

## 宇宙保険から見た「衛星のリスク」

宇宙保険の特異性と衛星設計との関係にまつわる3つの話題

白井 恭一

慶応大学大学院法学研究科非常勤講師

元・東京海上日動火災保険株式会社

航空保険部部長

**筆**者は、保険会社で長年にわたって、宇宙保険の評価業務と引受け業務を担当してきました。保険会社でリスク評価を行う業務を「アンダーライティング」(underwriting)といい、そうした業務の担当者を「アンダーライター」(Underwriter)といますが、筆者は宇宙保険アンダーライターとして勤めてきた、といってもよいわけです。

実は、筆者が携わっていた業務は、保険業界の中でもかなり特異な分野でした。損害保険会社(生命保険会社を含みません)に勤務する社員数は国内だけでも約10万人に達していますが、その中で、宇宙保険の引受けに関与した経験がある人数は、累計でもせいぜい10数名でしょう。世界を見渡しますと、保険会社の数は数万に達するのではないかとされていますが、宇宙保険を「扱い品目」として持っている保険会社はたった40社にすぎません。つまり、世界の大半の保険会社は、宇宙保険を扱っていないのです。

なぜ宇宙保険は、それほど、特殊な分野なのでしょう？ もちろん、保険契約の総数、つまり保険契約の対象となる打上げ回数や稼働中の衛星の数が限られているということもあります。しかし、最大の理由は数多い保険の中でも宇宙保険がとりわけ難しい保険であるという点にあります。

宇宙保険は難易度の高い保険なのか？ たくさんの理由を挙げるのが可能なのですが、主なものは5つあります。

- (1) 保険価格(保険料率)算定の根拠となるべき統計データに乏しいこと
- (2) ロケットの打上げ失敗など保険金支払いの対象となる事故の発生頻度が高いこと
- (3) 一事故あたりのリスクが著しく巨大であり、保険会社としてもトップレベルの「体力」(担保力)が求められること
- (4) 保険設計を行うにあたり、衛星設計およびロケット技術に関する一定の理解が求められること、そして、
- (5) 保険金支払いの対象となる「損害」を定義することが極めて難しいこと

本稿では、衛星の設計、製造および利用の専門家の方々を想定して、宇宙保険と衛星技術の関係のご理解に役立ちそうなトピックスを3つ取り上げることになりました。そして、この3つのトピックスは、「宇宙保険が保険会社にとって難題である5つの理由」のいずれかと深い関係をもっているのです。

本題に入る前に、お断りしておかなくてはならないことが二つあります。

宇宙保険にはいくつかの種類がありますが、その中心となっているのが、ロケットの打上げ失敗あるいは衛星の不具合発生の際に保険金を支払う(補償する)タイプの保険です。本稿が扱うのは、このタイプの宇宙保険に限っており、ロケット打上げ失敗による被害者への賠償を扱う保険(第三者賠償責任保険と呼ばれています)など、他の種類の宇宙保険については扱いません。これが一つ目。

そして、二つ目は、本稿の目的は、宇宙保険の内容をご案内することではない、ということです。今回は宇宙保険がどのような内容の保険で、どのくらいの価格(「保険料」といいます)になるのかといった事柄は扱っていません。

それでは第一のトピックに入りましょう。最初にお話しするのは、「保険価格(保険料率)は統計データに基づいて決まる、という説明は正しいのか?」という話題です。

## 1. 「保険価格は統計データに基づいて決まる」は正しいのか?

教科書では、保険とはリスクを数量化し、「保険料」(掛け金)というコストと引き換えに、保険会社がリスクを引き受ける仕組みであると説明されます。仮に、「1,000回に1回事故が発生する」という統計的に有意なデータが存在すれば、それを引き受ける保険の価格は、補償額に「0.1%」を乗じた数値になります。(実際には「0.1%」に保険会社の経費率が加算され、「0.12%」あるいは「0.115%」といった数値になるでしょう。)

ここでのポイントは、「統計的に有意なデータが存在すれば」という前提にあります。筆者は、ある公式の場の発言で、経済学を専門とする大学教授による「保険は統計データに基づく事業なので、統計データが十分に整っていない分野については、保険会社はリスクを取ることができない」という発言を、耳にしたことがあります。この発言は正しいのでしょうか?

「保険とはそうあるべきだ」という観点からは正しいのかもしれませんが。自動車保険や火災保険が、基本的に、統計データに則って構築されていることも事実です。

しかし、宇宙分野を見ると、ロケットの打上げも、各衛星バスの軌道上での稼働年数も、まだまだ「統計的に有意」といえる水準に到達していません。もし、「統計的に有意なデータの存在」が保険成立の必須条件であれば、宇宙保険はそもそも成立しえないことになってしまいます。実際、これを理由に宇宙保険の引受けを行っていない保険会社は多く存在しています。

ところが一方で、統計データが揃わない分野ではあるものの、「保険会社にリスクを転嫁したい」というニーズは厳然と存在しています。むしろ、統計データが不十分な分野だからこそ、そうしたリスクを抱える企業(あるいは個人)が不測の事態発生への懸念を抱き、保険が必要だと考えている、という面もあるかもしれません。

一部の保険会社は、そうしたリスクを扱う保険も引き受けています。ロケット・衛星関連のリスクは、こうした分類に含まれることとなりますが、先ほどの説明の通り、このリスクを引き受けている保険会社も(世界にわずか40とはいえ)存在します。つまり、「統計データが十分に整っていない分野については、保険会社はリスクを取らない」という発言は、実態とは違っており、正しくないのです。

それでは、有意な統計データが存在しない宇宙保険のような分野に乗り出している保険会社はどうやってリスクを数量化しているのでしょうか?

保険会社でリスク評価を行う業務を「アンダーライティング」というと冒頭で説明しました。この問題は、したがって、「宇宙保険のアンダーライティングはどのように行われているのか」と言い換えることもできるわけです。

アンダーライティングの手法について、決まったルールはありません。各アンダーライターが自身の(あるいは所属する組織の)方針や伝統に拠っています。しかし、過去の統計データをそのまま価格にするような方針を採用しているアンダーライターはいません。

アンダーライターは、過去の実績値を見据えつつも、そこに独自の加工や切り口を加えます。そして、そこでは、過去の実績値の重視度合いが、アンダーライター間で異なっているのです。過去の実績値を料理の材料にたとえれば、素材の持ち味を相当重視するアンダーライターもいれば、調味料を加えたり、調理加工に工夫を凝らすアンダーライターもいる、ということです。アンダーライターは、独自のスパイスや調理法を用いて、それぞれが自身の料理を行っており、そこに個性の差が出ているわけです。

そもそも「過去の実績値とは何か」という意味がアンダーライター間で共通ではありません。ロケットでも衛星でも頻繁に技術改善が加えられていますが、リスク評価の対象にしているロケット・衛星が、「同じ事業者・メーカーのロケット・衛星」の過去データを援用しても良いリスクなのかどうかの判定は同じではありません。あるアンダーライターは、型式名称を変えていなくても、そこに大きな設計変更が加えられた、と判定し、過去の実績値に「新規性」を大きく加味して保険価格を上げるかもしれません。逆に、型式名が変更された衛星であっても、従前から確立していた技術を相当生かしており、そこには新規性があまりない、と判定したアンダーライターは、新規リスクと考えず、前の名称の時代の成績を適用するかもしれません。このように設計変更や製造方法の見直しなどをどう見るかについて、アンダーライター間の意見が分かれ、各アンダーライターの提示価格の差となってあらわれてきます。

アンダーライターは、こうして、自身の判断のみに基づいて、個々に価格を判定し、「自分が引き受ける分についてはこの価格」という形で保険購入の希望者に提示します。ここでもし、宇宙保険に「巨大性」という要素がなければ、一般商品の選定に見られるように「最安値を提示した入札者が落札」という構造で終わるわけですが、宇宙保険が扱うリスクは巨大であり、ほとんどケースについて、保険会社一社だけでの引き受けは成立しません。個々のアンダーライターによるリスク解析・検討フェーズは、実は保険価格(保険料率)決定のまだ前半戦であり、本番はここからなのです。衛星設計でいえば、ここまでは、ビームの形状検討や他衛星との周波数干渉などを一切勘案せずにアンテナ設計を考えているようなものです。

ここから宇宙保険市場という世界が視野に入ってきます。宇宙保険市場などと大げさな表現を用いましたが、実際には、わずか100数十人で構成されるきわめて狭い世界です。その100数十名はすべて相互面識があり、基本的には親しい関係を築いているのですが、アンダーライター同士が価格について情報を交換したり、協定を行うことは全くありません。宇宙保険市場の中で、互いに競争を繰り広げています。しかもこの競争環境は、アンダーライターAは、他のアンダーライターB、C・・・がどういう価格を提示しているかを知ることができない仕組みになっています。

例として、仮に、宇宙保険の補償額が100億円というケースを考えてみましょう。多くのアンダーライターがそれぞれの価格を提示しているとして、一番安い価格を提示したアンダーライターAの引受額が30億円だとします。そうすると、まずアンダーライターAが「当選」し、まず、30億円の引受け手が確定します。次に、二番目に安い価格を提示したアンダーライターBが10億円の引受けが可能だとすると、これで40億円まで埋まったこととなります。そういうプロセスを進め、引受け参加者の引受額が100億円になったところで手配が完了する、これが宇宙保険の手配の基本的な仕組みです。

さて、ここに「この保険には是非参加したい」という方針を決めているアンダーライターXがいます。この人は、すでに対象となっているリスクの内容を精査し、同じロケット、同じ衛星の過去のデータも調べ終え、リスクの精査の中で最も重要な要素である冗長設計度やSingle Point Failureの状況など(これについては、3つめのトピックスで取り上げます)の評価も完了しています。そして自分ではある保険価格(保険料率)を導き出しました。それではXは、この価格を素直に提示するのでしょうか？

違います。ここでは、「他人の動向」を憶測し、それを判断に織り込むことが必要になるのです。この状況は、毎年秋に世間の注目を集めプロ野球のドラフト会議に似ているところがあります。

おそらく、プロ野球球団の幹部やスカウトは、自分の球団がほしい選手をほしい順番に指名するわけではな

いでしょう。そこには、「他球団は誰を何巡目で指名してくるか」という読みが大きく影響するのではないのでしょうか？ ほしい順番では3番目に位置付けていても、他球団が早めに指名しそうだとする選手は指名順位を2巡目に繰り上げるかもしれませんし、逆に評価は2番目に高い選手でも、他球団が狙ってこないと思えば3巡目以降の指名にするとといった作戦をとっているものと思われます。

宇宙保険の価格提示も同じです。客観分析からは「保険料率 9.0%」と一旦判断したとしても、他のアンダーライターが8%台を提示してくるだろう、と読めば、「9.0%」ではなく「8.75%」で価格競争に参加する、というような判断をします。このように、保険のアンダーライティングとは、統計に基づく数学的なだけの世界ではなく、紛れもない競争の世界であり、そこには駆け引き、戦術が大いに判断に含まれてくるのです。互いの手の内が見えず、読み合いである点もドラフト会議との類似点だと思います。

宇宙保険市場のメカニズムは、ドラフト会議を連想させるだけではなく、株価にも似ています。株価では、どこかの誰かが「この株はいくら」と決めるわけではありません。そこでは数多くの投資家が個々に、対象企業の決算や業績見通しや、有形無形の資産の価値を分析して投資判断を下しています。しかし、論理的な結論だけで株価が決まるわけではありません。そこには、投資家間の思惑も働くでしょうし、経済全体の動向も左右します。宇宙保険の価格も同様です。統計データや保険契約の内容に基づくアンダーライティング判断が基礎に置かれつつ、同時に、アンダーライター間の思惑が大きく影響し、保険市場全体の基調も関係してくるのです。

「宇宙保険の保険価格は有意な統計データ(のみ)に基づいて決まる」という仮説が必ずしも正しくなく、実態とも合っていないことを、多少はご理解いただけたのではないのでしょうか？

## 2. ロケットという特殊な輸送手段の存在

衛星のリスクをめぐる本稿第二のトピックスとして、衛星の輸送手段としてのロケットの特殊性にスポットを当てたいと思います。

ロケットは、衛星という商品の輸送手段です。衛星事業を営む企業や政府機関は、ロケットという「物」を買っているのではなく、ロケットによる輸送という「サービス」を購入しています。これを契約の面からみれば、ロケット打上げ契約は、物を作る契約、つまり物品製造契約ではなく、サービス提供を約束する契約だということです。もっとも、引越し荷物を運ぶトラック運送契約と、衛星を運ぶロケット打上げ契約には、同じ輸送契約とはいっても、まったく異なる要素がいくつもあるのですが、それはまた別の機会に譲ることにしましょう。

数百年前の海上輸送では海難事故(海賊に襲われる事態も含みます)のリスクが強く意識されており、そうした時代背景がロンドンで保険という仕組みを生みました。もちろん今でも、海上輸送のリスクがゼロになったわけではないので、ほぼすべての輸送貨物に保険が手配されています。しかし、関係者が、輸送中の事故によって製品が目的地に到着しない、という事態を強く不安に思っている、とは言えないでしょう。せいぜい「万が一のことがあるかもしれないから念のために…」という感覚ではないのでしょうか？ 海上輸送に限らず、陸上輸送や空輸でも同じでしょう。

ところが、ロケットという輸送手段は、海上輸送、陸上輸送、空輸の場合とは比較にならないくらい失敗確率が高い。これが、保険会社が宇宙リスクを引き受ける際の躊躇要因になっている面もあります。そして失敗確率が「高い」だけでなく「高止まりしている」ことも宇宙保険分野に進出することを躊躇わせる原因になっています。

ロケット打上げの成功率は、技術の進歩とともに上がってきている、と考えておられる方は多いのではないのでしょうか？ 一般的に、技術の進歩とはそういうものです。しかし、統計をみると、これが必ずしも事実ではないのです。

次の表は、ロケットの打上げ失敗率を年代別に区切ってみたものです。ここでは1971年以降を取り上げました。

年代区分	打上げ回数	失敗回数	失敗率
1970年代(1971-1980)	1,215	76	6.3%
1980年代(1981-1990)	1,206	63	5.2%
1990年代(1991-2000)	856	61	7.1%
2000年代(2001-2010)	651	39	6.0%
2010年代(2011- 現在)	377	25	6.6%
1971年以降通算	4,305	270	6.3%

ご覧のとおり、10年単位で区切ってみると、ロケット打上げの失敗率は、5.2%から7.1%の間に分布しており、大きく変わったとはいえません。次第に成功率が高まっている(失敗率が下がっている)という傾向も観察できません。それどころか、最も成功率が高かったのは、まだまだロケット技術が発展途上にあったと思われる1980年代であり、現時点でほぼ半分が経過している2010年代は1980年代よりもはるかに芳しくない成績で推移していることが分かります。

つまり、この表が示しているのは、「目的地への輸送中の損壊発生リスク」が他の製品と比較して著しく高いという衛星にとっての宿命的なリスク要素があまり改善されていないという事実なのです。

第一のトピックスで、宇宙保険のアンダーライターが個々にリスク評価を行い、「実績値(素材)に対する調味料の使い方や調理加工の方法に、アンダーライター間に差がある」ということを説明しました。実は、ロケット打上げ失敗率のデータはリスク評価における重要な基礎数値の一つであるだけでなく、アンダーライター間の「調味料や調理方法の差」があらわれる好例なのです。

「差」が出る一つの視点は「傾向の勘案」です。「このロケットの失敗率は通算では8%だが、最近10回はすべて成功している。そうした成功率の改善傾向を織り込んで、アンダーライティング判断上の基礎数値としては6%とみなすことにしよう」と理屈付けするか、しないかによる差が生じます。

第二の視点は「分布の設定」です。これは、「ロケット全体の失敗率は6.3%だが、『成績の良いロケット』と『成績が芳しくないロケット』の間にどのくらい差をつけるか」という手法に関連します。あるアンダーライターは、成績が最も良いロケットには4%、しかし、芳しくないロケットには15%という大きな差をつけ、別のアンダーライターは6%と10%という比較的狭い分布を採用する、といった違いがあります。このとき、その「成績良好なロケット」に対して提示される料率には4%から6%までの開きが生じることになります。つまり、同じ統計データに拠っているにもかかわらず、提示される保険料率にこれほどの差が生じるわけです。

ロケットの特殊性、特に、打上げ失敗の発生頻度の高さが、宇宙保険に与えている影響はこれだけではなく、他にも多くの重要な事柄があるのですが、本稿では、ここまでにして、第三のトピックスに移りたいと思います。

### 3. 衛星の信頼性設計と宇宙保険の役割分担

本稿の3つめのトピックスは、衛星の冗長設計あるいは信頼性設計と宇宙保険との関連に関するものです。

第二のトピックスで、ロケットという特殊な輸送手段の存在を、「衛星にとっての宿命的なリスク要素」と申し上げました。同じように、「宇宙空間に到達した後は、修理あるいは改善が基本的にできない」という点も衛星にとっての宿命的なリスク要素です。

衛星に携わる方々にとって、この特性はもはや空気のような存在になっているかもしれませんが、考えてみれば、これはほかに類例を思いつかないような、きわめて特殊な制約条件でもあります。

軌道上で発生する不具合の中には、ソフトウェアによる手当て(アップロード)やステーションキーピングの工夫で対処可能な類のものもないわけではありません。しかし、基本は衛星設計における、ロバストネスの確保と冗長設計によって対応することとなります。

衛星関連の技術の進歩は、「打上げ後は修理ができない」という宿命との対決の歴史である、といえるのではないのでしょうか？ そして、宇宙保険の歴史も、修理不能という、ほかの物品にはないリスクの特性をどのように保険設計の中に収めるか、という難題との取組みの足跡でした。つまり、ロバストネスと適切な冗長設計を追求し続けてきた衛星設計の関係者と、修理不能という衛星の特性への対処方法を模索し続けてきた宇宙保険の関係者とは、ともに衛星の「宿命」に向かい合ってきたこととなります。

衛星設計の役割と、保険の役割とは、どういう役割分担を担っているのでしょうか？ この問題を説明するとき、筆者は、城の防御構造を例えとして使っています。



出典：地理院地図(電子国土web)(2015年8月時点)

江戸城のような大型の城が、外堀と内堀という二重の濠で城を防御していたことはご存じのとおりです。現代の東京では、内堀はほぼ原形通りに残され、皇居の堀として東京を代表する景観を作り出していますが、外堀は飯田橋から市ヶ谷にかけてと、四谷から赤坂にかけての区間を除き、埋め立てられてしまいました(御茶ノ水近辺の神田川も人工的に掘削された流路であり、事実上は外堀の役割を負っていたそうなので、この2か所だけ、という説明は不正確かもしれませんが)。しかし、八重洲から御茶ノ水を経由し、JR中央線に沿って走り、その後は虎の門から新橋へと皇居を回る「外堀通り」の存在が、今でも、かつての外堀の存在を呼び起すのではないのでしょうか。

衛星のリスク管理を江戸城にたとえれば、ロバストネスの確保および冗長設計は外堀に相当します。衛星設計におけるロバストネスが「外堀の厚さ・深さ」に相当し、冗長設計が「外堀と内堀の間の距離」に相当する、と言ってもいいかもしれません。

衛星の設計に携わる方々は、外堀を深く掘ることでロバストネスを上げ、外堀と内堀の距離を大きくとることで冗長度を上げておられる、ということもできるのではないのでしょうか？ 城の防御の観点からすれば、堀は深ければ深いほどよく、外堀から内堀までの距離が長ければ長いほどいいこととなります。しかし、そこには土木工事のコストや土地収用のコストが増加する、というトレードオフがあらわれてきます。このあたり、衛星設計における判断と似ているように思います。

城の防御方針の要諦を、「敵を内堀の中に入れてはいけないこと」と規定しますと、外堀が破られても、内堀が破られていない段階は、まだ城としては陥落していないといえます。衛星でいえば、これは、「冗長系は一部失われたが、まだ衛星の機能は所与の目的通りに維持されて状態」です。

しかし、残念ながら、外堀による防御だけで持ちこたえられず、内堀を超えて敵が侵入してきてしまうと、そこから保険の役割が始まります。保険とは、城の本丸にたてこもり、いざとなれば内堀の守りに出陣する役目の兵士のようなものです。すなわち、冗長系の喪失だけにとどまらず、不具合がそれ以上のレベルに達してしまったときに、保険の出番となります。保険は、ロバストネスと冗長設計でも対処しきれない事態に備えるためのリスク管理ツールであるといえるわけです。

本稿の最初のトピックスの中で、「保険とはリスクを数量化する仕組み」であり、そういう業務をアンダーライティングと呼ぶという説明をしました。これを城の防御の例えと組合せますと、アンダーライティングとは、「内堀まで破られてしまう可能性」の評価を行い、数量化する作業です。アンダーライターは、外堀の厚みや深さ(ロバストネス)や、「外堀から内堀までの距離」(冗長設計)を確認して、「内堀の内側に敵が侵入してくる可能性」を評価します。「内堀まで敵が到達する懸念」が低いと判断されれば、すなわち、ロバストネスが確保され、冗長設計が手厚ければ、アンダーライターが要求する保険価格(保険料率)は低くなります。保険の役割を本丸にこもる兵士にたとえましたが、外堀を深くし、外堀と内堀の間を拡げる方法を編み出す衛星技術の発展によって、城のリスクを下げ、本丸にこもる兵士の数を減らすことができる、つまり、保険料を下げることができるというわけです。

また、外堀が城を一周しておらず、内堀だけしかない方面があるとすれば、内堀が破られる懸念は深刻になるでしょう。衛星でいえば、これがSingle Point Failure(単一障害点)であり、保険会社は「外堀がないのはどの方面か」、すなわち、「どこにSingle Point Failureがあるか」を注視することになります。いうまでもなく、Single Point Failureがなければ衛星故障のリスクは低いとみなされ、保険料率が下がりますし、Single Point Failureがあれば、その分、保険料率が高くなる可能性があります。

以上のように、衛星設計におけるロバストネスおよび冗長設計と、保険は、両者相俟って、同じ「城を守る」(衛星の機能を保持する)ために機能しているわけです。

#### 4. おわりに

以上、衛星と宇宙保険にまつわるトピックスを3つ取り上げました。

保険は、リスクの存在があって初めて成立する事業であり、リスクがなくなれば、保険の購入者がいなくなります。しかし、逆にリスクが高すぎると保険会社自体も手を出せなくなるというジレンマを抱えています。宇宙保険の現状は、まだ「事故発生の頻度が高すぎ、リスクが巨大であり、不安定である」と受け止める保険会社が多く、そのために参画者が極めて限られてしまっている段階にあります。

いつの日か、ロケット、衛星技術の発展によって事故発生のリスクがゼロに近づき、保険の必要性が疑問視されるような時代が来れば、それは間違いなく、宇宙関係者にとっての理想郷といえるでしょう。しかし、それは保険会社にとっては、保険のニーズ自体が消滅してしまう悪夢の時代なのではないでしょうか？ そんなこと

はありません。リスクがゼロになることは想定できませんし、保険会社は、事故発生確率が低下していく過程では実に大きな恩恵を被ることが通例です。したがって、保険会社も打上げ失敗率が下がり、衛星の信頼性が大きく高まる時代を待っています。衛星の「宿命」克服に取り組む同士として、保険業界は、衛星設計に携わる方々と同じ方向を向き、似た希望を抱いているのです。■

氏名	白井 恭一
現職	コンサルタント(宇宙法制およびリスクマネジメント)
経歴等	<p>東京大学法学部卒、米国ミシガン大学経営学修士(MBA)</p> <p>1979～2015年: 東京海上火災保険株式会社(2004年以降は東京海上日動火災保険株式会社。以下「東京海上」)にて宇宙保険の設計、開発業務に従事。また、宇宙関係の各種委員会において委員として多数の参加実績を持ち、宇宙関係の豊富な知識を有する。</p> <p>1999～2015年: 東京海上日動リスクコンサルティング株式会社主席研究員。 宇宙関連のコンサルティングおよび調査業務に多数従事。</p> <p>2001～2010年: 宇宙保険国際市場における代表的な保険アンダーライター約10名による「International Union of Aviation Underwriters」の「Space Risks Study Group」の委員に10年連続して選出される。</p> <p>2012年～現在: 慶應義塾大学大学院法学研究科非常勤講師(宇宙法専修コース)。 慶應義塾大学宇宙法研究所研究員</p> <p>2015年4月～現在: 文部科学省宇宙開発利用部会臨時委員</p> <p>2015年3月～現在: 内閣府宇宙戦略室 宇宙活動法法制小委員会委員</p>