

外部委託率に着目したソフトウェアプロジェクトの生産性分析

角田 雅照[†] 門田 暁人[†] 宿久 洋[‡] 菊地 奈穂美^{*} 松本 健一[†]

[†] 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科 〒630-0192 けいはんな学研都市

[‡] 同志社大学文化情報学部 〒610-0394 京田辺市多々羅都谷 1-3

^{*} 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

〒113-6591 東京都文京区本駒込 2-28-8 文京グリーンコートセンターオフィス 16 階

E-mail: [†] {masate-t, akito-m, matumoto}@is.aist-nara.ac.jp, [‡] hyadohis@mail.doshisha.ac.jp, ^{*} n-kiku@ipa.go.jp

あらまし 本研究では、ソフトウェア開発プロジェクトにおける調整可能な要因として外部委託率（外部委託工数を全体工数で割った値）に着目し、生産性との関係を明らかにする。情報処理推進機構 ソフトウェア・エンジニアリング・センターによって収集された、ソフトウェア開発企業の 253 プロジェクトの実績データを分析に用いた。分析の結果、外部委託率が高い場合、生産性が低くなる傾向が見られた。

キーワード ソフトウェア開発の生産性、外部委託、平行座標プロット、プロジェクトの規模

Software Productivity Analysis with respect to Outsourcing Ratio

Masateru TSUNODA[†] Akito MONDEN[†] Hiroshi YADOHISA[‡] Nahomi KIKUCHI^{*}
and Ken-ichi MATSUMOTO[†]

[†] Nara Institute of Science and Technology Kansai Science City, 630-0192 Japan

[‡] Faculty of Culture and Information Science, Doshisha University

1-3 Miyakodani, Tatara, Kyotanabe, Kyoto, 610-0394 Japan

^{*} Software Engineering Center, Information-technology Promotion Agency

2-28-8, Hon-Komagome, Bunkyo-ku, Tokyo, 113-6591 Japan

E-mail: [†] {masate-t, akito-m, matumoto}@is.aist-nara.ac.jp, [‡] hyadohis@mail.doshisha.ac.jp, ^{*} n-kiku@ipa.go.jp

Abstract To clarify the relation between controllable attributes of a software development and its productivity, this paper experimentally analyzed 253 enterprise software development projects of software development companies, established by Software Engineering Center (SEC), Information-technology Promotion Agency. In the experiment, as controllable attributes, we focused on the outsourcing ratio of a software project, defined as an effort outsourced to subcontract companies divided by a whole development effort. Our major findings include larger outsourcing ratio yields worse productivity.

Keyword Software Productivity, Subcontract, Parallel Coordinate Plot, Project Size

1. まえがき

ソフトウェア開発プロジェクトにおいて、工数見積もりは人員配置やスケジュールを決定する際の基礎となるものであり、非常に重要である。プロジェクト初期に工数を見積もるには、生産性を考慮に入れる必要があるが、生産性は業種、開発ソフトウェアの種類、開発言語、開発要員数、開発要員のスキルといった要因によって大きく異なる[8]。これまでも、生産性に影響する要因を分析する研究が数多く行われてきた[2][7][8][9]が、業種や開発言語といった要因は、多くの場合、ソフトウェア開発企業が調整できる要因ではない。

本研究では、ソフトウェア開発企業が調整可能な要

因として外部委託率に着目し、生産性との関係を分析した。日本におけるソフトウェア開発の特徴として、外部委託率の高さがあげられるが、外部委託率と生産性の関係の分析の研究はこれまでほとんど行われていない。分析では、複数のソフトウェア開発企業における、計 253 件のプロジェクトを用いた。これは、SEC(ソフトウェア・エンジニアリング・センター)により 2004 年度に収集された、プロジェクト実績データ[10]のサブセットである。

以降、2章で分析に使用したデータの詳細を記す。3章で要因別に生産性の分析を行い、4章で要因間の影響を考慮した詳細な分析を行う。5章で関連研究につい

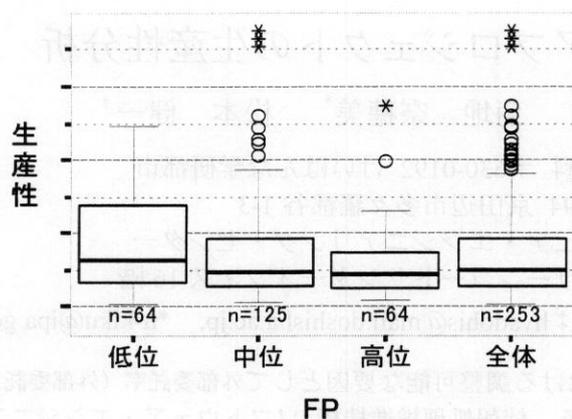


図 1 FP別の生産性

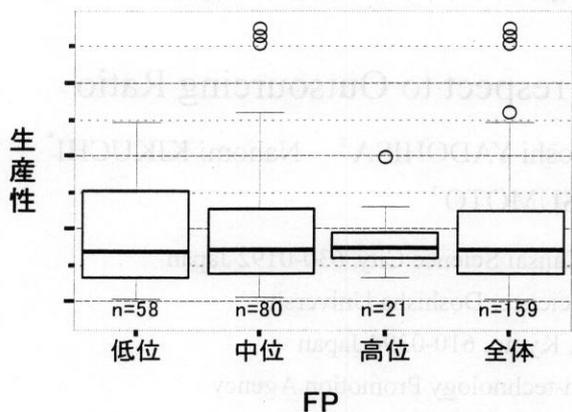


図 2 FP別の生産性(外部委託率=0のみ)

表 1 FP別のP値

値(1)	値(2)	全体	外部委託率=0
低位	中位	0.072	0.789
低位	高位	0.017	0.610
中位	高位	0.296	0.744

て述べ、最後に6章でまとめと今後の課題を述べる。

2. 分析に使用したデータ

分析の母体となるデータは、IPA(情報処理推進機構)/SECによって2004年度に15社から収集された、1009プロジェクトの実績データである。各プロジェクトでは、約400個の変数(メトリクス)が記録されているが、[10]の付録Cのように欠損値を含んでいる。本稿では、生産性はFP(ファンクションポイント)を用いて定義したため、FP規模の値が計測されていないプロジェクトは分析から除外した。また、保守と拡張のプロジェクトを分析から除外し、新規開発と再開発のプ

ロジェクトのみを分析した。これは、新規開発や再開発のプロジェクトと、保守や拡張のプロジェクトのプロセスは大きく異なることが多いためである。上記プロジェクトを除外した253件のプロジェクトを分析に用いた。これらのプロジェクトはすべてウォーターフォール開発であった。

生産性はFP規模を全工程工数(人時)で割った値とした。FPの計測手法はIFPUGが34%、SPRが26%、NESMAが3%、その他の計測手法が31%、計測手法が欠損していたものは5%であった。全工程工数は、システム化計画、要件定義、基本設計、詳細設計、製作、結合テスト、総合テスト(ベンダ確認)、総合テスト(ユーザ確認)、工程が不明確なもの、これら全ての工程の工数を加えたものである。生産性の第1四分位数と第3四分位数を比較すると、約3.3倍の差があった。生産性の分布には大きく偏りがあり、正規分布していなかったため、本研究では平均値ではなく中央値に着目するとともに、検定はノンパラメトリック法を使用する。なお、本稿では、データの守秘契約に基づき、生産性の具体的な数値は示さない。

本研究では、生産性を分析するにあたり、外部委託率に着目した。外部委託工数を全体工数で割った値を外部委託率として定義した。外部委託率はソフトウェア開発企業にとって、(ソフトウェアの規模、アーキテクチャ、業種といった他の要因と比べると)比較的調整可能な要因である。

3. 個別の要因分析

ソフトウェアプロジェクトの生産性に影響を与えると考えられる要因はいくつか存在するが、最も生産性に影響を与えると考えられる要因はプロジェクトの規模である[1][3]。一般に、FP(規模)が大きく異なるプロジェクト間では、開発体制(人員の配置など)が大きく異なっているためである。そこで、外部委託率に加え、規模のメトリクスであるFPの分析も行った。

本研究における分析の方針を述べる。まず個別の要因に着目し、生産性との分析を行い、さらに他の要因の影響を除外して分析を行う。その後、PCP(平行座標プロット)を用いて、複数の要因間の関係を考慮した詳細な分析を行う。

3.1. プロジェクトの規模

外部委託率が生産性に与える影響を分析する前に、FP(プロジェクトの規模)の影響を分析した。一般に、規模が大きくなるほど生産性は低下すると考えられるので、生産性の分析を行うにあたって、まず規模の影響を調べるのが重要となる。FPの第3四分位数は、第1四分位数の4倍程度であった。

分析では、FP規模の大きさによってプロジェクトを

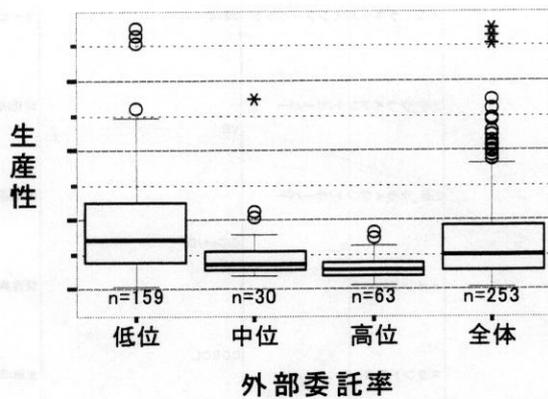


図 3 外部委託率別の生産性

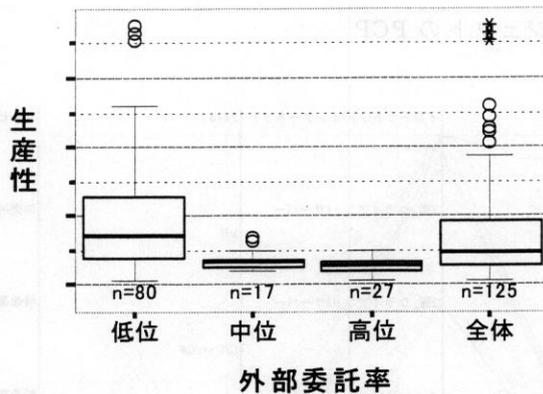


図 4 外部委託率別の生産性(FP=中位のみ)

表 2 外部委託率別の P 値

値(1)	値(2)	全体	FP=中位
低位	中位	3.2E-04	3.9E-04
低位	高位	8.8E-14	1.8E-07
中位	高位	0.002	0.104

3つのグループに分類した。第1四分位数以下のプロジェクトを低位グループ、第3四分位数以上のプロジェクトを高位グループ、残りを中位グループに分類した。

3つのグループの生産性の違いを確認するために、箱ひげ図を用いた。3つのグループ(FP=低位, FP=中位, FP=高位)と、全体(すべてのプロジェクト)の生産性の箱ひげ図を図1に示す。円は外れ値を、星印は極値を表す。図より、生産性の高いプロジェクトが低位グループに多く含まれていることがわかる。低位グループの生産性の中央値は、高位グループの1.4倍であった。生産性の第1四分位数を比較しても、低位グループは

高位グループの1.4倍であった。中位グループの生産性の中央値は、高位グループの1.1倍しかなかった。マン・ホイットニーのU検定を行い、中央値の差を統計的に確かめると、有意水準5%で低位グループと高位グループに有意差があるといえた。表1の「全体」の列にP値を示す。ここで、値(1)と値(2)は検定の際にペアにしたグループを示す。斜体はP値が0.05未満であったことを示す。

次に、外部委託率の影響を除外して分析を行った。これは、FPと外部委託率の相関は非常に高いためである(スピアマンの順位相関係数は0.51であった)。外部委託を行っていないプロジェクトのみを用いて箱ひげ図を描くと図2のようになった。3つのグループの生産性の中央値はほぼ同じであった。中央値の差は統計的に有意でなかった。表1の「外部委託率=0」の列にP値を示す。

分析結果より、今回抽出して使用したデータセットにおいては、プロジェクトの規模が生産性に関係しているとはいえなかった。

3.2. 外部委託率

外部委託率によってプロジェクトを3つのグループに分類した。第1四分位数以下のプロジェクトを低位グループ、第3四分位数以上のプロジェクトを高位グループ、残りを中位グループに分類した。それぞれの生産性の箱ひげ図を描いたものを示す。なお、外部委託率が0のプロジェクトが多数あり、すべて下位グループに含まれている。よって下位グループと高位グループに含まれるプロジェクト数は異なっている。図より、生産性の高いプロジェクトは低位グループに多いことがわかる。低位グループの生産性の中央値は、高位グループの2.6倍であった。中央値の差を統計的に確かめると、全てのグループ間に有意差があった。の「全体」の列にP値を示す。

次に、FPの影響を除外して分析を行った。3.1節で述べたように、FPが大きいプロジェクトは外部委託率が大きい傾向がある。FPが中位のプロジェクトのみの外部委託率別の生産性を示した箱ひげ図をに示す。はと同様の傾向が見られた。中央値の差を統計的に確かめると、低位グループと他のグループとの間に有意差があった。の「FP=中位」の列にP値を示す。

以上より、外部委託率が低いプロジェクトは生産性が高い傾向があるといえる。一般に、外部委託率が高くなると、受発注者間でのコミュニケーションや管理のオーバーヘッドが発生するが、そのため生産性が低目になる可能性があることを示しているとも考えることもできる。ただし、分析結果から、外部委託率を低くするべきであるとは必ずしもいえない。また、自社の

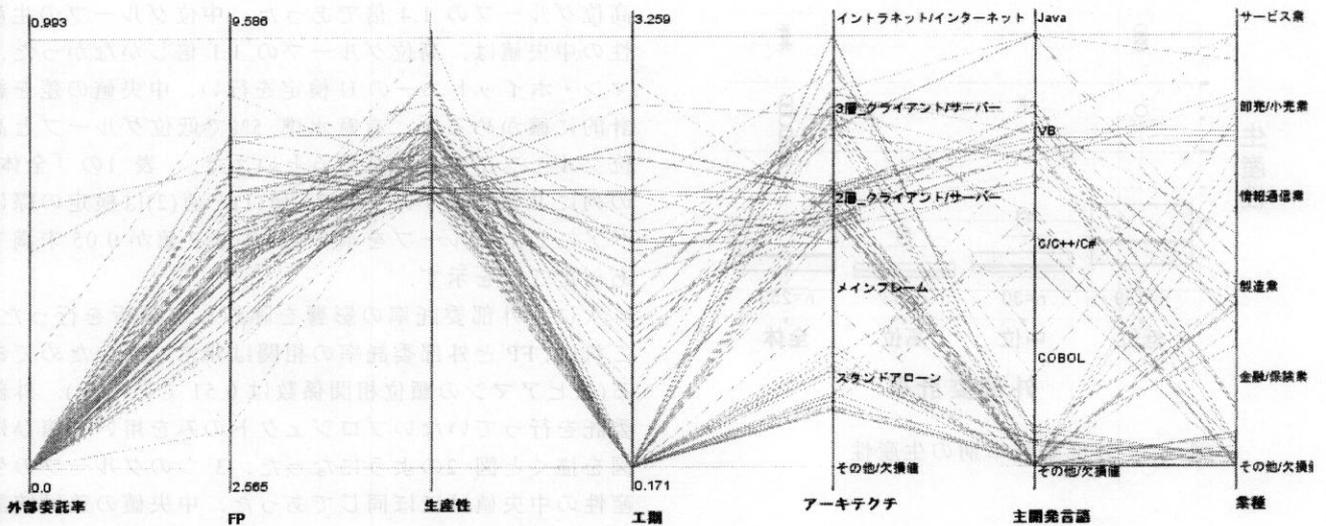


図 5 生産性が高位のプロジェクトの PCP

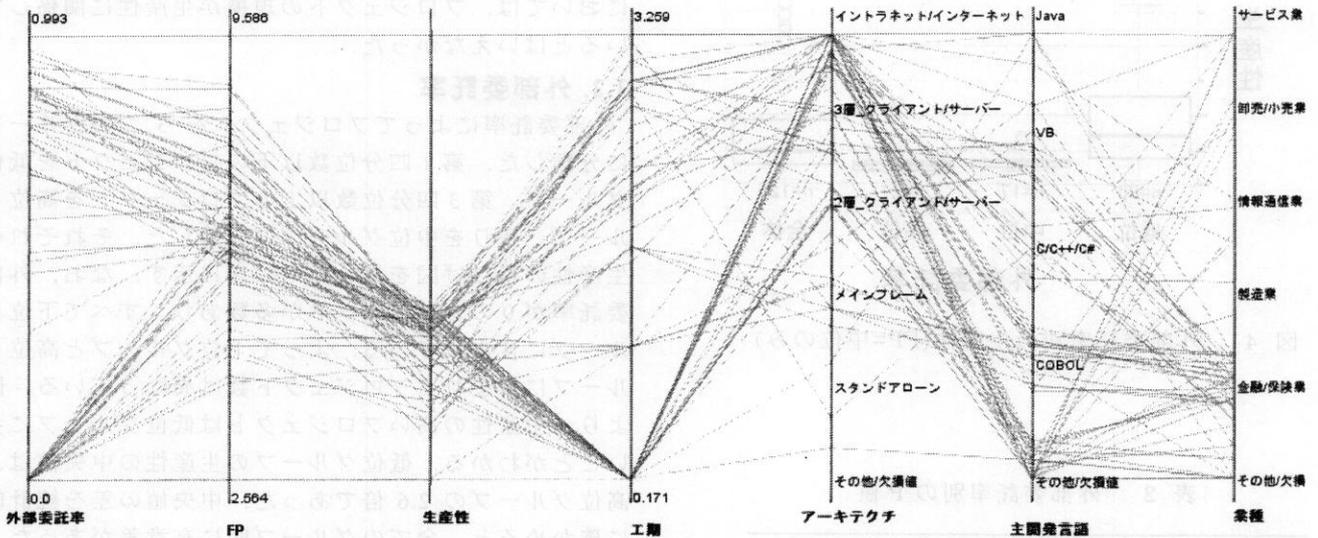


図 6 生産性が低位のプロジェクトの PCP

みで開発しきれないほど大規模システムの場合、外部委託せざるを得ないケースはある。ソフトウェア開発企業は、コストの低減と工数の増加とのトレードオフの関係を考慮する必要があると考えられる。

4. 要因間の影響を考慮した分析

平行座標プロット(PCP)を用い、複数の要因間の関係を分析した。PCPとは、変数間のルールを発見するために、複数の変数の関係を視覚化したものである。平行な軸が各変数を表し、軸の最下部が最小値、最上部が最大値を表す。各ケース(プロジェクト)の値は軸上にプロットされ、線で結ばれる。

予備実験や関連研究を基に、生産性に影響があると考えられる要因を加えて分析を行った。追加した要因

はアーキテクチャ、および工期である。

分析を行うために2つのPCPを作成した。一方は生産性が高位(第3四分位数以上)のプロジェクトのPCP¹⁾、他方は生産性が低位(第1四分位数以下)のプロジェクトのPCP()である。なお、工期の最下部は欠損値である。アーキテクチャ、主開発言語、業種における欠損値は「その他/欠損値」とした。またFP、生産性、工期は対数変換している。

PCPを用いて、変数間の関係に偏りがあるものを特定した。変数間の関係に偏りがあると、分析結果に誤りが生じる[5]。例えばに示すように、生産性が高

¹⁾ PCPはDAVIS[4]を用いて作成した。

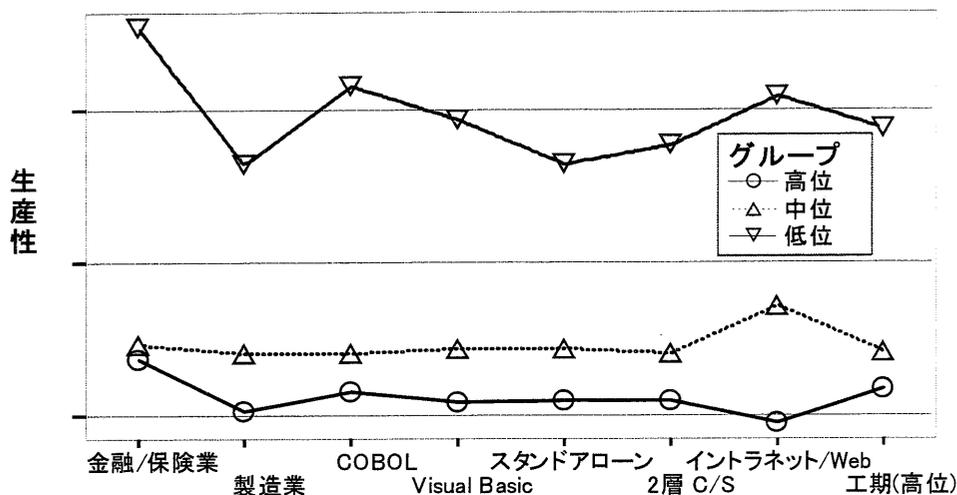


図 7 外部委託率別の生産性の中央値
(各要因を除外した場合)

表 3 外部委託率別の P 値(各要因を除外した場合)

グループ (1)	グループ (2)	金融/ 保険業	製造業	2層 クライアント/ サーバ	COBOL	Visual Basic	金融/ 保険業	製造業	工期
低位	中位	0.005	0.001	0.056	2.4E-06	0.002	2.2E-04	0.002	0.001
低位	高位	2.9E-11	7.5E-11	5.1E-06	1.5E-11	3.8E-11	3.1E-08	1.3E-11	6.4E-09
中位	高位	0.001	0.008	0.058	0.037	0.002	0.235	0.001	0.034

いプロジェクトは外部委託率が低くなっているが、同時にアーキテクチャがスタンドアローンのプロジェクトも多くなっている。すなわち、生産性の高さに関係している特徴は、外部委託率の低さ、アーキテクチャがスタンドアローン、またはその両方である可能性がある。を見ると、生産性が高いプロジェクトは、外部委託率が低い、アーキテクチャにスタンドアローンと2層クライアント/サーバが多い、主開発言語に Visual Basic が多い、業種に製造業が多い、という傾向がある。を見ると、生産性が低いプロジェクトは、外部委託率が高い、FPが高い、工期が長い、アーキテクチャにイントラネット/インターネットが多い、主開発言語に Visual Basic と COBOL が多い、業種に金融/保険業が多い、という傾向がある。

これらの傾向を考慮し、偏りがある要因を1つずつ除外して、外部委託率が生産性に与える影響を詳細に分析した。は3.2節と同様の方法で、外部委託率によってプロジェクトを3つのグループに分類し、各要因を除外した際の生産性の中央値を示したものである。X軸は除外した要因を表し、Y軸は生産性を表す。例えば、において、「金融/保険業」のプロジェクトが除外

された場合、外部委託率が低位のプロジェクトの生産性の中央値は約 0.18 であり、中位と高位の中央値は約 0.07 である。どの要因を除外した場合でも、中央値を比較する限りでは、外部委託率が低いほうが生産性が高かった。中央値の差を統計的に確かめると、金融/保険業を除外した場合の中位と高位の場合以外と、イントラネット/インターネットの場合の中位とその他の場合以外の、全ての組み合わせにおいて有意差があった。P 値を示す。イントラネット/インターネットを除外した場合、外部委託率が中位のプロジェクト数は8件となったが、P 値は有意水準に近い値となっている。この分析結果は、外部委託率が高いと生産性が低くなる傾向があるという、3.2節の分析結果に近い。

5. 関連研究

Maxwellら[8]やPremrajら[9]は、Software Technology Transfer Finland (STTF)が収集したフィンランドのデータを用いて、業種が生産性に与える影響を分析している。Locanら[6]は International Software Benchmarking Standards Group (ISBSG)のデータを用いて、業種別の生産性を示している。これらの研究では、製造業の生産

性が高く、金融/保険業の生産性が低くなっている。SECのデータセットにおいても、これらの研究と同様の傾向が見られた。

Blackburnら[2]は、要求定義工程比率(要求定義工程の工数を全体の工数で割った値)が生産性に与える影響を分析している。Blackburnらは、要求定義工程比率の高さは、製造工程における生産性を高めることを示している。工程の比率はソフトウェア開発プロジェクトにおいて調整可能な要因であると考えられるため、今後分析する必要があると考えられる。

6. まとめ

本研究では、ソフトウェア開発プロジェクトにおける、外部委託率の生産性に与える影響を分析した。外部委託率の低いプロジェクトは生産性が高い傾向であることを示した。今後の予定は他の要因の影響を分析することである。

謝 辞

本研究の一部は、情報処理推進機構ソフトウェア・エンジニアリング・センターとの共同研究に基づいて行われた。本研究の一部は、文部科学省「e-Society 基盤ソフトウェアの総合開発」の委託に基づいて行われた。

文 献

- [1] R. Banker, H. Chang, and C. Kemerer, "Evidence on economies of scale in software development," *Information and Software Technology*, Vol.36, No.5, pp.275-282, 1994.
- [2] J. Blackburn, G. Scudder, and L. Wassenhove, "Improving Speed and Productivity of Software Development: A Global Survey of Software Developers," *IEEE Trans. on Software Eng.*, Vol.22, No.12, pp.875-885, 1996.
- [3] B. Boehm, *Software Engineering Economics*. Prentice Hall, 1981.
- [4] M. Y. Huh, K. Song, "DAVIS: A Java-based Data Visualization System," *Computational Statistics*, Vol.17, Issue 3, pp.411-423, 2002.
- [5] B. Kitchenham, "A Procedure for Analyzing Unbalanced Datasets," *IEEE Trans. on Software Eng.*, Vol.24, No.4, pp.278-301, 1998.
- [6] C. Lokan, T. Wright, P. Hill, and M. Stringer, "Organizational Benchmarking Using the ISBSG Data Repository," *IEEE Software*, Vol.18, No.5, pp.26-32, 2001.
- [7] K. Maxwell, L. Wassenhove, and S. Dutta, "Software Development Productivity of European Space, Military, and Industrial Applications," *IEEE Trans. on Software Eng.*, Vol.22, No.10, pp.706-718, 1996.
- [8] K. Maxwell, and P. Forselius, "Benchmarking Software-Development Productivity," *IEEE Software*, Vol.17, No.1, pp.80-88, 2000.
- [9] R. Premraj, M. Shepperd, B. Kitchenham, and P.

Forselius, "An Empirical Analysis of Software Productivity over Time," In Proc. of 11th IEEE International Software Metrics Symposium (METRICS'05), Como, Italy, pp.37, Sep., 2005.

- [10] 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, "ソフトウェア開発データ白書 2005", 日経 BP 社, 東京, 2005.