

工期の厳しさに関連する要因の分析

奈良先端科学技術大学院大学
門田 暁人

株式会社日立製作所
馬嶋 宏

NECソフト株式会社
増田 浩

沖電気工業株式会社
羽田野 尚登

株式会社アルゴ21
磯野 聖

SEC研究員
内海 昭

SEC研究員
菊地 奈穂美

株式会社NTTデータ
服部 昇

三菱電機インフォメーション
システムズ株式会社
細谷 和伸

株式会社日立システム
アンドサービス
森 和美

本稿では、「ソフトウェア開発データ白書2006」[SEC2006]記載のプロジェクトのうち大規模（1,000FP以上）のものを対象とし、開発期間（工期）の厳しさとプロジェクト特性の関係を統計的に分析した。その結果、開発計画時に決まる特性のうち、工期の厳しさに影響を与えるものは、開発規模、主開発言語、アーキテクチャであった。これらの要因については、(1) 規模が大きいほど工期が厳しい、(2) COBOLはVBより工期が厳しい、(3) 2層C/Sは他のアーキテクチャより工期が厳しくない、ことが確認できた。また、開発の進行に従って決まる特性のうち、工期の厳しさから影響を受けるものは、平均要員数、生産性、工数であった。これらの要因については、(1) 工期が厳しいプロジェクトほど平均要員数が多い、(2) 工期の厳しいプロジェクトでは高い生産性を達成したケースが存在しない、(3) 工期の厳しいプロジェクトでは著しく大きな工数がかかる場合がある、ことが確認できた。

1. はじめに

本稿は、2006年度IPA/SECエンタプライズ系タスクフォース定量データ分析部会WG3において、工期の厳しさとトレードオフの関係にある要因の調査を行うという課題に対し、著者らの委員が共同で分析と検討に取り組んだ成果をまとめたものである。

ソフトウェア開発において、開発すべき成果物の規模が大きいほど、開発に必要な期間（工期）も一般に長期化する。一方で、ビジネス上の都合など、開発を取り巻く環境によっては、短期間で大規模開発を行う、いわゆる「工期の厳しい」プロジェクトが立案される場合があ

る。しかし、従来、こういった要因が工期の厳しさに影響を与え、また影響を受けるかについて、定量的な分析はほとんど行われていない。

そこで、本稿では、工期の厳しさに関連する要因について、SEC収集データ[SEC2006]を用いて、統計的分析を行った結果を報告する。

2. 分析対象データ

分析対象となるプロジェクトは、「SEC収集データ」に記載の1,419件のうち、次の条件を満たす91件である。

- ・新規開発プロジェクトである。
- ・開発5工程の工数が計測されている（欠損値を含まない）。開発5工程とは、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）の各工程を指す。
- ・FP計測手法が明確である。
- ・規模が1,000FP以上である。
- ・FP、工期、工数に欠損値を含まない。

分析対象を、規模の大きなプロジェクト（1,000FP以上）に限定した理由は、規模の小さなプロジェクトほど不確定要素が多く、生産性にも大きなばらつきが見られ[SEC2006]、一般性の高い結果を得ることが難しいと想定されたため、また、規模の大きなプロジェクトについての知見を得ることが、多くの企業にとってより重要であると考えたためである。

3. 開発速度に基づく予備分析

工期の厳しさについての最もシンプルな捉え方は1ヶ月

当たりの開発規模 (FP) が大きいほど工期が厳しいとみなすことである。予備分析では、この考え方に基づいて次式のように定義する。

$$\text{工期の厳しさ} = \text{FP} \div \text{工期 (月数)}$$

この指標は、speed of deliveryとも呼ばれ、開発速度を示す尺度として従来用いられている[ISBSG]。値が大きいほど、開発スピードが速い反面、工期は短い(厳しい)といえる。

分析対象プロジェクト(91件)を開発規模(FP)の大きさに応じて4等分し、工期の厳しさ(開発速度)との関係を箱ひげ図により分析した(図1)。図中、箱の上端は(値が大きい方から数えて)上位25%に相当するデータの位置を示し、下端は下位25%の位置を示す。箱の中の横線は中央値である。また、箱から出ている「ひげ」の上端は最大値を、下端は最小値を表す。ただし、外れ値とみなせるデータは、ひげの外側の丸印や*印として表される。詳しくは、文献[SEC2006]の157ページを参照していただきたい。

図1に示すように、規模と開発速度は強い関係があり、規模が大きくなるほど工期が厳しくなる。すなわち、システム全体の規模が大きくなるほど1ヶ月当たりの開発規模も大きくなる傾向が見られた*1。特に、規模の大き

な上位25%のプロジェクト(2,885FP以上)では、著しく工期の厳しいケースが数多く見られた。

この結果は、開発規模が倍になっても工期は倍にはならず、短めに設定される傾向にあることを示している。また、顧客の要求する開発規模には上限がないが、工期には上限があることも示唆している。

現実的な観点からは、開発期間が規模に比例して大きくなるという前提で工期の厳しさについて議論するのではなく、開発期間は規模が大きくなるほど(規模に比べて)短めに設定されるという前提でさらなる分析を行うことが望ましいといえる。

4. 適正工期に基づく分析

4.1 工期の厳しさの定義

前章での分析からもわかるように、現実的な工期(適正工期と呼ぶ)は、開発規模に比例して決まるわけではない[PUTNUM2005]。Boehm[BOEHM1981]によると、適正工期は、開発工数に応じて決まり、開発工数の概ね3乗根に比例することが知られている。このことは、Putnumなど他の研究者によっても確認されている[PUTNUM1978]。

そこで、図2に示すように、Boehmによる適正工期の

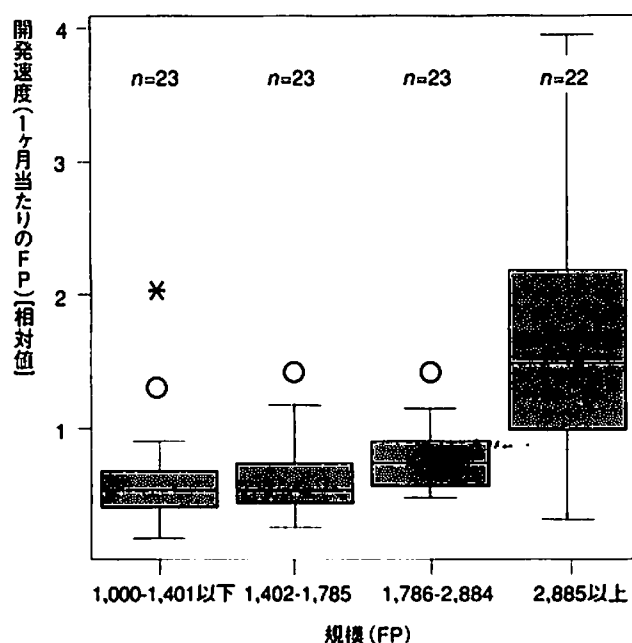


図1 開発速度 (FP÷工期) と規模の関係

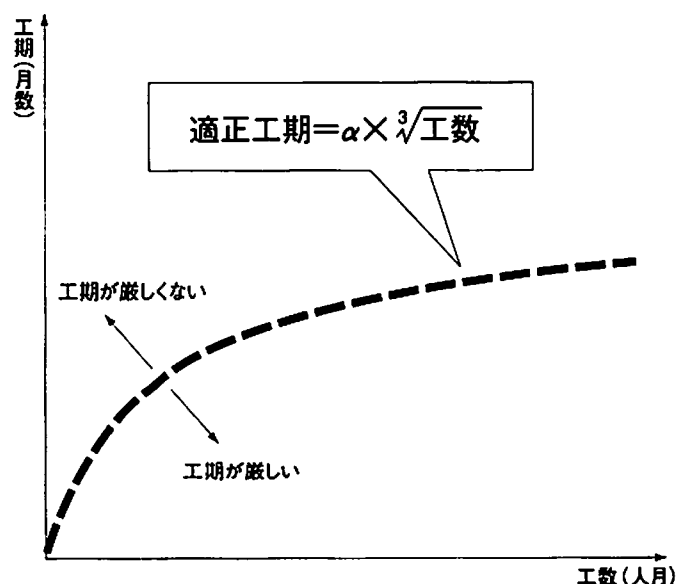


図2 適正工期による工期の厳しさの捉え方

*1 開発速度 (FP÷工期) の定義の分子に規模 (FP) が含まれるため、開発速度と規模との間に何らかの関係があることは一見自明であるが、規模が開発速度に対してプラスに働くのかマイナスに働くのか、また、線形に働くのか非線形に働くのかは、式だけでは明らかでなく、定量的な分析が必要である。

式をもとにして想定される適正工期よりも短期の開発の場合に工期が厳しいとみなすことにする。この場合の工期の厳しさは、適正工期に対する実工期の比として表すことができ、次のように定義できる。

$$\begin{aligned} \text{適正工期} &= a \times \sqrt[3]{\text{工数}} \\ \text{工期の厳しさ} &= \text{工期} \div \text{適正工期} \\ &= \text{工期} \div (a \times \sqrt[3]{\text{工数}}) \\ &= \text{工期} \div \sqrt[3]{\text{工数}} \quad \dots a=1 \text{とした場合} \end{aligned}$$

この定義では、値が小さいほど工期が厳しいことを意味する。 a は未知数であるが、本稿では便宜上 $a=1$ と定める。このように定めたとしても、工期の厳しさ(の大小)に影響する要因の分析においては問題とはならない。

4.2 分析方法

(1) プロジェクト特性の選定

分析対象としたプロジェクト特性を表1に示す。表1(a)は、開発計画時(もしくは、開発の初期段階)に決

まるプロジェクト特性を示しており、工期の厳しさに影響を与える要因の候補である。一方、表1(b)は、開発が進むに従って決まる(もしくは、開発終了時に確定する)プロジェクト特性を示しており、工期の厳しさから影響を受ける要因の候補である。これら以外にもプロジェクト特性は多数あるが、本稿では、次の条件により分析対象とするプロジェクト特性及び名義尺度についてはカテゴリを選定した。

- 2つ以上のカテゴリで10件以上のデータのある特性
例:「業務パッケージの利用」という特性は、「有り」カテゴリが8件、「無し」カテゴリが70件なので、分析対象としなかった。
- データ数の少ない(5件以下)カテゴリは分析から除外する、もしくは、「その他」カテゴリに含める。
例:主開発言語=Perl、Pro*Cなどは5件以下なので「その他の言語」に含めた。また、スタンドアロンとメインフレームは2件ずつしかないので分析から除外した。
- 平均要員数は、総開発工数÷工期により求めた値を用いた。

表1 分析対象のプロジェクト特性

(a) 開発計画時に決まるプロジェクト特性

プロジェクト特性	尺度	説明
業種	名義	製造、卸売、金融、サービス、その他
主開発言語	名義	COBOL、VB、Java、PL/SQL、Developer 2000、その他
アーキテクチャ	名義	2層クライアントサーバ(C/S)、3層C/S、イントラネット/インターネット
要求仕様の明確さ	順序	かなり明確、やや曖昧、非常に曖昧
FP(見積値)	比例	ファンクションポイント

表2 分散分析の結果

(a) 開発計画時に決まるプロジェクト特性

プロジェクト特性	有意確率p	寄与率
主開発言語	0.004	15.5%
アーキテクチャ	0.022	6.6%
要求仕様の明確さ	0.238	2.3%
業種	0.218	2.2%
FP	0.889	0

(b) 開発が進むに従って決まる特性

プロジェクト特性	尺度	説明
工数	比例	開発総工数実績値(人月)
不具合密度	比例	1FP当たりの発生不具合密度
生産性	比例	FP÷工数
平均要員数	比例	工数÷工期

(b) 開発が進むに従って決まる特性

プロジェクト特性	有意確率p	寄与率
平均要員数	0.000	29.2%
生産性	0.001	15.4%
工数	0.021	7.5%
不具合発生密度	0.401	0

②分析の手順

表1 (a) の各特性が工期の厳しさに与える影響を分析するにあたって、一元配置分散分析を用いて、有意確率 p と寄与率 (調整済み寄与率 ω^2) を導出した^{※2}。ただし、表1 (a) の特性のうちFPは比例尺度であり、そのままでは分散分析が行えないため、名義尺度に変換してから分析を行った。具体的には、値の大きさに応じて4つのカテゴリ (下位25%、下位25~50%、上位25~50%、上位25%) に変換した。この変換により、表1 (a) の他の特性と同様に寄与率を求めることが可能となる。

一方、表1 (b) の各特性が工期の厳しさから受ける影響を分析するにあたっては、工期の厳しさを名義尺度に変換 (上記と同様に4つのカテゴリに分割) し、比例尺度である各特性との関係を分散分析により分析した。

4.3 分析結果

(1) 工期の厳しさに影響を与える要因

分散分析の結果を表2に示す。表2 (a) は開発計画時に決まるプロジェクト特性についての結果である。工期の厳しさと有意な関係 ($p < 0.05$) の見られた特性は、主開発言語 (寄与率15.5%) とアーキテクチャ (寄与率6.6%) の2つである。残りの3つ (要求仕様の明確さ、業種、FP) については、有意な関係は見られなかった。ただし、FPについては、第3章で示したように開発速度

とは強い関係があり、FPが大きいほど開発速度が速くなる (1ヶ月当たりの開発規模が増える) 点に留意されたい。

これらの特性のうち有意な関係が見られたものについて、箱ひげ図を用いた詳細な分析を次に示す。

①主開発言語

図3に示されるように、主開発言語がCOBOLの場合に、工期が厳しい傾向にあった。特に、VBと比べて明確な差が見られた。1つの解釈として、COBOLとVBではシステムの性質が異なり、COBOLのシステムのほうが品質に対する要求がより厳しいために工期が厳しくなったのではないかと推測される。

②アーキテクチャ

図4に示されるように、アーキテクチャが2層C/Sの場合に、工期が厳しくない傾向にあった。さらなる分析の結果、2層C/Sのプロジェクトは、古い年代 (1998~2000年) に開発が終了したケースが多く含まれていたのに対し、3層C/Sは2001年以降、イントラネット/インターネットは2002年以降のケースしか含まれていなかった (ただし、開発終了年が欠損値のものも存在する)。1つの解釈として、古い年代ほど、業界全体として工期の厳しくないプロジェクトが多かった可能性がある。今後、開発年と工期の厳しさの関係について、より詳しい調査が望まれる。

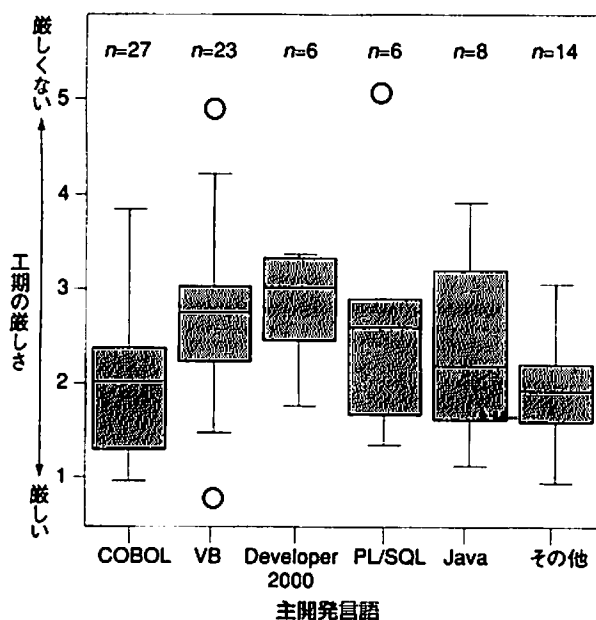


図3 主開発言語と工期の厳しさの関係

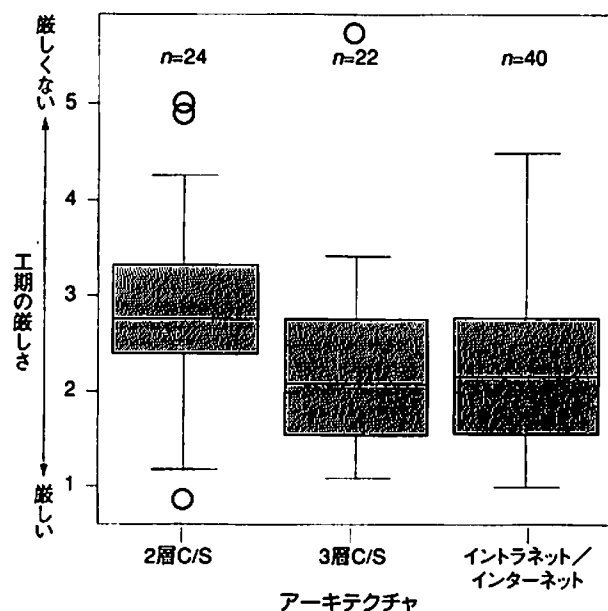


図4 アーキテクチャと工期の厳しさの関係

※2 分散分析の適用は、目的変数が正規分布に従うことが前提となるが、本稿では、簡便のため、変数の正規性を考慮せずに分散分析を行っている。そのため、得られた有意確率 p は誤差を含む点に留意願いたい。ただし、本稿では1,000FP以上のプロジェクトを分析対象としているため、値の分布が極端に小さな方に偏っていることはなく、結論が変わるほどの誤差は含まないと考える。

(2) 工期の厳しさから影響を受ける要因

開発が進むに従って決まるプロジェクト特性についての分散分析の結果を表2 (b) に示す。工期の厳しさと有意な関係 ($p < 0.05$) の見られた特性は、平均要員数 (寄与率29.2%)、生産性 (寄与率15.4%)、工数 (寄与率7.5%) の3つである。不具合発生密度については、欠損値が多いこともあり、有意な関係が見られなかった。有意な関係が見られたものについて、箱ひげ図を用いた詳細な分析を次に示す。

①平均要員数

平均要員数は、工期の厳しさと最も関連の強いプロジェクト特性であり、その寄与率は29.2%と高かった。図5に示されるように、工期の厳しいプロジェクトほど、平均要員数のばらつき、中央値ともに大きく、50人を超えるようなケースも多くみられた[※]。

工期が厳しいプロジェクトほど、より多くの開発要員を割り当てて納期を守ろうとしている様子が見えがえる。一般に、平均要員数が著しく多いと、プロジェクト失敗のリスクも高まるため、極端な工期の厳しさはプロジェクト失敗のリスクに直結するといえる。

②生産性

図6に示されるように、工期の厳しいプロジェクト群 (左端の箱ひげ図) の中には、高い生産性を達成したケースは含まれていなかった。高い生産性を達成するためには、工期に無理がないことが前提となるといえる。

③工数

図7に示されるように、工期の厳しくないプロジェクト群 (右端の箱ひげ図) では、大きな工数を要したプロジェクトがほとんど見られなかった。工期の厳しいプロジェクトでは、著しく大きな工数がかかる場合があるといえる。

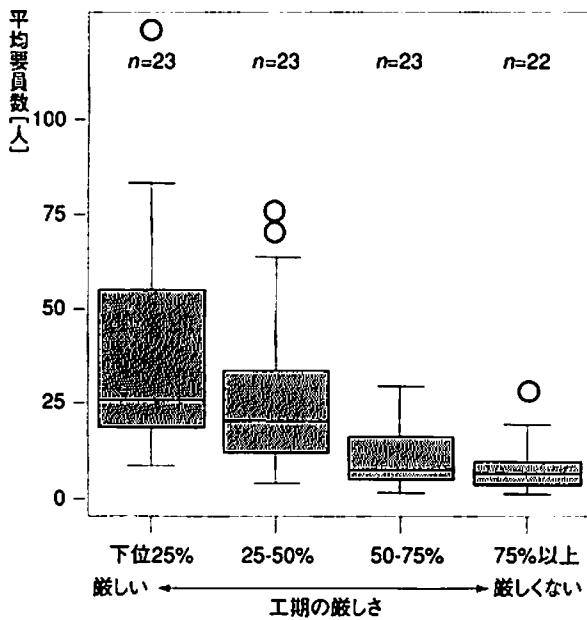


図5 平均要員数と工期の厳しさの関係

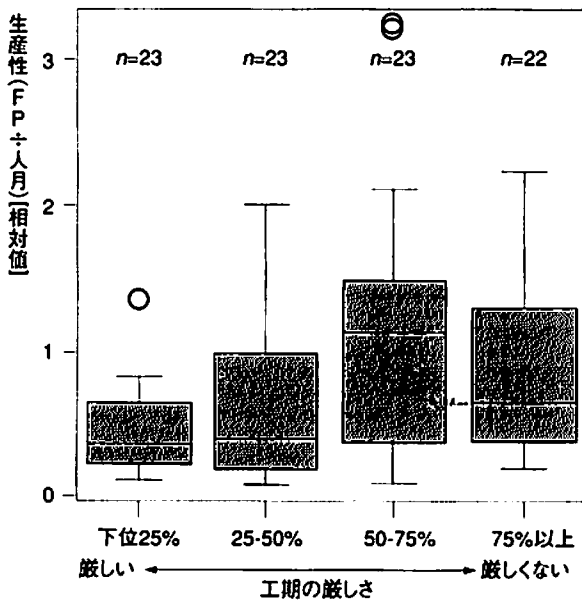


図6 生産性と工期の厳しさの関係

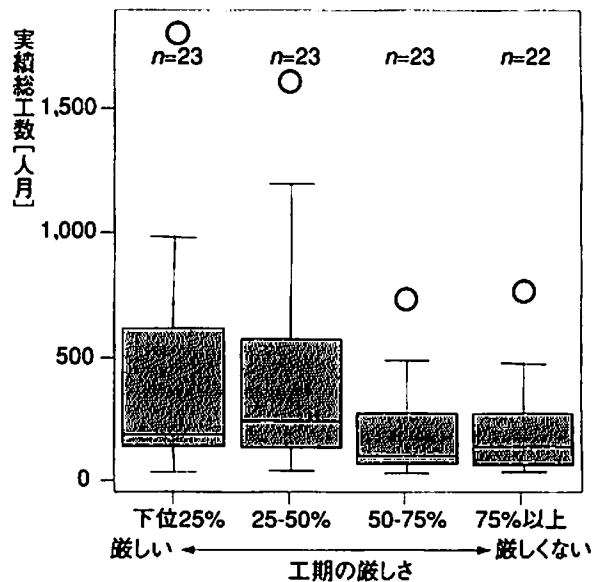


図7 工数と工期の厳しさの関係

※3 工期の厳しさ(工期÷工数の3乗根)と平均要員数(工数÷工期)との関係は、式の定義から一見自明であるが、複数のプロジェクトを比較する場合においては、それぞれ開発規模が異なるため、平均要員数が大きいプロジェクトほど必ず工期が厳しい等の関係は自明ではない(紙面の都合上説明は省略するが、図5の4つの箱に重なりがあることから分かる)。そのため、本稿のような定量的分析には意義がある。

4.4 考察

プロジェクトの計画立案時に工期を決定する場合、前節で得られた結果について、ユーザ企業とベンダ企業の双方が共通認識を持つことが重要であると考えられる。例えば、計画として工期を標準（適正工期）よりも短縮する場合には、開発要員一人当たりの生産性が低く抑えられる（図6）。そのため、1FP当たりの開発要員をより多く投入する必要がある、標準的な工期で開発した場合よりも、トータルではより多くの工数を要することとなる。計画立案時には、このトレードオフを理解した上で、短工期を要件に含めるかどうかを検討する必要がある。

一方、工期を極度に長くし、非常に緩やかな工期で開発することで工数の削減が見込めるようにも思われるが、図6の結果から、工期が緩やか過ぎても生産性向上の効果は見られない。そのため、短工期を要件としない開発においても、適正工期を見極めることが重要であるといえる。

期が厳しいプロジェクトほど平均要員数が多い、工期の厳しいプロジェクトでは高い生産性を達成したケースが存在しない、工期の厳しいプロジェクトでは、著しく大きな工数がかかる場合があることなどが示された。

なお、本稿の分析対象プロジェクトは91件とやや少ないため、結果の一般性を高めるためには、今後、より多くのプロジェクトを用いた分析を行う必要がある。また、いくつかの要因（例えば、平均要員数と生産性）は独立ではないため、複数の要因間関係を考慮した分析を行うことが今後の課題となる。

5. まとめ

本稿では、「ソフトウェア開発データ白書2006」[SEC2006]記載のプロジェクトのうち大規模（1,000FP以上）のものを対象とし、工期の厳しさに影響を与える要因、及び工期の厳しさから影響を受ける要因のそれぞれを統計的に分析した。

1ヶ月当たりの開発規模（FP）が大きいほど工期が厳しいとみなす予備分析では、規模が大きくなるほど工期が指数的に厳しくなる傾向が見られた。特に、規模の大きな上位25%のプロジェクト（2,885FP以上）では、著しく工期の厳しいケースが数多く見られた。

次に、現実的な工期（適正工期）が開発工数の概ね3乗根に比例することを前提とし、想定される適正工期よりも短期の開発の場合に工期が厳しいとみなして、より詳細な要因分析を行った。分析の結果、工期の厳しさに影響を与える要因として、主開発言語とアーキテクチャが有意であり、COBOLはVBより工期が厳しいこと、2層C/Sは他のアーキテクチャより工期が厳しくないことなどが示された。また、工期の厳しさから影響を受ける要因として、平均要員数、生産性、工数が有意であり、工

参考文献

- [BOEHM1981] W. Boehm : Software engineering economics, Prentice-Hall, 1981
- [ISBSG] ISBSG Information : Speed of Delivery, <http://www.isbsg.org/isbsg.nsf/weben/Speed%20of%20Delivery>
- [PUTNUM1978] L.H. Putnum : A general empirical solution to the macro software sizing and estimation problem, IEEE Transactions on Software Engineering, Vol. SE-4, pp. 345-361, July 1978
- [PUTNUM2005] L.H. Putnum and Ware Myers : 初めて学ぶソフトウェアメトリクス, 日経BP社, 2005
- [SEC2006] IPA SEC : ソフトウェア開発データ白書2006, 日経BP社, 2006