

マスタースクリーンIOS-J

安静呼吸のみで気道や肺の状態を計測する呼吸抵抗計

被検者さまの努力に依存せず、**安静呼吸のみで解析**

- 呼吸抵抗
- コンプライアンス低下
- 気道閉塞
- 気道の何処が閉塞しているかの判別
- 治療や薬剤効果

インパルスオシレーション法

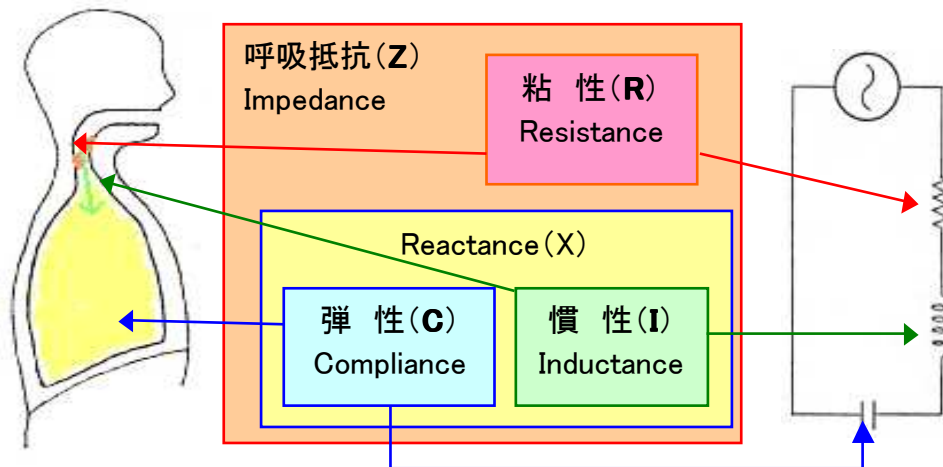
解析される呼吸抵抗は、呼吸インピーダンス(Z)の式($Z=R+jX$)で表されます。

$$Z = R + j\omega I + \frac{1}{j\omega C} = R + jX \quad X = \omega I - 1/\omega C$$

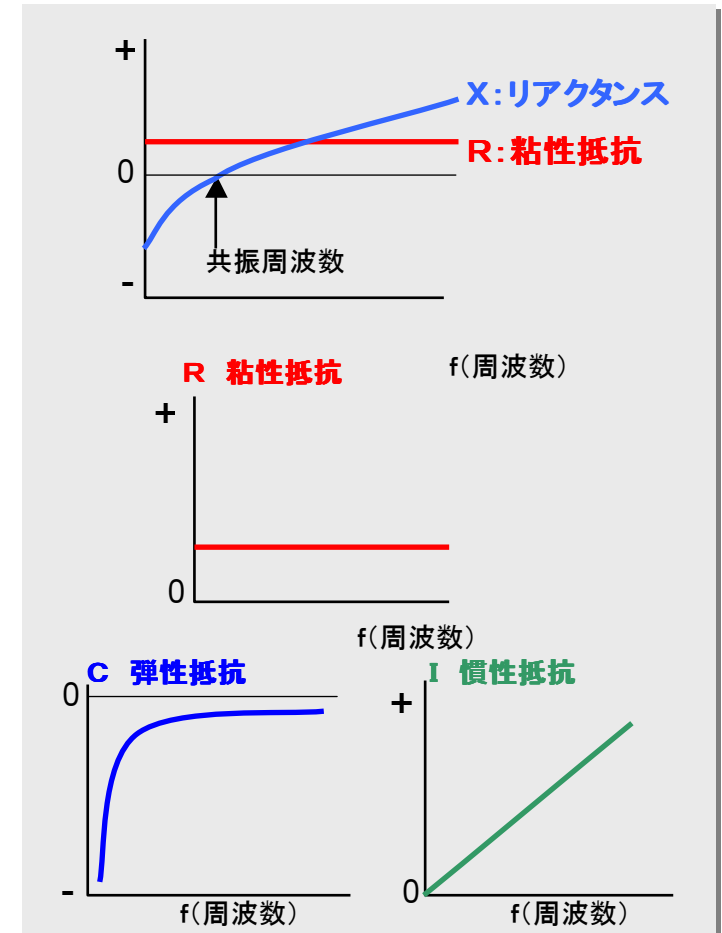
$$|Z| = \sqrt{R^2 + \left(\omega I - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

抵抗 慣性 弾性

$j = \sqrt{-1}$ (虚数) f : 周波数
 $\omega = 2\pi f$ ω : 位相角



周波数による抵抗の変化



周波数との理論上の関係は、

粘性抵抗成分は関係なく直線的

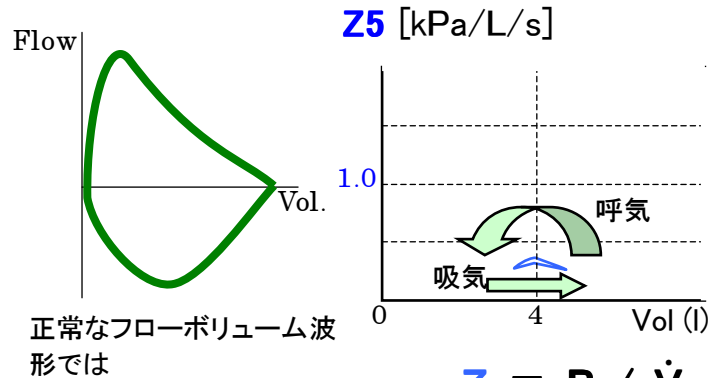
弾性抵抗成分は低い周波数ほど抵抗が影響

慣性抵抗成分は高い周波数ほど抵抗が影響

弾性抵抗と慣性抵抗が打ち消しあってリアクタンス(X)がゼロになる周波数を共振周波数(F_{res})と言います。

主要な表示グラフは、インピーダンス(Z)の変動を表示するグラフと周波数毎の粘性抵抗(R)を表すグラフ、周波数毎のリアクタンス(X)を表すグラフがあります。

Z(インピーダンス)は P(圧力) / V(フロー)で表され、計測中のラウドスピーカより出力されるインパルス波のPとVをFFT(高速フーリエ変換)する事で周波数毎のRとXを解析します。



縦軸: Z 呼吸インピーダンス
横軸: Vol 呼吸量

呼吸(吸気と呼気)によるインピーダンスの高さと変化を表すグラフ

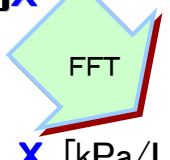
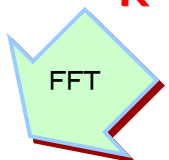
下図のようなインパルス波をラウドスピーカより出力してPとVを計測し、FFTする事で各抵抗を解析します。各抵抗によりPとVの波形が変化し抵抗の大きさと位相を解析します。

$$Z = P / \dot{V}$$

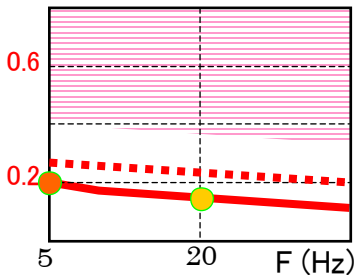
R

+

jX



R [kPa/L/s]



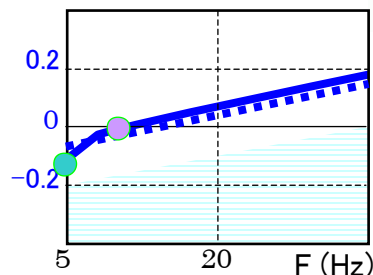
Resistance R(F)

縦軸: R(粘性抵抗)

周波数により部位の粘性抵抗の大きさと変化を表すグラフ

点線
予測ライン
実線
実測ライン
塗潰し
異常域

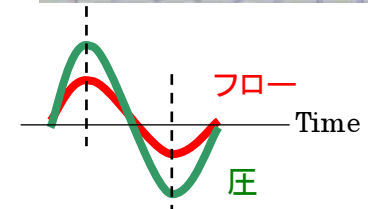
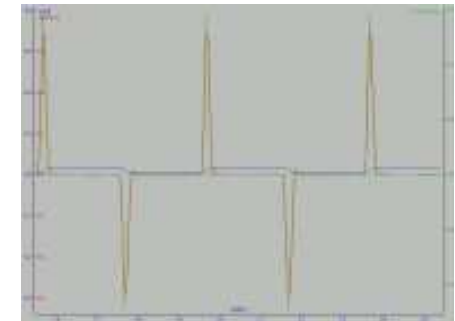
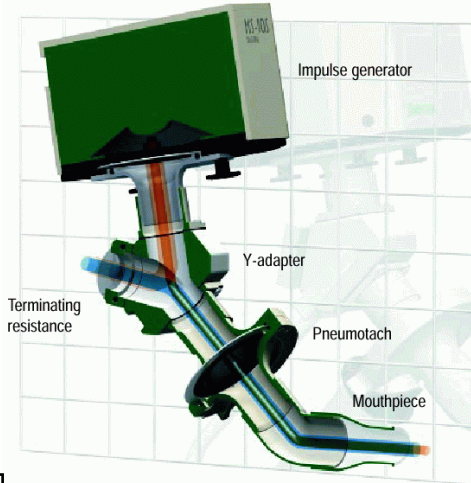
X [kPa/L/s]



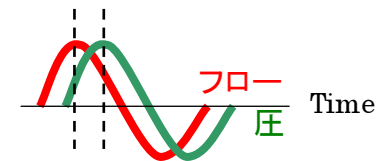
Reactance X(F)

縦軸: X(容量性リアクタンス)

周波数により末梢の弾性抵抗と中枢の慣性抵抗の大きさと変化を表すグラフ

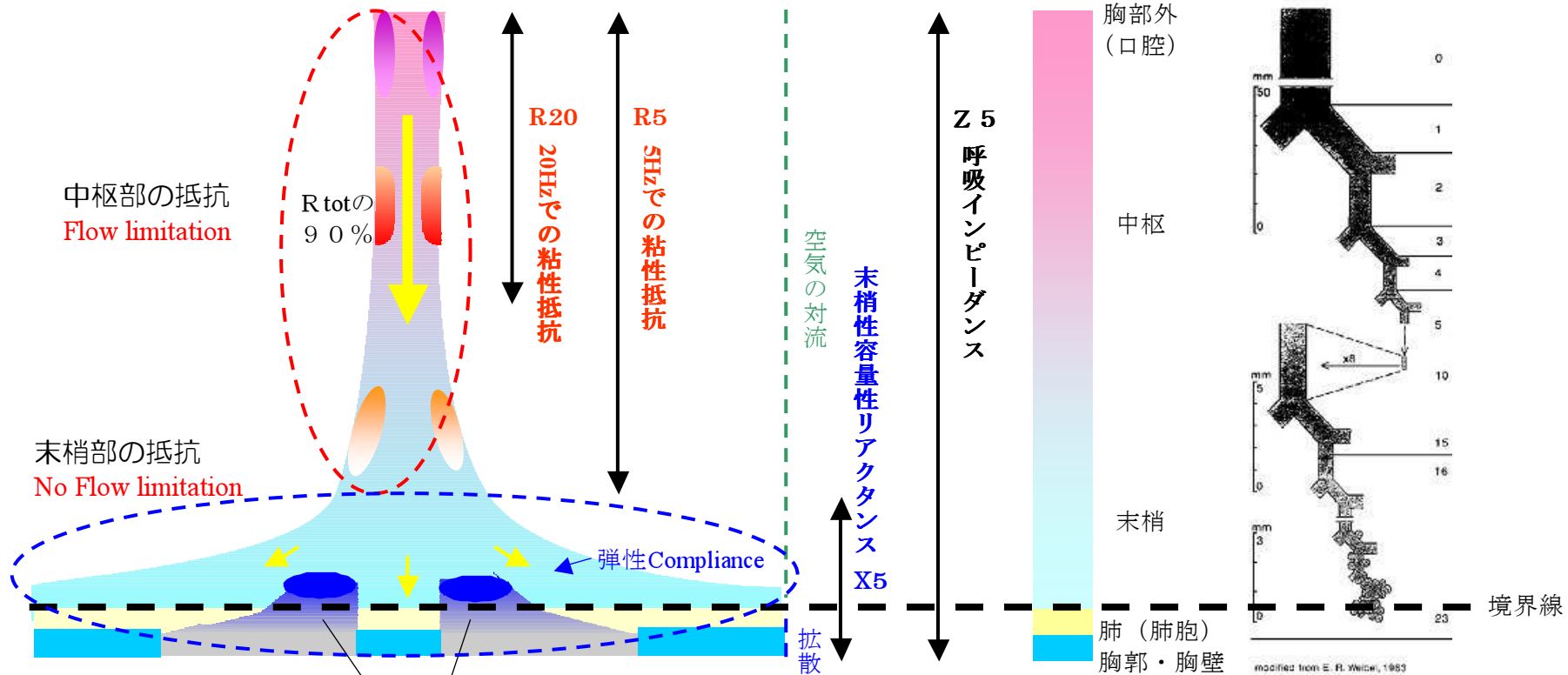


Rの成分は位相がなく、抵抗がある場合には圧が高くなりフローは減衰する。



Xの成分は位相があり、抵抗がある場合には位相が変化する。

肺生理学との関係 Weibelのトランペットモデル



弾性抵抗の因子
閉塞箇所Shadowing
末梢部は不均等や閉塞により
気道が伸縮し閉塞箇所が発生

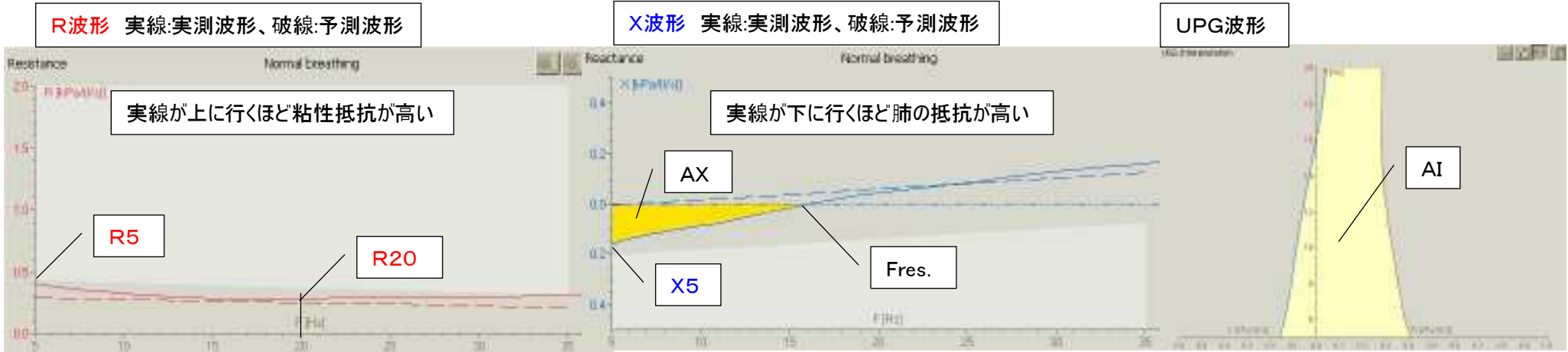
気道が硬い中枢の抵抗は**粘性抵抗成分 (R)**と**慣性抵抗成分 (I)**が関与し、
肺胞や気道が柔らかい末梢の抵抗は**弾性抵抗成分 (C)**が関与します。

この矢印は、凡その部位を示したもので確定した部位ではありません。

今までの呼吸抵抗の測定とは異なり、マスタースクリーンIOS-Jは**呼吸に関わる抵抗を分けて解析**できます。
マスタースクリーンIOS-Jの結果に異常があれば、精密検査を行うことで判読精度を高めることができます。
また、薬剤の効果やどの部分に効果があったかの確認を**安静呼吸のみ**で判読に結びつけることができます。

マスタースクリーンIOS-Jのパラメータについて

表記		意味
VT [L]	VT=TV	1回換気量 (大きすぎたり小さすぎたりすると安静呼吸でない可能性がある)
Z at 5 Hz [kPa/(L/s)]	Z5	呼吸抵抗 (呼吸インピーダンスで気道や肺を含めた抵抗)
R at 5 Hz [kPa/(L/s)]	R5	R5 : 5Hzでの粘性抵抗 150%以上 は異常(呼吸したときに空気の通り道に抵抗があると高値になる)
R at 20 Hz [kPa/(L/s)]	R20	R20 : 20Hzでの粘性抵抗 150%以上 は異常(口元から中枢までの空気の流りに抵抗があると高値になる)
X at 5 Hz [kPa/(L/s)]	X5	X5 : 末梢性容量リアクタンス 予測値-0.15 以下 は異常(過膨張や拘束など肺の収縮に抵抗があると低値になる)
Resonant frequency [1/s]	Fres.	Fres: 共振周波数 (肺の収縮に抵抗がある場合に高値になる)
AX [kPa/L]	AX	X波形の0以下の面積 (肺の収縮に抵抗がある場合に高値になる)
CO at 5 Hz	Co5	5Hzでの再現性 (再現性が良いと高値になり、0.7 未満は再測定)
CO at 20 Hz	Co20	20Hzでの再現性 (再現性が良いと高値になり、0.9 未満は再測定)
Delta R5-R20 [%]	DR5R20	R20からR5の増加率(R波形の周波数依存を示す。末梢に近い気道が閉塞し抵抗があることや不均等があると高値になる)
Asthma Intellig. [kPa/L]	AI	AI: UPGグラフの黄色い部分の面積 (気道や肺に抵抗があると高値になる)
Rex at 5 Hz [kPa/(L/s)]	Rex5	呼気でのR5(粘性抵抗)
Xex at 5 Hz [kPa/(L/s)]	Xex5	呼気でのX5(末梢性容量リアクタンス)
Rin at 5 Hz [kPa/(L/s)]	Rin5	吸気でのR5(粘性抵抗)
Xin at 5 Hz [kPa/(L/s)]	Xin5	吸気でのX5(末梢性容量リアクタンス)
Stage of disease	Dstage	Dstage のテーブルに基づいてR5とX5の数値によりステージ分類
Delta X5	DX5	X5の吸気と呼気の差で呼気の気流制限を示す



マスタースクリーンIOS-Jの波形パターン

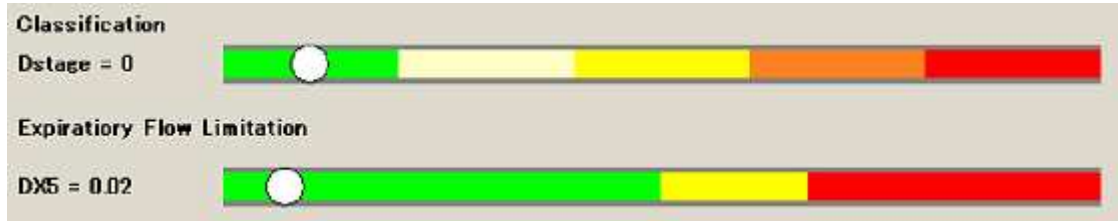
判定	波形					波形から判る結果(例)
	X波形	R波形	UPG	Z波形	イメージ	
正常						X波形は予測のラインと同様。 R波形は予測よりも低く周波数による抵抗差はほとんどない。 Z波形は低い位置で安定する。
末梢性閉塞 (COPD) 非可逆性						X波形は左下がりになる。 R波形は周波数が低くなるにつれて上昇するが、R20はあまり高値にならない。 Z波形は、ループを描く。
末梢性閉塞 (喘息) 可逆性						X波形は左下がりになる。 R波形は周波数が低くなるにつれて上昇し、R20も高値になる。 Z波形は、ギザギザになり、かなり高い位置になる。
中枢性閉塞						X波形は予測のラインと同様。 R波形は周波数に関係なく高値になる。 Z波形は、ギザギザになり、高い位置になる。
拘束性						X波形は左下がりになる。 R波形は予測のラインと同じようになる。 Z波形は、高い位置で安定する。

Classification 分類

Dstage= 緑:nomal、黄:mild、橙:moderate、赤:very severe

Expiratory Flow Limitation 呼気の気流制限

DX5= 緑:nomal、黄:mild、赤:severe



測定結果の見方(例)

- ① Co5(0.7以上)とCo20(0.9以上)か
再現性があるデータであるかを確認します
- ② Dstageは0(normal)であるか
ステージ分類で異常があるかを確認します
- ③ DX5は緑(normal)であるか
末梢での気流制限があるかを確認します
- ④ R5とR20の予測率が150%以内であるか
粘性抵抗に異常がないかを確認します
- ⑤ X5が予測値-0.15以内であるか
肺や末梢に異常がないかを確認します
- ⑥ R波形が左上がりになっていないか
周波数依存があるかを確認します
- ⑦ Z波形が横ばいか
エアートラッピングや呼気と吸気に変動が無いかを確認します
- ⑧ 拡張剤の効果はあるか
可逆性か非可逆性かを確認します

右図のサンプルでは・・・

Coの数値が規定内なので再現性があるデータ。Dstageが1なので何か問題があることがわかります。R5が150.3%と異常域でX5も-0.16で異常域。R波形が左上に上昇しているため周波数依存が少しある。Z波形も上下に変動しているので総合すると末梢性の喘息を疑うことになります。気管支拡張剤で抵抗が下がれば診断の精度をより高められると考えます。その他としてUPGでの黄色の面積が大きいので抵抗がかなりあることがわかり、モデル図でもリボンが大きくなっている。しかし、肺自体の抵抗は少ないことがわかります。(※モデル図は、7歳以上で余分な胸郭外の狭窄のない患者において適用可能です。また、絶対値ではありませんのでこれだけでの判読はできません)

