

仕様書間のトレーサビリティ管理技術

宗像浩一*
平井浩司**
安江 悟***

Traceability Management Technique for Specification Documents

Koichi Munakata, Koji Hirai, Satoru Yasue

要 旨

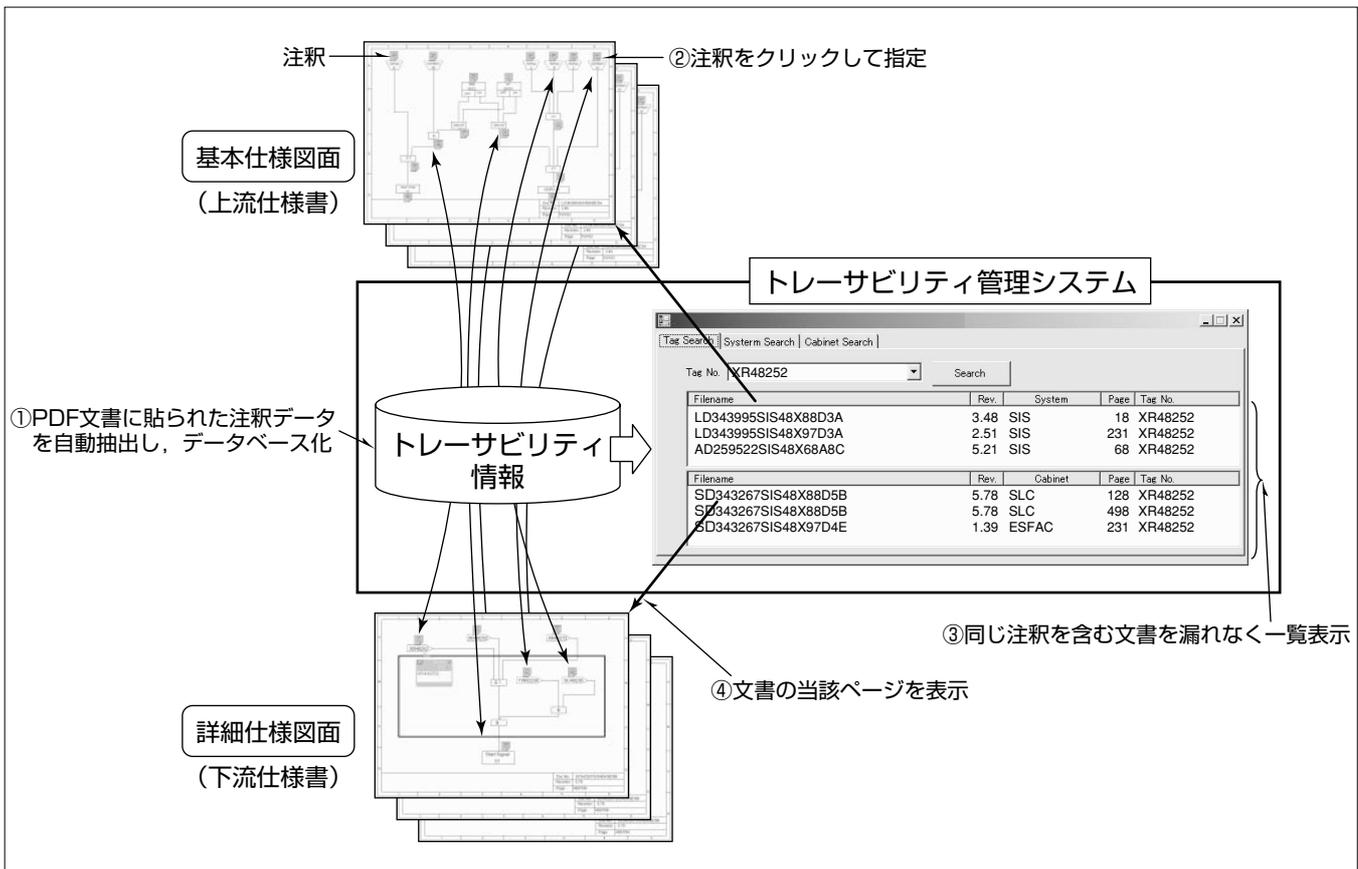
製品のライフサイクルで様々な仕様書が作成される。要求に適合した品質の高い製品を製造するには、これら仕様書間で対応する記載箇所が双方向に追跡可能で、整合性が維持されていることが重要である。仕様書間の追跡可能性をトレーサビリティと呼ぶ。双方向トレーサビリティが近年ISOの機能安全規格などで求められており、トレーサビリティ管理の仕組み構築の必要性が高まっている。

今回ISO32000-1で規定されたPDF(Portable Document Format)形式の仕様書を対象に双方向トレーサビリティを管理する技術を開発した。上流・下流の仕様書間で互に関連する箇所に、同一の識別子を記載した注釈を貼り、これをトレーサビリティ情報としてデータベース化する。あ

る文書の注釈をマウスでクリックすると、その注釈に記載した識別子を含む文書一覧を即座に表示し、そこから任意の文書を選択することで識別子を含むページを表示する。

これによって仕様書が大量になっても、指定部位に関連する箇所を瞬時に網羅的に検索できる。そのため目視確認によって生じる漏れを抑制できる。また仕様変更があった際に影響範囲を容易に特定でき、変更漏れを防止できる。

開発した技術を原子力プラントの図面管理に適用した。PDF形式の基本仕様図面と詳細仕様図面とを結ぶ約8万個の注釈をデータベース化した。これによって設計者以外で実施される、レビュー、試験、保守といった工程でも図面間の対応箇所を容易に検索できるようになった。



トレーサビリティ管理システム

基本仕様図面と詳細仕様図面はPDF形式であり、仕様書間で対応する箇所の“注釈”（青色で表示）に同一の識別子が埋め込まれている。どちらかの仕様図面の注釈をマウスでクリックすると、トレーサビリティ管理システムに、同じ識別子が埋め込まれた箇所の文書一覧を表示する。一覧から文書を指定すると、識別子を含むページを即座に表示し、対象の注釈をハイライト表示する。

1. ま え が き

製品の開発・製造は要求分析，設計，製造，試験，保守といったライフサイクルで構成され，各段階で様々な仕様書が作成される。要求に適合した製品を製造するには，これら仕様書間で対応する記載箇所が双方向に追跡可能で，整合性が維持されていることが重要である。図1に示すように，例えば要求分析で特定された機能は，基本設計で基本仕様の複数モジュールによって実現される。更に設計が進んだ詳細設計では，要求機能は詳細仕様のあちこちに分散して実装されることになる。そのような場合に各種仕様書間の対応項目の記載箇所が明確に対応付けられており，仕様書の読者が双方向に行き来して整合性を確認・検証できる必要がある。仕様書に加えて，仕様変更要求を含む議事録などとの整合性も必要となる。このような仕様書間の追跡可能性をトレーサビリティと呼ぶ⁽¹⁾。従来ソフトウェア開発では，要求分析仕様書と設計仕様書との関係をトレーサビリティ・マトリックスを使って管理してきた⁽²⁾。近年は対象が製品のライフサイクルにわたる仕様書に拡大してきている。特に安全性を重視する自動車分野などでトレーサビリティ確保が必須条件として規定され，ソフトウェアだけでなくハードウェア分野でも注目を集めている。

本稿では複雑化するシステムのトレーサビリティ管理の課題を指摘し，それを解決するための管理技術について述べる。最後に同技術を原子力プラントの図面管理に適用した例について述べる。

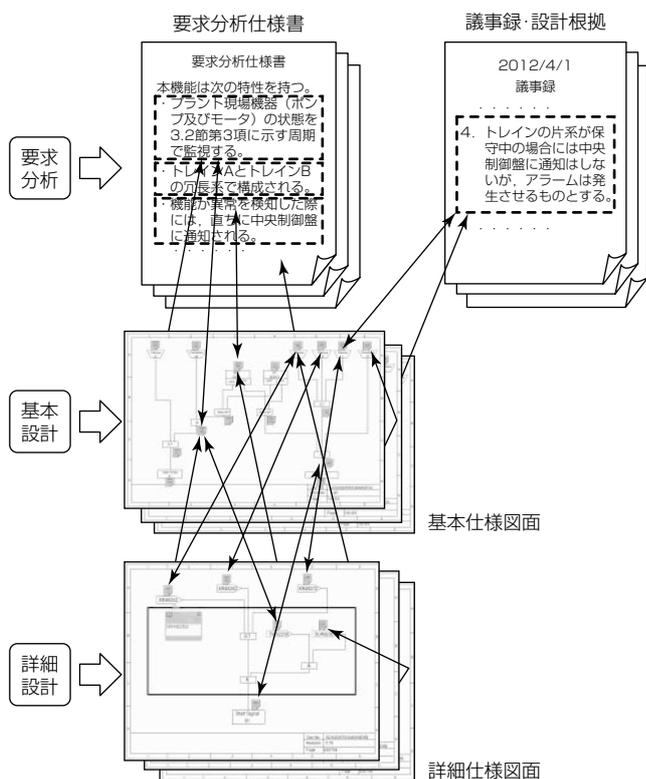


図1. 各種文書間のトレーサビリティの例

2. トレーサビリティ管理の課題

製品の高機能化に伴い構築するシステムが大規模化すると，仕様書が大量となる。そのため仕様書間の関連が複雑になり，手作業でのトレーサビリティ確保，目視での整合性の確認・検証・維持が困難となる。その結果，整合性が欠如し，成果物が要求仕様と異なる不具合が発生する。

整合性の欠如に起因する不具合を未然に防止して高い品質を確保するため，近年ISO/IEC15504(Automotive SPICE (Software Process Improvement and Capability dEtermination))やISO26262(機能安全規格)で仕様書間の双方向トレーサビリティが要求されるようになった。この要求によってトレーサビリティ管理の仕組み構築のニーズが高まっており，仕様書間のトレーサビリティを管理するツールが市販されるようになった。

一方仕様書は組織によってパソコン上の文書作成用各種アプリケーションやCADなど，様々な形式で作成されている。このためアプリケーションやファイル形式のバージョンの違いによって，組織間で文書を共有できない場合がある。この問題を回避するための共通形式として，文書形式の国際規約であるISO32000-1(PDF1.7)が普及している。ISO32000-1はアドビシステムズ社の製品である文書アプリケーションAdobe Acrobat^(註1)のファイル形式を2008年に国際規約化したものである。以下この形式を“PDF”という。

しかしPDF仕様書を対象として，任意の箇所間でトレーサビリティを確保し，文書をワンクリックすることで関連文書を表示するといった操作性の高いツールが実用化されていない。このためPDF仕様書で大規模なシステムのトレーサビリティを確保するのが困難である。

(注1) Acrobatは，Adobe Systems Inc. の登録商標である。

3. トレーサビリティ管理技術

今回PDF仕様書の双方向トレーサビリティを管理する技術を開発した。この技術はソフトウェア，ハードウェアを問わず，様々な仕様書に適用できる。

3.1 技術内容

開発した技術を次の順に適用することによって，トレーサビリティ情報を用いて仕様書間の対応箇所を網羅的かつ迅速に検索可能となる。

(1) トレーサビリティ情報の収集・貼付

PDFは文書の保存に適するが，データ形式が複雑であり文書作成には適さない。このため通常，文書の作成には各種アプリケーションを利用し，それをPDFに変換する。この技術では各種アプリケーションで作成された仕様書で，トレーサビリティを明確化する最小単位(例えば節，図，表等)ごとに定められた形式の識別子が振られていることを前提とする。

トレーサビリティ情報の収集・貼付では、PDFに変換前の文書から識別子を抽出し、変換後の文書の同じ位置にPDF文書の“注釈”として貼り付ける。図1の基本仕様図面と詳細仕様図面に複数個貼り付けた長方形が注釈である。注釈にはPDF本文とは別に文字列を記載・編集でき、別のファイルやページにコピー・ペーストできる。

(2) トレーサビリティ情報のデータベース化

トレーサビリティ情報の収集・貼付で作成されたPDF文書から識別子を記載した注釈を抽出し、そのPDF文書名と、注釈ごとのページ番号及び識別子をデータベースに格納する。

(3) トレーサビリティ情報の検索

PDF文書に貼った注釈をマウスでクリックすると、データベースを検索し同じ識別子を持つ注釈一覧を表示する。注釈一覧から任意の注釈を選択すると、その注釈を含むPDF文書が開かれ、注釈を貼ったページを表示する。

データベースに識別子以外の属性情報として文書種別(要求分析, 設計等)や対象種別(本文, 図, 表等)を格納しておくことによって、注釈一覧から所望の情報への絞り込みが可能となる。

3.2 技術の適用効果

先に述べたトレーサビリティ管理技術によって、PDF文書に関して次のことが可能となる。

(1) 仕様書間整合性の確認

製品のライフサイクルで段階的に作成される上流・下流の仕様書間で双方向に、対応箇所を容易に確認できる。これによって、次のような不具合を防止できる。

- ①仕様の記載漏れ(例えば要求事項が設計仕様書に反映されていない, 設計項目の試験が漏れている)
- ②仕様間の不整合(例えば要求事項が正確に設計されていない)

(2) 仕様変更時の影響範囲特定

任意の仕様書で仕様変更が発生した場合、それに関連する上流・下流仕様書の箇所を網羅的に検索することができる。これによって、変更漏れによる不具合を防止できる。

4. 適用例

トレーサビリティ管理技術を原子力プラント安全系DCS(Digital Control System)の図面管理に適用して、トレーサビリティ管理システムを構築した。

4.1 原子力プラント安全系DCSにおける仕様書

今回適用対象とした原子力プラントの主要な仕様書の構成は図1に示すとおり、上流に要求分析仕様書があり、これを受けて下流に基本仕様図面、さらに、詳細仕様図面がある。これ以外にも仕様書があるが、今回は最も複雑で仕様変更が多い基本仕様図面と詳細仕様図面間のトレーサビリティを管理対象とした。図2に示すとおり、基本仕様図

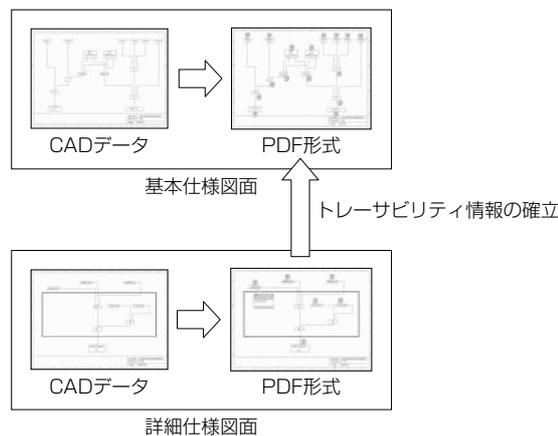


図2. PDF仕様書作成とトレーサビリティ情報確立の手順

面がCADを利用して作成される。それを更に詳細化して詳細仕様図面がやはりCADを利用して作成される。これらの文書はPDFに変換して保管される。

詳細仕様図面で、原子力プラント安全系を作動させるための信号が最も詳細な粒度で記載される。各信号にはシステムで一意の線番が付与されている。また詳細仕様図面の各ページには、どの基本仕様図面を参照しているかが記載されている。そのため、詳細仕様図面から基本仕様図面への片方向トレーサビリティは、ページ単位の粒度で確保されている。しかし詳細仕様図面の作成が完了した段階では、この線番を基本仕様図面に記載することはしていない。そのため、基本仕様図面から詳細仕様図面へのトレーサビリティを明確化するのに多大な工数がかかる。

4.2 技術の適用

(1) トレーサビリティ情報の収集・貼付

ここでは基本仕様図面と詳細仕様図面間の双方向トレーサビリティを信号の線番の粒度で確保する方法について述べる。トレーサビリティ情報の収集・貼付順序を図2で示す。CADデータをまずPDF形式に変換する。次に詳細仕様図面のCADデータから線番とそのX, Y座標を自動抽出する。そしてCADデータからPDFに変換したファイルに対し、座標変換したうえで注釈として自動的に貼り付ける。

次に詳細仕様図面のPDF注釈の中で基本仕様図面に現れるものを、PDF形式の基本仕様図面の対応する位置にコピー・ペーストする。基本仕様図面に詳細仕様図面と同じ線番が記載されていないため、この作業は図面間の対応箇所を理解した技術者が実施する。

これによって、詳細仕様図面の線番と同じ文字列を持つ注釈が基本仕様図面に貼り付けられ、対応箇所が明確になる。

(2) トレーサビリティ情報のデータベース化

基本仕様図面と詳細仕様図面に全ての注釈が貼り付けられると、これらをトレーサビリティ情報として自動的に抽出してデータベースに格納する。データベースには注釈ご

とに、PDF文書名、バージョン、ページ番号、識別子、各種属性を蓄積した。格納した注釈は約8万個である。

(3) トレーサビリティ情報の検索

PDF文書に貼られた注釈をマウスでクリックすると、トレーサビリティ管理システムがその注釈に記載された識別子(例えば“XR48252”といった線番)を取得する。その文字列が図3のトレーサビリティ管理システムの表示画面の左上に自動的に入力される。その下には同じ識別子を持つ基本仕様図面の注釈一覧、更に下には詳細仕様図面の注釈一覧が表示される。一覧の項目は、左からPDF文書名、バージョン、属性、ページ番号、識別子である。

仕様書の注釈一覧から所望の項目をクリックすると、瞬時に指定された仕様書のページが開き、一覧表にある識別子を含む注釈がハイライト表示される。

これらの方法以外に、識別子の文字列又はその部分文字列を図3の左上のテキストボックスに手動入力しても、それを含む識別子を持つ仕様書の注釈一覧を検索して表示される。

4.3 システム導入効果

基本仕様図面と詳細仕様図面の間で対応箇所を示す注釈の数は先に述べたとおり約8万個にのぼる。そのため、対応箇所の整合性を目視で確認・検証・維持するには膨大な工数がかかる。トレーサビリティ管理システムを導入することで、指定した識別子を含む全ての仕様書一覧が図3の画面に瞬時に表示されるため、漏れなく関係する仕様書を確認することができるようになった。

また基本仕様図面と詳細仕様図面の間の対応付けは、これらを設計した技術者自身にとっては時間がかかっても困難な作業ではない。しかしこれらの仕様書は下流工程のレビュー、試験、保守といった工程で参照される。その際に設計者以外が対応付けするのは困難な作業である。その場合にこのシステムを利用することによって、即座に対応付けが可能となり、思い違いに起因する不具合が減少する。

4.4 今後の課題

詳細仕様図面に対し、CADデータの識別子貼り付けを自動化することによって高速処理できた。しかし詳細仕様図面から基本仕様図面へのトレーサビリティ確保には手作

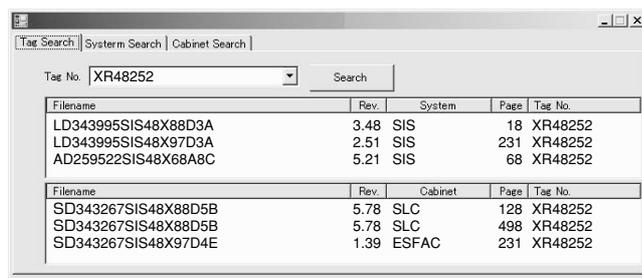


図3. トレーサビリティ管理システムの表示画面

業で注釈をコピー・ペーストしたために手間がかかった。

今後は設計を段階的に詳細化する際に、対応する箇所を自動的に関係付けすることによって、トレーサビリティ情報対応付けの手間を削減することが課題である。

5. むすび

システムの大規模化に伴って仕様書が増加し、トレーサビリティが複雑化している。そこでトレーサビリティを確保して仕様書間の整合性を確保するために開発したトレーサビリティ管理技術について述べた。

次にこの技術を原子力プラントの図面管理に適用した事例について述べた。現在、試運用の評価を踏まえ課題を整理したところである。今後、本格適用に向けて課題を解決し適用拡大を図っていく。

今後とも、システムの大規模化及び安全性要求の高度化に伴い、要求分析から保守にいたる各種仕様書のトレーサビリティ確保はますます重要となってくる。トレーサビリティ管理技術を更に進化させ、製品の品質向上に貢献していく。

参考文献

- (1) Jürgen Börstler, et al.: Traceability Between Requirements and Design: A Transformational Approach, Computer Software and Applications Conference, 1992. COMPSAC '92. Proceedings., 362 ~368 (1992)
- (2) 清水吉男:「派生開発」を成功させるプロセス改善の技術と極意, 技術評論社 (2007)