

発達曲線（運動・言語機能通過率）の平滑化に関する検討

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）

研究要旨

〔背景と目的〕乳幼児身体発育調査では、身体発育曲線・発育値の作成だけでなく、年月齢別の運動・言語機能通過率が算出され、平滑化した値が曲線としても示されている。平滑化の方法として移動平均が用いられてきているが、統計モデルを用いた他の平滑化方法については検討されていない。本分担研究では、運動・言語機能通過率をいくつかの統計モデルに当てはめて推定する方法について検討・提案することを目的とする。

〔方法〕logistic曲線、probit曲線、Gompertz曲線、3次のlogistic spline曲線を用いて、言語機能「単語を言う」と運動機能「ひとり歩き」の通過率を推定・比較した。また、年月齢を無変換の場合と対数変換した場合も比較した。

〔結果〕いずれの場合も当てはまりが良い順に、logistic spline曲線、logistic曲線、probit曲線、Gompertz曲線であった。年月齢を対数変換した影響は、logistic spline曲線とlogistic曲線では見られず、probit曲線は「単語を言う」のみ改善、Gompertz曲線は両方で改善していた。

〔結論〕発達曲線（運動・言語機能通過率）の平滑化にlogistic曲線等を用いる可能性が示された。次年度は他の指標及び複数年間の比較方法についても整理し、最適な方法を提案する予定である。

A. 研究目的

乳幼児身体発育調査では、身体発育曲線・発育値の作成だけでなく、運動・言語機能に関する一般調査のデータに基づいて、年月齢別の通過率（運動機能：「首のすわり」「ねがえり」「ひとりすわり」「はいはい」「つかまり立ち」「ひとり歩き」、言語機能：「単語を言う」）が算出され、平滑化した値が曲線としても示されている。平滑化の方法として移動平均が用いられてきているが、統計モデルを用いた他の平滑化方法については検討されていない。移動平均は通過率の分布に関する特別な仮定を必要としない汎用的な方法ではあるが、年月齢別の通過率を

算出して用いるため、標本数の少ない年月齢階級では偶然変動の影響を受けやすく、推定精度が落ちるという欠点もある。例えば、通過率は年月齢とともに単調増加するはずだが、令和5年乳幼児身体発育調査では、「言葉を話す」の通過率は、1年10～11月未満の98.7%に対して、1年11～12月未満で94.3%に微減するという矛盾が生じることもあり、これは偶然変動によるものと考えられる。

そこで本分担研究では、運動・言語機能通過率をいくつかの統計モデルに当てはめて推定する方法について検討・提案することを目的とする。

B. 方法

運動・言語機能の発達曲線の平滑化方法として、logistic 曲線、probit 曲線、Gompertz 曲線を用いたものが報告されており^{1, 2)}、また DENVER II (デンバー発達判定法) では logistic spline 曲線が用いられている³⁾。観測データと曲線を単にフィットさせるだけであれば、各理論曲線に spline 関数を取り入れたもの (logistic spline 曲線等) を用いた方がよいと予想されるが、発達学的な意味づけが難しくなるかもしれない。例えば、単なる (1 次) probit 曲線であれば、通過年月齢が正規分布に従い、logistic 曲線は到達率が徐々に加速した後、徐々に減速し、Gompertz 曲線は到達率が指数関数的に急上昇するという、比較的理解しやすい仮定の元で、通過年月齢のパーセント点等を推定したり複数の曲線の差の検定を行うことが容易であるが、spline 関数を導入すると、そのような意味づけ等が難しくなるかもしれない。

本分担研究では、令和 5 年乳幼児身体発育調査のデータを用いて、logistic 曲線、probit 曲線、Gompertz 曲線、及び spline 曲線の例として 3 次の logistic spline 曲線 (接続点: 35%点と 65%点)³⁾ により、言語機能「単語を言う」と運動機能「ひとり歩き」の通過率を推定・比較した。また、年月齢を無変換の場合と対数変換した場合も比較した。

C. 結果

運動機能「ひとり歩き」の通過率 (図 1) と、言語機能「単語を言う」の通過率 (図 2) を、4 種類の理論曲線に当てはめて平滑した曲線を、各月齢における観測割合と比較した結果を示す。いずれの場合でも、当てはまりが良い順 (対数尤度が大きい順) に、

logistic spline 曲線、logistic 曲線、probit 曲線、Gompertz 曲線であった。年月齢を対数変換した影響は、logistic spline 曲線と logistic 曲線では見られず、probit 曲線は「単語を言う」のみ改善、Gompertz 曲線は両方で改善していた。

D. 考察

予想した通り、logistic spline 曲線の当てはまりが最も良かったが、logistic 曲線もかなり良好であり、解釈のしやすさからは logistic 曲線が簡便かもしれない。統計モデルへの当てはめでは、移動平均とは異なり年月齢階級別の通過率の計算を必要とせず、個々のデータから曲線の推定が可能である。今回検討したのは「ひとり歩き」と「単語を言う」の 2 つだけで、年月齢の変換は体位数変換のみだが、今後、他の運動機能についても、また、他のべき変換についても検討する予定である。調査年間で通過率を比較するためには、年月齢、調査年、調査年×年月齢の交互作用を含む各モデルで検定等が可能と思われ、この方法についても次年度の研究で整理する。

E. 結論

言語機能「単語を言う」と運動機能「ひとり歩き」の通過率曲線を平滑化するために 4 種類の統計モデルを用いたところ、当てはまりが良い順に、logistic spline 曲線、logistic 曲線、probit 曲線、Gompertz 曲線であった。次年度は他の指標及び複数年間の比較方法についても整理し、最適な方法を提案する予定である。

F. 健康危機情報

該当なし。

G. 研究発表

該当なし。

H. 知的財産権の出願・登録状況

該当なし。

参考文献

1. Ertem IO, et al. Similarities and differences in child development from birth to age 3 years by sex and across four countries: a cross-sectional, observational study, *Lancet Glob Health* 2018;6:e279–91
2. Frankenburg WK, et al. The Denver II: a major revision and restandardization of the Denver Developmental Screening Test. *Pediatrics* 1992;89(1):91-7.
3. Yoshii K, et al. Secular trends in early motor development between 1980 and 2010 in Japan. *Arch Dis Child* 2022;107:468–473.
doi:10.1136/archdischild-2021-322087

図1. 運動機能「ひとり歩き」の通過率の平滑化方法の比較

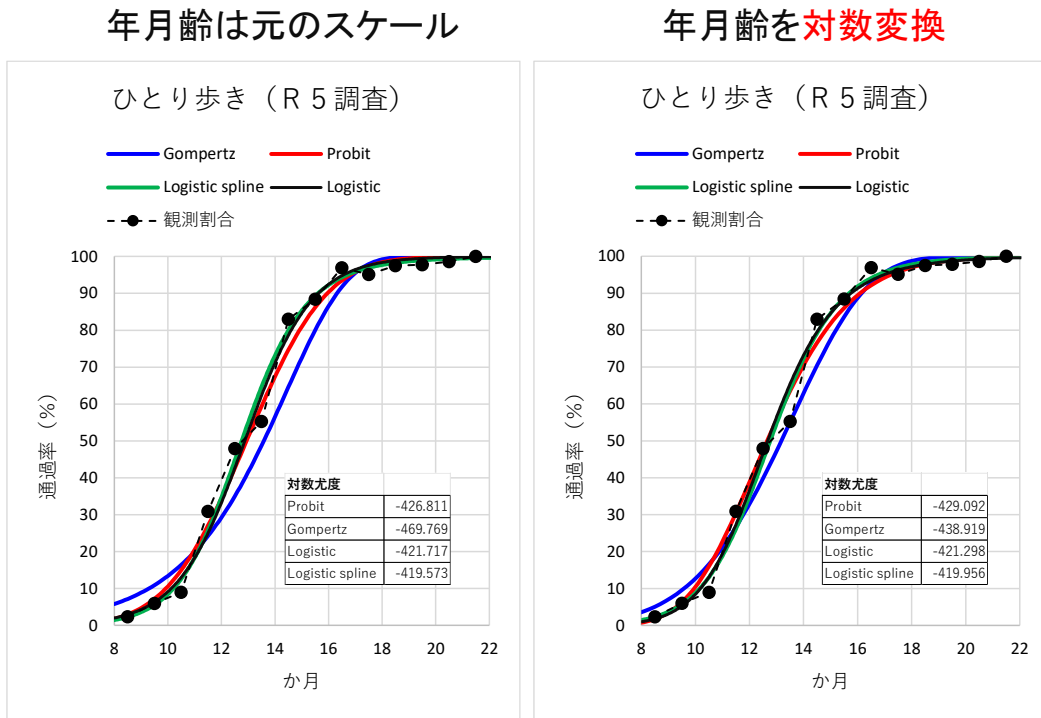


図2. 言語機能「単語を言う」の通過率の平滑化方法の比較

