家電制御機能の標準である Havi¹⁰の開発などがみられる。

3.2 クライアント＝サーバ型

前項では、ピア・トゥー・ピア型の家庭内デジタル・コミュニケーション・ネットワークの例とその発展形としてのマイクロデシック・ネットワークを論じたが、本項では、逆に家庭内に一箇所サーバを置いて、それが集中的に家庭内のデジタル化された機器を制御する例について論じる。じつはこれもマイクロデシック・ネットワーク概念が適用できる例なのだが、その適用には先の例に比較すると一段階余分な手順を踏まねばならない。

そのことを念頭におきながら、ここでは、四国電力が提唱している「OpenPLANET」構想を例にとりながら論じる。

3.2.1 ネットワークの構築のされ方

四国電力の OpenPLANET (Open Platform for Appliances NETWORKing)¹¹構想は、家庭内にある種々の機器を、家庭に一台設置したサーバ上の「バーチャル・マシン」というエージェント技術を利用しながら、統一的に制御しようという概念である。([図表 5 - 1] 参照)。LONWORKS¹²や ECHONET (既出) といった、電力線搬送通信技術を利用した家電製品の制御機能を、宅外の TCP/IP ベース「クライアント」(今後は、例えば携帯電話利用もある) からの指示を、「サーバコンピュータ」(図では電力メータに組み込まれたプロトタイプを示す) が仲介して実現するものである。

ここでは、家庭内のデジタル・ネットワークはあくまでも、制御のためのエージェントを送りこむに足る交信網であれば足りる存在である。したがって、「信頼性」を重視して「速度」を向上させることは検討外とされている。

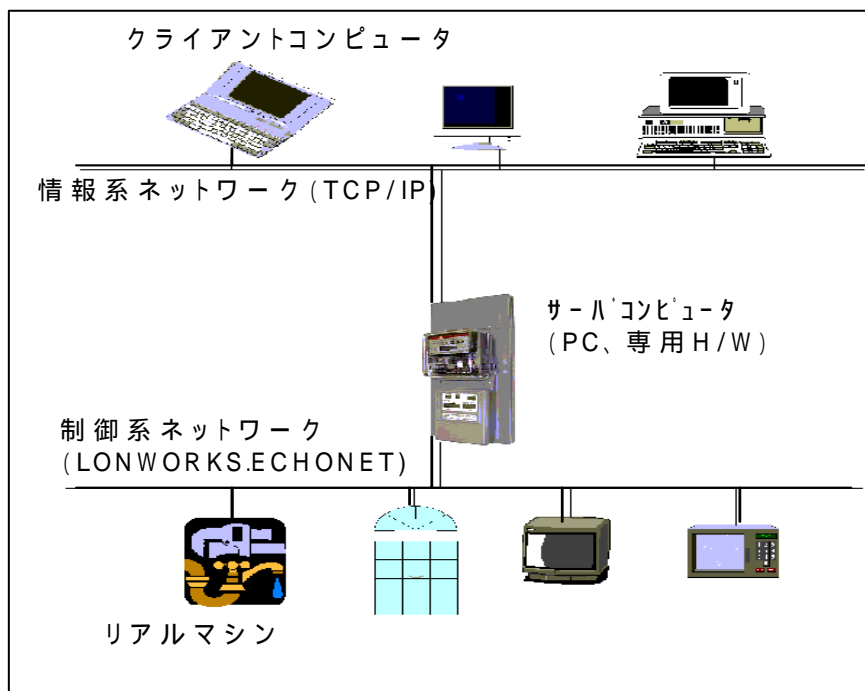
⁸ Home RF については <http://www.homerf.org/> を参照

⁹ Jini については <http://www.sun.com/jini/>、<http://www.jini.org/homepage.html> を参照

¹⁰ Havi については <http://www.havi.org/> を参照

¹¹ 尾崎 [2000]

¹² LONWORKS については <http://www.lonworks.com/> を参照。アメリカ Echlon 社による電力線搬送通信を用いた家電機器の制御ネットワーク構築機材。



[図表 5 - 1] OpenPLANET のシステム構成、尾崎 [2000] を参考に作成

ここで重要なのは、TCP/IP に基づいて機能している情報系ネットワークと、異なる制御コードで機能しているリアルマシンを動かす制御系ネットワークを仲介する存在としてのサーバ・コンピュータの存在である。

これは、クライアント＝サーバ型ネットワークで構築された、デジタル・ネットワークであり、マイクロデシク・ネットワークではない。

3.2.2 ネットワークの利用形態

OpenPLANET では、ネットワークの利用形態として、主として電力の経済的な利用を念頭において出発している。もちろん、窓にセンサーを設置して防犯に役立てる、高齢者の非常用通報装置や健康管理での利用、水道管理というセンサー技術を活用した生活面での応用は既に実用実験段階にあるし、インターネットとの接続により将来的には冷蔵庫の在庫を管理するということも可能であろう。

しかし、前項でとりあげたネットワークが、高速のデジタル・コミュニケーション・ネットワークを主眼としているのに対し、こちらは、低速ながら、機器の制御に重心をおく、家庭内の電気機器が必ず繋がっている電源コンセントを経由してネットワークを構築することで住み分けを計ろうとしている。

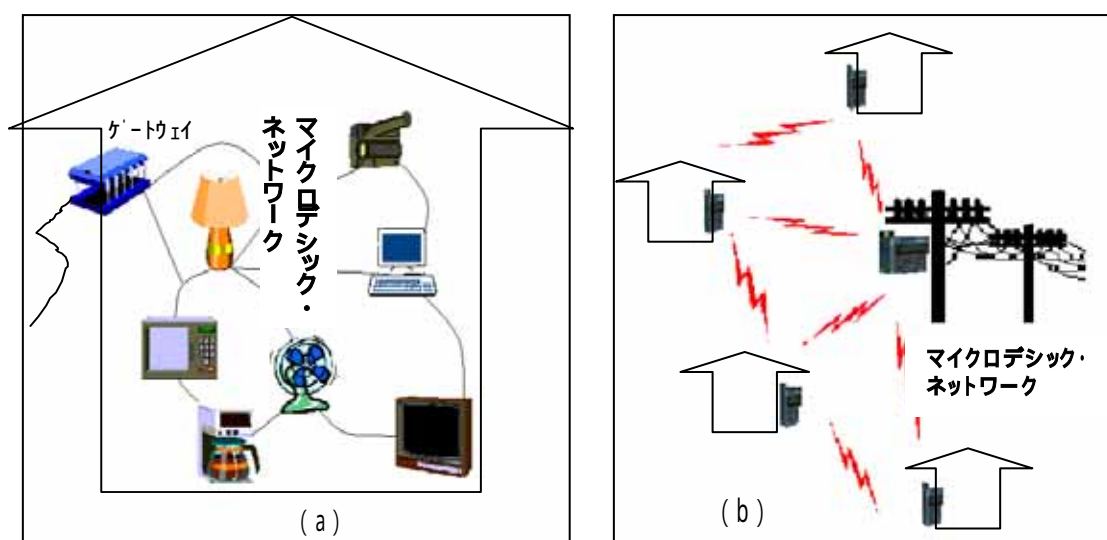
3.2.3 マイクロデシック・ネットワークとの関係

OpenPLANET 構想は、家庭内の制御ネットワークに着目すると、前項で述べたように、マイクロデシック型ネットワークではなく、ツリー構造のクライアント=サーバ型ネットワークである。サーバが、必要に応じて機器の管理制御をおこなうエージェント¹³を制御系ネットワークを経由して各機器に送りこんで動作させる構造になっている。機器のレベルでみた場合には自律的というよりは、サーバに対するクライアントとして支配を受けている構成である。

ところが、一旦目を転じて、サーバ同士がどのようなネットワークを構成しているかに着目すると興味ある点が見えてくる。

OpenPLANET の実験に使用されているサーバは、特別に、耐久性、経済性、消費電力の低さなどを実現した「ホームサーバ内蔵電力量計」(図表5 - 1 にプロトタイプを示した¹⁴)が開発されている。特徴的なのは、このサーバは PHS を内蔵していることだ。情報系ネットワークとの接続は PHS を使用して行われる。そして PHS を利用した情報系ネットワークの構成をみると、公衆網とのアクセス系として電力会社系の PHS 網を利用するという特長のほかに、注目すべきなのは、PHS のトランシーバ機能¹⁵を利用するエージェント技術を採用していることである。

つまり、サーバとサーバとの関係をみると、そこにはマイクロデシック・ネットワークが採用されていることになる [図表5 - 2 (b)]



[図表5 - 2] (a) マイクロデシック・ネットワーク (b) OpenPLANET

¹³ 1999年の公開実験においてはIBM社のAgletsを利用して、家庭のセキュリティ・システムなどにエージェントを送りこんで動作させる機能が確認された(尾崎[2000])。

¹⁴ <http://www.openplanet.co.jp/html-j/index/j-main.htm> より

¹⁵ 近隣のPHS どうして無線による交信をおこなう機能。アクセス網を経由することなく、直接互いに交信をおこなう。

4 まとめ（マイクロデシック・ネットワーク概念の利用）

本章では家庭におけるデジタル化について、マイクロデシック・ネットワーク概念を使って読み解くと、どのような姿が見えるか検証してきた。

家庭内デジタル・ネットワークの構築のされ方をみると、AV系を中心とした「情報系ネットワーク」が高速・広帯域のマイクロデシック・ネットワークを構成する方向にむかう一方で、その他の電気機器を動かす「制御系ネットワーク」は電力線搬送通信を使った低速のクライアント＝サーバ型ネットワークを構成する方向に向かっている様子が見取れた。

後者では、「OpenPLANET」構想をみたが、この構想の根底にあるのは「情報系」と「制御系」の通信プロトコルの違いを埋めることが困難であり、その差を埋めるためにサーバを使うという発想である。

しかし、マイクロデシック・ネットワーク概念が教えるところでは、ノード（これにはAV機器もその他の電気機器もどちらも含まれる）が早晩インテリジェンス化し「情報」と「制御」というような分離の区別は消滅するであろうということだ。

そのように考えると、電力搬送通信技術をAV系の情報系ネットワークが使用している程度の高速・広帯域のものにしておくことは、整合性のとれたネットワーク構築のためにどうしても必要な課題であることが見えてくる。

実は、OpenPLANET 構想は、一部分マイクロデシック・ネットワーク化されている。[図表5 - 2] で示したように、サーバとサーバとのネットワークはマイクロデシック・ネットワーク構造である。家庭内でのネットワークをマイクロデシック・ネットワーク化するのも難しいことではなからう。

さて、家庭内におけるデジタル・ネットワーク化の進化を、マイクロデシック・ネットワークの観点から論じてきて明らかになってきた点がある。それは、AV機器にせよ、その他の電気機器にせよ家庭内でのネットワークの構築に利用されるのは、有線ないし無線のいずれにせよ、いずれか一方を排他的に選択しなければならないということではない、という点だ。すなわち、IEEE1394 で接続されたAV 機器が超高速化された電力線搬送通信を、もしくは無線の接続機能をもっていて、それらを同時にもしくは選択的に使用しても一向に構わないということだ。

現在のデジタル・コミュニケーション・ネットワークでは、例えばアクセス系についていうと、光ファイバによる家庭への引き込みか×DSL 利用かというように二者選択的に考慮される場合が多い。理由は経済性である。ふたつのアクセス系を利用するためには基本料金が2倍かかる、という訳である。ところが、この章でみてきたように、料金の心配をしなくてもいい家庭内部でのマイクロデシック・ネットワークでは、経路の複数化を経済的に成し遂げることによる輻輳への対処となり、むしろノードの数が増加すればするだけ、好ましい効果が期待されることになってくる。

言い換えると、マイクロデシック・ネットワークの概念が教えてくれる「近在するノードとノードが自律的に結びついたネットワークは強靱である」ということは、そのままノード間を結びつける手段は有線（例えば IEEE1394 や電力線搬送通信）と無線（例えば Bluetooth）の別を問わないということであり、これらが経路に冗長性をもたせることを実現するジオデシック的なネットワークは、日常生活に必要とされる強さを我々に保障してくれることにつながる。

以上を要約すると、ここから得られる教訓は、今後のネットワーク構想をする際に、機器の種類を問わず、自律的に機能させるためには、複数の経路を用意しておいた方がよいということであり、冗長性をもったマイクロデシック・ネットワークは構築してしまうと使用コストが限界的にはゼロになることが期待できるということから、そうでないネットワークの輻輳時に要するコストを考えると、非常に有用であるということだ。

[参考文献]

- ・荒川弘熙編 NTT データ・ユビキタス研究会 [2000] 『Bluetooth って何だ?』 カットシステム
- ・大塚玲 「情報家電によるユビキタス・ネットワーク市場の創造」 『知的資産創造 / 2000年2月号』 野村総合研究所 [2000]
- ・尾崎賢二 [2000] “ 家庭内電灯線を利用した宅内ネットワーク化構想 / 四国電力のオープンプラネット構想 ” 電子情報通信学会技術研究報告 [スペクトル拡散] SST2000-58 pp.27-34 電子情報通信学会
- ・石川宏編著 [1997] 『マルチメディア・ネットワーク』 NTT出版
- ・ガートナージャパン [2000] 『ITトレンド』 東洋経済新報社
- ・公文俊平 [1998] 『ネットワーク社会』 中央公論社
- ・サイバー社会基盤研究推進センター慶應義塾大学 / 野村総合研究所編著 [1996] 『サイバー社会の展望』 野村総合研究所
- ・杉浦彰彦 [2000] 「Bluetoothの基礎知識：第1回 Bluetooth 誕生の経緯と全体像」 月刊テレコミュニケーション 平成12年10月号第17巻第10号 リックテレコム
- ・杉浦彰彦 [2000] 「Bluetoothの基礎知識：第2回 BluetoothのCore規格」 月刊テレコミュニケーション 平成12年11月号第17巻第11号 リックテレコム
- ・杉浦彰彦 [2000] 「Bluetoothの基礎知識：第3回 BluetoothのProfiles規格」 月刊テレコミュニケーション 平成12年12月号第17巻第12号 リックテレコム
- ・杉浦彰彦 [2000] 「Bluetoothの基礎知識：第4回 Bluetoothの実用化」 月刊テレコミュニケーション 平成13年1月号第18巻第1号 リックテレコム
- ・日本経済新聞 2001年1月1日付第二部「デジタルが描く夢の未来地図」
- ・モバイルコンピューティング推進コンソーシアム編著 [2000] 『明解 Bluetooth』 リックテレコム
- ・八木勤 [2000] 『ソニーIT革命の衝撃』 中経出版
- ・山崎朗・玉田洋 [2000] 『IT革命とモバイルの経済学』 東洋経済新報社
- ・O'Reilly & Associates eds [1997] 『The Harvard Conference on The Internet and Society, Harvard University Press.

第6章 コミュニティのマイクロデシック・ネットワーク

1 はじめに

コミュニティをどう定義するかは、社会学の分野において長く議論が続けられてきているところであるが、ここでは、マッキーヴァー [1975] による、地域性（地理的概念）と共同体概念を備えたものとしてとらえることから出発する。金子 [1999] がいうようにインターネット社会においてコミュニティは、地理的条件にとらわれることのない「場」としての「コモンズ」である¹。すなわち、インターネットには、空間的な距離を無視するという意味で地理的概念に規定されない、そして共同体概念をもつというコミュニティが、無数の「コモンズ」として存在している。

しかしながら、宮尾 [2000] が指摘するように、日本におけるコミュニティは「地域コミュニティ」を中心に認識されることが多い。

マイクロデシック・ネットワークは「近隣を結びつける」ネットワーク構造をとることから、宮尾のいう地域コミュニティに近く、本章でとりあつかう「コミュニティ」は地域性を主軸としたい。

さて、そのうえで、コミュニティにおける情報化という観点からは、公文俊平、宮尾尊弘が主唱している CAN (Community Area Network) が重要な視点を提供してくれる。CAN とは、

「地域住民のニーズに合った地域主導の高度情報通信網のことで、各地域の「産、官、学、市民」などの構成員が全員参加して、お互いにつながり合うような地域単位の情報ネットワークを意味する。具体的には、地域コミュニティ内の組織（企業、役所、学校、団地、商店街など）にそれぞれ LAN をつくり、それを地域内で整備した幹線網につなぐことによって、コミュニティの誰もが高速で安価なインターネットにアクセスできるような地域単位の情報通信基盤を築こうというもの」

である（宮尾 [ibid.] p.46）。

¹ 金子 [ibid.] p.36-40

マイクロデシック・ネットワークは、CAN との関係で言うと、CAN が目指している情報通信基盤（インフラストラクチャー）のアクセス網部分（ここでは「LAN」と定義されている）と地域内「幹線網」をつなぐ構造を規定する概念である。

以上を念頭において、本章は3つの部分で構成される。最初の部分はCANが描くコミュニティにおけるデジタル・コミュニケーション・ネットワークとマイクロデシック・ネットワークとの関係を明らかにする。その中で、マイクロデシック・ネットワークの観点から見たコミュニティのデジタル・コミュニケーション・ネットワークについて、一体なにが出来るのか、またその運営形態はどのようなものが考えられるかという点から論じる。

第二に、実際のコミュニティにおけるデジタル・コミュニケーション・ネットワーク構築の実験例をモンゴルにおける事例を取り上げて、コミュニティにおけるデジタル・コミュニケーション・ネットワークとマイクロデシック・ネットワークとの関係を明らかにする。

最後に、以上を踏まえ、コミュニティにおけるマイクロデシック・ネットワークを評価する方法について論じる。ここではマイクロデシック・ネットワークが参加型のボランティアによるネットワーク構築に馴染むという点を重視し、これと直接の関係にある「ボランティア」の評価方法との関連を踏まえ、新しい評価軸としてコミュニティ・マネーによる評価を導入することを勧奨する。

2 コミュニティのデジタル・コミュニケーション・ネットワーク

に出来ること

この節では、ユビキタス・ネットワーク化社会において、あらゆる電気機器がデジタル・コミュニケーションによりネットワーク化されたときに、そのようなネットワークで地域コミュニティにおいては何が出来るようになるのか、前章で行ったのと同様に整理する。

地域コミュニティは生活の場として、家庭内よりも空間的に広がりをもっており、そこでの活動はそれを反映したものになっている。したがって前章で見た家庭内での電気機器の制御やAVなど情報系のデジタル・コミュニケーション・ネットワークとは、制御の対象や流通している情報の違いはある。しかしながら、人間の活動という観点からは、制御系と情報系という2つのデジタル化の対象があることは同じであると考え、本章においても制御系と情報系の二つの分類法をとる。まずは、デジタル化技術によってどのように我々の生活が豊かになると考えられているのか、これまでに提起されてきたさまざまなアイデアを踏まえ整理するところから始める。

2.1 制御系の機能

はじめに制御系の機能からみていく。制御系の機能とは、平たくいうと「リモコン」機能といってもよい。たとえば、自分の携帯電話が「リモコン」になって、街中にある種々の電気機器をコントロールするという状況である。一般にこの範疇にあっては、生活のなかでいうと、移動、購買、生産活動が対象として挙げられる。

2.1.1 移動

まず、移動では、自動車の自動制御走行を含む ITS (Intelligent Transport System) が最初に挙げられる。高度化された交通システムの構築によって、環境負荷の小さい、安全で効率的な自動車交通体系を構築しようというものである。オンデマンドでコミュニティ・バスの配送をおこなうとか、地域コミュニティの移動全般にわたってデジタル化の果実を受けることが可能になる。

さらに、自動ドアやエレベータ、エスカレータといった構造物の制御が考えられる。これらの機器は現在でも大方自動化が完成してきているが、たとえば、ハンディキャップを持った人達にやさしい制御機能、センサーが内蔵されていて、車椅子を利用した場合には自動的に開扉時間を長くするエレベータや、背の低い子供でも手元のコントローラで操作ができるようなエレベータなどが考えられる。

2.1.2 購買

購買活動における、最近の例は、携帯電話で自動販売機から購入するというものである。電子決済方法として紹介されることが多いが、自動販売機という電気機器を制御するのでこの範疇にはいる。他にも銀行の ATM や駅などの自動券売機も制御の対象になろう。この分野は、情報系と制御系が一体化することに意義があることが多く、両者を峻別して考えることは難しい。つまり、先の自動販売機のように、物理的には販売機能を制御している訳だがこれは別にデジタル・ネットワーク化されていなくとも現在存在している機能であり、新味ある点は携帯電話による認証が電子決済機能を可能にしている点である。そして、この新規性ゆえに制御系の機能向上もみられることからこの分類にいれる。

2.1.3 生産

ユビキタス・ネットワーク社会においては生産活動もまた大きく変化することが期待されているが、企業の生産活動に関しては企業がコミュニティの一部を構成してはいるものの、本章の対象とする範囲を超えているので割愛する。

2.2 情報系の機能

情報系の機能は、コミュニティ内を流れる情報の種類と、利用できるサービスに着目すると以下の 3 種類に分類できる。コミュニティ内での流通や消費がなされることを前提としてコミュニティ内でその構成員が生産に従事することからコミュニティの活性化につながることを期待されている。

2.2.1 デジタル・コンテンツの生産・消費

教育情報や、防災情報、行政情報、買い物情報、行事情報などコミュニティで共有される内容をデジタル化する生産活動とそれを入手する消費活動。デジタル回覧版など地域を限定するものや、自動案内掲示板など不特定多数へのサービス提供を目的とするものが考えられる。

2.2.2 バリア・フリー化

センサーを歩道に埋めこんで、視覚障害者向けにオンデマンドの音声ガイドを提供する機能など、まちの生活バリア・フリー化を進めるサービスや、デジタル・ネットワークに対するアクセスのバリア・フリー化（主としてデジタル・デバイド対策として考えられているものも含まれる）。

2.2.3 遠隔医療

患者が病院に行き診察を受けることなしに、モニターカメラや各種センサーを利用して必要な情報を自動的に医療機関に伝送して各種医療サービスの提供を受けるシステム。

3 マイクロデシック・ネットワークとデジタル化されたコミュニティ

前節ではユビキタス・ネットワーク時代に何ができるのか、シナリオを制御系と情報系に分けて整理した。本節ではそれらとマイクロデシック・ネットワークとの関係を論じる。

マイクロデシック・ネットワークをコミュニティにおけるデジタル・コミュニケーション・ネットワークのアクセス系インフラとして考えた場合に最初に想定されるのは、地域コミュニティ単位での自営系ネットワークの構築である。たとえば、[図表 6 - 1] に示したのは、ルート株式会社が製造している RTB2400 という無線ルータを使用して、町内のインターネット網を構築した、北海道の大成町の例である。これは上記の分類でいうと情報系に属するが、このように自治体を中心となってコミュニティのデジタル・コミュニケーション・ネットワークを構築することは、技術革新とともに、より一層簡単になると予想される。

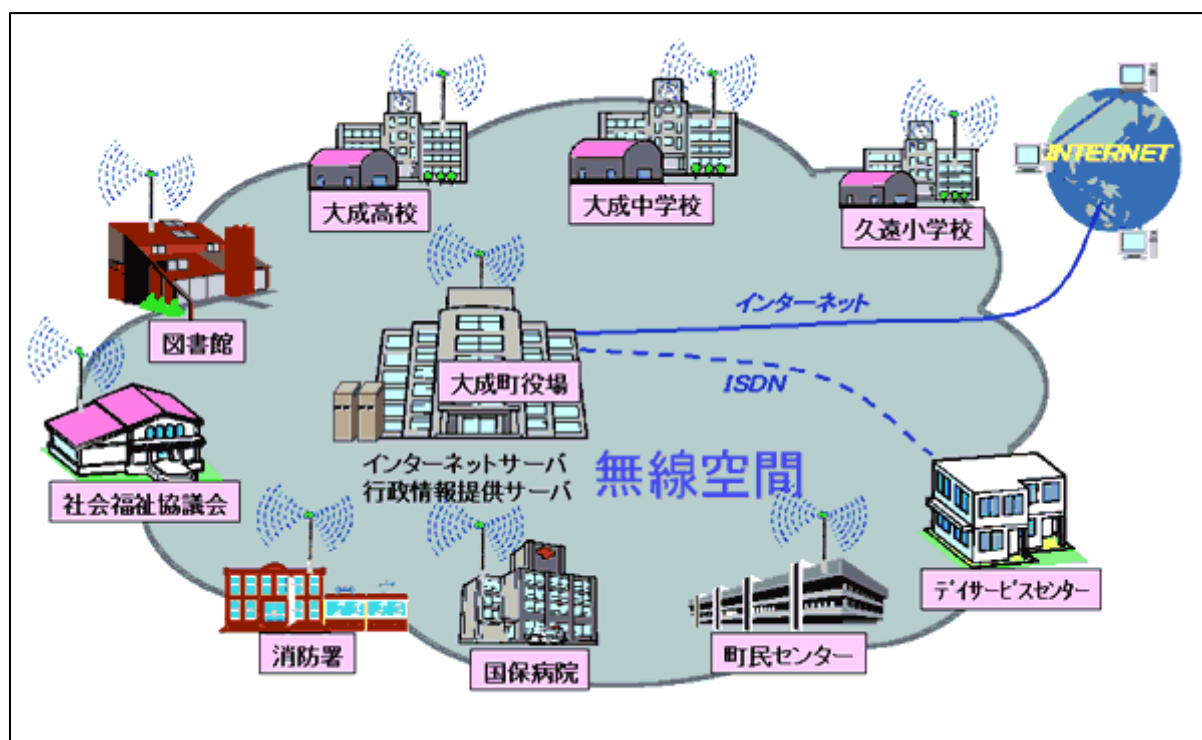
さて、地域コミュニティのデジタル化において、重要度の高いものは何だろうか。前出のシナリオのなかで軽重をつけるのは困難である。しかしながら、おそらく最も生活者が恩恵を享受できる部分はデジタル・コンテンツに関する部分であろう。情報系のネットワークが取り扱うもののなかで最も柔軟性とみ、今後のアイデア次第でさまざまな新しい可能性を生み出すことができるからだ。また、コミュニティのバリアフリー化は制御系と情報系の両方にまたがる部分を擁し、高齢者社会を迎える我が国にとって重要な観点である。さらにこれらの機能を使うことによって得られる総合的なメリットとしてコミュニティの結びつきを強化するという効果も重要である。そこで、以下ではこれらについてより詳しく見ていく。

3.1 デジタル・コンテンツ

デジタル・コンテンツは発信と受信の両方の面から考えるべきである。そのなかで重要なのはコンテンツの内容を決める出所と流通量である。

3.1.1 デジタル・コンテンツのソース（出所）

コミュニティで流通するデジタル・コンテンツは、AV などコミュニティの外部から流



[図表 6-1] Roof Top Box によるネットワークの構築

(出所 <http://www.root-hq.com/jp/html/case/taisecho.html>、©ルート株式会社)

れてくるものに加えて、コミュニティ内部で流通するもの、例えば商店街の安売り情報だとか、オンラインショッピングのオーダーなどに代表される商用のもの、オンライン教育に代表されるような教育関係のもの、広報・公聴機能を果たす行政情報、遠隔医療に利用されるもの、そして、市民が発信する市民情報がある。

ここで問題を指摘したいのは、現在の議論は、消費者を下流として、上流から「情報を注ぎ込む」という感覚でネットワークを構想するのが主流になりがちであるという点である。例えば、AVについては「光ファイバーで配信される最新映画は夜間に家庭のホームサーバーに蓄積され、屋内高速回線を通じ居間でも寝室でも見たい時に見られる」²というようなビジネスモデルが提案されている。

これに対して CAN 構想ではギガビット級のアクセス網を構築することが下流からの情報発信力の強さを「グローバル化の動向がかえってローカルな価値を高める」(宮尾[2000] p.48)としている。すなわち、コミュニティがソース(出所)となる情報の価値が重要視されている。

では、コミュニティの情報発信力を強化するにはどうすればよいのだろうか。

マイクロデシック・ネットワークでは、各ノードがネットワークの構成・維持に関与していることから、CAN 構想で示されるようなローカル・コンテンツの発信力が、より強化される。

CAN 構想ではどのようにアクセス網を構築するかはとくに規定していないが、ローカル・コンテンツのメリットを活かす上で、マイクロデシック・ネットワークのような全員参加型のネットワークを構築するのは有利であると考えられる。それは当事者間でもっとも必要とされる(つまり需要の高い)情報のやりとりを頻繁に行うのに適したネットワーク構造だからだ。

これに加えて、ローカル・コンテンツが充実すると、このような強い発信力をもったローカル・コミュニティを出所として、宮尾の指摘するとおり、グローバルにも価値のある情報が生産されることにつながっていくだろう。

マイクロデシック・ネットワークの概念は、コミュニティのデジタル・コミュニケーション・ネットワークを設計する際、たとえば、ボトムアップにするか、全員参加にするか、はたまた中央集中にするか等々考慮する際、コンテンツの出所とその消費者との関係を整理するのに有効な概念である。

3.1.2 流通するコンテンツ量の爆発的増大

2000年はインターネットの世界がNapsterやGnutellaというソフトウェアによって、ピア・トゥー・ピアのコミュニケーションの威力を思い知った年である。Napsterは1999年Northwestern大学の学生によって開発された。これは中央のコンピュータに自分のコンピュータの中にあるソフトウェア・リストと自分へのコンタクト方法を登録することで、

² 日本経済産業新聞 2001年1月4日号

ソフトの交換を媒介するものである。Gnutella は自分のコンピュータにあるファイル情報を他の Gnutella 使用者がインターネット経由で見つけ、そのまま自分のコンピュータにアクセスすることを可能にするものである。

ここで明らかになったのは、ピア・トゥー・ピアの情報交換はネットワーク上に大量のトラフィックを生み出すという事実である。インディアナ大学では、トラフィックの大半が Napster によるファイル交換で占められるようになり、ネットワークの機能停止を恐れた大学側がプログラムの一部を書き換えるという措置をとらざるを得なかったという³。遡って、広帯域インターネット利用が始まった直後のアメリカにおいて、CATV を利用したサーバ・ホストサービスにおいて同様の問題が起きた。利用者が次から次へとサーバを立ち上げた為に、一本の回線を共有して使用しているバス型構造の CATV ネットワークではトラフィックの増大がサービスの低下を招き、トラフィック量の制限という事態を招いたという⁴。

マイクロシック・ネットワークはコミュニティ内のノードがピア・トゥー・ピアでの交信をリレーすることでひとつのまとまりを形成する。Gnutella のもたらした技術はいわばマイクロシック・ネットワークを OSI のアプリケーション層において実現しているものであるが、上記の例が示すように、ピア・トゥー・ピアの交信は、爆発的に増大することがある。

これまでのネットワーク設計では、回線容量を増大させることでネットワークの容量を増大させようとしてきたが、限度があろう。このような事態においてもネットワークを機能させるためにはマイクロシック・ネットワーク構想をネットワーク構築時に考慮に入れておくべきである。マイクロシック・ネットワークではピア・トゥー・ピアの伝送ニーズがたかまり、ネットワークの参加者が増加すればするほど（ここにはネットワーク外部性が働くことから、何らかのキラアプリケーションが発生すると、その増大の勢いは新規の配線工事などでは間に合わないであろう）、ネットワーク全体の伝送能力が向上し、ネットワークの崩壊を防ぐことができる構造をもっている。コミュニティにおけるコンテンツの流通経路を設計する上で、マイクロシック・ネットワーク概念は有用な概念枠 (conceptual framework) を提供する。

3.2 バリアー・フリー・コミュニティ

3.2.1 物理的なハンディキャップへの対応

ユビキタス・ネットワークはコミュニティにおけるバリア・フリー化に一役買うことが期待される。まず考えられるバリア・フリーは、物理的な対象として身体障害者、精神障

³ Gomes [2000]

⁴ 公文俊平のホームページ (http://www.glocom.ac.jp/proj/kumon/paper/2000/00_11_13.pdf) に公開された論文「IT 革命の三側面」より。

害者などのハンディキャップ低減に貢献するものである。また、遠隔医療も通院という物理的バリアを除くという意味で一種のバリア・フリーにいれる必要がある。

身体的なハンディキャップに対してコミュニティとして出来ることは多様である。構造物にセンサーを内蔵することで視覚や聴覚の支援をおこなうことや、車椅子などで操作しやすい遠隔制御のドアやエレベータ、オンデマンドの交通システムなどを提供することである。

しかしこれらの機能は、その機能に特化して提供することを考えると、初期投資や施設の限界費用がかかり過ぎるため、市場の失敗により提供されないか、もしくは著しく提供量が少なくなる恐れがある。

マイクロデシク・ネットワーク構想を適用すると、これらの問題に対してつぎの二点から対処を考えることが出来る。第一に、ユビキタス・ネットワークの一部として、これらのシステムを組み込む際に、それぞれのノードがマイクロデシク・ネットワークの一部を担うように設計することである。たとえば歩道上にある視覚障害者支援用のノードに他のノードからの営利目的の通信の中継点になるような機能を持たせると、それは福祉的な目的を叶えつつ、他の営利目的にも合致することができるようになり、両者の同居のメリットがほぼ無料で提供されることになり、市場原理に則っても競争的な価格において供給量が保証されるようにすることが可能である。

第二は市場原理から離れて、「コミュニティの自発的参加によるデジタル・コミュニケーション・ネットワークの構築」というマイクロデシク・ネットワークの性質を利用することである。

たとえば、「マイクロデシク・ネットワークを構築して、互いに利益を享受しよう」というイニシアティブの下に「ハンディキャップにやさしいコミュニティ」というミッションを組み込んで、コミュニティの住民のボランティアな貢献を招くような形で、コミュニティのデジタル・コミュニケーション・ネットワークを構築するのである。

マイクロデシク・ネットワーク構想を出発点としたネットワーク設計により、地域の住民参加型の自営系デジタル・コミュニケーション・ネットワークを、「ハンディキャップにやさしい」という方向に導くことが可能になる。これから将来へ向けてのバリアフリー社会の構築にコミュニティのデジタル・コミュニケーション・ネットワークを利用する為の基本的概念として、マイクロデシク・ネットワーク構想を利用することは有用である。

3.2.2 デジタル・デバイドへの対応

つぎに考慮の対象となるのは、「デジタル・デバイド」のなかのデジタル・リテラシーの範疇で議論されることが多いが、デジタル・コミュニケーション・ネットワークおけるハンディキャップである。どうしても使い方がわからない、というコミュニティのメンバーは、これまでの市場原理の世界では取り残されてきた。

デジタル化されたコミュニティでは、ネットワークの外部性をもって参加者の増加はネットワークの価値をより高めるので、できるだけ多くのメンバーがデジタル・コミュニティに参加することが望ましい。

その為には、地域におけるこれらの端末、たとえば行政情報キオスクなどは使用しやすい機器、わかりやすい操作法などの開発が技術面で求められるのは勿論である。しかし、それが不可能な場合には、コミュニティの構成員によるリテラシー教育への積極的な参画が肝要となる（後掲の富山県山田村の例でもそうである）。

前項であげた、市場原理から離れたコミュニティ参加型のデジタル・コミュニケーション・ネットワーク構築は有用な対処法である。CAN構想においても全員参加によるネットワーク構築の重要性が説かれている所以である。

マイクロデスク・ネットワーク構想を適用すると、ネットワーク設計とその後のリテラシー教育において、ネットワーク構成員のボランタリーな参加を創出させることが可能であることがわかる。コミュニティでのデジタル・コミュニケーション・ネットワークの基盤としてのマイクロデスク・ネットワークは、構成員のボランタリーな参加と貢献によって構築されるからである。

3.3 強化されるコミュニティの結びつき

CAN構想で指摘されているとおり、コミュニティないでのコミュニケーションをまかなうことが出来るデジタル・コミュニケーション・ネットワークにはさまざまな利点がある。ここでは、その中から、コミュニティ内での構成員の結びつきが強化されるという側面についてマイクロデスク・ネットワークとの関係で論じる。

3.3.1 富山県山田村の例に見られる新しい関係の出現

富山県山田村は、1995年村民にパソコンを配布してISDN経由でインターネットが利用できるようにしたことで、全国に知られるようになった。プロジェクトの詳細については、宮尾[2000]をはじめ小松・小郷[1998]や小松・小郷[2000a]などに詳しいが、ここでは、小松・小郷[2000b]が指摘している「新しい仲間」「新しいグループ」の出現に注目する。

それによると、村にはパソコンが導入された当初、多数の学生や研究者が支援や研究を目的としてなだれ込んで来た。しかし、多くは限定された期間での活動であり、たとえば学生による「ふれあい祭」は4回目を数える2000年には、当初の目的であった「パソコン支援」という側面が失われて、たんなる「イベント」になり、参加者も30名と実質的に「祭」が成立しないような状況になった。研究者についても同様であり、データ収集が終わると関心がもてなくなって、メールリストからの脱退もみられるという。

他方、村外社会人で近隣の主婦を中心とするグループや、村内で主婦や高齢者が中心となって自然発生的に成立したグループは、緩やかな「勉強会」グループを構成したり、メールリストを立ち上げたりしながら徐々に交流の参加者を増やしつつあるという。

同様に、論文で紹介されている村人へのインタビューからは、パソコンを媒介として、勉強会などの新しい出会いの機会が得られたこと、また、メールという手段によって生活が変わったということへの、驚きと感謝のこもった実感がみてとれる。

3.3.2 自発的ネットワークの強さ

山田村の例は我々に次の二点の教訓を与えてくれる。第一にインターネットの利用は、パソコン操作という新技術の取得の協同体験をとおして村にあたらしい関係性を築いたことである。第二にインターネットの技術そのものの利用、具体的にはメールリスト機能が村人（及びその関係者）の中にゆるやかな、しかし継続性のある新しい関係を構築したことである。

マイクロシック・ネットワークは、コミュニティにおいては、最強の自営系のネットワーク構築を保証するものである。そして、それにはネットワークの構成員がネットワークの構築に参加しているという側面と、運営面でボランタリーに関わっているという両側面がある。山田村の例が示すように、村民のなかに「自分たちのネットワークだ」という意識が高まるにつれ内部での交流がうまれ、その結びつきが強くなればなるほど、ネットワークも年数を経て生き残っている。外部の学生達や研究者が徐々に脱落して残っていかないことと好対照を示している。これは自発的ネットワークの強さを如実に示しており、マイクロシック型ネットワークがコミュニティのデジタル・コミュニケーション・ネットワークとして適当な形態のネットワークであることの証左といえよう。

4 マイクロシック・ネットワークの運営形態

前項で自発的ネットワークの強さを論じたが、その際に考慮しておく必要がある点として、どのような運営形態が適当かという問題がある。コミュニティの自営系のネットワーク（あるいはCAN）を構築する際には、トップダウン型とボトムアップ型の二通りのアプローチが考えられる。以下では、それぞれ具体的な運営組織とその特徴について両者の違いを論じる

4.1 トップダウン型

行政が、地域アクセス網を構築することを「トップダウン型」運営形態とよぼう。それは、行政住民に対する遍く行き渡る行政サービスとして、組織を出発点とする接近方法で

あり、対象となる住民がそのアクセス網の構築に関与することよりも「上からの」敷設方式が採用されるということの意味している。

この場合、運営組織は行政（もしくは行政の外郭団体）が担うことになる。

4.1.1 ユニバーサル・サービスとしての提供

トップダウン型のデジタル・コミュニケーション・ネットワーク構築のイニシアティブは全国各地で見られる。さきに挙げた北海道大成町は一例であるが、国による IT 化、都道府県単位のスーパーハイウェイ構想もこれにはいる。

トップダウン型には、住民へのユニバーサル・サービスとしてデジタル・コミュニケーション・ネットワークが供給されなければならないという制約条件がある。そのためサービスの提供範囲が広がると、どうしても平均的で機能の画一化などの弊害が生じる。そこで、各自治体レベル別の役割を明確化することがどうしても必要となる。

4.1.2 トップダウン型の範囲

マイクロシック・ネットワークとしてコミュニティのデジタル・コミュニケーション・ネットワークが構築できるのは、距離として大きくとも 10Km 四方であり、望むらくは 300m 程度までである。この範囲でトップダウン型で活動し得るのは村や町内というレベルである。

この範囲を超えるようなトップダウン型のネットワークは、マイクロシック・ネットワークとしては機能しない。

4.2 ボトムアップ型

地域住民が地域コミュニティにおけるデジタル・コミュニケーション・ネットワークの利用を目的にネットワークを構築する方法をボトムアップ型とよぼう。

現在の技術では、先に例を挙げたルート株式会社の機材のように、屋根に設置することで無線空間によるデジタル・コミュニケーション・ネットワークを構築することが可能である。また、第 1 章で紹介したように、将来的にはこれ以外にも多様な技術が利用可能になる。

そうすると、地域コミュニティで自発的にデジタル・コミュニケーション・ネットワークを構築することはそう困難なことではなくなる。じつは、我が国においてもアマチュア無線の世界では、このようなネットワークは既に存在している。

パケット・ラジオと呼ばれる機材を、リピーターという交信を中継する機材と組み合わせることで、無線空間における自営型デジタル・コミュニケーション・ネットワークが

構築されている。アマチュア無線のなかでも Packet Radio User's Group というボランティアな専門家集団が構築を担ってきた⁵。

技術進歩にともなって、これらの技術が一部の専門家から一般の地域コミュニティでも利用できるようになりつつあり、ボトムアップ型のデジタル・コミュニケーション・ネットワークの構築が進展すると考えられるが、その際の運営上のカギとなるのは、ボランティアな運営形態である。

4.2.1 ボランティアなネットワークの構築と運営

前出の PRUG は、もともと研究を趣味とも楽しみともする地域性を越えたコミュニティである。その中でもリピーターの運営、パケット・ラジオやソフトウェアの開発はボランティアに行われてきた。

マイクロシック・ネットワーク構想で期待されるのは、地域コミュニティにおいても同様のボランティアな運営方式が採用されるであろうという点である。その理由は二つある。

だがその理由を述べる前に前提となる条件をいくつか挙げておく。まず、マイクロシック・ネットワークを構築する際に使用される機材が、さらなる技術革新の成果を反映して究極の Plug & Play(つなげばそのまま使える)機能を実現していることである。さらに、法的な規制がそのような機材の開発を可能にするように緩和されていることである。

以上を前提として、第一の理由として、コミュニティにおけるデジタル・コミュニケーション・ネットワークが自発的に構築されるという点を挙げる。マイクロシック・ネットワークを構成するノードは単体では機能せず、他のノードに通信の仲介を当てにする必要がある。このような様式のネットワーク形態を利用しようという利用者はたとえ運営に協力しないフリーライダーを決め込んだとしても、機材が利用者の意図とは無関係にネットワーク運営にボランティアに関与してしまっている。つまり、マイクロシック・ネットワークは、利用するために電源をいれるという行為がネットワークへのボランティアな貢献になってしまうような形態でのネットワークである。

第二に、こちらのほうがより重要なことだが、マイクロシック型ネットワークを利用する利用者は、トップダウン型よりもボトムアップ型を選択した段階でボランティアな自営型ネットワークに対する選好が強いことを示しており、その後もその傾向が続くことが期待される。

4.2.2 運営組織

このようなボランティアなボトムアップ型ネットワークの運営組織としては、町内会などの自治会、協同組合、NPO のほかに営利目的の事業体が考えられる。たとえば、商店街

⁵ <http://www.prug.or.jp/>

の商店会が自営のマイクロシック・ネットワークを構築して、会内部の電子決済に役立てるといふ例が考えられる。

さらに、ユビキタス・ネットワークが最も進化した段階においては、運営組織が存在する必要がまったくなくなるような状況も想定される。つまり、空気のようにどこにいても電氣的な通信（受発信）が何らかの形で可能になる状況だが、これには実現までにまだ永い年月を用するだろう。

5 ケース・スタディ：開発途上国におけるデジタル・コミュニケーション・ネットワークの構築

本節では、地域コミュニティとしての視座を我が国から離れて、開発途上国に移して、デジタル・コミュニケーション・ネットワークの構築にかかるケース・スタディを行う。

我が国やアメリカでは、インターネットをはじめとするデジタル・コミュニケーション・ネットワークを既存の電話通信網上に構築してきた。電話通信網が最も使い易く、100年以上もかけて通信事業はこの上に構築されてきたからだ。電気通信網には膨大な投資が蓄積されきたし、新規参入には膨大な sunk cost が要すると考えられてきた。1990年代に入って、これらの国々ではデジタル・コミュニケーション・ネットワークを電話通信網以外にも構築するケースが見られるようになり、技術革新と共にこれら電話回線以外の利用（携帯電話網の構築も含め）は爆発的に増加している。

しかし、開発途上国をみると、バングラデシュなど 100 人当りの電話回線普及本数が 1 本に満たない国が多くあり、全国的な電話網構築に限らず、可及的にできることからデジタル・コミュニケーション・ネットワークを構築することが求められている⁶。

以下では、開発途上国に見られる課題を考えた上で、ひとつのソリューションとしてのコミュニティ参加型のデジタル・コミュニケーション・ネットワーク構築のあり方について、モンゴルでの実験を例にとりながら考察する。

5.1 開発途上国におけるデジタル化に伴う課題

開発途上国では電話通信網が未整備であることが多い。この事実は、開発途上国では電話網をつくるよりもむしろ、デジタル・コミュニケーション・ネットワーク構築することが、通信全般にわたるインフラ構築として深い意義を有することを示していると指摘されている⁷。

⁶ UNDP [1999]

⁷ Kibati [1999]

通信サービスに対する需要の高さは、1997年以降展開されているバングラデシュのグラミン電話（GrameenPhone）やグラミン・コミュニケーション（Grameen Communication）の成功例をみても明らかである（Yunus [1999] Chapter 12）。開発途上国には、全世界的に進展するデジタル・コミュニケーション・ネットワークの拡大に対して、自分たちが取り残されるのではないかという危機感、さらには、それによりさらに経済格差が拡大するのではないかという危惧が広まっており、デジタル・コミュニケーションに対応した通信基盤整備への需要は高い。先進国でも更なるグローバル化の進展のためには地球的にインフラを整備する必要があるという認識は一致しており、2000年沖縄サミットのテーマのひとつとして「デジタル・デバイド」対策が採用されたことは記憶に新しい。

ところが、開発途上国にデジタル通信基盤の整備に対する高い需要がみられるといったとしても、開発途上国には、先進工業国とはまた異なった意味での通信インフラ構築上の障害が色々ある。そして、その原因の多くは、政策運営能力の低さや経済的貧困にあると指摘されている（Mungito [1999]）。

政策運営能力の低さについては、通信分野が規制業種であることに起因する汚職の問題がある。通信事業への参入に際しての汚職、機材納入に際しての汚職など官職が汚される機会は多い。また、政府の財力が乏しく通信行政に十分な予算を回せないことから、公営電話会社の能力が著しく低いという問題もある。つまり、ネットワーク産業を支えるのに必要とされる技術者、資材の不足などから通信ネットワークを維持することが困難だという。通信基盤の整備を目的として外国からの援助等を得て高価な交換機を購入しても、通信網の整備に必要とされる資材が不足したり、保守管理の資材・技術者が不足したりして結局のところ交換機の機能が生かされないということが起こる。

また、貧困は別の問題を提起する。例えば、電話回線用に敷設された銅線を切り取って販売してしまうということはアフリカのある地域では通信網整備上深刻な影響をもたらしたという⁸。

貧困層には電気通信に対する需要がないという議論すらある。これについては、近年では、先にあげたグラミン電話の例のように、必ずしもそうとは限らないことが分かってきた。供給さえ叶えば電気通信に対する需要は十分にある。むしろ、開発途上国の多くを占める貧困層には、たとえ通信に対する需要が旺盛であったとしても、高価な通信コストを支払う能力がないということが問題視されてきている⁹。

以下では開発途上国において、デジタル通信基盤を整理する上で地域コミュニティが果たす役割について、モンゴルでの実験を例にとりながら考察する。

⁸ ヒューバー博士へのインタビュー（1999年7月）、UNDP在ウランバートル事務所通信インフラ専門官山中敦氏へのインタビュー（1999年8月8日）による。

⁹ UNDP [ibid.]

5.2 モンゴルでの無線インターネット網構築実験からの教訓¹⁰

開発途上国において、通信によるランニング・コストの負担を最低限にしながら、デジタル・コミュニケーションを可能にするようなネットワークを構築するにはどうしたら良いだろうか。これには、マイクロデシック・ネットワークが効果的なソリューションになると考えられる。近隣施設を結んでネットワークを構築するのである。

運営面では地元企業の参画が不可欠である。地域におけるデジタル通信基盤の整備には、まず立ち上げ時に地域コミュニティからの参画が必要であることはいうまでもなく、この基盤がさらに、将来的にも持続可能であるためには、地域に対する技術移転がなされることが必要である。

ここに以上の条件を満たしながら、地元企業からの参画を得てデジタル・コミュニケーション・ネットワークが構築され、その後 5 年以上に亘って機能しつづけている例がある。

それは、アメリカ科学財団 (National Science Foundation) がモンゴルの首都ウランバートルで行なった実験プロジェクトである。実験の主体となった Old Colorado City Communications 社は、アメリカにおいて、地元コロラド州のコミュニティ・デジタル通信のインフラ作りと運用で実績があり、それをモンゴルに持ち込んだもので¹¹、プロジェ

¹⁰ 実際のネットワーク構築には Warpspeed Imagineering 社 (<http://www.warpspeed.com/>) 代表で、現在 Dandin Group (<http://www.dandin.com/>) の CEO でもある Dewayne Hendricks があつた。実験の要領からわかるように、この実験自体はマイクロデシック的ではあるものの、マイクロデシック・ネットワークと呼ぶよりも、むしろ一般的にはスペクトラム拡散無線機 (FreeWave Radio) を使用した無線インターネット網構築の実験と称されるものである。しかしながら、ウランバートルという広い意味でのコミュニティという範囲で見ると、まさにマイクロデシック型ネットワークを構成している。また使用されている技術のベースはルータによるリレー的なネットワークこそ構成していないがマイクロデシック・ネットワークの基礎となるものである。何よりも、この無線インターネット網の構築によって、ウランバートル市内の 6 箇所のノード (モンゴル大学、国立図書館を含む) は自らのサーバを立ち上げることになった。ここにはマイクロデシック・ネットワークの志向しているコミュニティの参加型、ボトムアップ型のネットワーク構築の姿がみられる。また、DataCom 社はベンチャービジネスではあるものの、地元企業であり、構築されたネットワークもウランバートル市内の主要な学術施設を中心としたコミュニティをカバーしているので、コミュニティ主導のネットワーク構築の例である。これらの事実は開発途上国のコミュニティにおいてマイクロデシック・ネットワークの果たす役割を考察する上で含意に富むのでこの例を用いた。

¹¹ コロラド州における活動については、<http://www.oldcolo.com/> に詳しい。以下は、同社代表の David Hughs 氏へのインタビューと、これらのホームページからの情報による。David Hughs 氏はコロラド州において最初にコンピュータの BBS を立ち上げるなど、全米における市民デジタル・コミュニケーション・ネットワーク構築の草分け的存在であり続けている。

クト自体は、彼らのスタッフ等が参画して地元ウランバートルの企業やモンゴル大学と協力しながらデジタル通信設備を構築したものである。

5.2.1 モンゴルの実験の概要

モンゴルで行われた実験の概要は次のとおりである。

実施年：	1996年
実施場所：	首都ウランバートル
実施者：	(モンゴル側) DataCom社 (米国側) National Science Foundation (Old Colorado City Communications社に委託。技術者は Warpspeed Imagineering社、Fantasia Systems社から派遣)
目的：	モンゴル国立大学他合計8箇所にインターネットアクセスを提供する。
実施要領：	DataCom社が有する衛星経由のインターネットアクセス(128kbps)を、FreeWave社製トランシーバーを利用して約10km離れた施設8箇所で利用できるようにする。 費用約8万ドル。

(<http://wireless.oldcolo.com/course/mongol.htm>、 <http://www.think.org/mongolia/index.html> より)

以下、Old Colorado City Communications社の報告書と同社代表 David Hughes へのインタビューから詳細を紹介する。

モンゴルには公営の電話公社 (Postal Telephone and Telegraph) があるものの、前節で指摘したような開発途上国の常の問題として、回線の質が悪くまた通信回線の保守管理すら満足に出来ていないために、デジタル通信に対応できるネットワークは未発達である。そのため、56kbps のデータ通信を電話回線上で実行することすら不可能であった。

1996年モンゴル政府はアメリカ政府に支援を要請し、National Science Foundation (NSF:全米科学財団) がプロジェクトを立ち上げた。これを請け負ったのが David Hughes 率いる Old Colorado City Communications社で、彼らはアメリカ FreeWave社製のスペクトラム拡散無線機¹²を利用した通信により、これもまた米国援助により設置されたウランバートル郊外の衛星基地との間でネットワークを構築し、高速インターネットアクセスを可能にしようとした。

この実験にあたって、彼らは地元のハイテクベンチャー企業である Datacom社 (代表 Dangaasuren Enkhbat 博士、) と共同で無線機やサーバーの設置、コンピューターネットワークの接続などを実施した。

¹² FreeWave DRG115 無線機。

その結果、2週間半の滞在期間でモンゴル国立大学ほか8箇所を115kbpsの高速で接続することに成功。衛星をとおしてアメリカと接続し、インターネットの一部をウランバートルに構築することができた¹³。

5.2.2 地域コミュニティとの協調の必要性とその利点

ここで、地域コミュニティとデジタル通信基盤の整備との関係を明らかにする視点からこの実験を検討してみる。

まず、モンゴルの例について分かることは、既存のデジタル通信インフラの問題点として：

- (a) 公衆回線の質の悪さ
- (b) 技術力の遅れ

の2点が存在したことが挙げられる。

公衆回線の質の悪さはモンゴル当局も関知するところであり、さりながら、同国の技術力と資本力ではこれを高速デジタル通信対応の設備にまで向上させることは困難であった。しかしながら、モンゴル大学、国会図書館など公共施設からのデジタル通信（具体的にはインターネットの利用）に対する要求は強く、また、アメリカ大使館も同種の需要を擁していたことから、アメリカ政府に援助を要請することとなった。

特筆されるべきなのは、問題への対処として採用されたのが、単にアメリカから機材を購入し、アメリカの技師に任せてこれを敷設するというものではなかった点である。

このような手法が採択された理由のひとつは、すでに前年度にモンゴル政府の要請によって郊外に衛星通信施設が設置され、アメリカのカリフォルニアとのデジタル衛星通信接続が可能となっていたが、この運用はモンゴルの地元企業（Datacom社）に任されていた為、その施設の有効利用のためには地元企業の参画が不可欠であったことである。

いまひとつは、モンゴルの冬の気候が非常に厳しく有線で郊外の衛星基地からの配線をとったとしても保守管理に多大な手間と費用がかかるため、無線を利用したほうが有利であったが、無線の利用が採択された際に、コミュニティでの無線ネットワークを構築して実績のあるOld Colorado City Communications社が選定されたことである。

Old Colorado City Communications社のHughes氏は、「地元への技術移転をすることで、以後の継続性を図りたかった」と語っている¹⁴。すなわち、彼らは意図的に、地元企業（DataCom社）に対して、アメリカのコミュニティネットワークで利用されている無線インターネット技術を移転しようというアプローチを採用したのである。

¹³ DataCom社代表Enkbat博士は筆者らの照会に対して「この実験はアメリカ人が彼等の機材を持ち込んで、実行したものであり、我々は手伝っただけだ」といい「実験はポイント・トゥ・ポイントの通信網を構築するには成功したが、ポイント・トゥ・マルチポイントの通信網構築には向かないもので、ISPとしては使えないものだった」と必ずしも好意的とはいえないコメントを寄せた。UNDP駐モンゴル事務所Yamanaka氏によると、その背景には実験がNSFの援助を得られたのは一回限りであり、その後のフォローアップが全くなされなかったことへの不満があると考えられる、という。

¹⁴ 同社Hughes氏へのインタビュー（1999年7月）から。

5.2.3 コミュニティ主導で得られた利点

コミュニティ主導でこの実験プロジェクトが進められた結果得られたメリットをまとめると次のとおりである。

- (a) 官 (モンゴル政府、アメリカ政府) から民 (DataCom 社、Old Colorado City Communications 社) に委託がなされ、民間対民間での技術移転プロジェクトを構成したことで、モンゴル電話公社では対応しきれない技術を短期間で導入できた。これはモンゴル政府が極端な財政逼迫に直面しており、他の方法がなかったとはいえ、民間主導での官民協調が実現した成功経験として評価できる。
- (b) 地元の技術水準に合わせた機材が利用され、実験後に残された機材は長期間使用されている。ここに示されているのは適正技術の移転がなされたという事実であり、保守・修理にいちいち外国の技術を頼らずに済むことから、持続性の高い技術が定着していることが評価できる。
- (c) 地元で技術移転が行われたことで地元企業が自主運営を継続した。これは地元企業の活性化につながっている。Enkhbat 博士をはじめ DataCom 社のスタッフ達は、この技術移転がなされなかった場合には彼等の技術を国内で活かすことができず、外国に職を求めなければならない状況にあったかもしれない。しかし、ウランバートルにおいてデジタル・コミュニケーション・ネットワーク構築と維持を担うことで人材の活用がなされ、頭脳流出を防ぐこともできた。

これらは、このコミュニティ主導のネットワーク構築のメリットとして、一般的に認められるものといってもよからう。

途上国が直面する問題である現存インフラの質の悪さに対して、これをトップダウン型で、外国技術を接木して改善しようとする、長い訓練期間を必要としたり、マニュアル外の事故に対応できなかつたりしてしまい、結局外国技術者の駐在を要したり、外国技術に頼りっぱなしという状態になりかねない。途上国の自立・自律の為には、現存の技術レベルで扱える機材を用いた技術移転が望ましい。

さらに、この実験からは、適正に技術の移転がなされた後に地元企業による自主運営が継続される可能性が高い、という教訓が得られる。適正な技術は地元企業自身が管理することが可能であり、また、地域コミュニティの構成員が自ら”stake holder” (直接の利害関係者) として積極的にネットワーク運営に関与した場合、その持続性が高まる姿を現していると考えられる。

具体的にいうと、Datacom 社 (地元企業) に大学や図書館 (地域コミュニティにおける steak holder 達) を結ぶアクセス・ネットワークの管理が任されたことで、DataCom 社は地元のコミュニティに対して責任を負ったことになり、さらに、自身の steak holder の一

員としての存在価値をますます強くした。そのひとつの証拠が、彼等が5年以上経過した後でもそのネットワークの維持をになっているという事実である。

5.3 コミュニティがネットワークを所有する意味

前節に挙げた steak holder としての地元企業の役割にみられる、「コミュニティとネットワーク事業者との関係」からはもうひとつ興味深い特徴が見て取れる。

それはネットワークがコミュニティ(モンゴルの例では地元企業 DataCom 社を中心とした steak holder 達)に属している、という「所有者意識」(sense of ownership)がネットワークの継続性を支える要因となっている点である。

当初ウランバートルで唯一の ISP であった地元の DataCom 社にとってはネットワークを維持し、ユーザーを増やすことが収益機会になっており、先行者利得を追求できる機会であった。これは当初国家的戦略に基づいて導入されたデジタル・コミュニケーション・ネットワークが、国家からの「委託」ではなく、「所有権」の移転によって一民間企業の手に移されたという点で興味深い。Datacom 社はネットワークの所有者として、利益機会を追求しながら、実験後もネットワークの維持に携わっていると考えられる。明治期の日本で官設の製鉄所が民間に払い下げられた時の構図を思い起こさせる。

コミュニティにおける「所有権」に関する考察については、中村雄二郎が金子郁容との対話のなかで興味のある指摘をしている。デジタル・コミュニケーション・ネットワークが普遍的に利用されているコミュニティにおける構成員の結びつき(ネットワークのありかた)について論じる対話のなかで、ルソーによる「所有観念」の起源の提示を引きながら、中村は次のように語る。

「他人の死」と引き換えに得られる「自分の生」といえば、『人間不平等起源論』の第二部の冒頭でルソーが、「土地に囲いをして これは俺のものだ」と宣言することを思いつき、それをそのまま信ずるようなごく単純な人びとを見出した最初の者が政治社会(国家)の真の建設者であった」というかたちで「所有観念」の起源を明らかにしていたことが、思い起こされます。そしてルソーは、つづけて、こうも述べています。「杭を抜きあるいは溝を埋めながら、こんなペテン師の言うことを聴いてはならない。果実は万人のものであり、土地は何びとのものでないことを忘れるなら、それこそ諸君の身の破滅だ」とその同胞に向かって絶叫した者がかりにあったとしたら、その人は、いかに多くの犯罪と戦争と殺人とを、またいかに多くの悲惨と恐怖とを人類に免れさせてやれたことであろう？」現在、近代産業社会と一緒に問いなおされているのは、このような「所有観念」だと言っているのではないのでしょうか。

(中村・金子 [1999] p.205-206)

DataCom 社の行動¹⁵はここで述べられている「近代産業社会」における「所有観念」にもとづくものである。モンゴルが産業社会化しているとはどうてい考えられない経済状況にあることに鑑みると当然のことかもしれない。

他方、そのような状況にあるからこそ一足飛びにデジタル・コミュニケーション・ネットワークのメリットを活かして既成の「所有観念」とらわれない行動様式を採用することはできないものだろうか。

それを知るにはもう少し踏み込んだ DataCom 社と地元コミュニティとの関係についてのフォローアップ調査が必要であろう¹⁶。

5.4 小括

本節では、一般にいわれるように、地元への技術移転をとまなう開発や基盤整備が、事業そのものに高い持続性を与えるということが、デジタル通信網の整備においても当てはまることを、モンゴルの例を通じてみてきた。

ここで移転の対象となったのは、インターネット接続技術であり、ポイント・トゥ・ポイントの黎明期にあるマイクロシック型ネットワークである。ここでは、地元企業、地域コミュニティが参加すること、そして、彼らへの技術移転が行われたことが、その後のネットワークの維持・定着につながっていることは明らかである。

開発途上国という、既存のデジタル通信基盤が弱く、また、それを改善するために投資可能な資源、とくに国からの投下可能な原資が限られていることから、外国援助と民間の技術力に頼らざるを得ないという限定的な状況にあって参加型開発が機能したことが如実に現れた例であろう。

この例を、そのまま我が国やアメリカのような環境に当て嵌めて類推するのは適当と思えないかもしれない。しかしながら、アメリカにおける辺境地帯、我が国における山村、離島など人口のまばらな地域どうだろう。同様な状況が想定される場合が多いのではなかろうか。

我が国には、インターネットのバックボーンに関して、IX (Internet Exchange) が首都圏や大都市に集中しているという構造上の欠点といっても過言ではない状況がある¹⁷。これは防災面などネットワークの脆弱性の面から問題であると同時に、ネットワーク管理のノウハウ、技術者が大都市圏（とくに東京、大阪）に集中し、地域コミュニティに根付かない状況を助長する原因となり、地方におけるネットワーク管理自治における深刻な問題を

¹⁵ 自らの「所有」するネットワーク資産を利用して収益をあげているという行動形態をいう。

¹⁶ モンゴルにおけるインターネット網構築に携わった Dewayne Hendricks は、1999年トンガ王国において170以上もの島々に散在している全国民10万人を対象にした、無線インターネット網の構築を始めた。これは、同国の国際電話網を請け負ってきた Cable & Wireless 社の契約が1999年6月に契約期限切れになったことを機会に、同国王室の先導で始まったものである。一国の電話網を一斉にIP電話に切り替えるという前代未聞のケースであり、このケースについてはさらなる調査が必要である。
(<http://www.sohowireless.com/press5.htm>)

¹⁷ 椿 [1997]

生み出している。その意味では開発途上国が直面している頭脳流出と同根の問題が国内にも同じ形で既に存在している。

このような状況にあっては、マイクロデシック型ネットワークを、地元のコミュニティが参加しながら構築することのメリットは非常に大きい¹⁸。

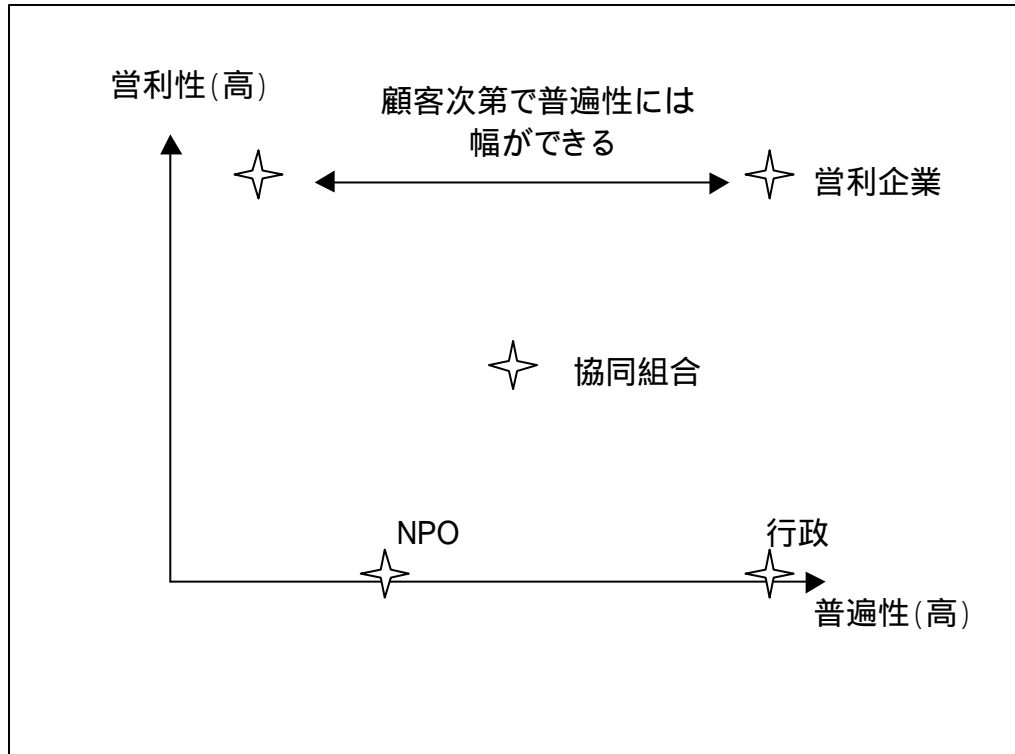
6 コミュニティのマイクロデシック・ネットワークの評価

コミュニティのマイクロデシック・ネットワークを評価するためには、二つの全く異なる視点が必要である。第一は、デジタル・コミュニケーション・ネットワークが、コミュニティの生活し易さの向上にどれだけ貢献しているかという視点である。すなわち、先述の制御系の部分の議論とほぼ重なる部分であるが、コミュニティの生活の中でどれだけ物理的にマイクロデシック・ネットワークが普遍化しているかという点である。その意味で、言い換えればユビキタス・ネットワーク化がどれだけ進んでいるか、その中でマイクロデシック・ネットワークがどれだけ利用され、生活の利便性の向上に貢献しているかという点である。これは機器の普及度合いを計測することで計数化した評価が可能な部分である。

これに対して第二に挙げる点はマイクロデシック・ネットワークが「コミュニティらしさ」を向上させるのにどれだけ役立っているかという点である。地域コミュニティにおいて、公文俊平のいう「智民」としての生活を全うする為にはこちらの方がより重要である。

本節では、後者に論点を絞ってマイクロデシック・ネットワークがコミュニティに果たす役割の評価について論じる。

¹⁸ これらの点は、公文 [1988] や今井・金子 [1988] によって、インターネットが普及する以前から指摘されてきた。宮尾 [2000] はインターネット普及後のコミュニティ参加型ネットワーク構築の必要と効果を、CAN の視点から網羅的に総括している。



[図表 6 - 2] 自営系ネットワークの位置づけ

6.1 新しい評価軸の必要性

[図表 6 - 2] はコミュニティにおいて想定される自営系ネットワークの位置付けを営利的な度合いとネットワーク構成員の普遍性の観点から分類したものである。

本章の第 4 節でみたように、行政が運営主体となった場合には住民全体に広く同等のサービスが行き渡ることを考える普遍性の高いネットワークとなる。もちろん営利は追求されない。それに対して、営利企業が運営主体となった場合には普遍性はターゲットとする顧客ベースの違いを反映してばらつきがある。しかし、営利性は常に高い。翻って、協同組合などのメンバー・サービス型機関によるネットワークの運営では営利性はある程度低く抑えるが、普遍性もまたメンバー限定であるから抑制されたものになる。NPO による運営もそれと似ているが営利性はない。

このように、運営主体の属性によって、自営系ネットワークの位置付けは随分異なっている。

たとえば、営利運営系ネットワークでは、市場による評価がなされて、ネットワークが本来の機能を失ってしまうと、ビジネスから退出せざるを得なくなる。しかし、行政運営系、協同組合運営系、NPO 運営系のネットワークでは事情が異なる。そもそも市場の洗礼を受けずにネットワークが構築され、運営されることになる。

つまり、マイクロシック型ネットワークは運営形態の違いによって評価方法も変わってくるが、市場評価を受けない行政運営系、協同組合運営系、NPO 運営系のネットワーク

については、別途評価の方法を準備しておく必要がある。行政の評価方法については宮川公男によると「政策選択の段階における政策の事前評価」と「政策結果の評価の段階における事後評価」の二つの種類があり、それぞれについて確立された評価方法が開発されてきている（宮川 [1994]）。行政によるデジタル・コミュニケーション・ネットワークの運営についても、これらの手続きが適用可能であろう。では、残りの二つの運営系、協同組合運営系、NPO 運営系のネットワークについての評価は如何にすべきであろうか。

6.2 コミュニティ・マネーの活用

協同組合運営系、NPO 運営系のネットワークについての評価には、金子ほか [1998] が示している「ネットワーク・マネー」の活用がひとつの有効な回答となる。ここでは具体的にどのような方法が有効なのか、金子らが「コミュニティ・ソリューション」(Community Solution) とよぶ「強制力をもった第三者機関によらずに、かるヒエラルキー的でない方策によるミクロ・マクロ・ギャップの解決方法」(金子他 [ibid.] p.111) に沿って考察する。

協同組合やNPOによるデジタル・コミュニケーション・ネットワークの運営は、営利目的から外れている。それゆえに、構成員のボランティアな貢献が不可欠である。そのような貢献が自発的に供給される状況を金子らは「コミュニティ・ソリューション」と描写した。

このようなボランティアな貢献は、コモンズとしてコミュニティが捉えられているときには、その参加者から自動的に湧き上がってくるものと考えられる。マイクロデシック型ネットワークは、そのような「自発性」に大きく頼ることができる一方、技術的にはこれらのボランティアな貢献を活用するような形でコミュニティにデジタル・コミュニケーション・ネットワークを構築することを助けることができる。

さて、市場価値ではかるとNPOが運営にあたる自営系のネットワーク・システムは価値の乏しいものになることは当然だが、地域コミュニティにとっての価値は、市場価値だけで測りきれものではない。むしろ、そのコミュニティ独自の尺度があつてしかるべきである。このような尺度は、コミュニティごとに異なっていよう。

コミュニティに対する価値尺度として金子らが提示しているのは「コミュニティ・マネー」である。それによると、ネットワークを評価する方法として、構成員の共同知（金子ほか [ibid.] p.212）を媒介する為にはコミュニティ独自の共通の尺度が必要だという。

マイクロデシック・ネットワークがボランティアな貢献によって構築され、その尺度として市場価値が望ましくなかったとしても、このようなコミュニティ・マネーによる評価を与えることは可能である。

6.3 具体的手法

具体的には、二つの手法が考えられる。ひとつは金子らが「評判システム」と呼ぶもので、もうひとつは貨幣的に機能するコミュニティ・マネーである。

「評判システム」は市場における投票システム（もしくはケインズのいう「美人投票」）に似て、コミュニティの構成員からの評判のフィードバック・システムである。デジタル・コミュニケーション・ネットワークではこのようなフィードバックはコストを考慮することなく実施することができる。このシステムの最も極端な評価はネットワークからの脱退である。マイクロデシック・ネットワークでは、ネットワーク構成員が脱退することでネットワークの機能を低下させることになるため、このような直接的な評価方法が可能である。

コミュニティ・マネーは地域コミュニティの場合「地域通貨」¹⁹と呼んでもよいが、コミュニティの構成員の「信頼」「認証」を相互に繰り返すというメカニズムに支えられているもので、共通の尺度をコミュニティのメンバーが共有することで、市場メカニズムの代替としての評価基準を提供することが出来るものである。20世紀終盤にある日本で各地に地域通貨が創出され、運用されてきている実情からすると、マイクロデシック・ネットワークの利用者にとってもこの評価システムは実情に沿ったものになる。具体的には、コミュニティ・マネーがマイクロデシック・ネットワーク上を流通している姿を想像するとよい。特定の自営系デジタル・コミュニケーション・ネットワーク上で流通する特定のコミュニティ・マネーが、そのコミュニティの参加者によって利用されるような状況（たとえば、地域コミュニティのメンバーである商店会で流通する電子マネー）がそうである。ネットワークの設置、維持、管理に要するコストをかけるコミュニティ・マネーでまかなうことができると、そのネットワークがコミュニティからの高い信任を得ていることの証左となり、市場価格を代替する評価基準として利用できる。

7 まとめ

本章では、コミュニティのマイクロデシック・ネットワークを論じてきた。そのなかで、まずはCANが描くコミュニティにおけるデジタル・コミュニケーション・ネットワークとマイクロデシック・ネットワークとの関係について論じ、CAN構想のなかで、マイクロデシック・ネットワークはアクセス系のインフラを構成する部分であることをみた。さらに、CAN構想をマイクロデシック・ネットワークの観点から読み解くとどのようなことがいえるのか、具体的なコミュニティの情報化のシーンを制御系・情報系の別にわけて論じた。

¹⁹ 丸山 [1992]、西部 [1999a,b,c] [2000]、森野監修あべ・泉 [2000]などを参照。

つぎに、モンゴルにおける全米科学財団の助成プロジェクトを例にとりながら、実際のコミュニティにおけるデジタル・コミュニケーション・ネットワーク構築とマイクロデスク・ネットワークとの関係を見てきた。ここでは開発途上国の例を取りあげたが、マイクロデスク・ネットワーク概念がこのような分野でも適用可能性の高いものであることが示された。

最後に、コミュニティにおけるマイクロデスク・ネットワークを評価する方法について論じた。ここではマイクロデスク・ネットワークが運営形態の違いによって異なる評価方法を必要とする点、とくに営利目的や行政目的でない場合は市場価値や行政評価という方法に則ることが可能であるとしても、協同組合やNPOによる運営がされる場合はそれが不可能もしくはそぐわないという点から出発し、「コミュニティー・ソリューション」としてのマイクロデスク・ネットワークは、コミュニティ・マネーによる評価を受けるのが適切であることを論じた。

本章の結論は、マイクロデスク・ネットワークはNPOや協同組合といった参加型の地域コミュニティのデジタル・コミュニケーション・ネットワークとして、高い社会的効果をもたらすものであり、その評価は、市場評価によらずコミュニティ・ソリューションの評価尺度であるコミュニティ・マネーを適用することが適当だということである。

[参考文献]

- ・今井賢一・金子郁容 [1998]『ネットワーク組織論』岩波書店
- ・上杉志朗, 篠原健, 真田英彦 [1999.5]「マイクロデシクネットワークの経済効果に関する一考察」信学技報, OFS99-3 電子情報通信学会.
- ・金子郁容 [1992]『ボランティアもうひとつの情報社会』岩波書店
- ・金子郁容 [1999]『コミュニティ・ソリューション』岩波書店
- ・金子郁容・松岡正剛・下河辺敦他 [1998]『ボランタリー経済の誕生』実業之日本社
- ・公文俊平 [1998]『ネットワーク社会』中央公論社
- ・小松裕子・小郷直言 [1998]「山田村が抱える情報化3年目の現状と課題」日本社会情報学会関西支部設立記念研究会予稿集、pp.7-14
- ・小松裕子・小郷直言 [2000 a]「高齢者とパソコン：山田村の事例を中心に」高岡短期大学紀要、vol.14、pp.27-38
- ・小松裕子・小郷直言 [2000b]「山田村の5年間 - 淘汰されはじめた情報化」日本社会情報学会関西支部第四回研究会予稿集、pp.17-24
- ・サイバー社会基盤研究推進センター・慶應義塾大学・野村総合研究所 [1996]『サイバー社会の展望』野村総合研究所
- ・真田英彦, 篠原健, 上杉志朗, 水谷直樹 [1999.7]「これからの地域情報ネットワーク - マイクロデシクネットワークの構想」信学技報 FACS99-17 電子情報通信学会.
- ・篠原健, 上杉志朗, 真田英彦 [1999.5]「マイクロデシクネットワーク」信学技報, OFS99-3 電子情報通信学会.
- ・志村近史 [2000]「地域イントラネットによるコミュニティソリューション」知的資産創造 / 2000年8月号 pp.45-67 野村総合研究所
- ・白河芳徳, 太田能, 真野浩, 白石善明, 森井昌克, 山下徹, 高橋富雄, 竹田義行 [1999.5]「小電力無線通信システムによる広域ネットワークの構築と運用実験」信学技報, OFS99-3 電子情報通信学会.
- ・椿康和 [1997.2]「地域情報化と地域ネットワークの課題」広島大学経済論叢第20巻第2-3号.
- ・東京大学大型計算機センター [1995]「研究論文集」地域ネットワークの新しい展開と県域ネットワーク研究会(1996年11月8日)から.
- ・中村雄二郎・金子郁容 [1999]『弱さ』岩波書店
- ・西部忠 [1999a]「地域通貨 LETS の可能性」社団法人北方圏センター編『北方圏諸国における地域活性化の新動向～北米編』第5章, pp.103-133
- ・西部忠 [1999b]「<地域>通貨 LETS 貨幣・信用を超えるメディア」『批評空間』II-22, pp.26-60 大田出版
- ・西部忠 [1999c]「<地域>通貨 LETS 貨幣・信用を超えるメディア」柄谷行人編『可能なるコミュニズム』第3章 大田出版
- ・西部忠 [2000]「自律分散型市場における貨幣」『経済学研究』50(3) 北海道大学
- ・日経コミュニケーションズ編集部 [1996]「検証日本のインターネットインフラ」日経コミュニケーションズ 1996.8.5.

- ・ 林英輔 [1994] 「我が国における地域ネットワークの誕生」 情報処理 Vol.35 No.8, p699-707.
- ・ 林紘一郎・牧野二郎・村井純監修 [2000] 『IT 2 0 0 1 なにが問題か』 岩波書店
- ・ 濱嶋朗・竹内郁郎・石川晃弘編 [1997] 『新版 社会学小辞典』 有斐閣 .
- ・ マッキーヴァー [1975] 『コミュニティ』 中久郎・松本通晴監訳、ミネルヴァ書房 .
- ・ 丸山真人 [1992] 「地域通貨の現代的意義」 山口重克編 『市場システムの理論』 お茶の水書房
- ・ 水谷直樹, 上杉志朗, 篠原健, 真田英彦 [1999.7] 「マイクロデスクネットワークの特性分析 シミュレーションによる負荷特性評価」 信学技報, OFS99-4 電子情報通信学会 .
- ・ 宮下英雄 [2000] 「サイバーコミュニティ・ソリューションのすすめ」 知的資産創造 / 2000 年 8 月号 pp.14-33、野村総合研究所
- ・ 森岡清美・塩原勉・本間康平編集代表 [1993] 『新社会学辞典』 有斐閣 .
- ・ 森野英一監修あべよしひろ・泉留維 [2000] 『だれでもわかる地域通貨』 北斗出版
- ・ 山内直人 [1997] 『ノンプロフィットエコノミー』 日本評論社
- ・ 山内直人 [1999a] 『NPO 入門』 日本経済新聞社
- ・ 山内 直人 [1999b] 『NPO データブック』 有斐閣
- ・ 山崎朗・玉田洋編 [2000] 『IT 革命とモバイルの経済学』 東洋経済新報社
- ・ 郵政省 [1998] 『平成 12 年版通信白書』
- ・ 郵政省 [1999] 『平成 11 年版通信白書』
- ・ 郵政省電気通信技術審議会 [2000] 「21 世紀における情報通信技術の研究開発の在り方 (平成 1 2 年 2 月 2 8 日答申)」
- ・ Beyer, David A. Mark D. Vestrich, and J.J. Garcia-Luna-Aceves. [1999] "The Rooftop Community Network: Free, High-Speed Network Access for Communities." In *The First 100 Feet*, edited by Deborah Hurley and James H. Keller, pp.75-91. Cambridge MA: MIT Press.
- ・ Gomes, Lee [2000] "Napster Alters Its Software In Bid to Appease Colleges," *The Wall Street Journal*, March 23, 2000.
- ・ Hendricks, Dewayne. [1997] "Wireless in Mongolia" in *Microtimes Magazine*, June 23d, 1997 issue. <<http://www.microtimes.com>>
- ・ Huber, Peter W. [1987] "The Geodesic network 1987 Report on Competition in the Telephone Industry." Washington D.C. U.S. Government Printing Office. (谷田敏一訳 「電話産業における競争に関するヒューパー報告書」 海外電気通信 1987 年 4 月号 pp.5-41 . [1987])
- ・ Hughes, David R. [1999] "The Local Wireless Option." In *The First 100 Feet*, edited by Deborah Hurley and James H. Keller, pp.75-91. Cambridge MA: MIT Press.
- ・ Hurley, Deborah. and James H. Keller eds. [1999] *The First 100 Feet*. Cambridge MA: MIT Press.
- ・ Kahin, Brian. [1995] "The Internet and National Information." In *Public Access to the Internet*, edited by Brian Kahin and James Keller, pp. 3-23. Cambridge MA: MIT Press.
- ・ Kibati, Mugo, [1999] "Wireless Local Loop in Developing Countries: Is It Too Soon For Data? The case of Kenya." Master's Thesis. MIT

- Rannenberg, Kai and Gunter Muller eds. [1999] "Multilateral Security in Communications" Addison-Wesley Longman, Munchen.
- UNDP [1999] Human Development Report 1999, United Nation Development Program, United Nation.
- Yunus, Muhammad. [1999] "Banker to the poor." New York, NY. PublicAffairs.

第7章 終章 まとめと展望

1 まとめ

21世紀は確実に「言葉の時代」としての様相を濃くする世紀になるだろう。そこでは、20世紀の100年間を通して営々と築き上げられてきた電気通信ネットワークが、これまでとは大きく異なる役割を期待されることになる。それは、地域コミュニティのデジタル・コミュニケーション・ネットワークである。

このような状況を作り出すのは、「ユビキタス・ネットワーク」が実現し、「いつでも」「どこでも」「だれでも」デジタル・コミュニケーション・ネットワークにつながるができるネットワーク環境である。我々はこのような環境を支えるアクセス系のインフラストラクチャーをマイクロデシック・ネットワークと名づけた。

マイクロデシック・ネットワーク構想は「ユビキタス・ネットワーク」が完成するにあたって必要とされるアクセス系のネットワーク像を描いている。そこではネットワークが、「トップダウン」ではなく「ボトムアップ」で構築されていくことが予想される。

地域コミュニティのデジタル・コミュニケーション・ネットワークはそれが、コミュニティによって構築されるがゆえに強靱である。

マイクロデシック・ネットワーク構想が示すのは、21世紀のデジタル・コミュニケーション・ネットワークが、地域コミュニティに深く関係する性質を強めていくという姿である。そこから得られる教訓は、超分散化という技術面での進化が、社会に大きな変革の要因をもたらしているという点であり、しかもそれが、電気通信網という中央集権的な階層型インフラがフラット（水平）化していく過程とあたかもシンクロナイズ（同期）させるかのように、社会組織にもフラット化という効果をもたらしていることである。

マイクロデシック・ネットワークが描いているのは、地域コミュニティのデジタル・コミュニケーション・ネットワークだけではない。身近な生活環境における、ユビキタス・ネットワークもまたマイクロデシック・ネットワーク構造を示すであろうということを示している。具体的には、Bluetooth や電力線通信といった新しいデジタル通信技術が、家庭にある電気機器を全てネットワーク化すること、その際にそれぞれがインテリジェント化する、超分散型のネットワークを構成することを謳っている。

しかし、その実現の為には、政策課題を含め、多くの取り組みが残されている。

この国では、政府が主導で期限を定め国を挙げてIT化（高度情報化）を叫んでいる。けれども、それを充実させる基盤のなかで、非常に重要な要素である電力線通信に関する規制緩和ひとつをとっても、非常にまどろっこしい。金融再生法と同様に時限性のある特例法による大胆なIT伸張のための支援策が必要である。これまでの法令や省令をつぎはぎするのでは生ぬるい。

電力線通信技術に関する規制緩和は有線系のマイクロデシック・ネットワーク構築技術の根幹を占めるもののひとつである。一足飛びに光化をするといっても、2005年までに家電製品が全て光ソケットを持ち、光兼用コンセントにつながっている姿を思い描くのは難しい。それよりも、現在のコンセントをそのまま活用できる技術を、規制緩和によって「解放」した方がよい。

その上で、デジタル・コミュニケーション・ネットワークの将来像が、マイクロデシック型ネットワークになるということ、もしくは、マイクロデシック型ネットワークにするように構成していく、という取り組み方針が必要である。なぜなら、マイクロデシック・ネットワークは、本論で議論したように、家庭において、地域コミュニティにおいて、開発途上国のインフラ構築ポリシーを構想する上で、とさまざまな社会的効用を有する概念であるから。

2 ダウンサイド

本論を締め括るにあたって、マイクロデシック・ネットワークのダウンサイド（欠点部分）についても触れておく必要がある。それは、マイクロデシック・ネットワークがノードを転々とするデータ転送様式をとる、超分散型自律ネットワークであることに原因する。

このようなネットワークは、いわば、「他人に軒先を貸すから、自分にも貸してくれ」という互酬のネットワークであることは本論中に述べたとおりである。

それでは、もし、誰かが悪意をもってネットワークに参入したらどうなるだろう。このような例は、Gnutellaで既に報告されている。Gnutellaに参加したばかりに、自分のコンピュータのレジストリをむちゃくちゃに書きかえられてしまい、システムを壊されてしまったという例は後を絶たない。

インターネットの世界で問題になっている現象は、ユビキタス・ネットワーク社会においても引き続き問題でありつづけることが予想される。それは、人間の世界から犯罪が消えないのと同じくらい根深い問題である。

たとえば、インターネットの世界では、“Hate site”と呼ばれる「虚偽」の情報や「中傷」情報を発信し続けるサイトがある。これらは後を絶たないし、「ジャンク・メール」と呼ばれる覚えのない業者からのダイレクトメールも後を絶たない。

ネットワークが我々の生活により深く浸透してくるにつれて、事態は深刻化の度合いを増すに違いない。

このような事態に対しては、技術的な対処や法的な対処、政策的対処などがもちろん考えられるし、有効であろう。そして、忘れてはならないのは、これらと同様に強力な、これら反社会的サイトや行為に、草の根で対抗しようというコミュニティの存在である。

テロリズムに対する自営策において、コミュニティの力は今後ますます増大するであろう。また、あるコミュニティに属しているという事実自体の貴重さも増大する。インターネットは科学者のボランティア的な貢献をもとにできあがった、いわば「善意を前提とした」作品である。このコミュニティの「善意」を保ちつづけながら維持するには、「善意」の教育が欠かせない。

この教育を支えるのは、地域コミュニティである。富山県の電脳山田村の例をひくまでもなく、地域コミュニティと密着してはじめて、21世紀の「善意」のデジタル・コミュニケーション・ネットワークは存在しつづけるであろう。

21世紀の年初に放映された「NHK スペシャル」では、アメリカの Boston Latin School の歴史教諭 Judi Freeman が、数ある Hate site への対処のひとつとして、インターネットを用いた歴史教育において、生徒達が検索した情報のなかから正しいものを選択できる力を身につけるような教育を実践していることが取り上げられた。Boston Globe 紙の記事のなかで、Judi は二人の子供をもつ親として、教師が果たす役割の重要性を指摘しており、ことに教材をどのように生徒たちに提示するのか、どうすれば生徒の理解を増すことができるかに心を砕いているという¹。

インターネットのリテラシー教育も同様である。「そこにある」「入手できる」というだけでは、情報の価値はない。それを正しく理解し、利用する方法を身につけることこそがインターネット・リテラシーの根幹である。

21世紀では、コミュニティの果たす役割がますます増大する。地域的に身近なコミュニティであるか、物理的には遠方にながらもデジタル・コミュニケーション・ネットワークを通じてともに一つのコミュニティを形成しているかを問わず、その中で個人個人の役割がよりクローズアップされる。マイクロデシック・ネットワークのダウンサイドに立ち向かうのも、善意のコミュニティで善意の教育を施された個人達の力の結集にほかならない。

よりひらかれた視野をもった善意のコミュニティ・メンバーが続々と増加していくとき、それを支えるのはマイクロデシック・ネットワークである。そして、善意のコミュニティのなかにポジティブなフィードバックシステムが構築され、ダウンサイドに対抗できるネットワークがそのなかで成熟して行くという姿がうまれることを願う。

¹ Boston Globe Archive “CLASS CAREER MOVES TEACHING WINNING RECRUITS” Author: By Beth Daley, Globe Staff Date: SUNDAY, April 4, 1999 BDALEY;02/26 NKELLY;04/05,10:35 TEACH04 (<http://www.boston.com/education/teacher/tea990404.shtml>)

謝辞

この論文が完成に至るまでには非常に多くの方々から様々なかたちで、ご指導、ご協力を賜った。その総ての方々のお名前を挙げてお礼を申し上げることは困難である。そこで、特にご恩を賜った方々にこの場をお借りしてお礼を申し上げたい。

はじめに、本論文の主査をして頂いた大阪大学大学院経済学研究科の真田英彦先生、副査をして頂いた国際公共政策研究科の林敏彦先生、山内直人先生にお礼を申し上げる。

先生方のご指導を頂かなければ本論文は完成の日を見なかったことだろう。とくに真田先生には論文完成に至るまで時に厳しく、時に温かくご指導を賜った。感謝を捧げる。

マイクロシック・ネットワーク構想の発案者である篠原健先生（野村総合研究所・京都大学大学院）からはマイクロシック・ネットワークの何たるかについて様々な視点からご教授を賜った。共同研究者のひとりである水谷直樹先生（奈良産業大学）からはマイクロシック・ネットワークの性能に関する貴重な視座をお教え頂いた。また真田ゼミの皆様、特に協力者の先生方のご指導は何にも替えがたいものであった。

愛媛大学工学部の小林真也先生には地元松山における素晴らしい研究環境をご提供して頂いた。本論文の大部分は小林研究室で執筆された。同じく村上研二先生、都築伸二先生、松山大学の田崎三郎先生からは一方ならぬ学恩を賜った。

ルート株式会社の真野浩社長、シスコシステムズ株式会社の櫻井豊インターネット・ビジネスソリューション・コンサルティング本部長、Old Colorado City Communications 社代表、Speed Imagineering 社 Dewayne Hendricks 代表、UNDP 在ウランバートル事務所 Atsushi Yamanaka 氏、Dr. Peter W. Huber 氏らからは、ご多忙にも関わらず事例研究の資料のご提供、インタビューなど快くお引き受け頂いた。堀義人社長率いるグロービス株式会社は GMS 大阪校マネジャー沼野利和氏らを中心に松山と大阪を往復する筆者のスポンサーとなって頂いた。株式会社東京三菱銀行は、筆者が研究職を志す糸口となったハーバード大学大学院留学のスポンサーとなって頂いた。

大阪大学大学院国際公共政策研究科跡田直澄先生をはじめ NPO 研究フォーラムからは NPO について多くを学ばせていただいた。財団法人さわやか福祉財団の奈良環ディレクター、NPO 法人タイムダラー・ネットワーク・ジャパンのヘロン久保田雅子代表、ゲゼル研究会の森野栄一代表、泉留維氏らからは地域通貨について多くを教えて頂いた。

銀行を退職して研究生生活に入った際両親には心配をかけた。岳父母松田太郎と佐保子には深い感謝を捧げる。両人の温かい支援がなければ研究活動を続けることは不可能であったらう。

最後に、この論文を最愛の家族に捧げたい。妻みさの助力なしにはこの論文は完成に至ることができなかった。