

令和元年度 厚生労働科学研究費補助金

政策科学総合研究事業（臨床研究等 ICT 基盤構築・人工知能実装研究事業）

遠隔 ICU データを用いた
集中治療重症度予測 AI モデルの開発

分担研究報告書

研究代表者 大嶽 浩司

分担研究者 澤 智博

2021 年 5 月 25 日

政策科学研究事業

<研究事業名>

臨床研究等 ICT 基盤構築・人工知能実装研究事業（令和2年度）

<研究者名>

大嶽 浩司, 澤 智博

<研究科題名>

集中治療領域における生体情報や診療情報等を活用した人工知能（AI）の実装を推進するための基盤整備に係る社会的・技術的課題等についての実証的研究（19AC0201）

日本の集中治療臨床情報を基盤として人工知能を用いた本邦初の重症度予測モデルの開発とパネルデータ活用環境の醸成

分担研究 1. 遠隔 ICU データを用いた集中治療重症度予測 AI モデルの開発

【研究概要】

日本初で臨床運用を実施している遠隔集中治療支援システム（eICU）は、昭和大学病院にある3つの集中治療病棟（ICU, CCU, 救命救急センター）、昭和大学江東豊洲病院の集中治療病棟、救急病棟をネットワークでつないで、昭和大学病院内に設置された支援センターから集中治療専門医、重症ケア認定看護師、専属事務員で構成されるチームが、診療支援を行い、患者のアウトカムを改善している。現在までに8,000人を超える患者のバイタルサインや治療・投薬情報を含んだ診療データがシステムに蓄積されている。

このシステムから取得された診療データを用いて、人工知能を用いて ICU 患者の急変を事前に察知すべく、現在 eICU にて用いられている重症度スコアの将来予測をすることを目標とする。本研究では重症度スコアを構成するバイタルサインを予測にフォーカスし、6時間後のバイタルサイン、具体的には血圧(BP)、心拍数(HR)、呼吸数(RR)、酸素飽和度(SpO2)を予測する AI モデルを構築することを目標とする。AI モデルの学習には昭和大学の eICU から eSearch を用いて抽出した2年分の ICU データベースを用いる。各バイタルサインについて、現在時刻までの一定期間、例えば24時間分のデータを入力とし、6時間後の予測結果を得る時系列回帰モデルとしてアプローチする。AI モデルは、ニューラルネットワーク、特に時系列モデリングで一般に用いられる LSTM: Long short-term memory,

および画像認識で用いられる CNN : Convolutional neural network を時系列データに特化させた 1次元 CNN で構築する。実測値と予測値との乖離の平均値でもって評価を行う。

【研究方法】

ICU 患者の急変を事前に察知すべく、現在 eICU にて用いられている重症度スコアを予測することを目標とする。重症度スコアは、十数個のバイタルサインに基づき、あるルールに従って算出されるのだが、我々はスコア自体の予測ではなく、その構成要素となるバイタルサイン自体を予測する方針を取った。

本年度の研究ではまず血圧にフォーカスし、3 時間後の値を予測する AI モデルの構築に取り組んだ。

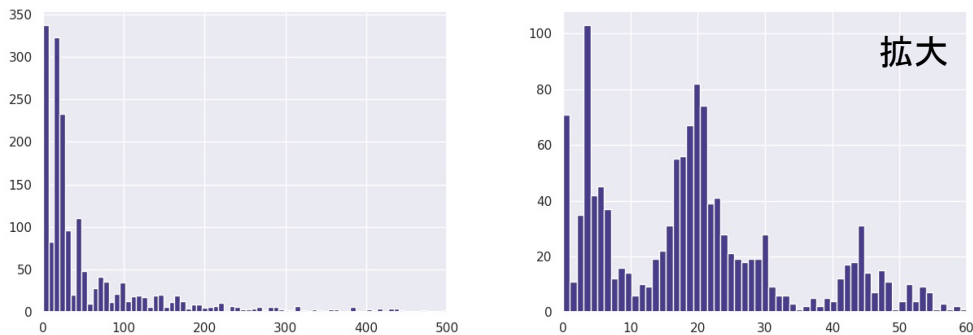
まず、過去 24 時間分の血圧の値を入力し、未来 3 時間後の値を予測する時系列回帰モデルとしてアプローチし、AI モデルの学習には、昭和大学の ICU データセットのうち 2018 年 7~12 月分の 6 ヶ月分のデータを用いた。

データセットの構築として、まず入退室単位（入退室の記録単位のため同一患者による重複はあり得る。）にランダムに 80 : 20 に分割し、80%を AI モデルの学習用、20%をその評価用とした。

今回用いたデータの採取間隔は一定ではなく、非常にバラツキが多い（参照：「1 患者あたりのデータ採取回数 - BP(mean)」のヒストグラム）という特徴があった。

■ 1 患者の ICU 滞在時間は 3 峰性を示す（12時間、24時間、48時間）

- 2018年4月～2020年4月の24ヶ月

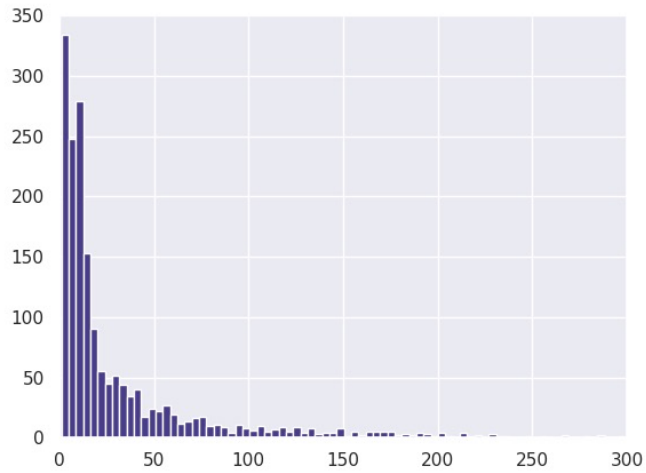


1 患者の ICU 滞在時間のヒストグラム

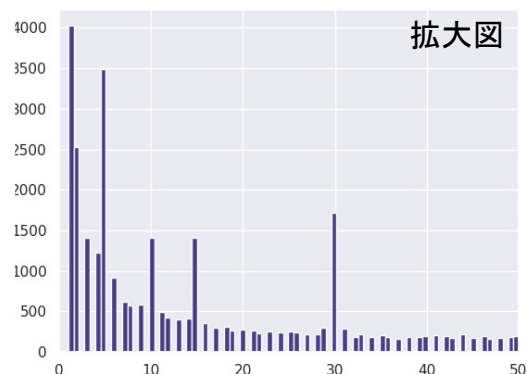
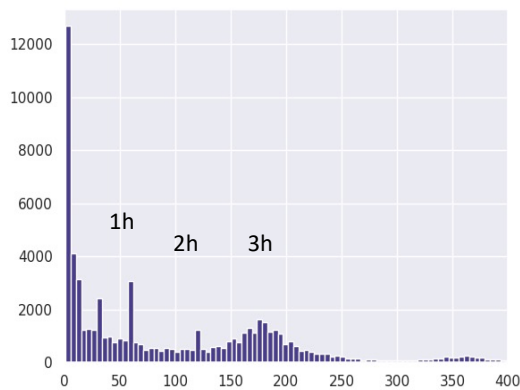
(横軸 : hour, 縦軸 : 頻度、2018年7~12月分)

- データ採取の間隔は均一でなく、バラツキがかなりある。

→ AIを学習させるために補間処理が必要。(resampling)

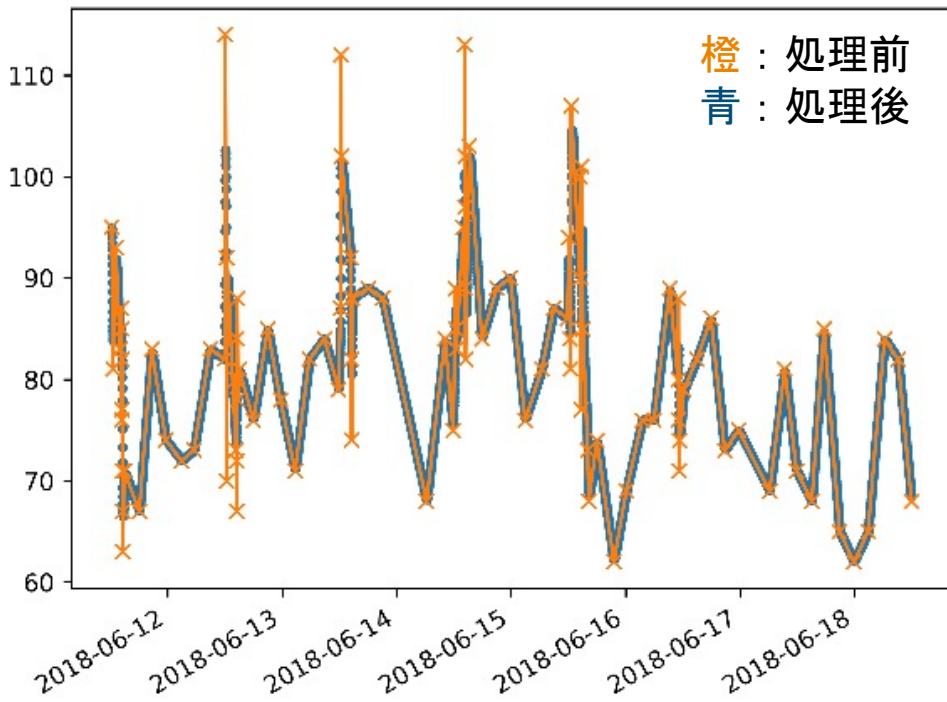
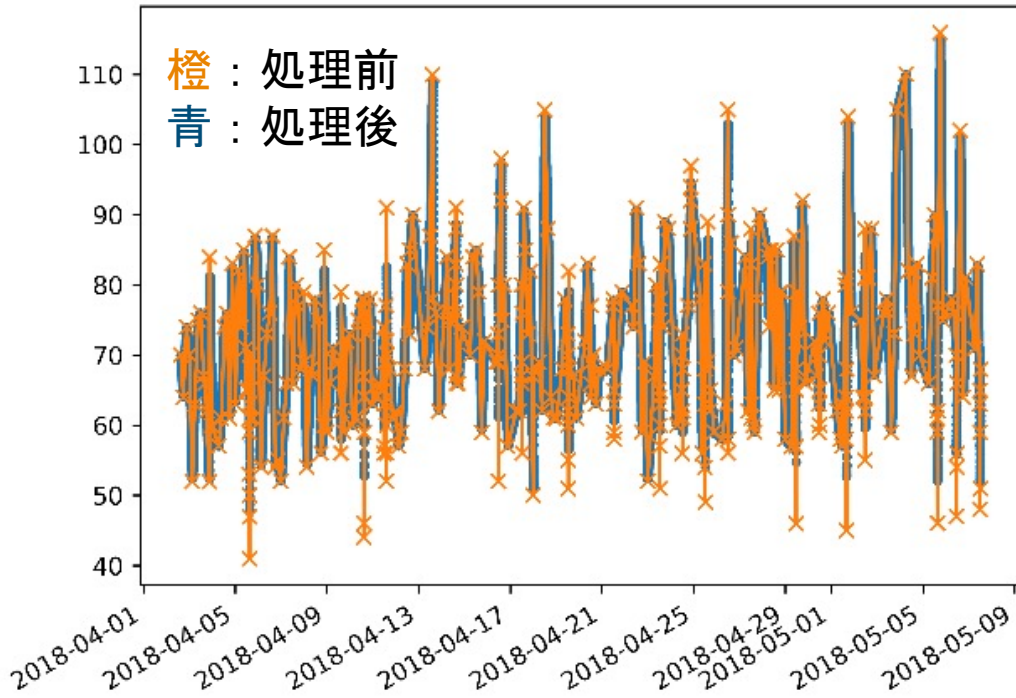


1患者あたりのデータ採取回数 - BP(mean)



データ採取間隔 (minute) - BP(mean)

従ってこれをまず線形補間し、5分間隔でリサンプリング、指数移動平均（係数 0.05）でのスムージングを、AI モデルの学習に用いる前の事前処理として、学習用評価用の両方に実施した。



AIモデルへの入力は、一つの、24時間分と入力と3時間分の予測すべき真のデータのペアで構成され、これらを1サンプルとした。

一つの入退室データを5分間隔のスライディングウィンドウ方式で、つまりサンプルの開始時刻を入室時刻から5分づつずらし、退室の27時間前までシフトさせてながら、多数の入力と正解のペアを作成した。

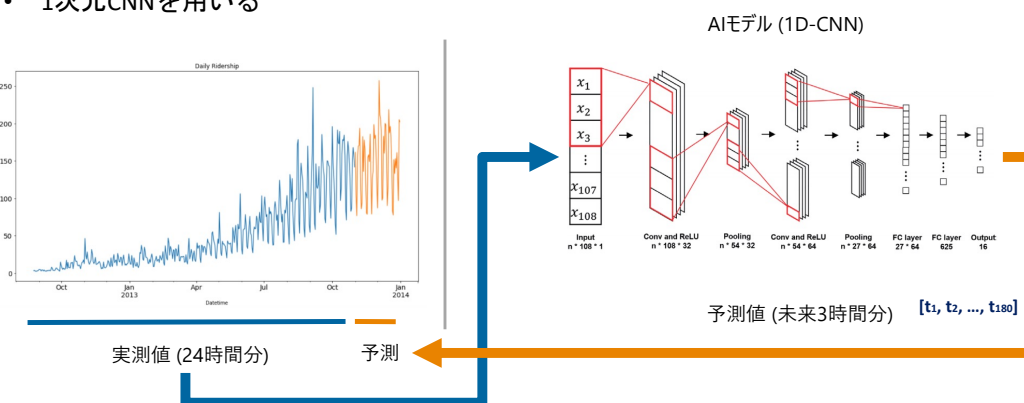
このようにして収集したペアのセットで、学習用評価用のデータセットを構築した。

AIモデルにはニューラルネットワークを用い、特に1次元CNN: Convolutional neural network と呼ばれるアーキテクチャを採用した。CNNは一般に画像処理の分野で広く用いられるが、それを時系列データ向けに派生させたモデルが1次元CNNであり、音声認識および自然言語処理の分野で応用の実績が知られている。

ニューラルネットワークの学習は確率的勾配降下法による最適化を通じて行い、本研究ではGPUデバイスを用いた並列演算を300エポック、すなわち学習用データセットを300周させた。

評価は、1サンプルに対する予測結果と、そのペアである3時間後の実測値との、乖離度合いを指標にして行った。

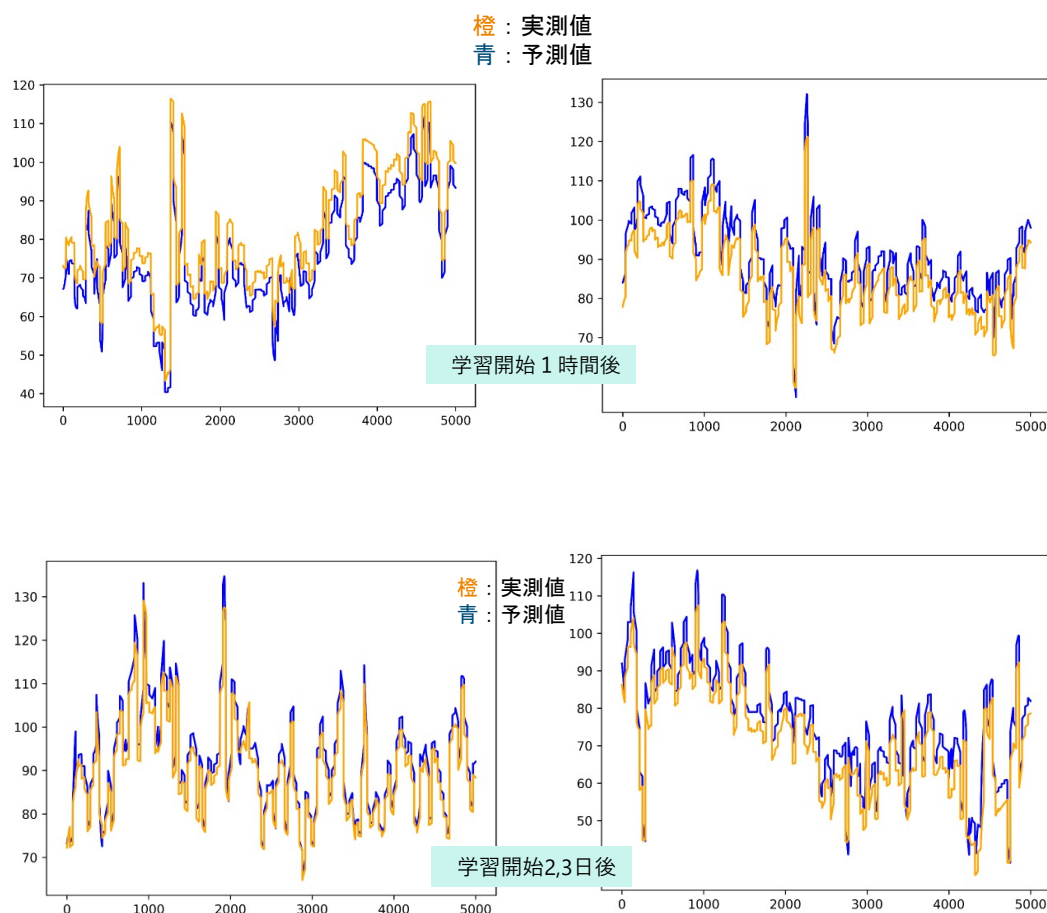
- 予測24時間分のデータから3時間後の値を予測する。
- 1次元CNNを用いる



【研究結果および考察】

今回、PUデバイスを用いた並列演算を300エポック、すなわち学習用データセットを300周させるのに2~3日程度かかった。必要な時間は、使った機器のスペックなどとも関連するが、一般的な臨床現場でのリアルタイムな使用に関しては、今後の開発が待たれる課題となっている。

評価は、1サンプルに対する予測結果と、そのペアである3時間後の実測値との、乖離度合いを指標にして行った。乖離は平均して2~6mmHgとなった。4mmHgの幅をもって報告する理由は、学習がまだ安定しておらず、この幅の間で学習の都度ゆらぎがあったためである。このゆらぎの安定化は今後解決されるべき課題であるが、データ数を増やしていくにつれデータのバリエーションが増え、それに伴って安定化していくものと見込んでいる。またより詳細な分析として、患者の容態が比較的安定している期間と急変時とで場合分けした評価実施も検討されるべき課題である。その理由は、AIモデルは安定期間に対しては高い予測性能を示すが、臨床上重要となる急変時における予測で低い性能を示す可能性が考えられるからである。安定期と急変期の場合分けの評価の実施には、データセットを構成する各入室期間のデータに対し、いつからいつが急変にあたるのかのアノテーションが必要となり、この実現性を鑑みながら今後の実施是非を検討していく。



(参考) 本研究の抽出データ項目

patientidentifier	PIDもしくは患者を特定可能な情報
hospAdmitDate2	入院日時
hospDischDate2	退院日時
hospital2	病院名
unitAdmitDate2	入室日時
unitDischDate2	退室日時
unit2	病棟名
gender2	性別
age2	年齢
dateOfBirth2	生年月日
Height	身長
Bodyweight	体重
observationDate2	バイタル測定日時
heartRate2	バイタルサインを1分間隔で出力
respiration2	
saO3	
temperature2	
systemicSystolic2	
systemicDiastolic2	
systemicMean2	
drsScore3	
AA total score	各分におけるAA合計値
AA Cardio score	各分におけるAA内訳
AA Resp Score	
AA Renal score	
AA Hemato score	
AA CNS score	
AA Infection score	

Element	Look Back Rule
MAP 平均動脈血圧	12 Hrs.
Lactate 乳酸値	36 Hrs.
Vasoactive Meds 血管作動薬	Current but if not re-documented in Quick Entry q 6 hours assumes OFF
Ventilation Status 人工呼吸器の使用状況	Current documentation in Care Plan
RR 呼吸数	12 Hrs.
FiO2	12 Hrs.
O2 L% 酸素投与量	12 Hrs.
PEEP	12 Hrs.
ABG 動脈血液ガス	12 Hrs.
Creatinine クレアチニン	30 Hrs.
Hgb ヘモグロビン	36 Hrs.
Temp 体温	12 Hrs.
WBC 白血球	36 Hrs.
GCS グラスゴーコーマスケール	24 Hrs.