

LCCM における新製品の 3D 利益図表

3D CVP Graph of New Products in LCCM

竹 森 一 正

Kazumasa TAKEMORI

I LCCM における新製品の 3D 利益図表の意義

LCCM (Life Cycle Cost Management) においては、製品のライフサイクルを通じてのコストを管理する¹⁾。製品が研究開発段階を終了して市場に投入された場合、LCCM にはコスト管理に加えて利益管理も課せられるようになる。当論文においては、新製品のライフサイクル段階が研究開発段階を終了して製造販売段階へ移り、市場へ投入されてから後に損益分岐点に達する以前に、どのような状態で撤退または継続が意思決定されるかを、損益分岐点分析および利益図表²⁾から検討するものである。

新製品は、生産開始の当初から利益をもたらすものとは限らない。新しい技術を取入れたもののほど市場における認知と浸透に時間が掛かり、市場投入の当初では利益をもたらすよりも損失を出すことが通常である³⁾。教科書的な見解では、直接原価計算を応用した製品別損益計算書により製品の限界利益および純利益を管理して、限界利益が大きい製品を重点管理し、両利益が損失であれば撤退すべきものであるとされている。販売後数年を経過して市場が成熟し、他社との競合が激しい場合にはこのような意思決定方法は妥当であろう。しかし、市場自体が形成されたばかりのいわば幼児期にあり、しかも自社製品がその最先端である場合には、直接原価計算を応用した製品別損益計算書のみによる意思決定は現実味を欠くことになる。

新製品が根本的な新技術による場合には、市場投入の当初から利益をもたらすことは希である。限界利益がマイナスであるという理由のみで撤退するならば、新製品は市場に現れることは希となり、市場には常に在来の製品しか存在しえなくなる。しかし、現実には、次々と新製品が現れては従来の製品を陳腐なものにして引退させ、世代交代を実現している。ここから、研究開発段階の最終段階と生産・販売段階の初期の2つのライフサイクル段階の中間において、限界利益概念以外の意思決定基準が存在していることを伺うことができる。

当研究は中部大学産業経済研究所第1プロジェクトの研究費を得て行われた。

新製品が市場投入され、あるものは途中で撤退し、あるものは赤字販売を続けながらやがては大きなシェアを擁する製品へと成長するのは、従来、経営管理者がある財務上の状態を通過できるかできないかということについての基準を持ち、それをカンによって判断していたのではないかと憶測する。筆者は、この撤退か継続かを分岐する状態を3次元グラフィックスを応用した3D利益図表(Three-dimensional CVP Graph または 3D CVP Graph)の概念を導入し、売上高、固定費および変動費の3要素が利益図表の上で相互にどのような関係にあるかを解明する。

II 損益分岐点をめぐる諸学説

1. 国弘員人教授による損益分岐点研究

損益分岐点については多くの研究が行われている。故国弘員人教授は損益分岐点研究の歴史を次のようにまとめている [国弘員人, 1960, pp.377-383]。

- ①アメリカで、H.Hess が1903年の論文で「利益図表」を説明した⁴⁾。
- ②英国で、Y.Mann が1904年の論文で「利益図表(Break-even chart)」を説明した。
- ③ドイツで、J.F.Schär が1911年の著書で「損益分岐点(kritischer Punkt)」を説明した。
- ④ドイツで、F.Leitner が1911年の著書『原価計算論』で損益分岐点の計算公式と図を説明した。
- ⑤アメリカで、C.E.Knoeppel が1908-1909年に利益図表を作成利用し、1920年に文献で発表した。
- ⑥ドイツで、R.Hildebrandt が1910年頃からの準備に基づき、1925年の著書『工業経営の収益性に関する数学的図表的考察』で損益分岐点の計算公式と図を説明した。
- ⑦アメリカで、C.E.Knoeppel と Seybold が1937年に著書『利益図表』を公刊した。
- ⑧アメリカで、B.H.Sord と G.A.Welsch が1958年に著書『予算管理』において損益分岐点分析の利用についての調査を発表した。

2. N.Chapin による損益分岐図表研究

N.Chapin はアメリカにおける損益分岐図表研究の歴史を次のようにまとめている [Chapin,1955,pp.148-149.]。

- ① H.Hess が1897年に論文を発表し、今日で言われる損益分岐点の公式および同図の源となるものを発表した。
- ② C.E.Knoeppel が1908年に Struthers-Wells 社でのコンサルティングにおいて、損益分岐図表を考察した。
- ③ C.E.Knoeppel が1920年に論文「グラフによる生産統制」において、また1933年に著書『利益工学』において損益分岐図表を発表し、損益分岐図表の始祖となった。
- ④ F.V.Gardner が1949年に論文「損益分岐点の統制」において損益分岐図表を提言し

た。

⑤ W.Rautenschtrauch が1930年に著書『成功する利益統制』において、1939年に著書『企業の経済学』において損益分岐図表を提言した。

⑥ A.S.Dow = O.Johnson による1969年の論文「損益分岐点概要の展開と適用の拡大」によれば、損益分岐点概念の基礎は1825年の J.R.M'Culloch, J.S.Mill (1848) および W.S.Jevons (1888) まで遡ることができ、これらをグラフとして完成したのが H.Hess (1903) であると述べている。

3. アメリカにおける非線形損益分岐図表の研究

以上で検討したように、1930年代には売上高線、固定費線および変動費・総費用線の3線が線形の損益分岐図表は、ほぼ完成の域に達していたようである。1950年代になると、アメリカでは、売上高線と総費用線を非線形とする損益分岐図表が各種提案され、今日に至っている。

① D.Vickers は、1958年に論文「損益分岐の経済学」を発表し、変動費線と固定費線を合計した総費用線が操業度の大小により変動することから、総費用線が操業度に応じて非線形の軌跡を描くこと、また、売上の増加率も変動することに着目した。変動費は操業度が小さい場合は大きい傾きを示すが、操業度が大きくなるにつれて小さな傾きとなり、ある一定の操業度を越えると傾きは大きくなる。一方、売上高線（総収益関数と称している）は、操業立上げの時はゼロか非常に少なく、操業度の上昇と共に売上高線も上昇し、総費用線を越える。やがて、売上高線と総費用線の差の幅が最大になる。この点が利益極大を示す。最初に売上高線と総費用線が交差して利益をもたらすようになる点が線形により表現した場合の損益分岐点に相当するが、再度両曲線が交差する点は、費用サイドの限界生産性低減と収益サイドの需要の弾力性の低減という2つの経済学上の法則により損失をもたらすようになる点である。[Vickers,1960,pp.405-412.]

② T.P.Goggans は、J.E.Howell = D.Teichroew 著『経営意思決定のための数学解析』（1963年）を参照し、1965年に論文「非線形関数による損益分岐分析」を発表し、収益低減の法則により収益、費用および利益の3者間の関係が生産高により変動することから、極大利益を得る生産高を推定するための2つの損益分岐モデルを提案した。第1は、1次関数による収益曲線と3次関数による費用曲線の場合であり、2箇所の交点を求めることにより利益をもたらす区間を示した。第2は、2次関数による収益曲線と3次関数による費用曲線の場合であり、同様に、2箇所の交点を求めることにより収益をもたらす区間を示した。[Goggans,1965,pp.867-871.]

③ C.L.Moore は、1969年の論文「損益分岐分析の延長」により、計算条件に5つの情報を付加する事を提案した上で、正味運転資本の観点から損益分岐点の売上高を推定する計算方法を提言した。[Moore,1969,pp.55-58.]

④ A.L.Bell は1969年の論文「損益分岐図表と限界グラフ」において、会計学と経済学の教育内容の乖離に由来する誤解および両学問の知識を融合することからよりよい経営意思決定の基礎を提供することを目的として、損益分岐図表と価格理論の観点から分析した。損益分岐分析が本来量の変化が費用と利益に及ぼす影響を主な問題とするのに対して、経済学では資源配分、従って価格が販売量に及ぼす影響を問題とする。会計学では販売価格は一定期間内では一定との前提であり、販売曲線は線形である。経済学では不完全競争の条件の下では価格は販売の進行と共に低減するために凸型の2次曲線を成す。以上の相違から始めて両者の損益分岐図表を比較し、利益が最大となる量（売上高）の求め方を提言している。[Bell, 1969, pp.32-48.]

⑤ U.E.Reinhardt は、1973年の論文「財務論の適用によるロッキード・トライスター機のための損益分岐分析」において、公表データを用いて非線形損益分岐図表を実際問題に応用した例を発表した。この論文では、ロッキード・トライスター機の銀行の追加融資に対する連邦政府による債務保証の是非を検証するために、投資プロジェクトの正味現在価値計算を計算し、販売機数別の非線形正味現在価値曲線を資本コスト別に示したグラフ、および月間生産機数別および販売単価別の非線形損益分岐売上高曲線を資本コスト別に示したグラフを作成しコメントした。[Reinhardt, 1973, pp.821-838]

この他に、非線形曲線を応用した損益分岐図表は、J.T.Chen の論文「損益分岐分析のための収益および費用の推定に関する機会制約に関するコメント」(1983)、H.J.Weiser の論文「損益分岐の再評価」(1969)およびJ.G.Louderback = G.E.Manners の論文「ROI と CVP の統合」(1981)などの論文に見られる。

4. 3D 損益分岐図表への展開

これまでの損益分岐図表に関する学説を検討した結果、次の傾向が明らかとなった。

① 損益分岐点および損益分岐図表は、19世紀後半から20世紀前半にかけて考察され、費用を固定費と変動費に分割することによって操業度による費用の変化を、 $y = ax + b$ の直線上で把握した。これに売上高の変化を同じグラフ上に描くことにより、費用線と売上線との交点を損益分岐点とする損益分岐図表が完成した。この時代の研究者の貢献は、費用の固変分解により費用線の態様を把握してこれを売上高の変化と結び付け、損益計算書上の利益とは異なった収益性の概念を発見したことにある。この考えの限界は、損益分岐点が必ず売上高の範囲で交わると言うことを前提としたことである。従って、損益分岐図表が第1象限方向の売上高正方形の枠外や第3象限方向には損益分岐点が現れないということを前提とした⁵⁾。このために、利益以外の状態の分析機能を欠いたまま、今日に至っている。

②1950年代にアメリカで提唱された非線形損益分岐図表は、時間の経過と共に変化する費用線および売上高線を3次曲線として把握して、両曲線が交わる2箇所の交点の間にはさまれた部分を利益領域とした。この非線形損益分岐図の貢献は、販売当初には、売上高は鈍い伸びしか示さないのに対して、費用は減価償却費や開発費償却の負担、広告費負担および生産・販売両面での学習効果の未蓄積のために急な伸びを示す。時間を経ると売上高線は急上昇を始め、生産・販売両面での費用曲線はややかとなり、両者は交点を持つ。しかし、一定の売上高を越えると追加設備投資の減価償却費の負担が大きくなり、また競争他社の追い上げのために売上高線は緩い伸びとなり、第2の交点を示す。この点以降では費用が売上高よりも大きくなるために、以降は損失となる。この概念を提唱した研究者の貢献は、損益分岐図表の初期の線形曲線による頃とは異なり、費用および売上高の増加率が常に変化するものとの前提を設けたことである。また、この非線形損益分岐図表では、損益の操業度範囲と損失の操業度範囲が同一の図の中で容易に確認でき、どの状態が売上過小または費用過大であるかが明示できた。情報伝達機能および分析機能は、線形損益図表よりは一歩前進している。しかし、この方法は、操業度別の費用および売上を正確に見積もらないと成立しないという短所がある。むしろ、計画時点ではラフな見積もりとしての線形の方が扱い易いことは確かである。また、この方法では、新製品の販売などの場合に見られるような、市場投入時の売上の低迷の時期から立ち上がりによる売上の増加と絶対的および相対的コストダウンの効果が出てくる時期にいつ到来したかを明瞭に判断することはできない。すなわち、損益分岐点が発生する以前に見られる市場投入を続行してもよいという兆候を示す意思決定のポイントを得ることはできない。

損益分岐図表が本来1プロジェクトでの利益管理や1事業部の利益管理のためでなく、全社の利益管理のために考察されたために、利益状態のみが前提とされて検討されてきた。そのために、利益以外の状態の費用・売上・損益分岐点の関係がはっきりと示されていない。すなわち、損益分岐点が発生する売上高正方形の枠外に生じる場合を無視して研究が続けられてきたといえる。

Ⅲ 新製品の損益状態のシミュレーションと損益分岐点

ある新製品のライフサイクルを通じての損益分岐点を検討する。新製品が研究所での開発段階を終了して、製造段階での設計段階を経て半ばプロトタイプの状態で量産態勢に移され、市場に投入され、当初は赤字販売ではあるが、順次売上を伸ばし、製造・販売両面での学習効果を蓄積しつつ固定費および変動費をコストダウンし、大きな利益により企業業績に貢献するまでの損益分岐点の変化を観察する⁶⁾。

1. 最初の市場投入時期の第3象限における虚のマイナスの損益分岐点

市場が形成されていない状態での販売であるために、大きな赤字を出しながらの市場投入である。相対的に非常に大きな固定費と急な増加率の変動費を合計した総費用線が売上高よりもはるかに大きい状態であるために、売上高線と総費用線は売上高を1辺とする正方形の中では交点を成立できない。両線をそれぞれ延長すれば、両延長線は、第3象限において虚の交点を成立させる。すなわち、虚の損益分岐点を得る⁷⁾。これを「虚のマイナスの損益分岐点 (Imaginary Break-even Point in Minus)」と称することにする。

2. 売上高線と総費用線が第1・3象限において平行非交差で無の損益分岐点

市場が若干形成されたために、売上高が増加し、ハードウェア面での量産効果とソフトウェア面での学習効果により固定費が相対的に低下し、かつ単位当たり変動費が低下したために、総費用線の傾きが減少し、虚のマイナスの損益分岐点が売上高線の延長線上を第3象限の無限遠方向に進む。売上高線と総費用線の傾きが一致した時（総費用線が $y = x + b$ で表される状態、すなわち傾きが45度の状態）に、両線は虚でも実でも交差を示さず平行非交差の状態となる。これを「虚の無の損益分岐点 (Imaginary Break-even Point in Null)」と称することにする。

3. 市場成長による第1象限における虚のプラスの損益分岐点

市場が発展したために、売上高がますます増加し、量産効果と学習効果が更に蓄積されたために固定費が更に相対的に低下し、かつ単位当たり変動費も更に低下したために、総費用線の傾きが減少し（ $y = ax + b$ の a の値が減少する）、売上高線と総費用線の両延長線が平行非交差の状態から売上高線の延長線上の第1象限の無限遠方向で虚のプラスの損益分岐点として交差する。この後に、売上高、固定費および変動費が改善されるにつれて、売上高線の延長線に従って売上高の正方形の右上角に向かって進んでくる。これを「虚のプラスの損益分岐点 (Imaginary Break-even Point in Plus)」と称することにする。

4. 市場成熟による第1象限における実の損益分岐点

市場成熟による売上高の増大と固定費および変動費の更なる改善により（特に売上高の増大が大きく貢献する）、損益分岐点は第1象限の虚の方向から移動し売上高を示す正方形の中で実の交点として交差する。正方形の中で交差した後は、原点（売上高正方形の左下角）に近くなるほどよいとされる。この状態がこれまで言われてきた損益分岐点である。これを前述の3類型と区別するために「実の損益分岐点 (True Break-even Point)」と称することにする。

以上の損益分岐点の移動を観察した場合、4の状態が望ましいのは当然としても、経営管理者は、1～3の状態の推移を観察しながら、その変化の態様を直感的に好ましいか好ましくないかを判断するからこそ市場には次々と新製品が現れるのではないであろうか。この判断があるからこそ、新製品のリスクの大きさにもかか

わらず製品の新陳代謝が行われているのであろう。

1の状態は、費用過大で売上がそれに見合わず、この状態だけでは撤退の意思決定が妥当である。しかし、費用線と売上高線が好転すればするほど、交点（虚のマイナスの損益分岐点）は第3象現の無限遠方向へと進んで行く。この動きは好ましいものであり、新製品を継続して市場投入するとの意思決定が保たれる。

2の状態は、費用の改善と売上高の増加が共に進んでいることの兆候であり、経営管理者は、費用線と売上高線の平行非交差（虚の無の損益分岐点）を以って新製品の本格的な市場投入の意思決定を行うとの仮説を提言するものである。

3の状態は、従来の損益分岐点の解釈では構造不況業種や企業が倒産の症状の第一歩を示すものであるから、望ましくない状態ではあるが、新製品の販売の場合は、1および2の状態を経てこの状態まで到達したことは大変な展開であり、有力な収益源となる一步手前である。この状態での企業努力は、コストダウンよりも売上の増大である。売上が増大して売上高正方形が拡大すればするほど損益分岐点は第1象現の無限遠方向から原点に向かって進行するから、やがては売上高正方形の中に入ってくることが確実視される。

4の状態は、一般に示されている利益図表であり、損益分岐点が売上高正方形の中に入っているいわばノーマルな状態の損益分岐点（実の損益分岐点）である。この状態は、LCCMにおいては最終局面であり、管理上はここに至るまでの各種の損益分岐点の態様が問題である。

Ⅳ 3D利益図表による損益分岐点の態様

以上で検討した4種類の損益分岐点の態様の変化を、2次元コンピュータ・グラフィックスでシミュレートすると、1から2に至る瞬間および2から3に至る瞬間が非常に不自然な変化を示す。すなわち、第3象現において $y=x+b$ の線上をマイナスの無限大方向に移動していた損益分岐点が突然に消滅して費用線と売上高線が平行非交差の状態となる瞬間、およびその平行非交差となった両線が突然に第1象現の無限遠方向において交点を形成する瞬間である。問題なのは第3象現の無限遠方向にあった点がなぜ第1象現の無限大方向から現れるかである。ワープなどという言葉ではとても説明不可能な現象である。

まったく相反する象現があたかも隣接しているかのように交点が移動するのは、3次元空間の球面上での移動と考えると合理的である。左斜め下方向へ移動する損益分岐点は、球面の丁度反対側で費用線と売上高線が平行非交差となるために消滅する。しかし、 $y = ax + b$ の a が45度より小さくなる（傾きが緩くなる）と費用線と売上高の両線の延長線は第1象現側で交点を形成する。これが象現を越えて損益分岐点が移動するように見える理由である。

以上を球面の3次元グラフィックスによりシミュレートすると、容易に問題解決できる⁸⁾。損益分岐点が球面の正面を斜め左下方向へ移動し、裏面で消滅して費用線と売上高線が平行非交差となり、次いで消滅した場所のすぐ斜め右上方向で再び交点が現れ損益分岐点を形成し、次第に球面の正面へ戻ってくる。これがワープしたかのように見えた理由である。以上を3D利益図表と称することにする。新製品が損益分岐点を形成するまでのどの時点で継続と撤退を意思決定するかは、実務的には謎であるが、ここで明らかにした3次元空間の概念を応用することにより、平行非交差（虚の無の損益分岐点）の状態が問題とする意思決定点であると提案するものである。

1) LCCMの意義および同概念における研究開発費管理の重要性については、竹森一正稿「LCCMにおける研究開発費管理」『中部大学経営情報学部論集』第5巻第1・2号、1990年12月、pp.81-87を参照せよ。

2) 筆者は、「図」と「表」は別のものと認識するために、両者を混在させて「図表」として使用する「利益図表」および「損益分岐図表」には抵抗を感じているが、「図表」とは「①図と表、②物事の量的な変化の様子や二つ（以上）の数量の相互関係などを図によって分かりやすく表したものの。グラフ。」（『広字林』第6版、三省堂、1986年）とあるので、大勢に従い使用している。ちなみに、主な会計学関係辞典では次のように記載されている。

1. 神戸大学会計学研究室編『新会計学辞典』（同文館）においては、「利益図表」（国弘員人教授執筆担当の「損益分岐点」の項の解説文中、英語はProfit Graph）である。

2. 小川洸編『経営分析辞典』（中央経済社）においては、「利益図表」（安国一教授執筆担当、英語はProfit graph）である。

3. 小川洸＝鎌田信夫編『現代英和会計用語辞典』（同文館）においては、「Breakeven Chart 損益分岐（点）図表、利益図表」、「cost-volume-profit graph (chart) 利益図表」および「profit graph (chart) 利益図表」である。

3) 成長性が見込まれる新製品を立ち上がり期の赤字を承知の上で市場投入し、市場や消費者の反応を探ったり、シェアを確保することによる生産体勢の維持と固定費・変動費両面からのコストダウンとを計り、生産と販売両面での改良を加えながら学習効果の蓄積を計ることはよく見られる所である。今でこそ、カラー液晶のモニターが装着されたノートパソコンは一般的であるが、発売当初は「札束付き販売」という評判を取るほどの出血販売であったことは好例である。

4) 欧米人のフルネームを邦文中に記述するのであるから、H・Hessとせねばならないが、便宜的に原文どおりとした（以下の欧米人名について同）。

5) 上領英之教授が説いた「回転構造」では、損益分岐点が第1象限の売上正方形の枠外および第3象限方向に現れる場合も示している。上領教授は、この図による観察を総資本回転日数に売上の変化をからませて、資本の回収性を研究した。これは損益分岐点と無差別曲線と回転構造を関連付けながら大きな研究成果をあげた。しかし、研究上のすべての分析は2次元平面上の損益分岐点の軌跡から検討している。従って、上領教授による損益分岐図表も、LCCMの観点から新製品の意思決定のためという立場で考察する限り、他の損益分岐図表が持つ限界を有していると言える。

6) ここでは、会計期間により操業度が異なっていく（売上が漸増する）という前提を採用する。ただし、日本会計研究学会第75回中部部会での報告「3次元グラフィックスによるEDP会計教育の革新」の中の「2D CVPシミュレーション図」に対して、中部部会の先生方より損益分岐点という概念を採用する以上、操業度一定の前提に抵触するというコメントを戴いており、今後の参考としたい。利益図表の類型およびそれらの中での損益分岐点の変化は、竹森一正稿「原価計算論およ

び管理会計論のための CAI ソフトウェアの開発」『中部大学経営情報学部論集』第 8 巻第 1 号, 1994 年 9 月, pp.91-95 を参照せよ。文中で使用する数値例は, 同上 p.93 に掲載した第Ⅲ-3 表「損益分岐点変化のシミュレーション」による。

当節中の 1～4 の損益分岐点の 4 つの類型と同上 p.92 に掲載した図の対応は次のとおりである。

1 は図Ⅲ-5 に対応する。

2 は図Ⅲ-4 に対応する。

3 は図Ⅲ-3 に対応する。

4 は図Ⅲ-1 および図Ⅲ-2 に対応する。

7) 交点は, 実在の線上の概念であるので, 「虚の交点」は矛盾する内容である。ここでは, 同上 p.92 に掲載した定義による。

8) 竹森一正同上稿 pp.94-95 を参照せよ。

引用文献

上領英之稿「経営分析における入力表と分析表 [2]」, 『Computer report』第 16 巻 13 号, 通巻第 236 号, 1976 年 11 月

上領英之稿「動態経営分析の構想一回転構造の分析」, 『会計』第 28 巻 3 号, 1976 年 9 月

国弘員人稿「損益分岐点の成立」『企業会計』第 12 巻 3 号, 1960 年 3 月

竹森一正稿「原価計算論および管理会計論のための CAI ソフトウェアの開発」『中部大学経営情報学部論集』第 8 巻 1 号, 1994 年 9 月

Dow, S. Ailice, and Orace Johnson. "The Break-Even Point Concept: Its Development and Expanding Applications," *Management Accounting*, Vol.50, No.6, February 1969.

Bell, Albert L. "Break-Even Charts Versus Marginal Graphs," *Management Accounting*, Vol.50, No.6, February 1969.

Chen, Joyce T. "The Effect of Chance Variation on Revenue and Cost Estimation for Breakeven Analysis: A Comment," *The Accounting Review*, Vol.58, No.4, October 1983.

Chapin, Ned. "The Development of the Break-even Chart: A Bibliographical Note," *Journal of Business*, Vol.28, No.2, 1955.

Goggans, Travis P. "Break-even Analysis with Curvilinear Functions," *The Accounting Review*, Vol.40, No.4, October 1965.

Louderback, Joseph G., and George E. Manners. "Integrating ROI and CVP," *Management Accounting*, Vol.62, No.10, April 1981.

Moore, Carl L. "An Extension of Break-Even Analysis," *Management Accounting*, Vol.50, No.9, May 1969.

Reinhardt, U.E., "Break-even Analysis for Lockheed's Tristar: An Application of Financial Theory," *Journal of Finance*, Vol.28, No.4, 1973.

Vickers, Douglas. "On the Economics of Break-even," *The Accounting Review*, Vol.35, No.3, 1960.

Weiser, Herbert J., "Break-even Analysis: A Re-evaluation," *Management Accounting*, Vol.50, No.6, February 1969.