

蓄積形通信処理プログラムの設計評価に関する一考察

1F-3

羽田知良 市川忠嗣 丹原雅夫 栗原定見

NTT電気通信研究所

1. はじめに

大規模なプログラムの構造的な特性に着目して、プログラム言語の要素に基づいた信頼性の評価法に関する研究が行われている。1)しかしこれまでの研究は、詳細設計が終了した時点のコーディングが完了したプログラムを対象としたものであり、それ以前の段階では適用できない。

本論文では通信処理プログラムの機能設計の内容を対象とした信頼性の評価法について述べる。具体的には、プログラムの処理機能の階層構成に着目して構造上の特徴を表わす指標を提案する。さらに大規模な通信処理プログラムの開発過程で得られたデータを統計分析した結果について考察し、本指標がプログラムの信頼性を推測するうえで有効であることを示す。

2. プログラムの機能設計と階層構成

プログラムの機能設計においては

- (1) 処理単位の切り出し
- (2) 共通モジュールの切り出し
- (3) モジュール間インタフェースの規定などを行う。これらの設計内容を、安定状態間の遷移の過程の処理機能を基本機能単位(タスク)として図1のように表わすことができる。1タスクはプログラムの1ユニットに対応させる。タスクは、条件の判断処理に伴い分岐した処理機能を表わすタ

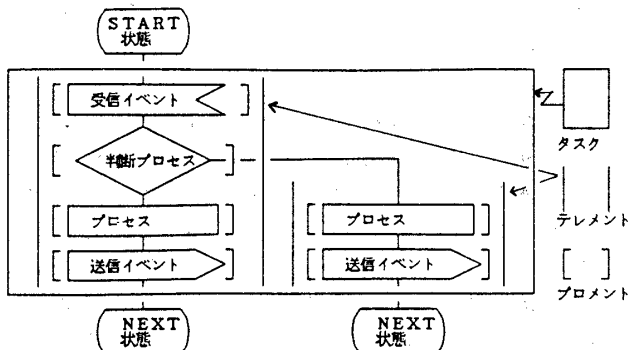


図1 プログラム処理機能の階層構成

スクエメント(テレメント)と具体的な実行単位を表わすプロセスエメント(プロメント)により階層的に構成される。2)

3. プロメントの構成比率

大規模通信処理プログラムにおけるプロメントの構成比率の例を図2に示す。

状態記述 26%		処理記述 74%				
状態 17%	接続 9%	受送信イベント 20%	判断 10%	MM操作 12%	中断 12%	ほか 20%

図2 通信処理プログラムにおけるプロメント構成例

通信処理機能を有するプログラムの構造上の特徴として以下がある。

- ① 1つの安定状態に対する受信イベント種別(特に異常系)が多い。
- ② タスク中の条件判断処理が多い。
- ③ 状態記述プロメントに対して処理記述プロメントの比率が高い。

4. プログラム構造の評価指標

上記特徴に対応させ次の3つの指標(構造指標: Structural Index)を提案する。

- ① SI1指標: 安定状態あたりの生起タスク数を表わす。SI1指標が高いと、該当タスクを起動するための受信イベントの分析処理が複雑化する。
- ② SI2指標: タスクあたりのテレメント数を表わす。SI2指標が高いことは1タスク内の条件判定処理が多いことを示し、プログラムユニットの構造が複雑化する。
- ③ SI3指標: テレメントあたりのプロメント数を表わす。SI3指標が高いことは、1テレメントの処理内容が大きくプログラムユニットごとの規模が大きいことを示す。

5. 指標によるプログラム構造評価例

機能設計における大規模通信処理プログラムの階層構造をデータベース化し2)、17のプログラムモジュールを3つの構造指標により評価した結果を図3に示す。

Structural Indexes of Program in Fundamental Design

Tomoyoshi Hada, Tadashi Ichikawa, Masao Tanbara, Sadami Kurihara

NTT Electrical Communications Laboratories

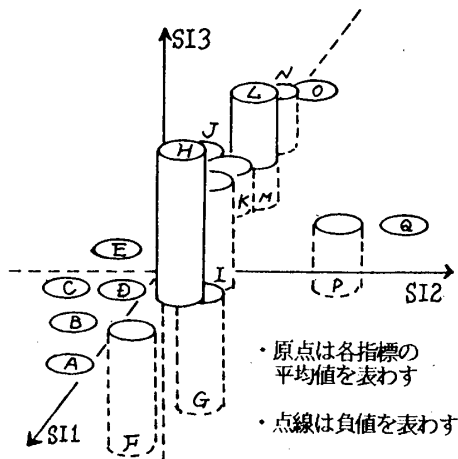


図3 構造指標によるプログラム評価例

図3からはモジュール相互の構造上の類似性を読み取ることができる。例えばGとHのモジュールはSI1指標、SI2指標はほぼ等しいがSI3指標はGの方が小さい。これは両モジュールの内部的構造（イベントの引継ぎ方など）やユニットの構造は類似しているが、ユニットの平均的規模はGの方が小さいことを意味する。

6. バグ発生率の定義

実際のプログラムの開発過程で得られたデータを用いて構造指標とバグ発生率の因果関係を解析するにあたって、プログラムの開発の過程で発生するバグをその内容から次の3種に分類した。

- (1) モジュールバグ：モジュール間インタフェース誤りに起因するバグ
- (2) ユニットバグ：ユニット間パラメータ誤りなどモジュール内のユニット数に依存するバグ
- (3) ステップバグ：単純な処理ぬけなどモジュール内のステップ数に依存するバグ

モジュール間のバグ発生率を比較するためには、バグの種別ごとに正規化することが必要である。そこで1モジュールにおけるバグ発生率を以下のように定義する。

$$\begin{aligned}\text{モジュールバグ発生率 (MB)} &= \frac{\text{モジュールバグ発生数}}{\text{モジュール数}} \\ \text{ユニットバグ発生率 (UB)} &= \frac{\text{ユニットバグ発生数}}{\text{総ユニット数}} \\ \text{ステップバグ発生率 (SB)} &= \frac{\text{ステップバグ発生数}}{\text{総ステップ数}}\end{aligned}$$

7. 構造指標とバグ発生率の因果関係

構造指標とバグ発生率の因果関係を解析するため、全体のモジュールを各構造指標について上位と下位の2グループに分類

し、両グループのバグ発生率の間に有意な差があるかどうかを分散分析法により検定した。検定の結果を表1に示す。

表1 有意差の検定結果

指標	MB	UB	SB
SI1	(-)	(-) **	(-)
SI2	(-)*	(+)*	(+)
SI3	(-)*	(-)	(-)

(+), (-) は正、負の相関関係を表わす

* 5%の有意水準で有意な差がある

**1%の有意水準で有意な差がある

検定の結果より以下の知見を得た。

- ① SI1指標とUB間に負の相関が認められる。これは1安定状態あたりのタスク数が多いほど、ユニットバグが発生しにくいことを示す。すなわち1タスクに多くの条件下の処理を入れ込むよりも、条件ごとにプログラムユニットを独立させた方が、パラメータの引継ぎ誤りなどが起こりにくいことが分る。
- ② SI2指標とUB間に正の相関が認められる。このことからタスク内の条件判断処理が多いと、プログラムユニットの構造が複雑となり、ユニットバグ発生率の要因となっていることが推察できる。
- ③ SI3指標とSB間には有意な因果関係が認められない。これはバグ数をモジュール内の総ステップ数によって正規化した効果によるものと考えられる。すなわちステップバグはプログラムユニットの大きさ（ステップ数）には依存せず、モジュール全体としての大きさに依存すると考えられる。むしろSBはSI1, SI2指標と因果関係が認められ、モジュールやユニットの構造的な要因に影響されることが推察できる。

8. おわりに

プログラムの機能設計内容に着目して、その構造を定量的に評価する手法を提案し、本手法がバグ発生率を推測するうえで有効であることを示した。機能設計の段階でプログラムの構造上の特徴を評価することによってバグの発生しにくい構造に再設計することなどが可能となり、プログラムの開発効率の向上を図ることができる。

[参考文献]

- 1) 花田：プログラム構造と信頼性に関する分析情報処理学会論文誌, VOL23, NO.1, 1982
- 2) 栗原：通信ソフトウェア機能設計支援法の検討, 第2回交換情報ネットワーク・ショップ研究会資料, P193 ~ 198