

仕様書レビューに基づくスキル評価のための要求分析スキルモデル

野中 誠^{y1} 大月 健史^{y2} 鴨澤 賢治^{y3}
田向 正一^{y4} 中井 一人^{y5}
宮田 真里^{y6} 西山 茂^{y7}

著者らは、仕様書レビューでの指摘に基づいて、個人の要求分析スキルを評価する手法を研究している。本論文では、スキル評価の基準となる要求分析スキルモデルを提案する。提案モデルは、ニーズ記述書とソフトウェア要求仕様書 (SRS) それぞれの仕様化パターンの組合せに対して、それを指摘するスキルレベルを設定したものである。提案モデルの有効性を検証するために、被験者にニーズ記述書とそれから作成された SRS を与えてレビューさせ、提案モデルに基づいてあらかじめ埋め込んでおいた指摘事項を指摘させる実験を行った。実験の結果、SRS 仕様化パターンの異なるスキルレベルグループ間で指摘人数に有意差が確認でき、提案モデルの部分的な有効性を示すことができた。

Requirement Analysis Skill Model for Skill Evaluation Based on Specification Review

Makoto Nonaka,^{y1} Takeshi Otsuki,^{y2} Kenji Kamozaawa,^{y3}
Shoichi Tamuki,^{y4} Kazuto Nakai,^{y5} Mari Miyata^{y6}
and Shigeru Nishiyama^{y7}

We have been studying a method for assessing a requirement analysis skill based on specification review. As a basis for evaluating the skill, a requirement analysis skill model is proposed. The model is developed by setting degrees of difficulty on each combination between specification patterns in needs statements and software requirements specifications (SRS). The model is validated by carrying out an experiment which makes subjects review a SRS in comparison with a corresponding needs statement. The result shows that there is a statistically significant difference in number of detected items among different difficulty group of SRS specification patterns. As a result, the limited effectiveness of the proposed model is validated.

1. はじめに

経済産業省が IT スキル標準¹⁾ を発表するなど、IT 技術者のスキル評価への関心が一段と高まっている。各企業では、人材育成を効果的に行うことを主な目的として、様々な方法によりスキル評価を行っている。

しかし、例えば自己評価と上司評価による方法では客観性に欠ける、プロジェクト実績に基づいた評価では外部要因の影響が大きいの、スキル評価項目が多いと評価効率が悪くなるなど、スキル評価における課題は多い。したがって、スキル評価を客観的かつ効率的に行う手法が求められる。

IT スキル標準は、スキル項目ごとにスキル熟達度および知識項目が定義されており、スキル評価の参照モデルとして有用である。しかし、スキル熟達度の評価が実務経験およびそのプロジェクト規模を伴うものであったり、評価項目が多数挙げられていたりするなど、運用面で課題がある。また、どのような手法を用いれば適切なスキル評価が行えるかが明らかでない。

一方、レビューにおいて抽出できた欠陥数を用いて、個人のスキル評価に取り組んだ研究がある²⁾。また、個人のソフトウェア開発プロセスを改善することで、

y1 東洋大学経営学部
Faculty of Business Administration, Toyo University
y2 三菱電機コントロールソフトウェア (株)
Mitsubishi Electric Control Software Corp.
y3 TIS (株)
TIS Inc.
y4 富士通 (株)
Fujitsu Ltd.
y5 (株) 松下ソフトリサーチ
Matsushita Soft-Research Inc.
y6 日本ノーベル (株)
Japan Novel Corp.
y7 NTT アドバンステクノロジー (株)
NTT Advanced Technology Corp.

欠陥摘出率 が改善されたという報告がある⁴⁾。一般に、スキルの高い人ほどレビューでの指摘件数が多いと考えられ、また、そのスキルはプロセス改善などにより育成可能であると考えられる。したがって、レビューでの指摘内容に基づいてスキル評価を行うことは有効であると考えられる。また、レビューによるスキル評価は、成果物を初めから作成してそのプロセスおよび成果物によりスキルを評価する手法に比べて、レビュー課題を事前に用意しておけば短時間でスキル評価が行えるという利点がある。

ところで、ソフトウェア要求分析・定義における見逃し欠陥は、工程が進むにつれて欠陥の除去に必要なコストが著しく増大する。そのため、これらの欠陥をできるだけ早い段階で除去できるスキルが必要とされる。また、一般に要求分析・定義は他の工程よりも広範囲で高度なスキルが求められる。人材育成という観点から、高度なスキルをも評価できる手法が求められる。

以上の問題意識に基づいて、本研究では、仕様書レビューに基づいて要求分析スキルを客観的かつ効率的に評価する手法を研究している。本論文では、スキル評価の基準として用いる要求分析スキルモデルを提案し、その評価実験を行った結果を述べる。

2. 研究アプローチ

要求分析・定義工程では、ニーズ記述書に記載された事項をそのままソフトウェア要求仕様書（以下、SRSと呼ぶ）として表現しただけでは不十分である場合が多い。なぜなら、初期段階ではそもそもユーザのニーズや要求に矛盾や誤りが含まれている場合や、ユーザのビジネスドメインの専門家なら暗黙の了解として知っているような暗黙的ニーズがニーズ記述書には明確に記述されていない場合があるため、これらの情報を修正または補足してSRSを作成することが求められるためである。したがって、仕様書レビューに基づいた要求分析スキル評価を検討するにあたっては、ニーズ記述書にも誤りや矛盾が含まれているという前提を置く必要がある。

仕様書レビューで指摘すべき事項は、ニーズ記述書とSRSとの間に生じた単純な記述ミスから、本来ならばニーズ記述書に記述しておくべき事項の欠落など、多岐にわたる。これらは指摘の難易度が異なるた

め、レビューでの指摘件数に基づく指標のみで要求分析スキルを評価することは適切ではない。したがって、レビューで指摘すべき事項に対してスキルレベルを設定し、これに基づいたスキル評価を行うことが必要である。

また、SRSの内容には、仕様の詳細化などによって、ニーズ記述書に対して新たな情報が加えられる。レビューでは、そのような情報が追加された理由を確認しなければならない場合がある。したがって、指摘すべき事項には、SRSの欠陥だけでなく、正しい記述であるが確認を要する事項も含んでおく必要がある。

本研究では、以上の方針を反映した要求分析スキルモデルを作成し、このモデルに基づいて指摘すべき事項が埋め込まれたSRSを評価対象者にレビューさせ、その結果を用いて要求分析スキルを評価するアプローチをとる。本論文では、仕様書レビューによる要求分析スキル評価の基本モデルを確立することを目的として、論理的な観点から要求分析スキルモデルを構築する。また、このモデルの妥当性を評価するために実験を行う。

3. 要求分析スキルモデル

3.1 モデル化の基本方針

本論文では、要求分析スキルとは、ユーザニーズおよび要求をソフトウェア要求仕様書に正しく変換できる度合いであると定義する。ここで、ユーザニーズおよび要求はニーズ記述書に、ソフトウェア要求仕様書はSRSに記述されることとする。

ニーズ記述書には、ユーザニーズが正しく記述されている場合、誤って記述されている場合、あいまいに記述されている場合、暗黙的ニーズが記述されていない場合などがある。SRSには、同様に、ユーザニーズが正しく仕様化されている場合、誤って仕様化されている場合、整合性に基づいて必要な情報が補われている場合、暗黙の了解が補われて仕様化されている場合などがある。本論文ではこれらを仕様化パターンと呼ぶ。

要求分析・定義工程では、ニーズ記述書の仕様化パターンと、SRSの仕様化パターンの両方が発生する。これらを互いに組み合わせることで、SRSレビューにおいて指摘すべきパターンが分類できる。本論文では、これらのパターンが具体化された、レビューで指摘すべき事項を指摘事項と呼ぶ。指摘事項は、SRSの欠陥として修正すべき事項と、ニーズ記述書には含まれていなかった情報がSRSに付加されたため確認を要する事項に大別できる。

最初のコンパイルまでに作り込んだ欠陥数のうち、最初のコンパイルまでに除去した欠陥数の比率³⁾

本論文の内容は、日本科学技術連盟 第19年度ソフトウェア品質管理研究会第6分科会の研究成果⁵⁾をもとに、内容を発展させたものである。

SRS の仕様化パターンには、ニーズ記述書に正しく記述されていたものを SRS に正しく仕様化するという基本的で容易なものから、ニーズ記述書には記述されていない暗黙的な情報を補って SRS に仕様化するという高度なものまで、必要とされるスキルレベルに差があると考えられる。本論文では、SRS の仕様化パターンに対してスキルレベルを与え、これをスキル判定の基礎情報として用いる。

以上のことから、要求分析スキルは、ニーズ記述書の仕様化パターンと、スキルレベルを持つ SRS の仕様化パターンを組み合わせたもので表現できると考えられる。本論文では、これを要求分析スキルモデルと呼び、このモデルに基づいて要求分析スキルを評価する。

3.2 要求分析スキルモデル

本論文で提案する要求分析スキルモデルを表 1 に示す。表側はニーズ記述書の仕様化パターンを、表頭は SRS の仕様化パターンを示している。これらの仕様化パターンは、著者らがニーズ記述書および SRS の仕様化パターンを分類整理した結果、抽出したものである。

それぞれの仕様化パターンの組合せについて、凡例に示した記号を用いて両者の関係を示している。例えば A1 の組合せは、「ニーズ記述書に正しい内容が書かれていたのに SRS では矛盾した内容になっている」ことを意味しており、表中では記号 F を用いている。このように、記号 F が付けられた組合せは修正を要する事項を表している。また、F5 の組合せは、「ニーズ記述書にはユーザの暗黙的ニーズが明記されていなかったが、SRS ではそれを反映した内容になっている」ことを意味しており、表中では記号 T を用いている。このように、記号 T が付けられた組合せは、修正を必要としないがレビューで確認を要する事項であることを表している。なお、表中の組合せが{となっているものは、このような組合せは存在しないことを表している。

SRS の仕様化パターンについては、難易度別に 4 つのスキルレベルを与えている。その内訳は基本的で容易なものとは高度なものに大別できる。前者はさらに、いわば間違い探しの内容であって SRS レビューのスキルがなくてもよいもの（レベル 0）とそれ以外（レベル 1）に分類できる。後者は、ニーズ記述書と SRS の整合性に基づき指摘できるスキルを要するもの（レベル 2）と、それより高度な暗黙的な情報を補えるスキルを要するもの（レベル 3）に分類してある。

4. 評価実験

4.1 実験の仮説

提案した要求分析スキルモデルの妥当性を評価するために、次の仮説を立てて評価実験を行う。

（仮説 1）SRS レビュースキルレベルが低レベルから高レベルになるほど、指摘事項は発見されにくい。

また、実験の主目的とは直接関係しないが、次の仮説に関する議論は個人スキルの評価を研究するうえで有用であると考え、被験者プロフィールを収集する。

（仮説 2）経験年数（2 年以上）は、スキルと無相関であり、有効なスキル評価指標ではない。

4.2 実験方法

評価実験では、あらかじめ指摘事項を埋め込んだニーズ記述書と SRS の双方を比較して、指摘事項を指摘してもらうという課題を被験者に与えた。指摘事項は、要求分析スキルモデルの SRS レビュースキルレベルごとにほぼ均等に埋め込まれるよう配慮した。また、ニーズ記述書と SRS の矛盾や欠落といった一見して容易に判断できるものだけでなく、整合性に基づく補足・修正や暗黙的な情報の補足などを踏まえて判断しなければならないものも埋め込んだ。課題およびその内容は、次に示す観点を考慮して、収集データに偏りがでないように工夫した。

- (1) ドメインに関する前提知識の有無による差がでにくい課題を選択する。
- (2) 課題の回答が統一的に評価できるようにする。
- (3) 課題の回答に要する時間は、最大で半日とする。
- (4) できるだけ多様な被験者を募るようにする。

4.3 実験課題

4.2 節の方針に基づき、航空機の飛行計画を管理する FPM (Flight Planning and Management) システムを課題として採用した。課題は、文献 7) の FPM ニーズ記述書と SRS を和訳したものをベースとして追加修正したものを用いた。FPM システムのニーズ記述書の一部を付録 A.1 に、SRS の一部を付録 A.2 に示す。

ニーズ記述書と SRS には、要求分析スキルモデルの評価を行うための指摘事項を埋め込んだ。要求分析スキルモデルの仕様化パターンの組合せと指摘事項との対応を表 2 に示す。要求分析スキルモデルにおいて記号を記入した組合せのうち、すべてを網羅して指摘事項を埋め込んだわけではない。

4.4 実験の実施

実験は、被験者にニーズ記述書と SRS を配布して SRS のレビューを実施してもらい、その結果をレビュー

表 1 要求分析スキルモデル

SRS レビュースキルレベル		レベル 0	レベル 1	レベル 1	レベル 1	レベル 2	レベル 3
No.		A	B	C	D	E	F
No.	SRS の仕様化パターン ニーズ記述書の仕様化パターン	ニーズ記述 と矛盾	ニーズ記述 通り	欠落	余計なこと	整合性に基づく 補足・修正	暗黙的情報 の補足
1	正しい (妥当)	F	T	F	F	{	{
2	間違い (明確な誤り, 項目間の矛盾)	F	F	F	F	T	{
3	無意味 (冗長, 余計なこと)	F	F	T	F	{	{
4	欠落 (完全に欠落, 部分的に欠落)	F	{	F	F	T	{
5	暗黙的情報の欠落, 曖昧な記述	F	F	F	F	{	T

凡例 T: ユーザニーズおよび要求が, ニーズ記述書を經由して SRS に正しく記述されている.
 F: ユーザニーズおよび要求が, SRS に誤って記述されている. 修正を必要とする事項である.
 {}: この組合せは存在しない.

表 2 埋め込み指摘事項の分布

仕様化パターンの組合せ	スキルレベル	指摘事項数
A1	0	3
A5	0	2
B5	1	1
C1	1	4
C4	1	1
D	1	1
E2	2	1
E4	2	3
F5	3	6
合計		22

指摘事項として回答してもらう形式とした。その際、被験者プロフィールについてもアンケート形式で収集した。収集したプロフィールは、開発経験の有無と年数、要求定義・分析工程の経験の有無と年数、IT スキル標準における主な職種、および現在の業務内容の概要である。

実験データの回収方法は、データ処理の容易さと、被験者が特定されにくく安心感を与える WEB 回答フォームに記入する方式とした。回答は、指摘箇所、指摘理由および対処方法を記述してもらい、指摘事項を正確に指摘しているかを確実に判断できる様式を使用した。

回答の所要時間は、2~3 時間程度を目安に実施をお願いした。TSP (Team Software Process)⁶⁾ では、SRS レビュー率の目標値として 1 時間あたり 2 ページ以内という基準を設けている。本実験で用いた SRS が 4 ページ (ニーズ記述書は 3 ページ) であることから、本実験で設定した回答時間は妥当であると考えられる。

実験への参加を広く呼びかけるために、日本科学技術連盟ソフトウェア品質管理研究会の各分科会で資料を配付し説明を行った。また、筆者らが所属する企業などにも実験の説明を行い、参加を呼びかけた。

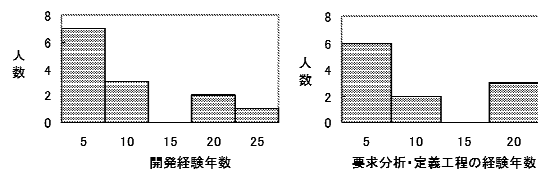


図 1 経験年数の分布 (左: 開発経験, 右: 要求分析・定義工程経験)

5. 実験結果

5.1 被験者プロフィール

実験では、14 名の被験者より回答を得ることができた。このうち、1 名を除いた 13 名はいずれも開発経験を有しており、そのうち 11 名は要求分析・定義工程の経験を有していた。被験者の経験年数の分布を図 1 に示す。開発経験年数および要求分析・定義工程の経験年数について、被験者の約半数がいずれも 5 年以下であった。

被験者の主な職種は、IT スキル標準における「ソフトウェア・開発」が 6 名と最多であり、その他は「IT スペシャリスト」「コンサルタント」「プロジェクトマネジメント」「エデュケーション」およびそれ以外 (品質保証など) であった。

なお、データ数が少ないことと、開発経験の無い被験者の回答も他の被験者と傾向に大きな違いがないように思われたため、被験者 14 名すべてのデータを分析対象とした。

5.2 レビュー指摘と指摘事項

被験者がレビューにより指摘した事項の数 (レビュー指摘数と呼ぶ) の分布を図 2 左に示す。これらの指摘には、指摘事項を指摘できたもの (有効指摘と呼ぶ) のほか、曖昧さや誤解を避けるために修正すべきであるという事項も含まれていた。後者の指摘も重要ではあるが、ニーズ記述書と SRS との対応で要求分析スキルを捉えるという本研究の主旨とは異なるものであ

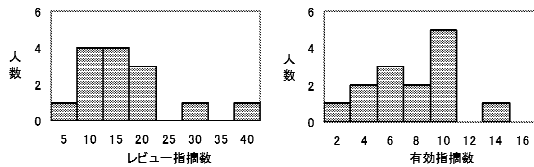


図2 指摘数の分布(左: レビュー指摘数, 右: 有効指摘数)

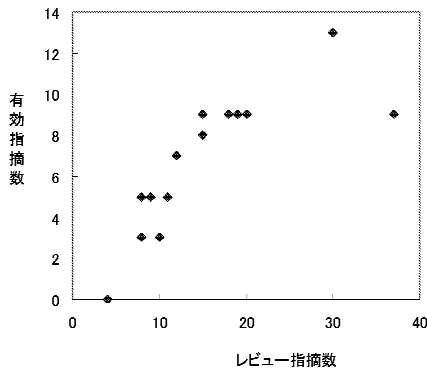


図3 レビュー指摘数と有効指摘数

るため、直接的な評価対象から除外した。図2右に有効指摘数の分布を示す。被験者全体のレビュー指摘数は216件であったが、有効指摘数は94件であった。

レビュー指摘数と有効指摘数との散布図を図3に示す。各プロットは被験者を表している。相関係数は0.802であり、両差の間には強い相関があるといえる。すなわち、有効指摘に限らず多くの項目を指摘できた被験者は、指摘事項を多く指摘できていたといえる。

5.3 スキルレベルの検証

実験により得られたデータを用いて、仮説1(SRSレビュースキルレベルが高い指摘事項ほど被験者に指摘されにくい)を検証する。ここでは、SRSレビュースキルレベルの高い指摘事項ほど、指摘できた被験者数が少なければ、この仮説が検証できたと捉えてデータを分析する。

図4にSRSレビュースキルレベル別の各指摘事項の指摘人数を、表3にその基本統計量を示す。箱から上下に伸びた線は最大値と最小値を、箱の境界は四分位点(25%~75%)を、箱内の線は中央値を、x印は平均値を表している。

スキルレベル0の指摘事項に関して、他のスキルレベルの指摘事項に比べて指摘人数の平均値が大きいとともに、ばらつきも大きいように思える。そこで、スキルレベル0と他のスキルレベルの指摘事項について、平均値の差の検定(分散が等しくないと仮定)を行った。片側検定の結果、P値は0.016であり、有意

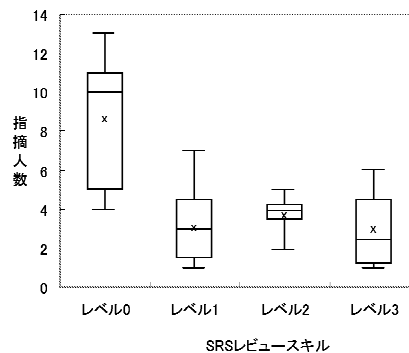


図4 SRS レビュースキルレベルと指摘人数

表3 レベル別指摘人数に関する統計量

統計量	SRS レビュースキル				
	0	1	2	3	1~3
総指摘数(件)	43	22	15	18	55
指摘事項数(件)	5	7	4	6	17
平均値(人)	8.6	3.1	3.8	3.0	3.2
中央値(人)	10	3	4	2.5	3
標準偏差(人)	3.9	2.2	1.3	2.1	1.9
最大値(人)	13	7	5	6	7
最小値(人)	4	1	2	1	1

水準5%で有意差が確認できた。すなわち、スキルレベル0の指摘事項は他のスキルレベルの指摘事項に比べて指摘人数の平均値が大きいといえる。この結果から、スキルレベル0に設定された指摘事項に関して仮説が検証されたといえる。

しかし、スキルレベル1から3の指摘事項に関しては、指摘人数の平均値に差がないように思える。各スキルレベルについて有意水準5%で分散分析を行った結果、P値は0.83であった。したがって、今回の実験の範囲では、スキルレベル1から3の違いが指摘人数に対して有意な差があるとはいえず、スキルレベル1から3の指摘事項に関しては仮説が正しくなかったといえる。

5.4 要求分析・定義経験年数と有効指摘率

レビュー指摘数に対する有効指摘数の比率を、本論文では有効指摘率と呼ぶ。有効指摘率が高い人ほど、ニーズ記述書とSRSとの対応において生じる欠陥や確認を要する事項を効率的に指摘できるスキルが高いと考えられる。

ここでは、有効指摘率の指標を用いて仮説2の検証を行う。要求分析・定義経験年数と有効指摘率との散布図を図5に示す。要求分析・定義経験のない被験者3名は、経験年数をゼロとしている。また、図中Aのデータは有効指摘率がゼロであったことから、以降の

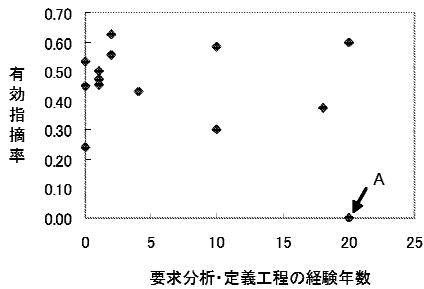


図5 要求分析・定義工程の経験年数と有効指摘率

分析では外れ値とした。

図中 A を除くすべてのデータの相関係数は 0.061、経験年数 2 年以上のデータの相関係数は -0.19 であった。散布図からも明らかな通り、いずれの場合も経験年数と有効指摘率の間にはほとんど相関がない。したがって、今回の実験の範囲では、要求分析経験が豊富な人が必ずしも指摘事項を効率よく指摘できておらず、仮説 2 の通り、経験年数は有効なスキル評価指標ではないと思われる。

6. 考察

6.1 要求分析スキルモデルの妥当性

本論文で提案した要求分析スキルモデルの妥当性は、仮説 1 が検証できたか否かがひとつの指標となる。実験結果からは、レベル 1 から 3 の指摘事項に関して、有意水準 5% で平均値の差に有意差が確認できなかった。しかし、レベル 0 と他レベルの間には、平均値の差に有意差が確認できた。

また、スキルレベルの高い指摘事項ほど、指摘できる人数のばらつきは少ないと考えられる。表 3 より、レベル 0 のばらつきが他のレベルに比べて大きいと思われる。等分散の検定を行った結果、レベル 0 と他レベルとの間、およびレベル 0 とレベル 2 との間には、有意水準 5% で分散に有意差が確認できた。他の組合せについては有意差が確認できなかった。このことから、提案した要求分析スキルモデルは、少なくともレベル 0 と他レベルの間に関しては、要求分析スキルを評価するためのモデルとして妥当性があると考えられる。

6.2 レビューを用いた要求分析スキル評価の有効性

要求分析スキルを表す指標のひとつに有効指摘率が挙げられる。実験結果からは、要求分析経験が豊富な人が必ずしも高い有効指摘率を示しておらず、逆に、経験年数が少ない被験者が高い有効指摘率を示していることがあった。また、外れ値を除き、有効指摘率は

30% ~ 60% の幅で分布していた。

これらの結果より、有効指摘率が要求分析スキルに関する何らかの属性を反映しており、また、その値はある幅を持っていることから、有効指摘率が要求分析スキルのある属性の度合いを表していると考えられる。したがって、仕様書レビューによるスキル評価において、有効指摘率を用いることで要求分析スキルを評価できる可能性があると考えられる。

6.3 課題

上記に示したように、本論文で提案した要求分析スキルモデルおよびスキル評価手法は、部分的ではあるが一定の妥当性があると考えられる。ただし、以下の問題点が今後の課題として残っている。

経験年数と要求分析スキルとは無関係であるという結果が得られたが、今回の実験結果からこれを一般的な結論として議論することは早計である。指摘事項の種別、ニーズ記述書や SRS の内容、および被験者数などを含め、このような結果が得られた要因分析を行う必要がある。また、設定したスキルレベルと指摘人数の間には一定の関係があるように見えるが、この傾向は十分に明確なものではない。今後、指摘事項のスキルレベル設定について、インタビューや実験などを通して、更なる確かなものを設定していく必要がある。

ところで、スキルレベル 1 から 3 について有意差が確認できなかったことに関して、今回の実験データでは指摘人数、すなわち指摘事項あたり摘出率という指標が不適切であったと考えることもできる。異なる指標の例として、指摘事項あたり指摘時間すなわち生産性を用いる方法が考えられる。しかし実用上は、要求分析・定義工程以降への影響を最小限に抑えるためには、指摘事項あたり摘出率の指標の方が生産性よりも重要であり、そのようなスキルを評価する手法が求められる。したがって、提案モデルおよび実験方法を改良し、スキルレベルによって指摘事項あたり摘出率に差が現れるようなモデルを得ることが必要である。

7. おわりに

本論文では、SRS の仕様化パターンにスキルレベルを与え、ニーズ記述書と SRS それぞれの仕様化パターンの組合せに対して指摘事項を設定した要求分析スキルモデルを提案した。提案モデルの妥当性を確認するために評価実験を行い、部分的ではあるが提案モデルの妥当性を示すことができた。提案モデルおよび実験方法に改善の余地があるものの、要求分析スキル評価に関する有益な知見を本研究により得ることができた。

今後の課題として、考察で述べた内容に基づいて要求分析スキルモデルを洗練させる必要がある。また、IEEE 830-1998⁸⁾ に示された要求仕様書の品質特性を参照するなどして、被験者がより本質的な指摘に注目できるように、被験者に与えるニーズ記述書および SRS を改善する必要がある。

謝辞 本研究の機会を与えて頂いた日本科学技術連盟ソフトウェア品質管理研究会、実験にご協力いただいた被験者の皆様に感謝いたします。

参考文献

- 1) 経済産業省: IT スキル標準 ver1.1, http://www.meti.go.jp/policy/it_policy/jinzai/g030701aj.html, 経済産業省 (2003).
- 2) 武田健二: ソフトウェア・テストにおけるエラー検出力の個人差, 情報処理学会ソフトウェア工学研究報告 No. 23-1, pp. 1{6 (1982).
- 3) Humpnrey, W. S.: A Discipline for Software Engineering, Addison-Wesley, MA (1995). (松本正雄監訳: パーソナルソフトウェアプロセス技法, 共立出版 (1999)).
- 4) Hayes, W., and Over., J. W.: The Personal Software Process(PSP): An Empirical Study of the Impact of PSP on Individual Engineers, CMU/SEI-97-TR-001, Carnegie Mellon University (1997).
- 5) 野中誠, 西山茂, 関谷由美子, 大月健史, 鴨澤賢治, 田向正一, 中井一人, 宮田真里: 仕様書レビューによる個人スキル評価 - 要求分析スキルモデル -, ソフトウェア品質管理の研究 - 第 19 年度ソフトウェア品質管理研究会分科会報告書, 日本科学技術連盟 (2004).
- 6) Humphrey, W. S.: Introduction to the Team Software Process, Addison-Wesley, MA (1999). (岡真由美, NTT ソフトウェア訳: チームソフトウェア開発ガイド, コンピュータエージ社 (2002)).
- 7) TSPi Faculty Workshop 資料, Carnegie Mellon University (2000).
- 8) IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specification, IEEE Std 830-1998 (1998).

付 録

A.1 FPM システムのニーズ記述書 (一部)

FPM システムは、一つの航空交通管制区画 (以下、区画と呼ぶ) のなかを飛行する航空機に、自動化された飛行計画及び管理機能を提供するシステムである。

A.1.1 機能ニーズ

- (1) ひとつの区画は、次の特徴をもった三次元の空域である。
 - (a) 区画の垂直方向は、フライトレベル FL180(18,000

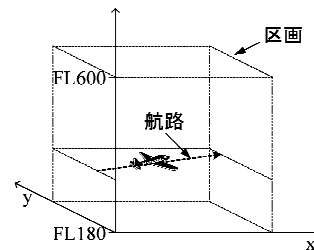


図 6 区画のイメージ図

- (a) フィート)から FL600(60,000 フィート)の範囲である。
 - (b) 区画は、水平方向について、多角形の頂点が (x, y) 座標で表された一つの矩形で区切られている。xy 座標は、海里を単位とした正の実数である。矩形のそれぞれの辺の長さは、50 海里以上 150 海里以下でなければならない。
- (2) FPM システムは、いかなる時点においても、一つの区画内に最大 100 機まで含めることができる。
 - (3) 航空機は、区画の進入から退出までの間、同じ高度 (FL180 から FL600 の間) を維持しなければならない。
 - (4) 最大 4 機の航空機が同じ高度を飛行できる。同じ高度を飛行する航空機は、常に、水平方向に少なくとも 0.5 海里離れていなければならない。
 - (5) 異なる高度を飛行する 2 機の航空機は、常に、少なくとも 2,000 フィート離れていなければならない。
 - (6) FPM システム内の各航空機は、区画を飛行するための認可された飛行計画を持つ。飛行計画は、次を含んでいる。
 - (a) 航空機の ID 番号
 - (b) パイロットの名前 (20 文字まで)
 - (c) 搭載された燃料の量 (飛行時間で表す - 航空機の種類と計画された巡航速度に基づいて算出する)
 - (d) 航路は、次を含む一本の直線路である。
 - (i) 出発点と出発時刻
 - (ii) 巡航高度。区間内を飛行している間、一定である。
 - (iii) 巡航速度。区間内を飛行している間、一定である。
 - (iv) 真方位角による進路
 - (v) 終点と終点時刻
 - (e) 航路の出発点と終点は、区画の境界上の点でなければならない。
 - (7) 区画に入る前に、航空機は飛行計画を区画コントローラに提出し、承認を得なければならない。ある航空機から提出された飛行計画は、区画内の交通量及び航空機間の距離に関する制約が満たされない限り承認されない。また、すべての飛行計画データは整合性がとれており、正確でなければならない。
 - (8) FPM システムは、利用者が次の操作を実施できるような、テキスト形式のユーザインタフェースを持たなければならない。
 - (a) 区画の初期化
 - (b) 飛行計画の入力
 - (c) 飛行計画リストの入力
 - (d) 飛行計画の削除
 - (e) 飛行計画の取得
 - (f) 飛行計画の取得 (時刻指定)
 - (g) 飛行計画の取得 (時刻・高度指定)
 - (h) 高度の変更
 - (i) 距離の計算
 - (j) 指定距離以下となる航空機の出力

A.2 FPM システムの SRS (一部)

A.2.1 目的

この文書の目的は、FPM システム要求の詳細を与えることである。この文書は、顧客要求を明確にし、設計及びテスト計画作成のための基礎を提供する。

A.2.2 問題記述

FPM システムは、一つの航空交通管制区画（以下運行区画と呼ぶ、運行区画は三次元の空域で表される）内を飛行する航空機のための、自動化された飛行計画管理機能を提供する。飛行計画は、それが正当な計画であると承認されるために、顧客要求によって定義された規則に従っていなければならない。FPM システムの主な機能は、航空機間の距離、空域及び交通量の制約に基づいて、飛行計画の承認または拒否の判断を下すことである。

A.2.3 機能要求

- (1) FPM システムを起動する際には、最初に、次の特徴を持った三次元領域からなる運行区画を初期化しなければならない。
 - (a) 垂直方向の境界は、FL180 (18,000 フィート) と FL300 (30,000 フィート) で与えられる。
 - (b) 水平方向の境界は、最小で 50 海里、最大で 150 海里の辺の長さを持つ矩形により与えられる。矩形上の点は、(x, y) 座標平面上の点として識別され、その座標は海里を表す正の実数で表される。矩形の左下（南西）隅の座標を原点とし、すべての点の座標は原点からの距離に基づいて与えられる。
- (2) 運行区画に進入してきた各航空機は、承認された飛行計画を有していなければならない。承認が得られるか否かは、運行区画及び航空機間の距離制約に関するすべての制約に依存する。飛行計画は次の情報からなる。
 - (a) 識別番号（航空機 ID と呼ぶ）。
 - (b) 航空機のパイロットの、ファーストネームのイニシャル及びラストネーム。
 - (c) 搭載された燃料の量（実際の飛行時間と巡航速度に相当する整数で表される）。
 - (d) 航空機がたどる航路（直線路）。
 - (e) 出発点。(x, y) 座標及び出発時刻で表される。
 - (f) 巡航高度。フィートで測定され、運行区画の制約に従っていなければならない。
 - (g) 巡航速度。あらかじめ決定されるか、総巡航距離を所要時間で割って計算される。
 - (h) 真方位角による進路（又は真針路）。0 度から 360 度までの針路で表される。
 - (i) 終点。(x, y) 座標及び終点時刻で表される。終点は、運行区画の境界上に存在しなければならない。
- (3) 一つの運行区画は、任意の時刻において、最大 100 機の航空機を保持することができる。航空機数の上限に達した場合、いかなる航空機であっても、その進入要求は拒否される。拒否された航空機の飛行計画は、変更されたうえで新規の飛行計画として再提出される。
- (4) 航空機の巡航高度は、航空機の飛行計画が作成された時点で割り当てられる。巡航高度は、ある区画内を飛行中のあいだ一定である。
- (5) 同一高度を巡航する航空機は、少なくとも 0.5 海里離れていなければならない。航空機間の距離は、幾何学的な距離の公式により算出する。
- (6) 異なる高度を巡航中の航空機は、水平方向の距離にかかわらず、少なくとも垂直方向に 2,000 フィート離れていなければならない。一つの運行区画の垂直方向距離は 42,000 フィートであり、2,000 フィートごとに 4 機の航空機が巡航できるので、一つの運行区画は、最大で 86 機

の航空機が巡航できる。

- (7) 運行区画に進入する前に、航空機は区画コントローラに飛行計画を提出し、承認を得なければならない。飛行計画は、運行区画内の航空機数、及び航空機間の距離に関するすべての制約を満たしていなければ承認されない。また、飛行計画は整合性があり正確でなければならない。
- (8) 利用者が、航空機の飛行計画に関する次の操作を実施できるような、テキストベースのユーザインタフェースが実装されていなければならない。
 - (a) 運行区画の初期化
 - (b) 飛行計画の入力
 - (c) 飛行計画リストの入力
 - (d) 飛行計画の削除
 - (e) 飛行計画の取得
 - (f) 飛行計画の取得（時刻指定）
 - (g) 飛行計画の取得（時刻・高度指定）
 - (h) 高度の変更
 - (i) 距離の計算
 - (j) 指定距離以下となる航空機の出力