

厚生労働科学研究費補助金（循環器疾患・糖尿病等生活習慣病対策総合研究事業）  
栄養政策等の社会保障費抑制効果の評価に向けた医療経済学的な基礎研究  
分担研究報告書（令和2年度）

栄養政策の公衆衛生学的効果の評価  
死亡率の長期推移に関するシステム・ダイナミクスモデル

研究分担者 杉山 雄大 国立国際料研究センター研究所糖尿病情報センター  
研究代表者 西 信雄 医薬基盤・健康・栄養研究所国際栄養情報センター  
研究分担者 池田 奈由 医薬基盤・健康・栄養研究所国際栄養情報センター  
研究協力者 美野輪 和子 医薬基盤・健康・栄養研究所国際栄養情報センター

研究要旨

本邦における栄養政策上最も成功した政策課題の一つは、食塩摂取量の減少である。本分担研究では、本邦における食塩摂取減少が及ぼしたインパクトを定量的に評価するために、「もし食塩摂取量が減少していなかったとしたら」などの反事実的（counterfactual）な状況を設定し、実際の数字との比較を行うことにより、食塩摂取量の減少が高血圧と心血管疾患の患者数・医療費にどれだけ影響を及ぼしているのか検討することとした。

第2年度は、初年度に作成したモデルの枠組みを age-period-cohort モデルに変換する方針として、1950年から2017年までの死亡率を age, period, cohort の3つの効果に分けるモデルを作成し、実際の死亡率に合わせて最適化した。

現時点のモデルでは period effect, cohort effect を単調な指數遞減として組み込んでいるが、最終年度にはより細かいモデルとすることで適合度を高める。その上で、最適化の結果得られた period effect ないし cohort effect の一部を栄養政策の効果として同定し、政策の効果を推定する方針とした。

A. 目的

本研究班では、国内外における栄養政策等の公衆衛生学的効果及び社会保障費抑制効果並びに評価方法を検討している。本分担研究では、本邦における栄養政策の1類型を選択し、その効果を評価することにより、評価方法の検討・開発を行うこととした。

本邦における栄養政策上最も成功した政策課題の一つは、食塩摂取量の減少である。食塩摂取が減少することにより高血圧患者の減少や集団全体の血圧の低下につながり、脳卒中を初めとする心血管病変の減少につながったことが、様々なコホート研究等の結果などから推定されている。

一方で、食塩摂取量の減少が高血圧患者や心血管病変の患者数にどれだけの影響を及ぼし、医療経済的にどれだけの効果をもたらしたのかということについては、詳らかにされていない。

そこで、今回我々は、本邦における食塩摂取減少が及ぼしたインパクトを定量的に評価するために、「もし食塩摂取量が減少していなかったとしたら」などの反事実的（counterfactual）な状況を設定し、実際の数字との比較を行うことにより、食塩摂取

量の減少が高血圧と心血管疾患の患者数・医療費にどれだけ影響を及ぼしているのか検討することとした。

第2年度は、初年度に作成したモデルの枠組みを age-period-cohort モデルに変換し、最適化の結果得られた period effect ないし cohort effect の一部を栄養政策の効果として同定し、減塩も含めた栄養政策の効果を推定する方針とした。そのため、1950年—2017年の死亡率を age, period, cohort の3つの効果に分けるモデルを作成し、実際の死亡率に合わせて最適化した。

B. 研究方法

＜第2年度の方針＞

第2年度には、初年度に作成した作成したモデルの枠組みを age-period-effect モデルに変換する方針とした。

Age-period-effect モデルを用いた先行研究としては、三輪らが本邦における1920年—2003年の脳血管死亡率の変動を計算し、その後の予測を計算している（1）。本研究では、システム・ダイナミクスモデル（2）を用いて、死亡率の変動を age, period, cohort の3つの効果に分け、peirod effect,

cohort effect の一部を栄養政策の効果として同定することとした。なお、本研究ではシステム・ダイナミクスの統計ソフトとして Vensim DSS for Macintosh Version 8.2.0 Double Precision x64 (Intel)を用いた。

#### ＜モデルの概要・変数＞

作成したモデルでは、統計の入手可能性の制限から、1950 年から 2017 年を対象とした。また、予防可能な死亡、特に心血管疾患死亡を防ぐというスコープから、70 歳までの死亡率をモデルの対象とすることとした。そのことから、1950 年時点では、1950 年生まれの 0 歳から 1880 年生まれの 70 歳までが含まれ、2017 年時点では、2017 年生まれの 0 歳から 1947 年生まれの 70 歳までが含まれることとなった。世代 (Cohort) としては、1980 年生まれから 2017 年生まれまでの 138 コホートに分けた。また、男女で出生数や死亡率が異なることから、男女を分けてモデルを作成した。

作成した今年度のモデルの概観は図 1 の通りである。昨年度のモデルと違い、今年度のモデルではストック変数は 0 歳から 70 歳までの人口 (Population) のみとして、イベントとしてはインフローとしての出生 (Birth) と、アウトフローとしての死亡 (Death)、70 歳の誕生日 (Aged70) を設定した。Population の初期値は、1949 年までに生まれたコホートでは 1950 年時点の男女別、1 歳ごとの総人口 (3) を用いて、1950 年以降に生まれたコホートでは 0 とした。1950 年以降に生まれたコホートでは、それぞれのコホートの出生年に、国立社会保障・人口問題研究所の日本版死亡データベースの web ページ(4)で提供されている、国勢調査をもととした出生数が増分として加わることとした。一方、死亡については、後述の死亡率に、各年次・コホートの人口を掛け合わせたものを死亡とした。また、70 歳時点の人口を全て、対象外の年齢になったということでモデルの外に流出させた。年齢は年次と出生年の差として計算した。

死亡率に関しては、前述の通り、age, period, cohort の 3 つの効果からなる関数とした。具体的には、まず 1950 年時点の各年齢の死亡率をまず規定した (age effect)。それに、1950 年から 1 年経過ごとに  $p$  倍死亡率が増える (または減る) パラメータ  $p$  を掛け (period effect)、さらにコホートが 1 つ上がるごとに  $c$  倍死亡率が増える (または減る) パラメータ  $c$  を掛けることとした。

た (cohort effect)。1950 年の死亡率は、国立社会保障・人口問題研究所の日本版死亡データベースの web ページ(4)で提供されている生命表からのデータを用いた。

#### ＜モデルの最適化＞

上記のモデルで  $p$  と  $c$  の 2 つのパラメータを修正する (calibration) ことで、モデルを最適化させた。具体的には、人口問題研究所の日本版死亡データベースの web ページ (4) で提供されている生命表からの死亡率データ (1880 年出生コホートから 2017 年出生コホートの、1950 年から 2017 年まで、0-70 歳までの死亡率データを外部データとして Vensim に読み込ませ、Vensim 上で calibration を行なった。Calibration の際に計算するペイオフについて、①実際の死亡率と計算された死亡率の差の絶対値を用いる場合と、②絶対値の対数を用いる場合の 2 通りの計算を行なった。

#### （倫理面への配慮）

本研究で作成されるシステム・ダイナミクスモデルは、人口推計、人口動態統計など政府統計の結果としての数値や、公開された学術論文から引用されるパラメータなどのみを用いるもので、個人情報は用いることはない。そのため、本研究は「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」の適用範囲外である。

## C. 研究結果

男女それぞれについて、①、②いずれもモデルは収束した。パラメータ  $p$  と  $c$  の値は表の通りである。男性と女性では、いずれもパラメータは女性の方が小さく、また①と②では②のほうが両方のパラメータが小さかった。また、現在の単調なモデルでは、 $p$  のほうが  $c$  よりもかなり小さい値で収束した。

①について収束したパラメータを用いてシミュレーションした場合の死亡率と人口の推移のうち、男女別に示したのが図 2-5 である (全体では 1 年ごとの値だが、見づらくなるため 10 年ごとの値のみ抜粋して示した)。

## D. 考察

今回作成したシステム・ダイナミクスモデルは、パラメータを period effect と cohort effect の 2 つに絞り、単調な変化のみのモデルとしてフィットさせた。グラフの一部ではモデルの不適合を認めたが、パラメータは妥当な範囲に収束し (period

effect も cohort effect も 1 未満の、しかし 1 に近い値であることが予想された)、概ね妥当なシミュレーションができたと考えられる。今後、age effect を 1950 年時点の値でなくてより期間の中央の値を用いること、period effect, cohort effect についてより複雑化させることにより(1 次の値のみでなく、2 次の変化などを許すこと)、モデルの適合度を上げることができると考えられる。また、モデルの適合度を上げた場合に見られる period effect, cohort effect の一部については、栄養政策の変化が一因となっていることが考えられ、その仮説のもとに、栄養政策がうまくいかなかった場合(戦後まもなくの栄養状態が続いた場合など)にどのような死亡率の変化があり、栄養政策によってどれだけの死亡を予防できたと考えられるなどを、複数のシミュレーション結果の差分として捉えることができると考えられる。

一方で、この仮説の部分がシミュレーションの結果を大きく左右し、また、この仮説の妥当性が本モデルを用いたシミュレーション結果の説得力を決める要諦であることから、先行文献や専門家の意見を合わせて慎重に決めること、複数の値を用いて感度分析を行うことが重要と考えられた。

#### E. 結論

1950 年から 2017 年までの本邦における死亡率を age, period, cohort の 3 つの効果に分けるモデルを作成し、実際の死亡率に合わせて最適化した。最終年度にはこのモデルの精緻化を行い、最適化の結果得られた period effect ないし cohort effect の一部を栄養政策の効果として求めるシミュレーションを行う予定である。

#### F. 研究発表

1. 論文発表  
なし
2. 学会発表  
なし

#### G. 知的財産権の出願・登録状況

なし

#### 引用文献

1. 三輪のり子, 中村隆, 成瀬優知, 大江洋介, 大野ゆう子. わが国における 20 世紀の脳血管疾患死亡率の変動要因と今後の動向. 日本公衆衛生雑誌. 2006;53(7):493-503.
2. Forrester JW. Industrial dynamics. Journal of the Operational Research Society. 1997;48(10):1037-41.
3. e-Stat. 人口推計 / 長期時系列データ 我が国の推計人口(大正 9 年～平成 12 年) . 2008 [https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00200524&tstat=000000090001&cycle=0&tclass1=000000090004&tclass2=000000090005&stat\\_infid=000000090264&tclass3val=0](https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00200524&tstat=000000090001&cycle=0&tclass1=000000090004&tclass2=000000090005&stat_infid=000000090264&tclass3val=0).
4. 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/ptoukei/JMD/index.asp>.

表. 最適化した際のパラメータの値.

		p (Period effect)	c (Cohort effect)
男性	①差の絶対値	0.974009	0.998556
男性	②差の絶対値の対数	0.966688	0.991773
女性	①差の絶対値	0.962309	0.99848
女性	②差の絶対値の対数	0.957003	0.993242

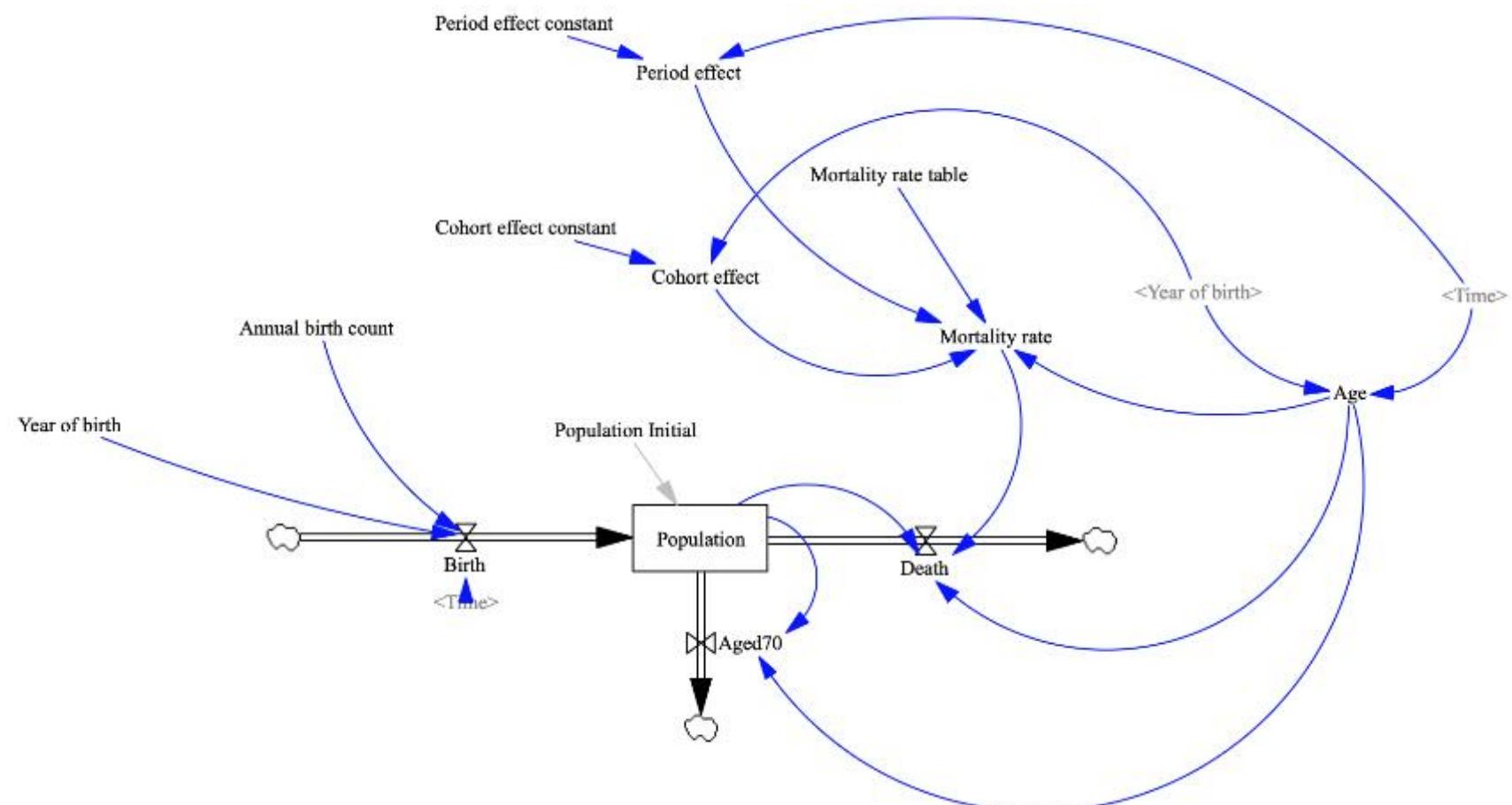


図1. 本研究で作成したシステム・ダイナミクスモデル

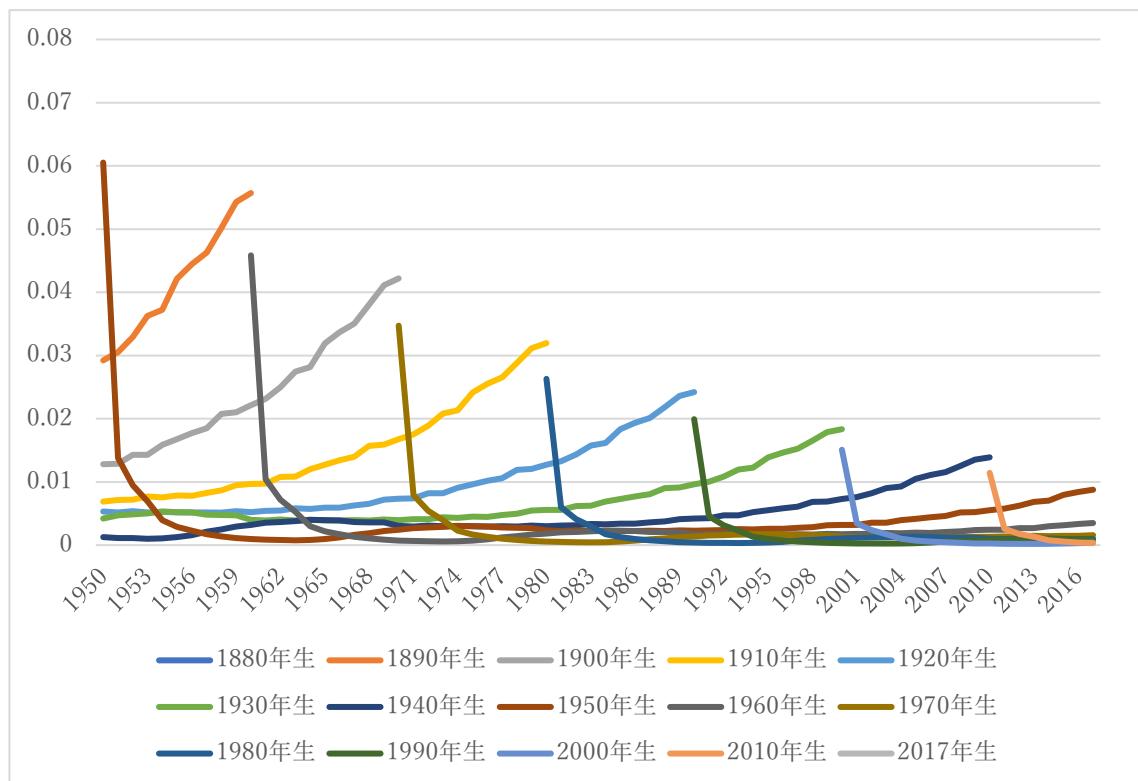


図2. 最適パラメータでシミュレーションした際の死亡率（男性）

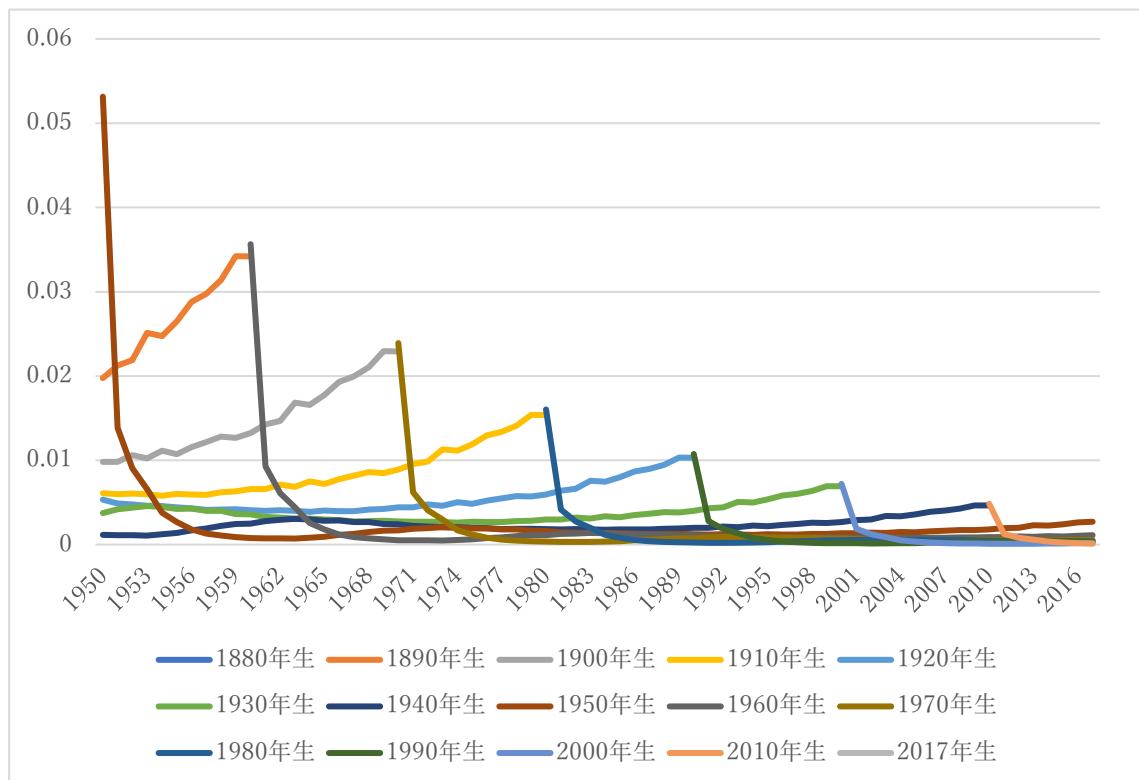


図3. 最適パラメータでシミュレーションした際の死亡率（女性）

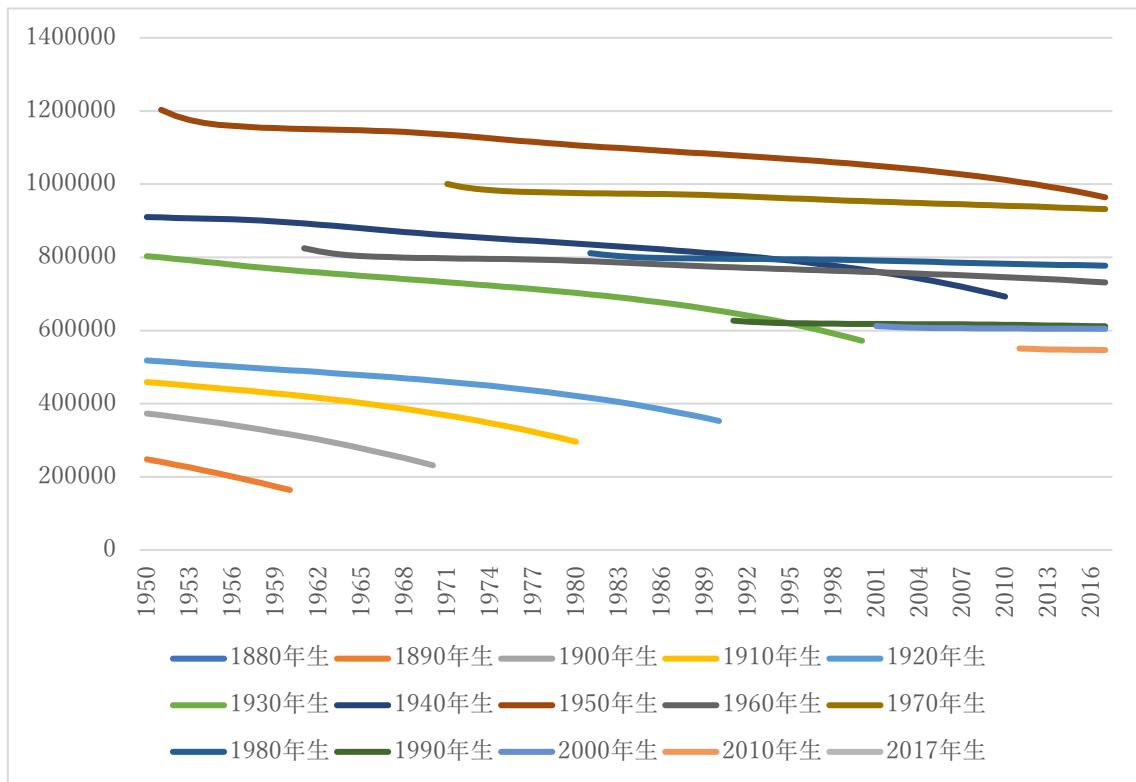


図4. 最適パラメータでシミュレーションした際の人口（男性）

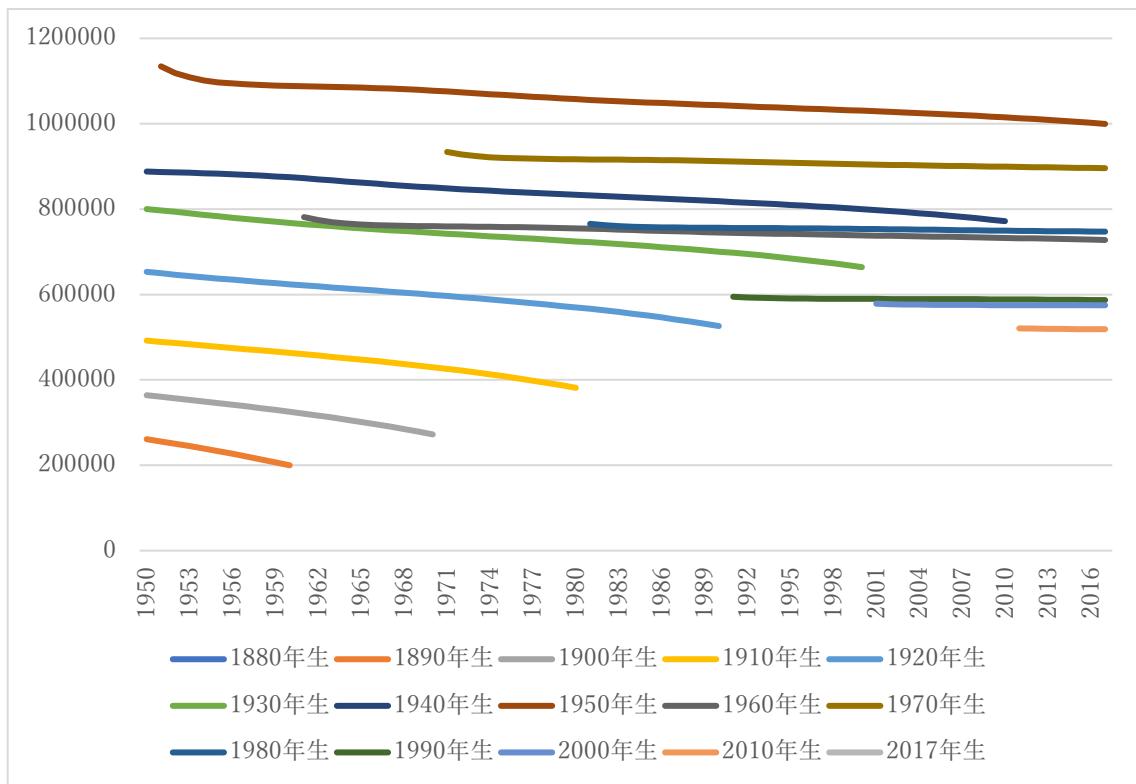


図5. 最適パラメータでシミュレーションした際の人口（女性）