

最適化法による古代社会の人口推定

データ科学研究系 多次元データ解析グループ

助教 上田 澄江

1 古代社会の家系図の復元

古代メソポタミアのヌジ遺跡から約4000枚の粘土板文書が出土した。文書には主に土地など財産に関する契約が記されていて、当時の家族制度、経済活動、土地管理体制の変化などを知る貴重な資料となっている。この契約文書に記載されている個人名の分析から、ヌジ遺跡全体が約5世代の時間幅を持つことが知られている。ヌジ人名史料 (Gelb et al.(1943)) はこの文書に登場する個人名を索引の形式でアルファベット順に整理した書物であり、契約内容は記されていないが、親族関係、名前の登場する文書名・巻数・行数などを参照することができる。このヌジ人名史料を再現したデータベースを作成し、そこから得られる親族関係と文書情報から家系図を自動的に作成する計算アルゴリズムを提案した (上田, 他 (2005))。この結果4176の家系図が得られた。その最大の家系図は6代16人のテヒプティラの家系図である。

2 古代社会の人口推定

復元された家系図および個人名が記載される文書の情報を用いて、それら相互の関係を凸2次計画問題として定式化することを試みた。ここでいう人口推定とは文書に登場する人物に限定した人口の推定を指している。

2.1 凸2次計画法

人物 i の寿命は死亡年と生誕年の差 $d_i - b_i$ となり、彼の寿命は平均的に μ_i で与えられている。このとき次のような凸2次計画問題を考える。

目的関数

$$\min \sum_i \frac{1}{\sigma^2} (d_i - b_i - \mu_i)^2 .$$

制約条件

$$(2.1) \quad P_{895} = 100 ,$$

$$(2.2) \quad P_k \geq b_i + gap_P, \quad d_i \geq P_k ,$$

$$(2.3) \quad b_i \geq b_{f_i} + gap_f, \quad b_i \geq b_{m_i} + gap_m ,$$

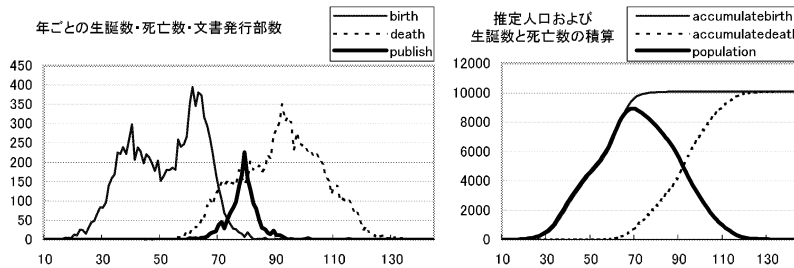
$$(2.4) \quad d_{f_i} \geq b_i, \quad d_{m_i} \geq b_i .$$

ここで、 $i = 1, \dots, 10071$, $k = 1, \dots, 1687$, σ : 標準偏差, b_i, d_i : 人物 i の生誕年と死亡年, μ_i : i の寿命, P_k : 文書 k の成立年, gap_P : i が文書 P_k に登場するとき i の年齢は gap_P より大, $b_{f_i}, b_{m_i}, d_{f_i}, d_{m_i}$: i の両親 f_i と m_i の生誕年と死亡年, gap_f, gap_m : i と両親との年齢差は gap_f および gap_m より大, とする。 $\mu_i, gap_P, gap_f, gap_m$ は予め与えるものとする。推定するパラメータの総数は21,829, 制約式の総数は39,231である。上式に対して説明を記す。

- a) (2.1) 式 P_{895} は文書名 JEN 525 を指す. 52 名の異なる個人名が記載される文書で, 最も多くの人名が登場する文書の一つであり, テヒプティラの家系のメンバーと関連のある文書である. その文書成立年を 100 年と固定することを示す.
- b) (2.2) 式は, 文書の成立年 P_k と人物の生誕年・死亡年 b_i, d_i の関係を表す. 文書に個人名が記載されるのはその人物が 10 歳 ($gap_p = 10$) 以上になってからと仮定する.
- c) (2.3) 式は, 親子の年齢差を父母それぞれを gap_f, gap_m で与えたときの人物 i との関係を表す. 父親は 15 歳 ($gap_f = 15$) 以上, 母親は 20 歳 ($gap_m = 20$) 以上で子供を授かると仮定する. 親子関係は家系図データベースから求めることができる. 親子関係が明記されていない場合および兄妹等には年齢の上下関係はない.
- d) 使用するデータは家系図データベース ($F_l, l = 1, \dots, 4176$) および文書情報をもつ個人名のデータベースで単独家系 (家族を持たない一人の世帯) を含む. 家系図を構成するメンバーは必ずしも文書に記載されるわけではない.

2.2 推定人口

ここで扱ったデータは最大のテヒプティラ家系図と文書を介してネットワークを構成している人物 (全体の 97%) に限定している. 寿命の長さは, $[20,60]$ の一様乱数で与えた場合, 40 年と固定した場合などについて扱う. 凸 2 次計画問題を解くために, 主双対内点法が実装されている最適化ソフト NUOPT/SIMPLE を使用した (藤田, 他 (1994), 数理システム (2007)).



寿命を $[20,60]$ の一様乱数で与えたときの推定分布

参考文献

- 藤田宏, 今野浩, 田邊國士 (1994). 最適化法, 岩波書店.
- Gelb, I. F., Purves, P. M. and Macrae A. A.(1943). *Nuzi personal names*, The University of Chicago Press.
- 牧野久美 (1991). 偽装養取に見られる社会変動—古代メソポタミア・ヌジ遺跡出土文書による—, 史学, 60, 91-119.
- 数理システム (2007). NUOPT/SIMPLE マニュアル.
- 上田澄江, 伊藤栄明, 牧野久美 (2005). ヌジ人名史料による家系図の作成について, 統計数理, 53, 2, 285-295.