AIを用いた**ICU**診療の質改善フォーラム

重症系部門システムの時系列データを用いた**AI**解析について

横浜市立大学附属病院 集中治療部 部長
日本集中治療医学会 遠隔ICU委員会 委員長
NPO法人 集中治療コラボレーションネットワーク 副理事長

髙木 俊介

アジェンダ

- 医療分野へのAI活用の目的は？
- 当院でAI解析をするときに留意している点
- 当院で開発しているアルゴリズムの紹介

アジェンダ

- **医療分野へのAI活用の目的は？**
- **当院でAI解析をするときに留意している点**
- **当院で開発しているアルゴリズムの紹介**

そもそも何故、AIを活用するのか？

2010年 12月6日 月曜日 23:15　邦人ドライバーがマレーシアで転倒事故

物体の自動検知

自動運転技術により、
事故は減っていく？

Self-driving vehicles could struggle to eliminate most crashes

June 4, 2020

Will autonomous vehicles be better than humans at predicting, planning and execution?

RELATED

What humanlike errors d
autonomous vehicles nee
to maximize safety?
Research paper

More about advanced dri
assistance

Media contact

Joe Young
Director of Media Relations
office +1 434 985 9244
mobile +1 504 641 0491

3分の1のシンプルなミスは予測できる。

EDITORIAL Open Access

Artificial intelligence in the intensive care unit

Christopher A. Lovejoy[1,2*], Varun Buch[1] and Mahiben Maruthappu[1]

ICUにおけるAI活用の意味

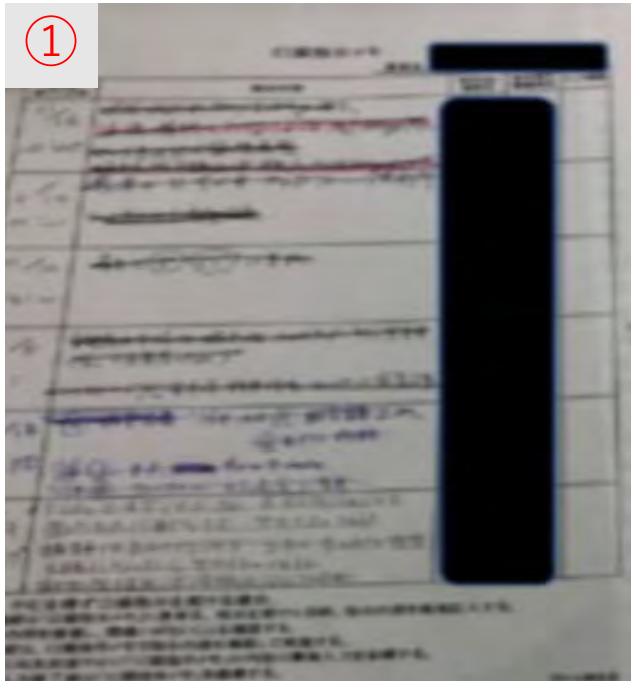
- 急変の未然の予測
- 複雑な症例において最適治療の提案
- 診断にかかる時間の短縮

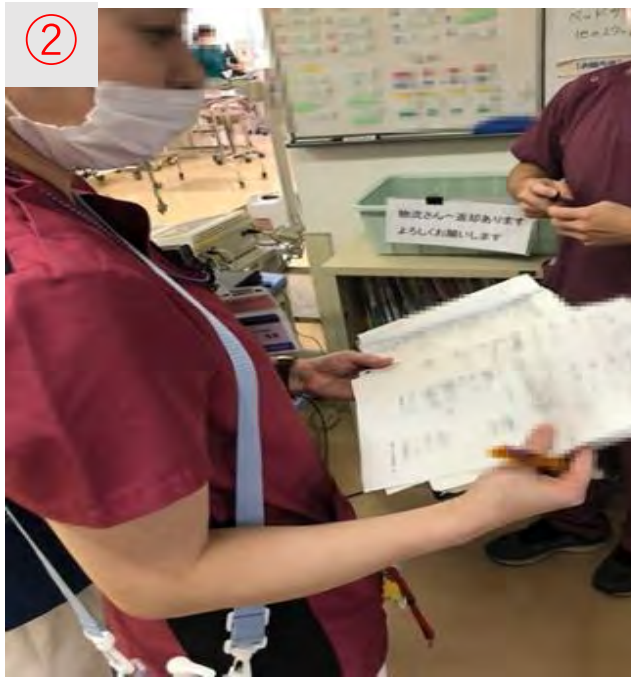
▼

効率化により、**患者との接触する時間 ↑**
医療者が経験を積む時間 ↑

集中治療/ICU の医療現場の実態

非効率な患者管理に起因する医療事故が多発





① 急な指示の変更は紙ベースや口頭で行われ、その後、電子カルテへ入力を行っている。

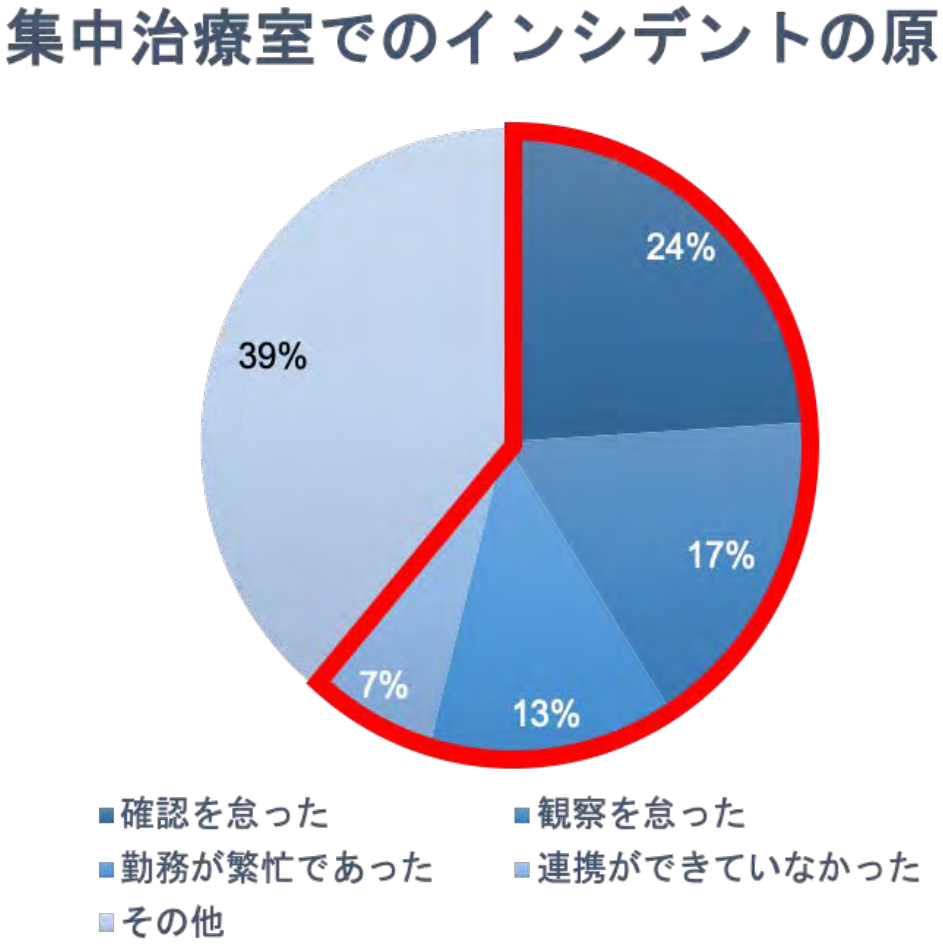
② 病床の入退室管理は紙のリストおよびホワイトボードを使用。

③ 急ぎの際は、口頭指示を手首に巻いたロール紙に記載

当社による横浜市立大学附属病院集中治療部における「業務効率に資するICT導入の評価指標としての医療従事者の業務内容調査」

集中治療/ICU の医療現場の実態

非効率な患者管理に起因する医療事故が多発



“61% の医療事故はリアルタイムかつ継続的な患者監視の不足と医療従事者間の情報共有不足に起因する”

▼

2/3 はシンプルなミス

横浜市立大学附属病院集中治療部における「業務効率に資するICT導入の評価指標としての医療従事者の業務内容調査」

医療分野でのAI活用の意味は？

- 急変を未然もしくは瞬時に察知するアルゴリズムにより医療の質向上
- 業務効率化による働き方改革に資するアルゴリズム構築

アジェンダ

- 医療分野へのAI活用の目的は？
- 当院でAI解析をするときに留意している点
- 当院で開発しているアルゴリズムの紹介

モデル構築プロセス

データ抽出	必要なデータをマスキング，クレンジング処理
前処理	データ内容を処理しやすい数値へ変換したり， データの不整合や欠損があれば修正，補完．各種信号処理.
特徴量生成	モデル開発プログラムへの入力データを生成（複合データ分析,ドメイン知識活用）
モデル生成	ロジスティック回帰、SVM、ランダムフォレスト、XGBoost、Deep Learning関数ロジスティックモデル、メディアパイプ でモデルを生成.
精度評価	Cross Validation等で精度を評価.
変数見直し	パラメタ組み合わせ，次元圧縮，正則化等検討.
最終テスト	テストデータで予測精度を測定.

適宜繰り返し

構造化されていず、時間軸もずれている。

注射指示の変更記録

観察記録

ビッグに間違えたBig Dataとなり、Deep Learning によりディープに間違える可能性がある。

参照：医療・ヘルスケアも「サイバーフィジカルシステム」の仕組みへ

モニターデータは比較的整っている。

日時	[0002-41	[0002-50	E [0002-4	S [0002-4	M [0002-4	D [0002-4	S [0002-4	M [0002-4	D [0002-4	2 [0002-4	2 [0002-5	[0002-51	R [0002-5	I [0002-0	II [0002-0	III [0002-0	VR [0002-	VL [0002-	VF [0002-	V [0002-0	V1 [0002-0	V2 [0002-0	V3 [0002-0	V4 [0002-0	V5 [0002-0	V6 [0002-0	[0002-7	温 [0002-4	温 [0002-4	P [0002-5	n [000
2018-11-24 01:29:00	116	19	115				134	98	85	90	70		15																		
2018-11-24 01:30:00	122	24	106				129	98	85	90	63		16	-0.3	-0.7	-0.4	0.5	0	-0.5		0.2	0.2	-0.3	-0.7	-0.8	-0.6					
2018-11-24 01:31:00	123	16	124							92	56		18	-0.4	-0.7	-0.3	0.5	0	-0.5		0.2	0.1	-0.4	-0.8	-0.9	-0.7					
2018-11-24 01:32:00	125	32	125							93	54		18	-0.4	-0.7	-0.3	0.6	0	-0.5		0.2	0.1	-0.5	-0.9	-1	-0.7					
2018-11-24 01:33:00	129	29	128							94	51		18	-0.4	-0.6	-0.2	0.5	-0.1	-0.4		0.3	0.1	-0.4	-0.9	-0.9	-0.7					
2018-11-24 01:34:00	130	18	130							95	49		18	-1	-0.2	0.9	0.6	-0.9	0.4		0.1	-0.9	-1.4	-1.7	-1.6	-1					
2018-11-24 01:35:00	131	28	127				114	82	69	94	47		18	-0.2	-0.6	-0.4	0.4	0.1	-0.5		0.2	0.3	-0.1	-0.5	-0.6	-0.5					
2018-11-24 01:36:00	132	24	132							94	47	30.7	18	-0.6	-0.8	-0.1	0.7	-0.3	-0.4		0.3	-0.1	-0.8	-1.3	-1.3	-0.9	100			14.7	
2018-11-24 01:37:00	131	24	129	125	76	61				94	45	30.4	18	-0.7	-0.9	-0.2	0.8	-0.3	-0.6		0.4	0.1	-0.7	-1.4	-1.5	-1.1	100			14.8	
2018-11-24 01:38:00	132	21	131							95	43	30.8	18	-0.8	-0.9	0	0.9	-0.4	-0.5		0.5	0	-0.9	-1.6	-1.7	-1.2	99.9			14.8	
2018-11-24 01:39:00	132	26	132	139	90	55				95	42	30.6	18	-0.9	-0.8	0.1	0.9	-0.5	-0.4		0.5	0	-0.9	-1.6	-1.7	-1.2	99.9			15	
2018-11-24 01:40:00	132	25	131	113	72	59				95	41	30.2	18	-1.4	-1	0.4	1.2	-0.9	-0.3		0.5	-0.6	-1.7	-2.5	-2.5	-1.7	100			14.9	
2018-11-24 01:41:00	131	36	121	113	70	57				94	40	30.3	18	-0.9	-1.2	-0.3	1.1	-0.3	-0.7		0.6	0.2	-0.9	-1.8	-1.9	-1.4	100			14.9	
2018-11-24 01:42:00	132	21	131	111	71	58				95	39	30.8	18														100			14.9	
2018-11-24 01:43:00	133	32	133	105	69	57				94	37	30.6	24	-0.9	-1.5	-0.6	1.2	-0.1	-1.1		0.6	0.3	-0.9	-2	-2.1	-1.6	89.5			15.4	
2018-11-24 01:44:00	133	20	133	101	65	55				93	35	31.1	24														89.8			14.9	
2018-11-24 01:45:00	133	23	133	97	63	53				92	34	31	24														89.9		27.4	14.9	
2018-11-24 01:46:00	132	25	132	92	60	51				91	33	31	24	-0.9	-1.4	-0.5	1.2	-0.2	-1		0.5	0.1	-1.1	-2	-2.1	-1.6	89.7		36.3	15.1	
2018-11-24 01:47:00	132	24	132	94	62	48				90	32	30.6	24	-1.1	-0.8	0.3	1	-0.7	-0.3		0.5	-0.2	-1.2	-1.9	-2	-1.4	90.1		36.3	15.1	
2018-11-24 01:48:00	132	24	133	93	63	54				89	32	30.8	24	-0.5	-1.3	-0.8	0.9	0.1	-1		0.4	0.3	-0.6	-1.3	-1.4	-1.1	89.8		36.3	15.2	
2018-11-24 01:49:00	131	21	132	89	61	53				88	31	30.4	24	-0.5	-1.1	-0.7	0.8	0.1	-0.9		0.4	0.4	-0.4	-1.1	-1.2	-1	90.2		36.3	15.2	
2018-11-24 01:50:00	131	30	131	91	61	53				88	31	28.5	24	-1.1	-1.1	0	1.1	-0.6	-0.5		0.7	0.1	-1	-2	-2.1	-1.5	90		36.3	13.4	
2018-11-24 01:51:00	131	27	131	94	64	54				90	31	28.8	24														99.8		36.3	12.3	
2018-11-24 01:52:00	128	34	128	98	66	57				90	34	28.6	24														100		33.8	12.8	
2018-11-24 01:53:00	129	27	129	105	69	58				91	31	28.8	24	-0.7	-0.8	-0.1	0.8	-0.3	-0.5		0.4	0	-0.8	-1.4	-1.5	-1.1	100		36.2	12.1	
2018-11-24 01:54:00	128	25	122	107	71	56				92	31	29	24	-0.6	-1.2	-0.6	0.9	0	-0.9		0.5	0.3	-0.6	-1.4	-1.5	-1.2	100		36.2	12.7	
2018-11-24 01:55:00	129	28	128	110	72	60				93	34	28.7	24														100		36.2	13.5	
2018-11-24 01:56:00	127	24	127	114	73	60				93	34	28.5	24	-1.1	-1.2	-0.1	1.1	-0.5	-0.6		0.4	-0.4	-1.4	-2.2	-2.2	-1.6	100		36.2	13.4	
2018-11-24 01:57:00	126	35	113	113	71	58				93	38	28.9	24	-0.7	-1.2	-0.4	1	-0.1	-0.8		0.5	0.2	-0.8	-1.6	-1.7	-1.3	94.4		36.2	12.9	
2018-11-24 01:58:00	126	24	126	115	73	60				93	34	28.8	24	-0.9	-0.9	0	0.9	-0.4	-0.5		0.3	-0.4	-1.2	-1.8	-1.7	-1.2	94.7		36.2	13.1	
2018-11-24 01:59:00	125	24	123	110	72	59				93	33	29.2	24	-1	-1.1	-0.1	1.1	-0.4	-0.6		0.5	-0.1	-1.2	-2	-2	-1.4	94.9		36.2	12.8	
2018-11-24 02:00:00	126	24	124	110	71	59				93	34	29	24	-0.6	-1.1	-0.5	0.8	0	-0.8		0.3	0.1	-0.7	-1.4	-1.4	-1.1	95		36.2	12.8	
2018-11-24 02:01:00	125	24	125	111	73	59				93	34	28.8	24	-0.7	-0.9	-0.2	0.8	-0.2	-0.6		0.3	-0.2	-0.9	-1.4	-1.5	-1.1	95.1		36.2	13	
2018-11-24 02:02:00	124	25	124	109	71	58				93	33	29	24	-0.4	-0.4	0	0.4	-0.2	-0.2		0	-0.5	-0.8	-0.9	-0.8	-0.5	95		36.2	12.9	
2018-11-24 02:03:00	124	27	124	108	71	58				93	34	28.7	24	-0.3	-0.8	-0.5	0.5	0.1	-0.6		0.3	0.3	-0.2	-0.7	-0.8	-0.7	95.1		36.2	13	
2018-11-24 02:04:00	124	24	117	108	70	57				93	33	28.6	24	-0.4	-1	-0.6	0.7	0.1	-0.8		0.3	0.2	-0.5	-1.1	-1.1	-0.9	94.9		36.2	13.4	
2018-11-24 02:05:00	122	24	122	109	71	58				93	33	28.6	24	-0.8	-0.9	0	0.9	-0.4	-0.5		0.5	0	-0.9	-1.6	-1.7	-1.2	95		36.2	13	
2018-11-24 02:06:00	124	24	124	108	71	58				94	33	29.1	24	-0.4	-0.8	-0.5	0.6	0	-0.7		0.3	0.3	-0.3	-0.9	-1	-0.8	94.9		36.2	11.7	
2018-11-24 02:07:00	123	21	123	109	71	58				94	35	28.9	24	-0.3	-1	-0.7	0.7	0.2	-0.9		0.2	0.1	-0.5	-0.9	-1	-0.8	95		36.2	13	
2018-11-24 02:08:00	123	23	124	110	72	59				94	34	28.9	24	-0.1	-0.8	-0.7	0.4	0.3	-0.7		0.3	0.5	0.1	-0.3	-0.5	-0.4	95.1		36.2	13.4	
2018-11-24 02:09:00	123	26	123	109	71	58				94	32	28.6	24														94.9		36.2	13.1	
2018-11-24 02:10:00	124	28	124	109	71	58				94	33	28.7	24	-0.5	-0.8	-0.3	0.6	-0.1	-0.5		0.2	0	-0.6	-1.1	-1.1	-0.8	95.1		36.2	12.8	
2018-11-24 02:11:00	123	32	123	108	70	57				94	32	29	24	-0.2	-0.6	-0.4	0.4	0.1	-0.5		0.2	0.2	-0.2	-0.6	-0.7	-0.5	94.9		36.1	13	
2018-11-24 02:12:00	123	22	123	109	71	57				94	32	28.4	24	0.1	-0.7	-0.7	0.3	0.4	-0.7		0.3	0.6	0.3	-0.1	-0.3	-0.3	95		36.1	13.1	
2018-11-24 02:13:00	122	25	122	110	71	58				94	33	28	24	-0.5	-0.7	-0.2	0.6	-0.2	-0.4		0.2	-0.1	-0.7	-1.1	-1.1	-0.8	95		36.1	13.4	
2018-11-24 02:14:00	122	30	114	108	69	56				94	32	28.8	24														95.1		36.1	13.1	
2018-11-24 02:15:00	121	22	121	109	70	57				94	32	28.8	24	-0.2	-0.6	-0.4	0.4	0.1	-0.5		0.3	0.3	-0.1	-0.6	-0.7	-0.6	95.2		36.1	12.9	
2018-11-24 02:16:00	122	30	122	109	70	57				93	33	28.7	24	-0.1	-0.4	-0.3	0.3	0.1	-0.4		0.2	0.3	0	-0.3	-0.4	-0.3	95		36.1	13.5	
2018-11-24 02:17:00	122	30	121	106	69	57				93	33	28.8	24	-0.4	-0.2	0.3	0.3	-0.4	0.1		0.2	-0.1	-0.4	-0.7	-0.7	-0.5	95		36.1	11.9	
2018-11-24 02:18:00	122	24	122	106	70	57				93	31	28.6	24	-0.1	-0.8	-0.7	0.5	0.3	-0.7		0.3	0.5	0.1	-0.4	-0.5	-0.5	95.1		36.1	13.3	
2018-11-24 02:19:00	125	30	125	118	75	62				93	31	29.1	25	-0.2	-0.4	-0.2	0.3	0	-0.3		0.2	0.2	-0.1	-0.4	-0.5	-0.4	95.2		36.1	12.4	
2018-11-24 02:20:00	123	24	122	112	72	58				93	33	29	24	-0.5	-0.3	0.2	0.4	-0.4	-0.1		0.2	-0.1	-0.5	-0.9	-0.9	-0.6	94.9		36.1	13	
2018-11-24 02:21:00	123	36	123	115	74	59				92	33	28.6	24	-0.3	-0.5	-0.3	0.4	0	-0.4		0.2	0.1	-0.3	-0.6	-0.7	-0.5	95		36.1	12.9	
2018-11-24 02:22:00	123	29	121	114	74	59				93	33	28.9	25	-0.1	-0.5	-0.4	0.3	0.2	-0.5		0.2	0.4	0.1	-0.3	-0.4	-0.4	95.1		36.1	11.4	
2018-11-24 02:23:00	125	29	124	117	74	60				92	34	28.4	24	-0.6	-0.4	0.2	0.5	-0.4	-0.1		0.3	-0.1	-0.6	-1	-1	-0.7	94.9		36.1	12.9	

患者情報 デイリー モニタ 記事 検査結果 グラフイベント 呼吸器観察 特殊治療観察 バーイベント 観察 処置 看護ケア INその他 OUT 緊急モード 外部機器 LYPROBLEM タイマー DRコール(確認) 持

SYSTEMATIC REVIEW

Machine learning for the prediction of sepsis: a systematic review and meta-analysis of diagnostic test accuracy

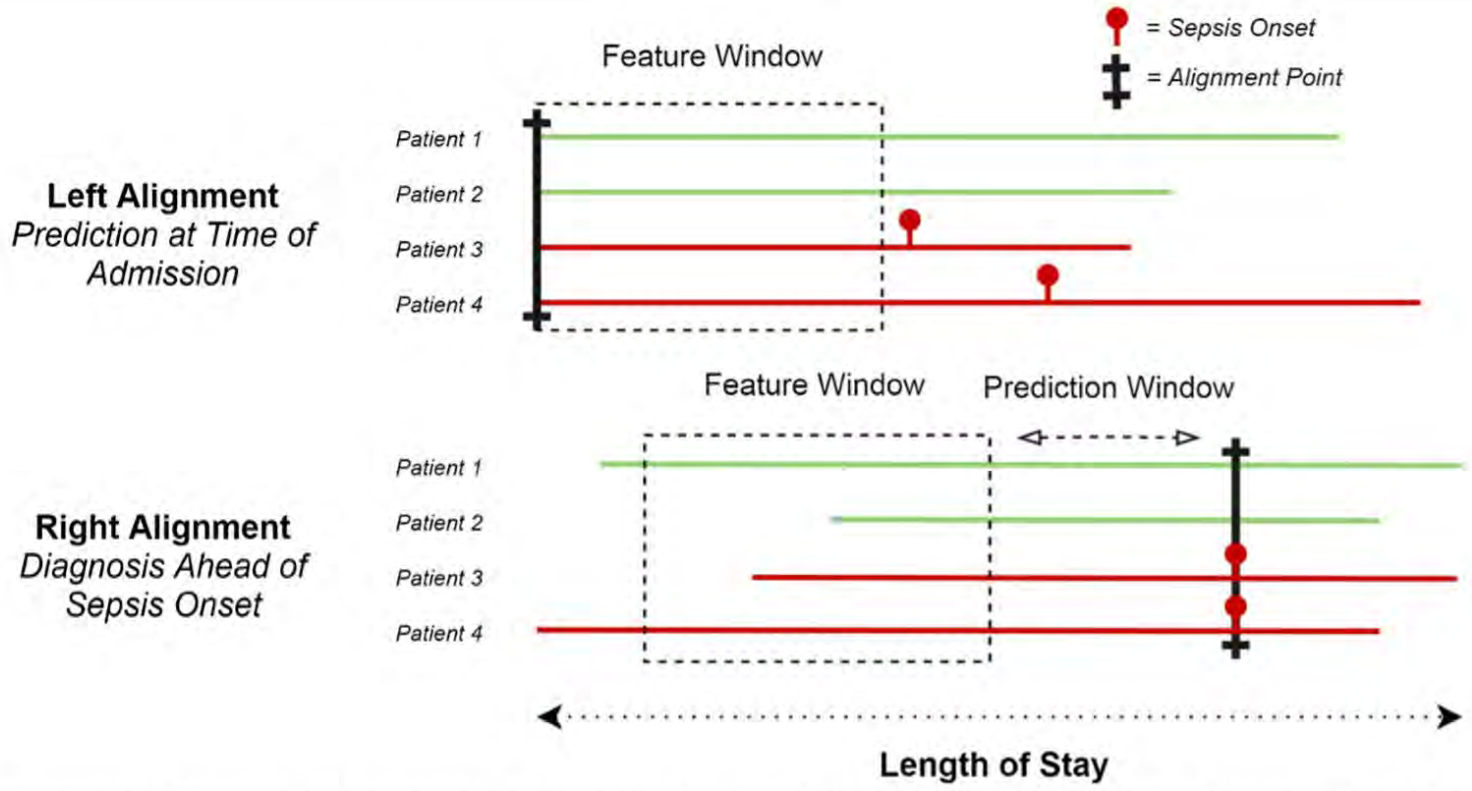
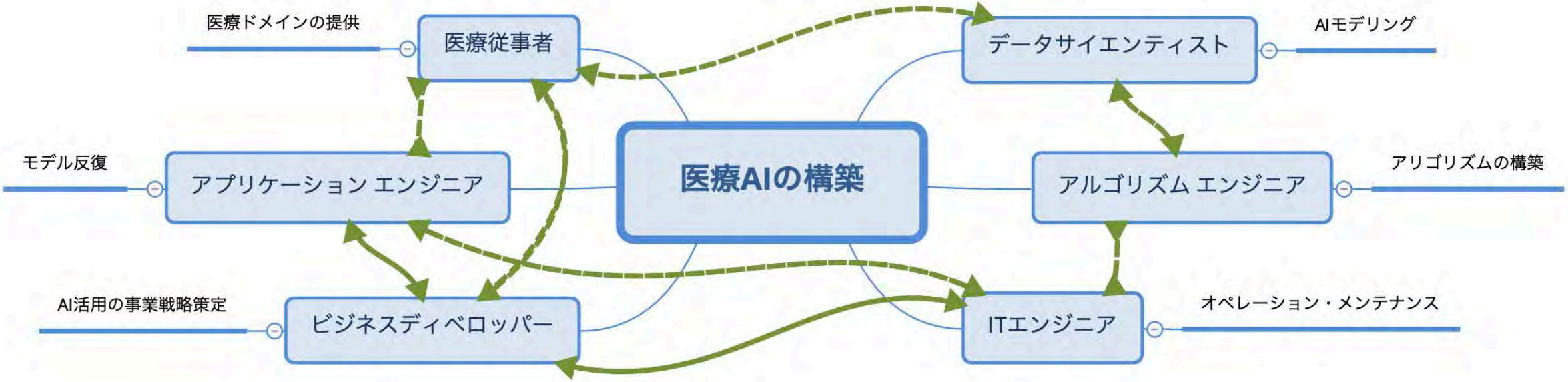


Fig. 1 Left versus right alignment. Left alignment (top) versus right alignment (bottom). Cases are aligned at the alignment point, in the feature window data are collected, the prediction window is the time of the prediction ahead of sepsis onset. *Red* sepsis cases, *green* non-septic cases

予測をするタイミングを設ける事で、AI判定に応じた診療介入などの対応が可能となる。

AIアルゴリズムを作るにはチームビルディングが必要



複数の役割、複数の技術、能力のステークホルダーが集まり構築していく。

ビジョンの共有、共通言語、コミュニケーションの質が問われる。

当院でのAIアルゴリズムの事例紹介

・時系列データを用いたAKI予測モデル構築

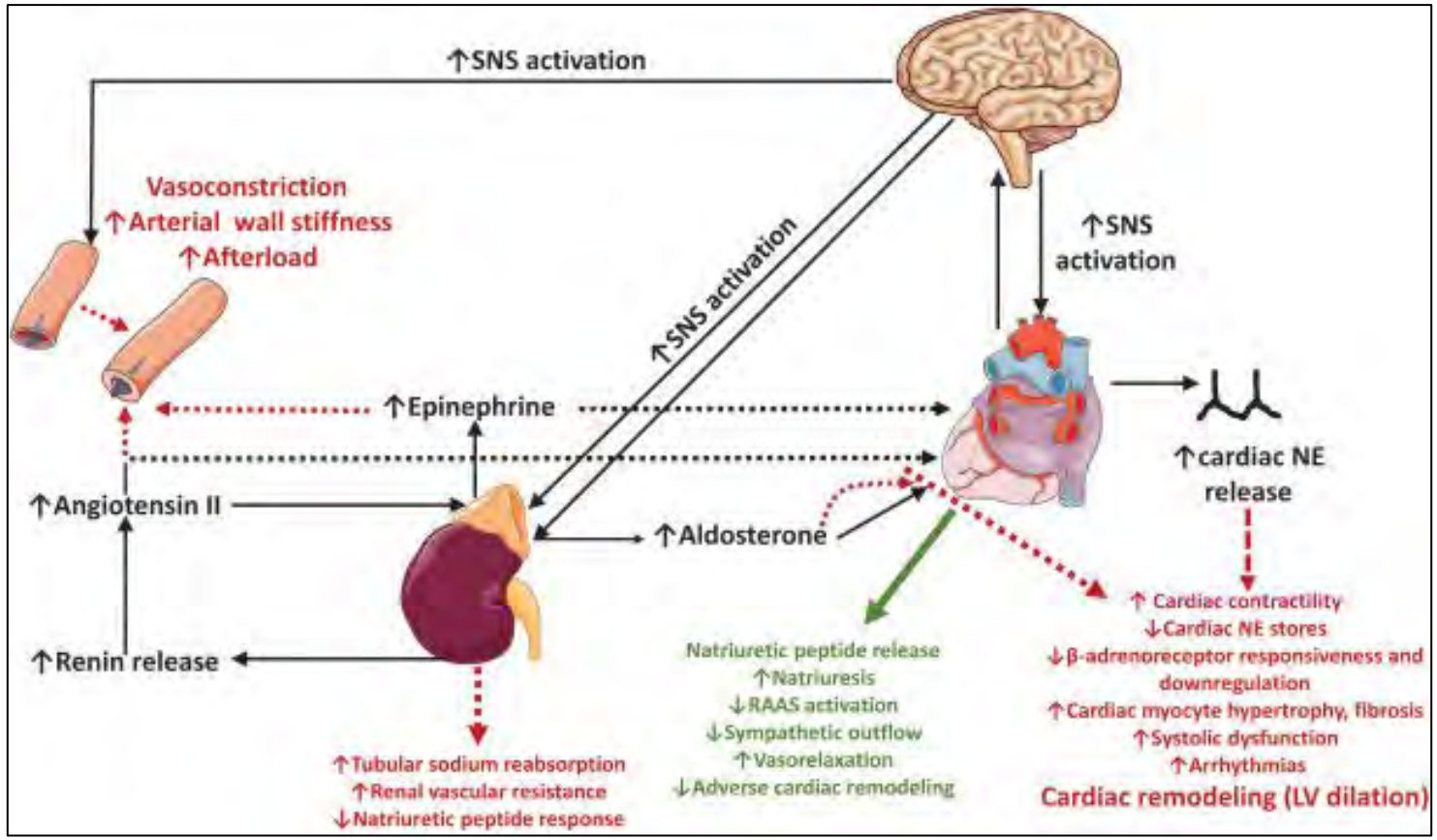
・Hand Trackingを用いたリスク検知モデルの構築

当院でのAIアルゴリズムの事例紹介

・時系列データを用いたAKI予測モデル構築

・Hand Trackingを用いたリスク検知モデルの構築

関数ロジスティックモデルを用いた心臓外科術後のAKIの予測について



Emerging Technologies for Heart Diseases
Volume 1: Treatments for Heart Failure and Valvular Disorders 2020, Pages 359-380

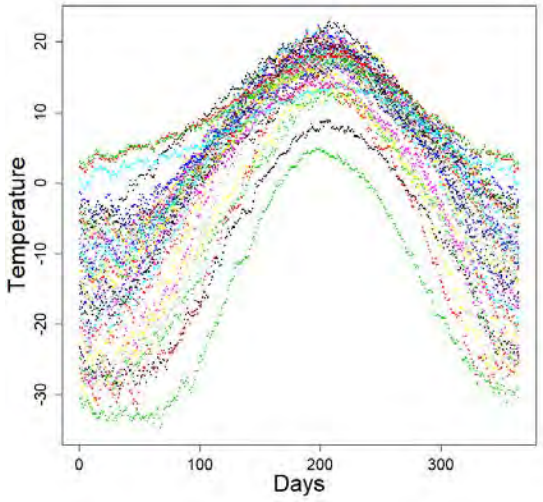
関数データ解析

- 経時測定データは本来連続的に変化しているものと考え、各個体のデータを関数の集合として捉え、解析する方法 (Ramsay and Silverman, 2005)
- 気象データ、時系列遺伝子データ、GPSデータなど様々な分野での応用が報告されている

事例：カナダの35観測所における日別平均気温データ

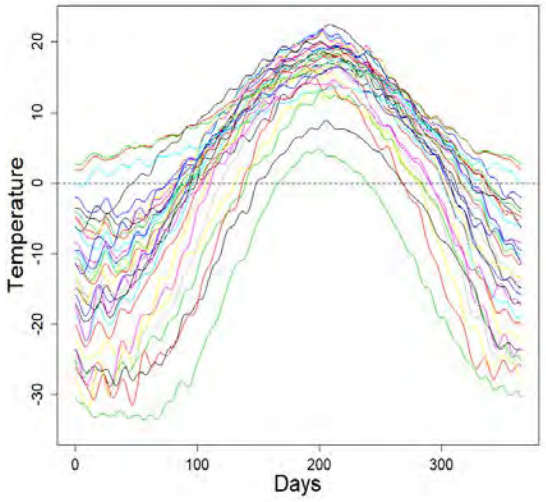
- 35観測所365日分の観測データを35本の気温関数として捉えて、関数の集合を解析する

観測データ



関数化

関数データ

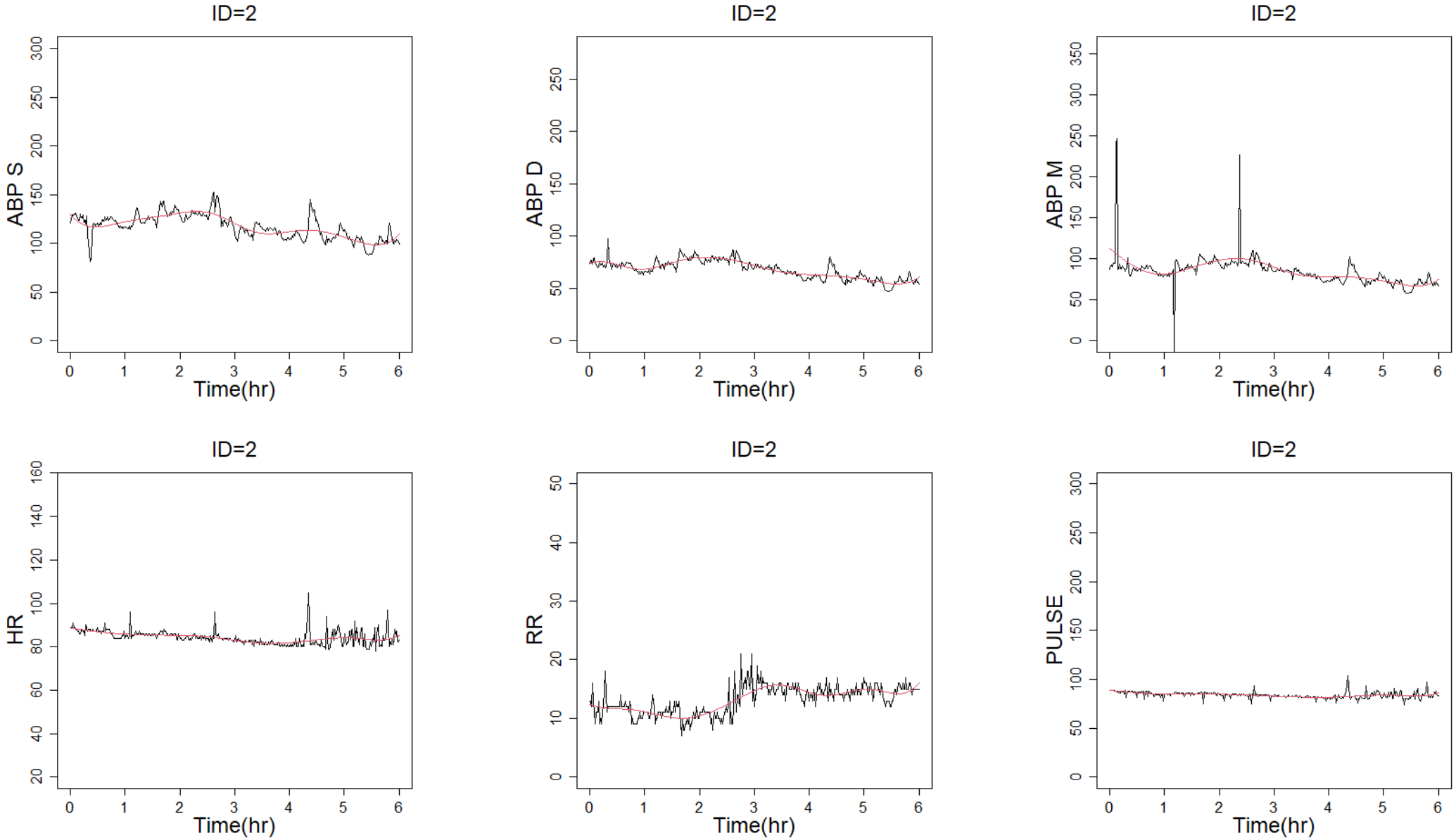


解析

- 回帰分析
- 判別分析
- 主成分分析
- クラスタリング
- 生存時間解析
- etc.

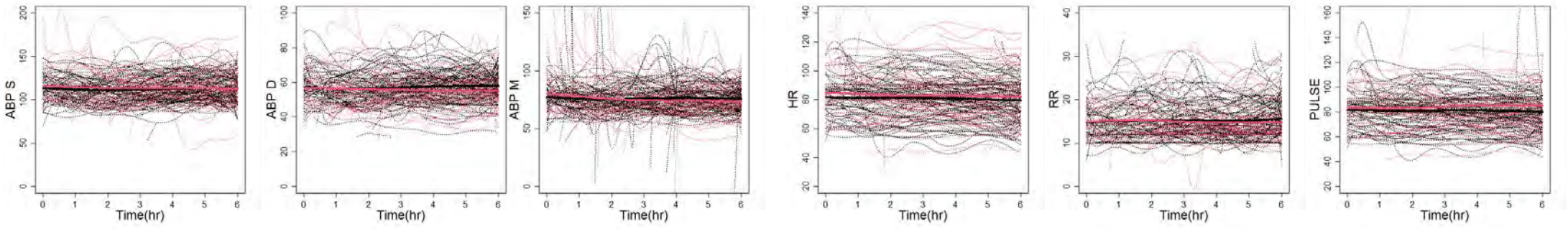
関数データ（個別症例）

＊起点0=ICU入室当日18:00
＊黒：観測データ、赤：関数データ



関数ロジスティックモデルに基づく分類予測：

1. 測定データの関数データ化
   - ➢ スプライン関数により個体毎の全測定データを関数データ化



2. 関数ロジスティックモデル構築
   - ➢ データ　心臓術後患者 211 (AKI 96, non AKI 115)
   - 応答変数$\{y_i; i = 1,2,\dots,n\}$:二値データ（0:AKI発症あり、1: AKI発症なし）
   - 説明変数$\{x_{ik}(t); t \in \mathcal{T}, i = 1,2,\dots,n, k = 1,2,\dots,K\}$ ：K変数関数データ
   - ➢ 条件付き確率を算出

$$\Pr(Y_i = 1|x_i) = \frac{\exp\{y(\beta_0 + \sum_{k=1}^{K}\int_T \beta(t)X(t)dt)\}}{1 + \exp(\beta_0 + \sum_{k=1}^{K}\int_T \beta(t)X(t)dt)}$$

   - ➢ モデル評価基準AICにより変数選択を行い、最適なモデルとして選択
   - ➢ トレーニングデータ/テストデータ（n_{train}=100/n_{test}=115）を3000回分ランダムに作成
   - ➢ 条件付き確率が閾値0.5以上/未満で分類
   - トレーニングデータ：0.80 (0.69-1.00)
   - テストデータ：0.84 (0.78-0.89)

当院でのAIアルゴリズムの事例紹介

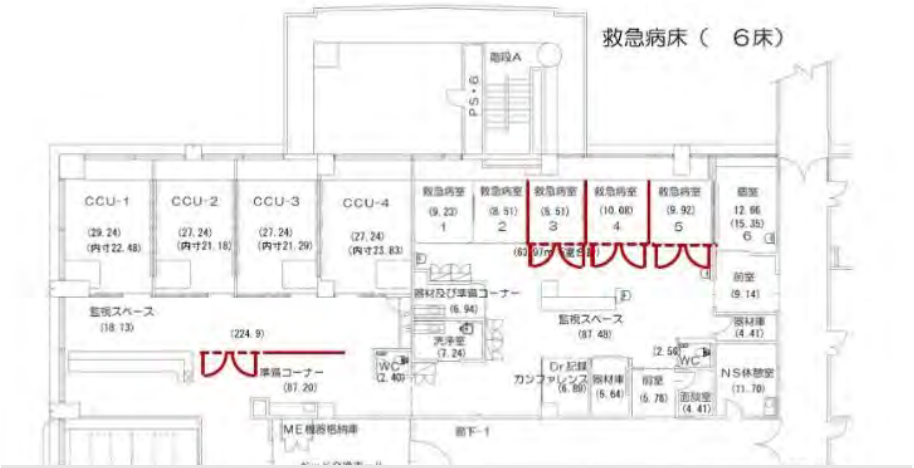
・時系列データを用いたAKI予測モデル構築

・Hand Trackingを用いたリスク検知モデルの構築

集中治療/ICU の医療現場の実態

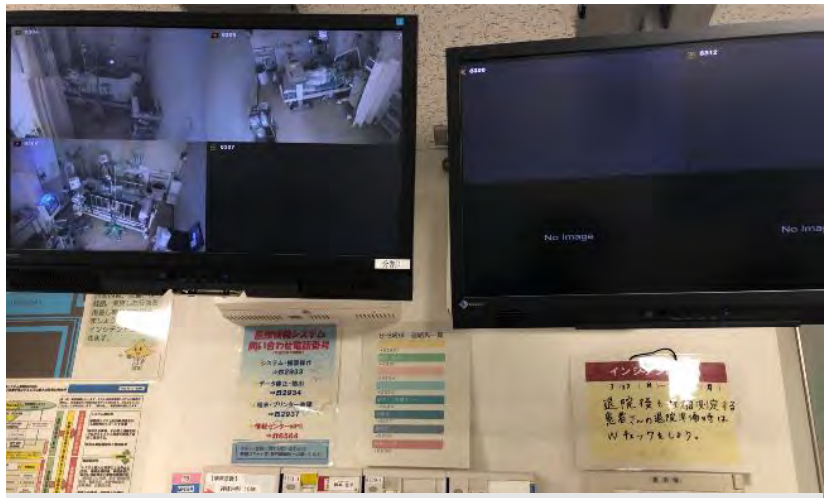
COVID-19 の発生で感じた現場の焦り

COVID-19感染重症患者の隔離が、脆弱な監視・情報共有体制を露呈



COVID-19重症患者を隔離するため
階を跨いだ病床再編を実施

フロアを跨ぐ
病床再編への
対応



隔離病棟に新たに監視カメラを設置
ナースステーションで監視

急変の見落としは患者の命に大きく関わるが、現状の集中治療室のシステムでは、医療従事者が万遍なくリアルタイムに患者状態を把握できず、高品質な医療を提供できない

今、重症系病床で起きてる事

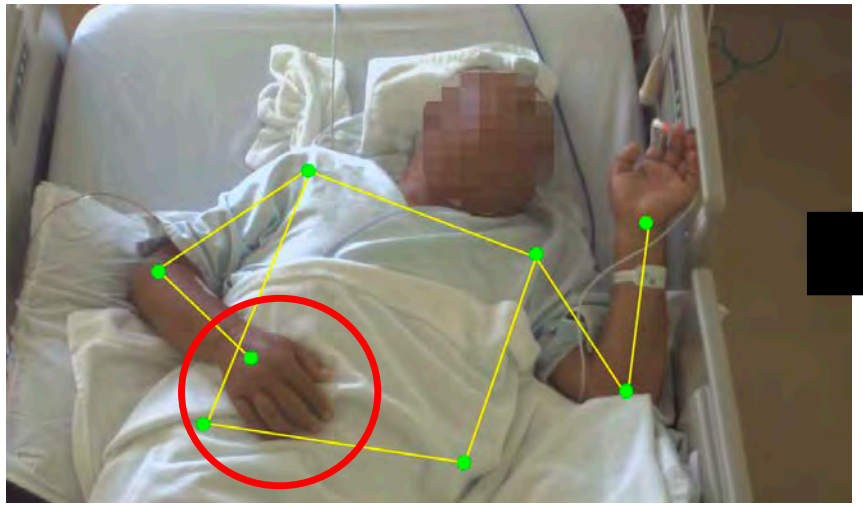
10件/月

カテーテル・ライン類・ドレーン事故抜去

一般病床だった頃の 3 倍

Hand Tracking: 現状の検出フロー

Step1. 姿勢の検出



手の大まかな位置を検出
手の周辺画像のみを抽出

Step2. 掌の検出 (※)

手の詳細な位置や
角度を検出

Step3. 指関節の検出 (※)

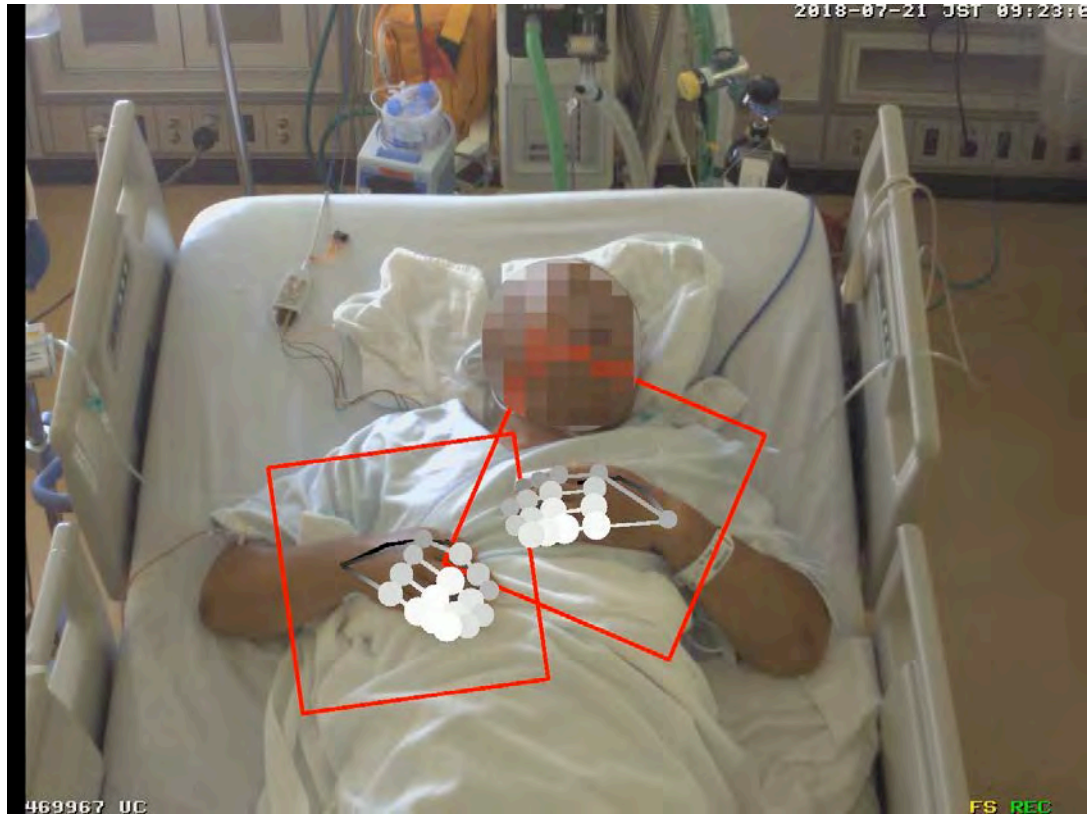
指の細かな動きを
検出

(※) ベースとなる技術はgoogle社提供のMediaPipe Hands

論文: https://arxiv.org/abs/2006.10214

Hand trackingによるリスク検知モデル

フェーズ１：手の動きを検出
フェーズ２：危険行動の検知



本日のまとめ

- 何のために？
- 誰のために？
- どんなメリットがあるのか？
- 解析のためのデータ取得は可能か？
- 適切なチームが組めているか？
- これらをAI開発時に決める事が重要

御清聴ありがとうございました。

質問は下記にお願いします。

shun5323@yokohama-cu.ac.jp