

プロセス挙動解析への Waveletの利用

- 解釈の技から 解析の技術へ -

ベテランの脳
の
暗黙知

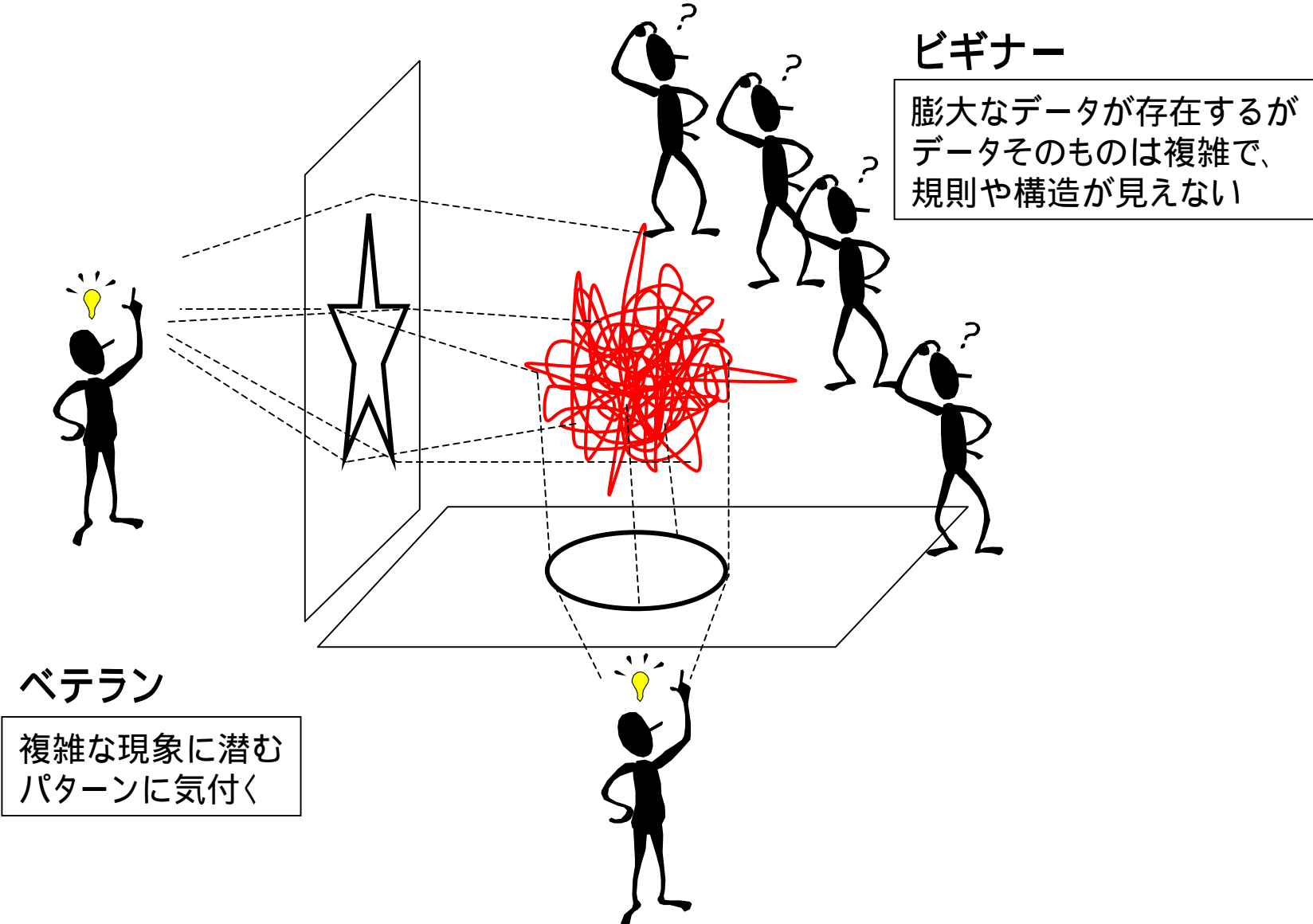
理論的に整理
された
形式知

2003年 11月 21日

三井化学

松尾 徹

データからの抽象



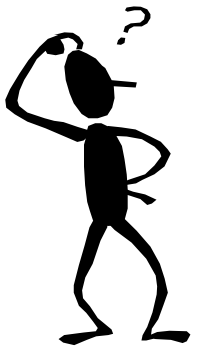
ビギナー

膨大なデータが存在するが
データそのものは複雑で、
規則や構造が見えない

ベテラン

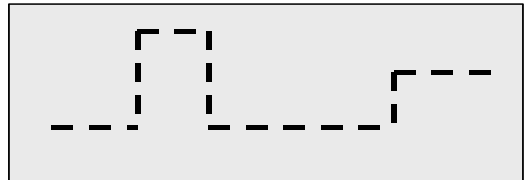
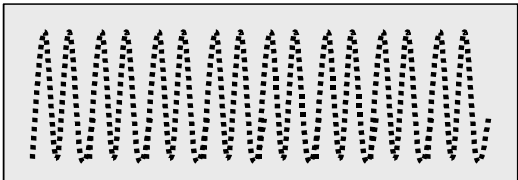
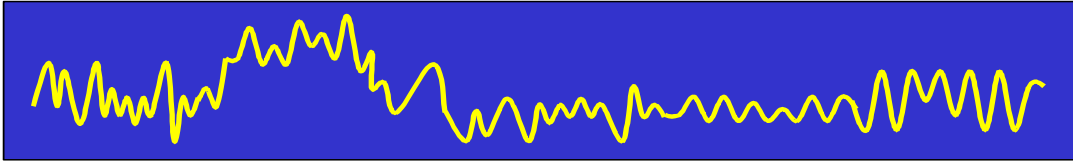
複雑な現象に潜む
パターンに気付く

プロセスの時系列トレンドについて



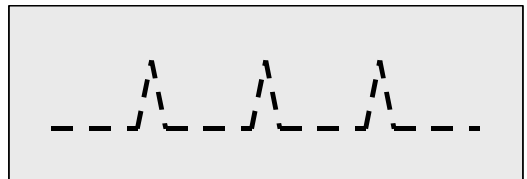
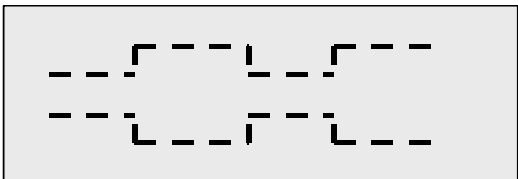
ビギナー

トレンドが複雑で、
規則や構造が見えない

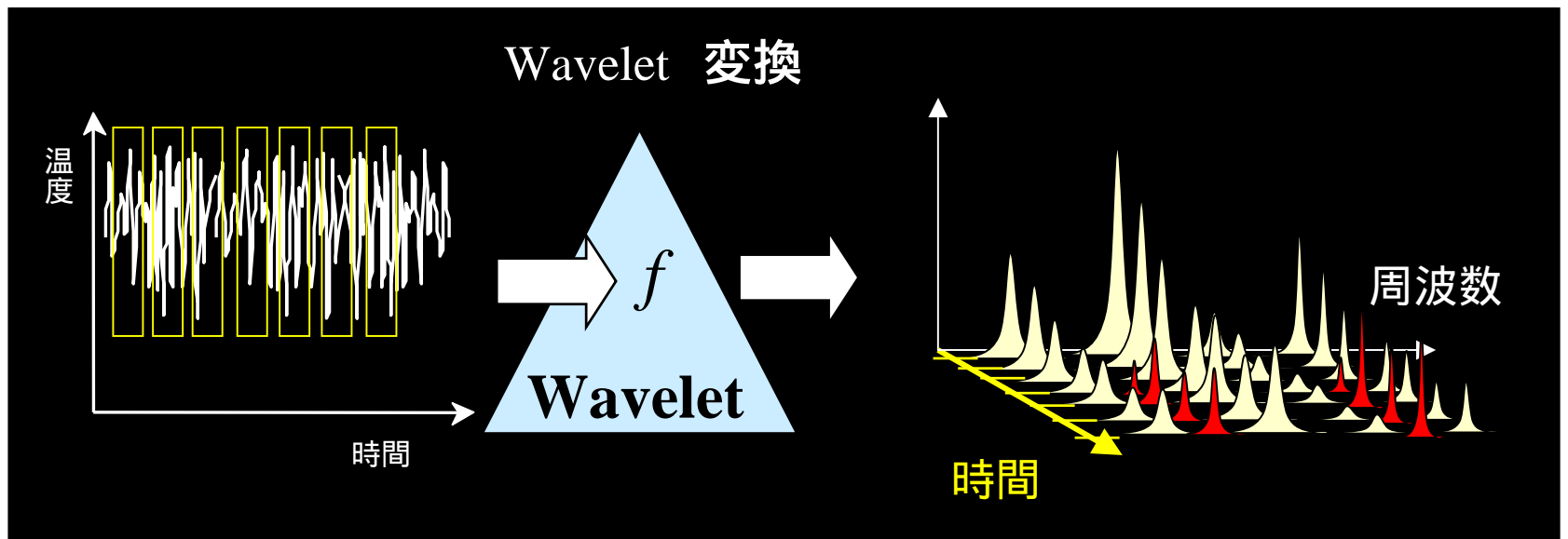
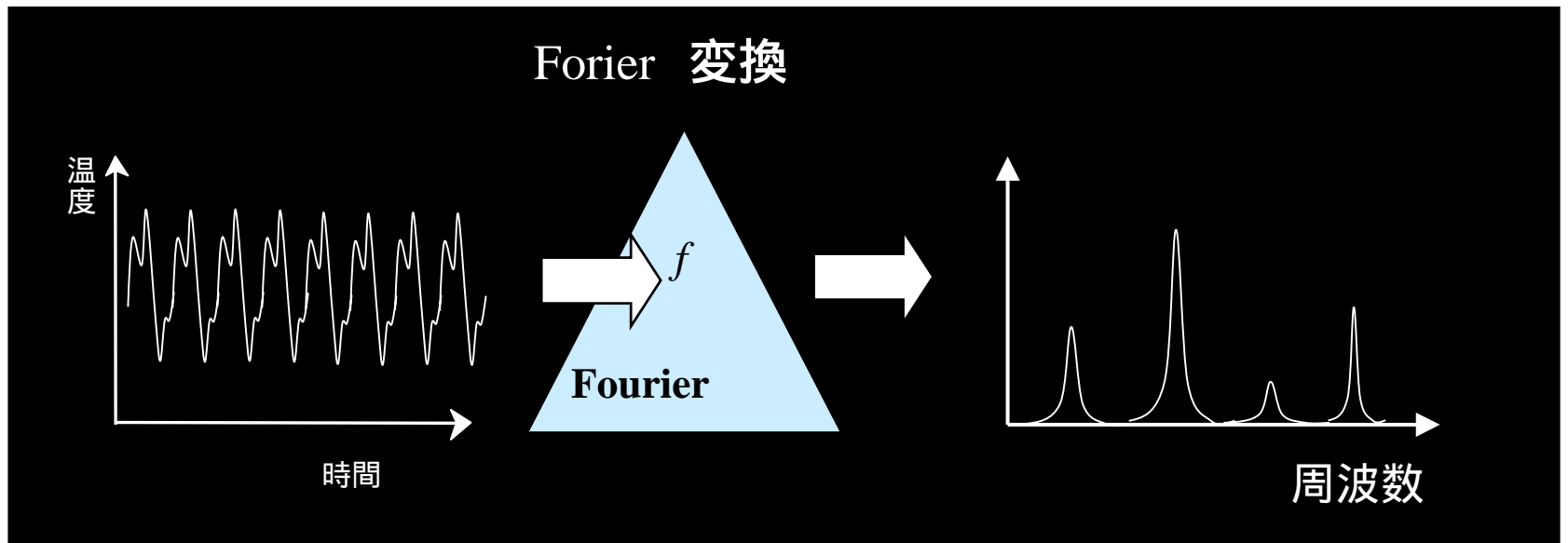


ベテラン

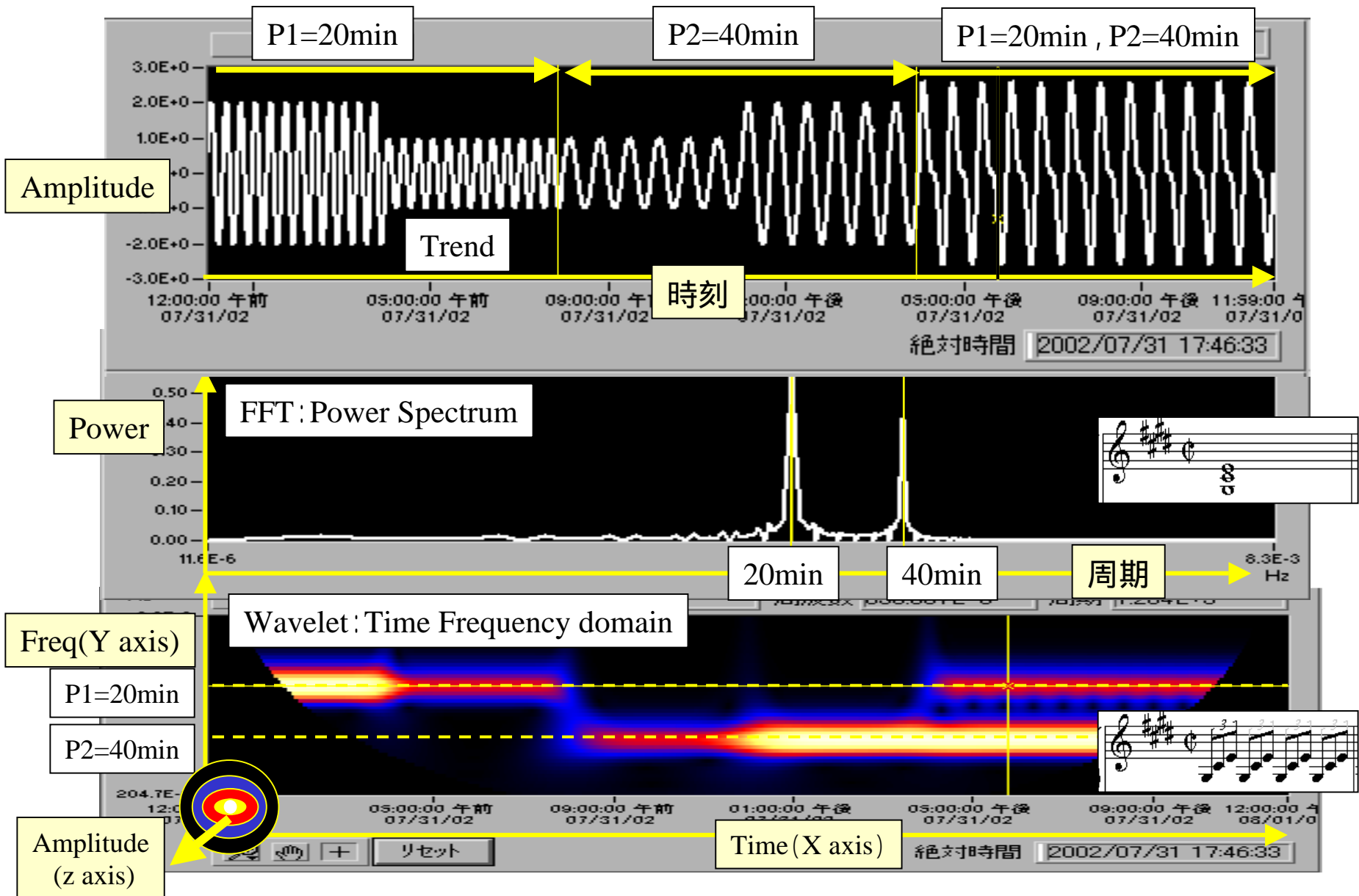
トレンドに潜む
パターンに気付く



時系列のトレンドデータからスペクトルへの変換



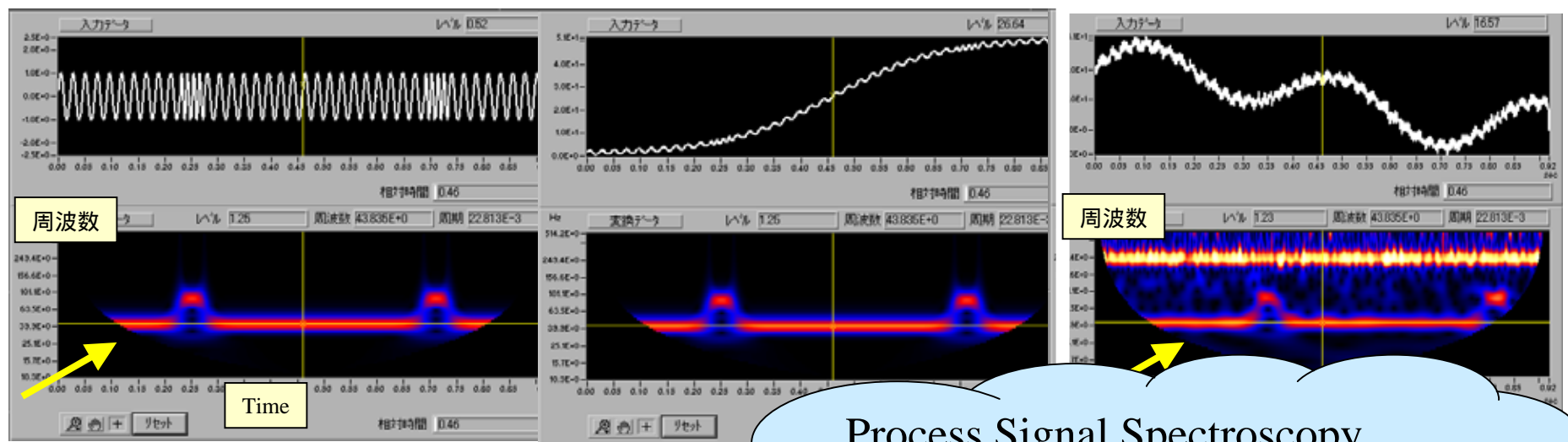
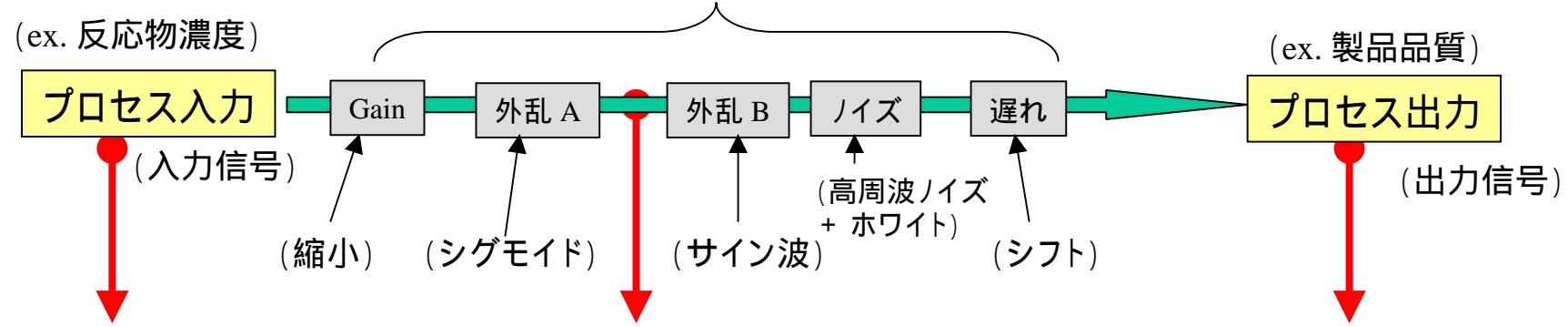
トレンドデータの FFT と Wavelet変換 によるスペクトル の例



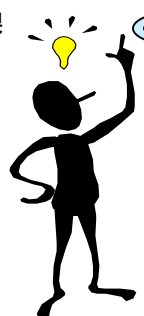
使用ソフトウェア: Tine2Wave(山武製), Wavelet関数: Gabor,

周波数でプロセス挙動を解析することの利点

仮想の化学プロセス

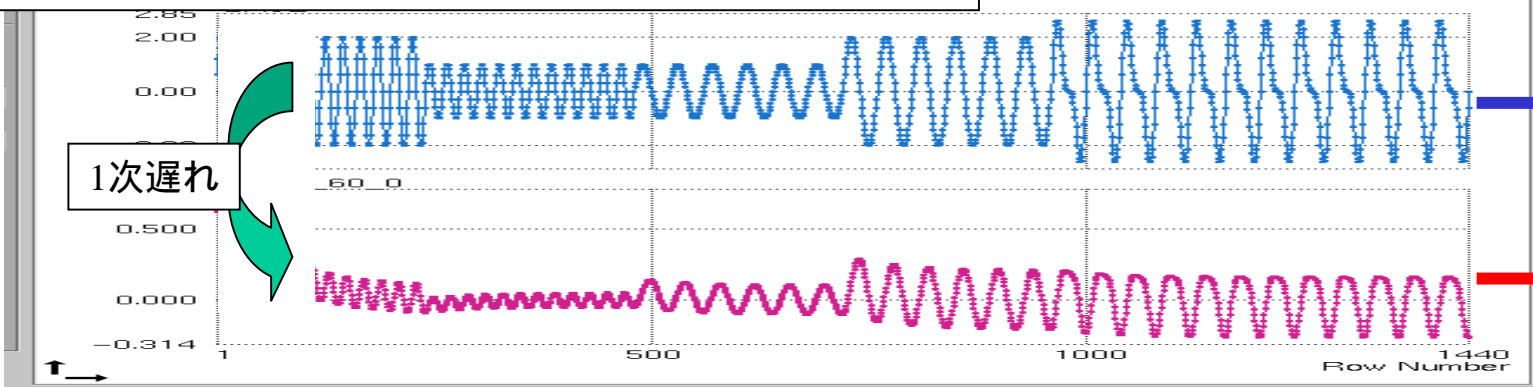


上段: トレンドグラフ,
下段: トレンドデータを Wavelet 変換

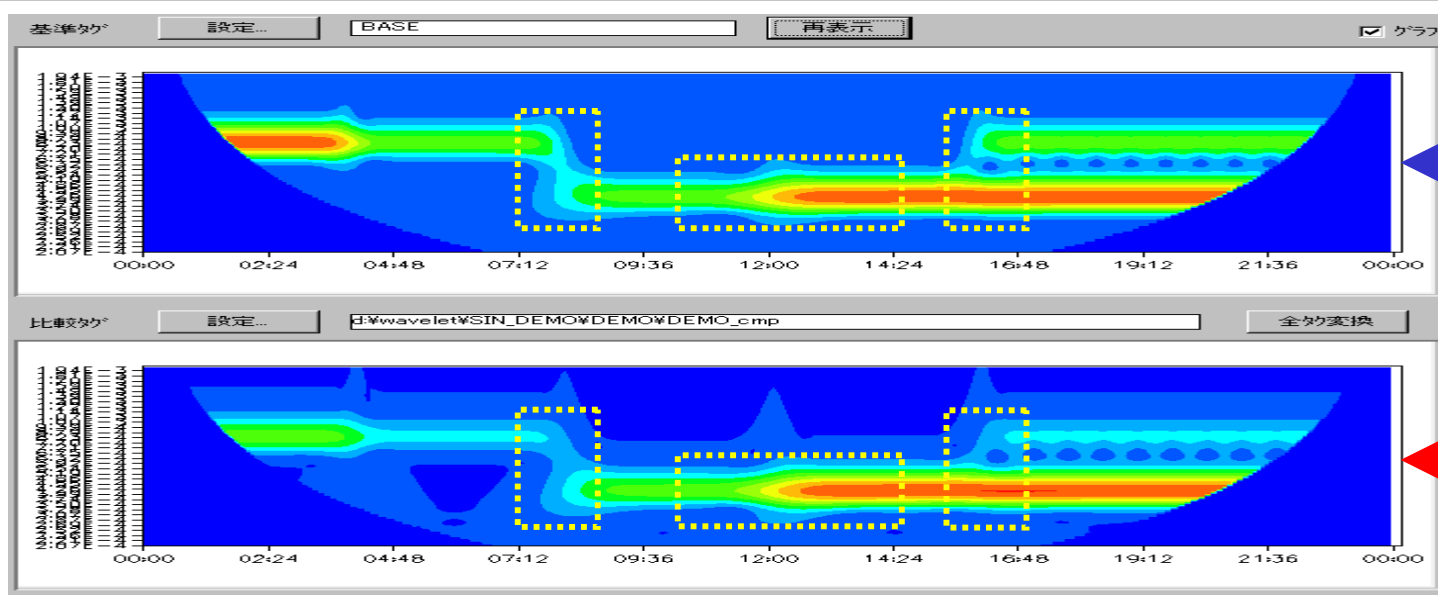


Process Signal Spectroscopy (PSSS)
(プロセス信号の分光分析; ピートリプルS)

周波数でプロセス挙動を解析することの利点



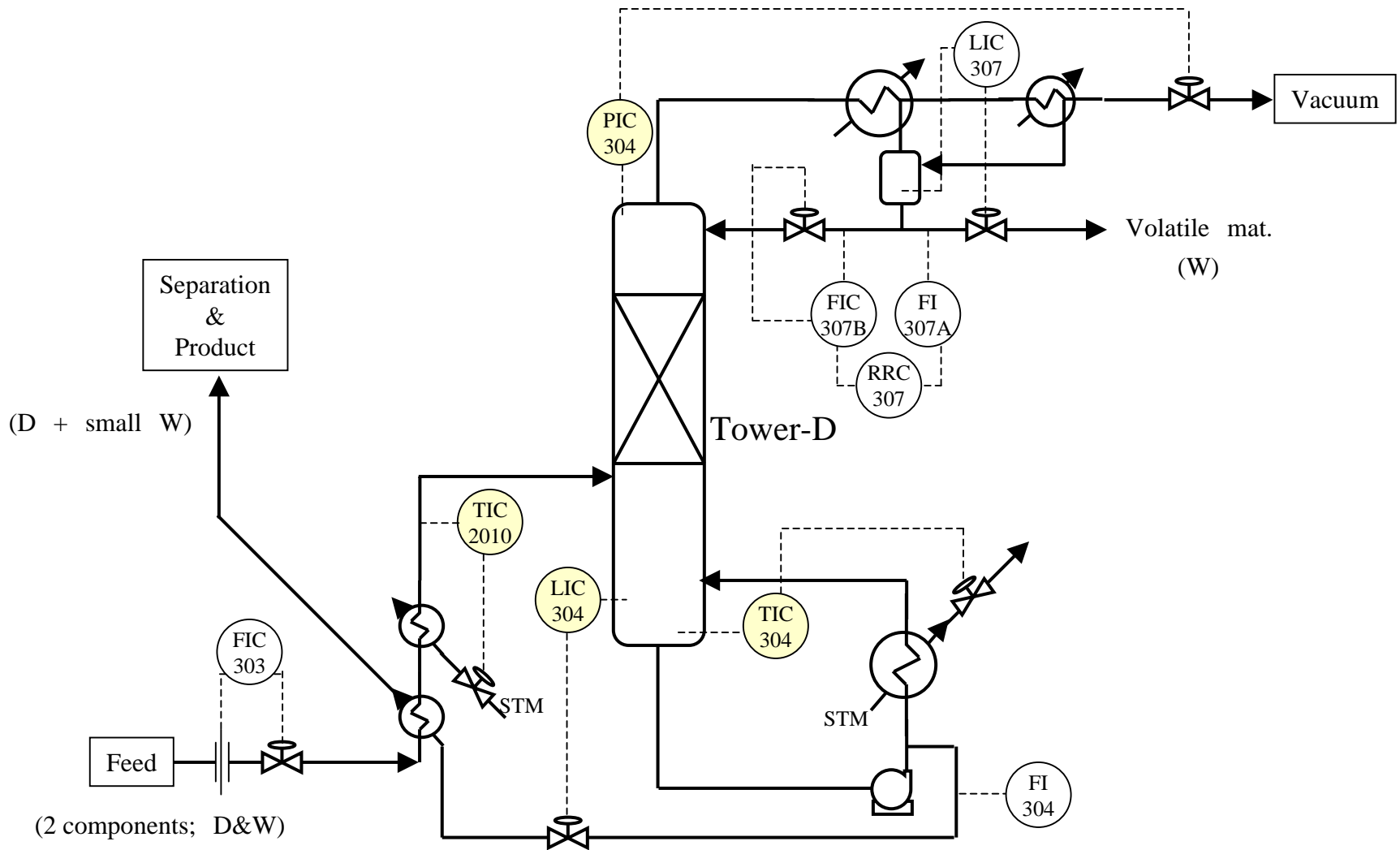
Wavelet
変換



関係不明の時事系列データでも、Wavelet変換により 時間 - 周波数 の関係で捉えると、その関係が明らかになる
 周期変化のタイミングが一致 }
 振幅変化のタイミングが一致 }
 成分の周期が一致 } → 青 - 赤 の時系列信号には、明確な相関関係が存在する

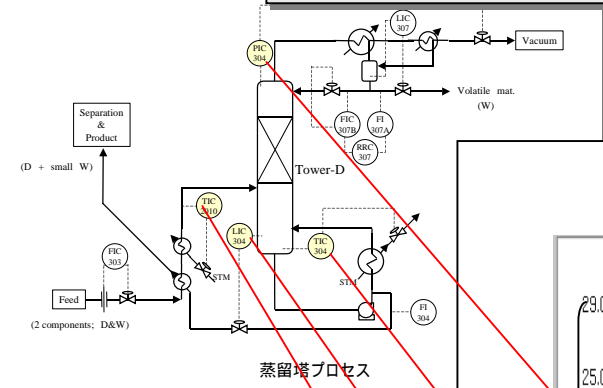
振動的信号の1次遅れ と 時間一周波数領域図

蒸留塔における振動発生と干渉 (1 / 3)

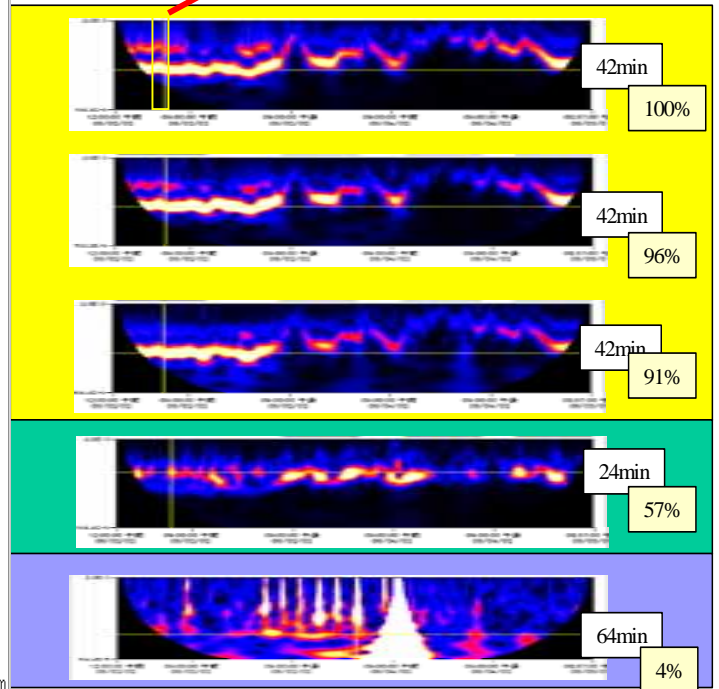
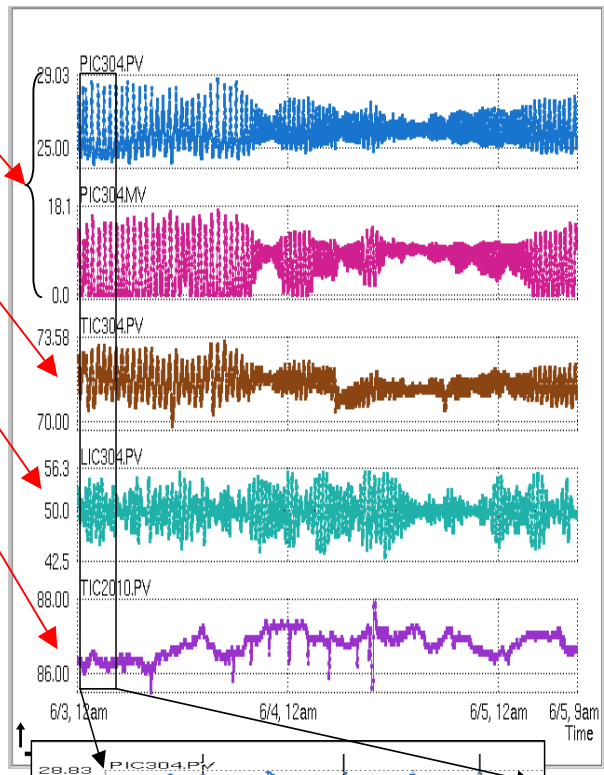
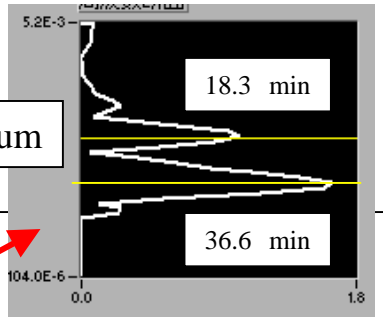


蒸留塔プロセス

蒸留塔における振動発生と干渉 (2/3)



Time resolved Spectrum



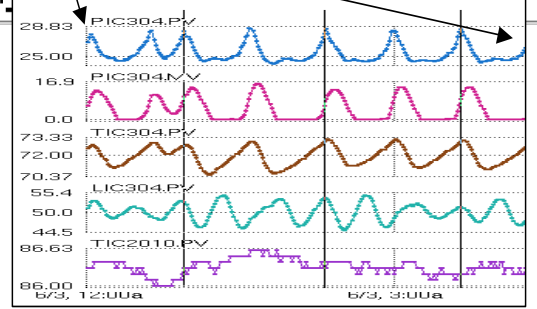
...% : 時間 - 周波数領域の類似度

パターンによるグループ分け

PIC304.PV, PIC304.MV, TIC304.PV; 塔の圧力変動と塔底の温度変動が連動

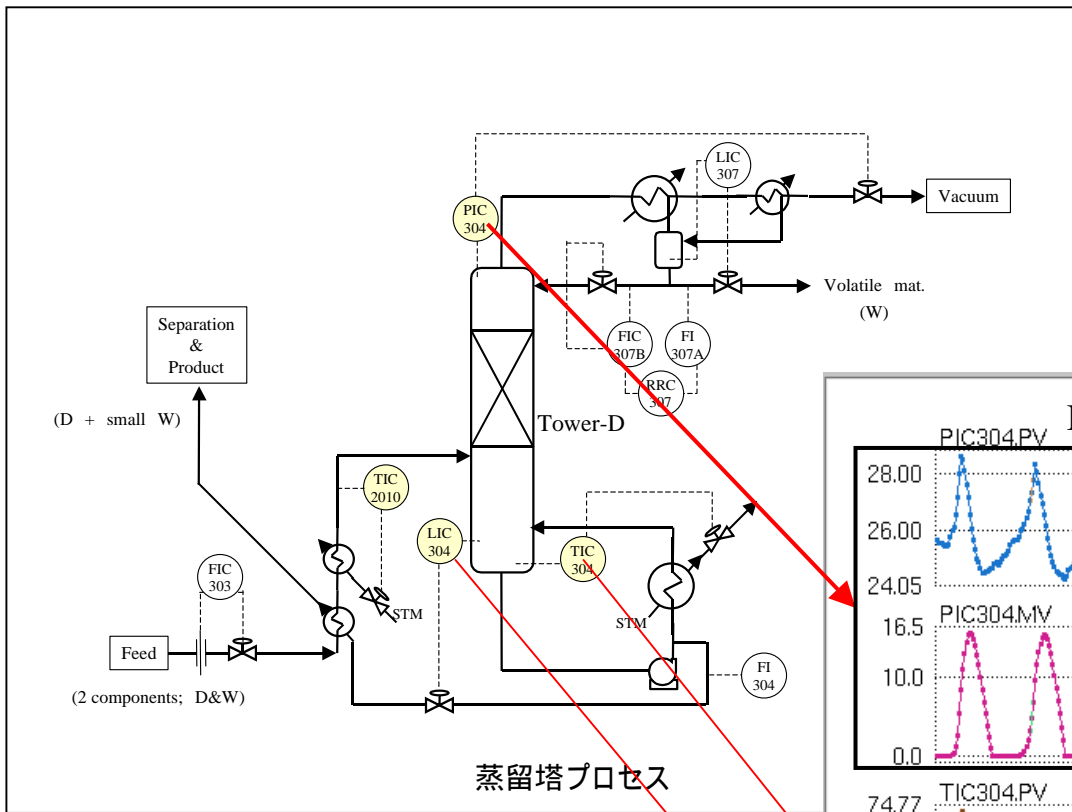
LIC304.PV; 塔底レベル変動

TC2010; Feed温度変動



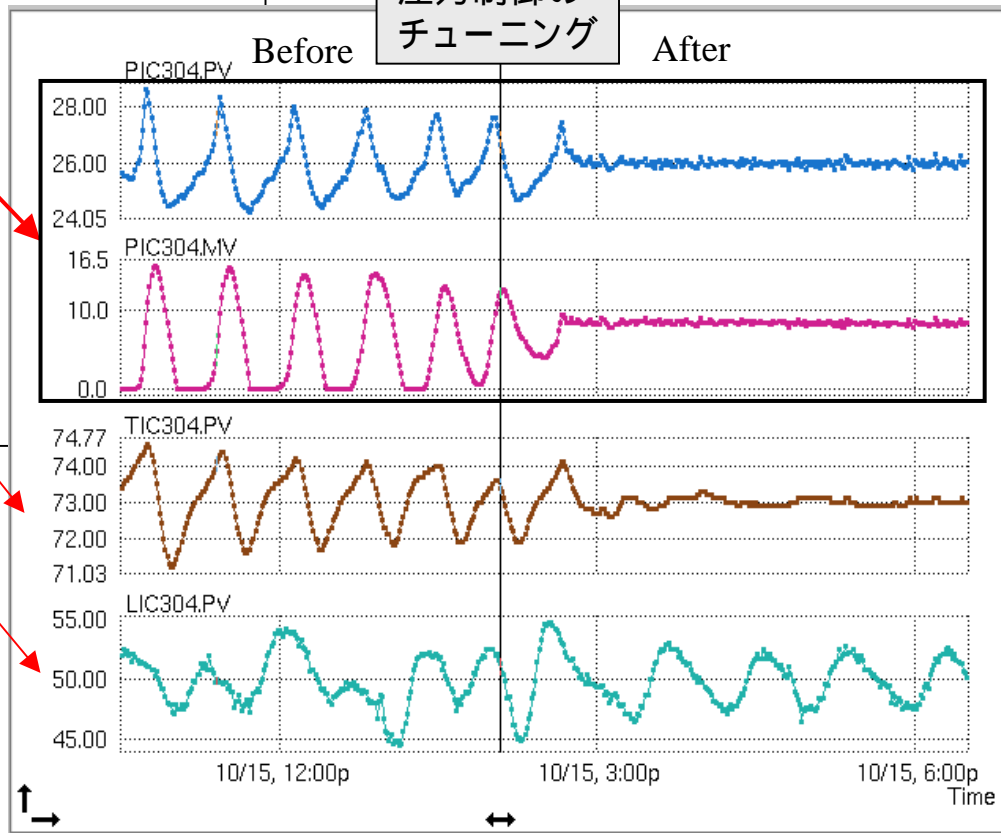
蒸留塔の制御性の良否と影響範囲

蒸留塔における振動発生と干渉 (3 / 3)



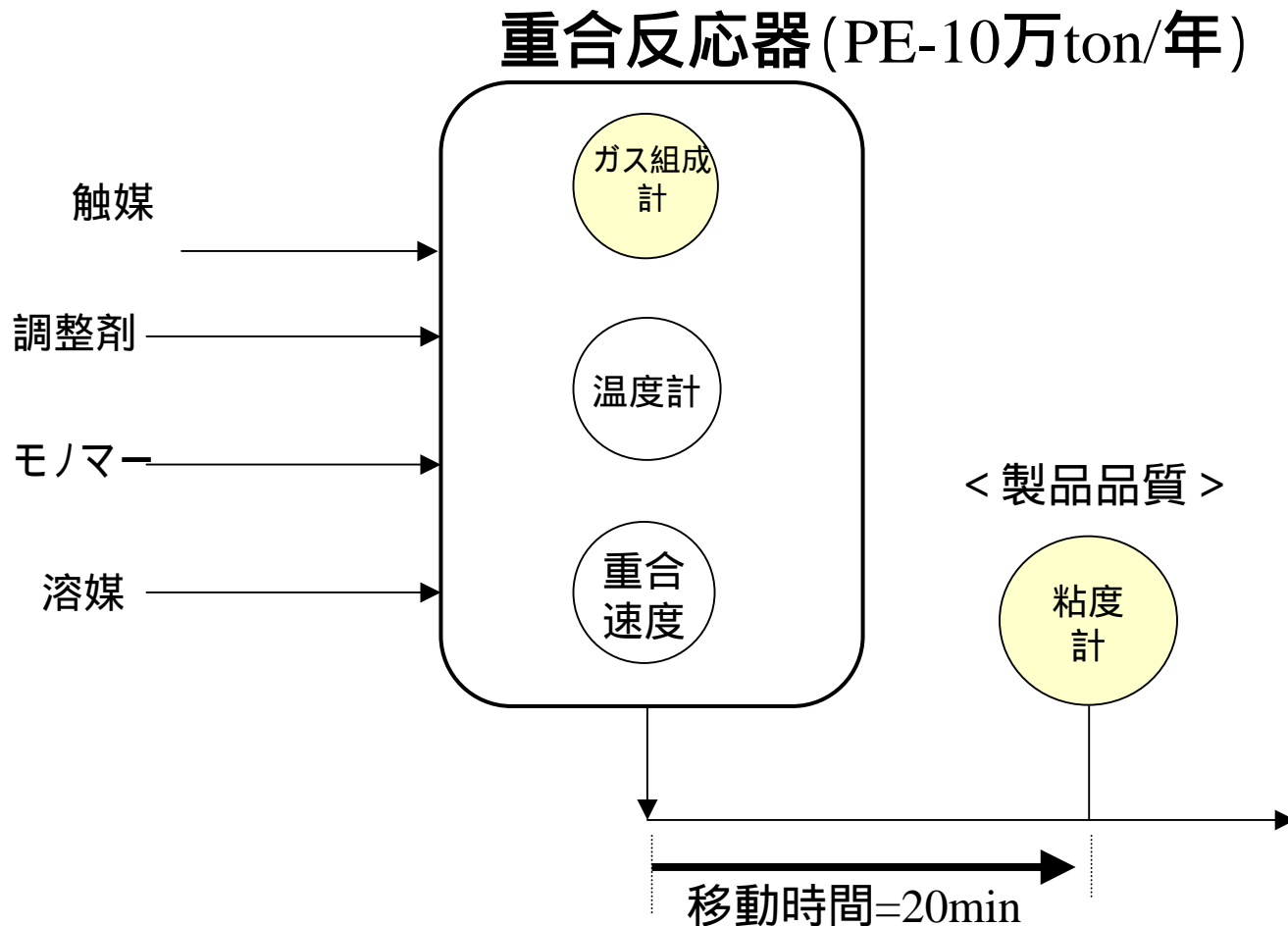
Pressure control Tuning
Before & After

圧力制御の
チューニング



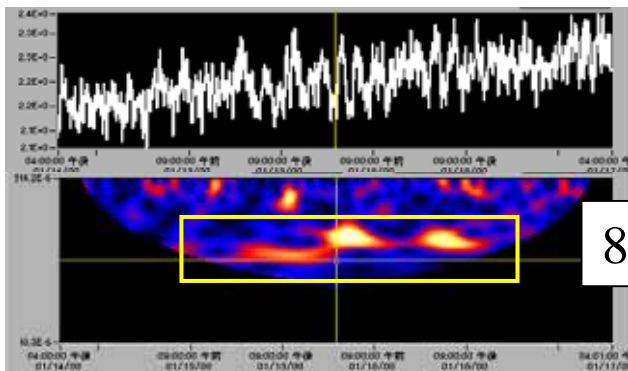
反応状態の診断 (1 / 2)

ポリマー生産時の製品品質(粘度)変動の原因を調査

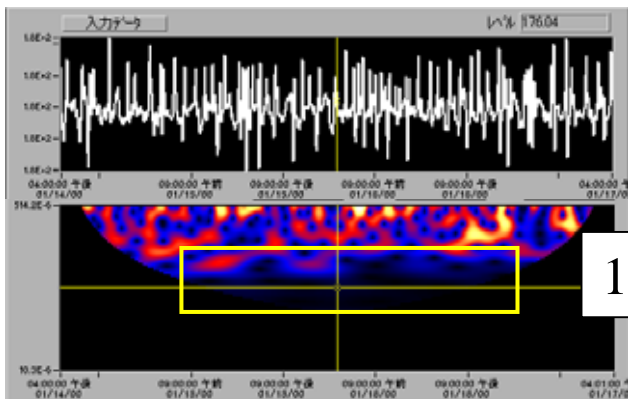


反応状態の診断 (2 / 2)

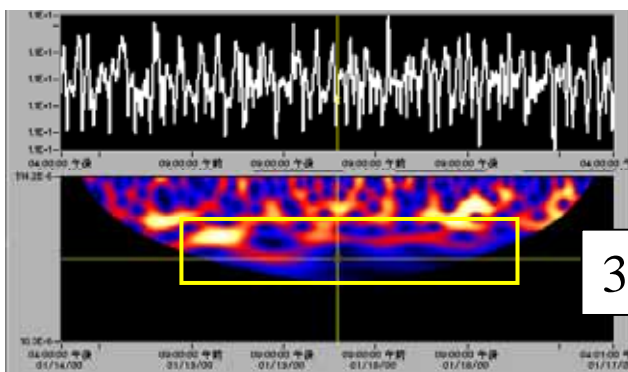
ガス組成計



温度計



重合速度

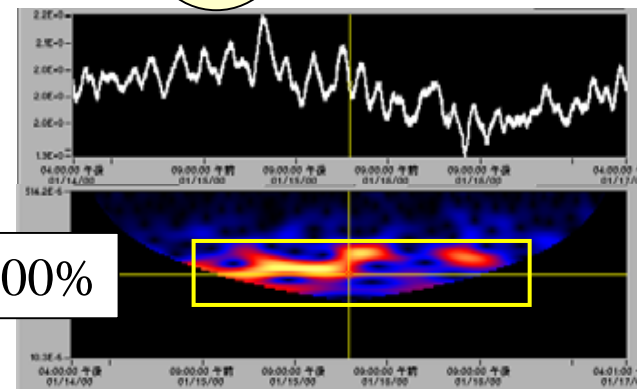


類似度: R

$$R = \frac{\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (f_{i,j} - \bar{f})(g_{i,j} - \bar{g})}{\sqrt{\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (f_{i,j} - \bar{f})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (g_{i,j} - \bar{g})^2}}$$

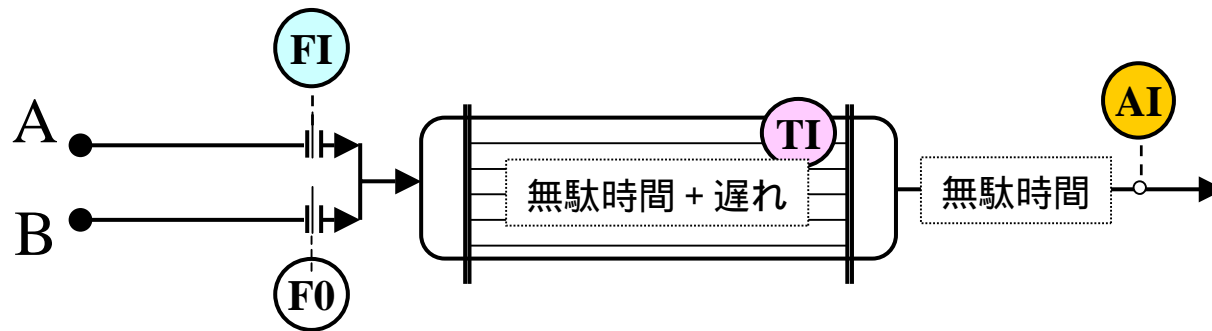
f, g : 信号強度
 I : 周波数範囲
 J : 時間範囲

粘度計

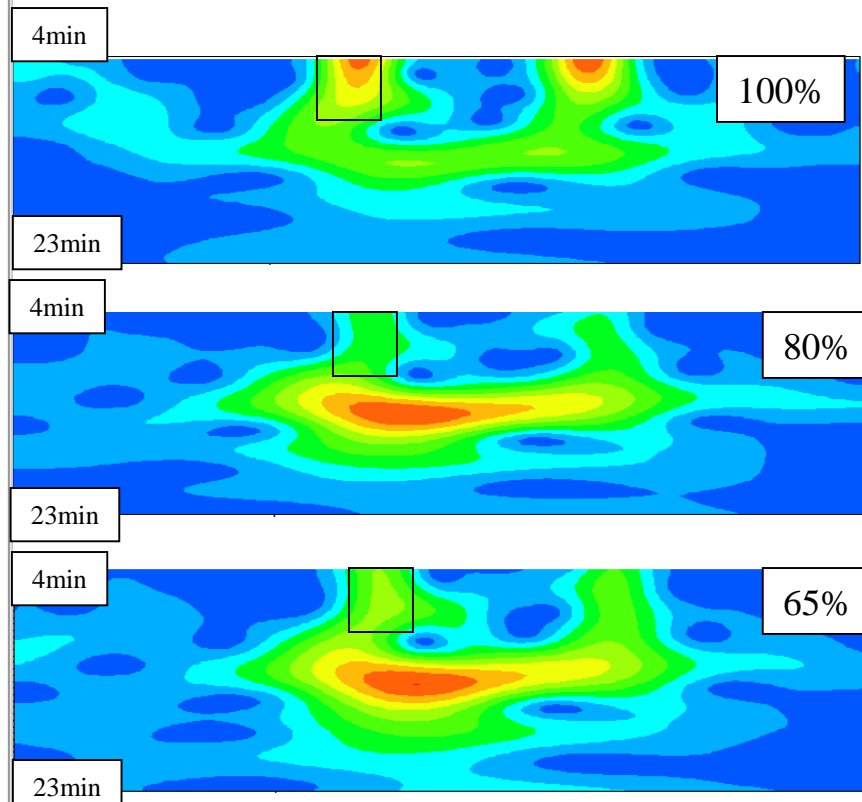
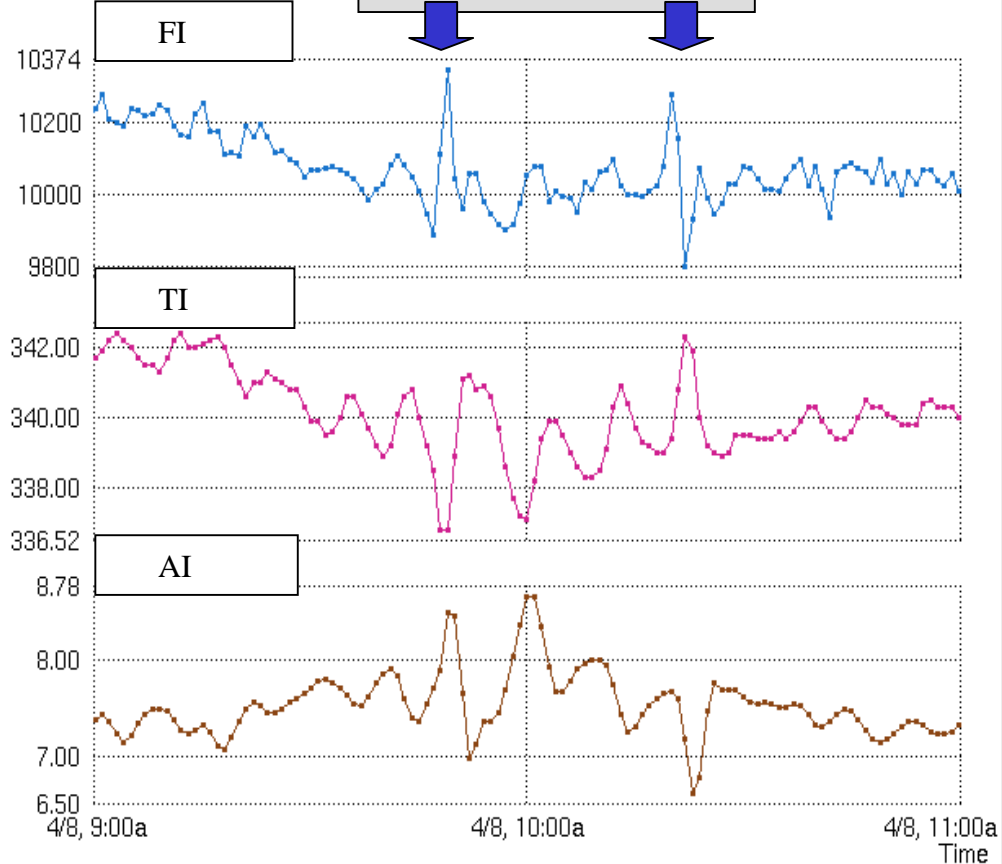


?

異常伝播の追跡



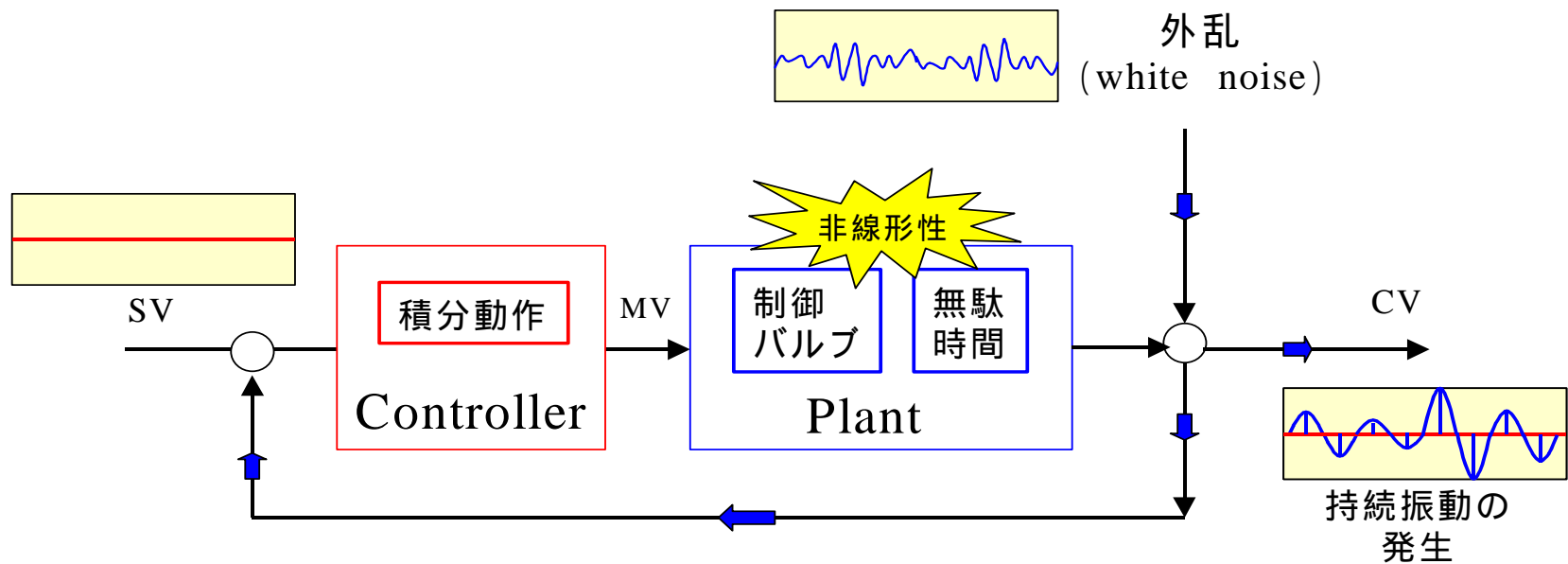
スパイク状の流量変動



まとめ

0. ベテランは、データをパターン化する能力にすぐれているようだ
1. プラントの時系列信号を周波数領域に変換するとデータをパターンとして見ることができる。
2. 周波数領域でのパターン比較により、プラント全体に広がる制御不良の確認を行ったり、不良の根本原因 (Root Cause) を見つけることができる。
3. 実際のプラントデータを使って、トレンドデータを周波数領域でパターン化し有効性を確認した。
 - ・プラント全体に伝播する変動の確認
 - ・変動の Root Cause の特定
 - ・Root Cause の除去によるプラントの安定化
4. 時系列データを周波数領域でパターン化することは、制御性診断を容易かつ的確にする。
(ベテランの技を技術として定着することが期待される)

Q & A



現実のフィードバックシステムでの持続振動は良く起こる現象

原理

- (1) 外乱からの変動は制御システムの積分動作とプロセスの非線形要素で遅延する
- (2) フィードバックにより外乱に含まれる特定の周波数成分は、系の中で強調する
- (3) 共鳴周波数が持続振動として現れる

一巡伝達関数: $|G(j\omega)| = 1, \quad G(j\omega) = -$