

論文の内容の要旨

論文題目 **A System for Enabling Evolutionary Knowledge Management Process across the Life Cycle of Complex Engineering Systems**

(和訳 進化的知識マネジメントプロセスの実現のためのシステム
～複雑システムのライフサイクルを対象として～)

氏名 加藤 義清

1. はじめに

現代は知識創造が企業の競争力の源泉となる知識経済の時代に突入しており、知識マネジメントへの関心が高まっている。一言「知識マネジメント」と言っても、経営手法から、組織のあり方、知識創造の環境作り、そして情報システムの利用まで、その要素は多岐に渡る。本研究はその中でも知識マネジメントを実現するための情報システムについて取り組んだものである。

2. 従来のナレッジマネジメントシステムの問題点

従来の知識マネジメントシステムでは知識は静的な資産として扱われ、整理された形で知識を蓄え、組織で共有することを目的としている。従来のアプローチの問題点としては、システムに登録される知識の品質を一定以上保つために、人によって知識を選別し、整理した形で残されることが求められるため、知識に登録するコストが非常に高いことが挙げられる。知識マネジメントシステムが有用である為にはある一定以上の知識の量(臨界点)が登録されている必要がある。知識マネジメントシステムを導入した当初に登録されている知識の量が臨界点に達していないと、ユーザはシステムを有用だとは感じず、コストのかかる知識の登録作業に対する動機が失われてしまう。その結果、知識は蓄積されず、知識量が臨界点に達しないままシステムが使われなくなってしまうということがおきる。このような問題は capture bottleneck の問題と呼ばれる。

従来のアプローチのもう 1 つの問題として、システムから知識を取り出してもそれを実際の現場で適用するのが難しいことが挙げられる。その原因の一つとして挙げられるのは、システムに登録された知識は登録の際に行う選別、整理の過程でその知識が生まれた文脈から切り離された、精錬されてしまっていることである。システム上にある「知識」はそのままではただの情報に過ぎず、人間がそれを解釈し実行に移すことで初めて知識として活きる。しかし、知識が生まれた文脈から切り離されてしまうと、その知識を解釈して自分の置かれた文脈に置き直すという作業が困難になり、その結果として適用が難しくなる。

3. ナレッジリサイクリング

本研究ではこれらの問題に対して、ナレッジリサイクリングの枠組みを提案する。ナレッジリサイクリングは、航空機、人工衛星、原子力プラントに代表されるような大規模・複雑システムの開発過程で生まれてくる膨大な情報に着目し、その中から開発者の知識、経験、文脈を反映したような断片的な情報である「知識断片」を取り出し、利用するというものである。既存の情報を利用することにより入力のコストを下げるとともに、実際に開発を遂行していく上で利用している情報に基づくことにより、今までは知識から切り離されてしまっていた文脈との結びつきを保つことを狙う。これにより、今までは十分に活用されてきたとは言えない、大規模・複雑システムの開発プロジェクトの途上で生まれる大量の情報を知識と結びつけて活用することが可能となることが期待される。

4. IDIMS

本研究ではナレッジリサイクリングの枠組みの実現可能性を検証するための基盤となるシステムとして設計情報統合管理システム IDIMS (Integrated Design Information Management System)の開発を行うとともに、ナレッジリサイクリングの実現の為に 3 つの技術について取り組んだ。IDIMS は設計文書、電子メール、Issue/Decision 項目、機能構造モデル、不具合事例、時系列データと言った多岐に渡る設計に関連する情報を蓄積し、これらの情報を有機的に結びつけて設計や運用などの活動を支援する。以降、3つのシナリオを通して本研究で取り組んだナレッジリサイクリングを実現する技術について説明する。

5. 電子メールのアノテーションによるデザイン・ラショナルの獲得

電子メールは今やコミュニケーションには欠かせない道具となっているが、当然の事ながら多人数がかかわる大規模・複雑システムの開発プロジェクトでも使われる。本研究では電子メールによるコミュニケーションの上で現れる設計に関する議論から、設計に関わる意思決定の背景や根拠であるデザイン・ラショナル(DR)を獲得するための技術として、電子メールに対するアノテーションにより DR を記述する手法についての検討を行った。これまでに DR の記述法はいくつか提案されているが、いずれも記述のコストが問題とされている。本研究ではできるだけ入力のコストを下げるために、設計上の問題、懸念事項を issue として、問題の解決や設計に関する決定事項を decision として表し、issue 及び decision の間のリンク構造により DR を表現する記法(Issue/Decision モデル)を開発した。更に IDIMS にメーリングリスト機能を実装し、その中で電子メールに付けられたアノテーション用のタグを解析し、文書レポジトリに登録するようにした。

ID モデルの有効性を確認するため、宇宙科学研究所で開発されている INDEX 衛星の開発プロジェクトメールリングリストでのメールを解析した。解析の際、議論の構造から発見できる「未解決の問題」に着目したところ、実に 11 通に 1 個の割合で問題が未解決のまま放置されていることが明らかになった。但し、決定がメールリングリスト上で報告されない場合もあることを考えると、全てが未解決のまま放置されているとは考え難いが、開発のある時点で未解決の問題を全て確認することにより、問題の見逃しを防ぐ効果は期待できる。更には解析を通じて、電子メールの返信関係に基づくメールの構造に比べて、ID モデルを用いる事により、より粒度の細かい構造の記述が可能である事が明らかになった。

6. 開発中に経験された不具合情報の運用における活用

大規模・複雑システムの開発の途上ではシステムの試験を幾度と無く実施して、期待通りに動作するか確認が行われる。特に一回一回特注品となってしまうロケットや人工衛星などは打ち上げ前に入念な試験を行うが、それでも不具合は生じる。その不具合に対処するにあたっては、開発中の試験で得られた情報はシステムの特徴を示す貴重な資源である。本研究では、開発中に経験された不具合情報をシステム運用中の故障診断時に参照するための技術として、オントロジーと機能構造モデルを利用した不具合情報による故障診断支援について検討した。手法の有効性を検証するために、実例として、学生による小型人工衛星開発プロジェクトである東京大学 CubeSat プロジェクトで実施された気球通信試験を題材に、模擬的な故障診断実験を行ったところ、実際の故障診断の場面でも提案手法が有効であることを示すことができた。

7. 時系列データによる文書検索

大規模・複雑システムの試験で得られるデータの内、時系列データは非常に豊かな情報を含んでいる。本研究では試験で得られた時系列データを元に、効率的に試験報告書を検索するための技術として、時系列データによる文書検索の技術に取り組んだ。提案する手法は以下の通りである。一定窓幅で切り出した時系列データに対してウェーブレット変換及び主成分分析を施した結果を時系列セグメントの特徴量として抽出する。各セグメントに対して特徴量空間における K-means 法によりクラスタリングを行い、各クラスタを隠れマルコフモデル(HMM)の状態とする。予め与えておいた時系列データの分類に対して HMM 学習を行う。問い合わせに際しては、問い合わせ時系列から特徴量を抽出し、各分類の HMM に当てはめて最も尤度の高いものに分類を行うと言うものである。前出の CubeSat プロジェクトで得られた時系列データに対して実験を行った所、高い精度で分類することが出来た。

8. デザイン・ラショナル記法の比較実験

本研究の主張として、capture bottleneck の問題を解決するためには、ナレッジマネジメントシステムを使用する上でのコスト対効果を考慮しなければならないというものがある。そこで、本研究で提案した DR 記法 ID モデルと既存の他の DR 記法である IBIS 及び QOC と、コスト対効果について比較をする実験を行った。実験は被験者に CubeSat プロジェクトでやり取りされたメールを読ませて、指定した DR 記法を用いて DR を記述させると言うものであった。コストとしては記述に要した時間で測定し、効果としては各記法がメールに現れる論点をどれだけ補足できているか、その割合で測定を行った。実験の結果、DR を採用する際に検討すべきコスト対効果について指針を与えるデータが得られた。

9. おわりに

本研究は従来のナレッジマネジメントシステムが抱える capture bottleneck 問題に対するアプローチとしてナレッジリサイクリングの枠組を提示し、システムの構築を通じてその実現可能性を検討したものである。従来は十分に活用されて来なかった、大規模・複雑システムの開発過程で生ずる膨大な情報の活用法を提案し、その有効性について検討を行った。そして、様々な技術の検討やユーザ実験を通して将来のナレッジマネジメントシステムのあり方についての一つの方向性を与えた。