

グラフ理論を用いた建築空間の開口部の連続性に関する研究

日大生産工 (院) ○堀内 那央
日大生産工 岩田 伸一郎

1. はじめに

日本の近代住宅は、湿潤な気候に順応するように内外の連続性に特徴がある。また、近年は外部に対する開口部だけでなく、内部空間に設えられた窓等によって居室が連続し、空間に広がりや奥行を持たせた作品が増え、複雑化している。このように、機能的に分節されていながらも連続性を持った建築空間は、機能の塊の連続として表現するだけでは読み取れない性格を持っている。

その一方で従来の空間の連続性に関する研究は、居室あるいは機能を要素として空間構成の分析を行うものが多い¹⁾。これらの多くはグラフ理論を用いており、室をノード、接続性をパスとして室同士の接続性を把握しているが、視覚的な連続性やその空間で体験する連続性は室同士の繋がりだけでは十分に評価できないといえる。上記の既往研究でパスとして表されていた要素は、室同士を繋ぐもの、つまり開口部であり、空間に視覚的な連続性を与える重要な要素である。また住宅は、様々な室の組み合わせにより構成されることが多いため、各個室に配置した開口部の位置関係が住宅全体に対する連続性に大きく影響する。

そのため、開口部に着目し視線が連続的に通過する場面を抽出することが、空間にある視線的な連続性(奥行・広がり)を把握するひとつの指標になりうると思われる。従来の住宅の開口部と視線に着目した研究は、近年内部に開口部が設えられた建築空間が増えてきたことから isovist^{注1)}を用いた研究が多く、居室の重心における視界の拡がり具合を視覚的に把握する研究として興味深いものの、建築空間内での開口部による視線の連続性を導いてはいない。

そこで本稿では近現代における特定の住宅作品を対象に、開口部をノードとするグラフを用いて空間の視線的な連続性を評価するための手法を提案する。さらにこの評価手法を用いて、開口部を主体としてみたときの空間の連続性の傾向を分析し、これらの全体構成を明らかにする。

2. 研究方法

2-1 研究の対象住宅

本論では、1950-2010年までの日本の著名な住宅を掲載した『「奇跡」と呼ばれた日本の名作住宅²⁾』及び『日本の現代住宅 1985-2005³⁾』のなかから 32 作品

選定し、研究対象とする。その際、周辺環境を「都市、住宅地、山間部」の三種類に分類し、各環境が年代ごと1-2作品ずつ選定されるよう考慮する。

2-2 対象とする開口部

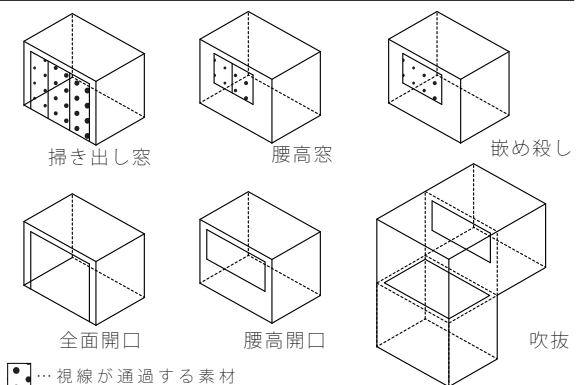
本稿では日常動作である歩行・座位の状態を想定し、正面に人が直立した状態で奥を視認できる高さにある開口部のみを対象とする。対象となる開口部は(A)「常に視線の通り抜けが確保されている開口部」(以下、「視線通過開口」)と、(B)「人の操作によって視線が通り抜ける開口部」(以下、「操作的開口」)の2種類に分類する。(図1参照)

2-3 開口部による視線連続性のモデル化

対象とする住宅作品の平面図及び断面図、写真等を参考に、作品全体に対して開口部により生じる視線連続性の関係を、ノードとパスを用いてモデル化する。

また本稿ではバルコニーや軒下空間等は外部空間と

A 視線通過開口：常に視線の通り抜けが確保されている開口部



B 操作的開口：人の操作で視線が通り抜ける開口部

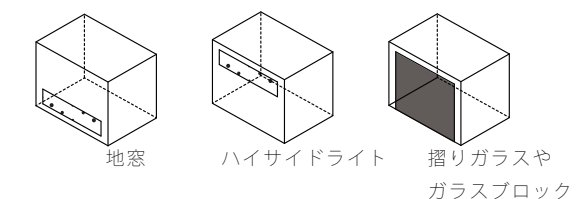
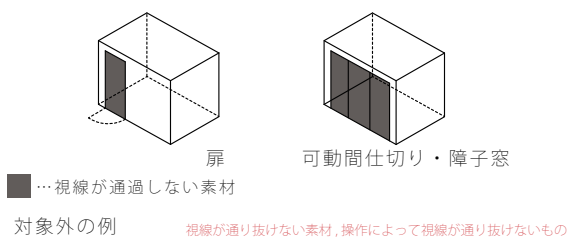


図1 開口部の分類

A study on continuity of openings in architectural space using graph theory

Nao HORIUCHI, Shinichiro IWATA

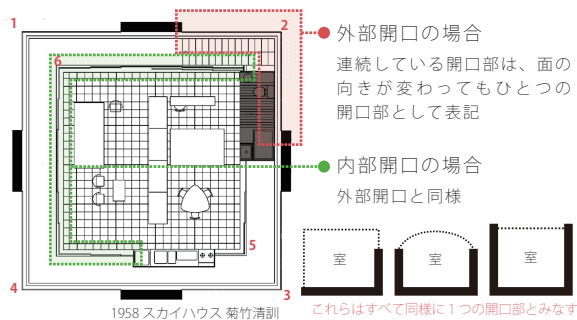


図2 ノードの定義

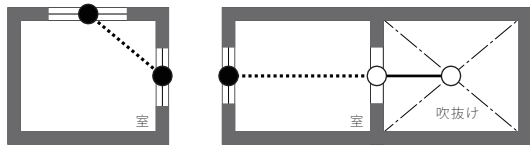
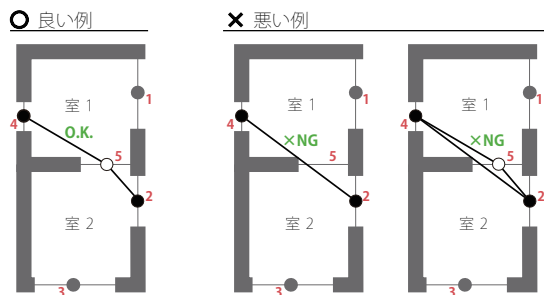


図3 不適合パスの例



隣り合うノードを繋ぐ 隣り合わないノードを繋いではいけない

図4 パスの作成

表1 記号の定義一覧

| No. | 記号 | 名称 | 説明 |
|------|--------------------------------|--------|---------------------|
| ノード | ● | 外部開口 | 外部空間に接する開口部 |
| | ○ | 内部開口 | 外部空間に接しない開口部 |
| パス | — | 内部通過パス | 内部空間を通過する視線 |
| | ≡ | 外部通過パス | 外部空間を通過する視線 |
| | ⋯ | 不適合パス | 視線連続性はあるが視点場の位置が不適切 |
| 複合パス | ● ₁ | | 常時視線開口の ID の色 |
| | ● ₁ | | 操作的開口の ID の色 |
| | ○ ₁ —○ ₂ | | 常時視線開口同士を繋ぐパスの色 |
| | ○ ₁ —○ ₂ | | 操作的開口を含むパスの色 |

し、視点場は内部空間にあることを前提とする。

2-2で定義した開口部の中心をノードとし、(表1)に示すように外部空間に接する「外部開口」と、外部空間に接しない「内部開口」の二種類に分けて表記する。また(図2)に示すような水平的に連続した開口部の場合、途中で面の向きが変わってもひとつの開口部として表記する。

パスを作成する際は視点場が内部空間にのみ配置されることを念頭に、「内部空間を通過する視線」(以下、「内部通過パス」)、「外部空間を通過する視線」(以下、「外部通過パス」)、「視線連続性はあるが視点場の位置が不適切^{注2)}の場合」(以下、「不適合パス」)の3種類に分類する。(表1・図3参照)これらの分類に基づき隣り合う開口部同士を繋いでモデル化の際には、パスが壁や対象以外の開口部と交差してはならない。(図4参照)またノード・パスは「視線通過開口」と「操作的開口」により表記方法を変える。(表1参照)

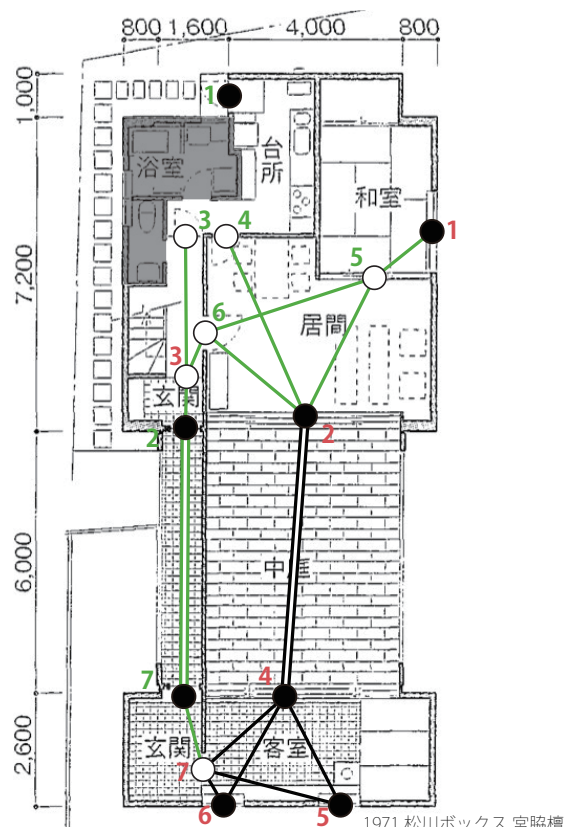


図5 表記例

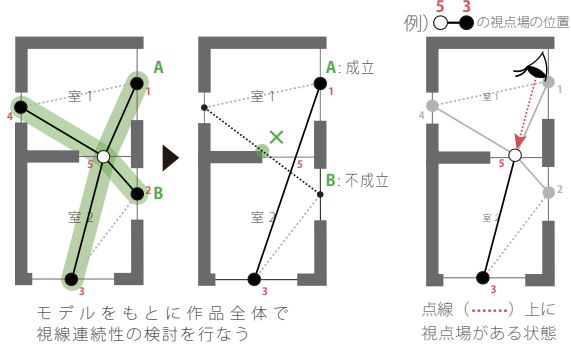


図6 視線連続グラフの作成

図7 視点場

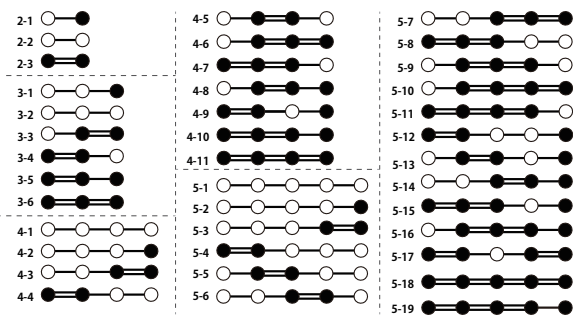


図8 視線連続グラフの種類

2-4 モデルの分析方法

(図5)のように複雑な状態のモデルから、開口部によって生じる「視線の繋がる場面」(以下「視線連続グラフ」)を抽出する。(図6)に示すように、視線連続グラフではモデル図と違い、3つ以上のノードの連続性を検証し図式化する必要がある。例えば(図6)のAのように対象とする2つのノードをパスで繋いだ際、途中で壁と交差しなければ連続グラフは成立とな

表2 対象作品と視線連続グラフ

| | ①斎藤助教授の家 | ②丹下自郎 | ③SH-1 | ④私の家 | ⑤浦邸 | ⑥NO.38 | ⑦スカイハウス | ⑩呉羽の舎 |
|----------------|----------|----------|------------|---------------|------------|--------------|----------------|-------------|
| 竣工年 | 1952 | 1953 | 1953 | 1954 | 1956 | 1958 | 1958 | 1965 |
| バス数 | 3 / 13 | 6 / 21 | 4 / 2 | 4 / 1 | 6 / 21 | 16 / 2 | 4 / 0 | 2 / 0 |
| ノード数 | 6 / 7 | 9 / 7 | 1 / 1 | 6 / 1 | 16 / 6 | 16 / 2 | 6 / 0 | 4 / 0 |
| 視線 通過 開口 | | | | | | | | |
| グラフ数 | 3 / 15 | 5 / 24 | 1 / 4 | 4 / 5 | 8 / 30 | 16 / 19 | 4 / 4 | 2 / 2 |
| 操作的 開口 | | | | | | | | |
| | ⑪塔の家 | ⑫白の家 | ⑬松川ボックス | ⑭中心のある家 | ⑮原邸 | ⑯GOH-7611 剛邸 | ⑰住吉の長屋 | ⑱ホシカワキュービクル |
| 竣工年 | 1966 | 1966 | 1971 | 1974 | 1974 | 1976 | 1976 | 1977 |
| バス数 | 11 / 1 | 1 / 5 | 9 / 14 | 22 / 10 | 12 / 17 | 17 / 0 | 7 / 0 | 3 / 1 |
| ノード数 | 19 / 1 | 7 / 3 | 12 / 8 | 22 / 4 | 21 / 7 | 20 / 0 | 7 / 0 | 8 / 1 |
| 視線 通過 開口 | | | | | | | | |
| グラフ数 | 11 / 12 | 2 / 7 | 4 / 5 | 24 / 36 | 13 / 30 | 10 / 10 | 12 / 12 | 4 / 6 |
| 操作的 開口 | | | | | | | | |
| | ⑲山川山荘 | ⑳シルバーハット | ㉑秋穂のアトリエ | ㉒HOUSE F 1988 | ㉓富士裾野の山荘 | ㉔日本橋の家 | ㉕箱の家 001 (伊藤邸) | ㉖ALICE |
| 竣工年 | 1978 | 1984 | 1987 | 1988 | 1991 | 1992 | 1995 | 1997 |
| バス数 | 1 / 1 | 1 / 18 | 24 / 11 | 14 / 13 | 2 / 4 | 15 / 0 | 18 / 6 | 8 / 0 |
| ノード数 | 13 / 1 | 16 / 6 | 21 / 2 | 32 / 7 | 9 / 1 | 11 / 0 | 21 / 3 | 10 / 1 |
| 視線 通過 開口 | | | | | | | | |
| グラフ数 | 0 / 1 | 1 / 18 | 22 / 33 | 18 / 26 | 2 / 5 | 15 / 15 | 16 / 22 | 5 / 5 |
| 操作的 開口 | | | | | | | | |
| | ㉗喜連舎 | ㉘ミニハウス | ㉙T・N-HOUSE | ㉚屋根の家 | ㉛ナチュラルスラッド | ㉜梅林の家 | ㉝風の輪 | ㉞ハヶ岳の別荘 |
| 竣工年 | 1997 | 1998 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2003 | 2004 |
| バス数 | 2 / 3 | 2 / 0 | 3 / 2 | 1 / 12 | 8 / 6 | 63 / 3 | 17 / 20 | 20 / 31 |
| ノード数 | 11 / 2 | 11 / 1 | 8 / 3 | 4 / 5 | 14 / 3 | 35 / 2 | 42 / 8 | 25 / 18 |
| 視線 通過 開口 | | | | | | | | |
| グラフ数 | 5 / 8 | 2 / 2 | 6 / 7 | 1 / 11 | 10 / 16 | 70 / 74 | 17 / 37 | 24 / 45 |
| 操作的 開口 | | | | | | | | |

*視線通過開口時/操作的開口時を示す

る。途中で通過する開口部は、例外として中心を通らなくてもよいものとする。なお、視点場は線分の延長線上にあるもの(図7参照)とし、視線連続グラフ作成の際は視点場を必ず内部空間に設けることとする。これにより抽出される視線連続グラフは(図8)に示す通りであり、必ず左手に視点場がある状態を示している。

3. 対象作品の分析と考察

「視線通過開口」を対象とした場合及び、「視線通過開口」かつ「操作的開口」を対象とした場合のそれぞれで視線連続グラフを抽出し、対象の内部空間に生じる視線的連続性をノード・パス、視線連続グラフの発生状況等により分析する。(表2)は対象作品名と、抽出した視線連続グラフである。

(図9)をみると、グラフ数に対する全ノード数^{注3)}の正の相関性が小さくばらつきが大きい一方、全パス数^{注4)}との正の相関性は大きく、グラフ数に対する全パス数の影響が大きいことがわかる。このことから、開口部の数だけが空間に視線的連続性を及ぼすわけではないこと、開口部の配置が視線連続性に影響を与えることが考えられる。全ノード数とグラフ連続数の平均値の比較を示す(図10)をみると、全ノード数が10~15・20付近で2層に分かれていることから、これらが分類される原因を明らかにすれば、グラフ連続数に影響を与える原因が明らかになる可能性がある。また(図9)と比較するとさらにばらつきが増しており、全ノード数がグラフ連続数の増加に起因していないと考えられる。

(図11)は年代ごとのグラフ形態の割合を表したものである。どの年代も、連続数が2である“2-1”“2-2”“2-3”が半数近くを占めるが、1960年代は9割を超えており、ほとんどを占める。また、1950年代は“2-1”が半数近くを占めており、外部に対する広がり意識していると考えられる。2000年代では内部開口のみで構成された“2-2”“3-2”が高い割合を示しており、内部空間で視線連続性を生む傾向があることがわかる。

さらに見ていくと、26/32作品で全ノード数に対してグラフ数の値が下回ることがわかる。グラフ数が全ノード数を上回る6作品について詳細にみていくと、その半数が都市や住宅地に立地しており、狭小敷地や周囲が住宅に囲まれている環境である。そのことから、開口部を集中的に配置することで効果的に奥行を生んでいると考えられる。また、すべての事例に吹抜けが確認できることから立体的な連続性も大きな効果を生んでいると考えられる。

4. まとめ

今回の分析により、提案する分析方法で得られた

データから全体の傾向や新たなグループ分けが可能になった。今後、グループごとに発生する視線連続グラフのパターンや年代・周辺環境との関連等で分析を重ね、新たな傾向を明らかにしていく。また連続性が小さいと判断された作品の中には、グラフ数は小さいが視線連続グラフの連続数が多い場合もあることから、グラフ数だけでなく連続数の重み付けをした数値での分析が必要である。

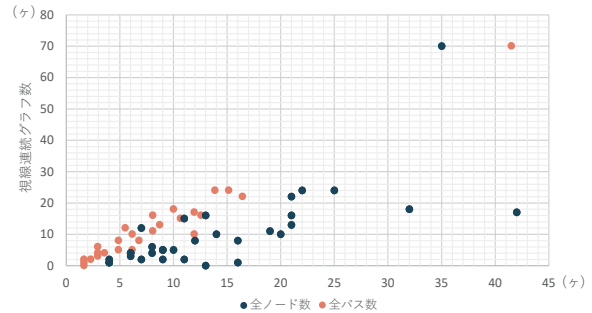


図9 全ノード数・全パス数によるグラフ数の変化

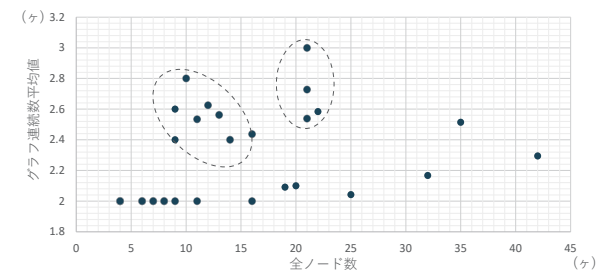


図10 全ノード数とグラフ連続数の関係

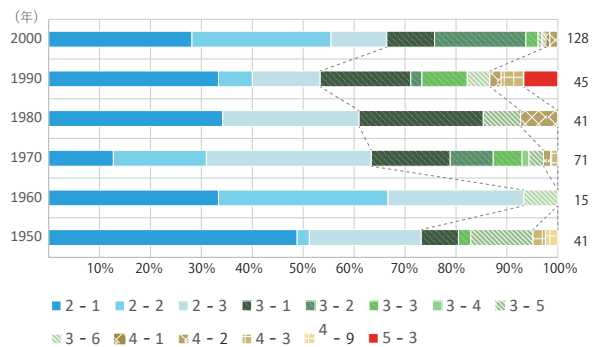


図11 年代別グラフの割合

注釈

- 注1) ベネディクトにより提唱されたある観測地点からの可視領域に含まれるすべての座標地点集合を示す空間特性の評価・分析手法
- 注2) バルコニーや庭といった外部空間や吹抜け空間のような空中に視点場がくる場合のこと。
- 注3) 対象作品がもつ「外部開口」数及び「内部開口」数の合計値
- 注4) 対象作品がもつ「内部通過パス」数及び「外部通過パス」数の合計値

参考文献

- 1) 田中盛志, 八木幸二, 他:「狭小敷地に建つ住宅における視線の広がりから見た内外の関係」, 日本建築学会大会, (2002) pp. 485-486.
- 2) 大川三雄, 加藤純, 他:「「奇跡」と呼ばれた日本の名作住宅」, 株式会社エクスナレッジ, (2021) pp. 6-126.
- 3) 「日本の現代住宅 1985-2005」, TOTO 出版, (2006) pp. 11-415.