

# 科学博物館を基点にした人工物ネットワーク構築の予備的検討

—原子力に関するネットワーク—

菅原 玲<sup>1</sup>・満 寫夏実<sup>2</sup>・横内悦子<sup>2</sup>・亀田堯宙<sup>3,4</sup>・渡辺裕太<sup>5</sup>・  
布袋田由理子<sup>2</sup>・西原 望<sup>2</sup>・新谷聖法<sup>2</sup>・陳 迎<sup>5</sup>・岩田修一<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>国立科学博物館理工学研究部 〒169-0073 東京都新宿区百人町3-23-1

<sup>2</sup>東京大学大学院新領域創成科学研究科 〒277-8563 千葉県柏市柏の葉5-1-5環境棟

<sup>3</sup>東京大学大学院情報理工学研究科 〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1

<sup>4</sup>国立情報学研究所 〒101-8430 東京都千代田区一ツ橋2-1-2

<sup>5</sup>東京大学工学部システム創成学科 〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1

## A Preliminary Study for Constructing Artifact Networks based on Science Museum Collections

**Akira Sugawara<sup>1</sup>, Natsumi Majima<sup>2</sup>, Etsuko Yokouchi<sup>2</sup>, Akihiro Kameda<sup>3,4</sup>,  
Yuta Watanabe<sup>5</sup>, Yuriko Hoteida<sup>2</sup>, Nozomu Nishihara<sup>2</sup>,  
Kiyonori Aratani<sup>2</sup>, Ying Chen<sup>5</sup> and Shuichi Iwata<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Department of Science and Engineering, National Museum of Nature and Science,  
3-23-1 Hyakunin-cho, Shinjuku-ku, Tokyo 169-0073, Japan

<sup>2</sup>Graduate School of Frontier Science, The University of Tokyo,  
Kiban-to, 5-1-5 Kashiwanoha, Kashiwa-city, Chiba 277-8561, Japan

<sup>3</sup>Graduate School of Frontier Science, The University of Tokyo, Kankyo-to,  
5-1-5 Kashiwanoha, Kashiwa-city, Chiba 277-8561, Japan

<sup>4</sup>National Institute of Informatics,

2-1-2 Hitotsubashi, Chiyoda-ku, Tokyo 101-8430, Japan

<sup>5</sup>Department of Systems Innovation, School of Engineering, The University of Tokyo,  
7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo, 113-8654, Japan

**Abstract** Science museums collect and exhibit various artifacts developed over the long history of the human being. However, it does not provide method to overview the artifact cluster systematically. In this report, we described a preliminary study to systematize the relations of artifacts on science museum and exhibition center networks, focusing on nuclear applications as a specific field of rich scientific and social implications. As the first step, in order to collect and systematize information on artifacts, it is necessary to develop an advanced databases system which can manage different type of data such as documents, movies as oral histories, and a dynamic link among various items on an ontology-based system. Moreover, to establish artifact networks based on science museum collections which can be used to open information to public and support various exhibition programs, sufficient materials are needed to make up stories based on artifact networks. Some case studies are reported as seeds to be grown up ivy connecting all important objects and issues on nuclear applications.

**Key words:** systematization of artifacts, artifact network, nuclear information, science museum, data structure model

## 1. 原子力情報の組織化

人工物群を体系的に俯瞰するための方法を考える上で、まず人工物に関する情報を分類、整理する必要がある。基本的な考え方は、関連論文「科学博物館を基点とした人工物ネットワークの概念設計—人工物の科学の構築に向けての試論—」を参照されたいが、本稿では、具体例を基にした予備的な検討結果を述べる。現在、国産の新型転換炉「ふげん」のスペーサー他が科学博物館へ寄贈されることが予定されているが、大型人工物の一部品の展示から、来館者に巨大科学技術をどこまで伝達できるかが大きな課題である。そこで大型人工物の代表の一つである原子炉、そして原子力に関する展示をシリーズで行うことも踏まえて、

原子力に関する製品、資料を対象として科学博物館あるいは展示館を基点とした人工物ネットワークの構築を考え、社会的な視点をも視野に入れた巨大科学技術の体系化と展示について検討する。

原子力に関する情報としては、論文等の文献データを初め、文献としては記録されていないが知識として各人が所有している技術情報も存在する。ここでは、様々な形態で散在している原子力に関する施設、製品、資料、情報をデータベースとして纏め上げ、それらを、人工物学とでもいべき概念体系の構築に向けて関連付けることを考える。共通の知的基盤として利用可能な情報を統合するシステムの構築を目標として設定し、巨大科学技術の全貌を展示物のバックヤードとして展

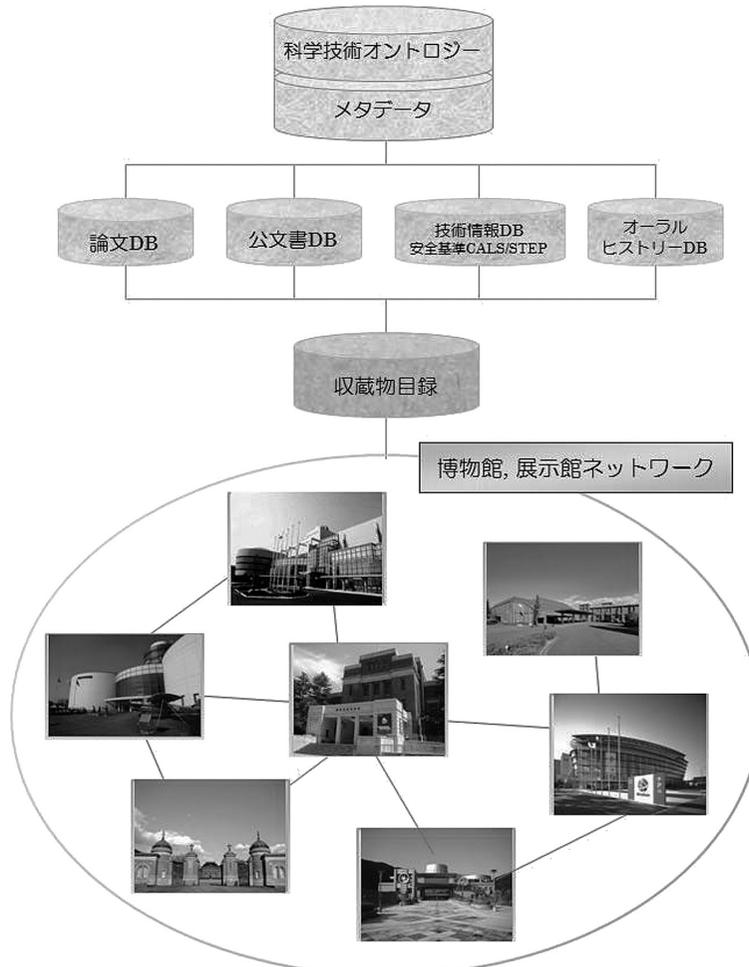


図1. 博物館ネットワークの全体像案

示と関係付ける。本報告では、以上の観点から、各種情報の整理とその手法について調査した内容、また現在行っている作業について簡潔に述べる。全体像を図1に示す。

1.1. 文献データベース

科学技術の成果のエッセンスである文献データベースと社会との間の距離を狭めることは容易ではない。科学技術に関する情報源として、第一に論文、報告書等の文献類が挙げられる。近年の情報技術の発達、普及に伴い、各分野、特に医学、生物学、計算機科学において文献情報のデータベース化が進んでいる。文献データベースは、対象となるユーザーは主に学生や専門家であり、研究等のために先端の、詳細な情報を得るために利用される。これは、展示物や実物資料をその中心とする博物館ネットワークにおいては末端に位置する情報源であり、且つ最も重要な情報源であると言える。しかし、その情報の詳細さ、専門性、情報量故に、ユーザー、特に子供も含めた博物館の利用者等一般の人達がそこで本当に求める情報を探し出す、或いは求める情報の存在するデータ

ベースへアクセスすることは困難である。そのためこれらの情報源へアクセスすることを支援、またはその動機を与えるシステムとしての博物館ネットワークを構築するための枠組みを作ることを目的とし、主な情報源であり、博物館ネットワークの謂わばバックグラウンドである文献データベース上のデータを、人工物を体系化する上でどのように利用することができるかについて考察する。

国際原子力機関 (IAEA) と、各国の関連機関により作成されている、国際原子力情報システム (INIS: International Nuclear Information System) や、国会会議事録検索システムも文献データベースの例である<sup>1,2)</sup>。例えばINISのような科学分野に関する書誌情報データベースに、トムソン・ロイター社の提供する“web of science”等の引用情報を合わせて共引用分析等の解析を行うことで、注目する科学分野、文献を分類し、ネットワーク化することが可能である。(図2)

また、国会会議事録システムのように、膨大なテキストデータがデジタル化されているデータ

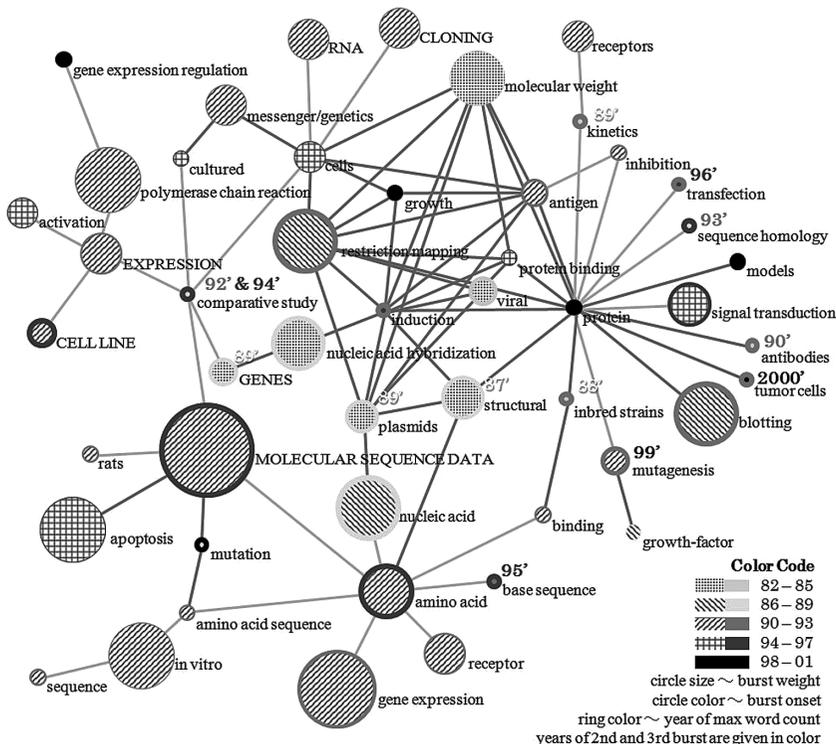
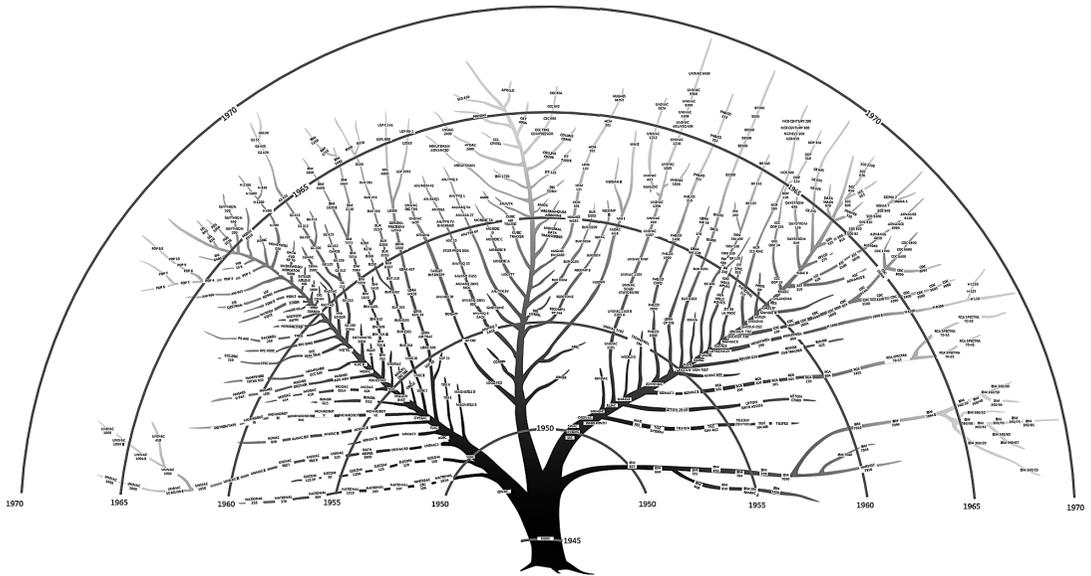


図2. 知識領域のマッピング例<sup>3)</sup>





図6. 計算機系統樹<sup>5)</sup>

は、オーラルヒストリーや、ストーリーの構成という形で後に述べる。

図7は自転車の構造に関する歴史年表である。開発初期は単純に、自転車の最も基本的な“走る”という機能を改善してゆくためのハードウェア部分の構造変化がメインであり、従って分類も走るための構造が中心となっているが、走る機能の進化がある程度飽和状態となってくると、安全性や持ち運びができる等の新たな機能が次第に付加され、それに伴って機能の種類に基づいて分類が行われるようになる。

このように、分類体系化を行うには、ハードウェアの構造とソフトウェア的な部分の双方に、開発段階に応じて着目し、更に背景となる開発者等の人物も考慮に入れる必要がある。

図8は原子炉に関する俯瞰図の例である。FBR（高速増殖炉）に関する世界各国での開発経緯がまとめられている。国内でのFBRの開発は、先ず高速増殖炉に関する技術的経験を得るために「常陽」が建設され、その後「もんじゅ」の建設、運転へと繋がられているが、系統樹を基に、そういった技術、経験の継承に関する情報を記述することも可能であるが、大きな技術要因であるループ型とタンク型の設計評価・選択の過程、ガス炉、軽水炉、重水炉他の炉型との関係、さらにはエネルギー・環境・経済・政治・社会との相関は図の

背景に隠れ、客観性があるのは時間軸だけで他の分類基準における恣意性は残る。

図9は自動車のデザインに関する系統樹であり、計算機上で系統樹を生成するアルゴリズムの一例である。自動車の車体の形状、外装のデザインに注目し、車体の幅や高さ、スライドドアの有無、ライトの形状等を数値化したものを進化の遺伝子ミームとして、178台の国産車を分類した結果である。このように各人工物から最小限の情報単位を選出して抽象化を行うことが、計算機上で人工物を体系化する基礎となる。そういった抽象化を人工物全体に対して行うには、抽象化する方法に関してある程度抽象化された基準が必要であり、例えば人工物に関する抽象化のためのオントロジーを生成するといった作業がこれに当たる。

以上の例から、可視化表現としての巧拙、嗜好に関する議論としてはEdward R.Tufteによる一連の仕事があるが<sup>9-11)</sup>、多種多様な人工物を系統的にアルゴリズムを介して俯瞰するためには、分類に必要な情報を準備さえすれば、不可能ではないことが理解できる。しかしながら人工物群の体系化のための準備としては手続きとしての普遍性が必要である。そうした視点からの優れた事例としては、「スーパーフェニックス」関連の試みがある。その試みのひとつとしては次項で述べるオーラルヒストリーと組み合わせたフランスでの工学

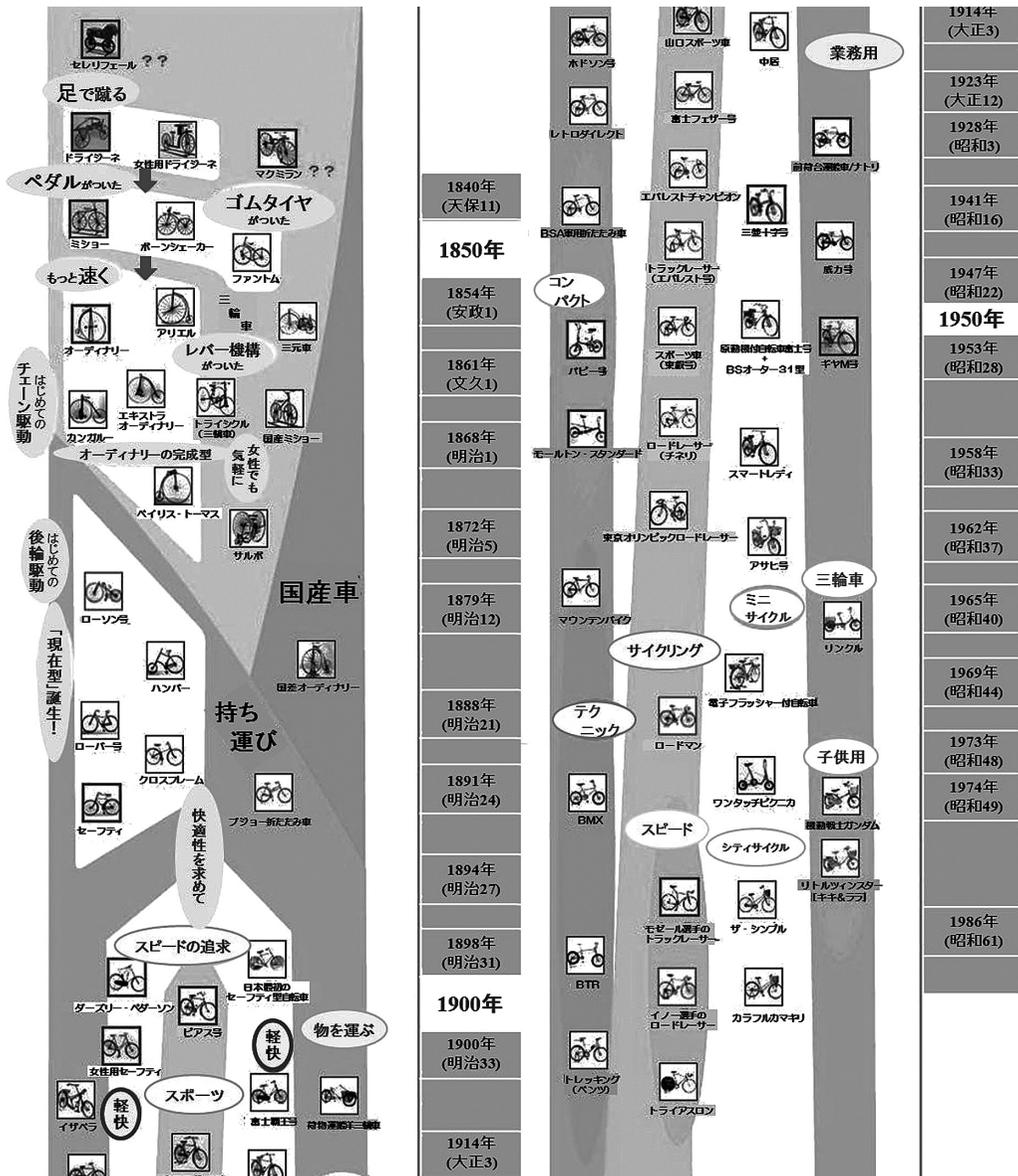


図7. 自転車の形態変化の経緯<sup>6)</sup>

知の体系化がある。既に、同国では、知識工学およびインタビューの専門家によって同国にとって戦略的に重要な意味を担っている人工物（具体的には、原子力潜水艦、高速増殖炉、コンコルド等）の開発責任者からの徹底的なヒアリングが実施され、企画から廃棄に至る膨大なエンジニアリングデータの組織化が試みられた。人工物の重要なコンポーネントはCADあるいは、CALDS/STEPなどの標準に従って厳密に記述され、他の関連情

報についてファイル化あるいはデジタル化された情報と併せて、ヒアリング結果のプロトコル解析によって明示的に記述されたコンテキストに対応付けられ、構造化された。こうした作業の結果は、最新の情報技術を駆使して実施され、世代を超えての知識継承に焦点のある Knowledge Management のための知的基盤の形成に活用された。具体的なアウトカムは戦略的な技術のデジタルコピーの作成であり、人工物に付随する豊かなセマンティッ

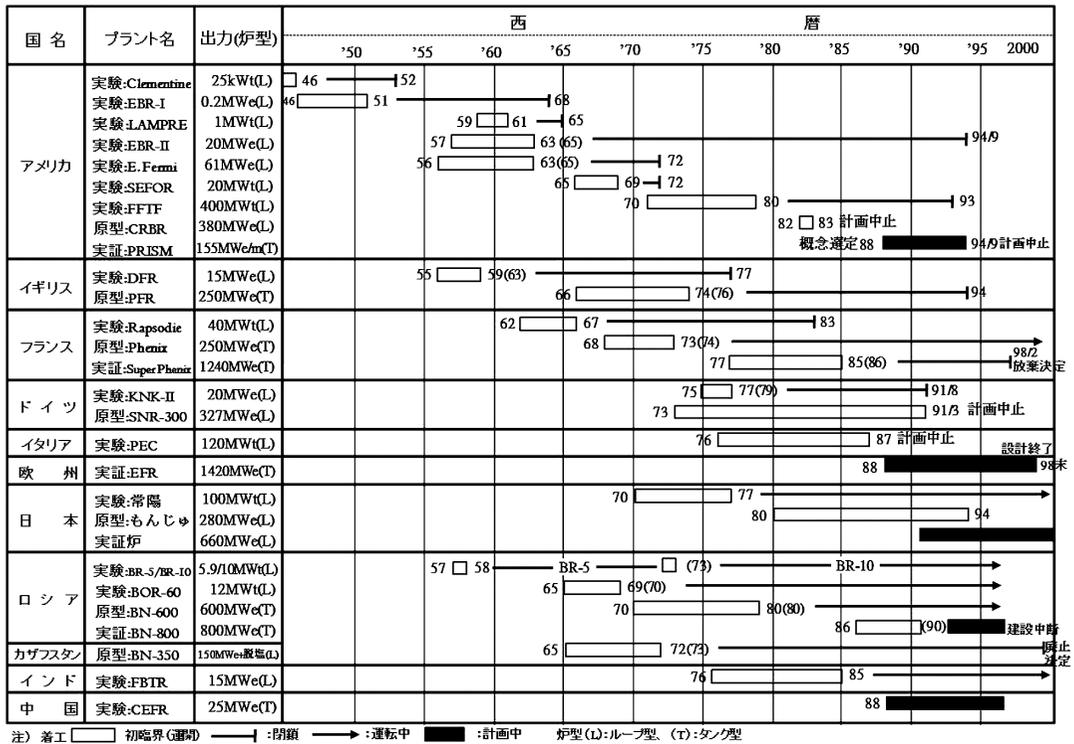


図8. 高速増殖炉の開発の歴史<sup>7)</sup>

クスの徹底的な抽出と構造化により、再生（ルネッサンス）だけではなく新生（ビタ・ノーヴァ）をも可能とする人工物の科学の追求があった。

現在、21世紀においてはICT (Information Communication Technology) の普及により、文献データベース、特許データ、品質管理データ、運転・保全データ、Webデータ、メタデータ他の入手可能な情報資源の特徴を生かして人工物の体系化を試みることは必ずしも無謀な試みではなさそうであることは、文献データベースの書誌解析、統計からも明らかである<sup>1)</sup>。

1.2. オーラルヒストリー

科学技術に関する情報は文献資料から得られる知識が中心となるが、人工物の体系化を行うには、文献以外の情報も纏めておく必要がある。例えば人工物の設計過程についての情報を利用したい場合、文献からでは公表された結果を知ることはできるが、結果が導かれた過程については、公式な文書としては残っていないケースも多い。また、文献として記録に残っているものの多くは、ある程度の成果を得られたか、成果が得られたと“認

められた”ものであり、成果が得られていない、或いはそれを上手く伝えられていなければ、文献としては残らない場合が多い。しかし、工学分野においては、論文等のテキスト形式で残っている知識よりも、実際に技術を利用、体験した人物が有している、言葉で表せないような微妙な知識、感覚といったものの利用価値が高いことも多い。また、そういった人物が、様々な事象に対して想起した事も、記録に残っている文献よりも価値の高いものであることも多い。そういった人の持つ様々な情報をまとめておくことで、異なる視点からの価値や、ある種の文脈を付加することが可能である。その試みの一つとして、関係者にインタビューを行い、オーラルヒストリーという形で、文献からは得られない様々な知識、技術情報をデータベースとして残しておくことができる。

オーラルヒストリーをまとめた例としては、合衆国の、The U.S. Naval Instituteによる、海軍と沿岸警備隊のキーパーソンに関するものが挙げられる。これは、1969年に開始されて以来、230にも及ぶインタビューのデータが、注釈、インデック



報を関連付けて整理する事を考える。これらの情報、特に経験的な知識や技術情報は、体系化されていない、もしくはテキストデータになっていないために、その利用方法が明白でない場合が多く、そういった情報の利用を支援するシステムを構築する必要がある。

人工物に関する情報の体系化を行うには、それぞれのモノに関するあらゆる情報を整理する必要がある。それらの情報は、企業や国、インターネット上、または個人の知識として、膨大な紙面やモニタ上のデータ、文字・数字としてまとめられて散在しているが、これらの文献情報は、それだけでは更なる価値を生み出す可能性がとても低い。即ち、その資料や仕事に関係している人物でなければ、簡単に利用できるものではない。一方、人工物の実物資料は、詳しい仕組みやデータを百聞していなくとも、一見で人の興味を惹くことができる。設計に関する細かいデータや情報等は、実物の資料を前提として、それに関連付けられて整理されているべきであり、そうすることで初めて、有効に利用され、新たな価値を生み出す糧となり得る。そういった意味で、人工物群の体系化を行うには、実物資料を収集している科学博物館を中心としたネットワークを構築するのが望ましい。

科学博物館では、各種人工物資料の収集を行っており、資料を収蔵する際に、その名称、所在地、製作者、製作年といった情報を添付しているが、資料の体系化、人工物群における位置付け等を行うには、これだけでは情報が足らず、資料毎に専門家がより詳細なデータを集めて整理する必要がある。しかし、この作業を個人で行うには相当量の時間と労力を要する上、資料が異なると体系化手法も異なる、また、同じ対象であっても他の視点からの体系化を行うには、新たに情報を入力して再度まとめ直さなければならない。実物資料とそれに関する情報を関連付けて整理するという作業を効率よく行うには、それぞれ資料に対してより詳細な情報を付属させる必要がある。しかし一口に人工物と言っても、その種類は、スピーカーから車、人工衛星まで多岐にわたり、人工物の持つデータ属性は物によって異なっている。例えばスピーカーでは、その音量や音質、音域またはサイズ、デザインと言ったデータが主要なものとなるが、車では、速度や燃費、安全性等のデータが主となる。まずは、この人工物の持つデータ

属性を整理しなければならないが、日々新しいモノが生み出されていることを考えると、全ての人工物の持つデータ属性を逐一整理することは、個人レベルでは不可能に近いため、現実問題としては、例えばWebをベースとしてユーザーが追記してゆくことのできる、Wikipedia形式のシステムの構築が理想的である。

データ属性を整理する手順を考えると、これも一つ一つのモノに対して設定していくとなると、微妙な変化に対しても再度設定しなければならない、情報量・仕事量が膨大になってしまうため、抽象化したレベルでのメタデータの整理を先ず行う必要がある。具体的には、人工物に関するオントロジーを構築することで、各資料に対して、あらゆる情報、企業やWeb上に散在するデータを関連付けて整理することができ、人工物を体系化する枠組みとなる。例えば、スピーカーには、“発音”、“インテリア”等の属性、車には“動く”、“人が入る”等の属性を持たせておき、“発音”属性を持つものには音質、音域、音量、“インテリア”にはデザイン、“動く”ものには速度、“人が入る”場合は、収容人数や耐久性などの値を持たせるようなシステムを構築しておけば、効率的に体系化を行うことができる。このように体系化された人工物群のデータは、コンピュータ上で処理することが可能であるため、膨大な情報をユーザーの視点によって展開することができ、例えば博物館において展示を行う上では、その資料の価値を与えるバックグラウンドとなり得るし、モノ作りという面においても大変貴重な資料となる。

オントロジーを構築するには、対象となる人工物（原子炉等）の情報、またはオーラルヒストリー等から得られる技術情報を整理し、抽象化・モデル化を行う。また各種文献データの文書解析等、ドキュメントをベースとするような定量的な手法を用いる事で、系統立てて行き、客観性を持たせることが可能である。原子力に関するオントロジーを構築する準備段階としては、原子炉の構造の抽象化・モデル化等から始め、収蔵した部品を順次、関係付けしてゆく。

## 2. 展示分析と空間設計

博物館の一つの役割は、人工物の体系を世の中に伝えるインターフェイスである。一方、博物館の展示スペースは限定されていて、スペースの有

効利用のための空間設計は極めて重要である。博物館の基本的役割として主に挙げられるのは、調査・研究、標本・資料収集と保存、展示、教育普及であり、その収蔵物を記録したものが目録であり、この目録を有効利用するところから作業は開始される。そこで2.1では、従来の目録作成のアプローチについてミュージアム資料情報構造化モデルを例に挙げて述べる。2.2では、資料情報のあり方と体系化について述べ、2.3, 2.4では、ここまでで述べた原子力情報の体系化を参考にし、来場者が科学博物館から得た何らかの発見や知見を記憶に留め、より価値の高いものにするための資料情報について例を挙げ、検討する。

### 2.1. ミュージアム資料情報構造化モデルの属性について

人工物記録のアーカイブズ管理は、建築分野など様々な分野で議論されている。このような記録は、内部利用のための検索手段として生まれ、必要に応じて発展していく<sup>12)</sup>。博物館でも、展示資料記録は目録として記録され、博物館ごとに管理されてきた。しかし、資料を有効活用するためには博物館ごとに記録されている目録の統一化が必要である。それを目指したのがミュージアム資料情報構造化モデルである。

ミュージアム資料情報構造化モデルは、博物館における効果的な情報の活用、すなわち情報化による業務支援と博物館での情報共有という2つの目標を実現するための基盤として東京国立博物館の博物館情報処理に関する調査研究プロジェクトチームにより開発され、2005年11月に一般に公開された<sup>13)</sup>。博物館では相互に資料を賃借するなどモノそのものの移動が多い。したがって、このモデルにより博物館相互の情報共有が実現すれば、資料の移動に伴う情報の流動もスムーズに行うことができ、一貫した資料管理を行う上で大きな恩恵をもたらすことが期待される。一方で、このモデルは博物館の基本的役割として主に挙げられる調査・研究、標本・資料収集と保存、展示、教育普及の内、調査・研究、標本・資料収集と保存するための情報を記述するのが主流であり、展示、教育普及としてその人工物の歴史や背景にある科学技術の豊かな内容を多面的に来場者に提供する情報についての方法は明記されていない。

### 2.2 ストーリーと体系の相互作用を考えた資料情報

人と展示資料との相互作用の本質は、資料の

質、来場者が資料に与える個人的な意味、展示の環境、展示資料の前後関係、展示そのものや展示を行う機関によって資料に与えられた価値およびそれがどのように解釈されているかなどに影響を受ける。米国博物館協会は、資料が持つ意味に関する考え方、そして博物館が資料について展開するコミュニケーションは変化しつつあり、これからの資料は単なる資料としてではなく複合的な前後の繋がりと価値を合わせた意義を持つものともみなしている。そして、それぞれの来場者が博物館での展示資料との出会いを持ち寄り、自分の経験や価値観とさらに新しい脈絡を作り意味づけを行うと説明している<sup>14)</sup>。このような資料に関する様々な脈絡のことを本論では「ストーリー」と呼び、展示資料が持つストーリーと展示資料およびその背景の体系化について検討する。

ストーリーとして展示を構成する利点として、第一に、展示資料の背景にある様々な情報から、その人工物が生まれた経緯、設計者の考え方、その人工物から得られるもの、又その人工物が起こしたトラブル、そしてその人工物と繋がる様々な人工物に思いを馳せる可能性を、展示を見た多くの一般の人達にも届けることができるという点がある。第二に、ストーリーとして構成することで、展示を見ていない身近な人達にも情報を伝えやすい、共有しやすい、ということが挙げられる。単にモノを見たということだけではなく、自分でストーリーとストーリーを繋げてゆくことで、来場者視点のボトムアップとしての文脈の構成も期待できる。人工物の存在が持つ文脈や時代など様々な切り口でストーリーを作ることと、逆に1つのストーリーからモノや情報を繋げ体系化していくことの双方が博物館の価値を高めるのに重要だと考えられる。従って、本検討では、以下、ストーリーを展示品と広義の関係者の人的ネットワークで考えることにする。

### 2.3. 科学博物館におけるストーリーの分類

科学博物館に関するストーリーは展示に関するストーリー、展示資料に関するストーリー、オーディエンスのストーリーの3つに分けられる。

まず、展示に関するストーリーは、企画展など複数の展示資料を結びつけるものを指し、例えば展示の環境、展示の中の資料の前後関係等がある。展示に関するストーリーは、企画展の報告書などとしてまとめられ、各科学博物館が保有していたり、一部の科学博物館同士で共有されていたり、

り、簡単な資料であれば、ウェブを通して一般に公開されている。

次に展示資料に関するストーリーであるが、展示資料の属性により、人工物と自然物、現象の3つに分けられる。3つの属性に共通して学問がその展示資料のストーリーを構成する要素になるが、人工物と自然物はさらに異なる側面のストーリーが考えられる。人工物は、設計行為に関するストーリーと人工物が稼働しているときのストーリーがある。設計行為に関するストーリーについては、前章で挙げたようなその人工物を制作関係者からのインタビューを通し、オーラルヒストリーという技術情報を資料情報化する手法等が考えられる。また、人工物が稼働しているときのストーリーも同様に使用者のインタビューやニュースなどから情報化する手法が考えられる。科博ではすでに展示解説システムを通し、来場者が実際にその人工物に関わった人のインタビューを見ることができる。今後はこれらの情報をどのように体系化していくのが課題である。一方、自然物は系統樹など学問から得られるストーリーも大きい。それ以外にその自然物の生息地などの風土に関するストーリーも考えられる。これらのストーリーに関する情報は、多くの研究者により調査・研究され、体系化されつつある。

最後にオーディエンスのストーリーであるが、これについては次節で述べる。

#### 2.4. オーディエンスのストーリーについて

近年、科学技術コミュニケーションの重要性に対する認識が高まりつつある。2004年7月に出された科学技術・学術審議会人材委員会の第三次提言においても、「対話型科学技術社会を構築していく人材の養成」を重点事項として、研究者と社会をつなぎ、また、科学技術に対する意識と理解の涵養、科学リテラシーの向上を図り、科学技術と社会との間の双方向のコミュニケーションを可能とするような、いわば対話型科学技術社会の実現に向けた人材を養成する必要がある、と述べられている<sup>15)</sup>。

研究者と社会の双方向のコミュニケーションを可能にするための場所の1つとして挙げられるのが、科学博物館である。科学博物館は、科学技術とオーディエンスが触れ合える場を提供している。ここでは、科学博物館の実際の利用者及び潜在的利用者を両方合わせてオーディエンスと呼ぶことにする。従来は展示物中心の考え方が主流で、

オーディエンスを受け手と考え、科学博物館の持つ知識を一方向的に提供することが多かった<sup>16)</sup>。しかし、近年は科学技術コミュニケーションの重要性に対する認識の高まりから、科学博物館にはより積極的、創造的に学び、自己実現を希求するオーディエンスに対し、生涯学習活動の機会を提供するという社会に対し開かれた博物館を目指す方向にある。例えば、科博ではICカードを来場者に無償で貸し出し、来場者はそのICカードを用いて展示解説端末別の閲覧履歴を見ることができる。ICカードを端末にタッチすることでカード側に情報を書き込み、館は回収後にデータを一括して吸い上げ、サーバーに送る。来場者は持ち帰ったIDとパスワードでホームページにアクセスすると、閲覧履歴を確認し、そこから展示解説を活用することができる。また、同館が行っている「かはく・たんけん教室」では、電子顕微鏡やコンピュータなどが設置され、簡易実験を行うことができる。しかし、その実験を通した「楽しい」だけで終わるのではなく、それを科学学習や生涯教育に結びつけるような科学プログラムについては研究途中である<sup>17)</sup>。

そもそも科学コミュニケーションは、科学技術政策研究所では「国民全体あるいは個々のコミュニティの科学知識や科学に対する意識を高めるためのコミュニケーション」と定義されている<sup>7)</sup>。一方、オーストラリア、ニューキャッスル大学のバーンズらは、「科学意識 (Awareness of science)」、「楽しみ (Enjoyment)」、「興味 (Interest)」、「意見 (Opinion)」、「科学理解 (Understanding of science)」といった科学に対する個人的反応のいずれか1つないし複数を生み出すために適切な技量、メディア、活動、対話を用いることをサイエンスコミュニケーションと呼ぼうと提案している。科学技術教育において「楽しみ」のみを見出すのは上記でも述べたように難しいことではない。その「楽しさ」を他の個人反応と結びつけることが重要であり、それを結びつけるのがオーディエンスのストーリーである。

先に述べたようなオーディエンスのストーリー作りを支援するサービスは科学博物館でも活発に行われてきている。本稿では、展示に対し「科学理解」と「科学意識」を高める方法として、展示資料同士の学問分野による対応付けを提案する。日本人の高校進学率は95%を超えており<sup>18)</sup>、ほとんどの日本人は義務教育と合わせた12年間科学技

術の基礎を勉強してきている。しかし、日常生活を支えている科学技術とその基礎にあたる理科や数学の間の溝は深く、なかなか学校で習う教科と科学技術を結びつけにくい。そこで、展示資料とその資料のバックグラウンドが「何年生」の「どの分野」の学習と関連しているのかを結びつけることにより、「科学理解」と「科学意識」が高まることが期待できる。また、各展示資料の関連学問分野を体系化することにより、学校の勉強と展示資料と科学技術の間にストーリーができ、来場者の生涯学習を支援できると考えられる。これに関する具体的な取り組みについては、近日中に成果を報告する予定である。

ふげんのスパーサーを展示する場合、図10に示すような設計に関するストーリーがあり、それぞれの局面に学術分野やオーディエンス向きのストーリーを付与することができる。展示資料と学校で学習する事柄の関係、また科学への理解の繋がりを考えてみると、例えばスパーサーの設計データを見ると、円の中に数種類の異なる半径を持つ円が配置されている。これは、幾何学の配置問題と読み替えることができる。この配置問題を充填問題に展開し、1998年に証明されたばかりのケプラー予想へと数学分野の最新のストーリーを

展開することができる。

展示に合わせて、例えば次のような問題を示すことも有効であろう。1種類の円について、境界の円の半径をRとし、配置する円の半径をrとすると、rの大きさによって充填できる円の個数はどのように変化していくだろうか。

こうした手法は、Cite des Sciencesで活用され、オーディエンスのストーリーを創り出している。Cite des SciencesのWebページには、Twitterのボタンが付いていて、そうしたストーリー創りへの支援ができるようになっている。

### 2.5. 空間設計

展示スペースの空間設計については社会的、文化的な意味、科学技術としての意味などを考え、博物館としての哲学が反映された内容でなければならない。美的な空間、知的な空間、その他設計の基準は考えられるが、基本的には科学技術史を踏まえた将来展望を示すものである必要があろう。現在の展示スペースや配列は、大分類された科学技術分野と、それぞれの展示物の時代に沿って展示されることが多い。現物の寸法も制約となり、ストーリーは固定されてしまう傾向が強い。様々なストーリーが交錯し、新たなストーリーが創り出される場としての空間設計を考えても良い時期である。具体的な検討結果については、別途報告したい。

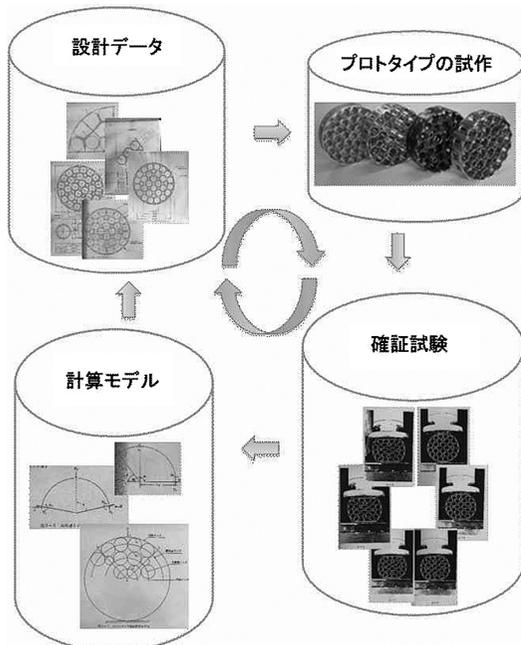


図10. エンジニアリング情報の整理

### 3. “博物館 (=文化地域)”としての地域の再設計

本章では、建造物内のネットワークから更にメタな視点へ移り、ランドスケープを考慮した上での建造物間のネットワーク構築について検討した内容を述べる。

#### 3.1. 建築アーカイブから景観デザインへ

景観のデザインという意味で環境デザインを捉えるとき、そこにおける人工物ネットワークは建造物同士のネットワークとなる。もちろん、山や川といった借景としての自然の事物も景観の成立に大きく関わっているのであるが、ここでは「人工物」という論点から、建造物だけに注目したい。では建造物のネットワークとはどういったものであろうか。

まず思いつくのは、1つの機関、組織の中での統一的なデザインによる建造物ネットワークである。そこでは機能や属性の分類によって各々の結

びつきが明示化されている。例えば大学の建造物の何学部何号館という呼称は、その建造物の所属と序列（大抵は築造された順番）を表す。この場合、大学の建物全体の体系はその大学の持つ学部・研究科の体系と対応している。また、大病院などでも外来棟、入院棟、研究棟などといった、機能に由来する名称を持った建造物群が見られる場合がある。このネットワークは必ずしも同一の敷地でなくても良い。

また、機能による分類という意味では、同じ機能を持つ建造物を歴史の上でつなげるという方法もあり得る。例えば丸の内庁舎（旧東京都庁舎）と、新宿にある現都庁舎をつなぐといったことであり、こういった方法をとることで時勢の流れを知ることができる場合がある。

他とはっきりと異なる特徴を有する建造物群が1つのネットワークを形成している例もある。岐阜県から富山県にかけての合掌造り集落がこれに当たり、現在は岐阜県側の白川郷と富山県側の五箇山と行政地区が分かれているが、そもそもは苛酷な気候条件に対する知恵と技術を共有していた1つの文化域であったことは容易に推測される。合掌造り集落は、気候だけでなく産業とも結びついた建造物であり（養蚕・塩硝）、その土地の文化が継承され保存されるためには、自然環境への対応と産業との結びつきという2つの要件を満たすことが重要であることを示唆している。近年この地区では観光地化が進み、観光客の利便性と伝統の継承、住民のプライバシー保護をどう両立させるかといった問題が生じており、建造物だけでなくソフト面でも環境デザインの解決策が求められている。

ここまで挙げていづれの例にしても、同じくくりに入れられる建造物同士のネットワークを考えるのは比較的容易である。しかし、建造物群はどこかの土地に築造されるのであり、そこには既存の、様々なスケールのネットワークが存在するはずである。新規の建造物をこれら既存のネットワークにいかに組み込むかによって、数十年後、数百年後の景観が変化すると考えられる。以下でいくつかの具体例を見ながら、既存のネットワークに新しいものを取り込む際の観点について考察していく。

### 3.2. 事例検討

#### (ア) 事例1: 北京大学 不変のネットワーク

北京大学は、中国を代表する大学の1つであり、



図11. 北京大学の建造物<sup>19)</sup>



図12. 合掌造り集落<sup>20)</sup>

敷地面積は270万平方メートル、学生総数約3万7千人という大規模な大学である。この大学の建造物には大きな特色がある。それは、古くなった建造物があった場合、それと同等のものをもう一度築造するという点である。建材についても、古く見えるよう表面加工をし、意図的に貫乳を装飾品に入れてまでして景観がほとんど見えないところまで変化しないように工夫されている。つまり、北京大学の敷地内における建造物ネットワークは、長い期間にわたって不変なのである。長い歴史を誇りとし、またそれを誇示しようとする中国ならではの、といった手法であるが、景観・文化の維持保存という意味で、これに勝る方法はないと思われる。日本の大学では、“開発”に焦点があって、雑多に新たなデザインの建物が追加されて文化の多様性は実現しても、調和を失っていることが多い。

### (イ) 事例2：合掌造り集落 独立したネットワーク

合掌造り集落は、先述の通り岐阜県と富山県の県境付近に散在する集落であり、豪雪に耐える大きな茅葺屋根を特徴とする住居群である。この集落が形成された背景には、冬季の豪雪に加え、山地という土地柄、他集落との行き来は非常に限定されていたであろうことが想像される。つまりここでは、自然環境との融和と、集落内のネットワーク形成が課題であり、他建造物群とのネットワークを考慮に入れなくてもよいという意味で、独立したネットワークが実現されていると言える。この視点から見ると、上述の観光地化に伴う問題点は、この独立したネットワークを、日本全体のネットワークに硬直的に組み込もうとする際の問題点であるとも捉えることができる。ネットワークのネットワークという視点が大切である。

### (ウ) 事例3：つくば研究学園都市 自己完結のネットワーク

では、合掌造り集落に似た、内部の結びつきの非常に強いネットワークが、地勢的に閉ざされていない環境におかれた場合はどのようなことが起こるのだろうか。この例が、つくば研究学園都市に代表されるような、新興の計画都市に多く見られる。また、東海村や六ヶ所村など、原子力関連施設が大規模に展開された地域もこの例に当たる。これらの地域の問題点は、施設内部のネットワークが強力すぎて自己完結してしまい、既存のネットワークとのリンクがほとんどないことにある。ここでいう既存ネットワークとのリンクは、人的な交流や、建造物外観の周辺地域との融和性を考えている。つくば研究学園都市の場合、もともと都心に本拠地を持つ企業や研究所が、相互連携をはかるため、あるいは大規模な研究設備を必要としたために、つくばに研究所を置いたというケースが多く、そこに所属する人は“しかたなく”つくばに来ている、という感覚が強いようである。そのため地元に対する愛着も薄く、また地元と交わる必要性も感じていないという状態になっている。異質な文化の融合を通して、それぞれがQOL (Quality of Life) を高め、新たに特徴のある文化を共創する努力が必要である。

### (エ) 事例4：IBA エムシャーパーク構想 変わり行くネットワーク

IBA エムシャーパーク構想は、ルール地方の工業地帯であったエムシャー川流域を、環境的・経

済的に回復させようとして行われ、成功を収めたとされているドイツのプロジェクトである。IBA とは、Internationale Bauausstellung の略であり、建築などの分野で先端的なテーマについて募集を行い、それを恒久的に展示する、ドイツの伝統的なイノベーションのための方式である。ここで、人工物ネットワークの観点から注目したい点は、ルール工業地帯が最も発展していた頃に稼働しており、現在ではその経済的価値は低下・もしくは喪失してしまった古い製鉄所や炭鉱コンビナートなどを再開発事業において、取り壊すのではなく、モニュメントとして保存し、ウォールクライミングに用いたり、観光用インフォメーションセンターとして再利用したりしている点である。このように経済的価値が低下・喪失した建造物に対して、高いコストをかけ、更地にしてしまうのではなく、それらの建造物がドイツを支え、発展させてきた事実など過去の歴史を伝えることや、現在の生活の中での利用用途を持たせることを目的とし、それら建造物の持つランドスケープとしての価値の上昇・現出を実現している点が評価できる。他地域におけるランドスケープデザインを考える際にも、各地域を固有のものたらしめている特徴量を保存・強化するようなデザインが好ましい。それらをネットワークとしてとらえてランドスケープのデザインを行うことが、各地域の集合体として持つべき多様性の保存につながる。

### 3.3. 建築物アーカイブ

ここでは、博物館を基点とした人工物ネットワークの環境デザインの一例として、ネットワーク化された建造物アーカイブについて考える。建造物アーカイブとは、建築された当初の役割を終

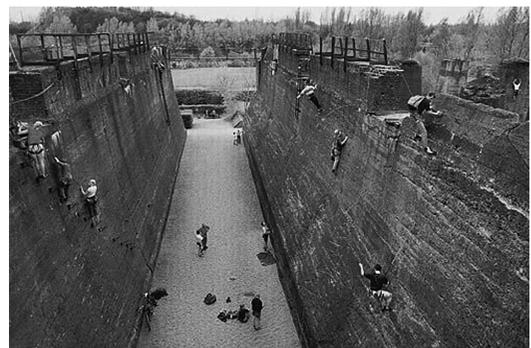


図13. 鉱石置場をウォールクライミングに再設計した例<sup>21)</sup>

えた建造物を、必要な場合には移築をするなどして保存をしたり、資料館等として再活用したりする活動を言う。

建造物ネットワークを構築するにあたって考慮しなければならないのは、建造物だけとは限らない。むしろ、歴史や文化といった地域特性をネットワークとして捉え、それと建造物のネットワークを対応させることによって、地域文化の保存・継承が実現されることがある。

地域特性を決定する要因としては、町の起源（城下町、宿場町、漁師町など）、統治者・産業・交通の変遷、隣接地域や交易相手との関係などが挙げられる。要因ごとに歴史を整理し、関係の深い出来事や人物を結ぶという作業をし、さらにこれら地域を特徴づける事物と建造物を対応づけることで、地域特性を表現した、ネットワーク化された建造物アーカイブが実現できると考えられる。また、建造物が対応する事物に関連する人工物をその建造物内に展示することによって、博物館・資料館としての役割も明確化する。加えて全体を見渡せる俯瞰図を作成することで、見学者にとっても理解しやすいアーカイブを目指すことができると考えられる。図13にこの手法の概念図を示す。

こういった対応付けが成功している例として、日本各地の城址が挙げられる。城址には主にそこを治めた為政者の使用したものや遺した書簡などの資料が多く展示されているが、彼らの行った事業（農地の開墾、水路の整備など）についても展示されていることが多い。これらの展示については、「城」という建物と「為政者」という対応付

けが、一般にとてもわかりやすく象徴的であることも、多くの来場者を惹きつける一因となっていると考えられる。ドナルド・ノーマンが著書で述べた、デザインにおけるわかりやすい対応付けの必要性<sup>22)</sup>は、環境デザインについても通じる重要なポイントであろう。例えば鉄道の変遷に関する展示であれば古い駅舎、工業の変遷に関する展示であれば、使われなくなった工場などといった組み合わせが、わかりやすい対応付けと言える。こういった対応付けが地域の中で多く行われ、資料館・博物館間の役割分担が明確化されてくると、地域全体が大きな1つの博物館のような状態となり、博物館のフロアを選ぶような感覚で訪ねるべき建造物がわかる、ということが実現できる。

#### 4. 人工物ネットワークと信頼

本章では人工物ネットワークと信頼についての検討内容を簡潔に述べる。検討にあたっては、信頼の獲得と継続を得るために行われている科学技術に関する取り組みを参考にした。

##### 4.1. 人工物に関する情報の信頼を保つシステム

人工物ネットワークとして体系化された情報への信頼を獲得するために第一にあげられるのは、情報の品質を良いものにするしくみである。科学技術知の品質を保つために一般的に行われているのは、研究の最前線の知見を判断できる専門能力を備えた研究者同士が論文や研究計画に対して行うピアレビューである<sup>23)</sup>。一つ一つの展示品についても、関係する専門家が互いに情報を検討評価できるしくみを提供することで、情報の品質が高まり、信頼獲得につながってきた。

情報の品質管理においては、まず、体系化された情報の更新を可能にするしくみが必要である。一度体系化された人工物ネットワークも、科学技術の新たな発見などによりネットワーク内部の情報を更新する必要がある。科学技術データの更新方法については、CODATAが取り組んでいる。大量の複雑化した科学技術データは扱いにくく、CODATA内でもデータの更新頻度や方法についてさまざまな議論が行われている<sup>24)</sup>。インターネットを用いて更新情報を含めたデータの共有を行う方法については、永続的でないコンテンツのアドレスの代わりに暗号学的ハッシュ関数のハッシュ値を体系の要素として共有することが可能である

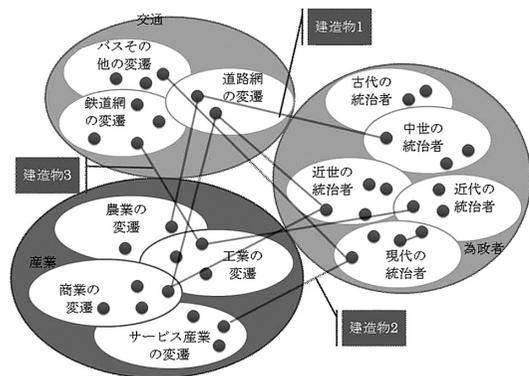


図13. ネットワーク化された建造物アーカイブの概念図

25). また、知財の権利や原子力関連の技術におけるセキュリティについても、ハッシュ値からコンテンツを割り出せないことを利用して保護できる。

#### 4.2. 人工物ネットワークにおける信頼のコミュニケーション

人工物ネットワークの中に蓄積された知識や技術、そしてその産物である人工物の信頼性が保たれたとして、それを、社会に伝えるにはどのようにすればよいであろうか。

まず大切なことは、全てのデータを共有することである。データの共有については、生命科学のデータベースの科学者間による共有は活発であるが<sup>26)</sup>、人工物ネットワークに関しては、人工物の利用者である社会に向けても情報を発信していかなければならない。そういった意味での、又事故・現物とリンクした失敗知識データベースのようなデータの共有は人工物ネットワークにおいて大きな役割を果たすと考えられる。例えば、科学技術振興機構が提供する失敗知識データベース<sup>27)</sup>は、科学技術分野の事故や失敗の事例を分析し、得られる教訓とともにデータベース化したものであり、人工物にまつわる失敗がすでに多数登録されている。こうした情報を現物と一緒に一般に公開され、読みやすいレポートにリンクすることによって、科学者、人工物設計者、社会が情報を共有できるようになっている。

次に大切なことは、データから信頼性を測り、示すことである。データを共有しても、社会の多くの方は意思決定に際し、データをそのまま用いて判断することはできない。従来、人工物の規格に関して ISO (International Organization for Standardization) やそこに加盟する JISC (Japanese Industrial Standards Committee) によって科学的な研究調査から規約の制定が行われてきた。これは主に人工物生産者同士での信頼性の共有に寄与してきたが、ISO14020 (環境ラベル及び宣言—一般原則) および ISO14024 (環境ラベル及び宣言—タイプ I 環境ラベル表示—原則及び手続き) に従って制定されているエコマークのように人工物生産者が社会に対して信頼性を伝えるものもある。しかし、これは規格制定のプロジェクトを発足させ、内部で様々な手続きを経て制定されるものであり、この制定の後には人工物設計者が追従し、社会にその価値を広報し、といったようにトップダウン的な側面が強い<sup>28)</sup>。

人工物ネットワークにおいては、科学者と人工

物設計者と社会のシームレスな繋がりによるボトムアップの仕組みを新たに組み込むことで、信頼性のコミュニケーションが行われることが期待される。

前章で述べたように、人工物を科学博物館において展示することは、この三者が交わる場所を提供するという役割を果たしている。信頼のコミュニケーションという側面でも役割が果たせるように、データと結びついたストーリーのある展示と来館者を含めオーディエンスとのコミュニケーション、レスポンスの集約と可視化が求められる。その具体的方策について検討と実装を重ねる必要がある。

## 5. おわりに

歴史的にみれば科学技術は実験科学、理論科学、計算科学と相乗的に新たな手法を拡充して強力な知的生産性を獲得し、対象も品質も多種多様なデータがネットワーク上にあふれるようになった。一方、この 20 年間にデータの蓄積は期待以上に進んだが、データの活用は不十分で最初に期待したようには進んでいない。学術データを社会に分かりやすい表現で届けることはデータの生産者である専門家側の責任である。2008 年の ICSU の総会でも同様の考え方から科学技術データのためのグローバルな電子図書館を設立する提案がなされた。

本検討はステークホルダーも多く、極めて学術情報の密度の高い原子力の安全に関わる情報を基点に、この遠大な作業の知的基盤を形成することを目的として実施した。したがって検討のポイントは、学術のための学術ではなく、学術研究の成果としての知的資源を社会に還元し、社会の様々なネットワークと連携して新たに発展させるためのサービスチャンネルをデータのライフサイクルを軸に設計し、基礎科学技術データや計測標準、安全基準等から構成される共通の知的基盤：科学技術情報コモンスの設計と範例の構築であり、分野の壁のない新たな学問のスタイル“データ中心の科学”の提案である。

自動車のような人工物の場合には、標準的な部品の大量生産と分解と組立を基本操作として、効率的な生産システムと社会に価値を分配する経済システムが数百年の試行錯誤を経て確立した。しかしながら、原子力のような巨大産業においては、

社会との接点が電気エネルギーという間接的なサービスとなるため、その大きな役割が社会に十分理解されているとは言えない。理解を得るための作業は、依然として産業革命以前の手工業的な作業が中心になり、ますます高度化する人工物に対応した知識のネットワークが確立していない。この分野の現状は“T-Ford”以前のエンジニアリングの状況である。脱皮するためには、パッチワーク的な知識の集合体を新たな体系の構築へと再編することから始めなければならない。

困難を極めるが全体の手順としては、既往の知見をデータ、知識、プログラム・手続きに要素分解する作業と、展示物に関係付ける作業、知識要素の正当性の認証、評価方法、要素間の不具合、差異、隙間の処理方法の構築とがあり、特に後者については周到な理論構築と方法論の徹底的な検討と実装を実施する。座上の空論にならないようデータ生産の現場と直結した「現物とデータとに語らせる」知的基盤の確立と科学的知識や技術的経験の進化を直接反映した「現物とデータを介し、つなげて新しい価値（ストーリー）を創出するための試行錯誤」を実施し、可能な範囲で予見しつつ、予見できない新事実にやわらかく対応する知識マネジメント技術の確立とそのための学術的基盤として関連論文で述べたデータ中心の科学(Data-Centric Science)の確率が必要である。貴重なデータや経験はアクセスもされないままカビ臭い倉庫に眠っており、そうしたデータを例えば図10で示したように誰もが可能なところに“展示”し、知的興味をかきたてる素材を追加するだけで小さな変化は期待できる。こうした地道な作業を通して最終的に目標とする成果は規範となる国際的な新たなスタイルの知的拠点の提案である。

### 参考文献

- 1) INIS: <http://inisdb.iaea.org/>
- 2) 国会会議録検索システム: <http://kokkai.ndl.go.jp/>
- 3) Shiffrin, Richard M. and Katy Börner (eds.): 『Mapping Knowledge Domains』 Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 101 (Suppl\_1) (2004)
- 4) <http://gizmodo.com/357895/the-analog-cellphone-timeline>
- 5) Digi Barn computer museum: <http://www.digibarn.com/stories/desktop-history/bushytree.html>
- 6) 自転車文化センター: [http://www.cycle-info.bpaj.or.jp/japanese/history/nenpyo\\_tate.html](http://www.cycle-info.bpaj.or.jp/japanese/history/nenpyo_tate.html)
- 7) 日本原子力産業会議, 2000. 『原子力ポケットブック2000年版』 電気新聞, p. 224
- 8) 前田実里, 鈴木麗聖, 有田隆也, 2009. 「自動車デザインの系統樹からみるミームの系統解析」『情報処理学会第71回全国大会講演論文集』 情報処理学会, pp. 2.357-2.358
- 9) Edward R. Tufte, 1990. 『Envisioning Information』 Graphics Pr
- 10) Edward R. Tufte, 1997. 『Visual Explanations: images and quantities, evidence and narrative』 Graphics Pr
- 11) Edward R. Tufte, 2001. 『The Visual Display of Quantitative Information』 Graphics Pr
- 12) 国際アーカイブズ評議会建築記録部会, 2000. 『建築記録アーカイブズ管理入門』 ICA
- 13) ミュージアム資料情報構造化モデル: <http://webarchives.tnm.jp/docs/informatics/smmoi/#scheme>
- 14) Kathleen Mclean 著, 井島真知・芦谷美奈子訳, 2003. 『博物館をみせる人々のための展示プランニング』 玉川大学出版部
- 15) 科学技術コミュニケーション拡大への取り組みについて: <http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/dis039j/html/dis039j.html#ant2>
- 16) 小川義和, 2005. 『博物館と利用者との関係性について』 日本科学教育学会, pp. 29-32
- 17) 井上 透, 2005. 『国立科学博物館におけるデジタル・アーカイブスの活用と課題』 日本教育情報学会, pp. 52-55
- 18) 平成21年度学校基本調査速報: [http://202.232.86.81/b\\_menu/toukei/001/08121201/1282646.htm](http://202.232.86.81/b_menu/toukei/001/08121201/1282646.htm)
- 19) <http://beijingobserver.blogspot.com/2005/10/beida-pekings-university-by-leica.html>
- 20) <http://userdisk.webry.biglobe.ne.jp/009/040/30/N000/000/000/121455719400216228128.JPG>
- 21) <http://supersustainablecity.blogspot.com/2009/09/when-factories-shuts-down.html>
- 22) D. A. ノーマン著, 野島久雄訳, 1990. 『誰のためのデザイン?—認知科学者のデザイン原論(新曜社認知科学選書)』 新曜社
- 23) 科学倫理検討委員会編, 2007. 『科学を志す人々へ』 化学同人
- 24) CODATA: <http://www.codata.org/>
- 25) Akihiro KAMEDA, Ikki Ohmukai, Hideaki Takeda, Shuichi Iwata: 『Sharing Circulation Information of Data for Reliability Evaluation』 7th CODATA Conference, E8-5 (2008).
- 26) 文部科学省委託研究開発事業: 統合データベースプロジェクト: <http://lifesciencedb.jp/>.
- 27) 科学技術振興機構, 失敗知識データベース: <http://shippai.jst.go.jp/>
- 28) 日本工業標準調査会: JISと標準化活動—JIS制定等のプロセス: <http://www.jisc.go.jp/jis-act/process.tml>