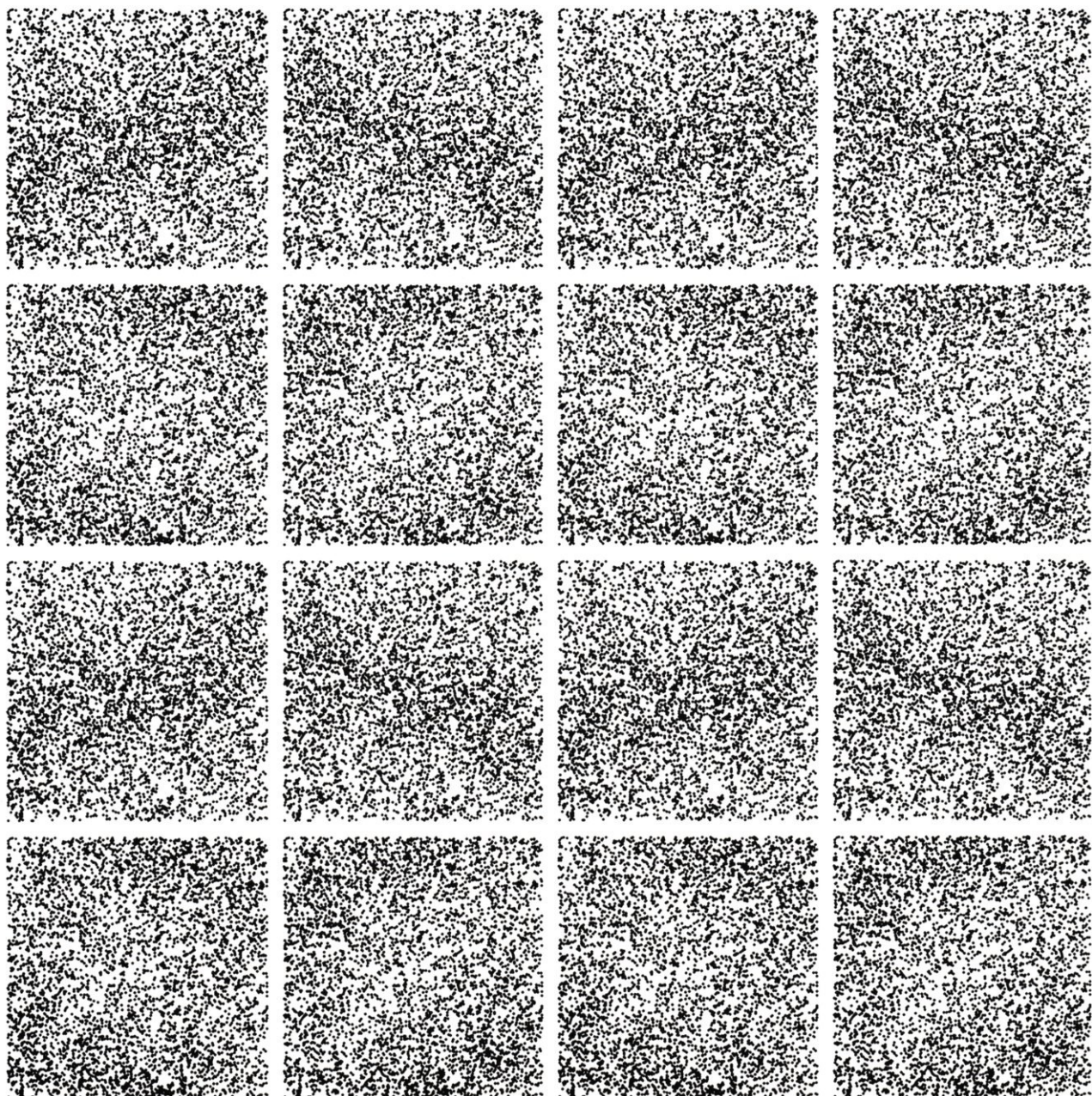


宇/宙/先/端

宇宙先端活動研究会誌
SEP. 1993 VOL. 9-NO.

IAA 5



1. スキー曲線の行方(私の考える宇宙開発の意義)
Whereabouts Ski Curve Extension 原 宣一・・・107

2. 宇宙船地球号/2040年(6)
核融合の知名度/宇宙の応援 森本 盛・・・123

3. JUNK BOX
40年後の将来像は現在にとって
どんな意味があるか 岩田 勉・・・129

宇宙先端活動研究会

代表世話人
五代 富文

世話人

石澤 禎弘	伊藤 雄一	湯沢 克宜	岩田 勉	上原 利数
大仲 末雄	川島 鋭司	菊池 博	櫻場 宏一	笹原 真文
佐藤 雅彦	茂原 正道	柴藤 羊二	鈴木 和弘	竹中 幸彦
鳥居 啓之	中井 豊	長嶋 隆一	長谷川秀夫	樋口 清司
福田 徹	松原 彰士	森 雅裕	森本 盛	岩本 裕之

事務局連絡先

〒105 港区芝大門1丁目3-10 コスモタワービル7F

(財)科学技術広報財団 宇宙プロジェクト室

櫻場 宏一(事務局長)

佐伯 邦子

TEL 03-3459-8115 FAX 03-3459-8116

入会案内

本会に入会を希望される方は、本誌添付の連絡用葉書に所定の事項を記入して本会まで送付するとともに、本年度の年会費を支払って下さい。なお、会費は主に会誌の発行にあてられます。

年会費： 3,000円(1993年6月～1994年5月)

会誌(年6冊)は無料で配布します。

(年会費の支払方法)

1. 財務担当に直接払う

財務担当：岩本 裕之 [宇宙開発事業団宇宙環境利用システム本部
宇宙環境利用推進部(筑波宇宙センター内)]

2. 郵便振替

口座番号：東京2-21144、加入者名：宇宙先端活動研究会

3. 銀行振込

富士銀行浜松町支店 普通3167046

スキー曲線の行方

(私の考える宇宙開発の意義)

原 宣 一

1. 宇宙開発の目的

宇宙開発の目的は現在どのような人又は組織によってどのようにとらえられているか、これをいくつかの文献で調べて見ました。

まず、日本の宇宙開発の方針を決めている宇宙開発委員会は「宇宙開発政策大綱」の前文に次のように記載しております。宇宙の科学的探求は、人類文化の新しい時代を先導する。宇宙開発利用を進めることは、我々の生活に豊かさをもたらす。宇宙への挑戦は、科学技術発展の牽引力となり、経済社会発展の大きな原動力となる。宇宙開発利用の推進自体が協調ある国際社会の建設に貢献する。即ち、宇宙開発の目的は、科学的探求、生活を豊かにすること、科学技術発展の牽引力、そして国際協力であるとしています。政策大綱は中期将来にかけてどういうことをやるかということに主眼がありますので、これらは前文に記載されているわけでありませぬ。

科学技術庁は研究開発局宇宙企画課が宇宙開発委員会の事務局を務めていまして、政策大綱が改定された年に大綱を解説した本「図説宇宙開発新時代」を宇宙企画課が出版しています。この本には宇宙開発の意義が少し解りやすい表現でより明確に示されております。宇宙は科学的探求の対象でありこのため科学衛星があり、経済社会発展の原動力として衛星通信、衛星放送、気象観測、地球観測、そして宇宙環境利用だとしております。科学発展の牽引力としては、波及効果がある。そして人類の英知と力の結集の場であって国際社会への貢献が出来るのだとしております。しかし、波及効果と国際社会への貢献は必ずしも宇宙開発だけに限られるものではありません。

事業団ももちろん科学技術庁の方針を受けているわけですが、一步踏み出した表現がないかという目で見て見ますと、まず宇宙飛行士の土井さんです。「宇宙飛行士になるための本」の中で、人類がこの先さらに繁栄し、発展を続けようとするならば必然的に宇宙に出ていくことになる。そして、資源の余裕のあるうち、精神的余裕のあるうちに人類発展への道を作っておくことが我々現代に生きるものの責務である、と書いています。

宇宙開発事業団の山野理事長は昨年のアジア太平洋 I S Y 会議で 2030 年ごろの宇宙開発活動を示されました。月、火星が人類の活動領域であり、ロボットの活用も図られているであろうと予想されています。現職の理事長が将来の夢を語ってくださったことに大きな意義があると思います。何故なら日本では責任ある人が将来の夢を公の場で自由に語ることが許されない、又は許さない風潮が強すぎるように思うからです。理事長は英語でスピーチされましたが和訳も併記した写真入りの小冊子「宇宙開発 21 世紀の将来像」が作成されております。この中に和訳のほうですが、地球の有限性に起因する諸問題を克服して人類が持続的発展を図るためには、有限な地球の外に新しい活動領域を求める、そして、宇宙開発利用は大変有効な解決手段である、との表現があります。

園山前々副理事長は宇宙開発事業団在職中、時々ご持論を語られていたそうですが、つい最近私も直接伺うチャンスがありました。人類の本格的宇宙展開は必然であるとした宇宙開発の理念を「宇宙先端」に「宇宙開発の基本理念について」と題して明確に示しておられます。私はこれは「園山大綱」と呼びたいと思います。

石川島播磨重工（株）の北村氏は一般向けの本「宇宙工場の建設」の中で、宇宙開発の目的はすなわち、科学観測、宇宙空間の利用、宇宙環境の利用、国威発揚、未来への夢、そして軍事利用を掲げられております。未来への夢として「未知との遭遇」即ち、ここでは E T との遭遇まであげておられます。一般受けするためにはこれを取り入れればよいのですが、S E T I は議論の分かれるところでありまして、米国の活動も具体的に成果があがっているわけではありませんので政策大綱に取り入れるまでにはいかないでしょう。

津田氏は本業として宇宙関係の仕事をなさっているのではないようですが「宇宙開発と人類の選択」という本を出されています。この本ではどの国も宇宙開発の理念が無いと痛烈に批判されています。一国の指導者は宇宙への見識を持って、宇宙を目指す確固たる理念の欠如が問題である、米国のペインズ・レポートを越えよう、宇宙を目指す明確な理念をつくろう、アメリカ主義から地球主義へ変えようということが書かれております。ただし、ご自身の見解としては、宇宙開発は科学のためであり、経済のためであり、政治のためであり、軍事のためではないか、国家が宇宙計画を実行する根拠はつまるところ人類の福祉であるとされています。人類の福祉のためというこ

とは現在の政策大綱で読み取れなくはないと思います。氏は明確な理念を作るために宇宙文化総合研究所を作ったかどうかと提案されているわけであります。

宇宙科学研究所の国中氏は航空宇宙学会誌に<Ponderland>というコラムを設けられて、宇宙開発の拠り所について述べられております。宇宙開発の牽引力とシナリオについては、1) ポストクライシス、2) 経済的利潤、3) 精神的変革、4) 技術信仰、5) 人類の宿命、の5つが考えられるが日本の場合はこの内で1)、2)、と4)ではないかと記されております。ここで1)は小惑星の衝突又は地球環境破壊により地球に住めなくなった場合に備えることであり、2)は宇宙通信放送分野と宇宙資源開発を意味し、3)は宇宙からの視野は人の思考に変革をもたらすこと、4)は政策大綱にもあるように宇宙開発が科学技術発展の牽引力になることで、5)はペインズ・レポートの発想でもある資源の枯渇に対する施策として宇宙開発を行うというものであります。

川崎重工(株)の小林氏は同じく航空宇宙学会誌の<Ponderland>に記事を寄せられています。これは星野芳郎氏の見解に反論する形で、宇宙開発は無目的ではないのであって地球レベルの思索概念(グローバリズム)を身につけるためであり、国際貢献は地球人類への貢献と言い換えればよい、と主張されています。また、宇宙開発が巨大化と精密化が共存することは恐れることはない。むしろ宇宙開発は最先端のシステム技術を獲得する場であるし、技術立国として人類に貢献していくシステム技術を獲得する場であるからこそ進めるべきなのだ、と反論されています。私達宇宙開発に携わる者は宇宙開発に反対する人がいることも知り、その人達をも納得させる理念が欲しいものであります。

米国の場合、ボイジャーやパイキングで大きな科学的成果をあげてますが、これらについても殆ど国威発揚のためであったかのようです。ケネディ大統領が決めたアポロ計画による有人月面探査はまさにアメリカ国民の栄光のために行われ、レーガン大統領は1986年にペインズ・レポートを受けて、宇宙開発は宇宙フロンティア開拓のためだとしています。ブッシュ大統領は人類の飛躍のためにとしました。津田氏によればこれらは政治のための宇宙開発であります。サリー・ライド元宇宙飛行士は、NASAのトルーリ長官から与えられた課題がそうであったからでしようが、如何にすればアメリカが宇宙でリーダーシップを取れるかとの観点で1987年に報告書を

書いています。アメリカもスピノフ（波及効果）や国際協力を持ち出すようになってきておりますが、やはり予算を取るための説明に苦労していると思えません。米国の場合、宇宙開発が国防省により軍事目的にも行われてきたことは明らかでSDI（宇宙防衛構想）はその典型であります。

米国の科学者ではまずスペース・コロニー、「宇宙植民島」のオニール教授です。これは1969年のアイデアですが、月面や火星でなく宇宙空間に人間が住むというアイデアが画期的でした。軌道上で安定なラグランジ点L5は宇宙植民島で有名になりました。地球の有限性が問題にされはじめた頃であり、枯渇しないエネルギー、限らない新天地、限らない資源を言及してまさにアメリカ的でありました。今から見ると1990年完成という文字が如何に楽観的であったかが目立ちます。国際共同プロジェクトの宇宙ステーション・フリーダム計画がコストの壁に阻まれてどんどん小さくなり、打ち上げ時期も数年遅れて、ついに名前まで現時点ではオプション・アルファと呼ばれるようになっているのですから。

コーネル大学のカール・セーガン教授はNASAに来られたときNASAの有志と意見交換を行ったことがあります。しかし、セーガン教授が次のように言っていることはどこかで読んだか聞いたように思いますが直接確認しておりません。これは津田氏によるものです。即ち、宇宙が生命のふるさとであり、ふるさとは生命体がいれば欲しい、人間が宇宙へ行くのは自己を探しに行くためである、宇宙に出ていなくては何も見つからない、との見解です。

衛星による地球観測でも解像度の高い写真が欲しければ、センサを苦労して開発するよりも軌道を下げて近くから見る方がずっと簡単です。ボイジャーから送られた外惑星の近接写真で多くの発見がもたらされたことは宇宙に出ていく意義を実証したと思います。

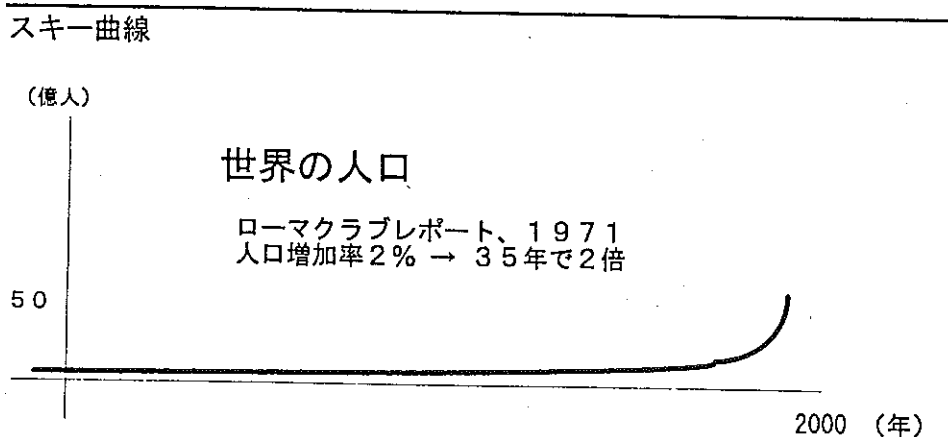
先日、NHKの教育テレビで大阪大学の天文学の池内教授が話しておりましたが、我が銀河には1000億の恒星があって、恒星が惑星を持つ数の割合、等から推算する有名なドレーク・セーガンの式に当てはめて計算すると人類と同程度以上に発達した生命体がある星の数は銀河系内に43個あることになることと説明されていました。しかし、43個という数字は誤解を招きやすい、眉つば的に聞こえる表現であります。この推算式はせいぜい桁を当たる程度の精度ですから、教授の書かれた「宇宙から見

た自然」にあるとおり100個以上と説明されたほうが良かったと思います。地球以外の星に生命があるかという話題は昔からあって、天文学者は非常に楽観的で宇宙には生物がいる星は多いと言います。これに反し、生物学者は化学的に生物が生成する確率は桁違いに低く銀河系の恒星の数ぐらいのオーダーでは偶然にも生物が発生することはないと言う人が多いのです。最近では生物学者の見解が変わったということも聞いていません。

2. スキー曲線

図-1は世界の人口を縦軸に、横軸に西暦を取ったものをかなりモデル化したものであります。なだらかな曲線が最後部分で急激に立ち上がっている形状はスキーに似ているのでスキー曲線というニックネームをつけて見ました。ローマクラブの有名なレポート「成長の限界」は1971年に出されており、当時の世界の人口増加率が年間2%程度でこの数字がずっと続くと35年で2倍になります。急激な人口増加は世界平和に危機を招きかねない、ゼロ成長をめざすべきだという警告書でした。

しかし、現実にはゼロ成長を達成することは難しく、その後も世界人口は増えつづけ、現在55億人と言われております。ローマクラブ・レポートはMITがコンピュータ



スキー曲線の行方

図-1 スキー曲線

を駆使して予測したいくつかのシナリオの結果が載せられているわけですが、現在の発達したスーパー・コンピュータでもう一度モデルを吟味して再計算してみる価値はあると思います。

地球が有限である以上、限りなく発展を続けるためには宇宙に出ていかざるを得ないという論拠の根源がここに 있습니다。しかし、人類は限りなく発展しなければならないのかという問いかけも有りうるでしょう。これには人類の目的はなにかを悟らないと答えられません。

3. 幸福について

宇宙開発の目的から話は変わりますが、5000年後の人類は幸福でしょうか。3万年後、500万年後の人類は幸福でしょうか。また、地球はずっと安泰でしょうか。せいぜい本人や配偶者の老後を心配して生命保険や年金を考えてみるのが普通のサラリーマンだと思うのですが、さらに子供の将来を心配するのであれば50年先に石油はどうなっているか、他のエネルギー源が開発されているか等を心配することも自然なことです。

ここで、次の命題を考えて見てください。「親というものは子供の幸福を願うものである。」というものですが、これはほとんどの方が真であると認めてくださるでしょう。次に、「子供の不幸を見る親は不幸である。」ですが、この命題もほとんどの方が真であるとお認めになるでしょう。すると子供が幸福であるためにはその子供、即ち、孫が不幸であってはならないので親は孫の幸福も願わなければ首尾一貫した人格であるとはいえません。これをずっと続けると、数学的帰納法という証明方法を思い出していただければ、「人は子孫代々まで幸福であることを願うものである。」という命題も真であると認めざるを得ないでしょう。これは「アリストテレスの矢」と似たような詭弁であるとの反論もあるでしょうが、内容的には悪いことではありませんので認めてください。500万年前に人類の祖先らしきものがあらわれたらしいのです。そして明確に現代人の祖先である新人があらわれたのは3万年前だそうです。これらの人が500万年後あるいは3万年後の人類はどうしているかと心配してくれただとしたら今がその時であり、「戦争は絶えていないが人口は55億人にも増えました」という返事をするようになります。文明が発達してからならまだ5000年しか

経っていません。

人は子供の幸福を望むものだと思いましたが、何故でしょうか。この答えは遺伝子工学者に聞けばきっと「人間の遺伝子には幸福を追求するようにプログラムされているから」と答えるでしょう。ダーウインの進化論を信奉する生物学者なら「幸福を求める生物のみ生き残り、不幸を求める生物はいたかもしれないが、当然の帰結として簡単に絶滅した」と答えるでしょう。誰にプログラムされたかという質問には「自然」によってという答えしか人類は持ち合わせていないと思います。私はこのことを人類の行動は幸福追求原理に基づくと断じたいと思います。

それでは何がどうなれば人類は幸福かと考えますとまず、個々の人がそれぞれ使えるエネルギーに成長があるときに幸福であると感じるのであります。通常、人は貧困よりも富裕を望みますが、富裕であっても定常状態では幸福ではないのです。去年よりも今年の方が給料が高くなっても、物価が低くなっても効果は同じです。子供の数も多い方が良いと思うのが自然なのですが、人口が多くなりすぎると生活が苦しくなるのではないかと心配が支配的になってきているだけです。生物学的には、種の成功とはその個体数が増えることでしょう。有限な地球上では消費可能なエネルギーの総量に限界があるとなれば人類の活動領域を宇宙に拡大する必然性がここにあります。

しかし、私は現在の文明程度では地球人口が増えたからという理由で、植民地時代やゲルマン民族大移動のように、やみくもに宇宙に人類を送り出すことでは賢明さに欠ける恐れがあると思います。地球の重力に反して宇宙に出かけるためにはかなりのエネルギーが必要だからです。車、船、電車は本質的に重力ポテンシャルに打ち勝って移動しているとは言えません。飛行機でさえ宇宙に飛び出すことと比べれば地球の表面を滑っているようなものです。地球からどんどん宇宙に飛び立てるようになる前にエネルギーの壁、またはコストの壁を破る必要があります。この壁は遅かれ早かれ破れる可能性が無いわけではありません。とにかく民族大移動の形で人類が宇宙に進出するためにはエネルギー革命が絶対条件です。30年以上前には核融合による発電は30年後ぐらいには実現すると予測されていました。現在は核融合については悲観的な記事も見られるようになりましたが地道な研究は続けられています。ただ当初の見通しが甘かっただけです。

最近、マクダネル・ダグラス社の単段式再使用型ロケット、デルタ・クリッパーの試験飛行が成功したと華やかに報道されています。日本の宇宙開発関係者まであたかも将来宇宙機の本命のようなコメントを寄せられているのを見掛けます。夢を壊したくない気持ちは解りますが、正確にコメントしないと世論をミス・リードすると思います。スペース・シャトルに比べて打ち上げ費用が1/40であるということと、あたかも地球周回軌道に乗った後でそのまま帰って来れるような記述がおかしいのです。帰還のための減速の大部分はスペース・シャトルを始めこれまでの全ての回収宇宙機と同様に大気抵抗を利用しています。垂直着陸のために15%推薬を残し、地球周回軌道に乗るための軌道速度を85%の推薬で達成することは画期的な技術革新が無い限り不可能です。構造に関しては最新の素材を使ってかなりの軽量化が図られているようですが、推進系はH-IIロケットやスペース・シャトルと同じく液酸液水エンジンですから比推力は450秒前後です。従って、100年前にチオルコフスキーが導いた質量比と比推力から速度増分を求める式から分かるように矛盾があるのです。ただ、デルタ・クリッパー計画のミッションが高度400Km程度に上がってすぐ降りてくる弾道飛行程度で良ければ実現可能です。これはスペース・シャトルの代替ではなく、むしろ再使用型大型のTR-1Aロケットであると言った方が正確です。このようなものでも、本格的に実験しているところを見ると、クリッパーが国防省ミッションであることと合わせて考えれば費用対効果で何らかの将来性があるのでしょう。私達はこれまでの宇宙開発の進め方にいささかも疑念を持たれないように発言していくべきだと思います。

少し話がそれましたが元に戻って、幸福である二つ目の条件は人類が得た知識または情報が増大していることを知覚出来ることであります。人類への貢献を成したという自覚は非常に大きい幸福をもたらす筈です。これは一見、一部の天才だけに限られるように見えますが、あらゆる発明発見がそれまでの進歩があつてのことであることを考えれば、明らかに社会全体の進歩で人類が獲得した知識の総量を大きくしているのだということが解ります。

地球の有限性からエネルギー使用量に成長が見込めなくても知識の増大を図ることによって人類は幸福を追求できます。むしろこのことが本命です。ここで、人工知能による知識の成長を述べる必要がありますが、その前に、地球はいつまで安泰と考え

られるのでしょうか。

4. 人類のハザード

ハザードは事故の起きる要因が潜在又は顕在する状態をいうのでありまして、リスクに当てられるべき「危険」と明確に区別しなければならない概念です。リスクは事故が起きてしまった時の被害の程度とその事故が起き得る可能性の度合を組みにした、通常掛け合わせた概念です。確率論で使う用語の期待値の概念を使えば、リスクは被害の期待値です。良くないことに対して期待値とは日本語でない批判されるようでしたら、覚悟値という新語を提案したいと思います。英語の<Expectation>には両方の意味があるようです。又、事故とはなにか定義をする必要がありますが、言語体系と定義及び認識については別の機会に論ずることにします。

地球上の人類のハザードにはどのようなものがあるか見て見ますと、まず我々の銀河系の近くにある大マゼラン銀河と小マゼラン銀河は光のドップラー効果が通常の星とは逆に青方変位している、つまり近づいているので100億年後にはぶつかることになるそうです。ただし、銀河系どうしぶつかってもその形は大きく変形するものの、銀河系自体はすきすきですので星と星がぶつかる可能性は極めて小さく、夜空の星の数が2倍に増えたような変化しかないとのこと。これは完全に無視できるリスクです。ハザードとして識別する必要はありません。

次に太陽はだんだん膨張し、50億年後には地球を包むぐらいにまで膨れ赤色巨星になりその後縮小して冷えていき、白色わい星になるそうです。従って数十億年後には絶対的に地球は消滅します。

地質学者は地球上には氷河期が4回あったといいます。そして20万年後には5回目の氷河期に入っているそうです。暖房を完備すれば人類が氷河期で絶滅することはないでしょう。

大きい隕石が地球に衝突する可能性は1万年に1回ぐらいだそうです。つい最近、去年か1昨年にもニアミスがありましたから、これはすこし覚悟が必要です。

人類の歴史を見ると恐ろしい病気が蔓延して苦しんだ時期があります。ヨーロッパの黒死病、ペストはその典型的な例でした。現在では癌、エイズでしょうか。しかし、人類の叡智により何とか切り抜けられると思われれます。

現代で、人類が恐れるべき最大のリスクは第三次世界大戦の勃発による核戦争です。人類を30回絶滅させるに足りる原水爆が製造されてしまっているとのことであります。現在は東西ドイツの統一とソ連の崩壊により、東西間の緊張は緩和していますが、世界情勢を見ると未だに油断は禁物です。

人類が原因となった環境破壊も要注意です。オゾン層破壊や、温室効果の助長も世界的規模で対策が取られるべきことが言われております。原子炉事故は一度起こすと周囲への悪影響が極めて大きいことから適切な安全管理が必要です。また、放射能廃棄物の処理方法が未だに確立されていないことも気になります。ソマリアやエチオピアに見られるような飢餓は環境問題の重要性を暗示しています。

その他、やや科学小説的になりますがETがいて、これが地球人類に対して友好的でなく、敵対性であった場合は文明の進展度の違いが人類に危機をもたらす可能性があります。太陽系の外に出たパイオニア10号とボイジャー1号、2号に対してこの点を懸念する人もいないわけではありません。

要約すれば、人類が賢明であれば地球上の人類が絶滅する危機は当分避けられると言っても楽観的にすぎることはないでしょう。

5. 人工知能について

地球上では消費できるエネルギーの総量に限界があるとなると、幸福追求の原理から一人当たりの消費可能なエネルギー量を増やすために人口を減らす政策が取られる可能性があります。エネルギー消費総量を増やさずに知識の成長で幸福追求原理に従うと低消費エネルギーのロボットが活用される時代の到来が考えられます。ロボットが人間に替わり得るかということを考えて見ますと、私のこの答えは限りなくイエスなのです。SF的になりますが、仮に将来地球上に人類が住めなくなって、宇宙への人類進出にも失敗していたとしても、人類の作ったロボットやサイボーグが人類の後を継いでくれるならまだましです。

ロボットに人間の代りが勤まるものではないという考えがまだ支配的かもしれません。ここで、ロボットには難しいと考えられる次の3項目を検討して見ます。はじめはロボットは自己増殖出来るかという問いかけです。ソフトウェアではコンピュータ・ウイルスが実証してしまいました。ハードウェアは無理なように見えますが、コ

コンピュータ・ウイルスにプリント命令が含まれていればプリンターを動かします。自己増殖ソフトウェアがハードウェアを動かすことは容易なことです。従って自己増殖機械は成立するのです。問題は自己増殖機械が成立するための環境条件がどのようなものかということで、最少の構成がどのようなものであるかは非常に興味深い研究テーマだと思います。自己増殖コンピュータ・ウイルスを最初に作った人は学術上に名を残すべき偉大な事だと私は考えるのですが、今のところそのようには評価されていないようです。「自分自身をコピーせよ」との命令が中心であることは容易に推察できますが、最少構成の自己増殖コンピュータ・ウイルスは何ステップになるかを証明して然るべき学術誌に発表すべきでしょう。ワクチン・プログラムも出来ていることから専門家には既知のことで、単に悪用を恐れて出版されていないだけでしょうか。

二番目はロボットは感情を持てるかであります。科学小説の中でのみ可能なのでしょうか。私の答えはやはりイエスなのです。非常に簡単なコンピュータ・プログラムに「人工無能」と名付けられたものがあります。これは人と会話を行わせるものですが、実行してみると「おや！」と思わせる応答をします。これを高度にして本当に人間の役に立つようにしたものが例えば医療用のエキスパート・システムでしょう。目の前のコンピュータを相手にしている限り、相手はパソコンだと思えませんが、良く出来たプログラムで通信回線を使った遠隔地からの応答であると、会話の相手が人間かプログラム・ソフトウェアによる無人の応答か分かりません。ロボットは感情を持ち得ないならば、相手が人間か機械かを確かめるために怒らせれば良いのですが、怒っているような反応をするプログラムを組むことは可能なことです。つまり、人間かどうか判定できない感情を示すことができるのであれば、人間から見てロボットも感情を持てると言わざるを得ないのです。

三番目には、ロボットに創造できるかということですがこれも可能であります。乱数を発生させていろいろな組み合わせを計算し、良い結果のみ出力させればよいことになります。問題の与え方が漠然としていればいる程、求められた答えが創造的に見えるのです。要は評価関数の取り方ですが、結果が人類の幸福につながるようなものを選ぶようにすればよいのです。

アシモフのロボット三原則というのがありますがこれは次のとおりです。原則(1)は、ロボットは人間に危害を加えてはならない。また、人間に危害が加えられ

るのを見過してはならない。原則（2）は、ロボットは人間の命令に従わなければならない。但し、命令が原則（1）に反する場合は、この限りでない。そして原則（3）は、ロボットは原則（1）及び（2）に反しない限り、自分の身を守らなければならない。

ロボットの代わりに宇宙ステーションと言う言葉に替えて読むと、確かに宇宙ステーションのあるべき姿を示しているようであります。

私はロボットの行動原理は一原則で十分だと思えるのです。それは、ロボットは人類の幸福のために働かねばならない、というものです。

ここで、先述の検討すべきテーマを生物学の研究テーマと対比して並べて見ますとこれらが極めてよく対応していると思われまます。自己増殖コンピュータ・ウイルスも繁殖のための環境条件があります。この最小ステップ数を求めることは実際のウイルスの遺伝子構造の解明と対比できるでしょう。自己増殖幾機械の最少構成と環境条件を解明することは人類が世代交代できるための最小構成とその環境条件を求めることと対比できます。そしてこれは人類の宇宙展開の前に必要な検討事項でもあります。高等動物については数匹残ったトキの絶滅を救うことに失敗したことから見ても、ノアの箱船のように七つがいつつ、または一つがいつつでは無理なのです。

既に、コンピュータが人間の知識を広げていることの実例があります。これらはコンピュータがあつて初めて達成された成果です。1976年に4色問題が肯定的に解決しました。平面上、及び球面上のいかなる地図でも4色で塗り分けられます。1989年には東大の金田教授によって π の値の世界記録が作られています。これは何と10億桁であります。つい最近、フェルマーの予想がこれも肯定的に解決されました。 X の n 乗プラス Y の n 乗は Z の n 乗という式で n が3以上の時、この式は整数解を持ちません。もう一つ、巡回セールスマンの問題はオペレーションズ・リサーチの分野で非常に有名な問題で解法（アルゴリズム）はあるのですが、少し大きな問題になるとスーパー・コンピュータでも計算量が多くて正解を見つけられないというものです。ニコンシステム（株）の野沢氏がカオス・ニューラル・ネットワークを使ってほぼ正解を与える実用アルゴリズムを考えたとのことです。工学の世界では、実用になる限り大体の解でも時間の制約内で求めることが重要です。ファジー理論が制御の分野で実用になる成果を上げて広い応用分野が考えられるようになっていることか

らも、コンピュータに人間のようにファジーな扱いをさせることが増えてくると思います。

6. 知識の成長

知識の成長に関して認識しておくべき事があります。まず、人類は価値観を共有する、共有することが出来るという信念が重要であります。これが否定されると世界平和は成立し得ないでしょう。

人間は同じ情報を得たら同じ程度の確信を抱くということも明確に認識すべきです。これはベイズ流統計学の基本的立場でもあります。情報を得る事によりいかに確信が変わるかを扱うベイズ流統計学はもっと注目されるべき意志決定に有効な学問です。同じ情報を得れば同じ結論を抱くという信念がなければいかなる議論も無駄ですし、一人でも反対者がいればやりませんという美濃部亮吉氏（元都知事）の民主主義は根拠を失います。一人でも多い方の意見に従うべきだという曾野綾子氏（作家）の民主主義はケースによっては無茶であります。決断までに時間が無い場合はこの方式を取らざるを得ない場合があるということです。

人間の脳の神経細胞はニューロンと呼ばれシナプスという細胞で繋がっているようで、一人あたり千数百億個しかなくて、しかも1/10ぐらいしか使われないままなのだそうです。これで1000億の星を持つ銀河が1000億もある宇宙を理解出来るものか絶望的になりそうです。しかし、それが出来るのです。人は二人いても知識の内容は殆ど同じと考えられますが、それでも二人の知識を寄せ集めるとどちらの人より大きい知識となります。人類の先祖が500万年前に現れてからいかに人類の知識を広げていったかを見ると、明らかにコミュニケーションで人類の知識が成長しています。人類最初のコミュニケーションは感情の赴くままに危険を知らせる仕草かわけき声であった筈です。そして、言語が出来て、文字が出来てというようにどんどん情報の手段を獲得し、情報交換の範囲が広がりました。最初人類がそうであったようにコミュニケーションの動機は感動です。人間は感動することが本質的に重要であることを忘れてはいけません。

コミュニケーションの手段（メディア）は急速に発達してきています。仕草、発音、発声、言語、記号、文字、紙、印刷、本、マイクロホン、レコード、電話、ラジオ、

テレビ、コンピュータ、ネットワーク、パソコン、FD（フロッピー・ディスク）、HD（ハード・ディスク）、CD（コンパクト・ディスク）、MO（マグネティック・オプティカル・ディスク）、MD（ミニ・ディスク）、その他、と急速にコミュニケーション・メディアが発達してきています。図-1で名付けたスキー曲線は人類が獲得した知識を示しているようにも思えます。知識の成長にはエネルギーのような壁は今のところありませんが、知識の獲得に大きなエネルギーが必要とされることはあるでしょう。

また、最近のコミュニケーション用のメディアによって人類は世代から世代へ非常に多くの情報を伝えることが可能になっています。未来に対しては一方的に情報を送ることが出来るのです。タイム・カプセルも一つの手段ですが、子孫代々に引き継いでもらうことが本来の方法だと思います。過去に対して情報を送ることは出来ません。双方向コミュニケーションが可能なのは同世代の人同志に限られているわけでありませぬ。

世代を越えて総ての人は何らかの形で繋がっているという意識を持つことが重要です。人類全体で保有する知識の総量を成長させることが幸福追求の原理に対応して人類に求められていることなのです。これにはきっとこれから何世代もかかることでしょう。

7. 宇宙開発の意義（結論）

そろそろまとめにはいります。最初に、現在宇宙開発の目的がどのように考えられているのか、いろいろな文献で見ました。そしてスキー曲線と名付けて世界の人口が急速に増加していることから成長について考えてみる必要があるとしました。次に人類は幸福を追求するように仕組まれているのでこれを幸福追求の原理としました。一方で人類に残された時間はあるのか検討してみました。そして、知識の成長を助けるのにロボットが重要な役割を果たす可能性があると言及しました。最後に知識の成長がどのように行われるか2、3の認識すべき事項についてお話ししました。

さて、宇宙開発の意義ですが、人類の目的達成にはまだまだ時間が必要であるので地球以外の天体でも成長を続けなければなりません。そこで人類の宇宙進出の必然性が出てきます。

自然科学上の謎は一つ解決すると新たな謎が生まれると言いますが、人類が自然科学上の謎をどんどん解いていったとしても、どうしても最後に一つの謎が残ると思われれます。それは何故宇宙が存在するのか、あるいはしないのか。現代の物理学者は人間がいるから宇宙があるというような意味の人間原理を言っていますが、これは宇宙原理に対応して考えられた原理で回答になっていないように思われます。

最後に副題の宇宙開発の意義はなにかの私の結論ですが、このようにしたいと思えます。即ち、宇宙開発は人類の目的達成に不可欠の活動である。ここで人類の目的は宇宙の寿命内で「自然」に迫ることです。御清聴ありがとうございました。

8. あとがき

10月7日に有人宇宙システム(株)(JAMSS)、における研修会において本題で講演させて頂きました。講演では32枚のOHPを使用しましたが、プレゼンテーションに不慣れの上、与えられた30分ではとても言いたかったことを伝えられなかったとの思いが強く、メモ原稿をもとに本文を作成しました。研修になったのは私の方で、本文の作成にあたって、日頃考えていたことがいかにうろ覚えの知識に基づいていたかを思い知らされました。次章に参考文書として、原稿の元にした文書を本文の内容の順序で列記しますが、中には文書名すら思い出せないものもありました。宇宙開発の目的に関して紹介すべき他の文書は、他にも多くあることと思いますが、気がついたもののみ最後に掲げます。なお、二三の造語は当然として、断定的に言ってしまったいくつかの見解については言い出しっぺの著者に責任があります。

9. 参考文書

- ①「宇宙開発政策大綱」、1989
- ②「図説宇宙開発新時代」、科学技術庁宇宙開発局宇宙企画課編、
日刊工業新聞社、1989
- ③「宇宙飛行士になるための本」、宇宙開発事業団編、1990
- ④「宇宙開発21世紀の将来像」山野正登、宇宙開発事業団編、1992
- ⑤「宇宙開発の基本理念について」園山重道、宇宙先端、1989.11
- ⑥「宇宙工場の建設」北村幸雄、読売選書、1986

- ⑦「宇宙開発と人類の選択」津田幸雄、TBSブリタニカ、1990
- ⑧「宇宙開発の拠り所について」国中均、航空宇宙学会誌< Ponderland >、1992.3
- ⑨「宇宙開発の理念と意義を想う」小林修、航空宇宙学会誌< Ponderland >、1992.11
- ⑩ ペインズ・レポート、1986
- ⑪「宇宙でのリーダーシップとアメリカの未来」長官へのレポート、サリーライド、1987
- ⑫「宇宙植民島」ジラードKオニール、木村絹子訳、1977
- ⑬「成長の限界」ローマクラブ「人類の危機」レポート、ダイヤモンド社、1972
- ⑭「初期人類はベジタリアンだった」赤澤威、科学朝日、1993.1
- ⑮「家族の起源」科学朝日、1993.2
- ⑯"Delta Clipper: Design for Supportability"Smiljanic, , Aerospace America, 1993.7
- ⑰「宇宙から見た自然」池内了、新日本新書、1991
- ⑱「宇宙と星」産報デラックス、1976
- ⑲「マイロボット」読売科学選書、1990
- ⑳「コンピュータウイルスの安全対策」細貝康夫、にっかん書房、1991
- (21)「四色問題、その誕生から解決まで」一松信、講談社、1978
- (22)「 π のはなし」金田康正、東京図書、1991
- (23)「フェルマーの予想、ついに解決」科学朝日、1993.9
- (24)「巡回セールスマン問題に画期的解法」科学朝日、1993.2
- (25)「ファジィ理論の展開」菅野道夫、サイエンス社、1989
- (26)「人間原理の宇宙論」松田卓也、培風館、1990
- (27)「科学者達のまじめな宇宙人探し」、寿岳潤、立風書房、1990

宇宙開発の目的に関して本文で触れなかった参考文献：

- ①「日本宇宙開発物語」斎藤成文、三田出版会、1992
- ②「宇宙開発のおはなし」山中龍夫、的川泰宣、1991
- ③「情報通信ネットワーク」郵政省通信政策局、日刊工業新聞社、1991
- ④「なぜ、今月面基地か」岩田勉、宇宙先端、1990.5
- ⑤「宇宙開発の予測」小野英男、宇宙先端、1990.3
- ⑥「日本の宇宙開発に対する提言」平社博之、宇宙先端、1989.3
- ⑦「月・惑星の開発」岩田勉、宇宙先端、1989.3

核融合の知名度／宇宙の応援

(1) 殆ど誤解の一般人(現行計画について)

色々な方と話をしてみると、物にならないと言う人の方が多い。しかしその原因が知識不足による場合が多いのは残念である。又、外国で実現していないものはやらない方がよいという。R&D後進国の劣等感も感じられて淋しい。太陽のメカニズムなど人工で出来ないという自嘲の姿勢は技術者として好ましくない。

ある本で「20年で実現するといっておいて、10年たっても20年たっても“あと20年”という。インチキ計画か？ 不可能なことをやっているのか？ と責められてられる」という主旨の文を見たことがある。

ここで日本の3つの病状に思いあたる。先づMロケットの初期の出来ごとである。続けて打ち上げ失敗したというので、新聞でタカレ、宇宙研所長が国会で吊しあげにあった。しかし今や世界でも信頼性の高いロケットになっている。

このケースでは、R&Dリスクへの投資を無駄使いとして扱っている。リスクの小さいものを選んで、物真似で安くあげようという後進国時代の考え方である。挑戦にはリスクがつきものである。失敗してみないと得られないノウハウが沢山ある。しかし次へ進むために得られた方を評価する習慣がない。かの事件から暫くの間、宇宙開発における挑戦にブレーキがかかったと思う。これがR&D後進国病という第1の病状である。

つぎは、世界の何処でも未だ完成していないテーマへの取り組みである。核融合はまさにこれに当るテーマであり、そこらにゴロゴロしている研究とは違う。手本のない研究は、物真似R&Dの習癖に染まった日本人には、何ともナジミ難い存在である。一般に日本のR&Dでは、スケジュール・研究費等の計画が比較的良好に守られている。欧米の失敗経験への無賃乗車をしてきたからである。そこで、計画のズレにだけ目が向き、インチキとってしまう。一般業務の単純管理

の域を出ていない。(経験者の情報をきいて車を走らせれば、約束の時間に荷をとどけられる。しかし地図だけで新しい道を走れば、渋滞など予測できない時間をとられ、大幅に遅れることが多い。この区別ができない)。挑戦のマネジメント能力が無いのである。

計画がズレても、そこで何が得られ、どのような問題が見つかり、攻略法をどう考えたかといったプラス面の採点をしなくては、それこそ無駄使いである。リスクに対する度胸と、プラスを見つける勘がなくては、創造のマネージはできない。これが第2の病状である。

これに加えて「出る杭は打つ」という日本を象徴する現象がある。新しい学説が出ると、古い学説の側が足を引っ張り、潰しにかかる。既得権益にシガミツキタイ余りに、進歩にSTOPをかける。悪いことに、旧勢力の人数が圧倒的に多いのが常であるから、一般大衆の耳には新しい学説の欠点しか入らない。彼等は人類目的というような高度なことは解さないから、嘘であっても旧勢力の言うことを信じて悪ノリしてしまう。不和雷同の体質がさらに拍車をかける。これが第3の病状である。

何と！ この3つは日本の只乗りR&D病の原因そのものである。日本の創造的R&Dは、掛け声ばかりでいっこうにビルドアップしない。精神文化がその原因であることを肝に銘じ、個々人が精神を入れかえる努力をしなくては、国際的リーダーシップはおぼつかない。一度は「挑戦に挑戦」してみる必要がある。

核融合は「挑戦の精神」を体験するマタとないチャンスである。ここで逃げをうっては、物真似成金という低次元文化から永久に抜け出せない。

少し脱線したが、核融合のR&Dでは、過去30年間、着実に10年に1桁の性能向上を達成している(物にならないという人は、40年目に入って突然STOPする理由を見つける勉強が必要)。1992年現在で最も良いデータを出しているのは、ECのJET (Joint European Torus; 英国オックスフォード郊外にある) である。トカマク型によるD-T反応(2重水素と3重水素の核融合)で、ほぼブレイクイーブンに到達した。ブレイクイーブンとは、融合炉でプラズマを加熱するに要するエネルギーと、融合出力エネルギーとが等しくなった状態をいう。炉にエネルギー損失が無ければ、これで反応が持

続することになるが、現実には炉に損失があり、それを補うだけ出力を上げる必要がある。損失の値はよくわからないが、60%と仮定すると今の3倍まで出力をあげればよく、90%でも1桁上げれば反応を持続できる。日・米・EC・露の共同研究では、大型トカマク（ITER）でこれを実現すべく、設計を進めている。

以上が現行計画の概要である。宇宙の関与を考える前提として認識を深めておきたい。

（2）宇宙開発の応援がどのような福音をもたらすか

再び書物を引用する。「核融合はクリーンエネルギーと言っているが、中性子が沢山出て、放射性廃棄物の問題は解決しない。科学技術は間違いだらけだ」とある。部分的な知識で、よくも大胆に書いたものだと思う。与論を後戻りさせるマイナス指向に乗せられては、技術者としてサゲスマレル …………… 要注意。

確かにD-T反応では、中性子が80%も出る。しかし宇宙開発が応援して、月から ^3He をもってきて使えば、中性子を1%以下に下げることができる。これで事実上立派なクリーンエネルギーになる。

ところで先日、筑波宇宙センターで毛利さんとお話する機会があり、貴重なヒントをいただいた。その第1は、「D-T反応の場合、炉壁に中性子が衝突して不純物が出る。この不純物がプラズマの温度を下げる働きをするので、高温を作るのに苦労している」というヒントである。これを裏返せば、 ^3He では中性子が80分の1以下なので不純物もそれだけ少なく、プラズマの温度を上げやすい。プラズマ温度が上がればさらに中性子が減る、という好循環が予想される。（ただし最初に中性子を減らすのにある程度的高温が必要である。ここを越えれば好循環になるので、これを越えるのが易しいか／難しいか、研究のポイントのように感じられる）。

毛利さんのもうひとつのヒントは、「月面のような真空環境では、炉壁が不要なので（地上では真空にするために壁が必要であった）マグネットも小型にできるなど、地上とは全く異なる設計もありうる」というものである。ここには2つの重要なポイントがかくされている。第1は；従来の宇宙環境利用は無重力の

利用であったが、真空環境の利用にも大きな期待がもてるという点であり、第2は；従来の宇宙技術は、地上で使われているものを宇宙環境に合うように改造するという流れであったが、逆に宇宙オリジナルな技術を先に造ってしまおうという点である（これを地上用に改造できれば新しい発想もでる）。実際に炉壁で苦勞された方の発言は説得力がある。

(3) 宇宙開発サイドの取り組み

前述のヒントから考えを前に進めようとする、

- ① 宇宙開発側で考えるべきことは何か
- ② 宇宙開発／核融合共同で考えるべきことは何か

といった分担を整理し、宇宙開発サイドの取り組み姿勢を固めてゆかなくてはならない。

表に「宇」と記されているのは、宇宙開発サイドで考えるべき項目、「請」は宇宙開発から核融合に要請する項目、「共」は共同で考える項目である。

^3He システムのオペレーションにいたる迄に、最も時間がかかりそうなのが① ^3He 採掘設備と ② ^3He 精製施設である。これらは、月面の温度環境（及び真空環境）を活かした設計になるものと考えられ、その技術の確認のために宇宙基地における開発試験が必要になるものと考えられる。又、スケジュールでは輸送期間を無視しているが、資材が膨大で5年もかかるとなると開発スケジュールはかなり厳しいものになる。

③の既存炉による ^3He 反応のテストは、対大蔵説明の裏付けとしても、与論の喚起のためにも必要であり、宇宙開発サイドから核融合サイドに早期実施を要請しなくてはならない。（中性子が出ないのでD-Tよりうまくゆくかもしれない）。

④の月面用核融合炉は、次世代を意識したもので、真空環境専用（炉壁のない）かつ ^3He 専用（中性子を取り出したり、トリチウムを造ったりする部分が不要）の融合炉というイメージである。これも開発の段階で宇宙基地におけるテストが必要と考えられる。このテストの成りゆき次第で、宇宙機用エネルギー源となる可能性もある。

表

担当	項目	〔目的〕	2025					
宇	① ^3He 探掘設備 (地月)		部分開発	総合開発 基地含む	製造	試験	運用	
宇	② ^3He 精製施設 (地月)		部分開発	総合開発 基地含む	建設	試験	運用	
請	③ 既存炉による ^3He 反応 (地月)		実験					
共	④ 月面用核融合炉 (月)		研究	準備	実験	建設	実験	
宇	⑤ 月面用資材輸送 (月)				基地	月	月	
宇	⑥ ^3He の輸送 (地)					建設	資材	
宇	⑦ 国際システム構築 (地月)		調整	開発	製造等		運用	
宇	⑧ 条約・機構対応 (地月)		調整					
請	⑨ ^3He 用炉 (地) ⑩ 直接発電用炉 (地) (月面用電力) (月)		核融合サイドのアイテム				建設	試験
							運用	

つぎの2つの項目については、米国等が既に技術実績を有しているので、我が国としては乗り遅れてシェアが零にならぬよう注意が必要である。⑤月面用資材輸送は、地上から月へ採掘設備及び精製施設の資料を輸送するものである。

⑥ ^3He 輸送は月から地球へ ^3He を持ち帰るもので、50年後には年間1,500トンになるといわれている。

⑦⑧の国際対応については、インテルサットにおける各国産業への見返り等を参考に、ぬかりないようにする必要がある。

今まで調べたところによくわからなかったのが、⑩月面プラントの初期の電力源である。④の月面専用核融合炉が表のスケジュールより早く実用化できればよいが、検討課題である。

(4) 視角転換の時期？

現在、核融合は学問目的で進められているように見受けられる。そして学究の手段であるエンジニアリングのところで苦勞している。しかしちょっと頭を冷やして、学問として理論の正当性はほぼ実証された段階と解釈してみてもどうであろうか。ここまできれば目的をエンジニアリングに切り替え、実用化へのアプローチを考えるべき……………というとらえ方である。今は解釈が中途半端というか、エンジニアリングのサイドが寝呆けて目が開いてないというか……………この辺りが意外なネックになる可能性がある。潜在ニーズの緊急性と技術水準とから見て、エンジニアリングの視角に切り替える時期と思える。

エンジニアリングになると、米国のようにR & Dの中心をサイエンティストが占めている場合には、彼等が段々と面白くなくなるフェーズにきたととらえることができる。もしそうであるなら、ここで日本が頑張ることが、人類にとってhappyと考えられる。

この考えが正しいかどうか、次回エンジニアリングの視角から ①②④についてももう少し掘り下げてみたい。(宇宙開発の担当で、中味が整理されていない部分)。

JUNK BOX

40年後の将来像は現在にとって どんな意味があるか

岩田 勉

『21世紀の将来像』に40年後の宇宙活動が描かれている。そもそもこのような遠い未来の予測が現在の人間の行動に何らかの影響を与えることがあり得るだろうか。

宗教の終末思想は中世の個人活動、国家活動に決定的な影響を与えた。マルクス思想も、つい最近まで大きな影響力があったと言える。現在の日本のような先進資本主義社会では事情が違うといわれる。人間活動を決定するものは個人の経済的利益の期待値に収斂するとされる。(万人の万人に対する戦い) このような世界では、人々は現実の問題に忙しくて、遠い将来を考える気分にならない。(特に社会を支える中堅層は忙しい)

上の事情から、40年後に対する人々の個人的関心に直接訴えて、影響を与えようとすることは、相手が未成年の場合を除くと、なかなか難しい。

同様に、個人、あるいは組織の経済的欲求に訴えることも、40年も先の話のように期待値の不確定性が大きすぎる場合、むずかしい。

ところが、現代人であっても、自分が世界の重要な事を全て知っていると思っている人はあまりいない。むしろ、自分は最も重要な事を知らないのではないか、という謙虚さあるいは心もとなさを抱えて生きている、といえる。昔は宗教が、これに答えてくれたが、現代人はどんな宗教をも信仰することができない。

地球と宇宙、そして人間自身が作りだした科学、技術、社会経済機構の行方について、現代人は、昔の人が神をおそれた心に似た、畏怖の感情を持っている。多忙な日常の合間にちらと、未来の宇宙物語を聞かされるとすれば、現代人は、ふっと微かな不安と虚しさを感じることもある。しかし、もちろん、このことによって、彼の行動は何の影響も受けない。

普通の人には、自分の知っていることだけが、一番重要な物だと信じ込むほど不遜ではない。ここで、もし十分尊敬に値するリーダーシップが、十分説得力のある仕方で、40年後の将来のために国家的、あるいは国際的活動を呼びかければ、彼は個人の功利的計算を超えたところで支持することがある。こうして米国、ソ連の宇宙開発は進み、他の国が追従した。現在の宇宙開発の世界的低迷は、皮相的には財政不調が原因であるが、つきつめれば世界的リーダーシップの低減に起因する。

では、今日のように世界のリーダーシップが不在といわれる時代に、将来像、将来ビジョンはいかなる効力を持ち得るだろうか。

*** 編集後記 ***

本号より表紙を新シリーズにしました。巷で流行りの3Dステレオグラムですが、みなさんちゃんと見えますか？ 立体視ができたら、本誌を横に倒してみてください。90°倒しても立体視ができるのがこの3Dの特徴（恐らく世界ではじめて？）です。3D作成は福田、デザインは創刊当時から一貫してお願いしている古閑さんです。

編集局長（福田）の勤務先が変わりました。（原稿送付先をご覧ください。）財団法人日本宇宙フォーラムの設立は94年2月1日ですので、本号の発行日と見比べると発行の半年遅れがバレてしまいますが・・・すいません。なお、事務局の住所も変わっています。ご注意ください。

（福）

宇宙先端
宇宙先端活動研究会誌

編集人
岩田 勉

編集局長
福田 徹

編集顧問
久保園 晃 有人宇宙システム（株）代表取締役社長
土屋 清 帝京大学理工学部教授
山中 龍夫 航空宇宙技術研究所宇宙研究グループ総合研究官

監査役
伊藤 雄一 日本電気エンジニアリング（株）

宇宙先端	第9巻 第5号	頒価 1,000 円
平成 5年 9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 165号		

無断複写、転載を禁ずる。

宇/宙/先/端

宇宙先端活動研究会誌
SEP. 1993 VOL. 9-NO.

IAA 5

