

限定空間内の群集密度と個体専有面積分布との関係に関する検討

正会員 渡辺 祥史 *1 同 三上 喜隆 *2
 同 久保田 一弘 *3 同 矢島 規雄 *4
 同 直井 英雄 *5

個体専有面積 個体距離 パーソナルスペース
 ポロノイ分割 群集密度

研究目的

本研究は、空間面積の大きさと人間の密度との関係の中に、個体専有面積のばらつきの要素を組み入れる計画手法の実現を目標に、この一過程として、昨年までの実験データをもとに、個体専有面積のポアソン分布への適合性を検討した。なお、昨年までの研究では、主として個体距離(図1-1)に着目してきたが、上記の目的のためには、個体専有面積での分析が妥当であると考え、また、分布として昨年度まで考えていた対数正規分布よりも、事象の性格および計画手法としての扱いの便利さなどからポアソン分布のほうが妥当と判断した。すなわち、ポアソン分布は平均値(ポアソン定数)のみで決定される分布であり、密度の逆数を平均値としたポアソン分布を用いることで、個体専有面積の分布が決まるため、計画手法としてきわめて都合が良い。

検討方法

(1) 個体専有面積の定義

他のどの人よりも自分に近い領域をポロノイ分割により求め、得られた面積を個体専有面積と定義した(図1-2)。

(2) 原点の移動

人には嵩があるため、個体専有面積が0になることはない。より妥当な適合検定をおこなうためにはこのことを考慮する必要があり、便宜的にデータから0.1 m²毎に0~0.4 m²の間で原点を移動させ、その時にマイナスとなる値の度数を原点の度数に移した上で、最も適合性の高い条件を探ろうとした。

(3) 区間の設定

実験データをもとに数種の区間で分布形状を確認した結果、区間0.1 m²に設定するのが妥当であると判断した。

(4) ポアソン分布適合度検定

ポアソン分布の確率関数は次式で表される。

$$P(n;\lambda) = \frac{\lambda^n}{n!} e^{-\lambda} \quad (\lambda > 0 \quad n=0,1,2,3 \dots)$$

P: 有意確率 : 平均値(ポアソン定数)

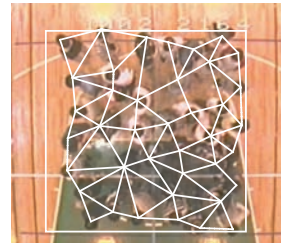
e: 自然対数の底(2.71828...) n: 検出数

適合度の検定は通常の検定方法によった。

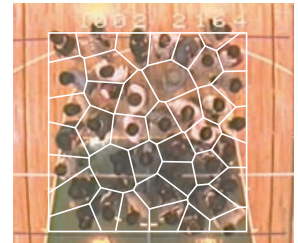
検討結果及び考察

(1) 原点の移動による適合性への影響

検定の結果を表-1に示す。なお、本研究では有意水準



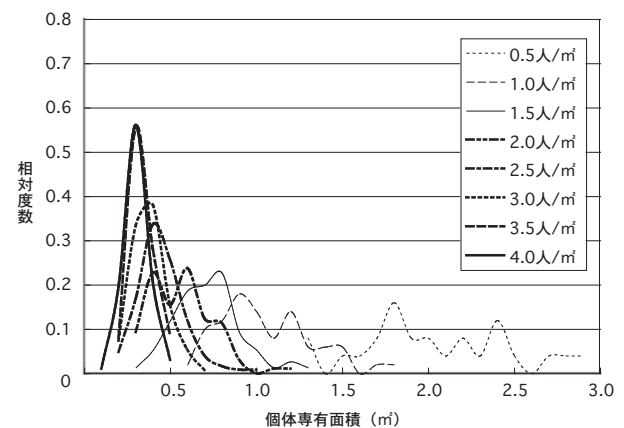
▲図 1-1 個体距離



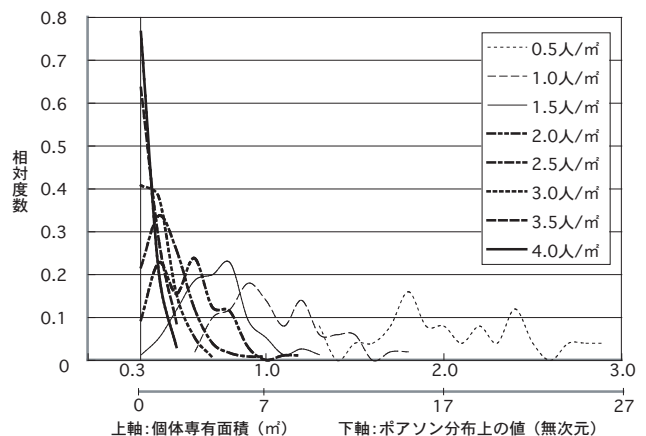
▲図 1-2 個体専有面積

▼表-1 密度と原点移動による適合性の有意確率

	原点移動 (m)					適合	
	0	0.1	0.2	0.3	0.4		
密度 (人/ m ²)	0.5	0.859	0.869	0.877	0.880	0.880	
	1.0	0.595	0.712	0.748	0.815	0.784	
	1.5	0.124	0.282	0.556	0.851	0.792	
	2.0	0.014	0.059	0.284	0.312	0.000	
	2.5	0.000	0.001	0.179	0.883	0.015	
	3.0	0.000	0.000	0.001	0.872	0.014	
	3.5	0.000	0.000	0.000	0.209	検定不可	
	4.0	0.000	0.000	0.000	0.939	検定不可	



▲図-2 実験値による個体専有面積分布(原点移動無し)



▲図-3 実験値による個体専有面積分布(原点移動有り)

A study on relation of crowd density and distribution of personal area in limited space

WATANABE Yoshifumi et al.

を0.05とし、有意確率 > 0.05 となったものをポアソン分布に適合しているものとした(太枠部)。これによると、原点0 ~ 0.3 m²に近づくにつれ適合度が増え、原点移動0.3 m²の時に全ての密度で適合した。さらに0.4 m²まで原点移動すると適合度が減っている。従って最も適合した条件は原点移動0.3 m²の時である。

(2) 実験値の分布と得られたポアソン分布との比較

図-2は実験密度毎の個体専有面積分布、原点移動無しの分布であり、(1)より最も適合した条件である原点移動0.3 m²の分布が図-3である。図-4は原点移動0.3 m²の時の実験値を近似したポアソン分布である。図-5は密度の逆数より求めた平均値(ポアソン定数)から理論ポアソン分布を導いたが、密度4.0と3.5人/m²は、原点移動したことで > 0 を満たさず、従ってこの密度の分布は得られない。

図-2と図-3を比べると、原点移動したことにより相対度数のピークの差が密度が高いほど大きく、密度4.0人/m²の時に約0.2と最大であることが分かる。図-3と図-4を比べると、かなり近似した分布状況であり、分布形状においても原点移動したことにより実測値と理論値が近似することが分かる。図-4と図-5を密度毎の平均値(ポアソン定数)で比較すると(表-2)、密度2.0人/m²の時に差が最大となるが、その差が微小であるため、図-4の分布のかわりに図-5の分布を用いても、通常の建築計画の精度のもとでは差しつかえないものと判断した。

ケーススタディー

ケーススタディーとして以下の2つの設問の解を求めてみた。なお、図-6は図-5の上側累積である。

[設問1] 床面積100 m²に120人収容する設計を行った時(密度1.2人/m²) 個体専有面積0.6 m²を何%の人が確保できるか。

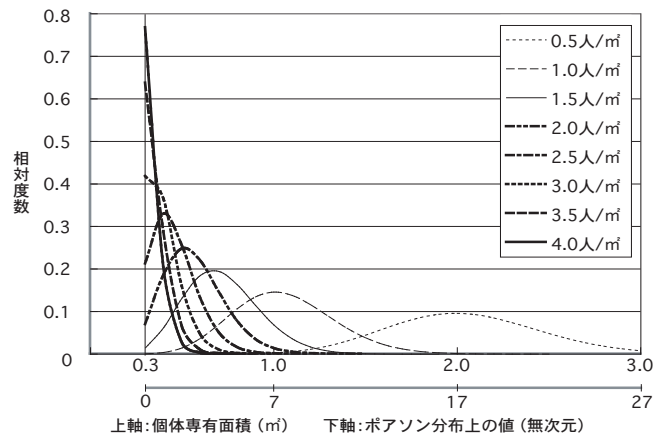
[解] 密度の逆数を求めると、個体専有面積0.83 m²/人、図-6より、ポアソン分布上の値に変換すると = 5.3となる。個体専有面積0.6 m²は、ポアソン分布上の値で3となり、確保できる人は全体の78%となる。

[設問2] 設問1と同じ条件で設計を行った時、9割の人が確保できる個体専有面積は何m²か。

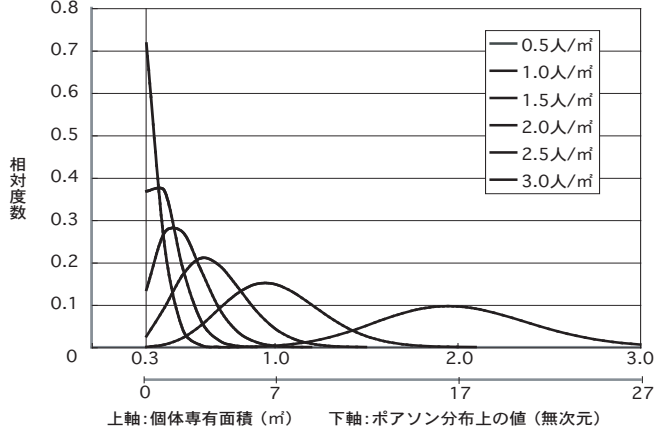
[解] 設問1の解より、 = 5.3。相対度数0.9の時ポアソン分布上の値は2となり、確保できる個体専有面積は0.5 m²となる。

まとめ

本研究により、人間の密度と個体専有面積の関係をポアソン分布で表すことにより、計画の一手法として使える可能性を示した。このことが、他の実験データなどにおいても成り立つかどうか、今後さらに検討を加えたい。なお、本研究の遂行にあたり、平成16年度卒研究生遠藤勇己氏と須田圭一氏の協力を得た。ここに記して謝意を評する。



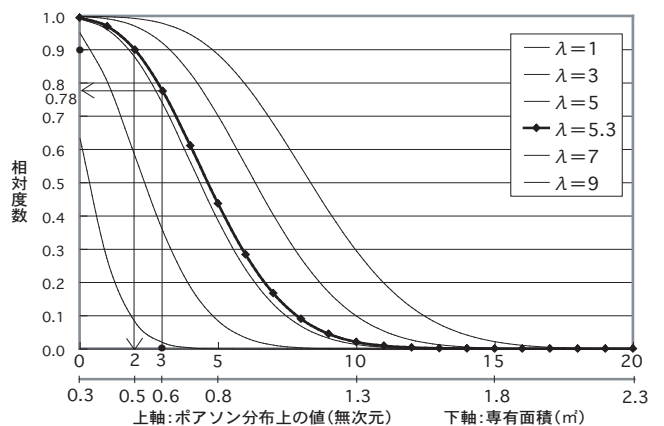
▲図-4 実験値を近似したポアソン分布



▲図-5 密度から求めた理論ポアソン分布

▼表-2 近似分布と理論分布の平均値λ(ポアソン定数)の差 (単位: m²)

	0.5人/m ²	1.0人/m ²	1.5人/m ²	2.0人/m ²	2.5人/m ²	3.0人/m ²
図4のλ	2.04	1.06	0.72	0.57	0.46	0.39
図5のλ	2.00	1.00	0.67	0.50	0.40	0.33
λの差	0.04	0.06	0.05	0.07	0.06	0.06



▲図-6 ポアソン分布の上側累積

参考文献

- 三上喜隆: 限定空間内の群集密度と個体距離分布との関係に関する研究 日本建築学会平成16年度大会概観集 E-1:839-840
- エドワード・ホール: かくれた次元 (みすず書房)
- ロバート・ソマー: 人間の空間 (鹿島出版会)

*1 東京理科大学大学院生
*2 慶応義塾大学大学院生
*3 東京理科大学補手
*4 当時東京理科大学助手
*5 東京理科大学教授

*1 Graduate Student, Dept. of Architecture, Faculty of Eng., Tokyo Univ. of Science.
*2 Graduate School of Media and Governance Keio Univ.
*3 Research Assoc., Dept. of Architecture, Faculty of Eng., Tokyo Univ. of Science, M. Eng.
*4 Research Assoc., Dept. of Architecture, Faculty of Eng., Tokyo Univ. of Science, M. Eng.
*5 Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Eng., Tokyo Univ. of Science, Dr. Eng.