

令和5年乳幼児身体発育調査での想定サンプルサイズによる平滑化の試行と 母子健康手帳における曲線の表し方に関する検討

研究協力者 加藤則子（十文字学園女子大学教育人文学部）

研究分担者 磯島 豪（国家公務員共済組合連合会虎の門病院小児科）

研究協力者 森口 駿（国家公務員共済組合連合会虎の門病院小児科）

研究要旨

令和5年乳幼児身体発育調査が終了し、平成6年度に発育値作成作業が行われるのを前にして、発育値を母子健康手帳に反映させる際にどのような表現の仕方が保護者と支援者双方にとって良いかという課題と、令和5年調査で見込まれるサンプルサイズで平滑化が滞りなく行われうるかという課題が生じた。

母子健康手帳の発育曲線の表し方に関して、現行の境界鮮明な表現に対し、推計誤差を加味したグラデーションをかけてぼんやりした表現に変えることに関して、保護者にアンケートを、小児科開業医にヒアリングを行ったが、ぼんやりした表現を決定的に推奨する根拠は得られなかった。

令和5年乳幼児身体発育調査で収集が見込まれるサンプルサイズと同等のものを、2010年調査データから系統抽出して作成したデータセットに基づき、GAMLSS on R を用いて体重、身長、3歳までの頭囲に関して平滑化曲線作成を試行した。データを減少させることによって平滑化が困難になることはなかった。より強い平滑化を行うためにペナルティの値を大きくすることで、先行研究における平滑不足を解消できた。

A. 研究目的

研究1 母子健康手帳の発育曲線グラフの表し方に関する検討

妊娠届け出時に交付される母子健康手帳には、乳幼児の発育の目安であるグラフが記載されており、体重、身長、頭囲について、3パーセンタイルから97パーセンタイルまでが帯で示されている。現状では、健常な成長をたどっているにもかかわらず計測値がこの帯の中に入らない場合が数パーセントの例で存在し、特に小さい場合に不安の原因になる。子どもの成長には個人差があり、一人一人の個性を重視しつつ継続的に観察する必要があり、計測値が標準範囲内であるかどうかのみにこだわるのは好ましくないという議論はかねてからされている。こういった不安を多少なりとも解消できるようなグラフの表し方を試作し、保護者にと

って使いやすくよい支援にもつながりやすい目安の表し方に生かし、有益なツールの提供につなげることが出来ることを目的とした。

研究2 令和5年乳幼児身体発育調査で得られると想定されるデータサイズでの発育曲線作成試行

身体発育値の作成には、近年LMS法が主流となっている。国際的に多用されているLMSchartmaker®がサポート終了となったためGAMLSS on Rを発育値作成の方法として検討すべく、2010年乳幼児身体発育調査データをGAMLSS on Rによって平滑化してみた。

この先行研究は、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-008 研究代表

者・横山徹爾) 令和元年度分担研究によるもの¹⁾で、以下、「令和元年度研究事業」と記す。

調査設計において、必要にして十分なサンプリングを行う必要があるため、公的調査における誤差率5%という基準について、この調査に適した設定法を考案し、それに基づいて、適切な例数を取得できる地区数を算出した(本研究令和4年度研究成果²⁾)。今般令和5年9月の乳幼児身体発育調査で収集が見込まれている例数に基づいて、平滑化を試行し、実際の発育し作成に備える必要があり、試算を行った。

B. 研究方法

研究1

首都圏にある私立保育園、子育て支援を行う助産院等に協力を依頼し、利用中の保護者51名(第1子の年齢において2歳までが49.0%, 3歳以上が51.0%)に対し、グラフ表現の受け止め方の調査を行った。

現行の母子健康手帳で用いられている既存グラフ(図1-1)と曲線の推計誤差を考慮して境界にグラデーションをかけてぼんやりさせたグラフ(図1-2)および、体重増加の速さ(25パーセンタイルから75パーセンタイルまでを目安)を加味したグラフ「三角印」(図1-3)に対し、7段階のフェイスマーク(図1-4)のうち見た時の気持ちに当たるものを1つ選んでもらった。

小児科開業医の意見聴取に当たっては、A県内B市における小児科開業医の集会で、意見聴取をお願いした(令和6年2月)。A県内C市で開業歴半世紀のベテラン開業小児科医のヒアリングを行った(令和6年2月)。

研究2

令和5年調査に向けて設定された地区数から見込まれるデータ数を、2010年調査デ

ータをもとに抽出しデータセットを作成した。出生から1.5か月までを主に病院調査データ、それ以降を一般調査データがしめることから、出生から1.5か月までに関して10分の3系統抽出、1.5か月から12か月までを10分の7系統抽出、12か月から24か月までは $9/20 \times 3/2$ の系統抽出を行うがこれがほぼ3分の2に相当することから3群の2系統抽出、24か月以降は $3/2$ 系統抽出とした。24か月以降は見込みデータ数が既存データ数を上回るため、やむを得ず、 $1/2$ 系統抽出し、既存データを重複させて使用した。

体重に関しては、生理的体重減少を反映して、日齢別の集計において、生後3日付近までは減少、その後増加という傾向が認められたので、病院調査における生後3、4、5日と1か月健診、および一般調査データを用いて平滑化することとした。身長と頭囲は病院調査からは出生時と1か月健診時を用い、それに一般調査を加えて用いた。頭囲は、3歳までの値を用いた。

GAMLSS on Rによる平滑化には二通りの平滑化法を想定した。

平滑化法1: LMS(中央値、分散、歪みのモデル) TJCole氏が開発し、よく使われている。

```
m0<-lms(bw, age, families=c("BCCGo"),
data=mw2024, k=9, calibration=F,
trans. x=T, cent=cent)
```

平滑化法2: LMS、BCE(指数変換)、LMST(LMSに尖度Tを加味したモデル)の中から、最もあてはめの良いモデルを選択する。

```
m0<-lms(be, age, families=c("BCCGo", "BCPEo", "BCTo"),
data=mw2024, k=9, calibration=F,
trans. x=T, cent=cent)
```

ここで、bwは変数(ここでは体重値) mw2024ファイル名(ここでは、男子体重のファイル名)、“BCCGo”, “BCPEo”, “BCTo”はど

のモデルのなかから最適モデルを選ぶかを表す。

コードに $k=9$ という記載があるが、 k はペナルティと言われ、 k の値が大きいほどあてはめの良さを犠牲にして平滑化グラフの形状が良い平滑化結果を得ると言われている。さらに、平滑化結果に関して、ワームプロット ($Q=Q$ プロット) を出力し、あてはめの良さを検証した。

C. 研究結果

研究 1

保護者の意見

現行のグラフとぼんやりさせた表現のグラフの受け止めを比較すると、好ましい方から 3 つ目までを選択した者が既存グラフ 50.0% 及びぼんやりグラフ 63.2% と既存グラフよりもサンプルグラフであるぼんやりの表現が好評であったが、有意差はなかった ($p=0.1194$)。速さの範囲を意味する三角グラフの場合好ましい方から 3 つ目までを選択した者が 13.2% と少なく、差は有意 ($p<0.001$) であった。(表 1)

小児科開業医の意見

A 県内 B 市小児科開業医の集会で、意見聴取をお願いしたところ、半数は不安を和らげるためぼんやりさせたグラフを好ましいとしたが、半数は保護者に子どもの発育についてしっかり理解してほしいという理由から現行グラフを支持していた。

A 県内 C 市 開業歴半世紀の超ベテラン開業小児科医のヒアリングでは、現行グラフを支持していた。小児科を専門とする開業医が少ない地域があり、乳幼児健診の委託健診が行われる場合、現実問題として、「内科小児科」を標榜するクリニックで行われることが多い現状がある。子どもの体重の計測方法に関しても、はっきりした認識の無い場合も懸念される。小児の体重を

正確に測って発育を適切に評価する必要性を訴えるために、ぼんやりさせたグラフは避け、境界鮮明なグラフで示すことが望まれる。

研究 2

男子体重に関して、令和元年度研究事業で平滑化のペナルティを $k=4$ としたところ 2010 年調査公表値のグラフに比べて若干の曲線の揺れが見られたため、今回解析で $K=9$ として計算したところ、揺れは和らいだ。LMS 法による結果を図 2-1a に、3 つのモデルのうち、適合が良いものを選んだ結果 (LMST 法 (BCT モデル) が選択された) を図 2-1b に、2010 年調査結果を公表値と重ね合わせて示す。点線が公表値で色線が算出値である。以下同様適合が良かった LMST 法 (BCT モデル) の方が、 $Q-Q$ プロットが好ましい範囲に収まりっていたが、できあがりの曲線を目視すると、大きな違いはないように見られた。

女子体重に関して、令和元年度研究事業 (ペナルティは $k=4$) において、かなり大きな平滑化不全がおこっていたため、今回解析で $k=30$ とした。3 つのモデルのうち、LMS 法 (BCCG モデル) の適合が最も良いという結果が得られた (図 2-2)。

男子身長に関し、令和元年度研究事業において平滑化のペナルティを $k=4$ としたところ若干の曲線の揺れが見られたため、今回解析で $k=9$ として計算したところ、揺れは和らいだ。LMS 法による結果を図 3-1a に、3 つのモデルのうち、適合が良いものを選んだ結果 (LMST 法 (BCT モデル) が選択された) を図 3-1b に、2010 年調査結果を公表値と重ね合わせて示す。適合が良かった LMST 法 (BCT モデル) の方が、 $Q-Q$ プロットが好ましい範囲に収まりっていたが、できあがりの曲線を目視すると、大きな違いは

ないように見られた。

女子身長に関して、令和元年度研究事業（ペナルティは $k=4$ ）において、かなり大きな平滑化不全がおこっていたため、今回解析で $k=30$ とした。LMS法による結果を図3-2aに、3つのモデルのうち、適合が良いものを選んだ結果（LMST法（BCTモデル）が選択された）を図3-2bに、2010年調査結果を公表値と重ね合わせて示す。適合が良かったLMST法（BCTモデル）の方が、Q-Qプロットが好ましい範囲に収まりつついたが、できあがりの曲線を目視すると、大きな違いはないように見られた。

男子頭囲に関し、令和元年度研究事業（ペナルティは $k=4$ ）において、平滑化に特に問題はなかったため、同様のペナルティで計算を行った。LMS法による結果を図4-1aに、3つのモデルのうち、適合が良いものを選んだ結果（LMST法（BCTモデル）が選択された）を図4-1bに、2010年調査結果を公表値と重ね合わせて示す。適合が良かったLMST法（BCTモデル）の方が、Q-Qプロットが好ましい範囲に収まりつついたが、できあがりの曲線を目視すると、大きな違いはないように見られた。

女子頭囲に関し、令和元年度研究事業（ペナルティは $k=4$ ）において、かなり大きな平滑化不全がおこっていたため、今回解析で $k=30$ とした。LMS法による結果を図4-2aに、3つのモデルのうち、適合が良いものを選んだ結果（LMST法（BCTモデル）が選択された）を図4-2bに、2010年調査結果を公表値と重ね合わせて示す。適合が良かったLMST法（BCTモデル）の方が、Q-Qプロットが好ましい範囲に収まりつついたが、できあがりの曲線を目視すると、大きな違いはないように見られた。

D. 考察

研究1

保護者対象の調査において、自身の子がやや大きめ・小さめの体格で推移する保護者にとってはもちろんのこと、自身の子が小柄でなくても、境界鮮明な表し方は小柄な子どもの保護者には不安のもととなるかもしれないと考えることがうかがえた。乳幼児の発育は、体の大きさそのものよりも、増加の状況が問題になるため、支援者の説明の仕方や言葉使いが強く影響していることが判明した。発育の異常の見落としを避ける必要もあるため、現場の支援者側では、より正確な発育評価が可能な保健指導用グラフの併用も必要である。

小児科開業医対象の調査においては、保護者や小児科を専門としない開業医に、子どもの成長をきちんと把握してほしいという願いから、現行グラフのように境界の鮮明なタイプを支持する意見も聞かれた。

境界を不鮮明にする表し方が必ずしも全面的に支持されていないことに、留意すべきであると考えられた。

研究2

2010年身体発育調査結果データをもとに、令和5年調査で見込まれるデータ数までサンプル数を減らしたデータセットを作成し、平滑化計算を行った。サンプル数を減らすことによって、平滑化に支障が出ることはなかった。

令和元年度研究事業で平滑化不足が懸念された項目（女子体重、女子身長、女子頭囲）で、ペナルティ(k)を増やすことで、滑らかな曲線を得ることが可能であることが分かった。

適合はLMST法（BCTモデル）の方がよいが、出来上りを目視する限りはLMS法（BCCGモデル）による結果とあまり変わらない。

LMS 法によって平滑化をすることの利点は、L, M, S3 つのパラメーターによって、平滑化値を求める数式を示すことが出来る点である。これによって任意の年齢の計測値に関して百分位を求める等の応用が出来るほか、誤差範囲の傍証計算など、多くの確認計算が可能となる。内外の多くの先行研究においても、特に尖度まで問題にする必要が強い場合、LMS 法による平滑化が用いられている。

E. 結論

母子健康手帳の発育曲線の表し方に関して、現行の境界鮮明な表現に対し、推計誤差を加味したグラデーションをかけてぼんやりした表現に変えることに関して、保護者にアンケート、開業医に聞き取り調査を行ったが、ぼんやりした表現を決定的に推奨する根拠は得られなかった。

令和 5 年乳幼児身体発育調査で収集が見込まれるサンプルサイズと同等のものを、2010 年調査データから系統抽出して作成したデータセットに基づき、GAMLSS on R を用いて平滑化曲線作成を試行した。データを減少させることによって平滑化が困難になることはなかった。より強い平滑化を行うためにペナルティの値を大きくすることで、先行研究における平滑不足を解消できた。

<参考文献>

- 1) 加藤則子,磯島豪. 乳幼児身体発育曲線作成のための平滑化ソフト活用法に関する研究. 令和元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（研究代表：横山徹爾）」. 分担研究報告書. 令和元年 3 月.

- 2) 加藤則子,磯島豪. 乳幼児健康診査及び学校保健統計の活用を想定した乳幼児身体発育曲線の試作. 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）「乳幼児の発育・発達、栄養状態の簡易な評価手法の検討に関する研究」（研究代表者：横山徹爾. 21DA2001）令和 4 年度総括・分担研究報告書. 2022.

F 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

- 1) 加藤則子, 田中敏章, 曾根田瞬他. 肥満小児が非肥満児より高い身長を呈しやすい年齢に関する検討. 日本成長学会雑誌, 30 (1) 2024. 3. 10 採択 2024. 4 刊行予定

2. 学会発表

- 1) 田口 美穂子, 加藤 則子. 母子健康手帳における発育曲線の表し方に対する保護者の受け止めに関する研究. 第 70 回日本小児保健協会学術集会. 川崎市. 2023 年 6 月

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

図 1 保護者に提示したサンプルグラフ

図 1-1 既存グラフ

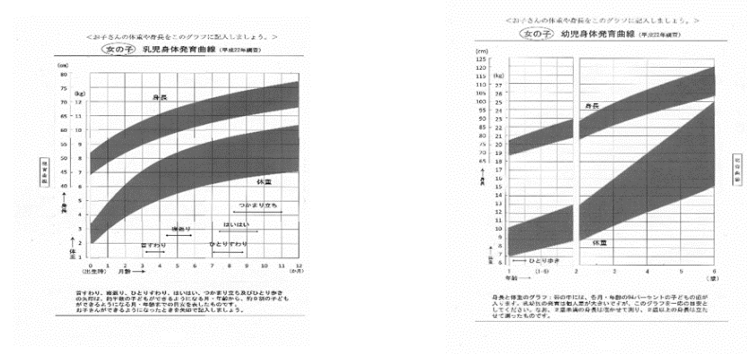


図 1-2 曲線の推計誤差を考慮して境界をぼんやりさせたグラフ

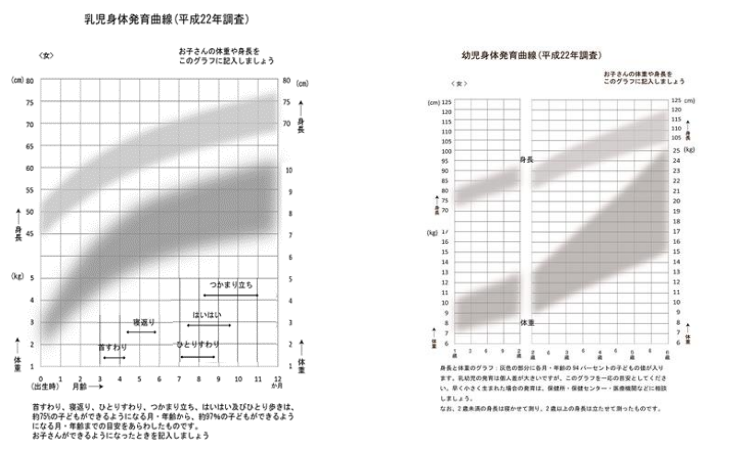


図 1-3 増加の速さ（25 パーセントイルから 75 パーセントイルまでを目安）を加味したグラフ「三角印」

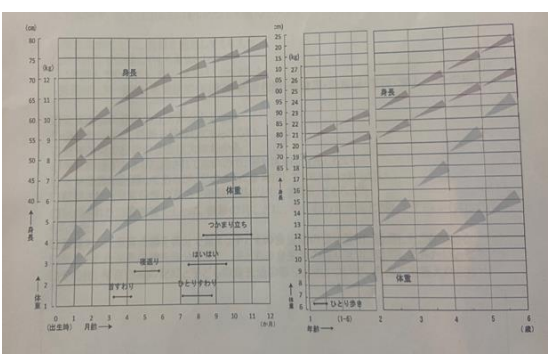


図 1-4 評価してもらったフェースマーク



表 1 各グラフ表現に対し保護者の答えたフェースマーク

	現行のグラフ			ぼんやり			三角印		
マーク									
1	2	2.9%		5	7.4%		0	0.0%	
2	5	7.4%	50%	6	8.8%	63.2%	2	2.9%	13.2%
3	27	39.7%		32	47.1%		7	10.3%	
4	32	47.1%		20	29.4%		32	47.1%	
5	1	1.5%	50.1%	5	7.4%	36.8%	16	23.5%	86.8%
6	1	1.5%		0	0.0%		11	16.2%	
7	0	0.0%		0	0.0%		0	0.0%	
不明	1			1			1		

NS

p < 0.001

図 2-1a 男子体重 LMS $k=9$ (点線公表値色線算出値 以下同様)

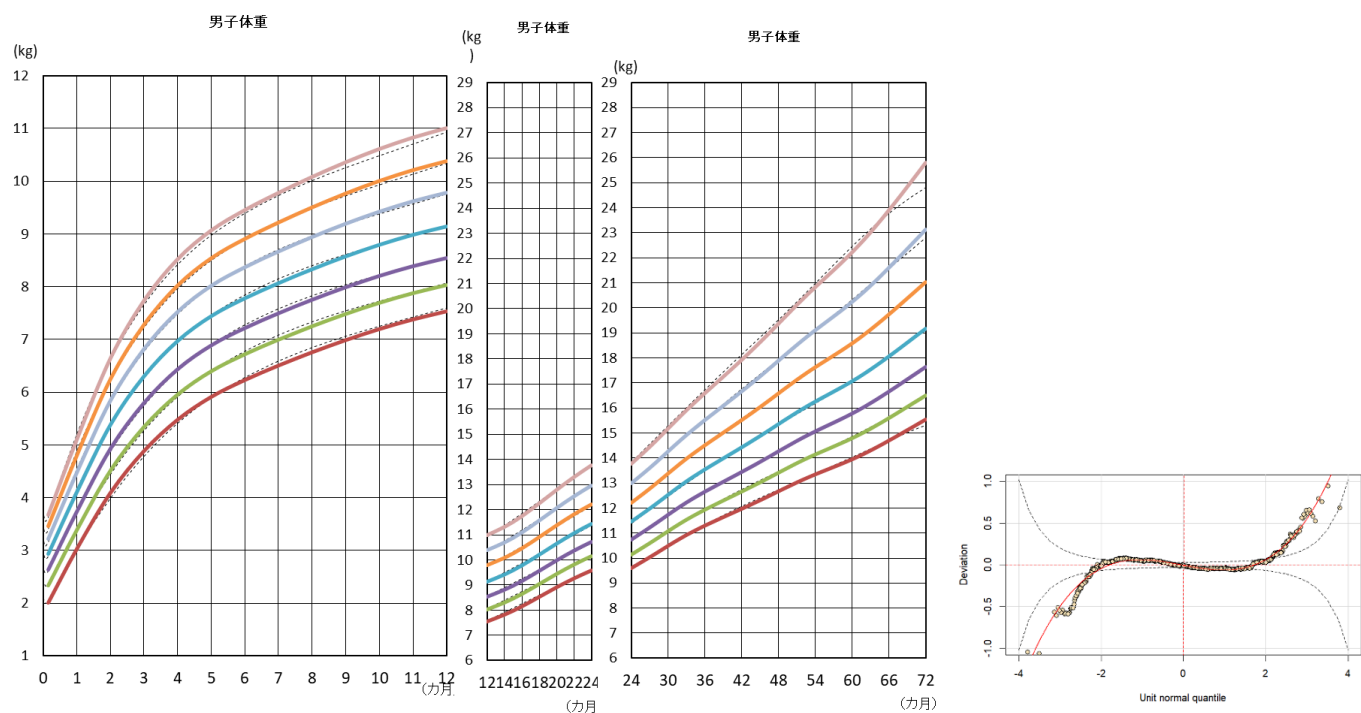


図 2-1b 男子体重 BCCGo BCEo BCTo の中で BCTo が最適 $k=9$

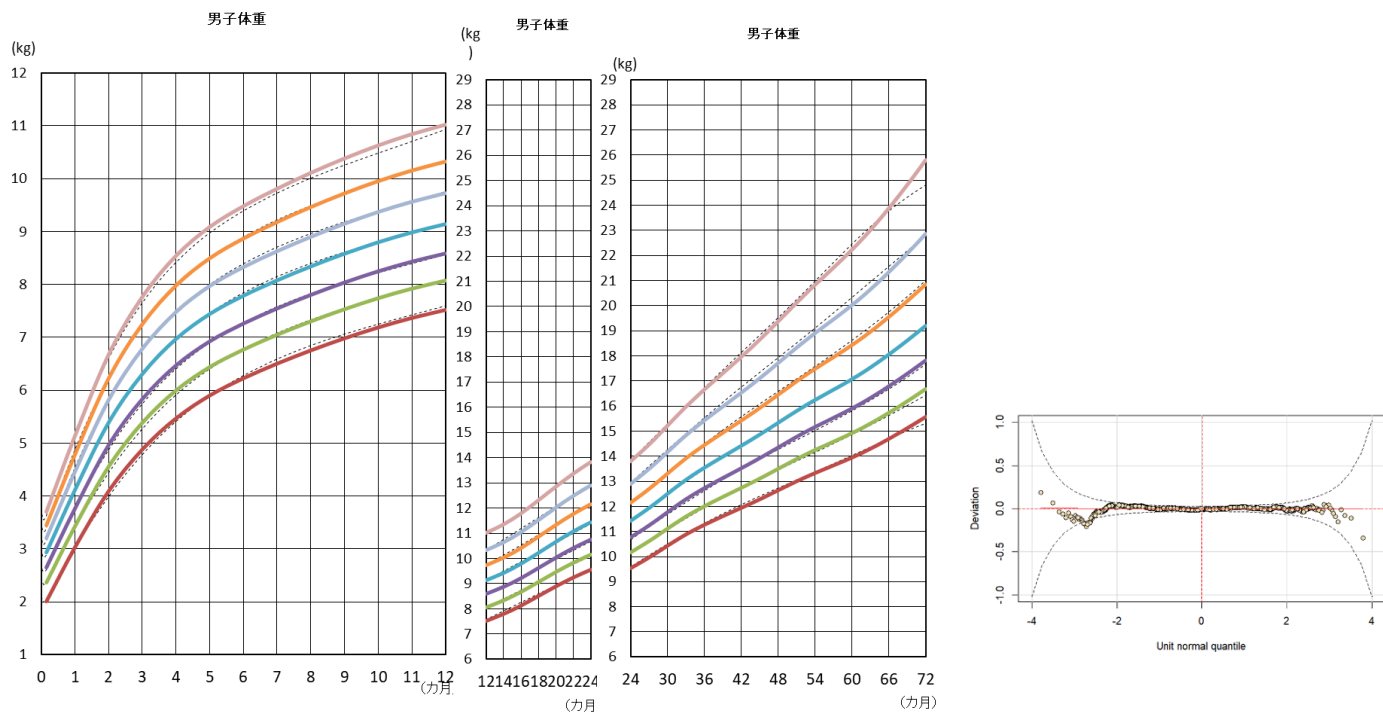


図 2-2 女子体重 BCCGo BCEo BCTo の中で BCCGo が最適 $k=30$

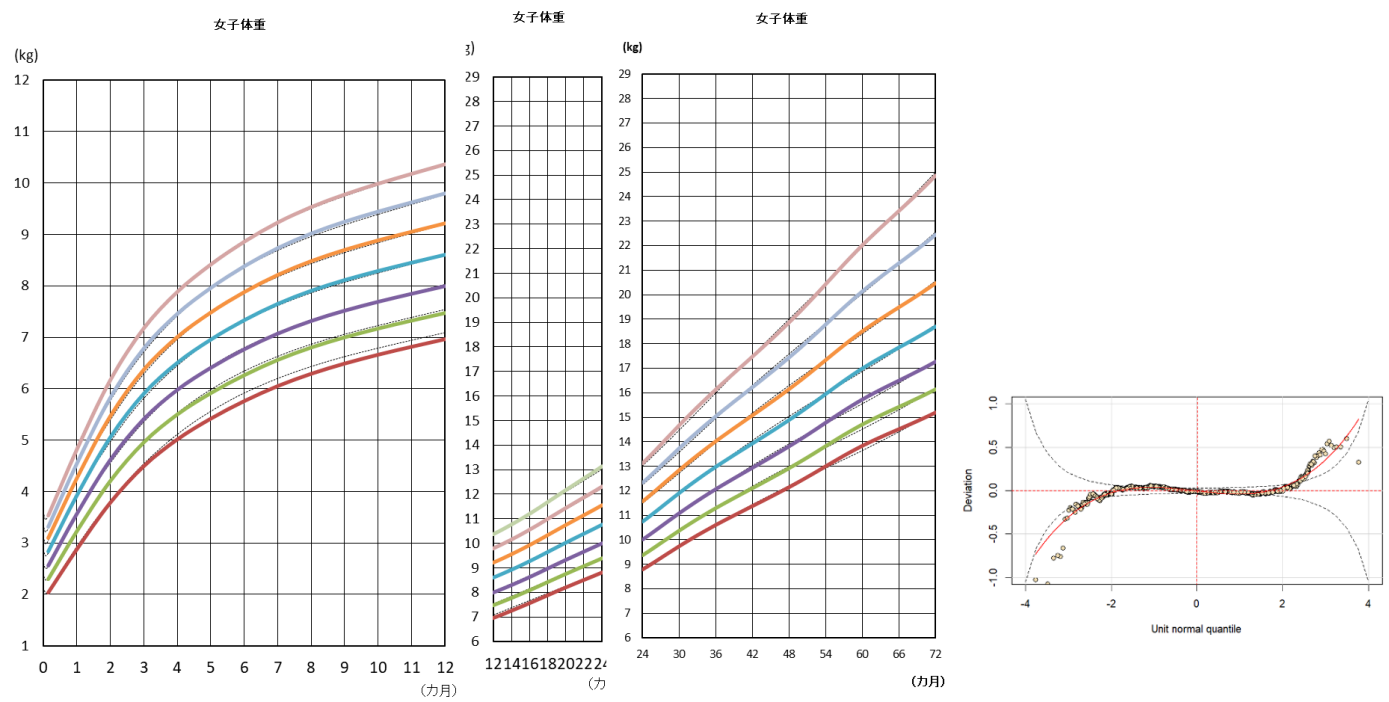


図 3-1a 男子身長 LMS $k=9$

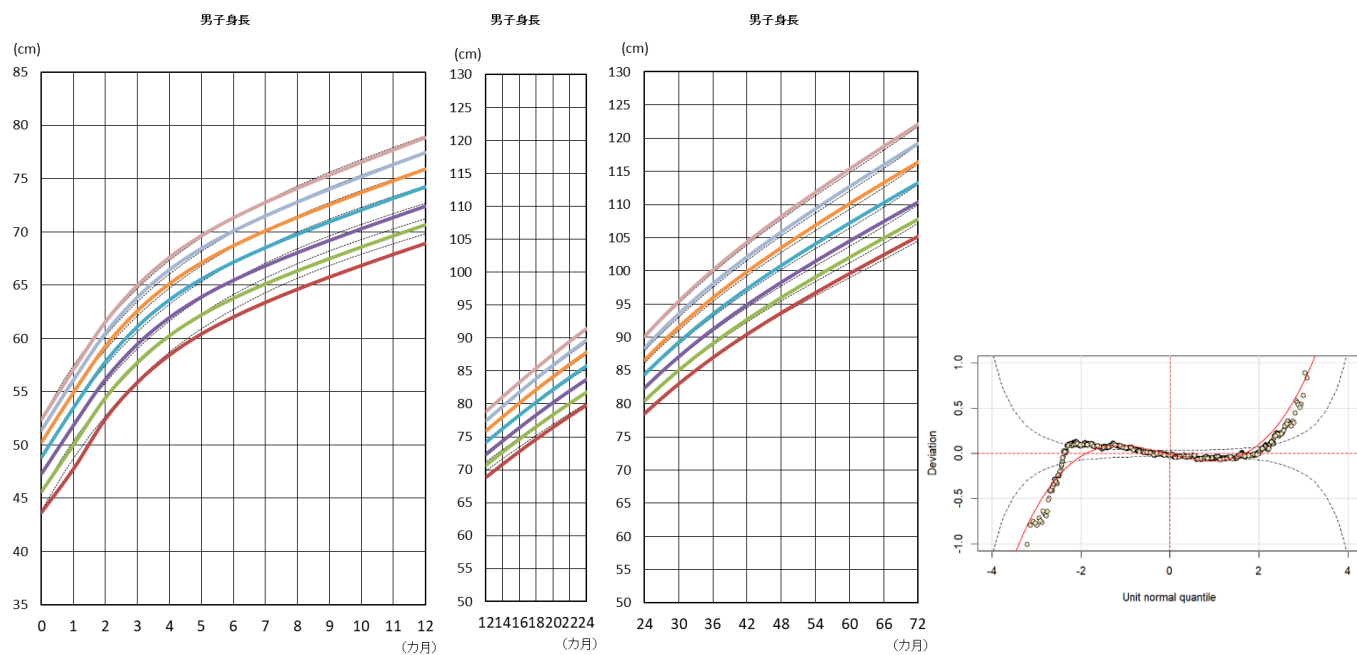


図 3-1b 男子身長 BCCGo BCEo BCTo の中で BCTo が最適 $k=9$

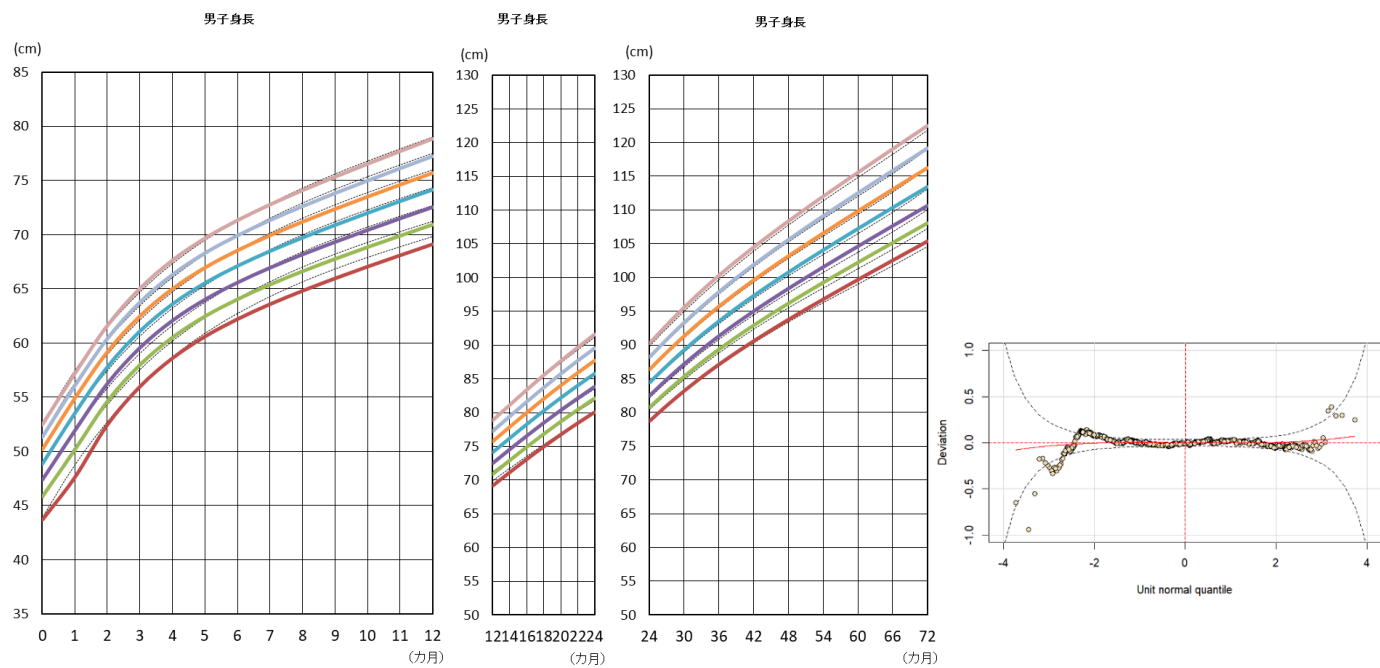


図 3-2a 女子身長 LMS $k=30$

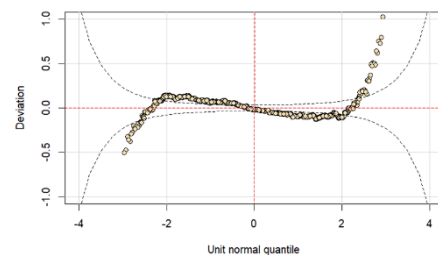
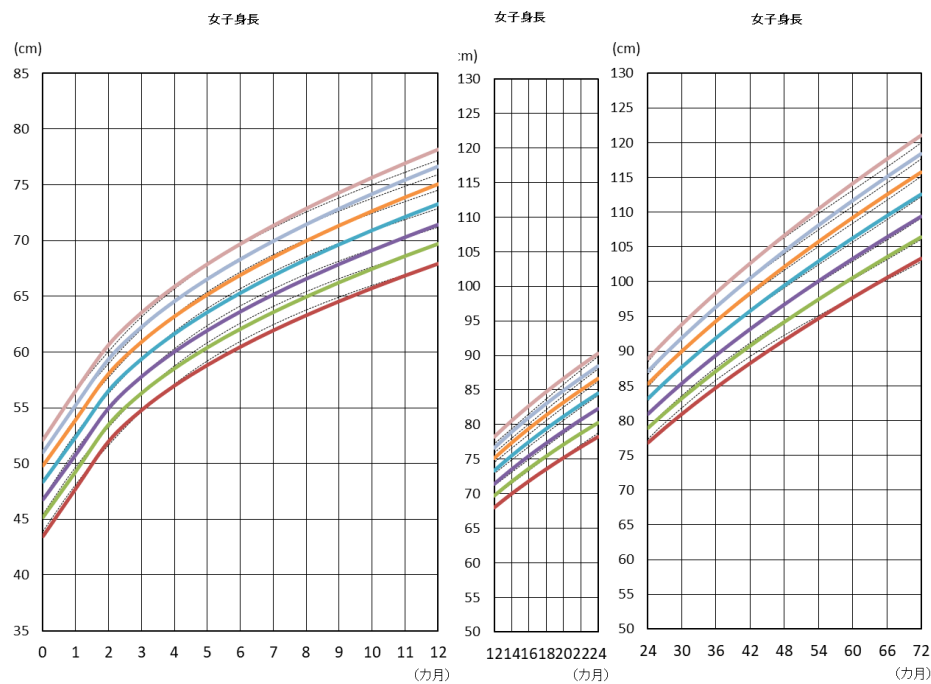


図 3-2b 女子身長 BCCGo BCEo BCTo の中で BCTo が最適 $k=30$

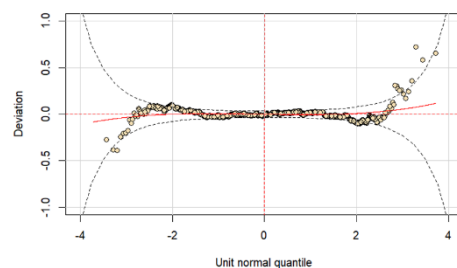
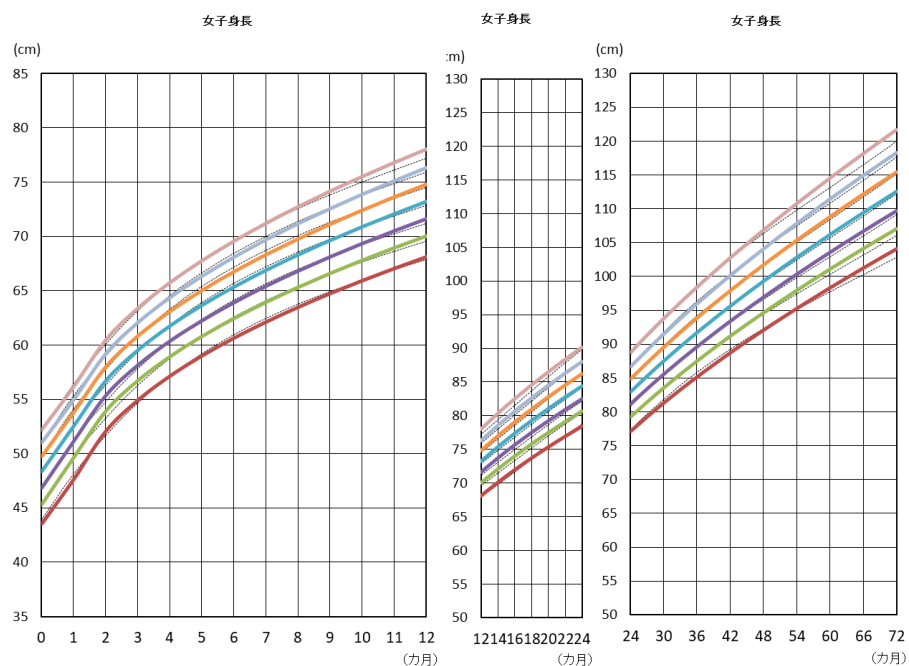


図 4-1a 男子頭囲 LMS $k=4$

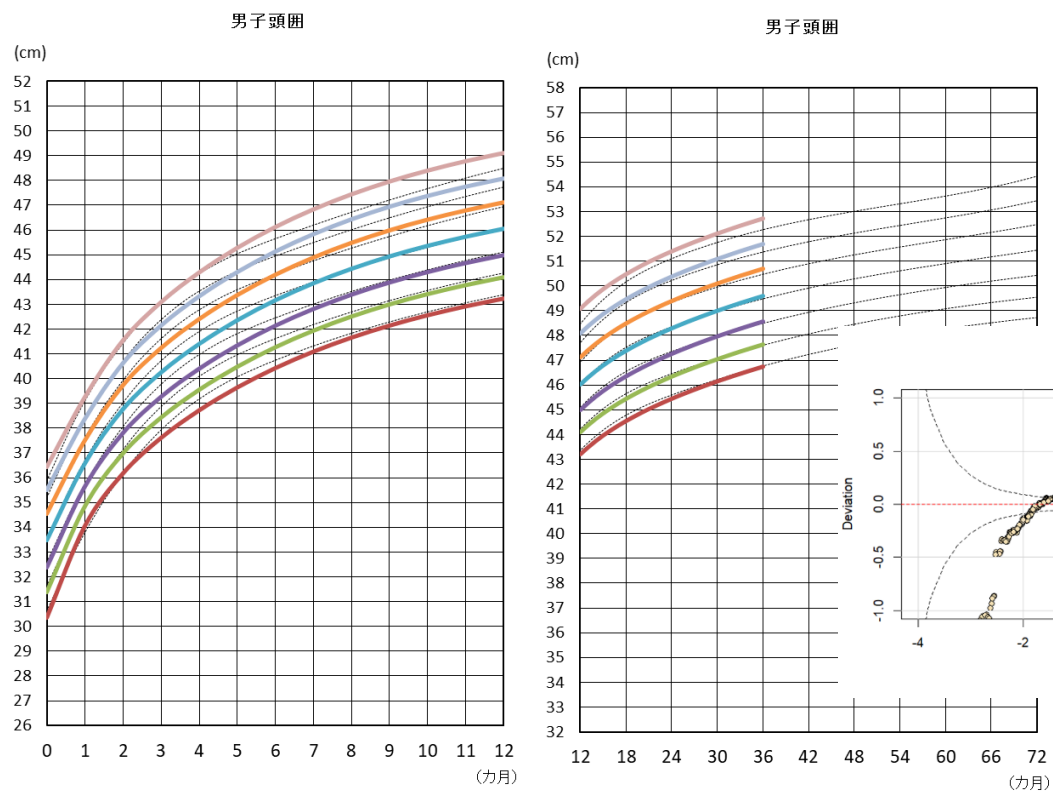


図 4-1b 男子頭囲 BCCGo BCEo BCTo の中で BCTo が最適 $k=4$

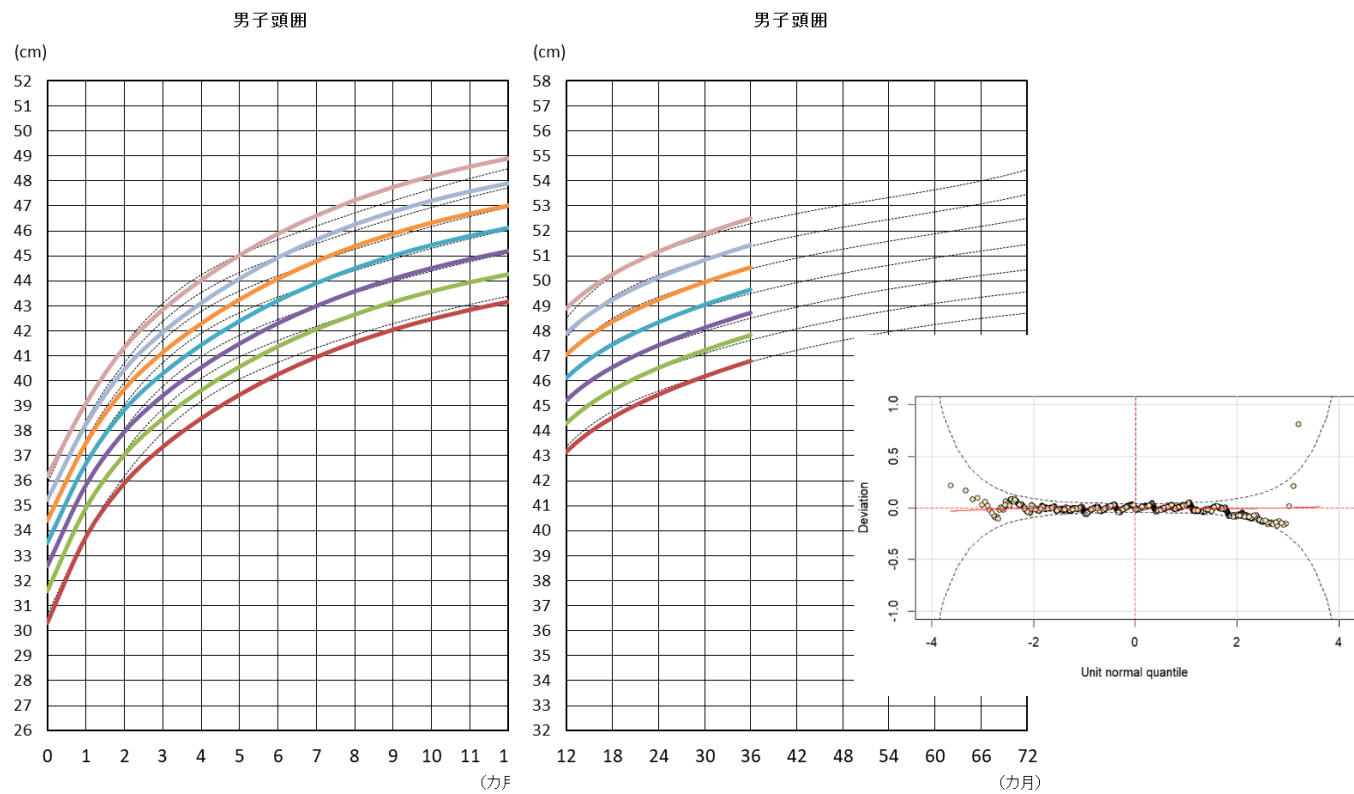


図 4-2a 女子頭囲 LMS $k=30$

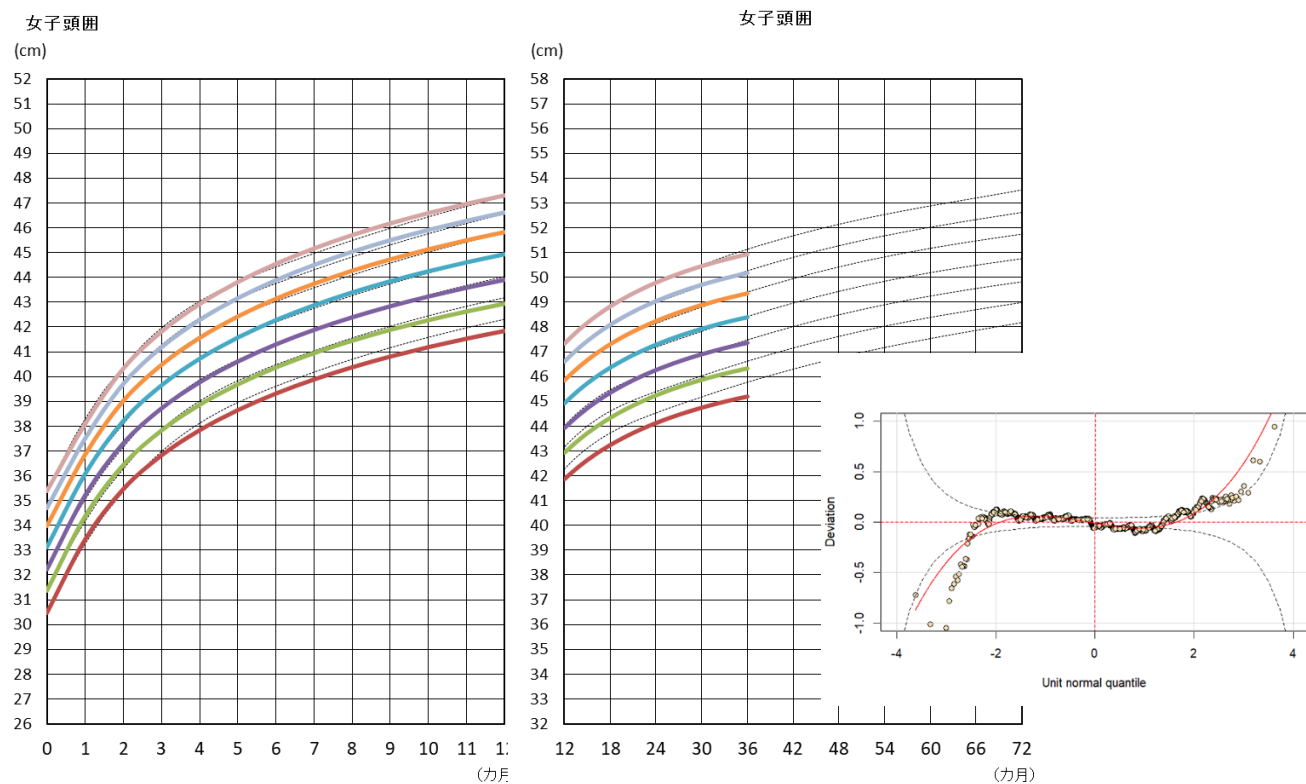


図 4-2b 女子頭囲 BCCGo BCEo BCTo の中で BCTo が最適 $k=30$

