

令和 6 年 6 月 27 日現在

機関番号：34401

研究種目：若手研究

研究期間：2022～2023

課題番号：22K16845

研究課題名（和文）ホワイトボックス化した人工知能を用いた緊急帝王切開の予測システムの構築

研究課題名（英文）Developing a Prediction System for Emergency Cesarean Sections Using White-Boxed Artificial Intelligence.

研究代表者

永易 洋子 (Nagayasu, Yoko)

大阪医科薬科大学・医学部・講師

研究者番号：80843408

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000 円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、人工知能が一般的に「ブラックボックス」として知られている問題を解決し、緊急帝王切開（CS）の原因を特定する説明可能AIを用いたルール抽出システムを構築することである。当大学の分娩記録から、妊娠36週以降の経陰分娩および予定帝王切開、緊急帝王切開に分類し、52のリスクファクターを抽出した。1,513件の単胎分娩データを用い、15のルールを抽出し、平均81.90%の精度、AUC 71.46%を達成した。このシステムは緊急帝王切開の要因を特定するのに有用であると考えられた。現在、本研究の前期試験を行うとともにロバスト性を得るため外部データ検証中である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

学術的意義は、緊急帝王切開の予測に関する新たな知見を提供し、既存の産科医療の質を向上させる可能性がある。また、医療従事者はより正確なリスク評価を行うことが可能となり、より安全な分娩を実現する一助となる。社会的意義は、この予測モデルを導入することでリスク管理の強化が期待される。具体的には、緊急帝王切開の必要性を早期に察知することができ、母子の安全を確保するための迅速な対応が可能となり得る。また、医療リソースの効率的な活用にも寄与し、不要な帝王切開を減少させることで、医療費の削減や病院の業務負荷の軽減にも繋がる。このように、周産期医療の向上と医療システムの効率化に貢献することが期待される。

研究成果の概要（英文）：The academic significance of this study lies in providing new insights into the prediction of emergency cesarean sections (CS), potentially enhancing the quality of existing obstetric care. It enables healthcare professionals to perform more accurate risk assessments, contributing to safer deliveries.

The social significance of this predictive model is the expected enhancement of risk management. Specifically, the model allows for the early detection of the need for emergency CS, enabling swift responses to ensure the safety of both mother and child. Additionally, it contributes to the efficient use of medical resources by reducing unnecessary cesarean sections, thereby lowering medical costs and alleviating the workload on hospitals. This improvement in perinatal care and optimization of the healthcare system is highly anticipated.

研究分野：周産期

キーワード：緊急帝王切開 人工知能 説明可能AI

1. 研究開始当初の背景

(1) ホワイトボックス化した説明できる人工知能（XAI：eXplainable AI）を用いた緊急帝王切開の予測システムの構築を行う。現在、ディープラーニングを代表とする人工知能は解析結果を説明ができない“ブラックボックス性”が臨床上の問題点と指摘されている。

(2) 近年、妊娠年齢の高齢化とともに本邦の帝王切開率は上昇傾向にあり、それに伴い緊急帝王切開率も上昇傾向にある(文献1)。しかし、診療所での分娩が約半数である本邦においては、マンパワーや施設の規模により、緊急帝王切開が迅速に施行される施設は少数である。本研究では、この喫緊の課題を解決するために人工知能の先端技術であるルール抽出技術を導入し、緊急帝王切開の予測を新しい視点から探求する。

2. 研究の目的

本研究の目的は、ホワイトボックス化した説明できる人工知能（XAI：eXplainable AI）を用いた緊急帝王切開の予測システムの構築である。現在、ディープラーニングを代表とする人工知能は解析結果の説明ができない“ブラックボックス性”が臨床上の問題点と指摘されている。本研究では、緊急帝王切開に至る理由をルールで表現する事によって人工知能の決定過程をホワイトボックス化し緊急帝王切開の予測システムを構築することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、妊婦健診時の周産期データを入力し、緊急帝王切開のリスクについてルール抽出を行うことで人工知能のホワイトボックス化を図り、それらを用いて緊急帝王切開の予測システムの構築をする。これらを、全研究期間を通して以下の通り行った。

① 2022年度：データ処理、緊急帝王切開に対するルール抽出

- ・妊婦健診データをデータとして扱えるための前処理を行う。その際、緊急帝王切開に関与しない例は削除し、周産期転帰に関与すると考えられる項目は全て入力した。
- ・全データを緊急帝王切開群とその他の群（経膈分娩群及び選択的帝王切開）の2群に分ける。林ら(文献2)の開発したルール抽出技術を用いて、緊急帝王切開に関与するルールを抽出した（図1）。

② 2022年度以降：ルールに対する検討、緊急帝王切開予測システムの精度の確認

- 抽出されたルールについて、ルールの項目を検討し、その一つ一つに医療的な妥当性があるかを検証する（例えば、出生児の性別は分娩方法に関わらない可能性が高いため除外するなど）。ルール抽出を用いた予測システムは、ルールに当てはまらない症例はないが、特殊な母体合併症を持っていたりする場合は除外しなければならない。そういった除外症例がないかも検証の一つである。これらを検証し、より精度の高い緊急帝王切開予測システムを構築する。次に、この予測システムを用い、前方視的に予測システムの的中率を調査し有用性を検証した。

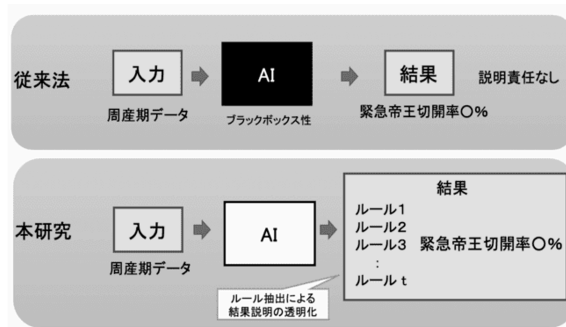


図1 AIのブラックボックス性と透明化

4. 研究成果

2014年12月から2019年7月までの当大学におけるすべての分娩結果の周産期記録からデータを収集した。我々は、36妊娠週以降のすべての分娩方法を(1)経膈分娩または予定帝王切開、または(2)緊急帝王切開として分類した。この中から、緊急帝王切開を予測するためにAIベースのルール抽出アルゴリズムに投入する52のリスクファクターを抽出した。結果として、1513件の単胎分娩(経膈分娩1285件(84.9%)、緊急帝王切開228件(15.1%))を特定し、15のルールを抽出した。15のルールを図2に挙げる。このモデルは5 fold validationを使用して平均81.90%の精度を達成し、AUCは71.46%であった。結論として、本研究は緊急帝王切開を予測するための説明可能なAIベースのルール抽出技術を用いた初めての研究である。このシステムは、緊急帝王切開の要因を特定するために有用であると考えられた。

現在、本研究の前向き試験を行うとともにロバスト性を得るため外部データ検証中である。

図2 緊急帝王切開予測モデルから得た15のルール

Rule 1	BW ≤ 2456	CS ≤ 0.32	PB ≤ 0.13	Parity ≤ 2	BW ≤ 2118	GDM = 0									Class 1 ^a
Rule 2	BW ≤ 2456	CS ≤ 0.32	PB ≤ 0.13	Parity ≤ 2	BW ≤ 2118	GDM = 0	BW ≤ 1152								Class 1
Rule 3	BW ≤ 2456	CS ≤ 0.32	PB ≤ 0.13	Parity ≤ 2	BW ≤ 2118	GDM = 0	BW ≤ 1152	Height ^b ≤ 159.5							Class 1
Rule 4	BW ≤ 2456	CS ≤ 0.32	PB ≤ 0.13	Parity ≤ 2	BW ≤ 2118	GDM = 1	BW > 1152	Height ≤ 159.5	HDP = 0	Age ≤ 29.5					Class 2 ^a
Rule 5	BW ≤ 2456	CS ≤ 0.32	PB ≤ 0.13	Parity ≤ 2	BW ≤ 2118	GDM = 1	BW > 1152	Height ≤ 159.5	HDP = 0	Age > 29.5					Class 1
Rule 6	BW ≤ 2456	CS ≤ 0.32	PB ≤ 0.13	Parity ≤ 2	BW ≤ 2118	GDM = 1	BW > 1152		HDP = 0						Class 1
Rule 7	BW ≤ 2456	CS ≤ 0.32	PB ≤ 0.13	Parity ≤ 2	BW > 2118	Previa ^c = 0	Fertility treatment = 0								Class 2
Rule 8	BW ≤ 2456	CS ≤ 0.32	PB ≤ 0.13	Parity ≤ 2	BW > 2118	Previa = 0	Fertility treatment = 0	Age ^d ≤ 33	BMI ≤ 21.4						Class 2
Rule 9	BW ≤ 2456	CS ≤ 0.32	PB ≤ 0.13	Parity ≤ 2	BW > 2118	Previa = 0	Fertility treatment = 1	Age ≤ 33	BMI > 21.4						Class 1
Rule 10	BW ≤ 2456	CS ≤ 0.32	PB ≤ 0.13	Parity ≤ 2	BW > 2118	Previa = 0	Fertility treatment = 1	Age ≤ 33	BMI > 21.4						Class 2
Rule 11	BW ≤ 2456	CS ≤ 0.32	PB ≤ 0.13	Parity ≤ 2	BW > 2118	Previa = 1									Class 1
Rule 12	BW ≤ 2456	CS ≤ 0.32	PB ≤ 0.13	Parity > 2											Class 2
Rule 13	BW ≤ 2456	CS ≤ 0.32	PB > 0.13												Class 2
Rule 14	BW ≤ 2456	CS > 0.32													Class 1
Rule 15	BW > 2456														Class 2

Abbreviations: AI, artificial intelligence; BMI, body mass index (calculated as weight in kilograms divided by the square of height in meters); BW, birth weight; CS, cesarean section; GDM, gestational diabetes mellitus; HDP, hypertensive disorders of pregnancy; PB, preterm birth.

^aMaternal height.

^bPlacenta previa.

^cMaternal age.

^dEmergency CS.

^eNon-emergency CS.

Class 1 経膈分娩または予定帝王切開, Class 2 緊急帝王切開となっており、15のルールに沿ってどちらのClassになるかを判断していることが分かる。

<引用文献>

文献1: Ministry of Health, Labour and Welfare. Survey of Medical Institutions, 2017. (In Japanese). Available from URL: <http://www.mhlw.go.jp/toukei/list/79-1.html>. 2018.

文献2: Hayashi Y, Nakano S, Fujisawa S. Use of the recursive-rule extraction algorithm with continuous attributes to improve diagnostic accuracy in thyroid disease. Inf Med Unlocked.

2015;1:1-8.

5. 主な発表論文等

〔発表論文〕

Nagayasu Y, Fujita D, Ohimichi M, Hayashi Y. Use of an artificial intelligence-based rule extraction approach to predict an emergency cesarean section. Int J Gynaecol Obstet. 2022; 157(3):654-662. DOI: 10.1002/ijgo.13888

〔学会発表〕計 2 件

- ① 永易洋子、林陽一、中島啓介、大門篤史、布出実紗、澤田雅美、佐野匠、西澤光生、藤田太輔、大道正英
ホワイトボックス化した人工知能を用いた緊急帝王切開術の検出
日本超音波医学会第 93 回学術集会
2020 年
- ② 永易洋子、三橋怜、大門篤史、布出実紗、丸岡寛、杉本敦子、佐野匠、藤田太輔、大道正英
人工知能を用いた胎児呼吸様運動の可視化と定数化の試み
第 96 回日本超音波医学会学術集会
2023 年

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Nagayasu Yoko, Fujita Daisuke, Ohmichi Masahide, Hayashi Yoichi	4. 巻 157
2. 論文標題 Use of an artificial intelligence - based rule extraction approach to predict an emergency cesarean section	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of Gynecology & Obstetrics	6. 最初と最後の頁 654～662
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/ijgo.13888	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 —

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 2件／うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Yoko Nagayasu
2. 発表標題 Visualization of Fetal Breathing Movements Using Artificial Intelligence
3. 学会等名 The 2nd JSUOG (Japan Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology) Congress（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 永易 洋子
2. 発表標題 人工知能は胎児超音波における長管骨の中で大腿骨を見分けられるか？—人工知能の新たな研究手法の可能性—
3. 学会等名 日本超音波医学会 第95回学術集会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yoko Nagayasu
2. 発表標題 Visualization of assessments of explainable AI: Determination of difference between the upper arm and thigh in fetal ultrasound using Grad-CAM
3. 学会等名 32nd International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology World Congress（国際学会）
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

—

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------