

JOURNAL OF THE INSTITUTE FOR ADVANCED SPACE ACTIVITIES

宇 宙 先 端

宇宙先端活動研究会誌

VOL. 2 NO. 1 JAN. 1986

IN THIS ISSUE,

NEW YEAR'S ADDRESS	S. SONOYAMA	1
NEW AGE OF SPACE DEVELOPMENT.....	K. NAKAYAMA.....	2
SUGGESTIONS FOR ADVANCED SPACE ACTIVITIES	T. YAMANAKA	7
SPACE SHUTTLE AND JAPANESE SPACEPLANE.....	A. WATANABE	10

宇宙先端

宇宙先端活動研究会誌

編集局

東京都港区浜松町 2-4-1
世界貿易センタービル内郵便局私書箱165号

編集人

岩田 勉 TEL 0298-51-2271 EX 341

編集局長

長谷川 秀夫 TEL 03-435-6280

編集局長代理

斉藤 雅宏 TEL 03-435-6130

編集顧問

久保園 晃 宇宙開発事業団調査国際部長
長友 信人 宇宙科学研究所教授
中山 勝矢 電子技術総合研究所極限技術部長
土屋 清 千葉大学工学部教授
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

宇宙先端活動研究会

世話人代表

園山 重道

世話人

石澤 禎弘 岩田 勉 宇田 宏 菊池 博
五代 富文 竹中 幸彦 樋口 清司 森本 盛

目 次

1. 年頭雑感	1
2. 宇宙開発新時代—使い捨て克服の時代へ	2
3. 宇宙先端への雑感	7
4. スペースシャトルの反省と日本の有翼回収機	10

(次回予告)

1. 宇宙用部品とその開発について
2. 先端技術のトリガーとしての宇宙開発について
3. ハイテクバンセ
4. 題未定

年頭雑感

世話人代表 園山重道

新年おめでとうございます。宇宙先端活動研究会の発足から半年を過ぎましたが、会員数も順調な増加を見て、御同慶のいたりです。

さて、昨年末に総務庁統計局から発表された昭和60年科学技術研究調査（対象は59年度）の結果によると、昭和59年度における我が国の研究費総額は、7兆8939億円で、対前年度増加率は9.9%増であったとのこと。この数字は、人文科学分野を含む全体のものですが、その中の自然科学分野だけをみると研究費総額は7兆1765億円で、科学技術立国を目指す日本としては心強い限りですが、問題はかねてから指摘されている国の負担割合の低さです。この7兆1765億円のうち、国・地方公共団体の負担は20.8%（前年度22.2%）に減少し、民間の負担が79.1%（前年度77.7%）に増加しました。つまり、政府は全体の2割しか負担していない訳で欧米の30～40%に比べて一段と低くなってしまいました。民間活力活用の民活時代といわれればそれまでですが、民間の研究投資にリスクの多い基礎研究や、長期にわたる巨大プロジェクトを期待することは難しいので、特にわれわれ宇宙の将来を考える者達にとっては心細い限りです。

国の研究開発投資を増大すべしという論を展開すると、多くの人達が、親方日の丸のところにお金を出しても効率が悪くて駄目だという反対をします。それでは、民間に全てを任せればどうかといえばそうはいきません。民間企業は営利追求を基本としていますし、今日のように技術革新が急テンポになると、この波に旨く乗れば大いに儲かるし、乗りそこねれば潰れる恐れがあります。従って、将来に備えてというような悠長なことは言って居られないというのが現状でしょう。このため、軽薄短小指向が一段と強くなっていますが、このままで日本の将来は安泰だとはとても考えられません。宇宙開発のように21世紀に本格化することを目指す重厚長大ものには、どうしても国の投資が必要です。これは、まさに親方日の丸の任務であり責任というべきでしょう。

宇宙開発に限らず、親方日の丸のところは、民間が営利追求の競争場裡ではできないところを、国、民族あるいは人類の将来のために全力を挙げて取り組むべきでありましょう。このような考え方が徹底して行けば、俗に「親方日の丸」といわれている非効率、消極的、ぬるま湯といったこともおのずから姿を消すのではないのでしょうか。

宇宙開発新時代—使い捨て克服の時代へ—

中山 勝 矢

1. はじめに

ユメを語ることは出来ても、未来を読むことはそれほど簡単ではない。

技術の問題に関する未来予測の場合でも、政治や経済とのかかわりの大きい分野で遠い先まで考えようとすると、その不確定さは一段と増す。逆に、比較的近い未来に限って技術の向上だけを議論するのであれば、かなり確かなことが言える。

この数年、宇宙開発の将来を考えさせられることが多くなった。技術導入で学んだ技術を早く自分のものにするという段階を経て、いよいよ脱皮の時がきているのである。将来のことをよく考えて、宇宙開発を自律的に進めてゆく段階に入ったということで、責任重大である。

ところで現状はどうなのか。こういった議論の整理が不足しているのではないだろうか。比較的近い将来における技術の向上だけを論じているのでは、ことの性質上余り役に立たない。遠未来に夢を描く一方で、世界の宇宙開発の流れを大局的につかんで、中未来とも言うべき視野で実現性の高いプログラムを持つことが大切であると思われる。

では、どの位の先までを中未来として捕えたらよいのだろうか。10年先か、あるいは50年先か。宇宙開発に限らず大規模な技術開発を考えるのには、四半世紀ぐらいの単位が具合のよいことに、最近気がついた。

半導体デバイスにしてもレーザにしても、芽が出てから不可欠の技術として社会に定着するまでに、いずれも四半世紀ぐらいかかっているのである。何故25年なのかについては、よくわからない。コンドラチェフの波の半周期でもあり、また世代交替の長さでもある。ここでは四半世紀を手掛かりに話を進めることとしたい。

2. 四半世紀で区切る

スプートニク1号が打ち上げられたのが1957年、宇宙基地のためのタスクフォースが発足したのが1982年で、この間がほぼ25年、四半世紀にあたる。

ロケットの歴史は極めて古い。だが近代的な液体ロケットの実験がゴダードによっ

て行われたのが1926年というから、スプートニク1号の打上げまでに、おおよそ四半世紀の時が流れている。

1982年から四半世紀、つまり25年先というと2007年になる。宇宙基地の初期運用は1992年とも、1995年とも言われているが、この25年のほぼ中間に当たる。前半が開発、後半が利用という色分けになる。

時代の区切り方は、いろいろと出来るであろう。スプートニク1号の打上げの年を宇宙開発元年としても、誰しも異存はあるまい。しかし、そのあとには、アポロ計画による人間の月面到達をとることも可能である。年々起こる沢山の事柄のなかで、何を選んで時代の区切りとすれば、その時代の特徴と意義を明確にできるのかということが重要なのである。

3. 時代の特徴は何か

(1) 「使い捨て」から「反復使用」へ

スプートニク1号打上げの1957年から、スペースシャトルの成功、あるいは宇宙基地のタスクフォース発足までの間を、その前のロケットのみの時代に敬意を表して、宇宙開発の第2期としよう。略して2Q時代と呼ぶ。

これに先立つ第1期（1Q時代）には、もちろん地球を周回する人工衛星は存在しない。月まで行けるといふ夢はあったが、具体的な宇宙利用のプログラムは定かではなかった。次第に具体的になっていったと思われる。

表 宇宙開発の時代

1 Q時代	2 Q時代	3 Q時代	4 Q時代
(1926) ~ 1957	1957 ~ 1982	1982 ~ 2007	2007 ~
使い捨てロケット時代		宇宙往還システム時代	
—	使い捨て人工衛星	恒久資産型人工衛星	
—	—	半恒久宇宙基地 半恒久宇宙工場	恒久宇宙基地 (スペースコロニー、月面基地)
—	ほとんど無人	有人活動時代	一般人の旅行時代
月旅行の夢	惑星探査の夢	宇宙移住の夢	?

次の2Q時代と、これからの3Q時代とを比べてみよう。2Q時代は、あの華やかなアポロ計画などもあり、有人飛行技術を確立した意義は極めて大きいのだが、一言で言えば、ロケットの使い捨て時代である。反復使用のスペースシャトルのような宇宙往還システムは一例もない。宇宙コロニーや月面基地、火星基地という夢は出ていても、これを実現するための宇宙輸送技術は甚だ未成熟の段階だったということが出来よう。

表に示したように、新しい3Q時代は、何とんでも反復使用の宇宙往還システムによるロケットの使い捨てからの解放である。このシステムを中心にして、いろいろな実用的な技術が開発され、システム化され、利用が推進されるに違いない。例えば、人工衛星の打上げ、回収、修理といったことは、2Q時代には考えても出来なかったことなのである。

またさらに、材料実験のように、実験に必要な資材の搬入と持ち帰りなどが前提となるような話は、安定した宇宙往還システムの確立なしに考えられないことである。そして、その延長上に、はじめて有人の宇宙基地や宇宙工場の構想も生まれてくる。

こういった意味で、スペースシャトルは筆舌に尽し難いほどの意義を持っている。極端な言い方をすれば、これからの宇宙開発、あるいは宇宙商用化に関しては、ロケットの使い捨てをいかに克服するかが最重要課題であるように見える。

(2) 「耐久消費財」から「恒久資産」へ

3Q時代を象徴する一大プロジェクトは宇宙基地である。したがって、この新しい時代を人工衛星時代にかわって宇宙基地時代と呼んでもよいだろう。

宇宙基地は、これまでの人工衛星と違って、数十年の寿命を想定する恒久施設である。実際には、半永久的に使用することになるかも知れず、欧州ではインフラストラクチャ・イン・オービットと呼んでいるという。

これまでの人工衛星は、修理不可能、燃料再充填なしという制約で作られたから、実用化のためには極端なほどの信頼性追求と、寿命延長の努力をしてきた。修理、燃料補給、改造といったことは、商用化時代における人工衛星にとって必須の技術と思えるが、夢であった。これが今や実現の途上にあるのであって、人工衛星でさえ、宇宙基地やスペースシャトルによる支援によって、航空機や船舶並みの恒久資産となる日が近づいている。

修理が出来なければ、こわれたら捨てるより仕方がない。現在の家電商品と同じである。これでは、高機能化して、しかも安く、長寿命化してもらう以外に、ソロバンにのせる手だてがみつからない。

たとえ中古の家屋や車でも、丁寧に扱い、丹念に手入れをしてやれば、驚くほど長くもつことは、よく知られたことである。航空機でさえも、そうである。人工衛星は、大型の航空機や船舶、ビルディングと、それほど価格は違わない。違うのは使用できる年数であり、それは点検、整備、改修といったことが、出来るか否かにかかっている。つまり、まだ恒久的な資産として扱われるのには、技術的に欠けた部分が多いと言ってもよいだろう。3Q時代には、この点が克服されて、状況が一変するのではないかと思われる。

4. われわれは何をすべきか

このように考えてくると、われわれのとるべき道は次第に明瞭になってくる。

大規模な技術開発プロジェクトは国民全体の未来のために、国の資金を使って行わなければならない。とても民間の資金でできる代物ではない。

しかしながら、仮にわが国の宇宙開発のための資金が2倍、5倍、10倍になったとしても、あらゆる夢のような課題を総花的に実施できるということにはならない。資金を効果的に使って価値ある技術開発を進めなければならないのは当然である。

私に言わせれば、2Q時代に属する技術の開発はできるだけ早急に切り上げて、国としては3Q時代の考え方に沿った技術の開発に重点を移してゆくべきだということになる。

もちろん、我が国は世界、特に米国の場合と同じに考えるわけにはいかない。同じ2Q時代といっても、我が国の場合、10年は遅れがあろう。だが、これまでに身につけた技術は、できるだけ早く商用化の線に移すことが大切で、足腰を強くすることは別の面から行う方がよい。

新しい3Q時代にしなければならないことは、宇宙基地と材料実験だと思われては困ったことになる。ポイントは反復使用の宇宙往還システムであり、すべてに恒久性を付与することである。

バランスのとれた手を打たないと、小さいながらも一人前というのではなくて、や

ることなすことすべて陳腐ということになり兼ねない。

宇宙開発とその利用は、3Q時代で終りではない。多分、次の世代に引き継がれて、4Q時代を迎えることになる。その場合、方向を間違えてしまうと、次への展開が著しく損なわれることになる。技術開発は、大規模なものはそれなりに流れがあり、展開の論理がある。世界の末席にいる我が国のなかを見るのではなく、世界的視野でしかも四半世紀ぐらいのスパンで流れを正しく把握しておくことが大切である。

5. おわりに

宇宙開発は特殊だという考えを捨てるべきではないだろうか。どんな技術でも、他と違うという意味で特殊性を主張したくなるけれども、一步退ってみると、相当に共通性が認められるものなのである。

純粋に技術的な事柄に限れば、確かに他と違うことが多くあるだろう。しかし、技術の発展形態、社会への導入過程、商用化への道といった面から見れば、人間のさまざまな営みの一つに過ぎず、宇宙開発は特殊だと主張することの方が難しい。

ここでは、四半世紀という点に重きを置いて考えてみた。この四半世紀という物差しは、不思議なことに、他の多くの分野の展開を考える場合にも適当であるように見える。その理由については非常に興味のあるところであるが、議論は別の機会にゆずることとしたい。

筆者は、昭和6年生れ。現在、電子技術総合研究所で極限技術部長の職にある。

宇宙先端への雑感

山中龍夫

「宇宙先端」の編集顧問というものを心安くも引き受けてしまった。何をするのかよく分からないうちに、暮れになって原稿を書いて下さいと岩田さんから頼まれて大変に弱った。昭和60年の秋は例年になく会議が多く、おまけに約束した原稿も例年になく多かった。ある出版社に9月には送りますと6月から約束していた原稿が、未だに、ほとんど手つかずにいた。5月から約束して11月提出というある学会誌の原稿も、頭を何回となく下げて正月明けにしてもらった。こんな状態であるから、岩田さんに暮れの押し詰まった時に開かれたロケット協会の理事会の後、電車のホームで、原稿は勘弁して下さいと頼んだつもりが、12月26日になって原稿を催促されてしまった。それからは岩田さんの顔がちらついて、正月気分にはなれそうにもない。大晦日の家の掃除も紅白歌合戦も無視して8月から手掛けてきた原稿を一つだけ仕上げたとき、岩田さんの重厚な顔が、再度浮かんできた。これは駄目だ。岩田さんへの約束を果たさずして、昭和61年正月は迎えられそうにもないと観念した。宇宙の先端は「しんどいぞ」。

アイザック・ニュートン、コンスタンチン・ツイオルコフスキー、ゴダード、ヘルマン・オーベルト、オイゲン・ゼンガーと並べてみると、彼等が宇宙先端の偉大な予言者であることはいうまでもない。ニュートンは300年も前に人工衛星の可能性について述べているし、ツイオルコフスキーは90年も前にロケット推進の原理や宇宙ステーションの技術的論文を書いている。約70年も前にゴダードはロケットの試作を試みているし、約60年前にはオーベルトやゼンガーは惑星旅行や今日のスペースシャトルの原理を研究していた。宇宙への限りない夢は古代から人類の伝承として、各民族がそれぞれに引き継いできている分化であるともいえよう。しかし、ここに挙げた先人は、科学及び技術という人類共通言語としての予言的遺産を残した人々であるといってもよいのではないか。

科学及び技術を人類共通言語と書いたのは、科学及び技術には情報や思想の交換手段として民族性があまり顕著には顕在しないと考えるからである。ニュートンの法則、熱力学の法則、電磁気学の法則、帰納法、演繹法、ノイマン・アーキテクチャなどなど、英語、仏語、露語、中国語、日本語とどのような言語を使おうとも情報や思想の伝達に地方色は出ない。しかし、本当にそうであろうか。

私が中学生の頃に大変に尊敬していた一人の数学の教師を思い出す。その先生は、常々数学の例題を黒板の上で解いてみせるとき、「ノートを取ってはいけませんよ」、「黒板

に書いてあるのは滓ですよ」と我々生徒に語りかけていた。誰でも理解できる言葉で書かれたり話されるものは、もはや、日常性の概念や思想であるに過ぎない。このような言語は日常生活には極めて大切なものであることは言うまでもない。我々は人生のほとんど100パーセントを日常性の中で過ごしているのだ。自分と自分のまわりの生活を大切にしない人間は、生物は、この世にいないであろう。しかし、「先端」の思考は日常性ではあり得ない。日常性をブレイクスルーするところに「先端」が存在するからである。

「宇宙先端」を考察するとき、前に挙げた偉大なる先人にあやかろうと志すならば、300年後、90年後、70、60年後に日常性となるような科学的技術的思考を試みたいとは考えられないであろうか。このような思考は、もはや、科学及び技術という共通言語を使う話ではなさそうである。そのような思考は文化といってもよいのではないか。――しかし、日本の文化の中で、日常性をブレイクスルーする思考を許容してきた例を、私は浅学の故かあまり知らない。もし、そのような例があるとすると、祭礼の中で若者にある時期に限って非日常性的思考が許されてきていると述べたら、行き過ぎであろうか。これは、自分が若くないという告白的な文章でもあるのだが。

科学技術を離れて、日本の文化の将来を考えてみることは若くない人間の一つの特権かも知れない。その特権を、ここで少しEnjoyするとして、線型性の限界という課題を考えてみたい。すべての物理現象はミクロにみると線型近似することができる。この近似を採用すると、円は直線であると主張できるし、あらゆる変動は時間と空間の記述から、固有値という記号と空間へ写像することができる。この線型近似の範囲をよく理解できる物理学者は、二つの面で良い仕事をする傾向にある。一つは、多変数系の干渉による特異現象の解明と最適化問題に対してである。いま一つは、非線型領域へのチャレンジに対してである。非線型領域へのチャレンジには、一般的に、新しい空間座標を創造しないことにはその領域を探検することは不可能である。もっとも、最近では極めてパワーフルなツールが手近にあるから、ミクロの世界を腕力で拡大してこの領域へ進入することも可能となってきた。いずれにしても、秀れた先見性と高い思想性及び高級言語（ここではあえて共通言語とは書かない）を駆使するか、強力な意志と腕力が必要である。

紀元前6000年から2500年にかけては、現在のサハラ砂漠は地中海性植物に覆われた森林であったといわれている。発掘された遺物からも証明されているし、古代人の岩壁画にもみることができる。紀元前2500年頃からはサハラ地帯は草原となっていた。古代サハラ人が残したこの時代の岩壁画には草原の動物たちが生き生きと画かれていると

いう。サハラ砂漠を記録に残したヘロドトス（紀元前5世紀）の時代には、サハラは現在の砂漠になりかけていたという。この地帯に住んで、高度の文明をもっていたと思われる民族はどこへ消えたのであろうか。

エジプト、ギリシャ、ローマ、サラセンと地中海をめぐる覇権の興亡の果てにみる、スペインはアルハンブラ宮殿のライオンの中庭の水盤を囲む12頭のライオンには、もはや生身のライオンを忘れて久しい民族伝承の姿をみることができよう。一つの固有値をライオンの姿にとってみると、民族のもつ文化変化を示す新しい空間座標とはいえないであろうか。

宇宙開発は、本質的にグローバリズムの技術表現である。日本の宇宙開発が日本の文化の将来を示す一つの固有値として考えてみると、どのような空間座標を示してくれるのか。「宇宙先端」は、非線型変換の新しい思考と、より生き生きとした日本文化の将来像を示し得るとき、すばらしい仕事となるに違いない。

筆者は、昭和8年生まれ、航空宇宙技術研究所で宇宙研究グループ総合研究官の職にある。

渡辺篤太郎

1. まえがき

耐熱材の試作研究、空力特性推算プログラムの整備等、有翼回収機の要索技術のうちのいくつかについては昭和54年ごろから研究が進められて来たが、日本も昨年当りからようやく有翼回収機のシステム研究が本格的に実施される機運になって来た。

本稿は、日本の有翼回収機について、宇宙開発事業団で考えられている構想をベースにはしたが、思いつくままに記述した著者の私見である。著者の浅見による誤りや、自明の理をくどく述べたのでは無いかと恐れるが、この分野の研究開発に携わる諸兄のディスカッションのテーマになる部分が一文中でも有れば幸いである。

2. スペースシャトルの反省

言うまでもなく有翼回収機のパイオニアは米国のスペースシャトルであり、我が国が独自の有翼回収機を開発する場合にも、様々な点で手本となる。手本であるとは言っても、NASA自身が適切な選択をしたとは思っていないかもしれないし、ましてや後発の日本は、パイオニアと同じことを遅ればせながら達成しても高い評価は得られないから、パイオニアの成果を分析反省して、それをうまく活用することが重要である。シャトル計画の反省として次の諸点が挙げられよう。

第一に、シャトルはほぼ完全な自動飛行が可能であるにもかかわらず、又どうしても有人でなければならないミッションばかりでもないのに、常に有人で運行するシステムになっている。常にパイロットが搭乗しているが、再突入等の重要部分はすべて自動操縦で行っている。無人でできるミッションは無人で行う方が良くと思う。少なくともその方がコストは低い。

第二に、常に有人にしたため、フェールオペレーションと言う概念が導入された。これはフェールセーフより一歩進んだ概念で一見理想的である様に思えるが、“故障が発生してもなお使用できること”と言う要求であり、相当無理な発想ではなからうか。現に、NASA自身が、シャトルが複雑になりすぎた事や、無用な冗長系があることを指摘している⁽¹⁾。コストアップ及び重量増の要因であることは容易に推測できる。

第三に、軌道投入時の重量は100トンであるが、その70%は機体重量であるため、ペイロードはわずか30%にすぎない。ちなみにH-IIロケットで低軌道に打上げる場合には、軌道投入重量の20%が機体重量で、ペイロードは80%にもなり、両者の効率には大変な差がある。一般に、運用コストはロケットの全備重量に比例し、ロケ

ット全備重量の数パーセントが軌道に投入(=軌道投入能力)されるから、軌道投入能力がコストを示すパラメータである。一方、打上げロケット又は回収機としての価値は、単にペイロード搭載能力であるから軌道投入能力に対するペイロードの割合が高いほど経済性が良いと言える。経済的に、使い捨てロケットでシャトルに対抗できるのは、シャトルの“ペイロード/軌道投入能力”の効率があまりに低いためであると言えよう。日本の有翼回収機は、機体重量の削減にあらゆる努力を払う必要がある。

このためには、機体重量が軽くなるようなコンフィギュレーションを選んだり、軽い材料を使用すること等の他、ミッションに応じて使用されたり使用されなかったりするものは機体に常備せず、ミッション機器の一部として扱うこと、宇宙空間でしか使用しないものは宇宙基地やフリーフライヤに保管しておくこと等、総合システムとしての見地からも検討を進める必要があろう。

3. 有翼回収機の基本構想

基本構想として正式な決定は無く、これからの議論によるところが大であるが、概ね次の様なものであると思われる。

- (1) 当面、無人有翼再使用型とする。
- (2) H-IIロケット又はその性能向上型で打ち上げる。
- (3) 単に技術開発と技術のデモンストレーションでは無く、経済的に運行できるシステムでなければならない。
- (4) 次のステップで、要員の輸送、船外活動等の有人ミッションに発展できるシステムであること。
- (5) 将来、完全再使用宇宙輸送システムに進むことのできる技術をベースにする。

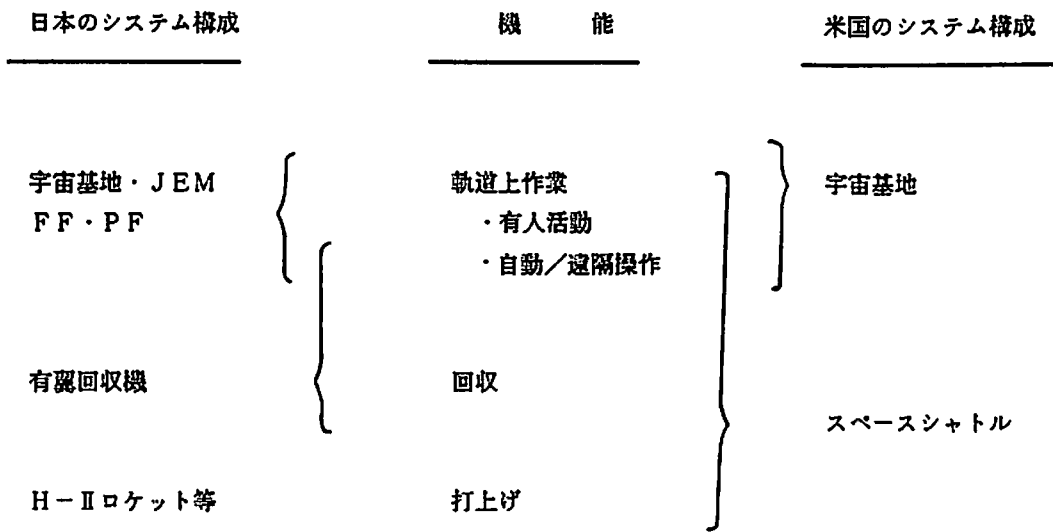
有翼回収機の構想を考える時、日本の宇宙開発活動の中で位置付を併せて検討する必要がある。日本の宇宙開発のうち有翼回収機と関係の深い部分について、その道具立を表1に示す。同表に合せて示した様にスペースシャトルが、軌道上有人作業・回収・打上げとすべてをカバーする多用途万能機であるのに対し、日本の構想は用途を限った専用機である。

4. ミッションモデル

この構想の有翼回収機で、次の様なミッションを実施できる。

- (1) カーゴベイ内での各種観測及び実験

表1. 宇宙開発の道具立 (スペースインフラストラクチャ)



(2) 宇宙基地・フリーフライヤ等 (FF, PF) と地上間の物資の往復輸送, 特に復, すなわち回収

(3) フリーフライヤ等の点検・機器の交換回収及び消耗品の補給

スペースシャトル・オービタとの違いは, 当面無人であること及び小型であることの2点である。小型であるため, 衛星や軌道変換用上段の打上げには向かないが, このような仕事はH-IIロケットがカバーする。無人であるため, 軌道上で高度な作業を行う場合には, リモートコントロール, ロボティックス, 人工知能等をより多く活用することになるが, この分野は日本も相当のポテンシャルを持っていると言えよう。

また, 上記のミッションは, 地上への回収に関する部分を除くと, 宇宙基地の構成要素の一つである軌道上作業機のミッションと共通のものである。日本では, 宇宙基地日本モジュールの発展構想として, 軌道上作業機 (OSVと呼ぶ) があるが, 有翼回収機を機動性と経済性にすぐれたものにできれば, 有翼回収機でOSVの役割もはたすこととし, 開発品目を削減できる。この場合, 有翼回収機は, 本来備わっている揚力飛行体としての能力を活用して, 空気力を利用した軌道変換も行いうるから, 言わば Aero-assisted OSVと呼ぶことになるだろうか。

5. 有翼回収機の行動範囲

技術的, 経済的に飛躍するような要求を荷することにならない限り, できるだけ行動可能範囲は広いほうが良い。少なくとも, 日本がすでに利用している軌道は極力行動範囲に入れておく必要があると思う。日本は, 低軌道から静止・ディープスペースに至るまで幅広く活動を行っているが, このうち静止軌道・ディープスペースは

明らかに行動範囲外である。主に地球観測の分野で高度1000 km以下の高傾斜角軌道を使用しており, 今後この分野ではこの空間が利用されることが考えられている。理工学実験, 材料, ライフサイエンス等は宇宙基地又はその近傍軌道上で行われることになるため, 高度600 km以下・軌道傾角28°程度である。

よって, 有翼回収機は下記の範囲を自由に行動できるよう検討する必要がある。

軌道高度 : ~ 1000 km
軌道傾角 : 28° ~ 100°

6. 着陸場

有翼回収機の場合, 着陸場をどうするか, がキーポイントの1つである。

着陸場の位置, 気象条件, 他の航空機等の利用状況等によって, 有翼回収機が着陸できる機会が制限されるため, 運行の自在性を高く確保するためには, 着陸場を複数用意することが必要になる。一方コスト等の低減のためには, どのミッションにも共通に使用できる着陸場を主に, 予備の着陸場はできるだけ少なく, できれば無くすことが望ましい。特に着陸場の位置, 数は有翼回収機のシステムに重大なインパクトがある。その一例を以下に示す。

軌道から帰還する時, “再突入する前の軌道の真下に着陸場があること”, が必要条件である。このような条件を整えることをフェーズィングと言うが, これが容易ではない。仮に有翼回収機のクロスレンジ飛行能力を無視して議論すると, 軌道傾斜角より高緯度にある着陸場にはフェーズィング不可能であるから, 着陸できないこ

表2. 主要諸元・バリエーション

	10トン級	20トン級	備 考
1. 空力形状	(a)低揚抗比 (b)高揚抗比	(a)低揚抗比 (b)高揚抗比	
2. 主推進系	(a) OMU (b) OMUと 2段推進系 (c) OMUと 2段推進系と 巡航エンジン	(a) OMU (b) OMUと 2段推進系 (c) OMUと 2段推進系と 巡航エンジン	
3. 重量特性			
・機体重量	5 トン	10 トン	・実用段階における重量を示す。
・打上げ時ペイロード	～ 5 トン	～ 10 トン	・打上げ時ペイロードは、低傾斜角軌道へ打ち上げる場合を示す。
・回収時ペイロード	～ 5 トン	～ 10 トン	
4. ペイロードベイ有効径	3.65 mφ以上		

とになる。ただし実際にはクロスレンジ飛行能力があるから、ある程度この制限は緩和される。よって、前項に軌道傾斜角の行動範囲を $28^{\circ} \sim 100^{\circ}$ と記したが、そのためには“着陸場の緯度は $28^{\circ} + \alpha$ 以下でなければならない”ということになる。緯度が低ければ低いほどフェーズが合うチャンスが多くなる。また、有翼回収機の翼を大きくしてクロスレンジ飛行能力を高めれば α を大きくでき、より高緯度にある着陸場を使用することが可能になるが、翼を大きくすると機体重量・開発コストがかさみ、ペイロード搭載能力が低下して、有翼回収機の経済的価値は低くなる。

このように、着陸場の数及び位置は有翼回収機のコンフィギュレーションに影響する重要パラメータであり、何を置いてみてもまずは着陸場の用途をたてなければならないと言えよう。

着陸場の候補としては、射場付近（緯度 30° ）に新設する案、下地島のパイロット訓練用飛行場（緯度 25° ）等特殊な用途の飛行場を活用する案等の他、再突入時のオペレーションを国内の地上局の可視範囲内で行うことも考慮して、NASDAのダウンレンジ局が設置されているクリスマス等の使用されていない飛行場（緯度 2° ）を整備する案等、様々な可能性が考えられる。

7. 有翼回収機のコンフィギュレーション

著者は少なくとも表2に示す範囲は詳細に検討し、最も経済的価値の高いシステムを構成しなければならないと思う。各々は次の点に着目してリストアップしたものである。

7.1 空力形状

揚抗比の低い機体は、揚抗比の高い機体に比べて次の長所がある。

- (a) 機体重量が軽くなるため、軌道投入重量のうちのペイロードの割合が高い。
 - (b) 全熱入力が低いため、耐熱材の性能が低くても良い。又は必要な耐熱材の重量を軽くできる。
- 主な短所としては、次の点があげられる。
- (c) ダウンレンジ、クロスレンジ飛行能力が低い。
 - (d) 着陸速度が速い。

2項に述べた様に、軌道投入重量のうちのペイロードの割合が、有翼回収機の経済性に直結する重要パラメータであるから、揚抗比をどこまで低くできるかを検討する事及び、それに伴う短所を克服するアイデアを出すことが望まれる。

7.2 推進系

巡航エンジン

ここでは大気飛行中に使用するエンジンを巡航エンジンと呼ぶことにする。巡航エンジンを装備する利点は次の点にあり、特に (a) は我が国独特のユニークな発想である。

(a) 自力で飛行する能力があるため、各種の試験飛行を実験を使用し、他の飛行体の支援無しに実施できる。⁽²⁾ ちなみに米国では、B-747 を改修してオービタを搭載できるようにし、これに乗せて試験飛行や、初期運用時に運搬させている。

(b) 着陸のやり直しができる。

(c) 自力でフェリーできる。

主な短所としては次の点があげられる。

(d) システムが複雑・高価になる。

(e) エンジン重量及び関連機器の重量増しのため、ペイロード搭載能力が低くなる。

オービタにおいてもジェットエンジン無しで確実に着陸できているから巡航エンジンを装備するとしても、上記

(a) に着目して開発段階のみ搭載することとし、実用段階では取り外す方向で検討すべきであろう。⁽²⁾ 実用段階では取り外すこととすれば、ペイロード搭載能力が犠牲になることは避けられるが、システムが複雑・高価になるという問題は残る。実用段階では取り外す様な装置を開発したり又システムに組込んだりすることは、極力少なくしたいから、後述する軌道変換用のロケットエンジンを巡航エンジンとしても使用してはどうか？ 試験飛行時にはペイロードの代りに補助推進剤タンクを搭載できるからロケットエンジンでも相当長時間運転できる。

2 段推進系

LE-5 エンジン等、H-II ロケット第2段推進系の主要構成部品を有翼回収機に組んだコンフィギュレーションと言う意味で、要は第2段の回収再利用も合わせて行う案である。このコンフィギュレーションの場合、第2段エンジンのノズル膨張比の修正及び補助ロケットの追加等により、地上より自力で弾道軌道に打ち上げることができ、これによって各種の試験飛行を行いうる可能性がある。巡航エンジンの項の(a)で述べた事と同様、この案も他の飛行体の支援を必要としない。

なお、この構想は宇宙科学研究所の HIMES 計画⁽³⁾と共通性があり、小型ロケットに代って、短時間の宇宙実験ミッションであれば、そのまま実用に供せよう。

OMU (軌道変換用推進系)

宇宙空間で軌道変換用に使用することが主目的であるが、大気飛行中にも使用し、飛行特性の向上を計ることも検討する必要がある。

7.3 その他

重量特性

表中“10トン級”は現在のH-IIロケットの打上げ能

力を前提に、又“20トン級”はH-IIロケットの能力向上も合わせて行うことを想定した案である。

ペイロードペイ有効径

H-IIロケットで打ち上げたものは回収もできる様にしたい、と考えると、最低限H-IIロケットのペイロードエンベロープと同じ内径のペイロードペイ有効径が必要になる。H-IIロケットのペイロードエンベロープは3.65mの円筒で長さは約7mであるから、これ以上が望まれる。

8. 将来の発展性

将来の発展性として第一に挙げられるのが有人ミッションである。完全自動で運行できるシステムが確立している段階で、さらにパイロットを追加するのは論理的にも矛盾しているから、搭乗者と有人関連の装置はペイロードとして搭載する方が合理的であろう。搭乗者と有人関連の装置は、ペイロードペイ内に収容できる再突入回収可能なカプセル内に納め、万一有翼回収機に不具合が発生した時には、このカプセルを射出して搭乗者を救出する。こうすれば、有人ミッションに発展するとき、有翼回収機には、機器の冗長系を増す等の改修は必要になるものの、基本的なシステムはそのまま使用できる。したがって、無人で事足りるミッションの時、不用な有人関連機器を打ち上げ、回収する様な愚を避けることができ、高い経済性を維持できると思う。

参考文献

- (1) Joseph G. Thibodaux, Jr. ; PROPULSION AND POWER SYSTEMS PERSPECTIVE, NASA Conference Publication 2342 Part 2, Space Shuttle Technical Conference, 1983
- (2) 伊藤哲一 他 ; 回収再利用型ロケットの一考察, 1979 年度推進系シンポジウム, 1979
- (3) 長友信人 他 ; HIMES 構想, 有翼ロケット小研究会, 昭和60年 7月

(筆者は昭和22年生れ、現在、宇宙開発事業団でロケット開発に従事している。)

本誌編集局長長谷川秀夫君は米国ヒューストンへ転勤いたしました。同君不在中、当分の間、編集局長代理齊藤雅宏君が編集の実務にあたります。会員各位の御支援をお願いいたします。

新会員 (61. 1. 15)

福田 徹	松本 高志	狩野佐知子	高橋 経治	佐々木 親
池本多賀史	河上 国彦	齊藤 春夫	小峰 浩	関 時明
細村 建夫	浅井 達朗	加藤 善一	森口 泰孝	鯉淵 要
内門 修一	武石 伊嗣	中原 裕一	西岡 米郎	宮島 博
平川 博	小田木 功	大仲 末男	植田 陽一	湯沢 勝宜
石田 亨	島村 忠雄	桑野 竜士	原 宏徳	小野 英雄
伊藤 雄一	成井 満男	白子 悟郎	塩谷 光	平山 昭英
菊池 雅邦	樋口 実	齊藤 雅樹	林口 智志	末広 文雄
田中 秀孝	石上 博	本村 夏彦	丸尾 啓二	小平 信彦
上田 義矩	畚野 信義	下田 陽久	坂田 俊文	植原 茂次
黒田 泰弘	南木 京子	田中 強	島 秀雄	井上 準二
石井 忠司	高倉 穂	松居 真一	北原 国浩	大原 嘉弘
秋元 敏男				

入会案内

本会に入会を希望する方は申込書に氏名、生年、住所、勤務先を記入して本会宛に送付して下さい。

年会費 3000円 (1985年6月～1986年5月)

会誌 無料送付 (1985年5月号から1986年5月号)

なお、会費は主として会誌発行にあてる。

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、A4版横書（38×29）で、そのまま版下となるような原稿及びコピー1部を、東京都港区浜松町2丁目4番1号、世界貿易センタービル内郵便局私書箱第165号、宇宙先端活動研究会世話人兼編集人 岩田勉宛送付する。原稿は返却しない。
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。

編集後記

1月15日、あちこちにスーツを着た男性やはなやかな振り袖に身を包んだ女性の姿が目につく。今年成人式を向かえる人達である。彼らが生まれて20年。この20年の間に科学技術はどれほど進歩したであろうか。

私達の身の回りを見回しただけでも20年前とは随分変化していることに気が付く。たとえば、家電製品を考えてみても、ストーブから室内温風ヒーターへ、ガスから電子レンジへ、扇風機からクーラーへと変わり、また子供の遊びでも、かるたからファミコンへと例を挙げればきりが無いが、かなり変わったものである。わずか20年の間でもあらゆる分野で様々な科学技術が進歩してゆく。

それでは、これから100年後、200年後にはどれほど科学技術が進歩し世の中が変っているのか。そこに計り知れない人間の力を感じる。

夢から現実へ、我々は一步一步ずつ近づいていく。夢を追いかけて実現すること。それは人間のみにも与えられた偉大な力であろう。それは今や巨大な宇宙に踏み込もうとしている。それによって様々な問題も出てくることであろう。しかし、それを乗り越えて前進してゆく。それが我々に課せられた使命なのかもしれない。（斉）

宇宙先端	第2巻 第1号	頒価1000円
昭和61年	1月15日発行	編集人 岩田勉
発行 宇宙先端活動研究会		
東京都港区浜松町	世界貿易センタービル内郵便局私書箱第165号	

無断複写、転載を禁ずる。