

# 不動産情報探索VRインタフェースにおける属性分布可視化

中山 裕紀<sup>†</sup> 大島 裕明<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 兵庫県立大学情報科学研究科 〒 651-2197 兵庫県神戸市西区学園西町

E-mail: <sup>†</sup> yuki.nkym256@gmail.com, ohshima@ai.u-hyogo.ac.jp

**あらまし** 本研究では、不動産情報探索における俯瞰的閲覧のための、属性間の条件分布を可視化して提示するインタフェースを提案する。不動産情報は、賃料や間取りなど多くの属性を持ち、各属性が取り得る条件が存在する。不動産情報探索は、多くのユーザが明確なニーズを持たず、検索を通して得た情報をもとに求める条件を明確にする必要がある。そのためには、最寄り駅ごとの賃料分布など、属性間の条件分布を提示することが有効である。そこで本研究では、属性間の条件分布を可視化し、検索結果と同時に提示する手法を提案する。提案するインタフェースでは、不動産情報は1つの属性について、条件ごとに集約して表示する。各条件について、他の属性の条件分布を積み上げ棒グラフによって可視化する。また、インタフェース上で表示する不動産物件について、条件ごとに色分けを行い提示する。本論文では、この手法によってユーザが属性間の条件ごとの分布をどの程度理解することができているか評価した。

**キーワード** VR, インタフェース, 探索的検索

## 1 はじめに

近年、不動産物件を探す際、不動産情報検索サイトが多く用いられる。これら不動産情報検索サイトの多くは、検索結果を並べてリスト状に表示している。不動産情報の検索結果は、数百件を超える多量なものになる場合もある。このような多量の検索結果をリスト状に表示した場合、全ての検索結果を閲覧することが難しいという問題がある。また、不動産情報の検索は、多くの場合ユーザに明確な検索条件が存在せず、ユーザは提示された検索結果を閲覧しながら検索条件を明確にしていく。例えば、最寄り駅ごとの賃料分布や、賃料と間取りのトレードオフの関係性などの属性間の条件分布を検索結果から把握し、ニーズを満たす検索条件を明確にする。この際、リスト状の表示では多数の検索結果を閲覧し、結果がニーズと合わない場合はクエリを更新してさらに閲覧する必要がある。このように、多量な不動産情報をリスト状に表示することには複数の問題が存在する。その解決には、多量の不動産情報を一度に閲覧でき、かつ属性間の条件分布を一目で把握できることが有用である。そこで、本研究では不動産情報の全体像を俯瞰的に閲覧可能とする Virtual Reality (VR) インタフェースを提案する。

VRを用いると、仮想空間に没入し、仮想空間上に配置された情報がまるでその場にあるかのように閲覧することが可能になる。仮想空間は広大な領域を持ち、自由に情報を配置することができる。本研究では仮想空間の広大な領域に着目し、多量の不動産情報の表示に活用する。

本研究では、不動産情報の賃料や間取りなどを「属性」と呼ぶ。また、賃料における10,000円以上20,000円未満、間取りにおける1K、1DKなど、各属性が取りうる値やその範囲を「条件」と呼ぶ。「不動産物件」とは、不動産情報に含まれる個々のデータを指す。

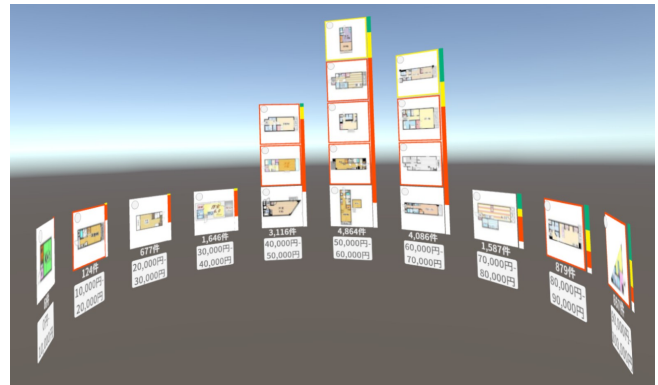


図1 不動産情報の表示

本研究で提案するシステムでは、不動産情報を条件によって複数のグループに分け、グループごとに集約して表示する。提案システムで、賃料の条件をもとにグループ分けを行い不動産情報を表示した様子を図1に示す。各グループの不動産物件数をもとに、配置するパネルの枚数が変化する。不動産物件数が多いほど、パネルの枚数は多くなる。このように表示された不動産情報を、VRを用いて俯瞰的に閲覧することで、不動産情報の全体像を把握することが可能である。また、提案システムは不動産情報の絞り込み、提示情報の詳細度 (Level of Detail: LoD) 制御、不動産物件のお気に入り登録、属性間の条件分布可視化という4つの機能を持つ。これらの機能により、ユーザは不動産情報の全体像から、ニーズに合う条件を設定して絞り込みを行うことが可能である。

本論文では、提案するインタフェースによってユーザが属性間の条件分布を理解することができるかを明らかにする。そのために、提案システムと平面システムをユーザ実験により比較する。各システムを用いて不動産情報探索を実施した後、属性間の関係性について問うクイズとアンケートを実施し、被験者

の理解度を評価する。

## 2 関連研究

本節では、以下に示す3つの項目について先行研究を引用し、本研究の位置づけを示す。

- VRを用いた検索
- 探索的検索とインタフェース
- 不動産情報検索

### 2.1 VRを用いた検索

検索インタフェースにVRを用いる研究は広く行われている。Wardら[1,2,3]はVRを用いた検索における効果的な検索結果の提示方法について、複数の観点から検証している。まず紹介する論文[1]では、検索結果を1列に8件表示するリスト表示、4行5列でのグリッド表示、2行8列の円弧状表示の3通りの手法について、ユーザ実験により比較している。ユーザ実験の結果、目標となる検索結果の発見までにかかる時間は円弧状表示が最も速い一方、主観的な評価では、リスト表示やグリッド表示が好まれたことを示している。本研究で提案するインタフェースはこの円弧状表示を採用している。

また、別の論文[2]では、VRを用いた商品検索における、検索環境の文脈整合性と検索結果の提示方法の違いが、ユーザの体験に与える影響を調査している。同論文では、ユーザが実際に検索を行っている物理的環境と、VR内に表示される検索環境との差を検索環境の文脈整合性と定義している。また、提示する検索結果の詳細度について3通りの手法を比較している。これにより、検索環境と現実空間の類似度と、検索結果提示の詳細度が、検索時の行動や検索の満足度に与える影響を調査している。実験により、現実の文脈を再現した検索環境と、詳細な検索結果提示の組み合わせにおいて、ユーザの検索結果への満足度や検索の効率が最も高くなることを示している。

さらに別の論文[3]では、VRを用いた4種類の検索結果提示手法について、ユーザの探索行動や好みを調査している。同論文では、縦に並べるリスト表示、 $3 \times 3$ や $4 \times 4$ のグリッド表示を比較し、結果としてユーザが「リスト表示は労力を要する」と認識する傾向にあることや、グリッド表示の方が順序にとらわれず、より下位に表示された検索結果まで選択されたことを明らかにしている。

Takeuchiら[4]は、VR環境での検索結果の提示において、検索結果を空間的に配置する「Spatial Bookmark」システムを提案し、ユーザの検索結果の記憶へ与える影響を検証している。同論文では、ユーザに検索タブや検索結果を、4種類の空間に配置させ、テストによって検索した内容をどの程度記憶しているか調査している。その結果、家具などを配置した現実的な空間で、ユーザの記憶が最も定着することを示している。

Giunchiら[5]はVR環境における3Dモデルの検索手法として、ベースとなる3Dモデル上にスケッチを描きこむことで、形状や色などの特徴をクエリとして入力する手法を提案している。同論文ではユーザ実験により、既存のリストをスクロール

する手法と提案手法を比較し、検索完了までの時間やユーザの好みの観点で提案手法の方が優れていることを示している。

SchleuBinger[6]は情報検索のためのVRインタフェースを提案した1,042件の論文について調査、分析を行っている。その結果、多くの論文で従来のリスト状表示ではない手法が提案されており、その種類は多岐にわたることを示している。また、評価方法については従来手法との比較を行っている論文が多く、そのほとんどで従来の手法より検索実行時間が短く、検索結果の正答率が高くなることを示している。

VRなどの没入型環境においてデータの理解や意思決定を支援する研究が行われている。Dwyerら[7]は「Immersive Analytics」という研究分野を提唱している。Immersive Analyticsは2Dでは表示、閲覧が難しい3D散布図などをVRやARといった没入型環境内で閲覧し、ユーザの理解を支援することを目的とする。

Coffeyら[8]は3次元のボリュームデータを探索するためのVRインタフェースである「Slice WIM」を提案している。同手法は「Overview+Detail」を取り入れ、手元のモデルで全体像を俯瞰しつつ、大画面で詳細を確認することを実現している。

Yangら[9]は没入空間での3D散布図の探索において、概観表示とズーム機能の有無について4通りの探索手法を比較し、適した手法を調査している。結果としてVRを用いた閲覧において概観表示機能とズーム機能は、両方ない場合と比べて応答時間、正解率ともに向上させるという結果を示している。概観と詳細を同時に提示する手法のVRにおける優位性が先行研究で示されており、本研究でもこの手法を取り入れる。

### 2.2 探索的検索とインタフェース

不動産情報の検索において、ユーザは明確な目標を持って検索するわけではなく、検索結果の閲覧やクエリの更新を通じて目標となる不動産物件を定めていく。このような検索行動は探索的検索[10]と呼ばれる。探索的検索における効果的なインタフェースについての研究が広く行われている。

Hoeber[11]は、探索的検索におけるインタフェースの5つの設計原則と、それに基づくインタフェースの評価指標を提案している。この設計原則とは、軽微な追加、視覚的な支援、解読可能性、対話性、永続性である。同論文では、25本の論文に対し、設計原則に基づいた分類、分析を行い、その有効性を検証している。分析の結果、多くの論文で軽微な追加や視覚的なアプローチを採用している一方、永続性に関して取り組んだ研究が少ないという傾向や課題を明らかにし、有効性を示している。本研究では同論文における視覚的なアプローチを採用したインタフェースを提案する。

Mehdiら[12]は、探索的検索における情報の可視化が、絞り込みや情報の理解をどのように支援するのか、文献レビューにより調査している。同論文では探索的検索を支援する手法として、スライダー操作によって即座に検索結果を更新する動的クエリや、検索結果の分布を棒グラフで可視化する手法などがあると分析している。

Medlarら[13]は探索的検索におけるクエリ提案の手法とし

て「代替クエリ」を提案している。代替クエリは現在の検索結果表示と類似する表示が行えるようなクエリを動的に生成し、各クエリの重要性をヒストグラム状に提示する手法である。ユーザ実験ではユーザが提示されたクエリを積極的に用いることや、この手法が新たなクエリの提案だけでなく、検索結果の要約として機能していることを示している。

Crescenzi ら [14] は探索的検索における情報の整理、統合やメタ認知を支援する「OrgBox」の効果を検証している。OrgBox はドメインに依存せず、検索中に発見した情報を整理、構造化することができるツールである。一般的なテキストエディタを模したツールと比較し、ユーザのタスク難易度への認識は変化しないまま、タスクを支援することを示している。

吉田ら [15] は、検索ブラウザの探索履歴をグラフ構造として可視化するシステムを提案し、それがユーザの探索的検索における知識構造の充実化に有用であることを示している。同論文では、閲覧した Web 記事をノード、クエリなどの遷移関係をエッジとするグラフ構造により、Web 検索履歴を可視化し、検索履歴の振り返りを支援するシステムを提案している。ユーザ実験の結果、探索中に閲覧した情報間の関係性をユーザに提示することで、ユーザが構造的に知識を獲得できることを示している。

データ探索を目的とした可視化手法について研究が行われている。Wongsuphasawat ら [16] は情報可視化におけるチャート等の作成を、自動的に推薦する「Voyager」というシステムを提案している。このシステムはユーザの注目している変数について、他の変数との組み合わせや可視化手法を自動的に推薦し、それらをギャラリー状に表示する。同論文では手動可視化ツールと比較し 2 倍以上のデータの組み合わせをユーザが比較しており、データの網羅的な探索に貢献していることを示している。本研究では不動産情報について多様な属性を組み合わせで分布を可視化し、不動産情報の網羅的な閲覧を支援する。

## 2.3 不動産情報検索

不動産情報検索におけるユーザへの情報提示手法について多くの研究が行われている。Li ら [17] は多様な不動産情報の知識レベルのユーザに対し、物件探しと不動産市場データ分析の両方を支援する「HomeSeeker」を提案している。提案システムは不動産物件の価格データと周辺施設の情報を統合し、知識を持たないユーザが市場を学習しながら不動産物件のニーズを学習することを可能にする。同論文では、ケーススタディにより提案システムを用いることで、既存システムでは難しい価格の地域差の発見が可能であることを示している。

Sun ら [18] は、高次元で複雑な時間、空間パターンを持つ不動産市場のデータを分析するため、複数の可視化技術を統合した視覚的分析システムを提案している。提案システムは地図、積み上げグラフ、ピクセルバー、ツリーマップという 4 つの「Coordinated Views」を連携させ、ユーザは柔軟に市場の動向や物件の属性を探索できる。

諏訪ら [19] は不動産情報の探索における「静けさ」や「日当たり」などの定性的で比較が困難な条件について、定量的に比

表 1 抽出した不動産情報データの属性

物件 ID	賃料	管理費	礼金	敷金
間取り	最寄り駅	最寄り駅距離	築年数	面積
住所	建物構造	物件の特徴		

表 2 抽出した不動産物件と画像データの数

データの種類	能勢電鉄沿線	神戸電鉄沿線
抽出した不動産物件数	6,308	6,136
抽出した画像データ数	114,820	101,775

較可能な指標を構築し、その性能を評価している。同論文では静音性、防音性、採光性、断熱性という 4 つの評価指標についてセンサを用いて定量化するシステムを構築している。空き家に対して実施した評価により、防音性を除いた 3 つの指標について有効であることを示している。

不動産情報の属性は、部屋数が多くなるほど家賃が高くなる、などといったトレードオフの関係性を持つ場合がある。Milutinovic [20] らは、地理空間上でトレードオフの関係性がある意思決定を支援する手法を提案している。同論文では、属性の散布図と地図を連動させることで、属性値どうしの関係性だけでなく、地図上の位置に与える影響も可視化する手法を提案している。

湯本 [21] は「賃料が高くてもいいから駅に近い物件に住みたい」といったユーザのトレードオフな要求に対応する不動産物件の推薦システムを提案している。同論文では条件検索による絞り込みとラフ集合によるルール抽出によって、ユーザの潜在的な好みを反映した推薦を可能にしている。本論文では不動産情報の推薦ではなく、トレードオフな関係性の可視化というアプローチによって同様の課題に取り組む。

## 3 データセット

### 3.1 LIFULL HOME'S データセット

提案システムの実装にあたり、「LIFULL HOME'S データセット<sup>1</sup>」を利用した。LIFULL HOME'S データセットは、国立情報学研究所の IDR データセット提供サービスにより、株式会社 LIFULL から提供を受けたデータセットである。この中から LIFULL HOME'S 賃貸物件スナップショットデータを使用した。このデータセットには総数 5,334,370 件の不動産物件について、計 71 個の属性と各不動産物件の画像データが含まれている。画像データは 1 件の不動産物件あたり複数枚含まれることがあり、20 枚を超える場合もある。画像データは「間取り図」、「外観写真」、「地図」、「周辺画像」、「内装」、「風呂」、「玄関」、「居間」、「キッチン」、「寝室」、「子供部屋」、「その他」の 12 種類の画像種別に分けられる。データセット内の画像データの総数は 83,403,687 件である。

1: 株式会社 LIFULL (2015): LIFULL HOME'S 賃貸物件スナップショットデータ. 国立情報学研究所情報学研究データリポジトリ. (データセット). <https://doi.org/10.32130/idr.6.1/>



図 2 前処理後の画像



図 5 お気に入り物件のパネル

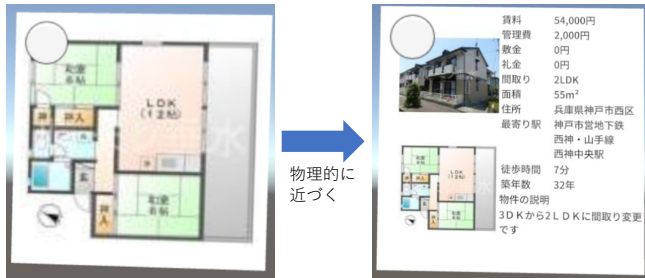


図 3 左：離れた状態の表示、右：近づいた状態の表示



図 4 お気に入り物件の表示

### 3.2 データセットの前処理

データセットを利用するにあたり、不動産情報データおよび画像データに対し前処理を施した。不動産情報データには、物件種別がマンションやアパートなど居住用賃貸のものと、店舗や事務所など事業用賃貸のものが存在する。この中から物件種別が居住用賃貸の不動産情報を抽出した。次に、最寄り駅が能勢電鉄沿線、および神戸電鉄有馬線沿線に神戸高速鉄道の新開地駅を含めた駅である不動産情報を抽出した。71個の属性のうち、表1に示す属性を抽出した。また、抽出した各不動産物件の画像データを抽出した。なお、画像データが一枚も含まれない不動産物件は取り除いた。このようにして抽出された不動産物件数と画像データ数を、表2に示す。画像データのサイズは、長辺が最大120ピクセルで、短辺のサイズは定められていない。そこで、辺のサイズが120ピクセルの白色正方形を作成し、その中心に画像データを配置することで、120×120ピクセルの画像に変換した。前処理後の画像データを図2に示す。

## 4 不動産情報探索 VR インタフェース

### 4.1 提案システムの概要

本節では提案システムが持つ機能の概要を説明する。提案シ

ステムでは、不動産情報を図1に示すように表示する。不動産情報は条件ごとに複数のグループに分けられ、グループごとに集約して表示される。不動産物件は正方形の「不動産情報パネル」上に表示される。不動産情報パネルには複数件の不動産物件が集約され、一定時間ごとに切り替わり表示される。グループに含まれる不動産物件数の割合に基づき、そのグループの不動産情報パネルの枚数が変化する。

提案システムは、この基本となる俯瞰的表示機能に加え、以下の4つの機能を持つ。各機能のより詳細な説明は、著者らの先行研究[22]を参照されたい。1つ目は表示する不動産情報の条件を絞り込む「絞り込み」である。ユーザは表示している不動産情報の中からグループを選択し、選択したグループの条件を満たす不動産情報のみを表示することができる。属性を変更した場合においても絞り込んだ条件は保持されるため、多様な属性について条件を絞り込み、ユーザのニーズを満たす不動産情報を表示することが可能である。また、絞り込まれた条件に従い、グループをより細分化して表示する。

2つ目は不動産物件の情報詳細度を、ユーザと不動産情報パネルとの物理的な距離により変更する「LoD制御」である。ユーザが表示情報から物理的に離れた位置で俯瞰的に閲覧している場合、間取り図のみの詳細度が低い情報を表示する。ユーザが表示情報に物理的に近づいている場合、賃料や間取りなどを加えた詳細度が高い情報を表示する。それぞれの状態における表示を図3に示す。詳細度が高い状態では、不動産物件の詳細な情報を長時間閲覧できるように、不動産物件の切り替えを停止する。この機能により、俯瞰的に閲覧している時と不動産物件の詳細な情報を閲覧している時で、適した詳細度へと動的に切り替えることが可能である。

3つ目は不動産物件を登録し、それらのみを表示するように切り替える「お気に入り」である。提案システムは不動産物件をお気に入り物件として登録する機能を持ち、不動産情報探索の過程で住みたいと感じた不動産物件を保持することができる。登録したお気に入り物件は、俯瞰的表示から切り替えて、図4のように表示する。お気に入り物件は1枚のパネルに1件表示し、一定時間ごとに切り替わることはない。お気に入り物件を表示するパネルを図5に示す。お気に入り物件は、ユーザが指定したお気に入り物件どうしの配置箇所を入れ替える機能により、自由に並び替えることが可能である。

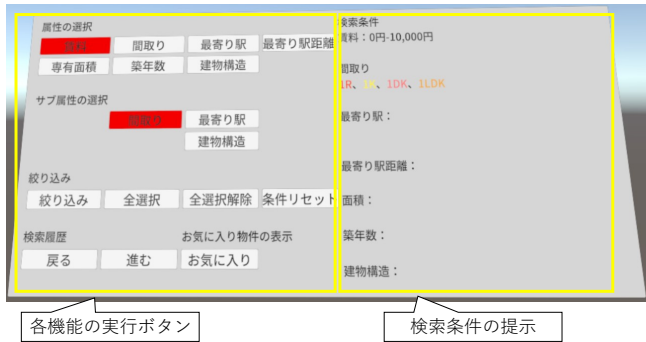


図 6 各機能を実行するメニュー

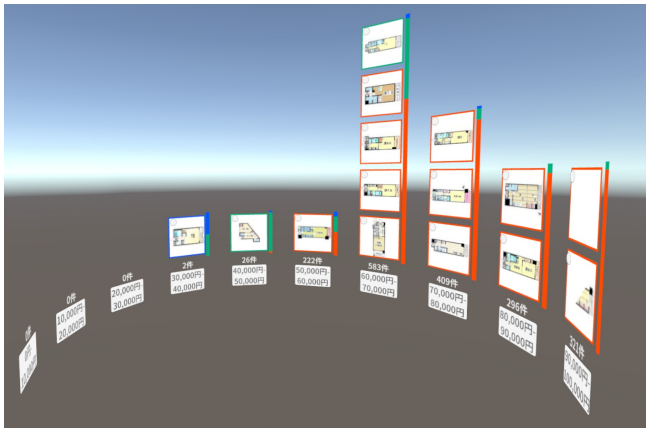


図 7 色分けと積み上げ棒グラフによる複数属性間の条件分布可視化

4つ目は賃料の条件ごとの最寄り駅の傾向といった複数の属性を、不動産情報パネルの色分けや積み上げ棒グラフにより提示する「属性間の条件分布可視化」である。本機能については以下の節で詳細を説明する。

各機能の実行には図 6 に示すようなメニューを用いる。このメニューは左側に配置された各機能の実行ボタンと、右側に表示する検索条件の提示部で構成される。

#### 4.2 属性間の条件分布の可視化

提案システムは賃料条件ごとの各最寄り駅の割合など、各条件における別の属性の条件分布を可視化する機能を持つ。本研究では、この手法として不動産情報パネルの色分けと積み上げ棒グラフの提示を提案する。色分けと積み上げ棒グラフを提示した様子を図 7 に示す。

##### 4.2.1 可視化属性の選択と条件への色割り当て

ユーザは不動産情報をグループ分けする属性に加えて、可視化のための属性を選択可能である。ここで選択できる属性は間取り、最寄り駅、建物構造といった質的な属性である。

可視化のための属性における各条件に対し、ユーザは色を割り当てることができる。色の割り当ては、各グループの下部に表示されるカラーパレットを用いて行う。カラーパレットで色を選択すると、そのグループの条件に色が割り当てられる。色の割り当ての様子を図 8 に示す。複数の条件をまとめたグループの場合、両方の条件に選択した色が割り当てられる。例えば、図 8 の場合では、総合運動公園駅と学園都市駅の両方の条件に



図 8 条件ごとの色の割り当て

赤色が割り当てられる。

##### 4.2.2 色分けと積み上げ棒グラフの提示

属性分布の可視化手法の一つとして、不動産情報パネルの緑に割り当てられた色を適用する色分け機能を提案する。不動産情報パネルに表示されている不動産物件の条件が、色を割り当てられた条件と同じ場合に、不動産情報パネルの縁にその色を適用する。色が割り当てられていない条件の場合、緑の色は変わらず白色のまま表示する。この機能により、ユーザは表示される不動産物件の条件を一目で把握することが可能である。

また、積み上げ棒グラフを用いて、可視化のための属性における各条件の不動産物件数の割合を提示する手法を提案する。積み上げ棒グラフは各グループの右隣に表示される。積み上げ棒グラフ全体の高さは、各グループの不動産情報パネルを積み上げた高さと同様になる。可視化のための属性における各条件に割り当てられた色は、グループにおける各条件の物件数割合と同様になるよう表示する。色が割り当てられていない条件の場合、積み上げ棒グラフ中では白色で表示する。

## 5 評価実験

### 5.1 実験の概要

本研究では、提案する VR システムの俯瞰的閲覧により、ユーザが属性間の条件分布を理解できているか調査するため評価実験を行う。評価実験には大学生 4 名が参加し、全員 VR の使用経験はほとんどないと回答した。

評価実験では、被験者には VR システムと、比較のための平面システムの両方を用いて不動産情報探索タスクに取り組み、その後クイズとアンケートに回答させる。不動産情報探索タスクでは、被験者には物件を探す条件を与え、その条件を満たす不動産物件を 1 件選択させる。提案システムと平面システムで、探索する不動産情報は異なる路線沿線のデータを用いる。両システムでの不動産情報探索タスク完了後、クイズとアンケートを実施し、被験者の属性間の条件分布理解度を測る。

### 5.2 比較用平面システム

VR システムとの比較手法として、既存の Web インタフェースを模した平面システムを実装した。平面システムの表示例を図 9 に示す。平面システムでは、検索結果はリスト状に表示され、VR システムと同様に絞り込み、検索結果のソート、お気に入りの機能を持つ。



図 9 平面システムの画面

表 3 被験者グループの分け方

	先に提案システム、 後に平面システム	先に平面システム、 後に提案システム
先に能勢電鉄、 後に神戸電鉄	先に提案システムで能勢電鉄、 後に平面システムで神戸電鉄	先に平面システムで能勢電鉄、 後に提案システムで神戸電鉄
先に神戸電鉄、 後に能勢電鉄	先に提案システムで神戸電鉄、 後に平面システムで能勢電鉄	先に平面システムで神戸電鉄、 後に提案システムで能勢電鉄

表 4 各路線における設問の内容

路線	設問番号	設問
能勢電鉄	Q1	指定した条件では大学最寄り駅（一の鳥居駅）周辺にどれくらい多くの物件が存在するか
	Q2	指定した条件における間取りごとの物件数の傾向について述べた選択肢の文章から正しいものを選べ
	Q3	最寄り駅が川西能勢口駅で面積の広い家を探すことを想定し、最寄り駅と面積の関係について述べた選択肢の文章から正しいものを選べ
	Q4	指定した条件では、40,000円台に1LDKの物件はどれくらい多く存在するか
神戸電鉄	Q5	指定した条件において選択肢の駅で最も物件数が多いのはどの駅か
	Q6	指定した条件における賃料ごとの物件数について述べた選択肢の文章から正しいものを選べ
	Q7	指定した条件において、築年数が10年以上15年未満の築浅物件の最寄り駅の傾向について述べた選択肢の文章から正しいものを選べ
	Q8	築年数が10年以上15年未満の築浅物件で、間取りが1DKか1LDKの広い物件を探す際、このような条件の物件の見つかりやすさについて、情報探索を通じた感覚をもとに選択肢の文章から正しいものを選べ

### 5.3 不動産情報探索タスク

被験者に取り組ませる不動産情報探索タスクについて説明する。被験者はVRシステムと平面システムを両方用いて本タスクに取り組む。システムごとに最寄り駅の路線が能勢電鉄、または神戸電鉄有馬線のいずれかの不動産情報を探索する。用いるシステムや探索する不動産情報の順序効果を考慮し、被験者を4つのグループに分ける。グループの詳細を表3に示す。

表 5 SUS の質問（1：そう思わない，5：そう思う）

質問項目
このシステムを頻繁に使いたいと思う
このシステムは不必要に複雑だと感じた
このシステムは使いやすいと思う
このシステムを使うには技術的な支援が必要だと思う
このシステムの中の各機能はうまく統合されていると思う
このシステムには不整合が多いと感じた
ほとんどの人はこのシステムの使い方をすぐに覚えられると思う
このシステムは使いにくいと感じた
このシステムを自信をもって使いこなせる
このシステムを使い始める前に多くのことを学ぶ必要があった

本タスクでは、被験者には以下の条件のもとに住む不動産物件を1件選択させる。

- ・ 状況：大学生の一人暮らし
- ・ 予算：80,000円以下の物件
- ・ 間取り：ワンルーム，1K，1DK，1LDKのいずれか
- ・ 能勢電鉄の最寄り駅：川西能勢口駅，絹延橋駅，平野駅，一の鳥居駅，畦野駅
- ・ 神戸電鉄の最寄り駅：新開地駅，湊川駅，鶴越駅，鈴蘭台駅，北鈴蘭台駅
- ・ 最寄り駅からの距離：徒歩15分以内

被験者には各路線について、都心部との接続が良い駅と大学最寄り駅を状況として与えた。能勢電鉄の場合、都心部との接続が良い駅は川西能勢口駅であり、大学最寄り駅は一の鳥居駅とした。神戸電鉄の場合、都心部との接続が良い駅は新開地駅であり、大学最寄り駅は鈴蘭台駅とした。また、条件で与えた5つの駅は、上記2駅に隣接する駅である。

各路線での本タスク終了後、被験者にはクイズとアンケートに回答させる。本タスク実施前に被験者にはクイズ及びアンケートの内容を被験者に共有し、回答のために必要な情報の収集を同時に行わせる。タスクはVRシステム、平面システムどちらを使用する場合も制限時間を40分と定める。この時間は、事前実験をもとにシステムに不慣れな被験者でも不動産物件を1件選択するのに十分となるよう設定している。

### 5.4 評価項目

評価は被験者の属性間の条件分布理解度と、VRシステムのユーザビリティについて行う。被験者の属性間の条件分布理解度を評価するため、不動産情報に関するクイズ、アンケートを実施する。また、VRシステムのユーザビリティを評価するため、VRシステムに関するアンケートを実施する。

不動産情報に関するクイズでは、探索した不動産情報について、表4に示す設問を被験者に問う。クイズは選択肢の中から1つ被験者に選択させる。Q3、Q6の設問は選択肢が5つであり、その他の設問は選択肢が6つである。また、全ての設問に分からないという選択肢が含まれる。選択肢が5つの設問は1つの選択肢が正解となる。選択肢が6つの設問は、実際の分布を最も正確に表している選択肢を正解、完全に正確ではないが一部実際の分布に合致する選択肢を準正解とする。例えば「指

表 6 VR システムに関するアンケート項目と平均スコア（1：そう思わない，5：そう思う）

質問番号	質問項目	平均スコア
Q1	全条件の物件を表示する不動産情報の俯瞰的表示機能は、閲覧して分かりやすかったか	3.50
Q2	全条件の物件を表示する不動産情報の俯瞰的表示機能により、不動産情報の分布などを理解することができたか	3.75
Q3	色分けや棒グラフでの属性間の条件ごとの分布を可視化する機能は、閲覧して分かりやすかったか	4.25
Q4	色分けや棒グラフでの属性間の条件ごとの分布を可視化する機能により、不動産情報の分布などを理解することができたか	3.50
Q5	色分けや棒グラフでの属性間の条件ごとの分布を可視化する機能は、絞り込みや物件の選択に役に立つ情報を提供していたか	3.75

表 7 使用システムごとの各回答種別における回答数

回答種別	VR システム	平面システム
正解	6	6
準正解	2	1
誤答	8	9
誤答のうち分からない	4	7

定した条件において選択肢の駅で最も物件数が多いのはどの駅か」という設問に対しては、最も不動産物件数が多い新開地駅が正解、次に多い湊川駅が準正解となる。不動産情報に関するアンケートでは選択した不動産物件について、不動産情報全体の中で比較した賃料などの特徴について自由記述形式で回答させる。

ユーザビリティの評価にはアンケートの他に System Usability Scale (SUS) [23] という指標を用いる。SUS は Brooke が提案した評価指標で、表 5 に示す 10 個の質問に 5 段階で評価する。

VR システムに関するアンケートでは、5 段階の選択式質問による定量的な評価と、自由記述形式の質問による定性的な評価を行う。VR システムに関するアンケートのうち、選択式質問の項目を表 6 に示す。自由記述形式の質問では、VR システムの俯瞰的表示機能と、属性間の条件ごとの分布可視化機能についての良し悪し、その他印象に残った点について記述させる。

## 5.5 結果

はじめに不動産情報に関するクイズの結果を述べる。クイズでは使用したシステムごとに、4 名ずつの被験者が各 4 問の設問に回答し、計 16 問ずつの回答を得た。使用システムごとの各回答種別における回答数を表 7 に示す。この表に示すように、使用するシステムによって正解率が変わらない結果となった。また、誤答のうち分からないという選択肢が選ばれた問題の数は、VR システムより平面システムの方が多という結果

となった。

次にユーザビリティについて結果を述べる。本実験での SUS の平均スコアは 49.375 であった。SUS の平均的なスコアは 68 とされている [24] ことから、VR システムはユーザビリティに課題が残るということが示された。

また、VR システムに関するアンケートで得られたスコアの平均値を表 6 に示す。この表に示すように多くの設問で高い評価を得た。特に属性間の条件分布可視化機能について、閲覧時の分かりやすさが高い評価を得ている。

次に VR システムに関する自由記述形式の質問の結果を述べる。VR システムの俯瞰的表示機能について、多くの被験者が条件ごとの物件数や分布が直感的に分かる点を長所として回答している。1 人の被験者は、物件数の多い条件が分かり、その条件を軸に探索を始めることができた点が、不動産情報探索の初心者にとって探し始める際の取っ掛かりになったと回答している。一方で多くの被験者が、欠点として表示する情報の視認性や理解の難しさに言及している。不動産情報パネルが近いため俯瞰して見づらいという回答や、不動産物件の自動的切り替えが速く、お気に入り登録などの操作に支障があったという回答が得られた。また、俯瞰的表示では各条件における不動産情報の有無は分かるが、不動産物件そのものの良し悪しは分かりづらいという回答が得られた。

属性間の条件分布の可視化機能について、多くの被験者が条件分布を直感的に理解可能な点を長所として評価している。また、ある最寄り駅における間取りごとの傾向を、条件の絞り込みをせずに比較できた点が長所として挙げられた。一方、短所として操作の複雑さや、一度に提示する情報量の少なさを指摘する回答が得られた。条件ごとに色を割り当てるのが面倒であるという回答や、可視化のための属性を選択する際の操作が直感的でないという回答が得られた。可視化する属性の選択は図 6 に示すメニュー上の、サブ属性の選択と書かれたボタンで行う。一方、各条件への色の割り当ては図 8 に示すように、表示した不動産情報への操作により行う。このような表示領域の異なる 2 種類のボタン操作が必要であったことが原因であると考えられる。また、可視化のための属性は同時に 2 つ以上選択できるほうが良いという改善点が指摘された。

## 6 まとめと今後の課題

本論文では、属性の分布を可視化し提示する VR インタフェースを提案した。提案するインタフェースでは、条件ごとに不動産情報をグループ分けし、各グループにおいて、もう一つの属性の条件ごとの不動産物件数割合を可視化して提示する。ユーザ実験により提案する VR システムと平面システムを比較し、被験者の属性間における条件ごとの分布理解度を調査した。その結果、ユーザの属性間の条件分布理解度には定量的な差が見られなかった。一方で被験者に実施したアンケートの結果から、提案システムが不動産情報の物件数分布や条件分布の理解を支援している可能性、さらに絞り込みなどの操作数を低減させる可能性が示された。また、ユーザビリティについての課題が明

らかになり、特に情報の表示位置をユーザから離すなどの改善点が示された。属性間の条件分布可視化機能については、同時に可視化する属性の数を増やすなどの改善点が示された。

今後の課題としてユーザビリティの改善が必要である。表示情報の大きさや位置を調節することや、操作の簡略化、操作ガイドの表示などに取り組む。また、実験で指摘を受けた可視化する属性の増加や、属性間の条件分布可視化手法について、他に有効な手法の検討に取り組む。

## 謝 辞

本研究は、JSPS 科研費 JP24K03228, JP25K03229, JP25K03228 の助成を受けたものです。また、本研究では、国立情報学研究所の IDR データセット提供サービスにより株式会社 LIFULL から提供を受けた「LIFULL HOME'S データセット」を利用しました。ここに記して謝意を表します。

## 文 献

- [1] Austin R. Ward and Rob Capra. Immersive Search: Using Virtual Reality to Examine How a Third Dimension Impacts the Searching Process. In *Proceedings of the 2020 International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval*, pp. 1621–1624, 2020.
- [2] Austin Ward, Sandeep Avula, Hao-Fei Cheng, Sheikh Muhammad Sarwar, Vanessa Murdock, and Eugene Agichtein. Searching for Products in Virtual Reality: Understanding the Impact of Context and Result Presentation on User Experience. In *Proceedings of the 2023 International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval*, pp. 2359–2363, 2023.
- [3] Austin Ward, Bogeum Choi, and Robert Capra. Eyes on Immersive Search: Eye-Tracking Study of Search Engine Result Pages in Immersive Virtual Environments. In *Proceedings of the 2023 Conference on Human Information Interaction and Retrieval*, pp. 43–54, 2023.
- [4] Yumiho Takeuchi, Yoshiyuki Shoji, and Martin J. Dürst. Method of Loci in VR Web Search: Memory Retention Support by Organizing Search Results in a VR Room. In *Proceedings of the 2023 International Conference on Human-Computer Interaction*, pp. 373–391, 2023.
- [5] Daniele Giunchi, Stuart James, and Anthony Steed. 3D Sketching for Interactive Model Retrieval in Virtual Reality. In *Proceedings of the 2018 Joint Symposium on Computational Aesthetics and Sketch-Based Interfaces and Modeling and Non-Photorealistic Animation and Rendering*, pp. 1–12, 2018.
- [6] Maurice SchleuBinger. Information Retrieval Interfaces in Virtual Reality-A Scoping Review Focused on Current Generation Technology. *PLOS ONE*, pp. 1–24, 2021.
- [7] Tim Dwyer, Kim Marriott, Tobias Isenberg, Karsten Klein, Nathalie Riche, Falk Schreiber, Wolfgang Stuerzlinger, and Bruce H. Thomas. *Immersive Analytics: An Introduction*, pp. 1–23. Springer International Publishing, 2018.
- [8] Dane Coffey, Nicholas Malbraaten, Trung Le, Iman Borazjani, Fotis Sotiropoulos, and Daniel F. Keefe. Slice WIM: A Multi-Surface, Multi-Touch Interface for Overview+Detail Exploration of Volume Datasets in Virtual Reality. In *Symposium on Interactive 3D Graphics and Games*, pp. 191–198, 2011.
- [9] Yalong Yang, Maxime Cordeil, Johanna Beyer, Tim Dwyer, Kim Marriott, and Hanspeter Pfister. Embodied Navigation in Immersive Abstract Data Visualization: Is Overview+Detail or Zooming Better for 3D Scatterplots? *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, pp. 1214–1224, 2021.
- [10] Gary Marchionini. Exploratory Search: From Finding to Understanding. *Communications of the ACM*, Vol. 49, No. 4, pp. 41–46, 2006.
- [11] Orland Hoerber. Design Principles for Exploratory Search Interfaces. In *Proceedings of the 2025 ACM SIGIR Conference on Human Information Interaction and Retrieval*, pp. 12–22, 2025.
- [12] Mohammad Najah Mehdi, Abdul Rahim Ahmad, and Roslan Ismail. A Visualization Technique to Support Searching Filtering. *MATEC Web Conf.*, pp. 1–9, 2019.
- [13] Alan Medlar, Jing Li, and Dorota Glowacka. Query Suggestions as Summarization in Exploratory Search. In *Proceedings of the 2021 Conference on Human Information Interaction and Retrieval*, pp. 119–128, 2021.
- [14] Anita Crescenzi, Austin R. Ward, Yuan Li, and Rob Capra. Supporting Metacognition during Exploratory Search with the OrgBox. In *Proceedings of the 2021 International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval*, pp. 1197–1207, 2021.
- [15] 吉田駿哉, 長谷川大, 佐久田博司. 探索的検索における Web ブラウザ履歴の可視化による知識の構造的把握. 情報処理学会インタラクティブ 2017 論文集, pp. 495–498, 2017.
- [16] Kanit Wongsuphasawat, Dominik Moritz, Anushka Anand, Jock Mackinlay, Bill Howe, and Jeffrey Heer. Voyager: Exploratory Analysis via Faceted Browsing of Visualization Recommendations. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, pp. 649–658, 2016.
- [17] Mingzhao Li, Zhifeng Bao, Timos Sellis, Shi Yan, and Rui Zhang. HomeSeeker: A Visual Analytics System of Real Estate Data. *Journal of Visual Languages & Computing*, pp. 1–16, 2018.
- [18] Guodao Sun, RongHua Liang, FuLi Wu, and HuaMin Qu. A Web-based Visual Analytics System for Real Estate Data. *Science China Information Sciences*, pp. 1–13, 2013.
- [19] 諏訪博彦, 大坪淳, 中村優吾, 野口真史. IoT センシングによる賃貸物件快適度指標の構築と評価. 人工知能学会全国大会論文集, 2020.
- [20] Goran Milutinovic and Stefan Seipel. Visual GISwaps - An Interactive Visualization Framework for Geospatial Decision Making. In *Proceedings of the 2018 International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications*, pp. 236–243, 2018.
- [21] 湯本真樹. 条件検索とラフ集合の縮約ルールを利用した学生向け賃貸物件推薦システムの開発. 電気学会論文誌C (電子・情報・システム部門誌), pp. 740–748, 2013.
- [22] 中山裕紀, 大島裕明. 不動産探索 VR: 不動産情報探索のための VR インタフェース. 情報処理学会研究報告エンタテインメントコンピューティング, pp. 1–8, 2025.
- [23] John Brooke. SUS - A Quick and Dirty Usability Scale. *Usability Evaluation in Industry*, pp. 189–194, 1996.
- [24] Brandy Klug. An Overview of the System Usability Scale in Library Website and System Usability Testing. *Weave: Journal of Library User Experience*, 2017.