

キャリアデザイン・ゼミナール 少子高齢化を分析する力をつける

理学部・情報科学科 高須夫悟

takasu@ics.nara-wu.ac.jp
http://gi.ics.nara-wu.ac.jp/~takasu

毎週火曜日 3,4時限、G棟 3階 G303 + G301

講義+計算機を用いた実習

目的

過去 200年、地球人口はかつてないほどの速度で増加し続けている

しかし、一部先進国では少子高齢化が急速に進んでいる

人口構成の急激な変化は、社会・経済体制に甚大な影響を及ぼす

少子高齢化をもたらすメカニズムを理解することは、将来を見据えた対策を立案する上で不可欠



人口動態の実態を正しく理解する

数理モデルを用いて人口動態予測を行う方法を理解する

シミュレーション実験を通じて、効果的な少子高齢化対策を探る

2

構成

1. 過去の人口動態の実態とそれを説明する仮説
 - 世界人口、日本人口
 - 人口転換説
 - 人口学の基礎
2. モデル
 - 指数モデル、齢構造モデル
3. 少子高齢化の要因
 - 齢構造モデル解析
4. 少子高齢化の対策・有効性・提言
 - シミュレーション実験

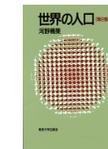
参考書

新人口論-生態学的アプローチ
重定 南奈子, 瀬野 裕美, 高須 夫悟 共訳 1998
農山漁村文化協会



"How many people can the earth support?"
Joel. E. Cohen (1995). W. W. Norton & Company, New York.

世界の人口 第2版
河野 稠果 2000
東京大学出版会



少子化の人口学 人口学ライブラリー 1
大淵寛, 高橋重郷 編著 2004
原書房



地球人口の推移

2006年	65億
2003年	63億
2002年	62億
2000年	60億
1986年	50億
1974年	40億
1960年	30億
1930年	20億
19世紀半ば	10億
1600年頃	5億
紀元0年前後	2~3億

YOMIURI ONLINE | 読売新聞 | サイト内 | Web

平成18年4月開学
募集要項配付中!

教育 | 医療と介護 | 住まい | 大手小町 | 旅行 | ゴルメ | クルマ | ネット |

国際
国際トップ
ホーム > 国際

「世界人口時計」65億人を突破

【ワシントン=広瀬英治】米商務省統計局がインターネット上で表示している「世界人口時計」で、世界の人口が25日夜（日本時間26日朝）、65億人を突破した。

数値は世界各国・地域の人口動態に基づいた推計値で、それによると、今年地球上で1秒間に平均4・1人が生まれ、1・8人が死亡している計算。2006年の人口は前年に比べ約7460万人増加し、13年に70億人、27年に80億人、45年には90億人をそれぞれ超えると予測している。

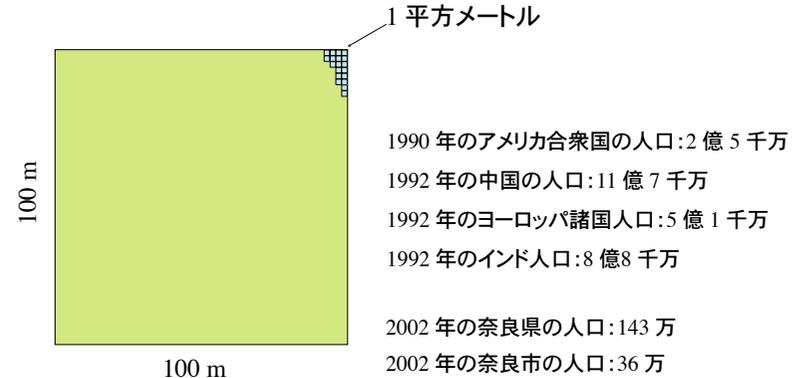
国別では、今年は今より中国（約13億人）<2>インド（約11億人）<3>アメリカ（約3億人）の順で、日本は約1億2700万人で10位。これが50年には、インド（約16億人）が首位となり、中国（約14億人）、アメリカ（約4億人）と続く。同年の日本は約9990万人と1億人を割り込み、順位も17位に下がるとの予測だ。

世界人口が60億を超えたのは「世界人口時計」によると1999年6月1日だった。ただし、推計値は調査機関によって異なり、国連は99年10月12日としている。

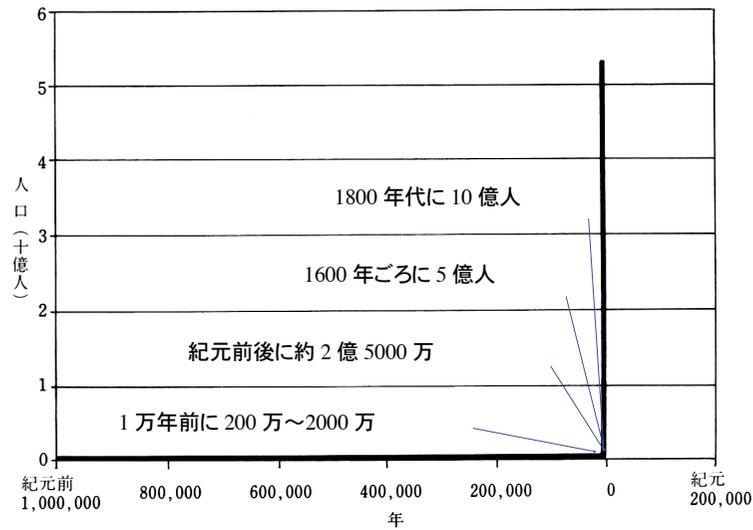
(2006年2月26日19時22分 読売新聞)

10億人のイメージ

1万平方メートル(サッカーグラウンド約2つ)の区画に
1平方メートル毎に10万人を詰め込むと10億人になる

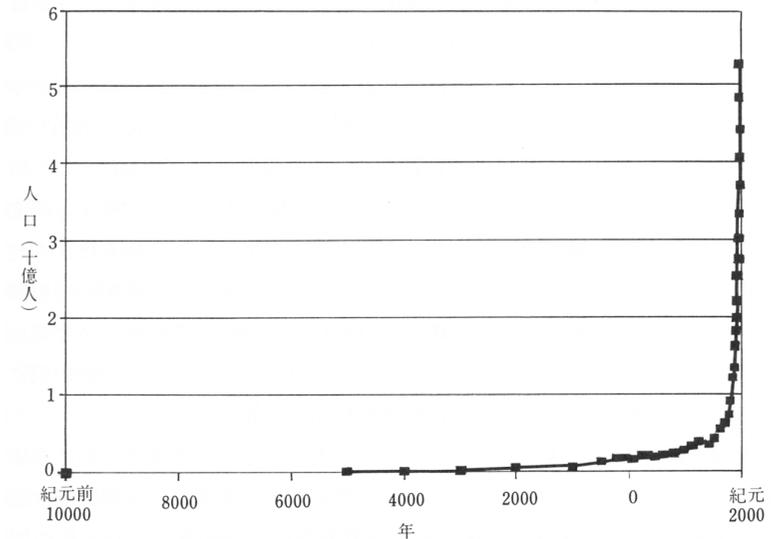


100万年前から現在

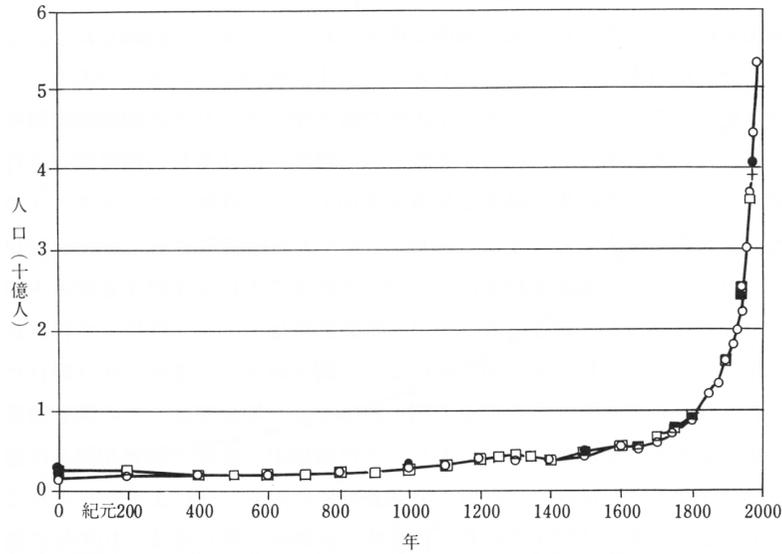


人類の出現:100万~400万年前

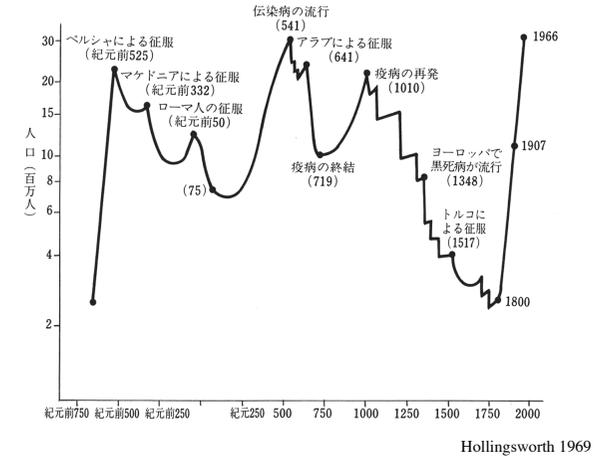
最後の氷河期から現在



過去 2000 年間



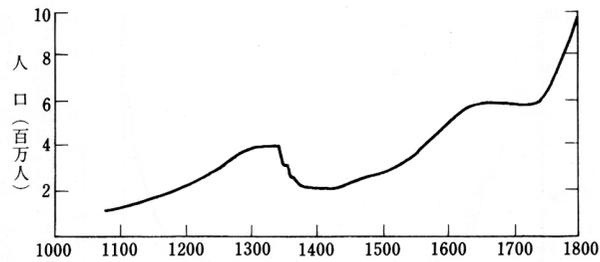
局所的な人口推移 エジプトの例



Hollingsworth 1969
局所的に見れば人口は必ずしも増加し続けるわけではない

局所的な人口推移 イギリスの例

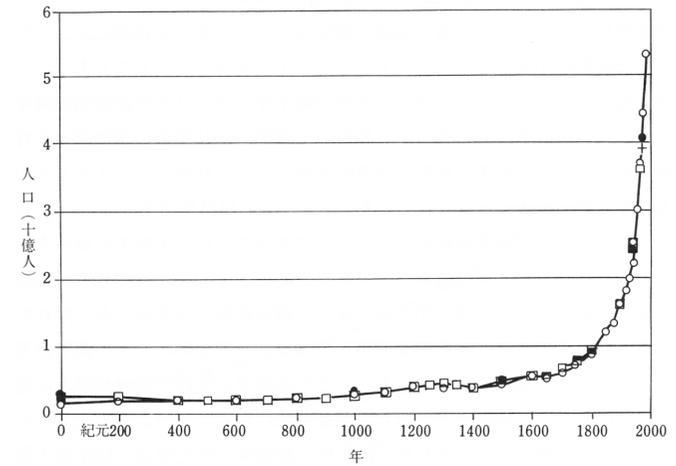
図 4 11世紀から19世紀までのイギリス人口の推移



出所: Wrigley (1969).

世界の人口第2版 河野 2000 より

地球全体の人口はほぼ一貫して増加し続けている



地球人口は今後、どうなるのか?

人口の推定

古代

考古学的資料・遺跡からの推定

徴税・軍事的人員管理のために実施した記録文献からの推定

中世

教会・寺社の記録 (各国地域における断片的な部分総計)

1427年 トスカーナ地方の地籍図

1665年 カナダ・ケベック地方の人口調査

19世紀～

国勢調査などの国家的規模の人口調査

1790年 アメリカ合衆国の人口調査

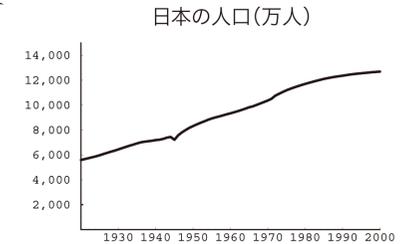
1801年 イギリスの人口調査

1920年 日本で国勢調査始まる

日本人口の推移(大正～)

第1表 男女別人口(各年10月1日現在) - 総人口(大正9年～平成12年), 日本人人口(昭和)
 Table 1. Population by Sex (as of October 1 of Each Year) - Total population (from 1920 to 2000), Jpn

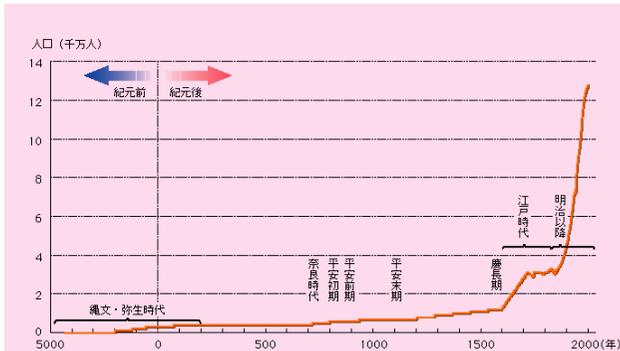
年次 Year	総人口 Total population			日本人人口 Japanese population		
	男女計 Both sexes	男 Male	女 Female	男女計 Both sexes	男 Male	女 Female
大正9年 1920 *	55,963	28,044	27,919	—	—	—
10年 1921	55,666	28,412	28,254	—	—	—
11年 1922	57,390	28,800	28,590	—	—	—
12年 1923	58,119	29,177	28,942	—	—	—
13年 1924	59,876	29,569	29,327	—	—	—
14年 1925 *	59,737	30,013	29,724	—	—	—
15年 1926	60,741	30,521	30,220	—	—	—
昭和2年 1927	61,659	30,982	30,678	—	—	—
3年 1928	62,595	31,449	31,146	—	—	—
4年 1929	63,481	31,891	31,570	—	—	—
5年 1930 *	64,450	32,390	32,060	—	—	—
6年 1931	65,457	32,899	32,559	—	—	—
7年 1932	66,454	33,355	33,079	—	—	—
8年 1933	67,432	33,845	33,587	—	—	—
9年 1934	68,399	34,294	34,015	—	—	—
10年 1935 *	69,254	34,734	34,520	—	—	—
11年 1936	70,114	35,165	35,011	—	—	—
12年 1937	70,630	35,128	35,503	—	—	—
13年 1938	71,013	35,125	35,888	—	—	—
14年 1939	71,380	35,226	36,154	—	—	—
15年 1940 *	71,933	35,387	36,546	—	—	—
16年 1941	72,218	—	—	—	—	—
17年 1942	72,880	—	—	—	—	—
18年 1943	73,903	—	—	—	—	—
19年 1944	74,435	—	—	—	—	—
20年 1945 *	72,147	—	—	—	—	—
21年 1946	75,750	—	—	—	—	—
22年 1947 *	78,191	38,129	39,972	—	—	—
23年 1948	80,062	38,139	40,973	—	—	—
24年 1949	81,773	40,063	41,710	—	—	—
25年 1950 *	83,200	40,812	42,388	82,672	40,514	42,158



総務省統計局 長期時系列データ 我が国の推計人口 大正9年～平成12年

日本人口の推移(縄文弥生～)

平成16年版 内閣府 少子化社会白書より

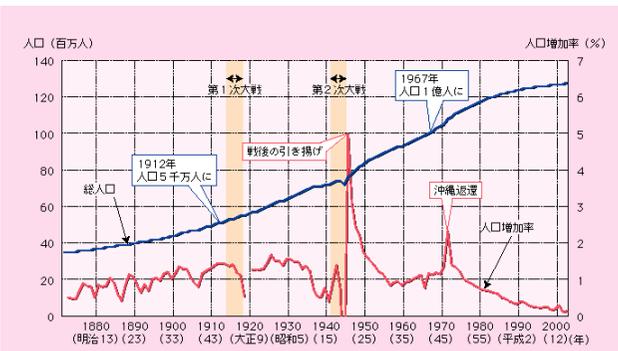


資料: 総合開発研究機構「人口減少と総合国力に関する研究」、国立社会保険・人口問題研究所「人口統計資料集2004」
 注: 1846年までは奥野宏「人口から読む日本の歴史」講談社(2000(平成12)年)、1847年から1870(明治3)年までは森田修三「人口増加の分析」日本評論社(1944(昭和19)年)による。1872(明治5)年から2003(平成15)年までは内閣府「明治五年以降我が国の人口」、総務省統計局「国勢調査」、「10月1日現在推計人口」を元に作成。

<http://www8.cao.go.jp/shoushi/whitepaper/w-2004/html-h/html/g1110030.html>

日本人口の推移(明治～)

平成16年版 内閣府 少子化社会白書より



資料: 内閣府「明治五年以降我が国の人口」、総務省統計局「国勢調査」、「10月1日現在推計人口」

<http://www8.cao.go.jp/shoushi/whitepaper/w-2004/html-h/html/g1110040.html>

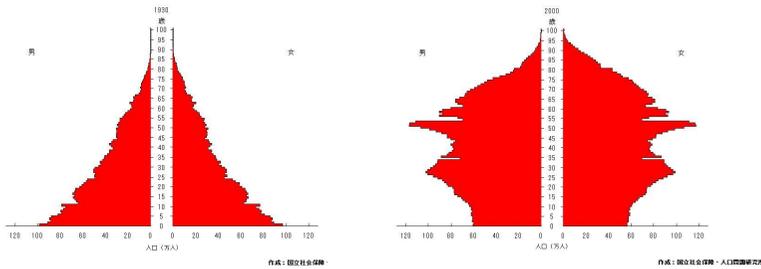
人口増加率(%) = (人口 / 前年の人口 - 1) × 100

日本人口の年齢構成

人口動態は年齢構成に強く影響される

1930年

2000年



国立社会保障・人口問題研究所より
<http://www.ipss.go.jp/>

基礎用語

出生率 女性が産む子供の数の指標。年齢に依存

合計特殊出生率 total fertility rate, TFR

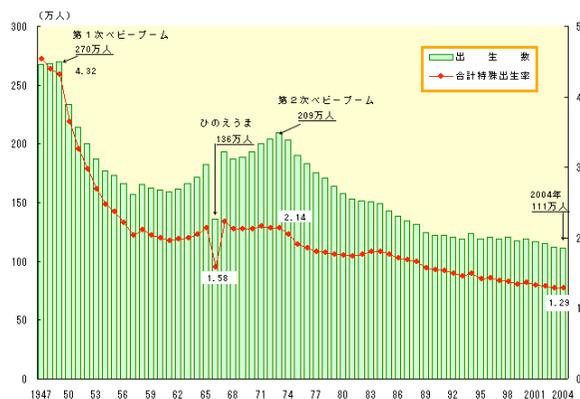
一人の女性が生涯に産む子供の数の指標
日本女性の TFR は 1.29 (2004年)

人口の置換水準、置換率

人口が増えも減りもしない状態を維持するために必要な合計特殊出生率のこと

死亡率が高ければ置換水準も高くなる。
死亡率が十分低い先進諸国では概ね 2.1 程度

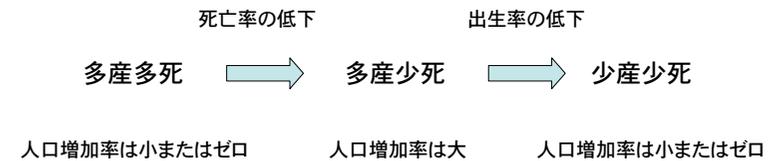
日本女性の合計特殊出生率



国立社会保障・人口問題研究所 少子化情報ホームページより
<http://www.ipss.go.jp/syoushika/seisaku/html/111b1.htm>

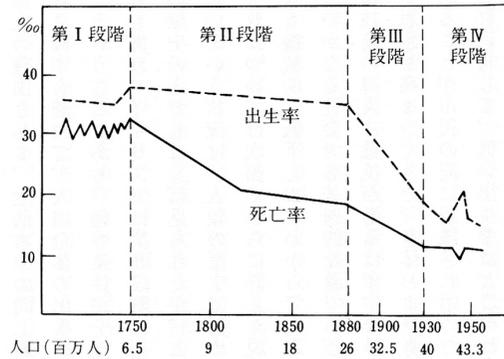
人口転換

欧米先進諸国において、
18～19世紀の死亡率低下と19～20世紀の出生率低下がもたらした人口増加パターンを人口転換 demographic transition と呼ぶ



人口転換の例

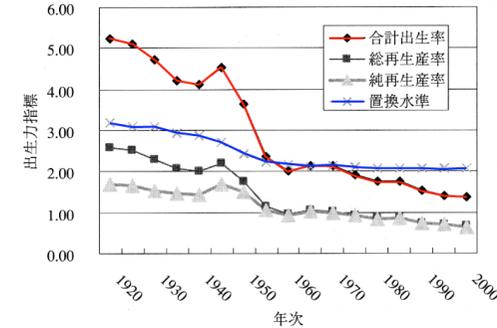
図5 イギリスの人口転換



出所：Political and Economic Planning (1955).
ただし部分的変更を加えた。

世界の人口第2版 河野 2000 より

日本の人口転換



図P-2 日本の各種出生力指標 (1920~2000年)

(注) 1: 置換水準は合計出生率に対応する。
2: 1920年および1935年の諸指標は上記資料で得られないので、筆者の計算によるハテライト指数に基づいて前後の年次の数値とリンクさせて推計した。また、1945年の数値も存在しないので、その位置には1947年の値が当てられている。

(資料) 国立社会保障・人口問題研究所「人口統計資料集」2004年版。

少子化の人口学 大淵寛、高橋重郷 編著 2004 より

死亡率の低下

経済発展による生活水準の向上・医療技術の発展が主な要因

食料生産の増加、栄養状態の向上、衛生状態の改善、伝染病治療の確立

死亡率低下は全ての人の願い。世界各地域で低下傾向

表6 世界の主要地域別粗死亡率の推移：1950-2000 (‰)

主要地域	1950-55	1960-65	1970-75	1980-85	1985-90	1990-95	1995-2000
世界	19.7	15.6	11.6	10.3	9.6	9.3	8.9
先進地域	10.2	9.4	9.4	9.6	9.6	10.1	10.1
途上地域	24.2	18.2	12.4	10.5	9.6	9.1	8.6
アフリカ	26.6	22.8	19.2	16.3	14.4	14.4	13.9
アジア	23.9	17.6	11.4	9.6	8.8	8.3	7.7
東部アジア	23.3	15.7	6.4	6.6	6.6	7.1	7.0
ヨーロッパ	10.6	9.7	10.1	10.7	10.5	11.3	11.3
ラテンアメリカ・カリブ	15.6	12.4	9.9	7.9	7.2	6.7	6.5
北部アメリカ	9.4	9.3	9.0	8.5	8.6	8.6	8.3
オセアニア	12.3	10.5	9.6	8.1	7.9	7.5	7.7

出所：UN (1999a)。

世界の人口第2版 河野 2000 より

平均寿命の拡大

表7 世界主要地域および主要国の男女合計平均寿命の推移：1950-2000 (歳)

地域・主要国	1950-55	1960-65	1970-75	1980-85	1985-90	1990-95	1995-2000
世界	46.5	52.4	58.0	61.3	63.1	64.1	65.4
先進地域	66.6	69.8	71.2	73.0	74.1	74.1	74.9
途上地域	40.9	47.7	54.7	58.6	60.5	61.9	63.3
アフリカ	37.8	42.1	46.1	49.5	51.3	51.1	51.4
アジア	41.3	48.4	56.3	60.4	62.5	64.5	66.3
東部アジア	42.9	51.4	64.2	67.7	68.2	69.5	71.0
ヨーロッパ	66.2	69.8	70.8	71.9	73.0	72.6	73.3
ラテンアメリカ・カリブ	51.4	56.8	60.9	64.9	66.7	68.1	69.2
北部アメリカ	69.0	70.1	71.5	74.7	75.2	75.9	76.9
オセアニア	60.9	64.6	66.6	70.1	71.3	72.9	73.8
日本	63.9	69.0	73.3	76.9	78.3	79.5	80.0
フランス	66.5	71.0	72.4	74.7	76.0	77.1	78.1
ドイツ	67.5	70.3	71.0	73.8	74.8	76.0	77.2
イタリア	66.0	69.9	72.1	74.5	76.2	77.2	78.2
スウェーデン	71.8	73.5	74.7	76.3	77.3	77.9	78.5
イギリス	69.2	70.8	72.0	74.0	75.0	76.2	77.2
米国	69.0	70.0	71.3	74.5	74.9	75.7	76.7
ロシア	67.3	69.0	68.2	67.6	69.2	66.5	66.6
エチオピア	32.9	36.9	41.0	42.0	44.6	45.2	43.3
エジプト	42.4	47.4	52.1	56.6	61.0	63.9	66.3
ナイジェリア	36.5	40.5	43.5	46.4	48.2	49.6	50.1
中国	40.8	49.5	63.2	66.6	67.1	68.4	69.8
ブラジル	36.6	40.6	44.9	49.7	52.8	55.6	58.1
インド	38.7	45.5	50.3	54.9	57.6	60.3	62.6
インドネシア	37.5	42.5	49.3	56.2	60.2	62.6	65.1
サウジアラビア	39.9	45.9	53.9	62.6	67.5	69.6	71.4
キューバ	59.3	65.2	70.7	73.4	74.1	74.9	75.7
メキシコ	50.6	58.3	62.4	67.5	69.6	71.2	72.2
ブラジル	51.0	55.8	59.6	63.1	64.6	65.7	66.8

出所：UN (1999a)。

死亡率の低下は
平均余命(寿命)の拡大をもたらす

世界の人口第2版 河野 2000 より

年齢別死亡率

死亡率は年齢に依存

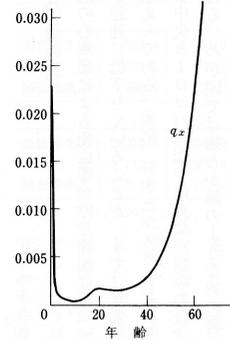
一般に乳幼児、老人の死亡率は高い

衛生状態の向上 → 乳幼児死亡率の低減
介護体制の整備 → 老人死亡率の低減

生存率 = 1 - 死亡率

年齢別死亡率をまとめた生命表は
人口動態予測の基礎データとなる

図 17 オーストラリア男子 1961 年の年齢別死亡確率



世界の人口第2版 河野 2000 より

死亡率低下と平均寿命の伸び

表 15 日本人女子の平均寿命の伸びに対する年齢別死亡率低下の寄与

観察期間	平均寿命の伸び	年齢別死亡率の寄与率 (%)					
		0歳	1-4歳	5-14歳	15-39歳	40-64歳	65歳以上
1891-98/1947	17.10歳	46.4	13.7	10.8	16.9	8.7	3.5
1947-70	20.70	20.9	19.7	5.8	26.9	16.7	9.9
1955-60	2.45	27.6	18.6	6.9	26.3	21.4	-0.8
1960-65	2.73	29.6	10.5	5.2	20.2	21.6	12.9
1970-75	2.23	9.5	2.4	2.2	10.3	29.5	46.1
1975-80	1.88	8.9	2.5	2.0	10.1	24.7	51.8
1980-85	1.72	7.0	2.4	1.4	4.8	18.5	65.9
1985-90	1.42	5.2	1.0	0.6	4.5	19.6	69.1
1990-95	0.95	2.7	0.4	-0.6	2.9	6.3	88.3
1970-95	8.19	7.3	1.9	1.4	7.2	21.7	60.4

出所：国立社会保障・人口問題研究所(1999).

世界の人口第2版 河野 2000 より

出生率の低下

死亡率の低下と異なり、出生率の低下は自明ではない

出生率の低下は、必ずしも倫理・道徳的な善ではない

出生と言う行為は、社会的・経済的・文化的な要因に強く影響される

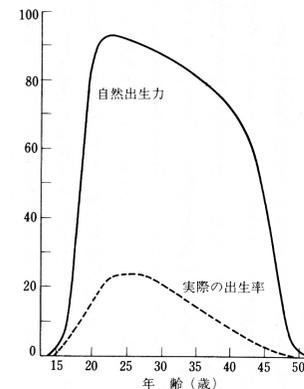
産業社会では、少数の子供に十分な投資(教育など)を施すことが求められる、などといった説

出生率の低下が少子化の原因

なぜ出生率が下がるのか?

年齢別出生率

図 7 仮説的な自然出生力モデルと72カ国平均の年齢別出生率



世界の人口第2版 河野 2000 より

出産可能な年齢は生物学的に限られている

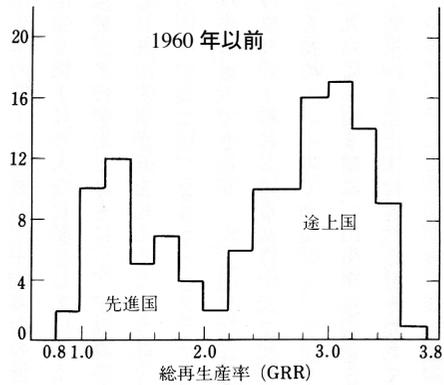
自然出生力=
産児制限や中絶など的人為的抑制がない自然のままの出生率

実際の出生率は自然出生力よりもかなり小さい

出生率の指標として
合計特殊出生率 TFR がある

国別 TFR の分布

図 8 125 国の総再生産率の度数分布



1950 ~ 1960 年の途上国における人口爆発の構図

総再生産率 =
女児だけの合計特殊出生率

出所：UN (1965).

世界の人口第2版 河野 2000 より

欧米各国 TFR の推移

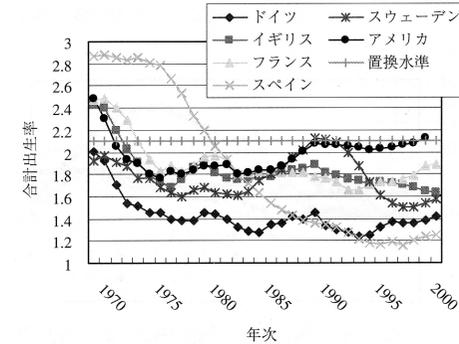


図 P-5 欧米主要国の合計出生率の動向 (1970~2001年)

(注) 1 : ドイツの1990年以前は西ドイツ。
2 : 人口置換水準は全期間 2.1 と仮定した。

(資料)・Chesnaï, 1986, pp.520-21

・United Nations, *Demographic Yearbook*.

少子化の人口学 大淵寛, 高橋重郷 編著 2004 より

人口大国中国での出生率低下

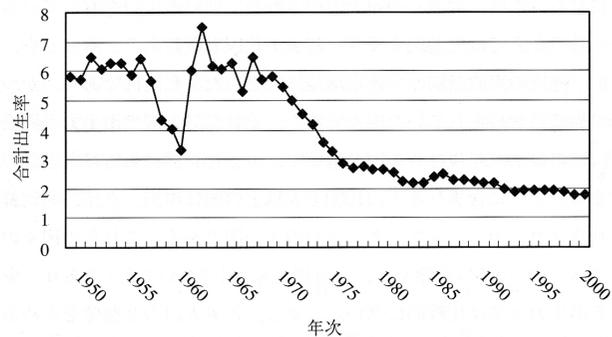


図 P-7 中国の出生力変動：合計出生率の推移 (1950~2000年)

(資料) 1 : 中国国家统计局『中国人口統計年鑑』各年版
2 : World Bank, *World Development Indicators*, various eds.

少子化の人口学 大淵寛, 高橋重郷 編著 2004 より

世界地域別出生率の推移

表 16 世界の主要地域別出生率の推移：1950-2000

地 域	粗 出 生 率 (‰)						合 計 特 殊 出 生 率					
	1950 -55	1960 -65	1970 -75	1980 -85	1990 -95	1995 -2000	1950 -55	1960 -65	1970 -75	1980 -85	1990 -95	1995 -2000
世 界	37.3	35.2	30.9	27.4	23.9	22.1	4.99	4.95	4.48	3.58	2.93	2.71
先 進 地 域	22.0	19.6	16.1	14.5	12.3	11.2	2.77	2.67	2.11	1.84	1.68	1.57
途 上 地 域	44.4	41.8	36.3	31.4	27.1	24.9	6.16	6.01	5.43	4.15	3.27	3.00
ア フ リ カ	48.2	48.5	46.6	44.8	39.9	38.0	6.58	6.78	6.60	6.37	5.47	5.06
ア ジ ア	42.8	39.5	33.9	28.4	24.1	21.9	5.90	5.62	5.09	3.70	2.85	2.60
ヨ ー ロ ッ パ	20.9	19.0	15.6	14.4	11.5	10.3	2.56	2.56	2.14	1.87	1.57	1.42
ラテンアメリカ・カリブ	42.0	40.9	35.4	30.2	25.1	23.1	5.89	5.97	5.03	3.86	2.97	2.69
北 部 ア メ リ カ	24.6	22.2	15.7	15.6	15.3	13.8	3.47	3.34	2.01	1.80	2.02	1.94
オ セ ア ニ ア	27.7	26.8	23.9	19.8	19.1	17.9	3.84	3.95	3.21	2.58	2.50	2.38

注：粗出生率・合計特殊出生率は5カ年の平均年率である。

出所：UN (1999a).

世界の人口第2版 河野 2000 より

人口転換説

社会・経済の発展により、人口は4つの段階を経て推移すると考える説

人口統計学的事実に基づく経験則であるが、多くの事例を包括的に説明

死亡率低下が始まる時期、出生率低下が始まる時期は、国や地域が置かれた経済的・政治的・文化的状況に強く依存する

少産少死の段階に至った後、人口はどのように推移するのか？

少子高齢化の根本問題

少子化 = 合計特殊出生率が人口置換率を下回る状況

少子化は先進諸国のみの問題ではない

表 P-2 世界の少子化状態 (2001年)

出生力の水準	人口 (100万人)	割合 (%)	合計出生率
世界	6,132.8	100.0	2.6
先進国	955.0	15.6	1.7
少子化状態にある先進国	671.0	10.9	1.6
少子化状態にない先進国	284.0	4.6	2.1
途上国	5,177.8	84.4	2.8
少子化状態にある途上国	1,992.6	32.5	1.8
少子化状態にない途上国	3,185.2	51.9	3.4
少子化状態にある国	2,663.6	43.4	1.8

(注) 1: 少子化状態は置換水準以下の出生力と定義した。置換水準は先進国では近似的に合計出生率2.1、途上国では2.2と想定される。
2: 少子化状態にある国は、少子化状態にある先進国と途上国の和。途上国には台湾、香港を含む。
3: 右端の合計出生率はいずれも人口数による加重平均値。

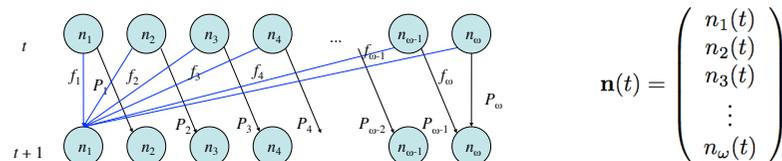
(資料) 表 P-1に同じ。

少子化の人口学 大淵寛、高橋重郷 編著 2004 より

齢構造モデル

コホート要因法 Cohort component method

集団を年齢別コホートに分割、各コホートの個体密度 n_x の動態を記述



$$\mathbf{n}(t) = \begin{pmatrix} n_1(t) \\ n_2(t) \\ n_3(t) \\ \vdots \\ n_\omega(t) \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{n}(t+1) = \mathbf{A}(t)\mathbf{n}(t)$$

$$\mathbf{A}(t) = \begin{pmatrix} f_1 & f_2 & f_3 & \cdots & f_\omega \\ P_1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & P_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \ddots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & P_{\omega-1} & P_\omega \end{pmatrix}$$

f : 齢別出生率

P : 齢別生存率

レスリー行列 35

振る舞い

レスリー行列 \mathbf{A} が定数行列であれば、十分時間が経過後、齢構造ダイナミクスは

各コホートの個体密度比は一定の分布に収束

各コホートおよび総個体密度は、指数的に増加、もしくは指数的に減少

出生率 f_x 生存率 P_x に密度依存を組み込めば指数変化以外の振る舞いが可能

一般に、レスリー行列 \mathbf{A} の各要素(出生率、生存率)は時代とともに変化

$$\mathbf{n}(t+1) = \mathbf{A}(t)\mathbf{n}(t)$$

$$\mathbf{n}(t) = \mathbf{A}(t-1)\mathbf{A}(t-2)\cdots\mathbf{A}(0)\mathbf{n}(0)$$

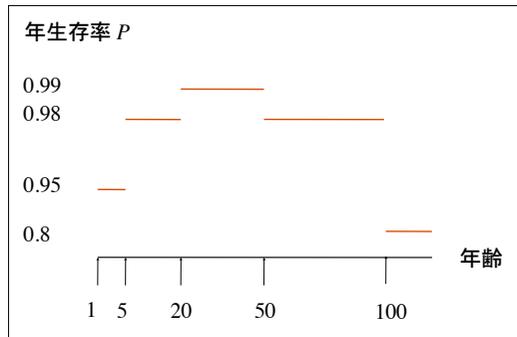
将来の \mathbf{A} をどう予測するか?

シミュレーション

初期状態は国立人口問題研究所配布の 2000 年の人口分布

生存率 P は、1~5 才は 0.95、6~20 才は 0.98、21~50 才は 0.99、51~100 才は 0.98、101 才以上は 0.8 である仮想の状況を考える

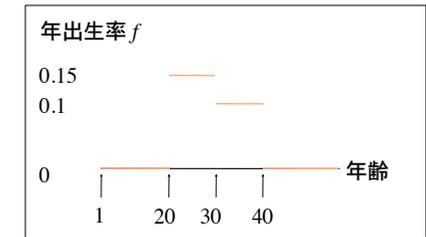
性比は 1:1 に保たれるとして、女性の人口のみに注目。 $\omega=100+$ のコホート



37

シナリオ 1

出生率 f が、20 才から 30 才は 0.15、31 才から 40 才は 0.1



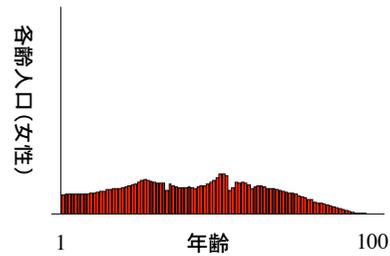
女性は生涯に平均して $0.15 \times 10 + 0.1 \times 10 = 2.5$ 人の娘を産む場合に相当
各年齢クラスの出生率を合計したものを**合計出生率**と呼ぶ

100 × 100 のレスリー行列 A の最大固有値は 1.013 となる
最終的に人口は年 1.3% で指数的に増加する

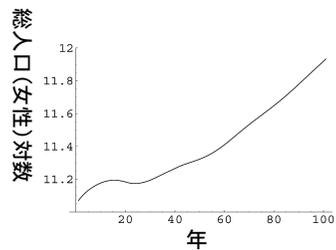
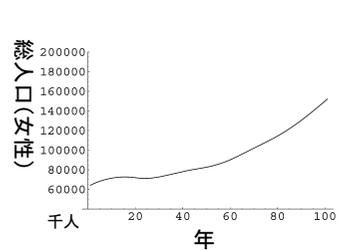
38

シナリオ 1

2000



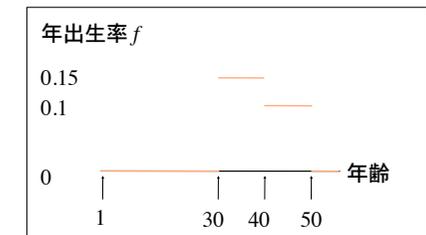
最終的に年間 1.3% で増加



39

シナリオ 2

出生率 f が、30 才から 40 才は 0.15、41 才から 50 才は 0.1

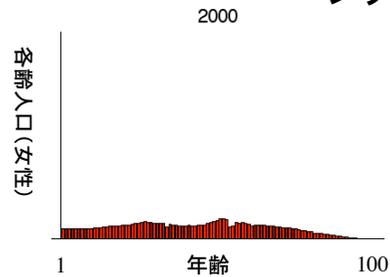


女性は生涯に平均して $0.15 \times 10 + 0.1 \times 10 = 2.5$ 人の娘を産む場合に相当
合計出生率はシナリオ 1 と同じ

100 × 100 のレスリー行列 A の最大固有値は 1.0072 となる
最終的に人口は年 0.72% で指数的に増加する

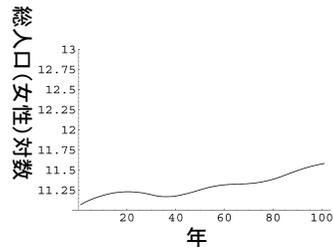
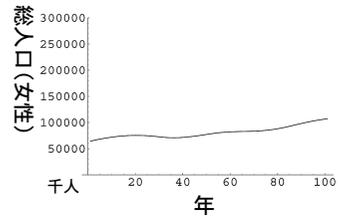
40

シナリオ 2



最終的に年間 0.72% で増加

合計出生率が同じでも出産時期を遅らせるだけで増加率は下がる



出生率と生存率は時代とともに変化

レスリー行列 **A** の各要素は決して定数ではない!

生存率 P_i の変化:

- 医療の発達による乳幼児死亡率の低下
- 公衆衛生や栄養状態の改善による死亡率低下
- 食生活の変化による死亡原因の変化

出生率 f_i の変化:

- 生活様式の変化に伴う少子化・晩婚化
- 経済状態の変化
- 政策・文化的背景(家族計画の普及など)

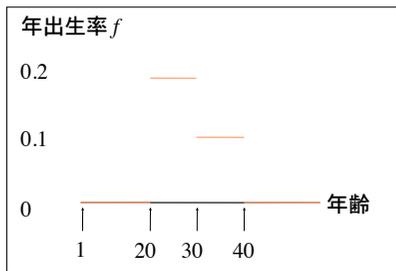
シナリオ 3

最初の 5 年間だけ

出生率 f は、20 才から 30 才は 0.2、31 才から 40 才は 0.1

合計出生率 3 (女性)

最大固有値は 1.021

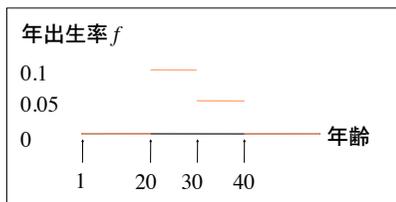


その後は

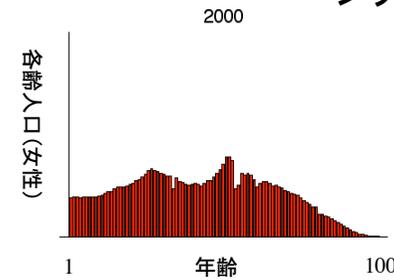
出生率 f は、20 才から 30 才は 0.1、31 才から 40 才は 0.05

合計出生率 1.5 (女性)

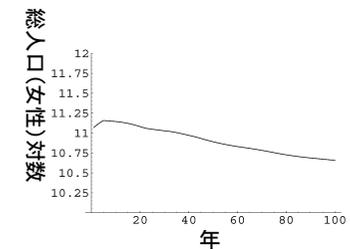
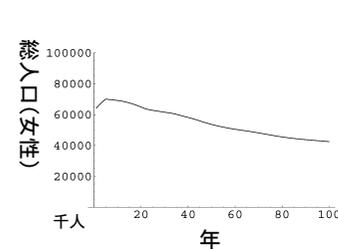
最大固有値は 0.9957



シナリオ 3



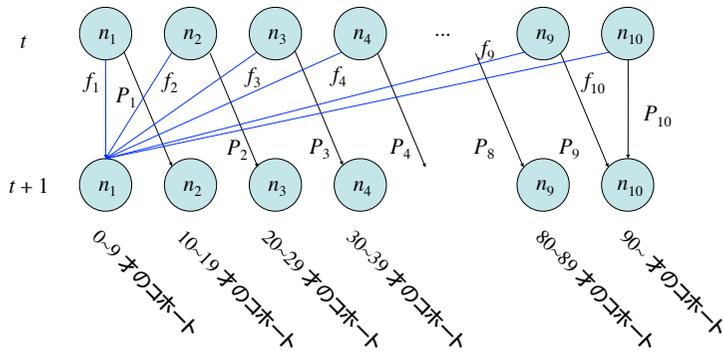
最終的に年間 0.43% の減少



人口動態予測への応用

各コホートを T 才毎のグループに分割

$T = 10$ の場合



生存率の推定

各コホートの生存率(死亡率) ← 生命表から推定

表 5-1 2 生命表：2004年

年齢 x	死亡率 q_{ax}	生存数 l_x	死亡数 nd_x	平均余命 e_x	生存率 (10年後)
女					
0~4	0.00348	100,000	348	85.59	0.996
5~9	0.00041	99,652	41	80.88	
10~14	0.00037	99,612	37	75.92	0.999
15~19	0.00094	99,574	94	70.94	
20~24	0.00134	99,479	133	66.01	0.997
25~29	0.00155	99,346	154	61.09	
30~34	0.00204	99,193	202	56.18	0.995
35~39	0.00304	98,990	301	51.29	
40~44	0.00436	98,689	430	46.44	0.989
45~49	0.00680	98,259	668	41.63	
50~54	0.01071	97,691	1,045	36.90	0.974
55~59	0.01542	96,546	1,489	32.27	
60~64	0.02124	96,058	2,019	27.74	0.947
65~69	0.02822	93,039	3,054	23.28	
70~74	0.05506	89,985	4,955	18.98	0.854
75~79	0.09652	85,031	8,207	14.93	
80~84	0.17933	76,823	13,777	11.23	0.657
85~89	0.32122	63,045	20,251	8.10	
90~94	0.50645	42,794	21,673	5.69	0.156
95~99	0.68349	21,121	14,436	4.02	
100~	1.00000	6,683	6,683	2.96	??

厚生労働省統計情報部『平成16年簡易生命表』による。

生存率は男女で異なる。時代ごとにも異なる

人口問題研究所

<http://www.ipss.go.jp/> より

出生率の推定

各コホートの出生率(千人あたり)

表 4-7 女子の年齢(5歳階級)別出生数、出生率および割合：1925~2004年

年次	総数 率 (%)	15~2004年						
		15~19歳	20~24歳	25~29歳	30~34歳	35~39歳	40~44歳	45~49歳
1930 ¹⁾	137.4	31.5	200.2	248.6	217.0	163.1	71.6	10.3
		15.75		234.40		190.05		40.95
1940 ¹⁾	120.4	12.6	145.7	239.1	207.7	145.8	61.9	9.4
		6.30		192.40		176.75		35.65
1950	110.4	13.3	161.5	237.7	175.7	104.9	36.1	2.3
		6.65		199.60		140.30		19.20
1960	63.8	4.3	107.2	181.9	80.1	24.0	5.2	0.4
		2.15		144.65		52.05		2.80
1970	65.8	4.5	96.6	209.3	86.0	19.8	2.7	0.2
		2.25		162.95		52.90		1.45
1980	51.8	3.6	77.1	181.5	73.1	12.9	1.7	0.1
		1.80		129.30		43.00		0.90
1990	39.2	3.6	44.8	139.8	93.2	20.8	2.4	0.1
		1.80		92.30		57.00		1.25
2000	41.4	5.5	39.9	99.6	93.7	32.1	3.9	0.1
		2.75		69.75		62.90		2.00

10~19, 20~29, 30~39, 40~49 才の4つのコホート集団の出生率

2000年時: 2.75, 69.75, 62.90, 2.00

シミュレーション 1

2004年時の生存率、2000年時の出生率を用いて、人口動態をシミュレートする
 10才毎のコホート分割

2000年時の年齢別女性人口は以下のとおり

コホート	女 (千人)
0~9	5,820
10~19	6,848
20~29	8,939
30~39	8,358
40~49	8,324
50~59	9,676
60~69	7,735
70~79	5,755
80~89	2,755
90~99	514
100~	10

コホート別出生率は女性のみを考える
 (性比 1:1 を仮定)

レスリー行列

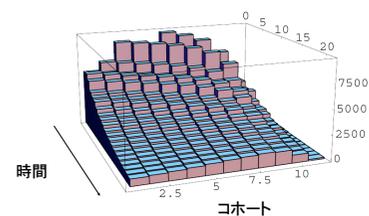
$$\begin{pmatrix} 0 & 0.01375 & 0.34875 & 0.3145 & 0.01 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.996 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.999 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.997 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.995 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.989 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.974 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.947 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.854 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.557 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.156 & 0 \end{pmatrix}$$

最大固有値 $\lambda = 0.896$

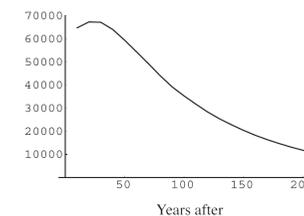
最終的に人口は年 10.4%で減少

しかし 2000年時の人口分布に依存して
人口は直ちに減り始めるわけではない

各コホート動態



総人口(千人)



人口慣性

出生率が低下しても、産み盛りコホートの数が多ければ人口は直ちには減少しない。出産年齢に到達するまでには年数(20年~)がかかるからである

日本は1970年代に合計特殊出生率が置換水準 2.1 を割り込む少子化状態に突入

にも関わらず、2005年まで人口は増加し続けた

出生率の変化は人口動態に直ちには影響しない

人口慣性

逆に、出生率が上がっても人口が直ちに増加し始めるわけではない

将来を見越した少子化対策が必要

問題

2004 年時の生存率データ、2000 年時の出生率・人口分布データを用いて

10 才毎のコホート集団について 200 年間(20 時間ステップ)にわたる人口動態のシミュレーションを行え

0~9 才コホートが非常に多い初期人口分布でシミュレーションを行い、人口慣性が現れることを確認せよ