

ソフトウェア品質保証プロセスの考察

平山雅之 宗近修久 岡安二郎
小笠原秀人 深谷哲司 三原幸博

(株) 東芝 システム・ソフトウェア技術研究所

ソフトウェアの品質保証については、従来から様々なアプローチがとられている。本論では、これら従来からのアプローチの問題点を探り、ソフトウェアの品質モデル、品質保証プロセスに着目して、ソフトウェア品質保証の在り方について検討を加えた。品質モデルについては、従来の製品ソフトウェアの品質特性モデルに対し、さらに開発過程での中間成果物に関する品質特性モデルの存在を提案した。また、品質保証プロセスについては、デミング・サイクルをベースにした工程内の品質保証サイクルとソフトウェア・ライフサイクルをベースとした、品質工程管理について検討を加えた。また、これらを踏まえ品質工程管理図-QCPおよび、品質保証システム ESQUT に関して検討を加えた。

Study of Software Quality Assurance Process

Masayuki Hirayama Nobuhisa Muechika Jiro Okayasu
Hidetoshi Ogasawara Tetsuji Fukaya Yukihiro Mihara

Systems and Software Engineering Laboratory, Toshiba Corp.

70 Yanagi-cho Saiwai-ku KAWASAKI, 210 Japan

About the software quality assurance, many approaches have been tried for many years. In this paper, we inspect these conventional approaches, and give some considerations of software quality models and quality assurance process. About the quality models, we propose the product quality models of each software phase. And about software quality assurance process, we propose quality assurance cycle model of each software phase and software life-cycle quality control model. More over, we show the quality control process charts - QCP and quality assurance system - ESQUT. ESQUT and QCP are based on these quality models and quality assurance process.

1. 序言

ソフトウェアを利用した製品の増加に伴い、それらの品質に関する要求も年々高いものとなっている。ソフトウェアの品質については、常にバグを中心とした信頼性が着目されてきた。しかしながら、近年のソフトウェア品質に対する要求は、この範囲に止まっていなかったのが現状である。ソフトウェアの品質に対する概念として、様々な品質特性が提案されこれら进行评估するための様々な手法が考案されている。一方、ソフトウェア開発についてはプロセスプログラミングに代表されるように、その開発プロセスを重視する方向も提案されている。ソフトウェアの品質保証に関しても、その保証プロセスについて検討を加えることは有意義なアプローチと考えられる。

当社においても、ソフトウェア生産一貫支援システム IMAP の一環として、品質の定量評価を支援するための品質評価支援システム ESQUT の研究・開発を進めるとともに、品質保証プロセスに関しての支援を目指した品質管理工程図-QCP の研究・開発を進めてきた。

ESQUT については、そのプロトタイプ開発をおこない、実際の開発業務への適用・評価を行った。また、QCP についても、一部、試行適用実験を行いその評価を実施してきた。

本論では、このESQUT、QCP の適用・評価の結果を踏まえ、ソフトウェアの品質保証に関して、以下の項目の検討をすすめる。

1. 品質特性モデル
2. 品質保証プロセス
3. 品質保証システムの在り方

ESQUT: Evaluation of Software Quality from
User's viewpoint

IMAP: Integrated software Management and
Production support system

QCP: Quality Control Process chart

2. 従来の問題点

ソフトウェアの品質保証については、従来より様々なアプローチがなされてきたが、現在までのところ品質保証に関して絶対的なシステム、方法論は確立されていない。従来のアプローチにおける問題点を整理すると以下の様になる。

- (1) ソフトウェア品質の概念が確立されていない。

- (2) テスト工程等のソフトウェア開発過程での一部についてのみ保証に限定されている。
- (3) 品質保証のプロセスに関する検討が不十分
- (4) 品質保証システムの位置付けが不明確

ソフトウェアの品質については、従来からテストを重視した、バグ数の低減に主眼が置かれてきた。バグ数はソフトウェアの品質の中では、主に、信頼性に関係するファクターとして考えることができるしかしながら、このようなテスト中心のアプローチはソフトウェア品質を考えた場合、そのごく一部を保証したにすぎない。また、テスト中心の品質保証では、ソフトウェア開発工程のうちの一部についての保証であり、仕様、設計等の品質を保証した事にはならない。近年のソフトウェア需要の増大に伴い、ソフトウェアの品質にも、より魅力的な様々な品質が要求され始めてきている。

ここで、ソフトウェアの品質保証を改めて考えた場合、大きく2つの問題を挙げることができる。その第1は、ソフトウェアの品質に関する定義であり第2は、品質の作り込みに関するものである。

ソフトウェアの品質に関する定義は、ソフトウェア品質特性モデル等の議論を通して、様々な提案がなされているが、これらの品質特性モデルが必ずしも適切なものであるかどうかは、現在までのところ結論が得られていない。

また、ソフトウェアへの品質作り込みに関しては主にソフトウェア開発プロセス、品質保証プロセスの中で論じられる必要がある。これらのプロセスの中に、どのような品質作り込みの技術を織込んでいくかがポイントとなる。この面からの議論も必ずしも十分になされているとは言えない。

品質保証を支援するシステムは、これらの要因の検討を踏まえて始めて検討することが可能になるといえるが、現在、提案されている品質保証システムは、これらの要因の検討が稀薄である。以上の問題点を踏まえ、本論では、品質特性モデル、品質保証プロセスの検討、および、品質保証システムの在り方について検討をすすめる。

3. 品質特性モデル

3.1 品質特性モデルの問題点

ソフトウェアの品質を議論する場合、最も問題となるテーマとして、ソフトウェア品質の定義に関するものである。ソフトウェア品質については、ソフトウェア品質特性の提案が様々になされている。図3・1は、その一例である。これらの品質特性モデルには、以下の様な問

題点が考えられる。

- (1) 通常、提案されている品質特性モデルは製品としてのソフトウェアに関するものであり、これらを、直接、ソフトウェアの開発過程に適用することは難しい。
- (2) 様々な品質特性モデルが提案されており、その適用判断が難しい。

3・2 ソフトウェア開発過程での品質の概念

第1の問題点に関しては、ソフトウェアの開発過程を考慮して品質モデルを検討する必要がある。

即ち、ソフトウェアの開発過程を考えた場合、図3・2に示すように、工程(i)と工程(i+1)の間では、工程(i)の成果物に含まれる情報が加工されて、工程(i+1)の成果物が作成される。このため、それぞれの成果物の品質を考えた場合にも、同様に、工程(i)の成果物のもつ品質特性が、次工程である工程(i+1)の成果物の品質特性に加工されると考えられる従って、これより、工程間の品質特性については、基本的に等価なものと考えられる。逆に、この等価性が崩れる場合には、工程(i)から(i+1)の間で品質が変化(向上、劣化)したと捕えることができる。この考えを工程(i)〔企画工程〕から最終工程〔認定〕まで拡張すると、この最終工程での品質特性を通常提案されているソフトウェアの品質特性として捕えることが可能となる。(図3・3)

この考えをより明確にするために、通常の品質特性を製品ソフトウェアの品質特性、開発過程での品質特性を中間成果物品質特性とする。中間成果物品質特性は、品質の等価性ゆえに、図3・3に示すように、製品ソフトウェア品質特性と等価なものとして表現される。

3・3 中間成果物品質メトリクス

この中間成果物品質特性モデルを評価するために中間成果物品質メトリクスを導出することが必要となる。この品質メトリクスは、それぞれの中間成果物に依存している。例えば、信頼性について考える場合、製品ソフトウェアの信頼性として製品バグの有無などがあげられるが、中間成果物の信頼性としてはバグの原因となるファクタ(例えば、設計書の理解しやすさ、複雑さ等)を挙げることができる。この製品ソフトウェア品質特性と中間成果物品質特性の関係は、品質展開等の技法によって、その関係付けを行うことができる。(図3・4)

また、中間成果物品質メトリクスを定めることによって、逆に品質特性モデルの意味付けがはっきりされる側面がある。従って、数多く提案されている品質特性モデ

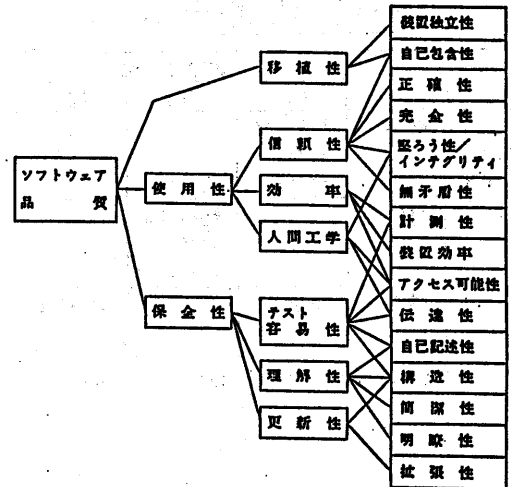


図3・1 ソフトウェア品質特性

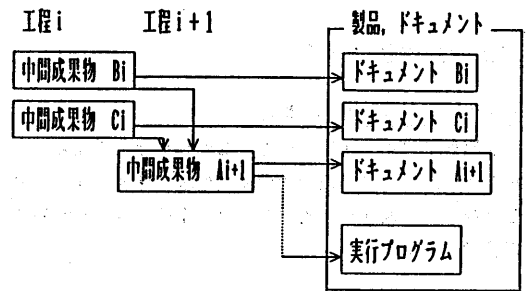


図3・2 工程成果物の関係

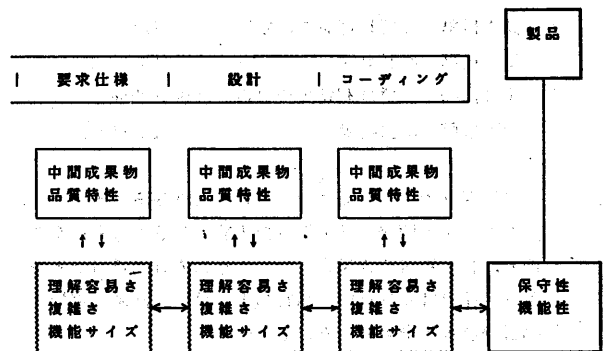


図3・3 中間成果物品質特性

表3・1 品質特性モデル例

		品質特性モデル (製品)		
		保守性	信頼性	機能性
中間成果物 品質特性モデル	理解し易さ	条件ボックス数 ループ数 コメント量		
	複雑さ		条件ボックス数 ループ数 条件ネストレベル	
	機能	引数の数		処理ボックス数

(表中のメトリクスは設計工程の例)

ルの適用判断をする上で、この中間成果物品質メトリクスを設定する事は重要である。

4. 品質保証プロセス

4・1 品質プロセスの構成

品質保証プロセスは、大きく2つに分けて考えることができる。1つは工程内での品質保証のサイクルであり、もうひとつは開発のライフサイクル全体を通した品質工程管理である。

品質保証サイクル

品質保証サイクルは、図4・1に示すように、以下の5つのフェーズから構成されると考えられる。

- | | | |
|------|--------------|----------|
| 第1段階 | 品質目標値の設定 | [Plan] |
| 第2段階 | 品質計測 | [Do] |
| 第3段階 | 品質計測結果の分析、評価 | [Check] |
| 第4段階 | 品質誘導 | [Action] |

品質保証ではこの4つのフェーズよりなるサイクルが、ソフトウェア開発の各工程毎に実施されるものといえる。即ち、各工程毎の成果物についてそれぞれ品質目標値を定め、品質計測を行い、品質結果の分析、評価を実施し、品質の誘導を進めることになる。

ここで品質目標値の設定、品質評価、品質誘導等に関しては、プロジェクト毎の特性を考慮したソフトウェア品質に関する知識の獲得手段を検討する必要がある。また、品質計測、結果分析等では、品質特性モデル、品質メトリクスの設定が大きなポイントとなる。

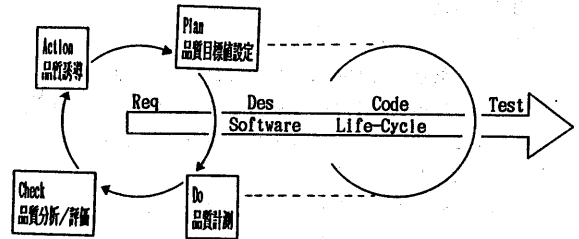


図4・1 品質保証モデル

品質工程管理

さらに各工程の節目では、DR (デザインレビュー) に見られるような工程完了審査を経て、次工程の品質プロセスへと移行する。このため、ソフトウェア開発の各工程について、それぞれの工程での作業内容、工程成果物の設定を行い、これらをベースとした工程管理が重要となる。これは即ち、工程の可視化とも考えることができ、このような各工程毎の品質プロセスを明確にし、これを順次、記述していくことにより、品質保証プロセスの記述を行うことが可能となる。品質保証プロセスの記述が可能となった場合、これによって品質保証プロセスの自動化支援 (一種のプロセス・プログラミングに該当する) についても、その実現可能性が高くなる。

5. 品質保証システムの構成要素

ここでは品質保証システムを構成する要素について検討を加える。品質保証を考える上での基本要素として、前述の『品質特性モデル』『品質保証プロセス』をあげることができるが、品質保証システムを考える場合にはこれだけでは十分とは言えない。そのため、ここでは品質保証システムの提供する機能とその運用形態、対象となるユーザに着目して検討をすすめる。

5・1 品質保証システムに要求される機能

品質保証システムでは、先に示した品質保証プロセスを支援するためのものとして、位置付けることができる。即ち、品質保証サイクルおよび品質工程管理の両側面を支援する必要がある。品質保証サイクルを支援する側面から要求される機能としては、サイクルの各フェーズに対応して、以下に示すようなものがあげられる。

- (1) 品質目標設定支援機能
- (2) 品質計測機能
- (3) 品質分析機能
- (4) 品質情報提供機能（評価、ガイダンス）

(1) の目標値設定では、開発するソフトウェアの特性まで考慮して、品質の達成目標基準を設定するものである。また(2) は具体的な計測対象となる成果物を設定し、品質メトリクスを用いた品質の定量化を行うものである。これらは、先に示した中間成果物品質特性、メトリクスの検討を基に設定をする事ができる。(3) では、計測値をもとに統計的手法等を利用して計測値の分析を進める。(4) では、予め設定された品質達成基準等の品質知識をもとに品質の評価を行い、また品質作り込みのためのガイドを支援するものである。ここで、(4) の品質情報提供機能については、[誰が] [どのような] 情報を必要としているかを検討する必要がある、これはシステムのユーザを考えることに他ならない。

5.2 品質保証システムの運用

品質保証システムに必要な要素のうち、品質工程管理に関する側面は、品質保証システムの運用モデルを検討することによって、その方向を出すことができる。

品質保証システムを円滑に運用するために、以下の項目についての検討が必要となる。

- (1) 品質保証プロセスの中での位置付け
- (2) 品質保証システムの運用ルーチン
- (3) 品質保証システムの導入環境

品質保証システムをどのような位置付けの上に運用するかとは、例えば、システムの提供する品質情報を製品出荷の際の判断材料にする等の方針を意味している。また、既にある品質保証体制の中に、品質保証システムを導入する場合、品質データの計測分析・評価、情報提供等の機能を品質保証ルーチンの中に組込む必要がある。これにより、工程の節目管理を含めた品質工程管理の支援を実現することが可能となる。

5.3 品質保証システムのユーザモデル

品質保証システムを考える場合、対象となるユーザについて検討する必要がある。通常、品質を計測する担当者とその結果を分析あるいは評価する担当者は、必ずしも同一である必要はない。即ち、システムのユーザとして、単一であることは希であり、それぞれの立場に即したユーザ・インタフェースが要求される。また、先に示した品質情報提供機能についても、それぞれ利用する担当

者によって必要とするデータは異なるものと考えることができる。従って、品質保証システムのユーザ・モデルとしても、これらの担当者それぞれに適した品質情報提供の形を検討する必要がある。

- (1) ソフトウェア開発担当者
- (2) ソフトウェア開発部門マネージャー
- (3) ソフトウェア品質保証部門担当者

これらのユーザは、それぞれの立場からの品質保証を行うため、必要とする情報に差異がある場合が多い。『開発担当者』はそれぞれが担当した成果物の品質について関心をもつのに対し、『マネージャー』はプロジェクト全体の品質動向に関心を示す。また『品質保証担当者』は製品ユーザーの立場からの品質に関心をもつ。これらの点を考慮して、品質保証システムの機能を考える必要がある。

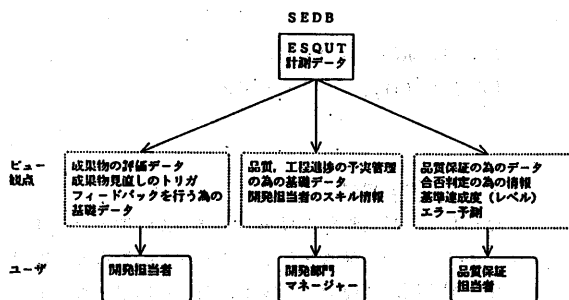


図5.1 品質保証システム・ユーザモデル

6. 品質管理工程図－QCP

ここでは、品質保証プロセス支援の一手法としてのQCP（品質工程管理図）について述べる。

6.1 QCP概要

品質工程管理を支援するために、当社では品質管理工程図－QCPを規定、利用している。QCPは、ウォーターフォール・モデルをベースとし、ソフトウェア開発プロセス、品質保証プロセスに関する以下の事項を規定することにより、工程内での品質作り込みを進めるとともに、工程節目での品質管理を徹底を図ることを目指している。

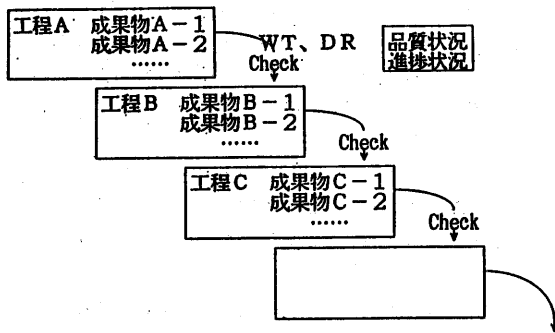


図6.1 QCPによる品質保証

- (1) 工程作業，成果物を定義し，工程の明確化を図る
- (2) 品質確認ルーチンとして公式審査DR（デザインレビュー），WT（ウォークスルー）を規定している。
- (3) 開発組織，体制を規定する。
- (4) 品質作り込みの基準を規定する。

6.2 QCP構成

QCPは，品質管理工程図および品質管理工程管理チェックリストから構成される。このうち品質管理工程図は全体関連図，関連図，作業工程図より構成され，上記の(1)-(3)の特徴を支援する。

- | | |
|-------|--|
| 全体関連図 | ソフトウェア開発における開発工程（大工程）を規定する。また，大工程レベルでの品質確認ポイントを規定する。 |
| 関連図 | 各大工程に関して更に詳細に分割した中工程を規定する。中工程レベルでの品質確認ポイントを規定する。 |
| 作業工程図 | 各中工程をさらに分割し，具体的な作業内容，従うべき開発標準，品質管理規定，担当部門等を規定する。 |

また品質管理工程チェックリストは，上記の品質工程図で規定された事項に関して，さらに品質の作り込みを実現するために，各小工程毎に品質面から確認するべきポイントを規定するものである。

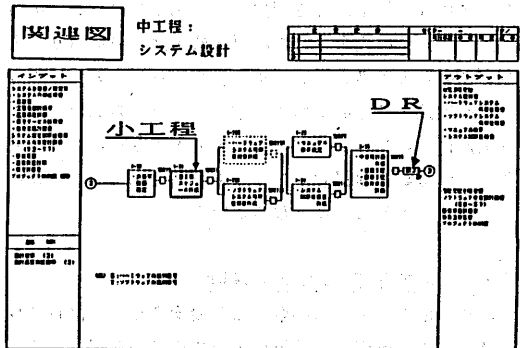
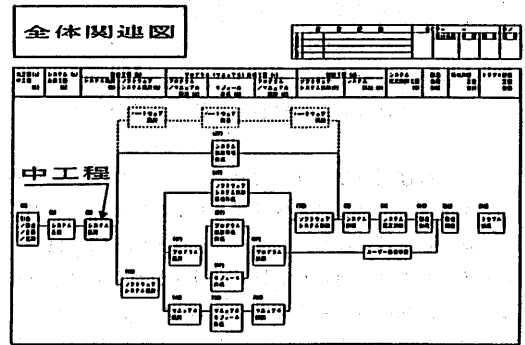


図6.2 QCP概略

7. 品質保証システム ESQUT

7.1 ESQUT の特徴

当社ではソフトウェア開発一貫支援システムIMAPの一部として，品質保証システム ESQUT の研究・開発を進めている。ESQUT はこれまで議論した項目のそれぞれを検討し，品質保証プロセスの自動化支援を目指すものであり以下の特徴をもつ。

1. ソフトウェア・ライフサイクルの全体を通した品質保証を実現する。
2. ESQUT 品質特性モデルをもとに，各工程の工程成果物毎の品質メトリクスを設定し，品質の定量評価を実現する。
3. QCPに連動し，品質保証プロセスの自動化を支援する。（品質自動計測／自動評価 等）

7・2 ESQUT 機能概略

ESQUT システムは、図7・1に示すような機能をもつ。

品質プロセス管理機能

この機能は品質保証に関する（プロセス管理）スケジュール管理を行うものであり、品質の自動計測／評価／情報提供等の管理を行うものである。

品質計測機能

ESQUT 品質モデルにもとづく品質メトリクスにより、成果物の品質を定量計測する。

品質情報提供機能

品質計測機能により計測されたデータをもとに、担当者に品質管理帳票の形で品質情報を提供する。情報提供の形は、ESQUT ユーザ・モデルに基づき、それぞれのユーザに適した形の帳票の形で情報を提供する。

品質データ・ベース

品質評価を行う際の評価基準、過去の品質データ等をデータベースに保管する。

7・3 ESQUT における品質プロセスの自動化

ESQUT では品質プロセス管理機能により、品質保証プロセスの自動化を図っている。図7・2に示すように、対象となる開発プロジェクトのスケジュールを登録することにより、このデータから自動的に品質計測機能、品質情報提供機能を自動実行させ品質保証プロセスの自動化支援を実現している。品質データの計測／評価は、D

R（デザインレビュー）等の工程節目で実施することを基本としている。品質プロセス管理機能は、登録された開発スケジュール（開発スケジュール・ファイル）から、この工程DRのポイントを読み取り、品質計測、評価の決定し、開発マシンのもつ内部時間と比較して、そのタイミングに合わせて自動実行する。

7・4 ESQUT 品質特性モデル

ESQUT では、ソフトウェアの保守性、信頼性に主眼をおいて、これらの定量化を実現している。ESQUT では、計測対象となる工程成果物は、表7・1に示したように、工程毎に異なるが、工程間での品質の変化をとらえやすくするため、適用する品質モデルは同一のものを採用している。品質特性モデルから導出される品質メトリクスは、工程成果物毎に異なっており、例えば、仕様書計測のための品質メトリクスは、表7・2に示すようなものを用いている

```

"SAMPLE.SHD"
90-11-5

Project-Name:ESQUT

Quality Target:SAMPLE.TRG

PJ-Start DATE : 90-11-10

Phase-[Req] :DR1:90-11-30 /Ana-Pass
Phase-[S-Des]:DR1:90-12-15 /Ana-Pass
Phase-[D-Des]:DR1:90-12-30 /Ana-End (90-12-30)
               :DR2:91-01-15 /Ana-End (91-01-17)
Phase-[Code] :DR1:91- 2-01
               :DR2:91- 2-15
Phase-[Test] :DR1:91- 3-01
    
```

図7・2 品質保証プロセスの自動化

表7・1 ESQUT 計測対象成果物

工程	計測対象成果物
システム規格	STD, DFD
設計	TFF記述設計書
作成	C言語記述ソースコード

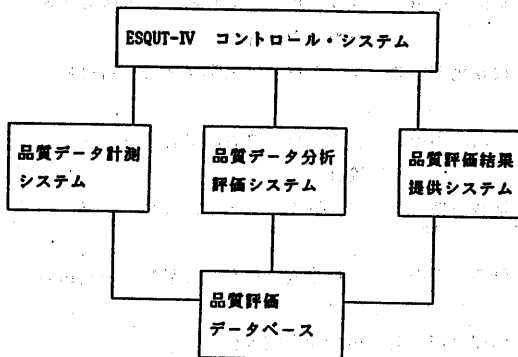


図7・1 ESQUT 構成

表7・2 仕様書段階での品質メトリクス

品質モデル	品質メトリクス
理解し易さ	階層数
複雑さ	全遷移数
機能	全状態数 イベント/アクション数

7・5 品質情報の提供

ESQUT では、品質評価結果の提供対象として3種類のユーザ向け情報を提供している(図7・3)。

開発担当者向け	開発担当者が作成した各成果物に関する品質情報を提供する。
開発部門管理者向け	システム／サブシステム・レベルの品質評価結果を主体とし、プロジェクト全体の傾向把握を可能とする。
品質保証担当者向け	第三者の立場からの品質判定を行う場合のデータを提供する。

8. 結言

本報告では以下の事項に関する検討をおこなった

- (1) ソフトウェア開発過程を考慮した品質特性モデルの検討, 中間成果物品質メトリクスの提案
- (2) 品質保証サイクル, 品質工程管理をベースにした品質保証プロセスの検討
- (3) 品質保証システムに要求される構成機能, 運用, ユーザモデルの検討

本論ではこれらの検討を通して、品質保証プロセスの在るべき姿、および品質保証システムの持つべき機能等を検討した。本論中で示したQCP-ESQUTによる品質保証の形は、これを実現したものである。ESQUTでは、品質保証プロセスの記述に基づく品質保証プロセスの自動化を一部試みている。

このESQUTでのアプローチに見られるように、今後、ソフトウェアの品質保証については、その自動化支援技

Model Name	#01	#02	#03	#04	#05	#06	組合入保金
0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	3	0
0	0	0	0	0	0	1	0
3	0	0	0	0	0	9	3.333333
1	0	1	1	0	0	4	0.25
10	0	1	2	0	0	34	4.416666
14	0	1	0	0	0	3	3.333333
16	0	0	0	0	0	30	4.066666
2	0	0	1	0	0	8	0.25
2	0	0	1	0	0	21	3.000000
7	2	4	1	1	4	27	2.592592
0	0	0	0	0	0	8	0
12	0	0	2	0	0	25	0.48
0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	0	0	8	0.125
0	0	0	0	0	0	5	0
10	1	2	2	1	10	34	2.294117
7	0	2	0	0	0	29	0.25
5	0	1	1	0	0	82	0.15625
3	0	0	0	0	0	8	0.375
0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	1	0	0	0	9	0.222222
2	0	1	0	0	0	9	0.222222
0	0	0	0	0	0	7	0.205714
2	0	1	0	0	0	9	0.222222
18	0	4	4	0	0	31	0.306451
4	2	2	2	1	3	18	0.222222
2	0	1	0	0	0	8	0.25
10	0	3	0	0	0	10	0.2
0	0	0	0	0	0	16	0.555555
0	0	0	0	0	0	4	0.25
総平均	4.3	0.123333	0.366666	0.1	0.566666	10.123333	0.347141
総平均値	2.19	0.22	1.05	0.29	0.31	10.82	0.272
総平均値	12.78	0.22	4.02	1.84	6.39	22.16	0.296

図7・3 品質情報の提供

術への要求が高まるものと考えられる。これまでのQCP-ESQUTの開発/評価をさらに継続し、品質保証プロセスの自動化への試みを継続していく次第である。

参考文献

- | | |
|-----------------------|--|
| [1] 東 基衛 他 | ANSI/IEEE ソフトウェア規格集
日本規格協会 1988/2 |
| [2] 菅野文友 他 | ソフトウェアの品質管理
日科技連 1988/10 |
| [3] 平山, 山田 | ソフトウェア品質モデルの体系化と
その適用評価
情報処理学会 ソフトウェア工学研究会 71-11 |
| [4] 平山, 山田 | ソフトウェア設計品質メトリクスの
検証
情報処理学会 ソフトウェア工学研究会 64-5 |
| [5] 舩雄, 平山 | 仕様書段階における品質評価技術の
検討
情報処理学会 第40回全国大会 |
| [6] M.HIRAYAMA et.al. | "Practice of Quality Modeling and Measurement
on Software Life-cycle"
Proc. of 12th ICSE, pp98-107, 1990 |