

# 情報通信分野におけるサステナビリティ

玉井哲雄(東京大学)

## 1. 産業分野と地球環境

サステナビリティ(持続可能性)の問題は、その対象にさまざまレベルが想定される。もっとも重大なものが、地球環境の持続であることは疑いない。中でも深刻な問題が、空気中の二酸化炭素を始めとする温室効果ガスの増大によってもたらされる地球温暖化であることは、アルゴアが作った映画「不都合な真実」の成功に代表されるように、多くの人の共通認識となっている。

しかし、地球環境の持続といった場合、われわれはそれを人間社会、そして種としての人類そのものの持続と不可分なものとして意識している。地球環境の持続自体が目的なら、人類が絶滅しても構わない、というより地球環境の最大の破壊者は人類だから、むしろ人類が消えてしまうことは地球環境持続への最適な処方箋ともいえる。実際、二酸化炭素増大の主な原因は、人間の生産・消費活動に伴う化石燃料の燃焼を始めとしたエネルギー消費である。

ジャレッド・ダイヤモンドの大著“Collapse”(邦題「文明崩壊」, 草思社)は、人類社会の持続可能性の問題を正面から論じ、きわめて示唆的である。そこでは、森林などの自然環境の破壊、乱獲による海産資源の減少、種の絶滅が招く生物の多様性の喪失、農耕土壌の流出や塩化などによる不毛化、エネルギー源としての化石燃料の払底、水不足、大気・土壌・河川の化学物質による汚染、ガス(フロンや二酸化炭素)放出によるオゾン層破壊や地球温暖化、人口の過剰増大、などが地球と文明とを崩壊させる要因として挙げられている。

これらの問題のうち、農地の土壌流出や不毛化、水不足、森林破壊、海産資源の乱獲などは、産業で言えば第一次産業にもっとも関連する。しかし、産業革命以降の都市化と人口増大がそれらをもたらした原因であるばかりでなく、第二次産業の鉱業や製造業そのものが、その活動によって大気や河川を汚染し、二酸化炭素を増大させてきた。それでは情報通信産業、あるいはそれを包含する第三次産業は、問題がないのだろうか。サステナビリティに正の方向にも負の方向にも影響を与えない、と考えることができるだろうか。本稿ではこの点について考察してみたい。

## 2. 情報通信が地球環境に及ぼす影響

前節では情報通信産業と書いたが、問題は産業だけではなく、われわれが日常行う情報通信活動全般が持続可能性に関わりをもつ。ここではまずそのような視点で考えてみよう。

情報の大きな特性は、その無体性、非物理性にある。したがって、人間の情報通信活動は基本的に物理的な資源を消費しないから、地球環境への影響はあるとしても軽微である、という見方がなりたつ。もちろん、これは現代の情報通信が膨大な情報機器とインフラストラクチャーによって成りたっていること、それらの機器や設備を作る巨大な製造業が存在していることを無視した言い方である。身近な話で、家庭でもオフィスでもパソコンや情報機器が増えれば

それだけ電力消費が増えるが、一つ一つの消費量は少ないとしても、総量はきわめて大きくなる。しかも、現在ではコンピュータがあらゆるところに入り込んでいる。個人が持つ携帯電話、家庭やオフィスにある空調機、冷蔵庫、炊飯器などのあらゆる家電製品、自動車を始めとする輸送機器など、枚挙に暇がない。つまり情報機器は「コンピュータ」だけではないのである。またたとえば、通信衛星をロケットで打ち上げることが、大きな資源とエネルギーの消費でないとはとてもいえない。

しかし、それでも世界で年間何千万台と自動車が生産され、それらのクルマがガソリンを大量に消費しながら地球上の道路を埋めつくし、その道路建設に莫大なカネとモノが投入されていることと比べれば、情報通信は地球環境破壊に対して比較的罪が軽いということはあるだろう。むしろ、情報技術は、資源やエネルギー消費の効率化に寄与しているという面は見逃せない。たとえば、今のクルマのエンジンはコンピュータで制御されているが、その制御によって燃焼効率が上がり、燃費の向上と排気ガスのクリーン化に寄与している。また、工場の排出ガスの制御など、同様な工夫はあらゆるところに生かされている。米国の GDP 当りのエネルギー消費量は、1996 年から 1999 年の間に 9.6%減少したが、その主な要因は IT による効率化だという分析がある。

情報技術が有用なのは、制御の面ばかりではない。多様なセンサーの発達とあいまって、有害物質の大気中への排出や水質の汚染など、さまざまな環境状況の監視・警告にも役立っている。このような計測技術と制御が連携して、環境悪化の自動的な防止が可能となるのである。

ただし、エネルギー消費量や温室効果ガス排出量と IT 技術との関係は、そう単純ではない。たとえば電子商取引の発達は、個々の消費者がクルマに乗って買い物に行くという行動を省くことでエネルギー消費を減らすのに寄与するが、一方で家庭までの小口配送を増やすという増大要因も作る。さらに配達のための包装に余分な資材と労力があることも、相当なマイナス要因であるといわれる。

### 3. 情報通信産業の持続可能性

ここまでの議論は、情報通信が産業社会活動として地球環境に直接的に与える影響は比較的軽微であり、逆にそれを活用して環境の悪化や破壊を防ぐことに役立つというおもに光の面を見てきた。しかし、光があれば必ず影がある。情報技術にも持続可能性に関して負の面が当然あるだろう。その点について、とくに二つの観点から考えてみよう。第一は、情報通信自体の持続可能性である。第二は情報通信技術によって成りたつ情報化社会の社会としての持続可能性である。

情報通信技術のこれまでの進展のスピードはめざましい。コンピュータの核となる処理装置やメモリを構成する半導体集積回路の集積度の向上については、「ムーアの法則」が有名である。それは、集積回路上のトランジスタの数が 18 ヶ月で 2 倍になる、という経験則である。単純に言えば、コンピュータのスピードやメモリの容量が 1 年半で 2 倍、3 年で 4 倍になるということだ。驚くべきは、ゴードン・ムーアがこれに相当する発言をしたのが 1965 年で、それ以

降，その成長速度が衰えずに持続していることである。この間，常に回路の微細化の物理的な限界などでこの成長が鈍ることが予想されてきたが，現在に至ってもまだ限界に達したようには見えない。情報技術のこの面については，「持続可能性」の意味が技術レベルや性能を維持することあるとすればそれはむしろ停滞であり，絶え間なく成長を続けることこそが「持続可能性」であると見たほうがよい。

この意味での持続可能性を妨げる要因はいくつか考えられる。微細化技術がいきつくところは原子レベルの大きさであり，そこに明らかな限界がある。原子レベルに近づくことは，量子力学の世界に踏み込むことになる。古典的な電磁気学の範囲内なら，素子で起こる物理現象を確定的に制御できた。しかし，量子力学の世界に入れば，そこはハイゼンベルクの不確定性原理が支配し，確定的な制御はできなくなる。しかし，逆にその量子力学的特性を生かした量子コンピュータが提案され，今盛んに研究されている。またこれとは別に，生命現象に根ざした分子コンピュータの研究も進められている。科学者・技術者の理論探求は，限界を常に打ち破っていくようにも見える。

資源的な限界はどうであろうか。これまでの集積回路の主な原料はシリコンであった。シリコン（つまりケイ素）は二酸化ケイ素の形で地球上に比較的豊富に存在する。シリコン半導体には，ホウ素やインジウム，あるいはアンチモンなどの希少金属が注入される。また電池に使われるリチウムも希少金属の一つである。今のところこれらの消費量が大きな制約にはなっていないが，将来的には資源的な制約が問題となる可能性はある。携帯電話に象徴されるように，情報機器が短期間に陳腐化し廃棄されるという現象はますます加速化している。資源節約のためにもまた廃棄物による環境汚染を防ぐためにも，リサイクルを全面的に進めることは必須だろう。

限界という意味で現在それより重大な制約は，ソフトウェアである。コンピュータ・ハードウェアを動かしているのはソフトウェアであるが，それを開発するのは人間である。そのソフトウェアの開発需要はますます増大している。たとえば携帯電話には膨大な大きさのソフトウェアが搭載されている。その規模はプログラム行数にしてすでに 1000 万行レベルに達しているらしい。しかも，次々と新しい製品が作られ，そのたびに新たな機能が追加される。ソフトウェアを開発する側は，大規模で複雑なプログラムをきわめて短いサイクルで生産し，しかもその品質を保たなければならないという厳しい条件下におかれている。ソフトウェアの開発技術も進歩してきているが，これからも発展を続ける情報化社会の持続可能性を保つのに，ソフトウェア開発とその保守，およびその品質・信頼性の確保が大きな制約になる可能性はある。

#### 4. 情報化社会の持続可能性

情報通信技術を基盤とした情報化社会そのものの持続可能性は，どうであろうか。情報通信技術が産業の効率性を高め，品質の高い製品やサービスを迅速に提供することに貢献していることは確かだろう。また，家庭における生活や社会における活動に利便性を与え，より快適な暮らしを実現しているという面もある。

一方で、膨大な量の情報が短時間で流通し処理されていく状況は、社会に歪みももたらしている。証券、為替、商品やそれらの先物市場は、情報の過剰流動と自動取引システムの稼働により、相場が乱高下する。僅かなサヤを取るために大量に売買される裁定取引はまさに IT 時代の申し子だが、それが破綻を来たしうことは LTCM(Long-Term Capital Management) の例が典型的に示している。また金融機関や取引所のシステムの不具合や、その使用の際のヒューマン・エラーによる誤発注が大きな影響を及ぼすことも、情報化社会の持続可能性に疑問を投げかける要因の一つとなっている。さらに、情報通信のインフラストラクチャーの脆弱性を狙ったサイバーテロの脅威は、社会がその情報インフラへの依存度を深めるのに応じて増大している。あるいは、現在世界に飛び交う電子メールの総量の 90% は迷惑メールとの統計があるが、そのために使われるネットワーク設備、対策のためのツールの開発や導入に費やされるコスト、そして迷惑メールを個々に処理する受信者の作業負荷、といった社会的費用は実に膨大なものとなっている。

情報の流れが加速し、爆発的な流行を産んで、善きにつけ悪きにつけ社会に大きな影響を与えるのは、何も金融分野に限ったことではない。いじめによる自殺の報道が増幅されて自殺者を増やしてしまうような結果を招く、というような例もある。根拠のない風説や虚偽をも含む情報が過度に流通し、社会全体がそれに振り回されるという傾向はますます増えているといえよう。

情報の保有の大きな偏りも深刻な問題である。一部の個人やグループに情報が過度に集中し、逆に一部の人は必要な情報が届かない状況におかれている。これは単に情報の流通の問題だけでなく、情報にアクセスできてもそれを処理し利用するスキルがなければその価値を生かせないという問題でもある。その状態を指してデジタル・デバイドという言葉が使われているが、さまざまなレベルでの情報格差は情報化社会の負の側面といえるだろう。

情報自身は物理性のない抽象的な存在だから、その持続には資源制約などの問題はないように見えるが、しかし情報の蓄積や伝達には媒体が必要である。情報を保存する媒体として、磁気テープ、磁気ディスクなどの磁気媒体、フラッシュメモリなどの半導体、CD や DVD などの光ディスクなど、多様なものが工夫され使われてきている。これらの媒体の寿命は有限であり、劣化・損傷は免れない。しかも、旧来からの媒体である紙やマイクロフィルムと比べて、その耐用年数が実際上どのくらいなのか、まだ経験上の知見が少ない。しかし、もしかするとそれより重大な問題は、媒体への記録方式である。紙やマイクロフィルムへの記録は、直接視覚に訴えるという意味で歴史的な変化がまずない。しかし、デジタル化された記録は、その符号化方式、圧縮方式が多様であり、また次々と新しいものが出てくる。ある時期に標準だった方式も、すぐに廃れてしまうことがある。たとえば、PC 以前の文書作成には各社から出されたワープロ専用機が広く使われたが、その記録方式は機種ごとに異なっていたばかりでなく、現在それで保存されたフロッピーディスクの文書を読もうとしても、そう簡単にはいかない。だから、今使われている PDF とか XML といった形式も、10 年後に標準としての地位を保っているという保証はない。

このように高度に情報化した社会は、多くの利便性をもたらすとともに、持続可能性に危惧を与えるような要因もさまざまに抱えている。技術の進歩のスピードが速いだけに、それがもたらす社会的な影響を常に評価していくことが求められている。

## 5. まとめ

情報通信という観点から、持続可能性の問題を考えてみた。持続可能性にはさまざまな側面があり、ある面から見て持続にプラスとなる技術や制度も、別の面から見るとマイナスとなる部分がある。しかし、21世紀の世界の最大の問題が、地球と人類社会の持続可能性であることは論をまたない。この問題に取り組むためには、さまざまな分野、さまざまレベルで、何がより重要な問題であるのか、また分野やレベル間にどのような相関があるのか、という点について常に問題意識を持ちその解決に努めることが必要であろう。IT技術がもっとも役に立つとしたら、このような持続性に関する情報や知識を広く流通させ、またそれに対する論議を進めるネットワークを提供することによって、地球上のあらゆる人々にこの問題への関心を喚起し、その解決に向けての参加を促すことであろう。