



慶應義塾大学ビジネス・スクール

デシジョン・ツリー分析

1. 意思決定分析とは何か

企業活動はさまざまな意思決定(decision making)によって構成される。この意思決定においては必ず何らかの選択(choice)がなされるが、それぞれの選択肢がどのような結果をもたらすか不明であるという意味での不確実性がある。企業で行われる意思決定の例は無数にあるが、具体的には設備投資、研究開発、価格設定等を企業の代表的な意思決定とすることができる。このような不確実な意思決定の分析方法にはさまざまなものがあるが、それらを次の2つの基準で分類することができる。第1の基準は分析方法が定量的方法か定性的方法かという区別である。定量的分析とは意思決定における不確実性を確率等の数値で置き換え、さらに意思決定における選択肢を数量化して判断する方法と考える。また、定性的分析とは定量的方法を採用しない分析であるとする。第2の基準は分析の目的による分類である。すなわち意思決定の分析方法には現実に意思決定がどのように行われるかを明らかにすることを目的とする「叙述的分析(descriptive analysis)」と、実際に行われる意思決定の質を高めることを目的とする「規範的分析(normative analysis)」がある。定量的方法を採用し、現実の企業の意思決定の質を高めるために利用される分析を「意思決定分析(decision analysis)」あるいは「意思決定科学(decision science)」と呼ぶことがある。本報告でもこの定義に従うことにする。したがって、定量的方法を基礎としない歴史的叙述や事例報告等の分析方法や、現実の意思決定者の意思決定の質の向上に資するために使用されない分析方法は意思決定分析あるいは意思決定科学には含まれないことになる。

本報告で取り上げる「デシジョン・ツリー分析(decision tree analysis)」は1960年代にアメリカの経営者教育において重視されるようになった意思決定分析方法で、上記の分類では定量的方法を基礎とし、現実の意思決定者の意思決定の質を高めるために使用される規範的分析であり、この

本教材は慶應義塾大学大学院経営管理研究科の姉川知史が教材として作成した。内容は姉川知史『知的財産権紛争の意思決定分析—デシジョン・ツリー分析の有効性』日本機械輸出組合、1995、1章、3章を抜粋、編集した。本教材の全部あるいは一部を許可なく複写、転載、使用することを禁ずる。(c)2001, Anegawa, Tomofumi

意味で意思決定分析の代表的な方法である。このデシジョン・ツリー分析は次のように特徴づけられる。デシジョン・ツリー分析においてはまず、複雑で不確実性のある1つの意思決定を多段

階の意思決定に分割し、意思決定における選択肢(choices)、その結果として生起する不確実な事象(events)との関係として細分化する。次に事象の不確実性(uncertainty)と経済的利得(economic gains/losses)を推定し、選択肢のもたらす経済的価値を定量化する。最後に目的(objectives)に即した意思決定の選択を明示する。この分析において意思決定者が選択可能な選択肢と、複数の不確実な事象の関係を図示すると、それらの選択肢と事象が分岐点から展開する様子があたかも一本の幹から枝葉が派生していくような樹状構造すなわちツリー構造をなすことがわかる。このためこの分析方法はデシジョン・ツリー分析という名称を与えられている。

2. デシジョン・ツリー分析の方法

デシジョン・ツリー分析の考え方と実際の方法を明らかにするために、本節では新製品導入、研究開発、設備投資の意思決定事例を想定し、これに対する応用によって解説する。

企業Aは新製品の導入に関連して、研究開発と設備投資計画の意思決定を行う必要がある。はじめに、企業Aはある製品についてその新製品の市場に参入すべきか、あるいは参入しないかの意思決定を行わなければならない。次に、参入を決定して新製品を製造するには、それに必要な技術を研究開発によって自ら獲得するか、あるいは企業Bが開発した技術をライセンス契約で導入するかのいずれかの方法によらなければならない。このとき自ら研究開発を行うためには80億円の費用がかかり、この研究開発の成功、失敗は不確実であるとする。他方、企業Bの技術導入は企業Bに対して100億円を費用として支出しなければならないが、これによれば必要な技術は確実に入手可能であるとする。獲得した技術を実際に利用するためには工場の建設が必要になる。これについては大規模工場と小規模工場の2通りの規模の工場の選択肢があり、前者は200億円、後者は100億円の建設費用がかかる。大規模工場を建設すると景気が良いときに年間600億円の売上額が実現できるのに対し、景気が停滞するときには売上額は300億円となる。しかし、景気動向は不確実なため、どちらの売上額が実現するかも不確実である。これに対して小規模工場を建設すると好景気、不景気にかかわらず売上額は300億円である。また技術導入による工場建設においては、B社の開発した技術は小規模工場にしか適合しないため、小規模工場の建設が唯一可能な選択肢であり、これを選択すると300億円の売上額を実現できることになる。このような状

況における企業Aはどのように意思決定を行うのが適切であろうか。この問題にデシジョン・ツリー分析を応用する。

a. 分析手続 1: 意思決定の細分化—選択肢と事象の特定

デシジョン・ツリー分析はまず意思決定を細分化して定式化する。この細分化においては第1に意思決定における複数の選択肢(choices)を特定化する。第2に上記の選択肢に対応して生起する事象(events)の内容を特定化する。この事象は選択の対象ではなく、選択の結果である選択肢によって生じる結果である。事象が複数ある場合には実際にどの事象が生起するかは意思決定時にはわからないという意味で不確実である。第3に意思決定者の行う選択における選択肢とその結果生じしうる事象の間の関係を特定する。

意思決定者の行う選択が複数の代替的な選択肢に分れる分岐点を「意思決定ノード(decision node)」と呼び、意思決定の結果が複数の事象に分れる分岐点を「事象ノード(event node)」あるいは「不確実性ノード(uncertainty node)」と呼ぶ。したがって選択肢と事象の関係はこの意思決定ノードと事象ノードの関係として要約される。通常のデシジョン・ツリー分析が対象とする分析は、多段階にわたって行われる意思決定であり、多数の意思決定ノードと事象ノードの関係によって整理される。選択肢と事象の間の関係は生起する順序において先行するか後続するかという「時間的關係」で特定化されるか、あるいは選択肢や事象が別の選択肢や事象の内容を制約するという「因果關係」で特定化される。

以上3つの定式化は上記の事例においては次のように具体化される。まず企業Aの行う意思決定は以下の3つの選択があり、それぞれ次のような代替案が存在すると想定する。

- (1) 新製品市場に参入するか、参入しないか。
- (2) 研究開発を行うか、企業Bから技術導入を行うか。
- (3) 大規模工場を建設するか、小規模工場を建設するか。

この3つの意思決定を順序づけるについては、時間的に先行し、因果關係においても後続の選択肢や事象の内容を制約するのは(1)の新製品市場に参入するか参入しないかの選択であると考えられる(図1)。

ここで□印の記号は意思決定者の行う選択の分岐点(node)を表し、意思決定ノード(decision

node)あるいは、意思決定ポイント(decision point)と呼ばれる。この図では参入と不参入の2つの選択肢に直面していることになる。

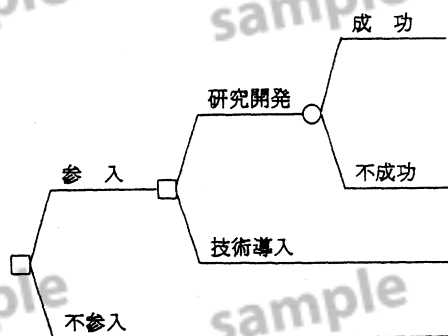
参入という選択肢を選ぶと、それに必要な技術を自主的な研究開発によって獲得するか、企業Bから技術導入するかが次の段階の意思決定の選択肢となる。このように市場参入という先行する意思決定が後続する(2)の研究開発もしくは技術導入のいずれを選択するか意思決定の内容を制約する。このとき企業Aが自主的な研究開発を選択すると、その結果の事象は成功か失敗のいずれかである。ここでは事象とは意思決定者の行った選択が他の要因によって影響されてどのような結果をもたらすかを示すものである。デシジョン・ツリー分析における不確実性とはこのようにどの事象が生起するかわからないことを意味する。以上の事象の不確実性を含む研究開発と技術導入の選択は図2のように表される。

ここで○印の記号は生起する可能性のある複数の事象の分岐点を表し、事象ノード(event node)あるいは不確実性ノード(uncertainty node)という。意思決定者の行う選択の分岐点を表す□印の記号とは区別される。研究開発の結果は○印の記号からの分岐した事象によって表され、この事例の場合は成功するか失敗するかのいずれかであり、実際にどちらとなるかは不確実である。

図1 参入に関する意思決定



図2 研究開発と技術導入の意思決定と研究開発の成功



(3)の工場規模に関する意思決定は研究開発が成功したときにのみ必要となる。研究開発が失敗したときには実用化すべき技術が存在しないため、当然工場建設は不要となる。次に技術導入という選択を行ったとすると、その場合の技術は小規模工場のみにはしか利用できないということがわかっているため、小規模工場建設という意思決定だけが選択肢として可能である(図3)。

このように工場建設の意思決定を行い、実際に生産を行う。大規模工場の売上額は景気の動向で異なり、大小2つの事象の可能性がある。売上額が大きいときは600億円であり、小のときは300億円である。他方、小規模工場の建設では景気の動向にかかわらず売上高は300億円である。この事象を付け加えて、これまでの細分化された意思決定者の選択肢と事象の間の関係を図示すると、全体として図4のように表される。1番目の意思決定である参入と不参入の選択肢から出発して、その後続く意思決定の選択と事象の関係は1本の幹が枝葉に派生していくような樹状構造すなわちツリー構造をとっている。これがデシジョン・ツリー分析の名称の由来であることは先に述べた。

このツリー構造が行き着く右端の各点をエンドポイント(end point)あるいはターミナル・ポイント(terminal point)と呼ぶ。この各エンドポイントのそれぞれについてはそこに至るまでの意思決定における選択肢と生起した事象の組合せを順にたどることができる。

図3 工場建設の意思決定

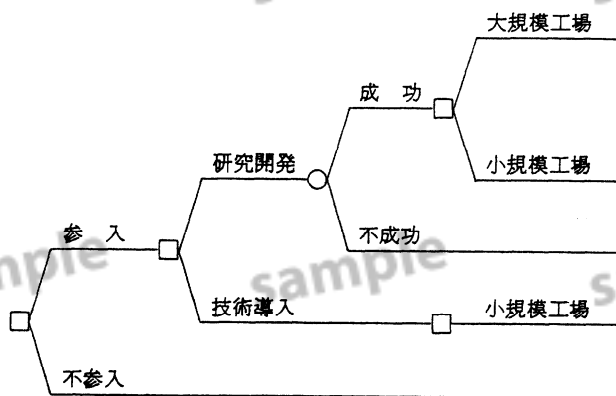
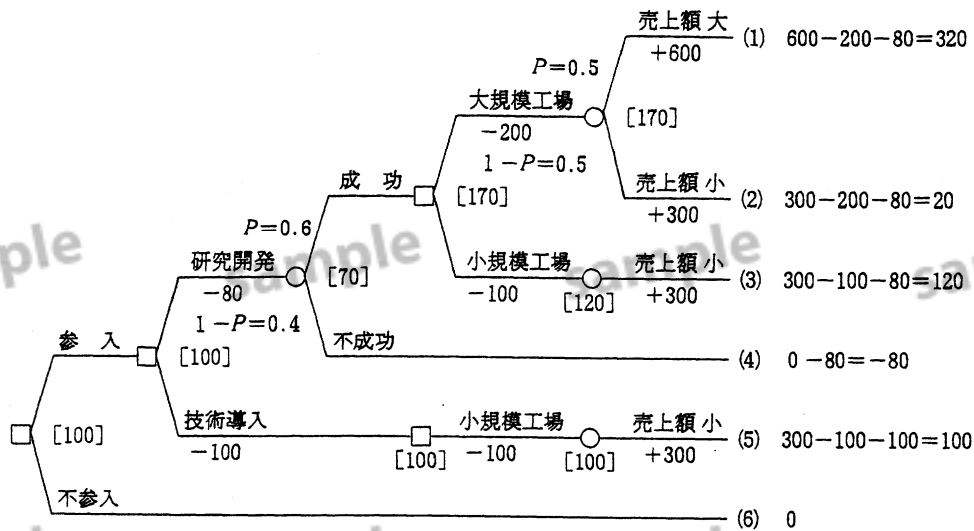


図4 デシジョン・ツリー図



b. 分析手続 2: 不確実な事象の確率の推定

意思決定には不確実性が伴う。この不確実性をどのように分析するかが意思決定分析の重要な課題である。一般に意思決定における不確実性とは第1にどのような内容の事象が生起するか意思決定者が知りえないことである。第2には生起しうる複数の事象の内容については判明しているが、複数の事象のうちどれが実際に生起するか判明していないということである。デシジョン・ツリー分析における不確実性はこの第2の意味での不確実性である。すなわち意思決定者は意思決定の選択肢に応じて生起する複数の事象の内容について知っている。ところが複数の事象のどれが起きるかについてはわからない。したがってデシジョン・ツリー分析では、それぞれの事象が生起する確率によってこの不確実性を把握する。この事例においては具体的には研究開発の成功、失敗の事象のいずれが起きるかの確率と、大規模工場の売上額が600億円となるか300億円となるかの確率を推定する。

しかしながらここでの「確率」の意味については注意が必要である。例えば企業Aの研究開発の成功/失敗は不確実な事象であるが、研究開発が「60%の確率で成功する」、「80%の確率で成功する」といった表現を用いる。これは実際のところ何を意味するのであろうか。日常、我々はある事象が実際に生起することが「ほぼ確実である」、あるいは「ほとんどあり得ない」といった表現を用いるが、ここでいう確率はより正確には次のように考える。不確実な事象について、

これが成功する場合にはX円の経済的利得を得ると仮定する。これに対して同じX円の経済的利得をもたらす架空の「宝くじ(lot)」が存在するとし、80%の確率で「あたり」、20%の確率で「はずれ」となるように設計されていると仮定する。このとき研究開発を行う結果得られる利益がこの宝くじがもたらす利益と同等であると思意思決定者が判断する場合には、研究開発の不確実性は80%と表現する。このような確率の考え方を使って、複数の事象ごとにそれが発生する確率を意思決定者が主観的に推定すると考える。したがって、デシジョン・ツリー分析の「確率」はあくまで意思決定者の主観的な判断であって、実際にその事象が生じる確率ではないことに注意が必要である。

c. 分析手続 3: 経済的利得の推定

デシジョン・ツリー分析の第2段階の手続は企業Aの意思決定における選択と事象のそれぞれの組合せによってどれだけの経済的利得が生じるかを推定することである。この経済的利得は前述した各エンドポイントに注目して推定する。これは各エンドポイントに至るまでの意思決定の選択肢と事象それぞれに対応して発生するすべての収入と費用の差として経済的利得を推定するということである。より正確には企業にとってのキャッシュ・フローとして捉えることができる。例えば図1-4では収入はデシジョン・ツリーの右端に位置する各事象に応じて、売上額は600億円、300億円、0円という3つの場合があることが示される。次に費用については、(1)参入/不参入、(2)研究開発/技術導入、(3)大規模工場建設/小規模工場建設という選択肢に応じて、それぞれ異なる費用が発生する。(1)の参入/不参入は費用支出を伴わないが、(2)の研究開発では80億円の費用、技術導入は100億円の費用、大規模工場建設は200億円、小規模工場建設は100億円の費用の支出が推定されている。これを右端のそれぞれのエンドポイントに記入する。例えばエンドポイント(1)では参入、研究開発、大規模工場建設、売上額600億円の組合せを示す。したがって600億円の売上額から研究開発の80億円、工場建設の200億円を差し引いて320億円の利益となる。エンドポイント(2)では300億円の売上額から研究開発の80億円、工場建設の200億円を差し引いた20億円の利益となる。

経済的利得の推定においては次の点に留意しなければならない。すなわちデシジョン・ツリー分析で対象とするような意思決定は通常は長期においてなされる。このために個々の収入と費用の発生において時間のずれが生じる。したがって、それぞれの意思決定の選択肢や事象に伴う収入・費用を単純に合計して、そのエンドポイントにおける利益とすることは適切でない。例えば現在の50億円と将来の50億円は同等の価値を持たない。このとき将来の50億円を割引いて現在の

50億円と比較するという方法が一般化している。これを割引キャッシュ・フロー(discounted cash flow)による現在価値と呼ぶ。これは異なる時点で発生するキャッシュ・フローを次の式によって現在時点で評価する。

$$P.V. = \sum_{t=0}^{t=n} \frac{R_t - C_t}{(1 + r)^t} \quad (1)$$

ここでP.V.は現在から将来に至るキャッシュ・フローを現在時点(t=0)で評価した現在価値(Present Value)である。 $R_0, R_1, \dots, R_n, C_0, C_1, \dots, C_n$ はそれぞれ0, 1, ...,n年時の売上額と費用である。またrは割引率である。これは各期の利益($R_0 - C_0, R_1 - C_1, \dots, R_n - C_n$)を現在時点, すなわちここでは第0期時点の価値で表すために割引くことを示している。このように将来価値を現在時点の値に評価し直すことから現在価値と呼ばれる。

上記のデシジョン・ツリーの例では, (1)参入/不参入, (2)研究開発/技術導入, (3)研究開発の成功/失敗, (4)工場建設, (5)売上の発生までの一連の意思決定と事象は長期にわたり, したがって一連の選択と事象によって生じる収入と費用を一時点において, 例えば参入/不参入の決定時の値に修正することが必要になる。上記の事例であげた数値はすでにこの現在価値で表示されていると仮定する。

d. 分析手続 4: 選択肢の評価と意思決定

意思決定者は複数の選択肢のなかから選択するに際して何らかの判断基準を必要とする。このような判断基準として一般的に受け入れられるような基準は実は存在しない。しかし, ここでのデシジョン・ツリー分析においては意思決定者が次のような判断基準によって選択を行うものと仮定する。すなわち意思決定者は最大の経済的価値をもつ選択肢を選択するというのがその基準である。

この基準を事象ノードの経済的価値の定義と選択肢の選択における基準の2つに分けて説明する。第1の事象ノードの経済的価値は次のように定義される。

(i) 事象ノードの経済的価値は個別の事象の経済的価値とその生起する確率を掛けたものを合計したもので, 個別の事象の経済的価値の平均値と仮定する。

デシジョン・ツリー分析においては事象ノードにおいて, 複数の不確実な事象が存在する。事象ノードにおけるそれぞれの事象の生起する確率は異なり, また経済的価値も異なる。それぞれ

の事象に対応した経済的価値にその事象の確率を掛けて合計した金額を事象ノードの経済的価値として定義する。これを具体例でみると次のようになる。エンドポイント(1)とエンドポイント(2)をもたらす事象ノードにおいては売上額大と売上額小の2つの事象が生起しうる。エンドポイント(1)については例えば320億円の経済的価値があり、エンドポイント(2)には20億円の経済的価値があるとする。それぞれのエンドポイントが生起する確率は0.5と0.5である。このとき事象ノードの経済的価値は複数の事象がもたらすそれぞれの経済的価値をその事象が生起する確率を掛けて、さらにこれらを合計したものである。したがってこの場合の事象ノードの経済的価値は事象の経済的価値(320億円と20億円)とその事象の確率(0.5と0.5)をそれぞれについて掛けたものを合計したものであり、170億円($320 \cdot 0.5 + 20 \cdot 0.5 = 170$)となる。これは「数学的期待値」による「平均値」の考え方である。この期待値は一般的には次のように表せる。まず不確実な複数の事象が生じる事象ノードにおいては事象(i)ごとに経済的価値(X_i)がもたらされ、それぞれの確率(P_i)で生起する。したがって期待値(E.V.; Expected Value)は(2)式となる。

$$E.V. = \sum_i X_i P_i \quad (2)$$

ここでE.V.は不確実な事象に伴う経済的利得(X_i)の期待値すなわち確率(P_i)をウェイトとした平均値を表す。

第2の意思決定の選択枝の決定における基準としては次のような仮定を置く。

(ii) それぞれの選択枝がもたらす経済的価値のうち最大の経済的価値をもたらす選択枝を意思決定者が選択する。

デシジョン・ツリー分析においては上記の2つの基準をもとに、各意思決定ノード、事象ノードについて、エンドポイントから逆の方向に順にノードごとの経済的価値を求めていく。ノードを右から左へと順に遡って、個々の意思決定ノードにおける最適な選択枝を選択し、最終的に全体としての最適な意思決定を図るとというのがデシジョン・ツリー分析における最適な意思決定方法の求め方である。

これを具体的に説明すると次のようになる。まず、図4の右端のエンドポイントにおける売上額の大小の事象に対応する経済的価値を期待値をとって計算する。エンドポイントの(1)と(2)に対

応じた、売上額大あるいは売上額小の事象ノードについて検討するとその期待値(E.V.)は170億円($320 \cdot 0.5 + 20 \cdot 0.5 = 170$)で、このノードの経済的価値として表示する。図4の右上の事象ノード(○印)の右には[170]と書き入れられている。この結果、この事象ノードの経済的価値は170億円という数値で要約され、このノードの右にある売上額大、売上額小の事象を考慮する必要はなくなり、これを削除する(図5)。エンドポイント(3)、(5)については売上額がいずれも小であり、景気動向に基づく不確実性が存在しない。

次に1段階左側に位置するノードを遡ることによって、大規模工場建設か小規模工場建設かの選択肢について意思決定者は選択を行わなければならない。この大規模工場建設という選択肢に対して、小規模工場建設という選択肢は120億円の経済価値を持つことが示される。このとき大規模工場を建設するか小規模工場を建設するかの選択については(ii)の基準により、最大の経済的価値をもたらす大規模工場建設の選択肢が選択される。したがってこの意思決定ノードの経済的価値は170億円と120億円のうち大きい方の170億円をもって置き換えられる。この結果、より大きな経済的価値をもたらす選択肢のみを残して、デシジョン・ツリー図をさらに簡約化する(図6)。

研究開発の成功と不成功の事象については、意思決定者は成功の確率を $P=0.6$ 、失敗の確率を $(1-P)=0.4$ と推定すると仮定する。このとき研究開発の成功/失敗をもたらす事象ノードの経済的価値は70億円($170 \cdot 0.6 + (-80) \cdot 0.4 = 70$)である(図7)。

さらに1段階ノードを遡って、研究開発を行うか、技術導入を行うかの意思決定ノードにおいては、研究開発を行うという選択肢の経済的価値が70億円、技術導入の経済的価値が100億円となり、この場合、技術導入の選択肢の経済的価値が大きいことが判明する。したがって、ここでは100億円が選択される(図8)。最後に、参入/不参入の意思決定においては参入が100億円の経済的価値、不参入が0億円の経済的価値をもつため、ここでは参入の選択肢が選ばれることになる。このように順次、分析の対象であるノードを遡っていくことで、それぞれのノードの経済的価値を決定し、複雑な多段階の意思決定を簡略化し、望ましい意思決定を行うことが可能になる。

図5 簡約化されたデシジョン・ツリー図(1)

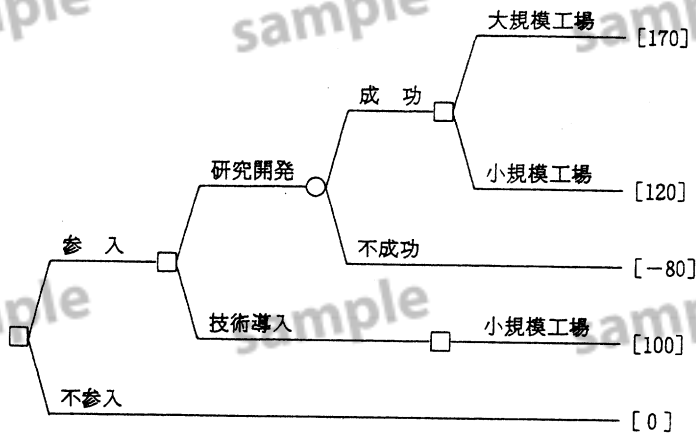


図6 簡約化されたデシジョン・ツリー図(2)

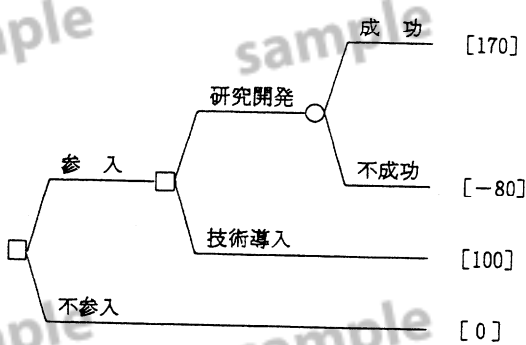


図7 簡約化されたデシジョン・ツリー図(3)

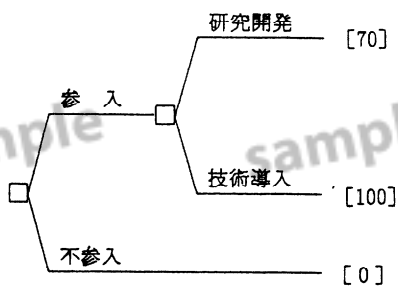
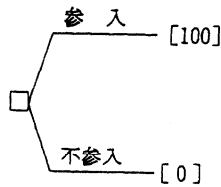


図8 簡約化されたデシジョン・ツリー図(4)



e. デシジョン・ツリー分析の要約

以上に述べたデシジョン・ツリー分析の手続は次のように要約される。第1に多段階の複雑な意思決定を細分化する。この細分化は意思決定の選択の対象である選択枝と、生起する複数の事象によって行う。この選択枝と事象の間についてはそれが生じる時間的関係の観点、あるいは内容的な因果関係の観点から、先行するものから後続のものへと順序をつける。このとき選択枝が分岐する点を意思決定ノード、事象が分岐する点を事象ノードと表現する。第2にデシジョン・ツリー分析においては意思決定に伴う不確実性を複数の事象が生起する可能性のある場合として捉え、特定の事象が生起する確率を予測する。このときの確率は意思決定者によって想定された主観的な確率である。第3に意思決定に伴う経済的利得を、上記の細分化された選択枝や事象ごとに発生する収入と費用によって推定する。これは各エンドポイントごとの経済的利得、正確にはキャッシュ・フローとして測定する。第4に、エンドポイントから逆に順次に事象ノード、意思決定ノードを遡って、それぞれのノードごとの経済的価値を計測していく。このうち、事象ノードの経済的価値については不確実な事象が生起する確率をウエイトとした期待値(E.V.)によって計測する。意思決定ノードについては選択枝のうち最大の経済的価値をもたらす選択枝の経済的価値をもって、その意思決定ノードの経済的価値とする。第5に、意思決定にあたっては、エンドポイントから順次左へとノードを遡って、最大の経済的価値を持つ選択枝を選択する。これによって、意思決定全体として最適な意思決定を行うことができる。

3. Q & A

Q1. デシジョン・ツリー分析の意思決定の細分化はどのように特徴づけられるであろうか。

A1. 上記のデシジョン・ツリー分析の分析方法で説明したように、複雑で多段階の意思決定を段階ごとに細分化するのがこの方法の第1の特徴である。しかし、この細分化においては、実際に行われる意思決定の内容をどのように特定化するか、生起する事象をどのように具体的

に表現するかについては、正解というものはなく、意思決定者自身が具体的に示す必要がある。細分化の仕方が異なれば、当然に分析結果や意思決定内容も異なってくる。

現実の意思決定は細かい無数の意思決定によって構成され、それぞれの意思決定もまた無数の選択肢を持つ。したがって、このような多様さを正確に把握するためにはある程度の意思決定の細分化は行わなければならない。しかし、逆に必要以上に詳細な細分化を行ってしまえば、分析そのものが複雑化し、有効な分析が不可能となる。実際の意思決定分析を観察すると、必要以上の意思決定の細分化が行われる例が多く見られる。このため、重要と思われる選択肢と事象は何かを基準に、適切な細分化を行う必要がある。これを実際にどのように行うかが意思決定分析における1つの技術であると考えられる。

Q2. デシジョン・ツリー分析の不確実性の捉え方はどのように特徴づけられるであろうか。

A2. デシジョン・ツリー分析は意思決定に伴う不確実性を次のように処理している。まず意思決定の細分化においては、意思決定者は自らの選択する選択肢として何があるか、その結果、生起しうる事象として何が存在するかについて、完全に特定化できると仮定する。また、多段階の意思決定における選択肢と事象との間の関係についても、それが生起する時間的關係、あるいは内容上の因果關係としてこれも完全に特定化できると仮定する。したがって、選択肢や事象の内容が不明であったり、さらには選択肢と事象との関係が不明であるといった意味での不確実性はデシジョン・ツリー分析においては前提によって存在しない。現実の意思決定にはこのような意味での不確実性は実際に存在するが、デシジョン・ツリー分析においてはこのような種類の不確実性は存在しないと仮定するのである。

これに対して、デシジョン・ツリー分析が仮定する不確実性とは、生起する事象の確率が事前には判明しないことである。したがって、個々の事象の生起する確率を予測して分析を行う。しかし、意思決定の選択肢や事象が事前に特定化できないような不確実性があるときにはデシジョン・ツリー分析は応用できない。例えば意思決定を行う時点では、特定の選択肢の結果として生起する事象自体が特定できない場合がある。そのような場合にはデシジョン・ツリー分析を使うことができない。すなわち、意思決定時に選択肢と事象の組合せが明確に特定化され、それらの相互の關係が明示されるような場合にはデシジョン・ツリー分析が利用可能であるが、そうでない場合、例えば意思決定における選択が逐次的に行われ、それぞれの選択の結果として生起する事象がどのような内容かについては意思決定時においては明確でないというような展開型(evolutionary)の意思決定にはデシジョン・ツリー分析は適さないと考えられる。

- Q3. デシジョン・ツリー分析はどのような意思決定主体を想定しているのでしょうか。
- A3. デシジョン・ツリー分析はその分析を行うにあたって問題の細分化をノードごとに行い、次にそれをエンドポイントに近いノードから順次判断している。最終的には全体として最適な意思決定を明らかにしている。したがって、この方法が想定するような意思決定主体は、第1に複雑な多段階の意思決定を適切な形で細分化できるように意思決定が関係する要因すべてについての理解を持っている必要がある。第2にこの方法は複雑な意思決定全体についての最適化を図るという意味で、意思決定の影響が及ぶ全構成員に対して意思決定の結果の責任を負う必要がある。この両者の意味で、意思決定主体として企業トップを想定し、トップ・ダウン型の意思決定スタイルを前提にすればこのデシジョン・ツリー分析は自然に適用できる。しかし、これはデシジョン・ツリー分析が、多数の参加者の協議による意思決定に応用できないことを意味するものではない。逆にこのような多数の参加者の意思決定を調整するために、各参加者が共有する理論的な枠組みとしてデシジョン・ツリー分析を応用することができる。

- Q4. 不確実な事象の経済的価値は「数学的期待値」で表せるのであろうか。
- A4. 不確実な事象において、それが生起する確率を意思決定者は予測しなければならない。この確率は現実特定の事象が生起する実際の確率とは異なり、意思決定者の主観的な確率である。これをウェイトとして期待値をとること自体は問題がない。しかし、選択肢を評価する際に、不確実な事象の経済的価値をどのように評価するかの方法上の問題がある。すなわち、例えばある選択肢が後続の不確実な事象を生起させるとき、仮にその選択肢が100の経済的価値を持つとし、他の選択肢が確実な100の経済的価値を持つという場合を想定しよう。このとき不確実な100は確実な100と同等に望ましいであろうか。上記のデシジョン・ツリー分析では両者は同等と想定したが、意思決定者の持つ不確実性に対する主観的な評価すなわち選好を明示的に取り入れるのが好ましい。これは後述の「危険(risk)に対する選好理論」に基づいて分析できる。

3 デシジョン・ツリー分析の現状と展望

a. アメリカにおけるデシジョン・ツリー分析の普及

デシジョン・ツリー分析は意思決定分析の代表的な方法として、1960年代以降アメリカ企業に急速に受け入れられていった。これはとくに不確実性下でなされる多段階で複雑な意思決定の分

析方法として適切であるとされ、当時の最先端の経営手法と見なされていた。当初このデシジョン・ツリー分析の理論化に貢献したのはビジネス・スクールを拠点とする研究者達であり、その代表的著作としてはRaiffa(1968, 1982), Schlaifer(1969)をあげることがでる。さらにアメリカの代表的なビジネス雑誌とされるHarvard Business Reviewにおいてデシジョン・ツリー分析の一連の論文が掲載された(Magee(1964), Swalm(1964), Hammond(1967))。

デシジョン・ツリー分析等の意思決定分析が企業に普及するのに貢献したのは何よりもビジネス・スクールにおける教育であった。1960年代以降、ほとんどのビジネス・スクールにおいてデシジョン・ツリー分析を中心とする意思決定分析が基礎的な授業科目として取り入れられるに至った。その先鞭をつけたHarvard Business Schoolは1960年代の早い時期からデシジョン・ツリー分析を中心とした科目を設置し、これを経営学修士の基礎科目として位置づけた教育を行ってきた。Harvard Business Schoolは教育手法として講義形式を採用せず、事例分析の討議によるケース・メソッドを採用していたため、この意思決定分析も事例分析が重視された。もう1つの代表的なビジネス・スクールであるPennsylvania大学のWharton Business Schoolも意思決定分析の教育を重視している。ここでは必ずしもデシジョン・ツリー分析だけでなく、より一般的に意思決定分析をMBAの専攻領域の1つである"Decision Processes"として位置づけ、複数の科目を教えている。また研究センターとして"Risk Management and Decision Processes Center"を設置し、研究の拠点としている。このようにアメリカのビジネス・スクールはデシジョン・ツリー分析のような意思決定分析をカリキュラムに積極的に導入し、学生の理解すべき基本的な経営手法として位置づけている。これらのビジネス・スクールの教育を受けた学生が経営幹部、スタッフとして企業活動の中枢を占めるに至っている。

デシジョン・ツリー分析はビジネス・スクールのような学校教育以外の場で、アメリカ企業の幹部やスタッフの研修プログラムにおいて広範に利用されるようになってきている。さらにデシジョン・ツリー分析を採用するビジネス・コンサルタントの存在もデシジョン・ツリー分析の普及に貢献した。これらの結果、現在ではアメリカの企業のほとんどが何らかの意味でデシジョン・ツリー分析を理解した経営者によって運営されるか、あるいは少なくともこれを理解したスタッフによって補佐されていると考えられる。Ulvila and Brown (1982, p.131)は「デシジョン・ツリー分析はビジネス界ではすべての大企業が日常的に利用するスタッフ業務として当然に含まれる内容となっている」という指摘を1982年に行っている。ちなみにPascale(1990)は「経営上の流行(Business Fads)」として、1950年代以降の経営手法の影響力を数量化して図示している。そこでは「目標管理」、「多角化」といった流行語と並んで「デシジョン・ツリー」分析が1960年代初期

から長期にわたって持続的な影響を持っていることが示されている。また、アメリカの一般的なビジネス・レファレンスの多くにも企業経営者の基礎的な教養と位置づけて、デシジョン・ツリー分析の説明がなされている(Argenti(1994), Collins and Devanna(1994))。

企業の現実の意思決定においてもデシジョン・ツリー分析は多用されている。これらの初期の紹介として、DuPont, Pillsbury, GE等の例があげられる(Brown (1970))。その後の応用の拡大の契機となったのは1980年代のパーソナルコンピュータの普及とデシジョン・ツリー分析のソフトウェアの開発であったと考えられる。実際に多数のソフトウェアが作成されているが、例えば Lotus等の表計算のような一般的なプログラムでもデシジョン・ツリー分析が行えるようになっている。また一般にDecision Support Softwareと呼ばれるカテゴリーのソフトウェアにはデシジョン・ツリー分析の原理が取り入れられている。このように1980年代以降のデシジョン・ツリー分析は研究者の研究対象としてはすでに最先端の経営手法ではなくなり、企業、個人、政府が個別の意思決定の問題を解決する基礎的な方法として日常的に使用されるに至っている。

b. 日本におけるデシジョン・ツリー分析の導入

1960年代のアメリカにおけるデシジョン・ツリー分析の普及を受けて、日本においてもその紹介と応用が行われた。その初期の紹介として宮川(1969), 宮沢(1971)をあげることができる。日本のビジネス界においては1960年代以降に数学的手法を応用した経営手法に対する関心の高まった時期があった。これは1960年代から1970年代に出版されたビジネス文献における数学的方法の多さによってうかがえる。このような文献においてデシジョン・ツリー分析が頻繁に引用されていることから、ビジネス界のデシジョン・ツリー分析に対する関心が強かったと言える。しかしながら、デシジョン・ツリー分析の現実の経営に対する導入はいくつか試みられたものの定着には成功しなかったと考えられる。現在これらの手法は企業の現場ではほとんど行われていない。これはデシジョン・ツリー分析の主要な応用範囲であるべき設備投資等の意思決定においてデシジョン・ツリー分析を用いた事例の報告が稀である点、またデシジョン・ツリー分析を経営分析方法として用いるコンサルティング会社がほとんど存在しないという点にも表れている。とくに後者はデシジョン・ツリー分析がアメリカのビジネス・コンサルティング会社の基本的な分析方法として広く浸透しているのとは対照的である。さらに「デシジョン・ツリー分析」等のキーワードを用いて最近の日本の新聞や雑誌を検索してもそれに該当する記事や文献が皆無に近い。もちろんアメリカで開発された経営手法がそのまま日本企業の経営手法として定着しなければならぬ理由は存在しない。しかし、他方では日本ではリエンジニアリングあるいは品質管理等

のアメリカで開発された経営手法が短期間の間に日本企業に普及したのとは極端な対照を示している。したがってデシジョン・ツリー分析が日本企業に定着せず、あるいはすでに忘れられてしまった理由を検討しなければならない。

第1に考えられる理由は日本においてアメリカのビジネス・スクールに相応する教育機関が少なかったことがある。すなわちデシジョン・ツリー分析等の意思決定分析はアメリカにおいては当初ビジネス・スクールに拠点を置く研究者によって開発され、次いでそこでのカリキュラムに取り入れられて、正規の学校教育を通して普及していった。しかしながら日本においてはこのようなアメリカのビジネス・スクールに対応する教育機関の数は限られている。この例外として慶應義塾大学、青山学院大学、筑波大学等がビジネス・スクールを設置している。そこでの教育を見ると例えば慶應義塾大学のビジネス・スクールではマネジリアル・エコノミクスという名称でデシジョン・ツリー分析を始めとする意思決定分析を基礎科目として教えている。これは同校が設立時にそのカリキュラムをHarvard Business Schoolのカリキュラムを参考にして作成したという経緯にも関係している。しかし、これは日本の学校としては例外である。

また日本における経営学のカリキュラムの主要な傾向を判断するためには修士課程教育ではなく、卒業生の数において圧倒的に多い経営学部や商学部等の学部教育を見る必要がある。そこではデシジョン・ツリー分析等の意思決定分析は必ずしも重視されてはいない。これは学部レベルの経営・商学教育においては企業経営者の意思決定分析は必ずしも重視されないことを示している。

しかしながら、ここで注目すべきは欧米のビジネス・スクールにおける日本人留学生の存在である。企業派遣あるいは個人留学という形で毎年数百人以上の日本人学生が欧米のビジネス・スクールへと留学している。これらの留学生は当然デシジョン・ツリー分析等の意思決定分析を学習し、その原理を理解していると考えられる。ところが実際には日本企業内部でこのような意思決定分析方法を広範に応用する例は聞かれない。これは必ずしもデシジョン・ツリー分析だけではなく、財務理論の基礎的考え方が日本企業において定着するには至っていないという点にも似ている。すなわち意思決定分析を学んだ少なからぬ数の日本人留学生はそれを日本企業の現実の経営において活用してはいないのである。したがってデシジョン・ツリー分析が日本企業で定着していない理由を必ずしも教育の不足だけに求めることはできない。

このように考えるとデシジョン・ツリー分析が日本企業に定着しなかった第2の理由として企業側からの需要が少なかったことをあげなければならない。換言すると日本企業の担当者がデシジョン・ツリー分析は日本企業の意思決定スタイルや組織構造と適合しないと考えた結果、これを受け入れなかったという可能性が大きい。すでに第2章でも触れたがデシジョン・ツリー分析の想定する意思決定スタイルは次のようなものであった。まず単一の意思決定者が存在し、この

意思決定者は意思決定全体を熟知していて、それを細分化し、相互の関係を正確に関連づけることができる。さらに細分化した選択肢と事象に伴う経済的利得を正確に推定し、事象の不確実性を推定し、最後にそれぞれの選択肢の経済的価値を計測し、それを最大化するような意思決定を選択する。もちろんこれは現実に企業内の意思決定を単一の主体に集中し、各部門では情報分析や判断を行わないという意味ではない。実際にはデシジョン・ツリー分析において細分化された事象ノードにおける不確実な事象が生起する確率の推定、意思決定や事象に応じて生じる収益や費用等のキャッシュ・フローの推定等において各担当者が推定を行い、それを情報としてトップに伝える必要がある。しかしながらトップの意思決定者はそれらすべての情報を集約して、意思決定プロセス全体の視点からの分析を行い、選択肢を決定するという役割を持つ。すなわちデシジョン・ツリー分析は1つの意思決定をいったん部分に細分化して、その推定を他の主体に委譲したとしても、最後に単一の意思決定者が情報を集約して判断するという特徴を持つ。この意味でデシジョン・ツリー分析は単一の意思決定者を想定し、その意思決定分析を補助する手段として特徴づけられる。このような意思決定スタイルそのものが日本企業の意思決定スタイルと乖離しているために、デシジョン・ツリー分析の日本企業への定着が進まなかったという可能性がある。

ここで、日本企業とくに事業部制を導入しているような一定規模以上の企業における意思決定スタイルを検討すると、これは特定の個人の主導による意思決定としてのいわゆるトップ・ダウン型の判断や指示の場合は少なく、これらの判断や指示の機能が広く企業内に分散されているといわれる。したがって日本企業は下位の各部門内において徐々に意思決定が集約され、これが最終的な意思決定者によって調整されるといういわゆるボトム・アップ型の意思決定スタイルをとるといわれている。このように日本企業がボトム・アップ型の意思決定を行い、経営トップの役割が複数の意思決定の調整を行うことにある場合には、デシジョン・ツリー分析は必ずしも必要とされない。

この点はデシジョン・ツリー分析が日本企業で定着しなかった第3の理由と関係する。日本企業においては意思決定方法に関する誤解があったと考えられる。すなわちデシジョン・ツリー分析に代表される意思決定分析は「叙述的分析」ではなく、いかに意思決定の質を高めるかという目的に即した「規範的分析」として位置づけられるものであった。したがって、現実の日本企業の意思決定スタイルがデシジョン・ツリー分析の想定する意思決定スタイルと異なるという上記の理由はデシジョン・ツリー分析の導入には必ずしも障害とならないはずであった。デシジョン・ツリー分析はあくまで分析方法であって、実際の意思決定の内容を高めさえすれば良いはずである。しかしながらデシジョン・ツリー分析を叙述的分析と誤解すると、実際の日本企業の意

思決定スタイルとデシジョン・ツリー分析の前提する意思決定スタイルとは当然に異なるので、デシジョン・ツリー分析の有効性が疑われることになる。ここでの問題はデシジョン・ツリー分析を叙述的分析と理解してしまったことにある。デシジョン・ツリー分析はあくまで規範的な分析であり、その目的は現実の意思決定の質を高めることにあり、それが日本企業の意思決定スタイルに適合しているかどうかは必ずしもそこでは重要ではない。

c. デシジョン・ツリー分析の今後の展望

しかしながら1990年代半ばになって日本企業の従来の意思決定方法そのものが問われるようになってきている。これは多くの日本企業の業績が悪化する中で、これまで当然とされてきた日本の意思決定方法の欠陥が意識されてきたからであると考えられる。第1の欠陥は意思決定のスピードに時間がかかることである。前述のボトム・アップ型で多数の参加者の判断や意見を集約し、それらの調整の結果として最後に意思決定を行うことを前提にするかぎり必然的に時間がかかる。しかしながら技術革新が激しい分野に見られるように、意思決定の遅滞は企業経営に深刻な悪影響をもたらすと考えられる。

第2に、これまでの日本の意思決定の仕組みを支えてきた組織構造を維持できなくなってきていることである。すなわち日本の意思決定スタイルは年齢的にも中堅層で構成される中間管理層の雇用を前提としてきたが、現在の高賃金のもとではこれを維持することが次第に困難となってきている。またOA機器等の情報設備によってこのような中間管理層を代替する手段も拡大している。このとき日本企業の意思決定方法自体がこれまでのスタイルを維持できない可能性が大きくなっている。

その結果、日本企業の意思決定スタイルはデシジョン・ツリー分析が想定するような意思決定スタイルへと必然的に変化していく。このとき1960年代の日本企業においては十分に定着できなかった分析方法であるデシジョン・ツリー分析を現在の日本企業に改めて導入する必要性が高まってくる。しかしながら現在の日本企業は組織の問題のみに関心を払っているように見受けられる。例えば「分社化」による事業部門の独自性を高め、意思決定の裁量を大きくする方法や、企業内の階層の削減によって中間管理者を減少させ、これを情報機器によって代替する方法、また情報機器の利用による組織の調整方法の変更であったりする。しかし、ここで日本企業によって軽視されているのは実は意思決定方法そのものであり、企業の意思決定分析方法である。意思決定方法の重要性を顧みずに組織だけを変更してもその効果は限定されている。この意味でデシジョン・ツリー分析に代表される意思決定分析の導入は日本企業の意思決定方法に大きな影響を与えるものであり、これを積極的に試みるべきと考える。

文献

- Argenti, Paul A. ed., *The Portable MBA Desk Reference: An Essential Business Companion*, 1994, John Wiley and Sons, Inc.
- Brown, Rex V., "Do Managers Find Decision Theory Useful?" *Harvard Business Review*, May-June, 1970, 78-89.
- Byrne, Noel, *Licensing Technology: Drafting and Negotiating Agreements*, 1994, Macmillan.
- Collins, Eliza G. C. and Mary Anne Devanna eds., *The New Portable MBA: The Top Wisdom from the Best University Program*, 1994, John Wiley and Sons, Inc.
- Hammond, John S., "Better Decision with Preference Theory," *Harvard Business Review*, November-December, 1967, 123-141.
- Magee, John F., "How to Use Decision Trees in Capital Investment," *Harvard Business Review*. January-February 1964, 79-96.
- Neil, James M., "Decision Analysis," *AACE Transactions*, Vol.34, No.3, 1991, sk4(1)-sk4(6).
- Pascale, Richard, *Managing the Edge*, 1990, Simon & Schuster.
- Raiffa, Howard, *Decision Analysis: Introductory Lectures on Choices Under Uncertainty*, 1968, Addison-Wesley.
- Raiffa, Howard, *The Art of Science of Negotiation*, 1982, Harvard University Press.
- Schlaifer, Robert, *Analysis of Decisions Under Uncertainty*, 1969, McGraw Hill.
- Siedel, George J., "Decision Tree Modeling of Auditor Liability Litigation," *Accounting Horizons*, January, 1991, 80-90.
- Swalm, Ralph O., "Utility Theory-Insight into Risk Taking," *Harvard Business Review*. November-December, 1966, 123-136.
- Ulvila, Jacob W. and Rex V. Brown, "Decision Analysis Comes of Age," *Harvard Business Review*, September-October, 1982, 130-141.
- 姉川知史『知的財産権紛争の意思決定分析ーデシジョン・ツリー分析の有効性』日本機械輸出組合, 1995.

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

不 許 複 製

慶應義塾大学ビジネス・スクール

Contents Works Inc.