

光学薄膜設計ソフトウェア TFV

Version 3.0

新機能説明書 第3版

【目次】

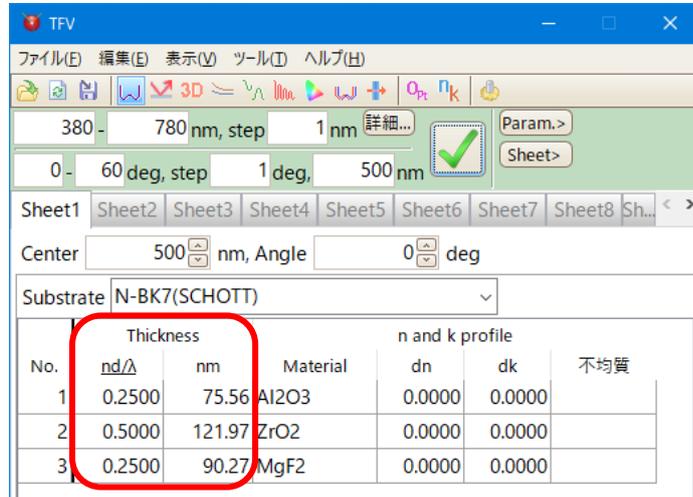
1. 概要	2
2. 膜厚の表示形式	2
2.1. 表示形式の選択	2
2.2. 計算の優先設定	3
3. 有効波長範囲外の光学定数の設定	4
4. 計算波長範囲の設定	5
5. シート数	5
5.1. メインウインドウ シートの選択	5
6. 波長グラフ・入射角グラフ	6
7. 複数基板の多重反射計算(スタック)	9
8. 基板の内部透過率	9
9. 最適化	10
9.1. 膜厚の最大値・最小値の単位	10
9.2. 色の最適化	10
9.3. スタックの最適化	11
9.4. ニードルサーチの改善	11
9.5. フリーハンドモード	12
10. 製造誤差	13
11. プロジェクトの保存・読込	14
12. 分光光度計データ、ユーザーラインデータの色計算	15
13. 設計データのコピー・貼付	15
14. 単層膜から $n \cdot k$ 解析	16
15. 表示の改善	16
15.1. 高解像度ディスプレイ対応	16
15.2. 言語の切替	16
16. 膜物質データの追加	17
17. 基板データの更新	17
18. 分光光度計ファイル読込	17
19. 周期層	17
20. 数値データ	17
21. バグ修正	17
22. 仕様変更	17
22.1. 裏面特性の表示	17
22.2. ヘルプ型式の変更	17
23. 旧バージョンとの膜データファイルの互換性	18

1. 概要

TFV バージョン 2.2 からバージョン 3.0 へのバージョンアップで追加される主な機能についての説明です。機能の詳細は取扱説明書をご参照ください。メニューから、[ヘルプ] - [取扱説明書(pdf)]

2. 膜厚の表示形式

光学膜厚と物理膜厚の両方を表示するようになりました。

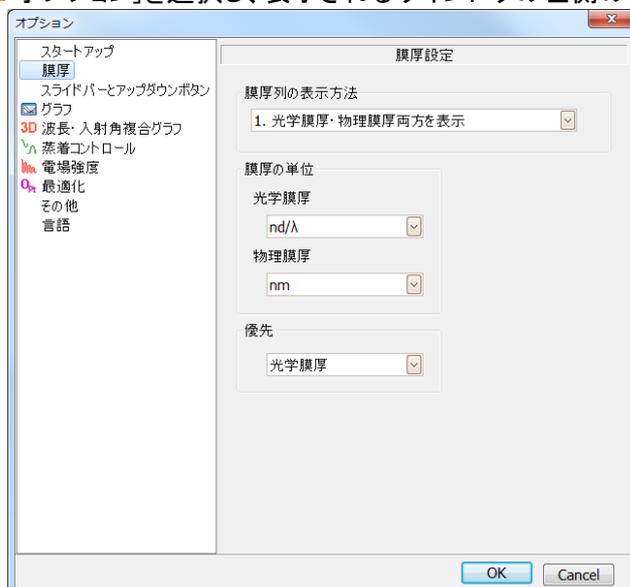


2.1. 表示形式の選択

表示する膜厚の形式を下記の中から選択することができます。

膜厚列の表示方法	(1) 光学膜厚・物理膜厚両方を表示 (2) 光学膜厚のみ表示 (3) 物理膜厚のみ表示 (4) 光学膜厚・物理膜厚自動切替表示(以前のバージョンでの表示方法) 自動切替表示では 10 未満の値を入力すると光学膜厚、10 以上の値を入力すると物理膜厚と自動判断されます。
膜厚の単位	物理膜厚の単位: nm または Å 光学膜厚の単位: nd/λ (FWOT) または $\lambda/4$ を 1 とする QWOT 単位 ※ 表示方法で(4)の表示方法を選んだ場合は、物理膜厚の単位: Å, 光学膜厚の単位: nd/λ に固定されます。

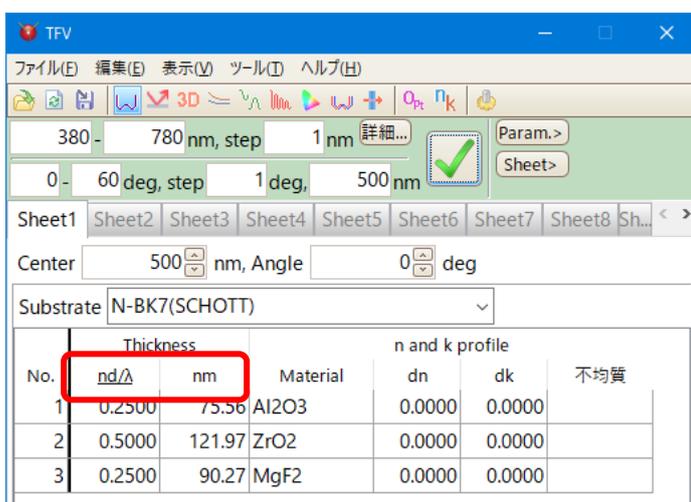
膜厚の表示形式を選択するには、ツールバーのオプションをクリックするか、メニューから、[ツール]-[オプション]を選択し、表示されるウインドウの左側のリストから[膜厚]を選択します。



2.2. 計算の優先設定

表示方法の選択で、[1.光学膜厚・物理膜厚両方を表示]を選択した場合は、上記オプション画面の[優先]欄で光学膜厚・物理膜厚のどちらを優先するかを選択してください。

- 光学膜厚優先の場合の動作
中心波長や屈折率を変更した場合、光学膜厚の表示値が固定され物理膜厚が変更されます。計算には表示されている光学膜厚が使用されます。
- 物理膜厚優先の場合の動作
中心波長や屈折率を変更した場合、物理膜厚の表示値が固定され光学膜厚が変更されます。計算には表示されている物理膜厚が使用されます。



優先に設定されている側の膜厚単位欄に下線が表示されます。

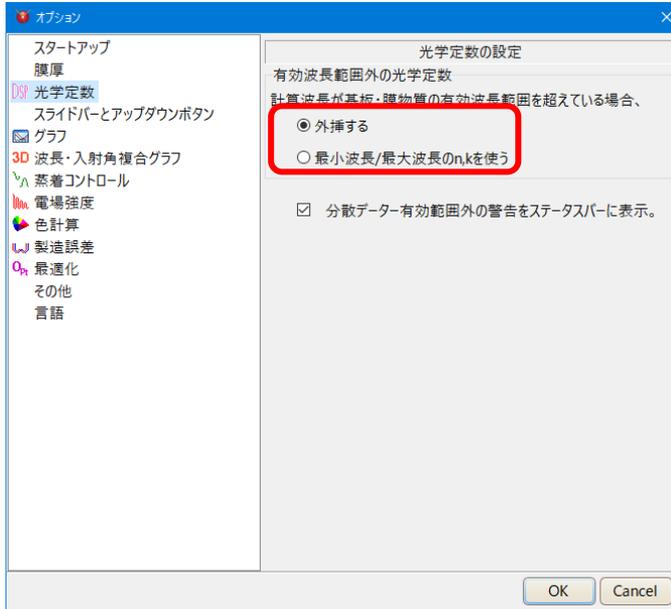
- 優先設定の切り替えに伴う注意事項
優先設定を切り替えた場合、膜厚の表示値以下の小数点誤差により計算結果に若干の誤差が生じます。
また、同様の理由により設計データ保存時と読み込み時とで優先設定が異なっていた場合にも計算結果に若干の誤差が生じます。

3. 有効波長範囲外の光学定数の設定

計算波長が、基板や膜物質の光学定数の有効波長範囲から外れている場合の光学定数の計算方法を選択できるようにしました。

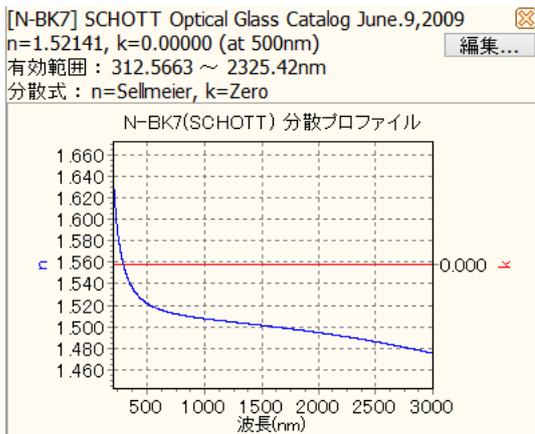
外挿するか、波長方向にそのまま横に伸ばすか、の2種類から選択できます。

TFV メインメニューから[ツール] - [オプション]を選択し、オプション画面を開きます。
[光学定数]欄で設定します。

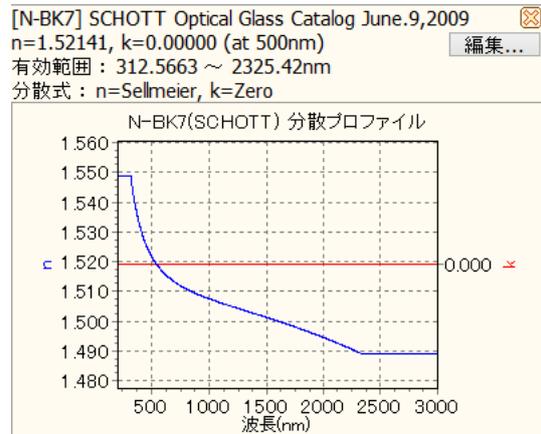


「外挿する」は、従来の TFV の計算方法です。

※ どちらを選択するかで、有効波長範囲外の計算結果が異なりますのでご注意ください。



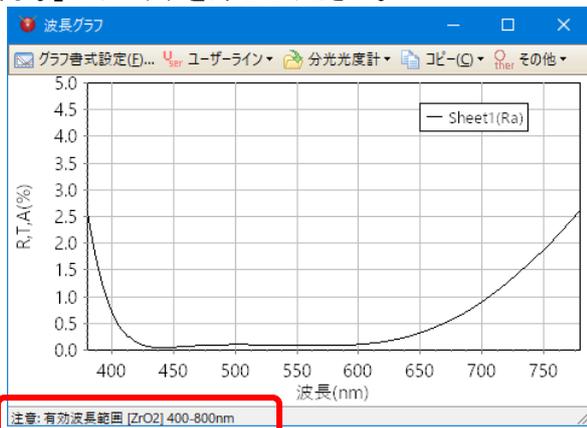
「外挿する」を選択した場合



「最小波長/最大波長の n, k を使う」を選択した場合

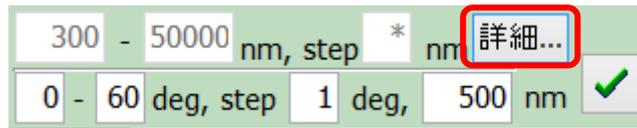
有効波長範囲を超えている場合、グラフウィンドウ下部にメッセージが表示されます。

メッセージを出したくない場合は、上記オプション画面で「分光データ有効範囲外の警告をステータスバーに表示。」のチェックを外してください。



4. 計算波長範囲の設定

計算波長範囲を飛び飛びに設定したり、波長範囲ごとに異なる波長間隔を設定したりすることができるようになりました。



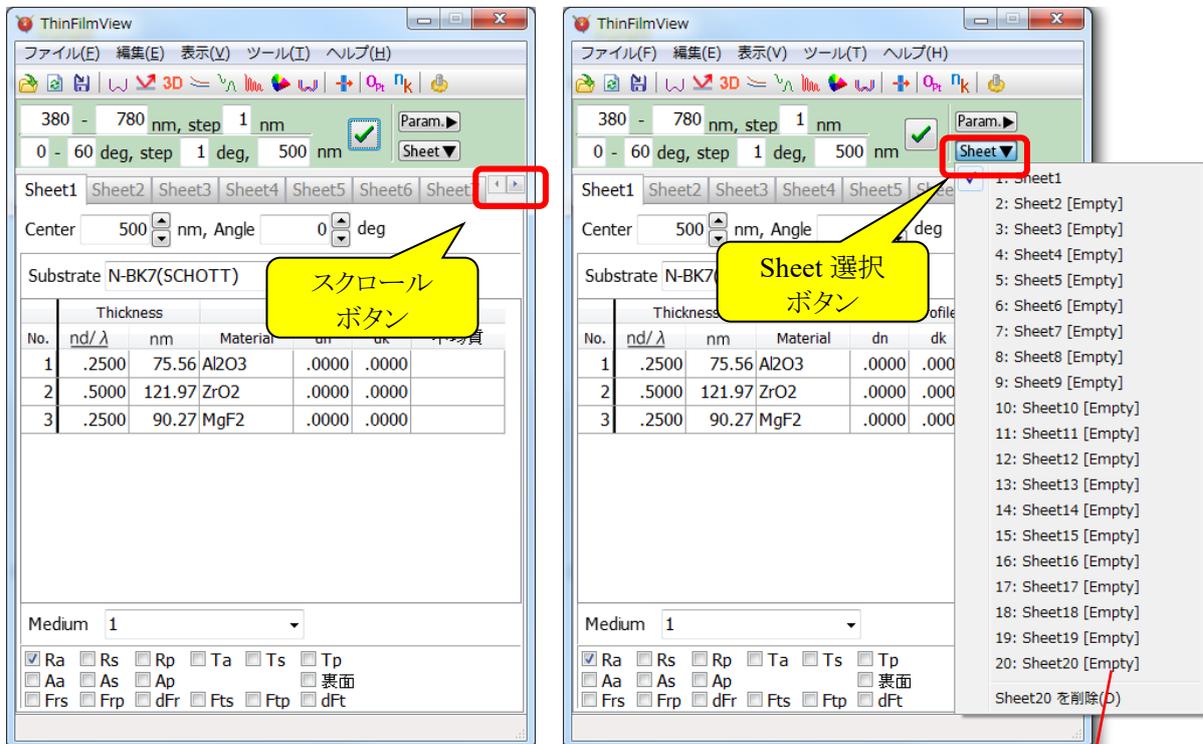
計算波長詳細設定画面

5. シート数

メインウィンドウのシート数が 20 に増えました。

5.1. メインウィンドウ シートの選択

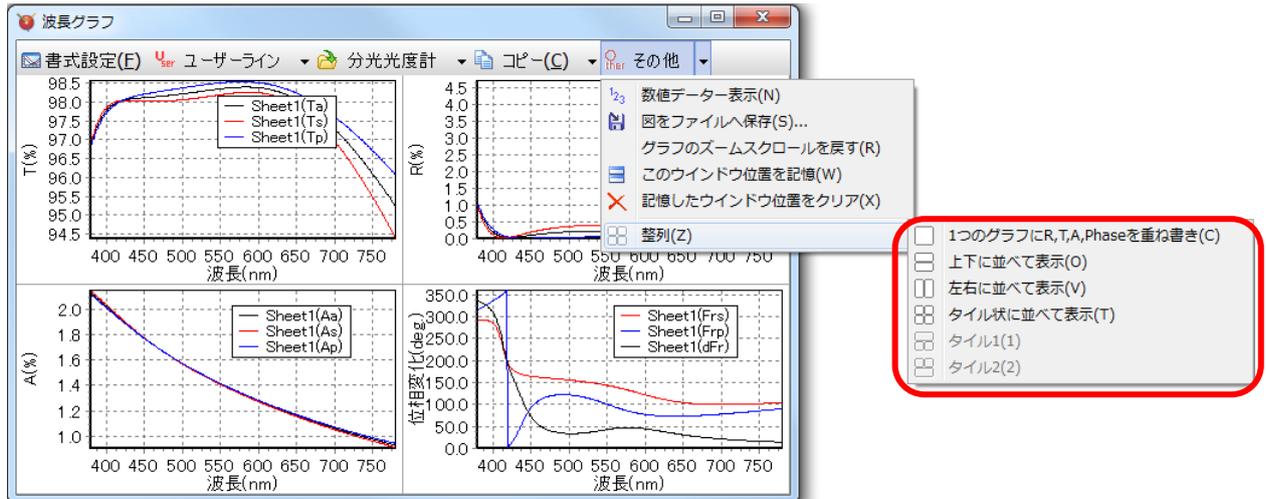
隠れているシートを選択するには、[スクロールボタン]をクリックしてシートのタブを表示させてからタブをクリックするか、[Sheet 選択ボタン]をクリックして表示させたいシートを選択します。



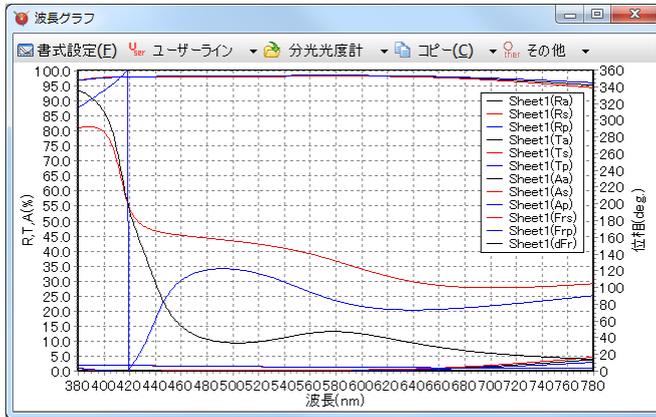
※ 膜データが入っていないシートは [Empty]と表示されます。

6. 波長グラフ・入射角グラフ

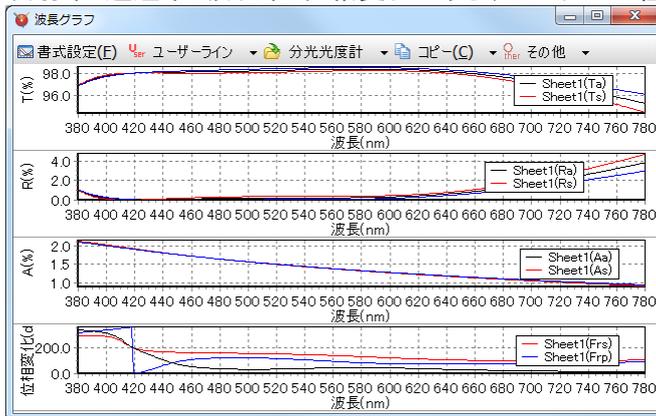
反射率・透過率・吸収率・位相変化それぞれを1つのグラフに重ね書きするか、別々のグラフに分割して表示するか選択することができるようになりました。



- 1つのグラフにR,T,A,Phaseを重ね書き
従来のバージョンと同様の表示方法です。



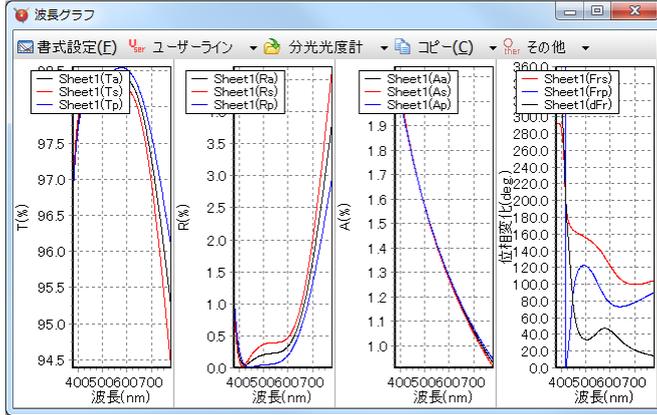
- 上下に並べて表示
反射率・透過率・吸収率・位相変化それぞれを上下に並べて表示します。
反射率・透過率・吸収率・位相変化のうち、2つ以上の種類が表示されている場合に選択できます。



- 左右に並べて表示

反射率・透過率・吸収率・位相変化それぞれを左右に並べて表示します。

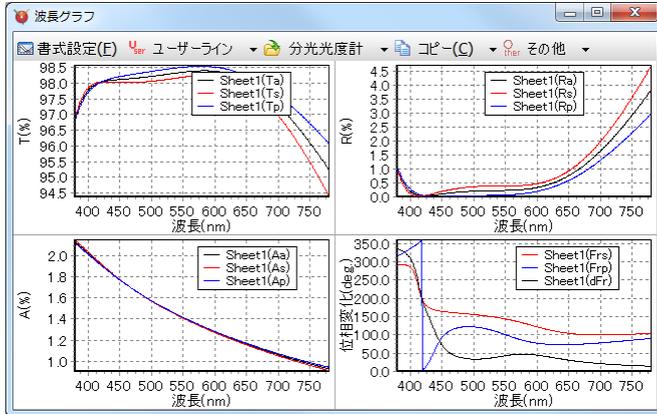
反射率・透過率・吸収率・位相変化のうち、2つ以上の種類が表示されている場合に選択できます。



- タイル状に並べて表示

反射率・透過率・吸収率・位相変化それぞれをタイル状に並べて表示します。

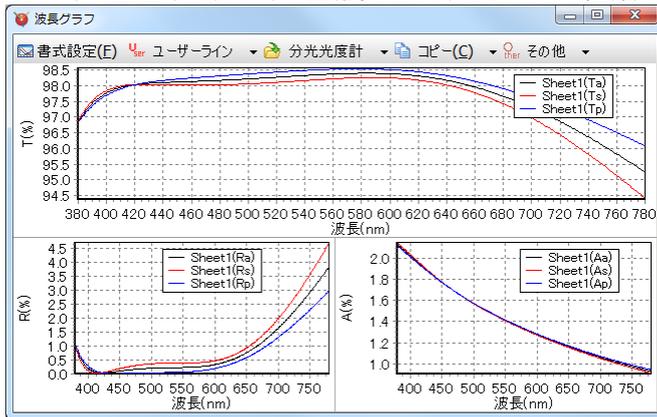
反射率・透過率・吸収率・位相変化のうち、3つ以上の種類が表示されている場合に選択できます。



- タイル 1

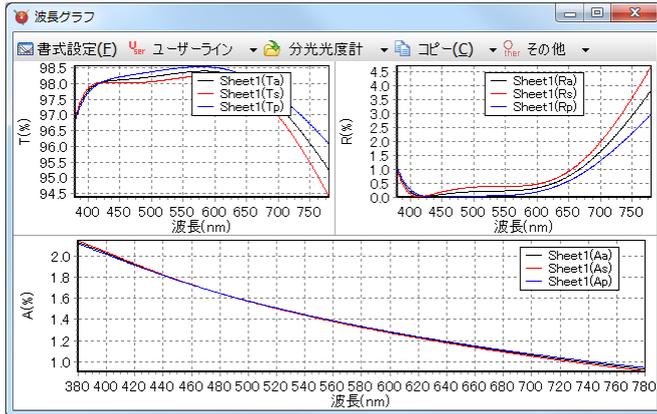
反射率・透過率・吸収率・位相変化それぞれを上段のグラフが大きいタイル状に並べて表示します。

反射率・透過率・吸収率・位相変化のうち、3つの種類が表示されている場合に選択できます。



- タイル 2

反射率・透過率・吸収率・位相変化それぞれを下段のグラフが大きいタイル状に並べて表示します。
 反射率・透過率・吸収率・位相変化のうち、3つの種類が表示されている場合に選択できます。

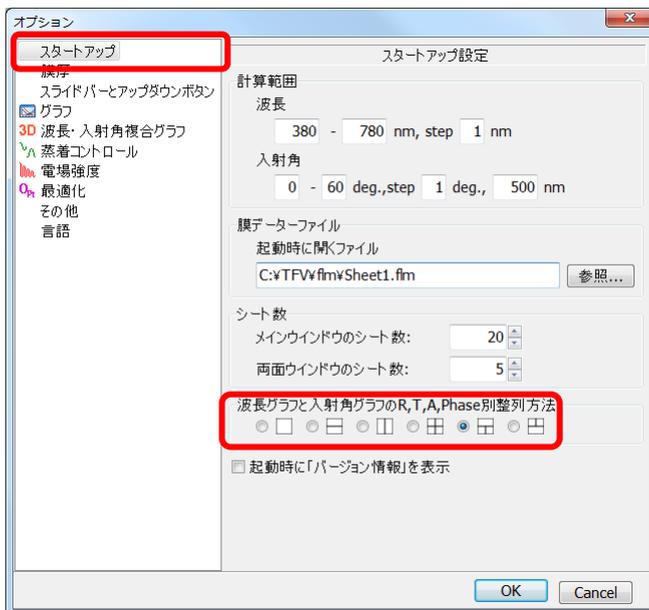


- 初期設定

TFV 起動時にどの方法で表示するかを設定できます。

メインウィンドウ上部のツールバーからオプションをクリックするか、メニューから[ツール]-[オプション]を選択するとオプション画面が表示されます。

[スタートアップ設定]の[波長グラフと入射角グラフのR,T,A,Phase 別整列方法]で設定します。



7. 複数基板の多重反射計算(スタック)

従来は1枚の基板の両面の計算しかできませんでしたが、複数基板の計算ができるようになりました。(「両面ウインドウ」は「スタックウインドウ」に名前が変わりました。)



媒質から媒質までを1つのブロックとして、ブロックごとの分光特性の数値表示もできます。

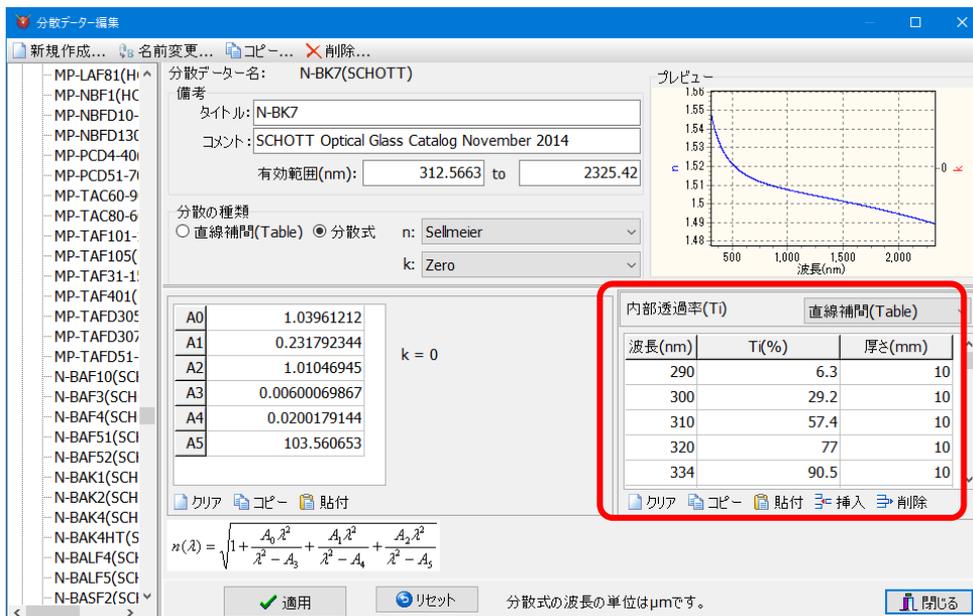
ブロック 1

ブロック 2

波長(nm)	Sheet1(Ra)	スタック1(Ra)	スタック1-1(Ra)	スタック1-2(Ra)
380	2.583477606	9.082413118	4.502322921	5.033265045
381	2.445031814	8.619593469	4.256861276	4.770103090
382	2.312149033	8.173186890	4.021928114	4.516837313
383	2.184718008	7.743132762	3.797316755	4.273335502
384	2.062622466	7.329331276	3.582806784	4.039450912
385	1.945741726	6.931645606	3.378165570	3.815023484
386	1.833951296	6.549904187	3.183149743	3.599881051
387	1.727123440	6.183903059	2.997506639	3.393840527
388	1.625127724	5.833408278	2.820975690	3.196709066
389	1.527831531	5.498158348	2.653289764	3.008285201
390	1.435100559	5.177866674	2.494176455	2.828359943
最大	2.615381789	9.229443306	4.582655862	5.096693940
最小	0.043510567	0.326275819	0.155909951	0.086955945
平均	0.569680009	2.148990397	1.082644504	1.122963878

8. 基板の内部透過率

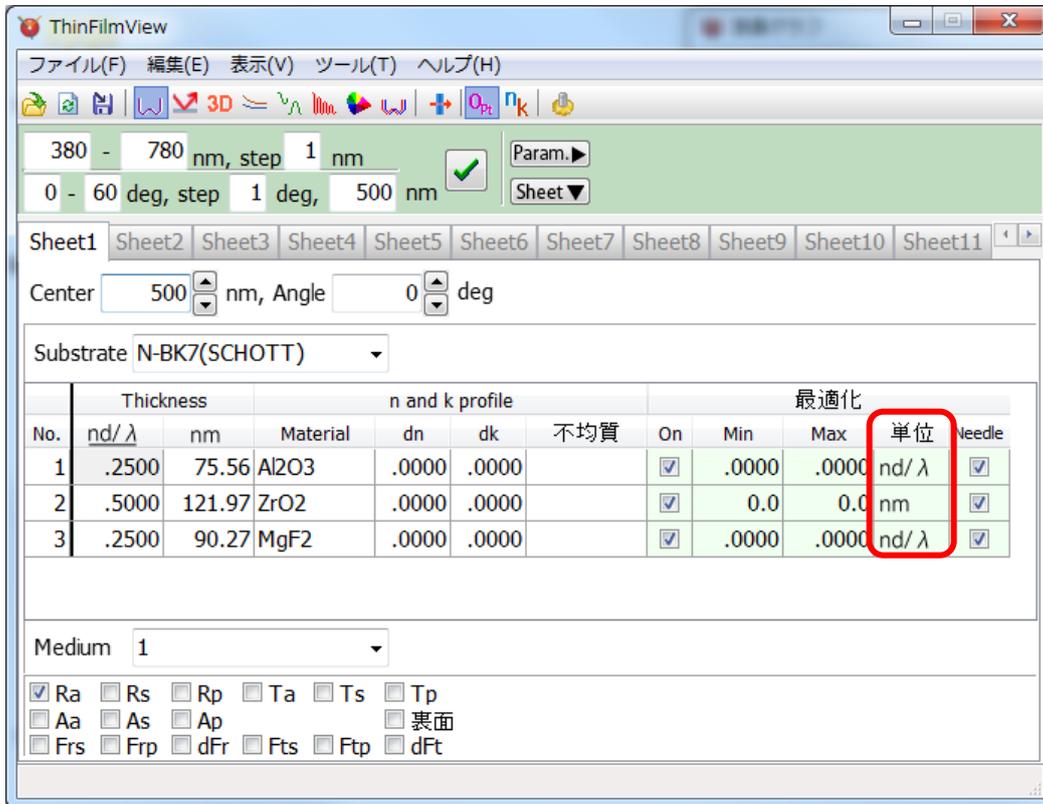
基板の内部透過率を登録できるようになりました。スタック計算で使用されます。



9. 最適化

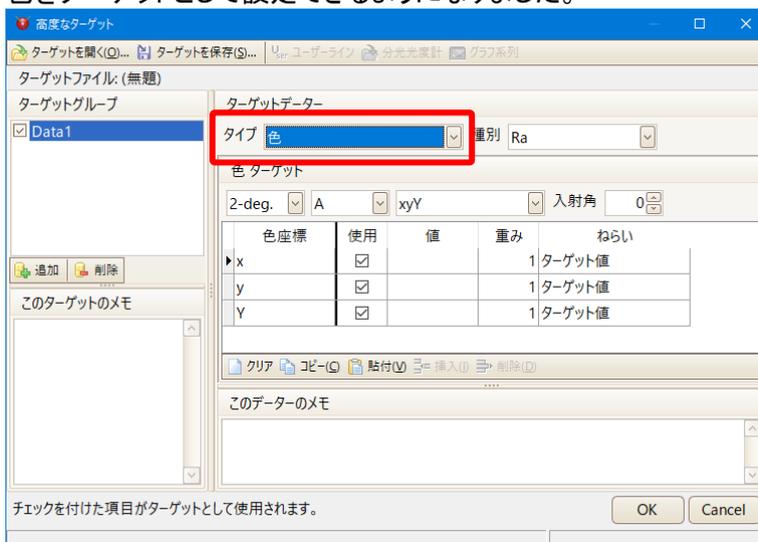
9.1. 膜厚の最大値・最小値の単位

膜厚の最大値と最小値を、光学膜厚で設定するか物理膜厚で設定するか、層毎に選択できるようになりました。



9.2. 色の最適化

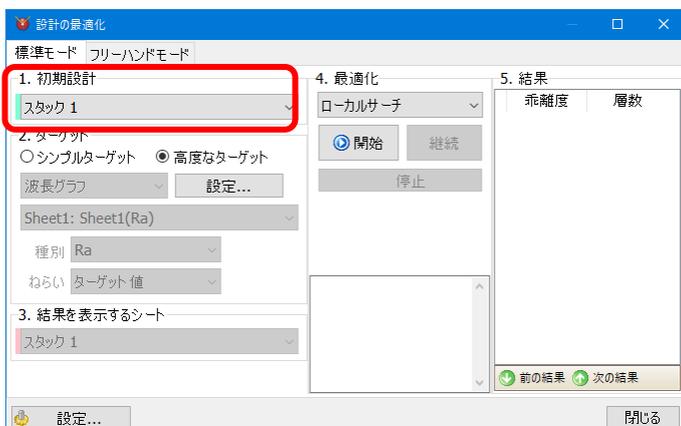
色をターゲットとして設定できるようになりました。



9.3. スタックの最適化

複数基板(スタック)の最適化ができるようになりました。

スタックウインドウを表示すると、初期設計にスタックを選択することができます。スタックで使用されている膜構成全てを同時に最適化し、スタックの分光特性をターゲットに近づけます。

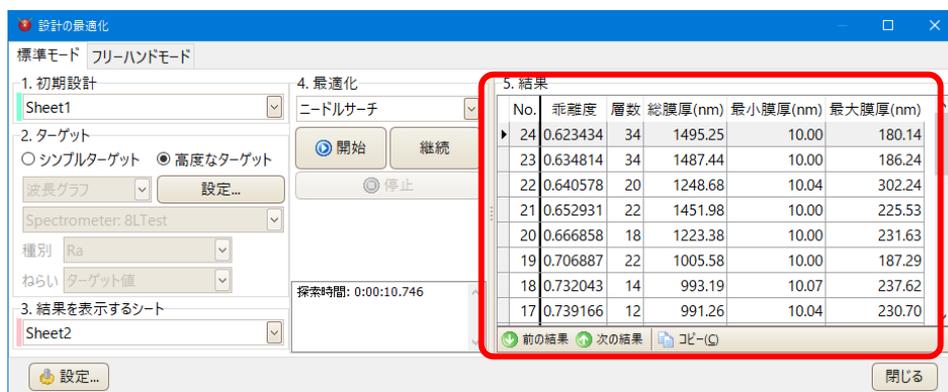


9.4. ニードルサーチの改善

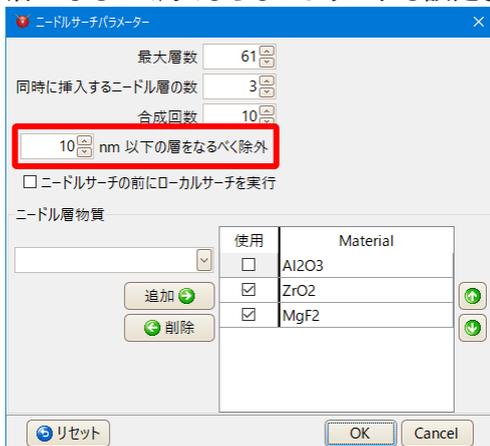
最適化の履歴を表示するようになりました。

継続ボタンを何度も押さなくても層数が増えていき、複数の結果が表示されます。

次のように、結果欄に複数の結果が表示されます。乖離度が小さい順(ターゲットに近い順)に並んでいます。行を選択するとその膜構成がメインウインドウのシートに表示されます。継続ボタンを押すとさらに結果が増えます。

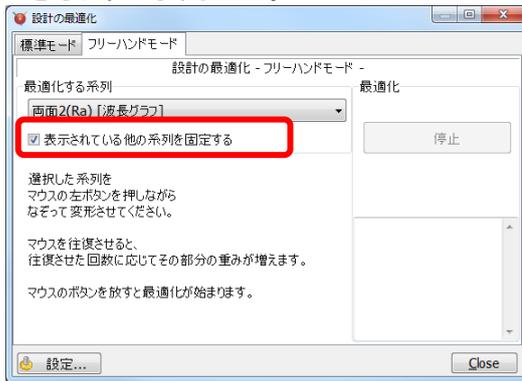


層がなるべく薄くならないようにする設定を追加しました。



9.5. フリーハンドモード

1つの設計に対して複数の系列が表示されている場合に、他の系列をなるべく変化させないように最適化できるようになりました。



例えば、Sheet1 の Ra についてフリーハンドモードの最適化をおこなうときに、グラフ上に Sheet1 の Ra 裏面と Ta が表示されていて「表示されている他の系列を固定する」にチェックが入っていると、マウスで変形した Ra・Ra 裏面・Ta の3つの系列をターゲットとして最適化がおこなわれます。チェックが入っていない場合は、マウスで変形した Ra のみをターゲットとして最適化がおこなわれます。

10. 製造誤差

層毎に変化量を設定できるようになりました。

また、正規(ガウス)分布でランダムに変化した場合の計算ができるようになりました。

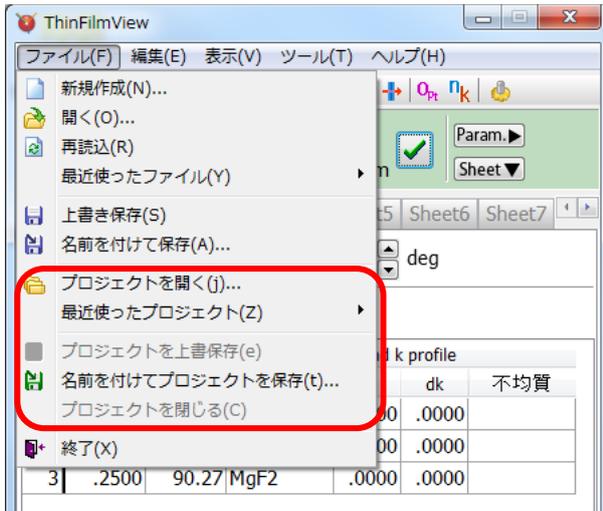
数値データの表示では、従来の数値表示だけでなく、各 Trial の膜厚・n・k の数値表示もできるようになりました。

波長(nm)	Sheet1(Ra)	+	-	Trial1	Trial2
380	2.583477606	2.882646393	2.328185732	2.615105280	2.602010440
381	2.445031814	2.730102770	2.201887753	2.478951675	2.461249996
382	2.312149033	2.583653665	2.080675991	2.348406268	2.326243899
383	2.184718008	2.443187972	1.964442835	2.223346717	2.196875487
384	2.062622466	2.308587780	1.853076969	2.103645928	2.073022733
385	1.945741726	2.179729096	1.746463890	1.989172708	1.954558908
386	1.833951296	2.056482556	1.644486399	1.879792381	1.841353204
387	1.727123440	1.938714105	1.547025065	1.775367380	1.733271348
388	1.625127724	1.826285660	1.453958675	1.675757813	1.630176178
389	1.527831531	1.719055740	1.365164655	1.580822005	1.531928201
390	1.435100559	1.616880070	1.280519467	1.490417001	1.438386119
391	1.346554293	1.519340353	1.199677084	1.404168271	1.349161778
392	1.262331622	1.426591466	1.122763613	1.322194178	1.264387433
393	1.182295290	1.338483834	1.049653959	1.244350145	1.183918767
最大	2.615381789	2.882646393	2.990836841	2.615105280	2.602010440
最小	0.043510567	0.085545715	0.015934834	0.065051388	0.061054494
平均	0.569680009	0.534080767	0.629079835	0.538585657	0.563448861

Sheet1(Ra)	ΔThickness	Δn	Δk	ΔThickness
Sheet1(Ra)	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000
+	0.002500000	0.016543418	0.000000000	0.005000000
-	-0.002500000	-0.016543418	0.000000000	-0.005000000
Trial1	-0.000755750	0.010835147	0.000000000	-0.000474747
Trial2	0.002250952	0.005080180	0.000000000	-0.000139876
Trial3	-0.001115593	-0.003168867	0.000000000	-0.002484444
Trial4	0.000284759	-0.010944693	0.000000000	0.000129293
Trial5	0.000382300	-0.009202739	0.000000000	-0.001055556
Trial6	-0.002033565	-0.005084213	0.000000000	-0.001936667
Trial7	-0.000641321	-0.001769128	0.000000000	0.002076667
Trial8	-0.000750664	0.001366560	0.000000000	0.004599999
Trial9	-0.001043381	-0.014937894	0.000000000	0.002657778
Trialの最大	0.002469855	0.010835147	0.000000000	0.004599999
Trialの最小	-0.002033565	-0.014937894	0.000000000	-0.004946667
Trialの平均	0.000200313	-0.003182704	0.000000000	0.000384444
Trialの標準偏差	0.001356053	0.007988387	0.000000000	0.002721111

11. プロジェクトの保存・読込

メインウィンドウの各シートに表示されている設計データや、スタックウィンドウの構成、表示されているウィンドウの配置、グラフの書式やユーザーライン等の現在の状態を「プロジェクト」としてファイルに保存できるようになりました。

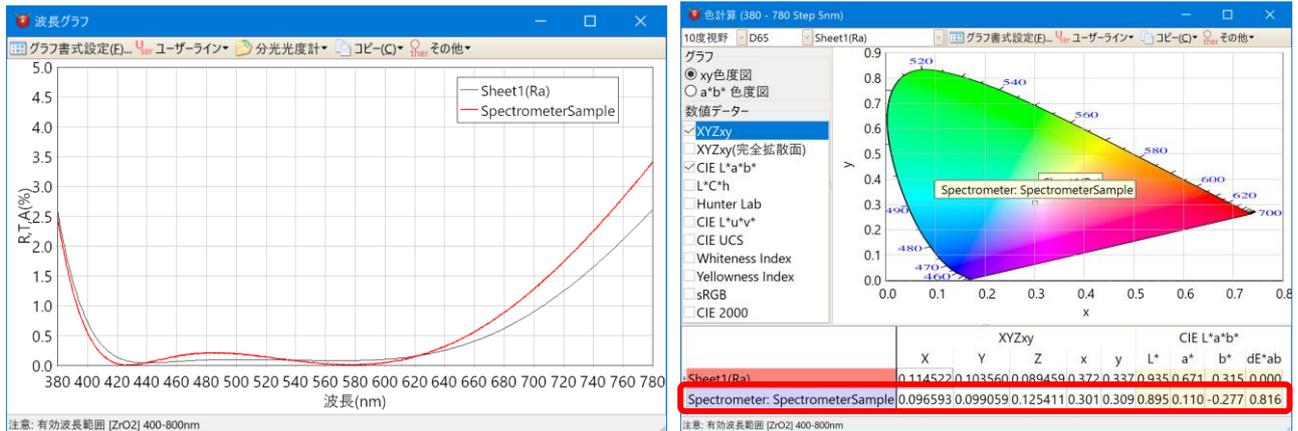


- 保存される内容
プロジェクトの保存では下記の内容が保存されます。

項目	保存される内容
設計データ	メインウィンドウの各シートに表示されている設計データのファイル名。 ※ 未保存の設計データが存在する場合は保存を促すメッセージを表示します。
計算設定	開始波長、終了波長、計算波長間隔、開始角度、終了角度、計算角度間隔、角度特性計算波長。
計算種別の選択状態	メインウィンドウの各シートで選択されている計算種別(Ra, Rs, Rp, Ta...dFt, 裏面)の選択状態。
シート数	メインウィンドウに表示されているシート数。
メインウィンドウ	メインウィンドウの表示位置・サイズ。選択されているシート番号。
ユーザーライン	表示されているユーザーラインのファイル名、ラインの色・スタイル・線幅。 ※ ユーザーライン表示可能なすべてのグラフが対象です。 ※ ファイルに保存されていないユーザーラインは対象外です。
分光光度計ライン	波長グラフに表示されている分光光度計ラインのファイル名、ラインの色・スタイル・線幅、絶対値変換の場合はリファレンス基板名。
グラフの書式	各グラフの表示/非表示状態、グラフの表示位置・サイズ、表示されている系列の色・スタイル・線幅、軸の最大値・最小値・グリッド幅の設定状態、凡例の表示/非表示状態・位置、波長入射角複合グラフの等高線設定。 ※ 書式設定可能なすべてのグラフが対象です。
電場強度グラフ	計算種別(平均(s,p), s...)の選択状態。
色計算	視野、光源、色差計算の基準、グラフ種別、数値データ、の選択状態
製造誤差解析グラフ	グラフ種別(波長グラフ・入射角グラフ・色計算)、計算種別(Ra, Rs...), 変化種別(膜厚変化・屈折率変化・吸収係数変化)の選択状態。
スタックウィンドウ	スタックウィンドウに表示されているシート数。 入射角、表面側の膜、基板、裏面側の膜、出射媒質、基板の厚さ、計算種別の選択状態。ウィンドウの表示位置。

12. 分光光度計データ、ユーザーラインデータの色計算

波長グラフで表示されている分光光度計データ、ユーザーラインデータの色計算結果が、色計算画面に表示されるようになりました。



元のデータを、380～780nm まで 5nm おきの値に直線補間した値から色計算をおこないます。波長範囲が足りなかったりデータ点数が少なかったりした場合でも、外挿・補間をおこなって計算します。データが 1nm おきなどの場合でも 5nm おきの値を使って計算します。

13. 設計データのコピー・貼付

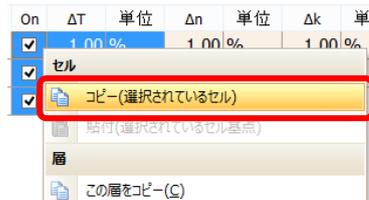
セル範囲を選択して設計データのコピー・貼付ができるようになりました。

コピーしたいセルを下図のようにマウスまたは[Shift+矢印]キーで選択します。

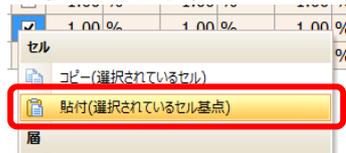
製造誤差解析				
On	ΔT	単位	Δn	単位
<input checked="" type="checkbox"/>	1.00 %		1.00 %	
<input checked="" type="checkbox"/>	1.00 %		1.00 %	
<input checked="" type="checkbox"/>	1.00 %		1.00 %	

チェックボックスのセルを基点にマウスで選択することはできません。反対側のセルからマウスで選択するか、[Shift+矢印]キーで選択してください。

メインメニューから[編集]-[コピー(選択されているセル)]、または右クリックメニューから[コピー(選択されているセル)]を選択すると、選択範囲の内容がクリップボードにコピーされます。



貼り付けたい左上端のセルを右クリックして、[貼付(選択されているセル基点)]を押すと、コピーした内容が貼り付きます。

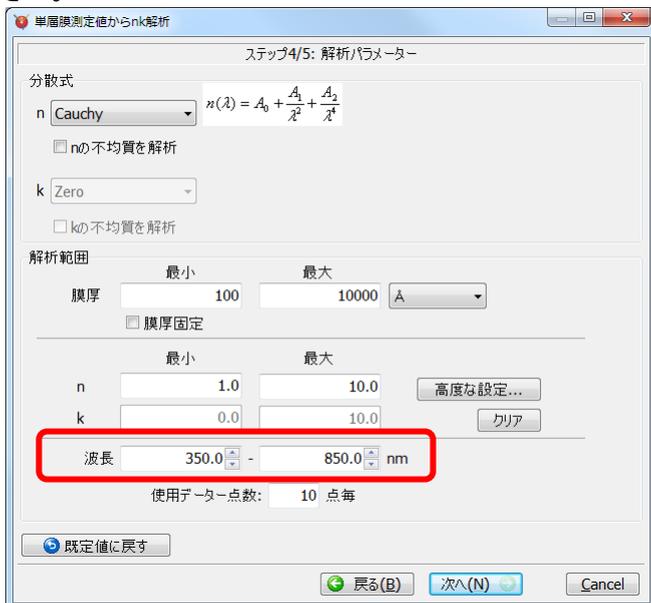


Excel から貼り付けることもできます。

Ctrl+C(コピー)、Ctrl+V(貼付)も利用できます。

14. 単層膜からn・k解析

解析波長範囲を設定できるようになりました。
波長範囲が広すぎて一度に解析できない場合や測定精度が悪い波長を除外する場合などに利用してください。

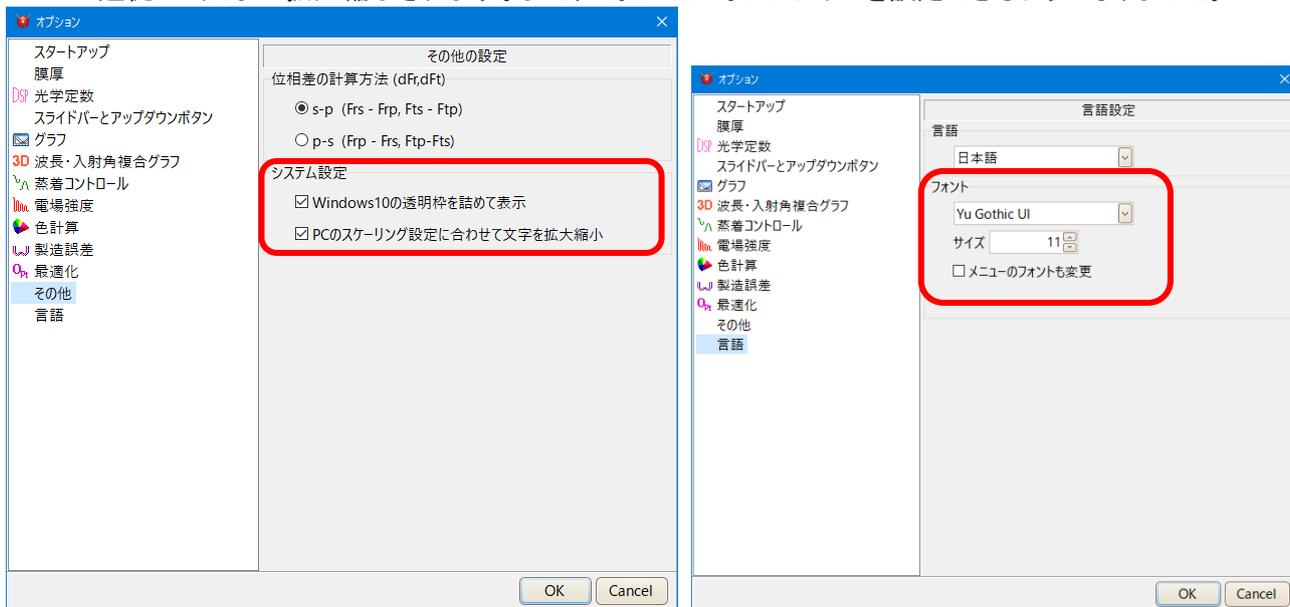


また、従来のバージョンでは解析不能と表示されて解析できないことがありましたが、なるべく解析不能にならないように改善しました。

15. 表示の改善

15.1. 高解像度ディスプレイ対応

高解像度ディスプレイでも文字が滲まずに表示されるようになりました。Windows のスケーリング設定に追従して文字が拡大縮小されます。また、フォントとフォントサイズを設定できるようになりました。



15.2. 言語の切替

再起動せずに言語を切り替えできるようになりました。

16. 膜物質データの追加

三和研磨工業(京都薄膜材料研究所)の蒸着材料データを追加しました。
Al₂O₃(KTM), HfO₂(KTM), LaF₃(KTM), Ti₃O₅(KTM), ZrO₂(KTM), ZrT₂(KTM)

17. 基板データの更新

SCHOTT、HOYA、OHARA、SUMITA、HIKARI、CDGM(成都光明)のガラスデータを 2014 年時点の最新版に更新しました。

内部透過率も登録したので、スタック計算は、ガラスに厚みがあると旧バージョンと結果が異なる場合があります。

また、ガラスによっては屈折率が変わっているものもあります。

赤外用基板を追加しました。Al₂O₃(Subst)、ALON(Subst)、GaAs(Subst)、Ge(Subst)、Si(Subst)、ZnSe(Subst)。

18. 分光光度計ファイル読込

島津製作所分光光度計 SPC ファイル、日本分光 JWS ファイル、Olympus-USPM Ver2.0 ファイルの読み込みに対応しました。

19. 周期層

周期層の展開ができるようになりました。
メニューから、[編集] - [周期層を展開]

20. 数値データ

従来は 1 つの数値データ画面しか表示出来ませんでした。複数の数値データ画面を同時表示出来るようになりました。また、表形式になり読みやすくなりました。

21. バグ修正

色計算 $L*a*b*$ で、XYZ の値が 0.008856 以下の場合の計算に誤りがあったのを修正しました。

22. 仕様変更

22.1. 裏面特性の表示

透過率の裏面、透過位相の裏面は、表面と同じ値なので表示しないようになりました。

22.2. ヘルプ型式の変更

Windows のヘルプ型式は廃止し、取扱説明書 pdf を表示するように変更しました。

23. 旧バージョンとの膜データファイルの互換性

新バージョンで保存した膜データファイルを、旧バージョンで読み込んでから保存すると、旧バージョンに存在しない機能に関する項目は削除されてしまいますのでご注意ください。

バージョン毎の、膜データファイル(拡張子 flm)に保存される項目は以下のようになります。

		TFV3.0	TFV2.2
Thickness	光学膜厚	○	TFV3.0 のファイルを TFV2.2 で読むと、TFV3.0 で優先に設定されている側（タイトルにアンダーラインが表示されている側）の膜厚が読み込まれます。
	物理膜厚	○	
n and k profile	Material	○	○
	dn	○	○
	dk	○	○
	不均質	○	○
蒸着コントロール	Tooling	○	○
	dn	○	○
	dk	○	○
	Filter(nm)	○	○
	Start	○	○
	MG	○	○
最適化	On	○	○
	Min	○	○
	Max	○	○
	単位	○	× 単位は常に nm です。
	Needle	○	○
製造誤差解析	On	○	×
	ΔT	○	×
	単位	○	×
	Δn	○	×
	単位	○	×
	Δk	○	×
周期層	単位	○	×
	周期	○	○
その他	倍率	○	○
	中心波長	○	○
	入射角	○	○
	基板	○	○
	入射媒質	○	○
	モニターガラス	○	○
コメント	○	○	

○: 保存される項目、×: 保存されない項目

以上