論文

国際共同研究のためのネットワーク・コネクション Cyber Connection for Cross-border Collaboration

岡伸人[†], 岩田修一^{††}

Nobuto OKA[†], Shuichi IWATA^{††}

複数の専門家がネットワーク上で協力して既往の知識を有機的に活用し問題解決を促進するためのウェブ・プラットフォームを構築した。ここで取り扱う情報は「コンテキスト(因果関係, 経時変化)」「コンテンツ(専門知識に関するテキスト情報やデータベースに格納された数値データ)」「ノウハウ(計算機資源の活用法)」である。これらの情報を蓄積・再利用するために試作したシステムの機能の特徴は、「ネットワーク上での情報の共有・活用」と「知的財産権への配慮」とのバランスへの配慮である。また材料分野の専門家を対象にしたこのシステムの試験運用の結果について、その運用状況と中間評価についても報告した。

A web platform has been developed for experts to solve a given problem strategically by taking advantage of available information- data and/or knowledge. Information handled here are contexts (causal relation, consequence and time dependent properties), contents (textual information about specialized information and values in databases), and know-how (how to use computerized resources including simulation codes). It is the main concern of this prototype platform that a balance of sharing of information and appreciation of intellectual property right. This platform was used among materials experts in US and Japan through internet, and the results by such test users were reported.

キーワード: 情報共有, コミュニケーション, 共創, 知的財産権

Intelligence sharing, Communication, Co-creation, Intellectual Property Right

1. はじめに

現在, 環境問題をはじめ多くの解決困難な複雑現象が顕在化し, その解決を図るため様々な取り組みが世界中でなされている。

これらの問題は, 環境・人工物・人間, それぞれの特性・活動が輻輳して多様に展開する動的事象であるため, 旧来の手法や入手可能なデータからだけでは解決が困難なものとなっている。このため, そうした複雑な問題の解決に必要な決定を下す場合, 不完全な情報でも入手可能な情報を参照しつつ再編し, 複数の関係者が当該問題の全体像を俯瞰・共有し, 解決方策を模索しながら, 段階的に適切な解へと到達することになる。問題解決の過程で得られる知識は関係者の合意形成の中で適宜使われ, 実践を通して妥当性を確認し, 全体が少しずつ改良・進化していくという性質を持っている^[1]。したがって, 問題解決のためには, 問題自体につ

[†] 東京大学大学院工学系研究科

Graduate School of Engineering,

The University of Tokyo

nobuto.oka@gakushikai.jp

^{††} 東京大学大学院新領域創成科学研究科

Graduate School of Frontier Sciences,

The University of Tokyo

iwata@k.u-tokyo.ac.jp

いての「知識」やそれに対する「個々の人間の理解や問題設定」を相互に共有し、関係者の知的な相互作用を通して解決策を導出する（本稿ではこのプロセスを共創と定義する）というプロセス全体を包括的に支援する枠組みが求められる。

本稿では、このように問題解決のために様々な知識を持った人々が集まったネットワーク的な組織をコミュニティと定義する。このコミュニティでは多数の属性の違う人々から構成されるため、平田らのいう専門家間のインタラクションのダイナミック性やコミュニティの構成のフラットさに大きな特徴がある^[2]。一方、このコミュニティの構成員が専門家集団である場合は、議論の前提となる専門知識を共有しているため、コミュニティ一般を対象とする場合よりは、ネットワーク上での共同作業は容易である。そうはいつても、問題解決のためには、それに適した知識創造の「場」を用意する必要がある。この「場」の応用としては、専門家集団の国際共同研究のために利用することを前提とした。時間的にも空間的にも交流が非常に困難な物理的に離れた研究グループ同士が協力し、互いに自由に意見を交わすことを考えた。

近年、ウェブ(World Wide Web)を通して、多くの利用者が大量の情報を発信し、社会に存在するほとんどの情報がウェブ上に集積されている。すなわち利用者にとってウェブは共通の情報インフラとなっているといえるが、肝心の情報についての流通には多種多様な知的財産権の主張が障害となることも少なくない。そこで本研究では利害関係が少なからず存在する「国際共同研究に関わる複数の専門家の知識を有機的に活用し問題解決をはかるためのウェブ・プラットフォームを構築すること」を考えた。

現在、このシステムは、東京大学大学院新領域創成科学研究科環境学専攻の岩田修一グループ(日本)とアイオワ州立大学のKrishna Rajan 教授グループ(U.S.A.)との間で、専門家向けのポータルサイトとして試験運用されている。本稿では、その運用実績も合わせて報告する。

2. 関連システム

様々な資源(人・計算機・知識など)を共有し、問題解決を試みるシステムとして、仮想実験システム(VEML)^{[3]*1}、Information Technology Based Laboratory(ITBL)^{[4]*2}、Social Networking Service(SNS)^{[5]*3}などが挙げられる。

しかし専門分野の問題解決の際には、VEMLで試みられたように利用可能なデータやモデルを駆使し、かつ ITBL で実現したより本格的な計算環境を実現しなければならない。より本質的な課題は、問題の「特徴」を明確に定義し、効果的に改善の策でも手がかりを得るための手順を策定することである。このためには、多くの場合、計算パラメータの調整から補完的な情報の生成に至るまで、様々な試行錯誤が必要となる。

一方で、利用者に焦点を当てると、各々の利用者(専門家)は研究手法や背景知識など異なる特徴を持つため、そのままのデータ形式で彼ら/彼女らの情報を統合するだけでは有用ではないことが多く、目的に合わせた情報の再編が必要である。

特に、情報の足りない部分を認知・補完したり、ITBLや仮想実験システムのような既往のアプローチで準備されたデータやシミュレーション手法を活用したりしなければならない。つまり最終的に問題解決に至るためには、データとシミュレーション手法の共有、プロセスの統合、そして様々なメタデータ、メタ知識の再利用ができるなど、総合的な枠組みを持つ、システムが求められる。

*1 コンピュータを用いた物質・材料設計を実現するための、数値シミュレーション、データベース、知識情報処理、可視化、ヒューマン・インターフェース等の物質・材料設計のための要素技術を統合化したシステム^[3]

*2 国内に散らばっている計算資源(スーパーコンピュータ、ソフトウェア、データベース等)を大容量ネットワーク上に共有化し、高度なシミュレーション等を行い、地理的制約を受けない共同研究が可能な仮想研究環境^[4]

*3 趣味や嗜好、交友関係、仕事関係などをウェブ上で電子的に接続し、参加者の共創作業による知識の蓄積をサポートするシステム

3. システム実装

3.1. システムの概念設計

本国際共同研究で構築した情報システムでは、共有する情報は問題領域(本稿では材料分野)の専門家が自ら入力することを前提とした。これはWikipediaが編集プロセスを集中管理することをあきらめた代わりに、情報提供と集積のスピードと幅を手に入れたことと同様の考え方である。

そこで入力する情報を(1)コンテキスト(因果関係, 経時変化), (2)コンテンツ(専門知識に関するテキスト情報やデータベースに格納された数値データ), (3)ノウハウ(計算機資源の活用法), に分類し, その分類に応じてシステムの概念設計・開発をした。図1に概念図を記す。

まず(1)コンテキストに分類される情報の入出力手続きについて述べる。材料分野で最も重要な情報である因果関係や経時変化を的確に処理するため, 入力の際, プロダクション・ルール(if A then B)による方向性を持った表現(有向グラフ)を準備した。問題解決を図る専門家にとって, 過去の多様な場面での情報を遡及的に参照することを可能とするためである。

こうしたコンテキストの記述にあわせて, 時々刻々変化する知識を共有し, その中か

ら新たな問題解決を図る「利用者同士がコミュニケーションを行う場」を構築した。

次に(2)コンテンツに分類される情報の入出力手続きについて述べる。コンテンツとして入手可能な情報源に, 専門家の知見が最も集約されている論文や教科書, 参考書が挙げられる。これらの情報は限定的な専門領域において, 最も合理的な知識であるといえる。しかしこれらの膨大な情報の中から, 個々の問題の解決に適切な知識を抽出する枠組みが必要となる。本研究では, これらの情報をテキストデータベース(詳細)およびそのビューア, そして無向グラフによるリンクされた知識(俯瞰図)のライブラリとして蓄積し, 提供することにした。さらに適用範囲の広い汎用の情報システムであるデータベースに収録されるデータもコンテンツとして利用できるように, 関係代数の操作と等価な論理演算が適用可能なアプリケーションポータル機能^[6]を準用した。この機能の採用には開発者の知的財産権への配慮が含意されている。

最後に(3)ノウハウの代表例としては, 「誰かによって確立したと考えられている手続き」に基づく計算機シミュレーションの使い方を考えた。この情報も準備したアプリケーションポータル機能を通して, 利用することができる。

図1. 構築したシステムにおける、情報の種類に応じたシステムの概念図

3.2. システムの説明

Virtual laboratory と銘打った、今回構築したシステムの主な機能について述べる(図2)。上述したように、利用者はウェブインターフェースを通してシステムを使用する。システムは、「情報の蓄積・共有の場」、「利用者同士がコミュニケーションを行う場」および「補助ツール」からなる。そして「情報の蓄積・共有の場」は、知識・モデルを共有するための場と、コンピュータプログラムを共有するためのアプリケーションポータル機能から構成される。また「補助ツール」として、グラフ出力ツール・利用者情報(名前・連絡先・研究分野・研究協力者など)の登録/表示機能・チャット・RSS フィードの配

信・メモ帳を備える。

3.2.1. 以降の節では、それぞれの機能について詳細を述べる。

3.2.1. 情報の蓄積・共有

・知識やモデルを蓄積・共有するための場

本システムでは、「知識やモデルを蓄積・共有するための場」を Wiki クローンの一つである PukiWiki^{©2001-2005 PukiWiki Developers Team. License is GPL. [7]}を利用して構築した(図3)。Wiki とは、ウェブブラウザから誰でもページを新規作成したり、既存のページを編集したりすることができるコンテンツ管理システムをさす。これにより、利用者はウェブページ上に自由に知識やモデルを記載し、参照し、

図2. Virtual laboratory の主な機能

議論することができる。この場には「研究テーマ」・「共有されたコンピュータプログラム・マニュアル」・「利用者のページ」・「領域知識ライブラリ」の4つのディレクトリを用意した。

この「研究テーマ」ディレクトリ内には、3.1. で述べたコンテキスト情報のみならず、様々な形式のファイルをアップロードし蓄積することができる。また広くコンテキスト情報をデジタル化するため、プロダクション・ルール(if A then B)のAやBにあたる情報を「ユニット」、そしてユニット間をつなぐ関係性を「パス」と定義し、それらの記述方法として自然言語を採用する。参加者の知識はユニットおよびパス(ユニット間をつなぐハイパーリンク)という形でシステムに蓄積される。図3にユニットとして蓄積されたページを示す。ページ最下部にはそれを利用しているほかのユニットへのパスが表示される。

また「共有されたコンピュータプログラム・マニュアル」ディレクトリ内には、アプ

リケーションポータルから利用可能なプログラムについての説明と使い方を蓄積する。

そして「領域知識ライブラリ」ディレクトリ内には、論文や教科書などから抽出したテキスト情報や共起頻度分析により構造化された知識を蓄積する。

・アプリケーションポータル

今回、コンピュータプログラム本体を共有するために、Share Task^{©2005 ANCL, Inc.}というコンピュータアプリケーションを使用した。「Share Task」とは、PC クラスタやイントラネットあるいはインターネットに分散した計算機のパワーを柔軟に統合することを目的として設計された自律分散型ジョブ投入システムである。このシステムは、利用者からジョブの登録を受け付ける「ジョブ仲介サーバ」と、ジョブ仲介サーバから自律的にジョブを取り込み計算し結果を再びジョブ仲介サーバに返す「計算サーバ」とから構成される^[6]。

走査型電子顕微鏡(SEM)による表面観察^{*}

SEMにより試料表面の変化を観察した。図2に試料表面を45°に傾けたSEM像を時系列に沿って列挙した。従来の研究から時刻によりβ化合物(Al₁₂Mg₁₇)が結晶粒の粒界に優先析出することが明らかになっている(9)(比較データ)。本研究でも局所X線解析により同様にβ化合物の存在が確認された。またSEM像では白く見える部分がβ化合物である。図2に構成相の模式図を示す。これらのSEM像から、浸漬直後から見られる変化として粒内のマグネシウムα相部分の腐食、そして浸漬後次第に増加する変化として粒界部分の腐食が起きていることがわかった。そしてどちらの反応においても時間とともに平面方向の腐食の拡大が見られた。

図2. 走査型電子顕微鏡による表面観察

このユニットを利用しているパスを表示

図3. 知識やモデルを蓄積・共有する場

(蓄積された情報の例: 生理食塩水環境下におけるマグネシウム合金の腐食表面変化)

Virtual laboratory システムにおいてこのアプリケーションを利用した理由は、多くのコンピュータプログラムを共有してもらうためにも、その開発者の権利を守る必要があると判断したためである。そのためにシステムが提供する「プログラムの共有機能」を、「プログラムの共有」と「プログラムの機能のみ共有」の二つに分類した。前者の場合は、プログラムを「知識やモデルを蓄積・共有する場」にて共有し、利用者はそれを自身のコンピュータにダウンロードして使用することができる。一方、後者の場合、プログラムそのものは共有しない。プログラム開発者は自身のコンピュータを「計算サーバ」として登録することで、プログラムの機能のみを Share Task を介して利用者に提供することができる。また Share Task でプログラムを呼び出す際にプログラムの名称を特定する必要があるため、その名称をある限られたグループにのみ公表することにすればその構成員だけにプログラムの機能を提供することが可能となる。

現在、「計算サーバ」として登録されたものは、統計用プログラム、および物質・材料基礎データ Linus Pauling File (LPF)^[8]の中の2元系化合物のデータの一部を収めたデータベースである。

3.2.2. コミュニケーションの場

問題を解決するために、蓄積した情報を検証したり利用者同士の知恵を持ち寄って議論したりするための基盤システムとして2つのシステムを準備した。

ひとつはリアルタイムでコミュニケーションをするための場として、Ajax 技術を利用したチャット機能をサーバ側に用意した。Ajax とは非同期な XML 通信を応用した動的コンテンツの手法をさす。チャット機能をサーバ側に用意することで、チャットに参加していなかった人もその議論の流れを追う

ことができる。

その一方で、時系列に沿ったリアルタイム・コミュニケーションではなく、じっくりと多彩な議論をするためのコミュニケーションの場として、3.2.1. の「知識やモデルを蓄積・共有する場」を利用することにした。理由は前述したとおり、システムの利用者は誰でもページを作成・編集することができるため、それぞれの参加者の注目する論題についてしっかりと意見を交換できるからである。

また一方のコミュニケーションの場からもう一方のコミュニケーションの場をコントロールすることが可能であるため、情報源となるページを相手に円滑に伝えることができる。

3.2.2. 補助ツール

前述のように、本システムは「補助ツール」としてグラフ出力ツール・利用者情報(名前・連絡先・研究分野・研究協力者など)の登録/表示機能・チャット・RSS フィードの配信・メモ帳を備える。

・グラフ出力ツール

アプリケーションポータル経由で抽出した XML データファイルの中から、ユーザにとって有意なデータを選択し利用するためのグラフ出力ツール(図 4)を構築した。これは Java アプレットを用いて作成した。

・利用者情報の登録/表示機能

この機能は、Perl プログラムにより構築された利用者情報の登録・検索機能(名前・研究分野・研究協力者・Email アドレス・Skype ©2007 Skype Limited^[9] ID・ウェブページ・写真・所在地)、および Google Maps API^[10]を利用して構築された登録者情報一覧機能とからなる(図 5)。

図 4. グラフ出力ツールの出力例

図 5. 利用者の登録・検索機能

4. 運用実績

現在、このシステムを利用している2つの研究グループ(東京大学 岩田修一教授グループ(日本)・アイオワ州立大学 Krishna Rajan 教授グループ(米国))の特徴、および各グループにおけるシステム利用者数を下に示す。

[岩田修一教授グループ] (利用者数:3)

(<http://ilab.q.t.u-tokyo.ac.jp/>)

- ・ 物質・材料基礎データ LPF を用いた多元系化合物の規則性抽出
- ・ 第一原理的手法による材料設計

[Krishna Rajan 教授グループ] (利用者数:2)

(<http://mse.iastate.edu/krajan>)

- ・ 統計分析手法を用いた物質・材料に関する規則性の抽出

図2の右部には運用結果の一部を掲載している。これはアプリケーションポータルを介してLPFから得られた出力データを、各々

図6. 蓄積された情報の更新回数

図7. アプリケーションポータルを介したLPF データベースへのアクセス回数

のグループが解析した結果である。そしてこの結果を互いに「知識やモデルを蓄積・共有する場」に記載し、ウェブ上もしくはSkypeにて議論している。

次に試験運用期間(2006年3-12月)における、蓄積された情報の更新回数(図6)、およびアプリケーションポータルを介したLPFデータベースへのアクセス回数(図7)を示す。利用は互いの研究の進捗状況に依存するため、短期的には利用頻度は大きく変動しているものの、長期的には安定した利用が期待できる結果を得ることができた。

またシステム利用者からの意見を下に記す。利点として、

- ・ 多様な機能をシームレスに利用でき、状況に応じた利用ができた
- ・ 従来の掲示板などのシステムとは異なり、誰でも知識を系統付けて整理することができるため、論点を明確に議論することができた

欠点として、

- ・ 入力インターフェースが直感的ではないなどの意見が寄せられた。このように操作性の面で慎重な意見もあったが、システムの有用性に対して概ね肯定的な意見となった。

5. 考察

今回構築したシステムでは、コミュニケーションの場やアプリケーションポータル機能などをひとつのインターフェース上で連携させて利用することができるため、様々な試行錯誤を伴う知識の生成および検証を行うための作業環境となっていた。しかしこのプラットフォームの外にある巨大な情報システムとの相互運用可能性については未検討で、今後の課題である。これからの情報コモンズ関係の世界的動向(たとえば Committee on Data for Science and Technology (CODATA)^[11])に着目しながら、相互運用可能性について考える必要がある。

6. 結論

国際共同研究に関わる複数の専門家の知識を活用し問題解決をはかるために、次の機能を持つウェブ・プラットフォームを構築した。

- 因果関係、経時変化といったコンテキストを蓄積・共有する場
- 開発者の権利を守り、管理コストを低減し、シミュレーションソフトウェアの有効利用を促進するためのアプリケーションポータル
- 専門家間のコミュニケーションの場
- グラフ出力機能などの補助ツール

本システムを日米間の2グループで運用した結果、それぞれの知的財産権を保護しながら、利用可能なデータ、知識をゆるやかに統合し、それらの情報を効果的に専門家に提供する快適な作業環境となっていることを確認した。

このシステムは、本格的な問題解決型情報システムへと段階的に成長させるための基盤となると考えている。

謝辞

本研究の実施にあたって、アイオワ州立大学のKrishna Rajan教授、Changwon Suh博士に様々な助言を頂いた。ここで、深い感謝の念を表しておきたい。

参考文献

- [1] 井田淳, 梅本勝博: 「NP0 のナレッジ・マネジメント」, ノンプロフィットレビュー, Vol. 3, No. 1, pp. 37-45, 2003.
- [2] 平田高志, 村上晴美, 西田豊明: 「連想

表現と分身エージェントを用いたコミュニティにおける知識共有支援」, 人工知能学会論文誌, 16 巻 2 号 I, pp. 225-233, 2001.

[3] 小池秀耀, 西川宜孝: 「物質・材料設計のための仮想実験システム」, 第4回物質・材料設計のための仮想実験技術シンポジウム, pp. 78-91, 1999.

[4] ITBL project: <http://www-riken.riken.jp/> (2006 年 8 月 1 日 参照)

[5] Misja N. Hoebe, Rien Bosma: 「Visualizing multiple network perspectives」, Proceedings of the conference on Dutch directions in HCI, 2004.

[6] (株)情報数理研究所: 「Share Task」, http://www.imslab.co.jp/products/pro_to_p.html (2006 年 4 月 20 日参照).

[7] PukiWiki Developers Team: 「PukiWiki」, <http://pukiwiki.sourceforge.jp/> (2006 年 4 月 20 日参照).

[8] S. Iwata, X. Ge, Y. Kotlyarov, Y.M. Mi, P. Villars, H. Odaka, Y. Chen, Y. Kaneta, et al.: 「Materials Design by Taking Advantage of Linus Pauling File Environments」, International Symposium on User Aspects of Phase Diagrams, Sendai, Japan Sep. 2000.

[9] Skype Limited: 「Skype」, <http://www.skype.com/> (2006 年 4 月 20 日参照).

[10] Google: 「Google Maps API」, <http://www.google.com/apis/maps/> (2006 年 4 月 20 日参照),

[11] Committee on Data for Science and Technology, <http://www.codata.org/> (2007 年 2 月 10 日参照).

(2006 年 5 月 12 日受付)

(2007 年 2 月 16 日採択)