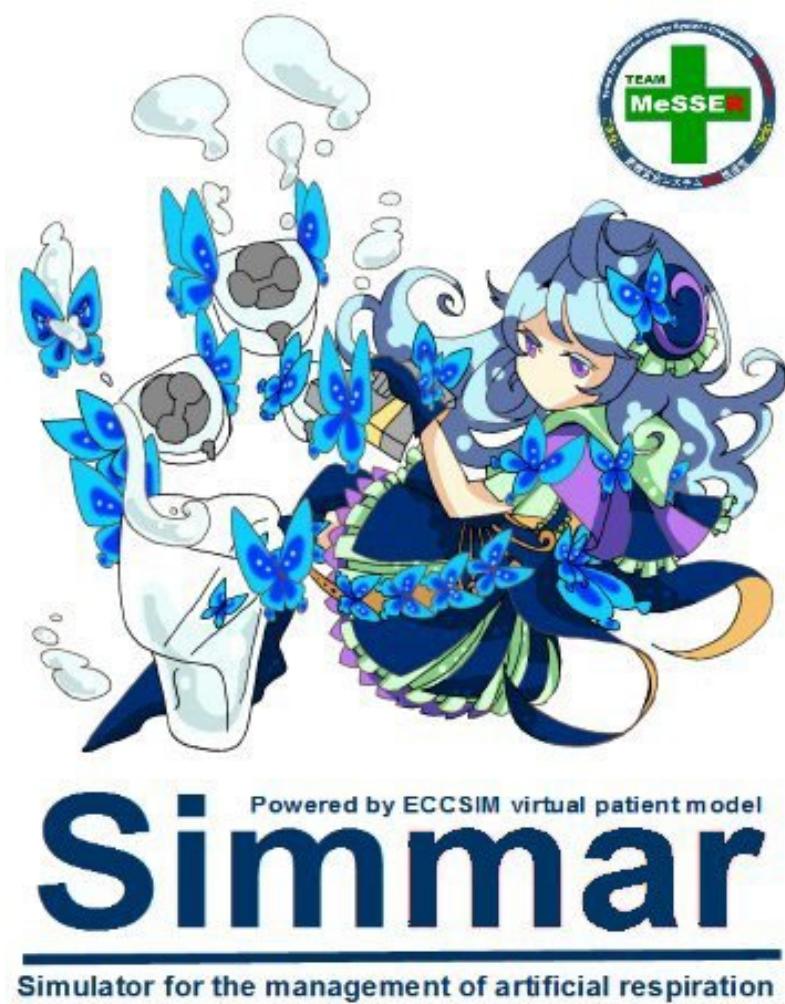

人工呼吸療法トレーニング用ソフトウェア Simmar

操作マニュアル（第12版）for ver. 1.0.2



広島国際大学保健医療学部医療安全システム革命推進室 二宮伸治

【 目次 】

第0章 インストールとトレーニングの準備	p3~
第1章 アプリケーションの開始と終了	p5~
第2章 人工呼吸器コンソールの操作	p7~
第3章 メインコンソールの操作	p10~
第4章 患者モデル設定パネルの操作	p11~
第5章 トレンドグラフ表示パネルの操作	P16~
第6章 シナリオエディタの使用方法	p18~
第7章 ESTE-SIMとのシリアル通信	p19~

参考資料

Simmar 用肺コンプライアンスのシグモイド関数近似モデルについて p22~

参考資料

Simmar 用肺コンプライアンスのシグモイド関数近似モデルについて p25~

【本ソフトウェアの提供に際しての日本光電株式会社様との合意事項について】

本ソフトウェアは、日本光電製人工呼吸器 NKV-330 の画面構成およびインターフェイスをかなり精密に模擬しています。

以下の文章を表示することを条件として日本光電様より使用の許諾を得ています。必ずご一読いただき、了解した上でのご使用をお願いします。

このアプリケーションでは日本光電株式会社様の許諾を受けた上で、nkv-330 を模擬したユーザインターフェイスを実装していますが、操作に対する挙動は実機と同じではないことをご了解の上、ご使用ください。また、アプリケーション開発者と日本光電株式会社様とは一切の利害相反はありません。

第0章 インストールとトレーニングの準備

【インストール時の注意点】

以下の推奨環境に適合するPCでお使いください。現在のところmac PCおよびiPadには対応していません。

OS : Windows 7/10/11 Pro, Home 32/64bit

CPU : intel Celeron N4100 以上

メモリ : 8GB 以上

ディスプレイ : 1920x 1280 pixel タッチパネル推奨(nkv-330 模擬コンソール以外は1366×768pixelで可)

半角英数字のみのユーザーアカウントでインストールしてください。ユーザーアカウントに全角文字（2バイト

文字）を用いると、インストーラがエラーで止まりますのでご注意ください。

初回起動時には、「管理者として実行」を選択して起動することを強く推奨します。

インストールの手順

Step. 1 <https://team-messer.github.io/Software-release/>より、最新のファイル(Setup_simmar_102.zip)をダウンロードしてください。

Step. 2 zip ファイルを適当なフォルダに展開してください。

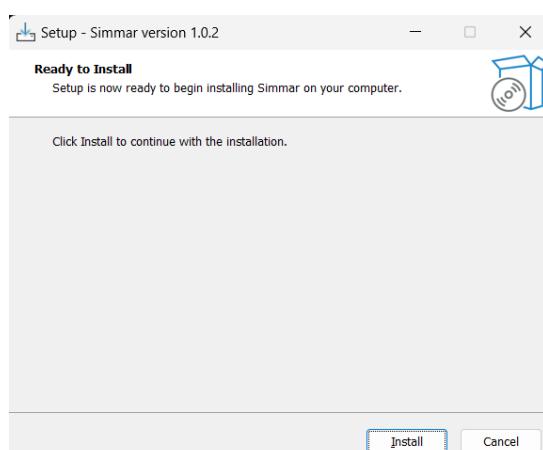
【注意】圧縮ファイルを展開しない状態でインストールすると、正しくインストールできない可能性があります。

初回実行時には、「管理者権限」で実行してください。セキュリティの設定によっては、必要なサブフォルダを自動生成する時に、失敗する可能性があります。

Step. 3

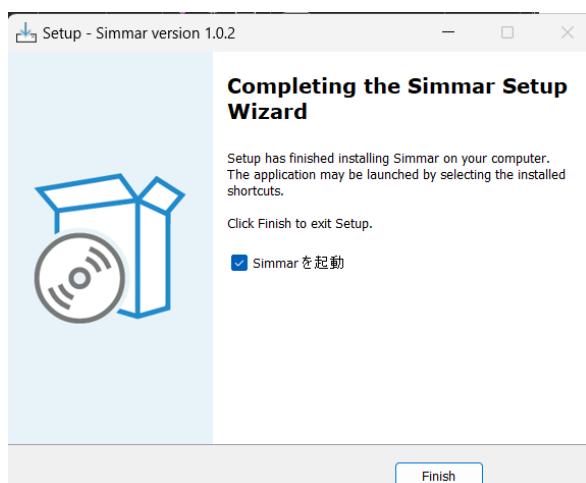
デスクトップなど適当な場所に展開した Setup_Simmar_102.exe をダブルクリックしてください。

Step. 4



左に示すように、インストーラが起動しますので、「Install」ボタンをクリックします。

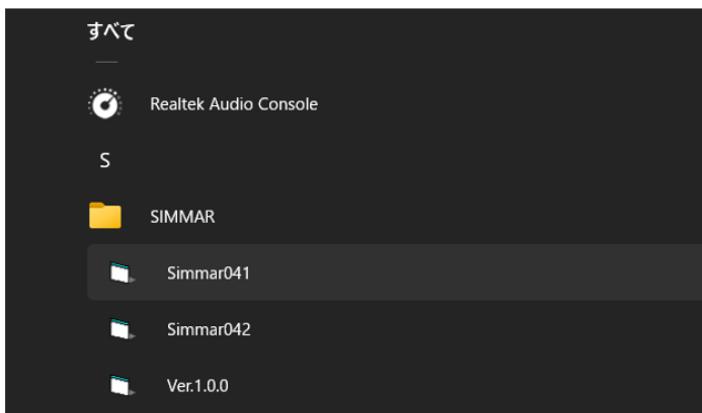
Step. 5



左に示すダイアログボックスが表示されればインストール成功です。「finish」を押すと Simmar が起動します。

【注意】 Simmar アプリケーションは c:\\$Simmar フォルダにインストールされます。初回起動時に c:\\$Simmar\\$Scenario フォルダと c:\\$Simmar\\$Trend フォルダを自動作成します。セキュリティの設定に依存して自動作成に失敗する場合があります。その場合はシステム管理者に

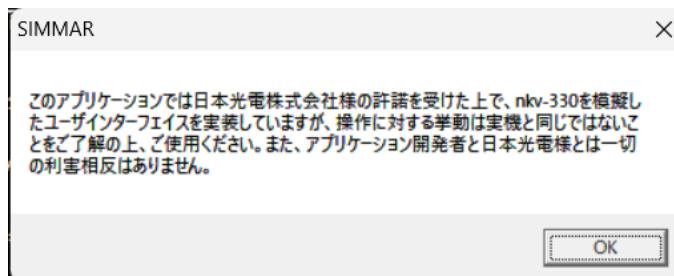
アプリケーションの開始と終了



Step. 1

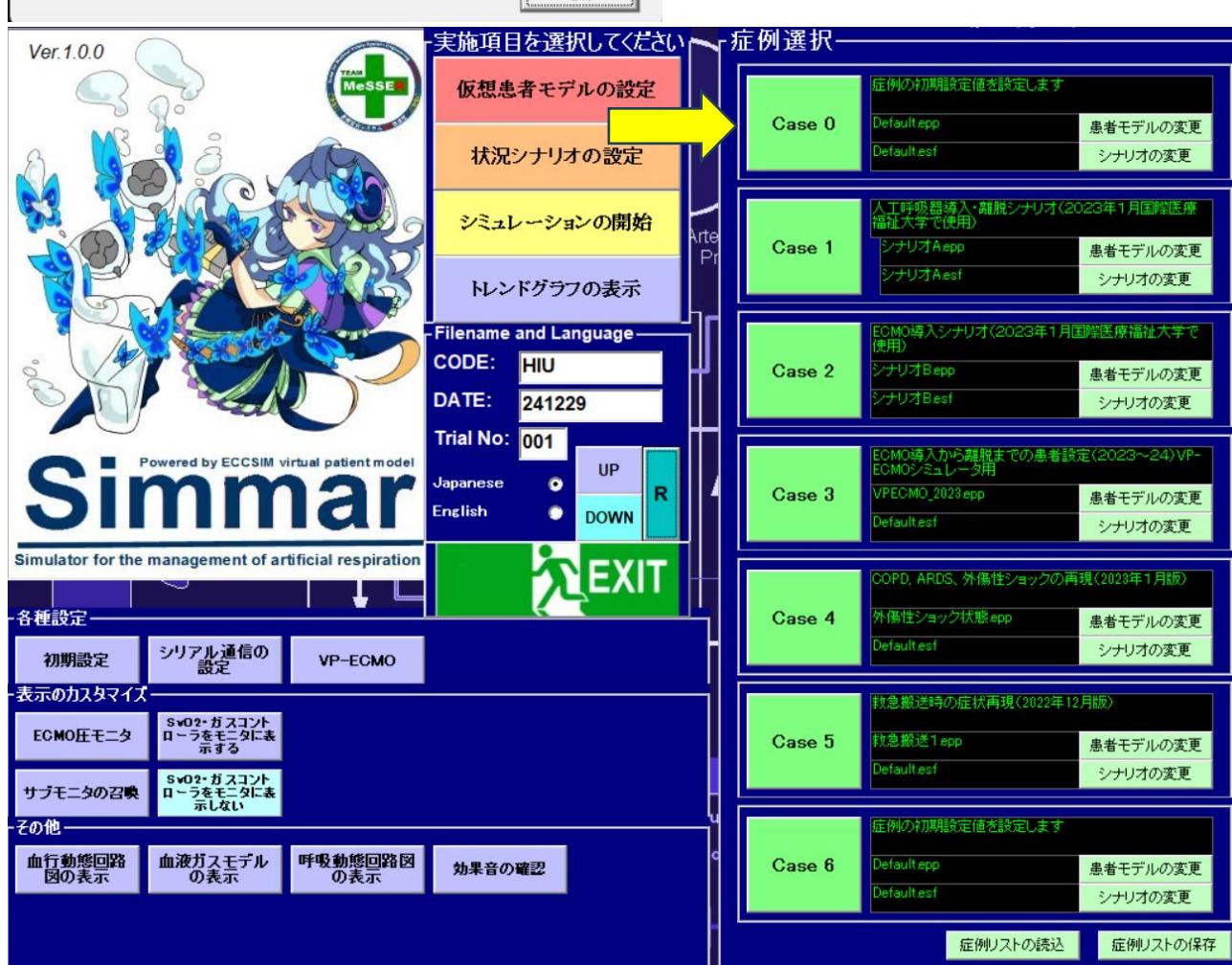
スタートメニューから、「スタート」⇒「すべて」⇒「SIMMAR」⇒「Ver. 1. 0. 0」を選択します。

(右クリックして、「スタートにピン留めする」を選択することで、次回から、スタートメニューから直接指定して起動することができます。)



Step. 2

本ソフトウェアは nkv-330 の画面インターフェースを模倣していますが、日本光電様と事前協議を行い、左の文章の掲示を行う条件の下で、画面の意匠に関する使用許諾を受けています。ご了解ください。



Step3.

トップメニュー画面が表示されます。右側の症例選択メニューから希望のケースを選択してください。このマニュアルでは、Case 0 を選択した場合について解説します。

このソフトウェアを終了させる時は、「EXIT」ボタンをクリックしてください。



終了前に、左に示すクレジットが表示されます。
もしお使いの PC が複数のディスプレイを有している場合には、バイタルサインモニタ画面、
人工呼吸器画面を別のディスプレイにそれぞれ表示させることができます。

次に開始する時に、同じ位置に画面を配置したい場合には、「画面位置情報を保存する」にチェックを入れてください。

「OK」ボタンを押すことで正常終了します。

【注意】

本シミュレータは縦 1080pixel を想定して画面設計していますので、ポータブルタブレットなどで縦 768pixel の場合には縦解像度が不足して操作に支障をきたします。

縦解像度を 1080pixel から 768pixel に変更するには、呼吸器コンソール画面右上の  ボタンをクリックしてください。



左に示す選択メニューが表示されます。

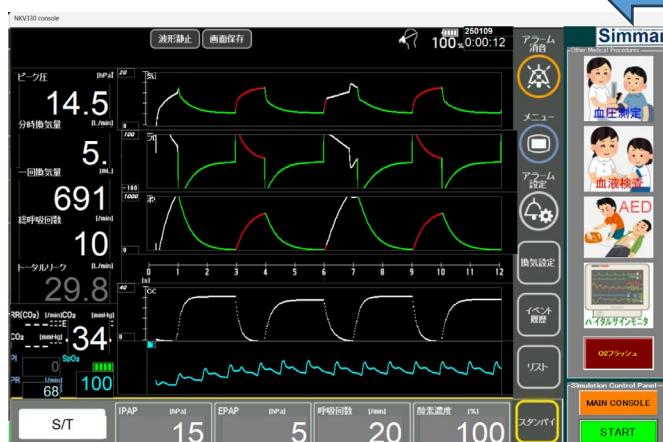
「縦 768 pixel」を選択すると、コンソール下部の表示が上に移動します。

(このモードでは、一部の機能、表示が制限されます)

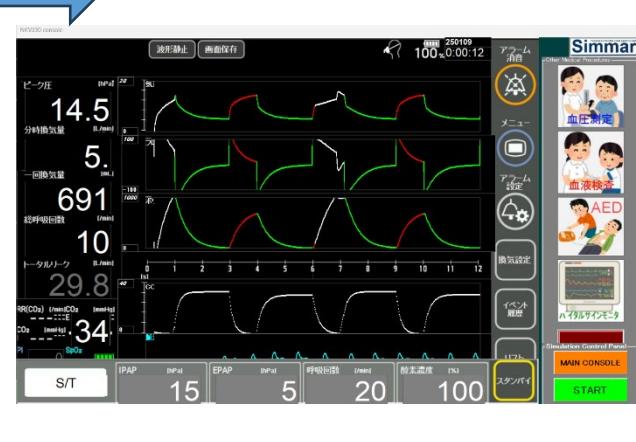
もとに戻すには、「縦 1080 pixel」を選択してください。

起動時のタイトル画面に戻るには「メニュー画面に戻る」をクリックします。

交互に切り替え



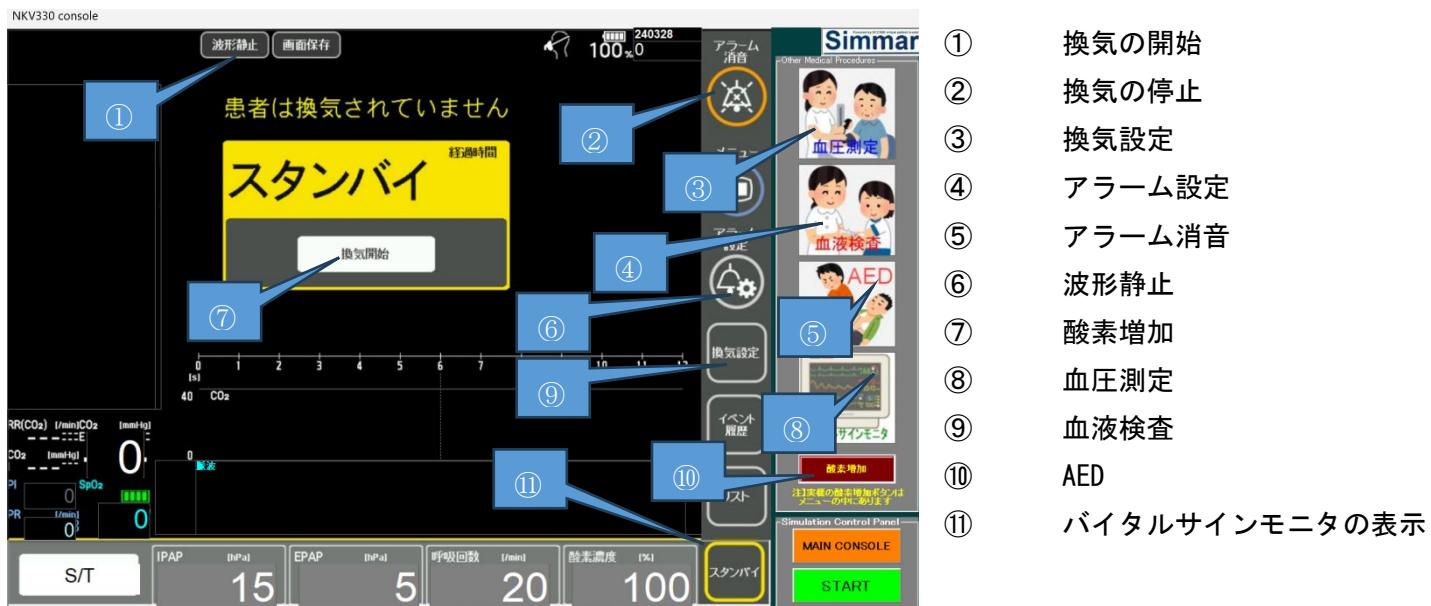
縦 1080 pixel モード



縦 768 pixel モード

第2章 人工呼吸器コンソールの操作

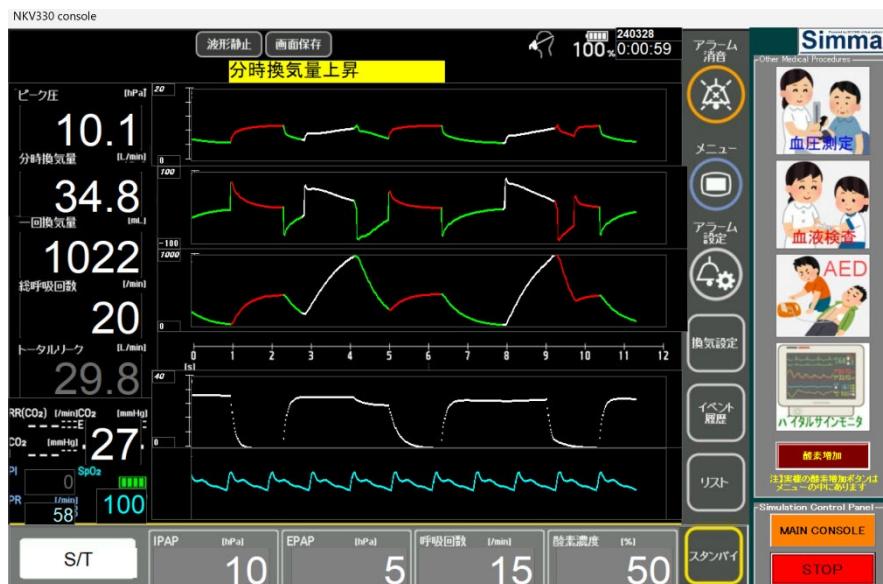
Ver. 0.4.1より、nkv-330（日本光電製）の操作パネルを模擬したユーザインターフェイスを実装しました。もちろん全ての機能を模擬しているわけではありません。使用できる機能は以下の通りです。



【注意】

メニュー内の機能、イベント履歴、リスト、メンテナンス機能は模擬できていませんのでご了解ください。

右下の「START」ボタンをクリックするとシミュレーションが開始されます。PVカーブを確認する、ECMOとの連動動作をするなどの複雑な操作は「MAIN CONSOLE」を選択することで可能となります（第3章参照）



「換気開始」ボタン (①) をクリックすると、人工呼吸器による換気が開始され、左のように各種パラメータ、波形が表示されます。

「スタンバイ」ボタン (②) をクリックすると換気停止し、前の画面に戻ります。

人工呼吸施行中のバイタルサインは、「血圧測定」(⑧) 「血液検査」(⑨) 「バイタルサインモニタ」(⑪) でそれぞれ確認することができます。

【注 意】

AEDボタンをクリックするといきなり電気ショックによる除細動が始まります。心停止、心房細動などの不整脈が発生する所以ありますので、不必要に押さないでください。

換気設定を変更するには、「換気設定」(③) をクリックして変更してください。



換気設定画面では、SPONT-PS, S/T, PCV, PRVC, PPV, O2 Therapy の選択が可能です。各項目をクリックすると入力パネルが現れますので、▼▲ボタンで値を変更して「セット」ボタンをクリックすることで設定されます。実機ではスライダおよび前面ダイアルにより設定できますが、その機能は実装していません。ご了承ください。



「アラーム設定」(⑥) をクリックすることで一部のアラームの設定ができます。

アラーム設定は、実機では前面の物理ダイアルで行いますが、本ソフトウェアでは、右下の模擬ダイアルで行います。設定したい項目をクリックして「右回転」「左回転」ボタンで操作してください。模擬ダイアルなので、ダイアル上にマウスカーソルを置いて右クリックで右回転、左クリックで左回転します。

【注 意】 Ver. 1.0.2 では、Off となっている項目は設定できません（今後対応予定）。

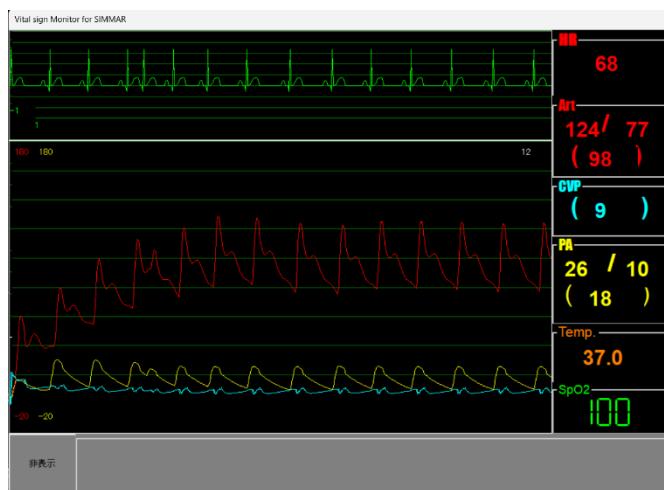


「バイタルサインモニタ」「血圧測定」「血液検査」をクリックすると、バックグラウンドで実行されている循一代謝シミュレーションモデルのリアルタイム値が表示されます。

バイタルサインモニタ

バイタルサインモニタは、サイズ変更すると次のスキャンよりそのサイズに追随した表示になりますが、それまで表示が乱れますのでご容赦ください。

トップメニューの「表示のカスタマイズ」で「SvO2、ガスコントローラをモニタに表示する」をクリックすると、下に示すように SvO2、ECMO 装置のガスフローコントローラ、ブレンダが表示されます。ECMO 接続状態をシミュレートする場合には、この表示が便利です。詳細は「VP-ECMO01 取扱説明書」をご参照ください。



標準的なバイタルサインモニタ表示



ECMO シミュレーション用モニタ表示



「血圧測定」ボタンをクリックすると、仮想患者の最高血圧、最低血圧および脈拍が表示されます。この値は、仮想患者モデルの設定に基づきリアルタイムに変化します。



「血液検査」ボタンをクリックすると、仮想患者の PaO₂、PaCO₂、HCO₃、tHb、SaO₂、Ht が表示されます。この表示は NTD 014 (RADIOMETER 製) のプリントアウト出力を模擬しています。これらの値は、仮想患者モデルの設定に基づき、呼吸器操作に対応してリアルタイムに変化します。



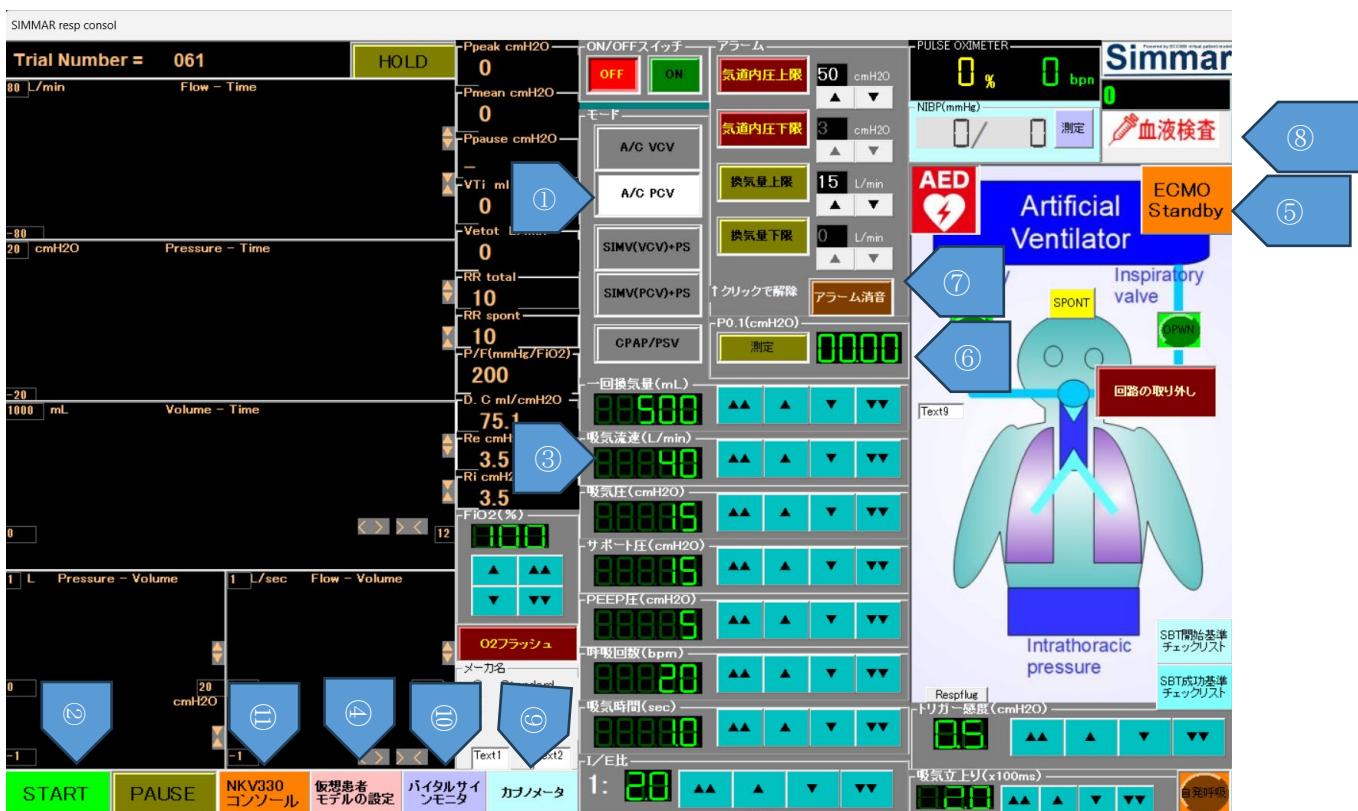
血圧の表示



血液ガス情報の表示

第3章 メインコンソールの操作

メインコンソールを用いて、仮想患者を接続した状態の人工呼吸器操作と各種設定、人工呼吸器で示されなかった詳細情報の表示を行うことができます。START ボタンを押すことでシミュレーションセッションが開始されます。各機能の操作方法は以下の通りとなります。

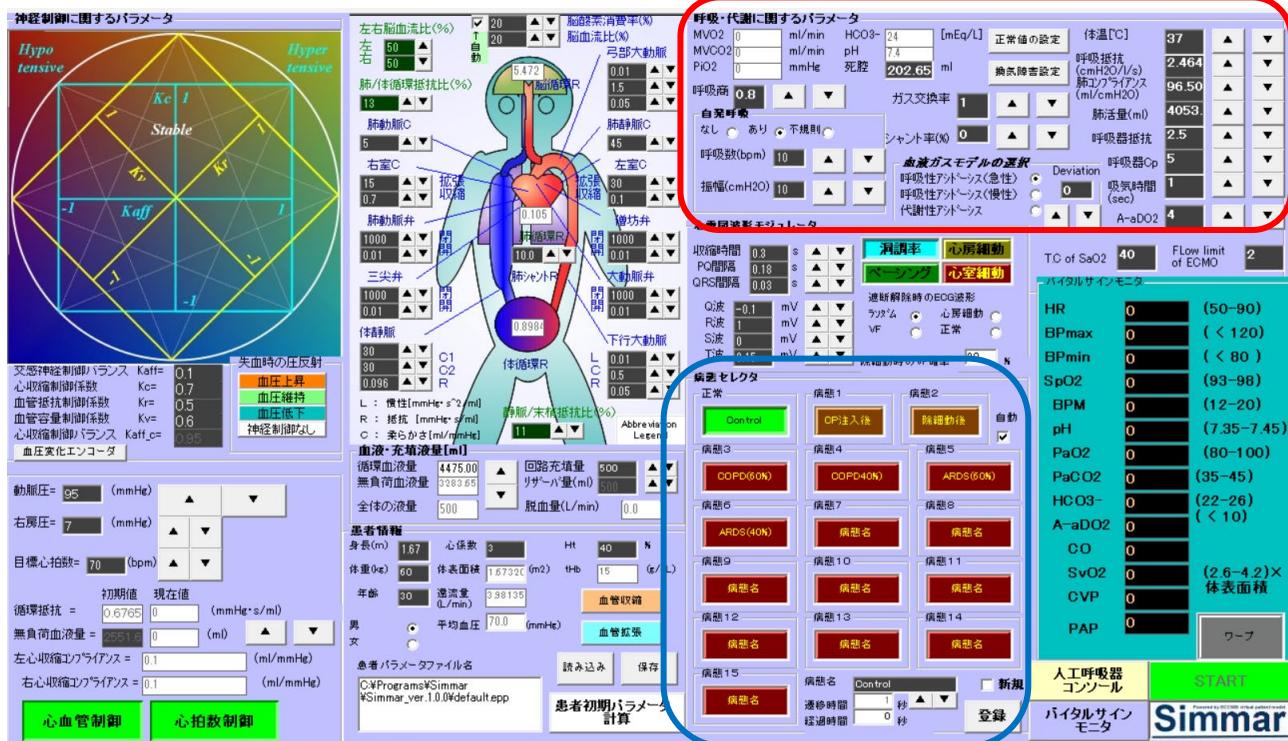


- ① セッションを開始・終了する。
 - ② 呼吸器のモードを選択する。従量式、従圧式、SIMV、圧補助換気、持続的陽圧換気を選択できる。
 - ③ 呼吸器パラメータを設定する。トリガー感度はフロートリガーのみとしている。
 - ④ 患者の呼吸パラメータ（肺コンプライアンス、気道抵抗等）を設定する。 \Rightarrow 3 章へ
 - ⑤ NKV330 を模擬した呼吸器コンソール表示に切り替える
 - ⑥ ICU で用いられるバイタルサインモニタが別画面に表示される。
 - ⑦ カプノメータ画面が表示される。
 - ⑧ 循環、血ガス情報の表示。「血液検査」ボタンを押すと血液検査結果が表示される。「測定」ボタンを押すと、最高・最低血圧が表示される。
 - ⑨ 人工呼吸モードでシミュレーションを実施中は、気道内圧、分時換気量の上限および下限アラームが働く。アラームを消灯させるには、該当アラームをクリックする。警告音は、該当の事象が発生している時間のみ発生する。
 - ⑩ 努力呼吸の指標となる P0.1（吸気開始後 100ms 閉塞時の気道内圧変化）を測定する。
 - ⑪ ECMO を併用する場合は、このボタンを押すことで ECMO 装置が現れる。
- 【補足】P0.1（ピーゼロドットワン：気道閉塞圧）は、気道を 0. 1 秒間閉塞し、その間に低下する気道内圧の絶対値を示したもので、患者の吸気努力を反映する重要な指標である。P0.1 のカットオフ上限を 3.5~4.0cmH₂O、下限を 1.1cmH₂O とすることで過剰または弱すぎる吸気努力を高精度に検出できる。
- 参考文献：大下慎一郎, コロナ禍における呼吸管理—P-SILI 予防と P 0.1 による非侵襲的肺メカニクス評価—, Medtronic Professional Quest Vol.39, 2020

第4章 患者モデル設定パネルの操作

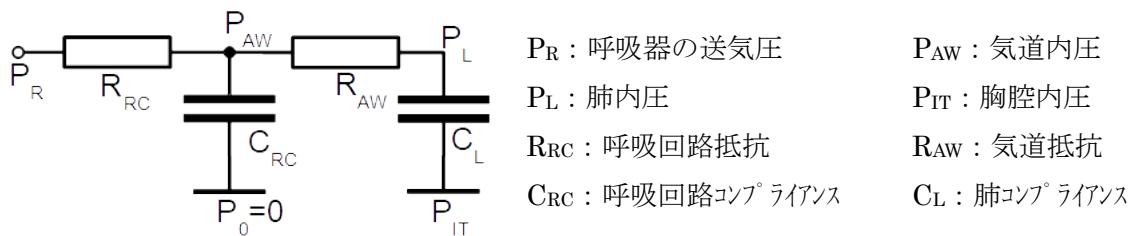
体外循環教育用仮想患者シミュレータ ECCSIM の患者モデルを用いているため、このソフトウェアには循環動態およびその自律神経制御のパラメータ、心電図波形のモジュレータ等が含まれています。

呼吸・代謝に関するパラメータは、下図の赤枠部分となります。黒バック白文字で表記されているパラメータは、シミュレーション中に変更できます。



(1) 肺および人工呼吸回路の換気力学的パラメータ

換気力学的モデルとして、左図に示す単純な集中定数回路を用いています。それぞれの回路記号と名称は以下の通りです。



「正常値の計算」ボタンをクリックすると、以下の計算式により正常値（推定値）を設定します。

気道抵抗（男性） : $RAW = 7.2 - 0.002 \times 年齢 - 0.028 \times 身長(cm)$

（女性） : $RAW = 6.03 - 0.003 \times 年齢 - 0.019 \times 身長(cm)$

肺活量（男性） : $Vc = (27.63 - 0.112 \times 年齢) \times 身長(cm)$

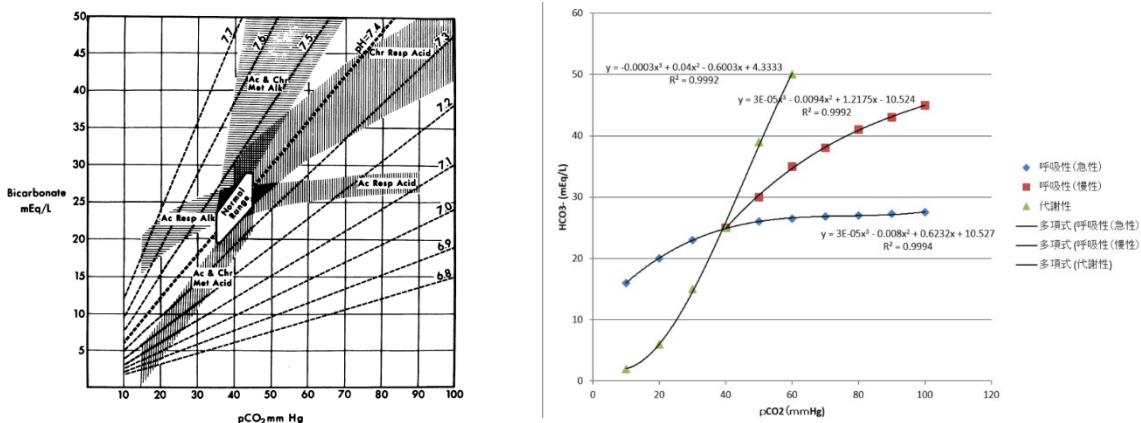
（女性） : $Vc = (21.78 - 0.101 \times 年齢) \times 身長(cm)$

一回換気量 : $V_T = Vc \div 6.0$ 肺コンプ ラインス : $C_L = V_T \div 7.0$

それぞれの正常値を設定し、想定する病態に応じて、閉塞性換気障害であれば気道抵抗を増加、拘束性換気障害であれば肺コンプ ラインスを減少させるとよいでしょう。

(2) 酸・塩基平衡モデルについて

呼吸性・代謝性アシドーシスの血液ガス変化を再現するため、Significance band を用いた酸・塩基平衡モデルを採用しました。換気により決定される PaCO_2 値より、下図に示す Significance band の近似式を適用して HCO_3^- の値を決定します。



- 1) Gerald S. Arbust et.al, An in vivo acid-base nomogram for clinical use, CMA J./August 18,pp.291-2,1970

(3) 病態セレクタについて

青枠で囲んだ部分を用いて、設定した生体パラメータを保存し、シミュレーション中の任意のタイミングで再現することができます。適当な病態番号のボタンを ON にしておいて、様々な病態のパラメータを設定し、病態名を入力後、登録ボタンを押してください。次回から、ボタンを押すことでその病態が再現されます。病態番号のボタンを ON にすると、前に登録された病態が自動的に設定されます。今の状態をベースとして新規に設定する場合には、登録ボタンの上の「新規」を してください。

(4) 自発呼吸について

胸腔内圧 PIT の最大値、呼吸数を設定し、「自発呼吸あり」を選択することで、シミュレーション上の自発呼吸が開始されます。「不規則」を選択すると、呼吸数により決定される呼吸周期の設定値±5 0 % の範囲で呼吸間隔が変化します。

(5) 患者パラメータの設定と保存

患者情報						
身長(m)	1.2	心係数	3	Ht	40	%
体重(kg)	20	体表面積	0.82548 (m ²)	tHb	15	(g/dL)
年齢	30	選流量	3.98135 (L/min)			
男女	<input checked="" type="radio"/>	平均血圧	70 (mmHg)			
患者パラメータファイル名		読み込み	保存			
C:\Programs\Elmar\Simmar_ver.0.2.1\default.epp		患者初期パラメータ計算				

仮想患者の身長、体重、年齢、心係数（通常は3くらい）、Ht を入力し、「患者初期パラメータ計算」をクリックすることで、患者の循環血液量、血管抵抗、コンプライアンス、気道抵抗、肺コンプライアンスなどの代表値を設定することができます。

設定された代表値は、「登録」ボタンをクリックすることではじめて有効となりますので、ご注意ください。

保存ボタンをクリックすることで、仮想患者設定パネルのすべての設定情報を任意のファイル名で保存できます。読み込みボタンをクリックしてファイル名を指定すると以前の設定を再現できます。設定ファイルは以下のディレクトリに保存されます。

病態名	Control	<input checked="" type="checkbox"/> 新規	
遷移時間	1 秒	<input type="button" value="▲"/>	<input type="button" value="▼"/>
経過時間	0 秒	<input type="button" value="登録"/>	

C:\Program files(x86)\Simmar

(6) 仮想患者の血液ガスパラメータの設定方法「換気障害の設定」

呼吸・代謝に関するパラメータ			呼吸機能			換気障害			呼吸器モデル		
MVO2	0 ml/min	HCO3-	24	①	正常値の設定	体温[°C]	37	▲	▼		
MVCO2	0 ml/min	pH	7.4	②	換気障害設定	呼吸抵抗 (cmH2O/l/s)	2.464	▲	▼		
PiO2	0 mmHg	死腔	202.65	ガス交換率	1	肺コンプライアンス (ml/cmH2O)	96.50	▲	▼		
呼吸商	0.8			シャント率(%)	0	肺活量(ml)	4053.	▲	▼		
自発呼吸			呼吸機能			換気障害			呼吸器モデル		
なし	あり	不規則				呼吸器抵抗	2.5	▲	▼		
呼吸数(bpm)	10					呼吸器Cp	5	▲	▼		
振幅(cmH2O)	10					Deviation	0	▲	▼		
心電図波形モジュレータ			換気障害			呼吸器モデル			A-aDO2		
									11.5		

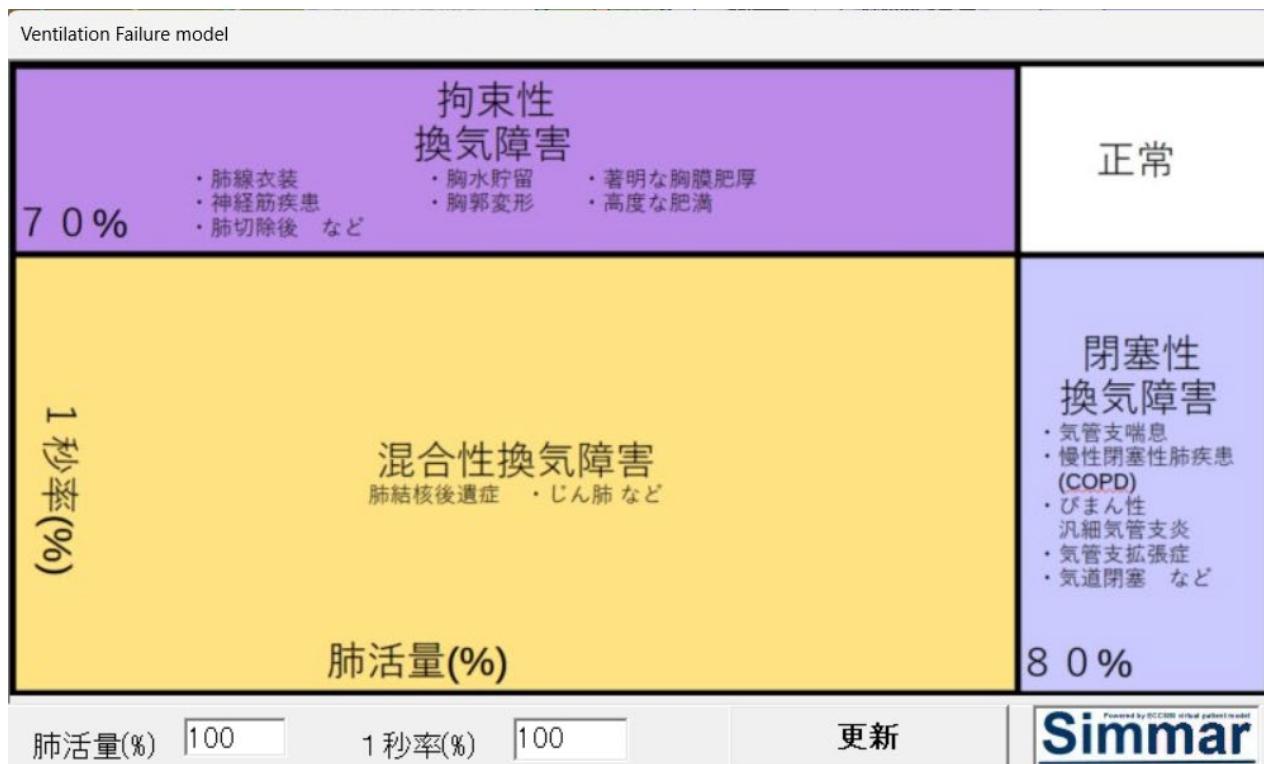
患者パラメータ設定後、「呼吸・代謝に関するパラメータ」設定フォームにおいて、「正常値の設定」(①)ボタンをクリックすると、呼吸関連パラメータの正常値（代表値）を設定します。設定される値は、呼吸抵抗・肺活量・静肺コンプライアンス・Aa-D02・生理的死腔 VD の 5 項目です。

A-aDO2、VD は以下の式で算出します。

$$A-aDO2 = 4 + \text{年齢} / 4$$

$$VD = VC \times 0.05 \text{ (mL)}$$

換気障害の設定は、「換気障害設定」ボタンをクリックすることで、%VC、%FEV からパラメータ設定を行うことができます。



上の換気障害の分類図をクリックすることで、正常時の肺活量の代表値 VC0 より静肺コンプライアンス Cs、気道抵抗 Raw をそれぞれ以下の計算式で算出します。

換気障害の数値モデル

%肺活量 Vc% が与えられる時

$$V_C = \frac{V_{C_0} \cdot V_c \%}{100} (ml) \quad C_s = \frac{V_c}{42} (ml/cmH_2O)$$

静肺コンプライアンス推定値 Cs は、

1 秒率 FEV1% が与えられる時

肺コンプライアンスを Cs、気道抵抗を R_{AW} とすると、肺気量の減衰曲線の時定数は Cs · R_{AW} となるため、呼出した肺気量 V_E(t) は、

$$V_E(t) = V_C \left(1 - e^{-\frac{t}{C_s R_{AW}}} \right) \quad \frac{FEV1 \%}{100} = \frac{V_E(1)}{V_C} = 1 - e^{-\frac{1}{C_s R_{AW}}}$$

すなわち、

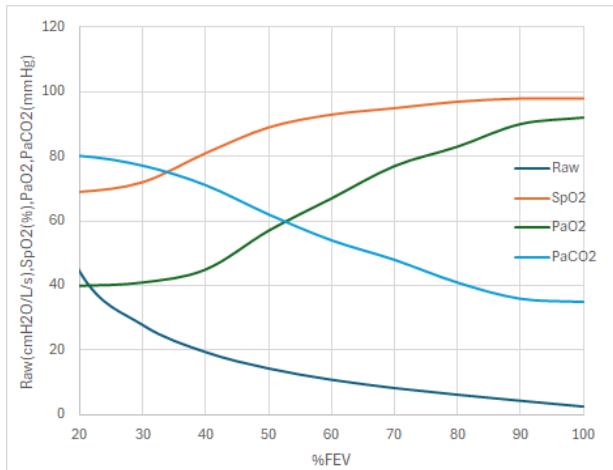
気道抵抗 RAW は、

$$e^{-\frac{1}{C_s R_{AW}}} = 1 - \frac{FEV1 \%}{100} \Rightarrow -\frac{1}{C_s R_{AW}} = \ln \left(1 - \frac{FEV1 \%}{100} \right)$$

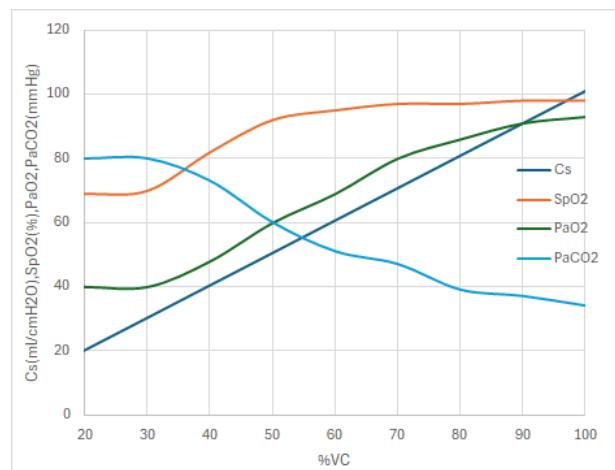
$$\Rightarrow R_{AW} = -\frac{1000}{C_s \cdot \ln \left(1 - \frac{FEV1 \%}{100} \right)} \quad (cmH2O/L/s)$$

ただし、臨床における代表値と近似させるため FEV1% の最大値は 98.5% とする。

閉塞性換気障害および拘束性換気障害の重症度に対する生体情報の変化の例を以下に示す。



閉塞性換気障害



拘束性換気障害

(患者パラメータ)

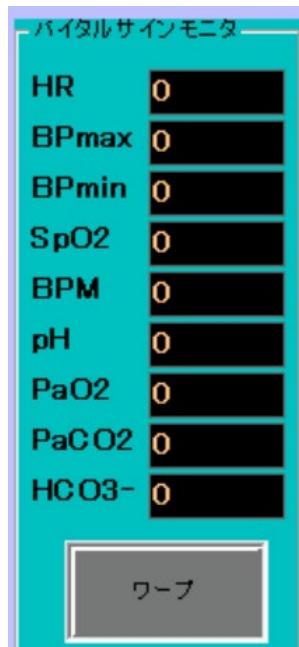
身長 : 167 cm、

体重 : 60 kg

年齢 : 20 歳

呼吸数 : 12 bpm

胸腔内圧 : 10 cmH2O

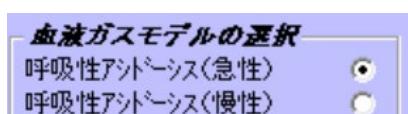


設定した結果は、10～20秒遅れて血液ガス情報に反映されます。これを待つと大変時間がかかることがありますので、その時間コストを軽減するために、時間を加速する機能を増設しました。

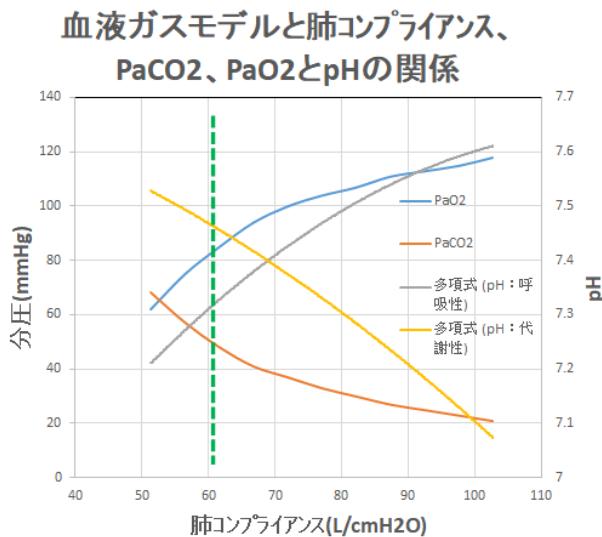
左のワープボタンを押すことで、PCの性能に依存しますが時間の進行が3～5倍程度に加速します。

ワープから戻るとしばらくグラフ表示が追い付かず停止しますが、しばらくすると回復しますのでご了承ください。

(7) 仮想患者の酸塩基平衡（呼吸性・代謝性アシドーシス/アルカローシス）



左図の「血液ガスモデルの選択」上で Significance band の数式モデルを選択することにより、呼吸性・代謝性アシドーシスによる HCO_3^- 、pH の変化を模擬できます。



左図に示すように、拘束性換気障害の再現として肺コンプライアンスを低下させる時、呼吸性アシドーシスでは PaCO_2 が上昇することにより pH は低下しますが、代謝性アシドーシスでは HCO_3^- が上昇するため pH も増加します。

この数式モデルの限界として、 $\text{PaCO}_2=40\text{mmHg}$ で必ず $\text{pH}=7.4$ になってしまう点があります。

今後の検討課題ですので、ご了承いただければ幸いです。

第5章 トレンドグラフ表示パネルの操作



セッション実行の前に、このタイトル画面で
CODE: トレーニング内容を示す任意の文字列
DATE: 今日の日付
Trial No: 実施番号 (Rボタンを押すと0にリセットされます)
を設定しておけば、
CODE + DATE + Trial No.csv という名称のトレーニングに関する生体情報、検査情報を1秒毎に記録したトレンドファイルが以下のフォルダに自動的に保存されます。

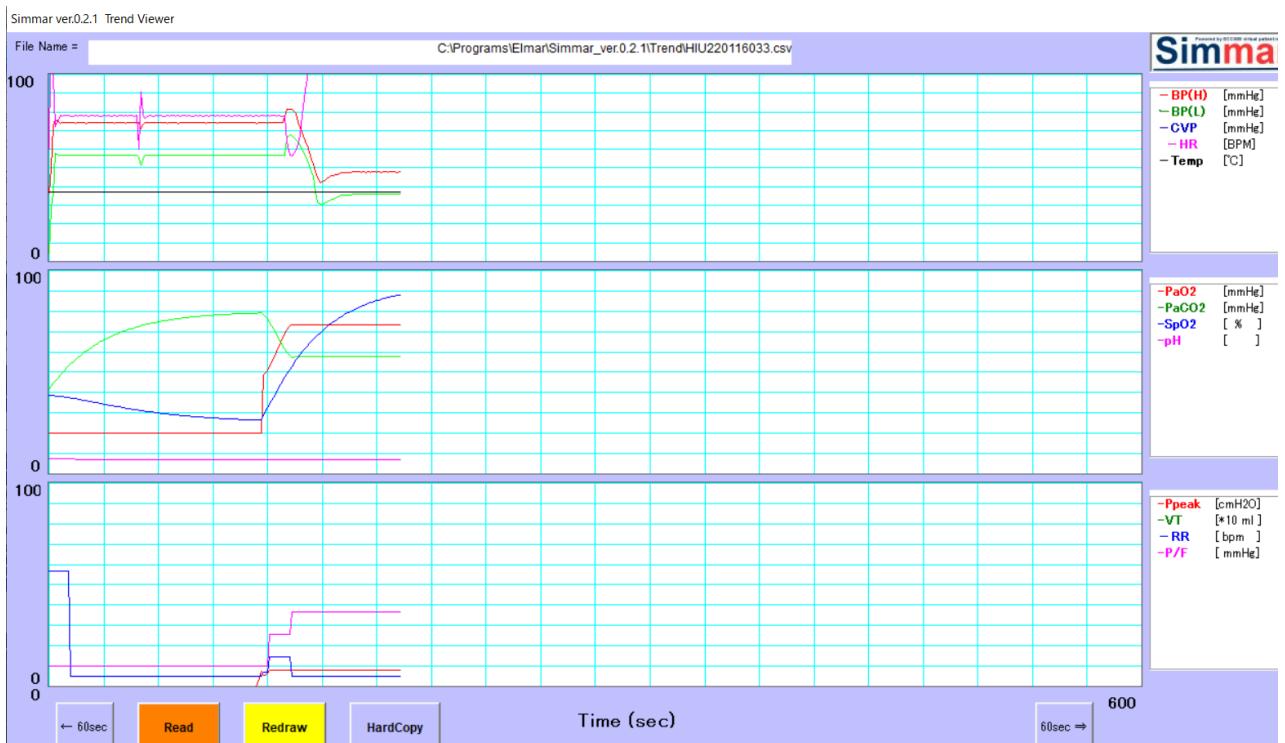
C:\Programfiles(x86)\Simmar\Trend フォルダ

具体的には、上図の例では、HIU220117038.csv というファイル名で記録されます。

このファイルは、エクセルなどの表計算ソフトウェアで読み込むことが出来ますので、エクセルの使い方がわかれば、トレーニング結果の定量的な解析ができます。

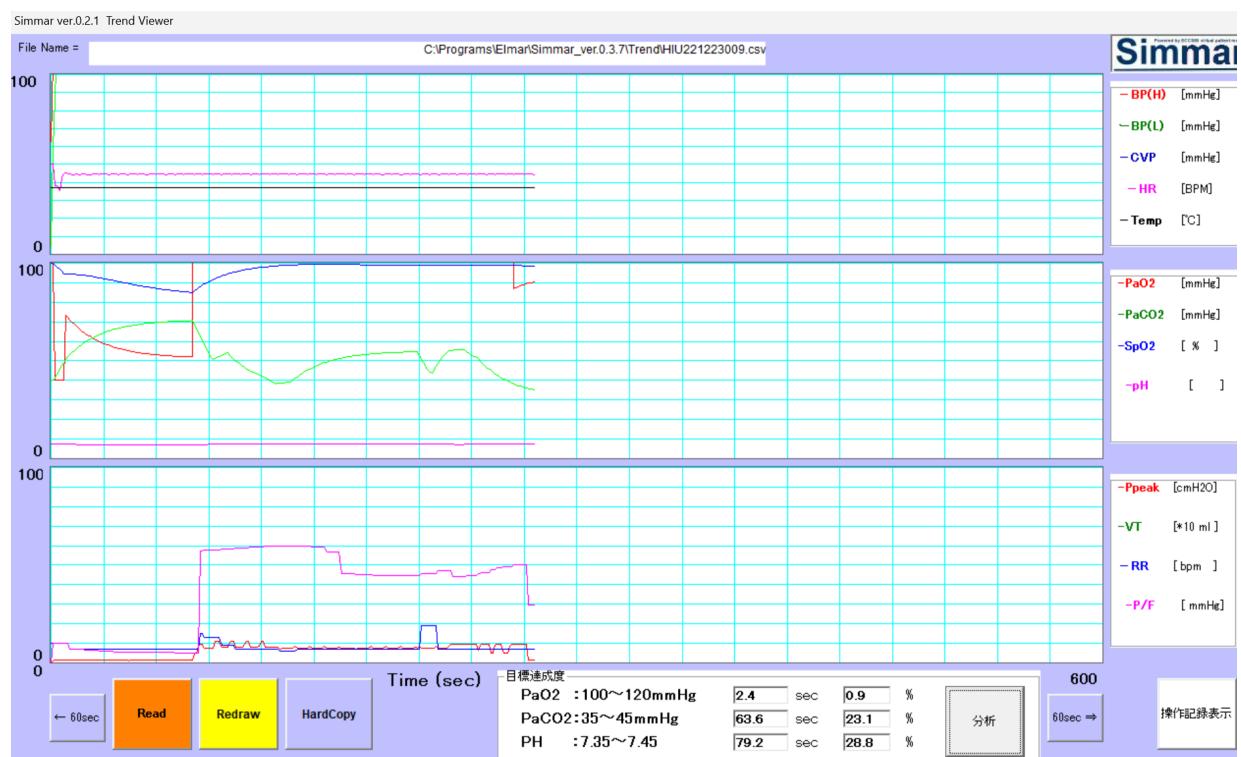
トレンドグラフの内容（の一部）を速やかに表示するには、① 「トレンドグラフの確認」をクリックしてください。

「READ」ボタンをクリックして、表示したいトレンドファイル名を選択することで、以下のようにグラフ表示されます。スケールを変更する場合には、縦軸、横軸の数値を適宜書き換えて「Redraw」ボタンをクリックしてください。



簡易的な表示機能しか実現しておりませんが、いずれ表示項目を自由に編集できる仕様に改善する予定です。トレーニングの振り返りの上では重要な機能なので、改善意見があれば遠慮なくご教示いただければ幸いです。

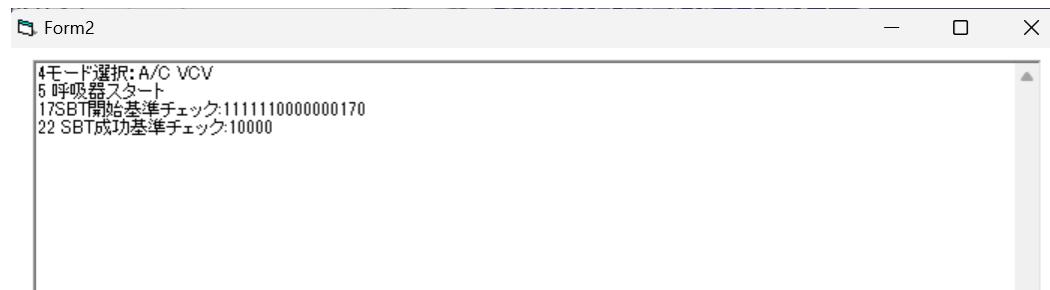
(1) トレンドグラフにおける客観的評価機能の追加



目標達成度パネルの「分析」ボタンをクリックすると、PaO₂, PaCO₂, PH が正常範囲にあった時間と、その割合（%）を計算します。100%に近いほど生体にはよいと考えられます。

(2) 操作記録の表示

操作記録表示ボタンをクリックすると、モード設定などの操作記録が表示されます。



第6章 シナリオエディタの使用方法

Selection of Scenario

Select the training scenario					先頭行のIndex	0	総ステップ数	20	終了時間	230	sec	音声ファイル名	実行	経過時間			
Index	Time	AoC	Event	Tdiv													
0	0		5	0	これから呼吸器ウィーニング手技のシミュレーションを開始します。呼吸数10bpm、サポート圧自発覚醒トライアルを開始します										002_00.wav	✓	15
1	15		5	0	鎮静薬の投与を終了します										001_01.wav	✓	5
2	20		5	0	RASSが-1から0であることを確認しました										001_02.wav	✓	5
3	25		5	0	SATが成功しました										001_03.wav	✓	5
4	30		5	0	続いて自発呼吸トライアルに移行します										001_04.wav	✓	5
5	35		5	0	CPAPモードに変更し、離脱困難である場合、補助換気を再開してください。										001_05.wav	✓	5
6	40		5	0	CPAPモードに変更し、離脱困難である場合、補助換気を再開してください。										002_06.wav	✓	20
7	60		5	0	CPAPモードに変更し、離脱困難である場合、補助換気を再開してください。										002_06.wav	✓	20
8	80		4	0	CPAPモードに変更し、離脱困難である場合、補助換気を再開してください。										002_06.wav	✓	20
9	100		4	0	CPAPモードに変更し、離脱困難である場合、補助換気を再開してください。										002_06.wav	✓	20
10	120		3	0	CPAPモードに変更し、離脱困難である場合、補助換気を再開してください。										001_11.wav	✓	20
11	140		0	0	CPAPモードに変更してください。										001_12.wav	✓	10
12	150		0	0	患者の状態を確認しながらPEEPを0まで下げています										001_13.wav	✓	10
13	160		0	0	PEEPを4cmH2Oまで下げます										001_14.wav	✓	10
14	170		0	0	PEEPを3cmH2Oまで下げます										001_15.wav	✓	10
15	180		0	0	PEEPを2cmH2Oまで下げます										001_16.wav	✓	10
16	190		0	0	PEEPを1cmH2Oまで下げます										001_17.wav	✓	10
17	200		0	0	PEEPを0cmH2Oまで下げます										001_18.wav	✓	5
18	210		0	0	患者の状態の改善を確認しました										001_19.wav	✓	5
19	215		0	0	抜管します										001_20.wav	✓	-220
20	220		0	0	お疲れ様でした												0
21	0		0	0													0
22	0		0	0													0
23	0		0	0													0
24	0		0	0													0
25	0		0	0													0
26	0		0	0													0
27	0		0	0													0
28	0		0	0													0
29	0		0	0													0

【注意】 Ver 0.3.3以前のシナリオを用いる場合は、以下のチェックをしてください。

New version

入力画面のスクロール 指定したラインの編集

▲▲ ▲ ▼ ▼▼ 先頭行 一行挿入 一行削除 最終行とする

シナリオの実行 シナリオの読み込み シナリオの保存 トラブルシナリオ **Simmar**

時刻計算

- 適当にキャプションとそれぞれの経過時間を入力して、「時刻計算」を押してください。ナレーション開始時刻が計算されます。
- シナリオの作成が終了したら必ずシナリオの最終行をクリックし、「最終行」ボタンを押してください。ここまで保存されます。保存される行は白、保存されない行は灰色になります。
- キャプションをクリックすると、黄色に変わります。この行に対して、「挿入」「削除」ができます。
- ▲ ▼ ボタンを押すことで、行がスクロールします。最大 1 0 0 0 行まで編集できます。
- 経過時間を変更するたびに、念のため「時刻計算」を押してください。
- コンボボックスに、定型文が登録されています。登録された文を表示して挿入すると、その文と対応した音声ファイルが黄色の行に挿入されます。
- 「シナリオの実行」ボタンを押すと、セッション画面に移行し、トレーニングを行うことができます。
- Ver.0.3.4 からの新機能として、患者設定パネルの病態セレクタで設定した病態番号を Event 欄に記入すると、指定時刻にその病態を発生させることができます。番号 0 が正常(Control)、1, 2 は心筋保護の再現のための予約番号、3 以降は自由に設定できます。(Tdiv はランダムに開始時刻を変更させるための変動幅です。Ver.0.3.4 では未実装です)

【注意】

入力操作に誤りがあると、稀にフリーズすることがあります。作業を無駄にしないためにも、頻回にシナリオを保存してください。シナリオ変更の結果が実行時に反映されない場合は、一度保存して再度読み込んでください。

第7章 ESTE-SIM とのシリアル通信

Step. 1 Simmar タブレットと VP-ECMO の接続



Simmar タブレットの USB-Type C 端子に USB-Type C ハブを接続し、ハブの Type A 端子とコントローラの Type B 端子を、USB ケーブル（プリンタ・外付けハードディスク用ケーブル）で接続します。

Step. 2 Simmar の起動

デスクトップ上の”Simmar”アイコンをダブルクリックすると Simmar が起動します。



このマニュアルを作成した段階の Simmar のバージョンは 1.0.2 です。

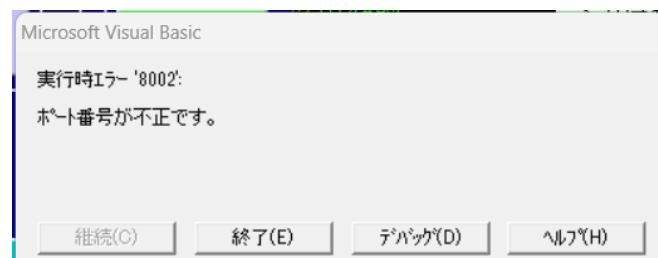
起動時のメニュー画面が表示されたら、とりあえず右側の「症例選択」パネルより、”Case 3”をクリックしておいてください。

起動画面(メインパネル)左上側が、機能選択メニュー、左下側が詳細設定パネルとなります。ESTE-SIM と Simmar を連動させるため、「各種設定」の「シリアル通信の設定」ボタンをクリックします。

Step. 3 シリアル通信の設定



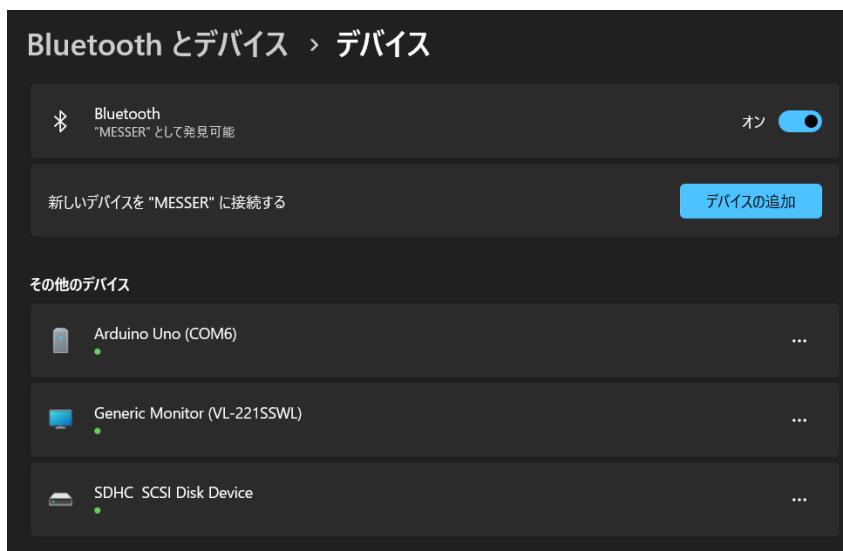
シリアル通信の設定パネルが開いたら、VP-ECMO コントローラが接続されているポート番号を入力し、
「設定読込」→「通信開始」ボタンを順番にクリックします。ポート番号が間違っている場合、以下のメッセージが表示されてプログラムは終了します。



この場合は、次に示す方法で正しいポート番号を調べて再度 Simmar を起動して再設定してください。(一度再設定すると Simmar は番号を記憶しますので次からは必要ありません)

【VP-ECMO が接続されているポート番号を調べる方法】

注意) Windows のバージョンに依存して、やり方が異なります。ここではWindows11での方法を説明します。その他のバージョンでは、”Windows”，“COM ポート”，“Arduino”などの検索ワードで検索をかけて調べてみてください。



① 「ウィンドウズ」→「設定」→「Bluetooth とデバイス」と進む。

② 「デバイス」を選択すると、左のように、接続されているデバイスの一覧が表示される。この中の”Arduino Uno”の項目の右側に、ポート番号が記載されている。左の例では、

ポート番号= 6 となる

Step. 4 シリアル通信の動作確認



正しいポート番号が入力された場合には、左図のように、「通信開始」ボタンの表示が「通信停止」と変更され、VP-ECMOとの通信が確立します。VP-ECMO コントローラからの受信データは、「受信データの履歴」 BOX に逐次表示されまる。受信データの内訳は以下の通りとなります。

00:呼吸器外れフラグ：1／0＝接続／外れ

また、ESTE—SIMへの送信データの内訳は以下の通りとなります。

00: 呼吸フラグ（吸気／呼気＝1／0）

01 : SpO2 (%)

02 : HR (bpm)

03 : PaO2 (mmHg)

04 : PaCO2 (mmHg)

05:pH

Step. 4 呼吸器コンソールを開く



Simmar は、ESTE-SIM(喀痰吸引 VR シミュレータ)と VP-ECMO の両方に連動するように設計されています。

次に、VP-ECMOとの連動を設定する手順を示します。

【参考資料】Simmar 用肺コンプライアンスのシグモイド関数近似モデルについて

肺活量 Vc (ml) 肺気量と内圧の関係を以下のシグモイド関数で近似する。

$$V(p) = \frac{Vc}{1 + e^{-ap}} \quad \dots(1)$$

(1) 式を p で微分する。右に示す分数の微分公式より $\left(\frac{1}{f(x)}\right)' = -\frac{f'(x)}{f(x)^2}$

$$\frac{dV(p)}{dp} = \frac{d}{dp} \left(\frac{Vc}{1 + e^{-ap}} \right) = -\frac{Vc}{(1 + e^{-ap})^2} \cdot \frac{d}{dp} (1 + e^{-ap}) = -\frac{Vc}{(1 + e^{-ap})^2} \cdot (-ae^{-ap})$$

$$= \frac{a \cdot Vc \cdot e^{-ap}}{(1 + e^{-ap})^2} \quad \dots(2)$$

$p=0$ の時の PV カーブの傾きが静肺コンプライアンスとなるので、静肺コンプライアンスを Cs とすると、

$$\frac{dV(0)}{dp} = Cs \quad \dots(3)$$

したがって、係数 a は、

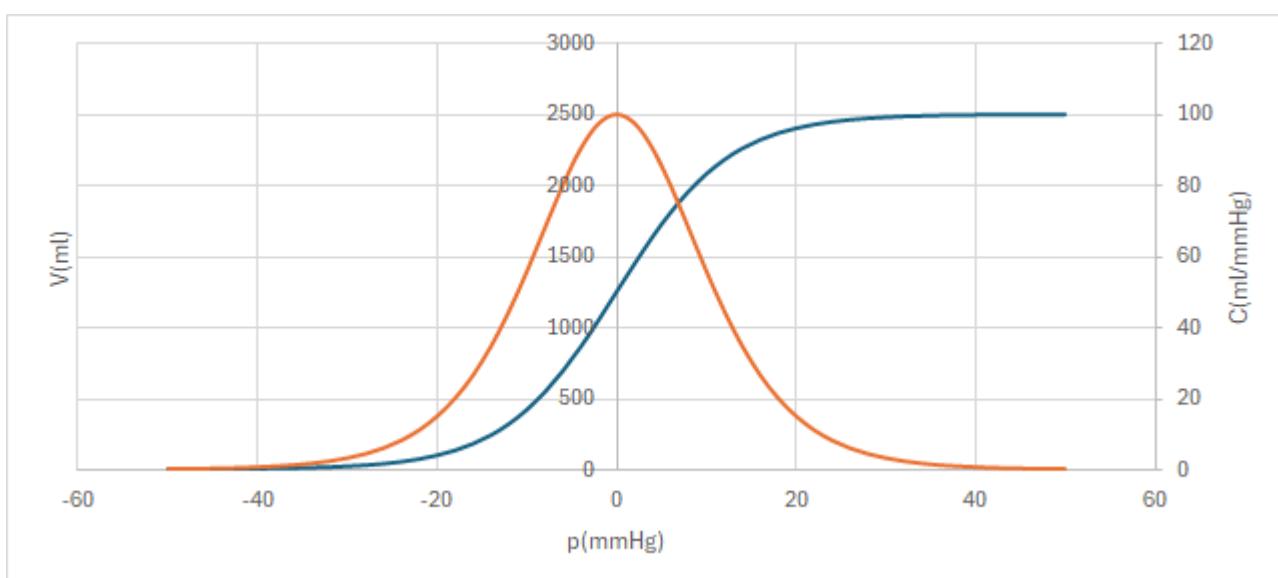
$$\frac{a \cdot Vc}{4} = Cs \rightarrow a = \frac{4Cs}{Vc} \quad \dots(4)$$

以上の考察より、任意の圧力におけるコンプライアンス変化は

$$C(p) = \frac{Vc \cdot a \cdot e^{-ap}}{(1 + e^{-ap})^2} \quad \dots(5)$$

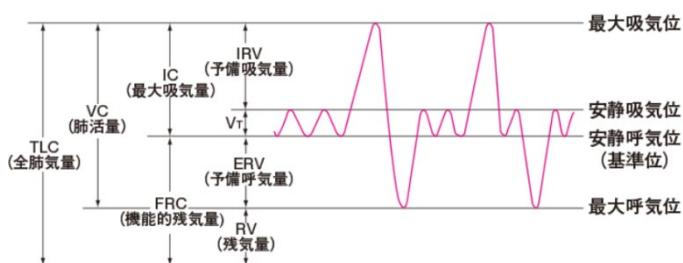
となる。

$Vc=2500ml$ 、 $Cs=100ml/cmH2O$ の時の肺内圧と肺気量・コンプライアンスの計算例を以下に示す。



PEEP の効果を再現するための、VC 曲線シフトモデル

PEEP をかけることにより、虚脱した肺胞が膨張し、肺の進展性（コンプライアンス）が増大することが知られている。シグモイド関数を陽圧方向にシフトすることで、持続的陽圧による進展性の増加と、過剰な陽圧による肺コンプライアンスの低下を模擬することができる。



肺気量分画の名称：略号：正常値(成人 20～30 歳)				
(分画の名称)	(英語名称)	(略号)	(ml)	(%)
予備呼気量	Inspiratory Reserve Volume	IRV	3100	67%
1回換気量	Tidal Volume	TV	500	11%
予備呼気量	Expiratory Reserve Volume	ERV	1000	22%
残気量	Residual Volume	RV	1300	28%
最大吸気量	Inspiratory Capacity	IC	3600	78%
機能的残気量	Functional Residual Capacity	FRC	2399	52%
肺活量	Vital Capacity	VC	4600	100%
全肺気量	Total Lung Capacity	TLC	5900	128%

$$(1) \text{ 式より, } e^{-\alpha p} = \frac{V_c}{V(p)} - 1 \rightarrow p = -\frac{1}{\alpha} \ln \left(\frac{V_c}{V(p)} - 1 \right) \quad \dots(6)$$

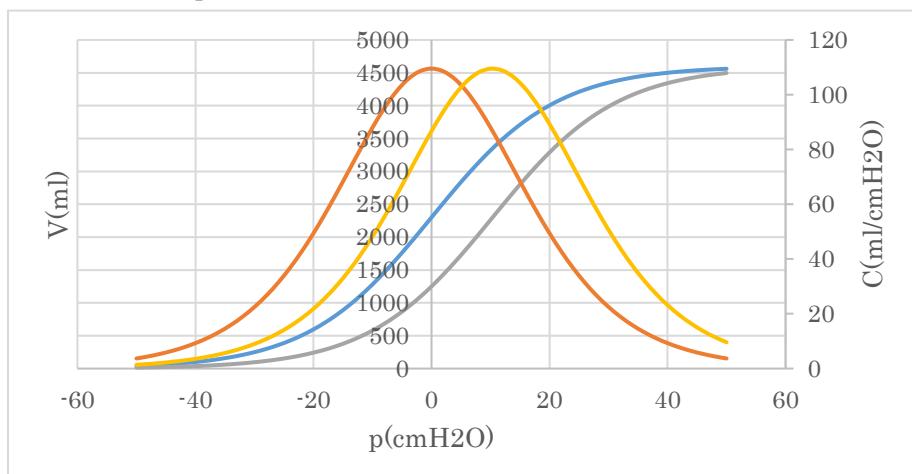
したがって肺コンプライアンスが最大となる陽圧 Δp は、

$$\frac{V_c}{V(p)} = \frac{V_c}{ERV + \frac{1}{2} \cdot V_T} = 3.68 \rightarrow \Delta p = -\frac{0.986}{\alpha} \quad \dots(7)$$

圧シフトを考慮した肺コンプライアンスは、 $C(p) = \frac{V_c \cdot \alpha \cdot e^{-\alpha(p+\Delta p)}}{(1 + e^{-\alpha(p+\Delta p)})}$ となる。

$V_c=4600\text{ml}$ 、 $C_s=109.5\text{ml/cmH}_2\text{O}$ の時の肺内圧と肺気量・コンプライアンスの計算例を以下に示す。

$\alpha=0.0952$ 、 $\Delta p=-10.35\text{cmH}_2\text{O}$



スパイログラムより、肺は VC の範囲で、ERV+1/2VTを中心として呼吸していることがわかる。また、ERV>ERV より、シグモイド関数モデルにおける最も進展性の高い肺気量は、大気圧に対して陽圧側に存在する。

すなわち、適切な PEEP (陽圧) をかけることで肺コンプライアンスが増加する数値モデルとなる。

肺気量分画の代表値より、

$$(ERV+1/2VT)/VC=27.2\% \text{ よって、}$$

$$VC/(ERV+1/2VT)=3.68$$