

# 建築空間における視覚的関係の分析手法としての マルチエージェントシステムの構築

## Multi-agent Systems as a Method of Analyzing Visual Relationships in Architectural Space

○飯濱由樹\*1,酒谷粹将\*2

Yuki IIHAMA \*1, Suisyo SAKATANI\*2

\*1 関東学院大学大学院 工学研究科 大学院生

Graduate Student, Graduate School of Engineering, Kanto Gakuin University

\*2 関東学院大学 建築・環境学部 准教授・博士(工学)

Associate Professor, Kanto Gakuin University, Dr, Eng.

キーワード：マルチエージェントシステム；視覚的関係: Visibility Graph；シミュレーション；建築空間

Keywords: Multi-agent System; Visual Relationship; Visibility Graph; Simulation; Architectural Space

### 1. はじめに

情報技術の発達に伴い、あらゆる情報へのアクセスが容易となった現代においては、分野横断的な連携を通して、知識と知識を結びつけてイノベーションを起こし新たな価値を生み出す創造社会への変化が広がりつつある。このとき異なる知識を持った人同士のコミュニケーションをどのように実現するかが重要になってくるのであるが、その前提には相互の存在の認識が必要となり、建築空間内における視覚的関係性の在り方が大きな意味をもつことになると考えられる。

そこで本研究では、人間行動によって変化する周辺環境の変化と多主体の視覚分析を行うマルチエージェントシステム（以下、MAS）を構築し、それによるシミュレーションを行うことで、領域横断的なコミュニケーションが起こりうる偶発的な視覚的関係の発生を促す空間特性の知見を得ることを目的とする。また本論では、大学キャンパスにおける屋外共用空間を分析の対象とする。来たる創造社会に向けて大学等の教育施設においても学習環境の整備が進められつつあり、第5次国立大学法人等施設整備5か年計画<sup>1)</sup>で多主体による共創を促す「イノベーション・コモンズ」が提唱されている。従来の研究・教育機能に加えて学部の領域を超えた新たな学びや学生の自主的な学びを促すようなキャンパス空間が求められており、各学部の修学キャンパスを接続し高い公共性を持つ魅力的な屋外共用空間が学部の領域を超えたイノベーションを生む可能性のある空間として期待されている。

MASを用いた既往研究としては、主に避難シミュレーションや人流シミュレーションの研究が多く、建築空間に

おける人間の行動や人間同士の関係性、特にその視覚的関係を扱う研究は多くない。それに対し本研究では、大学キャンパスの屋外共用空間内における多主体の行動する人間同士の視覚的関係に着目し、視覚分析から偶発的なコミュニケーションが起こりうる空間特性を明らかにすることで、新たな空間活用の可能性や設計に際する指標を示そうとする点に特徴がある。

### 2. 建築空間における MAS

#### 2.1. MAS の定義

エージェントとは、行為者や代理者を意味するものであり、各々が独自の目的を持ち、周囲の状況を認識しながら、自律的に行動する主体のことを指す。また、複数のエージェントが同時進行的に、相互作用を受けながら目的を実行させるシステムを MAS と呼ぶ。本研究では、大学キャンパスの屋外共用空間と多主体における視覚的な関係を認識するエージェントがなす系を MAS として捉える。

#### 2.2. コミュニケーションの発生と視覚的関係

人間は、4つの階層によって他者との関わりが成立するとされている<sup>2)</sup>。第一段階として、人間が同空間内に存在しているという「コプレゼンス」が必要であり、さらに、コプレゼンスを前提とした上で相手の存や行動を認識するという気づきを意味する「アウェアネス」がある。

このコプレゼンスとアウェアネスは、実際の建築空間において同空間内に存在する他者が壁や柱によって見え隠れするという空間体験を指すものである。アウェアネスが生まれることで初めて情報やアイデアの交換が行われる「コミュニケーション」の段階となり、最終的に、あるとき発生したコミュニケーションが、時として目的を持って

何かを生み出す人間の関わりとなり「コラボレーション」へと繋がる。

このように、コプレゼンスとアウェアネスの階層からもたらされるコミュニケーションへの過程は、建築空間内の視覚特性と人間の認知や行動の分析が関係していると考えられることができる。

### 3. 建築空間の視覚特性の概念と手法

#### 3.1. 視覚特性の分析における手法の既往研究

空間における可視領域の分析手法として、M.L. Benedikt<sup>3)</sup>が提唱した Isovist がある。Isovist とは、空間内のある 1 点から見える点の集合と定義され、ある点から見えるすべての可視領域を定量的な尺度で示したものである。海外では、Bill. Hillier ら<sup>4)</sup>によって展開され、都市空間や住宅の内部空間などを対象として、あらゆる場所の特性の分析が繋がりや関係性に注目して行われてきた。その後、Isovist を空間内すべての点に対して計算することで描き出される Isovist Fields とグラフ理論に基づく分析を拡張し、空間内の視覚的関係性を分析する Visibility Graph が Turner ら<sup>5)</sup>によって提唱された。

#### 3.2. Visibility Graph の概念と構築

Visibility Graph とは、Turner らによって理論的確立がなされた空間の分析手法であり、人間の視点を想定したノードと、視線を想定したエッジからなる視覚的関係性をグラフ化したものである。本研究における 3D Visibility Graph の構築は以下の手順で行った。

建築の 3D モデリング空間内の人間が存在することを想定した床平面上に等間隔に点を配置し、その点に存在する人間のアイレベルと想定する床から 1500mm の高さに視点となるノードを設定する。続いて、それら全てのノード間を接続する視点を想定したエッジを作成し、ガラスを含む壁や柱といった障害物との交差判定を行うことで、遮られたエッジのみを除去する。以上の手順によって残ったエッジで構成されるものが Visibility Graph となる。

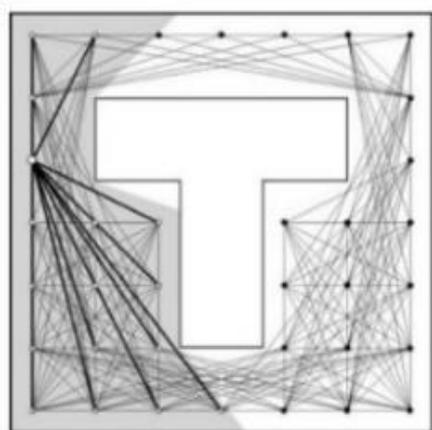


Fig.1 Visibility Graph の例  
(文献5より引用)

## 4. Visibility Graph をもとにした MAS の構築

### 4.1. シミュレータの構築

実際の建築空間の壁や床を表現した 3D モデリング空間内に、隣接するノードへランダムに移動するエージェントを設定する。本研究における MAS は、Fig.2 に示す Visibility Graph によってそれぞれのノードにおける可視領域の判定を行い、Fig.3 に示す一定の距離内で隣接するノードのみを接続した Access Graph によって、現在地点における移動方向の選択肢をエージェントに与えている。上記の 2 つのグラフに基づき、エージェントの行動は Fig.4 に示すアルゴリズムによって決定される。

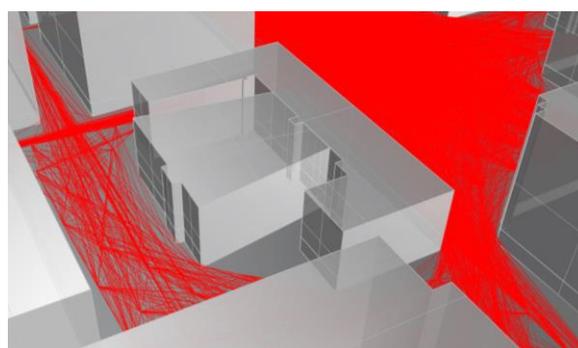


Fig.2 3D モデリング上に構築した Visibility Graph

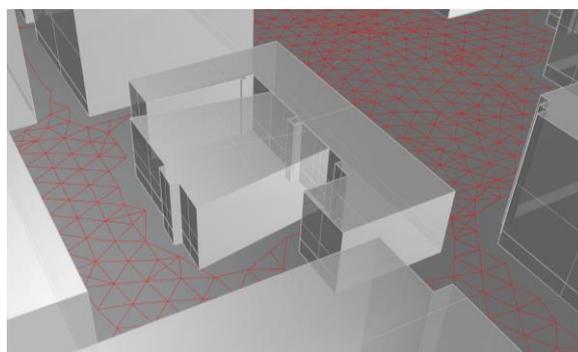


Fig.3 3D モデリング上に構築した Access Graph

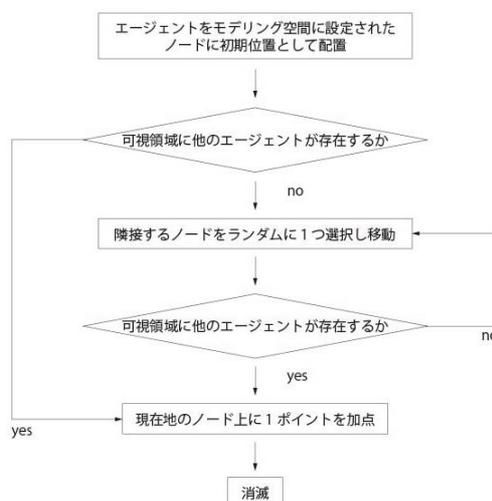


Fig.4 エージェントのアルゴリズム

まず、エージェントはモデリング空間内に設定された点上にランダムに初期配置される。配置時点で他のエージェントが可視領域に入った場合、互いのエージェントは現在地点に1ポイントを加算して消滅する。可視領域に他のエージェントが存在しなかった場合、隣接する点をランダムに1つ選択し移動する。エージェントが移動を繰り返していき、2体のエージェントが同じ点に居合わせた場合、あるいは、異なる点上で互いに可視領域にいる場合に、エージェントがいる現在地点に1ポイントを加算する。自身が存在する点へのポイント加算を行ったエージェントは消滅する。これらの移動から消滅という一連の動きを複数のエージェントが同時多発的に指定回数繰り返した後、各ノードにおけるポイントの集積数を半径、各ノードを中心点とする円を配置することでマップを作成する。つまり、円が大きな場所ほど、多くの人間と視線が繋がりがやすい空間特性を持つといえる。

#### 4.2. シミュレータの実装

本研究では、3DモデリングソフトであるRhincerosのプラグインであるGrasshopperを用いて構築した、視点を想定したノードと視線を想定したエッジによるVisibility Graphを基に、Pythonによるプログラミングで構築したMASによってシミュレーションを行うことで、大学キャンパスの屋外共用空間における複数の人間同士の視覚的関係を分析する。本研究では、MASを実装するにあたり実在する大学キャンパスの3Dモデリング空間を作成し、その空間において分析を行う。

#### 4.3. 「関東学院大学」を対象とした分析

大学キャンパスの外部空間における視覚的関係の発生を分析するにあたり、関東学院大学金沢八景キャンパスを対象としてシミュレーションを行う。さまざまな規模が存在する大学キャンパスにおいて、関東学院大学は組織規模の大きな総合大学であり、金沢八景キャンパスには現在全9学部の修学キャンパスが位置している。



Fig.5 関東学院大学金沢八景キャンパスマップ  
(文献6より引用)

#### 4.4. シミュレーションの結果

Fig.6に示す解析結果では、図の中央の大きく開けた空間において視線が集中していることがわかる。その中でも特に、図の右側の比較的小さな空間から大きな空間へと接続される境界において、視線が集中していることが見て取れる。このような解析結果となった要因として、小さな空間から大きな空間へと移動してきたエージェントが、大きな空間に配置されていた多くのエージェントと同時に視線が繋がったことが考えられる。この解析結果から、大きな空間へと接続される通路付近において多くの人間と視線が合いやすい空間であることが分かった。



Fig.6 金沢八景キャンパス

### 5. 「知り合い」概念の追加

#### 5.1. 「知り合い」概念を追加したMASの構築

前述の解析で使用したMASを基に、Fig.7に示す通りにアルゴリズムを変更する。まず、初期位置時点で可視領域に入っている他のエージェントを「知り合い」としてエージェント自身に認知させる。本研究における「知り合い」とは、初期配置時点で視線が繋がっているエージェント同士のことを指し、主に同じ広場や外部通路空間内にエージェントが生成される場合に機能するアルゴリズムである。つまり、知り合いとして認知した他のエージェントとは、大学キャンパス空間における同学部の人間であるといえる。各エージェントは、次時刻以降知り合いのエージェントが可視領域に入ったとしても消滅せず、知り合い以外のエージェントが可視領域に入った場合のみ消滅する。「知り合い」概念のないアルゴリズムと同様に消滅したポイント数によってマップを作成する。「知り合い」概念を追加したことにより、マップ内の円が大きい場所ほど、知り合いではないエージェント、つまり現実の大学キャンパス空間における異なる学部の人間と視線が合いやすい空間であるといえる。

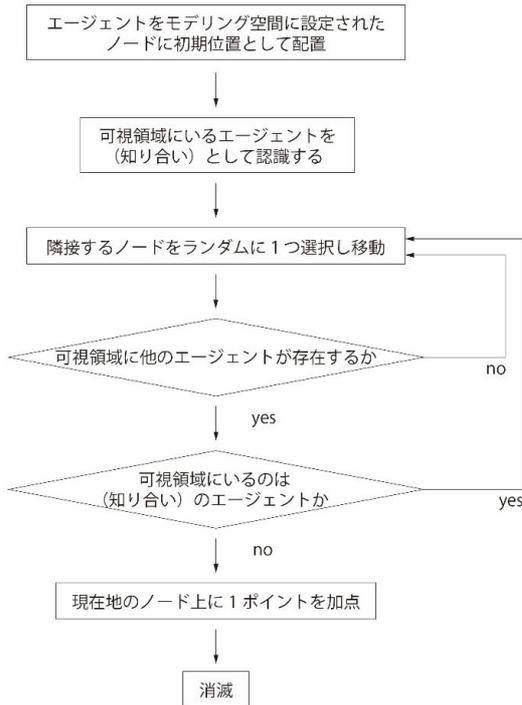


Fig. 7 「知り合い」概念ありエージェントのアルゴリズム

### 5.2. 「知り合い」概念のあるMASの実行

各エージェントが建築空間における同学部の人間と他学部の人間といった区別を行う「知り合い」概念を加え、そのアルゴリズムを基に構築した新たなMASによるシミュレーションを行うことで、大学キャンパスの屋外公共空間において異なる学部間で領域横断的な偶然の出会いが起りやすい視覚特性を持つ空間の分析を行う。

### 5.3. 「知り合い」概念のあるシミュレーションの結果

Fig.8 に示す「知り合い」概念ありのエージェントによる解析結果では、図の中央の大きな空間内では知り合いのエージェントと視線が繋がりにくいことが確認できる。対照的に、空間の大小に関わらず、通路と通路の結節点やキャンパスの角付近の空間において、知り合いのエージェントと視線が繋がりにくいことがわかる。また、図の下側のキャンパスで囲まれた小さな空間内において、線を結ぶように視線が繋がりにくい様子が見受けられる。これは、長方形の空間の頂点に位置する通路において知り合いではないエージェントと視線が繋がりにくいことで、その頂点を結ぶ対角線上においても同様の結果が見られたということが考えられる。この解析結果から、キャンパスの角付近の空間や、キャンパスに囲まれて生まれた空間の頂点を対角線上に結んだ場所は、学部の領域を超えたイノベーションが生まれる空間の視覚的特性があり、例えば、家具を配置し学生が滞留してコミュニケーションをとれるスペースを確保することで、視覚的なポテンシャルを効果的に活かすことができるのではないだろうか。

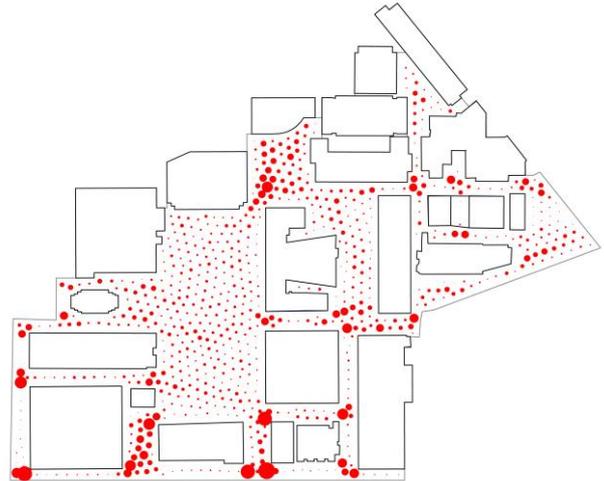


Fig.8 金沢八景キャンパス「知り合い」概念あり

## 6. 結論

本研究では、大学キャンパスの屋外公共空間における多主体の行動する人間の視覚的関係を分析するためのMASを構築し、シミュレーションを行った。さらに、異なる学部の人間を認識する「知り合い」概念を加えたMASを構築してシミュレーションを行い、偶発的なコミュニケーションが起こるきっかけとなる視覚的関係を持つ空間の特性について考察を行った。

以上の知見は、本研究で分析対象とした大学キャンパスの屋外共有空間という機能に限らず、あらゆる建築空間への応用が可能である。今後は、分析対象の幅を広げるとともに人間が利用する家具や什器の配置を加味したシミュレーションの実行によって、視覚的観点からみた建築空間と人間のより良い関係性を創造する設計手法の提案につなげたい。

### 【参考文献】

- 1) 文部科学省, 「第5次国立大学法人等施設設備5か年計画(R3~R7年度)概要」, 2021
- 2) 松下温, 岡田謙一: コラボレーションとコミュニケーション, 共立出版, 1995
- 3) M.L.Benedikt: To Take Hold of Space: Isovists and Isovist Fields, Environment and Planning B Planning and Design 6, pp. 47-65, 1979
- 4) Bill Hillier, Julienne Hanson: The Social Logic of Space, Cambridge University Press, 1984
- 5) Alasdair Turner et al: From isovists to visibility graph: a methodology for the analysis of architectural space, Environment and Planning B Planning and Design 28, pp103-121, 2001
- 6) 関東学院大学, <https://univ.kanto-gakuin.ac.jp/about-university/campus-facilities/campus.html>