

設計開発における知識継承

中山 康子 yasko.nakayama@toshiba.co.jp
(株) 東芝研究開発センター

市場環境が高速かつ多様に変化する中での製品開発の加速、事業再編成や組織のスリム化による人員構成の変化などにより、人の経験に基づく知識が継承されにくくなり、これに起因する技術力低下が懸念され始めている。この問題に対処するためには、これまで自然発生に任されていた知識や知恵の管理を組織的に行うことが必要である。本稿では、設計開発における知識継承の課題、継承すべき知識やその活用のための施策について述べる。

知識継承の必要性

企業経営の中で、企業競争力の源泉である知識資産をいかに有効に活用・運営していくかが大きな課題となっている。企業にとっての知識とは、「企業が価値創造を最大限に効果的に行うために活用すべき情報および人の行動を決定づける考え方」と定義することができる。

組織が持つ知識資産は技術・技能やブランドエクイティから仕事の進め方やルール、組織文化まで多岐にわたる。いかに優れた知識でも、知識の所有者から他の人や組織に継承され、活用されなければ存在価値は失われる。したがって、組織が持つ知識資産を維持拡張するためには、人が意識的に知識を継承し、活用できるようにしなければならない。

国内では、団塊世代の技術者が退職のピークを迎える2007年問題が社会的な問題となっている。内閣府が実施した企業アンケート調査の結果では、団塊世代の大量退職が企業活動に影響を与えとの回答が49%にのぼり、経営問題としての関心の高さをうかがわせている。技術や技能の伝承については、かなり困難になるとの回答は4.7%で、多少困難になるとの回答41.4%と合わ

せると、半数近くの企業が技術力低下を問題視している。また、経済産業省の「新産業創造戦略」の2005年版には、2007年問題を克服するために、企業OBの活用や人材育成が重点的政策として盛り込まれている。当社の設計開発関連部門を対象として実施した調査でも、約95%が知識継承の必要性がある、約90%が特にベテランの知識継承が必要と回答した。また、約60%が現状では知識継承が不十分と回答した。

設計開発における知識継承の主要な目的は製品品質の向上であるが、昨今知識継承が重要視されてきた背景には、2007年問題に代表される人員構成の変化や、コストダウンによるアウトソース化や生産現場の海外移転の進展のほか、仕事のやり方がシステム依存になり、人間系のコミュニケーションが希薄になってきたことなどさまざまな理由がある。最近では技術・技能を海外から戻す動きも徐々に見られるが、先人の知識を組織的に継承して技術力を向上する仕組みの構築は急務である。

価値創造活動における知識

知識継承について検討する上で、まずは継承すべき知識は何かを考えなければならない。先に知識は価値創造

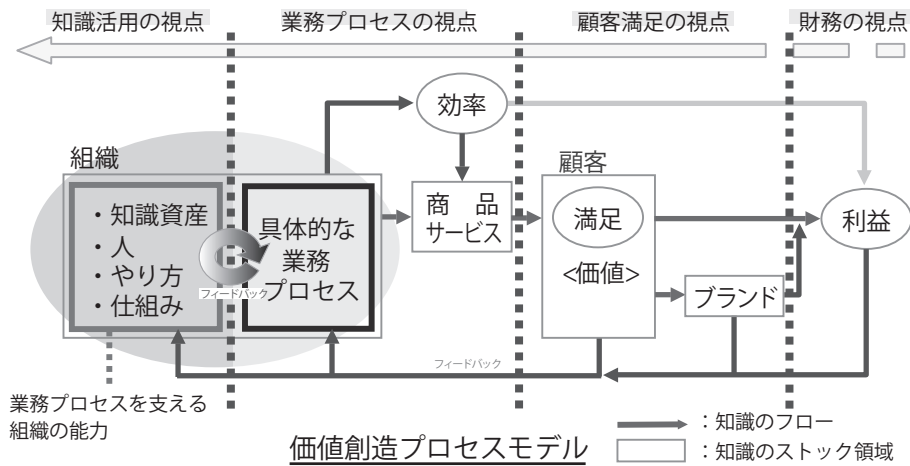


図-1 価値創造活動における知識

活動を行う上で活用する情報や人の行動を決定づける考え方と定義したが、ここでは、価値創造活動とは何かを考えてみる。

組織における価値創造活動は図-1のようにモデル化することができる。組織活動は、知識資産、人、やり方、仕組みの4つの構成要素による具体的な業務プロセスの実行である。このプロセスが商品やサービスを創出し、顧客に新たな価値を与え、それが企業のブランドを形成し、最終的に利益を生み出す。また、顧客満足のフィードバックにより、組織で扱う新たな知識を獲得し、業務プロセスを改善する。したがって、価値創造活動を最大限に効果的に行うためには、業務で活用すべき知識の確認、あるいは不足知識、強化すべき知識の洗い出しを行うことが必要である。知識活用による業務プロセスは、顧客への価値だけでなく、業務の効率という価値も生み出すことができる。

では、価値創造活動を最大限に効果的に行う上で組織が持つべき知識はどのようにして決定するのか。知識活用の目的は、組織が価値を創出することであり、組織が持つべき知識は、組織がいかなる価値を創出するかという組織課題によって決定づけることができる。価値創造プロセスモデルはBSC（バランス・スコアカード）^{☆1}の4つの視点、すなわち、財務の視点、顧客の視点、業務の視点、学習と成長の視点と対応づけられる。知識継承は4つの視点のうちの組織能力を向上する学習と成長の視点の課題の1つであるため、このモデルでは特に知識活用の視点で課題を整理する。組織課題は図中の矢印が示すように、財務の視点から知識活用の視点へとドリル

^{☆1} BSC（バランス・スコアカード）：企業のビジョンと戦略を業務目標や人材育成まで落とし込み、短・中・長期の事業目標をバランスよく実現するために考案された業績評価手法。評価領域として「財務」「顧客」「業務プロセス」「学習と成長」の4つの視点を設定する。

ダウンし、組織が持つべき知識、継承すべき知識を洗い出す。

知識継承の分類

知識継承は、知識を誰から誰に伝えるかという視点で以下の3つに分類することができる。

前工程から次工程へ

設計開発は、開発計画から保守まで複数の工程を経て行われるが、これは、各工程で生成した知識を次工程で活用して新たな知識を生成する知識の変換プロセスといえる。各工程間では設計情報に加え、設計の背景にある意図や理由などの知識を伝える必要がある。前工程から必要な知識が伝わらないと、顧客要求を満足しない、不具合が発生するなどの問題が生じる。各工程で活用する知識の十分な定義と、次工程への遷移時に知識の抜けがないかのチェック機構が必要である。

プロジェクトからプロジェクトへ

過去のプロジェクトで生成あるいは獲得した知識を次のプロジェクトで再利用することにより、品質や開発効率を向上する。通常、設計開発データや設計図などの図書はPDM（Product Data Management）などに蓄積されるが、設計根拠や設計変更の経緯など設計の背景にある知識は文書として残らないことが多く、これらの知識を意識的に伝える施策が必要である。また、製品のライフサイクルの長短や製品の種別・寿命等により、プロジェクトの人員交代や継承にかかる期間が異なるため、それぞれに合ったやり方がある。



	内容	特性	継承の方法
定型的知識	<ul style="list-style-type: none"> 要素技術, 設計/製造技術 設計/製造規格, 管理規格 設計/作業要領 設計の好事例, 失敗事例 汎用的な設計モデル, ルール 	<ul style="list-style-type: none"> 形式知 標準/汎用 普及  	<ul style="list-style-type: none"> 教育, 研修 マニュアル, テキスト 知識データベース ノウハウ集, ルール集等
経験的知識	<ul style="list-style-type: none"> 技術の応用, 使い方 設計/作業のコツ 設計に取り組む姿勢 設計時の見積り力, 洞察力 協働作業の進め方 	<ul style="list-style-type: none"> 暗黙知 コンテキスト依存 経験により獲得 伝承  	<ul style="list-style-type: none"> OJT マンツーマン教育 職場活動 品質会議, 技術道場等
感覚的知識	<ul style="list-style-type: none"> 設計に対する世界観 事例や現象を理解する 認知モデル 翻訳能力 	<ul style="list-style-type: none"> 暗黙知 個人資質に依存 ある程度先天的 高度な伝承 	<ul style="list-style-type: none"> 人材の投入 徒弟教育 実務研修

表-1 知識の種類

組織から組織へ(次の世代へ)

組織能力の維持向上のために、熟練者から初心者へ、スキルの高い者から低い者へノウハウや技術・技能の継承を行う。専門家の高度なスキルや専門知識は、専門家育成候補者を選任することにより伝承する。また、技術進歩や事業戦略の変化に伴い技術あるいは製品そのものの知識は変わっても、仕事のやり方や行動様式などの優れた知識資産は引き継ぐべきである。

継承する知識の分類

紺野¹⁾は知識資産を、知識の形成のされ方(経験的に生み出された知識、顧客の知覚によって成立している知識、明文化された知識、制度や仕組み)や知識が存在する場や関係性(市場との共有によって維持する知識、組織的に共有されている知識、製品やサービスに含まれる知識)の視点で分類しているが、筆者は、知識継承を考える上で知識を個人がどのように獲得するかという視点で表-1に示すように3つに分類する。すなわち、教育やテキストで学ぶことができる知識、業務経験を通じて獲得する知識、先天的に備わっているかまたは長い年月をかけて獲得する知識である。

定型的知識

技術や製品、設計製造規格、設計作業要領などに関する基本的な知識で、明文化された形式知である。これらの知識は教育やテキストにより広範囲に普及できる。当社の調査結果では、事例の共有、ノウハウ集、ルール集、設計・設定の根拠書などが継承施策として挙げられた。

経験的知識

実際の設計開発では、定型的知識を実業務のコンテク

ストで使いこなす能力が必要となる。これは業務経験により獲得する知識で、設計や作業のコツ、設計時の見積り力や洞察力、製品ライフサイクル全体を見渡す知識など熟練な暗黙知である。これらの知識はOJT(On the Job Training)や独自の職場活動で伝承されるもので、当社の調査結果では、マンツーマン教育、技術道場、品質会議などが施策の例として挙げられた。またこれらの施策は知識継承に役立っているという結果が出ている。

感覚的知識

設計に対する世界観、良い設計を行うための感性やセンス、認知能力など個人の資質に依存する知識である。たとえば、顧客要求を機能に変換する翻訳能力、事例を体系化・モデル化する能力などがこれに相当し、継承には時間がかかる。

これらの知識のうち定型的知識はシステム導入により現状でもある程度継承が行われているが、今後は従来伝わりにくい経験的知識の積極的な継承を検討すべきである。

知識継承の取り組み

では、どのようにして知識継承を行うか、筆者らは知識継承施策設計のガイドライン作りや知識継承技術の研究を行っている。図-1に示すように組織の価値創造活動は組織活動の4つの構成要素、すなわち知識資産、人、やり方、仕組みによる具体的プロセスによって遂行される。したがって、価値創造活動の基盤となる知識継承活動もこの4つの要素で構成する業務プロセスとして実現できる。

筆者らが実施した社内外の調査結果に基づき、知識継承の取り組みを、継承する知識資産(定型的、経験的、感覚的)と知識資産を扱う施策(人、やり方、仕組み)の2軸で図-2のように分類した。

人

従来から現場レベルで業務の中に組み込んで実施しているコミュニケーションによる伝承や、マンツーマン教育に代表される人材育成など、人間系で知識を伝える取り組みである。過去の不具合事例分析による品質意識の向上、再発防止策を学ぶ品質寺子屋やケーススタディなどは多くの職場で実施されている。また、近年ベテラン技術者による若手への技術・技能伝承の積極的な取り組みが見られる。しかしながら、ベテラン技術者が必ずしも指導力に優れているとは限らず、東京大学がベテラン

仕組み <small>ルール</small> やり方 <small>ツールのシステム</small> 人 <small>技術ノウハウ</small>	<ul style="list-style-type: none"> ・資格制度 ・ローテーション/キャリアパス ・技術/技能研修制度 ・定年延長と定年退職者再雇用 	<ul style="list-style-type: none"> ・DR(Design Review)整備 ・品質会議 ・ナレッジマネージャ制度 ・設計開発プロセス標準化 	
	<ul style="list-style-type: none"> ・技術技能マップ(CUDBAS) ・振り返りレビュー会 ・チームデザイン 	<ul style="list-style-type: none"> ・注釈機能付き共有DB ・失敗、不具合の構造化 ・べからず集 ・設計ノウハウ集 ・注釈機能付きCAD 	
	<ul style="list-style-type: none"> ・熟練者の疑似体験 ・熟練技術の画像分析・訓練 ・手順やプロセスのガイド、ナビゲーション ・設計の背景知識の形式知化 	<ul style="list-style-type: none"> ・マンツーマン教育 ・後継者育成 ・製品ライフサイクル全体が分かる人材育成 ・ケーススタディ ・引継ぎ作業の工夫 ・世代間コミュニケーション ・プロジェクトマネージャ育成 	
	感覚的知識	経験的知識	定型的知識

図-2 知識継承施策マップ

技術者の指導力を育成する「ものづくり先生」養成講座を開設する動きもあり、今後指導力の育成が重要になってくるであろう。

やり方

知識継承を意識的に行うために、システムやツールを駆使した取り組みであり、設計文書には記載されにくい設計知識を形式知化することに主眼が置かれている。過去不具合から学んだ知識や設計知識をデータベース化した「べからず集」や「ノウハウ集」などの知識共有化の施策においては、知識の有効活用を図るため、業務遂行時に適切な知識を参照させる工夫が必要である。また、手順的な知識を継承するためのガイダンスやナビゲーションシステムが開発されている。熟練技能の伝承では、画像を用いて技能を可視化、数値化する技能分析・訓練システムを開発している²⁾。技能やスキルなどの暗黙知の継承は従来人間系で伝承されているが、効率的な知識継承を行うためには今後暗黙知の形式知化を図っていくことが必要である。

仕組み

知識を継承するには、まずは現場レベルの施策を実践することが先決であるが、より効果的に行うには、制度化・ルール化して組織的な仕組みに上げていくことが重要であると考えられる。2006年4月から改正高年齢雇用安定法が施行されて雇用延長が義務づけられ、定年延長する企業も増えつつあるが、知識継承という意味においては一時的な施策にすぎず、根本的な解決にはなっていない。組織としての技術力・開発力を持続的に向上させる

ためには、技術者の能力を的確に把握した上で最適な人材配置と育成を行う必要がある。また、当社の調査では、知識継承を阻害する要因の1つとして、製品開発が加速する中での振り返りや知識整理の時間確保が難しいことが挙げられた。このような状況の中で、企業の資産である知識の管理運用をミッションとする専門職の配置（ナレッジマネージャ制度）や専門組織の導入が必要であると考えられる。

以上に、知識継承の取り組みを概観したが、以下に代表的な施策について解説する。

失敗・不具合の構造化

過去の失敗や不具合から学んだ知識を継承して、不具合再発防止に活かすためには、単に事例のまま蓄積するのではなく、そこから学んだ教訓を活用の視点で書き換える必要がある。失敗事例を分析し、後の設計開発で活用するためにいくつかの取り組みが行われている。

失敗知識データベース³⁾

科学技術振興機構（JST）は、科学技術分野の事故や失敗を未然に防止し、技術の信頼性と社会の安全性の向上に資するため、過去の事故や失敗の収集と分析を行い、得られた教訓を整理した「失敗知識データベース」を2005年3月から無料で一般公開している。このデータベースの特徴は以下のとおりである。

①「失敗まんだら」と呼ぶ失敗の原因、行動、結果を分類した体系と、それに基づいて失敗に至る脈略を記述

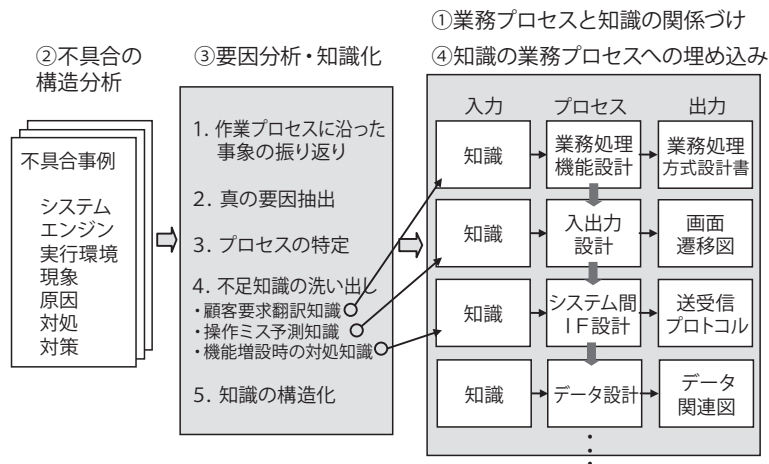


図-3 不具合事例からの知識抽出

するシナリオにより失敗を構造化している。

- ② 機械，材料，化学物質・プラント，建設の4分野で約1,000件のデータを搭載している。
- ③ 「失敗百選」として失敗事例の中から国内外の典型的な事例を100例程度取り上げ，読みやすく記述している。

SSM (Stress-strength model)⁴⁾

失敗知識データベースが人間の行動レベルのモデルになっているのに対し，SSMは，故障，不具合の発生メカニズムを工学的な観点で構造的に表現し，故障予測に活用しようとするものである。SSMは以下の5つの要素間の関係で不具合の因果メカニズムを記述する。

- ① 定義属性：適用対象を定義する属性
- ② ストレス：不具合モード発生を引き起こす要因の中で，その未然防止設計の際の制約条件となるもの
- ③ ストレングス：不具合モードの未然防止のために具備する耐性
- ④ 制御属性：対象が有するストレングスの大きさの作り込みにかかわる属性
- ⑤ 不具合モード：技術的に予測すべき，ライフサイクル上生じる設計のあるべき状態からの乖離状態

たとえば，「(①定義属性)鉄製のシャフトにおいて，(④制御属性)防錆び処理が不十分だと，(③ストレングス)耐錆び性が低いため，その強度を上回る(②ストレス)雨水の付着で，(⑤不具合モード)錆びが発生する。」というように，不具合のメカニズムを記述する。

知識活用プロセスの設計手法

筆者らは失敗・不具合の構造化に加えて，失敗から学んだ教訓を後の業務プロセスに埋め込むための手法を研

究している。図-3は，不具合事例を分析し，後の業務で活用できる知識に変換する手順を表す。

① 業務プロセスと知識の関係づけ

WBS (Work Breakdown Structure)に代表されプロジェクトの作業と成果物を詳細化して構造化する手法を用いて業務プロセスを分解する。WBSはプロセスと出力成果物だけを記述するが，さらに，入力される情報や参照する知識の関係づけを行う。入力情報は，前プロセスの出力情報だけでなく，そのプロセスで参照する知識(基礎知識，作業手順，検討事項，確認事項，ノウハウなど)を洗い出して記述するとともに，それらの情報が不十分である場合には，整備する。

② 不具合の構造分析

過去不具合をエビデンス調査により分析し，再利用の視点で分類と記述構造，たとえば対象システムの構成や実行環境，現象，原因，対処，対策などの項目を決め，その構造に従って不具合事例を記述する。

③ 要因分析と知識化

事例分類ごとに作業プロセスに沿って振り返り分析を行い，真の要因を抽出する。振り返り分析は，プロジェクトの進め方，担当者の行動，調達や品質管理，技術上の問題などの観点で関係者が集まって議論し，要因を明確にする。さらにその個々の要因について，ベテランの専門家を交えて不足している知識の洗い出しを行い，それぞれの知識がどの作業プロセスでどのように参照されるべきものなのかを検討し，適切な知識の型に変換する。

④ 知識の業務プロセスへの埋め込み

構造化した知識を対象となる作業プロセスの入力知識に追加し，作業時に参照できるようにする。図-3では，ある不具合の真の要因分析の結果，不足知識として洗い出された顧客要求翻訳知識，操作ミス予測知識，機能増設時の対処知識をそれぞれ適切な設計プロセスの入力知

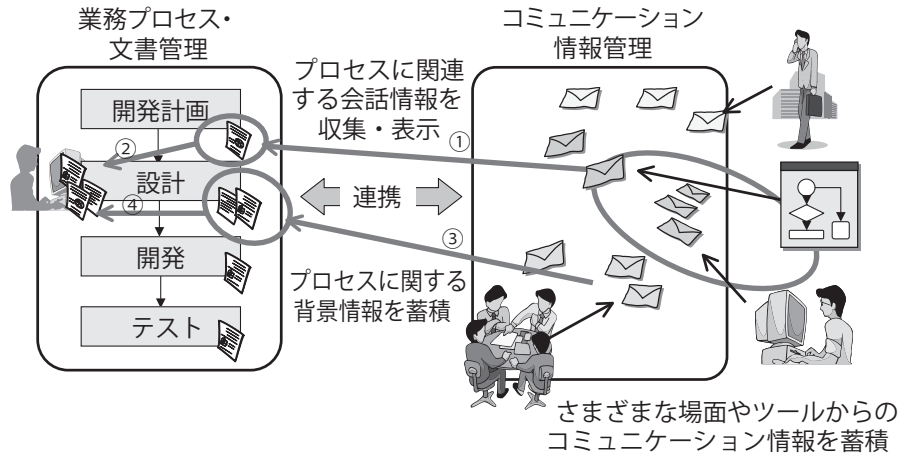


図-4 会話情報からの背景知識抽出

識に追加している。

設計の背景知識の形式知化

PDMなどでは文書化されにくい設計根拠、設計変更や不具合対策の経緯などは継承すべき重要な経験的知識である。設計開発業務を観察した結果、このような背景知識は会議やメールなどで交換されることが多いことが分かった。筆者らは図-4に示すように業務プロセスや文書を管理するシステムと、コミュニケーション支援システムとを連携させることにより、会話情報から設計開発の背景知識を抽出して蓄積し、再利用できる仕組みを構築した⁵⁾。たとえば、デザインレビュー時に不具合問題について議論した内容や結果を設計図書に関係づける(図中①)ことで、後工程で設計経緯が分かる(図中②)。また、不具合対策知識としてまとめる(図中③)ことにより、後のプロジェクトの設計プロセスで参照、チェックし(図中④)、不具合の未然防止に役立てることができる。このシステムは現在、設計部門で運用評価を行っている。

技術技能マップ

知識継承において自社が保有する技術・技能の種類と内容を把握し、継承すべき知識を明らかにすることは重要である。技術・技能教育研究所森和夫氏は、組織が保有する技術・技能マップを作成する手法としてクドバス(CUDBAS: Curriculum Development Based on Ability Structure)⁶⁾を開発した。クドバスは、元々職場で必要な人材を養成する訓練プログラムを作成するために開発されたものである。仕事の洗い出しと教育プログラム作成の2部構成となっており、仕事の洗い出し部分が技術・技能マップ作成に広く利用されている。小さなカードと模造紙を用意し、技術・技能をよく知る人を4~5名程

度集めて以下の手順で実施する。①仕事カードの記載、②仕事単位でグルーピング、③重要度で並べ替え、④仕事ごとに重要度の水準を記入、⑤カードを模造紙に固定。技術・技能マップは、技術・技能内容を縦軸に、職場・社員を横軸としてそれぞれの水準を表すものである。これによって重要度の高い技術・技能と職場・社員との関係が明らかになり、継承すべき技術・技能を把握できるだけでなく、熟練者や後継者の現状も明らかになる。

知識化の運営

知識継承の最も重要なことは、後の業務で知識を活用できるようにすることである。そのためには、活用の観点から知識を構造化することと、適切な設計プロセスに知識をフィードバックする仕組みが必要である。知識資産は企業にとって最も重要な資産であるから、知識のライフサイクルを戦略的に設計管理する専門組織が必要であると考える。筆者らは、組織の知識資産を統括管理するナレッジセンターを提案している。ナレッジセンターの仕組みを図-5に示す。ナレッジセンターは以下の3種類の知識化の専門家の活動によって機能する。

- ① チーフナレッジオフィサー … 組織にとって重要な知識は何かを定義し、知識戦略を立て、センターの運営を司る。
- ② ナレッジマネージャ … 業務で活用するための知識の型の設計と知識化、知識の業務プロセスへの組み込みや関係者への配信、知識コンテンツの更新、活用状況の評価など、知識の運用管理を行う。
- ③ ナレッジデスク … 業務担当者からの問合せに対応し、業務上必要な知識を知識データベースから検索して回答する。また、回答できないものは、ナレッジマネージャに知識の登録を要請するなど、知識活用の活性化を図る。

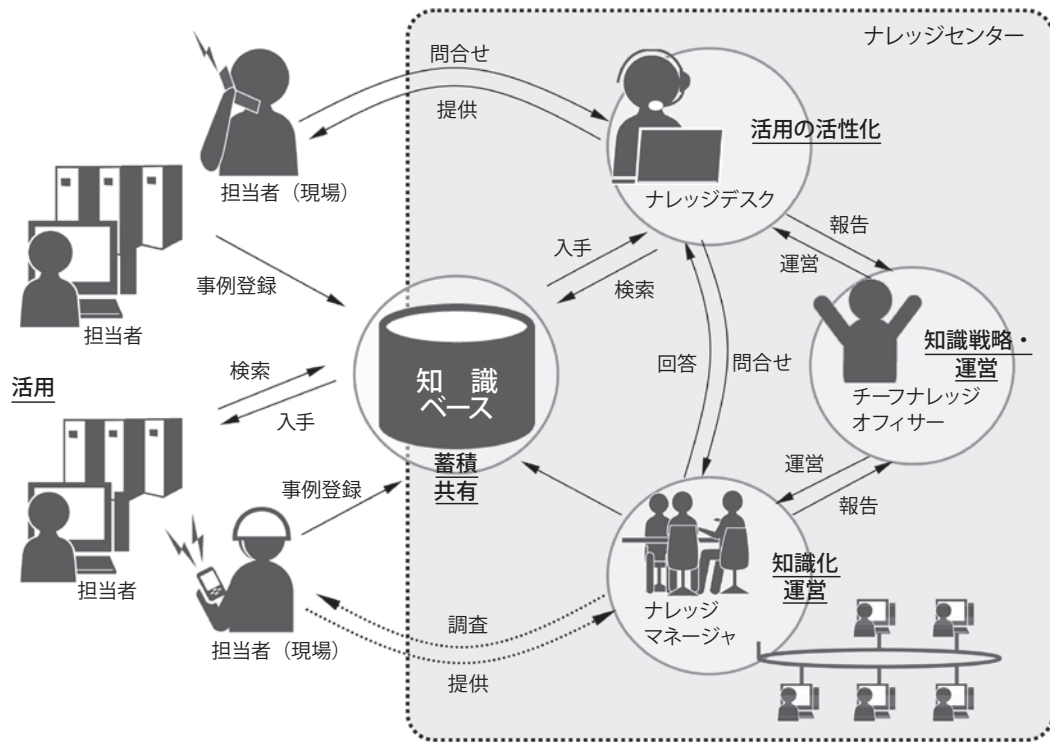


図-5 ナレッジセンター

知識化の作業は高度な専門知識とスキルを要し、また過去の経験知の知識化は、その知識の所有者が在籍する間に行わなければならない、時間的な制約もある。したがって、ライン業務の片手間に実施するのでは時間がかかりすぎるため、このような専門組織での専任者の活動が重要だと考える。

今後の課題

科学技術政策研究所の調査によると、知識の寿命（その知識をもとに価値を創出できる期間）は近年短縮傾向にある。また、知識継承にはコストが伴うため、時間をかけて継承した知識が陳腐化するリスクを考慮しなければならない。知識継承を考える上で、残すべき知識の選択と新たに開発すべき知識の発見、効率的な教育方法や制度が課題である。そのためには組織の知識ビジョンを明確化し、組織課題を出発点とした知識の確認と強化が必要である。

森和夫氏の調査によると知識継承の成功企業は15%未満とのことであるが、成功企業の特徴点、共通点として下記の5項目を挙げている。

- ① 人事システムと能力開発が組み合わされた体制が整理されていること
- ② 機械やシステムに過度に依存せず、アウトソーシングが可能な技術・技能についても、その伝承を考え、

戦略的に内製化する部分を残していること

- ③ 技術・技能伝承を経営上の重要課題と捉え、教育を現場任せにするのではなく、経営の一環として全社的な取り組みとしていること
- ④ 社内や工場の至るところでこうした教育の配慮がなされていること
- ⑤ 技術・技能伝承のマニュアルが作成されていて、それが活用され、必要な更新が常に加え続けられていること

成功企業から学びつつ、今後さらに知識の整理から効果予測までを行う知識継承施策設計手法の研究開発を深耕していく。

参考文献

- 1) 紺野 登：知識資産の経営，日本経済新聞社（1998）。
- 2) Sakuma, M. et al. : Development of Welder's Training Support System with Visual Sensors, IIW2005.
- 3) <http://shippai.jst.go.jp/>
- 4) <http://www.ssm.co.jp/sky04.html>
- 5) 阿部真美子他：設計開発業務におけるコミュニケーション情報を活用した知識共有，経営情報学会2004年度秋季全国研究発表大会，pp.156-159（2004）。
- 6) 森 和夫：技術・技能伝承ハンドブック，JIPMソリューション。（平成18年5月1日受付）