

# 設計プロセスを革新する ナレッジベースエンジニアリングの取り組み

Approach of Knowledge Based Engineering to Innovate Design Procedure

野中 紀彦 Norihiko Nonaka

清水 勇喜 Yuki Shimizu

西垣 一郎 Ichiro Nishigaki

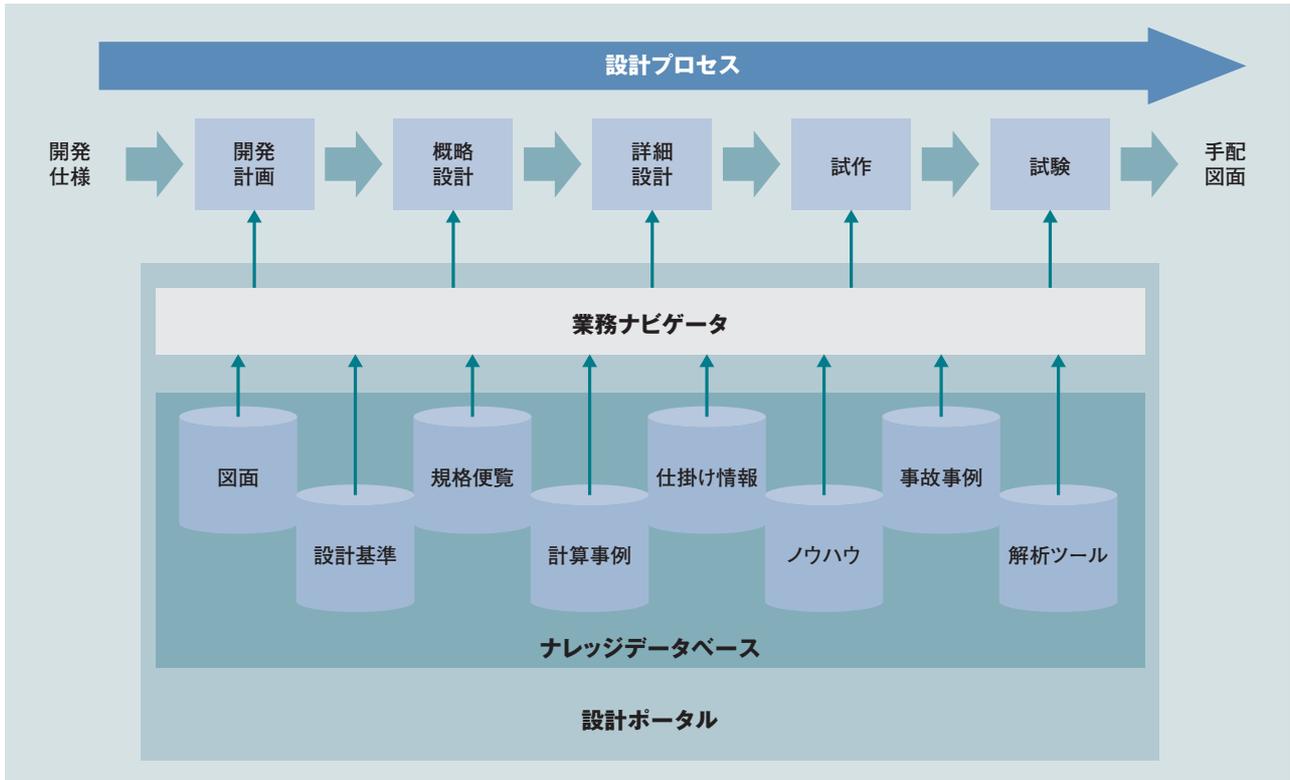


図1 KBE (Knowledge Based Engineering) システムの全体像

製品開発のスピードアップと設計信頼性向上には、設計プロセスを「見える化」し、プロセスで必要な情報を効果的に提供することが必要である。

日立製作所は、製品開発のスピードアップと設計信頼性の向上を目的に、設計ナレッジを有効に活用するナレッジベースエンジニアリング(KBE)を強力に推進している。その中のキーツールとして開発している業務ナビゲータは、標準化した設計プロセスを可視化し、各プロセスで必要な参照情報、設計ツールをタイムリーに提供することで設計業務を支援するものである。

KBEは、日立グループ各社で活用され、設計期間の短縮に貢献しており、設計ナレッジを享受する設計者に「気づき」を起こさせる知識循環型の設計支援環境へと発展している。

## 1. はじめに

日立製作所のDNAとして、製品開発で得られた知識、経験、失敗事例は大切に継承し、知的財産として活用してきている。創業以来、技術開発を統率した馬場象夫元専務が提唱し、社内で継承されてきた「落穂拾いの精神」はその一環であり、人から人へと失敗事例を伝承することで、同じ失敗を二度と繰り返さないための取り組みである。

新製品の開発では、新しい機能や高い性能を実現するための新技術と、過去の製品開発で蓄積された技術、ノウハウ、ツールなどの知的財産(設計ナレッジ)が必要となる。特に後者の設計ナレッジは、製品の基本的な性能や信頼性を継続的に確保していくためには欠かせない設計情報である。従来、設計ナレッジは、図面や設計書の形で蓄積して再利用されていたが、設計ノウハウのように、設計業務の中で長い時間を掛けて人から人へと伝承してきた設計ナレッジも少なくない。

近年、ITの飛躍的な進歩により、設計ナレッジも電子的に蓄積することによって設計者間で共有できるようになった。しかし、製品開発期間の大幅な短縮が進むにつれ、人から人への技術伝承にあまり長い時間を掛けられなくなってきている。

そこで、日立製作所は、製品開発のスピードアップと設計信頼性の向上を目的に、計算科学シミュレーション技術を駆使した解析主導設計と、設計ナレッジを有効に活用するナレッジベースエンジニアリング (Knowledge Based Engineering:KBE)を強力に推進してきた<sup>1),2),3)</sup>。

後者のKBEに関するシステムは、設計者に役立つ設計ナレッジをタイムリーに提供することで設計業務を支援するものである。これにより、ベテラン設計者の設計ナレッジを効率的に若手設計者に受け継いでいくことが可能となる。

ここでは、KBEのコンセプト、設計ナレッジの蓄積と活用を支援する業務ナビゲータ、KBEシステムの適用事例について述べる。

## 2. KBEのコンセプト

KBEの推進にあたっては、設計ナレッジの蓄積とタイムリーな活用を実現するために、「設計プロセス」に着目した。従来の設計支援システムでは、設計者が設計ナレッジのデータベースを適宜参照することで設計ナレッジの共有を図ってきた。しかし、これだけでは設計ナレッジをタイムリーに活用することはできない。そこで、KBEでは設計業務全体を調査分析することで標準の設計プロセスを見だし、設計ナレッジが設計業務のどのプロセスで必要とされているかを明らかにした。これに基づき、設計プロセスに沿って設計成果物や設計メモを蓄積し、さらに次の設計において、それらを活用できる業務ナビゲータを開発した。業務ナビゲータを中核としたKBEシステムの全体像を図1に示す。KBEシステムは、業務ナビゲータ、設計ナレッジが蓄積されたナレッジデータベース、KBEの入口サイトである設計ポータルにより構成される。設計者は設計ポータルから業務ナビゲータを利用し、設計プロセスとともに設計ナレッジを参照しながら設計を進める。

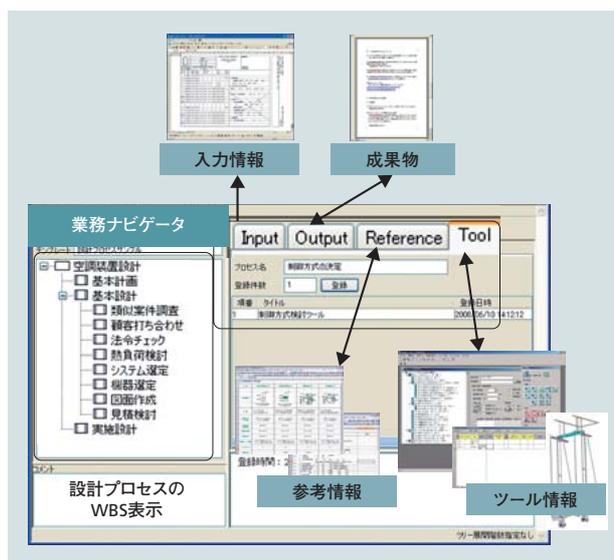
次にKBEシステムのキーツールである業務ナビゲータについて述べる。

## 3. 業務ナビゲータ

業務ナビゲータは、設計プロセスの「見える化」、タイムリーな設計ナレッジの提供という二つの特徴を持つ。

業務ナビゲータの概要を図2に示す。

業務ナビゲータでは、設計プロセスの大まかな流れと詳細な検討項目を体系的に把握できるように、設計プロセスをフェーズに分け、さらにその各業務について詳細な検討項目まで細分化するWBS(Work Breakdown Structure)形式で設



注:略語説明 WBS(Work Breakdown Structure)

図2 業務ナビゲータ

設計プロセスを「見える化」し、設計プロセスに沿ってタイムリーに業務実行に必要な設計ナレッジを提供する。

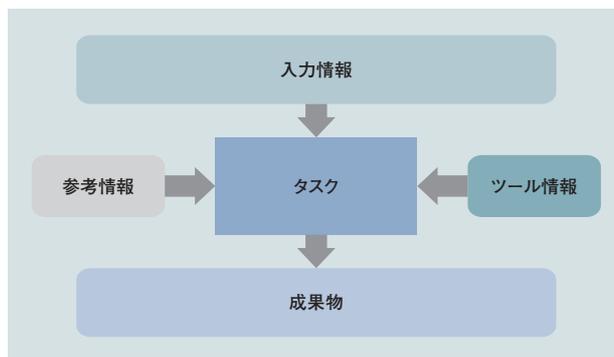


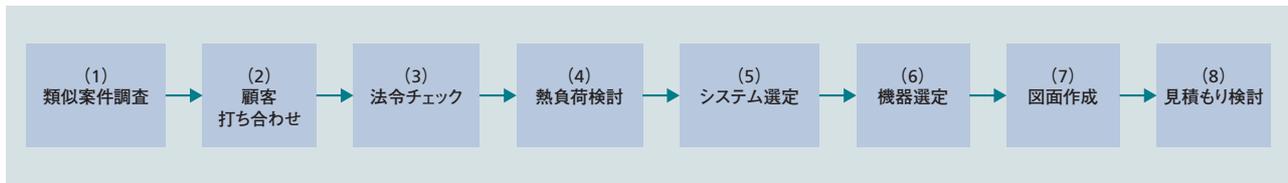
図3 設計ナレッジ分類

タスクにおいて扱うナレッジ进行分类する。

計プロセスを表示する。この細分化した業務をタスクと呼ぶ。

また、このタスク一つ一つを分析すると、図3に示すように、設計の各タスクでは入力情報、参考情報、ツール情報を用いて成果物が作成され、このタスクが数珠つなぎになって最終成果物が作成されていることがわかる。入力情報は、上流工程で作成された成果物であり、そのタスクを実行するうえで必要な情報である。また、参考情報とは設計基準や設計ノウハウなどの情報であり、ツール情報は、CAE(Computer-aided Engineering)ツールや設計者が作成した計算ツールなどである。

そこで、業務ナビゲータでは、各タスクにおいて扱う情報を入力情報、参考情報、ツール情報、成果物の四つに分類し、設計プロセスの各タスクにこれらに関連づける。入力情報については、タスクの前後関係を設定し、上流工程で登録された成果物を、下流工程のタスクの入力情報として表示することが可能である。これらの四つの情報は、業務ナビゲータ上に表示されたタスクを選択すると、それぞれが一覧表示され、そこから起動することができる。



**図4 主要な空調設備設計の流れ**  
業務分析を行い、削減できる項目を明確にする。

設計者は、業務ナビゲータ上に表示された各タスクの入力情報、参考情報、ツール情報を用いて業務を実行する。作成した成果物は、登録するとタスクに関連づけて蓄積される。さらに、登録した成果物は下流工程の関連するタスクに引き継がれ、入力情報として利用する。これらを設計プロセスに沿って実行していくことで、抜けのない設計が可能となる。

このように、設計者は、設計プロセスに沿って、タスクを実行するうえで必要な設計ナレッジである入力情報、参考情報およびツール情報をタイムリーに利用することができる。さらに作成した成果物を設計プロセスに登録し、最終成果物になるまでの履歴を残すことにより、次の設計において設計事例として活用することが可能となる。

#### 4. KBEシステムの適用事例

##### 4.1 空調設備設計支援KBEシステム

KBEシステムを、クリーンルームをはじめとする空調設備における設計業務に適用した事例について以下に述べる。

空調設備業界では、受注競争のために常に低コスト化が要求され、設計期間の短縮化が必須である。このため、設計効率を向上させることが急務である。これに対応し、設計プロセスを「見える化」してKBEシステムを開発した。

まず設計業務の分析を行った。空調設備設計の流れを**図4**に示す。新たな設計案件に着手すると、過去に類似の案件がないか調査をする。そして顧客と打ち合わせを実施し、仕様の確認を行い、工事に向けて法令のチェックを行う。次に顧客の要求仕様に基づいて、部屋にある機器や人員などの発熱量を算出する熱負荷の検討を行う。予算や要求仕様、算出した熱負荷に見合う空調設備のシステム構成を決定した後、決定した空調設備のシステム構成の内容である空調機、ファンコイルなどの機器を決定して図面を作成し、作成した図面から工事費を見積もる。

業務分析により、従来の設計では過去の案件、技術資料、計算ツールなどの検索やその内容の検討、熱負荷の検討の際に計算ツールで使用する設計パラメータや機器の選定方法など、若手設計者がベテラン設計者への相談に費やす時間が多く占めていることがわかった。そこで、この時間を削減し効率化を図ることにした。

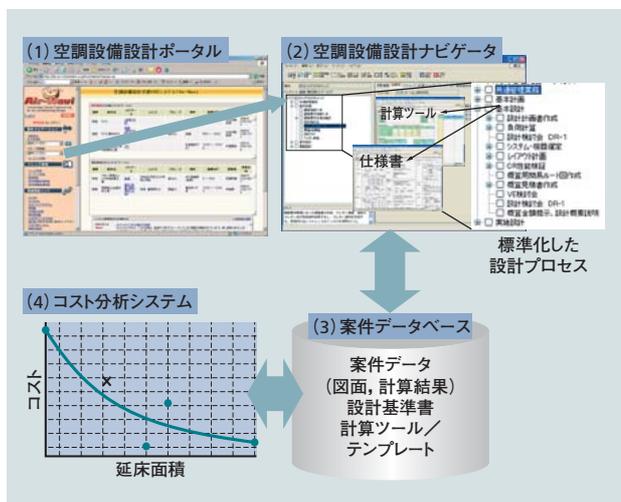
KBEシステムは以下の4項目から構成される(**図5**参照)。

##### (1) 空調設備設計ポータル

ナビゲータを通じて登録された案件情報の検索、熱負荷計算書や系統図などの成果物の検索、およびKBEシステム導入以前の設計情報の検索を行う。

##### (2) 空調設備設計ナビゲータ

クリーンルームなどの産業向け、事務所などの一般建築向けの標準的な設計プロセスを定義し、それを業務ナビゲータに実装した。設計プロセスの定義のために、顧客提案などの設計フェーズを「基本計画プロセス」、基本機能を満たすための設計フェーズを「基本設計プロセス」、受注、契約用の設計フェーズを「実施設計プロセス」として三つのフェーズを定義した。それぞれのフェーズの中で、先に述べた設計プロセスを詳細化していくことにより、設計プロセスを「見える化」した。その結果、産業向け、一般建築向け設計プロセスに対して、従来の大まかな1階層の設計プロセスが、4階層に分けて100程度の設計プロセスに細分化されることになった。また、ツール情報およびリファレンス情報に関しては、熱負荷計算などの計算ツールや設計図の特記仕様書、ISO(International Organization for Standardization)書類など、さまざまな案件に対して利用できるものについてはテンプレート化して、該当するプロセスのツール情報から利用できるようにした。また、空調装置選定のガイドライン、作図基準などの設計基準や熱負荷計算の装置負荷率などの入力パラメータなども新たに定義し、各種



**図5 KBEシステムの構成**

標準化した設計プロセスから必要な設計ツール、設計基準などの資料をタイムリーに設計者に提供することで設計を支援する。

		従来の全工数:100							
	(1) 類似 案件調査	(2) 顧客 打ち合わせ	(3) 法令チェック	(4) 熱負荷検討	(5) システム選定	(6) 機器選定	(7) 図面作成	(8) 見積もり 検討	
従来の工数	1	2	2	13	2	7	50	23	
KBEの工数	0	2	1	11	2	4	45	20	
		KBEシステムによる工数:85							

図6 従来とKBEシステムを適用した際の工数の比較

KBEシステムを適用することにより、設計期間15%短縮化の見通しを得た。

申請手続き要領などのリファレンス情報についても、該当プロセスのリファレンス情報から利用できるようにした。

### (3) 案件データベース

設計プロセスに結び付けられた計算書、見積書、設計図面などの成果物を、過去の案件情報として検索する。

### (4) コスト分析システム

案件の積算コスト情報をデータベース化し、そこから延床面積当たりの工事費などの原単位情報を自動集計することができる。見積もり検討プロセスにおいて、従来は過去の見積もり情報の探し出しから検討書作成までを手作業で行っていたが、集計された原単位情報をグラフ表示し、さらに検討書を自動生成できるようにした。

## 4.2 KBEシステムの適用効果

従来の工数全体を100として、KBEシステムの適用前と適用後の工数の割合を図6に示す。KBEシステムの適用により、従来に比べて工数を15%短縮化できた。効果が大きかった法令チェックプロセスと機器選定プロセスでは、必要な資料の検索やベテラン設計者への相談に時間を費やしていたが、該当プロセスから要領書や選定基準を参照することで大幅に時間を短縮した。また、類似案件調査プロセスにおいても、過去案件の検索に時間を要していたが、案件データベースによって瞬時に検索できるようになった。システム選定プロセスで

は短縮効果はなかったが、今後、選定方法をルール化することによって短縮も可能である。また、ベテラン設計者が持っていたノウハウを設計基準として定義し、参照情報として整備することにより、技術伝承の効果も期待できる。

## 5. おわりに

ここでは、KBEのコンセプト、設計ナレッジの蓄積と活用を支援する業務ナビゲータ、KBEシステムの適用事例について述べた。

業務ナビゲータを介して蓄積される設計結果や設計根拠は、設計履歴そのものであり、その中にはベテラン設計者が図面や設計書などに残せなかったさまざまな設計ノウハウが含まれていると考えられる。今後はこれらの情報を収集・分析して体系化するデータマイニング技術を開発し、設計ナレッジを享受する設計者に「気づき」を起こさせる知識循環型の設計支援環境へと発展させていく考えである。

### 参考文献

- 1) 野中, 外:解析支援のためのナレッジ活用型CAEシステムの開発, 日本機械学会第12回設計工学・システム部門講演会論文集, No.02-31 (2002.11)
- 2) 清水, 外:開発設計のためのナレッジ活用型業務誘導システムの開発, 日本機械学会年次大会講演論文集, Vol.2004, No.7, p.239~240 (2004.9)
- 3) 清水, 外:業務ナビゲータによる設計プロセスの標準化と見える化, 日本機械学会茨城講演会論文集(2008.9)

### 執筆者紹介



#### 野中 紀彦

1998年日立製作所入社, 機械研究所 高度設計シミュレーションセンタ 所属  
現在, ナレッジを活用した設計支援技術および解析主導設計の研究開発に従事  
工学博士  
日本機械学会会員



#### 西垣 一朗

1983年日立製作所入社, 機械研究所 高度設計シミュレーションセンタ 所属  
現在, ナレッジエンジニアリングおよび解析主導設計の研究開発に従事  
日本機械学会会員, 日本応用数理学会会員



#### 清水 勇喜

2001年日立製作所入社, 機械研究所 高度設計シミュレーションセンタ 所属  
現在, ナレッジを活用した設計支援技術の研究開発に従事  
日本機械学会会員