

# 統合工数見積りツール ESTIMANCER の開発

伏田 享平<sup>1</sup> 井ノ口 伸人<sup>1</sup> 大杉 直樹<sup>1</sup> 山中 啓之<sup>1</sup> 藤貫 美佐<sup>1</sup> 戸村 元久<sup>1</sup> 木谷 強<sup>1</sup>

**概要:** これまでにソフトウェア開発における工数見積りの統計的予測モデルに関する研究は数多く行われているが、実務への適用は十分に行われていない。本稿では NTT データで開発を進めている見積りモデル、およびその実装である統合的工数・リスク見積りツール ESTIMANCER について述べる。開発した見積りモデルは、システム開発における作業を分割し、個々の作業における工数の予測値を集計することでシステム開発全体の工数を見積る。モデルの構築にあたっては、全社的に収集を行っている NTT データの実績データを統計分析した。ESTIMANCER は社内の実績データの分析結果をもとに開発した複数の工数・リスク見積りモデルの実装であり、NTT データおよびそのグループ会社に向け Web アプリケーションとして公開・運用されている。ESTIMANCER を用いることで、見積りモデルに関する専門知識を持たない実務者であっても見積りモデルによる見積り結果を参照でき、見積り結果の妥当性検証が容易となる。

## 1. はじめに

IT システムの開発において、開発作業着手前に開発に要する工数やリスクを見積ることは必須のものとなっている。工数見積りを実施するタイミングでは、スコープや仕様に関して不確定な要素が残っていることがある。また、開発対象の業務や利用技術に関するノウハウがない場合など、見積りにあたって十分な情報がない状態で見積りを行う必要がある。このような場合、開発プロジェクトメンバ以外の有識者や PMO による見積り結果、過去の実績データを用い、相互検証することで見積り誤りを起因とする悪影響を低減できるといわれている [9]。

IT システム開発の工数見積りに関する研究はこれまでに多数行われている [7]。主要な工数見積り手法としては、WBS などの積み上げによる工数見積り手法や、COCOMO[2] に代表される係数見積り手法がある。特に過去の実績データをもとに統計的手法を用いて構築する工数見積りモデルは、その有効性が報告されている [6]。また、手作業による見積りは 75% 以上のプロジェクトで 35% 以上の誤差が出るといわれるのに対し、見積りツールを利用した見積りは 45% のプロジェクトで約 5% 以内の誤差になるといわれている [5]。

一方で、IT システム開発の現場で見積りモデルが活用されているとはいえない。この原因の一つとして、見積りモデルが対象としている作業が IT システム開発の一部のみを対象としていることが考えられる。IT システムの

開発は、システムの基盤構築とその基盤上で動作するアプリケーションの開発に大別できる。実務におけるシステム基盤構築に関わる工数見積りモデル [8] やアプリケーション開発に関する工数見積りモデルに関する取り組み事例 [14] はこれまでに報告されている。しかし、我々の知る限り、IT システム全体の工数見積りモデルに関する取り組みは、Velerdi によるシステム開発全体の工数見積りモデル COSYSMO [13] など数少なく、実務における適用例は見当たらない。

見積りモデルの実用化に向けて、NTT データでは作業ごとに工数を予測し、集計する見積り手法とその実装(ツール) “ESTIMANCER<sup>\*1</sup>” を開発している。工数見積りツールは、Boehm らの研究グループで開発されている COCOMO による見積りを支援する Web アプリケーション [3] や独立行政法人情報処理推進機構が提供する CoBRA による見積りツール [17]、SPR 社が提供する KnowledgePLAN[12] などがある。これらのツールは精緻な見積りが可能な一方で、見積りに関する有識者によるパラメータの調整(キャリブレーション)を前提としている。そのため、統計的な専門知識を持たない実務者にとってこれらのツールの利用には障壁がある。これに対して本稿で紹介する取り組みでは、全社の研究開発部門に所属する統計的な専門知識を持つ有識者が実績データを統計的に分析する。そして、この分析結果を ESTIMANCER に反映することで、有識者でなくとも容易にツールを利用し、見積り結果を参照することができる。

<sup>1</sup> 株式会社 NTT データ  
NTT DATA Corporation

<sup>\*1</sup> ESTIMANCER は NTT データの登録商標である。

本稿では見積りモデルの構築と ESTIMANCER の開発について述べる。本稿で紹介する取り組みの貢献は下記の2点である。

- IT システムの開発工数見積りにあたり、アプリケーション部分と基盤構築部分の開発工数、およびリスクバッファをそれぞれ見積り、それらを集計することで IT システムの開発にかかる工数を見積る手法を開発した。
- 工数見積りモデルを実装した Web アプリケーションを開発し、実務者が容易に見積りモデルを利用し、見積り結果を参照、検証できる環境を整備した。

## 2. 基本コンセプト

本節では ESTIMANCER が前提としているシステム開発プロセスと見積りプロセスについて述べる。また、それにもとづき見積りツールのユースケースを整理する。

### 2.1 前提とする開発・見積りプロセス

図 1 に NTT データにおける標準開発プロセスを示す。NTT データでは、図 1 に示すようにシステムの開発部分を、IT システムの基盤部分構築に関するプロセス（システム基盤設計、システム基盤構築）と、そのうえで動作するアプリケーション（AP）部分の開発に関するプロセス（AP 外部設計など）に明確に分けて定義している。以降、図中の破線で囲った箇所を「開発プロセス群」と呼称する。本稿では、システム要件定義プロセス終了時までに、開発プロセス群で実施する開発作業に関して見積ることを想定している\*2。

また、NTT データで想定している見積りプロセスを図 2 に示す。ここに示すように、大まかには開発対象の規模を見積った後、工数を見積る。そして、さらに工数から期間、要員を見積り、リスク要素を加味した上で、最終的に開発に必要なコストが算出される\*3。本稿で紹介する取り組み



図 1 NTT データにおける標準開発プロセス



図 2 NTT データにおける標準的な見積り実施手順

\*2 システム移行や運用マニュアル作成、プロジェクト管理など、開発以外の作業に関しては本稿の対象外である。

\*3 ここで最終的に算出されるのはあくまで開発に関わるコスト（開発原価・費用）であり、お客様などへ提示するシステムの受注価格とは異なることに注意されたい。

では、規模見積り結果を入力として、工数、期間、要員の見積り結果検証を支援する。

### 2.2 ESTIMANCER のユースケース

図 3 に本取り組みが想定している ESTIMANCER のユースケースを示す。NTT データではプロジェクト終了時に、規模や工数、品質に関する実績データを収集している [16]。本取り組みでは研究開発部門に所属するメンバが実績データを統計分析する。分析の結果開発した見積りモデル（詳細は 3 節にて述べる）は ESTIMANCER に実装される。このようにデータの収集・分析を定期的に行うことで、見積りに携わる実務者の実績データ分析に対する負担を軽減する。

一方プロジェクトマネージャは、開発計画の策定時に工数およびリスクバッファの妥当性検証のため ESTIMANCER を利用する。ここでの妥当性検証とは、他の見積り手法を使って算出した見積り値との比較をさす。ESTIMANCER が過去プロジェクトの実績データから統計的に算出した予測値と比較することで、見積り値の妥当性を検証する。このようにすることで、見積り精度を向上し、大幅な見積り誤りを防止する。

## 3. 工数見積りモデルの構築

本節では ESTIMANCER の内部で利用している見積りモデルについて、そのコンセプトを述べる。図 1 に対応するように、開発している見積り手法では、IT システムの基盤部分構築に要する工数（基盤構築工数）と、その上で動くアプリケーション部分の開発に要する工数（アプリケーション開発工数）をそれぞれ算出する。いずれのモデルにおいても、何らかの方法で開発対象の規模が見積られており、これを入力として工数を見積ることを想定している。各見積りモデルのパラメータ選定にあたっては、社内で報告が必須となっているメトリクスを中心に、工数に影響があると考えられるものについて、社内外の文献調査結果や社内有識者の意見を参考にした。

最終的にこれらの工数を加算することで、システム開発全体に要する工数を算出する。あわせて、プロジェクトのリスク要因をもとに、個々のリスクの大きさに応じた標準的なリスクバッファを予想する。このような見積り手法をとる理由は、基盤構築工数とアプリケーション開発工数は、対象となる作業内容が異なるため一つの見積りモデルで扱うことが難しいためである。以下では、各工数見積りモデ

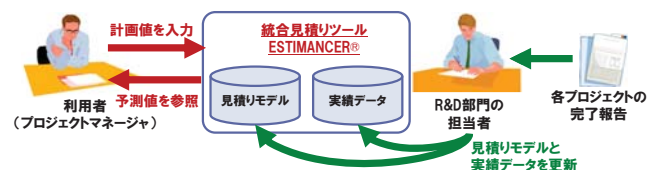


図 3 ESTIMANCER のユースケース

ルの詳細を示す。

### 3.1 工数見積りモデル

#### アプリケーション開発工数見積りモデル

アプリケーション開発工数見積りでは、IT システムのアプリケーション部分に関して、設計から製造、テストに要する工数を見積る。アプリケーション開発工数  $E_A$  は、式 1 に示す重回帰モデルで表される。

$$E_A = \alpha_A \times S_A^{\beta_A} \times Q_A \times D_A^{\gamma_A} \quad (1)$$

ここで、 $S_A$  は開発規模、 $Q_A$  は品質目標レベルポイント、 $D_A$  は開発に要する工期を表す。 $\alpha_A$ 、 $\beta_A$ 、 $\gamma_A$  は実績データを利用したキャリブレーションにより決定される係数である。

開発規模は新規に作成した箇所と修正して再利用した箇所のコード行数を足し合わせたものを採用している。また、品質目標レベルポイントは、結合テストでのテスト密度を基準として 3 段階の値を設定している。この値は、テスト密度が高い、すなわち品質を優先する開発ほど高くなるように設定している。

#### 基盤構築工数見積りモデル

基盤構築工数見積りでは、システム基盤の設計、構築、基盤のシステムテストに要する工数を見積る。基盤構築工数  $E_P$  は式 2 に示す重回帰モデルで表される。

$$E_P = \alpha_P \times S_P^{\beta_P} \times Q_P \times D_P^{\gamma_P} \quad (2)$$

ここで、 $S_P$  は論理サーバ台数、 $Q_P$  は非機能要求グレードポイント、 $D_P$  は基盤構築に要する工期を表す。 $\alpha_P$ 、 $\beta_P$ 、 $\gamma_P$  は、アプリケーション開発工数見積りモデルと同様に、実績データを利用したキャリブレーションにより決定される係数である。

論理サーバ台数は設計、構築の対象となる論理的なサーバ台数であり、仮想サーバやクラスタを構成する各サーバも物理サーバと同様にして数えている。非機能要求グレードポイントは独立行政法人 情報処理推進機構が公開している非機能要求グレード [15] で定義されているモデルシステムごとに定めたポイントである。モデルシステムは社会的影響の大小によって 3 段階に分類されている。基盤構築工数見積りモデルでは、社会的影響が大きいほど値が大きくなるように設定している。

#### リスクバッファ見積り

本稿におけるリスクバッファとは、リスクが顕在化した際に必要となる予備の工数をさす。リスクバッファ見積りでは、プロジェクト共通のリスクのあり/なしと、事前に想定している工数を説明変数とする。リスクとしては社内外の取り組みの調査結果から抽出した、NTT データにおけるプロジェクトに共通して潜在するリスク 15 項目を採用している。

表 1 分析に用いたデータ

データ項目	AP 開発	基盤構築
件数 [件]	29	28
規模	12.20 - 356.04 [KS]	1 - 100[台]
期間 [月]	2.50 - 63.40	4.00 - 28.00

表 2 見積りモデルの予測精度

評価指標	AP 開発	基盤構築
MdMRE	0.24	0.32
PRED25	0.59	0.38
Adjusted R <sup>2</sup>	0.86	0.78

各リスクについては、そのリスクが顕在化した際に計画時から増加した工数の実績データが蓄積されている。見積りにあたっては、実績データより各リスク項目について三角分布を作成し、これをもとにモンテカルロシミュレーションを行うことでリスクバッファを見積る。

### 3.2 分析データ

NTT データでは全社的にプロジェクトの実績データを収集している。収集にあたっては、全社ルールとして収集・報告が必須となっているメトリクスが定められている。見積りモデルの中でこれら必須のメトリクスに関しては、その報告値を利用した。また、報告が必須となっていないメトリクスに関しては、開発プロジェクトに対してヒアリングを行い収集した。

表 1 に分析に用いた実績データの概要を示す。なお分析にあたっては、これに加えアプリケーション開発および基盤構築にかかった工数データも利用したが、機密情報のため非公開とする。

アプリケーション部分、基盤部分ともに新規に開発もしくは更改するプロジェクトを対象としており、機能追加や保守などのプロジェクトは対象としていない。アプリケーション部分に関しては、大部分をスクラッチで開発したものを対象としており、大部分がソースコード自動生成やパッケージを利用して開発したものは対象としていない。基盤部分については、Web3 層システムを既存のミドルウェア製品を活用して構築しているものを対象としており、メインフレームやクラスタ構成、仮想基盤などは対象外としている。

### 3.3 見積りモデルの精度

先に示したデータを用いて構築した見積りモデルの精度を表 2 に示す。各評価指標の定義は下記の通りである。

**MdMRE** 実績値に対する予実乖離の割合。相対誤差の中央値。値域は  $[0.00, \infty)$  で小さいほど予測精度が高い。  
**PRED25** 相対誤差 0.25 以下で予測できたプロジェクトの割合。値域は  $[0.00, 1.00]$  で大きいほど予測精度が高い。

表 3 社外での見積りモデルの評価

	見積り対象	件数	MRE (中央値) (平均値)	PRED25
Jenkins ら [4]	AP 開発	72	0.34 (平均値)	-
Phan[11]	AP 開発	191	0.32 (平均値)	-
Bergeron ら [1]	AP 開発	89	0.33 (中央値)	-
Kaneko[8]	基盤構築	5	0.02	0.60
Velerdi[13]	IT システム	27	-	0.27

**Adjusted R<sup>2</sup>** 実績値と予測値の重相関係数の 2 乗を自由度 (サンプル数) で補正した値。値域は [0.00, 1.00] で大きいほど予測精度が高い。

表 3 に社外の工数見積りモデルに関する取り組みの予測精度についてまとめたものを示す。表 3 より本取り組みで開発した見積りモデルの予測精度は、他の見積りモデルと比較して同程度となっている。基盤構築工数見積りモデルに関しては、Kaneko の取り組みと比較して MdMRE の値が劣っているが、Kaneko の取り組みではデータ件数が 5 件であることから、過適合が発生しているなど、統計モデルとしての妥当性に疑問がある。

本取り組みで開発した見積りモデルは、表 1 に示した規模や開発期間のプロジェクトに適用できると考えられる。すなわち、アプリケーション開発に関しては小中規模、基盤構築に関しては小規模なものから大規模なものまで適用できる可能性がある。

#### 4. ESTIMANCER の開発

本節では ESTIMANCER の実装について述べる。図 4 に ESTIMANCER の概要を示す。ESTIMANCER は規模の見積り結果やプロジェクト特性、要求品質・非機能要求、リスクを入力することで、統計的に工数を見積る。見積り値は前節で示した見積りモデルにより算出される。

見積り結果は、過去の類似案件との比較検討が可能のように散布図の形式で表示される。また、リソースヒストグラムと呼ばれる形でも出力され、工数や工期、要員数が妥当であるかも確認できるようになっている。以下では各機能について詳細を紹介する。

##### 4.1 計画入力セクション

見積り対象のシステムに関して、ユーザが入力すべき項目を下記に示す。下記のうち、リスク入力、スケジュール入力は任意の項目である。これらが入力された場合には、結果出力セクションにおいてより精緻な見積り結果が提示される。

##### 規模入力 (図 5)

開発対象となるシステムの構成要素 (サブシステムやモジュール単位) ごとに規模を入力する。アプリケーション

部分に関してはコード行数を規模として、その他に開発言語、品質目標レベルを入力する。基盤部分に関しては論理サーバ台数を規模として、非機能要求グレードも入力する。

##### リスク入力 (図 6)

15 のリスク項目について、各々リスクが存在するかを選択する。また、リスクが存在する場合には、リスクが顕在化した際に影響するプロセス (図 1 参照) をあわせて選択する。

##### スケジュール入力 (図 7, 図 8)

開発拠点ごとに要員数と規模入力画面で入力した構成要素のうち担当するものを入力する。また拠点ごとに図 1 に

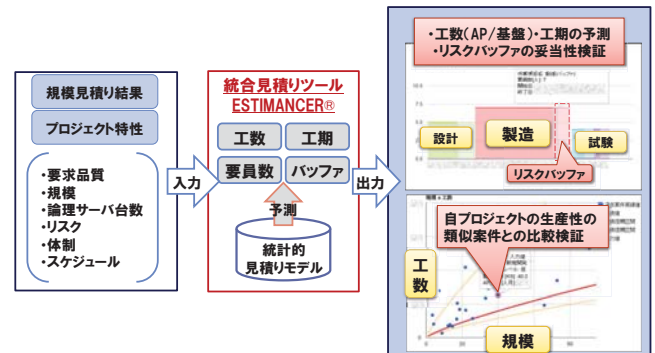


図 4 ESTIMANCER の概要



図 5 規模入力画面

項目	リスク種別	リスク内容	リスクの存在	影響するプロセス
A	【精度の低い計画・見積り】		● リスクあり ○ リスクなし	アプリケーション AP設計(外部&内部設計) AP製造(製造&結合テスト) システムテスト(AP部分) システム構築 基盤設計 基盤構築 システムテスト(基盤部分)
B	【非常に強気な計画】		○ リスクあり ● リスクなし	アプリケーション AP設計(外部&内部設計) AP製造(製造&結合テスト) システムテスト(AP部分) システム構築 基盤設計 基盤構築 システムテスト(基盤部分)
C	【プロジェクトマネージャの経験: 知見不足】		● リスクあり ○ リスクなし	アプリケーション AP設計(外部&内部設計) AP製造(製造&結合テスト) システムテスト(AP部分) システム構築 基盤設計 基盤構築 システムテスト(基盤部分)

図 6 リスク入力画面

示した開発プロセス群を実施する期間を入力する。

#### 4.2 結果出力セクション

計画入力セクションで入力した計画値をもとに、見積み結果を表示する。

##### 類似プロジェクトの検証 (図 9)

アプリケーション部分および基盤部分の開発にかかる工数を散布図の形式で表示する。表示にあたっては、過去に実施されたプロジェクトの実績値と ESTIMANCER が見積った予測値を表示する。またスケジュールが入力された場合には、スケジュールからユーザが計画している工数も

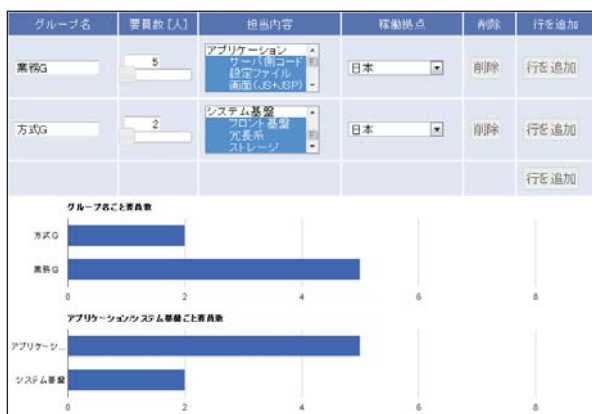


図 7 体制入力画面

業務G						
スケジュール項目名	対応プロセス	開始日	終了日	バッファ [日]	削除	行を追加
ED/ID	AP設計(外部&内部設計)	2012/2/1	2012/4/1	5	削除	行を追加
M/UT/IT	AP製造(製造&結合テスト)	2012/2/1	2012/4/1	5	削除	行を追加
ST	システムテスト(AP部分)	2013/3/1	2013/4/1	5	削除	行を追加

方式G						
スケジュール項目名	対応プロセス	開始日	終了日	バッファ [日]	削除	行を追加
基盤設計	基盤設計	2012/2/1	2012/4/1	5	削除	行を追加
基盤構築	基盤構築	2012/2/1	2012/4/1	5	削除	行を追加
ST	システムテスト(基盤部分)	2013/3/1	2013/4/1	5	削除	行を追加

図 8 スケジュール入力画面

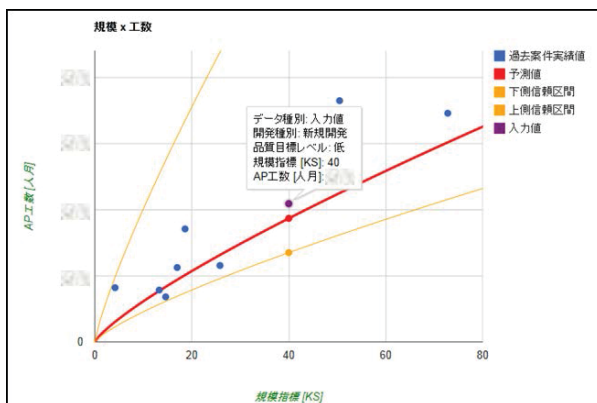


図 9 類似プロジェクトとの検証画面

算出し、あわせて表示する。これにより、ユーザ自身が見積った工数の妥当性や、類似案件との比較を行うことができる。

図 9 の例では、横軸を開発規模、縦軸をアプリケーション開発に関わる工数とした散布図を表示している。過去に実施された案件 (青色のプロット群) に関しては、ユーザが入力した案件と同程度の規模のものは存在していない。ただし、ユーザが入力した工数 (紫色のプロット) と ESTIMANCER による予測工数 (赤色のプロット) は非常に近い値を示している。これより、ユーザの見積み値は妥当なものであると判断できる。

##### 計画の妥当性検証 (図 10)

プロセスごとに必要な工数をリソースヒストグラムの形式で表示する。図 10 において横方向は最も早く開始される作業開始日からの経過日数、縦方向は個々の作業に必要な要員数を表している。スケジュールを入力している場合には、ユーザの計画値と ESTIMANCER が予測した計画を比較することが可能となる。これによりユーザはプロセスごとの実施期間および要員数が妥当であるかを検証することができる。

図 10 の例では、各作業にかかる要員数はユーザが入力した値と同数と見なして、各作業の期間が十分に確保されているか検証している。この例では、ユーザが入力したスケジュール (図中の「プロジェクト計画」と比較して表示している。プロジェクト後半で開始される作業 (図 7 における方式 G が担当する基盤設計や基盤構築) に時間がかかり、結果として予定よりもプロジェクトが延伸すると予測されている。これらの結果をもとに、ユーザは体制やスケ

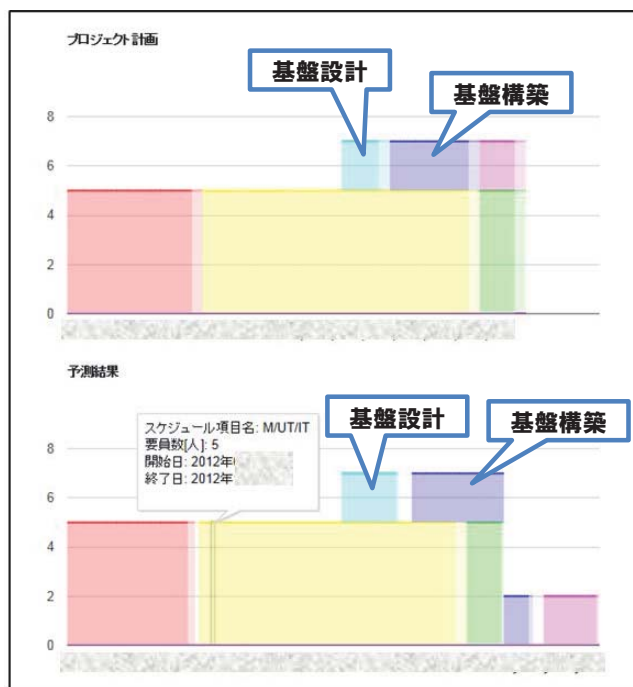


図 10 計画の妥当性検証画面

ジュールの見直しを検討することができる。

### リスクバッファの検証 (図 11)

リスク入力セクションで「リスクあり」とチェックした項目について、リスクに対応するために必要だと思われるリスクバッファの予測値を表示する。これにより、ユーザはリスクが顕在化した際の工数の過不足を検証することが可能となる。

図 11 の例では、リスク A およびリスク C のどちらについてもリスクバッファ予測値はリスクバッファ計画値を下回っている。このことから、リスクバッファに関しては十分に余裕をもって計画されていると判断することができる。

### 4.3 社内における普及展開と評価

ESTIMANCER は現在社内にて普及展開が進められている。2009 年に基盤構築部分の工数見積り Web アプリケーションとして公開した。その後、社内の基盤構築やアプリケーション開発に関する有識者へのヒアリング、社内外の文献調査をもとに見積りモデルの改善を実施した。あわせて、社内で開催される技術セミナーにおいて、ESTIMANCER の紹介も実施している。2013 年 3 月にはアプリケーション部分の工数およびリスクバッファの見積り機能を追加したバージョンを全社およびグループ会社向けに公開した。公開から 2014 年 3 月までの月次ユニークユーザ数累計は 327 件を記録している。

ESTIMANCER 利用者へのヒアリングも実施しており、「ツールを参考にした」と回答したプロジェクトマネージャが複数人存在した。一方で、「工数に影響を与える要素(パラメータ)は他にもあると考える」、「算出された工数の値が小さすぎる」などの指摘も得ている。

## 5. おわりに

本稿では NTT データで研究開発を進めている統計分析にもとづく工数見積りモデルについて紹介した。あわせて、この見積りモデルの実装である工数見積りツール ESTIMANCER について紹介した。ESTIMANCER は現在、全社・グループ会社向けに公開されている。

今後の課題としては、ESTIMANCER を利用した見積り作業に関して評価を行う必要があると考えている。また予測精度やユーザビリティ向上のため、Microsoft Project や Redmine といった他のプロジェクト管理ツールとのデータ連携や、ユーザが入力した計画値の蓄積機能など、ESTIMANCER の機能追加も必要であると考えている。

項目	リスク種別・内容	影響するスケジュール項目	バッファ計画値	バッファ予測値	過不足
A	精度の低い計画・見積り	業務G - ED/ID - M/UT/IT - ST	1.57 人月 (2.58%)	0.77 人月 (1.30%)	+0.80 人月
C	プロジェクトマネージャの経験・知見不足	方式G - 基盤設計 - 基盤構築 - ST	0.24 人月 (0.38%)	0.05 人月 (0.09%)	+0.19 人月

図 11 リスクバッファの検証画面

### 参考文献

- [1] Bergeron, F., and St-Arnaud, J.Y.: Estimation of Information Systems Development Efforts: A Pilot Study, *Information & Management*, vol.22, pp. 239-254 (1992).
- [2] Boehm, B. W., Abts, C., Brown, A. W., Chulani, S., Clark, B. K., Horowitz, E., Madachy, R., Reifer, D. J., and Steece, B.: *Software Cost Estimation with COCOMO II*, Prentice-Hall, New York, 2000.
- [3] Center for Systems and Software Engineering: COCOMO II - Constructive Cost Model, Center for Systems and Software Engineering (オンライン), 入手先<<http://csse.usc.edu/tools/COCOMOII.php>> (参照 2014-04-24).
- [4] Jenkins, A.M., Naumann, J.D., and Wetherbe, J.C.: Empirical Investigation of Systems Development Practices and Results, *Information & Management*, vol.7, pp.73-82 (1984).
- [5] Jones, C. (著), 富野 壽 (監訳): ソフトウェア見積りのすべて - 規模・品質・工数・工期の予測法 -, pp.135-136, 共立出版 (2001).
- [6] Jørgensen, M.: A review of studies on expert estimation of software development effort, *Journal of Systems and Software*, Vol. 70, No. 1 - 2, pp. 37 - 60 (2004).
- [7] Jørgensen, M. and Shepperd, M.: A Systematic Review of Software Development Cost Estimation Studies, *IEEE Transactions on Software Engineering*, Vol. 330, Issue 1, pp. 33 - 53 (2007).
- [8] Kaneko, M.: Model in Approximate Estimating Effort for Large IT Infrastructure Building Projects, In Proc. of the ProMAC 2010, pp.1301-1308 (2010).
- [9] Kitchenham, B., Pfleeger, S. L., McColl, B., and Eagan S.: An Empirical Study of Maintenance and Development Estimation Accuracy, *Journal of Systems and Software*, Vol. 64, Issue 1, pp. 57 - 77 (2002).
- [10] Moløkken, K., and Jørgensen, M.: A Review of Software Surveys on Software Effort Estimation, In Proc. of ISESE 2003, pp.223-230 (2003).
- [11] Phan, D.: Information Systems Project Management: an Integrated Resource Planning Perspective Model, In Department of Management and Information Systems, Arizona: Tucson (1990).
- [12] Software Productivity Research: SPR KnowledgePLAN, Software Productivity Research (オンライン), 入手先<<http://www.spr.com/spr-knowledgeplanr.html>> (参照 2014-04-24).
- [13] Valerdi, R.: The Constructive Systems Engineering Cost Model (COSYSMO): Quantifying the Costs of Systems Engineering Effort in Complex Systems, VDM Verlag (2008).
- [14] 独立行政法人 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: ソフトウェア開発見積りガイドブック~IT ユーザとベンダにおける定量的見積りの実現~ (2006).
- [15] 独立行政法人 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: 非機能要求の見える化と確認の手段を実現する「非機能要求グレード」の公開~システム基盤における非機能要求の見える化ツール~, 独立行政法人 情報処理推進機構 (オンライン), 入手先<<http://sec.ipa.go.jp/reports/20100416.htm>> (参照 2012-07-26).
- [16] 中村英恵, 佐藤慎一, 藤江宏, 端山毅: 多様なプロジェクト特性を考慮した品質・生産性実績データ提供システムの構築, ソフトウェア品質シンポジウム 2011 (2011).
- [17] 中村宏美: CoBRA 法にもとづく見積り支援ツール - プロジェクトの定量的見積り評価を易しく支援する Web ツールの提供, *SEC journal*, Vol. 5, No. 6, pp. 377-379 (2009).