

## JAXA におけるロケットの打ち上げ失敗とその後

矢野 宏著「誤差のおはなし」182ページ「ロケットは飛ぶか？」から抜粋

1997年の後半から、当時の宇宙開発事業団（NASDA、現宇宙航空研究開発機構 JAXA）で、ロケットの燃料バルブの開発にかかわったことがある。一年前に、1999年に発射予定のロケットは多分落ちるだろうと予測した。

当時、300億円とも500億円ともいわれる税金を使ったロケットが落ちるのだから、予測が当たったからといってうれしいわけではない。また、ロケット全体にかかわったわけでもなく、その一部分であるバルブの開発のみである。しかし、そのような体験を通して分かることは、態勢の悪さである。仮にうまくいったとしても、そちらの方が偶然にすぎないとしか思えないということである。ロケットの開発はきわめて大きなシステムである。その一部分が悪いからといって、全体が駄目だと決めてかかるのは乱暴であろう。

しかし、ある一部分から全体を眺めたとき、これでは無理だと思ったということである。一言でいえば、**科学者であっても技術者ではないということである**。科学的には、前提をおいて解析をしてこうなるはずということとは言えても、技術的にはそうはならないことへの対策が不十分である。

### JAXAに送ったメール

1998年、日本の宇宙ロケット（HIIA）が打上で失敗した原因が、当時の宇宙開発事業団から「**海底から回収したエンジンの液体水素ターボポンプのインジューサ翼に大きな欠損した破面があり、この破面が極低温下で設計の範囲を超えたキャビテーションと振動による疲労破壊の様相が確認された。**」という発表が行われた。

いかにも科学的な説明で国民は騙されそうだが、ただ、事故が起こらないとわからなかったと言いつけているに過ぎないのである。（**想定外**）

このことを品質工学的に簡単に説明すると、あらかじめ考えられるノイズ（極低温下、振動による共振現象）に対して、インジューサ翼の「**機能性（ロバスト）設計**」が行われていなかったのである。

すなわち、**極低温下（-40℃）と極高温下（+80℃）や振動やキャビテーションの大小をN1（負側最悪条件）とN2（正側最悪条件）にとって、N1とN2の差が少ない設計条件を選んで最適化設計（ロバスト設計）を行えばよいのである。**

かつて松下電工に在籍された原和彦氏という方が、現在のJAXAに対して異議の申立てを、メールを使って行っていた。かなり手厳しく行っていて、いわゆるお役所的な回答では納得せず、これらのやりとりをすべて御自身のホームページで公開しているという話である。JAXAの困惑が目につくようである。

このような失敗は一時は騒がれるが、一般的には継続的な批判の厳しさが不足しているように思われる。一言でいえば、責任の所在があいまいである。結局は駄目なのではと予測した背景は、この責任態勢のあいまいさにある。

## 技術の責任の重み

JAXA も原氏への回答で困ったのであろう。最後には、執行役員が原氏に会って御意見拝聴ということになった。この会見の場面に、偶然に立ち会える幸運に恵まれた。このような場面に出て来られる方であるから、それ相当の柔軟性も備えておられた。JAXA 内でも専門の技術者の扱いには困っているという口ぶりであった。

## 技術者の能力の高さとは何か

つまり、ロケットの技術者は、自分たちは科学者でなく技術者であると思っており、しかも技術に対しては自信を持っている。大学はロケット工学の出身であるから、当然ロケットには詳しい。しかし、現にロケットが落ちるというのに、自分たちの技術の誤りであるとは思っていないらしいのである。つまり、何もかも正しいのに落ちるのは、自分たちの**責任範囲外**のことということになる。そのようなことを全部ひっくるめて見直すという立場はとれないらしい。あるいはこれが専門技術ということかもしれないが、このような専門だけでは不十分である。

科学的態度というのは、論理とか計算 ( $1+2=3$ ) というのを重視する。したがって、計算した結果が正しいと思っている人の中には、頭がおかしいのではと見られる人に会うことがある

すなわち、論理を立てるにしろ、計算をするにしろ、そこには前提がある。その前提に立って、ある程度細かいことは省略して行うのが、いわゆる数値解析と言われる計算である。したがって、近似的に正しいというべきであって、これを頭から信じてしまうのは危険である。しかし、一般にはこのような計算は普通の立場の人では難しすぎる。したがって、正しいものだと思ってしまう。そのために権威が生まれてしまい、権威が一人歩きをする。……

## JAXA との会見（大阪規格協会において）

2004年4月 JAXA から執行役と2名のプロジェクトマネージャーが打ち上げのための試験結果を持って訪ねてきた。

地上で燃焼試験を行って問題が起らず、1ヵ月後に種子島で打ち上げを行う予定だという質問に対して、私は「あなた方は科学的思考だからだめだ」と回答した。その意味が理解できたか分からないが、その後、品質工学を活用して HIIA から HII B の技術開発を行い、安定した打ち上げが実現できるようになった。

以下品質工学活用事例を JAXA のホームページから引用する。この掲示板の 2005 年にロケット打ち上げの失敗について発言して以来、最近のイプシロンロケットの打ち上げまで紆余曲折しましたが、今回 MT システムを使って、2 台のパソコンで制御することが話題になっています。ここまでの経過を書いてみました。

1998 年、日本の宇宙ロケット(HIIA)が打上で失敗した原因が、当時の宇宙開発事業団から「海底から回収したエンジンの液体水素ターボポンプのインジェーサ翼に大きな欠損した破面があり、この破面が極低温下で設計の範囲を超えたキャビテーションと振動による疲労破壊の様相が確認された。」という発表が行われました。いかにも科学的な説明で国民は騙されそうだが、ただ、事故が起こらないとわからなかったと言いつけているに過ぎなかったのです。

品質工学的に説明すると、あらかじめ考えられるノイズ(極低温下、キャビテーションや振動による共振現象)に対して、インジェーサ翼の「ロバスト設計」が行われていなかったのです。

JAXA(宇宙開発機構)は 1998 年に、ロケットの打ち上げを失敗して以来、最近では、HII B 形ロケットで成功を収めていることは、筆者の指導による下記のような品質工学の活用が大いに貢献していると考えています。

- (1) ロケット用エンジンのターボポンプ難削材の高速機械加工
- (2) ロケット、宇宙機の誘導プログラムに関わる最適化
- (3) 搭載機器データからの故障判定機能の設計

ロケットの点検で最も熟練の経験を必要とするのは、可動ノズルや姿勢制御バルブの駆動電流の波形の診断で、高度の技術的判断が求められるそうなのだけれど、イプシロンロケットは、この部分について、たった2台のパソコンで、MT システムを用いて、人工知能による判定を可能にしたのです。

イプシロンロケット診断では、18,000 項目を 1 秒で計算処理します。パソコンを利用してこの処理時間ですから、MT システムがいかに高速計算しているかが分かります。マハラノビスの距離の計算だけではなく、距離が大きくなりかけたときの診断時間が短いのも、MT システムの特徴です。

今回の成功には、アングルトライ(株)の手島氏の開発した MT システムのソフトが貢献しているのです。

以下は JAXA の HP から引用したものです。

品質工学の宇宙機への適用調査、検討

Study of application to quality engineering for spacecraft

宇宙開発事業団契約報告

NASDA Contract Report

■発行機関など

宇宙開発事業団

National Space Development Agency of Japan (NASDA)

発行年月日:2001-05-31

■抄録など

品質工学は、世界中で田口法として知られているが、日本の宇宙開発に対して効率よい技術開発を推進させ、その有用性を明確にする目的で本研究を行った。2つのワーキング・グループを組織し、以下の3テーマについて実験とデータ解析を行った。すなわち、

(1)ロケット用エンジンのターボポンプ難削材の高速機械加工、

(2)ロケット、宇宙機の誘導プログラムに関わる最適化(品質工学適用効果の評価)

(3)搭載機器データからの故障判定機能の設計(品質工学適用可能性検討)。

(1)では、高応力のかかるクリティカルな部品の加工で、ノイズに強い安定した高速切削の加工条件を検討し、これを量産に適用した。許容差設計を中心とした解析を行い、これらは機械加工の性能評価として高く評価された。

(2)のロケットの誘導計算では、加速度と機体姿勢回転レートなどをもとに、航法計算で位置、速度、姿勢などの現在状態量を計算し、エンジン特性を仮定して到達状態を求めた。各軌道要素の誤差因子に対する寄与率などの計算を行った。

(3)では、故障箇所、故障発生時刻、故障値、故障の種類などを変えて様々な故障シミュレーションを行い、残差データと比較検討して、故障の検知を行った。正常時におけるセンサの誤差の評価などが問題であった。

<http://kaz7227.art.coccan.jp>