

第2分科会2グループ

上流工程におけるメトリクスを活用したリスク抽出

- Risk extraction which utilized the software metrics in a upper process -

主査	北島 義弘	株式会社 CRCソリューションズ
副主査	河合 清博	株式会社 アスプロコミュニケーションズ
	中條 貴幸	NECエレクトロニクス株式会社
研究員	黒石 英孝	株式会社 松下ソフトリサーチ
	木村 初夫	アンリツエンジニアリング株式会社
	和泉 亨	日本電子株式会社
	村田 将	ジャパンシステム株式会社
	今治 明美	株式会社 松下ソフトリサーチ
	高野 智	株式会社 インテック
	高田 祐布子	オムロン アミューズメント株式会社

1. 研究概要

昨年度の第1分科会で「ソフトウェアメトリクスの有効性評価」について報告され、ソフトウェア品質を左右するソフトウェアメトリクス（以降メトリクス）が提案された。

我々は、これらのメトリクスから上流工程において下流工程のリスクを定量化可能なメトリクスを検討した。最初に仮説を立て、各社のソフトウェア開発プロジェクト（以降プロジェクト）から収集した実績値を基に、下流工程における欠陥検出率、手戻り率との相関を検証した。その結果、上流工程のリスク定量化のメトリクスはプロジェクトマネジメント（以降マネジメント）に活用できることを確認した。

Abstract

"Evaluation of effectiveness of software metrics" was reported by the First Subcommittee at last year, and software metrics (metrics) which influences software quality was proposed.

From these metrics, we examined metrics which could quantify at the upper process side the risk of the lower process. At first we set up a hypothesis about relationship of the metrics and the risk of lower process. Based on the actual results value collected from each company's the software development project (project), we verified correlation with the defect-detection rate in the lower process and the hand-return rate. As that result, we confirmed that the metrics of risk quantification of the upper process could make use of the project management (management).

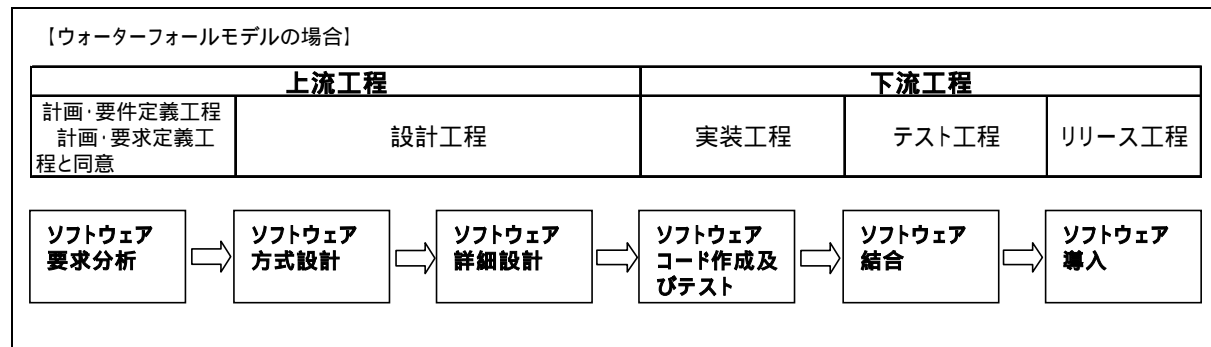
2. テーマ選定の理由

品質問題は、主に下流工程の最終段階であるテスト工程において顕在化する傾向にある。プロジェクト完了予定までの日程が残り少ない状態で、予期せぬ問題に直面し、適切な対応ができずスケジュールの遅延やコストの増大を招く。従来、品質は製造以降の下流工程の問題として捉えられていたが、ソフトウェアに対する要件が多種多様化している現在においては、製造過程に至る前段階から品質に問題をきたす要因があると考えられている。下流工程で顕在化する品質問題に適切に対応し、プロジェクトを成功に導く

ためには、早い段階で品質におけるリスクを想定し、問題への対応策を下流工程のプロジェクト計画に盛り込んでおく必要がある。ソフトウェア開発の上流工程では、未だ経験と勘と度胸（以降KKD）でのマネジメントが多く、プロジェクトマネージャー（以降PM）は日々課題を潰す活動に没頭し綱渡りのに開発している。このような実情を踏まえ、上流工程でリスクを定量化できれば、従来の綱渡りのな開発が軽減できると考え、本研究テーマを選定した。

なお上流工程、下流工程などのプロセス定義は、以下図2-1とする。

図2-1 プロセス定義



3. 活動目標

プロジェクトの活動から得られる情報としては、実績工数や進捗率などの管理データと設計書やソースコードなどの成果物に関わる情報などが考えられる。プロジェクトの管理データからは開発要員の過負荷の量や継続期間あるいはレビューにかけた工数や頻度など、その中には品質を測るために利用できるメトリクスが潜んでいるが、工数などの管理データは成果物の内容を間接的に表しているにすぎない。今回は成果物の品質に直接的に影響を及ぼすメトリクスを探するため、最終成果物に至る（中間）成果物の内容に着目することにした。このような観点で、上流工程の潜在リスクを定量的に把握し、以降の工程で対応策を計画に盛り込むため、測定可能なメトリクスとPMがそれを活用し効果的にマネジメントする活用方法を提案する。

4. 活動内容

本活動では、上記目標を受けて「上流工程におけるメトリクスを活用したリスク抽出」を提案するため、以下の流れで活動した。

1) メトリクスと品質リスクの相関を検出

上流工程の成果物（要件定義書、設計仕様書など）から抽出可能なメトリクスと品質リスクとの相関の仮説を立て、プロジェクトの事例を調査・分析し、仮説検証を行う。メトリクスの測定によって得られた定量的な数値から、品質リスクの量を算定可能にする。

a) メトリクスの洗い出し

「ソフトウェアメトリクスの有効性評価」のメトリクスから計画・要件定義、設計工程を対象に、管理者視点で有益性のあるメトリクスをリスク抽出可能と判断する。なお開発現場において実施困難性の良否は活用ポイントになるが、有益性のみで判断する（付録1.を参照）。

b) メトリクスの絞り込み

a)で選出したメトリクスに対し、直接的に成果物に関係のあるメトリクスとマネジメントの良否など間接的に成果物に関係のあるメトリクスを抽出する。本活動では成果物に直接関係のあるメトリクスに

絞り込む。なお別メトリクスであっても、同様のリスクが抽出可能であれば、関係するメトリクスの中から包括するメトリクス1つに絞り込む(付録2.参照)。以下、絞り込んだ結果を示す。

- ・ 要件仕様の欠陥密度(以降要件レビュー指摘密度)
- ・ 要件実現率(以降要件仕様実現率)
- ・ 要件の複雑度
- ・ レビュー指摘密度(以降設計レビュー指摘密度)
- ・ 設計仕様実現率
- ・ 設計の複雑度

c)メトリクスの仮説定義

b)で絞り込んだメトリクスに対し、下流工程で起こりうるリスクとの相関の仮説を定義(付録2.参照)する。

d)メトリクスの検証

各社の完了プロジェクトから実績値を収集し、c)で定義した仮説を検証する。

2)上流工程におけるメトリクスの効果的な活用方法の提案

マネジメントにおける状況把握は、プロジェクトを遂行する過程で、現状と計画との差をモニタリングすることが基本である。リスクを検出するメトリクスを抽出し、マネジメントに活用するためには、メトリクスの測定値をプロジェクトの進行に合わせ、リスク有無をモニタリングする方法が必要である。本研究では前述を考慮した上流工程におけるメトリクスの効果的な活用方法を提案する。

5. 研究成果及び考察

5.1. メトリクスと仮説

各メトリクスに対して下流工程で起こりうるリスクとの相関の仮説を以下に示す。

● 要件レビュー指摘密度

「要件レビュー指摘密度」が低すぎるとレビューの質が低いため指摘事項が少ないと考えられ、計画・要件定義工程での欠陥検出が少ないと判断できる。これにより、計画・要件定義工程で品質の作り込みが低いため下流工程での不具合発生確率が高くなる。

● 要件仕様実現率

「要件仕様実現率」の低いプロジェクトは、ステークホルダとの要件調整が遅れた状態で開発が進められていると考えられ、開発途上での要件明確化で許容量を超える追加作業、大きな手戻りが発生する。

● 要件の複雑度

「要件の複雑度」の数値化を検討したが、抽象的な表現に対する数値化が困難であり、仮説定義まで至らなかった。

● 設計レビュー指摘密度

「設計レビュー指摘密度」が低すぎるとレビューの質が低いため指摘事項が少ないと考えられ、設計工程での欠陥検出が少ないと判断できる。これにより、設計工程での品質の作り込みが低いため下流工程での不具合発生確率が高くなる

● 設計仕様実現率

「設計仕様実現率」の低いプロジェクトは、ステークホルダとの設計仕様調整が遅れた状態で開発が進められていると考えられ、開発途上での設計仕様明確化で許容量を超える追加作業、大きな手戻りが発生する。

- 設計の複雑度

状態遷移図から「設計の複雑度」の数値化を検討したが、設計仕様書の表記法が多岐(クラス図、状態遷移図、シーケンス図など)にわたるため、設計の複雑度を同等に数値化することは困難であり、仮説定義まで至らなかった。

5.2. 仮説の検証

各社から報告されたプロジェクトの実績値から5.1節で定義した「メトリクスと仮説」を検証する。但し、仮説定義まで至らなかった「要件の複雑度」と「設計の複雑度」は検証対象から外した。

5.2.1. 各社プロジェクトの特徴

A社：組み込みソフトウェア開発プロジェクト、プロセス成熟度はCMMレベル3相当、ソフトウェアライフサイクルはインクリメンタル、1プロジェクト全て成功プロジェクトである。

B社：組み込みソフトウェア開発プロジェクト、プロセス成熟度はCMMレベル3相当、ソフトウェアライフサイクルはウォーターフォール、使用言語、製品分野が異なる、4プロジェクト全て成功プロジェクトである。

C社：パッケージソフトウェア開発プロジェクト、プロセス成熟度はCMMレベル2相当、ソフトウェアライフサイクルはウォーターフォール、使用言語、製品分野は同じ、改造、流用率が高い、3プロジェクト全て成功プロジェクトである。

D社：組み込みソフトウェア開発プロジェクト、プロセス成熟度はCMMレベル2相当、ソフトウェアライフサイクルはインクリメンタル、使用言語、製品分野は異なる、7プロジェクト中6プロジェクトは成功プロジェクトである。

補足) 成功プロジェクトとは各社でQCDが遵守されたプロジェクトを指す。

5.2.2. 各社プロジェクトのメトリクス検証

1) 計画・要件定義の仮説検証

- 要件レビュー指摘密度

【検証】「要件レビュー指摘密度」においてリスク要因が抽出可能であるかを検証するため、「要件レビュー指摘密度」と下流工程の欠陥検出率または手戻り率との相関有無を検証した。

A社：図5-1、図5-2よりデータが1件と不十分のため検証不可であった。

B社：図5-2より「要件レビュー指摘密度」が低いプロジェクトは、仮説のように手戻り率が大きい傾向であった。図5-1より欠陥検出率は仮説と相反する結果であった。

C社：図5-1より「要件レビュー指摘密度」が全て0でありデータが不十分のため検証不可であった。

D社：図5-1より「要件レビュー指摘密度」が高いプロジェクトは下流工程の欠陥検出率が高く、仮説と相反する結果であった。

図5-1 欠陥検出率との相関【計画・要件定義】

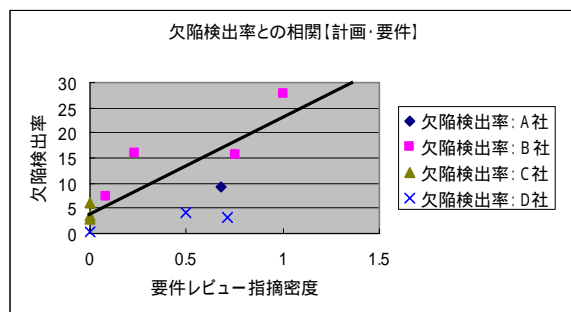
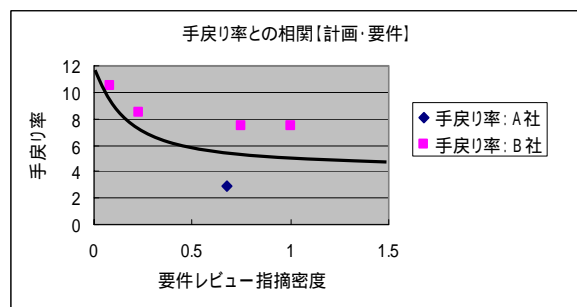


図5-2 手戻り率との相関【計画・要件定義】



● 要件仕様実現率

【検証】「要件仕様実現率」においてリスク要因が抽出可能であることを検証するため、「要件仕様実現率」と下流工程での欠陥検出率または手戻り率との相関有無を検証した。

A社：本プロジェクトはインクリメンタルでの開発（要件が固まった段階で設計工程へ移行し、これら複数回サイクルを回す開発）であり、付録 3.より要件仕様実現率は 100%である。また各サブコンポーネントの欠陥検出率と手戻り率との相関を確認したが、「要件仕様実現率」は下流工程の欠陥検出率、手戻り率と相関が無かった。

B社：付録 3.よりデータ未測定のため検証不可であった。

C社：各プロジェクトは要件が固まった段階で顧客との打合せが終了するため、要件仕様実現率は 100%である。また表から各プロジェクトの欠陥検出率との相関を確認したが、「要件仕様実現率」は下流工程の欠陥検出率と相関が無かった。

D社：D1 から D7 プロジェクトはインクリメンタルでの開発であり、D1 から D3 プロジェクトは付録 3.より要件仕様実現率が全て 100%であった。また付録 3.から各プロジェクトの欠陥検出率との相関を確認したが、「要件仕様実現率」は下流工程の欠陥検出率と相関が無かった。D4 から D7 プロジェクトは下流工程のデータが未測定のため検証不可であった。

2) 設計の仮説検証

● 設計レビュー指摘密度

【検証】「設計レビュー指摘密度」においてリスク要因が抽出可能であることを検証するため、設計レビュー指摘密度と下流工程の欠陥検出率または手戻り率との相関有無を検証した。

A社：図 5-3、図 5-4 より「設計レビュー指摘密度」が高いサブコンポーネントは下流工程の欠陥検出率、手戻り率は低く、仮説が成り立った。

B社：単独では相関が解りにくいですが、図 5-3、図 5-4 よりA社データと合わせて見た場合、A社近似曲線にB社データがのる傾向が見られた。「設計レビュー指摘密度」が高いプロジェクトは下流工程の欠陥検出率、手戻り率は低く、仮説が成り立った。

C社：図 5-3 より「設計レビュー指摘密度」と下流工程の欠陥検出率に相関は無かった。

D社：図 5-4 より「設計レビュー指摘密度」と下流工程の欠陥検出率に相関は無かった。

図 5-3 欠陥検出率との相関【設計】

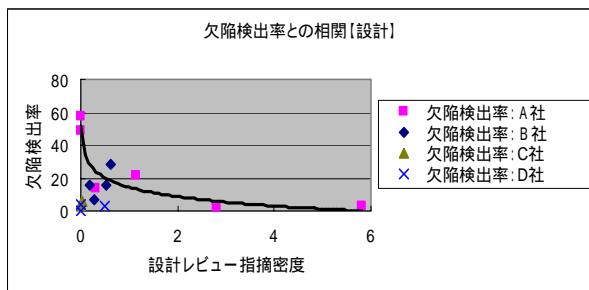
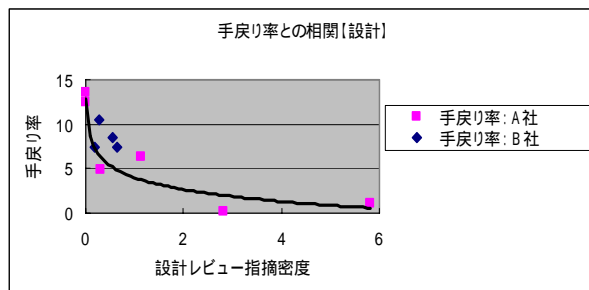


図 5-4 手戻り率との相関【設計】



● 設計仕様実現率

【検証】「設計仕様実現率」においてリスク要因が抽出可能であることを検証するため、「設計仕様実現率」と下流工程の不具合発生確率または手戻り率との相関有無を検証した。

A社：本プロジェクトはインクリメンタルでの開発（設計が固まった段階でソースコードの実装工程へ移行し、これら複数回サイクルを回す開発）であり、付録 4. より設計仕様実現率は 100%である。また付録 4. から各サブコンポーネントの欠陥検出率と手戻り率を確認した場合、「設計仕様実現率」と下流工程の欠陥検出率、手戻り率とは相関が無かった。

B社：付録 4. よりデータ未測定のため検証不可であった。

C社：付録 4. よりデータ未測定のため検証不可であった。

D社：D1 から D7 プロジェクトはインクリメンタルでの開発であり、D1 から D3 プロジェクトは付録 4. より設計仕様実現率は全て 100%である。また付録 4. から各プロジェクトの欠陥検出率を確認した場合、「設計仕様実現率」と下流工程の欠陥検出率は相関が無かった。D4 から D7 プロジェクトに関しては下流工程のデータが未測定のため検証不可であった。

5.2.3. 検証結果の考察

1) 計画・要件定義の検証結果と考察

● 要件レビュー指摘密度

A社：下流工程で発見された欠陥に関して計画・要件定義工程で混入された欠陥は 2 件(全欠陥の約 3%)であり、計画・要件定義工程での欠陥除去率 94%は高いレベルであり、本プロジェクトでの「要件レビュー指摘密度」は妥当と判断できる。

B社：検証結果から「要件仕様の欠陥検出率」が高い場合に、下流工程の欠陥検出率は高くなり、手戻り率が低くなる傾向に関して以下が考えられる。

- ・ 下流工程の欠陥検出率に関して、設計、実装での欠陥混入により「要件仕様の欠陥検出率」との相関にバラツキが出る場合がある。
- ・ 下流工程の手戻り率に関して、計画・要件定義の欠陥混入は下流工程から多大な手戻り工数が発生するため、「要件仕様の欠陥検出率」は手戻り率に強く相関が出る。

「要件仕様の欠陥検出率」は下流工程の欠陥検出率よりも手戻り率の方が相関は強い。

C社：開発者が継続的に担当している業務アプリケーションの場合、完成品イメージの創造が容易であり、要件が明確化しやすいため「要件レビュー指摘密度」が低く、下流工程に及ぼす影響も少なかった。

新規/改造率が低いことも「要件レビュー指摘密度」が低い要因となっている。

D社：D1 から D6(成功プロジェクト)と D7(失敗プロジェクト)を検証した結果、D7 は他のプロジェクトに比べ明らかに要件粒度が粗いため「要件レビュー指摘密度」が低かった。またD社の場合、要件定義書の粒度が揃っていないプロジェクトが散在したため、「要件レビュー指摘密度」の相関が現れなかったと考える。メトリクスを活用するには要件定義書の粒度を揃える必要がある。

● 要件仕様実現率

A社：仮説は未確定要件に対しリスク管理の未実施（要件明確化のデッドライン未設定）など、要件を追跡しないために起こるリスクである。本プロジェクトのようにプロセスが成熟しており、要件仕様実現率は各開発サイクルで 100%であれば、仮説のリスク抽出は低い。要件の積み残しが多く、プロセスが成熟していないプロジェクトで効果があると考ええる。

C社：各プロジェクトは要件仕様実現率 100%に達成してから次工程に移り、全ての要件が明確化されているため、下流工程に及ぼす影響は少ないと考える。但し、要件仕様実現率を評価するタイミングによって、顧客都合による要件の回答待ちや打合せの進め方等による影響で、要件仕様実現率が低くなる場合がある。この場合、下流工程に及ぼすリスクを察知できるメトリクスと考える。

D社：表より失敗プロジェクトの要件仕様実現率が未測定だったため、成功プロジェクトとの比較検証

はできなかったが、開発者にヒアリングしたところ明らかに 100%ではなく、要件が原因で手戻りが頻発していたとの証言を得られており、定量的な検証はできなかったが、要件仕様実現率はリスクを判断可能なメトリクスと考える。

2) 設計の検証結果と考察

● 設計レビュー指摘密度

A社：検証結果より「設計レビュー指摘密度」が高いサブコンポーネントは下流工程の欠陥検出率、手戻り率は低く、仮説が成り立った。

B社：検証結果より「設計レビュー指摘密度」が高いサブコンポーネントは下流工程の欠陥検出率、手戻り率は低く、仮説が成り立った。但し、A社データと合わせて仮説が成立した。

C社：各プロジェクトは設計についても新規/改造率が低く、流用率が高いため、作成する設計仕様書の頁数が少ない。これにより、「設計レビュー指摘密度」が低くとも下流工程に及ぼす影響は少ないと考える。

D社：D4、D5のプロジェクトは設計レビューを重きとしないPMが管理していたため、レビュー密度が低い。またD2、D3のプロジェクトは開発規模が小さくテストで押さえたため、レビュー密度が低い。

● 設計仕様実現率

A社：仮説は未確定設計仕様に対しリスク管理の未実施(設計仕様明確化のデッドライン未設定)など、設計仕様を追跡しないために起こるリスクであるため、本プロジェクトのようにプロセスが成熟しており、設計仕様実現率は各開発サイクルで100%であれば、仮説のリスク抽出は低い。設計仕様の積み残しが多く、プロセスが成熟していないプロジェクトで効果がある。

D社：付録4より失敗プロジェクトの設計仕様実現率が未測定だったため、成功プロジェクトとの比較検証はできなかったが、開発者にヒアリングしたところ明らかに 100%ではなく、設計が原因で手戻りが頻発していたとの証言を得られており、定量的な検証はできなかったが、設計仕様実現率はリスクを判断可能なメトリクスと考える。

6. まとめ

上流工程におけるメトリクスを活用したリスク抽出を実践するためには、プロジェクトのプロセス成熟度が高くなければ活用は困難である。本研究結果から以下を遵守する必要がある。

- ・ プロセス成熟度によりメトリクスは左右されるため、ソフトウェア開発プロセスの定義があり、それを遵守しソフトウェアを開発する。
- ・ 要件、設計の粒度により指摘件数は影響するため、要件、設計ガイドラインなどを定義し、要件および設計仕様の内容の表現粒度を均一化する。
- ・ 指摘件数はレビューのチェック内容に影響するため、要件、設計におけるレビュー実施要綱などをプロジェクトで定義すると共に、レビューチェックシートなどでレビューの質を均一化する。
- ・ 製品分野、プラットフォーム(開発言語、開発環境、ツール活用など)、ソフトウェア開発プロセスが一致するプロジェクト単位で指標を設定する。

1) 計画・要件定義

● 要件レビュー指摘密度

【指標値設定】

「要件レビュー指摘密度」は以下検証により指標値を設定する。

- ・ 下流工程の手戻り率との相関を検証

- ・ 手戻り率の許容範囲を設定し指標化

【メトリクス活用】

計画・要件定義工程の完了段階で「要件レビュー指摘密度」の指標値を評価し、下回った場合、要件の欠陥検出が低く、潜在的に欠陥が残っている可能性があるため、設計工程以降でのリスク回避を考慮する。リスク回避方法は開発状況に合わせ多岐（要件仕様書の再レビューや設計仕様書のレビュー強化、テスト強化など）に渡ると考えられるため、最も有効な方法を選択し実践する。

- 要件仕様実現率

【指標値設定】

達成、未達で判断するため、「要件仕様実現率」は指標値を 100%と設定する。

【メトリクス活用】

計画・要件定義工程の完了段階で「要件仕様実現率」の指標値を評価し、下回った場合、未確定な要件が存在すると判断でき、要件の積み残しがリスクとなる。これを次のように対応する。設計工程以降で未達の要件が、明確になるまで追跡しリスク発生を防ぐ。

2) 設計の検証結果と考察

- 設計レビュー指摘密度

【指標値設定】

「設計レビュー指摘密度」は以下検証により指標値を設定する。

- ・ 下流工程の欠陥検出率または手戻り率との相関を検証
- ・ 欠陥検出率、手戻り率の許容範囲を設定し指標化

【メトリクス活用】

設計工程の完了段階で「設計レビュー指摘密度」の指標値を評価し、下回った場合、設計仕様の欠陥検出が低く、潜在的に欠陥が残っている可能性があるため、実装工程以降でリスク回避を考慮する。リスク回避方法は開発状況に合わせ多岐（設計仕様書の再レビューやテスト強化など）に渡ると考えられるため、最も有効な方法を選択し実践する。

- 設計仕様実現率

【指標値設定】

達成、未達で判断するため、「設計仕様実現率」は指標値を 100%と設定する。

【メトリクス活用】

設計工程の完了段階で「設計仕様実現率」の指標値を評価し、下回った場合、未確定な設計仕様が存在すると判断でき、設計仕様の積み残しがリスクとなる。これを次のように対応する。実装工程以降において未達の設計仕様が、明確になるまで追跡しリスク発生を防ぐ。

7. 参考文献

1. 「21世紀へのソフトウェア品質保証技術」 日科技連ソフトウェア品質管理研究会 10年の成果
監修者：菅野 文友、吉澤 正（株）日科技連出版社 1994年9月21日発行
2. 「第20年度ソフトウェア品質管理研究会分科会報告書」ソフトウェアメトリクスの有効性評価
著者：澤口 邦夫 他（財）日本科学技術連盟 2005年2月25日発行

< 付録 1 . 上流工程メトリクスの有益性評価一覧 >

工程	目的	指標	単位	全体		管理者		SPI/SEPG	
				有益性	実施困難性	有益性	実施困難性	有益性	実施困難性
計画・要求定義	13 成果物完成度の把握	131 レビュー指摘件数	件						
		132 レビュー指摘経過時間(処理される時間)	H	x	x	x	x	x	x
		133 レビュー工数=参加人数・レビュー実施時間	人・H	x		x		x	
		135 レビュー工数比率=工程内レビュー工数/工程内実績工数	%	x		x	x	x	x
	14 要求定義工程の見積精度の把握	141 工程遅延率=遅延日数/予定全工程の日数	%	x					x
		142 基準達成率=工程内工数/工程内基準工数	%	x	x	x	x	x	x
		143 稼動見積精度=工程内実績工数/工程内予定工数	%						
	15 REQM...監視と制御	150 要件変更率=仕様変更件数/ユーザ要求仕様件数	%	x	x	x	x	x	x
	16 SAM...監視と制御	160 供給者に対する要件の変更件数	件	x					x
		170 手戻りに費やされた日数	日		x		x		x
	17 RD...監視と制御	171 手戻りに費やされた工数(費用)	人月(円)		x		x		x
		172 要件仕様の欠陥密度=指摘件数/開発規模	件/KS		x		x		x
		18 PP...監視と制御	180 要件の数	件		x		x	
	181 計画の改訂回数		回	x		x		x	
182 プロジェクト計画改訂総費用	円		x	x	x	x	x	x	
183 プロジェクト計画改訂総日数	日		x	x	x	x	x	x	
184 プロジェクト計画改訂総工数	人月(円)		x	x	x	x	x	x	
設計	21 成果物完成度の把握	212 レビュー指摘密度=レビュー指摘件数/開発規模	件/KS				x		
		213 レビュー実施率=実施回数/予定回数	%	x		x		x	
		214 レビュー実施効率=指摘件数/レビュー工数	件/H・人	x		x		x	
		215 レビュー工数比率=工程内レビュー工数/工程内全工数	%	x				x	
		216 指摘改善率=解決事項/指摘件数	%	x				x	
	22 要求仕様品質の確保	222 仕様変更件数	件						
		223 設計仕様実現率 =工程内実現仕様件数/要求仕様件数	件	x	x			x	x
	23 設計工程の見積精度の把握	231 工程遅延率=遅延日数/予定前工程の日数	%	x					x
		232 基準達成率=工程内工数/工程内基準値	%		x		x		x
		233 稼動見積精度=実績工数/工程内予定工数	%		x		x	x	x
	24 プロセス監視と制御	241 手戻りに費やされる費用	円		x		x		x
		242 手戻りに費やされた工数(費用)	人月(円)		x		x		x
		246 設計の複雑度	-		x		x		x

補足) 管理者視点で有益性のないメトリクスを除外。

< 付録 2 . 上流工程メトリクスにおける仮説一覧 >

研究員より抽出した下流工程のリスクとの相関に関する仮説一覧

工程	目的	指標	成果物との関係	単位	仮説(業)	補足(使い方指南、メトリクスから言えることetc.)
計画・要求定義	13 成果物完成度の把握	131 レビュー指摘件数	直接	件	・成果物の質が高い場合には指摘件数が少なく、質が低い場合には指摘件数が多い。 ・各工程で指摘件数を満たしているならば、手戻り工数が少なく、潜在バグが少ない。	・レビューの内容や精度を描えるため、作業成果物が事前に配布(成果物に目を通す時間あり)され、夫々のレビューがレビューに対する目的意識を持っており、チェックリストが用意されていること。 ・件数での比較ではなく、チェック項目ごとに下流工程での影響度(ウェイト:大、中、小etc.)を持たすことによって、リスク度がより正確にわかる。
	14 要求定義工程の見積精度の把握	141 工程遅延率=遅延日数/予定全工程の日数	間接	%	・工程遅延率が高くなれば成果物作成のスケジュール遅れが発生する。	・全工程の予定日数が、外的圧力によるものではなく、計画・要件工程の作業範囲が明確であり、規模に見合った妥当な見積りにより求められたものであること。
		143 稼動見積精度=工程内実績工数/工程内予定工数	間接	%	・稼動見積精度の高いプロジェクトはマイルストーンや納期の遅延が少ない。 ・稼動見積精度が低くなれば成果物作成のスケジュール遅れが発生する。	・全工程の予定日数が、外的圧力によるものではなく、計画・要件工程の作業範囲が明確であり、規模に見合った妥当な見積りにより求められたものであること。
	16 SAM...監視と制御	160 供給者に対する要件の変更件数	間接	件	・見積もり時の想定をオーバーするような要件変更回数であれば工数不足に陥る恐れがある。	・要件変更に伴う影響波及・コストを算出したプロジェクトとそれをしなかったプロジェクトでは納期遵守やトータルコストの点で大きな差異がある。
	17 RD...監視と制御	170 手戻りに費やされた日数	間接	日	・手戻りに費やされた日数の多いプロジェクトは、品質計画との予実の乖離が大きく、レビューにかける工数やテストにかける工数を削減する可能性がある。 品質の作りこみが低くなり下流工程での不具合発生率が高くなる可能性あり。	・計画・要件工程の作業範囲が明確であり、規模に見合った妥当な見積りにより求められたものであり、外的理由がないこと。 ・本当の変更と曖昧さがなくなってより明確になったというものと区別する必要がある。 ・要件定義という観点で見た場合には、顧客の要件を十分に引き出せていない、もしくは要件に対しての理解が不足していた状況が考えられる為、レビューでの指摘件数が少なかったとしても、結果的に最終的な目的を達成していない事になるので、質の低い作業となる可能性がある。 ・プロジェクトの反省材料と、顧客に対して仕様変更に対する工数増のアピールに使える。 ・計画という観点で見ると、顧客との予算面でのせめぎ合いや戦略による日数消化も考えられないわけではない為、作業の質の判断には難しい。
					・手戻りに費やされた工数の多いプロジェクトは、品質計画予実の乖離が大きく、レビューにかける工数やテストにかける工数を削減する可能性がある。 品質の作りこみが低くなり下流工程での不具合発生率が高くなる可能性あり。	・計画・要件工程の作業範囲が明確であり、規模に見合った妥当な見積りにより求められたものであり、外的理由がないこと。 ・本当の変更と曖昧さがなくなってより明確になったというものと区別する必要がある。 ・要件定義という観点で見た場合には、顧客の要件を十分に引き出せていない、もしくは要件に対しての理解が不足していた状況が考えられる為、レビューでの指摘件数が少なかったとしても、結果的に最終的な目的を達成していない事になるので、質の低い作業となる可能性がある。 ・プロジェクトの反省材料と、顧客に対して仕様変更に対する工数増のアピールに使える。 ・計画という観点で見ると、顧客との予算面でのせめぎ合いや戦略による日数消化も考えられないわけではない為、作業の質の判断には難しい。
					171 手戻りに費やされた工数(費用)	間接
	172 要件仕様の欠陥密度=指摘件数/開発規模 開発規模はページ数	直接	件/ページ	・成果物の質が高い場合には欠陥密度が低く、質が低い場合には欠陥密度が高い。 ・要件仕様の欠陥密度が高いと、開発者レベルが低いため指摘事項が多いと考えられ、要件仕様の質が低いと判断できる。 品質の作りこみが低くなり下流工程での不具合発生率が高くなる可能性あり。	・レビューの内容や精度を描えるため、作業成果物が事前に配布(成果物に目を通す時間あり)され、夫々のレビューがレビューに対する目的意識を持っており、チェックリストが用意されていること。 ・要件仕様としての開発規模が正しく求める事ができること。	

補足) 成果物に間接的に関係するメトリクスを除外。関係するメトリクスから包括するメトリクスを1つ絞り込み、その他は除外。

< 付録 2 . 上流工程メトリクスにおける仮説一覧 >

工程	目的	指標	成果物との関係	単位	仮説(素)	補足(使い方指南、メトリクスから言えることetc.)
計画・要求定義	18 PP...監視と制御	180 要件の数	間接	件	・要件数が多いと実現しなければいけないことも多いので、要件追跡が不十分だと要件漏れなどの問題が発生する。	・要件粒度の均一化が必要である。
		追加 要件の複雑度 新規に定義したメトリクス項目	直接	-	・作業対象が複雑で難解なものであっても、それを設計段階で分かり易く単純な形にまでまとめられていた場合、その設計は十分に練られているものであると推測できる。 要件の連携度合いを複雑度として算出 要件連携数 ex. 低:1、中:3、高:5	・要件の複雑度を的確に表す方法があること。
		追加 要件実現率 =工程内実現要件数/要件仕様件数(仮定) 新規に定義したメトリクス項目	直接	%	・要件実現率の低いプロジェクトは、マイルストーンや納期遅れを引き起こし易い。 要件の実現度合いを測ることで、完成度が解る。この完成度と工数を関連させる事で進捗でのリスク抽出が可能。	・要件全体に占める未確定要件の割合がある値以下の場合、プロジェクトが目標(QCD)を達成する確率が高くなる。プロジェクト計画時点で要件全体に占める未確定要件の割合がある値以上の場合、必要リソースの最大値がプロジェクト後半にずれ込むため、結果として納期遅延の原因となる。 ・要件定義の際に明確にすべき項目一覧を定義できれば、そのうち何件対応されているかでプロジェクトのリスクが測れる。
設計	21 成果物完成度の把握	212 レビュー指摘密度=レビュー指摘件数/開発規模	直接	件/ページ	・指摘密度が高い場合には成果物の質が高く手戻り工数が少ない。指摘密度が低い場合には質が低く手戻り工数が多い。 ・指摘密度を満たしているならば、手戻り工数が少なく、潜在バグが少ない。	・レビューの内容や精度を描えるため、作業成果物が事前に配布(成果物に目を通す時間あり)され、夫々のレビューがレビューに対する目的意識を持っており、チェックリストが用意されていること。 ・レビュー件数は、件数での比較ではなく、チェック項目ごとに下流工程での影響度(ウェイト)を持たすことによって、リスク度がより正確にわかる。
		215 レビュー工数比率=工程内レビュー工数/工程内全工数	間接	%	・レビュー工数比率が低い場合には成果物の質が高く手戻り工数が少ない。レビュー工数比率が高い場合には成果物の質が低く手戻り工数が多い。 工数配分によりチェック漏れリスクが抽出可能。工数配分でレビューが少なければチェック不足の可能性がある。	・レビューの内容や精度を描えるため、作業成果物が事前に配布(成果物に目を通す時間あり)され、夫々のレビューがレビューに対する目的意識を持っており、チェックリストが用意されていること。 ・成果物作成に与えられる工数が妥当であり、各人の力量が定量的に測定できること。
		216 指摘改善率=解決事項/指摘件数	直接	%	・指摘改善率の低いプロジェクトはレビュー効果が薄く、潜在バグが多い。指摘改善率が低ければ、プロジェクトの体制自体に問題があるなど大きなリスクに発展する可能性がある。	・分母に大きく影響を受ける。分母が小さすぎると、プレが大き。
	22 要求仕様品質の確保	222 仕様変更件数	間接	件	・仕様変更件数が多い場合は、仕様定義、仕様に対する実現方法の検討が不十分であり、スケジュールへの影響が考えられる。 ・見積もりの想定をオーバーするような仕様変更回数であれば工数不足に陥る恐れがある。	・仕様変更に伴う影響波及・コストを算出したプロジェクトとそれをしなかったプロジェクトでは納期遵守やトータルコストの点で大きな差異がある。
		223 設計仕様実現率 =工程内実現仕様件数/要件仕様件数	直接	件	・設計仕様実現率の低いプロジェクトは、マイルストーンや納期遅れを引き起こし易い。 設計仕様の実現度合いを測ることで、成果物の完成度が解る。この完成度と工数を関連させる事で進捗のリスク抽出が可能。	・設計仕様全体に占める未確定要件の割合がある値以下の場合、プロジェクトが目標(QCD)を達成する確率が高くなる。設計工程完了時で設計全体に占める未確定仕様の割合がある値以上の場合、必要リソースの最大値がプロジェクト後半にずれ込むため、結果として納期遅延の原因となる。 ・設計仕様定義の際に、明確にすべき項目一覧を定義できれば、そのうち何件対応されているかでプロジェクトのリスクが測れる。

補足) 成果物に間接的に関係するメトリクスを除外。関係するメトリクスから包括するメトリクスを1つ絞り込み、その他は除外。

< 付録 2 . 上流工程メトリクスにおける仮説一覧 >

工程	目的	指標	成果物との関係	単位	仮説(案)	補足(使い方指南、メトリクスから言えることetc.)
設計	23 設計工程の見積精度の把握	231 工程遅延率=遅延日数/予定前工程の日数	間接	%	・工程遅延率が高くなれば成果物作成のスケジュール遅れが発生する。	・全工程の予定日数が、外的圧力によるものではなく、計画・要件工程の作業範囲が明確であり、規模に見合った妥当な見積りにより求められたものであること。
		232 基準達成率=工程内工数/工程内基準値	間接	%	・基準達成率が高くなれば成果物作成のスケジュール遅れが発生する。	・全工程の予定日数が、外的圧力によるものではなく、計画・要件工程の作業範囲が明確であり、規模に見合った妥当な見積りにより求められたものであること。
		233 稼動見積精度=実績工数/工程内予定工数	間接	%	・稼動見積精度の高いプロジェクトはマイルストーンや納期の遅延が少ない。 ・稼動見積精度が低くなれば成果物作成のスケジュール遅れが発生する。	・全工程の予定日数が、外的圧力によるものではなく、計画・要件工程の作業範囲が明確であり、規模に見合った妥当な見積りにより求められたものであること。
	24 プロセス監視と制御	241 手戻りに費やされる費用	間接	円	・手戻りに費やされた日数の多いプロジェクトは、品質計画との予実の乖離が大きく、レビューにかける工数やテストにかける工数を削減する可能性がある。 品質の作りこみが低くなり下流工程での不具合発生率が高くなる可能性あり。	・設計工程の作業範囲が明確であり、規模に見合った妥当な見積りにより求められたものであり、外的理由がないこと。 ・本当の変更と曖昧さがなくなってより明確になったというものと区別する必要がある。 ・設計仕様定義という観点で見た場合には、設計仕様に対する理解が不足していた状況が考えられる為、レビューでの指摘件数が少なかったとしても、結果的に最終的な目的を達成していない事になるので、質の低い作業となる可能性がある。 ・プロジェクトの反省材料と、仕様変更に対する工数増のアピールに使える。
	24 プロセス監視と制御	242 手戻りに費やされた工数(費用)	間接	人月(円)	・手戻りに費やされた日数の多いプロジェクトは、品質計画との予実の乖離が大きく、レビューにかける工数やテストにかける工数を削減する可能性がある。 品質の作りこみが低くなり下流工程での不具合発生率が高くなる可能性あり。	・設計工程の作業範囲が明確であり、規模に見合った妥当な見積りにより求められたものであり、外的理由がないこと。 ・本当の変更と曖昧さがなくなってより明確になったというものと区別する必要がある。 ・設計仕様定義という観点で見た場合には、設計仕様に対する理解が不足していた状況が考えられる為、レビューでの指摘件数が少なかったとしても、結果的に最終的な目的を達成していない事になるので、質の低い作業となる可能性がある。 ・プロジェクトの反省材料と、仕様変更に対する工数増のアピールに使える。
		246 設計の複雑度	直接	-	・設計の複雑度の大きいプロジェクトは生産性が低い。 ブロック間の連携度合いを複雑度として算出 連携ブロック数 ex. 低:1、中:3、高:5 状態遷移の関連を複雑度として算出 状態数、遷移数etc ex. 設計複雑度=遷移数/状態数	・何を持って設計が複雑であるかの定義ができれば有効な指標になる。

2005年度SPC1で追記した有益と思われるメトリクスに対する仮説(案)を記述ください。

1. 要件の複雑度 : 上記表参照
2. 要件実現率 : 上記表参照
3. 開発規模予定と実績値 : 開発規模予実差の大きなプロジェクトは、見積精度が低い。納期遅延、品質低下を引き起こしやすい
4. 下流工程流出欠陥数 : 下流工程流出欠陥数が多いプロジェクトは、有効なレビューが出来ていない、または、SQAがあまり機能していない。

補足) 成果物に間接的に関係するメトリクスを除外。関係するメトリクスから包括するメトリクスを1つ絞り込み、その他は除外。