

ライフサイクル・コスト・モデルに関する一考察

岡 野 憲 治

序文

第1章 生成期のライフサイクル・コスト・モデル—1968年—

はじめに

第1節 基本コスト・モデル

第2節 時間関連コスト・モデルと時間非関連コスト・モデル

1 時間関連コスト・モデル

2 時間非関連コスト・モデル

第3節 感度分析

第2章 ライフサイクル・コスト・モデルの種類—ディロンの分類を中心と

して—

はじめに

第1節 ライフサイクル・コスト・モデルに含まれるインプット

第2節 一般的なライフサイクル・コスト・モデル

第3節 特殊なライフサイクル・コスト・モデル

序 文

ライフサイクル・コスト・モデリングの計算構造は、ライフサイクル・コスト・モデルによって表現されることが多い。1980年代におけるライフサイクル・コスト・モデリング研究は、『計算構造研究の空洞化』が見られるものの、ライフサイクル・コスト・マネジメントあるいはライフサイクル・コスト・マネジメント・システムの研究が試みられている。たとえば、シールズ＝ヤングは、『プロダクト・ライフサイクル・コスト・マネジメント』を企業の実践を観察することによって研究し、図表のような研究成果を示している¹⁾

そして最新のライフサイクル・コスト・モデリング研究は、戦略的コスト・マネジ

図表：9社への訪問調査の要約 (PLCCM = Product Life Cycle Cost Management の略称)

調査内容／ 企業に関する 情報	サイト	企業 1	企業 2	企業 3	企業 4
	産 業 情報提供者	航空宇宙	航空宇宙	航空宇宙	エレクトロニクス
企業に関する 情報	情報提供者	投資と戦略的プランニング部門の 責任者およびエンジニアリング と新製品マネジメントの担当者	会計近代化の責任者と財務およ び会計担当者	事業部の原価見積責任者、パラ メトリック法の専門家、新製品 のマネジャー	プロジェクト・マネジャーと事 業部マネジャー
プロダクトと戦略		戦闘機。新競争戦略は特色、弾力 性、ライフサイクルの長さ、イノ ベーション、品質、サービスなど に基礎をおいている。	民間航空機。戦略はリード・タイ ムおよび引き渡し時間、コスト、 弾力性、品質、サービス、などに 基づいている。	兵器システム。新競争戦略は、プ ロダクトの機能、重量、そしてラ イフサイクル・コストに基礎を おいている。	データ収集の工夫
プロダクト・コストとコ ストの見積		戦略的プランニングによって集計 される PRICE モデル法。プロダ クトは30年のライフサイクルを 有している。	パラメトリック法と原価会計情 報が使われる。耐久性計算に基 づくライフサイクル。	プロダクトの全ライフ・コスト (whole life cost) は、4種のパラ メトリック・モデリング法で見 積もられる。DCF 法が使用され ている。	すべてのコストがコスト見積の 中へ含まれ、それは主観的に決 定される。ライフサイクルの長 さを評価するためには経験が利 用される。
PLCCM システムのデザ イン		顧客の要件に応じるために、最 初にデザインされる。各プロダ クトに適用される。コストをマ ネージし、引き下げるための統 一的なシステムを開発すること が試みられている。	すべてのプロダクトおよび主要 なサブシステムについてのデザ イン。新 PLCCM のデザインを 指導する明確な目標はまだ存在 しない。	PLCCM は各プロダクトに対し て、マトリックス組織構造(技術 上の機能別)を通じて適用さ れる。そして PLCCM はエンジ ニアリング文化の一部である。 部分的な機能上の問題には、 ボトム・アップ・デザインで対応 している。	主要な事業部におけるモデルに よってすべてのプロダクトにつ いてデザインされる。
PLCCM システムの遂行		3人のチャンピオンが、一連の 独立したプロセスを統合してい る。	プロダクト・デザイン・プロセス を助けるために利用される。 トップ・ダウン・プロセスおよび ボトム・アップ・プロセスを利用 するために3年前に遂行され た。	非公式に、マトリックス組織構 造とエンジニアリング文化を利用 することによって、新しい要素 を導入するために遂行され た。	多くの機能分野における重要な 人物が、仮定のプロダクトの作業 時間を見積もる。
PLCCM の実践		PLCCM は、プロダクト・マネ ジャーの責任である。コストを 引き下げるために利用される方 法としては、デザイン・ツー・コ ストと ATM への投資が重要で ある。	システムの目標はプロダクト信 頼性とコストの引き下げを通し て企業利益を増加させることに ある。システムはプロダクト・デ ザイン、プロダクト・コスト・コ ントロール、動機づけのために 利用される。	目標は機能を最大化し、全ライ フ・コスト、空気抵抗による減速、 重量などを最小化することであ る。デザイン・ツー・コストと原価 企画(target costing)が利用さ れている。コストを引き下げる ために ATM が導入された。 原価引き下げプログラムの遂行 を助けるために文化コンサルタ ントが利用される。	目標プロダクト・コストをさら に可視的にすることにある。 コストを引き下げるために、デ ザイン・ツー・製造コスト、パ リユー・エンジニアリング、価値 分析などが利用される。
PLCCM にたいする社内 の抵抗		固定価格契約の導入が PLCCM を重要なものとする。しかしエ ンジニアはこの認識される制約 に抵抗する。トップ・マネジメン トは PLCCM に反対する。何故な ら、それはコスト・プラス契約に とっては必要ではなかったから だ。ATM の使用に対する反対も ある。	多くのものは、システムへの ニーズがないと感じていた。推 進委員会は、教育プログラムに よって、抵抗を処理しようと試 みつつある。	PLCCM に対する抵抗はほとん どない。何故なら、PLCCM はマ トリックス構造およびエンジニ アリング文化の中に埋め込まれ ているからである。	抵抗が起こった。何故なら、従業 員は、時間データがどのように 使われるかを疑ったからであ る。遂行手続きもトップ・ダウン であった。
PLCCM システムに関す る評価		まだ、システムについての正式 な評価はない。	現在の LCC についての業績測 定値が採用されている。	パラメトリック・モデルの目盛 り検査分析。	システムは多くのプロダクト意 思決定に役立った。しかし遂行 事業部は独立企業に分割され しまったので、現在、PLCCM シ ステムは使用されていない。
PLCCM システムへの変 更		PLCCM はプロジェクト・コン トロール・グループへ移るだろ う。CAD システムに結びつける ことのできるコンピュータ会計 システムの開発が求められている。 PLCC 遂行に左右される報酬の 導入。 PLCCM の個別の構成要素を統 一すること。	現在の LCC から PLCCM への 移行が進行中である。	航空電子工学の下請業者がもっ とデザインに関与することを希 望している。彼らはエンジニア を雇うこと、そしてジョブ・ロー テーション・プログラムの範囲 を増加することも望んでいる。	変更は考えられていない。
利用される技法 (筆者注)		・デザイン・ツー・コスト ・コンピュータ会計システム	・パラメトリック法	・パラメトリック法 ・DCF法 ・エンジニアリング ・デザイン・ツー・コスト ・原価企画	・デザイン・ツー・製造コスト ・VE と VA

企業 5	企業 6	企業 7	企業 8	企業 9
電気通信	コンピュータ	航空宇宙エネルギー	航空宇宙	エレクトロニクス
財務部長、プロダクト・マネジメント責任者、原価見積責任者、管理会計責任者など。	コスト・エンジニアリング責任者、エンジニア、会計担当者	会計専門家、財務マネジャー、プログラム・マネジャー	航空宇宙プロダクト・コントロール部の3人のエンジニア	価値分析の事業部長、戦略的プランニング、プロダクト・デザイン、マーケティング担当者など。
2年ないし3年のライフサイクルを持つテレコミュニケーション・ハードウェア。競争戦略はライフサイクル・コスト、品質および特性などに基礎をおいている。	コンピュータ関連の製品	核兵器の弾頭、競争相手はなく、唯一の生産者	ミサイル、サテライト、宇宙ステーションなど。競争戦略は価格、品質、引き渡し、イノベーション、サービスなどに基いている。	ソフトウェア・プロダクト。競争戦略は特性、価格、品質、サービスなどに基いている。
PRICE プログラムがコスト・エンジニアリングによって原価見積が「What if Costing」と呼ばれるプログラムを使って行われる。	プロダクト・コストの見積は4つの局面において行われる。最初の3つの局面の見積はパラメトリック・モデルを使って行われ、最後の局面の見積は、コンピュータ化されたデータ・ベースを利用するコスト・エンジニアによるボトム・アップ・プロセスを通して行われる。	プロダクトの原価見積は類似法によって行っている。DOE がプロダクトのライフサイクルを決定する。	局面およびマイルストーンは各プロジェクトについて利用される。パラメトリック・モデルが利用されている。	ライフサイクル・コストは、類似法に基づいて、定量的に、主観的に各活動、マイルストーン、期間についてボトム・アップによって見積もられる。
PLCCM は180万ドルを超過するすべてのプロダクト・コストに対して適用される。CAM-ICMS プロジェクトに対応してデザインされる。	主要な変化はコスト・マネジメントに焦点をおくことへ向かっている。訓練プログラムは従業員が彼らの役割を学習するのを助ける。	DOE がシステムを設計した。現在のシステムはさらに詳細な新しい強力なシステムと取り換えられつつある。新システムをデザインするために、15人の社員が2年間従事した。	PLCCM は各プロダクトに適用される。デザイン・プロセスはトップ・マネジメントを通じて顧客からの最初の推進力を伴う総合的かつトップ・ダウンだった。本社コントロールは3カ月でシステムをデザインした。	LCCM は各ソフトウェア・プロダクトに適用される。情報はプロダクトの戦略的プランニングのために利用される。1972年に遂行されたPLCCM の目的はプロダクトの収益性への焦点を高めることにあり、テクノロジーと部門コストへの焦点ではなかった。
PLCCM はトップ・ダウンで遂行される。「What if costing」は開発に4年を要した。	すべての原価見積とマネジメント方法はトップ・ダウンである。	プロダクトの決定、コスト・マネジメント、DOE の指示などのために遂行されている。	プロダクト・マネジャーと本社プロジェクト・コントロールがシステムを遂行した。トップ・マネジメントは含まれていなかった。システムは3カ月で遂行された。	遂行責任者は上級マネジメントである。統計専門家がパラメトリック・モデリングの遂行を支持した。プロセスはトップ・ダウンであり、すべてのプロダクトへの適用が増加しつつある。
PLCCM、プロダクト・マネジャーの責任はコストに焦点をおくために利用される。彼らの業績評価と報酬は目標（たとえば目標原価）の達成に基礎をおいている。各局面（Phase）でのレビューがコストへの焦点を強調するために利用される。	原価意識、原価追跡、原価引き下げ、技術追跡、競争的原価分析などへ焦点をおいている。	PLCCM は、プロダクトの仕上りにつれて構成部品の見積原価との継続的な比較のために利用されている。	PLCC は部品を標準化し、点数を少なくすること、研究開発、デザイン・ツール・製造コストなどによって引き下げられた。PLCCM は本社のプロジェクト・コントロールによって遂行されている。	目標は、時間、品質、特性などに支配されるプロダクトのトータル・ライフサイクル・コストを最小化することにある。PLCCM はコスト・エンジニアと価値分析家から構成されるチームによって遂行される。
ほとんど抵抗はない。おそらく合併企業の新しさのためであろう。コスト意識は文化プログラムおよびデザイン・ツール・製造原価教育プログラムを通して創造されつつある。	トップ・マネジメントが積極的にシステムを導入し、エンジニアがそれに焦点をおかず、原価会計担当者が含まれないので、ほとんど抵抗はない。	新しく強化されたシステムを遂行するために必要な現在の資源がないために、抵抗があった。	会計専門家、エンジニア、マネジメント、政府職員からの抵抗がある。	PLCCM に対する抵抗はない。というのは、それはマネジメントとエンジニアリングのシステムの中へ統合されているからである。パラメトリック・モデリングの導入は遅かった。
企業としての正規の評価は2年前であり、PLCCM システムを評価する機会はなかった。	コンピュータ化された原価見積プログラムが満足のいく正確さを示した。	プロダクト・ライフサイクル・コストは従業員報酬と業績評価のためには利用されない。	システムが新しいので、業績評価はなされない。データの利用可能性と正確性が問題である	システムは1年に2度評価される。実際のライフサイクル・コストとライフサイクル・コストが比較される。
原価見積グループは「What if costing」プログラムの拡大を望んでいる。活動原価計算によってプロダクト・コストをさらに正確に経常的に報告する原価会計システムの再デザインを望んでいる。	実践のセクションを参照のこと。	強化されたシステムはすべての新プロダクトについて適用される予定である。	本社プロジェクト・コントロールはPLCC見積者の数を増加し、インプット・データの正確性を高めたいと望んでいる。	プロダクトに基づく原価報告システムが望まれている。そのシステムは、LCC を利用する業績および報酬も評価することになるだろう。
<ul style="list-style-type: none"> ・原価見積 ・管理会計 ・What if costing ・デザイン・ツール・コスト ・Activity Costing 	<ul style="list-style-type: none"> ・コスト・エンジニアリング ・パラメトリック・モデル ・原価見積プログラム 	<ul style="list-style-type: none"> ・原価見積り 	<ul style="list-style-type: none"> ・マイルストーン ・パラメトリック・モデル ・デザイン・ツール・製造コスト 	<ul style="list-style-type: none"> ・VA ・マイルストーン ・パラメトリック・モデル ・エンジニアリング

メント²⁾、インテグレートド・コスト・マネジメント (Integrated Cost Management)³⁾、原価企画⁴⁾、戦略的原価計算⁵⁾、ライフサイクル・コスト・アセスメント⁶⁾、経営環境原価計算⁷⁾などの領域において展開されている。これらの研究は、製品やシステムのもつライフサイクル原価を、企業外部の消費者・環境問題などとの関係において分析し、低減するためにライフサイクル・コストイングが貢献できるという視点から展開されているとみることができる。われわれは、これらの研究をさらに展開させるためには、ライフサイクル・コストイングの具体的な計算構造を研究する必要があると考えている。そのための準備として本稿ではライフサイクル・コスト・モデルを検討する。

注

1) Shields, Michael D. and S. Mark Young, Managing Product Life Cycle Costs: An Organizational Model, *Journal of Cost Management*, Fall 1991, pp. 45-47. 次の文献も参照のこと。

Engwall, Richard. L., Cost Management Systemes for Defense Contractors. In *Cost Accounting for the 90s-Responding to technological change*. National Association of Accountants. 1988. pp. 205-223.

岡野憲治「ライフサイクル・コストイングの特質に関する一考察—調達段階としてのライフサイクル・コストイングの展開を中心として—」『原価計算研究』Vol. 21, No. 1, 1997年1月。

2) 小林哲夫『現代原価計算論—戦略的コスト・マネジメントへのアプローチ—』中央経済社, 1993年。pp. 38-51。

3) Michiharu Sakurai, *Integarted Cost Management*, Productivity Press. 1996.

4) 小林哲夫「ライフサイクル・コストと原価企画」『国民経済雑誌』第173巻第3号, 1996年3月。pp. 1-13。

田中雅康『原価企画の理論と実践』中央経済社, 1995年。

日本会計研究学会『原価企画研究の課題』森山書店, 1996年。

5) 岡本 清「原価計算基準の再検討」, 第22回原価計算研究学会配布資料, 1996年を参照。

6) 富増和彦 (1995)「環境コストとライフサイクル・アセスメント—ライフサイクル・コスト・アセスメントについて—」『産業と経済 (奈良産業大学)』1995年6月。pp. 29-44。

7) 柳田 仁「環境保全費の経営原価計算への算入に関する一考察」『経理研究 (中央大学)』第37号, 1993年, pp. 244-256。

第1章 生成期のライフサイクル・コスト・モデル—1968年—

はじめに

1960年代は、ライフサイクル・コスト・モデルの生成期であり、ライフサイクル・コスト・モデルについても、アメリカ陸軍コスト分析計画の開始以来、数多くの資材・兵器システムコスト方法論やモデルが展開している。ここで検討するモデルは、アメリカ陸軍関係者の示すモデルである。モデルのパラメーターに『習熟曲線 (Learning Curve)』を含める点が、一つの特徴として指摘できる。¹⁾

第1節 基本コスト・モデル

数量の変動とは独立したコストは固定費グループであり、システム売上数量とは無関係に存在している。たとえば、研究開発費 (RDTE) や受入検査費などである。

(1) 生産数量とは独立したコスト

$$C = \frac{RDTE}{N} \quad (1)$$

単位あたりの研究開発費：C

総研究開発費：RDTE

システムの総単位数：N

(2) 生産数量に依存するコスト

生産量や売上教量に関連して変動するコストがある。これを習熟曲線を利用し、コストと数量の関係として描写できると理解すると、ハードウェアコスト方程式は次式で表される。

$$\text{ハードウェア単位コスト} = \frac{A}{1-B} \left[(P+N)^{-B} - (P)^{-B} \right] \quad (2)$$

$$\text{ハードウェアトータルコスト} = \frac{A}{1-B} \left[(P+N)^{1-B} - (P)^{1-B} \right] \quad (3)$$

A = 最初の生産単位のコスト

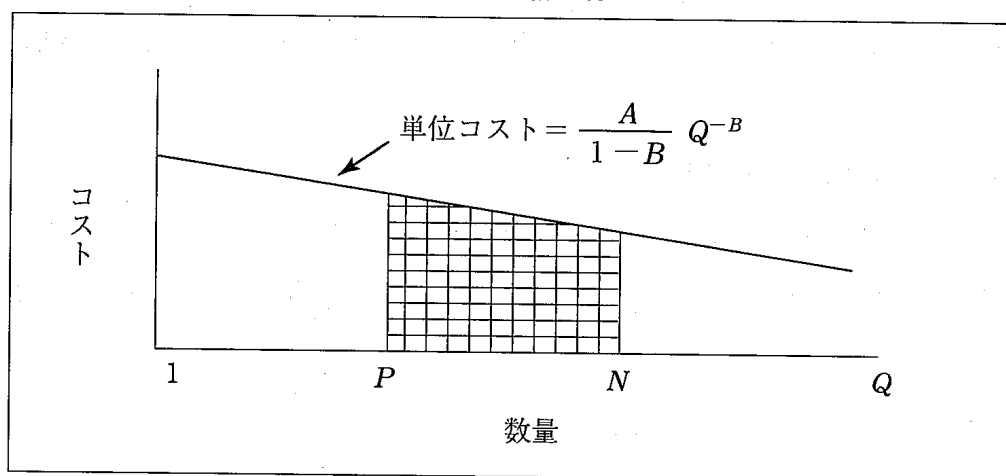
B = 習熟曲線指数

N = 単位数

P = 習熟曲線の最初の数量

$$\text{単位コスト} = \frac{A}{1-B} Q^{-B}$$

図1 習熟曲線



習熟曲線を表す図1の黒い部分は、方程式(3)で決定されるハードウェアトータルコストである。

(3) 比率で表わされるコスト要素

習熟曲線に最も関連のあるコストは、ハードウェアコストの比率で表現される。たとえば、修理用部品コストは、次式で計算される。

$$\text{修理用部品コスト} = (R) \times (\text{ハードウェア単位コスト}) \quad (4)$$

R = 修理用部品ファクター

ハードウェア単位コストは方程式(2)から計算する。

(4) オペレーティング・コスト

$$\text{ライフサイクル・オペレーティング・コスト} = L(C_1 + C_2 + \dots + C_N) \quad (5)$$

C_1, C_2, \dots, C_N は、オペレーティング・コストを表す。

$$\text{ライフサイクル・オペレーティング・コスト} = L(C_1 + C_2 + F \times C_3)$$

(6)

$F = \text{Availability 比率}$

$C1 \& C2 = \text{Availability に反応しないオペレーティング・コスト}$

$C3 = \text{Availability に反応するオペレーティング・コスト}$

第2節 時間関連コスト・モデルと時間非関連コスト・モデル

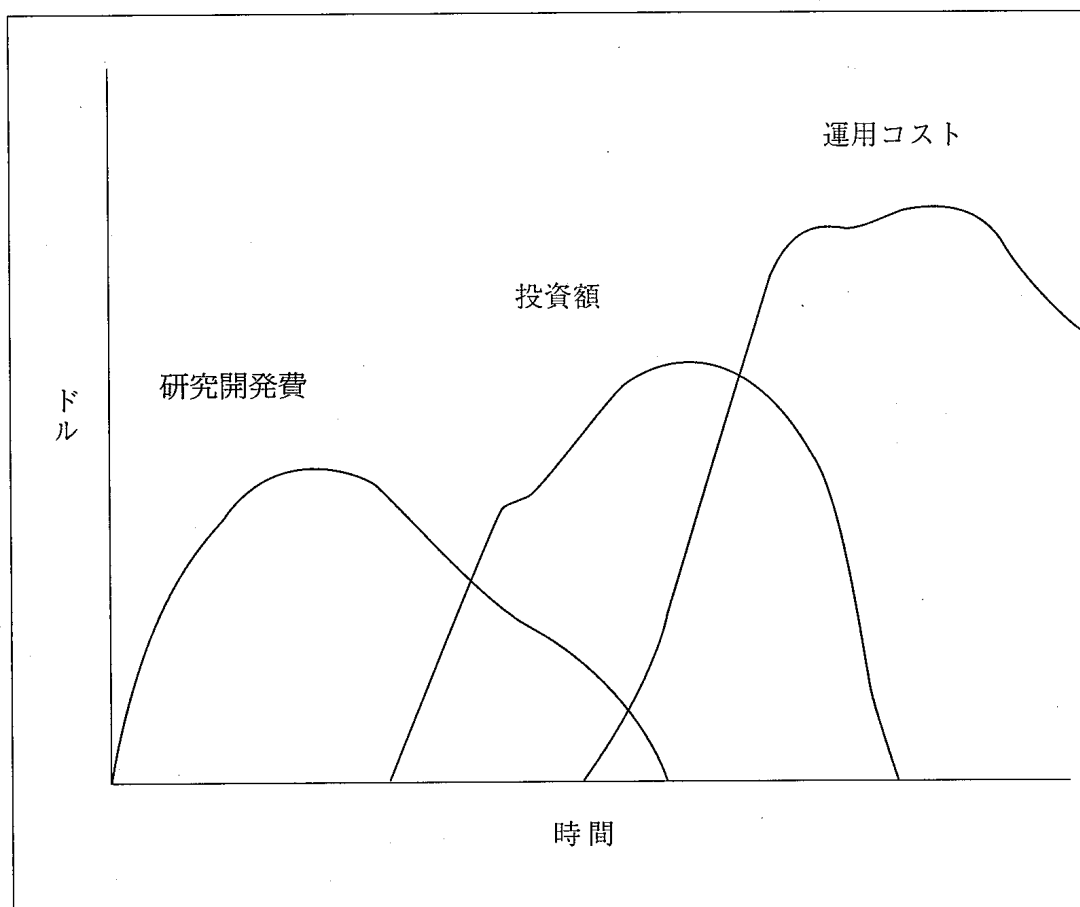
1 時間関連コスト・モデル

時間関連モデルは、年ごとの原価を示すモデルである。図2は、この点を説明している。

このモデルの代表的な方程式は次式で表現される。

図2 時間関連のライフサイクルコストのグラフ

〔仮定のデータ〕



$$\text{ライフサイクルコスト} = \sum_{i=1}^L (\text{研究開発費 } i + \text{投資額 } i + \text{運用コスト } i) \quad (7)$$

i = 見積み年度 L は年数である。

習熟曲線は、下記の方程式によれば、時間関連である。

$$\text{ハードウェアトータルコスト} = \sum_{i=1}^L \frac{A}{1-B} [P_{i-1} + N_i]^{1-B} - (P_{i-1})^{1-B} \quad (8)$$

ここの記号 L , A , B , P , N はすでに定義されている。

2 時間非関連コスト・モデル

このモデルの方程式は次式で表現される。

$$\text{ライフサイクルコスト} = \text{研究開発コスト} + \text{投資コスト} + \text{運用コスト} \quad (9)$$

モデルが時間関連か時間非関連かは、投資コストの習熟曲線を考察することによって決定されるかもしれない。図3は習熟曲線の3つのケースを示してい

図3 習熟曲線のサンプル

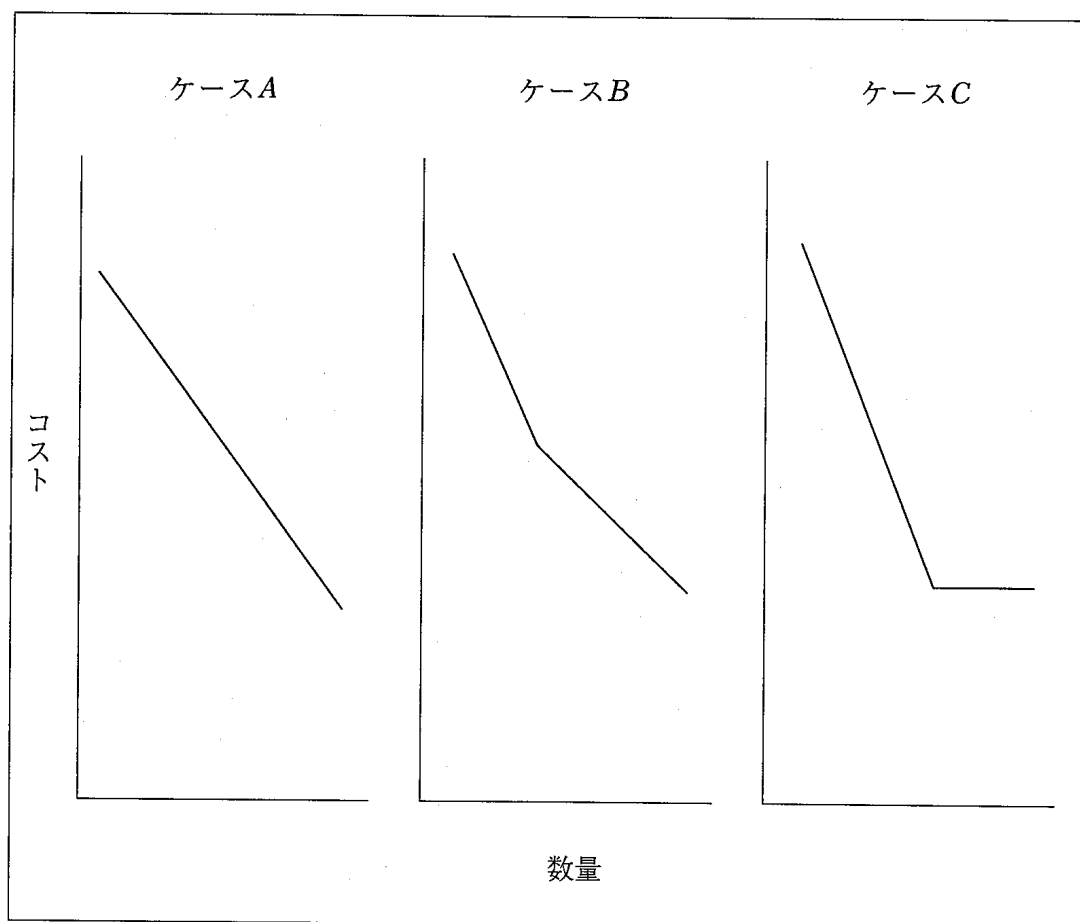
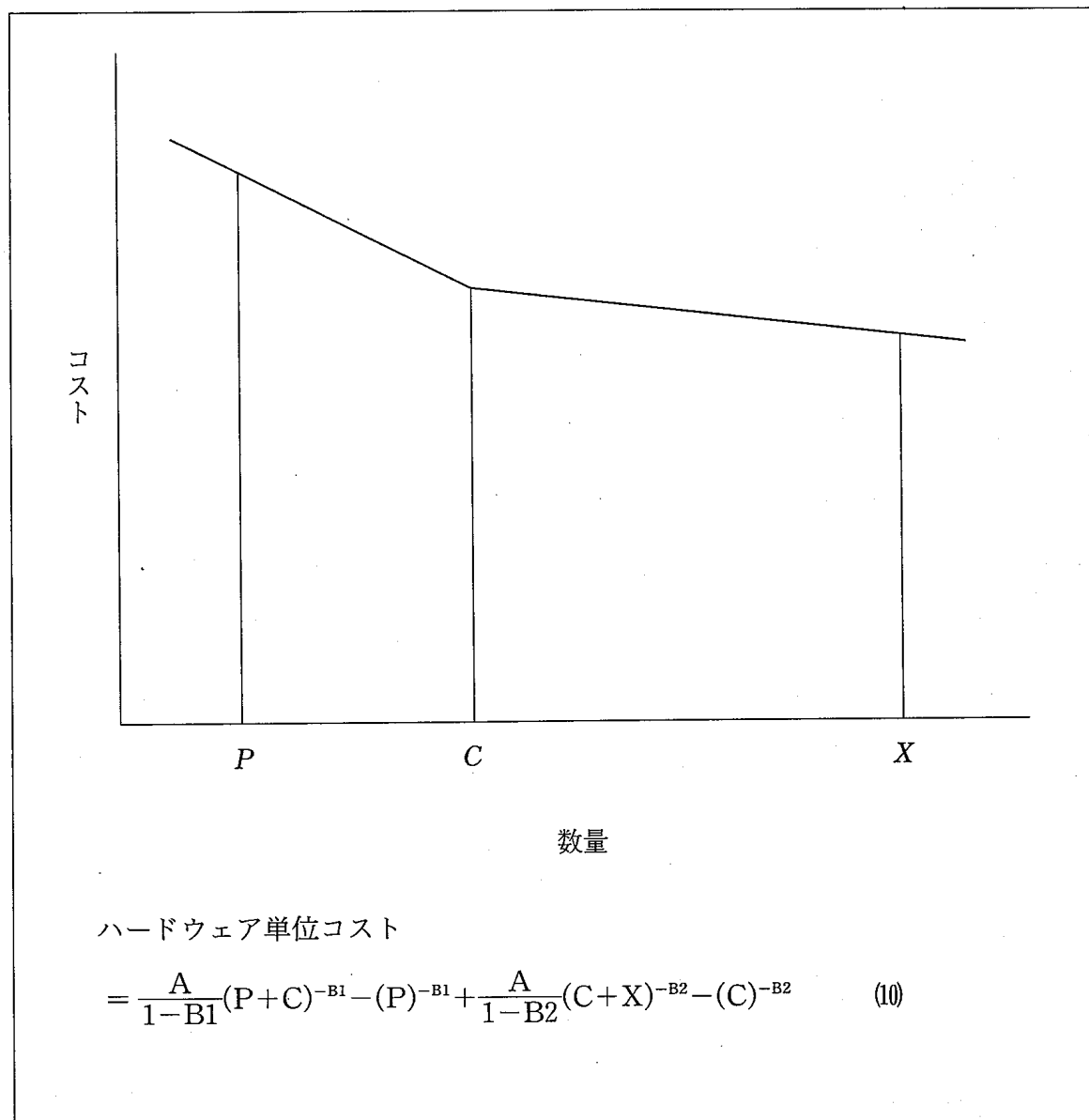


図4 傾きの変化とハードウェア方程式



る。

図4は、習熟曲線と方程式を説明している。

ハードウェア単位コスト

$$= \frac{A}{1-B1}(P+C)^{-B1} - (P)^{-B1} + \frac{A}{1-B2}(C+X)^{-B2} - (C)^{-B2} \quad (10)$$

ポイントCは傾きが変わるポイントである。方程式は、時間方程式が毎年総

計されたとき、変わるポイントを計算する。P が C に変化するときの値を計算する式は、一般的に次の方程式になる。

ハードウェア単位コスト

$$= \sum_{i=1}^n \frac{A}{1-B} (C_{i-1} + C_i)^{-Bi} - (C_{i-1})^{-Bi} \quad (11)$$

n = 傾きの変化の数

C_i = 傾き i での数量

第3節 感度分析

コスト研究に重要な点の1つとして、モデルにおける感度分析がある。感度分析は、ある部分または特定要素の変化が、トータル部分へ及ぼす影響を研究する。有効な方法に、偏微分方程式の利用がある。たとえば、簡単なトータルコスト方程式を次式で表現する。

$$\begin{aligned} \text{トータルコスト} = & \text{RDTE} + \frac{A}{1-B} \times (N)^{1-B} \\ & + N \times (L) \times [F \times C1 + C2 + C3 \div N] \end{aligned} \quad (12)$$

RDTE = 総研究開発費

A = 最初の生産単位のコスト

B = 習熟曲線指数

N = 調達数量

L = ライフサイクルの期間

F = 利用可能性 (Availability) 比率

C1 = 利用可能性 (Availability) によって決まるオペレーティング・コスト

C2 = 単純なオペレーティング・コスト

C3 = 固定的オペレーティング・コスト

そしてたとえば、方程式(12)のオペレーティング・コスト C1 がトータルコストにたいする感度は、次の方程式(13)によって表される。

$$\frac{\partial \text{トータルコスト}}{\partial C1} = N \times (L) \times (F) \quad (13)$$

∂ は偏導関数の数学記号であり、C1の1ドルの変化は、 $N \times (L) \times (F)$ に等しい金額分の変化をトータルコストに与えるのである。

注

1) 本章は、次の文献を要約して紹介するものである。

Hamilton, John L., *Life Cycle Cost Modeling*, December 1968. NTIS DATA BASE.
習熟曲線については、次の文献を参照のこと。

加登 豊 『コスト・ビヘイビアの分析技法』大阪府立大学経済学部, 1980 年。

第2章 ライフサイクル・コスト・モデルの種類 —ディロンの分類を中心として—

はじめに

原価計算の対象となる原価の構成要素を原価要素という。ライフサイクル・コスト・モデリングの計算対象となる原価要素を理解するためには、ライフサイクル・コスト・モデルにおいて計算対象とされる原価要素を研究する必要がある。

多様なライフサイクル・コスト・モデルが開発されており、ライフサイクル・コスト・モデルの本質は、『予測すること』にあると記述されたり、『多くのパラメーター(利子率とか保全性, 信頼性: reliability)などを含む推計プロセス』として、特徴づけられたりする。そしてこのようなモデルの目的は『ライフサイクル原価を見積もること』にあるという主張もある。また、モデルは、ある種の数学的関係に基づいて創造されている。

本章では、ライフサイクル・コスト・モデルを『一般的なライフサイクル・コスト・モデル』と『特殊なライフサイクル・コスト・モデル』に区分するディロンの説明に従って、多様なモデルを検討する¹⁾。

第1節 ライフサイクル・コスト・モデルに含まれるインプット

LCC モデルには、多くのインプットがある。インプットの例として次の項目

を指摘する論者がいる。

- 1) 訓練のコスト
- 2) 平均故障間隔値
- 3) 平均修理時間
- 4) システムのカatalog価格
- 5) 修理工的保全活動あたりの労務費
- 6) 保証適用期間
- 7) 運送に消費される時間
- 8) 据え付けに要するコスト
- 9) 予防的保全活動あたりの労務費
- 10) 予備部品の要求
- 11) 故障によって発生する平均材料費
- 12) 棚卸部品を運ぶことに関連するコスト
- 13) 設備の耐用年数にわたっての予測般積コスト

この詳しい内容は次の文献において説明されている。

Siewiorek, D. P., R. S. Swart, *The Theory and Practice of Reliable System Design*, Digital Press, Digital Equipment Corporation, Bedford, Massachusetts, 1982.

第2節 一般的なライフサイクル・コスト・モデル

ディロンは、ライフサイクル・コスト・モデルを特殊な LCC モデルと非特殊な LCC モデルと呼ぶ一般的な LCC モデルに分類する。特殊なライフサイクルコストモデルとは、特殊な設備ないしはシステムのために開発されるモデルである。ここでは、まず、『一般的なライフサイクルコストモデル』を説明する。

1. LCC モデル 1

このモデルはU. S 海軍が主要な兵器システムのために開発した。ライフサイクル・コスト（以下、LCC と略す）は、研究開発コスト (RDC), オペレーティ

ングと支援コスト (OSC), 関連システムコスト (ASC), 投資コスト (IC), 終了コスト (TC) の5つの主要な構成要素から成り立っている。ライフサイクル・コスト : LCC はつぎのように表現される。

$$LCC = RDC + OSC + ASC + IC + TC \quad (1)$$

研究開発コストの構成要素は、有効性確認段階で発生するコストと完全スケール開発コストである。

オペレーティングと支援コストに属するコストは以下である。

- 1) 倉庫供給コスト
- 2) オペレーティング・コスト
- 3) 人的維持および訓練コスト
- 4) 倉庫保全コスト
- 5) 第2の目的地への輸送コスト
- 6) 組織的中間保全コスト
- 7) 支援投資コスト
- 8) 据え付け支援コスト

関連システム・コストは、関連システム・投資コストと関連システム・オペレーティング・コストおよび支援コストから構成される。

投資コストは次式によって与えられる。

$$IC = PC + GIC \quad (2)$$

IC = 投資コスト

GIC = 政府による投資コスト

PC = 調達コスト

終了コスト : TC は、次式によって定義される。

$$TC = \sum_{j=1}^N [S(j)] \times (STC) \quad (3)$$

N = ライフサイクルの年数

STC = 主要システムの終了コスト

$S(j) = j$ 年中の活動から解放される主要システムの数

このモデルの詳しい内容は次の文献において説明されている。

Life Cycle Cost Guide for Major Weapon Systems, Prepared by Naval Weapons Engineering Support Activity, Naval Material Command, Pentagon, Washington, D. C., January 1977.

Eddins. Earles, M., *Factor, Formulas, and Structures for Life Cycle Costing*, Published by Eddins. Earles, 89 Lee Drive, Concord, Mass. 01742, 1981.

2. ライフサイクル・コスト・モデル 2

このモデルの LCC は、繰返し発生するコストと繰返しては発生しないコストで構成され、次式で示される。

$$LCC = C_1 + C_2 \quad (4)$$

LCC = ライフサイクルコスト

C_1 = 繰返し発生するコスト C_2 = 繰返しては発生しないコスト

繰返し発生するコスト C_1 の構成要素は以下である。

- 1) 保全に関するコスト
- 2) 人的資源に関するコスト
- 3) オペレーティング・コスト
- 4) 棚卸しコスト
- 5) 支援コスト

繰返しては発生しないコスト C_2 は次の構成要素から成り立っている。

- 1) トレーニング・コスト
- 2) 研究開発コスト
- 3) 調達コスト
- 4) オペレーティング・コスト
- 5) 支援コスト
- 6) 資格承認コスト

- 7) 据え付けコスト
- 8) 運送コスト
- 9) 設備テストのコスト
- 10) ライフサイクル・マネジメントのコスト

このモデルの詳細な内容は次の文献において説明されている。

Reiche, H., Life Cycle Cost, in *Reliability and Maintainability of Electronic Systems*, edited by J. E. Arsenault and J. A. Roberts, Computer Science Press, Potomac, Maryland 20854, 1980, pp. 3-23.

3. ライフサイクル・コスト・モデル 3

このモデルは、調達コスト、初期のロジステイクス・コスト、繰り返し発生するコストの3つの構成要素を持ち、LCC総額は次式によって与えられる。

$$L_{cc} = PC + ILC + RC \quad (5)$$

L_{cc} = ライフサイクルコスト PC = 調達コスト ILC = 初期のロジステイクス・コスト RC = 繰り返し発生するコスト

調達コストは単位あたり価格の総額を表している。初期のロジステイクス・コストには、ライフサイクル・コストイングを行うさいに計算されない新しい支援設備のような一度限りのコスト、現在の支援設備の修正コスト、初期の技術的データ・マネジメント・コストなどが属する。繰り返し発生するコストの構成要素は、保全コスト、オペレーティング・コスト、マネジメント・コストなどである。このモデルの詳細な内容は次の文献において説明されている。

Locks, M. O., Maintainability and Life Cycle Costing, *Proceedings of the Annual Reliability and Maintainability Symposium*, 1978, pp. 3-23.

4. ライフサイクルコストモデル 4

ライフサイクルコスト L_{cc} は次式によって表現される。

$$L_{cc} = \sum_{j=1}^M CAM(k_j) \quad (6)$$

M = デザイン k におけるモジュールの数量 k_j = デザイン k の j 番目のモ

ジュール $CAM(k_j) =$ デザイン k によって発生するモジュール j の調達コストと保全コスト

予備部品を除外するモジュール候補の側面からの調達コストは、次のように示される。

$$PC_{ES} = n_E \sum_{j=1}^M CA(k_j) \quad (7)$$

PC_{ES} = 調達されるべき設備 n_E の調達コスト

$CA(k_j)$ = デザイン k のモジュール j の調達コスト

設備 n_E のライフタイム支援コストは次式によって与えられる。

$$C_{LS} = (POL)(M)(CALI) + (CILI)M + n_E \sum_{j=1}^M CA(k_j) \cdot NSM_j \quad (8)$$

C_{LS} = 設備 n_E のライフタイム支援コスト総額

NSM_j = 各設備を支援するために取得されるべきモジュール j 予備部品

$CMLI$ = 在庫品におけるライン品目の保持に関して発生する年間コスト

POL = 年数で表現される設備の計画的オペレーショナルライフ

$CILI$ = ライン品目を在庫システムとすることに関するコスト

上の方程式は、次の仮定に基づいている。

- 1) 各設備は別々の位置にある
- 2) 少なくとも、各モジュールのうちの一つは各位置において予備部品としておかれる
- 3) 故障保全政策による廃棄物は追跡される

式(7)と(8)を加えると、次式になる。

$$L_{CC} = n_E \sum_{j=1}^M CA(k_j)[1 + NSM_j] + (POL)(M)(CMLI) + (CILI)M \quad (9)$$

ここで L_{CCS} はライフサイクルコストであり、(9)式から単一設備のライフサイクルコスト L_{CC} は次式で計算される。

$$L_{CCS} = \frac{M}{n_E} [(POL)(CMLI) + (CILI)] + \sum_{j=1}^M CA(k_j)[1 + NSM_j] \quad (10)$$

上の式は次を仮定している。

- 1) 保全人員および消費財のコストは無視されている。
- 2) ロジスティクスにおける自給自足
- 3) モジュライゼーションの一つのレベル
- 4) デザインのモジュライゼーションは、調達コストおよび部品の物理的在庫の組織支援コストに影響をおよぼす。

このライフサイクルコストモデルは次の文献で研究されている。

Biegle, J. E., A Multilevel Modularization Technique Desined to Minimize Life Cycle Costs for Large Systems, *Proceedings of the Spring Annual Conference of the American Institutue of Industrial Engineers*, 1979, pp. 335-342.

Caponecchi, A. J., *A Methodology for Obtaining Solutions to the Modular Design Problem*, Ph. D. Dissertation, December 1971, The University of Texas at Austin, Austin Texas.

5. ライフサイクルコストモデル 5

このモデルは、US 陸軍の資材司令部によって開発された。LCC は、投資コスト (IC)、研究開発コスト (RDC)、オペレーティングおよび支援コスト (OSC) の3つの主要な構成要素から成り立ち、次式で示される。

$$L_{cc} = RDC + IC + OSC \quad (11)$$

L_{cc} = ライフサイクルコスト

研究開発コストは次 10 のコスト構成要素を持っている。

- 1) 研究開発費データのコスト
- 2) 研究開発設備のコスト
- 3) 研究開発道具のコスト
- 4) 開発エンジニアリングのコスト
- 5) 研究開発テストおよび評価のコスト
- 6) プロトタイプ製造のコスト
- 7) 研究開発システム・プロジェクトマネジメントのコスト

- 8) 研究開発サービスおよび設備のコスト
- 9) 生産可能性エンジニアリングとプランニングのコスト
- 10) その他の研究開発コスト

投資コスト (IC) は、次の 11 の項目から成り立っている。

- 1) 運送コスト
- 2) 製造コスト
- 3) データ・コスト
- 4) 初期訓練コスト
- 5) 繰り返し発生はしないコスト
- 6) 初期の予備および修理用部品のコスト
- 7) システムテストおよび評価コスト
- 8) オペレーショナル・サイト・活動コスト
- 9) エンジニアリング変更のコスト
- 10) 生産局面システムプロジェクトマネジメントコスト
- 11) その他の投資コスト

オペレーティングおよび支援コスト (OSC) の主要な構成要素は以下である。

- 1) 間接支援オペレーション・コスト, CISO
- 2) 消費コスト, CC
- 3) 倉庫保全コスト, CDM
- 4) 軍事人員コスト, CMP
- 5) 資材修正コスト, CMM
- 6) その他の直接支援オペレーション・コスト, CODSO

オペレーティングおよび支援コスト (OSC) は、次式によって与えられる。

$$OSC = CISO + CC + CDM + CMP + CMM + CODSO \quad (12)$$

このモデルの詳しい内容は次の文献において説明されている。

Eddins, Earles, M., *Factor, Formulas, and Structures for Life Cycle Costing*, Published by Eddins. Earles, 89 Lee Drive, Concord, Mass. 01742,

1981.

研究開発のコスト項目、投資コスト、オペレーティングおよび支援コストの方程式は次の文献において与えられている。

Department of the Army, United States Department of Defense, Alexandria, VA., *Investment Cost Guide for Army Material Systems*, Pamphlet No. 11-3, April 1976.

Department of the Army, United States Department of Defense, Alexandria, VA, *Research and Development Cost Guide for Army Material Systems*, Pamphlet No. 11-2, May 1976.

Department of the Army, United States Department of Defense, Alexandria, VA, *Operating and Support Cost Guide for Army Material Systems*, Pamphlet No. 11-4, April 1976.

6. ライフサイクルコストモデル 6

このモデルは、システムのライフサイクルコストの見積りに関連している。ライフサイクルコストは、次式によって定義される。

$$L_{cc} = FLC + OPC + ITLC \quad (13)$$

L_{cc} = ライフサイクルコスト FLC = 故障コスト OPC = オペレーティングコスト $ITLC$ = 初期コスト

初期コストはすべて一度かぎりの資本投資から成り立ち、初期の予備部品およびトレーニング設備、ソフトウェアなどのコストである。消耗品、給料、予防的保全などのコストはオペレーティング・コストに属する。故障コストは、システムの故障に起因する修理コストとオペレーティング損失を含んでいる。平均故障コストは次式によって見積ることができる。

$$CAF = PC + NRC + SOC + RC \quad (14)$$

CAF = 平均故障コスト PC = 部品のコスト NRC = 重複しないコスト
 SOC = 在庫切れのコスト RC = 修繕コスト

重複しないコスト (non-redundancy cost) とは、余分なものを設備の中に組

み込まないデザイン決定によって発生する損失である。

重複のない単純システムの平均故障コストは、次式で示される。

$$\begin{aligned} \text{CAF} = & \text{PC} + \text{CMAL} + (\text{MTTR}_{\text{AR}} + T_{\text{R}})\text{CLS} \\ & + \text{CAL} + (\text{MTTR}_{\text{AR}} + T_{\text{R}})\text{CPH} \end{aligned} \quad (15)$$

CAF = 平均故障コスト

PC = 取り替えられる部品コスト

CMAL = サービスの各停止に関連する使命故障損失コスト。このコストも事業関連の一度かぎりのコストである。

MTTR_{AR} = 時間で表現される平均修理時間

T_{R} = 時間で表現される修理システムの反応時間

CLS = サービス損失の1時間当たりのコスト

CAL = 各故障に関連する事業関連の管理損失コスト

CPH = 購買者の修繕組織の1時間当たりのコスト

故障コスト：FLC は、次式によって定義される。

$$\text{FLC} = \frac{(\text{CAF})(\text{SLT})}{\text{MTBF}_s} \quad (16)$$

CAF = 平均故障コスト

SLT = 時間で表現されるシステムのライフ

MTBF_s = 時間で表現されるシステムの平均故障間隔

(16)式を(13)式に代入して、次式を得る。

$$L_{\text{cc}} = \text{OPC} + \text{ITLC} + \frac{(\text{CAF})(\text{SLT})}{\text{MTBF}_s} \quad (17)$$

$\text{HFL} = \frac{(\text{CAF})}{\text{MTBF}_s}$ を(17)式に代入して、次式を得る。

$$L_{\text{cc}} = \text{OPC} + \text{ITLC} + (\text{HFL})(\text{SLT}) \quad (18)$$

ここで HFL = 時間当たりの金額で表現される故障コスト率。

このモデルの詳しい内容は次の文献において説明されている。

Dickinson, D. B., L. Sessen, Life Cycle Cost Procurement of Systems and

Spares, *Proceeding of the Annual Reliability and Maintainability Symposium*, 1976, pp. 282-286.

7. ライフサイクルコストモデル 7

このモデルのライフサイクル・コストは、研究開発コスト、製造および構築コスト、オペレーションおよび支援コスト、棄却および処分コストの4つの主要な構成要素を持っている。ライフサイクルコスト L_{cc} は次式によって与えられる。

$$L_{cc} = RDC + PCC + OSC + RADC \quad (19)$$

RDC = 研究開発コスト

PCC = 製造および構築コスト

OSC = オペレーションおよび支援コスト

$RADC$ = 棄却および処分コスト

研究開発コスト RDC は、次の関係から見積ることができる。

$$RDC = \sum_{i=1}^7 RDC_i \quad (20)$$

RDC_i は、研究開発コストの i 番目のコスト構成要素。

$i = 1$: 製品プランニング

$i = 2$: エンジニアリング・デザイン

$i = 3$: システムと評価

$i = 4$: システムと製品ライフサイクルマネジメント

$i = 5$: システムと製品ソフトウェア

$i = 6$: 製品リサーチ

$i = 7$: デザイン文書

製造および構築コスト PCC は次式によって定義される。

$$PCC = \sum_{i=1}^5 PCC_i \quad (21)$$

PCC_i は、製造および構築コストの i 番目のコスト構成要素。

$i = 1$: 製造

$i = 2$: 品質コントロール

$i = 3$: 建築

$i = 4$: インダストリアル・エンジニアリングおよびオペレーションズ分析

$i = 5$: 初期のロジスティクス支援

オペレーションおよび支援コスト OSC は次式によって示される。

$$OSC = \sum_{i=1}^3 OSC_i \quad (22)$$

OSC_i = オペレーションおよび支援コストの i 番目のコスト構成要素。

$i = 1$: システムと製品配給

$i = 2$: 持続的なロジスティクス支援

$i = 3$: システムと製品オペレーションズ

棄却および処分コスト RADC は次式によって与えられる。

$$RADC = SURC + [\alpha(UMA)(IDC - RV)] \quad (23)$$

$SURC$ = システムと製品の最終的な棄却コスト

RV = 再生利用価値

IDC = 品目処分のコスト

α = 使用不適と言い渡すための要素

UMA = スケジュール化されない保全活動の数

このモデルの詳細な内容は次の文献において説明されている。

Blanchard, B. S., *Design and Manage to Life Cycle Cost*, M/A Press, Portland, Oregon, 1978.

8. ライフサイクルコストモデル 8

このモデルも、ライフサイクルコストは、次のような4つの主要構成要素を持っている。1) 概念段階のコスト CCP 2) 定義段階のコスト CDP 3) 調達段階のコスト CPP 4) オペレーショナル段階のコスト COP。ライフサイク

ルコストは次式によって与えられる。

$$L_{cc} = CCP + CDP + CPP + COP \quad (24)$$

調達およびオペレーショナル段階のコストと比較すると、概念段階と定義段階のコストは相対的に小さい。この2つのコストは、本質的に労働者の努力と関連し合っている。調達段階のコスト要素は以下である。

- 1) 主要システム
- 2) 人的資源の取得
- 3) 支援設備
- 4) プログラムマネジメント

オペレーショナル段階のコストは次式によって与えられる。

$$COP = MC + FOC + OAC \quad (25)$$

FOC = 機能上のオペレーティング・コスト

MC = 保全コスト

OAC = オペレーショナル上の管理コスト

上のコスト・モデルは、次の文献において詳細に議論されている。

Stordan, N. C., J. L. Short, *The Impact and Structure of Life Cycle Costing. Proceedings of the Annual Symposium on Reliability*, 1968, pp. 509-515.

Dhillon, B. S., *Reliability Engineering in Systems Design and Operation*, Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1983.

9. ライフサイクルコストモデル 9

アメリカ空軍によって開発されたこのモデルは、ライフサイクル・コスト・モデルではないが、LCCに関する航空機産業において適用され、ロジスティクス・コストの見積りに関連している。ロジスティクス支援コストは、燃料コスト、支援設備コスト、ソフトウェア支援コスト、稼働中の設備保全コスト、マネジメントおよび技術データコスト、パイプラインおよび取り替え部品コスト、設備コスト、稼働中でない設備保全コスト、予備エンジン・コスト、在庫記入

および消耗品マネジメントコスト，人的訓練と訓練用設備コストなどであり，次式によって与えられる。

$$TLSC = \sum_{j=1}^{11} LSC_j \quad (26)$$

TLSC = ロジスティクス支援コスト総額

LSC_j = ロジスティクス支援コストの i 番目のコスト構成要素

$i = 1$: 燃料

$i = 2$: 設備

$i = 3$: ソフトウェア支援

$i = 4$: 稼働中の設備保全コスト

$i = 5$: マネジメントおよび技術的データ・コスト

$i = 6$: パイプラインおよび取り替え部品のコスト

$i = 7$: 支援設備

$i = 8$: 稼働中の設備の保全

$i = 9$: 予備エンジン

$i = 10$: 在庫記入および消耗品マネジメント

$i = 11$: 人的訓練と訓練用設備

燃料消費コストは，次式によって与えられる。

$$LSC_1 = (T_{EF}) \cdot (C_F) (N_{AE}) (R_{FC}) \quad (27)$$

LSC_1 = 燃料消費コスト T_{EF} = プログラム在庫品利用期間中の軍隊の総飛行時間の期待値 C_F = 燃料単位当たりのコスト (ガロンあたりの金額)
 N_{AE} = 飛行機あたりのエンジンの量 R_{FC} = 飛行機時間あたりのエンジンあたりの燃料消費率

設備のコストは次式によって定義される。

$$LSC_2 = (C_{NBF})(NR_{IL}) + C_{NDF} \quad (28)$$

LSC_2 = 設備のコスト, C_{NBF} = システムのオペレーションおよび保全のために建設される予定の新しい基地設備に関連するコストであり，光熱コストを含

んでおり、基地あたりに金額で表現される。 NR_{IL} = 中間の修理地点の数量

C_{NDF} = システム保全のために建設される新しい兵たん施設に関連するコスト。このコストも光熱コストを含む。残りの9つのコスト構成要素の見積方程式と詳しい内容は次の文献で与えられている。

Acquisition Logistics Division, Air Force Logistics Command United States Air Force, *Logistics Support Cost Models Users Handbook*, Wright. Patterson Air Force Base, Ohio, January 1979.

10. ライフサイクルコストモデル 10

このモデルのライフサイクルコスト L_{CC} は、次式で定義される。

$$L_{CC} = C_{MD} + M_{MQ} + [m\{C_{MSM} + C_{BP} + C_{CC}\}] \quad (29)$$

m = 購入されるシステムの数量 C_{MSM} = システムモジュールのライフサイクルモジュールコスト C_{BP} = システムに関するライフサイクルバックパネルコスト C_{MD} = モジュール開発のコスト C_{MQ} = モジュール資格コスト C_{CC} = システムに関するライフサイクルカードケージコスト

モジュール開発および資格付与コストは一度限り発生するコストである。ライフサイクルバックパネルコストの構成要素は次を含んでいる。

1) 電線を引くコスト 2) テストのコスト 3) バックパネルのコスト。

カードケージおよび関連ハードウェアのコストはライフサイクルカードケージコストに属する。

このモデルの詳しい内容は次の文献において説明されている。

Davies, A., K. J. Skinner, The Application of a Life Cycle Cost Model to Modular Electronic Systems, *The Radio and Electronic Engineer*, Vol. 53, 1983, pp. 209-215.

第3節 特殊なライフサイクル・コスト・モデル

ここで示される12個のライフサイクルコストモデルは、特定のシステムに関連するものである。

1. 特殊なライフサイクルコストモデル 1

このモデルは、航空機隊の航空電子工学システムに関連し、ライフサイクルコスト LCC は、次式によって与えられる。

$$L_{cc} = \left[\sum_{j=1}^K (CSR_j + CM_j) \right] + CHP + RFC \quad (30)$$

CM_j = オペレーション年度 j の保全に関連するコスト

CHP = ハードウェア調達コスト

CSR_j = オペレーション年度 j のための予備部品取り替えに関連するコスト, k = 年数

RFC = レトロフィット・コストであり、次のコスト要素がこれに属する。

- 1) 点検 2) 設備の備え付け 3) エンジニアリング 4) 検査すること
5) 製図すること

予備部品コストは、もしも全ての航空電子工学 retrofit 設備がライン取り替え可能単位から構成されるならば、次の関係から見積ることができる。

$$CSR = \sum_{j=1}^m F_j EOH_j A \quad (31)$$

$$A = \sum_{p=1}^M \left[\frac{\{(1 - AM_p) Q_p EL_p CL_p\}}{TBMA_p} \right] \quad (32)$$

$TBMA_p$ = 保全活動間におけるライン取り替え単位 (LRU) p の平均オペレーティング時間

CL_p = p 番目の LRU 単位あたりコスト

m = ライフサイクルの年数

AM_p = ライン取り替え可能単位 p が修理できる保全活動の期待される部分

M = システムにおけるライン取り替え可能単位の数

EOH_j = j 番目の年度の期待されるオペレーティング時間

FL_p = ライン取り替え可能単位 p を修理することが可能ではない故障部分

Q_p = システムにおける p 番目の LRUs の数

F_j = 年度 j の割引率

次式が保全コストを見積るために利用することができる。

$$CM = \sum_{j=1}^m F_j EOH_j B \quad (33)$$

$$B = \sum_{p=1}^M Z_p [OW_p \{ (CL_p)(OWF_p) + (OT_p)(R_{ow}) \} + B_p] \quad (34)$$

$$B_p = \{ (MC_p)(CL_p) + (MT_p)(R_m) \} MF_p \quad (35)$$

$$Z_p = \frac{[(1-AM_p)Q_p]}{TBMA_p} \quad (36)$$

MF_p = 製造業者が修理するライン取り替え単位 p の除去部分

R_m = 人的労働時間あたりの金額で表現される製造業者の平均労働賃率

R_{ow} = 人的労働時間あたりの金額で表現される隊所有者の平均労働賃率

OW_p = 隊所有者が修理するライン取り替え可能単位 p の除去部分

OWF_p = 隊所有者のために発生する保全活動あたりの材料コスト (このコストは、ライン取り替え可能単位 p に関する単位あたりのコスト部分として与えられる。)

MT_p = ライン取り替え可能単位 P を修理するために発生する製造業者の平均労働時間

MC_p = 製造業者のために発生する保全活動あたりの材料コスト (このコストは、ライン取り替え可能単位 p に関する単位あたりのコスト部分として与えられる。)

OTP = ライン取り替え可能単位 p を修理するために発生する隊所有者の平均労働時間

このモデルに関する諸仮定と詳しい内容は、次の文献において説明されている。

Andrew, E., et al, *Microwave Landng System Integration Study*, Report NO.GSE.SE.74.1, 1974, Air Force Institute of Technology, Wright

Patterson Air Force Base, Ohio.

Regulinski, T. L., Y. P. Gupta, Reliability Cost Estimation: Managerial Perspectives, *IEEE Transactions on Reliability*, Vol. 32, 1983, pp. 276-281.

2. 特殊なライフサイクルコストモデル 2

このモデルは電気モータースのライフサイクル・コストの見積りに関連し、モーターライフサイクルコスト L_{mcc} は、次式で表現される。

$$L_{mcc} = MAC + MOC \quad (37)$$

MAC = モーターの取得コスト

MOC = モーターのオペレーティングコスト

上の式においては、モーター保全コストは無視してもよいと仮定されている。年度 j におけるモーターオペレーティングコストの現在価値 MOC_j は、次式によって与えられる。

$$PW_j = MOC_j \left[\frac{1}{1+i} \right]^j \quad (38)$$

$PW_j = MOC_j$ の現在価値 i = 利子率

モーターオペレーションライフが n 年の場合、モーターオペレーティングコストの現在価値総額 TPW は次式で計算される。

$$\begin{aligned} TPW = & MOC_1 \left[\frac{1}{1+i} \right] + MOC_2 \left[\frac{1}{1+i} \right]^2 \\ & + MOC_3 \left[\frac{1}{1+i} \right]^3 + \dots + MOC_n \left[\frac{1}{1+i} \right]^n \end{aligned} \quad (39)$$

TPW = モーターのオペレーティングコストの現在価値総額

$MOC_j = j$ 年におけるモーターのオペレーティング・コスト, $j = 1, 2, 3, \dots, n$

モーターのオペレーティングコスト MOC_j は、モーターのオペレーションライフ期間中には変化しないことを仮定し、その効果は、次のようにエスカレーション要素によって考察される。

$$\begin{aligned} \text{TPW} = \text{MOC} & \left[\left(\frac{1+\text{ESF}}{1+i} \right) + \left(\frac{1+\text{ESF}}{1+i} \right)^2 \right. \\ & \left. + \left(\frac{1+\text{ESF}}{1+i} \right)^3 + \dots + \left(\frac{1+\text{ESF}}{1+i} \right)^n \right] \end{aligned} \quad (40)$$

$\text{MOC} = \text{MOC}_1 = \text{MOC}_2 \dots = \text{MOC}_n$, これはモーターオペレーティングコストである。

$\text{ESF} = \text{エスカレーション率}$

上式の(40)は、次のように単純化できる。

$$\text{TPW} = (\text{MOC})P \left[\frac{1-P^n}{1-P} \right] \quad (41)$$

ここで

$$P = \left[\frac{1+\text{ESF}}{1+i} \right] \text{である。}$$

金額による年間のモーターオペレーティングコストは次の関係から見積ることができる。

$$\text{MOC} = \frac{(\text{THY})(\text{hp})(0.746)(\text{CE})}{(\text{EF})(1,000)} \quad (42)$$

$\text{THY} = 1 \text{ 年間のオペレーティング時間}$

$\text{hp} = \text{モーターのサイズ (馬力)}$

$\text{CE} = \text{MWn あたりの金額で表現される電気コスト}$

$\text{EF} = \text{モーターの効率性}$

$\text{MOC} = \text{金額表示による年間のモーターオペレーティングコスト}$

このモデルの詳細内容は次の文献において説明されている。

Ganapathy, V., Life Cycle Costing Applied to Motor Selection, *Process Engineering*, July 1983, pp. 51-52.

3. 特殊なライフサイクルコストモデル 3

このモデルは、戦車の大砲システムライフサイクルコストの見積りに関連する。ライフサイクルコストは、研究開発コスト、投資、オペレーティングおよ

び支援コストの3つの主要な構成要素に分割され、次のように表現される。

$$L_{CCTG} = C_{RDTG} + I_{TG} + C_{OSTG} \quad (43)$$

L_{CCTG} = 戦車の大砲システムのライフサイクルコスト

C_{RDTG} = 戦車の大砲システムの研究開発コスト

I_{TG} = 戦車の大砲システムのための投資

C_{OSTG} = 戦車の大砲システムのオペレーティングおよび支援コスト
研究開発コスト C_{RDTG} は、次式によって与えられる。

$$C_{RDTG} = \sum_{i=1}^{10} RDC_i \quad (44)$$

RDC_i = 戦車の大砲システムの調査開発コストの構成要素 i 。

$i = 1$: 道具で細工すること

$i = 2$: 設備

$i = 3$: 開発エンジニアリング

$i = 4$: システムプロジェクトマネジメント

$i = 5$: プロトタイプの製造

$i = 6$: システムテストと評価

$i = 7$: 訓練

$i = 8$: 生産性エンジニアリングとプランニング

$i = 9$: データ

$i = 10$: その他

投資は次式によって与えられる。

$$I_{TG} = \sum_{i=1}^{11} I_i \quad (45)$$

I_i = 戦車の大砲システム投資の投資構成要素 i 。

$i = 1$: 訓練

$i = 2$: 製造

$i = 3$: データ

- i = 4 : 繰り返しては発生しない投資
- i = 5 : システムプロジェクトマネジメント
- i = 6 : 最初の予備および修理部品
- i = 7 : エンジニアリング変更
- i = 8 : 輸送
- i = 9 : システムの評価
- i = 10 : オペレーショナルサイト活動
- i = 11 : その他

戦車の大砲システムのオペレーティングおよび支援コストは、次式から見積ることができる。

$$CostG = \sum_{i=1}^6 OSC_i \quad (46)$$

OSC_i = 戦車の大砲システムのオペレーティングおよび支援コストの構成要素 i 。

- i = 1 : 消費
- i = 2 : 修正材料
- i = 3 : 軍人員
- i = 4 : 補充部隊保全
- i = 5 : 他の直接支援オペレーションズ
- i = 6 : 間接的支援およびオペレーションズ

消費の品目は、オイル、潤滑油、補充用予備部品、部隊訓練弾薬、ミサイルなどである。労務費、材料費、輸送コスト要素などは補充部隊保全コストに属する。軍の人員コストは保全支払い額、乗組員支払い、間接的支払い、諸手当などを含んでいる。保全民間労務費と他の直接費は、『他の直接支援オペレーションズ』の部分である。他方、間接的支援オペレーションズコストは人員の交代、諸給付、宿舎、材料支援などを含んでいる。

4. 特殊なライフサイクルコストモデル 4

このライフサイクルコストモデルは、US 陸軍通信司令部のテスト、測定、診断設備 (TMDE) の補給全体に関連するコストを示し、ライフサイクルコストは、次のコスト要素から成り立っている。

- 1) 文書管理コスト (DC)
- 2) 保有コスト (HC)
- 3) 最初の目的地輸送コスト (FDTC)
- 4) 導入コスト (INC)
- 5) 消費財のコスト (CC)
- 6) 処分コスト (DISC)
- 7) ハードウェアコスト (HDC)
- 8) 据え付けコスト (IMSC)
- 9) 訓練コスト (TC)
- 10) 人員コスト (PC)
- 11) 保全および測定機器輸送コスト (MCTC)

TMDE のライフサイクルコスト L_{CCTMDE} は、次式で定義される。

$$L_{CCTMDE} = DC + HC + FDTC + INC + CC + DISC + HDC + INSC + TC + PC + MCTC \quad (47)$$

ライフサイクルコストの構成要素は繰り返し発生するコストと繰り返しては発生しないコストの2つの主要なグループに分類できる。繰り返して発生するコストには、次のものがある。

- 1) 保有コスト
- 2) 消費財のコスト
- 3) 保全および測定機器輸送コスト
- 4) 人員コスト
- 5) 訓練コスト。

繰り返しては発生しないコストには、次のものがある。

- 1) ハードウェアコスト
- 2) 最初の目的地への輸送コスト
- 3) 導入コスト
- 4) 文書管理コスト
- 5) 据え付けコスト
- 6) 処分コスト

保有コストは、供給システムにおいて TMDE を物理的に維持することに関連しており、次式によって定義される。

$$HC = \frac{[(C_U)(N_{TMDE})(0.23)]}{\text{割引率}} (\text{インフレーション率}) \quad (48)$$

HC = 保有コスト C_U = 単位あたりコスト N_{TMDE} = TMDE の数
消費材のコストは、次の式から見積ることができる。

$$CC = \frac{[(Q_{TMDE})(FL)(0.125)](UC_{TMDE})}{\text{割引率}} (\text{インフレーション率}) \quad (49)$$

CC = 消費材のコスト UC_{TMDE} = TMDE の部隊のコスト Q_{TMDE} = TMDE
タイプの数 FL = 年度あたりの故障

文書管理のコスト DC は次式によって表現される。

$$DC = \frac{[(NP)(C_{PG})]}{\text{割引率}} (\text{インフレーション率}) \quad (50)$$

NP = 文書のページ数 C_{PG} = シングルページに関連するコスト

文書管理コストは TMDE オペレーション、修理および目盛り定めなどに関
連する技術上のマニュアルについての最初の文書の開発に結びついている。

処分コストは TMDE の回収価値を表すので、資産である。処分コスト DISC
は、次の式から見積ることができる。

$$DISC = \frac{[(QD_{TMDE})(UC_{TMDE})(-0.1)]}{\text{割引率}} (\text{インフレーション率}) \quad (51)$$

QD_{TMDE} = 処分される TMDE の数量

UC_{TMDE} = TMDE の単位あたりコスト

FDTC, INC, HDC, INSC, TC, PC, MCTC を見積るための式およびこ
のモデルの内容は次の文献において与えられている。

Rosenberg, H., J. H. Witt, Effects on LCC of Test Equipment Standardi-
zation, *Proceedings of the Annual Reliability and Maintainability Sympo-*
sium, 1976, pp. 287-292.

5. 特殊なライフサイクルコストモデル 5

このモデルは、スイッチングパワーサプライズのライフサイクルコストに関
連し、ライフサイクルコスト L_{CCPS} は、次のように定義される。

$$\begin{aligned} L_{CCPS} &= C_1 + C_F \\ &= C_1 + \lambda(LT)(CR + CS) \end{aligned} \quad (52)$$

C_1 = 最初のコスト

C_F = 故障コスト

λ = 単位あたりの恒常的な故障率

LT = 製品の期待されるライフ

CR = 修理コスト

CS = 予備部品コスト

予備部品コスト CS は、次のように定義される。

$$CS = (C_{US})(M_{FS}) \quad (53)$$

C_{US} = 単位あたり予備部品コスト

M_{FS} = 各活動単位のための予備部品の数量

(52)式に(53)式を代入して次式を得る。

$$L_{CCPS} = C_1 + \lambda(LT)[CR + (C_{US})(M_{FS})] \quad (54)$$

このモデルの詳しい内容は次の文献において説明されている。

Monteith, D., B. Shaw, Improved R, M, and LCC for Switching Power Supplies, *Proceedings of the Annual Reliability and Maintainability Symposium*, 1979, pp. 262-265.

6. 特殊なライフサイクルコストモデル 6

このモデルは自動車のライフサイクルコストの見積りに関連し、そのライフサイクルコスト L_{CCC} は次式によって定義される。

$$L_{CCC} = AC_c + \sum_{i=1}^{NL} (SMC_i + OC_i URC_i) + DC \quad (55)$$

NL = 年数で示す自動車のライフタイム

SNC_i = 年度 i (i は 1, 2 ... N) における自動車の計画保全コスト (チューンアップ, 潤滑油など)

OC_i = 年度 i (i は 1, 2 ... N) における自動車のオペレーティングコスト

(タイヤ, ガソリン, オイルなど)

URC_i = 年度 i における自動車の計画できない修理コスト (自動車の故障率に依存する)

DC = 処分コストと他のコスト

AC_c = 自動車の取得コスト

このモデルの詳細な内容は次の文献において説明されている。

Bhuyan, S. K., Cost of Quality as a Customer Perception, *Proceedings of the American Society for Quality Control Annual Congress*, 1982, pp. 459-464.

7. 特殊なライフサイクルコストモデル 7

このモデルは慣性システムのライフサイクルコストの見積りに関連し, ライフサイクルコストは, 調査・開発・テストおよび評価コスト (C_{RDTE}), 調達コスト (C_P), オペレーションおよび保全コスト (C_{OM}) の3つの主要部分に区分される。慣性システムのためのライフサイクルコストモデルは次式のようなになる。

$$L_{CCIS} = C_{RDTE} + C_P + C_{OM} \quad (56)$$

L_{CCIS} = 慣性システムライフサイクルコスト

調査・開発・テストおよび評価コストには, 次のものがある。

- 1) ソフトウェアに関連するコスト
- 2) テストに関連するコスト
- 3) プログラム・マネジメントに関連するコスト
- 4) 概念的研究に関するコスト
- 5) エンジニアリング変更提案に関するコスト
- 6) デザイン・エンジニアリングに関するコスト
- 7) 技術的データに関するコスト
- 8) 訓練に関するコスト。

調達コストは次の12の異なる構成要素を持っている。

- 1) 新しい設備に関するコスト

- 2) 予備部品に関するコスト
- 3) 支援設備取得に関するコスト
- 4) システムの繰り返される取得に関するコスト
- 5) 技術的データに関連するコスト
- 6) 最初の訓練コースに関するコスト
- 7) 訓練設備に関するコスト
- 8) 生産工具およびテスト設備に関するコスト
- 9) 生産プログラム開始に関するコスト
- 10) 最初の部品マネジメントに関するコスト
- 11) フィールドエンジニアリングに関するコスト
- 12) 設備備え付けに関するコスト

オペレーションおよび保全コストは3つの予測される保全レベル, すなわち, ライン, 基地および兵たん部で見積られる。オペレーションコスト C_{OM} を見積る基本公式は次式である。

$$C_{OM} = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^M C_{OMij} \quad (57)$$

M = 年数

C_{OMij} = j 番目の年における保全コストの i 番目のレベルのオペレーションおよび保全コスト

このモデルの詳しい内容は次の文献において説明されている。

DeBurkarte, D. E., A Standerd Life Cycle Cost Model for Inertial Systems, *Proceedings of the IEEE 1976 National Aerospace and Electronics Conference (NAECON'76)*, 1976, pp. 687-695.

8. 特殊なライフサイクルコストモデル 8

このモデルは航空電子システムのライフサイクルコストの見積りに関連があり, ライフサイクルコストは次式によって定義される。

$$L_{CCAS} = ASARC + ASORC \quad (58)$$

L_{CCAS} = 航空電子システムライフサイクルコスト

ASARC = 航空電子システム取得関連コスト

ASORC = 航空電子システム関連コスト

航空電子システム取得関連コストは次式によって与えられる。

$$ASARC = RDTEC + DRC + ISC + FTC + LF_M(C) \quad (59)$$

$LF_M(C)$ = 最初の適用サブシステム製造コスト

RDTEC = 調査, 開発, テストおよび評価に関連するコスト

DRC = 補充部隊関連のコスト

ISC = 最初の予備部品コスト

FTC = 地方基地のためのフィールド機械およびテスト設備に関するコスト

航空電子システムオペレーション関連コストは, 次式によって定義される。

$$ASORC = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 \quad (60)$$

C_1 = 補充修理に関するコスト (労務費)

C_2 = 基地での取り替えおよび修理に関するコスト (労務費)

C_3 = 供給システムマネジメントに関するコスト

C_4 = 取替予備部品に関するコスト。

ある仮定の下では, ライフサイクルコストは, 次のように表現できる。

$$L_{CCAS} = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 \quad (61)$$

$$A_1 = [0.6 + (1.1)LF_M]C \quad (62)$$

$$A_2 = [LF_1 - FL_M]C \quad (63)$$

$$A_3 = (1.8)(10^3) \left[\frac{LN}{12} + \frac{7}{LN} \right] \left[\frac{H}{MTBF_s} \right] M \quad (64)$$

$$A_4 = [LF_2 - LF_1]C \quad (65)$$

$$A_5 = (3.5)(10^5) + \left[\frac{H}{MTBF_s} \right] \left[\frac{M}{LN} \right] \quad (65 a)$$

$$A_6 = (3.2)(10^5) + (1.5 \times 10^4)(LN) \quad (66)$$

記号 $A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6$ は, 調達, 最初の予備部品, 基地での修理,

取替部品, 補充部隊修理, 供給システムマネジメントコストなどをそれぞれ表す。残りの記号は次のように定義される。

M = サブシステムの数

C = 1,000 システムの製造に関するコスト

$MTBF_s$ = 平均故障間隔

LN = ライン取替可能単位の数量 (LRU_s)

H = 月間のシステム飛行時間数

LF = 製造習熟曲線要素

$i: i = 1$ (据え付けのためのシステムプラス最初の予備部品の数)

$i = 2$ (据え付けのためのシステムプラス取替部品および最初の予備部品)

このモデルの詳しい内容は次の文献において説明されている。

Kilpatrick, P. S., A. L. Jones, Life Cycle Cost Comparisons of Avionic Systems Design Alternatives, *Proceedings of the IEEE 1974 National Aerospace and Electronics Conference*, 1974, pp. 514-520.

9. 特殊なライフサイクルコストモデル 9

このモデルはライフサイクルモジュールコストの見積りに関連し, ライフサイクルモジュールコスト L_{CCM} は, 次式によって定義される。

$$L_{CCM} = \sum_{j=1}^5 CM_j - T_v \quad (67)$$

CM_j は, j 番目のコストである。

$j = 1$: システムあたりの最初のスペアモジュールのコスト

$j = 2$: システムあたりのモジュールパイプライン資産のコスト

$j = 3$: システムあたりの補充スペアモジュールのコスト

$j = 4$: システムあたりの最初の消費スペアモジュールのコスト

$j = 5$: システムあたりのモジュール修理のコスト

T_v = システムあたりのモジュールの終了価値

$T_v = CM_2 = CM_5 = 0$ と仮定すると、ライフサイクルモジュールコストは、次のように表現される。

$$\begin{aligned} L_{CCM} &= CM_1 + CM_3 + CM_4 \\ &= \sum_{j=1}^m C_j M_j \left[1 + \frac{NIS_j}{M_j} + \lambda_j (1 - FMR_j) SL \right] \end{aligned} \quad (68)$$

SL = 時間で表現されるシステムのライフ

FMR_j = タイプ j の欠陥のある修理可能なモジュールに対する経済的にそれらをオペレーショナルな状態にすることのできるタイプ j の欠陥モジュールの比率。

m = システムにおけるモジュールのタイプ

λ_j = タイプ j のモジュールあたりの時間あたりの故障

C_j = タイプ j のモジュールに関するコスト

NIS_j = システムあたりに必要なタイプ j の最初の予備部品

M_j = タイプ j のモジュールの数量

$FMR_j = 0$ とすると、(68)式は次のように単純化できる。

$$L_{CCM} = \sum_{j=1}^m C_j [M_j + NIS_j + M_j \lambda_j (SL)] \quad (69)$$

このモデルの詳しい内容は次の文献において説明されている。

Davies, A., K. J. Skinner, The Application of a Life Cycle Cost Model to Modular Electronic Systems, *The Radio and Electronic Engineer*, Vol. 53, 1983, pp. 209-215.

10. 特殊なライフサイクルコストモデル 10

このモデルは、ソフトウェアのライフサイクルコストの見積りに関連しており、『ボーイング C-14 モデル』として知られている。ライフサイクルコストは、次のように表現される。

$$L_{CCS} = C_A + C_S \quad (70)$$

L_{CCS} = ソフトウェアのライフサイクルコスト

C_A = ソフトウェアの取得コスト

C_s = ソフトウェア支援コストであり、このコストは次式によって与えられる。

$$C_s = [(DOF)(DLC)\Sigma MMS_i](1+F) + ASC \quad (71)$$

DOF = 2.5 F = 間接費要素 DLC = 1月あたりの直接労務費

ASC = 他の支援コスト (追加の)

ΣMMS_i = ある月における支援に必要な労働時間 (man-months)

このモデルの詳しい内容は次の文献において説明されている。

Boeing Aerospace Company, *Advanced Avionics Systems for Multi-Mission Applications*, Report Vol. II-Appendix G, Seattle, Washington, 1978.

Ferens, D. V., R. L. Harris, *Avionics Computer Software Operation and Support Cost Estimation, Proceedings of the IEEE 1979 National Aerospace and Electronics Conference (NAECON'79)*, 1979, pp. 296-300.

11. 特殊なライフサイクルコストモデル 11

このモデルは、健康管理設備のライフサイクルコストの見積りに関連する。ライフサイクルコストは、資本コストとオペレーティング・コストが主要な構成要素である。ライフサイクルコストは、次式によって与えられる。

$$L_{CCHCF} = CC + OC \quad (72)$$

L_{CCHCF} = 健康管理設備のライフサイクルコスト

CC = 資本コスト

OC = オペレーティングコスト。

資本コスト CC は、次式によって表現される。

$$CC = \sum_{i=1}^8 CC_i \quad (73)$$

CC_i = 資本コストの構成要素 i

$i = 1$: 財務コスト

$i = 2$: 間接コスト

$i = 3$: 使用コストの否認

$i = 4$: 土地取得コスト

$i = 5$: 直接構築ないしは購買コスト

$i = 6$: 付随的な設備コスト

$i = 7$: 改造および取替コスト

$i = 8$: 破壊およびサイト準備のコスト

オペレーティングコスト OC は、次式によって表現される。

$$OC = \sum_{i=1}^{19} OC_i \quad (74)$$

OC_i = オペレーティングコストの構成要素。

$i = 1$: 電気光熱コスト

$i = 2$: 設備保全コスト

$i = 3$: 固定設備および特定の構築保全コスト

$i = 4$: 場所変更コスト

$i = 5$: 構造用の保全コスト

$i = 6$: 暖房システムオペレーションズおよび保全コスト

$i = 7$: 外部の建物クリーニング・コスト

$i = 8$: 点検コントロールコスト

$i = 9$: 外部修理コスト

$i = 10$: 火事予防システム保全コスト

$i = 11$: 内部の建物クリーニング・コスト

$i = 12$: ペインティングコスト

$i = 13$: 償却装置およびがらくた移動コスト

$i = 14$: エアコンディショニングおよび喚起システムオペレーションズおよび保全コスト

$i = 15$: グランドおよび道路保全コスト

$i = 16$: エレベーター, エスカレーター, 運搬用小型エレベーターオペレーションズコスト

$i = 17$: 配管および下水施設システムオペレーションズおよび保全コスト

$i = 18$: 特殊なメカニカルシステムオペレーションズおよび保全コスト

$i = 19$: 電気システムオペレーションズおよび保全コスト

このモデルの詳細な内容は次の文献において説明されている。

Eddins. Earles, M., *Factors, Formulas, and Structures for Life Cycle Costing*, Published by Eddins. Earles, 89 Lee Drive, Concord, Mass. 01742, 1981.

12. 特殊なライフサイクルコストモデル 12

このモデルは, 家庭用電気器具のライフサイクルコストの見積りに関連している。ライフサイクルコストは, 次式によって表現される。

$$L_{CCA} = ACA + \sum_{j=1}^{LY} CEN_j \left[\frac{FC(1+R_f)^j}{(1+i)^j} \right] \quad (75)$$

L_{CCA} = 家庭用電気器具のライフサイクルコスト

LY = 年数で表現される家庭用電気器具の耐用年数

i = コンスタントな金額で表現される割引率 (%)

ACA = 金額で表現される家庭用電気器具の取得コスト

CEN_j = 100 万 BTU_s で表現される j 番目の年度のエネルギー消費量

R_f = コンスタントな金額で表現される毎年の燃料エスカレーション率 (%)

FC = 100 万 BTU_s あたりのコンスタントな金額で表現される 1 年間の燃料コスト

年間のエネルギー消費量 CEN_j , 燃料エスカレーション率 R_f , 電気器具の耐用年数などについて, 式(75)は, 次のように単純化できる。

$$L_{CCA} = ACA + (CEN)(FC) \sum_{j=1}^{LY} \left[\frac{(1+R_f)^j}{(1+i)^j} \right] \quad (76)$$

このモデルの詳しい内容は次の文献において説明されている。

Turiel, I., H. Estrada, M. Levine, Life Cycle Cost Analysis of Major Appliances, *Energy*, Vol. 6, 1981, pp. 945-970.

注

1) 本章は, Dhillon, B. S., *Life Cycle Costing: Techniques, Models and Applications*, Gordon and Breach Science Publishers, Inc., New York, 1989, の第4章 (pp. 46-81) を引用したものである。ディロンがライフサイクル・コスト・モデルを分類するのに参照した文献は以下である。

Dhillon, B. S., Life Cycle Cost: A Survey, *Microelectronics and Reliability: An International Journal*, Vol. 20, 1980, pp. 737-742.

Dhillon, B. S., *Reliability Engineering in Systems Design and Operation*, Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1983.

Gupta, Y. P., Life Cycle Cost Models and Associated Uncertainties, in *Electronic Systems Effectiveness and Life Cycle Costing*, edited by J. K. Skwirzynski, Springer-Verlag, Berlin, 1983, pp. 535-549.

DeNeumann, B., Life Cycle Cost Models, in *Electronic System Effectiveness and Life Cycle Costing*, edited by J. K. Skwirzynski, Springer-Verlag, Berlin, 1983, pp. 513-532.

Dover, L. E., B. E. Oswald, *A Summary and Analysis of Selected Life Cycle Costing Techniques and Models*, Masters Thesis, 1974, Air Force Institute of Technology, Wright. Patterson Air Force Base, Ohio, USA.

Sherif, Y. S., W. J. Kolarik, Life Cycle Costing: Concepts and Practice, *OMEGA*, Vol. 9, 1981, pp. 287-296.

Kolarik, W. J., *Analysis Theory and Procedures for Determining and Predicting Availability Cost, and Intangible Effect for Farm Machinery Systems*, Ph. D. Dissertation, 1977, Oklahoma State University, Stillwater Oklahoma.

Goldman, A. S., T. B. Slattely, *Maintainability: A Major Element of System Effectiveness*, John Wiley & Sons, New York, 1967.