

技術経営における最適化手法を用いた 新事業性評価システムに関する研究

○杉谷宗彦（大阪大工学／現ニプロ），
佐藤了平，岩田剛治（大阪大先端科学イノベーションセンター）

1. 緒言

シュンペンターが提唱しているように、近代資本主義経済の発展は継続的なイノベーションに依存していると言う¹⁾。ならば、真のイノベーションの無い産業に発展はない。日本経済を牽引している日本の製造業は代表的に2つに分かれた。すなわち、自動車産業とエレクトロニクス産業である。明らかに、エレクトロニクス産業は総合的な真のイノベーションの創出に世界的に負けていると思われる。

何故か、この答えを出すのは容易ではない。

本研究では、この原因が価値を創出する技術経営の初期評価あるいは計画のシステムの未成熟にあるのではないかと考え、検討に着手した。特にイノベーションをどう価値創出に結びつけ、最適化するかという手法を見だし、初期段階での事業性を評価するシステムを構築することを試みた。製品対象を、今後の成長産業である液晶TVに着目して検討を行った。

2. 事業性評価システムの提案

日本企業において、イノベーションを伴う新事業やベンチャー企業を企画・立案して成功させる確率は低い。この確率を高めるためには、Fig. 1 (a) (現状) に示すいわゆるDeath Vallyを無くすことであり、Fig. 1 (b) (将来) に示すすべての期間短縮とイノベーションを考

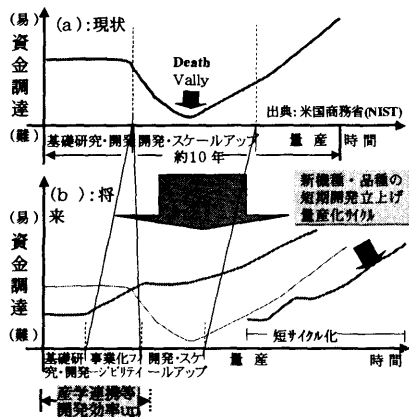
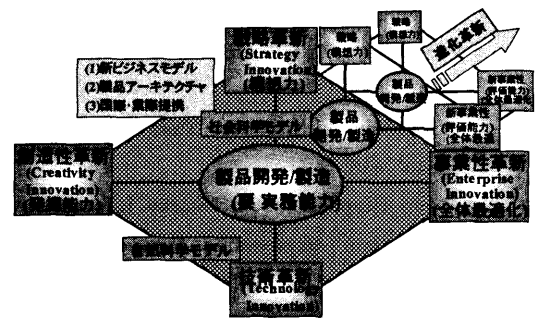


Fig. 1 新事業化(ベンチャー企業化)での死の谷の克服

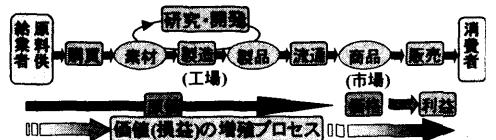
慮した事業化フィジビリティシステムの確立とその確度の向上にあると考えられる。ここでいうイノベーションとはFig. 2に示す価値を増殖する重要なイノベーション、すなわち、戦略、創造性、技術、事業性の4つのイノベーションからなると考えた²⁾³⁾。しかし、これらを考慮した、価値の増殖の評価をどのように行うのが問題である。

本研究では、イノベーションを伴う製造業に必要な検討フローをFig. 3に示すように、まずイノベーションを生み出す過程とそれが技術的に実現性があるのかどうかを明らかにし、さらに経済的実現性を評価し、総合評価する過程ととらえ、新事業性評価システムのアルゴリズムを提案した。

すなわち本システムは、イノベーションが具体的に①事業目的の明確化、②イノベーションの可能性の探索、研究、開発と事業ドメインの絞込み、③事業ドメインの確定、を明らかにする過程ととらえる。次に、技術的、経済的実現性が、④物理的・科学的に可能か否かを考慮してターゲット製品・仕様を絞り込むとともに、⑤性能や量産性の技術的実現性を明らかにして、設計や生産方式を決める。さらに、⑥、⑦で技術的代替性も考



(a) テトラゴナルイノベーション構想 (CrEST Innovation)



(b) 価値の増殖プロセス
Fig. 2 イノベーションと価値の増殖プロセス

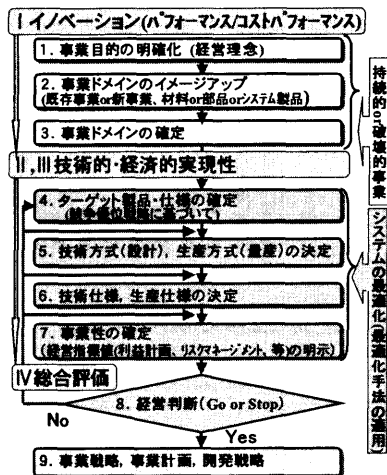


Fig. 3 新事業性評価システム (ラダー設計) のアルゴリズム

慮しながら、全てを経済的数値に置き換えて、経済的実現性を明らかにするとともに、技術的・経済的主要要素に対する最適解を求め、⑧事業の可能性をデジタルな空間の中で判断しようとするものである。

また、最適化に関しては、次のような方法を用いた。最適化問題の一般的な定式化は式(1)で表される。

$$\begin{cases}
 \text{optimization parameter } x = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T \\
 \text{index function } f(x) \\
 \text{constraint condition } \begin{cases} h_k(x) = 0 & (k=1, 2, \dots, l) \\ g_j(x) \leq 0 & (j=1, 2, \dots, m) \end{cases}
 \end{cases} \quad (1)$$

ここで、 x は設計変数で、目的関数 $f(x)$ は最小化あるいは最大化すべき指標、 $h_k(x)=0$ および $g_j(x) \leq 0$ は制約条件である。最適化手法は、例えば線形計画問題にはシンプレックス法など、非線形計画問題には最急降下法など、離散最適化問題にはSA (Simulated Annealing) やGA (Genetic Algorithm) などに代表される探索的手法を用いるといった具合に、問題の分類に応じて適切に選定する必要がある。

本システムでは、設計変数に材料やプロセスに代表される技術・生産方式・仕様などの離散値を含むため、最適化手法を選定するにあたり、まず探索的手法に絞った。この内、初期値に依らない大域的な検索と多峰性への対応にも適していることから、改良型である島モデルGAを選定した。

以下本システムを用いて、事業性を検討した結果について述べる。特に、液晶TVの事業性を目的関数とし、製造仕様や技術的項目を設計変数として最適化を行い、事業性の総合評価を行っているので、最適化に絞って展開する。

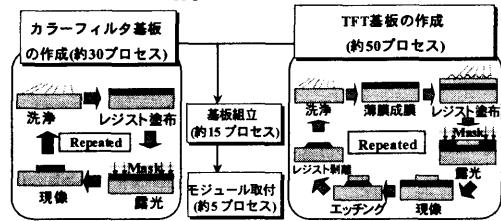
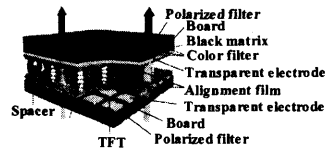


Fig. 4 液晶パネル構造と主要製造工程の概要

3. 検討対象と方法

3.1 液晶テレビの構造

本システムを構築するために対象とした液晶TVの代表的な構造と主要製造工程をFig. 4に示す⁴⁾。カラーフィルタを含む前面基板とTFT(Thin Film Transistor)を含む背面基板を貼り合わせた内側に液晶分子が注入されており、電界の有無に応じて液晶分子が向きを変えることにより、バックライトからの光の透過を制御する構造となっている。

3.2 液晶TVの製造工程とその問題点

この液晶TVの代表的な製造工程は、まず前面基板となるマザーガラスにカラーフィルタを、背面基板となるマザーガラスにTFTをそれぞれ作成する。その後両基板を張り合わせ、液晶分子を注入して封止後、パネルサイズに切断する。最後にモジュール基板を取り付け、最終検査をして製造が完了する。この製造工程は全部で100工程近くのものにのぼり、非常に多種多様なプロセスとそれに対応する設備が必要な典型的な大型投資型事業である。従って、性能と投資効率の向上が事業性を大きく左右する。そこで本研究では、個々の技術要素は一旦固定し、事業性に最も大きな影響を与えるマザーガラス寸法に着目して検討を試みた。

多面取りが可能なマザーガラス寸法の拡大は、多面取りに応じてパネル1枚当りの製造原価を低減させる。その一方で、100工程にもものぼる設備の大型化による投資の増大と歩留の悪化が懸念される。この相反問題に対する最適解を得ることが事業性に対して極めて重要であり、以下この検討を行った。マザーガラス寸法の範囲は、今後予想されている第8世代(1870mm×2200mm)を十分超えるサイズ(3500mm×3500mm)を最大寸法と想定した。

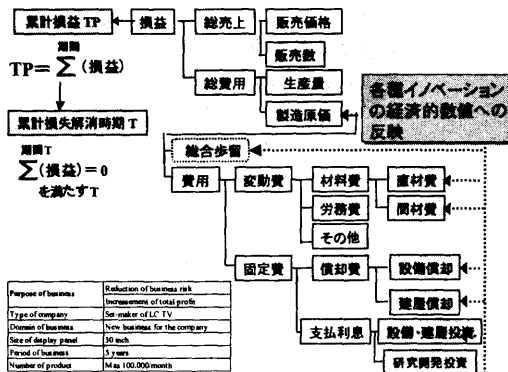


Fig. 5 イノベーションの経済的数値への置換え

4. 検討結果と考察

4.1 事業性の基本的算出

製造業における事業性とは、どのようなイノベーションがあろうとも、最終的にはFig. 5に示すように全てを経済的数値に置き換えて、総費用と総売上を求め、損益および累計損益を明らかにして、経済的な可能性を示すことである。本研究では、液晶TVの製造事業において、基本的事業計画をFig. 5の様に設定して、約100工程に要する各費用を調査・設定し、事業性の基本的な算出を試みた。

マザーガラス寸法の拡大に伴い、製造工程における歩留の低下が予想される。歩留は、製造原価に大きく影響するため、その予測は事業性の適正な予測を行うために重要となる。このシステムでは、半導体分野での歩留予測において実績のあるポアソン分布歩留モデルを用いて、事業性の算出を行う。ポアソン分布歩留モデルを式(2)に示す⁴⁾。

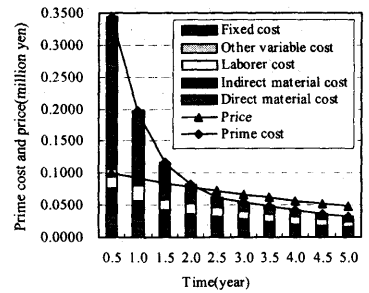
$$Y = \exp(-AD_0) \quad (2)$$

(Y: Yield, A: Space of tip, D_0 : Mean density of defect)

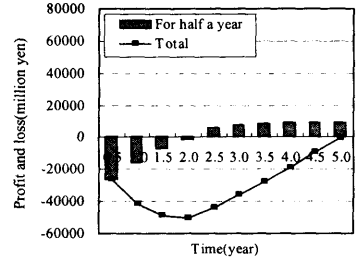
こうして算出した事業性の結果をFig. 6に示す。a)は5年に渡る製造原価および販売価格の推移を、b)は5年に渡る損益および累計益の推移を示している。この結果、約2.5年後には利益が始まっていることがa)より確認できるが、b)より累計損失がいつこうに解消されないことが確認でき、事業性があまり良くないことを示している。そこで、次に最適化による事業性の向上に関する検討を行った。

4.2 最適化による事業性の向上

事業性向上のために、マザーガラス寸法を設計変数とし、累計損失の解消時期の最短化と累計益の最大化を目的関数とした最適化を以下の式(3)に示す設定条件で試みた。



a) 原価および販売価格変遷



b) 損益および累計損益

Fig. 6 モデルを用いた事業性算出例

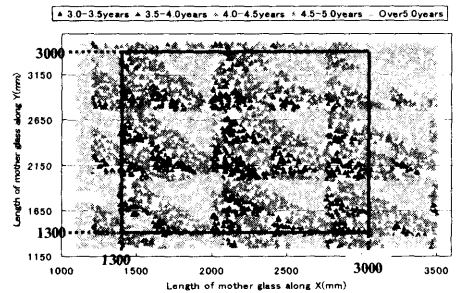


Fig. 7 サンプリングによる累計損失解消時期の推定

$$\begin{aligned}
 & \text{find } x, y \\
 & \text{that minimizes } f(x, y) \\
 & \text{maximizes } g(x, y) \\
 & \text{constraint to } 1100 \leq x \leq 3500 \\
 & \quad \quad \quad 1250 \leq y \leq 3500 \\
 & (x: \text{Length of mother glass along X,} \\
 & \quad y: \text{Length of mother glass along Y,} \\
 & \quad f(x, y): \text{FTIME that needs total profit and loss equals zero,} \\
 & \quad g(x, y): \text{Total profit and loss when business ends})
 \end{aligned} \quad (3)$$

この最適化を行う前に、設計変数の範囲を狭めるため、前処理としてサンプリングを行う。ここで、大域的なサンプリングを効率よく行うため、実験計画法の一つであるラテン超格子実験計画法を用いる。

サンプリングを行い、累計損失の解消時期を半年単位で分類し、X方向およびY方向のマザーガラス寸法ごとにプロットした結果をFig. 7に示す。なおサンプル点は3000点である。このグラフより、累計損失の解消

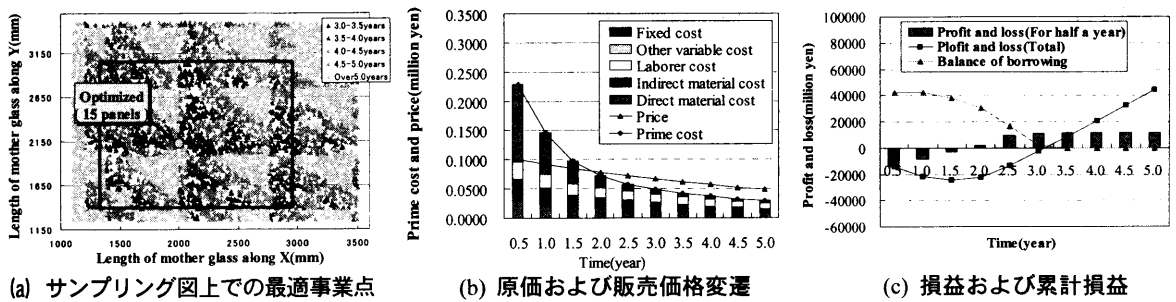


Fig. 8 最適事業モデルを用いた事業性算出結果

時期が比較的早く、3.0年以内あるいは3.0～3.5年以内におとずれる場合のマザーガラス寸法は、X方向およびY方向いずれも約1300mm以上であることが確認できる。そこで、マザーガラス寸法の範囲を $1300 \leq x \leq 3000$, $1300 \leq y \leq 3000$ に絞り、累計損失の解消時期の最短化を目的関数として、島モデルGAによる最適化を行った。その結果をまとめてFig. 8に示す。

Fig. 8は前回と同様、事業範囲5年における製造原価および販売価格の推移と損益および累計損益の推移を示している。これらの結果より最短となる累計損失の解消時期は3.1年、累計益の最大化は約440億円、その時のマザーガラス寸法はおよそ1999mm×2077mmでパネル15枚を取ることができる。これらの結果から、累計損失の解消が難しかった先の結果と比較して、大幅な事業性向上が期待される。

これらの結果を、最適化未実施の結果であるFig. 4と総合的に比較すると、累計損失の解消時期は短期化したうえ、累計益も大幅に増加しており、最適化により事業性の大幅な向上が期待できることを示している。

5. 結言

技術経営でのイノベーションを考慮した初期段階での事業性評価システムの構築に向けて、液晶TV製造事業を対象例題として検討を行った。その結果、事業性の算出手法と相反問題に対する最適化手法を用いた事業性評価システムの構築を図り、以下の結論を得た。

- (1) 事業開始以前の事業性評価システムとして、ラフシステムデザイン手法のプロトタイプを構築した。
- (2) 本システムは経営戦略や先端技術から生産方式・仕様に至る全ての項目を客観的評価が可能なコストに置き換えた事業性算出と事業性に及ぼす最適化問題を組み合わせた方法である。
- (3) 本システムを液晶TV製造事業の事業性評価に適用

し、主因子であるマザーガラス寸法に対して累計損失の解消時期の最短化と累計益の最大化を可能とする事業性を推定できることを示した。

今後は、事業性に及ぼす要因を増やして、より精度の高い事業性評価システムの構築と各種事業性評価への適用を試みる予定である。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、エンジニアス・ジャパン(株)の関係者の方々にご協力を頂きました。深く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) J. A. Schumpeter, 塩野谷, 中山, 東畑 訳;" 経済発展の理論", 岩波書店, (1977)
- 2) 佐藤了平, "次世代型産官学連携共同プロジェクト", Proceedings of 8th Symposium on Microjoining and Assembly Technology in Electronics, (2002), pp.15-20.
- 3) 佐藤了平, "産官学連携共同研究プロジェクトの成功に向けて -次世代エレクトロニクス実装分野における-", 技術研究組合 ASET 第4回電子SI研究報告会, 2003年6月
- 4) 工業調査会, "フラットパネルディスプレイ大辞典", (2001), pp.256-265.
- 5) 田丸啓吉ら, "集積回路工学", 共立出版, (1998), pp.165-169.
- 6) 柳浦睦憲, 茨木俊秀, "組み合わせ最適化問題に対するメタ戦略について", 信学論 D-1, Vol. J83-D-1, No. 1, PP. 3-25, 2000年1月