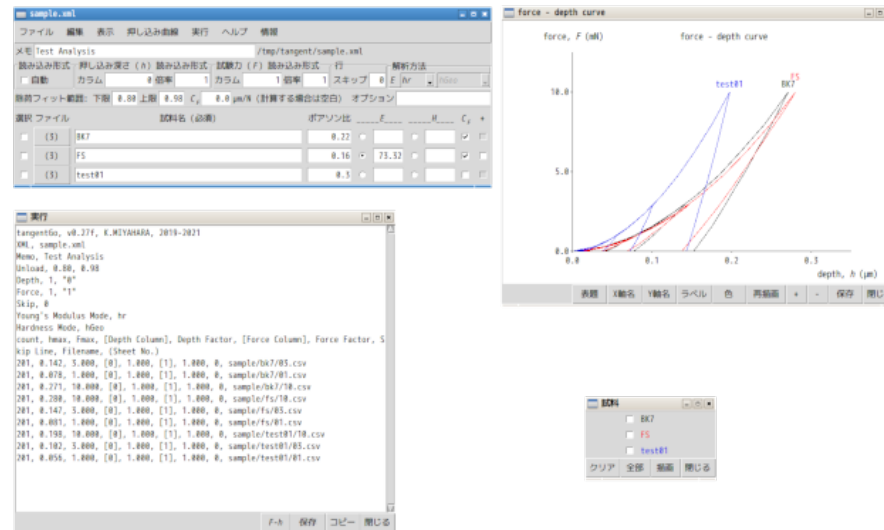


計装化押し込み試験用解析プログラム tangentGo



宮原 健介（新しい硬さ試験研究部会長，物質・材料研究機構）

講演の内容

1. 背景 – 計装化押し込み試験の抱える課題
～なぜtangentGoは作られたか～

2. tangentGoプログラムの紹介・デモ

※PCがあれば、添付のサンプルデータもしくは実際の
実験データ(.csvや.xlsx)で動作を確認できます。

動作確認はWindowsを推奨 (macOSとLinuxは設定が必要)

背景 – 計装化押し込み試験の抱える課題 ～なぜtangentGoは作られたか～

計装化押し込み試験(ISO14577)は、ヤング率や硬さを求められるが、一部のユーザーから信頼性への懸念を指摘されている。

そこで、試験の現状を定量的に把握し、共有化するために巡回測定を行った(14試験機, 2014-2016)。

(表) 各測定値のCV:変動係数 = (標準偏差) / (平均値) × 100 (%)を
タングステン単結晶, UMV900, BK7, Fused silicaについて平均

CV		10mN	1mN	0.1mN	試験力
硬さ {	HM	5.7	7.1	22.7	
	H_{IT}	14.6	10.2	30.9	
	E_{IT}	28.1	27.6	23.3	

ヤング率は
特にばらつき大

ヤング率の試験結果の例 (タングステン単結晶, 10mN)

※巡回測定に参加機関が報告した値 (市販の試験機の算出結果)



巡回測定で抽出された課題点

- ・ 多くの場合、各試験機ごとのばらつきは小さいが、試験機間で比較すると結果に大きな差が生じている。

- ・ 試験機間で差が生じた理由は、次の3点に整理される。

1. **外れ値** (他の試験機の数倍のように、大きく外れる場合あり)
2. **ばらつき** (ヤング率で変動係数10%超, 外れ値含めると20%超)
3. **標準試料の影響** (BK7・Fused silicaの選択でヤング率に約10%差)

→ いずれも深刻な問題であり、協力して早急に解決する必要がある。

課題点の確認方法

- 「別の試験機」

同一の試料を複数の試験機で試験して，結果を比較する。

- 「BK7/FSテスト」

BK7とFused silicaを両方試験し(どちらが標準試料でも可)，ヤング率の比を求める。

$$\frac{E_{BK7}}{E_{FS}} \simeq \frac{81.29}{73.32} = 1.109 \dots$$

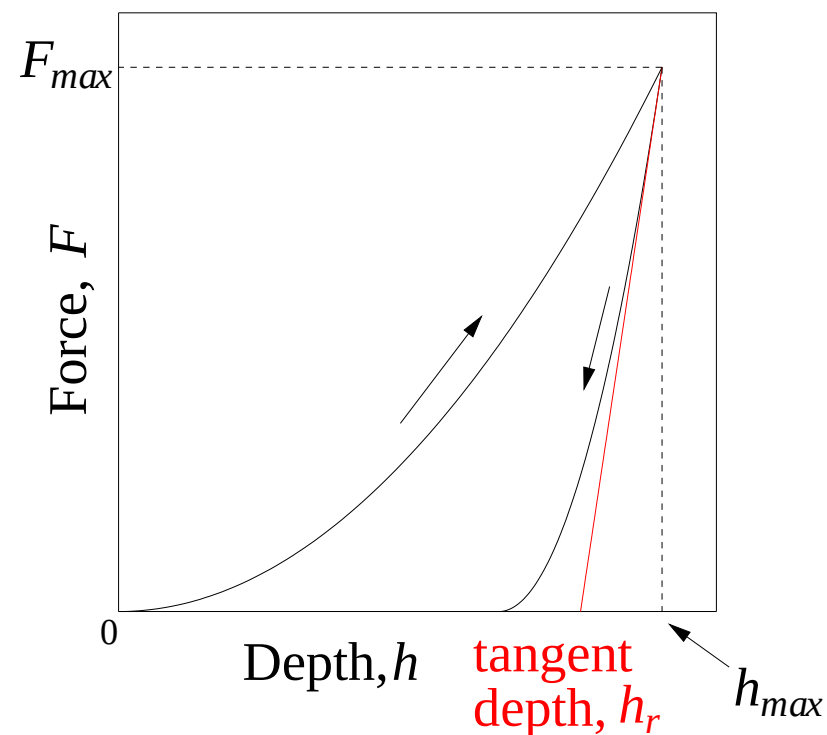
に近い値になるはずが，11台の試験機の平均は1.22(最小1.18)となり，これは標準試料の選択で約10%値が変わることを示している。

- 「別の解析方法」

同一の実験データについて，他の解析方法(例えばtangent depth法)を試す。

tangent depth法とは

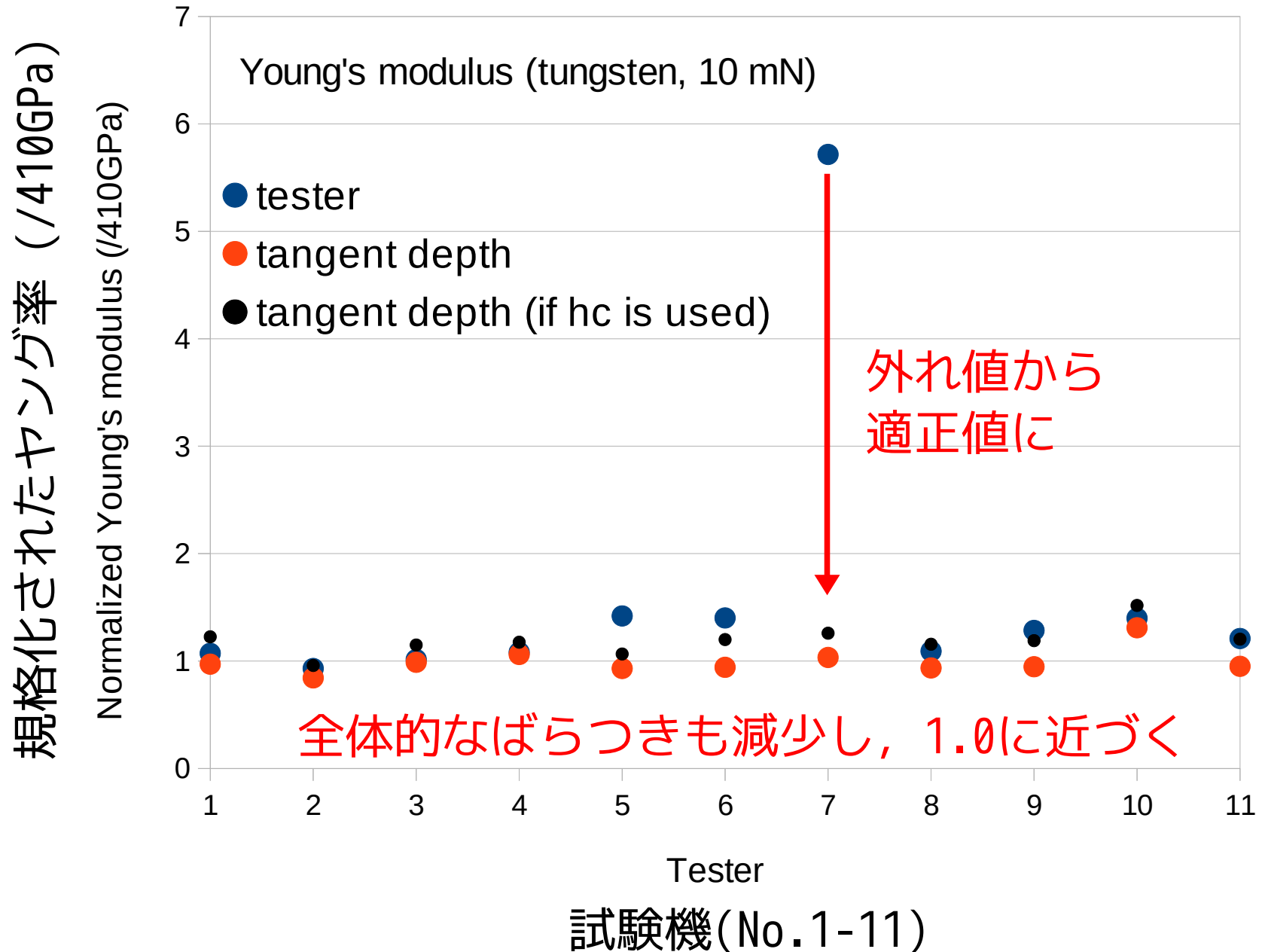
- 計装化押し込み試験の解析方法で、石橋らにより提案された。
- tangent depth**に基づいてヤング率や硬さを求める(ISO14577では contact depthを用いる)。
- 多数の試料で適切なヤング率や硬さが求まることが検証されている。
- 現在のところ、tangent depth法に対応する市販の試験機はない。



押し込み曲線とtangent depth

tangent depth法による巡回測定データの再解析(2020)

※同一の実験データをtangent depth法で解析し直した(赤丸のデータ)。



tangent depth法による巡回測定データの再解析(2020)

全体の結果まとめ

- 対象とした11試験機のヤング率は，外れ値が消失し，全体的なばらつきも減少し，変動係数は約1/5になった(10mN, 1mN)。

Force		10mN	1mN	0.1mN
$\overline{CV}$ (%)	Reported	26.5	27.6	23.3
	tangent depth	4.8	6.7	26.2

- BK7とFused silicaのヤング率の比は，平均で1.22 → 1.15と，より1.11に近くなり，標準試料選択の影響が約1/3になった(10% → 3.6%)。
- 同一の実験データをtangent depth法で解析し直すことで，3つの課題点がいずれも改善したことから，現状の解析プロセスに問題があることは明らかである。

→ 誰でもtangent depth法を試せるように，tangentGoは作成された。

tangentGoプログラムの紹介・デモ

- 公開ベータテスト中 (報告歓迎)
- Windows/macOS/Linuxのマルチプラットフォーム対応
- 無償で利用可
- 単体で動作し, オフラインで実行可
- 市販の試験機の実験データ(.csvや.xlsx)を読み込み可能

tangentGoの機能

解析関連	グラフ表示	その他
各種解析条件の変更	押し込み曲線	Windows/macOS/Linux
結果の保存・コピー	フレームコンプライアンス	設定の保存・読み込み
データの自動読み込み	圧子面積関数	ヘルプ
標準試料登録	ヤング率	デバッグ情報
プロットデータ確認	押し込み硬さ	システム情報
バッチ処理	等価ビッカース硬さ	フォントサイズ変更

tangentGoの紹介 (0)ダウンロード ホームページ <https://3zip.net/t/>



tangentGo - Mozilla Firefox

tangentGo

← → ↺ 🔒 <https://3zip.net/t/> 90% ... ☆ 🏠 ☰

tangentGo - 計装化押し込み試験用解析プログラム

by K. MIYAHARA

tangentGoは、計装化押し込み試験用の解析プログラムです。詳細は、tangentGo紹介の動画もしくはPDFをご覧ください。

動画

- 紹介 [function.m4v] - tangentGoの機能を紹介 (約2分) PDF版は[こちら](#) [function.pdf]
- 操作(1) [demo.m4v] - 添付の設定ファイルを使ったデモ (約1分)
- 操作(2) [young.m4v] - ヤング率の解析を行う場合の基本操作手順 (約1分)
- 操作(3) [hvi.m4v] - ビッカース硬さなど、HVI(1W)硬さの解析を行う場合の基本操作手順 (約1分)

※動画が表示されない場合には、右クリックで保存し、ダウンロードしたファイルを再生してください。

最新バージョン (随時更新)

tangentGo, v0.23f, K.MIYAHARA, 2019-2020

開発状況

- クローズドなベータテストから、オープンなベータテストに移行します。ご協力のほど、どうぞよろしくお願いいたします。
- Linux上で開発を行っているため、WindowsとmacOSでの動作確認が十分とれていません。特にこれらの環境での動作状況をお知らせいただけると、とてもありがたいです。

ダウンロード

- [tangentGo-win32.zip](#) (for Windows, 32 bit)
- [tangentGo-win64.zip](#) (for Windows, 64 bit)
- [tangentGo-mac.zip](#) (for macOS, 64 bit)
- [tangentGo-linux.zip](#) (for Linux, 32 bit)
- [tangentGo-arm.zip](#) (for Linux, arm)

※ZIPファイルを展開後、run.exe (Windows), run.command (macOS), run.tcl (Linux)をそれぞれ実行してください。macOSの場合には、追加で設定が必要です。詳細はreadme.txtをご覧ください。

FAQ (Frequently Asked Questions) よくある質問

- [tangentGo-win32.zip](#) (for Windows, 32 bit)
- [tangentGo-win64.zip](#) (for Windows, 64 bit)
- [tangentGo-mac.zip](#) (for macOS, 64 bit)
- [tangentGo-linux.zip](#) (for Linux, 32 bit)
- [tangentGo-arm.zip](#) (for Linux, arm)

プログラムのダウンロード(各OS用)

tangentGoの紹介 (1)メイン画面

メインメニュー(日本語or英語)

解析条件等の設定

sample.xml

ファイル 編集 表示 押し込み曲線 実行 ヘルプ 情報

MEMO Test Analysis /tmp/tangent/sample.xml

Format DEPTH (h) Format FORCE (F) Format LINE METHOD

☐ Auto Column 0 Factor 1 Column 1 Factor 1 Skip 0 E hr H hGeo

UNLOAD fitting: from 0.80 to 0.98 C_F 0.0 $\mu\text{m}/\text{N}$ (leave blank to calc) Option

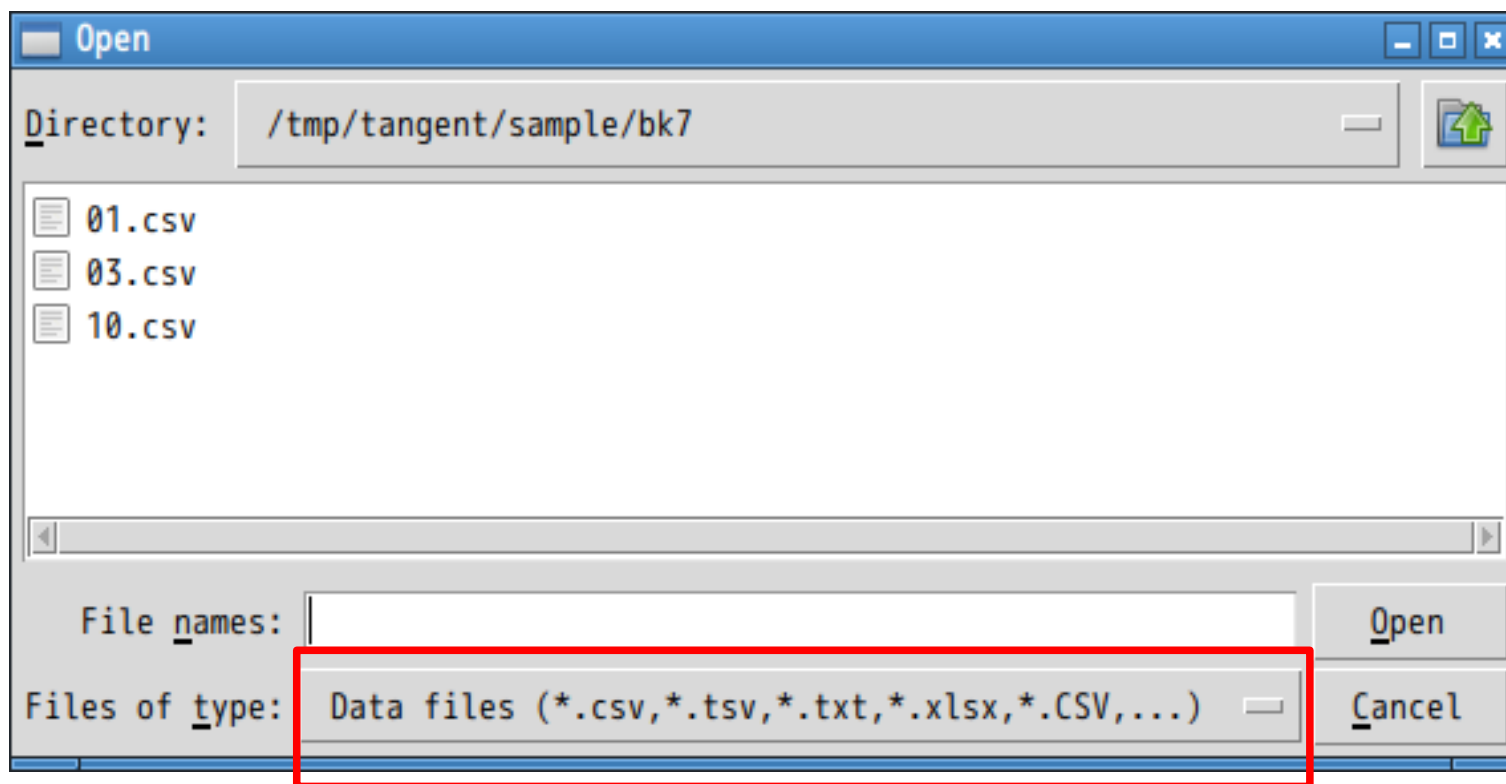
Select File	Specimen name (necessary)	Poisson	E	H	C_F	+
☐ (3)	BK7	0.22	☐	☐	☒	☐
☐ (3)	FS	0.16	☒ 73.32	☐	☒	☐
☐ (3)	test01	0.3	☐	☐	☐	☐

ファイル
ボタン

試料の情報: 1行ずつ各試料の情報を入力(最大20行)
(ファイル名, 試料名, ポアソン比, ヤング率, 硬さetc)

tangentGoの紹介 (2)データファイル選択

市販の試験機の実験データファイルを各試料ごとに選択する

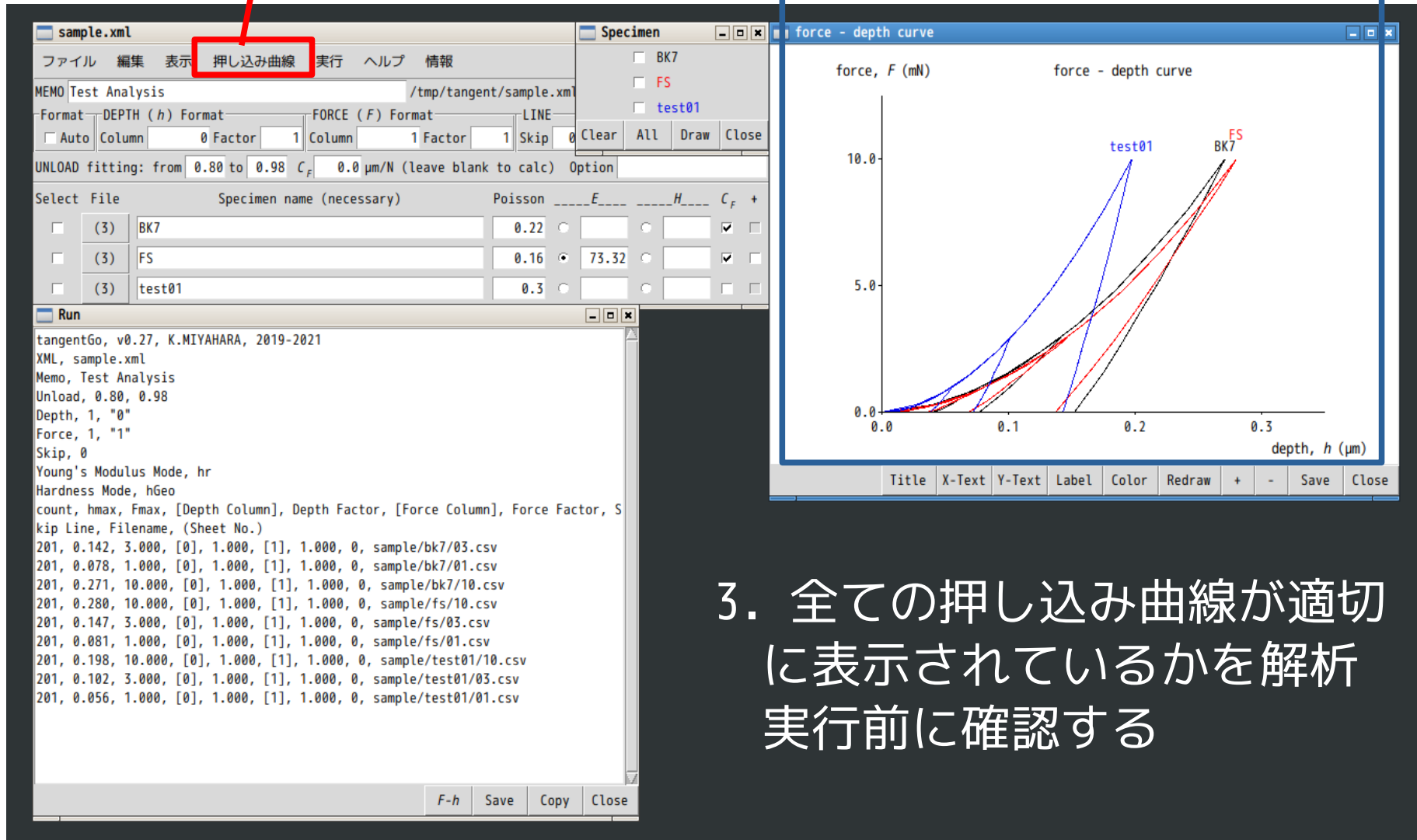


対応形式: **.csv**, .tsv, .txt, **.xlsx**

※各試験機で**.csv**や**.xlsx**のデータ構造(セルの使い方)は異なるが、自動で読み込み可能。(現在4社以上の試験機に対応)
→ユーザーは実験データファイルを選択するだけ

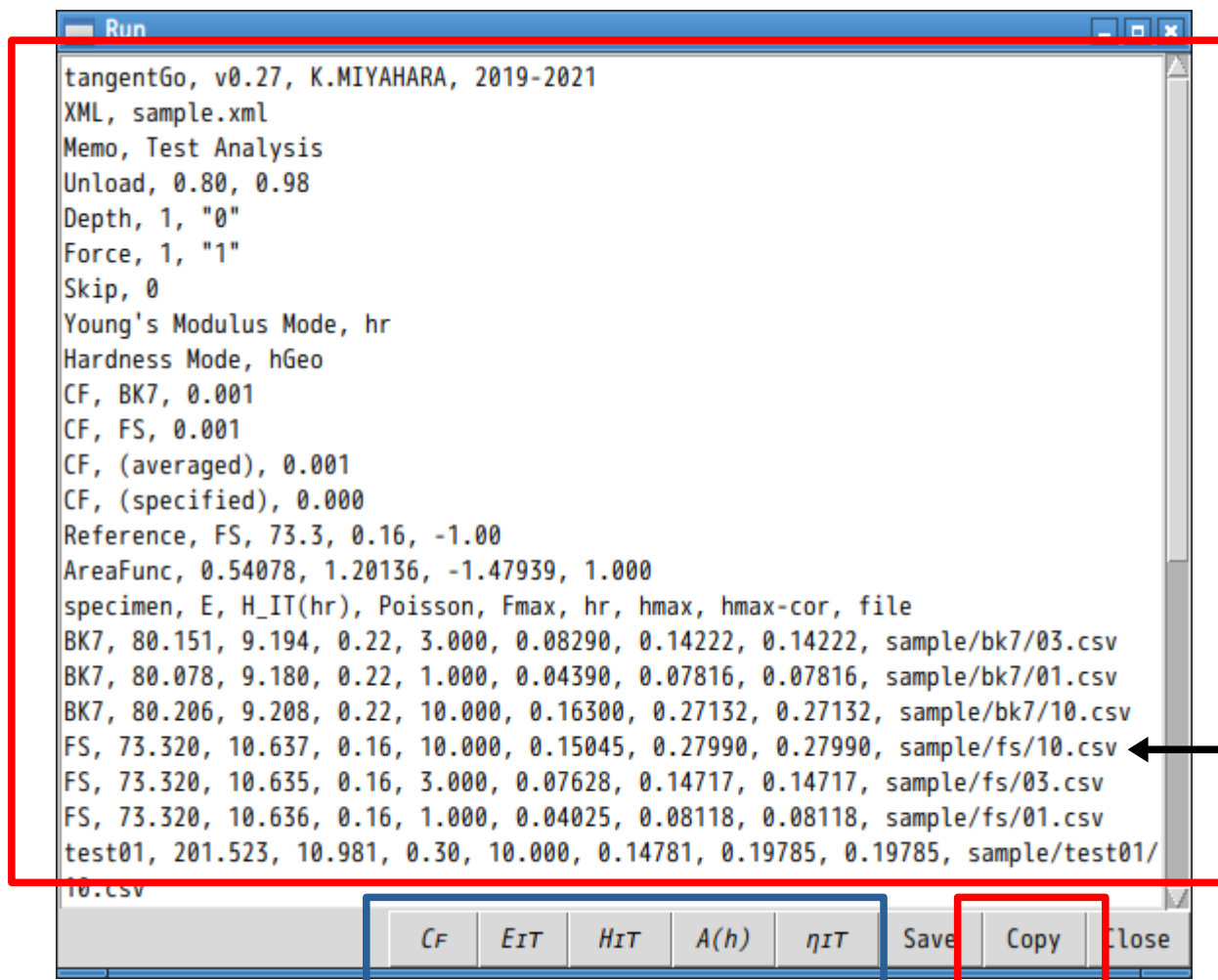
tangentGoの紹介 (3)押し込み曲線の表示

1. 押し込み曲線メニューを選択
2. 全ての押し込み曲線を表示 (個別表示も可)



tangentGoの紹介 (4)解析の実行

メニューから解析を実行すると、解析結果が文字で表示される



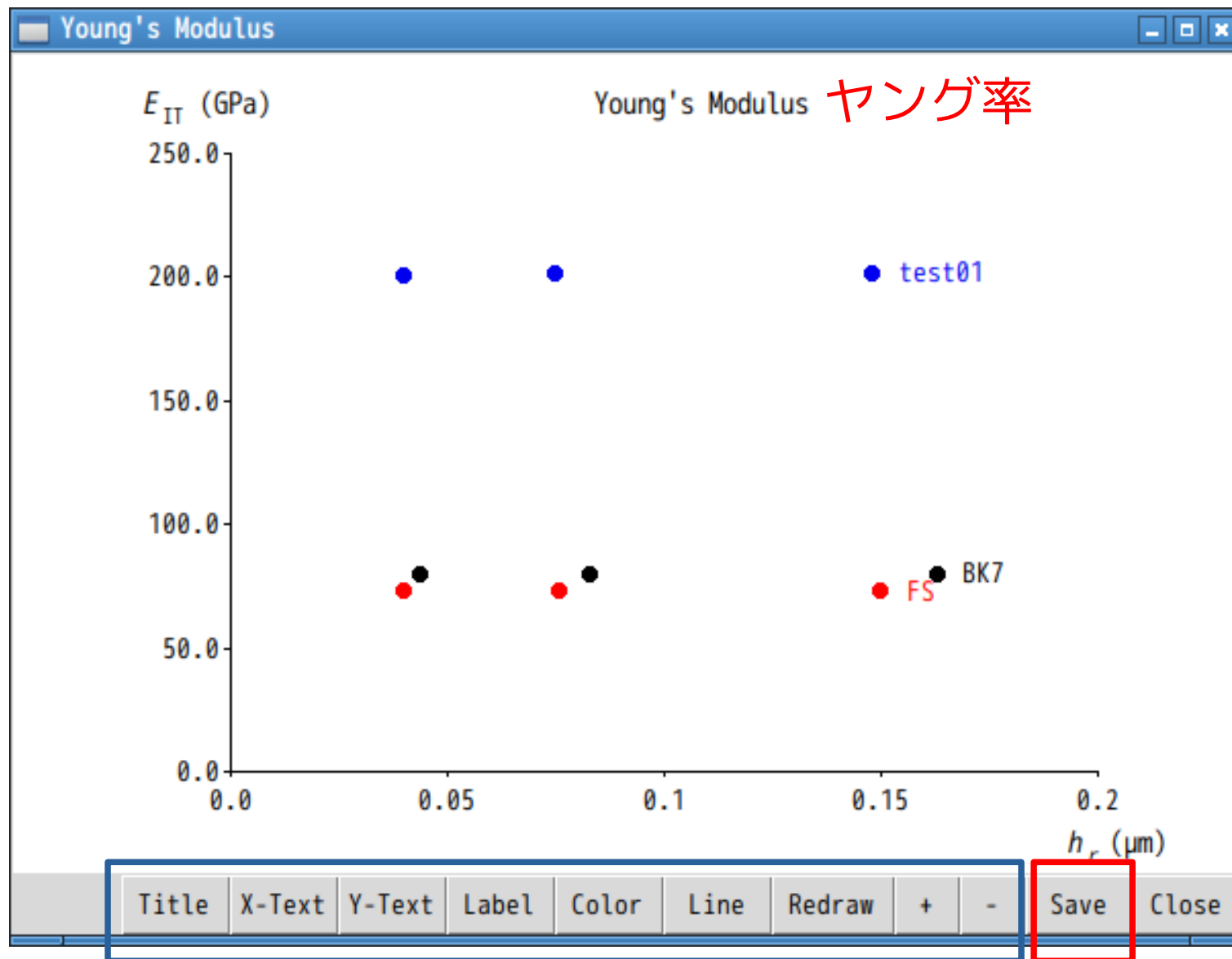
本文は.csv形式

ファイルごとの結果

各グラフの表示ボタン

丸ごとコピーして表計算
ソフトにペースト可能

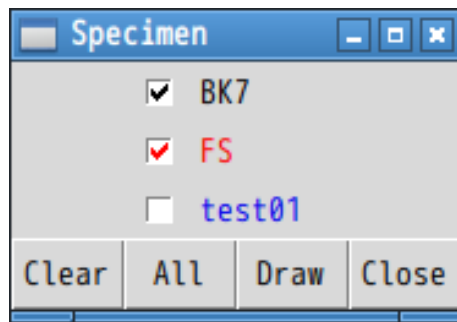
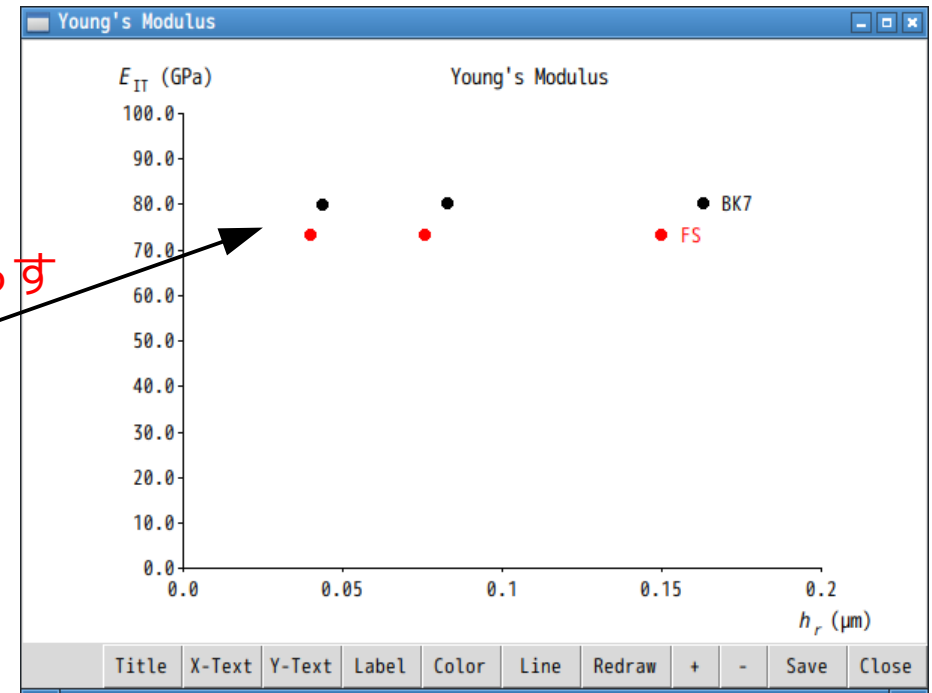
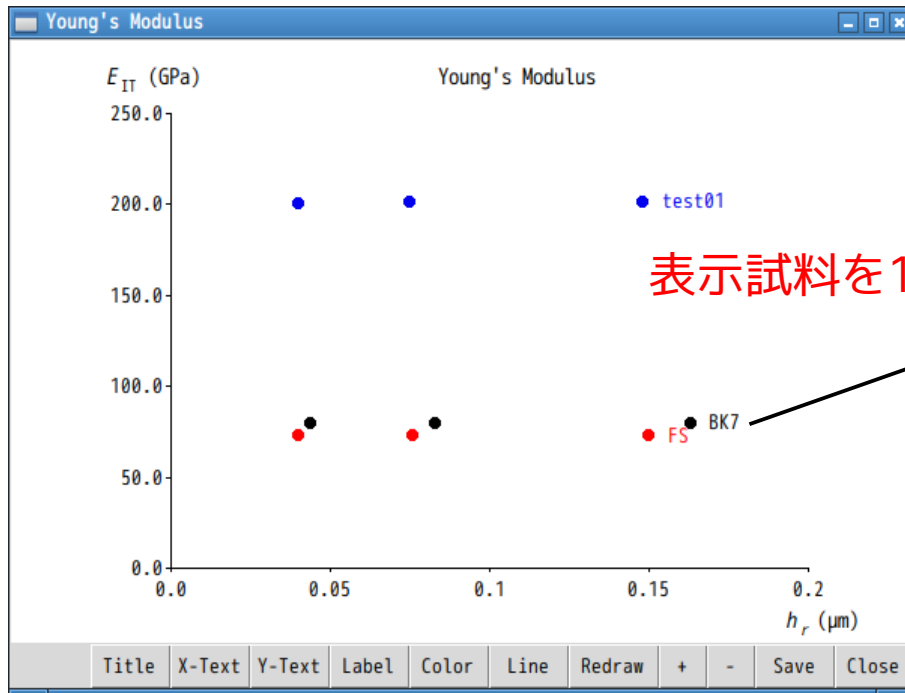
tangentGoの紹介 (5)グラフの表示



グラフ表示の調整ボタン
(カラー・モノクロなど)

Postscriptで画像保存

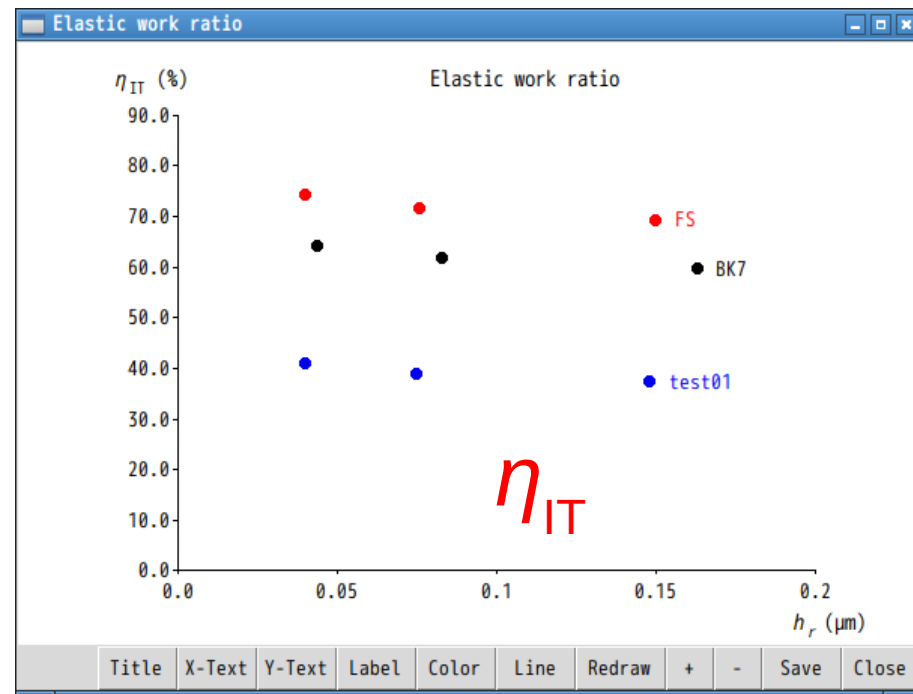
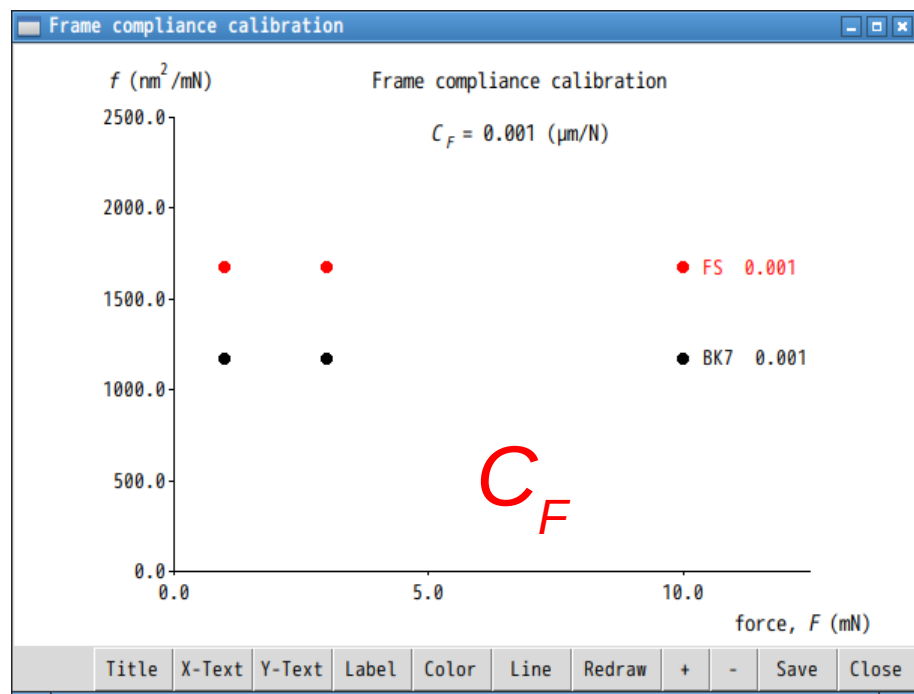
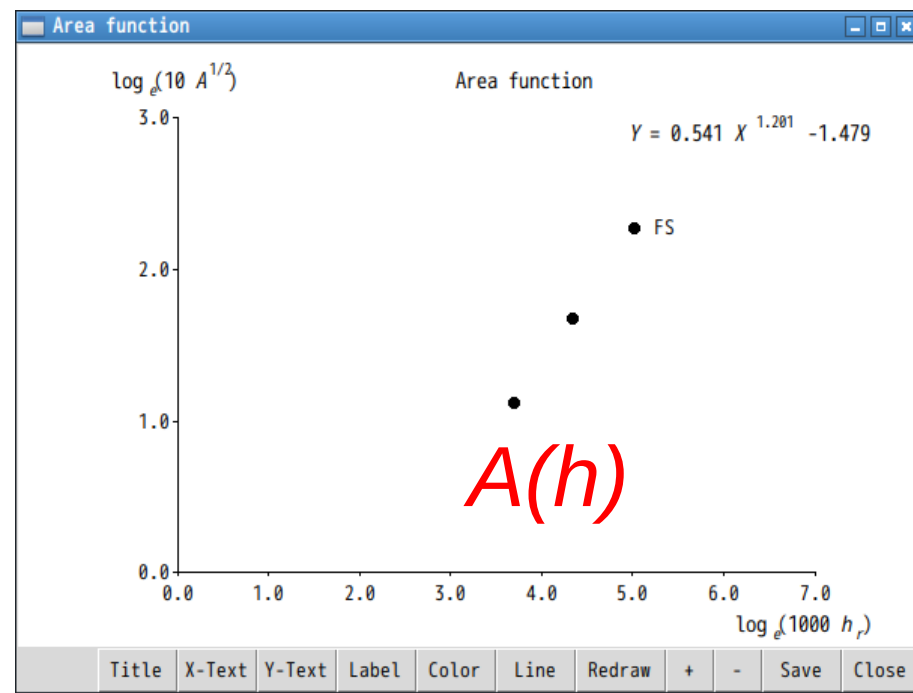
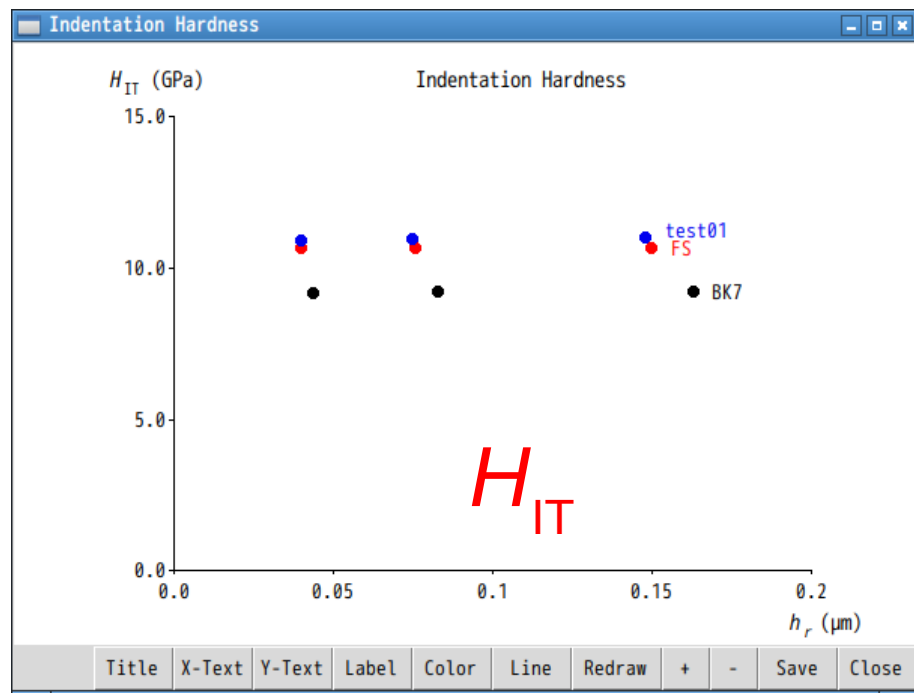
tangentGoの紹介 (6)グラフの自動スケーリング



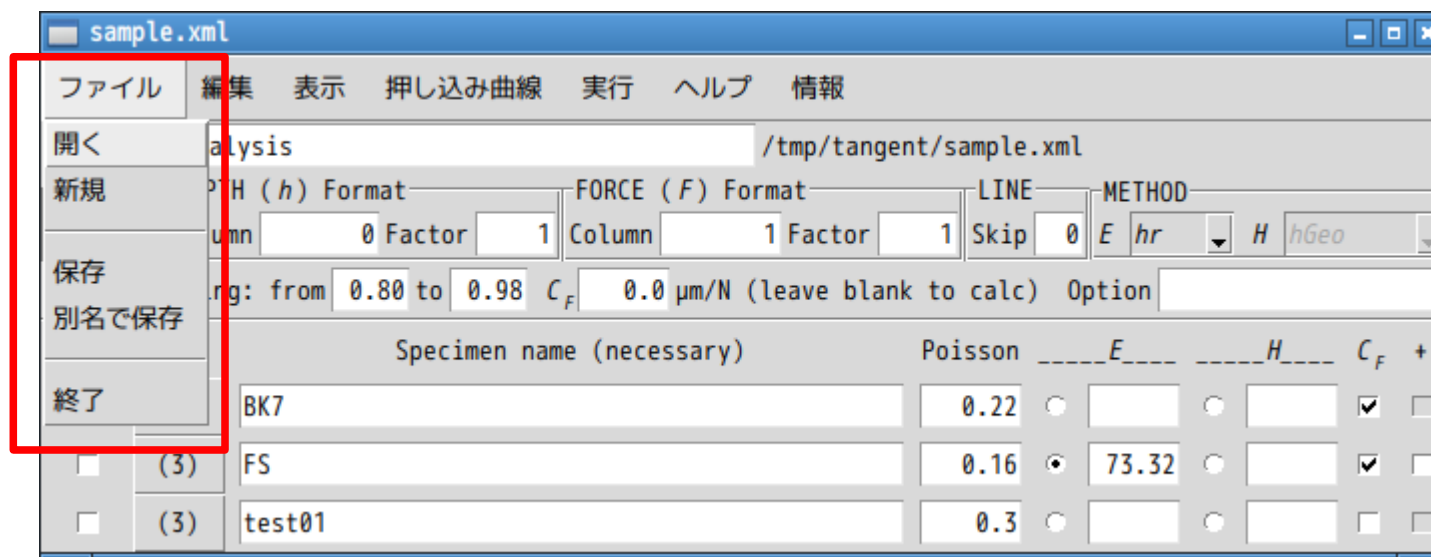
※左の試料選択ウィンドウで表示する試料を変更すると、グラフの縦軸・横軸が自動でスケーリングされて表示される

※その他、グラフのデータ値を表計算ソフトに送ることも可能

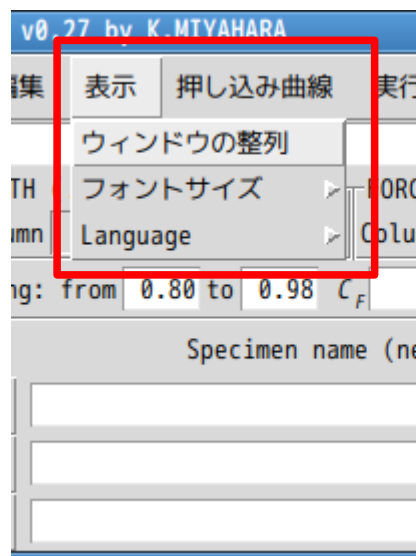
tangentGoの紹介 (7)表示可能なグラフ(一部)



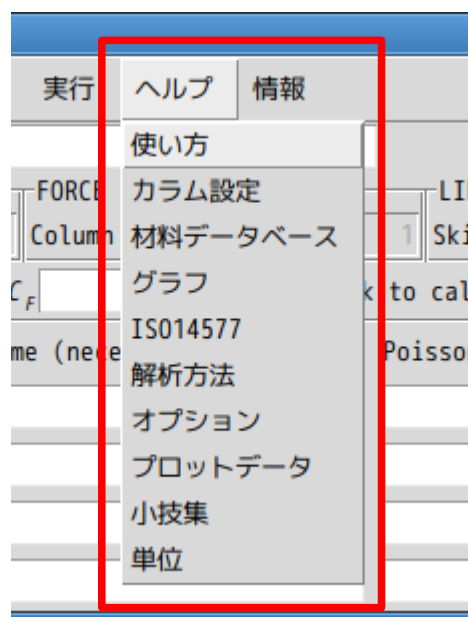
tangentGoの紹介 (8)その他の機能・メニュー 設定の保存・読み込み



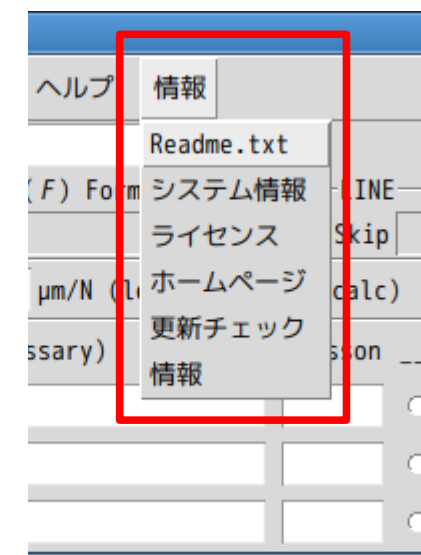
表示の調整



ヘルプ



更新その他



まとめ

計装化押し込み試験用の独立な解析プログラムである tangentGo を作成した背景の説明と紹介・デモを行った。tangentGo の公開により, tangent depth 法の理解や検証が一層進み, 計装化押し込み試験の課題解決への一助となれば幸いである。

tangentGo ホームページ
<https://3zip.net/t/>



tangent depth法に関する文献

- 1) T. ISHIBASHI, Y. YOSHIKAWA, K. MIYAHARA, T. YAMAMOTO, S. KATAYAMA, M. YAMAMOTO: *J. Mater. Test. Res.* Vol.61, No.2, 60 (2016)
- 2) T. ISHIBASHI, Y. YOSHIKAWA, S. KATAYAMA, K. MIYAHARA, M. OHKI, T. YAMAMOTO, M. YAMAMOTO: *J. Mater. Test. Res.* Vol.62, No.2, 68 (2017)
- 3) T. ISHIBASHI, Y. YOSHIKAWA, M. YAMAMOTO, K. MIYAHARA, T. YAMAMOTO, M. OHKI, S. KATAYAMA: *J. Mater. Test. Res.* Vol.62, No.3, 164 (2017)
- 4) T. ISHIBASHI, Y. YOSHIKAWA, K. MIYAHARA, T. YAMAMOTO, S. TAKAGI, M. FUJITSUKA, S. KATAYAMA: *J. Mater. Test. Res.* Vol.65, No.1, 4 (2020)
- 5) 宮原健介, 石橋達弥, 吉川裕輔, 山本卓: 材料試験技術 Vol. 65, No. 1, 25 (2020)
- 6) 宮原健介, 石橋達弥, 吉川裕輔, 山本卓: 材料試験技術 Vol. 65, No. 1, 32 (2020)
- 7) 宮原健介, 石橋達弥, 吉川裕輔, 山本卓: 材料試験技術 Vol. 65, No. 2, 108 (2020)
- 8) T. ISHIBASHI, K. MIYAHARA, Y. YOSHIKAWA, T. YAMAMOTO, S. KATAYAMA: *J. Mater. Test. Res.* Vol.65, No.4, 197 (2020)
- 9) T. ISHIBASHI, K. MIYAHARA, Y. YOSHIKAWA, T. YAMAMOTO, S. KATAYAMA: *J. Mater. Test. Res.* Vol.66, No.1, 16 (2021)
- 10) 宮原健介, 石橋達弥, 吉川裕輔, 山本卓: 材料試験技術 Vol. 66, No. 1, 27 (2021)