

JOURNAL OF THE INSTITUTE FOR ADVANCED SPACE ACTIVITIES

# 宇宙先端

宇宙先端活動研究会誌

VOL. I NO. I MAY 1985

IN THIS ISSUE,

KEY NOTE ADDRESS.....S. SONOYAMA .....	1
FOR THE GROWTH OF THE LIMITS.....T. IWATA .....	4

## 宇宙先端活動研究会の発足に当たって

世話人代表 園山 重道

かねてから、『100年シナリオ』という言葉を出したり物に書いたりして来たが、その発想は、かつて、プリンストン大学のオニール教授（最近、企業家に転身したと聞くが）が示したスペース・コロニー計画に感銘を受けたところにさかのぼる。このスペース・コロニー計画の話聞いたのは、十数年前、大林辰蔵教授（宇宙科学研究所）からであったが、その後、昭和54年頃、私が科学技術庁の研究調整局長をしていた時に計画して、オニール教授を宇宙開発委員会のゲストとして日本に招待し、講演等をしてもらったことがある。

オニール教授の来日が実現した時には、既に私は計画局長に転じていたので、余り長時間、接する機会はなかったが、パーティで会った短い時間に受けた印象は、意外に若々しいということであり、失礼ながら、スペース・コロニー計画というのが内包している、エンジニアリング問題以外のさまざまな哲学的、宗教的、生物学的あるいは人間学的問題等については、特に深く考える人ではないなという印象であった。蛇足ながら、このことはオニール教授がスペース・コロニー論で果たした見事な業績を、いささかも損なうものでないことは当然である。その頃NASAがタスク・フォースを作って、スペース・コロニーのフィージビリティ・スタディをしたが、その結果、相当大規模なコロニーを実現するためには、リードタイムが80年かかるというのが一つの結論であったと記憶している。

その後、私なりにスペース・コロニー、あるいは形の如何を問わず、人類が本格的に大量に宇宙空間（天体を含む）に展開して行くことの可能性を、いわば人間学的に考えて見た。その結果、一つの結論として得たことは、人類という動物は、白黒、黄と雑多な人種をかかえ、これらが国境線を引いて多くの国をつくり、互いに競争したり協力したりしているが、いかに自然科学、人文科学が発達しても、人類

は、地球上でお互いに自分の領域（単に地理的なものだけではない）の中で安住し永遠に豊かで平和な状態を作り出せる程、英知に満ちた動物だとは思えないということである。

このことから導き出されることは、人類という動物は、いずれ地球社会が狭ければ地球外に展開するということによってのみその活力を維持することができる、ということであり、さもなければ、何らかの形での相互殺戮によって滅びるか、または極端な管理コントロールの社会の中で、やはり活力を失い滅びて行く、かであろう。もちろん、エントロピー増大説による終末宇宙を考えるまでもなく、人類の永遠の繁栄を夢見ることには無駄であり、然るべき時期に地球を、猿か、ゴキブリに譲って、人類は消え去るのが自然の摂理に従うことである、という説もあろう。然し人類発祥から今日までの努力によって、他の動物にはできなかった科学技術を育て既に宇宙ステーションという、宇宙空間への展開の第一歩を踏み出すまでの力を人類に与えた自然の摂理を考えれば、ここで宇宙への本格的展開を努力することが人類にとって最も素直な行動ではなからうか。

然しながら、もしこのような考え方が正しいとしても、前述のように、英知に満ちた動物ではない人類が、80年のリードタイムを考えて各国GNPの何%かを拠出し合い、協力して壮大なスペース・コロニー計画を推進できるという可能性もありそうにない。

然らば、何が必要か、あるいは何ができるのかということになるが、人類の活力の源泉は、とりもなおさず、人類を神の英知から遠ざけている闘争本能、競争心である。たとえば、米国が今、宇宙ステーション計画を推進しているが、その政策の基本理念の中心は、21世紀の宇宙活動においても、米国のリーダーシップを確保するということであり、つまり、国際競争に勝つことを政策の基本として打ち出している。このように、その時々、国、機関、企業、個人の、名誉、利益、縄張り等をめぐってうずまく闘争心、競争心が、宇宙活動に相当程度集中すれば、人類は本格的な宇宙展開に向って進むであろう。

『100年シナリオ』と言っているのは、スペース・コロニー建設100年計画という意味ではない。上記のような、宇宙活動をめぐっての競争心の渦が、どのように巻き上げて行くかの長期予測である。古今を問わず、できる限り正確かつ長期

の予測を持った者が勝つのが人類という競争社会での鉄則である。しかも今日ではその予測を持つことが、人類の中で未だほんの一握りしか居ない宇宙関係者の先達的任務ということもできよう。

このような意味からも、今日、宇宙先端活動研究会が発足したことは、まことによろこばしい。かつて、1920年代、欧州のヘルマン・オーベルトを中心とする宇宙旅行協会に18歳で参加したフォン・ブラウンが、V2からアポロ計画までの中心人物となった例がある。当研究会に若い人々が多数参加し、将来の宇宙展開時代を拓いてくれることを心から切望してやまない。

昭和60年5月15日

(宇宙開発事業団副理事長)

# 限界の成長のために

—天を突き抜く案—

岩田 勉

序： 成長の限界の果てに

- 1 . 限界の成長
- 2 . 目前の利
- 3 . 運賃
- 4 . 胡椒
- 5 . 自己増殖機械
- 6 . 完全隔離空間
- 7 . インフラストラクチュア
- 8 . 政府の役割
- 9 . 日本の進む道

## 序： 成長の限界の果てに

健康な成長力を持つ巨大な集団を、拡大しない限界の中に閉じ込め続けると、何が起るか。遂には至る所で零和ゲームが発生する。ある者の持ち分が増える分だけ、他の者の持ち分が減らねばならない。相互の対立が激化する。これを避けるためには何らかの統制によって競争を抑圧することが必要となる。短期的にはそれは成功するであろう。しかし、永遠に成功し続けることはできない。一度でも失敗すれば再び繁栄を取り戻すことは不可能であるかもしれない。人類は早晚、滅亡する運命にあるのであろうか。

自然界においては、定常状態を維持する動的過程は、ほとんど実在しない。宇宙全体が一つの爆発過程である。加速的成長を続けて今日に至った人類文明が安定な定常状態を長期に亘って維持することは相当に困難なことではないであろうか。

人口爆発については、緊急の問題ではあるが、先進国においてその抑制に成功しているので、楽観が可能と見る人も多い。エネルギー、食糧その他の物資の供給についても需給調整が可能と考えることはできる。しかし先進国においても、不足が深刻化するばかりであるような資源もある。人口は増えず、土地も増えない。国の数は、勿論、増えない。社会の安定装置は完璧なものとなり、若い人々が社会に影響力を及ぼす機会は極めて限られることとなる。従って、このようなものによって限定されてしまうものは、その供給を増加させる術がない。革命を起して、国家を奪取することは不可能であり、まして他国を侵略すること等、狂気の幻想に過ぎない。さらに小さな個人の人生においても、我々の親達が追い得た夢を、我々は失いつつある。例えば、大都会の中心に大きな家を所有することは、つい数十年前の人々には、勤勉でありさえすれば確実に可能なことであった。ところが今から大人になる人々にとっては、親がそれを遺してくれないかぎり、ほとんど不可能となろう。同じ様に、多数の人々を監督する地位を獲得することは、つい最近までは学歴を取得することによってほぼ確実に得られたのであるが、官庁、企業組織の増大があり得なくなった今日では、学歴の効用もまた虚しいものとなりつつある。

健全な生活意欲のある人間にとって、限定された資源への欲求は増大するばかりとなろう。意欲ある者を抑圧しない限り、激しい競争が起る。増加しない資源を争った場合競争に勝つ者が現れれば、必ず負ける者が出現する。過去の時代であれば敗者は死に絶

えたであろう。しかし民主主義の現代においては、敗れた者はその政治的な権利を総動員して、資源の再配分を要求する。勝者達は、奪い返されまいとして、その資源を隠すことに努めるであろう。このゲームは、結局は勝者に不利である。勝者であり続けるためには、他者の権利を無視することはできないからである。小集団であろうと、国であろうと、全地球であろうと、すべての競争において一人一票の原理が終局を決定する。資源が平等に分配されると同時に資源の価値は消滅し、全員が敗者となることによってゲームは終了する。こうして人類は努力の対象を失って行く。

これはユートピアであろうか。そうかも知れない。短期的には幸福な社会が実現するであろう。しかし、全世界が今日のように繋り合ったまま、単一化して行く巨大な平等社会を永久に維持できるものであろうか。人々の関心は身の回りだけの感覚に退行し、架空の感情を楽しむようになるのであろうか。

もしそうでないとなれば、我々のすぐ次の世代はまた新たな競争の対象を創り出してしまふであろう。しかし、それもまた、すぐに失われるであろう。沈みゆく船から船へ次々と飛び移っていくような世界である。次の船が見つからなくなったときが、世界の最期かも知れない。

## 1. 限界の成長

10の30乗年後には、宇宙の物質はすべて崩壊してしまうといわれているから、どんなに努力しても、我々の子孫が永遠に繁栄し続けることはできない。だから、子孫のことなど考えても無駄だ、と思う人もいるかも知れないが、大多数の人は、できる限り子や孫やそのまた孫達が幸福に生き延びることを願うであろう。しかし、これについては、今後の数百年程度を考えても全く安心はできない。今日の根本的な問題は成長の限界という概念に集約されている。成長の限界にあって我々はむづかしい平衡状態を保ち続けることを強いられている。我々の経験的知識によれば、この世において動的過程の平衡状態は、自然的には勿論のこと人為的にでも、長くは続かない、すなわち、諸行無常である。人類発生以来、常に指数関数的な成長を続けた物質文明が20世紀末の今

日に至って遂に空間的限界に達しつつある。我々は地球に閉じ込められていることを痛感せざるを得ない。この狭い空間のなかで、我々は一体、平衡状態をうまく創り出し、かつそれを長期に亘って保つことができるのか。この間に答えられる者はいない。うまく行くかも知れない。しかし、うまく行かないときは人類の文明は滅亡するであろう。

限界を成長させることはできないであろうか。

地球を物理的に大きくすることはできない。しかし、海を埋め立てて陸を増やすことはできる。海中に住むこともできる。砂漠を緑化することは、さらに容易い。地球を改造することは可能である。次の数世紀に亘り、我々の子孫の活動は、多分、それに向けられるであろう。

ところが、ここにも、問題が残る。地球が物質的に閉じており、かつ連結しているという事実は、人為的な活動を強く制限してしまう。どの領域にも必ず隣接した領域があり、そこには被害者となり得る隣人がいる。試行錯誤は許されがたいこととなろう。地球の改造は慎重に、僅かずつ行なわれるしかあるまい。限界は成長するとしても、その速度は、過去に比べて、余りにも遅いであろう。

限界を地球の外にまで広げることは、できないであろうか。地球の外側にも物質がないわけではない。月があり、大小の惑星があり、またガスもある。ただ、地球の引力ポテンシャルが交通を妨げている。我々はバケツの中の蛙のように外の世界を利用できない。バケツの縁をやっと乗り越えたとしても、戻ることも容易ではない。まして毎日、出たり入ったりして生活することは、ちょっと無理であろう。それでは、いっそバケツの外に住み続けるわけにはいかないであろうか。

地球の外に、人間の生活の拠点を作れるであろうか。我々の技術進歩は真空、無重力を既に機械にとっての過酷環境とみなす必要がない段階に至っている。地球の外側に設備を建設することは、本質的には経済の問題である。数人が国家的計画により地球の外に駐留する宇宙基地は、政府の政策として実現しつつある。しかし、生活の拠点となるためには、消費を上回る拡大再生産の能力が必要である。これを備えるためには、相当の初期投資が必要となる。地球の引力ポテンシャルのおかげで、この初期投資は巨大なものとならざるを得ない。

例えば、来世紀の初めから世界の総生産の 0.3%程度が毎年、宇宙に投入され続けられ



ば、来世紀の終り頃には、地球の外に第二の地球環境を準備することが可能となろう。この規模の投資を前提とすれば、人類の限界が成長するシナリオは、技術的には、かなり正確に描くことができる。

この巨大な投資の実現性を後廻しにして、これが実現した後の世界を、空想して見よう。来世紀の百年に亙る投資により地球外世界に経済が発生している。月あるいは人工天体において、物資とエネルギーの生産設備が運転されている。エネルギーは太陽放射と原子力が用いられる。宇宙空間の生産現場では、人工頭脳が活用され、生物工学の主要な応用分野となる。生産のための実験に従事する科学者と技術者が初期の宇宙住民となろう。その数は数千人に達する。街ができる。その人口は次の世代には数万人の規模に達しさらに急速に増え続けるであろう。地球からの輸入は多くない。輸出は、ある推測によれば、バイオテクノロジーやロボット技術の産物が多いであろう。工業所有権、ソフトウェア著作権あるいは新生物の卵などは輸出に際して輸送経費がいらぬ。また観光収入は大きな部分を占めよう。

この空想の実現性は、資本蓄積の経済が成り立つかどうかにある。経済は目前の利のみを追う。雲の彼方に関心を向けるはずがない。しかしだからこそ目前の利によって加速され続けた現代の経済は、結果として遂に天にとどく程の爆発的成長を遂げたのである。成長が人類の宿命であれば、我々はいつか雲を突き抜き、天をも突き抜くしかあるまい。

## 2. 目前の利

現在、宇宙の商業利用として成立しているものは通信の他には、官需のみと言ってよい。しかし近い将来、大規模な商業が成り立つと言われているものには、この他に太陽発電衛星、宇宙工場、宇宙観光、核廃棄物宇宙投棄などがある。また火星探検は、宇宙基地に続くNASAの大目標と言われており、米国大統領の決断があれば、今世紀中にも実現すると予想される。しかし、これが、そのまま拡大して恒久的事業として定着する可能性は考えにくい。

宇宙通信は今後も着実に需要を増すものと思われるが、これに地球観測を合わせたとしても、これら産業の規模は、21世紀に入っても高々、現在の十倍程度であろう。そ

の後、成長は緩慢になるものと予想される。

太陽発電衛星は、米国エネルギー省により詳細に検討され評価された。石油に代わるエネルギー生産装置として維持費が低いことなどいくつかの利点があるが、技術的に不確定要素が多い上に石炭や原子力に比べ特に経済性において優れることがないため、開発開始の緊急性が認められなかった。しかし、その投資規模が実現すればスペースコロニーの建設のための巨大輸送システム、月面採鉱施設等、インフラストラクチャが蓄積される絶好の機会となる。この観点から米国のスペースコロニー推進論者達は、この巨大プロジェクトの実現の道を熱心に探究している。宇宙基地で技術要素の実証を進めることにより、計画の実現性が増すことを待つ段階にある。

宇宙工場は、現在の宇宙基地の直接の延長上にある。現在、通信衛星に続いて商業化を期待されている構想である。その可能性は新工程の発見とそれが創出する市場の大きさに依存している。多くの可能性が提案されており、それぞれが宇宙基地において実証可能であるので比較的小規模でも採算性のあるものが数多く出現すれば全体では大きな商業化が成り立つ。特に無重力を利用する蛋白質の分析と結晶成長は、医薬品製造や生命工学の鍵となる道具を提供すると予想される。

宇宙観光は地球から衛星軌道への運賃が現在に比べて超低価格となり得るか否かにより実現性が決定される。一方、運賃は輸送需要の量によって支配される。推算によれば宇宙観光のみの輸送需要では大規模な商業化の成立は不可能である。他に巨大な輸送需要があるときはそれにより低廉な運賃が成立するので当然、宇宙観光は成り立つ。

核廃棄物の処分コストが現在のロケット運賃を上廻る程、原子力発電の量が増大することは予想されにくい。運賃が十分低廉となれば経済的には成り立つ。しかし、輸送機の故障による災害、上層大気オゾンの破壊等を心配する人々の反対は強いであろう。

以上のように、現在、考えられている宇宙空間の商業利用の構想は、いずれも、地球と宇宙との間の輸送コストが相当低くなることを、それが経済的に成立するための必要条件としている。

### 3. 運賃

今後、21世紀にかけての宇宙商業化時代において、その発展を予測するのに最も重

要なパラメーターは、地球から宇宙空間への輸送コストである。すなわち、宇宙空間が商業的価値を持つためには、そこへ到達するためのコストが十分に低くなくてはならない。

現在の技術の延長によって、輸送手段のコスト低減をはかろうとすると、二つの方向に向かうことが考えられる。

一つは大型化の方向である。すなわち、スケールメリットによる重量当りコストの低減を目指すものである。経験則によれば、ロケットの輸送重量を増強するに要する開発費の増分は、15～20%である。したがって、重量当りの開発費を現在の十分の一にするには、ロケットの大きさを現在のものの、二百倍程度にすればよい計算となる。例えば、スペースシャトルを二百倍に大型化できるとすれば、低高度軌道への打ち上げ重量1kg当りの開発費は、現在の貨幣価値で、一千万円程度となる。これが千回再使用可能とすれば、ペイロード1kgに割り掛ける開発費の償却コストは一万円である。また運航経費も開発費に比例して増大するものであるから、重量当りの運航費はスケールメリットにより同様に低減する。

もう一つの方向は低コスト設計の採用と低コスト要素技術の積み上げである。現在のスペースシャトルの設計はコストミニマムから程遠いと言われているから、さらに低コスト設計を施せば、同じ大きさでも現在の半分になると言うコスト推定もなりたつ。具体的には、単段化、無人化、機体形状の改良、エンジンの高性能化など提案されている低コスト設計、低コスト要素技術は多い。

さらに運航費を構成する各コスト要素もスケールメリットの他に技術改良による低減の可能性は大きい。燃料となる液体水素、液化炭化水素、液体酸素などの価格は、生産技術の改良と、輸送、貯蔵システムの合理化により相当のコスト低減が可能である。機体表面の耐熱消耗材のコストは現在運航コストの相当部分を占めているが、これを低コスト材料で置き換えること、あるいはその生産工程を改良することはいずれも困難ではない。打ち上げ準備期間を大幅に短縮することも技術的に可能であり、これが人件費を低減する。これらの改良を積み上げれば、現在の規模のままでも運航費は半分以下に低減し得る。

上の二つの方向のコスト低減効果を推算すれば、将来の運賃の可能性を予測することができる。

一機当りの打ち上げ重量を現在のシャトルの百倍、すなわち低高度軌道に三千トンにすることを考える。打上げサイクルを大幅に短縮して年間百回打ち上げることとし、十年間で定額償却すると仮定すれば、償却コスト 一万円/kg、運航コスト 二万円/kg、合計 三万円/kgの運賃が算定される。

一回三千トンが百回で一機分の年間輸送量である。これだけで年間九兆円の輸送コストとなる。これは、現在の米国の年間宇宙開発費の三倍規模である。

NASAも同様の考え方で輸送需要の推定を試みている。宇宙基地の発展により宇宙工場が商業的に運営される場合、2000年以降、現在の十倍、すなわち年間千トンを超えて輸送需要があるとしている。さらに太陽発電衛星が商業的に成立するとすれば、2030年頃の打ち上げ需要は、年間30万トンに達すると予想している。NASAの推算によれば、このときの運賃は200ドル/kgである。

以上の推算は、現在のロケット技術に基づいて計算されている。例えば、エンジンは液体水素、又は液化炭化水素を燃料とし、液体酸素を酸化剤としターボポンプにより供給するシステムを前提としている。これを原子力エンジン等の新概念のエンジン、あるいは、さらに革新的な電磁砲、飛行鉄道等の構想までを考慮すれば、さらに低コストの運賃があり得るかも知れないが、現在、これらを仮定することは空想の域を出ない。

ここまでの話で懐疑論者は二つの大きな疑問を抱く。第一に、シャトルの百倍、すなわち全備重量で二十万トンものロケットが技術的に可能なのか。第二に一機年間九兆円もの運賃を費やして運ぶ程の商品が存在し得るのか。

先の疑問への答は、いわゆるHLLV (Heavy Lift Launch Vehicle) の概念研究として、いくつかの報告が出ている。例えば、水上発射、水上回収システム等が提案されている。

需要さえあれば、巨大なロケットは実現するであろう。したがって、この問題は、鶏-卵の関係を脱する。鍵は需要にある。

#### 4 . 胡椒

15世紀当時のOPECが、胡椒の値段を勝手につり上げている頃、ヨーロッパ人達は胡椒の代替品を開発したり、消費量を削減しようと努力したのであるが、恐らく、

消費者数の急速な増大には追いつかなかったのであろう。インドからの陸上輸送のコストは膨大であったろうし、イタリアの商人達は流通機構の簡素化を許さなかった。

先年の石油価格の高騰が資源枯渇によってではなく、OPECの価格統制によって作為的に発生したものと判明した現在、太陽発電衛星への情熱も、15世紀の胡椒を求め航海熱のように世界変革の発火点になりそうもない。

エンリケ航海王がアフリカ西海岸の航路を調査し始めてから、ヴァスコダガマのインド到達までに80年かかっている。この80年間に、船、コンパス等のハードウェアに関して大発明がなされたわけではなく、海図の蓄積と国家投資の継続の結果、遂にインドに到達したのである。航路発見と同時に貿易が大発展したことは、既に商業成立のためのインフラストラクチュアは完全に整っていたことを示している。商業としてのインド航海は技術的にも、経済的にも、実現可能であったにもかかわらず、それは商人達の投資意欲によっては開発されなかった。瓦版はこれをシステム工学の欠如と書いたかもしれない。システム工学の真髄は目的追求の徹底にある。航路の完成は、ポルトガル専制君主の征服欲が80年間に互り持続したことによってなされた。

そのポルトガル王はコロンブスの提案を拒否している。スペインの女王が代って西方航海のために出資している。新大陸の開発が成功した原因を分析すれば、インドの場合と異なり、むしろ、シーズがニーズを生み出している面が強い。本気でインド貿易を目指していたのは、コロンブス本人だけであったと言われる。たまたま、インカとアステカの金銀があったから本格的な征服が開始されたのである。

コロンブスが今日、大偉人に列せられるのは、彼の百年後に狂信的ピューリタンが新大陸東岸に入植したからであろう。彼等が史上稀な程、勤勉な経済人であったからである。帆船と羅針盤が、どんなに優秀であったとしても、それだけでアメリカが成立する訳ではない。専制君主の征服欲、冒険的商人の投機意欲、そして新世界に骨を埋めるピルグリムファーザーズが全部そろったところに、今日の合衆国の萌芽があると考えべきであろう。

珍奇な商品を求めた商業資本が、輸送船団を整え、寄港地に小さな交易都市を建設する。この後に続く産業資本が新世界での生産を開始する。新世界が経済圏として自立するまでに必要な巨大な初期投資は商業資本の交易利潤によって賄われる。大航海時代の商品は、胡椒と香料であり、新大陸においては、金銀であった。宇宙開発における胡椒

と香料は何であろうか。太陽発電衛星であるのか。宇宙工場群であるのか。あるいは火星の科学基地であろうか。それとも宇宙にはただ虚無の空間しかないのでしょうか。

宇宙基地の利用を計画するにあたって、NASAが最も期待をかけている構想は、宇宙空間で新薬を開発するというアイデアである。15世紀において、単位重量当りの価格が最も高い商品が金銀、宝石及び胡椒、香料であった。現代ではいくつかの医薬品であろう。2000年における宇宙製医薬品の売上高をNASAは年間6.5兆円と推算している。

胡椒・香料ギルドが16世紀末の英国では最大の成長業界であって、彼等が東印度会社の設立者であったことから類推すれば、20世紀末において最大の成長産業の一つになろうと目される製薬業界が宇宙に進出するという図式は説得力がある。宇宙で癌の特効薬を作るというスローガンは、わかりやすい。だが、そもそも15世紀の胡椒・香料は医薬品のようなものだったのであろうか。

衛生知識の稚拙な当時は、食中毒の予防薬として胡椒の薬効が信じられていたと言われている。しかし当時としても、証明できない薬効の噂だけでは二百年もの長期間に互って高価格を維持することはできなかったであろう。むしろ当時のヨーロッパの社会風土が、遠い別世界からの稀少な嗜好品を求めていたのではないであろうか。実際、胡椒と香料に続いて、タバコ、紅茶、コーヒー等が植民地の主要な製品となる。世界の果ての幻想的な嗜好品を購入することが、進取の気性に富んだ近世の市民層の欲求に合致したと考えることができる。

自らの生産力に自信を持ち、進歩と向上を信じる者が、外の世界を引き寄せようという欲求を持つのは当然である。宇宙空間でしか生産できない工業製品、あるいは‘農業製品’が大衆的な需要を掘り起し、宇宙でしか作れないが故に需要を拡大することはあり得ないことではない。

人々の欲求は変化して行く。ある時代の価値の根底には、その時代の信仰が隠れている。現代に生きる我々は進歩と成長に疲れ、便宜と安楽とが全ての人間にとって究極の欲望であると信じている。しかし、我々の子や孫の世代は、我々の作った快適性と安全性を完成させるだけの役割に満足するであろうか。世界が愈々完結しつつある様に見える現代、全く新しい進歩と向上の意欲が生まれてくる可能性は、かえって高くなっているのではないであろうか。

## 5 . 自己増殖機械

電子計算機の発案者と言われるフォン・ノイマンは晩年、自己増殖機械の概念を研究していたと伝えられる。その内容は現在、詳しくは残っていないが、物理的な部品からそのような機械を実際に構成して見せようとする試みであったと言われている。彼は、自動機械が自己設計テープを備えていれば増殖機構が成り立つことを理論的に示した。生物は実在する自己増殖機械である。興味深いことには、後年ワトソンとクリックが発見した生物の増殖機構は、フォン・ノイマンの図式と一致している。では、核酸と蛋白質を用いなくても、生物、あるいは生命機能を備えた物質構造、は在り得るのか。この種の問題は否定することがむずかしい。飛行する機械が可能なことを証明するには、唯一つの実例を製造して示せばよいが、不可能なことを証明するには多くの仮定を必要とする。例えば、『現在の技術では不可能』などとなる。

蛋白質で構成される生物は水のない所では生存できない。しかし、他の物質で補強された蛋白質で構成される自己増殖機械は水も空気もない環境でも増殖できるかも知れない。実際、宇宙服を着た人間が火星の上で子を産んで、子供用宇宙服を造って着せればよい。冗談ではなく、植物に宇宙服を着せたようなシステムが火星での最初の自己増殖機械となる可能性は高い。

20世紀に生きる我々は、地球上の多くの森林を蚕食し尽くした世代として歴史に残るであろうと言われている。その償いとして来世紀には、宇宙に植林しようと言う運動が起るかも知れない。

分子レベルで設計される擬似生体の実現するには、次の世代を待たねばならないであろうが、現在のマイクロエレクトロニクス・材料技術の延長上でも、自身を複製するような機械は実現可能である。汎用の自動機械をもってロボットと言うこととすれば、採鉱ロボット、加工ロボット、組立ロボット、輸送ロボット、発電ロボット等を組み合わせればそれぞれのロボットを次々と製造するシステムを構成することができる。実際、我国の最先端のロボット工場ではロボットがロボットの部品を製造している。勿論そこでは人間が製造計画を与え材料を供給している訳であるが、近い将来必要となれば、人間の関与をさらに少なくし、熱化学処理の機能を持つロボットを加えて、採鉱、材料製

造までも一貫して行えるシステムを構成することは技術的に可能である。そのシステムに人工知能を与え、人間の指示がなくとも自らエネルギーと材料を摂取し成長を続けるように構成したとすれば、これは機能的には、生物と同等である。この擬似生物は、密閉した施設に隔離して飼育栽培しない限り、周辺の岩石、植物あるいは空気を蚕食しながら増殖するであろう。人々は、初めは好奇心から珍しがるかもしれないが、いずれ、このような危険で不気味な機械を製造することに反対するであろう。害虫や雑草を撲滅することが困難なように、一端、大気を食いつくし毒を拡散させるような自己増殖機械が増えてしまったならば、破壊しつくすことは不可能ということになる。

月面の物質は地球の火成岩に似ており揮発性元素に乏しい。従って有機化合物は作りにくい。金属、セラミックスの材料は豊富である。珪酸塩として酸素にも富んでいる。例えば、太陽発電装置や電動機等の材料として適した鉱物が多い。月の上でその物質を使って微細構造からなる自己増殖機械を製造すれば、地球に危険はない。植物をモデルとするような、太陽エネルギーを利用する非可動性の自動機械の概念が成り立ちやすいかもしれない。制御は内蔵計算機に人工知能のプログラムを記憶させて行なう。自己増殖はプログラムを製造されたシステム、すなわち`子供`の記憶装置の上に複写することによってなされる。

このような機械は永久にできないと考えるよりも、現時点の予想としては、ほぼ確実にできる、と考える方が現実的である。自動化の技術は勿論、分子原子を取り扱う技術の発展も、今や留る所を知らない。

もし必要と感じれば、来世紀中にも、科学者達は、このような機械を設計することとなろう。月や惑星の上でも、この機械は植物の様に繁殖するであろう。数世代の内に惑星の表面に機械の森が拡がっていく。勿論、目的がなければそのような不気味な研究は禁止されることとなろう。だが、人々は、すぐに目的を見つけてしまうかも知れない。

今世紀末に懸け生命工学を始めとする物質操作の技術開発へは、膨大な数の技術者が投入されることとなろう。彼等の技術的努力は、始めは、現在の市場へ売り込める商品の開発に集中されるであろうが、次第に高等生物に匹敵する複雑なシステムの開発能力を獲得しようとするようになる。一般の人々は不安を抱くであろう。この不気味な道具が、制御不可能となったとき、人々は地球上に逃げ場がないと感じるかも知れない。人々に嫌われながらも各国の政府は、その恐るべき潜在力を持った技術を手放すことがで



きない。誰もいない地球の外で研究を進めたら良い、と考える人が出るであろう。真空を飛行して、機械生物が地球を襲うことはあるまい。人間より利口な機械生物を創ってしまわない限りは。

## 6 . 完全隔離空間

地球重力のおかげで我々は宇宙空間から隔離されている。地球のものは互いに連結しており、地球のものでないものは広大な真空の彼方にある。物質の交流はない。通信衛星を別とすれば、我々の日常生活は、太陽からの放射以外、宇宙から殆ど何の影響も受けない。宇宙は虚無の空間である。惑星間輸送手段が如何に発達しても物質の輸送は高価なものにとどまる。電磁波による通信のみが潤沢な交流の手段である。しかし通信でさえも双方向の会話が可能であるのは月までである。例えば火星は最大3時間の通信到達時間を要する。会話は不可能であり、手紙の時代と同様の交流方法しかない。地球上には、これ程完全な隔離と虚無はあり得ない。

地球の上では、陸が繋がり、海が繋がり、空気が繋がっている。万人が共有する環境を安全に維持するためには、未知の試行は極力、避けねばならない。危険な技術開発は益々忌避されることとなろう。危険を予知し監視する技術と体制は益々完璧化するであろう。今日、恐怖の均衡と言われている核兵器も、元来、安全への願望を基底として存在するものであるから、何時かは、頑丈な安全装置の中に深く埋め込まれてしまうこととなろう。管理された平和のみが、21世紀の運命である。

そこでは、新しいものは嫌われると同時に憧れられる。すなわち環境の汚染や社会、経済の混乱を引き起こすことには強い不安を抱きながらも、人々は魅力的な商品の出現を期待する。生物学や高エネルギー工学の大規模な応用については、激しい反対が巻き起るであろうが、一方では、発展の好機を逃してはならない、あるいは、外国に遅れてはならない、と言う主張も説得力を持つこととなる。

結局は次のような結論に達するであろう。すなわち、危険な技術開発は、共同の空間である地球の上でなすべきではなく、完全に隔離された別の空間においてなすべきである、と。

生物学の製品の開発においては、危険な生物が外界に漏れないように隔離しなけれ

ばならない。また、あくまで新生物との共存が嫌いな人々がいる場合は、その新生物は隔離された環境で飼い続けられねばならない。自己増殖機械の開発に関しても同様の事態となろう。

核反応利用技術の開発には、放射能漏れや暴走反応を防ぐための厳重な隔離機構が必要である。大規模な高エネルギー技術は魅力的な技術であるが、環境への影響が心配されよう。

大発展の芽を擁する開発は、また大破壊の危険を擁している。むしろ、破壊の危険の中にこそ進歩があり、進歩の中にこそ存続があると言える。破壊に至る試行を行った者は滅び、何の試行も行なわない者もまた滅び、発展に成功した者だけ生き残って、その成果を普及する。過去の歴史は、その繰り返しによって、人類が発展したことを示している。しかし、遂に人類は地球に満ちてしまった。破壊に至る開発を行う者が滅びる時その隣人も共に滅びる。隣人達はそれを許さない。パンドラの箱は、ここではなく、余所の世界で開けて欲しい、と彼等は言うであろう。

地球の外は無限の完全隔離空間である。一日で到達できる距離が世界の大きさだとすれば、地球は一つの世界であり、この外側は別の世界である。そして別の世界を持つことこそ、人類の生存のために不可欠な条件ではないのであろうか。

## 7. インフラストラクチャ

宇宙空間に拡大再生産の機能を備えた経済圏が成立するためには、そのためのインフラストラクチャが整っている必要がある。地球上において、未開新地域の開発に必要なインフラストラクチャは、地域内外の運輸交通体系、通信制御系、食糧等生活物資の供給体系、生産設備、原料供給、製品販売網等である。宇宙空間に経済圏を作るに必要なインフラストラクチャは何であるかを考えてみよう。

最初に必要なものは、地球との運輸交通体系である。重力と大気存在のために、地球から物質を運び上げる時は、大きなエネルギーを要し、このため大きなコストを要する。しかし、宇宙空間の経済圏でほぼ自給自足の物質のリサイクルシステムを完成させられるとすれば、地上から運び上げる物質は、少量で済む。次の時代は、地上でも同様であろうが、大容量通信が交通量を大きく代替することとなろう。動植物は、適当な

設備を備えれば、宇宙空間で飼育栽培できるように改良できる。地球上よりも自由な改良が行われるであろう。従って農産物は地球から輸入する必要はない。鉱物は月、あるいは小惑星等から採取できる。この場合もエネルギーが潤沢であり、大気汚染の心配もないので生産効率は良い。水素は地球外では入手しにくいので当面は地球から運び上げるしかない。次の時代には宇宙空間の微量水素を採取する方法が開発されるであろう。エネルギーは太陽電池及び集熱鏡により太陽の放射エネルギーを変換して用いるので潤沢に消費できる。

宇宙ステーション及び月面のステーション間の交通は太陽電池、原子力あるいはエネルギーレーザーによる電気推進エンジン、又は原子炉熱エンジン、さらには非ジェット推進の飛行鉄道等が利用されるようになり、現在の化学ロケットよりも遙かに効率は高まる。

宇宙基地は商業的意義の他に月面開発の拠点として今後重要な役割を期待される。これら宇宙空間のインフラストラクチュアの内、輸送体系、宇宙基地に続いて発展の鍵となるものは、月面に建設される採鉱加工設備であろう。採鉱加工設備は、太陽エネルギーの大量集中とロボットの活用によって地上よりも生産速度が速いものとなろう。しかし初期の設備は小さく簡単なものであろうと推測される。最初は、最小限の設備の部品が地球から運び上げられる。これを組み立てて作られた設備は、ユーザーに要求される材料、部品を生産すると同時に、自分自身の保守、拡大のための、あるいは次の採鉱加工設備のための部品を製造し始める。このように、月面、あるいは小惑星において、プラントの拡大再生産が始まる。来世紀の半ば位までは、人間が重要な機能を果たすであろう。初めは宇宙飛行士によるプラントの直接運転が行なわれるであろうが、次の時代には地球からの遠隔操作と自動化の組み合わせが採用されることとなろう。人間と機械との混合の比率は地上の諸産業と同様に、経済性によって決定される。しかし、いずれは人工知能及び分子工学の発達によって、全自動の自己増殖系、すなわち機械生物が主流を占めるようになる。

このように宇宙空間での経済圏に必要なインフラストラクチュアは、来世紀の後半頃からは、主として機械生物によって拡大されるであろう。逆に地球からは危険な機械生物は閉め出され変化の少ない環境が保持されることとなろう。

地球の外側において機械生物が十分に増殖し、インフラストラクチュアの材料として

蓄えられたときに、人々は本格的に宇宙空間に移住することを考えるであろう。

## 8. 政府の役割

国民の安全と福祉の水準を維持することは、次の時代の政府にとっても重要な仕事ではあるが、それと同程度、あるいはそれ以上に重要とされるであろう仕事は、意欲ある人々に努力の対象を与え続けることである。地球の重力の壁を超えて、新世界を開くことは、各国政府の重要な責務となろう。

しかし、この開拓は通常の家投資を超えた巨額の初期投資を必要とする。何等かの手段によって、この初期投資がなされ、最小規模のインフラストラクチャが整えられた後では、収益が急速に経費を上回るようになり、民間活動が誘発され、地球外の経済は加速的な成長段階に入る。民間資本が独自で活動を開始する前に、少なくとも百兆円規模のインフラストラクチャが蓄積されなければならないと推算される。この額は全世界のGNPの三十分の一に相当する。各国が同一の割合で拠出したとしても我国の分担は十兆円になる。現在の我国の宇宙開発費を増減せず全部これに当てるとすれば、百年かかってしまう。

このように国際協力が最大限、うまく行ったとしても、政府出資を主体としてこれを賄うことは無理であろう。単純に民間に任せきっても巨大な投資は始まらない。政府のみでも不可能である。しかし、政府と民間の組合せによっては、このような巨大投資を成功させることが可能である。

NASAはスペースシャトル及び宇宙基地を、民間の実験に低料金で貸出し、宇宙で得たノウハウ、工業所有権は借主、すなわち実験を行なう企業に帰属させるという方針をとっている。これは実験の経済的成果が予測不可能に近い現在の段階では、企業を誘導する策として有効である。しかし、この方式では、比較的小さな試行は多く出るが大きな投資を必要とする大規模なインフラストラクチャの建設は計画されにくい。

超長期の巨大な資金サイクルを成り立たせるためには、別に特殊の機構が必要であろう。

16世紀末、ロンドンの胡椒商人達は、先進のスペイン、ポルトガル勢力を追って東インド諸島における商業拠点の確立を狙っていたが、遂にエリザベス一世の特許を得て

東印度会社を設立した。女王の特許は東洋貿易の一手独占を認めるものであった。この会社の成功により、出資者である胡椒商人達は世界一の富裕を享受したのである。

東印度会社の成功の原因は、第一に胡椒と香料の市場が急成長したことであるが、第二には、国家が新市場の独占を保証したことである。独占がなければ、東洋に拠点を築くに足る資本は集積されなかったであろう。英国の剰余資本にとって、東印度会社への参加を保留することは、東洋への権利を放棄することを意味した。

大規模な開発投資により、新市場が創設され、それが大きく成長して行く場合、独占により開発投資の權益が確保されることは、事業成立の必要条件となることがある。一方、独占に伴う多くの弊害が発生する。そのうち、事業の成長にとって最も致命的となり得ることは、独占企業内部の活力が停滞し易いことである。独占事業を認める際にはこれに対する方策が講じられなければならない。

例えば、三十年間の独占を認め、その後、事業体を分割し民間に売却するなどの方法が考えられる。実際、電信電話事業等はこの例であろう。この場合、独占事業体の設立時から、民間の株主を相当の割合に参加させ、その投資額に応じて計画及び人事に参加させる方法も考えられる。

このように国家が一事業に特権を与える理由は、それが全地球の運命に関わる事業であるからである。

## 9. 日本の進む道

大量生産の能力において、既に我国は欧米を追い超したかもしれない。しかし先端技術において、欧米は追い超されることを許さないであろう。二十一世紀の新産業の時代に、我国が優位を確保し続けることには懐疑的な見方も多い。しかし成長を止め幸福な生活を子孫の時代までも維持する道は、さらに険しい。

敗戦の廃墟から見事に復興し、僅か一世代の内に世界の頂点に至る経済的繁栄を極めた我国は、全地球的な成長の限界の時代に、国としての成長の限界を重ね合わせることとなった。その果てに待ち受ける困難な状況を、我国は、全地球の代表として真っ先に引き受けることとなってしまった。

いずれにせよ、戦後、爆発的な発展を遂げた我国は、今後、長い調整の時代に入って

行く。文化はより洗練されて行くであろう。若い人々は明朗で聡明になっていく。我々の世代が下を向いたまま働き続けて蓄積したインフラストラクチュアの上に立って次の世代は暫くの間、平和で幸福な生活をおくるであろう。しかし我々が今世紀、身につけた成長の意欲と能力、勤勉と向上心は全人類の財産ではないであろうか。これを成長の限界に突き当たって忘れ去り抑圧してしまうことは、人類にとっても日本の国にとっても次の世代あるいは次の次の世代の運命を危険な袋小路に追い込んでしまうことになりはしないであろうか。

成長の限界を感じた諸国民は過去の生き方によりどこを求めようとしている。しかし、退行に陥って行く先進諸国の中でも、成長の意欲を忘れない指導者層を持った国がないわけではない。特に、フロンティア開拓を国民精神の基礎に置く米国は、加速と減速を繰り返しながらも宇宙空間へのインフラストラクチュアを着々と蓄積して行くであろう。永遠に米国の鏡像を演じざるを得ないソ連もまた相応の投資を続けるであろう。このように欧米諸国が限界の成長のために地球を飛び出す道を模索している現在最も急速に限界に突き当たりつつある我国こそ、その伝統である勤勉と進取の気性に富んだ国民性を生かし先頭を切って世界を導く役割を果たすべきではないであろうか。

(宇宙先端活動研究会世話人)

#### 参考文献

- 1) Hirsch, F. ;Social Limits to Growth,Harvard University Press,1976
- 2) O'Neill,G.K. ;2081,Simon and Schuster,1981
- 3) 小田 稔 ; 2000~2020ADの宇宙利用(科学)の空想、ロケットニュース、No.213  
1983
- 4) 山中 龍夫 ;太陽エネルギーと宇宙開発技術、スペースサイエンス、産報出版、  
1984
- 5) 月その他の天体における国家活動を律する法律(月協定):例えば宇宙開発ハンドブック`82、経団連

本会は、現在、設立準備の段階にあります。正式の設立に先だて、創刊準備号として会誌を発行することとしました。当面は、会誌の発行により、議論の展開の方向を探り、会員及び支援者への呼びかけを進めることを考えています。

本会は、宇宙の開発が地球人類の発展のために必要不可欠であるとの認識のもとに幅広い視点から自由かつ先端的な発想を展開すると同時に、技術、経済及び社会の現実の上にそれらの実現の可能性を探究することを目標とします。また、宇宙開発の将来については勿論、21世紀の地球人類の運命についても広く議論を展開することを企画しています。

これらの問題に関心のある人々の参加を歓迎いたします。

#### 宇宙先端活動研究会設立趣意書（案）

米国の宇宙ステーション計画も本決まりとなり、わが国も前むきに、この計画へ参加しようとしている。これによって今世紀における世界の宇宙開発の概略の方向が定まった感があるが、21世紀における人類の宇宙活動については、現在膨大な可能性のみが存在していると言える。わが国においては宇宙開発委員会が長期ビジョンを作成し政策大綱を定めているが、これらも今世紀内を対象としたものである。

来世紀において想像される新たな人類の宇宙活動は、宇宙ステーション等を踏まえて極めて広範多岐にわたるものになると想定され、これらのうち主要なものは長期のリードタイムを必要とするものが多いであろう。このため、これらの問題に深い関心を持つ人々が集まって自由な発想に基づく宇宙活動の幅広い研究を行なうとともに、21世紀に備えて今日から培っておくべき素地の涵養を図る場として、ここに宇宙先端活動研究会を設立する。

## 入会案内

本会に入会を希望する方は申し込み書に記入して、世話人に送付して下さい。

年会費：3000円（1985年6月～1986年5月）

会誌 無料（非会員は一冊 1000円）

なお、会費は主として会誌発行にあてる。

入会申し込み書				
宇宙先端活動研究会世話人代表殿			1985年 月 日	
氏名	印	生年	19 年	男 女
郵便番号 住所				
勤務先			電話	

送付先：〒105 東京都港区浜松町2丁目4番1号

世界貿易センタービル内郵便局私書箱第165号

宇宙先端活動研究会 世話人 菊池 博 宛



## 会誌編集方針

1. 『宇宙先端』は宇宙先端活動研究会の会誌で、年6回発行される。
2. 投稿資格：原則として本会会員に限る。
3. 原稿送付：投稿する会員は、A4版横書で、そのまま版下となるような原稿及びコピー1部を、東京都港区浜松町2丁目4番1号、世界貿易センタービル内郵便局私書箱第165号、宇宙先端活動研究会世話人兼編集人 岩田勉 宛送付する。原稿は返却しない。
4. 論文は未発表の原著論文に限る。ただし、他に発表したものの要約、解説等は歓迎する。掲載論文に対する質疑、意見、提案等、誌上討論は大いに歓迎する。
5. A4で20ページを超えるものは掲載しないことがある。宣伝、中傷その他本会の趣旨から極端に外れる投稿は掲載できない。編集人は会誌の整合のため、著者に改稿を求めることがある。

### \*\*\*編修後記\*\*\*

空想は青年の身体に害を与える、と考えられた時代がかつてあった。現代においても空想が特に警戒されるコミュニティがある。科学技術者の世界とビジネスマンの世界である。実証を基礎とする科学技術者は空想に遊ぶことを慎まなければならない。それは科学技術が、うっかりすると、紙一重で空想の世界に陥る恐れがあるということかも知れない。技術至上主義のmad scientistのイメージは科学技術者と大衆の間に不幸な不信感を生む。一方、冷徹な経済感覚に生きるビジネスマンは空想が失敗を招くことを身を持って知っている。

ところが、空想と科学と経済が混合する所に宇宙開発が生まれてきた。これもまたSFと紙一重の存在である。二十年前には空想そのものであった宇宙ステーションが今日、科学技術の最先端であり、二十年後にはビジネスの最前線となる。

空想と生々しい現実とが同じ場で語り合うことができるかどうか。本誌はその実験である。\*\*\*\*\*

宇宙先端	第1巻	第1号(創刊準備号)	頒価1000円
昭和60年5月15日発行			編集人 岩田勉
発行 宇宙先端活動研究会			
東京都港区浜松町	世界貿易センタービル内郵便局私書箱第165号		

無断複写、転載を禁ずる。