

乳幼児身体発育曲線の調査人数と誤差率に関する検討

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)

研究要旨

乳幼児身体発育調査の一般調査は対象者を国勢調査の地区単位で抽出しており、近年の少子化による地区あたりの児の減少及び協力率の低下によって全体の調査人数が減少してきている。本分担研究では、次回の調査に向けて十分な精度を維持するための調査地区数・人数や抽出方法、最新の統計手法について検討することを目的とする。今年度は、調査人数と発育曲線の誤差との関係について分析を行った。

2010年乳幼児身体発育調査結果で得られた体重発育曲線をLMS法のL, M, Sのパラメータで表される仮想的な真の発育曲線として、男女別に病院調査(3-5日齢、30±10日齢)2000人、一般調査(2週~2歳未満2388人、2歳~6歳半1612人)計4000人を無作為抽出してLMS法(GAMLSS on Rを使用)で発育曲線を推定するモンテカルロシミュレーション(コンピュータ上で乱数を用いたシミュレーション)を行い、正規スコア(Z-score)に換算した場合のバイアス(仮想的な母集団からのずれ)と誤差率(偶然変動の大きさ)を算出した。3パーセンタイル曲線と97パーセンタイル曲線のバイアスはどの年月齢でも男子は±0.02~0.04、女子は±0.02程度と非常に小さく、誤差率は男女ともに3か月前後で約4%、その後2歳未満では約3%と小さいが、2歳以上は約4%で、6歳に近づくとやや大きくなり男子では5%を少し超えた。シミュレーションの人数は同調査の調査人数を参考にして設定しており、2歳未満と2歳以上では抽出する地区数が異なるため、年月齢当たりの人数は2歳未満に比べて2歳以降で少なく、誤差率も大きくなると考えられた。

今後は、0~2歳未満と2~6歳半の人数、および病院調査の人数をそれぞれ変えて、年月齢別の誤差率がどのように変化するかを確認し、予想される協力率や年月齢別に求められる精度も考慮して、最適な人数配分について検討する必要がある。

A. 研究目的

乳幼児身体発育調査は昭和35年から10年毎に国が実施し、乳幼児の身長、体重、頭囲、胸囲等の測定を行うとともに、乳幼児の栄養方法、運動及び言語発達状況の把握並びに健康度について全国規模で調査するものである。同調査は一般調査と病院調査とからなる。一般調査は、直近の全国の国勢調

査区から3000地区を層化無作為抽出した生後14日以上2歳未満の乳幼児及び、3000地区から抽出した900地区の2歳以上小学校就学前の幼児が調査の客体であり、病院調査は、全国の産科を標榜し且つ病床を有する病院のうち、医療施設基本ファイルから抽出した150病院で出生し、調査月に1か月健診を受診した乳児が調査の客体であ

る¹⁾。前回 2010 年調査では一般調査は 7652 人、病院調査は 4774 人の協力が得られた。

一般調査は対象者を地区単位で抽出しており、近年の少子化による地区あたりの児の減少及び協力率の低下によって全体の調査人数が減少してきており、それに伴って身体発育曲線の精度の低下が懸念される。一般に、調査精度は誤差率によって表現されることが多いが、2010 年調査による身体発育曲線は 0~6 歳の範囲にわたって、3, 10, 25, 50, 75, 90, 97 パーセンタイル値が作成され、年月齢によって調査人数も異なるため、この場合の誤差率の考え方は単純ではない。

2010 年乳幼児身体発育調査による発育曲線は、LMS 法²⁾を用いて作成されており、Cole TJ は LMS 法で推定される正規スコア (Z-score) の誤差率で発育曲線の誤差を評価する方法を提案した³⁾。発育曲線の活用においては、全体の分布の中での相対的な位置 (パーセンタイル) を考えることが多いため、パーセンタイルを表すための正規スコアの誤差率で評価することは理にかなっていると考えられる。

今年度の分担研究では、今後の調査人数を検討するための基礎資料を得ることを目的として、2010 年乳幼児身体発育調査結果を参考にして、年月齢別に正規スコアの誤差率とバイアスを算出した。

B. 方法

2010 年乳幼児身体発育調査で得られた年月齢別 L, S, M の値を算出する 3 次スプライン関数 (公表値)⁴⁾ で表される男女別年月齢別体重分布を仮想的な母集団とみなして、男女別に病院調査 (3-5 日齢と 30±10 日齢) 2000 人、一般調査 (2 週~2 歳未

満 2388 人、2 歳~6 歳半 1612 人) 計 4000 人を無作為抽出して、LMS 法 (GAMLSS on R を使用) で発育曲線を推定するモンテカルロシミュレーション (コンピュータ上で“仮想的な母集団から乱数を使って標本を無作為抽出して LMS 法を適用する”という作業を多数回行うことで、LMS 法で母集団の発育曲線を適切に推定できているかを調べる方法) を行った。抽出人数は同調査の調査人数を参考に設定し、シミュレーションは 1000 回実施して、パーセンタイル曲線の標準誤差を算出して図示した。さらに、LMS 法の計算過程で用いられる正規スコア (Z-score) の誤差率 (偶然変動の大きさ) とバイアス (仮想的な母集団からのずれ) を年月齢別に示した。計算に用いたプログラムは参考 1 に示した。

C. 結果

図 1A, 1B に、男女別の体重発育曲線と各パーセンタイル曲線の標準誤差を示す。黒い線は推定されたパーセンタイル曲線±標準誤差であり、赤い線は仮想的な母集団のパーセンタイル曲線 (真の値) である。男子の 97 パーセンタイル曲線が 5 歳前後で真の値よりも少し下方にずれているほかは、ほぼ一致している。

図 2A, 2B に、男女年月齢別の 3 パーセンタイル曲線と 97 パーセンタイル曲線に対応する正規スコアのバイアスと誤差率を示す。年月齢別のバイアス (図左) は、男子は ±0.02~0.04、女子は ±0.02 程度と非常に小さい。なお、正規スコア 0.02 のバイアスというのは、例えば 97 パーセンタイルに相当する正規スコアは 1.88 であるが、+0.02 のバイアスが生じて $1.88+0.02=1.90$ となったとすると、これは 97.1 パーセンタイルに相当するので、パーセンタイル曲線とし

てはわずか 0.1 パーセントポイントのバイアスであるということの意味する。男子の 5 歳付近のバイアスは約-0.04 であるが、それでも 0.3 パーセントポイント相当でバイアスは小さい。同様に 3 パーセンタイル曲線で考えると、バイアス 0.02 は 0.2 パーセントポイントのバイアスである。

正規スコアの誤差率 (図右) を見ると、男女ともに 3 か月前後で約 4%、その後 2 歳未満では約 3%と小さいが、2 歳以上は約 4%で、6 歳に近づくとやや大きくなり男子では 5%を少し超えた。正規スコアの誤差率 4%というのは、例えば、97 パーセンタイルに相当する正規スコア 1.88 が相対的に±4%変動したとすると、96.5~97.5 パーセンタイルの変動に相当するので、標準誤差 0.5 パーセントポイントということの意味する。

D. 考察

乳幼児身体発育調査の対象者人数と、体重発育曲線のバイアスおよび誤差率との関係を検討した。3 パーセンタイルと 97 パーセンタイル曲線は母子健康手帳に掲載され、児の発育の評価にも重要であるため⁵⁾、両パーセンタイル曲線を中心に分析を行った。2010 年調査に近い年月齢別人数でシミュレーションを行った結果、推定された曲線のバイアス、誤差率は十分に小さく、GAMLSS on R で LMS 法を用いた場合の精度は高いと考えられた。ただし、仮想的な母集団が LMS の 3 つのパラメータの 3 次スプライン関数で定義されているため、そこから無作為抽出した標本を用いて LMS 法により発育曲線を推定した場合のバイアスが小さいことは予想通りである。1 歳未満と男子の 5 歳付近でややバイアスが生じたのは、前者は体重の変化が大きい時期でフィットしにくいことと、後者は回帰曲線

の端は変動しやすいという性質によるものと思われる。0 歳のバイアスと誤差率が小さいのは、病院調査の人数が多いためと考えられ、病院調査の人数を少なくすると 1 歳未満のバイアスと誤差率が増大するかもしれない。

同様の理由で、誤差率は 3 か月前後と 5 歳以上でやや大きくなると考えられる。また、2 歳未満に比べて 2 歳以上では年月齢あたりの人数が約 1/3 と少ないため、2 歳以上の方が誤差率は大きくなると考えられる。

なお、シミュレーションは GAMLSS on R を用いて行ったものであり、2010 年乳幼児身体発育調査で用いた SAS プログラムによる LMS 法で同等の精度が得られるとは限らない。

今後は、0~2 歳未満と 2~6 歳半の人数、および病院調査の人数をそれぞれ変えて、年月齢別の誤差率がどのように変化するかを確認し、協力率や年月齢別に求められる精度も考慮して、最適な人数配分について検討する必要があるだろう。また、尖度を考慮した仮想的な母集団を作成し、LMS 法と BCTo 法 (尖度もパラメータに含む) の比較も行う予定である。

E. 結論

乳幼児身体発育調査の対象者人数と、体重発育曲線のバイアスおよび誤差率との関係を検討した。2010 年調査に近い年月齢別人数でシミュレーションを行った結果、バイアスと誤差はいずれも十分に小さいと考えられた。今後は、0~2 歳未満と 2~6 歳半の人数、および病院調査の人数をそれぞれ変えて、年月齢別の誤差率がどのように変化するかを確認し、予想される協力率や年月齢別に求められる精度も考慮して、最適な人数配分について検討する必要がある。

<参考文献>

- 1) 厚生労働省. 平成 22 年乳幼児身体発育調査報告書. 平成 23 年 10 月.
- 2) Cole TJ. The LMS method for constructing normalized growth standards. Eur J Clin Nutr 1990; 44(1):45-60.
- 3) TJ Cole. Sample size and sample composition for constructing growth reference centiles. Statistical Methods in Medical Research 2021;30(2):488–507.
- 4) 平成 23 年度厚生労働科学研究費補助金 (成育疾患克服等次世代育成基盤研究事業) 乳幼児身体発育調査の統計学的解析とその手法及び利活用に関する研究 (研究代表 横山徹爾). 総括・分担研究報告書. 平成 24 年 3 月.
- 5) 令和 2 年度厚生労働行政推進調査事業費補助金 (成育疾患克服等次世代育成基盤研究事業 (健やか次世代育成総合研究事業)), 乳幼児の身体発育及び健康度に関する調査実施手法及び評価に関する研究 (H30-健やか-指定-001)・児童福祉施設における栄養管理のための研究 (19DA2001), 乳幼児身体発育曲線の活用・実践ガイド (令和 3 年 3 月) .

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1. パイアス・誤差計算のためのシミュレーションプログラム (男子体重)

```
# GAMLSS on Rを使用
library(gamlss)

#シミュレーション繰り返し回数
SIMCNT <- 100

#病院調査の人数
NINZU0a <- 2000 #3-5 日齢
NINZU0b <- 2000 #1 か月±10 日

# 一般調査の人数
NINZU <- 4000 # 計
NINZU1 <- round(NINZU*(3000*2/(3000*2+900*4.5))) # 0-2 歳 人数比=3000*2 / (3000*2 + 900*4.5)
NINZU2 <- round(NINZU-NINZU1) # 2-6.5 歳

#病院調査+一般調査の人数
NINZUALL <- NINZU0a + NINZU0b+ NINZU

set.seed(12345)
cent<- c(3, 10, 25, 50, 75, 90, 97)
age06 = seq(0, 6, by=0.01) # 結果出力の年齢刻み
sq <- seq(1:length(age06))
pcents1 <- NULL;

for (no in 1:SIMCNT)
{
  # 進行状況表示
  message(paste("##### Simulation", no, "is running. #####"))

  # age=年齢 (それぞれ一様乱数)
  age <- c(runif(NINZU0a, 3/365, 5/365), runif(NINZU0b, 20/365, 40/365), runif(NINZU1, 14/365, 2),
runif(NINZU2, 2, 6.5))

  # 当該年齢のLMS 値を得る
  L <- 1.31741037555903 +0.33197735843175*age -2.39516343785141*age^2 +0.99105073452358*age^3 -
1.07440669686208*(age>1 )*((age-1 )^3) +0.33694123082724*(age>4 )*((age-4 )^3)
  M <- 2612.62687422205 +20734.3659048509*age -28355.3126527698*age^2 +15570.7259175884*age^3 -
11269.1529972177*(age>0.5)*((age-0.5)^3) -4371.63733926295*(age>0.9 )*((age-0.9 )^3)
+47.7506823435777*(age>2.1 )*((age-2.1 )^3) +109.502380510523*(age>3.5 )*((age-3.5 )^3)
  S <- 0.15030662974156 -0.1479771100149 *age +0.13931727786535 *age^2 -0.0449883255169431*age^3
+0.0445377334510822*(age>1 )*((age-1 )^3)

  # bw=無作為抽出した体重
  r <- rnorm(NINZUALL) # 正規乱数
  for (j in (1:NINZUALL)) {
    while (abs(r[j])>3.719016485) {
      r[j] <- rnorm(1) # 0.01%を修正
    }
  }
  bw <- M*(1+L*S*r)^(1/L)

  # LMS 法実行
  m1<-lms(bw, age, families="BCCGo", k=9, calibration=F, trans.x=T, cent=cent)

  # 1000 回のシミュレーション結果は pcents1 に格納される。
  pcent1<-cbind(no, sq, centiles.pred(m1, xname="age", xvalues=age06, plot=T, ylab="bw",
xlab="age", legend=F, cent=cent))
  pcents1<-rbind(pcents1, pcent1)
}
```

図 1A. 推定体重発育曲線と標準誤差 (男子)

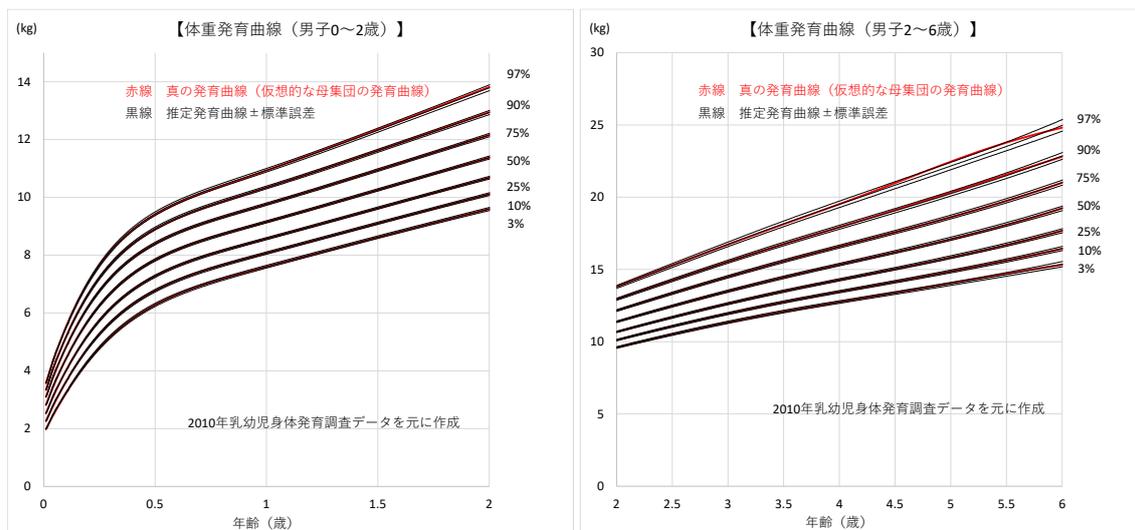


図 1B. 推定体重発育曲線と標準誤差 (女子)

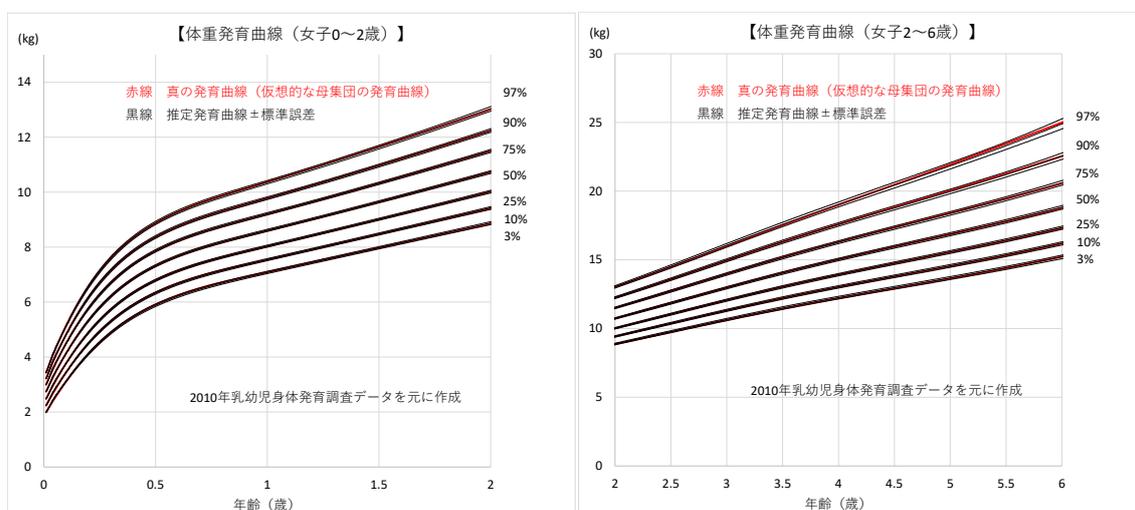


図 2A. 推定体重発育曲線 (3 パーセンタイルと 97 パーセンタイル) の正規スコアで表した年月齢別バイアスと誤差率 (男子)

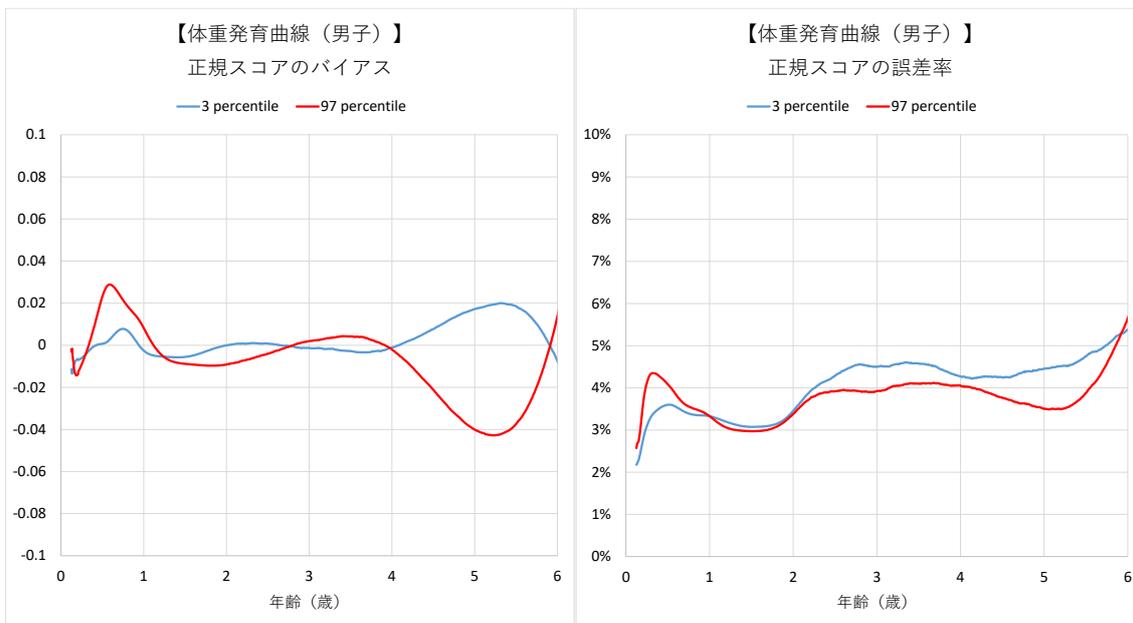


図 2B. 推定体重発育曲線 (3 パーセンタイルと 97 パーセンタイル) の正規スコアで表した年月齢別バイアスと誤差率 (女子)

