

## 宇宙開発委員会 評価指針特別部会（第3回）議事録

1. 日 時 平成13年4月12日（木） 10:00～12:30

2. 場 所 文部科学省別館 5階 第1会議室

### 3. 議 題

- (1) 信頼性工学の観点から見た評価システム
- (2) NASAにおける宇宙開発プロジェクト評価システム
- (3) その他

### 4. 資 料

- 資料3-1-1 評価指針特別部会 第1回 議事録（案）
- 資料3-1-2 評価指針特別部会 第2回 議事録（案）
- 資料3-2 信頼性工学の観点から見た評価システム
- 資料3-3 NASA における宇宙開発プロジェクト評価システム
- 資料3-3-(1) （上記、追加資料）
- 資料3-4 今後の評価指針特別部会スケジュール（案）

### 5. 出席者

- 部会長 栗木 恭一 （宇宙開発委員）
- 委員 長柄 喜一郎 （宇宙開発委員）
- 委員 五代 富文 （宇宙開発委員）
- 井口 雅一 （宇宙開発委員長）

特別委員： 市川 惇信、上杉 邦憲、永安 正彦、樋口 清司、藤垣 裕子、  
宮村 鐵夫、山之内昭夫

説明者： ギルバートR・カーカム 在日米国大使館 NASA日本代表

事務局： 芝田 宇宙政策課長、福田 技術評価推進官

【栗木部会長】 第3回の評価指針特別部会を開催します。

本日の議題は、1番目に信頼性工学の観点から見た評価システム、2番目にNASAにおける宇宙開発プログラム評価システムの2件です。

[事務局 配布資料確認]

【栗木部会長】

議事録につきましては、第1回、第2回とも（案）となっておりますので、ごらんいただきまして、お気づきの点がございましたら事務局のほうにご連絡いただきたいと思います。

議題に入ります前に、今回から、航空宇宙技術研究所の佐々木特別委員がご都合によって退任されましたので、新しく永安さんに特別委員として参加していただくことになりました。簡単に永安さんから自己紹介をお願いいたします。

【永安特別委員】 航空宇宙技術研究所の理事に、4月1日、独立行政法人になりましたから任命されました永安でございます。私は専門的には制御、それから、スーパーコンピュータの研究部長をやっておりまして、独法化に当たるにつきまして、ここ2年ほど航技研の中の研究評価をどうしたらいいか、航技研の中で研究委員会というのがございまして、そこで研究評価システムをつくるという仕事をやってまいりました。そのときには市川先生の資料などを非常に参考にさせていただいて作ってきたのですが、一応形はできたのですが、ほんとうに運用していくためにこれからいろいろな問題が山積しておりますので、いろいろお教えいただきながら進めていきたいと思っております。よろしく願いいたします。

#### （1）信頼性工学の観点から見た評価システム

【栗木部会長】 第1番目の議題に入りたいと思います。信頼性工学の観点から見た評価システムということで、中央大学の宮村先生にご説明いただきたいと思います。

【宮村特別委員】

[1] 総論

## 1.信頼性保証の基本的事項

信頼性を考慮に入れたシステムや商品を開発していくに当たってどういうところがポイントになるか、そのようなところから話を進めていきたいと思います。信頼性についてはご存じかと思いますが、簡単に言いますと、この図にありますように、時間軸を考え、開発された商品・サービスが実際に使われている場、そこで発生する品質問題になります。最終的には安全にかかわるような問題に発展する場合があります。そのような品質問題を大きく分けると、図の右側に書いてありますように、耐久性の問題とか、保全性の問題、さらに人に使いやすいかどうかということで人間信頼性、そのような問題に分類できると思います。おそらくロケットの開発ですと、こういう要素の中の耐久性が主体になって、保全性とか人間信頼性というのはあまり関係がないかもしれません。

このような信頼性を考慮に入れたシステムの開発を進めていく場合にどういうことが大事になるか。私自身は、ここに書いてあります

信頼性要求事項の分析と数値化

開発計画・組織とDR (design review)

信頼性設計とリスクマネジメント

環境評価と信頼性試験

故障解析とフィードバック

工程の安定化と品質管理

市場品質情報収集とフィードバック

が基本と考えております。

第一は目標をしっかりと立てるといことです。そして次には、そのようなものを実現していく計画・組織、そのような中でも design review という考え方にいろいろな知識を集約する、そして事前に問題点を明らかにしていく、そのような面で重要なマネジメント・ツールではないかと考えています。そして、当然、いろいろな品質問題というのは設計に起因にするものが、世の中では大体80%ぐらい占めている。そのような意味で設計段階が非常に大事になってくる。そこにリスクマネジメントという考え方をどう取り入れていくということです。そして、そのようなリスクマネジメントを進めていくときには、リスクを評価する情報が必要になってくるわけです。つまり、情報を過不足なく効率的に方法論が重要になります。例えば、環境評価と信頼性試験はリスク評価では重要な役割を果たします。

さらに、情報を集めるときには故障メカニズムに基づき、制御可能な物理量レベルまで掘り下げて理論的・論理的に対応することが重要です。故障解析をどういうふうに行うか。そして、そのような故障解析により得られた情報が次の開発にうまくフィードバックされて使えるように知識化・体系化されているか、がポイントになってくる。もう一つは、設計とともに製造段階での問題です。設計仕様に不適合である。そのような場合にも当然問

題が起こるわけですから、つくるときの品質マネジメントも大事になってくる。最終的に問題が見落とされて流出すると、使う場で品質問題が起こることになる。そのような情報をいかにフィードバックしていくか、そして次の再発防止に向けていくかという情報の蓄積、活用、もポイントになります。

## 2. 我が国の中長期戦略との関係

いま述べてきたことは、発表されています我が国の宇宙開発の中長期戦略の中にも触られています。細かい説明は省略をさせていただきますけれども、例えば一番上に書いてありますように、固体ロケットと大型液体ロケットを同時に開発すると、経営資源も含めて先ほどのような問題がすべて関係してくるのではないかということです。ノウハウの蓄積が、属人的といいますか、人を通じて蓄積され世代がかわったときに問題が起こるといのは、民間企業でも直面している問題です。そして、我が国は個別具体的なものは強いけれども、一般的にシステム設計があまり上手ではない。そのようなことを耳にします。

最近では開発のコスト低減、スピードが重要視され、今までの開発の考え方、あるいは進め方では適切に対応できないのではないかということです。対応のキーワードは、情報とコミュニケーションです。宇宙開発の中長期戦略においても、データベース化の話も触れられ、成功や失敗の情報が容易に共有できる環境整備の重要性を指摘されています。

評価のあり方についても、例えば「飛行させる通りの試験、試験をした通りの飛行」が実施、計画されているか、というように非常にいいことが書いてあります。これはシミュレーション評価の妥当性も含めて、試験・評価を立案計画するときの重要なポイントになってくるかと思えます。

さらに、プロジェクトのミッション・プライオリティを計画立案時に明確にするとか、「試作1号機から高い信頼性」についても強調されています。繰り返しにより改善していくようなことが許されないという状況で考慮すべき貴重なことが書いてあります。宇宙開発の中長期戦略でのべられている項目との関連性は項目の後にナンバーで示してありますので、後から参照していただければありがたいと思えます。

## 3. 新商品・新技術開発のトライアングル...「人・組織」が要の要

先ほどのようなことを一般化して考えてみたのがこの図ですけれども、新しいものをつくっていく技術が重要になるわけです。あわせて、最近必要になってきているのは新しい技術でつくった商品やサービスが市場・顧客に価値を認められることが重要だということです。技術というのは基本的に個別的・具体的ですから、新しいコンセプトの商品とかサービスを生み出していくときには、いろいろな技術が必要になってくる。そうすると、技術の統合とか融合が必要になってくるわけですが、それを担うのが、一番上に書いてあります「人・組織」ということになります。そのような人・組織の重要性が、先ほどにもあ

りましたけれども、スピードとか、いろいろな技術を融合させていかないと新しい商品はタイミングよく生み出せない。そのような時代環境の中で、人・組織のあり方がより重要になってきているということです。

そして、そのような組織の中に、COとつくようなことが重要になってきています。commitment とか、communication とか、collaboration とか、coordination とか、collocation です。情報をタイミング良くアクションに結びつけるか、そのマネジメントをうまくやっている企業とそうでない企業で結果に大きな違いが出てくるということです。そのようなことをさらに見ていきますと、環境変化の影響が非常に大きい。例えばストップ・ターゲットと書いてありますが、昔はお客さんがとまっていたから、十分情報を集めてからアクションをとってうまくいったわけですが、今はムービング・ターゲットですから、そういうように時間を十分にとって意思決定したのではお客さんも時々刻々変わっている、タイミングを失することになる。そういう時代になっています。

したがって、企業の新製品開発の対応は散弾銃方式になります。ゲノム解析でセルーラ社が国際チームよりも早く解析を終えた一つの要因として、この散弾銃方式-ショットガン方式-による解析の進め方があるように思います。そのような変化もいろいろ出てきているわけです。そのように環境が非常に大きく変わっている。したがって、それに対応する企業の考え方も、慎重にねらいを定めて当てる、そういうやり方をやっていたのではうまくいかない。たくさん撃って、そのうち当たったものに資源を集中していく、そのような考え方になってきているわけです。戦略をもちスピードのある組織に変えていかなければならないという、そのような状況になっています。

#### 4. 開発体制の変化と影響

スピードのある開発の進め方になると、コンカレントエンジニアリングという開発体制の話になってくるわけです。従来とは、かなり開発の進め方が違ってくる。フェーズ・プログラム/プロジェクトの開発の進め方ではリレー式になりますから、当然時間がかかるわけです。開発期間の短縮には、フェイズをかなりオーバーラッピングさせる必要がある。そのため、IT(情報技術)の分野では、人をいろいろな部門から全部集め、プロジェクトチームで同時に情報を共有して開発を進める方式になってきている。

開発体制の変化は、人・組織、あるいは技術・環境面で影響が出てくると思います。資料の右側に技術・環境面の話がいろいろ書いてあります。まず、コミュニケーションとか、コミュニケーション・ツールとして多様な知識を統合する技術のところに書いてありますように、ITをうまく使うことが非常に重要になってくるとともに、組織・運用面のあり方がITのツールを使う上でよりウェイトを増してくるということです。1つはチーム活動をどのように進めていくか、情報的相互作用をどう引き起こすかという話です。それらをうまく行うためのプロジェクトの運営管理、そういう中でもコラボレーションとか、コ

ロケーション、それらが非重要視されるとともに、もう一つはここに書いてあるリーダーシップです。当然、開発ではコンフリクトな問題もたくさん出てくるわけです。それをどういうふうにコーディネーションして解決していくか、そういうところが重要になってきます。

もう一つ、メンバーをいろいろな部門・分野から集めるということはチームにとってはメリットがあるわけですが、メンバーのほうから見るとマルチタスクの問題が生じます。専任でプロジェクトの仕事に取り組むのが理想ですが、優秀な人ほどいろいろと声がかかるとというのが現実です。そういう場合のリソースの確保や評価システムというのは非常に難しい。マルチタスクでは、簡単に言うとタスクにより親分が違うわけです。プロジェクトの親分と自分の属している母体のほうの親分が違う。そういう場合における評価システムをどうするかという問題があるわけです。そのようなところをいろいろと苦労されて、うまくやっている企業が多い業績を上げているというのが私の1つの判断です。

## [2] 信頼性保証の基本的事項の各論

### 1. 信頼性要求事項の分析と数値化

そのことを頭の中に入れていただいて、先ほどの7つの項目をもう少し具体化して話を進めさせていただきます。第一は「信頼性要求事項の分析と数値化」です。信頼性要求事項をどのように具体化していくかということです。これは明示的に与えられているようで与えられていない。ただミッションを遂行する確率が99.何%、そのような形では与えられていますが、それをどうやって具体化していくところが見えないわけです。それが見えるようにして検証できるようにしていくことが必要であるというのが、この分析と数値化です。そのようなところを見るようにすることは、結構難しいということです。

なぜかといいますと、基本的に設計というのは信頼性を考慮に入れているというよりは、設計プロセスを説明している図の左端に書いてありますけれど、要求機能を実現する一宇宙開発で言うと任務という言葉が使われると思いますが、とういう業務です。機能を実現するためにはどういう設計でなければいけないかということです。そのときに信頼性というのはどのようにかかわってくるかといいますと、ここに書いてありますように、意図せざるマイナス機能ということになる。例えばベーン型ポンプで考えますと、回転する、摺動するところが当然出てくるわけです。摺動すると磨耗が起こる。それは磨耗を起こすためにそのような構造に設計しているのではないわけです。例えばベーン型油圧ポンプですと回転エネルギーを油の圧力に変換する。そのような機能を果たすために、構造的に回転摺動が必要になってくる、その副作用の一つが磨耗ということになる。

機能を実現する方式や構造によりこのようなデメリットは異なる。そのような位置づけで、信頼性の問題を考えていく必要がある。デメリットを、意図せざるマイナス機能といいます。したがって、そこを意識して許容されるレベルにコントロールして抑えていくか、

そのような設計のマネジメントが重要になってくるわけです。そこがなかなか難しい問題があるということです。

なぜ難しいかという、吉川先生が設計に必要なデータは3つあると言われていますが、設計者の関心は、この3番目の「機能と属性の関係」が最も高いわけです。こういう機能を果たすためにはこういう属性でなければ、すなわちこのような構造、形状でなければいけない。そのような情報を重要視するわけです。しかし部品等が実際にシステムとして統合、組み立てられていくときには、当然、相手があるわけです。そうしますと、物理的なインターフェースで合わないというような、それがいわゆる干渉という問題で、車のリコールはほとんど静的あるいは動的な干渉の問題で、の同一カテゴリ関係の問題で起きています。

2番目の「属性内であるが異なるカテゴリ間関係」は形状と振動、共振などの問題です。これはITによって、評価の進め方がかなり変わってきています。そのような意味で、この、の問題が実際のシステムとして統合されていくときの問題になってくるわけですが、そのような情報を共有化する、あるいは知識化して残すということが難しい。したがって、そこを具体的にどう進めていくか、そういうのを考慮した設計を信頼性設計と呼んでいるわけです。信頼性設計では、目標設定をどのように行うかという問題があります。設計というのは、機能 原理・方式 構造・形状という流れで進んでいきます。目標設定では、機能の分析が重要になってくる。機能レベルでどのような変化が起きるか。すると、そこに要求されているミッションを果たす上で、例えばこのところに問題が起きるのは致命的だ。すると、当然、そのような影響の大きい機能の信頼性は高くしておかなければいけない。

機能レベルでの分析を通して、例えば安全保護システムの具体的な分析の必要性が出てきます。機能をさらに物レベルの変化—右に記しています部品レベルの故障モードという概念—落とし込んでいかなければいけない。部品レベルの信頼度から、その上位機能レベルの信頼度のトレードオフ、そこでいわゆるコーディネーションが必要になってくるわけです。部品かそれともシステム構成のほうで対応していくのかの分析が重要になってくるわけですが、私の今までの経験からいきますと、我が国の設計者は、そのような機能レベルの分析というのはあまり得意ではない。すぐ具体的に構造とか、物のほうへ行って、個別的・具体的な話で議論が始まっていく場合が多い。ある意味で全体が見えにくい設計の進め方になっている場合が多いということです。

そしてもう一つ、部品レベルでの問題を考えていくときに、大事なことは右側に記してある部品へのストレスです。作動状態、ストレス、律則条件、このような視点をきちんと明示して、こういう変化が起こるということを明らかにする。左側の表のほうにも書いてあると思いますが、ほとんどは、作動状態、ストレス、律則条件、これら3つが明示されていません。私もいろいろな会社の人とこのような経験があります。こういうのをちゃん

と明示できる企業というのは1割もないように思います。あるいは、5%ぐらいかもしれない。重要と言っても、大体書けないというか、それらが全部ブラックボックス化している。そういうのが圧倒的に多いです。しかも、この場合、もう一つはカバーリアなど、ちゃんと相手を見て、どういう変化が起きるか考慮しているかどうかも心配な点です。このように全体を可視化して部品レベルの問題を検討していくことも重要になる。大学の教育の問題もあるかもしれませんが、そのような考え方で設計して、そして自らレビューして見直していくところが少ないように思います。

そのようなことで、目標を達成していくかどうかを見ていくときには、意図した機能だけではなくて、意図していなかったマイナス機能をどう考えていくか、それが最適化という仕事を促すのではないか、そのように思っております。ですから、信頼性の目標を立てるときの難しさというのは、基本的に例えばお客さんからは明示されない。どういうふうにその要求されたことを実現し、最適化するかによって変わってくる。したがって、それを実現する立場にある設計者が主体的に仮説をもって取り組んでいく、そのような仕事の進め方が必要になってくるわけです。我が国の仕事の進め方の多くというのは、問題が起きてから考える。アブダクシヨンの進め方は重視している設計者は少ないわけです。これが1つの大きな問題であるように私自身は考えております。

これは、いろいろ仕事を進めていくときの組織ありようと結びついてくる。個人のポテンシャルが重要なことは事実ですが、先ほど述べましたように設計の最適化を進めていく過程では関連する分野が広いわけです。自分の持っている専門知識ですべてが見えるわけではない。すると、当然、グループのポテンシャルや文化という話も出てきます。グループの中だけでも閉じてすべて見えるようにするということは非常に難しい問題があります。だから、他社からいろいろ技術を取り入れる。そうすると、このような外部環境の話がいろいろと出てきます。そのようなときに大事なのは、ここにも書いてありますけれど、どのようなコミュニケーションを行うか、見えないものを見えるようにしていく組織の運用が大事になってくるように思います。

## 2. 開発計画・組織とDR

その意味で、このようなプロジェクトチームの構成と運用というところがポイントになってくるわけです。その中で特に問題となるのが、ここにフレーミング効果と書いてありますけれども、見えない問題は先送りしやすいという意味決定に組織は陥りやすいということです。銀行の不良債権処理の先送りはフレーミング効果の典型例だと思います。フレーミング効果は簡単に言いますと、当たりくじの利得フレームでは右側のくじを引くわけです。500万円の利得がくじを引く前に確定していますから、左側だと100万円の可能性もありますがゼロの場合もある。損失フレームでは多くの人は左側のくじを引くんです。右のくじを引くと、今すぐ500万円払わなければいけないことから、くじを引く前に損失



が確定します。左のくじですと、ひょっとしたら払わなくてもいいわけです。ですから、いろいろな損失に関わる問題についての意思決定では、今決めないで先送りする。ひょっとしたら問題が起こらないのではないか、そのような組織の運営、マネジメントスタイルになりやすいということです。

例えばここに示したのが1つの例です。コストを下げると、すぐ効果が出るわけです。この場合でいくと、売り上げの増加、利益の増加にすぐ結びついているわけです。ところが、先ほどの品質の問題というのは、例えばこういう信頼性の問題ですと、買ってすぐは起きない。1年とか2年たってから問題が起きるわけです。ロケットの場合は打ち上げ後すぐ起きる場合もありますが、通常ですと信頼性の問題はある程度使用してから起きます。そのような問題が2年ぐらいたってから、品質コストの増加という形で起きています。売り上げが減って、利益が減っている。すなわち、本来は市場に流通させる段階でつぶしておくべきであった問題です。それが見落とされている。

逆に言うと、そのような問題を積極的に発掘していくようなマネジメント、そこに問題があった。問題解決を先送りして、起きてから手を打った。そのために利益も最終的にはマイナスになってしまいました。そのような問題が出てくる。組織というのは大体面倒なことは先送りする傾向をもっています。しかも、任期が2年とかなってきますと、自分の任期中に起きなければいいという、そのような方向での意思決定になりやすいというのがフレーミング効果です。

開発で取るべきリスクは積極的にとってマネジメントしていくというのが、新規点・変更点管理です。開発ですから、当然、新しいことをやらなければいけないわけです。世の中は変わっている。新しいことを取り入れないというのもリスクになるし、取り入れることもリスクになってくる。したがって、リスクをマネジメントしていくとき大事なのが新規点・変更点になります。すると、どういうところが新しく、どういうところが変更されていて、それがどこにどういう影響を及ぼすのか、そういうのもよく見えるようにして、全体を見ながらコーディネーションしていくことが必要になってくるわけです。関係する部門、人が多いとなかなか見えにくいわけです。自分が変更したところが自分に影響すればすぐわかると思いますが、他に影響するのをいかに見えるようにしていくかという、マネジメントが重要になってくるわけです。

大きなシステムの開発をするとき、情報の一元化への取り組みが遅れていますね。情報の分散はいいですけども、同時に全体が見えるようにしておくべきなのに、そのようになっていない場合が多い。知っている人に直接聞かないとわからないことが多い。そうすると、ベースラインにどういう変化が起きているのか、リアルタイムでなかなかわからない。変化点をいかに出していくか、そのようなマネジメントを、例えば design review のようなマネジメント・ツールを利用して行う。変化をどういう視点で見つけていくか、変化が他へどういう影響を及ぼしていくのか、それらを明らかにするマネジメントが必要に

なっているわけです。

ところが、後で皆さんのほうからいろいろなお話がまたあるかと思いますが、design review というのはアメリカから入ってきたわけですが、実際の日本の企業で使われている場合にほとんどうまくいっていない。なぜうまくいっていないかという、design review というのは日本語で設計審査ともいわれていますように、審査というイメージが強いわけです。審査というイメージが入ってくると、受ける側からするとあまり気持ちがいいものでないわけです。したがって、受ける側は基本的に隠すという方向になりやすい。design review の本来の目的というのは、第三者にもが見えるように自己の考え方を可視化して発信し、見落としているものを発見しやすいようにするということです。しかし、実際には審査というイメージが非常に強い運用になっています。

結果として、発注者の意図が伝わっているかというような視点からの取り組みになり、両者が対等ではない立場で design review を行うことになるわけです。こういう design review も必要なわけですが、先ほどの新規点・変更点管理、そしてそのような問題を考えていくならぬ場合には、対等、パートナーの考え方に基づいて運用していくという考え方が重要です。審査というより相互支援にポイントを置いたレビューの運営をあわせて活用していく必要があると思います。

時間の都合で詳細は割愛させていただきますが、13ページの本田さんの「知的行き詰まり現象」打破の例というのが出ています。これは、エンジン設計で重要なクランク軸の軸受けが焼きついてしまうという問題です。それがなかなか解決できない。うまくいかなかったときにイタリアのバイクを持ってきたテスト屋さんに出会い、それを見るとイタリアの軸受けは小さかったと書いてありますね。焼きつけを丈夫にしようと思って解決しようとしてきたが、非常に小さかった。通常、設計者はいろいろな問題が出てくると、セーフライフ-丈夫にする方向で解決していくことが多い。もう一つにディレーティングという考え方があるわけです、負荷を下げる。そのような方向へみずからの考え方を変えるというのは非常に難しい。この例では、他者・異質そのような人との出会いの場を通じて方向を変えることができるように思います。後から考えたら、「その軸受けは不等速運動をしているわけで、慣性力が効くから軽くしてやるのがポイントだった」、そのような出会いによる発見の環境を整えていくマネジメントが重要になってくるように思います。

これはトヨタさんのフォーマットです。いろいろ変更した場合に黄色で書いたところ、「他に心配点はないか」、これはレビュアーが設計者とコミュニケーションしやすいように、設計者が発信して、レビュアーがこういうことは考える必要はないか、そのようなコミュニケーションしやすいようなフォーマットを工夫して、新規点・変更点管理などをやっておられるという1つの例です。

### 3. 信頼性設計とリスクマネジメント

次に、信頼性設計とリスクマネジメントの話をしていきたいと思います。そうしたときに難しいのは、先ほどもお話ししましたように、機能を具体的に展開していく話と、それを実現する話です。原理・方式、構造、形状へと展開していくエンジニアリング・プロセスがなかなか見えにくい。最終的な答えが急に出てくる。したがって、設計者の考え方が見えにくいのでレビューも難しいという問題があります。したがって、そのようなところをぜひ見えるようにするということが重要ではないかということです。私自身は、これは次の16ページに書いていますが、design reviewについて、これはdesign viewと呼んでいるわけです。これが外に対して発信されない。

ここでいろいろと考えているのは、機能としてはシール機能ですが、シール機能を具体的にどう設計していくかということです。最近、バーチャルなコミュニケーションが重視されている中では、次のようなプロセスが重要になってくる。機能を実現するのにいろいろな方法がある。ですから、ある意味では技術の解というのは不定です。それを最適化するのが設計です。不定な解を最適化するプロセスを見えるようにしていく。そうしますと、技術をこういう形で体系化できる。例えば、シールであれば物理的な方法と化学的な方法がある。物理的な方法ですと、弾性、塑性、接着がある。そして男性ではOリングとか、ラバーシートの個別的・具体的な方法に至る。多くの場合、こういう個別的・具体的な話だけで、原理・方式も含めた知識化とかデータベース化がされていないことが多い。

したがって、中間物理量といえますか、パラメーターがいろいろ変わると、機能、性能がどう変わるか。この場合は面圧、面粗さですけれども、こういう線図があれば目標に対して解はたくさんある。したがって、この中のどれを選ぶか、最適化という作業が必要になってくる。そこにはいろいろと関連部門とのコミュニケーションが必要になってくるということです。解がたくさんあるということを見えるようにした分析評価が大切です。そのようになっていなくて、出てきた一つの解を評価していく。そこが非常に大きな問題ではないかと思います。すると、レビューがあまり成立しないという話になってきます。

あと、リスクマネジメントということは、先ほどの最適化にも関係してくる。リスクというのはよくご存じと思いますが、損害の大きさと頻度を組み合わせた概念です。開発の中でどういうリスクがあるか。リスク評価と言われていますが、新しい技術を採用すると、当然技術リスクを考慮する必要がある。今までにない特徴を持った商品を出せば、コンセプトにかかわるリスクがある。新しい市場、マーケットを対象にすると市場リスクがある。ですから、リスクとしてどういうものがあるか、それを許容されるレベルに抑えていくにはどうしたらいいか、リスクマネジメントという考え方をしっかり取り入れていく必要があるのではないかと。リスクがないという前提で開発をしていくと、うまくいくときの話しかないわけです。マネージャーというのは、そのようなリスクのマネジメントが最も重要な仕事ではないかということです。

これは要点を書いています、後で見ただけければと思います。

故障発生の発生頻度とか影響を小さくする方策をエラーリカバリーと呼んでいます。具体的には、こういうようなフルプルーフの考え方、フェイルセーフの考え方、リダンダンシー、セーフライフ、ディレーティング、こういうようなものをシステム設計にどういうふうに取り入れて、活用して、許容レベルに抑えていくか、そのようなところの明確化が必要になってくると思います。

#### 4. 環境評価と信頼性試験

より具体的、技術的な話になっていくかわかりませんが、それこそ設計に対しての評価のあり方は大事なわけです。いろいろとロケット関係の評価をされていると思いますが、そのようなときに大事なものは、どういう評価を行うということではなくて、評価に対する考え方こそが大事になってきます。多くの場合は組立品で評価をする。そのような場合が多いわけです。そうしたほうが評価しやすい、動かせばいいわけですから、きめ細かく評価条件を設定しなくてもいい。

普通、いろいろな業界のナンバーワン、トップワンの企業というのは、そのような評価はやらない。基本的な考え方として、ここに書いてありますように、全構成部品の実ストレス、しかも、余裕を見る。簡単にゼロ、1ではないということです。そのために評価項目の抽出、先ほど一例でお話ししたわけですが、律則条件、作動状態、そのようなものを踏まえて、壊れ方、形態を明確にする。だから、仮説をはっきりするというわけです。そのような手法がFMEAというわけですが、そういうのをきちんとやる。そして、評価条件というのは作動状態から明らかにする。すると、組み立てではなくて単品で評価できる。単品で評価できれば余裕度までわかるということです。すると、開発目標が変わっても、余裕がわかれば、この設計でいいかどうかという判断ができる。そうしますと、最近のようにスピードが速い、開発目標が途中で変化するのは当たり前、そのような中でも対応ができるということです。

そしてもう一つは、評価に使う供試品の問題があります。これを最悪品で行うと鬼に金棒です。普通は大体最良品でやっていますという話が多いのですが、最悪品で評価しておけば、サンプル数 $n$ が1でいい。そのようなことです。すると、これには試作品を作る能力が要ります、最悪品を作る能力です。たくさん作って、いいものを選ぶのではなくて、1個で狙い通りの供試品を作れるかということです。

さらに、結果の評価のみでなくトレンドを見るという、そのようなやり方をしている。こういう特性と許容値の関係をはっきりさせて、その許容値に対してトレンドがどうなっているか。普通は大体丸バツの評価で終わる。しかも、それをアッシー（組み立て品）でやるから、最弱部位が変わった場合、どこが問題になるのかわからない。最弱部位は使用環境条件で変わりますから、変化しても今までの評価結果が活用できるように体系化しておくことが重要です。

また、評価項目、評価条件の設定では、この4番目に書いてありますように、実際、ユーザー・市場での問題が検出できるか、これが重要になります

## 5. 故障解析とフィードバック

開発では、故障解析に関わるいろいろな問題が起きます。研究開発段階とか、製造工程、保管、使用中など、いろいろなフェイズで問題が起こると思いますが、そのようなときに私自身が気になっているところは、最終的に再現実験をやって効果を確認するわけですが、ここまでの時間がかかりすぎるということです。民間の場合にも、原因究明までに3カ月ぐらいかかる場合があります。3カ月、非常に時間がかかる。その原因としては、故障解析手順における「故障メカニズムの推定（一次）」に問題があると理解しています。故障の発生状況、発生部位等の情報に基づいてどういうふうなメカニズムでこの故障が起きたのか、よい仮説を発想・持つということです。仮説の具体的な表現ではと、幅広く考えて、消去法でいくことが基本ですが、最初にこれに違いないとパスや要因を一つに絞り、検証によりそうでなければ新たに仮説を考えて増やしていく。そういう進め方が日本の場合、多いわけです。

ここに示しているのは温度センサーの抵抗値変化のFTAで、松下さんの例です。こういうふうにトップダウンで、仮説を表現・展開してきて、最後は水分とかイオンとか、そのようなところに結びつけていくわけです。トップ事象と物理用との関係を明確にするために、中間事象を定義して、物理的なレベルに掘り下げているわけです。こういう形で仮説を表現しておけば、トップダウンで仮説の検証が可能になりますので、最初は抵抗値が減少するか増加するか2つですから、どちらの現象が発生しているのかすぐわかるわけです。抵抗値が減少している場合に、還元作用で変化したのかななどは、モノレベルで詳細に分析すればわかる。こういうふうにトップダウンで関係のないパスを除いていく。すると消去法になりますから、考えられるメカニズムを全体として明らかにしていく必要がある。そのようにトップダウンでパスを明確にして現象を表現する訓練をうけていない技術者が多い。あるいは躰を受けていないのが現状ではないでしょうか。そのため、技術者のほとんど90%が生きた臨場感のあるFT図を書けない、論理的思考をやっているようでやっていないということです。途中がブラックボックスになっている因果関係の解明というのが私の経験でいくと圧倒的に多い。

## 6. 工程の安定化と品質管理

つくるところのいろいろな話がここに書いてあるわけですが、つくるときにも、最近のようにコンカレント開発になってきますと、初期の段階から生産部門の人も開発に入っていくということです。今では、三次元のCADなんかありますから、いろいろ組み立て性とか加工性、そのようなところも見えるようにできるわけです。そのような意味で、初期

からいかにそのような方が入って参画していくかということが重要です。

もう一つは、情報を、資料、帳票によりの確に伝えて共有化していくことが、コミュニケーションをよくするには大事になります。関連帳票の例がここに書いてあります。つくるときの要になる帳票というのはQC工程表です。これがしっかりできていて、それをもとにして、例えば条件表とか、作業重要ポイント表、こういうものが整理されていけば、作ることに際しかなり品質レベルの高い、そのような体質になっているのではないかと思います。

## 7. 市場品質情報とフィードバック

最後に、情報を集め、そして活用していく、そのようなためには、ここに書いてあります信頼性手法を有効に活用していただきたいということと、そしてもう一つは、手法間の相方向の情報の流れ、そこがポイントになってくる。例えば先ほど評価の話をしましたけれども、評価をするときにどういう心配事があるか、そのような仮説が重要である。FMEAという手法を活用して、そのような仮説と結びつけた試験のやり方が大切のように思います。もちろん、故障解析を行う場合にも、仮説をどうやって表現するか。そこに力をかける、そのためにFTAを活用する。そしてまた、design review においても、レビューの前の design view が基本になる。そうでないと、design review は大体設計者のあら探しになる場合が多いわけです。支援や推奨事項を明らかにする活用になっていない。いろいろな情報をうまく相方向に流す。そのような形で活用していくような取り組みが大事になってくると思うんです。

そして、そのような情報の情報源というのは、これはある建設機械会社の例ですが、こういうふうに非常にたくさんあるわけです。そのような情報源を整備して偏りのない情報を集めて、それを開発をはじめとして業務プロセスの改善・改革に活用できるような体制に持っていくということが、再発防止、そして次の新規開発で今までと同じ問題を発生しないようにして未然防止していく、そのようなスパイラルアップに重要ではないかということだと思います。

おわりに

時間が短くて駆け足でお話をさせていただいて、理解していただくのは難しかったかと思いますが、こういう信頼性の問題というのは表面に出ると注目されるのですが、普段はなかなか意識して取り組むのが難しい、そのような中でぜひ先ほどの7つの事項についてご配慮をしていただくと、結果としてスピード、そしてコストの低減につながって、しかもお客さんに迷惑をかけない、総合的な管理が実現していくのではないかと、私自身は考えております。そのようなことについて、私が今までに経験しましたことを簡単にお話させていただきました。ご静聴どうもありがとうございました。

【栗木部会長】 ありがとうございます。

それでは、大変思い当たる節のあるプレゼンテーションの中身でございましたが、皆様、日ごろご関心をお持ちかと思えます。説明について質問とかご意見がございましたら、いただきたいと思います。

【五代委員】 大変興味深いに説明でございました。宇宙開発、特に日本の場合に当てはめると、競争が少ないというか、非常にパイも小さいということもあるんですが、したがって、伝統的な企業文化というのがそれぞれあるわけです。それをどういうふうに直すというんでしょうか、新しい時代に移すためには具体的にどんなふうなアプローチがあるのでしょうか。例えば非常に新しい分野とか、競争の激しい、さっきの自動車とか、そういうのとちょっとこの分野は違うところがあるのでどうしたらいいんでしょうか。

【宮村特別委員】 ご質問は、おそらく開発組織の話になるのではないかと思います。プロジェクト方式などチーム活動の進め方が、ポイントになってくると思います。そうしますと、チームの構成とか運営をどうするかということになります。お手元の参考資料として後ろのほうに載せさせていただきましたけれども、28ページのところを見ていただくと、そこに表1というのがあると思います。効果的なコンカレントエンジニアリング実践の指針というところですね。組織運用面について書いてあると思いますが、おそらく一番重要なのは、チームをあずかるリーダー、リーダーのリーダーシップだと思います。おそらくリーダーシップにかなり依存する。

そして、コンフリクトを調整してチームをまとめていく能力の高い方、そのような方をリーダーに選ぶ、そこが一番のポイントではないかと思いますね。そして、メンバーの役割、責任と権限をはっきりさせていく。そのような役割分担とともに、あわせて相互支援、資料には関係づくりと書いてありますが、それをどうやって行っていくのか。それらの中でも最も重要になると思われるのが情報とコミュニケーションです。私は、それらの4つの面が組織運用面で重要になってくると考えています。繰り返すようですが、そのような中でもリーダーのリーダーシップが一番重要になってくるということだと思います。

【山之内特別委員】 今の五代さんのご質問でございますけれども、私は企業の現場で長かったんですけども、組織文化を変える手法というんでしょうか、考え方というのは、オーガニゼーショナル・ディベロップメントの考え方があるんです、ODと言っておりますが。これはアメリカで生まれて日本に導入されて、日本の多くの企業で導入をしているんです。特に技術開発部門の活性化といひましょうか、先ほど宮村先生のお話で、いろいろな手法があるんだけれども、5ページのあたりで組織・運用面ということの重要性を指摘されましたよね。もしうまくいかないとするれば、7つご指摘になったそれぞれがうまくいっていないということもあるんだらうけれども、それとトータルにどうやって転がすのかというか、運用するのか。それは組織文化ということだと思うんです。それが五代さ

んのご質問に関連してくるんだと思うんです。

ですから、それは大きくはODという手法がございますから、それをこの社会科学の側面で、もう随分歴史もありますし、その専門家もいるわけがございますので、ただし、人間の体質を変えるのと同じで、組織の価値観、基本的な価値観になりますから、組織成員のベーシックな思考のパターンを変えるという話になりますから、相当時間がかかるんです。できますけれども、相当時間がかかるということは申し上げておかないといけないんじゃないか。ちょっと関連して申し上げました。宮村先生、これは一番、ここが中心だというふうに、いろいろなご経験からお考えでしょうか。

【宮村特別委員】 そのように思います。

【山之内特別委員】 手法以上にでしょうか。

【宮村特別委員】 はい。例えば30ページを見ていただけますか。例えば1つの企業でも、表の1を見ていただくと、大体、機能別組織か事業別組織になっているわけです。こういうスピードが重視されていきますと、下に書いてあるプロジェクトチーム組織になっていくわけです。すると、プロジェクトチーム組織の運用がうまくいかないというのは、簡単に言いますと、もとの母体部門である機能別あるいは、事業別組織の支援が受けられにくい。そのような場合に発生しやすいわけです。そういうものがうまくいく場合、いかない場合、どういう違いがあるかといいますと、その下の図2を見ていただくとわかりいいかと思いますが、プロジェクトチームの中でどういうことをやっているか、その中で十分対応できないような状況が発生したときに、母体部門の支援が得られるかどうかということになります。

すると、そのようなプロジェクトチームのいろいろ困っている様子を母体部門の文化に則した形で翻訳する必要があるわけです。そういう翻訳する役割を持った人をトランスフォーマーというんですが、ゲートキーパー的な役割とあわせてトランスフォーマーの人がいると、ああいうことはこういうことだよと、母体部門といいますか、違う文化のところにも伝わるようにうまく翻訳してもらえる。英語を日本語に、日本語を英語に、そのような方がいるとうまく違うのが融合できる。接着剤ですかね。界面をうまく接合するという、そのような方がいるかないかの影響は大きいと思います。

【栗木部会長】 たまたま宇宙科学研究所は、上杉先生はご存じだと思うのですが、実はプロジェクト型で組織が組まれておりまして、上の上司の教授が何をやっているかということほとんど意に介さずに助教授が働いている。すると、その助教授の人事、昇進はどうなるのかということとはよく問題になりますけれども、ほとんど宇宙研ではそのようなことはなくて、あいつはよくやっているというのはもう大体所長レベルでわかるものでして、そのようなことで困るということはめったにない。まあ、これは組織が小さいからだと思うんです。

実はこれに似たような話、私、古いNASAのレポートで読んだことがございまして、



カーカムさんご存じかどうかなんですが、まさしくこのプロジェクトチームをきのう、そのような職制に割って分けるか、縦のライン、つまり、マトリックスで見ますと縦軸と横軸がありまして、プロジェクトを組みますと横断的にいろいろな職制から人を引っっこ抜いてきてつくりたいといけません。その人たちの仕事の評価をどうするかということになったときには、私の読んだ古いNASAのレポートでは、そのプロジェクトの中で評価する。それが職制のほうに、いわゆるレファランシーとして提出される。たまたま宇宙研は小さいものですからそうなっていると思うんですが、上杉先生、いかがでしょう、このあたりは、

【上杉特別委員】 幸い小さいせいもあるでしょうけれどもね。ちょっと違う観点で言うと、今、五代さんの話にもあったんですけども、具体的にプロジェクトチームの中にロケットであり、衛星であり、具体例でやってみますと、その中にいろいろな企業が入ってくるわけです。それぞれのコミュニケーションというのは、場合によっては大変難しいわけです。そこをどうやるかというのは、まさに今、宮村先生がおっしゃったようにリーダーシップなんだろうと思いますね。だから、そこをいろいろな企業の人、例えばこの情報を出したくないというような場合が1つのプロジェクトの中でも出てくることがある。実際にそのようなこともありました。だけど、それはプロジェクトとして、そのようなことをされたのでは成り立たないということをプロジェクトマネージャーがうまくコントロールしてやっていかないと、その中で企業間同士がもめているような場合というのが起きやすいので、まさにさっき宮村先生がおっしゃったリーダーシップなり、プロジェクトマネジメントというのはそのようなことではないかなと思います。少し栗木先生の話されたこととは違うでしょう。

【宮村特別委員】 今、いろいろお話があったかと思いますが、28ページの表1に戻っていただきますと、その他のところに書いてあります。各メンバーの反応は、組織文化が違うことによる業務の進め方への不安とか、もう一つは個人、チームでやるということは、創造性を喪失するのではないかと不安のような話が出てくる。3番目には不適切な業務評価システム、そのような話も出てきます。あとで統合すると、統合のコストがかなりかかる。そのようなこともあわせて考えていく必要がある。そのような意味で、プロジェクトの組織、運用というのが非常に重要であるというはおっしゃるとおりだと思います。

【栗木部会長】 ほかに質問はありませんか。

【井口委員長】 1960年代、私はまだ大学院の学生のころですけども、先生からアポロ計画を始めるときに、まずアメリカがやったことはプロジェクトマネージャーを育てる教育から始めたという話をよく聞かされまして、今、日本でそのようなプロジェクトマネージャーを教育する機関、組織はあるのでしょうか。あるいはアメリカにあれば、カーカムさんに後で伺って、勉強しに行ったら良いのではないかという気がするんですが、

日本ではどうなのでしょう。大学に直接はそのような学科はない。

【山之内特別委員】 大学には千葉工業大学にプロジェクトマネジメント学科というの  
ができて、そして完成年度を迎えたんです、去年、この前の3月ですが。そこをベー  
スにしてプロジェクトマネジメント学会という学会ができて、私、ちょっと押しつけ  
られて初代会長をやらされたんですが、ですから、そのような面では大学も遅ればせなが  
ら、動いていますし、学会もできましたので、少しご紹介しておきます。

【井口委員長】 二、三カ月勉強に行けば、大体もう役立ちますか。

【山之内特別委員】 いやあ、二、三カ月で済むかどうかは知りませんが、それはアジ  
ア系の留学生も随分来ておりまして、4年かけてきちっとプロジェクトマネージャーを育  
てるということです。

【井口委員長】 わかりました。

【上杉特別委員】 NASAの教科書で、プロジェクトマネジメントの教科書がござい  
ますけれども、これに書いてありますのも、結局、二、三カ月で学べばできるというよ  
うなものではなくして、特にプロジェクトマネージャーというのはどういうものかという  
と、徐々に下からいろいろな経験を積んでいった上で、例えばシステムマネージャーとい  
うレベルもありますし、そのようなことを積み重ねて、まあ、年まで書いてありまして、30  
代後半から40代ぐらいの元気のいい人間というような書き方になっています。資質も  
もちろんあると思いますけれども、やはり経験を積んでいかないとできない。大学でちょ  
っと二、三カ月勉強したら立派なプロジェクトマネージャーで通用するかという、かなり  
難しい。

【井口委員長】 ですが、何も知らないでやっているよりは良いのではないかと  
現状を、今どうやって改良するかを考えたときに、少しは経験も、今のプロジェクトマ  
ネージャーは、あるわけですから、そのような勉強を系統的に、どのくらいの期間かはわ  
かりませんが、そのようなところへ行ったら、もっとよくなるのではないかと  
いう、それは期待で申し上げる。

【上杉特別委員】 それはあると思います。プロジェクトマネージャーというか、シス  
テム工学というか、そのような考え方の講座は、アメリカへ行って勉強する。まあ、うち  
でもあることになっていますけれども、なかなか難しい状態ではありますけれども、結局  
は、宇宙研ですと、オン・ザ・ジョブ・トレーニング的に教育するということになってし  
まいますけどね。

【宮村特別委員】 日本の大学では、プロジェクトマネジメントが学問として認められ  
ていないという、そのような問題があると思います、しかし、これからは実践的な教育も  
重視されるようになってくるといいます。大学院で社会人対象なんかのフレームで考える  
といいかもしれませんね。

【栗木部会長】 先に習ったほうがいいのか、どこで習ったほうがいいのかということもあ

りますね、そのような教育を。ある程度現場を見てからのほうがいいか、最初に習ったほうがいいのか。

【山之内特別委員】 マネジメント教育は、栗木先生がおっしゃるように、実務経験があって、現場的な問題意識を持って大学院で学ぶというのが一番良いですね。

【栗木部会長】 そうですね。

【上杉特別委員】 考え方としては、井口先生がおっしゃったように、若い時代からシステム工学的な考え方を入れるという意味ではいいと思います。それは若いうちからでもできるでしょう。

【栗木部会長】 ほかに何かございますでしょうか。

それでは、よろしければ、次の議題にいきたいと思います。どうもありがとうございました。

## (2) NASAにおける宇宙開発プロジェクト評価システム

2番目の議題は、NASAにおける宇宙開発プロジェクト評価システムです。宮村先生的話とも関連するところが多いかと思えます。この議題につきましては、現在米国大使館でNASAの日本代表を務めておられます、ギルバート・カーカムさんにご説明していただきたいと思えます。

カーカムさん、大変日本語が達人なんです。それで、事前に相談しまして、どちらでプレゼンテーションをしていただけるかとお話ししたら、やはり英語のほうが楽だとおっしゃっておられますので、お任せしますということで、英語でやっていただきます。その後の質疑応答は、もう日本語でも、ちゃんと理解していただけますので、ご随意に、日本語、あるいは英語、どちらでも質問していただければと思います。ただ、返事は、英語になるか日本語になるかは、カーカムさん次第ということですので、よろしくお願いします。

【カーカムNASA日本代表】 ありがとうございます。とりあえず、突然に日本語になっちゃって申しわけないんですが、自己紹介をしますと、私が97年に、こちらのアメリカ大使館初代のNASA代表として参りまして、それから、もう4年目になりますが、それにしても日本語はまだ達人ではないところがいっぱいありますので、ご勘弁をお願いしたいと思いますので、英語でやらせていただいて、それで、ご自由に、日本語でも英語でも、そのほかの言葉はちょっとわからないのですが、質問していただければと思います。

I want to address how NASA conducts external reviews and then how NASA conducts agency-level reviews. The terms are perhaps confusing. External reviews can mean many things. I want to focus first on the NASA Advisory Council.

In the way of conducting a project or a program, the NASA Advisory Council is

considered to be an external kind of organization. It is, however, an organization that is conducted by NASA. The NASA Administrator appoints the members of the NASA Advisory Council; the specific recommendations are given to the NASA Administrator, and they are worked by NASA on NASA's discretion.

There are other kinds of external reviews, of course. Going down the line, the Aerospace Safety Advisory Panel, ASAP, is an external review similar to the NASA Advisory Council. However, purely external reviews, those that are completely outside of NASA, are: the GAO, General Accounting Office; the Inspector General; the National Academy of Sciences; National Research Council, Congress, ASTAC, and OMB.

We have a long tradition of conducting reviews. Our tradition extends back almost 85 years, to the establishment of the National Advisory Committee for Aeronautics, which was then known as NACA. This committee was founded in 1915, but it was governed by an advisory council. The advisory council actually gave recommendations for the policy and the guidelines that this organization NACA was to follow. NASA then, as you all know, was founded in 1958. We immediately created a new advisory committee structure to help this new agency. We then experienced some setbacks in 1967 with the fire in the Apollo 1 module that led us to establish the Aerospace Safety Advisory Panel. And that is our oldest panel still existing, you could say.

In 1971, we established two more advisory panels: the Space Program Advisory Council and the Research & Technology Advisory Council. So in 1971 we had three different advisory organizations and we then continued our work. However, that very next year, we were given a new set of legislation which affected our advisory council structure. The Federal Advisory Committee Act was passed in 1972, and the purpose was to make sure that all of our advisory council activities were done in a public forum with open procedures, that uniform procedures were used and that we were accountable to the committee's recommendations. So after that point, all of our activities were constrained, you could say, by this government act.

In 1977, we decided to combine the Research & Technology Advisory Council and the Space Program Advisory Council, those two councils that we had established in 1971, into one committee called the NASA Advisory Council. And now we have just two advisory committees within NASA's structure that advise the Administrator on safety issues and programmatic issues. And as I said earlier, outside of these two what I'm calling external groups, we have other external groups that are completely separate from NASA.

The purpose of the NASA Advisory Council is to review our agency policies,

programs and strategies, advise the agency on the strategic goals and objectives, assist the agency in evaluating of performance, to serve as a consultative board for the NASA Administrator, and then to focus on particular issues, which the NASA Administrator has identified as issues that need focus.

The areas of recent focus for the NAC, which many of you are familiar with, are: faster, better, cheaper implementation (the FBC goals that were outlined by Mr. Golden early in his administration); next generation launch vehicles; the government performance results act implementation-(that's the GPRA, a federal act that affects not only NASA but all government agencies); the space station; and safety and workforce issues.

There are seven standing committees of the NAC. They respond to five of our enterprises. We have five enterprises: the Office of Space Flight, the Office of Aerospace and Technology Development, the Office of Earth Science, the Office of Space Science, and then the Office of Microgravity Utilization and Human Research.

We also have two additional standing committees that correspond to our Minority Business Resource Advisory capacity, which advises our "Code K" or our small and disadvantaged business office. And then our Technology and Commercialization Advisory Committee, which is advising the Office of the Administrator Chief Engineer.

The membership of the NAC is very large. It consists of about 18 to 25 members. They are selected from a broad range of capabilities. By law they are covered by Conflict of Interest Laws, which means in fact that they are subject to the same restrictions as NASA employees. They must sign disclosure forms which indicate what kinds of interests they hold in U.S. companies and foreign companies. That information then is used to define what kinds of discussions they may or may not participate in. The NAC consists of the chair and its general members. All the chairs of the standing committees and then ex-officio, the chair of the National Research Council's Space Studies Board, the chair of the Aeronautics & Space engineering Board, and the NASA Deputy Associate Administrator. So there are always at least eight members, and then an additional ten who represent outside areas of expertise on the NAC. We change the positions every two years and we do not provide any compensation for the NAC members other than we provide them with the cost of their expenses for attending meetings, but they receive no salary from NASA.

Just to give you a schematic of how the flow of advice works, the NAC recommendations are provided to the NASA Administrator; standing committee recommendations are provided to the NAC and also to the Associate Administrator for

the specific activity. If it's the Standing Committee on Earth Science, they provide their recommendations to the NAC as well as to the Office of Earth Science. And if there are subcommittees under that standing committee, then they provide their recommendations up and also across to NASA. NASA is not required to accept any of the recommendations from the NAC. We view their recommendations as recommendations only, but we have no legal requirement to accept those recommendations or those actions.

Just to give you a little bit of background on the FACA, the Federal Advisory Committee Act, basically, as I said, it is established to create an open and fair system that all U.S. citizens and non-NAC people can understand. Essentially, the Executive Secretary for the NAC is responsible for making sure that the FACA rules are adhered to. All our meetings are open in the NAC, except for those that represent issues of national security or which maintain some proprietary information. We are able to have non-FACA meetings, or closed meetings of the NAC, if they are information gathering meetings only. An example of that would be where the NAC is reviewing the space station program, it may have a meeting at Houston, to gather information about the status of the space station program. And then in that meeting, which would be closed, they could talk about the information that they receive. However, should the NAC then make any decisions or recommendations based on that information, they must do that in an open forum. So that's the distinction. If it's information gathering, it can be closed, but any decision making, any recommendation making must be done in an open forum.

Just to give you a close look at who supports the NAC, the NAC is supported by the NASA Office of Policy & Plans. The NASA Office of Policy & Plans provides the staff support to the NAC, a further indication of the close connection between NASA and this advisory council.

Moving on to agency-level reviews, I would like to discuss this chart in detail because it is somewhat complicated. I'm sure that many of you are familiar with the structure of programs; they resemble the structure in Japan. The phases are very similar. We have key activities within those phases that also resemble what is true in Japan. In terms of our terminology, it may be a little bit different. For pre-phase A we call that pre-formulation. Phase A and phase B we call formulation. And then phases C through E we call implementation. This is important when we start thinking about the NASA internal reviews, or the agency-level reviews, because essentially we conduct reviews at each of these stages--pre-formulation, formulation, implementation--and then there's a fourth stage, which is evaluation. Evaluation is a subprocess that is

conducted throughout all these stages.

We also conduct Program and Project Milestone Reviews, such as the Conceptual Design Review, Systems Requirements Review and Systems Concept Review, PDR, CDR and MRR. The Concept Design Review is a very, very preliminary review that is done to establish a concept for a particular program or a project. All program and project concepts must be aligned to the NASA Strategic Plan. So one of the first parts of this review is to identify the connection between the project or the program and the NASA Strategic Plan. We then hold System Requirement Reviews/System Concepts Reviews, and then the Preliminary Design Review, Critical Design Review, and Mission Readiness Reviews.

I think the area that you may be most interested in, though, is the second-to-last line on this chart, which is: NASA Approval and Review Milestones. These are conducted at the stages, as I mentioned, of preformulation, formulation, implementation, and then evaluation. Our first review is the Fundamental Authority Document (FAD) Review. This FAD Review is the fundamental authority to begin the formulation of a program. After that point, we then hold either an Independent Assessment (IA) or a Non Advocate Review (NAR). The decision on whether or not to hold an Independent Assessment or a NAR basically relies on the size of the program. If the program is very large and complicated, like the International Space Station Program or the CRV (Crew Return Vehicle), we then decide to hold an IA. An IA involves many people, a lot of time, a lot of dollars. I was told that the typical IA generally involves up to 40 people and can take up to three months to complete. The cost of an IA is around \$200,000. So quite a lot of resources are involved in the IAs. As a result, we don't conduct many of these types of reviews. We generally conduct a NAR for every project and for most programs. It is our essential review before deciding on a Program Commitment Agreement (PCA). And this NAR is usually conducted over a period of a week, with very few people, sometimes as little as seven or less. Then we hold IRT reviews--which I'll get to later--at various times during the program, to make sure that the program is being conducted in the way that the PCA was established at its end of phase B stage.

So just to go on to give you a little bit more detail in definitions, the Independent Assessment, as I said, a validation of advanced concepts developed to satisfy an enterprise strategic goals, so Independent Assessments are conducted to make sure that the program is meeting the objectives in the strategic plan, and Non-Advocate

Review (NAR) is an analysis of the proposed program or project by a non-advocate team. As I said, that's always conducted for projects and for some programs. And then the Independent Annual Review conducted to analyze the performance of the program. And sometimes we hold External Independent Readiness Reviews (EIRR), which is more of a technical review. You could think of the IAR as being a programmatic health check and the EIRR as being a technical health check. We also conduct Product Integrity Reviews, Engineering Peer Reviews, and Critical Milestone Reviews. I think most of you are familiar with those. They are more detailed than perhaps you want to get into right now, but I'd be happy to entertain questions later.

With regard to our Approval and Review Milestones, essentially, reviews are conducted to support the Administrator in approving all development activities. So we conduct a review to help the Administrator make decisions. We conduct independent and multidisciplinary analyses so that they may move from stage to stage, and we do these to improve the quality of our program planning and we conduct these reviews. And the products of those reviews are then provided to the Program Management Council. These reviews are supported by the Independent Programs Assessment Office. The IPAO has approximately 31 people in it. They chair or cochair our IAs, our NARs, and our IARs, but the rest of the membership of those reviews is called from the agency or from outside sources like the Aerospace Corporation, some of our Federally-Funded Research and Development Centers (FFRDCs).

Just to give you a schematic on where the products are sent within our structure, our centers have program reviews that are conducted within their programs. They are responsible at the center level for maintaining and insuring product integrity and they do that by conducting in-depth Engineering Peer Reviews. And they do these at program critical milestones, such as the PDR, the CDR, Flight Readiness Review. Often times, they have Red Teams help them in this effort. These Red Teams also provide independent assessments.

The enterprise--these are the functional offices within NASA. These functional offices, like the Office of Space Flight, the Office of Space Science, the Office of Earth Science, they have monthly program project reviews which receive information from and give information back to the Centers. They also receive some guidance from the External Independent Readiness Reviews. And based on their reviews, they provide guidance information to NASA Headquarters, to the PMC, the quarterly program status review with Code A. And then, on the independent assessment area, as well as receiving information from the enterprise, the PMC also receives guidance from our



Independent Annual Reviews, Non-Advocate Reviews, and Independent Assessments.

To go in a little deeper on what an Independent Assessment is, the Independent Assessment is conducted again in the early stage of a program, before the Program Commitment Agreement has been signed and it's to provide timely, quality, interdisciplinary analysis and assessment in order to validate requirements and design integrity, performance, system and subsystem trades, life-cycle cost estimates, schedule estimates, risk and mitigation approaches, technology issues. As you can see, a long list of requirements that they must provide, and hence the amount of time and cost for these reviews increases. Of course, they provide their results to the PMC.

They have teams of members, as I said, up to 40 members, three-to-six month assessment. They analyze project generated information; they conduct the independent analysis; they emphasize those areas that are high risk and of special interest to the management, and they report their findings accordingly.

The criteria for conducting an IA are listed here. It must be critical to the strategic plan; high risk; the program or project must require significant resources in order to have an IA review; it must be a multicenter effort; highly visible; international implications; or special projects of interest to the Administrator. So any one of these criteria can cause the NASA program council and the Administrator to call for an Independent Assessment.

Non-Advocate Reviews, which are conducted later in the formulation phase, identify the areas that the program commitment agreement needs to focus on. These reviews ensure the continuity of all of our reviews and membership, establish standards for review conduct, and they conduct special assessments. Again, these reviews are smaller reviews; they are shorter reviews; they don't take merely as long or as much money, but they rely on the same kind of skills as the Independent Assessment experience-based judgments. They also provide their reports to the NASA Administrator and the PMC.

Success criteria for the NAR. First, program project requirements must be clear and compatible with NASA policy. The NAR must make sure that these requirements are clear. Once they have determined that they are clear, then the Program Commitment Agreement can be signed, but if the NAR finds that the requirements are not clear or not compatible, then of course the project and the program need to go back and revise their requirements. They have to be allocated clearly in the plans; technical plans and schedule must be clear and realistic; technical risk has to be identified; adequate technology development has to be in place, and resource estimates have to be

reasonable; finally, planned management processes have to be adequate in order to accomplish the goals of the proposed plan or project.

The IAR success criteria are similar, although these are conducted at a later date to gauge the health of the program as it is identified in the PCA, in the Program Commitment Agreement. And we conduct these IARs, as I said, on a regular basis during the implementation phase.

Guidelines for conducting the reviews. They have to be done with integrity, with objectivity; they have to add value and they have to maintain high standards of professionalism. And we conduct these independent reviews and assessments by rigorously establishing procedures through defining terms of reference, maintaining good documentation, giving continuous feedback. We also conduct sensitivity analysis of unresolved difference, those differences that are not resolved, between what the review is requesting and what the program office has decided its approach is. And then we emphasize teamwork within the reviews. And as I said, the IPA office is the supporting office for the conduct of these reviews.

All of our reviews--our IAs, our NARs, our IARs--are conducted as very serious reviews. The recommendations that are provided to NASA are provided as actions in the PMC, the Program Management Council. So let's take the example of the IA, for instance. And IA on the crew return vehicle might make some actions for the PMC to consider. Let me give one hypothetical example, that the crew return vehicle must be able to support the return of eight people. Of course, this is hypothetical. Actually, requirement's for seven, but, say, the recommendation from the IA goes to the PMC as eight people requirement, the PMC at that point can debate the recommendation, and they can take the position that eight person crew return vehicle is nonsense; we only have the room for seven people on the space station, so we don't need eight. Then the IA may rescind its action. However, if the PMC decides that the IA action is acceptable, then that action is taken by NASA headquarters and is inputted into a action-tracking database. All actions that arise, then, from the IA or from the NAR or from the IAR are actions that NASA headquarters tracks and follows until those actions are completed. So, different from the NAC, NASA must act on the recommendations of the independent reviews if they are acceptable.

So that is basically the end of my presentation. We could talk about some of the case studies that exist from some of the reviews that we have conducted, but there's still some time left, so perhaps we should go into question and answer instead.

【栗木部会長】 ありがとうございます。

それでは、ただいまのカーカムさんのプレゼンテーションにつきまして、質問、コメントなどございましたら、お願いいたします。

【長柄委員】 どうもありがとうございました。簡単な質問なんですが、この17ページのところのNASA Approval/Review Milestones のところの、IAの下に書いてあるICE、それから、右のほうに書いてあるIRT、これは何ですか。

【カーカム NASA 日本代表】 Right. The difference between the IA and ICE. The ICE is a Independent Cost Estimate. The ICE is usually conducted with the IA. We conduct both at the same time, in order to identify not only the program requirements, but also the cost requirements for the proposed project or program.

And the IRT is an Integrated Review Team, and the IRT is a new review. In some ways it combines the IAR and the EIR, the Independent Assessment Review and the Engineering Independent Review. So it combines the program health check and the technical health check into one review called the IRT. We are starting to conduct more IRTs now and less stand-alone IARs or EIRs.

【栗木部会長】 ありがとうございました。

【市川特別委員】 ありがとうございました。Advisory Council のことについてお伺いしたいのですが、FACAの requirementを見ますと、このカウンシルについて、それをつくったり、マネージしたり、agendaを設定したりすることが全部NASAの仕事、NASAの responsibility になっておりますね。メンバーシップもそこが決める。そうしたときに、この Advisory Committeeは、ほんとうにNASAから independent であり得るのかどうか。殊に secretariatが独立したものであるのかどうか。それから、出された recommendation は法的には義務がない、とおっしゃったと私は理解したのですが、実態としてどのように、administrator のほうで公表されているのか、教えていただきたいと思えます。

【カーカム NASA 日本代表】 Excellent questions. The NAC is, as you say, supported by NASA. Its membership is basically appointed by the Administrator; its charter is developed by NASA; and its recommendations go to NASA without the requirement that they be acted on. And yet, because of the terms of the FACA, we are required to make sure that the reviews are conducted in as independent a manner as possible. As a result, NASA is placed in a very peculiar situation, having to find very non-biased and independent members who are acceptable to the NASA Administrator. And in most cases we are very successful. In fact, I cannot think of many examples where we have found that the advice of the Advisory Council was so close to NASA's own direction that it did not add any value or did not improve the program.

I think it's also instructive that the terms of the NASA Advisory Council members

are only two years, with the possibility of extension for two years. No more than four years can any member serve. That places an additional burden on NASA to maintain new and very independent opinionated council members on its committee. I think you're right. It's not a purely independent system, but it as close to being independent as we can make it.

【樋口特別委員】 どうもきょうはありがとうございます。質問と、半分感想なんですが、思うに、わかりづらいので、例えば1つのプログラムで、普通的设计審査のほうは大抵イメージがわかるのですが、インディペンデントのレビューといいますが、評価に、プログラムなりプロジェクトオフィスはどのくらいリソースをかけているのか。ガイドラインがもしあるなら知りたいし、なければ、感覚的に、プログラムオフィスがどのくらい対応するために時間なり、マンパワー、あるいはコストをかけているのか、パーセントみたいなものがわかるとありがたいのですが。

【カーカムNASA日本代表】 That's an excellent question. One of the requirements for conducting the Independent Assessment Review is that it is conducted coincidentally with the program's Critical Design Review. So the Independent Assessment Review is conducted at the same time as the Critical Design Review. In that way, the program doesn't have a great burden in responding to the needs of this Independent Assessment Review. These reviews are short, though. They are only about two to three days in duration. So there is some program resource that is required, but because it's conducted at the same time as the CDR, it's minimized.

【樋口特別委員】 我々も同じようなことを考えているんです。宇宙ステーションで、随分いろんなレビューが出ていて、あれはいわゆるCDRだとか、PDRと同じではできなかったと思うのですが、あのレビューの姿を見ていると、プログラムが進まないで、レビューだけというような印象を持って、あれは非常に特殊な例だと考えたほうがよろしいのでしょうか。

【カーカムNASA日本代表】 Yes. I think that is a particularly complicated program, and therefore it is a unique example. The program offices, frankly, feel that they have too many reviews for which to respond to. And as a result, NASA has made efforts to combine the reviews so that they are conducted at one time, so that, for instance, the NASA advisory council is conducting its review on space station at the same time that the Independent Assessment Review is being conducted, at the same time that a Red Team is conducting its review on space station, in order to decrease the burden on the program.

【樋口特別委員】 2年で評価の人たちがかわるというお話なんですが、しかも3カ月なり、集中的にやられる。そういう人たちをいつも何十人と集められるのですか。最大4

年だとすると、そんなにいつもいい人が、評価担当者としてアメリカ全土から集められるのでしょうか。

【カーカムNASA日本代表】 Sorry if I wasn't clear on the distinction. The four-year term limit is for the NASA Advisory Council only. The NAC has approximately four meetings per year. Each meeting is about two to three days. The Independent Assessment Reviews, the Non-Advocate Reviews, and the Independent Assessments, those are conducted with agency resources or non-agency organization resources. And those members can maintain their membership for as long as NASA believes it's appropriate.

【栗木部会長】 NACの仕事といえますか、作業、ここにリストアップされているのを見ますと、大変宇宙開発委員会とよく似ておりまして、ただ、宇宙開発事業団の理事長に任命されていないという点が違うかなと思いましたが、私、気になりますのは、この external なレビューで、仮にNACがいろいろなアドバイスを出して、特にアドミニストレーターにレポートした、それはほかの agency-level のレビューもある。その報告もあった。その間に齟齬があった、あるいは違いがあったときには、アドミニストレーターの判断に全く任されるということですか。それとも途中で何か、途中のレベルの何かアセスメント、あるいはフィードバックがあって途中のレベルの判断を聞かれるか、具体的にはどうやって、全部のレビューの報告がアドミニストレーターに行くというのはなかなか考えにくいような気がしますが。

【カーカム NASA 日本代表】 It's a fact that the recommendations all go to the Administrator eventually. The difference between the NAC recommendations or the review recommendations is that the NAC recommendations go directly to the Administrator. The review recommendations go to the PMC first, then, they deliberate on those recommendations, and they either accept them or they don't. They either successfully accept them or they successfully defend against them and defend against the adoption of those recommendations. So that's one difference.

If there is a disconnect between the recommendations of the NAC that go to the Administrator and the recommendations of the independent review teams that are accepted by the PMC, if there's a disconnect that isn't resolved, then the Administrator will likely call for a special review in order to assess those differences. He's done that most recently with the Mars Program.

【栗気部会長】 私も、今のレビューというものを伺ってまして、先ほど宮村先生が言われた、審査をするのではなくて、透明にするんだという精神がある。それにしても数が多いなという感じはいたしましたけれども。

ほかに何かございますか。

【井口委員長】 私は去年まで自動車産業というか、民間の組織にいたものですから、その立場でもっているいろんな評価をするときに、例えば、あるプロジェクトが性能とか機能とか目的とか、どこまで到達したかということを見ると同時に、必ずそれに対して幾ら投資したか、お金とのバランスを常に考えてきました。1月から宇宙開発委員会の委員長になって、宇宙開発委員会というのは、ある種の評価は常に、例えば、報告を受けて、それに対して意見を言ったりするわけですが、お金の数字というのはほとんど出てこない。非常に違和感を感じています。とって、日本の場合には、お金というのはほとんど財務省との予算の支払いでお金が決まる。会計検査院がそれをチェックするというような形で、評価のときに、幾ら、どこに使われていて、それが妥当かどうかというのはなかなか評価の中に入ってこない。と同時に、私自身も、ロケットのある開発に幾らかかるのが妥当かという知識もない。そういう問題があるんですが、NASAの場合、たしか Independent Cost Assessment、それはどのくらいのことをやる、それがどのように、お金のことというのは、やはりアメリカの人も、研究者というのはそれを的確に幾らかかるのが妥当かという評価は、すべての人が得意だとは思えないんですが、その辺は具体的にどうしているのでしょうか。

【カーカムNASA日本代表】 I think it's a good question and one that we certainly don't have a perfect process for conducting it, as evidenced by our space station program shortfalls. However, we conduct an independent cost estimate in our Independent Assessments, using cost savvy, people who are intelligent about costing programs, budget people from our budget offices within NASA or people from outside NASA, like the Aerospace Corporation, who are well trained in program management from a cost perspective. That's not the only time that we conduct a cost evaluation, however. We also conduct cost evaluations during the implementation of the program as part of the IAR or IRT process. And there again, we use experts to try and give us a clear view of how the program is performing based on the cost estimates that it originally developed. But it's not a perfect system yet. We have a lot of room for improvement.

【栗木部会長】 ほかに何かございますか。

それでは、どうもカーカムさん、ありがとうございました。ぜひこれを参考にして、我々の資料づくりに役立てたいと思います。

一応本日の議事はこれで終了いたしました。次回の会合までに、これまで委員の先生方からいただきました意見をまとめまして、4月23日の会合に提出する資料をつくりたいと思っております。その作成のプロセスとしまして、山之内先生をはじめとして、何人かの方々に声をかけておりますが、4月17日の午後にワーキング会合を開催していただくことにしております。詳細につきましては、別途事務局から連絡いたしますが、もしご都合がつくようでしたら、できる限り多くの先生にご出席いただきたいと思います。

なお、そのワーキング会合の結果につきましては、その次の、次回会合に提出いたしますので、ワーキング会合は非公開とさせていただきます。NACのほうも、インフォメーション・ギャザリングはクローズドで、ディシジョンがあるとオープンと言っておりますので、そのスタイルにたまたま合っているなと思います。

それでは、補足、何か説明等ございましたら、事務局のほうから、お願いいたします。

【福田推進官】 2点、ご連絡いたします。先ほど栗木先生からお話がありました17日のワーキング会合でございますが、これは17日の2時から2時間ぐらいで開催したいと思います。場所は、この建物内の会議室を予定しております。

2つ目でございますが、先生のほうから、実際の宇宙開発の現場を見た上で評価の指針をつくりたいという要請がございましたので、連休を挟んだ期間、4月26日、5月7日、5月11日の3回、異なった場所の視察を計画いたしました。詳細につきましては、資料と共にお配りしてございますが、参加の可否につきましては、今週中ぐらいにご連絡いただくようお願いいたします。

以上です。

【栗木部会長】 それでは、これを持ちまして、第3回の評価指針特別部会を閉会いたします。

本日はどうもありがとうございました。

- - 閉会 - -