

交換機の開発コストへの COSMIC-FFP 適用

眞瀬 健一, 渡邊 保夫, 長野 伸一, 綿引 隆一
NTT 東日本 研究開発センタ

概要

交換機のソフトウェアの機能拡充で, COSMIC-FFP 法を用いて開発コストの見積もりを行い, 良好な結果を得た. COSMIC-FFP を用いて測定した機能規模は, 開発コストと非常に高い相関関係を示している. 我々は, 高い相関関係の理由を分析し, その結果からコスト見積もり式を導出した. 本論文では, COSMIC-FFP による交換機ソフトウェアの測定結果, 相関関係の高い理由, 見積もり式とその評価について示す.

Validation of Application Results of COSMIC-FFP to Switching Systems

Ken-ichi Mase, Yasuo Watanabe, Shin-ichi Nagano, Takaichi Watahiki
Research and Development Center, NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE EAST
CORPORATION

Abstract

We applied the COSMIC-FFP method, the latest functional size measurement method, to 13 enhancement projects of our switching systems software ranging from 4 to 121CFSUs, the units of COSMIC-FFP. In this paper, we describe the motivation we had to have decided to try to apply COSMIC-FFP, issues on its application to switching software, relationship between functional size in CFSU and costs. We have good results from the linear regression analysis of relationship between CFSUs and costs. Factors that affected the results are also analyzed.

1. はじめに

インターネットの出現による通信網の利用形態の変化は, 常時接続やブロードバンドに見られるように, 次々と通信インフラに変更の要求を迫っている. 加えて, 規制緩和により, 新興の通信業者が現れ, 格安なサービスや ADSL のような新サービスを提供しており, 通信業界の競争は益々激化している. そのため, 通信業者は, 社会的なニーズに答える新サービスの提供や各種割引サービスを, 早期に提供することを求められている.

新サービスや各種割引サービスは, 通信インフラの核である交換機ソフトウェアの機能拡充を伴う. ソフトウェアの改造を早期に実現する

には, 早期の開発判断が必要である. さらに, 開発実施の可否を判断するには, 開発コストの見積もりが重要な要素の一つである.

交換機ソフトウェアの開発コストの見積もりは, 従来 LOC¹を用いて行ってきた. ここでは, 高い技術力を有した技術者が設計を行い, その後開発コストの見積りが得られていた. しかしながら, これは前述の状況変化に対応しておらず, 設計工程を必要としない新たな見積もり法が必要となった.

我々は, リアルタイムシステムに適用できることと, 開発工程の早期に見積もりが得られること, マニュアルやケーススタディ等のドキュ

¹ LOC : Lines of code

メントが容易に入手できることを条件に、新たな見積もり法を探し、その結果、COSMIC-FFPに着目した。COSMIC-FFP は比較的新しい手法であり、その評価は定まっていない。このため、まず COSMIC-FFP を用いて交換機ソフトウェアの機能規模を測定し、開発コストの見積りを行い、実用的に利用可能か否かを評価し、実用的に利用できる見込みを得た。本論文で、その評価結果を示す。

2. COSMIC-FFP の概要

COSMIC-FFP 法は、利用者がソフトウェアに要求している機能の規模を計測する手法である。利用者の要求する機能を利用者機能要件(FUR: Function User Requirement)と呼び、ソフトウェアにより実現する。ソフトウェアの機能要件は、機能プロセス(Functional Process)の集合により実現される。更に、各々の機能プロセスは、データ移動を遂行するサブプロセス(Sub-process)の集合と定義する。COSMIC-FFP で想定しているソフトウェアモデルを図1に示す。[2]

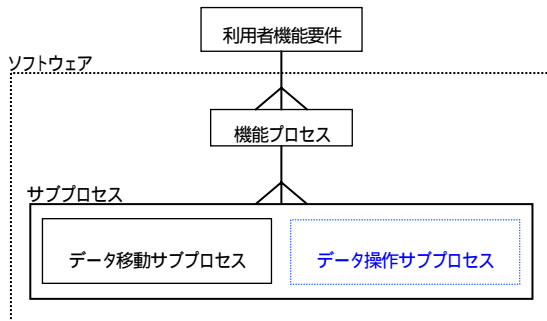


図1. COSMIC-FFP のソフトウェアモデル

一つのサブプロセスは、一つのデータ移動である。COSMIC-FFP では、サブプロセスを、一つの観点と移動する方向で、4種類のタイプに分類している。一つの観点とは、データ移動が境界を跨ぐか否かである。方向とは測定対象のソフトウェアに取り込むか、送り出すかである。境界を跨ぎ、境界内にデータが入ってくるタイプをエントリ(Entry)と呼ぶ。逆に、境界内から境界外へデータが移動するタイプをイクジット(eXit)と呼ぶ。境界内でデータを測定対象ソフトウェアに取り込むサブプロセスをリード(Read)と呼ぶ。逆に、境界内でデータを測定対

象ソフトウェアから送り出すサブプロセスをライト(Write)と呼ぶ。

COSMIC-FFP による機能規模は、サブプロセスを集計した結果で表し、一つのサブプロセスを最小単位として1CFSU(Cosmic Function Size Unit)と定義している。

CFSU を算出する場合には、4つのサブプロセスを同じ重みで扱うこととしている。

3. COSMIC-FFP による測定結果

今回、測定したのは13個のプロジェクトであり、同じ種類の交換機ソフトウェアで、全て機能拡充である。

測定した結果と開発コストの関係を図1に示す。COSMIC-FFP による測定結果の単位は、CFSU であり、図2はCFSU に対する開発コストを示している。相関係数は、0.986 と高く、その精度を表すP-値は、7.920E-10 と十分に小さく、信頼できる数値である。この回帰式を下記に示す。

$$\text{コスト} = 0.173 \times \text{CFSU} - 0.335 \quad \dots (2-1)$$

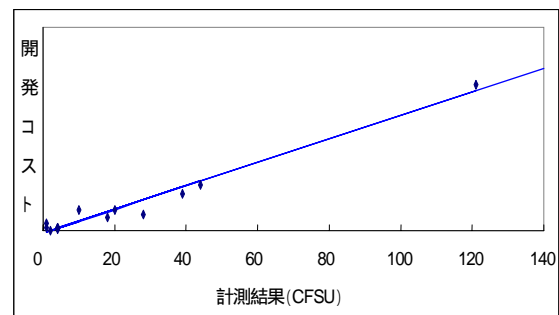


図2. COSMIC-FFP による機能規模(CFSU)と開発コスト

我々は、この測定結果を様々な角度から検証した。その検証結果を以下に示す。

図2を見ると、他に比べてCFSU 値の大きなデータ(CFSU=121)が離れて存在している。そこで、最大のデータを除き、全体の相関がどのように変化するかを調べた。その結果を、図3に示す。相関係数は、0.937 と依然高く、P-値も 6.991E-6 と十分に小さい。このことから、最大のデータのみで全体の傾向を決定していないことが分かる。この回帰式を下記に示す。

$$\text{コスト} = 0.132 \times \text{CFSU} + 0.177 \quad \dots (2-2)$$

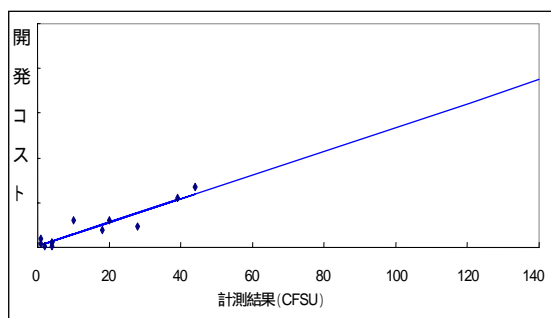


図 3. COSMIC-FFP による機能規模(CFSU)と開発コスト(最大値を除)

次に、CFSU 値を大小でグループ化し、各々その相関関係を調べた。図 1 から 5 を境としてグループ化することができる。その結果を図 4 に示す。CFSU が 5 以下のグループでは、相関係数は低く、P-値も大きく、信頼できない結果であることが分かる。この回帰式を下記に示す。

$$\text{コスト} = 0.038 \times \text{CFSU} - 0.228 \quad \dots (2-3)$$

一方、CFSU が 5 より大きいグループでは、相関係数は 0.985 で、P-値も 5.200E-5 であることから、高い相関関係があり、全体の傾向と同じ傾向を示していることが分かる。以下にこの時の回帰式を示す。

$$\text{コスト} = 0.182 \times \text{CFSU} - 0.966 \quad \dots (2-4)$$

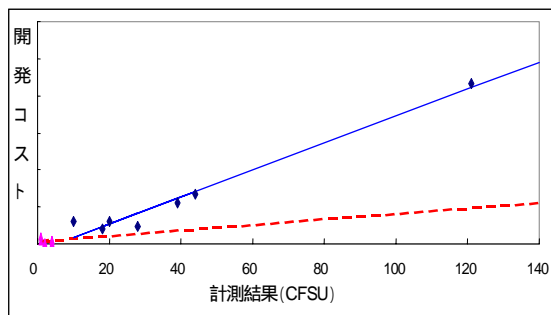


図 4. COSMIC-FFP による機能規模(CFSU)と開発コスト(グループ別)

その他、交換機の主機能である交換処理のみを取り出した場合、交換機の制御関連の項目のみを取り出した場合、同様に調査した。その結果、相関関係は、全て 0.98 以上を示し、P-値も 0.05 に比べて十分に小さい値を示した。プロットした点から得られる予測式の傾きを、信頼区

間 95%の幅とともに、図 5 に示す。全体の相関係数を中心とした 95%の信頼区間に他の相関係数も含まれている。分類によらず機能規模とコストの関係は、同様の傾向を示していることが分かる。

以上のことから、今回の COSMIC-FFP による測定結果と開発コストの間には、CFSU 値が十分大きい場合(ここでは 6 以上)、高い相関関係があることが分かる。

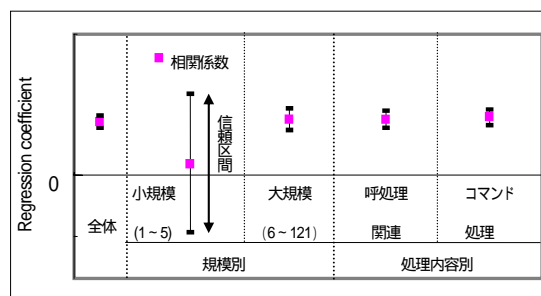


図 5. 様々な観点による相関係数

4. 高い相関関係の分析

COSMIC-FFP による今回の測定結果と開発コストには、高い相関関係があることが分かったが、今回の測定固有の結果なのか否か、あるいは、今回の測定固有の要因が何で、その割合がどの程度であるかを調べる必要がある。そこで、今回の測定結果が、高い相関関係を示す理由を分析し、今回の測定固有の特徴と一般的な特徴とを調べることにした。

分析結果を述べる前に、本章では分析方法を説明する。

4.1. 相関関係が高いことの分析方法

我々は、これまで LOC による見積もりを行ってきており、LOC により精度の高い見積もりを実現している。しかしながら、前述した通信インフラへの要求に対応するためには、LOC から COSMIC-FFP へ、見積もり手法を切り替えることが必須である。

そこで、COSMIC-FFP による機能規模測定結果と開発コストの相関関係の解析に、LOC による精度の高い見積もり実績を利用することとする。即ち、LOC と開発コストに高い相関関係があることから、COSMIC-FFP による測定結果と LOC の対応を調べることにする。LOC と COSMIC-FFP の対応関係を調べることで、

COSMIC-FFP のプロセス、サブプロセスに関するより詳細な情報を得ることが期待できる。機能量と LOC の関係を解析する理由を図 6 に示す。

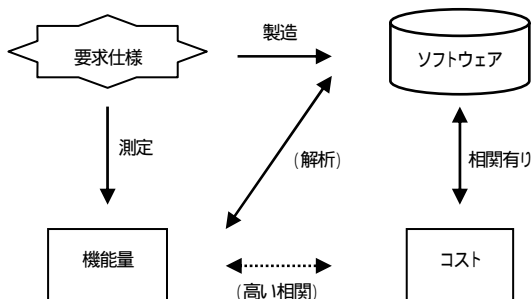


図 6. 機能量と LOC の関係を解析する理由

4.2. COSMIC-FFP のサブプロセスと LOC

論理的に、サブプロセスと LOC の対応には、図 7 に示すように 3 種類あると考えられる。COSMIC-FFP による測定とソフトウェアの製造は、全く別の作業であるため、互いにその内容が対一に対応せず、対応する個所と、対応しない個所がそれぞれ現れる。その組み合わせは、4 種類であるが、両者とも識別できない部分はありえないので、3 種類のパターンとなる。

		プログラム(SM)	
		有	無
サブプロセス	有	パターン1	パターン2
	無	パターン3	

図 7. サブプロセスとソースプログラムの相対関係

以下に、各パターンの説明と分析結果を示す。

4.2.1. パターン 1

パターン 1 は、COSMIC-FFP のサブプロセスに対応するソースプログラムが存在することを意味している。

COSMIC-FFP の測定で、パターン 1 に該当するのは全体の 60%になる。

また、単位当たりの CFSU に対する LOC のばらつきは小さく、最頻値を中心とした標準偏差の区間に、90%以上が含まれる。データの分

布状況を図 8 に示す。図 8 は、横軸に 1CFSU 当たりの LOC を、縦軸にその出現頻度を示したヒストグラムである。

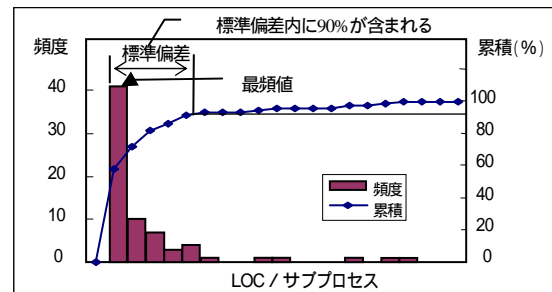


図 8. パターン 1 の分析状況

4.2.2. パターン 2

パターン 2 は、サブプロセスは存在するが、対応するソフトウェアが無い場合である。即ち、交換機ソフトウェアへの新規の機能として要求しているが、対応する新規のプログラムが無いものである。機能を実現するに当たって、対応するプログラムはあるが、当該機能拡充に対して、新規に追加したプログラムではなく、既存のプログラムを利用することなどで実現可能な場合である。

既存のプログラムを利用することが可能なのは、コマンドのインタフェースに多く存在している。交換機システムでは、交換機システムを運用する利用者や接続しているシステムから処理を指示しあるいは、当該システムの状態を照会するために、種々のコマンドを用意している。交換機システムの機能拡充に伴って、このコマンドにも新規の機能を追加することがある。これに伴って、新規に追加した機能を指定するために、コマンド動作の詳細を指定するパラメータも追加となる。しかしながら、プログラムは、指定可能なパラメータ以外の場合も想定して、処理が構築されている。従って、既存の処理をそのまま利用して、要求内容を実現することができる。

4.2.3. パターン 3

パターン 3 は、サブプロセスとして識別される要求仕様が無かったにも関わらず、新規に作成したソフトウェアが存在した場合である。

パターン 3 が生じているのは、コーディングルールやモジュール分割の考え方、クラス設計の方針に起因する理由がパターン 3 の 72%を

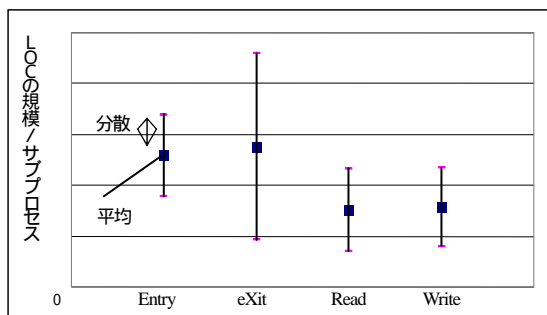
占めている。その他に、要求内容を実現するために必要であった処理等があるが、3割以下であった。

コーディングルールやモジュール分割の考え方、クラス設計の方針に起因する理由とは、以下の通りである。今回の測定は、全て機能拡充である。既存の機能プロセスに対して、要求仕様を実現するために、追加・変更・削除となったサブプロセスのみを計数した。逆に、既存のサブプロセスをそのまま使用する場合、追加分として計数しない。ところが、プログラムを製造する場合、コーディングルールやモジュール分割の考え方、クラス設計の方針から、同じプログラムであっても、新規に追加することがある。その結果、サブプロセスと実際のプログラムとの間で差異が生じた。

4.2.4. サブプロセスのタイプ別分析

このため、サブプロセス毎の LOC 規模の平均値を推定し、サブプロセス間の相違があるか否かを判断するために、統計的に検定を行った。そこで、パターン1に属するデータをサブプロセスのタイプ毎に調べた LOC 規模の平均と分散をプロットした結果を図9に示す。

図9. サブプロセス毎の分析状況



その結果、有意水準 0.05 で平均値に差があるとは言えないとの結果を得た。

4.3. 相関関係が高い理由

以上の分析結果から、今回の COSMIC-FFP による測定結果と開発コストに高い相関関係があったのは、下記の理由によると考えられる。

- (1) 1 サブプロセスに対する LOC のばらつきが小さいこと。
- (2) パターン2に属する LOC をパターン3に属するサブプロセスで割った機能拡充

毎の平均値が、パターン1の最頻値を中心とした標準偏差の区間に含まれていること。

上記のうち(1)は、十分なデータ量があることから、今回の測定によらない交換機ソフトウェアでの特徴と推察できる。しかしながら、(2)は物理的な意味も無く、今回の測定固有の特徴である。即ち、当該交換機ソフトウェアの開発コスト見積もりにおいて、(1)は期待できるが、(2)は期待できない。また、上記(1)の割合は60%であった。従って、当該交換機ソフトウェアの機能規模測定結果のみから開発コストを見積もると、約40%の差異が混入する可能性がある。開発コストの見積もり手法として、実用化を達成するためには、残り約40%の差異を減少させ、精度の高い見積もりを得ることができるよう、測定結果を調整する式を立てる必要がある。

5. コスト見積もり式の導出と評価

本章では、前述までの分析結果を基に、COSMIC-FFP による機能規模測定結果から、開発コストを見積もる方法を示し、評価を行う。

5.1. コストドライバ候補の選定

コストに影響を与える要因であるコストドライバは、高い相関関係の理由を分析結果から得ることができる。即ち、高い相関関係を阻害する要因が、コストドライバと想定できる。高い相関関係を阻害していたのは、下記の2種類である。

- (A) 1 サブプロセスに対する LOC が大きいものの複雑なデータ構造を有し、データアクセスに複雑な処理を有する。
- (B) プログラムと対応しないサブプロセス (パターン2及びパターン3)

パターン2は、コマンドの機能拡充や追加に顕著に表れる。パターン3は既存の機能との関係が高いものに顕著に表れる。

5.2. コストドライバの評価方法

上記で候補となったコストドライバの評価方法を以下に示す。5.1(A)は、サブプロセス毎に識別できる内容である。従って、COSMIC-FFP で測定した後、(A)に該当するサブプロセスのみを抽出し、一定の重みを乗ずることとする。今回の測定で(A)に該当するサブプロセスは、最頻値と比べて7倍の差があることから、乗ずる重

みは、7を中心に最適値を求めることとする。

上記(B)は、サブプロセス毎でなく、機能拡充項目毎に示す特徴である。従って、当該機能拡充項目に対するCFSUを算出した後に、一定の重みを乗ずることとする。

また、上記(A)(B)ともに、得られている情報が少なく、上記特徴を多数の段階に分けて識別することが困難なことから、重み付けは有/無の2段階とし、乗ずる係数を変化させて、見積もり式を求めることとする。

5.3. コスト見積もり式の判定条件

見積もり式は、試行錯誤により求める。その際、見積もり式として採用するか否かの判断基準は下記の2つである。

- COSMIC-FFP による測定結果以上の相関関係と精度であること。
- 調整した結果により算出したコストが、従来のLOCによる見積もりと同程度であること。

今回の測定結果では、十分に高い相関関係を得ている。従って、これ以上の高い相関関係を得ることは困難であるし、微妙な係数で調整しても、他のデータで有効であるとは限らない。むしろ、どのような項目であれ、安定して精度の高い見積もりを得ることの方が重要である。従って、相関関係の向上を目指すのではなく、項目毎の予測式との差の減少を目標とする。その際、LOCでの誤差は判明していることから、

LOCと同程度の差の範囲内に収まるように見積もり式を作成することとする。

5.4. コスト見積もり式と評価

前述の方針に従い、試行錯誤して求めた式により得られた結果を図10に示す。

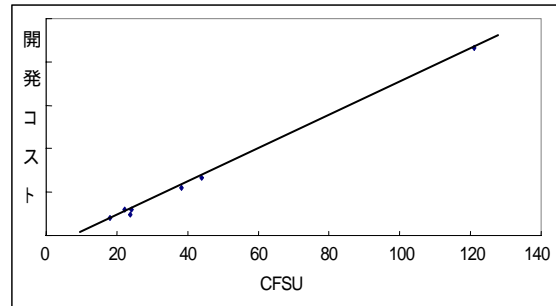


図10. 調整後のCFSUと開発コスト

相関関係は0.999、P-値は4.51E-8であり、調整前以上の結果となっている。また、はずれ値もその差が小さくなっていることが分かる。

図11に項目毎でかつ、調整項目毎の結果を示す。調整前に差異が大きかったbとdは大幅に改善されている。bはコマンドに対する調整が大きく影響し、dは複雑なデータに対する調整が大きく影響し、差異が小さくなっていることが分かる。その他に差異が減少しているのは、cである。cは3つの項目のバランスが取れて、上手く調整されている。

	測定結果	(A)			(B) - 1			(B) - 2			補正結果		
		CFSU数	係数	調整割合	調整有無	係数	調整割合	調整有無	係数	調整割合	調整後CFSU	調整前差異	調整後差異
(a)	121	0	7	0.0%	0	0.10	0.0%	0	-0.25	0.0%	121.00	2.5%	2.5%
(b)	28	0	7	0.0%	1	0.10	10.0%	1	-0.25	-25.0%	23.80	-72.1%	-40.2%
(c)	20	1	7	30.0%	1	0.10	10.0%	1	-0.25	-25.0%	22.10	10.9%	-1.9%
(d)	10	2	7	120.0%	1	0.10	10.0%	0	-0.25	0.0%	24.20	71.5%	-14.6%
(e)	44	0	7	0.0%	0	0.10	0.0%	0	-0.25	0.0%	44.00	-5.1%	-5.1%
(f)	39	2	7	30.8%	0	0.10	0.0%	1	-0.25	-25.0%	38.25	-11.5%	-9.0%
(g)	18	0	7	0.0%	0	0.10	0.0%	0	-0.25	0.0%	18.00	-15.5%	-15.5%
合計	280	5									291.35		

図11.項目毎の調整状況

6. おわりに

COSMIC-FFP を交換機のソフトウェアに適用し、高い相関関係を示すことを得た。更に、高い相関関係を有する理由と阻害する理由を明らかにし、阻害する理由をコストドライバに利用し、より安定して精度の高いコスト予測式を得た。

今後、測定を繰り返し、サンプルを多くしていくことで、予測式の精度を上げていく予定である。

【参考文献】

[1]A.Abran,"An Implementation of COSMIC Functional Size Measurement Concepts", Keynote presentation at the FESMA 99 Conference Amsterdam, Oct. 7, 1999

[2]A.Abran, J.-M. Desharnais, S.Oligny, D. StPierre, C.Symons, "COSMIC-FFP Measurement Manual, Version2.0", 1999

[3]A.Abran, C.Symons, S.Oligny, "An overview of COSMIC-FFP field trail results", ESCOM 2001 London, April 2-4,2001

[4]Shin'ichi.Nagano, Shigeru,Nishiyama, "Validation of application of COSMIC-FFP to switching system", ACOSM 2001 Melbourne, November 27-30, 2001