

# プロセスモデル型インピーダンス解析ソフトの開発

## Development of Impedance Analysis Software Based on Process Model

物材機構 ○小林 清, 鈴木 達

National Institute for Materials Science (NIMS)

E-mail: KOBAYASHI.kiyoshi@nims.go.jp

インピーダンス解析は緩和時間の違いを利用してスペクトル分析を行う非破壊計測法として様々な領域で利用されている。全スペクトルを部分スペクトルの重畳と仮定する測定モデルに対し、動力学モデルに対応する任意の等価回路を用いて解析する手法がプロセスモデルである。一般的なインピーダンス解析ソフトは暗黙にプロセスモデル解析する仕様で設計されている。

商用インピーダンス解析ソフトが発表されてから 20 年以上が経過し、その間に汎用の非線形最小自乗モジュール機能はめざましく進化した。しかしながら近年における非線形最小自乗の進化機能が既存のインピーダンス解析ソフトウェアに実装されていないため、ユーザーはそれを利用することができない。また解析時に重要となる初期値探索をサポートする機能開発も行われていない。本研究では進化した非線形最小自乗機能を利用可能にしながら、等価回路入力時にユーザーが頭の中で描くスペクトル・イメージをソフトウェアと共有することをサポートするインタラクティブなグラフィックユーザーインターフェイス (GUI) を実装した新しいタイプのインピーダンス解析ソフトウェア開発を目指した。<sup>1)</sup>

プロセスモデル型インピーダンス解析ソフト開発が難しくなる原因の一つに、ユーザーは等価回路を表す画像または文字列を入力するのみで被帰関数を入力しないことがあげられる。したがってソフトウェアには最終的に等価回路を表す文字列を該当する関数に変換する翻訳機能が必要になる。またインタラクティブな GUI 実装は多くのプログラム開発環境で高い知識・技能を有するものである。本研究では文字列解析およびインタラクティブ GUI の実装が比較的容易である Igor Pro(Wavemetrics 社)のマクロ言語を採用した。

同一パラメータ値を持つ素子を設定できる等価回路表記するスクリプト、回路スクリプトを解析関数に変換する翻訳関数を独自に開発し近似伝送線モデルを扱えるよう設計した。初期値探索については、単純なスペクトル要素と等価回路中の該当素子の選択、カーソルを用いたデータ点サンプリングが可能なインタラクティブ GUI を構築した。ユーザーは頭の中で思い描く近似的な分割スペクトル描像をグラフィック操作でソフトウェアと共有できるよう設計した。その結果、ユーザーが予測しているモデルスペクトル描像に近い初期パラメータセットをグラフィカルに操作によって容易に探索できるようになった。

Fig. 1 にインピーダンス測定用標準モジュール (モデル 12961, ソーラートロン社製) を用いて測定したインピーダンス・スペクトルとモジュール内部の電気回路を示す。このスペクトルは近似的に抵抗と容量の並列接続回路と容量が直列に接続した回路のスペクトルに近似できそうなことが解る。本ソフトウェアでは等価回路として、モジュール内部で用いられている回路を設定した後、抵抗と容量の部分モデルおよび円弧頂点付近のデータ選択から C1 と R1 の初期値を推定できる。同様に部分モデルとして容量を選択し、最低周波数におけるデータ選択から C2 の初期値を推定できる。それらの推定初期値による計算スペクトルは実測スペクトルに近くなることから容易に最小自乗法を収束させることができる。その他の詳細は当日発表する。

1) K. Kobayashi and T. S. Suzuki, Electrochem. **88**, 39 (2020).

謝辞

本研究は JSPS 科研費 17H01317, 19H0280 および A-STEP JPMJTS1617 の助成を受けたものです。

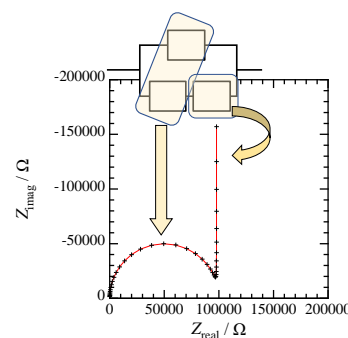


Fig. 1. Impedance spectrum collected by the reference module (12961). The circuit is also presented in the figure. Cross marks and red curve represent the measured data and fitted results. Semicircle part is approximately represented by R1 and C1, and low frequency region is given by C2.