

II. 分担研究報告書

国民健康・栄養調査から日本人の習慣的な栄養素摂取量を推定する方法の開発

研究分担者 横道 洋司 （山梨大学大学院総合研究部医学域社会医学講座）
横山 徹爾 （国立保健医療科学院生涯健康研究部）
石川 みどり （国立保健医療科学院生涯健康研究部）

研究要旨

複数日に渡る栄養調査データから、年齢ごとに各栄養素の習慣的な摂取量の分布とそのパーセンタイル値を計算する統計学的方法を作成した。またその解析結果を1日調査である国民健康・栄養調査データに外挿することにより、国民健康・栄養調査の結果を使った年齢ごとの習慣的な栄養摂取量の分布を推定する方法を開発した。

A. 研究目的

人の1日の栄養摂取量は毎日異なる。日本人の食事摂取基準は、この毎日変わる摂取量ではなく、それを長い日数で平均した量と考えられる習慣的な摂取量をターゲットにしている。この習慣的な摂取量は個人毎に異なり、個人の栄養学的な疾病リスクの大きさは、個人の習慣的摂取量により決まる。また特定の個人のものだけでなく、集団において年齢別の習慣的摂取量の分布を知ることが、公衆衛生上有用である。例えば日本人40歳男性の習慣的な食塩摂取量の分布を知ることができれば、その年齢の男性への塩分摂取量を軽減するための公衆衛生的な介入を行ったり、過剰な塩分摂取により起こる高血圧、動脈硬化疾患、腎疾患等の疾病の発症率の予測にも役立つ。

本研究では、複数日に渡り行われた栄養調査結果から、性・年齢ごとに習慣的な摂取量の分布を推定して、その分布を表すパーセンタイルを表示する方法を改良し、さらに1

日調査である国民・健康栄養調査に適用する方法を開発することを目的とした。

B. 方法

方法1：研究分担者らが過去に開発した AGEVAR MODE¹⁾ を用いて、過去に行われた複数日の栄養調査結果²⁾ を解析し、性・年齢階級ごとの習慣的な栄養摂取量の分布を推定する。なお、方法の開発では12日間のデータを例として用いたが、実際の応用の際には2日間以上で可能である。

この方法は、まず複数日（例では12日間）の栄養調査結果を Box-Cox 変換し、その値を年齢の多項式と対数式を含んだ回帰式の中で最尤法により、統計学的に最も尤もらしい年齢ごとの習慣的な摂取量を推定する。この際、複数日の調査データは、年齢ごとに個体間分散と個体内分散による正規分布をもったばらつきにより分布していると考え、年齢ごとの個体間分散と個体内分散を推定する。この時、栄養素は Box-Cox 変換された

尺度で、年齢ごとの習慣的摂取量、個体間のばらつき、個体内のばらつきをもった分布をもっていることが推定されている。

集団の習慣的摂取量を推定することが本研究の目的であるため、この推定された分布から、個体内のばらつきは取り除く。これにより、Box-Cox 変換尺度での、年齢ごとの習慣的摂取量の分布が推定された。この分布を、先の Box-Cox 変換式の逆変換により、

元の栄養素の尺度に戻す。戻した値は、個体間分散を取り除いたことにより元の栄養素の尺度で系統的なずれ（バイアス）をもっていると考えられる。このバイアスを補正する式を、Box-Cox 逆変換式の二次の微分から求めて適用し、栄養素の通常の尺度での、年齢ごとに個体間のばらつきを含んだ習慣的摂取量の分布を得る。

方法1. AGEVAR MODEの紹介

- (1) 12日調査(文献2)の当該栄養素データを、Box-Cox変換により正規分布に近付ける。
- (2) Box-Cox変換値を、
1日の摂取量= (年齢で説明される習慣的な摂取量)
+ (年齢で説明される個人間の変動)
+ (年齢で説明される個人内の日間変動) として回帰する。
- (3) (年齢で説明される習慣的な摂取量)は、年齢(age)の多項式または多項式にlog(age)が追加された、年齢と習慣的摂取量の関係について様々な曲線で近似できるモデルになっている。
(年齢で説明される個人間の変動)を表す分散と (年齢で説明される個人内の日間変動)を表す分散は、年齢による単調な関数としてモデル化する。この回帰結果より、
- (4) Box-Cox逆変換を行い、栄養素の元のscaleでの、年齢で説明される習慣的な摂取量を推定する。この逆変換を行う際、バイアスを補正する。

AGEVAR MODEの3 steps

Step 1: 複数日の当該栄養素の摂取量調査結果を正規分布に近づくよう Box-Cox 変換。

Step 2: 個人の摂取量をつぎの年齢による分数多項式で回帰。
年齢により個体間のばらつきと個体内のばらつきも同時に回帰。

AGEVAR MODEのモデル式

個体*i*の*j*日目の変換された旧の摂取量を x_{ij} として

$$x_{ij} = a + b \times Age_i^p + c \times Age_i^q + \alpha_i + \varepsilon_{ij} \text{ または}$$

$$x_{ij} = a + b \times Age_i^p + c \times Age_i^q \times \log(Age_i) + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

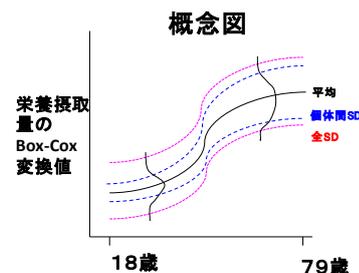
$$\alpha_i \sim N(0, \exp(\beta_{b0} + \beta_{b1} \times Age_i))$$

$$\varepsilon_{ij} \sim N(0, \exp(\beta_{w0} + \beta_{w1} \times Age_i))$$

p, q は $\{-2, -1, -0.5, 0, 0.5, 1, 2\}$ から尤度に基づき最適な式を選択。

Box-Cox変換 $g(\cdot)$

$$g(x) = \begin{cases} \frac{x^\lambda - 1}{\lambda} (\lambda \neq 0) \\ \log x (\lambda = 0) \end{cases}$$



Step 3: Box-Cox変換値のscaleの習慣的摂取量を、栄養素の元のscaleに逆変換する際、バイアスを補正。

$g^{-1}()$ をBox-Cox逆変換式, x_{ij} を被験者*i*の*j*日目の摂取量として

$$f(x) \approx f(\mu) + f'(\mu)(x - \mu) + \frac{1}{2}f''(\mu)(x - \mu)^2$$

において、 $f()=g^{-1}()$, $x = x_{ij} = b_i + w_{ij}$, $\mu = b_i$ とすると

$$g^{-1}(b_i + w_{ij}) = g^{-1}(b_i) + g^{-1'}(b_i)w_{ij} + \frac{1}{2}g^{-1''}(b_i)w_{ij}^2$$

期待値を取って

$$E[g^{-1}(b_i + w_{ij})] = E[g^{-1}(b_i)] + E[g^{-1}(b_i)w_{ij}] + \frac{1}{2}E[g^{-1''}(b_i)w_{ij}^2]$$

i =subjectが固定されたがって b_i が固定され、 j = 測定日が確率変動するとき

$$E[g^{-1}(b_i + w_{ij})] = E[g^{-1}(b_i)] + g^{-1'}(b_i)E[w_{ij}] + \frac{1}{2}g^{-1''}(b_i)E[w_{ij}^2]$$

変換スケールでの個体内のばらつき: $w_{ij} \sim N(0, \sigma_w^2)$ のとき

$$E[g^{-1}(b_i + w_{ij})] = g^{-1}(b_i) + g^{-1'}(b_i) \cdot 0 + \frac{1}{2}g^{-1''}(b_i)\sigma_w^2$$

書き直して

$$E[g^{-1}(b_i + w_{ij})] = g^{-1}(b_i) + \frac{1}{2}g^{-1''}(b_i)\sigma_w^2$$

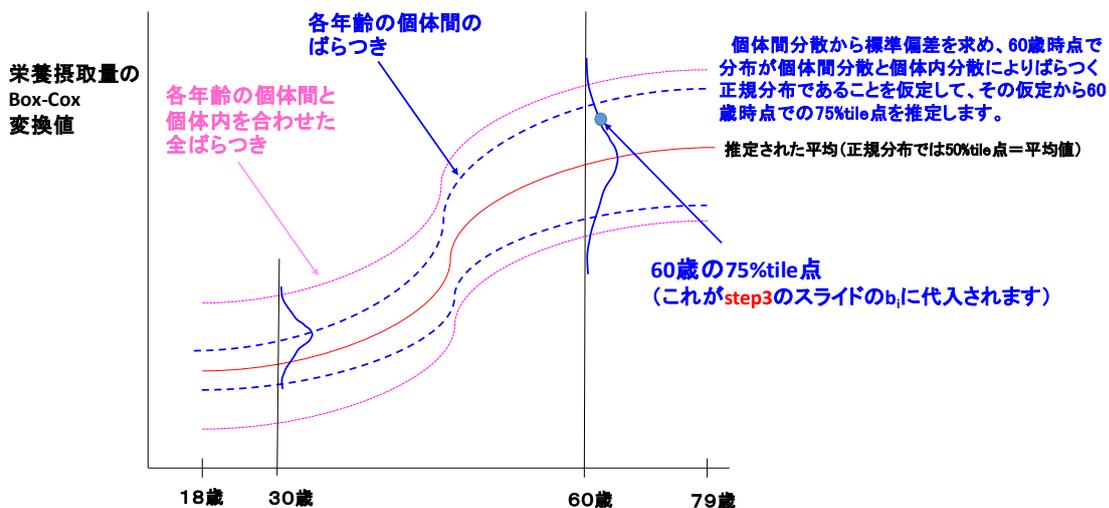
これによりバイアスを補正。

方法2 : 方法1で推定した、Box-Cox変換尺度での習慣的摂取量と個体間のばらつきは正規分布をしている。これを利用して、個体の習慣的摂取量のパーセンタイル値を、年齢ごとに計算できる。このパーセンタイル値に方法1で用いたバイアス補正

を施して、Box-Cox逆変換し、栄養素の元の尺度での個体の習慣的摂取量のパーセンタイル値を求める。(図による「見える化」の具体的な方法については横山らの分担研究報告書参照。)

方法2. 推定したパラメータから年齢による習慣的摂取量のパーセンタイル曲線を描く

例) 60歳の75%タイル点を栄養素のスケールで求める手順



Step 3: Box-Cox変換値のscaleの習慣的摂取量を、栄養素の元のscaleに逆変換する際、バイアスを補正する。

$g^{-1}()$ をBox-Cox逆変換式, x_{ij} を被験者iのj日目の摂取量として

$$f(x) \approx f(\mu) + f'(\mu)(x - \mu) + \frac{1}{2}f''(\mu)(x - \mu)^2$$

において、 $f()=g^{-1}()$, $x = x_{ij} = b_i + w_{ij}$, $\mu = b_i$ とすると

$$g^{-1}(b_i + w_{ij}) = g^{-1}(b_i) + g^{-1'}(b_i)w_{ij} + \frac{1}{2}g^{-1''}(b_i)w_{ij}^2$$

期待値を取って

$$E[g^{-1}(b_i + w_{ij})] = E[g^{-1}(b_i)] + E[g^{-1'}(b_i)w_{ij}] + \frac{1}{2}E[g^{-1''}(b_i)w_{ij}^2]$$

i=subjectが固定されしたがって b_i が固定され、 $j =$ 測定日が確率変動するとき

$$E[g^{-1}(b_i + w_{ij})] = E[g^{-1}(b_i)] + g^{-1'}(b_i)E[w_{ij}] + \frac{1}{2}g^{-1''}(b_i)E[w_{ij}^2]$$

変換スケールでの個体内のばらつき: $w_{ij} \sim N(0, \sigma_w^2)$ のとき

$$E[g^{-1}(b_i + w_{ij})] = g^{-1}(b_i) + g^{-1'}(b_i) \cdot 0 + \frac{1}{2}g^{-1''}(b_i)\sigma_w^2$$

書き直して

$$\boxed{\text{元のスケールでの60歳の75\%tile点}} + g^{-1}(b_i) + \frac{1}{2}g^{-1''}(b_i)\sigma_w^2$$

個体内分散も
推定済み

これによりバイアスを補正します。

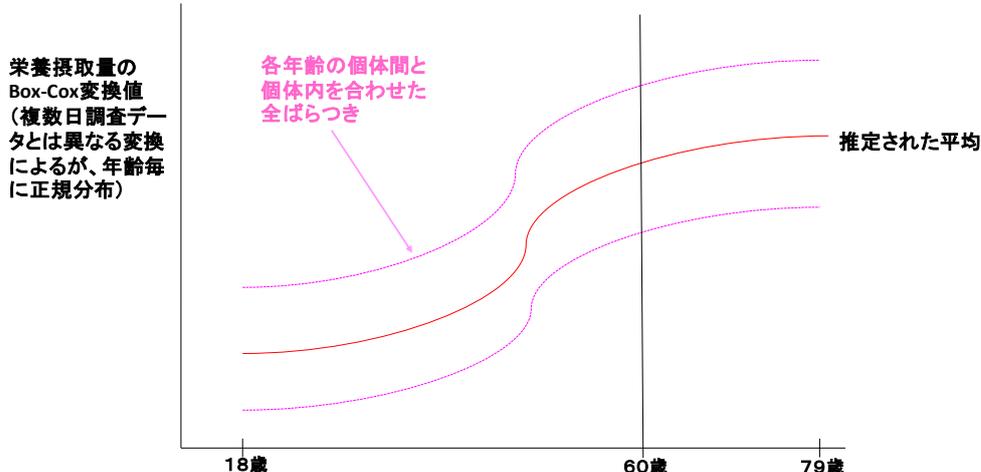
方法3 : 1日の調査である平成25年国民健康・栄養調査データを、方法1と同様にBox-Cox変換し、年齢の多項式と対数を含んだ回帰式の中で最尤法により、統計学的に最も尤もらしい、年齢ごとの習慣的な摂取量を推定する。つぎにBox-Cox変換尺度のこのデータは、年齢ごとに個体間と個体内のばらつきが混在していると考え、このデータに先の12日間調査から求めた個体間/個体内分散比を適応して、国民健康・栄

養調査Box-Cox変換データのばらつきを年齢ごとに、個体間分散と個体内分散に分け、その分布から個体内のばらつきを取り除く。得られた個体間のばらつきを含んだBox-Cox変換尺度での習慣的な摂取量の分布を、先と同様にバイアス補正を行いながら、栄養素の元の尺度にBox-Cox逆変換を行う。これより、国民健康・栄養調査から、日本人の当該栄養素の習慣的な摂取量の推定された分布を得る。

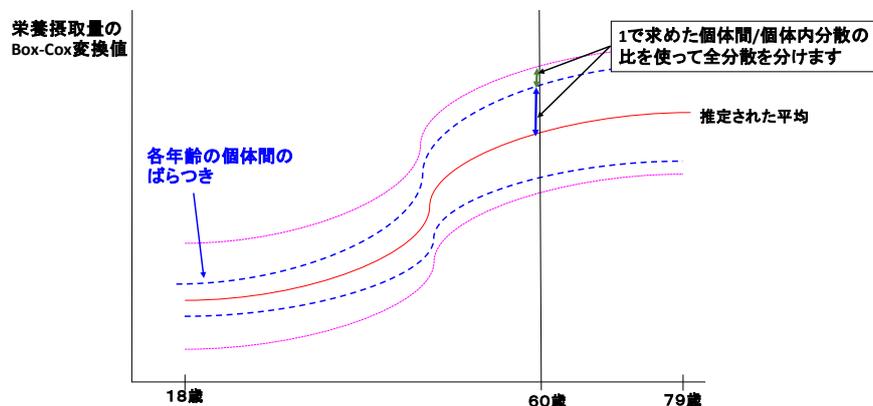
方法3. 国民健康・栄養調査(1日調査)に適用する方法

例) 60歳の75%tile点を栄養素のスケールで求める手順

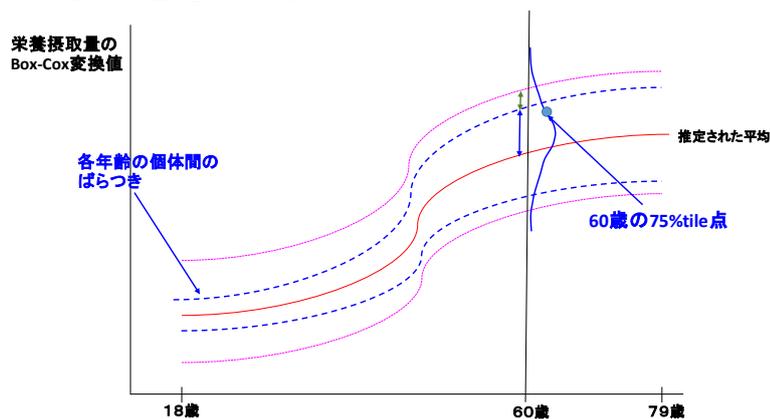
- a. 1日の調査である国民健康・栄養調査データで、摂取量と全分散を年齢により説明させる推定を行う。



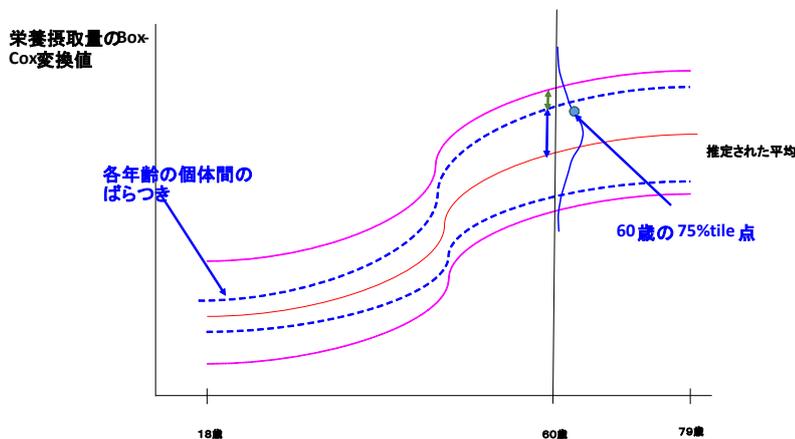
b. 上記aで推定した年齢毎の全分散を、1で推定した個体内分散比により分け、国民健康・栄養調査データの年齢毎の個体内分散を推定する。aで推定した摂取量を習慣的な摂取量の推定値としてこれと合わせる。



c. 上記bで推定した国民健康・栄養調査での習慣的摂取量と個体内分散により、年齢による習慣的摂取量のパーセンタイル曲線を2に倣って描く。



この分布を方法2と同様にBox-Cox逆変換することにより、国民健康・栄養調査の習慣的な摂取量分布のパーセンタイル曲線を描く。



C. 結果

男性の食塩 (g)、男性のタンパク質 (g)、女性エネルギー (kcal)摂取量について、12日間栄養調査データを方法1～2により計算した、習慣的な摂取量の分布のパーセンタイル値を図1～3に示す。

方法3を用いて、男性の食塩 (g)、男性のタンパク質 (g)、女性エネルギー (kcal)の習慣的摂取量の分布について、国民健康・栄養調査結果から推定した結果を図4～6に示す。

D. 考察

男性の食塩、男性のタンパク質、女性のエネルギーについて、国民健康・栄養調査結果より、習慣的摂取量の分布を統計学的に推定した。推定結果の尺度は、各栄養素の常識的な値に納まっている。このなかで、男性のタンパク質と女性のエネルギーについては、12日間調査結果から推定した習慣的摂取量の分布と概ね変わらなかったが、男性の食塩については、特に高齢で、推定された分布に違いがみられた。習慣的摂取量は実際に知ることはできないが、理論的に可能な限り、現実を映し出す方法論を開発するよう、検討を続けたい。

また習慣的摂取量のパーセンタイル値の信頼区間を計算する方法の改良も、今後検討を行いたいと考えている。

本研究の方法論は、全年齢のデータを使って、年齢に対して連続的な習慣的摂取量を推定するものである。全年齢層のデータを用いるため、個別の年齢や、青年期や高齢期に限った本当の習慣的摂取量の分布とは異なる分布を推定する場合があるかもしれないことは、この研究の限界である。

E. 結論

複数日の栄養調査データから得られる栄

養素等の摂取量の個体間/個体内分散比を外挿して、国民健康・栄養調査結果より、男女別に各栄養素等の習慣的摂取量の分布を年齢ごとに推定する方法を開発した。分布のパーセンタイルの信頼区間の計算方法等、今後さらに臨床上有用となる統計学的方法論の開発を進める。

F. 健康危機情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表
なし
2. 学会発表
なし

H. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得
なし
2. 実用新案登録
なし
3. その他
なし

【参考文献】

1. Yokomichi H, et al. An improved statistical method to estimate usual intake distribution of nutrients by age group. *J Nutr Food Sci* 2013; 3: 2.
2. Ishiwaki A, et al. A statistical approach for estimating the distribution of usual dietary intake to assess nutritionally at-risk populations based on the new Japanese dietary reference intakes. *J Nutr Sci Vitaminol* 2007; 53: 337-344.

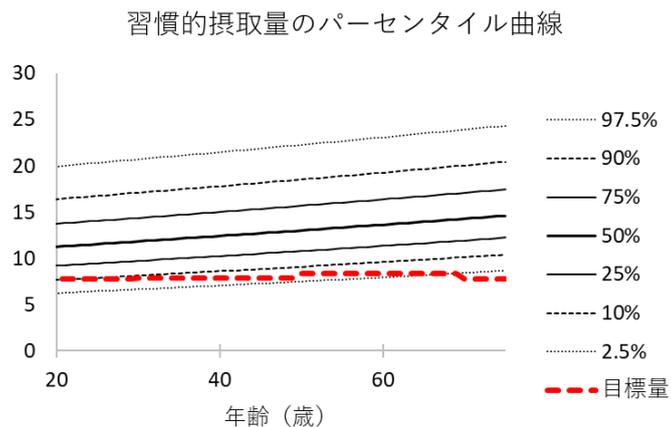


図 1. 男性の食塩 (g)の習慣的摂取量の推定された分布

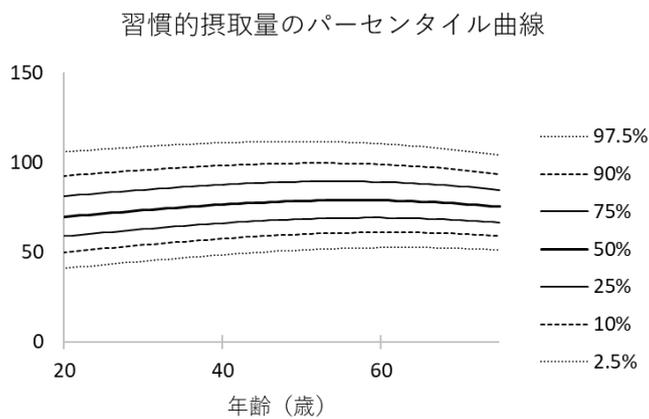


図 2. 男性のタンパク質 (g)の習慣的摂取量の推定された分布

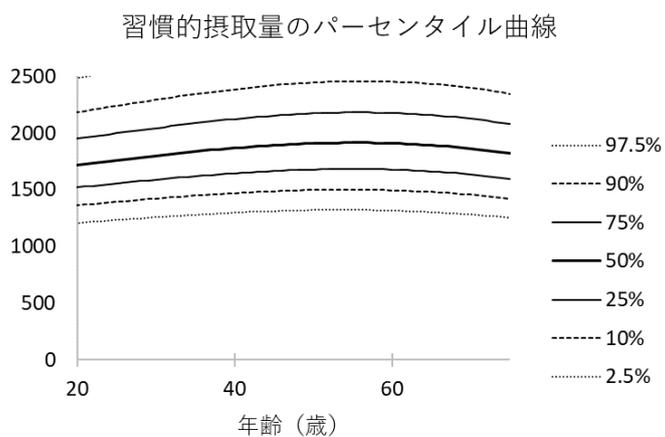


図 3. 女性のエネルギー (kcal)の習慣的摂取量の推定された分布

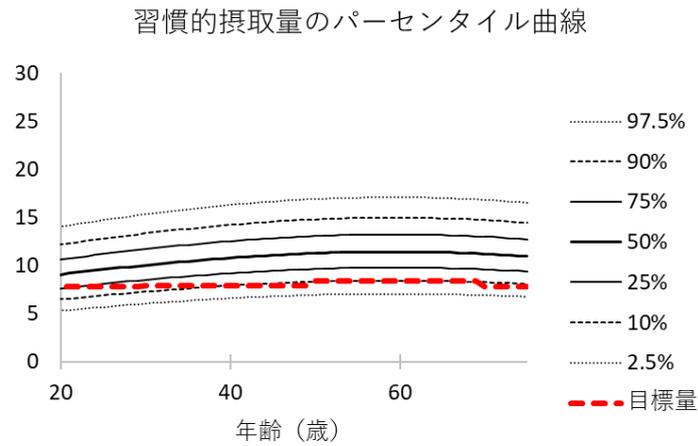


図 4. 国民健康・栄養調査から推定された男性の食塩 (g)の習慣的摂取量の分布

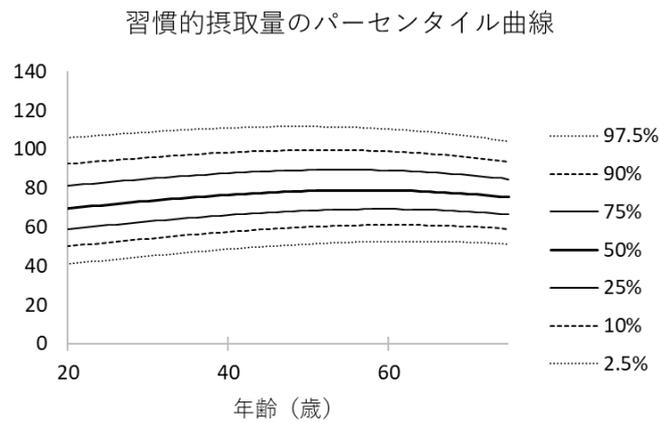


図 5. 国民健康・栄養調査から推定された男性のタンパク質 (g)の習慣的摂取量の分布

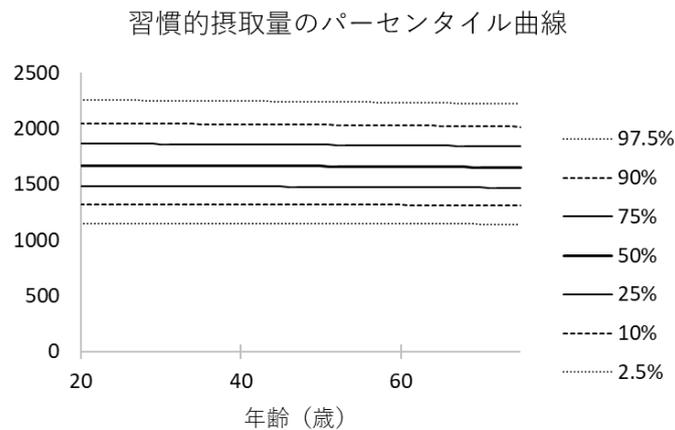


図 6. 国民健康・栄養調査から推定された女性のエネルギー (kcal)の習慣的摂取量の分布