

## 波及効果解析によるソフトウェア要求仕様の変更支援

杉本 英昭、大西 淳

立命館大学理工学部情報学科

525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1

e-mail: sugi, ohnishi@selab.cs.ritsumeai.ac.jp

ソフトウェア開発工程においてソフトウェア要求仕様はしばしば変更されるが、変更要求を元に該当個所のみを変更してもその変更に伴って、同一仕様書中の他の個所に影響を及ぼし、結果として誤りを含んだソフトウェア要求仕様になってしまうことがある。本研究では要求仕様の機能やデータの構造に着目して、要求変更に伴う波及効果を検出する手法を確立したので、例題と共に紹介する。

### A Supporting Method of Modifying Software Requirements Specification with Ripple Effect Analysis

Hideaki SUGIMOTO, Atsushi OHNISHI

Department of Computer Science, Ritsumeikan University

Kusatsu, Shiga 525-8577, Japan

The software requirements specification is often changed in the software development process. Even if an applicable part is changed, other parts of the specification may be influenced. As a result, it becomes an incorrect software requirements specification. We propose a supporting method of modifying software requirements specification (SRS) with ripple effect analysis based on the structures of functions, files and data, and then illustrate our method with examples.

#### 1 はじめに

ソフトウェア要求仕様(SRS)は要求定義段階を始め、システム開発やシステム運用段階において変更される。要求は互いに関連している場合が多いため、ある要求を変更する際に、仕様の他の部分に影

響を及ぼすことがある。例えば、データXに関する要求が不要になった場合には、データXに関する要求を削除することによって、データXを生成する機能や、データXを利用する機能にも影響が及ぶ。またデータXが構造を持っている場合には、削除によってその構造も変化する。このように要求変更におい

ては、その変更が仕様のどの部分に影響するかを確認した上で、影響する要求も適切に変更しなければならない。ある要求を変更する際に、その変更が仕様の別の部分に影響することを「波及効果」と呼び、仕様のどの部分に影響するか調べることを「波及効果解析」と呼ぶ。

要求仕様はデータの流れや機能の構造といったいくつかの観点から記述される。我々は波及効果を、以下に示す観点ごとに切り分けて解析する。

1. データの流れ
2. 制御の流れ
3. 機能、データ、あるいはファイルの構造
4. ファイルやデータの処理(データフローを除く)

我々は波及効果解析を行なうために、要求仕様が格文法に基づいた日本語要求言語 X-JRDL[5]によって記述されていると仮定している。今までに、データの流れに着目して、機能要求変更に伴う波及効果解析手法を示した[8]が、本稿では構造に着目した波及効果解析手法を提案する。文献[8]に示したように、変更も

1. 既存のものを削除
2. 新規に追加
3. 既存のものを別のものに更新(構造の置換)

の3つのタイプに分類して、波及効果解析手法を提案する。X-JRDLに用意された構造は、ファイルの構造、データ構造、機能構造である。それぞれについて波及効果解析手法を説明する。

2章では要求変更を支援する手法を説明する。波及効果解析手法はその中の一部であり、全体の変更支援の中での位置づけを明確にする。3章以降は構造に着目した波及効果解析手法をファイル、データ、機能それぞれに分けて紹介する。

## 2 変更支援手法

### 2.1 変更要求の記述法

ユーザからの変更要求の記述は開発対象となるシステムの開発者が行なう。開発者がユーザから変更

要求を聞き、それを分析して X-JRDL で仕様化する。ユーザからの要求は文書で依頼される場合や口頭で述べられる場合が考えられる。特に口頭で述べられた場合は SRS で使用されていない用語が使用される場合がある。そのような場合は要求仕様データベース(SRS-DB)[1]を、質問言語を使用して検索することによって該当する用語を特定することができる。

X-JRDL で記述された要求文は一つの動詞しか含まない単文に分割され、内部表現に変換される。この内部表現を、動詞を関係とする関係スキーマと見ることによってデータベースと見なすことができる。

### 2.2 変更支援手法の手順

本研究における変更支援手法の手順は、まず開発対象システムのユーザから変更要求が起こるとその変更要求から元の SRS の変更該当箇所を特定する。その後、変更該当箇所を変更する場合に起こり得る波及効果を解析し、その結果を SRS の記述者に提示し、変更するか否かを判断させる。

具体的な処理手順は以下の通りである。

#### 1. ユーザからの変更要求発生

開発対象システムのユーザからの変更要求は文書で伝えられたり、時には口頭で述べられる場合もある。ユーザはシステムの内部設計や SRS についてはまったく知識がないと考えられ、変更要求の内容はあいまいなものになることが多いと考えられる。

#### 2. システム開発者が変更要求を分析して変更該当箇所を特定し、変更要求を日本語要求記述言語(X-JRDL)で記述

ユーザの変更要求を聞いたシステム開発者は、最初にその変更要求を分析して既存の SRS の中でどの部分が変更該当箇所なのであるか特定する。変更該当箇所が特定できるとその箇所の要求文を元に変更要求に合うように変更要求文を X-JRDL を用いて記述する。

#### 3. 変更によって起こりうる波及効果を解析

手順2で特定した変更該当箇所の要求文を対象として波及効果解析手法を適用する。波及効果

解析手法には、すでに確立したデータフローに基づいた波及効果解析と今回紹介する構造に着目した波及効果解析をはじめ、制御フローに基づいた波及効果解析、データとファイル利用に着目した波及効果解析を考えている。それぞれの波及効果解析では、変更の種類（追加、削除、更新）によって解析手法が異なる。

4. 波及効果解析の結果を開発者に提示。矛盾が生じれば矛盾発生前までバックトラックして矛盾を提示し、変更を進めるか止めるか判断させる  
波及効果解析の結果を SRS 記述者である開発者に提示する。波及効果解析の結果、例えば削除する必要があると診断された機能が、必要な機能であると利用者が判断する場合は、バックトラックして矛盾がなくなるようにする。  
波及効果解析の結果に問題がなければ次に進む。

5. 波及効果によって新たに生じた変更要求について 3.～4. を繰り返す  
3. と 4. で説明した手順を、波及効果によって新たに生じた変更要求がなくなるまで繰り返す。
6. 波及効果によって新たに変更要求が生じない場合は、波及効果を含めた要求仕様の変更  
最終的に問題がなければ、波及効果解析によって判明した変更要求を含め、元の要求仕様を変更する。

以上の手順を図 1 に示す。

### 3 ファイルの構造に着目した波及効果解析手法

X-JRDL では、ファイルは関係データベースの属性を要素とする構造を持っている。ファイルがファイルを構成要素とすることは許しておらず、データ型オブジェクトを構成要素としている。

#### 3.1 ファイルの構成要素の削除

あるデータが削除されることによって、それを構成要素とするファイルは更新（構造が置換）されると

見なす。もしすべての構成要素が削除される場合は、そのファイルは削除されるべきと見なす。（データの削除によって、当然そのデータを生成する機能やデータを処理する機能にも波及効果が及ぶが、それらの波及効果はデータフローに着目した波及効果によるものと見なし、本稿では扱わない。また、ファイルの構造が置換されることによって、そのファイルを処理する機能にも波及効果が及ぶが、それらの波及効果はファイル処理に着目した波及効果によるものと見なし、本稿では扱わない。）

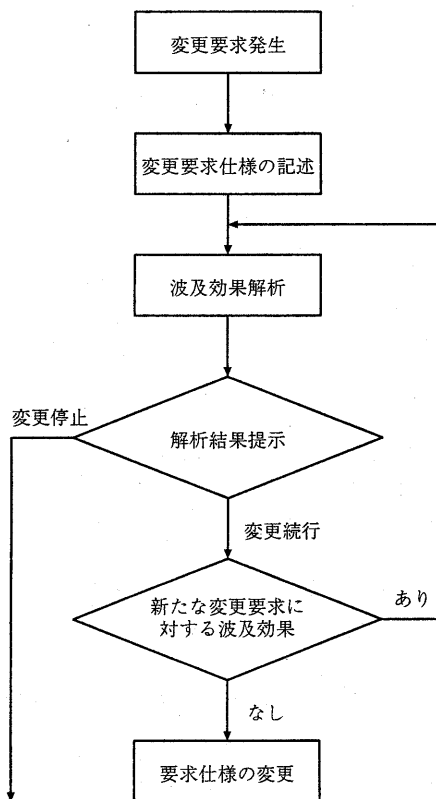


図 1: 変更支援手法の手順

#### 3.2 ファイルの削除

あるファイルが削除されることによって、その構成要素であるデータで、かつ他のファイルの構成要

素でないデータは削除されるべきと見なす。

### 3.3 ファイルの構成要素の追加

あるデータが構成要素として、追加されたファイルは更新されると見なす。すべての構成要素が新規に追加されたファイルは新規追加と見なす。

### 3.4 ファイルの追加

あるファイルが追加される場合、その構成要素で、かつ他のファイルの構成要素でないデータは新規追加と見なす。

### 3.5 ファイルの構成要素の更新

構成要素であるデータが更新されるファイルは更新されるべきと見なす。

### 3.6 ファイルの更新

あるファイルが更新されることによって、その構成要素であったが削除されたデータで、かつ他のファイルの構成要素でないデータは削除されるべきと見なす。同じくその構成要素として追加されたデータで、かつ他のファイルの構成要素でないデータは新規追加と見なす。

これらの解析の結果、更新と見なされたファイルは元ファイルと区別できるように、その名前も改めさせる。ファイルの構造は、その構成要素がさらに要素を持たないのでこれ以上の波及効果は生じない。

## 4 データの構造に着目した波及効果解析手法

X-JRDLでは、データ構造は順接、選択、繰り返しの3基本構造の組合せによって定義される。ファイルの場合と異なり、この基本構造のネストに制限はない。

### 4.1 データの削除

あるデータの構成要素が削除されることによって、親データは更新(構造が置換)されるべきと見なす。もしすべての構成要素が削除される場合は、親デー

タは削除されるべきと見なす。逆にあるデータが削除されることによって、その構成要素であるデータで、他のデータ構造に現れないデータは全て削除と見なす。

### 4.2 データの追加

あるデータの構成要素が追加されることによって、親データは更新(構造が置換)される。もしすべての構成要素が追加される場合は、親データは新規追加と見なす。逆にあるデータが追加されることによって、その構成要素であるデータで、他のデータ構造に現れないデータは全て新規追加と見なす。

### 4.3 データの更新

あるデータの構成要素が更新される、あるいは構造が変更されることによって、親データは更新(構造が置換)されることと見なす。逆にあるデータが更新(構造が置換)されることによって、削除された構成要素であるデータで、他のデータ構造に現れないデータは全て削除と見なす。同じく更新(構造が置換)されることによって、追加された構成要素であるデータで、他のデータ構造に現れないデータは全て新規追加と見なす。

以上、新規追加や削除や更新と見なされたデータについて、利用者に確認を取った上で、新たに波及効果を調べていく。その際、更新と見なされたデータは元データと区別できるように、その名前も改めさせる。データ構造は親データが複数あっても良いため、ネットワークとなるが、サイクルではないとしているので、データ構造に着目した波及効果解析は必ず終了する。

## 5 機能の構造に着目した波及効果解析手法

X-JRDLでは、機能構造は順接、選択の2基本構造の組合せによって定義される。繰り返しの制御構造は制御フローを使って表される。

## 5.1 機能の削除

ある機能の構成要素が削除されることによって、親機能は更新（構造が置換）されるべきと見なす。もしすべての構成要素が削除される場合は、親機能も削除されるべきと見なす。逆にある機能が削除されることによって、その構成要素である子機能で、他の機能構造に現れないデータは全て削除と見なす。

## 5.2 機能の追加

ある機能の構成要素が追加されることによって、親機能は更新（構造が置換）される。もしすべての構成要素が追加される場合は、親機能は新規追加と見なす。逆にある機能が追加されることによって、その構成要素である機能で、他の機能構造に現れない機能は全て新規追加と見なす。

## 5.3 機能の更新

ある機能の構成要素が更新される、あるいは構造が変更されることによって、親機能は更新（構造が置換）されると見なす。逆にある機能が更新（構造が置換）されることによって、削除された構成要素である機能で、他の機能構造に現れない機能は全て削除と見なす。同じく更新（構造が置換）されることによって、追加された構成要素である機能で、他の機能構造に現れない機能は全て新規追加と見なす。

以上、新規追加や削除や更新と見なされた機能について、利用者に確認を取った上で、新たに波及効果を調べていく。その際、更新と見なされた機能は元機能と区別できるように、その名前も改めさせる。機能構造は親機能が複数あっても良いため、ネットワークとなるが、サイクルではないとしているので、機能構造に着目した波及効果解析は必ず終了する。

## 6 適用例

この章では本稿で提案した手法を実際の SRS の変更に応用し、手法の有用性について述べる。今回対象としたのは WWW を利用してパーソナルコンピュータ等の販売を支援するシステムの SRS である。このシステムは WWW で製品の情報を提供し、

製品を購入しようとする人が Web ブラウザを利用して見積りを行ない、製品の注文などができる、いわゆるオンライン BTO (Build To Order) システムである。手法に適用した SRS は IEEE が推奨する SRS のフォーマット [3] に準拠して記述されている。

### 6.1 データの追加例

以下の要求文をもとに説明する。

注文データは 顧客データと 商品見積りデータからなる。顧客データは 顧客名と 顧客種別と住所と 電話番号からなる。

上記の要求文で定義されている「顧客データ」の構成要素に「顧客番号」を追加する場合を取り上げる。「顧客番号」を追加した時の、「注文データ」の構造を図 2 に示す。

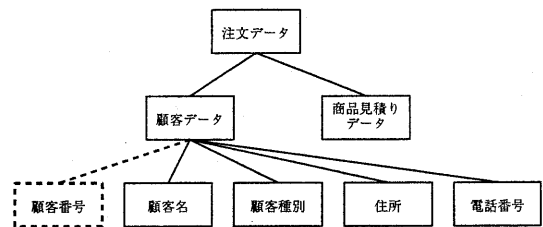


図 2: データの構造

#### 1. ユーザからの変更要求発生

開発対象システムのユーザから、以下のような変更要求が発生した。

「お客様の情報を管理しやすいように、お客様に番号を付けて欲しい」

#### 2. システム開発者が変更要求を分析して変更該当箇所を特定し、変更要求を日本語要求記述言語 (X-JRDL) で記述

上記の変更要求を聞いたシステム開発者は、最初にその変更要求を分析し、既存の SRS の中でどの部分が変更該当箇所であるのかを SRS-DB に対して質問言語を利用することにより特

定する。その結果、変更該当箇所の要求文は以下の要求文であることが判明した。

要求文  $R_1$  :

顧客データは 顧客名と 顧客種別と 住所と 電話番号からなる。

ユーザの変更要求は、「お客様の情報を管理しやすく、お客様に番号を付けて欲しい」ということなので、システム開発者は「顧客データ」を定義している要求文を以下のように X-JRDL で記述する。

要求文  $R_2$  :

顧客データは 顧客番号と 顧客名と 顧客種別と 住所と 電話番号からなる。

### 3. 変更によって起こりうる波及効果を解析

まず、要求文  $R_1$  と要求文  $R_2$  の差分をとる。その結果、「顧客番号」が「顧客データ」の構成要素の一つに追加されたことが分かる。4.2 節に示したように、データ要素の追加によって、親データである「顧客データ」も更新されると判断する。

4. 波及効果解析の結果を開発者に提示。矛盾が生じれば矛盾発生前までバックトラックして矛盾を提示し、変更を進めるか止めるか判断させる上で得られた結果が妥当かどうかを利用者に確認する。妥当であればさらに「顧客データ」の名前を新しい名前に改めさせる。ここでは利用者は波及効果が「顧客データ」に及ぶと判断し、名前を「番号付き顧客データ」とする。

5. 波及効果によって新たに生じた変更要求について 3. ~ 4. を繰り返す

「顧客データ」が「番号付き顧客データ」に更新されたので、それを構成要素とする親データ「注文データ」が更新されると見なす。この結果が妥当かどうかを利用者に確認する。利用者

は波及効果が「注文データ」には及ばないと判断した場合は、これ以上、波及効果は起こらないため、解析は終了する。

6. 波及効果によって新たに変更要求が生じない場合は、波及効果を含めた要求仕様の変更以上の結果として、

要求文  $R_2$  :

顧客データは 顧客名と 顧客種別と 住所と 電話番号からなる。

を以下のように変更する。

番号付き顧客データは 顧客番号と 顧客名と 顧客種別と 住所と電話番号からなる。

## 6.2 機能の更新例

要求仕様の一部を図 3 に示す。この仕様で記述されているシステムは図 4 に示す階層構造を持っている。

### 1. ユーザからの変更要求発生

図 3 に示した SRS で定義されている「新規データ入力部」は、新規商品データのみを入力した場合においても常に新規顧客データのの入力を行なう仕組みになっている。

この仕組みに対して、ユーザから、

「新規商品データ、あるいは新規顧客データのみを入力できるようなシステムに改善して欲しい」

という要求が発生した。

2. システム開発者が変更要求を分析して変更該当箇所を特定し、変更要求を日本語要求記述言語 (X-JRDL) で記述

上記の変更要求を聞いたシステム開発者は、最初にその変更要求を分析し、既存の SRS の中

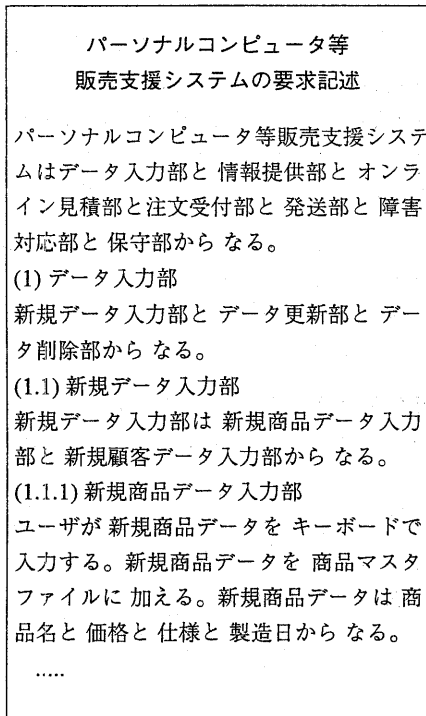


図 3: 要求仕様の一部

でどの部分に変更該当箇所であるのかを SRS-DB に対して質問言語を利用することにより特定する。その結果、変更該当箇所の要求文は以下の要求文であることが判明した。

要求文  $R_3$  :

新規データ入力部は新規商品データ入力部と新規顧客データ入力部からなる。

ユーザの変更要求は、「新規商品データ、あるいは新規顧客データのみを入力できるようなシステムに改善して欲しい」ということなので、システム開発者は「新規データ入力部」を定義している要求文を以下のように X-JRDL で記述する。

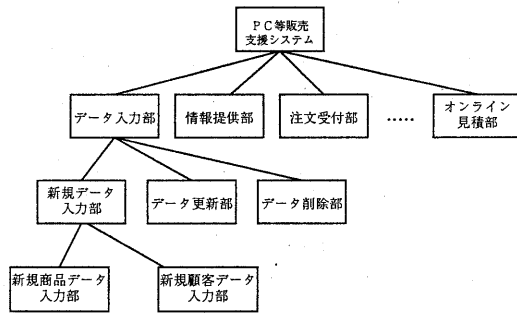


図 4: 機能の構造

要求文  $R_4$  :

新規データ入力部は新規商品データ入力部または新規顧客データ入力部からなる。

3. 変更によって起こりうる波及効果を解析

まず、要求文  $R_3$  と要求文  $R_4$  の差分をとる。その結果、「新規データ入力部」の構造が更新されたことが分かる。5.3 節に示したように、「新規データ入力部」の構成要素が更新されたことによって、親機能である「データ入力部」も更新されると判断する。

4. 波及効果解析の結果を開発者に提示。矛盾が生じれば矛盾発生前までバックトラックして矛盾を提示し、変更を進めるか止めるか判断させる上で得られた結果が妥当かどうかを利用者に確認する。妥当であればさらに「新規データ入力部」の名前を新しい名前に改めさせる。ここでは利用者は妥当でないと判断し、波及効果はこれ以上及ばない。

5. 波及効果によって新たに生じた変更要求について 3. ~ 4. を繰り返す

この例では、これ以上波及効果は及ばない。

6. 波及効果によって新たに変更要求が生じない場合は、波及効果を含めた要求仕様の変更

結果として、

要求文  $R_4$  :

新規データ入力部は 新規商品データ入力部と新規顧客データ入力部からなる。

を以下のように変更する。

新規データ入力部は 新規商品データ入力部または新規顧客データ入力部からなる。

## 7 関連研究

変更による影響を取り扱った研究としては、ソフトウェアを構成するモジュール間の機能的関係により変更に伴う影響が発生するものとしてその関係に基づく相互作用の指摘による変更支援のための枠組に関する研究 [9] がある。SDL で書かれた仕様に対する波及効果解析については [2, 6] がある。ソフトウェア要求仕様の変更における波及効果の解析についての研究 [4] では、仕様変更によって生じる矛盾を波及効果解析によって自動的に検出する。我々は波及効果が起こりうる箇所を指摘し、波及効果の有無を利用者に問い合わせる手法を採用しており、矛盾の検出だけでなく、矛盾がなくても妥当でない波及効果の検出も可能としている。これにより、より正確な要求仕様の変更支援が可能である。

## 8 おわりに

本稿ではソフトウェア要求仕様の変更にともなって起こり得る波及効果を機能やデータの構造に着目して解析し、その結果を SRS 記述者に提示することにより、波及効果によって誤った SRS が作成されることを防ぐことができる SRS の変更支援手法を提案した。

今後の課題としては、制御の流れに着目した波及効果解析手法や、ファイルやデータの処理に着目した手法を提案する予定である。そして手法をシステム化し多くの具体例に適用して評価し、よりよい手法に洗練させていく予定である。

## 参考文献

- [1] Atsushi Ohnishi: Software Requirements Specification Database Based on Requirements Frame Model, Proc. of the second IEEE Int'l Conf. on Requirements Engineering (ICRE'96), pp.221-228(1996).
- [2] Fangchun Yang, Junliang Chen: REAS - A Ripple Effect Analysis System, SDL '91. Evolving Method, Proc. of the Fifth SDL Forum, pp.107-117(1991).
- [3] IEEE Standards Board: IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specifications, IEEE, 1993.
- [4] Kiyoshi Agusa, Yutaka Ohno: A Supporting System for Software Maintenance - Ripple Effect Analysis of Requirements Description Modification -, Journal of Information Processing, Vol.8, No.3, pp.179-189 (1985).
- [5] 大西 淳, 阿草 清滋, 大野 豊: 要求フレームに基づいたソフトウェア要求仕様化技法, 情報処理学会論文誌, Vol.31, No2, pp.175-181 (1990).
- [6] Shaogiang Chen, Fangchen Yang: SDL based Software Maintenance Tool SMS, High Technology Letter, pp.29-32(1995).
- [7] 孫 家勇, 小野 康一, 深澤 良彰, 門倉 敏夫: 要求仕様の変更における影響分析の支援方法について, 情報処理学会第 46 回全国大会講演論文集, 8J-8, pp.331-332 (1993).
- [8] 杉本 英昭, 大西 淳: 波及効果解析を用いたソフトウェア要求仕様の変更支援手法, 情報処理学会, 情報処理学会研究報告, 2000-SE-129-18, pp.137-144 (2000).
- [9] 山田 宏之, 手塚 慶一: 機能モデルに基づくソフトウェアの変更支援, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J73-D-II, No.10, pp.1770-1778 (1990).