

20117020A

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
(H23-次世代一指定-005)

平成23年度総括・分担研究報告書

研究代表者 横山徹爾
(国立保健医療科学院生涯健康研究部)

平成24(2012)年3月

目 次

I. 総括研究報告書	…… p. 1
II. 分担研究報告書	
1. 乳幼児身体発育曲線を作成するための統計学的手法 加藤則子、横山徹爾、瀧本秀美	…… p. 11
2. 異なる統計学的方法により作成した身体発育曲線の比較可能性 横山徹爾、加藤則子、瀧本秀美、藤原武男	…… p. 53
3. 乳幼児身体発育調査結果の評価及び活用方法に関する研究① ～出生時の体重の低下に関連する要因～ 横山徹爾、加藤則子、瀧本秀美、多田裕、横谷進、田中敏章、板橋家頭夫、 田中政信、松田義雄、山縣然太郎	…… p. 59
4. 乳幼児身体発育調査結果の評価及び活用方法に関する研究② ～乳幼児身体発育評価マニュアル～ 横山徹爾、加藤則子、瀧本秀美、多田裕、横谷進、田中敏章、板橋家頭夫、 田中政信、松田義雄、山縣然太郎	…… p. 64
5. 乳幼児身体発育調査結果の評価及び活用方法に関する研究③ ～母子健康手帳の交付・活用の手引き～ 横山徹爾、加藤則子、瀧本秀美、福島富士子	…… p. 66
6. 乳幼児の身体発育データの活用 ～国際比較の観点から～ 吉池信男、横山徹爾	…… p. 68

7. 乳幼児の身体発育指標の利活用方法の検討 …… p.78
「非肥満女性における妊娠中の適正体重増加量区分についての検討」
瀧本秀美
8. 幼児と保護者の健康度に影響を及ぼす要因に関する研究 …… p.88
～乳幼児身体発育調査と幼児健康度調査のリンク解析による知見～
衛藤隆、加藤則子、近藤洋子、松浦賢長、倉橋俊至、横井茂夫、恒次欽也、
川井尚、竹島春乃、堤ちはる、高石昌弘、平山宗宏
9. Technical report for Japanese National Growth Survey for infants and children
in 2010
Noriko Kato, Hidemi Takimoto, and Tetsuji Yokoyama …… p.111
- Ⅲ. 研究成果の刊行に関する一覧表 …… p.145

I . 総括研究報告書

総括研究報告書

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

研究代表者

横山 徹爾 (国立保健医療科学院生涯健康研究部)

研究分担者

加藤 則子 (国立保健医療科学院)

瀧本 秀美 (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)

衛藤 隆 (日本子ども家庭総合研究所)

藤原 武男 ((独) 国立成育医療研究センター研究所育成社会医学研究部)

研究協力者

多田 裕 (東邦大学医学部名誉教授)

横谷 進 (日本小児内分泌学会)

田中 敏章 (日本成長学会)

板橋 家頭夫 (昭和大学医学部小児科学)

田中 政信 (東邦大学産婦人科)

松田 義雄 (東京女子医科大学産婦人科)

山縣 然太朗 (山梨大学大学院医学工学総合研究部)

福島 富士子 (国立保健医療科学院生涯健康研究部)

近藤 洋子 (日本小児保健協会)

松浦 賢長 (日本小児保健協会)

倉橋 俊至 (日本小児保健協会)

横井 茂夫 (日本小児保健協会)

恒次 欽也 (日本小児保健協会)

川井 尚 (日本小児保健協会)

竹島 春乃 (日本小児保健協会)

堤 ちはる (日本小児保健協会)

高石 昌弘 (日本小児保健協会)

平山 宗宏 (日本小児保健協会)

研究要旨

厚生労働省の乳幼児身体発育調査で定められた乳幼児身体発育値および発育曲線は、乳幼児の身体発育の状態を把握し、乳幼児保健指導の改善に資するために広く用いられている重要な統計資料である。近年、諸外国では公的調査データおよびその統計解析手法を公開するなど、データの利活用を促進する動きがあるが、わが国においてはまだそのような取り組みは進んでおらず、乳幼児の保健水準のさらなる向上のために大いに調査データの利活用を図るための環境整備が望まれる。

本研究では、平成22年乳幼児身体発育調査の調査設計と統計学的解析手法の詳細を整理・記録して国内外に発信することで、公表されたデータをより科学的に解釈・活用しやすくするとともに、今後行われる乳幼児身体発育調査の調査設計及び統計処理に関する方法論の標準化を図ることで経時的な調査データの比較可能性を高めるなど、調査精度の向上ならびに調査結果の利活用の推進に資することを目的とする。具体的には、(1) 平成22年乳幼児身体発育調査により乳幼児身体発育曲線および発育値を定めるた

めの統計学的方法を整理し、(2) 調査結果の利活用の例として、10年毎に行われている同調査に基づいて長期間の身体発育の状態の推移を分析するための分析方法等の詳細などを整理する。これらの統計学的手法を、①調査設計理論、②データ整理の方法、③身体発育値を定めるための統計学的手法、④発育値の活用のあり方のそれぞれの観点から整理、詳細に記述し、国内外に向けて情報発信して情報の利活用および乳幼児身体発育に関する研究の推進に寄与する。

上記(1)として、調査データの整理を行い、身体発育値を定めるための統計学的手法の整理と解析プログラムを開発し、これを用いて身体発育曲線等を作成した。この身体発育曲線等は「平成22年乳幼児身体発育調査の概況について」(平成23年10月27日)で厚生労働省より公表された。また、自治体担当者が乳幼児身体発育値および発育曲線を活用しやすいように、④発育値の活用のための「乳幼児身体発育評価マニュアル」、「母子健康手帳の交付・活用の手引き」を作成してインターネット上(<http://www.niph.go.jp/soshiki/07shougai/hatsuiku/>)で公開した他、印刷版は厚生労働省より全国自治体に配布する予定である。一連の統計学的解析方法は、全て整理して解析プログラムとともに公表した。(2)として、平成12年乳幼児身体発育調査との比較を行ったところ平均出生体重の減少が認められ、出生時の体重への影響要因として妊娠期間(早産)、胎児数(多胎)、母親の喫煙、母親のやせ等が示唆された。その解析結果は「乳幼児身体発育調査結果の評価及び活用方法に関するワーキンググループの報告」として乳幼児身体発育調査企画・評価研究会で報告し、前述のインターネット上で公開した。

A. 研究の目的

厚生労働省の乳幼児身体発育調査で定められた乳幼児身体発育値および発育曲線は、乳幼児の身体発育の状態を把握し、乳幼児保健指導の改善に資するために広く用いられている重要な統計資料である。近年、諸外国では公的調査データおよびその統計解析手法を公開するなど、データの利活用を促進する動きがあるが、わが国においてはまだそのような取り組みは進んでおらず、乳幼児の保健水準のさらなる向上のために大いに調査データの利活用を図るための環境整備が望まれる。

本研究では、平成22年乳幼児身体発育調査の調査設計と統計学的解析手法の詳細を整理・記録して国内外に発信することで、公表されたデータをより科学的に解釈・活用しやすくするとともに、今後行われる乳幼児身体発育調査の調査設計及び統計処理に関する方法論の標準化を図ることで経時的な調査データの比較可能性を高める。また、調査結果を評価するために、各分野の専門家から構成されるワーキンググルー

プ等において詳細な分析を行う。さらにその利活用方法をマニュアルとして整理・提供する。

B. 研究成果の概要

<統計学的解析手法に関する研究>

1. 乳幼児身体発育曲線を作成するための統計学的手法(加藤、横山、瀧本)

平成22年乳幼児身体発育調査において乳幼児身体発育曲線を作成する過程で用いられた統計学的手法の詳細を整理した。これにより、公表データがより科学的に解釈・活用しやすくなるとともに、今後行われる乳幼児身体発育調査の調査設計及び統計処理に関する方法論の標準化が図られ経時的な調査データの比較可能性を高めるなど、調査精度の向上ならびに調査結果の利活用の推進に資することが期待される。

2. 異なる統計学的方法により作成した身体発育曲線の比較可能性(横山、加藤、瀧本、藤原)

平成12年乳幼児身体発育調査では、乳幼児身体発育曲線を作成する過程でTangoの方法等に

より平滑化を行っている。一方、平成 22 年調査では LMS 法を用いたため、両調査間で乳幼児身体発育曲線を比較する際には、用いた統計学的手法の違いに留意する必要がある。本研究では、平成 12 年乳幼児身体発育調査データを用いて、LMS 法により身長・体重発育曲線を作成し、Tango の方法等によるものと比較した。2つの方法で作成した身長・体重発育曲線はよく一致しており、両方法で描いた発育曲線の比較可能性は十分にありと考えられた。

<調査結果の利活用に関する研究>

3. 乳幼児身体発育調査結果の評価及び活用方法に関する研究①～出生時の体重の低下に関連する要因～（横山、加藤、瀧本、多田、横谷、田中(章)、板橋家頭夫、田中(政)、松田、山縣）

平成 22 年乳幼児身体発育調査で調査客体となった乳幼児の出生時の体重及び身長は、平成 12 年乳幼児身体発育調査に比べてわずかに減少していた。この減少に関係する要因を明らかにするために、平成 12 年調査との比較により検討を行った。平成 12 年調査と比べて平成 22 年調査で出生時の体重が少し減少した理由の半分弱は妊娠期間の短縮で説明できたが、残り約半分については両調査で把握している項目からは明らかにできなかった。他の要因についての調査・検討が必要である。これらの検討結果は、「乳幼児身体発育調査結果の評価及び活用方法に関するワーキンググループの報告」として、以下の URL にて公開した。

<http://www.niph.go.jp/soshiki/07shougai/hatsuiku/>

4. 乳幼児身体発育調査結果の評価及び活用方法に関する研究②～乳幼児身体発育評価マニュアル～（横山、加藤、瀧本、多田、横谷、田中(章)、板橋家頭夫、田中(政)、松田、山縣）

乳幼児身体発育曲線を利用する際の注意点や活用方法に関する手引きを求める各方面からの

要望が多いことから、主に自治体等で乳幼児の発育の評価や保健指導を行う方々を対象に、乳幼児の身体発育を適切に評価し、よりよい母子保健活動をすすめるための基本的な知識と考え方、及び相談等での対応の仕方を提供することを目的として、「乳幼児身体発育評価マニュアル」を作成し、前記 URL にて公開した。

5. 乳幼児身体発育調査結果の評価及び活用方法に関する研究③～母子健康手帳の交付・活用の手引き～（横山、加藤、瀧本、福島）

母子健康手帳の交付は、行政の母子保健担当者が妊産婦に接触する最初の機会であることから、保健師や助産師等が妊婦の健康面のみならず、社会経済的な状況についても十分に把握し、適切な対応を行うことが望ましく、また、交付時や母親学級等の機会に、母子健康手帳が妊産婦自身と子どもの健康管理を目的とすることや、その内容や使用法についても伝えることが必要である。しかしながら、従来、母子健康手帳の交付時の望ましい対応に関して標準的な方法はなく、一部の先進的な自治体の事例があるだけだった。そこで、母子健康手帳の交付時に活用できるような「母子健康手帳の交付・活用の手引き」を作成し、前記 URL にて公開した。

6. 乳幼児の身体発育データの活用 ～国際比較の観点から～（吉池、横山）

乳幼児（5歳未満）の身長、体重データから得られる低栄養に関わる指標は、各国の基本的な衛生統計として国際的に広く活用されている。WHOは2006年に国際比較のための新しい基準を作成し、その基準によるデータが多く国から登録されている。わが国ではこれまで、国内の独自基準に基づく判定が個人及び集団に対して適用され、国際的に比較可能なデータの提示が遅れていた。そこで、2010年乳幼児発育調査データを用いて、WHOの新基準に基づき低体

重等の割合について算出した。その結果、5歳未満の Underweight の割合は 3.3%と低値であった。

7. 乳幼児の身体発育指標の利活用方法の検討～非肥満女性における妊娠中の適正体重増加量区分についての検討～（瀧本）

病院調査データ 4774 例の中から、胎数不明 35 例・双胎 213 例・在胎週数不明 12 例・早産 379 例・過期産（在胎 42 週以上）17 例・母非妊娠時体格不明 265 例、合計 822 例を除外した。正期産単胎児を出産し、厚生労働省の体格区分で非妊娠時 BMI25 未満の者 3,626 名（K 群）と、日本産科婦人科学会の体格区分で BMI24 以下の者 3,496 名（N 群）について解析した。K 群による体格評価では「やせ」のうち 39.0%が N 群では「標準」と区分された。また同基準では、非妊娠時 BMI18-24 の女性の 4 割で体重増加量が「過剰」と区分された。K 群と N 群のいずれにおいても、「やせ」群では体重増加量の不足と低出生体重児分娩との間に強い関連が認められた。K 群の「普通」群では、適正体重増加を目指すことで低出生体重児分娩、巨大児分娩、妊娠高血圧症候群のいずれもリスク低減につながることが示唆された。N 群の「普通」群では、体重増加基準を守ることによる妊娠高血圧症候群のリスク低減割合は厚労省基準より大きいものの、低出生体重児分娩のリスクを増加させることが危惧された。今回の検討は後方視的な分析であり、今後さらに前方視的な調査を実施し、妊娠各期の体重増加とそれらの妊娠転帰に対する影響を明らかにする必要があると考えられた。

8. 幼児と保護者の健康度に影響を及ぼす要因に関する研究～乳幼児身体発育調査と幼児健康度調査のリンク解析による知見～（衛藤、加藤、近藤、松浦、倉橋、横井、恒次、川井、竹島、堤、高石、平山）

ハイリスク妊娠に引き続いて起こる出産子育てにおいては、否定的な対児感情や、いわゆる発達障害の素因のある子どもの場合の問題行動の悪化を起しやすいといわれている。これらの実態を明らかにして、母子保健上の予防対策に役立てることが必要である。平成 22 年乳幼児身体発育調査と同時に 1 歳以上の幼児の保護者に対して幼児健康度調査を行ったので、その結果を突合することにより妊娠リスクと保護者の健康度等との関連に関する検討を行った。

方法：乳幼児身体発育調査の一般調査では 7,652 例から回収された。このうち 1 歳以上の幼児に対し協力の得られた自治体で幼児健康度調査を行い、5,325 例から回収された世帯番号、乳幼児番号、生年月日が同一のものを同一幼児と見なした結果、4,459 例が突合された。乳幼児身体発育調査で調べられた項目と、幼児健康度調査で調べられた保護者の心身の健康や対児感情等に関する項目との間の関連を調べた。本研究は国立保健医療科学院研究倫理審査委員会の承認を得た。

結果：妊婦健診回数、母親及び家族の喫煙、妊娠中の飲酒、母親の体格については、保護者の心身の健康や対児感情等に関する項目（母の心身の調子、育児の自信、子育て困難感、時間的精神的余裕、子どもの気になるくせ）とはっきりとした関連は見られなかった。有意でないが明瞭な差がみられたのは、胎児数別に見た場合で、多胎児のほうが育児の負担が大きいことが分かった。

考察：ハイリスク妊娠を起こす要因となる項目よりも、実際に妊娠出産にリスクがあることを表す項目と保護者の心身の健康や対児感情等に関する項目との間に、よりはっきりとした関連がみられた。これにより、妊娠中のリスクのもたらすバースアウトカムと出生後の子育ての困難度等が、密接にかかわっていることが導き出された。妊娠中からの保護者への切れ目ない

支援が喫緊の課題である。

C. 結論

平成 22 年乳幼児身体発育調査において乳幼児身体発育曲線を作成する過程で用いられた統計学的手法の詳細を整理し、また、平成 12 年調査との比較可能性についても確認した。また、調査結果の評価及び活用方法に関してワーキンググループで詳細な検討を加えた。さらに活用のためのマニュアルを作成した。

これらにより、公表データがより科学的に解釈・活用されやすくなるとともに、今後行われる乳幼児身体発育調査の調査設計及び統計処理に関する方法論の標準化が図られ経時的な調査データの比較可能性を高めるなど、調査精度の向上ならびに調査結果の利活用の推進に資することが期待される。

【謝辞】

本研究は、各分野でご活躍されている先生方のご協力により、実施することができました。改めて各位の熱意とご厚情に対し心からの謝意を表します。

D. 健康危険情報

なし

E. 研究発表

1. 論文発表

Kato N, Takimoto H, Sudo N. The cubic functions for spline smoothed L, S and M values for BMI reference data of Japanese children. Clin Pediatr Endocrinol 2011;20(2):47-9.

2. 学会発表

1) 田尻下 怜子、瀧本 秀美、佐田 文宏、仁平 光彦、下地 祥隆、金子 均、久保田 俊郎. 妊娠中の体重増加量と出生体重に関する検討. 第 64 回日本産科婦人科学会学術講演会. 2012 年 4 月 15 日, 神戸

2) 瀧本 秀美、田尻下 怜子、久保田 俊郎、加藤 則子、横山 徹爾. 非肥満女性における妊娠中の適正体重増加量区分についての検討. 第 64 回日本産科婦人科学会学術講演会. 2012 年 4 月 15 日, 神戸

F. 知的財産権の出願・登録状況

なし

Ⅱ. 分担研究報告書

乳幼児身体発育曲線を作成するための統計学的手法

研究分担者 加藤 則子（国立保健医療科学院）
横山 徹爾（国立保健医療科学院生涯健康研究部）
瀧本 秀美（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は、わが国における乳幼児の身体発育の状態の現状のみならず長期的な推移を把握・分析するためにも重要な統計資料である。近年、諸外国では公的調査データおよびその統計解析手法を公開するなど、データの利活用を促進する動きがあるが、わが国においてはまだそのような取り組みは進んでおらず、乳幼児の保健水準のさらなる向上のために大いに調査データの利活用を図るための環境整備が望まれる。本研究では、平成 22 年乳幼児身体発育調査において乳幼児身体発育曲線を作成する過程で用いられた統計学的手法の詳細を整理した。これにより、公表データがより科学的に解釈・活用しやすくなるとともに、今後行われる乳幼児身体発育調査の調査設計及び統計処理に関する方法論の標準化が図られ経時的な調査データの比較可能性を高まるなど、調査精度の向上ならびに調査結果の利活用の推進に資することが期待される。

A. 研究目的

乳幼児身体発育調査は 10 年に 1 度実施されており、わが国における乳幼児の身体発育の状態の現状のみならず長期的な推移を把握・分析するためにも重要な統計資料である。近年、諸外国では公的調査データおよびその統計解析手法を公開するなど、データの利活用を促進する動きがあるが、わが国においてはまだそのような取り組みは進んでおらず、乳幼児の保健水準のさらなる向上のために大いに調査データの利活用を図るための環境整備が望まれる。

本研究では、平成 22 年乳幼児身体発育調査において乳幼児身体発育曲線を作成する過程で用いられた統計学的手法の詳細を整理する。これにより、公表データをより科学的に解釈・活用しやすくとともに、今後行われる乳幼児身体発育調査の調査設計及び統計処理に関する方法論の標準化を図ることで経時的な調査データの比較可能性を高

めるなど、調査精度の向上ならびに調査結果の利活用の推進に資することを目的とする。

B. 研究方法

1. 解析に用いたデータに関して

（1）一次クリーニング

業者に入力を依頼する際に、電算チェックの条件書によって、著しく外れた値を機械的に除外する処理を行った。この条件における入力の対象とする範囲は以下のとおりである。

一般調査の計測値

体重 300g~50000g
身長 300mm~1400mm
胸囲 150mm~800mm
頭囲 150mm~700mm

一般調査の出生時計測値 及び 病院調査計測値

体重 300g~7000g
身長 250mm~750mm

胸囲 150mm~450mm

頭囲 150mm~450mm

(2) 出生後数日間のデータの取り扱いについて

平成12年調査においては、出生後の新生児の在院日数が標準で7日間であった。平成22年調査では、在院日数が短縮化の傾向にあるため、病院調査データのうち生後何日までを発育値の算出のために用いるべきかを検討する必要が生じた。

在胎日数別の分布をみると、図1のように、全体では退院の日齢が5日である場合が最も多かった。母が経産である場合は、全体に似て、5日がピークであった。母が初産の場合、6日齢の退院の数が、5日齢の場合よりやや少ないものの似通った数となった。帝王切開の場合の退院時日齢は5日から日数が上がるほど増加し、8日がピークとなった。6日齢以降になると、初産の例の割合が大きくなり、また、帝王切開例がかなりの割合を占めるようになってくるのが分かる。

男子の体重で日齢ごとの中央値を取ってみると(図2)、全体で日齢1,2の初期体重減少ののちは5日齢まで増加し、6日齢、7日齢と減少している。退院の日齢が、5,6,7の場合それぞれで、日齢ごとの体重中央値を見ると、5日で退院した場合が体重が大きく、6日退院、7日退院と、体重中央値が小さくなっていった。帝王切開で出生した例をみると、日齢別の体重中央値はさらに小さかった。体重発育値が生後6日以降急に減少することは考えにくいので、6日以降も病院に入院している例は、体重が小さい例が多いのでこのような現象が観察されたと考えるのが妥当である。したがって、標準的な発育経過は、生後5日までの入院中の新生児のデータから算出するのが良いと考えられる。このように、生後数日の体重に関しては、生後5日までを発育値として用いるのが良いと考えられた。

また、体重発育曲線を作成するうえで、平滑化の関数を得やすくするためには、病院調査におけ

る生後5日の体重データと、病院調査における1か月健診のデータ、そして一般調査のデータを用いて計算を行うのが適切と判断された。

一方で、病院調査による身長、胸囲、頭囲の生後数日間の中央値を算出した結果は、表1のように、出生時から生後5日まで中央値の推移が一定しなかった。このため、身長、胸囲、頭囲の平滑化曲線の算出のためには、病院調査における出生時のデータと、病院調査における1か月健診のデータ、そして一般調査のデータを用いて計算を行うこととした。

(3) 一般調査と病院調査における年月齢区分別の解析対象例数

集計対象となった乳幼児数は一般調査で7,652人、病院調査で4,774人であった。

病院調査のデータでは、入院中はほぼ毎日全例に体重の計測が行われているので、この計測値を用いて一日ごとの体重の発育値を算出した。病院調査で生後1か月健診が行われるところの発育値は増加が急であるので、5日ごとの集計が好ましいと考えられた。一般調査の対象が生後14日以上であることを勘案し、このあたりの集計日齢区分を、14~22日、23~27日、28~32日、33~37日、38~42日とした。それ以降は、2歳までは1か月おきに、2歳以降は半年ごととした。

これらの集計年月日齢区分別の一般調査と病院調査のデータ数を表2-1、表2-2に示す。

(4) 平滑化計算に算入したデータの数

検討の結果、体重に関しては、病院調査における生後5日のデータと、病院調査における1か月健診のデータ、そして一般調査のデータを用いて計算が行われた。身長、胸囲、頭囲の平滑化曲線の算出のためには、病院調査における出生時のデータと、病院調査における1か月健診のデータ、そして一般調査のデータを用いて計算が行われた。

平滑化計算に当たっては、よりスムーズな平滑

化曲線を得るために、平滑化の対象となるデータに関して一旦平滑化パーセンタイル値を算出し、その結果分布の上下 0.01%にあたる外れ値を除いてから、再度平滑化を行った。

これらの作業により、一般調査と病院調査により得られた全体的なデータから、平滑化に算入された値の数と、計算から除外されたデータの数を年月齢別に表 3-1、表 3-2 に示す。また、外れ値として除くための境界である上下 0.01%に当たる値を年月齢別に表 4-1、表 4-2 に示す。

2. 年月齢別の計測データの度数分布

生後 2 歳まではデータ数も多く、1 か月ごとの集計をもとに平滑化ができるので、1 か月ごとの度数分布に偶然変動等が見られても、全体としての平滑化曲線が作りにくくなることはあまりない。一方生後 2 か月以降はデータ数があまり多くなく、平滑化のための集計も、6 か月区分で行うので、それぞれの区分での計測値の分布の特徴が平滑化曲線の出来上がりに影響を及ぼす。

2 歳以降の 6 か月ごとの年月齢区分における各計測値の度数分布を図 3-1 から 図 3-8 に示す。発育学的にありえない値か、実際にあるかもしれない大変大きい（小さい）値か、判断がつきにくい場合は、分布の上下 0.01%で区切ってそれを外れる値を除外した。男子の体重の 6 歳以上のグループでは、分布の中央に値が固まり、大きい方へのすそ野が、通常体重の分布で考えられるものと違い、あまり見られなかった。しかし調査結果がこうである以上、それをもとに平滑化曲線を作成するのが現況値としての発育値の意義と考え、このままのデータを用いて曲線を作成している。男子の体重の 5 歳以上の年齢で若干の間隔の不揃いが見受けられるのはこのためである。

3. 平滑化の方法と SAS プログラム

(1) 平滑化の方法

a. LMS 法について

身体発育値の作成には LMS 法 (Cole2000) を用いた。身体発育曲線は、対応する年月齢に対する関数で表されると好都合である。さらに、分布の状態を的確に把握できる指標が用いてあると、発育曲線が作りやすい。

このような必要性に応じた分布の表し方の方法は多数考え出されているが、LMS 法は多用されている方法の一つである。

LMS 法の内容は、

L: 分布のゆがみを表す。L=1 が上と下に対称 (左右対称) な分布であり、それより大きいと値が小さい方にすそ野が広い分布である。それより小さいと値が大きい方にすそ野がなだらかな分布である。

M: 分布の中央値を示す。

S: 分布の上下へのばらつきの具合を表す。S が大きいほどばらつきが大きい。

これらを、適宜区切った年月齢に関して算出し、算出された L,M,S を組み合わせた計算式により対応するパーセンタイル値を計算するのが、LMS 法の原理である。

b. L、M 及び S 値の計算

L,M,および S の計算法は、以下の SAS プログラム (version 9.2) の一部として表されたものが簡潔といえよう。

例: 体重 (bw) に関して、個々のデータの対数と逆数を取り、元データと対数と逆数に関して、平均 a_m l_m r_m と標準偏差 a_sd l_sd r_sd を計算する。a_n はデータの数である。以下のプログラムで、L,M 及び S を計算する。

```
n = a_n;  
ma = a_m;  
mg = exp (l_m) ;  
mh = 1 / r_m;
```

$sa = a_sd / mg;$
 $sg = l_sd;$
 $sh = mg * r_sd;$
 $A = \log (sa/sh) ;$
 $B = \log (sa*sh/ (sg*sg)) ;$
 $L = -A/ (2*B) ;$
 $se_L = 1 / \text{sqrt} (n*B) ;$
 $S = sg * \exp (A*L/4) ;$
 $se_S = S * \text{sqrt} ((S*S+0.5) /n) ;$
 $M = mg + (ma-mh) *L/2 + (ma - 2*mg + mh) *L*L/2;$
 $se_M = M*S/\text{sqrt} (n) ;$

これらの L,S 及び M の算出結果から、任意のパーセンタイル値を求める式は以下の通りである。

$$M(1-ZLS)^{1/L}$$

c. L、M 及び S 算出の年齢区分

年月齢区分の境界に関しては、penalized likelihood 法のように、計算システムの中で適切な区分を割り出してゆく方法もあるが、平成 22 年の調査では、生後 2 か月くらいまでの間にデータが密集し、2 歳までのデータが多く、2 歳以降が少なくなるという特殊なデータ構成であるので、年月齢区分をあらかじめ指定しておく方法を取った。その区分は前章に示したとおりである。

ここまでで、L,S,M それぞれの値が年月齢別に計算されているわけであるが、これら 3 つの指標をそれぞれスムーズなものとして関数で表すことが出来れば、なめらかな平滑化曲線が、年月齢の関数として表すことが出来るようになるわけである。平滑化をするのに、最もよく用いられる方法の一つが 3 次スプライン関数による平滑化である。これは、いくつかの 3 次式を節点を境に横につなげたものであり、境目では双方の 3 次式に関して、1 次微分係数と 2 次微分係数が等しくなっている。

この節点の位置をソフト自体が計算する 3 次スプラインの平滑化ソフトもあるが、本調査においては、強制的に設定した (次項参照)。

d. スプライン関数の節点

L、M 及び S の 3 次スプライン平滑化にあたっての節点の位置に関しては、複数の位置の組み合わせを試みたうえで、最も好ましいと思われるものを選択した (表)。L に関しては、男子の身長で 2 か所、その他の項目では 1 か所の節点とした。M に関しては、すべての項目で 4 か所、S に関しては、すべての項目で 1 か所の節点とした。

表. 節点の位置と数

	L	M	S
男子体重	1,4	0.5, 0.9, 2.1, 3.5	1
女子体重	2	0.5, 0.9, 2.1, 3.5	1
男子身長	2	0.5, 1, 2, 4	1
女子身長	2	0.5, 1, 2, 4	1
男子胸囲	2	0.5, 1, 2, 4	1
女子胸囲	2	0.5, 1, 2, 4	1
男子頭位	2	0.5, 1, 2, 4	1
女子頭位	2	0.5, 1, 2, 4	1

e. L,M 及び S からのパーセンタイル値の算出

年月齢に対応する L,M および S の値からその年月齢でのパーセンタイル値を算出する。任意の年月齢に対して、L,S 及び M の値は、年月齢の 3 次関数で表されているから、パーセンタイル値も数式で表すことが出来る。算出は次の式による。

$$M(1-ZLS)^{1/L}$$

Z は、求めようとしているパーセンタイル値の、そのパーセントの値が対応する正規分布の Z 値である。7 本のパーセンタイル曲線を描くとすれば、

$$3 \text{ パーセンタイル } Z=-1.881$$

- 10 パーセンタイル Z=-1.281
- 25 パーセンタイル Z=-0.625
- 50 パーセンタイル Z=0
- 75 パーセンタイル Z=0.625
- 90 パーセンタイル Z=1.281
- 97 パーセンタイル Z=1.881

となる。このようにいろいろな年月齢でパーセンタイル値を求めなめらかに横につないだのがパーセンタイル曲線である。

f. 2歳時点の身長に関する対応

調査に当たって現場に配られた調査必携においては、身長を2歳未満を仰臥位で計測し、2歳以上を立位で計測することとしていた。これは、公表された報告書にも転載されている。WHOが2006年に出した基準では、同じ小児を仰臥位で身長計測する場合と立位で計測する場合で0.7cmの差が生ずるという定説に基づき立位の値には0.7cmを加算して平滑化処理を行い、計測法別に発育値を作表し、立位計測値としては仰臥位計測値から0.7cm減じたものを示してある。

本調査においては、この段差の推計を、計測値そのものに統計学的な分析を行う検討を加える。スプラインの係数を算出するプログラムを応用し、年月齢が2未満の場合(=0)と2以上の場合(=1)をダミー変数で表し、その偏回帰係数を求める。この値が2歳の身長の段差に相当すると推計される。具体的なSASプログラムは後述する。算出された身長段差は、男1.319cm、女1.366cmとなった。2歳以降の立位計測値にこの段差値を足して全体を平滑化し、そののちに2歳以降の値の場合あらかじめ足してあった値を減じて発育値とした。

(2) 計算に用いたSASプログラム

SASプログラム全体は後掲する。ここでは要点に従って記載する。

a. 病院調査の退院時データについての処理

退院時の計測値は、退院の日齢に従って、その日齢での計測値と整理できるようにプログラムを作成した。

以下は、体重に関する例である。ta_ddは退院の日齢 BW1 BW2、は日齢1、日齢2等の体重の値に対応する。

```
if ta_dd=1 then BW1=bwta;
if ta_dd=2 then BW2=bwta;
if ta_dd=3 then BW3=bwta;
if ta_dd=4 then BW4=bwta;
if ta_dd=5 then BW5=bwta;
if ta_dd=6 then BW6=bwta;
if ta_dd=7 then BW7=bwta;
```

b. 生後の日月齢の差出

SASプログラムのカレンダー機能を用いた。

```
data byo (keep=dage sex bw bh ch hd) ;
```

```
set save.byoin110614;
ke_dage=mdy (9, ke_date, 2010) -mdy
(b_mm, b_dd, 2010) ;
dage = KE_DAGE;
BW = BWKE;
BH = BHKE/10; ch=chke/10; hd=hdke/10;
run;
```

```
data ipp (keep=dage sex bw bh ch hd) ;
```

```
set save.ippan110614;
sbth_y=bth_y+1988;
dage=mdy (9, day, 2010) -mdy
(bth_m, bth_d, sbth_y) ;
bh=bh/10; ch=chest/10; hd=head/10;
if bw<2000 then delete;
run;
```

病院調査においてはke_dageが1か月健診を行った時の児の日齢である。

一般調査においては、dageが計測時の出生後日齢となる。

c. 年月齢区分によるグループ分け

以下のプログラムによる。agegroupがグループ名となる

```

/* 0-7d */
if dage< 1 then agegroup= 1; else
if dage< 2 then agegroup= 2; else
if dage< 3 then agegroup= 3; else
if dage< 4 then agegroup= 4; else
if dage< 5 then agegroup= 5; else
if dage< 6 then agegroup= 6; else
if dage< 7 then agegroup= 7; else
if dage< 8 then agegroup= 8; else
if dage< 23 then agegroup= 9; else
/* 8d-2m */
if dage< 28 then agegroup= 10; else
if dage< 33 then agegroup= 11; else
if dage< 38 then agegroup= 12; else
if dage< 43 then agegroup= 13; else
if mage< 2 then agegroup= 14; else
/* 0-2歳 (2-24月) : 1M毎 */
if mage< 3 then agegroup= 15; else
if mage< 4 then agegroup= 16; else
if mage< 5 then agegroup= 17; else
if mage< 6 then agegroup= 18; else
if mage< 7 then agegroup= 19; else
if mage< 8 then agegroup= 20; else
if mage< 9 then agegroup= 21; else
if mage<10 then agegroup=22; else
if mage<11 then agegroup=23; else
if mage<12 then agegroup=24; else
if mage<13 then agegroup=25; else
if mage<14 then agegroup=26; else
if mage<15 then agegroup=27; else
if mage<16 then agegroup=28; else
if mage<17 then agegroup=29; else
if mage<18 then agegroup=30; else

```

```

if mage<19 then agegroup=31; else
if mage<20 then agegroup=32; else
if mage<21 then agegroup=33; else
if mage<22 then agegroup=34; else
if mage<23 then agegroup=35; else
if mage<24 then agegroup=36; else
/* 2-6歳 (24-72月) : 6M毎 */
if mage<30 then agegroup=101; else
if mage<36 then agegroup=102; else
if mage<42 then agegroup=103; else
if mage<48 then agegroup=104; else
if mage<54 then agegroup=105; else
if mage<60 then agegroup=106; else
if mage<66 then agegroup=107; else
if mage<72 then agegroup=108; else
/* 6歳以上 (72月~) : 1Y毎 */
if mage<84 then agegroup=201; else
agegroup=. ;

```

d. L、M及びSの計算

L、M、Sの計算は、一部LMS法の解説で触れたが、ここで示すのは、平滑化の時に計測点の数（標準誤差の2乗の逆数）で重み付けができるように配慮した点が加わっている。

```

/* 算術平均、幾何平均、調和平均等の計算 */
proc sort data=master;
  by agegroup;
run;
proc means noprint data=master;
  var bw l_bw r_bw age; /* 体重の場合 */
  * var bh l_bh r_bh age; /* 身長の場合 */
  output out=s1 n=a_n l_n r_n mean=a_m l_m r_m
  meanage std=a_sd l_sd r_sd;
  by agegroup;
  where agegroup ne . ;
run;
data s01 (drop=_TYPE_ _FREQ_);

```

```

merge s1 s0;
by agegroup;
run;
/* L, M, Sパラメータの計算 */
data s2 (keep=agegroup meanage n L se_L M se_M
S se_S wt_L wt_M wt_S) ;
set s01;
n = a_n;
ma = a_m;
mg = exp (l_m) ;
mh = 1 / r_m;
sa = a_sd / mg;
sg = l_sd;
sh = mg * r_sd;
A = log (sa/sh) ;
B = log (sa*sh/ (sg*sg) ) ;
L = -A/ (2*B) ;
se_L = 1 / sqrt (n*B) ;
S = sg * exp (A*L/4) ;
se_S = S * sqrt ( (S*S+0.5) /n) ;
M = mg + (ma-mh) *L/2 + (ma - 2*mg + mh)
*L*L/2;
se_M = M*S/sqrt (n) ;
wt_L = 1 / (se_L*se_L) ;
wt_M = 1 / (se_M*se_M) ;
wt_S = 1 / (se_S*se_S) ;
run;

```

e. スプライン関数による平滑化

L,M及びSについて平滑化を行う。knotsと書かれているところが、節点の設定を示す。

/* L, M, Sパラメータの3次スプライン関数への当てはめ */

```

proc transreg data=s2; /* L */
title '3次スプライン関数への当てはめ (L)
';
model identity (L) = spline (meanage /
knots=1 4) ;

```

```

output out=al pprefix=Pred;
weight wt_L;
run;
proc transreg data=s2; /* M */
title '3次スプライン関数への当てはめ (M)
';
model identity (M) = spline (meanage /
knots=0.5 0.9 2.1 3.5) ;
output out=am pprefix=Pred;
weight wt_M;
run;
proc transreg data=s2; /* S */
title '3次スプライン関数への当てはめ (S)
';
model identity (S) = spline (meanage /
knots=1) ;
output out=as pprefix=Pred;
weight wt_S;
run;

```

f. スプライン関数の3次式の係数の算出

前述のプログラムでは偏回帰係数が出力されな
いたため、スプラインの要素である3次式を得るため
に以下のプログラムによって偏回帰係数を算出し
た。

/* スプライン関数の係数を計算 */

```

data spl_l; /* L */
set s2;
x = meanage;
y = L;
w = wt_L; /* ウェイト */
x1=x; /* 1次 */
x2=x**2; /* 2次 */
x3=x**3; /* 3次 */
x4= (x>1) * ( (x-1) **3) ; /* 3次: x>2*/
x5= (x>4) * ( (x-4) **3) ; /* 3次: x>2*/
run;
proc reg data=spl_l outest=est_l;

```

```

title '3次スプライン関数の係数 (L)';
model y=x1-x5;
weight w;
run;
data spl_m; /* M */
set s2;
x = meanage;
y = M;
w = wt_M; /* ウェイト */
x1=x; /* 1次 */
x2=x**2; /* 2次 */
x3=x**3; /* 3次 */
x4=(x>0.5)*(x-0.5)**3; /* 3次: x>0.5*/
x5=(x>0.9)*(x-0.9)**3; /* 3次: x>1*/
x6=(x>2.1)*(x-2.1)**3; /* 3次: x>2*/
x7=(x>3.5)*(x-3.5)**3; /* 3次: x>4*/
run;
proc reg data=spl_m outest=est_m;
title '3次スプライン関数の係数 (M)';
model y=x1-x7;
weight w;
run;
data spl_s; /* S */
set s2;
x = meanage;
y = S;
w = wt_S; /* ウェイト */
x1=x; /* 1次 */
x2=x**2; /* 2次 */
x3=x**3; /* 3次 */
x4=(x>1)*(x-1)**3; /* 3次: x>1*/
run;
proc reg data=spl_s outest=est_s;
title '3次スプライン関数の係数 (S)';
model y=x1-x4;
weight w;
run;

```

実際の発育値の算出においては、これらの計算で得られた x_0, x_1, \dots, x_7 の偏回帰係数を用い、表計算ソフトの関数機能を活用して、求めたい年月齢別のL,MおよびSの値と、それらを組み合わせたパーセンタイル値の算出を行った。

g. 身長計測に当たっての2歳における段差の推計

以下のプログラムによって、2歳における段差を表すダミー変数の偏回帰係数を算出する。

```

data spl_m; /* M */
set s2;
x = meanage;
y = M;
w = wt_M; /* ウェイト */
x0=(x>=2);
x1=x; /* 1次 */
x2=x**2; /* 2次 */
x3=x**3; /* 3次 */
x4=(x>0.5)*(x-0.5)**3; /* 3次: x>0.5*/
x5=(x>0.9)*(x-0.9)**3; /* 3次: x>1*/
x6=(x>2.1)*(x-2.1)**3; /* 3次: x>2*/
x7=(x>3.5)*(x-3.5)**3; /* 3次: x>4*/
run;
proc reg data=spl_m outest=est_m;
title '3次スプライン関数の係数 (M)';
model y=x0-x7;
weight w;
run;

```

これにおいて、 x_0 の偏回帰係数が、計測法の違いによる2歳の段差と推計される。

身長においては、2歳以上の計測値については、これによって得られた値を加えてから平滑化の処理を行った。

```

/* 身長2歳のずれ*/
if mage>=24 and sex=1 then bh = bh + 1.319;

```

else

if mage>=24 and sex=2 then bh = bh + 1.366;

1歳以降

$-0.08997665x^3+0.27863456x^2-0.29595x+0.300613$

C. 研究結果

(1) L,M及びSの平滑化結果

体重、身長、胸囲、頭囲における男女別のL,M及びSの平滑化結果のグラフを、図4-1~4-8に示した。

(2) 平滑化されたL,M及びSの式

以下に、3次スプライン関数平滑化結果の3次式を示す。

a. 男子体重 (g, x は年齢)

L

5日齢~1歳

$0.991050734x^3-2.3951634x^2+0.331977x+1.31741$

1歳~4歳

$-0.08335596x^3+0.82805665x^2-2.89124x+2.391817$

4歳以降

$0.253585268x^3-3.2152381x^2+13.28194x-19.1724$

M

5日齢~0.5歳

$15570.72592x^3-28355.313x^2+20734.37x+2612.627$

0.5歳~0.9歳

$4301.572917x^3-11451.583x^2+12282.5x+4021.271$

0.9歳~2.1歳

$-70.0644185x^3+351.837657x^2+1659.422x+7208.195$

2.1歳~3.5歳

$-22.3137367x^3+51.0083614x^2+2291.164x+6765.976$

3.5歳以降

$87.18864401x^3-1098.7666x^2+6315.376x+2071.061$

S

5日齢~1歳

$-0.04498833x^3+0.13931728x^2-0.14798x+0.150307$

b. 女子体重 (g, x は年齢)

L

5日齢~2歳

$-0.22155082x^3+1.19869901x^2-2.17802x+1.317518$

2歳以降

$0.015418376x^3-0.2231162x^2+0.665613x-0.57824$

M

5日齢~0.5歳

$11794.92532x^3-22756.72x^2+17934.9x+2562.949$

0.5歳~0.9歳

$4295.998048x^3-11508.329x^2+12310.7x+3500.315$

0.9歳~2.1歳

$-3.58665342x^3+100.549844x^2+1862.714x+6634.712$

2.1歳~3.5歳

$-67.7627649x^3+504.859347x^2+1013.664x+7229.047$

3.5歳以降

$55.75487068x^3-792.07583x^2+5552.937x+1933.228$

S

5日齢~1歳

$-0.03200352x^3+0.10028505x^2-0.10709x+0.140026$

1歳以降

$-0.06400704x^3+0.20057009x^2-0.21418x+0.280052$

c. 男子身長 (cm, x は年齢) (2歳以降は立位を示す)

L

出生~2歳

$-0.86237901x^3+4.53812947x^2-7.50252x+4.03648$

2歳以降

$0.144246023x^3-1.5016207x^2+4.576982x+-4.01652$

M

出生~0.5 歳

$$36.64428985x^3 + -70.314876x^2 + 62.49206x + 48.82691$$

0.5 歳~1 歳

$$10.05000178x^3 - 30.423444x^2 + 42.54634x + 52.15119$$

1 歳~2 歳

$$-0.37271873x^3 + 0.84471799x^2 + 11.27818x + 62.57391$$

2 歳~4 歳

$$0.1549664x^3 - 2.3213928x^2 + 17.6104x + 57.03343$$

4 歳以降

$$0.213221148x^3 + -3.0204498x^2 + 20.40663x + 53.30513$$

S

出生~1 歳

$$-0.01454303x^3 + 0.04363205x^2 - 0.04203x + 0.045783$$

1 歳以降

$$-0.02908605x^3 + 0.08726409x^2 - 0.08406x + 0.091566$$

d. 女子身長 (cm, x は年齢) (2 歳以降は立位を示す)**L**

出生~2 歳

$$0.94235697x^3 - 4.2150009x^2 + 3.179012x + 3.33677$$

2 歳以降

$$-0.16093154x^3 + 2.40473019x^2 - 10.0605x + 12.16308$$

M

出生~0.5 歳

$$28.90643858x^3 - 59.099391x^2 + 57.02613x + 48.36156$$

0.5 歳~1 歳

$$10.51616692x^3 - 31.513983x^2 + 43.23343x + 50.66034$$

1 歳~2 歳

$$-0.5012828x^3 + 1.53836608x^2 + 10.18108x + 61.67779$$

2 歳~4 歳

$$0.194421304x^3 - 2.6358585x^2 + 18.52953x + 54.74616$$

4 歳以降

$$0.09771769x^3 - 1.4754152x^2 + 13.88775x + 60.93519$$

S

出生~1 歳

$$-0.01173878x^3 + 0.03499213x^2 - 0.0332x + 0.043758$$

1 歳以降

$$-0.02347756xy + 0.06998425x^2 - 0.0664x + 0.087516$$

e. 男子胸囲 (cm, x は年齢)**L**

出生~2 歳

$$-0.66335692x^3 + 3.77168743x^2 - 7.41688x + 3.165165$$

2 歳以降

$$0.067502706x^3 - 0.6134704x^2 + 1.353439x - 2.68171$$

M

出生~0.5 歳

$$60.50440377x^3 - 96.857558x^2 + 57.61431x + 31.73707$$

0.5 歳~1 歳

$$3.938149553x^3 - 12.008177x^2 + 15.18962x + 38.80785$$

1 歳~2 歳

$$-0.07017222x^3 + 0.01678824x^2 + 3.164657x + 42.81617$$

2 歳~4 歳

$$0.082164135x^3 - 0.8972299x^2 + 4.992694x + 41.59748$$

4 歳以降

$$-0.01630585x^3 + 0.28440995x^2 + 0.266134x + 47.89956$$

S

出生~1 歳

$$-0.00745475x^3 + 0.0247512x^2 - 0.032x + 0.05743$$

1 歳以降

$$-0.01490951x^3 + 0.04950239x^2 - 0.064x + 0.11486$$

f. 女子胸囲 (cm, x は年齢)**L**

出生~2 歳

$$-0.8361848x^3 + 4.48880901x^2 - 7.65673x + 3.105028$$

2 歳以降