

状態空間モデルによる 妊娠高血圧発症リスク予測技術

大学院医学系研究科（医学専攻）
システムバイオインフォマティクス講座

教授・浅井 義之

2025年12月9日

従来技術とその問題点

妊娠高血圧症候群の発症予測、発症リスク予測をする技術はこれまで実用化されているものはない。

診断補助として血中バイオマーカーが使用されている。

しかし、血中バイオマーカーの検出のためには、侵襲的な採血、および生化学検査が必要となる。

新技術の特徴・従来技術との比較

- 従来技術では、主に血液バイオマーカーを使用する方法が主流であった。そのため、侵襲的な採血、分析が必要となっていた。
本方法では、**非侵襲的に計測可能なデータに基づいて発症リスクを予測**することを可能とした。
- **状態空間モデルにより未来の血圧値を予測し、それに日本産婦人科学会が定義する診断基準を適用しリスクを算出**するため、日本産婦人科学会により疾患の定義が変更になっても即座に対応できる。

想定される用途

- 産婦人科における妊婦健診の際に、容易に測定可能な血圧（最高血圧、最低血圧）および尿タンパクを計測された際に、それらのデータをシステム入力することで、未来の血圧動態を予測する。日本産婦人科学会が定める妊娠高血圧症候群の定義に照らし、リスクを評価する。
- リスクに応じて発症診断前に予防的介入指示を実施する。

妊娠高血圧症候群 (HDP)



杉野法広先生

産科婦人科学講座



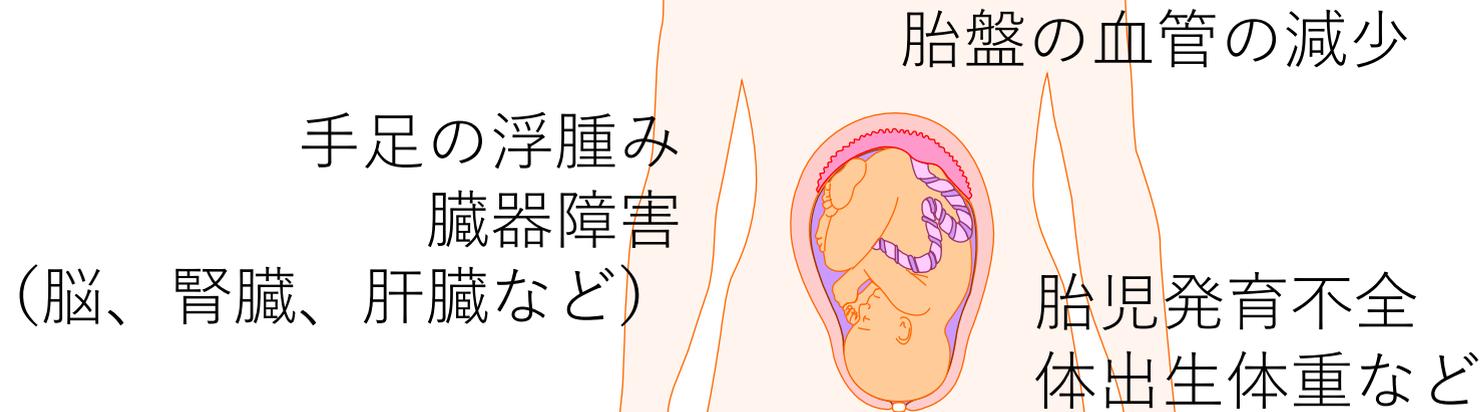
前川亮先生



安部武志先生

AISMEC

妊娠途中で母体が高血圧を発症
(原因不明)



重篤な場合、母子ともに生命に関わる疾患
病院・機序は未解明
有病率が 5.2 – 8.2% 程度と比較的高い

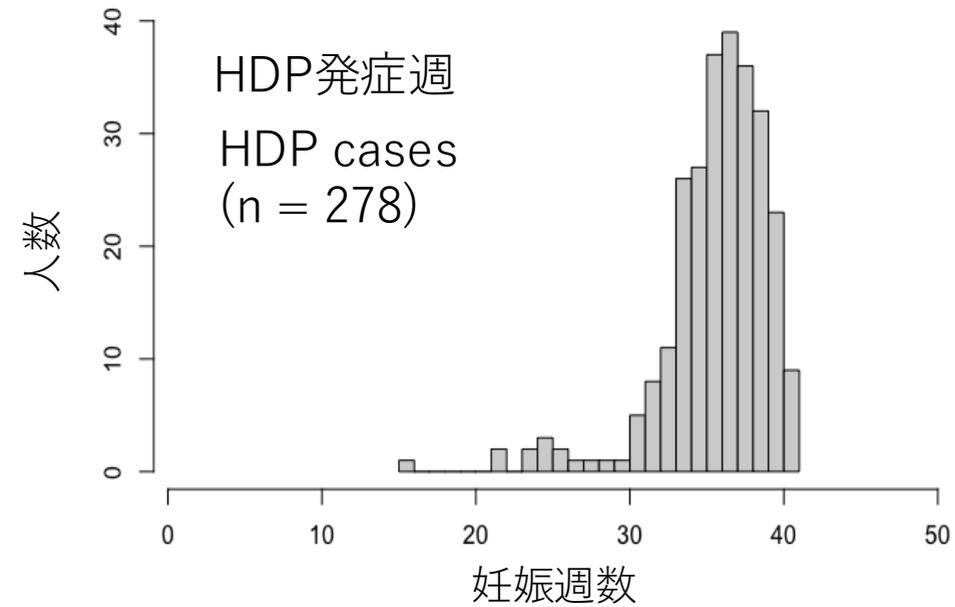
診断基準

妊婦健診でのスクリーニング
におけるHDPの規準

拡張期血圧 90 [mmHg],

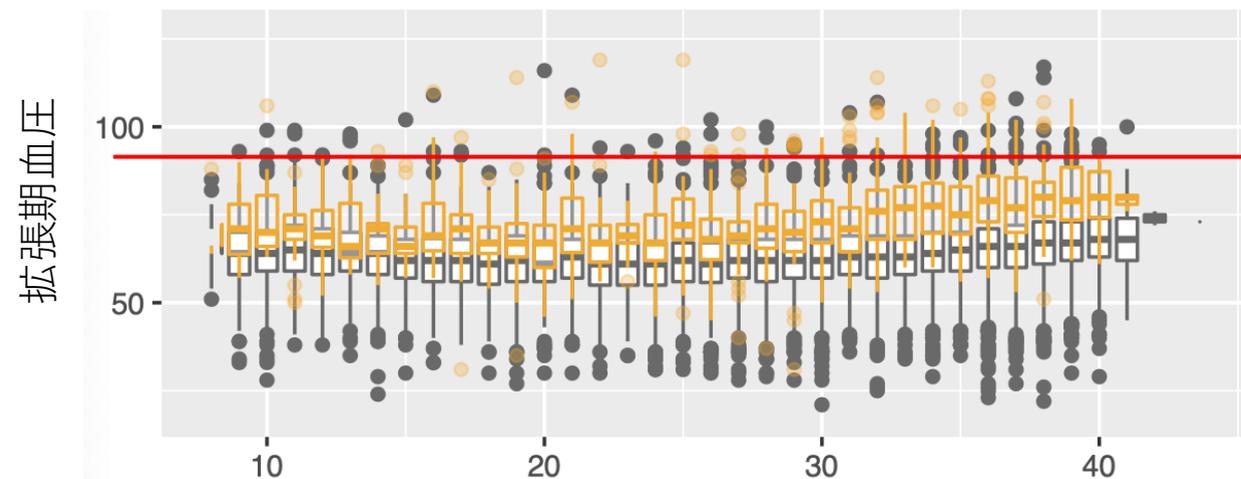
かつ/または

収縮期血圧 140 [mmHg]



日本産科婦人科学会・日本産婦人科医会編 産婦人科診療ガイドライン産科編 2020

いつ・誰にこのような高血圧が現れるのかを予測したい



日本産婦人科学会による診断閾値

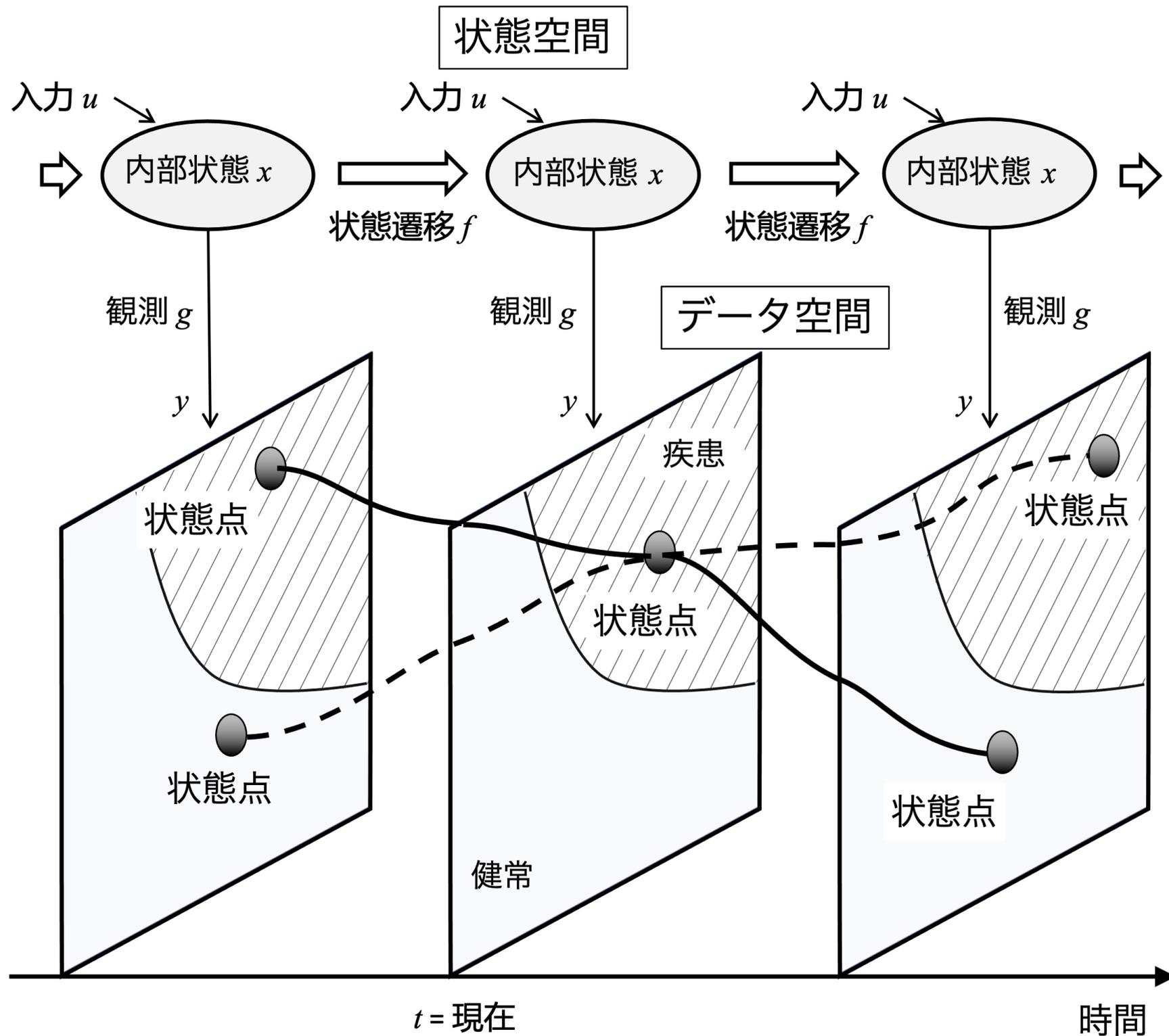
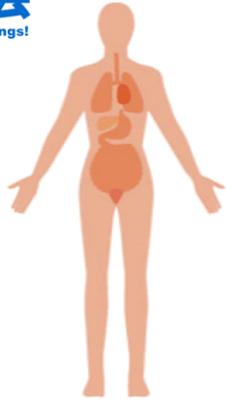
<https://www.mhlw.go.jp/bunya/kodomo/boshi-hoken13/>
厚生労働省「すこやかな妊娠と出産のために」

標準的な“妊婦健診”の例

厚生労働省では、14回分の妊婦健康診査として、次のようなスケジュールと内容を例示しています。あくまでも標準的なものですので、特に「必要に応じて行う医学的検査」の内容は、医療機関等の方針、妊婦さんと赤ちゃんの健康状態に基づく主治医の判断などによって、実際にはさまざまです。より主体的に受診していただくために、標準的な妊婦健康診査の例をご紹介します。

妊婦健診を受けられる主な場所は、病院・診療所・助産所です。
(助産所で出産する予定の方は、助産師と相談の上、病院又は診療所でも妊婦健診を受けておきましょう。)

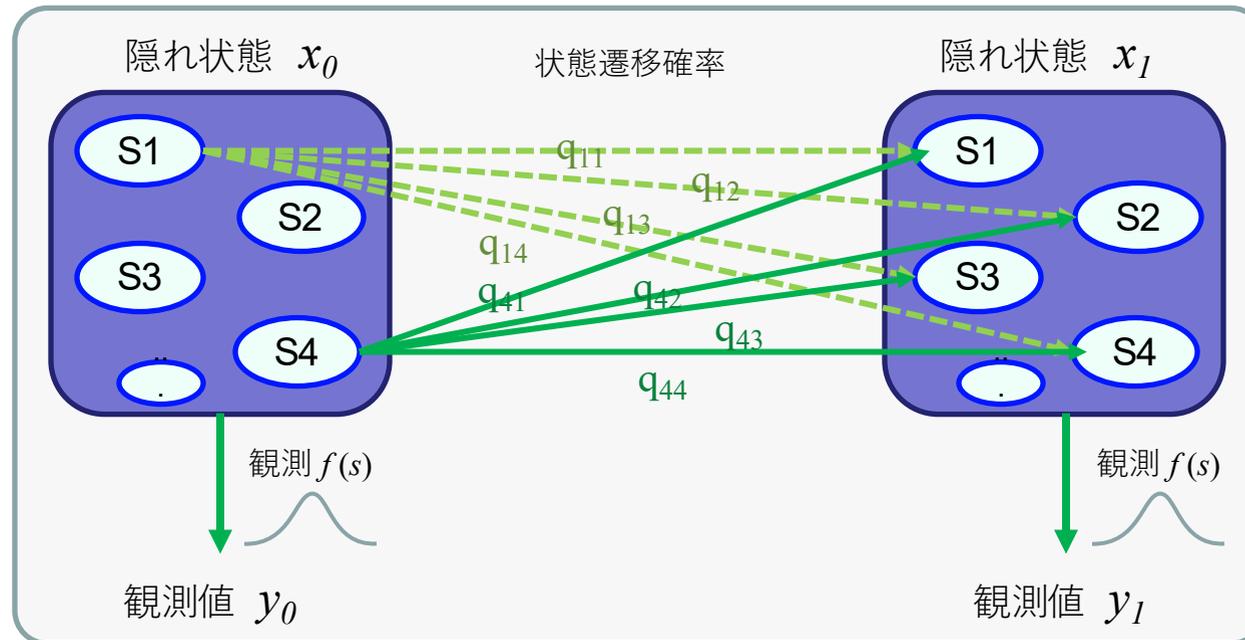
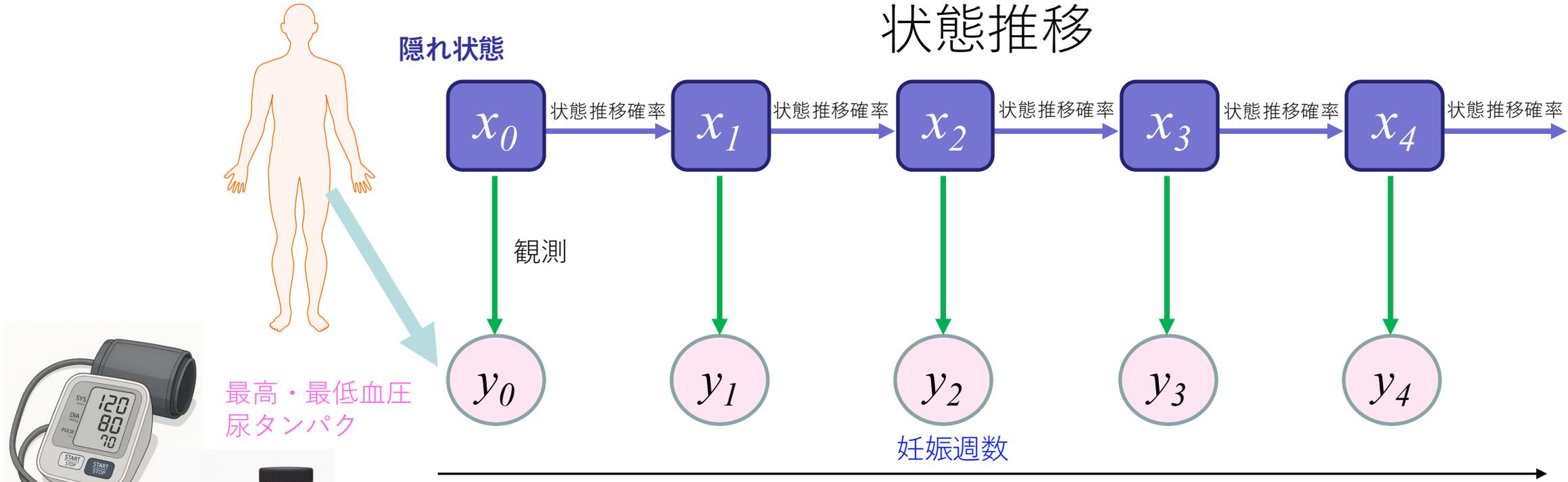
期 間	妊娠初期～23週	妊娠24週～35週	妊娠36週～出産まで
健 診 回 数 (1回目が8週の場合)	1・2・3・4	5・6・7・8・9・10	11・12・13・14
受 診 間 隔	4週間に1回	2週間に1回	1週間に1回
毎 回 共 通 す る 基 本 的 な 項 目	<ul style="list-style-type: none"> ●健康状態の把握…妊娠週数に応じた問診・診察等を行います。 ●検査計測…妊婦さんの健康状態と赤ちゃんの発育状態を確認するための基本検査を行います。 基本検査例:子宮底長、腹囲、血圧、浮腫、尿検査(糖・蛋白)、体重(1回目は身長も測定) ●保健指導…妊娠期間を健やかに過ごすための食事や生活に関するアドバイスを行うとともに、妊婦さんの精神的な健康に留意し、妊娠・出産・育児に対する不安や悩みの相談に応じます。また、家庭的・経済的問題などを抱えており、個別の支援を必要とする方には、適切な保健や福祉のサービスが提供されるように、市区町村の保健師等と協力して対応します。 		



隠れマルコフモデル

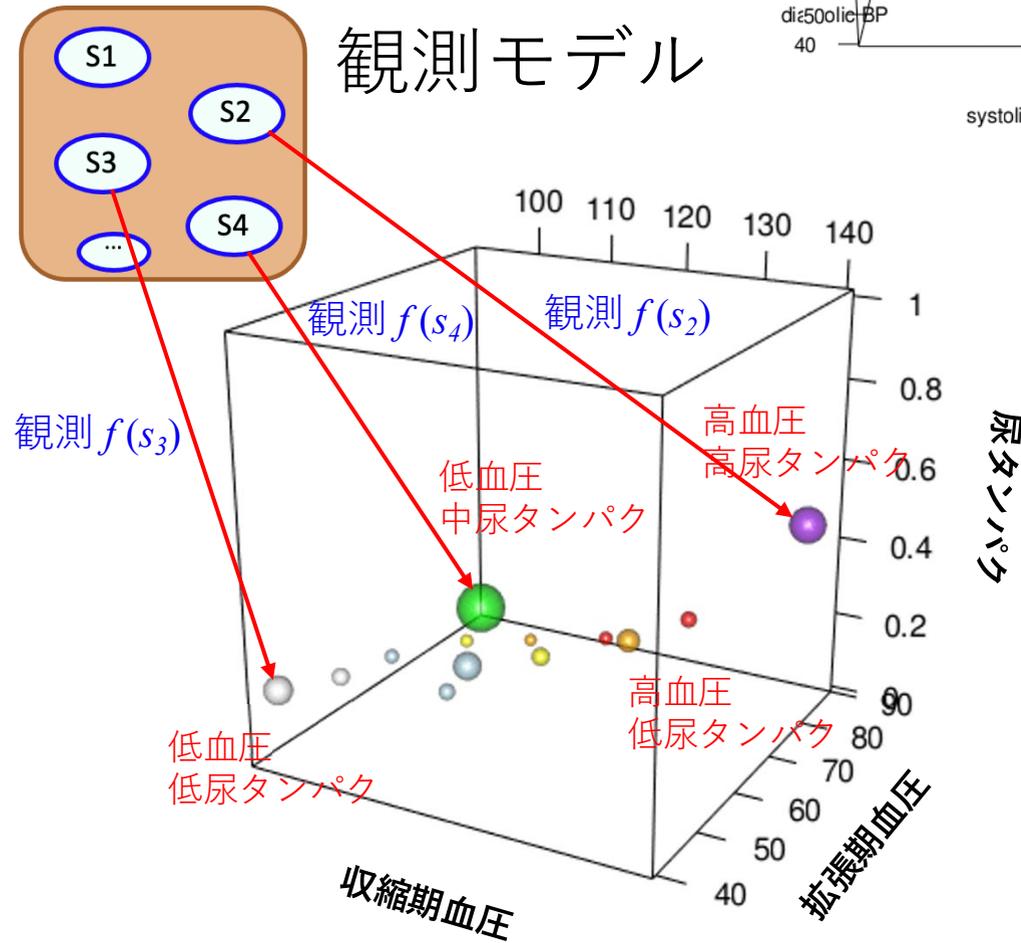
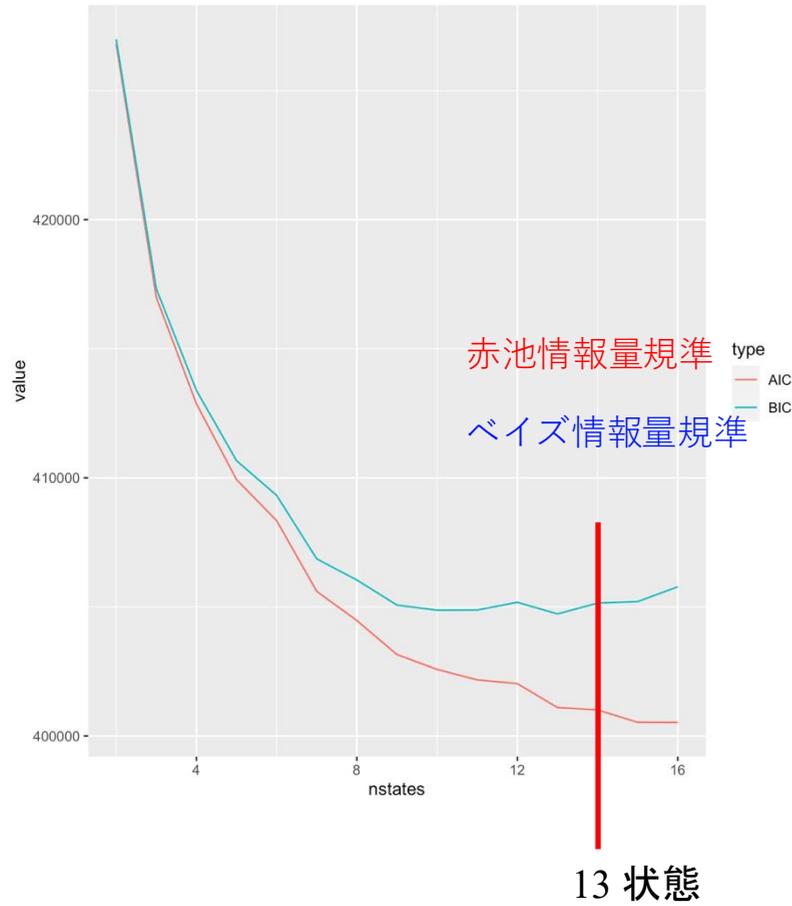
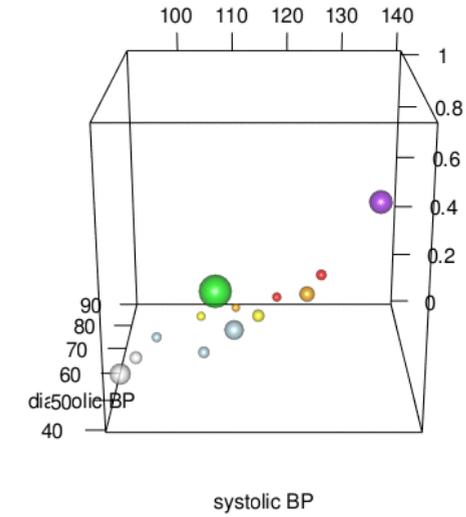
隠れ状態

状態推移



隠れ状態数と観測関数

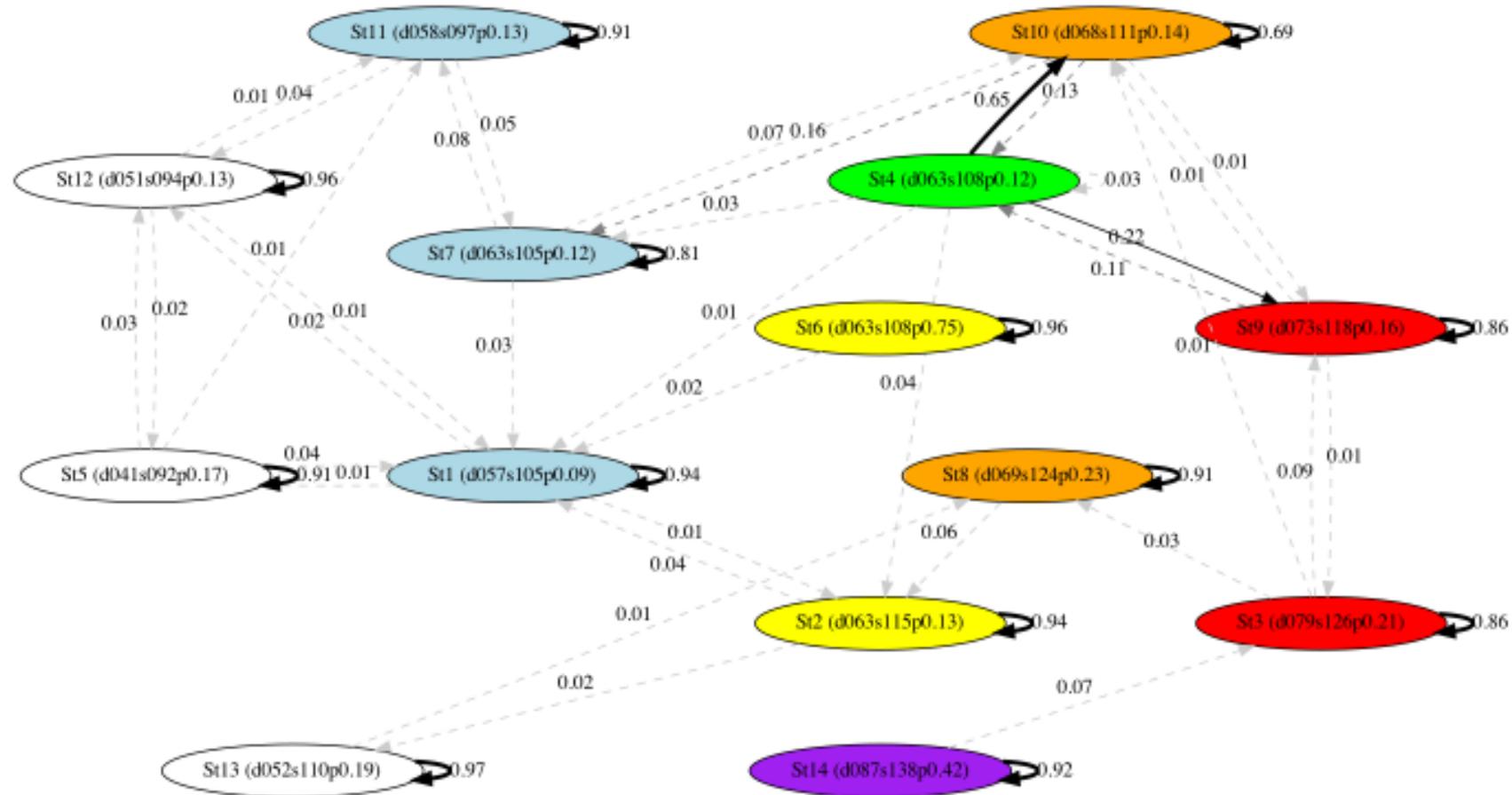
学習後に得られた
離散的な身体状態の配置



モデルの複雑さと、データとの
適合度とのバランスを取る

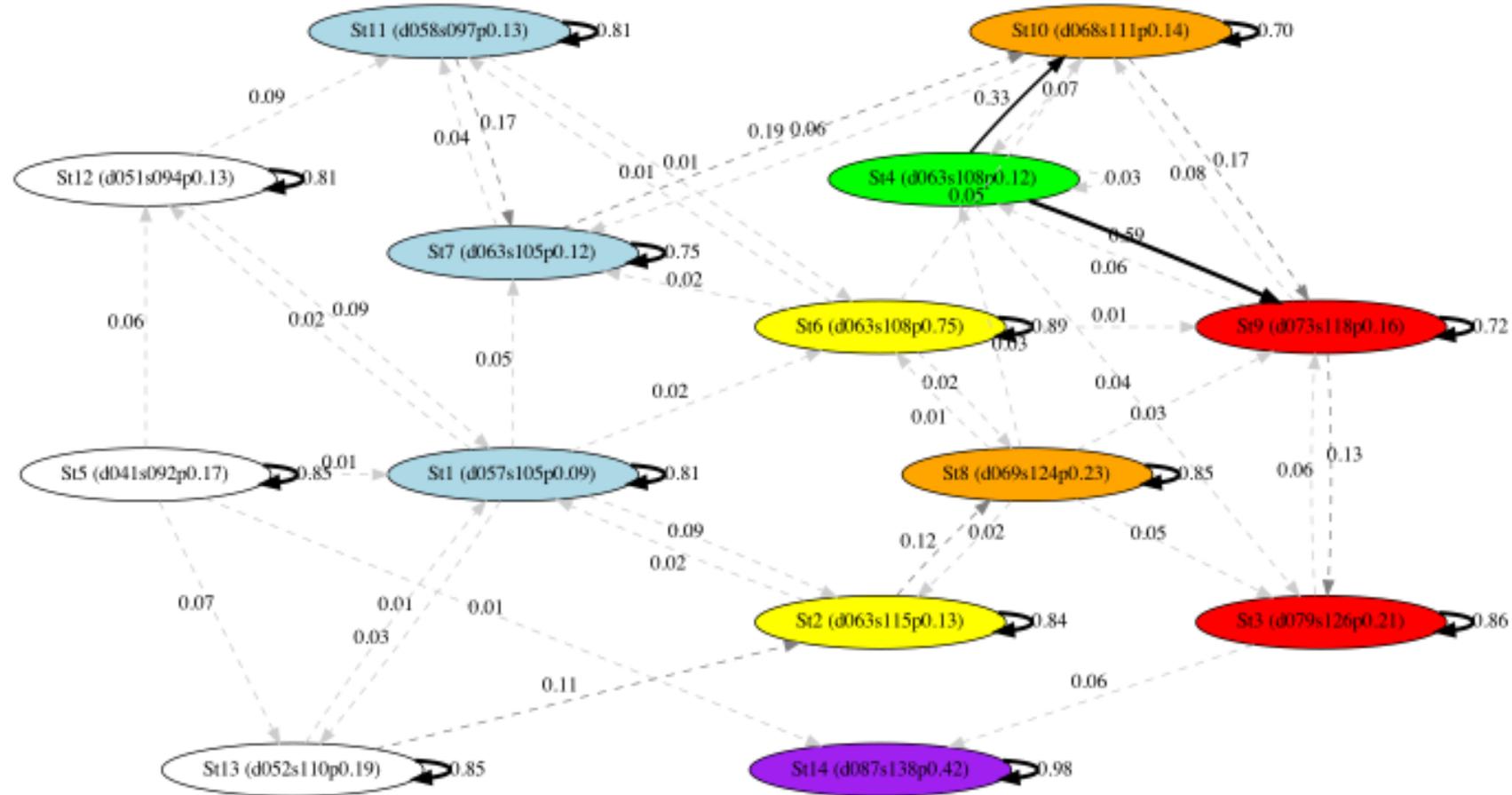
内部状態の遷移図

妊娠週数 15 週での遷移行列を可視化

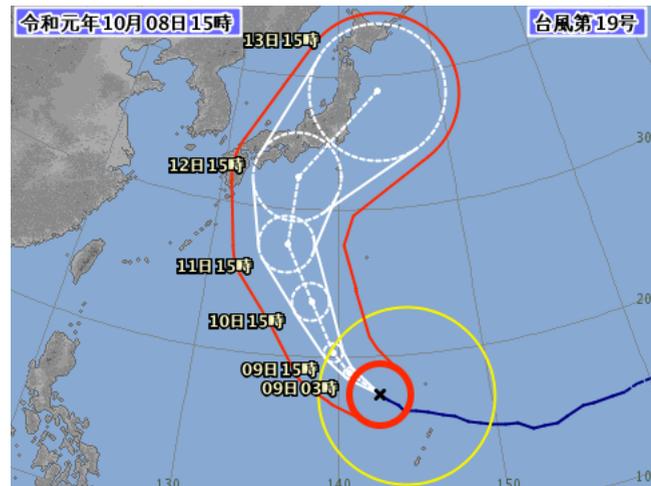
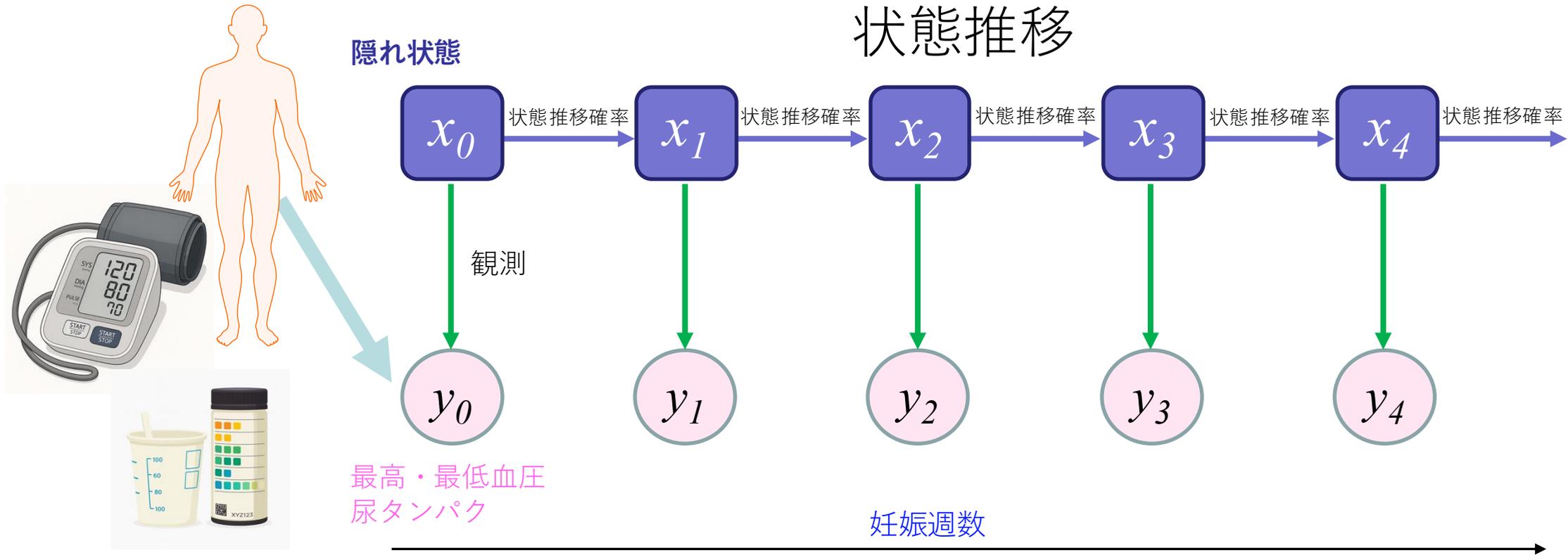


内部状態の遷移図

妊娠週数 35 週での遷移行列を可視化



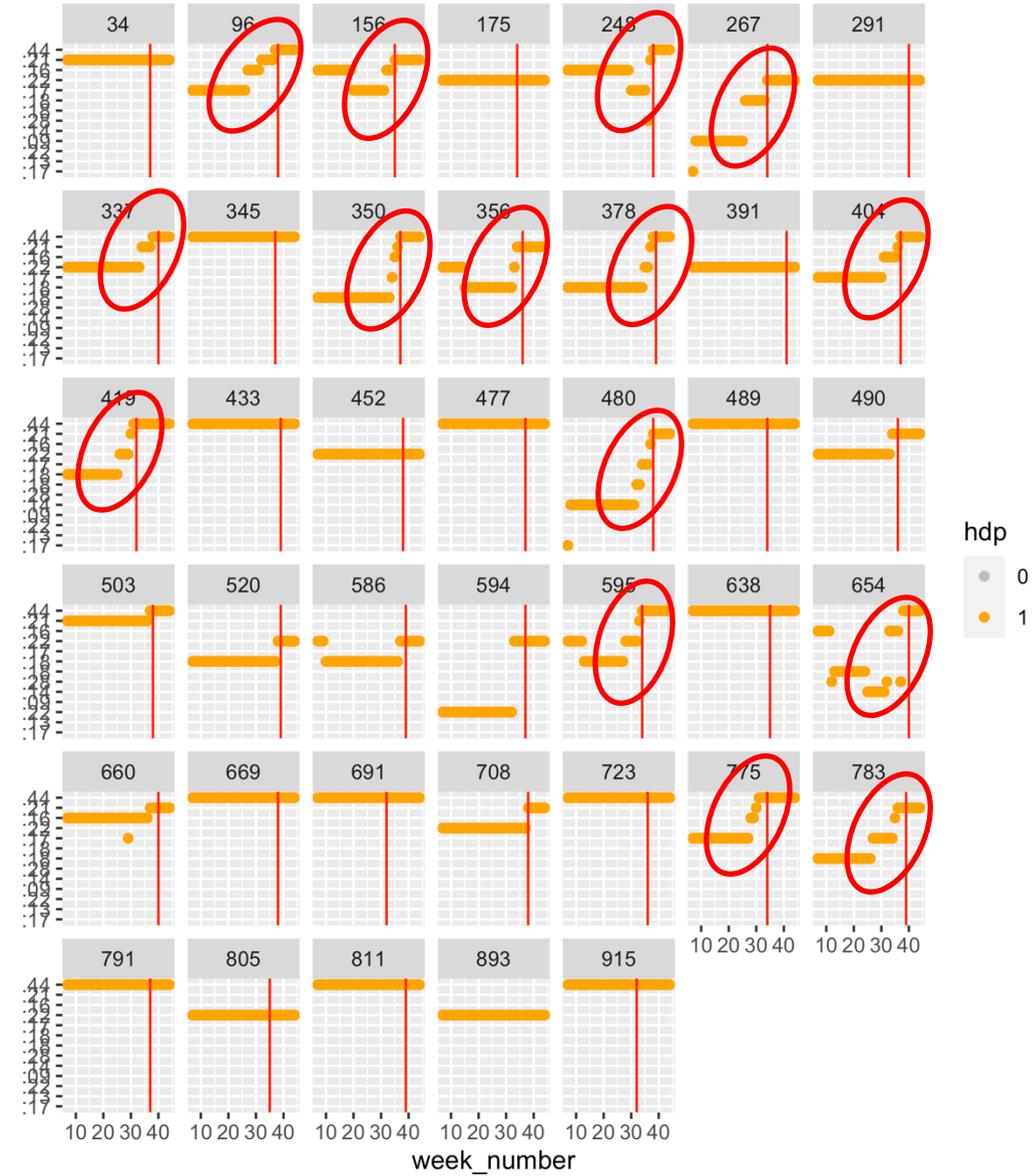
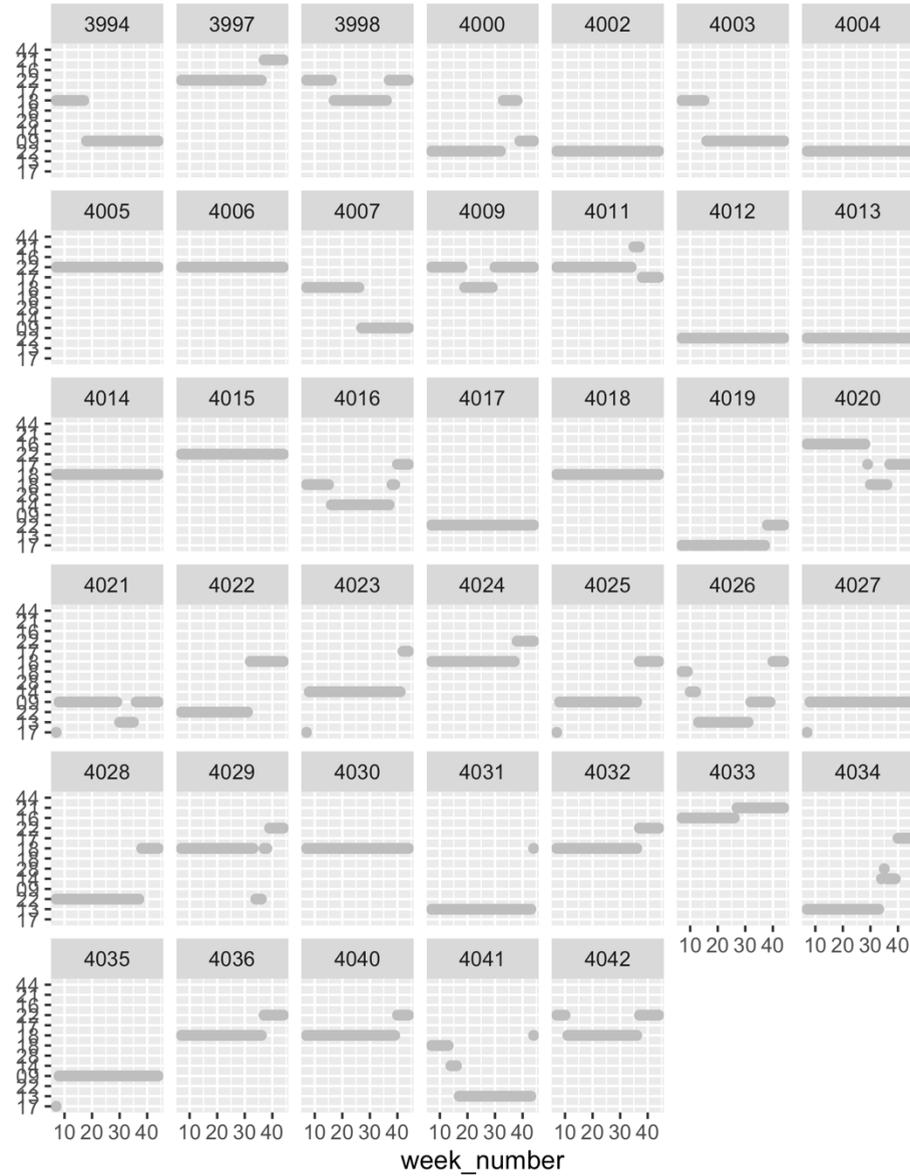
隠れマルコフモデル



<https://ja.wikipedia.org/wiki/台風情報>

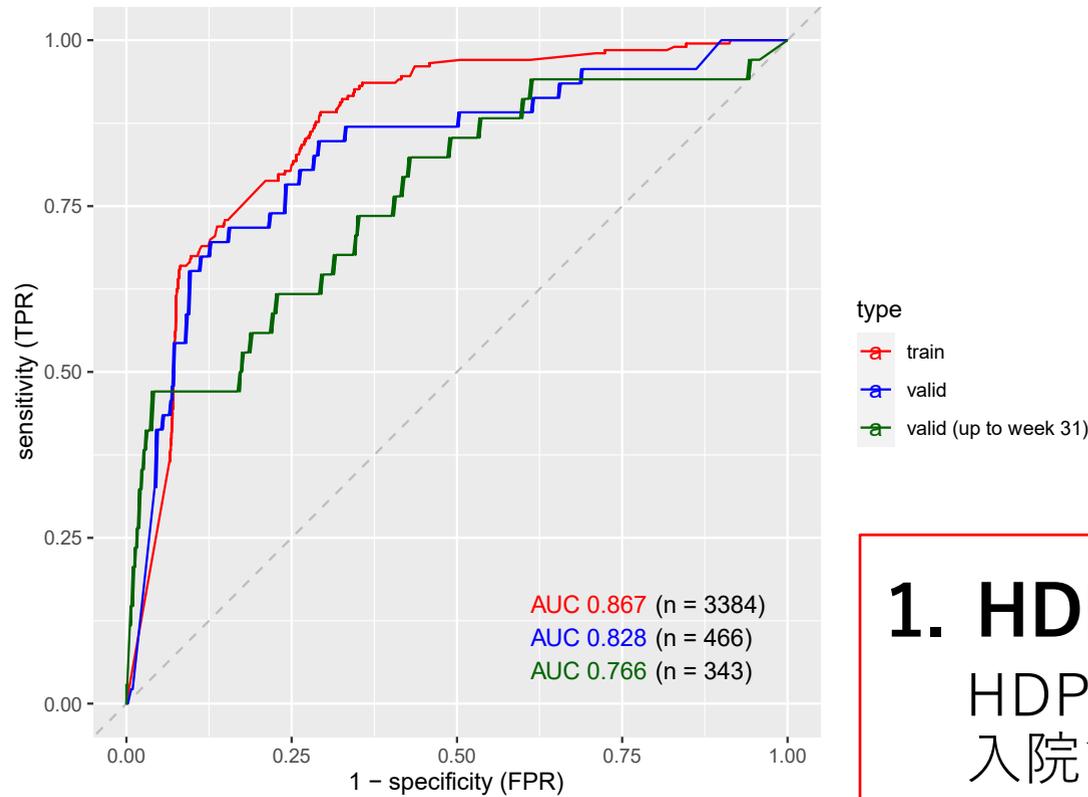
予測された状態の特徴的な推移

隠れ状態



予測精度

- 訓練用(赤)、検証用(青)、及び検証用データの一部（妊娠31週まで, 緑）を用いたものを比較した。
- いずれも同一の学習済みHMMを用い、各妊娠について妊婦健診データから最も尤度の高い遷移を推定し、そのうち最も高リスクの状態をスコアに用いた。



データの再現性について

- 学習データについての曲線（赤）と検証データについての曲線（青）はいずれもAUC > 0.82と良好な精度を示している。両者ともに同程度の水準である。

31週以前の健診データからの、後のHDP発症予測（緑）

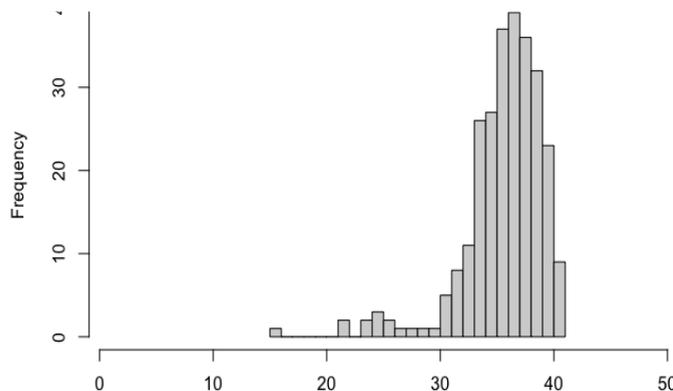
- AUC 0.77とやや精度が劣るが、妊娠31週以前のデータから、その後のHDP発症を予測できることを反映している。

1. HDPの早期治療介入

HDPの発症を、経時的データから発症前に予測することにより、入院管理を開始し、発症後早期の治療介入が可能となる。

2. 健診間隔（頻度）の最適化

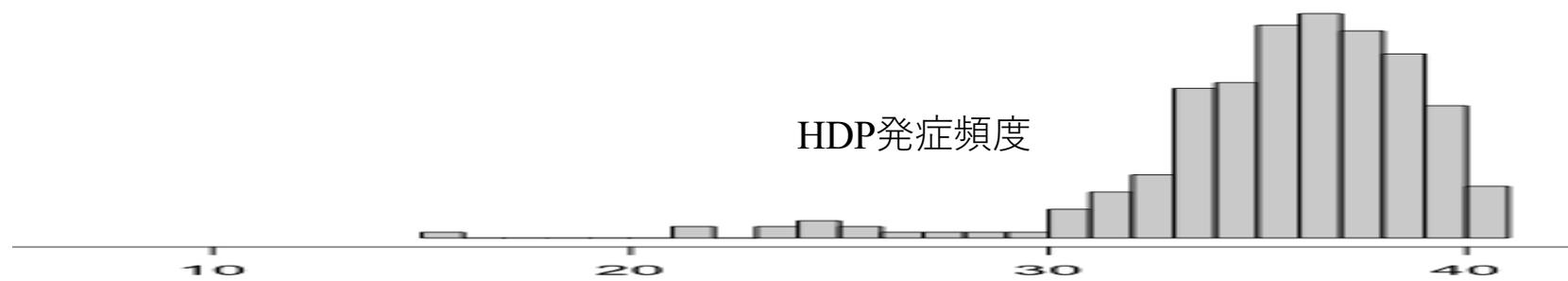
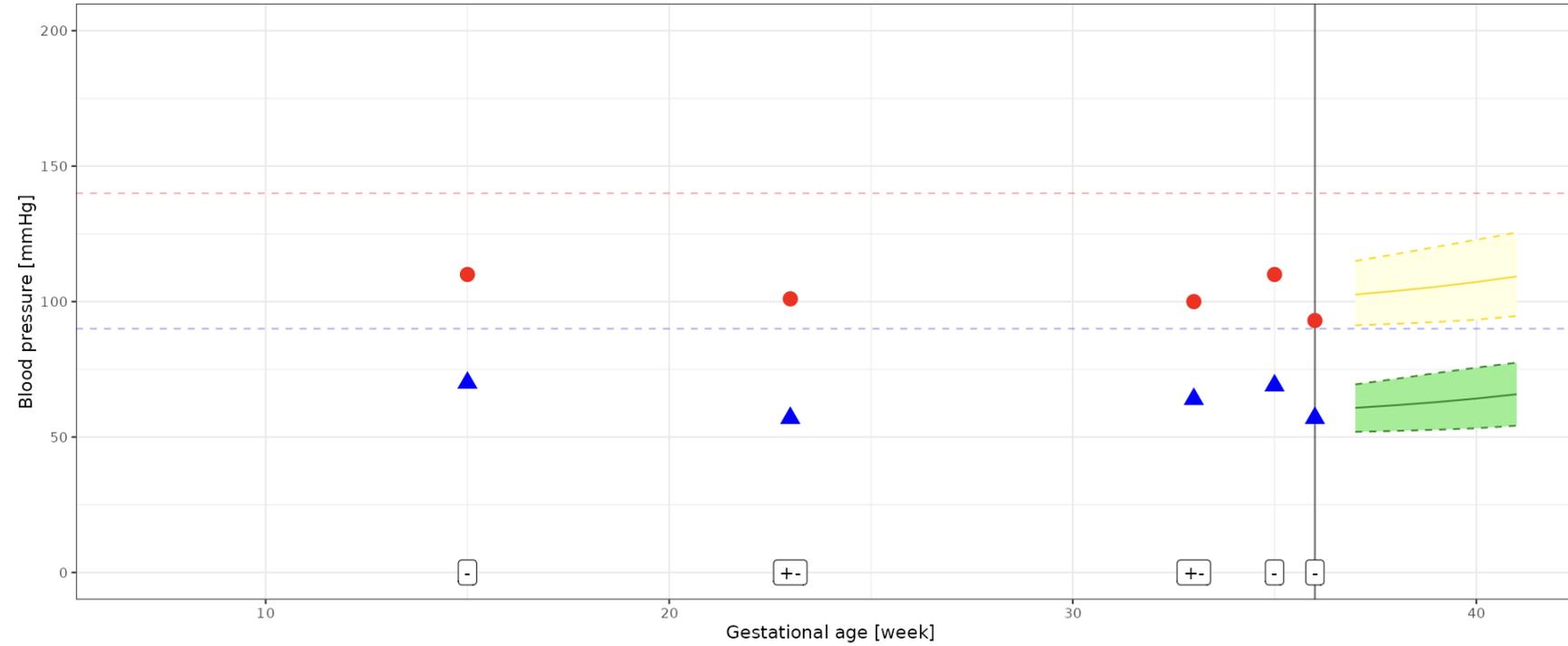
発症予測に基づく妊娠管理が可能となれば、特に必要度の高い妊婦に対しては健診頻度を増加させたり、事前に入院管理を行うなどの対応が可能となる。



予測：実施例 非発症ケース

Time course

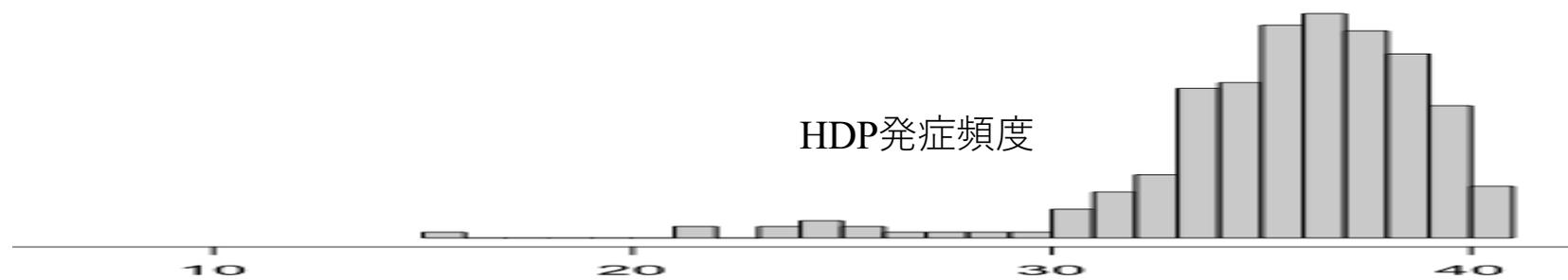
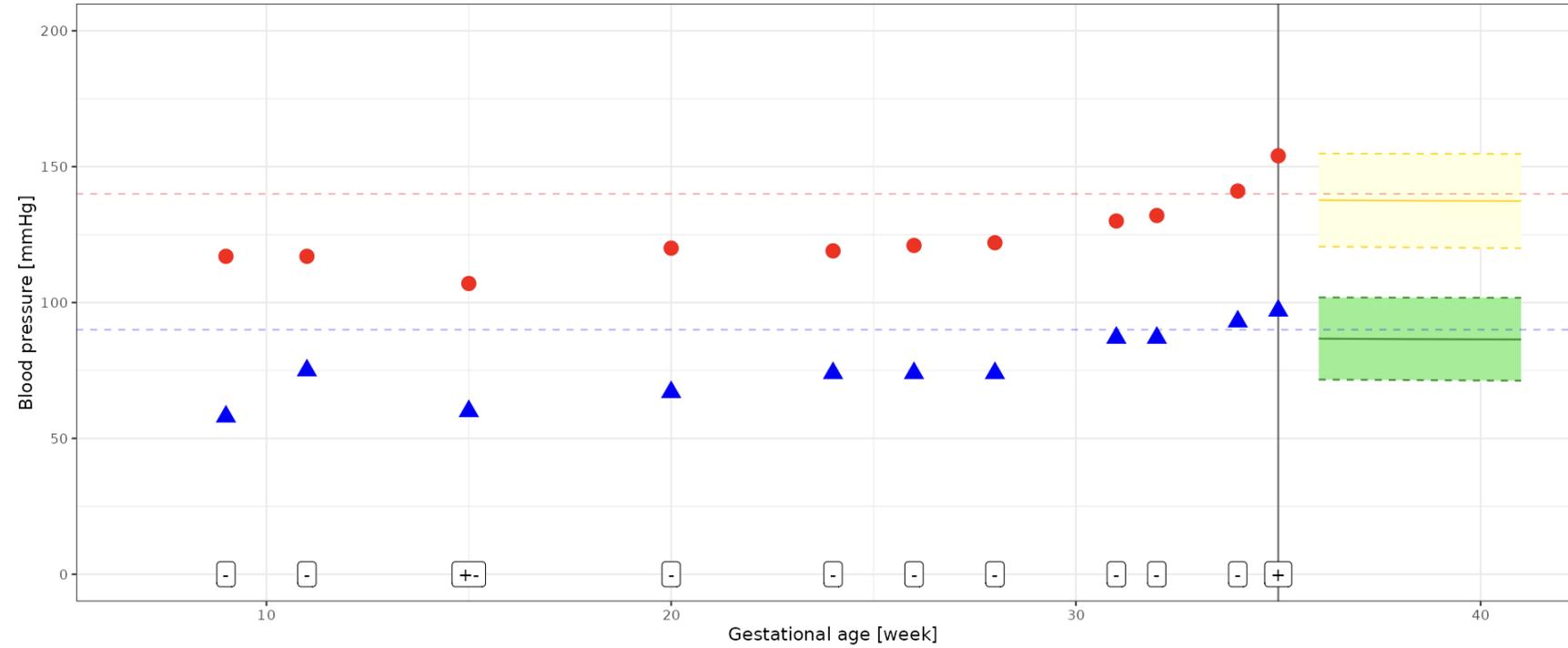
Risk score: 0.005



予測：実施例 発症ケース

Time course

Risk score: 0.997



実用化に向けた課題

- 現在、アプリケーションのプロトタイプの開発まで済んでいる。しかし、より使いやすいGUI、データ保存のためのデータベースとの連携、各妊婦さんの履歴管理等、**アルゴリズム周りのシステム化が必要**。
- プログラムの商品化、産婦人科への導入などが必要となる。

社会実装への道筋

時期	取り組む課題や明らかにしたい原理等	社会実装へ取り組みについて記載
基礎研究	・ データ設計、予測モデル設計が完了	
現在	・ プロトタイプモデルが完成	
1年後	・ 予測モデル精度の進展（データベースとの連携等）	外部資金獲得を目指す
2年後	・ プロトタイプモデルの要件定義書の完成 ・ 入力項目とリスク判定のロジック一覧 ・ 適切なアウトカム指標と、一定の予測精度を持つ解析結果	行政/自治体へのPR
3年後	・ 企業導出、実装	医療情報ガイドラインへの対応

企業への期待

- 未解決のデータベースとの連携については、電子カルテベンダーの技術により克服できると考えている。
- データサイエンスの技術を持つ企業との共同研究を希望。
- また、製薬企業、医療機器企業、医療ICT分野への展開を考えている企業には、本技術の導入が有効と思われる。

企業への貢献、PRポイント

- 本技術は妊娠高血圧症候群の予測が可能のため、妊婦健診に導入することでより妊婦向けサービスプラットフォーム企業に貢献できると考えている。
- 本技術の導入にあたり必要な追加実験を行うことで科学的な裏付けを行うことが可能。
- 本格導入にあたっての技術指導等。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : **妊娠高血圧症候群の発症予測支援システムと発症予測支援プログラムと発症予測支援方法**
- 出願番号 : 特願2021-190763
- 出願人 : 山口大学
- 発明者 : 前川亮、安部武志、浅井義之、杉野法広、品川征大

産学連携の経歴

- 特になし

お問い合わせ先

山口大学 大学研究推進機構

産学公連携・研究推進センター

T E L 0836 – 22 – 2060

e-mail life-s@yamaguchi-u.ac.jp. a c . j p