

社会問題の解決に資する事実の明示化手法の構築

A STUDY OF ESTABLISHING TECHNIQUE OF SOCIAL PROBLEM VISUALIZATION FOR DEVISING SOLUTIONS

山口 健太郎¹・船戸 康德²・藤代 一成³・堀井 秀之⁴

¹工学修士(土木システム工学) (株)三菱総合研究所 社会基盤システム部 (E-mail:yamaken@mri.co.jp)

²工学修士(計算機科学) システムエンジニア (E-mail:yui@funatoku.com)

³理学博士(情報科学) お茶の水女子大学大学院教授 人間文化研究科複合領域科学専攻 (E-mail:fuji@is.ocha.ac.jp)

⁴Ph.D.(社会技術) 東京大学大学院教授 工学系研究科社会基盤工学専攻 (E-mail:horii@ohriki.t.u-tokyo.ac.jp)

現代社会に顕在化する社会問題は、多様な価値基準が複雑に入り組んでいるため、その実効的な解決策を設計するにあたっては、問題を取り巻く多様な価値基準を、適切かつ公正に取り扱うことのできる技術が必要となる。以上より筆者らは、社会問題を3次元構造で表示し、かつ様々な価値基準に基づいた視点から眺めることを可能とさせる「知識構造ビューア」を開発した。知識構造ビューアの開発により、社会問題の階層性や分野ごとの情報の多寡、様々な価値基準によって異なって見える社会問題の構造を一目瞭然に示すことが可能となり、書籍やインターネットの利用時とは異なった形での事実の明示化が可能となった。また本ビューアは、インターネットを通じて誰でも簡単に利用可能であるという特徴がある。

キーワード：社会問題の解決、価値基準の多様性、問題の階層性、コーンツリー、事実の明示化

1. 検討の背景と位置付け

筆者らは、社会問題の解決策の設計にあたって、以下の Fig.1 に示すようなプロセス（以下「解決策の設計ループ」）を踏むことの有効性を提唱している。解決策の設計ループでは、はじめに、問題の所在を明確化し、問題の認識を行う。次に、その問題認識に基づいて、問題を解決する方策を発想する（図中①）。次に、考案された解決策について、それが社会に適用された場合の社会的変化・影響について分析する（図中②）。さらに、行われた予測結果について、様々な価値基準に基づき、その社会の変化に対する評価を行う（図中③）。必要であれば、その評価に基づき、新たな問題点の明確化、解決策の発想、影響分析、評価を再度実施する。関係する主体への聞き取り調査やグループディスカッション、アンケート調査等を併用し、以上のようなプロセスを繰り返すことにより、社会問題の解決策が、より望ましい形で設計されることが考えられる。

しかしながら、現代社会に顕在化する社会問題は、様々な価値基準が複雑に入り組み、その問題を取り巻いているため、その解決策の設計は容易ではない。なぜなら、ある価値基準を満足させる解決策は、必ずしもそれとは別の価値基準も満足させるとは限らないからである。

そのため、複雑な社会問題に対する、具体性・実効性の高い解決策を設計するにあたっては、問題を取り巻く様々な価値基準を、解決策の設計作業の中で、適切かつ公正に取り扱わなければならない。様々な主体が持つ価

値基準を、解決策の設計過程における思考・議論において公正に取り扱うことが可能となれば、全ての主体による高い理解・納得の下で、最も望ましい解決策の選択が可能となる。したがって、解決策の設計ループを構成するコンポーネント技術は、多様な主体の持つ価値基準を公正に取り扱い得る仕組みをあらかじめ備え持っておく必要がある。

以上の認識に基づき、本稿では、解決策の設計ループにおける「問題の認識」と「解決策の発想」を、多様な価値基準を取り扱いながら支援することが可能な技術の開発に関して検討を行う。なお、並行して「解決策」が社会に導入された場合の「社会の変化」の影響分析を、多様な価値基準を取り扱いながら支援する技術の開発についても検討を行っているが、それについては別稿に示すこととする。

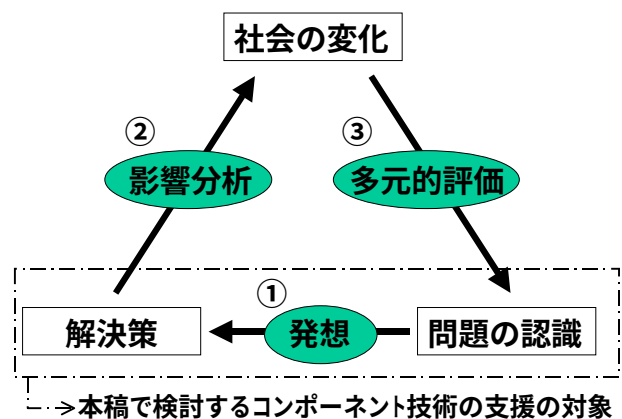


Fig. 1 社会問題解決策の設計ループ

2. 本検討で目指す技術

1.で示した認識に基づき、本検討では、“多様な価値基準を取り扱い得る”ことを前提とした、“社会問題の解決策の発想を支援する”技術の開発を目指す。

“多様な価値基準を取り扱い得る”技術とは、例えば、ある価値基準に基づくと、事実がどのように変化して見えるかといったことを明らかにできるようなものである。

また、“社会問題の解決策の発想”を行うにあたっては、問題の全体像を客観的かつ公正な整理軸に基づいて把握し、問題の所在を明確に認識することが望ましい。筆者らは、人々が過去の問題解決の場面において獲得した「問題構造の把握と、それに対する解決策に関する知識を、将来において他者が簡単に利用可能な形で整理、明示する（以下「事実の明示化」）手法」が未確立である点に着目する。事実の明示化手法が未確立である場合、我々は、将来において未知の問題に直面したとき、その問題構造をどのように把握し、どういった解決策を講じるべきかについて、（異分野も含めた）既存事例における知識を十分に活用することができない。

以上より本検討では、地震防災問題を例として、ユーザの問題構造の把握と、解決策の発想を支援するツールの開発を試みる。

3. 検討の方向性

3.1. 予備検討の概要

これまで筆者らは、2.に示したような技術開発の予備的検討として、原子力安全、化学製造プロセス安全、地震防災、交通安全、医療安全の分野を対象に、社会の安全・安心を脅かす問題や要素が、社会システムのどの部分にどのように存在するかを明示するツールの作成を行ってきた。

この検討では、社会システムはさまざまな主体・構造物の組み合わせとして記述できるとの前提に立つ。例えば化学製造プロセス安全分野については Fig.2 に示すような形で社会システムをモデル化した。

続いて、それぞれの分野につき、文献の調査、専門家へのアンケート調査を行うことなどにより、社会システムのどの部分にどのような問題点が存在するのかといった事例を収集し、その収集結果を社会システムモデル上にプロットする作業を行った。さらに、FLASHの技術を用い、クリックابل・マップと同様の要領で作業結果を閲覧できるように整理を行った（Fig.3 参照／化学製造プロセス安全分野の例）。

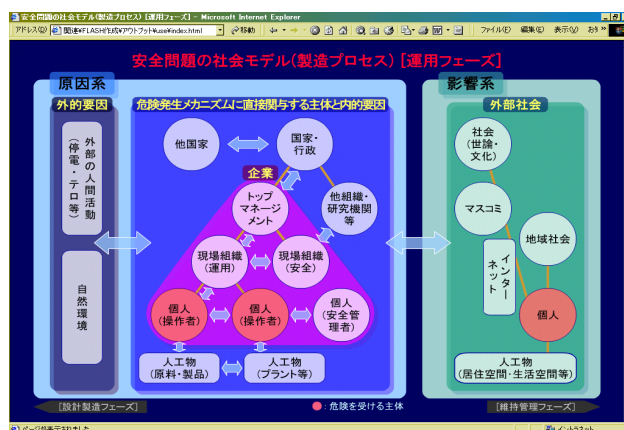


Fig. 2 作成した社会システムモデル
(化学製造プロセス安全分野の検討例)

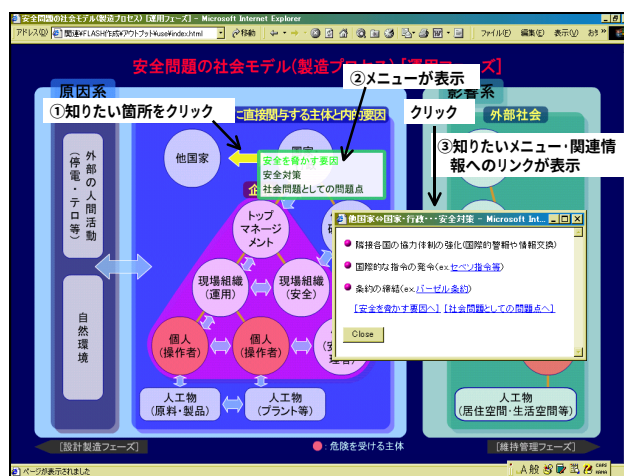


Fig. 3 社会システムモデル上へのプロット
(化学製造プロセス安全分野の検討例)

3.2. 社会システムモデルにおいて明らかになった課題

以上のように作成した社会システムモデルについては、解決策の発想において必要となる問題点の所在の探索、社会問題の俯瞰という思考プロセスを補助するツールとしての可能性を有する一方、2.に示したような、“多様な価値基準を取り扱い得る”ことを前提とした、“社会問題の解決策の発想を支援する”技術の開発という目的を達成するまでには、未だ解決すべき不十分な点が存在する。具体的には、以下2点の課題が挙げられる。

- ・社会システムモデルでは、“多様な価値基準を取り扱う”ための機能が欠如している。（課題（A））
- ・社会システムモデルでは、問題点がどの主体（構造物）内、もしくはどの主体（構造物）とどの主体（構造物）との関係性において存在するかといった、問題点の位置的分布しか記述できておらず、どの問題点が根源的で、どの問題点が根源的な問題点から波及したものであるのかといった、問題点と問題点の間の階層性、さらには問題点の軽重が表現できていない。その結果、社会システムモデルは、ユーザが行おうとする問題の全体像の把握や解決策の発想といった活動を、十分に

支援できるとは言えない。(課題 (B))

筆者らは、以上のような課題について、以下に示す方針で、新たなツールである「知識構造ビューア」の開発を行った。

- ・課題 (A) に対しては、データベース作成の際に、各データにあらかじめ属性(価値基準、時点、概要等)を付与しておくことによって、あるテーマの膨大な全体構造から、任意の価値基準・時点・ユーザが指定するキーワードに関する部分構造だけを切り出すことができるような仕組みとすることにより解決を試みた。このような仕組みを構築するにあたっては、柔軟な検索システムと表示機能の開発が必要となる。(改善の方向性 (A))
- ・課題 (B) に対しては、まず社会システムから記述を行うトップダウン式のテーマの記述方法ではなく、あるテーマは、そのテーマに内在する要素(本検討では「問題点」と「対策」の2要素を取り上げる)の集合体であり、かつ、各要素(問題点及び対策)同士は、階層性をもつ関係がむすばれていると仮定し、テーマをボトムアップ式に記述・構造化することにより解決を試みた。(改善の方向性 (B))

3.3. 課題の解決と知識構造問題ビューアの作成方針

以下では、3.2 に示した改善の方向性に即したデータベースの作成方針を示す。本検討では、地震防災をテーマに取り上げ、「震災復興の政策科学」¹⁾(全7章、352ページ)、「地震防災の事典」²⁾(全6章、675ページ)の2冊の文献を基にデータベースを作成した。

なお、これらの文献をデータベース作成の資料として選んだ理由は、ともすれば現象理解に偏った問題の捉え方となってしまうがちな地震防災問題に関して、現象理解はもとより、法制度的・政治学的な課題までを幅広く取り扱っており、多様な価値基準が入り組む社会問題の解決という本検討の最終的な目的に合致すると考えたからである。

本検討におけるデータベースの基本的な作成方針は、以下に示す通りである (Fig.4 参照)。

- 1.各文献を通読し、さまざまなトピックについて、例えば「問題点の指摘→問題点に対する対策の指摘→対策の実施により新たに発生する問題点の指摘→…」といったような基本的な文脈を押さえる。
- 2.以上の問題点/対策の関係を階層構造として整理する。
- 3.異なる文脈で同一の問題点/対策の指摘が見られる場合は、その問題点/対策を連結点として2つの階層構造をマージする¹⁾。
4. 1.~3.の作業によって作成された多数の階層構造を、関連する分野に分類し、各分野に分類名称を付与する。

- 5.各問題点/対策については、システム化後の検索機能の付加を見据えて属性を付与する。付与する属性の項目は Table 1 に示すとおりである。各問題点/対策について、それが「人命の保護」に関するものか否か、「安全の確保」に関するものか否か、・・・、といったように、すべての属性について関連の有無を判断し、関連すると思われる問題点/対策にはその属性を付与する。なお、Table 1 に挙げた価値属性は、データベース作成作業の中で、「その問題点(対策)が解消される(完全に機能する)ことによって、どのような価値が実現されるか?」という問いを作業者に自問させ、得られた回答を集約したものである。

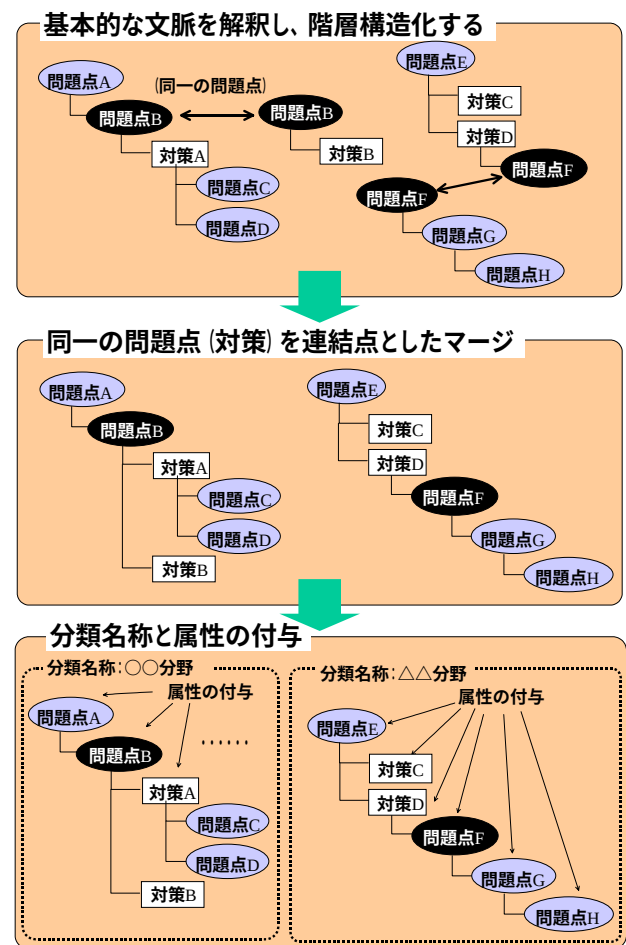


Fig. 4 階層構造をもつデータベースの作成方針

Table 1 問題点/対策に付与した属性

属性の分類	属性項目名
価値基準属性	人命の保護, 安全の確保, 現象・事実の理解・把握, 公平性の確保, 早期の原状回復, 責任の分担・明確化
時点属性	事前, 発災直後, 事後

以上を示した方法論により作成したデータベースの一

部を Fig.5 に示す。“●”印が付してあるものは地震防災というテーマを構成する問題点, “■”印が付してあるものは同テーマを構成する対策, “★”印が付してあるものはその上に記述されている問題/対策の具体例(事例、データ、法制度等)である。地震防災というテーマは、それを構成する問題点と対策の階層構造の集合体として記述され、それぞれの階層構造は最も相応しい分野に分類される。Fig.5 では、「大項目:被災者, 中項目:直接被害(死傷)」という分野が設けられており, “直接死の殆どが家屋倒壊・地震後火災・津波による”という問題点を頂点とする 1 つの階層構造(図中①)と, “建物被害からの死者・負傷数の予測”, “災害医療”というそれぞれの対策を頂点とする 2 つの階層構造(図中②, ③), また, “高齢になるにつれ死亡率が上昇する”, “男性に比べて女性の方が死亡率が高い”, “クラッシュ・シンドローム(挫滅症候群)”という階層構造をもたない単独の問題点が分類されている。

“直接死の殆どが家屋倒壊・地震後火災・津波による”という問題点を頂点とする階層構造(図中①)を例に挙げれば、頂点の問題点について“建物の耐震化・鉄筋化”という対策、この対策について“コストの高さ”という問題点、この問題点について“耐震改修に対する財政的補助”という対策が挙げられている。それぞれの問題点、対策に関して、価値属性、時点属性が付与され、図では見えないが、出典、概要も同時に整理されている。

分類		問題点	対策	価値属性	時点属性
大項目	中項目	小項目	大項目	中項目	小項目
被災者	直接被害(死傷)	●直接死の殆どが家屋倒壊・地震後火災・津波による	■建物の耐震化・鉄筋化	人命・安全・健康・公平・幸福・責任・その他	事前・発生・事後
		●コストの高さ	★耐震改修に対する財政的補助		
		●高齢になるにつれ死亡率が上昇する			
		●阪神大震災時の年齢別死亡率			
		●男性に比べて女性の方が死亡率が高い			
		●阪神大震災時の年齢別死亡率			
		■建物被害からの死者・負傷数の予測			
		★河内式			
		★太陽の式			
		●建物被害のみから人的被害を説明することの困難さ			
		■地震加速度・震度からの死者・負傷数の予測			
		●品と空間による地震加速度と死亡者数・負傷者数の関係			
		★年齢・小室による負傷者発生率・震度の関係			
		●災害医療			
		■トリアージ			
		■トリアージタグ			
		●クラッシュ・シンドローム(挫滅症候群)			

Fig.5 作成したデータベースの一部

なお、上記のような方針に基づいてデータベースを作成した場合、その規模が膨大・複雑になってしまうため、それを可視化する知識構造ビューアのインターフェースにおいては、ユーザの直感的な理解・把握を阻害しないような、効果的な表示方法を検討する必要がある。

この点に関しては、知識構造ビューアを、3次元情報可視化技法の一つであるコーンツリー技術を応用することにより対応した。コーンツリー技術は、UNIX ディレクトリのような階層データを3次元の木として表示する技法であり、木の各レベルにおいて子ノードは親ノード

を頂点とする円錐の底面円周上に配置される。2次元表示では大規模な木は表示領域から溢れてしまうが、コーンツリーはより大きな階層データもそのような溢れをおこすことなく表示することができる。つまりコーンツリー技術は、3次元の奥行き方向を利用することによる効果的な情報表示を可能とする手法であるため、多くの情報を一画面で表示することが可能である³⁾。したがって、本検討で扱うような、非常に多くの、かつ階層構造をもつデータを表示するのに適した手法であるといえる。

4. 知識構造ビューアの概要

以上のように問題点/対策の階層関係に基づいて作成したデータベース化を明示するツールとして、「知識構造ビューア」を開発した。以下に、知識構造ビューアの概要を示す。

4.1. 実行環境

実行環境としては、Java および Java3D API を利用した。Java アプレットとして実行できることで、Web ブラウザで閲覧可能なページに埋め込み、複数のユーザが知識構造ビューアを利用できる。また Java3D API により、本ビューア専用の 3D ソフトウェアをインストールしなくても、アプレットすなわち Web ブラウザ上で 3D 図形を表示/操作できるプログラムを実行できる。Java ではネットワークを通してデータをやりとりできるため、本ビューアではデータベースをプログラムと分離したファイルにしている。将来的には、動的にデータを呼び出したり、データをサーバに返すといった拡張も可能である。

4.2. 図形の描画および制御の方法

本ビューアでは表示ノード数がおおよそ 1,000 と多数であるが、内部のデータ構造と Java3D API の利用方法を工夫することで表示を高速化し、ユーザの操作性を改善している。具体的には、図形の描画およびユーザの入力をプログラムで制御しやすい Java3D のイミディエイトモードを利用することにより、全ノードが画面フレームに表示されている状態で、1 フレームの描画する時間を、一般的に利用されるリテンモードで 2~3 秒のところ、120ms~200ms まで抑えることができた(参考値/実行環境はハードウェア: Intel Pentium III 600MHz Dual, 384MB メモリ, NVIDIA GeForce3 ビデオカード, ソフトウェア: Windows2000, Internet Explorer5.5 SP2, SUN Java 1.4.1, Java3D 1.3 である)。表示に関しては、アルファブレンディングによるツリーやポップアップラ

ベルの描画, ノード表示でのテキストチャのアンチエイリアシングにより, より見やすい表示になるよう工夫した。

4.3. 基本的な機能

(1) ナビゲーション画面

問題の全体像を把握しやすくするために, 2次元表示によるデータ探索ナビゲーション画面を用意した (Fig.6 参照)。ユーザが見たい分野分類項目をクリックすると, その部分に対応した3次元表示の階層構造までジャンプして表示する仕組みになっている。

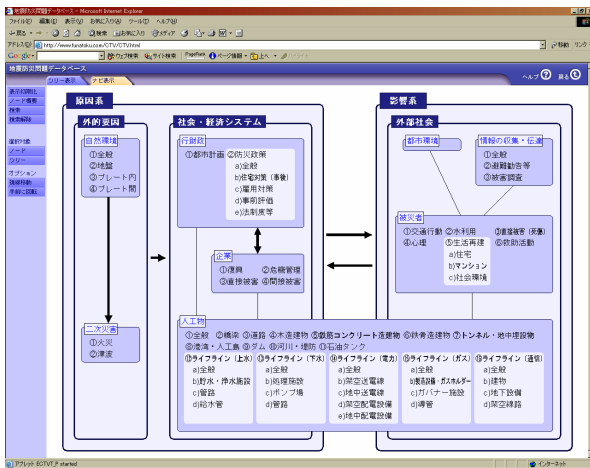


Fig. 6 2次元表示によるナビゲーション画面

(2) メイン画面

知識構造ビューアのメイン画面を Fig.7 に示す。各問題, 対策は3次元空間上に表示されるツリー構造のノードとして示され, 各問題, 対策間の関係性 (階層性) はツリー構造のアークとして示される。

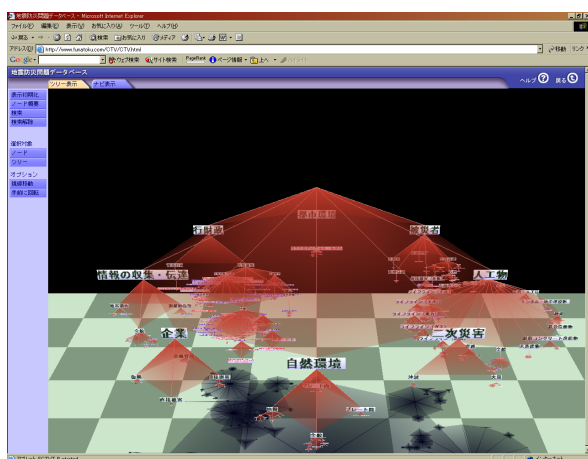


Fig.7 社会問題ビューアのメイン画面

(3) 配置変更機能

ユーザは, マウスを使うことにより, 自分の見たい部分を手前に配置したり, 邪魔だと思う部分を奥に配置し

たりと, 全体の配置を変更させながら, 問題の全体像を眺めることが可能である (Fig.8 参照)。

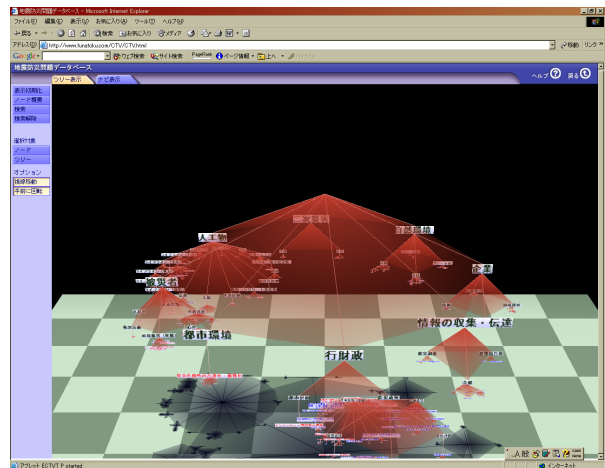


Fig. 8 行政に関わる階層構造を手前に配置した状態

(4) 検索機能

検索機能を用いれば, ユーザの関心のある属性に基づいた情報だけを抽出することが可能である。ユーザは, Table.1 に示した6つの価値基準属性と3つの時点属性の中から, 好きな属性を組み合わせて選択することができる。また, 自由なキーワードを入力し, 以上の属性と組み合わせることも可能である。この際, 検索にヒットしなかった階層構造は, 小さく畳まれて見えなくなるようになっている (Fig.9 参照)。

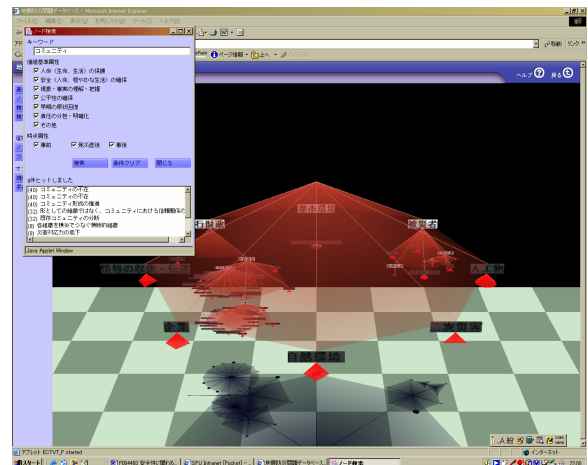


Fig. 9 社会問題ビューアによる検索結果の表示

(5) ズームアウト・イン機能

「<」キーにより視点を上昇させることができ, 問題の全体像を俯瞰することができる。逆に「>」キーで視点を降下させることができ, ユーザは興味のある部分を拡大して見ることができる (Fig.10, 11 参照)。これによりユーザは, 上階層から下階層までを深く追求していき, 下階層から上階層へと遡ってみたりと, 情報の

階層を自由に行き来し、知識を探索することができる。

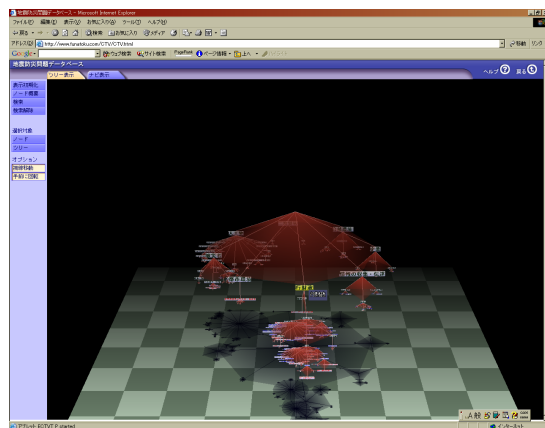


Fig. 10 ズームアウト表示



Fig. 11 ズームイン表示

(6) 概要表示機能

ノード（問題もしくは対策）を選択し、メニューの「ノード概要」を選択すると、ウィンドウがポップアップし、ノードの概要が表示される。同時に関連するデータや事例の出典情報が表示される（Fig.12 参照）。

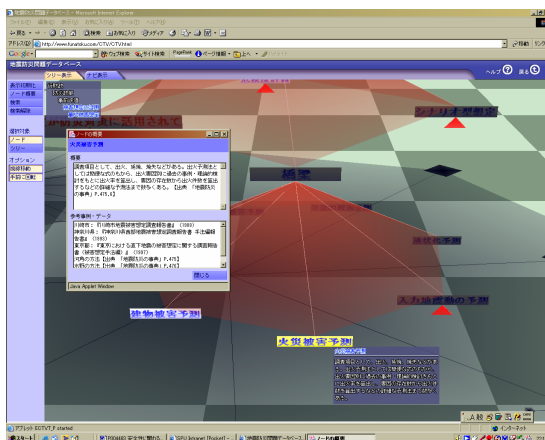


Fig. 12 データ概要の表示

5. 成果と課題

本検討では、複雑な社会問題に関する解決策の発想に資する、“多様な価値基準を取り扱い得る”ことを前提とした“社会問題の解決策の発想を適切に支援する”技術の開発を目指し、知識構造ビューアを作成した。本検討における主な成果として、以下の4点が挙げられる。

- “多様な価値基準を取り扱い得る”点に関しては知識構造ビューアへの検索機能の付与、“社会問題の解決策の発想を支援する”点に関してはテーマを構成する要素（本検討では、問題点と対策の2要素）の階層関係性に着目した問題構造化（データベース作成）ポリシーの考案とコーンツリー技術を活用した表示技法を開発することにより、ある程度の解決ができた。
- コーンツリー技術を活用することにより、視界の端で捉える情報量が増大し、社会問題の階層性や分野ごとの情報の多寡を一目瞭然に示すことが可能となった。
- 本ビューアは、ユーザに、テーマを構成する要素の階層関係性の把握や、複雑な社会問題をあらゆる角度、価値基準から眺めることを可能とし、書籍やインターネットの利用時とは異なった知識探索の感覚を提供可能であることがわかった。
- 以上のように複雑なデータ、多様な機能を持つビューアを、インターネットを通じて誰でも簡単に利用可能な形態で開発することができた。

知識構造ビューアの有効性が明らかになった一方で、以下の課題も残されている。

- 本検討では、既存情報の階層データへの加工、各データ項目への属性の付与などといったデータベース作成作業は、作業者の主観的な判断基準に基づいている。今後は、客観的なデータベースの作成ポリシーと、データベースの作成を効率化する技術について検討を行う必要がある。
- データベースの作成ポリシーは、ユーザに提供するサービスと密接に関係する。今後はモニターを募り、コメントを収集することで、知識構造ビューアの提供するサービスをより詳細に定義した上で、データベースの作成ポリシーを検討していく必要がある。
- 山下らは、DAG（Directed Acyclic Graph）情報の表示にコーンツリー技術が応用可能であることを示したが、今回扱ったような規模の情報についてDAG構造を許した場合にも、コーンツリー技術を用いた知識構造ビューアが問題の全体像を明瞭に表示することが可能か否かを検証する必要がある。
- “社会問題の解決策の発想を支援する”ツールとするためには、挙げられている各問題点や対策に、その重要度や優先度に関する判断に資する属性を付与することが望ましい。今後は、どのような属性をどういった基

準に基づいて付与すればよいかということについて検討する必要がある。

参考文献

- 1) 立命館大学震災復興研究プロジェクト(1998)『震災復興の政策科学』有斐閣。
- 2) 岡田恒夫, 土岐憲三(編集)(2000)『地震防災の事典』朝倉書店。
- 3) Robertson, G. G., Card, S. K., Mackinlay, J. D. (1993). Information visualization using 3D interactive animation. CACM, 36(4), 57-71.
- 4) 山下由美, 藤代一成, 高橋成雄, 堀井秀之(2002)「拡張 ConeTrees 技法による DAG 情報の可視化」『画像電子学会 Visual Computing 情報処理学会グラフィクスと CAD 合同シンポジウム 2002 予稿集』1-6.
- 5) 土橋喜(2000)『情報視覚化と発想支援 問題構造の可視化による仮説生成』あるむ。

謝辞

本検討において、文献の通読と構造化、データベース作成において多大なご尽力を頂いた東京農工大学大学院

河辺喬君, 三宅康文君, 東京大学大学院 安田奈美穂さん, 慶応大学大学院 山口晶子さんに感謝の意を表します。また、お茶の水女子大学大学院 山下由美さんには、知識構造ビューアのプロトタイプ作成に多大なご尽力を頂いた。このプロトタイプなくしては、知識構造ビューアの完成イメージ、リクワイアメントの検討は不可能であった。ここに感謝の意を表します。

なお本研究は、社会技術研究システムミッション・プログラム「安全性に係わる社会問題解決のための知識体系の構築」(平成13~14年度は日本原子力研究所の事業、平成15年度からは科学技術振興事業団の事業)の成果の一部である。

- i) 本稿では検討結果を煩雑にするを防ぐため、1つのノードに対して2つ以上の親を持つような DAG (Directed Acyclic Graph) 構造、すなわち1つの問題点/対策に最も近接する上部階層に、2つ以上の問題点/対策が関連するような構造が現れないよう作業を行った。データ数がある程度限られた上での DAG 構造の可視化については、これまでの研究成果においてコーンツリー技術の応用の可能性が確認されているが⁴⁾、本検討のような多くのデータ数について DAG 構造を許した場合の同技術の応用可能性や、ユーザの受容性等の確認については、今後の検討に譲ることとする。

A STUDY OF ESTABLISHING TECHNIQUE OF SOCIAL PROBLEM VISUALIZATION FOR DEVISING SOLUTIONS

Kentaro YAMAGUCHI¹, Yasunori FUNATO², Issei FUJISHIRO³, and Hideyuki HORII⁴

¹Ms.Eng. (Civil Engineering Systems) Mitsubishi Research Institute, INC., Dept. of Social Infrastructure System
(E-mail: yamaken@mri.co.jp)

²Ms.Eng. (Computer Science) System Engineer (E-mail: yui@funatoku.com)

³Dr.Sc. (Information Science) Professor, Ochanomizu University, Graduate School of Humanities and Science
(E-mail: fuji@is.ocha.ac.jp)

⁴Ph.D. (Science and Technology for Society) Professor, The University of Tokyo, Dept. of Civil Engineering
(E-mail: horii@ohriki.t.u-tokyo.ac.jp)

It is difficult to find effective solutions to social problems, because social problems consist of diverse values. From this point of view, it is desirable to establish the technique of handling diverse values for devising solutions. In this article, we attempt to build a 3D visual exploration tool, named "Knowledge Structure Viewer", to assist the users in viewing target social problem from any point of view which users like. Knowledge Structure Viewer can visualize configurationality in social problem, and is available through the Internet. By using this, users can grasp the structure of social problem, and thus finding a promising solution.

Key Words: social problem solving, diversity in value, configurationality in social problem, ConeTrees, social problem visualization