

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

村上 弘[†] 飯田 元[‡] 松本 健一[†]

[†]奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 [‡]奈良先端科学技術大学院大学 情報科学センター
〒630-0192 奈良県生駒市高山町 8916-5

E-mail: [†]{hiros-mu, matumoto}@is.naist.jp, [‡]iida@itc.naist.jp

あらまし 本稿では、ソフトウェア開発組織で実際に導入が進められているプロセス管理・改善のための指標を題材に、指標を得るために必要とされる計測データの構造や性質、データ間の依存関係について整理・評価を行った結果を報告する。さらに、その結果を基にプロジェクト管理者によるプロセス管理計画の立案や開発者によるプロセスデータ収集に対する支援として、指標やデータの構造や収集方法等に関する解説や具体例などを容易に参照できるシステム EPDG (Electronic Process Data Guidebook)を提案する。

キーワード ソフトウェア開発プロセス, ソフトウェア尺度, プロジェクト管理指標, CMMI

An Electronic Guidebook System for Support of Software Process Management Data Collection and Utilization

Hiroshi MURAKAMI[†] Hajimu IIDA[‡] and Ken-ichi MATSUMOTO[†]

[†]Graduate School of Information Science,

[‡]Information Technology Center,

Nara Institute of Science and Technology 8916-5 Takayama-cho, Ikoma-shi, 630-0192 Japan

E-mail: [†]{hiros-mu, matumoto}@is.naist.jp, [‡]iida@itc.naist.jp

Abstract This paper describes a result of evaluation and analysis of structure and inter-dependencies of metrics for software process management and improvement based on CMMI. We also propose an electronic guidebook for process data (EPDG) based on result of evaluation and analysis. The EPDG provides information such as process data structure, actual collection method, and data examples. This information is valuable to project manager as strategies and guidelines for process planning and control and is also valuable to software engineers as practical guide for data collection.

Keyword Software Process, Software Metrics, Process Metrics, CMMI

1. はじめに

近年の社会においてソフトウェアは非常に重要な位置づけにある。普段の生活においてもソフトウェアの依存度がさらに高まり、その重要性はますます増大してきている。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、開発プロセスの改善手段として、様々な開発プロセスのフレームワークや方法論が提案された。例えば、CMU/SEI(カーネギーメロン大学 ソフトウェアエンジニアリング研究所)の CMM(Capability Maturity Model)[5]やその後継である CMMI (CMM Integration)[2]は品質管理や進捗管理などを効率化し、改善するためのフレームワークとして、多数の開発組織に取り入れられ、実践が勧められている。

これらのフレームワークの多くでは、定量的データを用いて品質管理や進捗管理をすることで、より正確な管理や早

期にリスクを発見することが重要視されている。しかし定量的データの収集・活用には、データ収集のために生じる余分な作業(オーバーヘッド)に対する理解や、定量的データを活用したプロセス管理手法に対する理解や熟練が要求される。

本稿では、実際の開発組織で導入が進められている CMMI を指向したプロセス管理・改善の管理指標について、データタイプの抽象化や一般化などの分析を試みた結果について報告する。

さらにこの分析結果にもとづいた、プロセスデータやそのデータ定義、収集方法などの情報を参照するためのガイドブックシステム EPDG (Electronic Process Data Guidebook)の提案とその試作について報告する。EPDG は、開発プロジェクトの管理者や開発者らが、プロセスデータの収集や、収集されたデータを活用してプロジェクトの管理を行う際の支援として、それぞれの役割の利用目的・方法に沿って管

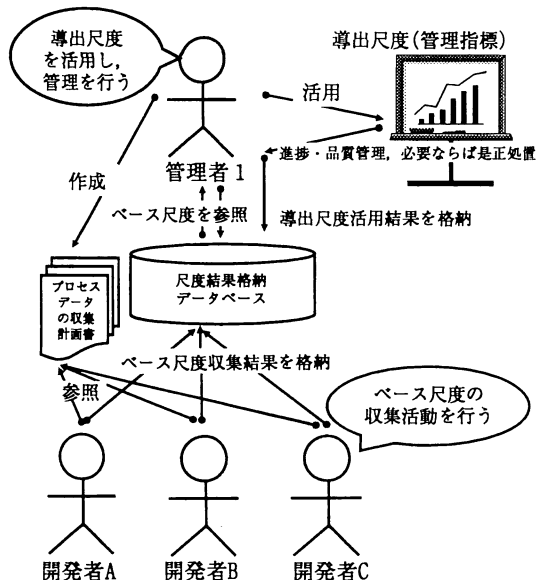


図1 開発現場での開発者と管理者の役割

理指標やその基となる基礎的なプロセスデータの定義、収集方法、実例などの情報を提供するものである。

以下 2.では、ソフトウェア開発プロセス改善のために用いられるフレームワークの現状と、それに必要な管理データの収集や活用作業について述べる。3.では、プロセス管理データの分析結果とその応用方法について述べる。4.では、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システム EPDG の提案とその試作について述べる。最後に 5.で考察とまとめを述べる。

2. ソフトウェア開発プロセス管理データの収集と活用

2.1. 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効率化やその改善は、生産性の向上やコストの削減などに直接影響を与える技術であるため、これまでも盛んに研究が行われ、Basili らの GQM (Goal-Question-Metric) パラダイム[1]や McGarry らの PSM (Practical Software Measurement) [6]をはじめとした様々な方法論や、参照フレームワークが提案された。

ソフトウェア自体の品質を測る尺度としては、ISO/IEC 9126 規格(ISO9126)[8]によるソフトウェア品質特性の定義がある。この規格ではソフトウェアの品質を機能性、信頼性、使用性、効率性、保守性、移植性の合計 6 つの特性に分類し、さらにそれらの特性を特徴付ける性質とそれに直接結び付けられる測定データが示されている。ソフトウェア計測プロセスの参照モデルとしては、PSM をもとに ISO/IEC15939 規格(ISO15939)が定められている。

また、プロセスの能力を測定するフレームワークとしては、ISO/IEC15504 規格(ISO15504)[3]がしばしば参照される。ISO15504 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様々な測定項目が定め

られている。

近年多くの企業で導入が進められている CMMI は CMU/SEI が 1991 年に発表した CMM を基に、様々なバリエーションや他の規格を再統合して 2002 年に発表したソフトウェアプロセスの評価・改善フレームワークである。CMMI は ISO15504 に準拠したプロセス評価モデルに基づき、組織の持つプロセス能力を評価し、改善の指針を与える。また CMMI では、プロセス管理と改善の主要なメカニズムである「プロセスエリア」のひとつとして、ISO15939 を指向した定量的なプロセス管理を定義している(プロセスエリア「計測と分析」)。

プロセスエリア「計測と分析」では、ソフトウェアメトリクス(ソフトウェアの様々な特性(複雑度、信頼性、効率など)を判別する客観的な数学的尺度)を、1)測定活動に関連する直接の測定によりデータが得られる「ベース尺度」と、2)ベース尺度を複数組み合わせることで新たなデータが得られる「导出尺度」の 2 つに分類している。

ベース尺度の測定・収集のための活動や、ベース尺度を用いて得られる导出尺度を用いた分析を通じて定量的なプロセス管理を行い(図1)、また、測定と分析の目標を設定し、各尺度、さらにはデータ収集と格納の仕組み、分析技法、報告とフィードバックの仕組みを明確に設定することで、より客観的な計画策定や見積りを行えるようになることが求められている。

本稿ではプロセスエリア「測定と分析」で定められたフレームワークを前提として、特定の計測ツールや開発支援環境に依存せずに、測定・分析活動の支援を行う手段についての検討を行った。

2.2. プロセス管理データの収集と活用での問題 尺度・指標の理解:

定量的データを用いた進捗管理や品質管理を行うためには、プロジェクトの管理者や現場の開発者がそれぞれの役割や状況などを理解し、より系統的に測定と分析の作業を行うことが重要である。つまり、開発者によるベース尺度の計測から、それらを用いた导出尺度の計算、さらに計算された导出尺度を用いたプロセス管理までの一連の流れで、開発者、管理者それぞれが、その対象となる尺度についての正確な定義や、収集する目的や活用方法などを理解している必要がある。

例えば、管理者がベース尺度の測定に関する作業をプロセス中にどのように組み込み、測定されたデータ(ベース尺度)をどのように活用するのかなどの内容については、組織標準のプロセスや指標定義によってその大枠が定められているが、具体的な運用の中身については、プロジェクト管理者の経験や考え方に依存する部分が高い。そのため、経験の浅い管理者が分析に必要なデータ選択を誤って、無駄なデータ収集を指示するような可能性がある。また開発者が、収集を指示されたデータの定義を理解しないために誤

表1:分析対象の指標定義の例(一部)

#	CMMI の PA	PA 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為の 測定データ	尺度の収集元・方法	収集者
2	PP, PMC	プロジェクト計画立案(PP: SG2)状況と実施状況 (PMC:SG1)をレビュー(PP: SP3.1)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 トセンター	プロジェクト毎のプロジェクト計画 作成・実施状況から問題プロジェ クトを把握する	① プロジェクト計画書のレビュー の予定日、実施日、遅延日 数 ② …	① プロジェクト受注時に、レビュー 予定日を収集し、実施時に実施 日を収集する。実施されるまで 遅延日数を計測する。 ② …	プロジェクト マネジメン トセンター

った方法での計測や、データがどのように活用されるかを理解しないために計測の動機付けがなされず、形骸的なデータの収集などが行われる可能性がある。これらの問題には、収集されるべきデータの性質や内容についての詳細な定義や実例を予め用意して提供することが効果的であると考えられる。

計測・分析プロセスの導入:

また、もともと定量的計測に基づく管理を行っていなかった組織がいきなり大掛かりな計測活動を導入することは、組織への負担が大きく、受け入れられないことも多い。このような問題を避けるためには、実際に計測するデータの数を段階的に増やしたり、段階的に計測の精度を上げたりする方法などが求められる。

3. プロセス管理データの分析

3.1. 提案内容

我々は、計測されるベース尺度それぞれについて、何らかの基準を用いた同値類に分類した上で、粒度や精度という概念基準でデータを整理し、さらにそれを基に、計算される導出尺度との依存関係を明確にすることが、2.2 で述べた課題解決の糸口となると考え、実際にソフトウェア開発企業で利用が進められている尺度セットに対して分析を試みた。

ここでは、分析の具体的な目的として以下の3点を設定した。

- 測定されるデータが一般的に定められた規格や参照モデルを満たしており、かつ冗長な部分(同種のデータを別の方法で二重に計測するなど)が存在していないか
- 類似のデータについて整理・統合や一般化が可能か
- 測定されるデータの特徴づける属性の集合(メタデータ)の定義は可能か

3.2. 分析対象データ

本研究では、株式会社 日立製作所で CMMI に基づいたプロセス管理・改善のために導入が進められている管理指標60個を対象として、各指標を導出尺度、各指標が依存する「計測データ」をベース尺度としてそれぞれ捉え、各尺度のデータ形式や依存関係を分析・整理した。

個々の管理指標には、何を管理するために使うのかが記された「利用目的」、目的実現のための具体的な「インジケータ」、その基になる「計測データ」、「収集方法」などが記述されている(表1参照)。

3.3. 分析手順

以下の手順で分析を行った。

- 1) 分析対象データを測定データである「ベース尺度」と

分析データである「導出尺度」のそれぞれに構造的視点から分類する。

- 2) ベース尺度と導出尺度との間にある依存関係に着目した整理を行う。
- 3) 各尺度の抽象的なデータ形式を明らかにする。
- 4) プロセスデータの形式や格納方法、計測方法を一般化する。

さらに、これらの結果をもとに、尺度の理解や計測プロセス導入の支援を行う方法についても検討を行った。

3.4. 分析結果

3.3 の手順で分析を行った結果を以下に示す。

- 1) プロセスデータをベース尺度と導出尺度に分類した結果は、導出尺度の数は、重複するデータが全くなく、管理指標の数と同じく合計 60 個存在した。また、ベース尺度の数は、若干の重複するデータが存在していて、明らかに同一尺度であるとみなされる重複を除いた結果、合計 178 個存在した。ただし、の中には単位や収集方法が若干異なるだけで、同一種類のものであると思われるものも含まれている。
- 2) ベース尺度と導出尺度との間にある依存関係に着目した整理を行った。その結果の一例を図2に示す。
- 3) 各尺度の抽象的なデータ形式を分析した。ベース尺度のデータ形式は 13 種類の数値が存在した。具体的には、サイズ、日付、チェックアイテムのリスト、回数、人数、金額、工数(人月)、割合、件数、時間、行数、欠陥数、項目数が存在し、基本的な単位として、%、回数、行数、金額、件数、項目数、個数、時間、ステップ、人月、人数、バイト、日付、抽象サイズ数、頁数、FP (ファンクションポイント)の 15 単位と無単位数に分類された。さらに、用途に基づいたデータ型の抽象的分類を進めた結果、ラベル

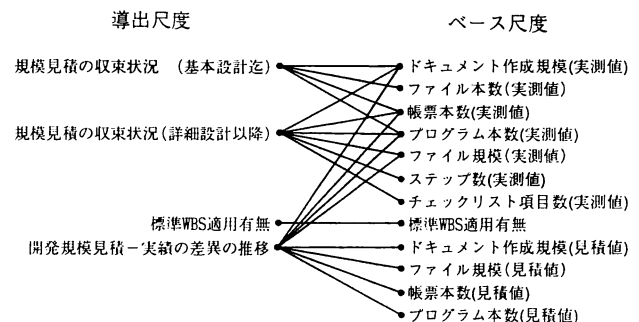


図2 導出尺度-ベース尺度依存関係結果の一例

表2 ベース尺度の抽象階層に基づいた分類

尺度分類 (1)	尺度分類 (2)	用途分類	単位
数値	名義尺度	ラベル付け	なし
	順序尺度	イベント位置	日付
	比例尺度	イベント回数の計測回数	回数
		総合的な分析値	金額, 無単位数(リスク値)
		プロセスサイズ計測	項目数, 個数, 時間, 人月, 人数
		プロダクトサイズ計測	行数, 個数, ステップ, バイト, 不定(抽象サイズ数), FP, 頁数
		列举型	件数
		割合*	個数/サイズなど
モデル	該当無	数式モデル	なし

*割合は厳密には導出尺度の一種だが, 単純なものは擬似ベース尺度として扱う

表3 導出尺度の属性

要素名	意味
ID	固有テンプレート番号
NAME	尺度名称
FILE_NAME	XML 定義ファイル名
FROM	この尺度を参照しているベース尺度の ID
WORKER	分析の実行者
PURPOSE	利用目的
HOWTO_CALCULATE	導出尺度の算出方法
DATA_MODEL_DERIVED	導出尺度を分析するためのインジケータ
ANALYSIS_TOOL	分析時に使用するツール
COMMENT	導出尺度の分析時に注意する点
SAMPLE	導出尺度を分析した実例

表4 ベース尺度の属性

要素名	意味
ID	固有テンプレート番号
NAME	尺度名称
FILE_NAME	XML 定義ファイル名
DATA_MODE	データタイプ
MEASUREMENT	測定種類
VARIATION	測定バリエーション
TARGET_PRODUCT	対象プロダクト
PROGRESS_WORK	対象工程
CALCULATE_INTERVAL	測定間隔
WORKER	収集者
HOW_TO_CALCULATE	収集方法
MEASUREMENT_TOOL	測定時に使用するツール
COMMENT	測定時の注意点
SAMPLE	収集例
USING_DERIVED	この尺度を使用している導出尺度 ID

付け, イベント位置, イベント回数, 数式, 総合的分析値, プロセスサイズ, プロダクトサイズ, 列举型, 割合の9種類にまで分類された。これらの対応結果を表2に示す。列举型のベース尺度(件数を単位とするもの)は, さらにいくつかの種類に分類可能であると思われるが, 現状においては検討が不十分であるため, ひとつにまとめてある。今後組織的スケールからの分類などを試みる予定である。

また導出尺度では, サイズ, 項目数, 割合, 日数, 工数(人月), リストの合計5種類の数値と3種類のリスト, 7種類の表, 27種類のグラフが存在した。

- 4) プロセスデータの形式や格納方法, 計測方法を一般化した。ベース尺度では, バリエーション, 測定種類, 対象プロダクト, 対象工程, 収集者の合計6種

類が存在した。また導出尺度では, バリエーション, 対応プロセスエリア, 利用者の合計3種類存在した。

手順3),4)より, 各尺度の持つ属性をより詳細化して補完を行った。属性の一覧を表3,4に示す。

分析の結果, ベース尺度の多くがISO9126品質特性規格で「信頼性を管理するためのデータ」として分類されるものであった。また, 非常に類似したベース尺度集合から得られる, 異なる導出尺度がいくつか存在したが, 必ずしも冗長なデータ収集に相当するものとは結論付けられなかった。

これらの分析結果を実際の「計測と分析」の活動に役立てる支援方法としては, これらの情報をプロセスデータの収集や活用時に管理者や開発者を手軽に参照し役立てる仕組みが有効であると考えられる。次節では, Webブラウザを用いて, プロセスデータやそのデータ定義, 収集方法などの情報を参照するためのシステムを提案する。

4. プロセスデータガイドブックの提案と試作

4.1. 概要

EPDGは, EPG(Electronic Process Guidebook)[4],[7]の一種で, プロセスデータの収集や活用時に管理者や開発者がWebブラウザを用いて, プロセスデータやそのデータ定義, 収集方法などの情報を参照するためのシステムである。プロセスデータに関するドキュメントをHTML文書として構成することには, 紙ベースでのドキュメントに比べて, 特に以下のような利点がある。

- プロセスデータに関する情報をWebサーバで一元管理することが可能であるため, プロセスデータの収集・活用計画の変更・追加が容易に行える。
- 各尺度の記述にハイパーリンクを張ることで, よりすばやく効率的な参照が可能である。
- キーワード検索や絞込みなどにより目的のプロセスデータの記述を容易に見つけることが可能である。

4.2. 活用のシナリオ

EPDGの利用者には, 管理者と開発者の2つの役割があると考えられる。それぞれの役割によって具体的な利用目的があり, 利用方法が異なる。

管理者の場合

管理者は, 導出尺度の指標を用いて進捗や品質などの管理計画を作成し, 実際にその管理を運用する。管理者はプロジェクトの規模やコストなどを考慮し, 最適な管理計画を作成する。そのため, どのように管理計画を作成するかは管理者の能力や考えに依存する部分が多い。従ってEPDGによる以下の様な情報の提供が有益である。

- 導出尺度を得るために必要なベース尺度
- ベース尺度が収集される工程や収集者
- 収集されるベース尺度の他指標へ再利用の不可
- 管理指標の実例や傾向の読み取り方

具体的には, 以下のような利用が想定できる。管理者は,

自分の行いたい管理目標や組織のプロセス標準の記述をもとに、利用が必要となる導出尺度の情報を EPDG で参照できる。

それぞれの導出尺度の項目には、その尺度の属性である利用者、対応するプロセスエリア、利用するインジケータなどの詳細な情報、活用方法、活用の実例、そして、この導出尺度を利用しているベース尺度などを表示するページへのリンクが張られている。管理者はそのリンクを辿ることでこれらの情報を得ることができる。

また、管理者が「この導出尺度を得るために必要なベース尺度には何があり、そしてそれは誰が収集するのか?」、「収集するベース尺度で他にどのような指標に使えるか?」などと疑問を持つ場合がある。そのため、個々の導出尺度の詳細な情報が定義されているページには、「この導出尺度を利用しているベース尺度」があり、その項目には導出尺度が使っているベース尺度の詳細定義を表示させるリンクが張られている。開発者は、そのリンクを辿ることで、この導出尺度が利用しているベース尺度は何で、そしてそれは誰が収集するのかを知ることができる。

開発者の場合:

開発者は、管理者の作成したプロセスデータ収集計画やその手順書を参照して具体的なデータを収集する。しかし、プロセスデータは抽象的に記述され、曖昧に表現されている部分がある。従って EPDG による以下の様な情報の提供が有益である。

- 自分が収集すべきベース尺度やそれを利用する導出尺度
- ベース尺度の具体的なデータ形式
- ベース尺度の収集方法
- ベース尺度の収集目的

具体的には、以下のような利用が想定できる。開発者は、自分の調べたいベース尺度を EPDG で参照することで、これらの情報を入手できる。この際、開発者自身の役割や現在の工程などの特徴などを利用して目的のベース尺度を一覧から絞り込む。

それぞれのベース尺度の項目には、その尺度の属性である収集者、対象工程などの詳細な情報、収集方法、実際に収集したサンプル、そして、このベース尺度を使っている導出尺度などを表示する頁を参照するためのリンクが張られている。

また、開発者が、「担当している工程や役割で他にどのようなベース尺度を収集するのか?」などと疑問を持つ場合もある。そのため、個々ベース尺度の詳細な情報が定義されている頁の「対象工程」や「収集者」には、それぞれで収集するベース尺度の一覧を表示させるリンクが張られている。開発者は、そのリンクをたどることでこれらの疑問を解決することができる。また、開発者は、「このベース尺度を収集する目的は何か?」などと疑問を持つ場合もある。この場合は、

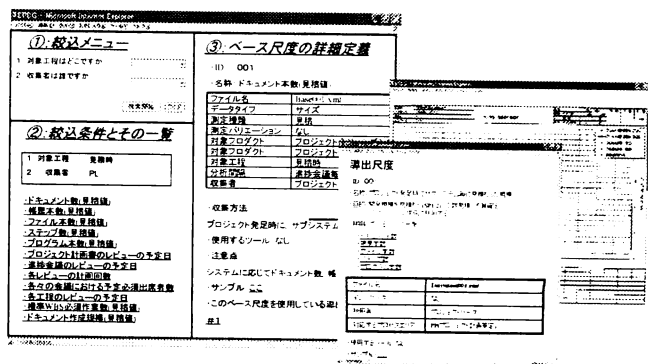


図3 画面出力イメージ

個々のベース尺度の詳細な情報が定義されている頁の「このベース尺度を使っている導出尺度」という項目のリンクを辿ることで、このベース尺度を使っている導出尺度が使われる目的、管理手法などの詳細な定義や実際に使われた実例などが参照できる。

4.3. 機能的特長

EPDG は、開発に携わる管理者や開発者がプロセス管理データを収集や活用する際に、それぞれに 4.2 のような有益である情報を支援することを目的としている。そのため、EPDG に必要な具体的な機能を以下に述べる。

- 工程毎、収集者毎などの視点から目的とするベース尺度の絞り込みを行う。
- 個々のベース尺度は、その尺度の属性である収集者、対象工程などの詳細な情報、収集方法、実際に収集したサンプル、そして、このベース尺度を使っている導出尺度などを表示する頁へのリンクされている。
- 収集者、対象工程などの情報には、リンクが張られていて、リンクを辿ることでその情報内で収集するベース尺度の一覧を表示することが可能である。
- ベース尺度を使っている導出尺度の情報にも、リンクが張られていて、リンクを辿ることでこのベース尺度を使っている導出尺度の利用目的、利用者やインジケータなどの詳細な情報を知ることができる。
- 尺度の追加・変更が容易に行える。
- 導出尺度の詳細情報や実例などの参考情報のページは、参照者の参照パスが混乱しないように別ウインドウに表示する。

4.4. システムの試作

EPDG は、ソフトウェア開発に携わる管理者や開発者がプロセス管理データを収集や活用する際に、それぞれの利用方法や目的などに沿ってプロセスデータやそのデータ定義、収集方法などの情報を支援することを目的としている。本節では、本システムの試作について述べる。

本システムの概要を図3に示す。本システムには、Webサーバと尺度定義データベースがあり、クライアントからの要求に応答する。応答の中身はクライアント側から受けた目的のベース尺度・導出尺度のページのHTML形式による記述

である。

EPDG サブレットは、Java で記述され、ベース尺度用サブレットと導出尺度用サブレット用に2種類用意される。これは、開発者はベース尺度を基点に、管理者は導出尺度を基点に、それぞれ参照を行うため、参照のフローがおおきく異なるためである。

この際のベース尺度・導出尺度のページの内容である収集者、対象工程などの詳細な情報や収集方法、実際に収集したサンプルなどの情報は尺度定義データベースにそれぞれの XML 定義ファイルとして格納されており、EPDG サブレットから直接参照を行う。この尺度定義データベースは、3.4 での分析を基に得た尺度属性(表3, 4)に従って各尺度の定義を XML 形式で記述したファイルをそのまま用いており、ベース尺度 XML 定義ファイルと導出尺度 XML 定義ファイルの2種類で構成される。

本システムを利用するクライアント(管理者や開発者)は、Web ブラウザを用いて調べたいベース尺度・導出尺度をその一覧から検索・選択し参照する。

5. 考察とまとめ

本稿では、ソフトウェア開発企業で実際に用いられているプロセス管理・改善のための指標を題材に、各管理指標を得るために必要とされる計測データの構造や性質、データ間の依存関係について整理・評価を行った。

測定データの構造を分析した結果、進捗を管理するデータの多くは ISO9126 品質特性規格における信頼性管理データに分類されることを確認した。今後、対象の計測データや分析の結果得られた抽象的構造が ISO9126, ISO15504, ISO12207 をはじめとする諸規格の参照モデルとどのように対応付けが行われるか、さらに詳しい分析を行いたい。また、非常に類似したベース尺度集合から得られる、異なる導出尺度がいくつか存在したが、必ずしも冗長なデータ収集に相当するものとは結論付けられなかった。

これらの分析結果を基に、プロジェクト管理者によるプロセス管理計画の立案や開発者によるプロセスデータ収集に対する支援機構として、指標やデータの構造や収集方法等に関する解説や具体例などを容易に参照できるシステム EPDG を提案し、その試作についても述べた。

本稿では組織特定の管理指標の分析に基づいて EPDG を提案・試作したが、EPDG 自体は特定の組織の計測環境や計測手段に依存しない支援手段として有効であると考えられる。今後、EPDG の実装を開発現場での利用・評価を行うことで本アプローチの有効性を調査する予定である。

さらに、EPDG の機構を拡張して、ベース尺度の計測や導出尺度を用いた分析のための機構が元々用意されていない環境や組織に対して、基本的な記録・報告のしくみを提供することや、各尺度の活用実績の調査や、尺度毎の有用性の評価に用いることも検討したい。

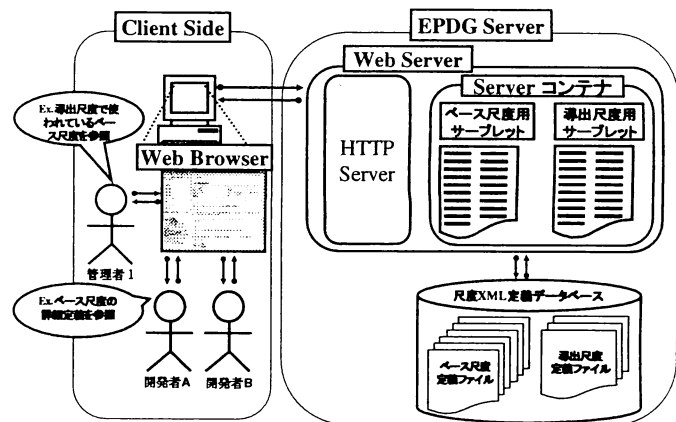


図4 EPDGシステムアーキテクチャ

謝辞

本研究を進めるにあたり、管理指標一覧や収集データ定義を提供していただき、さらに貴重な御意見を数多く頂いた、株式会社 日立製作所 生産技術本部の福地 豊氏、米光 哲哉氏に心から感謝申し上げます。

文献

- [1] Basili, V., D.M. Weiss., "A Methodology for Collecting Valid software Engineering Data.", IEEE Transaction on Software Engineering, pp728-738, November, 1984.
- [2] CMMI Product Team, "Capability Maturity Model Integration for System Engineering, Software Engineering, and Integrated Product and Process Development Version 1.1", Software Engineering Institute, CMU/SEI-2002- TR-004, 2002.
- [3] ISO/IEC TR 15504-1:1998, "Information Technology - Software Process Assessment, Part 1, General Overview." Geneva, Switzerland, 1998.
- [4] Marc I. Kellner, et.al, Process Guides: Effective Guidance for Process Participants, Proc. 5th Intern. Conf. on Software Process: Computer Supported Organizational Work Chicago, USA, 14-17 June 1998. New Jersey: Intern. Software Process Soc., 1998.
- [5] M.C. Paulk, et.al, "Capability Maturity Model for Software Version 1.1", Software Engineering Institute, CMU/SEI-93-TR-24, 1993.
- [6] McGarry, J., et.al, "Practical Software Measurement. Joint Logistics Commanders and Office of the Undersecretary of Defense for Acquisition", 1997.
- [7] Ulrike Becker-Kornstaedt, Roman Reinert, "Using Annotations in an Electronic Process Handbook to Systematically Incorporate Experience into Processes", Institute Experimentelles Software Engineering, IESE-TR-041.01/E, June, 2001.
- [8] 東基衛, "ソフトウェア品質評価ガイドブック", 東基衛他編, 日本規格協会, 1994.