

# 疎な時系列データに基づく分娩経過予測に関する研究

## Study on prediction of delivery course based on sparse data with missing values

松本 和高<sup>1\*</sup> 長谷川 忍<sup>1</sup> 山崎 智里<sup>1,3</sup>  
Kazutaka Matsumoto<sup>1</sup> Shinobu Hasegawa<sup>1</sup> Chisato Yamazaki

<sup>1</sup> 北陸先端科学技術大学院大学  
<sup>1</sup> Japan Advanced Institute of Science and Technology  
<sup>2</sup> 金沢医科大学看護学部  
<sup>2</sup> School of Nursing, Kanazawa Medical University

**Abstract:** As macroeconomic growth declines, late married are progressing. Pregnancy over 35 tends to be difficult deliver as compared to birth which is not so generally. For this reason, the midwife's role has become big in managing and reducing such birth risks. There is a delivery curve that used as an indicator of the delivery process for assisting such midwife judgment. Also, it is important for education to provide predictions of the delivery for the less experienced midwife. In this study, we generate the new delivery curve for following midwife and evaluate compared with the existing curve.

### 1 はじめに

近年女性の出産年齢は増加傾向にある。15歳から49歳までの女性の年齢別出生率の合計を合計特殊出生率といい、2016年における合計特殊出生率は1.44であった。図1に五年かつ五歳階級毎の合計特殊出生率の変化を示す。図から29歳以下の合計特殊出生率は減少傾向にあるのに対し35歳以上は増加傾向にある。35歳以上の出産を高齢出産という。高齢出産は一般にそうでない出産に比べ分娩が困難な状況(難産)になりやすい。このような出産は異常分娩とも呼ばれ、胎児を体外に出すための娩出力の低下や胎児が通る軟産道の成熟が進まないために発生する。またこの原因には加齢による体力の低下や年齢的因子と関係する場合が多いとされている [4]。

産婦や新生児のケア、出産を助けるための専門職として助産師がいる。異常分娩に限らず出産時のリスクを管理・低減する上で助産師の役割は大きなものとなっている。

こうした助産師の判断補助のために分娩経過曲線がある。分娩経過曲線は分娩の所要時間や状況から進行状況

を評価、予測するためのグラフである。また経験の少ない助産師に分娩経過の指標を提供することは教育上重要である。

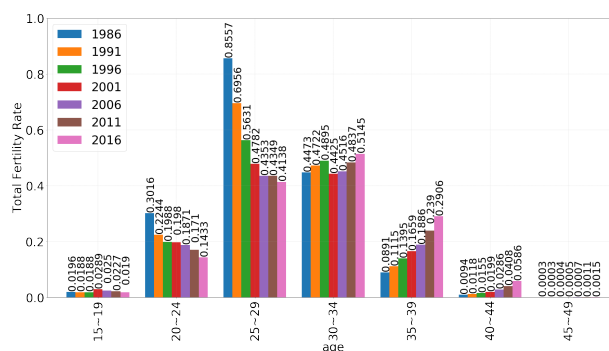


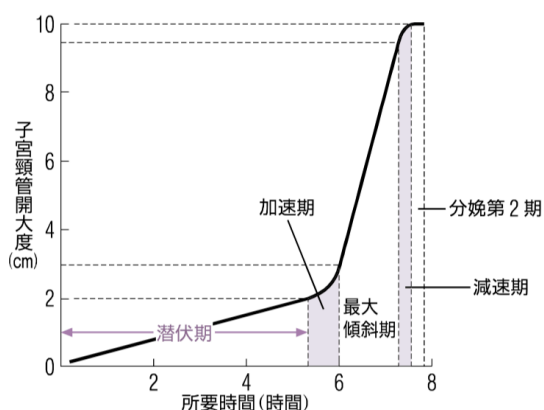
図1 合計特殊出生率

分娩経過曲線の一つにフリードマン曲線がある [2][3]。これは1950年代に米国の出産経験のない産婦(初産婦)、出産経験のある産婦(経産婦)それぞれ500名のデータから作成されたグラフである。データは1時間毎の検診から集められている。また初産婦、経産婦それぞれに対応するグラフが存在する。図2に経産婦のフリードマン曲線を示す。図2は縦軸を子宮頸管開大度(cm)、横軸を所要時間としたグラフである。フリードマン曲線における分娩の進行過程は子宮頸管開大が始まる潜伏期、子宮

\* 連絡先: 北陸先端科学技術大学院大学  
〒923-1211 石川県能美市旭台1丁目1  
E-mail: s1610176@jaist.ac.jp

頸管開大が進むとされる活動期，子宮頸管開大度が最大(10cm)となつてから胎児が出生するまでの分娩第2期に分けられる。活動期はさらに加速期，最大傾斜期，減速期に分けられ特に潜伏期，加速期・最大傾斜期・減速期の所要時間は個人差が大きい。

フリードマン曲線は分娩経過の指標として用いられている。しかし作成された当初は異常分娩発見が目的であったこと，データには異常分娩のデータも含まれていること，また体格の違い等から日本人の分娩経過の指標として適していないと言われる [1]。



出所:立岡 弓子ら 分娩経過曲線のヒミツ第2回 フリードマン曲線はどのようにつくられたのか

図2 経産婦のフリードマン曲線

本研究ではフリードマン曲線に代わる分娩経過の予測を最終的な目的としている。

本研究で扱うデータには3つの特徴がある。1つ目は一定の間隔で観察された時系列データではなく不定期に観察された疎な時系列な点である。助産師は複数の出産を同時に扱うことや出産経過を事前に予測しあらゆる状況の準備に追われることがありデータを一定の間隔で取れない。2つ目はデータの開始時点が不明な点である。通常，出産は陣痛周期が10分以内または陣痛が1時間以内に6回以上来たときを分娩開始と定義している。しかし実際には陣痛が始まってから病院に来る場合や本人に陣痛の自覚がない場合があり，厳密なスタート時点が不明である。治験等で観察する医療データには開始時点が決まっており終了時点が不明なデータがある。これを一般に右打ち切りという。本研究で用いるデータはこれとは逆の性質の左打ち切りなデータである。3つ目は本研究で使用できるデータ数には限りがある点である。分娩経過データは病院毎にデータの取得方法等が異なり大量にデータを用意することが困難である。そのため少ないデータによる予測が求められる。

本研究で扱うデータの例を図3，4に示す。これらは横軸を時間(分)，縦軸を子宮頸管開大度(cm)としている。

分娩開始時点がデータ毎に異なるため出生時点を0とし計測時点の時間を出生までの経過時間としている。また本来，活動期と分娩第2期の終わりは子宮頸管開大度が10cmであるが，これらプログラム上区別するための分娩第2期の終わりを子宮頸管開大度が11のときとしている。

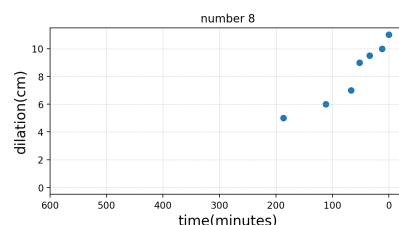


図3 分娩経過データのサンプル1

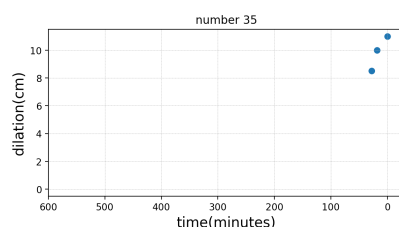


図4 分娩経過データのサンプル2

## 2 提案手法

本研究は取り扱うデータの特徴に対し3つのアプローチを行っている。一つ目は疎な時系列データを直接扱うのではなく子宮頸管開大度の平均に注目する。二つ目はデータの終了時間をデータの開始時点とし経過時間を遡るようにグラフを作成する。三つ目はベイズ的手法を用いることで少ないデータ数での予測である。これら3つを考慮しフリードマン曲線に変わる分娩経過曲線の作成を本研究の目的としている。

## 3 実験方法

本研究では4つの分娩経過曲線を作成している。一つ目はフリードマン曲線の疑似曲線である。ベースライン策定のためにフリードマン曲線を疑似的に模した分娩経過曲線を作成する。疑似フリードマン曲線は表1に従い直線近似している。作成した疑似フリードマン曲線を図5に示す。

二つ目は一次関数及び三次関数を用いた分娩経過曲線である。これらの母数は最小二乗法を用いて推定している。

表1 分娩経過における所要時間と子宮頸管開大度の関係

	子宮頸管開大度 (cm)	所要時間 (分)
潜伏期	0 ~ 2	318
加速期	2 ~ 2.57	42
最大傾斜期	2.57 ~ 9.81	76.2
減速期	9.81 ~ 10	13.8
分娩第二期	10 ~ 11	18

三つ目は子宮頸管開大度 0.5cm 毎の個体差を考慮した分娩経過曲線である。子宮頸管開大度毎の母数の推定には階層ベイズを用いている。事前分布には一様分布を用いている。子宮頸管開大度毎の確率分布から実測値を発生させそれらを元に三次関数の曲線を描いている。なお三次関数の母数の推定には最小二乗法を用いている。

本研究で扱うデータは研究内容の主旨に同意した産婦の分娩経過データを匿名化した上で実験を行っている。データの取り扱いについては共同研究先の金沢大学医学倫理審査委員会の承認の元に実施している。

## 4 実験結果

分娩経過曲線を作成するにあたりプログラミング言語の python3.6 を使用している。最小二乗法による推定には python ライブラリの StatsModel v0.8.0, 階層ベイズによる推定のために pystan v2.17.1 を使用している。データには経産婦 63 名の分娩経過データを用いており、これらを 5 分割し 4 点をトレーニングセット、1 点をテストセットとして 5 点交差検証を行っている。最後にそれぞれに対しテストセットと予測値との誤差の二乗平方平均を求めている。

作成した分娩経過曲線を図6, 7, 8に示す。また5つのテストセットから得られた値の平均誤差を表2に示す。

表2より誤差が最小となるグラフは一次関数による分娩経過直線である。また疑似フリードマン曲線に比べ作成したグラフは他のグラフに比べが 2cm になるまでの時間が遅い。この理由としてはフリードマン曲線に用いられたデータが日本人でないことが考えられる。

表2 分娩経過予測値と標本値の差の二乗平均平均平方誤差

	誤差 (分)
疑似フリードマン曲線	87.55
1 次関数	69.66
3 次関数	70.28
階層ベイズ回帰	72.36

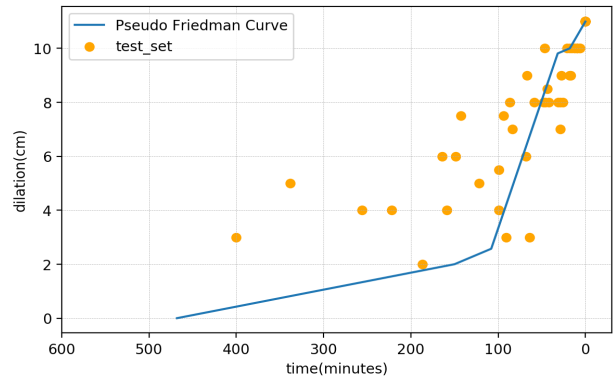


図5 疑似フリードマン曲線

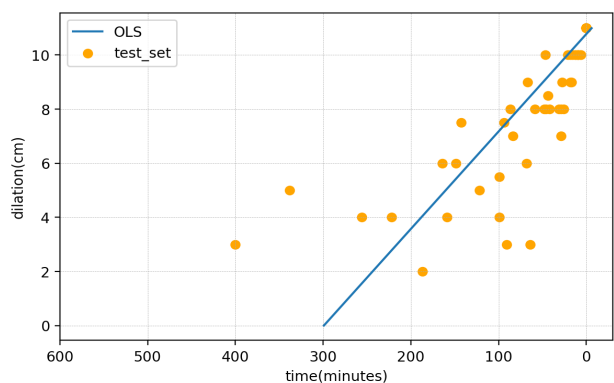


図6 一次関数を用いた分娩経過直線

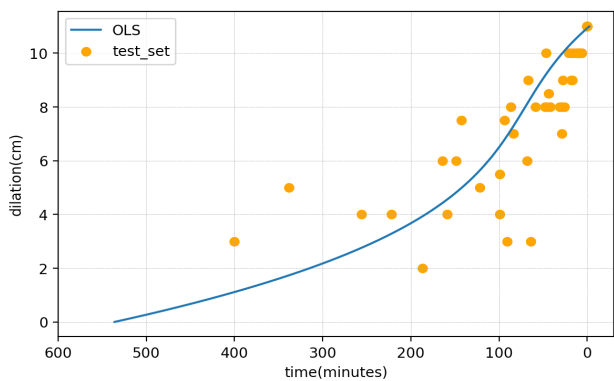


図7 三次関数を用いた分娩経過曲線

## 5 考察

分娩経過は一般にフリードマン曲線のようなシグモイドカーブを描くことが知られている。このため分娩経過を直線で表すより曲線で表すほうが誤差は小さいと考えられる。実験結果では一次関数のほうが誤差が小さくなった。これを考察する。

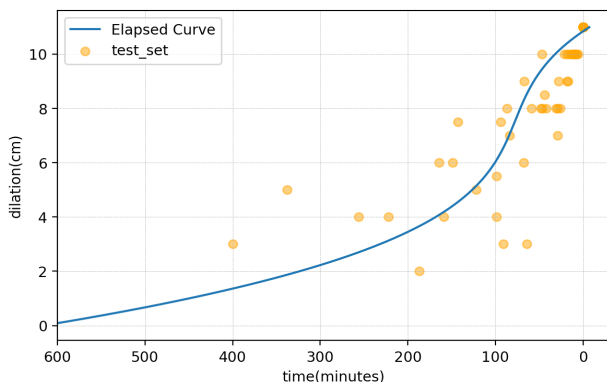


図8 階層ベイズを用いた分娩経過曲線

分娩経過は分娩終了に近づくに連れて個人差が小さくなる。表2の結果は個人差の大小を考慮せず全体の誤差を求めている。そこで個人差が大きいであろう子宮頸管開大度が5cm未満の場合における誤差を求める。これらに対し作成したグラフと二乗平均平方誤差を求めた。その結果を表3に示す。表より子宮頸管開大度が5cm未満の場合であっても一次関数による分娩経過がもっとも誤差が小さかった。また一次関数による近似と三次関数による近似は誤差が2.51であった。

この理由として一つは本実験で扱ったデータには子宮頸管開大度が2cm以下のデータが含まれていないからだと考えられる。子宮頸管開大度が2cmまでの部分は一般に所要時間が長くなる傾向にある。そのため個人差が出やすいが、これがデータに含まれていないために直線であっても曲線であってもそれらの差が小さくなったと考えられる。

表3 子宮頸管開大度が5cm未満の場合の二乗平均平方誤差

	誤差 (分)
1 次関数	114.67
3 次関数	117.18
階層ベイズ回帰	120.88

## 6 おわりに

近年、女性の高齢化に伴い助産師の役割が重要になってきた。助産師の補助ツールとしてフリードマン曲線が使われている。フリードマン曲線は作成された当初と目的が異なることやデータに異常分娩のデータが含まれていることから分娩経過の指標には適していないとされる。そこで本研究はフリードマン曲線に代わる分娩経過曲線の作成を目的とした。本実験で扱うデータには、疎

な時系列データ、データの終了時間が未定、データ数が限定的という3つの特徴がある。これらに対し本研究では時系列ではなく子宮頸管開大度の平均に注目、データの終了時点をデータの開始時点とし計算、ベイズ的手法を利用の3つのアプローチを行った。これらを考慮し4つの曲線を作成した。そのうち一つはベースライン策定のために現在医療現場で使われているフリードマン曲線を疑似化した疑似フリードマン曲線である。作成した分娩経過曲線に対し五点交差検証を用いてテストセットの標本値と予測値の二乗平均平方根誤差を求めた。その結果、一次関数による近似がもっとも誤差が小さくなった。また考察として個人差が大きいと考える子宮頸管開大度が5cm未満の場合のテストセットの標本値と予測値の二乗平均平方根誤差を求めた。この結果全体の誤差を求めた場合と同様に一次関数による近似がもっとも誤差が小さくなった。

## 7 今後の課題

本研究では分娩経過予測を行うため、ある一点を入力したときの出力を予測している。つまり複数個入力した場合におけるグラフの変化は考慮していない。分娩経過曲線は個人によって形が変化すると考えられる。そのため複数個入力した場合にはそれに適したグラフに変化があると考えられる。これから今後の課題として複数個入力したときにグラフを変化させることを挙げる。

また本研究では子宮頸管開大度が10cmのときの誤差と2cmの誤差を同等として取り扱っている。実際には前者の誤差が大きい場合後者の誤差に比べ問題である。これらを考慮し再度分娩経過曲線を評価することも今後の課題としてあげる。

## 参考文献

- [1] Rebecca Dekker. The evidence on: Failure to progress. *EVIDENCE BASED Birth*. 2017 Apr 27.
- [2] FRIEDMAN EA. Labor in multiparas; a graphicostatistical analysis. *Obstet Gynecol*. 1956 Dec;8(6):691-703.
- [3] FRIEDMAN EA. Primigravid labor; a graphicostatistical analysis. *Obstet Gynecol*. 1955 Dec;6(6):567-89.
- [4] 小原 幹隆. 細谷 直子 平野 秀人. 高齢妊娠と難産 (今月の臨床 高年妊娠-母児ケアのポイント) (リスクへの対応とケアのポイント). *臨床婦人科産科* 61(1), 54-57, 2007-01.