

令和 5 年 6 月 26 日現在

機関番号：11301

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2022

課題番号：19K18311

研究課題名（和文）ICUビッグデータのヒューリスティック探索：AIで解明する赤字にならない集中治療

研究課題名（英文）Heuristic research of ICU big data : Cost beneficial intensive care treatment with artificial intelligence

研究代表者

志賀 卓弥 (Shiga, Takuya)

東北大学・大学病院・講師

研究者番号：90539074

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,900,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、まず当院ICUに入室した患者データを集約、病院における集中治療部門原価計算を実施した。人件費が63.47%を占める労働集約型コスト構造であり、本データを機械学習したところ、管理料算定に必要な看護必要度よりも生理学的重症度がコスト予測に優れていた。次に、厚生労働科学研究伏見班DPCデータベースから、全国のICUに入した患者データを機械学習したところ、SOFAスコアがコスト予測に有効であることが示唆された。また専門スタッフが必須である特定集中治療室管理料1/2と、必須ではない3/4を比較し、ICU1/2はICU3/4よりも患者死亡率の低下と関連し、費用対効果が高いことを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、本邦における集中治療室の原価計算情報がほとんどないため、その基礎情報となる。生理学的重症度スコアが、本邦の医療制度において医療コストが関連することを示した。また、厚生労働科学研究伏見班DPCデータベースを用いて、層別化されている特定集中治療室管理料1,2と3,4の比較と費用対効果分析を行った。より手厚いスタッフィングを行っている特定集中治療室管理料1,2は、3,4よりも死亡率が低く、費用対効果にも優れていることを示した。したがって、本研究成果は、今後の集中治療における医療費のバランスをいかに取るか、患者層別化の方法と費用対効果についての情報として、大きな社会的意義がある。

研究成果の概要（英文）：In this study, we first collected data on patients admitted to the ICU of the hospital. We performed departmental costing of the intensive care unit in the hospital. The data was machine-learned, and the physiological severity of illness was a better predictor of costs than the nursing necessity for calculation of the specific intensive care unit management fee. Next, machine learning of data on patients admitted to ICUs nationwide from the MHLW Fushimi Group DPC database suggested that the SOFA score was effective in predicting costs. In addition, a comparison of the ICU Management Fee 1 and 2, which requires trained professional staff, and the ICU Management Fee 3 and 4, which does not, showed that the Management Fee 1 and 2 was associated with a lower patient mortality rate and was more cost-effective than the Management Fee 3 and 4.

研究分野：集中治療

キーワード：集中治療 コスト データベース 原価計算 ビッグデータ

## 1. 研究開始当初の背景

患者に対する集中治療は診療報酬で病院に利益を出すことは少ない。これは本邦の包括支払制度(DPC/PDPS)における支払額の設定に患者の重症度が加味されていないことが最大の理由である。一方、手術については出来高算定であり、病院収益の中核をなしている。われわれは自施設の膨大な患者データを深層学習、ヒューリスティック探索などの人工知能技術を用いて解析し、患者のリアルタイムな重症度変化に応じた、最適な医療資源の分配と最大の診療効果を上げる治療を導き出すアルゴリズムを開発し、現在のDPC/PDPSでも容易に適用可能な新たな周術期管理戦略を確立する。

## 2. 研究の目的

近年、医療のIT化は進み、診療情報や診療報酬明細(レセプト)が電子化され、医療ビッグデータとして解析が可能になってきた。そこで私は集中治療において、人件費等も含めた医療コストを1日ごとに正確に算出したうえで、1日ごとのDPC/PDPSによる支払額と比較し、さらに重症度の変化や患者転帰との関連を明らかにすることを試みる。さらに、この過程で抽出された膨大なデータを、人工知能(AI)を用いて解析することで、患者のリアルタイムな重症度変化に応じた、最適な医療資源の分配と最大の診療効果を上げる治療を導き出すアルゴリズムを開発し、新たな集中治療管理戦略を確立する。

## 3. 研究の方法

本研究では研究期間内に、東北大学の研究資源を用いて以下の解析を行った。

### (1) 東北大学手術室ICUにおける統合ビッグデータの構築と構造化データへの変換

東北大学ICU入室患者の過去5年分の病院診療録データ、手術室、ICU支援システムデータ、バイタルサインデータ、DPC/PDPSデータ、会計システムなどから、原価計算情報をデータベース(DB)に統合した。

### (2) 統合DBを用いて集中治療部部門原価を解析

前段の統合DBを用いて、東北大学病院における集中治療部部門原価計算を行った。

### (3) ビッグデータの深層学習による重症度、医療コスト、診療報酬額の解析

ICU在室における重症度を、APACHE2、SOFAの複数のスコアリングを用いて算出した。医療コスト、診療報酬額は投下した医療資源から各病日に分けて算出した。その後、本データを用いて機械学習を行い、重症度、医療コスト、診療報酬額の関連や個々の状態遷移について交絡要因を検討した。

### (4) ヒューリスティック探索による最良解予想アルゴリズムの開発

前項の解析結果を基盤にAIで、患者状態からICUコストを予測する、最適なアルゴリズムを検討した。

### (5) 集中治療室の費用対効果をナショナルビッグデータで解析

前項で開発したアルゴリズムが他のビッグデータからも有用であるかを検証する予定であったが、比較できるデータセットが異なるため、最終的に同じアルゴリズムを使用することができなかった。そのため、前段で特定した因子において重要となる、特定集中治療室管理料算定要件のSOFAスコアと、スタッフ配置の違いによって費用対効果があるか、ナショナルデータベースを用いて解析を行った。

## 4. 研究成果

### (1) 東北大学手術室ICUにおける統合ビッグデータの構築と構造化データへの変換

東北大学ICU入室患者の過去5年分の病院診療録データ、手術室、ICU支援システムデータ、重症系システムの血圧や心拍数といったバイタルサインデータ、DPC/PDPSのE/Fファイル、Dファイル、Hファイル、国立大学病院管理会計システムHOMAS2などから、原価計算情報である施設・設備の減価償却費、電気代、医療ガス、水道代、人件費等をデータベース(DB)に統合した。

患者重症度スコアの APACHE2、SOFA において一部の患者のスコアリングは、現場の入力不備や未入力のデータがあり、カルテ情報を確認しながらクリーニングを行い、統合 DB を構築した。

### (2) 統合 DB を用いて集中治療部部門原価を解析

集中治療部部門原価計算を行った。背景となる会計、財務データの集積、およびデータクリーニングを行い、2017 年度の部門原価計算を集計解析した。

費目	病院		ICU			
	原価計算		部門原価計算		DPC出来高(支出)	DPC包括払い(収入)
総額	¥38,967,168,782		¥1,235,719,293		¥1,188,121,234	¥868,824,641
労務費	¥17,894,889,218	45.92%	¥784,325,843	63.47%		
材料費						
薬品費	¥9,273,950,249	23.80%	¥146,643,838	11.87%		
医療消耗品費	¥4,588,362,959	11.77%	¥140,745,158	11.39%		
経費委託費	¥3,851,338,926	9.88%	¥80,620,448	6.52%		
減価償却費	¥3,358,627,430	8.62%	¥83,384,006	6.75%		

表1：2017年4月1日から2018年3月31日における当院における集中治療部部門原価計算

これは、国立大学病院管理会計システム HOMAS2 のデータを利用しており、ほぼ同じ方法で部門原価計算が可能であり、国立大学病院の他病院間比較を行うことも可能になる。当院における集中治療部部門原価計算では、部門の総支出は 12 億 3571 万円（病院支出の 2.85%）であり、内訳は人件費（63.47%）、医薬品費（11.87%）、医療材料費（11.39%）、減価償却費（6.75%）、手数料（6.5%）であった。労務費や原価償却費を考慮すると赤字であり、設備が重く労働集約的部門であることが分かった。

### (3) ビッグデータの深層学習による重症度、医療コスト、診療報酬額の解析

統合 DB より、説明変数を、SOFA（6 分類）、SOFA（6 分類）+看護必要度、APACHE +看護必要度、SOFA + APACHE +看護必要度（看護必要度は A 項目 + B 項目、A 項目のみ）。目的変数を ICU 入室期間の支出総額、収入総額、赤字がマイナス 10 万以上である/ない、とした。

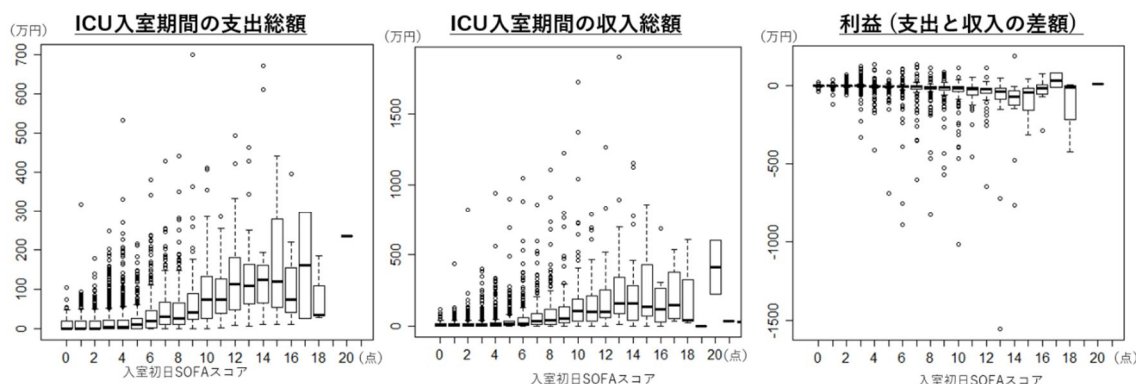


図1：入室初日SOFAスコアと支出総額、収入総額、利益の関係

入室初日の SOFA スコアと支出額、収入額、利益は、非線形であった。一定以上 SOFA スコアが高い患者では、積極的治療がなされないことを反映した可能性があった（図 1）。

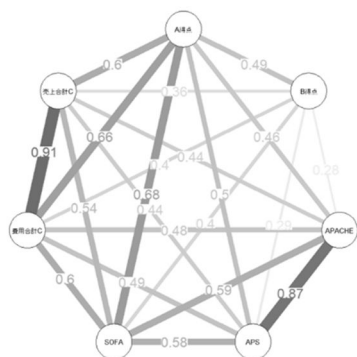


図2：スピアマンの相関解析

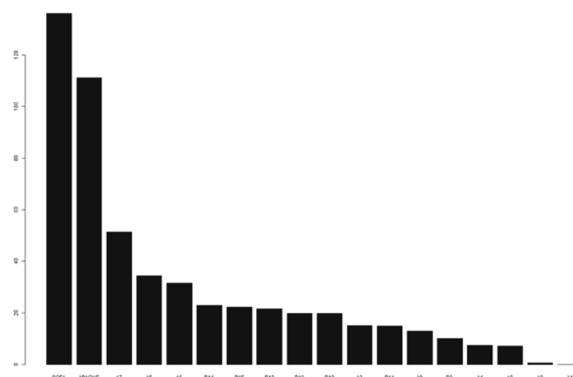


図3：SOFA + APACHE II + 看護必要度の重要度

スピアマンの相関解析では、SOFA スコア、APACHE スコア、看護必要度 A 項目は支出と中等度の相関がみられた。看護必要度 A 項目は SOFA スコアと中等度の相関があった。看護必要度 B 項目は支出額との相関は弱かった（図 2）。生理学的重症度スコアは治療コストへの重要度が APACHE の順で高かった。看護必要度 A 項目の重要度は低かったが、そのうち輸血や輸血製剤の管理項

目の重要度として最も関係していた ( 図 3 ) .

#### ( 4 ) ヒューリスティック探索による最良解予想アルゴリズムの開発

( 3 ) で得られた結果から , 集中治療室における支出予測モデルを構築した . 患者の 1 日平均入院費が 10 万円以上またはそれ以下を目的変数とした . モデル手法は , ロジスティック回帰、決定木系 ( DecisionTree、RandomForest、XGBoost ) , サポートベクターマシン、ニューラルネットワークを使用し , 評価指標として混同行列 ( accuracy、precision、recall、specificity、AUC ) , ROC カーブを用いた .

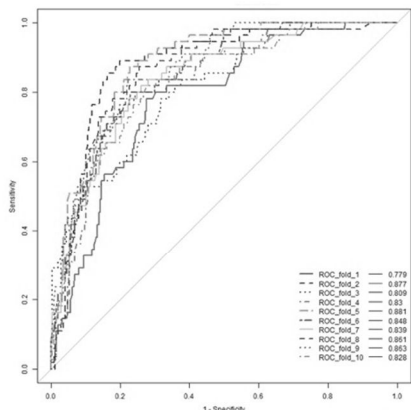


図4 : 10万円以上の赤字を予測するSOFA + APACHE II + 看護必要度 ( A , B ) を用いた各モデルのROC曲線

accuracy	precision	recall	F1.score	specificity	AUC
0.813	0.417	0.856	0.560	0.806	0.885

表 2 : RandomForest の混同行列

SOFA スコア , 臨床的項目 , その他の患者情報を含む 22 の説明変数を使用し , 予測モデルを構築した ( 図 4 ) , 最も精度の良いモデルは RandomForest アルゴリズムを用いた予測モデルで , 予測精度は AUC0.885 であった ( 表 2 ) .

#### ( 5 ) 集中治療室の費用対効果をナショナルビッグデータでの解析

( 2 ) の結果から , 集中治療室は労働集約的部門であることから , スタッフの配置の費用対効果に着眼した . 厚生労働科学研究伏見班 DPC データベースを用いて , 層別化されている特定集中治療室管理料 1/2 と 3/4 の比較と費用対効果分析を行った . 2020 年 4 月から 1 年間の本邦 ICU 入室患者で分析した .

方法は , トレーニングされたスタッフ配置が必須である算定料の等しい特定集中治療室管理料 1 , 2 と必須ではない 3 , 4 ( ICU1/2 または ICU3/4 ) の 2 群とし , 手術および入院形態で分類した . 主要評価項目は ICU 死亡率、副次評価項目は ICU1/2 と ICU3/4 の比較で得られる質調整生存年 ( QALY ) で算出した増分費用対効果比 ( ICER ) ( 円 / QALY ) とした . QALY の調整には , Linko ら 1) のデータを用いた . ICER < 500 万円 / QALY を費用対効果ありとした .

結果は ICU1/2 ( n=60,320 ) は ICU3/4 ( n=40,490 ) より死亡率が低かった ( ICU1/2 : 2.97% vs . 4.73% , p < 0.001 ) . 緊急入院と非外科系患者 ( ICU1/2 : 14.1% vs ICU3/4 : 15.7% , p = 0.004 ) 緊急入院した外科系患者 ( ICU1/2 : 3.8% vs ICU3/4 : 4.8% p = 0.001 ) . 緊急入院した外科系患者および非外科系患者の ICER は、それぞれ 1,350,581 円 / QALY および 352,437 円 / QALY であった . ICU1/2 の ICU3/4 と比較した ICER は 243,723 円 / QALY であり , 十分 ICER = 500 万円 / QALY を下回っていた .

本研究では ICU1/2 は ICU3/4 よりも ICU 患者死亡率の低下に関連しており , ICER も小さく , 現在の特定集中治療室管理料 1 , 2 の ICU スタッフ配置にコストをかけても費用対効果が高いことを示した .

現在 , これらの結果を論文投稿中である .

#### < 参考文献 >

1) . Linko R, Suojaranta-Ylinen R, Karlsson S, et al. One-year mortality, quality of life and predicted lifetime cost-utility in critically ill patients with acute respiratory failure. *Crit Care*. 2010;14(2):R60. <https://doi.org/10.1186/cc8957>.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2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 志賀 卓弥	4. 巻 12
2. 論文標題 特集 集中治療の今と未来 3.集中治療の経済的側面を考える-制度の理解とデータの活用	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 INTENSIVIST	6. 最初と最後の頁 681-695
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11477/mf.3102200804	査読の有無 有
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 -

1. 著者名 井汲 沙織、志賀 卓弥、小林 直也、亀山 良亘、森合 信基、齋藤 浩二、山内 正憲	4. 巻 39(Suppl.)
2. 論文標題 患者重症度は集中治療室在室中の費用と売上に影響を与えるか -患者重症度とコスト予測モデル構築の試み -	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 医療情報学	6. 最初と最後の頁 176-179
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
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5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 S. IKUMI, T. SHIGA, Y. IWASAKI, Y. KAIHO, K. SAITO, M. YAMAUCHI
2. 発表標題 A study of factors associated with ICU patient's expenditure in a Japanese university hospital: a retrospective study.
3. 学会等名 European society of intensive medicine 34th Annual Congress (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 井汲沙織
2. 発表標題 集中治療領域における患者重症度と個別原価計算 およびDPC/PDPSの診療報酬額の解析による 医療資源の適正配分の検討
3. 学会等名 医療経済研究機構
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 井汲 沙織、志賀 卓弥、小林 直也、亀山 良亘、齋藤 浩二、山内 正憲
2. 発表標題 当院集中治療部における 部門原価計算の試み
3. 学会等名 第47回日本集中治療医学会学術集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 井汲 沙織、志賀 卓弥、小林 直也、亀山 良亘、森合 信基、齋藤 浩二、山内 正憲
2. 発表標題 患者重症度は集中治療室在室中の費用と売上に影響を与えるか-患者重症度とコスト予測モデル構築の試み -
3. 学会等名 第39回医療情報学連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 井汲 沙織、志賀 卓弥、岩崎 夢大、海法 悠、高屋 英知、たら澤 邦男、伊藤 由希子、藤森 研司、山内 正憲
2. 発表標題 特定集中治療室管理料1・2と特定集中治療室管理料3・4における増分費用効果比を用いた費用対効果分析
3. 学会等名 第50回日本集中治療医学会学術集会
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
---------	---------