

設計書作成過程でプッシュ型デザインレビューを実現する

不具合未然防止システム naviQ とその事例紹介

Implementation and Application Examples of naviQ, a Push-Style Design Review System for Technical Specifications

中村 伊知郎[†] 谷垣 宏一^{††} 高山 泰博^{††} 岡村 博之[†] 中谷 壮志[†]

[†]三菱電機インフォメーションシステムズ(株) 〒247-8520 神奈川県鎌倉市上町屋 325 番地

^{††}三菱電機(株) 情報技術総合研究所 〒247-8501 神奈川県鎌倉市大船 5-1-1

1. はじめに

近年、製品のリコールや基準不適合などが社会問題化して企業を見る目が厳しくなり、品質確保は存続に関わる重要な課題となっている。一方でさらなる開発コスト削減や作業効率化が求められており、手戻りによる時間やコストのロスを削減するために設計の早期段階で品質を作り込む必要がある。

設計段階で発生する不具合は過去に発生したものの再発であることが多いが、多くの企業では不具合に対する経験や対応策を文書化して蓄積している。設計者は、この不具合データベースを利用して再発を未然に防止することが可能な環境にあるが、設計時間の制約や情報検索スキルの個人差等から、十分に活用されているとは言い難い。特に調達、製造や保守のサイクルで発生した不具合は設計サイクルと用語や視点が異なるため活用するには相応の経験と知識が必要であり、若手設計者にはハードルが高い。

このような現状から、設計の節目において関連設計者や関連部門を集めてベテランの目から審査する会合形式のデザインレビュー(以降、設計書の審査をDR、会合形式の審査をDR会)を行うのが、最も効果のある方法として運用されている。しかし、2007年から2010年にかけて起きる団塊世代の大量退職によりベテラン技術者の不足が予想されているので、属人的ノウハウを組織知へと置き換えてゆくことが急務となっている。

筆者らは、設計書の作成時やDR時にシステムが関連する設計知識をプッシュ型で提示してやることにより、DR実施者に設計書の内容を網羅性高くかつ効率よく審査させる仕組みを開発[2,3]し、naviQ[1,7]として製品化した。設計書の内容と提示する設計知識間の対応付けはIF-THEN形式のルールで記述できるので、個人の持つノウハウを形式知に置き換えてゆくことが可能である。本論文では、naviQの仕組みと適用事例について述べる。

2. DR作業のシステム化の範囲

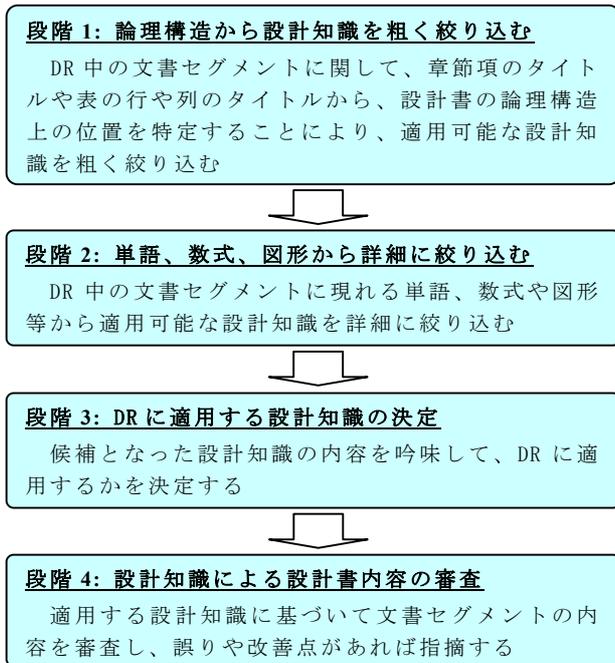
一般的なDRでは、実施者はチェックリストに基づいて、設計書に記述された製品の性能・機能・信頼性などを価格、納期などを考慮しながら審査し、誤りや改善を指摘する。特にベテラン技術者は、過去の経験や不具合事例に照らし合せて、チェックリストだけでは発見が難しい指摘も行える場合がある。

DRの作業過程を以下に述べるモデルに基づいて分析し、その中で設計書の内容から関連する設計知識(チェック項目、設計基準や不具合事例等)を抽出する作業の自動化を中心にシステム化の範囲を決めた。

2.1. DRの作業過程の分析

設計書には、主にワードプロセッサで作成される文書型と、主に表作成ソフトで作成される表型とがある。設計書には論理構造があり、文書型は章節項による階層構造を、表型は行と列によるマトリクス構造を持つ。設計書では、論理構造に基づいてどの場所にどのような内容を記述するかが業務上定められていることが多い。章節項で特定される文書片や、行タイトルや列タイトルで特定される表中のセル領域を「文書セグメント」と呼ぶことにする。

DR実施者の作業は、DR中の文書セグメントに関連しそうな設計知識を洗い出し、次にそれをDRに適用するかを決定し、最後に適用する設計知識に基づいて文書セグメントの内容を審査するという手順で進められる。この中で設計知識を洗い出す作業は、段階1(論理構造上の位置に基づく粗い絞込み)と、段階2(内容に基づく詳細な絞込み)の2つに分けられると考え、DRの作業過程を図1に示す4段階にモデル化した。naviQでは、段階1と2を自動化の対象とし、段階3と4はDR実施者が判断してその結果をシステムに入力する運用形態とした。また段階2においては、現在は単語及び単語間の関係を処理対象とし、数式や図形は対象としていない。



(注)段階 1 から 2 まだが、naviQ による自動化の対象
 図 1 DR の作業過程のモデル

2.2. 単語から設計知識を関連付ける方法の分析

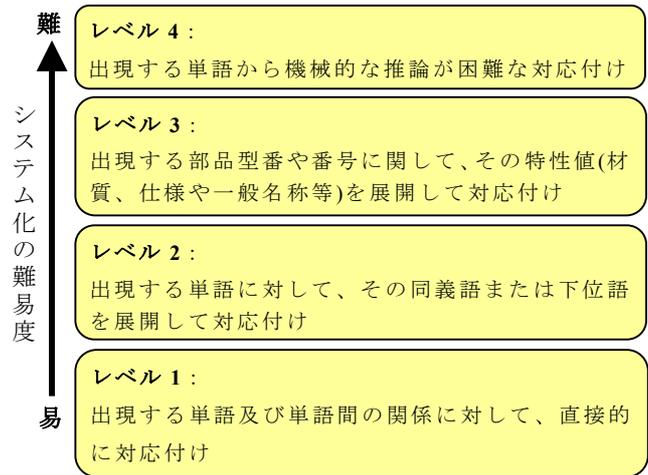
段階 2 において DR 実施者が文書セグメント中に出現する単語や単語間の関係から設計知識を対応付ける方法を、図 2 に示す 4 つのレベルに分けてモデル化した。

レベル 1 は、文書セグメント中のテキストに対してキーワード検索を適用することにより実現できる。レベル 2 は、用語に関するシソーラス辞書を整備して、出現する単語を同義語や下位語に展開することにより、検索の応用として実現できる。レベル 3 は、企業内の部品データベースを参照して、出現する部品型番や番号からその特性情報(部品名や材質等)を展開することにより、同様に検索の応用として実現できる。レベル 4 に関しては、設計知識を構造化できれば設計知識間の因果関係による連鎖に基づいて推論できる[4]が、システム化するには関連する全ての暗黙知を洗い出して形式知に置き換える作業が必要となる。現在、naviQ ではレベル 3 までを対象に実現している[2, 3]。

3. DR ルールの記述形式

DR 実施者が設計知識を洗い出す過程(図 1 の段階 1 と 2)をシステム化するために、この過程を設計内容に設計知識を照合させるルール(以降、DR ルール)として、形式的に記述することを考えた。

DR ルールは、図 3 に示す 2 通りの形式で記述する。第 1 の形式は、整理された設計知識を照合させるためのものであり、設計知識としてタイトル、説明文、



(注)レベル 1 から 3 までを naviQ で実装

図 2 単語から設計知識を関係付ける方法のモデル

表示順位及び関連 Web ページのタイトルとリンク等を記述できる。第 2 の形式は、ファイルサーバやデータベース中に未整理のまま蓄積されている設計知識を照合させるためのものであり、現状は全文検索システムである Manedge Leader[8]に対する検索式を実装している。DR ルールが設計書の内容に照合成功すると検索されたファイルが一覧されるので、選択して開くと検索式に適合した箇所を確認できる。

DR ルールの IF 部の照合条件は図 4 に示すように、
 (1) 設計書の論理構造上の位置を調べることにより、設計知識が適用可能であるかを判定する条件
 (2) 文書セグメントの内容を調べることにより、設計知識が適用可能であるかを判定する条件
 の二つの条件を組合わせて記述する。これらは、DR の作業過程をモデル化した図 1 の段階 1 と 2 に、それぞれ対応している。照合条件の書き方は、文書型の設計書の場合と表型の設計書の場合で異なる。

形式 1 : 整理された設計知識に関する DR ルール

```
IF 設計書の内容との照合条件
THEN 設計知識の表示
  ・タイトル ・説明 ・表示順位
  ・関連する Web ページのタイトルとリンク
```

形式 2 : 未整理の設計知識に関する DR ルール

```
IF 設計書の内容との照合条件
THEN 設計知識を蓄積しているファイルサーバやデータベースに対する検索式
```

図 3 DR ルールの記述形式

```
IF AND {
  設計書中の論理構造上の位置に対する照合条件
  文書セグメントの内容に対する照合条件
} THEN ...
```

図 4 設計書の内容との照合条件

3.1. 文書型設計書の場合の記述形式

章節項の構造に基づく文書型の設計書では、図 5 に例を示すように設計書中の論理構造上の位置に対する照合条件を **@見出し** : 文で、文書セグメントの内容に対する照合条件を **@本文** : 文で記述する。これらは、設計書内でどの文書セグメント(章、節、項等)を DR 中であるかに依存して、真偽値を返す文である。**@見出し** : 文は、DR 中の文書セグメントを含む章節項のタイトルが指定したキーワードを含んでいれば真を、そうでなければ偽を返す(例えば、文書セグメントが項であれば、上位の章や節のタイトルも照合対象となる)。**@本文** : 文は、DR 中の文書セグメントが指定したキーワードを含んでいれば真を、そうでなければ偽を返す。いずれの条件文でも、システムはシソーラス辞書を考慮しながらキーワード

```

IF AND{
  @見出し: 安全性検討 | 安全性対策
  @本文: 大型
  @本文: 回転体
} THEN
  “大きな回転体を確認せよ。この回転体が破砕した場合、どのように破片の飛散を防止するか” ([5]の p.160)
  
```

DR 中の文書セグメントに関し、全て真なら照合成功:

- ・ 章節項のタイトルに、「安全性検討」または「安全性対策」を含
- ・ 文書セグメントに「大型」と「回転体」の両方を含

(例文)



図 5 文書型設計書の場合の DR ルール例

```

AND (1) {
  @本文: 大型
  @本文: 回転体
}
  
```

「大型」と「回転体」が 1 パラグラフ内にあること指定

図 6 AND 演算子による単語間の距離の指定

```

IF AND{
  @見出し: 保全 | 保守
  NOT { @本文: 保全周期 }
} THEN
  “装置の保全周期は” ([5]の p.144)
  
```

DR 中の文書セグメントに関し、全て真なら照合成功:

- ・ 章節項のタイトルに、「保全」または「保守」を含
- ・ 文書セグメントに「保全周期」を含まない

図 7 NOT 演算子を使った DR ルール例

```

IF AND{
  @テキスト: 発振回路
  (部品名: 電解コンデンサ, 材質: アルミ)
} THEN
  “アルミを含むコンデンサと水晶発振器で発振回路を構成すると、周波数特性が変位する”
  
```

DR 中の文書セグメントに関し、全て真なら照合成功:

- ・ タイトルか本文に、「発振回路」を含
- ・ 本文に、材質がアルミである電解コンデンサの部品型番や番号を含

図 8 部品型番や部品番号に関する照合条件例

とテキストの照合を実行する。キーワードに正規表現を含めることもできる。

例えば「大型」が「回転体」と強い関係にあることを指定するために、図 6 のように単語間の距離を指定できる。図 7 のように **NOT** 演算子を用いて、指定したキーワードを含んでいないことを照合条件にできる。部品型番や番号に対する照合条件は、コードに対する照合ではなく、図 8 のようにその特性値(部品名や材質等)に対する照合として記述できる。システムは、部品データベースに特性値を問合せながら部品型番や番号との照合を実行する。

3.2. 表型設計書の場合の記述形式

表型の設計書は、図 9 の例のように 1 枚のシートに複数個の表が含まれている場合が多い。naviQ では、表型の設計書から連続する罫線で囲まれた最外郭の矩形領域を抽出し、それぞれ別個の表として認識する(図の例では 3 個)。また各表を解析して、上端から列タイトルを左端から行タイトルを、それぞれ抽出する。入れ子になったタイトルも認識する。

マトリクス構造に基づく表型の設計書では、図 10 のように、設計書中の論理構造上の位置に対する照合条件を **@行見出し** : 文と **@列見出し** : 文で、文書セグメントの内容に対する照合条件を **@本文** : 文で記述

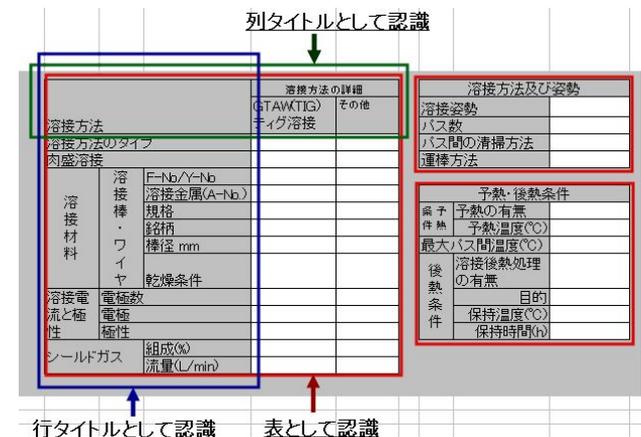


図 9 表型の設計書の自動解析

する。これらは、設計書内でどの文書セグメント(セル領域)を DR 中であるかに依存して、真偽値を返す文である。**@行見出し**：文は、DR 中の文書セグメントの行タイトルが指定したキーワードを含んでいれば真を、そうでなければ偽を返す(文書セグメントが入れ子状の行タイトルを持っていれば、そのすべてが照合対象となる)。列タイトルに関しては、**@列見出し**：文を使う。**@本文 gt** 文は、DR 中の文書セグメントが指定した値以上の数値を含んでいれば真を、そうでなければ偽を返す。同様に、**@本文**：文(指定キーワードを含)、**@本文 lt** 文(指定数値以下)、**@本文 eq** 文(指定数値と等しい)等も利用できる。

表型の設計書では、文書セグメントが持つ情報量が小さいため、図 11 のように他の文書セグメントの内容に対する照合条件と組合せる場合が多い。この場合は、以下の条件文を利用できる。またこれらの

```

IF AND{
  @列見出し：ティグ溶接 | TIG
  @行見出し：シールドガス
  @行見出し：流量
  @本文 gt 20
} THEN
  “シールドガスの流量は、通常 10～20L/分程度を使用”
  
```

DR 中の文書セグメントに関し、全て真なら照合成功：

- ・ 列タイトルに、「ティグ溶接」または「TIG」を含
- ・ 行タイトルに、「シールドガス」と「流量」を含
- ・ 文書セグメントの本文が 20 以上の数値である

図 10 表型設計書の場合の DR ルール例

```

IF AND{
  母材(P 番号)：8A
  溶接方法：被覆アーク溶接 | SMAW
  @見出し：予熱の有無
  @本文：有り
} THEN
  “予熱は行わない”
  
```

DR 中の文書セグメントに関し、全て真なら照合成功：

- ・ 「母材(P 番号)」のタイトルを持つカラムに「8A」を含、かつ「溶接方法」のタイトルを持つカラムに「被覆アーク溶接」または「SMAW」を含
- ・ 行か列のタイトルに、「予熱の有無」を含
- ・ 文書セグメントに「有り」を含

(例文)

母材(P 番号)	8A	予熱の有無	有り
溶接方法	SMAW	予熱温度	

図 11 他の文書セグメントも照合条件に含める例

みを使って、DR 位置に依存しない照合条件を書くこともできる。

(1) **行または列のタイトル名：キーワード**

指定されたタイトル名を持つセルに、指定のキーワードを含むものがあるか

(2) **行タイトル名：列タイトル名：キーワード**

指定された行と列のタイトルの組で特定されるセルに、指定のキーワードを含むものがあるか

4. 不具合未然防止システム naviQ の実装

設計者自身が積極的に設計知識を活用して不具合を未然に防止できるように、設計書の作成・編集時にも動作するシステムとして naviQ を実装した。現在は、文書型設計書に関しては Microsoft Word、表型に関しては Microsoft Excel と連携して動作する。

4.1. naviQ の動作の仕組みと機能[2][3]

naviQ の動作の仕組みを図 12 に示す。クライアント PC 上では、naviQ クライアントを動作させることにより、設計書を閲覧・編集するアプリケーションから DR 中の文書セグメントと論理構造上の位置をリアルタイムに抽出する。naviQ クライアントは、抽出した本文と論理構造のタイトルを設計書の論理構造に基づいてタグ付けした XML 文書を naviQ サーバに送信する。naviQ サーバは受信した XML 文書と DR ルールの IF 部との条件照合を行い、照合成功したルールの THEN 部が持つ設計知識の一覧を返信する。naviQ クライアントが受信した設計知識を一覧する画面例を図 13 に示す。

naviQ のシステム全体を図 14 に示す。サーバマシン上には DR ルールと DR 履歴の他に、単語の同義語や下位語を取得するためのシソーラス辞書を持つ。naviQ サーバは、部品データベースと連携して部品型番や番号の特性値を抽出したり、全文検索システムと連携して未整理の設計知識を検索したりする。

DR ルールの作成・編集には、Excel 表を利用したバッチ型と専用のルールエディタを利用した対話型の 2 つの方法がある。DR ルールには分類を定義できるので、分類を指定した適用ルールの限定や、分類別にソートした DR 結果レポートの出力等ができる。

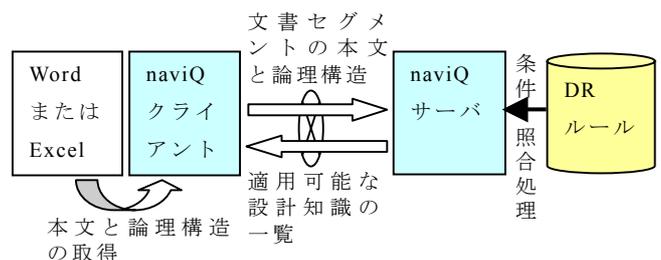
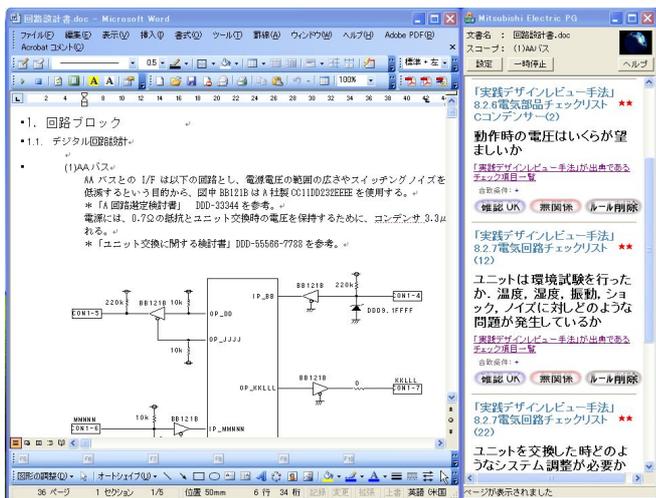


図 12 naviQ の動作の仕組み



Microsoft Word naviQ クライアント
(注)画面右に表示している設計知識は[5]の
p150,p153 から転載

図 13 回路設計書の DR 支援の画面例

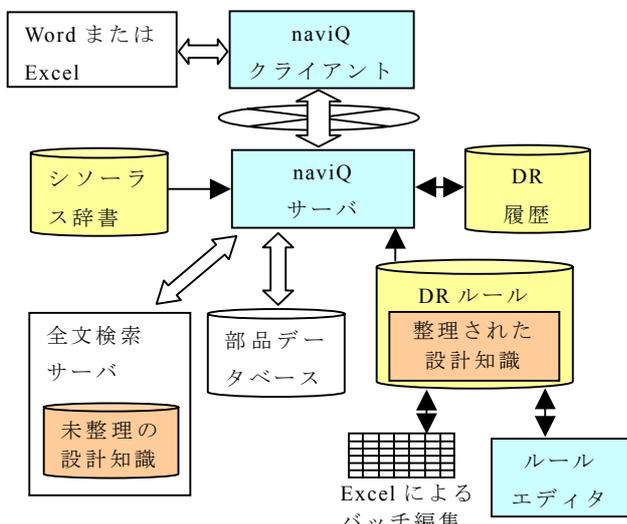


図 14 naviQ のシステム全体

naviQ クライアントは図 13 のように設計知識の下に「確認」「無関係」「ルール削除」の 3 つのボタンを表示するので、レビュー実施者はこれらのボタンを押下して、それぞれ審査終了、審査に不使用、審査に不必要を通知する。また、審査結果に関するコメント記入や DR 結果のレポート出力ができる。

その他に、本文中に出現する部品型番や番号に対して部品データベースへのリンクを Word や Excel 上で自動で埋め込む機能や、使用禁止部品の型番や番号が入力された時点で即時に警告する機能等がある。

4.2. naviQ に支援された DR 作業全体のフロー

naviQ を利用した場合、DR 会を含む DR 作業の全体は以下ようになる(図 15)。このフローによれば naviQ に支援された網羅性の高い DR を行って精度の高いレポートを事前に用意できるので、複数の技術

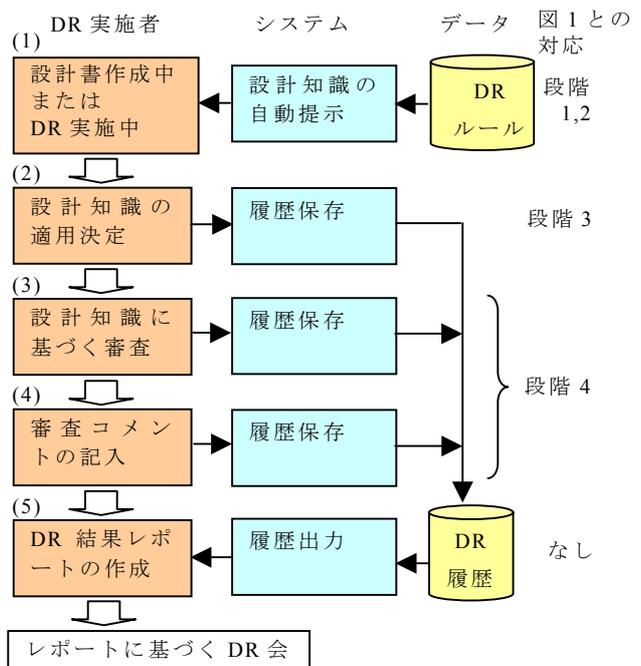


図 15 naviQ に支援された DR 作業全体のフロー

者を集めて行う DR 会において大幅な時間とコストの削減を実現できる。

- (1) システムは DR 実施者に対して、DR 中の文書セグメントに関連する設計知識を自動提示する
- (2) DR 実施者は提示された設計知識を調べて、DR に採用しないものに対しては「無関係」(レポートの出力対象)または「削除」(レポートに出力しない)ボタンを押下し、システムはこの履歴を保存する
- (3) DR 実施者は、採用した設計知識に基づいて文書セグメントの内容を審査後に「確認」ボタンを押下し、システムはこの履歴を保存する
- (4) DR 実施者は確認状況画面から審査結果に関するコメントを入力し、システムはこれを保存する
- (5) DR 実施者は DR 終了後に設計書全体に関して(2)~(4)の結果をレポート出力し、DR 会に提出する

5. 適用事例

naviQ は三菱電機社内の一部工場において回路設計に適用しており、初級及び中級設計者双方に対して設計上流段階での品質作り込み及び教育効果を確認している[1, 3]。ここではユーザに適用効果を示すために構築した二つの事例について述べる。

いずれの事例においても目的どおりの機能と性能を作り込めており、DR ルールの記述力と naviQ の実装方法が十分に実用的であることを確認できた。

5.1. 回路設計への適用事例

回路設計書に関して、書籍[5]にまとめられている

チェック項目を提示する事例を構築した(図 13 に画面例)。回路設計書は Microsoft Word で記述されており、naviQ は以下の 3 点で設計者を支援する。

- (1) 章節項に記述すべき内容に関するチェック項目をガイダンス
- (2) 章節項に記述された内容よりキーワードを検出して、該当するチェック項目をガイダンス
- (3) 章節項に記述された内容より不足するキーワードを検出して、記述漏れしていると思われる内容に関するチェック項目をガイダンス

書籍より回路設計に関するチェック項目を抽出し 160 個のルールで実現した。応答性能を表 1 に示す。

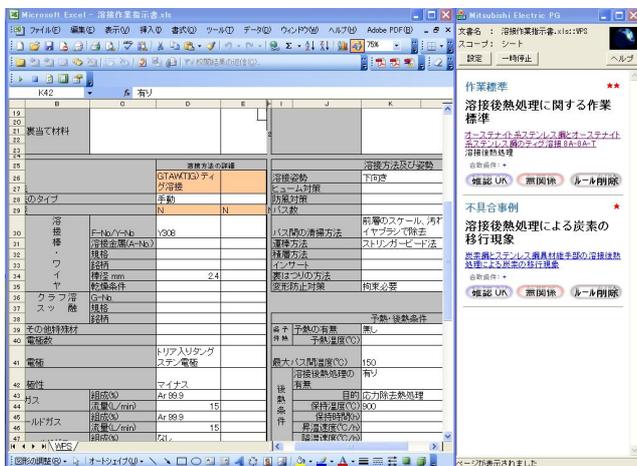
5.2. 加工指示書への適用事例

加工分野での適用事例として、アーク溶接の作業指示書の作成に関して、産業技術総合研究所 デジタルものづくり研究センターの加工技術データベース [6] にまとめられている溶接作業標準に沿ってガイダンスを行う事例を構築した(図 16 に画面例)。

加工技術データベースのアーク溶接作業標準は、母材と溶接法の組合せ別に HTML 文書としてまとめられている(事例構築時点で 25 文書が公開されている)。各 HTML 文書内はさらに十数個の章に分かれ、各章には HTML の素片識別子が定義されているので、DR ルールの THEN 部に直接リンクを記述できる。作

表 1 適用事例の応答性能

事例	応答性能	H/W 環境
回路設計 (Word)	平均 3.3 秒 (160 ルール)	サーバ OS: Windows 2003 Server CPU: Xeon 3.4GHz x 2 メモリ: 2.0GB
加工 指示書 (Excel)	平均 4.0 秒 (516 ルール)	クライアント OS: Windows XP Pro CPU: Pentium 4 3.2GHz メモリ: 2.0GB



Microsoft Excel naviQ クライアント
(注)表示している設計知識は[6]から転載

図 16 溶接作業指示書の DR 支援の画面例

業指示書は Microsoft Excel で記述されており、naviQ は以下の 4 点で設計者を支援する。

- (1) 各カラムに記述すべき内容に関する作業標準へのリンクをガイダンス
- (2) 予熱やシールドガス等に関する指定誤りを検出し、該当する作業標準へのリンクをガイダンス
- (3) 各カラムに記述された内容からキーワードを検出して、不具合事例へのリンクをガイダンス
- (4) 企業内で溶接継手形状が番号で体系化されていることを前提として、溶接継手番号より過去の作業指示書を全文検索して一覧

設計知識の情報量が大量のため、本事例は 516 個のルールで実現された。応答性能を表 1 に示す。

6. おわりに

DR のノウハウを形式的に記述することによって、設計書の作成時や DR 時に、関連する設計知識をプッシュ型で提示する naviQ の仕組みと適用事例について述べた。naviQ により、高い網羅性による DR の精度向上、及び DR 会を含めた DR 作業全体の効率向上が可能となる。現在は、CAD 等の対応アプリケーションの拡大や、設計知識の PDCA (plan-do-check-act) サイクルの構築に取り組んでいる。

謝辞

事例構築に協力いただきました茨城大学工学部の小野寺先生、日科技連出版社、及びデジタルものづくり研究センターの皆様にご心よりお礼申し上げます。

参考文献

- [1] 岡田康裕, ほか: 設計品質向上・開発力強化のための設計書チェック技術とその応用ソリューション”naviQ”, 三菱電機技法, Vol.81, No.7(2007)
- [2] K.Tanigaki, et al: Push-Style Guidance System for Technical Document Writing, Proc. ICDAR2005 (2005)
- [3] T.Hirano, et al: Push-Style Design Support System: Automatic Check of Technical Document with Design Knowledge, Proc. ICKM2007(2007)
- [4] 田村泰彦, ほか: 不具合に関する設計知識の運用に関する研究～不具合に至る因果連鎖の知識構造の構築～, 品質, Vol.32, No.1(2002)
- [5] 小野寺勝重: 実践デザインレビュー手法, 日科技連出版(2002) (注: 事例構築に当たっては、著者と出版社から承諾を得た)
- [6] 産業技術総合研究所 デジタルものづくり研究センター: 加工技術データベース (注: 事例構築に当たっては研究センターより承諾を得た) <http://www.monozukuri.org/db-dmrc/index.html>
- [7] 三菱電機インフォメーションシステムズ(株): 三菱設計品質向上支援ソリューション naviQ <http://www.mdis.co.jp/naviq/index.html>
- [8] 三菱電機インフォメーションシステムズ(株): 三菱電機統合ドキュメント管理システム Manedge Leader <http://www.mdis.co.jp/manedgeleader/index.html>