

作業時間と単価に基づくシステム運用費用の分析

角田 雅照^{1,2,a)} 門田 暁人¹ 松本 健一¹
大岩 佐和子³ 押野 智樹³

近年、情報システムの規模の増大や、システム運用の外部委託の進展に伴い、システム運用に関する注目が高まっている。システム運用費用が妥当であるかどうかは、システム運用の委託側企業にとって判断が難しい。本稿では、委託側企業がシステム運用費用の妥当性判断の参考となるような情報の提供を目指し、システム運用費用に影響を与える要因の分析を行った。受託側の作業時間と運用費用は非常に関連が強いので、受託側作業時間を把握することができれば、標準的な運用費用を推定することができる。ただし、受託側作業時間を委託側企業が把握することは一般に容易ではない。そこで本稿では、作業時間と技術者の単価から簡易的に価格を推定することを前提とし、作業時間と単価に影響する要因を個別に分析した。その結果、作業時間はプログラム本数と最大利用者数から決まることや、ネットワーク範囲が狭い場合、単価が低くなる傾向があることがわかった。

1. はじめに

近年、情報システムの規模の増大や、システム運用の外部委託の進展に伴い、システム運用に関する注目が高まっている。情報システムは、コンピュータ、ネットワーク、ソフトウェアから構成される。システム運用では、コンピュータやネットワークを管理し、障害発生時には対応を行ったり、更新されたソフトウェアの入れ替えを行ったりする。システム運用に関する注目の高まりに伴い、ITIL (Information Technology Infrastructure Library) [3] や ISO20000 といった、システム運用プロセスの標準化に対する関心も高まっている。

システム運用費用が妥当であるかどうかは、システム運用の委託側企業にとって判断が難しい。本稿では、委託側企業がシステム運用費用を見直す際などに、費用の妥当性判断の参考となるような情報の提供を目指し、システム運用費用に影響を与える要因の分析を行う。

2章で詳述するが、受託側の作業時間と運用費用は非常に関連が強いので、受託側作業時間を把握することができれば、標準的な運用費用を推定することができ、契約の妥当性を判断する材料とすることができる。ただし、受託側企業の作業時間を委託側企業が把握することは一般に容易ではない。そこで本稿では、受託側作業時間以外の、委託側企業が把握しやすい情報(ソフトウェアの規模や利用者数)を用いて、標準的な費用を推定することを支援する。すなわち、費用に影響する要因を示し、その要因に基づいて費用を推定することを前提として分析を行う。

費用に影響する要因を明らかにするためには、重回帰分析などにおいて、目的変数を費用として分析することが通常である。ただし費用が記録されているデータが少なく、用いることのできるデータに限りがあった。そこで、分析

では作業時間と技術者の単価から簡易的に価格を推定することを前提とし、作業時間と単価に影響する要因を個別に分析した。

我々は文献[12]においても、システム運用費用に影響する要因の分析を行っている。文献[12]では技術者数、コンピュータの数、および単価により運用費用が決定するという前提で分析を行っている。これは、文献[12]のデータでは作業時間の記録が少なかったため、その代替として技術者数とコンピュータの数を代用したためである。本稿では作業時間を分析対象としており、運用費用の妥当性判断のためにはより適切であるといえる。

分析対象のデータは一般財団法人経済調査会によって平成23年度と平成25年度に収集された179件のシステム運用の事例である。このデータはシステム運用業務の委託者および受託者から収集されたものであり、小規模なシステムから大規模なシステムまで多様な事例が含まれているため、比較的一般性が高いと考えられる。

2. 運用費用と作業時間との関係

システム運用費用を決定している要因を明らかにするために分析を行った。システム運用費用とは、あるシステムの1年間の運用費用である。システム運用費用の要因が明らかとなれば、費用の推定や妥当性判断をするための手掛かりとなる。なお、ここでの運用費用とは契約金額であり、原価ではない。システム運用の費用の大部分は人件費に基づくと考えられる。すなわち、受託側企業の年間作業時間に基づいて費用が決定していると考えられる。そこでシステム運用費用と受託側企業の年間作業時間との関係を、重回帰分析を用いて分析した。

重回帰分析の結果、 R^2 が0.91となったことから、システム運用の費用はおおむね人件費に基づいているといえる。言い換えると、受託側年間作業時間を把握することができれば、標準的な運用費用を推定できることを示している。データはシステム運用の契約金額であるため、その他の諸費用や受託側企業の利益も含まれていると考えられるが、 R^2 が0.91と非常に大きな値となったことから、これらは個別

1 奈良先端大学院大学
Nara Institute of Science and Technology, Japan
2 近畿大学
Kinki University, Japan
3 一般財団法人経済調査会
Economic Research Association, Japan
a) tsunoda@info.kindai.ac.jp

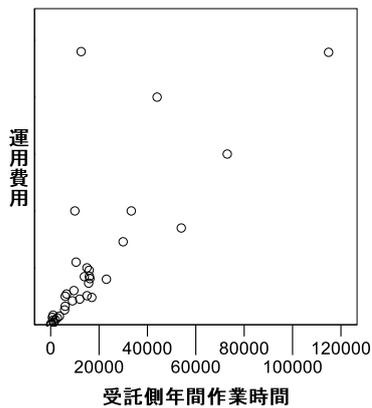


図 3 運用費用と受託側年間作業時間との関係

Figure 3 Relationship between operation cost and vendor's working time per year.

の事例による違いが大きくないと考えられる。

受託側年間作業時間と運用費用との関係を図 1 に示す。結果の濫用を避けるため、図では運用費用の値は示していない。図の左上に 2 件ほど大きく外れている（作業時間と比較して運用費用が高い）事例があるが、それら以外は作業時間と費用との関係が強いことがわかる。この結果は当然のようであるが、必ずしもそうではない。ソフトウェア保守の場合、保守作業時間と保守費用との関係は比較的弱くなっている[13]。

3. 作業時間に影響する要因

以降の分析では、委託側と受託側の年間作業時間の合計を年間総作業時間と呼ぶこととし、これを作業時間として扱う。作業時間はソフトウェアの規模や利用者数によって決定すると考えられるため、委託側の作業時間だけではなく、受託側の作業時間も含む方がより適切である。

システム運用のベンチマークとするため、プログラム本数に基づく作業効率（プログラム本数÷作業時間）を定義した。3.2 節以降において、作業時間に影響する要因との関係を箱ひげ図により示す。

3.1 規模との関係

運用作業の中心はコンピュータやネットワークの管理であるため、運用するソフトウェアの規模やコンピュータの台数は、作業時間を決定する主要な要因であると考えられる。さらに、利用者が増えれば問い合わせなどの対応時間も増える可能性がある。そこで、これらに基づいて作業時間が決まっているかどうかを分析した。ソフトウェアの規模として、データが記録されている事例の多かったプログラム本数を用いた。

Windows サーバ、メインフレームなど様々な種類のコンピュータの台数が記録されていたが、予備分析を行い、データ件数が多く、かつ比較的作業時間との関連が強かった Windows サーバ台数をコンピュータの台数として用いた。

表 1 規模を用いたモデル

Table 1 The model using size.

項目	標準化 偏回帰係数	有意確率
最大利用者数	0.41	0%
プログラム本数	0.49	0%

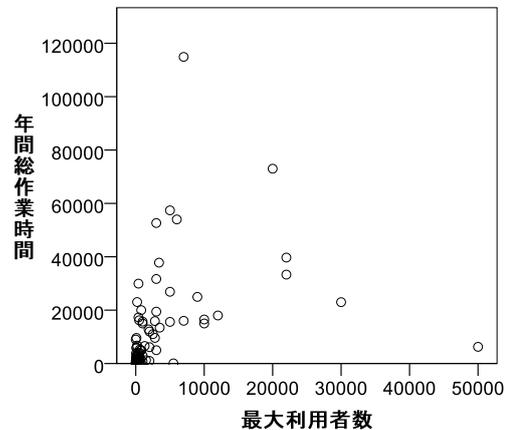


図 1 最大利用者数と年間総作業時間との関係

Figure 1 Relationship between peak of users and vendor's working time per year.

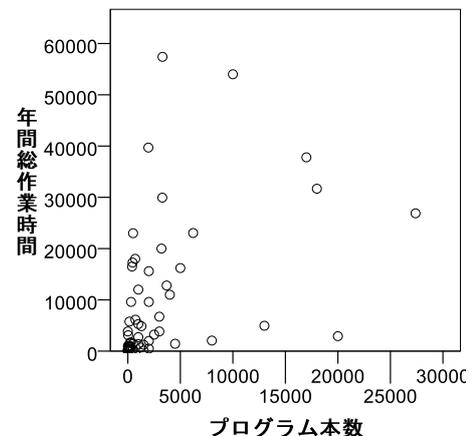


図 2 プログラム本数と年間総作業時間との関係

Figure 2 Relationship between software size and total working time per year.

プログラム本数、Windows サーバ台数、最大利用者数により、年間総作業時間がどの程度決定しているのか、言い換えるとプログラム本数などにより、年間総作業時間が推定できるかどうかを確かめるために、重回帰分析を適用した。

構築されたモデルの標準化偏回帰係数を表 1 に示す。変数選択の結果、Windows サーバ台数が除外された。これは、年間総作業時間の決定には Windows サーバ台数は必須でないことを示している。最大利用者数とプログラム本数の

表 2 プロセス標準化を用いたモデル

Table 2 The model using process standardization.

	標準化 偏回帰係数	有意確率
最大利用者数	0.46	0%
プログラム本数	0.48	0%
運用プロセス標準化	0.15	11%

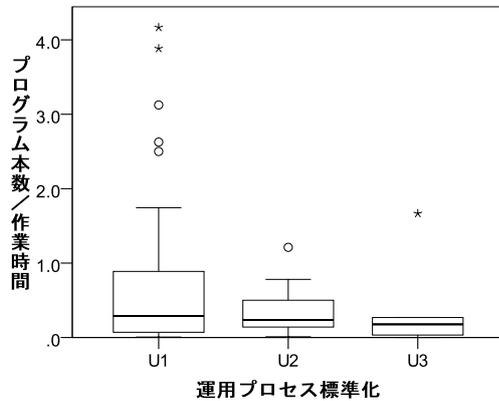


図 4 運用プロセス標準化と作業効率との関係

Figure 4 Relationship between process standardization and work efficiency.

偏回帰係数が同程度の大きさだったことから、年間総作業時間に対し、それぞれが同程度に影響しているといえる。

調整済 R^2 は 0.53 となったことから、プログラム本数と最大利用者数により、年間総作業時間が決定しているといえる。ただし値が 0.5 程度であるため、重回帰分析により作成されたモデルを用いて作業時間を推定した場合、その精度は低くなる。図 2、図 3 に年間総作業時間とプログラム本数、最大利用者数との関係を示す。データにばらつきがあり、プログラム本数と最大利用者数だけを用いて年間総作業時間を推定することが容易ではないことが図からもわかる。

3.2 標準化との関係

システム運用作業の効率を高め、トラブル発生を抑えることを目的として、運用作業の標準的な手続きが定められている場合がある。運用プロセスが標準化されていれば、作業効率が向上し、その結果年間作業時間が変化する可能性がある。運用プロセスを標準化しているかどうかを考慮することにより、年間総作業時間の推定が容易になるのかを明らかにするために重回帰分析を行った。重回帰分析では最大利用者数、プログラム本数、運用プロセスの標準化度合いを説明変数とし、作業時間を目的変数とした。運用プロセス標準化の度合いは 3 段階で表され、U1 は作業手順の標準化済み、U2 は作業手順の標準化作業中または作業予定、U3 は作業手順の標準化をしていないことを示す。

構築されたモデルの標準化偏回帰係数を表 2 に示す。運用プロセス標準化の偏回帰係数の有意確率は 5%を上回っ

表 3 社会的影響度を用いたモデル

Table 3 The model using social impact.

	標準化 偏回帰係数	有意確率
最大利用者数	0.37	0%
プログラム本数	0.44	0%
社会的影響度	0.15	13%

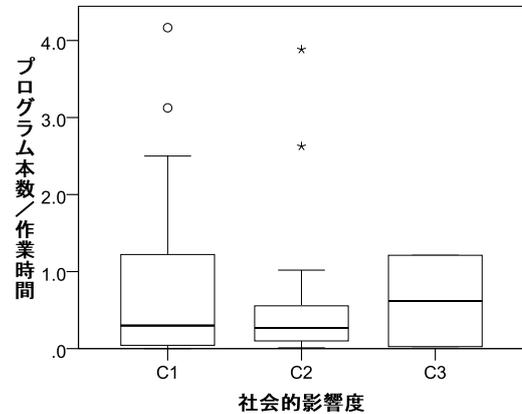


図 5 社会的影響度と作業効率との関係

Figure 5 Relationship between social impact and work efficiency.

ていたが、有意確率が比較的小さな値だったため、運用プロセス標準化は年間総作業時間と関連を持つ可能性がある。運用プロセス標準化の係数が正の値であったことから、作業手順を標準化していないと年間作業時間が大きくなる、すなわち作業効率が低くなる傾向があることになる。ただし調整済 R^2 は 0.54 であり、運用プロセス標準化を考慮していない 3.1 節のモデルと比較して、調整済 R^2 はほとんど変化がなかったことから、運用プロセス標準化は年間総作業時間の推定には大きな効果はないと考えられる。

運用プロセス標準化と年間総作業時間との関係を図 4 に示す。図では U1、すなわち作業手順の標準化済みのグループが、ばらつきはあるが比較的作業効率が高い傾向があった。箱ひげ図と重回帰分析の結果を考慮すると、運用プロセスの標準化は作業効率を改善する可能性があるが、明確な傾向あるとまではいえない。

3.3 社会的影響度との関係

システムの社会的影響度が高い場合、運用を慎重に行う必要があるため、社会的影響度の小さい同規模のシステムと比較して、作業時間が余分に掛かる可能性がある。そこで、システムの社会的影響が年間総作業時間に影響するのか、すなわち、システムの社会的影響度を考慮することにより、年間総作業時間の推定が容易になるのかを明らかにするために重回帰分析を行った。重回帰分析では最大利用者数、プログラム本数、社会的影響度を説明変数とした。

構築されたモデルの標準化偏回帰係数を表 3 に示す。システムの社会的影響度は 3 段階で表され、C1 は社会的影響

表 4 ネットワーク範囲を用いたモデル

Table 4 The model using network range.

	標準化 偏回帰係数	有意確率
受託側年間作業時間	0.96	0%
ネットワーク範囲	-0.10	4%

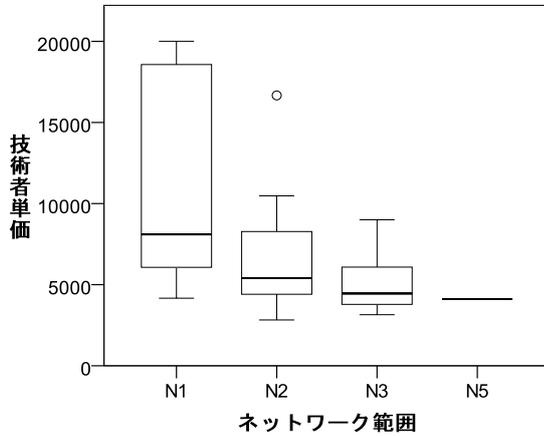


図 6 ネットワーク範囲と技術者単価との関係

Figure 6 Relationship between network range and unit cost.

がほとんどないシステム, C2 は社会的影響が限定されるシステム, C3 は社会的影響が極めて大きいシステムとなる.

社会的影響度の偏回帰係数の有意確率は 5%を上回っていたが, 有意確率が比較的小さな値だったため, 社会的影響度は年間総作業時間と関連を持つ可能性がある. 社会的影響度の係数が正の値であったことから, 社会的影響度が大きい場合年間作業時間が大きくなる, すなわち作業効率が低くなる傾向があることになる. ただし, 調整済 R^2 は 0.54 であり, 社会的影響度を用いない 3.1 節のモデルと比較して, ほとんど変化がなかったことから, 社会的影響度は年間総作業時間の推定には大きな効果はないと考えられる.

図 5 に社会的影響度と作業効率の関係を表した箱ひげ図を示す. なお, C3 のデータ数は 2 件であったため, C3 のデータについては考慮に入れないものとする. 図の C1 と C2 を見ると, 社会的影響度が大きい場合に作業効率が低くなる傾向が見られる.

社会的影響度と運用プロセス標準化に相互に関連がある場合, 作業時間を推定するためには, 一方だけを用いれば充分である可能性がある. そこで, 最大利用者数, プログラム本数, 社会的影響度, 運用プロセス標準化を説明変数として重回帰分析を行った. その結果, 変数選択によって社会的影響度が除外された. これは, 作業時間を推定する際, 最大利用者数, プログラム本数, 運用プロセス標準化は効果があるが, 社会的影響度はこれらに比べて効果が小さいことを示している.

表 5 契約形態を用いたモデル

Table 5 The model using contract type.

	標準化 偏回帰係数	有意確率
受託側年間作業時間	0.97	0%
契約形態 (請負かどうか)	-0.10	6%

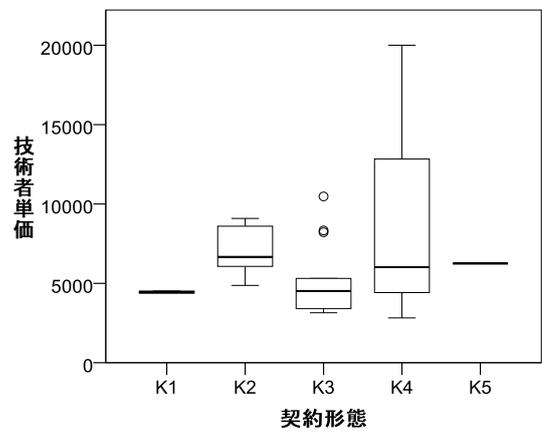


図 7 契約形態と技術者単価との関係

Figure 7 Relationship between contract type and unit cost.

4. 単価に影響する要因の分析

作業時間と技術者の単価から簡易的に価格を推定するためには, 作業時間を推定するだけでなく, 技術者の単価も推定する必要がある. 作業時間以外で運用費用に影響している要因があれば, その要因は技術者の単価に影響を与えているといえる. そこで重回帰分析を用いて, 作業時間以外で運用金額に影響を与えている要因を分析する.

4.1 ネットワーク範囲との関係

運用するシステムは, ネットワークを介して他システムと接続している場合がある. ネットワークが複雑な場合, ネットワーク技術を習得した技術者が必要となるため, 単価が高くなる可能性がある. そこで, ネットワーク範囲が運用費用に影響するのか, すなわち, ネットワーク範囲の違いにより単価が異なるのかを明らかにするために重回帰分析を行った. 重回帰分析では, 年間総作業時間とネットワーク範囲を説明変数, 運用費用を目的変数として分析した. ネットワーク範囲は 5 段階で示され, N1 は委託者と他組織との間, N2 は委託者の複数の事業所間, N3 は委託者の単一事業所内, N4 は委託者の単一部署内, N5 はネットワークがないことを示す.

構築されたモデルの標準化偏回帰係数を表 4 に示す. 調整済 R^2 は 0.92 となった. ネットワーク範囲の偏回帰係数の有意確率は 5%を下回っており, ネットワーク範囲は年間総作業時間と関連を持つと考えられる. ネットワーク範囲の係数が負の値であったことから, ネットワーク範囲が狭くなると運用費用が小さくなる, すなわち単価が低くな

表 6 SLA を用いたモデル
 Table 6 The model using SLA.

	標準化 偏回帰係数	有意確率
受託側年間作業時間	0.93	0%
SLA 締結状況	-0.09	10%

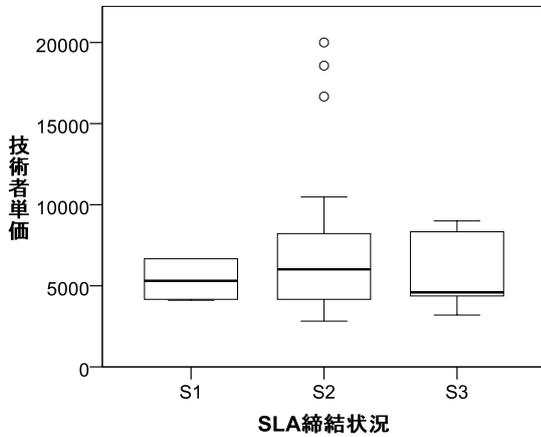


図 8 契約形態と技術者単価との関係

Figure 8 Relationship between SLA and unit cost.

る低くなる傾向を示している。

図 6 に単価とネットワーク範囲の関係を示した箱ひげ図を示す。N4 に該当するデータは存在しなかったため、箱ひげ図には含まれていない。N5 はデータが少数だったため、線として表されている。箱ひげ図からも、ネットワーク範囲が狭くなると単価が低くなる傾向が読み取れる。

4.2 契約形態との関係

運用するシステムの契約形態は、労働者派遣の場合もあれば請負の場合もある。契約形態が異なる場合、技術者の単価が異なる可能性がある。そこで、契約形態が単価に影響するのかを明らかにするために重回帰分析を行った。契約形態は 5 つのカテゴリで表され、K1 は労働者派遣、K2 は準委任、K3 は請負、K4 は IT アウトソーシング (準委任・請負混合契約)、K5 はその他を示す。重回帰分析では、年間総作業時間と契約形態を説明変数、運用費用を目的変数として分析した。

モデルの標準化偏回帰係数を表 5 に示す。調整済 R^2 は 0.91 となった。変数選択の結果、契約形態が請負かどうかを示すダミー変数のみがモデルに採用された。契約形態 (請負かどうか) の偏回帰係数の有意確率は 5% を上回っていたが、10% は下回っていたため、契約形態 (請負かどうか) は運用費用と関連を持つ可能性がある。契約形態 (請負かどうか) の係数が負の値であったことから、契約形態が請負の場合、運用費用が小さくなる、すなわち単価が小さくなる傾向があることになる。

図 7 に単価と契約形態の関係を示した箱ひげ図を示す。K1 の労働者派遣はデータが 2 件しかなかったため考慮し

ない。K1, K5 はデータが少数だったため、線として表されている。図からも、請負の単価が最も低くなっていることがわかる。

4.3 SLA との関係

運用するシステムの契約において、SLA (Service Level Agreement) を締結する場合がある。SLA とは、契約において障害復旧時間などのサービスレベルをあらかじめ決めておくことである。SLA によりサービスの品質が保証されるが、一方で運用費用、すなわち技術者の単価が高まる可能性がある。そこで、SLA が運用費用に影響するのか、すなわち SLA の状況により単価が異なるのかを明らかにするために重回帰分析を行った。SLA 締結状況は、3 段階で SLA の状況を示し、S1 は SLA を締結している (目標保証型)、S2 は SLA を締結している (努力目標型)、S3 は SLA を締結していないことを示す。重回帰分析では、年間総作業時間と SLA の状況を説明変数とし、運用費用を説明変数とした。

構築されたモデルの標準化偏回帰係数を表 6 に示す。SLA 締結状況の偏回帰係数の有意確率は 5% を上回っていたが、10% は下回っていたため、SLA 締結状況は運用費用と関連を持つ可能性がある。SLA 締結状況の係数が負の値であったことから、SLA を締結していない場合、運用費用が小さくなる、すなわち単価が小さくなる傾向があることになる。

図 8 に単価と SLA 締結状況の関係を示した箱ひげ図を示す。図を見ると、S3 の場合に単価の中央値が低くなっている。ただし、データの分布を見ると、それぞれに大きな違いはなかった。よって、SLA を締結していない場合、単価が低くなる可能性があるが、明確な傾向あるとまでは言えない。

ネットワーク範囲、SLA 締結状況、契約形態は相互に関連がある可能性あり、単価を推定するためには、いずれかをいれれば充分である可能性がある。そこで、受託側年間作業時間、ネットワーク範囲、SLA 締結状況、契約形態を説明変数として重回帰分析を行った。その結果、変数選択によって SLA 締結状況が除外された。これは、契約金額を推定する際、受託側年間作業時間、ネットワーク範囲、契約形態は効果があるが、SLA 締結状況はこれらに比べて効果が小さいことを示している。

5. 考察

本稿の分析結果は価格が変動した場合の妥当性を判断する材料とすることができる。本稿で取り上げた要因が変化した場合、運用金額が変化することは妥当性があることになる。例えば、ネットワーク範囲が広くなった場合、技術者の単価が高くなる傾向があるため、運用金額が高くなる可能性がある。

また、複数のシステムを運用している場合、本稿で取り

上げた要因が類似しているか、異なっているかに着目することにより、それぞれの価格の妥当性を判断することができる。要因が類似している場合、価格も類似していることになり、要因が異なれば価格が異なることになる。例えば、2つのシステムを運用しており、プログラム本数、最大利用者数、社会的影響度、契約形態などは同じで、ネットワーク範囲だけが異なっていたとする。この場合、ネットワーク範囲が狭い方のシステムの運用費用が高い場合、そのシステムの運用費用は業界標準と比較して高い、もしくはネットワーク範囲が広い方のシステムの運用費用が割安である可能性がある。

6. 関連研究

システム運用に関する研究はいくつか存在するが、それらは主にシステム運用のプロセスに着目している。例えば、Brooks[4]はシステム運用のプロセスを評価するためのメトリクスを示しているが、それらとシステム運用費用との関係は示していない。Pollardら[7]はケーススタディとして、アメリカとオーストラリアの企業におけるシステム運用を調査し、ITILの導入を成功させるための主要成功要因(CSF)を示している。この研究においてもシステム運用のプロセスに着目しており、費用に影響する要因は分析していない。

Manninoら[6]はデータウェアハウスの運用の効率に関して、包絡分析法(DEA)を用いて分析している。データウェアハウスはシステム運用の一部とみなすことはできるが、そこからシステム運用の費用全体を推定することはできない。本稿の研究目的とアプローチは、ソフトウェア開発における工数見積もり[2][8][9][10][11]やソフトウェア保守における工数見積もり[1][5]の研究と類似したものであり、上述のシステム運用に関する研究とは異なる。

7. まとめ

本稿では、委託側企業がシステム運用費用を見直す際などに、費用の妥当性判断の参考となるような情報の提供を目指し、システム運用費用に影響を与える要因の分析を行った。具体的には、作業時間と技術者の単価から簡易的に価格を推定することを前提とし、作業時間と単価に影響する要因をそれぞれ分析した。分析の結果、以下が明らかとなった。

- システム運用費用(契約金額)は、受託側作業時間によって大部分が決定している。
- 年間総作業時間は、プログラム本数と最大利用者数から決まるが、それらだけでは作業時間を高い精度で推定することはできない。
- 運用プロセスの標準化は作業効率を改善する可能性があるが、明確な傾向あるとまではいえない。
- 社会的影響度は作業効率と関連を持つ可能性がある。

るが、関連はあまり強くない。

- ネットワーク範囲が狭い場合、単価が低くなる傾向がある。
- 契約形態が請負の場合、単価が低くなる可能性がある。
- SLAを締結していない場合、単価が低くなる可能性があるが、明確な傾向あるとまではいえない。

ただし、各要因の運用費用への影響はそれほど大きくなかったため、本稿の分析結果を絶対視するべきではなく、価格の妥当性を判断する際の参考にとどめるべきである。妥当性判断のための資料として、さらに有用性を高めることは今後の課題である。

謝辞 本研究の一部は、文部科学省科学研究補助費(基盤C:課題番号25330090)による助成を受けた。

参考文献

- [1] Ahn, Y., Suh, J., Kim, S. and Kim, H.: The software maintenance project effort estimation model based on function points, *Journal of Software Maintenance: Research and Practice*, vol.15, no.2, pp.71-85 (2003).
- [2] Boehm, B.: *Software Engineering Economics*, Prentice Hall (1981).
- [3] Bon, J. ed.: *Foundations of IT Service Management: based on ITIL*, Van Haren Publishing (2005).
- [4] Brooks, P.: *Metrics for IT Service Management*, Van Haren Publishing (2006).
- [5] Jørgensen, M.: Experience With the Accuracy of Software Maintenance Task Effort Prediction Models, *IEEE Transactions on Software Engineering*, vol.21, no.8, pp.674-681, 1995.
- [6] Mannino, M., Hong, S. and Choi, I.: Efficiency evaluation of data warehouse operations, *Decision Support Systems*, vol.44, no.4, pp.883-898 (2008).
- [7] Pollard, C. and Cater-Steel, A.: Justifications, Strategies, and Critical Success Factors in Successful ITIL Implementations in U.S. and Australian Companies: An Exploratory Study, *Information System Management*, vol.26, no.2, pp.164-175 (2009).
- [8] Putnam, L.: A general empirical solution to the macro software sizing and estimating problem, *IEEE Transactions on Software Engineering*, vol.4, no.4, pp.345-361 (1978).
- [9] Selby, R. and Porter, A.: Learning from examples: generation and evaluation of decision trees for software resource analysis, *IEEE Transactions on Software Engineering*, vol.14, no.12, pp.743-757 (1988).
- [10] Shepperd, M. and Schofield C.: Estimating software project effort using analogies, *IEEE Transactions on Software Engineering*, vol.23, no.12, pp.736-743 (1997).
- [11] Srinivasan, K. and Fisher D.: Machine Learning Approaches to Estimating Software Development Effort, *IEEE Transactions on Software Engineering*, vol.21, no.2, pp.126-137 (1995).
- [12] Tsunoda, M., Monden, A., Matsumoto, K., Takahashi, A. and Oshino, T.: An Empirical Analysis of Information Technology Operations Cost, *Proc. of International Workshop on Software Measurement (IWSM/Metrikon/Mensura)*, pp.571-585, Stuttgart, Germany (2010).
- [13] 角田雅照, 門田暁人, 松本健一, 大岩佐和子, 押野智樹: 作業時間に基づくソフトウェア保守ベンチマーキングの試み, 情報処理学会研究報告, ソフトウェア工学研究会, 2014-SE-185, no.3,

