遺跡の復元的考察を支援する知識システムの開発

ON THE DEVELOPMENT OF KNOWLEDGE SYSTEM
FOR SPATIAL ANALYSIS OF HISTORIC RUINS

中村 裕文*, 両角 光男**, 位 寄 和 久**

Hirofumi NAKAMURA, Mitsuo MOROZUMI and Kazuhisa IKI

It is one of the difficult studies that needs broad knowledge and long experiences only specialists have to analyze the original shape of historic ruins. To support these studies, there are strong needs for a tool to share specialists' knowledge as well as to perform systematic inference. It is an objective of this paper to discuss a knowledge system the authors developed to support spatial analysis of excavated ruins. Taking an analysis on a plan of Islamic houses in Tunis as the case, the authors showed that computerized knowledge system that works with a high speed personal computer could support such work as described above.

Keywords : Knowledge system, Truth maintenance system, Spatial analysis of historic ruins, Islamic house

知識システム、真理保全機構、遺跡の復元的考察支援、イスラム住宅

1. 研究の背景

遺跡、遺構は過去において何らかの理由で放棄され時間の経過と共に風化・埋没してしまうなど、完全な形状を保った状態で発見・調査されることはほとんどない。また古建築なども建設当初の状態から改築、増築を経てその構造、空間の利用形態が変更されていることが多い。そのため遺跡、遺構の原形状や建設当初の空間利用形態などを推定し復元する研究が行われてきた¹⁾。その方法は、対象から得られた直接的事実と、文献調査、あるいは類似した事例などから得られた知識を参考に、研究者が仮定²⁾、推論を組み合わせる作業である。本論文ではこの復元の考察過程を復元的考察と呼ぶ。

このような遺跡、遺構、古建築の復元的考察の過程は、専門的な知識を持った研究者が経験に基づき手探りで行なっている現状である。その過程では個々の研究者が知識として蓄積した直接間接の情報が研究の手がかりとなるものの、情報の蓄積と推論という点では次のような障害があったように思われる。

- ① 蓄積した情報を的確に記述する方法が確立していないため、個々の研究者の持つ情報が適切に共有されにくい。
- ② 復元的考察について、システマティックな推論の方法が確立されていないため、見過ごしや思い違いなど、折角の知識が生かされにくい。

2. 研究の目的と方法

本研究は、復元的考察を知識工学の技術を利用して支援する技術の開発を目的とする。

復元的考察では大きく分けて次のような2種類の推論が行われる。

1) 直接的な推論

復元の対象となる部分の知識、直接的な事実から原形状を推定する。出土した遺物や、生活の痕跡など直接的な証拠を基に建物各室の用途を推定する方法がこれに該当する。

2) 間接的な推論

直接推定するのに情報が不足する場合、対象となる遺構の部分の復元を仮定して全体の復元と矛盾のないことを確認し推定する。すなわち次の①～④を繰り返す。

- ① 断片的な情報や知識から対象となる部分の復元を仮定する。
- ② 仮定を復元対象の他の部分とつぎあわせて全体的な復元に矛盾がないか検証する。もし矛盾が見つからなければ、その仮定が正しいとして次の作業に移る。
- ③ 作業の過程で新しく提案した復元の仮定と、先の仮定が矛盾を起したとき、両者を検討し、より整合性の高い仮定を採用する。
- ④ ③の結果、古い仮定が否定されたとき、その仮定の成立を前提と

* 都城工業高等専門学校建築学科 助手・工修

** 熊本大学工学部環境システム工学科 教授・工博

Research Assoc., Dept. of Architecture, Miyakonojo National College of Technology, M. Eng.

Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Kumamoto University, Dr. Eng.

した仮定も否定されることとなり再度全体の仮定の検証を行う。

実際の復元的考察では直接的な推論と間接的な推論の方法が複雑にからみあって行われるため、推論の過程での論理矛盾の発見、ロジックの検証は物理的な困難さをともなう。

そこで、本研究ではコンピュータを利用して復元的考察を支援するため、専門家の経験的知識（ヒューリスティクス）や、その他の知識をコンピュータへ組み込み、人間に代わってあるいは人間をたすけて問題解決を行う知識システムの考え方を利用する^{注3)}。またこうした取組は、研究者の知識を外在化でき、多くの研究者の経験的知識を組み合わせて利用することが可能になる。この方法により従来失われていた、研究者相互の情報の交換による推論の可能性を得られるという効果も期待できる。

本研究では復元的考察の範囲を建築物の平面構成、空間利用の復元にしほり、TMS（Truth Maintenance System：真理保全機構）を利用した復元支援システムのプロトタイプを試作し、システムを応用した考察の可能性を検討する。具体的には①事実や知識のTMSによる記述方法の検討、②推論エンジンの考え方、③作業手順を提案する。事例としてチュニスのイスラム住宅をとりあげ、その平面形を手がかりとしてイスラム住宅に関するルールやその他の知識を用いて平面の各室の建設当時の利用形態を推論する。

3. 知識システムの構築

3.1. システムの構成

本研究では、復元的考察を支援するための推論方式として非単調推論を用いる。単調推論では、復元的考察の様に互いに矛盾した仮定が発生した場合に推論が停止してしまい、これを効率的に処理することは困難である。これに対して、非単調推論は矛盾する仮定等の例外的な事態や、状況の変化に対応できる。本研究では推論機構として非単調推論システムのTMSを採用し、これを拡張したシステムを使用する^{注4)}。

本研究では、遺跡の復元という当初から固定的にルールの適用が可能ではない対象に、ヒューリスティックに知識を適用していくため、TMSに対し独自の拡張を加えた。すなわち、推論の過程で矛盾が生じた場合で、なおかつシステム内の知識でこれを解消できない場合は、システムは新しい判断とその理由を利用者に求め、利用者が入力した内容を新しい仮定として付け加えて行くということで推論を継続する機能を付加した。

しかし、この拡張によってTMSの特徴である知識間の無矛盾性が担保されなくなるため、利用者が矛盾の解決に当たってルール間の無矛盾性を考慮する必要がある。そのため現段階のシステムでは複雑な事例への適用は制約されるものと考えられる^{注5)}。その場合でも復元的考察をいくつかの段階に分割し、推論の深さを限定したステップを重ねることで対処できると考える。

本研究の知識システムは4つの部分から成る

1) 知識ベース

知識システムの主要部分。復元の対象となる分野に関する知識をモデル化して記述したデータベース。システム利用の事例が増えれば成長していくことが期待できる。

2) 事実ベース

復元対象の建築物の観察内容や平面などをモデル化して記述した

データベース。復元対象によって別個に準備する。

3) 作業ベース

復元対象に関する仮定を記述する。ここに記述された仮定を基に知識ベース、データベースを用いて推論する。

4) 推論機構

TMSによって推論を行う推論エンジン部分。推論機構自体は汎用のシステムを拡張したものであり、知識ベースとの組み合わせによって様々な復元的考察に対応することが可能である。

3.2. 機器構成

TMSは推論の過程を全て記憶し、その推論相互の依存関係を全て記録するため、推論の過程で多くの記憶容量と高速な演算速度が要求される。そのため本研究ではワークステーション上の開発環境を利用した（ワークステーション：HITACHI9000-715-64、メモリー64MB、HD2GB OS：HP-UX プログラミング言語：I/F Prolog）。

3.3. 知識の獲得

知識システムによる復元的考察のためには対象となる遺構に直接関係するものから、考古学全般にわたるものまで広範囲の知識を獲得しなければならない。そのため知識の獲得法を検討した。知識の種類には次のものが挙げられる。

1) 考古学の共通な知識

考古学共通の知識は文献・マニュアル等の文章・図面から得られるものが多い。本研究では考古学の発掘に関する知識、イスラーム住宅の平面計画に関する知識を文献より抽出した（表1）。

2) 各研究者の蓄えている知識

各研究者の蓄えている知識は一般に言語化・文書化されていないことが多いため、インタビュー、各研究者の問題解決作業の観察、弟子入りなどを通じて抽出される。本研究では各研究者の蓄えている知識の抽出を、次に述べる方法で行った。

① 現場におけるメモからの抽出

発掘現場で記録される様々なメモ、日誌などから、研究者の蓄えている知識を抽出した。また発掘現場のメモとして撮影されたVTR画像から知識の抽出を行った。

② 研究者へのインタビュー

研究者に対して発掘現場で遺跡各部のインタビューを行い、その模様をビデオカメラを用いて記録した。

これらの収集された知識を整理し、表2の様な知識を得た。

3.4. 知識ベースの構築

以上の知識をもとに知識ベースを構築した。ルールは以下の考え方にしたがって整理し、TMSの文法によって記述した。

1) ルールの単純化

複数の条件から成り立つルールについては、それぞれの条件がORで成立つ場合は分解して記述し、また複数の条件がANDで成立つものは一つのルールとして記述した。

2) 抽象概念のルール化

知識のルール化では、具体的な知識だけではなく建物内での空間の位置や方向などの抽象的な概念のルール化も必要となる。本研究では、図形の読取などの抽象的な概念の判断はユーザーが行い、システムはそれを前提に判断のみを行う。例えば、[もし空間がワスト・アッダールならば住宅の中央にある]の様に “住宅の中央” という概念が入力されている場合、システムは入力された “住宅の中央” という

条件を満たしているということを前提として空間がワスト・アッダールであるという推論を強化する。

表3に知識ベースに記述したルールの例を示す。

3.5. 遺構のモデル化

知識システムでは、推論対象となる発掘された遺構を知識システムに利用できる形にモデル化する必要がある。本研究では遺構のモデル化として、

① 遺構の物理的空間構成のモデル化

② 遺構から読みとった個々の事実のモデル化

の二つを行う。

遺構のモデル記述の手法としてフレームモデル^{注6)}を採用する。本研究では知識表現の単純化のためフレームの特徴である知識の継承は採用しない。

1) 遺構の物理的空間構成のモデル化

遺構のモデル化にあたって、遺構中の建築的要素を空間的要素と境界的要素にわけて考えた。遺跡を構成する空間的要素、境界的要素をフレームとし、各要素間の接続関係をリンクとしてモデル化し記述した。

①空間的要素 住宅を構成する部屋、通路、中庭などであったと仮定

表1 文献から抽出した平面計画のルールの例

名称	平面計画上のルール
ドリーバ:	第一の玄関ホールあるいは私的な路地であり、スキーフアを道路から遠ざけることを可能にする。
スキーフア:	第二の入口の廊下あるいはロビーで、外から中庭を直接見られないように入口の扉が置かれている。ドリーバあるいはもう一つのスキーフアとつながって用いられる。
ドゥッカーナ:	作りつけのベンチ、最初のスキーフアに設けられる。
ルクバ:	ドリーバの奥にある無蓋の小さな空間。ドリーバとスキーフアの連結部、あるいはスキーフアとスキーフアの連結部につくられる。時に井戸が置かれる。
ワスト・アッダール:	住宅の中央にある私的でオープンな中庭。それはブルータルという柱廊を、一つから四つの側面に持つことができる。
ブルータル:	主要な中庭にある柱廊であり、格式を与え、また最も重要な部屋を日光から守り、そしてサービスエリアや階段へのアクセスを提供する。
ドワイリーヤ:	サービスエリアにとられた第二の中庭で、ブルータルを持つこともある。直接あるいは間接に主要な中庭に結ばれている。ドワイリーヤは時に、かさばる食料品を貯蔵するための主たる空間(マフザン)に結ばれており、そこへは道路からはいることができる。
バイト・ターリーダ:	もっとも一般的な部屋。バイト・ターリーダは、一般に壁の引っ込みがない。金持ちの住宅にも質素な住宅にも存在する。
バイト・ビル・クブー・ワ・マカーシル:	富裕なあるいは中産階級の住宅における最も重要な部屋。普通、建物内において入口と反対の側に置かれ、その前に柱廊を持つこともできた。その部屋はいくつかの部分に分かれている。クブーのそれぞれの側には、二つの小さい部屋が対称的に置かれ、マクスーラ(単数形)と呼ばれる。これは寝室として使われる。
マトハブ:	台所。かまどが置かれている。
ミーハード:	便所。便器がおかれている。建物のなかで下水道へ面した場所へ置かれている。近くに便槽が置かれている場合もある。

される部分を空間として定義する。

空間は壁、列柱、床面の段差、床面の仕上げの違いに等に着目して領域を判断し、矩形になるように区分して記述した。矩形に分けて表現することで、構造や面積による建築的制約を効率よく表現することが可能になる。

②境界的要素 住宅を構成する空間と空間の境界を境界的要素として定義する。

境界には壁体、列柱、床面の段差仕上げの違いなどを含む。境界は壁の接合部の様な複数の境界の結節点で分割して記述した。そのため、矩形の空間であっても隣接する空間との関係で境界が四つ以上存在する場合がある。

2) 遺跡から読取った個々の事実のモデル化

観察を通じて遺構から読取った個々の事実をモデル化し記述した。
例) 建築的付属物(かまど、水周り、作り付けの棚等)の痕跡、出土遺物、境界の構造、材料、色、表面的な文様などの特徴、開口部の有無など。

表2 収集した専門家固有の知識の例

空間相互の接続関係の知識	建築物を構成する空間には、相互に密接な関係を持って配置計画されるものがある。その配置計画上の規則を当てはめることで、建築物の平面の中で、空間の用途を類推することができる。また、他のルールで推測された空間からの接続関係から推定することができる。 例) イスラームの住宅では中央部に中庭が設けられ、中庭を中心とした配置計画がしばしば行われる。家族のプライベートな空間は中庭を中心に配置される。
空間の用途に関する知識	空間の用途は、その目的によって独特の設備、形状を持ったり、平面計画のなかでの位置が決まる場合がある。また、遺跡発掘の過程で空間の用途による生活の痕跡や遺物の出土を見ることで用途を類推可能な場合がある。 例) 空間の用途による痕跡から判断できるもの。 マトハブ 台所 炉の痕跡、食器などの遺物の出土等 ミーハード 便所 便器、便槽の確認等
面積の制約条件	空間の用途によって、最低限必要な面積が決まる場合がある。そのため、面積からあらかじめ空間の用途の可能性を選択することが可能である。また構造、構法の問題から施工することが可能な部屋の床面積の制限から、複数の時代の遺構が重なって存在した場合、それぞれの遺構を構成する壁の関係を物理的な面積の条件から推測することができる。
構造の制約条件	住宅の構法、材料などの制約から施工可能な最大の空間を考えることで遺構の空間の利用形態を仮定することができる。 例) 事例の対象となる中世のイスラーム住宅は干しレンガによる積石造を基本とし、一部ドームなどの構造が用いられた。また、天井はヤシやその他の木材を使った単純梁の構造であった。そのため、材料の制約などから大規模な無柱空間をつくることは困難であったことが考えられるので、無柱の大規模な空間は無蓋であった(中庭などの屋外空間)可能性が高い。
開口部の位置などの知識	空間に付随する開口部の位置、大きさ、種類などからその利用目的が推定される場合もある。 例) 外部に向かって開いた開口部をもつ空間 玄関ホールであった可能性がある。
その他の知識	一般常識的な、人間にとっては推論の上でごく普通の知識であっても知識システムは、その知識を教えてやらないと知らないことになる。この知識は推論を実行する上で最低限必要な知識をあてた。 例) 部屋、中庭などの空間の定義など

表3 知識ベースに記述したルールの例

抽出された知識	単純化したルール	知識ベースに記述したルール
ワスト・アッダール: 住宅の中央にある私的でオープンな中庭。それはブルータルという柱廊を一つから四つの側面に持つことができた。	1) もし空間がワスト・アッダールなら住宅の中央にある。 2) もし空間がワスト・アッダールなら中庭である。 3) もし空間がブルータルであるならばワストアッダールと接している。	rule (1, [ユーザー (yes), m (空間の名称 (ワスト・アッダール, A)), 空間の位置 (中央, A)], 空間の名称 (ワスト・アッダール, A)). rule (2, [m (空間の名称 (ワスト・アッダール, A)), 空間の種類 (中庭, A)], 空間の名称 (ワスト・アッダール, A)). rule (3, [m (空間の名称 (ブルータル, A), 囲む (A, BD), 囲む (B, BD), A ≠ B, 空間の名称 (ワスト・アッダール, B)], 空間の名称 (ブルータル, B)).

図1に示す追構の記述モデルの一部を表4に示す。

3.6. 知識システムによる推論の事例

知識システムの適用事例として図2に示す平面を対象としてケーススタディーを行った。住宅をモデル化したものが図3である(以降便宜上、住宅を構成する各領域に番号をつけ空間1-空間20と呼ぶ)。ここでは空間7に関する推論の過程を追跡して本システムでの推論の事例を示す。

1) 空間の仮定

ケーススタディーの住宅に対して、推論を始めるための基礎として、各空間について次のように仮定した。

仮定1 空間7をドワイリーヤであると仮定する。

仮定2 空間7をワスト・アッダールであると仮定する。

仮定3 空間2,11,15をバイト・ターリーダであると仮定する。

仮定4 空間9をバイト・ビル・クプー・ワ・マカーシルであると仮定する。

仮定5 空間1をドリーバであると仮定する。

仮定6 空間3をスキーファであると仮定する。

仮定7 空間13をミーハードであると仮定する。

仮定8 空間16,17をマトハブであると仮定する。

仮定9 空間10がブルータルであると仮定する。

ここでは仮定1と仮定2が互いに矛盾している。この矛盾する仮定に対して推論を行い、復元的考察の支援を行う。

2) 空間7をドワイリーヤと仮定しての推論

- ① [空間7がドワイリーヤである] という仮定をシステムに与えるとルールベースが適用され、そのときの各空間の関係が検証される。

- ・空間7がドワイリーヤであるとする空間7はサービスエリアである。
- ・空間2,11,15がバイト・ターリーダであるとするプライベートな部屋である。

- ② 事実ベースに記述した空間モデルから次の事実が検証される。

- ・空間7と空間2,11,15が接続している。

- ③ このとき仮定3に関して、[サービスエリアは直接プライベートな部屋には接続しない] というルールに矛盾が発生する。

- ・空間7と空間2,11,15の接続は矛盾している。

- ④ この矛盾を解決するため矛盾解消機構が起動して矛盾を導く記述をたどり、仮定が否定される。

- ・空間7をドワイリーヤとする仮定をout^{注8)}にする

図1 空間と境界のモデル表現

図2 ケーススタディの住宅の平面^{注7)}

図3 モデル化した住宅の平面

表4 追構の記述モデルの例

事実	記述モデル	内部表現
空間7は縦横6.12mの空間である。 空間7は中庭であると仮定する。 空間7は境界16,9,41,10,17,23,44,42で囲まれた空間である。 境界16は列柱である。 境界9は壁で開口部がある。 境界10は壁で開口部がある。 ⋮	空間7 空間の種類: 中庭 (仮定) 面積: 6.12m × 6.12m 境界: 16,9,41,10,17,23,44,42 境界分類: 列柱 境界16 境界分類: 壁 境界条件: 開口部あり 境界41 境界分類: 壁 境界条件: 開口部あり 境界10 境界分類: 壁 境界条件: 開口部あり ⋮	fact (1, 空間 (space7), 前提, in) . fact (2, 面積 (space7, 6.12, 6.12), 前提, in) . fact (3, nn (空間の種類 (space7, 中庭)), [], out) . fact (, 囲む (space7, boundary16), 前提, in) . fact (, 囲む (space7, boundary9), 前提, in) . ⋮ fact (, 囲む (space7, boundary42), 前提, in) . fact (12, 境界 (boundary16, 列柱), 前提, in) . fact (13, 境界 (boundary9, 壁), 前提, in) . fact (14, 境界条件 (boundary9, 開口部), 前提, in) . fact (15, 境界 (boundary41, 壁), 前提, in) . fact (16, 境界条件 (boundary41, 開口部), 前提, in) . fact (17, 境界 (boundary10, 壁), 前提, in) . fact (18, 境界条件 (boundary10, 開口部), 前提, in) . ⋮

表5 遺跡復元の推論過程 (部分)

ルール6を適用			①ルールの適用	ルールの適用
新主張 314: 矛盾 (問題配置 (space7,space2)) を追加			によって空間7 (ドワイリー	やと仮定) を中心とした接続
新主張 315: 矛盾 (問題配置 (space7,space11)) を追加	... ①		に矛盾が生じる。	
...			②矛盾の解消	空間2に関して
矛盾解消開始			①の矛盾が根拠として記述さ	れ矛盾解消が作動する。
リターンキーを押してください			③仮定の否定	矛盾のもとと
事実 314: 問題配置 (space7,space2) に矛盾発見	... ②		なった仮定が検索され、否定	される。さらに矛盾のもとと
新事実 353: nogood (314) を追加			なった記述を理由とする記述	が否定される。
事実 292: 空間の名称 (ドワイリーヤ,space7) を in から out に変えました			④矛盾の否定	矛盾を引起した
事実 293: 空間の種類 (サービス,space7) を in から out に変えました			仮定が否定されたことで、矛	盾が否定される。
事実 301: 問題配置 (space7,space2) を in から out に変えました	... ③		⑤否定の根拠の提示	矛盾を引
事実 314: 矛盾 (問題配置 (space7,space2)) を in から out に変えました	... ④		起した仮定に②で記述された	根拠が付加される。
事実 20: nn (空間の名称 (ドワイリーヤ,space7)) に理由付け [根拠, [353]] を与えました	... ⑤		⑥ 空間11に関して	②~⑤の
in-out 値は in です			操作が繰返され否定の根拠が	提示される。
事実 315: 問題配置 (space7,space11) に矛盾発見				
新事実 354: nogood (315) を追加				
事実 292: 空間の名称 (ドワイリーヤ,space7) を in から out に変えました				
事実 293: 空間の種類 (サービス,space7) を in から out に変えました				
事実 302: 問題配置 (space7,space11) を in から out に変えました				
事実 315: 矛盾 (問題配置 (space7,space11)) を in から out に変えました				
事実 21: nn (空間の名称 (ドワイリーヤ,space7)) に理由付け [根拠, [353,354]] を与えました	... ⑥			
in-out 値は in です				

⑤空間7をドワイリーヤとする仮定を理由付にしていた推論が否定される。

・空間7がサービスエリアであるとする記述が否定される。

⑥矛盾の原因となった仮定が否定されたことで矛盾が否定される。

・空間7と空間2,11,15の接続が矛盾しているという矛盾が否定される。

⑦空間7がドワイリーヤであることが否定される。

空間7がドワイリーヤであるとする仮定の矛盾解消の推論遂行過程の一部を表5に示す。

3) 空間7をワスト・アッダールと仮定しての推論

先の推論で[空間7をドワイリーヤであると仮定する]が否定されたので対立する仮定の[空間7をワスト・アッダールであると仮定する]をシステムに入力して同様に推論を行う。

① [空間7がワスト・アッダールである] という仮定をシステム

に与えるとルールベースが適用され、空間7がワスト・アッダールであると仮定したときの各空間との関係が検証される。このとき仮定に対して矛盾が生じなかった。

②空間7がワスト・アッダールであることが推定される。

・空間7がワスト・アッダールであったとする仮定に矛盾が生じないことが提示される。

2)、3) に示す推論の過程で得られた結果は、たとえそれが否定されても、否定の根拠とともに作業ベースに記述され保存される。この否定された記述は、新たな仮定や事実、ルールを加えて推論が実行されたときに別の結論を導く場合がある。また理論的にも、無矛盾な複数の遺構復元の解が得られることが考えられる。こうした場合も、新たな仮定や事実、ルールをを加えることで更なる推論を実行することができる。

このような作業で仮定に関して矛盾のない組み合わせを有する遺構の

表6 推定された部屋のリスト

種類	呼称	空間	推論の妥当性
中庭	ブルータル	space10	○
	ワスト・アッダール	space7	○
部屋	バイト・ビル・クブー・ ワ・マカーシル	space4	○
		space5	○
		space8	○
		space9	○
		space12	○
	ドリーバ スキーファ バイト・ターリーダ	space14	○
		space1	○
		space3	○
		space2	○
		space11	○
	ミーハード マトハブ	space15	○
		space13	?
		space17	?

空間19,20はこの住宅の平面に属する空間ではないと推定される
推論の妥当性の凡例:○ 推論の結果が妥当である、× 推論の結果が妥当ではない、? 妥当性の検証ができなかった

図4 システムによる推論の結果

空間構成を得ることができる。この例の場合、推論の結果、20室中15室が推定され、空間19,20の存在が否定された(図4、表6)。残りの3室は事実あるいは知識が不足しているため不明であった。

事例では26のルールをもつルールベースでの推論の結果、推論の終了までのステップ数は335であった。

なお、この結果について考古学の専門家に検証を依頼したところ、表6に示す判定を得た。システムの推論した空間のうち空間13と空間17をのぞく推論が妥当であるとの結果である。また空間13と空間17の推論に関しては、妥当性を判断するには事実が足りないとの結果で、推論そのものの否定ではなかった。

4. 結論

復元的考察という非常に多くの要因を考慮しながらヒューリスティックに行われる推論過程を支援するシステムを構築し、試験的にイスラム住宅の平面構成の復元について検討した。

住宅の平面図のみを初期条件として、各部屋の用途が全く分からないという段階から試行錯誤を繰り返し、20室中15室の用途を判別、2室の存在を否定することができた。このことから、知識システムを使って空間構造(空間利用)を復元する過程を支援する試みは初期の目的を達したと考える。

また、システムに記述した知識の表現方法が推論に有効であり、復元的考察の知識を蓄積し外在化する見通しが得られた。

試行は単純な事例であり、特にシステムを使わなくても判別できないことは無い。しかし、システムを利用したことで①何を論拠に判定したのかを明示していること、②作業過程で設定した仮定に論理矛盾があるとの確に指摘してくれることなどは、研究者の思考を整理する道具としての有効性を提示したと言える。

今後の課題としては、推論機構の問題があげられる。非単調推論でも推論の基本となる知識ベースに記述されたルール間の矛盾のチェックは対応できない。そのため知識システムの記述内容によっては無限ループが発生する可能性がある。この問題に対しては研究者が矛盾の無いルールを作成することで対応するしか現状では方法が無い。この点に関してはさらに上位のルールの構築もしくは、ルール間の整合性のチェックが必要であり今後の課題と考えられる。

また、復元的考察は、知識量と、知識を的確に検索して適用する能力が問われるわけであるが、豊富な経験を持つ研究者の知識、特に常識をシステムに組み込むことで、初学者の教育効果という意味でも大きな力を発揮すると期待できる。

本研究で提案した知識システムの応用範囲は、今回の様な平面計画の分析から構造や形態の復元作業支援まで広い範囲での適用が期待できるものであり、様々な問題への応用を考えている。

謝辞

本研究を進めるにあたり、財)中近東文化センター 川床睦夫主任研究員には推論結果の検討を含めて貴重な助言、協力をいただきました、ここに記して謝意を表します。

本研究はH7年度文部省科学研究費 試験研究(B)(1)「推論機構を持つ遺跡復元作業支援3次元シミュレータの開発」(課題番号05555101 研究代表 熊本大学教授 両角光男)の一環として実施した

参考文献

- 1) 文化庁文化財保護部:埋蔵文化財発掘調査の手引き, 財団法人国土地理協会, 平成元年
- 2) ベシーム・S・ハキーム著, 佐藤次高監訳:イスラーム都市アラブのまちづくりの原理, 第三書館, 1990.12
- 3) 高野 真:Prologで学ぶAI手法推論システムと自然言語処理, 啓学出版株式会社, 1988
- 4) 寺野隆雄:知識システム開発方法論, 朝倉書店, 1993.4
- 5) マービン・ミンスキー他著, 佐伯伸編:認知科学の基底, 産業図書, 1986
- 6) 堅田直:情報考古学 パソコンが描く古代の姿, ジャストシステム, 1996.4
- 7) 位寄和久, 両角光男:遺跡の空間構成推論システムに関する研究, 日本建築学会・情報システム技術委員会 第12回情報システム利用技術シンポジウム論文集, pp.187~pp.192, 1989.12
- 8) 中村裕文, 両角光男, 位寄和久:遺跡の復元過程を支援する推論システムの開発 推論機構を持つ遺跡復元支援3次元シミュレータの開発, 日本建築学会中国・九州支部研究報告第10号, pp.705~pp.708, 1996.3
- 9) 中村裕文, 両角光男, 位寄和久:遺跡の復元過程を支援する推論システムの開発, 日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿), pp.385~pp.386, 1996.9
- 10) 両角光男他:推論機構を持つ遺跡復元作業支援3次元シミュレータの開発 平成7年度科学研究費補助金 試験研究(B)(1)研究成果報告書, 熊本大学, 1996.3

注

- 注1) 例えば、西和夫・小沢朝江「二条城二の丸御殿の大広間等諸御殿の復元研究―建築と障壁画の総合的検討―」日本建築学会計画系論文集、第492号1997年2月では部材に残された改築の際の加工の痕跡や座敷飾りなどの現位置の推定から復元的考察が行われている。
- 注2) 本論文ではユーザーによってたてられた仮説を仮定、システムによって、あるいはユーザーによって仮説を立てて推論を行った結果得られた答を推定と呼ぶ。
- 注3) 知識システムとは、対象領域に関する知識を陽に問題解決に利用したコンピュータシステムを意味する。知識システムは、通常人間の知性を用いなければ解けないような問題を解決するのに、専門家の経験的知識(ヒューリスティクス)や、その他の知識をコンピュータへ組み込んで、人間に代わってあるいは人間をたすけて問題解決を行うことを目的としたコンピュータシステムのことを指し、一般に言われるエキスパートシステムの上位概念にあたる。
- 注4) TMSはドイルによって提案された非単調推論システムである。TMSではシステムの外から新しく自分自身の一部を否定する記述が入ってきたとき、矛盾を導く記述(既に内部に記述されていて新たに否定された命題と、矛盾を引き起こしたシステムの外から入ってきた命題)のうちいずれかが無効にされる。内部の記述が無効にされた場合、その記述から導かれた仮定的事実も無効にされる。そのためには、システムの中の主張間の依存関係はすべて記述されている。また仮定的事実が何を根拠としているかが記憶されている必要がある。さらに、後に本当は外部から入ってきた主張が誤っていたことが判ったときには、否定された記述は復元される。
- 注5) 個人の能力で対応できる複雑度は不明であるが、今後の試行により検討を重ねて行く予定である。
- 注6) フレームモデルは人間が一度に想起あるいはあるいは、連想する情景や概念間の相互の関係をひとまとめに表す方法である。
- 注7) ベシーム・S・ハキーム著, 佐藤次高監訳:イスラーム都市アラブのまちづくりの原理, 第三書館, 1990.12, pp.113, ルヴォールによって分類されたチュニス・メディナの4つの家の型より引用。
- 注8) TMSで用いられる用語で、仮定された"事実"(TMSでの記述)の状態を表す。
in (イン): 真であると信ずるに値する根拠がある
out (アウト): 真であるという根拠がない
nogood: 矛盾が発生している

(1997年3月10日原稿受理, 1997年10月17日採用決定)