

## システム基盤構築の工数見積りモデル・ツール開発と普及展開

## Building an Estimation Model for IT Platform Constructing Effort and

## Dissemination of a Tool for Effort Estimation

株式会社 NTT データ 技術開発本部

NTT DATA Corporation Research and Development Headquarters

○井ノ口 伸人

伏田 享平<sup>1)</sup>渡辺 絢子<sup>1)</sup>大杉 直樹<sup>2)</sup>藤貫 美佐<sup>3)</sup>渡辺 真太郎<sup>4)</sup>戸村 元久<sup>5)</sup>木谷 強<sup>6)</sup>

○Nobuto Inoguchi

Kyohei Fushida<sup>1)</sup>Junko Watanabe<sup>1)</sup>Naoki Ohsugi<sup>2)</sup>Misa Fujinuki<sup>3)</sup>Shintaro Watanabe<sup>4)</sup>Motohisa Tomura<sup>5)</sup>Tsuyoshi Kitani<sup>6)</sup>

**Abstract** A number of studies about estimation model for system development effort are conducted and reports effectiveness of estimation models in preventing cost overrun. In contrast to software development effort estimation, studies about IT platform constructing effort estimation are insufficiency. In this paper, we propose an estimation model for IT platform constructing effort. The proposed model quantifies impact of size metrics and cost drivers on IT platform constructing effort. We also conducted a case study to confirm usefulness of the proposed model. In addition, we report the promotion activity of a tool implementing the model and feedback from the users.

## 1. はじめに

これまでにソフトウェア開発に要する工数見積りに関する研究は多く行われている。その中でモデルを利用した工数見積りは、ソフトウェアの規模と工数に影響する要因（コストドライバ）のデータを収集し、統計分析などにより構築したモデルを利用して見積りを行う。工数見積りモデルは、過度の楽観視による大幅な過小見積りを防止できるなどの有効性が報告されている[1]。

---

 株式会社 NTT データ 技術開発本部 プロジェクトマネジメント・イノベーションセンタ

Project Management Innovation Center, R&amp;D Headquarters, NTT DATA Corporation

〒135-8671 東京都江東区豊洲 3-3-9 豊洲センタービルアネックス Tel: 050-5546-2529

Toyosu Center Bldg. Annex, 3-9, Toyosu 3-chome, Koto-Ku, Tokyo 135-8671 Japan Tel: +81 50 5546 2529

1) 株式会社 NTT データ 技術開発本部 プロジェクトマネジメント・イノベーションセンタ

Project Management Innovation Center, R&amp;D Headquarters, NTT DATA Corporation

2) 株式会社 NTT データ 技術開発本部 プロジェクトマネジメント・イノベーションセンタ, シニア・エキスパート

Senior Expert, Project Management Innovation Center, R&amp;D Headquarters, NTT DATA Corporation

3) 株式会社 NTT データ 技術開発本部 プロジェクトマネジメント・イノベーションセンタ, 部長

Senior Manager, Project Management Innovation Center, R&amp;D Headquarters, NTT DATA Corporation

4) 株式会社 NTT データ 技術開発本部 ソフトウェア工学推進センタ 部長

Senior Manager, Center for Applied Software Engineering, R&amp;D Headquarters, NTT DATA Corporation

5) 株式会社 NTT データ 技術開発本部 プロジェクトマネジメント・イノベーションセンタ, センタ長

Head of Project Management Innovation Center, R&amp;D Headquarters, NTT DATA Corporation

6) 株式会社 NTT データ 技術開発本部 本部長

Head of R&amp;D Headquarters, NTT DATA Corporation

一方、ソフトウェアを稼働させる土台であるシステム基盤（ミドルウェア、ハードウェア、ネットワークの組み合わせ）の構築に要する工数見積りに関する取り組みは少ない。米国の学術機関と企業による取り組み[2]や日本国内の企業による研究事例[3][6][7][8]は報告されているが、ソフトウェア開発の工数見積りに関する取り組みと比較すると、見積りモデルの構築、ツールとしての実装および普及展開の事例が十分であるとは言い難い。

システム基盤は信頼性要件や性能要件といった非機能要件の多くを実現しているため、システムを安定して稼働させるために十分な品質を担保する必要がある。そのために、ベンダは非機能要件の実現方式を検討し、プロジェクト計画を策定する。すなわち、必要なミドルウェア、ハードウェアおよびネットワークを選定し、要員、期間、工数、リスクおよびコストを見積もり、システム基盤の設計など具体的な構築作業を開始する。この見積りの際に、見積りモデルを併用することで、ソフトウェア開発に要する工数見積りと同様に、過度の楽観視による大幅な過小見積り防止が期待できる。

NTT データでは、システム基盤の品質担保に必要十分な工数を確保するため、システム基盤の設計から構築、テストに要する工数（以下、「システム基盤構築工数」と呼ぶ）、規模およびコストドライバのデータを収集し、システム基盤構築工数の見積りモデルを構築している。構築した見積りモデルはプロジェクトマネージャが利用できるよう、Web ツールとして実装し普及展開を進めている。

本稿では、見積りモデル構築のために収集したデータ項目を紹介する。次に収集データの統計分析の結果と、それより明らかになったシステム基盤構築工数の見積りに有用だと思われるデータ項目と見積りモデルを示す。あわせて、開発した見積りモデルを Web ツールとして実装した社内システムとその運用状況、ユーザからのフィードバックを報告する。

## 2. 関連研究

Valerdi らは、複数のシステムが連携する複雑な SoS (System of Systems) 開発において、1つのシステム開発に要する工数を見積り対象とするモデル“COSYSMO”を提案している[2]。COSYSMO は、ソフトウェアだけでなくシステム基盤の構成要素であるハードウェアも規模変数に含んでいる点でソフトウェア開発に要する工数見積りモデルとは異なる。本稿における提案手法もシステム基盤の構成要素を規模変数に含んでいる。ただし、見積り対象をシステム基盤構築工数に特定している点が COSYSMO と異なる。

金子は中大規模 IT インフラ構築工数見積りモデルを提案している[6][7][8]。金子のモデルは、中大規模のシステム基盤を Unix 系サーバで構築する場合の工数を見積り対象とし、LPAR 数、HACMP 数、WAS 数、DB 数、Storage 数を規模変数とする。本稿における提案手法もシステム基盤構築工数を見積り対象としているが、Unix 系サーバに限定していない点が、金子が提案する見積りモデルと異なる。

小澤は、システム基盤構築工数見積りモデルを提案している[3]。小澤が提案する見積りモデルは、システム基盤構築工数を見積り対象としており、設計工程、構築工程、テスト工程で、2種類の規模変数を使い分ける。設計工程では、処理方式のパターン数を規模変数とする。処理方式のパターンは、その処理の実行に必要なサーバによって識別される。例えば、Web サーバのみを実行するのに必要な処理と、Web サーバ、アプリケーションサーバおよびデータベースサーバを実行するのに必要な処理は、異なるパターンとして数えられる。構築工程とテスト工程では、各サーバで採用したハードウェアとミドルウェアの各製品について予め定められた負荷値を合計し、さらに全サーバの負荷値も合計した値を規模変数とする。本稿における提案手法もシステム基盤構築工数を見積り対象としている。一方で、規模変数だけでなくコストドライバを用いている点が小澤が提案する手法と異なる。

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・センターは、ユーザとベンダとの間で非機能要求を確認するための手段として『非機能要求グレード』を公開している[5]。『非機能要求グレード』は、非機能要求のうち主としてシステム基盤で実現する 236 の項目をリストアップし、各項目に最大 6 段階のグレードを定めている。また、利用目的や規模、障害時に

社会に与える影響をもとに、3 種類のモデルシステムを定義している。各モデルシステムでは、ユーザとベンダ双方の観点から抽出した 16 の重要項目について満たすべきグレードが定められている。『非機能要求グレード』の重要項目はシステム基盤構築工数のコストドライバに相当する。しかし、各重要項目がコストに与える影響は定量化されていないため、見積りモデルとしては利用できない。そこで、本稿では、非機能要求グレードをコストドライバとし、そのグレードの高低がコストに与える影響の定量化を試みる。

### 3. 見積りモデル構築のためのデータ収集

本節では、データ収集活動について述べる。データ収集にあたっては、まず対象プロジェクトを選定し、次に文献調査や有識者の意見を参考に収集項目を決定した。以下、詳細を述べる。

#### 3.1 データ収集の対象プロジェクト

対象プロジェクトは、見積りモデルを利用するプロジェクトと特性が類似していることが望ましい。そこで、下記すべての特性を持つプロジェクトを対象とした。

- システム基盤を新規構築または更改：  
新規構築または更改プロジェクトは、拡張プロジェクトに比べ不確実性が大きく、多くの工数を必要とするため、大幅な過小見積りが発生する可能性が高い。見積りモデルはこのようなプロジェクトでの利用を想定しているため、新規構築または更改プロジェクトを対象とし、拡張プロジェクトは対象外とした。
- システム基盤のアーキテクチャが Web3 層構成：  
新規構築または更改プロジェクトの多くはアーキテクチャが Web3 層構成である。アーキテクチャには他にメインフレーム構成などが存在するが、プロジェクト数が少ないため対象外とした。
- システム基盤を既存ミドルウェアの組み合わせで構築：  
非機能要件によっては、システム基盤の構成要素であるミドルウェアを開発したり、大幅に拡張したりする必要が生じる場合がある。このようなプロジェクトでは、システム基盤構築工数に、大きなソフトウェア開発工数が含まれることになる。このようなプロジェクトは、既存ミドルウェアの組み合わせでシステム基盤を構築するプロジェクトとは傾向が異なるため、対象外とした。

#### 3.2 収集データ項目

収集するデータ項目は、規模変数、コストドライバおよびシステム基盤構築工数の 3 種類である。

表 1 規模変数

データ項目名	概要説明
論理サーバ台数	システムを構成するサーバの論理的な数。例えば同一物理サーバがバッチサーバと DB サーバを兼ねる場合、2 台と数える。
クラスタ構成数	システム内に含まれているクラスタの数。
クライアント数	システムが管理するクライアントの数。
ネットワーク機器数	上記以外の設計が必要な機器（ファイアウォールなど）の数。
外部接続先数	システムが接続する外部システムの数。
分散拠点数	地理的に分散している拠点の数。
パッケージプログラム数	システム基盤として利用しているパッケージプログラムの数。
テーブル数	管理しているデータベース中のテーブルの数。
システム基盤設計書ページ数	システム基盤に関する設計書のページ数。

表 2 コストドライバ

カテゴリ	データ項目名	概要説明
可用性	許容計画停止頻度	運用上、許容される計画停止の頻度。
	稼働率	運転時間に対する実際の稼働時間。
	サービス中断時間	システム切り替えによる中断時間。
	RPO（目標復旧時点）	障害発生時、データを復旧すべき時点。
	RTO（目標復旧時間）	障害発生時、データの復旧に要する時間。
性能・拡張性	ピーク時レスポンスタイム	ピーク時のレスポンスタイム。
	ピーク時多重度	ピーク時の同時アクセス数。
	ピーク時 TPS	ピーク時の 1 秒あたりに処理すべきトランザクション処理数。
	縮退時レスポンスタイム	縮退時のレスポンスタイム。
	縮退時多重度	縮退時の同時アクセス数。
	縮退時 TPS	縮退時の 1 秒あたりに処理すべきトランザクション処理数。
	帳票スループット性能	帳票の単位時間あたりの出力枚数。
セキュリティ	情報の機密性	システムが取り扱う情報の機密度。
運用・保全性	運用の自動化レベル	システム運用の自動化の度合い。
移行性	許容移行停止時間	許容される移行のためのシステム停止時間。
	移行データ量・複雑さ	移行データの量および移行データの複雑さ。

規模変数として、その増加に伴いシステム基盤構築工数が増加するデータ項目を収集する必要がある。コストドライバとして、値が変化した場合、規模変数が一定でもシステム基盤構築工数が増減するデータ項目を収集する必要がある。

これらのデータ項目の決定にあたり、社内有識者へのヒアリングを実施した。あわせて、社内文書および社外文献[2][3][6][5]を調査した。選定したデータ項目は、社内有識者によりシステム基盤構築工数への影響の大きさに基づき優先順位がつけられた。その結果、表 1、表 2 に示す 25 件を収集するデータ項目とした。

システム基盤構築工数については、その中に含まれる作業を可能な限り統一するため、NTT データにおいて多数のシステム開発プロジェクトで利用されている開発手順である Terasoluna 開発標準[10]に基づいて集計した実績値を収集するデータ項目とした。内訳は、システム基盤の、構築、テストに要した工数、およびシステムテストのうちシステム基盤担当要員の工数である。

#### 4. システム基盤構築工数見積りモデルの構築と評価

本節では、3 節で示したデータ項目より構築した、システム基盤構築工数見積りモデルについて述べる。また見積りモデルの有意性および精度の評価もあわせて述べる。

##### 4.1 規模変数およびコストドライバの決定

表 1 および表 2 に示したデータ項目の中から、定量的評価と定性的評価を併用し、規模変数およびコストドライバを決定した。まず定量的評価により、見積りモデルに使用したときに高い精度が期待できるデータ項目に絞り込んだ。次に、定性的評価により実用性を評価した。

定量的評価では、説明変数として規模変数およびコストドライバ、目的変数としてシステム基盤構築工数を用いた回帰分析により、決定係数を算出する。決定係数は説明変数の目的変数に対する当てはまりの良さを表す指標で、目的変数のばらつきのうち説明変数で説明できる割合を表す。-1 以上 1 以下の値を取り、絶対値が 1 に近いほど説明できる割合が大きく、0 に近いほど説明できる割合が小さいことを表す。従って、規模変数およびコストドライバのうち決定係数の大きなデータ項目が、システム基盤構築工数の予測において高い精度を期待できるという観点で優

れている。

定性的評価では、有識者が定量的観点において優れていた候補を下記に示す 3 つの観点から評価する。

- 想定利用時期である概算見積り時に見積りモデルに入力可能である。
- 非属人的であり、利用者によらず、同じシステムに対し同じ値が入力されることが期待できる。
- システム基盤構築工数にどのように影響を与えるか、構築作業量の増減あるいは作業負荷の高低から説明可能である。

評価の結果、規模変数を論理サーバ台数に、コストドライバを非機能要求グレードポイントに決定した。

論理サーバ台数は、物理・仮想を問わないサーバの数である。すなわち、仮想サーバやクラスターを構成するサーバも物理サーバと同様に数える。規模変数候補の中で、システム基盤構築工数に対する決定係数が最大であった。

非機能要求グレードポイントは、社会的影響が殆ど無いシステムとのグレードの差の合計値である。社会的影響がほとんど無いシステムと同じグレードのプロジェクトでは 0、社会的影響が極めて大きいシステムと同じグレードのプロジェクトでは 1 となる。従ってグレードが高いほど大きな値を取る。単一のコストドライバではシステム基盤構築工数に与える影響を反映しきれない。一方で、多数のコストドライバを見積りモデルに使用すると、利用時に全項目を入力することが難しい。そこで、本指標を導入し、利用時には、入力項目が少なくなるよう最も似ているモデルシステムを選択することとした。

#### 4.2 システム基盤構築工数見積りモデル

システム開発プロジェクト 37 件からデータを収集し、4.1 節で示した分析により式 1 に示す見積りモデルを得た。

$$E = \alpha \times S^{\beta} \times P \quad (1)$$

見積りモデル中の変数および定数の定義を以下に示す。

- $E$  (システム基盤構築工数)：システム基盤の設計から構築、テストに要する工数。
- $\alpha$ ：開発プロセス、生産性およびプロジェクトの外的要因により決定される係数。組織毎のキャリブレーション[4]により具体的な値を決定する。
- $S$  (論理サーバ台数)：設計、構築の対象とする論理的なサーバ台数。
- $\beta$ ：論理サーバ台数の増加が工数に与える影響を表す偏回帰係数。分析の結果 1.3 であった。
- $P$  (非機能要求グレードポイント)：非機能要求グレードで定義されている 3 種類のモデルシステムに対応した偏回帰係数。分析結果を表 3 に示す。

表 3 非機能要求グレードポイント

項番	モデルシステム	係数
1	社会的影響が殆ど無いシステム	0.75
2	社会的影響が限定されるシステム	0.90
3	社会的影響が極めて大きいシステム	1.00

収集データおよび工数見積りモデルの散布図を図 1 に示す。ここで、凡例の番号は、表 3 の項番に対応する。

#### 4.3 評価基準

見積りモデルの有意性および精度を各種評価指標により評価する。有意性は自由度調整済み決定係数、偏回帰係数の  $t$  検定により評価する。自由度調整済み決定係数は、見積りモデルの当ては



まりの良さを表す指標である。-1 以上 1 以下の値を取り、絶対値が 1 に近いほど説明できる割合が大きく、0 に近いほど説明できる割合が小さいことを表す。偏回帰係数の t 検定では、各説明変数の影響がない（偏回帰係数が 1 でない）という帰無仮説を検定する。検定の結果、帰無仮説が棄却されない場合、当該の説明変数の目的変数への影響が、有意に存在するとは言えない。

精度は、相対誤差絶対値 MRE の中央値 MdMRE および Pred25 により評価した。MdMRE は MRE の中央値で、値が小さいほど見積りモデルの精度が高いことを表す。Pred25 は MRE が 25% 以下の実績データの割合を表す。0% 以上 100% 以下の値をとり、100% に近いほど精度よく見積もれる実績データが多いことを示す。MRE、MdMRE、Pred25 の定義を式 (2) ~ (4) に示す。ここで、 $N$  件のデータがあるとし、 $i$  番目のデータの実績値と予測値をそれぞれ  $X_i, \hat{X}_i (1 \leq i \leq N)$  とする。

MRE

$$\text{MRE}_i = \frac{|\hat{X}_i - X_i|}{\hat{X}_i} \quad (2)$$

MdMRE

$$\text{MdMRE} = \begin{cases} \text{MRE}_M & (N = 2M - 1) \\ (\text{MRE}_1 \leq \text{MRE}_2 \leq \dots \leq \text{MRE}_M \leq \dots \leq \text{MRE}_{2M-1}) \\ \frac{\text{MRE}_M + \text{MRE}_{M+1}}{2} & (N = 2M) \\ (\text{MRE}_1 \leq \text{MRE}_2 \leq \dots \leq \text{MRE}_M \leq \dots \leq \text{MRE}_{2M}) \end{cases} \quad (3)$$

Pred25

$$\text{Pred25} = \frac{\sum_{i=1}^N \text{isAccurate}(\text{MRE}_i)}{N} \quad (4)$$

$$\text{isAccurate}(\text{MRE}) = \begin{cases} 1 & R \leq 0.25 \\ 0 & R > 0.25 \end{cases}$$

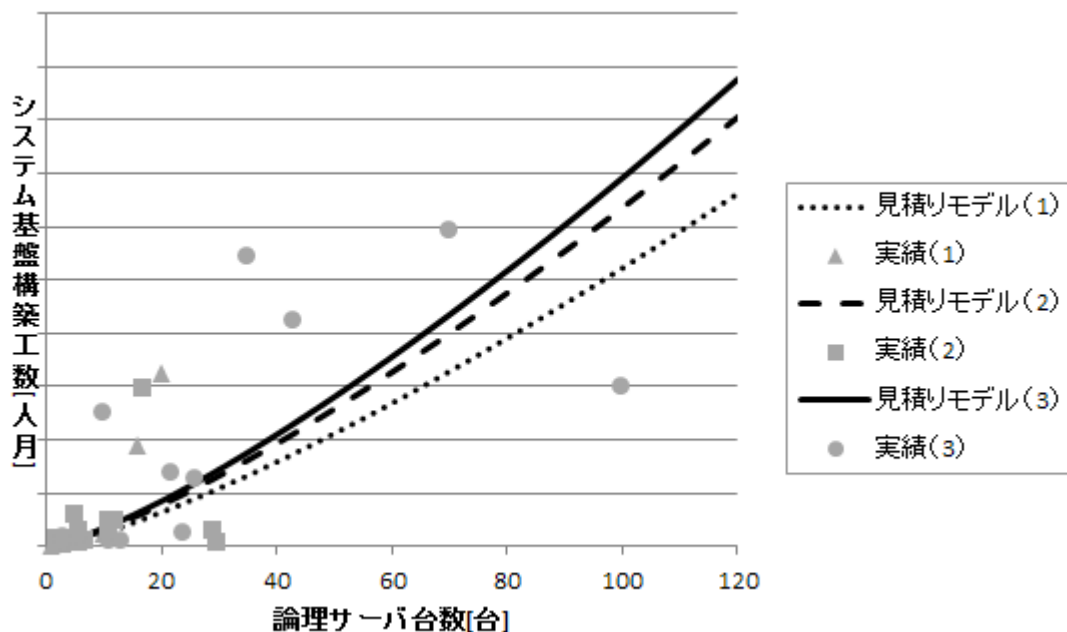


図 1 システム基盤構築工数見積りモデル

#### 4.4 評価結果

表 4 に提案モデルの評価指標、表 5 に各偏回帰係数の有意性検定の結果を示す。自由度調整済み決定係数は 0.52 であり、作成したモデルはシステム基盤構築工数のばらつきの約半分を説明できている。一方で、MdmRE は 0.72、Pred25 は 0.16 であり、モデルで算出した値をそのまま見積りとして利用できるとは言い難い。これは、論理サーバ台数が 15 台以上のプロジェクトの工数が大きくばらついており、MRE が 100%以上となっているプロジェクトが存在することが原因だと考えられる。これらの案件についてプロジェクト情報をさらに詳しく調査した結果、他のプロジェクトに比べて以下の特徴がみられた。

- 外部接続先が多い。このため、論理サーバ台数が少なくても、接続方式の設計および接続テストに要する工数が大きくなり、精度が低くなったと考えられる。
- 特定の非機能要求のグレードが高い。例えば、非機能要求グレード全体からは社会的影響が殆ど無いシステムに分類されたが、そのうち性能要件が社会的影響が極めて大きいシステムに相当していたプロジェクトは、精度が低くなる傾向が見られた。

各偏回帰係数の t 検定結果より、論理サーバ台数は有意水準 1%未満で有意であると言える。一方、非機能要求グレードポイントは有意であるとは言えない。これは、モデルシステムの分類に下記の問題があったためと考えられる。

- 精度低下の原因と同様に、特定の非機能要求が極めて高いと、同じモデルシステムに分類された他のプロジェクトと比べ大きな工数を要する。
- 有識者の知見と異なるモデルシステムに分類されているプロジェクトがある。提案モデルでは各非機能要求を平等に扱い分類したが、実際には非機能要求によって重要度が異なると考えられる。

表 4 精度評価指標

指標名	値
自由度調整済み決定係数	0.52
MdmRE	0.72
Pred25	0.16

表 5 偏回帰係数 p 値

説明変数	p 値
論理サーバ台数	0.00
非機能要求グレードポイント	0.83

#### 5. 見積りモデルの普及展開

4 節で得られた分析結果を全社およびグループ各社へ展開するため、見積りモデルを Web ツールとして実装した社内システム（以下、Web ツールと呼ぶ）を運用している。ただし、見積りモデルは 4.4 節で述べたように十分な精度が得られなかった。そのため、作業項目積上げによる工数見積りなど、他の方法で算出した見積り値との相互検証にのみ利用可能である旨を断った上で、研究成果として社内およびグループ各社に公開している。運用期間は社内へは 2009 年 4 月からの約 3 年、グループ会社へは 2010 年 4 月からの約 2 年である。ここでは、Web ツールの運用を通して得られた、実用性の評価について述べる。実用性は Web ツールの利用者と社内有識者へのヒアリング、および見積りモデルの利用状況により評価した。

ヒアリング結果からは「参考にした」という意見を複数確認できた。一方で、「他の方法で算出した見積りと異なる場合に、その原因をツールから調査できないため利用しにくい」という意見があった。以下に、ヒアリングで収集したコメントを示す。

- 見積りの際にツールの見積り値を参考とした。
- 算出された工数の値が小さすぎる。
- 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。
- 表示されるプロジェクトがどのような案件なのか詳細を知りたい。
- ソフトウェア開発工数の見積りにも同様のモデル・ツールが欲しい。

見積りモデルの利用状況は、Web ツールへのアクセスログを分析することで評価した。2011 年

6 月から 2012 年 5 月にかけてのアクセスログを分析した結果、週次ユニークアクセス数（週毎にユニークユーザをカウント）は平均 31 人、週次リピーターアクセス数（週毎に 1 ヶ月以上間隔を置いて再度アクセスしたユーザをカウント）は平均 3 人であった。また、ツールのアップデートを全社・グループ各社に周知したタイミングでは、週次ユニークアクセス数は最大 144 人、週次リピーターアクセス数は最大 9 人であった。周知したタイミングで通常より 90 人以上多くのアクセスがあったことから、提案ツールへのニーズは低くないことが確認できた。一方で、リピーターアクセスはユニークアクセスの 10%程度未満に留まっていることから、ツールには改善の余地が大きいと言える。

## 6. おわりに

本稿ではシステム基盤を新規構築または更改するプロジェクトでの利用を想定して、規模とコストドライバを説明変数とするシステム基盤構築に要する工数見積りモデルを提案した。規模変数として論理サーバ台数、コストドライバとして非機能要求グレードポイントを使用し、論理サーバ台数が規模変数として有効であることを確認した。また、開発した見積りモデルを実装したツールの評価について述べた。

今後の課題として、コストドライバの改善による提案モデルの精度改善が挙げられる。現在、モデルシステムへの分類基準の見直しを検討している。有識者の知見を参照し、各非機能要求のシステム基盤構築工数に対する決定係数を分析することで、コストドライバを修正し精度を改善できると考えられる。ツールの課題としては、他の方法で算出した見積り値との相互検証に利用した場合の付加情報の提示がある。利用者から、提案見積りモデルがどのようなプロジェクトに基づいて見積りを算出しているか不明なため、参考しがたいという意見が得られている。

今後、モデル改善のためのデータ収集・分析、ツール利用者へのヒアリングおよびアクセスログ分析により、見積りモデルと実装システムを改善する。また、ソフトウェア開発も含めた総合的な工数見積りのモデル、ツールを研究・整備する予定である。

## 7. 参考文献

- [1] Jørgensen, M., "A Review of Studies on Expert Estimation of Software Development Effort," Journal of Systems and Software, vol.70, issues.1-2, pp.37-60, 2004.
- [2] Valerdi, R., "The Constructive Systems Engineering Cost Model (COSYSMO): Quantifying the Costs of Systems Engineering Effort in Complex Systems," VDM Verlag, 2008.
- [3] 小澤 良男, "システム基盤設計構築における見積り手法の確立," NRI 技術創発, Vol.9, pp.70-85, 2007.
- [4] Clark, B., et.al., "Calibrating the COCOMO II Post-Architecture Model," In Proc. of the ICSE98, pp.477-482, 1998,.
- [5] 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～," <http://sec.ipa.go.jp/reports/20100416.htm> 2010.
- [6] 金子 美和, "大規模 IT インフラ構築プロジェクトにおける概算工数見積りモデル," プロジェクトマネジメント学会研究発表大会予稿集 2008(春季), pp.111-114, 2008.
- [7] Miwa Kaneko, "Model in Approximate Estimating Effort for Large IT Infrastructure Building Projects," In Proc. of the ProMAC 2010, pp.1301-1308, 2010.
- [8] 金子 美和ら, "大規模 IT インフラ構築プロジェクトにおける概算工数見積りモデル," プロジェクトマネジメント学会研究発表大会予稿集 2011(春季), pp.373-378, 2011.
- [9] Boehm, B., et.al., "Cost Models for Future Software Life Cycle Processes: COCOMO 2.0," Annals of Software Engineering, Vol. 1, Number 1, pp.57-94. 1995.
- [10] 株式会社 NTT データ, "TERASOLUNA 開発手順," <http://www.terasoluna.jp/>