



# リアルワールドの機械学習応用 PreRRSについて

山本 康仁

都立広尾病院 院長補佐

# 略歴

- 1994年 日本大学医学部小児科学教室に入局
- 1996年 横須賀市立市民病院小児科
- 1999年 東京都立広尾病院小児科医員
- 2003年 救急診療科医長、ER看護支援システムを開発
- 2004年 システム開発に関して知事表彰
- 2005年 診療判断支援システム（HiPER）を開発
- 2007年 同小児科医長、IT推進担当兼務
- 2012年 厚生労働科学研究  
「健康危機事象の早期探知システムの実用化に関する研究」共同研究者
- 2015年 都立広尾病院 経営企画室長（小児科部長兼務）
- 2019年 J-SUMMITS代表
- 2023年 院長補佐

小児科学会指導医、アレルギー学会専門医



# 都立広尾病院

## 408床 急性期病院

高度な救命救急  
外傷性疾患に強み  
総合診療基盤

## 不整脈

都内有数の不整脈治療

## 災害医療 センター

島嶼医療基幹病院  
外国人医療  
COVID-19

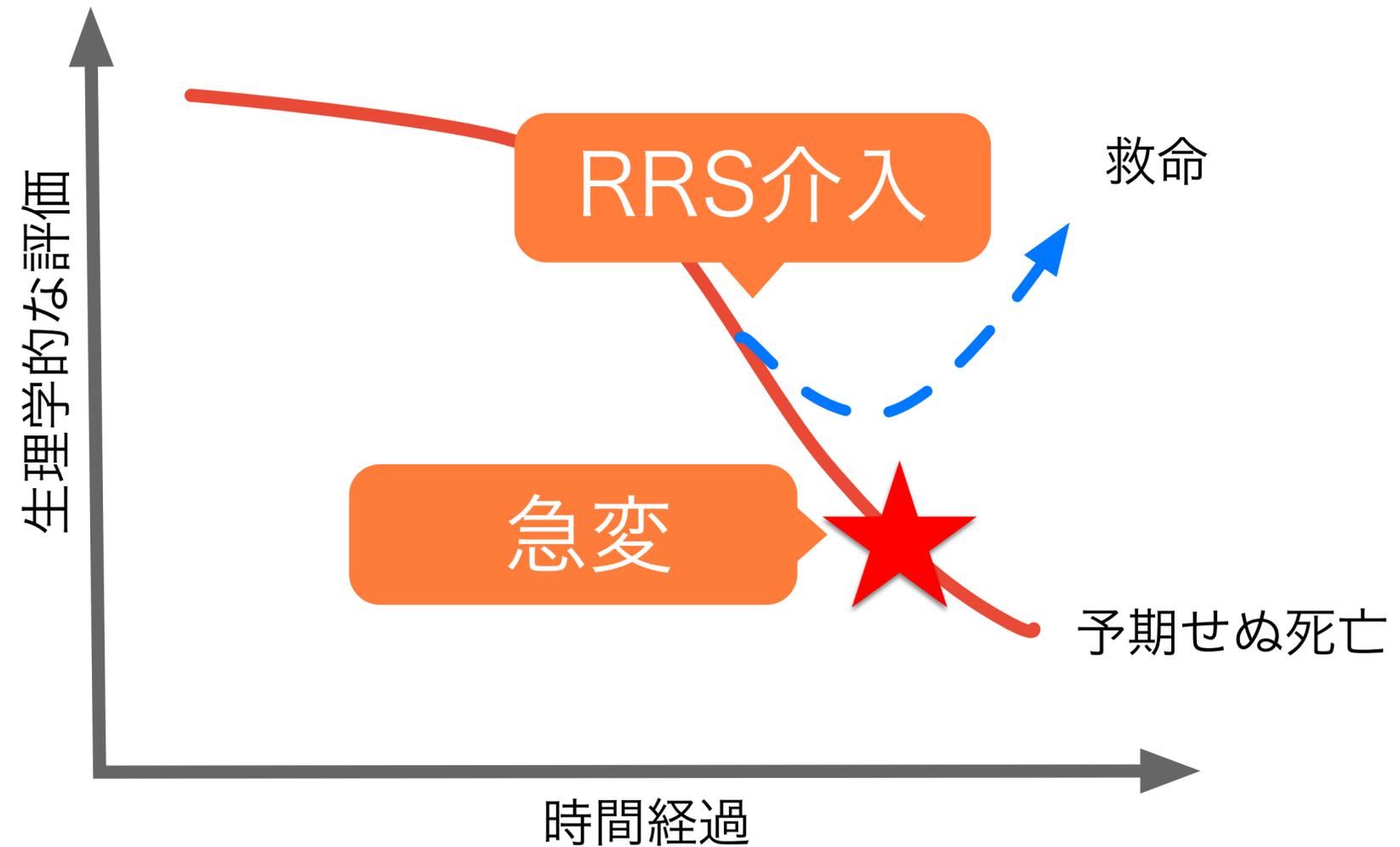
# リアルワールドでの機械学習について

- 前提条件
  - アルゴリズムはすべて、**医師によるレビューが必要**と考える
  - アルゴリズムは継続して評価をする必要があり、**不都合なものは廃止**されなければならない。
  - 隠れマルコフモデル、ルールベース、異常検知アルゴリズムなど基本的に**説明可能なモデル**を中心として、機械学習は制限を設け、エスカレーション待ちとする
  - 機械学習による候補は、**レビュー後にエスカレーション**する

# RRS

• Rapid Response Systemとは

- 重篤な有害事象を軽減
- 入院患者の病態変化に即応
- 院内対応システム（チーム）



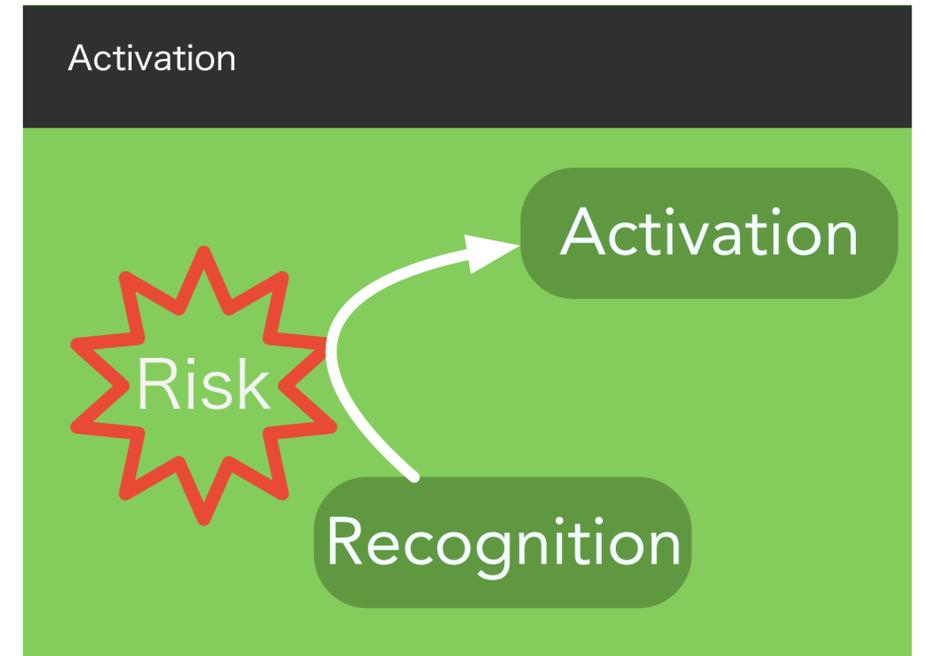
# RRSの有効性

- 効果は確立されていない

著者	デザイン	施設	結果
MERIT trial 2002	CRT	豪 23施設	有意差なし
Haegdorens 2018	CRT	ベルギー 14施設	有意差なし
DeVita et 2004	前後比較	米	院内心停止が減少
Konrad 2009	前後比較	スウェーデン	院内死亡率が低下
COMET trail 2015	前後比較	オランダ 12施設	院内心停止、死亡率減少。ICUは有意差なし

# EWS

- Early Warning Scoreとは
  - 脈拍、血圧、意識レベルなどをスコア化
  - ICU以外の一般病室の急変を検知
  - 1990年代はシングルパラメータだったが2010以降EWS
  - 2014~ 電子カルテ連動の自動化 (NEWS,eCART,AAM)
  - 2016~ AI



# eRRS ver1.0

- 広尾病院の電子RRSシステムの概要
- 電子カルテ連動（バイタル、記載、アラーム設定等）
- マルチパラメータトリガーとEWSの併用、PHS音声での連絡
- 関係者の行動追跡、患者移動による自動ロギング
- RRSチームテンプレート連動
- 月1回のチームカンファレンスにシステム検証を追加

Check and Improvement

Data clection

System Improvements

# eRRS ver1.0

- Ver1.0の結果
- システム起動回数 9件/3ヶ月
- 院内急変回数 4件/3ヶ月
- ログ解析の結果、急変前後3時間の記録がなく、入力遅延は2時間

		R4年度第四四半期 (2023.1~3)
RRS起動件数		10件
患者の平均年齢		76.3歳
発報から現場到着までの平均時間		8分
平均対応時間		25分
RRS起動者	システム発報	9件
	看護師による発報	1件
RRS対応後の転帰	経過観察	10件
	ユニット移動	0件
	死亡	0件
急変リスク	低リスク	0件
	低~中リスク	0件
	中リスク	1件
	高リスク	9件
コードブルー件数		4件/3か月

# eRRRSの問題点と改善策 「PreRRS」とは

- Rapid Response System (RRS) で利用するEarly Warning Score (EWS) は、看護師が確認したバイタルの入力で構成されるが、**入力遅延がある**
- 入力遅延を補うため、PreRRSシステムを開発した。
- 医療機器から得られるバイタルサインを直接利用して、患者の状態に異常がある場合に看護師へ即座に通知、バイタル入力を促す。
- EWSと独立
- 情報は加工せず示し、医療判断に影響を与えないように配慮

# PreRRS

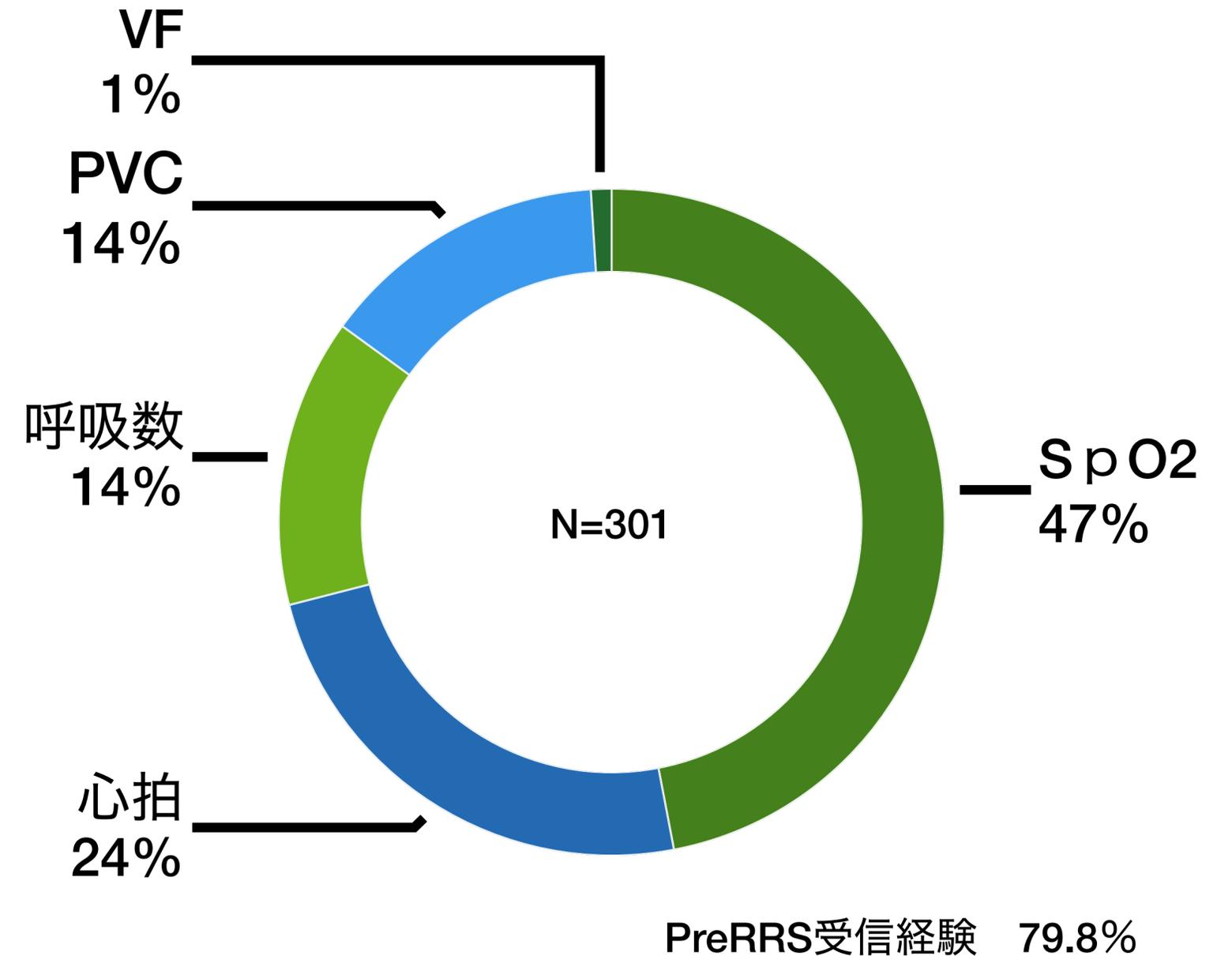
- PreRRSの追加

- 病棟横断的生体モニター監視
- 1分間隔/24時間、病態連動
- 病棟看護師に「気づき」を提供する
- 異常バイタルあれば、対応だけでなく記録も促す
- 担当看護師追跡、電話連絡到達監視、レスポンス監視



# PreRRSの認知

- 看護師の認知ではSpO2、心拍が2/3を超える
- PreRRSの発報を受けた看護師は全員患者を訪室して確認



# PreRRSローンチ時構成

- 機械学習とカルテ記載分析

- 看護師のAlarm Fatigueを防止

- 酸素飽和度、心拍数、呼吸を解析

- カルテ記録から閾値設定、COPD、不整脈、睡眠時無呼吸などに個別に対応

- 過去10分間のトレンドを分析、複数の指標から体動、測定エラー、センサー脱落を分離



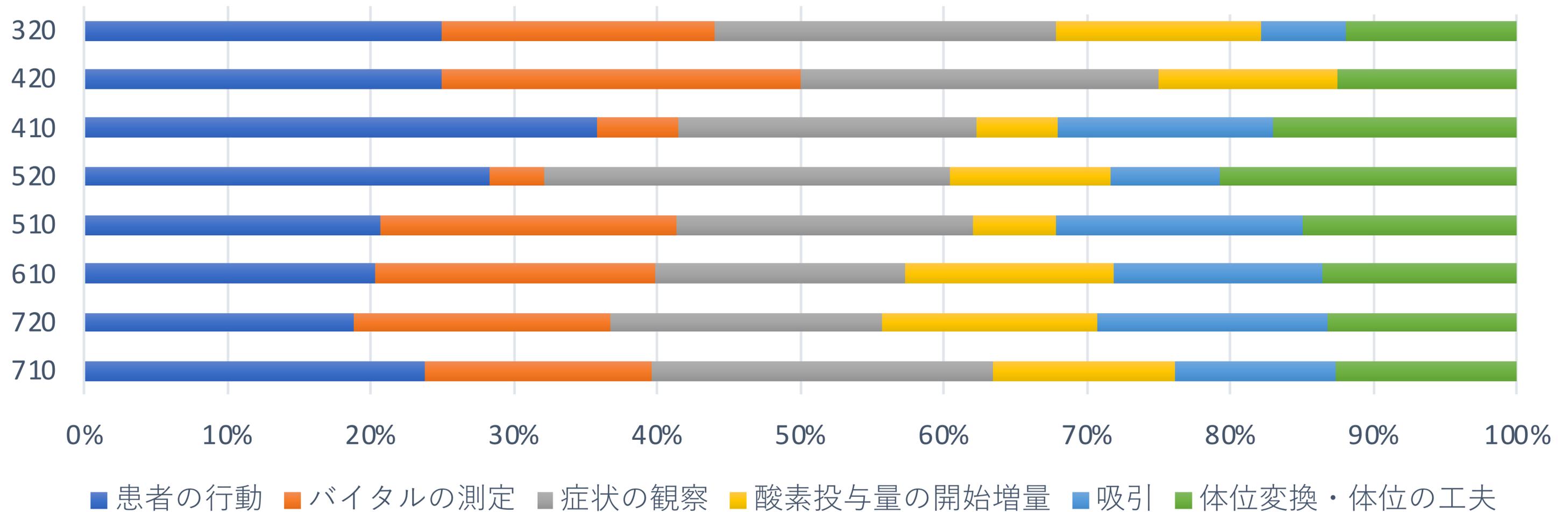
# 行動解析

- preRRS、eRRSに実装
- PreRRS発生後の看護師の行動を電子カルテアクセスから測定
- 関連する看護記録の自動採取
- 一時的緩和条件の提案と、レスポンスの計測
- 血液検査、モニターの脱着などから患者の状況をリアルタイム観測
- Apacheスコア、SOFAスコアの自動計算
- イベント発生時の**患者病態のスナップショット**の保存

# 発報時の対応

訪室して行ったこと

N=147 (回答数557)

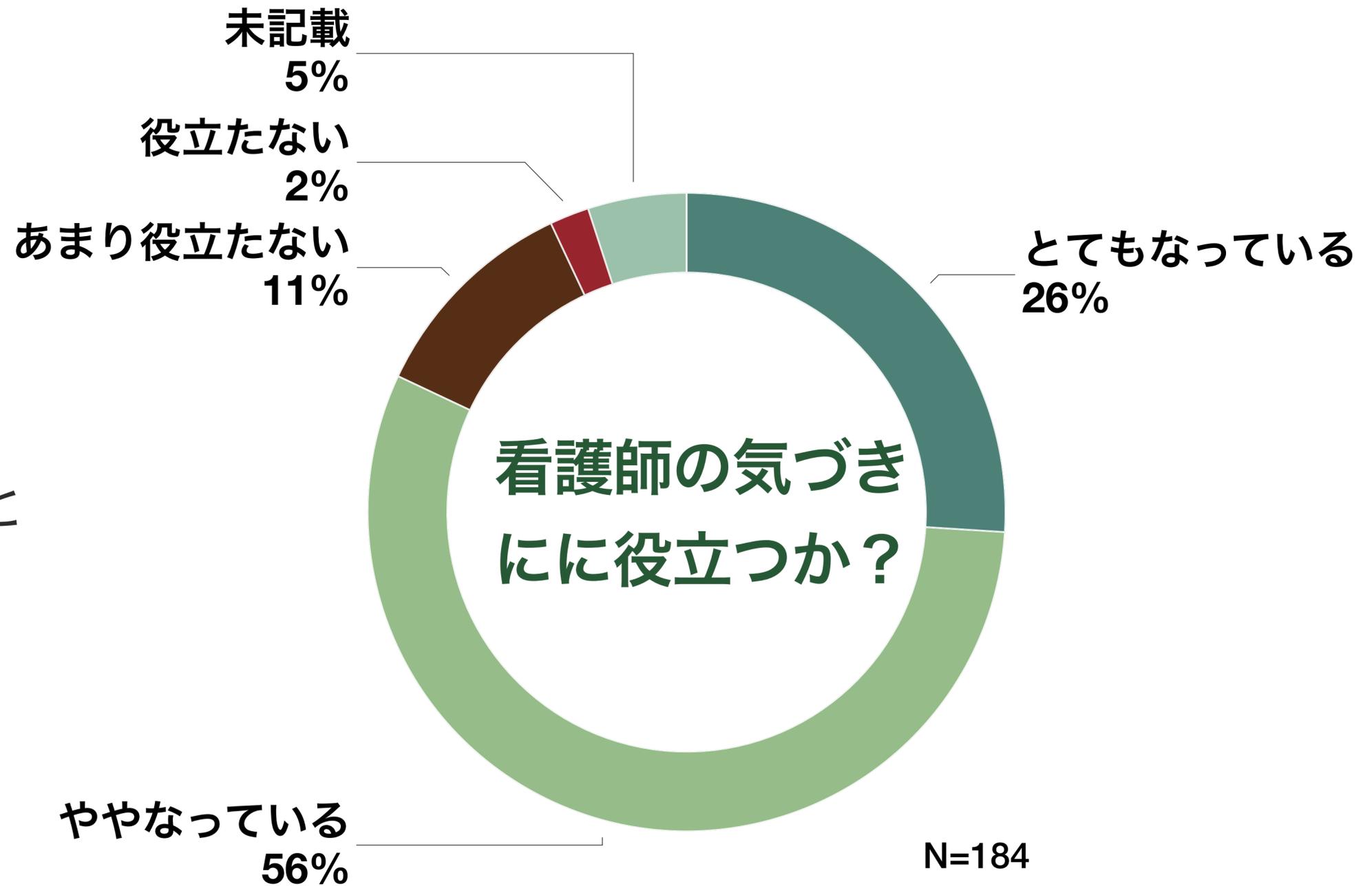


PreRRSの看護師へのアンケート調査 配布数193、回答率95.3%

• 4割の患者に医療行為が実施

# PreRRSの評価

- 肯定的な意見が8割
- 否定的な回答は18%
- PVC、呼吸数の誤報が多いという指摘



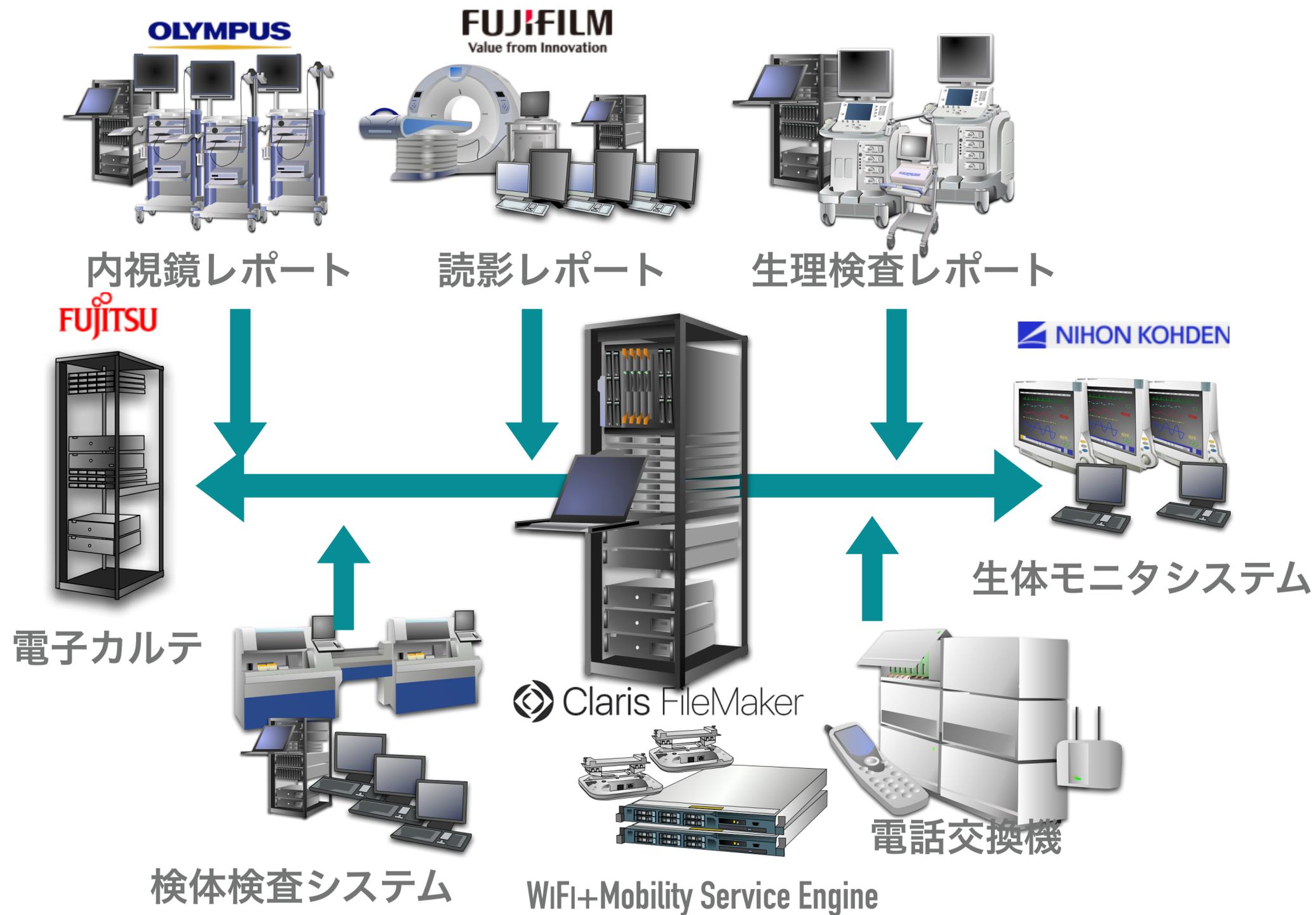
# PreRRSの強化

- 病態理解と機械学習を組み合わせた24時間モニター監視
- センサー脱落検知に関し、重症度を考慮した小児の面会時間で警告抑制
- 異常検知に加え、体動を予測した呼吸数の取得
- HRとVPCを組み合わせた意味のある不整脈の検出
- 睡眠時無呼吸のカルテ記載に連動した呼吸抑制の検知アルゴリズム変更
- 既知の心室性期外収縮など不整脈によるVPC警告の抑制
- ペースメーカー装着による生体モニターの計測エラーの抑制

# HiPER2.0

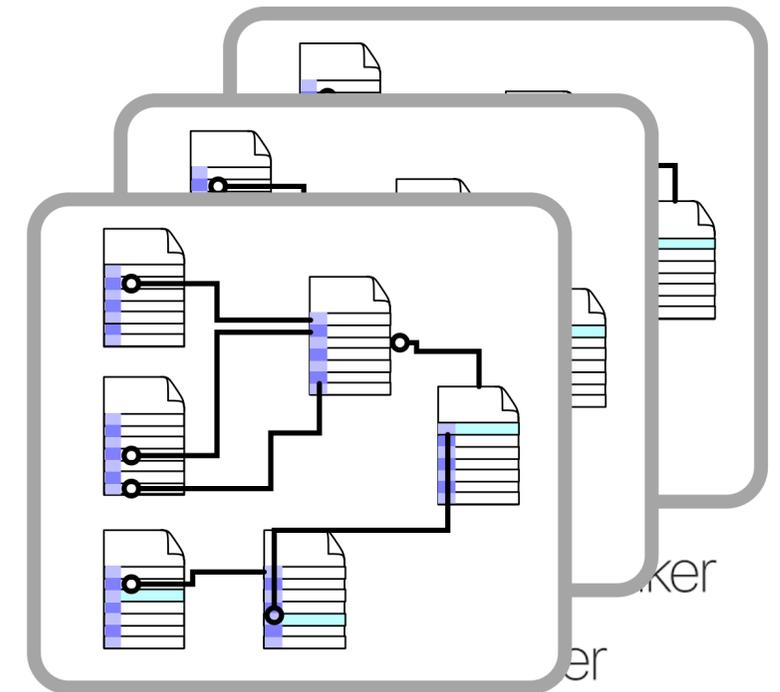
- eRRSを実現する基本構成

- 2005 診療判断支援
- 2007 音声合成、位置情報活用
- 2008 情報収集解析(ESB)
- 2013 重症系モニタ接続
- 2015 WIFI位置情報
- 2023 全生体モニタ接続



# Modeling modules

- 各種データを組み合わせ、クレンジングしつつ意味構築
- Claris FileMaker Serverと10Gbで接続した複数の仮想化クライアントのFileMaker Proで構築
- リアルタイム処理
- SpO2測定時のPRと、同時に測定したHRを比較
- COPDや睡眠時無呼吸など基礎疾患に応じたアルゴリズムの差し替え

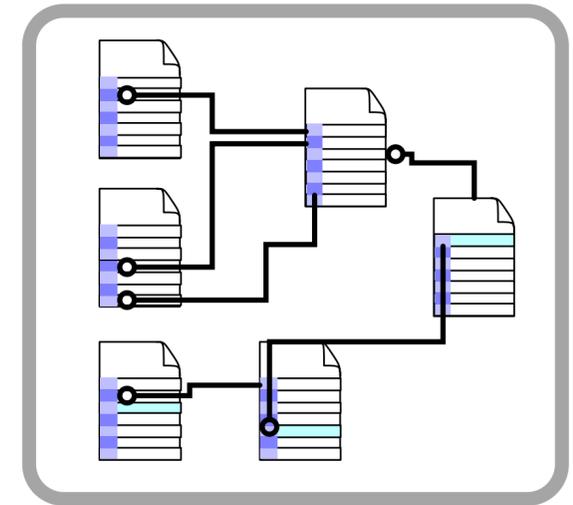


 Claris FileMaker

**Modeling modules**

# Natural language Processing

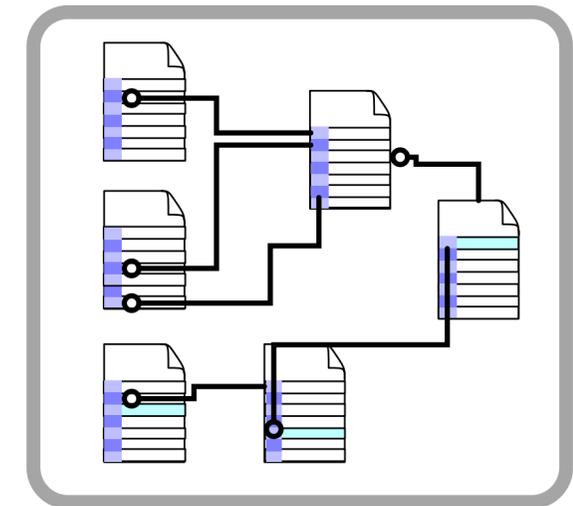
- 分かち書きを行わない、独自の自然言語処理
- PSP（サーバーサイドスクリプト処理）
- 記載診療科、文脈などを考慮した略語処理を得意
- 日本語ベース、最長一致型で専門用語に強い
- 箇条書きの認識、定型文などの除外、確定、否定、曖昧表現の分離など、使用用途に特化



Claris FileMaker  
**Natural language  
Processing**

# Machine Learning

- 隠れマルコフモデルを基礎とする独自エンジン
- 病態など考慮しつつ、関連するパラメータの交絡を考慮したモデリング
- ホテリング理論を簡素化して使用
- バイタル情報など生体が本来もつ恒常性に注目しつつ、逸脱状態を判別
- 効率的な演算処理（1分ごとに200人分を処理）



 Claris FileMaker

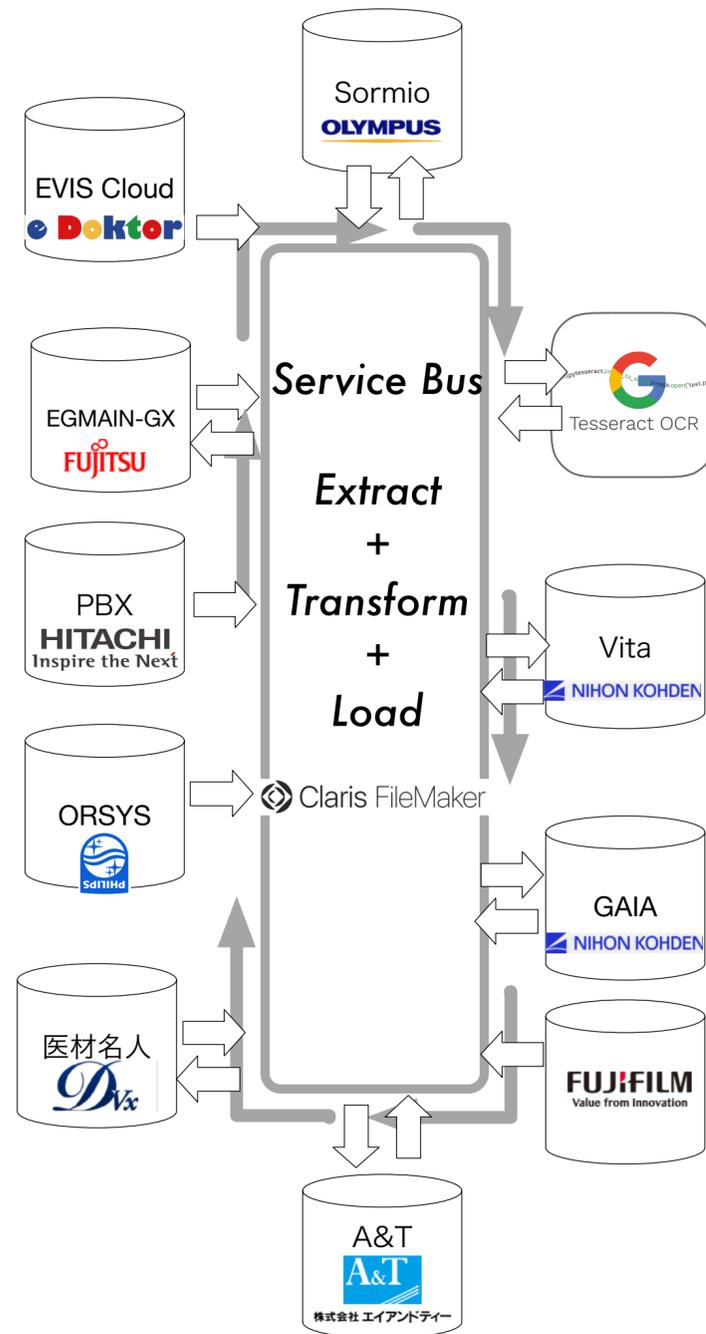
**Machine Learning**

# 複雑機構

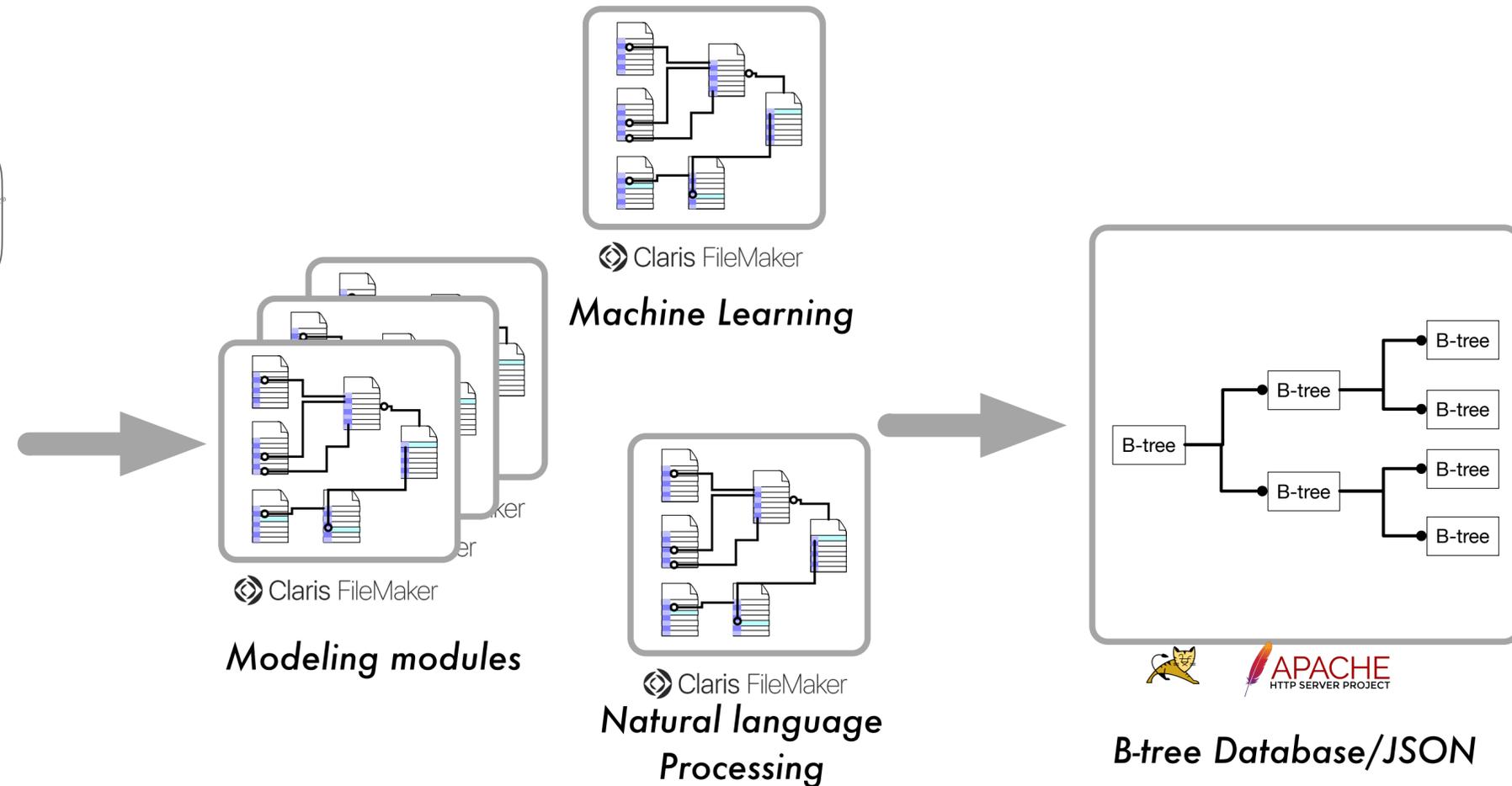
- (例) ICD植え込み手術に関連する、心拍評価アルゴリズムの変更
- 手術実施システムのXMLをXSLTで変換、手術実施内容を解析
- ICD抜去は手術術式名のみでは判断できないため、あらたに手術使用物品を特定するPOSを開発
- 物品および手術記録の自然文解析を経て、ただしくICD抜去を検知
- ペースメーカー、ICD植え込み患者の場合、生体モニターは正しくHR,VPCを検出できないため、評価アルゴリズム変更



# HiPER2.0



- 主要コンポーネントはClaris FileMakerで構築
- ESB、自然言語処理、機械学習もClaris FileMaker



- UIはFileMakerからのJSONをもとにjavascriptで実装



# PreRRS Dashboard

- 開発用ダッシュボード

**病態把握状況**

患者ID: [redacted] 病室: 72 入室時間: 17:36:00

**学習後閾値**

**Vital data**

HR	SpO2	RESP	MEAN	DIAS	SYS	TEMP	FIO2	尿量	意識										
83	72	100	98	32	20	82	66	72	55	103	89	36.3	36.3	22					
91	72	100	88	34	17	108	39	100	43	125	32	36.2	36.2	25	150/23	6	12		
104	61	100	94	43	17	108	38	100	33	125	48	38.1	35.8	25	150/23	6	13		
104	76	98	88	42	21	110	45	93	39	146	58	38.1	36.5	49	1240/37	33	300	16	
96	75	98	93	22	18	110	102	93	83	146	141	36.6	36	22	2080/31	66	9		
91	75		18	18	102	102	83	83	141	141	36.6	36.6	22				10	6	
108	66	98	93	36	18	97	52	85	43	122	72	37.1	36	4	2550/16	154	3	16	
108	82	98	95	38	22	97	75	88	94	94	37.1	36.3	22				3	14	
94	86	96	91	31	30	78	75	65	60	104	107	36.6	36	22				3	13
105	87	96	92	28	20	95	77	87	63	113	106	37.3	36.6	22				3	12
85	84	94	92	28	24	90	89	77	77	117	113	36.7	36.4	22				3	9
101	91	99	98	18	18	100	91	88	79	126	117	36.9	36.9	22				3	9
94	84	96	96	18	16	96	89	83	74	124	119	36.5	36	22				3	9
100	80	98	92	18	15	100	98	88	84	125	128	37	36.6	22				3	9
97	95	97	94	16	16	125	110	112	98	151	136	37	36.7	22				3	9
91	60	98	86	20	16	108	91	97	86	131	103	36.6	36					3	6

**Event log**

**EWS**

**懸念情報 自然文解析**

**Data after data cleansing**

**心拍数トレンド**

**酸素飽和度**

**呼吸数**

**Log**

**Cache Module**

**電話対応 行動log**

**Process Log**

**Event list ID:**

SpO2, HR, RESP, SYS, DIAS, PVC

# eRRS ver2.0

- NEWS2、マルチトリガーの自動警告
- 手術室退室直後の意識レベル・体温の変動除外
- ICUからの帰室後の警告抑制
- COPDを考慮したNEWS2、年齢層別に初期パラメータ
- 看護記録から看護師の懸念事項を判別する専用自然文解析を実装
- 警告発生時にリアルタイムバイタルでNEWS2を算出しエラーを抑制



# 医療DXの実現

- 素早い正確な伝達がもたらす、あらたなコミュニケーション



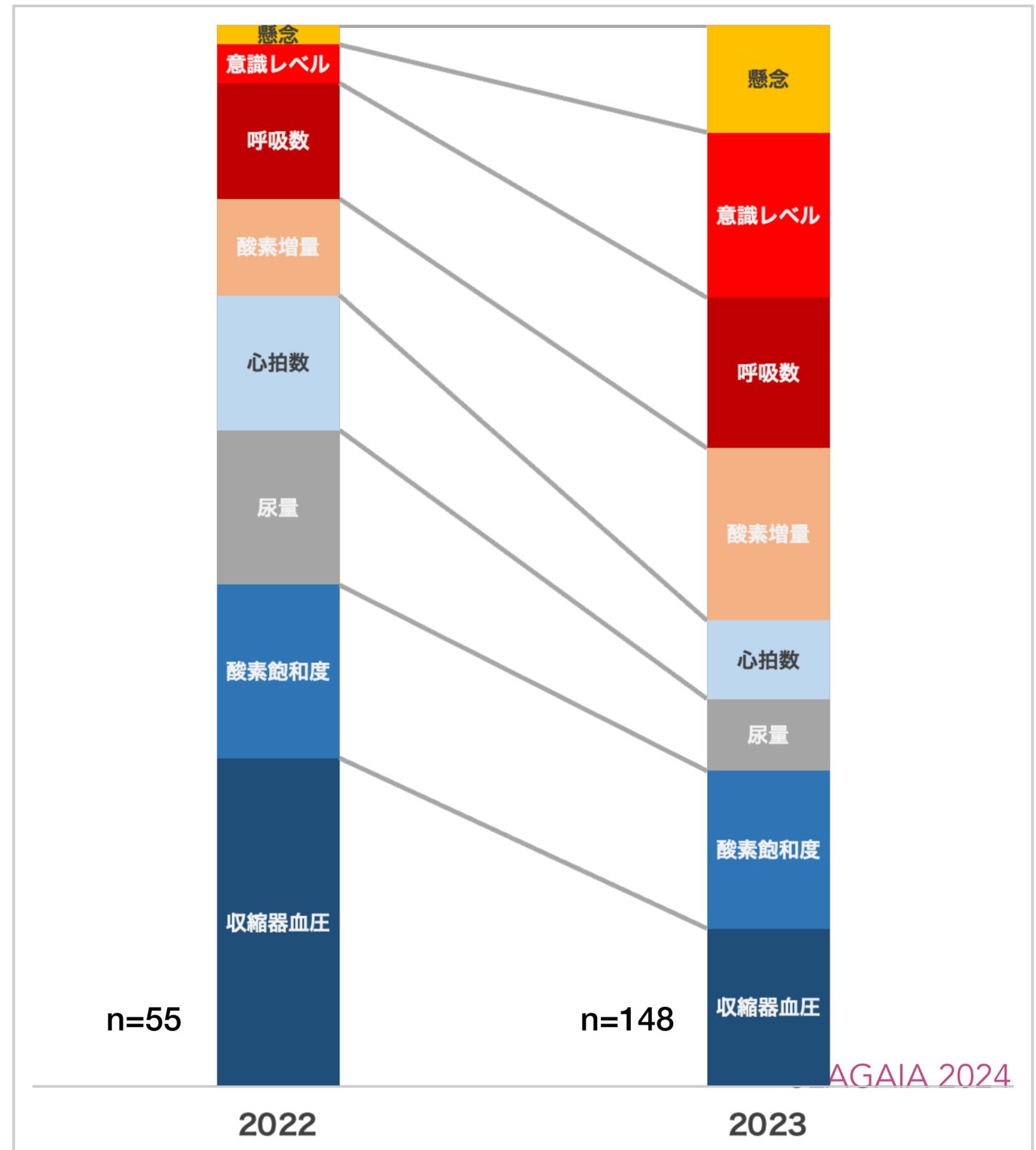
項目	測定時刻	00:00	03:24	07:19	09:20	10:06	16:20
体温		39.5	38.5	38.0	37.5		
心拍数		133	140	127			
呼吸数		22	32	20			
上限期血圧		95			105		
下限期血圧		60			79		

測定	SpO <sub>2</sub> 経皮的酸素飽和度	91% : 82% : 81% : 85% : 85%	85% : 87% : 81%	91% : 82%
酸素吸入	吹き流し5L:吹き流し5L:吹き流し4L	吹き流し4L:吹き流し4L:加5.0L/分:吹き流し5L	吹き流し5L:吹き流し6L	

# RRS発報理由

- PreRRS追加により、「患者に対する懸念」「意識レベル」「酸素増量」の割合が増加
- RRS発報は看護師のカルテ入力情報からAIが発報
- 看護の積極的観察に基づくものが増加しており、看護の行動変容をもたらしている



# eRRS ver2.0

- ver1.0からver2.0(PreRRS) の連結結果

■ RRS起動件数が3倍へ増加

■ 急変回数が半減

	0:00~ 8:00	8:00~ 17:00	17:00~ 24:00	入院あたり 発生率
2020年度	3	6	2	1.79%。
2021年度	3	6	3	2.19%。
2022年度	7	9	1	2.40%。
<b>2023年度</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1.17%。</b>

コードブルー発生件数

		R4年度第四四半期 (2023.1~3)	R5年度第一四半期 (2023.4~9)
RRS起動件数		10件	<b>65件</b>
患者の平均年齢		76.3歳	69.17歳
発報から現場到着までの平均時間		8分	8分
平均対応時間		25分	19分
RRS起動者	システム発報	9件	64件
	看護師による発報	1件	1件
RRS対応後の 転帰	経過観察	10件	64件
	ユニット移動	0件	1件
	死亡	0件	0件
急変リスク	低リスク	0件	<b>20件</b>
	低~中リスク	0件	<b>2件</b>
	中リスク	1件	<b>9件</b>
	高リスク	9件	<b>31件</b>
コードブルー件数		<b>4件/3か月</b>	<b>4件/6か月</b>

# 結語

- 看護師が確認したバイタルの入力で構成するEarly Warning Score (EWS) の遅延を改善するために、Rapid Response System (RRS) を補完するPreRRSシステムを開発した。
- 医療スタッフの作業負担を軽減したとはいえないが、看護師の行動変容をもたらし、**病棟急変が半減し、予期しない心停止を減らすことが出来た\***
- リアルタイムのモニタリングを通じた早期介入の可能性を示し、医療現場でのコミュニケーションの活性化と**対応力向上に寄与**するだろう

“DXによる変化は、情報技術を通して「現実」が  
徐々に混ざり合い、結び付けられること。”

-Erik Stolteman 2004