



それでは、資料 6-1-1 について、事務局より御説明をお願いします。

資料 6-1-1「宇宙開発利用の基盤について」について、事務局の池原参事官より説明があった。

【青江部会長】 引き続いて、JAXA における取組の状況、JAXA としての考え方についての御説明をお願いします。

資料 6 - 1 - 2「宇宙開発利用の基盤技術について」について、JAXA の堀川理事より説明があった。

【青江部会長】 JAXA の衛星系の基盤技術の開発戦略ということについては、少しわかりにくかったかと思うが、今おっしゃったことは多分こういうことだと思う。ここ 10 年は既存の実証済みである技術の漸進的な改良、この枠内で持っていく。それをひたすら使い込んで成熟させていく。次世代のものというのは、言ってみれば 10 年後に投入できるように、新しい大きなチャレンジというか大きなジャンプはそこでやると。その間、所要の技術開発を進める。その際のターゲットは長寿命化であるとかペイロードの飛躍的な向上とか、そういったことをある一定の目的の下に国際的に競争力のある技術開発を進めながら、10 年後に投入できるように進める。それまでの間はひたすら漸次的な改良の枠内で使い込んでいく、成熟させる。これが JAXA の衛星系の基盤技術の開発戦略という整理の下に、今のことが御説明があったということだと思ってよろしいか。

【堀川理事】 大体そういうことである。

【青江部会長】 引き続き、井口委員長から御説明をお願いします。

資料 6 - 1 - 2「宇宙基盤技術について」について、井口委員長より説明があった。

【青江部会長】 それでは、御意見をいただきたい。

【西尾特別委員】 堀川理事の御説明を聞いて、まず議論するに当たって、基盤技術とは何を指している、それをどう議論したらいいか、というところを御説明いただきたいと思う。本日は、基盤技術として挙げられているものが項目としてもれないか、また、それに対してどう取り組んでいくのか、といったことを議論するのだと思うが、ここで言われている基盤技術とは何を指すのかということについて、資料 6-1-1 を拝見すると、「基盤技術・部品」と書いてあって、その後に「鍵となる技術・部品」という言葉が出てくる。ここで言っている基盤技術というのはキーテクノロジーと考えていいのか。キーテクノロジーと基盤技術とは違うと思う。キーテクノロジーという言葉がここで意味することであるならば、それとして議論すべきである。

というのは、私は宇宙分野の熱制御を昔研究していたことがあるが、熱制御はここでほとんど書かれていない。熱制御はいつの時代でも、基盤技術であることに変わりがないと思う。ただ、キーテクノロジーかどうかというのはまた別の問題だろう。

もう一点は、JAXA からの資料の参考として例示されているものは、非常に魅力のある開発テーマだと思うが、御承知のように、経済産業省でも技術ロードマップというのを作っている。同じ我が国の中で、経済産業省が技術ロードマップを書いているが、それとの切り分けはどの程度できているか。

【堀川理事】最初の御質問であるが、基盤技術というものは井口委員長からもお話があったように、非常に広範な内容の技術が基盤技術として称されるものだと思うが、私どもが御紹介させていただいたのは、今後我々が実利用衛星ミッション、或いは科学衛星のミッションを成功に導いていくために必要な基盤技術、そういったものに集約をさせて、そこに向けて何をどういうふうに標準化し、どうやって確実に成功に導いていくかということを中心に書いており、その中で、世界との比較や、或いは非常に重要で鍵となる要素をキーテクノロジーという形で優先的に選ばせていただいて御紹介させていただいたわけである。それらを支えるための基盤技術として、当然、熱制御や構造技術等に立脚した上で、今後の衛星開発のミッションの成功を構築していきたいと考えている。

【池原参事官】事務局からは、宇宙開発利用の基盤についてということで資料をお出ししているが、基盤技術については堀川理事から御説明があったとおりだと私どもも考えている。その他の部品の問題とか、衛星の信頼性向上の問題とか、先端的・基礎的研究の問題といったものも例示しており、本日は JAXA から基盤技術について、JAXA としての考え方を説明していただいたが、本日の議論はそれに留まるものではないと考えている。

【澤岡特別委員】井口委員長がおっしゃられたが、自動車、或いは鉄道にできてなぜ宇宙にできないのかということについては、私はそれはできないと考えている。その理由は、よって立つ基盤が全く異なるからである。現在の宇宙産業を取り巻く状況は、過去 10 年間で関係技術者の数が 3～4 割減少し、大変疲弊した状態にある。ものを作る人がいなくなっている。全体の水準

が非常に危うい状態になっている中で、企業として十分に採算をとれるものでなければ、リスクを冒して世のため人のために宇宙開発をするということはある程度あり得ない。企業はやはり利益が出ないことをするべきでないと思うが、日本の宇宙産業はスーパー 301 条をはじめとしてがんじがらめの状態にある。

将来、実用のための基盤技術はメーカーが持つべきという目標を掲げても、現状では 5 年、10 年の間にそういう状態になることはなく、過渡期の状態がこれからも半永久的に続くということを前提に議論すべきではないかという考えを持っている。

【相次特別委員】澤岡特別委員と同じ観点であるが、地上のものと宇宙のものが大きく異なるのは、地上のものは定期的なメンテナンスを行った上で長寿命化されているわけであるが、宇宙のものはメンテナンスができない。これは極めて大きな違いだと思う。どうやって長寿命化するかということ以前に、開発戦略として、静止衛星で設計寿命を 15 年とあるが、どうして 15 年もたせるような衛星にしないといけないのかがよく分からない。コストを半分にして 7 年ごとに打ち上げるのではなぜいけないのか。

もう一つは、技術の陳腐化の対処とあるが、15 年もたせるということをおっしゃっている中で、他方では技術の陳腐化ということが出てきている。私はやはりコストを半額にして 7 年で打ち上げる方向を目指すべきだと思う。多分、産業界もそれを望んでおられるのではないと思う。

【有信特別委員】確か前回の計画部会での JAXA からの資料の中で、JAXA における技術力の弱い分野が挙げられていたが、その大半が実は基盤技術に属するものであった。ところが、今回の資料を見るとそういった部分が実は抜けている。キー技術とい

う観点から見るとまた違うように見えるのかもしれないが、そういう部分についてはどうしようとされているのか。例えば、井口委員長長の御指摘の中で、基盤技術におけるある部分については産業界と共同で、という方針があるのであれば、もう少し俯瞰的に今弱いと言われている部分に対する対処と、重要と思われるキー技術に対する対処と、それぞれがきちんと見えるようにしていかなないと、結果的に基盤技術を強化するといっても、直接的に衛星を安全かつ信頼性を持って打ち上げるということにはつながらないという気がする。システム技術等は重なっている部分があるが、それ以外のかなり重要な基盤技術の部分がどうも抜けている気がする。

【青江部会長】先ほど西尾特別委員や有信特別委員の御指摘は、井口委員長からの資料の図を借りると、基礎工学の部分に属する部分であり、熱制御とか構造系とか振動系といったところの弱さについては前回の議論のときにも議論になった。それから、過去において、衛星の不具合を検証したときにもそのような話が出た。その部分について、力量を上げる視点が資料の中には何も入っていないということか。

【有信特別委員】全く何も入っていないとは言わないが、そのように感じる。

【青江部会長】その部分を抜いておいて、いわゆるキーテクノロジーに議論が移ってしまっているということか。

【西尾特別委員】技術を階層的に見たときの基盤性というのは、井口委員長の資料で非常にきれいに表現されている。私がキーテクノロジーと言ったのは階層的なものもあるが、分野的に見たときに、例えば熱制御の中においてもキーテクノロジーになり得るものというのは当然あるわけである。だから、そういったも

のがここで議論されるべきものなのか、それとも有信委員がおっしゃられたように、基盤技術で10年先を見ても弱いであろう、かつ今も弱い部分について、そういうものを10年先もターゲットに入れて強化しようとするのか。その議論は、それぞれ切り分けないとかみ合わないだろう。

【茂原特別委員】こういう視点もあるのではないかと思う。先ほど、当面10年間は実用技術を、新規技術は10年後以降に、という話であったが、これは開発を時間で分けた考え方があるが、一方対象で分ける考え方もあると思う。例えばこれは企業の言葉で言うと、企業は、基礎研究所と、事業部研究所と2つの組織をもつ。旧宇宙開発事業団(NASDA)は研究開発主体でやってきたので、いわゆる基礎研究所的な役割を果たしてきたが、日本の宇宙開発が実利用主体に方向転換しようすると、やはり事業部研究所をどうするべきか、ということを中心に考えていくべきだと思う。

井口委員長がおっしゃったのは、事業部研究所の役割はメーカーが担うということであるが、これも1つの選択肢だと思う。しかし実利用を考えると、JAXAもかなりの部分を、事業部研究所のようなこともやらないといけないと思う。事業部研究所と基礎研究所の差は、基礎研究所は事業とは独立して自分なりの発想を主体に研究を行えばよいのに対し、事業部研究所は製品・プロジェクトに直結し、自分自身が主人公ではなく、製品・プロジェクトに必要なことを速やかに支援するというのが事業部研究所の役割である。

そういう点からすると、このJAXAの資料を拝見しても、まだ基礎研究所的な考え方が主体であり、信頼性は15年以上とか、何か自分が主人公だという視点を強く感じる。事業部研究所と

というのは、プロジェクトの進行のために一番適切な答えや選択肢を提供するのが任務であるから、プロジェクトがもっと寿命が短くてもいいから安いものと言ったら、それに対応できるように考えなければいけない。それから、衛星のバスも、衛星というのは単品かつ新規生産品であるから、いつも既存バスばかりは使えないから、いつも事業部研究所の支援が必要である。

その視点から、JAXA は、基礎研究所と事業部研究所の2つの体制を持っていただきたいというのが私の思いである。

【青江部会長】 先ほど有信特別委員がおっしゃったことに関連して、ここで少し議論を深めておいていただきたいのは、例えばホイールの問題は、熱制御や構造系といったものを土台にして出てきており、それを一種のキーテクノロジーとして、そこをきちんと押さえておかなければならないというのが JAXA からの問題意識だと思う。例えば熱制御等の問題を決しておるそかにしてそれができるとは思っていないだろうと思う。

そういったことを含めて、JAXA の考え方はどうなのかいうことを整理いただければと思う。

【松尾部会長代理】 この JAXA の分類は、まずシステムレベルがあって、その次がコンポーネント・部品レベルであるが、全体の設計に関わるような、或いはそれを踏まえて総合的にやっていくべき部分がこの資料からはどうも落ちているように思う。例えば熱設計の問題はその典型的な例であって、環境観測技術衛星「みどり」もいわば熱設計が問題であった。非常に見落としがちのところだろうと私は思っていて、したがって、そういったものに取り組むような分類になっていない気がする。キーテクノロジーは、別途それなりの定義が必要であると思う。

【堀川理事】 確かに基盤技術の定義について、もう少し全体を分類して整理すればよかったが、井口委員長から資料の2枚目の技術の構造についてのピラミッド図で言うと、一番下に共通基盤技術ということで基礎的な共通技術があって、その上の基盤技術という整理で話をさせていただいたということがあるので、この共通基盤技術も含めて、JAXA も全体を重要だと認識しているし、JAXA の今の人材の中で弱い部分もあるので、そういったものを強化していくことも検討していく必要があると認識している。

【中須賀特別委員】 絶対故障しない信頼性が高いものを作るために、それは熱設計とか構造系とかすべてを考慮に入れた上で、それを保障してくれるノウハウをどこが持つのか、というところが先ほどからの議論であいまいになっていると思っている。それは民間の企業なのか、或いは、国なのかということを考えていかなければいけないと思う。それをどういうふうに分担していくかということも考えていかなければいけないだろうと思う。

そこで、もし民間にそういった絶対成功するためのノウハウ、或いはこれは少しおかしいということを感じくということも大事だと思うが、そういったノウハウを民間に持たせるのであれば、民間が活力を持ち続けられるような施策をとっていかないと、例えば民間の中にそういった技術者がいても、国からの仕事がなくなってくると、その人たちは他の部署に行かざるを得ないということが実際に起こってくるのだろうと思う。

さらに、プライム企業の下請けの企業とか、その更に下のいわゆる部品レベルを作っていると企業が、今はほとんど仕事が無くなったり、或いは不定期的な仕事になっているという状況もしっかり考えていかなければいけない。

先ほど澤岡特別委員がおっしゃったが、自動車であれば作れば売れるから頑張るが、なかなか作っても売れるかどうかわからないようなものに投資はできない、或いは人員を確保することができないというような状況の中で、部品レベルからずっと積み上げていく課程の中で、それぞれのレベルで信頼性を担保していく、信頼性を本当に大丈夫だということを保証していくような仕組みを、人員の確保を含めて考えていかなければならないと思う。

それからもう一点、少し違った視点であるが、JAXA からの資料に、ペイロード比率を最大にすることが非常に重要だということが書かれているが、これは本当にそうなのだろうか。一般論としては確かに、打ち上げるロケットが小さくて済むのでペイロード比率を上げたいというのは分かるが、どんな場合でもそれを目指すべきものなのか。信頼性が高いということをねらうときに、例えばトラックをF1のようにものすごく軽くすることをするれば、どこかでやはり無理が来るわけである。そういうことが本当に今必要なのかどうか。多少重いトラックでもいいではないか。多少重いトラックでもしっかり動けばいいのではないかという視点も必要なのではないかと思う。

これまでペイロード比率を高くしようという方向できて、そういうところで少し無理が生じてきているところもあるのではないかと考えており、その辺の目標の設定を、設定の仕方も含めて、信頼性を確保するにはどうしたらいいのかということを考えていかなければいけないのではないか。

【松尾部会長代理】 衛星のペイロード比率については、私も中須賀特別委員と似たような考えを持っている。教科書では全重量との比が小さいのがいいと言われているが、それが基準として

役に立ったことはあまりないような気がしている。むしろ絶対値が問題という気がしている。ただし、あまりにひどいトラックも困ったものだとは思っている。

【河野特別委員】 澤岡特別委員が前に言われたように、日本国内において、宇宙産業が現実的には非常に厳しい状況にあって、その中で、国際的にヨーロッパ、アメリカ、中国等いろいろなところに対抗していくために基盤が大事だと言っても、なかなか実現しないというところが出発点だと思う。つまり、委員長がおっしゃったように、最終的には産業側が基盤技術を全部持って、中心的な技術に関して必要な開発を JAXA が担うというのは理想的だが、現実にはやはりなかなかそういうことは実現できない。

それで、やはり産業として成り立つか、それとも成り立たないかということと、それから、井口委員長の言葉で言えば気概ということなのかもしれないが、こういうものが必要で、そのために志を持って実際に行動を起こしていく、その必要性を追求していく人が産業界以外にも必要ではないかと思う。

旧宇宙科学研究所でやっていた科学衛星の開発の仕組みを見ていると、大体において理学側から、こういう観測をしたい、こういうところに衛星を飛ばしてこういう現象を見たいというような要求が出てきて、それを工学側が、どうやってハレー彗星までロケットを飛ばすことができるかとか、それから、火星へ行くのにどうすればいいかとか、いろいろなことを考えて、NASA が持っている予算、人員に比べて非常に少ない状態でいろいろな努力をされ、比較的小さいロケットでミッションを実現するということが続いてきた。

もちろん、産業側もサポートをされたのだとは思いますが、実際問

題としては、産業として成り立つような基盤はなかったわけで、だから、結局は宇宙科学研究所を中心とする理学のグループ、工学のグループがそういう基盤を作り上げるのに中心的な役割を担い、それに大学の研究者や産業界がある種のボランティア的な参加をすることによって作り上げてきた。

しかし、日本が置かれている現実を見ると、いろいろな種類の衛星を打ち上げなければいけない。1種類の同じようなミッションを、例えば5年置きに繰り返すのであれば、それこそ確立された技術を少しずつ進歩させながら作っていけば必ず成功するのかもしれないが、そういうことではない。準天頂衛星を打ち上げなければならないとか、科学衛星、災害を監視するための衛星、いろいろな種類の異なる要求があって、軌道も違えばペイロードも違うので、いろいろなものをたくさん用意しなければいけない。

先ほど、自動車の例が出たが、大量生産によってコストダウンをし、それぞれに相当重点的な投資をして、必要な技術が高めることができるようにするのはだいぶ異なるような気がする。

そういった観点からすると、前回の議論にも関係すると思うが、例えば、小型衛星を大学の研究室レベルで開発して、学生が中心になって作り上げるようなことが一方で進んでいるが、これとJAXAが行っている、衛星を打ち上げるための技術開発とは規模がだいぶ違う。ある面では、旧宇宙科学研究所の科学衛星というのは小さい規模で、今大学の研究室でされていることに通じると思う。つまり、あまり産業的な基盤はない。しかし、ものづくりの面で言うと非常に教育的な意義があるし、実際にものができてそれが動くということが、予算が限られ

ている中で実現されている。

私が思うには、政府としてももちろん宇宙に日本の衛星を投入する必要性というのは十分認めているが、どうやってもそんなにたくさんの予算を投ずることはできないし、産業界が、自分のところで衛星のある部分を作ってみようと参入してくほどの魅力もないということである。

そうすると、むしろ何か教育的なものに結びつくような、旧宇宙科学研究所のようなシステムを考えてもいいのではなかろうか。どうしたらそれが実現できるかということは、私にも案はないが、現実として非常に限られた予算内で、産業としては成立しない規模で、非常にたくさんの要求を満たすようないろいろな種類のものをやらないといけないとすると、井口委員長の言葉で言えば、気概に相当するようなものにかなり足場を置くようなことになるかもしれないけれども、ものづくりを目指す人材の育成とを何か結びつけることを考えないと、あまり目に見えた発展はないのではないかという気がする。

【松尾部会長代理】今の河野特別委員の話の中で、確かに産業として成り立たせるような寄与はしてなかったけれども、旧宇宙科学研究所でやっていたもののいずれも産業界に基盤はある。旧宇宙科学研究所の中で製造してできたわけではないので、そこだけは誤解がないようにお願いしたい。

【井口委員長】私が委員長になる前に、日本の宇宙開発全体は、土農工商という身分制度だと言ってきたのだが、つまり、宇宙開発委員会は、かつて大臣が委員長だったわけで、それから役所があって、そこが土であり、農が旧宇宙開発事業団(NASDA)、工商がメーカーと、そういう縦割りの構造ということである。技術情報というのは下から上まで、全体が一様に持た

なければいけないのに上に上がっていかないのである。予算の流れは上から下である。それで、対等な関係にしないといけないということを一生懸命やってきて、今は意見交換が随分自由にできるようになったと思う。ただ、予算の流れだけは同じであり、メーカーが弱い立場にあるというのは確かであるし、JAXA の職員がどれだけ製造現場を知っているかということをし少し心配する。先ほど中須賀特別委員がメーカーの人材のことまでおっしゃったが、そういうことまでよく認識して、議論できる人がどの程度 JAXA にいるのか。

JAXA と企業が一体にと最初申したが、そのあたりはもう少し手法を考えながらもレベルを高めていく必要があると思う。まだ、土農工商とは言わないけれども、メーカーの現場の情報が本当にどれだけ JAXA の上の方まで戻っているかというのは心配を感じる。また同時に、中須賀特別委員がおっしゃったような、一種の産業政策をやらざるを得ないんだと思う。産業政策について、文部科学省という産業政策を所管するところではないところがどうするか。しかし、ある程度はやらざるを得ない。その辺の智慧を是非メーカーの方と一緒に考えてほしいと望む。

【茂原特別委員】今のメーカーとの関連の話に関係して、前回の人材育成の議論で、確か文部科学省の方からメーカーに意見を聞いても、メーカー側は要するに予算さえ確保してくれればいいという意見であるということであった。仕事の量と継続が確保されれば、後はメーカー自身が努力できるということで、これは非常に的をえた言葉だと思う。それから本日、基礎工学として熱構造などが議論になった。信頼性が議論になった。これは私から言わせればまさに基盤技術であって、これはもの

を作りそのものの技術である。今さらこんなことを議論すること自体がおかしいとすらおもう。

要するに、ものを作り必然的について回る技術である。信頼性もそうだが、ものを作るというサイクルがきちんと回ってれば、否応なしに取り組みざるを得ない。メーカーはそういう立場にあるから必死になって解決する。

根本は、そういうサイクルが回ってないのが問題である。一つは、開発期間が長くて、なかなかフィードバックがないということがあがるが、設計してもものを作って動かしてみても、お客さんから評価してもらって、そのフィードバックが身にしみる形で開発者のところ戻ってこないといけない。

熱構造等に基本的な課題があるような議論を、宇宙開発スタートから 40 年も経ったいまでもこのような委員会で議論すること自身が私はおかしいと思う。もっと評価サイクルが実際に即して速やかに回るような仕組みを国とメーカーが一緒になってつくらなければいけないのだが、それをおろそかにしてきたから、まだ信頼性だとか熱がこんなところで議論されている現状だと私は思っている。

将来の種まきとしての先端技術は、これは当然大事であり並行してやらなければいけないが、先ほども言ったように、実学の方で、もっと本音でフィードバックサイクルを回せるような仕組みを作っていくといけないと思う。

【有信特別委員】また基盤技術の話に戻るが、システムがもちろん非常に重要であるが、ここに挙げられているコンポーネント技術の中で、いわゆる民生用の技術の部分についても考える必要がある。例えば FPGA はザイリンクス社などの例が挙げられているが、民生用のチップメーカーが、米航空宇宙局(NASA)

の要求を受けて開発した技術が、そのまま民生用として流れて FPGA になっている。それから、電池もいまだにニッカド電池が載っているというのは全然知らなくて驚いたが、ニッカド電池に対してリチウムイオン電池というのはエネルギー重量比はるかに高く、民生用は民生用でどんどん技術開発が進んでいるわけである。つまり、特別に宇宙仕様として独自に技術開発をする意味がある部分と、調達先を増やすという意味で民生技術開発を促進する部分と、きちんと仕分けをしないと非常に無駄があるような気がする。

例えば、リチウムイオン電池というのは放っておいても民生用として技術開発がどんどん進んでいるわけであるから、その中で例えば宇宙用に必要な仕様を出せばできる部分もあるわけである。FPGA にしてもそうだろうし、そういうところももう少し仕分けをして効率よくやるというシナリオを書く必要がある気がする。

【鶴田特別委員】 火星探査機「のぞみ」に関係した人間として一言申し上げる。「のぞみ」を開発しようとしていたときに非常に大きな問題が1つあった。それは重量問題である。とにかく何を落とすとしてもサイエンスペイロードが載らないということだった。だから、全体的に軽くしなければいけないということになったが、「のぞみ」の前は、磁気圏観測衛星「GEOTAIL」といった衛星である。地上の技術でいうと20年ぐらい使い続けられてきた技術である。

一方、世の中はというと、そのときはもう表面実装が当たり前で、LSI、それからFPGAとか、そういったものがごく当たり前に使われていた。これはいろいろな理由があり、宇宙での環境への適合性に関する実績が最も重要な要因であった。「のぞ

み」の場合はある意味フライングして、表面実装に踏み切ったわけである。

言いたいことは、基盤技術の一部には地上における技術から見ればかなり遅れたものになっているものがあるが、これらを宇宙で適用すべくどうやって維持するか。あるいはどうやって新しい技術で置き換えていくか、そういうシナリオを持つことが宇宙開発を推進する組織としては重要ではないか。

【青江部会長】 前回の計画部会の議論としては、人材というものを考えたときに、日本の宇宙開発活動を支える人材の片方は産業界にあるということであった。ここが徐々に劣化しつつあるというのが現状の現象である。今回、いわゆる広い意味での基盤技術というものを全般的に見ても、どうやら同じ構造にあるということか。

それから、もう一つは、先ほど中須賀特別委員がおっしゃった部品の問題であるが、これも、かつては日本の宇宙開発活動に参画をした日本の部品メーカーが、徐々に撤退してきているという状況が現象として起こっており、これは相当深刻な問題だろうということである。日本の宇宙開発の基盤の部分が徐々に崩れつつあると見えるということである。

では、それをどういうふうに見受け止め、一種の処方せんをどのように書いたらいいのか、ということが一点である。それから、もう一点お教えいただきたいのは、先ほど JAXA の考え方として、今後10年間は衛星系の技術開発を、成熟化というところに重点を置いて徹底的に行い、次にジャンプするのは更に10年先ということを考えているが、そのジャンプの方向性として、長寿命化、ペイロードの飛躍的な向上、コストの大幅ダウンを目指すということであるが、この方向性は本当に正しいのか、

それとも間違いが含まれているか。

【米倉特別委員】 部品メーカーの撤退が始まっているとか、大企業も付き合いきれなくなっているという状況は本当に変だと思う。というのも、私は一昨日までアメリカにいて、友人に今日はこういった会議があるから帰ってこなければいけないと言ったら、彼らは「それはエキサイティングだな」と言う。しかし、ここでは葬式みたいな暗い話ばかりだ。何か構造的に間違っているように思う。

NASA の調達の多くの部分をベンチャー企業が占めており、新しいイノベーション開発に喜々としてしのぎを削っている。それは、宇宙や最新技術を好きな人にとってみればおもしろいに決まっているわけである。しかも、NASA とか国防総省 (DOD) が、手間賃もつけてコスト・プラスで買ってくれる。したがって、ものすごく革新的な製品がベンチャー企業からたくさん出てくるわけである。さらに、そうした企業に優秀な大学院生・学生が集まって、半分勉強しながら半分ものを作る。だから、宇宙開発はきわめてエキサイティングだという話なのである。

一方で、日本は古い産官学連携の構造で、企業もやりたくもないことをやっている、あるいはやらされている感じである。しかも、株主との関係で経済性のない部品を作ることは年々難しくなっている。それを無理に作らせても、企業や研究者にとってもインセンティブもないし、エキサイティングな状況は生まれえない。今の日本の現状を構造的に維持するというのは、抜本的な変化がない限り、難しいのではないかと思う。宇宙開発や基礎研究をすることについて、寝食を忘れてしまう、言葉は悪いが、「宇宙オタク」は JAXA やこの業界にもきっと沢山いる

はずである。彼らが生き生きと働いて、それがビジネスにつながっていくような仕組みができないわけがないと思う。

少し古いフレームワークで考えるのをやめて、アメリカの事情等も勉強して、宇宙開発を産官学それぞれの出身者が楽しくて仕方が無いといった状況で行える、何か新しいパラダイムを作らないといけないような気がする。

【鶴田特別委員】 要するに問題は、新しい技術については、みんながそれをおもしろいと思うが、実際に衛星を作ろうと思ったときに、あれはできない、これはできないということが色々出てくるわけである。そこを何とかしなければいけないのではないかと思う。

【有信特別委員】 先ほど米倉特別委員がおっしゃたように、アメリカの事情が非常にエキサイティングで参考になるという話はそのとおりだと思うが、ただ、アメリカの場合にはもともと大企業が中央研究所を全部やめてしまったという背景があって、その結果、多くの Ph.D が行き場を失い、優秀な人材がベンチャービジネスを作るという方向になった。政府のベンチャーからの調達がかかり盛んに行われるようになって、ベンチャー企業が発展したという部分がある。それから、これは民間企業にとっても、逆に言うと自分たちが間接経費を持たずに新しい研究をできるという意味で非常に便利な存在だということで、今のようないわゆる研究型のベンチャービジネスが非常に盛んになったという背景がある。

日本でなかなかそう行かないのは、日本の大企業は相変わらず中央研究所をしっかりと抱えて、優秀な人材をそこに吸収している。したがって、人材が出ていく素地がない。しかし、同じような状況は場合によっては作り得るかもしれない。少なくとも、

間接経費を持たずに新しい研究領域とか事業領域の部分の開発を進めることができれば、それは大企業にとってもある意味で非常に使い勝手がいいし、役所にとっても間接経費なしで、JAXA を補完する形で別に研究部隊を持てるという構図が成り立つかもしれない。

しかし、なかなかそう簡単にはいかない気がする。それこそ政策的な下地を作っていないと日本ではなかなか難しいかもしれない。しかし、それはある意味では企業にとって産業構造を変えていくという起動力という視点で、非常におもしろい視点だと思う。

【棚次特別委員】 人材の供給について、事務局からの資料の一番最後にある大学との連携について、大学は人材が極めて多いと思う。なのに、そこが十分には機能していない。機能していないという語弊があるかもしれないが、少なくともものづくりやエンジニアリングという観点からは十分な機能をしていないように思う。

前回もこの委員会で申し上げたが、少なくとも大学はシステムズエンジニアリング等の研究を行う方向には向いてなくて、スペシャリストを作ることが大学の使命だということでやられているが、やはり大学でももう少しジェネラリスト的な指向性を持った人材を育成するようなシステムが必要ではないかと思う。少なくともシステムズエンジニアリングについては必要だと思う。学部における教育は基礎的な勉学が必要であるが、大学院においては、少なくとも前期・後期あわせて5年間あるわけであるから、この間の人材というのは相当なものだと私は思っている。

国立大学も法人化されて、外部資金獲得をしないとイケな

いような状況で、運営費交付金は毎年1%ずつ減らされていくという状況にあるから、やはりある程度大学の人材を有効に活用する仕組みを作るのがいいと思う。大学がものづくりに対する教育のシステム、或いは、研究の評価を変えていくことで、スペシャリストが企業に入って、そして、企業でそれぞれの分野の教育をおやりになる少し手前の段階として、大学院からものづくり、或いはシステムズエンジニアリング教育というものができそうな仕組みを作ることができるのではないかと思う。例えばJAXAのプロジェクトと大学が連携して、そして、ある程度大学に発注するというシステムを作っていくのが有効ではないかと思う。

【青江部会長】 長寿命化を目指すという方向性についてはいかがか。

【棚次特別委員】 私はメンテナンスフリーで15年ももつものは地上にはないと思う。おそらく、耐久性や信頼性というのはある程度まで高くするとそれ以上は急激にコストが高くなると思う。また、どうやってそれを地上で実証するか、という問題もあり、そういった実証に相当コストがかかると思う。だから、目標寿命は7年ぐらいにしておいてコストを下げる方が有効ではないかと私は思う。

【青江部会長】 JAXAとしてはいかがか。

【堀川理事】 15年の設計寿命をとということを申し上げたが、なぜそれを我々は一つの目標としたかということ、現実として米国等の通信衛星等は12年から15年の寿命が実現されているという現状を踏まえて、今後10年間を考えたときに、やはり宇宙での長寿命化というのは一つの重要なテーマであるという観点でキーテクノロジーの一つに挙げたということである。すぐに15

年の寿命のものを明日から作ることができるということではないと思っているが、宇宙でそういう長寿命化を実証するための実証試験、地上での加速試験その他の技術を蓄えていくというのが我々の目標ではないかと思っている。

【棚次特別委員】 技術開発指向の文部科学省としてはそういった方向に行かざるを得ないのかもしれないが、例えば必ずしもアメリカの後を追う必要はなくて、日本独自のものがあっていいのではないか。ただのコストダウンというのは JAXA では目標にはできないということか。

【堀川理事】 そういうことではなくて、もちろんコストダウンは非常に重要な要素だと思っている。コストダウンをするためには衛星の数をたくさん作っていかないとなかなかコストダウンが図れない部分もあるので、米国の衛星と同じような値段にすぐにするというのは非常に困難である。多少でも近づけるためメーカーと協力をしてコストダウンをしていく。コストダウンするための手法として、必ずしも現在我々が管理しているやり方が適切でない面もあるので、その辺の管理手法をメーカーと相談をしながらコストダウンを図っていく。ただ、いきなり半額にするといった目標よりは、技術レベルを高める方向に目標を置いたという意味である。

【青江部会長】 歌野特別委員の意見を衛星をお使いになる側としてお聞きしたいのだが、JAXA の目標についていかがか。

【歌野特別委員】 通信方式の周期からいうと、15 年というのは極めて長い周期で、多分世代が変わってしまう。ただ、衛星の使い方として、単に通信方式の反射板みたいな形で衛星が存在している分においては、地上系技術の変化は必ずしも関係するものとは思わない。したがって、長寿命であればいいものもあれ

ば、短い寿命でも構わないものなど、地上系の技術との関係でいろいろなものがあると思う。用途によってその寿命の要求条件が変わってくるだろうと思う。通信の世界はそういったことがあるので、仮に衛星が超寿命であったとしても、地上の側の技術がある程度高度化していくということは考えられるので、その意味では全体的な衛星に対するコストを小さくする方向が一番いい方向であることは確かだと思っている。

【井口委員長】 ユーザーのご意見が聞けてよかったと思う。JAXA と大学の先生の間だけで議論するのではなく、国際市場の中でちゃんと受注できるだけの能力を持ったメーカーをいくつか作ることが大事ではないかと思う。メーカーを巻き込んだ議論をまず行うべきだと思う。

それから、先ほどの話に戻らせていただいて、米倉特別委員が大変刺激的な意見をされたが、こういった会合というのは何か突拍子もないことを言うとそれはだめだとか、難しいという反論が起こりがちだが、突拍子もない意見でも大変いいものであれば、それをどうやったら実現できるかということを考えるほうが先ではないかと思う。だから、まさに中須賀特別委員のような人が大学においてたくさん出てきたら、どんなに良いかと思う。寄附講座みたいなものを大学に設置してということも可能だと思う。そどうい手法でそういうことが可能になるかということについて皆さんの御意見を集約化した方が建設的ではないかと思う。

【谷口特別委員】 これまでの議論は、私はどうも、少し言い過ぎかもしれないが、木を見て森を見ずという感じがする。つまり、基盤技術は何だとか、キー技術との区別は何だとかという議論は少し置いておいて、要はミッションサクセスが重要である。した

がって、いろいろな分類学もいいが、そうではなくて、一体今までの宇宙開発で何と何が欠けていたのか、ということを考える必要がある。だから、宇宙開発、或いは宇宙を産業化するためにいろいろな基盤技術なりキーコンポーネントを、洗いざらいリストアップしてもしようがない。何が悪かったのか、こう考えるとおのずと見えてきて、JAXA からの資料に挙げられているようなものがやはり非常に問題だったのである。だからこれをなんとかしようということである。

15 年の設計寿命については、それは一長一短があると思う。何年が最適だとは言えない。ただ、上がった衛星は地上の機器のようにメンテナンスするわけではないので、上がったら上がりっぱなしである。では、今あるものが陳腐化していくということは、5 年なり 10 年なりに新しい部品を使って、また、将来出てくるであろう部品を先取りして、それを地上で実証し、それを採用する、こういったサイクルを繰り返せばいいわけであって、例えば家電製品でもメンテナンス部品として置いておかなければいけないのは 7 年程度である。

そういうものに比べて、宇宙の設計寿命の 15 年は長い、そんなに長くする必要はない、ということではないのである。メーカーは、家電製品の部品等を 7 年間持っていなければ、お客様にちゃんとした義務を果たせない。希少部品については作る場所がなくなるから、お客様の不都合がないように、メーカーはやはり在庫として抱えるわけである。そうやって、メーカーの責任を果たすわけである。それは家電製品についても同じであるので、そういうものと比較して、100 億円する衛星に対して、15 年の設計寿命だとそれでは陳腐化してしまう、という議論は少し言い過ぎではないかと思う。

もっと現場に密着すると、私の経験では単にものを作るだけではなく、日本はスーパー 301 条があって、政府は、いろいろな衛星を海外に発注した。ところが、私どもの経験でアメリカの衛星であっても信頼性は非常に乏しいわけである。だから、我々の経験でもって、日本のメーカー、通信業者、或いは官の発注されたものに関して、管理業務を実は請け負ったのである。そこでわかったことは、要するに、機械部品というのはいかに信頼性が乏しいかということであり、まだ電気部品の方がいいのである。

ホイールはその典型で、もう打ち上がったからのホイールのトラブルは全世界的に数え切れない。だから、当時の宇宙開発事集団にお願いしたのは、予算を使ってキーとなる部分は自前でやっていただきたいということである。価格はそんなにはしない。ところが、この部分が原因で 100 億円の衛星が無駄になるわけである。しかし、電気部品というの結構しっかりしている。冗長性を二重、三重に持たせているからまだいい。しかし、機械部品はそんなに冗長性を持たせられないため、スラスタを 3 軸で動かさなければいけないところを 2 軸でやってみたり、といったことせざるを得ない状況にもなる。

何が言いたいかというと、こういった部分に予算をつけてしっかり開発したら、国際市場に打って出られる。そういうものが JAXA の資料に挙げられている。しっかりやれば部品メーカーもやっていける。当時は 70 社あった部品メーカーは今は半分以下だろう。それは成り立たないからである。成り立つようにある程度決まった数はやはり日本として持たざるを得ない。それは衛星ありきではなく、ミッションありきなのである。災害監視がそうである。地球環境観測もやらなければいけない。情報収

集衛星も上げなければならない。

それをある程度継続的に、その間は信頼性のあるものを使いながら、次のステップに新しいものを取り入れていくということは必要だと思う。これもやはり実証をしっかりとやらないといけない。実証をやるための試験機材といったものは大変費用がかかる。かつての宇宙開発委員会に長期構想委員会というのがあった。そこでは、国が試験設備をちゃんと整備すると書いてある。しかし、結局やれてない。やることが大事なのである。一度きめたら堅い意志と予算づけをしないと、意味がない。

三菱電機は12年前、私が常務のときに、100億円近くかけて鎌倉にスペースチェンバーをはじめとした試験装置をそろえた。その当時は市場が今後伸びると予想していたのである。年間で大体30機程度ニーズがあると踏んでいたわけである。

言いたいことは、ミッションサクセスあるのみということである。何が基盤技術で何が欠点で、そこは大学に参加してもらえばいい。JAXAに足りないところ、メーカーに足りないところはお願いして、それをやっていただいたらいい。そうではなく、やはりキーとなる部品、システム、トータルでの信頼性、そういったところをしっかりと押さえて、目を向けていただいて、あまり細かい、基盤技術はどれとどれがどうだということは、机上の議論だけで終わるのでやめて、実際にどうやってミッションサクセスするかということに議論を集中していただいたらいいかと思う。

【茂原特別委員】 大学の話と部品の話が出た。大学の話は宇宙への参加者を広げ、すそ野を広げるといことと捉えたい。例えば、普通の人例えば衛星を作って宇宙に参加するという目で見ると、前々から言っているが、我が国としてそういったことをサ

ポートするインフラがほとんどない。ロケットはピギーバック打上げサービスがあるが、必要な支援は、衛星を作ること、打ち上げた後の運用、また周波数の確保など幅が広く、衛星を上げることに對する全体的なサポートや、インフラが今まで欠落していた。国として、大型衛星だけではなくて小型衛星に対しても開発・運用のインフラを作ること、これは何回も申し上げているが、必須だと思っている。

それから、宇宙部品の枯渇であるが、これは日本の宇宙開発の死命を制するほどの重要な問題であり、地上・民生と宇宙の双方向の協調を深めなければ解決しない課題である。すぐれた日本の民生部品を宇宙に活用していくのは当然であるが、逆に宇宙の技術を民生に転用していく努力も有用である。

例えば、宇宙環境という観点では、放射線の問題、それから熱設計がある。特に熱の高度な解析技術は宇宙から始まっているわけである。今でも宇宙技術が高いレベルを持っていると思う。

また耐放射線では、今では地上の機器も集積度が上がって、半導体などは地上でも放射線の影響を考えざるを得なくなっている。

また、日本の半導体がアメリカに輸出されアメリカでそれを宇宙用に直して使っているのは事実である。

ということで、宇宙における技術が地上の技術へ展開できる余地がたくさんあるのではないかと思う。

先日、経済産業省の方ともお話をしたのだが、経済産業省はそういった宇宙技術の産業化を主体的に考えていた。地上への波及まで含めた技術の広がりを見ると、文部科学省だけではなくて関係する省庁も含めて、宇宙用の部品を、地上

技術への波及も含めて双方向に考えていくと、もう少し検討の幅が広がってくるのではないかと思う。

【米倉特別委員】 先ほど、井口委員長からできないと言うのは簡単だという話があったが、やはりこの何か閉塞感のある中で、できないことをできるようにするのがまさにイノベーションだと思う。別にアメリカがいいというわけではないが、例えばアメリカ政府は、政府調達において、アファーマティブ・アクション(強制措置)として、「5年以内にできた新しい企業から5%は調達をする」とか、「大企業ではなく中小企業から何%調達をする」、といったことをやっている。NASAもおそらくやっていると思う。

調達におけるこうした仕組みもぜひ考えていただきたい。日本の宇宙開発部品のうちの5%に関しては新しい企業から調達するというふうにしてしまえば、それに対して、スピノフをしたり、大学発の企業が出来たりしてくると思う。インセンティブもなく、ものを作るというのはなかなかできないと思うが、その辺をただできないと議論するのではなくて、なぜアメリカではそれができるのかという議論をしたらいいのではないかと思う。

【堀川理事】 今日の議論の中で、いろいろな制度面の話はあったかと思うが、なかなかJAXAだけで手がつけられない面もある。例えば部品について、新規産業から調達すべきという話も、我々は新しい企業になるべく、大企業だけではなくて小さい企業もということで、新しい産業育成の一環として産学官連携の施策もやっているわけであるが、そういった企業がなかなかない、或いは企業側からのそういった意思表示がなかなか見えないという現実の中で、それをどう育てていくのかということについて、いきなり既にあるいくつかの選択肢から選ぶという

状況には今はなっていないので、その辺が難しい問題だと認識している。

【青木特別委員】 米倉特別委員の話の続きになるが、アメリカにおいても以前からそう選択肢が多くあったわけではないと思う。商業打上げ法の制定の頃から、調達において新しい企業に対して減税措置があったり、アンカーテナンシー方式があったりと、非常に多くの法律が出てきている。うまくいかなかったものはすぐにやめているということもあるが、日本においても何か工夫ができるのではないかと思う。アメリカ型とはだいぶ違うが、調査はやはり大事である。

もう一点は、JAXAの資料の11ページ目の図でRADARSAT 2はかなり優れているが、カナダは日本より多分10分の1くらいしか宇宙予算はないのだろうと思う。すき間をねらって、リモートセンシングとかロボットアームとか特殊なところをやっているから成功しているというのもあるし、アメリカからうまく技術を導入しているということもあると思う。アメリカから技術を入れているがために、去年の11月にはRemote Sensing Space Actというアメリカの要求をかなりのんだ国内法を作らなければいけなくなった。日本がもしそこまでする気持ちがあるのであれば、そういう形で技術を導入したり、援助をもっと入れていく手だてもあると思うが、おそらく個人的には日本のような大国にはそれはできないだろうと思う。

いつも不思議に思うのは、衛星の寿命が言われている年数よりも随分長いように思うのである。特にLANDSATは、いつまでも使っているようにも思うが、結構受信しているところもあるので、ある一定の年限がたって、それを政府から企業に移転させ、それを国際的に売るということではできないのであろうか。

機能が多少落ちても東南アジアなどでは使いたいかもしれない。軌道を少し変えなければいけないが、それはもう可能であるし、そうすると、大型の長寿命の衛星を作ることもでき、かつ小型衛星にも参画できるという、軌道上での衛星売買の方式について考えてもいいのではないかと思う。

【堀川理事】 ただいまお話があったように、現実として、打ち上げた衛星が当初の計画寿命を越えて運用される例というのは多々ある。JAXA 中の衛星でも実際には3年寿命が10年近くもった衛星もある。ただ、問題なのは、打ち上げる前にこの寿命が何年は最低必ず持つという設計保証をしなければいけない。そのデータを集めて、ここまでの寿命試験を行ったため、これだけの年数は保証して打ち上げることができる、といった努力の結果、5年、10年と設計寿命が延びていくわけで、もともと10年が保証されているものという、それだけのことを保証するためのさまざまな活動をしなければいけないということは違いがある。

【西尾特別委員】 先ほど米倉先生が言われたことは、夢物語ではなくて、例えば東京大学も、大学発ベンチャーのものから優先して買うということをやりたいと考えている。日本でも始まりつつあるので、宇宙開発においては少し難しい部分もあると思うが、検討が進められていくと思っている。

【棚次特別委員】 設計寿命の話であるが、設計寿命の評価というのは正確にやられているのか。

【堀川理事】 機構部品やバッテリー、或いは太陽電池セルのようないわゆる有効寿命があると思われるものについては寿命試験をきちっとやっている。あと、電子部品等については信頼度計算という形で評価をしている。そういう意味での寿命評価という

のは行っている。

【棚次特別委員】 当然衛星はシステム技術である。たった1つの部品が壊れても作動しなくなるという状況であるから、そこまで含めて、システム全体の寿命が本当に地上ですべて評価できるのかということを見ると、当然かなり多目に見積もられているのではないかと。或いは、極端に小さくなっているのではないかと、というようなところがあると思う。

【堀川理事】 衛星の寿命を評価する、信頼性を評価するに当たって、実際の寿命をどういうふうに加味していくのかということについて、例えば設計では冗長系を使っているが、同じ設計の冗長性をもたせるのではなく、違う性格の冗長性を入れたときに信頼度はどれだけ上がるのかとか、或いはロバスト性をいろいろな機能で代替するという、どう評価するかということ、検討してシステムを構築していく必要があると思っている。

【青江部会長】 それでは、本日はもう一つ皆様方に少しお諮りし御了解をいただいております。そちらの方に移らせていただきたいと思う。

資料は6-2-1ということに基づいて、事務局の方からよろしくお願ひする。

資料 6-2-1「宇宙科学ワーキンググループの設置について(案)」について、事務局の池原参事官より説明があった。

【青江部会長】 宇宙科学の分野について特に議論を行うための宇宙科学ワーキンググループの設置について御了解いただきたい。

(「意義なし」の声あり)

【青江部会長】 同時に、鶴田特別委員におかれては、座長をお引き受けいただきたい。

【鶴田特別委員】 了解した。

【青江部会長】 なお、メンバーの方の人選については、御一任をいただければと思う。

【茂原特別委員】 計画部会の一般的な運営のについてお聞きしたい。毎回大変重要な議題がされているが、会議が終わった後にいろいろ考え、周りの人の意見等も聞く中で新しい提案が出てくることがあるが、そういう場合にはどうしたらよろしいか。

【青江部会長】 事務局の方に、その都度で結構であるのでお送りいただければ、対応させていただく。それでは本日の議事を終了する。

了