
特 集 II

わが国の長寿化の要因と社会・経済に与える影響に関する人口学的研究 (その2)

日本版死亡データベースの人口分析への応用

石 井 太

「日本版死亡データベース (JMD)」は、国際的な死亡データベースである Human Mortality Database (HMD) の方法論を基礎としつつ、国際比較可能性を阻害しない範囲で、日本の死亡状況により適合させる改善を行った、死亡研究に最適化された生命表のデータベースである。また、HMD では提供されていない都道府県別の生命表データベースも提供されていることから、わが国の地域別死亡状況の分析も可能となっているという特色がある。

本研究は、JMD が死亡分析を行う上で有している有効性を明らかにするとともに、JMD の人口分析への応用可能性および発展性を示すことを目的とするものであり、死亡分布の位置やばらつきを生命表関数を用いて表す指標の長期系列の推定、都道府県別死因別死亡確率の年次推移とそれを用いた都道府県別死亡構造の分析、また、JMD の都道府県別リスク対応生存延べ年数を都道府県別出生指標に応用することについて示した。JMD は本研究で示したような分析をより容易に実行可能としたことなどを通じ、わが国の人口学的分析の発展に大きく寄与するものと考えられる。

はじめに

「日本版死亡データベース (JMD)」は、国際的な死亡データベースである Human Mortality Database (HMD) の方法論を基礎としつつ、国際比較可能性を阻害しない範囲で、日本の死亡状況により適合させる改善を行った、死亡研究に最適化された生命表のデータベースである (石井 2015)。また、HMD では提供されていない都道府県別の生命表データベースも提供されていることから、わが国の地域別死亡状況の分析も可能となっているという特色がある。

一般に、統計部局等が作成する生命表は、時宜にかなった国民の死亡状況測定として意義が高いと考えられるものの、必ずしも同一の形式で作成されているとは限らず、また、他国の生命表と比較する場合にも形式や作成方法などについて違いが出ることは避けられない。わが国の公式生命表についても、国勢調査年に作成される完全生命表とそれ以外の年の簡易生命表は必ずしも作成方法や表章方法が同一ではないことや、時代によって作成方法に違いがあることもあり、必ずしも死亡分析に最適化されているとはいえない面も存在している。

本研究は、JMD が死亡分析を行う上で有している有効性を明らかにするとともに、JMD の人口分析への応用可能性および発展性を示すことを目的とするものである。

I 背景と先行研究

生命表では生命表関数と呼ばれる年齢の関数を用いて死亡状況が表されている。これらの生命表関数はそれぞれの年齢における死亡の状況を詳細に示すものであるが、JMDの全国ベースの最も細かい生命表では「1年×1歳」単位で生命表関数が示されており、膨大な量の関数値が与えられていることになる。このうち、 d_x （死亡数）は生命表上の死亡分布を表す確率密度関数と考えられることから、この分布の位置やばらつきを表す代表値などの指標によって情報を集約することがしばしば行われる。生命表関数でもある e_0 は、 d_x を確率密度関数と見た時の平均値（期待値）であり、分布の位置を表す代表値である。この他、分布の位置を示す代表値としては、中央値（メディアン）と最頻値（モード）があるが、このうち中央値は公式生命表では「寿命中位数」と呼ばれ、報告書等においても表章されている。また、近年では、最頻値である「死亡最頻値年齢（Modal Age at Death）」も長寿化の指標として注目がされるようになってきている（Horiuchi et al. 2013）。

一方、死亡分布のばらつきを表す代表値は、生存数曲線の矩形化の度を測る観点から研究がなされてきた。Wilmoth and Horiuchi（1999）は、生存数曲線の矩形化や死亡分布のばらつきを評価する10種類（Fixed Rectangle, Moving Rectangle, Fastest decline, Sharpest corner, Quickest plateau, Prolate index, Interquartile range (IQR), Standard deviation, Gini Coefficient, Keyfitz's H）の指標を比較し、これらの間の相関が強いことを示して主にIQR（四分位偏差）を用いて分析を行った。この他にも、水平化・垂直化・長寿化の3指標を用いたCheung et al.（2005）、 SD_{10} （10歳以上の標準偏差）を用いたEdwards and Tuljapurkar（2005）、 C_{50} （死亡分布の50%を含む最小区間の幅）等による評価を行ったKannisto（2006）などが先行研究の例として挙げられる。

このような生命表から得られる指標は、死亡状況を集約して示すことが可能であり、時間的・空間的比較にも有用である。本研究においては、このような指標を作成する上でのJMDの有効性について示す。

JMDのもう一つの有効性は、HMDにはない都道府県別の生命表を同形式で提供している点にある。都道府県別生命表は公式生命表としても1960年以降、国勢調査年に作成されているが、作成方法や表章方法は年次によって必ずしも同一ではない（石井 2003）。特に、死因分析については、1975年以降について生命表関数を用いて行われているが、死因別死亡確率は1980年と1985年の報告書には掲載されていない。また、報告書に掲載されている時系列表以外にも、単一年の都道府県別生命表の解析や、連続する二つの年次の平均余命の伸びなどに関する分析が行われたものはあるが、長期的な死亡状況を生命表関数を用いて分析したものはこれまで多くないといえる。そこで、本研究においては、長期的な死因別死亡確率の推移をJMDを用いて示すとともに、死亡分析以外への発展可能性として、JMDにおいて示されているリスク対応生存延べ年数を用いた都道府県別の出生指標

への応用を示すこととする。

II データと方法

前節で述べたように、生命表から指標を作成し、時間的・空間的比較に用いるためには、いくつかの望ましい要件が挙げられる。第一は、生命表が統一的な作成方法に基づいていることである。生命表をその指標の精度まで考慮して比較するためには、一般的な人口指標で必要となる入力データの一次統計としての精度評価に加え、一次統計を生命表へと加工する過程が指標にもたらす影響評価も必要である。例えば、一国のある年齢の生命表上の死亡率を他国と比較する場合、基となった一次統計の精度評価に加え、生命表においては、その死亡率の推定に用いられたデータ加工の過程、例えば、死亡率算定の分母の選択（中央人口か生存延べ年数か）、死亡データの年齢の誤報告などの取扱い（データ修正の有無やその方法）、死亡率の平滑化の取扱い、高齢死亡率の数学的関数による当てはめの取扱い、などの様々な行程の影響も考慮が必要となる。したがって、生命表の国際比較、時系列比較をより厳密に行うためには、生命表作成方法に対しても統一的な取扱いが必要となる。第二に、生命表が同一の形式で提供されていることである。年齢階級や作成基礎期間、また、年齢の上限などが異なる生命表については、比較にあたってこれらを揃える必要がある、ここでさらに加工の行程が生じる場合がある。特に、年齢の上限が十分でない場合には開放区間を年齢別に分解する必要が生じるため、この取扱いも結果に影響を及ぼす可能性が存在する。

ここで、特に第二の点について、死亡分布の位置の代表値である死亡最頻値年齢、及び、ばらつきの代表値である SD_{10} 、Keyfitz の H (Life Table Entropy) を例として採り上げて考えることとする。本研究では、死亡最頻値年齢について、Kannisto によって提案された二次関数近似を用いる方法 (Canudas-Romo 2008) によって算出を行う。なお、一般に、死亡最頻値年齢は、生の d_x から求めることが難しいことから、平滑化法が用いられることが多い。Horiuchi et al. (2013) は P-spline によるノンパラメトリック平滑化を用いて死亡最頻値年齢の評価を行っている。本研究においては、死亡最頻値年齢の評価をするときのみ、まず Greville (1981) による 3 次 9 項の平滑化法を m_x に適用し、平滑化された m_x から d_x を推定しなおして評価を行うこととする。

次に、ばらつきの指標を考える。まず、 SD_{10} は 10 歳以上の d_x の分布の標準偏差であるが、一般に x 歳での生存数 l_x について、区間 $[x, x+1)$ における死亡者 ${}_1d_x$ の当該区間における平均生存年数は ${}_1a_x$ であることから、 SD_{10} を生命表を用いて算定するためには、10 歳以上の l_x 、 ${}_1d_x$ 、 ${}_1a_x$ の関数値が必要となる。

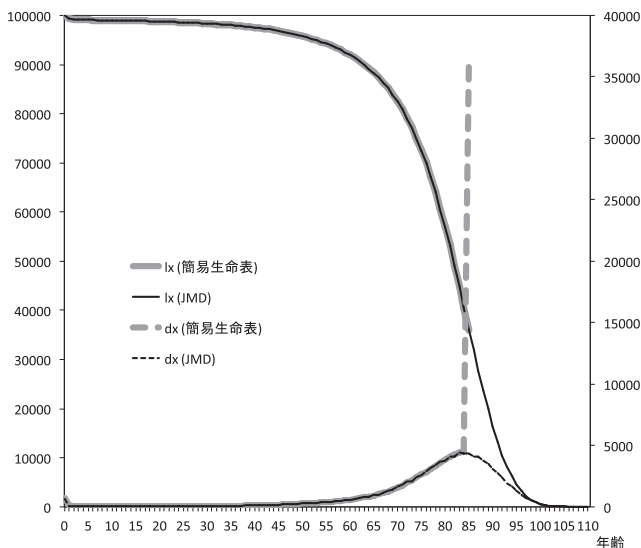
一方、Keyfitz の H は $l(0)=1$ として次式で定義される指標である。

$$H = -\frac{\int_0^\omega [\log l(a)] l(a) da}{\int_0^\omega l(a) da} = -\frac{\int_0^\omega [\log l(a)] l(a) da}{e_0}$$

この式に基づいて Keyfitz の H を算出するにあたっては、やはり全年齢に関する l_x の値が必要となる。

ここで、これらの算出の基礎となる l_x , d_x について、1979年女性の場合の両関数を、簡易生命表と JMD を比較して図 1 に示した。1979年以前の簡易生命表では85歳以上が開放区間となっていることから、灰色で示した簡易生命表のグラフでは、 l_x が85歳で途切れるとともに、 d_x も85歳以上が一括となり大きい値を示していることがわかる。

図 1 生存数 l_x , 死亡数 d_x の比較 (簡易生命表と JMD, 1979年女性)



この数値から死亡最頻値年齢を求める場合、簡易生命表では d_x のピーク近辺で年齢の上限に達してしまっており、開放区間を年齢別に分解しなければ算出が難しいことがわかる。また、その分解法によって死亡最頻値年齢が影響を受ける可能性がないとはいえない。一方、分布のばらつきを表す SD_{10} や Keyfitz の H についても l_x , d_x の開放区間の分解が必要であり、同じく分解法の違いによる指標への影響が考えられる。一方、JMD の生命表は全ての表で年齢の上限は110歳となっており、年齢上限における d_x , l_x の値は小さいものとなっていることから、このような影響は限定的なものとなっている。このように、JMD を利用することによって、全ての年次で同様の品質で死亡分布に関連する指標を示すことが可能となるのである。

次に、都道府県別死因分析について述べる。本研究では、JMD で提供されている都道府県別生命表と人口動態統計の死因統計を組み合わせる生命表上の死因別死亡確率を算出し、1980年以降の推移を観察する。都道府県別生命表は、JMD の「5歳×5年(センサス中心)」表を基礎とし、作成基礎期間が5年となっている1978～1982年、1983～1987年、…、2008～2012年の7期間の生命表を用いた。なお、結果の表章については、中心となっているセンサス年で期間を表示することとした。また、これらの期間に対応する都道府県

別・年齢階級別死因別死亡数を用いて、 ${}_nR_x^i$ ：年齢 $[x, x+n]$ における年齢階級死因 i 割合を算定し、

$$l_{x^*}^i = \sum_{x=x^*}^{\infty} {}_n d_x \cdot {}_n R_x^i$$

により、死因別死亡確率を算出した (Preston et al. (2001), p.76). 本研究では、 $x^* = 0$ の場合、すなわち、0歳の者が生命表に従って死亡するとした時に死因 i で死亡する確率を用いて分析を行うこととする¹⁾。死因については、悪性新生物、心疾患（高血圧性を除く）、脳血管疾患、肺炎の4死因を分析の対象とした。死因分類については、人口動態統計で用いられている死因年次推移分類を用いて分析を行う。

さらに、都道府県別死因構造の特徴の抽出を試みる観点から、これら4死因の死因別死亡確率の都道府県別年次推移を用いて階層的クラスター分析を行い、都道府県のグループ分けを行った。分析には、最遠隣法、ユークリッド距離を用い、男女それぞれ4つのグループへの分類を行った。

III 結果と考察

1. 死亡分布の代表値

JMDによる平均寿命、寿命中位数、死亡最頻値年齢の推移を示したものが図2である。1947年については、平均寿命は男性49.8年、女性53.6年、寿命中位数男性59.2年、女性64.3年に対し、最頻値年齢は男性70.6年、女性75.5年となっている。一方、2012年では、平均寿命は男性79.9年、女性86.4年、寿命中位数男性83.0年、女性89.2年、最頻値年齢は男性86.8年、女性91.6年であり、三者の差は概ね減少傾向にある。特に、2005年以降の女性の指標の動きを見ると、最頻値年齢の増加が弱く、概ね横ばいで推移していることが観察できる。

最頻値年齢の動きについてより詳しく観察するため、5年おきの女性の d_x 関数と、最頻値年齢及びその時の d_x の値を黒丸で示したものが図3である。これを見ると、死亡最頻値年齢は1950年以降堅調に増加するとともに、若年死亡率の減少と相俟って d_x 値を上昇させながら推移してきたが、1990年代において、黒丸が右方向へ強くシフトし、 d_x 値の上昇が抑えられたまま最頻値年齢のみが増加するという特色を有していることが観察できる。一方、2000年代に入ると、最頻値年齢の動きが鈍くなり、 d_x 値の上昇による黒丸の上方向への動きが強くなっていることがわかる。

同じく JMD を用いて線形差分モデル (石井 2013) による分析を行った Ishii and Lanzieri (2013) では、線形差分モデルにおいて死亡の集中化に関連するパラメータ g_t が1980年から2000年にかけて概ね安定的に推移していることから、この期間においては死

1) 死因別死亡確率は、生命表上で各種死因によって起きる死亡の死因別割合 (シェア) を示すものであり、死亡率のような発生率を表すものではないことに注意が必要である。

図2 平均寿命, 寿命中位数, 死亡最頻値年齢の推移

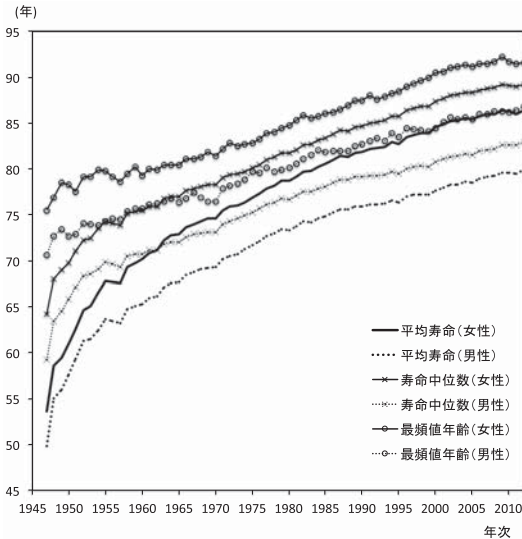
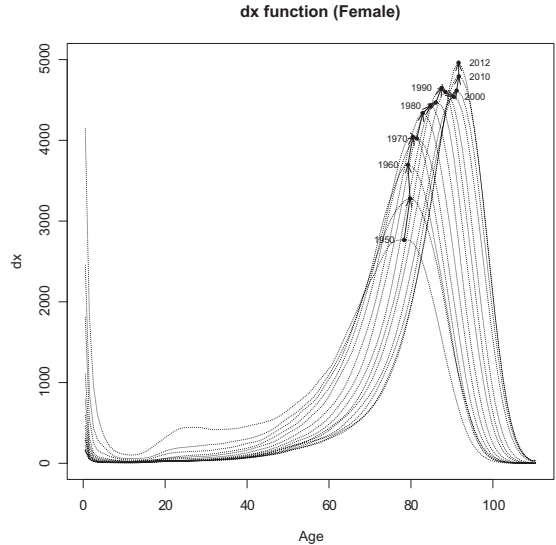


図3 d_x と死亡最頻値の推移



亡の集中化の傾向はあまり強いものではなく、死亡曲線の強い平行シフトの特徴が現れていることを示している。特に、 g_t を詳細に観察すると、1990年代でその傾向はより顕著であることが見て取れる。一方、シフティングに関連するパラメータ S_t は2000年代まで堅調に増加し、死亡曲線が高齢側にシフトしていることを示しているが、2000年代から増加がやや弱くなってシフティングの弱まりを表すとともに、 g_t が減少して死亡の集中化が起きていることが示唆されている。図3における d_x 関数や死亡最頻値の動向は、この線形差分モデルによる分析と整合的であり、特に、2000年代以降において、わが国の女性の死亡動向にそれ以前とはやや異なる兆候が現れていることが示唆されていると考えることができる。なお、このような兆候が今後どうなっていくかについては、JMDを用いた分析を通じ、慎重にデータの動向を見極めていくことが必要であろう。

一方、 SD_{10} と Keyfitz の H を示したものが、図4、5である。Wilmoth and Horiuchi (1999) は、生存数曲線の矩形化や死亡分布のばらつきを評価する指標の間の相関が強いことを示したが、ここでも両者の動きは相関が強いことが観察される。特に、1970年辺りまでに急速に値が減少するのは、古典的疫学的転換に基づいて死亡分布が高齢中心へと移っていくことを反映しているものである。一方で、Keyfitz の H が比較的単調な減少傾向を示しているのに対して、 SD_{10} は1970年以降必ずしも単調には減少しないという違いも観察できる。特に、女性の SD_{10} が1990年代にやや上昇傾向にあるのに対して、2000年代後半で再び減少傾向に戻ることは、先に見た死亡曲線の並行シフトや集中化の傾向を反映しているものと見ることが可能であろう。このように、ばらつきの指標については、大きな傾向としては同様の動きを示す一方、それぞれの指標が持つ固有の特性もあることから、分析目的に応じた指標の選択も重要である。

図4 SD_{10} の推移

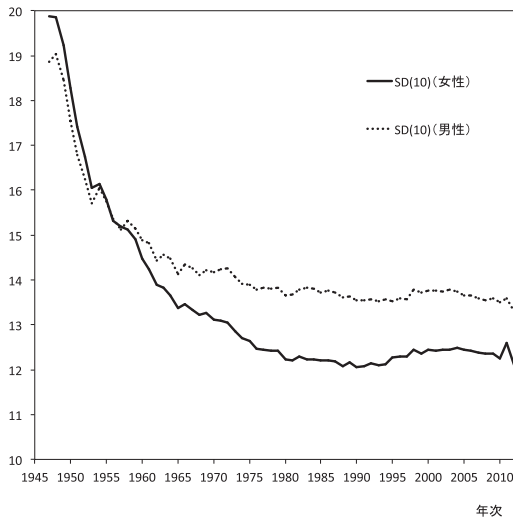
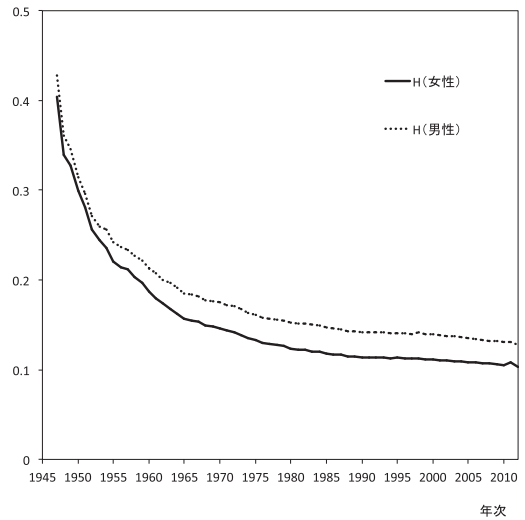


図5 KeyfitzのHの推移



2. 都道府県別死因分析

図6, 7は, 男性の都道府県別の死因別死亡確率の推移を示したものである。男性では悪性新生物 (Hi02) による死亡割合のシェアが大きく, かつ, 近年になるに従って拡大傾向にある。ただし, その増加速度は近年やや遅減しており, シェアが減少に転じている都道府県も存在する。反対に, 概ね減少基調にあるのは脳血管疾患 (Hi06) である。心疾患 (Hi05) については, 1995年にICD-10を導入した際, 死亡診断書の改定が行われたことによって心疾患による死亡数が大きく減少するという不連続性が生じていることから, 年次推移の傾向を見る時には注意が必要であるが, この改定の影響を受けない2000年以降については概ね一定程度の推移と見ることができる。肺炎 (Hi07) については1980年には低いシェアであったのに対し, 次第にシェアを拡大し, 近年では脳血管疾患や心疾患と同じレベルとなっていることが観察される。

一方, 図8, 9は, 女性の都道府県別の死因別死亡確率の推移を示したものである。女性の死因別死亡確率を男性と比較すると, 悪性新生物 (Hi02) による死亡割合のシェアが男性よりかなり低いのに対し, 脳血管疾患 (Hi06) と心疾患 (Hi05) のシェアが高いという特徴が見られる。一方, 肺炎 (Hi07) については男女とも同程度のシェアとなっている。年次推移を見てみると, 悪性新生物 (Hi02) は男性と同様増加傾向にあるが, 全般的に男性よりも増加は緩やかなものとなっている。また, 脳血管疾患 (Hi06) についても男性同様, 減少基調にあることが観察できる。心疾患 (Hi05) については, 男性のところでも述べた通り年次推移の観察に注意が必要であるが, 概ね男性と同様の傾向が見られるといえる。肺炎 (Hi07) についても, 男性と同様, 1980年から次第にシェアを拡大する傾向にあり, 直近では, 多くの都道府県で脳血管疾患 (Hi06) と近いレベルにまで到達していることが観察されるが, 男性と異なり, 心疾患 (Hi05) のシェアに並ぶ都道府県は少ない。

図6 死因別死亡確率の推移（男性）

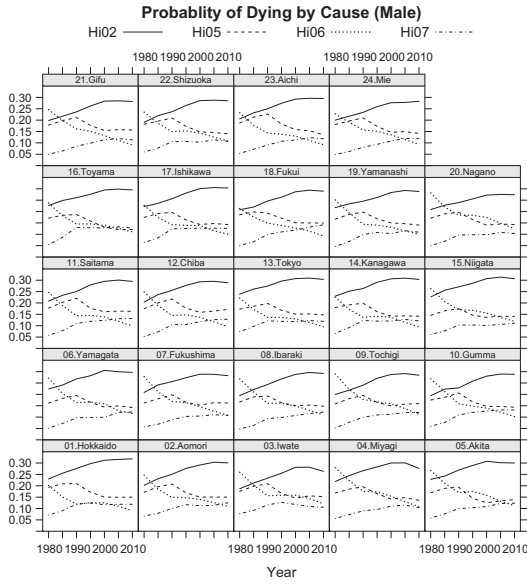


図7 死因別死亡確率の推移（男性）

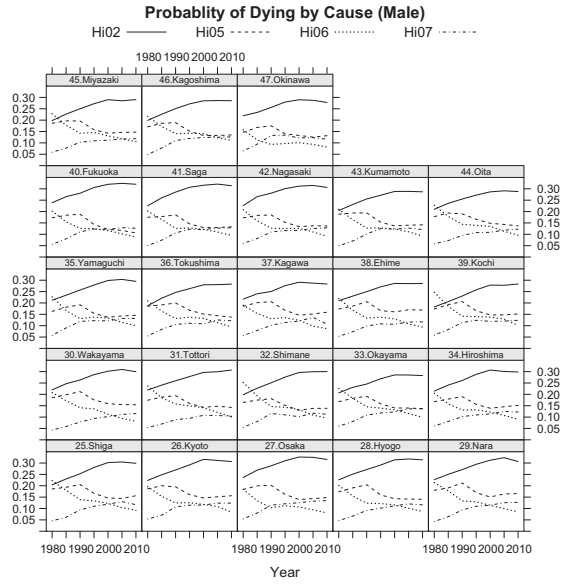


図8 死因別死亡確率の推移（女性）

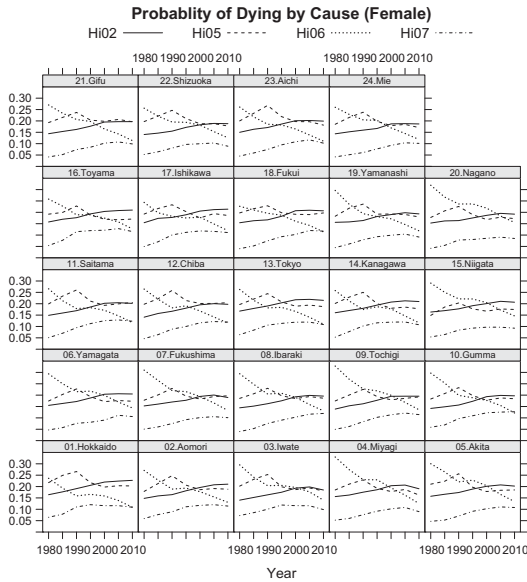
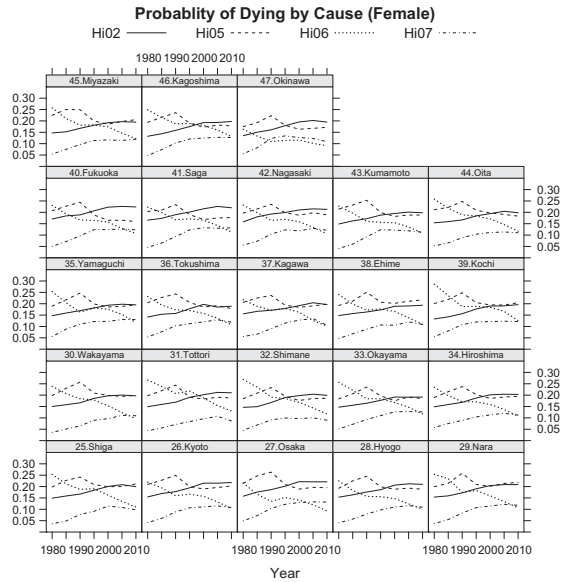


図9 死因別死亡確率の推移（女性）



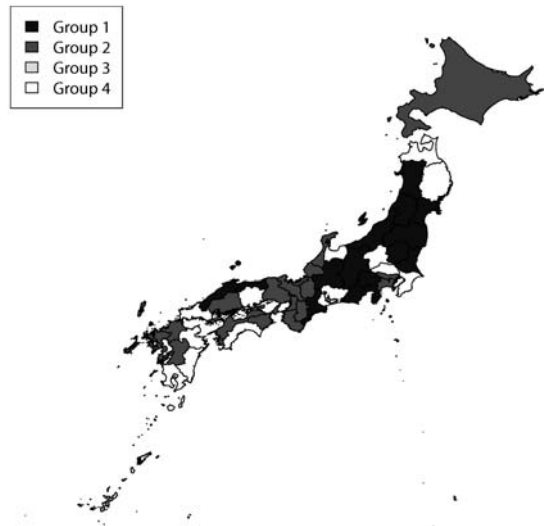
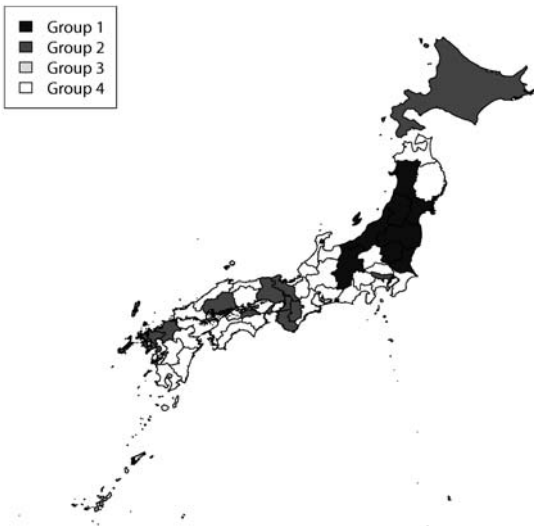
次に、これらの死因別死亡確率から階層的クラスター分析を行った結果を地図に示したものが図10, 11である。男性については、第1グループは宮城、秋田、山形、福島、茨城、栃木、新潟、長野、第2グループは北海道、東京、京都、大阪、兵庫、奈良、和歌山、広島、香川、福岡、佐賀、長崎、第3グループは沖縄、第4グループは青森、岩手、群馬、埼玉、千葉、神奈川、富山、石川、福井、山梨、岐阜、静岡、愛知、三重、滋賀、鳥取、

島根、岡山、山口、徳島、愛媛、高知、熊本、大分、宮崎、鹿児島となった。また、女性については、第1グループは宮城、秋田、山形、福島、茨城、栃木、新潟、山梨、長野、岐阜、静岡、三重、鳥取、島根、第2グループは北海道、東京、神奈川、石川、福井、滋賀、京都、大阪、兵庫、奈良、和歌山、広島、徳島、香川、愛媛、福岡、佐賀、長崎、熊本、第3グループは沖縄、第4グループは青森、岩手、群馬、埼玉、千葉、富山、愛知、岡山、山口、高知、大分、宮崎、鹿児島となった。

男女とも第1グループには東北地方の県が多く含まれているが、特に図6、7で、このグループに属する都道府県の男性の死因別死亡確率を見ると、1980年当時の脳血管疾患(Hi06)のシェアが悪性新生物(Hi02)を大きく上回っているという特徴を有していることがわかる。また、女性についてもこのグループでは1980年当時の脳血管疾患(Hi06)のシェアは大きい。一方、第2グループは北海道、東京の他、近畿圏の府県が多く含まれている。このグループも男性についての図6、7を観察すると、第1グループとは反対に1980年当時の脳血管疾患(Hi06)のシェアが悪性新生物(Hi02)よりも低いという特徴が観察される。また、男女とも第3グループは沖縄県のみから構成され、残りが第4グループに分類される。

図10 死因別死亡確率によるグループ分け (男性)

図11 死因別死亡確率によるグループ分け (女性)

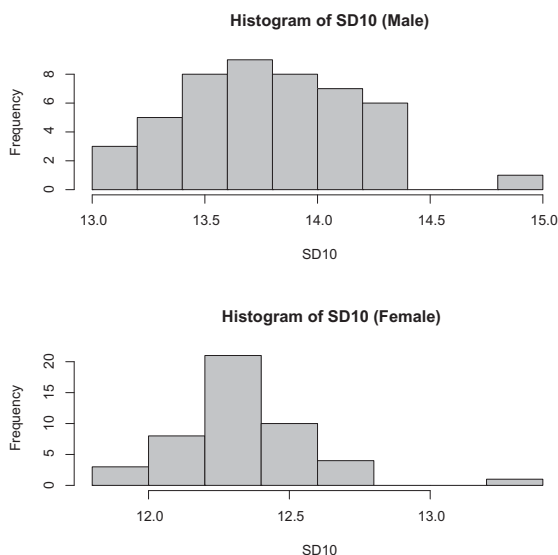


第1グループは、特に男性について東北地方に多く見られるという地理的な傾向を示すことが特徴的であるということができよう。一方、第2グループは、東京・大阪・京都など大都市がある都道府県を含む傾向があるものの、愛知は第4グループに分類されていることから、都市規模だけではなく別の要因も作用している可能性が考えられる。

一方、男女とも沖縄のみが第3グループとして一つのグループに分類される一つの要因としては、4死因で占めるシェアが他の都道府県に比べて低いことが考えられる。沖縄の

死亡率の年齢パターンは、若年層が全国値よりも高いのに対して高齢層では低く、死亡分布のばらつきが大きいという特徴を有している。図12は2005年の都道府県別 SD_{10} の分布をヒストグラムで示したものである。上側は男性、下側は女性を示したものであるが、男女とも他の都道府県から離れて一県だけ高い値を取っているのが沖縄である。このように、沖縄が持つ死亡の年齢パターンの特異性は、各年齢層の死因構造の違いを通じて死因別死亡のシェアの特徴に影響を与えており、これが沖縄が一つの県のみでグループを形成する理由であると考えることができよう。

図12 都道府県別 SD_{10} の分布（2005年，上：男性，下：女性）



3. 都道府県別出生指標

JMD は死亡研究に資する生命表を提供することを第一の目的として作成されているが、ここで推定されている「リスク対応生存延べ年数 (Exposure to risk)」は、人口学的率 (人口動態率, Demographic Rates) の分母となる指標であり、死亡に限らず、様々な人口指標に対して利用することが可能である。現在、公式統計における都道府県別合計出生率では、母の年齢5歳階級別出生数 (日本人) をイベントとし、このリスク対応生存延べ年数の近似として、国勢調査年は5歳階級別10月1日現在日本人人口、中間年は5歳階級別10月1日現在総人口を用いて5歳階級別出生率を算出し、この合計を5倍することによって算出している。しかしながら、詳細な人口分析を行う場合には、より精密な形での推定が必要となる場合がある。例えば、人口学的率の分子に相当する出生数には、日本人女性の出生数と外国人女性の生んだ日本国籍児の出生数の両方が含まれており、精密な観察に際しては分母と分子を統合的に取扱う方が好ましい。また、5歳階級で算出されている出生率についても、各年齢階級内の年齢パターンをより忠実に反映する観点からは、年齢別に算定する方が精密である。さらに、生命表の死亡率の分母にリスク対応生存延べ年数を

使用したように、出生率の分母についても、10月1日現在人口を近似的に用いるより、直接、リスク対応生存延べ年数を使用する方がより年齢パターンを精密に反映できるであろう。JMDの各年・各歳の都道府県別リスク対応生存延べ年数（日本人）を用いることにより、上述の年齢各歳の取扱いと分母のリスク対応生存延べ年数の問題について、一定程度の精密化を図ることが可能となる。

例として、東京都の国勢調査年について、年齢別出生率を推定したものが図13である。ここでは、出生数・リスク対応生存延べ年数とも年齢を各歳としたものを用いている。グラフの中で、実線で示されているのが分母に日本版死亡データベースのリスク対応生存延べ年数を用いたもの、点線で示されているのが分母に10月1日現在日本人人口を用いたものである。ここで、1995年の両者の年齢パターンを比較してみると、20歳代後半のところ、分母に10月1日現在日本人人口を用いた場合、不自然な年齢パターンが生じていることがわかる。これは、この年齢層にひのえうま生まれ世代が含まれることによるものであるが、分母にリスク対応生存延べ年数を用いることによりこの問題が解消され、分母と分子の整合性が向上していることがわかる。

また、この年齢別出生率を合計した合計出生率の推移を示したものが図14である。ここで、実線で示したものが分母にJMDのリスク対応生存延べ年数を用い、分母・分子とも年齢各歳で算定したものである。一方、国勢調査年に表示されている△印は図13に点線で示したものに对应し、分母に10月1日現在日本人人口を用いるが、年齢は各歳で算定したものである。国勢調査年の○印は公式統計同様、分母に10月1日現在日本人人口を用い、分母・分子とも5歳階級で算出したものであるが、○印と△印の乖離からわかる通り、各年齢階級内の年齢パターンも合計出生率に影響を及ぼしていることがわかる。また、×印は公式統計と同様の方法で中間年を算出したものである。

図13 年齢別出生率（東京都）

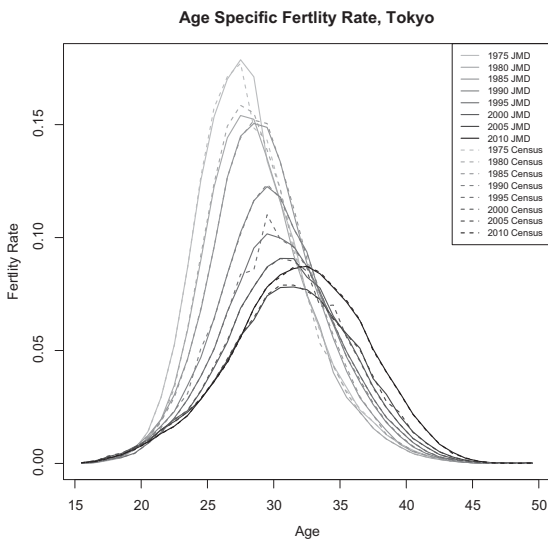
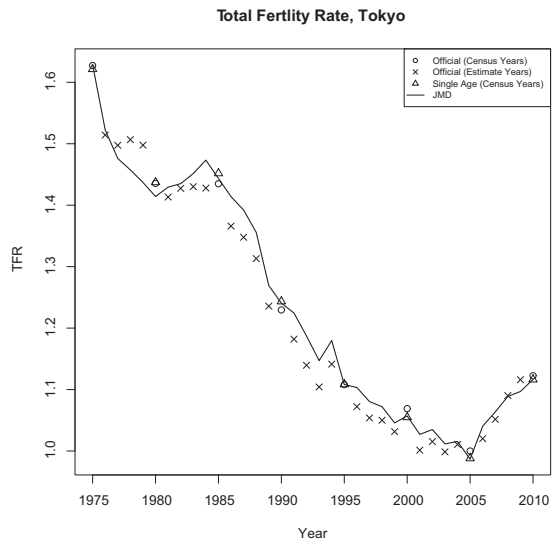


図14 合計出生率（東京都）



このように、都道府県別出生指標に JMD のリスク対応生存延べ年数を利用することにより、出生分析における出生率の推定において一定の精密化を図ることのできる可能性があることがわかる。しかしながら、一方で、このリスク対応生存延べ年数の推計にあたっては、人口移動に関して、場合によってはやや強い仮定が置かれている可能性がある点に留意が必要である。生命表の作成過程を見てもわかるように、一般に、人口分析に用いる人口指標の算出にあたっては、分析目的等に応じて様々な推定が必要とされる場合があるが、このような場合、前提の置き方や推定手法の変更によって、導かれる指標の値は変わりうる性格のものであり、算出された率を確定的なものとして捉えるのは適当ではないことにも注意が必要であるといえよう。

おわりに

本研究は、JMD が死亡分析を行う上で有している有効性を明らかにするとともに、JMD の人口分析への応用可能性および発展性を示すことを目的として、死亡分布の位置やばらつきを生命表関数を用いて表す指標の長期系列の推定、都道府県別死因別死亡確率の年次推移とそれを用いた都道府県別死亡構造の分析、また、JMD の都道府県別リスク対応生存延べ年数を都道府県別出生指標に応用することについて示した。

死亡最頻値年齢の動向からは、1950年以降、最頻値年齢は堅調に増加するとともに、若年死亡率の減少と相俟って d_x 値を上昇させながら推移してきたが、1990年代において d_x 値の上昇が抑えられたまま最頻値年齢のみが増加するという特色を有していることが観察できた。一方、2000年代に入ると、最頻値年齢の動きが鈍くなり、 d_x 値の上昇の動きが強くなっていたが、このような動向は線形差分モデルを用いた分析と整合的であり、特に、2000年代以降において、わが国の女性の死亡動向にそれ以前とはやや異なる兆候が現れていることを示唆しているものと考えられることができることが明らかとなった。

また、都道府県別死因別死亡確率を用いた階層的クラスター分析によって都道府県を4つのグループに分類して特徴を観察したところ、第1グループは、特に男性について東北地方に多く見られるという地理的な傾向を示す一方、第2グループは、東京・大阪・京都などの大都市がある都道府県を含む傾向が観察された。また、男女とも沖縄県のみが第3グループとして一つのグループに分類されるが、この要因として SD_{10} が他に比べて極めて高い値を取っているなど沖縄が持つ死亡の年齢パターンの特異性が、各年齢層の死因構造の違いを通じて死因別死亡のシェアの特徴に影響を与えていることが考えられる。

さらに、都道府県別出生指標に JMD のリスク対応生存延べ年数を利用することにより、出生分析における出生率の推定において一定の精密化を図ることのできる可能性があることが明らかとなり、JMD が持つ死亡分析への応用可能性とともに、死亡分析以外の人口分析全般への発展可能性も明らかとなった。

生命表関数はそれぞれの年齢における死亡の状況を詳細に示すものであり、それ自体極めて豊富な情報が含まれている。しかしながら、本研究で取り扱った代表値など、生命表

関数を加工し、新たな指標を開発することによって死亡の特徴の解明を行うことも人口分析上重要な課題である。そして、このような分析を行うためには、生命表が統一的な作成方法に基づいていること、生命表が同一の形式で提供されていることが重要であり、JMDはこのような条件を満たすことから、死亡分析に最適なデータベースとなっているとことができよう。本研究で示した分析は、JMDなしでは必ずしも容易に行うことができなかつたものであり、このような分析の充実を通じて、JMDはわが国の人口学的分析の発展に今後も大きく寄与するものと考えられる。

今回、本研究で行った死因分析については、JMDの生命表に人口動態統計の死因統計を組み合わせることによって行ったが、JMD自体への死因系列の追加に関する計画がされている。HMDプロジェクトでは従前より死因系列の提供に関する検討を行っているところであり、2010年に開催されたシンポジウムにおいて「HMDに死因データシリーズを含める拡張」というセッションが設けられ、100を超えない程度に分けられたHMD独自の死因分類のプロトタイプとともに、この分類に基づいて年齢（階級）別死因別死亡数やその割合などを提供する案が報告され、討論が行われた（石井 2010）。その後もHMDプロジェクト内において死因分類の検討は継続されており、現在、いくつかの修正が施された新たな分類案が提示されている。JMDプロジェクトでも現在、これに対応した日本の死因系列の提供に関する研究を行っているところであり、このような死因の系列をJMDに含めることに取り組んでいくことは今後の大きな課題といえよう。

本研究は、国立社会保障・人口問題研究所「わが国の長寿化の要因と社会・経済に与える影響に関する人口学的研究」の研究成果であり、本稿で使用した「人口動態調査」に関する分析結果には、統計法第32条の規定に基づき、調査票情報を二次利用したものが含まれている。

参考文献

- 石井太（2003）「都道府県別生命表とは」、『厚生指標』、第50巻、第5号、pp.2-7。
———（2010）「寿命研究と Human Mortality Database」、『人口問題研究』、第66巻、第3号、pp.80-87。
———（2013）「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とわが国の将来生命表への応用」、『人口問題研究』、第69巻、第3号、pp.3-26。
———（2015）「日本版死亡データベースの構築に関する研究」、『人口問題研究』、第71巻、第1号、pp.3-27。
国立社会保障・人口問題研究所「日本版死亡データベース」。<http://www.ipss.go.jp/p-toukei/JMD/index.asp>。
Canudas-Romo, V. (2008) "The modal age at death and the shifting mortality hypothesis", *Demographic Research*, Vol. 19, No. 30, pp. 1179-1204.
Cheung, S. L. K., J.-M. Robine, E. J.-C. Tu, and G. Caselli (2005) "Three dimensions of the survival curve: horizontalization, verticalization, and longevity extension", *Demography*, Vol. 42, No. 2, pp. 243-258.
Edwards, R. D. and S. Tuljapurkar (2005) "Inequality in life spans and a new perspective on mortality convergence across industrialized countries", *Population and Development Review*, Vol. 31, No. 4, pp. 645-674.
Greville, T. (1981) "Moving-weighted-average smoothing extended to the extremities of the data. II. Methods", *Scandinavian Actuarial Journal*, Vol. 1981, No. 2, pp. 65-81.

- Horiuchi, S., N. Ouellette, S. L. K. Cheung, and J.-M. Robine (2013) "Modal age at death: lifespan indicator in the era of longevity extension", *Vienna Yearbook of Population Research*, Vol. 11, pp. 37-69.
- Human Mortality Database. University of California, Berkeley (USA) and Max Planck Institute for Demographic Research (Germany). Available at www.mortality.org or www.humanmortality.de.
- Ishii, F. and G. Lanzieri (2013) "Interpreting and Projecting Mortality Trends for European Countries by Using the LD Model", Paper presented at the XXVII IUSSP International Population Conference.
- Kannisto, V. (2006) "Central and dispersion indicators of individual life duration: New methods", in *Human longevity, individual life duration, and the growth of the oldest-old population*: Springer, pp. 111-129.
- Preston, S. H., P. Heuveline, and M. Guillot (2001) *Demography*: Blackwell Publishers Inc.
- Wilmoth, J. R. and S. Horiuchi (1999) "Rectangularization Revisited: Variability of Age at Death within Human Populations", *Demography*, Vol. 36, No. 4, pp. 475-495.

Applications of the Japanese Mortality Database to Mortality Studies

Futoshi ISHII

This study aims to reveal the usefulness of the Japanese Mortality Database (JMD) to mortality studies, and its applicability and possibilities of use in demographic analyses. We show the estimated indicators for locations and variance in the death distribution using the life table functions as long time series, trends in the probability of dying by cause, and their applications to the analysis of the structure of cause of death by prefecture. Furthermore, we show an application of the exposure to risk by prefecture in the JMD for fertility indicators.

From the trends in the modal age at death, we observed a steady increase since 1950 along with an increase of the dx caused by the improvement of younger mortality. In the 1990s, it is notable that the increase of the dx tapered and only the modal age increased. Furthermore, an increase of the modal age has been weakened whereas an increase of dx has been strengthened since 2000, which is consistent with analysis using the linear difference model. We could recognize this as a new trend in Japanese female mortality that was not observed before.

We observed prefectural characteristics of mortality by cause with hierarchical cluster analysis using the probability of dying by cause, and then divided all prefectures into four groups. We observed that the first group revealed a geographical feature that included many prefectures in the Tohoku area, whereas the second group contained prefectures with big cities, such as Tokyo, Kyoto, and Osaka. The third group for both males and females was formed solely by Okinawa; the proportion of deaths by cause was affected by the peculiarity of the mortality pattern in Okinawa, which involved a different structure of cause of death by age.

Furthermore, we showed some possibilities of improving an estimation of the fertility rate by using the exposure to risk by prefecture in the JMD. We could show the applicability of the JMD on mortality studies as well as the possibility of applying it to demographic analyses.

The life table functions show the mortality situation by age in detail and include abundant information themselves. However, it is also important to modify them and develop new indicators to elucidate the characteristics of mortality in demographic analyses. For these kinds of analyses, it is necessary that the life tables are constructed by uniform methods and provided as common formats; this is accomplished by the JMD, which can appropriately be called an optimized database for mortality analysis. The analyses that we have shown in this study could not necessarily have been performed easily without the JMD. We believe that it will greatly contribute to the progress of demographic studies in Japan through the enhancement of analyses in demography.