

第2回関東甲信越臨床工学会及び第5回神奈川県臨床工学会

機械学習を用いたNPPVレンタル機稼働台数予測によるコストカットの検討

演者：佐藤諒¹⁾²⁾、古山博規²⁾、遠藤太一²⁾、渡邊研人¹⁾、中井歩¹⁾、高澤賢次³⁾
所属：JCHO東京山手メディカルセンター臨床工学部¹⁾、臨床工学機械学習研究会²⁾
JCHO東京山手メディカルセンター心臓血管外科³⁾



独立行政法人 地域医療機能推進機構
Japan Community Health care Organization : JCHO
東京山手メディカルセンター
Tokyo Yamate Medical Center

第2回関東甲信越臨床工学会及び
第5回神奈川県臨床工学会
COI開示

筆頭発表者名：佐藤 諒

演題発表に関連し、開示すべきCOI関係
にある企業などはありません。

背景 1)

新型コロナウイルス感染拡大による病院経営状況の調査

2021.6.3

■コロナ患者受入状況における経営指標の比較（コロナ患者入院受入あり）

(単位：千円) ※数値は平均値	1月分 n=597 平均病床数：394			2月分 n=574 平均病床数：397			3月分 n=550 平均病床数：404		
	2020年	2021年	前年比	2020年	2021年	前年比	2020年	2021年	前年比
医療収益	981,070	934,785	-4.7%	950,921	898,343	-5.5%	1,021,706	1,061,117	3.9%
入院診療収入	643,178	613,923	-4.5%	627,714	584,478	-6.9%	665,240	673,709	1.3%
外来診療収入	296,729	283,015	-4.6%	283,035	276,969	-2.1%	305,807	334,397	9.3%
健診・人間ドック等収入	15,544	14,607	-6.0%	14,701	14,035	-4.5%	15,858	17,605	11.0%
室料差額・その他医療収入 ※補助金・繰入金・支援金除く	25,619	23,241	-9.3%	25,470	22,860	-10.2%	34,801	35,406	1.7%
医療費用	941,559	936,652	-0.5%	951,872	946,420	-0.6%	1,201,249	1,265,222	5.3%
医薬品費	174,821	167,263	-4.3%	172,556	167,008	-3.2%	167,043	185,649	11.1%
診療材料費	104,788	100,714	-3.9%	115,632	103,135	-10.8%	114,442	122,352	6.9%
給与費	454,796	458,094	0.7%	454,522	460,100	1.2%	569,671	584,566	2.6%
その他経費	207,155	210,580	1.7%	209,161	216,178	3.4%	350,094	372,654	6.4%
医療利益	39,511	-1,866		-952	-48,077		-179,543	-204,105	

1) 一般社団法人日本病院会他. 新型コロナウイルス感染拡大による病院経営状況の調査（2020年度第1四半期）-結果報告-（概要版）

背景



当院の特徴

- ・ 立地：東京都新宿区（人口346,273人）
- ・ 急性期総合病院
- ・ 許可病床数：418床（内ICU：6床）



NPPV（非侵襲的陽圧換気療法）の管理

- ・ 機器：PHILIPS社製「V60」
- ・ 運用：レンタル・月間コスト約9万円/台
※日割り計算なし，借りたら月末までレンタル

現状の管理方法

Q. NPPVは月に何台必要か？

	2台同日稼働開始(日)
2016	3
2017	4
2018	11
2019	2
2020	5
5年間 合計	25



<管理方法>

待機 2 台の運用

※待機 = すぐ稼働できる状態



ICU



一般病棟用

月に最高 **1** 台しか稼働しない月もある

例) 2021年

月	稼働台数 最大値 (台)
1	4
2	1
3	2
4	3
5	3
6	2
7	3
8	2
9	1
10	4
11	4
12	2



年間 9万円×2台 = **18** 万円の
コストカットが可能

方法：コストの比較

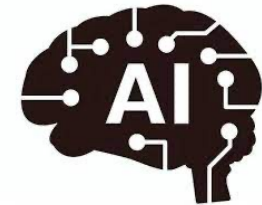
従来法：conventional

稼働台数 + 待機2台

VS

※条件

提案法：proposal



稼働台数 + 1台運用

×

機械学習で2日後に2台以上稼働するか予測
(NPPV不足を未然に防ぐ)

※ 条件：感度100% × 偽陽性が最小

$$\text{感度 (再現率)} = \frac{TP}{TP + FN} \times$$

混合行列

TN (真陰性)	FP (偽陽性)
FN (偽陰性)	TP (真陽性)

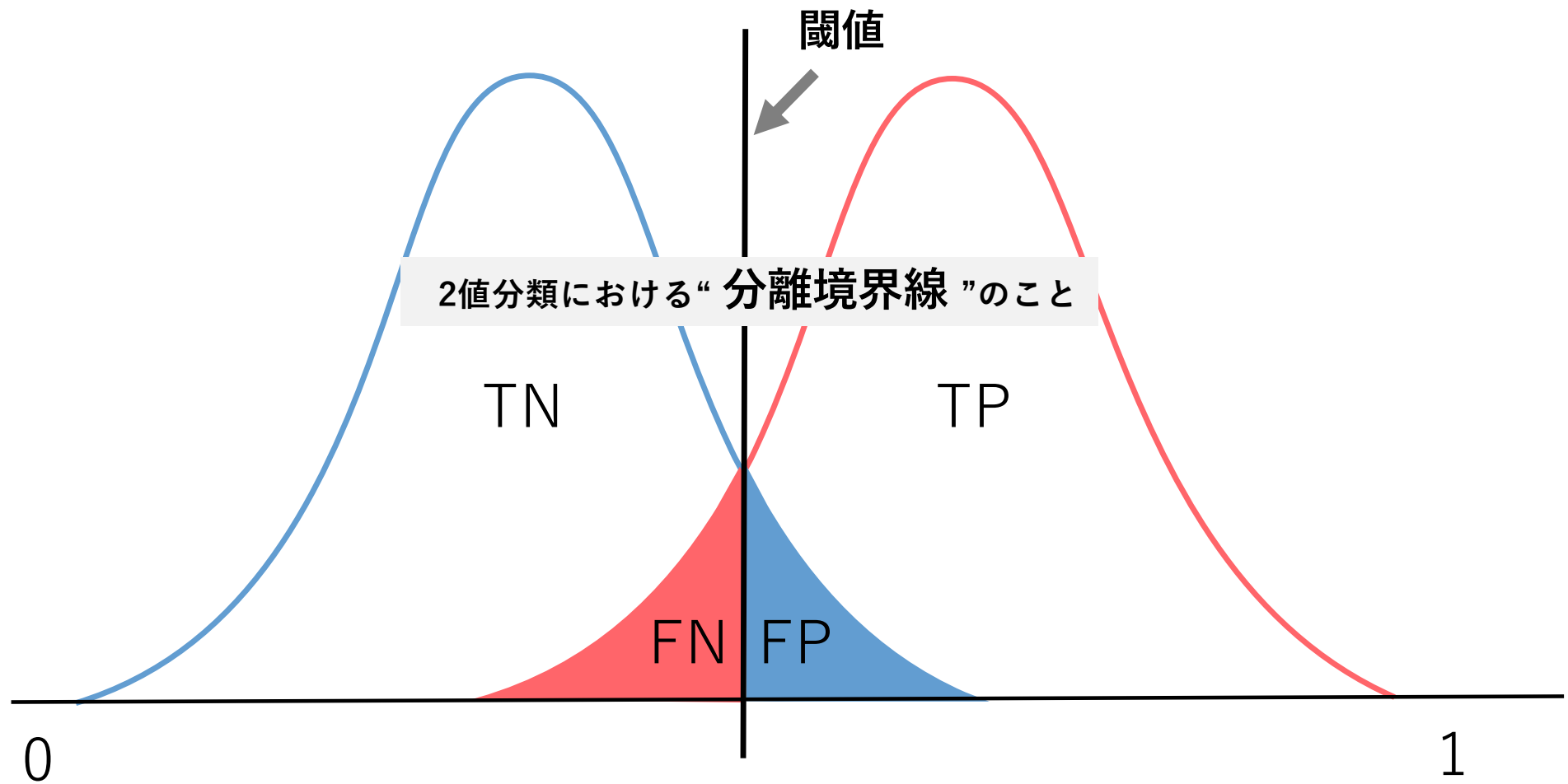
【臨床上的に満たすべき最低限の条件】

FN(偽陰性)が0件でないとNPPV不足の恐れ

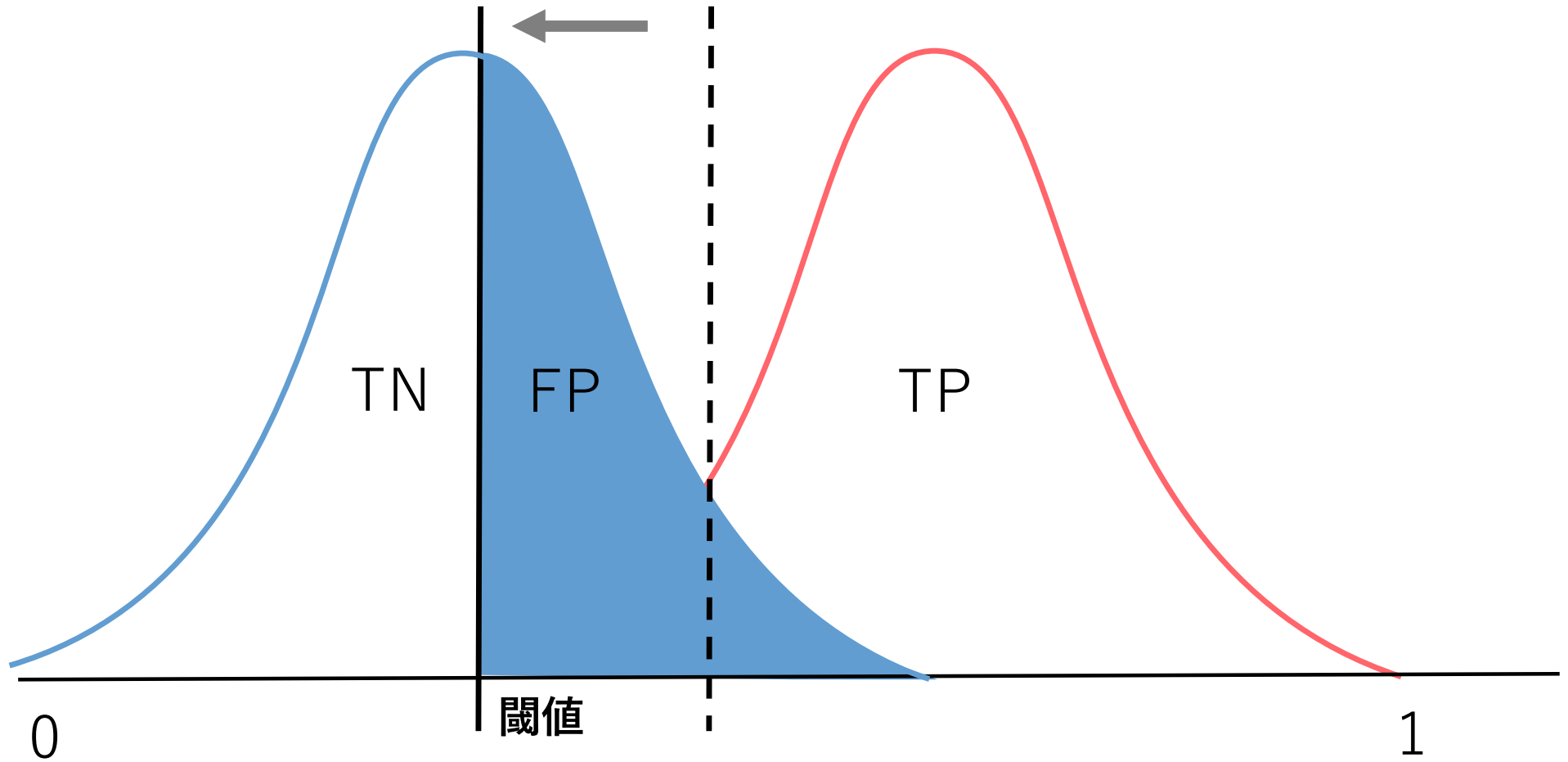
【コストを減らすための条件】

FP(偽陽性)が多いと必要以上にレンタルが増える

閾値 ; threshold とは？



感度100%にするために閾値をずらす = FN(偽陰性)が0になるが
FP(偽陽性)が増大してしまう



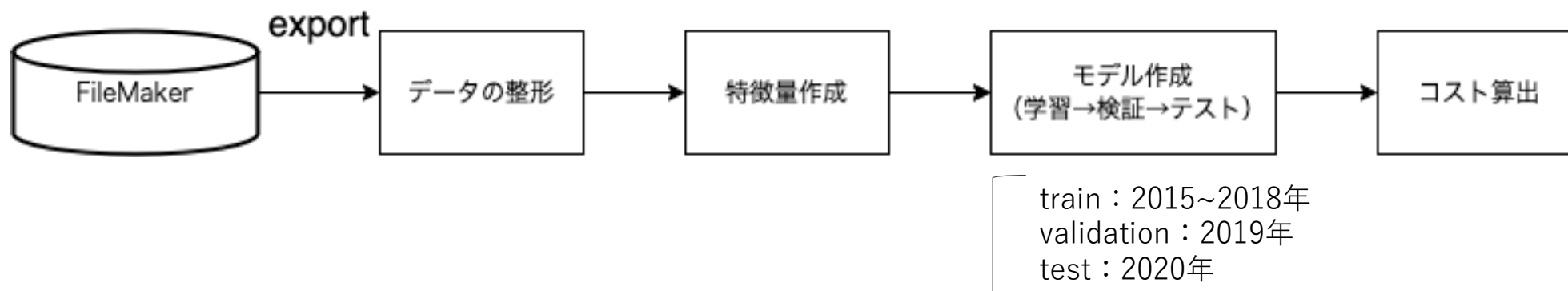
開発環境

データベース：FileMaker Pro18 Advanced

集計&解析：Excel, Python3.8



フローチャート



モデル学習に使用した特徴量：計 34 個（全て非生体データ）

- ・ NPPV稼働台数
- ・ IPPV稼働台数
- ・ NHF稼働台数
- ・ 曜日（月～金）
- ・ 月（1～12月）²⁾³⁾⁴⁾
- ・ 平均気温・最高気温・最低気温・平均気温の差²⁾³⁾⁴⁾
- ・ Lag特徴量（1～7日前のNPPV稼働台数）
- ・ NPPV稼働台数の移動平均（3・5・7日間）

特徴量とは？

・・・機械学習モデルに学習させるデータ

2) 山中 伸一, 中村 泰人. 肺炎・気管支炎死亡率と気温の関係—我が国5地域における比較—. 日本生気象学会雑誌34(1) : 45-52. 1997

3) G.M.BULL. Meteorological correlates with myocardial and cerebral infarction and respiratory disease. Br J Prev Soc Med. 27(2):108-113. 1973

4) 牧野国義. 30年間の月別死亡数から観察した気象の主要死因死亡への影響. 日本生気象学会雑誌25(2) : 69-78. 19

各機械学習モデルの結果一覧（簡易版）

従来法

vs 年間コスト：522 万円

	Logistic regression		SVM		random forest_1		random forest_2		Light GBM	
テスト用データ 混合行列	170	191	23	338	109	252	236	125	187	174
	2	3	0	5	1	4	3	2	3	2
テスト用データ コスト（万円）	576		630		612		585		594	

結果：コストの比較

従来法：conventional

稼働台数 + 待機2台

年間コスト：522 万円

VS

提案法：proposal

稼働台数 + 1台運用 × MLで予測
(Logistic regression)

年間コスト：576 (+54) 万円
(完璧予測：432 (-90) 万円)

考察

・感度**100%**になるように閾値を調整しても、**5モデル中4モデル**で偽陰性を出してしまい、**NPPV**不足を招く可能性があり、臨床使用は困難であった。

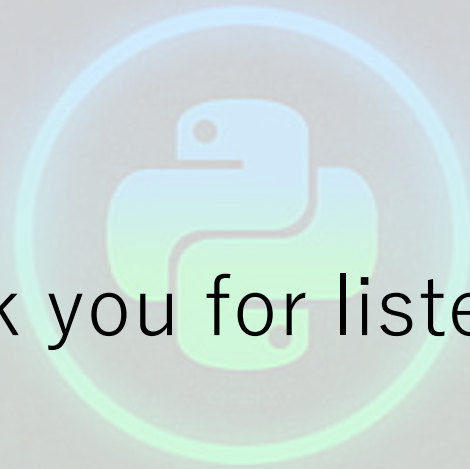
・閾値を下げることによって偽陽性が多くなり、コストカットは不可能であった。
ただし、完璧に予測できる場合は年間**90万円**のコストカットが可能であることが分かった。

原因として

予測精度を出せる特徴量が不足していたことが考えられる。

→ **COVID-19**重症患者の採血結果・**CT**画像を使った深層学習で人工呼吸器の必要性を予測できたという報告もある⁵⁾ ので、機械学習と相性がよい画像データを用いた特徴量作成が必要であると考えられる。

5) Amogh Hiremath et al; Integrated Clinical and CT Based Artificial Intelligence Nomogram for Predicting Severity and Need for Ventilator Support in COVID-19 Patients: A Multi-Site Study. IEEE JOURNAL OF BIOMEDICAL AND HEALTH INFORMATICS, VOL. 25, NO. 11, NOVEMBER 2021



Thank you for listening.

```
print "Hello World"
```


補足)

混合行列； confusion matrix とは

2値分類の結果をまとめた2×2表のこと

	0	1
0	TN (真陰性)	FP (偽陽性)
1	FN (偽陰性)	TP (真陽性)

結果

補足)

各機械学習モデルの結果一覧

	Logistic regression		SVM		random forest_1		random forest_2		Light GBM	
前処理	標準化		標準化		なし		over sampling		なし	
検証用データ 混合行列	173	190	23	340	105	258	236	127	183	180
	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2
閾値	0.014		0.013		0.009		0.0499		0.0007	
テスト用データ 混合行列	170	191	23	338	109	252	236	125	187	174
	2	3	0	5	1	4	3	2	3	2
テスト用データ コスト	576		630		612		585		594	

補足) 過去の稼働状況

	2台同日稼働	3台同日稼働
2016	3	1
2017	4	0
2018	11	1
2019	2	0
2020	5	0
全期間	25 (日)	2 (日)

3台同時に稼働開始する日数は5年間で $2/1825=0.001$
→確率的に極めて低いために待機3台は非現実的