

# 人口分布と可住地面積分布 の集積効果

- 藤本 祥二 (キヤノンIGS, 金沢学院大)  
大西 立顕 (キヤノンIGS、東大)  
清水 千弘 (麗澤大)  
水野 貴之 (キヤノンIGS, 国立情報学研究所, 総研大)  
渡辺 努 (キヤノンIGS, 東大)

# 人口の集積

- 人が多い所の近くには人が集まる
  - 人が人を呼ぶ効果
  - 土地の魅力に引き付けられる効果
- 土地の魅力
  - 地形によるもの
  - 歴史的要因
  - 経済的要因

地形による要因だけでも分けて扱いたい



可住地面積を用いる

# 可住地

- 可住地とは農地や道路も含め**居住地に転用可能**な既に関発された土地のこと
- 約100m四方メッシュで土地利用データが入手可能

国土数値情報 土地利用細分メッシュデータ

<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/jpgis/datalist/KsjTmplt-L03-b.html>

- 土地利用データ
  - メッシュコード(データの緯度経度が分かる)
  - 土地利用コード

# 土地利用コード → 可住地

1:田, 2:その他農用地, 5:森林, 6:荒地, 7:建物用地, 9:幹線交通用地,  
A:その他用地, B:河川及び湖沼, E:海浜, F:海水域, G:ゴルフ場, O:解析範囲外

Ex.) メッシュコード 54366525



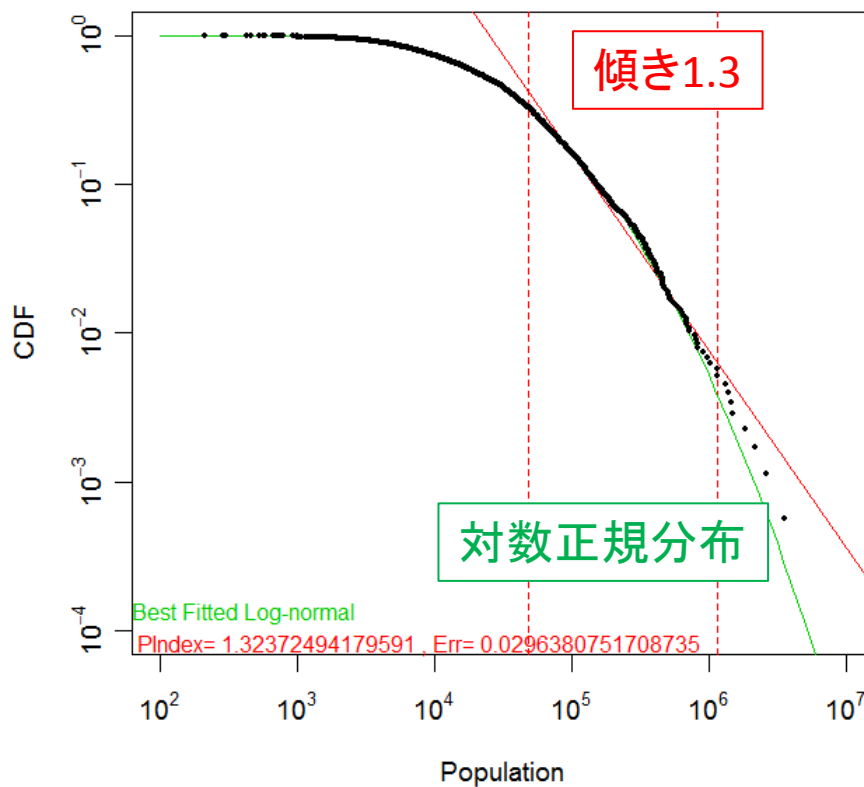
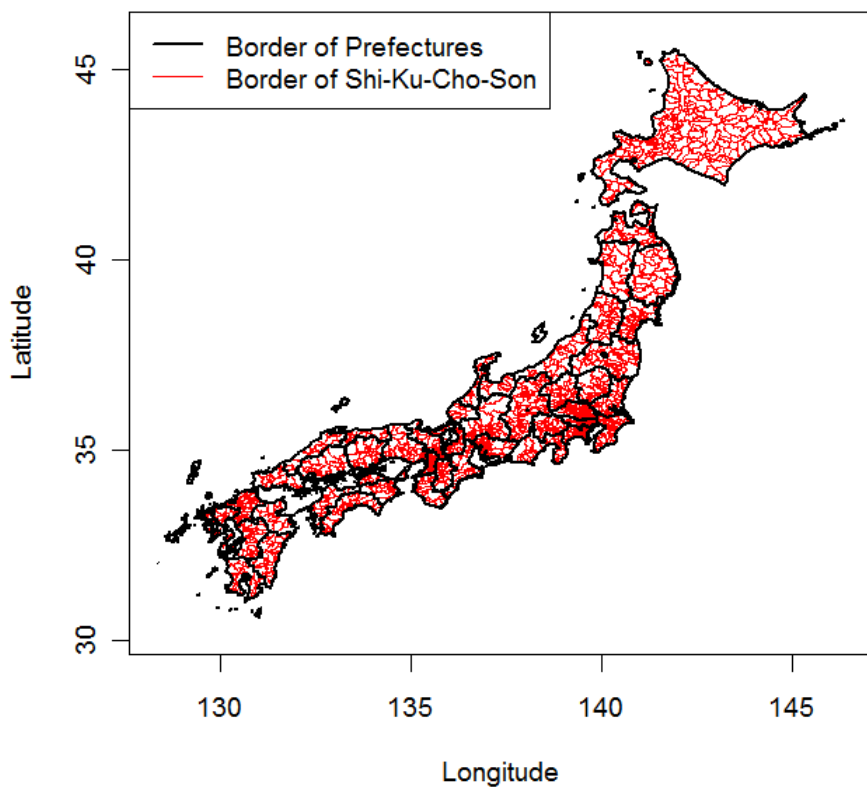
7	7	7	7	7	7	2	2	2	5
7	7	5	7	2	2	2	2	2	5
7	7	5	2	2	2	2	2	2	5
7	7	7	2	2	2	5	5	5	5
7	7	7	2	2	2	2	2	2	2
7	7	7	2	2	2	2	2	2	2
7	7	5	7	2	2	2	2	2	2
7	7	5	A	A	2	2	2	2	2
7	7	5	5	A	7	2	2	2	2
7	7	A	5	5	7	7	7	5	5

# 国勢調査のメッシュデータ

- 日本では西暦の5の倍数の年に国勢調査
- 2000年, 2005年, 2010年のデータは約500m四方のメッシュデータで入手可能  
(e-stat 地図で見る統計 <http://www.e-stat.go.jp/>)
- メッシュコードから土地利用データとの位置合わせが簡単に可能

# 市区町村分割による人口分布

人口分布



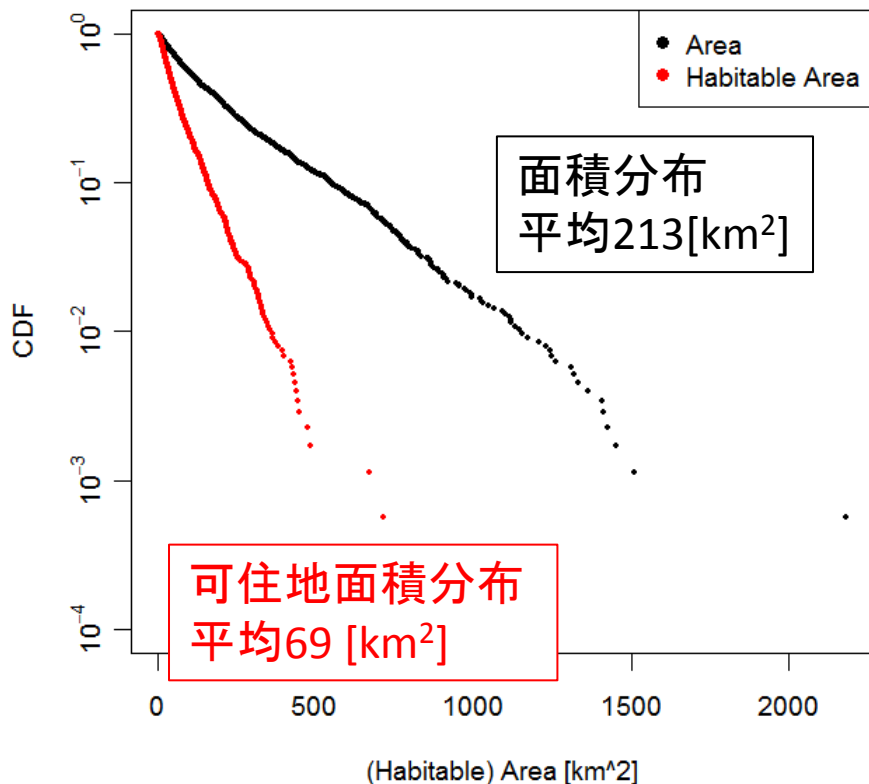
黒線: 県境

赤線: 市区町村境界

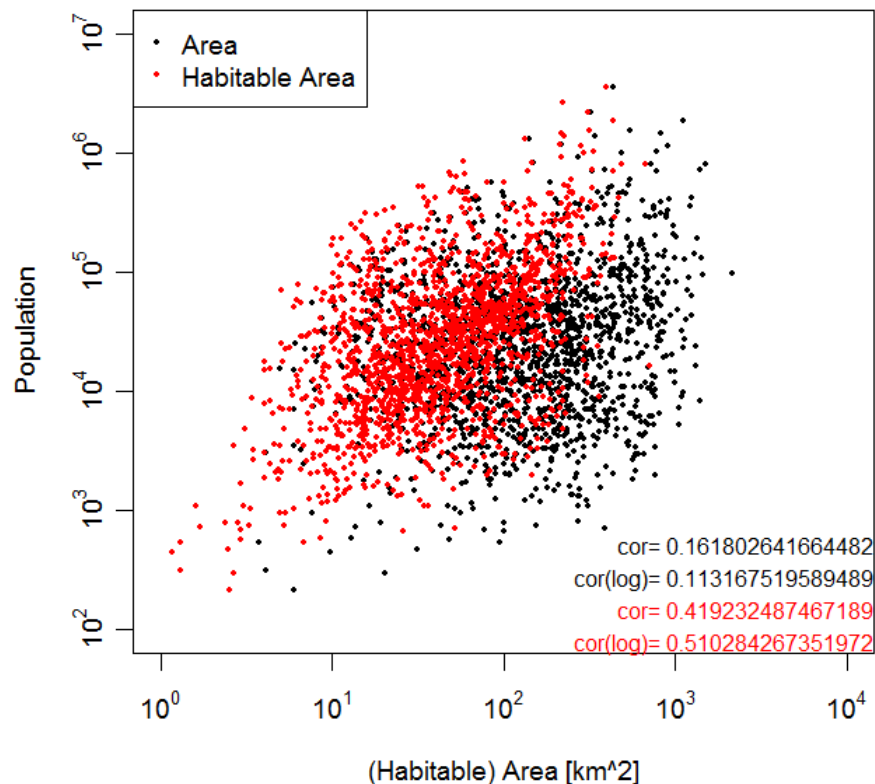
- 人口分布は対数正規又はベキ分布
- ベキ指数は1.3~1.5.

# 市区町村分割による面積分布

(可住地)面積分布



(可住地)面積 vs 人口



- 面積分布、可住地面積分布は指数分布
- 日本の1/3の面積が可住地

- 面積と人口では相関0.1
- 可住地面積と人口では0.4~0.5

# ジップの法則

- 都市人口におけるZipfの法則

George K. Zipf (1949).

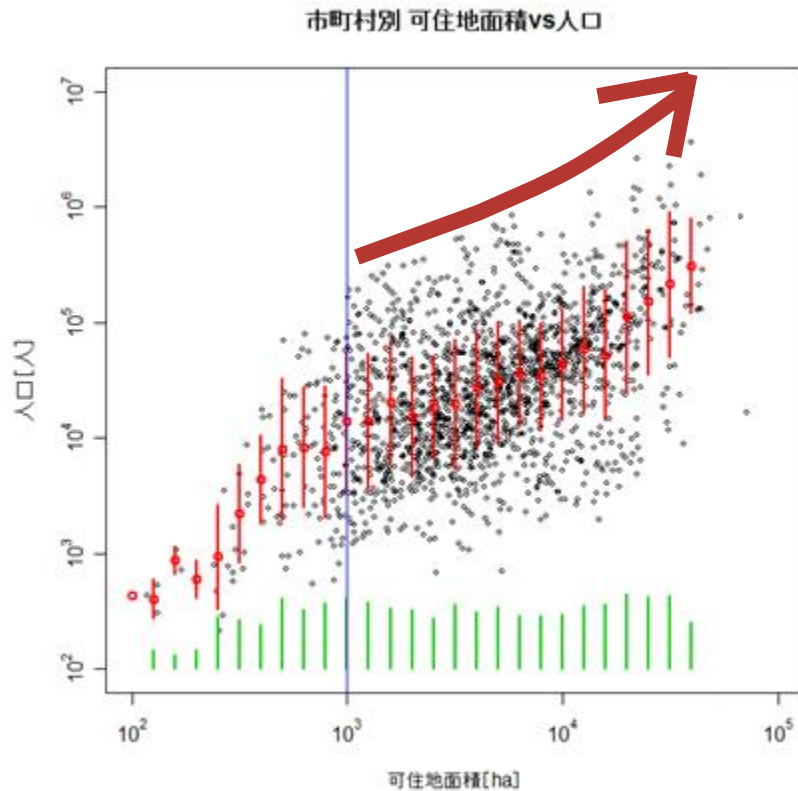
*“Human Behavior and the Principle of Least Effort.” Addison-Wesley.*

都市人口の分布がベキ分布に従うという古くから知られている有名な法則。

この分布が現れるメカニズムを可住地の観点から考える。



# 可住地から見たジップの法則



- $p(x) = ae^{-ax}$
- $p(y|x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma(x)} e^{-\frac{(\ln y - \ln \mu(x))^2}{2\sigma^2(x)}}$ 
  - $\ln \mu(x) = Ax + B$
  - $\sigma(x) = C$
- $p(y) = \int_0^{\infty} p(y|x)p(x)dx$

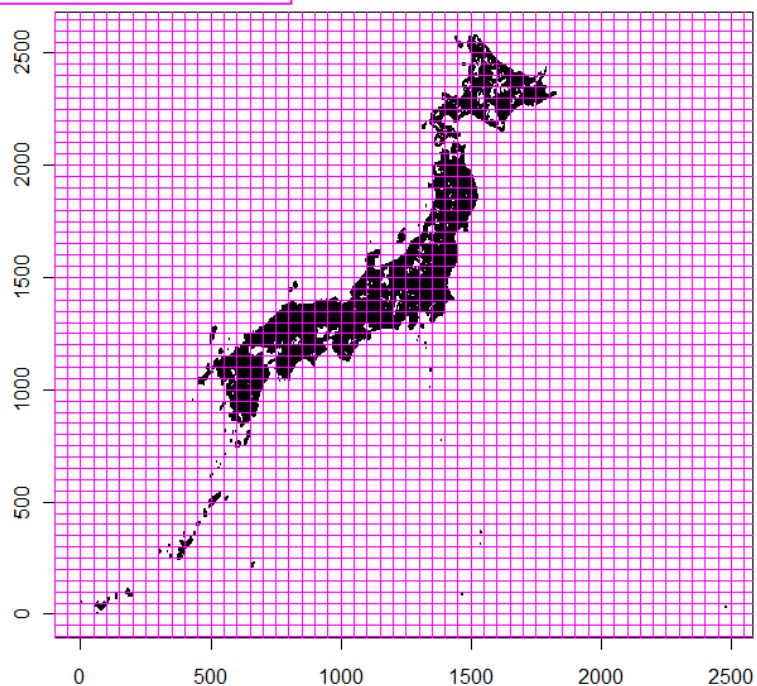
# 正方ブロックによる空間分割

- 市区町村分割
  - 行政単位による分割
  - 歴史的経緯
  - 度重なる市町村合併
- 正方ブロックによる分割
  - シンプルに正方形で分割する
  - メッシュデータで簡単に実行できる
  - 分割サイズをコントロールできる

# 正方ブロック分割による人口分布

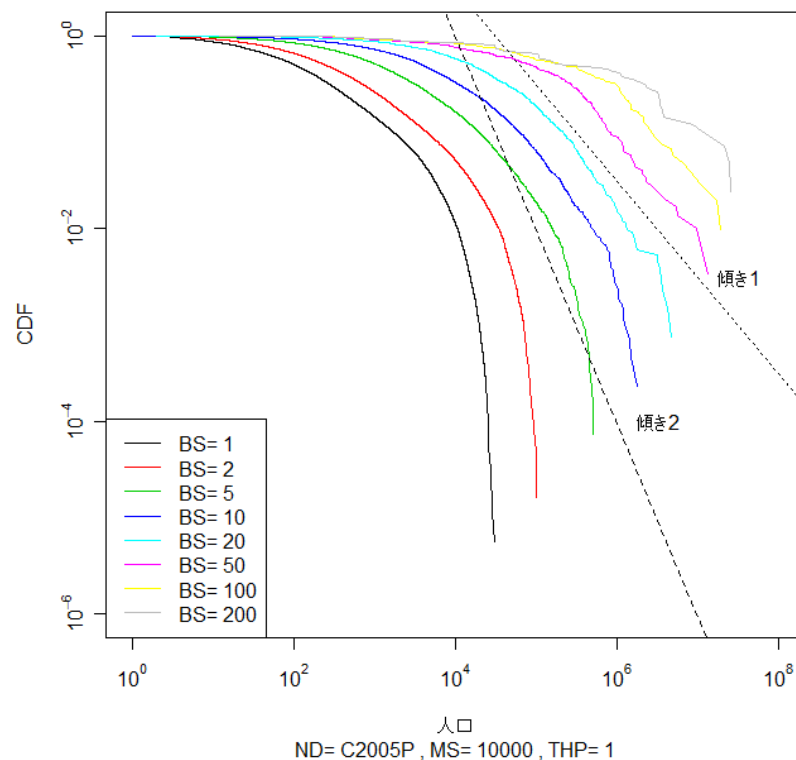
ブロックサイズ  
BS=50 の例

可住地とブロックサイズ



正方ブロック内の  
人口を合計し分布を見ると  
右図のピンクの分布になる

人口分布



# ベキ分布を平均値で規格化

- パレートII型のベキ分布を考える

$$p(x) = \frac{\alpha}{c} \left(\frac{x}{c}\right)^{-\alpha-1}, (x > c)$$

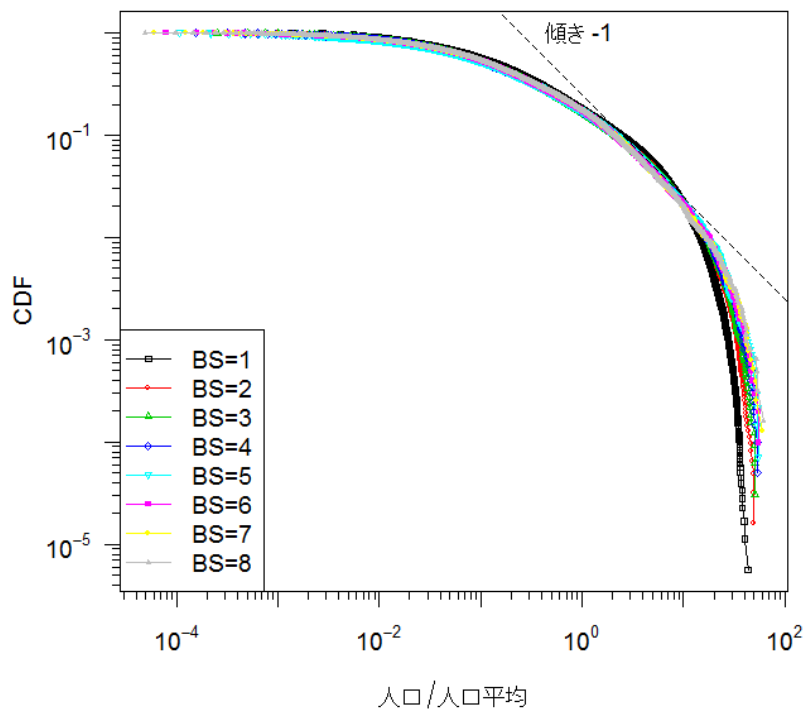
- 平均値  $\mu = c\alpha/(\alpha - 1)$  を用いて  $x' = x/\mu$  で変数変換,  $c' = c\mu$  とすると

$$p(x') = \frac{\alpha}{c'} \left(\frac{x'}{c'}\right)^{-\alpha-1}, (x' > c')$$

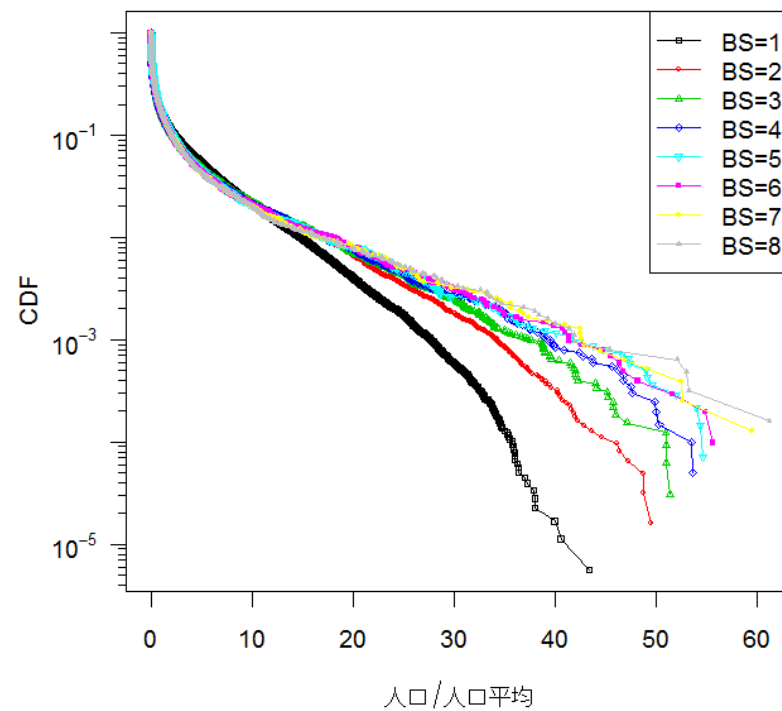
- 変数を平均値で割った分布は同じ分布
- 平均値の殆どがベキ分布の領域からの寄与であれば一般のベキ分布でも成り立つ

# 人口分布を平均値で規格化

ブロックサイズ  
BS=1,2,...,8



両対数グラフ

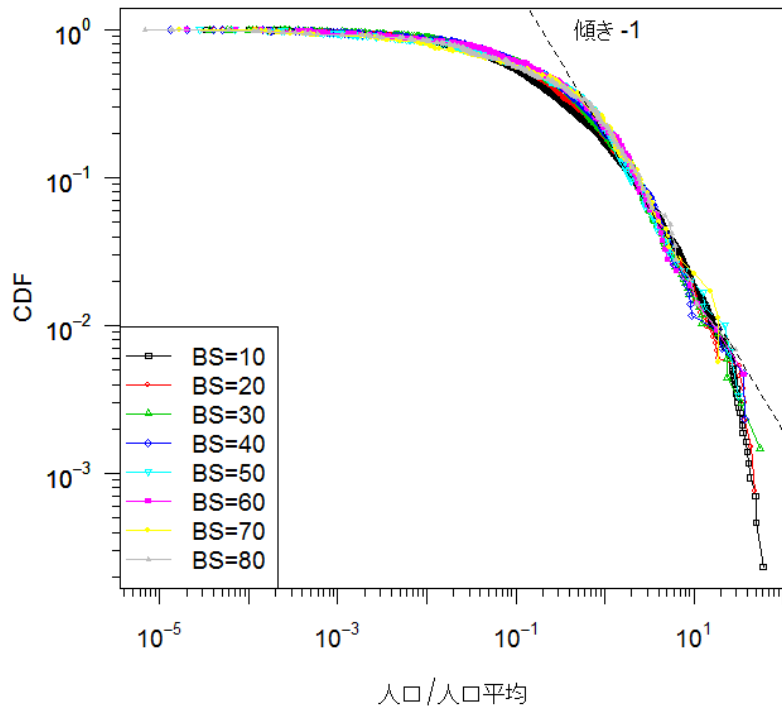


片対数グラフ

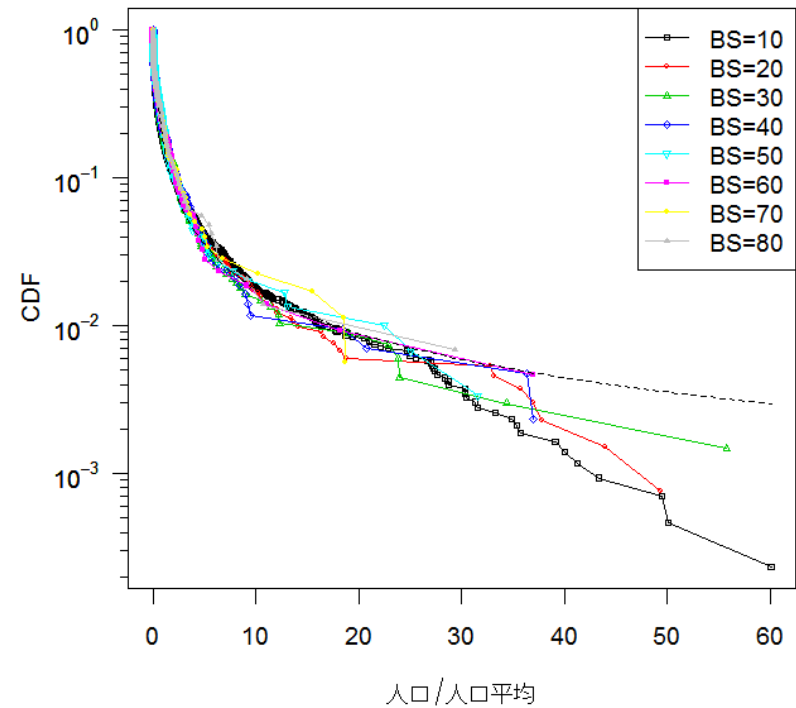
# 人口分布のスケーリング

ブロックサイズ  
BS=10,20,...,80

BS=10以上でスケーリングする  
(スケール変えても同じ分布)



両対数グラフ



片対数グラフ

# 指数分布を平均値で規格化

- 指数分布を考える

$$p(x) = ce^{-cx}, (x > 0)$$

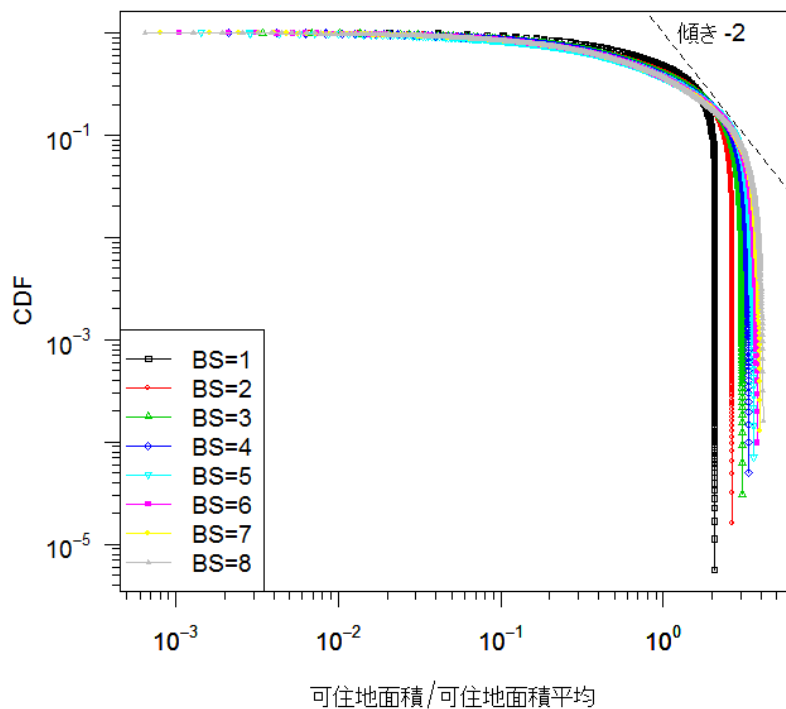
- 平均値  $\mu = 1/c$ を用い  $x' = x/\mu$  で変数変換

$$p(x') = e^{-x'}, (x' > 0)$$

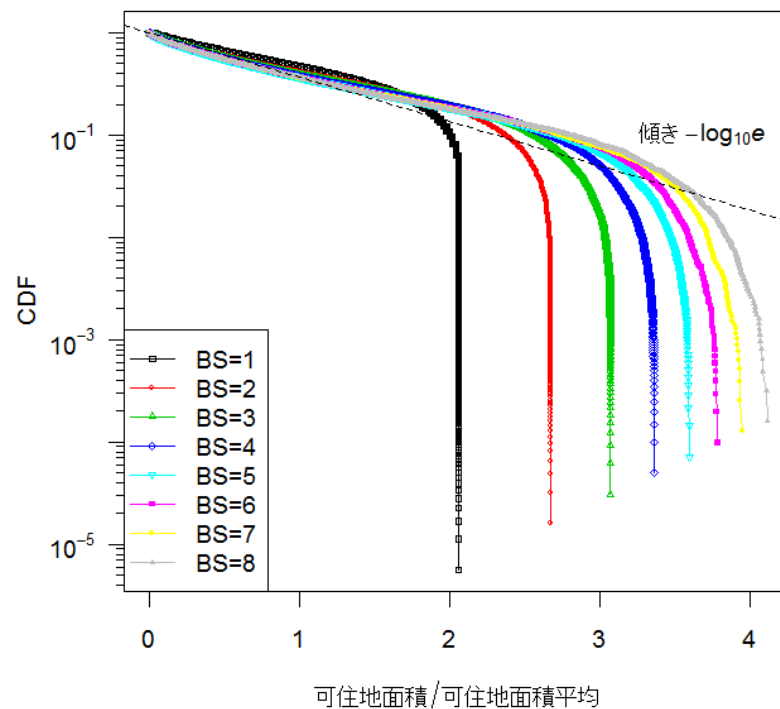
- 変数を平均値で割った分布は同じ分布

# 可住地面積分布を平均値で規格化

ブロックサイズ  
BS=1,2,...,8



両対数グラフ



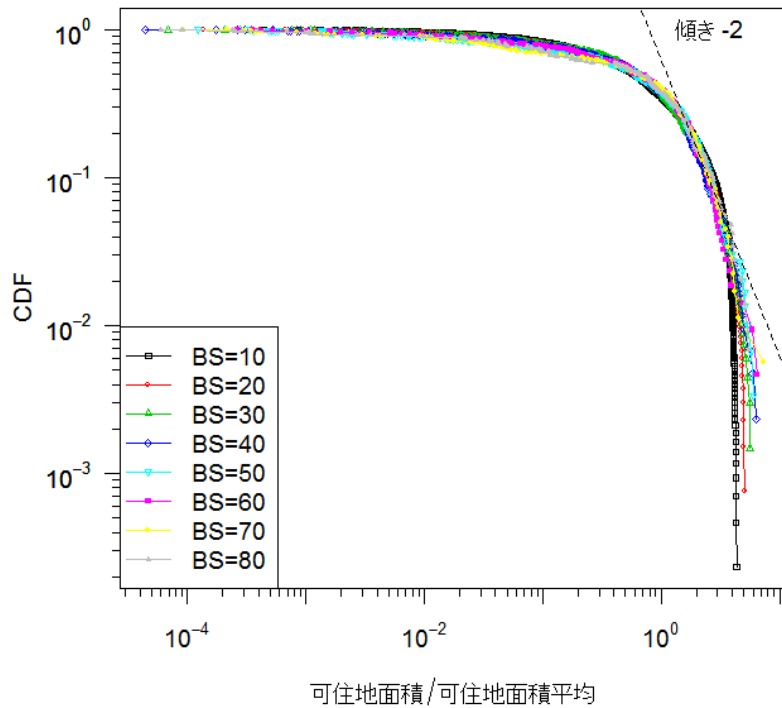
片対数グラフ



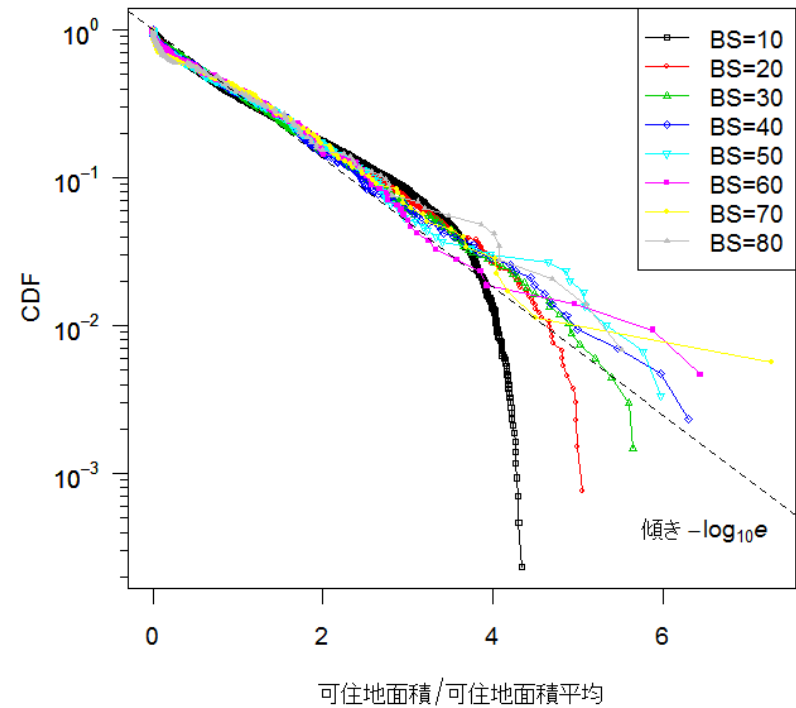
# 可住地面積分布のスケーリング

ブロックサイズ  
BS=1,2,...,8

BS=20以上でスケーリングする  
(スケール変えても同じ分布)



両対数グラフ

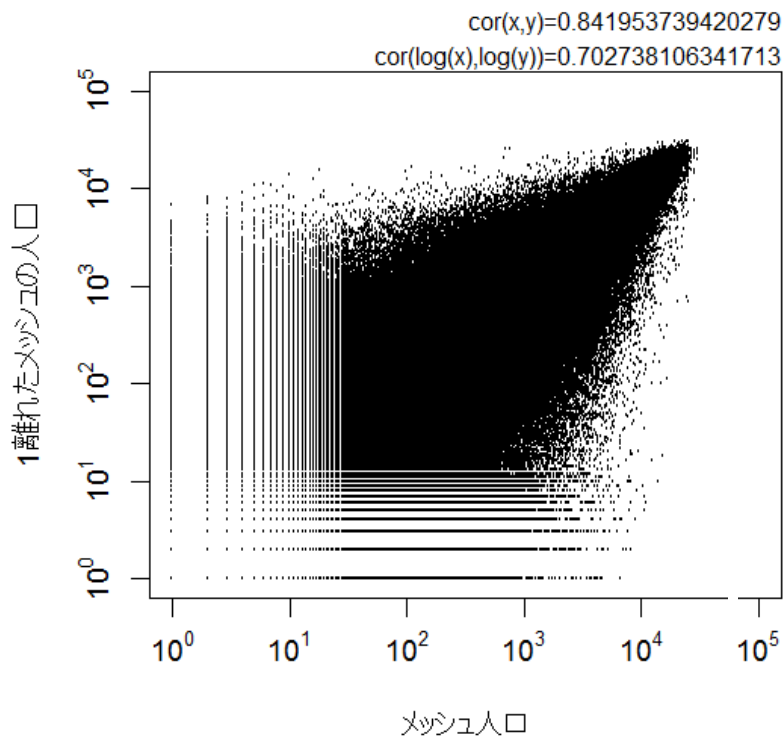


片対数グラフ

# まとめ1

- 人口分布, 可住地面積分布はBSが20km四方より大きければスケーリングする
- 可住地面積(指数分布)→人口分布(ベキ分布)の裾の広がりが集積効果
- スケーリング則が成り立つということは、BSを大きくして新たに集計に取り込む近くの領域のデータが殆ど同じということ(空間的な相関)
- 空間的な相関を断ち切るとどうなるか？

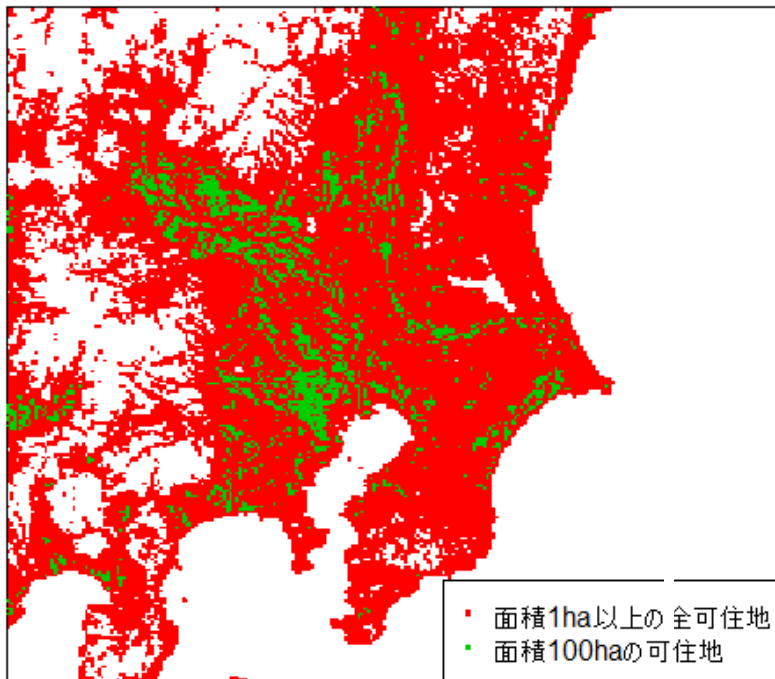
# 隣のメッシュ人口との相関



- 人口の多い土地の周りの土地も人口が多い
- ある1km四方メッシュ人口とその隣のメッシュ人口にはかなり強い相関がある
- ランダムシャッフルで隣との相関を切ることで、人口の集積効果を確認できる

# 人口メッシュのシャッフル

2種類のやり方でシャッフルを実行し元の分布と比較する



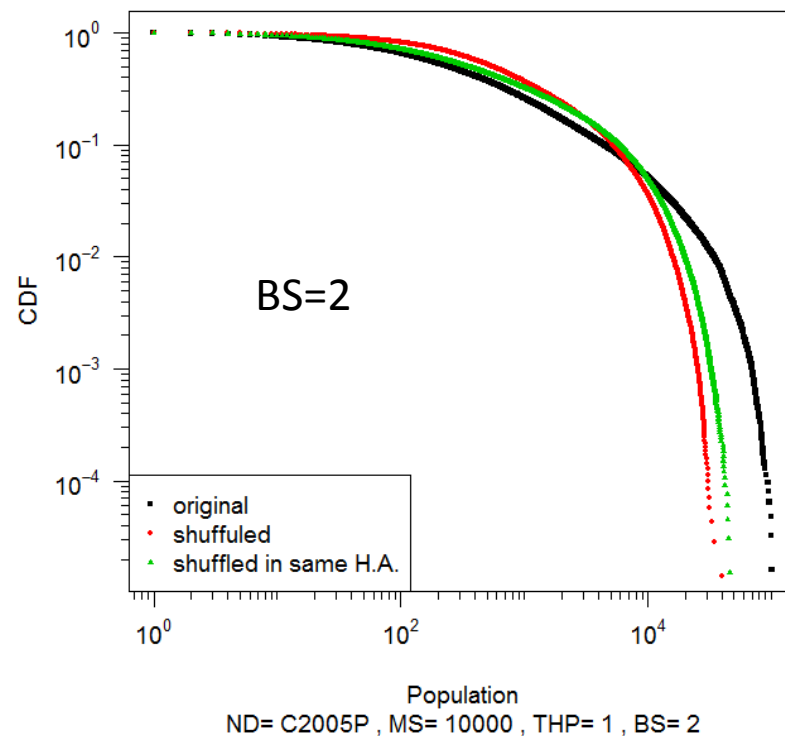
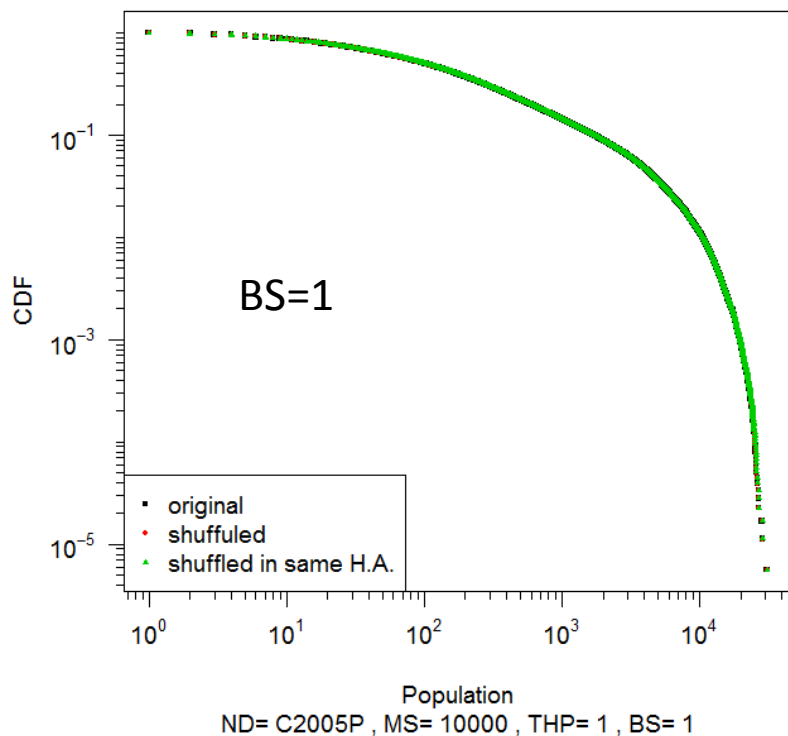
1. 1kmメッシュ可住地面積 $>0$ の全てのメッシュで人口をシャッフル
2. 1kmメッシュ可住地面積が同じという条件を付けて人口をシャッフル

# シャッフルした人口分布の比較

黒: シャッフルしない人口分布

赤: 可住地上の全データをシャッフル

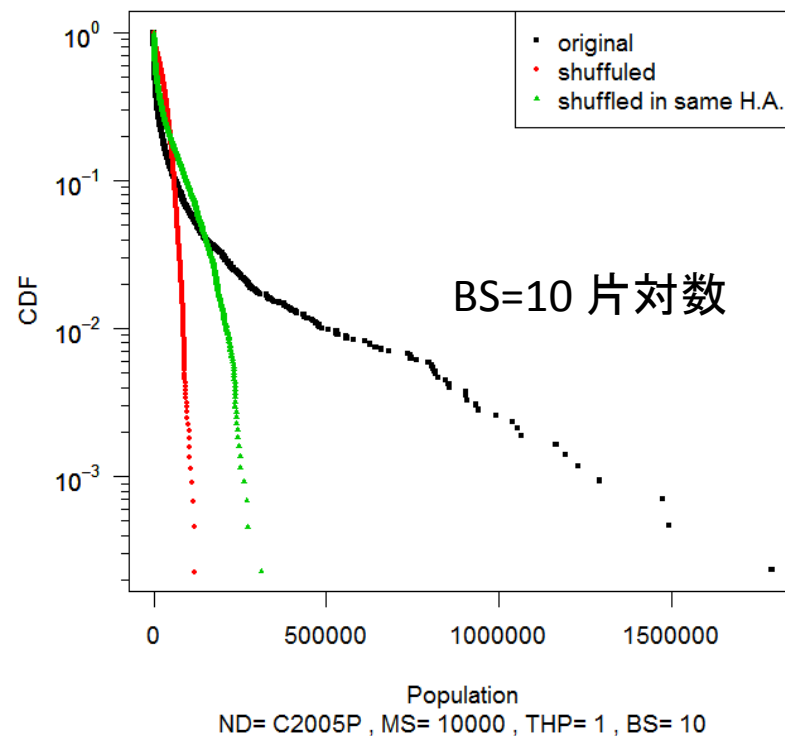
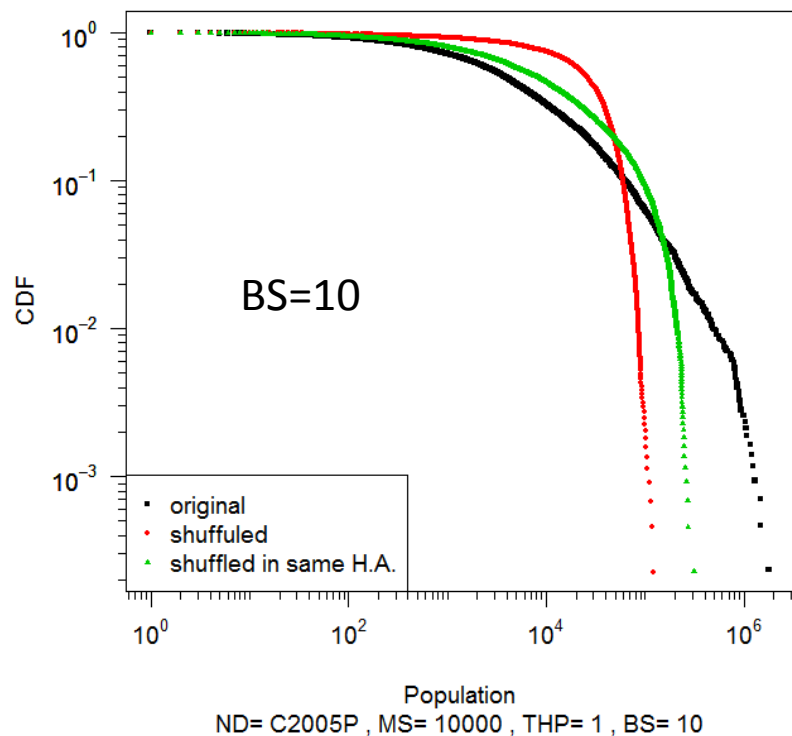
緑: 可住地面積が同じという条件付きでシャッフル



# シャッフルした人口分布の比較

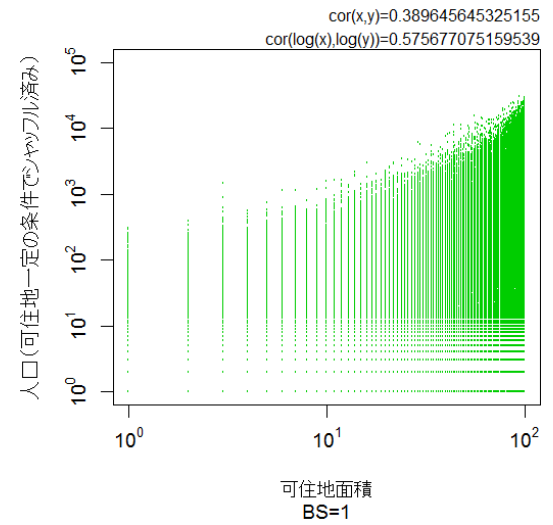
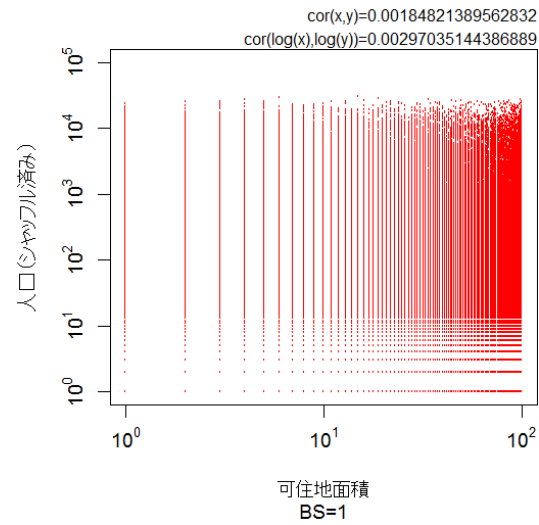
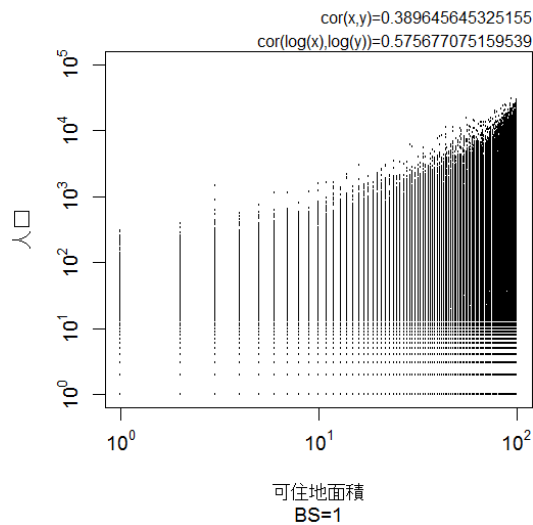
赤: ほぼ指数分布

緑: 裾が伸びない



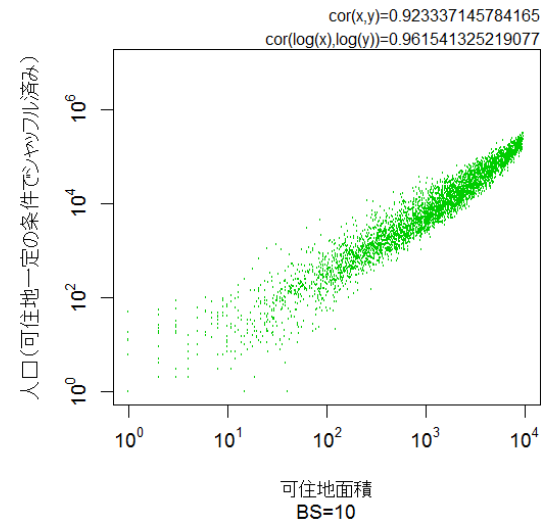
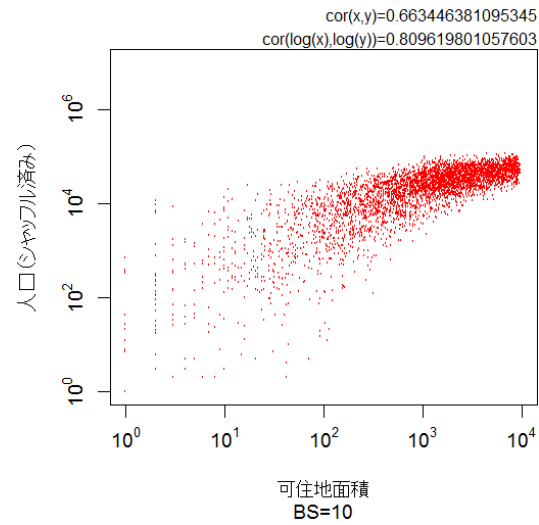
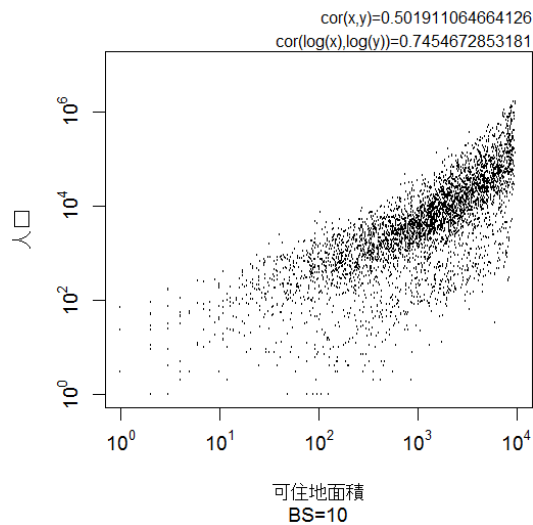
# 可住地面積と人口の散布図

BS=1



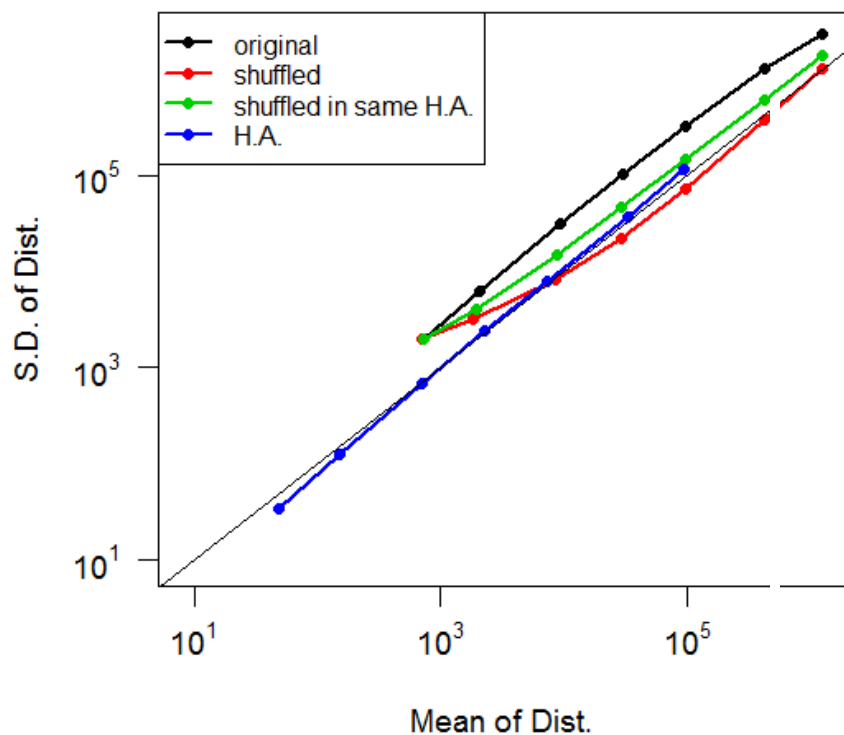
# 可住地面積と人口の散布図

BS=10



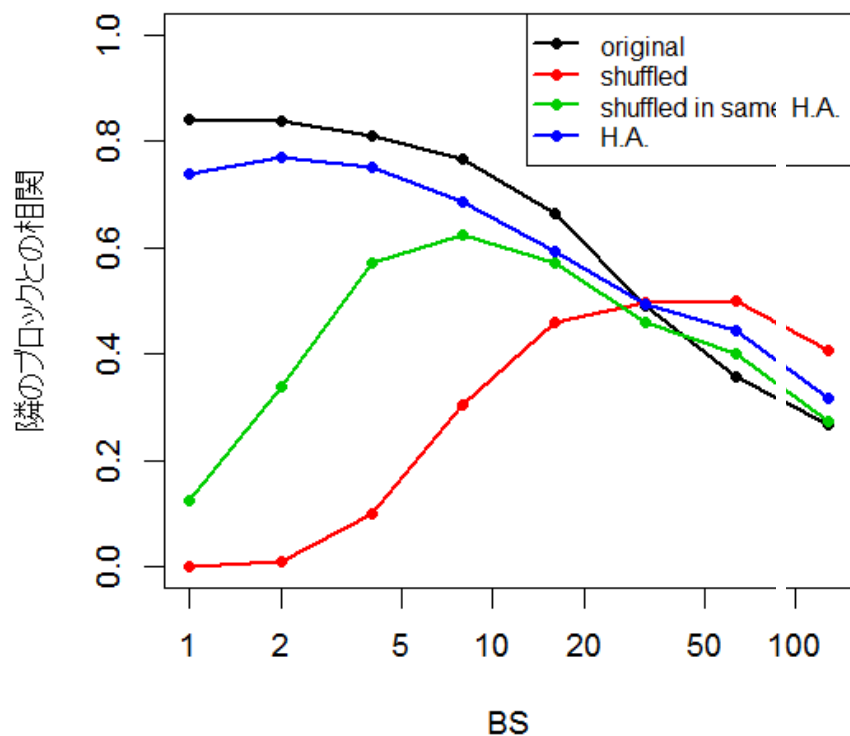


# 分布のスケーリングの比較



- BSを変えた時の分布の平均値と標準偏差を様々な分布で比較
- 黒のシャッフルしていない人口分布と青の可住地面積分布は傾き1になる(分布がスケーリングする必要条件)
- 赤と緑の人口をシャッフルしたものはカーブしている

# 隣のブロックとの相関係数の比較



- 黒の人口分布と青の可住地面積分布は緩やかに落ちていく
- 赤と緑のシャッフルした場合の人口分布は一旦上がってから落ちていく

# まとめ

- 人口データをシャッフルし、空間的な相関を断ち切った場合の分布を確認した
- 特に分布の裾に大きな違いが出る理由が分かった
- シャッフルしたデータを少ない条件で元に戻す乱数シミュレーションでさらなる理解が可能になる
- 今回の分析を他の集積現象にも応用したい
  - 一次元では理解が難しい情報を2次元的に見る
  - 空間相関という物理的な距離に対応するものは何か