

信頼度にコペルニクスの転換を

原 宣一

宇宙開発事業団はH-IIロケット5号機と8号機の打ち上げに続けて失敗した。失敗の原因はそれぞれ2段エンジンと1段エンジン作動中の破壊であり、ロケットはその性格上何よりも厳しい条件での設計が要求されていることを改めて痛感させられた。過酷な設計条件とされるF-1レーシングカーに例えれば、周回途中でエンジン故障によりリタイヤを余儀なくさせられたようなものであろうか。

これまで成功を続けてきた宇宙開発事業団のロケットの信頼性はどうなってしまったのかと訝る向きは多い。費用を掛けるべきところは効果的に信頼性の疑わしい部分に集中させねばならない。既に、宇宙開発委員会で今後の対策処置方針は決められ、宇宙開発事業団は改善策を懸命に実行に移しているところである。

さて、信頼性について人々の関心が集まったこの機会に、信頼性概念の誤用と思われる部分を示し、是正すべく諸氏の同意を得たい。

信頼性とは何であるかに関しては、世間の多くの本でJIS（日本工業標準）の定義（JIS Z 8115 信頼性用語）と本質的な差異はない。

信頼性とは、「アイテムが与えられた条件で規定の期間中、要求された機能を果たすことができる性質。」であるとされている。

品目（アイテム）というものが衛星のような複雑なものであれば、大部分の部品がうまく作動しても1個の部品の故障で全体が駄目になることもある。一つの部品の故障による失敗の場合でも失敗は失敗である。また、3年の作動寿命を期待していたのに10ヶ月で壊れてしまえば失敗である。

信頼性とは事後にその結果を見ると、その品目には「信頼性があった」か「無かった」かのどちらかであって中間は無いことが肝要である。

失敗してから「信頼性が無かった」と言ってもその当該品目に対しては後の祭りである。つまり信頼性とは事前に必要な言葉であることが判る。

しかし、神ならぬ人間は、二者択一の信頼性の有無、即ち、「成功」か「失敗」か、を事前に知ることは出来ない。ただ、その程度を「信頼性が高い」あるいは「信頼性が低い」と表すことが出来るに過ぎないのである。

高い低いの程度を表現するために、即ち信頼性を定量的に表現するために、JISでは信頼度という用語も次のように定義している。

「アイテムが与えられた条件で規定の期間中、要求された機能を果たす確率。」
つまり「信頼性が高い、低い」の程度は確率で表現するのである。

さて、この二つの用語の定義に関し、何もおかしなことは無いように見える。しかし、信頼性に関しては少しばかり世の中に混乱があると思われるのであるが、その根本原因はこれら二つの定義の中にある。

信頼性が「品目の性質である。」と、あたかもその品目の属性の一つであると定義すること自体は構わない。しかし、その品目が機能を果たすか否か、つまり成功か否かはどちらかであってその品目の属性として見れば、製造した時点で殆ど決まっているものである。ただ、その性質が機能を果たすか、果たさないかのどちらかなのは先述のように事前には判らない。人間が絶対的には知り得ないことである。

知り得ないものを定義してもあまり役に立たない。従って、意味のある定義は「信頼度」の方である。しかし、明らかに信頼度は品目の属性ではあり得ない。従って、信頼度の定義に含まれた確率はその品目の属性でなく、その品目に対する人間側の確信の度合いでなければ意味をなさない。

なお、品目の属性とは長さで示す大きさや質量などのように直接的に計れるもの、または機能・性能のように間接的に計れるものとして良からう。(注1)

論理的に整合を取り、信頼度の定義を役立つものにするためにも、信頼度における確率の定義を明確にする必要がある。確率を品目の属性として捉えるのではなく、その品目に対する人間側の確信の度合いとすることが必要である。

これまで信頼性工学の多くの文献において信頼度も品目の属性であるかのように取り扱われてきた。故障確率とは品目の故障する度合いを示すその品目の属性であるかのように取り扱われてきた。JISに確率の定義も示すべきであった。

JISに確率の定義は無いが、信頼性工学の分野では相対頻度の極限值とする定義が暗黙の内に採用されてきた。実際に従来信頼性工学が役立ってきたという観点からは、「確率」の定義が適切でなかったと言う方が適切でないかも知れない。しかし、論理的にはおかしいのである。

特に、宇宙開発のように数少ないデータから何が言えるかという考察を進めなければならないことが多い分野では、「確率」の定義を確信の度合いに変更する必要がある。

個々のものについては何も言えないが多くを観察すると全体としてはある傾向が見られる。このような現象を取り扱う手段として確率の概念が導入されてきた。多くを観察するとある値の近くに分布するといった傾向がある場合、個々のケースについて何が言えるかという問いである。

統計を取ると何らかの傾向が観察されるときに、その個々の事象について確

率事象として取り扱うということである。個々の事象について確率事象として取り扱う時の確率も、実世界では常に人間側の確信の度合いでしかない。

さいころ振りの例で、何回もさいころを振ると振った回数の1/6ぐらいで1の目が出るのが観察できる。大抵の人がそのような経験もしている。このようなさいころ振りであっても特定のさいころ振りのチャンスに1が出る確率を1/6と見ることは確信の度合いが1/6なのである。さいころの属性としては1が出るか否かのどちらかなのである。

人間が確信の度合いとして抱いた1/6をさいころの属性としての確率とみれば同じではないか、との反論に対して否定はしない。ただし、確信の度合いが先にあり、確率の定義もそのように書かれねばならない。

信頼度における確率とは品目の属性ではなく、人間のその品目に対する確信の度合いであるとしなければならないのである。このように「確率」の属性に対する解釈を物から人に180度変える必要がある。

このような解釈の転換によって何が変わるのであろうか。「確率」は推定するものでなく、割り当てるものであるすることにより、確率値を決める行為の方法が変わる。情報を得て推定していた確率は、情報を得て割り当てる確率となる。推定することと割り当てることの典型的な違いは次の通りである。

これまで推定の確かさに関する表現のために必要とされてきた天下りに導入される信頼水準というものが不要になる。長らく使われてきた MIL-HDBK-5 の材料許容値データの A 値、B 値という区分けも、単純に確率 99% 値、99.9% 値という表現で済むことになる。

少ないデータ量によって言えることは限られている。これまで試験データ不足にも関わらず「信頼度が低いとは言えない」というような表現で済ますことは無くなる。試験データが足りなければ、それらが全部成功であってもそのデータに応じたそれなりの信頼度であると言えるだけである。

必要な信頼度に足りなければもっと試験をして確認するか、低い信頼度でも本番に望むリスクを負うか否かの選択があるだけである。つまり、信頼度における確率の解釈を物から人に転換することは、定量的リスク解析 (QRA) に、そして正しいリスク評価に不可欠のことなのである。 (了)

(注1) 技術仕様書は3.項に技術要求事項を記載することになっている。技術要求事項とは品目に関して個々の属性がどうあらねばならないかを規定したものである。これらはすべて計測出来る量により、1点でなく範囲で示すことが必要である。そして4.項の品質保証条項は3.項の要

求が満たされていることをどのような方法で検証するかを記載することになっている。昔から、信頼度要求も3項の要求事項の1項目であったが、信頼度は品目の属性でないので検証方法が怪しかった。検証方法は信頼度予測という言葉で置き換えざるを得なかった。最近では「信頼度は要求しない」という例も出てきた。これは明らかに、技術の退化である。信頼度の意味を考えて、要求事項の一つとすべきである。この項目の検証方法には新しい考え方が必要である。