

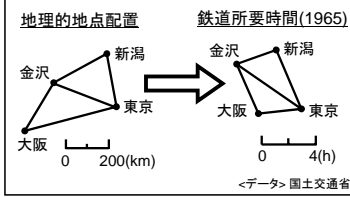
カルトグラムとは、統計データの大小を表現するように地図上の距離や面積を通常の地図から**変形**し視覚化する手法

○ ディスタンスカルトグラム

地点間の距離指標を地図上の**地点間距離**で表現

$$\min \sum_{ij \in L} (t_{ij} - d_{ij})^2$$

L : リンクの集合
 t_{ij} : 点 ij 間のデータ
 d_{ij} : 点 ij 間の距離

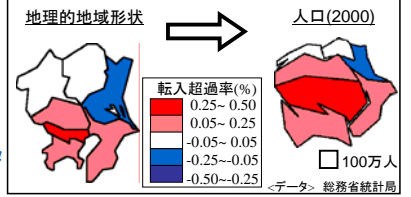


○ エリアカルトグラム

地域の統計データを地図上の**面積**で表現

$$\min \sum_{i \in R} (D_i - A_i)^2$$

R : 地域の集合
 D_i : 地域 i のデータ
 A_i : 地域 i の面積



カルトグラムは印象的なデータの視覚化が可能 → 多くの作成手法が提案されてきた しかし、利用例は少ない

既存手法の問題点: 解法が不明快・初期値設定が複雑・長時間の計算

研究の目的: 解法が**明快**・操作が容易な作成手法の提案

カルトグラム作成問題の整理

- 距離・面積の情報だけでは地点配置・地域形状は一意に定められない → **他の情報が必要**
- 地理的地図との比較を通してデータの特徴を把握する視覚化手法 → **過剰な形状変形は特徴把握を妨げる**

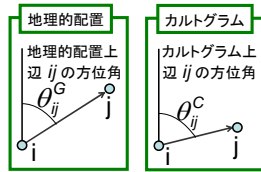
地理的配置上とカルトグラム上の辺の方位角の変化を抑制する条件を追加し、形状変形を抑えたカルトグラム作成を行う

○ ディスタンスカルトグラム

$$\min \left[\sum_{ij \in L} (t_{ij} - d_{ij})^2 + \mu \sum_{ij \in L} (\theta_{ij}^C - \theta_{ij}^G)^2 \right]$$

μ : 正則化項の重み

過剰な変形のない一意な解が得られる



○ エリアカルトグラム

$$\min \left[\sum_{i \in R} (D_i - A_i)^2 + \mu \sum_{e_{mn} \in E} (\theta_{mn}^C - \theta_{mn}^G)^2 \right]$$

パラメータ数 > 観測方程式数
一意な解が得られない!

$$\min \left[\sum_{ijk \in T} (D_{ijk} - A_{ijk})^2 + \mu \sum_{e_{mn} \in E} (\theta_{mn}^C - \theta_{mn}^G)^2 \right]$$

三角網分割しデータを三角形に割当て
→ 一意な解を得ることが可能に

非線形最小二乗問題を、地点・頂点座標の近似値 (x'_j, y'_j) の近傍で線形化

$$\min \left[\sum_{ij \in L} \left(t_{ij} \frac{x'_{ij}}{d'_{ij}} - (x_j - x_i) \right)^2 + \sum_{ij \in L} \left(t_{ij} \frac{y'_{ij}}{d'_{ij}} - (y_j - y_i) \right)^2 \right] \quad (\text{但し、} \mu = 1 \text{ に固定})$$

$$\min \sum_{ijk \in T} \left\{ 1 + \frac{3A_{ijk}^2}{D_{ijk}^2} + \frac{A_{ijk}^2}{D_{ijk}^2} (y'_{jk}x_i - y'_{ik}x_j + y'_{ij}x_k - x'_{jk}y_i + x'_{ik}y_j - x'_{ij}y_k) \right\}^2$$

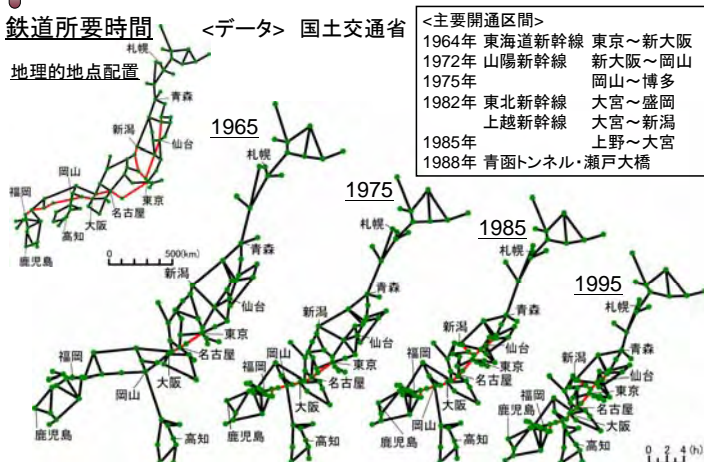
$$+ \mu \sum_{e_{mn} \in E} \left\{ \frac{(x_n - x_m)y'_{mn} - x'_{mn}(y_n - y_m)}{d'_{mn}{}^2} \right\}^2$$

$$\left(\begin{aligned} x'_{i12} &= x_{i2} - x_{i1}, d'_{mn} = \sqrt{x'_{mn}{}^2 + y'_{mn}{}^2} \\ A'_i &= \frac{1}{2} (x'_{i12}y'_{i13} - x'_{i13}y'_{i12}) \end{aligned} \right)$$

提案作成手法の特徴

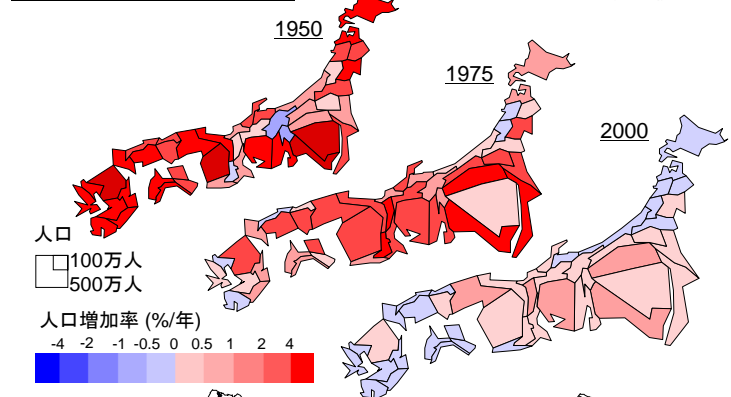
- 入力データは、カルトグラム上で**表現するデータ**と地理座標上での**地点座標**のみ
- 簡単な**線形最小二乗問題の繰り返し**で計算可能
- **計算時間 短** (数秒程度)

提案作成手法による視覚化例



地図画像を重ねると更に印象的な視覚化が可能に

都道府県人口・人口増加率



市区町村 人口エリアカルトグラム上分布 <データ> 数値地図25000