

将来人口推計とその応用

石井 太

国立社会保障・人口問題研究所

<http://www.ipss.go.jp/>

2017年12月6日

日本アクチュアリー会 平成 29 年度第 7 回例会
TKP 東京駅日本橋カンファレンスセンター（ホール 7）

本資料の無断複製・配布を固く禁じます



国立社会保障・人口問題研究所

National Institute of Population and Social Security Research

- 1 日本の将来人口推計
 - 日本の将来推計人口（平成 29 年推計）による将来の人口のすがた
- 2 将来人口推計の考え方・手法と仮定設定
 - 公的将来人口推計の方法論
 - 基本的枠組みと基準人口
 - 出生仮定
- 3 長寿化の進展と死亡率推計
 - 長寿化と疫学的転換
 - 死亡モデル
 - 社人研死亡率推計の変遷
 - 線形差分 (LD) モデルとその応用
 - 生命表の将来推計
- 4 仮想的人口シミュレーションの応用
 - 国際人口移動仮定と条件付推計
 - 条件付推計の応用
 - 国際人口移動が公的年金財政に与える影響評価
- 5 将来人口推計とその応用
 - 将来人口推計とその応用
- 6 (参考資料) 公的年金財政影響評価の詳細
 - 人口ブロック
 - 年金ブロック

1 日本の将来人口推計

- 日本の将来推計人口（平成 29 年推計）による将来の人口のすがた

2 将来人口推計の考え方・手法と仮定設定

- 公的将来人口推計の方法論
- 基本的枠組みと基準人口
- 出生仮定

3 長寿化の進展と死亡率推計

- 長寿化と疫学的転換
- 死亡モデル
- 社人研死亡率推計の変遷
- 線形差分 (LD) モデルとその応用
- 生命表の将来推計

4 仮想的人口シミュレーションの応用

- 国際人口移動仮定と条件付推計
- 条件付推計の応用
- 国際人口移動が公的年金財政に与える影響評価

5 将来人口推計とその応用

- 将来人口推計とその応用

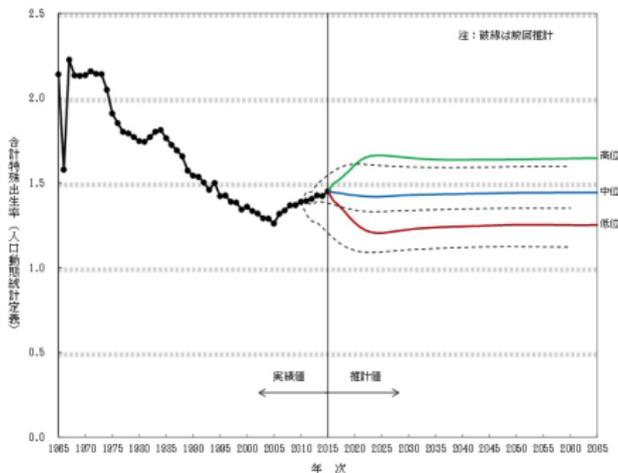
6 (参考資料) 公的年金財政影響評価の詳細

- 人口ブロック
- 年金ブロック

出生仮定

- 2000 年生まれ女性コーホート（参照コーホート）の結婚および出生指標に仮定を設け、年長のコーホートの実績値または統計的推定値から参照コーホートの仮定値を経て、2015 年生まれコーホートまで徐々に変化し、以後は一定となるものと仮定した。
- 出生中位仮定について、人口動態統計と同定義による合計特殊出生率は、実績値が 1.45 であった平成 27(2015) 年から平成 36(2024) 年の 1.42 に至るまで緩やかに低下し、以後やや上昇して平成 47(2035) 年の 1.43 を経て、平成 77(2065) 年には 1.44 へと推移する。

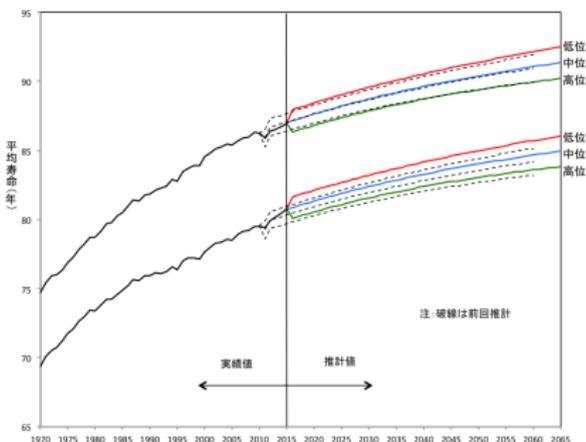
出生率の推移と見通し



死亡仮定・国際人口移動仮定

- 死亡仮定については、昭和 45(1970)～平成 27(2015) 年の死亡実績に基づき、「死亡中位」（男性 84.95 年、女性 91.35 年）の仮定を設定するとともに、パラメータが確率 99% で存在する区間に従い「死亡高位」（男性 83.83 年、女性 90.21 年）、「死亡低位」（男性 86.05 年、女性 92.48 年）の仮定を設定した（括弧内は平成 77(2065) 年の平均寿命）。
- 国際人口移動仮定について、日本人については、2010～15 年における男女年齢別入国超過率（純移動率）の平均値を一定とした。外国人については、1970 年以降における入国超過数の趨勢を投影することによって仮定値とした。なお、入国外国人の性、年齢別割合や国籍異動率についても過去の趨勢をもとに仮定値を作成した。

平均寿命の推移と見通し

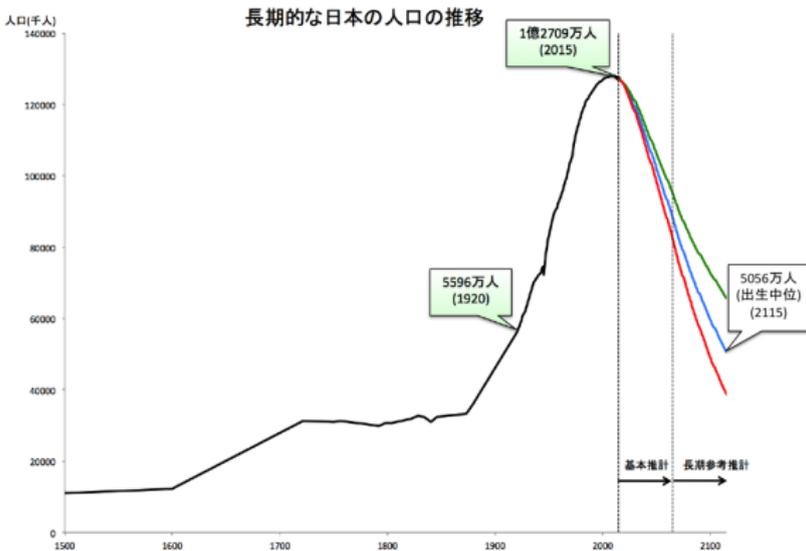




日本の将来推計人口（平成 29 年推計）による将来の人口のすがた

長期的な日本の人口の推移

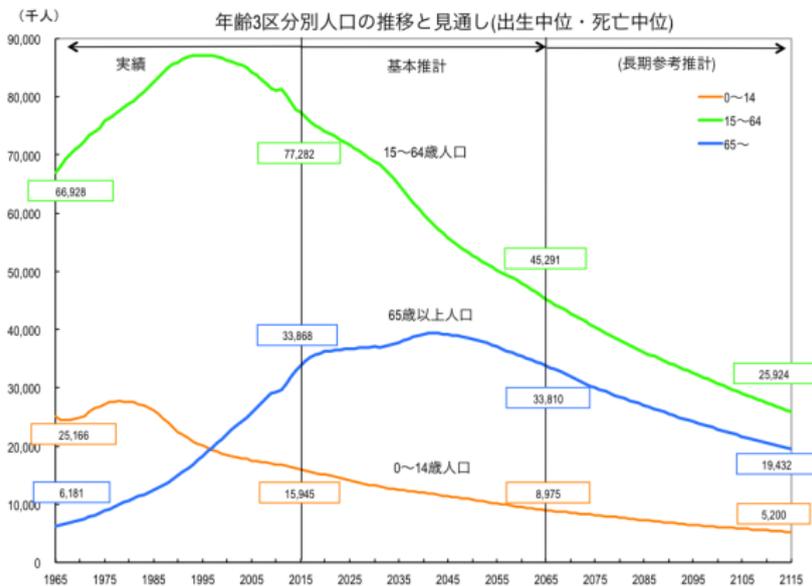
- わが国の人口は、明治以降、増加傾向にあったが、平成 29 年推計によれば、今後、一貫した減少過程に入り、今世紀を通じて人口は減少するものと見込まれる。



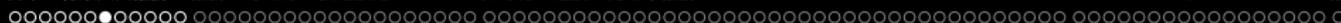
資料:1920年より前:丸岡宏「人口から読む日本の歴史」、1920～2015:総務省「国勢調査」、2016年以降:「日本の将来推計人口(平成29年推計)」出生3仮定・死亡中位仮定。一定の地域を含まないことがある。

年齢3区分別人口の推移と見通し

- もう一つの変化 → 人口の**年齢構成の変化**
- 既に年少人口・生産年齢人口は減少過程に入っており、今後も引き続き減少が見込まれる
- 一方、老年人口は、今後2042年にピークを迎えるまで増加し、以降は減少過程に入る

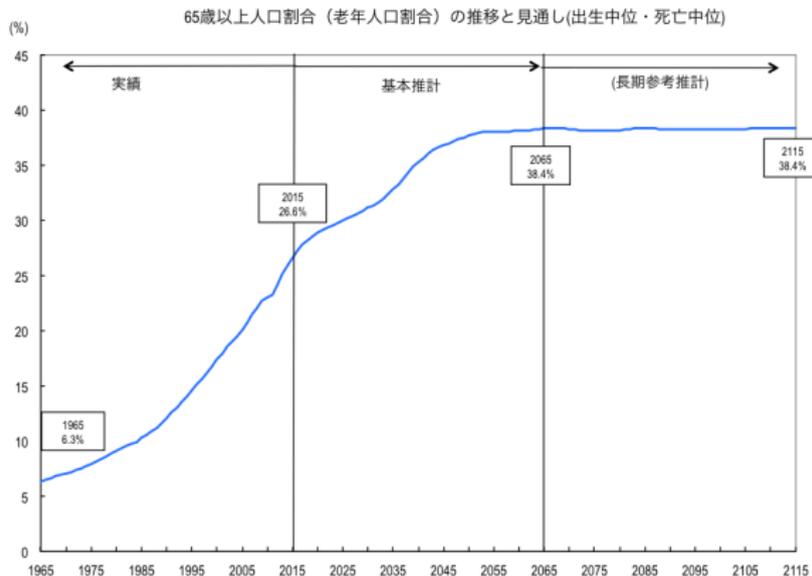


資料：国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口(平成29年推計)」



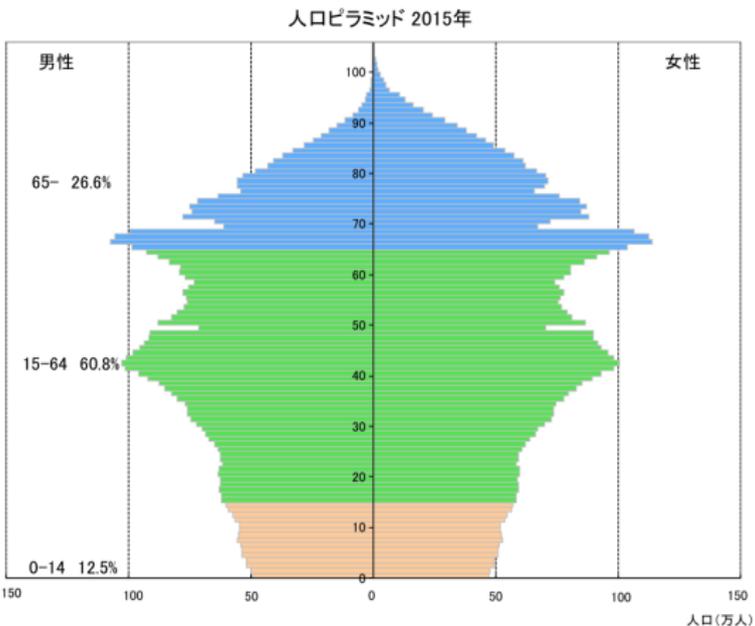
65 歳以上人口割合（老年人口割合）の推移と見通し

- 年齢構造の変化を受け、今後、老年人口割合は上昇
- 老年人口割合は、2015 年に 26.6%であるが、2065 年には 38.4%とほぼ 4 割の水準に



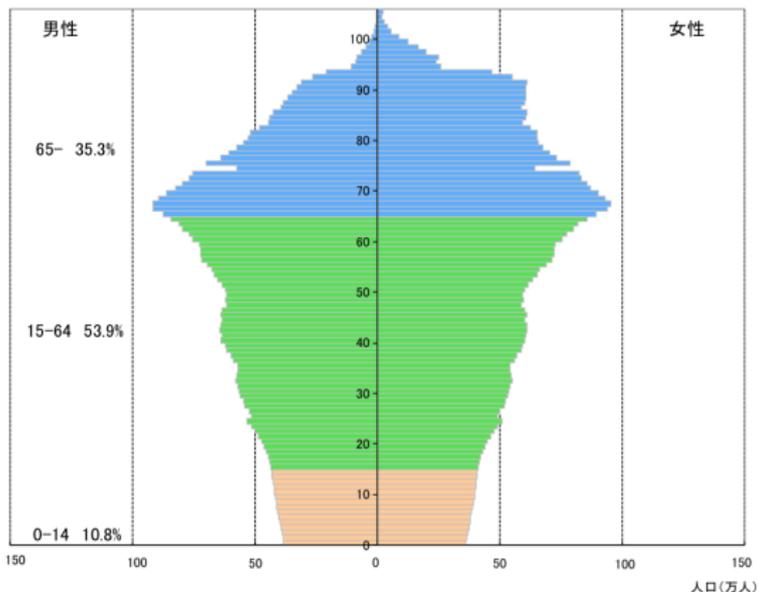
資料：国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口(平成29年推計)」

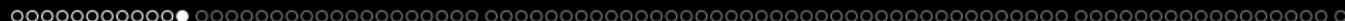
わが国の人口ピラミッド (2015 年)



わが国の人口ピラミッド（2040 年）

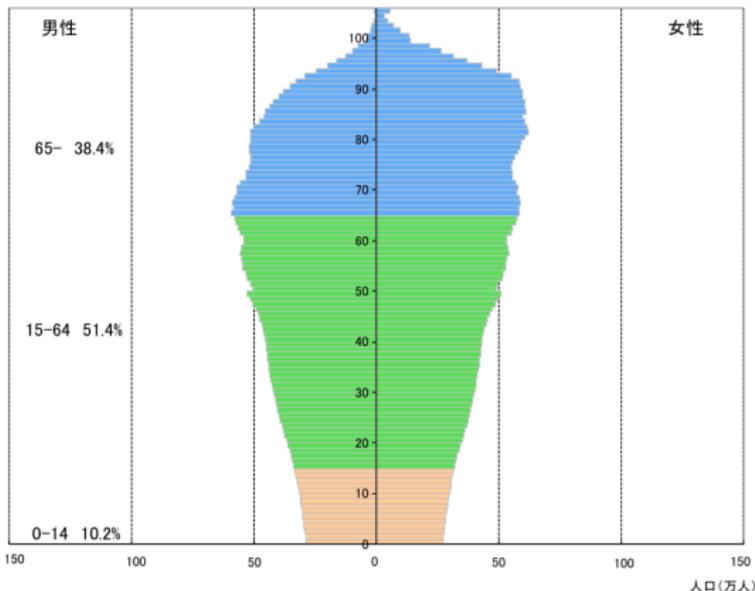
人口ピラミッド 2040年（出生中位・死亡中位）



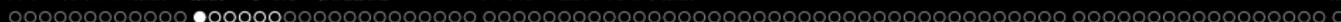


わが国の人口ピラミッド（2065 年）

人口ピラミッド 2065年（出生中位・死亡中位）

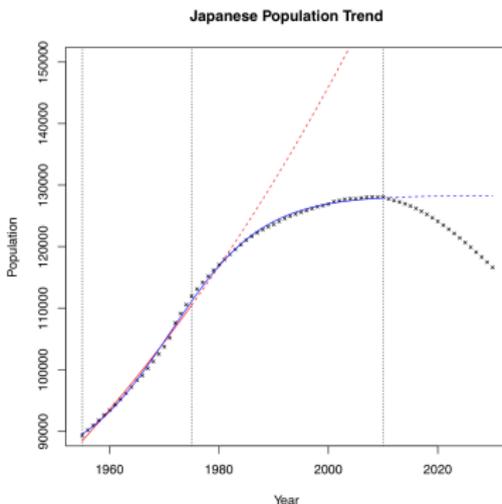


- 1 日本の将来人口推計
 - 日本の将来推計人口（平成 29 年推計）による将来の人口のすがた
- 2 将来人口推計の考え方・手法と仮定設定
 - 公的将来人口推計の方法論
 - 基本的枠組みと基準人口
 - 出生仮定
- 3 長寿化の進展と死亡率推計
 - 長寿化と疫学的転換
 - 死亡モデル
 - 社人研死亡率推計の変遷
 - 線形差分 (LD) モデルとその応用
 - 生命表の将来推計
- 4 仮想的人口シミュレーションの応用
 - 国際人口移動仮定と条件付推計
 - 条件付推計の応用
 - 国際人口移動が公的年金財政に与える影響評価
- 5 将来人口推計とその応用
 - 将来人口推計とその応用
- 6 (参考資料) 公的年金財政影響評価の詳細
 - 人口ブロック
 - 年金ブロック



人口投影 (Population Projection)

- 公的将来人口推計で用いられる人口推計手法は、**人口投影 (Population Projection)** である。人口投影とは、人口自体の趨勢や、人口変動要因である出生・死亡・移動の趨勢について一定の仮定を設定し、将来の人口がどのようになるかを計算するものである。
- 例えば、最も単純に人口投影を行う方法は、過去の総人口の推移に数学的関数をあてはめる方法である。
- しかし、それによる結果は、先に見た将来人口推計結果とは様相が異なっている。
- **出生・死亡・移動**という人口変動要因や**年齢構造**の考慮が必要。

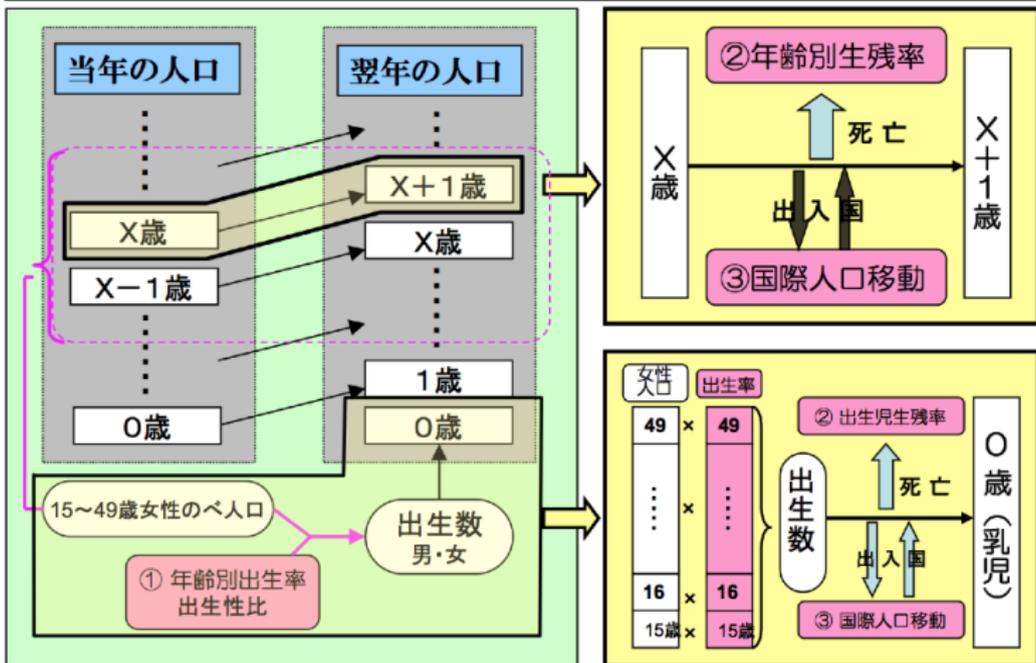


コーホート要因法による人口投影

- **コーホート要因法**とは、出生、死亡、移動等の人口の変動要因に基づいてコーホート毎に将来人口を投影する方法。
- 日本のように詳細な人口統計が得られる場合には、コーホート要因法が最も信頼性が高く、国などの機関が行う公的将来人口推計の標準的な方法とされている。
- 特に、わが国の推計では、客観性や中立性を確保する観点から、出生、死亡、移動の仮定についても、過去から現在に至るまでに観測された人口学的データの傾向・趨勢を将来に向けて投影することにより行っている。
- このためには、**出生・死亡・移動の動向に関する詳細な分析・モデル化が重要**となる。
- この分析・モデル化は、マクロ的な将来人口の変化を考えるだけでなく、結婚・出産時期や老後の長さの変化など、**わたしたち個人のライフコースの変化**を見極めることに関連している。



コーホート要因法による人口推計の計算と仮定値の関係を示すと以下のようになる。





公的な将来人口推計に求められる要件と方法

- 公的将来人口推計は、施策計画、開発計画、経済活動計画等の立案に際し、それらの前提となる人口の規模および構造に関する基礎資料として、広範な分野において利用されている。したがって、公的将来人口推計が満たすべき重要な要件として、**客観性・中立性**を保つことが挙げられる。
- 一方で、**未来の人口の姿や未来の出生・死亡・移動などの人口変動要因を、定量的かつ正確に予言する科学的な方法は存在しない。**
- 過去から現在に至るまでに観測された人口学的データの傾向・趨勢を将来に向けて**投影**することが、公的将来人口推計を行う上で、客観性・中立性を保った最善の科学的方法といえる。
- このように、公的将来人口推計は将来の人口を**予言・予測 (prediction)**することを第一の目的とするものではない。

人口投影が持つ性格

- 人口の将来像が、人口投影手法によって過去から現在に至る趨勢が続くという仮定で映し出されているのであれば、その将来像とは、**これまで社会が歩んできた方向から自然に導かれる行き先**を指し示しているものと考えることができる。
- したがって、その将来像に、仮に望ましくない点があったとすれば、それを見て、**現在の趨勢を変える行動**を起こすことや、**これまでとは異なる選択**をすることも可能である。
- このように、将来人口推計が映し出す未来とは、決定されたものではなく、**今後の我々の行動や選択を考えるための材料**として有用なものなのである。
- → 将来推計の実行にあたっては、可能な限り客観的・中立的に、過去から現在に至る趨勢に基づいて、専門的な観点から実行することが重要。

国連欧州経済委員会「将来人口推計の公表に関する勧告」ドラフト

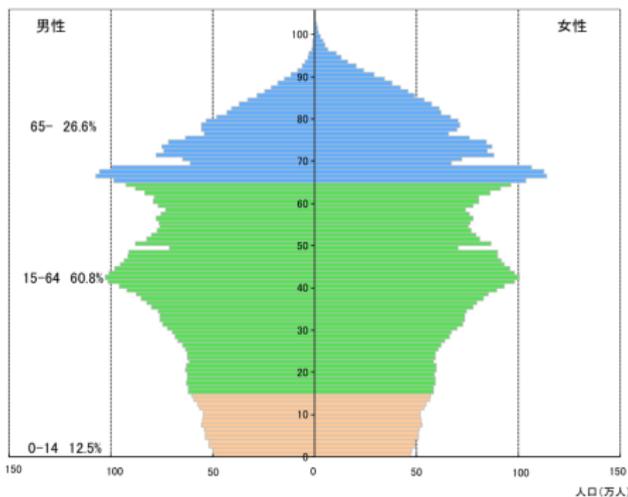
- 国連欧州経済委員会 (UNECE) において、「将来人口推計の公表に関する勧告」(Recommendations on communicating population projections) のドラフトがタスクフォースによって準備され、2017年6月に開催された第65回欧州統計家会合において修正の上採択された。
(<http://www.unece.org/statistics/statstos/task-force-on-population-projections.html> で入手可能)
- これは、将来人口推計の作成者・利用者・研究者がよりよく意思疎通できるための様々なグッドプラクティスなどを含んだ報告書で、「適切かつ利用しやすい結果を提供する」、「透明性を高める」、「不確実性を明らかに示す」、「ユーザーとの関係を築く」という4章から構成されている。
- このような欧州における動きはわが国にも参考となることから、2017年10月、日本人口学会研究企画委員会は、この勧告ドラフトをレビューするとともにわが国における状況や課題についてとりまとめた「将来人口推計の科学性について」報告書を作成した(日本人口学会ホームページ <http://www.paoj.org/hiroba/population-projection-report.pdf> より入手可能)。
- 将来人口推計が客観的・中立的な観点から科学的に行われるためには、推計の作成者だけではなく、利用者や研究者にも人口投影の考え方などに関する十分な理解を得て、科学的に推計が行われる環境を維持していくことが重要である。「将来人口推計の公表に関する勧告」ドラフトは、このような環境を維持するため、作成者・利用者・研究者という三者が十分な意思疎通を図っていくことの重要性を訴えていると考えることもできよう。



将来人口推計（平成 29 年推計）の基本推計枠組み と 基準人口

- 基本推計の枠組み（コーホート要因法による人口投影）
 - 推計期間：2016～2065 年
 - 対象：外国人を含め、日本に常住する総人口（国勢調査の対象と同一定義）
 - 属性分類：男女・年齢（0～104 歳各歳、105 歳以上一括）
- 基準人口
 - 総務省統計局『平成 27 年国勢調査 年齢・国籍不詳をあん分した人口（参考表）』による平成 27(2015) 年 10 月 1 日現在男女年齢各歳別人口（総人口）

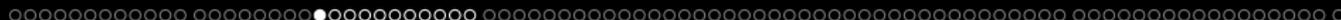
人口ピラミッド 2015年



将来人口推計の仮定設定

- 出生の仮定 — 将来各年次における
 - 国籍 (日本人・外国人) 出生順位 (1子～4子以上) 年齢 (各歳) 別出生率、および 出生性比
- 死亡の仮定 — 将来各年次における
 - 男女・年齢 (各歳) 別、生命表 (生残率)
- 国際人口移動の仮定 — 将来各年次における
 - 国籍 (日本人・外国人) 男女 年齢 (各歳) 別、入国超過数 (率)

※ 以上のほか、男女・年齢 (各歳) 別国籍異動率等に関する仮定を用いる。



出生の仮定

- 出生仮定値設定コーホートの種類
 - ・ 参照コーホート：2000 年生まれ
 - ・ 最終コーホート：2015 年生まれ※ 仮定値は最終コーホートまで変化が進行
- 総人口、日本人人口別、出生率の把握
 - ・ 総人口（外国人含む）の出生率の投影※ 外国人の出生年齢パターンを把握し、日本人の出生率との関係を保つように投影を行う。
- 出生モデル：（経験補正型）一般化対数ガンマモデル

$$f_n(x) = C_n \cdot g(x; u_n, b_n, \lambda_n)$$

ただし、

$$g(x; u_n, b_n, \lambda_n) = \frac{|\lambda_n|}{b_n \Gamma(\lambda_n^{-2})} (\lambda_n^{-2})^{\lambda_n^{-2}} \exp \left[\lambda_n^{-1} \left(\frac{x - u_n}{b_n} \right) - \lambda_n^{-2} \exp \left\{ \lambda_n \left(\frac{x - u_n}{b_n} \right) \right\} \right]$$

- 参照コーホートに対し、要因別投影で出生仮定値を設定



参照コーホートの出生仮定設定の考え方

- コーホートの合計特殊出生率は、以下のような変動要素によって構成される。将来推計に際しては、各要素の実績値推移の投影を行い、参照コーホートの各要素の値を求めることによって、そのコーホート合計特殊出生率を求め、長期仮定として設定する。

コーホートの合計特殊出生率は、以下のような変動要素によって構成される。将来推計に際しては、各要素の実績値推移の投影を行い、参照コーホートの各要素の値を求めることによって、そのコーホート合計特殊出生率を求め、長期仮定として設定する。

コーホート合計特殊出生率

$$\begin{aligned}
 &= (1 - \text{50歳時未婚率}) \times \text{結婚する女性の割合} \\
 &\times \text{期待夫婦完結出生児数} \\
 &\times \text{結婚出生力変動係数} \\
 &\times \text{離死別再婚効果係数}
 \end{aligned}$$

夫婦の最終的な平均出生子ども数
 平均初婚年齢
 離死別、再婚の影響度



国勢調査



人口動態統計

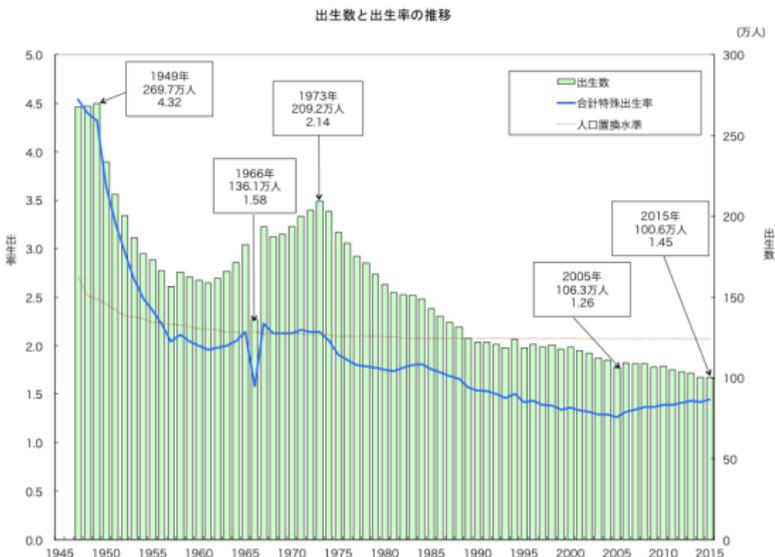


出生動向基本調査



日本の少子化

- **少子化**：出生率が人口置換水準（ ≈ 2.1 ）を下回る状態が継続すること
- わが国の出生率は 1970 年代後半以降人口置換水準を下回っており、少子化が続いている。



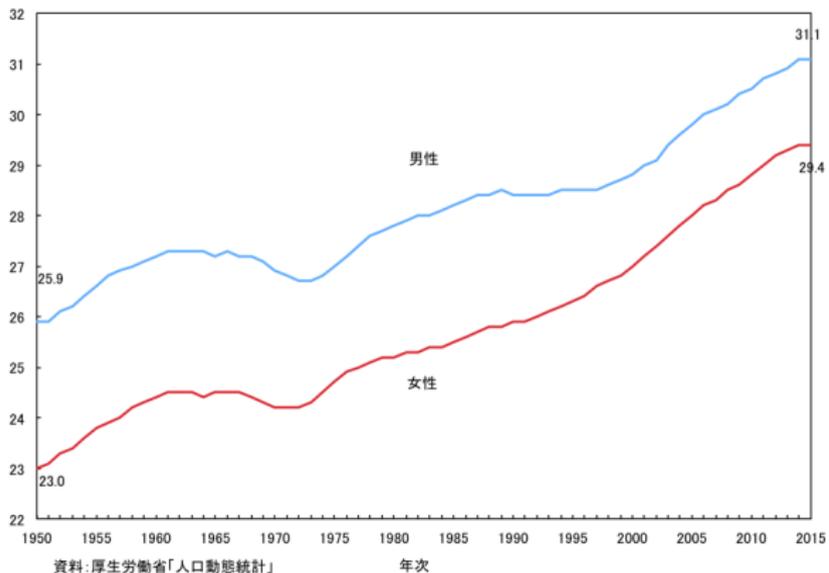
資料：厚生労働省「人口動態統計」、国立社会保障・人口問題研究所「人口統計資料集」

(西暦)



平均初婚年齢の推移

平均初婚年齢の推移



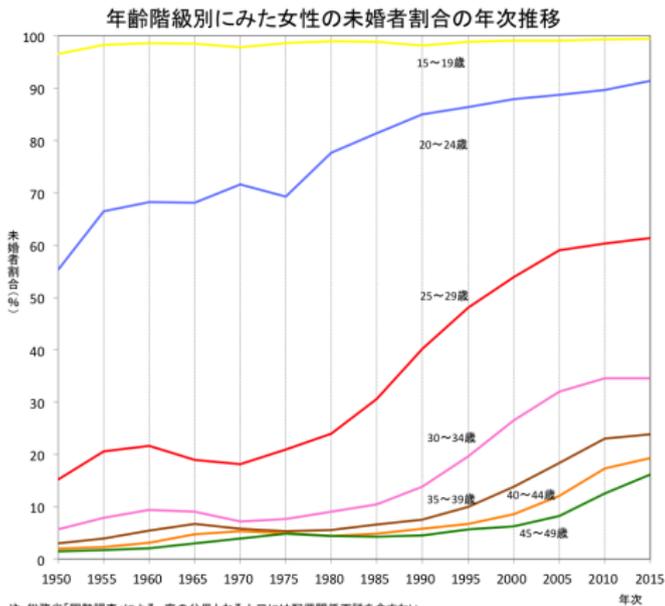
資料：厚生労働省「人口動態統計」



出生仮定

未婚者割合の推移

- 下は、総務省「国勢調査」による、年齢階級別未婚者割合の推移を示したものである。

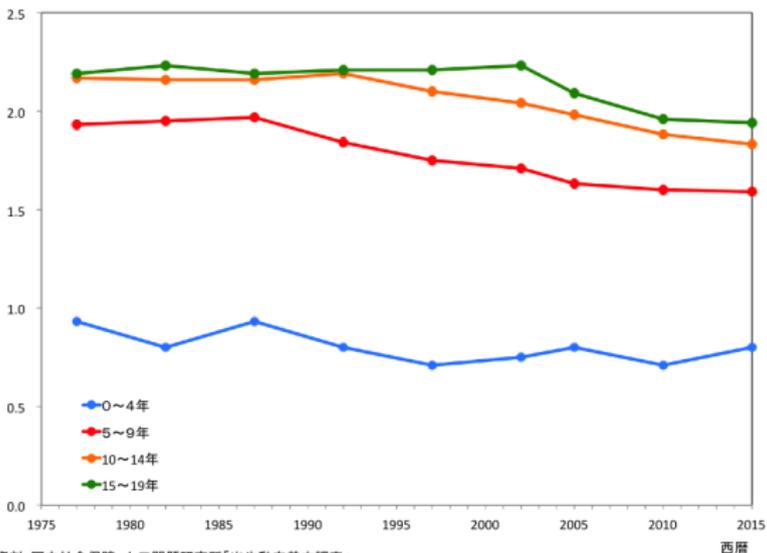




夫婦の子ども数

- 下は、国立社会保障・人口問題研究所「出生動向基本調査」に基づき、初婚どうし夫婦の結婚持続期間別子ども数の推移を示したものである。

初婚どうし夫婦の結婚持続期間別に見た平均出生子ども数

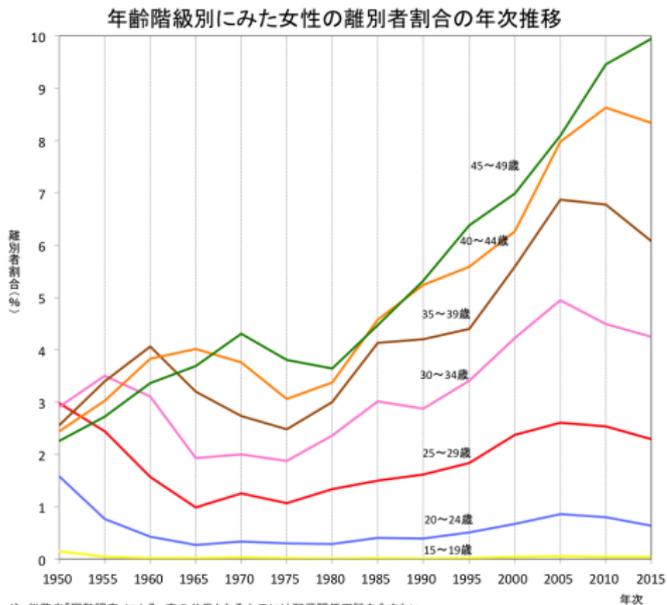




出生仮定

離別者割合の推移

- 下は、総務省「国勢調査」による、年齢階級別離別者割合の推移を示したものである。





1970年代後半以降の出生率低下の主な要因

- 結婚行動の変化（晩婚化による未婚者割合の増加）による出生率低下がはじめに起きた。
- この傾向は継続しており、晩婚化に加えて非婚化が同時に進行している（50歳時未婚率の上昇）。
- 結婚した夫婦の子ども数（夫婦完結出生児数）はかつては比較的安定していた。
- しかし、最近では若い夫婦で、結婚後の子ども数が以前に比べて減る傾向が見られる（期待夫婦完結出生児数と夫婦完結出生児数の乖離、すなわち、結婚出生力変動係数の影響）。
- さらに、近年、離婚の増加が有配偶率低下に影響を与えている。



出生関連行動の世代変化

- 以上のような変化を受けて、女性の出生・結婚に関するライフコースは、今後の世代で大きく変化すると見込まれる。

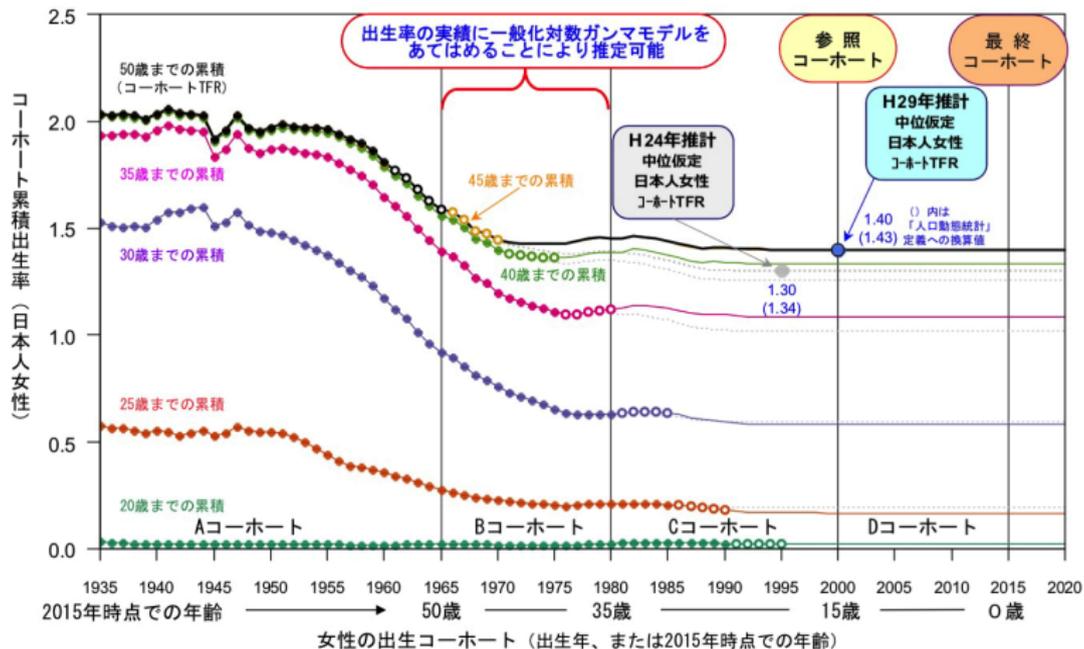
女性の出生力関連指標	1964 年生 (実績)	2000 年生 (推計)		
		中位	高位	低位
平均初婚年齢	26.3 歳	28.6 歳	28.2 歳	29.0 歳
50 歳時未婚率	12.0%	18.8%	13.2%	24.7 %
夫婦完結出生児数	1.96 人	1.79 人	1.91 人	1.68 人
期待夫婦完結出生児数	2.03 人	1.87 人	1.91 人	1.85 人
結婚出生力変動係数	0.963	0.957	1.000	0.909
離死別再婚効果係数	0.959	0.955	0.955	0.955
(調整済み離死別再婚効果係数)	(0.945)	(0.960)	(0.960)	(0.960)
コーホート合計特殊出生率 (日本人女性)	1.63	1.40	1.59	1.21
無子割合	22.6%	31.6%	24.2%	39.2%

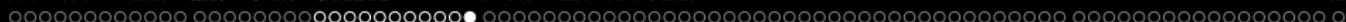


出生仮定

コーホート出生率の投影

- A コーホート: 実績値の得られているコーホート
- B コーホート: 実績データに年齢モデルを適用することで統計的推定が可能なコーホート
- C コーホート: 先行コーホートの指標趨勢と参照コーホートの補間による推定を行うコーホート
- D コーホート: 実績データが全くないコーホート

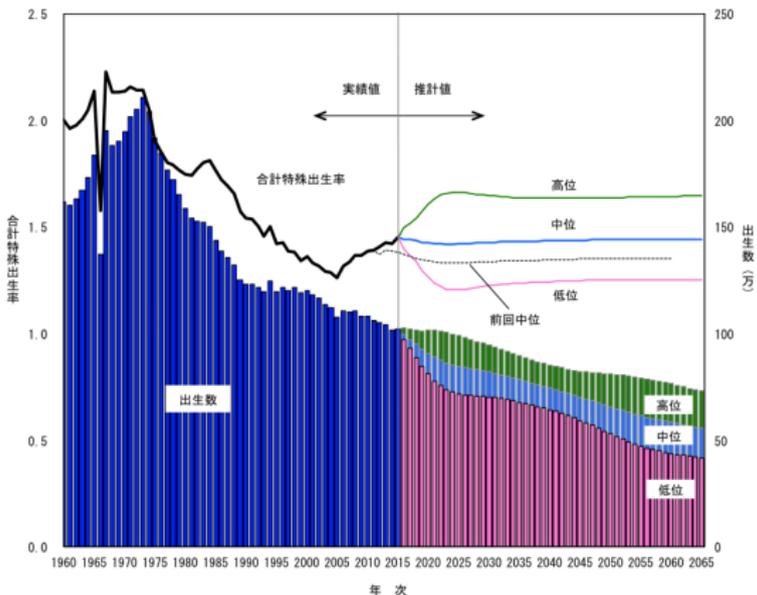




出生率・出生数の見通し

- 2015 年に 1.45 であった出生率は、中位仮定では、2024 年に 1.42 まで緩やかに低下した後、以後やや上昇して、2065 年に 1.44 へと推移。
- 出生率が同程度で推移するのに対し、出生数はどんどん減少し、2065 年には中位仮定で年間 56 万に。今後、**縮小最生産**が進む。

出生数・出生率の推移と見通し

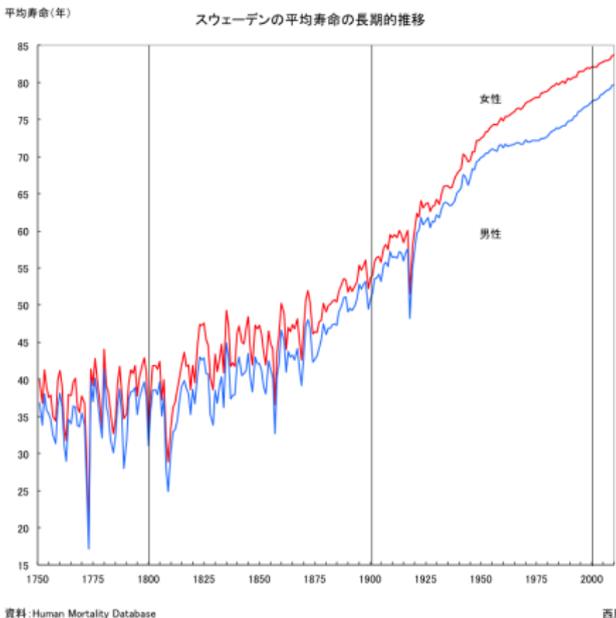


- 1 日本の将来人口推計
 - 日本の将来推計人口（平成 29 年推計）による将来の人口のすがた
- 2 将来人口推計の考え方・手法と仮定設定
 - 公的将来人口推計の方法論
 - 基本的枠組みと基準人口
 - 出生仮定
- 3 長寿化の進展と死亡率推計
 - 長寿化と疫学的転換
 - 死亡モデル
 - 社人研死亡率推計の変遷
 - 線形差分 (LD) モデルとその応用
 - 生命表の将来推計
- 4 仮想的人口シミュレーションの応用
 - 国際人口移動仮定と条件付推計
 - 条件付推計の応用
 - 国際人口移動が公的年金財政に与える影響評価
- 5 将来人口推計とその応用
 - 将来人口推計とその応用
- 6 (参考資料) 公的年金財政影響評価の詳細
 - 人口ブロック
 - 年金ブロック



寿命の長期的動向

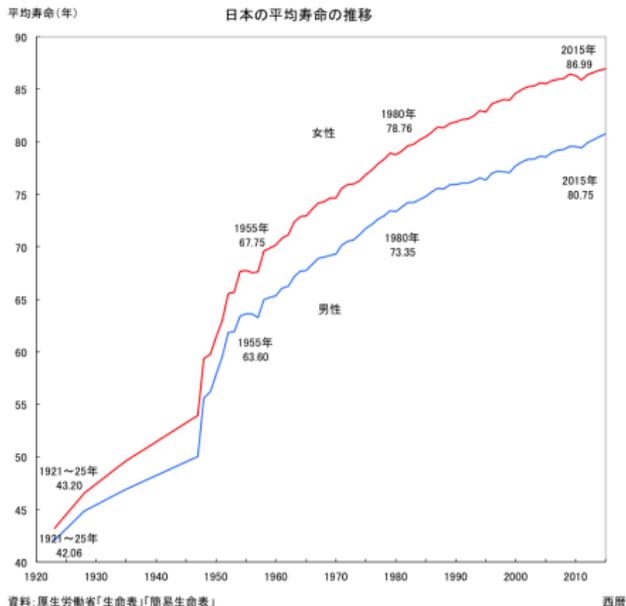
- 寿命の伸長は人類が達成した最も偉大な達成の一つであるといえる。
- 特に、20 世紀における平均寿命の伸長は著しいことがわかる。





わが国の平均寿命の推移

- わが国においても 20 世紀の寿命伸長は大きいものであった。
- わが国の平均寿命は、1950～52 年に男性 59.57 年、女性 62.97 年であったが、急速に伸長し、2015 年現在、男性 80.75 年、女性 86.99 年となっている。

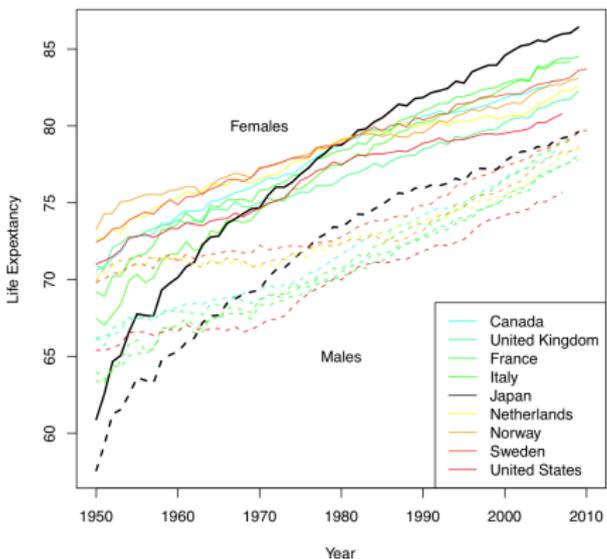




平均寿命の国際比較

- わが国の平均寿命は、戦後直後は先進諸国の中でも低い位置にあったが、他の先進諸国と比較して急速な伸長を遂げてきた。
- 現在、国際的に見てトップレベルの平均寿命を維持しつつ、さらに上昇を続けているという特徴を持っている。

Trends of Life Expectancy



Source: Human Mortality Database

疫学的転換 (Epidemiologic Transition) (Omran, 1971)

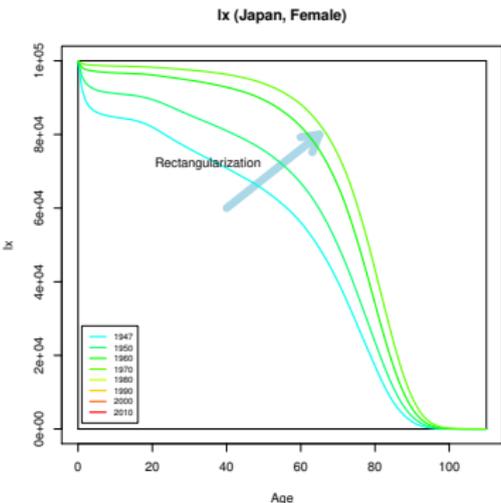
疫学的転換とは人口転換の間における死亡率低下の際に、急性の感染症が少なくなる一方で、慢性の退行性疾患が顕著になるという疾病構造の変化を指す。オムランは、疫学的転換は次の3つの段階を通じて移行するとした。

- 伝染病と飢餓の時代
- 伝染病後退の時代
- 退行性疾患及び人為的傷病の時代

疫学的転換により、死亡分布は若年中心の分布から高齢中心の分布へと変化する。

生存数曲線の矩形化

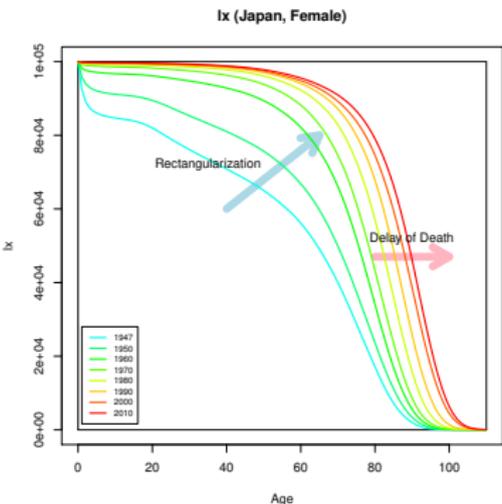
- 1970 年以前の先進諸国については平均寿命の伸びは主に若年死亡率改善によるものである (ウイルモス (2010))。
- Fries(1980) は、仮に人間の最大生存年数に上限があるなら、生存数曲線は長方形に近づき (矩形化)、平均寿命の上限は 85 歳を超えないだろうと論じた。

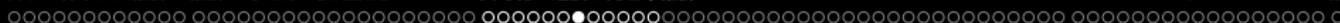




疫学的転換の第 4 の段階

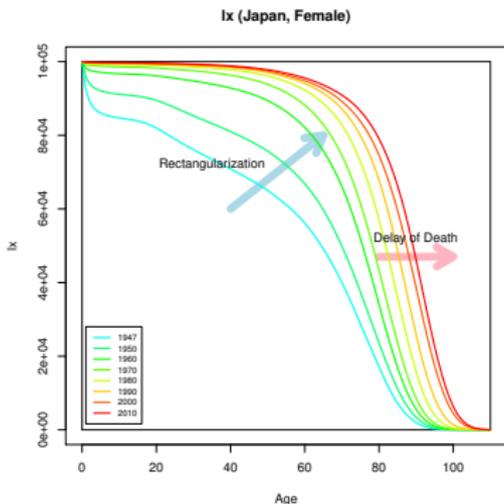
- しかしながら、1970 年以降も平均寿命は慢性的疾患死亡率改善による高齢死亡率の低下により引き続き伸びた。
- Olshansky and Ault(1986) は、米国の死亡率分析に基づき、この高齢死亡率による死亡パターンの変化は Omran の疫学的転換の第 3 段階とは異なる第 4 の段階、すなわち、「退行性疾患遅滞の時代」と位置づけることを提案した。





ポスト人口転換期の死亡率改善

- 近年における平均寿命の伸長は、20 世紀前半に見られた、(古典的) 疫学的転換による生存数曲線の矩形化とは異なるメカニズムに基づいて起きている(ポスト人口転換期)ものと理解でき、日本における近年の死亡率改善も矩形化とは異なり、「死亡の遅延」と見ることができる。
- また、このことは、わが国の高齢死亡率改善を、死亡率曲線の高齢方向へのシフトによって効率的にモデリングできることをも示唆している。





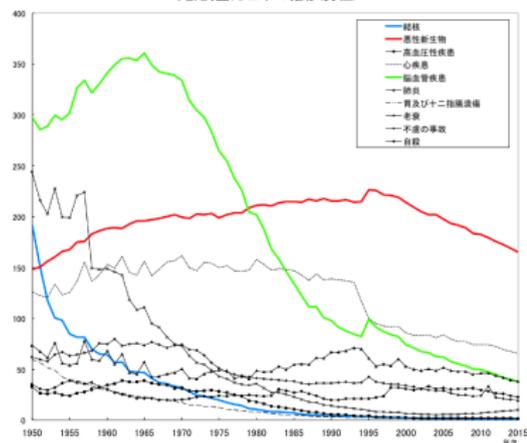
死因の動向

- 下図は 1950 年以降における、わが国の主な死因に関する年齢調整死亡率の推移を示したものである。
- 1950 年代及び 1960 年代では、結核の死亡率低下が顕著である。一方、1960 年代後半以降にわが国の死亡率改善の中心となり、寿命の伸長に寄与したのが、脳血管疾患の死亡率低下である。
- 悪性新生物の年齢調整死亡率は、男性については 1990 年代に入るまでは緩やかに上昇してきたが、1990 年代後半以降、やや減少に転じている。女性については、1960 年代から緩やかに減少してきているものの、概ね横ばいに近い形で推移している。

年齢調整死亡率

(人口10万人)

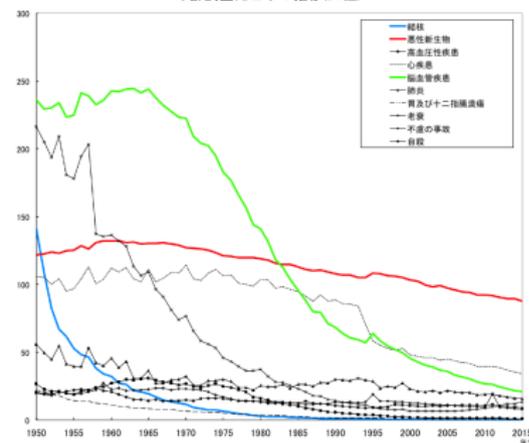
年齢調整死亡率の推移(男性)



年齢調整死亡率

(人口10万人)

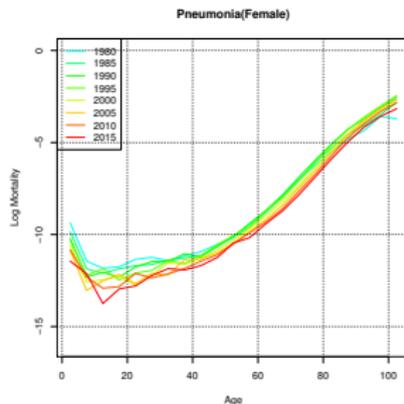
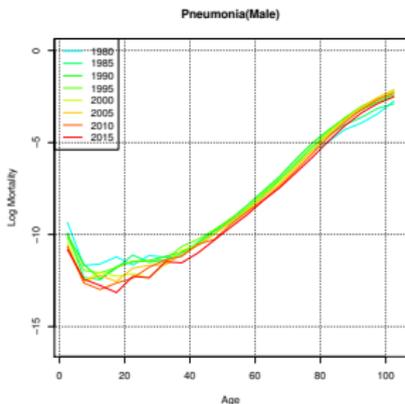
年齢調整死亡率の推移(女性)





死因の年齢パターン（肺炎）

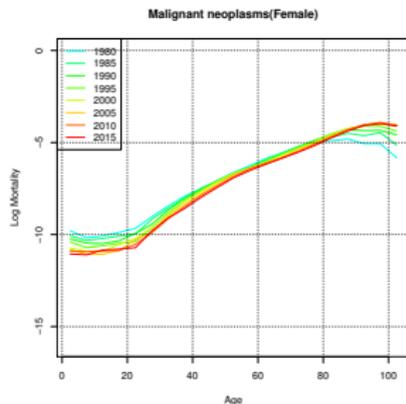
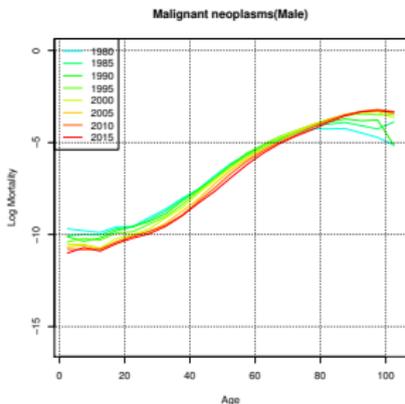
- 下図は肺炎の死亡率の年次推移を示したものである。
- 肺炎は、老年における死亡率上昇が中年におけるそれよりも速く、対数死亡率が下に凸の傾向を示す「老年上昇型」パターンを示している。





死因の年齢パターン（悪性新生物）

- 下図は悪性新生物の死亡率の年次推移を示したものである。
- 悪性新生物は、中年における死亡率上昇が老年におけるそれよりも速く、対数死亡率が上に凸の傾向を示す「中年上昇型」パターンを示している。





トリプル R 理論 (ウィルモス, 2010)

- しかしながら、年次推移に着目すると、年齢パターンは中年上昇型を保ちつつも、次第に中年層の死亡率を低下させながら分布のピークが高齢の方に遅れていくような動きが見られる。
- ウィルモス (2010) は、過去2世紀にわたる寿命伸長は、基本的には、人々が死因を**認識 (Recognition)** し、その死因を回避または遅らせる方法を探すことにより**対応 (Reaction)** し、それが全ての年齢層にわたる死亡率を**低下 (Reduction)** させてきたという社会的な現象であると述べ、これを、様々な時代の、また、感染症、心疾患、脳血管疾患、悪性新生物、自動車事故等の様々な死因に関する死亡率低下のプロセスを適切に特徴づけるものとして、**トリプル R 理論**と呼ぶことを提唱している。
- これに従えば、脳血管疾患死亡率の低下を受け、次なるターゲットとして悪性新生物という死因が認識され、これにがん医療の進歩等による対応がなされて、死亡の回避や遅延に成功してきたという、悪性新生物に対する挑戦の歴史が反映されていると見ることも可能だろう。そして、これによれば、人類が重視する取組みは進化するが、死亡率に対する実質的影響は将来も変わらないと考えられることから、将来の死亡率推計には外挿法による投影が望ましいとしている。
- 外挿法は完璧ではないが、それは、歴史的な死亡率低下傾向の長期的安定性に基づいている。この安定性は、それに関わるプロセスの複雑性に起因している。この安定性と複雑性を考えると、特異な介入や障害が死亡率低下傾向を根本的に変えてしまうことは考えにくい。



堀内による死亡パターンの 5 段階の変遷

- 堀内 (2001) は過去及び将来における人間の死亡パターンの歴史的変遷を 5 つの転換として表すことを提案した。
 - ① 感染症による死亡率の上昇 (外的障害から感染症)
 - ② 感染症による死亡率の下降 (感染症から内因性疾患)
 - ③ 循環器系疾患による死亡率の下降 (脳血管・心疾患死亡率の低下)
 - ④ 癌による死亡率の下降
 - ⑤ 老化の遅滞・減速
- これに従えば、わが国は第 4 段階に入っていると見ることができる。さらに、将来、仮に老化の遅滞・減速に成功すれば、平均寿命はまだ延びる可能性があるといえよう。
- このような死亡率改善プロセスの変化は、若年死亡率改善のみが顕著であった古典的疫学的転換の時代に想定されていたような寿命の限界論を打ち破って人類の長寿化が進展してきたとともに、今後についても、寿命がどこまで延びるかに関する不確実性が大きいことを示している。
- ポスト人口転換期における高齢死亡率改善は、**長寿リスク**という新たなリスクを我々に認識させるに至ったといえることができる。



死亡モデル

死亡モデルには大きく分けて 3 種類ある。

- 数学的関数によるモデル
年齢の数学的関数によって生命表関数を表現するもの。死亡法則 (law of mortality) とも言われる。Gompertz モデルなど。
- 数表によるモデル
経験に基づく、いくつかの数表によって生命表関数を表現するもの。Coale-Demney モデル生命表など。
- リレーショナルモデル
経験に基づく (数表による) 標準的な年齢パターンと、そこからの変化に関するパラメータを組み合わせる生命表関数を表現するもの。Brass Logit モデル、Lee-Carter モデルなど。



数学的関数によるモデルの例

De Moivre (1725)

$$\mu(x) = \frac{1}{\omega - x}$$

Gompertz (1825)

$$\mu(x) = B \cdot C^x$$

Makeham (1860)

$$\mu(x) = A + B \cdot C^x$$

Thiele (1872)

$$\mu(x) = a_1 e^{-b_1 x} + a_2 e^{-\frac{1}{2} b_2 (x-c)^2} + a_3 e^{b_3 x}$$

Perks (1932)

$$\mu(x) = \frac{A + B \cdot c^x}{kc^{-x} + 1 + Dc^x}$$

Weibull (1939)

$$\mu(x) = \alpha x^{\beta-1}$$

Beard (1961)

$$\mu(x) = \frac{B \cdot e^{ux}}{1 + D e^{ux}}$$

Siler (1979)

$$\mu(x) = a_1 e^{-b_1 t} + a_2 + a_3 e^{b_3 t}$$

Heligman-Pollard (1980)

$$\frac{q(x)}{p(x)} = A(x+B)^C + D e^{-E(\log x - \log F)^2} + GH^x$$

Rogers and Little (1993)

$$y(x) = a_0 + m_1(x) + m_2(x) + m_3(x) + m_4(x)$$

where

$$m_1(x) = a_1 \exp(-\alpha_1 x)$$

$$m_2(x) = a_2 \exp(-\alpha_2(x - \mu_2) - \exp(-\lambda_2(x - \mu_2)))$$

$$m_3(x) = a_3 \exp(-\alpha_3(x - \mu_3) - \exp(-\lambda_3(x - \mu_3)))$$

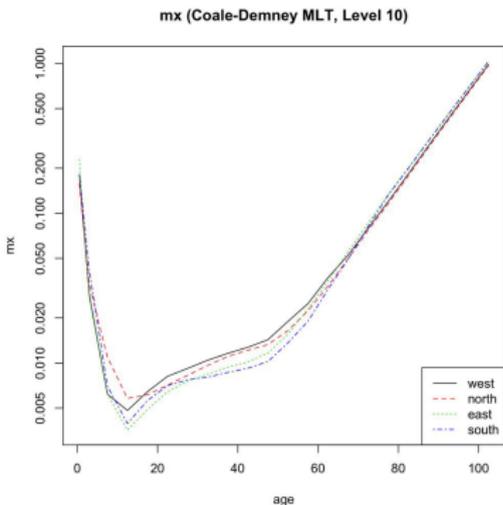
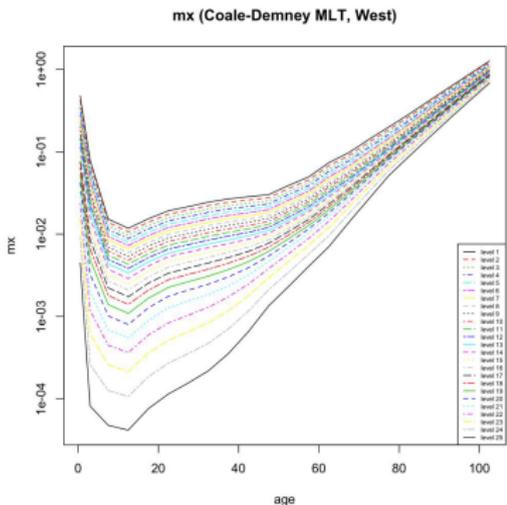
$$m_4(x) = a_4 \exp(\alpha_4 x)$$

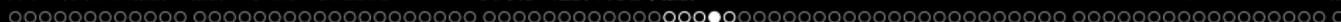
$$y(x) = q(x), \frac{q(x)}{p(x)}, \mu(x)$$



モデル生命表の例

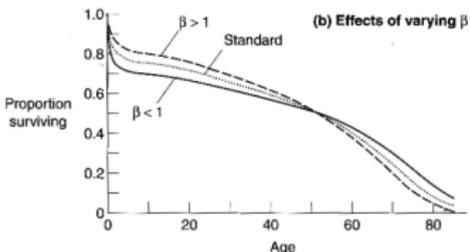
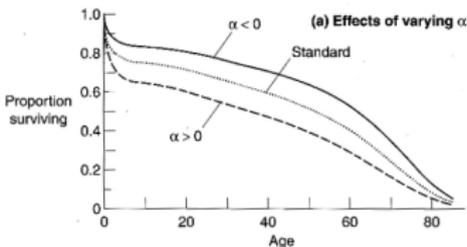
- 最も広く用いられているのは、Coale-Demney のモデル生命表 (Coale and Demney,1983)。
- 4 つの種類 (North, South, East and West) について、それぞれ、25 レベルのモデル的な生命表が作成されている。





リレーショナルモデルの例

- 数学的関数によるモデルと、数表によるモデルを組み合わせたものであり、Brass(1971) により開発されたプラス・ロジットシステムが最初のものでされている。
- プラス・ロジットシステムは、 l_x をロジット変換した関数 $Y_x = \log\left(\frac{l_x}{1-l_x}\right)$ を考え、ある基準となるパターン Y_x^s を用いて、任意の Y_x^a が、 $Y_x^a = \alpha + \beta Y_x^s$ と表されるとするモデルである。
- α がレベル、 β がシェイプを表すパラメータとなっている。





生命表のリレーショナルモデル (リー・カーター・モデル)

- リー・カーターによって開発された生命表のリレーショナルモデル (リー・カーター・モデル) は、年齢別死亡率を、標準となる年齢パターン、死亡の一般的水準 (死亡指数)、死亡指数の動きに対する年齢別死亡率変化率および誤差項に分解することで、死亡の一般的水準の変化に応じて年齢ごとに異なる変化率を記述するモデルであり、現在国際機関や各国が行う将来推計においては標準的なモデルとして広く用いられている。

$$\log m_{x,t} = a_x + k_t b_x + \epsilon_{x,t}$$

ここで、

$\log m_{x,t}$: 対数死亡率

a_x : 対数死亡率の標準的な年齢パターン

k_t : 死亡水準 (死亡指数)

b_x : k_t が変化する時の年齢別死亡率の変化

$\epsilon_{x,t}$: 平均 0 の残差項

である。

社人研死亡率推計の変遷

- 1976年以降に実施された社人研（旧人口問題研究所）の死亡率推計は以下の表の通り。
- これらは推計時点までに得られた死亡率に基づく人口学的投影手法によっているが、その方法は概ね3期に分けることができる。

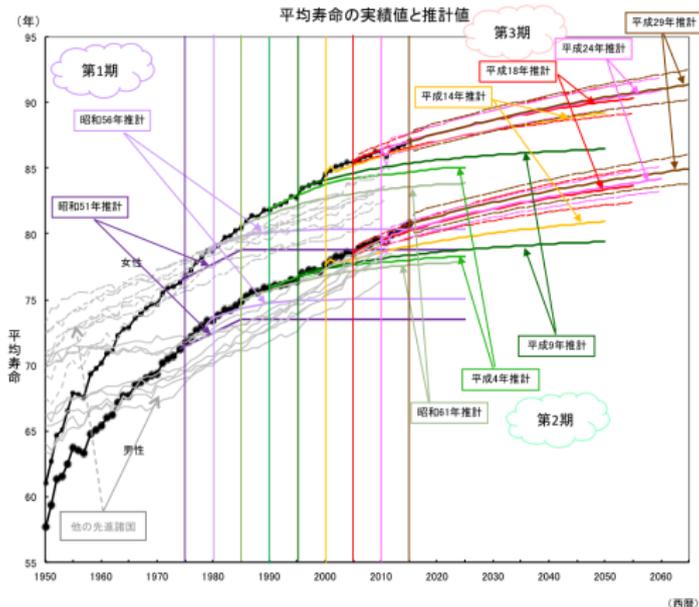
		仮定値投影にあたっての基本的考え方	平均寿命の仮定値(中位仮定)	
			基準時点	将来
第1期	1976(昭和51)年推計	昭和60年目標の生命表を将来にわたり固定 (最良生命表方式)	男 71.26(1974年) 女 76.43(1974年)	男 73.52(1985年) 女 78.78(1985年)
	1981(昭和56)年推計	過去の年齢別死亡率の傾向を投影 (年齢別死亡率補外方式)	男 73.14(1979年) 女 78.50(1979年)	男 75.07(2025年) 女 80.41(2025年)
第2期	1986(昭和61)年推計	過去の死因別年齢標準化死亡率の傾向を投影 (標準化死因別死亡率補外方式)	男 74.92(1985年) 女 80.63(1985年)	男 77.87(2025年) 女 83.85(2025年)
	1992(平成4)年推計	過去の死因別年齢標準化死亡率の傾向を投影 (標準化死因別死亡率補外方式)	男 76.11(1991年) 女 82.11(1991年)	男 78.27(2025年) 女 85.06(2025年)
	1997(平成9)年推計	過去の死因別年齢標準化死亡率の傾向を投影 (標準化死因別死亡率補外方式)	男 76.36(1995年) 女 82.84(1995年)	男 79.43(2050年) 女 86.47(2050年)
第3期	2002(平成14)年推計	リー・カーターモデルにより死亡率を投影 (リレーショナル・モデル方式)	男 77.64(2000年) 女 84.62(2000年)	男 80.95(2050年) 女 89.22(2050年)
	2006(平成18)年推計	リー・カーターモデルの修正モデルにより死亡率を投影 (リレーショナル・モデル方式)	男 78.53(2005年) 女 85.49(2005年)	男 83.67(2055年) 女 90.34(2055年)
	2012(平成24)年推計	リー・カーターモデルの修正モデルにより死亡率を投影 (リレーショナル・モデル方式)	男 79.55(2010年) 女 86.30(2010年)	男 84.19(2060年) 女 90.93(2060年)
	2017(平成29)年推計	リー・カーターモデルの修正モデルにより死亡率を投影 (リレーショナル・モデル方式)	男 80.75(2015年) 女 86.98(2015年)	男 84.95(2065年) 女 91.35(2065年)



社人研死亡率推計の変遷

社人研死亡率推計の変遷

- 1976年以降に実施された社人研（旧人口問題研究所）の平均寿命の実績値と推計結果を示したものが図である。



資料 国立社会保障・人口問題研究所「日本版死亡データベース」「日本の将来推計人口」Human Mortality Database

注1 昭和51年推計では、昭和50～59年は生存率を補間しているが、平均寿命が不明なため、平均寿命を補間したものを表示している。

注2 表示は本推計期間とした(ただし、昭和51年推計と昭和56年推計は2025年までとした)。

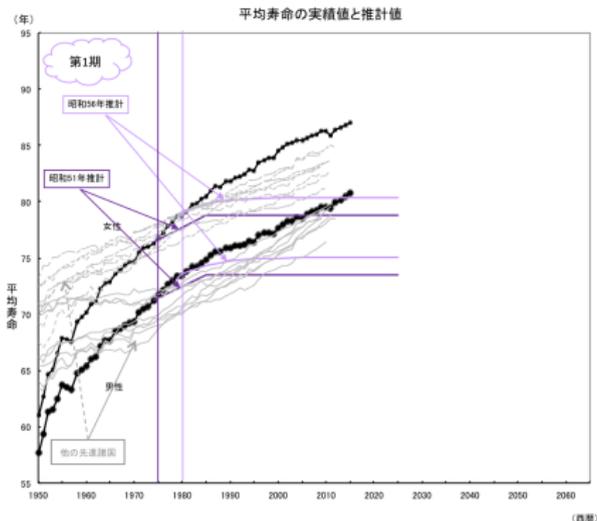
注3 灰色(実線: 男性、点線: 女性)は、Human Mortality Databaseによる、以下の国々の平均寿命である。

Canada, France, Italy, Netherlands, Norway, Sweden, UK, USA



第1期の将来推計

- 戦後間もない頃、わが国の平均寿命は多くの先進諸国に比べて低い地位にあり、昭和 51 年推計以前は他の先進諸国の最善の死亡率を参考とする「最良生命表方式」を採用。
- 昭和 56 年推計では参照する先進諸国がなくなったことから「年齢別死亡率補外方式」となったが、年齢別死亡率を実際に補外したのは 4 年間のみ（昭和 60 年まで）でそれ以降は e_0 に指数関数を当てはめて緩やかに 40 年間補外するものであり、過渡期にあったといえる（死因別推計も検討されていた）。



資料: 国立社会保障・人口問題研究所「日本版死亡データベース」「日本の将来推計人口」, Human Mortality Database

注1: 昭和51年推計では、昭和50～59年は生存率を補間しているが、平均寿命が不明なため、平均寿命を補間したものを表示している。

注2: 赤色は本推計期間としたが、昭和51年推計と昭和56年推計は2020年までとした。

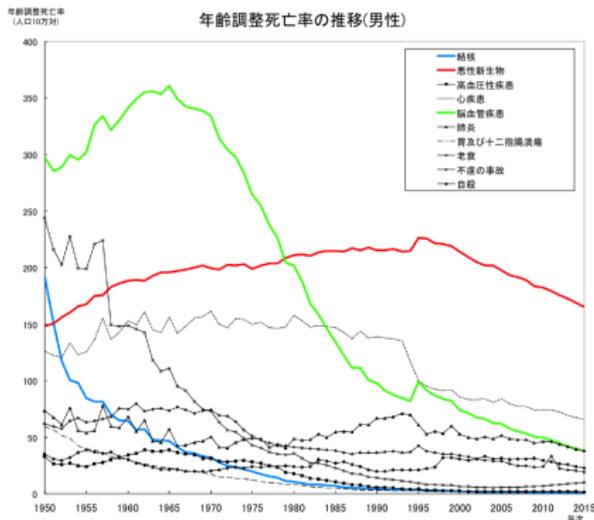
注3: 灰色(実線: 男性、点線: 女性)は、Human Mortality Databaseによる、以下の国々の平均寿命である。

Canada, France, Italy, Netherlands, Norway, Sweden, UK, USA



死因構造の変化と将来推計

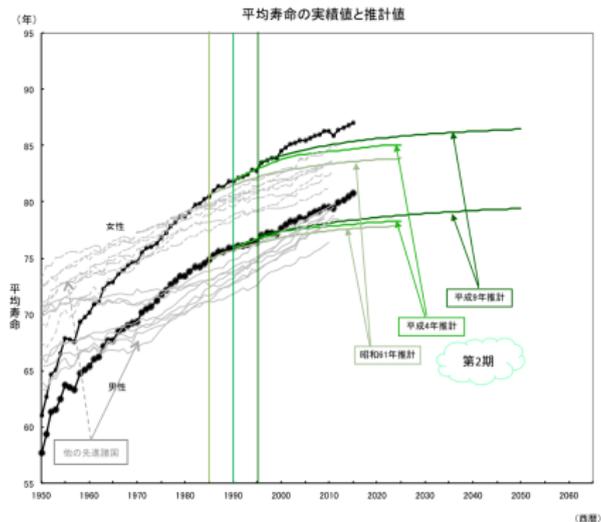
- わが国では、1970年頃より、脳血管疾患の死亡率の低下などによって高齢死亡率の改善が進み、死因構造に大きな変化がもたらされた。





第2期の将来推計

- このような死因構造変動を背景として、昭和61年推計、平成4年推計、平成9年推計では、死因を考慮した「標準化死亡率補外方式」が採用された。



資料：国立社会保険・人口問題研究所「日本国死亡率データベース」「日本の将来推計人口」Human Mortality Database

注1：昭和61年推計では、昭和60～69年は生存率を補間しているが、平均寿命が平均のため、平均寿命を補間したものを表示している。

注2：長寿は本推計期間とした（ただし、昭和61年推計と昭和69年推計は2025年までとした）。

注3：灰色（実線：男性、点線：女性）は、Human Mortality Databaseによる、以下の国々の平均寿命である。

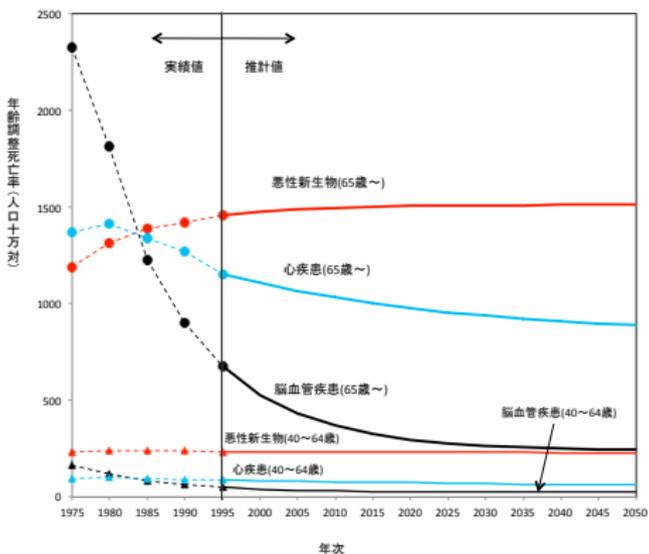
Canada, France, Italy, Netherlands, Norway, Sweden, UK, USA



第 2 期の将来推計

- 「標準化 死因別 死亡率補外方式」は、年齢階級別の死因別 (13～15 区分) 年齢調整死亡率の実績値に 数学的曲線を当てはめて補外することにより将来推計を行う方法である。

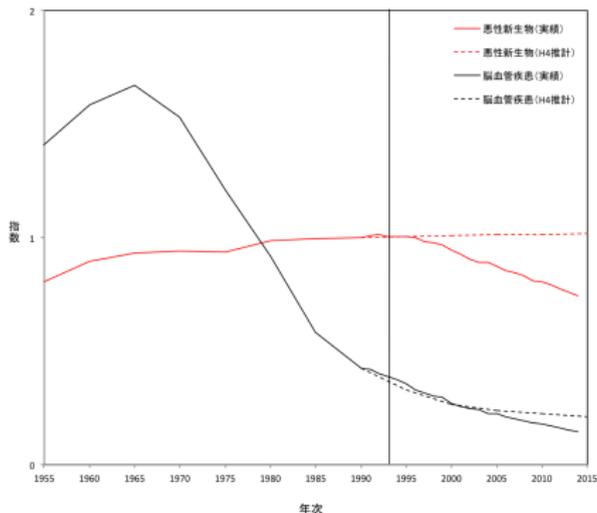
年齢調整死亡率の将来推計 (男性、平成9年推計)



死因別推計の問題点

- Wimoth(1995) は「死因別将来推計は死亡率改善を過小評価する」と論じた。以下は、平成 4 年推計の年齢調整死亡率の推計と実績との比較であり、脳血管疾患死亡率の改善に伴って増加してきた悪性新生物死亡率は、将来も増加していくトレンドで推計されているのに対し、実績値は減少している。

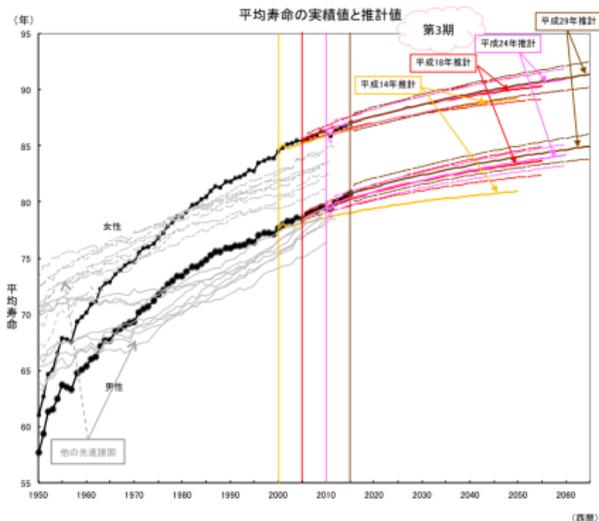
年齢調整死亡率(男性)の推移と見通し(1990年の悪性新生物を1とした指数)



注: 年齢調整死亡率は、1990年人口(男性)を標準人口とし、1990年以前の実績値及び推計値は「日本の将来推計人口(平成4年9月推計)」による。1991年以降の実績値については、厚生労働省「人口動態統計」等に基づき、1996年人口(男性)を標準人口として算定した。ただし、1994年以前と1995年以降では、死因分類の改定に伴う数値の不連続性が顕著なことから、1990～1994年の平均伸び率を1994年の値に準じて1995年の推定値を算出し、以降、1995年からの増減率を1995年推定値に準拠することにより1996年以降の実績値を算出した。

第3期の将来推計

- 死因別推計の問題点やリレーショナルモデルの発展を踏まえ、第3期においては、全死因の死亡率に基づき、リレーショナルモデルによる将来推計が採用された。
- 最初に導入された平成14年推計ではオリジナルのリー・カーター・モデルに近いモデルが採用されたが、平成18年推計以降では、わが国の死亡動向により適合させる形で修正を行ったモデルを採用している。



資料：国立社会保障・人口問題研究所「日本版死亡データベース」「日本の将来推計人口」、Human Mortality Database

注1：昭和11年推計では、昭和10～59年は生存率を補算しているが、平均寿命が不明なため、平均寿命各種別したものを表示している。

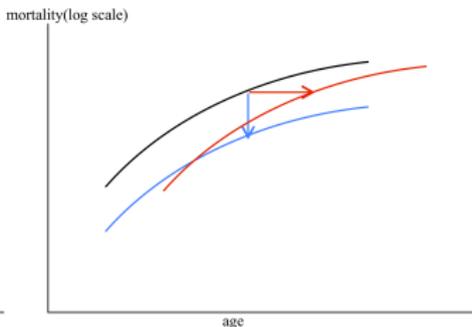
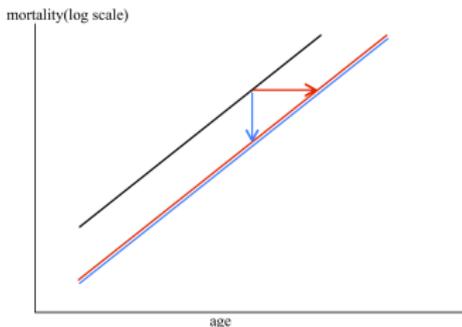
注2：赤色は本推計で初めて示した推計。昭和11年推計と昭和14年推計は2010年まで示した。

注3：灰色(実線：男性、点線：女性)は、Human Mortality Databaseによる、以下の国々の平均寿命である。

Canada, France, Italy, Netherlands, Norway, Sweden, UK, USA

低下型モデルとシフト型モデル

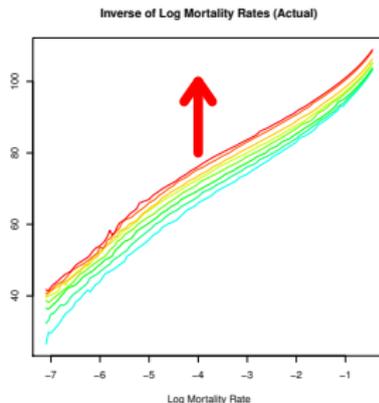
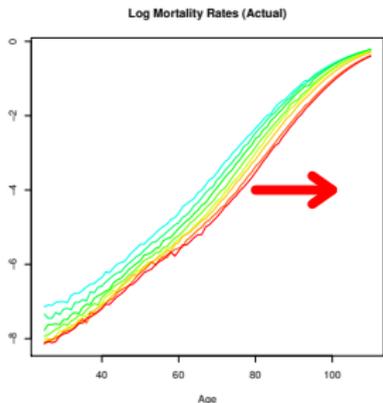
- 通常、死亡率の改善とはある年齢の**死亡率の値が低下**することで捉えられる。
- Gompertz モデルの図で、黒い直線が青い矢印のように下方に動くことが死亡率改善。→**低下型**
- ところが、これは赤い矢印でも捉えられる。すなわち、ある死亡率の値に対応する**年齢が増加**することで捉えられる。→**シフト型**。
- Gompertz モデルでは両者は一致するが、一般には両者は一致しない。





対数死亡率とその逆関数

- 対数死亡率のシフト型モデルを考えることは、対数死亡率の逆関数に対する低下型モデルを考えることと同じである。
- したがって、シフト型モデルを考えるためには、対数死亡率の逆関数のモデリングが重要となる。そこで、対数死亡率 $y = \log \mu_{x,t} = \lambda_{x,t}$ に対し、その逆関数（定義される範囲で）を $x = \nu_{y,t}$ で表す。



死亡モデルの微分型表示による記述

- 死亡モデルを低下やシフトという死亡率の変化で記述するに当たって、対数死亡率やその逆関数そのものでなく、その時間微分を捉えることも有効である。
- 例えば、低下型モデルで、対数死亡率の時間微分の符号を変えたものは、死亡率改善率 $\rho_{x,t}$ に等しい。

$$\rho_{x,t} \stackrel{\text{def}}{=} -\frac{\partial \lambda_{x,t}}{\partial t} = -\frac{\partial \log \mu_{x,t}}{\partial t}$$

- この表現を使うと、例えば、Lee-Carter モデルは、死亡率改善率の年齢分布が一定のモデルと捉えることができる。

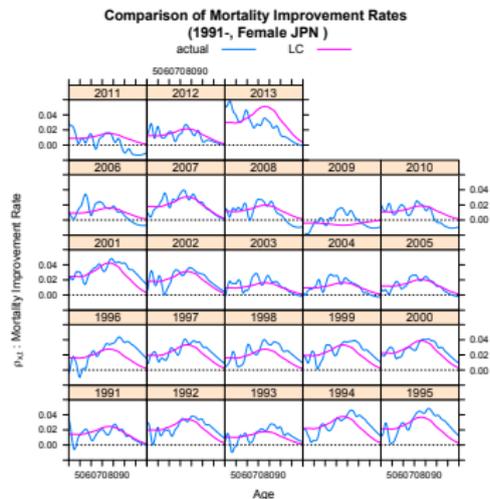
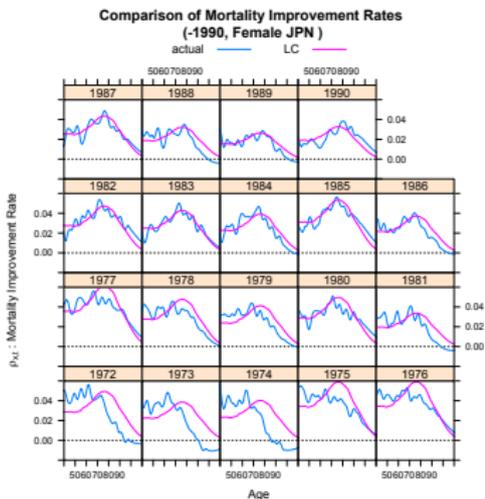
$$\rho_{x,t} = -\frac{dk_t}{dt} b_x = -k'_t b_x$$

- 同じことはシフト型モデルに対しても可能であり、対数死亡率の逆関数の時間微分を用いてモデルを表現できる。これを年齢増加率 $\tau_{y,t}$ と呼ぶ。

$$\tau_{y,t} \stackrel{\text{def}}{=} \frac{\partial \nu_{y,t}}{\partial t}$$

LC モデルの $\rho_{x,t}$

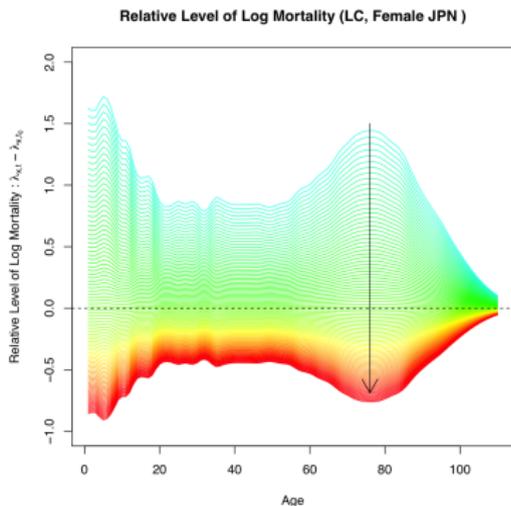
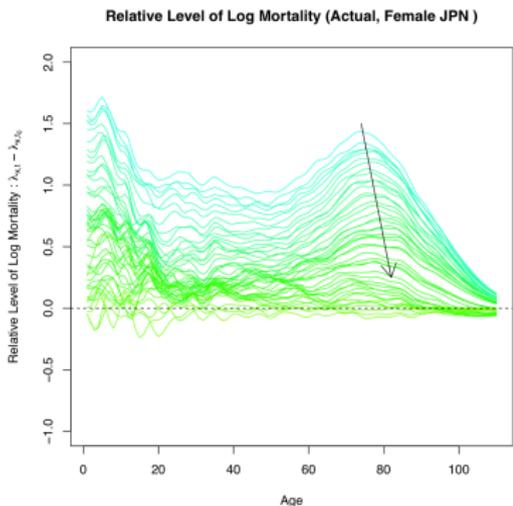
- LC モデルによる死亡率改善率と実績値を示したものが以下の図である。
- LC モデルは死亡率改善率の年齢分布が一定であり、実績値で観察されるような改善率の大きい部分の変動を表現できない。





LC モデルによる対数死亡率の相対的水準

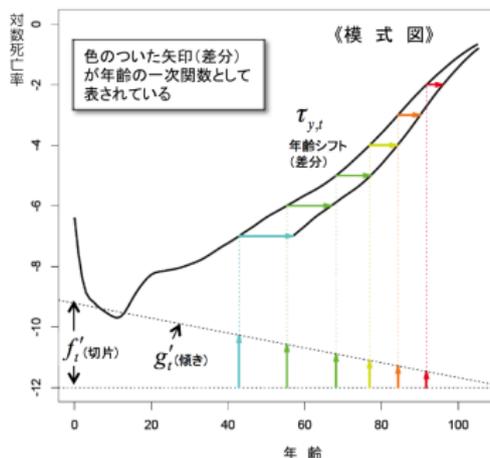
- 1970～2015 年の対数死亡率（女性）の基準年次に対する相対的水準について、実績値とリー・カーター・モデル (LC モデル) によるものを比較した。
- LC モデルは実績値で観察されるような改善の大きい部分のシフトが見られない。
- わが国の高齢死亡率については、LC モデルのような低下型モデルよりもシフト型モデルで捉えることが有効



高年齢死亡率の線形差分モデル (LD モデル)

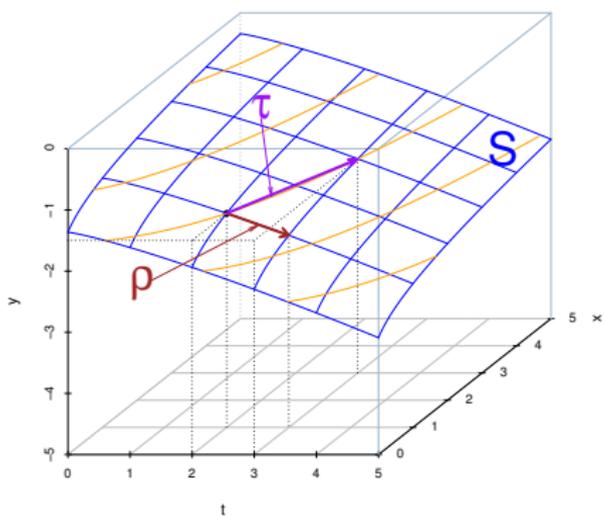
- 平成 29 年推計では、若年層ではリー・カーター・モデルを用いつつ、高齢層では、死亡率改善を死亡率曲線の高齢側へのシフトとして表現するモデル（線形差分モデル）を組みあわせることにより、死亡率改善の著しいわが国の死亡状況に適合させた。
- 線形差分モデルとは高齢死亡率曲線の横方向へのシフトの差分を年齢の線形関数として表すモデルである。すなわち、年齢増加率 $\tau_{y,t}$ が以下で表されるモデルである。

$$\tau_{y,t} = f'_t + g'_t x$$



死亡率曲線の自由な方向への変化を表現する数理モデル

- LC モデルのような低下型モデルは、 x を固定したときの変化で死亡率曲線の変化を表現し、対数死亡率曲面上の接ベクトル $\rho(x_0, t_0, y_0) = (0, 1, -\rho_{x_0, t_0})$ の方向に死亡率曲線が変化
- LD モデルのようなシフト型モデルは、 y を固定したときの変化で死亡率曲線の変化を表現し、対数死亡率曲面上の接ベクトル $\tau(x_0, t_0, y_0) = (\tau_{y_0, t_0}, 1, 0)$ の方向に死亡率曲線が変化
- 一方、LC モデルは低い年齢層、LD モデルは高い年齢層での表現に優れていることから、若年層で ρ 、高齢層で τ の方向に死亡率曲線が変化するような全年齢死亡率モデルが望ましい。

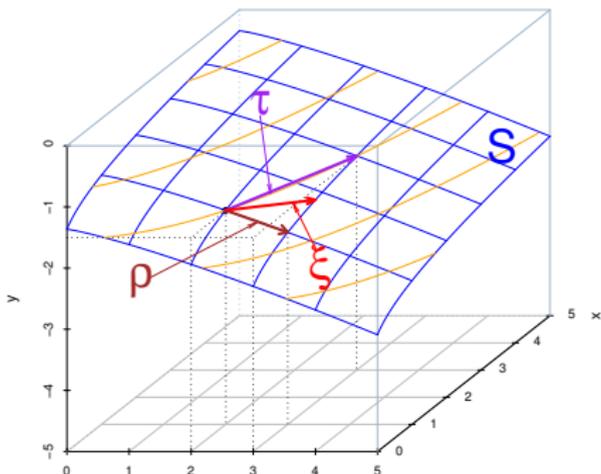


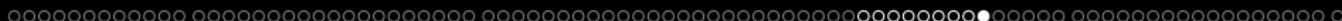


死亡率曲線の自由な方向への変化を表現する数理モデル

- 対数死亡率曲面上の接ベクトル場を利用することによって、 x 方向、 y 方向のみならず、より自由な方向への変化を表現する数理モデルの構築が可能となる。
- 若年層で 0、高齢層で 1 を取るウエイト関数 $w(x, t)$ を用いて、新たな接ベクトル場 ξ を、以下のように定義することにより全年齢死亡率モデルが構成できる。ここではこれを TVF モデルと呼ぶ (石井, 2013)。

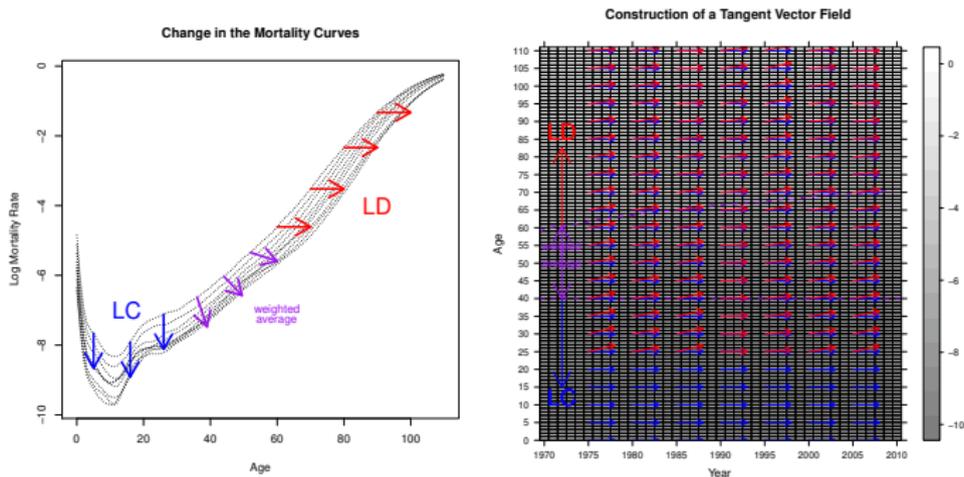
$$\xi = (1 - w(x, t))\rho(x, t, y) + w(x, t)\tau(x, t, y)$$





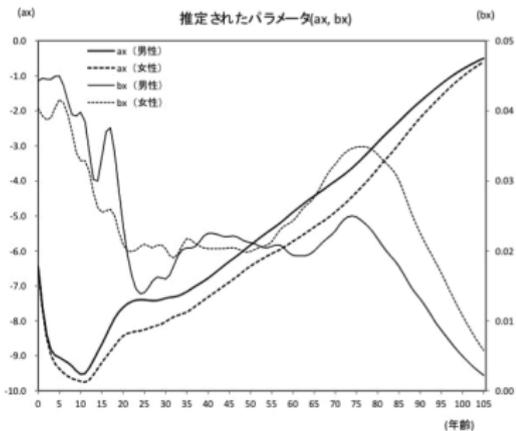
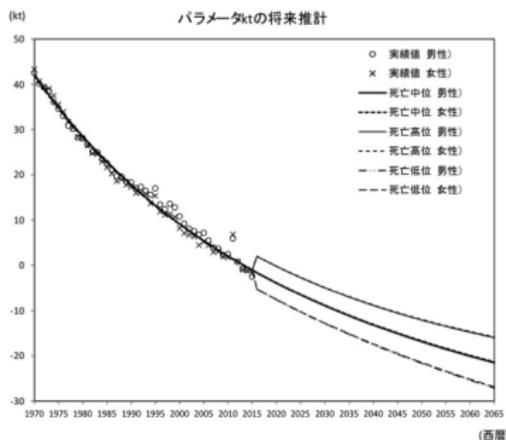
TVF モデル

- TVF モデルは若年層で LC モデル、高齢層で LD モデルの特性を持つ死亡モデルといえることができる。



リー・カーター・モデルのパラメータ推定

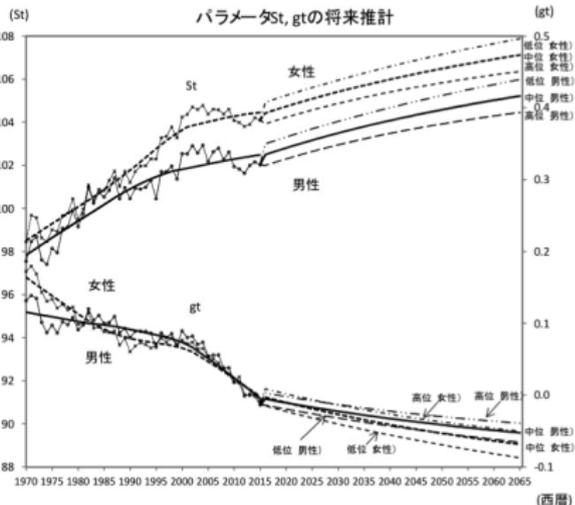
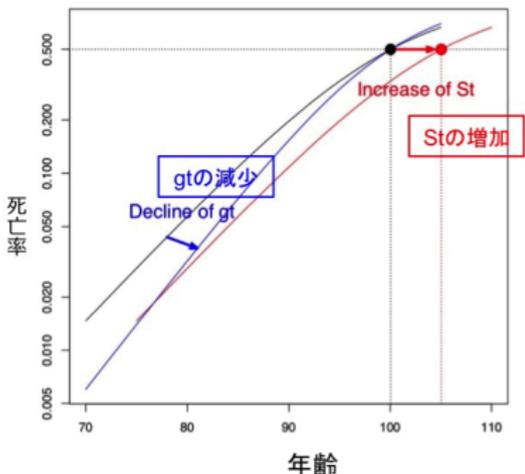
- 平成 29 年推計におけるリー・カーター・モデルのパラメータ推定・将来推計結果は以下の通りである。不確実性を表現する観点から、死亡水準を表すパラメータ k_t の水準に複数の仮定を与えることによって一定の幅による推計を行っている。すなわち、標準となる死亡率推移の死亡指数パラメータの分散をブートストラップ法等により求め、これを用いて死亡指数が確率 99% で存在する区間を推定した。

推定されたパラメータ : a_x , b_x パラメータ k_t の将来推計

線形差分モデルのパラメータと将来推計

- 線形差分モデルのパラメータ推定にあたっては、 f_t の代わりに高齢死亡率曲線の位置を表すパラメータ S_t (死亡率が 0.5 となる年齢) を用い、これと g_t を用いて f_t を推定する。 S_t の増加は死亡率曲線の高齢側への平行シフトに、 g_t の減少は死亡率曲線の勾配の増加に対応している。
- パラメータ S_t, g_t の将来推計については、過去の死亡指数 k_t に対する変化率を用いて、 k_t の将来推計値に連動させる形で推計を行った。

Stとgtの変化と死亡率曲線の対応(模式図)

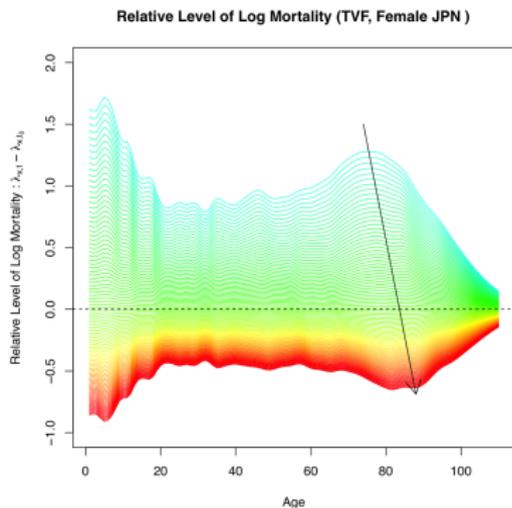
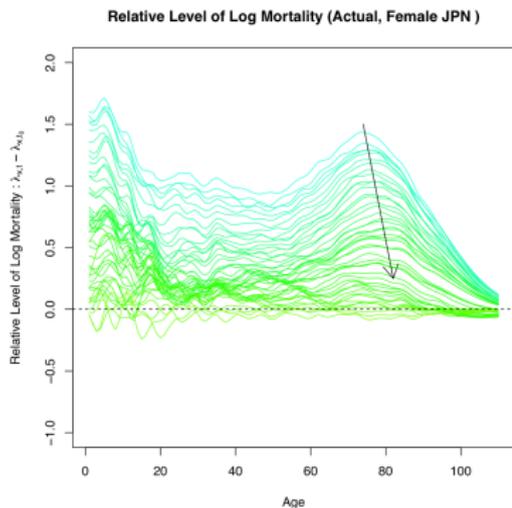


注: S_t, g_t の実績値は変動が大きいためLOWESS回帰により平滑化した傾向線をあわせて示している。



モデルの比較

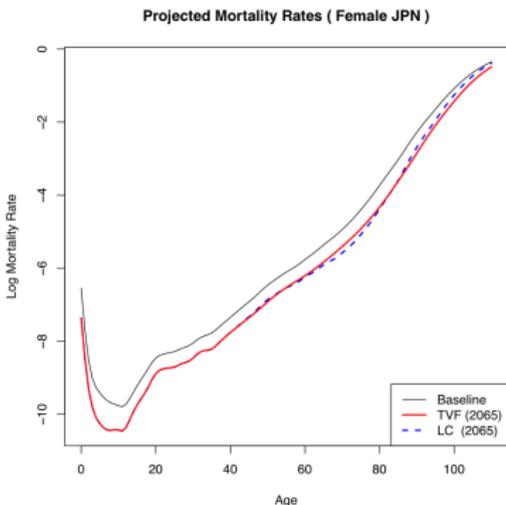
- 1970～2015 年の対数死亡率（女性）の基準年次に対する相対的水準について、実績値と高齢部に LD モデルを採り入れたモデル (TVF モデル) によるものを比較した。
- TVF モデルによる相対的水準では、高齢部分が LD モデルを用いてモデル化されていることから、実績値で観察されたシフトが表現されているとともに、将来投影値についても同様の傾向が観察される。





死亡年齢パターンの比較

- LC モデルは超高齢層での死亡率改善が小さいことから、勾配が急になる形で死亡率改善が起きるのに対し、TVF モデルでは水平シフトとの組合せにより超高齢層でも死亡率改善が一定程度織り込まれるものとなっている。

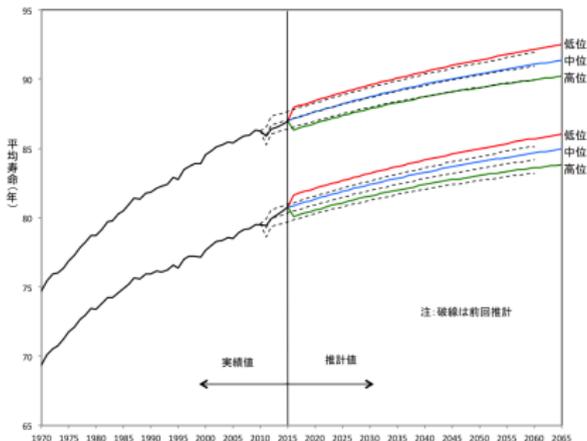




平均寿命の見通し

- 2065 年の平均寿命は、中位仮定では男性 84.95 年、女性 91.35 年に
- また、高位仮定では男性 83.83 年、女性 90.21 年に、低位仮定では男性 86.05 年、女性 92.48 年に

平均寿命の推移と見通し



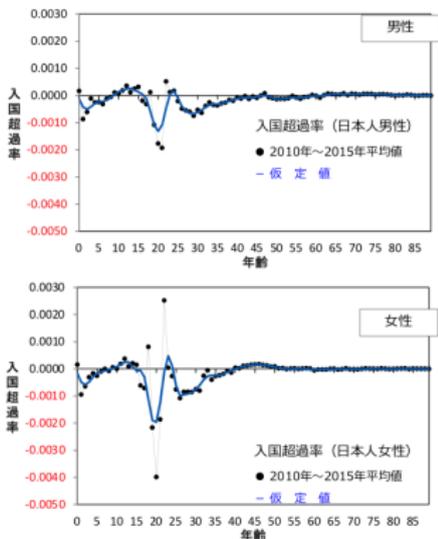
資料：国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口（平成 29 年推計）」

- ① 日本の将来人口推計
 - 日本の将来推計人口（平成 29 年推計）による将来の人口のすがた
- ② 将来人口推計の考え方・手法と仮定設定
 - 公的将来人口推計の方法論
 - 基本的枠組みと基準人口
 - 出生仮定
- ③ 長寿化の進展と死亡率推計
 - 長寿化と疫学的転換
 - 死亡モデル
 - 社人研死亡率推計の変遷
 - 線形差分 (LD) モデルとその応用
 - 生命表の将来推計
- ④ 仮想的人口シミュレーションの応用
 - 国際人口移動仮定と条件付推計
 - 条件付推計の応用
 - 国際人口移動が公的年金財政に与える影響評価
- ⑤ 将来人口推計とその応用
 - 将来人口推計とその応用
- ⑥ （参考資料）公的年金財政影響評価の詳細
 - 人口ブロック
 - 年金ブロック

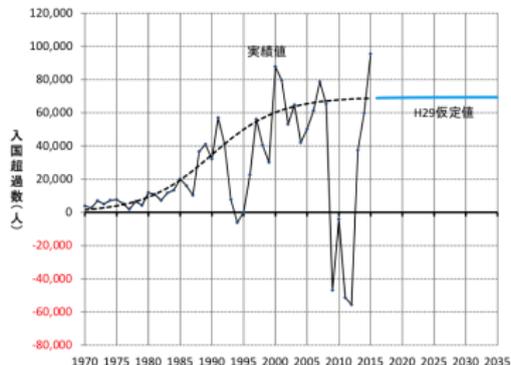
平成 29 年推計の国際人口移動仮定

- 平成 29 年推計の国際人口移動仮定は、日本人・外国人別に設定している。
- 日本人の国際人口移動については、近年の平均的男女・年齢（各歳）別入国超過率が継続するものとする。
- 外国人の国際人口移動については、過去の入国超過数の動向による長期的な趨勢に従うものとする。

日本人の年齢別入国超過率：仮定値



外国人入国超過数の推移：実績値と仮定値

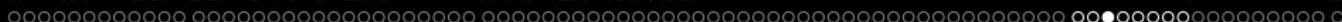


国際人口移動仮定と条件付推計

主要先進諸国および国際機関の将来人口推計枠組み一覧

推計機関	推計期間	基準人口	推計手法	仮定の種類と設定方法			推計 バリエーション数
				出生率(TFR)	死亡率(平均寿命(年))	国際人口移動(純移動数)	
アメリカ (政府センサス局)	2012-2060	2011年 7月1日人口	コーホート 要因法	1仮定 総数:1.91 白人1.83 黒人1.92 AIA ¹ :2.01 API ² :1.78 ヒスパニック ² :1.15	1仮定 非ヒスパニック 白人・API:男83.2 女87.2 黒人・AIA:男80.4 女84.7 ヒスパニック:男83.2 女87.2	4仮定 中位1,215,000 高位1,606,000 低位824,000 一定725,000	4
フランス (国立統計経済研究所)	2007-2060	2005年 1月1日人口	コーホート 要因法	4仮定 中位1.95 高位2.10 低位1.80 ヨーロッパ平均1.60	4仮定 中位:男86.0 女91.1 低位:男88.5 女93.6 高位:男83.5 女88.6 2009年一定	4仮定 中位100,000 高位150,000 低位50,000 ゼロ(封鎖人口)	30
イギリス (政府統計局)	2015-2039 (参考推計～ 2114)	2014年 6月30日人口	コーホート 要因法	3仮定 中位1.89 高位2.09 低位1.69	3仮定 中位:男84.1 女86.9 低位:男86.0 女88.7 高位:男82.2 女85.2	3仮定 中位185,000 高位265,000 低位105,000	10
ドイツ (政府統計局)	2014-2060	2013年 12月31日人口	コーホート 要因法	3仮定 ①一定1.4 ②漸増1.6 置換水準2.1	2仮定 ①緩やかな上昇:男84.8 女88.8 ②強い上昇:男86.7 女90.4	4仮定 低位100,000 高位200,000 ゼロ(封鎖人口)、300,000	11
オーストリア (政府統計局)	2015-2060 (参考推計～ 2075)	2014年 1月1日人口	コーホート 要因法	4仮定 中位1.55 高位2.05 低位1.05 現状一定1.44	4仮定 中位:男87.3 女90.6 低位:男89.6 女92.3 高位:男84.1 女88.2 現状一定:男79.0 女84.1	3仮定 人口移入 中位144,000 高位165,000 低位119,000 移出移民は移動率のため純移動数は すべてのシナリオで数値が異なる	10
スイス (政府統計局)	2015-2045	2014年 12月31日人口	コーホート 要因法	3仮定 スイス人:中位1.5、高位1.6、低位1.4 EWR ³ :中位1.6、高位1.7、低位1.5 非EWR:中位2.2、高位2.3、低位2.1	3仮定 スイス人 中位:男86.1 女89.2 低位:男86.8 女89.9 高位:男85.3 女88.5 EWR 中位:男86.6 女90.1 低位:男87.3 女93.9 高位:男85.8 女89.5 非EWR 中位:男87.3 女90.7 低位:男87.7 女91.7 高位:男84.9 女89.0	3仮定 ※EWRのみ変動し3仮定 スイス人:中・高・低位とも-5,000 非EWR:中・高・低位とも15,000 EWR:中位20,000 高位30,000 低位10,000	11
スウェーデン (政府統計局)	2016-2060	2015年 12月31日人口	コーホート 要因法	1仮定 1.89	1仮定 男86.7 女89.1	1仮定 22000	1
オーストラリア (政府統計局)	2013-2101	2012年 6月30日人口	コーホート 要因法	3仮定 中位1.80 高位2.00 低位1.60	2仮定 中位:男85.2 女88.3 低位:男92.1 女93.6	4仮定 中位240,000 高位280,000 低位200,000 ゼロ(封鎖人口)	24
ニュージーランド (政府統計局)	2014-2068	2013年 6月30日人口	コーホート 要因法	2仮定 確率推計中位数:1.90 シナリオ推計仮定値: 超高位仮定2.50	2仮定 確率推計中位数:男89.0 女91.5 シナリオ推計仮定値: 超低位仮定:男女とも86.0	4仮定 確率推計中位数:12,000 シナリオ推計仮定値: 超高位17,000 ゼロ(封鎖人口) サイクル:-10,000～-35,000の範囲 で10年毎に変動(平均12,000)	5 (確率推計 結果以外の シナリオ推計数)
国連 (国連人口部)	2016-2100	2015年 7月1日人口	コーホート 要因法	5仮定 中位(確率推計中位数)[1.81] 高位(2.31)、低位(1.31)、 一定推計、置換水準 (括弧内は日本の仮定値)	2仮定 中位(確率推計中位数) (男90.49 女96.99)、 一定推計 (括弧内は日本の仮定値)	2仮定 中位(125,000)、 ゼロ(封鎖人口) (括弧内は日本の仮定値)	8 (確率推計 結果以外の シナリオ推計数)

注: 1) AIA=American Indian and Alaska Native, 2) API=Asian and Pacific Islander, 3) EWR=Europäischer Wirtschaftsraum (EEC)



諸外国の国際人口移動仮定

- 諸外国の将来人口推計では、国際人口移動仮定に複数の仮定を設定しているものが多い。
- 仮定の中には封鎖人口とするものや、足元値で一定とするものなども含まれている。日本でも封鎖人口仮定については、基本推計には含まれないが、条件付推計の報告書の中で提供されている。
- アメリカ (2012 年推計) の例では、国際人口移動を、(1) 国外出生者移入、(2) 国外出生者移出、(3) 国内出生者純移動の3つのコンポーネントに分けて推計を行っている。特に、国外出生者移入推計では、国外出生者を4つのグループ (1. Europe, Central Asia, and the Middle East, 2. Asia and Pacific Islands, 3. Non-Spanish Caribbean and Sub-Saharan, 4. Spanish Caribbean and Latin America) に分けた上で、送り出し国グループの移出率と人口推計を用いて移入者数推計を行なっている。また、高位・低位仮定は移出率を 30%上下させることにより設定している。



条件付推計

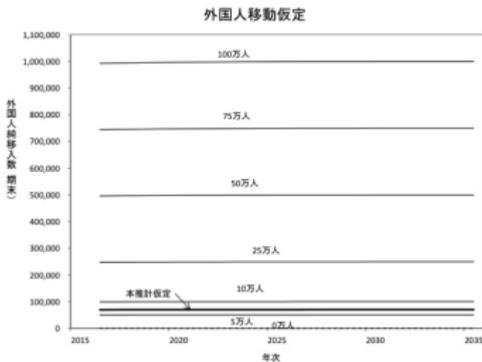
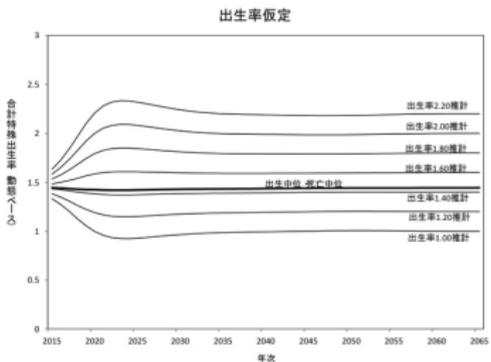
- 平成 29 年推計においては、人口学的投影手法によって平成 77(2065) 年までについて実施された 9 本の推計を、**基本推計**と呼んでいる。これに対し、人口分析の参考などにする観点から**条件付推計**を附している。
- **条件付推計**とは、仮定値を機械的に変化させた際の将来人口の反応を分析するための定量的**シミュレーション**であり、基本推計の結果をよりよく理解するために、毎回これに合わせて実施しているものである。平成 29 年推計報告書では、出生率と外国人の国際人口移動の水準を様々に変化させた際の将来人口に関する反実仮想シミュレーションの結果を示している。

条件付推計及びその手法について

- 平成 29 年推計報告書に附されている条件付推計は、**感応度分析**と呼ばれるシミュレーションであり、出生率と外国人の国際人口移動のレベルが様々な変化した場合に対応した将来人口に関する反実仮想シミュレーションを行ったものである。
- 出生率については、基本推計の中位・高位・低位の 3 仮定を用い、各年における 3 仮定の年齢別出生率を線形補間（補外）することによって年齢別出生率を作成することとした。出生率のレベルについては、2065 年における人口動態ベースの出生率が 1.00, 1.20, 1.40, 1.60, 1.80, 2.00, 2.20 となるような線形補間（補外）比を求め、これを固定して他の年次にも適用することとした。
- 外国人の移動仮定については、基本推計における 2035 年における年間の純移入数が約 6.9 万人であることから、この時点における純移入数について 0 万人、5 万人、10 万人、25 万人、50 万人、75 万人、100 万人となるような比率を求め、これを 2035 年まで固定した。なお、2035 年以降は基本推計で行っているのと同様、2035 年の性、年齢別入国超過率（ただし日本人・外国人を合わせた総人口を分母とする）を求め、2036 年以降はその率が一定となるものとして推計を行った。
- なお、条件付推計は、最新の実績データに基づいた**人口学的投影とはその目的が異なり**、任意の仮定を置くことにより、その人口動態ならびに人口構造への帰結を観察・分析しようとするものであり、利用に際してはこれらの**区別に十分留意することが必要**である。



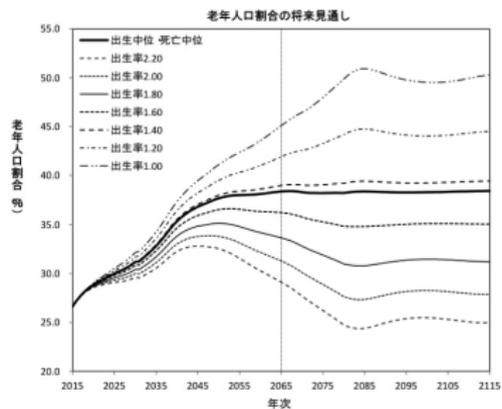
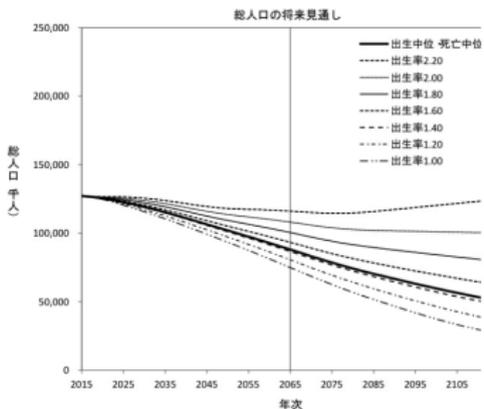
仮定値の設定



注：出生率、及び外国人移動に関する部分以外は、基本推計（出生中位・死亡中位）の仮定値を用いた。なお、出生率、及び外国人移動の仮定設定については、いずれか一方だけを変化させたものであり、両者を同時に変化させたものではない。

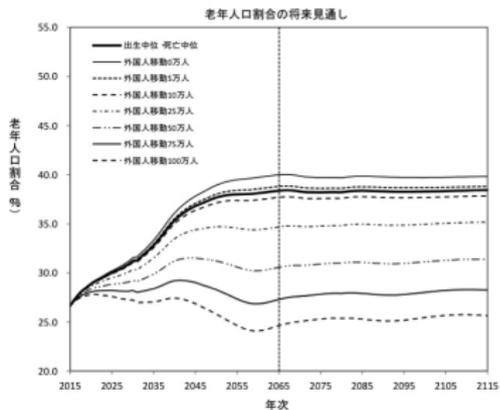
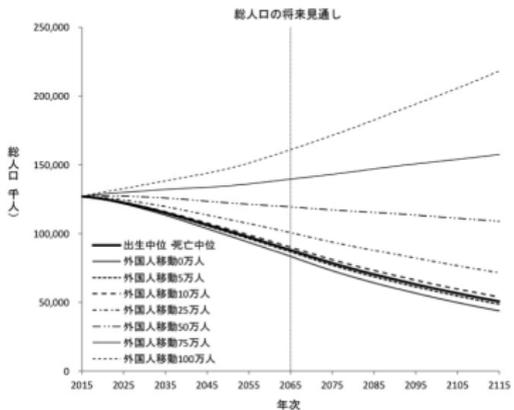


分析結果：出生率水準の変化による将来人口の感応度



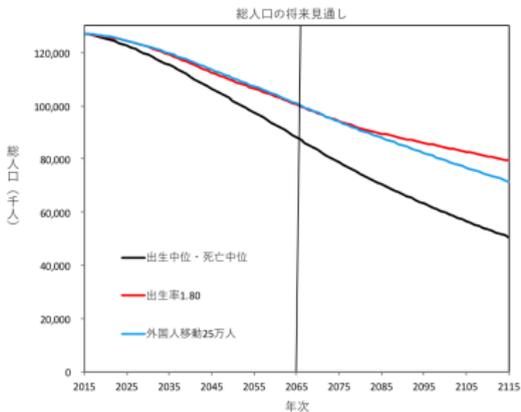


分析結果：外国人移動水準の変化による将来人口の感応度



将来人口と公的年金財政

- 公的年金財政に人口の年齢構成が与える影響は、生産年齢人口に対する老年人口の比を表す、**老年従属人口指数**（例えば20～64歳人口に対する65歳以上人口の割合）で見ることが可能。
- 出生率のレベル、外国人の国際人口移動のレベルの変化が公的年金財政に与える影響を比較するため、条件付推計結果による老年従属人口指数の違いを観察する。
- 条件付推計では、2065年の出生率を1.80まで高めるケースと、2035年における毎年の外国人純移入を25万人まで高めるケースについての反実仮想シミュレーションが行われており、両者の総人口は概ね同レベルで推移するため、この両者を比較対象とする。

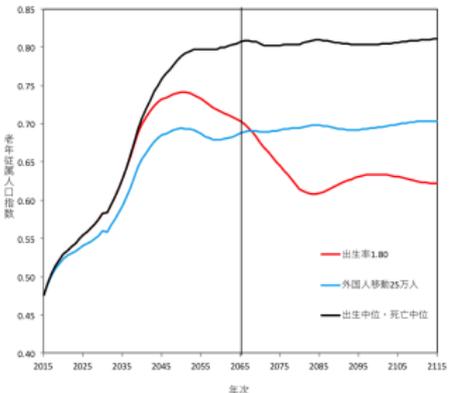




出生・移動のレベルと老年従属人口指数

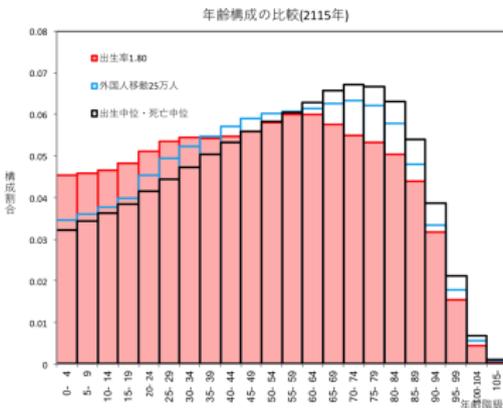
- 外国人移動のレベルが高いケースでは老年従属人口指数は中位仮定に比べて直ちに低下を始めるが、出生レベルの高いケースでは低下までに時間を要し、2065年時点では外国人移動のレベルが高いケースの方が老年従属人口指数は低い。
- その後、外国人移動のレベルが高いケースでは老年従属人口指数の低下はそれほど大きくないのに対し、出生レベルの高いケースでは老年従属人口指数が低下を継続し、2115年時点では出生レベルが高いケースの方が老年従属人口指数が低い結果となる。これは、移入した外国人が高齢化することにより長期的に老年世代の増加を引き起こすことによるものである。

老年従属人口指数の見通し



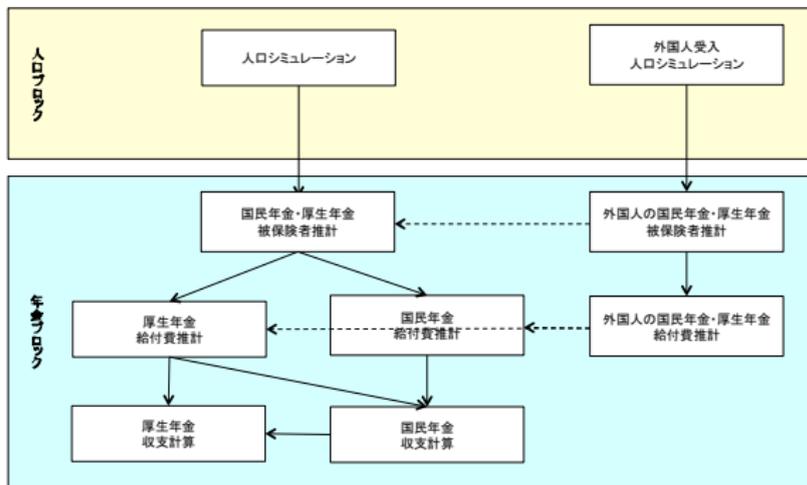
出生・移動のレベルと長期的な年齢構成

- また、両者が長期的な人口の年齢構成に与える影響も異なっている。移入した外国人の高齢化の効果により、出生レベルの高いケースよりも外国人移動レベルの高いケースの方が高齢化した年齢構成となっている。
- ただし、出生中位・死亡中位と比較すると年少人口の割合も若干高くなっている。これは、外国人女性の出生行動により新たな支え手世代が生み出されている効果である。
- 出生や移動のレベルの違いが長期的な将来人口に及ぼす影響は大きく異なっている。人口問題は**長期的**に考えることが重要である。



国際人口移動が公的年金財政に与える影響評価

- 将来人口推計を用いたシミュレーション例: 石井太・是川夕 (2015) 「国際人口移動の選択肢とそれらが将来人口を通じて公的年金財政に与える影響」
- 外国人受入れ及びその公的年金制度適用に関する複数の前提条件の下に、外国人人口受入れによる将来人口の変化について仮想的シミュレーションを行い、公的年金に与える財政影響に関して人口学的観点からの分析を行ったもの。
- 評価を行うスキームの全体像を示したものが以下の図である。



外国人受入れに関するパターン・ケース分け

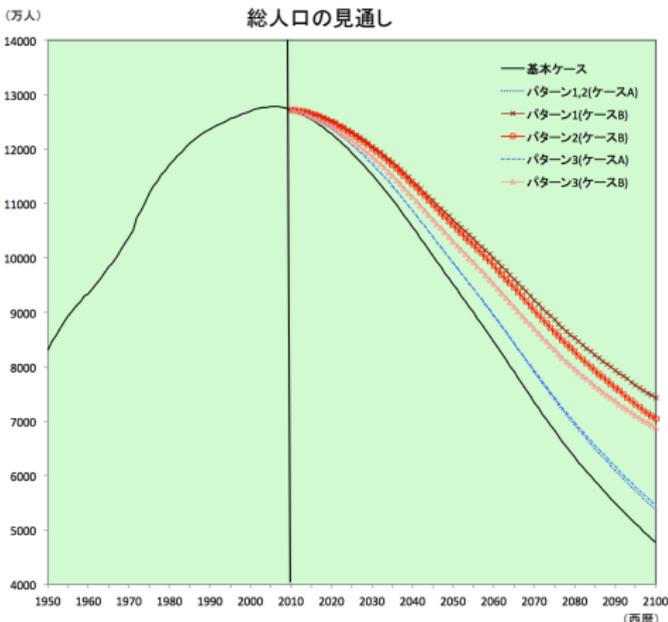
- 外国人受入れに関するパターン・ケース分けを示したものが下記の表である（詳細については参考資料を参照されたい）。

外国人受入れに関するパターン・ケース分けと厚生年金の所得代替率推計結果

				ケース					
				厚生年金で受入れ			国民年金で受入れ		
				受入れ外国人のみ	帯同者・第2世代あり		受入れ外国人のみ	帯同者・第2世代あり	
政策受入れのパターン	外国人女性出生パターン			A	B1 (第2世代 低賃金)	B2 (第2世代 高賃金)	A'	B'	
	国籍	合計出生率	平均出生年齢						
パターン1: 男性労働者(低賃金)	ブラジル	1.22	29.4	53.9	57.2	57.7	50.2	51.7	
パターン2: 男性労働者(高賃金)	中国	0.88	32.3	54.9	58.2	58.5	50.2	51.4	
パターン3: 女性労働者(低賃金)	フィリピン	1.42	29.2	53.0	55.4	56.0	50.1	51.0	

総人口の推計結果

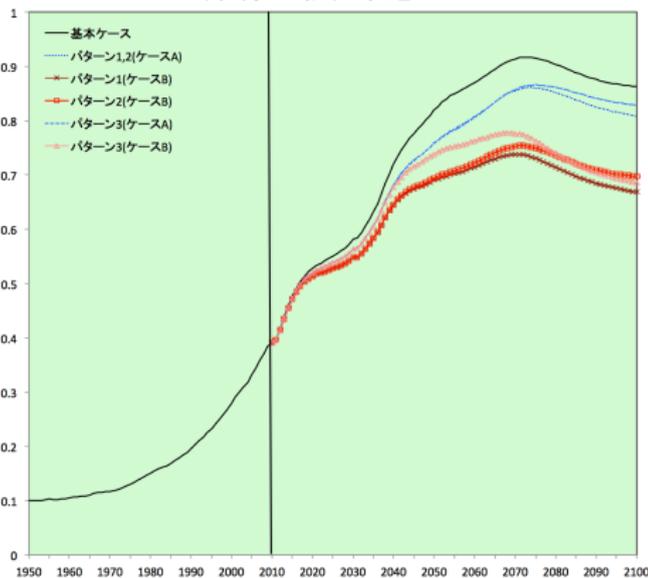
- ケース A では政策的に受入れた外国人労働者の分だけ総人口が増加する。
- ケース B では配偶者等の帯同に加え、**第2世代**が影響を与える。パターン 2 では出生水準がパターン 1 よりも低いことが起因し、両者に長期的な人口の規模に差が生じる。パターン 3 では配偶者等の帯同がないにも関わらず、高出生水準による第2世代以降の再生産がそれを補っている。



老年従属人口指数の推計結果

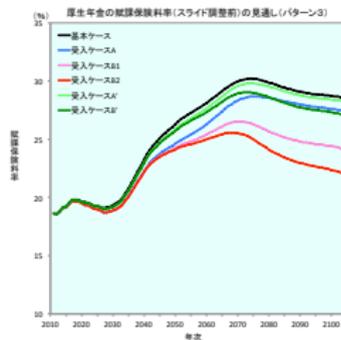
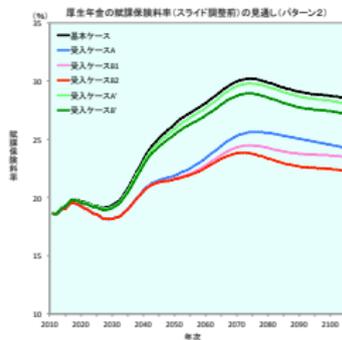
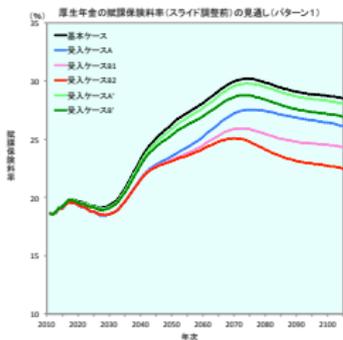
- ケース A では政策的な労働者の受入れによる分母人口の増加を受け、直ちに基本ケースに比べて低下するが、**移入した外国人の高齢化**によって長期的にはその効果が薄まる。
- ケース B のパターン 1, 2 では、政策的な男性労働者の受入れに加えて配偶者等の帯同の効果があり、受入れ直後の低下幅も大きく、さらに長期的には**第 2 世代以降の誕生**による効果もある。パターン 3 では、第 1 世代の配偶者等の帯同がないものの、長期的には高出生水準等により低下幅が大きくなっている。

老年従属人口指数の見通し



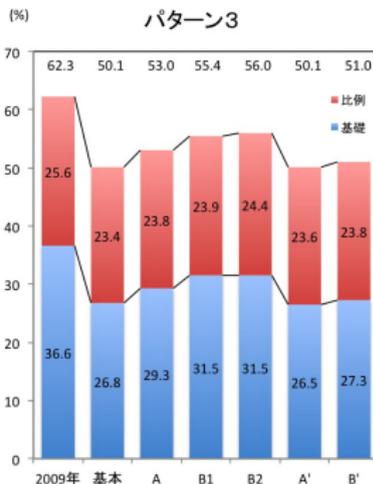
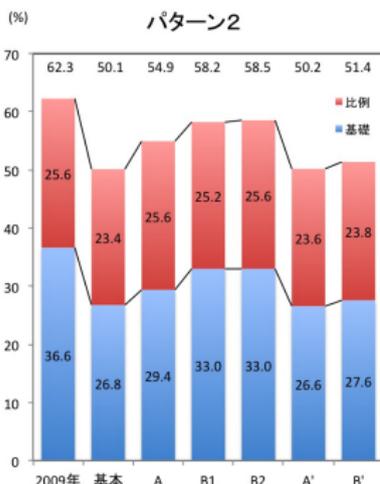
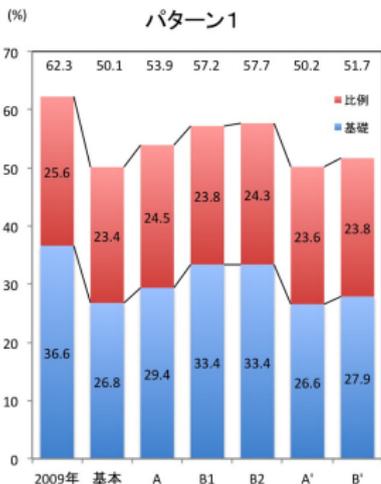
賦課保険料率 (マクロスライド調整前) の見通し

- 厚生年金の財政状況をマクロ経済スライドによる給付調整を行う前の賦課保険料率により比較した。
- 厚年グループで適用するケースである、受入れケース A, B1, B2 と基本ケースの賦課保険料率の関係を見てみると、老年従属人口指数の動向との類似性が観察できる。すなわち、ケース A, B1, B2 とともに外国人労働者の受入れの開始に伴い、賦課保険料率は基本ケースに比べて直ちに低下する効果が見込めるが、ケース A では移入した外国人の高齢化によって、長期的にはその効果が薄まっていく。一方、ケース B1, B2 では、第 2 世代以降が長期的に賦課保険料率を低下させる効果を持つ。さらに、B2 では第 2 世代以降が高賃金となることから、引き下げ効果はさらに大きい。



所得代替率への影響

- 所得代替率の結果を示したものが以下のグラフである。厚生年金で適用を行うケースでは、基礎年金の所得代替率は大きく上昇しており、外国人を受け入れて厚生年金で適用することは基礎年金水準低下問題に対応する効果もある。



- 1 日本の将来人口推計
 - 日本の将来推計人口（平成 29 年推計）による将来の人口のすがた
- 2 将来人口推計の考え方・手法と仮定設定
 - 公的将来人口推計の方法論
 - 基本的枠組みと基準人口
 - 出生仮定
- 3 長寿化の進展と死亡率推計
 - 長寿化と疫学的転換
 - 死亡モデル
 - 社人研死亡率推計の変遷
 - 線形差分 (LD) モデルとその応用
 - 生命表の将来推計
- 4 仮想的人口シミュレーションの応用
 - 国際人口移動仮定と条件付推計
 - 条件付推計の応用
 - 国際人口移動が公的年金財政に与える影響評価
- 5 将来人口推計とその応用
 - 将来人口推計とその応用
- 6 (参考資料) 公的年金財政影響評価の詳細
 - 人口ブロック
 - 年金ブロック

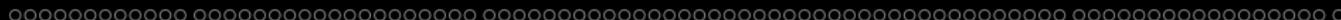
将来人口推計とその応用 (1)

- 公的な将来人口推計は、過去から現在に至るまでに観測された人口学的データの傾向・趨勢を、可能な限り客観的・中立的に将来に向けて映し出す**人口投影**に基づく。したがって、推計結果は、これまで社会が歩んできた方向から自然に導かれる行き先を指し示したものと考えることができる。
- 投影結果に仮に望ましくない点があったとすれば、それを見て、現在の趨勢を変える行動を起こすことや、これまでとは異なる選択をすることも可能となる。このように、人口投影とは、未来を予言・予測することを第一目的としない将来推計という一見逆説的なものであるからこそ、私たちの未来の行動を改善するための材料として利用でき、政策的応用が可能。
- 投影結果は推計時点までに利用可能なデータや選択されたモデルを前提として導きだされたものであり、それ以降の予期せぬ事態の発生や新たな行動の変化によって、実際の将来は投影結果から乖離しうる。これは**未来は変えうる**、ということを示す一方で、将来推計が**不確実性**から逃れることはできないことをも示している。
- 「日本の将来推計人口（平成 29 年推計）」では、前提の変化に伴う結果の不確実性を示す観点から、出生・死亡にそれぞれ3通りの仮定を置き、これに基づく9通りの推計結果を示している。将来の人口規模・構造の推計結果は仮定の違いにより異なる一方、例えば出生仮定の違いにかかわらず人口が長期的に減少する基調に変わりはない (p.7)。このように、人口動向にはすぐには変えられない部分があることや、インパクトの大きさが将来の時点や年齢等によって異なるなど、複雑な特性を有する。
- 人口問題は、このような将来人口推計や人口動向が持つ複雑な特性の理解に立脚しつつ、将来の人口規模・構造に与える影響を踏まえ、**長期的な視野に立って定量的に議論**することが極めて重要である。

将来人口推計とその応用 (2)

- 複数の前提条件の下に、外国人口受入れによる将来人口の変化について仮想的シミュレーションを行い、公的年金財政に与える影響に関する人口学的観点からの分析を見た。
- 外国人労働者受入れに関する議論は、当面の労働力不足を補うだけの短期的視点で行われることがあるが、受け入れた外国人は将来、**高齢化**して年金等の受給者に回る一方で、家族呼び寄せや出生行動等は新たな社会保障の**支え手を生み出す**原動力ともなっている。
- 受け入れる外国人の特性や出生水準、適用する年金制度によって、将来人口や公的年金財政への影響は異なる。特に、受け入れた外国人を厚生年金へ適用する場合、基礎年金の水準低下幅の拡大が抑えられることから、基礎年金水準低下問題に対する効果がある。このように、外国人労働者の受入れの公的年金財政への影響については、**長期的な**観点に立った**定量的評価**を行うことが具体的な施策の議論にとって重要である。
- 外国人の受入れについては年金だけではなく、教育や治安の問題、また、文化的側面など、多様な角度からの議論も必要であることにも注意が必要である。そのような幅広い観点からの議論を行うための一つの基礎資料として、公的年金の定量的な長期シミュレーション結果は有用なものとなる。
- わが国の人口と社会が将来どのような形として実現されるかは、これからの私たちの**行動と決断**にかかっている。そのための基礎資料として、将来人口推計や長期的シミュレーションが有効に活用されることが望ましい。

- ① 日本の将来人口推計
 - 日本の将来推計人口（平成 29 年推計）による将来の人口のすがた
- ② 将来人口推計の考え方・手法と仮定設定
 - 公的将来人口推計の方法論
 - 基本的枠組みと基準人口
 - 出生仮定
- ③ 長寿化の進展と死亡率推計
 - 長寿化と疫学的転換
 - 死亡モデル
 - 社人研死亡率推計の変遷
 - 線形差分 (LD) モデルとその応用
 - 生命表の将来推計
- ④ 仮想的人口シミュレーションの応用
 - 国際人口移動仮定と条件付推計
 - 条件付推計の応用
 - 国際人口移動が公的年金財政に与える影響評価
- ⑤ 将来人口推計とその応用
 - 将来人口推計とその応用
- ⑥ **（参考資料）公的年金財政影響評価の詳細**
 - 人口ブロック
 - 年金ブロック



人口ブロック (1)

- 国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口」(平成 18 年 12 月推計)の仮定値及び推計結果を利用し、さらに以下のような前提の下に外国人労働者を政策的に受け入れたとして将来人口の仮想的シミュレーションを実行。
- 政策的に労働者として受け入れる外国人は、
 - ① パターン 1: 男性労働者 (低賃金)
 - ② パターン 2: 男性労働者 (高賃金)
 - ③ パターン 3: 女性労働者 (低賃金)の3パターンとし、男女とも年齢は 18~34 歳に限定した。
- 受け入れる外国人労働者の規模については、毎年 10 万人 (2011 年以降) を基本ケースとして設定。
- 受入れ外国人労働者の年齢分布については、国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口」(平成 24 年 1 月推計)における 18~34 歳の外国人入国超過年齢分布を利用。

人口ブロック (2)

- 一般的に移入した外国人は、滞在長期化・家族呼び寄せ・現地での家族形成などの過程を経て定住化していくとされる。
- この研究においては、単純に政策的に外国人労働者のみを受け入れ、彼らが定住すると考えるケース「受入れケース A」に加え、さらに、配偶者等の家族の帯同・呼び寄せ、また、第二世代の誕生などを前提とする「受入れケース B」という複数のシナリオを設定。ただし、パターン1とパターン2については、配偶者等の家族の帯同・呼び寄せを考えるが、パターン3については、配偶者は日本人男性であると仮定し、配偶者等の家族の帯同・呼び寄せは行わないこととした。したがって、同じ「受入れケース B」であっても、パターン1とパターン2については第1世代として移入するレベルが「受入れケース A」よりも大きいのに対し、パターン3については同じであり、両者の移入レベルが異なることに注意が必要である。
- 受入れケース B については、男性労働者の受入れの場合、配偶者の帯同・呼びよせとして、毎年受入れ外国人男性に対し、82.5% (2010年の国勢調査に基づく男性の53歳時点での未婚率の補数) の18~34歳の女性が同時に入国することを仮定。

人口ブロック (3)

- 出生パターンの変化は長期の出生動向に大きな影響を及ぼすことから、国際人口移動の選択肢に応じてこのような出生パターンの変化を織り込むことが人口学的には望ましい。そこで、この研究では、先に設定した3つのパターンに応じて、外国人女性の出生率に変化を持たせている。
- パターン 1 (男性労働者 (低賃金)) については、現在、製造業等に多いと考えられるブラジル国籍の出生パターンとすることとした。ブラジル国籍の合計出生率は 1.22 と日本人よりもやや低いが、平均出生年齢は 29.4 であることから出生タイミングは日本よりも早いものとなっている。
- パターン 2 (男性労働者 (高賃金)) は知的労働者等に多いと考えられる中国国籍の出生パターンとした。中国国籍の合計出生率は 0.88 と日本人よりもかなり低く、平均出生年齢も 32.3 と晩産化が進んだパターンとなっている。
- パターン 3 (女性労働者 (低賃金)) は、介護労働などを念頭にフィリピン国籍の女性パターンを利用することとした。フィリピン国籍の合計出生率は 1.42 であることから日本よりもやや高く、また、平均出生年齢も 29.2 と日本よりも早いパターンとなっている。

年金ブロック (1)

- 年金の財政影響評価に当たっては、厚生労働省年金局から公開されている平成 21 年財政検証システムを基本とし、これに外国人労働者を受け入れた場合の影響を評価できるようなモジュールを独自に開発して加えることによってシミュレーションを実行。
- 公的年金に関しては、平成 21 年財政検証以降、社会保障・税一体改革に関連していくつかの法改正がなされていること、また、新たに平成 26 年財政検証が行われているが、論文執筆当時には平成 26 年財政検証システムはまだ公開されていなかったこと、一方で、この研究が目的としているのは、外国人労働者を受け入れたとした場合に公的年金がいかなる影響を受けるかを評価することであることから、平成 21 年財政検証結果を基礎ケースとして評価を行っている（将来人口推計は平成 18 年推計ベース）。
- 現在、短期に滞在した外国人に対しては国民年金、厚生年金から脱退一時金を請求することができる他、15 カ国間（2015 年 5 月現在）との間で、保険料の二重負担防止及び年金加入期間の通算の観点からの社会保障協定が締結されており、現行法においては外国人の年金制度上の取扱いは日本人とは異なる。しかしながら、この研究は本格的に外国人労働者を受け入れ、かつ、彼らが定住化し、家族形成などを行ったとした場合の影響の評価が目的であることから、受け入れた外国人は年金制度上日本人と全く同じ取扱いをするという前提を置いている。

年金ブロック (2)

- 外国人労働者を受け入れ、かつその配偶者等の家族が日本に定住化した場合に彼らが適用される年金制度には様々なケースが考えられる。労働者がフルタイムで働く場合には厚生年金の被保険者として適用されると考えられるが、パートタイマーになった場合には国民年金 1 号被保険者となるケースも考えられる。また、仮に厚生年金適用となったとしても、その配偶者についても様々なケースが想定される。
- この研究では以下のような対照的な二つのシナリオを想定している。
 - 受入れケース A, B: 受け入れた外国人労働者 (18~64 歳) は全て厚生年金に適用されると考えるケース。受入れケース B では、第二世代以降の男性を厚生年金適用とし、男性労働者を受け入れた場合の第一世代女性配偶者、また、第二世代以降の女性については全て国民年金 3 号被保険者 (20~59 歳) となるものとする。
 - 受入れケース A', B': 受け入れた外国人労働者 (20~59 歳) は全て国民年金 1 号になると考えるケース。受入れケース B' では、第二世代以降の男性、配偶者やその子世代の女性についても全て国民年金 1 号被保険者 (20~59 歳) となるものとする。
- 実際には受け入れた外国人労働者は両ケースの間になると考えられることから、年金制度への財政影響についても、この両ケースの結果からある程度類推することが可能。
- 賃金プロファイルについては、第一世代については、パターン 1 は男性中卒 (低賃金)、パターン 2 は男性大卒 (高賃金)、パターン 3 は女性中卒 (低賃金) とした。
- 受入れケース B における第二世代以降の男性については、低賃金 (B1) と高賃金 (B2) の 2 通りの前提に基づいてシミュレーションを行った。