

シミュレーション人口によるハテライト指標の評価

中澤 港(東京大学・人類生態) <minato@humeco.m.u-tokyo.ac.jp>

ハテライト指標

$$I_f = \frac{B}{\sum W_x \cdot f_x^H} \quad I_g = \frac{B^m}{\sum W_x^m \cdot f_x^H} \quad I_h = \frac{B^u}{\sum W_x^u \cdot f_x^H} \quad I_m = \frac{\sum W_x^m \cdot f_x^H}{\sum W_x \cdot f_x^H}$$

B : 総出生数, B^m : 嫡出出生数, B^u : 非嫡出出生数, W_x : 年齢階級 x の女性人口,
 W_x^m : 年齢階級 x の有配偶女性人口, W_x^u : 年齢階級 x の無配偶女性人口,
 f_x^H : 年齢階級 x のHutterite集団の出生力

Ansley J. Coale のグループにより提唱されたので、Princeton Indices ともいう。上式の通り Hutterite の年齢別出生率を基準とした相対指標なので、母の年齢別出生数データが必要ないという利点がある。総合出生力指標(I_f)、有配偶出生力指標(I_g)、無配偶出生力指標(I_h)、および結婚指標(I_m)の4つがあるが、本研究では I_f のみ検討する。

もともとのプリンストン研究では年齢5歳階級で計算されているが(Hutterite の年齢別出生力: 15-19歳=0.300, 20-24歳=0.550, 25-29歳=0.502, 30-34歳=0.447, 35-39歳=0.406, 40-44歳=0.222, 45-49歳=0.061), シミュレーションでは完全に正確な年齢がわかるため、Louis Henri (1961)による1歳階級のデータを用いても同様な計算を行った。要旨に載せた計算結果は、1歳階級の値によるものである。1歳階級で計算した場合と5歳階級で計算した場合を比較することにより、この指標に対する、年齢区分による影響(年齢別人口の偶発的偏りの影響)を評価することが可能になる。

シミュレーション人口の生成手法と数値実験のデザイン

Nakazawa, M. and R. Ohtsuka (1997) Analysis of completed parity using microsimulation modeling, *Mathematical Population Studies*, 6(3): 173-186.において構築した個人ベースのシミュレーションモデルを用い、2つの数値実験を行った。

実験1: 出生、死亡と結婚のレベルについて下表の5段階、総人口規模について、初期人口 100人, 500人, 2000人, 10000人の4段階を設定し、合計20の組み合わせについて乱数の初期値を変えて100年間のシミュレーションを100回ずつ実行した。

条件名	粗出生率	粗死亡率	平均初婚年齢
「高」	0.043	0.025	15歳
「中」	0.022	0.013	20歳
「低」	0.018	0.010	25歳
「中早」	0.022	0.013	15歳
「中晩」	0.022	0.013	25歳

実験2: 初期人口規模2000人の「中」の場合について、100年間直線的に出生パラメータが変化するという条件でもシミュレーションを行った。変化させたパラメータは、(2-1)内の人口増加率パラメータが0.9%から0.4%に低下する場合、(2-2)平均初婚年齢だけが20歳から25歳へ低下する場合、(2-3)加齢後の出産抑制パラメータが0から0.5に増加する場合、の3通りである。

(注)実験1でも2でもパラメータ単独の影響を見たため、例えば実験1の「中晩」は高齢における出生率が高いし、実験2の条件(2-2)では高齢における出生率が増加してゆくことになる。

データ解析手法

実験1については、シミュレーション終了年(1年だけ)の出生数と女性の年齢別人口から、総合出生力指標を算出した。算出にあたっては1歳階級で計算するプログラム[cx]と5歳階級で計算するプログラム[cy]を書いて、それぞれの算出結果をJMP(SAS Institute)で集計した。実験2については、シミュレーション開始から終了まで10年間隔で総合出生力指標を算出し(実験1と同様、 cx と cy を用いた)、経年変化を検討した。

(注)シミュレーション及び総合出生力指標の算出に用いたプログラムは、WEBサイト(<http://sv2.humeco.m.u-tokyo.ac.jp/~minato/demog99/>)から入手可能である。ソースはunix上のgccでコンパイル可能であり、本研究ではAlphaプロセッサ21164LX 533MHzマシンのRedHat Linux上ですべての計算を行った。

実験1のプログラムソース $jd.c, jd.h$
 1歳階級の指標計算 $cx.c$

実験2のプログラムソース $js.c, js.h$
 5歳階級の指標計算 $cy.c$

*.dat: データのサンプル

結果

実験1の結果を下表に示す。Q1, Q2, Q3は、それぞれ100回の試行から計算した第1四分位, 中央値, 第3四分位である。100人程度の人口規模で1年だけの出生数を使った総合出生力指標は、偶然によるばらつきが大きいたくなく、中央値が低めになることがわかる。500人以上では大きな違いはないが、人口規模が大きくなるほどばらつきが小さくなり安定することがわかった。1歳階級での計算結果と5歳階級での計算結果ではほとんど違いが見られず、この指標を求めるためのデータとしては、データが取りやすい5歳階級女性人口で十分であると考えられる。

【1歳階級】	高			低			中			中早			中晩		
	Q1	Q2	Q3	Q1	Q2	Q3	Q1	Q2	Q3	Q1	Q2	Q3	Q1	Q2	Q3
初期人口															
100人	0.18	0.28	0.40	0.00	0.10	0.20	0.09	0.15	0.23	0.08	0.15	0.26	0.00	0.10	0.18
500人	0.28	0.32	0.38	0.10	0.14	0.18	0.13	0.16	0.19	0.18	0.21	0.25	0.12	0.16	0.20
2000人	0.29	0.31	0.33	0.14	0.16	0.18	0.17	0.19	0.21	0.19	0.21	0.22	0.15	0.16	0.19
10000人	0.31	0.32	0.33	0.16	0.17	0.17	0.18	0.19	0.20	0.19	0.20	0.21	0.17	0.18	0.18
【5歳階級】															
初期人口															
100人	0.16	0.29	0.40	0.00	0.09	0.20	0.09	0.14	0.21	0.08	0.14	0.24	0.00	0.09	0.18
500人	0.29	0.34	0.39	0.10	0.14	0.18	0.12	0.15	0.19	0.17	0.21	0.24	0.12	0.15	0.19
2000人	0.31	0.33	0.35	0.13	0.15	0.17	0.16	0.18	0.20	0.18	0.20	0.22	0.14	0.16	0.18
10000人	0.33	0.33	0.34	0.15	0.16	0.17	0.17	0.18	0.19	0.18	0.19	0.20	0.16	0.17	0.18

実験2の主な結果は、以下の3点にまとめることができる。(1)内的自然増加率が低下すると総合出生力指標は低下するが、すぐに低下するのではなく、時間遅れが生じていた(下図は、5歳階級で計算した場合)(2)年齢別出生率のバタンや婚姻バタンが変化しても、本実験で試した程度の変化では総合出生力指標にはほとんど影響が見られなかった。(3)総合出生力指標を5歳階級で計算しても1歳階級で計算しても、結果はほぼ一貫して同じ傾向にあった。ただし、試したパラメータ変化の幅が狭く、かつ直線的な変化しか想定してないため、これを結論づけるためには、今後の追加実験が必要である。

