

S-3 脱温暖化社会に向けた中長期的政策オプションの多面的かつ総合的な評価・予測・立案
手法の確立に関する総合研究プロジェクト

3. 都市に対する中長期的な二酸化炭素排出削減策導入効果の評価

(8) さまざまな主体の知識共有のための統合ツール開発

東京大学

総括プロジェクト機構領域創成・学術統合化プロジェクト研究部門

スティーヴェン クレイネス

<研究協力者> 日本工業大学

工学部システム工学科

石田 武志

[要旨] 日本全国の様々な特性をもつ都市に対する中長期的な二酸化炭素排出削減を満たすための技術や政策の導入効果を網羅的に評価することは、極めて複雑な問題である。その中、温暖化対策を評価するためには、極めて幅広い分野の専門家が参加していることが特徴である。しかし、この幅広い専門性を協調的に機能させることは決して容易ではない。そこで、本研究では、それぞれの研究者間に遍在する知識を、インターネットの利用により、知識協調を行い、プロジェクトの目標達成を支援する「ウェブ・ベース協調基盤」の設計と構築を行ったものである。

この「ウェブ・ベース協調基盤」構築に関して、平成16年度は、「CO₂テックテーブル」と呼ばれる研究者間の知識共有情報基盤の構築を行った。平成17年度は、数値モデルをウェブ・ベース基盤において外部から操作できるインターフェース作成を行い、電源構成モデルと電力需要を削減するための住宅・建物省エネルギー対策モデルの統合を行った。平成18年度は、その統合モデルを用いて、国内の地域別の計算を行い、国内CO₂排出量を計算することができることを示した。

平成19年度は、数値モデルや専門知識をさらにインターネット上における有効な共有を実現するため、ウェブ・ベース専門知識の共有基盤であるEKOSS(Expert Knowledge Ontology-based Semantic Search)の開発と応用を行った。平成19年度においての主な成果は：

1. 東京大学に所属するエネルギーと持続性技術（温暖化緩和技術など）に関連する研究を行っている研究者の選定
2. EKOSSシステムを適用し、既存の記述論理に基づくオントロジーSCINTENGの基で、1. で選定した研究者の研究内容の「Semantic Statement」の作成
3. 2. で作成した「Semantic Statement」の参考の上、脱温暖化社会に向けた中長期的政策オプションの多面性を表現する知識表現言語としてのオントロジーの作成

[キーワード] 二酸化炭素、技術評価、知識の統合化、知識の共有、ウェブ技術

1. はじめに

近年、CO₂排出の増加に伴う地球温暖化が顕著になり、CO₂排出の効果的な制御方法が広く研究されてきている。この国際的な動きの中で、CO₂排出と大きな関係がある電源構成や、様々な都

市生活の消費活動を最適化することができれば、都市におけるCO₂排出抑制の一手段となりうる。しかし温暖化対策を評価するためには、極めて幅広い分野の専門家が参加しており、この幅広い専門性を協調的に機能させ、最適な施策を導出することは極めて難しい問題である。

一方で、近年のインターネットの普及やIT技術の発展により、様々な情報・知識を簡易に共有していく技術基盤を作ることが可能となりつつある。温暖化研究に参加する広い分野の専門家の計算モデルやデータベースなどの知識リソースを共有する技術基盤を構築することができれば、中長期の最適な温暖化施策を精度よく導出できると考えられる。例えば、内外の研究者により構築されている数値計算モデルを、インターネットを介してウェブにより外部から操作できるようにすれば、都市をはじめに、日本国内の活動に伴うCO₂排出の削減対策の総合的な効果を素早く評価したり、最適の解を検討したりするための有効な手段になると考えられる。

2. 研究目的

本研究では、それぞれの研究者間に遍在する知識を、インターネットの利用により、知識協調を行い、プロジェクトの目標達成を支援する「ウェブ・ベース協調基盤」の設計と構築を研究目的としている。具体的に、「ウェブ・ベース協調基盤」を用いて、地球温暖化を緩和するための技術（新エネルギー技術・バイオマス利用・エネルギー利用の高効率化など）や政策オプションを研究する研究者の研究内容や作成した計算モデル、データベースなどをコンピュータ処理の形で表現し、インターネット上に共有する。そして、コンピュータに基づく情報処理技術により、さまざまな解析や統合化を行っている。

3. 研究方法

EKOSS(Expert Knowledge Ontology-based Semantic Search)という専門知識共有のウェブ基盤を用いて、東京大学に所属するエネルギー関連研究を行っている研究者100人の専門知識を表現する「Semantic Statement」（コンピュータが意味論的に処理できる記述）を作成した。そして、脱温暖化社会に向けた中長期的政策オプションの知識表現言語としてのオントロジーを用意した。

具体的な研究方法は下記の通りで行った。

- (1) 本プロジェクトを中心に東京大学に所属するエネルギーと持続性技術（温暖化緩和技術など）に関連する研究を行っている研究者を選定した。
- (2) SCINTENGオントロジーの基で、(1)で選定した研究者の研究内容の「Semantic Statement」をEKOSSのシステム上で作成した。
- (3) 2. で作成した「Semantic Statement」の参考の上、脱温暖化社会に向けた中長期的政策オプションの知識表現言語となるように、SCINTENGオントロジーを拡張した。

この研究方法により、(3)で構築したオントロジーを適用し、政策オプションの記述を意味論的に正確かつコンピュータの処理可能な形に作成できる。そして、(2)で作成した研究内容の

「Semantic Statement」を利用し、平成20年度に研究者の研究内容の意味的な近さ、どのような分類があるかなど、様々な解析を行い、その解析結果を統合化し、「ウェブ・ベース協調基盤」の適用性を図る作業を進めていく予定である。

4. 結果・考察

(1) エネルギーと持続性技術に関連する研究を行っている研究者の選定

東京大学のエネルギー関連研究ネットワークとの共同で、東京大学に所属するエネルギーと持続性技術（温暖化緩和技術など）に関連する研究を行っている研究者の選定を行った。得られた研究者は東京大学の先端科学技術研究センター、人工物工学研究センター、アジア生物資源環境研究センター、国際・産学共同研究センター、高温プラズマ研究センター、生産技術研究所、大学院農学生命科学研究科、大学院新領域創成科学研究科、そして大学院工学系研究科の18専攻を代表し、CO₂や温暖化を始めに核、太陽光、風力、地熱、潮流などのエネルギー技術やバイオマス、交通、建築などの分野を持つ。研究者一人当たり、その研究者の研究内容の紹介資料をウェブや学術論文などから集めた。集めた資料は、EKOSSのウェブ・ポータル上に公開され、アクセスできるようになっている。

(2) 選定した研究者の研究内容の「Semantic Statement」の作成

ウェブや論文などから集めた資料に基づいて、EKOSSの使用により、選定した研究者の研究課題が表現する「Semantic Statement」を、既存の研究で構築したSCINTENGオントロジーで作成した。SCINTENGオントロジーは、国連大学の元副学長安井至先生の持続技術曼荼羅やJST失敗知識データベース整備事業総括畑村洋太郎先生の失敗まんだら、化学工学の移動論や元素周期表などを参考にし、エネルギーと持続性技術の研究や事例の機構を論理的に表現するための知識表現言語として、記述論理の基で作成されたオントロジーである。記述論理に基づいて構築した知識表現言語であるため、SCINTENGオントロジーは人間の理解できることとコンピュータの理論的推論できることとの適切な釣り合いを取っていると考えられる。このオントロジーには、概念（クラス）は約1000を持ち、概念の関連付け（プロパティ）は約200を持つ。

ここで、作成した「Semantic Statement」の具体例を二つ紹介する。

1) 山地憲治教授の「Semantic Statement」

山地憲治教授の研究プロジェクトの紹介ページ (<http://park.itc.u-tokyo.ac.jp/yamaji/>) から以下の研究内容を選択した。

1. Development of an Innovative Global Energy Network Model using Detailed Geospatial Information

K. YAMAJI, Y. FUJII, T. HAYASHI, R. NIWAYAMA and T. KITAURA

The purpose of the study is to develop an innovative global energy model of optimization type. The novelty of the model developed here is that it can explicitly take account of the geospatial distributions of major energy producing and/or consuming sites over the world, dividing the whole world into about one hundred of geopolitical regions. Using the latest computational technologies and statistical data as well as

geographical information system data, this model should enable us to conduct more detailed assessments of technological potentials for CO2 emissions reduction and those of policies for the global warming mitigation.

この研究内容の基に、図1に示す「Semantic Statement」を作成した。

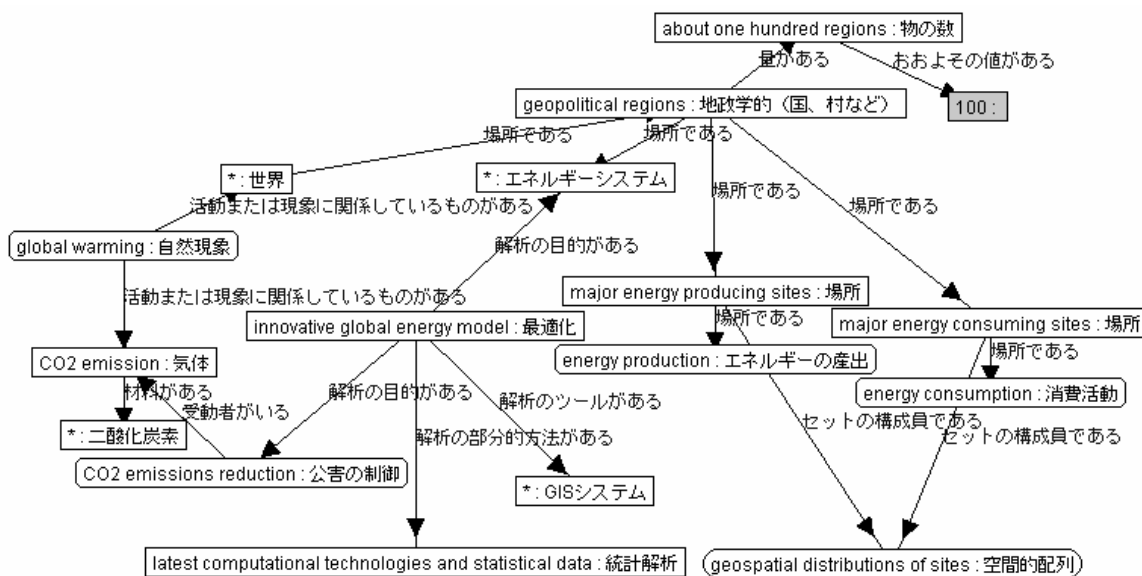


図1 山地憲治教授の「Semantic Statement」のグラフ表現

(“Development of an Innovative Global Energy Network Model using Detailed Geospatial Information” の研究紹介より作成したもの)

研究内容の主要概念を表現するオントロジーの「クラス・インスタンス」をボックスで示され、その色は親クラスを示す。ボックスを繋げる矢印は、概念の関連を表現する「プロパティ」を示す。

2) 迫田章義教授の「Semantic Statement」

迫田章義教授の研究プロジェクトの紹介ページ (http://envchem.iis.u-tokyo.ac.jp/sakoda2005/project_jp_top.htm) から以下の研究内容を選択した。

千葉県北東部におけるバイオマス利活用実証プラントの構築から運営まで地域内で必要な製品やエネルギーを、できるだけ地域のバイオマス資源で地産地消しようとする「バイオマスタウン」の具現化に向けて、バイオマスタウンの設計手法の開発や要素技術の開発などに取り組んでいます。そのひとつとして、千葉県北東部を対象地域として、バイオマスの多段階利用システムについて、構想の作成、運営組織の立ち上げ、規制・諸手続のクリア、実証プラントの設計・建設・運転、性能の確認、物質・エネルギー収支の解析、採算性の検討、環境への影響評価などを行い、その有効

性と課題を明らかにすることを目的に研究を進めています。

この研究内容を基に、図2に示す「Semantic Statement」を作成した。

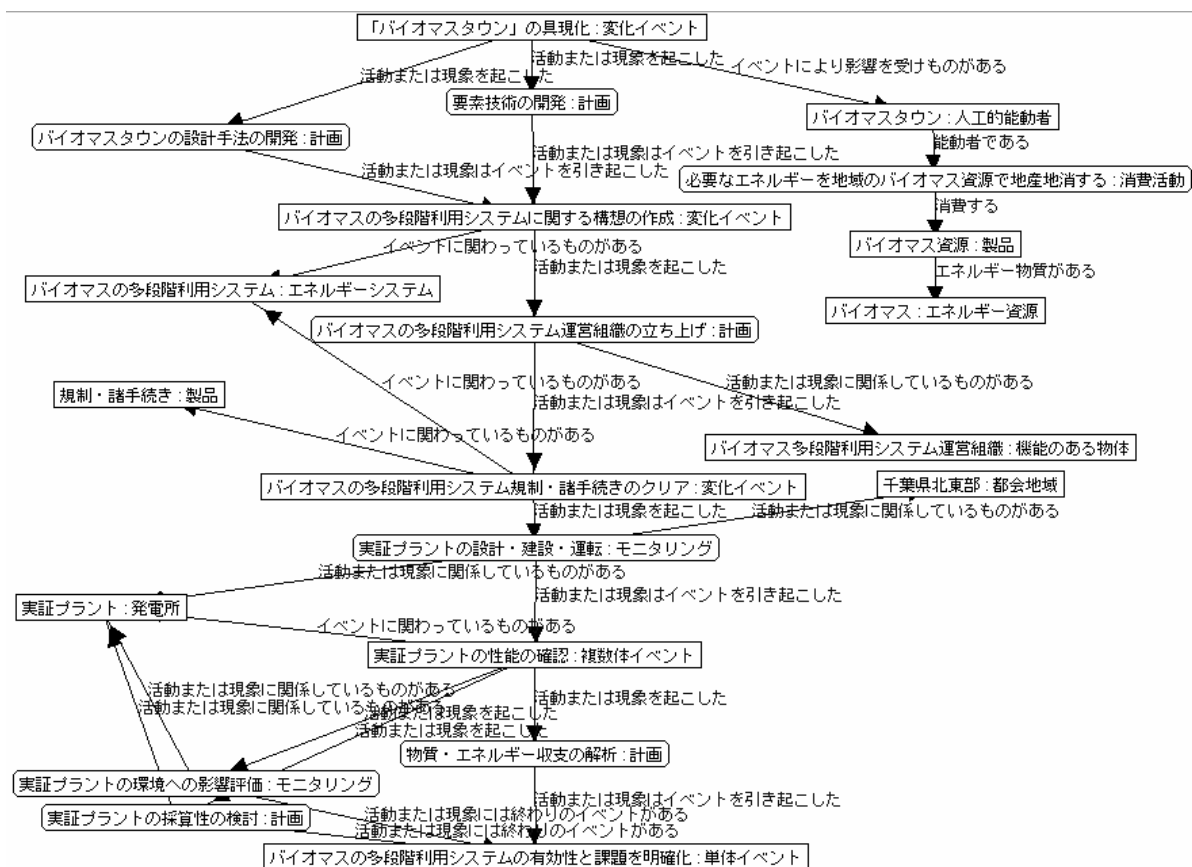


図2 迫田章義教授の「Semantic Statement」のグラフ表現

(“千葉県北東部におけるバイオマス利活用実証プラントの構築から運営まで”

の研究紹介より作成したもの)

シンボルの意味は図1と同じである。

(3) エネルギーと持続性技術に関するオントロジーの作成

本研究において、SCINTENGオントロジーをもっと正しく脱温暖化社会に向けた中長期的政策オプションを表現するため、様々な関連する概念（開発活動の制御機構、研究の解析方法、イベントや人間活動の種類など）を追加し、それから必要な論理構成も拡張した。そのように改善したSCINTENGオントロジーのナレッジモデルを図3に示す。

Knowledge Model for 脱温暖化プロジェクト

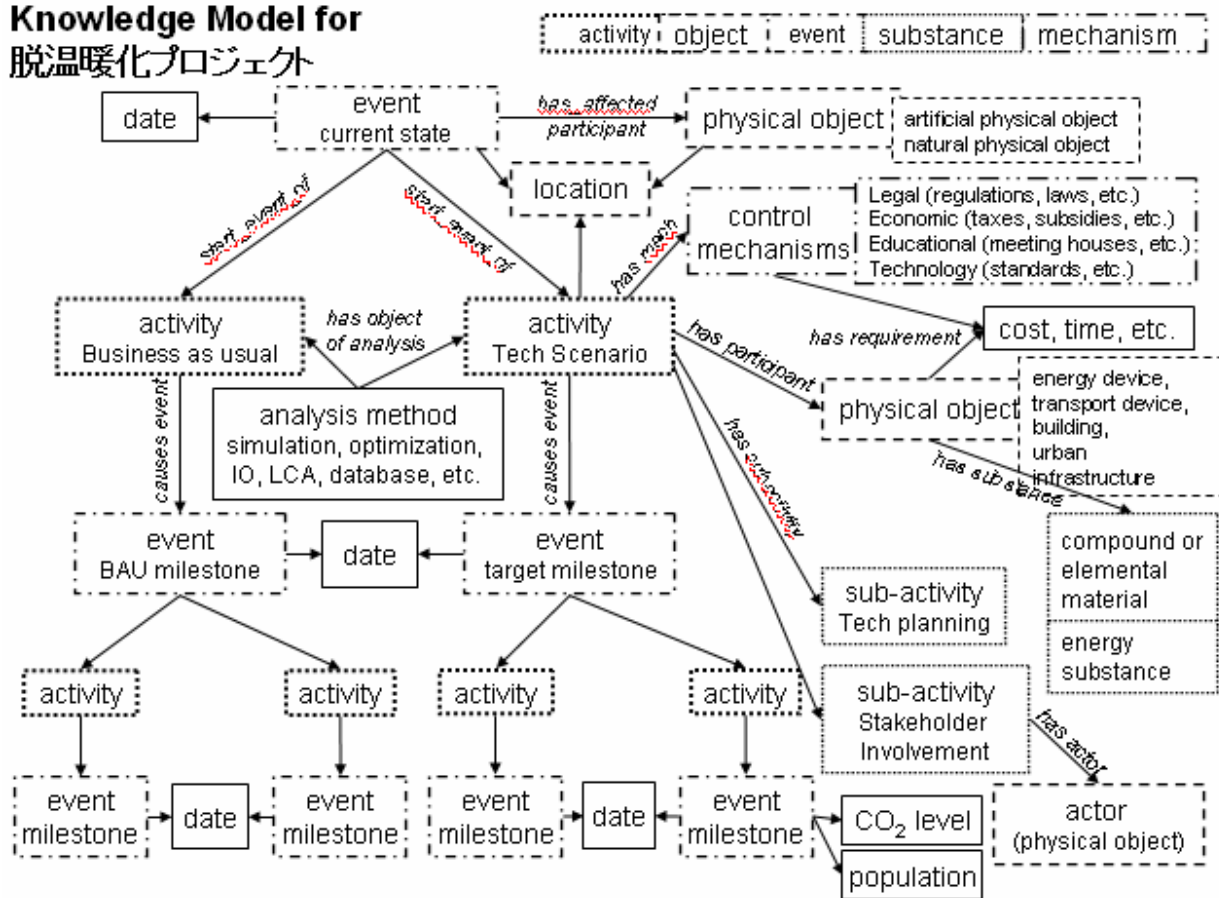


図3 SCINTENGオントロジーのナレッジモデル

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

本研究では、持続社会の達成のため、様々な技術や政策オプションを自立かつ分散的に研究している専門家が持つ知識をインターネット上で更に有効に共有するため、「ウェブ・ベース協調基盤」のコンポーネントを構築している。この「ウェブ・ベース協調基盤」の実現により、温暖化やほかの深刻な地球問題を避ける持続社会に向けて、多様多種の中長期的政策オプションの多面性を総合的に評価・予測・立案するために必要な専門知識の統合化・構造化ができる。

(2) 地球環境政策への貢献

研究成果を基に、「ウェブ・ベース協調基盤」の改善とコンテンツの作成により、更に有用な専門知識を共有するツールができた。そして、様々な技術や政策オプションの多面性を意味論的かつコンピュータの処理可能な形で記述できるような知識表現言語としてのオントロジーを構築した。この協調基盤と改善したオントロジーは、脱温暖化社会に向けた中長期的政策オプションの多面的かつ総合的な評価・予測・立案を行うための有効な知識リソースになると考えられる。

6. 引用文献

特になし

7. 国際共同研究等の状況

マサチューセッツ工科大学のCAD研究室との共同研究を継続し、分散型モデル統合化のためのソフトウェア開発を行った。

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

〈論文（査読あり）〉

なし

〈その他誌上発表（査読なし）〉

なし

(2) 口頭発表（学会）

(1) 石田 武志, Steven Kraines: 「モデル統合基盤により複数モデルを連動させた国内CO2削減シミュレーション」, エネルギー・資源学会 第24回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集, 223-226, 2008

(2) S. Kraines, “Evaluation of the mid to long-term effects of the introduction of measures for reducing CO2 emissions in cities” The second workshop of Japan-UK joint research project “Developing visions for a Low-Carbon Society through sustainable development”, London, England, 2007

(3) 出願特許

なし

(4) シンポジウム、セミナーの開催（主催のもの）

なし

(5) マスコミ等への公表・報道等

なし