

1305

## システムの仕様変更調査における設計情報を用いた影響分析システムの開発\*

稗方 和夫<sup>\*1</sup>, 大和 裕幸<sup>\*1</sup>, 深田 直人<sup>\*2</sup>, 中村 寛<sup>\*3</sup>, 岡田 伊策<sup>\*4</sup>,  
齋藤 稔<sup>\*4</sup>, 笈田 佳彰<sup>\*4</sup>, 渡辺 郁雄<sup>\*5</sup>, 松本 滋<sup>\*5</sup>

### Development of Impact Analysis System for Specification Change of System Using Design Information

Kazuo HIEKATA<sup>\*1</sup>, Hiroyuki YAMATO<sup>\*1</sup>, Naoto FUKADA<sup>\*2</sup>, Satoru NAKAMURA<sup>\*3</sup>, Isaac OKADA<sup>\*4</sup>, Minoru SAITO<sup>\*4</sup>, Yoshiaki OIDA<sup>\*4</sup>, Ikuo WATANABE<sup>\*5</sup> and Shigeru MATSUMOTO<sup>\*5</sup>

<sup>\*1</sup> Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo  
5-1-5, Kashiwanoha, Kashiwa-city, Chiba 277-8561, Japan

When an IT company introduces a new large scale system, many design documents are created. However, when a specification change of the system happens, the design documents which are related to the specification change can't be extracted efficiently and the engineers can't identify affected range because the extraction of these non-associated documents depends heavily on the experiences of the engineers. Therefore, in order to improve design quality and to introduce the system efficiently, it is of vital importance for the engineers to extract the susceptible affected design documents. In this paper, the method semi-automatically generating metadata to design document and linking design information using the ER diagrams and the CRUD matrixes which are generated in the initial design phase is proposed. Besides, the system of extracting the design documents which are associated to the specification change and specifying impact ranges of the specification changes is developed. In case study, the system is evaluated.

**Key Words** : RDF, Metadata, Ontology, Impact Analysis, Information Retrieval

## 1. 緒 言

情報システム開発における設計工程では、要件に基づき、画面や機能等の仕様を決め、設計書を作成する。特に、着実にシステム開発の各工程を順に進めるウォーターフォール型の大規模システム開発における設計工程では、複数の作業グループに分業して、多種多量の設計書を作成する。その際に、システムのデータベースの項目や機能が多く、かつ項目同士や項目と機能が互いに複雑に関連しているため、後述するER図(Entity Relationship)やCRUD(Create, Read, Update and Delete)図という設計の柱となる設計書を作成し、各項目や機能の関係の不整合や抜け漏れを防ぐ。

また、システム開発過程において、画面や機能の変更、項目の扱う桁数の変更などの仕様変更が多々生じ、その仕様変更によって影響を受ける設計書を修正しなければならない。しかし、それらの仕様変更を行うと設計書間の関連性が多いため仕様変更において修正すべき設計書の修正漏れが生じる。仕様の不整合や漏れにより後工程において手戻りが発生し、システム開発全体のコストやスケジュールに影響を与える。

<sup>\*1</sup> 正員, 東京大学大学院 新領域創成科学研究科 (〒277-8561 千葉県柏市柏の葉 5-1-5)

<sup>\*2</sup> 学生員, 東京大学大学院 新領域創成科学研究科 (〒277-8561 千葉県柏市柏の葉 5-1-5)

<sup>\*3</sup> 非正員, 東京大学大学院 新領域創成科学研究科 (〒277-8561 千葉県柏市柏の葉 5-1-5)

<sup>\*4</sup> 非正員, 富士通株式会社 (〒211-8588 神奈川県川崎市中原区上小田中 4-1-1)

<sup>\*5</sup> 非正員, 株式会社富士通システムズ・イースト (〒113-0021 東京都文京区本駒込 2-28-8 文京グリーンコート センターオフィス)

E-mail: fukada@is.k.u-tokyo.ac.jp

それに対応すべく要件定義から運用保守まで、一貫性を保ち品質確保を支援するツール等、設計者の負担を軽減するためのツールは多数提供されている。これらのツールの有用性は認識されているが、実際に導入するには至っていない。ツール習得、教育期間やツールの導入、運用費用がシステム開発全体に対してスケジュール、費用ともに圧迫することや、新しいツールが長年蓄積された設計書等の資産に対応しておらず、活用することができないことに起因する。

既存研究として、元山ら<sup>(1)</sup>はあらかじめ設計書のテンプレートを作成することによって、項目間の不整合をなくす手法を提案し、テスト工程に流出する欠陥を減少した。また、既存ソフトウェアを修正して開発するシステムや新規開発のシステムにおける保守工程において、設計書とソースコードを関連付けることで仕様変更に対して影響を受ける設計書とソースコードを抽出し、仕様変更の影響範囲を特定する研究も行われている<sup>(2)(3)</sup>。文書検索においては、オントロジーを構築しクエリを拡張することで、より適した検索を行う研究も行われている<sup>(4)(5)</sup>。

本研究では、新規大規模システム開発の設計工程において、仕様変更による影響範囲を抜け漏れなく特定することを目的とする。具体的には、ER 図/CRUD 図等の設計初期フェーズで生成される設計情報を機械可読にすることでメタデータ化し、修正が必要な設計書を識別するシステムの開発を行う。また開発したシステムを用いて、実務を想定したケーススタディによって有効性を評価する。

## 2. 既存の影響分析プロセスと課題点の整理

情報システム企業では、システムのデータベースや画面に関する設計書、データベースのテーブルや項目に対して処理を行う機能に関する設計書など多種多量の設計書を作成している。設計書には、機能が処理を行う際に影響を受ける項目やテーブルに関する内容が含まれていて、各設計書はテーブルや項目や機能によって関連付いている。ここでは、仕様変更が生じた場合の影響範囲分析の従来手法による設計書抽出プロセスを図1に示す。

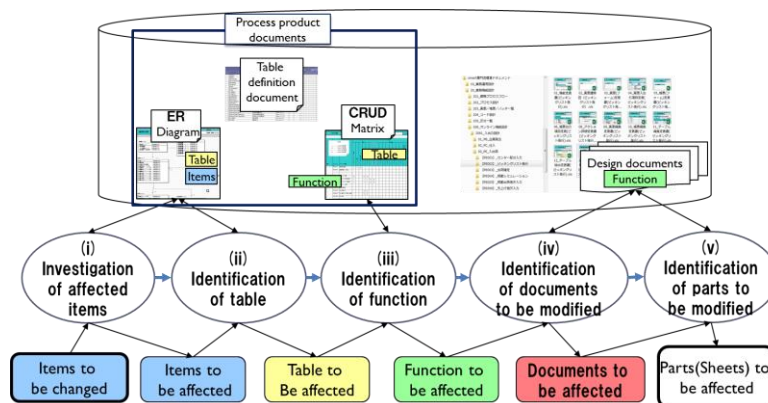
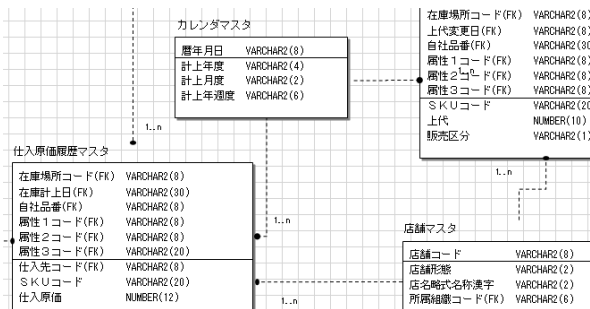


Fig 1 Existing Extraction Process

図1に示すように、従来手法ではまず仕様変更において変更する項目と同じ属性であり同じ要素を表す項目を特定し、それらの項目を持つテーブルを特定する。その際にソフトウェア開発において作成するデータベースに関する設計書であるER図を確認し、項目に関連するテーブル（マスタ）を特定することができる。

ER図を図2-aに示す。ER図では、主に3つの情報を示している。1つ目の情報として、情報システムで用いるデータベースにおける主要なテーブル間の関係を図2-a上の点線で結ぶことで示している。2つ目の情報として、テーブル毎に各テーブルが持つ項目をリストにして示している。3つ目の情報として、表示している各項目名の隣にその項目が文字列なのか、数値なのか、使用できる桁数は何桁なのかという属性を示している。2つ目の情報を用いることでテーブルと項目間の関係を抽出する。しかしながら、ER図は複数シートや異なる設計書に記述されており、情報量が多く人手で各関係を調査するには非常に時間がかかり抜け漏れが生じる。また、ER図等を参照することにより熟練者はRDBで他のテーブルのある主要なキーのみを参照する外部キーを特定することができる。外部キーを特定することができないと、システムが動作するときに暗黙的に関連する項目や機能を把握できない。この外部キーの特定・抽出にはCRUD図とER図から想定できるデータ処理を推測して影響範囲を考える必要があり、その能力は経験に基づき想定できるようになる。



(2-a) ER diagram

C ... INSERT処理  
 R ... SELECT処理  
 U ... UPDATE処理  
 D ... DELETE処理

プログラム	プログラム機能	在庫マスタ	仕入原価履歴マスタ	在庫場所コード	店舗マスタ	在庫マスタ	店舗マスタ	店舗マスタ	店舗マスタ	店舗マスタ	店舗マスタ	店舗マスタ	店舗マスタ	店舗マスタ	店舗マスタ
PJ003P01	MDI分析			R	R										
PJ007P01	月末在庫集計実行														
PJ015P01	アイテム集計				R										R
PJ017P01	売上管理集計実行				R										
DM0031P01	在庫マスタ集計							CRU							
DM0022P01	店舗マスタ集計								CRU	CRU					
DM0035P01	店舗マスタ集計									R	R				
DM0044P01	店舗マスタ集計									R			CRU	CRUD	CRU
DM0025P01	仕入原価集計														

(2-b) CRUD matrix

Fig. 2 Process product documents

次に、項目に関連していると特定されたテーブルに処理を行う機能を特定する。その際に、ER図と同様にソフトウェア開発において作成されるCRUD図を確認し、テーブルに関連する機能を特定することができる。

CRUD図を図2-bに示す。CRUD図とは、情報システムで用いられている全機能とテーブルとの関係をマトリクス形式で表した図である。横軸にテーブル、縦軸に機能を並べることによって機能がテーブルに対して作成(Create)、参照(Read)、更新(Update)、削除(Delete)の4種類のいずれかで処理していることをまとめる。そのため、CRUD図から全機能とテーブルの関係を抽出することができる。しかしながら、ER図と同様に複数シートや設計書に記述されていて情報量が膨大であるため、人手で各関係を調査する際に抜け漏れが生じる。

以上より、特定することができた項目とテーブルと機能に関連する設計書を機能ごとのフォルダで管理されている設計書群から抽出する。抽出する際には、実際にその設計書が仕様変更と関連しているのかを全文検索や隅から隅まで目で見て確認し各個人の基準で判断する。そのため、設計書の抽出に非常に時間がかかる。経験が少ない若手の場合、外部キーのような項目間の関連を特定できず、正確に影響する設計書を抽出することができない。

設計者が影響範囲を正確に特定するには、属人的な原因による抜け漏れや見落としをなくすことに加えて熟練者の能力による正確な関連付けが必要になる。また、効率的に各設計書を抽出するには、設計書を実際に開かず各設計書の特徴を把握することが効率的に影響範囲を特定する上で必要である。

### 3. 提案手法

本研究では、熟練者の能力により抽出する情報と設計情報の計算機による関連付け、網羅的な検索を可能にし、メタデータとして設計書の情報が付与されている設計書を実際に開いて確認せずに仕様変更の影響範囲を特定することができる手法を提案した。

提案手法は、主に4つの部分に分かれている。

- 各設計書から各設計書の情報を抽出し、メタデータとして各設計書に付与 (図3左部・図4)
- データベースの項目とテーブルと機能の関連を抽出し、RDFによって記述 (図3右部・図5)
- 各設計書に付与したメタデータと関連を表すRDFを用いて、設計書の関連の特定(図3)
- 主要キーと外部キーの項目同士を明示的に記述したオントロジーの構築(図6)

これら4つの部分に関して順に説明を行う。

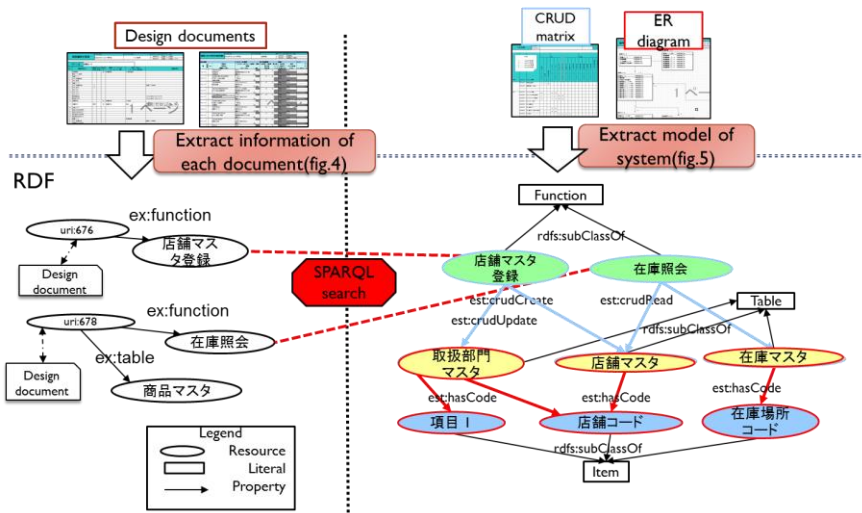


Fig.3 Proposed Method

### 3.1 各設計書からメタデータの抽出

図3の図左部に関する詳細を図4に示す. 各設計書は図上部に示すように, 統一されたフォーマット(表構造)で作成され, 表構造内にサブシステム名, 作成者といった各設計書の情報が記述されている. この表構造部分から計算機を用いて情報を抽出し<sup>6)</sup>, 各設計書にそれらの情報をメタデータとして付与する. また, 設計書は構成の統一されたフォルダによって管理されているため, そのフォルダ構成を計算機で処理することにより設計書の機能に関する情報を抽出し, メタデータとして付与する. 以上より, 各設計書には, システム名, サブシステム名, 機能名, キーワード, シート名, ファイル名, 作成者等のメタデータが付与される. その情報を元に各設計書を開いて確認せずに設計書に記述されている情報を把握することができる.

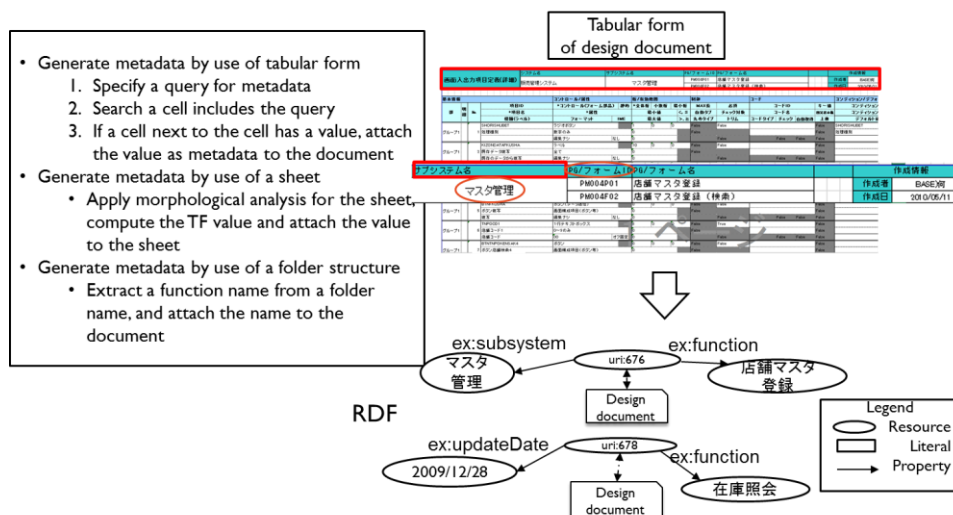


Fig.4 Method of attaching metadata to design document

### 3.2 データベースの項目とテーブルと機能の RDF 表現

図3の右部に関して詳細に表している図を図5に示す. ここでは, ER図とCRUD図を用いることによって, 項目とテーブルと機能の関連性を抽出し, RDFによって記述する. 現状別々の設計書から抽出してきた情報をまとめて機械可読にすることで, 人に依存せずに影響範囲を正確に特定することが可能になる.

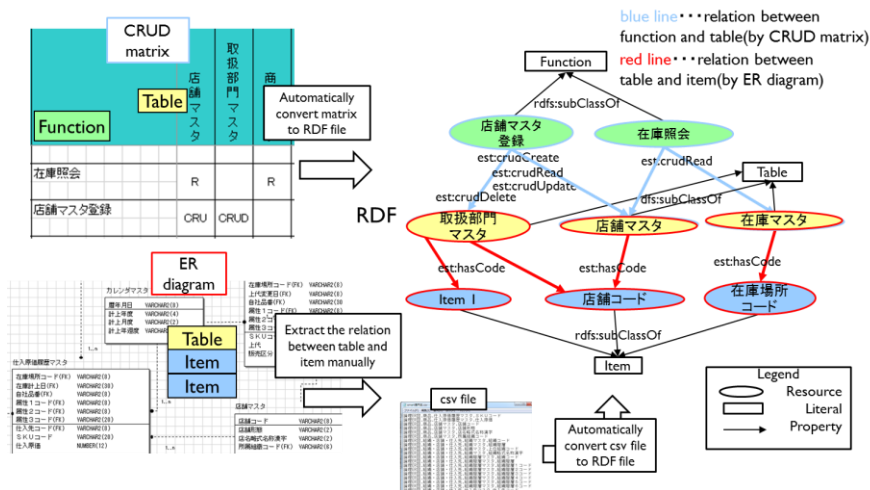


Fig. 5 Systematization of design information

### 3・2・1 ER図による抽出方法

ここでは、テーブルと項目の関係を用いる。具体的には図5に示すように、テーブルである“店舗マスタ”がその項目である“店舗コード”と“店舗形態”を持っているという関係をすべて csv ファイルに手動で抽出し、そのファイルを元に RDF で表現する。その際に、それらを結ぶプロパティによってテーブルがその項目を持つということを示す。

### 3・2・2 CRUD図による抽出方法

全機能とテーブルの関係を抽出できるため、各機能とテーブルの関係を計算機で設計書から抽出し、RDF で表現する。図5のように各機能がテーブルとどのような処理で関係しているのかという情報をプロパティで持たせることによって機械で処理可能にした。

### 3・3 各設計書に付与したメタデータと関連を表す RDF を用いて、設計書の関連の特定

図3に示すように、3・1と3・2で説明した各設計書に付与されたメタデータと RDF で表現されている項目とテーブルと機能に対して検索を行うことで、設計書の抽出を行う。

### 3・4 主キーと外部キーの項目同士を明示的に記述したオントロジーの構築

ここでは、ER図における項目間の関係と熟練者の能力により抽出した情報を用いる。図2-aに示すように各項目名の隣にデータベースにおける属性が表記されている。具体的には、“店舗コード”と“在庫場所コード”は“VARCHAR2(8)”という8桁で可変長文字列であり、同じ属性である。この情報と熟練者の能力に基づいてこれらの項目は同じデータを持つ主キーと外部キーの関係であると特定できる。この関係を明示的に記述したオントロジーの一部を図6に示す。本論文では、熟練者に対するヒアリング結果に基づきオントロジーを作成した。

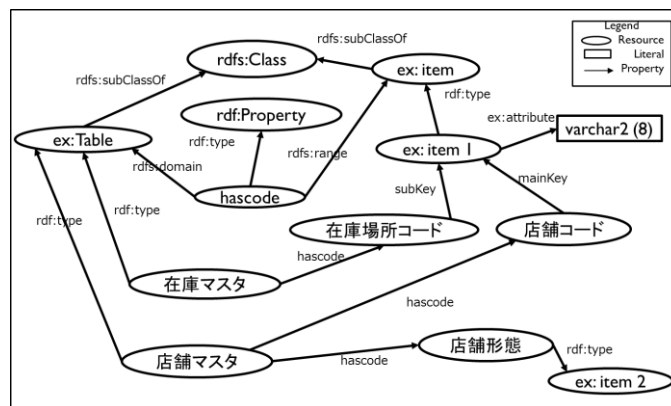


Fig. 6 Ontology as primary key and foreign key

#### 4. 開発したシステム

本研究で開発した影響分析システムを図7に示す。本システムは、稗方らが開発した文書管理プラットフォーム KASHIWADE<sup>(7)</sup> 上に構築した Web アプリケーションである。KASHIWADE は文書のリソースとメタデータを DB によって管理し、メタデータを自動的にリソースに付与するためのプラグイン実行環境を備えたシステムである。このプラグインはユーザが目的に合わせて開発し、メタデータを付与することが可能である。

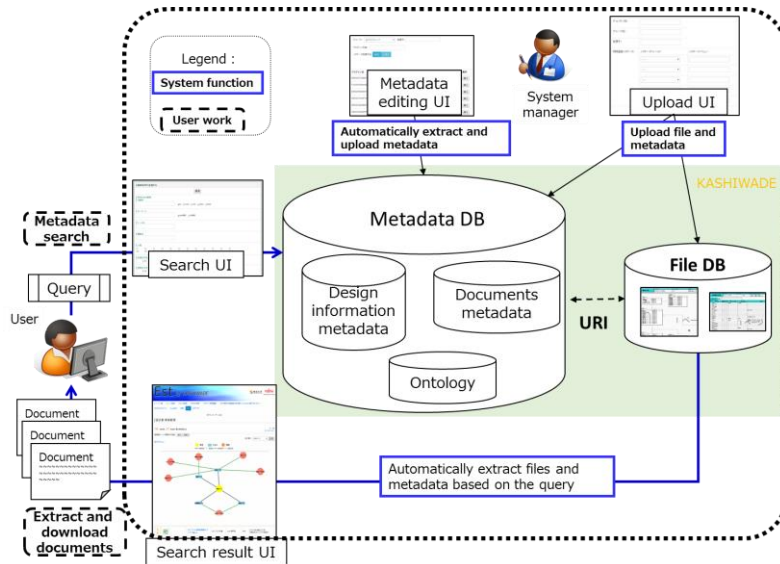


Fig. 7 Developed system

図7に示すように、3章で提案した各手法をメタデータ編集画面において半自動で各設計書にメタデータを付与した。3・1で説明した各設計書に関するメタデータを図7におけるドキュメントメタデータとして、3・2で説明した機能とテーブルと項目の関係を設計情報メタデータとして、3・4で説明した外部キーに関する情報をオントロジーとしてメタデータレポジトリに取り入れ、各RDFを格納した。それらRDFに対してSPARQL検索を行うことで、設計者の設計書自動抽出を可能とする。設計書の検索UIを図8に示す。

本システムでは、「項目」を検索クエリとした場合に、その「項目」に関連する「テーブル(マスタ)」, その「テーブル」に関連する「機能」, 「機能」がメタデータとして付与されている設計書を抽出するという処理を行う検索を「項目 CRUD 検索」と定義している。他の機能として、各設計書に付与しているキーワード、シート名、サブシステム名等のメタデータに対しても検索することができる。

また、「項目 CRUD 検索」で検索した場合の検索結果UIを図9に示す。

Fig. 8 Interface for search

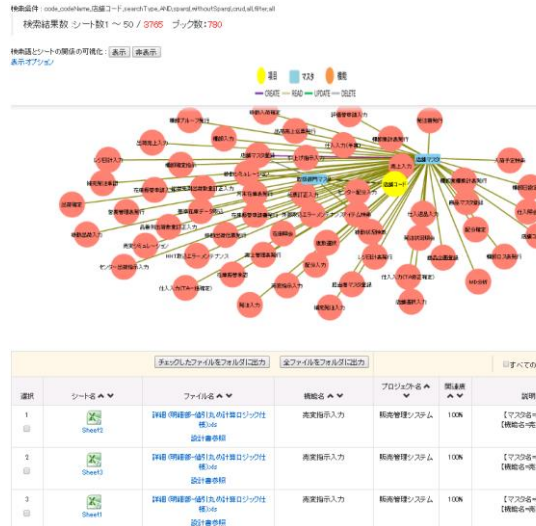


Fig. 9 Interface for search result

「項目 CRUD 検索」で検索した場合、検索に用いた関係を可視化することで、関連する項目、テーブル、機能を明確にし、熟練者の能力による抽出結果やシステムに関する設計情報を体系化する。具体的には、図9上部に示すように、黄色いノードは検索キーワード（項目）であり、青色ノードはテーブル（マスタ）を、赤色ノードは機能を示している。可視化されている図は検索条件に合う関係だけを表している。更に不要な機能やテーブルがある場合には、それらを選択することで検索結果の対象外に容易に変更でき、設計書の影響範囲を効率的に特定することができる。

## 5. ケーススタディ

本論文ではケーススタディを2つ行った。ケーススタディ1では、2章で説明した従来手法によって影響分析を行ったときのプロセスと本研究で開発したシステムを用いたプロセスの比較を行うことで、システムの有効性を検証した。また、熟練者と若手による抽出プロセスの比較や各設計書に付与したメタデータの有用性を検証するために、熟練者と若手にとって大きな差異が生じる外部キーを考慮していない開発システムを用いてケーススタディ1を行った。ケーススタディ2では、外部キーを考慮することによって、「項目 CRUD 検索」やキーワードで検索した場合に仕様変更によって影響を受ける設計書を網羅的に抽出可能かを検証し、システムの有効性を評価した。

### 5.1 ケーススタディ1

#### 5.1.1 問題設定

ケーススタディとして、情報システム開発の設計工程において仕様変更が生じた場合の影響分析プロセスを行った。具体的には、「大規模販売管理/在庫管理システムにおいてデータベースの項目である「取扱部門コード」の桁数を変更する際に、影響を受ける設計書をすべて抽出する。」というシナリオを行った。ケーススタディとして、システム設計者3名（ベテランVA、VB、若手C）は上記のシナリオに対して従来手法と開発したシステムを用いてそれぞれ30分間で行った。

ケーススタディの前処理として、本ケーススタディの対象システムである流通業向け大規模販売管理/在庫管理システムにおける画面に関するExcel®で記述されている設計書1,153ファイル（4,482シート）をシステムに取り込んだ。更に、2章で説明した提案手法によって各設計書にメタデータを付与し、システムにおける関連をRDFによって記述した。本ケーススタディにおける全正解データ数は346ファイルである。

#### 5.1.2 結果

従来手法は図1に示す抽出プロセスで行った。図1に示すように、ER図とCRUD図に関する設計書を実際にかけて確認し、項目に関連するテーブルと機能を特定し、最終的にそれらに関連する修正すべき設計書とその設計書内の修正すべき箇所を特定することで各設計書を抽出した。そのため、設計書を抽出する際に、非常に時間がかかること、目視で確認するため抜け漏れが生じるという問題が発生する。

開発したシステムを用いた場合、「項目 CRUD 検索」において“取扱部門コード”とクエリを入力し検索することで、“取扱部門コード”に関連するテーブル、機能に関する設計書を図9に示すように一覧で表示する。また、同じようにキーワード検索等の他の検索条件においても“取扱部門コード”とクエリを入れて各設計書に付与されたメタデータに対し検索を行い、関連する設計書を一覧で表示する。検索結果において関連すると設計者が判断した設計書群に関してはダウンロードし、抽出した。

各手法の抽出プロセスにおいて抽出した設計書数と経過時間に関して比較を行った。その結果を図10に示す。

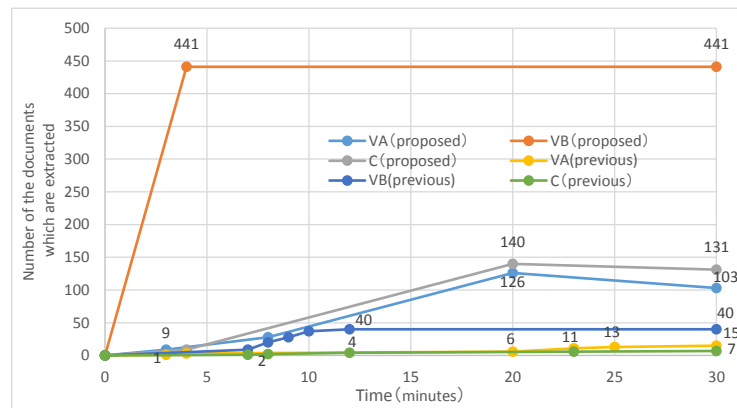


Fig. 10 Result of each method

図10に示すように、従来手法に比べ提案手法では網羅的に設計書を抽出できることを示唆している。しかし、この結果における抽出数は不正解データを含んでいる。そこで、各手法で抽出した設計書の抽出数と正解数とそれらの結果から算出した適合率と再現率とF値の結果を表1に示す。

Table 1 Result of case study 1

Person method	VA		VB		C	
	Previous	Proposed	Previous	Proposed	Previous	Proposed
All number of the documents	15	103	40	441	7	131
Correct	12	100	30	274	7	130
Precision	80.0	97.1	75.0	62.1	100.0	99.2
Recall	3.5	28.9	8.7	79.2	2.0	37.6
F measure	6.6	44.5	15.5	69.6	4.0	54.5

実施者3人共に従来手法の再現率は1行であるのに比べて、提案手法では再現率が向上している。更に、F値も向上していることを確認でき、システムの有用性を示唆している。

## 5.2 ケーススタディ2

### 5.2.1 問題設定

シナリオとしては、ケーススタディ1と同じシナリオを行う。ケーススタディ1と異なる条件は、3章で説明した外部キーの関連を考慮する点である。本ケーススタディで用いた主キーと外部キーは、対象とした設計書に含まれているER図から抽出可能である“取扱部門コード”、“商品分類コード”、“部門コード”、“掛率分類1コード”、“商品分類1コード”、“POS部門コード”である。この関係をケーススタディ1でシステムに取り込んだRDFに追加し、ケーススタディ1と同様にケーススタディ2を行った。ケーススタディ2は著者1名で行った。

### 5.2.2 結果

ケーススタディ2では、新たに外部キーを考慮した結果、与えられたシナリオに登場する“取扱部門コード”をクエリとして用いた「項目 CRUD 検索」における結果、キーワード検索における結果、それら両方の検索結果



を合わせた結果を比較した。また、外部キーを考慮する前の“取扱部門コード”をクエリとして用いた「項目 CRUD 検索」とキーワード検索における結果と比較した。

その結果を図 11 に示す。

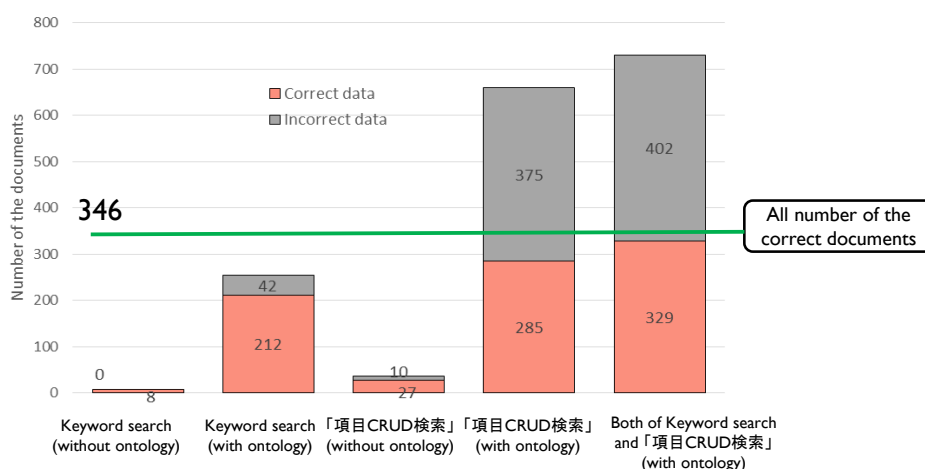


Fig. 11 Result of case study 2

また、図 11 における各手法の抽出結果から算出した適合率と再現率と F 値を以下の表 2 に示す。

外部キー考慮前に比べて再現率が向上している。同様に、ケーススタディ 1 の結果と比較すると、外部キーを考慮した「項目 CRUD 検索」は再現率を更に向上し、最もよい再現率を示した組み合わせは外部キーを考慮した「項目 CRUD 検索」とキーワード検索を合わせた結果となった。

Table 2 Result of case study 2

method	Keyword search (without synonym)	Keyword search (with synonym)	「項目CRUD検索」(without synonym)	「項目CRUD検索」(with synonym)	Both of Keyword search and 「項目CRUD検索」(with synonym)
number of the documents are extracted	8	254	37	660	731
number of the correct documents	8	212	27	285	329
Precision	100.0	83.5	73.0	43.2	45.0
Recall	2.3	61.3	7.8	82.4	95.1
F measure	4.5	70.7	14.1	56.7	61.1

## 6. 考察

従来の検索プロセスでは、人手で設計書を開き内容を確認し、新たに設計書を探すというサイクルを複数回繰り返し、関連する設計書を抽出するという作業が生じた。本システムでは、項目 CRUD 検索を用いれば少ない検索回数で設計者に依存することなく同じように網羅的に設計書を抽出することができることを示唆し、各設計書に付与されているメタデータを確認することができる。そのため、従来プロセスとは異なり各設計書を実際に開いて確認せずにその設計書が関連していることを特定でき、効率的に関連する設計書を抽出できる。しかし、提案手法において「項目 CRUD 検索」を用いた場合に適合率が低い値を示しているため、誤った設計書を抽出している。その原因として、4 章で説明したように「項目 CRUD 検索」では“取扱部門コード”という項目に関連するテーブル(“取扱部門マスタ”), そのテーブルに関連する機能(“店舗マスタ登録”), その機能に関連する設計書を抽出する。そのため、抽出した設計書はその機能に関連するテーブルは記述されているが, “取扱部門コード”の記述がないことがある。このような設計書は影響を受けないため、誤った設計書である。キーワード検索を用いた場合は、そのクエリが設計書に含まれているため適合率が高いことは容易にわかる。

一方で、再現率の向上を確認することができた。しかし、再現率が 100%に達していないため現状行った手法では抽出結果に抜け漏れが生じており、影響範囲を正確に特定することができていない。また、各実施者において属人的な結果が生じていることを確認できる。今回再現率が 100%でないことと属人的な結果となっている原因として、システムの利用者によって与えた条件が異なるということがある。設計者 VA と C は項目 CRUD 検索をあまり使わずにキーワード検索を主に用いていて、設計者 VB は項目 CRUD 検索を用いていた。また、用いていたクエリに関しては設計者 VA と VB は似ているクエリを、設計者 C はその 2 名とは異なるクエリを用いていた。ベテランと若手で異なるクエリを用いていることがわかるように、今回ケーススタディ 1 で用いている“取扱部門コード”という項目は複数の外部キーを持っている。そのため、従来手法と提案手法の両手法において、それらの存在を既知か否かによって抽出数にばらつきが生じている。そこで、ケーススタディ 2 の結果からわかるように外部キーを考慮することによって、そのシナリオに関する設計書を設計者に依らずに再現率 80%を超えて抽出できることを確認でき、影響範囲を特定することができることを示唆した。

## 7. 結言

本研究では、ER 図/CRUD 図の設計初期フェーズで生成される設計情報を RDF で記述し関連付けることで、情報システムの設計書を自動で関連付ける手法を提案し、大規模情報システムの仕様変更要件において修正が必要な設計書を識別するシステムの開発を行った。これに対し、システム設計者が実務を想定したケーススタディを行うことで、開発したシステムが有効であることを確認できた。今後、再現率の向上だけでなく適合率を保つ影響分析が可能なシステムの開発を行い、実務を想定した他のケーススタディや他のシステムを対象にして実験を行うことで、システム開発の生産性向上・品質向上を目指す。更に、開発したシステムを用いることによって熟練者の能力により抽出できる情報を抽出・継承できる手法の提案・システムの開発を目指す。

## 文 献

- (1) 元山厚, 松下直樹, 福島健太, “設計仕様の整合に基づいた設計品質の向上”, プロジェクトマネジメント学会誌, Vol. 14, No.5(2012), pp18-23.
- (2) Giuliano Antoniol, Gerardo Canfora, Gerardo Casazza, Andrea De Lucia, Ettore Merlo, ”Recovering traceability links between code and documentation”, IEEE Transactions on Software Engineering, pp.970-983, 2002.
- (3) 海谷治彦, 長田晃, 原賢一郎, 海尻賢二, “要求変更によるソースコードへのインパクトを分析するシステムの開発と評価”, 電気情報通信学会論文誌, pp.1822-1835, 2010.
- (4) Min Song, Il-Yeol Song, Xiaohua Hu, Robert B. Allen, “Integration of association rules and ontologies for semantic query expansion”, 7<sup>th</sup> International Congress on Data Warehouse and Knowledge Discovery, pp.63-75, 2007.
- (5) Gyeong June Hahm, Mun Yong Yi, Jae Hyun Lee, Hyo Won Suh, “A personalized query expansion approach for engineering document retrieval”, Advanced Engineering Informatics, 2014.
- (6) Isaac Okada, Minoru Saito, Yoshiaki Oida, Hiroyuki Yamato, Kazuo Hiekata, Satoru Nakamura, Naoto Fukada, “Technique for searching tabular form documents using metadata harvested by table structure analysis”, Artificial Intelligence Research, Vol. 3, No. 1 (2014), pp. 46-51.
- (7) 稗方和夫, 大和裕幸, 中村寛, 岡田伊策, 齋藤稔, 安藤峻, “インシデントレポートの自動分類とその分析環境の構築と評価”, 2013 年度人工知能学会全国大会(第 27 回), 富山, 2013-6-4/7, 人工知能学会, 2013, 1E3-3.

Excel は、米国 Microsoft Corporation の米国およびその他の国における登録商標または商標です。