

食事摂取基準との比較により集団としての栄養素摂取量の適切性を 評価するための方法に関する研究 ～個人内／個人間分散比の外挿に関する検討～

研究分担者 横山 徹爾 (国立保健医療科学院生涯健康研究部)
横道 洋司 (山梨大学大学院医学域社会医学講座)
石川 みどり (国立保健医療科学院生涯健康研究部)
吉池 信男 (青森県立保健大学健康科学部栄養学科)

研究要旨

食事摂取基準を活用し、食事改善を目的として集団の食事摂取状態の評価を行うためには、当該集団において測定された習慣的な栄養素等の摂取量の分布を、推定平均必要量や目標量等と比較する必要がある。本分担研究では、栄養素等の習慣的な摂取量の分布を年齢別に推定する統計学的理論 AGEVAR MODE を応用して、既存の複数日調査の個人内／個人間分散比をメタ・アナリシスの手法を用いて統合し、他の調査の個人内／個人間分散比を外挿することの妥当性をクロス・バリデーションによって検討し、国民健康・栄養調査に外挿して習慣的な摂取量の分布推定を試みた。男性のたんぱく質では分散比を外挿することにある程度の妥当性はあると思われたが、他の栄養素などについてもさらなる検討が必要である。

A. 研究目的

食事摂取基準を活用し、食事改善を目的として集団の食事摂取状態の評価を行うためには、当該集団において測定された“習慣的な”栄養素等の摂取量の分布を、推定平均必要量や目標量等と比較する必要がある。また、食事摂取基準の多くの指標は性・年齢階級別に値が策定されており、栄養素摂取量も性・年齢階級によって異なるため、性・年齢階級別に評価を行うことが望まれる。栄養素等の習慣的な摂取量の分布を年齢別に推定する統計学的理論 AGEVAR MODE¹⁾ を用いれば、性・年齢別の特徴を高い精度で視覚的に評価しやすいように「見える化」することが可能だが、栄養素

等摂取量の個人間変動を把握するための複数日の食事調査データが必要であり、1日調査である現行の国民健康・栄養調査にはそのままでは応用できない。しかし、いくつかの県における地域健康・栄養調査では、国民健康・栄養調査方式による食事調査を複数日に渡って実施しており、これらの調査で把握された栄養素等摂取量の個人間変動が、国民健康・栄養調査での個人間変動と大きく異ならないと仮定して外挿することで、国民健康・栄養調査結果から習慣的な摂取量の分布を推定することが計算原理的には可能である。

本分担研究では、既存の複数日調査の個人内／個人間分散比の情報を用いて、国民

健康・栄養調査結果から習慣的な摂取量の分布を推定し、その妥当性を検討することを目的とする。

B. 方法

AGEVAR MODE は、個体*i*の*j*日目の栄養素等摂取量を正規分布に近似するように変換した値を x_{ij} 、年齢を Age_i として、

$$x_{ij} = a + b \times Age_i^p + c \times Age_j^q + \alpha_i + \varepsilon_{ij} \quad \dots (1) \text{ または}$$

$$x_{ij} = a + b \times Age_i^p + c \times Age_j^q \times \log(Age_i) + \alpha_i + \varepsilon_{ij} \quad \dots (2)$$

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

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

というモデルで表し、習慣的な摂取量の分布を推定する方法である¹⁾。ここで、 α_i は個人*i*の習慣的な摂取量を表し、その個人差（個人間変動）を表す分散は $V_b = \exp(\beta_{b0} + \beta_{b1} \times Age_i)$ である。 ε_{ij} は個人*i*の摂取量の日間変動（個人内変動）を表し、その分散は $V_w = \exp(\beta_{w0} + \beta_{w1} \times Age_i)$ である。

1日調査である国民健康・栄養調査では個人間変動と個人内変動を推定することはできないが、1日調査で観察される摂取量*V*の分散は、個人間変動 V_b と個人内変動 V_w の和であるから、既存の複数日調査から得られた個人内／個人間分散比 $R_{w/b}^*$ を外挿すれば、 V_b と V_w を推定することが可能である。すなわち、

$$V_b = V / (R_{w/b}^* + 1)$$

$$V_w = V - V_b$$

である。

既存の複数日調査から得られる個人内／個人間分散比は調査によって異なるため、一般的なメタ・アナリシスの手法を用いて個人内／個人間分散比の統合を行った。個人内／個人間分散比は、

$$\exp(\beta_{w0} + \beta_{w1} \times Age_i) / \exp(\beta_{w0} + \beta_{w1} \times Age_i) = \exp((\beta_{w0} + \beta_{w1} \times Age_i) - (\beta_{b0} + \beta_{b1} \times Age_i))$$

であり、各複数日調査で推定された

$$(\beta_{w0} + \beta_{w1} \times Age_i) - (\beta_{b0} + \beta_{b1} \times Age_i)$$

を、推定値の分散の逆数で重み付け平均して指数変換することで $R_{w/b}^*$ の統合値とした。

AGEVAR MODE のモデルのパラメータと標準誤差等の推定には、SAS ソフトウェアの PROC NLMIXED を用いた。また、個人内・個人間変動および分布のパーセントイル曲線の信頼区間の推定、検定等は、パラメータの推定値と分散・共分散に基づいて行った。

既存の複数日調査としては、3県の4調査および研究分担者・吉池の調査、計5調査のデータを必要な手続きを経て利用した。他の調査の分散比を国民健康・栄養調査に外挿することの妥当性は、クロス・バリデーションにより検討した（図1）。

図1. Cross-Validationによる妥当性の検討原理

食事調査 A, B, C はいずれも複数日調査

- 調査 A について
調査 A 自身の分散比を使って習慣的摂取量の分布を推定
調査 B と C の分散比を使って習慣的摂取量の分布を推定 } 比較
- 調査 B について
調査 B 自身の分散比を使って習慣的摂取量の分布を推定
調査 C と A の分散比を使って習慣的摂取量の分布を推定 } 比較
- 調査 C について
調査 C 自身の分散比を使って習慣的摂取量の分布を推定
調査 A と B の分散比を使って習慣的摂取量の分布を推定 } 比較

これらの比較がよく一致していれば、国民健康・栄養調査について、自身の分散比は不明だが、他の調査の分散比を使って習慣的摂取量の分布を推定してもよく一致するはず。

C. 結果

たんぱく質を例として、既存の5調査の個人内／個人間分散比（男性）を図2に示す。調査DとEは若い世代で極端に分散比が大きい。標準誤差も非常に大きいので、人数が少ない影響が考えられる。

クロス・バリデーションの結果を図3に示す。調査A～Cは調査自体の分散比を用いた場合と他調査の分散比を用いた場合で、比較的近いパーセントイル曲線になっている

る。分散比の標準誤差が非常に大きい調査DとEは食い違いが大きい。

図4に分散比と統合値（分散の逆数での重み付け平均）を示す。調査Eは極端な外れ値となったため、統合には用いなかった。

図5は、分散比の統合値を国民健康・栄養調査に外挿して推定した習慣的な摂取量の分布である。

D. 考察

複数日の食事調査に基づいて栄養素の習慣的な摂取量を推定する方法には、AGEVAR MODE 法の他に、National Research Council (NRC)法³⁾、Best-Power (BP)法^{4, 5)}、Iowa State University (ISU)法^{4, 5)}などがあるが、いずれも性・年齢階級別に分けて分析を行うと各階級の人数が少なくなるため、分布の推定誤差が大きくなるという問題点があった。また、栄養素の習慣的な摂取量の平均値が年齢によって変化するとみなしたAGE MODE 法⁶⁾では、年齢によって個人内分散・個人間分散が変化する状況を扱うことができなかった。これらを改良したAGEVAR MODE 法では、年齢階級別に習慣的な摂取量の分布を推定する場合に推定誤差を小さくすることが可能である。さらに、他の複数日調査により推定された個人内／個人間分散を外挿することが妥当ならば、1日調査である国民健康・栄養調査でも習慣的な摂取量の分布を推定し、食事摂取基準の活用可能性が高まると考えられる。

本研究では、既存の5つの複数日調査データを用いて、クロス・バリデーションにより、個人内／個人間分散比を他の調査に外挿することの妥当性を検討した。男性のたんぱく質では、分散比が極端な外れ値をとる2調査では、自身の分散比を用いた場

合との食い違いが大きかったが、これらの調査では自身の分散比の標準誤差が極端に大きいため、むしろ他調査の分散比を用いて推定した習慣的な摂取量の分布の方が、現実的な値のように思われる。

メタ・アナリシスの手法を用いて分散比を統合した値（極端な外れ値だった1調査を除く4調査）では、男性のたんぱく質（正規化した値）の個人内／個人間分散比は約2で、高年齢ほどやや小さくなる傾向があった。この統合分散比を国民健康・栄養調査に外挿して習慣的な摂取量の分布を推定すると、1日調査の分布に比べて習慣的な摂取量の分布の幅は大幅に縮小した。これは、1日調査でEARカットポイント法等を用いると、該当割合が大幅に過大評価または過少評価することを意味している。

今後の課題として、他の栄養素等についても同様の検討を行い、他の調査の個人内／個人間分散比を国民健康・栄養調査に外挿して習慣的な摂取量の分布を推定することの妥当性についてさらに確認する必要がある。

E. 結論

AGEVAR MODE 法を応用して、既存の複数日調査の個人内／個人間分散比をメタ・アナリシスの手法を用いて統合し、他の調査の個人内／個人間分散比を外挿することの妥当性をクロス・バリデーションによって検討し、国民健康・栄養調査に外挿して習慣的な摂取量の分布推定を試みた。男性のたんぱく質では分散比を外挿することにある程度の妥当性はあると思われたが、他の栄養素などについてもさらなる検討が必要である。

F. 健康危機情報

なし。

G. 研究発表

なし。

H. 知的財産権の出願・登録状況

なし。

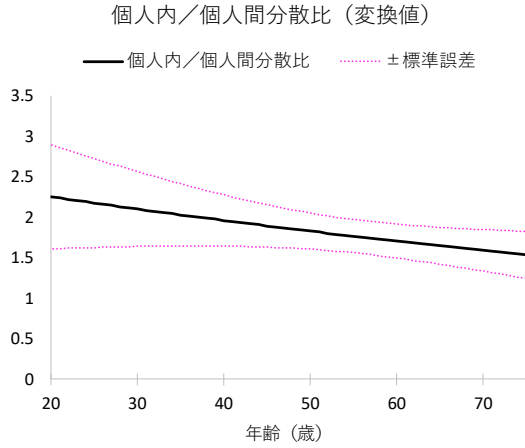
【参考文献】

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.
3. National Research Council, Subcommittee on Criteria for Dietary Evaluation: Nutrient Adequacy: Assessment Using Food Consumption Surveys (1986) National Academy Press, Washington, DC
4. Subar, A.F., Kipnis, V., Midthune, D., et al.: Statistical methods for estimating usual intake of nutrients and foods: a review of the theory, *J. Am. Diet. Assoc.*, 106, 1640-50 (2006)
5. Nusser, S.M., Carriquiry, A.L., Dodd, K.W., Fuller, W.A.: A semiparametric transformation approach to estimating usual daily intake distributions, *J. Am. Stat. Assoc.*, 91, 1440-9 (1996)
6. Waijers, P.M.C.M., Dekkers, A.L.M., Boer, J.M.A., et al.: The potential of

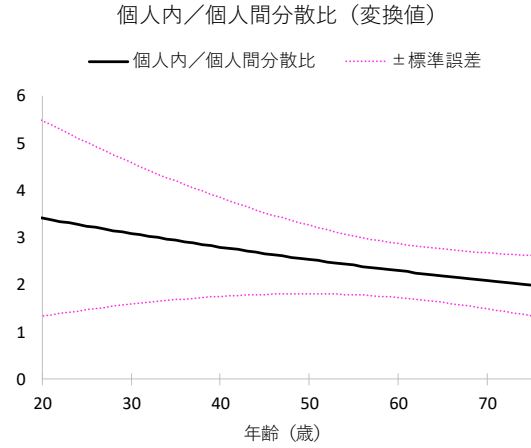
AGE MODE, an age-dependent model, to estimate usual intakes and prevalences of inadequate intakes in a population, *The J. Nutr.*, 136: 2916-20, (2006)

図2. 既存の5調査の個人内／個人間分散比（男性・たんぱく質）

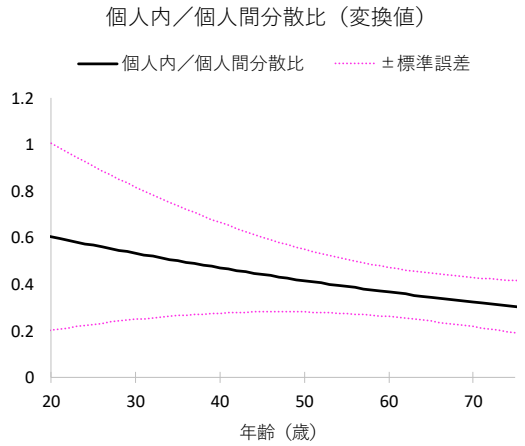
調査A



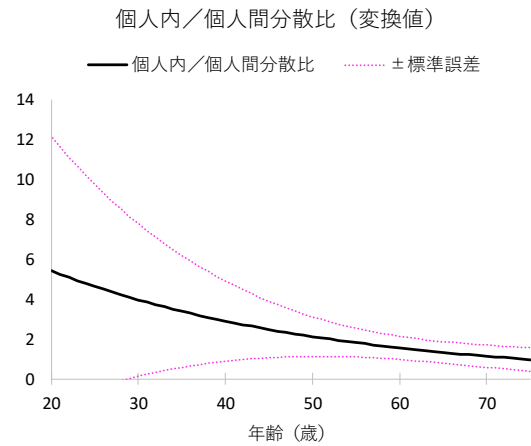
調査B



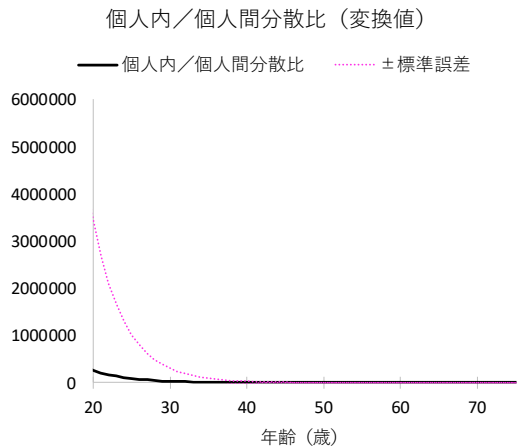
調査C



調査D



調査E



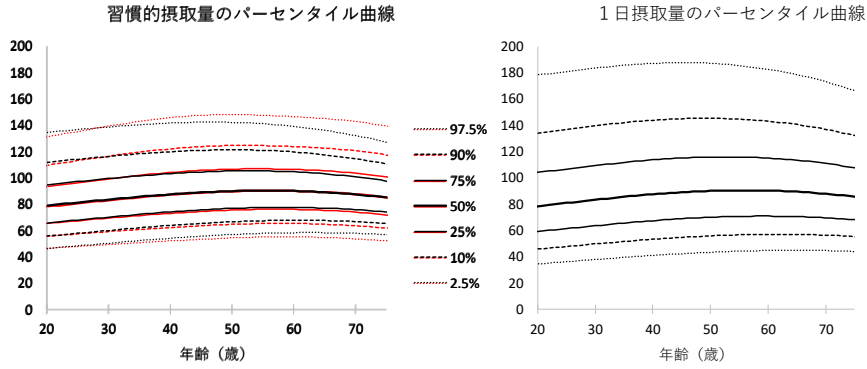
解析に用いた人数と日数（男性）

	人数	日数
調査A	263	3
調査B	350	2
調査C	175	2
調査D	42	4
調査E	39	4

図3. Cross-Validationによる妥当性の検討（男性・たんぱく質）

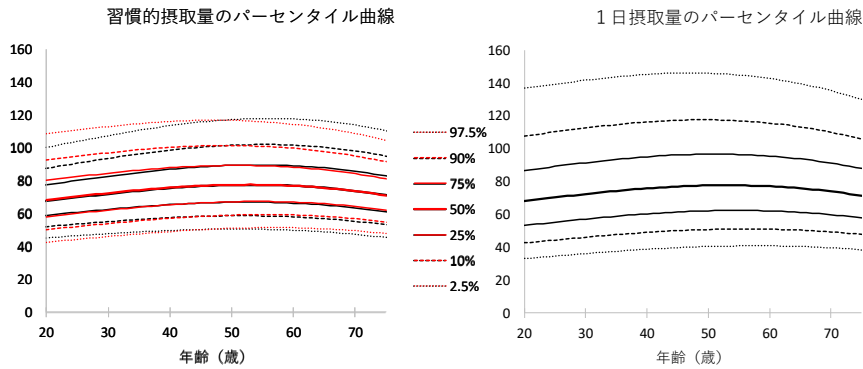
調査A 【たんぱく質】

黒線：自身の分散比を使用
赤線：他調査（B、C、E、D）の分散比（統合値）を使用



調査B 【たんぱく質】

黒線：自身の分散比を使用
赤線：他調査（A、C、E、D）の分散比（統合値）を使用



調査C 【たんぱく質】

黒線：自身の分散比を使用
赤線：他調査（A、B、E、D）の分散比（統合値）を使用

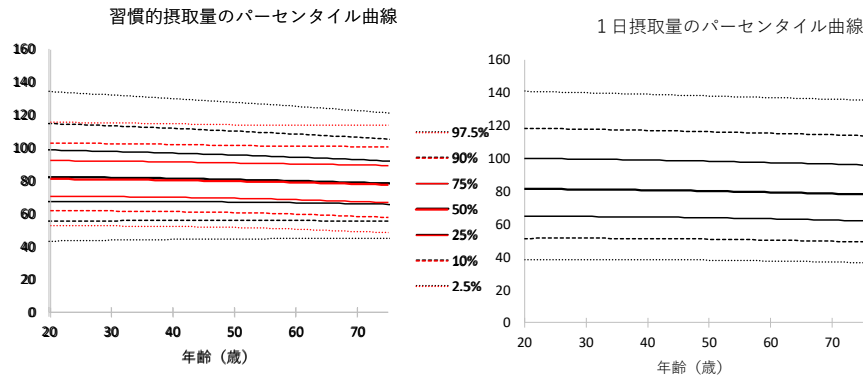
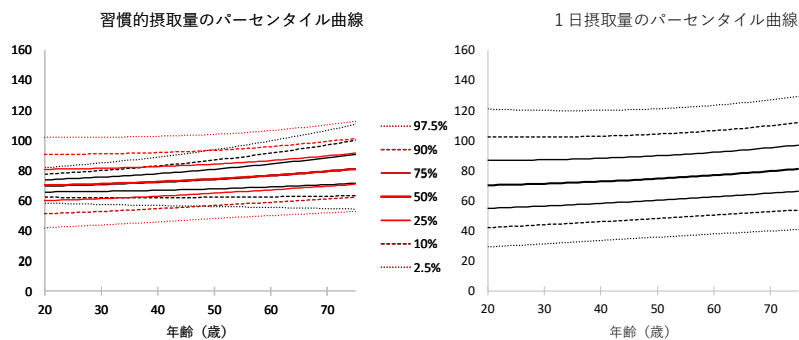


図3. Cross-Validationによる妥当性の検討（男性・たんぱく質）（続き）

調査D 【たんぱく質】

黒線：自身の分散比を使用

赤線：他調査（A、B、C、E）の分散比（統合値）を使用



調査E 【たんぱく質】

黒線：自身の分散比を使用

赤線：他調査（A、B、C、D）の分散比（統合値）を使用

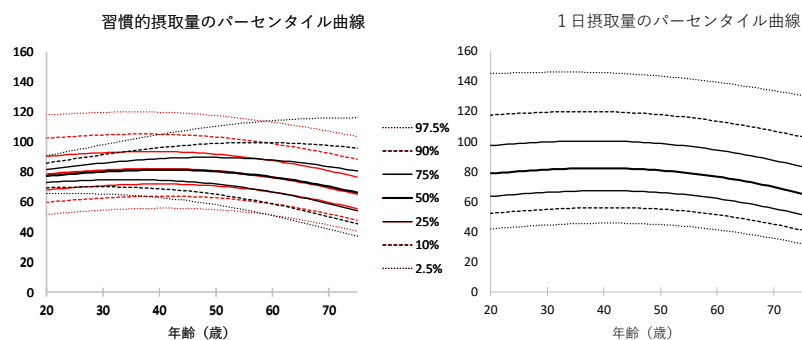


図4. 他調査の分散比の外挿による国民健康・栄養調査での
習慣的摂取量の分布推定（男性・たんぱく質）

平成25年国民健康・栄養調査 【たんぱく質】

自身の分散比なし

赤線：他調査（A、B、C、D、E）の分散比（統合値）を使用

