

将来人口推計の推計精度について

阿藤 誠・池ノ上正子

1. はじめに

将来人口推計ないし人口予測の性格についてはいくつかの考え方がありうる。かりに推計をコーホート要因法で行うとすると、出生率、死亡率、人口移動率に関して何らかの仮定（将来の見通し）をたてる必要がある。推計の性格はその仮定のたて方で決まってくる。

まず仮定の設定に際して政策担当者の政策目標あるいは価値目標を含めるか否かにより、推計は計画推計（主観推計）と非計画推計（客観推計）とに分けられる。後者はさらに予測の要素がどの程度あるかによって延長投影（projection）と予報（forecast）に分られる。このうち延長投影は、過去の趨勢を機械的に将来に延長した推計であり、各要因について複数の分かれ道を想定するとき、シナリオ型推計とも呼ばれよう。一方、予報は各要素について、将来最も起こりうる状態を想定して仮定をたてる¹⁾。

具体的な将来人口推計（とくに公的な推計）は以上の分類軸に沿ったいずれかのタイプというよりも、多かれ少なかれ政策的ないし価値的要素ならびに予報的要素を含んだ混合物と考えられる。本研究所の最新の将来人口推計（昭和61年12月推計²⁾）を例にとれば、中位推計についてみても1985年の基準年次に近い程予報的要素が強いが、先になればなるほど予報的色彩が薄れ、延長投影的色彩が強くなるものと考えられる。また出生率については、高位、中位、低位の仮定を設定しており、この点ではシナリオ型推計の性格をもつ。さらにその推計で参考推計として扱われた2025～2085年については、出生率はその60年間で人口置き換え水準まで上昇すると仮定した推計となっており、この点では価値的要素を含めた推計といえなくもない。

さて、将来人口推計がたんなる計画推計でも延長投影でもなく、いささかでも予報的要素をもつものとする、それがどの程度当たるかということが問題となる。例えば前述の推計において、10年後の1995年について推計された総人口の推計精度（かりにそういうものが考えられるとすれば）はどの程度のものであろうか。言い換えると、そこで予測された1995年の総人口の推計誤差はどの程度といえるのであろうか。以下ではこの問題に対するキーフィッツ（N. Keyfits）の考え方³⁾を紹介し、それに依拠して本研究所の最新の将来人口推計（昭和61年12月推計）の推計精度というものを考えてみたい。

2. キーフィッツの考え方

人口予測は統計学における確率モデルに則して行われるものではない。したがって理論上は、予測の誤差を確率モデルに基づいて計算し、信頼区間を推定することは出来ない。しかしながら、人口予測においては、過去の推計の予測値（例えば1970年推計における1985年の人口予測値）と実績値

1) 将来人口推計の性格づけについては、浜英彦、「地域人口予測の性格と推計方法」、『人口問題研究』、第155号（昭55.7）、21～46頁。

2) 厚生省人口問題研究所『日本の将来推計人口—昭和60年～100年（101年～160年参考推計）—（昭和61年12月推計）』昭和62年2月。

3) Keyfitz, N., "The Limits of Population Forecasting", N. Keyfitz, Population Change and Social Policy, Abt Books, 1982, pp.184-200.

(1985年の人口センサスに基づく総人口)との対応関係を観察することができる。これを利用して、将来の予測値(1985年時点における2000年の人口)の精度を測定しようというのがキーフィッツの考え方である。

問題は「(例えば)1985年時点において、15年後の予測人口をどの程度の精度をもって予測できるか」ということであり、それを統計学における推定の問題と同様に「15年後の日本人口(真の値 P) が P_1 と P_2 の間に入る確率は $2/3$ 」という形で考えることが可能か否かということである。

そのために、まずある国について過去に行われた人口予測(例えば1970年推計)における基準年次の人口から x 年後の予測人口(例えば15年後の1985年推計人口)までの推計年平均人口増加率 (r_i) を計測する。つぎに1970~1985年の実際の年平均人口増加率 (R_i) を計測し、推計増加率と実際増加率の差 ($r_i - R_i$) を推計誤差 (d_i) とする。

1国についての1回の推計でも、現在までに複数時点の予測人口があれば、各々について推計誤差を計算できる。また1国について過去複数回の推計が行われていれば、各回の推計ごとに複数の推計誤差が計算できる。さらに複数の国を考えれば、さらに多くの推計誤差を計算できる。ここで、過去の推計の予測値と実績値の差 (d_i) に関する母集団を考える。そして、ある国の1回の推計における1期間の予測値と実績値の推計誤差 (d_i) をそのまま標本平均とみなす。過去の推計に基づいてこれらの標本を多数集めることによって、 d_i の標本分布が得られる。いま d_i の標本分布の平均が母集団の平均と一致するとすれば、標本分布の標準偏差、すなわち

$$SD = \sqrt{\text{Var}(\bar{d})} = \sqrt{\frac{\sum (d_i - \bar{d}_i)^2}{n}}$$

によって推計誤差のバラツキを表現できる。また d_i の標本分布の平均が母集団の平均と一致しない場合には、

$RMSE$ (root mean square error 平均2乗誤差の平方根)

$$\begin{aligned} &= \sqrt{\text{Var}(\bar{d}) + \text{Bias}^2} = \sqrt{\frac{\sum (d_i - \bar{d}_i)^2}{n} + (\bar{d}_i - 0)^2} \\ &= \frac{\sum d_i^2}{n} \end{aligned}$$

によって推計誤差のバラツキを表現できる⁴⁾。

キーフィッツは、推計誤差には標本誤差のみならず非標本誤差が伴うと考え、推計誤差のバラツキを表現するには $RMSE$ の方が望ましいと考える。このようにして過去の推計と実績との対応関係から計測される $RMSE$ を、かりに推計担当者がどのような努力をしても常に起こりうる推計誤差のバラツキの大きさと考えると、現在から将来にかけての人口推計においても、その程度のズレは覚悟せざるをえないということになる。

かくして、過去の推計から計測された推計誤差を E 、1985年の人口を P_0 、15年後の2000年人口を P_{15} 、1985~2000年の推計年平均人口増加率を r とすると、「 P_{15} が $P_0 e^{15(r+E)}$ と $P_0 e^{15(r-E)}$ の間に入る確率は $2/3$ 、 $P_0 e^{15(r+2E)}$ と $P_0 e^{15(r-2E)}$ の間に入る確率は 95% 」という言い方が可能になる。

4) 標本分布の標準偏差ならびに $RMSE$ に関しては Leslie Kish, Survey Sampling, John Wiley and Sons, 1965.

3. 国連推計と米国の推計

キーフィッツは、国連が1958年、1963年、1968年に実施した世界各国の将来人口推計の中位推計値 (medium variant) に基づく推計誤差から *RMSE* を計測し表1の結果を得た。この表から国連による世界各国の将来人口推計について次のことが言える。

表1 三時点における、国連による各国の将来人口推計に基づく年平均人口増加率の *RMSE*

年次	推計期間	人口増加率の水準			
		緩	中	急	合計
1958年	1955～60年	0.320	0.555	0.793	0.589
	1955～65	0.338	0.545	0.713	0.553
	1955～70	0.323	0.534	0.698	0.541
	1955～75	0.310	0.538	0.691	0.536
	合計	0.323	0.543	0.725	0.555
1963	1960～65	0.236	0.421	0.527	0.413
	1960～70	0.248	0.447	0.487	0.408
	1960～75	0.250	0.481	0.596	0.465
	合計	0.245	0.450	0.539	0.429
1968	1965～70	0.298	0.359	0.398	0.354
	1965～75	0.245	0.418	0.390	0.359
	合計	0.273	0.390	0.394	0.357
合計		0.288	0.478	0.604	0.476

資料) Table 3 in Keyfitz, N., "The Limits of Population Forecasting," N. Keyfitz, *Population Change and Social Policy*, Abt Books, 1982, pp. 184-200.

- (1) 推計時点が新らしくなるほど *RMSE* が小さくなっているところからみて国連の人口推計の精度は最近になるほど向上している。
- (2) いつの時点でも、人口増加率の小さい諸国 (先進諸国) ほど *RMSE* が小さいところからみて、人口増加率が小さいほど推計の精度が良い。
- (3) 推計の時点、人口増加率の大きさに関わりなく、推計期間と *RMSE* との間には明瞭な関係がみられない。

一方、米国のセンサス局では、1983年の将来人口推計において、キーフィッツの方法を用いて、過去20年間の米国の将来人口推計の中位推計値に基づく *RMSE* を計測している (表2)⁵⁾。これによると、国連推計の場合とは異なり、推計期間が長くなるほど *RMSE* が大きくなり、推計の精度が低下する傾向がみられる。

また表2の(2)、(3)欄は、米国の1983年推計における推計期間別年平均人口増加率の高位推計と中位推計の差、中位推計と低位推計の差を示したものである。これらの値が推計期間別 *RMSE* の値に比較的近似しているところから、キーフィッツの考え方に従う限り、「将来人口が高位と低位の間に入る確率は2/3」という表現が一応可能である。

4. 日本の推計

厚生省人口問題研究所が過去に実施、公表した将来人口推計は、昭和30年12月推計から昭和56年11

5) U. S. Dept. of Commerce, Bureau of the Census, *Projections of the Population of the United States, by Age, Sex and Race: 1983 to 2080*, 1984.

月推計まで最新の推計を除いて8回にすぎない⁶⁾。標本としてはやや物足りないが、この8回の推計の推計期間1～10年各年と15年について計算された推計年平均増加率 (r_i)、対応する期間の実際の年平均増加率 (R_i)、両者の差 (d_i) を表3に示す。表4は、(1)欄に推計期間別の d_i の算術平均、(2)欄に $RMSE$ 、(5)欄には最新の推計(昭和61年12月推計)の高位と中位の年平均増加率の差、(6)欄には同じく中位と低位の年平均増加率の差を示してある。

表3の推計誤差 (d_i) のうち、第IV回の10年目(昭和37～47年)、15年目(昭和35～50年)と第V回の4～8年目(昭和43～47—51年)の d_i が他に比べて大きいのは、この推計期間内に沖縄の返還があったためである。そこで表4の(3)、(4)欄にはこの時期に沖縄返還がなかったと仮定した場合の d_i を別途計算し、これを表3の該当年次のデータと置き換えて計算した d_i の平均値と $RMSE$ を掲げてある。

表4の $RMSE$ をみると、全体として、キーフィッツが国連推計について計測した $RMSE$ はもちろん、米国の推計の $RMSE$ よりも小さい。このことから、わが国の将来人口推計の精度は国連推計あるいは米国の推計の精度よりも高いと言えそうである。

表4の $RMSE$ を推計期間別にみると、全体として推計期間が長いほど $RMSE$ が大きくなる傾向がある(とくに沖縄返還がなかったと仮定した場合の $RMSE$ の傾向は一貫している)。これは前述の米国の例と一致しており、推計期間が長くなるほど将来人口推計の精度が悪くなるものと解釈できる。

米国の場合とは異なり、表4の(5)、(6)欄の値(すなわち高位と中位の差、中位と低位の差)は(2)または(4)欄の $RMSE$ をかなり下回る。かりに最新の推計が過去8回の推計と同程度の推計誤差をもつとすると、将来人口が高位と低位に入る確率は2/3をかなり下回ることになる。したがって、純粋に過

表2 米国において過去20年間に実施された将来人口推計に基づく年平均人口増加率の $RMSE$ 、ならびに1983年推計における高位と中位、中位と低位の年平均人口増加率の差 (%)

推計期間	(1) $RMSE$	(2) 高位と 中位の差	(3) 中位と 低位の差
1年	0.10	0.17	0.12
2	0.12	0.18	0.15
3	0.16	0.20	0.17
4	0.21	0.22	0.19
5	0.21	0.24	0.21
6	0.26	0.25	0.23
7	0.28	0.25	0.26
15	*0.33	0.33	0.31
25	*0.33	0.34	0.41
50	*0.33	0.60	0.65
100	*0.33	0.66	0.71

注) *印は過去20年間に実施されたすべての推計から得られた全データに基づく $RMSE$ 。
資料) Table N in US. Bureau of the Census, *Projections of the United States: 1983 to 2080, 1984.*

6) 人口問題研究所は昭和30年以前にも何回かの将来人口推計を実施したようであるが、現在必ずしも公表資料として残っていない。そこでここでは公表資料として入手可能な昭和30年以降8回の将来推計人口を分析の対象としてとりあげた。各回の資料は以下の通りである。

- 第I回、上田正夫・山口喜一、「推計将来人口(昭和25～40年)」、『人口問題研究』、第62号(1955.12)
- 第II回、『男女年齢別推計人口(昭和32年5月1日推計)』、研究資料第118号(1959.2.10)
- 第III回、『男女年齢別推計人口(昭和35年6月1日推計)』、研究資料第138号(1960.8.1)
- 第IV回、『男女年齢別将来推計人口(昭和39年6月1日推計)』、研究資料第159号(1964.6.1)
- 第V回、『男女年齢別将来推計人口(昭和44年8月推計)』、研究資料第192号(1969.9.1)
- 第VI回、『日本の将来推計人口(昭和50年2月推計)』、研究資料第208号(1975.2.15)
- 第VII回、『日本の将来推計人口(昭和51年11月推計)』、研究資料第213号(1976.11.20)
- 第VIII回、『日本の将来推計人口(昭和56年11月推計)』、研究資料第227号(1982.4.1)

表3 人口問題研究所による第Ⅰ～Ⅷ回の将来人口推計に基づく推計期間別推計年平均人口増加率($r\%$), 同推計期間における実際の年平均人口増加率($R\%$), ならびに推計誤差($d=r-R$)

基準年次 からの年数	各 回 推 計 (カッコ内は基準年次)							
	第Ⅰ回 (昭25)	第Ⅱ回 (昭30)	第Ⅲ回 (昭33)	第Ⅳ回 (昭37)	第Ⅴ回 (昭43)	第Ⅵ回 (昭48)	第Ⅶ回 (昭50)	第Ⅷ回 (昭55)
(1)推計に基づく年平均人口増加率($r\%$)								
1年	1.6368	1.0895	1.0133	0.9659	1.1384	1.2687	1.0036	0.6853
2	1.5689	1.0277	1.0183	0.9638	1.1387	1.2670	0.9793	0.6522
3	1.5013	0.9812	1.0144	0.9584	1.1377	1.2627	0.9807	0.6225
4	1.4853	0.9377	1.0016	0.9514	1.1402	1.2472	0.9849	0.5954
5	1.4070	0.8972	0.9834	0.9501	1.1429	1.2249	0.9813	0.5708
6	1.3412	0.8604	0.9618	0.9542	1.1474	1.1987	0.9682	
7	1.2830	0.8269	0.9371	0.9624	1.1521	1.1729	0.9497	
8	1.2311	0.8015	0.9154	0.9697	1.1570	1.1482	0.9291	
9	1.1834	0.7826	0.8991	0.9737	1.1553	1.1232	0.9083	
10	1.1382	0.7676	0.8883	0.9763	1.1466	1.0979	0.8884	
15	0.9771	0.7282	0.9024	0.9729	1.0666			
(2)実際の年平均人口増加率($R\%$)								
1	1.5989	0.9986	0.9479	1.0192	1.1822	1.3374	1.0256	0.7014
2	1.5432	0.9168	0.8921	1.0403	1.1651	1.2831	0.9841	0.6927
3	1.4814	0.9173	0.9030	1.0663	1.2316	1.1973	0.9540	0.6829
4	1.4700	0.9250	0.9132	0.9926	1.4995	1.1336	0.9241	0.6690
5	1.4097	0.9072	0.9344	1.0270	1.4782	1.0856	0.8945	0.6698
6	1.3412	0.9102	0.9555	1.0435	1.4547	1.0437	0.8623	
7	1.2689	0.9150	0.9788	1.0633	1.4224	1.0055	0.8368	
8	1.2251	0.9280	0.9529	1.0739	1.3728	0.9675	0.8151	
9	1.1943	0.9428	0.9764	1.1062	1.3250	0.9360	0.7943	
10	1.1585	0.9604	0.9914	1.2259	1.2819	0.9087	0.7822	
15	1.1101	0.9997	0.9997	1.2058	1.0985			
(3)推計誤差($d=r-R$)								
1	0.0378	0.0909	0.0653	-0.0533	-0.0438	-0.0687	-0.0221	-0.0161
2	0.0256	0.1110	0.1262	-0.0764	-0.0264	-0.0160	-0.0048	-0.0405
3	0.0199	0.0639	0.1114	-0.1079	-0.0939	0.0654	0.0267	-0.0604
4	0.0153	0.0127	0.0884	-0.0411	-0.3594	0.1136	0.0609	-0.0736
5	-0.0027	-0.0101	0.0490	-0.0768	-0.3352	0.1393	0.0868	-0.0990
6	0.0000	-0.0497	0.0063	-0.0893	-0.3074	0.1550	0.1059	
7	0.0141	-0.0881	-0.0417	-0.1010	-0.2703	0.1674	0.1129	
8	0.0060	-0.1265	-0.0374	-0.1042	-0.2159	0.1807	0.1140	
9	-0.0109	-0.1602	-0.0773	-0.1325	-0.1697	0.1872	0.1141	
10	-0.0203	-0.1927	-0.1031	-0.2496	-0.1353	0.1892	0.1062	
15	-0.1331	-0.2715	-0.0974	-0.2329	-0.0319			

注) 1. 基準年次は、筆者の判断で実質的な基準年次を採用したため各回推計のそれとは必ずしも一致しない。
2. 推計期間の制約から、第Ⅲ回の15年目は昭和30～45年、第Ⅳ回の15年目は昭和35～50年について計測した。

資料) 注(6)文献。

去の推計の経験に基いて新しい推計を行うとすると、中位推計と高位推計あるいは低位推計との幅をRMSE程度になるようにすることが望ましいということになる。最新推計も含めてわが国の公式推計では、国連や米国などに比べて出生率の高位と低位の仮定の幅はかなり小さく、しかも生残率は一通りの仮定しか設定していない。キーフィットの論法に従って考えるならば、今後の推計にあたって、少なくとも生残率に高位、低位の仮定を設定し、出生率と生残率の仮定を組み合わせることによって、推計人口自体の高位と低位の幅を広げた方が望ましいということになる。

表4 推計誤差の算術平均と $RMSE$, ならびに最新推計 (昭和61年12月推計)
の高位と中位, 中位と低位の年平均人口増加率の差

推計期間	(1) 推計誤差 (d_i) の算術平均 (a)	(2) d_i の $RMSE$ (a)	(3) d_i の算術平均 (b)	(4) d_i の $RMSE$ (b)	(5) 高位と中位の 年平均人口 増加率の差	(6) 中位と低位の 年平均人口 増加率の差
1年	-0.0012	0.0550	-0.0012	0.0550	0.0197	0.0197
2	0.0123	0.0683	0.0123	0.0683	0.0229	0.0233
3	0.0031	0.0758	0.0031	0.0758	0.0260	0.0263
4	-0.0229	0.1419	0.0054	0.0788	0.0293	0.0293
5	-0.0311	0.1403	-0.0082	0.0924	0.0325	0.0327
6	-0.0256	0.1415	-0.0036	0.0994	0.0350	0.0319
7	-0.0295	0.1382	-0.0104	0.1064	0.0386	0.0323
8	-0.0262	0.1312	-0.0094	0.1093	0.0431	0.0338
9	-0.0356	0.1343	-0.0206	0.1205	0.0485	0.0361
10	-0.0579	0.1585	-0.0315	0.1321	0.0479	0.0482
15	-0.1534	0.1767	-0.1286	0.1618	0.0592	0.0598

注) (3), (4)欄は, 表3のデータ中, 第IV回の10, 15年目, 第V回の4~8年目について, 沖縄の人口を除いて計算された R_i を用いて d_i を求めた場合.