

深層学習による可視領域の内外判別を用いた空間評価のための基礎的研究

正会員 ○ 安田 溪*
 同 三浦 研**

可視領域 視深度ベクトル 内外判別
 深層学習 空間評価 ニューラルネットワーク

1. 研究の背景と目的

建築の内・外や共有部・専有部を出入りするとき、内か外かという感覚は繊細にうつろう。そのような内外の印象を平面図上に記述できれば、ある空間では内と外が織り交ざっていることが示せるのではないだろうか。そこで、空間形態から内部と外部を判定したい。

本研究では、建築空間の可視領域を入力とした多層ニューラルネットワークによる内外の判別機を構築し、その判別機を用いて緩衝領域の評価を行うことを目的とする。

内外の境界を定量的に評価し可視化できれば、熟練した設計者によって設計されてきた繊細な内外緩衝領域を評価してこれから設計に活かすことや、さらに内部と外部のあいまいさや多様性を目的関数にした空間形態最適化に発展させることも考えられる。

2. 研究に用いる手法

2.1. 可視領域

可視領域とは空間内における視点から見たときに見える領域である (Fig.1a)。ここではのちにニューラルネットワークに入力するために、可視領域を視深度 [1] (可視長) のベクトルとして表現する。例えば、半径 1 の円形の空間の中心からこの空間を見た場合、可視領域の視深度ベクトルは [1,1,1,...,1] と表現できる。

2.2. ニューラルネットワークによる判別機

ニューラルネットワークとは脳神経を模した数理モデルである。例えば、手書きのアラビア数字 0~9 が描画された画像を入力し、その画像が 0~9 どれであるか判別するようなニューラルネットワークを機械学習により得ることができる。本研究では、このように判別機としてニューラルネットワークを用いる [2]。この場合、入力が可視領域であり、出力が内か外かである (Fig.1bcd)。

3. 実験

3.1. 空間モデルの設計と空間の生成

モデルの学習に用いる空間は Fig.2 のようにいくつか

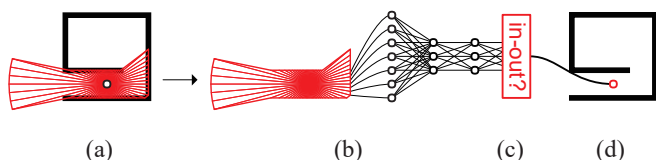


Fig.1 (a) 空間の可視領域を計量。(b) 可視領域情報をニューラルネットワークの入力として抽出。(c) 多層ニューラルネットワークで内外判別機を構築。(d) 内外情報で空間を評価。

のパラメーターを設定して生成した。空間は部屋とその残余によって内部と外部に分割した。部屋の中は内部であり、残余空間を外部とした。

部屋については基準は縦横寸法 1 の正方形とした。この部屋を変形の有無で分けた。変形は回転と拡大縮小を両方適用したものからなる。もし部屋同士が重なることがあれば結合した。

部屋の配置については、グリッド配置とランダム配置の二通りを行った。まず 1 辺が 10 の正方形領域を視点置く視点生成域とし、1 辺が 20 の正方形領域を部屋が生成する部屋生成域とした。グリッド配置については、部屋生成域を縦横 10 分割し、その交点となる $11^2=121$ および $15^2=225$ の点を中心として部屋を生成した。ランダム配置は部屋生成域内を一様分布乱数によりグリッド配置と同数の 121, 225 の点を配置し、同様に部屋を生成した。

したがって、空間モデルは、Table 1 のように部屋の変形の有無 (t-n) と配置のグリッドかランダムか (G-R) によって 4 タイプ設計した。このそれぞれのモデルの乱数パラメータを動かすことによって、それぞれ 100 通りの空間を生成した。

3.2. 視点の配置を可視領域の計算

ひとつの空間に対して、 10×10 の視点生成域に点を一様分布乱数によって 100 点配置した。したがってひとつの空間モデルに対しては 10000 点の視点を配置したことになる。

視深度ベクトルを生成するには、視点座標の他に分割

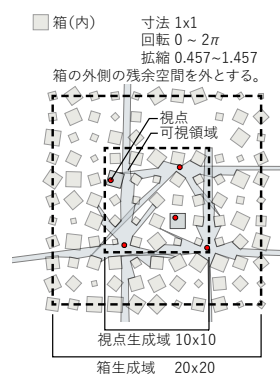


Fig.2 空間モデルの生成方法。視点生成域より部屋 (箱) 生成域を大きくとることで、末端が特殊なることを防いでいる。

Table 1 空間モデル (121 部屋) の生成例。変形や配置の量はランダムによって与えて Gn タイプ以外は 100 通り生成している。

	グリッド G	ランダム R
変形なし n	Gn	Rn
変形あり t	Gt	Rt

数・開始ベクトル・最大長を設定する必要がある。分割数については128分割とした。開始ベクトルとはすなわち頭の向きであるが、これは0から 2π ラジアンまでの一様分布乱数で定めた。空間の方位・方向性を考慮せずに内外を判別したいがためである。最大長は部屋生成域より十分に大きい100とした。

これらによって、ひとつの空間モデルに対して10000の128次元視深度ベクトルを得ることができた。

3.3. 視深度の正規化

ここで、視深度を正規化することを考える。何故ならば、部屋が1辺1の正方形からなるように比較的小さい長さが判別をするに当たって重要であると考えられるが、障害物に当たらない場合は距離が100となり、このような大きい量に結果が左右されやすくなる。視深度の1と2の差は重要であるが、30と31の差は比較的問題とならないことが、実際の人間の空間認知からも想像できる。そこで、距離が0のときに1、距離が無限大のときに0をとるように以下の数式によって視深度を正規化する。xを視深度、yを正規化したものとする。

$$y = \frac{2}{\pi} \arctan \frac{1}{2x}$$

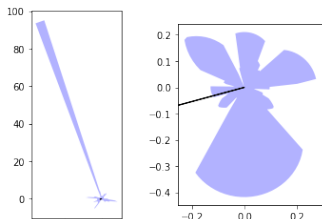


Fig.3 視深度(可視長)の正規化。左の正規化前の可視領域では障害物に当たらない部分が目立つが、右の正規化後のものは距離の近い部分が強調される。正規化の式の意味は、長さ1の直線の中心を垂直にx離れて見たときに占める直線の角度であり、定義域が0から1になるよう調整している。

3.4. データの分割と拡張

データセット(入力と正解のセット)を学習・検証・テストに8:1:1に分割した。その上で判別精度をより高めるために、学習データセットに対してデータ拡張を行った。128次元の視深度ベクトルは、これを1から128ずらして開始ベクトルを回転させても、空間の内外判定は変わらないことから、元の8000の配列からランダムに選択し、それを1から128のうちでランダムにずらすことでデータを増やした。ここでは合計で10倍に増やし、80000のデータセットを得た。

3.5. ニューラルネットワークのモデルの定義と学習

ここではニューラルネットワークのモデルは畳み込み層を用いたもので画像判別で高い精度をもつAlexNetを基にして定義した。視深度ベクトルが1次元であるため、畳み込みフィルターも1次元になるように調整している。

学習・検証データセットを用いて、エポック数最大200まで学習を行い、精度および損失のグラフから過学習が少なく十分と判断したところまでで学習エポックを設定した。またそれぞれの判別機でテストデータに対する精度を測定した。各空間モデルの検証・テストデータに対する精度は以下のTable 2の通り。

Table 2 各空間モデルの判別機の学習後の精度。

空間モデル	121 部屋		225 部屋	
	検証	テスト	検証	テスト
Gn	1.0	1.0	1.0	1.0
Gt	1.0	1.0	0.970	0.977
Rn	1.0	1.0	0.964	0.951
Rt	0.980	0.991	0.943	0.949

3.6. 判別機の誤判別

判別機のテストデータで誤判別する場所を分析する。まず、121部屋のGn、Gt、Rnに関しては、誤判別がない(Fig.4)。これらは、箱同士が重なって新たな広い箱になることがないため、内部が正方形で均一であり、外部は囲まれた場所がない。すなわち内部と外部を間違えようがなく、あいまいではない空間であるといえる。

121部屋のRtに関しては、部屋が重なってつながる内のみ外と誤判別していた。

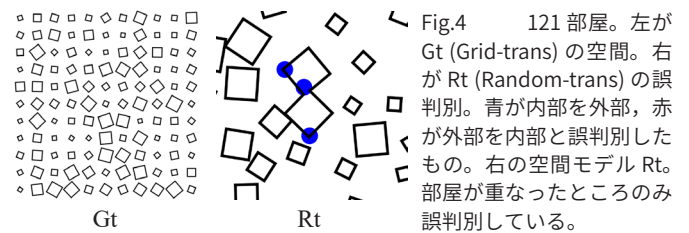


Fig.4 121 部屋。左が Gt (Grid-trans) の空間。右が Rt (Random-trans) の誤判別。青が内部を外部、赤が外部を内部と誤判別したもの。右の空間モデル Rt。部屋が重なったところのみ誤判別している。

また225部屋の空間モデルでは(Fig.5)、Gt以外では誤判別する地点が存在し、外部と内部はほぼ同じ比率で誤判別していた。囲まれた外部を内部と誤判別し、つながって広がりをもった部屋の内部を外部と誤判別していることがわかる。

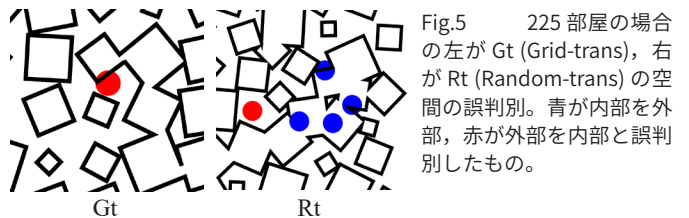


Fig.5 225 部屋の場合の左が Gt (Grid-trans)、右が Rt (Random-trans) の空間の誤判別。青が内部を外部、赤が外部を内部と誤判別したもの。

4. 議論・結論

内部と外部の判別機を用いることで、空間の内部的な外部と外部的な内部を可視化し、内外の織り交ざりかたを評価する基礎的研究を示した。

謝辞

この研究は公益財団法人大林財団の助成によって遂行された。

参考文献

[1] 早瀬幸彦, 田中理嗣, 近藤正一, 若山 滋:「視深度」による建築平面記述・評価の研究, 日本建築学会計画系論文報告集, vol.484, pp.123-128, 1996
 [2] 安田溪, 三浦研:ニューラルネットワークによる空間の可視領域の判別, 第40回情報・システム・利用・技術シンポジウム 2017, 2017.12

* 京都大学大学院工学研究科建築学専攻 研究員・修士(工学)

** 京都大学大学院工学研究科建築学専攻 教授・博士(工学)

* Researcher, Dept. of Architecture, Kyoto Univ., M. Eng.

** Prof., Dept. of Architecture, Kyoto Univ., Dr. Eng.