

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 26 日現在

機関番号：32418

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500346

研究課題名(和文)生活環境の変化が人間の寿命限界に与える影響の統計的推論

研究課題名(英文)A statistical analysis of effect of environmental change on the limit of human longevity

研究代表者

華山 宣胤 (Hanayama, Nobutane)

尚美学園大学・公私立大学の部局等・教授

研究者番号：20299853

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：バイオ科学の分野では、老化理論は大きくプログラム説とダメージ説に分かれる。もしプログラム説が正しいければ人間がある年齢限界を超えて生存する確率はゼロである。しかし、ダメージ説が正しいければ、確率がゼロではないという意味で、長寿記録は無限に更新されるであろう。そこで本研究では、これら二つの説を検討するために、日本人の100歳以上人口の分析に基づいて寿命分布の限界を推定した。当初、寿命分布の限界値は有限であるが時代とともに変動すると予想し、その変動と医療技術の進歩を含む我々の生活環境の変化との関係を明らかにする計画であった。しかし実際は、寿命限界は時代に依らず男女とも123歳であるという結論を得た。

研究成果の概要(英文)：In modern biology, theories of aging fall mainly into two groups. One is a group of theories called damage theories and the other is a group of theories called programmed theories. If programmed theories are true, the probability that human beings live beyond a specific age will be zero. On the other hand, if damage theories are true, such an age does not exist, and a longevity record will be eventually destroyed as time goes along. In this study, for examining which idea reflects real state, the upper limit of human lifetime distribution (ULHLD) is estimated based on data of Japanese centenarians.

In the beginning of this research project we were expecting to get the result that ULHLD would be finite but varying over time. And we were trying to reveal the relation between the variations of ULHD and our living environment including advancing medical technology. Our actual conclusion, however, ULHLD is 123 years for both male and female and does not vary over time.

研究分野：応用統計学

キーワード：寿命限界の推定 極値理論の応用 国際研究者協力(韓国, 中国, 台湾)

1. 研究開始当初の背景

人間の寿命限界に関する国外の統計的研究では、Arssen and de Haan (1994) が、オランダ住民約 1 万人の性別、日単位の死亡データの解析から、寿命限界の推定値：113-124 歳を導き出している。一方、Kaufmann (2001) は 1993 年の西ドイツの 90 歳以上の女性の年齢別死亡数を解析し“寿命分布が指数分布(寿命限界が定められない)”という仮説を棄却できない”と主張している。国内の研究では、渋谷・華山 (2004) が厚生労働省発行の“全国高齢者名簿”に掲載されている 100 歳以上の年齢別生存者数の解析から、日本人の寿命分布の限界値を 112~135 歳と推定している。また、Hanayama and Sibuya (2011) は、世代によって寿命限界の推定値は変化するが“人間の寿命限界は延びていない”という仮説を棄却できないことを主張している。

Arssen and de Haan (1994) や渋谷・華山 (2004) の結果は“人の細胞には再生できる限界数が予めプログラムされている”というプログラム説を支持するものである。一方、Kaufmann (2001) の結果は“人の細胞の老化は、活性酸素の働きを抑えることによって延ばすことができる”という分子障害説を支持している。また、Hanayama and Sibuya (2011) の結果は、寿命限界を有限と推定している点でプログラム説を支持するが、“寿命限界は世代によって異なる”という結果は分子障害説の主張(寿命限界は変化する)と整合している。

<引用文献>

- Arssen, K., de Haan, L. (1994). On the maximal life span of humans. *Mathematical Population Studies*, Vol. 4, 259-281.
- Kaufmann, E. (2001). About the longevity of humans, Section 14.2, *Statistical Analysis of Extreme Values* (written by Reiss, R.D., Thomas, M.) 2nd ed., Birkhauser: Basel.
- Hanayama, N., Sibuya, M. (2011). A discussion of the limit of human longevity based on data on the oldest old survivors in Japan. *The bulletin of International Conference : Social Status Changes of the Aged People and Ageism Reconsidered*, Seoul.

2. 研究の目的

本研究では()日本人の世代毎の寿命限界の推移()死因分布の変化が寿命限界に与える影響,()寿命限界の変化に影響を与える生活環境因子を明らかにする。

3. 研究の方法

本研究は次に示す行程で遂行される。

<平成 24 年度>

4~7 月：100 歳以上の死因別死亡者統計のコンピュータへの入力, 8~11 月：取得データの年齢・時代別の表への集計, 12 月~3 月：

第 1 段階モデルの検討。

<平成 25 年度>

4~7 月：第 2 段階モデルの検討, 8~11 月：解析用ツールの開発と実データ解析, 12~3 月：人間の寿命限界に影響を与える生活環境因子の抽出。

研究の初動に問題が発生した場合は、当初 3 ヶ月を「研究体制の確立と研究行程の検討」に充て、その後は 2 つの行程を同時に行う行程へ変更する。

研究体制においては、研究代表者が全般的な統計学上の問題を担当し、研究分担者の 2 人がバイオ統計学上の問題と解析用ツールの開発を担当する。そして、海外(韓国)共同研究者(研究協力者)が寿命限界に影響を与える生活環境因子の抽出を担当する。

4. 研究成果

4.1. 研究成果概要

当初、寿命分布の限界値は有限であるが時代とともに変動すると予想し、その変動と医療技術の進歩を含む我々の生活環境の変化との関係を明らかにする計画であったが、実際は、寿命限界は時代に依らず男女とも 123 歳であるという結論を得た。

4.2. 研究成果の詳細

4.2.1. 絶滅コホート法による 100 歳以上生存者数の算出

本研究の目的を達成するためには、超高齢者(ここでは 100 歳以上とする)の生存者数を世代・年齢別に把握する必要がある。日本では国勢調査において年齢別の人口(生存者数)が把握されているが、報告書では 100 歳以上の人口が纏められている。また、特別に個票データを利用することが出来たとしても国勢調査は 5 年に 1 度しか行われなため、精密な議論をするためには不十分と思われる。厚生労働省は、1963 年から 2003 年まで全国高齢者名簿(長寿番付)を発行しており、その 1 ページ目には 100 歳以上の年齢別生存者が表として載っていた。そこでこれらの表を集めれば世代・年齢別の 100 歳以上生存者数を把握することができるが、2004 年以降は個人情報保護の観点から発行を止めてしまった。1963 年から 2003 年までの 40 年分のデータは残っているが、2010 に発覚したいわゆる「消えた高齢者問題」により、データへの信頼性は失われたと思われる。Although Saito et al. (2012) は、行方不明者は平均寿命の推定にはほとんど影響しないことを示したが、本研究では寿命の限界値を問題とするため、全国高齢者名簿のデータを利用することは躊躇される。

そこで、本研究では「絶滅コホート法(the extinct cohort method)」(Wilmoth JR, Andreev K, Jdanov D, Gleij DA, Vachon P.)に注目した。この方法は、既に全員が死亡しているコホート(絶滅コホート)を見つけることができれば、その世代のある年齢での生存者数はその

後の死亡者数を加算することにより得ることができるといふアイデアである。厚生労働省の人口動態統計には生年年齢別死亡者数が毎年載っているため、それらを利用して年齢・世代別の生存者数データを得ることができた。絶滅コホートの判定は、ギネスブックと新聞記事を参考にして行った。得られたデータは Hanayama, N. and Sibuya, M. (2015) において公開した。

4.2.2. 一般化パレート分布を適用した寿命限界の推定方法

図1は絶滅コホート法を用いて算出した世代別生存者数データから算出した平均余命である。図から、100歳以上の男女についての平均余命は概して年齢に対して直線的な関係があることが分かる。

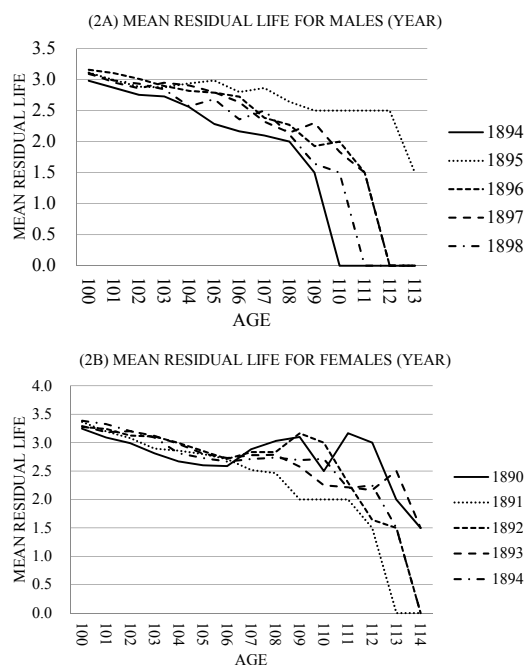


図1. 生存者数データから算出した平均余命

平均余命が直線的ということと結びつくのは、極値理論の分野で議論されている一般化パレート分布 (Coles, 2001) である。一般化パレート分布は次の式で表される確率分布である。

$$F(y; \gamma, a) = \begin{cases} 1 - (1 + \gamma y / a)^{-1/\gamma} & \gamma \neq 0 \\ 1 - \exp(-y / a) & \gamma = 0. \end{cases}$$

平均余命の線形性，すなわち $E[Y - u | Y > u] = (a + \gamma u) / (1 - \gamma)$ ，に加え，一般化パレート分布の重要な性質は分布の上限値がパラメータの値によって変わることである。つまり，もし $\gamma < 0$ ならば分布の上限値は有限： $0 < Y < -a / \gamma \equiv \omega$ ，であり $\gamma \geq 0$ の場合は無限： $0 < Y < \infty$ である。

ここで，100歳以上の人々の生存時間が一般化パレート分布に従うと仮定すると，ある

100歳以上個人が $100 + i$ 歳の誕生日後の一年間に死亡する確率 $p(i)$ は，一般化パレート分布の差 $p(i) = F(i, \gamma, a) - F(i+1, \gamma, a)$ で表される。したがって，100歳以上の生存者数データに基づく一般化パレート分布に含まれるパラメータの推定は確率 $p(i) = \bar{F}(i, \gamma, a) - \bar{F}(i+1, \gamma, a)$ の特殊な二項分布の推定問題に帰着する。

4.2.3. 寿命限界の推定結果の検討

4年世代毎の寿命限界 ω の推定結果を図2に示す。

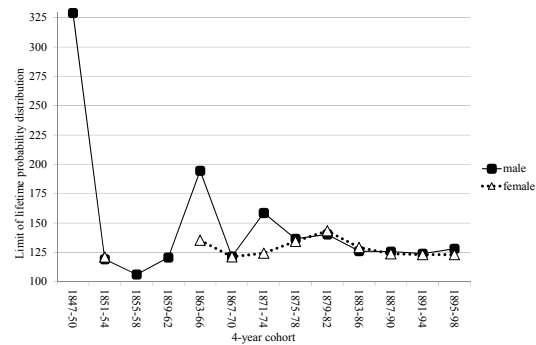


図2. 寿命限界の推定結果

図から寿命限界の推定値 $\hat{\omega}$ は，近代戸籍制度が制定された1872年の3年後の1975年以降に生まれた世代については男女でほぼ同じであると推定された。ただし，データは1968年以降，えた・ひにん，など差別的な項目が含まれているため閲覧が不可能となっている (Saito, 2010)。さらに寿命限界の推定値 $\hat{\omega}$ は，明治19年に戸籍法が改正された以降に生まれた世代については寿命限界の推定値は男女ともに123歳へ収束するように見られた。特に，ギネス記録に認定され117歳で死亡した大川ミサヲが属する4年コホートにおいても寿命限界が123歳と推定されたことは，驚きに結果であった。

解析結果の詳細については Hanayama and Sibuya (2015) に掲載する。

< 引用文献 >

- Saito Y, Yong V, Robine J-M. (2012). The mystery of Japan's missing centenarians explained. *Demogr Res*; 26(11):239-252.
- Wilmoth JR, Andreev K, Jdanov D, Gleij DA, Vachon P. (2007). Methods Protocol for the Human Mortality Database. Available at: <http://www.mortality.org/Public/Docs/Method sProtocol.pdf>.
- Hanayama, N. and Sibuya, M. (2015). Estimating the Upper Limit of Lifetime Probability Distribution Based on Data on Japanese Centenarians. *The Journals of Gerontology, Series A: Biological Sciences*, (in press).
- Coles S. (2001). *An Introduction to Statistical*

Modeling of Extreme Values. Springer-Verlag, London.

Saito Y. (2010). Supercentenarians in Japan. In: Maier, H. et al., (eds.), Supercentenarians, Demographic Research Monographs, pp. 75-99, Springer, Berlin, Germany.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計3件)

- ① Hanayama, N. and Sibuya, M. (2015). Estimating the Upper Limit of Lifetime Probability Distribution Based on Data on Japanese Centenarians. The Journals of Gerontology, Series A: Biological Sciences, (in press).
- ② Hanayama, N. and Hwang. MJ. (2014). A Comparative Study on Female Labor Participation in South Korea and Japan - An Extended Age-Period-Cohort(APC) Analysis. Korea Journal of Population; 37.2: 91-112.
- ③ Murotani K., Zhou B, Kaneda H, Nakatani E, Kojima S, Nagai Y, Fukushima M. (2014). Survival of Centenarian in Japan. J Biosocial Sci.; doi:10.1017/S0021932014000388

[学会発表](計14件)

<国際会議>

- ① Nobutane Hanayama (2012). A Discussion of Association between Risks for Breast and Liver Cancer by Analysing (Age, period)-Tabulated Data. XXVIth International Biometric Conference, August 26-31, Kobe.
- ② Hanayama, N. (2012). Estimation of the upper limit of human longevity based on data for oldest old in Japan Estimation of the upper limit of human longevity based on data for oldest old in Japan. Australasian Applied Statistics Conference (GenStat & , Quees Town.
- ③ Hanayama, N., Murotani, K., Shikata, Y. (2013). A discussion of the upper limit of human longevity based on study of data for oldest old survivors and deaths in Japan. The Bulletin of the 59th World Statistics Congress of the International Statistical Institute, Hong Kong.
- ④ Harigae, K., Hanayama, N. (2013). A discussion of association between the risks on breast and liver cancer for women based on data given by age and period. The 59th World Statistics Congress, 25-30 August 2013, Hong Kong.
- ⑤ Hanayama, N., Murotani, K., Shikata, Y. (2013). A study of upper limit of human longevity applying the extreme value theory to data for oldest-old in Japan. The 6th International Conference of the ERCIM WG on Computational and Methodological

Statistics, London.

- ⑦ Hanayama, N., Murotani, K., Shikata, Y. (2013). A study of the limit of human longevity based on data for oldest-old survivors or deaths. The 2nd conference supported by Grant-in-Aid for Scientific Research 24500346, Kawagoe, Japan.
- ⑧ Hanayama, N., Murotani, K. and Shikata, Y. (2014). A Study of the Upper Limit of Human Longevity Applying Extreme Value Theory to Data for Oldest Old Deaths in Japan. Proceedings of the 27th International Biometric Conference, Florence, Italy.

<国内会議>

- ① 華山宣胤 (2012). 年齢・時代・環境モデルによる日本人の食の嗜好に関するデータの分析. 日本計算機統計学会 第26回大会
- ② 華山宣胤, 室谷健太, 四方義昭, 渋谷政昭 (2012). 超高齢者死亡統計に基づく寿命限界の推定～死因との関連の検討～ 統計関係連合大会.
- ③ 華山宣胤 (2012). 年齢・時代別データの分析手法～APCモデルとその代替モデル～."科学研究費 基盤研究(B)「統計的推測における非正則構造の解明とその応用」(代表者: 赤平 昌文, 課題番号 23340022)によるシンポジウム「統計的推測とその応用: 正則と非正則」
- ④ 華山宣胤 (2013). 絶滅コホート法を用いた寿命限界推定: 生存データによる推定との比較. 日本計算機統計学会 第27回大会.
- ⑤ 華山宣胤 (2013). 人口動態統計に基づく人間の寿命限界の推定. 科学研究費・基盤研究(A)「非対称・非線形統計理論と経済・生体科学への応用」(代表: 谷口正信(早稲田大学基幹理工学部))によるシンポジウム.
- ⑥ 華山宣胤, 渋谷政昭 (2014). 超高齢者生存統計に基づく寿命限界の推定～再検討～. 応用統計学会 2011年度年会.

6. 研究組織

(1)研究代表者

華山宣胤 (Hanayama, Nobutane)
尚美学園大学芸術情報学部情報表現学科教授

研究者番号: 20299853

(2)研究分担者

室谷健太 (Murotani, Kenta)
名古屋大学医学部附属病院 助教

研究者番号: 10626443

四方義明 (Shikata, Yoshiaki)

尚美学園大学芸術情報学部情報表現学科教授

研究者番号: 60327145