

学際分野研究としての文化情報学研究 (2)

－ ITMA による文化現象研究とその客観性－

藤本 悠 (同志社大学大学院文化情報学研究科)

Cultural phenomena are defined by each scholar. Therefore, scholars' ideal value to cultural phenomena should be objectively clarified. Although the objectivity in the natural science needs empirical methods, the objectivity in cultural science needs logical structure of each scholar's ideal, and, a series of process for cultural study is gone forward with it. Traditionally, cultural scientists aimed to clarify their ideal values by text writings. Max Weber, a German social scientist, proposed "Ideal Type", and strongly argued importance of objectivity in social science. Heinrich Rickert made difference of thinking ways in natural science and cultural science clear, and he claimed that it is important to clarify own viewpoints to cultural phenomena in cultural science. However, their attempts have had fatal problem. It is very difficult to represent objectivity in cultural science by text writings. Culture and Information Science, interdisciplinary field for cultural phenomena studies, should cope with this problem, if this field takes a position of cultural science.

The new methodology, ITMA (Ideal Type Modeling and Analysis), was contrived for the study of culture and information science to tackle this problem. This methodology uses theory of Object Oriented GIS, technique of Information Science and methods of Phylogenetic and Social Science. In this methodology, ideal values are modeled by Information Modeling, and static Geospatial characters and dynamic temporal relationship are analyzed by its structure. Therefore, this methodology can realize the objectivity in cultural phenomena studies with both aspects of real nature and methods. In this paper, I aim to make mentality of study for cultural phenomena clear and redefine each important terms in cultural science, and introduce ITMA as the integrated methodological study of traditional cultural science and information science.

1. はじめに

「学際分野研究としての文化情報学研究—考古学における遺跡情報モデリングとその実装—」(藤本 2008a) では、「応用分野」と「参考分野」という用語を用いて学際分野研究としての文化情報学研究¹の方向性について述べると同時に、文化情報の構築方法として「地理情報標準」を用いた遺跡情報モデリングと、その実装手法についての

具体例を示した。この研究では、主として考古学における情報の標準化という問題を取り上げ、文化情報学研究が如何にして情報構築支援を行うかを示した。これに対して、本稿では、「文化情報学」が個々の文化現象研究者の解釈支援にいかにも有用か、その方法を問題とする。その方法について、ITMA (Ideal Type Modeling and Analysis: 理念型モデル化分析法) (藤本 2008b) を用いる。ITMA は、個々の研究者が文化現象に対して持っている理念像を情報モデルによってモデル化し、データベースに実装し、その構造を分析して予備的解釈を生み出すという方法論である。

ITMA には、二つの特徴がある。理念像のモデル化とデータの格納が直結していることと、モデル構造が対象資料の位置づけと分析の方向性を決定づけていることである。この二つの特徴は、伝統的に文化現象研究者が頭の中で行ってきたことで

¹ 欧米では、人文諸学にデジタル技術を応用することを目的とした "Digital Humanities" という分野が存在しているが、我が国では、図書館情報学の流れを汲む "Study of Cultural Information Resources" と、林知己夫 (2000) が提唱した「データの科学」を軸とした "Culture and Information Science" という二つの「文化情報学」が存在する。これらの分野の実態は似ているが、本稿では "Culture and Information Science" としての「文化情報学」について議論する。

あるが ITMA は、伝統的な文化現象研究の方法を情報システムへ実装し、研究者の理念的枠組みを通して現実問題の発見を促すことを最大の目的とする。したがって、ITMA は伝統的な文化現象研究の方法と情報科学の方法を融合させた方法論と言える。

伝統的な文化現象研究は、「思弁的」あるいは「主観的」とみなされがちであるが、そうではない。文化現象研究において最も重視されるべきことは、どのような視点から現実世界を切り出して新しい問題を発見するか、ということである。つまり、文化現象研究における客観性は、実証性を伴う手法的側面と同時に理念像の表現である。したがって、文化現象は個々の研究者の具体的視点によって位置づけられているにもかかわらず、文化現象研究における客観性は本質的なのである。

本稿では、伝統的に行われてきた文化現象研究の方法を整理し、ITMA という方法論が文化情報学という学際分野においてどのような意味を持っているかについて議論したい。

2. 文化現象研究の方法

2.1 「文化」に関わる用語の整理

伝統的な文化現象研究がどのような視点で行われてきたかを整理するために、重要となる用語の整理を始める。というのは、文化情報学のような学際分野では、同じ用語を用いながら意図する意味が異なったり、似た意味を持ちながら微妙なニュアンスが違ったり、といった問題が生じやすいからである。また、実態は全く同じにも関わらず、新しい用語に取って代わられたり、海外で使用されている用語を和訳する過程で複数の用語が生まれたり、その逆に既存の用語と重複することもある。これらの問題を全て加味して万能な用語を使用することは不可能に近い。そのため、本稿では「文化」と「自然」とを関連付けながら、暫定的に定義し、整理を行うことにしたい。なお、用語間の関係をより明確に表すために、本稿では関係を UML (Unified Modeling Language) クラス図によって表現することにする²。

² UML クラス図では、「汎化 (Generalization)」を白三角、「強い集約 (Composition)」を黒菱形、「集約 (Aggregation)」を線分で表現し、「関連 (Relationship)」を破線矢印は「依存 (Dependency)」を示す。図 1 から図 4 および図 6 は、

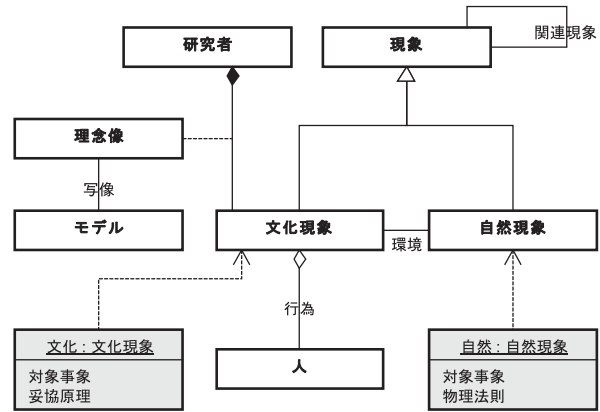


図 1 「文化現象」の用語定義

Fig. 1 Definition of the word of “Cultural Phenomena”

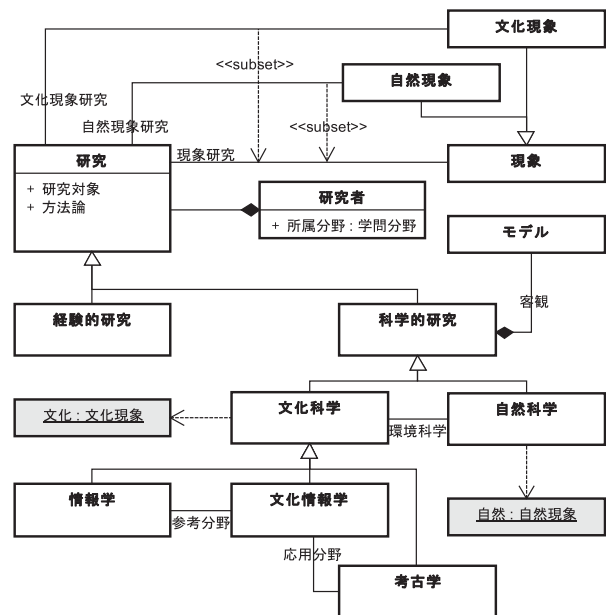


図 2 研究分野の整理

Fig 2. Arrangement of words for an Area of Study

まずは、「文化現象」という用語について整理する。この用語に対する用語は「自然現象」である。一般的に、自然現象は物理的な法則に従って生じ、文化現象は人の精神的な行為の連続によって生じる。文化現象は、その特性上、研究者の理念像なくして存在できず、研究者が文化的価値を賦与することによって現象として現れる。しかし、「文化」と「自然」という用語は、具象を指すことが多いため、両者は現象のインスタンスと考えることが

この UML クラス図の基本的文法に従って記述されている。詳細については、UML リファレンスマニュアル (J. ランボー他 2002) を参照。

できる。文化現象と自然現象は、必ずしも独立して存在しているわけではなく、「環境」という用語を通して関連づけることができる (図1)³。

文化現象と自然現象を明確に分けることが困難な場合も多い。ここでは例えば、現代の地球温暖化の問題などである。地球温暖化は、産業革命以降に人によって引き起こされた現象であっても、分子レベルでの議論は自然現象として位置づけることにする。同様に、人に関わることであっても、人体内部の現象や遺伝子に関わる分野も自然現象に位置づけることにする。逆に、人為的な関連づけが困難であっても深層心理など「精神」に関わる分野は文化現象に位置づけることにする。例えば、脳波に関する研究の場合、「脳波が何に反応するか」といった人間の行動に関わるものは文化現象とし、「どのような種類の脳波が発生するか」といった生理的な現象は自然現象とする。

次に、文化現象研究について整理する。自然と文化という言葉を対応させながら整理すると、「文化現象研究」と「自然現象研究」が対となる。この関係は、「現象」と「現象研究」との関連の下位集合 (subset) である。文化現象研究は、研究者の理念像を通して文化現象の背後に存在する人々の行為の妥協原理を見出すことを目的とし、自然現象研究は物理法則を通して現象の発生原理を明らかにすることを目的とする。現象研究には、経験的⁴なアプローチと科学的なアプローチが存在し、それぞれを「経験的研究」と「科学的研究」とする。科学的研究は、客観的アプローチによる研究のことを指す。文化現象を対象とした科学的研究を「文化科学」、自然現象を対象とした研究を「自然科学」とする⁵。文化科学においては、個々の研究者の本質的な考え方を明確に伝えるこ

とを「客観」と言い、自然科学では他者が同一の手法を用いることで全く同じ結果を導き出すことを「客観」とする。科学的研究に存在するこの二つの客観性は等しく重要で、両者の優劣を論じたり、混同するべきではない。本研究では両者を区別するために、文化科学における客観性を「本質的客観性」とし、自然科学の客観性を「手法的客観性」とする (図2)。

科学的研究における客観性を保証するのが「モデル」である。モデルは学問分野によって指し示すものが大きく異なるため、これについても若干の説明を要する。なお、全てのモデルと関連分野を図示することはできないため、一部のみを図3に図示する。モデルという用語は用途の違いから大きく5種類に分けることができる。一つ目は、情報学で用いる「情報モデル」である。UMLやER図 (Entity Relationship Diagram) などで構築されたモデルが、これに該当する。二つ目は、「数理モデル」である。このモデルは統計式や数理シミュレーション等を組み立てるために用い、主として自然科学分野で多用されている。三つ目は、「幾何モデル」である。これは、CG (Computer Graphics) やVR (Virtual Reality) といった分野で用いられるモデルが該当する。このモデルは、数学分野における位相幾何学が基盤となっている。四つ目は、化学における分子構造モデルや、地理学における立地モデル⁶など、図として表現したモデルである。最適な用語が無いため、暫定的に「図式理論モデル」としておく。この種のモデルは非常に様々な分野で用いられ、数理モデルや幾何モデルとの関わりも深い。

最後は、社会科学における「理念型」⁷をはじめとする文章記述によるモデルである。この種のモデルに関しても適当な用語が存在しないため、暫定的に「記述式理論モデル」としておく。文化

³ 本稿では、文化と自然との関連を「環境」と呼ぶことにする。「環境」という関連は、文化現象に対して「文化環境」という役割を持ち、自然現象に対しては「自然環境」という役割を持つ。

⁴ 本研究では、「経験」と「実験」を分けて考える。「経験科学」という用語に用いられている「経験」を「実験」として扱うことにする。

⁵ 「文化科学」という用語は、ドイツのH. リッケルト (Rickert, H) (1939) が提唱した科学分野の概念である。リッケルトは、文化科学と自然科学の方法論的な違いを明らかにすると同時に、「内容は文化科学的で方法は自然科学的といった研究」と「内容は自然科学的で方法は歴史的といった研究」とが密接に結び付けられた中間的領域の存在を認めている。100年以上も前の議論ではあるが、リッケルトによって整理された文化科学という考え方は、文化情報学という学問分野の方向性を見出す上でも重要である。

⁶ J.H. チューネン (Thünen, J.H.) の農業立地論、A. ヴェバー (Weber, A) の工業立地論、Christaller, W. による中心地理論などが代表的である (松原 2002)。これらは数理モデルによって仮説を数理モデル化すると同時に、図式化されたモデルとして表現された。

⁷ 「理念型」は、M. ウェーバー (1994) が提唱した社会科学のための「仮説モデル」構築手法である。理念型は理論的枠組みよりも経験的現実由来し、純粋に問題発見に資するという目的を持つ。理念型による社会分析においては、あらゆる公理的論議は回避されていて、研究者が調査中の経験的事例・関係・あるいは発展と、概念的枠組みとの間を絶えず往復運動するように構想されている (S. コールバーグ 1999)。

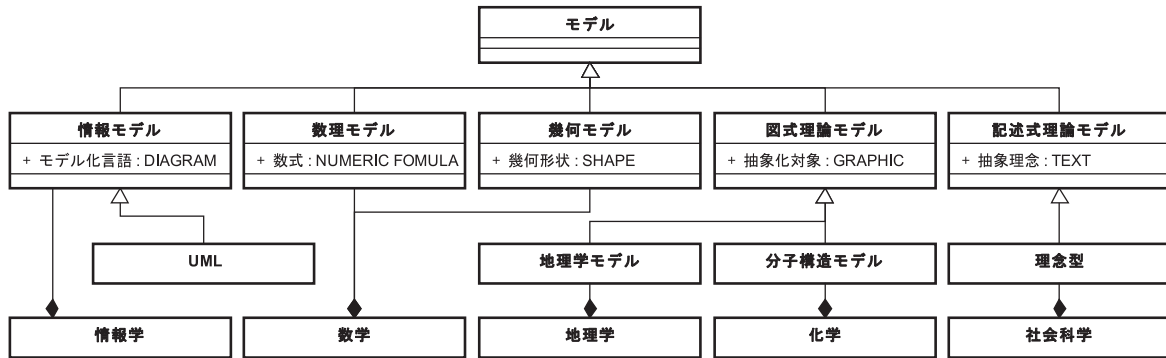


図3 「モデル」の種類
Fig. 3 Variety of the “Models”

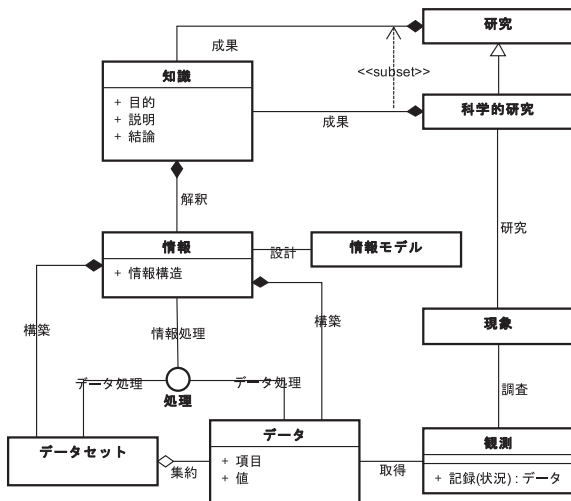


図4 データ、情報、知識
Fig. 4 “Data”, “Information” and “Knowledge”

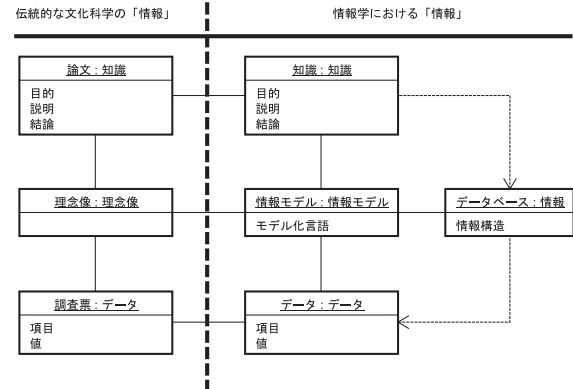


図5 「情報」の実装
Fig. 5 Implementation of “Information”

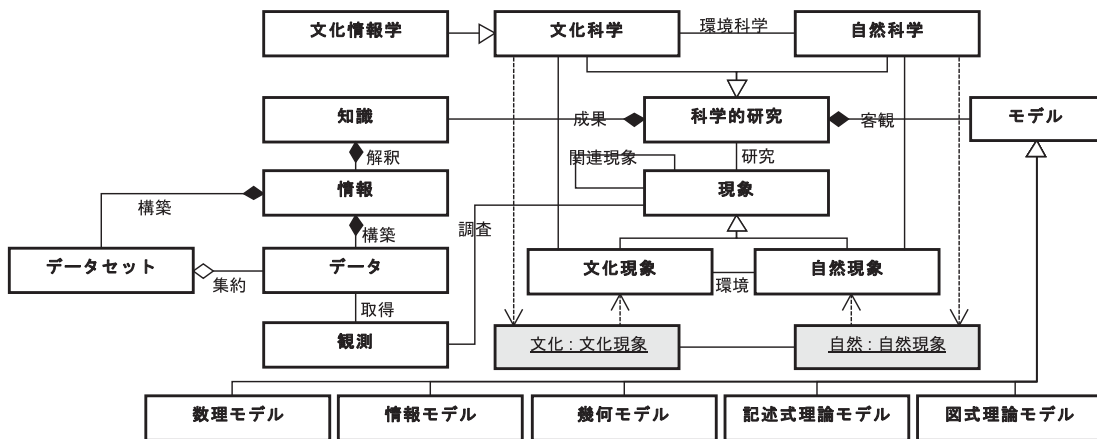


図6 文化現象研究における重要用語の全体像
Fig. 6 Entire picture of important terms in study of cultural phenomena

科学では伝統的にこの種のモデルが用いられてきた。記述式理論モデルは、文章表現、書き手と読み手の時代感覚の差異、書き手の生まれ育った状況といった問題が大きく関わるため、伝達手段としては必ずしも客観的とは言えない。

最後に、「情報」に関する用語について整理する。広義の情報には「データ」、「(狭義での)情報」、「知識」の三種類が含まれる。まず、現象を調査し、「観測」した一次記録を「データ」とする。データは、取得あるいは記録され、最終的に処理の対象となる。また、データの集合を「データセット」とする。次に、狭義の「情報」はデータを意味的なまとまりとして設計し、構築したものとする。最後に、情報に対して何らかの解釈や予測が加えられたものを「知識」とする。知識は、何らかの目的に対する説明と目的に対する結論を有する(図4)。データ、情報、知識の三つの関係は、伝統的には、研究者の頭の中で整理され、紙媒体上で処理されてきた。「データ」は調査票やフィールドノートに記述したメモの類によって記録され、「情報」は頭の中の理念像を通して整理されてきた。整理された情報を文章によって表現した論文などが「知識」に相当する。コンピュータ上では、データは電子化され、情報モデルを通して設計され、「データベース」に実装される。データベースは、「情報」のインスタンスである(図5)⁸。

本節では、「文化」と「自然」を対応させて、「科学」、「客観性」、「モデル」、「情報」といった用語を整理した(図6)。これらは、19世紀末から20世紀初頭にかけて、ドイツのリッケルトやM.ヴェバーらが整理した考え方をベースに、現状を踏まえて整理した。整理した用語の中には、古典的な用語を再利用したり、本研究で独自に命名したものもある。用語間の論理的整合性を重視した結果である。一般的な用語として定着している「人文科学」という用語を採用しなかった理由は、これが「人」と「自然」とを対応させた場合の用語であると考えたためである。仮にそのような対応関係を想定した場合、文化という用語は全て「人文」という用語に置き換わるかもしれない。また、「文化」と「文明」や「精神」と「自然」を対峙させた場合には、用語間の関係は根本的に変わる可能性もある。用語の定義は非常に困難を伴うもので

⁸ UML オブジェクト図の文法に従って作成した。文法の詳細については、UML リファレンスマニュアル (J.ランボー他 2002) を参照。

問題も多いが、文化情報学においては基準とする用語の整理が行われていないため、本稿ではこれらの用語を用いて議論を進めることにする。

2.1 文化情報学の役割と方針

文化情報学は、文化現象研究に自然科学的な手法や理論、技術を融合させ、人間の精神的・知的活動に関する新しい知の発見を試みる学問領域である(村上 2006)。文化現象研究にシミュレーションなどの実験実証的な方法を取り入れることは、文化的な要因を伴う社会的、環境的な問題を明らかにする上で非常に重要なことである。この課題に対して、情報科学が果たす役割は非常に大きい。しかしながら、ここで注意しなければならないことは、実証性を追及するあまり、伝統的な文化現象研究が積み上げてきた考え方や方向性を無視したり、これを安易に否定するべきではない。重要なことは、本質的客観性と手法的客観性の均衡を維持することで、どの分野の方法が、どのような点において有効であるかを十分に考慮することである。そのためには、最初に文化現象研究がどのような工程を通して行われるかを整理し、その工程を通して情報科学がどのように賦与できるかを考えなければならない。そこで、本節では文化現象研究における一般的な研究工程を整理することにする。

まず、文化現象研究は、ある種の「理念像」から始まる⁹。この理念像は、その研究者が現実世界を観察したときに生じる「問題意識」の原点である。ここを出発点として理念像は、その研究者の経験や、知識といったものを通して明確化され、これを通して研究の方向性を「計画」する。これが第一工程である。この工程は、まだ主観的な側面がかなり強い。

第二工程では、実際に資料収集し、問題意識の裏付けと、研究の「基本設計」を行う。この工程で不可欠となるのが「調査」である。調査は大きく分けて二段階あり、それぞれの段階に予備調査と本調査が存在する。第一段階は、先行研究の探索や、対象とする現象に関わる基礎資料の存在を

⁹ このような考え方は、文化現象研究のみならず、自然現象研究にも存在している。Kant, I は、『自然地理学』序論において、全体を理解するために建築術的に体系づけられた理念が不可欠であるとし、その理念に基づいて経験は計画され、経験によって得られた知識は体系化されるとした(メイ 1992)。

確認し、それらをリスト化する作業である。調査の第二段階は、データ収集で民族学や民俗学、考古学などの分野は、フィールドでデータ収集を開始する。文献資料学や美術史学などの分野では、実際の資料を観測し、データ収集を行う。このようにして、具体的方向性を定めていく。第一および第二工程では、まだ具体的な問題点を見いだせないことが多く、思考錯誤を繰り返しながら収集すべきデータを決定していく。

第三工程は、データ整理と情報構築である。データ収集の段階では調査票のようなものを通して個別のデータが記録されるが、第三工程では取得したデータを体系的に整理し、形式を整えていく。いわゆる、「台帳」作成の工程である。現在では、表計算ソフトを使って整理することが多いようである。この段階では、表記の「ブレ」や「言い回し」、用語といったものを整理し、分析のための準備を行う。この工程に至って、ようやく主題とすべき問題点・焦点を結び始めることが多く、分析に直結した具体的な「仮説」を提起することが可能となる。

第四工程は「分析」である。自然科学分野においては、実験やシミュレーションを通して実証性を明らかにするが、文化現象研究では問題点の抽出が分析の主たる目的となる。整理された情報から、異常値を探して差異性を見出したり、反対に同様の値を集めて同一性を見出す。こうして、分析を通して情報は分類、「総合」され、その結果から現実世界における諸問題を抽出する。そして、最終工程となる第五工程では、分析結果を整理し、諸問題の詳細や問題に対する解釈を記述し、論文や報告書といった紙媒体を通して結論を「公開」する。

文化現象研究はこのような五段階の工程を通して行われる。そして、一つの完結した研究と、それに対する解釈の結果は、次の研究計画への足掛かりとなる。

さて、このように文化現象研究における工程を整理した上で、情報処理技術はここにどのように関与できるかを考えることにする。情報処理技術は上記五工程の全てに関わる。基礎資料のリスト化作業では、関連情報のデータベースの存在が重要されるし、フィールド調査ではGPS (Global Positioning System)、測量機器、計測機器といった地理空間情報取得機器、そして、PDA (Personal Digital Assistant) などの情報端末が、作業の効率

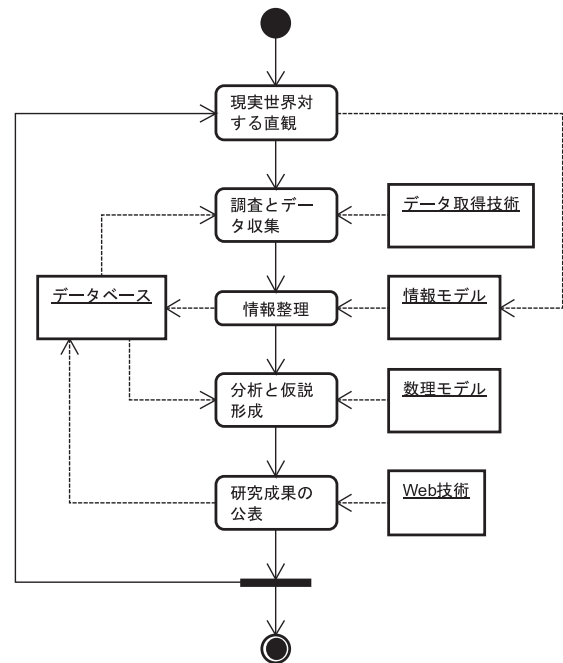


図7 文化現象研究の工程と情報技術

Fig. 7 Process for study of Cultural Phenomena and technology of Information Science

化や再利用性の高いデータを収集する上で有益なツールとなる。データ整理と情報構築の工程においては、情報モデルが重要な役割を果たす。情報モデルを設計することで取得した様々なデータを適切にデータベースに実装することができる。分析の工程では、数理モデルを用いることで膨大な情報から傾向を見出したり、仮説を実証するためのシミュレーションが可能となる。現実世界では、文化現象の実証実験は不可能であるが、コンピュータ上の仮想空間では客観的な手法を用いた仮説的な実証実験が可能となる¹⁰。最終工程の情報公開では、Web技術を用いることで研究成果を公表し、研究成果を知識として蓄積して相互利用に役立てることができる。こうして、様々な情報技術を文化現象研究における一連の工程を通し

¹⁰ 考古学では、仮想空間上に「自ら判断し・学習し、行動するエージェント」を配置し、仮説的環境の元でシミュレーションを行う「エージェントベースシミュレーション」が注目され始めている。T. A. コーラー (Kohler, T. A.) (et al 2005) らは、アリゾナ州のロングハウス溪谷でエージェントベースシミュレーションを行い、古代プエブロ族の人口変動と環境変動との関係を明らかにしようと試みた。シミュレーションの結果、環境条件からは人口を維持できた可能性が高いにも関わらず、実際には溪谷が無人口化した事実から、モデルに含まれないような政治や宗教的な要因や人口を回復できないほどの環境の変化を推測するに至った。

て結びつけることができる (図7)。

文化現象研究と情報技術との関わりをこのように整理してみると、これは当然のことのように日常的に繰り返されている営みで、そこには特別の問題点を見出すべきものは無いように思われるかもしれない。しかし、ここで注意すべきことは、従来の文化現象研究では、この工程を一人の研究者(あるいは一つの研究グループ)が完結して行ってきたことである。つまり、それぞれの技術は飛躍的な向上を実現しても、それが断片的である限り意味をなさない。この問題は、想像以上に困難で、それぞれの研究工程に対応する方法や理論、技術というのは無限とも思えるほど存在し、それらの中から最適な組み合わせを探し出すことは不可能に近い。だがまさに、この不可能とも思える分野にこそ文化情報学の活路がある。それゆえに、最新技術の開発を他の理工系分野に託し、文化現象に対する解釈を文化現象研究者に任せるとしても、文化情報学はこの難問に取り組むことで独立した学問分野として十分にその意義を果たすことができる。既稿において提案済みの「応用分野」と「参考分野」という考え方は、文化情報学研究を進めるための方向性を定める意味を持ち、この二つの概念を用いれば何に対して、どのような一貫した方法を提供するかが明確となる。

3. ITMA

3.1 オブジェクト指向と理念型モデリング

文化現象研究者の主観的な理念像をいかにして客観化するのか、その鍵となるのが「オブジェクト指向」の概念である。

現実世界に存在している様々な事象を人は言葉を通して認識し、伝達する。これは、人が現実世界に対して「特徴」と「機能」によって事象を分類し、「名前」を付けて抽象化しているからである。例えば、「コップ」という言葉を聞くと、この言葉を知っている人は「真真中に穴が空いていて、底が閉じている物体」を想像し、その物体が「飲み物を入れる」ために存在していることを瞬時に理解する。抽象化された事象には、上位の抽象や、逆に、下位の抽象を持つこともある。例えば、「コップ」と「鍋」と「タッパー」を合わせた抽象的事象は「容器」であるし、「コーヒーカップ」は「コップ」の下位の抽象である。抽象化された事象は「コーヒーカップ」と「ソーサー」の

関係のように、他の抽象と関係を持つことがある。このように、人は自身の頭の中で現実世界を認識するための抽象化された世界を持っていて、その世界を通して現実世界を理解する¹¹。これは漠然とした「現象」を理解する場合も同じで、経験によって形成された理念像から現象を定義するための世界を作り出し、それを雛型として現象を認識する。この雛型を「客観的に妥当する世界」として明示的に再構築したものが理念型である。妥当性の高い理念型を定義できれば、客観的な解釈を導くことができる。

文化情報学が文化現象研究において一貫した客観的手法を提供するためには、この「理念型」をどのようにしてコンピュータが理解できるようにするかが一つの焦点となる。この問題に対して最も有効な方法が情報学における情報モデリングの手法で、情報モデルを通してモデル化された理念型をここでは「理念型モデル」と呼ぶことにする。情報モデリングの手法には数多くの手法が存在するが、現状においては、理念型モデリングにはUMLなどのオブジェクト指向モデリング(OOM: Object Oriented Modeling)の手法が最適である。OOMを用いることで、人の認識方法に即して情報をモデル化し、設計したモデルを通してコンピュータが直接的に理解できるようにデータを符号化できる。本来、OOMは、JAVAやC#といったオブジェクト指向プログラミング(OOP: Object Oriented Programming)を行うために用いられるが、最近ではビジネスモデリングなどの様々な用途で利用されはじめている。こうした傾向は、現実世界における様々な事象がOOM言語によってモデル化でき、かつ人とコンピュータの双方が誤解無く理解できるからである。

ところで、理念型モデルを設計するためには、モデル化のためのメタモデルとコンピュータが理解可能なデータタイプの定義が不可欠となるが、文化現象を時空間的な事象として認識可能であるならば、地理空間情報科学における「地物(Geographical Feature)」の考え方が適用できる。地理空間情報科学における「地物」の概念は、『地

¹¹ 情報学においては、このような考え方に基づいて情報処理することをオブジェクト指向と呼ぶ。オブジェクト指向では、抽象化して分類されたものを「クラス」と呼び、そのクラスを特徴づける要素を「属性」、機能を「操作」あるいは「振る舞い」と呼ぶ。クラス間の関係は「関連」と言う。

理情報標準 (ISO 19100 シリーズ)』において厳密に定義されている (地理情報標準推進委員会ほか 2002)。同標準では、地物のメタモデルを「一般地物モデル」として準備すると同時に、時空間オブジェクトを全て UML によって定義、提供している。そのため、同標準に従うことで、理念型モデリングの際の手間を大幅に省くことができる。

地物をメタモデルとして理念型モデルを設計することの最大の利点は、基幹システムに GIS (Geospatial Information System)¹² を採用できる点である。GIS は、様々な地理空間データ取得機器と連携することで、リアルタイムに取得したデータをデータベースに実装でき、実装した情報を用いて空間分析を行ったり、分析結果を視覚的に表示することができる。つまり、データ取得、情報構築、分析・シミュレーション、表示という文化現象研究における第二工程から第五工程の一部までを、統一されたシステム上で実現できる。これに地理情報標準の一般地物モデルをメタモデルとした理念型モデリングを合わせれば、文化現象研究における第一工程に関しても統合することができる。

理念型モデルを設計することは、個々の資料を全体の中で系統的に位置づけたり、時間的な序列関係から重要な歴史イベントを抽出する上で有効な手段となり得る。伝統的な文化現象研究では、個々の研究者が頭の中に思い描いた理念像と実際の資料を比較するという作業を行ってきたが、理念型モデルを設計し、そのモデルをデータベースに実装することができれば、この作業はコンピュータ上で実現することができる。理念型モデルの設計とそのモデル構造を利用した一連の研究手法がまさに ITMA なのである¹³。

3.2 ITMA における形質構造分析

現在、ITMA における分析手法として検討を進めているのは「形質構造分析」と「時間位相分析」

の2つの分析手法である。ここでは、考古学研究を例に「形質構造分析」について詳説する。この分析は、理念型モデルと実際の資料との間の形質的特徴の差異から個々の資料を系統として位置づけることを目的とし、理念型モデルに従ってデータを実装する際に、インスタンス化できなかった「クラス」から分析を行う。

考古学の場合、従来の方法では学史に基づいた類型や、個々の研究者による独自の類型基準によって資料の分類を行う。しかし、この方法では、結果として個別の資料の詳細な観察結果は類型のためだけに用いられ、個々の資料の類似性の評価や、その資料の全体の中での位置づけを行うことができない。これに対し、形質構造分析では個々の資料間の形質的特徴の差異を数値化して (形質的距離) ネットワークを構築し、特定の資料間の類似性や全体の中での位置付けを明示的に表現できる。

この分析方法は、分子進化遺伝学における系統樹作成法をヒントにしている。分子進化遺伝学では、DNA や RNA の配列を個体ごとに比較し、「置換」、「欠失」、「挿入」、「逆位」という四種類の座位の変化から形質的变化を検出し、系統樹や系統ネットワークを作成する。系統樹や系統ネットワークの作成手法には様々なものがあり、どの手法が何に適すかは十分に検討しなければならないが、文化現象間の差異を形質的差異として考えると、これらの手法は文化現象研究に応用できる。文化現象に系統樹や系統ネットワークを適用させるためには、遺伝子における座位に相当するものが必要となるが、形質構造分析では理念型モデルで設計されたクラスをリスト化して座位の代わりとし、そのクラスのインスタンス化の可否から置換と欠失の検出を行う。

ここでは、その具体的方法について、古墳時代における横穴石室研究を想定して説明する (藤本 2008c)。横穴石室の場合、地域や時代によって物理的な内部構造が異なる。「羨道¹⁴」と「玄室¹⁵」の間に「玄門¹⁶」と呼ばれる構造物を配する地域があったり、平な天井ではなくドーム状の天井を用いる地域があったりする。同様に、玄室内に棺を設置する地域があれば、設置しない地域も

¹² 以前は、「地理情報 (Geographic Information)」という言葉が用いられていたが、最近では、「地理 (Geographic)」と「空間 (Spatial)」を結合した造語である「地理空間 (Geospatial)」という表現が使用されることが多く、「地理空間情報 (Geospatial Information)」という用語が用いられるようになってきている (碓井・藤本 2008)。

¹³ 現状においては、モデル化手法として UML を用い、基幹システムとして GIS での使用を前提としているが、これらを強制しているわけではない。

¹⁴ 横穴石室の玄室にいたる通路。通常は玄室よりも幅が狭く、天井も低い。羨道の入り口を「羨門」と呼ぶ。

¹⁵ 横穴石室や横穴の羨道の奥につながる死者埋葬用の墓室。

¹⁶ 玄室と羨道の境。玄門に石板を立てて、玄室を閉鎖した横穴石室も存在する。

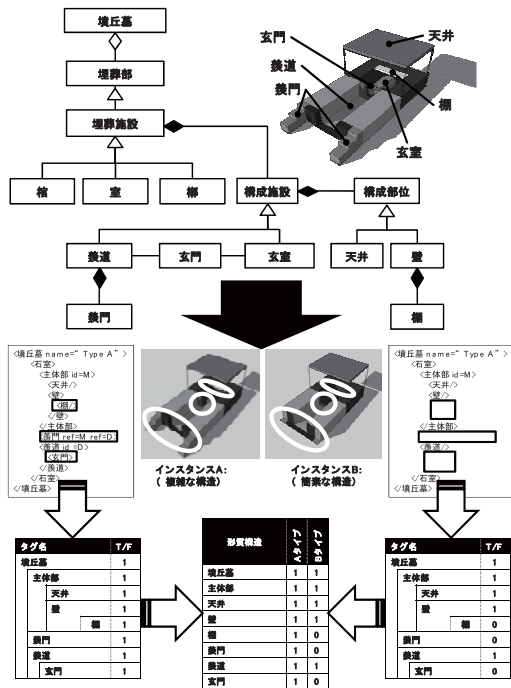


図 8 形質構造分析の方法

Fig. 8 The method of Traits Structure Analysis

表 1 バイナリ行列の作成例

Table 1: A example of bynary matrix

Entity	Type A	Type B	Type C	Type D	Type E	Type F	Type G
境丘墓	1	1	1	1	1	1	1
主体部	1	1	1	1	1	1	1
天井	1	1	1	1	1	1	1
室	1	1	1	1	1	1	1
槨	1	0	1	1	1	0	0
羨道	1	0	1	0	0	1	0
玄門	1	1	1	1	1	1	1
玄室	1	0	0	1	0	0	1

ある。また、時間的な差異から、「室」ではなく「槨」を主体部とするかもしれない。このように、客観的に想定し得るあらゆる可能性を矛盾なく組み立てて理想型モデルを構築し、このモデルをスキーマとしたデータベースを構築する (図 8)。このデータベースに実装したデータは、理想像を通して観測した資料と等しいため、実体資料に存在しない形質はデータベース内において欠損値となる。分析では、このようなインスタンス化できなかったクラスの有無を用いる。欠失の判定は、検出対象のクラスがインスタンス化可能ならば「1」を、不可能ならば「0」とすることで実現できる。置換に関しては、UML クラス図における汎化を検出し、どの特化クラスがインスタンス化されたかを検出する。このとき、特化クラスの数だけ桁

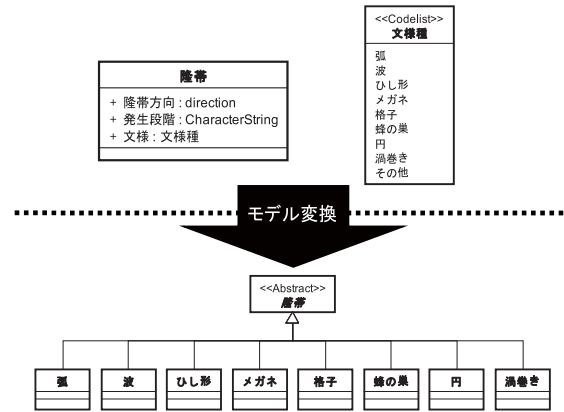


図 9 理想型モデルにおけるモデル変換

Fig. 9 Model Converting on Ideal Type Model

を準備し、「1」と「0」の組み合わせで表現する。要するに、クラスのインスタンス化の状態をバイナリ行列で表現するだけである。表 1 に図 8 を基に作成した架空の資料 TYPE A ~ TYPE G のバイナリ行列の例を示す。資料数が少ない場合には表計算ソフト上で手入力できるが、資料数が膨大となる場合は、XML で符号化することで処理を自動化することができる¹⁷。

ところで、実際に形質構造分析を適用する場合、クラスのインスタンス化検出だけでは不十分な場合がある。考古学の場合、遺物研究のように形質的な欠損より対象となる資料の属性の変化を重視する研究で生じやすい。例えば、縄文土器研究の場合、「隆帯¹⁸」という形質の存在をクラスとして定義し、その属性に「文様形態」という属性を定義した場合などである。この場合、文様の有無を検出するというのも一つの方法であるが、文様有無以上に文様の多様性の方が強調してとらえる必要があれば、文様の種類を全て列挙型として正規化し、バイナリ行列を作成する (図 9 上)。つまり、列挙型 (Enumeration や Codelist) として実装したデータを「置換」と同様に扱う。このとき、理想型モデル上では局所的にモデル変換が行われ、変換されたモデルを通して精密な形質構造

¹⁷ 地理情報標準に準じるのであれば「符号化規則 (ISO 19118)」や「GML (ISO 19136)」によって、理想型モデルを符号化できる。XML で符号化した場合、これらは「タグ」の欠失として現れるため、XPath や XQuery を用いることで簡単に検出できる。

¹⁸ 土器面より一段高くした線状や狭い帯状の文様。隆起線、隆線、突帯ともいう。多くは粘土紐を貼り付けたものである。

分析を行うことになる（図9下）。

系統樹や系統ネットワークは、このようにして準備したバイナリ行列を総当たりで比較し、形質的距離を測定して作成する。最も簡単な方法は、UPGMA（Unweighted Pair-Group Method with Arithmetic mean）という手法である。この手法は距離行列法の一つで、全座位数に対する置換座位数によって対称行列を求め、最も値の近い（類似性の高い）種を順次結び付けて系統樹を作成する。表1のデータを基に作成したUPGMAによる系統樹を図10の右に示す。この図は、TYPE AとTYPE C、TYPE DとTYPE E、TYPE BとTYPE Gがそれぞれ共通のタイプから分岐し、同様にTYPE A、C、TYPE D、E、TYPE B、GおよびTYPE Fが共通のタイプから分岐していることを示している。この系統樹を基に資料を二分する場合には、TYPE A、C、D、EとTYPE B、G、Fに分けることができる。

UPGMAによる系統樹は、系統種間で座位の置換速度がほぼ一定であれば比較的正しい系統樹を導き出すことができるが、置換速度が著しく異なる場合には正しい系統樹を導き出すことはできない。このような場合には、NJ法（Neighbor Joining Method）などの最小進化法が適すとされている（根井1990）。最小進化法では、進化的変化の総和が最小となるような樹形を選択し、その進化速度は最小二乗距離に等しくなる。UPGMAとNJ法では、異なる結果となることが多いが、両手法で同じ系統樹を得られたならば、かなり信用度は高い。UPGMAと同様に、図10の左にNJ法によって作成した系統樹を示す。この図では、TYPE AとTYPE C、TYPE DとTYPE Gが共通のタイプから分岐し、TYPE A、CおよびTYPE F、TYPE D、GおよびTYPE B、TYPE Eがそれぞれ共通のタイプから分岐していることを示す。UPGMAの例と同様にこの系統樹から資料を二分する場合、TYPE A、C、FとTYPE D、G、B、Eに分けることができる。

系統樹の作成方法には、最大節約法（Maximum Parsimony Method）と呼ばれる方法もある。最大節約法は、最も進化の回数が少なく、樹形の総長が最短となるように枝を付け替えて系統樹を作成する。この方法では、各座位の置換数が最小となる組み合わせを探し出す。UPGMAやNJ法による系統樹は期待できる系統樹を導き出すが、最大節約法は、様々な可能性を考慮して実現可能な系

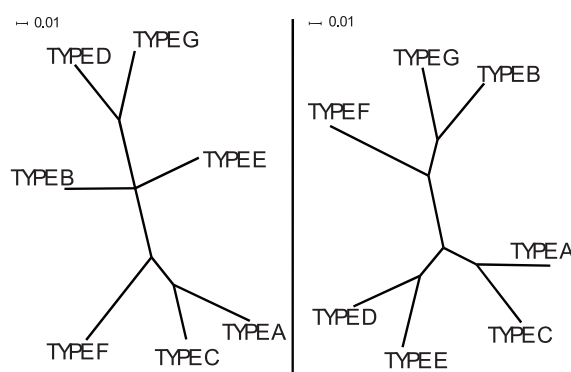


図10 NJ法による系統樹(左)とUPGMAによる系統樹(右)

Fig. 10 Constructing Phylogenetic Tree with NJ Method(left) and UPGMA(right)

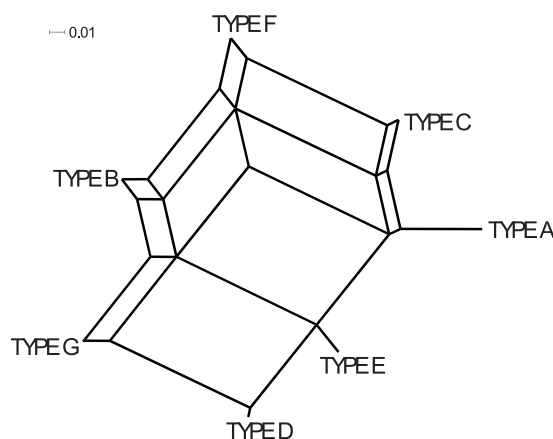


図11 NeighborNetの構築例

Fig.11 An Example for Constructing NeighborNet

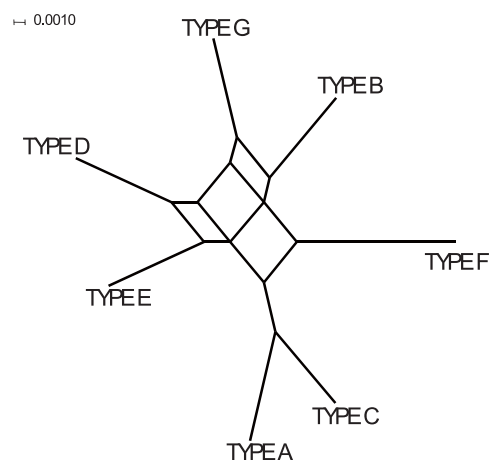


図12 SuperNetworkの構築例
(図10で得た二つの樹形を合成)

Fig. 12 An Example for Constructing SuperNetwork
(Two Trees in Fig.10 are integrated)

Name	Minimum	Median	Maximum	Count	GeoDistance
尾元遺跡	0.0533333	0.0666667	0.0800000	2	0.0000
山手宮前遺跡	0.0400000	0.0666667	0.1066667	4	374.2818
上原遺跡	0.0266667	0.0866667	0.1600000	44	504.5546
磯谷口遺跡	0.0533333	0.0800000	0.0800000	3	512.4693
樋原村平遺跡	0.0266667	0.0933333	0.1600000	7	3049.4771
戸入村平I遺跡	0.0266667	0.0800000	0.1600000	37	4294.8903
戸入村平遺跡	0.0533333	0.0800000	0.1200000	5	4294.8903
塚奥山遺跡	0.0266667	0.0666667	0.1466667	14	6853.7330
いんべ遺跡	0.0400000	0.0533333	0.1200000	8	7867.4662
岩井谷遺跡	0.0533333	0.0533333	0.0800000	3	32808.2932
塚原遺跡	0.0266667	0.0533333	0.0533333	4	62229.5947
炉畑遺跡B地区	0.0400000	0.0800000	0.0933333	7	68061.0097
小関御祭田遺跡	0.0400000	0.0800000	0.1333333	11	76635.0353
徳野遺跡A地点	0.0400000	0.0866667	0.1333333	4	83962.9873
牧野小山遺跡	0.0266667	0.0666667	0.1200000	16	85464.3165
宮之脇遺跡	0.1066667	0.1133333	0.1333333	6	85614.4004
宮之脇遺跡B地点	0.1066667	0.1066667	0.1066667	1	85614.4004
下広覧遺跡	0.0800000	0.0800000	0.0800000	2	140141.3106
大野上段遺跡	0.0933333	0.0933333	0.0933333	1	140199.8999
中村遺跡	0.0400000	0.0533333	0.0666667	2	142730.3447
上岩野遺跡	0.0933333	0.1000000	0.1066667	2	173001.6076

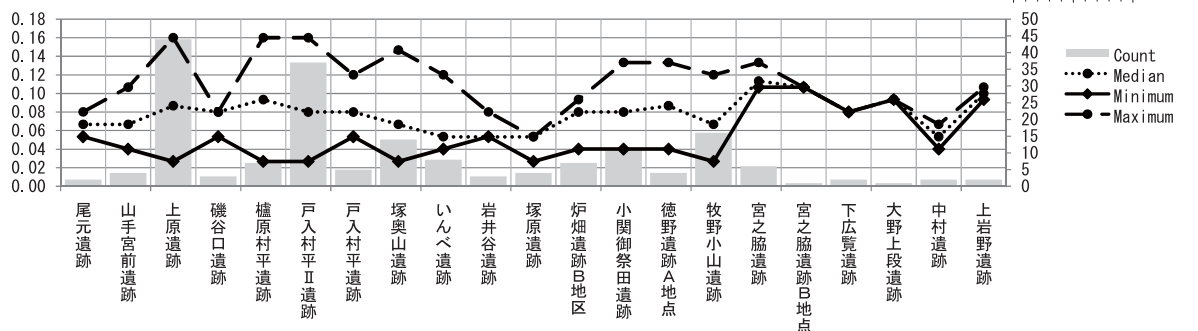
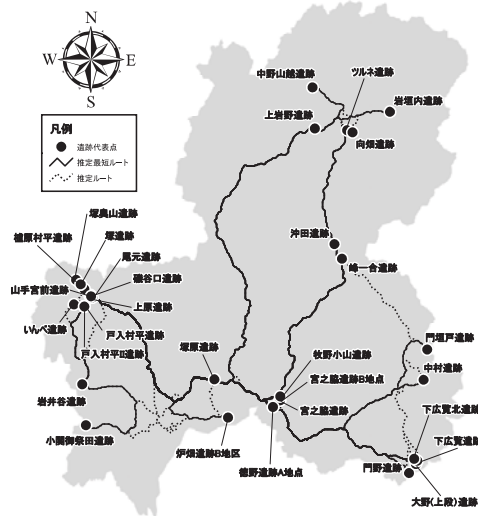


図 13 岐阜県における縄文土器研究での実験

Fig. 13 Experimental study with pottery around Gifu region in Jomon Period

統樹を導き出す。したがって、導き出される系統樹は一つとは限らないという特徴を持つ。この方法は樹形に着目するのであれば有効であるが、処理に膨大な時間を要するという欠点がある（日本生化学会 1993）。

系統樹は、凝集しながら樹形を得るため、最終的に得た系統樹を見ても種間の関係は分からない。系統ネットワークを用いると、種間の形質的矛盾を考慮して進化モデルを構築できる。代表的なもの手法に NeighborNet がある (Huson and Bryant, 2004)。図 11 は、表 1 のデータを基に作成した NeighborNet である。このネットワークから資料を二つに分類する場合、連結する平行四辺形を切断する。縦に切断すると、TYPE C, A, E, D と TYPE F, B, G に、中心から横方向に切断すると、TYPE A, C, F と TYPE B, G, D, E に分割することができる。前者は、UPGMA によって作成した系統樹から二分した場合と、後者は NJ 法によって二分した場合と同じ結果となった。なお、この例

では平行四辺形の辺の長さから、縦方向に切断した方 (UPGMA と同じ分類結果) が妥当性は高そうである。

また、系統樹を合成して系統ネットワークを構築する手法として、Super Network や Consensus Network といった手法も存在する (Huson et al, 2004)。図 12 では、図 10 で示した UPGMA と NJ 法を Super Network によって合成した例を示している。ネットワーク中心部の平行四辺形は、二つの系統樹の間での矛盾を解消するために存在し、隣接する平行四辺形の辺を切断することで、UPGMA 法による系統樹と NJ 法による系統樹の両方を取り出すことができる。

系統樹や系統ネットワークといった分子進化遺伝学における手法と理念型モデル組み合わせることで、文化現象研究者は対象とする様々な資料を手法的にも客観的に整理できる。特に、個々の資料を常に全体の中で位置づけることで、既存の分類概念や地域性といった要因に左右されずに資料

の評価ができる点は重要である。

形質構造分析は、様々な用途に応用することができる。例えば、実在する資料だけでなく仮説的に設定した仮想資料を規範型とし、そこからの形質的距離を求めることができる。ここで実践例を示す。考古学における縄文土器研究の場合、「型式¹⁹⁾」と呼ばれる分類概念を用いるが、それぞれの型式は必ずしも厳密に定義されているわけではなく、同じ型式であっても地域や時間差によって細部が異なることも多い。特に、地域的差異は「在地化」という視点で考える場合がある。このような場合、形質構造分析では、元となる型式や在地系の典型を規範型として設定し、その規範型からの距離によって個々の資料を分析することができる。図13は、岐阜県における縄文土器研究の例である²⁰⁾。この研究では、岐阜県西部の尾元遺跡を中心とする在地化土器の型式を想定し、共同研究者の長廻が思惟した理念型モデルを通して形質構造分析の実験を行った。この分析では、規範型として架空の土器を混ぜ合わせて分析することで、尾元遺跡を中心とする土器と、他の遺跡との形質的距離を算出した。遺跡によって、出土土器数が大きく異なるため、形質距離が最小となるものを見てみる。図13下のグラフにおいて、遺跡名は左から右に向かって地理空間上の距離で並んでいて、折れ線は規範型からの最小距離、中央値、最大距離を表している。形質上の最小距離と空間的距離²¹⁾とを比較してみると、形質的な距離が距離増大的には変化せず、ある地点まで同水準で推移し、牧野小山遺跡と宮之脇遺跡という非常に近接した遺跡の間で、急激な変化を示している。これらの特徴が何を意味するかという具体的な解釈には至っていないが、現在では系統距離と

¹⁹⁾ 考古資料の主要な分類概念。遺物の形質的特徴による最小単位の分類基準を「型式」、機能的特徴から分類したものを「形式」、異なる形式の同時性を表すために用いる「様式」がある。なお、これらの用語は、使用者や文脈によって異なったニュアンスを持つことも多く、そのため、ここで説明した内容が必ずしも当てはまるとは限らない。

²⁰⁾ 現在、筆者は京都大学の稲畑航平、長廻友貴らと共に岐阜県における縄文文化研究を行っている。

²¹⁾ 岐阜県域は地形の起伏が激しいため、地形勾配の変化が最も少なくなるルートを仮説的に作成し、最短ルートの総長を「空間的距離」とした。人の活動圏を時間距離で解析する方法としては、Tobler, W (1993) が提案したハイキング関数が知られている。同手法は、最大領域を指定した「面」的な解析に対して有効であるが、マクロスケールな遺跡間の空間的関係を「線」として考えると地形勾配や標高の変化に注目した方が妥当である。



図14 GoogleEarthに投影した系統樹

Fig. 14 Phylogenetic Tree on Google Earth
(Created by GeoPhyloBuilder)

地理空間的距離との関係から文化圏と中心地の関係を考える上で大きな手がかりになるのではないかと考えている。

形質構造分析の結果として得た系統樹は、GIS上で表現することもできる。生物地理学などでは、系統樹をGIS上にマッピングすることもあり、そのようなツール²²⁾を用いることで、形質的距離と空間的距離の関係を視覚的に表現することができる。しかしながら、図14のように、現状では資料数が増大するとネットワークが煩雑となるという問題があり、構築したネットワークを解釈することが困難である。この問題については今後の課題としたい。

3.3 ITMAにおける時間位相分析

一般的に、時間は一つの方向に沿って流れるが、歴史的な文化現象は必ずしも同じ時間軸で動いているとは限らない。例えば、考古学における「編年²³⁾」は、個々の考古遺物の特徴の変化を進化的にとらえて分類し、相対的時間関係を導出する。ここで問題となるのは、考古遺物の形質変化が必ずしも共時的に発生するとは限らず、変化速度の速い地域や、逆に遅い地域などが存在することで

²²⁾ 本研究ではGeoPhylo Builderを用いて系統樹を地理空間に投影した。このツールはArcGIS用のフリーのエクステンションで、GoogleEarthに対応したKMLファイルを作成することができる。(URL: https://www.nescent.org/wg_EvoViz/GeoPhyloBuilder)。

²³⁾ 遺構や遺物を時間と空間の系列にそって配列する作業、またはその作業によって作成された遺構や遺物の序列のこと。型式学的方法と層位学的方法とを駆使し、相対的な時間関係を定義付ける。

ある。また、時代や資料によっては、比較可能な資料が存在しない場合もある。この場合、発掘調査の過程で共存関係を確認できたものを同時代と想定して、編年網を構築する。このようにして、編年網は相対的な時間上の位置関係として構築される。考古学における編年網のような関係は、「時間位相」として扱うことができる。

時間位相という考え方は、近現代を扱う分野においても重要である。例えば、1980年代以降の世界を考えてみる。各国の意図や政策が複雑に絡み合い、全体像を把握するのは非常に困難である。これは、それぞれの国家や地域が異なった問題意識を持ち、異なる時間軸で政策決定を行った結果と言える。このような歴史的文化現象を、個別のイベントとして扱っても全体像を把握するのは困難で、イベント間の関係を時間位相として捉えることが重要となる。

ITMAにおける「時間位相分析」は、このような歴史的イベント間の時間位相的關係を理念型モデルとして設計し、そのモデル構造から「時間位相ネットワーク²⁴」を構築し、重要性を評価することを目的とする。この分析は、形質構造分析と同様にデータベース構造そのものを用いるため、データ入力時には、当該イベントと直接的にかかわりを持つイベントのみを意識すれば良い。時間位相ネットワークは、データベース実装完了と同時に構築され、複雑な歴史的文化現象を分析可能な状態にする。時間位相分析を用いることで、考古学で伝統的に作成されて続けてきた編年に火山灰や地震の痕跡といった自然現象を組み合わせ、環境科学的な分析を行うこともできるであろう。

形質構造分析では、UMLクラス図によって理念型モデルを構築したが、時間位相分析においては、UMLアクティビティ図を用いる。しかし、UMLアクティビティ図による理念型モデルからは直接的にデータ実装ができないため、データを実装するためには設計した理念型モデルをUMLクラス図で再設計する必要がある。そこで重要となるのが「時間スキーマ (ISO 19108)」の存在である。時間スキーマを用いることで、「静的な状態」を設計するためのUMLクラス図を用いて

²⁴ 形質構造分析においてもネットワークを構築したが、時間位相分析におけるネットワークとは意味は本質的に異なっている。形質構造分析では個々の資料間の近似性の距離を、時間位相分析では序列関係を可視化するためにネットワークを用いる。

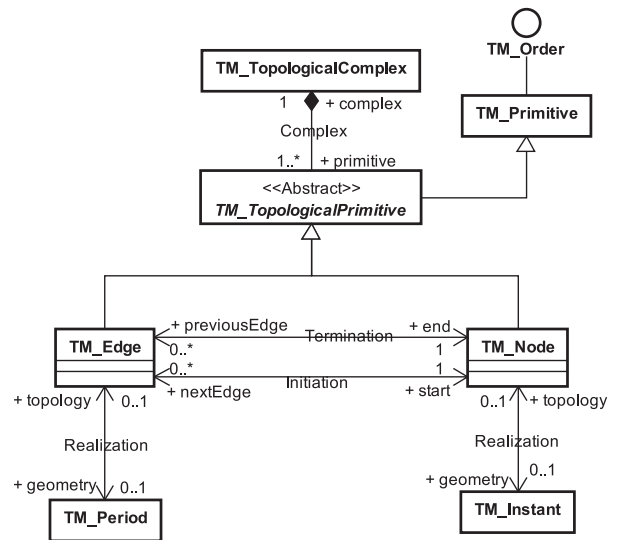


図 15 時間スキーマにおける時間位相

Fig. 15 Temporal Topology in Temporal Schema

「動的な流れ」を設計することができる。図 15 に同標準における時間位相の定義を示す。時間位相は「時間結節点 (TM_Node)」と「時間エッジ (TM_Edge)」によって定義されていて、「時間要素 (TM_Primitive)²⁵」の一種である「時間位相要素 (TM_TopologicalPrimitive)²⁶」の特化クラスであると同時に「時間位相複体要素 (TM_TopologicalComplex)²⁷」に集約される。この時間位相複体要素が「時間位相ネットワーク」に当たる。時間結節点と時間エッジは、起点と終点によって関連付けられ、時間エッジは必ず二つの時間結節点を持つ。なお、時間結節点と時間エッジは、それぞれ「瞬間 (TM_Instants)」と「期間 (TM_Period)」に対して実現関係を持つが、両者を明示的に関連付ける必要はない (図 15)。非常に複雑な定義であるが、実際の設計で用いるのは TM_Node と TM_Edge の二つのクラスのみであ

²⁵ 時間要素は、それ以上分解できない時間の幾何又は位相要素を表現する抽象クラスである。なお、時間順序インターフェース (TM_Order) は、ある時間要素の、他の時間要素からの相対的な位置を測定するための操作を提供する。

²⁶ 応用システムが時間の連結性に関する情報とともに時間位置に関する情報をもつ場合、時間位相要素は、同じ次元の時間幾何要素 (TM_GeometricPrimitive) と関連をもつ。時間位相要素は連結性に関する情報の提供を意図したものであるため、互いを結びつける関係こそがその最も重要な特性となる。また、すべての時間位相要素は一つのそして唯一の時間位相複体 (TM_TopologicalComplex) の要素でなければならない。

²⁷ 時間位相複体要素は、時間スキーマで定義された「時間複体 (TM_Complex)」の唯一の下位型であり、接続関係にある複数の時間位相要素の集約である。

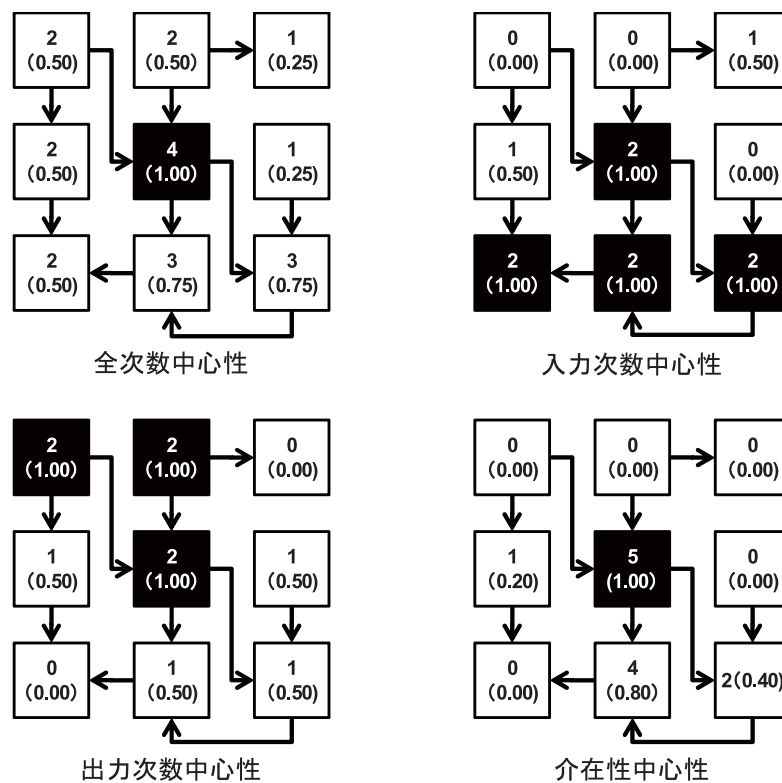


図 16 社会ネットワーク分析における様々な中心性評価
 Fig.16 Various Centrality Measures in Social Network Analysis
 (Created by Microsoft PowerPoint 2007)

る。

時間位相ネットワークを分析する方法には、グラフ理論をベースにした社会ネットワーク分析 (SNA: Social Network Analysis) が有効な手段となる。SNA には数多くの分析が存在するが、最も単純な分析手法の一つが中心性評価 (Centrality Measures) である (Wasserman and Faust, 1994)。この分析手法は、ネットワークを構成する結節点とエッジの関係を定量的に分析する手法で、ある結節点に結合したエッジ数を数えてその結節点の重要性を評価し、結節点の値を標準化して各々の結節点の中心性を定量的に算出する。時間が一方向に進むという原則をこれに与えれば、エッジは有向であるため、中心性は入力次数と出力次数に限定して評価することもできる。図 16 において、四角が結節点、矢印線分が有向エッジを示している。四角内上段には、接続エッジ数 (介在性中心性に関しては最短ルート通過回数) が、下段には標準化した値が入っている。黒の結節点は、全ての結節点の最大接続数を示す。例えば、エッジ接続数を全数で分析を行った場合 (図 16 上段左

図)、入出力を足した 4 が最大接続数 (中心の結節点) となる。全数分析を行うことで当該イベントの歴史的な重要性を評価できる。同様に、入力次数で評価した場合には、イベントの収束の度合いを (図 16 上段右図)、出力次数で評価した場合には他のイベントへの影響の度合いを評価できる (図 16 下段左図)。また、中心性評価の一種に「介在性 (Betweenness)」を評価する方法もある (図 16 下段右図)。介在性中心性は、ある結節点から別の結節点へと向かう最短ルートを設定したときに、そのルートが通過する割合を評価する方法である。全数による中心性評価が対一の関係から歴史的イベントの重要性を評価するに對し、介在性評価では歴史的な文化現象全体の中での重要性を評価する。非常にシンプルな計算であるため、計算機 (一般的な電卓) と方眼紙があれば、手作業でも作成できる。なお、図 16 で示した例は、計算機で計算した結果を PowerPoint で図化したものである。

ここでは、古代都市の遷都に関する研究を想定して時間位相分析の例を示す。この例では、古代

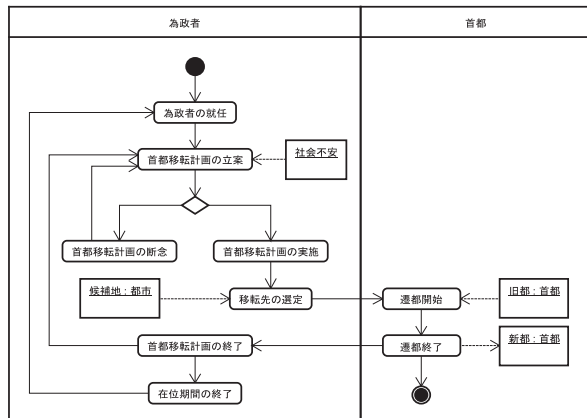


図 17 UML アクティビティ図による歴史的文化現象の定式化

Fig.17 Generalization of Temporal Cultural Phenomena by UML Activity Diagram

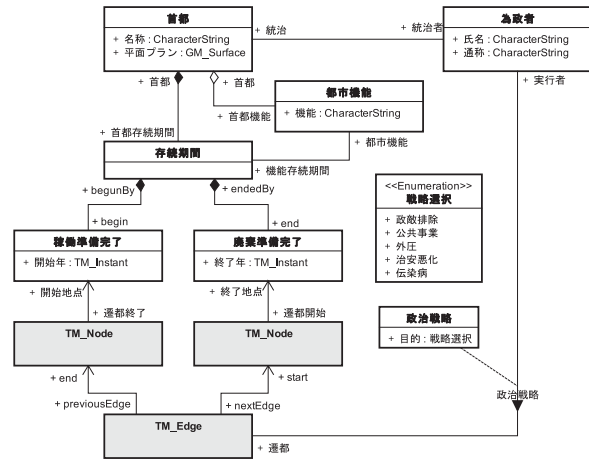


図 18 歴史的文化現象の理想型モデル

Fig.18 Ideal Type Model for Temporal Cultural Phenomena

都市の遷都という文化現象の重要性が政治的判断と、立地という二種類の時間軸から説明できたと仮定する。当然、これ以外にも海外からの使節団の存在や、政変イベント、災害、飢饉といったイベントも大きな影響を及ぼすと考えることができるが、ここでは問題を単純化するために、この二つのみを取り上げることにする。まず、この仮説を基に UML アクティビティ図で想定し得るイベント間関係を整理し、オブジェクト間の関係や時間位相の関係を関連付ける。図 17 では、為政者の就任後、社会不安の解消するために首都移転を立案し、首都移転を決定した場合には移転候補地を選定して遷都を行う、という流れを想定している。この図では、立案だけで実際には断念するケースや、一人の為政者が複数回の遷都を行う可能性も考慮されている。次に、地理情報標準の応用スキーマ設計手法にしたがって UML クラス図上で理想型モデルを再設計する。UML アクティビティ図では概要的なイベントの流れを中心にモデル化を行っていたが、この段階では静的な状態をより具体的に定義する。図 18 では、UML クラス図によって首都と為政者の関連、首都と首都機能との関連、政治戦略としての遷都をそれぞれ定義した例を示している。また、この図では首都の存続期間を稼働準備完了から廃棄準備完了までとし、廃棄準備完了の瞬間を遷都開始、新都の稼働準備完了の瞬間をそれぞれ時間結節点によって表現し、遷都という為政者の政治戦略を時間エッジによって定義している。

最後に、インスタンス同士の時間位相関係から

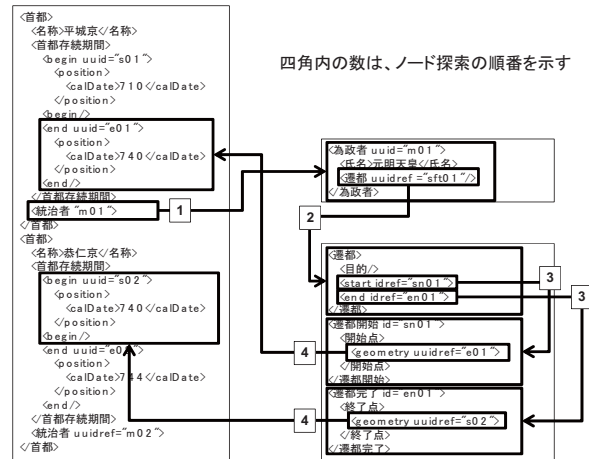


図 19 XML で符号化した場合の時間結節点と時間エッジの作成方法

Fig.19 Creating Temporal Nodes and Edges with Encoded XML Data

時間位相ネットワークを構築して、中心性評価を行う。図 19 では、XML によって符号化したインスタンスから時間位相ネットワークを導出するプロセスを示している。この図では、uid によって定義された識別子を uidref によって探索し、関連先のインスタンスを時間結節点に、関連そのものを時間エッジとして定義することを示している。時間位相ネットワークを用いた中心性評価は、データベース上の処理として実行することで、分析結果をデータベースに再格納でき、データベースに実装した様々なデータに多角的な検討を加えることができる。中心性評価そのものは、簡単な計算式によって算出することができるが、SNA ソフトウェアを用いることで評価結果を理解しや

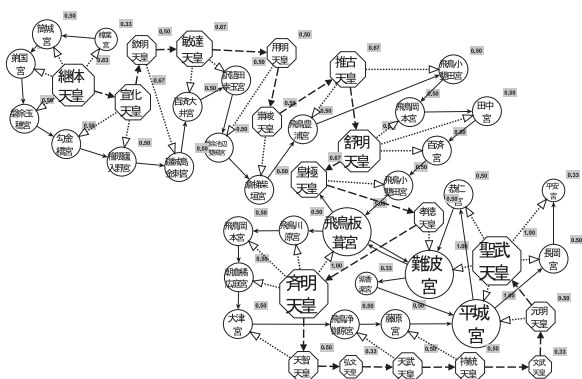


図 20 古代日本における天皇と古代都市遷都の関係に関する分析

Fig. 20 Temporal Topology Analysis for relationship between ancient emperor and capital shifting
(Created by yEd Graph Editor)

すく可視化できる。図 20 は全次数での中心性について、yEd Graph Editor²⁸を用いて評価した例である。この図において、八角形で表現された結節点が為政者（天皇）を示し、円形で表現された結節点は都を示している。大きさは中心性の高さを表し、大きい結節点ほど中心性が高い。この分析結果から、継体天皇、斉明天皇、聖武天皇の三人の為政者の中心性が高く、都では難波宮と平城宮の中心性が高いことが分かる。この分析結果は研究の目的と方向性を決定する上で、貴重な意思決定材料となる。例えば、中心性の高かった三人の為政者が遷都という政治戦略を用いた背景の共通性や相連性を主軸とした研究や、遷都候補地として複数回選ばれた都の立地背景に関する研究を計画することができる。

時間位相ネットワークを地理空間上に投影することができれば、時空間的視点での解釈を期待できるが、現状では、時間軸を標高（Z 軸）方向に取ることで期間や遷移を表現するに止まり（図 21）、時間軸が複数存在する時間位相ネットワークを適切に表現できる段階には至っていない。時間位相ネットワークを地理空間上に投影するためには、当該イベントに対応した地理空間座標が必要となるが、厳密な位置を特定できないようなイベントや、連続的な面として表現すべきものも数多く存在する。これらを地理空間上にどのように

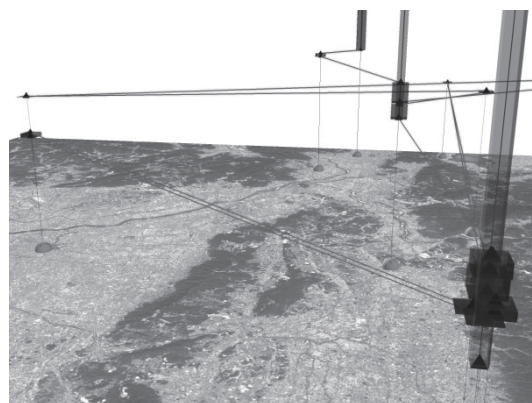


図 21 GIS 上での時間イベントの表現

Fig.21 Representation of Temporal Events on GIS
(Created by ArcGIS)

して関連付けるかは大きな課題である。

4. おわりに

本稿では、文化情報学で用いる諸概念・用語の整理をし、文化現象研究の本来的な意義の再確認を行った。また、ITMA という方法、伝統的な文化科学の考え方を継承しつつ新しい研究手法が可能になることを例を挙げて説明した。

情報モデルを通して「理念型モデル」を設計することは、明示的に意思表示するというものである。設計されたモデル自身が認識構造そのものを具現化し得るならば、このモデルは研究に値する。認識構造を写像したデータベースを構築することで、調査を通して取得されるデータはその認識構造に従って情報化され、位置づけられ、予備的解釈を導出する。このような一連の方法を実装したのが ITMA である。ITMA が目的とすることは、特定の文化現象に対する解釈を導くことではなく、理念的枠組みを通して問題発見を促すことである。

ITMA は、あくまで方法論に過ぎないため、実際にこの方法論を適用するためには基幹システムを必要とする。本研究では GIS を用いた。特にオブジェクト指向 GIS は、OOM によってデータモデリングを行い、そのモデルを実装したデータベースを運用するため、ITMA を実装するシステムとしては理想的と言える。本研究では、ITMA を実装可能なシステムとして GIS を位置づけた。

ITMA は、文化情報学研究の方法論として重要であるが、実用化のためにはまだ様々な問題が

²⁸ フリーの SNA ソフト。分析よりもネットワークの可視化に重きを置いたソフトで、自動レイアウトの機能を持っている。分析の種類は少ないが、比較的簡単に中心性評価をおこなうことができる (URL: http://www.yworks.com/en/products_yed_about.html)

残っている。まず、モデル変換の問題である。列挙型を特化クラスに再構築する仕組みや、地理情報標準の応用スキーマから理念型モデルへと相互に変換するような仕組みが必要である。ITMAの実用化のためには不可欠な仕組みであるが、有効な手法を見出せてはいない。次に、分析手法の改良についてである。形質構造分析においては、様々な系統樹、系統ネットワークの作成手法が、何に適用して、何に適用していないのか、を整理する必要がある。時間位相分析に関しては、具体的な研究事例への適用が重要である。また、分析の種類に関しても現状では不十分で、空間的構造に関する分析や時系列で変化するような現象に対応した分析についても検討する必要がある。

課題は尽きないが、ITMAは新旧融合型の学際分野研究としての文化情報学の多くの可能性を秘めている。独立した一つの学際的学問分野としての文化情報学には、独自の方法論を築き上げることが重要であり、文化現象研究に単にコンピュータを使用するというだけでは意味が無いだろう。伝統的な文化現象研究の方法を整理し、明確化し、新しい技術や理論、手法をそこに融合させることで、独自の方向性は見えてくるように思われる。

文 献

- Huson, D.H., Bryant, D. (2004). NeighborNet: An agglomerative method for the construction of planar phylogenetic networks, *Molecular Biology and Evolution*, 21(2), pp.255-265.
- Huson, D. H., DeZulian, T., Klopffer, T., & Steel, M. A. (2004). Phylogenetic Super-Networks from Partial Trees, *IEEE/ACM Transactions on Computational Biology and Bioinformatics*, Vol.1, No.4, pp.151-158, IEEE CS, CI and EMB Societies & the ACM.
- Kalberg, S. (1994). *Max Weber's Comparative-Historical Sociology*, Polity Press, Cambridge. (甲南大学ヴェーバー研究会 (訳) (1999). 『マックス・ヴェーバーの比較歴史社会学』, ミネルヴァ書房.)
- Kohler, T.A., Gumerman, G.J., Reynolds, R.G. (2005). *Simulating Ancient Societies*, *Scientific American*, July 2005.
- May, J.A. (1970). *Kant's concept of geography and its relation to recent geographical thought*, University of Toronto Press. (松本正美 (訳) (1992). 『カントと地理学』, 古今書院.)
- Rickert, H. (1898). *Kulturwissenschaft und Naturwissenschaft*. (佐竹哲雄, 豊川昇訳 (1939) 『文化科学と自然科学』, 岩波文庫.)
- Rumbaugh, J., Jacobson, I., Grady, B. (1999). *The Unified Modeling Language Reference Manual*, Addison Wesley Longman, Inc. (日本ラショナルソフトウェア株式会社訳 (2002). 『UML リファレンスマニュアル』, 株式会社ピアソン・エデュケーション.)
- Tobler, W. (1993). *Three Presentations on Geographical Analysis and Modeling*, Technical Report 93-1, National Center for Geographic Information and Analysis.
- Wasserman, S., Faust, K. (1994). *Social Network Analysis: Methods and Applications*, Cambridge University Press.
- Weber, M. (1904). *Die "Objektivität" sozialwissenschaftlicher und sozialpolitischer Erkenntnis*. (祇園寺信彦, 祇園寺則夫訳 (1994). 『社会科学の方法』, 講談社学術文庫.)
- 碓井照子, 藤本悠 (2008). 古市・百舌鳥古墳群域における都市化以前の地形図作製, 『近畿地方における大型古墳群の基礎的研究 (科研費研究「近畿地方における大型古墳群の基礎的研究」 (研究代表者 白石太一郎) 研究グループ編)』, pp.395-407, 六一書房.)
- 田中琢, 佐原真 (編) (2002). 『日本考古学事典』, 三省堂. 地理情報標準推進委員会, 国土交通省, 国土地理院 (2002). 『地理情報標準第二版』, 国土地理院技術資料 A・1・No.257. 国土地理院.
- 日本生化学会 (編) (1993). 『新生化学実験講座 16 分子進化実験法』, 東京化学同人.
- 根井正利 (1990). 『分子進化遺伝学 Molecular Evolutionary Genetics』, 倍風館.
- 林知己夫 (2000). これからの国民性研究—人間研究の立場と知己域研究・国際比較研究から計量的文明論の構築へ—, 『統計数理』, 第48巻第1号, pp.33-66, 統計数理研究所.
- 藤本悠 (2008a). 学際研究としての文化情報学研究—考古学における遺跡情報モデリングとその実装—, 『文化情報学』, 第3巻第1号, pp.15-24, 同志社大学文化情報学会.
- 藤本悠 (2008b). 地理情報標準応用スキーマ設計手法を用いた文化情報学的研究, 『地理情報システム学会講演論文集 (CD-ROM)』, vol.17/2008, 地理情報システム学会.
- 藤本悠 (2008c). 文化現象研究における OOGIS 理論の有効性—考古学における古墳時代研究での実践的検討, 『情報処理学会研究報告』, 2008-CH-78, pp.1-8, 情報処理学会.
- 松原宏 (編) (2002). 『立地論入門』, 古今書院.
- 村上征勝 (編) (2006). 『文化情報学入門』, 勉誠出版.