



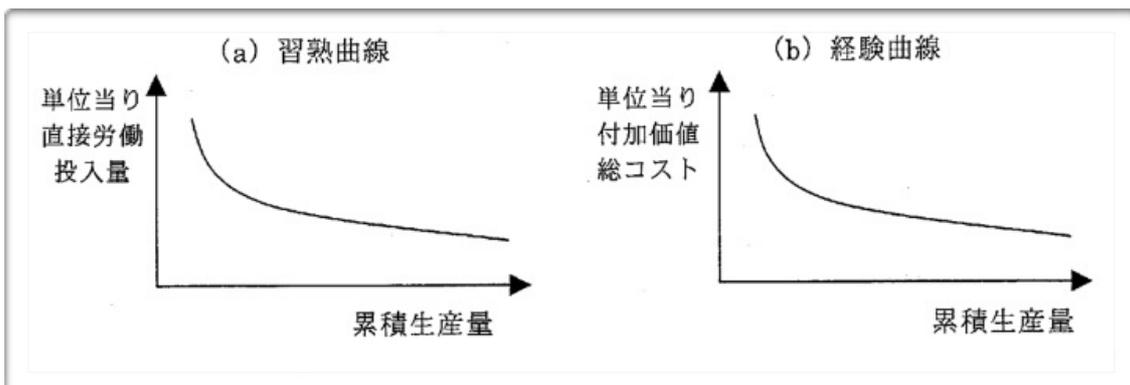
経験曲線

経験曲線（けいけんきょくせん）

experience curve / 経験曲線効果 / 経験効果 / エクスペリエンスカーブ

多くの業界で見られる“同一製品の累積生産量が増えるに従って、単位当たりの総コストが一定の割合で低下していく”というパターンを示す曲線。この効果を「経験曲線効果」「経験効果」という。一般に、累積生産量が倍増するごとに、単位コストが20～30%ずつ逡減するとされるが、その率（習熟率）は、業界や製品によって異なる。

横軸に累積生産量を、縦軸に単位コストをとったグラフで表され、通常の線形軸にプロットすると下向きにカーブした右下がりの曲線となり、対数軸にプロットすれば右下がりの直線で示される。過去の統計値をマップすることにより、将来コストを予測することができる。



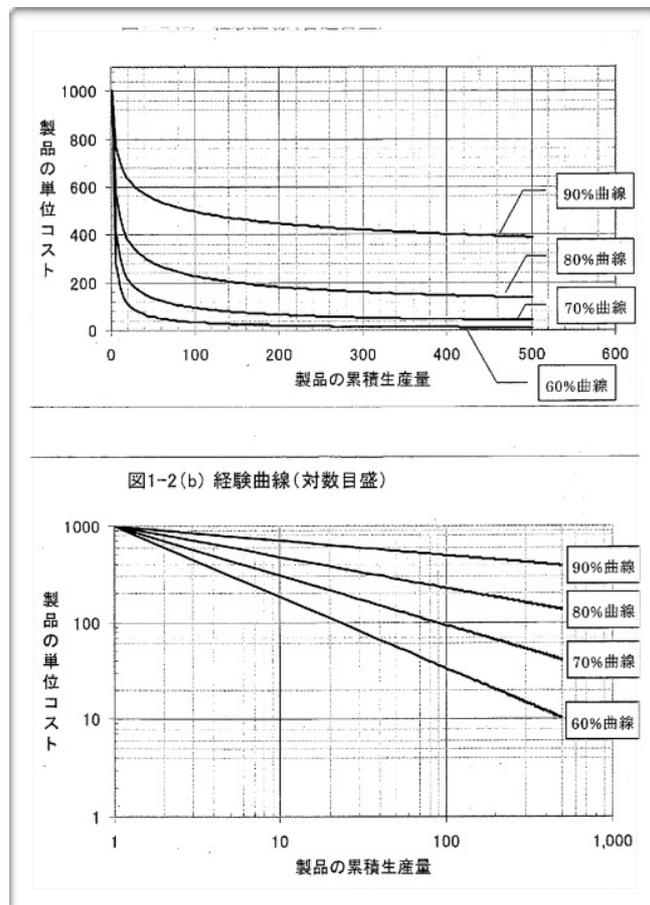
製品の累積生産量と製品1単位 の製造に必要な直接労働投入量との関係を表すものを「進歩関数」 (progress function) ないし「習熟曲線」 (learningcurve)とし、製品の累積生産量と製品1単位当りの製造に必要な付加価値総コストの関係を表すものを「経験曲線」 (experiencecurve)と定義して、両者を区別する

第二次世界大戦が始まると、軍事的な事情から、航空機の大量生産と製造コストの削減が焦眉の課題となった Wrightによって提唱された習熟曲線の影響は、生産管理の手法としてより一層注目されるようになった。戦時中における研究では、(1)実際の生産ラインにおける習熟曲線の推定、(2)習熟曲線効果の源泉の特定、(3)生産管理および生産計画 への習熟曲線の応用といったことが主な研究課題となっていた(Dutton, et al., 1984, p. 212),米Eg政府は、軍事物資のより正確な生産予測の必要性から、スタンフォード研究所

(stanfordResearch Institute)に統計的な研究を依頼した(Andres?, 1954, p. 88),スタンフォード研究所の研究は、当時生産されていたほぼすべての軍用機(戦闘機、爆撃機、

輸送機など)を対象としていた。各機種について習熟曲線が描かれた2。研究の結果、曲線の出発点(つまり最初の製品の必要労働投入量)は、機種によって異なるものの、ほとんどの機種で共通の

能率の改善率をたどった。すなわち、いったん製造が開始されると、4番目に製造された製品は2番目に製造されたものの80%の直接労働投入量で済み、同様に10番目は5番目の80%、200番目



は100番目の80%の直接労働投入量で済む 20%の改善率が多く機種で見られたことから、当時の軍用機では、習熟曲線の傾きは共通しておよそ80%の傾きと考えられた。

戦後、習熟曲線の研究は、軍用機産業以外の民間部門でも展開されるようになった。機械工具、自動織機、レーダー装置、自動車組立、アパレル製造、化学プラント、製鉄工程など多くの製品・産業で習熟曲線が分析された。これらの産業においても、製品の

累積生産量すなわち経験量が単位当りの労働投入量を規定する重要な要因であることが確認された。

第-に、戦後の習熟曲線研究できかんに議論された問題の一つに、習熟曲線の傾きの問題がある。戦時中の軍用機産業の研究では、多くの習熟曲線が累積生産量が2倍になる度

に単位当りの労働投入量が2d%ずつ低下したことから、習熟曲線は一様に20%の習熟度(80%カーブ)を持つものだと考えられた。

しかし、その後の研究は、習熟曲線が必ずしも特定の傾きを持つわけではないことを明らかにした。第2次大戦中の米国軍用機の習熟曲線を再分析したAlchian(1963)3によると、各種軍用機の累積生産量(対数)と労働投入量

(対数)との間の直線的な関係は、特定の機種一工場に固有なものであり、製造工場が異なれば同機種であっても習熟曲線の切片および傾きが異なることすらあった。分析対象と

なったのは、爆撃機、戦闘機、訓練機の3機種で、それぞれ複数の工場で生産されていた。分析モデルは、 $a \ln L + b \ln X$ で、 L が単位当り直接労働投入量、 X が X 機目の生産量を表す。各種軍用機の習熟曲線を生産工場ごとに測定し、切片 a および傾き b の推定値を工場内および工場間で比較すると、同機種であっても工場間では推定値に大きなばらつきがあったのである。

同様の研究結果は、Baloff(1971)にも見られる。Baloffは、大型音楽装置、アパレル製造、自動車組立といった労働集約的な産業で習熟曲線を測定した。分析モデルは、WrightやAlchianらと同じものが用いられ、各産業内で製品モデル(ライン)ごとに習熟曲線が分析された。分析の結果、切片(最初の生産単位の労働コスト)は、産業間でも産業内でも非常にばらつきが大きかった。傾き(習熟度)は、大型音楽装置(6製品ラインのうち1つを除く)およびアパレル製造(3製品ライン)では産業内の分散が比較的小さく、自動車組立(4製品ライン)では分散が大きかった。分析

の結果は、習熟曲線の傾きが産業間ないし製品間で必ずしも一様ではないことを示唆していた

その後の研究

習熟曲線の規定要因の追求も重要な研究課題であった。製品種類や生産規模といったさまざまな規定要因の中でも、生産工程の特性がとくに注目された。生産工程に人の手が関わる比率が高いほど、習熟率が高いと考えられた(Hirsch, 1952;Andress, 1954; Hirschman, 1964) ,

Hirsch (1952)は、米国の大手工作機械メーカーの7つの製品について習熟曲線効果を調査した。最初の5つの製品は機械工具で、残りの2つは繊維用機械と建設用機械であった。これらの機械製造は、部品の機械加工(machining of parts)と組み立て(assembly)の2工程からなっていた。

機械工具および建築用機械における組立工程の習熟率の平均は24.6%であるのに対し、機械加工工程の習熟率は平均で12.9%であった。また、組立工程の習熟率は19.0%から28.6%の範囲にあるのに対し、機械加工工程の習熟率は6.4%から20.1%の範囲にある。こうした分析結果からHirschは、組立工程のほうが機械加工工程よりも一貫して習熟率が高いと結論した。

この経験曲線は、1960年代に米国の戦略コンサルティング会社、ボストンコンサルティンググループ(BCG)によって多くの産業で見られる普遍的な現象として発見された。同社は当初、これを学習曲線(効果)で説明しようとしたが、それでは説明困難な事象があったため、“同じ製品を生産する経験の蓄積が総コストの差を生む”と解釈し、新たなコンセプトとして1966年に発表した。

経験曲線は理論モデルではなく、多様な産業の観測と実データから導き出された傾向で、そのメカニズムは明確ではない。提唱者であるBCGのブルース・D・ヘンダーソン（Bruce D. Henderson）は経験曲線の要因として、学習、専門化、規模、投資などを挙げ、経験曲線効果はそれらが結合したものとしながら、「経験曲線効果を生む基礎的なメカニズムは、まだ十分に説明されていない」とも述べている。

このコンセプトに従うと、競争企業に対して累積生産量を2倍にすれば、コスト競争力を維持できることになる。そしてコスト競争力は競争要因として極めて重要であり、かつ**経験曲線効果は自然発生的なものではなく企業の努力が必要であることから、BCGは企業は経験曲線効果に投資すべきであると結論付けた。**

経験曲線が発生する原因

(1)労働者の能率向上

- 作業者が特定の作業を繰り返す間に慣れもできるし 能率を向上させるための改善方法できるし、能率を向上させるための改善方法や近道を覚える。したがって労働者が生産速度を決定するような作業が多ければ多いほど、彼らの経験による習熟の度合も多くなる彼らの経験による習熟の度合も多くなる。

経験曲線が発生する原因

(2)作業の専門化と方法の改善

- 特定作業の専門化は、その作業の生産効率

を高める結果をもたらす(分業により作業者のを高める結果をもたらす(分業により作業者の経験量が増加する)。また、工程や動作の改) 改善も、能率の向上に寄与する。

経験曲線が発生する原因

(3)新しい生産工程

- 特に、資本集約的な産業においては、製法を

新規に開発したり、改善したりすることがコスト低減の重要な源泉になり得る。たとえば、労働集約度の低い半導体産業では 研究開発集約度の低い半導体産業では、研究開発活動のかなり大きな部分を製法の改良に集中して 生産技術を改善し その結果 70% 中して、生産技術を改善し、その結果、70%から80%という経験曲線を示している。

17

経験曲線が発生する原因

(4)生産設備の能率向上

- 生産設備が最初に設計されるときには、その

生産効率は 比較的低い水準にとどまってい生産効率は、比較的低い水準にとどまってい

ることが多い。設備を使つての製造経験がま

すにつれて、生産効率の向上を目指した画

期的な方法が見つかることがある期的な方法が見つかることがある。

経験曲線が発生する原因

(5)活用資源ミックスの変更

- 経験が蓄積されるにつれて、しばしば生産者

は異なった資源あるいはより安価な資源は、異なった資源あるいは、より安価な資源

を活用できるようになる。非熟練工が熟練工と入れ替わったり、労働力を自動機械に置き

換えることなどはその例である換えることなどはその例である。

経験曲線が発生する原因

(6)製品の標準化

標準化は労働者による習熟に必要な作業・標準化は、労働者による習熟に必要な作業の反復を可能にする。たとえば、フォードのモデル生産標準が積極的に追求されたモデルTの生産では、標準化が積極的に追及されている。その結果、1909年から23年までの期間経験曲線に沿った価格期間に、85%の経験曲線に沿った価格の引き下げが何回も行なわれている。幅広い製品ラインが必要な場合でも、部品レベルで標準化することによって、より大きな経験効果を楽しむことができる。

経験曲線が発生する原因

(7)製品設計

特定製品 経験が蓄積される・特定製品についての経験が蓄積されるにつれて、メーカーも顧客も、その製品に求められ性能を確捉れうる性能をより明確に捉えられるようになる。そうした理解が深まれば、いろいろな角度から見た製品性能をそれぞれ改善しながらも、なお、原材料を節約するための製品設計も可能になるし、生産工程の効率向上も可能になるし、より低原価の部品・資材を導入することもできるようになる。

経験曲線が発生する原因

(8)歩留まりの向上

- 上記のような要因によって、歩留まり（＝良品

率）が向上する。半導体や液晶パネル、CCD

では、歩留まりの向上がコスト削減の中で、非常に大きな要因となっている。この種の新非常に大きな要因となっている。この種の新

製品では、歩留まりが10%程度で量産を開始することがある。歩留まりが2倍になれば始することがある。歩留まりが2倍になれば、材料費などインプットコストは、単純に計算して半分になる。

すなわち、他社に先駆けて積極的に投資を行って生産量・活動を増加することで、コスト優位性を築いて、市場シェアを増加させたり、高い収益を確保するビジネス戦略である。特に量産効果がある製品では、他社を引き離すためにも早期に市場シェアを確保することが要求される。

PPMと経験曲線

このようにBCGは経験曲線のコンセプトによって、コスト競争力（収益力）と市場シェアの関係性を示したが、これが発展して市場シェアを資金供給能力の代理指標として使用するPPMが生み出された。

第-に、習熟曲線は、生産管理におけるコスト予測の手法として発展してきた。そのため、研究対象は、製造業の生産工程に集中した。習熟曲線の研究は、航空機産業の生産工程で始められ、第二

次世界大戦後は、機械産業や家電産業へと適用範囲が広がっていった。習熟曲線は、主に製品のコスト予測、価格設定、生産現場の人員計画、製品の内外製の意思決定、サプライヤー管理などの用途に活用された。

第二に、コスト予測の信頼性を高めるために、習熟曲線の測定条件が厳格に定義された。スタンフォード研究所における軍用機産業の調査では、機種別および工場別に習熟曲線が測定された。その後の研究(例えば、Hirsch, 1952)でも、個別の製品モデルの習熟曲線が一つの企業を対象にして調査された。米国の機械メーカーを対象としたHirschの研究

は、分析の基本単位を「ロット」とし、分析期間を1946年から50年に設定している。これは、年毎や月毎の生産数量は、季節的な要因などによりかなりばらつきがあるのに対し、ロット自体にはそういった変動が少ないためである。また、分析期間を5年間に限定しているのは、工場や設備、マネジメント・スタイルなどを一定に保つことが出来るからである。第三に、このように測定条件を厳格に(したがって狭く)限定するのは、習熟効果の原因として、作業員の習熟を重視するからである。Andress (1954)は、習熟曲線の分析にあたっては、(a)作業員および組織による習熟と(ち)その他の要因(マネジメントの革新など)を峻別すべきであると主張している。そして、習熟曲線を系統的に説明するのは前者(とくに作業員の習熟)であり、後者は習熟曲線に対してかく乱的な要因であるとし

て、できる限り制御すべきであることを示唆している。

第四に、習熟曲線では、生産工程における作業員の習熟以外の要因をできるだけ制御し、成果尺度として直接労働投入量をとっているために、製品の累積生産量によって表される経験は、生産現場における経験に限られる。経験の蓄積による能率の改善は、作業員個人の熟練の向上かあるいは現場レベルの作業集団のチームワークの向上によるものとみなされる。製品設計の修正、間接部

門による段取りの充実、機械設備の性能向上などは、経験の蓄積とはしばしば切り離されて扱われるのである。

(4) BCGによる概念の再評価-経験曲線概念への拡張

BCGの経験曲線概念は、単位当りの付加価値総コストと製品の累積生産量の関係を表すものとして1966年に発表されたBCGの経験曲線は、明らかに習熟曲線の考え方を継承したものであるが、能率の尺度として直接労働時間の代わりに付加価値総コストを採用している点に違いがある。すわわち、経験曲線とは「製品の累積生産量が2倍になる度に、製造コストをはじめとして、管理、販売、マーケティング、流通などにかかる費用を含めた総コストが、一定かつ予測可能な割合で低下する現象」である。

BCGの経験曲線は、次の式で表される。

、

$$C = \alpha V^\beta$$

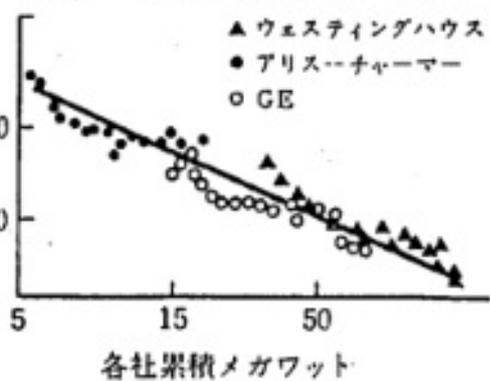
C:V番目の製品に必要な実質単位コスト V:V番目までの累積生産量

α :最初の製品の単位コスト

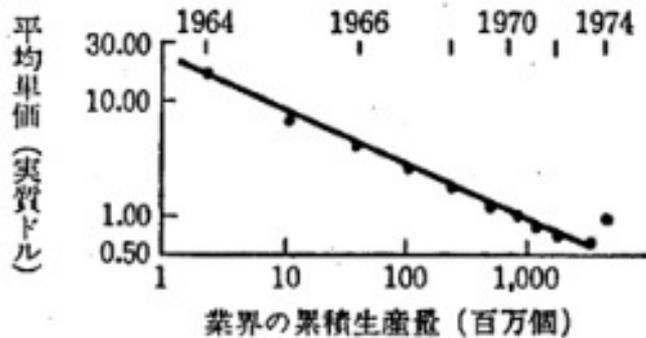
β :累積生産量の伸び率に対する単位コストの改善率

1メガワット
当り直接費

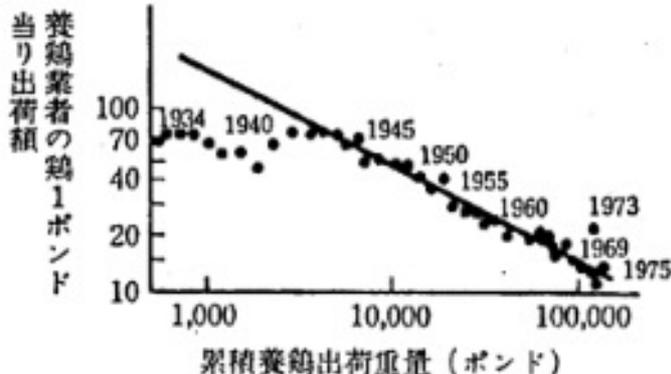
蒸気タービン発電機(1946~1963)



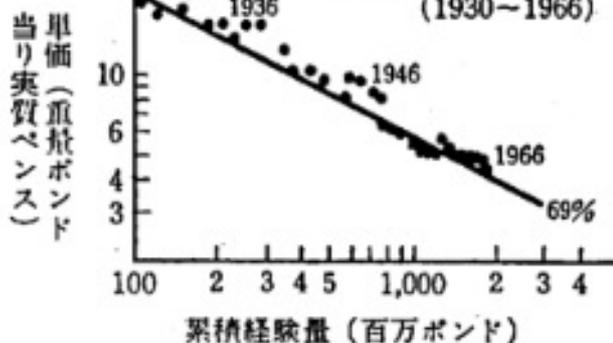
集積回路(1964~1974)



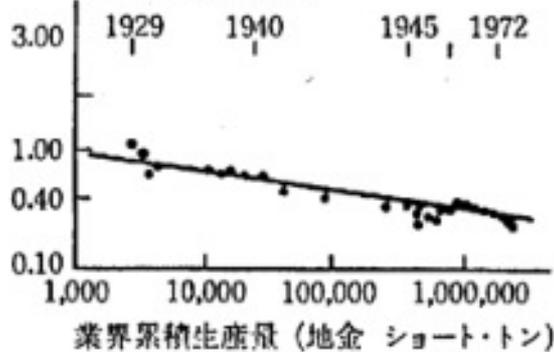
ブロイラー(チキン)(1934~1975)



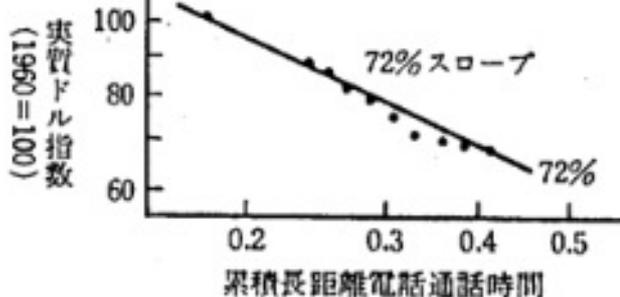
コートールス社(イギリス) ビスコース・レイヨン (1930~1966)



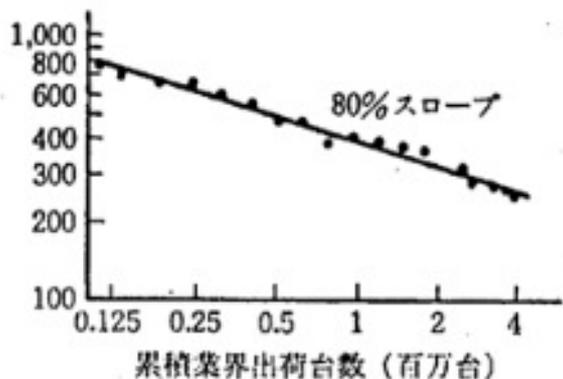
マグネシウム地金



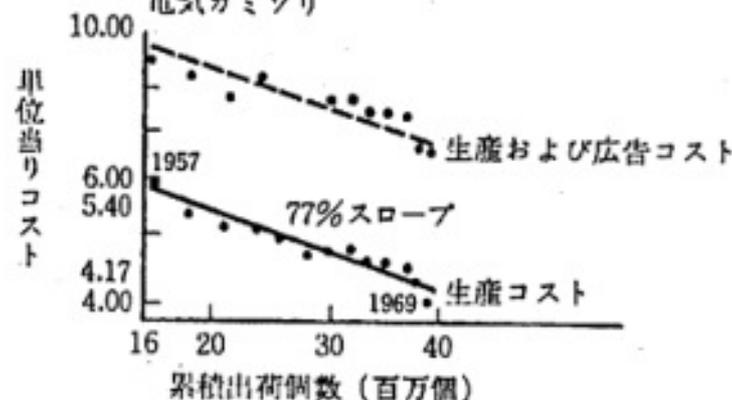
長距離電話料金



3トン・セパレート型エアコン(1957~1974)



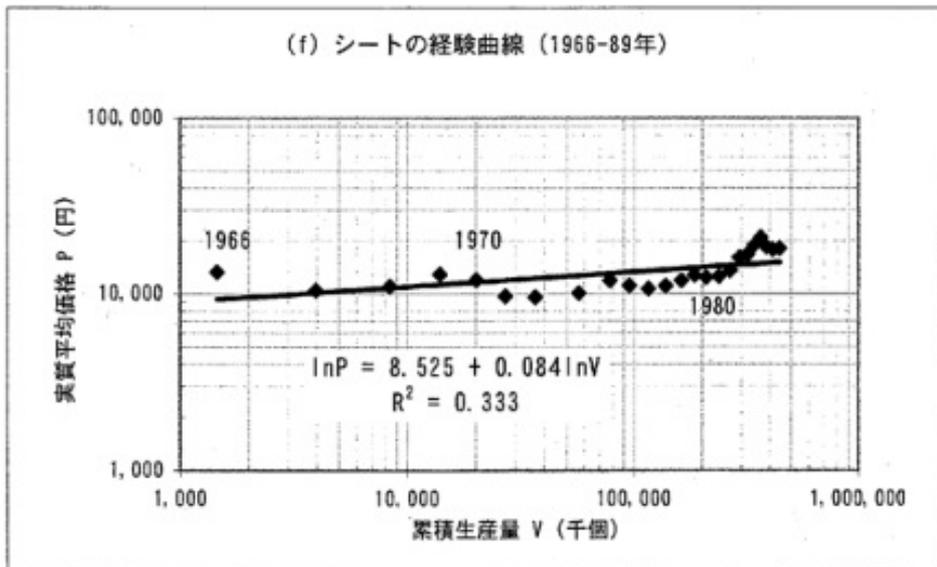
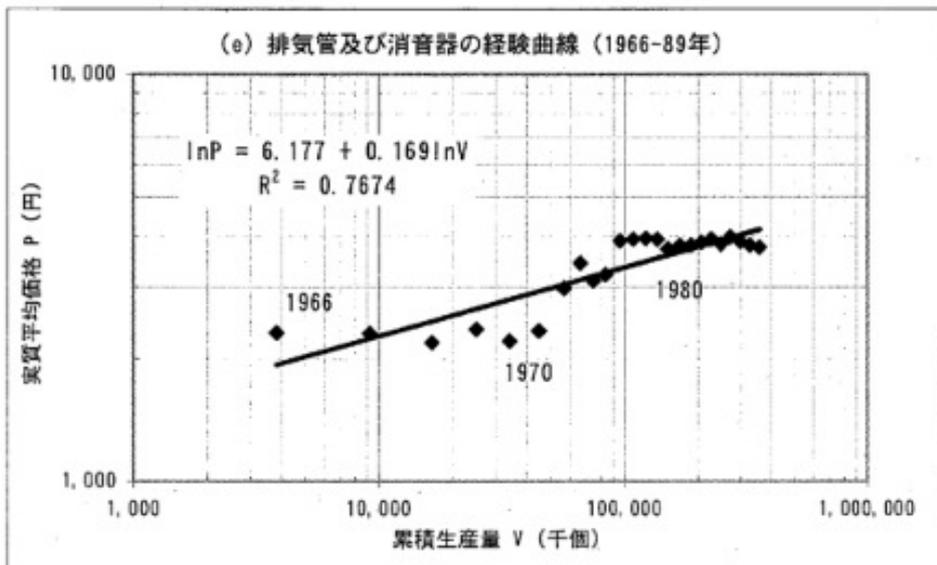
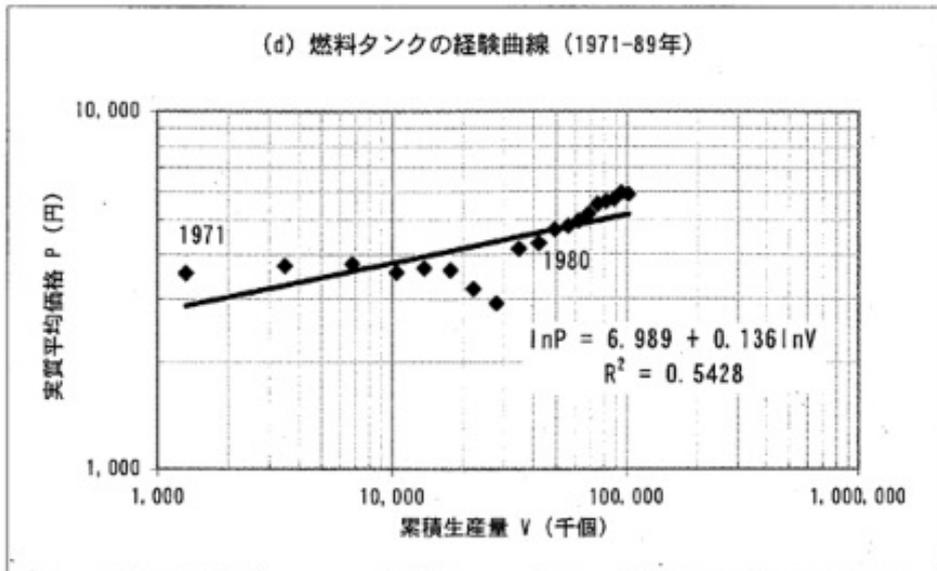
電気カミソリ



注 経験曲線は、厳密には経験量とコストとの関係を示す図である。しかしながら、コストの数値が公表されることは稀であるために、上の8つの図のほとんどにおいては、業界の出荷価格(実質ドル表示)と経験の関係が示されている。

資料: The Boston Consulting Group.

図4-4 取引パターン別の経験曲線（クローズド調達部品）



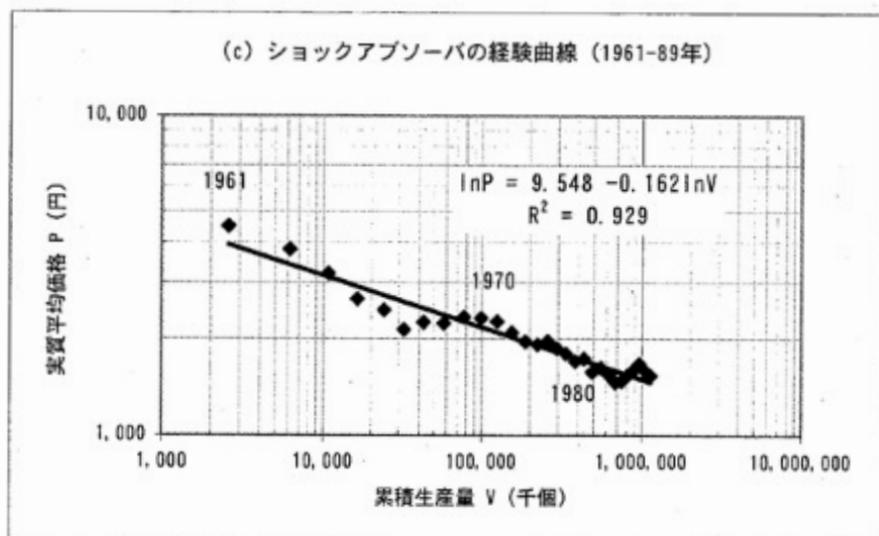
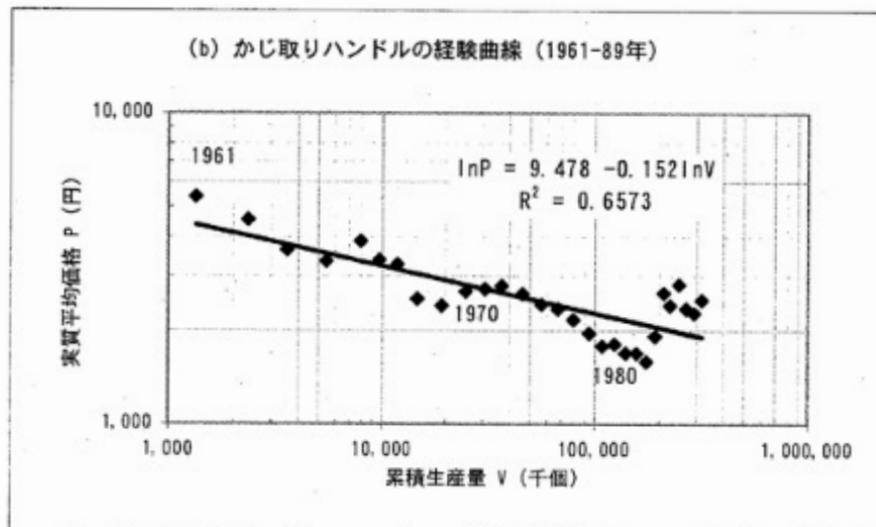
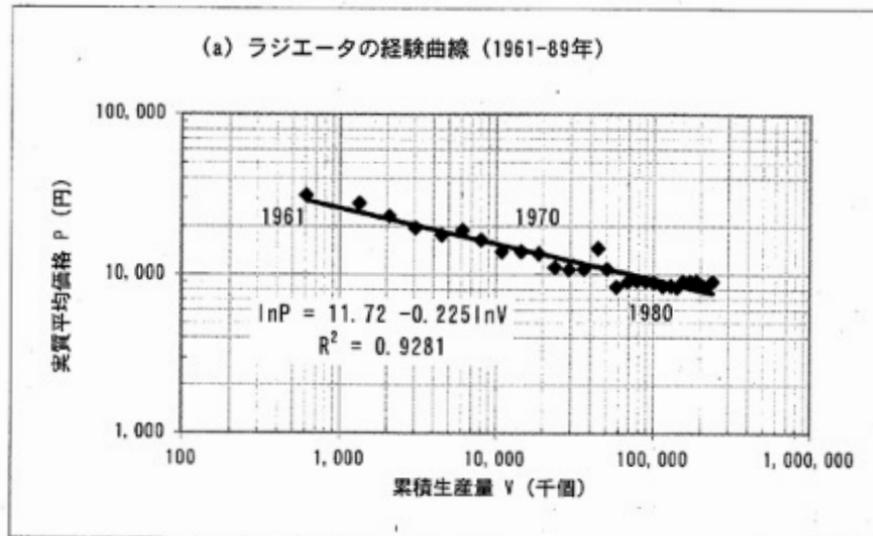
実証分析の結果は、出荷価格の変動に対する経験量の影響力が、取引パターンによって統計的に有意に異なることを明らかにした。オープン調達部品では、推定された係数 β の符号は負となっており、経験曲線効果が生じている。一方、クローズド調達部品では、係数 β の符号は正となっており、経験曲線効果は生じていない。しかも、各取引パターンの内部では品目間に係数 β の差はほとんどなく、経験曲線効果の差は取引パターンの間だけに見られることが明らかになった。

第-に、既存の部品カテゴリーのもとでの部品コストないし部品価格の低下は限界に達しつつある。

1980年代以降多くの自動車部品で経験曲線が屈折し、平坦化現象が生じている。累積生産量(経験量)の増大にもかかわらず、部品の実質価格が低下しないばかりか、上昇する品目まで現れている。ただしこれは、部品生産の技能が後退していることを意味するのではなく、1980年代以降の部品生産の条件が変化してきていることを反映したものである。すなわち、自動車の基礎技術はすでに確立し、漸進的な製品改良が主で、飛躍的なコスト削減や性能向上は困難な段階にある。その一方で、自動車市場は成熟しており、より一層の価格の低下、安全性の向上、環境問題への対応が求められている。個々の自動車部品の単位で見ると、コスト削減のため

に為し得る技術的選択肢が狭まっていく中で、安全性の向上や環境問題への対応の負荷が高まっており、総体として部品コストが上昇する結果となっている。

図4-4 取引パターン別の経験曲線（オープン調達部品）



TVのフラットパネルの経験曲線

経営戦略上,将来コストを予想することは非常に重要である。特にFPD(フラットパネル・ディスプレイ)

に代表されるハイテク産業においては,将来コスト予想を誤ると,事業戦略の大きな問題となりかねない。FPD産業における主要部材のコスト変化を,製品価格と生産量に着目して分析を行う。

本研究では,LCD(液晶・ディスプレイ)パネル,PDP(プラズマ・ディスプレイ)パネルにおける各パネルサイズの経験曲線効果を調査した。

FPD産業の製品価格と生産量は,長期的にはディスプレイメーカー,パネルメーカー,さらには部材メーカーの相互間取引関係によって決まる。そのため,部材メーカーはFPDパネル価格を予想しながら価格戦略を行う必要がある。この長期的な価格変動を分析するために,本研究ではFPDパネル部材について経験曲線の推定を行う。本研究では液晶部材データを基に,FPDパネル部材の累積生産量を説明変数とし,コスト分析を行い,FPDパネルにおける経験曲線

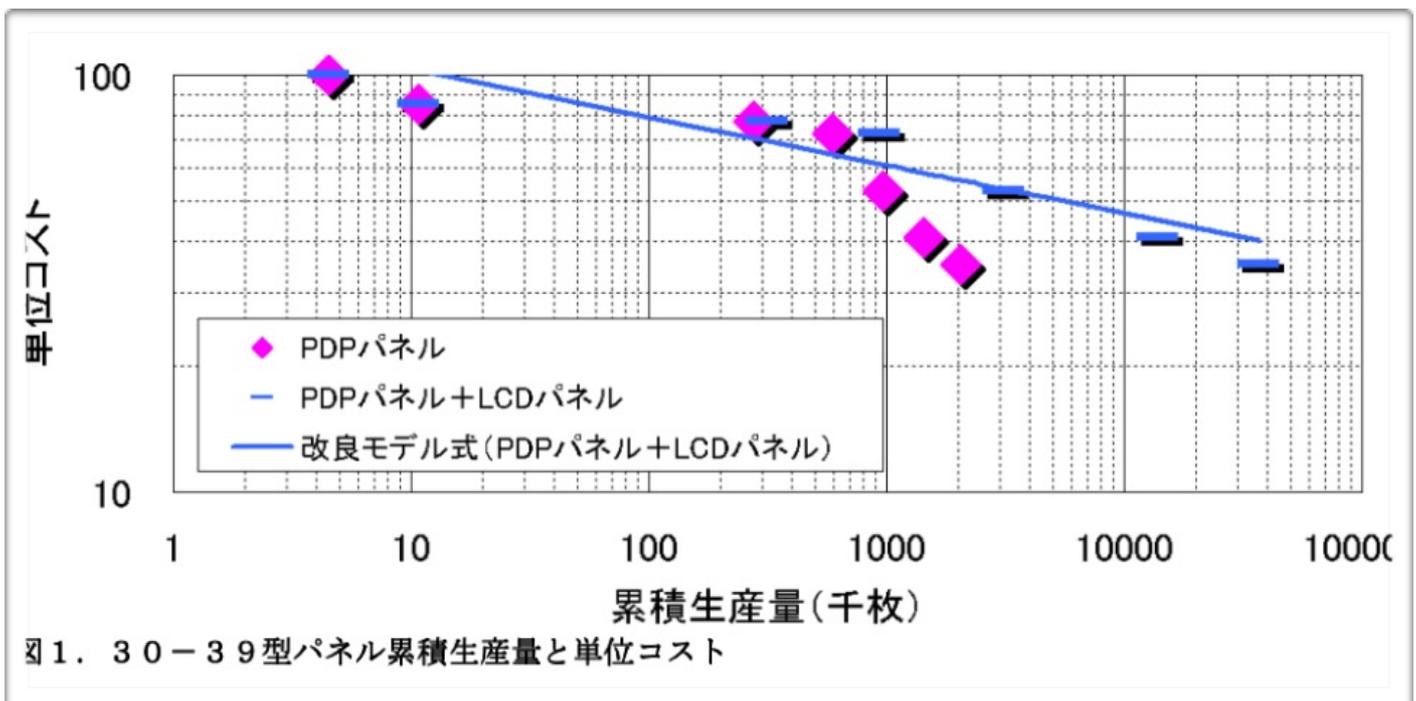


図1. 30-39型パネル累積生産量と単位コスト

効果を考察した

表 1. 経験曲線効果における回帰分析結果 (最小 2 乗法)

	パネルサイズ	回帰係数		決定係数 ^{*)}	習熟率	分析期間	観測数
	型	Log ₁₀ α	β				
LCD	20-29	3.34	-0.289	0.854	0.819	1999-2006	8
	30-39	2.62	-0.163	0.926	0.893	2001-2006	6
	40-49	2.18	-0.145	0.837	0.905	2002-2006	5
PDP	30-39	2.59	-0.146	0.665	0.904	1999-2006	8
	40-49	2.47	-0.244	0.942	0.844	1999-2006	8
	50-59	3.12	-0.256	0.904	0.838	1999-2006	8

(*) 決定係数：重相関係数 (R) の 2 乗

長期的視点から見るとある程度の相関性が見られるものの、短期及び中期的視点から見ると、将来予想価格と実際の価格との間で乖離が見られ、事業戦略上では問題となる可能性が判明した。

