

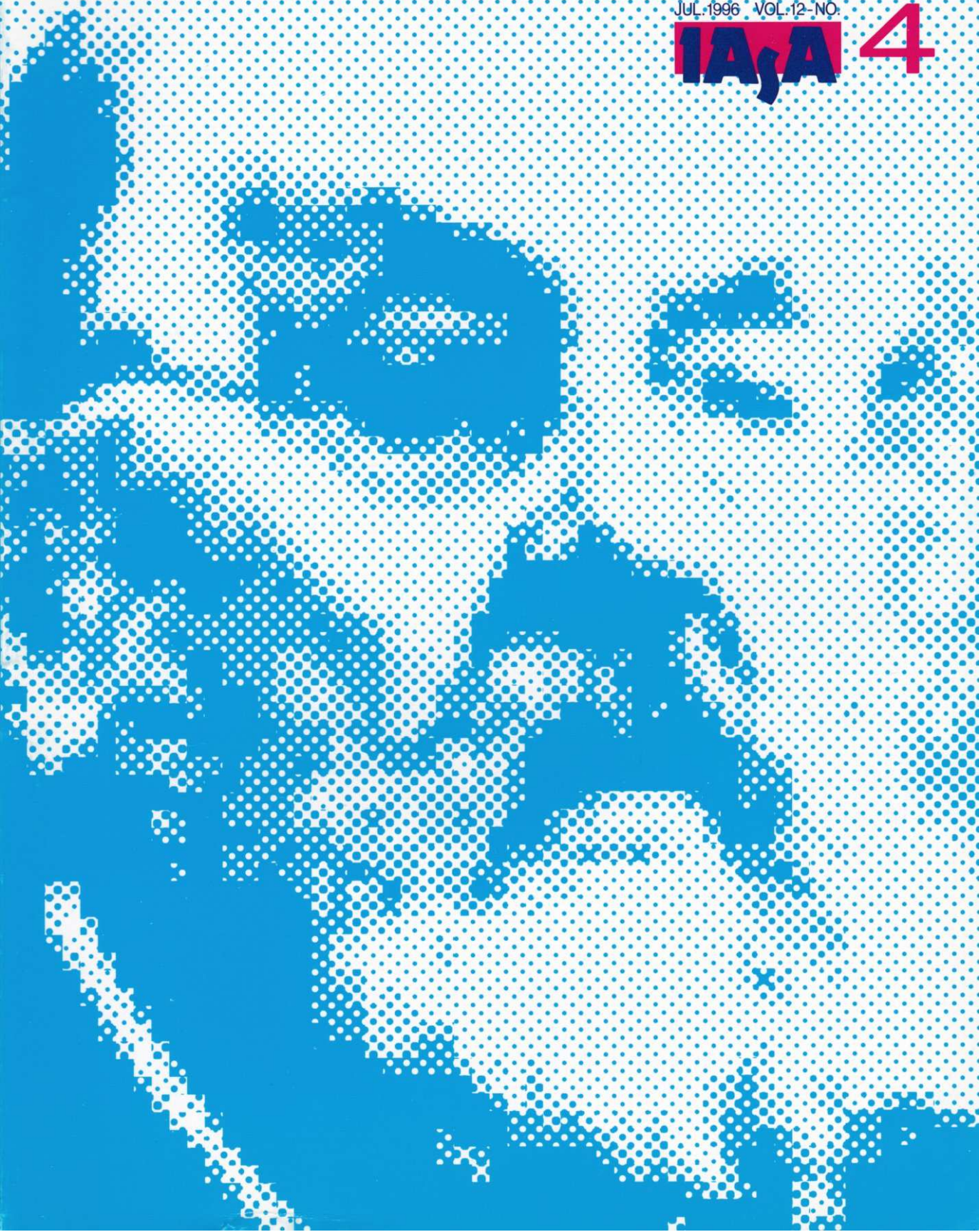
JOURNAL OF THE INSTITUTE FOR ADVANCED SPACE ACTIVITIES

宇 / 宙 / 先 / 端

宇宙先端活動研究会誌

JUL.1996 VOL.12-NO.

IAJA 4



宇宙先端 1996年7月号 (第12巻第4号) 目次

1. 国際宇宙ビジネスと新小型衛星
五家 建夫・・・75
 2. ロケット人間研究会 (第1回) 報告
福田 徹・・・90
- JUNK BOX
新しい学問の夜明け：森本 盛・・・97

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)

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 (1996年7月～1997年6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：佐藤 直也 [宇宙開発事業団経理部予算課]
2. 郵便振替
口座番号：00120-0-21144
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

国際宇宙ビジネスと新小型衛星

五家 建夫

1 緒言

宇宙開発は、かつての米ソの2大国により、国威発揚の場として、国家主導で、大規模な人材と費用を投入して、急速な進歩を遂げた。その成果は、放送衛星、通信衛星、GPS衛星によるカーナビゲーション、気象衛星等の、衛星とその打ち上げサービス、サービスのリース、サービスの地上部分の機器セールスなどのビジネスを発生させた。そしてさらに、数年後に、地上のどこでも国際電話が出来るパーソナル携帯電話サービスを目指した移動体通信衛星の小型衛星群が登場しつつある。

本論文では衛星開発がターニング・ポイントに達したかに見える現状において、宇宙開発の意義の問い直しを行い、国際宇宙ビジネスを概観する。国際宇宙ビジネスの中での小型衛星の登場の経緯と、小型衛星の商用化と小型衛星打ち上げサービスを、ビジネスとして推進する米国の「オービタル・サイエンス社」を事例研究した結果を述べる。

2 現在は衛星開発のターニング・ポイントか

衛星開発のターニング・ポイントに達したと考えられる現在、小型衛星が再登場してきた。では、なぜ現在が衛星開発のターニング・ポイントなのか、以下にその要因を述べる。

- (1) 米国・ロシアの冷戦構造の崩壊による両国の軍事関連宇宙開発予算の削減と低減。
- (2) 宇宙開発と人工衛星の国際プロダクト・ライフサイクルは、現在14時頃の昼下がりに、すなわち成熟期となっている。宇宙産業化は、ロケットによる打ち上げサービス、通信放送衛星サービスのみ商業化した。産業規模は少なくとも100億ドルと言われている。
- (3) 国際電話サービス分野のシェアの面で、通信衛星による通信サービスが、光ファイバ海底ケーブルに対し、シェアでの敗北が明確になった[1]。
- (4) 宇宙国際プロダクト・ライフサイクルは、このままで衰退期に向かう可能性がある。宇宙ステーション、月面開発、火星有人探査等のプログラムが計画されてはいるが、国際経済の停滞等で開発意欲と予算推進力に

において、予想通りの持続が続かずスローダウン気味にある。そこで新規製品の導入、低コストのプロダクト／サービスで新顧客の拡大等の開発戦略が必要である。

- (5) 新規製品として、低高度軌道の小型衛星の衛星群による移動体通信分野（個人の携帯電話を対象）が宇宙通信のシェアの巻き返しの開始直前の状態にある。
- (6) 通信衛星に対する衛星のアンテナと地上のアンテナの対比に関するヒストリカル・トレンドを図1に示す。地上の対象範囲は、自動車（カーナビ）や個人（携帯電話）に移行しつつある。
- (7) 大型衛星の欠点、弊害が目立ってきた。
 - ・衛星の大型化、高機能化、高集約化、長寿命化の傾向が、衛星数を減少させ、その結果、衛星システムコストの増大という悪循環を起こしている。
 - ・打ち上げ失敗のリスク（100億円から200億円）が大きい。打ち上げ保険料も20－30%と高い。失敗が続くと企業の存続及び保険業界の存続が危なくなる
 - ・開発期間の長期化は、大人数体制、マネージメントコスト・アセンブリ・試験コストの肥大化、書類の増大、設計審査の儀式化、形式化を招く。
 - ・1つのコンポーネントでの故障で、大きな失敗のリスクを払う例が多くなった。

以上述べた要因を図式化して図2に、衛星重量の歴史的トレンドを図3に示す[2][3]。

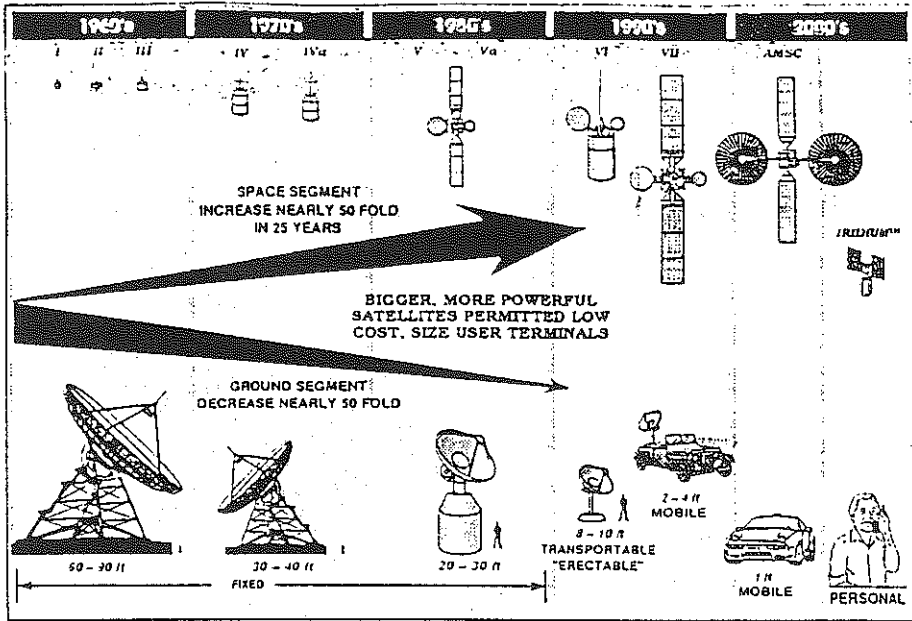


図1 インテルサット機構の7世代に見る通信衛星の発展

AIAA-92-1352

High Power Lightsats for Low Earth Orbit Applications

T. Leisgang and M. Benz

Lockheed Missiles & Space Company, Inc. Sunnyvale, CA

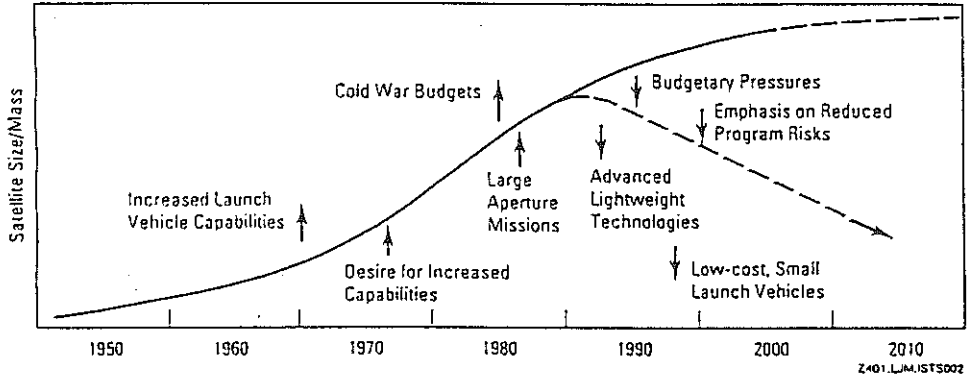


図2 人工衛星の重量の変遷と、ターニングポイント

ISTS 94-e-23
SMALL SATELLITE EVOLUTION
Nobuo Hamano, Hitachi, Ltd., Yokohama, Japan
Robert W. Davis, TRW, Redondo Beach, CA, USA

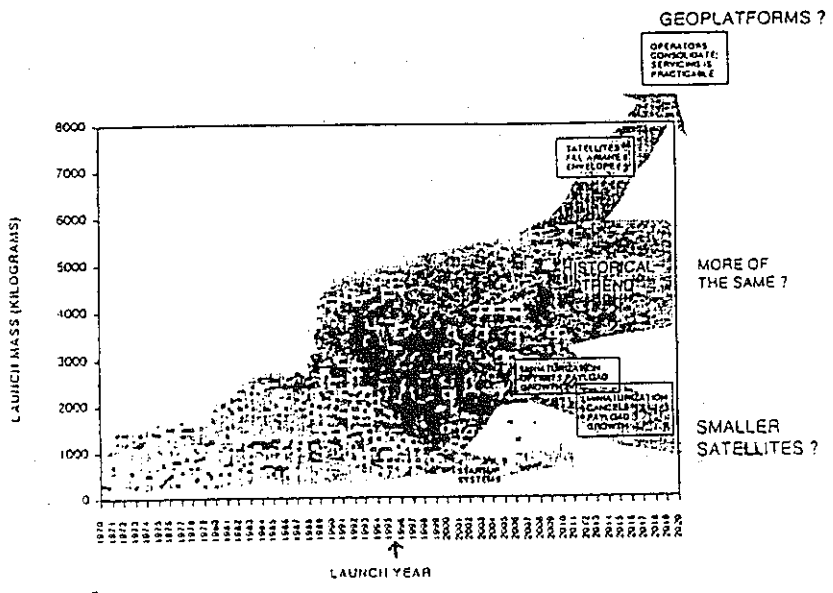


図3 静止衛星重量の変遷に見るターニングポイント

3. なぜ宇宙開発を行うのか

ここで視点を国の宇宙開発の施策提案というNPO (Non Profit Organization)からの観点とし、なぜ宇宙開発を行うか、宇宙開発の持つ意義を改めて確認し、その上で今後の宇宙開発活動の方向を考えて行く事とする。

3. 1 我が国の宇宙開発の考え方[4]

理念と目的：

1. 宇宙、太陽、地球、生命の誕生などの疑問に答える宇宙の科学的探求活動は、人類の知的フロンティアの拡大を目指すものであり、得られる知見や知識は、新しい宇宙観・地球観・生命観を生み出し、知的で成熟した社会の実現に貢献する。

2. 気象・放送・通信やナビゲーション等の実用衛星の利用は今後ますます高度化し、将来の高度情報通信社会を支える重要なシステムとして、質の高い豊かな生活に貢献する。宇宙の微小重力で作られた新しい材料、医薬品の実用化を進展する。

3. 長期的な地球環境の変化、例えば温暖化、エルニーニョ現象、オゾンホール、砂漠化、および災害の発生状況等は、宇宙から、定期的に、高精度な観測が可能なので、宇宙開発は地球環境の保全と地球科学の推進に貢献できる。

4. 耐宇宙環境、高信頼性の要求される宇宙技術は、先端的な総合技術であり、材料、コンピュータ、ロボット、エレクトロニクス、通信、情報処理等の分野の新技术の創出に貢献し、これらの技術を利用した付加価値を持つ新しい産業を創出する事に貢献する。

5. 未知なる宇宙は、次世代の青少年にとって最大の挑戦の対象であり、宇宙開発で宇宙の夢とチャレンジ精神を青少年に引き継いで行き、将来の人材の養成と経済社会の活力の維持に貢献する。

以上述べた日本の宇宙開発の意義を十分に認識し、世界の宇宙開発の、民生利用及び国際協力重視の流れの中で、グローバルな視点に立った宇宙の本格利用を目指して、世界の宇宙開発に積極的な役割を果たすべきである。

基本方針：

1. 独創的な科学研究及び技術開発の推進
2. ニーズに対応する開発の推進
3. 経済的な宇宙活動の実現
4. 主体的な国際協力の実現
5. 無人システムと有人システムのバランスをとった開発
6. 宇宙産業の発展への配慮
7. 宇宙環境保全への配慮

重点宇宙開発対象：

1. 地球観測・地球科学の推進
2. 宇宙科学及び月探査の推進
3. 宇宙環境利用活動の充実
4. 人工衛星の基盤技術及び利用の高度化
5. 宇宙インフラストラクチャーの開発・運用

宇宙開発活動の展開：

1. 地球観測・地球科学
2. 宇宙科学
3. 月探査
4. 通信・放送・測位等
5. 宇宙環境利用
6. 有人宇宙活動
7. 人工衛星の基盤技術
8. 宇宙インフラストラクチャー

3. 2 米国NASAの宇宙開発の考え方：NASA戦略計画[5]

理念（ビジョン）：

NASAは米国の未来への投資である。NASAは探検家として、開拓者として、改革者として、空へ宇宙へとフロンティアを広げて、米国の威信を高め、米国に貢献し、地上に質の高い生活をもたらす。

宇宙開発の目的（ミッション）：

1. 人類の営みの為に宇宙を探索し、利用し、開発の機会を与える
2. 地球、太陽系、宇宙の科学知識、理解、研究の為に宇宙環境を利用する
3. 先端的な航空、宇宙、関連技術を研究し、開発し、検証し、移転する

国家目標への貢献：

1. 経済成長と安全保障（国力と競争力の維持）
2. 地球環境保護
3. 優れた教育（探求的な心の啓発）
4. 平和的な探査と発見

戦略的事業展開：

1. 地球観測事業（プラネット・アース・ミッション）
2. 航空事業
3. 有人探査・宇宙開発事業

有人；直接効果：科学、技術、医学、教育、商業へ実効のある利益をもたらす

非直接効果：(1)知識、経験、将来見通し等を拡大する

(2)希望や刺激を与える

(3)国際協力と平和をもたらす

短期的戦略

(1)スペースシャトルの打ち上げ手段の継続、信頼性、安全、コスト効果の向上

(2)人類が宇宙で生活し、働くための能力を開発し、維持し、拡大する。

宇宙ステーションの利用

(3)月、近地球惑星群及び火星を探索

(4)宇宙の資源を利用する商業的合弁事業を支援

(5)他の国家と宇宙の探査、利用の利益及びコストを分かち合った協力

4. 科学研究事業

5. 宇宙技術事業（NASA以外からのスピン・インを探しだし、促進する）
6. 各戦略事業の相乗効果

戦略的業務機能：

1. 宇宙輸送機能
2. 宇宙通信機能
3. 人的資源機能（NASAセンターはその分野でCOE（Center of Excellence）であれ）
4. 物的資源機能

3. 3 宇宙開発の意義と今後の展開

宇宙開発の意義は、かつての1960年代から1980年代までの、野心的宇宙開発計画の時代には、国威発揚、国レベルの私利的なプレステージを目指したものであった。しかし、冷戦構造の崩壊と共にその意義は変わり、1990年代の宇宙開発は、国際経済戦争時代の現実的な展開と、宇宙ステーション計画に見る、平和的国际協力のモデルとなる開発体制の舞台として、進められつつある。いわば、協力と競争の時代となった。

一方、国家がイニシアティブをとって進められたビッグサイエンス（原子力、宇宙、高エネルギー物理学）は、高いコストを要したのに、その開発結果の経済的リターンは、マーケットから比較的遠かったのに対し、基礎科学のイノベーションの方は、新製品のマーケットに直接寄与したではないかという批判がある。果たしてそうであろうか。

宇宙開発は、ワイドレンジの総合科学技術である。基礎科学から、応用技術までに及ぶ、例えば、高温から極低温、真空中、放射線、紫外線等に強い材料・部品、電子部品技術、ロボット技術、バイオから医学、結晶生成技術等の広い範囲内で、省エネルギー、小型軽量、高効率、高信頼性を必然的要求としてもつとした技術開発である。この総合科学技術に、宇宙開発の強みがある。

宇宙技術の、例えば人工衛星の部品点数が多い（数10万点）、高コスト（数100億円）、修理が出来ないの3つが、民生マーケット品との大きな違いであるが、民生品が目的とする、省エネルギー、小型軽量、高効率、高

信頼性等の目指すものは、同じである。もし小型の衛星、ロケットとなれば、部品点数で、民生技術に近づく事になり、今まで以上に、民間からのスピ
ン・インによる低コスト化、宇宙からのスピ
ン・アウト効果がさらに促進で
きる見込みがある。

最後に、宇宙開発に未来があるか？という問いかけに対して、「宇宙開発
なくして、未来がない」というDr. P. Creolaの言葉[6]を引用して、この節の
まとめとしたい。

4 米国の国際宇宙ビジネスの変遷と現状

(1) 国際宇宙ビジネスの変遷

米国の宇宙開発は1957年のスプートニク・ショックを契機とし、さら
に1960年の、ケネディ大統領のリーダーシップによるアポロ計画（約7.
5兆円／8年間）の、集中投資を推進力として、世界の宇宙開発のフロ
ント・ランナーとなった。

この30年間の投資からのスピ
ンアウトとして宇宙産業化があり、商業ロケ
ット打ち上げサービス、商業用通信衛星の製作から打ち上げまでのサービス
（軌道上での引き渡しは、フル・ターン・キー・サービスといい、ロケット
及び打ち上げ費用を含む）が実用化した。

アポロ計画に続いて、スペースシャトル計画（120億ドルの計画が、実
際200億ドル／7年間）がスタートした。このスペースシャトルは、国際
宇宙ステーション計画（約400億ドル／14年間）を踏まえての、宇宙輸
送サービスの大量輸送と再利用による効率化を目指すもので、従来の効率の
悪い使い捨てロケットはやめて、シャトルに一本化する統合化を推進した。

ところが1986年にシャトル計画は全く予期しないアクシデントに遭遇
する。「チャレンジャー号」の事故である。ここでシャトル計画は一時スト
ップした。この時まで、米国の商用打ち上げサービスは、世界の市場で10
0%シェアであったのが、シャトル一本化への移行期だったので、結果的に
このシェアは、完成したばかりの欧州共同開発の「アリアン」ロケットに、
60%のシェア（約50機分の打ち上げ契約、1機1億ドルとして50億ド
ル以上）を奪われてしまった。

米国は使い捨てのロケット・サービス（タイタン、アトラス、デルタ）を
急いで再開したが、シェアを取り戻せなかった（現在4%のシェア；7-8
機／年）。

1990年代に入ってからNASAの大型プロジェクトに失敗が続出した。まず、1990年の「ハッブル宇宙望遠鏡」衛星（約6億ドルの計画が16億ドル掛かったプロジェクト）が、打ち上げ後に望遠鏡のミラーにユガミがあり、焦点のズレが発生するトラブルがあった。NASAは面目にかけ、1993年に軌道上で修理したが、そのために6億ドルの経費を要した。1991年には「ガリレオ」木星探査機の大型アンテナの展開失敗（4億ドル計画が16億ドル掛かったプロジェクト）、1993年には「マーズ・オプザーバ」火星探査機（5億ドル計画が9億ドル掛かったプロジェクト）は、推進系不具合で通信途絶の完全な失敗となった。

これら1990年初頭に次々に発生した大型プロジェクトの「無統制のコスト・オーバーラン」と、その失敗のリスクの大きさは、米国民にショックを与えると共に米国のNASA予算の議会通過に対し厳しい制約を受ける結果となった。

NASA調達規則は1993年10月8日官報（Federal Register）[7]で改正が告知された。最も大きな改正点は、NASAの2500万ドルを越える裁定報償付き原価補償契約（CRAF：Cost Plus Award Fee Contract）に関するもので、契約対象の衛星等の性能が、契約者の事由により契約で合意した一定の領収基準を満足しない場合、その代償の一部を実質的に契約者に負担させる「ネガティブ・インセンティブ制度」をNASAとして本格的に採用した事にある。

現在NASAの全契約の88%は原価補償契約（Cost Type）が占め、そのうち85%が裁定補償付き契約（CPAF）である。この契約方式が、かつてのNASAの成功の秘訣であった。この事は、20年前日本にきて講演したNASAのフォン・ブラウン博士が強調していたことを筆者は、良く記憶している。すなわち彼は、「NASAの成功のノウハウは、契約メーカーに対する人參（インセンティブ契約）と鞭です」と明言していた。

これをさらに強化しようとするのが今回の改正であり、裁定報酬（基礎報酬を含む）とポジティブ・インセンティブ性能報酬の上限の合計は、研究開発契約では、契約の見積原価の総額の15%、生産段階では10%を上限としている。性能報酬は、裁定評価点の点数に応じて決まる（但し60点以下は零）。今回新たに設けられたネガティブ・インセンティブ性能報酬の上限は、研究開発型ハードウェアでは、契約者が開発期間に獲得した裁定報酬の総額と同額とする。生産型ハードウェアの場合は当該契約に配分された裁定

報酬の総額と同額とするとなっている。この改正は、NASAの契約に対する引き締め効果を狙っている。

以上述べたNASAの契約方式の種類について以下に示す。

NASA契約方式

1. 原価補償契約 (Cost Type)

(1) 固定報酬付原価補償契約 (Cost Plus Fixed Fee)

(2) 裁定報酬付原価補償契約 (CRAF)

原価、性能、スケジュールに関し、客観的インセンティブ目標を設定できない契約に適用する。今回の改正では、開発実施期間中の契約履行目標のみならず、宇宙システムの打ち上げ後の軌道上の運用性能を重視し、それに関するインセンティブを強化した。

(3) インセンティブ報酬付き原価補償契約 (Cost Plus Incentive Fee)

目標原価を、比較的適切に設定可能な契約に適用する。契約の実際原価が目標以下の場合、その度合いに応じて報酬が増額され、超過した場合は、減額される。

(4) 原価補償無報酬契約 (Cost-No-Fee Contract)

非営利教育・研究機関等に対する研究・開発契約に適用する。NASAの深宇宙探査契約を実施するジェット推進研究所(JPL)に対する委託契約等に適用する。

(5) 原価契約 (Cost Contract)

(6) 原価分担契約 (Cost-Shareing Contract)

2. 固定価格契約 (Fixed Price Type)

(1) 確定固定価格契約

(2) インセンティブ報酬付固定価格契約

(3) 再決定固定価格契約

3. 経済的価格調整契約

4. その他

(1) 人工・時間契約

(2) 時間・材料契約

(2) 米国の航空・宇宙産業の国際ビジネスの現状 ・航空産業

NASA及びNASAの前身のNACAは75年にわたり米国の産業界、大学他の国家（連邦）機関と密接に連携し、航空分野の米国の優位性を獲得してきた。その結果現在、ほぼ100万人の高度業務の雇用、毎年400億ドル以上の輸出、及び約300万ドルの貿易黒字を生み出している[8]。

・宇宙産業

米国商務省によって毎年発行されている「米国産業展望」によると「商業宇宙産業の収入は1994年には65億ドルに増加することが予想されており、1993年度の53億ドルの23%増となる（下表参照）。

表4-1 米国商業宇宙収入（推定） 単位 億ドル

分野	1993	1994
固定通信・移動体通信	19	23
衛星地上局	16	18.5
通信衛星製造	11	14
打ち上げサービス	4.7	5.3
リモートセンシング	2.5	3
その他	0.3	1
計	53.5	64.8

この表で、衛星サービス、地上局、及び衛星製作を加えると、通信衛星サービスは商業宇宙の85%から90%を占めている。打ち上げサービスは約9%にすぎない。1994年度の各社の衛星売り上げは、ヒューズ社14億ドル（内1/3は輸出）、ローラル社は6億ドル、マーチンマリエッタ社は2.4億ドル（1993年度）であった[8]。

世界の通信衛星サービスで、米国は現在約72%の市場シェアを占めており、これに対し欧州のメーカーは25%となっている。この市場は2004年までに950億ドルから1150億ドルに達する事が推定されている（ユーロコンサルタント社）[8]。

米国は打ち上げ産業を守るために、ロシア及び中国に対して、それぞれ外国商用静止衛星打ち上げは、シェアを10%以内に守ることと、入札価格は

西欧最低価格の7.5%を下回る入札は、自動的に協議する協定を両国間と結んでいる（時限あり）。

その結果の実績はロシア4回（1992年－2000年に8回以内、1年に2回を越えない協定）、中国3回（1989年－1994年に9回内の協定）に止まっている（1994年時点）。

ゴア副大統領は1992年の選挙運動中に「我が国が生き延びていく上で最も重要な産業は航空宇宙産業であり、米国の将来の繁栄の為の鍵の一つを握っている」と述べている[8]。

5 小型衛星の再登場[9]

新しい小型衛星を最も予算をかけて開発しているのは、米国国防総省の弾道ミサイル防衛機関（BMD O：Ballistic Missile Defence Organization, 旧戦略防衛構想局：SDIO：Strategic Defence Initiative Office）であり、年間41億ドル（1992年）で、研究開発へは15億ドルが配分されている。

この小型衛星は、「光輝く小石；Brilliant Pebbles」と呼ばれる。このアイデアは1980年代末に、ローレンス・リバモア研究所のLowell Woodによって提唱されたSDI構想である。敵のミサイルを探查する高性能赤外センサーと、ミサイルに体当たりで迎撃する小型推進系を備えた、小型の迎撃用衛星を、地球周回軌道に多数（一説には4千個）配置するというアイデアである。最終目標は重量6kgである。1988年に100kgであったのが現在20kgまで軽量化出来ていて、1996年には15kg、2000年には6kgのBrilliant Pebblesとして完成する計画である。このプロジェクトで開発された衛星技術そのものは他のプロジェクトには使われなくても、ここで開発された超軽量の高性能、高機能の小型衛星用先端要素技術（機器、センサ、コンポーネント、部品類）は、他のプロジェクトに宇宙実績のある標準機器やセンサとして使われるといわれている。

米国国防省に先端技術開発局（ARPA：Advanced Research Projects Agency；旧DARPA）が、小型衛星専用打ち上げ手段として、航空機打ち上げの3段式ロケット；ペガサスを開発した。1機のコストが1.1千万ドルである。地上打ち上げの中型ロケット；トーラスも開発済みである。1機のコストは2.3千万ドルである。これはトレーラで運び7日間の準備で打ち上げられる。

NASAは、DODに対し、小型衛星に遅れを取ったが、DOD関連のマイクロテクノロジーを用いて小型化していく動きが見える。ゴダード宇宙センターの進めるSMEX (Small Explorer Program) シリーズは100kg～200kgの地球周回科学衛星で、1号機は1992年に打ち上げられている。1衛星の予算は5.4千万ドルで、実際は例によつてのコスト・オーバーランで8千万ドルとなったと報告されている。

NASAの惑星探査機は、ボイジャー、ガリレオ等で重量は1トンクラスが常識だったが、冥王星計画では160kgのPluto Fly-byとなり、2機で4.5億ドルで計画中である。もうビリオン(10億)ドルオーダの大型惑星探査計画はむりという見方が強い。

火星探査等は、DISCOVERY計画として、1.5億ドル以下で、3年以下の開発期間という制約内で、DOD開発のミニチュア・コンポーネントの採用の方向で進む予定と見られる。

欧州では、英国のサリー大学で、学生の教育を兼ね、アマチュア無線衛星2機を作った。UOSAT-A、B (University of Sarrey)であり、打ち上げ後に名称が変わり、OSCAR-9号衛星(1981年10月、デルタ・ロケットでSME衛星と相乗り、高度530kmの極軌道、姿勢制御用重力振り子用のブーム4mの長さが1mしか延びず姿勢制御が出来ないという不具合はあったが、アマチュア無線用としては使えた)、11号(1984年3月打ち上げ、デルタ・ロケットでLANDSAT-D衛星と相乗り、高度700kmの極軌道で成功した。プログラムバグで一時休止したが11カ月振りで再開)となり、一応の成功を収めた。

その後50kgの衛星で標準設計化し、アリアンロケットの相乗りペイロードに適合する設計とした。UOSAT-3号から5号(4号のみ打ち上げ直後に故障)、韓国のKITSAT-1号(1992年打ち上げた)と2号(2号は技術移転で韓国で作られ、1993年打ち上げた)、ポルトガルのPOSAT-1号、フランスのS80/T、CERISE、米国のHEALTHSAT-2号等が、打ち上げられ、または計画中である。価格は3百万ドル、打ち上げ込みで1.5から2百万ポンド、アリアンロケットの相乗り(ピギーバック)の打ち上げの場合、最低価格(1フライトで6機の相乗り打ち上げの場合)は、1,000万円程度といわれている。

参考文献

- (1) 佐藤秀夫, "海底ケーブルのコスト比較-「国際通信ネットワーク構築における伝送メディアの選択」"修士論文, 1992年7月
- (2) Leisgang, L., and M. Benz, 1992, High Power Lightsats for Low Earth Orbit, 14th AIAA International Communication Systems Conference & Exhibit, March 22-26, 1992
- (3) Hamano, N., and R. Davis, 1994, Small Satellite Evolution, 14th International Symposium on Space Technology and Science, May 15-24, 1994, Yokohama, Japan
- (4) 科学技術庁宇宙政策課, 「宇宙開発政策大綱(案)」, 1995年11月
- (5) NASA, May 1994, NASA Strategic Plan
- (6) Creola, p., 1994, Has Space a Future?, ESA Bulletin 82, 1994
- (7) U. S. Federal Register. October 8, 1993
- (8) 米国下院科学宇宙技術委員会宇宙小委員会, 「衛星及び打ち上げサービスにおける広域通商」に係わる公聴会記録, 1994年9月29日
- (9) 斎藤宏文, 「アメリカの小型衛星開発の動向」, 日本ロケット協会, 1995

(以下 次号)

ロケット人間研究会（第1回）報告

日時：1996年8月5日（月）18：00－20：00

場所：宇宙開発事業団芝分室

出席者（敬称略）： 五代富文、柴藤羊二、岩田勉、長島隆一、
青木宏、福田徹、佐藤雅彦、岩本裕之

議事：

最初に、X Prize 財団 (<http://www.seds.org/xprize>) のホームページより入手した資料を検討した。同ホームページに掲載されているX賞のドラフト版ルールは以下のとおり。

X賞（暫定）規則　【仮訳】

この規則はX賞委員会によって変更されることがある。

この規則は、賞を重要なものとするべく定められた。最初に、規則は参加者の創造性を過度に拘束するものであってはならない。ふたつめに、規則は賞が創設されるにあたっての目的、すなわち低価格の弾道飛行による宇宙旅行という目的の達成を促進するべく記述されなければならない。

X賞競技の参加者のため、当面、以下の暫定規則が制定された。

1. 宇宙船 (the spaceship) は、民間の (privately) 資金により、民間によって建造されなければならない。

詳細： 参加者は、現在商業的に調達可能なものであれば、政府機関によって開発されたサブシステムを使用することができる。実質的に政府契約に基づいて開発された打上げ機を用いる参加者は排除される。参加者は、政府または税金によって支援された機関から、予算、補助金、奨学金、物、サービスを受けてはならない。参加者は、商業的に使用可能なものであれば、政府の施設を使

用することができる。使用した全ての物とサービスは、提出より3年間定額上昇することなく商業的な市場において調達可能でなければならない。

2. 宇宙船 (the spaceship) は14日間に2回飛行しなければならない。それぞれの飛行は、2人の人間を最低100kmの高度に運ばなければならない。宇宙船は最低3人の運搬容量 (重量及び容積) を持たなければならない。

3. 第2回目の飛行では、1回あたりの経費の安さと機体 (vehicle) の再使用性を実証しなければならない。*

詳細：委員会の意図するところとして、優勝する機体は、宇宙旅行市場に魅力的な1飛行あたりの妥当な経費を達成するため、十分な再使用性を持つべきである。（* この規則は後に見直される。）

4. 搭乗員と宇宙船は、2回の飛行において、ともに実質的に傷つけられることなく地球に帰還しなければならない。

5. 参加者は、飛行の実施前に離陸場所と着陸場所を特定しなければならない。宇宙機 (spacecraft) は選択した着陸場所の5km以内に制御されて着陸しなければならない。

6. X賞は、国際的なものであり、本規則に従う何人にも開かれている。

7. X賞の参加者は、規約の遵守と飛行計画を詳述した同意書 (letter of intent) を提出しなければならない。同意書は、最初の飛行を試みる少なくとも3ヶ月前に委員会に到着、受諾及び承認されなければならない。参加者が規則に対し異議を申し立てた場合は、X賞委員会が最終的な裁定者となる。全ての通信と技術情報は厳しく秘密に保たれる。X賞委員会の委員は2回の飛行を監視 (monitor) しなければならない。

The X Prize (Draft) Rules

[原文：<http://www.seds.org/xprize/rules.html>より引用]

These Rules are subject to change by the Committee

The rules set for a prize are very important. First, the rules should not overrestrict the creativity of the participants. Second, the rules should be written so that they help achieve the purpose for which the prize was created, in this case low-cost suborbital space tourism.

Thus far, the following draft rules have been established for participants in the X Prize Competition

1. The spaceship must be privately financed and privately built.
Details: The entrant is allowed to utilize any subsystem previously developed by a government agency which is currently available on a commercial basis. An entrant is precluded from using a launch vehicle substantially developed under a government contract. The entrant may receive no direct funding, subsidies, or grants of money, goods or services from any government (or tax-supported entity). An entrant may utilize government facilities if such facilities are available on a commercial basis. All goods or services used must be available to the commercial market at a price not likely to rise in constant-dollar terms for a three-year period following the submission.
2. The spaceship must be flown twice within a 14-day period. Each flight must carry two humans to a 100 kilometer minimum altitude. The spaceship must be built with the capacity (weight and volume) to carry a minimum of three adults.

3. The second flight must demonstrate a low per-flight cost and vehicle reusability.*

Details: It is the committee's intent that the winning vehicle should be sufficiently reusable in order that it have a reasonable per-flight cost that will make it attractive to the space tourism marketplace. (*This rule will be further defined in subsequent drafts.)

4. Both the crew and spaceship must return to Earth, substantially unharmed, from both trips.

5. Entrants must specify their take-off and landing location prior to the flight. The spacecraft must make a controlled landing within five kilometers of the chosen landing site.

6. The X Prize is international and open to anyone who abides by the rules.

7. All entrants for the X Prize must submit a letter of intent which details their compliance with the regulations and their intended flight plan. The letter must be received, accepted and acknowledged by the Committee no later than three months prior to their first flight attempt. The X Prize Committee will be the final arbiter on whether an entrant complies with the rules. All communications and technical information will be held strictly confidential. The X Prize Committee members must monitor both flight attempts.

その後自由討議に移った。主な発言は以下のとおり。

○政府の金が入っていないロケットは、現用のものには無いのでは？

○ペガサスは？

○ペガサスも軍の金が入っているはず。

○10億円の賞金はひと桁安い感じだ。

○private には private enterprise (民間企業) も含まれるだろうから、民間企業の宣伝としてやれば良い。

○機体に広告をべたべた貼って広告料を取る...

○日本の企業は失敗したときのことを考えて後込みするかも。

○ロケットシステムがプロモーションでやったら? (笑)

○まず設計で証明して投資を募るのが良いだろう。

○日本だと打上げ場所が無い。

○純民間の打上げなら宇宙開発委員会の規制はないはずだが。

○宇宙物体の損害賠償条約の適用もあるので勝手にはできないだろう。

○損害賠償条約に入っていないような国で打上げるか?

○ウーメラなら大丈夫だろう。長さ500kmあるのでその中で回収できる。

○高度100kmなら ΔV はたいしたことはない。TR-1A程度でもいけるのではないか。

○空気抵抗がかなり効く。

○バルーンから打ち上げたら?

○ワイヤが切れる恐れも...

○飛行機から打上げれば良いのでは。飛行機のチャーター料など大したことはない。

○X-15で70kmぐらいまで上がっているはず。

○B-52はいくらで借りられるのだろうか?

○B-52でなくてもC-17とか輸送機を借りれば良いだろう。

○日本は飛行機の改造にものすごくうるさい。認可までに時間がかかりすぎるので外国でないとダメかも。

○弾道飛行は、宇宙観光という意味では面白くない。やはり地球を回らないと。

○地球をまるごと見たい。100kmは低すぎる。

○最終的には軌道飛行が目的だろう。たいがいの人は宇宙酔いで気持ちが悪くなるだろうから何周か回せば良いと思うが。

○水蒸気ブースタ (*) が使えるかも知れない。

* 高圧水蒸気を溜めておいて噴射するロケット

○水ロケットは？

○比推力は現状で4秒。10秒ぐらいまでは向上できるだろう。

○5 km以内に帰還させるという条件は厳しい。パラシュートでは困難。

○しかし、カプセルの方が安全。

○いずれにせよ制御が必要。

○しかし変なものをつけると重くなるし...

○高度40～50 km、超音速でパラシュートを開いてパラグライダーのよう
にコントロールすれば良いだろう。

○乗員に制御させる？

○地上からラジコンでコントロールできる。ラジコンの巧い奴を待機させて。

○それなら乗員が気絶してても大丈夫。

○真上に打上げるのが良いだろう。

○真上に打つならクリスマス島でもできる。クリスマス島で打上げ、ラグーン
で回収。もっともラグーンには鯨がいるが。

○二度目の飛行は同一人物でなければならないとは書いていないから、少々鯨
にかじられてもいいんじゃないか。(笑)

○いずれにせよ固体ブースタか？

○10Gはかかるだろうから、ちょっときつい。

○気絶すると宇宙観光にならない。(笑)

○固体だと再使用可能の条件を満たせないのでは？

○燃料を詰め替えるだけと考えれば良い。どうしてもダメと言うならモーター
ケースを切り放さずに回収する。

○簡単な液体エンジンという考え方もある。ガス押しとか。

○MB-3の部品とか残っているはずだが...

○政府の関与品ということでそのまま使うわけにはいかない。コマーシャル
ベースで買えるようにすれば良いが。

- あまり自分では乗りたくない気もするが、...
- いや大丈夫ですよ。
- ひとり乗員が決まった。(笑)

- 日本には冒険を認めない風潮がある。
- 堀江謙一さんの最初の太平洋横断のときも、まず密出国が問題になったらしい。アメリカの方で有名になったのでうやむやになったようだ。

- アメリカは訴訟社会なのでXプライズ財団もその点は心配しているようだ。議員立法で損害賠償責任を回避するようなことを書いている。
- 参加者から誓約書をとればいいのではないかな?
- それだけでは訴訟を回避できない。
- Q&Aを読むと、すでに議会に法案を提出した(sent)ようだ。アメリカでは気軽に議員立法をするので、どの程度のものかは調べる必要がある。
- 賠償責任を国が肩代わりするようなものらしい。

- 飛行機は、鳥人間コンテストのようにアマチュアが参加できる分野もあるが、宇宙というといきなりマッハ20とか30の世界になってしまう。その意味では敷居が高い。
- プロが頭の体操として挑戦する意義がある。現実的なことばかり考えていると頭が固くなるので、...
- NASDAの中堅職員研修あたりの課題に良いかも。(笑)

最後に以下を決め、散会した。

- 以後、当研究会を「ロケット人間研究会」と称する。
- 次回 9月17日(火) 18:00から 於NASDA芝分室
- 各自、案を作って次回に持ち寄る。
- 12月のスカイスポーツ・シンポジウム(航空宇宙学会主催)で発表する。

(福田 徹)

JUNK BOX

新しい学問の夜明け

森本 盛

(1) できるだけ全体を見よう

人間は8000mの山に登ったと大騒ぎする。ジェット機は1万mの高度を飛ぶから凄いと思っていた。ところが宇宙飛行士は高度100kmから38万kmの間を飛びまわった。そして人間を生存させる空間が薄膜のように薄いものであることを体感した。この薄膜は、色々な現象の微妙なバランスにより、きわめてデリケートな機能を表現する。そして人工衛星の観測で、ちょっとしたミスで綻びることもわかった。

ここで、「人類を含む全生物の生存のために、薄膜を損傷してはならない」という先住民のモラルに思いあたり、それが我々の祖先の考えでもあることに気付く。これとは逆に命に対する勘と全く縁のない近代文明は、一体どこからきてどこへゆくのだろうか。空間を広く認識したことが、時間を広げて考えることへと発展する。

(2) 近代文明号という馬車

むかしむかし質素な暮らしをしている北国から、ユートピア探しの馬車が出発した。馬車は気候温暖な地方へと向い、やがて緑の林野を駆けぬけ、豊かな稔りの田園を通り、美しい花が咲き乱れる庭園を過ぎる。景色はうつり、お花畑の間に砂漠がチラホラ見えはじめ、さらに荒地が目立つようになる。でも馬車はひた走る。馬車を曳くのは四頭の有能な馬。しかし馬車馬は景色の変化を見ていない。馭者とは見れば、ミイラになっている。馬は、数世紀前に馭者が生存中に指示した方向にひた走る。やがて水も食糧もない死の砂漠へ……………と、ヒチコック監督の映画のようであるが、今の文明に馭者がいるのだろうか。欲望という名の馬まかせでなければよいが。

文明が人類を自然から遠ざけたため。人類は命に対する野性の勘を失い、初期条件設定能力を退化させてしまったようである。条件が設定できなくては判断も洞察も出来ない。惰性で行動する。

宇宙飛行士によりヒントが与えられた今こそ。近代文明の初期の条件に立ち戻

って、生命の永続性との関わりを考え直すべきであろう。ではこれまで検討されていなかったことに、どのようなものがあるかを次に述べる。

(3) 地球の有機性とその能力限界

地表でおこっている様々な循環・連鎖といったあたかも生き物のような現象、そして、それが多数の生物の生命を維持する能力。これらを地球の有機性ととらえることにする。有機性があるのは、40億年かかって出来た僅かな空間だけである。

まず、この僅かな空間がどれだけの生命を維持する能力があるか？ その限界を見極める必要がある。又、有機性の性能の刻々の変化について。定常的な変化（地球の進化にともなう緩やかな平均値の変化）と、過渡的な変化とを見分ける必要がある。過渡的な変化は人類の行動が原因になっているものと考えられるからである。人類という自然連鎖外の特殊な生物が、有機性をどのように変えているか。重要な課題である。ちょうど今、非直線領域にさしかかりつつあるように感じられる。若いころ研究したTWT（進行波管）を思いだす。軽い非直線動作では、通信の質の劣化がおこり、2周波（2波共通）増幅で弱肉強食がおこる。さらに非直線が進むと多周波増幅でクロスターム（各波相互の乗積の項）が大きくなって、通信不能になる。さらに無理して大きなインプットを入れると電子が途中で失速して周囲の螺せんに衝突し、螺せんを加熱し、真空度を下げ、遂には破損してしまう。何か暗示的な現象に思えてならない。

現に製品コストについて、PL訴訟によるマイナスコストのように直線近似できない現象が起きている。これは数値をカウントできるのでまだ良い。タチが悪いのは、公害のようにカウントできないクロスタームであり、ブレークダウンである。

そこで早い時期に人類が有機性にプラスになる科学技術を身につける必要がある。例えば、核融合、食糧合成、木材合成等である。植物の合成が可能になれば人工の有機空間を宇宙に向けて拡張してゆくことができる。

(4) 近代文明の原点の再確認

文明の出発点は、現在のイヌイットがやっている寒さから命を守ることであり中世にあったような疫病から命を守ることであったと思われ、いずれも種の杜絶を防ぐ本能が出発点と思われる。この段階では、宇宙飛行士のライフサポートのように必要最小限に近い。自然と上手くやってゆく智恵を求めるのが初期のイン

プットであれば。その設定は正しかったといえる。

ところが何時の間にか、自然からできるだけ遠ざかって横着に暮らす智恵を求めようになり、さらにエスカレートして過剰な衣食住を求めようになった。そしてそのために自然を破壊して何らはばかるところを知らぬ感覚に変わった。こうなると自然と対決する厭自然の姿勢である。

謀反とも思えるこの心変わりに誰も気付いていないとすれば、人の一生（数10年）の間の変化量が小さかったからであろう。現在、古紙を再生利用するよりも、原生林を伐採してパルプを作った方が安上がりという理由で、自然は破壊され、リサイクル業者は失業する。しかしこれを続けて地球の有機性が損なわれ、命を脅かすようになれば、コストは何の意味も持たなくなるどころか子孫の怨恨の種になる。このようにコストひとつとってみても、その価値について何の議論も出ない。範囲が狭く、短時間の出来事について、ヤタラに精密に検討しているが、全体を見ない。豪華客船に例えれば、IC（集積回路）を沢山使って、照明や温度を調節する見栄ばかりを追求しているうちに、船底は腐って穴があき始めている状況ではないか。コスト（儲け）とは何か？ 有機性を爆破する地雷かもしれない。人類は、コスト爆弾を仕掛けに他の星からやってきたのだろうか？ 時間で比較してみよう。

オゾン層に30億年かかり、地表の有機性は4億年かかってようやく数kmの厚さになった。人類は300万年という新参ものである。そして今の文明は僅か千年位の実験段階である。さらに石油に代表される現文明は、実験に着手したばかりなのに数10年でアラームが出初めた。人間の総合能力に疑いをもつ必要がある。野性動物の命に対する勘は人類よりはるかに秀でている。

人間の能力に限界があるゆえに、有機性とのつきあい方についてもっと考えられるべきである。自然を信じ、自然を仲間に入れ、自然から教わり、自然と助け合う。人類は、自然コミュニティーの一員であるという、まだ謙虚さをもっていた祖先の時代の感覚をとり戻す必要がある。信（親）自然の姿勢である。

といって現在の社会をその時代に戻すことは出来ない。生活水準が下がるという予感は大衆を狂気におとし入れる。向上するという希望を奪って、社会を維持することはできない。そこで向上の質を変える検討が必要になる。

自然から教わる例をあげれば、まず40億年以上安定なエネルギー供給を続けている太陽に学ぶ核融合がある。完成すれば、無公害・半永久的エネルギー源になる。つぎは植物の光合成メカニズムである。陸上で4億年、海中では30億年の実績をもつ。澱粉・野菜の合成プラントができれば、焼畑・人工増が防げる。

木材・紙が合成できれば、有機性の修復のみならず、前述のように有機空間を宇宙に広げることさえ考えられる。このように自然のメカニズムに学ぶことは、自然との助け合いを可能にする。今の科学技術能力を傾注すれば現実性は充分にあると考えられる。ただ欲望という導火線をつけたコスト地雷の撤去という難関がある。

(5) 馬車馬文明からの目醒め

以上のように、宇宙飛行士の体感は、馬車馬のように機械的に走りつづけた近代文明に警告を発してくれた。それは新しい学問の必要性を示すものである。

たとえば、有機地球学（限界論、過渡現象論、非直線現象論などを含む）、文明生成学（初期設定とドリフト理論、実験文明論、過渡現象論、経済考古論などを含む）のようなものである。これらの学問により、科学技術と宇宙のハイレベルな使い方が実現することを願うものである。

96年度年会費納入のお願い

宇宙先端の印刷と郵送の経費は会員の皆さんからの会費によって賅われています。(袋詰めや編集はまったくのボランティアです。)

下記のいずれかの方法により、96年度年会費(3,000円)を納入されるよう、よろしくお願いいたします。

1. 財務担当に直接払う
財務担当：佐藤 直也 [宇宙開発事業団経理部予算課]
2. 郵便振替
口座番号：00120-0-21144
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

投稿募集

宇宙先端は会員の原稿によって成り立っています。軽重、厚薄、長短、大小を問わず奮って投稿を！(下記を参考にして下さい。)

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 論文の内容は、全て著者の責任とする。
- 3 投稿資格：原則として本会会員に限る。
- 4 原稿送付：投稿する会員は、B5版横書きまたはA4版横書きでそのまま版下となるような原稿およびコピー1部を、宇宙先端研究会編集局宛送付する。原稿は返却しない。
- 5 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。
- 6 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。

原稿送付先：〒105 東京都港区浜松町1丁目7番1号 平和ビル7階
(財)日本宇宙フォーラム 福田 徹

編集に関するお問い合わせは下記へ。

福田 徹 (編集局長) TEL 03-3459-1651 FAX 03-5402-7521
岩田 勉 (編集人) TEL 0298-52-2250 FAX 0298-52-2247

編集後記

ロケット人間研究会なるものを始めてしまいました。今後の展開はどうなるか？でも、輸送コストを画期的に下げることが宇宙開発推進の正道であることは間違いないでしょう。

森本さんの原稿はだいぶ前に内輪の研究会用にご書いていただいたものですが、机の中から発見し、掲載させていただきました。(TF)

宇宙先端ホームページが引越しました。

新URLは、

<http://www2b.meshnet.or.jp/~sentan> です。

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

土屋 清

山中 龍夫

有人宇宙システム(株) 代表取締役社長

帝京大学理工学部教授

横浜国立大学工学部教授

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12巻 第4号

平成 8年 7月15日発行

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

頒価 1,000円

編集人 岩田 勉

無断複写、転載を禁ずる。



宇宙先端活動研究会誌
JUL. 1996 VOL. 12 - NO.

IAJA 4