

これに対し、テレコズムにおいて最も豊富にあるものは、電磁波である。電磁波は、周波数が一秒一ヘルツ（サイクル/秒）のジョンソン雑音から、数十ヘルツの電気のパルス、数千ヘルツの電話のパルス、数万ヘルツの音波や数百万～数百億ヘルツの電波、さらには数百兆ヘルツの光線から数千兆ヘルツのエクス線、 $10^{24}$ ヘルツのガンマ線にいたるまで、宇宙すべてを覆っている。マックスウェルが統一理論を作ったこの電磁波は、それによって情報が運べるという性質をもっている。それも高周波（短波長）になるほど、より多くの情報が運べるようになる。それなのに、これまでの通信技術者は、周波数の低いところの1%の帯域しか利用しないままに、周波数の“稀少性”を嘆いていた。しかし、高周波領域への進出ができれば、周波数の稀少性は問題にならなくなる。そのための鍵を提供してくれるのがクロード・シャノンの通信理論であって、そのエッセンスは、雑音の多いチャンネル（たとえば空中）での通信には、従来用いられてきた“狭帯域高出力”方式の他に、“広帯域低出力”という、もう一つの方式がありうるといふものである。これまでの電気通信では、低周波（長波長）領域でもっぱら前者の方式が用いられてきた。AMラジオやテレビに代表される、帯域占有型の“長くて強い(long and strong)”長波長高出力方式がそれであって、そのため、低周波領域での周波数をたちまち使い切ってしまった。その結果、周波数は、通信にとっての最大のボトルネックとなったのである。

それを解決するのが、CDMA（符号分割多元接続）型のスペクトル拡散技術に代表される、“広くて弱い(wide and weak)”広帯域低出力方式の採用である。アナログ通信の効率が帯域の対数に比例して向上するのに対し、デジタル通信の効率の増大は帯域の自乗に比例する。つまり、出力の代わりに帯域を増やすことで、雑音や干渉を克服し費用を低減できるのである。しかもこの方式の下では、個々の事業者ごとに特定の帯域を割り当てて専有させるのではなく、複数の事業主体が同一の帯域を、多様な用途のために共同利用することが可能になる。こうして周波数の“稀少性”は最終的に消滅する。またそれに伴って、デバイスの側は、目的に合わせてその機能をソフト的に変更できる、“ソフトウエア・ラジオ”型の万能端末になっていくだろう。

そういう流れの中で、21世紀の通信にとってのフロンティアとなるのが、数百億～数百兆ヘルツの高周波数帯を占めるマイクロ波と光である。この帯域を利用することで、現在われわれが利用している低い周波数帯域すべてを合わせたものよりも、約五万倍もの大きな通信能力が利用可能になる。とりわけ光（レーザー光）は、光ファイバーも通れば、空中（光無線通信）も通れる。光ファイバーの場合には、一本に何十、何百もの異なる波長の光を多重化させて通すことができる。いわゆるWDM（波長分割多重）技術がそれであって、これもシャノンのいう“広くて弱い”通信方式の一つである<sup>39</sup>。ともあれ、これ

---

<sup>39</sup> ただし、ルーセントやノーテルが開発してきたこれまでのWDM技術は、それぞれの波長ごとに大出力で高速の送信を行おうとするもので、どちらかといえば“long and strong”方式の延長線上にある。これに対し、サイモン・カオらが推進しているのが、光ファイバー一本あたりの収容波長数をきわめて大きくすると同時に、それぞれの波長の上では低出力の通信を行うことで、全体としての大容量通信を実現する、文字通りの“wide and weak”方式である。George Gilder, Richard Vigilante, and Charles Burger, “Cao's

によって通信に利用できる帯域は事実上無限となり、その費用は限りなくゼロに近づいていく。

このような“帯域の爆発”と並んで生じているもう一つの技術革新は、貯域 (storewidth) のコストの急低下である。それに伴って、個々の端末はもっぱら巨大な貯域を持つだけで、後はネットワークの縁に置かれているさまざまなソースからプログラムやデータをダウンロードしてきて一時的に貯蔵や処理をするだけの NAS (Network Access Storage) 型の“ステューピッド端末”になっていく。J A V Aのような言語で書かれたプログラムを利用することで、もとのプログラム自体はネットワーク上のどこにあってもかまわなくなったためである。こうしてネットワークのコアは、信号を受動的にスイッチして通過させるだけの“ダム・ネットワーク”になり、そこに生まれる自律分散協調型のネットワークの全体が、巨大なコンピューターとして機能するようになるのである。

通信に対する帯域の制約がなくなると、残る絶対的な制約は光速の限界である。地上三万六千キロにある静止衛星との間を信号が往復するには 250 ミリ秒かかる（つまり、それだけの“<sup>レイテンシー</sup>遅延”が発生する）が、円滑な通話を可能にするための音声での遅延の限度は 150 ミリ秒である。静止衛星よりは低軌道衛星が、低軌道衛星よりは成層圏通信が、絶対的な優位を持つのはそのためである。同じことはコンピューターについても言える。600 メガヘルツのペンティアム プロセッサは、命令一つを一ナノ秒で実行できるが、この間光は 23 センチしか進まない。ところがこのプロセッサ上のワイアーの総延長は、約 400 メートルにも達している。まして、プロセッサのチップとは離して置かれているメモリーとの間で、いちいちデータをやりとりしていた日には、遅延は耐え難い大きさのものとなる。だから、コンピューターは、一個のチップの上にすべてが載るように“シングル・チップ”化していかざるを得ない。

ネットワークについても同じことである。帯域は、高速道路で言えばレーンの数のようなものである。通行量の多い道路では、目的地までの到達時間は、混雑度によって決まる。もう一つ、料金徴収所のような一時停止あるいは減速の必要な場所を最小限にすることも、交通を円滑化するには効果がある。そうした障害物がない一方、レーンの数は十分にあれば、到達時間は、車自体の出せる速度と目的地までの距離によって決まることになる。それ以上いくらレーン数を増やしても、到達時間のそれ以上の短縮はできない。通信ネットワークの場合も、途中で光を電子に変換し、また光に再変換すると言った処理を最小限にすることが大切である。あるいは今日のインターネットに見られるように、あるメッセージが最終目的地に到達するまでに、ルーターからルーターへ、スイッチからスイッチへ平均 17 ホップもの処理段階を通過して行かなくてはならないような状況を、そのままにしておくわけにはいかない。つまり、その意味では、ネットワーク自体に、そこを流れる信号のさまざまな処理をおこなうための“階層”や“インテリジェンス”をなるべくもたせない、“ダム・ネットワーク”型のアーキテクチャーを採用することが大切である。

そうした措置を講じた上で、しかも帯域がふんだんにあれば、光速は一定不変なので、後はもっぱら距離が効いてくることになる。だから、“遅延”を減らそうと思えば、情報をネットワーク上の一カ所に集中しておくのではなく、なるべく多くの場所に同じ情報のコピーを分散配置して、信号が送られる距離を小さくすることが有効になる。つまり“コンテンツ分散”方式の採用が、有力なソリューションとなる。結局、自律分散協調型の有線および無線の全光ダム・ネットワークの出現は、コンピューターのシングルチップ化と並び、光速の限界に対処するための必然的ななりゆきなのである。

このようなネットワークの最も有力なモデルが、もともとはローカルなネットワーク（LAN）のアーキテクチャーとして発明され、今日ではその高速化と広域化を急速に進めているイーサネットである。イーサネットのインテリジェンスと制御装置は、ネットワークの中央ではなく縁に置かれている。ネットワークの各ノードを構成しているさまざまなデバイスは、互いに常時接続され、パケット化された信号を送り合っている。そして、インターネットは、有線および無線の地域イーサネットがグローバルに相互接続されたネットワーク（“ザ・ネット”）に向かって、たゆみなく進化しつつある。そして「あらゆるネットワークはますますインターネットに似たものになる。いや、インターネットそのものになるとすら言える。」もともとは「見当違いの目的から設計され、二千人ほどの科学者とわずかな数のスーパーコンピューターを結ぶために作られた」インターネットは、その後、それを「利用可能な数百万の人々、そしてインターネットにサービスを提供する数十万の人々」によって不断に自らを発展させていくことが可能なネットワークに生まれ変わったのである。

以上がギルダールのテレコズム論のエッセンスである。彼の見方は大局においては正しいと考えられるが、それが近未来（のとりわけアメリカ）において実現する可能性は小さい。むしろ、米国連邦通信委員会の前主任技術者のデービッド・ファーバー教授らが予想しているように、次の展開はアジア（シンガポール、香港、韓国等）やカナダ、あるいは北欧のような地域が先導するかもしれない。アメリカが20世紀において世界の先鞭をきったマス・メディア型のサービス産業や、コンピューター産業の余力がなおあまりにも強いからである。しかし、本報告書が対象としている未来においては、ギルダールの予想するテレコズムは、世界のさまざまな地域で疑いもなく実現していることだろう。

### **公文・リードのグループ・コミュニケーション論**

以上のようなギルダールの主張をさらに押し進めていけば、自律分散協調型の全光ネットワークの出現を促す、もう一つの重要な要因がある。それは、人々の“知的エンパワーメント”の進展、とりわけインターネットを利用した学習能力の驚異的な増大である。すでに述べたように、21世紀の市民あるいは消費者は、自ら積極的に情報を探索し、学習し、自ら創り出した情報を積極的に発信しつつ、さまざまな共通の目標の自力での実現を目指す

してさまざまなグループを形成して活動する“智民（ネティズン）”になりつつある。つまり、これからの情報文明社会では、人々のコミュニケーションの方式には、これまでの不特定多数の大衆を相手とする一対多型のマス・コミュニケーション（二十世紀におけるその典型が放送）と特定少数者の間の一対一型のパーソナル・コミュニケーション（二十世紀におけるその典型が電話）に加えて、いわば特定中数者の間での多対多型の“グループ・コミュニケーション”（二十世紀におけるその典型がインターネット）が、追加されることになる。<sup>40</sup> このような智民たちにとっての最大の“グループ・ユーティリティ”<sup>41</sup> となるのが、デービッド・リードのいう“GFN=グループ形成ネットワーク”<sup>42</sup> であり、そのためのインフラが、ギルダールのイメージしている自律分散協調型の全光ネットワーク（有線および無線の）に他ならないのである。

デービッド・リードもマス・メディア型のネットワークとパーソナル・メディア型のネットワークとは区別される第三のタイプのネットワークとしての、“グループ形成ネットワーク”の重要性に注目したのだが、彼は二つの点でユニークな視点を提供した。

その第一は、彼のいうグループ形成ネットワークは、単にグループの行うさまざまな活動を支援するというだけでなく、その上で多種多様なグループを自由自在に形成したり再編成したりすることをも可能にするネットワークだという視点である。

その第二は、上記三種のネットワーク・サービスを自らのビジネスとして提供しようとする主体や、経済的コストを払ってでも使用しようとする主体に対して、それらのネットワークがもつ経済的価値を定式化しようとしたことである。すなわち、マス・メディア型ネットワークの価値　たとえば広告主にとっての価値　は、加入者の数（ $n$ ）に比例する。そしてなるべく多くの加入者を惹きつけようと思えば、なるべく多くの人々に喜ばれる“コンテンツ”を提供するのがもっとも有効な戦略となる。そこから“Content is King”という考え方が生まれる。他方、パーソナル・メディア型ネットワークの価値は、それが可能にする対話者のペアの数に比例する。対話者のペアの数は、加入者数の自乗（ $n^2$ ）に比例する。このようなネットワークが加入者を惹きつける理由は、そこからどのような“コンテンツ”が入手できるかではなく、どのような対話相手が見いだせ、明瞭で確実な対話をいかに楽しめるかである。加入者はそのような便益に対して料金を支払っているのであって、“コンテンツ”は加入者が自ら生み出して提供し合うのである。ところが、グループ形成型ネットワークの価値は、その上でどれだけの多種多様なグループが形成できるかに依存する。加入者が  $n$  人のネットワークの場合、そこに形成しうるグループの数は、 $2^n$  に比例する（図14参照）。<sup>43</sup>

<sup>40</sup> 公文俊平、『ネットワーク社会』、中央公論社、1988年、第三章を参照。

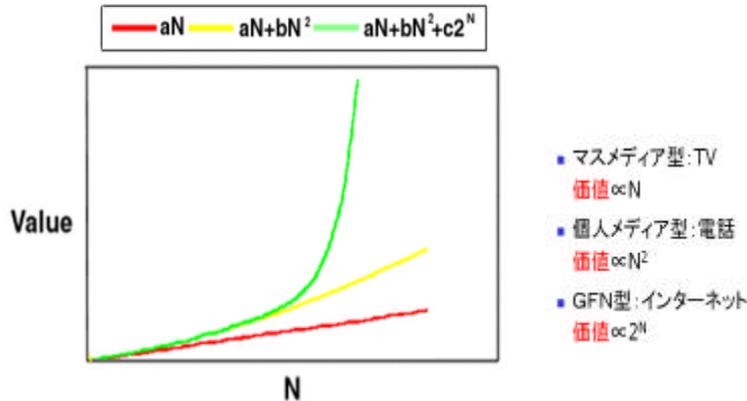
<sup>41</sup> グループ・ユーティリティ（その代表が後述する“CAN”である）とは、公衆の利用する“パブリック・ユーティリティ”と、人々が個人的に所有し使用する“パーソナル・ユーティリティ”の中間に位置する、グループが自ら構築・所有（ないし占有）・使用するユーティリティをさす。

<sup>42</sup> リードの著作や発言については、<http://www.reed.com/dprframeweb/dprframe.asp>を参照。

<sup>43</sup> ただし、図においてリードが、ネットワークの三種の価値の線形結合（固定係数をそれぞれの価値に乗

図14：リードの法則

通信ネットワークの三つの形



多種多様なグループ活動に携わると考えられる 21 世紀の智民たちは、個人が持ち家を購入したり、自治体が自ら管理する道路を建設したりするのと同じような意味で、グループ・ユーティリティとしてのグループ形成ネットワークを自前で構築・運用するだろうが、その構築作業自体は、またその効果的な運用のために必要とされる各種のアプリケーションや保守サービス等は、それをビジネスとして提供するさまざまな企業に発注するだろう。そのさいにどれだけの費用をかけるに値するかを決める基準となるのが、上に見たようなネットワークの価値だと考えられる。

### 時間の希少性

ちなみに、ギルダールによれば、このような智民たちにとって、光速の限界と並ぶもう一つの最終的な制約要因になるのが、自由な活動に向けることのできる時間の希少性である。一日は二十四時間しかなく、一年は三百六十五日しかない。今したいことを来年以降に繰り延べたところで、人間には寿命という越えがたい壁がある。だから、企業にせよ政府にせよ、これからは人々に時間を浪費させてはならないということを、肝に銘じるべきだとギルダールはいう。人々に行列を作らせてはならない。大して意味のない広告 (“アズ”) は、“マイナス”以外の何物でもないのである。

---

じて足し合わせる)方式をとっているのは、必ずしも首肯しがたい。グループ・メディアが、同時にマス・メディアとしてもパーソナル・メディアとしても最適のアーキテクチャーになっているという保証はない。むしろ少なくとも当分の間は、それぞれがある程度分化・併存することも考えられる。また、価値の評価係数が一定であるというも解せない。マス・メディアの場合はともかく、パーソナル・メディアの場合は、ネットワークの限界価値は、加入者数が多くなってくると、加入者の規模に関して遞減するようになるかもしれない。グループ・メディアの場合は、とくに、地域コミュニティが利用するグループ・メディアの場合は、そのような傾向がさらに早く現れる可能性もある。

## 未来のインターネット

最近、アメリカのテレコム業界が、既存事業者の復活による“暗黒時代”の到来を迎えたことで、原則“無料”の双方向通信ネットワークとしてのインターネットは、理念としても現実的にも死んだという認識が広がりつつある。しかし、全光ネットワークの可能性と同時に、グループ・メディアの有用性への理解が生まれたことで、インターネットはグループ形成ネットワークとしての新しい生命を吹き込まれるだろう。その具体的な形は、現在のイーサネット型の LAN を有線無線の両面で光化すると同時に広域化し、相互接続していくものである。各地域のコミュニティは、共働して光 LAN を構築して、それらを近隣の LAN と相互接続して光インターネットにすると同時に、その上でのアプリケーションやコンテンツを有料もしくは無料で相互に交換しあうのである。<sup>44</sup>

この新世代インターネットは、ネットワークのアーキテクチャーのレベルからして、これまでの電話会社や放送会社が構築してきたネットワークとは異質のものになる。光ファイバーはイーサネット型でループあるいはバス状に敷設され、共同利用される。ネットワークを構成する各種の端末のうちの少なからぬ部分は、このループに無線（光および電波の）で接続される形をとるだろう。このようなインターネットが全国的、全世界的に普及していくと、これまでの全国・地域“光幹線”の多くは大陸間や島嶼間の海底ケーブルを除いて無用の長物になるだろう。ネットワークの上でのビジネス・モデルのあり方や、流通するコンテンツの内容や構成も、一変するだろう。もちろん、在来型のマス・メディアやそこで流されるコンテンツ、あるいはその流通にかかわるビジネス・モデルがただちになくなってしまわずもなく、一種の共存状態がかなりの期間にわたって続くだろう。だが、パーソナル・メディアとしての電話は、比較的早く独立の事業としては生命を失い、ネットワーク・サービスの付帯的部分として吸収されていくだろう。

それにしても、このような新世代インターネットが“ザ・ネット”となって、世界中に、あるいは少なくとも近代文明圏のいたるところに、はりめぐらされるようになるまでには、相当な長期間を必要とするだろうし、既存の勢力の抵抗も激しいものがあると想像される。逆にだからこそ、ここで注目したようなビジョンは、本報告書が対象としている時期でのネットワークのあり方にとって、まことにふさわしいと考えられるのである。

---

<sup>44</sup> このような全光ネットワークのビジョンをもち、各コミュニティによるその構築を支援する事業をすでに開始しているのが、モンリオールのフランソワ・メナールらのグループである。