

# コミュニティを超えた知識共有のための 原子力安全オントロジー設計方法

How to Design a Nuclear-Safety Ontology  
For Sharing Technical Knowledge over Communities

尾暮 拓也<sup>1</sup>・高松 悠<sup>2</sup>・古田 一雄<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ph.D. (工学) (独) 科学技術振興機構 社会技術研究システム (E-mail:ogure@diras.q.t.u-tokyo.ac.jp)

<sup>2</sup>東京大学大学院 新領域創成科学研究科 (E-mail:htaka@qs.t.u-tokyo.ac.jp)

<sup>3</sup>Ph.D. (工学) 東京大学大学院 工学系研究科 システム量子工学専攻 (E-mail:furuta@q.t.u-tokyo.ac.jp)

原子力の是非について社会的に合意形成するためには社会全体によるリスク理解の醸成が必要である。技術的な知識あるいは問題意識を技術者コミュニティと市民コミュニティで共有するためにはインターネットにおいてはディレクトリ型検索サイトの整備などが急務であると考えられるが、ここで用いられるオントロジーは十分に吟味されて設計されなければならない。本研究ではまず市民コミュニティのオントロジーをテキストマイニングの概念マップ作成技術を応用して分析し、原子力工学科カリキュラムから推定される技術者コミュニティのオントロジーと比較して両者の違いを明らかにする。次にこれらの違いを踏まえて技術的な知識あるいは問題意識の共有のためのオントロジー設計方法について提案する。

**キーワード：**原子力，コミュニティ，知識共有，オントロジー設計，自己組織化マップ

## 1. 背景

近年では原子力の是非など科学技術のリスクに係わる諸問題に対する社会的な関心が高まっており、これに伴って NGO, NPO などの市民コミュニティの提言が社会において強い発言力を持ち始めている。このような状況での技術的な問題に対する社会的な合意形成には、これまでのような一部の専門家コミュニティによるリスク理解だけではなく社会全体によるリスク理解の醸成が必要となっている。従って専門家コミュニティの役割は専門的な判断を行って市民に提案する役割から専門的な知識を市民の合意形成のために提供する役割へと変容しているといえる。またこのとき市民は問題意識を専門家に提示する必要があるだろう。

さて一方で 21 世紀は情報化社会の時代といわれ、インターネットは強力な情報伝達手段となってきた。このような手段によって原子力の安全性に係わる専門的な知識を市民に伝達するインフラを整備することは急務といえるだろう。情報公開の観点からは原子力技術に関する解説、関係省庁の議事録、原子力発電所のトラブルのレポート、およびこれらに対する様々な立場の人の論考など豊富な知識や意見がインターネット上で提供されている。しかし市民によるこれらの情報へのアクセス支援という点からは整備は立ち遅れており、原子力に特化しない一般的な情報検索サイトによって原子力情報を検索

するというのが現在の現実的な利用形態であるように見える。

一般的な情報検索サイトは現在では大きく分けて「全文検索型検索サイト」と「ディレクトリ型検索サイト」のどちらかの形態をとっている。ここで全文検索型検索サイトとはキーワード文字列を入力することによりその文字列を含むドキュメントページへのリンクを提示するというサービスを行うサイトであり、ディレクトリ型検索サイトとはあらかじめ用意された「ディレクトリ」と呼ばれる階層的な主題の分類体系に各ドキュメントページへのリンクを配置して提示するサービスを行うサイトである。ここで全文検索型サイトを利用する上ではユーザーが適切な専門用語をあらかじめ知っている必要があり、市民による原子力の専門知識へのアクセスという点からは適切ではない。しかし一方でディレクトリ型検索サイトは主題の分類体系の設計によって知識共有の効率が決定されてしまう性質があるため、この体系は十分に吟味されて設計されなければ効果的ではない。

## 2. 目的

主題の分類体系の設計方法を探るために脱原発を主張するコミュニティの概念体系をテキストマイニングにより分析し、技術者コミュニティの概念体系と比較する。

さらにこの比較を踏まえてディレクトリ型検索サイトに望ましい主題の分類体系の設計方法について議論する。

ここで主題の分類体系について「Yahoo! <sup>1)</sup>」や「Open Directory Project<sup>2)</sup>」などの代表的なディレクトリ型検索サイトではすべて編集者によって手作業で構築されているのが現状である。分類体系の自動構築の研究分野は近年積極的に取り組みが行なわれており大変に興味深いテーマであるが、本論文の内容は分類体系の手作業での構築を前提とし、自動構築にまでは踏み込まない。

以下では概念体系および主題の分類体系をまとめて「オントロジー」と呼ぶこととする。

### 3. オントロジーとは

オントロジーという語はさまざまな意味で用いられ、しばしば混乱の原因になっている。ここでは本研究で用いる「オントロジー」という語の意味を議論する。

本研究では異なるコミュニティ間のコミュニケーションを支援するためのオントロジーを議論しているので、社会技術研究の文脈から「オントロジー」という語を使う。これは工学的なオントロジーから派生したオントロジーである。オントロジーという語は元々哲学の用語であるが、現在ではこの言葉を工学者が流用して「オントロジー」あるいは「オントロジー工学」として使っている。哲学的な「オントロジー」と工学的な「オントロジー」とは異なるものであり区別されるべきであるが、対比して理解することは重要であると考えられる。

#### 3.1. 哲学のオントロジー

哲学のオントロジー（存在論）は世界の秩序や存在の構造や存在概念そのものを研究する分野であり、アリストテレスの時代から物事をカテゴリあるいは「種」と「類」によって分類する試みがなされた<sup>3)</sup>。その後「認識」されるものは言語によって論理的に記述できる範囲に限られるという考えから世界を論理的に記述した公理系を多くにフォーマルオントロジー<sup>4)</sup>と呼ぶようになった。オントロジーは存在する対象の側の本質構造に基準を置いてモデル化を試みている点が重要であり、人間の主観の立場には基準を置かない。人間が持っている物事に対する真偽の信念は「認識論」によって議論され、オントロジーはこのうち万人に共通的な部分について公理と考える。一方、ある人間が持つ社会的背景によって特徴付けられる信念を扱う哲学分野は「社会的認識論」<sup>5)</sup>と呼ばれ、オントロジー研究とは異なる文脈で研究されている。

#### 3.2. 工学のオントロジー

オントロジーという語は工学、主に人工知能研究の分

野でも用いられている。主に知識ベース（知識のデータベース）やその構築の方法論に関してこの用語が用いられるので哲学的な研究とは動機が根本から異なるが、当初の目的は推論のベースになる論理的な公理系の記述であり、この点で哲学のオントロジーと共通性があるものと思われる。しかし人工知能分野におけるオントロジー研究の早い段階で Gruber<sup>6)</sup>によって、

「私はオントロジーという用語を知識共有の文脈の中で『概念の明示的な仕様(specification of a conceptualization)』という意味で用いている。これはつまり、オントロジーはエージェントやエージェントコミュニティにとっての概念やそれらの関係の（問題の定式化のような）記述である。この定義はオントロジーを『概念体系の定義』とする定義と矛盾しないが、より一般的である。またこれは哲学で用いられるときの意味とは異なる。」

という解釈が与えられており、工学では哲学の議論を離れて様々な拡大解釈がなされている。ディレクトリ型検索サイトのディレクトリもここで言うオントロジーに含まれる。

#### 3.3. 社会技術のオントロジー

社会技術研究の文脈で、我々は複数のコミュニティにおける、それぞれのコミュニティの内で共有される基本概念やその体系に興味を持って研究を進める。このような基本概念の体系は Gruber の述べるどころの「概念の明示的な仕様」を与えるという点で工学的オントロジー研究に含まれるが、一方でコミュニティの違いによる基本概念体系の違いにも興味を持つことから哲学的オントロジーには明らかに含まれない。我々は工学にならってこれをオントロジーと呼ぶが、哲学的には社会的認識論を議論している。

### 4. テキストマイニングとは

テキストマイニングとはテキスト情報の分析を支援する技術である。一般にテキストマイニングはドキュメントを個別に調べても分からない、パターンやトレンドなどドキュメント集合全体に内在する知識を発見することを目的としている<sup>7)</sup>。これは様々な要素技術を組み合わせた複合的な技術であり、「自然言語処理」、「分析・マイニング技術」と「可視化技術」などからなる。

#### 4.1. 可視化技術

このうち可視化技術は一般に複数の属性によって表現

されたデータを何らかの方法で2次元空間あるいは3次元空間にマッピングし、人間のパターン認識能力によってデータに内在する構造の手がかりを得るものである。このような可視化による分析は視覚的なパターンの認識について人間が持っている強力な能力に依存することが前提となる。しかし一方ではロールシャッハテストのように本来無意味であるパターンを意味のあるものとして解釈してしまう可能性もあるので決して万能なものではない。従って分析の解釈結果の取り扱いには十分な注意が必要である。

テキストマイニングにおける可視化技術はドキュメントクラスタリングや概念マップの作成などの具体例がある。本研究ではこのうち概念マップの作成を行うが、この二つの手法はほぼ同一である。ドキュメントクラスタリングはドキュメント間の関連性の提示のために利用され、ドキュメントを特徴ベクトルと呼ばれる実数ベクトルで表現するベクトル空間モデルが起点となっている。この特徴ベクトルはあらかじめ用意される索引語リストの語数に等しい次元をもち、ベクトルの要素にはそのドキュメントの中における索引語の出現頻度から計算される重みが割り当てられる。この重みづけには通常TF・IDFと呼ばれる評価関数<sup>8)</sup>が用いられる。この特徴ベクトルの次元を圧縮し、高次元空間での距離関係をできるだけ保存して二次元もしくは三次元に投影することによって、内容の近いドキュメントが近くに配置された文書のマップを作成することができる。一方で概念マップの作成を行う場合は、索引語に対して分析対象のドキュメントそれぞれにおけるTF・IDFを要素とした特徴ベクトルを用意して同様の可視化を行う。高次元の特徴ベクトルから2次元または3次元のマップを作成する手法は以下のものがある。

#### 1. オーディネーション

主成分分析、数量化類、対応分析、多次元尺度法などによって数理的に次元圧縮を行う手法。

#### 2. スプリング埋め込み

ドキュメントまたは索引語を仮想的にばねで接続し、ばねモデルによる力学的な多体間問題として安定点を求める手法。ばね定数は両端のドキュメントまたは索引語の特徴ベクトルの内積や余弦で与える。

#### 3. 自己組織化マップ<sup>9)</sup>

2層からなるニューラルネットワークを用いて多次元ベクトルを2次元の格子に配置する手法。教師なし学習によって入力データの特徴を弁別するように学習するものであり、自動パターン認識に適している。

この中で自己組織化マップは高い特徴弁別能力を持つとされることから、本研究では自己組織化マップによる概念マップの作成を試みる。

## 5. 予備実験

専門的なドキュメントからのオントロジー抽出の可能性を検証するために、あらかじめカテゴリ分類が与えられているドキュメント集合に関して自己組織化マップによる概念マップ作成を行い、そのカテゴリ分類が再現するかどうかを検証する。

### 5.1. 実験方法

実験は以下の手順で行う。

#### 1. ドキュメントの入手

インターネット上で公開されている原子力に関する情報サイト「原子力百科事典 ATOMICA」<sup>10)</sup>から「核燃料リサイクル」に関する解説記事147ドキュメントをダウンロードする。

#### 2. 単語の抽出

一般的には形態素解析によって行うが、本研究では原子力の専門的な単語について関心があり、これらは形態素解析ソフトウェアの内蔵辞書には登録されていない可能性が高い。一方でこれらは通常2文字以上の漢字及びカタカナからなると考えられるので本研究ではこれらの羅列を抽出する。

#### 3. 索引語リストの作成

一般的には「Zipfの法則」<sup>8)</sup>を利用して中程度の出現頻度の単語を決定して索引語とするが、本研究では専門用語を対象としているため中程度の出現頻度の単語を索引語とすることが適切であるかどうかは不明である。そこで本研究ではTF・IDFの値 $W(t)$ の上位200単語を索引語とした。ここで

$W(t)$ は以下の式で計算される。

$$W(t) = \sum_{d \in D} w(t, d) \quad (1)$$

$$w(t, d) = \overline{tf}(t, d) \cdot idf(t) \quad (2)$$

$t$ は単語、 $d$ はドキュメント、 $D$ および以下の $T$ はそれぞれ対象とする単語とドキュメントの集合で

Table 1 ATOMICA に設定したストップワード

参考, 文献, 関連, タイトル, 一括, クリック, 項目, 図, 表, 更新, 年, 月, 原子力百科事典, 本文, 参照, 方法, 必要, 利用, 場合, 概要, 存在, 一方, 考慮, 目的, 方式, 以下, 以上, 一般, 終了, 結果, 検討, 程度, 核燃料リサイクル, 対応, 実施, 現状, 現在, 開発, 使用, 比較, 設置, ダウンロード, 研究, 向上, 見通, 実用化, 今後, 適用, 期待, 可能, 同様, 確認, 設計, 一部, 性質, 構造, 採用, 容易, 状態, 特徴, 観点, 計画, 重要, 規模, 発見, 対策, 確保, 増大, 減少, 増加, 計画, 装置, 対策
--

ある  $\overline{tf}(t, d)$  と  $idf(t)$  は以下の式で定義される.

$$\overline{tf}(t, d) = \frac{tf(t, d)}{\sum_{s \in T} tf(s, d)} \quad (3)$$

$$idf(t) = \log \frac{N}{df(t)} + 1 \quad (4)$$

ここで  $tf(t, d)$  はドキュメント  $d$  の中での単語  $t$  の出現頻度,  $N$  は対象のドキュメント数,  $df(t)$  は単語  $t$  が出現するドキュメント数である.  $\overline{tf}(t, d)$  はあるドキュメントの中である単語が用いられる機会の多さを示し,  $idf(t)$  はある単語が用いられる機会の偏り, すなわち表現内容の選択性の高さを示す.  $W(t)$  はこれらの積のドキュメント集合全体の総和である. このリストを作成するに当たり, Table 1 に示した単語は分析対象の概念として適切ではないという基準からストップワードとして除外された.

4. 索引語の特徴ベクトルの作成

式(2)のドキュメントごとの TF・IDF の値を配列したものを索引語  $t$  の特徴ベクトル  $\mathbf{v}(t)$  とする.

$$\mathbf{v}(t) = (w(t, d_1), w(t, d_2), \dots, w(t, d_N)) \quad (5)$$

5. 自己組織化マップの作成

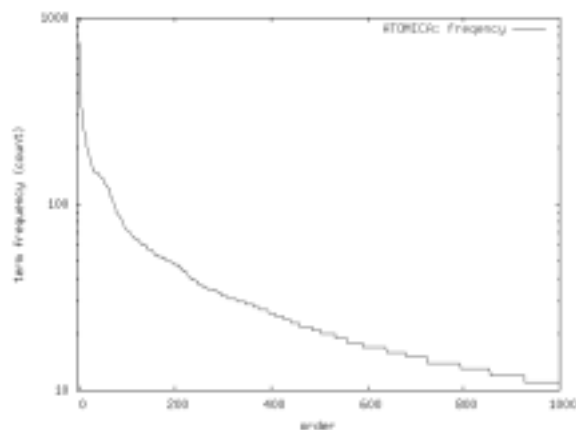


Fig. 1 サイト「原子力百科事典 ATOMICA」の「核燃料リサイクル」に関する解説記事の単語の出現頻度

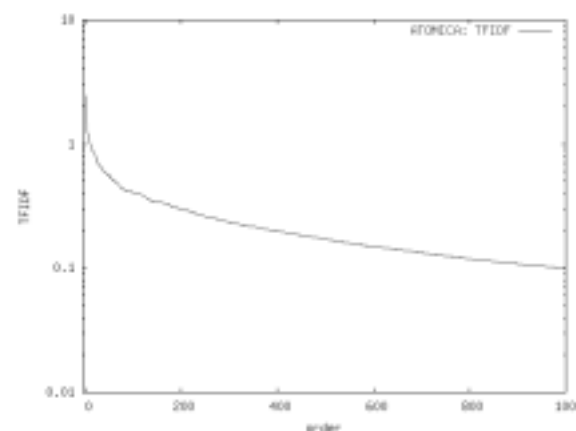


Fig. 2 サイト「原子力百科事典 ATOMICA」の「核燃料リサイクル」に関する解説記事の単語の TF・IDF

処理系として数値処理ソフトウェアである MATLAB と自己組織化マップ演算ライブラリである SOM Toolbox<sup>11)</sup>を使用する. この処理系で索引語の特徴ベクトルによるニューラルネットワークのバッチトレーニングを行い, マップを作成する. マップのパラメータは以下のとおりである.

- マップのユニットは六角形.
- マップのユニット数は入力データ数  $n$  について  $5\sqrt{n}$ .
- マップの形状は2次元長方形. 辺の長さの比は入力データを羅列した行列の固有値について上位2つの平方根の比.

5.2. 実験結果

147 ドキュメントから抽出された単語は 17,970 単語であった. 出現頻度順に上位 1000 単語の総出現頻度をプロットしたものを Fig. 1 に示す. また索引語リストを作る

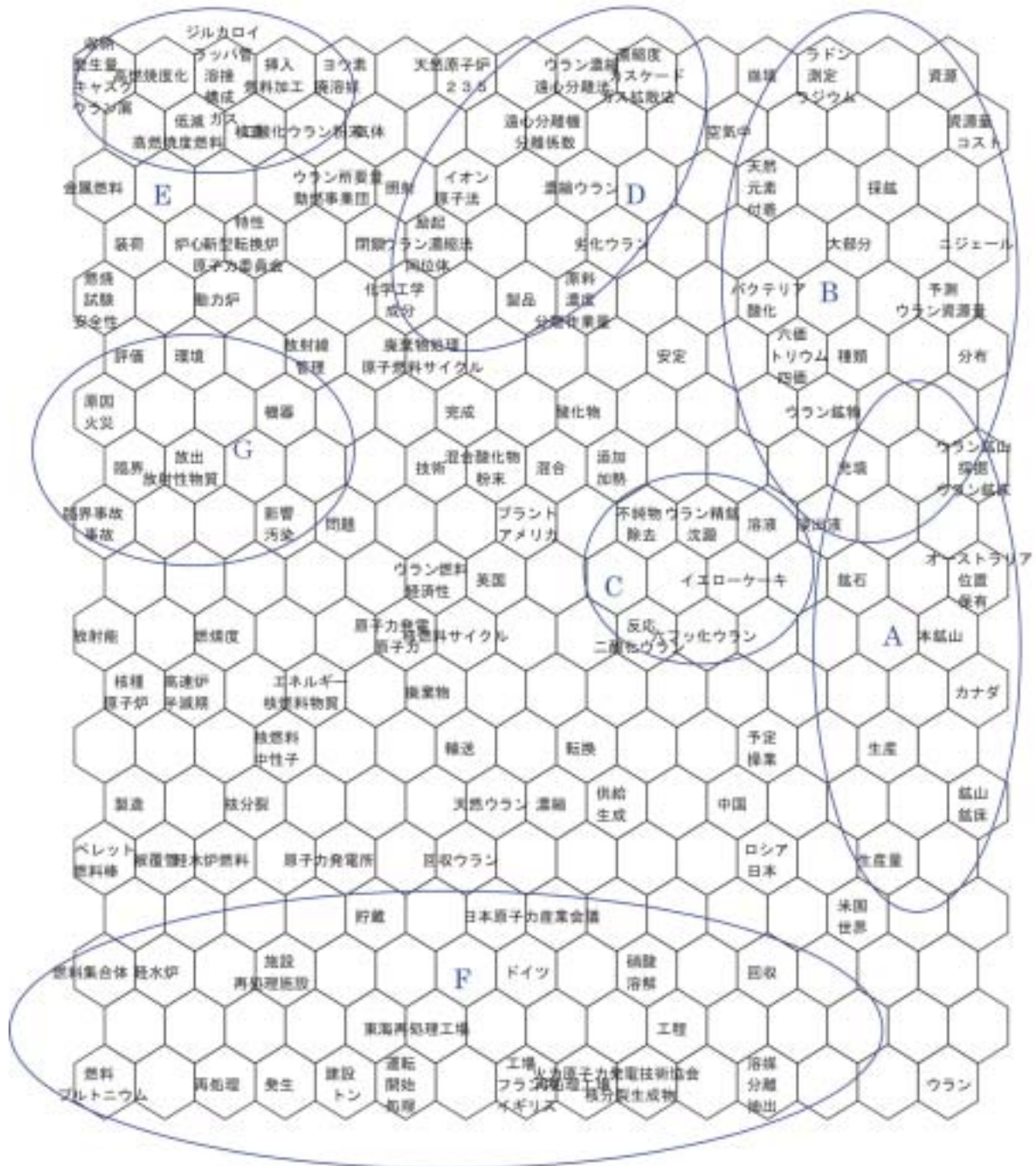


Fig. 3 サイト「原子力百科事典 ATOMICA」の「核燃料リサイクル」の単語の自己組織化マップ

ために計算した TF・IDF の大きさ順に上位 1000 単語の TF・IDF をプロットしたものを Fig. 2 に示す．さらに自己組織化マップによって作成された概念マップを Fig. 3 に示す．

5.3. 考察

Fig. 1 から単語の出現頻度のグラフには曲率が特徴的に変化する点がないことが分かった．これは単語の出現頻度とその順位とが反比例関係になるという Zipf の第一

法則からも予測される．Fig. 2 から TF・IDF のグラフにも曲率が大きく変化する点がないことが分かった．今回の実験では索引語を TF・IDF の上位 200 単語としたが，自己組織化マップは学習データの量と内容に大きく左右されるため，索引語の決定の仕方は重要な問題であり，この最適化に関しては今後の研究が必要であると考えられる．

サイト「原子力百科事典 ATOMICA」の「核燃料リサイクル」に関する解説記事は Table 2 に示すカテゴリ項目

Table 2 サイト「原子力百科事典 ATOMICA」の「核燃料リサイクル」に関する解説記事のカテゴリ項目

カテゴリ項目	特徴的なキーワード
原子力行政体制の概要	安全審査 (その他のキーワード全般)
採鉱	ウラン, 採鉱, 鉱床, 調査, 鉱山, 鉱物, ウラニル, トリウム, カナダ, オーストラリア, ニジェール, 生産量, 資源量, 天然原子炉
採鉱	ウラン, 採掘, 硫酸, バクテリア, ラドン, インブレスリーチング, 資源, 鉱山
精錬	ウラン, イエローケーキ, 浸出, イオン交換樹脂, 溶媒抽出法, 六フッ化ウラン, 二酸化ウラン
ウラン濃縮	ウラン, 遠心分離法, 濃縮ウラン, 劣化ウラン, 分離, カスケード, 分離係数, レーザー, 六フッ化ウラン, 同位体, 天然ウラン
燃料加工	ウラン, 二酸化ウラン, ペレット, 燃料棒, 燃料集合体, 被覆, ジルカロイ, 燃料ピン, 炉心, 六角格子, チャンネルボックス, 制御棒
再処理	核種, 使用済燃料, プルトニウム, ピューレックス, 溶媒抽出, 核分裂生成物, セラフィールド, プルサーマル, ヨウ素, 燃焼度, 硝酸, 中性子, 輸送容器, MOX, キャスク, 放射性廃棄物, 高レベル廃液, 固化, 蒸発処理, ガラス固化, 東海再処理施設, フランス
高速増殖炉燃料の再処理	高速増殖炉, 高速中性子, プルトニウム, ナトリウム, プルサーマル, ラッパ管
混合酸化物 (MOX) の再処理	プルトニウム, 放射体, 娘核種, 増殖, 高速炉, 高速増殖炉, もんじゅ, ふげん, プルトニウムスポット, 粉末, プルサーマル
核燃料リサイクル施設の事故・故障	東海再処理工場, アスファルト, 原研ウラン濃縮研究棟, 放射能, 火災, JCO, 臨界, セラフィールド

にあらかじめ分類されているが, Fig. 3 と比較すると図中 A の付近には「採鉱」に関する単語が多く集まっているように見える. また B は「採鉱」, C は「精錬」, D は「ウラン濃縮」, E は「燃料加工」, F は「再処理」, G は「核燃料リサイクル施設の事故・故障」に対応するよう見える. 一方で「原子力行政体制の概要」, 「高速増殖炉燃料の再処理」と「混合酸化物 (MOX) の再処理」に対応するクラスタは見られなかった.

「原子力行政体制の概要」は他のカテゴリで使用される単語を全般的に含んでいるため独立したクラスタが生成されなかったものと思われる. 「高速増殖炉燃料の再処理」と「混合酸化物 (MOX) の再処理」については解説に用いられる多くの単語が「再処理」と同様であり, 独立したクラスタが生成されなかったものと思われる. 実際に「高速増殖炉燃料の再処理」と「混合酸化物 (MOX) の再処理」は「再処理」の延長の技術であり, 概念としては「再処理」に含まれる.

それぞれのクラスタの位置に関しては「採鉱」, 「採鉱」のクラスタが近傍に生成され, これらの近くに「ウラン濃縮」のクラスタが生成され, さらに「ウラン濃縮」の近くに「燃料加工」のクラスタが生成された. これらは一連の過程であるが, クラスタの位置も連続的になって

いる. また燃料使用後の「再処理」のクラスタがこれらとは距離を置いて生成されている! 核燃料リサイクル施設の事故・故障については両者の中間に生成されている. これは原子力に関する概念としては常識的な配置であると考えられ, この実験結果では与られたカテゴリ項目がほぼ再現されただけでなく, より高次の構造も抽出されていると解釈することができると思われる. 従ってオントロジーの抽出に自己組織化マップを利用することは有効であると結論付けられる.

## 6. 脱原発コミュニティ Web ページの分析実験

予備実験の結果を踏まえ, 脱原発を主張するコミュニティである CNIC (原子力資料情報室) のホームページ<sup>12)</sup>のコンテンツについて同様の分析を行い, 生成されるクラスタを解釈する.

### 6.1. 実験方法

実験方法は予備実験に準じる. 分析対象ドキュメントは 2003 年 10 月の時点で当該サイトからダウンロード可能なドキュメントとする. ただしこのサイトは新聞記事のライブラリなど様々な内容のドキュメントを含むため,



Table 3 CNIC に設定したストップワード

参考, 文献, 関連, タイトル, 一括, クリック, 項目, 図, 表, 更新, X年, X月, 本文, 参照, 方法, 必要, 利用, 場合, 概要, 存在, 一方, 考慮, 目的, 方式, 以下, 以上, 一般, 終了, 結果, 検討, 程度, 対応, 実施, 現状, 現在, 開発, 使用, 比較, 設置, ダウンロード, 研究, 向上, 見通, 実用化, 今後, 適用, 期待, 可能, 同様, 確認, 設計, 一部, 性質, 構造, 採用, 容易, 状態, 特徴, 観点, 計画, 重要, 規模, 発見, 対策, 確保, 増大, 減少, 増加, 計画, 装置, 対策, ページ, 任意, 返事, 開室, 記入, 寿, 容赦, 多忙, 感想, 中野, 法人, メル, ホーム, キーワード, 言葉, 無料, 名前, 説明, 未来, 原子力資料情報室, 報告, 意見, 基本, 詳細, 関係, 資料, 将来, 理由, 人々, 新刊, 評価, 影響, データ, 今回, プレス, 会員, 住所, 書籍, 試験運用開始, 日開催, 購読, オンライン, 状況, 具体的, メール, シナリオ, 開始, 貴社, 標準, 水曜, エンター, オススメ, クール, 無題, ドキュメント, サーファー, 金曜, アンテナ, ガイド
--

このサイト自体の主張である「脱原発」に関する内容を含む可能性の高いドキュメントをスクリーニングした。具体的には「脱原発」, 「反原発」, 「反対」のキーワードを含むドキュメントを機械的に取り出した。これらのキーワードを含むドキュメントはダウンロードされた 704 ドキュメントの中で 212 ドキュメントであった。ストップワードとした単語を Table 3 に示す。

6.2. 実験結果

212 ドキュメントから抽出された単語は 20,048 単語であった。出現頻度順に上位 1000 単語の総出現頻度をプロットしたものを Fig. 4 に示す。また索引語リストを作るために計算した TF・IDF の大きさ順に上位 1000 単語の TF・IDF をプロットしたものを Fig. 5 に示す。さらに自己組織化マップによって作られた概念マップを Fig. 6 に示す。

6.3. 考察

単語の出現頻度のグラフ (Fig. 4) と TF・IDF のグラフ (Fig. 5) には予備実験と同様に曲率が特徴的に変化する点がなかった。Fig. 6 の概念マップの A には「廃棄物処理」に関する単語が集まっているように見える。また B は「原子力不安」, C は「放射性廃棄物」, D は「政府」, E は「市民と政府の対話」, F は「事業者不信」, G は「故障・トラブル」に対応するよう見える。位置関係として「政府」及び「市民と政府の対話」に関するクラスタが中央に形成された点がこのコミュニティの関心として特徴的である。そして「原子力の事故・トラブル」, 「放射

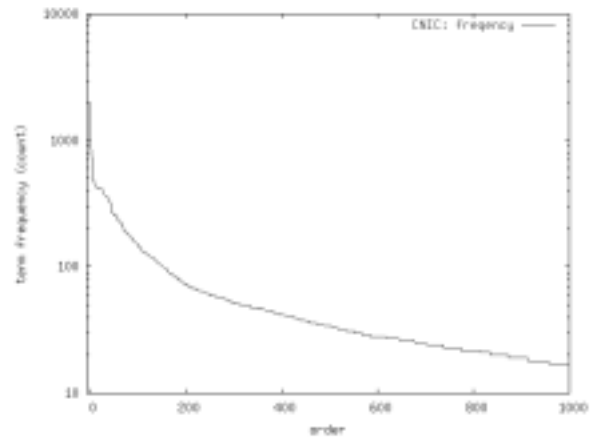


Fig. 4 サイト「CNIC」の脱原発に関するドキュメントの単語の出現頻度

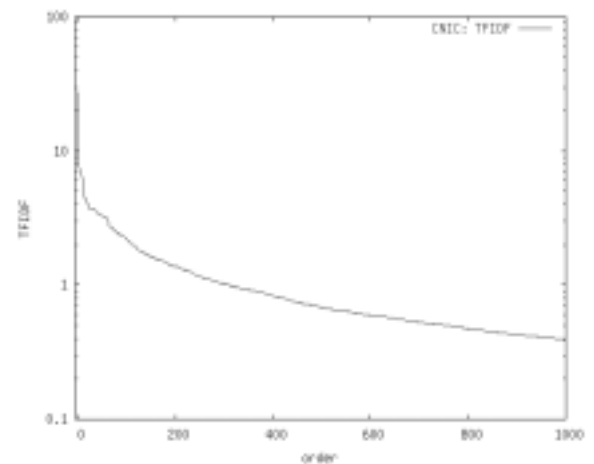


Fig. 5 サイト「CNIC」の脱原発に関するドキュメントの単語の TF・IDF

性廃棄物の処分」や「原子力事業者不信」などがこの周囲に位置しており、脱原発コミュニティにとって次いで重要な問題であると認識されていることがうかがえる。

Table 4 は京都大学大学院工学系研究科原子核工学専攻の平成 13 年度のカリキュラムである。原子力技術者のオントロジーはこのような学科科目による教育を基礎として発達したものと考えられるが、このカリキュラムの構成から当該学科では物理学を基礎にして核エネルギー変換、核燃料サイクルなどの応用を教育していることがわかる。一方で脱原発のコミュニティにおいて関心ははらわれている「原子力の事故・トラブル」や「原子力事業者不信」などのトピックは、いずれかの講義科目で取り扱われると考えられるが、明らかなカテゴリとしては技術者オントロジーの基礎構造の上位には現れない。

オントロジーにこのような明らかな違いが見られる原因は技術者コミュニティが原子力を捉える視点が脱原発を主張するコミュニティの視点とは異なるからであると考えられる。また技術者コミュニティと脱原発コミュニ

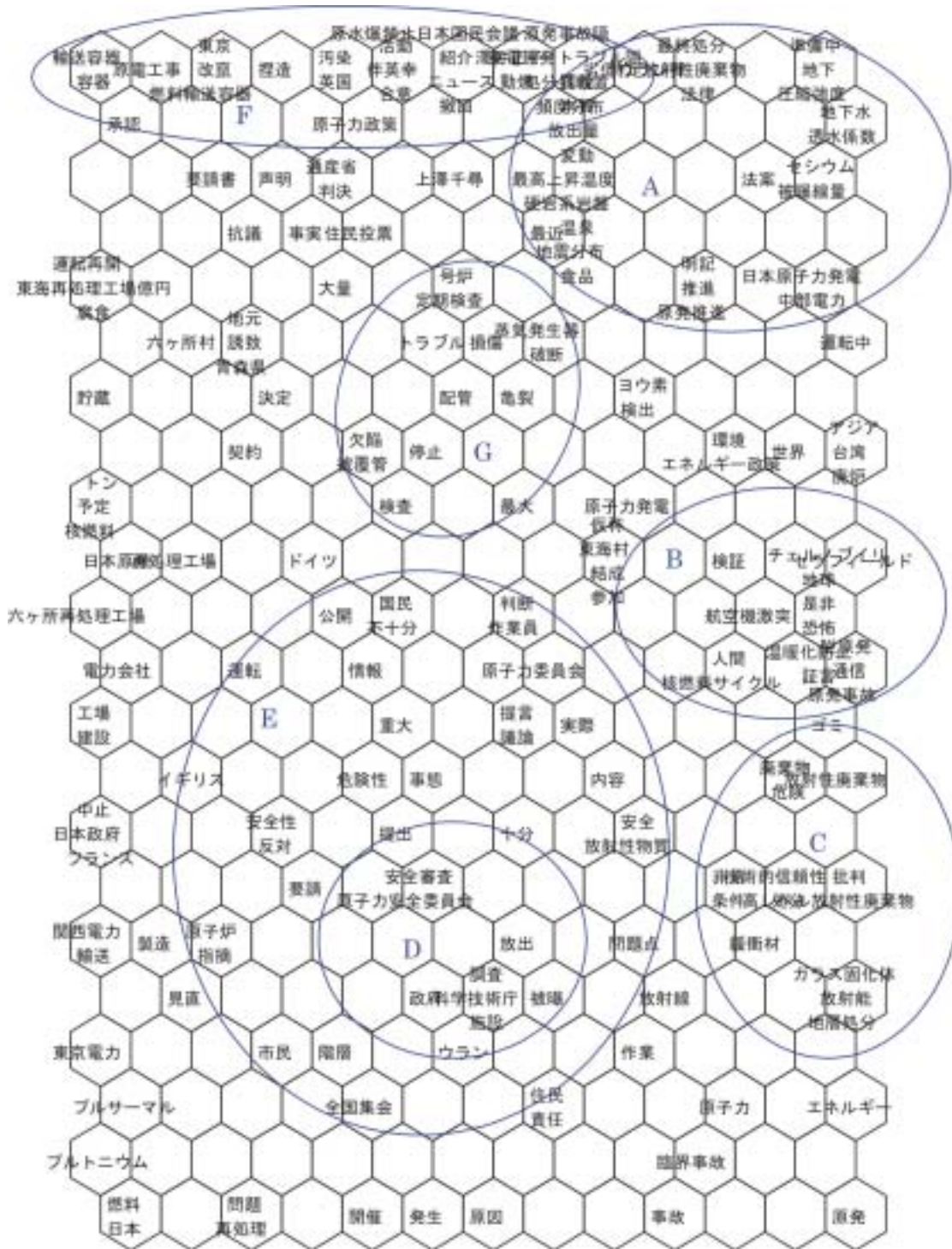


Fig. 6 サイト「CNIC」の脱原発に関するドキュメントの単語の自己組織化マップ

ティとのコミュニケーションがしばしばすれ違う理由のひとつとして両者のオントロジーの異なりが考慮されていないことが予想される。

この問題に対処して知識と問題意識を本質的に共有するためには、それぞれのオントロジーの相互理解、さらには共通的なオントロジーの醸成が必要となると思われる。ここでオントロジー工学の応用法の一つはオントロ

ジーマッピング<sup>13)</sup>であろう。オントロジーマッピングとは異なるオントロジーの間で同じ概念の対応付けを明示化する手法である。このような手法によって例えば脱原発コミュニティで「原子力不安」の下位にある「チェルノブイリ」概念と技術者コミュニティで「黒鉛減速炉」の下位にあるであろう「チェルノブイリ原発」を関連付けることができる。この関連付けをたどれば「原子力不



Table 4 京都大学大学院工学系研究科原子核工学専攻  
平成 13 年度カリキュラム

科目	
原子核物理学	中性子源工学
場の量子論	量子物性機器学
量子反応学	放射線生物学
原子衝突論	核プロセス化学
核材料工学	放射線医学物理
核燃料サイクル工学	新工業素材特論
放射線工学	中性子応用実験
放射線物理学	原子核工学特別実験及演習
原子炉動特性制御	原子核工学セミナー
量子制御工学	量子ビーム科学特論
核エネルギー変換工学	量子物理学特論
混相流工学	原子核工学特論
先端マテリアルサイエンス通論	
核融合プラズマ工学	

安」から容易に「原子炉の固有安全性」などの技術的概念に議論を展開することができると考えられる。

このオントロジーマッピングは機能的にはオントロジーの構造を他方のオントロジーに従って再解釈する作業を支援するものと考えられる。従って情報検索で原子力安全オントロジーを利用することを考えた場合、市民コミュニティの問題意識を技術者コミュニティに伝達するためには「市民コミュニティのオントロジーを技術者コミュニティのオントロジーをベースにして再解釈する」ことが有効と考えられ、また技術者コミュニティの知識を市民コミュニティに伝達するためには「技術者コミュニティのオントロジーを市民コミュニティのオントロジーをベースにして再解釈する」ことが有効であると考えられる。このように設計されたオントロジーをディレクトリ型検索サイトに応用することによって専門家コミュニティと市民コミュニティの間での知識や意見の効率的な共有が可能となると考えられる。

## 7. まとめ

原子力分野に関する知識や意見を技術者コミュニティと市民コミュニティで共有するためのディレクトリ型情報検索サイトには、十分に吟味されたオントロジーが必要である。そこでまず両者のオントロジーの違いを Web ドキュメントからの概念マップの作成を通じて明らかにした。さらにこの違いから発生する知識共有の障害への

対処について、情報の受け手側のオントロジーをベースにして送り手側のオントロジーを再構築するオントロジー設計方法を提案した。

## 参考文献

- 1) ヤフー株式会社「Yahoo!」<http://www.yahoo.co.jp/> [2004/10/15]
- 2) Netscape Communication Corporation, *Open Directory Project*. <http://dmoz.org/> [2004/10/15]
- 3) 岡田光弘(2002)「オントロジーの哲学的・論理学的背景」『人工知能学会誌』17(2), 224-231.
- 4) 岡田光弘(2002)「フッソールのフォーマルオントロジーとその影響」『人工知能学会誌』17(3), 335-344.
- 5) Goldman, A. (2001). Social Epistemology, in *Zalta, E. N. ed., The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. <http://plato.stanford.edu/archives/spr2001/entries/epistemology-social/> [2004/05/31].
- 6) Gruber, T. R. (2001). *What is an Ontology?* <http://www-ksl.stanford.edu/kst/what-is-an-ontology.html> [2004/05/31].
- 7) 渡部勇(2001)「ビジュアルテキストマイニング」『人工知能学会誌』16(2), 226-232.
- 8) 徳永健伸(1999)『言語と計算 5 情報検索と言語処理』東京大学出版会.
- 9) 徳高平蔵, 岸田悟, 藤村喜久郎(1999)『自己組織化マップの応用』海文堂出版.
- 10) (独)科学技術振興機構「原子力百科事典 ATOMICA」<http://sta-atm.jst.go.jp/atomica/index.html> [2004/05/31].
- 11) Vesanto, J., Himberg, J., Alhoniemi, E., and Parhamkangas, J. (2000). *Self-Organizing Map in Matlab: the SOM Toolbox*. Lab. of Computer and Information Science, Helsinki University of Technology.
- 12) 原子力資料情報室「原子力資料情報室 (CNIC)」<http://cnic.jp/> [2004/05/31].
- 13) Lacher, M. S., Wörmel, W., Koch, M., and Brede, H. (2000). *Ontology mapping in community support systems*. Dept. of Computer Science, Technische Universität, München.

## 謝辞

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機構の事業)の研究として行われた。

## How to Design a Nuclear-Safety Ontology For Sharing Technical Knowledge over Communities

Takuya OGURE<sup>1</sup>, Hisashi TAKAMATU<sup>2</sup>, and Kazuo FURUTA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ph.D. (Engineering), Research Institute of Science and Technology for Society (E-mail:ogure@diras.q.t.u-tokyo.ac.jp)

<sup>2</sup>University of Tokyo, Graduate School of Frontier Science (E-mail:htaka@qs.t.u-tokyo.ac.jp)

<sup>3</sup>Ph.D. (Engineering), University of Tokyo, Dept. of QUEST (E-mail:furuta@q.t.u-tokyo.ac.jp)

Developing proper understanding of risks of nuclear technology over whole civil society is needed for addressing consensus-building on a nuclear-energy issue. To share technical knowledge and common awareness of the risks, web portal sites such as “directory search sites” on the Internet must be helpful if its directory, “ontology” is elaborated for the purpose. In this work we will profile the basis of an ontology of a civil-society organization by using a text-mining technique to compare their ontology with engineers’ one derived from an educational curriculum for engineers. Based on the comparison we will then propose an ontology-designing strategy for sharing technical knowledge and common awareness within communities of civil society and engineers.

**Key Words:** *Nuclear Power, Community, Knowledge Sharing, Ontology Designing, Self-Organizing Map*