

修士論文

ソフトウェア開発プロセスにおける
定量的管理指標の導入支援

引地 一将

2006年 2月 2日

奈良先端科学技術大学院大学
情報科学研究科 情報システム学専攻

本論文は奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科に
修士(工学) 授与の要件として提出した修士論文である。

引地 一将

審査委員： 松本 健一 教授 (主指導教員)
西谷 紘一 教授 (副指導教員)
飯田 元 教授 (副指導教員)
門田 暁人 助教授 (副指導教員)

ソフトウェア開発プロセスにおける 定量的管理指標の導入支援*

引地 一将

内容梗概

ソフトウェア開発プロセスの管理と改善の一手段として定量的管理がある。定量的管理とはプロセス中で定量的に測定されたデータから得られる管理指標に基づいて開発プロセスを管理することであるが、実践に際しては、測定データや指標に対する十分な理解やデータ測定や利用のための適切な計画立案が必須である。

本研究では、ソフトウェア開発プロセスに対する定量的管理指標の導入を支援する手法を提案する。本手法では、EPDG+ (Electronic Process Data Guidebook Plus) と呼ぶシステムを用いて、プロジェクトで利用する管理指標の選択や、必要となる測定や分析活動の作業計画への組み込み・確認作業などを支援する。

本論文ではまず、EPDG+全体の設計について述べる、次に、あるソフトウェア開発企業での複数プロジェクトに対する管理指標の利用状況調査の結果から見いだされた、管理指標の選択と利用に影響するプロジェクト特性を考察する。さらに、この調査結果をもとに、EPDG+で提供すべき支援情報についての、より具体的な検討結果と、それに基づくEPDG+の試作について述べる。

キーワード

ソフトウェアプロセス, ソフトウェアメトリクス, 定量的プロセス管理,
プロセステラリング

*奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科情報システム学専攻修士論文,
NAIST-IS-MT0451098, 2006年 2月 2日.

Assistance to Incorporation of Quantitative Management Indicator to Software Development Processes*

Kazumasa Hikichi

Abstract

Quantitative management is a way to control and improve software development processes. Quantitative management aims to control development processes by using indicators derived from quantitative data that is measured in the processes. When practicing it, both of sufficient understanding of indicators and appropriate planning for data collection / utilization are needed.

In this research, a framework to assist systematic incorporation of quantitative management indicators to software development projects is proposed. EPDG+ (Electronic Process Data Guidebook Plus), a supporting tool that helps process tailoring in selection of indicators, integration of activities for measurement and analysis, and confirmation of resulting project plans.

This paper describes the outline of the EPDG+ system, an industrial multi-project survey for investigations of influence factors to indicator selection and utilization, discussion on supportive information to be provided by EPDG+ system, and prototyping of EPDG+.

Keywords:

Software Process, Software Metrics, Quantitative Process Management,
Process Tailoring

*Master's Thesis, Department of Information Systems, Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology, NAIST-IS-MT0451098, February 2, 2006.

目次

1. はじめに.....	1
2. 関連研究および規格	3
2.1. CMMI.....	3
2.1.1. 関連するプロセス領域	6
2.2. ISO/IEC9126 規格	6
2.3. ISO/IEC15939 規格	7
3. 定量的管理.....	10
3.1. 定量的管理の流れ	11
3.2. 定量的管理における実践課題	12
3.3. テーラリング作業における支援の必要性	12
4. 管理指標の利用実態調査.....	14
4.1. 調査概要	14
4.1.1. 対象とした組織標準管理指標	14
4.1.2. 利用したアンケートの内容	15
4.1.3. サンプルプロジェクト	16
4.2. 調査結果の分析	17
4.2.1. 対象業種別の結果分析	17
4.2.2. 開発規模別の結果分析	19
4.2.3. 計画者の経験別の結果分析.....	21
4.3. アンケート結果考察	25
4.3.1. アンケート結果のまとめ(特徴 A～特徴 I)	25
4.3.2. 支援機能の考察.....	26
4.3.3. アンケート結果のまとめと考察(特徴 J～特徴 L)	27
5. 立案支援システムの提案	29
5.1. 概要	29
5.2. 前提条件	29
5.3. テーラリング支援機能	31
5.3.1. 管理指標の選択支援機能	32
5.3.2. 測定作業の確認支援機能	32

5.3.3. 依存関係の確認支援機能	33
5.3.4. 詳細情報の提示機能	33
6. 立案支援システムの試作	36
6.1. 概要	36
6.2. システムの画面構成	36
7. 考察	39
7.1. 提案システムに関して	39
7.2. 指標の利用実態調査に関して	40
7.3. システムの試作に関して	40
8. おわりに	42
謝辞	44
参考文献	46
付録	49
付録 A 利用実態調査で利用したアンケート用紙	49
付録 B システムで利用するデータファイル	51

図目次

図 1 CMMI 段階表現の構造	4
図 2 CMMI 連続表現の構造	5
図 3 測定情報モデル	9
図 4 定量的管理の流れ	10
図 5 管理指標の利用状況(対象業務別)	18
図 6 管理指標の利用状況(開発規模別)	20
図 7 管理プロセスのテーラリング作業	30
図 8 提案システムの利用シナリオ	32
図 9 EPDG+システムの実行画面	37
図 A1 アンケート用紙(一部省略)	50
図 B1 DTD ファイル(EPDGPlus.dtd)	51
図 B2 XML ファイルの例(EPDGPlus.xml)	54

表目次

表 1 ソフトウェアの品質特性一覧	7
表 2 指標番号と利用分類の対応表	15
表 3 アンケートの選択肢一覧	16
表 4 管理指標の利用状況(小規模:計画者の経験別)	23
表 5 管理指標の利用状況(大規模:計画者の経験別)	24
表 6 組織標準管理指標の一例	29
表 7 導出測定量の構成要素一覧	34
表 8 基本測定量の構成要素一覧	35

1. はじめに

近年、我々の日常生活は多くのソフトウェアに依存しており、社会においてソフトウェアは非常に重要な役割を担っている。そして今後もソフトウェアへの依存度はさらに高まり、その重要性はますます増大していくことが予想される。しかしその一方で、ソフトウェアの開発サイクルは短くなる傾向がある。そのため、ソフトウェアの質や生産性の向上を目的とするプロセス改善が注目され、様々なフレームワークや方法論が提案された。例えば、CMU/SEI (Carnegie Mellon University / Software Engineering Institute : カーネギーメロン大学 ソフトウェア工学研究所) の CMM (Capability Maturity Model) [1]や、その後継である CMMI (CMM Integration) [2]などが挙げられる。これらは品質管理や進捗管理などの改善・効率化のためのフレームワークとして、すでに多くの開発組織において取り入れられ、実践が進められている。

これらプロセス改善のためのフレームワークの多くにおいては、よりの確な意思決定や早期のリスク要因の特定のために、定量的管理が重要であるとされている。ソフトウェア開発における定量的管理とは、定量的データを基にして得られる管理指標を用いて、品質や進捗などの管理を行うことを指す。一般に定量的管理を実践する場合は、プロジェクトの計画時に、個々のプロジェクトの持つ特性に応じて利用する管理指標を選択し、さらにそれらの管理指標を得るために必要となる定量的データの測定と分析活動を適切に計画することが必要である。

例えば CMMI における成熟度レベル3のような、ある程度成熟したにソフトウェア開発組織は、通常組織内でプロジェクト管理のために利用する管理指標のセットを独自に定義している。したがって、そのような組織における定量的管理計画の立案作業では、利用する管理指標の理解や、プロジェクトの特性に応じた管理指標の取捨選択、そして定量的データの測定と分析活動の計画立案が計画者に求められる。しかし、管理指標やそれに必要とされる定量的データに関して、十分な知識のない経験の浅い計画者にとっては、これらの立案作業に大きな困難が伴う。

そこで本研究では、定量的管理を計画および実行するために、プロジェクトの計画立案者を支援することを目的としたシステム EPDG+ (Electronic Process

Data Guidebook Plus) の提案を行う。EPDG+は、ソフトウェア開発プロジェクトの計画時に、組織において標準化されている管理指標の一覧から、個々のプロジェクトの特性を基に適切な管理指標を抜き出し、システムの利用者である計画者にそれを提示する機能、そして選択された管理指標が必要とする測定と分析活動を、エンジニアリングプロセスへと統合する作業を支援する機能を持つ。

また本研究では、EPDG+システムを開発することを目的として、計画立案作業における潜在的なニーズや要求について議論するために、あるソフトウェア開発組織における管理指標の現在の利用状況について、アンケート形式の調査も実施した。

本章以下、第2章では関連する研究および規格について述べる。第3章では、本研究が導入を支援する定量的管理について、その基本的な作業の流れや実践課題、支援の必要性について述べる。第4章では、定量的管理の導入を支援するためのシステム EPDG+を提案し、それが持つべき支援機能について述べる。第5章では、実際のソフトウェア開発組織における定量的管理の実態を調査し、提案システムの支援機能について考察する。第6章では、提案システムの試作について述べる。第7章では、提案システムや、実態調査についての考察を述べる。最後に、第8章で本研究のまとめと今後の課題について述べる。

2. 関連研究および規格

定量的データに基づくソフトウェア開発の進捗管理や品質管理の改善・効率化は、生産性や品質の向上に直接的に影響する要素であるため、これまでも盛んに研究が行われている。その代表的なものに、Basili らの GQM (Goal-Question-Metric) パラダイム[3], McGarry らの PSM (Practical Software Measurement) [4][5]などの方法論や、CMM (Capability Maturity Model) や CMMI (CMM Integration) などの参照モデルがある。CMM や CMMI はともに組織のプロセスを対象としており、組織の成熟度レベルに合わせた改善活動を行うことができる参照モデルである。現在の成熟度レベルを測定し、そしてより上位のレベルを目指してプロセスの管理・改善を進めていくことで、組織のプロセスが洗練され、コストの削減や開発期間の短縮、バグの削減による品質の向上などが期待される。

プロセス能力を測定するための規格としては、ISO/IEC15504 規格 [6][7][8][9][10]が挙げられる。また、ISO/IEC15504 規格では、ソフトウェアプロセスの参照モデルが定義され、プロセス能力を評価する上でのさまざまな測定項目が定められている。ソフトウェアそのものの品質測定に関する規格として、ISO/IEC9126 規格[11][12][13][14]によるソフトウェア品質特性の定義がある。また、ソフトウェア計測プロセスの参照モデルとしては、PSM を基にした ISO/IEC15939 規格[15]がある。

以下では、本研究と特に関連の強い CMMI, ISO/IEC9126 規格, そして ISO/IEC15939 規格について、関連の強い部分を中心に、より詳細に述べる。

2.1. CMMI

CMMI は、ソフトウェアプロセスを管理・改善するための参照モデルである。CMU/SEI が 1991 年に発表した SW-CMM (CMM for Software)を基に、その発展過程である SE-CMM (Systems Engineering CMM), IPD-CMM (Integrated Product Development CMM) など複数のプロセス成熟度モデルを統合し、開発された。CMMI は、複数のプロセス成熟度モデルを用いる場合に生じる不一致や、重複をなくすことを意図して 2002 年に統合された。また、CMMI は

ISO15504 に準拠して開発されており、組織の持つプロセス能力を評価し、改善の指針を与えるためのモデルでもある。

CMMI では、組織の現在の成熟度を示す表現方法として、段階表現 (Staged representation) と連続表現 (Continuous representation)の2つの表現方法がある。どちらの表現方法においても、プロセス領域と呼ばれる、ある領域において関連する改善活動の集合を要素として、モデルが構成されている。CMMI を用いたプロセス改善では、組織がプロセス改善活動の目的にしたがい、段階表現または連続表現のどちらかを選択する。

段階表現では、図1 見られるような構造で、組織全体のプロセス能力成熟度を、1 から5 までの5 段階で表現する。各成熟度レベルは、改善対象とすべきプロセス領域で編成されている。これにより、次の段階へ向けて取り組むべき改善領域が確立されるため、堅実な改善が期待できる。

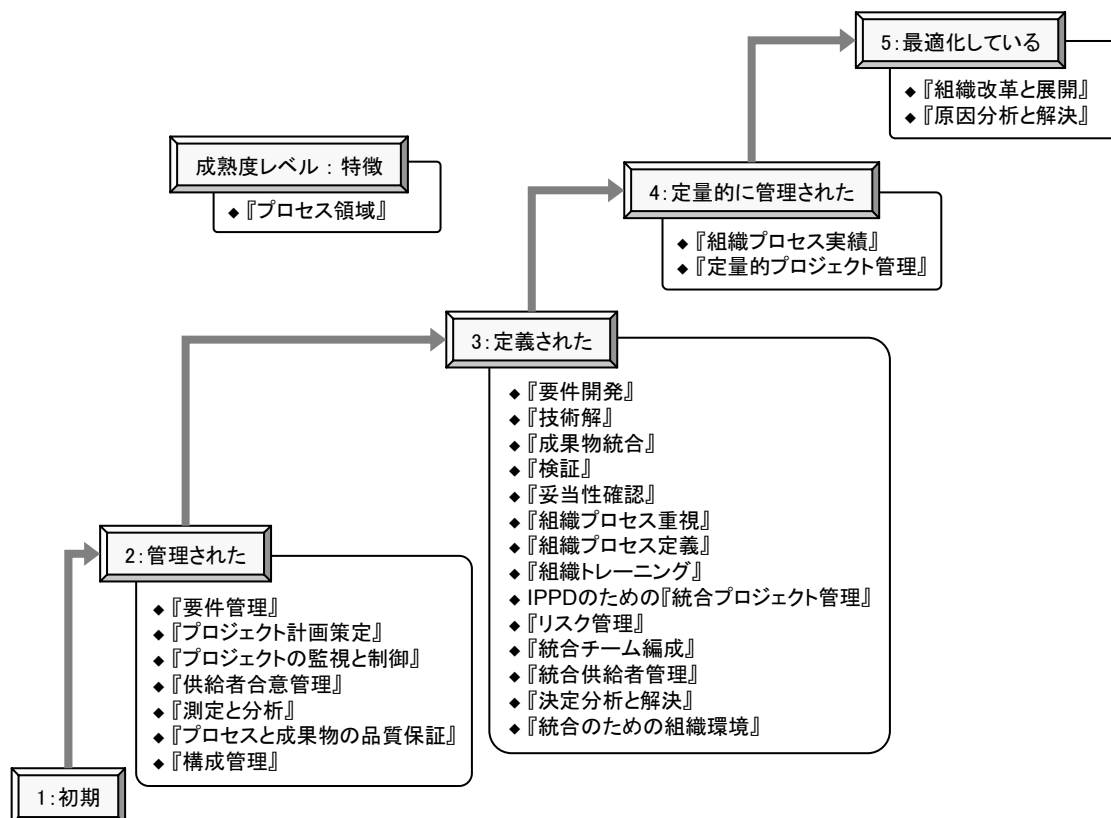


図1 CMMI 段階表現の構造

連続表現では、図2見られるような構造で、4つの区分に分けられたプロセス領域ごとのプロセス成熟度を、0から5までの6段階で表現し、総計25個のプロセス領域がそれぞれ6段階の成熟度レベルで表現される。これにより、特に問題のある箇所や、その組織の目標と関連の強い箇所など、特定のプロセス領域において顕著な改善を期待できる。

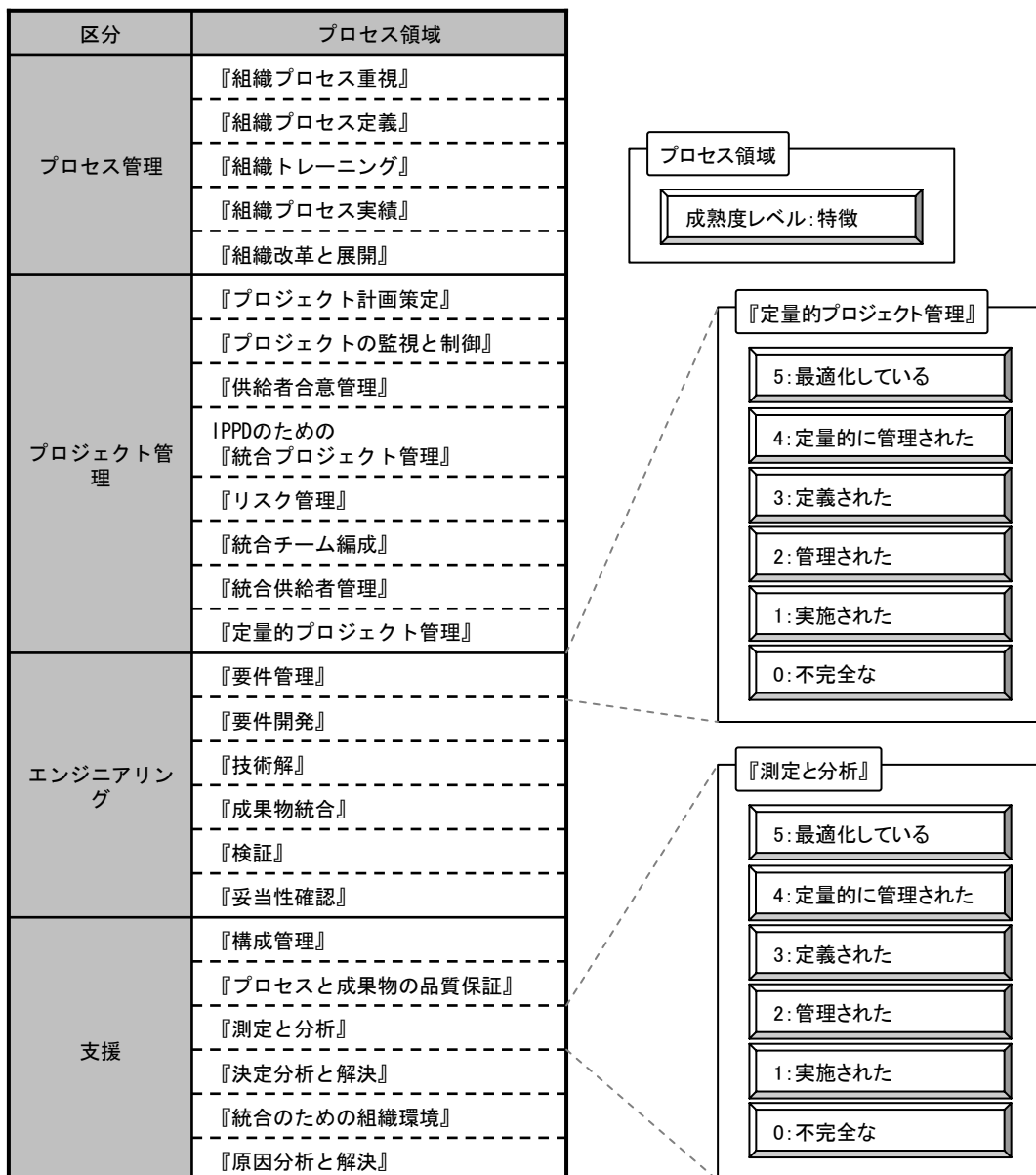


図2 CMMI 連続表現の構造

2.1.1. 関連するプロセス領域

CMMI では、成熟度レベル 2「管理された」段階に到達するための条件として、プロセス領域「測定と分析 (MA : Measurement and Analysis)」における改善活動に取り組むことが求められている。このプロセス領域の目的は、管理層の情報ニーズに応えるために使用される測定能力を開発し、維持することであるとされている。つまり、測定と分析活動を確実に行えることが、プロセス管理の基盤となることを示している。

さらに、成熟度レベル 4「定量的に管理された」段階に到達するための条件として、プロセス領域「定量的プロジェクト管理 (QPM : Quantitative Project Management)」における改善活動に取り組むことが求められている。このプロセス領域の目的は、プロジェクトが確立した品質およびプロセス実績の目標を達成するために、プロジェクトにおいて定義されたプロセスを定量的に管理することであるとされている。つまり、定量的データに基づく管理を行えることが、プロジェクトが定めた品質・目標を達成するうえで重要であることを示している。

2.2. ISO/IEC9126規格

ISO/IEC9126 規格 (以下 ISO9126) はソフトウェア全般の品質を測定するための尺度を定義する国際規格である。この規格では、ソフトウェアの品質を測定するための特性として、表 1 にみられるような、機能性、信頼性、使用性、効率性、保守性、移植性といった 6 つの品質特性と、それらをさらに細かく分類した品質副特性を定義し、それぞれを特徴付けている性質を示している。

さらに、各品質特性を、直接的あるいは間接的に測定するための代表的な測定データも示されている。これにより、目に見えないソフトウェアを評価し、その品質向上の基盤とできるようになった。ただし、ソフトウェアの品質を評価するための特性は定められているが、その具体的な計測方法や活用方法の詳細については定めていない。

なお ISO9126 は、日本においても邦訳され、JIS X0129 規格[16]として制定されている。

表1 ソフトウェアの品質特性一覧

品質特性 (Quality characteristics)	品質副特性 (Quality subcharacteristics)	内容
機能性 (Functionality)	合目的性 (Suitability)	機能の集合の存在およびそれらの明示された性質をもたらす属性の集合。機能は、明示的または暗示的な必要性を満足させるものとする。
	正確性 (Accuracy)	
	相互運用性 (Interoperability)	
	標準適合性 (Compliance)	
	セキュリティ (Security)	
信頼性 (Reliability)	成熟性 (Maturity)	明示された条件の下で、明示された期間、ソフトウェアの達成のレベルを維持するソフトウェアの能力をもたらす属性の集合。
	障害許容性 (Fault tolerance)	
	回復性 (Recoverability)	
使用性 (Usability)	理解性 (Understandability)	明示的または暗示的な利用者の集合が、使用するために必要とする労力および個々の使用結果による評価に影響する属性の集合体。
	習得性 (Learnability)	
	運用性 (Operability)	
効率性 (Efficiency)	時間効率性 (Time behaviour)	明示的な条件の下で、ソフトウェアの達成レベルと使用する資源のとの間の関係に影響する属性の集合。
	資源効率性 (Resource behaviour)	
保守性 (Maintainability)	解析性 (Analyzability)	仕様化された改訂を行うために必要な労力に影響する属性の集合。
	変更性 (Changeability)	
	安定性 (Stability)	
	試験性 (Testability)	
移植性 (Portability)	環境適用性 (Adaptability)	ソフトウェアをある環境から他の環境へ移す際のソフトウェアの能力をもたらす属性の集合。
	設置性 (Installability)	
	規格適合性 (Conformance)	
	置換性 (Replaceability)	

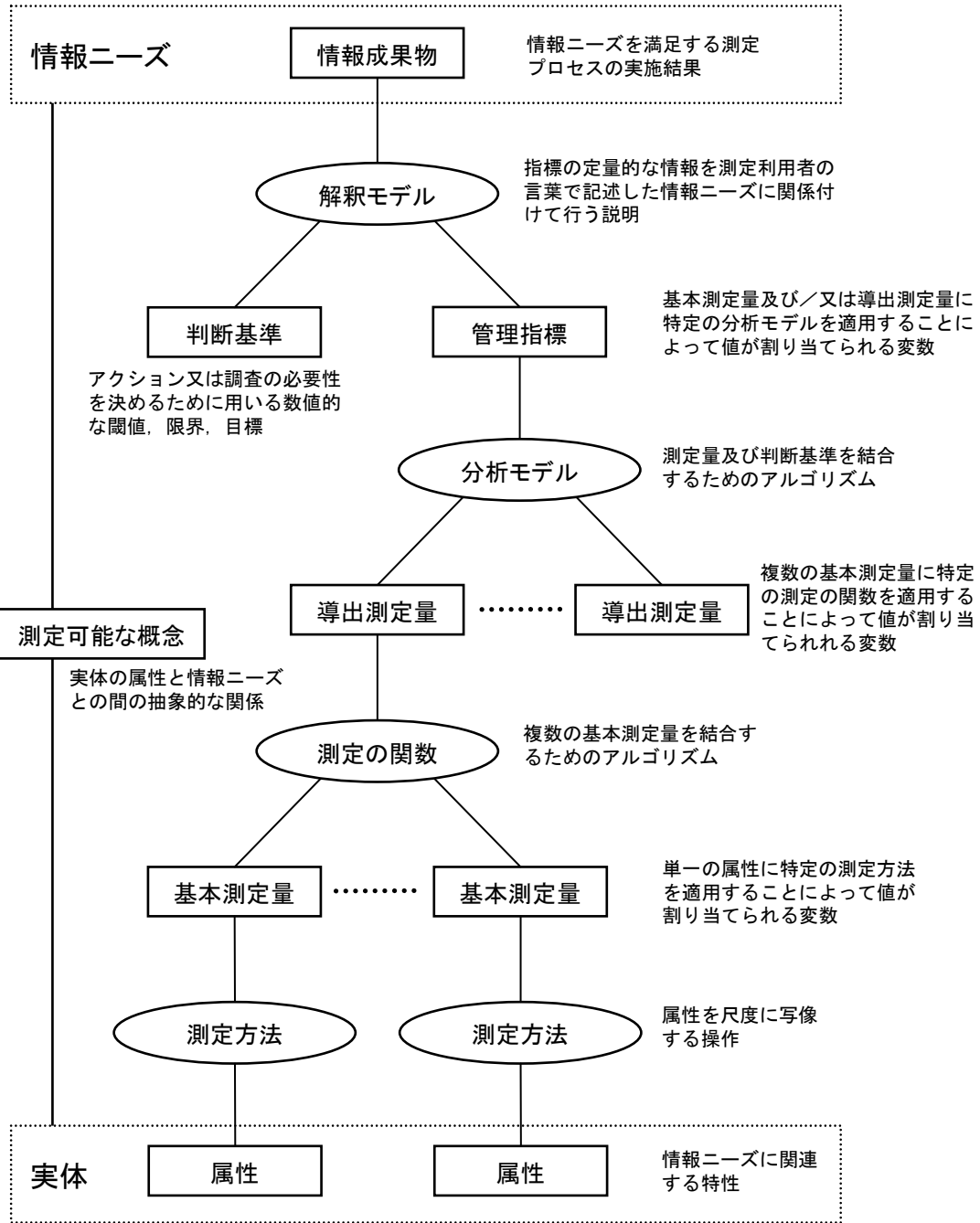
2.3. ISO/IEC15939規格

ISO/IEC15939 (以下 ISO15939) は、ソフトウェア測定プロセスに関する国際規格である。この規格では、プロジェクト管理や品質保証などの、様々な情報ニーズを満たすための測定と分析、解釈のためのフレームワークが示されている。さらに ISO15939 では、測定と分析において扱われる情報間の関係を、図 3 に示されるような参照モデルとして定めている。なお ISO15939 は、日本においても邦訳され、JIS X0141 規格[17]として制定されている

図3は、最終的な情報ニーズであり、意思決定の基礎となる情報成果物を得るために産み出される中間情報の階層構造の参照モデル（測定情報モデル）を示している。この測定情報モデルにおいて、プロジェクトで実際に測定可能な、規模、工数、欠陥数などといった、プロセスや成果物に固有の属性を意思決定のための管理指標へと関連付ける構造が示されている。そして、このモデルに基づいて定量的に測定されたデータを、管理指標へと関連することで、定量化された情報に基づく客観的な意思決定が容易になるとされている。

プロジェクト中に存在する様々な測定可能な属性は、定められた測定方法に従って基本測定量と呼ばれる一次データに定量化される。次に、いくつかの基本測定量を、それらを入力とした測定の関数に与えることで導出測定量が導かれる。そして得られた導出測定量を、定められた分析モデルに基づいて分析することで管理指標が得られる。プロジェクトの管理者は、解釈モデルに基づいて、管理指標が示す情報と、判断基準とを照らし合わせることで、最終的な情報成果物を得ることができる。このようにして定量的測定プロセスの実施結果として得られる情報成果物に基づく意思決定は、プロジェクトを客観的に管理することを可能とする。

以降では、この測定情報モデルに基づいた概念構造、および用語を用いて議論を進める。



※ JIS X0141の図A.1に一部修正を加えたもの

図3 測定情報モデル

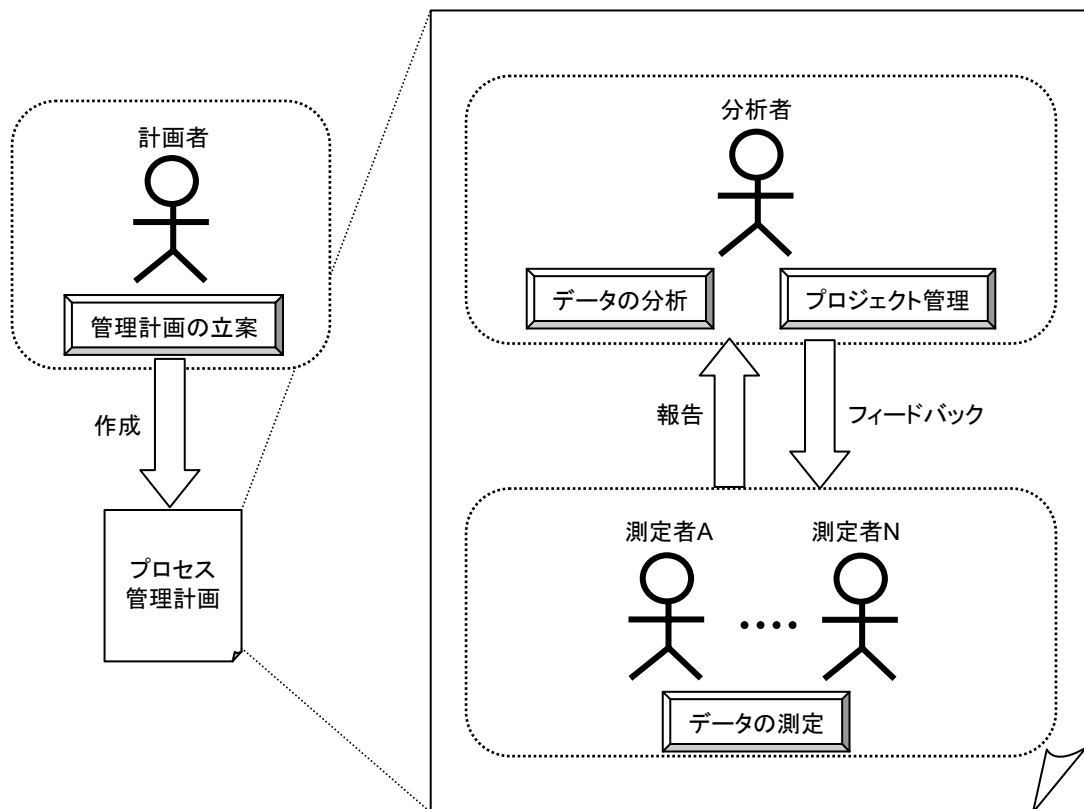


図4 定量的管理の流れ

3. 定量的管理

一般的なソフトウェア開発プロジェクトにおける定量的な品質・進捗の管理は、開発プロジェクトの計画立案を行う計画者、計画に従い管理に必要なデータを測定する測定者、そして測定されたデータを基に分析を行う分析者、という3つの役割によって行われる。実際にはソフトウェアの開発者が測定を行い、プロジェクトの管理者が分析を行うことになるので、測定者・分析者はそれぞれ開発者・管理者とみなされる。

ここではそれらの行う各作業を、一般的な定量的管理の流れとともに説明する。また、定量的管理の実践課題についても述べる。

3.1. 定量的管理の流れ

図4は、一般的な定量的管理の流れを示している。ここではこの図を基にして各作業について説明する。

1. 計画者によるプロセス管理計画の立案

定量的管理を行うための最初の作業は、計画者がプロセス管理計画を立案することである。管理計画は、机上の空論では意味がなく、実現可能性を伴ったものでなければならない。計画者は、組織が様々なプロジェクトに適した形で定めた、より抽象度の高い組織標準プロセスモデルやCMMIなどのフレームワークを参考にし、プロジェクトの開発規模やコストなどを考慮したうえで、最適な管理計画を作成し、管理に必要なデータの測定と分析活動を定め、その手順を確立する。

2. 測定(開発)者によるデータの測定および保存

測定者は計画者によって作成されたプロセス管理計画に従って、定量的管理に必要なデータを測定し、分析を行うのに適した形に整理して分析者へ報告する。ここでのデータ測定は、測定者個人の進捗を測定するためのものではなく、開発プロジェクト全体での品質・進捗の度合いを推定するために行う。そのため測定者には、測定の目的、方法などを十分理解して、客観的な値を正確に測定することが求められる。

3. 分析(管理)者によるデータの分析およびプロジェクト管理

分析者は、測定者から報告された測定データを分析し、管理図表(グラフ、表など)を用いて定められた判断基準(目標値、標準値など)と比較することにより、品質・進捗の管理を行う。個々の測定データは、そのままでは品質・進捗について直接的に把握することができない値であるため、分析を行う必要がある。そのため分析者は、測定データの分析方法や、管理図表の見方を十分に理解する必要がある。

また、定められた判断基準と測定された実績値との比較を行い、もし目標値に対して実績値が著しく逸脱した場合、もしくは放置すれば逸脱する傾向やリスクがあるとわかった場合、分析者は直ちに適切な是正処置をとる必要がある。

3.2. 定量的管理における実践課題

測定および分析においては、その作業を行う者、すなわち開発者と管理者が、それぞれの作業において、その対象となる測定データや管理指標についての正確な定義や、測定・分析の方法を理解した上で行わなければ、管理そのものが形骸化するという危険性がある。

計画立案における実践課題は、測定および分析における実践課題と同様に、管理指標に関する理解を必要とすることである。さらに、計画しようとしているプロジェクトの特性に応じて計画立案作業を行う必要があるため、特に経験の浅い計画者にとって困難が伴う。

前者の課題については、すでに村上らの研究によって測定と分析活動支援を目的とした電子ガイドシステムが提案されている[18]。そこで本研究では、計画者による管理計画の立案作業、特にその中でも個々のプロジェクトに応じて計画立案を行う際に重要となるテーラリング作業を対象に研究を進めてきた。

3.3. テーラリング作業における支援の必要性

テーラリング作業とは、個々のプロジェクトに合わせてプロジェクトを計画し、プロセス記述を作成するための作業のことである。例えば、各組織において標準と定められているプロセスモデルを基にして、個々のプロジェクトの特性や環境に応じてプロセスを修正または適応させ、プロジェクトの目的や制約を満たすようなプロセス記述を作成することである。定量的管理を行う場合は、このテーラリング作業を管理計画に対して行う必要がある。つまり、プロジェクトの特性に応じて、各組織において標準と定められている数多くの管理指標の中から必要なものを選択し、それに必要な測定と分析活動を開発プロセスに統合することが必要である。

ただし、標準プロセスや管理指標そのものは明確に定義されても、そのテーラリング作業自体の指針(ガイドライン)に関しては明確にされておらず、その作業を行う者に任されている組織も少なくない。このような組織において、計画者は自身の判断で、計画するプロジェクトに必要な管理指標の取捨選択し、選択した管理指標を利用するために必要な、定量的データの測定と分析活動を開発プロセス

に統合させることが必要となる。したがって、ある特定のプロジェクトにおける計画立案に関しては、計画者の経験や考え方、知識量に依存する部分が多い。さらに、利用する管理指標が増加するにしたがって、必要となる測定量間の関係が複雑になるため、計画の理解が困難になり確認作業が難航することも問題となる。

つまり、管理指標の選択における計画者の経験の差を軽減し、さらに管理指標が必要とする測定データの測定と分析活動の統合・確認作業を容易にする手法が求められている。

そこで本研究では、テーラリング作業における管理計画の立案作業支援を目的としたシステムを提案する。提案システムは、計画者の指標選択作業と管理計画の確認作業を支援する機能を持ち、特に比較的経験の浅い計画者に対して、定量的管理に基づくプロジェクト管理計画の立案作業を支援する。

4. 管理指標の利用実態調査

ソフトウェア開発プロジェクトの背景は多岐にわたるため、定量的管理計画の立案を適切に支援するには、対象とするプロジェクトの状況に応じた支援を行うことが重要である。

ここでは、提案するシステムが実現すべき支援機能について、より現実に即した議論を行うことを目的に、ある大規模なソフトウェア開発組織における過去プロジェクト対象として実施した、管理指標の利用実態調査について述べる。

4.1. 調査概要

調査はアンケートを用いて実施され、回答者はそのソフトウェア開発組織において、定量的管理を適用したプロジェクトの管理者（プロジェクトマネージャ）とした。

4.1.1. 対象とした組織標準管理指標

各プロジェクトマネージャに対して、45個の組織標準管理指標に関する実際の利用状況について質問するアンケート用紙を送付した。

その組織では、一般にソフトウェアプロセスエンジニアリンググループ (SEPG : Software Process Engineering Group) と呼ばれる、ソフトウェアプロセス改善の推進と維持を担当する部署によって、通常60個の管理指標が定義されている。それらはすべてのプロジェクトにおいて、主に定量的管理のため利用されるものとして定義されているが、そのうち15個の管理指標は、SEPGによってプロセスや組織全体に渡る活動の改善に利用されるものであった。したがって、そのような管理指標15個をアンケート対象からは除外した。

最終的に残った45個の管理指標は、進捗管理、レビュー、テスト、プロセス品質保証、リスク、要件管理、そして支援プロセスに利用するものであった。これらの利用分類と指標番号との対応は、表2の対応表に示す通りである。

表2 指標番号と利用分類の対応表

指標番号	利用分類
#1～#21	進捗管理
#22～#26	レビュー
#27～#31	テスト
#32～#35	プロセス品質保証
#36～#38	リスク管理
#39～#42	要件管理
#43～#45	支援プロセス

4.1.2. 利用したアンケートの内容

アンケートの前半部分は、開発規模、対象業種、そして回答者の経験としてこれまでの経験月数や経験プロジェクト数に関する質問を並べた。

このアンケートの主要部分である後半部分には、対象とした管理指標45個を並べ、回答者にはそれぞれの管理指標ごとに利用の程度を記入していただいた。ここでの利用の程度の記入とは、まず「利用した」または「利用しなかった」のどちらか一方を選択してもらい、次にそれぞれの場合で表3に記載される5つの選択肢の中から選ぶ、という選択形式で行った。さらに管理指標ごとに詳細記入欄を設け、利用した／しなかった理由や、類似指標を利用した場合はその詳細、その他の理由などを自由に記述できるようにした。

なお、さらに詳細なアンケートの内容については、付録Aを参照していただきたい。

表3 アンケートの選択肢一覧

利用状況	選択肢	意味
利用した	必須指標	この種のプロジェクトでは基本的に必ず利用する指標である
	選択指標	常に利用するとは限らないが、このプロジェクトでは必要なので利用した
	類似指標	プロジェクトに合うように指標を改変した。あるいは、類似した他の指標で代用した
	形式的利用	組織内で利用が義務付けられているが、必ずしも有効活用はしていない
	その他	その他の理由により利用した
利用しなかった	不要	このプロジェクトでは不要であると判断した
	理解不足	指標の使い方や基礎データの定義を十分に理解しておらず、必要性が不明だった
	高コスト	利用したい指標であるが、収集・分析のためのコスト(時間・手間)が無視できないために利用しなかった
	環境未整備	利用したい指標であるが、基礎となるデータの収集環境が制度的あるいは技術的に整っていなかったため利用できなかった
	その他	その他の理由により利用しなかった

4.1.3. サンプルプロジェクト

実施したアンケート調査では、最終的に 17 件のプロジェクトにおいて回答を依頼した。これらのプロジェクトは、対象業種によって 3 つのタイプ (A・B・C) に分別され、その内訳は A タイプ 4 件、B タイプ 6 件、そして C タイプ 7 件であった。開発規模については、これらの業種内で大きな偏りがないように抽出した。また、サンプルプロジェクトには、現在進行中のプロジェクトも含まれていた。

回答者の属性については、経験年数が 0 ヶ月から 25 年で平均は約 6.7 年、プロジェクト管理経験回数が 0 回から 100 回で平均は約 9.1 回であった。

4.2. 調査結果の分析

はじめに、回答の大まかな傾向を知るために、調査結果を利用した／利用しなかった、という2つの単純なカテゴリに分類した上での分析について述べる。ここでは主に、プロジェクトの対象業種の違い(4.2.1)と、開発規模の違い(4.2.2)に注目し分析を行った。

次に、経験の違いによる傾向の違いを知るために、回答者の経験と開発規模に基づいたカテゴリに分類し行った分析について述べる。(4.2.3)

最後に、これらの分析によって得られた知見をまとめ、提案するシステムにおいて実現されるべき機能について考察する。

4.2.1. 対象業種別の結果分析

ここでは、合計17件の調査結果を、その対象業種別に、業種A(4件)、業種B(6件)、そして業種C(7件)の3つのグループに分割し、それぞれのグループにおける管理指標の利用状況を分析する。図5のグラフでは、縦軸に管理指標を示す番号、横軸に各管理指標の利用プロジェクト数を、業種A・B・Cそれぞれのグループごとに区別して積み上げたグラフである。また、右端には各管理指標の大まかな利用目的を示している。以下ではこの大まかな利用目的ごとに見られる特徴を述べる。

特徴A. 進捗管理, テスト, 要件管理

どの業種においても、多くのプロジェクトで利用されており、業種間に大きな差は見られない、ただし #3 の管理指標については、あまり利用されていない。

特徴B. レビュー

グループ間で大きな差は見られない。しかし個々の管理指標間では、#25, #26 の管理指標は高い利用率を示している、一方で #22~#24 の管理指標はほとんど利用されていない。

特徴C. プロセス品質保証, リスク管理, 支援プロセス

どの業種においても、概ね半数ほどのプロジェクトで利用されており、グ

ループ間で比較した場合にも、大きな差は見られない。

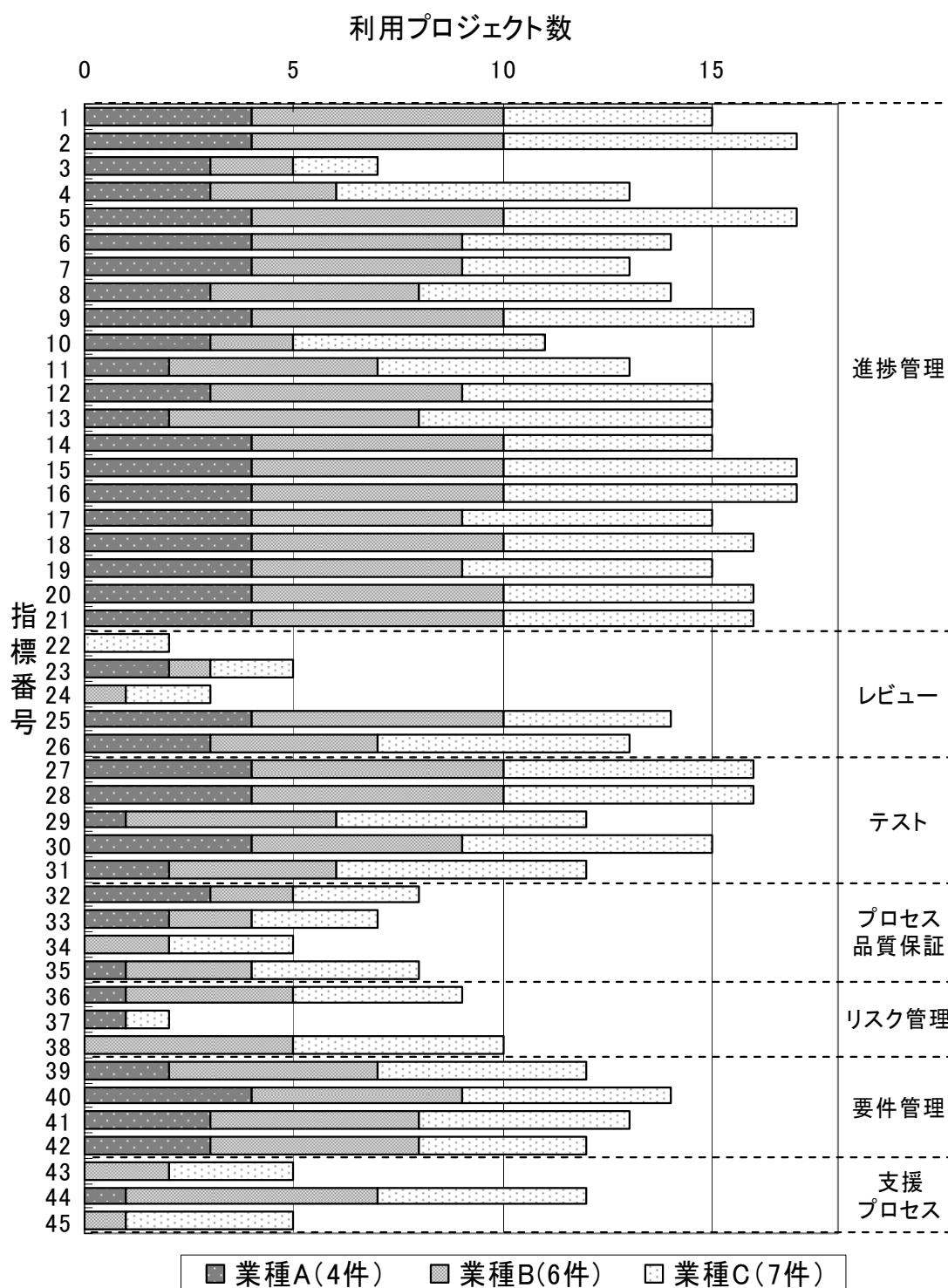


図5 管理指標の利用状況(対象業務別)

4.2.2. 開発規模別の結果分析

ここでは、合計17件の調査結果のうち、規模を直接比較することができないプロジェクト3件を除いた、残りの14件をその開発規模の中央値で、大規模（開発規模100万行以上）7件と、小規模（開発規模100万行未満）7件の2つのグループに分割し、両グループにおける管理指標の利用状況を分析する。図6のグラフでは、縦軸に管理指標を示す番号、横軸に各管理指標の大規模・小規模それぞれのグループにおける利用率を示している。対象業務別の場合と同様に、利用目的ごとに見られる特徴を述べる。

特徴D. 進捗管理, テスト, 要件管理

大規模・小規模どちらのグループにおいても、多くのプロジェクトで利用されている。したがって、グループ間で比較した場合には、大きな差は見られない、ただし #3 の管理指標については、大規模で高い利用率を示しているのに対し、小規模ではほとんど利用されていない。

特徴E. レビュー

グループ間で大きな差は見られない。しかし業種別での比較と同様に、#25、#26 の管理指標は高い利用率を示しているのに対し、方で #22～#24 の管理指標はほとんど利用されていない。

特徴F. プロセス品質保証, リスク管理, 支援プロセス

概ね中程度の利用率を示す管理指標が多く、グループ間で比較した場合にも、大きな差は見られない。また、同じ利用目的の管理指標同士でも、利用率にばらつきが見られる。

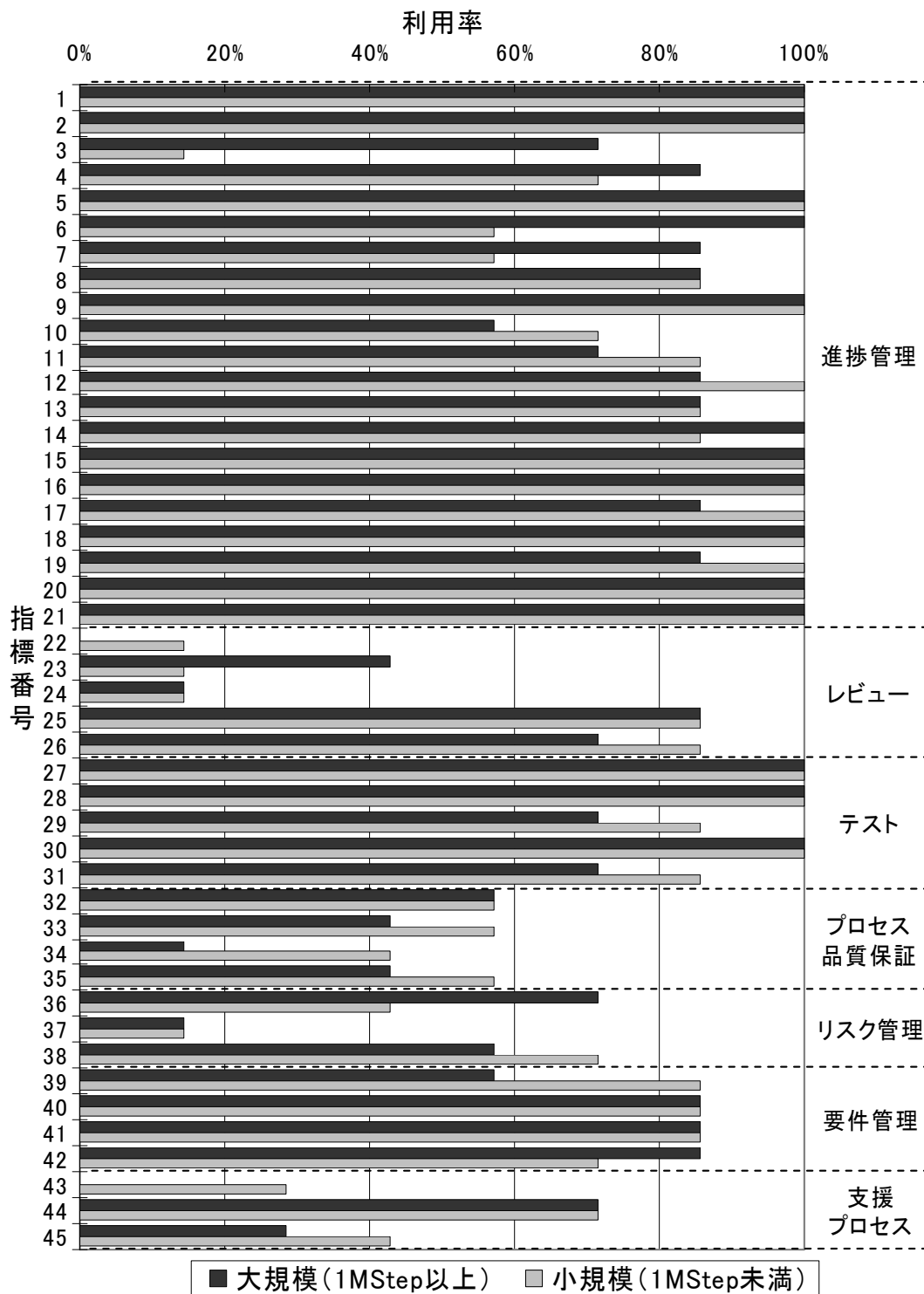


図6 管理指標の利用状況(開発規模別)

4.2.3. 計画者の経験別の結果分析

ここでは4.2.1で扱ったグループを、さらに回答者の経験年数によって、ノービスクラス（経験年数4年未満）と、シニアクラス（経験年数4年以上）の2つのクラスに分割し、さらに各指標の利用の程度（表3）に基づいて、両クラスにおける管理指標の利用状況をより詳細に分析する。これは、提案するシステムが、主に経験の浅い計画者を対象にしているため、シニア・ノービスクラスを比較することで、経験の違いによる管理指標の利用特徴を分析するためである。また、規模別で比較を行ったのは、大規模なプロジェクトにおいては、慎重な管理が求められるため、計画者の経験よらず、必然的に管理指標のほとんどの管理指標が利用されており、全ての開発規模のプロジェクトを一度に比較してしまうと、経験の差による特徴が観察しづらいためである。

クラス分けによるサンプルの分割数は、大規模プロジェクトにおいてはシニアクラス4件、ノービスクラス3件であった、小規模プロジェクトにおいては、経験によるクラス分けが不可能なプロジェクト1件を除外し、シニアクラス、ノービスクラスともに3件であった。この分析においては、前述の2つの分析とは異なり、回答プロジェクトを細かく分類し、1つの分類当たりのサンプル数が少なくなってしまうため、結果を慎重に扱う必要がある。そこで明確な違いがみられたものと、それほど明確ではないが、なんらかの傾向が認められたものの2つに分ける。

表4は小規模プロジェクトにおけるアンケートの回答をまとめたもので、各行は1つの管理指標を示しており、クラスで分けられた各列はアンケートの選択肢を示している。したがって、表4は管理指標ごとに、ノービス・シニアクラス別で各選択肢がいくつのプロジェクトにおいて選ばれたかを示している。表5は大規模プロジェクトにおける結果を示している以外は、表4と同様である。以下では、これら表から読み取れる特徴を、その違いが明確なものと、そうでないものに分けて順に述べる。

まず、明確な違いが明確なものについて述べる。

特徴G. 小規模プロジェクトにおいて、進捗管理に関する管理指標は、必須と回答し

たプロジェクトを除き、シニアクラスでは「類似指標」、ノービスクラスで「選択指標」に回答が偏っている。

特徴H. #3 の管理指標は、小規模プロジェクトのすべてのプロジェクトにおいて「不要」と回答されている。一方で大規模プロジェクトのほとんどのプロジェクトが、この管理指標を「必須指標」と回答している。

特徴I. プロジェクトの規模、回答者の経験を問わず、#22～#24 の管理指標は利用されていない。さらに、シニアクラスのいくつかのプロジェクトにおいては、管理指標の定義や利用方法が十分に理解できなかったとして、「理解不足」と回答されている。

次に、明確な違いはないが、なんらかの傾向がみられたものについて述べる。

特徴J. 小規模プロジェクトにおいて、#32～#35(プロセス品質保証)の管理指標は、シニアクラスでは「利用した」に、ノービスクラス「利用しなかった」に偏っている。ただし、ばらつきが大きい。

特徴K. 小規模プロジェクトにおいて、#36～#38(リスク)の管理指標は、シニアクラスでは「利用した」との回答もあるのに対して、ノービスクラスではほとんどのプロジェクトにおいて「利用しなかった」と回答されている

特徴L. プロジェクトの規模、回答者の経験を問わず、#43～#45(支援プロセス)の管理指標は、ばらつきが大きい。

表4 管理指標の利用状況(小規模:計画者の経験別)

管理指標	#	ノービスクラス(経験年数4年未満)								シニアクラス(経験年数4年以上)												
		利用した				利用しなかった				利用した				利用しなかった								
		必須指標	選択指標	類似指標	形式的利用	その他	その他	環境未整備	高コスト	理解不足	不要	必須指標	選択指標	類似指標	形式的利用	その他	その他	環境未整備	高コスト	理解不足	不要	
進捗管理	1	3																				
	2	3																				
	3																					3
	4		2						1												1	
	5	3																				
	6	1									1											1
	7				1										2							
	8		2							1												
	9	1	2																			
	10	1	2																			
	11		2							1												2
	12	1	2																			
	13		2																			1
	14	1		1																		1
	15	1	2																			
	16	1	2																			
	17		2							1												
	18	1	2																			
	19	1	2																			
	20	1	2																			
	21	1	2																			
レビュー	22									1	1									1	2	
	23									1	1									1	2	
	24										1								1	1		
	25	1	2																1			
	26	1	2																		1	
テスト	27	3																				
	28	1	2																			
	29	2																			1	
	30	1	2																			
	31		2																			
プロセス品質管理	32								1	2					1							
	33								1	2					1							
	34		1							1											1	
	35																				3	
リスク管理	36									1	1										1	
	37																				3	
	38		1																		2	
要件管理	39	1	1																		1	
	40	1	1																		1	
	41	1	1																		1	
	42	1	1																		1	
支援プロセス	43																				3	
	44	2																			1	
	45	2																			1	

表5 管理指標の利用状況(大規模:計画者の経験別)

管理指標	#	ノービスクラス(経験年数4年未満)								シニアクラス(経験年数4年以上)												
		利用した				利用しなかった				利用した				利用しなかった								
		必須指標	選択指標	類似指標	形式的利用	その他	その他	環境未整備	高コスト	理解不足	不要	必須指標	選択指標	類似指標	形式的利用	その他	その他	環境未整備	高コスト	理解不足	不要	
進捗管理	1	2		1																		
	2	2			1																	
	3	2			1																	
	4	1		1																		1
	5	3																				
	6	3																				
	7	1		1				1														
	8	3																				
	9	1	2																			
	10	1								1												
	11	2																				
	12	2																				
	13	2																				1
	14	3																				
	15	2		1																		
	16	2		1																		
	17	3																		1		
	18	3																				
	19	3																			1	
	20	3																				
	21	3																				
レビュー	22								1	1							1		2	1		
	23	2	1														1		2	1		
	24								1	1							1		1	1		
	25	3																				
	26	1								1	1											
テスト	27	3																				
	28	3																				
	29			1																1		
	30	3																				
	31	2																			1	
プロセス品質保証	32	1				1				1										1	1	
	33					1				1										1	1	
	34									1	1							1	1	1		
	35	1								1										1	1	
リスク管理	36	2																			1	
	37		1							1	1					1	1			1	1	
	38			1																	1	
要件管理	39									1	1											
	40	2		1																1		
	41	1		1																		
	42	2																				
支援プロセス	43									1	1								2	1		
	44	1		1																1	1	
	45									1	1							1			1	

4.3. アンケート結果考察

ここでは、以上の結果分析において認められた顕著な特徴と、アンケートの詳細記入欄に書き込まれた内容をまとめ、その特徴を元にした支援機能について考察する。また、それほど明確な違いが認められなかった特徴についても、アンケートを実施した組織でプロセス改善を担当している方々から得られたコメントを元に考察する。

4.3.1. アンケート結果のまとめ(特徴 A～特徴 I)

ここでは、プロジェクトの開発規模別の分析で得られた特徴（特徴 A～特徴 C）、対象業務別の分析で得られた特徴（特徴 D～特徴 F）と、回答者の経験別で得られた特徴のうち、その違いが明確だった特徴（特徴 G～特徴 I）に関して、詳細記入欄に書き込まれた内容を考慮してまとめると以下のようになる。

考察① 進捗管理（#3を除く）、テスト、要件管理に関する管理指標は、プロジェクトの開発規模や対象業種によらず、ほぼ全てのプロジェクトで利用されている。

考察② #3 の管理指標に関しては、小規模プロジェクトでは不要とされている。この管理指標は、月次の進捗会議や顧客との会議の遅延状況を監視するもので、これを不要と判断した回答者は詳細記入欄に、「プロジェクトでは会議に遅延が発生しないことが明白であるため」といった内容が複数書き込まれている。逆に大規模プロジェクトでは、ほとんどが利用している。

考察③ レビューに関する管理指標のうち、#22～#24 の管理指標はほとんどのプロジェクトで利用されていない。これらの管理指標は、レビューとそれ以降の工程で発生した欠陥数を追跡することによって、レビュー作業の効果を監視するといった比較的複雑なもので、シニアクラスプロジェクトにおいては「理解不足」と回答も見られた。

考察④ 進捗管理に関する管理指標に関して、小規模プロジェクトにおいては、

シニアクラスでは「類似指標」との回答が多く見られるのと比較して、ノービスクラスでは「選択指標」との回答が多く見られる。類似指標を利用した回答者は、詳細記入欄に「標準管理指標で定められているものとは別の情報源を利用した」、「標準管理指標で定義されている測定対象工程を一部省き、一部の工程に絞って実行した」といった内容が書き込まれている。

考察⑤ プロセス品質保証，リスク管理，支援プロセスに関する管理指標は，今回の調査で分析の対象とした，開発規模や対象業種，計画者の経験の違いでは目立った特徴は見られなかった。

これらの分析結果は，ある1つのソフトウェア開発組織における，現在の管理指標の利用傾向を示しただけのもので，得られた分析結果を一般化するには，十分に注意する必要がある。しかし，管理指標の選択と適用を体系的に支援する手法を考える上では有用である。

4.3.2. 支援機能の考察

ここでは，上記の特徴を基にして，EPDG+の支援機能を設計するという視点から，有益と思われる見込みについて述べる。

まず，考察①の分析結果より，進捗管理やテスト，要件管理に関する管理指標のように，どのようなプロジェクトにおいても重要となるものが存在することが伺える。このような管理指標については，EPDG+システムが利用指標の選択支援機能で利用を促すことが可能であると考えられる。

次に，考察②の分析結果より，#3の管理指標のように，プロジェクトの特定の要素によって，ほぼ利用パターンが定まる管理指標が存在することが伺える。これらの影響が認められた管理指標に関しては，パターン指向手法を用いることで，EPDG+システムがその利用に影響するプロジェクトの要素に応じて，計画者に利用を促すことが可能になると考えられる。

また，これらとは逆に考察⑤の分析結果では，その利用を特徴付ける要素が認められなかったが，これらの管理指標に関しては，調査対象としなかった他の側

面から見る必要がある。つまり、より多くの側面を調査することで、新たな特徴が発見される可能性がある。そこで、EPDG+システム自身が管理指標の利用状況を記録し蓄積することで、非常に容易かつ正確に、このような利用実態調査の実施が可能になることが期待される。

次に、考察③の分析結果より、#22～#24 の管理指標のように、複雑な管理指標は、計画者の理解の妨げ、プロジェクトの状況によらず利用されない傾向があることが伺える。場合によっては、これらの管理指標に対して、その定義の見直しや修正、サンプルの追加などを行うべきである。EPDG+システムによって、管理指標の利用実態を記録・蓄積することで、定期的な分析やサンプルのための基礎データの収集が容易になることが期待される。また、シニアクラスにのみ「理解不足」との回答が見られた件については原因不明である。しかし、これはシニアクラスの計画者が、その管理指標の定義に関してなんらかの検討を行った結果であり、定義の見直しの際に有益な情報を持っていると推測される。

最後に、考察④の分析結果より、シニアクラスの計画者は、標準管理指標で定義されている情報源と同等に扱える情報源や、管理指標の利用にかかる大まかなコストや無駄な部分を把握していることが伺える。

このような標準管理指標の細かな調整作業は、管理計画のテーラリング作業において重要なことであり、同時に熟練を要することでもある。そこで EPDG+システムが、熟練した計画者によって変更された類似の管理指標を蓄積し、比較的経験の浅い計画者に対して、それらの管理指標を提示することで、テーラリング作業の補足情報になると考えられる。

このような支援を実現するには、管理指標をカスタマイズする機能、再利用に備えてカスタマイズされた類似指標を記録する機能、そして蓄積された類似指標を提示する機能を実装する必要がある。

4.3.3. アンケート結果のまとめと考察(特徴 J ～ 特徴 L)

ここでは、回答者の経験別で得られた特徴のうち、それほど明確な違い見られなかった特徴（特徴 J～特徴 L）それぞれに関して、詳細記入欄に書き込まれた内容、およびアンケートを実施した組織のプロセス改善担当者から得られたコメ

ントを元に考察する。これらについては、今後より多くのサンプルを元に分析・考察することが望まれる。

特徴 J において、特徴が見られた管理指標はプロセス品質保証に利用される指標である。プロセス品質保証とは、開発プロセスを検査し改善するためのもので、その対象となるのは、主に大規模プロジェクトである。また、担当者からも「小規模プロジェクトでは実施しない」とのコメントもあった。シニアクラスがこれらの管理指標を小規模プロジェクトにおいても利用する傾向があるのは、過去に経験した大規模プロジェクトにおいて、プロセス品質保証の意義とその効果を理解しているためと考えられる。

特徴 K に関しては、シニアクラスがノービスクラスよりもリスク管理を重視する傾向があると考えられる。

特徴 L に関しては、担当者より「支援プロセスの実施が開発規模や対象業種以外のプロジェクトの要素に依存する」とのコメントが得られた。また、支援プロセスの一部である調達管理などは、協力会社に任せられることも多いため、今回実施したアンケート調査では、特徴的な利用傾向が見られなかったと考えられる。

5. 立案支援システムの提案

5.1. 概要

本稿で提案するシステム EPDG+ (EPDG Plus) は、村上らによって提案・開発された EPDG (Electronic Process Data Guidebook) システム[18]を発展させたものである。EPDG システムは、定量的データの測定や分析時に、管理者や開発者に、Web ブラウザを通じて、そのデータ定義や収集方法、分析方法などの情報を提供するシステムである。参照するためのシステムである。電子ガイドブックシステムは、現在までも異なる分野で研究されている[19]。

EPDG が開発者や管理者による測定と分析活動の支援を対象としているのに対し、本研究の提案するシステムの主たる利用者は、プロジェクトの計画者である。システムは、計画者が個々のプロジェクトに合わせて定量的管理を立案する際に、管理指標の選択作業と、その利用に必要な測定と分析活動のテーラリング作業を支援する。

5.2. 前提条件

本研究では次の2点を実施、あるいは実施予定のソフトウェア開発組織を対象に、定量的管理に基づく管理計画の立案支援手法を提案する。

- 標準 WBS (Work Breakdown Structure) などの形式で整備された、組織標準の開発プロセスを元にして、個々のプロジェクトを計画し実施して

表6 組織標準管理指標の一例

#	プロセス領域の目的	利用者	目的達成度合いを見るインジケータ	インジケータを求めるための測定データ	尺度の収集元・方法	収集者
2	プロジェクト計画立案状況と実施状況をレビューし、プロジェクト計画の進捗と質を向上させる	プロジェクトマネジメントセンタ	①プロジェクト計画書のレビューの遅延日数 ②...	①プロジェクト計画書のレビューの予定日、実施日 ②...	①プロジェクト受注時にレビュー予定日を、実施時に実施日を収集し、その差を計測する ②...	プロジェクトマネジメントセンタ

いる。

- 定量的管理のための管理指標群が組織標準として用意されており，それを用いたプロジェクト管理を実践している。

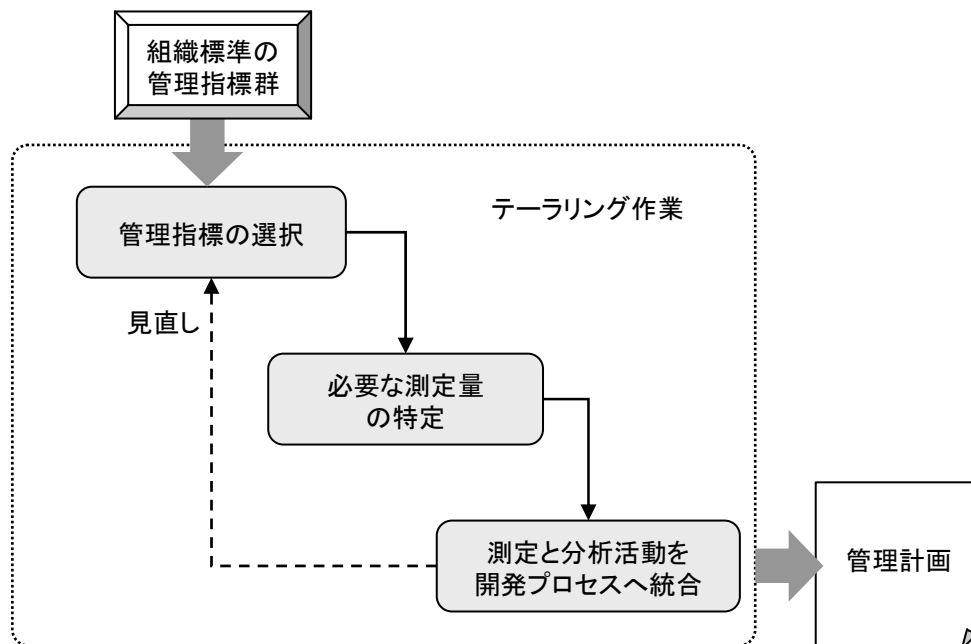


図7 管理プロセスのテーラリング作業

これらを前提とし，定量的管理を取り入れたプロジェクト計画を立案しようとする場合，開発プロセスのテーラリング作業と並行して，図7に示されるような，管理プロセスのテーラリング作業を行う必要がある。この作業には，個々のプロジェクトに応じた管理指標の選択や，選択した管理指標の利用に必要な測定と分析活動の実施計画の作成が含まれる。

ここで組織標準管理指標の一例として，表6に管理指標の一例を挙げる。この例に見られるように，多くの組織標準管理指標の定義は自然語で短く記述されており，測定情報モデルにあるような，解釈モデルや分析モデル，測定関数，測定方法についての厳密な説明は与えられていない。

5.3. テーラリング支援機能

提案システムによるテーラリング作業支援は、図 8 に示された利用シナリオに基づいて行われる。このシナリオでは、はじめに計画者が既に計画した開発プロセス記述を入力とし、その計画に定量的管理に基づく管理計画を統合することで、最終的に管理計画が統合されたプロセス記述を出力する、という作業の流れを想定している。以下では図 8 を参考にして、利用者（計画者）の視点からシステムの利用手順を述べる。

- Step1. 利用者は開発プロセス記述を入力としてシステムを実行し、プロジェクトの特性を指定する。
- Step2. 「管理指標の選択支援機能」を利用して、組織標準管理指標の中から、プロジェクトに必要と考えられる管理指標を選択する。
- Step3. 「測定作業の確認支援機能」を利用して計画を確認し、管理に必要なデータの収集作業に不足はないかを確認する。
- Step4. Step3 と平行して、「依存関係の確認支援機能」を利用して計画を確認し、管理に必要なデータの収集作業を計画していないかを確認する。
- Step5. 必要ならば Step2. に戻り、再度指標を選択し確認作業を行う。
- Step6. 利用する管理指標と、それに必要な測定作業が開発プロセスに関連づけられたので、この情報を基にプロセス記述に管理計画を統合する。

また他にも、任意のタイミングで、「詳細情報の提示機能」を利用して、管理指標に関する詳細な定義を参照することができる。

以下では、主要機能である「管理指標の選択支援機能」、「測定作業の確認機能」、「依存関係の確認機能」、そして「詳細情報の提示機能」の 4 つの支援機能についてそれぞれ説明する。

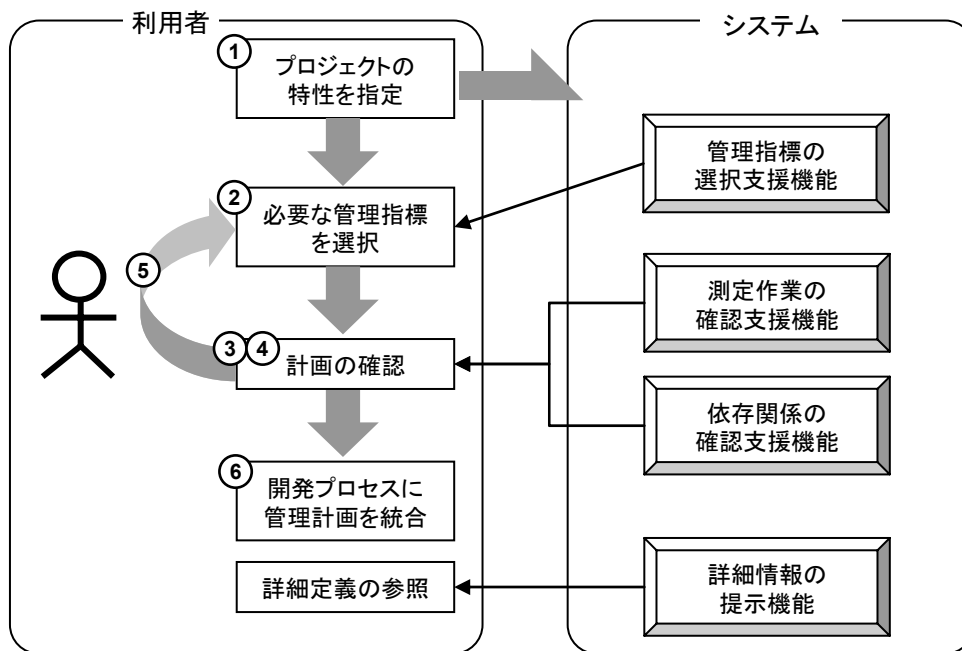


図8 提案システムの利用シナリオ

5.3.1. 管理指標の選択支援機能

この機能は、さまざまな情報に基づいて順位付けされた組織標準管理指標を提示する。順位付けは、比較的経験の浅いプロジェクト計画者が、自身のプロジェクトで利用する管理しようを選択することを支援する。たとえば、類似した特性を持つ過去プロジェクトでの、管理指標の利用記録に基づいた順位づけなどが考えられる。ここでのプロジェクトの特性とは、開発規模、予算、対象業種、そして担当する計画者の経験（経験プロジェクト数や経験年数）などの個々のプロジェクトが持つ特徴的な性質の集合を指す。もう一つのアプローチとして、たとえば CMMI における成熟度レベルなど、モデルや標準規格に基づく順位付けも考えられる。

また、プロジェクトの特性に基づく順位付けのための予備調査については、後の章で述べる。

5.3.2. 測定作業の確認支援機能

この機能は、管理指標の利用に必要な定量的データが、開発プロセス中で測定

されるように計画されているかの確認作業を支援するものである。管理指標の利用には定量的データが複数必要となり、そのすべてが測定されていなければ、利用できなくなってしまうものがほとんどである。したがって、実際に管理指標を利用するには、管理指標を選択するだけでなく、その基となるデータが不足しないように、測定作業が計画されているかを確認しなければならない。

開発プロセスにおける測定で得られるのは、基本測定量である。そして各基本測定量には、その測定対象と考えられる開発作業があらかじめ関連付けられている。この機能では、各理指標に必要となるすべての測定量と、その測定対象として関連付けられている開発作業とを画面上に並べて表示することで、確認作業を支援する。

5.3.3. 依存関係の確認支援機能

この機能は、管理指標の利用に必要な測定量間の関連の確認作業を支援するものである。管理指標は、測定情報モデルに基づいて定義されているため、基となる定量的なデータは基本測定量と導出測定量という、2つのタイプの測定量に分けられる。すべての導出測定量は、1つ以上の基本測定量を測定の関数に代入することで導出されている。つまり、基本測定量と導出測定量の間には導出 - 被導出という依存関係が存在する。この依存関係を確認することで、どの導出測定量にも必要とされていない基本測定量を排除し、無益な測定作業を回避することができる。

この機能では、選択された管理指標に必要となる基本測定量と導出測定量とを画面上に並べ、各測定量を線で結ぶことで、導出 - 被導出の依存関係を示し、確認作業を支援する。さらに、基本測定量にはその測定者、導出測定量にはその分析者を共に表示することで、管理計画の理解を促す。

また、先に述べた測定作業の確認支援機能と併せることで、プロジェクトで実際に測定可能な属性値である基本測定量から、導出測定量を経て、意思決定に利用される管理指標への道筋を確認することができる。

5.3.4. 詳細情報の提示機能

この機能は、測定量ごとに定義されている詳細な情報を一覧表示するものである。この機能は、本章の概要で述べた EPDG システムの機能そのものであり、

提案する EPDG+システムにおいてもこれを継承する。

EPDG システムでは、利用者として測定作業を行う開発者と、分析作業を行う管理者を想定しているため、基本測定量と導出測定量に関する情報を提示する。それぞれの情報に含まれる項目とその説明は、表 7 および表 8 に示された通りである [18]。

表 7 導出測定量の構成要素一覧

項目名	説明
ID番号	固有の識別番号
名称	導出測定量の名称
目的	利用目的
分析者	分析作業の実行者
分析方法	導出測定量の算出方法
測定の関数	元となる基本測定量を結合するためのアルゴリズム
分析ツール	分析に利用するツール
分析モデル	分析に利用するモデル
注釈	分析時に注意すべき点
サンプル	参考とすべき実例
必要な基本測定量	この測定量の導出に必要な基本測定量のID番号

表8 基本測定量の構成要素一覧

項目名	説明
ID番号	固有の識別番号
名称	基本測定量の名称
データタイプ	データの種類(個数, 行数, 時間, 日付など)
測定の種類	測定値の種類(見積値, または実測値)
対象成果物	測定の対象となる成果物
対象工程	測定作業を行うべき工程
測定間隔	繰り返し測定する場合の頻度(週, 月など)
測定者	測定作業の実行者
測定方法	測定量を得るための定量化方法
測定ツール	測定に利用するツール
注釈	測定時に注意すべき点
サンプル	参考とすべき実例
利用される導出測定量	この測定量を利用している導出測定量のID番号

6. 立案支援システムの試作

6.1. 概要

EPDG+システムは、ソフトウェア開発プロジェクトの初期において、プロジェクトの計画者が、既存のプロセス記述を基にして、選択された管理指標を統合することによって、定量的管理計画が統合されたプロセス記述の作成を支援するシステムである[20]。この章では、本研究で行った EPDG+システムの試作について述べる。

EPDG+システムは Java で記述され、プロセス記述と管理指標の情報が記載された XML ファイルを読み込むことで機能するように設計されている。なお、XML ファイルの一例、およびそのスキーマを定義した DTD ファイルについては、付録 B を参照いただきたい。

6.2. システムの画面構成

システムの実行画面のスクリーンショットを図 9 に示す。このシステムは 3 つの領域で構成されている。以降、説明のためこれらの領域を左から順に、「プロセス概要表示領域」、「プロセス確認作業領域」、そして「詳細データ表示領域」と呼ぶこととする。以降では、それぞれの表示領域を示した図を参考に、より詳細な説明を行う。

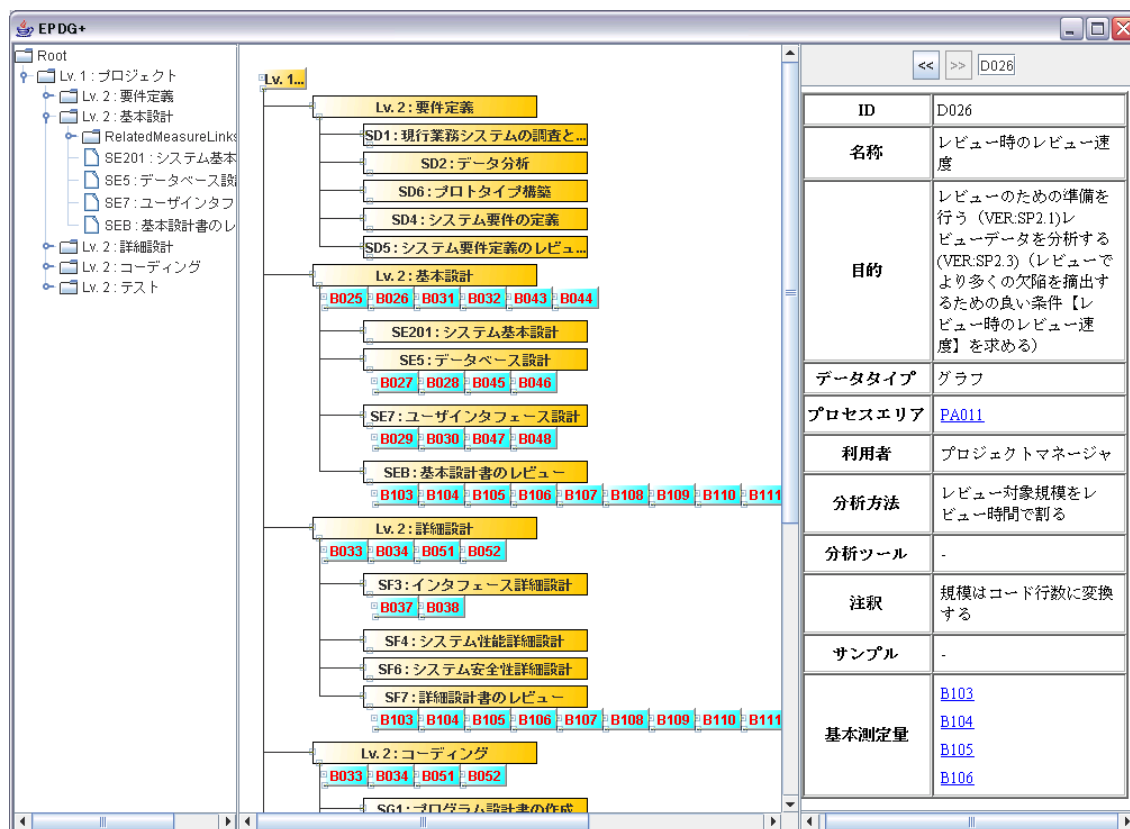


図9 EPDG+システムの実行画面

1. プロセス概要表示領域

この領域では、利用者が開発プロジェクトの全体に目を通せるように、開発プロセス全体が、WBS (Work Breakdown Structure) など、そのモデルの階層構造に従った形式で表示されている。試作システムでは、WBS の木構造のみに対応しているが、今後は田中らによって提案された PReP (Product Relationship Process) モデル[21]などの、他の表現形式にも対応する予定である。

図9は、システムが「要件定義」から「テスト」までのプロセス記述を読み込み、その階層構造をツリー形式で表示している様子を示したものである。

2. プロセス確認作業領域

この領域では、プロセス記述に従って開発作業項目を表示し、各作業項目に関連付けられている測定量を示すマークを並べて表示する。この領域に表示される作業項目は前述のプロセス概要表示領域で指定した範囲に絞り込むことができる。

また測定量を示すマークを、マウスでダブルクリックし選択することで、次に説明する詳細データ表示領域に測定量の詳細な定義情報などを表示させることができる。

図 9 では、プロセス概要表示領域により要件定義を表示するように絞込みが行われている。また、作業項目の他にも表示を切り替えることで、測定データの流れが表示され、その受け渡し関係を確認することができる予定だが、試作システムではまだ実装されていない。

3. 詳細データ表示領域

この領域では、各測定量の測定方法や分析方法、担当者などの詳細な情報が表示される。この機能は、提案システムの元となった EPDG システムから継承しており、プロセスデータの定義と利用方法の基礎情報を表示する。表示する情報は、前述のプロセス確認作業領域で指定するほかに、直接検索することによっても指定することができる。

図 9 では、「レビュー時のレビュー速度」というプロセスデータが選択されており、その目標や測定方法、分析方法などが一覧表示されている。また、サンプルや関連する測定量などがハイパーリンクされており、それをたどることで参照することもできる。

EPDG+システムの大まかな利用手順は、まずプロセス概要表示領域を利用して、任意の範囲の開発プロセスする。次にプロセス確認作業領域を参照し、その開発プロセスに含まれる作業項目と、それらの作業に関連する測定量を確認する。またこの時、測定量に関する情報が不足していれば、測定量を示すマークをダブルクリックし、より詳細な情報を参照することもできる。

7. 考察

7.1. 提案システムに関して

組織標準のプロセスと管理指標が定義されている組織においても、ソフトウェア開発プロセスの定量的管理計画を立案する作業は、十分な経験を積んでいない計画者にとっては、非常に困難なものである。それは管理計画立案作業の一部である、管理指標の選択作業において、その作業指針が示されていないことが一因と考えられる。

この問題に対し提案システムでは、管理指標の選択支援機能を提供する。これによって、計画者は過去のプロジェクトから得られた選択基準を参考に、管理指標の選択を行えるようになるため、定量的管理指標を利用した管理計画の導入が円滑に行えることが期待される。

また、本研究にて想定した選択基準は、過去プロジェクトにおけるプロジェクトの特徴と、管理指標の利用状況との関連であり、調査によっていくつかの管理指標については選択基準となりえるプロジェクトの特性が示された。他にも、管理コストや管理者の管理能力など、他の側面も考慮することで、支援システムによって、よりの確な選択支援を行うことが可能と考えられる。

定量的管理計画の立案に関する2つ目の課題として、管理計画の確認作業が挙げられる。利用する管理指標が増大すれば、その利用に必要な測定と分析活動も増加し、結果的に管理計画が複雑化してしまうことが原因である。特に多くの管理指標が利用されるプロジェクト、つまり比較的大規模で、慎重な管理が求められるプロジェクトにおいては、管理計画の円滑な遂行を妨げる原因となる。

この課題に対し本研究で提案したシステムでは、計画作業の確認を支援する機能として、測定作業の確認支援機能と、依存関係の測定支援機能を提供する。前者の機能は、利用する管理指標に対して必要となる定量的データに、その測定を行う開発作業とを並べて示すことで、測定作業の欠落による定量的管理の行き詰まりの防止が期待できる。後者の機能は、前者の機能によって開発作業と関連付けられた測定量と、その分析によって得られる測定量との依存関係を並べて表示

することで、不要な測定量を特定し、無駄な測定作業による計画の複雑化の防止が期待できる。

また、これらの機能を利用して、選択・確認作業を繰り返す過程で、徐々に管理計画全体の理解と、管理指標の利用方法の理解とが促進されることも期待される。

7.2. 指標の利用実態調査に関して

これまでに、いくつかの EPG (Electronic Process Guidebook) システムが提案されているが、それらの多くは既定のソフトウェアプロセスの理解支援に注目したものである[19]。提案する EPDG+のアプローチでも、このような理解支援を行うが、本研究で注目しているのは、定量的管理に必要とされる定量的データの定義や流れといった情報モデルを、いかに実際の開発作業において活用するかということにある。

そこで本研究では、実際のソフトウェア開発組織において、そのような情報モデルに基づく定量的管理が、現時点でどのように活用されているかを調べるための調査を行った。そして、その結果を分析して得られた知見より、定量的管理における問題点や、重点的に取り組むべき課題を知ることができた。さらに、それらの課題に対して、システムによる具体的な支援手法を示すことができ、支援システムによる系統だった支援手法が示された。

7.3. システムの試作に関して

本研究で提案を行った EPDG+システムでは、組織標準として定義された開発プロセスと管理指標とを、開発作業とそこで測定可能な測定量という繋がりで関連付け、支援機能を実現している。試作したシステムでは、現在のところ WBS モデルに基づいて記述されたプロセス記述に対応しており、開発プロセスはその詳細度の違いによって木構造で表現されている。WBS では木構造で示された開発プロセスの末端には、ワークパッケージと呼ばれる開発作業が定義されている。これに対して、今後対応を予定している PReP モデルでは、成果物間の関連を記述する方式をとっているため、その最小構成要素は成果物である。しかし、PReP モデルでは各成果物にはそれを作成するための作業が作業モデルとして、各成果

物に保持されている。したがって、各成果物を開発作業とみなして、提案システムに応用することができる。また、他のプロセスモデルにおいても、その多くは開発作業に相当する構成単位を持っているため、システムの対応は容易であると考えられる。

8. おわりに

プロジェクトのプロセス改善の一環として、定量的管理が重要視されているが、その実践には困難が伴う。これは、定量的管理に必要となる管理指標を選択する際に、その指針が明確にされていなく、計画者個人の経験や知識が強く影響するためである。また、利用する管理指標が増加すると、それらを利用した管理計画が複雑になり、確認作業が困難になることも問題である。

本研究では、ソフトウェア開発において定量的管理の導入支援手法として、EPDG+システムの提案を行った。これは、定量的管理に利用する管理指標の選択と、その利用に必要な測定と分析活動の組み込みを支援するシステムである。

経験の浅い計画者は、これらの機能を利用することで、多くの組織標準管理指標群の中から、プロジェクトの状況に応じた管理指標の選択が容易になり、管理計画の立案作業を円滑に行えることが期待される。さらに、熟練した計画者に対しても、自身が選択した管理指標の利用に必要な測定と分析活動を、開発プロセスに組み込んだ結果を提示することで、管理計画が実施可能であるかの確認作業を容易に行えるようになることが期待される。

また本研究では、現在実際に行われている定量的管理に基づき、支援システムを構築するため、実企業における管理指標の利用に関する現状調査を行い、その結果得られた利用傾向から、システムによる計画作業を支援するうえで有益な知見を得ることができた。

以下に、本研究をさらに探究するための、今後の課題を挙げる。

■ プロジェクトの管理結果に基づく選択支援

管理指標の選択を支援する機能として、本研究では過去のプロジェクトの利用状況に基づく分析を行った。さらなる改善を目指すには、プロジェクト管理の視点から成功したプロジェクトサンプルを集め、それらでの利用状況に基づく分析を行うべきである。このためには、プロジェクト管理の視点から、プロジェクトの成否を判断する基準を定義する必要があると考えられる

■ 管理コストの考慮

本研究では、指標選択の一つの基準として開発規模や対象業種、計画者の経験などを基準に調査を行った。実際には、これらと合わせて管理指標の利用に必要なコストを考慮した計画立案を行うと考えられる、したがって、今後は管理コストを考慮した選択のために、調査・分析手法を検討していく必要がある。

■ 支援機能の実装

本研究で行った管理指標の利用実態調査によって、管理指標の利用を特徴付ける要素と、それを元にした支援機能の考察を行ったが、これらの機能を実装するに、より詳細な検討が必要である。

また、段階的な導入や運用方式についても議論する必要がある。

謝辞

本研究を進めるにあたり，非常に多くの方々に，多大なご指導・ご協力・ご支援を頂きました。巻末ではありますが感謝の気持ちを込めまして，ここにそのお名前を記させていただきます。

主指導教員の 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 ソフトウェア工学講座 松本 健一 教授におかれましては，本研究の全ての過程において，広い視野から多大なご指導を頂きました。また，企業との共同研究という貴重な場を与えてくださったことは，大学院での研究生活において本当に有意義なものでした。心より深く感謝申し上げます。

副指導教員の 同 システム制御・管理講座 西谷 紘一 教授におかれましては，本研究の発表において，異なる視点から貴重なご意見・ご指摘を頂き，研究の価値を高めるための再考の機会を頂きました。心より深く感謝申し上げます。

副指導教員の 同 ソフトウェア設計学講座 飯田 元 教授におかれましては，本研究の全ての過程において，終始熱心にご指導を頂きました。また，発表方法や原稿の書き方に関しても，熱心にご指導いただきました。先生のご協力なくして，本研究はありえませんでした。心より深く感謝申し上げます。

副指導教員の 同 ソフトウェア工学講座 門田 暁人 助教授におかれましては，本研究の発表において，研究の意義や目的に関して，さまざまなお意見・ご指摘を頂きました。心より深く感謝申し上げます。

株式会社 日立製作所 情報・通信グループ 生産技術本部 福地 豊 氏，ならびに 同 米光 哲哉氏におかれましては，本研究を進めるにあたり，貴重な企業資産をご提供頂きました。さらに，研究のミーティングにおいて，企業の立場から重要なお意見を多数頂きました。心より深く感謝申し上げます。

同 所員の方々には，本研究で行った調査にご協力頂きました。心より深く感謝申し上げます。

ソフトウェア工学講座 中村 匡秀 助手，ならびに 同 大平 雅雄 助手におかれ

ましては，研究活動のみならず，常日頃の研学生活においても，多大なご支援・ご協力を頂きました．心より深く感謝申し上げます．

ソフトウェア設計学講座 伏田 亨平氏，ならびにソフトウェア工学講座 亀井 靖高氏におかれましては，特に提案システムの実装において，多大なご協力を頂きました．心より深く感謝申し上げます．

最後に，ソフトウェア工学講座，ならびにソフトウェア設計学講座の皆様には，公私ともに私を支え，成長させて頂きました．心より深く感謝申し上げます．

参考文献

- [1] Mark C. Paulk, Bill Curtis, Mary Beth Chrissis, Charles V. Weber, “Capability Maturity Model for Software, Version 1.1,” Software Engineering Institute, CMU/SEI-93-TR-24, ESC-TR-93-177, February, 1993.
- [2] CMMI Product Team, “Capability Maturity Model Integration for System Engineering / Software Engineering / Integrated Product and Process Development, Version 1.1,” Software Engineering Institute, CMU/SEI-2002-TR-004, August, 2002.
- [3] Victor R. Basili, David M. Weiss, “A Methodology for Collecting Valid Software Engineering Data,” IEEE Transaction on Software Engineering, pp728-738, November, 1984.
- [4] John McGarry, David Card, et al., “Practical Software Measurement, Joint Logistics Commanders and Office of the Undersecretary of Defense for Acquisition,” 1997.
- [5] John McGarry, David Card, Cheryl Jones, Beth Layman, Elizabeth Clark, Joseph Dean, Fred Hall, “Practical Software Measurement: Objective Information for Decision Makers,” Addison-Wesley Pub., October, 2001.
- [6] ISO/IEC 15504-1:2004, “Information technology -- Process assessment -- Part 1: Concepts and vocabulary,” ISO, November, 2004.
- [7] ISO/IEC 15504-2:2003, “Information technology -- Process assessment -- Part 2: Performing an assessment,” ISO, October, 2003.
- [8] ISO/IEC 15504-3:2004, “Information technology -- Process assessment -- Part 3: Guidance on performing an assessment,” ISO, January, 2004.
- [9] ISO/IEC 15504-4:2004, “Information technology -- Process assessment --

- Part 4: Guidance on use for process improvement and process capability determination,” ISO, July, 2004.
- [10] ISO/IEC TR 15504-5:1999, “Information technology -- Software Process Assessment -- Part 5: An assessment model and indicator guidance,” ISO, June, 2002.
- [11] ISO/IEC 9126-1:2001, “Software engineering -- Product quality -- Part 1: Quality model,” ISO, June, 2001.
- [12] ISO/IEC TR 9126-2:2003, “Software engineering -- Product quality -- Part 2: External metrics,” ISO, July, 2003.
- [13] ISO/IEC TR 9126-3:2003, “Software engineering -- Product quality -- Part 3: Internal metrics,” ISO, July, 2003.
- [14] ISO/IEC TR 9126-4:2004, “Software engineering -- Product quality -- Part 4: Quality in use metrics,” ISO, March, 2004.
- [15] ISO/IEC 15939:2002, “Software engineering -- Software measurement process,” 2002.
- [16] JIS X 0129-1:2003, “ソフトウェア製品の品質 -- 第1部:品質モデル,” 日本規格協会, February, 2003.
- [17] JIS X 0141:2004, “ソフトウェア測定プロセス,” 日本規格協会, June, 2004.
- [18] 村上 弘, 飯田 元, 松本 健一, “ソフトウェア開発プロセス管理データの収集と活用の支援を目的とした電子ガイドの提案,” 電子情報通信学会技術報告, no.SS2004-41, pp.43-48, November, 2004.
- [19] Ulrike Becker-Kornstaedt, Roman Reinert, “A concept to support process model maintenance through systematic experience capture.” In Proceedings of the 14th International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering (Ischia, Italy, July 15 - 19, 2002). SEKE '02, vol. 27. ACM Press, New York, NY, pp465-468.

- [20] 引地 一将, 飯田 元, 松本 健一, “ソフトウェア開発における定量的管理計画の立案支援,” 信学技報 Vol.105 No.491, pp55-60, December, 2005.
- [21] 田中 康, 飯田 元, 松本 健一, “成果物間に関連した着目した開発プロセスモデル: PReP,” 情報処理学会論文誌, Vol.46 no.5, pp.1233-1245, May, 2005.

付録

付録A 利用実態調査で利用したアンケート用紙

管理指標推薦のための基礎データ収集を目的としたアンケート 「開発プロジェクトにおける管理指標採用の実態調査」

【調査の目的】

本アンケートはソフトウェア開発プロセスの定量的管理支援に関する研究の一環として、御社で策定・推奨されているプロセス関連の管理指標 45 個に対して、プロジェクト種別ごとの利用実態調査を行うものです。収集されたデータは、下記の目的に利用いたします：

- プロジェクトの業種や規模ごとに各指標の利用実績を把握する
 - 初級管理者によるプロジェクト計画時に、業種や規模に応じた管理指標を推薦する
 - 社内で閲覧可能な事例データベース（固有名詞その他の情報はマスクします）構築の材料とする
- お忙しいところ貴重なお時間をいただき誠に恐縮ですが、本調査にご協力くださいますよう、お願い申し上げます。

なお、本アンケートにて収集したプロジェクト固有の情報は上記の目的にのみ利用し、第三者に提供することは一切ありません（統計的数値につきましては、事前の了解を得た上で外部発表を行うことがあります）。また、収集した情報は厳重に管理し、データの盗難や流出の防止に全力で取り組みます。

【アンケート】

ご自身の関わられた代表的なプロジェクトについて、以下の質問にお答えください。
※複数プロジェクトについてご回答いただく場合は誠に恐縮ですが、個々のプロジェクト毎に解答用紙一式を用いてお答え願います。

A. プロジェクトのプロファイルについて、以下の 1～5 の質問にお答えください。

1. プロジェクト名を記入し、対象業務を [] の中に書き入れてください。
プロジェクト名 ()
対象業務 []
2. プロジェクトの現在の状況を [] の中からから選び○で囲んでください。
[既に完了 現在進行中 その他 ()]
3. プロジェクトにおけるあなたの立場を [] の中からから選び○で囲んでください。
[PM QA その他 ()]
4. 上記の立場での、あなたの経験年数および経験プロジェクト数をお答えください。
() 年 () 回 (個)
5. プロジェクトの規模を書き入れてください、また単位を [] の中からから選び○で囲んでください。
() 単位 [ステップ FP その他 ()]

B. 各管理指標の利用実績について、次ページ以降のリスト中の利用状況について最も近いと思われるもの一つだけにチェックを入れてください（マーク(*)のついてる項目については、下の詳細欄に具体的な内容を記入してください。その他、コメント等ございましたら、併せて詳細欄にご記入ください）。なお、管理指標の名称および各選択項目は略称を記載しております。管理指標の詳細につきましては別紙資料 1 をご参照願います。各選択項目の意味は下記の通りです。

指標を利用した場合：

必須指標：この種のプロジェクトでは基本的に必ず利用する指標である
選択指標：常に利用するとは限らないが、このプロジェクトでは必要なので利用した
類似指標(*)：プロジェクトに合うように指標を改変した。あるいは、類似した他の指標で代用した（具体的内容について詳細欄にご記入ください）。
形式的利用：組織内で利用が義務付けられているが、必ずしも有効活用はしていない。

指標を利用しなかった場合：

不要：このプロジェクトでは不要であると判断した。
理解不足：指標の使い方や基礎データの定義を十分に理解しておらず、必要性が不明だった。
高コスト：利用したい指標であるが、収集・分析のためのコスト（時間・手間）が無視できないために利用しなかった。
環境未整備：利用したい指標であるが、基礎となるデータの収集環境が制度的あるいは技術的に整っていませんでしたので利用できなかった。

#	指標の略称(詳細は別紙一覧を参照してください)	利用した: <input type="checkbox"/> 必須 <input type="checkbox"/> 選択 <input type="checkbox"/> 類似利用(*) <input type="checkbox"/> 形式的利用 <input type="checkbox"/> その他(*) 利用せず: <input type="checkbox"/> 不要 <input type="checkbox"/> 理解不足 <input type="checkbox"/> 高コスト <input type="checkbox"/> 環境未整備 <input type="checkbox"/> その他(*) 詳細: (*のついている項目についてはここに詳細を記入してください。
1	プロジェクト発足時のプロダクトの見積規模	利用した: <input type="checkbox"/> 必須 <input type="checkbox"/> 選択 <input type="checkbox"/> 類似利用(*) <input type="checkbox"/> 形式的利用 <input type="checkbox"/> その他(*) 利用せず: <input type="checkbox"/> 不要 <input type="checkbox"/> 理解不足 <input type="checkbox"/> 高コスト <input type="checkbox"/> 環境未整備 <input type="checkbox"/> その他(*) 詳細:
2	プロジェクト毎の計画作成・実施状況	利用した: <input type="checkbox"/> 必須 <input type="checkbox"/> 選択 <input type="checkbox"/> 類似利用(*) <input type="checkbox"/> 形式的利用 <input type="checkbox"/> その他(*) 利用せず: <input type="checkbox"/> 不要 <input type="checkbox"/> 理解不足 <input type="checkbox"/> 高コスト <input type="checkbox"/> 環境未整備 <input type="checkbox"/> その他(*) 詳細:
3	進捗会議の開催の遅延日数	利用した: <input type="checkbox"/> 必須 <input type="checkbox"/> 選択 <input type="checkbox"/> 類似利用(*) <input type="checkbox"/> 形式的利用 <input type="checkbox"/> その他(*) 利用せず: <input type="checkbox"/> 不要 <input type="checkbox"/> 理解不足 <input type="checkbox"/> 高コスト <input type="checkbox"/> 環境未整備 <input type="checkbox"/> その他(*) 詳細:
4	-----	利用した: <input type="checkbox"/> 必須 <input type="checkbox"/> 選択 <input type="checkbox"/> 類似利用(*) <input type="checkbox"/> 形式的利用 <input type="checkbox"/> その他(*) 利用せず: <input type="checkbox"/> 不要 <input type="checkbox"/> 理解不足 <input type="checkbox"/> 高コスト <input type="checkbox"/> 環境未整備 <input type="checkbox"/> その他(*) 詳細:
5	-----	利用した: <input type="checkbox"/> 必須 <input type="checkbox"/> 選択 <input type="checkbox"/> 類似利用(*) <input type="checkbox"/> 形式的利用 <input type="checkbox"/> その他(*) 利用せず: <input type="checkbox"/> 不要 <input type="checkbox"/> 理解不足 <input type="checkbox"/> 高コスト <input type="checkbox"/> 環境未整備 <input type="checkbox"/> その他(*) 詳細:
		利用した: <input type="checkbox"/> 必須 <input type="checkbox"/> 選択 <input type="checkbox"/> 類似利用(*) <input type="checkbox"/> 形式的利用 <input type="checkbox"/> その他(*) 利用せず: <input type="checkbox"/> 不要 <input type="checkbox"/> 理解不足 <input type="checkbox"/> 高コスト <input type="checkbox"/> 環境未整備 <input type="checkbox"/> その他(*) 詳細:

～ 中略 ～

40	-----	利用せず: <input type="checkbox"/> 不要 <input type="checkbox"/> 理解不足 <input type="checkbox"/> 高コスト <input type="checkbox"/> 環境未整備 <input type="checkbox"/> その他(*) 詳細:
41	-----	利用した: <input type="checkbox"/> 必須 <input type="checkbox"/> 選択 <input type="checkbox"/> 類似利用(*) <input type="checkbox"/> 形式的利用 <input type="checkbox"/> その他(*) 利用せず: <input type="checkbox"/> 不要 <input type="checkbox"/> 理解不足 <input type="checkbox"/> 高コスト <input type="checkbox"/> 環境未整備 <input type="checkbox"/> その他(*) 詳細:
42	-----	利用した: <input type="checkbox"/> 必須 <input type="checkbox"/> 選択 <input type="checkbox"/> 類似利用(*) <input type="checkbox"/> 形式的利用 <input type="checkbox"/> その他(*) 利用せず: <input type="checkbox"/> 不要 <input type="checkbox"/> 理解不足 <input type="checkbox"/> 高コスト <input type="checkbox"/> 環境未整備 <input type="checkbox"/> その他(*) 詳細:
43	-----	利用した: <input type="checkbox"/> 必須 <input type="checkbox"/> 選択 <input type="checkbox"/> 類似利用(*) <input type="checkbox"/> 形式的利用 <input type="checkbox"/> その他(*) 利用せず: <input type="checkbox"/> 不要 <input type="checkbox"/> 理解不足 <input type="checkbox"/> 高コスト <input type="checkbox"/> 環境未整備 <input type="checkbox"/> その他(*) 詳細:
44	-----	利用した: <input type="checkbox"/> 必須 <input type="checkbox"/> 選択 <input type="checkbox"/> 類似利用(*) <input type="checkbox"/> 形式的利用 <input type="checkbox"/> その他(*) 利用せず: <input type="checkbox"/> 不要 <input type="checkbox"/> 理解不足 <input type="checkbox"/> 高コスト <input type="checkbox"/> 環境未整備 <input type="checkbox"/> その他(*) 詳細:
45	-----	利用した: <input type="checkbox"/> 必須 <input type="checkbox"/> 選択 <input type="checkbox"/> 類似利用(*) <input type="checkbox"/> 形式的利用 <input type="checkbox"/> その他(*) 利用せず: <input type="checkbox"/> 不要 <input type="checkbox"/> 理解不足 <input type="checkbox"/> 高コスト <input type="checkbox"/> 環境未整備 <input type="checkbox"/> その他(*) 詳細:

図A1 アンケート用紙(一部省略)

付録B システムで利用するデータファイル

図B1 DTD ファイル(EPDGPlus.dtd)

```
<!-- EPDG+システム用DTD定義 -->
<!-- Author:Kazumasa Hikichi -->
<!-- ドキュメントエレメント(ルート要素) -->
<!ELEMENT Root ((PreP| WBS), EPDG)>
<!-- 共通する要素 ここから -->
  <!-- 注釈 -->
    <!ELEMENT Comments (Comment)*>
    <!ELEMENT Comment (#PCDATA)>
  <!-- サンプル -->
    <!ELEMENT Samples (Sample)*>
    <!ELEMENT Sample (#PCDATA)>
  <!-- リンク -->
    <!ELEMENT Link EMPTY>
    <!ATTLIST Link refid IDREF #REQUIRED>
<!-- 共通する要素 ここまで -->
<!-- WBS ここから -->
  <!ELEMENT WBS (Phase)+>
  <!ATTLIST WBS level CDATA #FIXED "0">
  <!-- フェーズ -->
    <!ELEMENT Phase (RelatedMeasureLinks, (Phase+| Task+))>
    <!ATTLIST Phase id ID #IMPLIED>
    <!ATTLIST Phase name CDATA #REQUIRED>
    <!ATTLIST Phase level CDATA #REQUIRED>
  <!-- タスク ここから -->
    <!ELEMENT Task (RelatedMeasureLinks)>
    <!ATTLIST Task id ID #REQUIRED>
    <!ATTLIST Task name CDATA #REQUIRED>
    <!-- 関連する測定量へのリンク -->
      <!ELEMENT RelatedMeasureLinks (Link)*>
  <!-- タスク ここまで -->
<!-- WBS ここまで -->
<!-- EPDG ここから -->
  <!ELEMENT EPDG (ProcessAreas, DerivedMeasures, BaseMeasures)>
  <!-- プロセス領域 ここから -->
    <!ELEMENT ProcessAreas (ProcessArea)*>
    <!ELEMENT ProcessArea (Category, MaturityLevel, Name-en, Name-jp)>
    <!ATTLIST ProcessArea id ID #REQUIRED>
    <!ATTLIST ProcessArea acronym CDATA #REQUIRED>
  <!-- CMMI区分(連続表現用) -->
    <!ELEMENT Category (#PCDATA)>
  <!-- CMMI成熟度レベル(段階表現用) -->
    <!ELEMENT MaturityLevel (#PCDATA)>
  <!-- 正式名称 -->
    <!ELEMENT Name-en (#PCDATA)>
    <!ELEMENT Name-jp (#PCDATA)>
  <!-- プロセス領域 ここまで -->
```

```

<!-- 導出測定量 ここから -->
<!ELEMENT DerivedMeasures (DerivedMeasure)*>
<!ELEMENT DerivedMeasure (
  Purpose,
  DataType,
  RelatedPALinks,
  Users,
  AnalysisMethods,
  AnalysisTools,
  Comments,
  Samples,
  RelatedBMLinks
)*>
<!ATTLIST DerivedMeasure id ID #REQUIRED>
<!ATTLIST DerivedMeasure name CDATA #REQUIRED>
<!-- 目的 -->
<!ELEMENT Purpose (#PCDATA)>
<!-- データタイプ -->
<!ELEMENT DataType (#PCDATA)>
<!-- 関連するプロセスエリアへのリンク -->
<!ELEMENT RelatedPALinks (Link)*>
<!-- 利用者 -->
<!ELEMENT Users (User)*>
<!ELEMENT User (#PCDATA)>
<!-- 分析方法 -->
<!ELEMENT AnalysisMethods (AnalysisMethod)*>
<!ELEMENT AnalysisMethod (#PCDATA)>
<!-- 分析ツール -->
<!ELEMENT AnalysisTools (AnalysisTool)*>
<!ELEMENT AnalysisTool (#PCDATA)>
<!-- 関連する基本測定量へのリンク -->
<!ELEMENT RelatedBMLinks (Link)*>
<!-- 導出測定量 ここまで -->
<!-- 基本測定量 ここから -->
<!ELEMENT BaseMeasures (BaseMeasure)*>
<!ELEMENT BaseMeasure (
  MeasureCategory1,
  MeasureCategory2,
  UsageCategory,
  MeasurementUnit,
  MeasurementType,
  MeasureVariations,
  TargetProducts,
  TargetPhases,
  TargetTimings,
  TargetWorkPackageLinks,
  Collectors,
  MeasurementMethods,
  MeasurementTools,
  Comments,
  Samples,
  RelatedDMLinks
)*>
<!ATTLIST BaseMeasure id ID #REQUIRED>
<!ATTLIST BaseMeasure name CDATA #REQUIRED>

```

```

<!-- 測定分類 -->
  <!ELEMENT MeasureCategory1 (#PCDATA)>
  <!ELEMENT MeasureCategory2 (#PCDATA)>
<!-- 利用分類 -->
  <!ELEMENT UsageCategory (#PCDATA)>
<!-- 測定単位 -->
  <!ELEMENT MeasurementUnit (#PCDATA)>
<!-- 測定タイプ -->
  <!ELEMENT MeasurementType (#PCDATA)>
<!-- 測定バリエーション -->
  <!ELEMENT MeasureVariations (MeasureVariation)*>
  <!ELEMENT MeasureVariation (#PCDATA)>
<!-- 対象成果物 -->
  <!ELEMENT TargetProducts (TargetProduct)*>
  <!ELEMENT TargetProduct (#PCDATA)>
<!-- 対象フェーズ -->
  <!ELEMENT TargetPhases (TargetPhase)*>
  <!ELEMENT TargetPhase (#PCDATA)>
<!-- 対象タイミング -->
  <!ELEMENT TargetTimings (TargetTiming)*>
  <!ELEMENT TargetTiming (#PCDATA)>
<!-- 対象ワークパッケージへのリンク -->
  <!ELEMENT TargetWorkPackageLinks (Link)*>
<!-- 収集者 -->
  <!ELEMENT Collectors (Collector)*>
  <!ELEMENT Collector (#PCDATA)>
<!-- 測定方法 -->
  <!ELEMENT MeasurementMethods (MeasurementMethod)*>
  <!ELEMENT MeasurementMethod (#PCDATA)>
<!-- 測定ツール -->
  <!ELEMENT MeasurementTools (MeasurementTool)*>
  <!ELEMENT MeasurementTool (#PCDATA)>
<!-- 関連する導出測定量へのリンク -->
  <!ELEMENT RelatedDMLinks (Link)*>
<!-- 基本測定量 ここまで -->
<!-- EPDGここまで -->

```

図 B2 XML ファイルの例 (EPDGPlus.xml)

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<!DOCTYPE Root SYSTEM "EPDGPlus.dtd">

<Root>
  <WBS level="0">
    <Phase level="1" name="システム構築運用サービス">
      <RelatedMeasureLinks/>
      <Phase level="2" name="要件定義">
        <RelatedMeasureLinks/>
        <Task id="SD2" name="データ分析">
          <RelatedMeasureLinks>
            <Link refid="B001"/>
            <Link refid="B002"/>
            <Link refid="B003"/>
          </RelatedMeasureLinks>
        </Task>
      </Phase>
    </Phase>
    . . . 中略 . . .
  </WBS>

  <EPDG>
    <ProcessAreas>
      <ProcessArea acronym="REQM" id="PA001">
        <Category>エンジニアリング</Category>
        <MaturityLevel>2</MaturityLevel>
        <Name-en>Requirements Management</Name-en>
        <Name-jp>要件管理</Name-jp>
      </ProcessArea>
      . . . 中略 . . .
    </ProcessAreas>

    <DerivedMeasures>
      <DerivedMeasure id="D001" name="見積もった規模">
        <Purpose>
          開発規模を見積もり工数見積、予算確定、スケジュール作成に利用する。
        </Purpose>
        <DataType>ベース尺度に同じ</DataType>
        <RelatedPALinks>
          <Link refid="PA002"/>
        </RelatedPALinks>
        <Users>
          <User>Prj</User>
        </Users>
        <AnalysisMethods>
          <AnalysisMethod>-</AnalysisMethod>
        </AnalysisMethods>
        <AnalysisTools>
          <AnalysisTool>-</AnalysisTool>
        </AnalysisTools>
      </DerivedMeasure>
    </DerivedMeasures>
  </EPDG>
</Root>
```

```

<Comments>
  <Comment/>
</Comment>
<Samples>
  <Sample/>
</Samples>
<RelatedBMLinks>
  <Link refid="B001"/>
  <Link refid="B002"/>
  <Link refid="B003"/>
  <Link refid="B004"/>
  <Link refid="B005"/>
</RelatedBMLinks>
</DerivedMeasure>
. . . 中略 . . .
</DerivedMeasures>

<BaseMeasures>
  <BaseMeasure id="B001" name="ドキュメント数">
    <MeasureCategory1>数値</MeasureCategory1>
    <MeasureCategory2>比例尺度</MeasureCategory2>
    <UsageCategory>プロダクトサイズ</UsageCategory>
    <MeasurementUnit>個数</MeasurementUnit>
    <MeasurementType>見積</MeasurementType>
    <MeasureVariations>
      <MeasureVariation/>
    </MeasureVariations>
    <TargetProducts>
      <TargetProduct>プロジェクト全体</TargetProduct>
      <TargetProduct>サブシステム毎</TargetProduct>
      <TargetProduct>業務ごと</TargetProduct>
    </TargetProducts>
    <TargetPhases>
      <TargetPhase>プロジェクト発足（計画，受注）</TargetPhase>
    </TargetPhases>
    <TargetTimings/>
    <TargetWorkPackageLinks>
      <Link refid="SD410"/>
    </TargetWorkPackageLinks>
    <Collectors>
      <Collector>PL</Collector>
    </Collectors>
    <MeasurementMethods>
      <MeasurementMethod>-</MeasurementMethod>
    </MeasurementMethods>
    <MeasurementTools>
      <MeasurementTool>-</MeasurementTool>
    </MeasurementTools>
  </BaseMeasure>

```

```
<Comments>
  <Comment/>
</Comment>
<Samples>
  <Sample/>
</Samples>
<RelatedDMLinks>
  <Link refid="D001"/>
</RelatedDMLinks>
</BaseMeasure>
. . . 中略 . . .
</BaseMeasures>

</EPDG>

</Root>
```