

urban syntaxを考慮した建物棟数密度と交差点密度の関係式

02006530 東京大学 薄井宏行 USUI Hiroyuki

1. はじめに

市街地は道路網とその沿道の建物群で構成されている。地図上において市街地の構成を見てみると、都市によって市街地の構成は様々である。一見すると、世界の各都市において、市街地を構成する共通のルールはないように思われるかもしれない。ところが、建物の敷地は道路に接していなければならない。Marshall (2009) はこのルールをurban syntaxと命名し、世界の各都市において道路網と建物の関係を規定する共通のルールとして位置づけている。日本においては、日常時における沿道建物への出入りだけでなく、建物火災発生時において道路へ避難できるように、建築基準法に基づく建物敷地の接道義務規定として位置づけられている。

市街地を構成する道路網と建物群の関係は、平面を構成する平面グラフと点分布の関係に単純化することができる。両者は互いに無関係ではなく、上述のようにurban syntaxに従って構成されている。薄井・浅見 (2011) は、urban syntaxと建築基準法上の一敷地一建物の原則に基づいて、建物敷地の平均間口 $\bar{F}$ [m]を建物棟数密度 $\rho = n/S$ [棟/m²] (n と S [m²]はそれぞれ地域(町丁目等)の建物棟数と面積)、道路延長密度 $\lambda = L/S$ [m/m²] (L [m]は道路延長)、平均道路幅員 $\bar{w}$ [m]の関数として定式化している：

$$\bar{F} \approx \frac{\lambda(2-\bar{w}\lambda)}{\alpha\rho}. \quad (1)$$

ただし、 α は地域における建物棟数に対する間口総数の比を表す。(1)式は、地域における ρ と λ から $\bar{F}$ を推定するためのモデルとして定式化されたものである。都市計画の分野では、町丁目等における住環境を評価するために ρ と λ を算出することが多い。とくに、建物棟数密度が60棟/ha以上という条件は密集市街地の主要な条件として用いられている一方、 λ の条件や ρ と λ の関係については十分に検討されていない (Usui, 2021)。

本稿では、(1)式の見方を変えて、 $\bar{F}$ と $\bar{w}$ がそれぞれ所与のときに、建物棟数密度 ρ と交差点密度 v/S [個/m²]の関係を理論的に考察する。 $\bar{F}$ と $\bar{w}$ は市街地の基盤整備状況を反映し、とくに $\bar{F}$ はurban syntaxとともに建物敷地の平均的な接道長を反映する。これらを政策的に決めることは、町丁目における敷地規模(奥行が一定の場合)(の下限)と道路幅員を計画的に定めることを意味する。また、道路網を平面グラフからさらに交差点を表す点分布に単純化することで、市街地を構成する二種類の点分布(交差点群と建物群)の關係に着目し、交差点密度 v/S の変化に対する建物棟数密度 ρ の変化を厳密に定式化する。建物棟数密度 ρ と交差点密度 v/S の関係を導出するために、道路延長 L と交差点数 v の関係式

を応用する(腰塚, 1978; 栗田, 1997)：

$$L \approx \sqrt{v\pi S}. \quad (2)$$

このように、交差点数に応じて道路延長が定まることで、市街地の基盤整備状況に応じた適切な建物棟数(密度)が定まることを理論的に示す。

2. urban syntaxを考慮した交差点密度と建物棟数密度の理論式

(1)式と(2)式を連立することで、建物棟数 n を交差点数 v の関数 $n(v)$ として導出する。(1)式を ρ について解くと、

$$\rho \approx \frac{\lambda(2-\bar{w}\lambda)}{\alpha\bar{F}}. \quad (3)$$

(2)式と $\rho = n/S$ 及び $\lambda = L/S$ より、(3)式は次式のように変形することができる：

$$\rho(v/S) \approx \frac{\sqrt{\pi}}{\alpha\bar{F}} \sqrt{v/S} (2 - \bar{w}\sqrt{\pi}\sqrt{v/S}). \quad (4)$$

$$n(v) \approx \frac{\sqrt{\pi}}{\alpha\bar{F}} \sqrt{v} (2\sqrt{S} - \bar{w}\sqrt{\pi}\sqrt{v}). \quad (5)$$

(4)式は建物棟数密度 ρ を交差点密度 v/S の関数として導出したものであり、 ρ は $\sqrt{v/S}$ の上に凸の二次関数である。(5)式は建物棟数 n を交差点数 v の関数として導出したものであり、 n は $\sqrt{v}$ の上に凸の二次関数である。従って、 ρ と n を最大化する v^* が存在することがわかる。(5)式を v で微分すると、第一次導関数は次式ようになる：

$$\frac{dn(v)}{dv} \approx \frac{\sqrt{\pi}}{\alpha\bar{F}} \frac{1}{2\sqrt{v}} (2\sqrt{S} - 2\bar{w}\sqrt{\pi}\sqrt{v}). \quad (6)$$

v^* は一階の条件： $dn(v)/dv = 0$ の解として得られる：

$$v^* = \frac{S}{\pi\bar{w}^2}. \quad (7)$$

v^* に対応する交差点密度は、(7)式の両辺を S で割ることで得られる： $v^*/S = (\pi\bar{w}^2)^{-1}$ 。(2)式より、 v^* に対応する道路延長は次式のようになる：

$$L^* \approx \sqrt{v^*\pi S} = \frac{S}{\bar{w}}. \quad (8)$$

図1は、縦軸と横軸をそれぞれ ρ と v/S として、(4)式をグラフとして描いたものである($\bar{F}$ と $\bar{w}$ は所与)。以降、このグラフを「 ρ - v/S グラフ」と記す。薄井・浅見 (2011) において、①東京23区を構成する各町丁目(総数は3,115)における $\bar{F}$ の最頻値は11mであること、②東京23区全体における平均道路幅員は8.7mである

ことが明らかにされている。以降、 $\bar{F} = 11\text{m}$ と $\bar{w} = 8.7\text{m}$ を基準として、 $\bar{F}$ と $\bar{w}$ の各値の変化 ($\bar{F} = 6, 11, 15$; $\bar{w} = 6, 8.7, 10$) に対する、 ρ - v/S グラフの変化の感度分析を行う。

図1から、① $\bar{w}$ は一定のもとで、 $\bar{F}$ を変えてもグラフの頂点は鉛直方向に変化するのみであること、② $\bar{F}$ は一定のもとで、 $\bar{w}$ が大きいほど、グラフの頂点は左下にシフトすることがわかる。前者①については、 $\bar{w}$ と v/S は一定である限り、 $\bar{F}$ が大きい（小さい）ほど、建物棟数（密度）は小さく（大きく）なることを意味する。他方、後者②については、 $\bar{w}$ が大きい（小さい）ほど、街区境界線の総延長（間口の総和に相当）は小さく（大きく）なるため、 $\bar{F}$ は一定のもとで建物棟数（密度）は小さく（大きく）なることを意味する。

3. 実市街地における検証（東京23区の各町丁目）

東京23区における各町丁目を対象に、交差点密度 v/S と建物棟数密度 ρ と計測し、 ρ - v/S グラフと重ねあわせることで、各町丁目における v/S と ρ の関係は適切かどうか評価することを試みる。ある町丁目において、 $n/S < \rho(v/S; \bar{F}, \bar{w})$ であれば、 v/S と ρ の関係は適切であると評価する。

図2は、横軸と縦軸をそれぞれ ρ と v/S として、東京23区における ρ と v/S のペアを散布図として描き、 ρ - v/S グラフと重ね合わせたものである。東京23区の場合、二つの町丁目を除き、 v/S は $0.004[\text{個}/\text{m}^2]$ ($40[\text{個}/\text{ha}]$) よりも小さい。このため、横軸の範囲は $0 \leq v/S \leq 0.004[\text{個}/\text{ha}]$ に狭めている。

以降、 $\bar{F}$ と $\bar{w}$ の各値の変化させたときに、 v/S と ρ の関係は適切かどうかを評価しよう。たとえば、 $\bar{F} = 6$ かつ $\bar{w} = 8.7$ の場合、東京23区内のほぼ全ての町丁目において、 v/S と ρ の関係は適切である。ところが、 $\bar{F} = 11$ かつ $\bar{w} = 8.7$ の場合、 $n/S < \rho(v/S; \bar{F}, \bar{w})$ を満たさない町丁目相当数存在する、このような町丁目では、交差点密度に対して建物棟数密度は高く、幅員が狭かつ接道長の短い敷地が連坦している市街地像となる。

前述のように、建物棟数密度が $60\text{棟}/\text{ha}$ 以上という条件は密集市街地の主要な条件として用いられている一方、 λ の条件や ρ と λ の関係については十分に検討されていない。図2から明らかに、 $\rho = 0.006[\text{棟}/\text{m}^2]$ に満たない町丁目であっても、交差点密度が小さく道路延長（街区境界線）短い場合、 v/S と ρ の関係は不適切となる場合もある。従って、交差点密度に関らず ρ の基準を一律に定めるのではなく、交差点密度や地域の基盤整備状況に応じて、 ρ の基準を定めるべきである。

4 おわりに

本稿では、 $\bar{F}$ と $\bar{w}$ が所与のときに、urban syntax及び市街地の基盤整備状況を考慮した建物棟数密度 ρ と交差点密度 v/S の関係を理論的に考察した。建物棟数（密度）と交差点（密度）の多少をそれぞれ評価するだけでは不十分であり、両者の関係、と

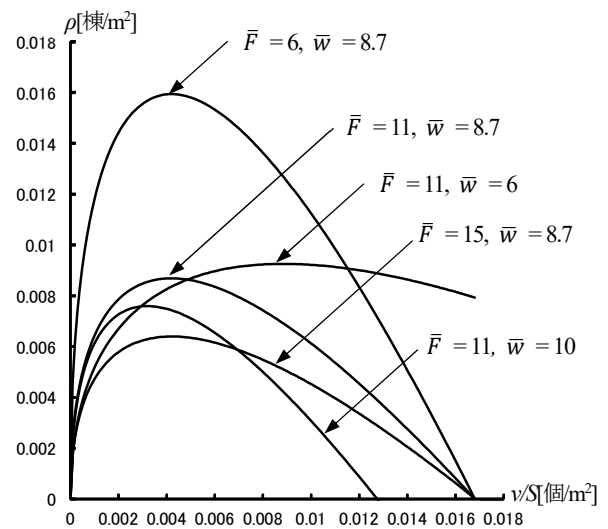


図1 : ρ - v/S グラフ ($\alpha = 1.2$)

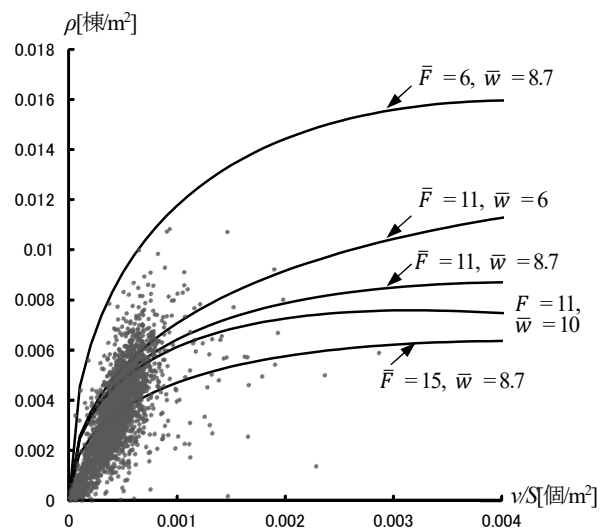


図2 : 東京23区を構成する各町丁目（総数：3,115）における ρ と v/S の散布図と ρ - v/S グラフ ($\alpha = 1.2$)

くに、交差点密度や地域の基盤整備状況に応じて、建物棟数（密度）の基準を定めるべきであることを重ねて強調したい。

本稿では、各町丁目の特徴とくに用途地域の違いを考慮せずに、基盤整備状況として $\bar{F}$ と $\bar{w}$ のみに着目し、 v/S と ρ の関係は適切かどうか評価した。今後の課題として、用途地域の違いを考慮して ρ - v/S グラフを設定し、各用途地域に該当する町丁目について、 v/S と ρ の関係は適切かどうかを評価することを試みたい。

主要参考文献

- 1) Marshal, S., 2009, *Cities, Design and Evolution*, Routledge.
- 2) 薄井宏行・浅見泰司, 2011, 建物後退距離と建物および道路密度, 都市計画論文集, 46(3), 829-834.
- 3) Usui, H., 2021, Optimisation of building and road network densities in terms of variation in plot sizes and shapes, *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 48(5), 1263-1278.
- 4) 腰塚武志(1978), 道路網と交差点, 都市計画, no.103, 36-41.
- 5) 栗田浩(1997), 任意の領域の道路延長を推定する公式 -Thickness函数を用いた腰塚の推定公式の一般化-, 都市計画論文集, 32, 145-150.