

## 2B8 価値トレードオフモデルによる技術開発計画の策定

○大野 満秀（三菱総合研究所）

### 1. 本稿の目的

企業の技術開発の計画においては、開発目標の設定が非常に重要である。目標の設定においては、何をもって目標とするのか、達成時期はいつにすべきかを明確にする必要がある。一般に、ある時点で実現可能な技術を用いユーザー効用を最も高める製品のスペックを実現できるような目標設定がなされる。しかし今日、一つの製品でも機能が複合化し多くの機能のレベル（スペック）の組み合わせが可能となり、各社とも自社製品に特長を持たせて他社製品と差別化をはかるようになってきた。このように、従来のように「小さければ小さいほど良い」「早ければ早いほど良い」というような一方向的なターゲットを設定しその先頭を走るといったような開発目標の設定ではなく、自社の狙うユーザー層の効用を最も高めるための、スペックの組み合わせこそが競争優位の源泉になっている。

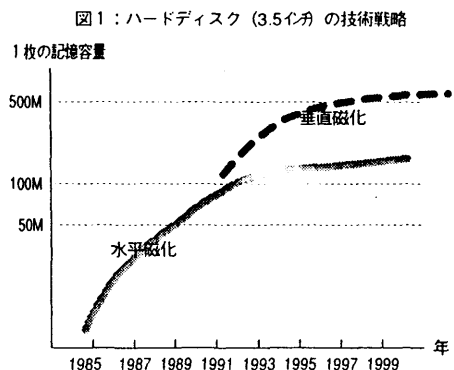
一方、この目標（スペックの組み合わせ）を達成するためには、どのような技術を選択あるいは資源集中すべきかの決定も同様に重要となる。本稿では、この目標設定の方法と技術選択の方法について、ユーザーの効用の最適化と効果的な基盤技術の蓄積を両立するという基準のもとに、ダイナミック価値トレードオフモデル（DVTモデル）を用いた技術開発計画の策定方法を紹介する。

### 2. 製品の高度化と技術選択

一般に、製品の機能（スペック）のレベルの高度化と技術の間には、①時間によって新技術に乗りかえていく場合 ②同時に複数技術が実用化しており、機能ターゲット領域により技術を選択する場合の二通りがある。図1は、磁気記録の例で、記録密度が上がるにしたがって水平磁化から垂直磁化記録へと実用技術が移っていく。図2、3は、ディスプレイの大型化の事例で、同時点で複数の技術が実用化しており、30インチまではCRT直視型、30から50インチまではCRT背面投射型、それ以上は、液晶またはCRT前面投射型が利用されるという技術選択がなされている。

また、技術開発により常に技術水準は進歩しており、時間とともに製品の機能も高度化していく。図4は、ボックス型通信モデムの時間毎の価格と通信速度の進歩をチャート化したものである。右上にいくほどコストパフォーマンスがあがっていく。

企業は、この代替技術と時間による技術



磁化技術	水平磁化	垂直磁化
磁性膜	メッキ	スパッタ
基板材料	アルミニウム	ガラス

出所：日経バイト、1990、7、10号予測

図2：大型ディスプレイの価格VTOチャート  
(技術混在)

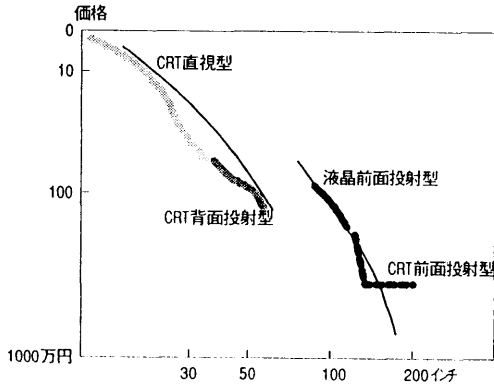
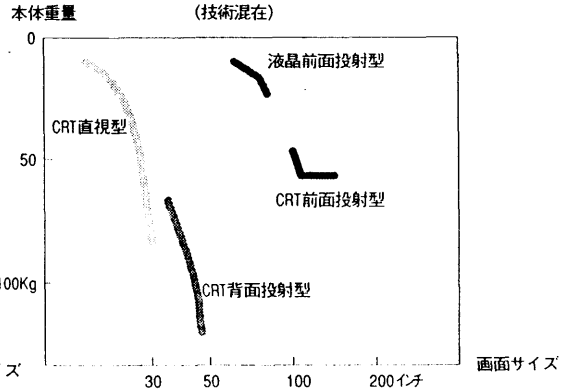


図3：大型ディスプレイ画面サイズ/重量VTOチャート  
(技術混在)



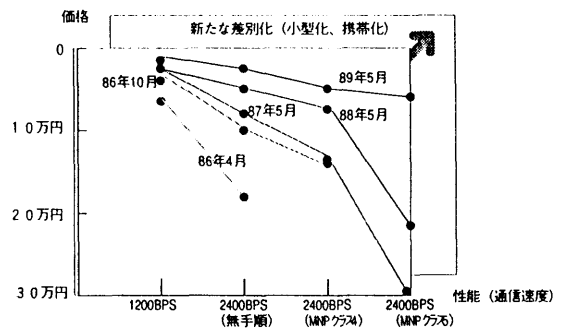
進歩をにらみながら、自社にとって有利な製品スペック（売れ筋や競合状態、自社方針等で決まる）を実現するのにもっとも適した技術を選択することになる。将来製品の場合は、この代替技術の進捗度合を予測し事前に研究開発を行なっていくわけである。

### 3. 技術のライフサイクルと蓄積、発展

一般に技術は、萌芽、発展（実用化の進展）、成熟、衰退（他の技術に変わられる）というライフサイクルをとる。技術の投資効率を考えれば、成熟まで持っていく、可能な限り応用することが効率がよいことになる。また企業における技術の実用化という点では、一般に技術が未成熟のうちに他の製品（新事業）に応用するよりも成熟してから（充分に知り尽くしてから）応用したほうが成功確立が高い。このように自社にはその事業（製品）の成熟した技術を基盤に持つ必要がある。これが理想的な技術蓄積の方法である。

今日製品の機能の多様化、新技術の開発ラッシュにより、一つの技術がその寿命をまっとうする事が少なくなってきた。これは研究開発における開発テーマの拡散という形にもなっている。ここで問題なのは、前節のユーザーの効用極大化と効率的な基盤技術育成は整合しないことである。この解決には、ユーザーのニーズ動向、技術予測、開発の連続性の維持を考えたうえで、自社製品の発展ストーリー（どのような機能をどのような順番で高度化していくのか）を明確にした上で、技術の開発時期、優先順位付けを行なっていく必要がある。

図4：ボックス型通信モデムのVTOチャート



出所：日経バイト、1990、7、10号調査データより作成

#### 4. 価値トレードオフモデル (VTOモデル)

##### 一般モデル

VTOモデルの一般型は、いくつかの実現すべき機能 (スペック) の最適な組み合わせを決定するモデルである。一般静学モデルは以下のように表現できる。

$$\text{Max. } U_h = U_h (s_1, s_2, s_3, \dots) \quad \text{ユーザー } h \text{ の効用関数 (1)}$$

$$\frac{d U_h}{d s_i} > 0 \quad \dots (2)$$

$$\text{s.t. } S = S (s_1, s_2, s_3, \dots) \quad \text{スペック生産関数 } \dots (3)$$

$$\frac{d S}{d s_i} > 0 \quad \dots (4)$$

$$s_i \leq L_i \quad (\text{技術限界による上限}) \quad \dots (5)$$

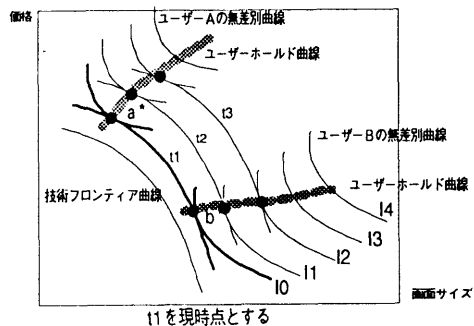
経済学の効用関数 (無差別曲線)、生産 (代替) 関数からの類推より、(1)式は原点に対して凹関数、(3)式は凸関数が一般的と考えられる。

##### 実用モデル (VTOチャート)

この一般静学モデルを3次元に単純化してみる。例えば、ディスプレイを二つのスペック (価格と画面サイズ) のみでチャート化すると図5ができあがる。ユーザーをセグメント化した場合、ユーザーA (ホームユーザー) ではa\*が最適解であり、ユーザーB (業務用ユーザー) ではb\*のスペックが最適解になる。実用面においては、このチャート (VTOチャート) が有用である。なぜなら、様々なスペック (画質、重量、消費電力 etc.) を盛り込んだ一般モデルでは直感的に認識しにくいし、一般に製品の差別化のポイントは短期的には2、3のスペックが焦点になっていることが多いためである。議論をわかりやすくするため、以下このVTOチャートをを用いて説明していく。

上記で説明したモデルは静学モデルであり、ユーザーの効用の最大解がこれによりもたらされる。しかし、前節で示したように、技術開発の連続性も考慮しなくてはならないので、これを動学モデル (ダイナミックVTOモデル) に拡張する必要がある。すなわち技術進歩により上記の(5)式の $L_i$ が上昇することになる。図5では、各時間毎にスペック生産関数の曲線 (技術フロンティア曲線) が  $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$ 、……と動いていく。

図5: 大画面ディスプレイのダイナミックVTOチャート



そして、その最適解の軌跡（ユーザーホールド曲線）が描ける。この曲線をトレースしていく際に、機能を実現する技術が他の代替技術に移っていく場合は、基盤技術蓄積と不整合が生じることを意味する。

## 5. VTOモデルによる技術開発計画策定

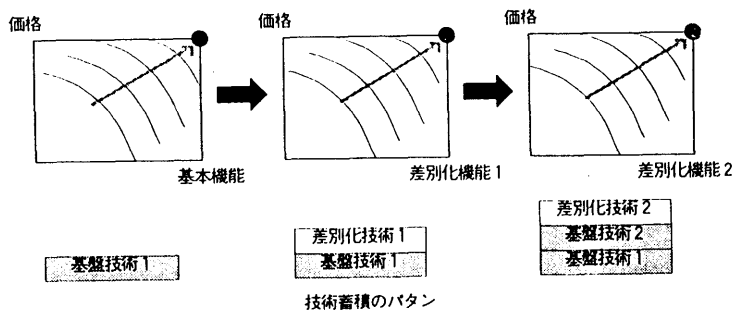
### 計画策定のプロセス

技術開発計画策定は、一般には以下のプロセスをとる。まずターゲットとする機能（スペック）決めを行なうが、そのためにはユーザーを絞り込み（市場のセグメント化）を行なう必要がある。次にそのユーザーの効用を最大化できるようなスペックを時系列で決める（製品コンセプトの発展の明確化）。その実現したいスペックをもっとも高い効率で（実現確率／投入資源）実現するという基準で、技術選択と開発目標設定を行なう。この時に、研究開発の点から明らかに不利な点があれば、前のプロセスにフィードバックし、最終的な製品コンセプトの発展パターンを明確にする。最後に、それに応じた資源投入計画を策定する。以下では、発展パターンの明確化を中心に論を進める。

### 基本（理想）パターン

基本的なスペック発展のパターンは、最も基本的な機能を備えた新製品が出現し、それが各社の競争の中でより高度な機能へと発展しある程度発展が進むと、新たな差別機能が付加され、再び各社ともその差別化機能の高度化のためにしのぎを削りあい、それが再び一段落すると、次の付加価値を生み出す新機能に競争の焦点が移っていく。この場合は、各々の機能実現のための技術が成熟しながら発展していくので、技術が基盤技術としてうまく蓄積されていくことになる。図6にこのことを図式的に示した。図4の通信モデムの場合はこの典型的な例となる。通信速度、手順と低価格化の競争は一段落し、現在はサイズ、重量の競争に移っている。原則的には、このパターンをできるだけ守るように技術計画を進める。

図6：ダイナミックVTOチャートによる製品の高度化

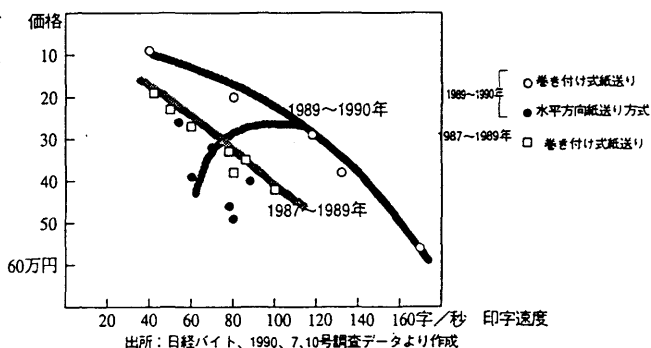


### 複合発展パターン

最近の製品はニーズの多様化もあって、競争の焦点も分散し始めている。図7は低価格のシリアルプリンターのVTOチャートであるが、技術フロンティア曲線が交差している。すなわち、通常の紙を用紙に使いたいというニーズが非常に

強まったために、印字速度がそこそこでも水平紙送りのできるプリンターが売れるようになったのである。3番手、4番手企業によっては、このような競争の焦点を意識的に変えてしまうこともある。東芝のノートブック型パソコンは、サイズに争点を移しソフト資産等の劣性を一気に挽回しようとした典型例であり、長期的にもNECのパソコン開発計画を大幅に狂わせ開発力低下をもたらした効果もあったと言える。

図7：60万円以下の136桁シリアルプリンタのVTOチャート

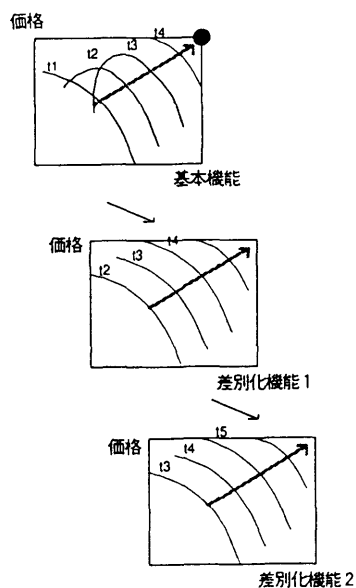


### あるべき目標設定

今後は、複合発展ボタンが多くなってくると予想されるが、その対処法は差別化機能の優先順位付けを行なうことである。そのためには、自社製品の特長（セールスポイント）を明確する必要がある。例えば差別化機能1（例えばコンパクトさ）については他社に絶対負けないというように。そしてこの機能開発に優先順位を与える。さらに図7のように逐次型の技術開発から図8のような並行型の技術開発に移しながら技術蓄積を行なっていくことである。基本機能だけのVTOチャートは交差していくことになるが、別の差別化機能のVTOチャートを常に把握しそれぞれの最適解をはずさないようにする。また、最初に想定した機能の上限（右上の点）が正しいか否かを確認する必要がある。

このように複合型の機能の高度化においても、複数の機能間のトレードオフを常に把握しておく必要がある。静学VTOモデルは、短期的な製品スペックを表現し、精緻に確定できる（短期の機能トレードオフの最適化）ことができる。また、ダイナミックVTOモデルは、長期の差別化機能の順位付け、技術選択のプログラムの表現に有効なツールとして活用できる。はじめにこのチャートを予測し用意しておけば、基盤技術が育成されかつユーザーの効用最大化の製品コンセプトとそれに必要な技術開発の目標設定が容易になるのである。

図8：複合発展ボタンへの対応



(参考) VTOチャートの生産技術開発への応用事例

ここで、VTOモデルの全社戦略策定の応用事例として、自動車会社の生産技術(生産フレキシビリティ)と販売、物流の統合的な戦略策定の応用を紹介する。ここでのVTOチャートでは、生産台数確定時期、販売会社の引き取り責任発生時期(メーカーへの注文台数確定時期)という時間を縦軸に取る。また、横軸には車の生産の変更の難しさをとる(図9)。

フロンティア曲線は、まず生産台数確定の時期の曲線を描く。工場にとってはできるだけ早い段階でどのような種類の車を何台作るかが確定していた方が調達やライン計画などの面で有利である。この曲線の位置は、いかに調達先の部品メーカーをコントロールできるかと組み立て生産のフレキシビリティによって決まってくる。生産工程上、基本的なシャーシやエンジン、すなわち車種から、機種(モデル)、メーカーオプション、色の順番で確定して行かなくてはならない。

もう一つは、販売会社の引き取り責任発生時期をとる。販売外社にとっては、できるだけ引き取り責任が遅く発生した方が保管コストや在庫リスク等の面で有利である。従って、この曲線の位置は販売会社の能力といかに良く売れる車種があるかによって決まる。つまり販売会社に手持ちの車種を売り切れるセールス力あれば引き取り責任を早く発生させてもよいが、当然売れる車種を持っていれば売り易くなる。

この2曲線が一致していればメーカー在庫は存在しないことになるが、現実にはメーカー在庫が存在するのでこの二つの曲線は一致しない。すなわち、二つの曲線の間は、在庫や出荷調整(販社間での配送車種の交換等)により負担される。生産のフレキシビリティの目的は、できるだけユーザーの細かい要求に応じかつ早い納期で納めることである。しかし、ここで示したように物流段階、販売段階でもそれに寄与しているのである。

VTOモデルではそれぞれの寄与分を明らかにすることができる。それにより、自社の生産力、販売力、物流力の評価が可能となり、その強み弱みに応じてそれぞれの経営機能の強化の重点を決めて行くことができるのである。

ケースの結果では、生産は強いと自負していたB社は実際には他社と同程度であり、さらに販売力も弱いため中間の物流部門に多大な負担がかかっていたことが明らかになった。また、A社は販売力が強いと一般に言われているが、事実販社は早い時期に引き取り責任を負っている。一方、車種の生産決定は他社よりも早く、調達力の強いA社は生産のフレキシビリティにやや問題があると決論付けられる。

