

自主研究

ソフトウェア開発技術者の料金に 影響を与える要因の分析

ソフトウェア開発技術者の料金に影響を与える要因の分析

角田 雅照
松本 健一
押野 智樹
大岩佐和子

奈良先端科学技術大学院大学／近畿大学

奈良先端科学技術大学院大学

一般財団法人 経済調査会 経済調査研究所 調査研究部 第二調査研究室

一般財団法人 経済調査会 経済調査研究所 調査研究部 第二調査研究室 室長

はじめに

ソフトウェアを購入する企業にとって、ソフトウェアの価格は非常に重要である。企業が購入するソフトウェアとして、パッケージソフトウェアと受託開発ソフトウェアが存在する。パッケージソフトウェアの場合、市場に流通しているため、同等の機能を持つソフトウェア間の価格を比較し、価格の妥当性を判断することができる。これに対し、受託開発ソフトウェアの場合、受託者と委託者が個別に契約して作成されるため、他社で使われているソフトウェアの価格や機能を知ることができず、同等の機能を持つソフトウェアを比較して価格の妥当性を判断することが困難である。

これまでに受託ソフトウェア開発の価格妥当性の判断材料を提供するために、ソフトウェアの価格に影響する要因を継続して分析している[1]。以前の分析[1]では、主に（単価ではなく）ソフトウェア全体の価格を中心に分析を行った。本分析では、技術者単価を中心にし、単価に影響する要因を明らかにするとともに、単価がどの程度変化するのかについても示す。

1 分析方法

分析において、主として以下の統計的な手法を用いた。

中央値：値を大きい順に並べた場合に中央に位置する値を示す。

相関係数：ある項目AとBとの関連の大きさを示し、値が大きいほど関連が強いことを示す。値が正の場合、項目Bの値が大きくなれば項目Aの値も大きくなることを示し、負の場合、項目Bの値が大きくなれば項目

Aの値は小さくなることを示す。分析では外れ値に影響されにくい順位相関係数を用いた。順位相関係数は、各数値を大きさの順に順位で置き換えてから相関係数を算出する方法である。

有意確率：分析結果の確からしさを示し、一般に5%を下回る場合、結果が信頼できるといえる。

箱ひげ図：データの分布を表す。箱の中の太線は中央値を示す。箱の下辺は、例えば100個の値を小さい順に並べた場合に25番目に現れる値を示し、上辺は75番目に現れる値を示す。図中のひげの部分、それぞれ箱の長さの1.5倍を超えない範囲にある最小値、最大値を示し、丸印は箱の上辺下辺から箱の長さの1.5倍以上離れた値、星印は箱の上辺下辺から箱の長さの3倍以上離れた値を示す。箱の部分に全体の50%のデータが含まれる。図を見やすくするために、値が極端に大きいデータの一部を除外した。

重回帰分析：推定対象の項目A(目的変数)が、複数の項目B、C、D・・・(説明変数)によりどの程度決定しているかを確かめるために用いる。言い換えると、項目B、C、D・・・により項目Aが推定可能かどうかを確かめるために用いる。なお、重回帰分析前には、パーセンテージ以外の数値項目については対数変換と呼ばれる手法を適用している。

説明変数 (R^2): 回帰分析の結果から得られる。0から1の値を取り、1に近いほど、項目Bにより推定対象の項目Aが決定している、すなわち項目Bにより項目Aが推定可能であることを示す。 R^2 は一般に0.5以上が必要とされる。

変数選択：重回帰分析の適用時に行う。推定対象の項目Aと関連の弱い項目を除外する方法である。また、重回帰分析では相互に関連の強い項目(説明変数)を除外しておく必要がある(多重共線性の回避)。変数

選択では相互に関連の強い項目についても削除を行っている。多重共線性が発生すると、偏回帰係数の正負が反転する場合がある。

標準化偏回帰係数：推定対象の項目A(目的変数)と、ある項目B(説明変数)との関連の大きさを示し、値が大きいほど関連が強いことを示す。偏回帰係数の値が正の場合、項目Bの値が大きくなれば項目Aの値も大きくなることを示し、負の場合、項目Bの値が大きくなれば項目Aの値は小さくなることを示す。

2 分析に用いたデータ

データの抽出条件：分析に用いたデータは、一般財団法人経済調査会により2001年から2018年にかけて収集されたものであり、2,225件のソフトウェア開発プロジェクトのデータが含まれている。プロジェクトの条件を揃えるため、開発6工程(システム・ソフトウェア要件定義から総合テストまでの6つの工程)が実施されているプロジェクトのみを分析対象とした。また、技術者単価を分析対象とするため、単価の算出に必要なソフトウェア開発費用の見積金額(以下、見積金額)と見積開発工数(以下、見積工数)が記録されているデータを分析対象とした。その結果、477件のプロジェクトが抽出された。

新たな変数の定義：本分析では、技術者単価は見積金額と見積工数に基づくと考え、以下のように技術者単価を定義した。技術者単価の単位は、技術者1名の1ヶ月あたりの金額(100万円/人月)となる。

$$\text{技術者単価} = \text{見積金額} \div \text{見積工数}$$

分析に用いたデータでは、プロジェクトマネージャ、システムエンジニア1、システムエンジニア2、プログラマそれぞれが、開発の各工程に何%参画しているか(各工程において、何%が各役割の工数か)が記録されている。例えば、詳細設計ではシステムエンジニア2が60%、プログラマが40%参画しているなどと記録されている(合計100%となる)。例えばプログラマの総参画割合(開発の全工数において、何%がプログラマの工数か)は、次式のように各工程の参画割合に

対し、各工程の工数の割合を乗じた値を合計することにより求められる。

プログラマの総参画割合 =

$$\begin{aligned} & \text{システム・ソフトウェア要件定義割合} \times \text{プログラマ参画割合} + \text{基本設計割合} \times \text{プログラマ参画割合} + \text{詳細設計割合} \times \text{プログラマ参画割合} + \text{製造割合} \times \text{プログラマ参画割合} + \text{結合テスト割合} \times \text{プログラマ参画割合} + \text{総合テスト割合} \times \text{プログラマ参画割合} \end{aligned}$$

今回の分析では、要件定義割合などの各工程の割合については平均値を用いた。具体的には、文献[2]に新規案件と改造案件それぞれについて、ソフトウェアの規模(FP)別に各工程の割合の平均値が示されており、それらを各工程の割合として用いた。

これらの割合と上記の式を用い、プロジェクトマネージャ総参画割合、システムエンジニア1総参画割合、システムエンジニア2総参画割合、プログラマ総参画割合をそれぞれ算出した。

重回帰分析でのデータの取り扱い：4章ではこれらのプロジェクトのデータに対し重回帰分析を適用した。OS種別と4章で説明する変数がすべて記録されているプロジェクトのみを用いたため、99件のデータが分析対象となった。なお4章では重回帰分析の対象とした99件のデータと、前述の477件のデータそれぞれで箱ひげ図を作成し、同様の傾向が見られるか(99件のデータが偏った傾向を持っていないか)を確かめた。

カテゴリ変数の扱い：ソフトウェア開発言語については、類似の言語についてはまとめて一つの区分として扱った(C、C++、VC++、C#など)。また、ソフトウェアの対象業種と開発言語において、プロジェクト件数の少ない区分については分析から除外した(前者では電気・ガス・熱供給・水道業など、後者ではASP・ASP.NETなど)。

本分析の限界：分析で用いたデータだけではプロジェクトマネージャなど役割別の技術者単価を求めることはできない。例えば、ソフトウェア開発の見積工数が160時間であり、システムエンジニア2とプログラマはそれぞれ50%の参画割合であるとする。この

とき本研究の分析結果から、例えば技術者単価の推定値がおおよそ100万円ということはいえるが、その内訳については推定が困難である。例えばシステムエンジニア2とプログラマーが同一の単価（両者とも100万円）の可能性もあれば、大きく異なる（前者が150万円、後者が50万円など）可能性もある。本分析の結果からわかることは主に以下の2つである。

- (平均的な、役割を区別しない場合の) 技術者単価に影響している変数はどれか？
- ある変数が変化すると、役割ごとの技術者単価は(平均的に)どの程度変化するのか？

3 会社規模と技術者単価との関係

技術者の所属する会社規模（従業員数やIT技術者数）と技術者単価には関連があると指摘される場合がある。そこで、相関係数を用いて会社規模と技術者単価との関連を確かめた。図表1に示すように、従業員数については、相関係数は大きくないが正の相関、すなわち従業員数が多い場合、技術者単価も高くなる傾向が見られた。IT技術者数（4段階の数値で、数値が大きいほどIT技術者が多いことを示す）については、

相関係数が小さかった。会社規模と技術者単価との関連を示した図を図表2、図表3（縦軸の単位は100万円/人月）に示す。これらの図からも、関連が強くないことがわかる。

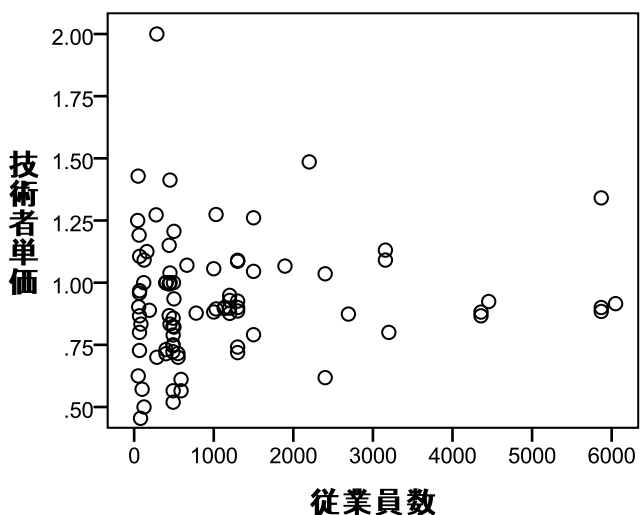
ただし、ソフトウェア開発プロジェクトにはそれ以外にも単価に影響すると考えられる特性が含まれている。例えば開発に用いるプログラミング言語はプロジェクトによって異なり、また、ソフトウェアが対象とする業種もプロジェクトごとに異なる。これらの特性が異なると、必要となる技術者も異なる可能性があり、その結果技術者単価が異なる可能性がある。これらの複数の特性を同時に考慮するために、次章では重回帰分析を用いた。その結果、会社規模は説明変数として採用されなかった。これは、技術者単価を推定するためには、会社規模は必須ではなく、その他の特性があれば推定可能であることを示している。

参考として、従業員数とIT技術者数を説明変数として、重回帰分析を行った結果を図表4に示す。次章で詳細を説明する重回帰分析（従業員数とIT技術者数を説明変数として用いなかったモデル）では、R²が0.44だったのに対し、図表4をみると説明力が非常に低くなっている。このことから、会社規模だけを基準に

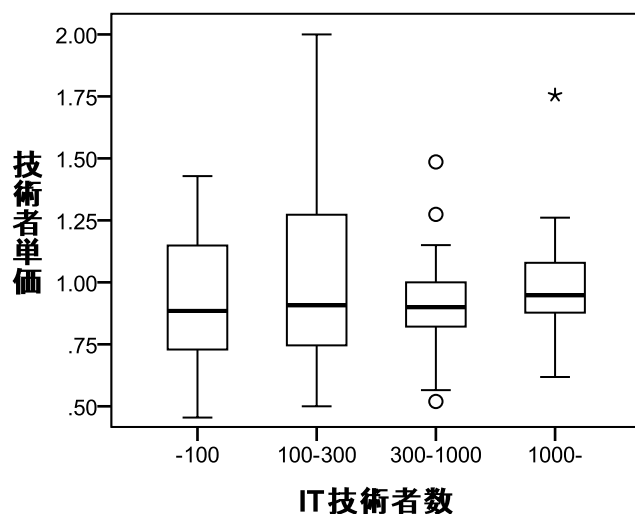
図表1 技術者単価と会社規模との相関係数

	従業員数	IT技術者数
相関係数	0.22	0.12
p値	0.00	0.01
プロジェクト数	456	457

図表2 従業員数と技術者単価との関係



図表3 IT技術者数と技術者単価との関係



図表4 技術者単価と会社規模との関係

説明変数	従業員数、IT技術者数	従業員数	IT技術者数
R ²	0.04	0.03	0.01

技術者単価を推定することは困難であるといえる。

本章のまとめ：技術者単価は、会社規模だけでは説明できない。

$$BRE = \begin{cases} \frac{|x - \hat{x}|}{x}, & x - \hat{x} \geq 0 \\ \frac{|x - \hat{x}|}{\hat{x}}, & x - \hat{x} < 0 \end{cases}$$

4 技術者単価に影響する要因

本章では、ソフトウェア開発プロジェクトにおける複数の要因(ソフトウェアの対象業種や開発言語など)を同時に考慮するために、重回帰分析を用いた結果について説明する。予備分析により説明変数の候補を絞り込み、その後変数選択法により説明変数を絞り込んだ。

その結果、**図表5**に示す変数が採用された。以降では、技術者単価への影響が大きい変数(標準化偏回帰係数)順に詳細な説明を行う。

モデルの説明力を表す R^2 は0.44となり、若干0.5を下回っていた。モデルの説明力を別の方法で評価するため、技術者単価の予測を行い、技術者単価の平均値を用いた場合と比べて、どの予測精度が高まるのかどうか(予測誤差が小さくなるのかどうか)を確かめた。予測精度の評価指標として、次の式により算出されるBRE (Balanced Relative Error)を採用した。下記において x は実際の技術者単価、 \hat{x} は予測する技術者単価を示す。

BREは評価指標として広く用いられており、直感的には相対的な誤差を表している。詳細な説明は省略するが、BREを算出するためにリーブワンアウト法を用いた。

予測精度の評価結果を**図表6**に示す。表に示すように、重回帰分析による予測のほうが、平均値による予測よりも誤差が小さくなっていった。このため、前者のほうが後者よりも説明力があり、より技術者単価の推定に適しているといえる。ただし、その差はあまり大きなものではないことに注意が必要である。

本章のまとめ：技術者単価は、いくつかの特性(契約形態など)を考慮することにより、大まかにではあるが推定できる。

4.1 契約形態との関係

ソフトウェア開発では、開発工程ごとに契約形態が異なる場合がある。例えば要件定義工程では、どの程度開発時間(工数)が必要となるか未確定であるため、委任契約で実施する場合がある。逆にソフトウェアのプログラムを実際に作成する製造工程では、どんなソフトウェアを作るかの設計が確定しており、開発時間に関して不確定要因が小さいため、請負契約で行う場合がほとんどである。

図表5の結果より、基本設計工程が請負か委任かが、技術者単価に影響しており、かつ単価への影響が最も大きいといえる。なお、この工程の75%(重回帰分析の対象99件においては73%)のプロジェクトが請負契約であった。回帰係数が負であることから、この工程が請負契約の場合、技術者単価が低くなるといえる。ソフトウェア開発に不確定要素が多い場合に、設計工程を委任契約にすることが考えられ、リスク発生時を考慮して単価が高くなっている可能性がある。

重回帰分析のデータのみを用いた場合と、すべての

図表5 各変数と技術者単価との関連

説明変数	標準化偏回帰係数	p値
契約形態/基本設計	0.35	0.00
プログラムの総参画割合	0.34	0.00
開発言語(VB)	0.25	0.01
アナリストの経験と能力	0.25	0.02
発注要件の明確度と安定度	0.23	0.02
先行モデルの流用と標準モデルの採用	0.21	0.03
開発言語(C言語)	0.20	0.03
業種(金融保険業)	0.20	0.04
プロジェクト管理者の経験と能力	0.19	0.07
実績FP	0.17	0.07

図表6 予測精度の比較結果

予測方法	BRE平均	BRE中央値	BRE標準偏差
重回帰分析	0.18	0.27	0.26
平均値	0.22	0.31	0.32

データを用いた場合の、技術者単価と契約形態との関係を図表7、図表8に示す。どちらの場合においても、委任契約の場合、単価が高くなっていた。すなわち、重回帰分析のデータは特に偏っておらず、分析結果は妥当であると考えられる。

重回帰分析の結果に基づき、具体的に単価がどの程度変わるかを図表9に示す。この表は、工程が請負の場合、委任契約に比べて平均的に0.77倍単価が低い傾向があることを示している。ただし、この数値は推定値であり、実際の値と乖離している可能性がある。表における最大と最小（詳細な説明は省略するが、偏

回帰係数の信頼区間の下限と上限に基づいている)は、この実際の値がとりうる範囲を示している。この表では、上記の0.77倍という値は、実際の値では最小で0.68倍、最大で0.88倍の可能性があるということを示している。

本節のまとめ:基本設計工程が請負の場合、委任契約に比べて0.78倍単価が低い傾向がある。

4.2 プログラムの総参画割合との関係

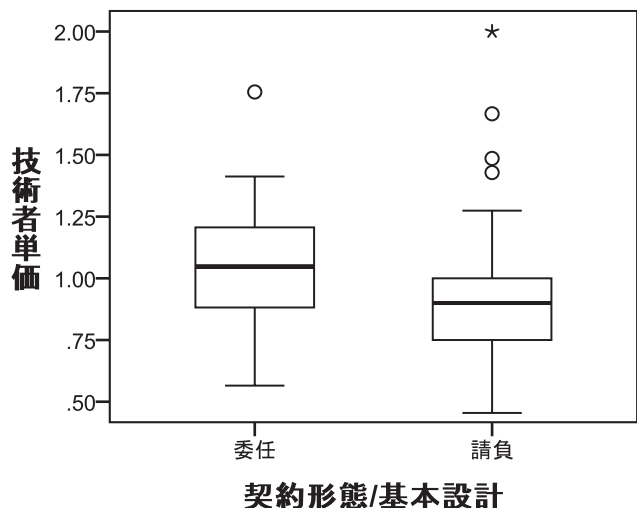
2章で述べたように、ソフトウェア開発作業のうち、各役割（プログラマなど）が担当している作業割合をそれぞれの総参画割合として定義した。例えばプログラマ総参画割合は、開発に必要な作業時間（工数）のうち、何%をプログラマが担当しているかを表す。一般に役割によって技術者単価は異なるため、例えばプログラマの総参画割合が増えると、プロジェクト全体の技術者単価の平均値（本分析における技術者単価。重回帰分析における目的変数）はプログラマの技術者単価に近づく。

このため、各役割の総参画割合が（各役割の単価を平均した）技術者単価に影響することが考えられる。重回帰分析の結果においても、プログラマの総参画割合が単価に影響する要因とみなされた（変数選択法の結果、説明変数とした採用された）。ただし、標準化偏回帰係数が正の値であることから、プログラマの総参画割合が増加すると技術者単価が上昇することになり、直感に反する結果となった。

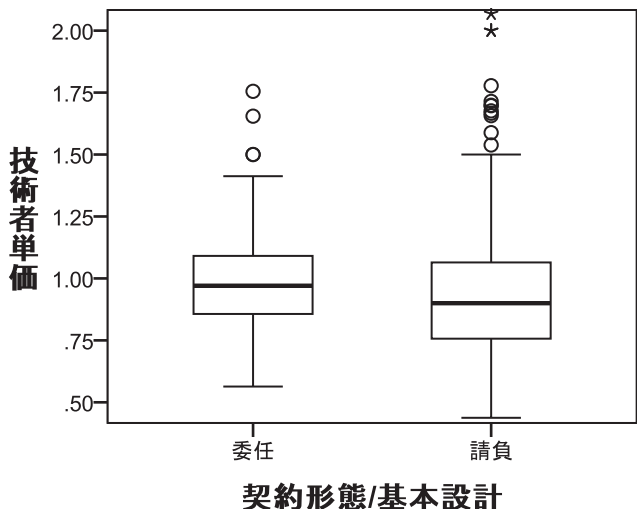
多重共線性が発生していないかを確認するために、プログラマ総参画割合とその他の変数との相関係数を算出したが、特に相関係数は大きくなかったことから、多重共線性は影響していないと考えられる。

重回帰分析に用いたプロジェクトにおける、技術者単価とプログラマ総参画割合の散布図を図表10に、全てのプロジェクトを用いた場合のものを図表11に示す。前者の相関係数は0.21であり、後者の0.10よりも大きくなっていった。なお、後者についても負の相関は見られなかった。本節の分析結果は、重回帰分析

図表7 契約形態と技術者単価との関係（重回帰分析データ）



図表8 契約形態と技術者単価との関係（全データ）

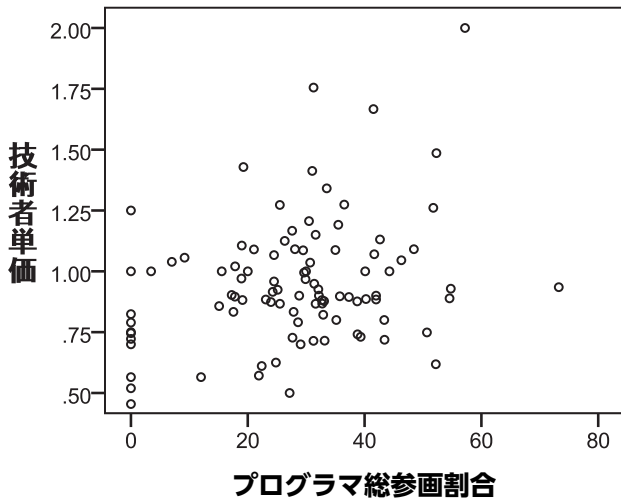


図表9 契約形態による技術者単価の変化割合

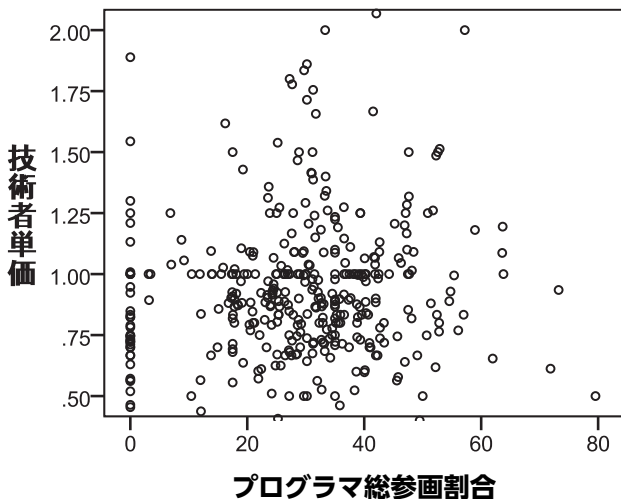
最小	推定値	最大
0.68	0.78	0.88

に用いたプロジェクトのみの傾向である可能性があり、今後さらなる分析が必要である。

図表10 プログラム総参画割合と技術者単価との関係(重回帰分析データ)



図表11 プログラム総参画割合と技術者単価との関係(全データ)



本節のまとめ: プログラム総参画割合と技術者単価との関係については、さらなる分析が必要である。

4.3 開発言語との関係

ソフトウェアの用途や開発時の制約などによって、開発に用いられるプログラミング言語は異なる。例えば、母体となるシステムがCOBOLを用いており、そのシステムに新たな機能を組み込む場合にはCOBOLを用いる必要があることが多い。分析に用いたデータにおいて使用している割合が高いC言語(とその系

列)、COBOL、Java、Visual Basic(とその系列)を分析対象とした。これらは一般にも広くソフトウェア開発に用いられている言語である。また、開発では複数の言語が用いられる場合がしばしばある。具体的には、開発全体の機能のうち70%はCOBOLで行い、残りの30%はJavaで行うことなど(例えば、前者は母体となるシステムの機能拡張が中心のため開発言語として選択され、後者は母体システムとの関連が薄い機能の開発のため選択されたなど)がある。本分析では50%を超えて用いられている言語を主開発言語とし、これに着目して分析した。

ソフトウェア開発者が、業務に必要とされるレベルで全ての開発言語を扱えることは少なく、技術者により用いることができる開発言語は異なる。そのため、ある言語が扱える技術者の需要と供給のバランスにより、技術者単価が異なることが考えられる。重回帰分析の結果(図表5)でも、C言語を用いている場合とVisual Basicを用いている場合に技術者単価が変化する傾向が見られた。それぞれの標準化偏回帰係数は正と負であることから、前者を用いていると単価が高くなり、後者の場合は低くなることになる。

重回帰分析のデータのみを用いた場合と、すべてのデータを用いた場合の、技術者単価と開発言語との関係を図表12、図表13に示す。図表12では、重回帰分析の結果と同様にC言語を用いていると単価が高くなり、Visual Basicを用いている場合は低い傾向があった。ただし、図表13では両者の間で技術者単価の違いは見られない。両グラフとも、Javaの場合は技術者単価が若干高い傾向があり、開発言語は技術者単価に影響があると考えてよい。ただし、具体的にどの言語を用いると、どの程度技術者単価が変化するかについては、さらなる分析が必要である。

なお、技術者の役割によって、開発言語が技術者単価に与える影響は異なると考えられる。例えばプログラマの場合は開発言語を実際に用いて開発する必要があり、その言語を用いる能力が求められるが、プロジェクトマネージャが実際に言語を用いて開発することは少ない。分析に用いたデータでは、製造工程へのプロジェクトマネージャの参画割合は8%(重回帰分析の対象99件においては7%)となっている。そのため、プ

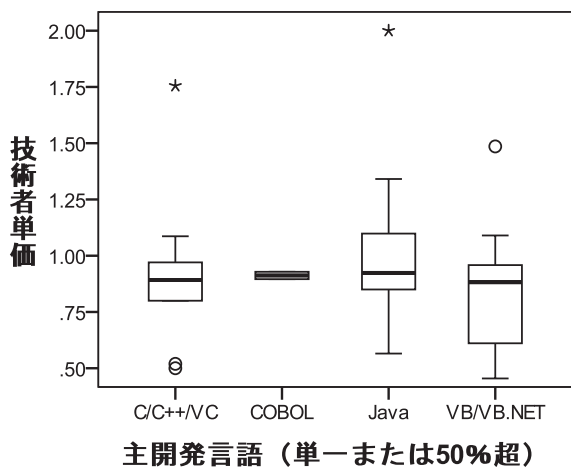
プロジェクトマネージャの技術者単価に対する開発言語の影響は小さいと考えられる。ただし、開発言語が開発対象システムの特徴を間接的に示すことはありえる（COBOLが用いられている場合、事務処理系のシステムであり、かつ長期間用いられているシステムであるなど）ため、全く影響がないともいえない。

本節のまとめ：開発言語と技術者単価との関係については、さらなる分析が必要である。

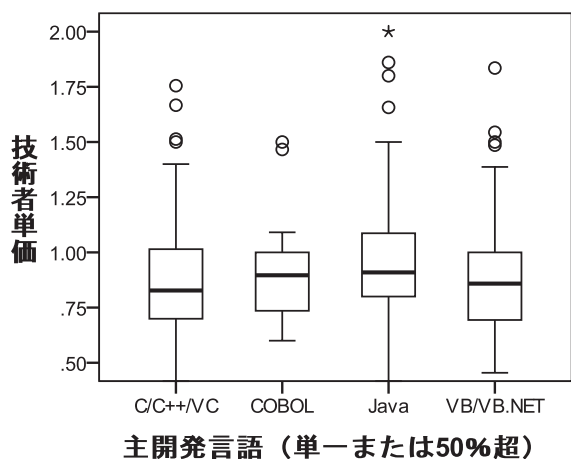
4.4 アナリストの経験と能力との関係

経験豊富なアナリストが必要とされるような難しいプロジェクトの場合、開発工程における技術者単価も高くなることが想定される。データには、プロジェクトにおけるアナリストの経験と能力の5段階評価（数値が大きいほど経験と能力が豊富）が記録されており、

図表12 開発言語と技術者単価との関係（重回帰分析データ）



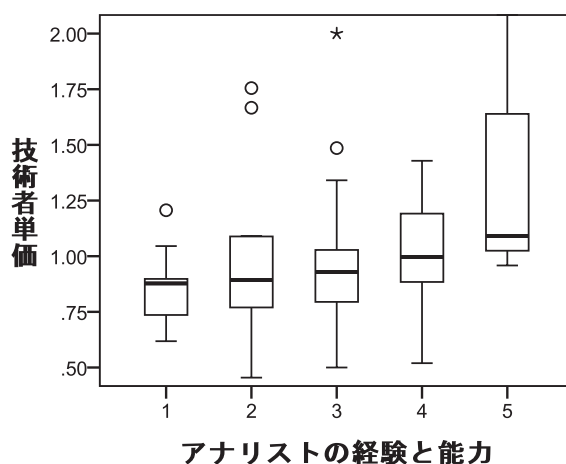
図表13 開発言語と技術者単価との関係（全データ）



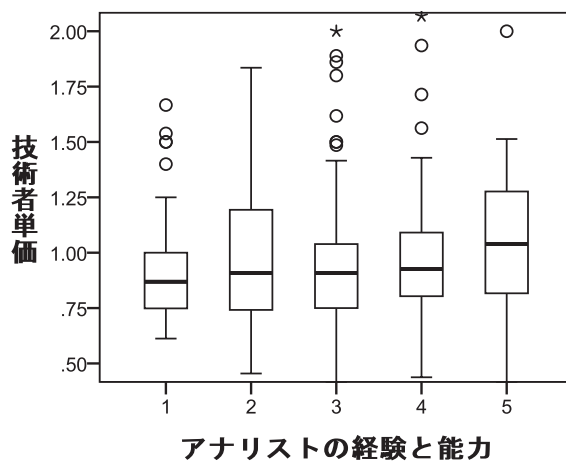
これを分析に用いた。重回帰分析の結果(図表5)より、アナリストの経験と能力に応じて、技術者単価が変化するといえる。また、図表5の偏回帰係数が正であることより、アナリストの経験と能力が高いほど技術者単価が高くなる傾向があるといえる。

重回帰分析のデータのみを用いた場合と、すべてのデータを用いた場合の、技術者単価とアナリストの経験と能力との関係を図表14、図表15に示す。どちら

図表14 アナリストの経験と能力と技術者単価との関係（重回帰分析データ）



図表15 アナリストの経験と能力と技術者単価との関係（全データ）



図表16 アナリストの経験と能力による技術者単価の変化割合

アナリストの経験と能力	最小	推定値	最大
経験と能力=1（経験無かった）	1.02	1.08	1.16
経験と能力=2（少数の小中規模プロジェクトのアナリストを経験していた）	1.03	1.17	1.34
経験と能力=3（多数の小中規模プロジェクトのアナリストを経験していた）	1.05	1.27	1.54
経験と能力=4（少数の中大規模プロジェクトのアナリストを経験していた）	1.06	1.38	1.78
経験と能力=5（多数の中大規模プロジェクトのアナリストを経験していた）	1.08	1.49	2.06

の場合においても、重回帰分析の結果と同様に、経験や能力が高いほど技術者単価が高い傾向が見られた。

重回帰分析の結果に基づき、具体的に単価がどの程度変わるかを図表16に示す。表では、経験や能力に応じて、どの程度単価が変化するかを示している。例えばアナリストの経験と能力が5の場合、1.49倍（最小で1.08倍、最大で2.06倍）になることを示している。

本節のまとめ：アナリストの経験と能力が高い場合、技術者単価も高い傾向がある。

4.5 発注要件の明確度と安定度との関係

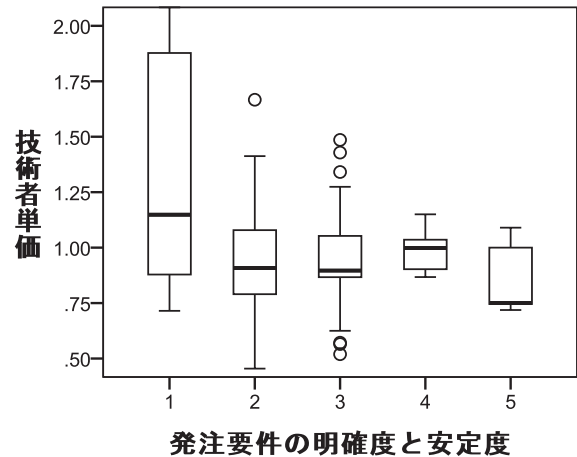
ソフトウェアの発注要件が不明確、不安定である場合、ベンダーが開発時のリスク発生時を考慮し、単価を高く設定する可能性がある。データには、発注要件の明確度と安定度を5段階で評価したもの（数値が大きいほど安定、明確であることを示す）が記録されており、これを分析に用いた。重回帰分析の結果（図表5）より、発注要件の明確度と安定度に応じて、技術者単価が変化するという。また、図表5の偏回帰係数が負であることより、発注要件の明確度と安定度が高いほど、技術者単価が低くなる傾向があった。

重回帰分析のデータのみを用いた場合と、すべてのデータを用いた場合の、技術者単価と発注要件の明確度と安定度との関係を図表17、図表18に示す。どちらの場合においても、重回帰分析と同様の傾向が見られた。

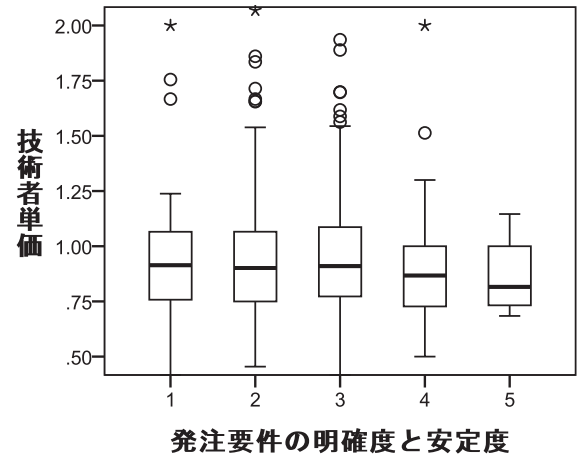
重回帰分析の結果に基づき、具体的に単価がどの程度変わるかを図表19に示す。例えば明確度・安定度が5の場合、0.69倍（最小で0.51倍、最大で0.93倍）になることを示している。

本節のまとめ：発注要件の明確度と安定度が高い場合、技術者単価は低い傾向がある。

図表17 発注要件の明確度と安定度と技術者単価との関係（重回帰分析データ）



図表18 発注要件の明確度と安定度と技術者単価との関係（全データ）



図表19 発注要件の明確度と安定度による技術者単価の変化割合

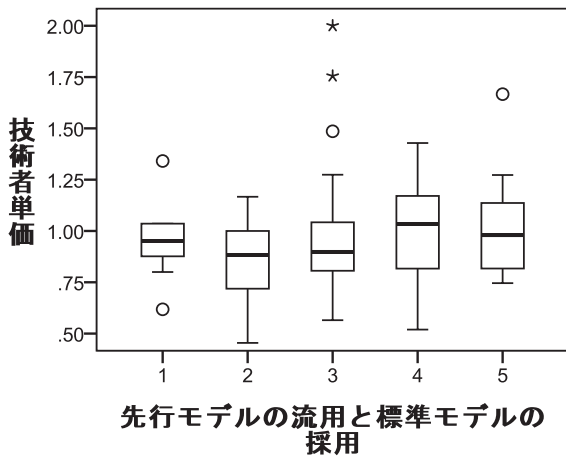
発注要件の明確度と安定度	最小	推定値	最大
明確度・安定度=1（全体的に不明確・不安定であった）	0.88	0.93	0.99
明確度・安定度=2（部分的に不明確・不安定であった）	0.77	0.86	0.97
明確度・安定度=3（明確で安定していた）	0.67	0.80	0.96
明確度・安定度=4（非常に明確で安定していた）	0.59	0.74	0.94
明確度・安定度=5（先行モデルがあり非常に明確で常に安定していた）	0.51	0.69	0.93

4.6 先行モデルの流用と標準モデルの採用との関係

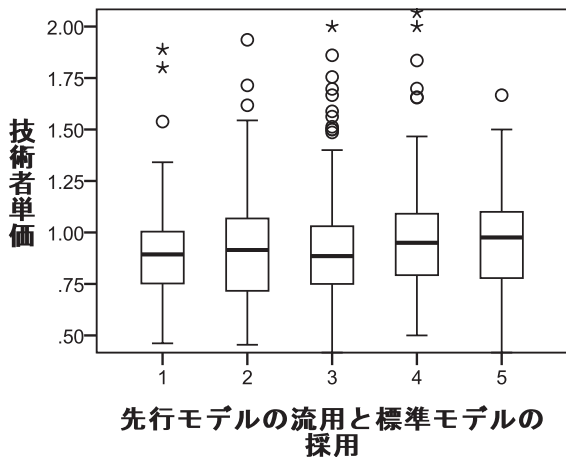
ソフトウェア開発では、既存のモデルを利用することがある。これにより、開発の効率や品質を高めること期待できる一方、そのようなモデルを適用するようなプロジェクトでは、高いスキルの技術者が要求され、結果的に技術者単価が高まる可能性もある。先行モデルの流用と標準モデルの採用の程度を5段階で評価したもの（数値が大きいほど、既存モデルを利用できた

ことを示す)が記録されており、これを分析に用いた。重回帰分析の結果(図表5)より、先行モデルの流用と標準モデルの採用の程度に応じて、技術者単価が変化するという。また、図表5の偏回帰係数が負であることより、流用・採用の程度が高いほど、技術者単価が高くなる傾向があるといえる。

図表20 先行モデルの流用と標準モデルの採用の程度と技術者単価との関係(重回帰分析データ)



図表21 先行モデルの流用と標準モデルの採用の程度と技術者単価との関係(全データ)



図表22 先行モデルの流用と標準モデルの採用の程度による技術者単価の変化割合

先行モデルの流用と標準モデルの採用の程度	最小	推定値	最大
流用・採用程度=1(先行モデルは存在しなかった または 適合する標準モデルは存在しなかった)	1.01	1.06	1.12
流用・採用程度=2(先行モデルは存在したがほとんど流用出来なかった または 適合する標準モデルは存在したが採用しなかった)	1.01	1.13	1.26
流用・採用程度=3(先行モデルは部分的に流用出来た または 適合する標準モデルは部分的に採用出来た)	1.02	1.20	1.41
流用・採用程度=4(先行モデルはかなり流用出来た または 適合する標準モデルはかなり採用出来た)	1.02	1.27	1.58
流用・採用程度=5(先行モデルは全的に流用出来た または 適合する標準モデルは全的に採用出来た)	1.03	1.35	1.77

重回帰分析のデータのみを用いた場合と、すべてのデータを用いた場合の、技術者単価と先行モデルの流用と標準モデルの採用の程度との関係を図表20、図表21に示す。どちらの場合においても、重回帰分析の結果と同様に、流用・採用の程度が高いほど技術者単価が高い傾向が見られた。

重回帰分析の結果より、具体的に単価がどの程度変わるかを図表22に示す。例えば流用・採用程度が5の場合、1.35倍(最小で1.03倍、最大で1.77倍)になることを示している。

本節のまとめ:先行モデルの流用と標準モデルの採用の程度が高い場合、技術者単価も高い傾向がある。

4.7 プロジェクト管理者の経験と能力との関係

プロジェクト管理者の経験と能力が高い場合、技術者単価も高くなることが想定される。データには、プロジェクト管理の経験と能力を5段階で評価したものが記録されており、これを分析に用いた。重回帰分析(図表5)では、プロジェクト管理者の経験と能力に応じて、技術者単価が変化するという結果となった。ただし図表5の偏回帰係数は負であり、経験と能力が高いと技術者単価が低くなるという、直感に反する結果となった。

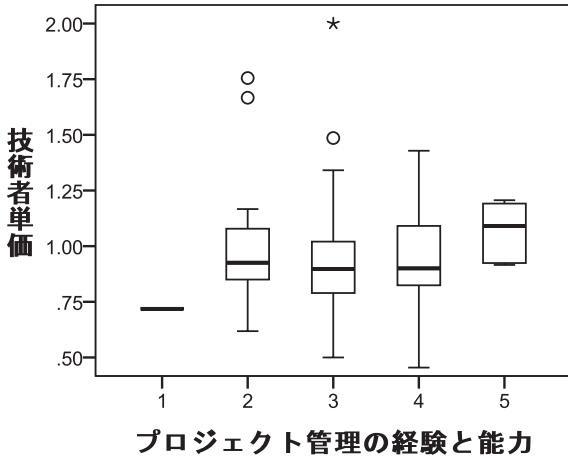
重回帰分析のデータのみを用いた場合と、すべてのデータを用いた場合の、技術者単価とプロジェクト管理者の経験と能力との関係を図表23、図表24に示す。どちらの場合においても、中央値については、経験と能力が高いほど技術者単価が高い傾向があり、重回帰分析と逆の傾向が見られる。

詳細を見ると、重回帰分析の対象データ(図表23)では、経験と能力が1または5のプロジェクト数が少なく、2から4のプロジェクトでは、経験と能力が高くなるとわずかに中央値が低くなっていた。これが重回帰分析の結果とグラフでの傾向が不一致となった原因であると考えられる。

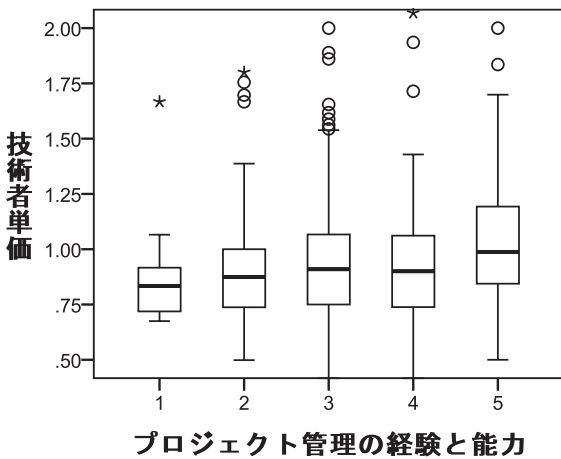
図表23、図表24のグラフより、プロジェクト管理者の経験と能力は技術者単価に影響があると考えられ

るが、具体的にどの程度技術者単価に影響を与えるのかについては、さらなる分析が必要である。

図表23 プロジェクト管理の経験と能力と技術者単価との関係(重回帰分析データ)



図表24 プロジェクト管理の経験と能力と技術者単価との関係(全データ)



本節のまとめ:プロジェクト管理者の経験と能力と、技術者単価との関係については、さらなる分析が必要である。

4.8 業種との関係

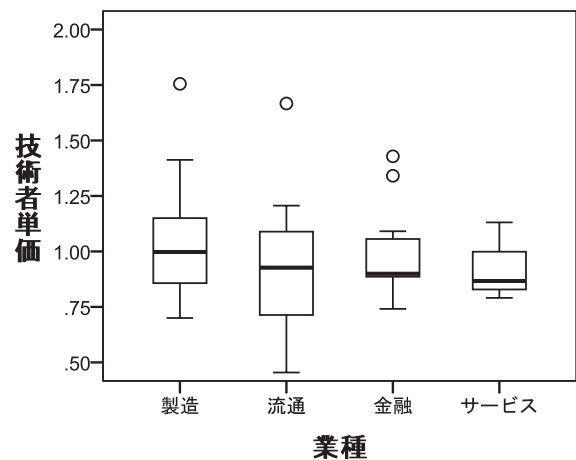
開発するソフトウェアが対象とする業務には様々なものがある。また、発注者の業種によりソフトウェアに求められる機能や品質が異なる。例えば金融業を対象とするソフトウェアの場合、高い品質が求められることが多い。また、開発規模も業種によって異なる。業種によりソフトウェアの特徴が異なり、それにより必要とされる技術者も異なるため、業種が技術者単価

に影響していると考えられる。

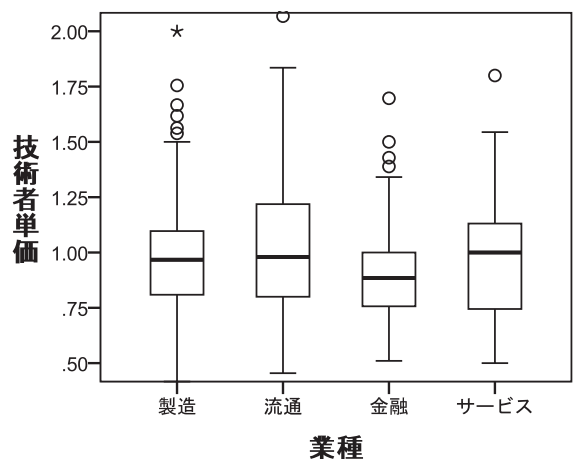
分析に用いたデータにおいて、割合が高かった製造業、流通業、金融保険業、サービス業を抽出し分析対象とした。重回帰分析の結果(図表5)より、金融保険業を対象とするシステムの場合、技術者単価が変化する傾向が見られた。ただし図表5に示すように、偏回帰係数が正であることから、金融保険業の場合、技術者単価が他の業種と比較して高くなる傾向であることになる。

重回帰分析のデータのみを用いた場合と、すべてのデータを用いた場合の、技術者単価と業種との関係を図表25、図表26に示す。どちらの場合においても、中央値では、金融保険業の技術者単価が低くなっていた。重回帰分析の対象データ(図表25)では、金融保険業の技術者単価の中央値以下のプロジェクトが少なく、技術者単価の(中央値ではなく)平均値で見ると、他の業種よりも高くなっていた。これが重回帰分析の

図表25 業種と技術者単価との関係(重回帰分析データ)



図表26 業種と技術者単価との関係(全データ)



結果とグラフでの傾向が不一致となった原因であると考えられる。

なお、金融保険業のシステムは比較的大規模であり、契約金額が大きくなりやすく、結果的に技術者単価が低くなりやすいとの指摘がある。例えば工数が1人月で、技術者費用100万円、その他費用10万円のプロジェクトの場合、技術者単価は110万円/人月になるが、工数が10人月で、技術者費用1000万円、その他費用10万円のプロジェクトの場合、技術者単価は101万円/人月と低くなる。

図表25、図表26のグラフより、業種は技術者単価に影響があると考えられるが、具体的に業種に応じてどの程度技術者単価が変化するのかについては、さらなる分析が必要である。

本節のまとめ：業種と技術者単価との関係については、さらなる分析が必要である。

4.9 開発規模との関係

ソフトウェアの開発規模（開発する機能量）はプロジェクトにより大きく異なる。開発規模が大きい場合と小さい場合とでは、プロジェクトの体制（プロジェクトマネージャの必要性や、必要な技術者数など）や、ソフトウェアに求められる信頼性なども傾向が異なる可能性がある。

重回帰分析においても、開発規模（実績FP）が技術者単価に影響しているという結果になった（図表5）。

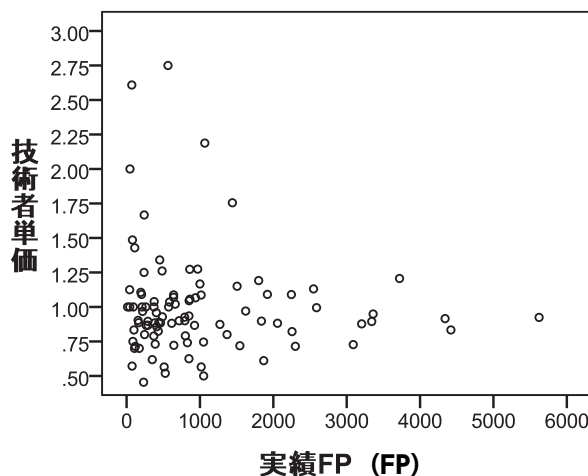
図表5に示すように、偏回帰係数が負の値となったことから、開発規模が大きくなると、技術者単価がやや低下する傾向があるといえる。これは前節で述べた、金融保険業と技術者単価との関係と同様の理由であると考えられる。なお、図表5では開発規模の偏回帰係数が最も小さく、分析に用いた変数の中では最も単価への影響が小さいことに留意する必要がある。

重回帰分析のデータのみを用いた場合と、すべてのデータを用いた場合の、技術者単価と開発規模との関係を図表27、図表28に示す。どちらの場合においても、実績FP（開発規模）がおおよそ2000以上の場合、技術者単価が大きい（1を大きく超える）プロジェクト

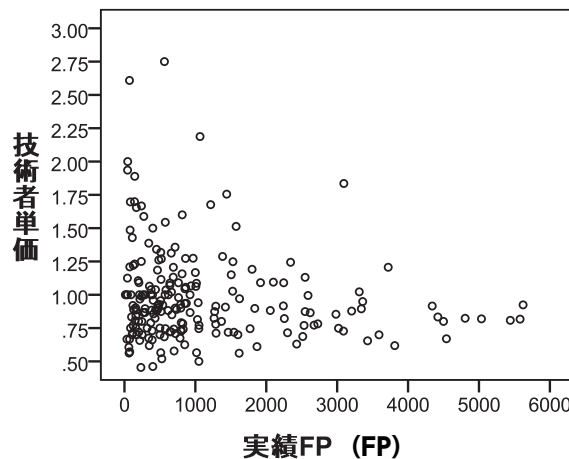
が少ない傾向が見られた。これは重回帰分析の結果と合致しているとみなすことができる。

重回帰分析の結果に基づき、具体的に単価がどの程度変わるかを図表29に示す。図表29では、実績FPのおおむね中央値となる650FPの単価を基準とした場合、規模が増加するに従い単価がどの程度変化するかを示している。例えば2000FPのプロジェクトの場合、0.95倍（最小で0.90倍、最大で1.0倍）になることを示している。

図表27 開発規模と技術者単価との関係（重回帰分析データ）



図表28 開発規模と技術者単価との関係（全データ）



図表29 開発規模による技術者単価の変化割合（650FPを基準とする）

実績FP規模	最小	推定値	最大
1000FP	0.96	0.98	1.00
2000FP	0.90	0.95	1.00
4000FP	0.84	0.92	1.01

本節のまとめ：ソフトウェアの規模が大きい場合、技術者単価は低い傾向がある。

5 まとめ

本分析では、ソフトウェア技術者の（1人月あたりの）単価に影響する要因について分析した。開発6工程が実施されているプロジェクト99件に対して重回帰分析を行った結果、以下の傾向が見られた。

- 基本設計工程が請負の場合、技術者単価が低い傾向がある。
- アナリストの経験と能力が高い場合、技術者単価も高い傾向がある。
- 発注要件の明確度と安定度が高い場合、技術者単価は低い傾向がある。
- 先行モデルの流用と標準モデルの採用の程度が高い場合、技術者単価も高い傾向がある。
- ソフトウェアの規模が大きい場合、技術者単価は低い傾向がある。

また、分析では上記の要因がどの程度技術者単価を変化させるのかについても明らかにした。ただし、重回帰分析による技術者単価の予測は小さくない誤差があったため、分析で示している技術者単価の変化割合については、参考にとどめるべきである。

参考文献

- [1] 角田雅照、門田暁人、松本 健一、“ソフトウェア開発費に影響する要因の分析”、経済調査研究レビュー、Vol.4、pp.80-92 (2009)。
- [2] ソフトウェア開発データリポジトリの分析、一般財団法人経済調査会 (2015)。