

明暗の連続性に基づくルイス・カーンの作品分析

日大生産工（院） ○沖田 紅葉

日大生産工 岩田 伸一郎

1. はじめに

1-1. 研究背景と目的

カーンの建築に対する思索は、独自の文法で言語化され、自然光による美しい建築作品として遺されている。それらは部分的な光の表現にとどまらず、建築全体を通しての光と闇がつくり出す明暗の変化（光から闇へ至る輝きの階調^{注1)}）により魅力的な空間が形成されている。「平面図はルームの共同体です。平面図は光のなかの諸々の空間の構造であるといえます。¹⁾」これはカーンが遺した言葉で実に神秘的で難解であるが、まさにこの輝きの階調を表す言葉のように思う。また、書籍の中で繰り返し用いられていることから、彼の光と建築思想の核心に触れた重要な言葉だと捉えられる。

そこで本研究では、光による美しい建築作品についてルームと光の関係性を空間構造から明らかにするために、ノードとパスという要素を用いて複雑な構造や関係性をモデル化する手法＝グラフ理論^{注1)}を応用して光と空間（ルーム）の接続関係について分析を行い、空間ごとの相対的な明るさ（光）、暗さ（闇）、空間同士での明暗の連続性（光から闇へ至る輝きの階調^{注1)}）について評価する。

1-2. 既往研究と本稿の位置付け

これまでのカーンと光に関する研究では、3Dモデルにより空間の形からカーンの光の採光手法や設計思想を解明しようとするもの²⁾や主要な

作品における自然光制御の手法を分析したもの³⁾等がある。これらの研究は、各開口部の材料や構成に着目した光の変化など部分的な光を分析しているが、本稿では、隣接する空間による影響を考慮した全体での光と空間つながりによる相対的な空間の明るさ、暗さと、明暗の連続性から作品を分析するという点で独自性を持つ。

また、建築分野におけるグラフ理論を用いた研究では、室をノード、動線をパスとして室同士の接続性を分析するスペースシンタックス理論に基づいて空間を定量分析する研究⁴⁾や、開口部をノード、パスを視線として重層的な視線がもたらす空間の広がりや評価した研究⁵⁾等がある。本稿ではこれを発展させ、空間＝roomをノード、光をパスとした光と空間の関係性のモデル化を行い、明暗の連続性から作品を分析、評価する。

2. 研究方法

2-1. 対象建築の選定

本稿では、ルイス・カーン設計のYale Center for British Artの一部を研究対象とし、その対象図面を図1に示す。17つの展示室と1つの吹き抜け空間の計18の空間＝roomについて分析を行うが、それぞれのroom番号は来訪者の動線^{注2)}に合わせて1から順に18まで設定する。room同士を隔てる内壁は可動壁(Pogo)とされているが、カーンの書籍⁶⁾に記載されている平面図をもとに可動壁の位置を決定し、空間を分割した。

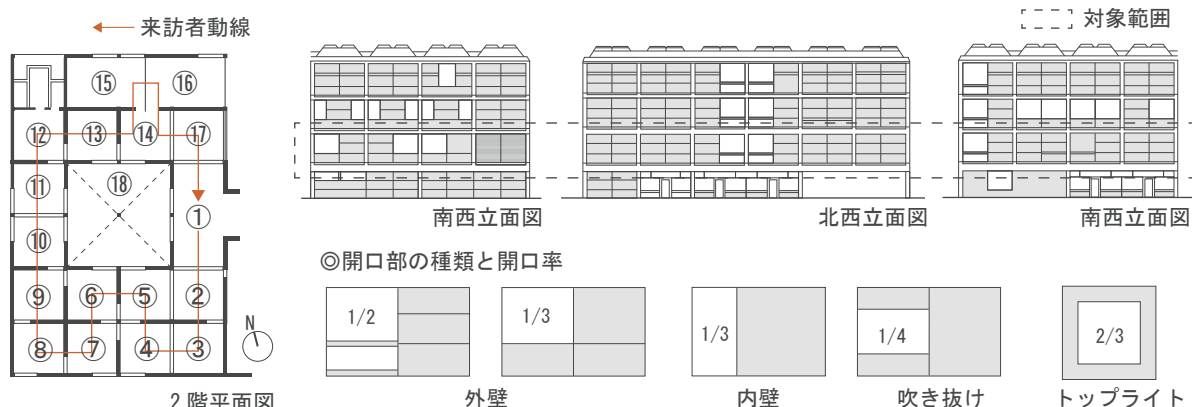


図1 対象建築図面

Analysis of Louis I. Kahn's work based on the continuum of light and dark

Kureha OKITA and Shinichiro IWATA

2-2. 光と空間の接続関係のモデル化

2-2-1. 光空間と闇空間の類別

2-1 で述べた 18 の各 room を「光空間^{注3)}」＝外部に接し、壁面の開口部またはトップライトから直接自然光が入る空間と、「闇空間」＝光空間から間接的に光が入る比較的暗い空間といった 2 つの空間に分類する。光空間と闇空間への分け方について図 2a に簡易的な図面を用いて例を示す。

2-2-2. 光グラフの作成

従来の室をノード、動線をパスとして空間同士の接続性を把握するグラフ理論を応用して、room をノード、光をパスとして光グラフを作成する。(図 2b) パスは光の相対的な強弱から結び、有向グラフとする。各開口部を通る光パスは以下の 3 つに分類する。

- 1) 壁面の開口部、トップライトから入る直接光
- 2) 光に満ちた光空間から入る間接光
- 3) 光空間-光空間、闇空間-闇空間と相対的に同じ明るさの空間をつなぐ無光

2-3. 各 room の評価方法

2-3-1. 光による明暗の評価値の算出

まず、各 room における光による空間の相対的な明暗の評価値を算出する。2-2-2 で作成した room ごとの光グラフを基に図 2c のように光パスに点数をつけ、その空間に入る光パスの点数の合計（以下、光点数）を各 room における光による明暗の評価値とする。光パスは、壁面に対する開口部の割合（開口率）をかけることで、開口部の大きさを考慮した光の評価とする。対象建築で見られる開口部は、図 1 の開口部の種類と開口率に示す通りであり、開口率は 1/2、1/3、1/4、2/3 となっている。このことから、これらの 2、3、4

の最小公倍数である 12 を用いて、壁面の開口部・トップライトから入る直接光を 12 点として基準を設定し、自然光で満ちた光空間から入る間接光はそれに対して 1/2 点、相対的に同じ明るさの空間をつなぐ無光は 0 点とする。また、これは光による空間の相対的な明るさを評価するものであるため、その空間に入る光のみを点数化し、逆向きの光パスについては計算に含まない。

次に、各 room での光点数をもとにそれぞれが接する周りの room との光点数の差異＝明暗差を算出する。

2-3-2. スペースシンタックス理論による平均深度の算出

光による明暗のつながりと、空間＝room 同士のつながりを比較するため、スペースシンタックス理論（SS 理論）と呼ばれる空間構成の解析手法を用いて、その指標の一つである平均深度（Mean Depth）を算出する。スペースシンタックス理論は、1980 年代にロンドン大学の Bill Hiller らによって提唱されたもので、空間同士のつながりを室をノード、動線をパスとしたグラフを用いて分析をするものである。平均深度は、あるノードから他のノードまでの隣接関係に基づき算出され、値が低いほど中心的な特性、高いほど奥まった特性を持つ空間であることを示す。

2-4. 明暗の連続性の評価方法

明暗の連続性については、明－明、暗－暗、明－暗、暗－明の 4 パターンが考えられるが、本稿では隣接する room 間の部分と全体で明暗の連続性に着目した空間の評価を行う。部分的な評価は、room 間の明暗差と room ごとの明暗差の合計から room 間での明暗の変動を考察する。全体的な評価は、順路上での明暗の切り替え回数や明暗差から来訪者の動線における明暗の変動を考察する。

3. 各 room の相対的明暗の評価

3-1. 各 room の明暗

図 4 に各 room の光パス、光点数、明暗差を記載した光と空間の接続関係モデルを示す。以降このモデルをもとに作成したグラフを用いて評価、考察を行う。図 5 の各 room の光点数のグラフより、一番光点数が高かったのは 8 点の room10、11、18 で、反対に一番低かったのは 0 点の room2 と 17 であった。room10、11 は外部と接しつつ自然光に包まれた吹き抜けからの光が入ることから、room18 はトップライトの開口率が他の開口部と比べて高かったことで光点数が高くなったと考えられる。一方で、最低点の room2、17 は、隣接する room がすべて闇空間で相対的に同じ暗さの空間であった事が要因であると考えられる。

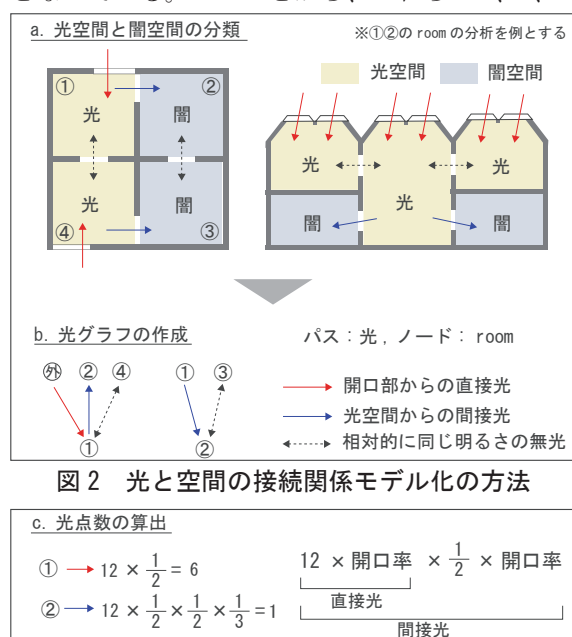


図 2 光と空間の接続関係モデル化の方法

図 3 光点数（明暗の評価値）の付け方

また、全体での光点数の平均値は3.83点であり、この値を今回の対象における相対的な明暗を評価する指標とすると、この値より高い数値となったroomは明るい空間、低い数値となったroomは暗い空間と評価できる。したがって、room4, 7, 8, 10, 11, 15, 18は相対的に明るく、room1, 2, 3, 5, 6, 9, 12, 13, 14, 16, 17は暗いとわかる。この結果を2-2-1で光空間と闇空間と分けた時の結果と比べると、room15のみが異なっていた。これは外部に接し直接光が入る空間であるため光空間として分類していたが、開口率が低く光があまり入らないことに加え、開口部を通して隣接する空間が闇空間であったと考えられる。

3-2. 明暗と平均深度との比較

各roomにおける明暗と平均深度の関係を図5に示す。両者にはっきりとした相関は見られな

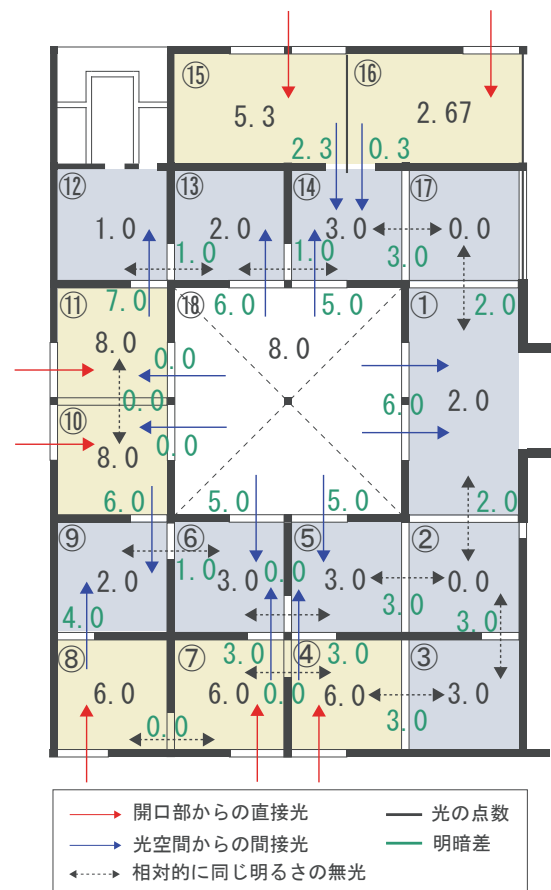


図4 光と空間の接続関係モデル

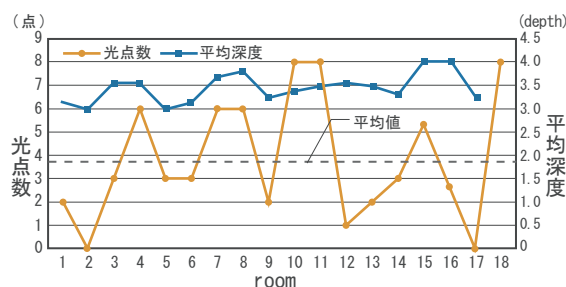


図5 各roomの相対的明暗と接続性

いが、room4, 7, 8, 15など光点数が平均値より高く相対的に明るい空間は平均深度の値が大きく、room2, 5, 9, 17など光点数が平均値より低く相対的に暗い空間は平均深度の値が低くなっているといった傾向がやや見られる。平均深度の値は、低いほど中心的な特性、反対に高いほど奥まった特性を持つことから、明るい空間は奥まった特性を、暗い空間は中心的な特性を持っていると言える。これは、外部と接し自然光が入る光空間が外側に、闇空間が内側に配置されているといった空間の配置構成によるものだと考えられる。

4. 明暗の連続性に着目した評価

4-1. room間の明暗の変動

4-1-1. room間の明暗差

明暗の連続性に着目した部分的な評価としてroom間の明暗差について分析を行った。明暗差ごとの隣接する2つのroomの組み合わせを表1に示す。一番明暗差が大きかったのは7.0のroom11-12で、明暗差がなかったのはroom4-7, 5-6, 10-18, 11-18であった。room11-12は、外部と接しつつ自然光に包まれた吹き抜けからの光が入る空間と外部や吹き抜けと接しない隅に位置する空間とが接する部分であることから、明暗差が大きくなったとわかる。room4-7, 5-6, 10-18, 11-18については、開口部の数や開口率、周囲との光における接続関係が同じであるため明暗に差が生まれなかったとわかる。

また、明暗差の大きいroomの組み合わせを見ると、room18と接続関係にあるものが多いことが読み取れる。これは、光点数が高くとても明るい吹き抜け空間が、周囲にある多数の暗い空間と接続関係にあるためであると考えられる。

4-1-2. 各roomにおける明暗差の合計

同じく明暗の連続性に着目した部分的な評価として各roomでの明暗差の合計について分析を行った。図6に各roomでの明暗差の合計とそれを開口部の数で割った明暗差の平均について示す。明暗差の合計は、room18, 14, 9, 5と順に点数

表1 room間の明暗差

明暗の差	組み合わせ (room-room)
7.0	⑪-⑫
6.0	①-⑱, ⑨-⑩, ⑬-⑱
5.0	⑤-⑱, ⑥-⑱, ⑭-⑱
4.0	⑧-⑨
3.0	②-③, ②-⑤, ③-④, ④-⑤, ⑥-⑦, ⑭-⑰
2.3	⑭-⑮
2.0	①-②, ①-⑰
1.0	⑥-⑨, ⑫-⑬, ⑬-⑭
0.3	⑭-⑮
0.0	④-⑦, ⑤-⑥, ⑦-⑧, ⑩-⑪, ⑩-⑱, ⑪-⑱

が高かった。明暗差の合計と平均を比較すると、room18, 5, 14 のように合計は高いが平均は低いといった合計と平均に差が見られた room があつた。これらは、開口部の数が多いことで接している room からそれぞれ影響を受けているまたは影響を与えていることで明暗差が大きくなっていたことがわかる。

次に明暗差の合計が一番高かった room18 について考察する。図5の光点数で一番点数が高かった8点の room10, 11, 18 において、明暗差の合計では room10, 11 は低い値となっている。このことから、同じ明るさという評価でも隣接する空間との明暗差の合計が大きいほど、その空間は象徴性を持つと言える。つまり、room18 は今回の対象プランにおいて「光の中心」のような空間になっていると考えられる。一般に、中央に吹き抜けのある建物は吹き抜けに対して開いたデザインが多いが、この建物は適度に壁を設けることで明暗差が生まれ、吹き抜けが象徴的なデザインとなっているとわかる。

4-2. 来訪者の動線における明暗の変動

明暗の連続性に着目した全体的な評価として、来訪者の動線における明暗の変化について分析を行った。図5の各 room の光点数を動線との関係性に着目して見て見ると、光点数の平均値のライン（平均軸）に対して正をとる明るい空間と負をとる暗い空間が交互に現れ、明暗のリズムが生まれていることがわかる。平均軸と接する明暗の切り替え回数は、room3-4, 4-5, 6-7, 8-9, 9-10, 11-12, 14-15, 15-16, 17-18 と9回あり、それぞれ明るい空間から暗い空間へ、暗い空間から明るい空間へ移っていくことわかる。グラフの傾きに注目してみると、傾きが大きい＝明暗の差が大きいのは room11-12 で、傾きが小さい＝差が小さいのは room5-6 であることが見てとれる。

また、room9 を境としてグラフの左右（動線での前後）では、振り幅は異なるが線対称のようなグラフとなっている事がわかる。このことから、動線的に見ると対称性のある明暗のつながりとなっていると考えられ、room1 から右回り、左回りのどちらの順路でも同じような明暗の連続性を感じられると言える。

5. 評価手法の妥当性

実際の建物の内観写真を図7に示す。これは room8 からみた写真であるが、写真の手前と奥に見える room9-10、写真の手前と右に見える room9-6 の明暗の連続性について結果と比較する。明暗差が6.0であった room9-10 は光と闇の境界が明確でコントラストが生まれている一方

で、明暗差が1.0であった room9-6 は、境界が曖昧で空間がなめらかにつながるといった2つの明暗の連続性が写真から確認できた。このことから、本稿の光と空間の接続関係のモデル化、評価手法は、光による明暗の連続性を分析する上で有効な手段だと言える。また、今回はケーススタディとしてプランの一部のみを対象としたが、今後は、これらの手法を用いてカーンの作品分析を行い、それぞれの作品を比較していく。

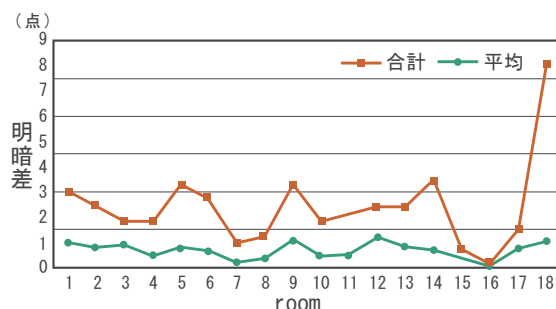


図6 各 room の明暗差の合計と平均

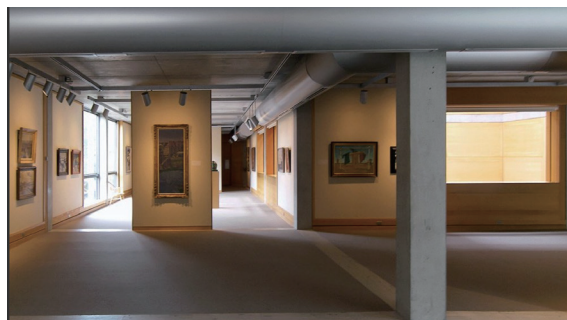


図7 room8 からみた内観写真

注釈

- 注1) 建築論集 pp197 より、カーンが空間の調性の一つとして挙げたもの。
 注2) 来訪者の動線は複数パターンが考えられる空間構成になっているが、今回は一筆書きのように右回りの順路を仮定している。
 注3) 実際に内部に入る光は、方位・季節・時間によって変化するが、本稿では同じ光空間として扱う。

参考文献

- 1) ルイス・カーン、前田忠直 編訳、「ルイス・カーン建築論集」、鹿島出版社、1992、pp16
- 2) 「The Tectonic Thinking and Strategies in Louis I. Kahn's Art Museums」International Journal of Architectural Engineering Technology, 2016, pp37-51
- 3) ウルス・ビュッティカー、富岡義人・熊谷逸子 共訳、「ルイス・カーン 光と空間」、鹿島出版会、2006
- 4) 三島甲斐、阿部浩和「現代に見られる自由鑑賞経路の美術館に対するスペースシンタックス理論に基づく空間定量分析に関する研究」日本建築学会大会（近畿）学術公演会・建築デザイン発表会、2023、
- 5) 堀内那央、岩田伸一郎、「開口部の重層性に基づく住空間の視覚的広がりモデル化と評価」、日本建築学会建築系論文集、2023、Vol. 88, No. 810, pp2293-2301
- 6) Heinz Ronner, Sharad Jhaveri, Louis I. Kahn, Complete Work 1935-1974 BIRKHAUSER, 1977
- 7) archi web, 「Yale Center for British Art」, <https://www.archiweb.cz/en/b/centrum-anglickeho-umeni-yale-university/> (参照 2024-10-13)