

## 要求仕様の機能量測定による概念要素構成の改善

長野 伸一†, 鯨坂 恒夫†

あらまし

要求分析の不十分さから生じる不適切なシステム設計を抑止するため、機能量の測定結果から要求仕様の解釈や咀嚼が不十分な箇所を検出する手法を提案する。要求を仕様化するに当たっては対象システムに含まれる概念要素を認識し分解するが、我々は、この概念要素毎に機能量を測定し、各要素の有する機能量の偏りから、要求分析および仕様化が不十分である箇所を指摘するとともに、対象システムに望ましい概念要素構成を導く。

機能量の測定には COSMIC-FFP を用いるため、測定対象となる概念要素は機能プロセスとデータグループの 2 種類に型づけされる。本論文ではそれらに対する機能量測定法の詳細を述べ、各要素に対する機能量分布の適切さについて議論する。また、我々の提案する手法を実際の事例に適用し、測定結果に基づき概念要素の構成を改善できたことを示して、本手法を評価する。

## Conceptual structure improvement of requirements specification based on functional size measurement

Shin'ichi NAGANO, Tsuneo AJISAKA

### Abstract

Proper requirements analysis is essential for good system design. Using systematic functional size measurement, we propose a method to find improper segments of a requirements specification due to insufficient analysis and/or misunderstanding of a target system. Requirements specification consists of conceptual elements, each of which has its own functional size. Our method detects anomaly of the size variance and recommends a more preferable conceptual structure.

COSMIC-FFP is used to measure functional size. The method recognizes functional processes and data groups. This paper presents the detail of the measurement method for both types of elements and discusses about an expected pattern of functional sizes measured for each conceptual element. We have applied our method to some real-time systems and evaluated its effectiveness by improving the conceptual structure of the example systems.

### 1. はじめに

COSMIC-FFP(CFFP と略す)は、要求された機能を定量化し、機能量を測定する手法である。

[1]CFFP はリアルタイムシステムや組込システムにも適用可能で、今後ますます需要増加が見込まれる分野のソフトウェア開発への応用が期待されている手法である。

近年、CFFP を用いた機能量測定により、開発

コストやメンテナンス等の見積もりに応用する研究がなされており、その有効性が実証されてきている。さらに、2003年2月にISOにて標準化されその普及にも弾みがついている。[2][3][4]

しかしながら、CFFPは比較的新しい手法であり、測定誤差が入りやすいことが現在の課題である。測定誤差の入る主な要因は、

- (1) 測定手法の未修得
- (2) 測定環境の未整備
- (3) 要求機能分析の不足

†和歌山大学 システム工学研究科

の3つがある。

上記の(1)は、測定手法に関する知識を測定者が十分に有していない場合や、測定経験が不十分な場合を意味する。CFFP は 1999 年に提案されてから様々な事例が報告されているが、IFPUG 法などの他の機能量測定法に比べて、熟練の測定者はまだまだ少なく、計測に当たっては手法を習得していない測定者が当たることが想定され、測定誤差につながる。しかしながら、有識者による訓練で比較的短期間に習得が可能であることが事例として示されており、時間と伴に解決していくと考えられる。[3]

上記(2)は、早く、安価に、正確に計測することを可能とする測定作業の支援環境の未整備を意味する。具体的には、測定マニュアルの不足、測定ツールや測定支援ツールの不足、計測事例の不足などがある。これに対しては、ISO で標準化と同時に環境整備が進んでいる。特に、測定ツールは様々なものが開発されている。[5][6]

このように(1)(2)の問題は解決されつつあるが、上記(3)に関する研究はなされていない。CFFP は、ソフトウェアに要求する機能を定量化し、その値である機能量を得る手法であるから、要求機能を理解することは必須であるし、その理解の度合いが、得られる機能量の大きさに影響する。したがって、要求された機能の理解や咀嚼は重要な作業である。上記(3)は、この測定に先んじて行う要求仕様の理解や咀嚼の不足を意味する。

機能量測定の測定において、要求仕様の理解や咀嚼とは、要求仕様を構成している概念の要素とその関係を明らかにすることである。通常、概念の要素と成りうるのは、機能やデータであり、機能を洗い出し、当該機能で使用しているデータを明らかにすることが、関係を明らかにすることに当たる。

概念要素である機能やデータの識別が不十分であると、その関係を明らかにすることができず、機能量の測定の際に、漏れや重複が発生し、測定誤差につながる。

我々は、要求機能の分析が充分であるか、機能量の測定結果から確認し、不十分である場合には改善箇所を指摘する方法を提案する。

本論文で、まず CFFP の手法を概説し、その測定法の特徴から要求仕様を構成する機能とデータ毎に機能量を得ることができ、その機能とデー

タ毎の機能量の偏りが示す傾向を説明する。更に、その傾向から測定時の要求仕様の理解や咀嚼の不足を指摘する方法を述べる。また、実際の測定結果を利用して要求分析の改善を行い、我々の提案する方法の評価を示す。

## 2. CFFP 概要と要求仕様分析

ここでは、CFFP の測定モデルについて述べ、要求仕様の理解や咀嚼と CFFP による測定との関係を明らかにする。また、CFFP による機能量測定法について概説する。

### 2.1. CFFP の要求機能分析

CFFP の測定は、大きく 2 つのステップに分かれる。ステップ 1 は、要求仕様の CFFP モデルへの変換であり、ステップ 2 はステップ 1 で導いたモデルからの機能量計測である。

機能量とは、要求機能を定量化したものであり、その測定には要求機能の理解が必須である。CFFP では、要求された機能の理解を CFFP の測定モデルに変換することで行っている。

CFFP の測定モデルを図 1 に示す。CFFP の測定モデルは、要求仕様を単体の機能の集合と考えている。さらに、単体の機能は、データ移動の集合であると考えられる。[1] すなわち、CFFP における概念要素は、機能とデータである。

ステップ 2 は、実際に機能量を計測するための

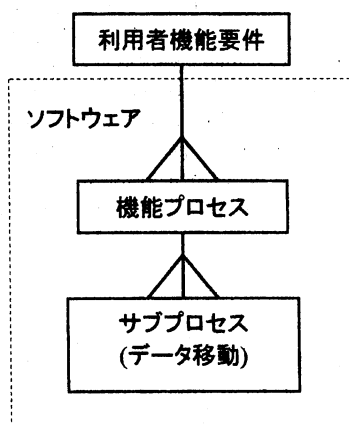


図1 CFFP測定モデル

作業である。データ移動のタイプを識別し、計数することによって、機能量を得ることができる。

## 2.2. CFFP の測定概要

ここでは、CFFP の測定法の概略を説明する。

CFFP では、要求された機能を利用者機能要件と呼ぶ。利用者機能要件を単体の機能に分解する。これを CFFP では機能プロセスと呼ぶ。機能プロセスは、要求者が識別でき、測定対象の外側で発生するイベントで始まり、測定対象での処理を含むことが条件である。

また、CFFP では利用者機能要件をデータ移動の集合であるとも見なす。データ移動は、要求者から識別可能であるデータ(以後データグループと呼ぶ)の移動を意味する。尚、データ移動はサブプロセスとも呼ぶ。

データ移動は、測定対象を明確にする境界を跨ぐか否かと、移動の方向(入力, 出力)の 2 つの観点で分類され、4 種類のタイプに分けられる。Entry, eXit, Read, Write の 4 種類である。Entry は、測定対象の外側から内側へデータグループが移動するタイプのデータ移動で、E と略す。反対に、測定対象のソフトウェアから測定対象の外にデータグループを移動させるデータ移動が eXit であり、X と略す。Read は測定対象のソフトウェアの中で読み込みに該当するデータ移動で、機能プロセスでデータを読む場合であり、R と略す。反対に機能プロセス内においてデータを書き出しに該当するデータ移動が Write であり、W と略す。

最後に、データ移動を集計し、機能量を得ることができる。CFFP で測定した機能量の単位は CFSU(COSMIC-FFP Function Size Unit)である。

## 3. CFFP による測定からの要求仕様の特徴抽出

本章にて、CFFP の測定作業で作成する中間生産物を利用して、当該要求仕様の特徴を抽出することができることを示す。

### 3.1. CFFP の計測表の特徴

前章の CFFP の概要で示したように、CFFP の計測とは、要求機能を単体の機能に分解し、各々の単体機能の中で識別できるデータ移動を抽出し、計数する手法である。測定作業では、表 1 に示す表を用いる。この表を測定表と呼ぶ。

測定表は、行に機能プロセスを、列にデータグ

表 1 測定表

		データグループ				E	X	R	W	計
機能 プロセス										
	E									
	X									
	R									
	W									
	計									

ープをとり、当該機能プロセスに含まれるデータ移動のデータグループの欄にデータ移動のタイプを記入したものである。

全体の機能量は、行と列の合計を更に合計した右下の合計欄に算出される。

測定表の特徴は、機能プロセス及びデータグループ毎の機能量を得ることができることである。すなわち、行の合計は、当該機能プロセスが有する機能量を示しており、列の合計は、当該データグループがその利用者機能要件の中で担っている機能量を示している。

また、サブプロセスのタイプ毎の割合を見ることも、その特徴を得ることができる。すなわち、E/X/R/W の比率を診ることで、重点を置いている仕様の箇所が理解できる。

さらに、各々の機能プロセス及びデータグループの有する機能量の統計量を見ることで、当該要求仕様の理解や咀嚼の傾向を知ることができる。例えば、測定表の機能プロセス毎の機能量やデータグループ毎の機能量の度数分布表や、統計量で、当該仕様の傾向を知ることができる。

### 3.2. 簡単な例による要求仕様分析の特徴抽出

実際の測定表を用いて、要求仕様の分析例を示す。表 2 に炊飯器を計測した計測表を示す。

全体の機能量は、12 CFSU である。

機能プロセスは、4 個あり、平均機能量は 3.0 CFSU である。4 個の機能プロセスは、それぞれ平均値に近い値であり、バランスよく機能分割されていることがわかる。

また、サブプロセスの E/X/R/W 毎の割合を見

てみると、Eだけで41.7%を占め、その内の60%を経過時間で占めていることが分かる。このシステムが、経過時間に依存していることがわかる。

その他、E/RとX/Wの比率、E/XとR/Wの比率を比べてみても、ほぼ同じであり、バランスよくオブジェクトの機能分担が行われていることが理解できる。

データグループは、7個あり、平均機能量は、1.7CFSUである。最も多い機能量を担っているデータグループは、経過時間と炊飯モード(3CFSU)である。経過時間は、前述した通りであり、炊飯モードは、炊飯器内部のデータでRとWの割合は、2:1である。さらに、全ての機能プロセスは、経過時間が炊飯モードのデータグループを含んでいる。

上記のことから、経過時間と炊飯モードにより主な機能が動作するシステムであることが理解できる。

#### 4. 測定表による要求仕様分析の改善

前章で測定表を用いると、当該要求仕様の分析の特徴を得られることを示した。本章では、要求仕様分析の特徴を逆手に取り、分析の理解不足や咀嚼が不十分な個所を特定し、要求仕様分析を改善する方法を提案する。

以下に、機能プロセスとデータグループ毎の機能量を統計的に分析した結果が示す傾向を考察し、その傾向に従わない個所が要求仕様分析において改善の余地があることを述べ、改善を行う方法についても述べる。

##### 4.1. 機能プロセス毎の機能量の統計的傾向と分析モデルの改善点

以下に、機能プロセス毎の機能量を統計処理した結果の傾向とその傾向から得られる分析モデルの改善について述べる。

CFFPでは、複雑で互いに関連している機能でも、単体の動作に分解している。それが、機能プロセスとなっている。むしろ、際限なく分解しているのではなく、機能の最小単位となるまでの分解である。機能の最小単位とは、仕様の要求者が識別できるイベントで起動し、その結果もまた仕様の要求者が識別できる結果となるまでの一連の処理である。

その結果、一つの機能プロセスは、小さな機能となり、その機能量も小さくなる。小さな機能量を有する単位に分解するので、小さな機能量の辺りに集まる傾向が現れる。したがって、CFFPの機能プロセス毎の機能量は、比較的小さな値を軸として集まる。

表2 炊飯器の計測例

		モード ボタン	経過 時間	目標 温度	実 際 温度	ヒ ー タ	炊 飯 モ ー ド	インジ ケータ	E	X	R	W	合計
モード選択		E					W		1			1	2
炊 飯	ヒータ制御		E	R	E	X			2	1	1		4
	目標温度 の設定		E	W			R		1		1	1	3
	インジケ ータ制御		E				R	X	1	1	1		3
E		1	3		1		1						
X						1		1					
R				1			2						
W				1									
合計		1	3	2	1	1	3	1	5	2	3	2	12

逆に、外れて大きな機能量を有している機能プロセスは、改善の余地がある。一つで大きな機能量を有している機能プロセスは、複数の機能を担っているか、内部仕様を計測している可能性がある。以下に、3つのケースに分けて、一つの機能プロセスが大きな機能量を有している場合の要因と改善点を述べる。

サブプロセスのタイプでE/Xが多い場合には、複数の機能を一つの機能プロセスで担っている可能性がある。一つのイベントで複数の機能を遂行する場合がこれに当たる。例えば、Xが多い場合には、一つのボタン操作で異なる複数の装置の制御を一つの機能プロセスの中で行っている場合である。この場合、装置毎に機能プロセスを分解できないか見直すことができる。

また、Eが多い場合は、様々な情報を一度に得ていることを意味する。情報の参照を段階的に分けて行うことで、単純な機能に分解できないか、見直すことができる。

内部仕様を計測している場合、機能プロセス間でデータの授受を行う媒介変数が多くなる。この場合、サブプロセスのR/Wが多くなっている。

CFFPは要求仕様である外部仕様を計測する手法である。要求仕様を理解する以外の目的のデータグループがあれば、削除すべきである。

#### 4.2. データグループ毎の機能量の統計的傾向

以下に、データグループ毎の機能量を統計処理した結果の傾向とその傾向から得られる分析モデルの改善について述べる。

個々のデータグループを見てみると、その役割から2種類に分類できる。

一つは、機能に括り付けのデータグループである。当該機能を実行するのに深く関わりを有するデータグループである。例えば、外部の装置を制御するオブジェクトの場合などがこれに当たる。

機能に括り付けのデータグループは、当該機能を実行するために存在するため、当該機能に対応する機能プロセスで出現する。しかし、その機能でしか使用しないデータグループであるため、他の機能プロセスでは出現しない。逆に、出現しても当該データグループの単位で計数するので、ほとんどの出現回数は1回である。このようなデータグループは機能の種類の数に比して存在する。したがって、少頻度多数となる。

もう一つのデータグループの種類は、機能と独立のデータグループである。特定の機能に依存せず、情報を管理するデータグループである。例えば、ユーザデータを記憶するオブジェクトなどがこれに当たる。

機能と独立のデータグループは、特定の機能に依存せず、様々な機能で使用される。したがって、多くの機能プロセスで出現する。したがって、多頻度となる。しかし、そのようなデータグループは、まとめられることが多く、少数である。ゆえに、多頻度少数となる。

逆に、中頻度中数のデータグループは、無駄なデータグループである可能性がある。または、分けるべきデータグループを一つとしている可能性がある。先に示した2つのグループに属さない頻度で現れるデータグループは、データグループの住み分けと利用目的を再検すべきである。

## 5. 要求仕様分析改善の検証

前章で述べた測定表を用いた要求仕様の特徴抽出と統計分析による改善を、実際にCFFPで計測した結果に適用した。その結果を以下に示し、我々の提案する手法を検証する。

### 5.1. 測定結果とその分析結果

実際に適用したのは、交換機の機能拡充項目(6種類)である。6種類の項目を先ず測定し、測定表をそれぞれ作成し、統計処理した。その結果を以下に示す。機能プロセス毎の度数分布を図2に、統計データを表3に示す。また、データグループ毎の度数分布を図3に、統計データを表4に示す。

次に、前章で述べた方法により測定の結果を改善した結果を示す。機能プロセス毎の度数分布を図4に、統計データを表3に示す。データグループ毎の度数分布を図5に、統計データを表4に示す。

### 5.2. 改善前のモデルの傾向と改善方針

まず、機能プロセス毎の機能量を統計処理したものの傾向を述べる。

表3より、平均値・中央値・最頻値は、4~7の間にある。平均値と中央値・最頻値には差が有る。また、分散は大きく、広く値がばらついている傾向を示している。特に、P1やP4はその傾向が顕著である。この結果から、平均値・中央値・最頻値の辺りにデータが集まる傾向は若干見られるものの、

全体の傾向としてはばらついていると言える。

左記の傾向から、改善方針は以下のようなになる。即ち、平均値よりも大きな機能量を有する機能プロセスに着目し、複数の機能が一つの機能プロセスとなっていないか確認する。その場合、複数の機能プロセスに分解できないかがポイントである。

次に、データグループ毎の機能量を統計処理したものの傾向を述べる。

表4より、平均値は、1～5である。中央値・最頻値は、1あるいは2である。分散は小さく、平均値・中央値・最頻値に集まっていることを示している。また、グラフを見てみると、1か2辺りに集まっており、その他少数のデータがばらついている。統計処理の内容と一致した分布となっている。

測定モデルからの考察では、少頻度多数と多頻度少数の組み合わせとなるはずであった。しか

し、改善前の状況は少頻度多数ではあるものの、中頻度・多頻度少数となっている。

したがって、改善の方針は下記の通りである。中頻度・多頻度少数のデータグループに着目し、機能と括り付けのデータが混ざっていないか確認し、該当するものがある場合、異なる役割を担うデータグループとなっていないか確認する必要がある。

### 5.3. 改善後のモデルの傾向と改善結果

左記の改善に従って、再度測定した結果を下記に示す。

まず、機能プロセス毎の機能量を統計処理したものについて述べる。

表3より、平均値・中央値・最頻値がほぼ同じ値を示している。分散は小さく、改善前よりも小さい。

表3. 機能プロセスの統計量

	改善前						改善後					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P1	P2	P3	P4	P5	P6
平均	6.40	4.86	4.64	8.80	6.17	6.58	4.00	4.25	3.35	4.80	3.67	6.58
中央値	4	4	4	5.5	5	7	4	4	3	5	4	7
最頻値	4	4	2	4	3	9	4	4	3	3	4	9
標準偏差	3.91	2.79	2.25	7.04	3.01	2.63	1.41	1.04	1.58	2.35	1.05	2.63
分散	15.30	7.81	5.05	49.51	9.06	6.89	2.00	1.07	2.49	5.54	1.10	6.89
合計	32	34	51	88	74	171	32	34	57	96	88	171
標本数	5	7	11	10	12	26	8	8	17	20	24	26

表4. データグループの統計量

	改善前						改善後					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P1	P2	P3	P4	P5	P6
平均	1.78	2.27	1.65	2.00	2.74	4.89	1.52	1.89	1.84	1.85	2.59	4.50
中央値	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1	2	2
最頻値	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
標準偏差	0.81	1.75	1.17	2.84	2.44	5.78	0.81	1.28	1.39	2.58	2.13	4.70
分散	0.65	3.07	1.37	8.05	5.97	33.40	0.66	1.63	1.94	6.68	4.55	22.09
合計	32	34	51	88	74	171	32	34	59	96	88	171
標本数	18	15	31	44	27	35	21	18	32	52	34	38

改善後の方が、平均値・中央値・最頻値を中心として値が集まっていることを示している。

しかし、個別に見てみると、その状況は異なる。P1,P2,P5 は、平均値・中央値・最頻値を中心として値が集まっている傾向を顕著に示している。P3とP4 はより集まる傾向は示すものの、他に比べて分散が大きく、ばらついている。P6 は、統計情報は変わっていないが、グラフを見ると、平均値・中央値・最頻値を中心として値が集まっている。

全体の評価として、改善の効果はあるものの、その効果はまちまちであった。

次に、データグループ毎の機能量を統計処理したものを述べる。

P6 以外は同様のほぼ同じ傾向を示している。平均値は、1~3の間である。中央値と最頻値は、ほとんどが1である。分散は小さく改善後は更に小さくなっている。

しかしながら、グラフを見てみると、中頻度少数のデータグループは残っている。改善後の測定でも完全にモデルから導出した傾向には従っていないことがわかる。

#### 5.4. モデル改善の評価

ここでは、左記の改善後の結果を評価する。

今回のモデル改善における結果は、下記の3つである。

- (a) 提案する方法に従い、機能プロセスを分割した結果、測定モデルからの考察に従い改善の効果が得られた。(P1,P2,P5,P6)
- (b) 提案する方法に従い、機能プロセスを分割した結果、改善の傾向は見られるものの、十分に改善できなかったものもあった。(P3,P4)
- (c) 改善後でも、中頻度少数のデータグループは依然として残る。

以下に上記の3つについて、考察する。

上記(a)は、構成要素を小さくすることにより、想定していた通りの状況になり、効果が得られた。効果の現れ方は、P1,P2,P5のように統計データで如実に現れるものと、P6のように統計データとしてなら改善が見られないものの、分布を見ると改善されているものもある。

P6 の場合は、元々の計測が優れていたと判断

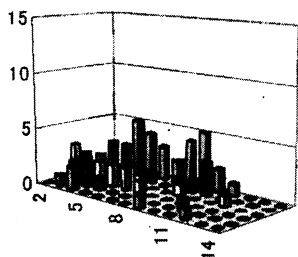


図2. 機能プロセスの分布

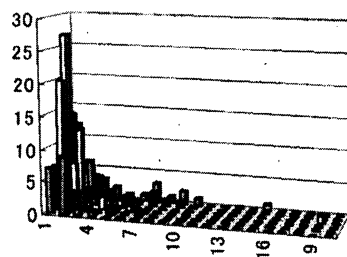


図3. データグループの分布

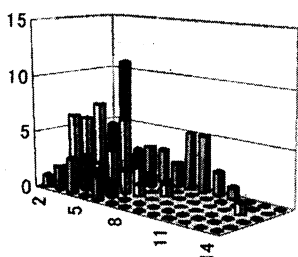


図4. 機能プロセスの分布

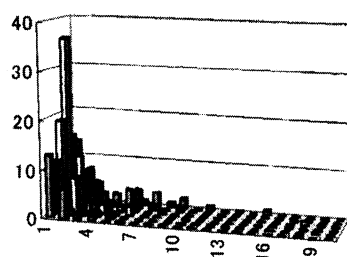


図5. データグループの分布

することができる。当該計測の計測者は、CFPP を用いた計測が始めてであったものの、高い技術力を有する技術者であり、分析や設計に熟練していた。最初から計測のための分析が充分であったと考えられる。したがって、機能プロセスの構成は変更が無く、データグループに若干の変更が加わったのみであった。その結果、機能プロセスの統計量は同じであるが、度数分布は改善されている。

上記(b)には、複数の機能量を有する機能プロセス群が含まれている。改善指針に従って、機能プロセスを細分化していくと、細分化できるものは、機能プロセスの最小単位である2まで細分化できるが、元々複雑な機能であるものは、依然大きな機能量のまま残る。したがって、全体としてはばらつく。

このように複数の塊に分かれるのは、今回検証に用いた例題の中に、複数のカテゴリに分類される機能があるためと考えられる。すなわち、通信に関わる機能と交換機を制御するコマンドの機能の2種類である。

通信に関わる機能では、様々なデータの参照や更新が必要で、一つの機能プロセスで、大きな機能量を有している。一方、交換機を制御するコマンドではコマンドの投入と制御するデータの参照或いは、更新を行なうのみで、比較的小さな機能量となっている。改善の効果が少なかったP3とP4は、コマンドの機能が多く含まれている項目であった。

上記(c)で、中頻度少数のデータグループが残った理由は、2つである。一つは、元々複数の機能から利用されるデータグループが存在する場合である。もう一つの理由は、機能プロセスを分割したことの影響を受けた場合である。機能プロセスからの観点から分析モデルにフィードバックし、機能プロセスを分割することによって、参照であるRead 或いはEntry サブプロセスが新たに発生し、当該データグループの担う機能量が増えている場合である。

以上の考察から、我々の提案する方法は、下記のように評価できる。

- 分析モデルの改善に対して、機能とデータの2つの概念要素があるが、機能からのアプローチの方が改善効果は高く、データからのアプローチは機能からの改善

の影響を受け複雑な結果となる。

- 機能からの改善は、機能の分類により機能量の分布が異なる傾向を示すため、機能の分類を考慮して行う必要がある。

## 6. 今後の展開

本論文により、CFPP を利用して、機能量測定仕様の仕様分析の際に得られる概念要素が有する機能量の偏りから概念要素の構成を改善できることを示した。更に、実際の測定結果に適用し、概念要素の一つである機能プロセスの有する機能量が平均値・中央値・最頻値を中心に集まる傾向を示し、データグループ毎の機能量の分布が小頻度多数と多頻度少数からなることを示した。さらに、これらの傾向に従わない場合、測定時の要求仕様の理解や咀嚼が不十分で、概念要素の構成に改善の余地の可能性があること、その個所を指摘することができることを示した。

我々の提案する測定表を用いた要求仕様の理解と咀嚼の傾向抽出を、今回は、測定時の測定誤差の抑止に利用したが、他にも利用することが可能である。例えば、品質管理や試験戦略の策定に利用が期待される。

### 参考文献

- [1] A.Abran, J.-M. Desharnais, S.Oligny, D. StPierre, C.Symons, "COSMIC-FFP Measurement Manual, Version2.0", 1999
- [2] A.Abran, Symons, Oligny, "An Overview of COSMIC-FFP Field Trial Results", ESCOM 2001, London, England, April 2-4.
- [3] S.Nagano, S.Nishiyama, "Validation of application of COSMIC-FFP to switching system", ACOSM 2001 Melbourne, November 27-30, 2001
- [4] M.Lother, R.Dumke, "Applicability of COSMIC Full Function Points for BOSCH specifications", IWSM 2003, Canada, Sep
- [5] Diab, Frappier, St-Denis, "A formal definition of COSMIC-FFP for automated measurement of ROOM specification", 2001
- [6] S.Nagano, T.Ajisaka, "Measuring function in OO real-time software", IWSM2003, Canada. Sept.