# Circle Area Cartogram 作成手法に関する研究

東京大学大学院　学生員　○井上　亮
東京大学大学院　正会員　清水　英範
東京大学大学院　学生員　野本　卓也

## １．はじめに

近年，国や地方自治体などが収集する多種多様な統計データが，無料あるいは安価に提供されるようになってきている．このような大量のデータから，有用な情報を抽出することは困難だが，データの視覚化はその一助となりうる手法である．従来，計量地理学では統計データの視覚化手法が研究されており，その一手法として Circle Area Cartogram が提案されている．Circle Area Cartogram とは，各地域を円で表し，円の面積の大小で統計データの大小を表現する視覚化手法である．さらに，円を色分けすることにより，同時に２つの異なる情報を視覚的に表現することが可能である．しかし，既存の作成手法は，必ずしも視認性の高い作図を行えないため，本研究ではより視覚的に分かりやすい Circle Area Cartogram 作成手法を提案する．

なお，本稿では，総務省統計局による 2000 年関東 1 都 3 県の市区町村別人口および転入超過率のデータを用い，人口を面積で，転入超過率を色で表現した Circle Area Cartogram を作成し提示する．

## ２．既存の Circle Area Cartogram 作成手法

Circle Area Cartogram 作成とは，①円の中心座標，②円の縮尺の 2 点を決定する問題である．

最も簡便な Circle Area Cartogram 作成手法は，地域の地理的位置を利用して，例えば地域の重心に円の中心座標を設定し，その後，円の縮尺を調整する手法である．この手法による図を**図１**に示す．**図１**では，円の縮尺を大きく描いているため，面積は小さいが人口が多い地域が密集する地方では，円が複雑に重なってしまい，円の面積や色の情報を判別できない．しかし，縮尺を小さくし円の重なりを緩和すると，面積は大きいが人口が小さい地域が多い地方では，円が非常に小さくなり，色の認識が不可能になる．このように，地理的位置関係をもとに円を配置した場合は，データの視認性が著しく低下する．

前述の問題を解消するため，Dorling[1)]は新たな作成手法を提案している．すなわち，①円の重なりを解消する，②隣接する地域を表す円を接して配置することの 2 点を指針とし，円を一つずつ移動させる手法である．この手法では，円の重なりを解消すると同時に，余白を小さく円を大きく表示することが可能になる．Dorling の手法による結果を**図 2** に示す．確かに円の重なりはほぼ解消されており，円の色の判別も可能である．しかし，明確な目的関数を持たずに，逐次，円の中心座標を決定しているため，全体の地理的位置関係を大きく損なってしまい，円と地域の対応が付きにくく，分かりにくい．

## ３．Circle Area Cartogram 作成手法の提案

既存の手法の欠点を鑑み，視認性の高い Circle Area Cartogram 作成の要件は，①円の重なりを解消，②地理的位置関係を保つように配置，の 2 点であると整理を行い，新たな作成手法の提案を行う．

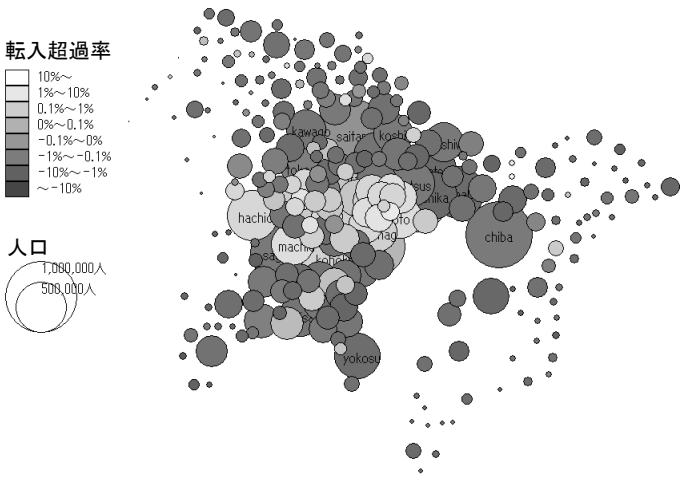


**図１　地理的配置にもとづく 2000 年関東 1 都 3 県人口・転入超過率 Circle Area Cartogram**

キーワード　カルトグラム，視覚化，GIS
連絡先　〒 113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1　東京大学大学院工学系研究科社会基盤工学専攻　TEL 03-5841-6129

①の目的関数として，$\min\sum_{ij\in l}\left(r_i+r_j-d_{ij}\right)^2$（但し，$l$：隣接地域の組み合わせ $ij$ の集合，$r_i$：円 $i$ の半径，$d_{ij}$：円 $i,j$ の中心間距離）を設定する．つまり，隣接地域の円の中心間距離を半径の和となるように配置する．また，②の目的関数として$\min\sum_{ij\in l}\left(scale*d_{ij}^0-d_{ij}\right)^2$(但し，$d^0{}_{ij}$：地域 $ij$ 間の実距離(例えば，地域 $ij$ の重心間距離等)，$scale$：縮尺変換の変数)を設定する．この 2 つを合成した目的関数

$$\min\left[\sum_{ij\in l}\left\{\alpha\left(r_i+r_j-d_{ij}\right)^2+(1-\alpha)\left(scale*d_{ij}^0-d_{ij}\right)^2\right\}\right] \qquad \text{（但し，}\alpha\text{：変数（}0<\alpha<1\text{））} \qquad (1)$$

を解くことにより，Circle Area Cartogram の要件を満たした図を作成することができる．

式(1)の非線形最小二乗問題を解く際には，清水ら[2)]の Levenberg-Marquardt 法の簡便解法を用いて繰り返し計算にて解く．この繰り返し計算中において円が隣接するように配置された場合には，その円の組み合わせを計算対象の集合 $l$ に加え，重なりを防ぐようにする．また，繰り返し計算中に重なった円の組み合わせに対しては，次の繰り返し計算時に重み付けを行い，重なりの解消を図ることとする．

本提案手法を用いて作成した図を**図 3** に示す．このように，**図 3** では，**図 2** と異なり，地理的位置関係がほぼ維持されているため，地域と円の対応関係を容易に認識することができる．また，円の重なりもほぼ解消されており，データ視認性の高い Circle Area Cartogram を作成することが可能になっている．

本稿では，2000 年の人口と転入超過率データを用いて作図を行っているが，人口の多い都心部で転入超過率が高い様子が表現されており，また，関東 1 都 3 県全体として人口がほぼ均衡している様子も視覚的に読みとることができる．なお，本稿では紙面の都合上割愛したが，Circle Area Cartogram の時系列の比較により，近年の都心回帰の様子を視覚的に表現することができる．

## ４．おわりに

本研究では Circle Area Cartogram の作成手法を提案したが，本手法を GIS の拡張機能として実装すると，ユーザーが統計データを容易に視覚化することが可能となる．このツールの開発を今後の課題とする．

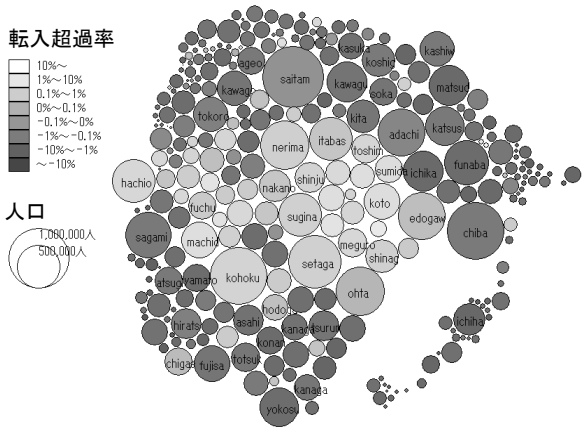


図 2　Dorling の手法による 2000 年関東 1 都 3 県
人口・転入超過率 Circle Area Cartogram

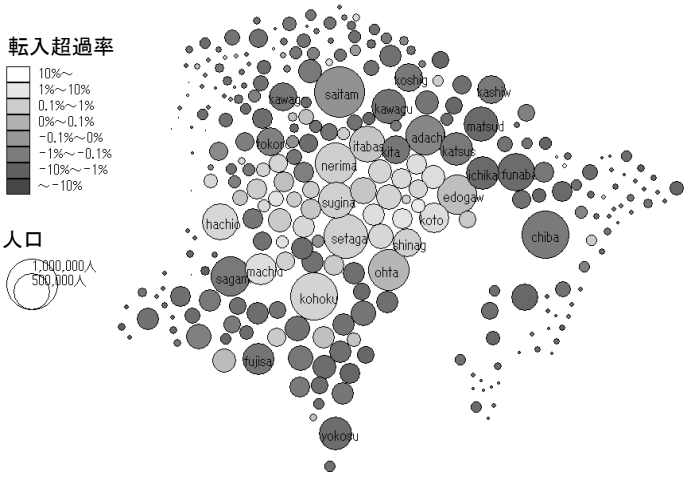


図 3　本提案手法による 2000 年関東 1 都 3 県
人口・転入超過率 Circle Area Cartogram

## 参考文献

1) Dorling, D.(1995): Visualizing Changing Social Structure from a Census, *Environmental Planning A*, Vol.27, pp.353-378.

2) 清水英範，井上亮，米澤明男(2002): 時間地図作成問題の汎用解法に関する研究，地理情報システム学会講演論文集, Vol.11, pp.143-146.