

# インテリアと住居学に関わって

——数学を手段とした取り組み——

古 川 博 仁\*

Research on Interior and Housing Studies

—— Efforts Using Mathematics as a Means ——

Hirohito FURUKAWA

**Key words** : 最適計画法 optimal programming, グラフ理論 graph theory, ISM法 interpretive structural modeling, 地域分析 regional analysis, AHP analytic hierarchy process

## 1. はじめに

著者は2007年から住居関係の研究を行っており、2009年からはインテリア基礎論、2010年から住居学の講義を受け持つことになった。生活関係の学問分野は著者にとっては門外漢ではある。しかしながら、これ等の授業科目にどのような切り口で研究を始めたのか、その系譜を示したい。勿論、著者は「流体数学」といった応用数学が専門であり、研究は必然、数学的手法を如何に駆使してこの学問分野に切り込んで行くのかということになる。その対象として室内動線、建物全体の内部動線、ゾーニングに焦点を当てて研究を始めた。その動機は、「プロの間取り図には何か数学的に抽出でき得る根拠が見出せるのではないだろうか」ということである。

適用した数学的手段は、次の様なものである。

- ・室内の家具配置に対しては、ファジィ多目的整数計画法と遺伝的アルゴリズム探索法
- ・建物のゾーニングと内部動線に対しては、グラフ理論によるドロネー図とボロノイ図との関係
- ・ゾーニングと動線計画が適切性に関しては DEMATEL 法と ISM 法によるアプローチ
- ・ISM 法による間取り構成の査定に対して、マトロイド解析で検証
- ・マンションや戸建住宅などの売物件のデータベースに対し、それらの間取り構成の価値を算出するため、ヘドニック・アプローチ解析を採用
- ・売物件データの地域分析
- ・AHP による売物件の選定法

・最適な間取りサイズを非線形計画法で求めたこと  
上記に示した数学的手法が具体的にどのように利用されたのかを次節で述べる。

## 2. 数学を手段とした取り組み

著者が最初に取り組んだのはインテリアに関する研究<sup>1)</sup>である。室内装飾としての家具配置の妥当性を如何に数学的に処理し得るのかにチャレンジしたことである。取り組みはリビングの家具配置（寸法計画）の妥当性を「ファジィ多目的整数計画法」で具体的に示すことである。また、「遺伝的アルゴリズム探索法」により必要な家具の探索にチャレンジした。その結果、次のような知見を得たことが出来た。

「著者はインテリアに関して数学的な手法で解析が可能と思われる室内の家具配置について探求した。室内の家具配置は空間が限定されていることから寸法計画が重要である。これを数学的手法として最適化問題に置き換えて、家具配置の最適化（妥協解の抽出）を試みた。最適化ではファジィ多目的整数計画法が有力であることに着目して、簡単な LD（リビング・ダイニング）の寸法計画を行った。また、同時に遺伝的アルゴリズム探索法により自分にあった家具の選定（探索）にも取り組んだ。ここでの取り組みの有効性に関しては、室内動線を考慮した解析が必要であることが判明し、今後の研究課題とした。」（2007年）

著者は建物全体の間取りについて、内部動線とゾーニング関係に着目して、インテリア計画に関する研究<sup>2)</sup>を行った。その目的は、「プロがエスキスで描いている間取

---

\* 広島文化学園短期大学コミュニティ生活学科

り図が数学的に得られないものか」である。

著者が注目した数学的手法は、グラフ理論によるドロネー図とボロノイ図との関係である。著者は、この関係によりグラフ理論を援用した「間取り図の作図法」を提案し、次のような知見を得た。

「ここでの取り組みはインテリア計画の立場から、グラフ理論を援用した間取り図の作図法に取り掛かった。この手法は、第1段階でグラフ理論での「ドロネー図とボロノイ図の関係」をインテリアでの「ゾーニングと動線計画の関係」に援用し、第2段階では、それで得られた間取り図（ラフ）から不自然なところを「最適な動線は完全木である」という仮説を立てて改良し、「より適切な間取り図」に仕上げていく手法である。この手法のポイントは「適切なゾーニング」であり、この仮説が真であることは本論文で数学的に証明したが、これをインテリア計画に援用することの可否は、様々なライフスタイルで検証しなければ判明し得ないという課題を残した。」（2009年）

前報の課題「ゾーニングと動線計画が適切に行われているのか否か」に対して数学的手法として意思決定法で知られている **DEMATEL** 法と **ISM** 法によるアプローチを試みた<sup>3)</sup>。

それにより次に様な知見を得た。

「**DEMATEL** 法はゾーニングと動線計画が適切に行われているのか否かに関して豊富な情報を与えてくれ、適切性の検証のみならず、初期思案に適用すればその有力なサポートにも成り得ることが判明した。但し、**DEMATEL** 法で初期思案を解析する場合には、従来の可到達行列によるよりも、距離行列で解析することを推奨する。

**ISM** 法による初期思案の解析は、今回のケースでは特に優れた情報を与えてくれるようには思われなかった。しかしながら、ブール代数則による推移律は要素間の関連を瞬時に捉える上では有効であると思われる。」（2009年）

著者はさらに、**ISM** 法による間取り構成の査定が適切なものであるかどうかを、マトロイド解析で検証<sup>4)</sup> することにした。前報<sup>3)</sup> では間取り構成を距離行列で表せば、**ISM** 法で数量的に間取り構成を示せることが判明したが、その検証は前報では行っておらず、その検証に際してマトロイド解析を採用し、次の様な知見を得た。

「マンションの間取り構成の査定を試みた。ここで用いたデータは52件のマンション情報である。このデータベースをヘドニック・アプローチで解析して間取り構成の価値を算出し、その中から価値が比較的高い間取り構成と比較的低い間取り構成の2つを選定して、それらの間取り構成を **ISM** 法で数量的に解析（査定）した。この **ISM** 法による間取り構成の査定が適切なものであるかどうかは、マトロイド解析で検証した。検証の結果、**ISM** 法とマトロイド解析の査定は一致しており、**ISM** 法による間取り構成が有用であることが判明した。」（2009年）

また、同様の手法による解析を戸建住宅に対しても行い<sup>5)</sup> マンションと比較して、次のような知見を得た。

「戸建住宅に関する間取り構成の査定を同様な方法で解析し、マンションとの比較を行った。ここで取り扱った戸建住宅件数は42件である。戸建住宅に関して行った **ISM** 法による間取り構成の査定は、ヘドニック・アプローチで得られた間取りの価値と一致した。この点は、マンションの場合と同じである。

戸建住宅とマンションとの比較は、戸建住宅をマンションと等価な状況に変換して行った。それによれば、戸建住宅の方が間取り構成の査定がやや高い傾向にあり、その査定が妥当なものであるか否かの検証は、理想的な間取り構成を戸建住宅とマンションのそれぞれに設定して、それとの比較で行った。

検証の結果、ここで行った間取り構成の査定の十分性を示すことができたばかりでなく、理想的な間取り構成との比較による検証法は、新たな査定方法として有効であることを提案した。」（2010年）

2013年、呉 **Open College Network** 会議（以下、呉 **OCN** 会議）で呉市の「空き家問題」に取り組む機会を得た。呉市の地域分析に対しては著者の論文<sup>6)</sup> で示した地域分析手法で行った。地域分析とは、対象となる地域を地理的に地域メッシュで表章して、その地域事象（数値データ）を重力モデルなどで解析して地域特性を明らかにするものである。論文<sup>6)</sup> では、次の様な取り組みを行った。

「地域分布状況について、地域傾向面分布の解析式を最急降下法で求めた。また、地域分布の時系列的変化の解析式も同様に求めた。地域間相互作用については、重力モデルを適用してその地域ポテンシャルと地域エネルギーで表し、さらにこの作用を地域間の移動量に関係づけて地域の変化を捉えようと試みた。結果は、お互いの移動が相殺されて地域間に大きな変化は表面的に表れなかった。」（2003年）

呉市の「空き家」問題に対して、著者は呉市内で売り出された築20年以上の戸建住宅やマンションを調査することから始めた。これらの売物件の年間の購入状況を、2013年の1年間に限定して調査し、呉市内の18の実質地域に対して190の地域メッシュ（形式地域）を張り、形式地域での売物件の売れ筋から、18の実質地域の活性化を示すと同時に、その中で特にどの地域が「空き家問題」として深刻なのかを明らかにした。

この取り組み<sup>7)</sup> により、次の様な知見を得た。

「呉市の世帯数と売物件データを地域事象に選び、地域分析を行った。呉市は18地区からなる実質地域であり、本解析での主な成果は、これ等の地区を中心性と時系列的な世帯数変化量とを組み合わせることにより、4つに分類できたことである。中心性の算出では、時系列的な世帯数変化量との相関性から、売物件エネルギーの残差

を採用した。ここで、エネルギーとは重力モデルで算出された地区間の相互作用のことである。この分析手法により、売物件データによって呉市の地域特性を見出す方法を確立した。著者はこの分析手法を190の地域メッシュからなる形式地域に適用して、その成果を2014年3月の呉 OCN 会議で発表した。」(2013年)

しかし、この呉 OCN 会議で次の様な事象が指摘された。

「空き家の売物件とは言え、購入者にとっては一生に一度と言える程高価であり、より自分の趣向に近い物件を選ぶにはどのような方法があるのか」、著者はこの課題に取り組むことになった。

2014年9月、著者は精神疾患により半年間休職することになったが、この半年間、AHP および非線形計画法に取り組む上述の課題解決のための準備を行った。

復職後、売物件を購入する場合の選定として、意思決定の補助に成り得る AHP を提案<sup>8)</sup>した。それにより、次に様な知見を得た。

「著者は2014年から1年間、呉市の空き家売物件の購入状況を、「呉市空き家バンク」のホームページ (HP) により定期的に監視した。HP からは、誰がどの売物件を選定して購入したのかは判明しない。しかし、購入履歴から購入希望者が4つの売物件を条件検索したことを想定して、それに AHP による選定を適用してみた。HP に掲げられた売物件の属性は33項目あり、その中から10項目を選定して、それを AHP の評価基準に採用した。この取り組みの特色は、代替案の個別評価値を売物件の各属性の順位で表したことで、それによるペア比較を完全整合で行ったことである。これにより、代替案の比較に客観性を持たせることが出来た。さらに、U を AHP で生成された代替案の重要度を統合した行列、T を意思決定者の趣向を反映した統合化された重要度ベクトル、そして  $x_D$  を総合的重要度で表したとき、 $x_D = T \cdot U$  の関係式から、行列 U を固定すれば、 $x_D$  と T は互いに関数関係にあると見なすことができ、これにより T 値の変化に対する  $x_D$  値への影響をシミュレーションすることが出来るようにした点である。主固有ベクトル法には「代替案の追加は  $x_D$  の精度を悪化させる、例えば代替案の重要度の順位が逆転するような」と言う弱点がある。その回避策として、ここでは数回のシミュレーションの実施を意思決定者に推奨する。こうすることで、意思決定者は代替案の順位の変化を把握することができ、より自分の趣向に近い代替案の選定が可能となることを提案した。」(2017年)

また、「間取りサイズを如何に数学的に捉えることが出来るのか」ということにチャレンジし、間取りの面積は「縦×横」の2次元であることから必然的に「最適な間取りサイズの解析は非線形計画法である」として研究<sup>9)</sup>を推進した。

その結果、次の様な知見を得た。

「インテリア計画の立場から間取りサイズに関して解析を試みた。床面積は  $10\text{ m} \times 10\text{ m} = 100\text{ m}^2$  を対象とし、解析方法は間取りサイズを解とした非線形計画法で行った。この解析解にさらに感度解析を行い、それで得られた解を最適解 (妥協解) とした。ここでの取り組みで重要なポイントは、

(1) 間取りの基本的なサイズは、その制約条件を出来るだけ現実に近い大きさに設定すること。

(2) 感度解析は、最適解を得た後、さらに目的関数の値を微調整するために使うと効果的であること。

以上のことが解析上重要であることを明らかにした。」

(2018年)

これ等がインテリアや住居学に関して数学を手段とした著者の取り組みである。

### 3. お わ り に

著者はインテリアや住居に関してプロではない。施工者でもなく顧客の立場で、本論文で述べた知識を活かして自身の物件をリフォームすることに役立てた程度に過ぎない。本論文の「はじめに」で述べた「プロの間取り図には何か数学的に抽出でき得る根拠が見出せるのではないだろうか」という命題に対して、著者は「イエス」と答える者である。その理由は、そもそもインテリアや住居は人間の創作による人工的なもので、現在、感覚的な選定を数量的に置き換えて数学的に扱う人工知能の分野が急速に発展している。本論文で取り組んだ数学的手段の取り込みと、それを踏まえた誤差逆伝播法による学習機能の進化を主流としたニューラルネットすなわち、AI (人工知能) が発展するならば、それが個々人の問題解決に対して必ず意思決定者の補助と成り得ると予測する。AI はあくまでも意思決定者に対して学習機能を最大限に活かした妥協解を示しているに過ぎないが、それを活用すればするほど学習機能によりさらに進化する傾向がある (但し、正しさの度合いによりそれが哲学的に正にもなれば悪にも成り得る)。

インテリアあるいは住居の創作はそもそも人工的なものであり、またその選定は高額の投資を伴うだけに、人工知能、すなわちコンピューターによる AI の補助をこの分野に展開することが出来れば、プロ並みの感覚で顧客が意思決定することが出来る時代はすでに来ている。

本論文では AI を補助とした意思決定には触れていないが、インテリアや住居の選定に際して、今後ニューラルネット<sup>10,11)</sup>を駆使したアプリの開発は必然的に行われるであろうと予測する。また、仮想空間による可視化の技術を取り込むこともできるだろう。プロ並みの感覚でスマホを見ながら自分の趣向に合ったインテリアあるいは住居を選定出来る日がすでに目前に来ている、そのために必要な様々な数学的手段を示したことが本論文であることを主張して、本報告とする。



## 要 旨

著者は14年来、様々な数学的手法を、インテリアあるいは住居の内部動線、室内動線、ゾーニング等に当てはめた研究を進めてきた。その動機は、「プロの間取り図には何か数学的に抽出でき得る根拠が見出せるのではないだろうか」ということであり、研究を推進する毎にその答えは「イエス」であることを主張する者である。

著者は数学的手法としてニューラルネットワークを用いたAIについては研究を行ってはいないが、スマホを見ながら自分が趣向するインテリアあるいは住居を選定することが当たり前の時代がすでに来ていることを記して報告とする。

## 引 用 文 献

- 1) 古川博仁：最適な家具の配置に対する数理的アプローチ，  
呉大学短期大学部紀要 第10号 pp. 9-30, (2007), 広島
- 2) 古川博仁：間取りと動線に関する考察（グラフ理論によるアプローチ），  
広島文化短期大学紀要 第41号 pp. 13-25, (2009), 広島
- 3) 古川博仁：構造モデリングによるゾーニングの検証  
DEMATEL法とISM法によるアプローチ，  
広島文化短期大学紀要 第41号 pp. 27-39, (2009), 広島
- 4) 古川博仁：マトロイドによる間取り査定の検証（ヘドニック・アプローチとISM法による間取り構成の査定），  
広島文化学園短期大学紀要 第42号 pp. 11-23, (2009), 広島
- 5) 古川博仁：戸建住宅の間取り査定（ヘドニック・アプローチとISM法による間取り構成の査定），  
広島文化学園短期大学紀要 第43号 pp. 15-31, (2010), 広島
- 6) 古川博仁：(27) 地域分析と数値シミュレーション（地域メッシュによる解析），  
呉大学短期大学部紀要 第7号 pp. 21-25, (2003), 広島
- 7) 古川博仁：売物件データによる地域分析について（呉市の地域特性），  
広島文化学園短期大学紀要 第46号 pp. 13-22, (2013), 広島
- 8) 古川博仁：AHPによる売物件の選定方法，  
広島文化学園短期大学紀要 第50号 pp. 1-14, (2017), 広島
- 9) 古川博仁：最適な間取りのサイズに関して—非線形計画法による最適解の算出—，  
広島文化学園短期大学紀要 第51号 pp. 1-6, (2018), 広島
- 10) 古川博仁：(28) 制御に関する一考察（変分原理と最適化問題），  
呉大学短期大学部紀要 第7号 pp. 27-41, (2003), 広島
- 11) 古川博仁：間欠カオスに関するデータ解析（複素フーリエ，ウェーブレット，非線形多変量の3つの解析），  
呉大学短期大学部紀要 第8号 pp. 29-47, (2005), 広島

## Summary

I have been conducting research applying various mathematical methods to the internal traffic lines of houses, indoor traffic lines of interiors and zoning, etc for 14 years. The motive of this investigation is "I wonder if there are any mathematically rationales for professional room plans, and I insist on that the answer is yes".

I don't studied AI (Artificial Intelligence), I note that selecting the preferred interior or house while looking at smartphones is already coming.