

## 第 9 章 宇宙環境利用研究活動の在り方や進め方

藤森義典

### Strategy and Methodology of Space Environment Utilization Research Activities

Yoshinori Fujimori

**ABSTRACT** This report intends to apply the Network Centric Concept to space environment utilization research activities, postulating the prospective readers to be the scientists, engineers, managers and governmental officials working for space experiment flight program.

First as an introductory guidance, explained will be some terminologies such as strata of information & management, social system, network & networking and so forth.

Next, dealt with will be issues associated with the planning and execution of space environment utilization research activities. These research activities primarily comprise the various scientific researches and technological development. Thus, coordination and cooperation amongst scientists, engineers and program managers & controllers is essential to achieve the flight mission objectives. As mission success is heavily dependent upon the synchronous performance of the triad: science, technology and management, the lack of the common logic amongst the triad and the national strategy being afloat have been the inherent and persisting drawbacks through the effective space experiment flight mission execution.

Thirdly, in order either to mitigate the negative impact of issues or to counter the problems, the author proposes the revolutionary new concept, un-precedent way of thinking, i.e., the network centric operation and its practice is to be applied to create the common logic amongst the triad, which contributes to the harmonious execution of space environment utilization research activities. It is also shown that the network centric practice in the sense of making one's world smaller and smaller by networking is able to reduce the complexity of huge amount of incoming information.

In addition, a few recommendations are made to further the current progress and beyond, regarding international collaboration, cultivation of the talent & advocates for research, improvement of secretariat function, and technical archiving.

目次

1. 緒論
2. 仕事や業務の分類と階層
  - 戦略レベル
  - 戦術レベル
  - 技術レベル
3. 情報の分類と階層
  - データベース
  - ルールベース
  - 知識ベース
4. 組織論とネットワーク中心主義
  - 社会組織、社会システム、Social System
  - ネットワーク, Network, Networking
  - 交信手段, Communication Methodology
  - スマートグリッド, Smart Grid
5. 宇宙環境利用研究活動の全体像
5. 1 宇宙環境利用研究活動の特徴など
5. 2 利用の種類
  - 戦略的利用
  - 商業的利用
  - 科学的利用
5. 3 研究や開発についてのコメント
  - 研究と開発の違い
  - 基礎科学研究と工学（技術）研究
6. 宇宙環境利用研究活動の問題点
  - 科学
  - 技術
  - マネジメント・管理
  - 戦略・究極の目標の設定
  - 指揮命令系統の欠如
  - 情報量の増大、情報の質の複雑化への対処
7. 問題点克服や解決への提言
  - 戦略の確立・大目標の設定
    - (1) 科学研究目標
    - (2) 技術研究と開発目標
  - 研究の進め方

- (1) 研究活動の進め方、トップダウンとボトムアップ論
- (2) 物質科学系研究の進め方
- (3) 生命科学系研究の進め方
- (4) 理工学系研究の進め方

ネットワーク中心主義の薦め

更なる発展のために

- (1) 国際協力の推進
- (2) 研究推進指導者に求められる人材像とその育成
- (3) 実務担当の人材に求められる専門性の深度と幅
- (4) 秘書機能やアーカイブ機能の充実

8. 結論と今後に期待するもの

参考文献

謝辞

## 1. 緒論

この小論は、宇宙環境利用研究開発に携わるすべての人々が効果的に業務に邁進して欲しいと思い、筆者の良かれと思う斬新で、かつ革命的な思想・考え方を提案する。その考え方とは、多岐にわたる事例・事象に共通した要素を筆者なりに寄せ集めて、整理した内容となっている。この基本的な思想は、この小論で対象とする宇宙環境利用研究活動関係者だけでなく、他の分野の研究者、技術者、そして一般の有識者にとっても参考となるものと確信している。

この小論では、初めの何章かを費やして、読者は既にご存知の事項も多いと思うものの、後程問題解決や事態改善へ向けた意識のあり方を論じる過程において使用する主な用語類を解説し、それらに関する筆者の経験やコメントを付記しておく。この解説部分も内容的に多種多様であり、やや冗長の感がしないでもないが、説明全体として、この小論内で完結するよう、配慮したためである。また、説明は筆者の分類主義、分析主義的傾向と論旨で進めているが、これは実際の仕事や宇宙環境利用プログラムが総合的、全体的に組織化され、推進されている状況を横から眺め、それらを系統的に整理しつつ、平易に、理解していただくためである。

次に、宇宙環境利用研究活動に係る問題点を指摘する。軌道上のシステムを使用する宇宙環境利用研究開発はスペースシャトルの時代から行われている。端的には宇宙環境を利用して研究活動をすることであり、研究テーマを担当する研究者以外にも、宇宙開発機関内の技術者、装置製造メーカーや運用担当の技術者、国際的調整を行う行政官等々、非常に多くの関係者を必要として、全員の協力と協働活動無くしては、研究者が宇宙環境利用に関する研究を実施して、学術的成果を挙げる事が出来ない、非常に規模の大きい研究開発活動である。それは今も昔も同じである。

それ故、筆者が 1980 年代末に経験したスペースシャトル利用宇宙実験プログラムにおいては、組織も違う、考え方、やり方も違う多くの人々が同じ目標の為に働くわけだが、所詮組織人間には、その属する組織の所掌、能力、都合等が優先され、全体的にみるとチグハグで、整合性が取れていなかったことは大きな悩みであった。即ち、問題点とは国家的・社会的な戦略がやや欠如していたことに加え、宇宙実験研究に係わる、多種多様な関係者間に共通的なロジックがなく、お互いの対話が困難であったことである。

宇宙開発機関内部においては、1990-2000 年代を通して、色々なプログラム、プロジェクトを立ち上げ実施しており、やり方も工夫しているから、時間と共に筆者の悩みも減少はしている。然しながら、現在においても問題点が十分に解消しているわけではなく、今後とも改善、向上への配慮は欠かせないものである。

最後に、この小論では、関係者がこのような考え方を持てば良い、この種の思想を実践すれば良い、と言う主として「ネットワーク中心主義」を基本とする意識改革、意識革新に付き提言を行うものである。現在は、便利な手段や方法は世の中に幾らでも見出せる。読者諸氏の身の回りにあるものを利用・活用すれば良く、「ああしなさい」、「こうしなさい」

と、やり方を指南することはしない。ただ、意識改革に資するのみでは具体性に欠けるので、方向性としては此方が宜しいのでは、と言う程度の提言は行う。

加えて、国際協力、人材の育成、秘書機能の充実、アーカイブ（データや経験の保存）に付いても勧告を提示する。

緒論の最後に、今日地球周回軌道上を飛行している国際宇宙ステーションを眺めてみると、そのハード技術においても、その利用研究開発活動においても、膨大な技術分野と研究開発内容を包含し、2-3 人の人間が簡単な文書でそれに関して説明を付けられない巨大なシステムである。

この国際宇宙ステーションは、大方がご承知の様に、1980 年代に計画が開始され、1998 年に軌道上組立が始められ、2008 年 6 月に我が国の「きぼう」モジュール組み付けが完了し、全体としては 2010 年 5 月に完成している。現在は参加パートナー諸国により、定常運用中である。この計画の経緯や概要に付いては、参考文献「1」第 2 章に示されているので、それを参考にして頂きたい。その文献「1」も国際宇宙ステーションに関する全活動を記述し得ているわけではなく、主な内容についてである。

この参考文献「1」においては、筆者は、第 8 章 宇宙環境利用研究を推進する仕組みと技術、の箇所を担当執筆した。そこでは関係する事項やイベント、筆者が 1980 年代後半から担当した業務の内容を概略記してあるが、筆者を長く悩ました事態は何だったか、それに対する意見や提言は記していなかった。従って、この小論は、文献「1」第 8 章の続編と理解して頂ければ幸いである。

## 2. 仕事や業務の分類と階層

国際宇宙ステーションの国際調整の場では、

戦略レベル、レベルー 1

戦術レベル、レベルー 2

技術レベル、レベルー 3

と言う仕事の仕切りがあつて、やはり NASA は軍隊の一部だなど思ったものである。

戦略レベルとは、目標の設定、方針の設定、思想や方向性の摺合せに関する仕事になる。

言うなれば、戦術レベル、技術レベルの指揮命令を担当するレベルでもある。

戦術レベルは方法論の段階で、方針に合わせて具体論を考察するレベルである。宇宙関係で良く使う Feasibility Study、可能性の検討、などがこれに該当する。

技術レベルとは、具体的な行動を取るレベルであり、この段階で Action が伴う。

これら 3 者は、上位から下位に至るまでの指揮命令系統と理解しても良い。今日では、仕事の階層を表すだけと解釈しても差し支えない。実際に行動を取るときには、上から下まで関係者全員が納得していることが前提になるから、昔の軍隊のような単なる上意下達を意味しなくなっている。

元々、軍事論・軍学では戦略、戦術、技術は戦闘領域の大小を指していた。「戦略」とは、戦略爆撃機と言うように使われるが、長大な距離感を表すものである。「戦術」とは戦場：Theater of War、における方法論であり、限定した空間領域での仕事を指している。戦術核兵器と呼ばれる中短距離ミサイルがあるが、これは戦場と言う比較的狭い領域で使用されるものだ。「技術」とは戦闘行為遂行を指す。

当然のことながら、戦闘行為に入る前、即ち戦闘行為に先立ち、「戦略レベルー戦術レベルー技術レベル」の3段階を考慮して、机上で推移を想定した演習：Dry Run、をやってみるのが普通である。やってみて、負けるような事態にでもなるようでは、戦略レベルから見直しを掛けなければならない。

国際宇宙ステーションの国際調整においては、レベルー1 が政府間、即ちアメリカの NASA と日本の科学技術庁、レベルー2 が宇宙開発機関間、即ちアメリカの NASA と日本の宇宙開発事業団（現在の宇宙航空研究開発機構）、レベルー3 が設計製造メーカー間、即ち日本の企業とアメリカの企業、となって居た。これらは、通常国際取り決めのプロセスに従うか、ないしは、パートナー間で新しいプロセスを形成しつつ、政府間で基本的な合意を形成し、それに基づいた宇宙開発機関間の調整を行う等、シリーズ化した作業を行っている。これら国際的な取り決めの内容や推移の概要は文献「1」第3章に記載があり、参照して頂きたい。

付言すると、国際宇宙ステーションの様にビッグプロジェクトには、三階建ての階層を考えるが、規模の小さい仕事、例えば研究者が研究室で研究論文を書くような各論的工作には、これらの階層がないかと言えば、そうではない。全て、仕事の規模の大小を問わず、戦略レベルから戦術、技術レベルまで考慮するのが普通である。個人の1日の仕事を例として取り上げても、その日の目標を設定して、段取りを考えてから実行に移る。誰しも、特に意識しなくとも、自然に「戦略ー戦術ー技術」の流れにはなっている。

宇宙環境利用研究の場合は、第1章冒頭にでも触れた如く、多くの人達の協働作業が基本だから、宇宙実験研究プロジェクトの所期の目標を達成するため、目標のレベル評価設定から初めて、やり方・方法論と机上での演習等々とことん事前に練っておくことが求められる。これは作業量や作業領域が大きいために、途中で何かあった場合に、簡単に振出しに戻るわけにいかないのだから、そのため、事前にあらゆる場合を想定して、対処案を準備しておかなければならないからである。

### 3. 情報の分類と階層

此处では、情報の階層を概説する。これらはコンピューター用語、データ処理用語で、ご存知の方も多いと思うが、後程の説明で使用する場合には、此处で述べる筆者の見解が含まれていると理解願いたい。まず、情報の階層には、

データベース, Database

ルールベース, Rule Base

知識ベース, Knowledge Base

の 3 層ある。

**データベース**は、一般的な情報のことである。確定しているか、不完全かは別にして、ある纏まった情報である。例示すると、教科書に書いてある事項、百科事典に書いてある説明、新聞記事等が、該当すると考えてよい。事実を書いたシート、Fact Sheet である。専門家はもとより、一般の人もこのファクトシートを脳の中に多量に保管しているわけである。このファクトシートも時代により、年齢により変化するもので、常に更新されて行くものだ。このデータベースは客観的に定量化出来る情報である。

**ルールベース**は、データベースの使い方である。データベースを如何に活用するか、どのデータベースを使用するのか、を指すものである。やや別の角度から見ると、データベースそのものが、数学の理論とすると、このルールベースは理論に基づいた具体的な計算、演算法を指すこととなる。数式の取り扱い方やそれに類似する情報である。このルールベースもある程度、客観的に定量化できる情報である。

**知識ベース**とは、前 2 者とはやや趣を異にする情報で、知恵・叡智と言ってもよい。個人（集団でも構わない。）の持っている経験・教訓を基にした総合的な判断力、洞察力と言い換えても良く、データベースやルールベースをある程度自由に駆使できる高度の能力を指す。この知識ベースはデータベースやルールベースのように、客観的に定量化することが出来ない。属人的な機能・能力である。

我々は、誰しも義務教育課程で、多くの事項を教わるが、それらは基本的に殆どデータベースである。事実として定説化しているか、自明の事柄が多い。このことは、小学生、中学生、高校生のキャリアラムや教科書を見れば分かる通りである。大学生程度になると、このデータベースに加えて、教科の中にルールベースも入って来る。大学生以上には、知識・情報の活用能力が求められるからである。

いずれの教育課程（小中高大）においても、これはデータベースです、あれはルールベースですと、区別して、教育されることはない。その他に「知識ベースがありますよ」と言う教え方も無い。読者もお察しのように、知識ベースは、定量化されていないので、明確な教育課程に導入されてはいない。客観的統一的な見解を示せない、即ち、教科書に具体的にこれですと提示することが出来ないので、導入は出来ていないわけである。これを下手に導入すると、年長者の意見を若者に押し付けると誤解される心配がある。学校教育とは、そもそも教科書として纏められる内容を教えることに尽きるのであって、それ以上に及ばない。

そうは言っても、生徒、学生達もデータベースやルールベースの学習を通して、言わず語らずに、知識ベースを習得するものである。歳と共に知恵も付くと考えてよい。それに加えて、教える教師・先生側が、単なる事実関係の説明や解説だけではなく、事実・事象の背景に言及するとか、学習の動機付け等に気配りすれば、生徒・学生達の知識ベースも

増えることに繋がる。

現在は 10 年、20 年前と比較しても、社会全体に流通している情報量が多くなっている。その結果、高校以下の課程でも、大学以上でも学習すべき事項が増えている。要するに、取り敢えずデータベースやルールベースとして持っていなければならない情報が年々肥大化していると言ってよい。大学でも学部卒よりも、大学院 2 年（修士課程）を追加して社会に出る学生も増えている。これは、学習すべき内容が高度化したためではなく、憶えておくべき事柄が単純に増えていて、大学 4 年間の時間内では、賄いきれなくなったからである。

修士課程を越えて、博士課程に進めば、専門性の深化も要求されるから、中身のある程度知っていますでは競争力があるとは言えず、先端的な研究を行う事は出来ない。この様に、先端的な研究を行う、多くの分野に付いて広くデータベースを構築する、実社会における仕事を横断的に総覧する（マネージャーの仕事など）、と言う段階に至って初めて知識ベースが問題となることが多い。参考出来る教科書やマニュアルが無くなるレベルに到達すると、その先は自分の力で開拓して行く以外に無くなる。その時、頼りになるものこそ、自己の知識ベースに他ならない。

先に社会全体の流通情報量が多いと述べた。問題は、情報（この場合、知識ベースも含めて）も常に正しいわけではないということだ。どうでも良い情報、意図的に流される間違い情報も少なからず混在していると考えた方が良い。注意しなければならないことは、このどうでも良い情報：Junk Information の検出と処理だ。なるべく不要な情報は避け、大事な情報だけをキャッチする、役に立ちそうな情報をキャッチしても、必ず裏を取る、2重、3重に確かめることが欠かせない。従って、個人でも組織でも、信用の置ける情報入手先をお互いに確保することが大変重要になって来るのは当然の事だ。ジャンク情報、ジャンクニュースに囲まれていれば、競争社会で勝ち抜くことは困難になる。

これに加えて、個人でも組織でも持てる（脳内に保管していると言う意）データベース、ルールベース、知識ベースは常に更新して行き、新しいものと取り替えて行かなければならない。古いものでも保持していて未来永劫に役立つものもあるだろうが、時と共に新陳代謝をさせなければならない。

今や、情報量は膨大だから、個人レベルで保管出来るデータベースやルールベースの量には当然限りがあり、教科書、本や書籍、マニュアル、電子ファイル等々、外部メモリーを活用しなければならない時代となって居る。この場合は、どの種の情報が何処にあるか、整理されたインデックスを保管しておき、直ぐ使える状態にしておかなければならない。

新しいデータベースとルールベースの創造は引き続き現代科学技術の課題ではあるが、それらの古いもの、過去のものを教育することや、次の世代への伝達は、多くの場合問題ない。定量化されている内容の教育や伝承については、手段：“How To” が確立されている。しかるに、定量化されていない知識ベースの教育、伝承に関しては、これと言った方法がない。多くの職場で行われている現場での訓練、即ち OJT: On the Job Training、が



知識ベースを教授・伝達する機会とは思われるが、其処では職場特有のデータベースやルールベースの伝授も行われるので、知識ベースもその一部に過ぎないことは多い。

最後に付言しておく、第 2 章仕事や業務の分類の階層、この第 3 章情報の分類と階層を対比すると、

戦略レベル ～ 知識ベース

戦術レベル ～ ルールベース

技術レベル ～ データベース

のように、対応しているのではないかと、思われる方もいるのではないかと推察する。然しながら、仕事の分類と情報・知識の分類は同一の整理軸に乗ってはおらず、厳密には性格の違う別物である。戦略レベルの仕事にも知識ベースだけでなく、ルールベース、データベースが要るのは当然で、実務を遂行する技術レベルの人達にも知識ベースは欠かせないものである。とは言え、割合を見るならば、戦略レベルの仕事をする人達には、多くの知識ベースが頭に詰まって居なければならないし、技術レベルの仕事をこなす人達はデータベースをより多く必要とすると想定しても間違いではない。その種の定性的傾向を観察することはある。

#### 4. 組織論とネットワーク中心主義

後程、ネットワーク中心主義を宇宙環境利用研究活動へ応用するので、それに付いて解説をする。このネットワークは組織論の中でも取り上げられる項目であり、公知の事項ではあるが、説明・コメント等を記しておく。詳しくは参考文献「2」、「3」をご覧ください。

#### 社会組織, 社会システム, Social System

専門家の間でも、用語の定義には多少の幅がある言葉であるが此処では、「社会組織、社会システム」とは、ある共通目的のために、「2 人以上の人々、2 個以上の組織、が協働する、意識的に調整された人間の活動や諸能力の体系」と定義する。これだけだと、分かったようで分からないと思うので、説明を加えるが、例えば

(1) 道端で倒れた人を、たまたま其処を通りかかった、不特定多数の人々が助けようと協働しあう状況

(2) 映画館の前で、チケットを求めて並んでいる人々の群れ

を見てみよう。この場合、(1) は社会システムであるが、(2) は社会システムとは呼べず、烏合の衆である。(1) は世の中にある会社、企業は言うに及ばず、地域の自治会、趣味の会、ボランティアサークル、NPO, NGO, 等々を広く意味する。

次に組織の定義を示す。「組織」; System & Organization, とは社会システムの部分集合であり、「公式かつ統一的な命令系統で律せられ、その境界が明確に定められた社会組織の一形態、いわば特異な形態」である。この組織の定義は、会社勤め、官公庁勤めの人には分かりやすいものと思う。

組織は内外との間に大きな壁があり、外部は排除するものである。従って、この組織が、社会組織（内部、外部の境界は曖昧）の部分集合であるのは可笑しい、別の集合ではないのかとの疑義が生じるものと思う。この時に、重要な役割を果たすのがネットワークに他ならない。即ち、「ネットワーク」とは、「公式かつ統一的な命令系統により限定される組織の排除作用により、失われるか保留となる連結可能性を再検索し、再利用するため、組織の枠を超えて浸透・調整される二人以上の人間の、協働活動や諸能力の体系」である。どのような個人であれ、組織であれ、お互いに連結可能部分を有しているわけで、それが全く無いと言うことは無い。連結可能部分をネットワークに乗せ、指揮命令系統を超越しうる機能により、ネットワーク参加者は、各出身組織への帰属状態を維持したまま、多様な人と融通無碍に結び付き、「超構造」を形成することとなる。

この社会システムや組織は両者が別々に厳然と存在するものではなく、社会システムが時間と共に進化する、社会システムから、組織へ、組織からネットワークへ、そして次の新しい社会システムに発展するものである。状況に応じ、環境に応じ、循環式に変化すると考えてよい。ただ、全てが常に変化しなければならないわけではなく、ある状態で変化が止まっていて、その定常状態で機能していても構わないものもある。

#### ネットワーク, Network, Networking

組織論や社会システムの中で大きな役割を演じるネットワークについて解説する。

これまでの考え方は、(1) 情報を伝達する道具、(2) A から B へ情報を伝達する交信手段（電話線）、(3) 軍隊では 3CI:Communication, Control, Command and Intelligence と言われるように、指揮命令系統を円滑に行う手段、等々であった。

新しい考え方には、従来の考え方に修正を加えたり、追加されるものとして、次のような事項がある。(1) ネットワーク中心主義を導入する、(2) 情報の共有がキーワード、情報の共有とはノード A とノード B が、同時に情報の発信者、受信者であることを指す、この双方向プロセスをネットワーキングと呼ぶ。(3) 情報の共有レベルを上げることが肝要である、共有レベルが高ければ社会資本; Social Capital, が高いことを意味する。

注記として、社会資本; Social Capital とは社会インフラ整備のための資金のことではなく、知的な社交技術; Intelligent Social Skill, のことを言う。人々、集団、グループの民度が高いことや一般常識が備わっていることを表す。

ネットワーク中心主義とは、Network Centric Operation や Network Centric Warfare と言う軍事用語から流用されているものである。Centric とは Geo-Centric (地球中心、天動説) や Helio-Centric (太陽中心、地動説) と使うように、中心が何かを指す言葉である。そもそもネットワークとは通信回線のようにケーブルだから、これを中心に据えるのは可笑しいと思う人も少なくないだろう。中央処理コンピューターこそ、中心に据えるべきだと思う読者も多いことだろう。用語から見れば確かにそう言う印象は受ける。この考

え方の濫觴は、2 人の軍人の提案である。即ち、

- Admiral William Owens proposed “System of Systems” in 1996
- Vice Admiral Arthur Cebrowski proposed “Netcentric Warfare” in 1998

孫子の兵法、諸葛孔明の兵法等の現代版と思えばよい。この提案は戦略レベル、知識ベースの話し、思想や哲学レベルに留まっていて、方法論ではない。方法論以下は各自に任されている。

軍隊で一番大事なのは当然のことながら、指揮命令系統だと思われていた、今でも基本的にはそうだろう。ただ、この 2 人の軍人が考え抜いた結果到達したのは、如何に指揮命令系統が立派でも勝てないことがある。では絶対に勝てる方法は無いのか、方法を論じる前に絶対に勝てる思想はあり得るのか、であった。このネットワークに中心を置けば勝てる、勝てる可能性が限りなく高くなる。

これまでは、単なる通信ケーブルに過ぎなかった、情報のやり取りをする場所こそ、チーム活動の中心であるべきと言う思想は斬新で、ある意味では革命的な事だった。戦場に居る兵士も、司令部に居る参謀指揮官も同じ情報と知識を共有すれば、その軍隊は確かに強くはなる。その時、一兵卒と上官を繋ぐネットワークに価値がある。今や、このネットワーク中心主義は、実際の作戦計画や戦闘活動だけでなく、会社の経営や管理、政府機関の行政運営等々に広く適用されている。

このネットワーク中心主義が米軍から出て来た背景を分析・吟味するのは意味があることだろう。筆者はこの考え方が英米法での陪審員制度（最近、我が国にも取り入れられた。）に良く似ていると思うからだ。ヨーロッパ大陸諸国とそれに影響を受けた我が国では、裁判は専門家がやることに決まっていた。法律の知識があり、それに専門的な知見を加えられる人達の仕事なのである。

一方、英米法の世界では、陪審員制度が古くからあり、これは裁判の判断も専門家だけがやるのではなく、素人も参加して行うと言うことであり、我が国のやり方とはかなり違うものだった。英米法の世界では常識が最上位の判断基準である。この常識は英語で Common Sense であり、この Sense は常識の「識」から受ける印象；何か知っていて判断する、とは違い、感覚、Sense、で判断すると言うことなのだ。判断するのに何か専門的知識が必要なのではなく、何となく感じれば良い、感じで判断すると言うことになる。道行くおじさん、お婆さんの感覚で、犯人の刑罰を決めて宜しいのである。

関連あることとして、米軍の先輩英軍、昔の英海軍の仕事はスペインやポルトガルの商船を襲うことだったが、英海軍（実情は海賊）は海戦で勝とうと負けようと、海戦の後には上官から一水兵に至るまで集まり、反省会を開いていたそうである。NASA もその伝統を受け継ぎ、スペースシャトルの飛行後は飛行したクルーも交えて、地上管制所の職員（ほぼ全員）が集まり、クルーデブリーフィング（クルーの報告会だが、関係者の反省会のこと）とやらを何時間もかけてやっていた。

以上の伝統を考慮すると、ネットワーク中心主義は、分かる事、分からない事を議論のテーブル（ネットワーク）に乗せ、その場から新しい考えや結論を出すと言う、大変民主的な考え方であり、やり方であると言える。現在は商業インターネット上で質問を書き込むと、回答してくれる人が居る。これなども社会全体がネットワーク中心主義化の方向にある証左とも思える。

#### 交信手段, Communication Methodology

交信手段は耳を使うか、目を使うか、のいずれかだけで、多数の選択肢があるわけではない。以下 3 項目に尽きる。目を使う場合には、文章や静止画、動画、手旗信号、手話等であろう。目を使えない人は音声交信が主になるが、指の感覚を使い情報を得ることが可能だ。

耳、口頭 Voice, Oral Communication

文字, Text, Visual Communication

画像, Image, Visual Communication

交信・伝達する情報が定性的なものか、定量的なものかによって、どの手段にするかは考慮事項であるだろう。また、情報がタイムクリティカルか、そうでないかにもよる。特にタイムクリティカル（戦場での兵士間通信）であれば、音声で交信することとなる。宇宙実験の実施自体は時間の制約はあるものの、幸いなことに戦争行為のようにタイムクリティカルではないので、交信手段が深刻な問題となることはない。従って、あらゆる交信手段を駆使してじっくりやれる。

#### スマートグリッド, Smart Grid

この言葉は、ネットワーク中心主義の説明に直接関係ないが、現在進行形で世の中に流布している用語なので、此处でコメントしておく。このスマートグリッドとは、電力の効率的供給網を指す言葉で、発電所、発電組織と電気を利用・消費する組織や人達を如何に効率よく、効果的に繋げるかが注目の的になって居る。一言でいえば、これもネットワークなのだ。情報が行き来するか、電力が行き来するかの違いはあるが、ネットワーク中心主義の一種であることは明らかである。

英語の Smart を効率的とか、効果的と意識したが、このスマートは知的レベルが高いことを意味し、人間に付いていえば、「優秀な」となる。それ故、知的な電力供給網とは、供給ライン上に知恵や知識が詰まっているわけだから、ネットワーク中心主義のエネルギー版と言って良い。最近では、このエネルギーに関する問題は、電力網だけではなく、電気自動車や炭酸ガス軽減問題等広範囲に亘るので、一つの社会問題化している。従って、スマートグリッドと言っても、焦点を絞って議論する必要があるようだ。

#### 5. 宇宙環境利用研究活動の全体像

### 5.1 宇宙環境利用研究活動の特徴など

冒頭においても、宇宙環境利用研究開発活動が全体として分かりづらく、複雑な代物だと言うことには言及した。この宇宙環境利用研究活動の特徴については、文献「1」第 8 章において、簡略化して記述したが、此处ではやや詳細に論じる。宇宙環境利用研究活動とは如何なるものか、並びにその推進に必要な仕組みを説明する。

地上研究活動と違って、宇宙空間で研究する場合には「宇宙環境利用」と、くどいようだが常々断り書きが入る。当然ながら、地上環境の下での研究の場合は一々断り書きを入れられない。これは研究活動の殆どが地上で行なわれるものとの前提があり、それが極当然だからである。此处で取り扱うのはこれまでの前提にない宇宙空間における研究活動の性質である。

地上における研究活動とは分かり易く、研究者と言った場合は多くの説明は要らない。研究活動と言えば大概の人は仕事内容を理解する。研究を完成させる難しさの問題を別とすれば、単に研究者が研究課題を選択して、実施する仕事である。

然しながら、宇宙環境を利用しての研究活動は一口で言い切れず、長々と説明を要するものである。研究者が研究課題を選んで実施し、結果を出すまでと言う意味では同じであるが、それも政策決定ベースの話しから、選定プロセスやその体制からして問題が付随する。加えて、飛行プログラムの構築と推進、装置や技術の開発、運用のための準備と実運用等々、研究者の仕事と並行して進めなければならず、それらに関わる人員は地上における研究活動とは比べ物にならない程多数の人員を必要とする複雑な研究活動である。まずは、大勢で協力協働活動を推進するプロセスを徹頭徹尾明確にして、全て筋道を決め、関係者が了解して関連作業を開始しなければならない。

この内容やプロセスが複雑で多岐に亘ることは、種々の仕事内容の性格や性質が違うためであり、第三者にとって大変理解しづらい事項となって居る。例えば、仕組みの話と研究内容の話とは厳密には関係ない事項なのに同じテーブルの上で議論しなければならないと言うように、聞いていて、読んでいて益々わかりづらいとの印象を与えるのではないかと心配している。この複雑さを簡単に一口で説明することは殆ど不可能に近いが、それでも、読者に少しでもこの複雑さをご理解いただき、実態と実情を知ってもらいたいと希望している。

宇宙環境の中には人間が活動するには障害になるものがある。また実験環境として利用できるものもある。真空や宇宙放射線は人間が活動する時には障害になるので、対処が必要となる。要するにそれらを克服しなければならない。微小重力はどうか。この条件は流体や気体等流動性ある物質の観察や研究には利用できる。地上のように浮力や対流がなければ、融液や溶液からの結晶も地上より良いものが出来るのではないかと、宇宙利用の初期の頃から期待されていたことはご存知の方も多だろう。宇宙ではこの微小重力が唯一利用価値ある条件である。

この微小重力も宇宙で滞在する人間にとっては必ずしも望ましい条件ではない。微小重

力下では宇宙飛行士達がプカプカ浮遊しているのを見ると、宇宙飛行士はさぞ楽しいだろうと想像するが、実際には多くの芳しくない影響があることが分かっている。宇宙酔い、体液の上体へのシフト、筋萎縮、骨密度減少、免疫力低下等々、人間が宇宙で生活・仕事するには克服しなければならない条件でもある。

従って、宇宙環境利用研究は大雑把に見て、科学的な知見を創造するための研究か、人間が安心して宇宙滞在できるような状況にすべく、諸条件を克服する課題の研究か、のいずれかの 2 種に分かれる。勿論、課題によっては両者に跨るものもあろうかと思われる。いずれの課題を選択して、最終的に宇宙実験実施に至るにしても、その過程は研究課題テーマさえ良ければ「はい遣れます」というものではなく、冒頭にも述べた如く、多くの条件付になる。宇宙環境利用研究に必要な「研究実施の環境条件」とは何かについて明確にしなければならない。

以上を纏めると、宇宙環境利用研究の特徴として

- 研究者とその研究室だけではクローズしない、
- 研究テーマ領域、テーマ群も膨大で、複数かつ多数の分野に跨る、
- 研究テーマ選定プロセスと体制が必要、
- 実験装置、実験技術が準備されていなければならない、
- 宇宙空間に実験室が存在する、
- 地上に管制センターが存在する、
- 実際の飛行運用に携わる技術者が必要
- 地上での実験準備に技術者が必要、等々

少し書き出しただけでもこれだけある。極々簡単な実験を軌道上で実施するだけでも多くの手数を必要とし、宇宙実験そのものが大変 Labor Intensive な（手間の掛る）仕事である。

次に、宇宙環境利用研究推進に必要な仕組みは何かを説明する。先の特徴とは呼ぶものの、それらを言い換えると問題や課題であり、特に宇宙環境利用研究の実施遂行に当たって、

克服しなければならない課題、  
事前に準備をしなければならない諸課題、  
研究者、宇宙開発機関、実務担当企業等のために環境整備、  
等々、数え切れないほど多く横たわっているため、これらの難題を如何にして処理して行くのかが大きな挑戦となる。そして、課題を克服しつつ推進する仕組みが必要となる。大枠としてこの宇宙環境利用研究を推進するために必要な仕組み、即ちエンジンとして何が必要か、大分類を以下に示す。

- イ. 管理運営機構やマネジメント体制
- ロ. 科学研究領域やテーマの審議・選定プロセスと体制

ハ. 必要な技術群開発整備体制

の 3 本柱が無くてはならない。一言でいえば、マネージメント、科学、技術の鼎立である。柱の何処かが欠ければ成り立たない。これらの内容を概観しよう。

これらは仕事の担当グループと見ても良いし、仕事そのものの分類と解釈しても良い。または、3 種類の性質の異なる能力が必要なのだと思って頂いても良い。

分かりやすく説明を続けるために、以下の図を用いる。



管理・マネージメントと言っても、全体的総合的なマネージメントと、研究や技術と並列に行う業務管理の仕事もある。上の図は、何処の組織にもある組織構成図と同じで、読者も馴染み深いものであると思う。この種の組織図は中国の春秋戦国時代に草案された古いものであるから、現在の諸組織活動内容を正確に表すのは無理と思うものの、紙に書くとなると 2 次元で書く以外に無い。そのため、組織構成の実態を参考程度に示すものだが、全般的理解には役立つ。

司令塔部分の管理運営・マネージメントとは政策レベルの審議に始まり、宇宙開発機関への予算の配分、宇宙開発機関内でプロジェクトやプログラムとして遂行する際の体制構築とその維持・改定等を指す。また、科学研究テーマに関する事項、技術開発項目の選択・決定と開発業務の全般的なマネージメントも此処の仕事である。3 本柱と言う場合の管理・マネージメントは、司令塔部分の仕事と通常の業務管理を含んだものとする。

科学研究の実施は、科学研究テーマや技術開発に関する要求事項の聴取・調査から始まる。即ち、宇宙環境利用に適したテーマ群、宇宙環境利用研究から成果を出す可能性が高いテーマ群に関して、研究コミュニティからの意見、要望を聞きつつ、国としての科学戦略、宇宙開発機関の実施戦略を勘案して、実行に移さなければならない。また、研究テーマを選定する機構・スキームも透明性があり、公平に維持管理されなければならない。

技術開発とは科学研究を可能とする具体的な技術項目 (Enabling Technology) のことで、研究目的追求に役立つ技術を整備することである。当然ながら、研究には実験装置が通常必要になり、それらの装置は事前に設計・製造・試験されなければならないものである。加えて、装置を使う技術、運用する技術、また装置を操作する宇宙飛行士の養成や訓練に関する技術等、技術項目の中には目に見えるものと見えないものが混在する。それらを総称して技術と呼ぶ。

次に、宇宙環境利用研究活動全体を推進するため、諸問題を逐一解決しつつ進まなければならないが、上記の 3 本柱の内容についてやや詳しく述べる。第一ステップとして中分類の作業項目を掲げてみよう。これらの中分類は、人工衛星の開発運用や打ち上げ機の開発等、宇宙開発機関がプロジェクトやプログラムとして遂行する際に、WBS: Work Break Down Structure、と呼ばれている作業項目表に相当するものである。これは何を遣らねばならないか、キーワードを並べたものと解釈してよい。この段階では作業の内容に関し、項目としての漏れが無い、プロジェクトやプログラムを開始する前に確認することが重要である。項目の具体的内容は適宜詳細に記述して行くこととなる。

イ. 管理運営機構やマネジメント体制

政策・施策の審議や方針決定

体制、全体的なマネジメント

国際パートナーとの調整

ロ. 科学研究領域やテーマの審議・選定プロセスと体制

利用要求取りまとめ

利用要求の調査、ワークショップの開催

研究テーマ募集・選定

実験研究テーマの地上準備作業

ハ. 必要な技術群開発整備体制

インフラの整備

宇宙プラットフォーム (宇宙ステーション等)

地上管制センター、地上試験設備

人員 (飛行クルーも含み) の訓練

宇宙環境利用推進プロジェクト

飛行実験プログラムとプロジェクト推進

技術開発

実験装置開発

宇宙実験実施技術 (実験共通技術) 開発

上記の WBS が宇宙環境利用促進と推進に必要な仕事群の概要である。見れば分かるように、



これらの仕事群は性格や内容もバラバラで、系統的にグルーピングは出来ない。

付言すると、上に記す宇宙プラットフォームとは、小論の主な対象である国際宇宙ステーションのことで、その開発経緯、我が国の参加経緯に関しては文献[1]の第2章の記述等を参照頂くのが良いと既に言及している。一般論としては、宇宙環境利用研究はこの宇宙ステーションだけを手段としているものではないが、この小論で言う宇宙環境利用研究はその存在に全面的に依存している。

付言すると、宇宙開発機関で実行される種々のプロジェクトやプログラムの WBS は、そのプログラムやプロジェクト次第で、宇宙環境利用研究開発プロジェクトと同じだとは限らない。ただ、区分や用語が違うとは言え、大体の基本構成は良く似ていると考えてよい。

## 5.2 利用の種類等

宇宙環境利用研究活動の問題点の分析・吟味において、利用の種類を区分して見ることは有意義な事だと考えている。此处で筆者の見解を申し上げるので、この小論の理解増進に、一つの整理軸として役立てて頂きたい。

本書では、冒頭より宇宙環境利用という言葉は何回となく掲げ使用してきた。然しながら、利用とは何か、をこれまで厳密に定義してはいないし、その分類にも触れていない。これまでに多くの議論でも、利用の種類について明確にされたものは少なく、開発と利用と対に使われるだけで、何となく分かった、しかし良くは分からない、で済ませていたものである。

此处では、この利用活動の内容を分類して、研究者や技術者、加えて行政府の事務官が、どの利用を想定しているのか、明確に認識しつつ、議論を進めて欲しいと思うからである。

利用には大別して、3 者がある。即ち、戦略的利用、科学的利用、商業的利用、である。これらに付いて説明する。これらいずれを考えるのかにより、当然ながら戦略・方針や戦術・方法論も異なってくる。実施レベルでは、どの利用であれ、基本動作が変わることは無い。

### 戦略的利用

この言葉はやや分かりづらいと思うので解説するが、個人でも組織でもその基本的な方針に合わせて利用活動をするものを指す。方針とは論理的に出されるものではない。即ち利用活動領域ないしテーマの選択と決断は恣意的であり、主観的である。今論じている宇宙環境利用実験に付いてみるならば、省庁や担当部局がやりたいことを第一にやることとなる。やりたい事そのものの、選択や判断は非論理的で、科学的に誘導される思考ではないけれど、組織として強化したい研究領域なり、研究課題に取り組みたいと思う事項である。組織には、このやりたい事が多数あって当然なのである。

### 商業的利用

この利用形態は分かり易いものである。有償利用と言われることもある。誰しも経費を自己負担して、実施するというのであれば、誰も文句を言わないし、言う筋合いはない。負担する人や組織の自由裁量である。対価を払い、利便を得るのは誰しも自由に行ってよい。宇宙環境利用について見るならば、例えば企業等が宇宙で実験したい事項や研究があり、経費負担を宇宙開発機関に申し出れば良いことになる。勿論、実験の内容が反社会的であったり、危険で無い限り、と言う但し書きは付く。

### 科学的利用

これは一番分かり易い利用形態である。科学研究や技術研究は客観的に研究テーマを選択して実施されることが多い。国の施策にもこの種の利用研究推進形態は多く、第 3 者が提案テーマを評価して、評価点の高いものに研究費が付くとか、飛行実験に進められることとなる。評価が客観的であり、諸事公平に進められるので、この利用形態に関して、特段反対者が現れる心配もない。問題点としては、研究者をはじめ、宇宙開発機関の担当者や行政側にある人も、宇宙環境利用にはこの科学的利用が主だと思っている人が多いことである。

以上の 3 種の利用形態は思考過程での一応の基準である。これらの他に一般的利用などと区分することも可能だし、それ以外にあっても良い。多くの場合、3 者の中でどれと峻別出来ることは希で、「戦略的利用」と「科学的利用」が加わったような分かり辛いミッションもあり、話がややこしくなることは多い。また、どの利用と峻別することが大事なのではない。

### 5.3 研究や開発についてのコメント

#### 研究と開発の違い

研究と開発とは同じような仕事であり、また違う仕事でもあると言うように、必ずしも区分や区別が明確ではない。仕事をする上で、区別が大切な事もあり、大して気にしなくて良いと言うこともあるから、殊更、違いを強調する必要はないけれど、これらの用語のニュアンスや使われ方を詳細に見てみることは以後の議論には役立つ。

英語でもこの研究と開発は、Research and Development というようにペアーで使われることが多い。内容的には繋がっていることは確かである。これらの内容に詳しくない人、一般人や自然科学が専門でない人は、これらはパッケージで一つの事だと誤解してしまうようだ。誤解してもそんな大きな損失は無いけれど、この研究と開発は厳密には別物である。よしんば、これらが別物だと認識していても、これらの関係が如何にあるべきか、積極的意見を持ち合わせていない科学者や技術者も少なからず居る。

宇宙開発に係る技術者は研究と開発の違いを概ね認識しているが、これまた両者の関係はどのようにあるべきか、積極的意見を持ち合せない技術者・職員も多く、仕分け論的に

宇宙開発機関内で問題にすべき課題と考えていた。総論 OK, 各論には疑問符がつくのである。研究と開発の実施上の相違点なるものは現在ではある程度常識化しつつあるが 20 年以上前はそうではなかった。

当時の筆者の認識は、研究を遂行する時に指揮命令系統は存在しないことだった。研究者個人が全て責任を取る、計画する、実施するのが通例だ。しかるに、開発という行為や活動はグループで進める事が多く、指揮命令系統で動くのが通例である。

研究に指揮命令系統が無いことは其処には成果に責任を取る人がいないと言うことだ。即ち、研究者は研究結果に責任を取らない。理由は簡単で、研究は上手く行くとはい限らないからだ。研究が失敗したら責任を取れと研究者が言われるのであれば、研究者という職業が成り立たない。ただ、研究者の属する組織にも予算の執行等で、指揮命令系統が存在する。組織としての責任体系は最低限度あると言ってよい。ただ、そのことは研究成果に責任を取ることはない。

一方開発は責任と共にある。結果に責任を取らざるを得ないから、指揮命令系統で動くことになる。軍隊と同じだと思えば理解しやすい。この研究と開発の性格的な違い、実行上の相違こそ、両者間のインターフェイスとりを難しくしている原因であった。加えて、宇宙実験研究のように、研究も開発の過程に組み込むしかない場合において、研究と開発双方を制御する適切なロジックが存在しなかったと言える。

此处で筆者の FMPT: First Material Processing Test, 第一次材料実験、当時の経験を述べる。FMPT のような宇宙実験計画を実施するには、科学研究者、装置開発運用の技術者、装置設計製作の技術者、宇宙開発機関の業務窓口、行政府の担当者、周辺業務支援者等々、多くの人々が共同して進めなければならないものであった。その時に、研究を担当する研究者側が、自己の研究活動に付随する必要な技術開発に関して十分な理解を持ち合せていないことも間々あることで、お互いの情報や知識の共有が大切だとは誰しも分かっては居たことだが、実際には僅かしか共有されていなかった。

然しながら、情報や知識の共有を如何に力説しても、総論として誰しも理解するとしても、埒が明かないことも多い。大体お互いの各自の業務や研究活動に忙しいわけだから、活動全体を眺めた場合、中間に誰か居てインターフェイスを取れと言う事になる。そういう意味で、筆者の立場は概ねこの中間点、中継点であり、プログラム関係者と研究者の間の通訳に外ならなかった。ある言語と他の言語との通訳は役割が分かり易く、説明の必要もない。ただ、仕事や業務上の通訳は分かりづらく、第一、双方・両者（宇宙開発機関側技術者と大学や研究所の研究者と言う意味）がその種の通訳の存在を信じない、信用しない、ことから改めて行かねばならなかった。多くの委員会やワーキンググループで、多くの研究者と接する仕事が多かったわけだが、筆者の担当している仕事の意義や意味を理解する人は少なかったと記憶している。大方は元々そう言う職種や機能の存在すら、関心がない。

昨今、社会では専門家と一般大衆の間の通訳、ある専門分野と別の専門分野の通訳、、、

等々を科学コミュニケーター、科学ファシリテーター、などと呼ぶこともあるが、新聞や雑誌の科学ジャーナリストも広い意味では通訳業と言える。この種の科学技術通訳の重要性が徐々に認識されつつあることは喜ばしいことである。

最後に付言すると、筆者は FMPT プログラム実施当時、プログラム担当オフィスにおいて、前述した通訳・説明担当者として、日本側研究者の研究内容を第 3 者に説明する機会が多かった。第 3 者には宇宙環境利用研究が大変分かりづらいことであったようだ。今日でもその事は変わっていない。研究内容と言うのはどちらかと言えば細かなことで、素人に理解出来ないことは仕方がないことである。基本的に専門家、プロ、向きの仕事である。宇宙実験研究に関しては、筆者自身もこの分野で研究論文を書くと言う意味の研究者・専門家ではないので、中身を 100%理解して説明するわけではない。それでも説明を聞いている人が分かり難いと、説明者が誤魔化そうとしていると取るメディア、プレス関係者も多かった。自分が理解できないと相手のせいにする態度である。NASA の人達に聞いた範囲でも、それは何処の国でも同じだろうと言う事であった。

### 基礎科学研究と工学（技術）研究

基礎科学研究と工学（技術）研究の区分について見てみよう。先に、研究と開発の違いを分析したが、此処ではその分析を延長し、科学研究と技術研究の区分を細査する。技術開発は技術研究と同義語である場合と、そうでない場合がある。混同しても左程理解の妨げにはならないけれど、その性格の違いや規模の違いにより、進め方も異なる。この科学研究と技術研究の分析や区分は宇宙実験研究において固有の事ではなく、広く一般の研究活動へ適用できる。

用語の厳密さを確認するため、2-3 コメントから始める。科学とか技術・工学は学術の区分用語で図書館学的な言葉である。然るに、研究や開発は行動を指す言葉であり、図書館学的な分類用言葉ではない。従って、学術に関する用語には国境や差別は存在しない。学問には国境が無いと良く言われる所以である。一方、行動を指す言葉は、研究開発のように A さんがやる、B さんがやるのとでは異なる。また、行動には、個人的にも社会的にも規制が伴うものである。即ち、行動には国境が存在し、区別・差別が生じてしまう。勿論、区分・差別（国境）を越えての協力活動は可能ではあり、現にそのような協力は存在する。

まず、研究活動の性格や特徴から分析すると、基礎科学研究は研究者個人の興味や知の探求と言う視点で研究課題が決められる。決まると言うより個人が選択するという方が適当であろう。何を選ぶかは全く Academic Interest 次第である。工学研究や技術研究（開発と呼ばれることもある）は、基礎科学研究と同じく自然科学の中にあり自然科学の原理原則を中心に据えるけれども、目的が物作りだから、基礎科学研究と全く同じではない。「同じではない」とは、基礎科学研究と同じような工学研究もあり、そうでない工学研究（この場合は技術開発）もあることを意味する。このために話が少しややこしくなる。

一般的に厳密な区別があるわけではないが、筆者はこのややこしさを避けるため、基礎

科学研究と同じ性格の工学研究は、これを基礎科学研究の範疇に入れ、応用的な工学研究は技術研究とし、その先の、もの造り手前までを技術開発としている。もの造りそのものは製造や調達用語で括られる。即ち、

基礎科学研究⇒技術（工学）研究⇒技術開発⇒製造・調達、  
と整理している。

欧米系諸国では基礎科学研究から始まり応用へ、即ち工学研究へ、発展すると言う、所謂 Linear Theory と呼ばれる考え方が強い。この Linear Theory とは数学や制御工学で言う線形理論と言う意味ではなく、物事は基礎から応用へ流れると言う意味である。1980年代に欧米諸国では、我が国の経済発展を誹謗して、我が国が欧米の基礎科学の成果を活用するだけの技術で儲けている、基礎科学タダ乗り論が横行していた。この非難も一理ありと受け止められ、1980年代は我が国の政府も基礎科学振興に予算を配分するようになった時代である。経済成長華やかし頃の我が国においては、基礎科学が疎外されていたと言える。「星雲の写真など撮って何の役に立つ」と公言して憚らなかつた政府関係者は多かつた。

基礎科学が自由な発想に基づいた研究を志向するのに対して、技術研究は物作りのため、人工物創造のための研究だから、物作りや人工物を要求する顧客のための研究活動となる。即ち、社会的、時として国家的、な要請に基づいて行われるのが技術研究の本質と言える。技術研究の良し悪しは「もの」の良し悪しで測られる。ただ、先にも述べたように、工学系学術研究でも自由な発想の下に実施される研究が多々あり、先述の筆者の定義により、それらは基礎科学研究に含まれる。

この小論の本題である宇宙実験研究は多岐に亘る研究活動で基礎科学もあれば、工学・技術研究も含んでいる。基礎科学的成果で計られることもあれば、組織や社会の戦略的な視点で推進されることもあり、利用形態も各種あることから、多くの性格を兼ね備えた活動となり、容易に区分することが出来るとは限らない。

前述したように、利用に戦略的利用や科学的利用があるように研究にも戦略的研究や科学的研究があることは当然である。これまでの利用形態の推移を概観すると、基礎科学研究はまさに科学利用であり、技術研究が組織の戦略的利用になるケースが多いと見なして良い。

昨今の趨勢を見るに、上に整理した、基礎科学研究から製造・調達まで距離や時間があるかと言えば、研究内容や分野によるが、両者は接近している。中間の技術研究などが厳然と存在すると言うのも稀である。即ち、今日の研究全体を眺めれば、基礎や応用と分ける意味もない、全て混然一体となった研究活動が殆どと見るべきである。

## 6. 宇宙環境利用研究活動の問題点

繰り返しになるが、宇宙環境利用研究活動はビッグプロジェクトとしてのみ実現が可能で、作業量や動員される人員は膨大な数量にならざるを得ない。当然、其処には大きな問

題群が横たわっている。問題点の多くは 20 年前に比べれば確かに減っているし、概ね制御されて来たとはいうものの、無くなってしまったわけではない。此处では、宇宙環境利用研究に係わるそれら問題点を指摘しておきたい。先の 5 章 1 節において、宇宙環境利用研究活動の特徴について述べたが、本章もその区分ごと、即ち、技術、科学、マネジメント等 3 本柱それぞれの問題点や課題を抽出する。

まず、3 本柱を要素的に見てみると、マネジメントの大元である宇宙開発委員会は過去に良い議論をしていて勧告等も宜しきを得ていた。次に科学面であるが、宇宙実験研究に参画した多くの研究者は成果を出している。成果のレベルには問題なきにしもあらずだが、研究者としての本分は果たしている。三番目の要素である技術は宇宙開発機関担当分であるが、これも機関応分の努力をしていて、十二分とは言えないまでも資源配分された以上に、飛行実験プログラムの実施、宇宙実験技術開発において成果を挙げている。即ち、必要な要素を個々に眺めれば概ね問題ない。

然しながら、特に初期の頃は、マネジメント系、科学系、技術系 3 者を合わせた連携プレーとなると、これら 3 者が協調系として動いてはいなかったと観察している。これら 3 者間に共通の言語・ロジックがなく、相互理解が欠如していた。その後、年と共に改善の方向ではあったが、今でもこれが宇宙環境利用研究活動の根本的な課題である。

これら、科学研究の実施と、技術開発や宇宙インフラのシステムを開発することとは性格が大きく異なる。マネジメントにも各種の階層や種別があり、フライトプログラムの管理運営と、科学論文を査読して内容を指導する仕事（これもマネジメントの一種）とは大きく異なる。これら 3 者に共通なロジックが必要なのだ。

残念ながら、これらに共通の言語がまだまだ良く整備されて居ない。そのため議論が成り立たないことが屡だと思われる。従って、それらに共通な言葉、理解し合える言語を創造し、それを育てて行くことが大切である。

## 科学

宇宙環境利用研究と呼ぶ場合、科学研究課題自体の問題と科学研究を行なう研究者側の問題と 2 種類ある。

科学の研究課題については研究テーマとしての課題であり、図書館学的な分野領域論は多々あるとして、個人単位で実施できるものと、大勢で取り組むものとある。この小論で論じているのは主として大勢で取り組む課題群である。

研究者側の問題として、宇宙環境利用研究開始当初は、関係者：科学技術行政官、科学研究者、技術者等、多くの人達の協力が無いと実現できないのだとクリアーに今ほど認識しては居なかったことである。自分が頑張ればなんとかなると研究者は誰も思うものだが、そうはならない。大勢で取り組むと云う活動が研究において必ずしも一般的でなかった。

次に研究環境の整備と言う問題がある。この問題を科学研究者自身が解決しなければな

らない課題かどうかは議論があるところであろう。行政側や第三者がこれを整備することは、勿論可能だろうが、研究実務の経験者でないと適切な要求が出せない。これまでは、研究者は科学研究を実施する実務者ではあるが、科学への要求やその性格を論じる立場ではなかったし、装置や技術を提供する技術者側も科学研究内容に立ち入ることは無かった。お互いに孤立して仕事をして来たと言ってよい。

今後は、研究者も含めて一般の人達も同じく科学研究の方向やそのあり方に付いては要求を出すべきだし、出すことは奨励されこそすれ、無視される事はない。社会的要請の強い分野の研究活動が、科学研究者には求められるのは時代の趨勢である。

## 技術

我が国は、ロケットや人工衛星に付いても、1960-1970 年代に外国からの技術導入で出発している。宇宙環境利用研究に供する装置・技術については、それらを直接導入こそしなかったものの、後発国としての学習・習得は欠かせないものであって、それらの経緯を瞥見して見る。

1980 年代に我が国が宇宙環境利用研究を開始した当時、論文を書く機械として見た場合の実験装置類や全般的な宇宙実験技術は国際的にやや劣るものであった。当時の我が国の機械工業、各種電子工業等々の分野で我が国は既に世界一流であるとの自負が産業界には満ちていた。ただ、残念ながら、他の多くの民生品ならいざ知らず、論文を書く機械のレベルでは、産業界の自負が実現されては居なかったのが実情である。実験装置の仕様や能力で、実験成果の学術的価値の高低が決まってしまうのはやむを得ないことであった。1990 年代の努力で我が国もようやく欧米に追いつき、世界に伍して行けるようになるには 15 年程度を要している。現在は概ね弱点を克服している。

次に当初は、技術開発集団である宇宙開発機関のパフォーマンスを客観的に評価する仕組みが無く、いわんやその制度も無かった。この事がこれまで我が国が欧米をお手本に追いかけて居た時代には左程問題化しなかつただけである。要するに、お手本と言う評価基準があった。今や、我が国もある程度の宇宙活動を維持・推進出来る状況であることは勿論、最先端の実験装置を製造運用できる時代である。即ち、お手本が殆ど無くなっている。こう言う時代には次のような問題が顕在化すると認識しなければならない。

問題とは、次なる技術開発目標は何か、明確に示されなくなることである。今後のビジョンだとか、ロードマップレベルの議論だけでは何をするのか、したいのか分からない。明確な次世代の装置・技術の仕様や機能を構築出来ることが課題となる。これは今後の、科学成果追究には研究開発推進法の高度化も避けられないからである。この科学研究や技術開発の内容が時代と共に高度化、最新化されることは誰しも当然のことと考えているが、その中身は何なのか、具体性が伴い、実態があるものでなければならない。観測・計測機器が進歩すればそれだけ精度の良い測定値が得られると言うのも高度化や最新化ではあるけれど、それだけに留まらず、総合的な知恵を出し、革新的な科学成果を目指さなければ

ならないと考える。

### マネージメント・管理

宇宙環境利用研究推進には、科学、技術、管理の 3 本柱が必要で、これらが相互に上手く連携し機能しなければならないとは既に述べている。特に管理、マネージメントが科学や技術から独立に存在するものではなく、3 本柱の中で最重要な要素である。技術開発や研究活動、それら活動自体の中に当然、管理とかマネージメント作業が含まれている。その含まれている部分を除いた、技術開発や研究活動の取りまとめと言う観点での、全体的な管理・運営・マネージメントを指すものとする。

先にも述べた様に、仕組みの中の 1 要素としてはマネージメント系もある程度の仕事をこなして来たことは確かだろう。ただ、上位の総合的マネージメント、運営管理として見ると、日本国政府も宇宙開発委員会も我が国の宇宙開発活動の究極の目標（国の戦略）を設定して来ていない。設定し得なかったと言うべきだろう。このため、どのような調整能力・マネージメント能力があるべきなのか、何処に、どの程度あるべきかの議論もされて来ていない。現在でも、この究極の目標がなんであるか、明確であるとは言い難い。

ただし、欧米にキャッチアップすることを目標とする宇宙開発を実施するのであれば、目的の設定はし易いし、例え戦略的な視点が欠如していようとも、基本的な弱点とはならなかった。先行する走者を見失わないように気を付ければ良かったからで、基本的に道に迷うことはなかったのである。

我が国は後発国として宇宙環境利用研究分野に参入したので、行政機構に於ける職掌、所掌から始めて、飛行プログラムのトータルマネージメント、科学研究、技術開発等を総合的に調整する能力が十分にあったとは言い難い。宇宙ステーション計画に参加を決めたとは云え、総合的な戦略論は弱かった状況である。

管理・マネージメントの仕事と言っても、それは戦略論だけに留まらない。戦術・技術と下位の仕事においても、実務をこなす上でのマネージメントがある。これらは、プログラム運営上の諸課題群へ如何に対処するののかと言うことで、論理・思考の段階ではなく、実行・実施作業となる。

プログラム運営上の諸課題とは、科学研究、技術開発、マネージメント業務等、何れに付いても共通的で、戦術レベル以下のやや細かな各論における問題点なり、留意事項と見なされるものである。

多種多様な業務間、異なるグループ間のインターフェイスコントロール、  
多くのプログラムやプロジェクト間の相互協働と協調、  
多種業務の並列実施と主なマイルストーンでのチェック



アドバイザーグループの活用

業務成果の判断基準を明確化する、プロジェクト審査と科学審査

プロジェクトやプロジェクトの長期化への対処

これらは、前述した科学と技術そのものに付随する問題と合わせ、如何にしたら上手くプログラムを遂行出来るのか、対処方針・方法・技術（スキル）が必要となる。多くの問題点解決に向けて壁になるのは、ある問題は潰せても他の問題が残ることである。全ての問題を潰すことは理論解としてあっても実際の解としては残念ながらあり得ない。システムが複雑になればなるほどその傾向になる。従って、残留している問題の影響を最小限に止めることが当面の努力目標となる。

### 戦略・究極の目標設定

全ての業務は再三指摘したことであるが大枠で分類すると、戦略、戦術、技術の 3 段階構成になっている。まず、大目標を設定しないと方法論の議論も始められないし、各論である技術レベル、即ち実行・実施を開始するわけにも行かない。初期値としての目標をまず決めることである。これが全ての大前提になる。

始めに究極の目的のあり方を論じるが、我が国ではこの種の議論があまりなされて来ていないし、今も盛んだと言う訳ではなく、大いに議論すべきだと警鐘を鳴らしたい。問題点の改善や修正の根本は行き着くところ、各所で指摘されているように重要なポイントはこの一点に収斂する。即ち、何事も初期値設定：個人においても組織・社会全体においても、その戦略設定、目標設定まで行き着いてしまう。

基本方針や哲学を初めに決めれば後は方法論に下せる。細かな議論は如何様にでも可能だ。我が国では、上層部にあるべき究極の目標、即ち戦略が欠如していたが、宇宙開発機関で仕事をしている現場の人間（研究者個人、技術開発担当者）が走り回って解決策を何とか見つけようと努力してきただけの話になっている。それでもある程度の幅の中に落ち着いているので、現場の研究者なり技術者のポテンシャルや能力が高かったと言える。

脇道に逸れるようだが、此处では究極の目標を如何に評価するのかについてコメントしておく。我が国で究極の目標を決めづらい理由は多々あって、政治的にも統一的な哲学を打ち立てることが出来ない社会であり、国であるからに他ならない。究極の目標も国家百年の方針哲学・大計から説き起こし、その中で科学技術に関する目標が定められ、そのまた下位に宇宙活動のあり方が議論され、選択・決定されることになる。宇宙活動も全体の中ではほんの一部であるに過ぎない。我が国には最高位に位置するマントラが欠けている。マントラとは国民全員が等しく賛成賛同する基本的初期値で、自由民主党も共産党も合意出来るものでなければならない。我が国にはそれが無い。これが物事を難しくしている基本である。昔は、「天皇陛下のために」と言うマントラがあったと聞く。現在でもそれと同等のマントラを確立、創造する必要があるだろう。

アメリカの例を取ると、アメリカにおけるマントラは「民主主義の防衛と敷衍」、「国家安全保障」である。特に施策や方針は国家安全保障に如何に寄与するかで判断、評価される。この「国家安全保障に照らして」が最高位の評価基準である。国家安全保障とは狭義の防衛や治安を言うだけでなく、広義の文化、芸術、教育、科学技術も広く含まれる。全ては国家安全保障, National Security, で括られるのである。これに関してはアメリカの共和党も、民主党も同じである。論争することがない。色々議論していても、国家安全保障に照らしてと議長が締めくくる時は、皆議論を止める。その事の良し悪しは別の問題であり、此処で論じない。我が国では議論が終わらず、何時までもダラダラと続く。

航空宇宙活動は国家安全保障に対して大いに貢献できる分野であるし、アメリカ連邦政府、アメリカ人もそれに多くを期待している。勿論、雇用面における安全保障効果は大きい。翻って、我が国の現状を見ると、政府も国民も宇宙活動に多少の関心をもっては居るようだが、残念ながら多くを期待していない。

次にこれまでなされてきた我が国の議論へのコメントを書いておく。筆者の感想であるが、究極の目標設定が如何にあるべきかの議論に資するものと思っている。

始めに、我が国の諮問委員会等の議論を眺めてみよう。我が国においても 1980 年代の宇宙開発委員会の報告書や議論を見ると委員達は大変良い議論をしており、有意義な勧告が出されている。それらの勧告に従い、多くの宇宙関連プロジェクトやプログラムも推進されてきたことは確かであろう。ただ、予算が増える時代には「こうしたら」という勧告は有効なこともある。しかるに 1990 年代後半から、国際宇宙ステーションの建設遅延が恒常化して、国や宇宙開発機関としては、国際約束であるシステムの完成までは遣るとしても、予算の暫減により利用に関しての「こうしたら」「ああしたら」の勧告は何の効力も無い時代になったと分析している。利用面で努力しなくとも国際的に非難されることはないからだ。利用活動は各パートナーの自主的な自助努力に任されている。

利用活動は箱物作りの先にある仕事だと思われていたためか、初期の頃もどの程度の資金が必要になるのか明確にはされていない。文献[1]の第 2 章、資金規模推定の箇所でも「年間運用利用費は実験装置開発費を除き約 300 億円+アルファのオーダーであった。」とされていて実験装置開発や研究準備、研究支援等にどのくらいの経費が掛るのか想定されていない。また、同文献第 7 章、利用推進と促進活動の変遷、の中においても各種諮問委員会など具申の中で、資金規模と資金計画、財政予測等には全く触れておらず、国際宇宙ステーションの建設が完了している現時点で今後の展望を確立し得ない原因となっている。

昔の宇宙開発委員会の勧告に従って、その勧告がどの程度宇宙開発機関内で展開され、進捗があるか昔の宇宙開発委員会もフォローしてはいない。要するに、勧告を出す側、勧告を受けて実施する側、双方が適宜クロスチェックする、クロスチェックが出来る方式になっていなかった。勧告が不適切であれば見直さなければならぬし、勧告通りにやるに

は別途予算措置が必要なこともある、等々、勧告を出す側と受け取る側は常に対話を怠らず、より良い宇宙開発の方向へ行くべきなのに、知恵が足りない状況を克服していない。勧告を出す側、受け取る側による問題の共有、情報の共有こそ急務であって、それが国家宇宙戦略策定：究極の目標設定、の前提と思われる。戦略も出しっぱなしでは効果がなく、数年したら戦略が各論のレベルでどのように実現されているのか、いないのか、戦略を変えた方が良いのか、継続した方が良いのか、等々戦略も常に見直さなければならない。

次に、宇宙開発戦略本部が 2009 年度に作成し既に公開されている宇宙開発基本計画、参考文献[4]、へコメントしておく。これまでの経緯説明やその延長上諸事情等に直接関係ないことかもしれないが、間接的には大いに関連し、当該事項のみならず全般的事項に付き、提言の論旨をより良く理解して頂くためには適当であるものと思う。

現時点では宇宙開発戦略本部が宇宙開発基本計画を設定していることになっているから、我が国にも戦略はあるように見えるが、実際は宇宙開発基本計画に書いてある項目は Wish List に過ぎず、本当に宇宙開発機関が其処に書いてあることを実施出来るとは限らない。多分、殆ど出来ないのではないかと危惧している。この公開されている宇宙開発基本計画書にどの程度の意味があるのか、疑問に感じている。この文書の中で、宇宙開発機関は「出来たら遣れば」と言われているに過ぎない。書いてあることに意味あらしめるのが国家宇宙戦略に外ならないと思うが、そうはなっていない。

基本計画を見ると確かに 10 ページ程度は考え方が書いてある。それに続く実施すべき施策は総花的でやりたい事がリストアップされているに過ぎない。目新しいものは何にもない。殆どが過去にもリストアップされたもので進歩も見られない。また、筆者から見て第一にやらなければならないことは何も書いてない。

施策に必要な推進体制、予算・人員確保、ロードマップ、国際動向分析、法整備等々については 2 ページ程度キーワードを並べただけであり、これだと宇宙開発機関は何も出来ないのではないだろうか。

文書の仕上がり具合を評価するに当たって、この宇宙開発基本計画書を書くために、まず、宇宙開発戦略本部が擁している頭脳集団はどの程度の規模なのかが問題となる。普通に考えれば、戦略本部内の人員だけで作れるわけがない。既に発表されている宇宙開発基本計画に対してもパブリックコメントを受け付けたいが、沢山のコメントが来ているようだ。勿論、誰からでも幾らでもコメントは沸いて来るだろう。

宇宙関係 3 機関が統合される以前の旧宇宙開発委員会時代には、宇宙開発計画作成やその見直し要望に至るステップとして、

長期ビジョン⇒政策大綱⇒宇宙開発計画

多くの意見 ⇒方針 ⇒予算、体制、年次展開

の様に一応は筋が通って居た。このプロセスが問題なく機能したか、しなかったかは別として、新しく宇宙開発基本計画を作りたいならば、筋の通ったステップを踏むべきである。

従って、本来であれば、多くの意見を聞いてから宇宙開発基本計画を作るべきだ。まず、どのような戦略が良いのか世の中に提案を求めれば良い。多少の作業資金を出して、企業、大学、研究所、学会等に戦略案を作らせる。50-100 ぐらいの案が集まったところで、良いところだけ取る、実施可能な戦術を考慮する、ことで戦略を構築すべき。戦略を作るに当たっては出来る限り多くの頭脳を活用する、衆知を結集することが大切なのである。今後は衆知を結集するように勧めたい。

この戦略の中身や宇宙活動における究極の目標も多種多様にあり得るので、目標の設定が易しい仕事であるわけがない。当然先に述べた如く、科学研究の目標と技術開発の目標では性格が違い一律に論じることは出来ない。此处ではどのような目標設定が望ましいか次章で提言を述べる。これらが宇宙ステーション計画から得られた最大の経験と教訓であるはずだ。

3 番目に、過去に議論された研究分野の重点化、重点領域の模索、研究課題優先順位付け、等の概要を眺めてみよう。この重点化の議論は 2000 年前後、宇宙航空系 3 機関を統合して 1 機関にする前夜に行なわれている。どのような議論がなされ、どのような勧告と意見がだされているかは参考文献[1]の 7 章に詳しく記されている。

宇宙開発委員会等の諮問委員会も 1980 年代の中頃から、1990 年代の後半頃までは、議論が盛り上がった時代であるとは言え、良い勧告が出されていて、1990 年代後半まで宇宙開発機関における利用プログラムも順調に推移したと言えるであろう。然しながら、21 世紀に入り宇宙航空系 3 機関統合を前提とした議論は良い結果を生んでいない。

そもその発端は中央省庁再編成計画に伴い、2001 年に内閣府に総合科学技術会議が設置されたことである。それまで内閣総理大臣への直接的諮問委員会であった宇宙開発委員会は文部科学省の諮問委員会に格下げとなった。宇宙活動の将来も総合科学技術会議の思惑に大きく左右されることになったことである。総合科学技術会議が宇宙や航空に高い関心があれば救われるが、元々宇宙や航空は我が国の学術の中で優先順位は低く、民間企業の活動レベルも低いことから、国を挙げて推進する体制や意欲がなければ前に進むものではない。

中央省庁再編成計画が下へ降りて来て、上位より宇宙開発委員会、NASDA の諮問委員会も「ISS 計画の見直し」を迫られた。見直しとは便利な言葉で、実態は予算の縮小、宇宙航空系 3 組織の統合（行政的に見れば縮小）、を言い渡されたのである。勿論、こう云う状況で議論しても良い意見や考え方が出てくるわけが無いのだが、宇宙開発機関も何も出来ませんと言う訳には行かないから、利用分野の重点化とか利用方法の多様化等を提案の形で言い出している。

利用の重点化において、課題領域の総合的評価が行なわれ、優先的に推進すべき、推進すべき、可能であれば推進すべき、、、等々 5 段階に分類されている。

課題領域は、物質科学分野、基礎科学分野、生命科学分野、先端技術開発分野、科学観測分野、応用利用分野、一般利用分野等 7 分野について抽出されている。ただ、どのような問に答えて欲しいと言う様な具体性はなく、これだけで論文レベルでの課題設定は難しい。

3 機関統合後、旧 NASDA に所属していた宇宙環境利用研究の機能の大部分は、旧 ISAS 組織が主体である科学研究本部に移され、宇宙ステーション関係の利用プログラムは有人宇宙環境利用本部（直接的には宇宙環境利用センター）に所属することとなった。即ち、異なる本部に跨ることになったのである。これは新生の宇宙航空研究開発機構、JAXA、の内部事情の問題で外部の人には関係ないことであったが、何かに付け外部から見ると JAXA の対応はチグハグであるとの印象を与えて来ている。実質的に誰が、フライトプログラムと科学研究、技術開発を総合的に統括しているのか分からない。この点に付いて、後ほど「指揮命令系統」の箇所では提言を述べる。

4 番目に、総合科学技術会議の最近の勧告書等を眺めてみよう。上の 3 番目の箇所での総合科学技術会議は 2001 年に設立されたと記したが、比較的新しい諮問機関である。科学技術は国政の大きな柱であろうが、科学技術の枠内でしか、宇宙航空活動を見ないとすると、我が国の場合左程優先順位は上がらない。

現に、我が国の科学技術振興の道筋をつけるのは多分総合科学技術会議とは言え、その最新ホームページにも種々の勧告が列挙されていて、ホームページで見ることが出来るけれど、筆者の知る限り、勧告書のタイトルには何処を探しても「宇宙」の「宇」の字も無い。グリーンイノベーションの説明の中に地球観測が触れられているくらいだ。要するに宇宙活動の推進とそれを外交、社会経済・国防軍事・教育文化等々に適用すると言う認識が低すぎる。

#### 指揮命令系統の欠如

これは宇宙開発機関の責任の問題である。他と比べて多額、高額な国費を飛行プログラム運営に使っている宇宙開発機関はそれなりに説明責任を取らなければ、国民は納得しない。

この問題は既に記した各種の問題と連動する。この責任論は、宇宙開発機関が研究者や研究コミュニティとどのような関係を構築すれば適当なのかとの問いに答えることと、フライトプログラムを実施する宇宙開発機関の責任の取り方とは何かを明確にすることである。これまでに、筆者は開発業務と研究活動（業務と言えなくもないが、そう呼ばないのが普通）とののはざまに落ちてしまう問題が少なからずあると指摘して来た。指摘するだけでは不十分と思うので、事態改善のために意見も後程述べる。

まず、研究者の活動ベースである学会を眺めてみる。宇宙開発機関は通常は研究を主たる任務として行わないから、その職員が学会へ参加するかしないかは組織の問題にならない。勿論職員が個人的に参加するのは自由である。開発機関といえども開発に必要な研究

は実施する。しかし、研究所・研究組織が本来目的の研究を行うのとは区別される。開発に必要な研究（規模が大きく、トップダウンであることが通例）は業務として定義され、実行に移される。

さて、宇宙実験のように開発が開発として閉じない、研究も研究として閉じない、開放系になっていると宇宙開発機関も研究者や研究者コミュニティとの対話が必要だし、研究コミュニティ側も宇宙開発機関との意思疎通は欠かせないものとなる。このように双方の利害が一致するから、宇宙開発機関の職員が学術団体・学会に参加したり、その研究集会行事に参加することは普通に行われるようになっている。

現在、普通に行われているレベルまでは何ら問題ない。問題になる（問題としてはさほどクリティカルではないが）のは同じ宇宙開発機関の職員と言っても、A 機関の人は科学研究や開発業務双方に責任を取れる、B 機関の人は片方にしか話に乗れない、と言う状況を想像して欲しい。これは学会の行事の場で問題になるのではなくして、一般的に問題になる事項である。以前は、A が NASA で、B が NASDA だった。こうなると A 機関の人と B 機関の人とでは対話が進め辛い。お互いに言うことは分かるにしても次のステップに迅速に進むことが出来ない。通常は、双方に責任を取れない人は問題を持ち帰り、後日組織内で調整して連絡することにはなるので、言うなれば時間遅れが生じるだけだと言える。然しながら、どんなに微細な事項でも時間遅れがあると大きな損失に繋がることがあると認識しなければならぬ。現代は物事がすべからず早く動く時代である。全体の物事の進み具合に遅れて付いて行くグループや組織は得るものが少ないのだ。

この問題は宇宙開発機関側担当部署の所掌範囲の問題でもあるが、宇宙開発機関側が研究者コミュニティとの付き合い方にきちんとした方針を持っていること、科学研究といえども何処まで対応出来るか、研究者側へ明示できることが望まれる。現在は、20 年前の 1990 年前後に比べれば、宇宙開発機関側の業務も各段と精錬され、進歩していて、研究者の取り扱いも上手になってはいる。ただ、業務推進上仕事のやり方がスマートになっただけでは不十分で、フライトプログラムの実施者が全ての責任を取る、即ち指揮命令系統の頂点に立つ自覚と覚悟が必要である。3 機関統合後の JAXA においても、基礎科学研究と技術開発の間の関係、両者そのものを組織としてどのように取り扱うのか明確にされておらず、宇宙開発機関外から宇宙実験に参画し、研究課題を担当する研究者達には少なからざる「とまどい」と映っている。現在の JAXA の業務現場においては、効果的にマネージするスキームを早急に構築すべきである。

### 情報量の増大、情報の質の複雑化への対応

これは昨今の情報化時代と言われる現代の、どの分野であろうと、どの領域であろうと、共通的、全般的な問題である。即ち、総合的に眺めれば、科学、技術、マネジメントいずれにおいても過去 20-30 年間で、内容（情報やデータと言う意味）が年と共に増大、肥大して量が増えている。加えて、質も変化している。

宇宙環境利用研究活動関係の言葉に言い換えると、研究内容、研究領域、技術開発課題と領域、事務処理や管理系の業務や関連する仕事も全て含めて、それらの量は常に増大すること、業務の質は常に複雑化すること、その結果、組織内である業務に精通している職員は常に減少し、いずれ居なくなる虞がある。このような、量が増えて複雑化しているとの業務トレンドに対して受動的に流され、浮遊状況であったように思う。出来る範囲で対応していたとは思われるが、量と質の指数関数的変貌に如何に対処するかに関し、能動的な思想や哲学が欠けていた。個人も組織も、この「破綻の法則」に如何に対処するのかが、大きな命題であろう。

この問題点克服はマネジメント上の問題と言えるが、管理やマネジメント系の人間だけに任せられる仕事ではない。研究や技術にも当然関連し、それらの政策・施策・方針等に関連する問題でもあり、言うなれば 3 者全体のマネジメント、更により上位に位置する基本方針に行き着く問題でもある。

日本人は器用だから、思想や哲学に欠けていても、取り敢えず誰しも出来ることをやれば良いじゃない、やりましょうよ、と云う進め方はあり得るし、それがこれまでの実績と言えなくもない。ただ、これだと各論において、ばらばらに方針を模索するため、効果的な実施行為が何か見え辛い。全体の統制が取れなくなり、進捗や成果を定量化出来なくなってしまう。

情報量の増大、情報の複雑化を克服し、時代の変化・変貌、趨勢に追随出来る能力や体制の構築が急務であると指摘しておく。

## 7. 問題点克服や解決への提言

前章までに、用語の解説や宇宙環境利用研究活動の特徴等を述べ、それらに付随する種々の問題点を、関連する事項にコメントしながら、指摘した。そして筆者の経験した業務の概要を付記した箇所もある。此处では、問題点の克服、改善にはどうすれば良いのか、どのような考え方をもち、どのような方向へ進めばよさそうか、筆者の提言と私見を述べる。提言の基本となる、背景・現状・趨勢に言及した箇所もあり、提言の根拠や理由をより明確にしたかったからである。

### 戦略の確立、大目標の設定

究極の目標設定が必ずしも明確でないのが、我が国の欠点だと指摘したが、それではどうしようかと直ぐに戦略が出て来るわけではない。多少の思考、検討時間は掛かるものだ。此处では、この様な方向性は如何かと言う視点での提言を述べる。

#### 1 科学研究目標

これに付いては、知の安全保障という観点で議論がなされることを期待している。知識や情報を供給される側に立てば、供給する人やグループに従属することになる。知識の創造に付き主体性、自主性がなければ個人としても、組織や社会・国としても独立国とは言

えなくなる。科学研究分野の全てにおいて世界の先端に立つことは出来ない。では、いずれの科学分野で最先端に立てるのか、立つべきなのか、戦略を構築すべきであろう。

現在、世界の科学も他の文物も含めアメリカ中心で動いている。それに対する最大の考慮事項として、アメリカが戦略的に推し進めている分野で我が国が競争者になろうとすると抵抗は大きい。妨害されると言う意味ではないが、我が国もそれなりに覚悟を決めて取り組まないと成果を出せないものである。一方、アメリカがある程度見限った分野：特に拘らない分野、で我が国が先頭に立つことにはあまり抵抗がない。このことを念頭に置いて科学技術戦略の議論を進めるべきであろう。この事を勘案すると、宇宙開発全般では優先順位は下がってしまう。ではどの分野なのか。ただ、現在宇宙利用の面では、アメリカのスタンスに腰が引けていると見られる分有利と思われる。この 10 年間で我が国がやりたいと計画していた宇宙実験を一举に実施することは宇宙環境利用基礎科学にとり大きなチャンスと言えるだろう。

## 2 技術研究と開発目標

次に工学・技術開発の「具体的な目標設定」例について述べる。これは筆者の私見で、国や社会としてはこれに拘る必要はない。ただ、具体的な目標設定の議論は起こして欲しいと願っている。

この分野は最終的な宇宙インフラやミッションが決まらなると本格的な技術開発には至らず、Engineering Science の研究があり得るだけだと既に説明してある。最終的なミッションはインフラがどのようなものになるのかは別途決まるとして、その目標に至る前に習得しなければならない項目がある。これは研究ではなく、技術開発だから既に他の国やグループが手に入れている事項も多い。他の国が既に開発しているから我が国は開発しないという選択や決定は自由である。

では、他の国が既に開発していても、我が国が後追いで開発しなければならないのか。これに答えるにはオリンピックに参加するのかもしれないのかの話と同じである。オリンピックに参加したければそれなりに努力しなければならないだけだ。

我が国が、宇宙活動を通して独自のミッションを計画して世界の科学に貢献することは大切なことだ。それに反対する人は居ない。では独自性があり、世界で初めてのミッションが次から次に発案されるであろうか。発案するにしても、此处で言いたいことは、新規発案と同時に、既定の技術項目をクリアすることが大切だと言うことである。物事には順序がある。規定の技術項目をマスターすることが先決であると言ってもよい。

既定の技術項目とは何か。これはオリンピックのフィギュアスケート種目を例にして説明するが、既定の技術項目とは規定演技であり、自由な発想で計画するミッションは自由演技となる。規定演技は内容ややり方が決まっていて、審査員が見て基本が出来ているかなと評価されるものである。宇宙活動においてもこれがある。そんなものは無いと言う人は宇宙関係者ではないだろうから、そういう方々へは小論の筆者が直直に説明に行かせて



頂きたい。

規定演技を易しいレベルから、かなり高級なレベルまで、順番に列挙しよう。即ち、

- 「1」 地球低軌道までの輸送系（有人）
- 「2」 月周回衛星（無人）
- 「3」 月のサンプルリターン（無人）
- 「4」 月面着陸（有人）
- 「5」 火星周回衛星（無人）
- 「6」 火星着陸探査（無人）
- 「7」 火星サンプルリターン（無人）
- 「8」 火星着陸（有人）

「1」と「2」の何れが易しいかと言う議論はあるだろうが、順位そのものが重大なのではない。我が国の場合「2」はクリアしたが、「1」はまだである。宇宙開発国として入門編をクリアしていない。「6」まで到達しているのはアメリカだけである。アメリカの次の目標は「7」にあるのは余りにも当然だ。入門編「1」をクリアしているのは現在、3国：アメリカ、ロシア、中国、である。中国が二番煎じだ、三番煎じだと言われようと、経費が幾らかかろうと「1」に挑戦したのには意味がある。これに挑戦しない限りアメリカやロシアに相手にされないからだ。中国の次の目標は「3」である。これをクリア出来れば「4」に進める。

この規定演技と順位付け等を別の言い方で表すと、宇宙開発国が開発推進に際しての、技術的充足度、技術的完結度、Self Sufficiency, となる。今日、地球低軌道までの有人輸送系を有していない国は、宇宙開発を自己完結型で達成しえない、即ちその点では充足度が足りない国だ。平たく言えば、片手落ちなのである。

無人探査機ではアメリカとヨーロッパが協働して、既に土星の衛星タイタンに着陸船を送っているが、より近い月や火星等は人類にとり大変重要な衛星と惑星であり、我が国もこれらへまず周回探査機を送る、着陸船を送る、サンプルリターンを試みる等で執着しなければならない対象である。2010年に、我が国も金星へ探査機：あかつき、を送ったことは価値あることである。金星軌道への投入には失敗したが、再度金星軌道投入を試みる可能性もあるので、部分的であれ、所期の目的を達成することを期待している。これら月・惑星には我が国も応分の関心を示し、実質的な活動を推進することによってのみ、将来的に国際調整のテーブルに着くことが出来るのだと自覚しなければならない。

我が国としても今後10年間、現在の国際宇宙ステーションが軌道上にある間に、有人輸送系開発に挑戦する、即ち「1」に挑戦するのは、これまでの我が国の投資を考えれば当然のように思う。工学と技術の安全保障という観点で効果的な外挿であり、延長上にある。この程度入門編を試みる程度ではアメリカの優位性が下がるわけではなく、アメリカに気兼ねする問題ではない。

技術開発のタイミングを失すると、結局将来長く手を付けられない事態となる。過去、

我が国に落下施設が 2 か所にあった。現在何れも閉鎖されている。一つの選択は、閉鎖される前に落下カプセルの有人化を目指すべきだった。この課題は結構困難な課題で挑戦する価値は十分あった。

宇宙への輸送・回収手段について、有人化を図るにも、国際宇宙ステーションが軌道上にある今後 10 年間にしなければ、再び時期を失することになりかねない。軌道上のシステムも自ら建設して挑戦することに比べれば遥かに少ない資金で済む。

自由演技は名の如く自由に選択・決定してよい内容だから議論をする必要はないが、敢えて言えば意味のあるミッションを打ち立てるべきだろう。ミッションとして月や火星に向かうのではなく小惑星へ向かうものもあるようだが、小惑星をターゲットにするのは自由だし、論文は多数書けるのでプロ向きには反対者は少ない。最近、小惑星「イトカワ」まで到達した宇宙機が地球へ帰還して、一般の人達や政治家も大いに評価してくれており、科学的にも大いに評価される。しかし、宇宙開発や宇宙空間利用研究の本流・主流は月・惑星であり、国や社会としては本流・主流に執着しつつ、小惑星探査を進めることを勧めたい。

有人宇宙輸送系を開発にするに当たっての信頼性評価法についてコメントしておく。信頼性に付いての基本思想を以下に述べるように確立するよう勧めたい。信頼性技術は現在確立している技術で、信頼度予測等機械系、電気系いずれの場合も設計の中身が分かっているから数値的に出せるものである。此处で言う信頼性とは、存続するか、上手く行く成功確率として定義される。アポロの月往復計画当時、アポロ宇宙船の信頼性は、Six Nine、即ち 9 が 6 個並ぶ、99.9999%だと宣伝されていたことをご記憶の読者も多いことだろう。ただ、この数値は部品レベルで故障しない確率を目指したもので、アポロシステム全体ではスペースシャトルや国際宇宙ステーションとさして変わらないと推察しているが、具体的な数値を筆者は聞いていない。

国際宇宙ステーションのような有人宇宙システムは、構成要素が数十万に及ぶから、一つ一つの構成要素の信頼性が限りなく高いものでないと全体の信頼性も上がらないことは言うまでもない。構成要素の信頼性を上げる事は今でも課題だし、これからも課題であり続ける。

システムの信頼性と言った時、機械的に出てくる上記の信頼性・信頼度で十分だと言えるだろうか。要するに、数値的に出せない取り扱う人の信頼度や、担当者の問題に対する確信度（信頼度と言ってもよい）が次の考慮事項となる。これらはあまり信頼度設計や審査会でもあまり議論されない部分である。設計製造担当者が「あなたは今、どの程度確信していますか、今の確信度で Go を掛けますか」と聞かれたら、どのように答えるのか。

これに対しては担当者、マネージャー、経営陣、誰でも自分自身で回答を考えないと仕方ない問題であろう。勿論、経験者から話を聞いても参考にはなるだろう。現在、ロケット、人工衛星の信頼性は「幾ら」と数値が出ている。人工衛星でもミッション 2 年でナンボの世界である。またそれらが、人が乗らないのであれば、数値を出し、後は「まあ一

こんなもので良いか」と担当者も 7-8 割方、確信したら OK ということにはなるだろう。

では、有人になったら、どうするのか。計算で出すべき数値も限りなく高いものでなければならぬ。システムを有人仕様にして、数値を出せばとりあえず第一の関門はクリアしたことになる。ただ、それだけでは十分ではない。実験装置などを有人仕様で設計製造する件は我が国も卒業した。

有人宇宙輸送系開発に当たって、有人仕様の信頼性とかプロジェクト担当者の確信度の他に何か大切なものはあるのだろうか。それは社会全体の覚悟になるのではなかろうか。我が国も有人宇宙往還システムを設計する場合、第一関門をクリアしただけでは宇宙往還システムを開発・運用できない。担当者がどの程度確信しているか、明確に自覚し得ないと Go は掛けられない。担当マネージャーにしてみれば、Go を掛ける確信を得るため、この計算もしよう、あの実験も追加しようと、限りなく心配が出てくるだろう。それは例え信頼性の高い数値が出ていてもそうである。何処で Go を掛けるか、担当者やマネージャーが、言い方は古いが、崖から飛び降りる覚悟が出来なければ、有人往還機は飛び上らない。何かあれば、殉職者が出る可能性があるプロジェクトは、組織も社会もそれなりに覚悟を決めないと開始出来ない。この覚悟とは基本的には政治や社会の選択の問題になる。勿論、そのようなリスクを冒さないと言う選択枝もある。人の乗れる乗り物と乗れない乗り物は根本的に違い、ロケットを有人仕様にすれば済むという単純な問題ではなく、国家社会の大きな決断まで必要とするのである。

それでも、数値的に出て来る信頼性が重要であることには変わりがない。今や歴史の中に入って行ったスペースシャトル、これは大変意欲的な乗り物で技術的な挑戦でもあった。運行費が見積もりより高くなり、遂に継続的な運用が無理になったのは残念なことである。過去の事ではあるが、読者の参考のために記すと、この機体の、不具合を起こすか事故になる確率が、124 分の 1、と聞いている。信頼性としては  $1-1/124=0.008$  となり、0.8% ということになる。124 回飛行すると 1 回は落ちるかもしれないと言う予想であった。この数値：1%前後、と言うのは戦闘機運用とほぼ同じレベルで、旅客用に供するにはやや問題があると云わざるを得ない。スペースシャトルは全生涯で 2 回墜落しているので、予想よりやや成績が悪かったと言えよう。今後は人類の英知を集め、この信頼性の数値を高めることも課題の一つである。

此処で述べた技術研究や開発目標については、国際的な趨勢、各国の重点的取り組みや資金投入状況を良く調べて、我が国の外交的な位置を勘案して、審議・議論し、衆知を結集しなければならないものである。そのため、此処での説明の最後に、世界の趨勢を筆者なりに分析して意見を付記しておく。

以上の説明では、低地球周回軌道まで、ないし静止軌道への無人打ち上げ機、に関しては触れなかった。この技術レベルに関しては、世界的に商業用打ち上げ機として、商売が成り立つか成り立たないか、即ち収益性が話題の中心で、最早技術開発や先端技術の問題

ではない。既にアメリカは、有人であろうとなかろうと、低地球周回軌道までの輸送系は民間会社に遣ってもらうことに決めている。国防に関する人工衛星や深宇宙探査機の打ち上げは別として、国としては最早それらを開発運用する計画がない。

商業的打ち上げ機は、アメリカ、ロシア、ヨーロッパが市場の 3 強で、日本等の他の国は問題にならず、時々おこぼれに与るくらいである。中国の打ち上げ機も成長著しいが、国際競争力があるわけではない。

中国は近年宇宙開発活動を活発に推進している国として注目を集めているが、実力の程は如何ほどか、今後の展開はどうなるかは、読者を始め多くの人達の関心事であると思う。

中国は 1970 年に最初の人工衛星を打ち上げている。その後、現在（2011 年 10 月末）までの 40 年間に、打ち上げ回数としては、132 機のロケット、166 機の人工衛星、月への周回探査機を 1 機、宇宙飛行経験者は 6 人、6 人の宇宙滞在時間は 9 日、等々がこれまでの実績である。

一方、アメリカの場合は、宇宙開発の最初の 10 年、即ち 1960 年代末までに、ロケット等の打ち上げは 600 機、人工衛星や深宇宙探査と含めて 800 機、そして宇宙飛行経験者は 44 人、この中の 4 人が月面を歩いている。

以上の単純な比較を見ても、中国はアメリカに比較して、データベース、ルールベース、知識ベースの全てにおいて、決定的に劣り、比較出来るレベルに達していない。近未来的に中国がアメリカの対等な競争者になることはあり得ない。アメリカは初期の頃に宇宙開発へ莫大な国費を投入出来る超大国だった。現在は、アメリカも普通の国になりつつあると見られることは確かだろう。そして、宇宙開発活動の進捗が遅くなることは否めない。中国はあらゆる面で劣勢とは言え、後発国のため、先達の実績と経験を知り得る立場にあり、ある程度効率良く宇宙開発を進めることが出来るし、予想より早く進捗すると思われる。

深宇宙探査に目を転ずると、現在は、火星ミッションが惑星学や先端技術開発の主な競争の場になって居る。筆者がこの原稿を書いている時点（2011 年 12 月上旬）での状況を見よう。

先ず、ロシアであるが、去る 11 月 9 日に火星ミッションを打ち上げたが、失敗した。このミッションの目的地は火星の衛星だった。即ち目的地、フォース、Phobos、に着陸して、其処からサンプルを持ち帰る予定だった。上手く行けば 2014 年に地球へ帰還する予定であった。

ロシアは、旧ソ連時代に、1988 年にフォースに向けて、2 機の探査機を送った。2 機ともフォース表面に軟着陸することを狙ったものである。然しながら、フォース近傍まで至ったものの、2 機とも搭載コンピューターの故障で飛行制御が出来なくなり、ソフトの送信(Uplink)に失敗し、ミッションとして失敗してしまっている。

今回のミッションは 1988 年以来、23 年振り、ロシアとして遺恨十年一剣を磨いたミッションと期待されたが、今回もまたまた火星遷移軌道投入に失敗してしまった。

一方のアメリカも去る 11 月 26 日に火星向けのミッションを打ち上げた。現在火星へ向かって飛行している。ミッションは NASA Mars Science Laboratory と呼ばれていて、火星地表に着陸し、名前は「好奇心(Curiosity)」と呼ばれるローバーによる詳細な観測・測定を予定している。主な目的は、火星の居住性：Habitability, の調査となっている。エネルギー源としては、我が国で原子力電池と呼ばれるものを装備している。これはプルトニウム原子核のアルファ崩壊から発生する熱を利用するものである。寿命が長く、火星上で火星の 1 年間（地球の 2 年間弱）程度観測・測定が可能である。Habitability、居住性、の調査とは生命が居るか居ないかを現地調査することである。

生命が地球上だけに存在するのは何故か、他の惑星に生命は居ないのか、過去に居た（痕跡探し）のか、等々はアメリカの深宇宙探査の根本的問いである。この「問い」に答えようと、アメリカは 1970 年代以来、火星に探査機を執拗に送り込んでいる。

我が国は、残念ながら、この種のミッションにおいて、国際的に競うレベルに到達していない。1998 年に 1 機打ち上げられたが、火星の近傍を通過しただけで、火星周回軌道へ入るミッションとしては失敗している。その後、火星ミッションが計画されているとは聞いていない。自国だけでの開発が無理ならば、他国のミッションに国際協力の形で参画するとか、を考えることも必要だ。先に記した、火星地表探査ローバー Curiosity のミッション機器の中には、カナダ、スペイン、ロシアから機器の提供と、それを利用する研究者も参加しているので、我が国も機会があれば、手を挙げるようにした方が良いと考える。我が国においても、基本的な技術が欠けているわけではないと思うものの、深宇宙探査機的设计・製造・運用等においては、数が余りにも少なく（ゼロではなかったと言う程度）、何らかの知見や経験を得る段階にさえ到達していない。

宇宙開発における先進国とは、自国の充足度、Self-Sufficiency、が高い国だとは先に述べた。我が国も先頭に立つ先進国であるのは無理だとしても、この充足度、完結度を上げない限り、世界における我が国の宇宙プレゼンスは上がらない。宇宙活動を外交カードとしても使えない。アジア諸国に対しても宇宙の利用、宇宙技術の普及等を促進していくためには、全方位の戦略が必要だ。この充足度向上は、単に、有人宇宙輸送系を持てれば良いと言うだけの話ではない。深宇宙探査機に関しても、国際競争に参加出来ることが必須となる。

## 研究の進め方

此处では研究の進め方について提言を述べる。進め方の議論そのものや分野別の進め方に関する意見や見解も時代と共に変遷したり、関心や注目点が推移し、決して不動のものではない。従って、此处で述べるのは、現時点のもの、且つ筆者の理解の範囲に留まる。

### (1) 研究活動の進め方について、トップダウンとボトムアップ論

先に、基礎科学研究や工学（技術）研究の区分に付いて説明したので、此处ではそれらの研究をそれぞれ、どのようなやり方で進めるのかを議論したい。やり方にも色々あり、

何処が同じで何処が別なのかと厳密に議論するとかなり主観的になり、観念論となる箇所もある。その点は筆者の良しとする、筆者の提言とする主張なのだとご理解頂きたい。

研究にも小規模なものと大規模なものがあり、研究全体の規模（予算や人員等）を見てやり方を決める。次に、ボトムアップか、トップダウンかと言うやり方の仕分けがある。特に研究活動においてはこのボトムアップ、トップダウンの議論は常に付きまとう。普通に眺めれば小規模な研究はボトムアップで、大規模な研究はトップダウンで行うことが良い選択と言われている。

ただ、この小規模と大規模の境界はかなり曖昧である。この大規模なトップダウンの研究推進方式は指揮命令系統、即ち管理系、を必要とすることが多い。個人ベースの規模の小さい研究には、指揮命令系統がなくても構わないが、規模が大きくなれば、それがないわけには行かなくなる。また昨今は、規模の大小だとか、ボトムアップ、トップダウンと単純な切り方が難しい研究活動も多いわけで、研究活動も複雑化してはいる。今日的に、標準的に言えば、多くのビッグサイエンスはトップダウン、ボトムアップを具有した複雑な研究活動にならざるを得ない時代となった。

宇宙環境利用研究、即ち宇宙実験研究は端的に言って大規模で複雑な研究活動であり、トップダウン的に実施する体制が必要とならざるを得ない。然しながら、規模が大きいのと、全体構成が複雑なので、本当にトップダウンで実施されているのかは、分かり辛いし、見えづらい。誰かが全体像を総覧していると言う状態ではなくなる。後程、提言として述べるが、こうなるとネットワーク中心主義に移行せざるを得なくなる。

この宇宙実験研究の研究課題の抽出過程ではボトムアップで実施される部分があるものの、全体の遂行・運営ではトップダウンとなろう。やや別の言い方をすると、宇宙実験研究は自由な発想で行う基礎科学研究でもあるし、社会や国家の要請に基づいた研究プロジェクトでもある。例え内容が科学に関することでも国や組織が予算執行の決断をしなければ実施出来ないという点でトップダウンになる。

次に、基礎科学研究と工学（技術）研究の実施方法についてであるが、一般的には基礎科学研究はボトムアップで行い、工学研究（特に技術開発研究）はトップダウンで行うと言われていて、進め方は同じではない。このことは基礎科学研究の規模が小さいこと、技術開発は規模が大きいことが、理由であり、地上の研究開発に限る話である。宇宙環境利用研究のように、基礎科学研究でも大規模化するケースは分けて考えなければならない。従って、利用区分用語を持ち出して付け加えると、宇宙環境利用研究においては、科学的利用と言っても、国や社会の戦略的利用に準ずるものでない限り、実現は難しいと考えられる。

極めて大切な事として、このトップダウン方式（戦略的進め方）が研究者の自由な発想を否定するものではないことである。むしろ、トップダウン方式により研究者の自由な発想をより尊重・奨励し、それを更に振興・推進するための方策であるべきだ。両者（トップダウンとボトムアップ）を組み合わせたとような賢いやり方は、後程提案するネットワー

ク中心主義に拠る方法に行き着く。

## (2) 物質科学系研究の進め方

此处では分野毎の進め方に付いて記述する。あくまでも課題の論文内容を審査・吟味するという視点ではなく、科学、技術、マネジメント等 3 要素に共通的な言葉、共通的なロジックとしての意見である。

まず、物質科学分野の進め方について述べる。この領域は主として基礎科学系とされており（応用化研究もあったが）、宇宙環境利用としては先駆的な分野である。新材料の創成を目指して始められていて、多くのテーマが研究対象になり飛行実験も積み重ねられている分野である。領域名称としては特に定まっておらず、地上公募研究においては微小重力科学とか、物理学・化学系等と呼ばれていた。

昨今は地上研究においてもナノマテリアルであるとか、原子・分子レベルで物質を配列する等多くの研究成果が報告されている。勿論、結晶成長のメカニズム、結晶核生成等の光学顕微鏡レベルでのその場観察技術が進歩しているおかげであることは間違いない。ただ、観察が出来れば何事も分かるかと言えばそうではなく、新しい観察結果が出るたびに謎も出る、質問も出るなど、やや「いたちごっこ」の状況の様に観察している。決定打には欠けている。

物質科学分野の研究者の多くは、大概の事は分って来たと仰しゃる人が多い。多分そうではあるだろう。ただ、横から観察する限り（非専門家の目で見ると）、肝心の事が良く分かっていないのではないかと思っている。現象的にこうだという議論は宜しい。その現象に再現性があり、客観的にそうなると認定されるならば一つの結果にはなる。ただ、問題は観察現象の背後にある理論が分からない限り問題が解決されたことにはならない。即ち、体系化である。論理として体系化されたものは研究が終了したことになる。現在の物質科学系の研究で体系化までなされているものは殆どない。それなのに、大概の事は分かるようになっているとは言えないのではないか。

勿論、合金や半導体、タンパク質にしても基礎的な事柄が根本的には分からなくともそれらを製造することは可能で、今日では精度よくそれらを作り出す工学・技術がある。言うなれば事実先行型である。それらに関して研究者が「分かりたい」とする事項が大金を投じて分からせる価値があるのかどうかの議論が常に付き纏い、研究助成の方針レベルで一貫性を確立することも難しい。今後のこの分野の研究の方向性としては「体系化」であろう。

然しながら、この体系化という用語も常に不変ではなく、内容が動いて行く。20 世紀末から 21 世紀初頭にかけて、物質科学はバルクの時代から、ナノ・原子レベルの時代へと推移している。このナノ・原子レベルの世界では、重力の存在が現象に影響を与えないので、重力に影響を受けるバルクの世界とは様相を異にする。即ち、物質の本質を探る上で、重力効果を活用できないことは、微小重力実験や宇宙実験推進にブレーキとなりかねず、新

しい視点を見出すことが欠かせなくなっている。物質科学、即ち材料や流体関係の研究者の奮起を期待したい。

### (3) 生命科学系研究の進め方

この分野を一口で生命科学系と括るのは、やや無理な時代となりつつある。フロンティア共同研究[5]の時代には、主として細胞を対象とするライフサイエンス研究、有人宇宙技術に関連する各種医学的研究、神経生理系研究等に別れていた。次の公募地上研究プログラムにおいては、当初 宇宙医学、ライフサイエンス、生物科学、バイオメディカル、等と区分されていたが、暫くして生命科学系と総称されている。研究領域名称や課題名は時代と共に変わるのが趨勢である。

元々、この分野は経験則、観測値ベースの世界で殆ど体系化されていなかった。勿論、Evidence Based の科学ではあったが、数式に乗せるのは不可能な話であった。議論は常に定性論に終始し、定量化が難題となっていた。然しながら近年は、観察装置、人体では検査装置等々が技術的に進歩しているので経験則もある程度体系化、定量化されつつあると見て良いだろう。

この定量化の始まりは、1990 年以降は遺伝子を一つの指標とした研究が盛んになったことである。遺伝子こそがこの分野の学問の定量化へ道を開いたと言える。現在では、ある程度遺伝子で議論を整理し、定量化出来るようにはなっている。遺伝子情報は膨大な塩基配列から構成されていて、その処理はデジタル化、計算機処理に拠らなければ、出来ない相談になって居て、今や遺伝子情報に基づく生命科学は情報科学的な色彩が強くなりつつあると言えるだろう。

病気の治療、治癒にしても、この遺伝子治療法が時代の最先端である。どのような病気に罹っていようと、素人にとっては、遺伝子治療と言うと万能のような気がして来るものだ。病床に居る人に夢を与えるから研究予算も付き易いようだ。しかし、本当に意味ある研究が積み重ねられて行くためには、多くの研究内容の進捗度、中間的成果等の審査を実施して、研究活動へフィードバックもなされる総合的な対処（研究管理）により、社会や国民の期待に答えて欲しいものと思う。

さて、上記の総論を踏まえて、この分野の宇宙実験研究を如何に進めたら良いのか。この議論は戦略的に行われなければならないことは言うまでもない。地上研究に比べれば、数少ない飛行機会なのだからその機会を最大限に活用しなければならない事は言を俟たない。今後とも今流行の遺伝子と言う指標を軸として研究が進められると思うが、この分野の研究に注文を付けるならば、常にこの遺伝子との関係である。例えば「細胞は重力を感じるのか」との質問に対しての回答だが、感じると言う人と感じないと言う人が居るようだ。地上(1-g)と宇宙( $\mu$ -g)では遺伝子の発現がことなるとの結果も出ていると聞いているが、筆者は現時点でその事を確認できていない。

いずれの答えになるにせよ、細胞はまず環境変化（重力・熱や流体等の条件変化その他）に応答しているのであって、確かに環境に対して応答せよと言うような遺伝子はあるので



あろうが、重力を感知するような遺伝子であるのかどうかは証明を要するであろう。その辺の議論を峻別して進めていただきたい。

研究の進め方として、此処に提案するのは一つの場合で、専門家から見て実現性があるのかどうか分からない。ただ、ロジックとしては十分成り立つ。理論解ではあるが、現実解ではないと言われるかもしれない。提案のポイントは研究テーマをパッケージで捉える事をお勧めしたい。まず、大目標を設定する。仮に筋肉や骨の問題とする事にしよう。これらの課題群はフロンティア共同研究[5]でも多く取り扱われており、地上公募研究プログラムでも採択されたテーマは多数ある。第 2 のポイントは各研究テーマ（論文レベル）がバラバラにならないように組み込むことである。言い換えると、緩やかな形での大課題の設定と、その中に体系化された研究課題群が有機的に存在することとなる。

次に実験手段の議論となる。例えば、宇宙ではメダカの実験しか出来ないとする。地上ではマウスを試料とする実験系を組めるし、人体を対象として臨床的な研究も出来る、即ち、3組の研究課題に連携点を見出すことなのだ。メダカ実験で分かった事をマウスの実験に繋げる。最後には人体に適用できるかどうかまで検討する。こうすると（可能だとすれば）、それぞれの実験研究が相互に補完し合い、不備な点も見出し易い。

筆者の提案することは研究コミュニティにおいて、大なり小なり既に実施されているものとは思う。しかし、この種の研究課題群を設定し、研究チームを組むことは決して易いものではない。それなりに困難が伴う。困難の一つは全体の指揮を取れる人が居るのか、課題群を鳥瞰して適切な指示を各チームに出せる人が居るのか、等が課題と思っている。例えば、「癌撲滅」などと大目標を掲げて、研究課題群もパッケージにして研究を推進しているものとは思う。ただ、研究パッケージも多種多様にあり得るので、最適なパッケージは何かを論理的に見出すことは無理な現状とは理解している。課題解決の近道になる作業仮説がたまたま思い浮かべば幸運だが、遣ってみないと分からないのが、生命科学系研究の特徴ではある。

生命科学研究を大きく分けると、「宇宙飛行士の健康問題解決向け」と「基礎生物学研究」とに大きく分かれるが、前者はあまり議論しなくとも済む課題である。ただ、後者は、元々地上でも良く分からないことが多い生命現象・生物現象を宇宙で研究するのは、全く新しい研究領域である。テーマや領域の重点化とかシナリオ作り等は何の役にも立たないだろう。やってみないと分からないとはそう言う意味である。宇宙における実験研究の最大のメリットは可変重力場の活用である。現在、国際宇宙ステーションにおいては、この機能が細胞培養を対象とする実験に限られることが大きな欠点と言えるだろう。

#### （4）理工学系研究の進め方

理工学とはフロンティア共同研究時代「5」に使われた言葉である。余り議論する必要もなく、便利で衆知の用語だから、此処で用いるが、意味を明確にしておく。

此処で言う理工学研究とは「5.3 研究や開発についてのコメント **基礎科学研究と工学**

**(技術) 研究**」における基礎科学、工学、技術等々幅広く含む、工学系の用語なのである。

ただ、どちらかと言えば、純粹の基礎科学研究より離れ、工学研究の中でも応用研究、技術開発に近い領域を指すと言うニュアンスが強い。

フロンティア共同研究の時代には当該分野で数項目にわたり検討され、以後の研究の方向性に関して提案がなされている。公募地上研究プログラムにおいては、当初 宇宙利用技術開発と呼ばれていたが、暫くして（2004 年、平成 16 年以降）宇宙利用先駆研究と名前が変更されている。此処でも時代とともに名称の変遷はある。検討分野としては、宇宙環境計測、ロボット、熱・エネルギー、構造、制御等の課題群である。理工学系の課題は、課題名を見れば大まかな内容は察しの付くものである。名称は概ね即物的で、我々の日常生活にも関連する事項が多い。

此処では、細かな課題には立ち入らず、総論レベルの議論に留める。工学的な研究領域でも材料関係や電子素子の研究の様には物質科学研究である。一方、熱、構造、制御等は力学ベースの研究になる。そのため、狭い意味で工学研究（技術研究、技術開発）と称するものは力学ベースの研究と分類する。即ち、三力学：流体力学、固体力学、熱力学、を念頭に置いた研究領域である。この三力学以外の研究領域は物理化学に入り、概ね基礎科学研究領域と解釈すると良い。フロンティア共同研究プロジェクトの後に、計画実施された地上公募研究プロジェクトにおいては、課題応募エリアも物質科学なのか、流体物理なのか、三力学の中のどれなのか、を通覧して審査・採択することが望ましかったと思っていたが、そうはなっていなかった。勿論、その事が決定的な欠陥になってはいない。

物理学や化学、生物学の中では、物理学の一派である力学が一番古い学問で Newton によりその基礎が作られたのは誰でも知っているし、18 世紀以降の産業革命はこの力学ベースの社会革新である。この力学群は伝統があるだけに、研究は最も進んでいて、基礎的な事項が体系化されていることは言うまでもない。物質科学全般や生命科学領域のように数学・数式があまり適用できない領域とは根本的に違う。

力学系の研究は問題解決型、物づくり型、要請対応型だから多数の研究者や技術者を動員したシステム研究が本命となる。従って今日的に言えば、個々の課題（原理原則）を解明する（これは基礎科学の仕事）ことより、システムの効率、適正、経済性を検証する研究が主流となる。即ち、力学ベースの研究を支柱とする理工学研究は宇宙開発機関が率先して実施すべき研究である。宇宙開発機関は、先ほど「技術研究と開発目標」の箇所述べた、規定演技や自由演技項目として、将来の宇宙システム、宇宙インフラを明確に想定し、力学ベースの研究を組織的に集学的に推進しなければならない。

### ネットワーク中心主義の薦め[2], [3]

この箇所こそは、小論の本題、本命である。前章で宇宙環境利用研究活動に付随する諸問題を指摘していて、その中でも、目標の設定、戦略確立、研究の進め方、指揮命令系統、等々への対処は、従来からある思考形態の延長上にあり左程問題ないと筆者は思っている。

勿論、易しくはないが、先は見えるものだし、議論もし易い。

さて、問題点で指摘した事項の中で、

- (イ) 研究、技術、管理・マネージメント 3 者に共通なロジック構築、
- (ロ) 宇宙環境利用研究活動の推進（トータルマネージメント）
- (ハ) 破綻の法則への対処

等々への対処は従来の考え方や方法論の延長上に解がない。即ち、このネットワーク中心主義を導入しない限り克服出来ない。

(イ)、(ロ) の内容は似通っているし、対処方針もほぼ同じと考えて良い。まずこれらに共通な思考・哲学を論じよう。先に、第 4 章組織論とネットワーク中心主義の箇所解説した考え方を、宇宙環境利用研究活動の特徴を見極めつつ、其処に存在する諸問題へ適用する。このネットワーク中心主義で種々の問題を克服する道筋を示す。

宇宙実験の企画、計画、準備、実施等一連の活動においては、多くの組織、専門領域も考え方も異なる組織、等々が同一目的の下に結集し、協働活動をしなければならない。これは指揮命令系統の異なる組織からの参画者が、ネットワークを通してより大きな社会システム：Social System, を構築することである。寄せ所帯になれば、自然に社会システムが出来上がるわけではないので、参加者の高度な知的レベル、全体として社会資本：Social Capital, が高いことが前提である。

先ず、各参画者の出自である組織の機能・性能面から見てみよう。ある組織が研究を、別の組織が開発を行っているとする。これら研究と開発は先に述べた如く、やや異なる性質の作業・業務だから、同類としての取り扱いは難しいが、誰かが両方を総括するという指揮命令系統が必要になるのではないかと普通は思われる。これは古い考え方なのだ。

それでは、ある組織が研究と開発の両方を行っているとする。この場合は、両者に付き統一的に責任を取る人は組織内に役職上は居ることにはなっているだろう。ただ、「この人が責任者である」となっても実際に責任を取れるかどうかは別の問題となる。端的に言えば、その人は経営陣の中の人になり、具体的な知識を供給出来ない（学術論文の査読が出来ない）立場の人になることが多い。そうすると、知識を供給するという意味では責任を取れる人は居ない。このことは、我が国の組織に固有な問題なのではなく、世界中の組織に共通した問題だ。要するに全てを総覧し、微に入り細に入り知識を供給できる全知全能の人は居ない。そもそも、そういう人が居なければ物事は上手く行かないのか。そうではない。

別々の組織が、研究と開発を行っていようと、同じ組織が組織内で研究と開発の両方を行っていようと、研究を行っている人や組織、開発を行っている人や組織、双方が相互の情報と知識をネットワークに乗せ、ネットワーク上で最良の判断を仰ぐことが、ネットワーク中心主義に他ならない。

上では、研究と開発（技術）の 2 者に付いて論旨を述べた。この 2 者へ管理・マネージ

メントを加えてみよう。加えても上に述べたことは基本的に変わらない。即ち、研究、技術、管理・マネージメント 3 者に共通なロジックはネットワーク上に形成されるものである。このロジックが形成されれば、研究、技術、管理・マネージメントを包含した宇宙環境利用研究活動推進の道は開けることになる。

以下に解説、事例、コメントを加えておく。上記のような考え方が、指揮命令系統を支柱としている、軍隊・軍人の中から出て来たと言うことが、驚きであり評価に値することなのだ。要するに、知識の供給に関してや物事への判断力を見るならば指揮命令系統一本槍だけでは不十分と認識されたことになる。アメリカ軍においては、軍隊のより効率的運用はネットワーク中心主義に拠ろうという話にさえなっている。このネットワーク中心主義は指揮命令系統の限界を補うものとされている。勿論、ネットワーク上から最良の解が得られないと危惧する向きもあるだろう。上官や上司が独裁的に決断した方が良いこともあるかもしれない。しかし、そういう事態は参画メンバーの社会資本が低い場合の心配である。

ネットワーク中心主義の真髄は、役割（指揮命令も含まれるが）が時間とともに、空間とともに動くことなのだ。ある時点、ある課題ではグループ A が司令塔になれば良い。次の時点や別の課題に移ればグループ B が司令塔になる。融通無碍に展開することこそ大切なのだ。これは指揮命令系統を否定する考え方ではない。それがあっても良し、無くても良しとなる。良い意見を提案し、それが皆に採用されたなら、意見提案者は皆を指揮命令している事と同じになる。現実の例を見ると、世の中の NPO や NGO のように明確な指揮命令系統が欠如していても立派な活動をしている団体、社会システム、が幾らでもある。厳密に言えば、欠如しているように見えるが、実態としてこれら NPO や NGO の様に、ボランティアな団体では、全員が司令者であり、同時に実行者なのだ。

この小論の対象とする宇宙環境利用研究活動；宇宙実験研究、に付いて見てみよう。宇宙実験を実施するには研究者コミュニティ、宇宙開発機関、装置開発運用担当の企業、、、その他諸々の多数の協働作業者が働かないと前に進まない。多くの（時として膨大な）グループや参加者の共同作業（協働作業）なのだ。どのグループが総括・指揮者なのかと言われると宇宙開発機関だろうとはなるが、宇宙開発機関が大勢の中で大権（決定権）を振るうわけではない。振るって上手く行くとの保証もない。実態は、多くの協働作業グループが基本的にはネットワークで結ばれていて、協働をしているに過ぎないのである。勿論、宇宙開発機関と支援企業などは契約で結ばれていて、主と従の関係、上下関係と取れる関係が存在しないとは言い切れないが、全体を眺めてみて、それらの側面が、緩やかなネットワーク関係を崩すとかが切断するわけではなく、ネットワークの良さを生かす障害とはならない。

このネットワーク中心主義が上手く働くか、上手く行かないかに関しては大きな前提条件がある。それは繰り返しになるが、ネットワークに入っている人、入っているグループ（ノードと呼んでいる）の知的レベルが高いことである。知的レベルが高いとはやや定性的な要求項目である。勿論 IQ でいくらと指定しても良い。即ち、知的労働者同士でないと上手く動かない。知的労働者とは肉体労働者を差別する言葉と取られるだろうが、その通りである。例えば、昔の軍隊はドンパチだけやる肉体労働者の集団に過ぎなかった。現在はコンピューターを駆使し、情報収集、画像処理と解析、作戦展開等々、現代でもそう多くはない知的労働者集団になっている。時代は変わっている。

宇宙開発や宇宙実験に携わる人達は基本的に知的労働者であるはずだ。また、知的労働者であることが、行動や思考・判断に反映されなければ意味がない。知的労働者の知的レベルを更に上げる、協働作業している多くのグループの間で情報やデータの共有を更に進めることでネットワーク中心主義が成果を上げることが出来る。情報やデータの共有を更に進めるとはなにかと具体的に言うならば、研究者側が開発技術者の技術的内容を深く理解する、技術者側も研究者の研究の中身を十分に理解する、等々相互理解を推し進める事に尽きる。

上記のことは、軍事作戦において戦場で最も大切な Situational Awareness（状況認識や理解）には Information Sharing（情報の共有）が必要であり、全ての軍隊機能や作戦効果がこの全軍の司令官から一兵卒に至るまでの情報共有のレベルや、その良し悪しに掛っている、と理解することと同等である。情報共有レベルが高くなればなるほど、

技術的革新⇒プロセスの革新⇒組織的革新、

と進み、組織（構成員全員）全体の機能性能が限りなく高いものとなる。このことは、軍隊においては勿論、多くの組織やグループ活動においても大変チャレンジングなことであり、技術者が研究内容を良く理解するよう努力する等、関係者の自己啓発と一体のものである。

先にも触れた事ではあるが、このネットワーク中心主義もネットワークの構成員（ノード）同士が通信網で繋がっていて、情報を共有していれば自動的に上手く働くわけではない。述べていることは戦略であり、問題解決の方法論や技術論ではない。情報を共有し、それを咀嚼し活用しようという強い意志、学習意欲、自覚、忍耐力等々、体力だけでなく多くの精神的・心理的力（気力）を必要としている。これら意欲や自覚などの用語はやや精神論に傾斜するが、単にネットワーク中心主義による仕事に限らず、どのような仕事や業務を遂行する上でも大切な前提条件であることは言うまでもない。

先に組織論とネットワークの解説をした折、このネットワーク中心主義は思想哲学のレベルで、方法論やマニュアルが教科書風に提示されては居ないと述べた。それ故、ネットワーク中心主義を基にして、問題を抱えている人や組織は、各々独自に最適な方法論を模索しなければならない。

此処に述べた、ネットワーク中心主義と、その考え方にに基づき、現場の人や実行担当者が業務をし易いようにしておくことも大切だ。また、フライトプログラム実施者が、研究に対しても技術に対しても全ての責任を取ることを勧めている。此処で言う責任とは高いレベルの責任：例えば経営責任、のような問題ではない。対象は現場であり、政策決定過程や政策の内容は、それなりに大事ではあるが、現場の仕事に大きな影響がリアルタイムで生じるわけではない。筆者の業務経験から現場主義者としてのプログラム運用の在り方、プロジェクト管理の仕方に付いて提言を申しあげる。現場の人間がやり辛い、やりにくいと感じる仕組みや規則は早めに是正すべきと考える。

宇宙環境利用研究活動の推進において、研究と開発の両方を見る人が現場に配置されていないというのは大きな問題だ。組織として責任を取ることは、現場の担当者が科学研究と技術開発の両方を制御出来るようにすると言う事で、それを組織の業務として定義しなければならない。

やや言い方を変えて纏めると、ネットワークが一番目であるとしても、二番目に指揮命令系統が来る。この 2 次元的な思考の中にこそ真の進め方が存在する。此処で言う指揮命令系統とは、単に科学技術研究の内容や成果そのもの（各論）に直接責任を取るという意味ではなくして（論文の査読をするわけではない）、宇宙実験研究プロジェクトとしてその全体的遂行・実施（総論）に責任を取るという意味である。総論の中には当然各論も含まれるが、全体を総覧する人が細かな事に口を出すことは Micro-manage と言われ、チーム全体の生産性向上に余り寄与しない。現場では、フライトプログラム担当管理組織体が全責任を取らなければ宇宙実験研究は完結しないのだから、緩やかなネットワーク中心主義の中で、責任の実践が目に見えるような組織運営でなければならない。ネットワーク中心主義の効用とは、多くの個人や組織の共存共栄策で、その中の一人；フライトプログラム担当管理組織、の責任の取り方を助けてくれるものに他ならない。

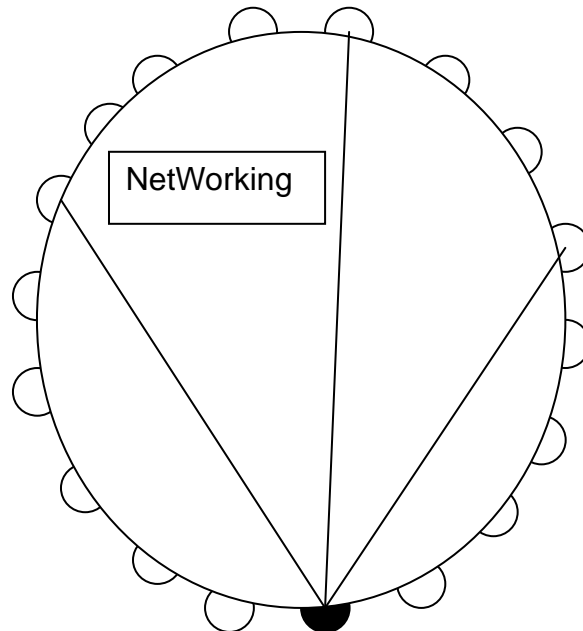
(ハ) 破綻の法則にもネットワーク中心主義で突破できる。

個人のネットワークを見てみよう。個人は、家族、親戚、職場の仲間、学校時代の同窓生、何人かの隣人、取引先、ボランティア仲間、等々あまり多くの付き合いがないのが普通だ。それらの知人友人達も、それなりに知人友人を持っているのだから、何人か先の、自分が知らない人達は結構な数にはなっている。しかし普通は、それらの知らない人が、自分に何らかの影響があることはないし、自分が利用することもない。

上の表現では分かり辛いと思うので、別の言い方で繰り返すと、自分も含めて 100 人がリング状に手を繋いでいるとする。自分は両手分、両隣、の 2 人に繋がっているだけで、左方向へ 10 人目の人や、20 人目の人には直接繋がってはいない。自分は、この 100 人の世界の中の 2 人としか交信状態にはないことになる。

このような状態の時に、ある時何らかの理由で左方向へ 10 人目、20 人目の人と直接交信するようになったとしよう。これは新しい網掛け、新しいネットワーキングと言うが、こ

うすると両隣の 2 人と交信するだけより、かなり多くの量の情報をやり取り出来ることになる。これを図で表すと、下図のようになる。



この網掛けが多ければ、多いほど多種多様な情報を入手することが可能になる。リング上に居る 100 人の人達の殆どと交信出来るようになると、世界が小さくなるわけだから、自分の世界の「スモールワールド化」と言う。これは近所付き合いと、遠距離交際の双方を実践し、必要な情報や知識を収集・伝達するのに非常に有効である。また、このスモールワールド化で、膨大な情報の中から、重要な情報を手早く抜き取る事が出来るようになる。

業務量の増大と質の複雑化トレンドとは、言い換えると自分（ある組織でもよい）に対する入力が増大になることで、個人や少人数の処理能力を超えることを意味している。これを克服するには、先に述べたスモールワールド化を図り、情報の量や複雑さを縮減しなければならない。これは自分の能力を超えた問題については、ネットワークに判断してもらうことと同義語になる。ネットワーク中心主義で克服出来ることとなる。言い方を変えると、社会システムはこのネットワーク上で、あらゆる問題解決をするのである。その方が、誰かが独断で解決する（命令する）より優れた方法なのである。

上の説明では、リング状の世界を想定したが、個人や組織の持つネットワーク世界は色々な形態をしている。当然、業界や専門が異なれば、別の形態になるのが普通だ。即ち、ネットワークはこの形状や形態：Topology, で考えるものでもある。また、この形態は常に同じ形をしておらず、時とともに常に変化するものである。たまには、長期間ある固定した形態で機能するものが存在することはあるだろう。

此処の説明で、新しい網掛けにより、単純に情報のやり取り量が増加するとは言えるが、その為に情報の質が良くなるとの議論には納得しない読者も居ると思う。此処の議論では、

量の増大が質の高度化と連成している（その可能性の方が高い）と、感覚的に議論しているにすぎず、可能性を厳密に数学的に説明することは出来ない。だからこそ、ネットワーク中心主義が思想や考え方に留まるのであって、その思想に共鳴しない限り方法論へ移ることは出来ない。

### 更なる発展のために

此处では、提言としてやや雑多な項目を挙げ、今後の参考にして頂きたく追記するものである。

#### （１）国際協力の推進

国際協力とは麗しい言葉である。協力という行為は国際間に限らず、国内の組織同士、個人対個人でも行っていて、珍しいものではない。言うなれば当り前の事だ。国際協力も国内協力も、個人間の協同活動も、お互いに向上を目指すと言う点で趣旨は同じだ。此处では特に、国際協力活動を取り上げ、それを公平な視点で分析し、吟味しつつ推進することを奨励したい。

よく協調的競争と言われるように何事にも競争の原理を導入しないと効果が上がらない。競争は切磋琢磨と向上への必要条件である。協力はお互いの不足部分を補いつつ、効果を上げるための共同行為で、お互いが納得するような仕組みであれば構わないわけで、協力に関してはこうしなければならないと標準的な教科書があるわけではない。ただ、一定の識別方法や手順はある。

多くの人に聞かれる質問は、国際宇宙ステーションで各国（パートナーと言う）協力しているのだから、宇宙ステーションの要素：我が国のモジュール「きぼう」などを、お互いに協力して設計製造しているのではないのかと言う問いである。勿論、宇宙ステーションを良く知る人はそんなことを聞きはしない。

これは物事を整理して記述し理解する習慣とも関連するが、筆者の整理は次のようになる。国際協力には、プログラム協力、科学協力、技術（場合によっては商業的な）協力の 3 種に分けて眺めると分かり易い。これら 3 種を区別しないと分からなくなる。これらの 3 種は性格の異なる協力形態だから、協力と一口で言っても、3 種の何れかである場合、3 種の中の 2 種が混じっている場合等々、各種あるのである。白色光も 3 原色を通して見ると理解しやすい。

国際宇宙ステーション計画は行政サイドから見て、パートナー国間によるプログラム協力である。既に成果として、国際 A0 を発出するなどの科学協力も実施しているし、各パートナーの研究者はお互いの科学研究の範囲で自由に研究テーマを共有して構わない。ハード等の設計製造を担当する企業体にあつては他国の企業と協力するかしないかは基本的に自由である。技術協力をするのは企業体であり行政側ではない。企業体が他国の企業と技術交流を希望するならば、行政側は必要な便宜を図るだけになる。

将来的に眺めるならば、国際協力の在り方は国際宇宙ステーション計画からも大いに学



べる。また、地上でも多くの国際協力が行われているので、今後どのような協力形態が一番良いのか、良さそうかは、研究課題でもある。宇宙における社会システム、Governance、法律等も新しいものを創造しなければならないだろう。宇宙ステーションに付いての法律面からの説明は参考文献[1]の3章になされているから、そこを参照されたい。

これまでの国際協力事例を見てみよう。主な3例として以下に掲げる。筆者は国際関係の専門家ではないから、一般の人も分かり易い例を掲げて、議論を進める。

#### @United Nations Model、国際連合モデル

誰でも知っている組織であるが、拠出金の出し方を詳しく知っている人は少ない。これは何処の国がどれだけ出さなければならないかとの取り決めが確定しているわけではないと思われる。一応、各国の経済力を勘案して拠出金を出すことにはなっているようだ。然し、会費を納める形態だから、日本のように後から入会させて頂いた国は多く払うことにならざるを得ない。加えて、日本等は会費を多く払う割には発言権や運営に対する意見や提言を出す権限もない。常任理事国などという役に立たないどころか運営阻害国が存在し、大変不公平な仕組みである。元々第二次大戦後戦勝国による政治的な赤十字精神で組織された側面もあり、貧乏国が有利な運営がされる。将来的にこの方法では長続きしない。

#### @ISS Model、国際宇宙ステーションモデル

この運営方法は、上の国際連合とは違い、提供した資金（拠出金）の割合で発言権（利用権とも言える）を配分する方法で、quid pro quo とも言われる。これはラテン語で英語に直すと something for something の意味である。即ち、出来る範囲で会費を持ち寄り、出した会費分で便宜を受け取る、と言う負担と権利の関係を合意して進める、ある意味では大変公平なやり方であり、将来の協力の雛型になると思われる。ただ、会費を払えない国（貧乏な国）は参加出来ない事になり、形態としては先進国型とも言える。我が国はこの種の協力に参加すれば損失がないことになる。

#### @EOS(Earth Observation Science) Model、地球観測科学協力モデル

これもやや ISS モデルに近い面もあるが、お互いに能力を持ち寄る形式である。この地球観測分野は最も国際協力が盛んに行われている分野で、会費や能力を殆ど提供出来ない国にさえデータ等を提供するなど、利用面では UN モデルにも近いと言える。多くを負担出来る先進国側からの赤十字的協力の側面も持っている。

上記の3例は、今後の国際協力のあり方を探る時にどれが良さそうか、上記以外に別の方法はないか、等々議論のたたき台に十分なるし、今後とも分析・吟味をすることを勧めたい。

更に、国際協力を議論する場合は二国間であったり、多国間であったり、各種多様な会議や打ち合わせがあつて複雑化する。国際調整活動の現場においては、多くの会議は並行して流れていて、会議毎の議題は決まっているとは言え、多国間協議の場で二国間の話題が出るし、その逆もある。どの場でどのような議論をしているのか混線しないように頭の中で常に整理しておく必要がある。会議や調整の場は増えこそすれ減ることはない。マネー

ジメントの観点でみると、不要不急で不必要な会議は整理せよとなるが、必要な会議が増えるのであって、会議が仕事になってしまう。

宇宙環境利用研究を対象とすれば、科学協力と雖もプログラム協力や技術協力とリンクせざるを得ず、科学協力もそれらのリミッターに引っ掛かり、出来ない事は出来ないとなる。ただ、科学者研究者が個人として出来ることがあれば、それをすることは自由であり、特に制約はない。

この国際協力活動は「情けは人のためならず」と同じで基本的に自分、自国のためでもある。国際協力活動を通して、相手から学ぶことは多い。相手が自分より進んでいる国であれば、なおさらそうであるが、自分が教える立場に立つとしても、相手の国の状況を知り、どのような支援をして行けば適当か、自国の存在感をどのように高められるか等々プラス面は限りなく多い。従って、宇宙開発機関側の職員が組織を挙げてコミットするような業務だけではなく、個人レベルでの協力も推奨されるべきと考える。

以上が言うなれば総論で、ではどうすれば良いのか、例を提言しよう。我が国の宇宙開発機関、科学者、企業等は既に多くの面で国際協力を実施している。国際宇宙ステーション計画、地球観測科学等では実践しているので、それらに向けては今後も大いに推進すれば良いだけだ。此処では我が国に欠けている、ないし不十分な活動を指摘しておこう。

先に、技術研究と開発目標の箇所、規定演技だ、自由演技だと述べた。其処では、火星等をターゲットとした深宇宙探査ミッションを我が国が殆ど経験しておらず、問題点としている。我が国独自で探査ミッションの企画実行が無理ならば、他国のミッションに相乗りすることを考えるよう提言している。

NASA はこれまで何度となく火星ミッションを企画し実施している。筆者の知る限りでも企画するたびに、ミッション提案、ミッション機器提案を募集している。我が国の研究者や技術者がそれらの公募に応募したのか、寡聞にして知らないが、応募するにしてもそれ相当の費用が掛かる訳だから、国として、宇宙開発機関としてその種の募集には応募するように推奨したい。組織として応募すると決めておくべきである。

ヨーロッパは文化的にもアメリカと近いので、宇宙開発活動の初期の頃からヨーロッパとアメリカは協力して来ている。ハッブル宇宙望遠鏡、土星の衛星タイタンへのミッションも、NASA-ESA の協力ミッションであった。11 月末に NASA が打ち上げた火星ミッションには ESA 関係のミッション機器や研究者の名前は、直接的には載って居ない。しかし、2016 年ごろの打ち上げ予定のミッションやその後のミッションについては、両者の協力で計画されている。

太陽系探査、惑星学等において、我が国が欧米と伍していくためには、これらの分野におけるプログラム協力を、国際宇宙ステーションや地球観測科学における協力レベルまで、高めなければならない。

## (2) 研究推進指導者に求められる人材像とその育成

情報を共有し、ネットワーク中心主義であろうと、指揮命令系統に入っていようと、大きな要素は人材そのものである。担当する人間個人としての資質、能力、気力、人間力が最大の課題であることは論を待たない。

通常の組織においては、集団として問題に対処するので、その中の個人を特出しにして議論をしない傾向がある。これは、Corporate Responsibility や Corporate Memory と言われて、グループによる責任体制になっていることは相手にとって安心感を与えるものである。担当者が変わる度にそれまでの経緯がご破算になるようであると、普通は相手にされなくなる。グループや集団で責任を取ることに事自体結構なことであるが、グループにおいても核になる人材の存在は不可欠だ。

先に、研究・開発のあり方や進め方を論じてきたが、特に大規模な科学の研究においては、単に細かな研究論文を書く研究者が居れば済むのではなくて、その研究活動全般を主導・総攬し、研究コミュニティ内で人望・人徳もあり、第三者に対しては説明責任を十分果たせる、リーダーか指導者：Advocate と呼んでも良い、が必要である。現在の我が国の宇宙環境利用研究活動を見ているとこの種の人材が不足している。

この種の人材は、第一義的には関連する研究分野の研究コミュニティが輩出しなければならないものとする。また、その種の人材を囑望する宇宙開発機関が育成・養成しなければならないものでもある。短期間に適当な人材を得ることは出来ないこととは思うが、長期的な観点で、研究者グループ、研究組織、宇宙開発機関が共同して人材の養成と育成を図らなければならないと考える。

どのような人材が必要なのか例を挙げると、アメリカの天文学者であり、一般向けサイエンスの紹介書を多く書いている Carl Sagan のような人物だ。Carl Sagan は大方がご承知のように、アメリカの Hubble Space Telescope の実現に大いに貢献した科学者である。彼のような人材が居たからこそ、アメリカは天体観測、天体物理分野において世界中で圧倒的な強みを発揮出来たと言える。今日宇宙や天体に関する情報・知識の殆どはアメリカが提供している。彼我を比較して、我が国の寄与などは、勿論ゼロではないが、大変低いレベルだとの自覚が第一に必要な。

### (3) 実務担当の人材に求められる専門性の深度と幅

実際には、先に述べた Carl Sagan の様な大御所だけを期待し育成を目指すのだけでは不十分である。宇宙環境利用研究推進のためには、より実務的なレベルで多くの分野の研究者、各種の技術者、行政官、マネージャー等々を束ねて調整できる人材も不可欠になる。その種の人間がいなければ何事も上手く行かない。

この調整能力のある人材について説明しておこう。世の中で言うところのマネージャーではなく、仕事をする上でのイニシャティブを取れる人だ。仕事上のリーダーとも違う。そのような仕事を出来る人は相当に広い見識と知識を持ち、チームワークの上手な人でもある。特定の専門能力を有してその幅で仕事をする人ではない。良く言う Generalist だ。

Specialist である必要はないが、多くの Specialty の人達と対話が出来なければならない。

先に、科学技術に関する通訳業に言及したが、業務間の通訳も兼ねた多種多様な業務の調整者、Coordinator、として望ましい専門性の深さ、専門能力への要求は大変難しい問題となる。専門性は深い方が良く、カバーできる分野は広ければ広いほど良いに決まっている。ただ、個人として何処まで理解が及ぶかは個人の能力次第だし、此処までと誰もが納得・承知している明確な境界なりレベルがあるわけではない。

ある専門分野で研究論文を書く、ある機械を設計する、等を考えた時、どの程度の能力がなければならないかは大体察しがつくものである。ところが、上に述べた調整者がどの程度の能力がなければならないか、はっきりした尺度があるわけではない。ただ、宇宙実験に関しては、計画して、実施に移すまでは研究者と技術者の双方の仕事がスムーズに進捗するようガイド出来なければならない。

地上で通常の研究活動、企業内で技術開発・製品開発をするのであれば、この種の調整者を左程必要としない。ただ、地上でも複雑な計画になればなるほど、この種の調整者は必要になる。

それでは、この調整者がどの程度の専門能力を備えていなければならないか、専門の幅はどの程度なければならないか考察しよう。これがはっきりすれば、宇宙開発機関内の業務もやり易くなり、人にも頼みやすくなる。

深度に関しては、これは専門家でも 10 年選手、30 年選手と居るわけで、どの程度まで深くなければならないか、具体的に決める事は難しいし、出来ない相談だ。筆者は此処から先は専門家に任せると言う適当な深度があると考えている一人であるが、その深度は此処までとの客観的水準はない。ただ、専門家と対話するのにどの程度の知識が必要かを自覚する必要はあるだろう。専門家から見れば何でも無い語彙のレベルで素人は大概振り落とされる。分野別、業界別である程度の数の語彙の意味や意義を理解していないと、専門家からは素人相手の説明をして貰うだけになる。研究内容と技術内容を擦り合わせるなどは到底出来ない相談だ。

幅についても、幅が広ければそれに越したことはないが、全てカバーすることは無理である。取り扱える分野の数を限定する、技術者でもライフ系のミッション担当にするのか、流体や物質系ミッションの担当者にするのかは、分離せざるを得ないであろう。

例えば、現場に調整者が居た場合には、当然それら複数の調整者を業務上マネージ出来るマネージャーがその・部署・部局には必要となる。その種のマネージャーは実務レベルの長として、調整や協働作業を円滑に推進指導する人であり、その人の人柄や、専門性の深度や幅が周囲から見える人でなければならない。

一般論として、専門性の深度や幅は誰しも限界があり、天才でも無い限り、全ての専門分野に通じることは不可能であろう。重要な事は、個人としてある専門分野に深度があり、卓越した能力と理解があるならば、他の分野の思考形態や論理の展開を理解できる可能性が高くなることである。即ち、先に管理運営、科学、技術 3 者に共通なロジックと述べた

その共通のロジックを体得出来ることになる。

それでは、全然専門性の無い人は多くの分野に共通なロジックや言語を体得出来ないことになるのかと言う問いがあろう。答えは残念ながらそうである。

大学等の高等教育が専門分野志向になっているのはそのためだ。勿論、専門分野に深い知識と理解が欠かせない時代であるからだけれど、単にそのためだけでは無い。自己の専門性を高めることとは、即ち自分の山が高くなることを意味する。高い山からは広い周囲を見渡せる、他の山々がそれだけ良く見える事になる。谷間に居たら、周囲にどのくらい高い山があるのか分からない。

今後の宇宙開発にとり、幅広い見識を持ち、専門家を纏めることの出来る調整者教育が必要だとは共通認識としてある。一つの試みは国際宇宙大学、International Space University、である。

これまで述べてきた、「求められる人材像とその育成」、や「実務担当の人材に求められる専門性の深度と幅」、においても宇宙開発機関や宇宙関連企業に勤める一般職員を想定して議論して来ている。従って、宇宙飛行士については何も触れていない。最後に ISS における宇宙飛行士の件に付き、提案や要望を述べる。

歴史的に見るならば、我が国のスペースラブ時代の宇宙飛行士、主に PS (Payload Specialist)、は大変優秀であり、軌道上での運用に問題なかった。即ち実験実施者として十分な理解と素養があったと言える。その望ましい状態が宇宙ステーションにおいても継続されることを念願しているが、現在の宇宙ステーション上には Engineer が多く、かつての PS が居ないのでやや心配されると云う事を指摘したい。

既に宇宙実験が宇宙ステーション上で実施されていて、クルーの実施レベル、運用レベル・錬度 (Operational Skill) はどのくらいか。寡聞にして知る範囲は狭いものの、現在の宇宙ステーション上での科学運用、即ちクルーの操作、は満足の行くレベルではないとの噂も研究者側から耳にしている。この満足の行かないレベルに、改善向上の余地があるのか、気になるわけである。なかなか、クルーの操作レベルと云うのは定量化し難いとは思ふものの、スペースラブ時代に居た PS を宇宙ステーションにも復活する必要があるように思う。

昨今は何事も自動化、自律化、テレサイエンス化が進んでいて、それ自体結構な時代ではある。ただ、特に生物学関係では人の手による操作の良し悪しはまだ研究上重要なファクターと思われるので、テーマによっては研究の科学的内容を理解している操作者がどうしても必要ではないかと感じている。実験プロセスにおいては、云われたことを機械的にこなすだけでは、科学的成果を高めるためには不十分であろう。

#### (4) 秘書機能等やアーカイブ機能の充実

秘書機能とは組織の管理運営方法に大変重要な要素であるがややもすると、業務担当者の言い出す「贅沢」と取られることもあるので一概に意見・見解を記すことは難しい。誤

解されるのを承知で此処に記す。

筆者はかなり大勢の部下を指揮する立場で仕事をしたことがなく、小人数のグループで仕事をした経験しかない。即ち、マネージメントの実践としては侍大将程度の役割を知るだけである。筆者の担当した小グループの中には企業から任期付き出向で NASDA に在籍する人も多く、NASDA プロパーの人は少なかった。企業体に居れば、かなりの地位の人も居て、「NASDA ではコピーも自分でするんですか」と聞かれたことがある。その人は会社に居てコピーなどしようものなら、怒られたそうである。「コピーする人は別に居る、労働単価の高い人がコピーなどするな」と注意されるらしい。NASDA ではどの程度の人がコピーしなくなるのか知らないが、大体の人は自分で何でもやる。人に頼むことは少ない。第一、頼める人が周りに居ないのだ。勿論、何人かのグループに 1 人と、庶務担当の人は配置されている。ただ、その人は特定の職員を支援するわけではなく、グループ全体の支援者である。職員が自分の仕事の一部を頼める訳ではない。

我が国では、秘書機能と言うと、専門性で仕事をするとか、管理運営のように責任で仕事をするわけでもなく、どうしても補助的な仕事、誰にでも出来る仕事と仕分けられがちである。言うなれば、この人はこれをしていると見え辛いので、何となく仕事そのものも、仕事をやっている人もどうしても良い部類に区分されてしまう。

秘書機能とは、業務が円滑に進むよう、言うなれば溝掘りをする人なのだ。従って、例えば、宇宙開発機関の職員の予定を組むとか、打ち合わせ相手や内容のアレンジ等々、庶務的な事項全般を取り仕切ることと考えてよい。

アメリカの大学や会社には担当者（先生、技術者、研究者、、、）の下には優秀な秘書さんが居て、担当者も仕事がしやすいだろうと思われるし、外からアクセスしてもその担当者との交渉や仕事が大変スムーズに行く。秘書さん達は、仕事上大変貴重な存在なのだ。

我が国においても、この秘書機能は効率や生産性を高める上で大変重要だとの意識改革の必要性を感じる。今日でも、我が国の研究開発機関、行政府、大学等に秘書機能が十分あるとは言い難いか、無いと言って良いのではないか。大学の先生達も忙しい忙しいと仰しゃるが、忙しさの中身は会議・打ち合わせの設定であつたり、そもそも本人のやるべき仕事ではない。企業体の場合には効率を考えるとその種の人達（秘書機能）が必要なのだと自覚しているが、国の予算等で運営されている組織に関しては、何が生産性なのか、生産性を高めるとはどういうことか、等々に関してそもそも共通的認識がない。企業体とは全く違う運営方法、経営方法なのだ。世の中で親方日の丸と言われる所以である。そう考えれば、何でも自分でやれば良い。秘書役は要らないとの結論になってしまうのを心配している。

先に述べた、究極の目標を設定すれば、それに向け、どのように効率をあげ、生産性も高めなければならないかも明確にできる。そうすれば、宇宙開発機関の職員全員に秘書を

付けた方が良いとなる。そうすれば、職員も多くの雑用から解放され、本来の仕事：新しい仕組みを考える、新しいミッションを考える、新しい知見を創造する、、、等々に専念でき、国民の期待に応えることが出来るであろう。

勿論、秘書は職員として雇用しなければならない。経費が掛かる事とは言え、国や社会としては雇用も増やせるわけである。雇用増による経費増は組織の生産性向上・運営効率強化により吸収可能と考えてよい。

最後に、アーカイブ機能だが、これは現在、宇宙航空研究開発機構の情報化推進部が過去のデータや書類を整理して居ると聞いていて、いずれ大きなデータバンクが作られるものと思う。ただ、それだけでは不十分で過去のプロジェクトの歴史書を作成することに加えて、それからの経験や教訓集も作成する歴史部門も存在する必要があると思っている。現状の人員で業務が満杯であることは分かるが、歴史担当部を創設すべきではないだろうか。

アーカイブと言えば、データベース、ルールベースが主になることはやむを得ない。然しながら、経験や教訓部分等、知識ベースの部分を如何に後世に伝えるかは、大きな課題ではあると思う。後世の人達が先人の経験を己れの経験に出来るような伝達方法を考え出さなければならない。

## 8. 結論と今後期待するもの

本小論の論旨や主張を纏めると、次のようになる。

(1) 宇宙環境利用活動は多くの人達：研究者、技術者、マネージャー等、協働活動により実現するものだ。即ち、研究、開発、管理・マネジメントの3本柱が不可欠である。

(2) これまでの宇宙環境利用研究では、科学、技術、管理・マネジメント 3 者に共通なロジックがなく、この宇宙環境利用研究活動の円滑な推進を妨げていたこと、戦略的目標の設定がなされていなかったこと、組織間の横断的指揮系統が無かったこと、また、情報量の増大と情報の複雑化に対応出来ていないこと、等の問題があった。

(3) ネットワーク中心主義を導入すれば、上記の問題点を克服できる。

昨今は情報化社会と呼ばれ、各種の媒体、コンテンツが個人の家で気軽に入手できるようになっている。これは社会が既にネットワーク中心主義になっているのではなくして、社会が将来的にネットワーク中心主義に移行出来るような方法や手段が出回っているに過ぎない。ネットワーク中心主義においては、行き来する情報の内容、情報量やその緊急度と質、タイミングと伝達速度等々が重要なのであって、昨今のインターネット社会がそれ

を満たしているわけではない。

筆者は宇宙環境利用研究活動の将来を楽観視している。科学的研究領域としての歴史が古いわけではなく、今後とも興味ある課題は多い。人類が月に行く、火星に行く時代になれば、往復の間クルーは時間が取れるので、幾らでも宇宙環境利用研究が実施出来るだろう。そう言う時代は必ず来る。

今後は、先人の経験と教訓を生かし、便利な交信手段を駆使して、一般大衆、宇宙開発機関、宇宙環境利用研究コミュニティがネットワーク上で結ばれ、学術的な成果を積み上げ続けて頂きたい。

#### 参考文献

- 「1」 宇宙にかける「きぼう」 国際宇宙ステーション計画参加活動史  
井口洋夫監修、2011年2月、宇宙航空研究開発機構
- 「2」 西口敏宏著 ネットワーク思考のすすめ 2009年 東洋経済新聞社
- 「3」 西口敏宏著 遠距離交際と近所づきあい 2007年 NTT出版
- 「4」 宇宙基本計画 2009年、宇宙開発戦略本部
- 「5」 宇宙環境利用フロンティア共同研究成果概要、1997年、宇宙開発事業団、  
宇宙環境利用センター

#### 謝辞

この小論を纏めるに当たり、井口洋夫先生と清水順一郎氏に、ご意見とコメントを頂いている。此処で御礼申し上げる。