

「日本情報ディレクトリ学会誌 Vol.11 2013」 抜刷

CoBRA法に基づくソフトウェア開発プロジェクトの
プロジェクト特性を活用した見積り精度改善

Improvement of Workload Estimates by Using Project Characteristic
Based on CoBRA Method for Software Development Project

水上祐治・井田昌之
Yuji MIZUKAMI, Masayuki IDA

2013（平成 25）年 3 月

日本情報ディレクトリ学会

研究論文 R CoBRA法に基づくソフトウェア開発プロジェクトの
プロジェクト特性を活用した見積り精度改善

Improvement of Workload Estimates by Using Project Characteristic
Based on CoBRA Method for Software Development Project

水上祐治*

井田昌之**

Yuji MIZUKAMI

Masayuki IDA

The CoBRA method is a technique used to build an estimate model which uses experiences/knowledge of experts with a limited number of proven data. However, there have been challenges to obtain full cooperation of experts and so on, where it has been difficult to determine suitable levels for the variable factors, and the estimation results showed trend of variation. The purpose of this paper is to achieve increased accuracy of project estimations, through explaining the Referenced Variable Factor CoBRA Method, which associates fluctuation levels of variation factors in proven data, and variation factor of estimation projects. Furthermore, this paper discusses the validity of this approach through an application example.

Key words: effort estimation, CoBRA method, variable factors, development scale

CoBRA法は、熟練者の経験・知識と少数の実績データを組み合わせ、見積りモデルを構築する手法である。しかし、熟練者の十分な協力が得られないなど、変動要因の影響度を確定することが難しく、個々の見積り結果にばらつきが出やすい傾向があった。本論文は、見積り精度を高めることを目的とし、過去プロジェクトと見積り対象プロジェクトの変動要因の影響度を関連付ける変動要因参照型 CoBRA 法を示す。そして、適用例を通じ変動要因参照型 CoBRA 法の妥当性を議論する。

キーワード：工数見積り，CoBRA法，変動要因，開発規模

1. はじめに

工数見積りは、ソフトウェア開発プロジェクトの重要な要素の1つである。ソフトウェア開発プロジェクトでは、当初見積りと実績の乖離の課題、予定期間及び予定コストと実際のずれの課題等、高品質維持の課題がある¹⁾²⁾。本論文では、これらの課題に対し、CoBRA法(Cost Estimation, Benchmarking, and Risk Assessment)³⁾(ドイツ・フラウンホーファ協会(IESE)が開発した見積り手法)を基礎として、過去プロジェクトと見積り対象プロジェクトの変動要因の影響度を関連付ける手法を述べ、これを変動要因参照型 CoBRA 法と名付ける。

CoBRA法では、熟練者の経験・知識と少数(10程度)の過去プロジェクトの実績データを用い、工数見積りモデルを構築する²⁾³⁾⁴⁾。しかし、工数見積り作業者の経験・知識に基づく判断が求められるため、工数見積り作業者の積極的な協力が得られない、または経験と熟練度が低い場合、個々の見積り結果に

ばらつきが出やすい傾向がある¹⁾⁵⁾。この課題に対し、熟練者の関与を減らす手法が提唱されているが、熟練者の知識が形式化されていることなど制約も述べられている⁵⁾。そうした課題の解決を試みるのが、本論文が提唱する変動要因参照型 CoBRA 法であり、見積り対象組織のプロジェクト特性を把握し、変動要因のレベルを確定する新たな手法である。なお、本論文では、変動要因のレベルと開発規模の相関関係をプロジェクト特性と呼ぶ。

本論文では、まず、見積り手法を分類・整理し、CoBRA法の位置付けを示す。次に、CoBRA法について整理する。それを受けて、従来法の課題と本論文が提示する変動要因参照型 CoBRA 法を示す。最後に、適用例を通じ改善効果を確認する。適用例では、プロジェクト特性の把握、そして、見積り結果のばらつきを押さえる効果が認められた。特に、経験が浅い作業者の見積り結果に高い改善効果が認められた。また、小規模プロジェクトの過大見積り防止、大規模プロジェクトの過少見積り防止効果が認められた。

* 準会員 青山学院大学大学院 国際マネジメント研究科 博士課程
** 青山学院大学大学院 国際マネジメント研究科 教授

表 1 SW 開発プロジェクトの見積り手法の特徴

分類	類推法	積上げ法	パラメトリック法	
			数式モデル型	ハイブリット型
使用データ	類似過去 PRJT の実績	新規 PRJT の想定規模と工数	過去 PRJT の実績	類似過去 PRJT の実績
アプローチ	類推	要素に分解	統計処理	類推+統計処理
長所	導入障壁が低い	導入障壁が低い	精度が高い	10PRJT 程度のデータで比較的精度良い分析が可能
短所	熟練者の協力が不可欠, 経験値ベースで根拠に乏しい	PRJT 初期での精度が低い	多くの高精度 PRJT データが必要のため, 導入障壁が高い	熟練者の協力が不可欠

(注) PRJT: プロジェクト, 出典: 石谷(2012)⁷⁾

2. 見積り手法の分類と CoBRA 法の位置付け

ソフトウェア開発プロジェクトの見積り手法の分類については、文献(6), (7)等の先行研究がある。ここでは、文献(7)を基に、①類推法、②積上げ法、③パラメトリック法の3つに分類し、表 1 に特徴を示す。

①類推法は、類似する過去プロジェクトの実績を基に規模と工数を類推する。この手法は、熟練者の経験を基にしており、事前準備が容易で導入障壁が低い長所がある。しかし、経験に基づく類推のため根拠に乏しことが短所として挙げられる⁷⁾。代表例として、アナロジーベース⁸⁾、デルファイ法⁹⁾などがある。

②積上げ法は、新規プロジェクト、その成果物、またはその両方を構成要素に分解し、構成要素の規模と工数を個別に見積り、結果を積み上げる手法である。この手法は、過去プロジェクト分析等を行わず、事前準備が容易で導入障壁が低い長所がある。しかし、プロジェクト初期での精度が低いことが短所として挙げられる⁷⁾。代表例として、ボトムアップ見積り法¹⁰⁾、トップダウン見積り法¹¹⁾などがある。

③パラメトリック法は、一般に見積り結果の正確さに優れている。この手法は、数式モデル型とハイブリット型に分類できる⁷⁾。数式モデル型は、過去プロジェクト群の実績を用い、工数を目的変数、規模等の特性要因を説明変数として、統計的見積りモデルを示し、新規プロジェクトの工数を算出する手法である。この手法は、多くの過去プロジェクトの分析等、事前準備が不可欠であり、導入障壁が高いことが短所として挙げられる⁷⁾。代表例として COCOMO II 法⁷⁾¹²⁾などがある。一方、ハイブリット型は、数式モデル型と熟練者の知見を補完しあい見積りモデルを構築する。この手法は、過去プロジェクトのデータ数が少なくとも実用的な見積りモデル構築が可能であり、数式モデル型に比べ導入が容易である⁷⁾。代表例として CoBRA 法¹³⁾¹⁴⁾がある。しかし、精度良い見積り結果を得るには熟練者の協力が不可欠である。

2.1. 従来型の CoBRA 法

本論文では、現在用いられている CoBRA 法を従来型の CoBRA 法と呼ぶ。従来型の CoBRA 法は、1998 年、IESE にて開発された見積り手法³⁾を基とし、2004 年、IESE と情報処理推進機構-ソフトウェア・エンジニアリング・センター(IPA-SEC)の共同研究にて、日本企業での事例研究を重ね改善されたモデルである¹⁾¹³⁾。その後、運用面の改善¹⁴⁾、組織内での他の手法とのすみわけ方法¹⁵⁾の研究が進んでいる。従来型の CoBRA 法の工数予測モデルを式 1 に示す。

$$Effort = a \times Size \times \left(1 + \sum_{i=1}^n CO_i \right) \quad (式 1)$$

a : 定数(単位時間あたりの必要理想工数)

i : 変数(変動要因の ID)

n : 変動要因の総数

$Size$: 開発規模

CO_i : 変動要因 i のレベル

プロジェクトの工数($Effort$)は、開発規模($Size$)と、開発コストを増加させる複数の変動要因(CO : Cost overhead)の影響度の総和に比例して増減するとしている³⁴⁾。従来型の CoBRA 法は、過去プロジェクトの実績データと熟練者の経験・知識を用い、モデルを構築し、CoBRA モデルを完成させ、工数を見積る手法である。従来型の CoBRA 法の見積り手順を図 1 に示す。この手順は、CoBRA 見積りモデルの構築プロセス(図 1-i)と見積り対象プロジェクトの工数見積り作成プロセス(図 1-ii)からなる。見積りモデル構築手順の詳細を次に示す。まず、組織的要因を整理し、変動要因の項目を洗い出す(A)。最初に工数増加の要因となるものをブレインストーミングで決定する。複数名の熟練者が集まり、何が重要な変動要因かを議論して決定する。変動要因関係図と変動要因のレベル定義を作成する(適用例において、図 4、表 2 に変動要因の定義に関する具体例がある)。

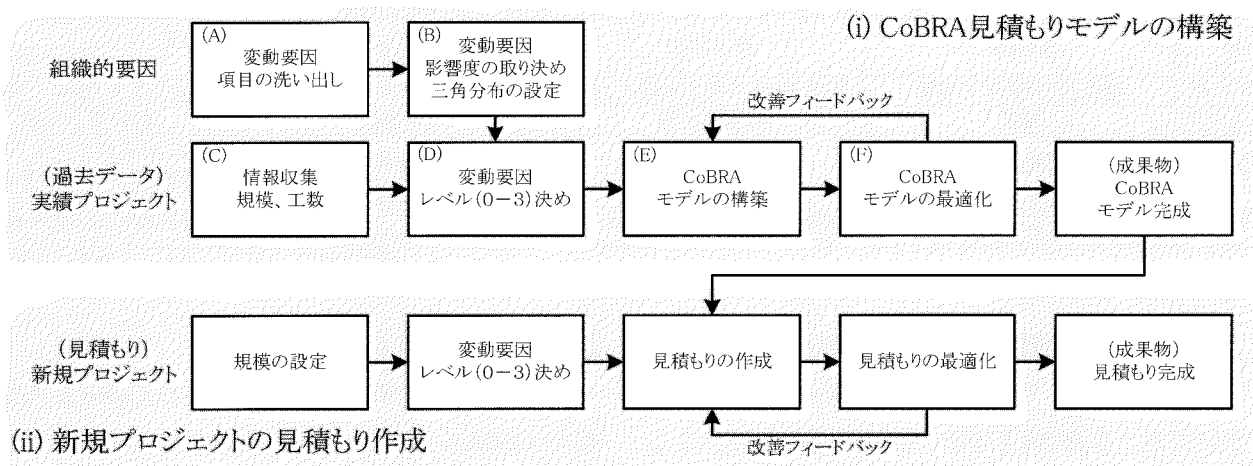


図 1 従来型の CoBRA 法の見積り作業手順

次に、各変動要因のプロジェクトへの影響度を決定する(B)。各熟練者にインタビューを行い、プロジェクトへ最も強く影響するときの影響度 [%] を「通常」「最善」「最悪」の 3 つの場合に分けて聞き出し、三角分布を作成する。なお、変動要因は、最も強く影響するときをレベル 3 とし、プロジェクトへの影響がないものをレベル 0 とする。レベル 1, 2 は比例配分し定める。

次に、各過去プロジェクトの工数と開発規模を決める(C)。そして、変動要因のレベル (0-3) を決定する(D)。データの収集精度の良い過去プロジェクトを 10 数個程度用意し、工数と開発規模の実績データを整理する。そして各過去プロジェクトの変動要因のレベルを個々に決める (適用例において、表 3-i に過去プロジェクトの実績データの具体例がある。)

最後に、CoBRA 見積りモデルの構築を行う(E)。モンテカルロ法を用い、工数の増加分の確率分布を求

める (適用例において、表 3-ii に作業手順の具体例がある。)。構築結果を吟味して、繰り返し最適化を行い精度を高める(F)³⁴⁾。なお、見積り対象プロジェクトの工数見積手順は、3.2 節にて詳細を示す。

3. 従来法と変動要因参照型 CoBRA 法の改善点

従来型の CoBRA 法では、工数見積り作業者の経験・知識に基づく判断が求められるため、工数見積り作業者の積極的な協力が得られない、または経験と熟練度が低い場合、個々の見積り結果にばらつきが出やすい傾向がある¹⁵⁾。この課題に対し、文献 5 では、熟練者の暗黙知が形式化された情報「アセット」を活用し、熟練者の関与を減らす手法が提唱されているが、組織が「アセット」を事前に有しているなど制約も述べられている⁵⁾。そうした課題の解決を試みるのが、本論文が提唱する変動要因参照型 CoBRA 法であり、続く 3.1 節から詳細を述べる。

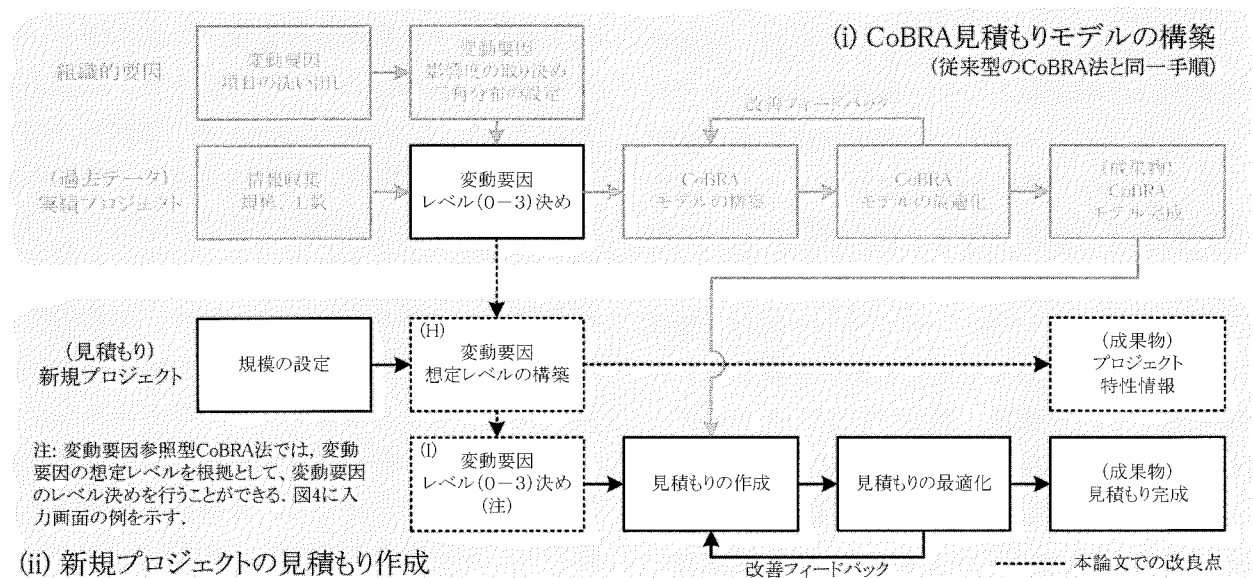


図 2 変動要因参照型 CoBRA 法の見積り作業手順

3.1. 変動要因参照型 CoBRA 法

本論文が提唱する変動要因参照型 CoBRA 法の工数予測モデルを式 2 に示す。

$$Effort = a \times Size \times \left(1 + \sum_{i=1}^n \hat{CO}_i \right) \quad (式 2-i)$$

a : 定数(単位時間あたりの必要理想工数)

i : 変数(変動要因の ID)

n : 変動要因の総数

$Size$: 開発規模(添え字付は過去プロジェクト)

\hat{CO}_i : 変動要因 i のレベル (算出値)

$$\hat{CO}_i = \frac{Size \times \left\{ k \times \sum_{j=1}^k CO_{ij}^2 - \left(\sum_{j=1}^k CO_{ij} \right)^2 \right\}}{k \times \sum_{j=1}^k (CO_{ij} \times Size_j) - \sum_{j=1}^k CO_{ij} \times \sum_{j=1}^k Size_j} \quad (式 2-ii)$$

j : 変数(過去プロジェクトの ID)

k : 過去プロジェクトの総数

CO_{ij} : 過去プロジェクト j の変動要因 i のレベル

プロジェクトの工数($Effort$)は、開発規模($Size$)と、開発コストを増加させる複数の変動要因(\hat{CO}_i : Cost overhead)の影響度の総和に比例して増減する(式 2-i)。このモデルは、従来型の CoBRA 法の工数予測モデル(式 1)を基として、過去プロジェクトの開発規模と各変動要因の相関関係を最小二乗法により算出(式 2-ii)し、見積り対象プロジェクトの開発規模に対応した変動要因想定レベルを導き出し、工数見積りを行うモデルである。

3.2. 見積り手順

変動要因参照型 CoBRA 法の見積り作業手順を図

2 に示す。CoBRA 見積りモデルの構築(図 2-i)は、従来型の CoBRA 法と同一手順であり、見積り作成(図 2-ii)に変動要因参照型 CoBRA 法の特徴がある。具体的には、図 2 の破線部に示すように、図 2-i の過去プロジェクトの変動要因レベル決め情報と新規プロジェクトの開発規模の関係を利用し、図 2-ii の変動要因想定レベルを算出する(H)。次の変動要因レベル決めで、変動要因想定レベルを参考に変動要因レベルを確定する(I)。最後に工数見積り結果とプロジェクト特性情報を得て見積りを完成させる。これにより、従来型の CoBRA 法の見積り手順を改善する。

従来型の CoBRA 法での見積り作成画面の例を図 3-i に、変動要因参照型 CoBRA 法での見積り作成画面の例を図 3-ii に示す。

従来型の CoBRA 法では、画面上部が開発規模の入力欄、中央のテーブルが各変動要因のレベル入力欄である。変動要因参照型 CoBRA 法では、さらに各変動要因の想定レベル表示欄が追加される。本論文では、開発規模の単位は、SLOC (Source Lines Of Code)を用いる¹⁶⁾。最後に、モンテカルロ法を用い工数の増加分の確率分布を求め工数見積りを行う。この見積り対象プロジェクトの工数見積り作成プロセスでは、見積り結果を吟味し繰り返し最適化を行い精度を高める³⁴⁾。

3.3. 期待される効果

変動要因参照型 CoBRA 法は、3つの効果が期待できる。第 1 が、変動要因のレベル決めが容易になる効果であり、3.3.1 項に詳細を示す。第 2 が、新規プ

規模 SLOC

変動要因のレベル

変動要因名	レベル
CO1 チームの経験・知識	0
CO2 プロジェクトマネージャの経験・知識	0
CO3 プロジェクト目標の明確さ・共有度合い	0
CO4 システムの再利用可能度合い	0
CO5 システムの複雑さ	0
CO6 ハードウェア変更の度合い	0
CO7 開発期間の厳しさ	0
CO8 関係者の数	0
CO9 並行開発案件の本数	0

(i)従来型の CoBRA 法

規模 SLOC

変動要因のレベル

変動要因名	レベル	想定レベル(H)	相関係数
CO1 チームの経験・知識	0	1	0.937***
CO2 プロジェクトマネージャの経験・知識	0	1	0.834***
CO3 プロジェクト目標の明確さ・共有度合い	0	0	0.546*
CO4 システムの再利用可能度合い	0	-	0.092
CO5 システムの複雑さ	0	1	0.930***
CO6 ハードウェア変更の度合い	0	-	-0.017
CO7 開発期間の厳しさ	0	-	-0.092
CO8 関係者の数	0	1	0.894***
CO9 並行開発案件の本数	0	2	-0.934***

(ii)変動要因参照型 CoBRA 法

図 3 見積り条件入力画面の構成例

*P<0.1, **P<0.05, ***P<0.01

注: 過去プロジェクトから算出、規模との単相関関係

プロジェクトの見積り結果における，作業によるばらつきを抑制する効果であり，3.3.2 項に詳細を示す．第 3 が，プロジェクト特性情報を用い，チーム・ビルディングの指針を示す効果であり，3.3.3 項に詳細を示す．なお，本論文では，チームメンバーが，プロジェクトの成功を目指し，実力を最大限に発揮できる組織作りをチーム・ビルディングと呼ぶ．

3.3.1. 変動要因のレベル決めが容易

新規プロジェクトにおける変動要因のレベル決めにおいて，図 3-ii に示すように，右テーブルの相関係数と有意確率を判断材料とし，右テーブルの想定レベルを，左テーブルのレベルとして用いることができる．このように，作業者は，変動要因のレベルを把握するための手がかりを容易に得ることができ，作業負担が軽減される．

相関係数が規定の有意水準で有意である場合，変動要因の想定レベルは，見積り対象プロジェクトの変動要因のレベルとして用いることができる．なお，有意水準は，過去プロジェクトの実績データの収集精度，データ数等の影響を受けるため，各組織で最適値を取決めする必要がある．本論文の適用例では有意水準 1%を用いた．一方，相関係数が一定の有意水準で有意でない変動要因は，規模以外のものに起因する要因と考えられ，従来型の CoBRA 法と同様に，変動要因参照型 CoBRA においても別途検討が求められる．

3.3.2. 作業によるばらつきの抑制

従来型の CoBRA 法では，変動要因のレベル決めに，作業者の経験・知識に基づく判断が求められていたが，変動要因参照型 CoBRA 法では，プロジェクト特性を利用し，統計的根拠に基づき変動要因のレベル決めを行うことが可能になり，プロジェクト特性の把握が容易になり，作業者の経験・知識に基づく判断が占める割合が小さくなる．その結果，工数見積りの結果における，個々の作業によるばらつきが抑制される．

3.3.3. チーム・ビルディングの指針

変動要因参照型 CoBRA 法では，図 3-ii に示すように，変動要因想定レベルは，過去プロジェクトの実績データを反映している．また，開発規模の変化と共に変化し，当該組織における指定規模のプロジェクトを運営するためのリソースを表している．変動

要因参照型 CoBRA 法では，変動要因想定レベルをプロジェクト特性情報と捉え，チーム・ビルディングの指針として用いることができる．

4. 適用例

変動要因参照型 CoBRA 法の適用例として A 社のケースを取り上げる．なお，適用企業の社内規定に従い，この企業名は仮名を用いる．A 社は，関東を拠点に，日本の自動車メーカー 3 社の 1 次サプライヤとして電子制御ユニット (ECU: Electric Control Unit) を開発販売する外資系自動車部品メーカーである．日本の自動車業界では，自動車メーカーを頂点にサプライヤがピラミット型に多層化している．1 次サプライヤは，自動車メーカーに直接部品を納入し，また，2 次以下のサプライヤを管理する企業である¹⁷⁾．A 社は，アメリカ本社 (A 社-US) は，製品基本性能に関する開発に集中，日本支社 (A 社-JP) は，顧客専用機能に関する開発を行っている．

4.1. 分析方法

まず最初に，図 1-i，図 2-i の手順に従い CoBRA 見積りモデルの構築を行う．なお，図 1-i と図 2-i は同一手順である．次に，図 1-ii，図 2-ii の手順に従い新規プロジェクトの見積りを行う．ここでは，変動要因参照型 CoBRA 法 (図 2-ii) と従来型の CoBRA 法 (図 1-ii) の見積り結果を比較する．見積りの比較には，小規模プロジェクト (5kSLOC)，中規模プロジェクト (20kSLOC)，そして，大規模プロジェクト (40kSLOC) の 3 プロジェクトを用意した．小規模と大規模プロジェクトは，それぞれ過去プロジェクトの最小規模と最大規模に近い規模にした．中規模プロジェクトは，大規模プロジェクトの

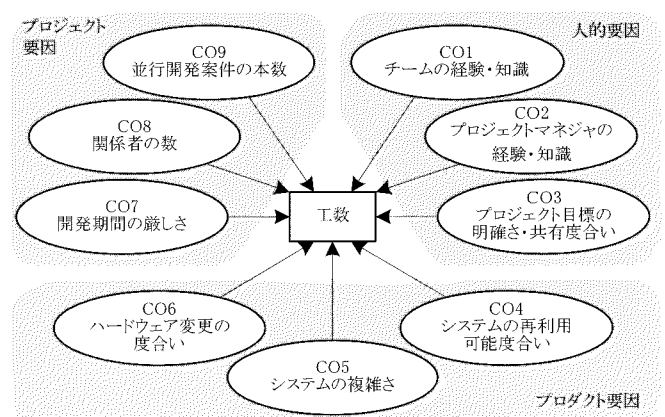


図 4 変動要因関係図

表 2 変動要因のレベルの定義

番号	変動要因	定義	レベル 3	レベル 2	レベル 1	レベル 0	
CO1	チームの経験・知識 (PM 以外のメンバー)	経験本数 ^{(*)2}	OR ^{(*)4}	20 件以上	12 件以上 20 件未満	6 件以上 12 件未満	5 件以内
		PM サポート ^{(*)3}		多くが可能	誰かは可能	できない	できない
CO2	PM ^{(*)1} の経験・知識	経験本数	OR ^{(*)4}	10 件以上	6 件以上 10 件未満	1 件以上 6 件未満	初めて
		経験年数		5 年以上	3 年以上 5 年未満	1 年以上 3 年未満	1 年未満
CO3	プロジェクト目標の 明確さ・共有度合い	顧客と PM	AND	不一致	不一致	一致	一致
		プロジェクト内		不明瞭	明確	不明瞭	明確
CO4	システムの再利用 可能度合い	設計, コード, テスト ケースの再利用可能度合い	2 割未満	2 割以上 4 割未満	4 割以上 6 割未満	6 割以上	
CO5	システムの複雑さ	仕様, アルゴリズム, コードで複雑なもの	全て	いずれか 2 つ	いずれか 1 つ	なし	
CO6	ハードウェアの変更	電子基板, 車両側配線, ECU 側配線で変更になるもの	全て	いずれか 2 つ	いずれか 1 つ	なし	
CO7	日程の厳しさ	妥当な日程からの圧縮率	5 割以上	2 割以上 5 割未満	1 割以上 2 割未満	1 割未満	
CO8	関係者の数	ステークホルダの数	12 名以上	9 名以上 12 名未満	5 名以上 9 名未満	4 名以内	
CO9	平行開発案件の本数	平行開発案件の数	8 件以上	6 件以上 8 件未満	4 件以上 6 件未満	3 件以内	

*1: プロジェクト・マネジャ, *2: 経験件数をもっとも多いメンバ, *3: プロジェクト・マネジャをサポートする能力
*4: レベルの高いもの(レベル 3 > レベル 0)から当てはめること

50%の規模にした。なお、本論文では、論理 SLOC を用いる。論理 SLOC は、テキストファイルの行数を基に、空行、コメント行、括弧だけの行を取り除き、複数の命令が書かれた行は命令数をカウントしたものである¹⁶⁾。

分析では、共同作業の結果を基準とし、変動要因参照型 CoBRA 法と従来型の CoBRA 法の結果を比較し検討する。

4.2. 分析準備：見積りモデルの構築

最初に図 1-i, 図 2-i の手順に従い見積りモデルの構築を行った。選定された 14 名の PM が集まり、何が重要な工数要因かを議論し、表 2 に示す変動要因の定義を行い、図 4 に示す変動要因関係図を作成した。なお、変動要因の洗い出しには、参考資料として CoBRA 法入門⁴⁾の変動要因参考リストを用いた⁵⁾。

次に、変動要因の影響度の取り決め(三角分布の設定)を行った。各 PM にインタビューを行い、各変動要因の影響度を確認した。なお、三角分布の詳細は、A 社の社内規定に従い省略する。最後に、過去プロジェクトの実績データを整理して、工数と開発規模、そして、変動要因のレベルを決めた。過去プロジェクトは、表 3-i に示すように、A 社-JP における 2009

表 3 過去プロジェクトの実績データと見積りモデルの構築結果

過去プロジェクト	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
(i) 過去プロジェクトの実績データ												
規模(SLOC)	4900	14800	2800	32100	22300	8000	46500	6500	2000	18700	36000	
工数(人時)	920	3120	440	5000	3600	1200	11600	1024	160	2400	8440	
変動要因 Level: 0-3	CO1	0	2	1	2	3	1	3	1	0	2	3
	CO2	1	2	1	3	3	2	3	2	0	2	3
	CO3	2	2	0	1	1	1	3	1	1	0	2
	CO4	3	3	3	0	0	1	3	2	0	1	3
	CO5	1	2	0	3	2	1	3	1	0	2	3
	CO6	1	2	3	2	2	0	2	2	2	1	1
	CO7	3	3	3	0	0	1	3	2	0	1	3
	CO8	1	2	1	3	2	2	3	1	0	2	3
	CO9	2	1	2	0	1	2	0	2	3	1	0
(ii) 見積りモデルの構築結果												
生産性の逆数	0.188	0.211	0.179	0.156	0.152	0.150	0.249	0.169	0.080	0.152	0.234	
ΣCO	1.993	2.729	1.871	1.769	1.757	1.410	3.334	1.856	0.488	1.663	3.147	
αj(モデルの相関係数)	0.057	0.057	0.057	0.057	0.057	0.057	0.057	0.057	0.057	0.057	0.057	
見積り工数	836.375	3148.916	458.506	5077.872	3511.630	1099.511	11393.278	1058.612	169.768	2839.997	8543.238	
見積り誤差	-83.625	28.916	-41.494	77.872	111.630	-100.489	-206.722	-41.388	9.768	-10.003	103.238	
見積り誤差率	-0.091	0.009	-0.083	0.016	0.033	-0.084	-0.018	-0.038	0.061	-0.004	0.012	

表 4 適用例の CoBRA 見積りモデルの精度

CoBRA 見積りモデルの精度基準	[%]
見積り誤差率の絶対値の平均(MMRE)	4.1
見積り誤差率の絶対値の標準偏差	3.3
見積り誤差率の絶対値が 25%以内である プロジェクトの比率(Pred.25)	100.0
Σ見積り値 - 実績値 / Σ 実績値(総誤差率)	2.2

年 1 月から 2011 年 12 月までの 2 年間に於いて、これら 14 人の PM が担当していない 18 プロジェクトにおいて、生産性評価⁴⁾を行い、11 プロジェクトを選別した。見積りモデルの構築結果を表 3 - ii に示す。この適用例では、見積りモデルの構築結果を吟味し、モデルの最適化を 2 度を行い見積り精度を高めた。なお、CoBRA 見積りモデル作成には、IPA-SEC が公開する CoBRA 見積りツールを用いた。

本論文の適用例の見積りモデルの精度を表 4 に示す。CoBRA 法の精度目標は、見積り誤差率の絶対値の平均 (MMRE: Mean Magnitude of Relative Error) が 20%以下、かつ、見積り誤差率の絶対値 (Pred.25: Prediction Level 25%) が 100%である⁴⁾。適用例では、MMRE が 4.1%、Pred.25 が 100%であり、精度良いモデルが構築できた。

4.3. 分析：新規プロジェクトの見積り

選定された 14 名の PM は、図 1-ii, 図 2-ii の手順に従い新規プロジェクトの見積りを実施した。新規プロジェクトの開発規模は、小規模 (5kSLOC)、中規模 (20kSLOC)、そして、大規模 (40kSLOC) の 3 プロジェクトを用意した。なお、新規プロジェクトの見積り作成には、IPA-SEC のツールを用いた。

最初に、従来型の CoBRA 法 (図 1-ii) を用い、個別に中規模、小規模、大規模の順番で変動要因のレベルを決めた。そして、IPA-SEC ツールを用い見積りを作成した。見積り作成画面の例を図 3-i に示す。

次に、変動要因参照型 CoBRA 法 (図 2-ii) を用い、個別にこれら 3 プロジェクトの変動要因のレベル決

表 5 見積り対象プロジェクトの変動要因想定レベル

変動要因	プロジェクト規模(SLOC) 相関係数	小規模	中規模	大規模
		5000	20000	40000
		変動要因の想定レベル		
CO1	0.859***	1 (0.534)	2 (1.837)	3 (3.574)
CO2	0.834***	1 (0.986)	2 (2.184)	3 (3.782)
CO3	0.564*	-	-	-
CO4	0.092	-	-	-
CO5	0.930***	1 (0.618)	2 (1.822)	3 (3.426)
CO6	-0.017	-	-	-
CO7	0.092	-	-	-
CO8	0.894***	1 (0.890)	2 (1.987)	3 (3.450)
CO9	-0.934***	2 (2.186)	1 (1.107)	0 (-0.333)

*P<0.1, **P<0.05, ***P<0.01, カッコ内は算出値

めを行った。ここでは、表 5 に示すように、CO1, CO2, CO5, CO8, CO9 は、過去プロジェクトの情報を基に導き出した変動要因想定レベルを用いた。そして、IPA-SEC の CoBRA 見積りツールを用い見積りを作成した。見積り作成画面の例を図 3-ii に示す。

最後に、変動要因参照型 CoBRA 法と従来型の CoBRA 法の結果を踏まえ、共同で、これら 3 プロジェクトのレベルを決め、IPA-SEC のツールを用い見積りを作成した。見積り結果を表 6 に示す。見積り結果は、吟味され、それぞれ最適化を 2 度行い精度が高められている。

4.4. 分析結果：新規プロジェクトの見積り

3 つの特徴を得た。第 1 に、プロジェクト特性の把握において、5 つの変動要因が開発規模との単相関分析で、有意水準 10%において有意である結果を得た。

4.4.1 項にこれを示す。第 2 に、変動要因参照型 CoBRA 法は、従来型の CoBRA 法に比べ、すべての開発規模のプロジェクトで PM 間のばらつきが縮小する結果を得た。小規模プロジェクトの過大見積り防止効果、大規模プロジェクトの過少見積り防止効果が得られた。4.4.2 項、4.4.3 項にこれを示す。第 3 に、PM の経験年数が、小規模プロジェクトの過大見積り防止効果、大規模プロジェクトの過少見積り防止効果と関連する結果を得た。4.4.4 項にこれを示す。

表 6 新規プロジェクトの見積り結果

プロジェクト規模(SLOC)		小規模(5000)			中規模(20000)			大規模(40000)		
CoBRA 法		従来型	参照型	共同	従来型	参照型	共同	従来型	参照型	共同
データ数		14	14	1	14	14	1	14	14	1
Pred.25 ^(注) [%]		100	64.3	-	100	100	-	100	85.7	-
規模 [人時]	平均	902.2	819.1	808.0	3518.6	3591.7	3616.0	7593.4	8752.2	8750.0
	標準偏差	141.1	54.5	-	309.1	166.9	-	943.0	399.9	-
	最大値	1114.5	924.5	808.0	4110.4	3852.2	3616.0	9364.2	9275.8	8750.0
	第 3 四分位	1034.5	863.6	808.0	3766.9	3675.1	3616.0	8359.1	9134.8	8750.0
	中央値	847.0	810.2	808.0	3518.7	3642.0	3616.0	7598.9	8743.8	8750.0
	第 1 四分位	786.2	798.4	808.0	3242.7	3532.6	3616.0	6843.4	8496.3	8750.0
最小値		750.0	738.9	808.0	3060.7	3242.9	3616.0	6078.9	8135.2	8750.0

(注) 共同作業の結果を基準とする。

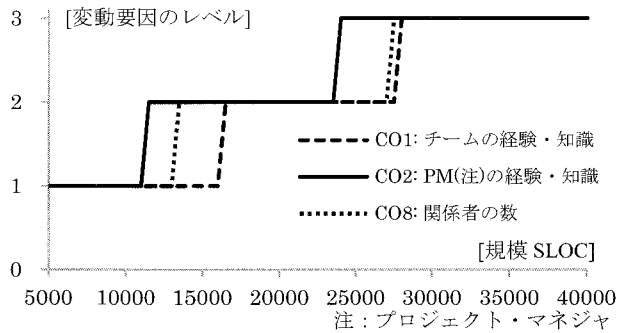


図 5 変動要因参照レベルの推移 (一部抜粋)

4.4.1. プロジェクト特性の把握

変動要因参照型 CoBRA 法では、表 5 に示すように、CO1, CO2, CO5, CO8, CO9 は、開発規模との単相関分析で有意水準 1%において有意であり、これら変動要因のレベルは変動要因想定レベルを用いた。なお、CO3 は、有意水準 10%において有意である結果を得たが、外部要因に依存する項目であり、疑似相関の可能性が高いと考えられる。

図 5 に変動要因参照レベルの開発規模に対応する変化を示す。A 社のプロジェクトは、開発規模の増加と共に、まず、PM の経験・知識(CO2)が求められ、続いて、関係者を増やし(CO8)、そして、チームの経験・知識(CO1)が求められる特徴がある。

システムの複雑さ(CO5)は、開発規模の増加と共に複雑になる特徴がある。平行開発案件の本数(CO9)は、開発規模の増加に反し減少する特徴がある。

4.4.2. 見積り精度向上

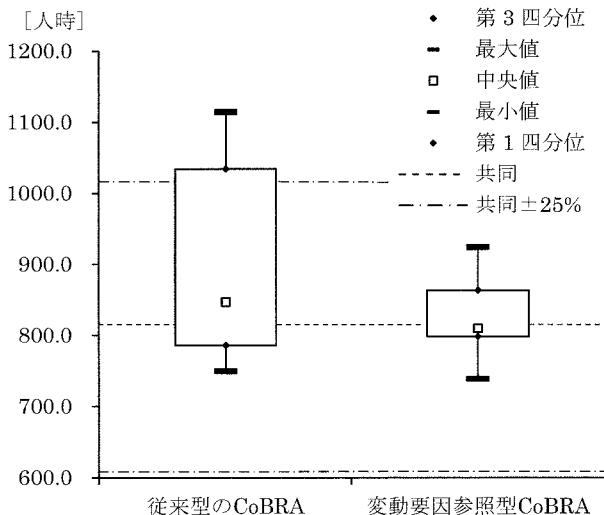
変動要因参照型 CoBRA 法と、従来型の CoBRA 法の見積り結果において、PM 間の見積り結果のばらつきを開発規模別に比較する。小規模プロジェクトの見積り結果では、従来型の CoBRA 法の標準偏差は

141.1 人時、変動要因参照型 CoBRA 法の標準偏差は 54.5 人時であり、ばらつきが 38.6%に縮小した。中規模プロジェクトの見積り結果では、従来型の CoBRA 法の標準偏差は 309.1 人時、変動要因参照型 CoBRA 法の標準偏差は 166.9 人時であり、ばらつきが 54.0%に縮小した。大規模プロジェクトの見積り結果では、従来型の CoBRA 法の標準偏差は 943.0 人時、変動要因参照型 CoBRA 法の標準偏差は 399.9 人時であり、ばらつきが 42.4%に縮小した。この様に、すべての開発規模において、PM 間の見積り結果のばらつきが縮小した。

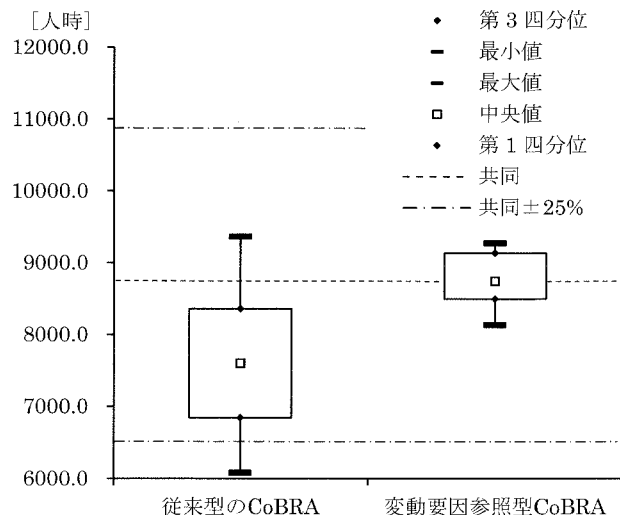
4.4.3. 過少見積り過大見積り防止

小規模プロジェクトの見積り結果を図 6-i、大規模プロジェクトの見積り結果を図 6-ii に示す。従来型の CoBRA 法の結果を左に示し、変動要因参照型 CoBRA 法の結果を右に示す。そして、共同作業の結果を点線、共同作業の結果±25%を一点鎖線で示した。

小規模プロジェクトは、共同作業の結果(808 人時)を基準とした場合、従来型の CoBRA 法では、中央値が+4.8%の 847.0 人時、最大値が+37.9%の 1114.5 人時、第 3 四分位数が+28.0%の 1034.5 人時、第 1 四分位数は-2.7%の 798.4 人時、最小値は-7.2%の 750.0 人時であり、Pred.25 は 64.3%である。従来型の CoBRA 法の結果は、全体に過大見積りの傾向があった。次に、変動要因参照型 CoBRA 法では、中央値が±0%の 810.2 人時、最大値が+14.4%の 924.5 人時、第 3 四分位数が+6.9%の 863.6 人時、第 1 四分位数は-1.2%の 798.4 人時、最小値は-8.6%の 738.9 人時であり、Pred.25 は 100%である。



(i) 小規模プロジェクト (規模 5KLOC)



(ii) 大規模プロジェクト (規模 40KLOC)

図 6 開発規模別の見積り結果

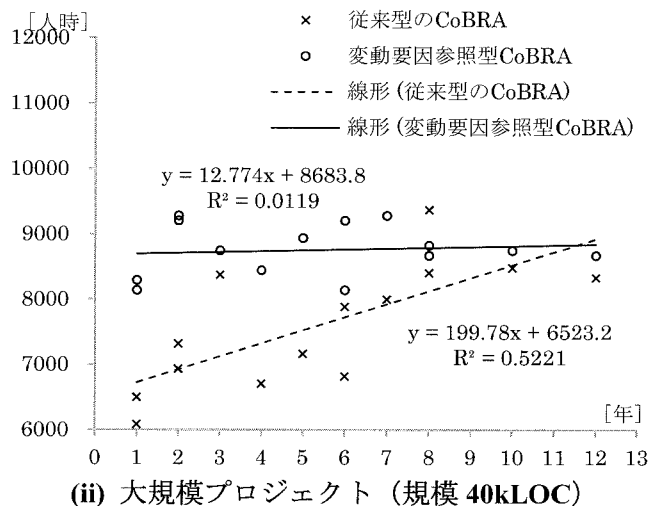
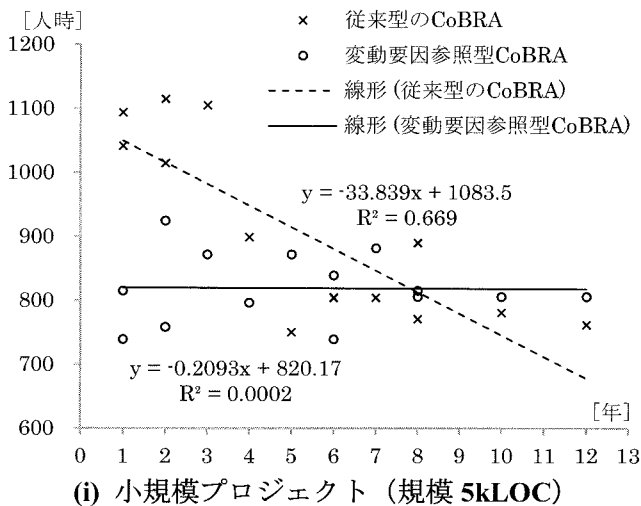


図 7 プロジェクト・マネジャの経験年数と見積り結果の変化

大規模プロジェクトは、共同作業の結果（8750 人時）を基準とした場合、従来型の CoBRA 法では、最大値は+7.0%の 9364.2 人時，第 3 四分位数は-4.5%の 8359.1 人時，中央値は-13.2%の 7598.9 人時，第 1 四分位数は-21.8%の 6843.4 人時，最小値は-30.5%の 6078.9 人時であり，Pred.25 は 85.7%である。従来型の CoBRA 法の結果は，全体に過少見積りの傾向があった。次に，変動要因参照型 CoBRA 法では，最大値は+4.4%の 9275.8 人時，第 3 四分位数は+6.0%の 9134.8 人時，中央値は-0.1%の 8734.8 人時，第 1 四分位数は-2.6%の 8496.3 人時，最小値は-7.0%の 8135.2 人時であり，Pred.25 は 100%である。

中規模プロジェクトの見積り結果では，共同作業の結果（3616 人時）を基準とした場合，どちらも，Pred.25 は 100%である。中規模プロジェクトでは，どちらの手法でも，片寄傾向がなく良好な結果を得た。

4.4.4. 経験年数と見積り結果の変化

変動要因参照型 CoBRA 法と従来型の CoBRA 法の見積り結果を PM の経験年数の変化で比較する。小規模プロジェクトの見積り結果と PM の経験年数の関係を図 7-i，大規模プロジェクトの見積り結果と PM の経験年数の関係を図 7-ii に示す。また，見積り結果と PM の経験年数の相関関係について，最小二乗法を用い，変動要因参照型 CoBRA 法は実線，従来型の CoBRA 法は点線で示す。小規模プロジェクトでは，図 7-i に示すように，従来型の CoBRA 法では，PM の経験年数の減少とともに，過大見積りを行う傾向を得た。変動要因参照型 CoBRA 法では，PM の経験年数による傾向が見られなかった。大規模プロジェクトでは，図 7-ii に示すように，従来型の CoBRA

法では，PM の経験年数の減少と共に，過大見積りを行う傾向を得た。一方，変動要因参照型 CoBRA 法では，PM の経験年数による傾向が見られない。中規模プロジェクトでは，どちらの CoBRA 法でも PM の経験年数による傾向は見られない。

5. 考察

本論文で示した変動要因参照型 CoBRA 法に関し，適用例にて実証評価を行った観点で考察を述べる。

変動要因参照型 CoBRA 法では，2つの利点が挙げられる。まず第 1 に，変動要因参照型 CoBRA 法は，当該組織の過去プロジェクトの実績データを基に，見積り対象プロジェクトのプロジェクト特性を示すことができた。表 5 の変動要因想定レベルは，見積り対象プロジェクトの運用に最適ナリソースを示している。このように，本論文の変動要因参照型 CoBRA 法適用組織では，開発規模が大きくなるに従い，システムが複雑(CO5)になる。そして，高いチームの経験・知識(CO1)，高い PM の経験・知識(CO2)が必要となり，関係者の数(CO8)が多くなる。しかし，組織の要員や機器には限りがあるため，平行開発案件の本数(CO9)を減らす必要がある。PM は，これら情報をプロジェクト特性と捉え，プロジェクトに必要なリソースの把握とチームビルディングの判断材料として活用できる。一方，プロジェクト目標の明確さ・共有度合い(CO3)，システムの再利用可能性度合い(CO4)，ハードウェア変更の度合い(CO6)，日程の厳しき(CO7)は，開発規模とは有意な相関がなく，他の事象に起因する変動要因と考えられる。これら変動要因は，従来型の手法で最適レベルを別途指定する。

第2に、変動要因参照型 CoBRA 法は、見積り対象プロジェクトの見積り作成において、従来型の CoBRA 法に比べ、PM 間の見積り結果のばらつきを押さえる効果を示した。本論文の適用例では、PM 間のばらつきが 55.0%改善した。また、この改善効果を開発規模別で比較した場合、従来型の CoBRA 法は、Pred.25 が、小規模プロジェクトで 64.3%、大規模プロジェクトで 85.7%であるが、変動要因参照型 CoBRA 法は、すべての開発規模で Pred.25 が 100%であり、PM 間の見積り結果が、すべて+25%に収まる結果を得た。さらに、従来型の CoBRA 法では、PM の経験年数が少ない程、誤差が大きくなる傾向を示し、その結果、小規模プロジェクトの過大見積りと大規模プロジェクトの過少見積りが発生していた。変動要因参照型 CoBRA 法は、特に、経験年数が少ない PM の見積り精度改善に効果を示した。その結果、小規模プロジェクトの過大見積り防止、大規模プロジェクトの過少見積り防止の効果が大きく、Pred.25 の改善に寄与したと考えられる。

本論文の適用例では、従来型の CoBRA 法は、図 4 に示した 9 つの変動要因を、作業者の経験・知識に基づく判断ですべて指定しなければならない。一方、変動要因参照型 CoBRA 法では、表 5 に示したように、4 つの変動要因のみを指定すればよい。このように、変動要因参照型 CoBRA 法では、個々の経験・知識による判断が占める割合が小さくなり、見積り結果のばらつきを抑えることが出来たと考えられる。このように変動要因参照型 CoBRA 法は、作業者の経験不足を補い、適切な変動要因のレベル指定を促す効果があると考えられる。

今後の課題として2つの方向性が考えられる。まず、さらなるモデル改良を行い、中規模プロジェクトにおいても効果が得られるようにすることである。次に、本論文の適用例は、日本の自動車関連企業と深い関わりを持つ外資系企業であったので、今後、日本企業へのモデル適用が課題として挙げられる。

6. おわりに

従来型の CoBRA 法、および、変動要因参照型 CoBRA 法は、どちらも、見積り対象プロジェクトの工数見積りに、開発規模と変動要因のレベルを用いるが、従来型の CoBRA 法では、変動要因のレベルを

把握するための手がかりが少なく、作業者ごとにばらつきが出やすいと考えられた。そこで、本論文が提唱する変動要因参照型 CoBRA 法では、CoBRA モデル作成に用いた過去プロジェクトの実績データを活用し、変動要因のレベルを把握するための手がかりを提供する改良を行った。また、この改良は、組織特性の事前把握を前提として置かず、先行研究に比べ、適用可能な組織が多いと考えられる。

情報ディレトリ学の視点で捉えた場合、本論文は、過去プロジェクト情報を多角的に活用し、見積り精度を高める新しいモデルを示したと考えられる。

今後の発展の方向性であるが、注目している事象として、発展途上国におけるソフトウェア受発注の見積りが、発展途上国援助やインフラ構築における大きな課題の一つになっていることがある。現在こうした側面への対応の検討を進めている¹⁸⁾。

参考文献

- 1) Trendowicz, A. et al., 「ハイブリッドなコスト見積りモデルの反復的な構築方法について」, 『SEC journal』, Vol.2(3), pp.10-21, 2006
- 2) IPA - SEC 見積り手法部会, 『ソフトウェア開発見積りガイドブック』, オーム社, 2006
- 3) Briand, L. C. et al.: *COBRA: A Hybrid Method for Software Cost Estimation, Benchmarking and Risk Assessment*, Proceedings of the 20th International Conference on Softw Eng, pp. 390-399, 1998
- 4) 三菱総合研究所 CoBRA 研究会, 『CoBRA 法入門-「勘」を見える化する見積り手法』, オーム社, 2011
- 5) 幕田行雄ほか, 「CoBRA 法に基づくソフトウェア開発プロジェクトの見積りモデル構築手順の改善」, 『プロジェクトマネジメント学会誌』, Vol.10(6), pp.25-30, 2008
- 6) Briand, L. C. et al.: *Software Resource Estimation*. In Marciniak, John J. (Ed.) *Encyclopedia of Softw Eng*, Vol. 2, P-Z, 2nd, 2002
- 7) 石谷靖, 「工数見積もりとコストドライバ」, 『国立情報学研究所 CoBRA セミナー』, p. 9, 2012
- 8) Mukhopadhyay, T. et al.: *Examining the feasibility of a case-based reasoning model for software effort estimation*. MIS Quarterly, Vol.16(2), pp.155-171, 1992
- 9) Dalkey, N. C. et al.: *An experimental application of the Delphi method to the use of experts*. Management Science. Vol.9(3), pp.458-467, 1963
- 10) Goodpasture, J.: *Quantitative Methods in Project Management*, J. Ross Publishing, 2004
- 11) Jalote, P.: *Software Project Management in Practice*, Addison-Wesley Professional, 2002
- 12) Boehm, B. et al.: *Software Cost Estimation with COCOMO II*, Prentice Hall, 2000
- 13) 石谷靖, 「見積り手法の実証評価」, 『SEC journal』, Vol.2(2), p.57, 2006
- 14) 酒井大, 「CoBRA 法を使った見積りモデル構築のポイント」, 『SEC journal』, Vol.7(3), pp.129-136, 2011
- 15) SEC journal 編集部, 「CoBRA 法を活用し、組織として統一された見積りモデルを実現」, 『SEC journal』, Vol.6(3), pp.144-145, 2010
- 16) McConnell, S., 『ソフトウェア見積り-人月の暗黙知を解き明かす』, 日経 BP ソフトプレス, 2006
- 17) Fujimoto, T. et al.: *Business Architecture: Strategic Design of Product, Organizations, and Processes*, Yuhikaku Corporation, 2001
- 18) Ida, M.: *Some Background Analysis of Vietnam FDI From Japan*, Prcdngs of ICECH2012: How to Overcome Economic Crisis, pp.226-233, 2012

【2012.10.29 受稿 2013.3.12 受理】

