

経営科学を生かして使うには？(3)

—不確実な見通しにどう対処すべきか—

千住 鎮雄

はじめに

企業内で経営科学の活用を困難にしている原因はいくつもあるだろうが、「将来の見通しが不確実」であることもその一つである。

不確実な見通しのもとで意思決定をすることは実践上確かにむずかしい。したがって理論的にも興味ある研究対象であり、おびただしい数の研究が発表されている。予測の理論もずいぶん進んできたし、いわゆる決定理論の研究も盛んである。これらの発展のおかげで、現実の意思決定がかなり助けられるようにはなったが、それでもなお、この問題のむずかしさは依然として解消されてはいない。

将来、理論がもっと進むにつれて一層うまい意思決定ができるようになってゆくではあろうが、ここではそれとは違う角度から実践的な対応策を考えてみよう。その性格上、取上げる対象が投資問題に偏ることをお許しいただきたい。

1. 不確実のために困る程度はものによって違う

不確実な要因がいくつかある場合に、「不確実であるがためのこわさ」がどれも同じではない。むやみに不確実要因に関する推定精度を上げようとして、やたらに時間と費用をかけるのはよくない。こわい要因とこわくない要因とを簡いわけることがまず必要である。例を使って考えよう。

オーストラリアのある牧場主が1952年のある日、自家用機でハマスレイ地域を低空で飛んでいたときに鉄鉱石の露頭を発見した。もしも有望ならばここを開発しようと思って計画を立て、必要な第1次の粗い調査を行なった結果、つぎのようなことがわかったとしよう。(現実はかなり複雑なので、ここではわれわれの目的に適するように、状況をかなり変えて簡単にした。)

初期投資額は、採掘処理設備、港、鉄道、上水道、通

信設備、居住施設など合わせてほぼ1億8,000万ドル程度かかるらしい。鉄鉱石の推定埋蔵量は60%以上の鉄分を含む鉱石だけでも30億トンはあるそうだ。(詳細な調査には金がかかるのでハッキリしたことはわからないが……)もしも毎年1,000万トン程度売るとしたら300年分に相当する。一方、操業費用は(毎年1,000万トン売るとして)現在の物価水準で年々8,000万ドルであり、その内訳は採掘量に比例する費用と固定的費用とが半分ずつと見込んでよからう。鉄鉱石が1トン10ドルで売れるとすれば毎年1億ドルの売上げになる。

さて、このような長期的視野での計画には当然不確実性はつきものであるが、とくに埋蔵量の予測と年々の需要量の予測については不安が大きい。資金は有力銀行と行政当局のバックアップがあるので、利子と配当を払える程度の利益があがれば資金繰りのタイミングまで考えなくてもよい。資本コストは、借入利子と株主への配当などを考慮すると17%程度になるが、物価水準の上昇分をデフレートすると実質10%程度と考えられる。売上収益と操業費用もほぼ物価水準なりに上昇するので、実質価値にすると毎年ほぼ2,000万ドルのリターン(減価償却費と利子を差引く前の利益)が続くと考えてよい。この企業は、不確実性の高い埋蔵量と需要量について、どのように検討したらよいだろうか。

まず、現在わかっているデータによってこのプロジェクトの資金の流れをかいてみると図1のように集約される。したがって、予測どおりにいった場合の正味現価(利子と配当を支払ったあと企業に残る利益の現在価値)

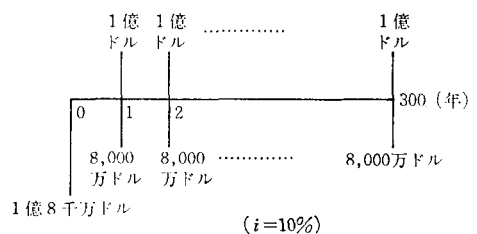


図1 鉱山事業の資金流れ

Pは、

$$P = 2,000 \text{万} \times (\text{年金現価係数})_{30}^{10\%} - 1 \text{億}8,000 \text{万}$$
$$= 2,000 \text{万} \times \frac{1}{0.1} - 1 \text{億}8,000 \text{万} = 2,000 \text{万ドル}$$

となって、どうやら利子と配当を払ってやっていける状態である（複利計算の方法にくわしくない方は計算の結果だけを見ていただきたい。話の本質にはあまり関係ない）。

ここで、埋蔵量の予測がはずれて実際は意外に少なく10分の1（3億トン）しかなかったらどの程度恐ろしいことになるかを調べてみよう。その場合には正味現価は、

$$P = 2,000 \text{万} \times (\text{年金現価係数})_{30}^{10\%} - 1 \text{億}8,000 \text{万}$$
$$= 854 \text{万ドル}$$

となるので、他の推定値が正しいとすれば依然黒字である。つまり、埋蔵量の予測は大幅な誤差があっても致命的にはならないことがわかる。

一方、需要量が予測を1割下回った場合を考えてみると、売上収益は9,000万ドルになり、操業費用は、

$$4,000 \text{万} + 4,000 \text{万} \times (1 - 0.1) = 7,600 \text{万ドル}$$

になるから、仮に埋蔵量が推定どおりでこの鉱山が30年間続くとしても、

$$P = (9,000 \text{万} - 7,600 \text{万}) \times \frac{1}{0.1} - 1 \text{億}8,000 \text{万}$$
$$= -4,000 \text{万ドル}$$

つまり現価にして4,000万ドルの赤字になる。このように前者に対する予測は10分の1になっても大過ないのに後者の予測は1割も狂ったら（細かくいえば3.3%以上減少したら）致命的なのであるから、当然需要予測をもっと入念にすることが必要であるのみならず、積極的に需要量を増大するための方策を講じる必要のあることがわかる。

これは直観的には意外に感じるかもしれないけれど、つぎのような例を考えてみていただきたい。いまホームローンとして、年利10%で1,000万円を借りたとしよう。それを20年の年賦で返そうとすれば、毎年の返済額は117.46万円になるが、その返済額を少し減らして100万円ずつにすると、返済し終るまでの年数は無限大、つまり永遠に返済しきれないことになってしまう（100万円はちょうど利息分だから）。毎年の返済金額のわずかな変化が返済期間にきわめて大きな影響をおよぼすことがあるが、この例はその逆で、利益の続く年数がかなり大きく変わっても、正味の利益総額におよぼす影響はあまりないという例である。（ただし政府の立場で、雇用の機会をつくるという点から見れば、300年は30年の10倍と考えられることはいうまでもないが。）

同様にして建設費用、固定的費用や変動費用などの

額やその割合についてもそれらの推定値が不安ならば、それらの値を動かしてその恐ろしさの程度を調べてみるのがよいのである。

2. 代案を比較するときには何がこわいか

「見通しが不確実なために困る」のは容易にやり直しができない問題である。したがって、たとえば工場のレイアウトを考えるときに、機械類をコンクリートで固定せずにボルト締めにしておいて、製品別の需要変動に対応するなど、やり直しがききやすいように工夫しておくことが大切である。当然、固有技術に通曉しているほうがすぐれた案を思いつく可能性が大きいわけであって、「数学的な方法だけによって不確実な見通しに対処しようとする」のは実践的ではない。おそらくどんな企業でもこの点にはいろいろな名案があろうから、情報交換、経験交流ができればおもしろいと思う。

一方、数学的な方法を応用する場合も、代案を比較するときにはこわい相手がどんなものかを、あらかじめ定性的に調べておくことが役に立つ。ここでは設備の選択問題をめぐって考えてみよう。設備投資には、新製品生産、増産、合理化、その他いろいろなタイプがあるが、計算の原理は大同小異なので、以下では新製品生産のために2種類の設備を比較・検討する問題を例にして考える。

機械Aは初期投資（機械の購入・据付費）は安い代わりに人件費など操業費用は多くかかる。機械Bはその逆に初期投資はAより高い代わりに年々の操業費用はAより安いという状況を想定してみよう。[注：機械Aが機械Bよりも、初期投資も安いし年々の操業費用も安い、という場合は、後述のことからわかるように、不確実性があつたとしてもA、B両案の優劣が逆転することは普通は起こらない。]

さてこのような場合に不確実な要因はいろいろあるが収入面で見ると、(1)販売数量と(2)販売単価の二つの要因が、また支出面で見ると、(3)人件費、材料費などのように操業計画に左右される費用と(4)設備の購入費と金利などの固定費がおもな不確実要因であろう。その他、(5)製品寿命や設備の使用年数（以下継続年数とよぶ）も不確実であろう。以下これらの不確実な要因についての予測がはずれても悪くころんだ場合の影響を調べてみよう。

もしも販売単価が下がったら

設備A、Bを使ったときの年間の費用を固定費 M_A 、 M_B 、操業比例費 V_A 、 V_B にわけ、生産販売量を横軸にとつて図にあらわしたところ 図2 のようになったとしよう。斜線OSは年間の売上げ高を示している。ここでは

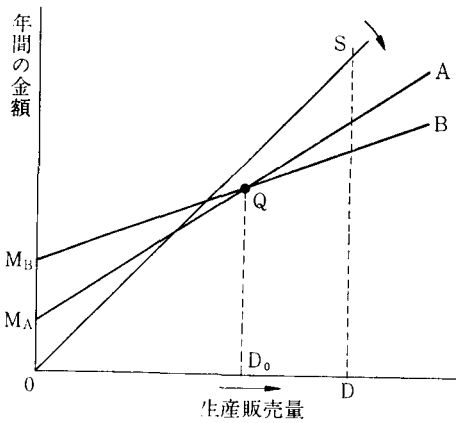


図 2 利益図表(その 1)

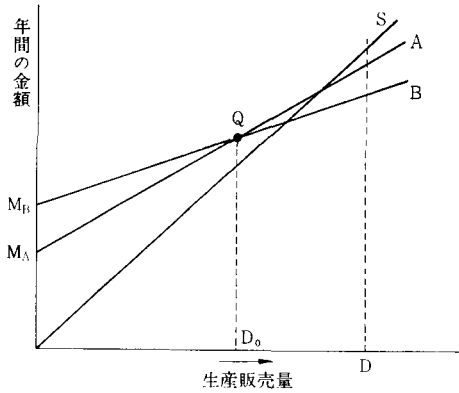


図 3 利益図表(その 2)

設備の選択を考えているので、固定費とは設備の取得価格と金利を合わせて毎年の費用にならしたもの（つまり設備の価格に資本回収係数をかけたもの）であって、その他の固定費は除く。また操業比例費というのは操業水準に比例して増減する費用のことであるが、月給で支払われる人件費など短期的に見れば「固定費」とよばれるような費用も、このような計画段階ではこれに含める。

図から明らかなように、もしも販売量（長期的な立場で考えるので生産量は販売量に一致するものとする）がDであらわれ、しかも確実であるならばBのほうが有利である。いま、発展途上国の追い上げや対ドル換算レートの変化などによって販売単価が意外に下がったとすると、直線OSがねることになるが、それがいくらねてもBのほうが常に有利であり、先に赤字になるのはAである。

すなわち、現在の推定値を使えば機械Bのほうが有利であると同時に、販売単価が下ることに対して安全でもあることがわかる。つまり、販売単価というものは、新製品の生産にふみ切るべきかどうかという問題を検討するときには非常に重要なファクターではあるが、この場合のように生産にふみ切ることはすでに決まっており、その手段としてAとBのいずれかを選ぼうというときには、販売単価が不確実であってもA、Bの優劣には影響しないのである。

もしも販売数量が減ったら

他の要因がほぼ正しく推定され、販売量だけが大きな不確実要因であるときには、需要Dが両機種の優劣分岐点 D_0 より減らない限り依然としてBのほうが有利であるが、それよりも少ないときには採算的に見た優劣は逆転する。ただしその際、直線AとBの交点Qが収益線の右にある(図2)か左にある(図3)かによって、どちらが先に赤字になるかは変わってくる。図3のような場合に

はBのほうが有利と判断され、かつ、なかなか赤字にならないという意味で安全でもある。

もしも年間操業費用の見通しが狂ったら

人件費や材料費のアップ率を予測することはなかなか困難である。いずれの機械を使用にしても生産数量が変わらないとしよう。かりに機械Aでは作業員が5人、機械Bでは2人必要という場合に、1人あたりの人件費が事前の推定値よりも30%高くなったとすると、いずれの場合にも人件費は30%多くなる。

そこで、両機種について操業費が推定値よりも一定率だけ増加したときに採算性と安全性がどう変わるかを調べてみよう。いま図4において、 M_A と M_B の高さが変化せず、 V_A と V_B だけが一定率だけ大きくなると、直線 M_AQ は $M_A C'$ まで、直線 M_BQ は $M_B D'$ まで上り、その上る比率は同一である。このことから幾何学的に考えてみるとわかる通り、AとBの優劣分岐点Qは Q' まで「水平に左の方向に」移動する。一方、点Qの右側では常にBのコスト線 Q_B がAのコスト線 Q_A の下側にあるから、Bのほうがいつも有利であり、かつ安全である。

もしも継続年数の見通しが狂ったら

継続年数の見通しが狂って10年使える機械が6年で役立たなくなるようなことがあるかもしれない。そのときは機械の購入費用を回収する年数が短くなるので、投資の年平均値（経理的に見れば減価償却費のような回収に要する毎年の費用）が高くなるという結果になる。（これは、設備の購入費用に対して年数の短い「資本回収係数」をかけることになるためである）。つまり、設備に関する毎年の固定費が一定率で増加するのと同じ結果になる。

これを図5で考えれば、 M_A は M_A' に、 M_B は M_B' に移るがそのときの移る長さの比率は一定である。一方変動費 V_A 、 V_B を示す直線 $M_A A$ 、 $M_B B$ の傾斜は変わ

表 1 三つの代替設備の選択

月間の レンタル料	変 動 費	
	X (販売単価 600円)	Y (販売単価 800円)
A : 100万円	350円	550円
B : 150万円	150円	550円
C : 350万円	150円	250円

$$P_B = (600円 - 150円) \times Np + (800円 - 550円) \times N(1-p) - 150万円 \quad (2)$$

$$P_C = (600円 - 150円) \times Np + (800円 - 250円) \times N(1-p) - 350万円$$

さてここで、「 p や N がわからなければ解は求まらない」といってあきらめるのではなく、あいまいな形で集まっている情報をうまく分析し、その結果を利用しやすい形に整理することが大切である。いま $P_A = P_B$ と置いて A と B の優劣の差がなくなる条件を求めてみると次式になる。

$$200Np = 500,000$$

同様にして、 $P_B = P_C$ 、 $P_A = P_C$ と置いて B と C、A と C の優劣がなくなる条件を求めてみると、

$$300N(1-p) = 2,000,000$$

$$200Np + 300N(1-p) = 2,500,000$$

となる。そこで一つの方法として、横軸に製品 X と Y の販売見込数の合計 N をとり、縦軸に p の値をとると、 N と p の値がどんなときに設備 A、B、C が最適になるかという最適領域を図にあらわしてみよう。それが図 6 である。このように問題が整理されれば、はっきりとは表現しにくいいろいろな情報が利用しやすくなり、意思決定が楽になるということが多く、もちろん現実の問題はこんなに簡単ではないだろうから、必要に応じて問題をいくつか分割するとか、あるいは他の手法を併用するなどの工夫が必要であろうが、優劣分岐点という考え方は、under risk でも under uncertainty でもないという、現実によくあり得る意思決定の問題においてなかなか便利な役割を果たしてくれるのである。

4. 不確実な見通しへの対処——まとめと補足

以上に述べてきたことをまとめながら、また、いい足りなかったことを補足しながら、実践的な立場から考えたとき、不確実な見通しに対してどのように対処したらよいかを整理してみよう。

(以下はタタキ台である。追加・修正案を教えていただきたく切望している。)

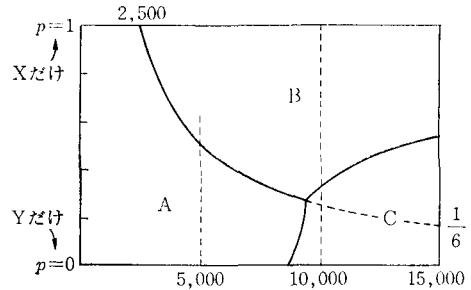


図 6 3 機種 の 最 適 条 件 を 与 え る 図

本当に心配な不確実要因を選りわけよ

「幽霊の正体見たり枯れ尾花」という諺があるが、「不確実であるがために本当に困るもの」とそうではないただの枯れ尾花とを一緒にして、やたらにこわがっていたのでは、時代の先端をいこうという OR ワーカーらしくない。

まず目的をよく考えてみることである。そうすれば、たとえ不確実ではあっても今回の問題では心配しないのでよい、というものがあるかもしれない。たとえば、つぎの休日にゴルフに行くことを考えている人にとっては天候が気になるだろうが、映画に行く予定の人にとっては雨でもよかろう。同様にたとえば、増産の可否を検討するのが目的なのか、増産は決まっていてその手段を比較するのが目的なのかで、こわい相手はずいぶん違う。当然、後者の問題は第 2 節で述べたように前者に比べてかなり容易である。このようにして、本来関係あるはずのない要因を落としてゆく。これを定性的選別とよんでもよい。

このように、目的を考えて本来無関係な不確実要因をふるい落とすとしても、なお多くの「困るかもしれない」不確実要因が残るだろう。そこでつぎに「困る程度」を考えてさらにふるい落とすのである。つまり、「気がかりなものを動かして目的におよぼす影響を調べる」ことによって、小ものをふるい落とすのである。これを定量的選別とよぼう。ハマスレイ鉱山の埋蔵量のような要因をふるい落とすのである。その際、あとで述べるように、推定が当たらなかったときの対応策を事前に工夫することによって困る程度を減らすようにすることが必要である。

つぎに忘れてならないことは、前提条件が数的に多少変わるといった性質のものではなく、たとえば輸入規制が取り除かれるなどのように、根底から質的に変わるというような場合への配慮である。これは一般には非常にむずかしい。心配性の人と楽天家とでは気の配り方が違うように、どこまで考えるかはセンスの問題である。

り、せめていま考えられる劇的変化だけは、恐ろしい相手としてマークしておくことが望ましい。

追加調査の可否を調べよ

以上で恐ろしい相手がいくつかわかったとしよう。その際、お金をかけることによって恐ろしさを減らす道をさがし、そうすることの損得を検討することが役に立つ。つまり、追加調査にかかるコストと、それによって得られるであろう追加情報の価値とを比べて、どちらがよいかを決めることになる。最近では追加情報の価値を大ざっぱではあっても一応見積るという考え方が浸透しつつあるようだが、真に当然だと思う。

当たらない場合の対応策を考えよ

適当なレベルの調査をやってこわくない相手や小ものをつるい落としてもまだ、本当に気がかりになる要因がいくつか残るだろう。そこで考えられるつぎのステップ(現実には前のステップと逆になることも多い)は、万一推定が間違っても困らないように、あるいは困る程度を最小におさえるように、固有技術、直観、経験を総動員して対策を講じることである。これはケースによって千差万別であるが、一般的にいえば、(イ)リースなどによって「投資による資金の固定化を避け」たり、(ロ)機械のボルト締めのように「やり直しのしやすい方策」を考えたり、(ハ)製品や部品の標準化により融通性をきかせて「見込み違いの損失を最低におさえ」たり、(ニ)他の準備作業をできるだけ進めるとか、仕事の順序を変えるなどして「意思決定の時期をぎりぎりまで延ばす」方法を工夫したり、などのように英知を働かせることが非常に大切である。数学的な論理的思考にたけた人の中にも、英知による飛躍には不得意という人がいる。それでは実践的ORワーカーとしては致命的ではないだろうか。

意思決定者の身になってまとめよ

ORワーカーの役割は企業によって違うだろうが、普通は、意思決定者になり代わって決定するのではなく、何度もいうように、意思決定者を助けることであろう。したがって分析の役割は、たとえていえば旅行者に対して地図と2、3の推奨ルートとその解説を提供するようなものではないだろうか。

「もっとも経済的なのはこの道です」とか、「もっとも早く行けるのはこの道です」とかいうように、ただ一つの解を示したのではあまり役に立つまい。かりにその旅行者が早く目的地に到達したいと思っていても、あまりにも旅費が違うならば少しぐらい遅れても安くゆける道を選ぶかもしれないし、もしも雨が降ると危険だという場合には所要時間と危険の程度を見くらべたうえで決定したいに違いない。またその旅行者は、誰にもいえない

が大金をもって旅行することになっているなど、いろいろの事情があるかもしれない。

経営者の意思決定もやはりこれに似ていて、不確実な見通しのもとで八方をにらんで行なわれるのが普通である。どんな経営者でも、避けたいと思っている危険の程度や多目標間の相対的の重みを事前に明確に数量的にスタッフに示すということはほとんど不可能である。もしもそれが可能ならば、そもそもすぐれたORワーカーはいらないだろう。

また、経営者の知っている重要な事実や将来の計画を、残りなく事前にスタッフに知らせておくことも普通はしないだろう。したがって経営者とORワーカーの間では、問題がトップレベルに近いほど、密接なやりとりが必要である。その過程において予期していなかった壁が出現したり、壁と思っていたものが実はフスマであることに気づいたり、不確実要因が思っていたほど恐ろしくないことがわかる場合もあるだろう。あるいは経営者が変心して前提条件を変更することがあるかもしれない。前提条件ないし制約条件というものは、現実には必ずしも絶対的なものではない。ただ一応、分析者に与える問題を限定するほうが分析が容易になるうとの配慮から、課題提供者などが便宜的に仮に定めることも少なくない。もしも多少はみ出た所にうまい解があるならば変更してもよいという例が意外に多いようである。

大きな問題になればなるほど、意思決定者とORワーカーの間でこのようなキャッチ・ボールを何度も繰り返して新しい壁を発見したり遠ざけたり、気がかりな不確実要因を追加調査したり、悪くころんだときの対策を練ったりしながらよりよい案を工夫しつつ、次第に案を煮つめてゆくことが必要であって、分析結果はそれに役立つようにまとめられていなければならない。これは決してムダ骨ではないどころか、むしろこのようなキャッチボールの過程こそ、OR活動の本質ではないかとすら思われるのである。(せんじゅ・しずお 慶応義塾大学工学部)

論文誌・機関誌の「投稿案内」ができました! /

投稿規程、執筆要領、清打ちの手引等の諸規程を1冊にまとめた「投稿案内」ができました。現在論文を執筆中の方、これから投稿をされる方は必ず「投稿規程」をご参照ください。「投稿規程」は事務局に準備されておられます。

なお機関誌にご投稿の方も、なるべく執筆規程に従ってください。