

木造学校建築における教室および隣接オープンスペースの空間分析に基づく設計論

—多変量解析に基づく類型化・空間評価、ならびに設計への応用—

建築学専攻
プロジェクトデザイン研究

MJ24007 小林 翔こばやし かける
指導教員 山代 悟

序論

1.1 研究背景（木造と教育をまとめる）

平成 22 年の木材利用促進法以降、学校施設における木材利用は制度的に後押しされ、近年は脱炭素化や技術進展を背景に整備が進み、木材利用は一般化しつつある。（表 1. 参照）^{1) 2)} 一方、ICT 活用と学習形態の多様化を前提に「個別最適な学び」と「協働的な学び」の一体的充実が求められる。³⁾ しかし、木造躯体が生む空間特性と学習環境（CR+OS）の成立条件を、同一の数量枠組みで比較・評価し、設計判断へ接続する整理手法は十分ではない。^{1) 2)}

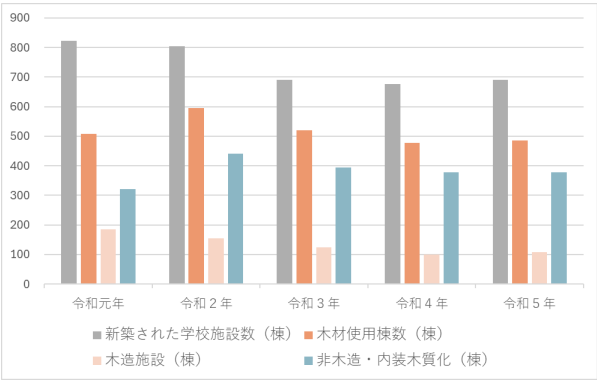


表 1. 学校施設の木材使用量

※公立の幼稚園、小学校、中学校、義務教育学校、高等学校、中等教育学校及び特別支援学校の合計

1.2 研究目的

本研究は、教室（以下 CR）と CR に接する領域をオープンスペース（以下 OS）として扱い、躯体が生む空間特性を再現可能な計測規約に基づく proxy（代理指標）として定義し、数量データの多変量解析により類型化する。そして、分析を基に木造空間と教育空間を一体的に考え設計を行うための手法を模索する。

第2章 仮説

学年段階により学びの形と空間の読み取り方は変化する。その差異を CR と OS が果たす役割や空間条件として仮説化し、その分析を通じて妥当性を検討する。本仮説は文献調査に基づく。^{4) 5)}

2.1 低学年

集団規律と集団行動の獲得を目指し、教員が見守りやすく行動が相互に可視となる「見通し」の高い空間が求められる。

2.2 中学年

友人集団が固まり拠点化が進むため、包まれの輪郭を持ちつつ排他性を抑える“抜け”を併せ持つこと、4～6 人程度の小集団が安定する場の単位が複数成立することが望ましい。

2.3 高学年

役割分担を伴う協働が増えるため、集まる／分かれる／統合を反復できる再編成可能性と、関係の濃淡を段階的に切り替えられる構成が求められる。

第3章 分析対象・分析手法

3.1 分析対象事例

対象は新建築データベース掲載事例のうち主要構造（柱・梁および屋根・壁・床）に木材が使用され、平面図・断面図が掲載されている 41 事例と、比較として RC 造 1 事例を加えた計 42 事例とする。各事例で CR+OS を抽出した 3D モデルを作成し、柱本数や面積等の数量データを取得する。

3.2 分析手法

3D モデルから面積・体積・部材数（柱・梁・壁・床等）や開口長等を統一基準で算出し、境界で切断される部材は 0.5 倍で計上する。得られた proxy 群を用い、(1)4 軸スコア化 → (2)PCA で主要変動を抽出 → (3)主成分得点に基づくクラスタ分析（Ward 法）で類型化する。^{6) 7)}

3.3 分析軸

CR と OS の関係、および木造躯体の現れ方が教育空間の成立に与える影響を整理するため、4 つの分析軸を設定する。各軸は、3D モデルから算出した数量（面積・体積・部材数・開口・可視等）を proxy として構成する。

3.3.1 軸① P/R（見通し／包まれ）

CR から見て OS が見守りやすい「見通し」側か、隠れる「包まれ」側かを表す。可視性・開口に関わる proxy と、遮蔽・囲われに関わる proxy で評価する。

3.3.2 軸② S/C（分節／連続）

CR+OS が一体的に連続するか、境界が明確で分節されるなどの接続の強さ・境界の切替に関わる proxy を用いる。

3.3.3 軸③ G/F（粗粒度／細粒度）

構造要素が空間を細かく刻むか、大きく保つかを表す。密度・粒度に関わる proxy を用いる。

3.3.4 軸④ E/N（エッジ／ニュートラル）

OS 内で活動の起点となる“縁”を多く持つか、均質で条件が弱いかを表す。形態分割・境界条件の豊富さに関わる proxy を用いる。

各軸の proxy は、それぞれ 4 軸と関係があるという仮説のもと、着目した数値であり、proxy 事態に重みづけなどの操作は行わないものとする。

第4章 分析結果

本研究では、木造学校の CR+OS を対象に設定した proxy 群を標準化し、主成分分析（PCA）によって事例間の主要な変動構造を抽出した。PC1～PC6 の累積寄与率は 66.34%、PC1～PC10 で 80.68%に達した。すなわち、本データセットは上位 10 主成分によって概ね要約可能であり、以降の分析（類型化・設計転用）に必要な変動を、少数の軸で扱えることが示唆される。

抽出された主成分の解釈として、PC1 は面積・体積など「総量」に関わる proxy の負荷が強調される。具体的には、総体積（vol_total_m3）、躯体体積（struct_vol_total_m3）、総面積（area_total_m2）、非木材体積（vol_other_total_m3）などが高い負荷を示し、まず「規模（総量）」が事例の全体像を規定した上で、次の主成分群が空間特性の差異を分節していく階層構造が読み取れる。

一方、PC2 は木材の割合・寄与に関わる proxy と、空間の粗密（とくに粗粒度側）を表す指標が同時に強く関与する成分として現れた。具体的には、木材比率（総量）（wood_ratio_total）、木材寄与（S/C）（wood_contrib_sc）、木材寄与（wood_contrib_en）、木材寄与（wood_contrib_gf）に加え、G（粗粒度）割合や粗粒度指標（Gross_proxy）がまとまって効いている。これは、木材の効き方が単独で空間特性を決める要素でもあり、特に、軸③の構造要素の粗密（粗粒度／細粒度）に関わる変動と結びつきやすいことを示唆する。

第5章 設計への応用

本章では、私の直感評価と proxy を同一の%尺度として比較し、42 事例における差異を整理した。

比較の結果、数値の一致は限定的で、MAE=25.31pt、±10pt 一致=22.92%、4 文字タイプ一致は 30.95%であった。一方、方向（P 側か R 側か）の軸によって収束度が異なり、E/N（約 76%）と P/R（約 71%）は比較的整合するが、G/F（約 55%）は整合が弱い。

以上より、4 軸の方向性を示すうえである程度の信憑性があると考えられる。

用語	説明（整理用の定義）	用語	説明（整理用の定義）
木材比率 (wood_ratio_total)	総躯体量（例：体積）に占める木材量の割合。材料の“木造らしさ”を表す指標。	主成分分析 (PCA)	多数の指標の共変動を少数の合成軸に圧縮し、主要な変動構造を抽出する手法。
RC 連続	鉄筋コンクリート造。比較対象として加えた非木造の構造形式。	主成分 (PC)	PCA で得られる合成軸 (PC1, PC2...)。分散が大きい順に並ぶ。
3D モデル	図面情報から CR+OS 領域を立体化し、面積・体積・形状数などを算出するためのモデル。	寄与率	各主成分がデータの分散をどれだけ説明するかを示す割合。
数量データ	面積・体積・躯体数・開口数など、統一基準で計測した定量化。	累積寄与率	上位の主成分を足し合わせた説明率。データがどこまで要約できるかの目安。
proxy (代理指標)	直接測れない概念（見通し等）を、計測可能な数量で代替して表す指標。	負荷量 (loading)	proxy が各 PC にどれだけ寄与するか（大きさ・方向）を示す係数。
標準化	指標の尺度差を揃ため平均・分散 1 などに変換して比較可能にする処理。	主成分得点	各事例が各 PC 上でどの位置にあるかを示す値（座標）。
4 軸	CR+OS の E・N・G・F の 4 観点で空間特性を整理する分析枠組み。	クラスタ分析	距離に基づき事例を群分けし、類型（タイプ）を抽出する手法。
4 軸スコア化	proxy 群を統合して、各事例を 4 軸の数値（スコア）として表現すること。	Ward 法	クラスタ内分散の増加が最小になるよう段階的に統合する階層クラスタ法。
P/R (見通し／包まれ)	可視性・開口による見守りやすさと、遮蔽・囲われによる隠れやすさの対比軸。	類型化 (タイプ化)	クラスタ分析により得られるグループに基づき、事例群をタイプとして整理すること。
S/C (分節／連続)	CR+OS の接続の強さ、境界の切替・切れ目の有無を表す対比軸。	MAE (平均絶対誤差)	2 つの % データの差の絶対値平均。数値一致の程度を表す指標。
G/F (粗粒度／細粒度)	構造要素の粗密や刻み方により、空間が欠く保たれるか細かく分かれるかを表す対比軸。	一致率 (±10pt 一致など)	各事例の proxy 値 (例: ±10pt) に収まる割合。数値の近さの指標。
E/N (エッジ／ニュートラル)	活動の起点となる縁・境界条件の豊富さ（エッジ）と、均質さ（ニュートラル）の対比軸。	信憑性 (本研究での扱い)	同一尺度として扱える場合／方向一致など、比較結果の妥当な使い方の範囲。

図 1. 用語解説

第6章 まとめ

本研究は CR+OS の proxy を PCA・クラスタで整理し、設計判断に接続する枠組みを示した。一方、家具等が未反映であることや 42 事例に限定されていること、主観比較が筆者単独という問題がある。今後は観察・複数評価者による感覚量の定量化・proxy 再設計等の調整を行い、設計論としての妥当性を高める。

参考文献

1) 林野庁:公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律の一部を改正する法律概要, 令和 7 年 7 月 30 日
2) 文部科学省:公立学校施設における木材利用状況調査, 令和 7 年 1 月 1 4 日
3) 教育環境研究所長澤悟:創造的な学びの場の実現へ向けて, 2022 年 2 月 9 日
4) ロジャー・M・ダウズ, ダビッド ステア (著) 曾田 忠宏 (翻訳): 環境の空間的イメージ-イメージ・マップと空間認知 -, 1976 年 7 月 20 日
5) 日本大学大学院総合社会情報研究科 杉本 任士: 児童期における社会性の発達と規範意識の形成, 日本大学大学院総合社会情報研究科紀要 No. 16, 167-176 (2015)
6) 金沢将, 坂牛卓, 大村 聡一郎: 平面構成と開口部を通した篠原一男の住宅作品の特徴の変遷 (その 1) - 篠原一男の住宅作品の平面構成と視的要素から見た内部開口部に関する分析 -, 日本建築学会計画系論文集 第 88 巻 第 807 号, 1816-1827, 2023 年 5 月
7) 日本建築学会:建築都市計画のための調査分析手法[改訂版], 2023 年 3 月 30 日