

# カスタムソフトの価格妥当性確認に向けた分析

Analysis toward Price Validation of Custom Software

角田 雅照\* 松本 健一† 大岩 佐和子‡ 押野 智樹§

**あらまし** 本研究では、ユーザがカスタムソフトの価格の妥当性を判断するための資料を提供すること、ソフトウェアを割安に発注するためには、ユーザはどういったことに配慮すればよいのかを明らかにすること、の2つをゴールとして、複数の企業から収集されたカスタムソフトの価格認可するデータの分析を行った。その結果、工数と工数単価がわかれば、大まかには1.4倍程度の幅で推測できること、ユーザがソフトウェアを割安に発注するためには、生産性を重視すべきであることなどがわかった。

## 1 はじめに

カスタムソフトを購入する組織にとって、カスタムソフトの価格は非常に重要である。カスタムソフトは組織ごとの異なる業務フローに対応した個別性の高いソフトウェアであり、ソフトウェア開発企業にユーザ（購入する組織）が発注して開発が行われる。カスタムソフトは高額であるため、その価格の妥当性を判断することはユーザにとって非常に重要であるが、実際には判断することは容易ではない。ノートパソコンなどのハードウェアの場合、様々なメーカーの機種が、多数の販売店で販売されており、市場での流通価格に基づいて購入価格の妥当性を判断することができる。カスタムソフトの場合、他の組織で使われているカスタムソフトの価格や機能を知ることはできないため、ユーザが同等の機能を持つソフトと比較して、価格の妥当性を判断することは困難である。

カスタムソフトの価格の性質は、建築物の価格の性質と類似している。建築物も、カスタムソフトと同様に個別性が高いため、市場での流通価格に基づいて価格の妥当性を見積もるといったことはできない。そこで、公共工事における建築物の場合、価格の妥当性を判断するために、積算基準という資料がまとめられており、この資料に基づいて妥当な価格（予定価格）が決められる。カスタムソフトの場合、積算基準のような、価格が適切であるかどうかをユーザが判断するための材料は非常に少ない。パッケージソフトの価格を決定するための方法はいくつか提案されているが[1][3]、これらは開発者が最大の利益を得るために用いるモデルであり、カスタムソフトの価格の妥当性判断に用いることはできない。また、組込み系のカスタムソフトの原価率（売上に対する原価の割合）に影響する要因を分析した研究[4]があるが、原価率と価格は直接の関係がなく、妥当性判断に用いることはできない。

本研究のゴールは2つある。1つのゴールは、**ユーザ**がカスタムソフトの価格の妥当

\*Masateru Tsunoda, 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

†Ken-ichi Matsumoto, 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

‡Sawako Ohiwa, 財団法人経済調査会 経済調査研究所

§Tomoki Oshino, 財団法人経済調査会 経済調査研究所

性を判断するための資料（ソフトウェア開発企業が、カスタムソフトの価格を設定するための資料でないことに注意すること）を提供することである。具体的には、(1) ある変数（例えばソフトウェアの規模を表すファンクションポイント）の値が  $n$  のとき、価格を  $a \times n$  と推測しても、その誤差は  $m$  倍程度に収まる ( $n, a, m$  は 0 よりも大きな実数)、という判断を下せるようになること、(2) 価格の予測モデルを構築すること、である。もう 1 つのゴールは、ソフトウェアを割安に発注するためには、ユーザはどういったことに配慮すればよいのかを明らかにすることである。本稿では、前者のゴール達成に向け、(Q1) どういった変数を使うと、どの程度価格の幅を推測できるのか、(Q2) 価格予測モデルには、どのような変数を使えばよいのか、をリサーチ・クエスチョンとし、後者のゴールに対するリサーチ・クエスチョンは (Q3) ソフトウェアを割安に発注するために、ユーザが配慮すべきことは何か、とし、分析を行った。

分析対象のデータは、財団法人経済調査会により平成 19 年度に 114 社から収集された、ソフトウェア開発プロジェクトのデータであり、従業員数人の企業から従業員数約 40,000 人の企業まで含まれている。データには 163 件のプロジェクトが含まれており、各変数には欠損値が含まれていた。分析対象の条件を揃えるため、新規開発で、基本設計、詳細設計、コード作成、結合テスト、総合テストの全ての工程が実施されており、かつ実績工数、実績 FP、価格が記録されているプロジェクト 31 件を抽出した。本研究で用いるデータセットは 1 つだけであるが、多数の企業のソフトウェア価格を収集したデータは非常に少なく、重要である。少数の企業から集められたデータの場合、価格はそれらの企業の個別性（業績や給与体系）に影響を受ける可能性があるが、対象データは多数の企業から収集されているため、分析結果の一般性は高いと考えられる。

## 2 分析結果

### 2.1 分析対象変数の選定

リサーチ・クエスチョン Q1 に答えるために、工数と規模（ファンクションポイント）を選定し、分析を行った。規模を分析対象とした理由について述べる。本研究のゴールの 1 つは、ユーザがカスタムソフトの価格の妥当性を判断するための資料を提供することである。従って、できるだけシンプルに妥当性を判断できるほうがよく、変数の数はできるだけ少なく、かつユーザが容易に知りうる変数がよいといえる。この条件に最も当てはまる変数は規模である。ソフトウェア開発企業の場合、設計やコーディングの各工程の作業量などに基づいて価格を見積もることができる。ただし、ユーザの場合、各工程の比率などの情報は一般に得ることができず、これらに関連する変数を、ユーザが価格の妥当性を判断するために用いることはできない。そのため、分析対象に含めていない。なお、紙面の都合上省略するが、各工程の比率及び（プロジェクトマネージャーなどの）職位比率と価格の分析を行ったが、明確な関係は見られなかった。

工数を分析対象とした理由について述べる。価格決定の一般的な方法として、経費と利益の合計を価格とするコストプラス法が存在する。多くのカスタムソフトウェアはこの方法で価格が決められていると考えられ、工数は大まかには経費を表していると考えると、工数は価格に対する影響度が大きいと考えられる。工数はユーザが直接知ることにはできないが、工数を分析対象とすることにより、より明確に関係を得られ、価格の妥

当性判断のための分析に役立つことが期待される（工数を、因子分析における（直接観測できない）因子と同様に考えるとわかりやすい）。

## 2.2 工数と規模の価格に対する影響度の分析

工数と規模を用いて、リサーチ・クエスチョン Q1 に答えられることを確かめるために、工数と規模の価格に対する影響度を分析した。分析では、スピアマンの順位相関係数（以降、単に相関係数と記述する）を用いた。以降の分析では、特に断り書きのない場合、工数は実績工数、規模は実績 FP、価格はシステム開発企業が適正と考える価格を指す（実際の価格の場合、ユーザとソフトウェア開発企業との関係などに大きく影響されるため、ユーザが価格の妥当性を判断するというゴールから考えると、実際の価格を用いるよりも適切であるといえる）。

図 1 に価格と実績工数、価格と実績 FP それぞれの相関係数  $\rho$  と散布図を示す（参考として、実績工数と実績 FP の  $\rho$  と散布図も示す）。散布図の可読性を高めるため、価格が非常に大きいケース 1 件は図から除外している（相関係数の計算などには含めている）。散布図に示す価格は、実際の価格から中央値を減じたものであり、**実際の価格ではない**。価格と実績工数の相関係数は 0.92 と非常に高くなっており、散布図でもかなりはっきりとした比例関係があることから、工数の価格に対する影響度は非常に高く、規模の価格に対する影響度もある程度高いといえる。

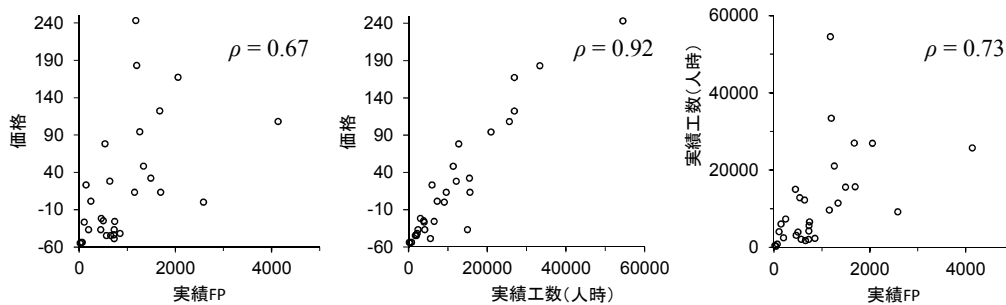


図 1 価格，実績 FP，実績工数の関係

工数の価格に対する影響度は非常に高いという分析結果は、必ずしも自明ではない。2.1 節で、工数は大まかには経費を表していると考えたが、工数と経費は完全に一致するわけではない。分析したデータセットには、大企業から中小企業まで含まれており、給与体系や間接部門の比率も異なると考えられ、工数と経費との関係が大きく異なる可能性もあった。また、ソフトウェアによってはプロジェクトマネージャーやプログラマーの工数が占める割合が異なり、そのために工数と経費との関係が大きく異なる可能性もあった。さらに、企業ごとの利益の上乗せ額の違いにより、工数と価格の関係が弱まる可能性もあった。分析結果より、工数が価格の大部分を決定していることから、これらの要因は価格にそれほど大きな影響を与えていないと考えられる。これらの要因を考慮せずに、工数を価格と見なしても大きな問題がないことを示したことが、この分析での主要な知見である。また、（総）工数が価格の大部分を決定していることから、設計やコーディングの各開発工程の作業量は（少なくともユーザが価格の妥当性を判断するためには）それほど考慮しなくてよいといえる。

### 2.3 工数単価, 規模工数, 規模単価の定義

リサーチ・クエスチョン Q1~Q3 に答えるために, **工数単価** (価格÷実績工数), **規模工数** (実績工数 ÷ 実績 FP), **規模単価** (価格÷実績 FP) を定義した. なお, 工数単価については, 他と大きく値の異なるケースが 2 件あり, これらは時給に換算すると 1,500 円を下回っていたため, 外れ値とみなして以降の分析から除外した.

相互に関連の強い変数について, 一方の変数で他方の変数を除した変数を新たに定義することにより, 詳細な分析ができる. 例えば, 規模が大きいソフトウェアほど工数が多く掛かるが, 生産性 (規模÷工数) [2] を定義することにより, 「規模の大きさの割に掛かった工数が大きいか小さいか」すなわち, あるプロジェクトの効率が高いか低いかを判断することができる. また, 規模と生産性の相関係数から, 規模の経済 (規模が大きいほど効率が高まること) が成り立っているかを調べることができる. なお, 変数間の相関が高い場合, 一方の変数が他方の変数の約  $a$  倍 ( $a$  は 0 よりも大きな実数) となっている可能性もあれば, 約  $b$  乗倍 ( $b$  は実数) となっている可能性もあることに注意すること (特に後者の場合, 一方の変数で他方の変数を除した変数は定数とはならない).

### 2.4 規模単価, 規模工数, 工数単価による価格の推測

リサーチ・クエスチョン Q1 に答えるために, 規模単価, 規模工数, 工数単価それぞれの値の散らばり確かめた. 各変数の最大値÷最小値, 第 3 四分位数÷第 1 四分位数を表 1 に示す. また, 各変数の値を中央値で割った場合の箱ひげ図を図 2 に示す. 分析結果より, Q1 に対する答えとして, 「工数と工数単価がわかれば, 大まかには 1.4 倍程度の幅で推測でき, 最大でも 3.5 倍の幅となる. 規模と規模単価がわかれば, 大まかには 3.2 倍程度の幅で推測できるが, 最大では 30.8 倍の幅となる」となる.

なお, 規模工数の散らばりは, プロジェクトの失敗により工数が増大したことが原因ではないと考えられる. 紙面の都合上詳細は省略するが, 見積 FP, 見積工数に基づく規模工数と, 実績に基づく規模工数を分析すると, 見積値と実績値との差分は小さく, むしろ前者のほうが若干大きい (生産性が低い) 傾向が見られた. すなわち, 規模工数の散らばりは, ソフトウェア開発企業の (プロジェクトが順調に進んだ場合の) 開発能力の差, または開発したソフトウェアの難易度の差を反映していると考えられる.

表 1 規模単価, 規模工数, 工数単価の散らばり

	第 3 四分位数 ÷ 第 1 四分位数	最大値 ÷ 最小値
規模単価	3.2	30.8
規模工数	3.1	17.7
工数単価	1.4	3.5

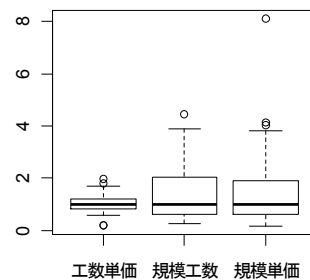


図 2 規模単価, 規模工数, 工数単価の中央値との差

### 2.5 規模単価, 規模工数, 工数単価と, 規模と価格との関係

リサーチ・クエスチョン Q3 に答えるために, 規模単価, 規模工数, 工数単価と, 規模と価格との関係を分析した. これらの関係性は 2.4 節の分析からある程度推測できる

## Analysis of Factors Determining Price of Contract Software Development

が、関連の強さまでは正確に把握できないため、分析を行った。結果を表2に示す。

表2 規模単価、規模工数、工数単価と実績規模、価格の相関係数

	実績FP	価格	規模工数	規模単価	工数単価
工数単価	-0.27	0.18	0.17	0.49	1.00
規模工数	-0.08	0.55	1.00	0.93	0.17
規模単価	-0.15	0.55	0.93	1.00	0.49

価格と工数単価の相関係数は0.18と小さかったのに対し、価格と規模工数の相関係数は0.55であったことから、価格に対しては工数単価よりも規模工数(生産性)のほうが、影響が大きいといえる。また、規模単価に対する、工数単価と規模工数の相関係数を比較すると、規模工数のほうが強い関連を示していた。さらに、規模工数と工数単価は相関係数が小さかった。これは、生産性が高い(規模工数が小さい)からといって、工数単価が高くなることはない(工数単価の高低は生産性に影響を受けていない)ことを示している。2.4節の結果は、114社から収集された163件のデータから得られており、これは、工数単価は企業ごとの差が小さく、規模工数は企業ごとの差が大きいことを示している(企業ごとに生産性の差が大きいことは、文献[2]でも指摘されている)。すなわち、Q3に対する答えは、「ユーザがソフトウェアを割安に発注するためには、ソフトウェア開発企業の工数単価よりも、生産性を重視すべきである」となる。近年、単価を抑えるために、ソフトウェア開発の一部をソフトウェア開発企業がさらに別の企業に委託する、外部委託が行われているが、この場合でも生産性を充分考慮する必要があるといえる。なお、規模単価と価格との相関係数が0.55となったのは、規模単価と規模工数の関連の強さが影響していると考えられる。

実績FPに対して、工数単価、規模単価、規模工数はそれぞれ負の相関があったが、相関係数は大きくなく、規模が大きいほど明確に単価が低くなる、または生産性が高くなるとまではいえない。従って、Q3に対する追加の答えは「(分析データの最大FPは5,500未満であり、少なくともその場合は)規模の大小はあまり考慮しなくてよい」である。

### 2.6 規模単価、規模工数、工数単価と、その他の変数との関係

リサーチ・クエスチョンQ2に答えるために、規模単価、規模工数、工数単価と、その他の変数との関係を分析した。ここで、ILF比などは、それぞれの値が実績FPにある程度比例して大きくなるため、実績FPに対する比を用いたほうが、システムの特徴がより明確になる可能性があるため、定義した。画面数比なども同様の考えに基づき定義した。結果を表3に示す。Q2に対する答えは、「表3に示す相関係数がある程度大きな変数(0.3を超える変数。太字で示す。欠陥密度は除く)を、価格予測モデルの説明変数の候補とすべきである」となる。これらの変数により、ユーザが知りえない各工程の作業量を間接的に表すことができると考えられる。

工数単価と品質の関連を分析した。紙面の都合上詳細は省略するが、出荷後欠陥密度と工数単価の偏相関係数は小さく、工数単価の高低は品質とは関連が弱いと考えられる。従って、Q3に対する追加の答えは「品質に対する悪影響はあまり考慮しなくてよい」である。なお、出荷後欠陥密度の計算時に用いた欠陥数の収集期間は、ケースによって異なる。収集期間が2倍になっても欠陥数が2倍になるとは限らないためであり、今回は正規化をせずにそのまま用いた。よって、分析結果は参考にとどめるべきである。

### 3 おわりに

本研究では、(Q1) どのような変数を使うと、どの程度価格の幅を推測できるのか、(Q2) 価格予測モデルには、どのような変数を使えばよいのか、(Q3) ソフトウェアを割安に発注するために、ユーザが配慮すべきことは何か、をリサーチ・クエスチョンとして分析を行った。それぞれに対する答えは「工数と工数単価がわかれば、大まかには1.4倍程度の幅で推測でき、最大でも3.5倍の幅となる。規模と規模単価がわかれば、大まかには3.2倍程度の幅で推測できるが、最大では30.8倍の幅となる」、「表3に示す相関係数がある程度大きな変数を、価格予測モデルの説明変数の候補とすべきである」、「ユーザがソフトウェアを割安に発注するためには、ソフトウェア開発企業の工数単価よりも、生産性を重視すべきである」であった。分析結果は、少なくとも分析対象とした事務系のカスタムソフトの価格の妥当性判断には適用できると考えられる。

表3 規模単価、規模工数、工数単価と、その他の変数との関係

項目名	工数単価	規模工数	規模単価
ユーザ分類：民間企業（親会社や関連会社）=0，民間企業（親・関連会社以外）=1	-0.19	0.16	0.04
契約形態：基本設計時の契約形態が委任=0，請負=1	0.23	0.24	0.24
契約期間	-0.07	0.07	0.05
実績期間	-0.11	0.09	0.07
期間誤差：(実績期間 - 見積期間)÷実績期間	-0.25	-0.09	-0.12
規模誤差：(実績FP - 見積FP)÷実績FP	-0.25	-0.23	<b>-0.31</b>
工数誤差：(実績工数 - 見積工数)÷実績工数	-0.08	0.18	0.11
システム構成：Web系システム=0，クライアントサーバシステム=1	0.02	<b>-0.47</b>	<b>-0.38</b>
サーバOS：Linux=0，Windows2000系=1，その他=欠損値	-0.11	0.28	0.23
ILF比：実績ILF÷実績FP	0.13	-0.26	-0.18
EIF比：実績EIF÷実績FP	<b>-0.65</b>	0.01	-0.26
EI比：実績EI÷実績FP	<b>0.61</b>	0.2	<b>0.41</b>
EO比：実績EO÷実績FP	-0.12	-0.1	-0.1
EQ比：実績EQ÷実績FP	-0.16	0.08	0
画面数比：システムに含まれる画面数÷実績FP	<b>0.34</b>	0.26	<b>0.35</b>
帳票数比：システムに含まれる帳票数÷実績FP	0.07	<b>0.54</b>	<b>0.51</b>
ファイル数比：システムに含まれるファイル数÷実績FP	0.09	0.29	0.29
出荷後欠陥密度：出荷後に発見された欠陥数÷実績FP	<b>0.38</b>	0.11	0.19

**謝辞** 本研究の一部は、「次世代IT基盤のための研究開発」の委託に基づいて行われた。また、本研究の一部は、文部科学省科学研究補助費（若手B：課題番号22700034）による助成を受けた。

### 参考文献

- [1] Y. Liu, H. Cheng, Q. Tang, and E. Eryarsoy: Optimal software pricing in the presence of piracy and word-of-mouth effect, *Decision Support Systems*, vol. 51, no. 1, pp. 99-107, 2011.
- [2] K. Maxwell, and P. Forselius: Benchmarking Software Development Productivity, *IEEE Software* vol. 17, no. 1, pp. 80-88, 2000.
- [3] M. Murtojärvi, J. Järvinen, M. Johnsson, T. Leipälä, and O. Nevalainen: Determining the Proper Number and Price of Software Licenses, *IEEE Trans. on Software Eng.*, vol. 33, no. 5, pp. 305-315, 2007.
- [4] 上野秀剛, 亀井靖高, 門田暁人, 松本健一: 原価率とプロジェクトメトリクスに着目したソフトウェア開発プロジェクトの特徴分析, *プロジェクトマネジメント学会誌*, vol. 12, no. 5, pp. 25-30, 2010.