

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）

遠隔集中治療における  
人工知能を用いた重症度予測モデルの開発

分担研究報告書

研究代表者 大嶽 浩司

2020年4月21日

2020年4月21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（令和元年度）

< 研究者名 >

大嶽 浩司

< 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．遠隔集中治療における人工知能を用いた重症度予測モデルの開発

### 【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、AIを活用した重症度の予測アルゴリズムを作成するにあたり、必要データの抽出を行った。そのデータ抽出においては、eICUのシステム専用にデザインされたデータ検索エンジン eSearch を使用した。

### 【研究の前提】

< eICU/eCare Manager について >

急性期の重症患者は、治療の経過中、生体情報モニタや医療機器などを通じて、綿密に看視されます。この看視の結果として、これらの患者について大量のデータが定期的に収集されます。これらのデータを活用して重症患者の管理をサポートするものが、遠隔集中

治療支援システム（eICU）で、これには eCare Manager® とよばれるアプリケーションが使用されています。ここでは、この eCare Manager®（eCM）を支えるデータベースである eICU 共同研究データベースについて説明します。これは、全米の eICU プログラムによって看視されている ICU への 200,000 を超える入院患者に関する高精度データを備えた多施設の ICU データベースです。データベースは匿名化されており、バイタルサインの測定値、ケアプランのドキュメント、算出された病気の重症度、診断情報、治療情報などが含まれています。登録後、患者が特定できないようにされ、診療データは公開されます。これには、人を対象とした研究に関する倫理トレーニングコースの完了、データの責任ある取り扱いの義務付け、共同研究の原則を遵守するデータ使用契約の署名が含まれます。自由に利用できるこれらのデータは、機械学習アルゴリズムの開発、意思決定支援ツール、臨床研究への応用など、多くのアプリケーションで使用できるようになっています。

- Design Type(s) data integration objective/database creation objective
- Measurement Type(s) Administrative Activity/Clinical Evaluation/Care /Treatment Plan/Vital Signs Measurement
- Technology Type(s) documenting/performing a clinical assessment/multiparameter monitor
- Factor Type(s) anthropometric measurement/diagnosis/treatment
- Sample Characteristic(s) Homo sapiens/United States of America/hospital

ICU では、侵襲的な救命治療を必要とする重症患者を治療します。医学のサブスペシャリティとしてのクリティカルケアは、多くの患者が何週間も人工呼吸を必要としたポリオの流行時に始まりました<sup>1</sup>。それ以来、クリティカルケアの分野は拡大し、人口動態が高齢者や慢性疾患を持つ人々にシフトするのに則して進化を続けています<sup>2</sup>。ICU の患者は綿密な看視を必要とするだけでなく、頻回に治療の再評価をして、病態の悪化に関連する変化は早めに検出する必要があります。eICU において各 ICU の患者のベッドサイドのモニターからの膨大な量のバイタルサインや治療機器や電子カルテからの他の診療データは、eCare Manager で継続的にフォローされますが、診療記録としてカルテ保存されるのは、これらのデータの一部にすぎません<sup>3</sup>。診療データ保存にまつわる課題には、ベンダーをまたいだ情報システムの統合や、様々な種類のデータを同時に処理できる包括的なシステムの構築などが含まれます<sup>4</sup>。

遠隔集中治療支援システム（eICU）は、離れた場所にいる支援センターの集中治療に特化した医療者が ICU 患者を継続的に看視する集中型のケアモデルであり、重症度スコアに裏付けされた治療方針の決定支援と、病態の変化をいち早く知らせるアラートが特徴です<sup>5</sup>。eICU により、離れた場所から専門医が患者の病態を看視し、患者の病態が突然悪化し

たときにはその施設の医療者に状況を伝えたり、治療計画を変更する支援をしたりできます。支援センターの医療チームは、主に eCare Manager で情報管理された診療データにアクセスするだけでなく、各病院の電子カルテなどの医療情報システムにもアクセスできます。eICUの実装後、各システムに分散していた大量の診療データが一箇所でまとめて収集できるようになり、支援センターの医療チームによるリアルタイム看視のために遠隔配信されます。これらの eICU の診療データはアーカイブされ、eICU Research Institute (eRI)<sup>6</sup>によって研究データベースに変換されます。

MIT の計算生理学研究所 (LCP) は、eRI と提携して、eICU 共同研究データベース (eICU-CRD) を作成しました。LCP は以前より、集中治療に関する医療情報のオープンデータベースである (MIMIC) を研究者に提供していました<sup>7,8</sup>。最新バージョンの MIMIC-III には、マサチューセッツ州ボストンのベスイスラエル・ディーコネスメディカルセンターの 60,000 を超える ICU 入院患者に基づき匿名化された膨大な診療データが含まれています。MIMIC-III は教育目的で使用され、診療アウトカムの改善に繋がる新たな指標の開発を促し、モニタリングデータから患者の重症度を測定するための新しいアルゴリズムが開発されました。MIMIC-III のデータを提供した病院は eICU プログラムに参加していないため、eICU-CRD は、米国内にある多数の病院から収集された、MIMIC とは完全に独立したデータセットです。eICU-CRD のデータ様式は、MIMIC-III に基づいて構築され、複数のセンターからのデータを利用できるようにすることで、可能な研究の範囲を拡大することを目的としています。

## 【研究方法】

### 1 データベースの構造と開発

eICU-CRD は、任意のデータベースシステムにロードできるように、CSV ファイルのデータセットとして配布されます。各ファイルには 1 つのテーブルのデータが含まれており、斜体フォントを使用してテーブルへの参照を示しています。同様に、等幅フォントを使用した列への参照を示します。

すべてのテーブルは、米国の医療保険の相互運用性と説明責任に関する法律 (HIPAA) のセーフハーバー・ルールを満たすために匿名化されています<sup>9</sup>。この匿名化には、個人番号 (電話、社会保障など)、住所、日付、89 歳以上かどうかなど、保護されているすべての健康情報 (PHI) の削除が含まれます。データセットを作成するときに、患者にランダムに一意の識別子と参照が割り当てられ、キーは保持されません。その結果、eICU-CRD の識別子を元の識別可能なデータにリンクすることはできません。病院および ICU を特定する識別子も削除され、データ提供機関および医療者のプライバシーを保護しています。

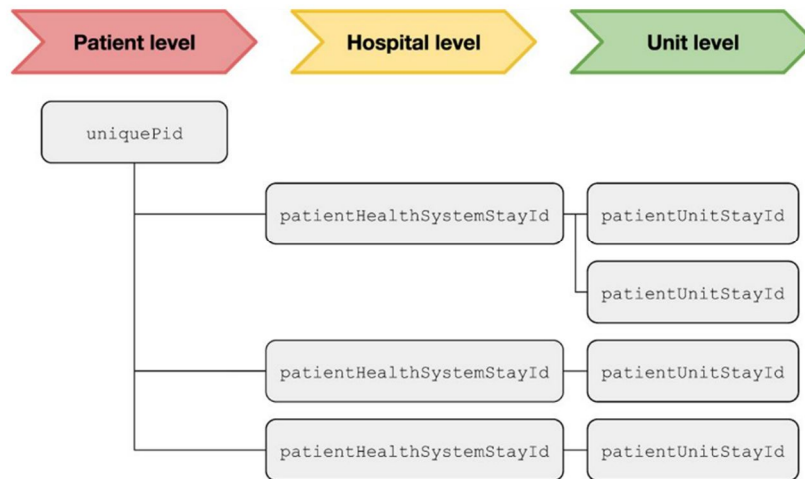
このスキーマは、セーフハーバー基準（HIPAA 認定番号 1031219-2）に従って再識別リスクに関して認定機関である Privacert（マサチューセッツ州ケンブリッジ）と共同で作成されています。さらに、下記に示すアプローチを使用して、フリーテキストフィールドの個人情報がスキャンされます<sup>10</sup>。簡単に言うと、このアプローチは、PHI の存在を示す既知のパターンがないかテキストをスキャンするもので（たとえば、「Mr.」に続く単語は、「Mr. Smith」などの名前です）、場所や名前として一般的に使用される単語も検出されます。これにより潜在的に PHI を含む行が削除されます。最後に、すべてのテーブルのほとんどを少なくとも 3 人の担当者が手動で、すべてのデータが匿名化されていることを確認しています。

eICU-CRD のスキーマは非正規化されています。すべてのテーブルは独立してアクセスでき、patient Unit Stay ID を使用すると単一の患者追跡テーブルにリンクできます。唯一の例外は、hospital ID を使用して患者テーブルにリンクする病院テーブルです。患者と病院を除くすべてのテーブルには、ランダムに生成された主キーと接尾子「ID」がありません（たとえば、診断テーブルには主キーとして diagnostic ID があります）。この列には物理的な意味はなく、行の一意性を制限し、データベースシステムにロードするときにデータの整合性を確保するためにのみ使用されます。

## 2 患者識別子

ユニット滞在は、ICU がプライマリケア単位である場合、単一の整数、patient Unit Stay ID で識別されます。一意の各入院には、patient Health System Stay ID と呼ばれる一意の整数が割り当てられます。最後に、患者は unique P ID によって識別されます。他の識別子とは異なり、unique P ID は、異なる患者の医療記録のリンクに関する以前の研究に基づくアルゴリズムを使用して生成されます<sup>11</sup>。各 patient Health System Stay ID には少なくとも 1 つ以上の patient Unit Stay ID があり、各 unique P ID には複数の病院および/またはユニット滞在が可能です。図 1 は、この階層を視覚化したものです。すべてのテーブルは、patient Unit Stay ID を使用して個々のユニット滞在を識別します。patient テーブルを使用して、同じ患者や入院に関連付けられているユニット滞在を決定できます。

Figure 1: Organization of patient tracking information.  
 From: The eICU Collaborative Research Database, a freely available multi-center database for critical care research



Each patient is identified by a unique integer: the uniquePid. For each uniquePid, a patient may have distinct hospitalizations denoted by patientHealthSystemStayId. Finally, for each hospitalization, a patient may have distinct unit stays, denoted by patientUnitStayId. patientUnitStayId is the primary identifier used for linking data across tables.

### 3 サンプルの選択

eICU 共同研究データベース(eICU-CRD)は、eRI によって維持される研究データリポジトリのサブセットです。患者の層別ランダムサンプルを使用して、パブリックデータセットに含める患者が選択されています。患者の選択は、最初に、2014年から2015年までの退院患者すべてが識別され、患者ごとに1つのインデックス「滞在」を抽出しました。eRI データリポジトリからの各病院でのインデックス「滞在」の割合を使用して、病院に基づいた患者のインデックス滞在の層別サンプルを実行しました。これにより、データセット内の病院全体での最初のICU滞在の分布を整理することができました。患者のインデックス「滞在」が選択された後、入院している病院に関係なく、その患者のその後のすべての滞在中もデータセットに含めました。降圧治療のためのベッドまたは眼科のベッドでの一時滞在中のみであった一部の患者の滞在情報を削除しました。

### 4 コードの可用性

今回使用したテーブルと記述統計を生成するために使用されたコードを含む Jupyter Notebook は、オンラインで公開されています<sup>12</sup>。

また、eICU-CRD は Web サイトを通じてデータベースとコードが公開されており、他の研究者たちが研究を行うときに様々な形で利用しやすくなっています<sup>13</sup>。

#### < eICU-CRD に含まれるデータの詳細 >

eICU-CRD に集積されたデータは、米国において2014年から2015年の間に入院した

139,367人の個別患者による200,859回の入床情報で構成されています。対象は米国の208の病院で335のICUユニットから成ります。表1に、病院レベルの特性を含むデモグラフィを示します<sup>14</sup>。

**Table 1 Demographics of the 200,859 unit admissions in the database.**  
From: The eICU Collaborative Research Database, a freely available multi-center database for critical care research

Data	Median [IQR], Mean (STD), or Number (%)
Age, years (median [IQR])	65.00 [53.00,76.00]
Unit length of stay, days (median [IQR])	1.57 [0.82,2.97]
Hospital length of stay, days (median [IQR])	5.49 [2.90,10.04]
Admission height, cm (mean (std)) <sup>a</sup>	169.25 (13.69)
Admission weight, kg (mean (std)) <sup>a</sup>	83.93 (27.09)
Gender (n (%))	
Male	108,379 (53.96)
Female	92,303 (45.95)
Other or Unknown	177 (0.09)
Ethnicity (n (%))	
African American	21,308 (10.61)
Asian	3,270 (1.63)
Caucasian	155,285 (77.31)
Hispanic	7,464 (3.72)
Native American	1,700 (0.85)
Other/Unknown	11,832 (5.89)
Hospital discharge year (n (%))	
2014	95,513 (47.55)
2015	105,346 (52.45)
Unit type (n (%))	
Coronary Care Unit/Cardiothoracic ICU	15,290 (7.61)
Cardiac Surgery ICU	9,625 (4.79)
Cardiothoracic ICU	6,158 (3.07)
Cardiac ICU	12,467 (6.21)
Medical ICU	17,465 (8.70)
Medical-Surgical ICU	113,222 (56.37)
Neurological ICU	14,451 (7.19)
Surgical ICU	12,181 (6.06)
Status at unit discharge (n (%))	
Alive	189,918 (94.55)
Expired	10,907 (5.43)
Unknown	34 (0.02)
Status at hospital discharge (n (%))	
Alive	181,104 (90.16)
Expired	18,004 (8.96)
Unknown	1,751 (0.87)

Note that multiple unit admissions can correspond to the same patient.  
a Missing data excluded from calculation.

表 2 は、APACHE IV 診断システムを使用する訓練を受けた eICU の支援センターで働く集中治療医によってコード化された疾患のリストのうち、上位 10 の入院診断を引用したものです<sup>15</sup>。多い順に、敗血症（肺炎由来）、心筋梗塞、脳血管障害、うっ血性心不全、敗血症（尿路感染由来）、糖尿病性ケトアシドーシス、冠動脈バイパス手術後、不整脈疾患、心停止後、肺気腫でした。

表2 Most frequent admission diagnoses as coded using the APACHE IV diagnosis system.  
From: The eICU Collaborative Research Database, a freely available multi-center database for critical care research

APACHE Diagnosis	Number of patients(%)
Sepsis, pulmonary	6,823 (5.01)
Infarction, acute myocardial (MI)	5,919 (4.34)
CVA, cerebrovascular accident/stroke	5,284 (3.88)
CHF, congestive heart failure	4,840 (3.55)
Sepsis, renal/UTI (including bladder)	4,284 (3.14)
Diabetic ketoacidosis	4,001 (2.94)
CABG alone, coronary artery bypass grafting	3,635 (2.67)
Rhythm disturbance (atrial, supraventricular)	3,474 (2.55)
Cardiac arrest (with or without respiratory arrest)	3,377 (2.48)
Emphysema/bronchitis	3,304 (2.43)

Percentages are calculated for the subset of 136,236 unit stays with an APACHE IV hospital mortality prediction. UTI is urinary tract infection.

表 3 では、APACHE による診断を 21 のグループにまとめています。APACHE IV を元にした病院ごとの死亡率予測のデータが欠落した患者は、表 2、表 3 から除外されています（N = 64,623）。死亡率予測が欠落するのは、主として APACHE IV の除外基準（熱傷患者、院内再入院、一部の移植患者）に適合した患者、または診断が ICU 滞在の初日に入力されていない患者です。



表3 Most frequent categories of APACHE diagnosis using clinically meaningful groups defined in the code repository13.

From: The eICU Collaborative Research Database, a freely available multi-center database for critical care research

APACHE Diagnosis category	Number of patients (%)
Sepsis	18,087 (16.40)
Cerebrovascular accident	9,758 (8.85)
Cardiac Arrest	9,135 (8.28)
Acute Coronary Syndrome	8,343 (7.57)
Respiratory medicine	7,970 (7.23)
Gastrointestinal Bleed	7,277 (6.60)
Congestive Heart Failure	5,884 (5.34)
Trauma	5,592 (5.07)
Coronary Artery Bypass Graft	4,771 (4.33)
Neurological	4,640 (4.21)
Pneumonia	4,577 (4.15)
Diabetic Ketoacidosis	4,384 (3.98)
Overdose	4,268 (3.87)
Asthma/Emphysema	3,948 (3.58)
Other cardiovascular disease	3,593 (3.26)
Valvular disorders	2,795 (2.53)
Coma	2,082 (1.89)
Acute renal failure	1,932 (1.75)
Gastrointestinal obstruction	1,232 (1.12)

Patients who are missing APACHE IV hospital mortality predictions are excluded (N=64,623, includes burns patients, in-hospital readmissions, short length of stay, and other APACHE exclusion criteria).

## 1 データのクラス

データには、バイタルサイン、研究室測定、投薬、APACHE コンポーネント、ケアプラン情報、入院診断、患者履歴、構造化された問題リストからのタイムスタンプ付き診断および同様に選択された治療項目が含まれます。データは、テーブルに含まれるデータタイプに広く対応するテーブルに編成されます。表4は、データセットで使用可能なテーブルの概要を示しています。

表4 List of tables available in the eICU Collaborative Research Database (v2.0).

From: [The eICU Collaborative Research Database, a freely available multi-center database for critical care research](https://www.eicu-crd.com/)

Table name	Type of data
<i>admissionDrug</i>	<b>Care documentation:</b> Medications taken prior to unit admission.
<i>admissionDx</i>	<b>APACHE:</b> Admission diagnoses and other APACHE information.
<i>allergy</i>	<b>Care documentation:</b> Known patient allergies.
<i>apacheApsVar</i>	<b>APACHE:</b> Physiology score components used in predictions.
<i>apachePredVar</i>	<b>APACHE:</b> Other components used in predictions.
<i>apachePatientResult</i>	<b>APACHE:</b> Predictions made by APACHE IV and IVa.
<i>carePlanCareProvider</i>	<b>Care plan:</b> Details regarding managing or consulting providers.
<i>carePlanEOL</i>	<b>Care plan:</b> End of life care planning.
<i>carePlanGeneral</i>	<b>Care plan:</b> Plans for patient care, often including end of life care.
<i>carePlanGoal</i>	<b>Care plan:</b> Stated goals of care for the patient.
<i>carePlanInfectiousDisease</i>	<b>Care plan:</b> Precautions for patient related to infectious disease.
<i>customLab</i>	<b>Care documentation:</b> Infrequent, unstandardized laboratory tests.
<i>diagnosis</i>	<b>Care documentation:</b> Structured record of active problems.
<i>hospital</i>	<b>Administration:</b> Hospital level survey information: bed size, teaching status, and US region.
<i>infusionDrug</i>	<b>Care documentation:</b> Continuous infusions administered.
<i>intakeOutput</i>	<b>Care documentation:</b> Intake and output recorded for patients.
<i>lab</i>	<b>Care documentation:</b> Laboratory measurements for patient derived specimens.
<i>medication</i>	<b>Care documentation:</b> Prescribed medications usually interfaced from a local pharmacy system.
<i>microLab</i>	<b>Care documentation:</b> Manually entered microbiology information.
<i>note</i>	<b>Care documentation:</b> Semi-structured notes entered by the physician or physician extender responsible.
<i>nurseAssessment</i>	<b>Care documentation:</b> Documentation for patient items such as pain, psychosocial status, etc.
<i>nurseCare</i>	<b>Care documentation:</b> Documentation for patient items such as nutrition, wound care, drain/tube care, restraints, etc.
<i>nurseCharting</i>	<b>Care documentation:</b> Primary location for information charted at the bed side such as vital signs.
<i>pastHistory</i>	<b>Care documentation:</b> Structured list detailing patient's health status prior to presentation in the unit.
<i>patient</i>	<b>Administration:</b> Demographic and administrative information regarding the patient and their unit/hospital stay.
<i>physicalExam</i>	<b>Care documentation:</b> Semi-structured results of physical examinations performed.
<i>respiratoryCare</i>	<b>Care documentation:</b> Documentation for airway structure, cuff pressures, and other respiratory related details.
<i>respiratoryCharting</i>	<b>Care documentation:</b> Primary location for ventilator setting information including tidal volumes, pressure settings, etc.
<i>treatment</i>	<b>Care documentation:</b> Structured list detailing active treatments provided to the patient
<i>vitalAperiodic</i>	<b>Monitor data:</b> Unevenly sampled vital sign measurements such as non-invasive blood pressure.
<i>vitalPeriodic</i>	<b>Monitor data:</b> Five minute medians for continuous vital sign measurements such as invasive blood pressure.

## 2 管理データ

病院の情報には、米国内の地域（中西部，北東部，西部，南部），教育の状況，および病院のベッド数が含まれています。病院情報はサーベイへの返答を基にしているため，不完全な場合があります。具体的には，12.5%の病院には地域情報が，20.1%の病院では病床数情報が欠落し，不明と記載されています。表5は，各カテゴリの病院データの割合を示しています。

表5 Hospital level information.

From: The eICU Collaborative Research Database, a freely available multi-center database for critical care research

Hospital level factor	Number of hospitals (%)	Number of patients (%)
Bed capacity		
<100	46 (22.12%)	12,593 (6.27%)
100-249	62 (29.81%)	41,966 (20.89%)
250-499	35 (16.83%)	45,716 (22.76%)
>=500	23 (11.06%)	75,305 (37.49%)
Unknown	42 (20.19%)	25,279 (12.59%)
Teaching status		
False	189 (90.87%)	149,181 (74.27%)
True	19 (9.13%)	51,678 (25.73%)
Region		
Midwest	70 (33.65%)	65,950 (32.83%)
Northeast	13 (6.25%)	14,429 (7.18%)
South	56 (26.92%)	60,294 (30.02%)
West	43 (20.67%)	46,348 (23.07%)
Unknown	26 (12.50%)	13,838 (6.89%)

Information includes the region of the US the hospital is located in, whether it is a teaching hospital, the bed capacity, and the number of patients with data available for these hospital subtypes.

患者情報は患者テーブルに記録されます。前述の3つの識別子 (patient Unit Stay ID, patient Health System Stay ID, unique P ID) は、このテーブルに存在します。患者テーブルに記録された管理情報には、入院および退院時間、ユニットタイプ、入院元情報、退院場所、退院時の患者のバイタルステータスが含まれます。年齢 (89歳以上が「> 89」にグループ化されている)、人種、身長、および体重を含む患者の人口統計も患者テーブルに表示されます。

### 3 APACHE データ

APACHE (Acute Physiology and Chronic Health Evaluation) IV system 15 は、ICU パフォーマンスベンチマークと品質改善分析のために ICU 患者のリスク調整に使用されるツールです。APACHE IV は、ICU 入床患者の最初の 24 時間のデータから、患者が死亡する確率の推定値を提供します。この予測スコアは、多くの患者にわたって集計すると、各病院のベンチマークとして使用できます。さらに患者の転帰のよい病院を抽出し、その治療方針を精査することで、患者に有益である可能性がある診療法が特定できます。APACHE を用いて患者予後を推定するためには、一連のパラメータを収集する必要があります。バイタルサイン、検体検査の値、併存症の重症度、与えられた治療、ICU 入床を要した診断名などです。これらのパラメータをロジスティック回帰して死亡率を予測します。eICU-CRD には、APACHE IV の算出で必要とされるすべてのパラメータが含まれています。バイタルサインに関するパラメータは主に apacheApsVar に格納され、その他のパラメータは apachePredVar に格納されます。APACHE IV とそれを更新した APACHE IVa の両方の予測結果は、apachePatientResult で利用できます。これらのデータは、ICU への入院時の患

者の重症度に関する有益な推定値を提供しますが、この予測はすべての患者、特に入床 4 時間未満の患者、熱傷患者、特定の移植患者、再入床患者には利用できません<sup>15</sup>。

#### 4 ケアプラン

ケアプランの入力は eCare Manager 上で行われ、医療者間のコミュニケーションに使用されます。ケアプランデータは構造化されたドロップダウンメニューを使用して文書化され、医療者の職種、医療者の専門、コードステータス、予後、治療ステータス、ケアの目標、ヘルスケアプロキシ、および終末期の話し合いなどが入力されています。

#### 5 ケアドキュメント

eCare Manager では、ドロップダウンメニューを使用して、患者の病態の問題点リストとそれに対して実施している治療を構造化して入力します。医療者が短いフリーテキストで入力することもできます。eICU-CRD には 18 のテーブルが存在し、所見、病態の問題点リスト、実施されている治療など、各患者のケアのさまざまな側面を記録しています。

#### 6 内服薬登録

この表には、ICU への入院前に患者が服用していた薬の詳細が含まれています。利用可能な情報としては、薬剤名、投薬量、投与される時間枠、薬剤をオーダーした医師、およびフリーテキストで入力された補足情報が含まれます。

#### 7 アレルギー

アレルギーの表は、患者メモから供給されます。アレルギー情報は、フリーテキストのアレルギー名、アレルギーが薬物かどうか、薬物の標準化されたコード（該当する場合）、アレルギー情報の取得者情報、およびアレルギーが文書化された時刻が含まれます。

#### 8 中央検査

標準インターフェース経由で構造化できない検体検査の結果は、中央検査結果テーブルとして含まれます。これらの検体検査の結果は、連続的に測定されるバイタルサインと比べて頻度が低いものの、患者をサブセット化して解析する際に役立つ情報を提供する可能性があります。中央検査結果テーブルで最も頻繁に測定されるテストは糸球体濾過率（GFR）で、テーブルには eICU-CRD v2.0 の全患者の 1% 未満のデータが含まれています。

#### 9 診断

患者の主たる病態は診断表に記録されています。86% の患者でユニット滞在の最初の 24 時間に病態が記録されており、合計 3,933 の固有の病態が存在しました。最も多いのは、急性呼吸不全（患者の 11.15%）、それに続いて急性腎不全（患者の 8.15%）、糖尿病（患

者の7.28%)でした。病態は階層的に分類されており、表6は各臓器系別で問題を抱えている患者の割合を示しています。多くの患者が複数の臓器系に関わる病態を抱えています。ほとんどの病態は、国際疾病分類(ICD)コードでマッピングされており、確立されたオントロジーを使用して特定の病態が識別できます。ただし、一部の病態はICDコードで分類することはできませんでした。たとえば、「内分泌|グルコース代謝|糖尿病|2型|制御」は、ICD-9コード250.00(合併症について言及されていない糖尿病やタイプが指定されていない、あるいは制御されていない場合は記載できない)およびICD-10にマッピングされます。コードE11.9(合併症のない2型糖尿病)。ただし、漠然とした「内分泌代謝」系の病態だけではICDコードにマッピングできません。これはタイプIかタイプIIかが不明なためです。

表6 Organ system for problems documented during patient unit stays.

From: The eICU Collaborative Research Database, a freely available multi-center database for critical care research

Diagnosis group	Number of patients (%)
Cardiovascular	104,264 (11.15%)
Pulmonary	64,222 (8.15%)
Neurologic	51,609 (7.28%)
Renal	43,009 (6.38%)
Endocrine	35,519 (6.15%)
Gastrointestinal	35,223 (6.10%)
Infectious diseases	20,316 (6.01%)
Hematology	19,611 (5.32%)
Burns/trauma	9,208 (5.13%)
Oncology	7,954 (4.72%)
Toxicology	7,185 (4.47%)
Surgery	5,723 (3.97%)
General	1,698 (3.91%)
Transplant	770 (3.75%)
Obstetrics/gynecology	46 (3.52%)
Genitourinary	26 (3.18%)
Musculoskeletal	19 (2.98%)

More than one problem can be documented for a single patient, and therefore the percentages will add up to greater than 100%.

## 10 持続注入薬

持続注入薬の詳細は、infusion Drug テーブル内に記録されます。これらは、医療者が手動で入力するか、病院の電子カルテシステムからインターフェース経由で取り込みされるかです。持続注入薬には、昇圧剤、抗生物質、抗凝固剤、インスリン、鎮静剤、鎮痛剤などが含まれます。eICU-CRDに入っている208病院のうち、152病院(73%)のデータがinfusion Drug テーブルに記録されています。情報には、薬物の名前、薬物の標準化されたコード(階層的成分コードリストまたはHICLコードを使用)、持続溶液中の薬物の量、持続薬液の総量、薬物注入の速度、および(該当時には)患者の体重あたりの投与量が含

まれます。すべての記録は、注入時間を表す単一のオフセットで保存されます。

#### 11 体液バランス（イン・アウト）

患者の輸液投与量と体液排出量は、intake Output テーブルに保存されます。Infusion Drug テーブルとは異なり、このテーブルの目的は受け取った量を表にすることであり、したがって、「Crystalloids (ml) | Continuous infusion meds」などの非特定の名前を持つ多くのレコードが存在します。全体的な体液バランスは患者の状態を示す重要な情報であり、輸液投与量、体液排出量、透析、および現在の体液バランス（投与量から排出量を差し引いた量）が記録されます。このテーブルで最も頻繁に記録されるのは、尿量、通常の生理食塩水の投与量、経口液摂取量、非生理食塩水投与量（例：ブドウ糖液）、経腸栄養、中心静脈栄養などです。

#### 12 血液ガス分析データ

採取された血液ガスの検査値は、eCare Manager を経由して、データベースに取り込まれます。ラボテーブルの各行には、ひとりの患者の1つのラボ測定値が含まれています。病院ごとに違う形式や項目で測定されるため、合計 158 の異なるタイプのラボ測定値が取得され、158 の固有の labName 値（「マグネシウム」、「pH」、「BUN」などを含む）で表されます。測定値は、測定単位、検査がされた時刻、最後に値が更新された時刻とともに保存されます。

#### 13 投薬情報

ICU における患者への投薬指示は投薬テーブルに保存されます。医師が投薬をオーダーすると、薬剤師が対応する薬局システムでオーダーを確認します。このオーダーは eCare Manager に連携され、投薬テーブルに保存されます。匿名化されるときに、オーダーに付随したフリーテキストでの説明やコメントは削除されます。eICU-CRD では、処方薬と持続注入薬の2つのテーブルが患者の薬物療法に関わるものです。これらのオーダーが実際に実施がされたかどうかはテーブルからはわかりません。各オーダーに含まれる情報には、開始時間、終了時間、薬物の名前、HICL コード、投与量、投与経路、投与頻度、薬物が PRN（必要時投与）かどうか、などがあります。対象となる薬物は静注薬です。

#### 14 微生物検査

患者由来の標本からの微生物学情報は、微生物検査テーブルに記録されています。血液や痰などの検体中の細菌の存在は、治療計画や抗生剤の選択に役立つ情報を提供します。各レコードについて、検体の採取時刻（採血など）、培養場所、見つかった微生物（存在する場合）、およびさまざまな抗生剤に対する感受性（存在する場合）を記録します。多くの病院では微生物学情報は手動で入力され、病院情報システムに直接連携されていない

ため、この表は使用されていません。

## 15 メモ

メモは通常、主に患者のユニットケアの文書化を担当する医師または他の医療者によって入力されます。入院、治療の状況、患者の病歴、治療手技、カテーテル挿入、および診察など、システムに入力できるメモにはいくつかのタイプがあります。フリーテキストのメモは匿名化する際に削除されます。ドロップダウンメニューから選択できる構造化されたメモはデータベース内に保持され、メモテーブルに表示されます。

## 16 患者評価

患者評価表には、痛み、社会的心理状態、患者/家族の教育歴、臓器別の状態などの患者の項目を評価および文書化された情報が格納されます。テーブル内の各レコードは、文書化の時刻と評価がされた時刻とともに保存されます。

## 17 看護ケア

栄養、活動、衛生、創傷ケア、ラインケア、排液状態、患者の安全性、アラーム、隔離予防策、機器、拘束、およびその他の看護ケアに関する情報は看護ケアテーブルに文書化されています。各レコードは、エントリー時間 (nurseCareEntryOffset) および関連する時間 (nurseCareOffset) とともに保管されます。カスタム階層は、データをグループ化して格納するために使用されます。

## 18 看護記録

ベッドサイドの看護記録の大部分は、「フローシート」、つまり時系列形式（通常は1時間ごと）で行単位の観察結果を含む表形式の中に入力されます。Nurse Charting テーブルにこの情報が記録されます。各アイテムはグラフ化され、測定時期を指定する「チャート時間」(nursingChartOffset) と、測定値がスタッフによって検証された時間を示す「検証時間」(nursingChartEntryOffset) とともに保存されます。利用可能なバイタルサインには、心拍数、心拍数、血圧、呼吸数、末梢酸素飽和度、温度、温度測定場所、中心静脈圧、リットル単位の酸素流量、酸素供給方式、および呼気終末 CO<sub>2</sub> が含まれます。あまり頻繁に記録されていないバイタルサインは、肺動脈圧 (PA)、一回拍出量 (SV)、心拍出量 (CO)、全身血管抵抗 (SVR)、頭蓋内圧 (IP)、心臓指数 (CI)、全身血管抵抗指数 (SVRI)、脳灌流圧 (CPP)、中心静脈酸素飽和度 (SVO<sub>2</sub>)、肺動脈閉塞圧 (PAOP)、肺血管抵抗 (PVR)、肺血管抵抗指数 (PVRI)、および腹腔内圧 (IAP) などです。nurseCharting で使用可能なその他のデータには、一般的に表にされた評価スコア（神経機能スケール、鎮静スケール、痛みスケールなど）およびその他の生理学的測定値またはデバイス設定が含まれます。

## References

- 1 Kelly, F. E., Fong, K., Hirsch, N. & Nolan, J. P. Intensive care medicine is 60 years old: the history and future of the intensive care unit. *Clinical medicine* 14, 376-379 (2014).
- 2 Adhikari, N. K., Fowler, R. A., Bhagwanjee, S. & Rubenfeld, G. D. Critical care and the global burden of critical illness in adults. *The Lancet* 376, 1339-1346 (2010).
- 3 Celi, L. A., Mark, R. G., Stone, D. J. & Montgomery, R. A. "Big Data" in the Intensive Care Unit: Closing the Data Loop. *Am J Respir Crit Care Med* 187, 1157-1160 (2013).
- 4 Johnson, A. E. W. et al. Machine learning and decision support in critical care. *Proceedings of the IEEE* 104, 444-466 (2016).
- 5 Lilly, C. M. et al. A multicenter study of icu telemedicine reengineering of adult critical care. *CHEST Journal* 145, 500-507 (2014).
- 6 McShea, M., Holl, R., Badawi, O., Riker, R. R. & Silfen, E. The eICU research institute-a collaboration between industry, health-care providers, and academia. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine* 29, 18-25 (2010).
- 7 Saeed, M. et al. Multiparameter Intelligent Monitoring in Intensive Care II (MIMIC-II): a public-access intensive care unit database. *Critical care medicine* 39, 952-960 (2011).
- 8 Johnson, A. E. W. et al. MIMIC-III, a freely accessible critical care database. *Scientific Data* 3 (2016).
- 9 United States. Cong. House. Health Insurance Portability and Accountability Act of 1996. 104th Congress <https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/PLAW-104publ191/html/PLAW-104publ191.htm> (1996).
- 10 Neamatullah, I. et al. Automated de-identification of free-text medical records. *BMC medical informatics and decision making* 8, 1-32 (2008).
- 11 Finney, J. M., Walker, A. S., Peto, T. M. & Wyllie, D. H. An efficient record linkage scheme using graphical analysis for identifier error detection. *BMC Medical Informatics and Decision Making* 11, 7 (2011).
- 12 Johnson, A. E. W. & Pollard, T. J. MIT-LCP/eicu-data-paper: eICU-CRD Code for Data Descriptor. Zenodo <https://doi.org/10.5281/zenodo.1248994> (2018).
- 13 Pollard, T. J. et al. MIT-LCP/eicu-code: eICU-CRD Code Repository. Zenodo <https://doi.org/10.5281/zenodo.1249016> (2018).
- 14 Pollard, T. J., Johnson, A. E. W., Raffa, J. & Mark, R. G. tableone: An open source Python package for producing summary statistics for research papers.



JAMIA Open 1 (1) <https://doi.org/10.1093/jamiaopen/ooy012> (2018).

15 Zimmerman, J. E., Kramer, A. A., McNair, D. S. & Malila, F. M. Acute physiology and chronic health evaluation (APACHE)IV: hospital mortality assessment for today's critically ill patients. *Critical Care Medicine* 34, 1297-1310 (2006).

補遺： < eSearch >

eSearch とは，eICU に装備されている eCM データベースにアクセスして，昭和大学の eConnect プログラムデータに基づき，データ分析およびカスタムレポートソリューションなどが可能でなツール。

・ eSearch レポート

運用的・臨床的アウトカムを表示する  
スタンダードレポート

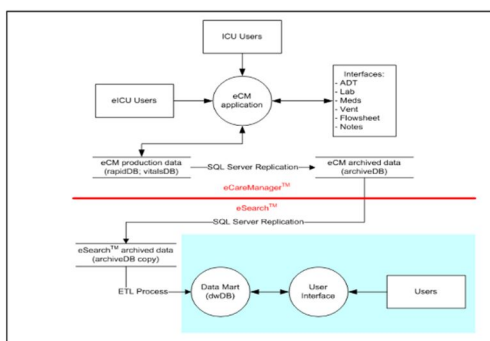
・ データキューブ

カスタムしたデータベース検索が可能

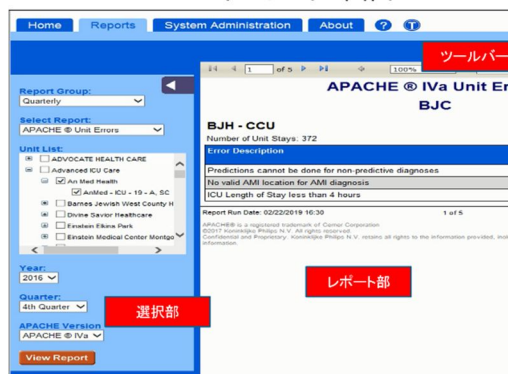
・ TDAK (Total Data Access Kit)

SQL スキルを持つユーザーが eCM アーカイブまたは dW データベース内のデータを抽出および分析できるようにする詳細なマップおよび指示キットを提供する。

eCMからeSearchへのデータの流れ



eSearchレポートメイン画面



## eSearchレポートグループ

- 四半期レポート
  - ベストプラクティス (BP) と重症度調整済み転帰データの高レベル評価
  - 四半期および年ごとに編成されたユニットレベルおよびプログラム (法人) レベルのデータ
    - 統計レポートは含まれていません
    - 年と四半期を指定して実行されます。
- 患者詳細
  - ドリルダウン/ドリルスルーにより、個々の患者レベルまで掘り下げて、詳細を確認したり、レポートの期間設定が可能です。
  - APACHE® ユニットエラーまたは eICU 医師介入レポートは含まれません
  - 開始日/終了日を指定して実行されます。
- 患者抽出
  - 他のレポートグループのいずれにも表示されていない患者の健康情報を含むレポートが含まれています。
  - 開始日/終了日を指定して実行されます。

Year: 2018  
Quarter: 1st Quarter

Start Date: 01/01/2018  
End Date: 03/30/2018

Report Group: Quality  
Patient Extracts  
Patient Detail (Del-Down/Time)

## レポートタイプ

Quarterly	Patient Details	Patient Extracts
APACHE® レポート	APACHE® レポート	APACHE® 患者抽出
APACHE® ユニットエラー	ベータブロッカー使用	APACHE® 患者抽出 PHI
ベータブロッカー使用	輸血	退室患者 PHI
輸血	合併症	DRS 患者抽出
合併症	血糖コントロール	DRS 患者抽出 PHI
eICU 医師介入	低容量換気	
血糖コントロール	統計	
低容量換気	ストレス潰瘍予防	
ストレス潰瘍予防	人工呼吸器日数	
人工呼吸器日数	VTE 予防	
VTE 予防		

Select Report:  
APACHE® Report  
APACHE® Unit Errors  
Beta Blocker Usage  
Blood Transfusions  
Complications  
eICU Physician Interventions  
Glycemic Control  
Low Tidal Volume Ventilation  
Stress Ulcer Prophylaxis  
Ventilator Days  
VTE Prophylaxis

## < 抽出データに関して >

対象患者は本院 ICU/CCU/ER 入室患者および昭和大学江東豊洲病院 ICU/ER 入室患者

- 患者 ID
- 性別
- 生年月日
- 心拍数 (HR)
- 呼吸数 (RR)
- 末梢動脈血中酸素飽和度 (SpO2)
- 体温 (Temp)
- 非観血式動脈圧 (NIBP S/D/M)
- 動脈血圧 (ABP S/D/M)
- DRS (Discharge Readiness Scores)

など

## DRS患者抽出

- 患者のユニット在室に関する、死亡リスクスコア、再入室リスクスコア、その他の退室データを含みます。スコアリングされていない場合でも、表示可能なデータを表示します。

Start Date:	01/01/2018	End Date:	03/30/2018	DRS Patient Extract						
Identifier	Health System	Health System	Hospital	ICU	ICU Type	Combined Stay	CMO	DRS	Gender	Ethnicity
245327	117064	Barneer Health	Baywood	SBAC VSCU (20-25)	Med-Surg ICU	1			Male	Caucasian
250240	117252	Barneer Health	Baywood	SBAC VSCU (20-25)	Med-Surg ICU	1		1	Female	Caucasian
217203	117273	Barneer Health	Baywood	SBAC VSCU (20-25)	Med-Surg ICU	1			Male	Caucasian
252375	117365	Barneer Health	Baywood	SBAC VSCU (20-25)	Med-Surg ICU	1			Female	Caucasian
239842	117349	Barneer Health	Baywood	SBAC VSCU (20-25)	Med-Surg ICU	1			Male	Caucasian
215427	117291	Barneer Health	Baywood	SBAC VSCU (20-25)	Med-Surg ICU	1			Female	Caucasian
213637	117194	Barneer Health	Baywood	SBAC VSCU (20-25)	Med-Surg ICU	1			Female	Caucasian

## 統計

- 指定期間中に退院した患者に関する、主要なアウトカムと人口統計情報を表示します
  - 入室、再入室、退室、転棟
  - ユニットと病院における死亡率と滞在期間
  - 患者年齢と性別分布

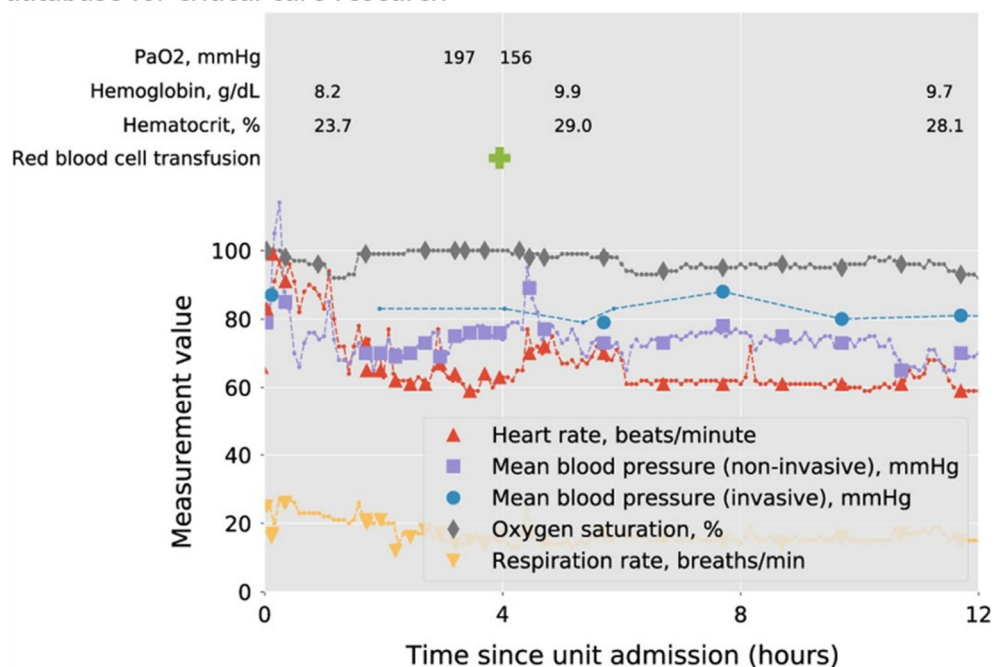
PHILIPS Statistics			Start Date: 06/09/2016
Aruba Health System			End Date: 06/09/2016
Facility - Unit	# of Unit Stays	# of Patient Days	
Georgia Hospital - Saint-Martin-de-Boscherville Unit	85	174.7	
Summary of All Patients			
Raw Data			
Total # of Patients Discharged From Hospital:	85		
Total # of ICU Admissions:	85		
Total # of ICU Discharges:	1		
Total # of ICU Transfers:	0		
Total # of ICU Deaths:	4		
Total # of Hospital Deaths:	4		
Outcomes Data			
Average ICU LOS:	2.03 days		

今回今後の AI による解析を速やかに行うためのデータ抽出を行い，重症度予測モデルの開発に貢献可能なデータ抽出を行うことができた。

また本 eSearch により，ダッシュボードに予測可能な情報を表示可能にすることができる。

## Visualization of a single patient's stay.

From: The eICU Collaborative Research Database, a freely available multi-center database for critical care research



## 遠隔集中治療における人工知能を用いた重症度予測モデルの開発 (ロードマップの概要)



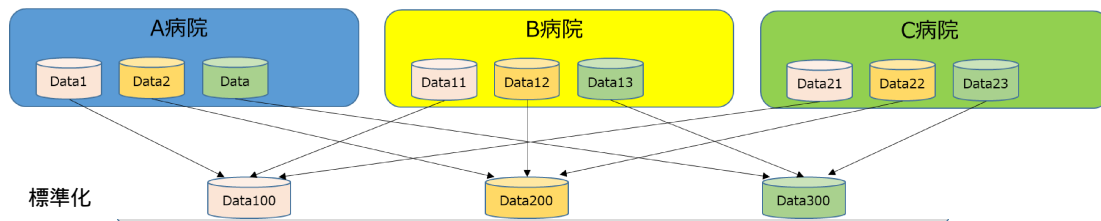
## 遠隔集中治療におけるAIを用いた重症度予測モデルの開発 (2019年度 実績)

テーマ：重症度予測のための多項目データ抽出および項目標準化

対象期間：2019年6月1日～2020年3月31日

研究対象：昭和大学病院(旗の台) 救命救急センター/CCU/ICU  
昭和大学江東豊洲病院 救急病床/ICU  
京都府立医科大学病院 ICU  
横浜市立大学病院 ICU

研究内容：データ抽出項目の設定および項目定義を標準化し、抽出データを活用



## 遠隔集中治療における人工知能を用いた重症度予測モデルの開発 (2020年度 予定)

テーマ：重症系病床入床患者の12時間後の重症度予測

対象期間：2020年4月1日～2021年3月31日

研究対象：昭和大学病院(旗の台) 救命救急センター/CCU/ICU  
昭和大学江東豊洲病院 救急病床/ICU

研究内容：AIを用い以下のデータから各患者の12時間後の重症度予測をし、治療をよりスムーズに行い、ベッドコントロールを的確に行うことにより、病院全体の質の向上を目指す。

- ・遠隔ICUシステム集中治療システム(eICU: eCareManager®)
- ・電子カルテシステム
- ・部門システム
- ・生体情報モニタリングシステム

過去におけるバイタルサインのビッグデータから、ディープラーニングなど機械学習を含めた様々な分析手法によりAI予測データを生成する。

また、現在eICUで予測されている現時点での退出させた場合の死亡率などを上記より生成された予測データを用い、12時間後の重症度に関するAI予測を行う。

分析データ加工から分析モデル評価の範囲をPDCA サイクルで運用することにより精度を向上していく。

# 遠隔集中治療における人工知能を用いた重症度予測モデルの開発 (2020年度 進行イメージ)

