人口と食糧問題 第 1 章

宮口 智成

鳴門教育大学 自然系コース (数学)

February 9, 2021

授業について

担当者 (数学コース・宮口)

専門は理論物理で，確率・統計学関連の授業を担当．

アウトライン

第 1 章: 人口統計学の基礎
第 2 章: 婚姻と出生
第 3 章: 死亡と寿命
第 4 章: 将来人口の予測

配布物

- 動画 (Microsoft Stream)
  Moodle にリンクを貼ります．
- スライド (Moodle)

質問について

授業時間内に Moodle のチャットに待機しています (加点あり)．

成績について

① 第 11 回〜14 回の授業後に小テスト．moodle 上で

授業の週の水曜 18:00 まで

の間に受けられるようにするので，必ず受験すること．

② 第 15 回の授業後にレポート課題

第 15 回の授業後のレポート課題について

レポート課題の内容

① 講義中に感じた疑問を 1 つ挙げる.

② その疑問について調べるために, データを入手し Excel などでグラフを作成する.

③ グラフを Word 等に貼りつけ, そのグラフからどのような結論が得られるかを述べる (A4 用紙 1 枚にまとめること).

④ データソースを書いておくこと.

ネットにあるグラフをそのまま貼り付けたものは不可とします.

採点の際には, オリジナリティを重視します.

詳細は 15 回目の講義で再度説明します.

参考文献

参考文献

- 『Excel で学ぶ人口統計学 (和田 光平著)』
- 『人口学への招待 (河野 稠果著)』
- 『少子化社会日本 (山田 昌弘著)』
- 『財政危機と社会保障 (鈴木 亘著)』
- 『人口と日本経済 (吉川 洋著)』
- 『地方消滅 (増田 寛也著)』
- 『フランスはどう少子化を克服したか (高崎 順子著)』

その他, 参考にした資料 (論文や公的機関のホームページ等) は適宜引用する.

データ分析に用いたデータベース

教育で良く用いられるデータベース

- 教育用標準データセット
  https://www.nstac.go.jp/statcompe/index.html
- RESAS (地域経済分析システム)
  https://opendata.resas-portal.go.jp/

これらのデータベースでは手に入らない場合, E-stat, 内閣府, 国立人口問題研究所や自治体のホームページから入手したものがある.

海外のデータ

- Kaggle https://www.kaggle.com/
- World population prospect
  https://population.un.org/wpp/

これらのデータベースで入手できないデータ (小規模アンケートの結果など) については書籍やインターネットの図等を直接引用した.

興味 (疑問) を持ったデータがあれば, 自分でデータを見つけデータ分析することをお勧めする.

アウトライン

人口変動

問: ある地域の人口変動の要因は何か?

増加要因

1. その地域内で発生した 出生
2. その地域内に 流入・転入 した人口

減少要因

1. その地域内で発生した 死亡
2. その地域内から 流出・転出 した人口

さらに, 変動の種類によって次のように定義する:

$$(\text{自然増加}) = (\text{出生数}) - (\text{死亡数})$$

$$(\text{社会増加}) = (\text{転入者数}) - (\text{転出者数})$$

人口変動の計算

問: 以下の表において，自然増加と社会増加を求めよ．

これらのデータのうち，総人口は 2015 年のデータで，それ以外は 2018 年のデータである．これらの違いにはどのような意味があるだろうか．

市区町村	総人口	出生数	死亡数	転入者数	転出者数	自然増加	社会増加
東京 23 区	9272740	77335	80091	606871	541018	-2756	65853
徳島市	258554	1955	2868	7460	7614	-913	-154
鳴門市	59101	329	775	1264	1699	-446	-435

データソース: 教育用標準データセット

人口静態と人口動態

人口静態: ある一時点における人口についての情報

例 2005 年 10 月 1 日の，日本の 高齢者数

例 2050 年 10 月 1 日の，日本の高齢者数が総人口に占める割合

日本の人口静態調査に 国勢調査 がある (5 年に一度実施される．直近では 2020 年に実施.).

人口動態: ある一定期間における人口変動要因についての情報

例 2005 年 1 年間の死亡者数

例 今月の東京都の転入者数

戸籍法による 届け出制度 (出生・死亡・婚姻・離婚など) が人口動態調査としての役割をはたしている．

前ページの問題で総人口だけ 2015 年のデータだったのは，国勢調査のデータだからである．一方，出生数や死亡数等は毎年のデータがあるから 2018 年と新しかったのである．

人口方程式: 定義

問: 国勢調査 (5 年毎) の間の人口はどのように推計するか?

$$(\text{増加人口}) = \underbrace{\Big\{(\text{出生}) - (\text{死亡})\Big\}}_{=(\text{自然増加})} + \underbrace{\Big\{(\text{流入}) - (\text{流出})\Big\}}_{=(\text{社会増加})}$$

実際には,

$$(\text{増加人口}) = \underbrace{\Big\{(\text{出生}) - (\text{死亡})\Big\}}_{=(\text{自然増加})} + \underbrace{\Big\{(\text{流入}) - (\text{流出})\Big\}}_{=(\text{社会増加})} + \textcolor{red}{(\text{その他の増加})}$$

人口方程式: 例

問: 2005 年 1 月 1 日現在の東京都の人口は?

- 2004 年 1 月 1 日現在の東京都の人口: 12,378,974 人
- 2004 年中の出生: 100,191 人, 死亡: 89,202 人 $\Longrightarrow$ 自然増加 : 10,989 人
- 2004 年中の転入: 433,270 人, 転出: 361,712 人 $\Longrightarrow$ 社会増加 : 71,558 人
- 都内間の移動の増減 (届出遅れなどによる誤差): 480 人

  外国人登録: -1,463 人

  帰化, 国籍離脱, 帰国, 出国等: 3,404 人 $\Longrightarrow$ その他の増加 : 2421 人

以上から, 人口方程式は次式のようになる

(増加人口) = (自然増加) + (社会増加) + (その他の増加)

10,989 人　71,558 人　2,421 人

この式から, 増加人口は 84,968 人 と計算できる. したがって, 2005 年 1 月 1 日現在の東京都の推計人口は,

12,378,974 人 + 84,968 人= 12,463,942 人

データソース: `http://www.toukei.metro.tokyo.jp/index.htm`

自然増加と社会増加: 異なる都市間の比較 1

問: 自然増加と社会増加を異なる都市間で比較するにはどうすれば良い?

例えば, 「1000 人当りの増減」などに変換することで比較可能になる. ここでは次のように定義した量を考えよう:

$$\text{自然増加率} = \frac{\text{自然増加}}{\text{総人口}} \times 1000$$

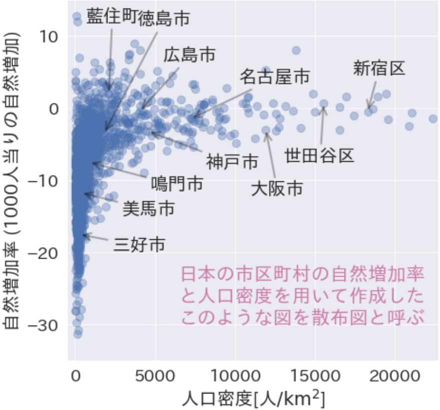
$$\text{社会増加率} = \frac{\text{社会増加}}{\text{総人口}} \times 1000$$

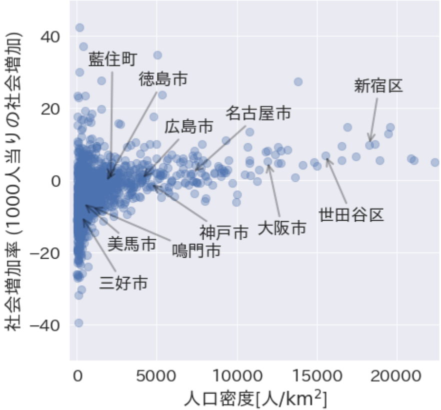
1000 人当りにすることで, 数値が見やすくなる.

市区町村	総人口	自然増加	社会増加	自然増加率	社会増加率
東京 23 区	9272740	-2756	65853	-0.30	7.10
徳島市	258554	-913	-154	-3.53	-0.60
鳴門市	59101	-446	-435	-7.55	-7.36

地方ほど人口減少が速い?

自然増加と社会増加: 異なる都市間の比較 2



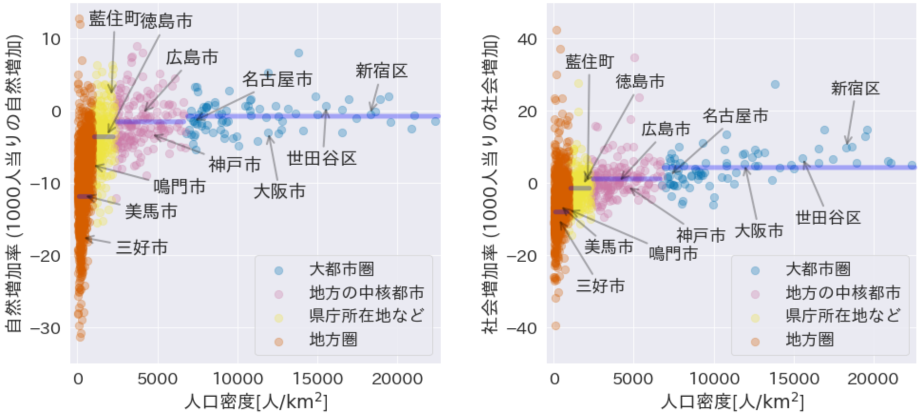


人口密度は次式で定義した:

$$\text{人口密度} = \frac{\text{総人口}}{\text{可住地面積}}$$

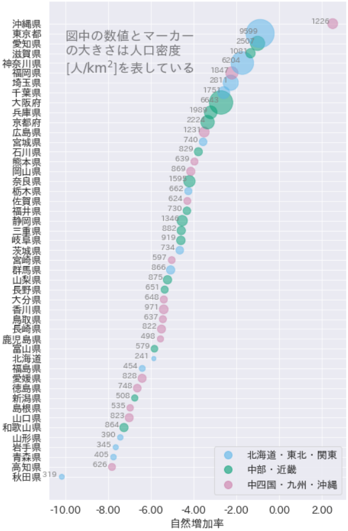
データソース: 教育用標準データセット

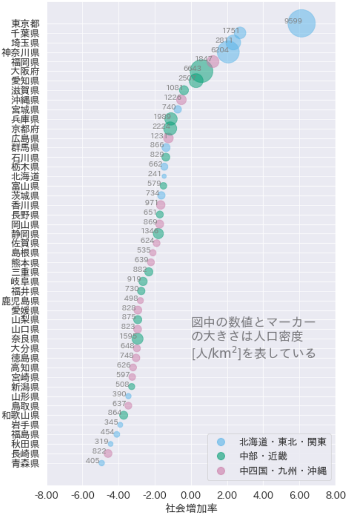
自然増加と社会増加: 異なる都市間の比較 3



人口密度を元に市区町村を 4 つのクラスに分類し, それぞれのクラスの中で, 自然増加あるいは社会増加の平均値を計算した (青い線). 自然増加, 社会増加ともに地方ほど減少することが分かる.

自然増加と社会増加：都道府県の比較

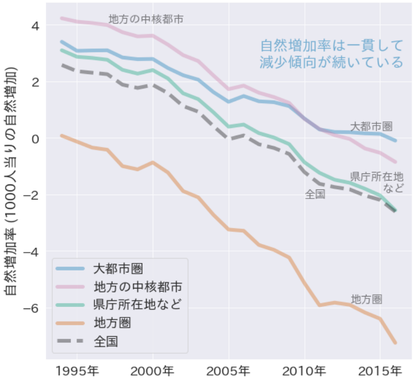


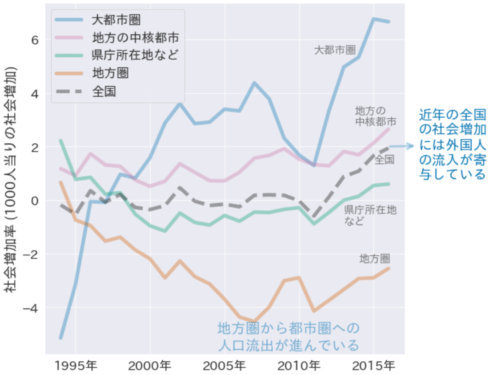


ある程度，都道府県の人口密度順に並んでいる(前ページの結果と整合している).

沖縄県の自然増加率が非常に高いことと，秋田県の自然増加率が非常に低いことが特徴的である.

自然増加と社会増加: 経年変化





2 つのデータセットを組み合わせて使用した:

データソース: 教育用標準データセット

データソース: RESAS

アウトライン

第 1 章: 人口統計学の基礎
- 自然増加と社会増加
- 人口の種類と観察方法
- 日本と世界の人口
- 年齢 3 区分
- 平均年齢

第 2 章: 婚姻と出生

第 3 章: 死亡と寿命

第 4 章: 将来人口の予測

人口の種類: 実際の人口

問: どのように人口を数えるか?

現在人口	調査時点にその地域に実際にいる人の人口
常住人口	調査時点に (旅行などで) たまたまその地域にいないけれども, 普段からその地域に住んでいる (あるいはこれから住み続けるという) 人も含めた人口

国勢調査は, 常住人口 を採用している.

人口の種類: 理論的な人口

問: (人口予測や生命表に用いられる) 理論的な人口の定義とは?

封鎖人口 $\boxed{\text{社会増加}}$ がなく $\boxed{\text{自然増加}}$ のみによって変動すると仮定し, 計算された人口.

安定人口 封鎖人口において, 十分に長い期間にわたって, 女子の年齢別出生率と男女年齢別の $\boxed{\text{死亡率}}$ が一定であると仮定すれば (安定人口の仮定), その人口は一定の年齢構造に収束する. この収束した人口を安定人口と呼ぶ.

定常人口 生命表では, ①社会増加がないこと, ②男女年齢別の死亡率が一定であること, ③ $\boxed{\text{出生数}}$ が毎年同じであること, を仮定して年齢別の人口を求める (つまり, 出生率は一切考慮していない). これを, 定常人口と呼ぶ.

観察方法: コーホート観察

コーホート

同じ時期に同じ人口現象を経験した集団

出生について扱われることが多く，前置きなくコーホートと言えば，**出生コーホート**を意味する．例えば，「団塊の世代 (1947 年～1949 年に出生した集団)」は出生コーホートの一種．

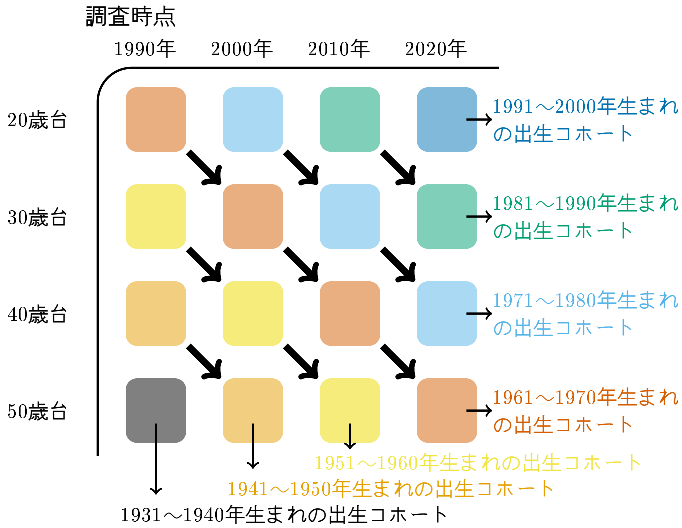
出生コーホート以外の例として，結婚コーホート (同時期に結婚した男女の集団) などがある．

コーホート観察

コーホート毎に社会・経済事象などを観察すること．

出生コーホートの場合，世代分析 のようなものをイメージすれば良い．例えば，「団塊の世代の社会経済への影響を調べる」ことは，コーホート観察といえる．

観察方法: まとめ


調査時点
1990年
2000年
2010年
2020年
20歳台
30歳台
40歳台
50歳台
1991～2000年生まれの出生コホート
1981～1990年生まれの出生コホート
1971～1980年生まれの出生コホート
1961～1970年生まれの出生コホート
1951～1960年生まれの出生コホート
1941～1950年生まれの出生コホート
1931～1940年生まれの出生コホート

観察方法: 期間観察と年齢観察

期間観察

ある観察時点あるいは観察期間について，年齢の異なる各コーホートを比較することを **期間観察** という．

例えば，ある年の 20 歳の女性の出生率，21 歳の女性の出生率,...，40 歳の女性の出生率を比較することは期間観察に当たる．

期間観察の具体例として，後述の合計特殊出生率がある．

年齢観察

異なる出生コーホートについて，それぞれの同一年齢における状態を比較して観察する方法．

例えば，「1975 生まれ人が 20 歳だったときの状態」と，「1990 年生まれ人が 20 歳であったときの状態」を比較することは年齢観察である．

アウトライン

第 1 章: 人口統計学の基礎
- 自然増加と社会増加
- 人口の種類と観察方法
- 日本と世界の人口
- 年齢 3 区分
- 平均年齢

第 2 章: 婚姻と出生

第 3 章: 死亡と寿命

第 4 章: 将来人口の予測

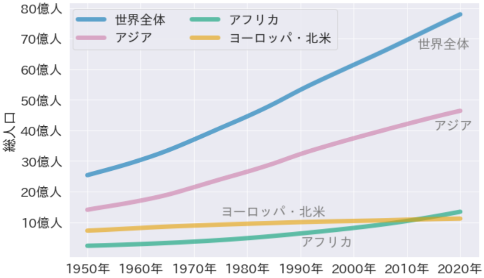
世界の人口

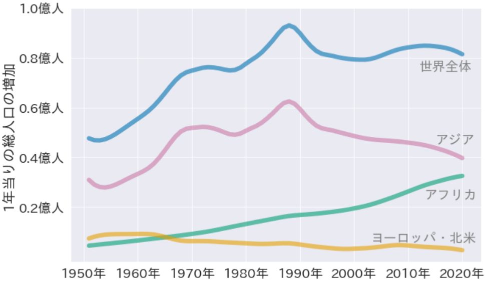
世界の総人口は

約 80 億人

総人口は現在も増加しているが, 増加ペースはほぼ一定に落ち着いてきている.

データソース: World population prospect



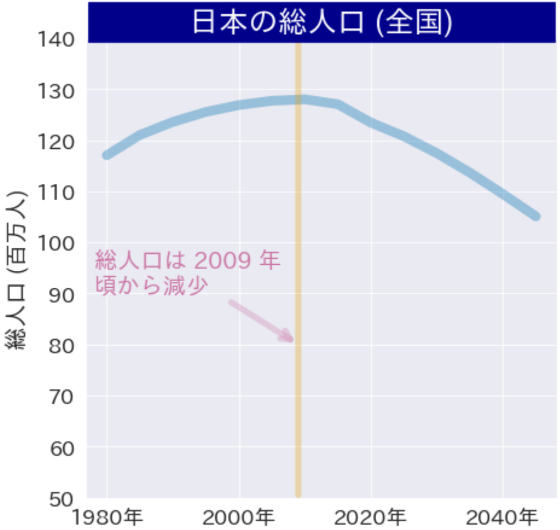


日本の人口

日本の総人口は

約 1 億 2700 万人

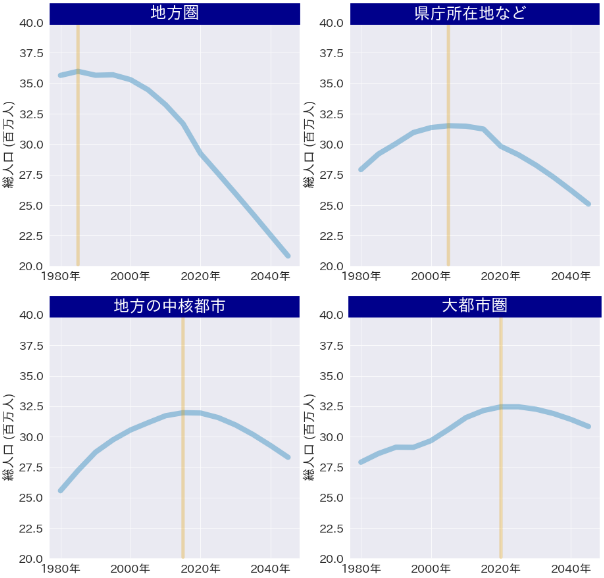
総人口は 2009 年頃から減少に転じた



日本の地域毎の人口

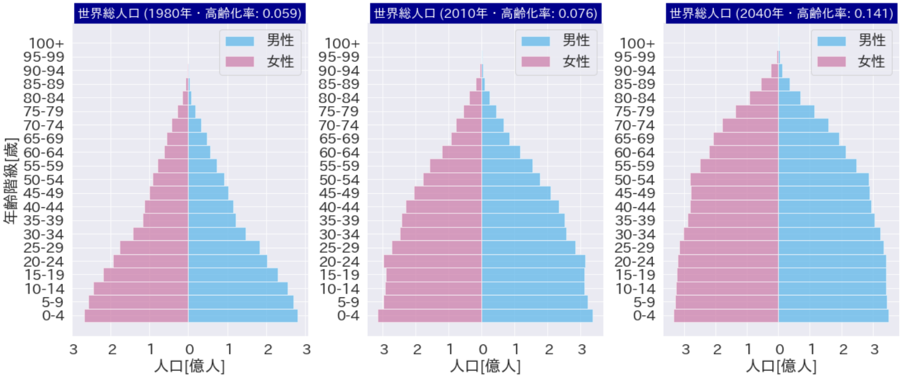
地方ほど早くから人口減少が始まっていた.

大都市圏はこれから減少が始まる.



年齢構造: 人口ピラミッド (世界)

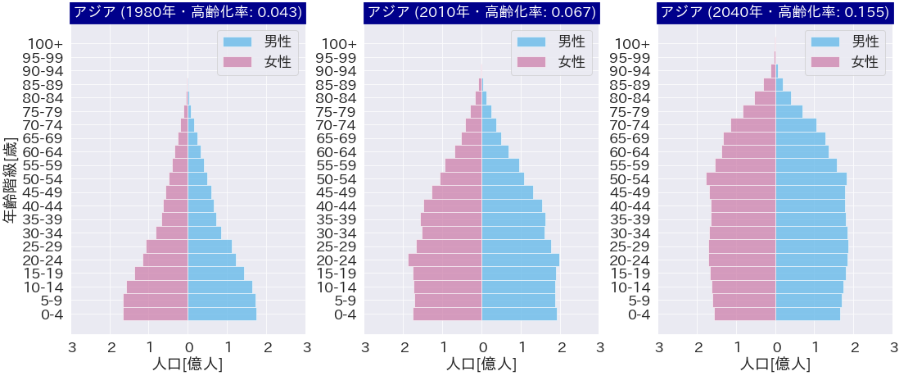
データソース: World population prospect



人口の特定の性質に基づいて整理し得られた人口の特徴を **人口構造** と呼ぶ.

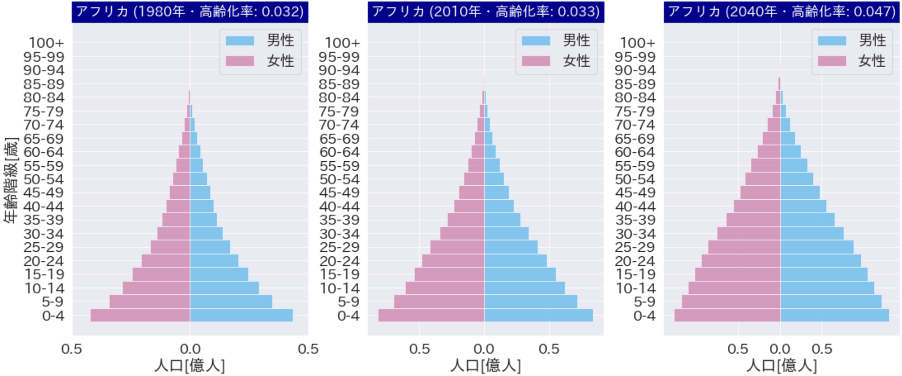
特に, 年齢と性別に基づいて整理した人口の度数分布を $\boxed{\text{年齢構造}}$ という. また, そのヒストグラムは, **人口ピラミッド** と呼ばれる.

年齢構造: 人口ピラミッド (アジア)



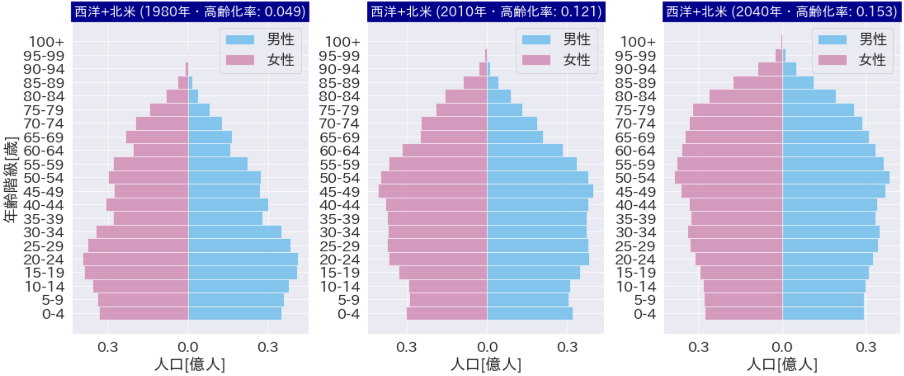
アジアは近年, 少子化が進んでいる.

年齢構造: 人口ピラミッド (アフリカ)



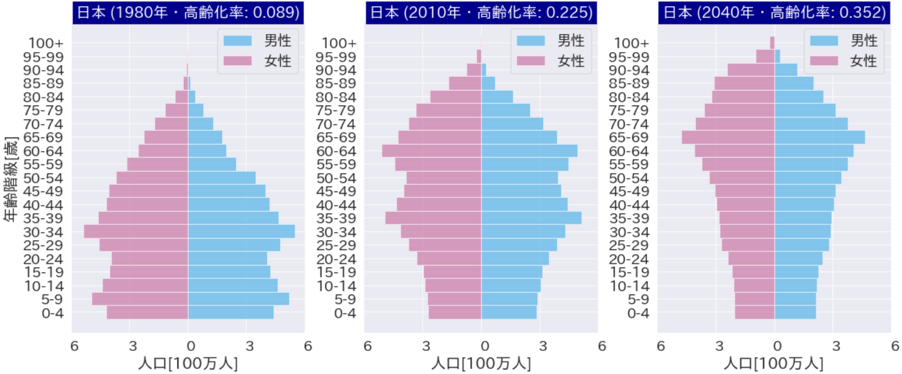
アフリカは近年でも，子供が多く高齢者は少ない．

年齢構造: 人口ピラミッド (ヨーロッパ・北米)



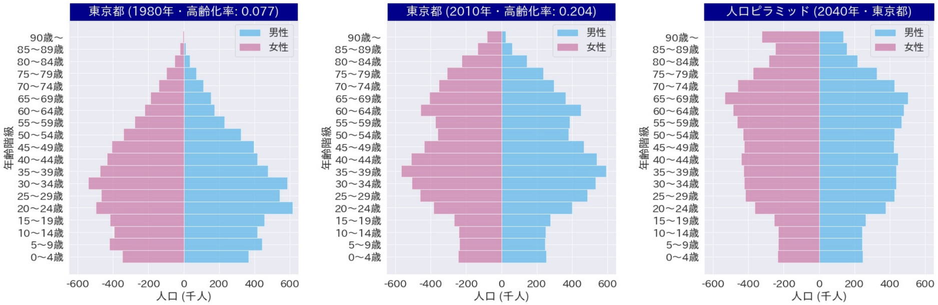
ヨーロッパ・北米では, アジアやアフリカに比べて, 少子化と高齢化が進んでいる.

年齢構造: 人口ピラミッド (日本)



日本は少子化と高齢化が非常に進んでいる.

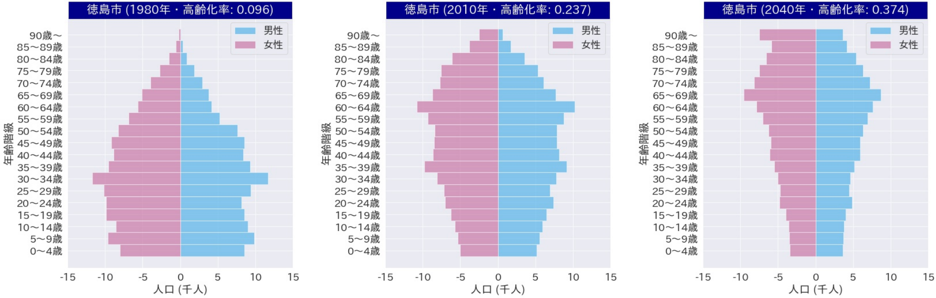
年齢構造: 人口ピラミッド (東京都)



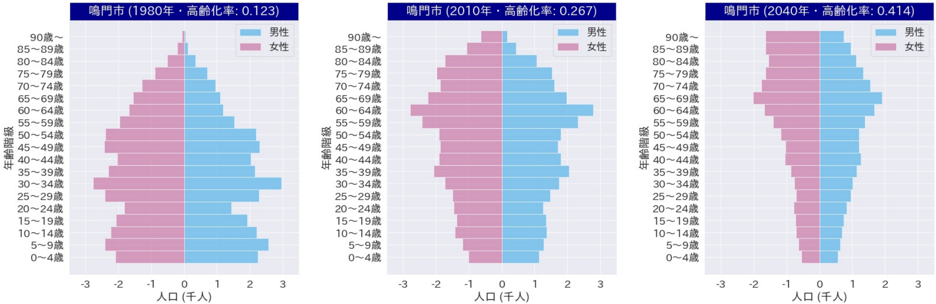
ピラミッド型から逆ピラミッド型に推移している.

データソース: RESAS

年齢構造: 人口ピラミッド (徳島市)

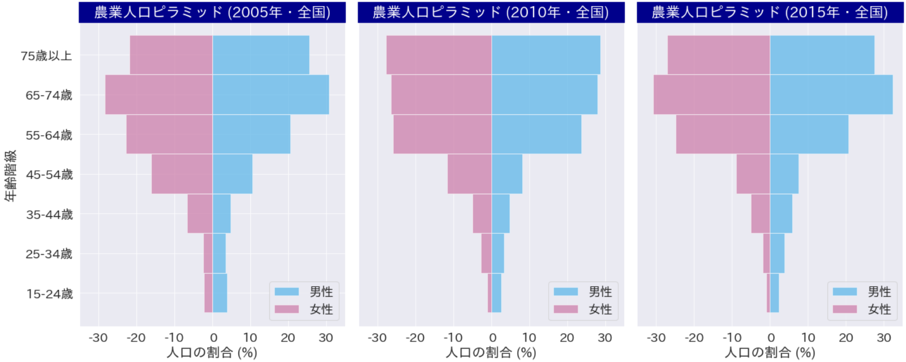


年齢構造: 人口ピラミッド (鳴門市)



ピラミッド型から逆ピラミッド型に推移しているだけでなく,
全体のボリュームも減少している.

年齢構造: 農業人口ピラミッド (全国)



極端な逆ピラミッド型になっている. 日本の農業従事者の高齢化が懸念される.

アウトライン

第 1 章: 人口統計学の基礎
- 自然増加と社会増加
- 人口の種類と観察方法
- 日本と世界の人口
- 年齢 3 区分
- 平均年齢

第 2 章: 婚姻と出生

第 3 章: 死亡と寿命

第 4 章: 将来人口の予測

年齢 3 区分

年齢 3 区分

年少人口 0〜14 歳

生産年齢人口 15〜64 歳

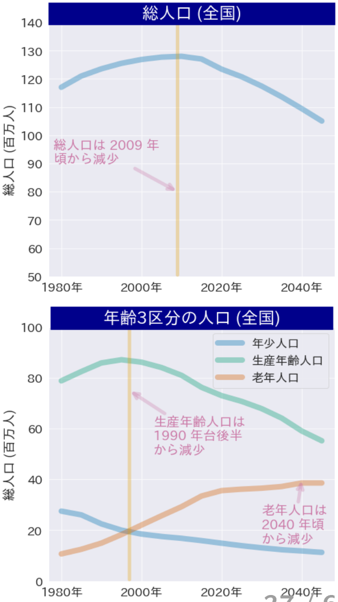
老年人口 65 歳以上

- 前期高齢者: 65〜74 歳
- 後期高齢者: 75 歳以上

人口の経済への影響を考える場合，総人口より 生産年齢人口 の方が重要.

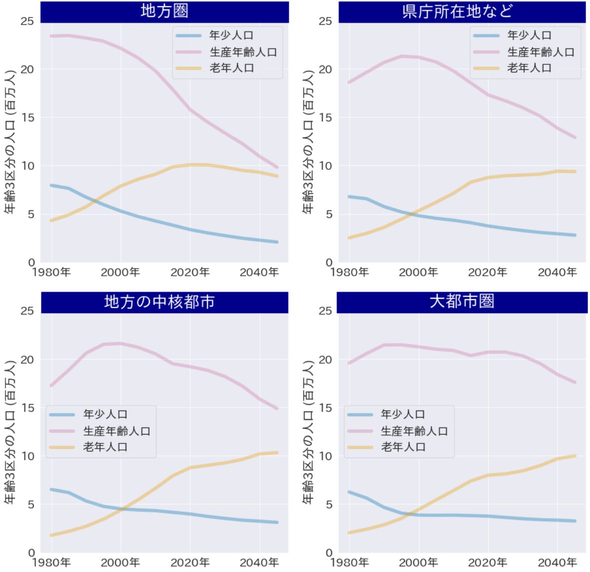
右図は日本全体の結果だが，日本の国内の地域差を考えることが重要である (次のスライドを参照).

データソース: RESAS →



年齢 3 区分の人口変動 (地域)

- 都市部 の人口減少は比較的緩やかである.
- 過疎地 ほど, 高齢者の人口減少も早くから起きる.
- つまり, 人口減少は日本全体で均一に生じるわけではない.



人口係数と人口指数

人口係数

- $\text{年少人口係数} = \dfrac{\text{年少人口}}{\boxed{\text{総人口}}}$
- $\text{老年人口係数} = \dfrac{\text{老年人口}}{\boxed{\text{総人口}}}$

人口指数

- $\text{年少人口指数} = \dfrac{\text{年少人口}}{\boxed{\text{生産年齢人口}}}$
- $\text{老年人口指数} = \dfrac{\text{老年人口}}{\boxed{\text{生産年齢人口}}}$

高齢化率と高齢化の水準: 定義

老年人口係数 (高齢化率とも呼ばれる) は高齢化の指標としてよく用いられる. 国連の基準では以下のように区分している:

老年人口係数 $< 4\%$	$\Longrightarrow$	Young
$4\% \leqq$ 老年人口係数 $< 7\%$	$\Longrightarrow$	Mature (成熟)
$7\% \leqq$ 老年人口係数	$\Longrightarrow$	Aged (老化)

また, 次の用語も良く用いられる:

$7\% \leqq$ 老年人口係数 $< 14\%$	$\Longrightarrow$	高齢化社会
$14\% \leqq$ 老年人口係数 $< 21\%$	$\Longrightarrow$	高齢社会
$21\% \leqq$ 老年人口係数	$\Longrightarrow$	超高齢社会

高齢化率と高齢化の水準: 計算練習

日本全体はの高齢化率は以下の通り:

1970 年国勢調査 (7.1%) で高齢化社会
1995 年国勢調査 (14.5%) で高齢社会
2007 年人口推計 (21.5%) に超高齢社会

ここでは, 以下の表から, 各都市の高齢化率を求めよう.

Table: 年齢別人口 (2015 年)

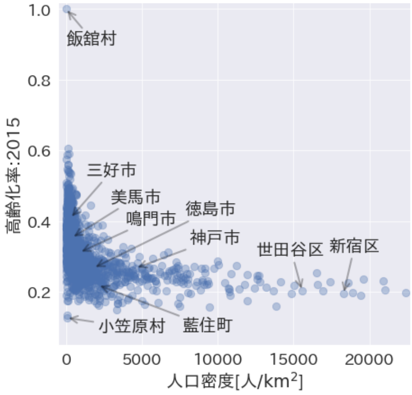
年齢区分 / 市区町村	総数	0〜14 歳	15〜64 歳	65 歳以上	高齢化率
東京 23 区	9,272,740	1,002,130	6,088,409	1,997,870	0.215
徳島市	258,554	29,732	151,895	69,378	0.268
鳴門市	59,101	6,600	33,763	18,448	0.312

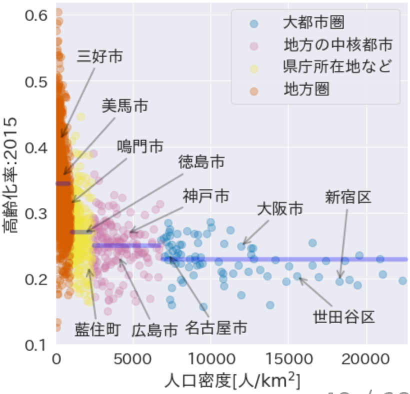
地方の方が高齢化が進んでいる？ 1

$$\text{高齢化率} = \frac{65\,\text{歳以上人口}}{\text{総人口}}$$

$$\text{人口密度} = \frac{\text{総人口}}{\text{可住地面積}}$$

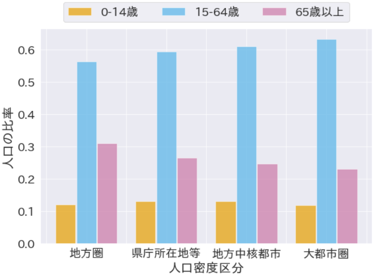
人口密度を 4 つの階級に分け，階級毎に高齢化率の平均値を計算した (青い線)．都市部ほど高齢化率が低い傾向が見られる．

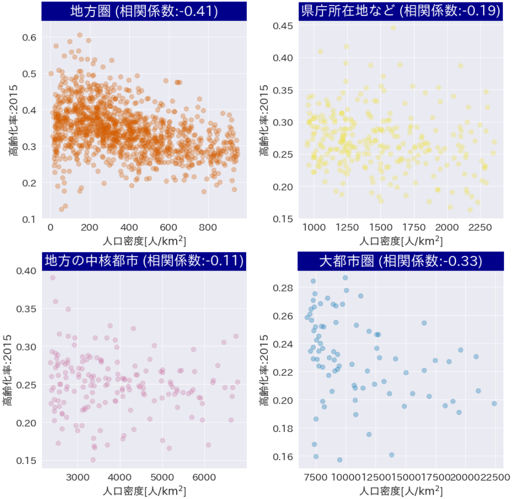




データソース：教育用標準データセット

地方の方が高齢化が進んでいる？ 2



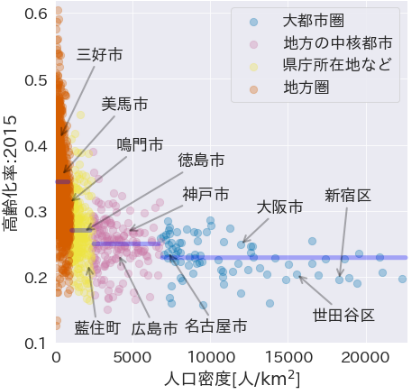


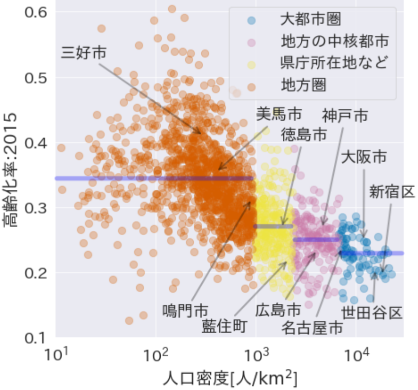
地方ほど高齢者が多く，生産年齢人口は少ないことが分かる．

しかし，右の散布図から分かるように，高齢化率の散らばりは大きく人口密度以外の要因もありそう．

補足: 対数プロット

座標軸を対数目盛りにすると，グラフが見易くなることがある．

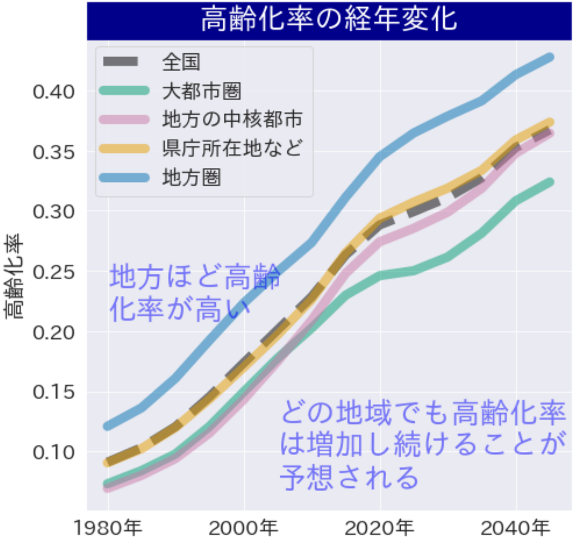




1 目盛りで 5000 増える．

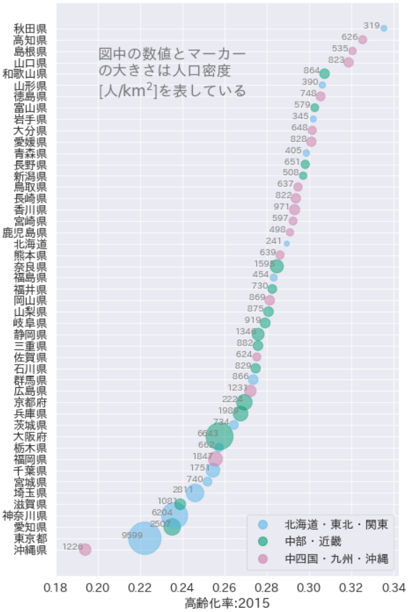
1 目盛りで 10 倍になる．

高齢化率の時系列



データソース: RESAS

都道府県毎の高齢化率



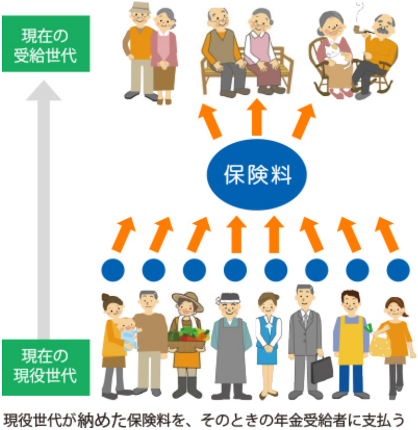
沖縄の高齢化率が非常に低い.

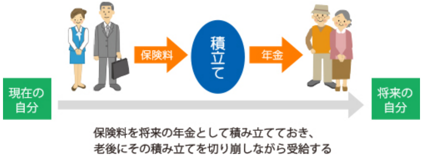
沖縄以外では，人口密度が高いほど高齢化率が低い傾向が見られる (市区町村のデータの分析結果と整合している).

データソース: 教育用標準データセット

賦課方式

年金・医療保険・介護保険の支給には 賦課 方式が採用されている (左の図が賦課方式・右の図が積立方式: いずれも厚生労働省のサイトより引用).





年金について

年金の種類

- 国民年金: $\boxed{\text{全ての国民}}$ を対象に 20 才以上, 60 才未満の人は加入が義務づけられている (月額 16,540 円の年金保険料を支払う).
- 厚生年金: 厚生年金保険とは, 民間企業の労働者を対象にした年金のことで, 国民共通の国民年金に上乗せして支給される.

年金の支給

- $\boxed{\text{老齢年金}}$: 65 歳以上の高齢者に支給される年金
- 障害年金: 疾病又は負傷 (傷病) によって, 一定程度の障害の状態になった者に対して支給される年金 (最低でも, 月額約 65,000 円)
- 遺族年金: 死亡した者に生計を維持されていた遺族（子のある配偶者または両親共に不在の子）に支給される年金

潜在扶養指数: 定義

老年人口指数の逆数を 潜在扶養指数 (あるいは, 高齢者扶養指数, 老人扶養指数) と呼ぶ.

これは, 高齢者 1 人を何人の生産年齢人口で支えるのかを表している.

$$\text{潜在扶養指数} = \frac{\text{生産年齢人口}}{\text{老年人口}} = \frac{1}{\text{老年人口指数}}$$

日本の社会保障の多くは賦課方式で運用されているため, 社会保障制度の将来を考えるには, 高齢化率よりも潜在扶養指数の方が適切である (考えている問題に合わせて適切な統計量を用いることが重要).

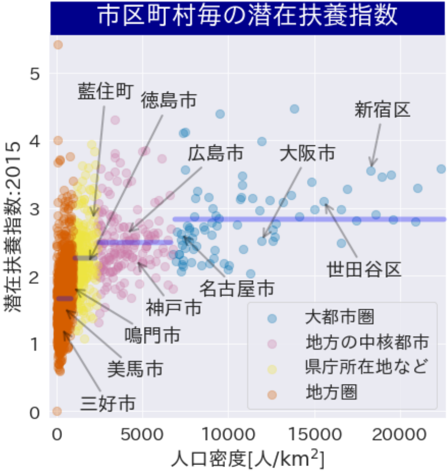
潜在扶養指数: 計算練習

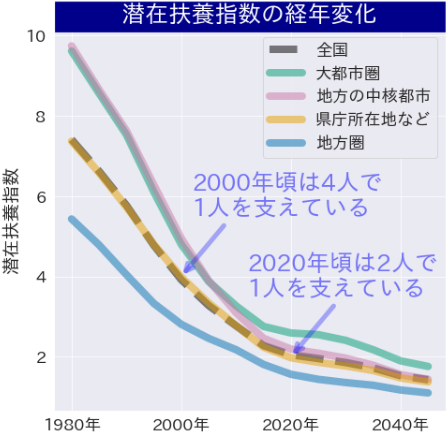
以下の表から, 各都市の潜在扶養指数を求めよ.

Table: 年齢別人口 (2015 年)

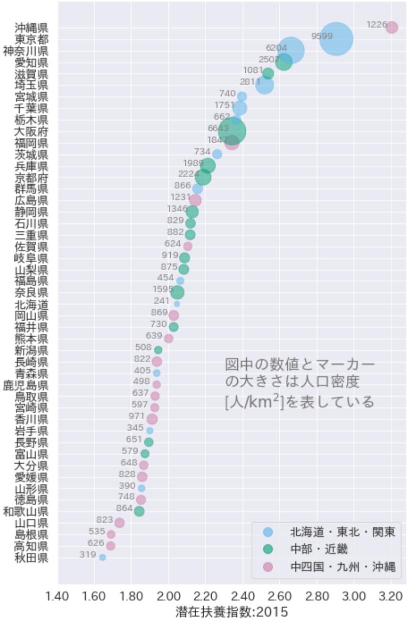
年齢区分 市区町村	総数	0〜14 歳	15〜64 歳	65 歳以上	潜在扶養指数
東京 23 区	9,272,740	1,002,130	6,088,409	1,997,870	3.05
徳島市	258,554	29,732	151,895	69,378	2.19
鳴門市	59,101	6,600	33,763	18,448	1.83

市区町村毎の潜在扶養指数と時系列





都道府県毎の潜在扶養指数



(当然ながら) 高齢化率と逆の関係が見られる．特に，沖縄の潜在扶養指数は非常に高い．

沖縄以外では，人口密度が高いほど潜在扶養指数が高くなる傾向がみられる．

アウトライン

第 1 章: 人口統計学の基礎
- 自然増加と社会増加
- 人口の種類と観察方法
- 日本と世界の人口
- 年齢 3 区分
- 平均年齢

第 2 章: 婚姻と出生

第 3 章: 死亡と寿命

第 4 章: 将来人口の予測

平均値 1: 平均値の定義

要注意: 以下の内容はよく理解していない人が多い.

元々, 平均値は次のように定義される (小学校で習う):

$$(\text{平均値}) = \frac{(\text{データの中の全ての値の総和})}{(\text{データの数})}.$$

しかし, ここでは $\boxed{\text{度数分布表}}$ から平均値を求める方法を考える (中学数学の内容).

そのために, 階級値 と呼ばれる量を「階級の中央の数値」と定義しておく.

平均値 2: 平均値の計算

23	10	8	22	9	13	13	15
17	10	17	20	21	4	9	21
19	6	11	23	27	25	8	25
15	15	15	18	20	14	8	18
18	11	11	19	18	8	8	11
26	9	18	15	21	12	8	13
18	4	12	17	20	18	11	19
15	6	11	24	23	16	13	15
22	8	8	17	15	7	13	9
12	12	11	18	16	15	9	19

階級			階級値	度数
(以上)		(未満)		
2	–	5	3.5	2
5	–	8	6.5	3
8	–	11	9.5	15
11	–	14	12.5	16
14	–	17	15.5	12
17	–	20	18.5	16
20	–	23	21.5	8
23	–	26	24.5	6
26	–	29	27.5	2
計				80

$$
\begin{aligned}
(\text{平均値}) &= \frac{23+10+8+22++9+13+13+15+\cdots+12+12+11+18+16+15+9+19}{80} \\
&= \frac{4+4+6+6+7+8+8+8+8+8+\cdots+23+23+23+24+25+25+26+27}{80} \\
&= \frac{(4+4)+(6+6+7)+(8+8+8+8+8+\cdots)+\cdots+(23+23+23+24+25+25)+(26+27)}{80} \\
&\approx \frac{(3.5\times 2)+(6.5\times 3)+(9.5\times 15)+\cdots+(24.5\times 6)+(27.5\times 2)}{80} = \frac{\sum\ [(\text{階級値})\times(\text{度数})]}{\sum(\text{度数})}
\end{aligned}
$$

平均年齢: 度数分布表

階級 [歳]			度数 [人]
(以上)		(未満)	
0	–	5	29044
5	–	10	30593
10	–	15	34599
15	–	20	35995
20	–	25	30888
25	–	30	36656
30	–	35	41978
35	–	40	49825
40	–	45	48453
45	–	50	44689
50	–	55	47147
55	–	60	54173
60	–	65	70016
65	–	70	49971
70	–	75	46068
75	–	80	45181
80	–	85	37280
85	–	90	23608
90	–	95	9287
95	–	100	2800
100	–	∞	438

徳島県の 5 階級別人口
(2012 年 10 月 1 日現在)

平均年齢: 度数分布表

階級 [歳]			階級値 [歳]	度数 [人]
(以上)		(未満)		
0	–	5	2.5	29044
5	–	10	7.5	30593
10	–	15	12.5	34599
15	–	20	17.5	35995
20	–	25	22.5	30888
25	–	30	27.5	36656
30	–	35	32.5	41978
35	–	40	37.5	49825
40	–	45	42.5	48453
45	–	50	47.5	44689
50	–	55	52.5	47147
55	–	60	57.5	54173
60	–	65	62.5	70016
65	–	70	67.5	49971
70	–	75	72.5	46068
75	–	80	77.5	45181
80	–	85	82.5	37280
85	–	90	87.5	23608
90	–	95	92.5	9287
95	–	100	97.5	2800
100	–	∞	102.5	438

平均年齢: 度数分布表

階級 [歳]			階級値 [歳]	度数 [人]	(階級値) × (度数)
(以上)		(未満)			
0	–	5	2.5	29044	72610
5	–	10	7.5	30593	229447.5
10	–	15	12.5	34599	432487.5
15	–	20	17.5	35995	629912.5
20	–	25	22.5	30888	694980
25	–	30	27.5	36656	1008040
30	–	35	32.5	41978	1364285
35	–	40	37.5	49825	1868437.5
40	–	45	42.5	48453	2059252.5
45	–	50	47.5	44689	2122727.5
50	–	55	52.5	47147	2475217.5
55	–	60	57.5	54173	3114947.5
60	–	65	62.5	70016	4376000
65	–	70	67.5	49971	3373042.5
70	–	75	72.5	46068	3339930
75	–	80	77.5	45181	3501527.5
80	–	85	82.5	37280	3075600
85	–	90	87.5	23608	2065700
90	–	95	92.5	9287	859047.5
95	–	100	97.5	2800	273000
100	–	∞	102.5	438	44895

平均年齢

前のスライドより,

$$\sum (\text{度数}) = 768689$$

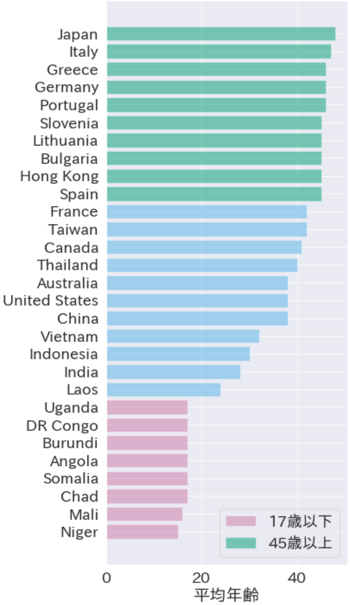
$$\sum [(\text{階級値}) \times (\text{度数})] = 36937287.5$$

となる. 以上より, 徳島県の平均年齢は

$$(\text{平均値}) = \frac{\sum [(\text{階級値}) \times (\text{度数})]}{\sum (\text{度数})} = 48.1(\text{歳})$$

であることが分かる.

各国の平均年齢



データソース: Kaggle

平均年齢のトップは日本 (48 歳).

最も若いのはニジェールの 15 歳!

人口と食糧問題 第 2 章

宮口 智成

鳴門教育大学 自然系コース (数学)

February 9, 2021

アウトライン

第 1 章: 人口統計学の基礎

第 2 章: 婚姻と出生

- 出生: 合計特殊出生率とは何か?
- 結婚: 少子化の原因は?
- 学校: 少子化の影響は?

第 3 章: 死亡と寿命

第 4 章: 将来人口の予測

普通出生率 (粗出生率)

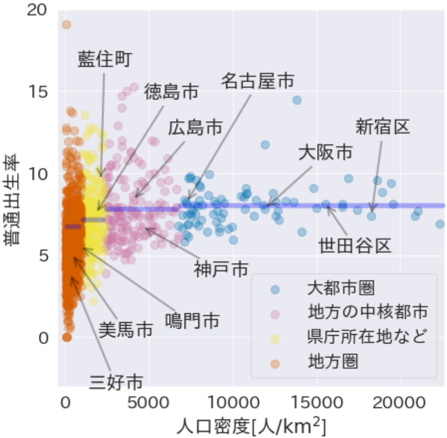
人口 1000 人あたりにおける出生数を **普通出生率** (あるいは $\boxed{\text{粗出生率}}$) と呼ぶ:

$$\text{普通出生率} = \frac{\text{1 年間の出生数}}{\boxed{\text{当該年度の人口}}} \times 1000$$

Table: 年齢別人口 (2018 年の出生数と 2015 年の人口)

	総人口	出生数	普通出生率
東京 23 区	9,272,740	77,335	8.34
徳島市	258,554	1,955	7.56
鳴門市	59101	329	5.57

市区町村毎・都道府県毎の普通出生率



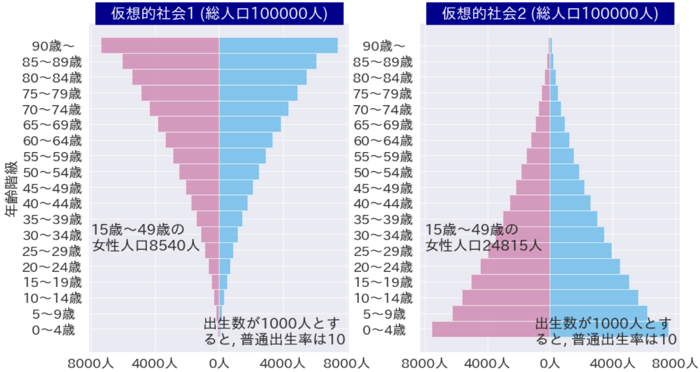
都市部と地方の差異はそれほど大きくないが，都市部の方が出生率が高い… 本当だろうか?

データソース：教育用標準データセット

普通出生率のメリットとデメリット

メリット 計算に必要なデータが入手し易い．

デメリット $\boxed{\text{年齢構造}}$ の影響を無視している．例えば，下図のような総人口が等しい 2 つの社会を考えると，普通出生率が等しいとしても，女性 1 人当りの出生数には大きな隔たりが生じる．



そこで，$\boxed{\text{年齢構造}}$ を考慮した指標として，総出生率がある．

総出生率

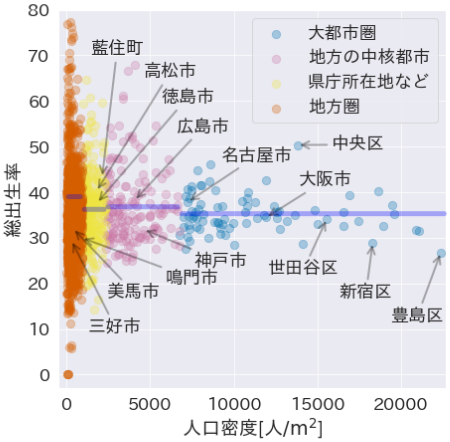
次のように, 年齢構造を考慮した出生数を **総出生率** と呼ぶ:

$$\text{総出生率} = \frac{1\text{ 年間の出生数}}{\boxed{\text{当該年度の }15 \sim 49\text{ 歳の女子人口}}} \times 1000$$

Table: 年齢別人口 (2018 年の出生数と 2015 年の人口)

	15 ～ 49 歳の女子人口	出生数	総出生率
東京 23 区	2,221,613	77,335	34.8
徳島市	51,923	1,955	37.7
鳴門市	10,971	329	30.0

市区町村毎の総出生率



地方圏が一番出生率が高い．それ以外の地域では大きな差異は見られない．

例えば同じ大都市圏でも出生率の差が大きい (中央区と豊島区で倍くらい違う)．これらの差の原因はなんだろうか?

総出生率は年齢構造を考慮した出生率の指標だが，より精密に年齢構造を考慮したのが合計特殊出生率である．

確率の例

合計特殊出生率の計算方法を理解するために，確率と期待値について考える．

確率の定義式

$$n\text{ 等を引く確率} = \frac{n\text{ 等の枚数}}{\text{くじの総数}}$$

	賞金	枚数	確率
1 等	1 億円	5 枚	0.0000005
2 等	1000 万円	20 枚	0.000002
3 等	100 万円	200 枚	0.00002
4 等	10 万円	1000 枚	0.0001
5 等	1 万円	1 万枚	
6 等	1000 円	10 万枚	
7 等	300 円	100 万枚	
はずれ	0 円	残り	残り
計		1000 万枚	1

期待値: 定義

1 枚のくじを買ったとき, (平均的に) どの程度のお金が返ってくるのか? このような値を表わすものとして, 期待値がある. これはくじの場合, 返ってくると「期待」される金額を表わす.

期待値の定義 ($\sum$ は和を表わす記号)

$$(\text{期待値}) = \sum \left[\boxed{(\text{値})} \times \boxed{(\text{その値を取る確率})} \right]$$

前ページの宝くじの場合,

$$\begin{aligned}(\text{期待値}) &= 1\,\text{億円} \times 0.0000005 + 1000\,\text{万円} \times 0.000002 \\ &\quad + 100\,\text{万円} \times 0.00002 + 10\,\text{万円} \times 0.0001 \\ &\quad + 1\,\text{万円} \times 0.001 + 1000\,\text{円} \times 0.01 + 300\,\text{円} \times 0.1 \\ &= 150\,\text{円}\end{aligned}$$

期待値：複数回の試行

問

1 枚のくじを買ったとき，平均的に 150 円が返ってくる．では，10 枚買ったときはどうなるか?

→ 単純に足せば良い

	期待値
1 枚目	150 円
2 枚目	150 円
3 枚目	150 円
4 枚目	150 円
5 枚目	150 円
6 枚目	150 円
7 枚目	150 円
8 枚目	150 円
9 枚目	150 円
10 枚目	150 円
	(期待値の合計 →) 1500 円

合計特殊出生率: 2007 年鳴門市

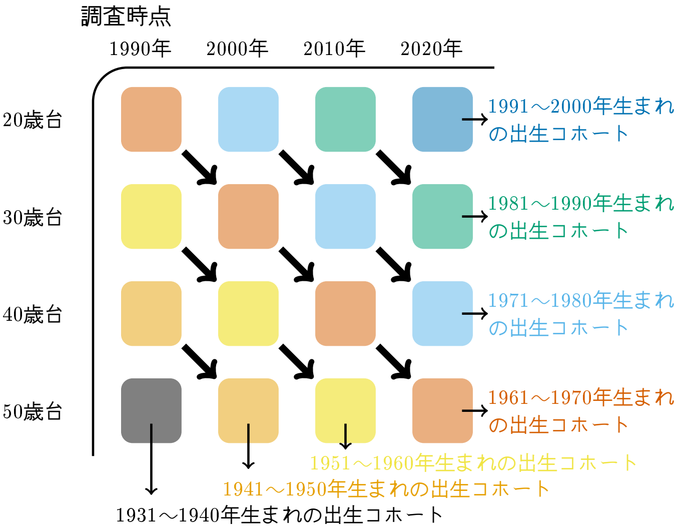
合計特殊出生率

1 人の女性が $\boxed{\text{一生のうち}}$ に生む平均子供数

Table: 年齢別人口 (2007 年鳴門市)

年齢階級	出生数	女性人口	出生の確率	女性 1 人が生む子供の人数の期待値 (1 年間)	女性 1 人が生む子供の人数の期待値 (5 年間)
15〜19	11	1525	0.007	$1 \times 0.007 + 0 \times 0.993$	0.036
20〜24	62	1626	0.038	$1 \times 0.038 + 0 \times 0.962$	0.191
25〜29	138	1690	0.082	$1 \times 0.082 + 0 \times 0.918$	0.408
30〜34	151	2110	0.072	$1 \times 0.072 + 0 \times 0.928$	0.358
35〜39	76	2023	0.038	$1 \times 0.038 + 0 \times 0.962$	0.188
40〜44	11	1889	0.006	$1 \times 0.006 + 0 \times 0.994$	0.029
45〜49	0	1814	0.0	$1 \times 0.0 + 0 \times 1.0$	0.000
					(合計特殊出生率 →) 1.21

観察方法：まとめ


調査時点
1990年
2000年
2010年
2020年
20歳台
30歳台
40歳台
50歳台
1991〜2000年生まれの出生コホート
1981〜1990年生まれの出生コホート
1971〜1980年生まれの出生コホート
1961〜1970年生まれの出生コホート
1951〜1960年生まれの出生コホート
1941〜1950年生まれの出生コホート
1931〜1940年生まれの出生コホート

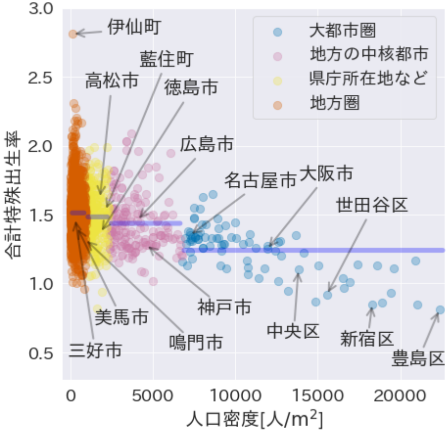
合計特殊出生率: 2006 年鳴門市

以下の表を完成させよ.

Table: 年齢別人口 (2006 年鳴門市)

年齢階級	出生数	女性人口	出生の確率	女性 1 人が生む子供の人数の期待値 (1 年間)	女性 1 人が生む子供の人数の期待値 (5 年間)
15～19	10	1507	0.007	0.007	0.033
20～24	57	1758	0.032	0.032	0.162
25～29	145	1709	0.085	0.085	0.424
30～34	147	2169	0.068	0.068	0.339
35～39	57	1957	0.029	0.029	0.146
40～44	6	1923	0.003	0.003	0.016
45～49	0	1869	0.000	0.000	0.000
					(合計特殊出生率 →) 1.120

市区町村毎の合計特殊出生率



データソース：RESAS

大都市圏が一番出生率が低い．それ以外の地域では大きな差異は見られないが，地方ほど高い傾向が見られる．

総出生率が高かった中央区の合計特殊出生率は低い．年齢構造の影響で総出生率が高く算出されていた可能性が高い．

人口置き換え水準

- 人口が維持されるためには, 100 人の女性が $\boxed{100\ 人}$ の女性を産めば良いだろう.
- そのためには, 出生における男性と女性の比率は, おおよそ

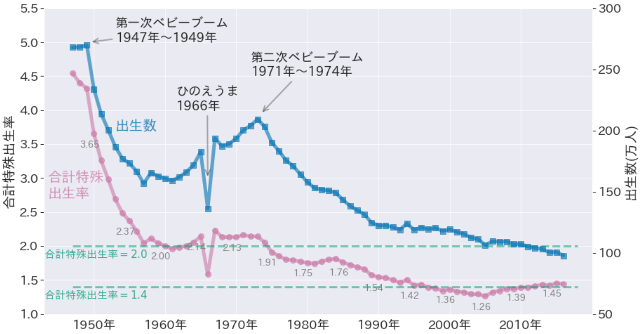
$$1.05 : 1.00$$

なので, 100 人当り $\boxed{205\ 人}$ の子供を産む必要がある.

- 実際には, 生まれた女児のうち何人かは, 若いうちに死んでしまうため, (日本の場合) 207 人という人数になる.
- 言い換えると, 女性 1 人当り 2.07 人 の子供を出産すれば, 人口は変化しない. この数値を $\boxed{\textbf{人口置き換え水準}}$ と呼ぶ.
- 死亡率の高い国ではこの数値はもっと高い値となる.

合計特殊出生率：日本の年次推移 1

合計特殊出生率は戦後 4.0 前後あったが，1950 年代にはほぼ 2.0 前後に急落した．すなわち，この時期に 2 人兄弟 (姉妹) が日本の標準的な家庭像となった．



データソース：少子化社会対策白書

1945～1949 年は 団塊の世代 (第一ベビーブーム世代) と呼ばれる．団塊の世代の子供の多くが，1970 年代前半に生まれた．これが 1970 年頃の出生数のピークに対応する (団塊 Jr と呼ばれる)．

2005 年頃から増加傾向だが，合計特殊出生率は晩婚化が進行する間は低く算出される傾向がある．2005 年前後の低い値はこの影響と考えられる．

合計特殊出生率：日本の年次推移 2

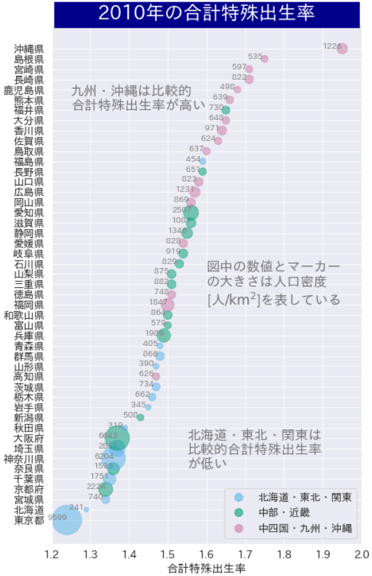
前ページのグラフを見ると，団塊の世代の出生のピークの約 25 年後に，その子供の世代 (団塊 Jr) の出生のピークがある．同様に考えれば，さらに 25 年後に団塊 Jr 世代の子供が沢山生まれ，別のピークがあっても良さそうだ．しかし，出生数にはそのようなピークは見られない．これはなぜだろうか?

A. 団塊の世代は，多くの人が 20 代 で出産をした．しかし，団塊 Jr 世代は 晩婚化 とそれに伴なう 晩産化 の影響で，20 代〜40 代前半という幅広い年齢で出産したため，出生数がならされピークが現れなかった，と考えられる．

1966 年の出生数が極端に少ないのはなぜか?

この年は 丙午 (ひのえうま) と呼ばれる干支 (えと) に当り，「この年に生まれた女性は男性を食い殺す」という迷信があるため．次の丙午は，2026 年である．

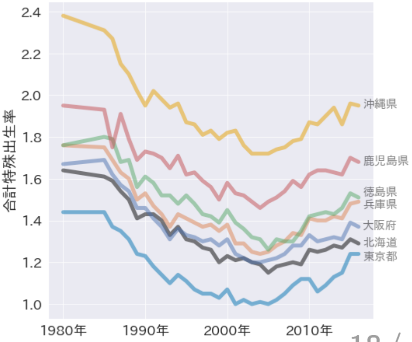
合計特殊出生率: 都道府県



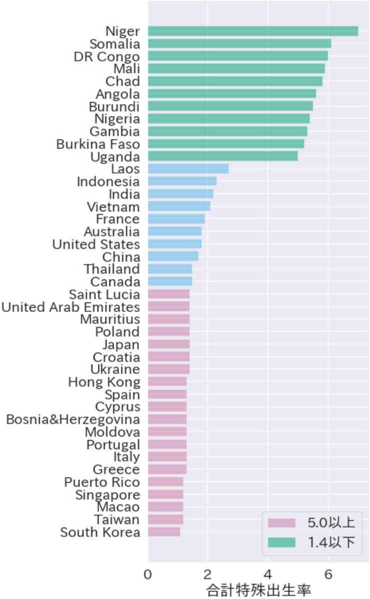
データソース: RESAS

問

都市圏・地方圏 (人口密度) による違いだけでなく, 地域性が見られる (原因は何だろうか?).



合計特殊出生率：世界

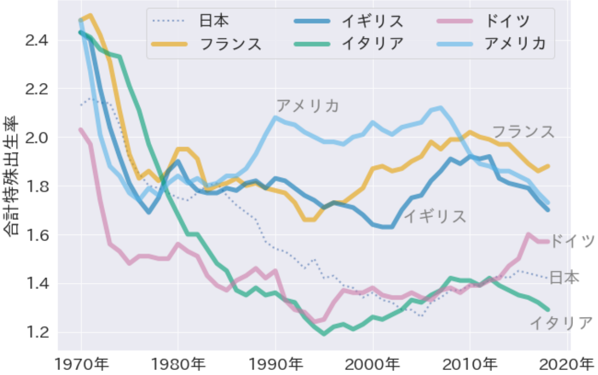


データソース：Kaggle

合計特殊出生率のトップはニジェール (7.0).

最低は韓国の 1.1.

合計特殊出生率：欧米各国



データソース：少子化社会対策白書

欧米は，合計特殊出生率が高い国

- アメリカ
- イギリス
- $\boxed{\text{フランス}}$

と低い国

- ドイツ
- イタリア

に分かれる．

フランスの合計特殊出生率はなぜ高いのか？ 1

基礎手当

子ども 1 人につき，約 2 万円/月 が 3 歳まで支給される．所得制限は約 350 万円.

家族手当

所得制限なしで，2 子以上を養育する家庭に給付される．20 歳になるまで，こどもの数によって支給される (子ども 2 人の場合約 1.5 万円/月，3 人の場合約 3.5 万円/月，4 人の場合約 5.3 万円/月).

家族補足手当

3 子以上を養育する家庭に支給される (約 2 万/月)．所得制限は約 350 万円.

日本には児童手当があり，第 1 子から支給される．15 歳まで 1 人につき 1.0 万円/月 (3 歳までは 1.5 万円) が支給される．扶養親族の人数に応じて，所得制限 (622 万〜812 万円) がある

「フランスの子育て支援–家族政策と選択の自由」，神尾真知子，2007

フランスの合計特殊出生率はなぜ高いのか？ 2

新学期手当

子ども 1 人につき，約 3.5 万円を支給．所得制限は，子ども 1 人の場合，年収約 230 万円以下で，1 人増えるごとに，約 53 万円を制限額に加算．

日本には対応する社会保障は無い

単親手当

母子家庭・父子家庭の場合，子ども 1 人で約 9.5 万円，1 人増えるごとに約 2 万円 / 月が支給される (妊娠中も受給できる)．所得制限 (単親手当以下であること) がある．

日本には，児童扶養手当 があり，子ども 1 人で約 4 万/月，1 人増えるごとに約 0.3 万円 / 月 が支給される．所得制限は子ども 1 人の場合，274 万円

家族援助手当

母子家庭・父子家庭の場合，子ども 1 人につき，約 1 万円支給される．所得制限無し

フランスの合計特殊出生率はなぜ高いのか？ 3

所得税減税

子育て世代，特に 3 人以上の子どもを育てている世帯に対して，大幅な所得税減税がなされ有利な仕組みになっている（N分N乗課税方式と呼ばれる）．

日本には対応する制度は無いが，扶養控除の制度がある

年金加算

子どもを 3 人養育すると年金が 10% 加算される．

日本には対応する社会保障は無い

教育費

高校までの学費は原則無料．大学も国公立の学費は無料．

日本では中学までは原則無料．公立高校は約 25 万円/年，国立大学は約 55 万円/年

フランスの合計特殊出生率はなぜ高いのか？ 4

父親の産休

「出産有給休暇 (3 日)」と「子どもの受け入れおよび父親休暇 (11 日)」，計 14 日間の父親の産休がある．この間の収入も保障される．休暇取得率は「出産有給休暇」はほぼ 100%，「子どもの受け入れおよび父親休暇」は約 70%.

鳴門教育大学の教職員の場合，父親の有給産休は $\boxed{5}$ 日間

就業自由選択補足手当

3 歳未満の子どもがいる親が完全休業した場合，約 4.5 万円〜6.5 万が支給される (基礎手当を受給状況により支給額が変わる．部分休業の場合は支給額が減額される)．受給期間は子ども 1 人の場合 6 ヶ月，2 人以上の場合は 末子が 3 歳になるまで．

これにより，子育ての為に育休，週 3 日や 4 日勤務，午後 3 時まで勤務など，個人に合わせて労働の有無や労働時間数を選択することができる。

日本には対応する社会保障は無い

感想の紹介

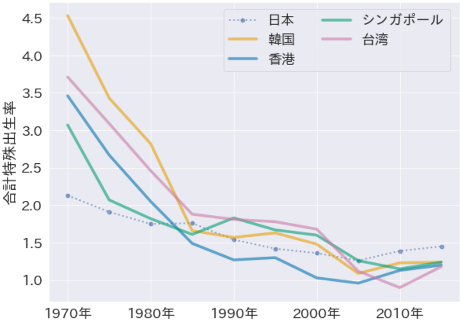
たった 14 日間では母親の体力は回復しないのでは?

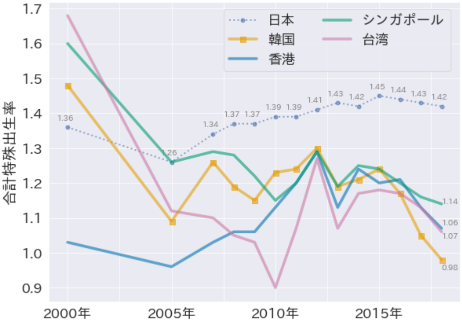
確かに回復しないと思います. ただ, これ以上有給休暇を増やすことが現実的に難しいようです. また, 無痛分娩など, 出産時の体力消耗を少なくすることも行われているようです.

14 日間の産休の後の育児は母親まかせになるのでは?

「14 日間の産休」が父親を「イクメン」にしてしまうようです. すなわち, 産休後も父親は積極的に育児に関わる傾向があるそうです.

合計特殊出生率：アジア各国





データソース：少子化社会対策白書

長期的には下落傾向.

近年の合計特殊出生率は総じて 低迷

少子化は問題か?

第 1 章で見たように，少子化の結果として高齢化が進み，以下のような問題が生じる:

① 労働力不足 (特に，介護や保育などの分野で，すでに大きな問題となっている)

② 年金・医療保険など，社会保障負担 の増大

③ 地域文化 の衰退 (高齢化は地方から進む)

④ 経済の停滞・衰退

アウトライン

第 1 章: 人口統計学の基礎

第 2 章: 婚姻と出生

- 出生: 合計特殊出生率とは何か?
- 結婚: 少子化の原因は?
- 学校: 少子化の影響は?

第 3 章: 死亡と寿命

第 4 章: 将来人口の予測

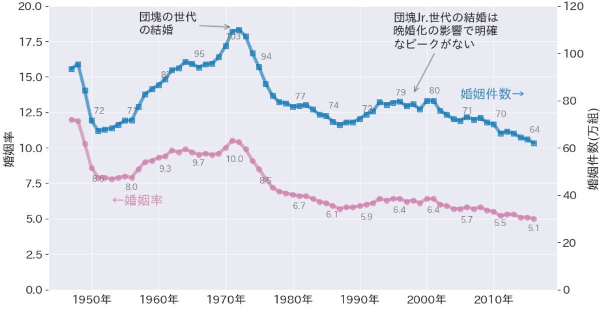
結婚の定義と統計

婚姻適正年齢

男性 18 歳以上，女性 16 歳以上．婚姻適正年齢外の場合は，少なくとも片親の承認が必要 (2022 年から男女とも 18 歳以上に改正).

団塊世代 が結婚適齢期に差し掛かった 1970 年代初めに 100 万人を突破しピークを迎えた後に減少傾向に転じている。

その後，団塊世代の子供 (団塊ジュニア) が結婚適齢期となった 1990 年代から 2000 年代初頭にかけて再び僅かながら増加している



データソース：少子化社会対策白書

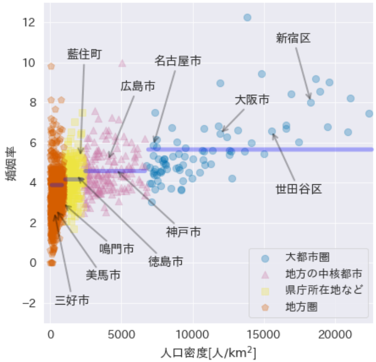
婚姻率と離婚率：市区町村

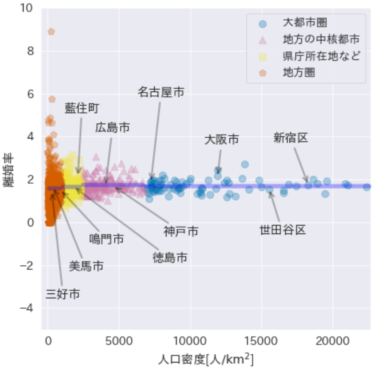
婚姻率の定義 (1000 人当りの婚姻数)

$$(\text{婚姻率}) = \frac{\text{婚姻件数}}{\text{総人口}} \times 1000$$

離婚率の定義 (1000 人当りの離婚数)

$$(\text{離婚率}) = \frac{\text{離婚件数}}{\text{総人口}} \times 1000$$

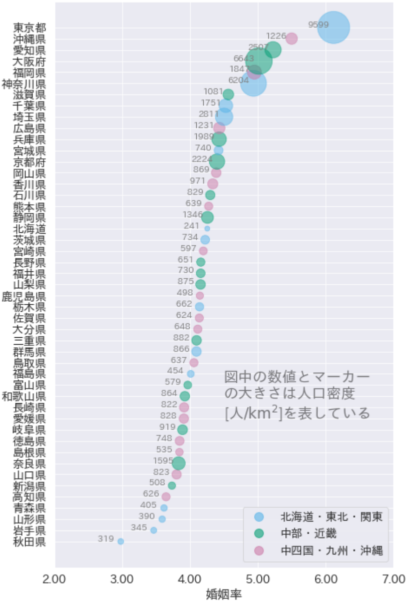


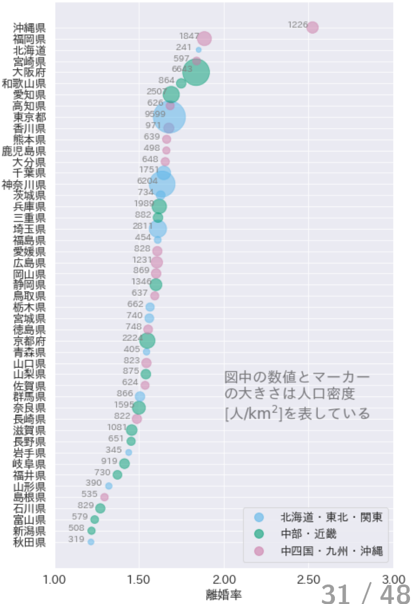


問：このデータから「地方では結婚できない」と考えるのは間違いである．なぜか?

データソース：教育用標準データセット

婚姻率と離婚率：都道府県



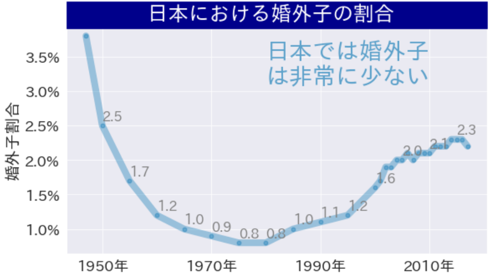


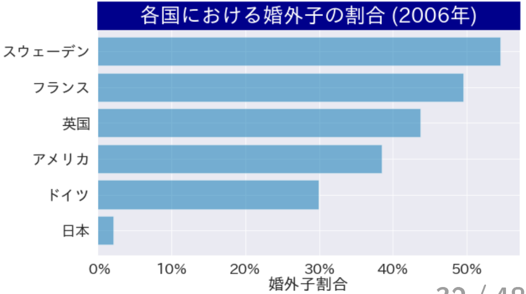
嫡出子と非嫡出子

婚姻関係にある男女から生まれた子供を嫡出子と呼ぶ (婚内子 とも言う). 一方, 婚姻関係にない男女から生まれた子供を非嫡出子と呼ぶ (婚外子 とも言う).

日本では, 非嫡出子の割合が少ないので, 出生 の分析のためには結婚の分析が不可欠である (右図参照).

データソース: e-STAT



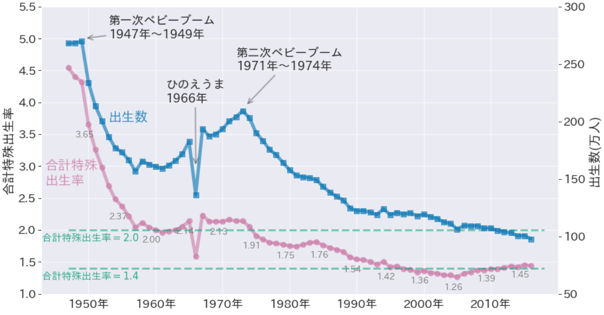


合計特殊出生率減少の原因は何か？

合計特殊出生率減少の直接的原因

① 未婚率の上昇

② 夫婦の子供数の減少

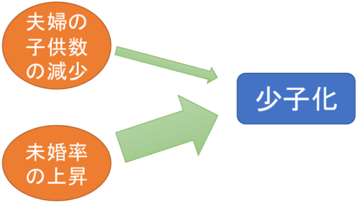


データソース：少子化社会対策白書

近年 (1960～2020 年) の合計特殊出生率減少 (約 0.6 ポイント↓) を考える場合，

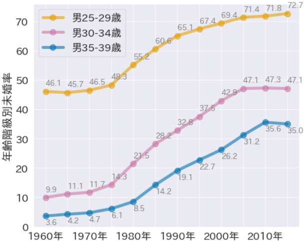
未婚率の上昇

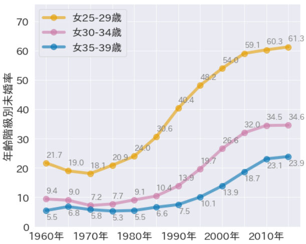
が特に重要である．



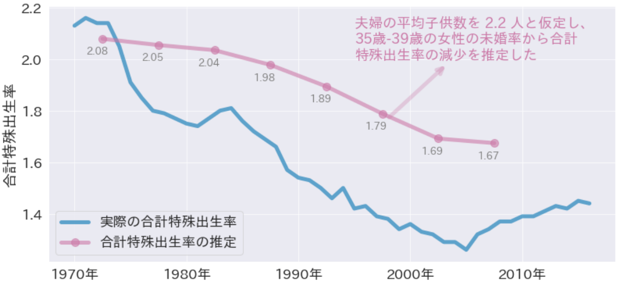
原因 1: 未婚率の上昇

日本では，非嫡出子が少ないため，未婚率の増加は，合計特殊出生率の減少に直結する．





特に，近年未婚率の増加が著しく，これが合計特殊出生率の減少の主原因と考えられる(約 0.4 ポイントの減少に寄与する)．



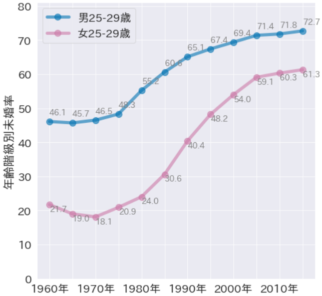
補足：未婚率の男女差

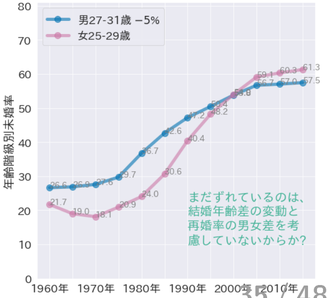
問：男女の未婚率が大きく異なるのはなぜだろうか？(20 代後半の男女の場合，72% と 61% と約 11% の違いがある)

結婚する男女の年齢差は約 2.0 歳あるから，「25 歳から 29 歳の女性」と比較するのは「27 歳から 31 歳の男性」でなければならない．そこで，

$$
\begin{aligned}
&\text{「男性未婚率 (27〜31 歳)」} \\
&= \text{「男性未婚率 (25〜29 歳)」} \times 0.6 \\
&+ \text{「男性未婚率 (30〜34 歳)」} \times 0.4
\end{aligned}
$$

とし，さらに男女の出生数の差約 5% を引いて得られたのが下の図である．





原因 2: 夫婦の子供数の減少

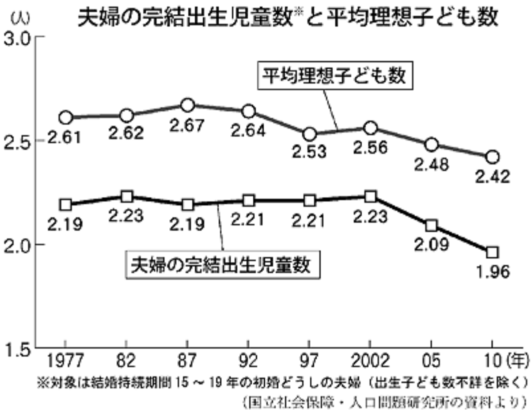
結婚した男女は 平均 2 人 ほどの子供を生んでいる.

近年は, 若干低下してきているため, 「夫婦の子供数の減少」も合計特殊出生率の低下に寄与している.

1970 年〜2010 年の期間の子供数の減少は 0.25 人程度. 8 割の人が結婚すると仮定すれば, 出生率は

$$0.25 \times 0.8 = 0.2 \text{ ポイント}$$

低下すると予想される.



理想子供数が実際の子供数より多い (生み控えをしている).

合計特殊出生率減少の原因は何か?

合計特殊出生率減少の直接的原因

① 未婚率の上昇 (0.4 ↓)

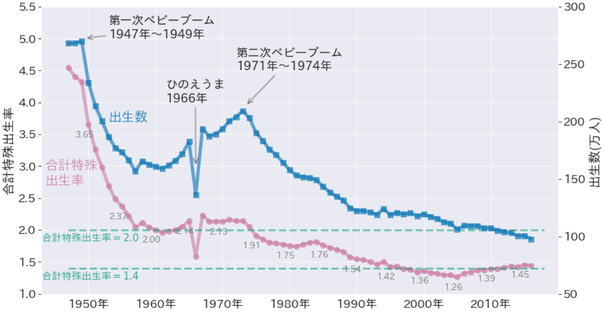
② 夫婦の子供数の減少 (0.2 ↓)

近年 (1960〜2020 年) の合計特殊出生率減少 (約 0.6 ポイント↓) を考える場合，

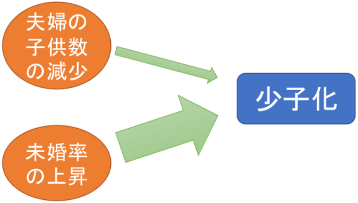
未婚率の上昇

が特に重要である．

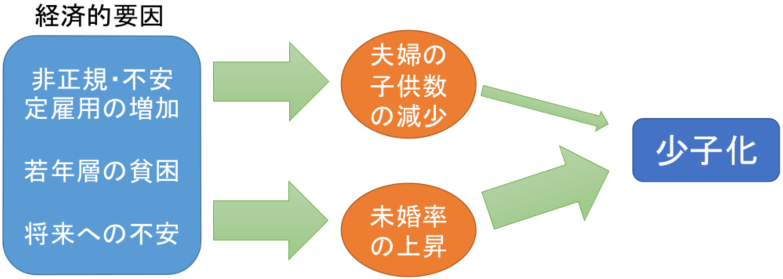
では上の 2 つの原因の原因はなんだろうか?



データソース：少子化社会対策白書



合計特殊出生率減少の原因は何か?



どちらの要素 (未婚率の上昇・夫婦の子供数の減少) に関しても, $\boxed{\text{経済的要因}}$ が非常に重要である (もちろん, 外の要因もあるが).

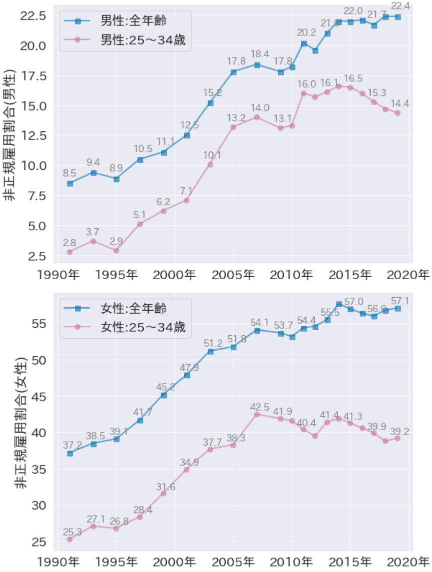
未婚率はなぜ上昇したか？ 1

雇用の不安定化

若年層の非正規雇用の労働者は増加している．

2018 年の時点で，25〜34 歳の男性の約 14% は非正規雇用である．

正規雇用と非正規雇用で，$\boxed{\text{収入}}$ と $\boxed{\text{将来的な安定}}$ に大きな差がある．さらに，その他の待遇面でも違いが大きい．例えば，正規雇用の厚生年金適用率はほぼ 100 % であるのに対し，非正規雇用の場合は 50 % 程度に留まる．



データソース：少子化社会対策白書

未婚率はなぜ上昇したか? 2

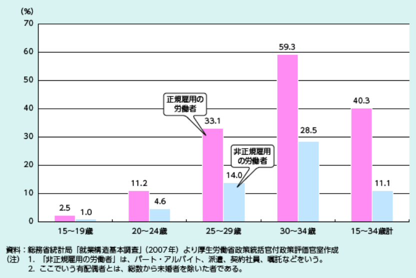
上図: 雇用形態別の婚姻率

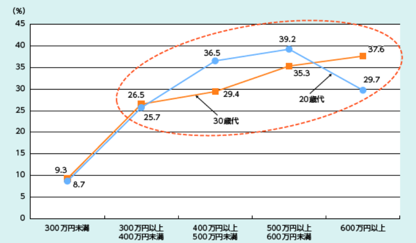
例えば, 30 代前半では, 正規雇用 の労働者の約 60 % が結婚している.

一方, 非正規雇用 の労働者で結婚しているのは, 30 % 弱しかない.

下図: 年収別の婚姻率

また, 年収が多い程婚姻率が高いことも分かる.





http://www.mhlw.go.jp/wp/hakusyo/kousei/13/dl/1-02-2.pdf

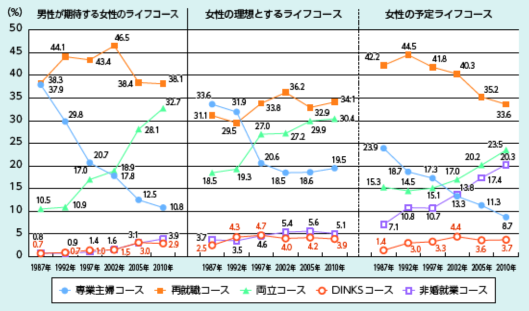
未婚率はなぜ上昇したか? 3

女性の社会進出 未婚率が上昇した理由として，女性の社会進出が良く挙げられる．つまり，結婚より仕事を優先する女性が増えたという意見だが，これは本当だろうか?

非婚就業 を理想とする女性は，わずか 5 % 程度しかいない

また 1980 年代から大幅に割合が増えているわけでもない

したがって，女性が結婚より仕事を優先するようになったとは言えない



http://www.mhlw.go.jp/wp/hakusyo/kousei/13/dl/1-02-2.pdf

よくある質問 1

未婚率の上昇には, 1 人での生活が好きな人が増えているといった要因もあるのでは? (今は多種多様なライフスタイルが尊重されているので)

確かに, 前ページのグラフを見ると「非婚就業」を理想のライフコースとする人の割合は

- 男性; 0.8% (1987 年) → 3.9% (2010 年)
- 女性: 3.7% (1987 年) → 5.1% (2010 年)

のように, 増加しています. しかし, その割合は非常に低く, 「未婚率の上昇」への寄与は今の所まだ小さいのではないか, と考えられます.

よくある質問 2

非嫡出子を受け入れる姿勢が日本国民にあれば，少子化は少しでも防ぐことができるのではないでしょうか?

その通りと思います．どの程度出生数が増えるかは難しい問題ですが，例えば現在日本における一年辺りの出生数と人工妊娠中絶数はおおよそ次の通りです:

- 出生数: 約 94 万人 (2017 年)
- 人工妊娠中絶数: 約 16 万人 (2017 年)

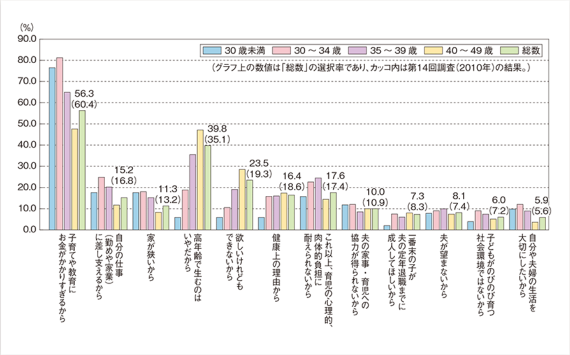
人工妊娠中絶した人の中には，「未婚だから」という理由で諦めた人が一定数いるのではないでしょうか．「非嫡出子を受け入れる姿勢」があれば，少なくともその分だけ出生数が増加するはずですね．

子供数はなぜ希望より少ないか？ 経済的な理由 1

希望する人数の子供を持たない理由のトップは，

教育にお金がかかるから

最低でも自分が受けたのと同程度の教育 (塾・習い事・大学進学) を自分の子供にも与えたいと考える．しかし，子供の人数が増えると，それも難しくなる．



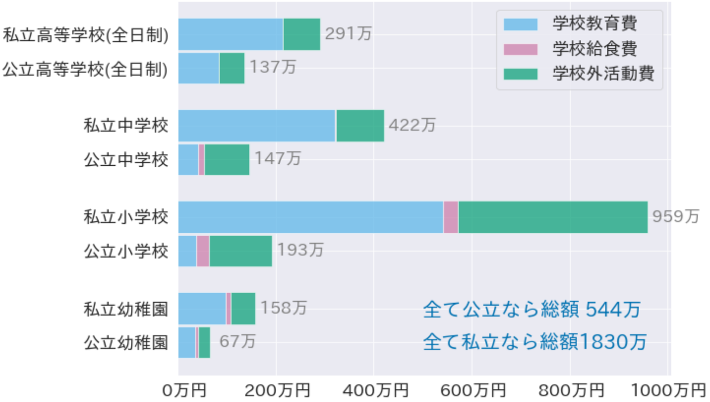
資料：国立社会保障・人口問題研究所「第15回出生動向基本調査（夫婦調査）」(2015年)
注：対象は予定子供数が理想子供数を下回る初婚どうしの夫婦。予定子供数が理想子供数を下回る夫婦の割合は30.3%。

データソース：少子化社会対策白書

子供数はなぜ希望より少ないか？ 経済的な理由 2

子供の教育費用はどれ位か？

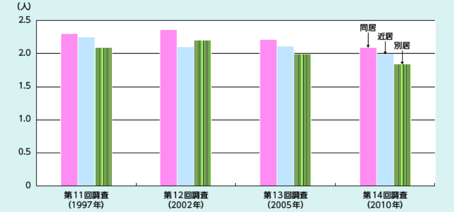
大学まで全て国公立ならば約 1000 万円．全て私立ならば，2000 万円を超える．



データソース：e-STAT

子供数はなぜ希望より少ないか? 核家族化と晩婚化

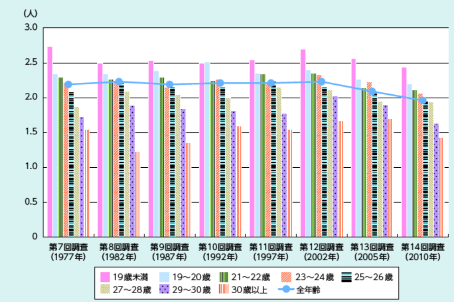
親との同居・別居別の子供数



資料：国立社会保障・人口問題研究所「第14回出生動向基本調査（夫婦調査）」
（注） 初婚同士の夫婦を対象とする。夫あるいは妻の母親のいずれかが同居、あるいは近居していれば、それぞれのカテゴリーに属することとした。同居には、同じ敷地内で別居の場合を含む。近居は、同じ市区町村内で別居している場合。

データソース: 少子化社会対策白書

結婚年齢別の子供数



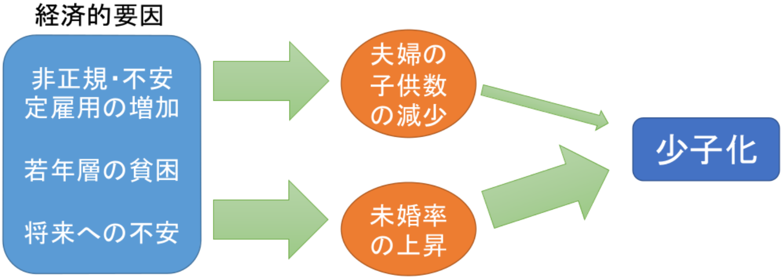
資料：国立社会保障・人口問題研究所「第14回出生動向基本調査（夫婦調査）」
（注） 対象は結婚持続期間15〜19年の初婚どうしの夫婦（出生子ども数不詳は除く）

問 経済的な要因以外の要因は?

(1) 核家族化 (父母と同居していていれば, 育児の手助けがある)

(2) 晩婚化 (婚期が遅れることで, 子供を生むことができる期間が短くなる)

合計特殊出生率減少の原因は何か?



少子化の最も大きな原因として，若年層の経済状況の悪化と，将来への不安が挙げられる．

$\boxed{\text{問}}$ 例えばアメリカも，日本と同様に若年層の経済状況は悪化している．しかし合計特殊出生率は 1.9 近くを維持している．これはなぜだろうか?

よくある質問 3

合計特殊出生率は回復するでしょうか?

若者を優遇する政策を進めればある程度は可能と思います.
しかし, 先進国の中では合計特殊出生率が高くても アメリカ や フランス のようにせいぜい 2.0 程度である.

日本の合計特殊出生率が回復したとしても, せいぜいこの程度 (人口置き換え水準程度) であることが予想される.

しかも, 人口置き換え水準が達成できれば, 人口の減少はすぐに止まるのか? というと実はそうではない. この点については第 4 章 (人口推計の基礎) で扱う.

人口と食糧問題 第 3 章

宮口 智成

鳴門教育大学 自然系コース (数学)

February 9, 2021

アウトライン

普通死亡率 (粗死亡率)

人口 1000 人あたりにおける死亡数を **普通死亡率** (あるいは $\boxed{\text{粗死亡率}}$) と呼ぶ:

$$\text{普通死亡率} = \frac{1\ \text{年間の死亡数}}{\boxed{\text{当該年度の人口}}} \times 1000$$

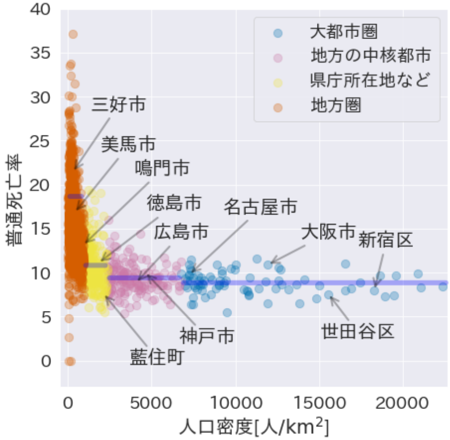
Table: 年齢別人口 (2018 年の死亡数と 2015 年の人口)

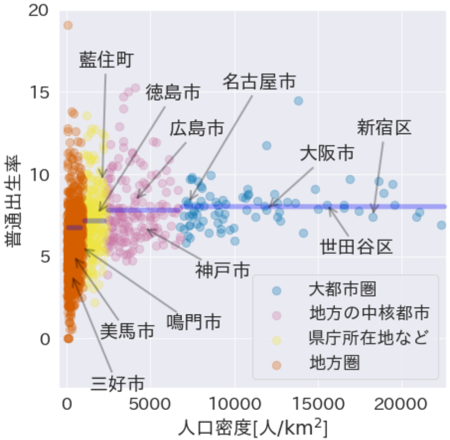
	総人口	死亡数	普通死亡率
東京 23 区	9,272,740	80,091	8.6
徳島市	258,554	2,868	11.1
鳴門市	59,101	775	13.1

市区町村毎の普通死亡率

データソース：教育用標準データセット

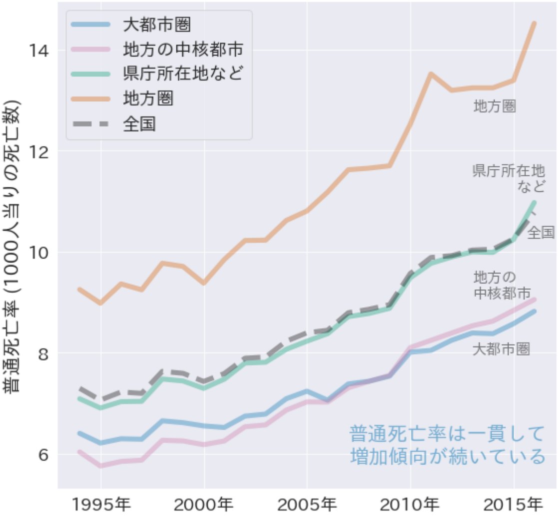
(↓再掲)





地方圏では毎年 1000 人当り 20 人弱の方が亡くなっている．
これは大都市圏の約 2 倍である．

普通死亡率: 日本の年次推移

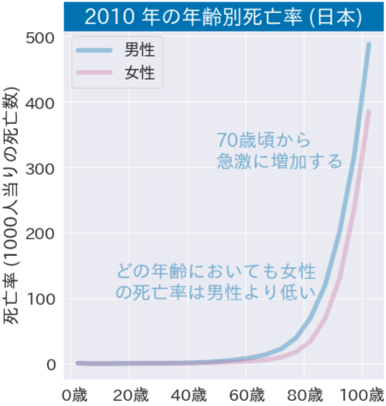


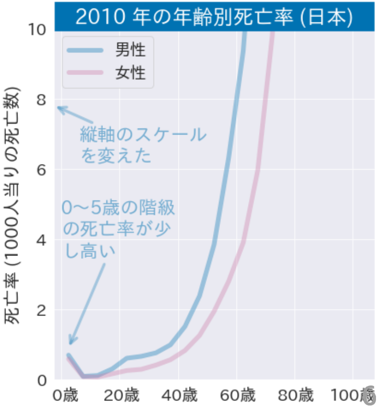
データソース: RESAS

年齢 (階級) 別死亡率 (2010 年)

出生の場合と同様, $\boxed{\text{年齢構造}}$ を考慮した死亡率を考える場合には, 年齢 (階級) 毎に死亡率を計算すれば良い:

$$x\text{ 歳の死亡率} = \frac{\boxed{x\text{ 歳の 1 年間の死亡数}}}{\text{当該年度の }x\text{ 歳の人口}} \times 1000$$





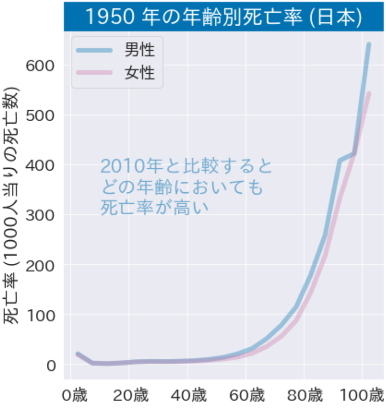
年齢（階級）別死亡率（1950 年 男性）

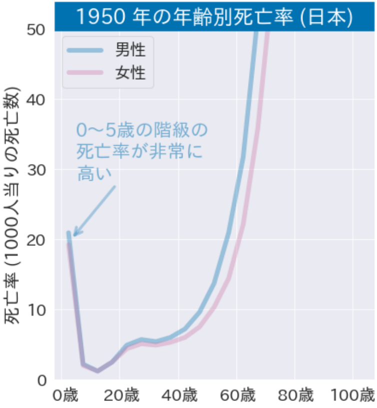
階級 [歳]			階級値 [歳]	人口	死亡数	死亡率
(以上)		(未満)				
0	–	5	2.5	5,718,490	118,289	20.7
5	–	10	7.5	4,825,426	10,587	2.2
10	–	15	12.5	4,400,387	5,048	1.1
15	–	20	17.5	4,317,567	10,655	2.5
20	–	25	22.5	3,835,815	18,652	4.9
25	–	30	27.5	2,821,898	15,891	5.6
30	–	35	32.5	2,360,240	12,541	5.3
35	–	40	37.5	2,376,105	14,131	5.9
40	–	45	42.5	2,198,955	15,679	7.1
45	–	50	47.5	2,018,848	19,144	9.5
50	–	55	52.5	1,719,275	23,308	13.6
55	–	60	57.5	1,378,661	28,706	20.8
60	–	65	62.5	1,109,567	35,028	31.6
65	–	70	67.5	795,919	41,034	51.6
70	–	75	72.5	540,291	42,419	78.5
75	–	80	77.5	267,690	30,634	114.4
80	–	85	82.5	95,589	17,008	177.9
85	–	90	87.5	24,507	6,344	258.9
90	–	95	92.5	3,741	1,523	407.1
95	–	100	97.5	484	204	421.5
100	–	∞	102.5	25	16	640.0

年齢（階級）別死亡率（1950 年 女性）

階級 [歳]			階級値 [歳]	人口	死亡数	死亡率
(以上)		(未満)				
0	–	5	2.5	5,486,967	104,614	19.1
5	–	10	7.5	4,697,239	9,187	2.0
10	–	15	12.5	4,299,530	5,164	1.2
15	–	20	17.5	4,250,101	10,567	2.5
20	–	25	22.5	3,889,727	17,219	4.4
25	–	30	27.5	3,363,222	17,015	5.1
30	–	35	32.5	2,841,997	13,875	4.9
35	–	40	37.5	2,671,968	14,043	5.3
40	–	45	42.5	2,284,025	13,655	6.0
45	–	50	47.5	1,985,701	14,775	7.4
50	–	55	52.5	1,669,393	17,072	10.2
55	–	60	57.5	1,370,368	19,730	14.4
60	–	65	62.5	1,194,328	26,324	22.0
65	–	70	67.5	974,796	34,783	35.7
70	–	75	72.5	741,317	41,670	56.2
75	–	80	77.5	417,963	36,421	87.1
80	–	85	82.5	180,194	25,742	142.9
85	–	90	87.5	54,546	11,858	217.4
90	–	95	92.5	10,406	3,451	331.6
95	–	100	97.5	1,627	496	304.9
100	–	∞	102.5	72	39	541.7

年齢（階級）別死亡率（1950 年）





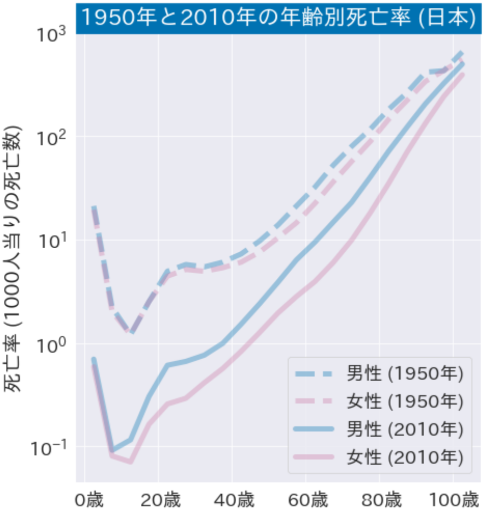
年齢（階級）別死亡率（1950 年）

数学の応用の話

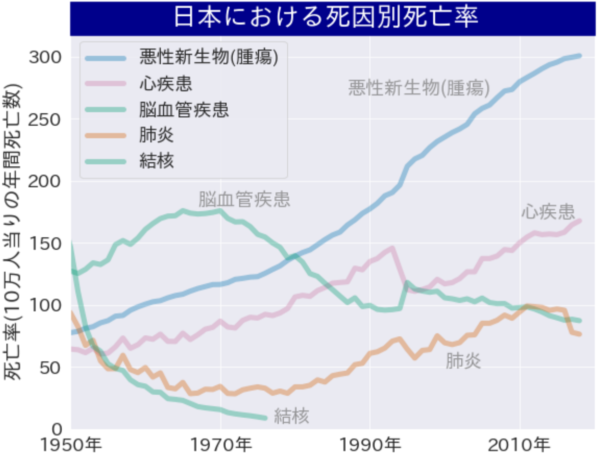
2 つのグラフを毎回作成するのは面倒だ．こういった場合，高校数学で習う 対数 (log) を用いると 1 つのグラフで済むことがある．

右図は縦軸を 対数 の値に変えたもので，対数グラフ と呼ばれる．

理学や工学を専門とする人にとっては基本的な技術の 1 つである．



死因別死亡率の経年変化



第 2 次世界大戦後, 結核, 肺炎などの感染症の死亡率は減少し, がん, 心疾患などの 生活習慣病 の死亡率が増加.

がん は 1981 年から死因の第 1 位で, 最近では総死亡の約 3 割を占める.

データソース: e-STAT

がんとは

腫瘍 (がん) の形成は, 通常は何十年もかかって進行する複雑な過程である. 正常細胞は...(中略)..., 腫瘍性のさらに強い表現型を持った細胞へと 進化 していく. この過程は正常な人体の至る所で無数の部位に起こり, 我々が歳を重ねるに連れて進行する. ごくまれに, その過程がどこかの部位で十分に進行すると, ... (中略)... 検出可能な腫瘍塊として検出される.

腫瘍進展は...(中略)... 突然変異 や DNA のエピジェネティックな変化がランダムに起こることによって推進される.

疫学研究によって, 年齢 が, がんの罹患率にとって驚くほど大きな因子であることが分かった. 米国では, 70 歳の男性が大腸がんで死ぬ危険性は 10 歳の男の子のそれよりも 1000 倍 も高い.

参考文献: がんの生物学 (ワインバーグ著)

アウトライン

第 1 章: 人口統計学の基礎

第 2 章: 婚姻と出生

第 3 章: 死亡と寿命

- 死亡: 死亡率とは何か?
- 生命表: 平均寿命とは何か?
- 健康寿命とは何か?
- 長寿と医療

第 4 章: 将来人口の予測

平均寿命: よくある間違い

「日本人男性の平均寿命は 79 歳である．したがって，70 歳の日本人男性は平均して 9 年間生存できる」

上の主張は間違いである．実際には，

$\boxed{\text{70 歳の日本人男性は平均して 15 年間生存できる．}}$

この食い違いはどこにあるのだろうか?

生命表の概念

- **生命表** とは, 現在の (男女年齢別) 死亡率から各年齢毎に将来の 平均生存年数 (平均余命) を求めるための表である.
- 死亡率の計算については, 前回の授業の定義と若干異なる. 生命表で用いられる死亡率は,

$$\text{死亡率} = \frac{1\ \text{年間の年齢 (階級) 別死亡数}}{\text{当該年度の年齢 (階級) 別人口}}$$

  のように "1000 倍" にはしない. また, この授業の例では, 5 歳毎の階級で考えているので, 5 年間の死亡数を元に死亡率を計算している.
- 生命表は, 医療では「各治療法による 延命期間 の差を求める」のに用いられる.
- また, 経済に関係するものでは「 生命保険 の保険料を決めるとき」に用いられている.

生命表の概念

生命表では以下のことが仮定される.

- 人口変動のうち $\boxed{\text{社会増加}}$ (流入と流出) は無視している. したがって, 生命表で考えている人口は封鎖人口である (第 1 回の授業を参照).
- (男女年齢別) 死亡率は $\boxed{\text{一定不変}}$ であると仮定している.
- 出生数が年間 10 万人であるとを仮定している (10 万という数字には特に意味はない. また, 年間死亡数も 10 万人となる).

平均値: 平均値の計算（復習）

23	10	8	22	9	13	13	15
17	10	17	20	21	4	9	21
19	6	11	23	27	25	8	25
15	15	15	18	20	14	8	18
18	11	11	19	18	8	8	11
26	9	18	15	21	12	8	13
18	4	12	17	20	18	11	19
15	6	11	24	23	16	13	15
22	8	8	17	15	7	13	9
12	12	11	18	16	15	9	19

階級			階級値	度数
(以上)		(未満)		
2	–	5	3.5	2
5	–	8	6.5	3
8	–	11	9.5	15
11	–	14	12.5	16
14	–	17	15.5	12
17	–	20	18.5	16
20	–	23	21.5	8
23	–	26	24.5	6
26	–	29	27.5	2
計				80

$$
\begin{aligned}
(\text{平均値}) &= \frac{23+10+8+22++9+13+13+15+\cdots+12+12+11+18+16+15+9+19}{80} \\
&= \frac{4+4+6+6+7+8+8+8+8+8+\cdots+23+23+23+24+25+25+26+27}{80} \\
&= \frac{(4+4)+(6+6+7)+(8+8+8+8+8+\cdots)+\cdots+(23+23+23+24+25+25)+(26+27)}{80} \\
&\fallingdotseq \frac{(3.5\times 2)+(6.5\times 3)+(9.5\times 15)+\cdots+(24.5\times 6)+(27.5\times 2)}{80} = \frac{\sum\ [(\text{階級値})\times(\text{度数})]}{\sum(\text{度数})}
\end{aligned}
$$

階級 [歳]	階級値 [歳]	生存数	死亡率	死亡数 (度数)	(階級値) × (度数)	∑ (階級値) × (度数)	平均寿命
(以上) (未満)							
0 – 5	2.5	100000	0.00339	339	848	7963175	79.6
5 – 10	7.5	99661	0.00047	47	352		
10 – 15	12.5	99614	0.00057	57	712		
15 – 20	17.5	99557	0.00155	154	2695		
20 – 25	22.5	99403	0.00287	285	6412		
25 – 30	27.5	99118	0.00326	323	8882		
30 – 35	32.5	98795	0.00379	374	12155		
35 – 40	37.5	98421	0.00504	496	18600		
40 – 45	42.5	97925	0.00767	751	31918		
45 – 50	47.5	97174	0.01204	1170	55575		
50 – 55	52.5	96004	0.01917	1840	96600		
55 – 60	57.5	94164	0.03061	2882	165715		
60 – 65	62.5	91282	0.04769	4353	272062		
65 – 70	67.5	86929	0.07002	6087	410872		
70 – 75	72.5	80842	0.10780	8715	631838		
75 – 80	77.5	72127	0.18291	13193	1022458		
80 – 85	82.5	58934	0.30325	17872	1474440		
85 – 90	87.5	41062	0.46510	19098	1671075		
90 – 95	92.5	21964	0.63791	14011	1296018		
95 – 100	97.5	7953	0.78549	6247	609082		
100 – ∞	102.5	1706	1.00000	1706	174865		
計				100000	7963175		

階級 [歳]	階級値 [歳]	生存数	死亡率	死亡数 (度数)	(階級値) × (度数)	∑ (階級値) × (度数)	平均寿命
(以上) (未満)							
5 – 10	7.5	99661	0.00047	47	352	7962326	79.9
10 – 15	12.5	99614	0.00057	57	712		
15 – 20	17.5	99557	0.00155	154	2695		
20 – 25	22.5	99403	0.00287	285	6412		
25 – 30	27.5	99118	0.00326	323	8882		
30 – 35	32.5	98795	0.00379	374	12155		
35 – 40	37.5	98421	0.00504	496	18600		
40 – 45	42.5	97925	0.00767	751	31918		
45 – 50	47.5	97174	0.01204	1170	55575		
50 – 55	52.5	96004	0.01917	1840	96600		
55 – 60	57.5	94164	0.03061	2882	165715		
60 – 65	62.5	91282	0.04769	4353	272062		
65 – 70	67.5	86929	0.07002	6087	410872		
70 – 75	72.5	80842	0.10780	8715	631838		
75 – 80	77.5	72127	0.18291	13193	1022458		
80 – 85	82.5	58934	0.30325	17872	1474440		
85 – 90	87.5	41062	0.46510	19098	1671075		
90 – 95	92.5	21964	0.63791	14011	1296018		
95 – 100	97.5	7953	0.78549	6247	609082		
100 – ∞	102.5	1706	1.00000	1706	174865		
計				99661	7962326		

階級 [歳]	階級値 [歳]	生存数	死亡率	死亡数 (度数)	(階級値) × (度数)	∑ (階級値) × (度数)	平均寿命
(以上) (未満)							
10 – 15	12.5	99614	0.00057	57	712	7961974	79.9
15 – 20	17.5	99557	0.00155	154	2695		
20 – 25	22.5	99403	0.00287	285	6412		
25 – 30	27.5	99118	0.00326	323	8882		
30 – 35	32.5	98795	0.00379	374	12155		
35 – 40	37.5	98421	0.00504	496	18600		
40 – 45	42.5	97925	0.00767	751	31918		
45 – 50	47.5	97174	0.01204	1170	55575		
50 – 55	52.5	96004	0.01917	1840	96600		
55 – 60	57.5	94164	0.03061	2882	165715		
60 – 65	62.5	91282	0.04769	4353	272062		
65 – 70	67.5	86929	0.07002	6087	410872		
70 – 75	72.5	80842	0.10780	8715	631838		
75 – 80	77.5	72127	0.18291	13193	1022458		
80 – 85	82.5	58934	0.30325	17872	1474440		
85 – 90	87.5	41062	0.46510	19098	1671075		
90 – 95	92.5	21964	0.63791	14011	1296018		
95 – 100	97.5	7953	0.78549	6247	609082		
100 – ∞	102.5	1706	1.00000	1706	174865		
計				99614	7961974		

階級 [歳]	階級値 [歳]	生存数	死亡率	死亡数 (度数)	(階級値) × (度数)	$\sum$ (階級値) × (度数)	平均寿命
(以上) (未満)							
0 – 5	2.5	100000	0.00339	339	848	7963175	79.6
5 – 10	7.5	99661	0.00047	47	352	7962326	79.9
10 – 15	12.5	99614	0.00057	57	712	7961974	79.9
15 – 20	17.5	99557	0.00155	154	2695	7961262	80.0
20 – 25	22.5	99403	0.00287	285	6412	7958567	80.1
25 – 30	27.5	99118	0.00326	323	8882	7952155	80.2
30 – 35	32.5	98795	0.00379	374	12155	7943273	80.4
35 – 40	37.5	98421	0.00504	496	18600	7931118	80.6
40 – 45	42.5	97925	0.00767	751	31918	7912518	80.8
45 – 50	47.5	97174	0.01204	1170	55575	7880600	81.1
50 – 55	52.5	96004	0.01917	1840	96600	7825025	81.5
55 – 60	57.5	94164	0.03061	2882	165715	7728425	82.1
60 – 65	62.5	91282	0.04769	4353	272062	7562710	82.8
65 – 70	67.5	86929	0.07002	6087	410872	7290648	83.9
70 – 75	72.5	80842	0.10780	8715	631838	6879776	85.1
75 – 80	77.5	72127	0.18291	13193	1022458	6247938	86.6
80 – 85	82.5	58934	0.30325	17872	1474440	5225480	88.7
85 – 90	87.5	41062	0.46510	19098	1671075	3751040	91.4
90 – 95	92.5	21964	0.63791	14011	1296018	2079965	94.7
95 – 100	97.5	7953	0.78549	6247	609082	783947	98.6
100 – ∞	102.5	1706	1.00000	1706	174865	174865	102.5

階級 [歳]	平均寿命	平均余命
(以上) (未満)		
0 – 5	79.6	79.6
5 – 10	79.9	74.9
10 – 15	79.9	69.9
15 – 20	80.0	65.0
20 – 25	80.1	60.1
25 – 30	80.2	55.2
30 – 35	80.4	50.4
35 – 40	80.6	45.6
40 – 45	80.8	40.8
45 – 50	81.1	36.1
50 – 55	81.5	31.5
55 – 60	82.1	27.1
60 – 65	82.8	22.8
65 – 70	83.9	18.9
70 – 75	85.1	15.1
75 – 80	86.6	11.6
80 – 85	88.7	8.7
85 – 90	91.4	6.4
90 – 95	94.7	4.7
95 – 100	98.6	3.6
100 – ∞	102.5	2.5

新聞などでよく使われる「平均寿命」とは

0 歳の人の平均余命

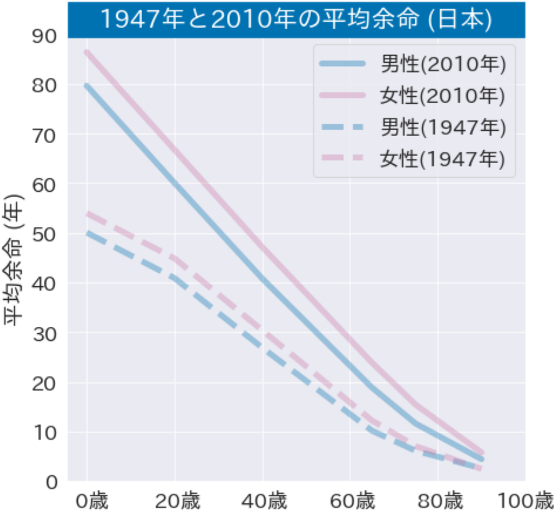
のことである.

70 歳男性の平均余命は

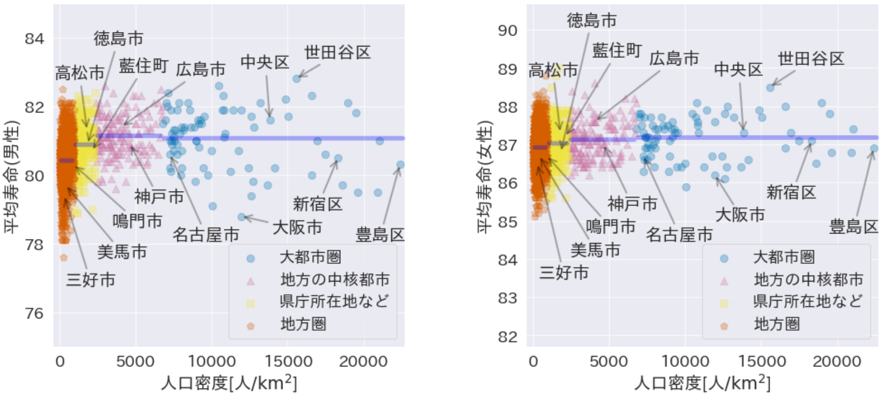
15.1 歳

である.

平均余命：経年変化


1947年と2010年の平均余命 (日本)
男性(2010年)
女性(2010年)
男性(1947年)
女性(1947年)
平均余命 (年)
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
0歳
20歳
40歳
60歳
80歳
100歳

平均余命：市区町村



平均寿命の地域差は小さい．普通死亡率に見られた地域差は年齢構造の影響が大きかったと考えられる．

国名	作成基礎期間	男	女
日本 (Japan)	2019	81.41	87.45
エジプト (Egypt)	2007	69.5	74.0
南アフリカ (South Africa)	2008	53.3	57.2
カナダ (Canada)	2005	78.0	82.7
アメリカ合衆国 (United States)	2007	75.4	80.4
アルゼンチン (Argentina)	2006-2010	72.5	80.0
ブラジル (Brazil)	2009	69.4	77.0
中国 (China)	2000	69.63	73.33
インド (India)	2002-2006	62.6	64.2
韓国 (Korea, Republic of)	2009	77.0	83.8
シンガポール (Singapore)	2010	79.3	84.1
タイ (Thailand)	2005-2006	69.9	77.6
フランス (France)	2010	78.1	84.8
ドイツ (Germany)	2007-2009	77.33	82.53
イタリア (Italy)	2008	78.81	84.07
スペイン (Spain)	2009	78.55	84.56
イギリス (United Kingdom)	2007-2009	77.7	81.9
オーストラリア (Australia)	2007-2009	79.3	83.9
ニュージーランド (New Zealand)	2007-2009	78.4	82.4

アウトライン

第 1 章: 人口統計学の基礎

第 2 章: 婚姻と出生

第 3 章: 死亡と寿命

- 死亡: 死亡率とは何か?
- 生命表: 平均寿命とは何か?
- 健康寿命とは何か?

第 4 章: 将来人口の予測

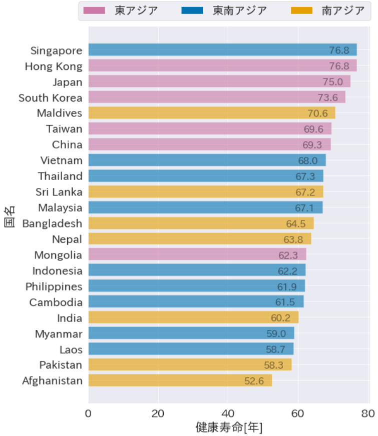
健康寿命とは?

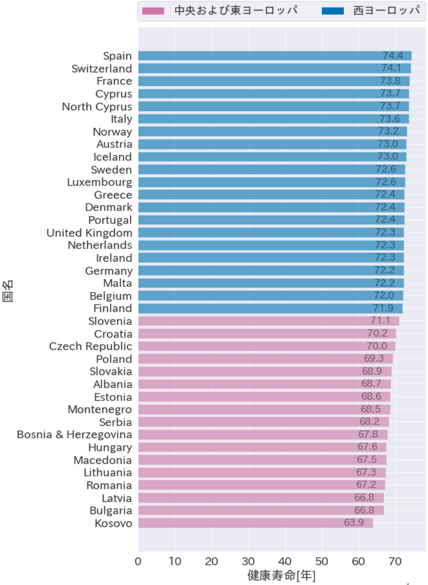
単に長生きするといっても, 健康な状態で長生きする人もいれば, 手厚い医療や介護が必要な人もいる.

そこで, 健康でいられる寿命として, 健康寿命が考案されている. 計算方法は平均寿命の計算と類似している (生存数を健康人口におきかえる. 計算の詳細は省略します).

健康か否かの判断は, 調査により異なる (アンケートや介護を受けているか否か, など).

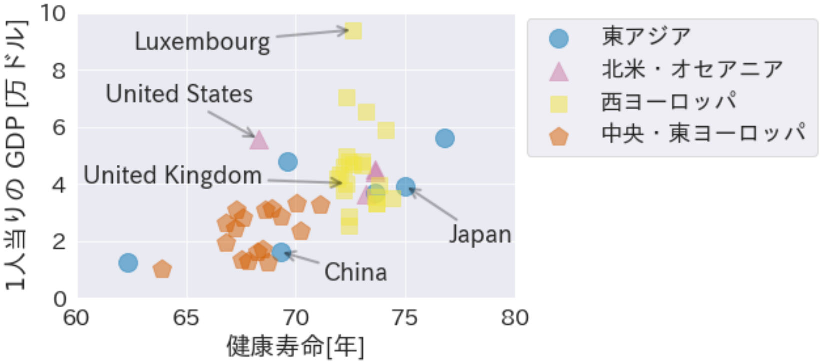
健康寿命の国際比較





データソース: Kaggle

健康寿命と GDP


10
8
6
4
2
0
60
65
70
75
80
1人当りの GDP [万ドル]
健康寿命[年]
Luxembourg
United States
United Kingdom
Japan
China
東アジア
北米・オセアニア
西ヨーロッパ
中央・東ヨーロッパ

介護の問題

多重介護 (ダブルケア)

「実の親と義理の親」，「親と配偶者」など, 1 人で複数の家族を介護すること.

ヤングケアラー

家族にケアを要する人がいるために, 家事や家族の世話などを行っている, 18 歳未満の子どものこと.

「教員としてヤングケアラーかもしれない子どもや若者に接するときに, 自分自身介護の経験はないにしても, 当人やその家族がどのような状況にあるのか, いくつかの事例の全体像を知っておくだけでも, かける言葉や接する態度は変わるのではないか」(『ヤングケアラー』 渋谷智子著).

生物としての寿命

生物の平均寿命は『心臓が 15 億回拍動する時間』と大体一致する．一般に大きな動物ほど拍動のリズムがゆっくりなので，平均寿命が長いそうである (『ゾウの時間 ネズミの時間 (本川 達雄著)』参照).

人間の心臓が 15 億回拍動する時間は大体 $\boxed{42}$ 年である．

人口と食糧問題 第 4 章

宮口 智成

鳴門教育大学 自然系コース (数学)

February 9, 2021

アウトライン

行列とベクトル (2 次元)

2 次元ベクトルは 2 つの実数 x, y を用いて次のように定義される:

$$\vec{z} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

行列とベクトル (2 次元)

2 次元ベクトルは 2 つの実数 x, y を用いて次のように定義される:

$$\vec{z} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

2×2 行列は, 次のように 4 つの実数 $a_{11}, a_{12}, a_{21}, a_{22}$ を使って定義される:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix}$$

行列とベクトル (2 次元)

2 次元ベクトルは 2 つの実数 x, y を用いて次のように定義される:

$$\vec{z} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

2×2 行列は, 次のように 4 つの実数 $a_{11}, a_{12}, a_{21}, a_{22}$ を使って定義される:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix}$$

行列とベクトルを掛け合わせることで, 新たなベクトル (右辺) が得られる:

$$A\vec{z} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11}x + a_{12}y \\ a_{21}x + a_{22}y \end{pmatrix}$$

行列とベクトル (2 次元)

2 次元ベクトルは 2 つの実数 x, y を用いて次のように定義される:

$$\vec{z} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

2×2 行列は, 次のように 4 つの実数 $a_{11}, a_{12}, a_{21}, a_{22}$ を使って定義される:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix}$$

行列とベクトルを掛け合わせることで, 新たなベクトル (右辺) が得られる:

$$A\vec{z} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11}x + a_{12}y \\ a_{21}x + a_{22}y \end{pmatrix}$$

行列とベクトル (2 次元)

2 次元ベクトルは 2 つの実数 x, y を用いて次のように定義される:

$$\vec{z} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

2×2 行列は, 次のように 4 つの実数 $a_{11}, a_{12}, a_{21}, a_{22}$ を使って定義される:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix}$$

行列とベクトルを掛け合わせることで, 新たなベクトル (右辺) が得られる:

$$A\vec{z} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11}x + a_{12}y \\ a_{21}x + a_{22}y \end{pmatrix}$$

行列とベクトルの例 (2 次元)

2 次元ベクトルを

$$\vec{z} = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

とする.

行列とベクトルの例 (2 次元)

2 次元ベクトルを

$$\vec{z} = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

とする. 一方, 2×2 行列を,

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 2 \end{pmatrix}$$

としよう.

行列とベクトルの例 (2 次元)

2 次元ベクトルを

$$\vec{z} = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

とする. 一方, 2×2 行列を,

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 2 \end{pmatrix}$$

としよう. この行列とベクトルを掛け合わせると

$$A\vec{z} = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 2 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \times 1 + 1 \times 2 \\ 1 \times 1 + 2 \times 2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 \\ 5 \end{pmatrix}$$

行列とベクトルの例 (2 次元)

2 次元ベクトルを

$$\vec{z} = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

とする. 一方, 2×2 行列を,

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 2 \end{pmatrix}$$

としよう. この行列とベクトルを掛け合わせると

$$A\vec{z} = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 2 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \times 1 + 1 \times 2 \\ 1 \times 1 + 2 \times 2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 \\ 5 \end{pmatrix}$$

行列とベクトルの例 (2 次元)

2 次元ベクトルを

$$\vec{z} = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

とする. 一方, 2×2 行列を,

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 2 \end{pmatrix}$$

としよう. この行列とベクトルを掛け合わせると

$$A\vec{z} = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 2 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \times 1 + 1 \times 2 \\ 1 \times 1 + 2 \times 2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 \\ 5 \end{pmatrix}$$

行列とベクトルの例 (3 次元)

3 次元ベクトルを

$$\begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix}$$

とする.

行列とベクトルの例 (3 次元)

3 次元ベクトルを

$$\begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix}$$

とする. 一方, 3×3 行列を,

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \\ 2 & 3 & 4 \end{pmatrix}$$

としよう.

行列とベクトルの例 (3 次元)

3 次元ベクトルを

$$\begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix}$$

とする. 一方, 3×3 行列を,

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \\ 2 & 3 & 4 \end{pmatrix}$$

としよう. この行列とベクトルを掛け合わせると

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \\ 2 & 3 & 4 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \times 1 + 1 \times 2 + 0 \times 3 \\ 1 \times 1 + 2 \times 2 + 1 \times 3 \\ 2 \times 1 + 3 \times 2 + 4 \times 3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 \\ 8 \\ 20 \end{pmatrix}$$

行列とベクトルの例 (3 次元)

3 次元ベクトルを

$$\begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix}$$

とする. 一方, 3×3 行列を,

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \\ 2 & 3 & 4 \end{pmatrix}$$

としよう. この行列とベクトルを掛け合わせると

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \\ 2 & 3 & 4 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \times 1 + 1 \times 2 + 0 \times 3 \\ 1 \times 1 + 2 \times 2 + 1 \times 3 \\ 2 \times 1 + 3 \times 2 + 4 \times 3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 \\ 8 \\ 20 \end{pmatrix}$$

行列とベクトルの例 (3 次元)

3 次元ベクトルを

$$\begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix}$$

とする. 一方, 3×3 行列を,

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \\ 2 & 3 & 4 \end{pmatrix}$$

としよう. この行列とベクトルを掛け合わせると

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \\ 2 & 3 & 4 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \times 1 + 1 \times 2 + 0 \times 3 \\ 1 \times 1 + 2 \times 2 + 1 \times 3 \\ 2 \times 1 + 3 \times 2 + 4 \times 3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 \\ 8 \\ 20 \end{pmatrix}$$

行列とベクトルの例 (3 次元)

3 次元ベクトルを

$$\begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix}$$

とする. 一方, 3×3 行列を,

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \\ 2 & 3 & 4 \end{pmatrix}$$

としよう. この行列とベクトルを掛け合わせると

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \\ 2 & 3 & 4 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \times 1 + 1 \times 2 + 0 \times 3 \\ 1 \times 1 + 2 \times 2 + 1 \times 3 \\ 2 \times 1 + 3 \times 2 + 4 \times 3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 \\ 8 \\ 20 \end{pmatrix}$$

2010 年の日本の人口・平均死亡率

階級 [歳]	人口 (万人)	死亡率 (1 年当り)	平均死亡率 (1 年当り)	生存率 (10 年)	出生率 (10 年当り)
(以上) (未満)					
0 – 10	1088	0.000354	0.000259	0.997	0
10 – 20	1198	0.000164	0.000307	0.996	0
20 – 30	1372	0.000451	0.000567	0.994	0.7
30 – 40	1813	0.000683	0.001077	0.989	0.7
40 – 50	1678	0.001472	0.002616	0.974	0
50 – 60	1631	0.003761	0.005968	0.941	0
60 – 70	1825	0.008175	0.014678	0.862	0
70 – 80	1290	0.021181	0.041507	0.654	0
80 – 90	677	0.061833	0.120783	0.276	0
90 – ∞	136	0.179732	0.179732	0.137	0

10 年後の生存率を知りたい. ある 1 人の人に注目すると, 10 年間に 2 つの階級に所属することになるので (例えば, 5 歳の人は, 最初 0–10 歳の階級, その後 10–20 歳の階級に属する), 2 つの階級で平均を取っている.

2010 年の日本の人口・平均死亡率

階級 [歳]	人口 (万人)	死亡率 (1 年当り)	平均死亡率 (1 年当り)	生存率 (10 年)	出生率 (10 年当り)
(以上) (未満)					
0 – 10	1088	0.000354	0.000259	0.997	0
10 – 20	1198	0.000164	0.000307	0.996	0
20 – 30	1372	0.000451	0.000567	0.994	0.7
30 – 40	1813	0.000683	0.001077	0.989	0.7
40 – 50	1678	0.001472	0.002616	0.974	0
50 – 60	1631	0.003761	0.005968	0.941	0
60 – 70	1825	0.008175	0.014678	0.862	0
70 – 80	1290	0.021181	0.041507	0.654	0
80 – 90	677	0.061833	0.120783	0.276	0
90 – ∞	136	0.179732	0.179732	0.137	0

10 年後の生存率を知りたい．ある 1 人の人に注目すると, 10 年間に 2 つの階級に所属することになるので (例えば, 5 歳の人は, 最初 0–10 歳の階級, その後 10–20 歳の階級に属する), 2 つの階級で平均を取っている．

2010 年の日本の人口・平均死亡率

階級 [歳]	人口 (万人)	死亡率 (1 年当り)	平均死亡率 (1 年当り)	生存率 (10 年)	出生率 (10 年当り)
(以上) (未満)					
0 – 10	1088	0.000354	0.000259	0.997	0
10 – 20	1198	0.000164	0.000307	0.996	0
20 – 30	1372	0.000451	0.000567	0.994	0.7
30 – 40	1813	0.000683	0.001077	0.989	0.7
40 – 50	1678	0.001472	0.002616	0.974	0
50 – 60	1631	0.003761	0.005968	0.941	0
60 – 70	1825	0.008175	0.014678	0.862	0
70 – 80	1290	0.021181	0.041507	0.654	0
80 – 90	677	0.061833	0.120783	0.276	0
90 – ∞	136	0.179732	0.179732	0.137	0

10 年後の生存率を知りたい. ある 1 人の人に注目すると, 10 年間に 2 つの階級に所属することになるので (例えば, 5 歳の人は, 最初 0–10 歳の階級, その後 10–20 歳の階級に属する), 2 つの階級で平均を取っている.

2010 年の日本の人口・生存率

階級 [歳]	人口 (万人)	死亡率 (1 年当り)	平均死亡率 (1 年当り)	生存率 (10 年)	出生率 (10 年当り)
(以上) (未満)					
0 – 10	1088	0.000354	0.000259	0.997	0
10 – 20	1198	0.000164	0.000307	0.996	0
20 – 30	1372	0.000451	0.000567	0.994	0.7
30 – 40	1813	0.000683	0.001077	0.989	0.7
40 – 50	1678	0.001472	0.002616	0.974	0
50 – 60	1631	0.003761	0.005968	0.941	0
60 – 70	1825	0.008175	0.014678	0.862	0
70 – 80	1290	0.021181	0.041507	0.654	0
80 – 90	677	0.061833	0.120783	0.276	0
90 – ∞	136	0.179732	0.179732	0.137	0

$$(10\text{ 年間の生存率}) = (1\text{ 年間の生存率})^{10} = \{1 - (1\text{ 年間の平均死亡率})\}^{10}$$

2010 年の日本の人口・出生率

階級 [歳]	人口 (万人)	死亡率 (1 年当り)	平均死亡率 (1 年当り)	生存率 (10 年)	出生率 (10 年当り)
(以上) (未満)					
0 – 10	1088	0.000354	0.000259	0.997	0
10 – 20	1198	0.000164	0.000307	0.996	0
20 – 30	1372	0.000451	0.000567	0.994	0.7
30 – 40	1813	0.000683	0.001077	0.989	0.7
40 – 50	1678	0.001472	0.002616	0.974	0
50 – 60	1631	0.003761	0.005968	0.941	0
60 – 70	1825	0.008175	0.014678	0.862	0
70 – 80	1290	0.021181	0.041507	0.654	0
80 – 90	677	0.061833	0.120783	0.276	0
90 – ∞	136	0.179732	0.179732	0.137	0

日本の合計特殊出生率は現在約 1.4. 計算を簡単にするため, 20 台と 30 台の女性のみが子供を出産すると仮定している.

仮定

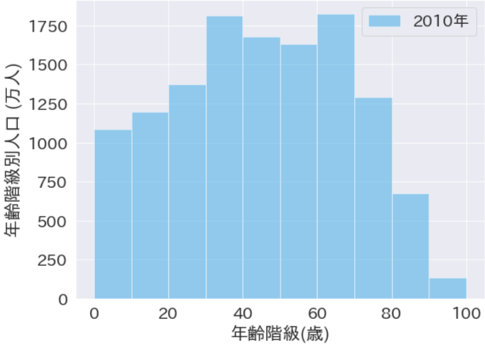
計算を簡単にするため以下の仮定をおく:

- $\boxed{\text{出生率・死亡率}}$ は一定であるとする.
- 20 台・30 台の女性以外の $\boxed{\text{出生}}$ を無視する.
- 男女の人口比は 1:1 であるとする (したがって, 男女の人口の合計についてのみ考える).

状態ベクトル

ベクトルを使って階級毎の人口(単位は万人) を表そう (簡単のため男女合わせた人口を考える):

$$P(2010) = \begin{pmatrix} 1088 \\ 1198 \\ 1372 \\ 1812 \\ 1677 \\ 1630 \\ 1824 \\ 1290 \\ 676 \\ 136 \end{pmatrix}$$



遷移行列

10 年間の変化を表す行列 (.997 は 0.997 を表す)

$$\begin{pmatrix}
0 & 0 & .35 & .35 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
.997 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & .996 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & .994 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & .989 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & .974 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & .941 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & .862 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & .654 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & .276 & .137
\end{pmatrix}$$

遷移行列

10 年間の変化を表す行列 (.997 は 0.997 を表す)

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & .35 & .35 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ .997 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & .996 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & .994 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & .989 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & .974 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & .941 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & .862 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & .654 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & .276 & .137 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1088 \\ 1198 \\ 1372 \\ 1812 \\ 1677 \\ 1630 \\ 1824 \\ 1290 \\ 676 \\ 136 \end{pmatrix}$$

この行列と状態ベクトル $P(2010)$ を掛け合わせると (上式右辺),

遷移行列

10 年間の変化を表す行列 (.997 は 0.997 を表す)

$$P(2020)=\begin{pmatrix} 0 & 0 & .35 & .35 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ .997 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & .996 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & .994 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & .989 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & .974 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & .941 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & .862 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & .654 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & .276 & .137 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 1088 \\ 1198 \\ 1372 \\ 1812 \\ 1677 \\ 1630 \\ 1824 \\ 1290 \\ 676 \\ 136 \end{pmatrix}$$

この行列と状態ベクトル $P(2010)$ を掛け合わせると (上式右辺), 2020 年の人口を表わす状態ベクトル $P(2020)$ (上式左辺) を得る.

2020 年の推計人口 (0〜10 歳)

10 年間の変化を表す行列 (.997 は 0.997 を表す)

$$\begin{pmatrix} 1115 \\ 1085 \\ 1193 \\ 1364 \\ 1793 \\ 1634 \\ 1535 \\ 1573 \\ 844 \\ 205 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & .35 & .35 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ .997 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & .996 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & .994 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & .989 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & .974 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & .941 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & .862 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & .654 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & .276 & .137 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1088 \\ 1198 \\ 1372 \\ 1812 \\ 1677 \\ 1630 \\ 1824 \\ 1290 \\ 676 \\ 136 \end{pmatrix}$$

2020 年の推計人口 (0〜10 歳)

10 年間の変化を表す行列 (.997 は 0.997 を表す)

$$\begin{pmatrix} 1115 \\ 1085 \\ 1193 \\ 1364 \\ 1793 \\ 1634 \\ 1535 \\ 1573 \\ 844 \\ 205 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & .35 & .35 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ .997 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & .996 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & .994 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & .989 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & .974 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & .941 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & .862 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & .654 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & .276 & .137 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1088 \\ 1198 \\ 1372 \\ 1812 \\ 1677 \\ 1630 \\ 1824 \\ 1290 \\ 676 \\ 136 \end{pmatrix}$$

2020 年の推計人口 (10〜20 歳)

10 年間の変化を表す行列 (.997 は 0.997 を表す)

$$\begin{pmatrix} 1115 \\ {\color{blue}1085} \\ 1193 \\ 1364 \\ 1793 \\ 1634 \\ 1535 \\ 1573 \\ 844 \\ 205 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & .35 & .35 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ .997 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & .996 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & .994 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & .989 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & .974 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & .941 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & .862 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & .654 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & .276 & .137 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1088 \\ 1198 \\ 1372 \\ 1812 \\ 1677 \\ 1630 \\ 1824 \\ 1290 \\ 676 \\ 136 \end{pmatrix}$$

2020 年の推計人口 (10〜20 歳)

10 年間の変化を表す行列 (.997 は 0.997 を表す)

$$\begin{pmatrix} 1115 \\ 1085 \\ 1193 \\ 1364 \\ 1793 \\ 1634 \\ 1535 \\ 1573 \\ 844 \\ 205 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & .35 & .35 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ .997 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & .996 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & .994 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & .989 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & .974 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & .941 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & .862 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & .654 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & .276 & .137 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1088 \\ 1198 \\ 1372 \\ 1812 \\ 1677 \\ 1630 \\ 1824 \\ 1290 \\ 676 \\ 136 \end{pmatrix}$$

2020 年の推計人口 (20〜30 歳)

10 年間の変化を表す行列 (.997 は 0.997 を表す)

$$\begin{pmatrix}1115\\1085\\1193\\1364\\1793\\1634\\1535\\1573\\844\\205\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}0&0&.35&.35&0&0&0&0&0&0\\.997&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\0&.996&0&0&0&0&0&0&0&0\\0&0&.994&0&0&0&0&0&0&0\\0&0&0&.989&0&0&0&0&0&0\\0&0&0&0&.974&0&0&0&0&0\\0&0&0&0&0&.941&0&0&0&0\\0&0&0&0&0&0&.862&0&0&0\\0&0&0&0&0&0&0&.654&0&0\\0&0&0&0&0&0&0&0&.276&.137\end{pmatrix}\begin{pmatrix}1088\\1198\\1372\\1812\\1677\\1630\\1824\\1290\\676\\136\end{pmatrix}$$

2020 年の推計人口 (20〜30 歳)

10 年間の変化を表す行列 (.997 は 0.997 を表す)

$$\begin{pmatrix}1115\\1085\\1193\\1364\\1793\\1634\\1535\\1573\\844\\205\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}0&0&.35&.35&0&0&0&0&0&0\\.997&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\0&.996&0&0&0&0&0&0&0&0\\0&0&.994&0&0&0&0&0&0&0\\0&0&0&.989&0&0&0&0&0&0\\0&0&0&0&.974&0&0&0&0&0\\0&0&0&0&0&.941&0&0&0&0\\0&0&0&0&0&0&.862&0&0&0\\0&0&0&0&0&0&0&.654&0&0\\0&0&0&0&0&0&0&0&.276&.137\end{pmatrix}\begin{pmatrix}1088\\1198\\1372\\1812\\1677\\1630\\1824\\1290\\676\\136\end{pmatrix}$$

2030 年の推計人口

10 年間の変化を表す行列 (.997 は 0.997 を表す)

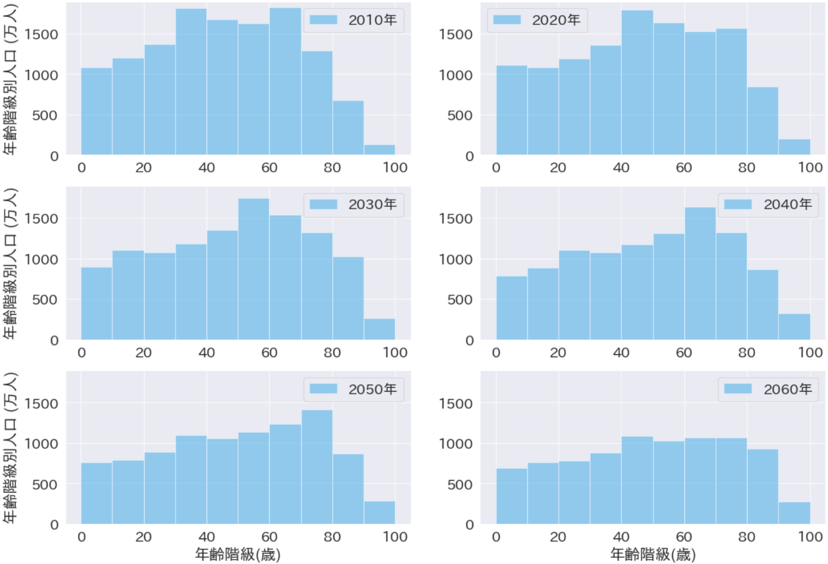
$$\begin{pmatrix} \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & .35 & .35 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ .997 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & .996 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & .994 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & .989 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & .974 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & .941 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & .862 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & .654 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & .276 & .137 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1115 \\ 1085 \\ 1193 \\ 1364 \\ 1793 \\ 1634 \\ 1535 \\ 1573 \\ 844 \\ 205 \end{pmatrix}$$

2030 年の推計人口

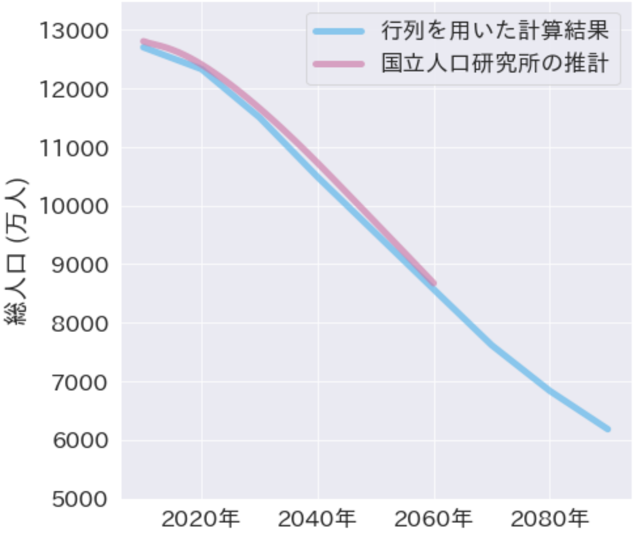
10 年間の変化を表す行列 (.997 は 0.997 を表す)

$$\begin{pmatrix} \color{red}{895} \\ \color{red}{1111} \\ \color{red}{1080} \\ \color{red}{1186} \\ \color{red}{1349} \\ \color{red}{1746} \\ \color{red}{1538} \\ \color{red}{1323} \\ \color{red}{1029} \\ \color{red}{261} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & .35 & .35 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ .997 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & .996 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & .994 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & .989 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & .974 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & .941 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & .862 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & .654 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & .276 & .137 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1115 \\ 1085 \\ 1193 \\ 1364 \\ 1793 \\ 1634 \\ 1535 \\ 1573 \\ 844 \\ 205 \end{pmatrix}$$

年齢構造の推移 (2010 〜 2060 年)



日本の将来人口推計 (合計特殊出生率＝1.4)



国立人口研のデータの方が若干人口が多く出ているのは, 年齢不詳の人が 100 万人程おり, 今回の計算ではこの人口を考慮に入れていないためと思われる.

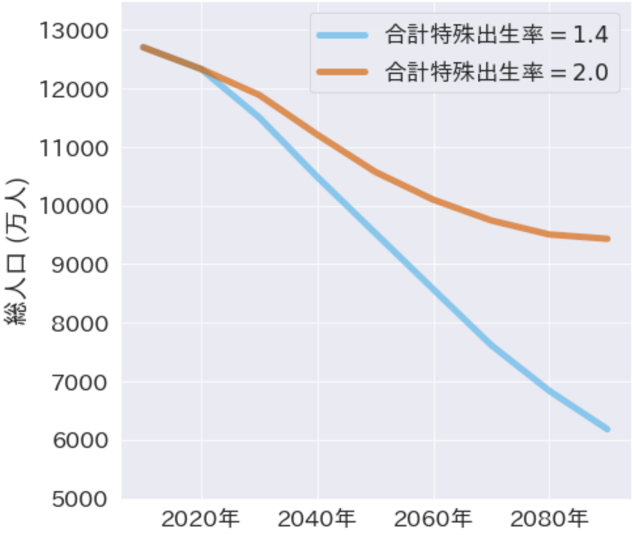
遷移行列 (合計特殊出生率 $= 2.0$)

10 年間の変化を表す行列 (合計特殊出生率を 2.0 であると仮定)

$$P(2030)=\begin{pmatrix} 0 & 0 & .5 & .5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ .997 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & .996 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & .994 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & .989 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & .974 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & .941 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & .862 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & .654 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & .276 & .137 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 1115 \\ 1085 \\ 1193 \\ 1364 \\ 1793 \\ 1634 \\ 1535 \\ 1573 \\ 844 \\ 205 \end{pmatrix}$$

2020 年の段階で, 合計特殊出生率が 2.0 に回復した場合どうなるだろうか?

日本の将来人口推計 (合計特殊出生率=2.0)



仮に, 2020 年に合計特殊出生率が $\boxed{\text{人口置き換え水準}}$ (2.0) まで回復したとしても, 人口はしばらく (50 年程) 減少し続ける. このような現象を人口慣性と呼ぶ.

合計特殊出生率と人口増加

合計特殊出生率が 2 以上であっても人口を表すベクトルが次のようであれば, 人口は減少する:

$$P(2010) = \begin{pmatrix} 10 \\ 10 \\ 10 \\ 10 \\ 1000 \\ 1000 \\ 1000 \\ 1000 \\ 1000 \\ 1000 \end{pmatrix}$$

一方 2 以下であっても, 人口を表すベクトルが次のようであれば, 人口は増加する:

$$P(2010) = \begin{pmatrix} 1000 \\ 1000 \\ 1000 \\ 1000 \\ 10 \\ 10 \\ 10 \\ 10 \\ 10 \\ 10 \end{pmatrix}$$

レポート課題について

レポート課題の内容

1. 講義中に感じた疑問を 1 つ挙げる.
2. その疑問について調べるために, データを入手し Excel などでグラフを作成する.
3. グラフを Word 等に貼りつけ, そのグラフからどのような結論が得られるかを述べる (A4 用紙 1 枚にまとめること).
4. データソースを書いておくこと.

ネットにあるグラフをそのまま貼り付けたものは不可とします.

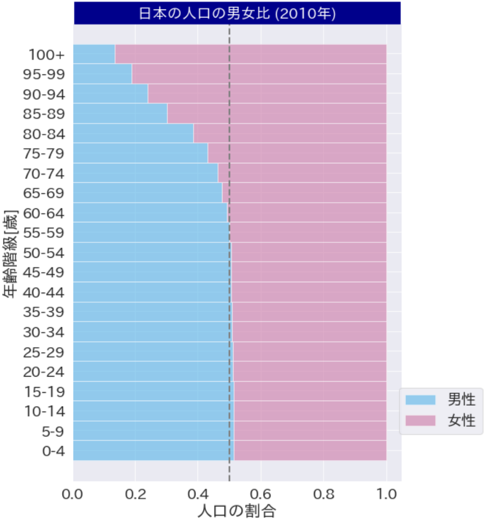
採点の際には, オリジナリティを重視します.

レポート課題の例

授業中に感じた疑問: 日本の人口の年齢階級別に見た男女比はどうなっているのだろうか?

データソース: World Population Prospect

図から分かること: 50 台の後半までは男性の人口が多く, それ以降は女性の人口が多い.



少子化今昔物語

現在では $\boxed{}$ 全域にわたって子供の無い者が多く，また総じて人口減少が見られる． そのため都市は荒廃し，土地の生産も減退した． しかも我々の間で長期の戦争や疫病があったというわけでもないのである（中略）人口減少のわけは人間が見栄を張り，貪欲と怠慢に陥った結果，結婚を欲せず，結婚しても生まれた子供を育てようとせず，子供を裕福にして残し，また放縦に育てるために，一般にせいぜい一人が二人しか育てないことにあり，この弊害は知らぬ間に増大してきたのである．

少子化今昔物語

現在では ギリシャ 全域にわたって子供の無い者が多く，また総じて人口減少が見られる． そのため都市は荒廃し，土地の生産も減退した． しかも我々の間で長期の戦争や疫病があったというわけでもないのである（中略）人口減少のわけは人間が見栄を張り，貪欲と怠慢に陥った結果，結婚を欲せず，結婚しても生まれた子供を育てようとせず，子供を裕福にして残し，また放縦に育てるために，一般にせいぜい一人が二人しか育てないことにあり，この弊害は知らぬ間に増大してきたのである．

紀元前 2 世紀半ばに行きたギリシャ人ポリビオスの言葉

(『人口と日本経済 (吉川 洋著)』より引用)

まとめ

- 日本の高齢化と人口減少に関する現状は大変に厳しい.
- たとえ, 人口置き換え水準を達成したとしても, 人口減少は止まらない.
- 人口減少を短期間で解消する唯一の方法は「移民の受け入れ」しかない.
- ただ, 人口が減少してはいけないわけではない (人口密度が低くなって良い, など).
- 問題は, 人口が減少することで, 人口増加を前提とした従来システム (年金制度など) が機能不全に陥いるという点である.