

## 【卷頭言】

# 情報化社会に備えて

## To Provide against The Information Age

株式会社システムエンジニアリング  
System Engineering Co.,Ltd. 取締役社長 President

大地 羊三  
*Yozo OHCHI*



社会科学者トフラーが「第3の波」という本を書き、その邦訳版が出版されて以来、情報革命、情報化社会といった単語がマスコミでよく用いられるようになった。人間は地球上に出現して以来、社会的大変革を2回経験しており、現在第3回目の変革が進行中である、というのがトフラーの主張である。

最初の変革すなわち第1の波は、狩猟生活から農耕生活に移ったときであり、開墾や治水のために大規模な共同作業が必要になり、指導者（首長）が現われ、富の蓄積が始まった。このようにして狩猟時代とは全く異なった人間社会が形成されたわけである。第2の波は産業革命で、中世の封建社会から近世の資本主義の社会へと大きく変化したものである。そして第3の波が情報革命で、現在進行中であると言っている。資本主義が高じて、社会的に色々な矛盾を生じている。例えば、都市への人口集中、核家族化、大気汚染、多国籍企業による経済支配、先進国と途上国の経済格差の増大、経済摩擦等々、現代社会で色々問題にされていることは、資本主義を追求してきた結果として現われた矛盾であり、これを解決するためには社会構造の大変革が必要であるが、エレクトロニクス技術の進歩、情報網の整備拡大がこれを可能にするであろうというわけである。

そして、米国は現在この第3の波にもまれて生みの苦しみをしている。視聴者が番組に参加できたり、多数の番組から1つを選択できる有線放送、居ながらにして必要なデータが収集できるデータベース、ホーム・バンキングやホーム・ショッピング等、色々な実験が試みられているが、これがある形で定着してきた暁には、人々の価値観が変り、社会構造が大きく変化するであろう。大きいことは良い事だ、規格を統一して大量生産するほど安くて良いものができて一般に喜ばれるといった考え方には、価値観の多様化によってすべての人に受け入れられ

るものではなくなってきている。米国がこの生みの苦しみを乗り越えて、新しく情報化社会が実現したときには、産業革命がイギリスに栄光をもたらしたと同じように、アメリカは栄光に輝くであろうと結んでいる。また、別のところで日本はまだ資本主義の路線を邁進しており、波の頂点にいるので、これが崩れたときはアメリカ以上に大きな混乱が起こるのではないかと忠告している。アメリカ人らしい結論であるが、私は明治時代に産業革命の荒波をうまく乗り越えた日本人であるから、情報革命の波もうまく乗りきるであろうと考えている。

いずれにしても、将来の予測は別にして、トフラーの過去および現状の分析はまちがいないであろう。同じような分析をしている学者も多いと聞けばなおさらのことである。では、この情報革命の頃の扱い手は誰であろうか。これも予測であり現段階で分かるものではないが、産業革命がどうであったかを見れば参考になるかもしれない。しかし、私は歴史学者でも社会学者でもないので、産業革命の全体像を見る眼は持っていない。そこで、当時の土木工学の発展の情況を参考書から拾ってみよう。

ルネッサンス以来のヨーロッパの科学・技術の成果を集積して自らも偉大な成果を生んだフランスが、ルイ王朝下で1716年に橋梁道路工兵隊を創設し、その技術教育を計画した。この工兵隊の仕事は、砦の築造、弾道の計算とその測定、軍港、軍用道路および橋の建造などいずれも土木工事に負うところが大きかったので、ここにはじめて土木技術は工学として科学性を持つことになった。1745年に初めて工学教育組織として設けられた橋梁道路学校は、工兵士官及び官吏の養成所であったし、1794年に革命政府の下に造られたエコール・ポリテクニクも、やはり士官の科学的知識を養成する学校であり、世界の工学教育組織の先駆となったことは有名な事実である。そして、土木技術およびそれを支える数学、天文、測量

等の科学的教育・研究の中心となった。ルネッサンス以来の数学の蓄積が最も広く応用されたのは、構造物の静力学的解析、材料の強度計算、測量計算、河川の流量、流速等の計算などの面で、今日の工学の力学的基礎理論は、その大半がこの18世紀後半におけるフランスの工兵教育、特に土木技術の中で育くまれたと言っても過言でない。水力理論の権威ペリドール、ピトー管の発明者ピトー、河川の平均流速の公式に今日でも名をとどめているシェジーの他、エコール・ポリテクニクの教授であったモンジュ、ナヴィエ、プロニー、クーロン等は、今日でも我々に親しみのある名前である。

このように輝やかしい近代土木工学理論の建設を行ったフランスでも、その理論を十分に現場に適用することはできなかった。これらの理論を実際に応用し、また現場からの問題提起による理論の展開を行ったのは、産業革命の嵐の中にあったイギリスの技術者達である。このイギリスの土木技術者に要求された産業革命の課題は、まず運輸技術の革命であり、ついで新らしい土木材料としての鉄（最初は鋳鉄、続いて鍛鉄、鋼鉄）とセメントの応用であった。1773年、リバプール近郊のワースリーとマンチェスター間の運河を開削してイギリスの運河時代の糸口を作ったブリンドー、道路の改良家マッカダム、橋梁・道路技術の権威テルフォー、鉄道の父スティヴァンソン、ロンドンのウォーターラー橋梁（1817）をはじめ運河や鋳鉄製橋梁の建設を行ったレンニー等、土木技術の先駆者が輩出した。彼らは殆んどが貧しい水車職人や大工の出身であったことは、土木技術の性格と長い伝統を物語り、また一面で当時のイギリスの技術の実践的性格をよく示している。

なお余談であるが、イギリスでは1750年頃から今日のCivil Engineeringという言葉が用いられはじめた。ここに初めて、土木技術は長い間の権力者のための技術、軍事の技術Military Engineeringと縁を切って、市民生活の基盤を形成する技術として新らしい分野を発見したのである。そして1818年に世界の工学界で最初の学会であるイギリス土木学会が結成され、テルフォードが初代会長に選ばれた。また1847年には、イギリス機械学会（初代会長はスティヴァンソン）が設立されたが、このように土木と機械とは工学界を二分する技術としてまず最初に確立したのであって、土木技術の歴史的な重要性がここにも見られる。我国では1877年（明治10年）に東京大学が設立されたが、その理学部工学科は土木と機械の2科にのみ分かれていた。これも工学創始期の事情の反映とみられる。ついでに日本語の土木という言葉の起源であるが、唐書の百官志という書物および源平盛衰記の24巻に、現在使われている意味での土木という文字が出てることまで解ったが、この先は不明である。

色々と廻り道をしたが、私は産業革命の頃の担い手は、学問をつくる人達ではなく、それを応用し実社会に役立てた人達ではなかったか、ということが言いたかったのである。つぎに情報革命の本質を理解するためには、エレクトロニクス技術とくに電算機の現状を見る必要があるであろう。現在私共が使用している電算機を最初に設計したのは、イギリスの数学者チャールズ・バベイジだと言われている。産業革命が始まったばかりの1812年に、彼はThe Difference Engineを設計した。しかし、当時は蒸気船がやっと世に出たばかりであり、自動車も飛行機も無論なく、蒸気機関車が発明されたのが1820年であるから、電子機器は皆無と言ってもよい時代で、彼の機械は失敗に終わり、大山師だと非難されて、失意の内に世を去ったと言われている。電算機の実用化に成功したのは、第2次世界大戦の直後のことであるが、これ以後の電算機の進歩の過程は、10年を一区切りにした世代に分けて解説されるのが普通である。

1945年から1955年頃までの第一世代は、電算機の主要部分にリレーや真空管が使われており、演算速度も $m\ s$ （千分の一秒）程度であった。プログラムは機械語が中心で、後半にアセンブラーが使われ始めた時代である。第二世代（1955～1965年）はIBM 7090から始まり、真空管がトランジスターに代り、演算速度は $\mu s$ （百万分の一秒）程度と $1/1000$ に短縮された。しかし、IBM攻勢のために多くの企業が電算機から撤退した時代もある。ソフトウェアの面では、この時代の後半にFORTRAN, COBOL, ALGOL等の高級言語が出現し、各種の応用ソフトの開発が始まっている。第三世代（1965～1975年）もIBMによって口火が切られている。集積回路（IC；Integrated Circuits）を最初に採用した電算機はIBM 360であった。一辺が5mmより小さいシリコン板の上に数百のトランジスタを印刷したICは、演算速度をさらに $1/100$ すなわち $10\ n\ s$ （一億分の一秒）程度に短縮するとともに、製作コストを大幅に下げるに成功した。このICの実用化により、電算機業界は大きく変貌し、一部の研究者、技術者の道具であったミニコンピュータが大型電算機の市場に割込み、多数の利用者を持つようになった。この頃の代表的なミニコンピュータとしてはDEC社のPDP-8, HP社の2115A, DG社のNOVA等がある。我が国でもHITAC10, FACOM R等が発表されている。ソフトの面では、人工知能を研究するための言語LISPや大量のデータを処理するためのデータベース管理プログラム等が発表されている。また、構造化プログラミングがやかましく言われ出したのもこの時代の後半からのことである。以上は大型機を小型化、大衆化しようとする動きであるが、ICの出現は、逆に電卓がCPU（演算機構）を

持ち小型機を指向する動きにも刺激を与えた。世界で最初の電卓のためのマイクロ・プロセッサーは、1971年に発表されたIntel社のI 4 0 0 4であるが、これは我が国の電卓メーカー・ビジコンの依頼によるものである。当時のIntel社はマイクロ・プロセッサーの将来性についてあまり理解がなかったようで、I 4 0 0 4の開発にはビジコン社が派遣した嶋政利氏があざかりかかわったと言われている。I 4 0 0 4は4ビットを並列に処理するマイクロ・プロセッサーであるが、このあとでIntel社は8ビットのマイクロ・プロセッサーI 8 0 0 8、またこれとは独立にMotorola社が6 8 0 0、Intel社から分かれたZilog社がZ-80を発表している。このように8ビットのマイクロ・プロセッサーが大量にしかも安く出廻りだしたので、これを使ったマイクロ・コンピュータを作る会社が現われるし、ラジオやテレビを作るのと同じ感覚で、趣味でマイクロ・コンピュータを作る人達も出るようになった。現在に続く最後の第四世代（1975～1985年）はL S I (Large Scale Integrate) の時代であり、IBM 3 7 0 やUNIVACのBanguardが発表されたが、影が薄く、世間の関心は超小型電算機に向けられるようになった。マイクロ・プロセッサーI 4 0 0 4が発表された1971年は不況の真っ直中であり、この年の8月には尼克ソン・ショック（金・ドル交換の中止や10%輸入課徴金などのドル防衛策を発表）、1973年には第一次オイル・ショックと続き、世界は大混乱におちいりBig Project、Big Computer Systemは一頓挫をきたした。そして一部では「あらゆる科学技術は1960年代で終わった」とまでささやかれていたが、その内でIC技術だけは、その需要を着実に伸ばしている。ICに含まれるトランジスターの数（集積度）も次々と倍加され、現在はL S I の時代であるが、次の第五世代はVLSI(Very Large Scale Integrate) の時代になるであろうと言われている。このようなICの進歩に伴ない、超小型電算機も年々新機種が発表され応接に違が無い。IC技術の応用は電算機に限るものではない。工学の殆んどあらゆる分野で利用され、情報革命の担い手であるかのように見える。産業革命のときの蒸気エンジンのように、情報革命の推進役であるかも知れない。しかし、これが人間社会にどのような貢献をするのか、予測のしようがない。これを知るには更に10年、20年の歳月が必要であろう。

以上数々述べてきたが、現在情報革命が進行中であることは事実であろう。しかし、その渦中にある我々には内容を正確に把握することは困難である。歴史のみがこれをなし得ると判断し、昔話の中から皆様に個々に将来を予測して頂こうと考えながら筆を進めてきた。

さて、(株)システムエンジニアリングは、この社会の情勢を先取りし、情報産業に進出すべく日夜努力をしてい

る。現在は、過去のポテンシャルを生かし、応用ソフトの開発に重点をおいているが、これだけで終るつもりはない。ただし、応用ソフトも、これに対する世間の要求が年と共に変わっているので、この要求に対応する姿勢が必要である。応用ソフトは、昔から技術計算と事務計算に大別されてきた。また、最近はこれらの他に図化システム、人工知能等が加わったように思われる。以下これらに対して、私の意見を述べる。皆様の業務の参考にして頂きたい。

まず技術計算であるが、ここでは計算法（アルゴリズム）が最も大切である。所要メモリーが少なく、計算速度の速いアルゴリズムを考案し、それを用いるべきである。最近では、電算機のメモリーは非常に安く、演算速度は非常に速くなっているので、アルゴリズムに注意する人が少なくなっている。しかし、如何に大きくまた速くしようとも、電算機のメモリも、演算速度も有限であり、無限ではない。したがって、計算内容の大型化が進めば、いずれはメモリーや計算速度が問題になる時点がある。多少の注意でこの時点を遅らせることができるとならば、そのアルゴリズムを採用すべきではなかろうか。昔の電算機は絵を描くことができなかつた。したがってアルゴリズムだけに注意すればよく、良いアルゴリズム（計算法）を用いているプログラムが良いプログラムであると考えられていた。電算機が絵を描くようになると、これだけではもの足りず、入出力の図化の問題が出てきた。人間はパターン認識が得意な動物である。数字の集まりを見せられても、それを絵にしてみない限り、その数字の集まりが持っている意味を理解することは困難である。このことは文字や文章についても言えることである。文字や文章は長い時間をかけた教育・訓練によって得られた知識であって、本能的に受けつける絵とは根本的に異っている。同じ文章を見ても、人によってその内容の理解のしかたが異っていることは良く知られた事実である。したがって、データの電算機への入力や計算結果の出力は、できる限り絵にすべきであり、現在では、これが旨くできているプログラムほど良いプログラムであるとの評価を得ているようである。解説書にも同じことが言える。下手な文章を長々と書くよりも、絵を1枚描く方がよほど解り易い。できれば、解説書なしで動かせるプログラムを作ることが理想である。私はよく「ゲームの心」という言葉を口にするが、電算機で動くゲームにはほとんど解説書がないのに、それでも皆は間違いなくゲームを楽しんでいる。このゲームのソフトの作り方を学べということである。技術計算のプログラムには今一つ注文がある。それは構造化プログラミングに徹せよ、ということである。応用ソフト、特に自動設計等のプログラムでは、中味を変えないで長い間使用するということ

とは稀である。仕様書の改訂、技術革新などで内容を変えたり、新しいルーチンを追加したりすることがしばしばある。このためには、プログラムは読み易く、直し易いものでなければならぬ。プログラムは電算機に計算の順序や方法を知らせる文章であり論文である。これを、章、節、項に分けて、見出しをつけて書くようすれば、人間にも読み易く、解り易いプログラムになるであろう。このようなプログラムの作り方を構造化プログラミングとよんでいる。

次は事務計算であるが、これは技術計算と異なりデータが財産である。人事データ、経理データ、材料・部品データ、顧客データ等各種のデータが元帳の形で保管され、これを検索したり、更新したり、集計を取ったりすることが事務の仕事の大半を占めている。したがって、事務の計算を電算化するためには、上記の各種データをどのような形で電算機に格納するかという事が一番大きな問題である。このために、データベースとそれを管理するプログラムが開発されている。例えばUNIVACのマッパーやマイクロレポがこれにあたる。これらを使ってデータベースをしっかりと作りあげれば、これを処理するプログラムは、必要な都度作って、いらなくなれば捨てても惜しくない位に簡単なものですむと言われている。事務には多数の人が関係し、その処理の方法は時世に合ふよう、毎年のように改良が加えられている。事務処理を定式化し、長期に亘ってそれを変えないような方式を取ろうとすると、動脈硬化を起こし事務が旨く流れなくなる。事務は生き物であると言われる所以である。事務処理のための応用ソフトは、色々なものが市販されているが、その中で最も良く売れているのがデータベースと統計処理のプログラムであるという報告もある。人事、経理、財務等の処理方法は各社各様であるから、これらの標準ソフトを作っても、変更なしにそれが使える会社は非常に少ないようである。データベースが完成し、多数のデータが蓄積されると、それを統計的に処理してみたいと考えるのは人情であろう。またこの処理の結果からトップの経営管理のための資料が得られるはずである。データベースを中心にすえる応用ソフトは事務計算ばかりではない。保守点検システム、測量システム、積算システム等もこのカテゴリーに入る。なお、この種のシステムを作るときには、まず要求仕様を作る事をお勧めする。これは、技術計算についても言える事であるが、応用ソフトを作るに先立って、どのようなデータを使って、どのような処理をし、結果をどのようにまとめるかといったことを文章や絵にして、関係者と十分討議する必要がある。このときに作られる資料が要求仕様でありその作り方にはいくつかの参考書がある。

最後に図化システムと人工知能について私の所見を述

べておく。まず図化システムであるが、点と線を使って絵を描くシステムには限界があるように思える。自動製図までは何とかなりそうであるが、ランドサット情報や動画を使うシステムでは別の手法を考える必要がある。電算機はパターン認識に弱い。パターン認識に強い人間が、これに弱い電算機のみを使って図化システムを作ろうとする所に無理があるのでなかろうか。ビデオテープやファクシミリと一体になった電算機システム、或いはビデオディスクの応用等が考えられる。ソフト的には次の人工知能にたよることも考えてみる必要がある。

1958年に人工知能を研究するための言語LISP(List Processor)が発表されて以来、大学を中心とした人工知能の研究が進められている。これはその名前の通り、リストを処理するための関数を寄せ集めたような言語でかなり使いにくい。その上各大学で異なったバージョンが動いており、標準形がないのも不都合である。最近はProlog, Small talkといった改良版も出ているが、まだLISPに対する信奉が根づよいようである。初期の研究の対象は、自然言語（日本語と英語の翻訳）、幾何学の定理の証明、数式による演算（微分・積分など）でありそれなりの成果が上がっているが、実用になるには至っていない。近年は、ロボット言語、図化を標準にした自己増殖形の言語Forth,CBE(Computer Based Education)のための言語Logo等の発表があるが、まだ研究の域を出ていない。ただLogoだけは小学校の低学年に使ってみて良い結果が得られたという報告が多く出ている。このような状況下で、医療診断や事故診断のためのエキスパート・システムが発表され、世の中が騒然としている。これはif(条件式) then (結論)といった形の知識ベース（無論これだけではない）を推論エンジンと呼ばれるソフトで検索し、結論を導くものである。私はこれを自動設計に利用できるのではないかと考えている。1965～70年頃にかけて、米国の土木学会の論文集の中で、自動設計のためのロジックとして盛んに取り上げられたものに、ディシジョンテーブルを用いる方法があった。この考え方方が上記のエキスパート・システムによく似ている気がしてならない。腰を据えて研究してみる課題ではないだろうか。