陽電子消滅寿命スペクトル解析アプリケーション

PAS-Analyzer

取扱説明書

第 1.0.0 版　2026 年 11 月

株式会社 テクノエーピー

〒312-0012　茨城県ひたちなか市馬渡 2976-15
TEL　：　029-350-8011
FAX　：　029-352-9013
URL　：　https://www.techno-ap.com
e-mail ：　info@techno-ap.com

ー 目　次 ー

1.　注意・免責事項 3
2.　概要 4
3.　改定履歴 4
4.　インストール 5
5.　基本解析フロー 5
6.　解析の原理 6
6．1．測定しているもの 6
6．2．フィッティングする式 6
6．3．ResolutionFit と PositronFit 7
6．4．G と F、線源補正 7
6．5．計算の方法 7
6．6．結果の読み方 8
7.　画面 9
7．1．レイアウト 9
7．2．メニュー 10
7．3．ステータス 11
7．4．Spectrum タブ 11
7．5．Resolution タブ 12
7．6．Background タブ 12
7．7．Lifetimes タブ 13
7．8．Analysis タブ 13
7．9．Graphics 領域 15
7．１０.　ファイル 16
8.　トラブルシューティング 18
8．1．スペクトルが読み込めない 18
8．2．フィッティングがうまくいかない 18

1. 注意・免責事項

このたびは株式会社テクノエーピー(以下「弊社」)の陽電子消滅寿命スペクトル解析アプリケーション PAS-Analyzer(以下本アプリ)をご使用いただき誠にありがとうございます。本アプリをご使用の前に、この「注意・免責事項」をお読みの上、内容を必ずお守りいただき、正しくご使用ください。

本アプリご使用による二次的な損害を含む全ての損害について、弊社は一切責任を負いません。



禁止事項

- 人命、事故に関わる特別な品質、信頼性が要求される用途にはご使用できません。



注意事項

- 製品の仕様や関連書類の内容は、予告無しに変更する場合があります。

2. 概要

PAS-Analyzer（以下本アプリ）は、陽電子消滅寿命スペクトル（PALS: Positron Annihilation Lifetime Spectroscopy）の解析を行うために開発された Python / Tkinter ベースの GUI 解析ソフトウェアです。本アプリは、研究室や実験現場におけるデータ処理の再現性と操作性を向上させます。

寿命スペクトルのモデル化とフィッティング
測定された寿命スペクトルを「複数の指数減衰関数の和」と「ガウス関数による装置時間分解能」の畳み込み（Convolution）＋「定数バックグラウンド」としてモデル化し、重み付き非線形最小二乗法によってフィッティングします。数式や各パラメータの意味は、「解析の原理」の章をご覧ください。

2 つの主要解析モードに対応
- ResolutionFit モード：
  既知試料（アニールされた鉄など）の測定データから、装置固有の時間分解能関数（FWHM）と試料寿命を同時にフィッティング・決定します。
- PositronFit モード：
  決定された時間分解能関数（FWHM）を固定（Fixed）し、未知試料の複雑な寿命成分（寿命および相対強度）を精密に算出します。

JSON 形式による解析設定管理
解析条件（ROI 範囲、初期値、パラメータの自由/固定フラグなど）を JSON ファイルとして保存・再読み込み可能であり、解析の完全な再現性を確保します。

実用的なテキストレポートと多機能グラフ
詳細なテキストレポートを出力するとともに、減衰曲線、フィッティング曲線、各寿命成分の個別の減衰、および正規化残差プロットをリアルタイムで視覚的に確認できます。

本書は、本アプリの取り扱いについて記載したものです。本書の記載内容は予告なく変更することがあります。

3. 改定履歴

2026 年 10 月　　第 1.0.0 版　　初版

4.　インストール

本アプリは Windows 上で動作します。本アプリのインストールは付属 CD に収録されているインストーラによる対話形式でインストールできます。インストール手順は以下の通りです。

（1） PC に管理者権限でログインします。
（2） 付属 CD-ROM 内「Installer_PAS-Analyzer」フォルダ内の「Setup.exe」を実行します。対話形式にてインストールを進めます。デフォルトのインストール先は下記のとおりです。
C:¥Program Files¥TechnoAP¥PAS-Analyzer
（3） インストール完了後デスクトップにショートカットアイコンが作成されます。

アンインストールは「プログラムの追加と削除」から「PAS-Analyzer」を選択して削除します。

5.　基本解析フロー

本アプリを用いた標準的な寿命スペクトル解析は、以下の７ステップで進行します。

[1. データ読み込み] ➔ [2. Spectrum 設定] ➔ [3. Resolution 設定] ➔ [4. Background 設定] ➔ [5. Lifetimes 設定] ➔ [6. Fit 実行] ➔ [7. Report/Graphics 確認・保存]

（1） スペクトルデータの読み込み：CSV ファイルまたは .dat ファイルを開きます。
（2） Spectrum 設定：解析領域、面積計算領域、時間スケール、タイムゼロの初期値を確認・調整します。
（3） Resolution 設定：解析モード（ResolutionFit / PositronFit）を選択し、ガウス分解能関数の幅（FWHM）やシフト（Shift）を設定します。
（4） Background 設定：定数バックグラウンドの算出方法（Free / チャンネル平均固定 / 値固定）を選択します。
（5） Lifetimes 設定: 解析する寿命成分数を指定し、各成分の初期寿命や強度、線源補正フラグを設定します。
（6） フィッティング実行：メニュー「Fit」→「Run fit」、またはキーボードのショートカットキー F5 で最小二乗法フィッティングを実行します。
（7） 結果の確認と保存：Analysis タブで算出された物理量と統計指標を確認し、Graphics 領域でフィット具合を視覚的に評価したのち、設定 JSON やレポート、画像を出力します。

6.　解析の原理

本章では、本アプリが何をフィッティングしているのか、その結果をどう読めばよいかを説明します。

6．1．測定しているもの

陽電子は物質中で電子と対消滅し、γ 線を放出します。陽電子が試料に入ってから消滅するまでの時間を、陽電子寿命といいます。陽電子は、原子空孔や空隙など電子の少ない場所に捕まりやすく、そこでは寿命が長くなります。このため、寿命の値からは空孔や空隙の大きさを、各寿命の強度からはその量の目安を知ることができます。

陽電子消滅寿命測定装置では、陽電子の発生を示す γ 線（^{22}Na の 1.27 MeV）と消滅を示す γ 線（511 keV）の検出時刻の差を多数回計測し、時間差ごとのカウント数を数えて寿命スペクトルを得ます。本アプリは、このスペクトルから寿命と強度を求めます。

6．2．フィッティングする式

測定された寿命スペクトルは、各寿命成分の指数関数的な減衰が、装置の時間分解能（ガウス関数）で少しぼやけ、そこに一定のバックグラウンドが加わった形になります。本アプリは、次のモデルを重み付き非線形最小二乗法でスペクトルにフィッティングします。

$$N(t) = B + \sum_{i=1}^{n} \left[\frac{I_i}{\tau_i} e^{-t/\tau_i} \right] \otimes R(t - t_0)$$

$$R(t) = \sum_{p} \omega_p \cdot \mathrm{Gauss}\left(t; \mathrm{FWHM}_p, \mathrm{Shift}_p\right)$$

$$\mathrm{FWHM} = 2\sqrt{2\ln 2}\,\sigma \approx 2.355\sigma$$

$$I\%_i = 100 \times \frac{I_i}{\sum_j I_j}$$

⊗ は畳み込みを表します。実際の計算では、各チャンネルの時間幅（Time scale）で積分した値を使います。式の記号と画面の項目との対応は次のとおりです。

- τ_i [ns]：　寿命。Lifetimes タブの tau
- I_i ：　強度（面積。カウント）。Lifetimes タブの I(area)
- $I\%_i$ ：　相対強度（面積比。合計 100%）。Lifetimes タブの fit I%
- $R(t)$ ：　装置関数（時間分解能関数）。複数のガウス関数の和
- FWHM_p [ns]：　ガウス関数の半値幅（時間分解能）。Resolution タブ
- ω_p [%]：　ガウス関数の相対強度。Resolution タブの Intensity
- Shift_p [ns]：　ガウス関数のずれ。Resolution タブの Shift
- t_0 [ch]：　時間原点（ピーク位置）。Spectrum タブの Time zero
- B [counts/ch]：　定数バックグラウンド。Background タブ

6．3．ResolutionFit と PositronFit

どちらも上の式は同じです。違いは、装置関数の FWHM をフィッティングで動かすか、固定するかだけです。

・ResolutionFit：FWHM を動かし（G）、寿命と同時に決定します。装置の分解能が分かっていない場合や、解析のたびに求めたい場合に使います。
・PositronFit：　あらかじめ求めた FWHM を入力して固定し（F）、寿命と強度だけをフィッティングします。

一般的には、既知試料のスペクトルを ResolutionFit で解析して FWHM を求め、その値を PositronFit に入力して未知試料を解析します。ResolutionFit のみで、寿命と FWHM を同時に求める運用もできます。

6．4．G と F、線源補正

・G（Guess）：フィッティングで値を動かします。入力値は初期値です。
・F（Fixed）：　入力した値に固定します。

G/F は、寿命、強度、FWHM、Shift、時間原点、バックグラウンドごとに選べます。ただし、1 本目のガウス関数の Intensity(%) は、100% から２本目以降の合計を引いた値に自動で決まります。

^{22}Na 線源を試料で挟んで測定すると、線源や封止材の中で消滅した成分もスペクトルに混ざります。これらの寿命が既知であれば、Lifetimes タブの source にチェックを入れ、その成分の寿命を固定（F）として扱います。必要に応じて、fixed intensities(%) で強度も固定できます。

6．5．計算の方法

フィッティングは、重み付き非線形最小二乗法で行います。寿命、強度、分解能、時間原点、バックグラウンドの値を、χ^2 が最小になるように反復計算で決めます。重みは、各チャンネルのカウントから決めます。

計算には汎用の数値計算ライブラリの最小二乗法（信頼領域法）を使い、パラメータには物理的に妥当な範囲を設けています。標準偏差（±）は、収束した点での線形近似から求めた目安の値です。

反復計算のため、初期値によって結果が変わることがあります。収束したかどうかは、残差のグラフと Reduced chi-square で確認してください（「トラブルシューティング」を参照）。

6．6．　結果の読み方

・寿命・強度：　tau（寿命）と I%（相対強度）が主な結果です。「±」は標準偏差（Std deviations）で、G で求めた値にのみ付きます。

・Chi-square：　$\chi^2 = \sum_k \left(\frac{y_k - f_k}{s_k}\right)^2$。$y_k$ はデータ、f_k はモデル値、s_k は各チャンネルのカウントのばらつき（ポアソン統計）から決めた標準偏差（重み）です。

・自由度：　解析チャンネル数 − フィッティングで動かしたパラメータ数。

・Reduced chi-square：　χ^2 ÷ 自由度。1 に近いほどモデルがデータとよく合っています。大きく 1 を超える場合は、成分数、解析範囲（Fit min / max）、初期値、バックグラウンドを見直してください。

・残差：　（データ − モデル）を標準偏差で割った値です。0 を中心に偏りなくばらついていれば、よく合っています。うねりや偏りがある場合は、モデルまたは解析条件が適切でない可能性があります。

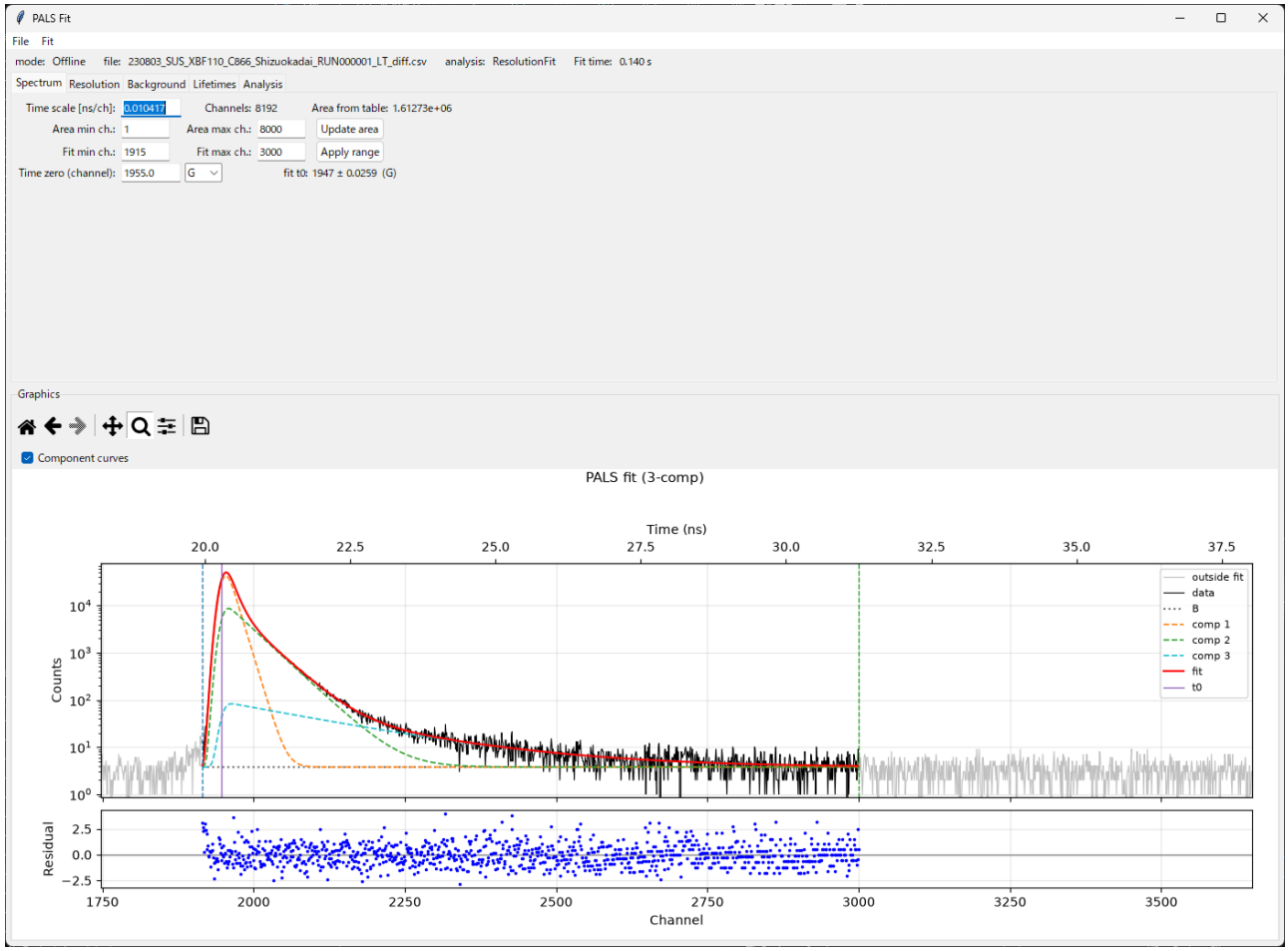
寿命成分を増やすと χ^2 は小さくなりますが、標準偏差が大きくなり、物理的に意味のない成分が現れることがあります。必要最小限の成分数で解析してください。

7.　画面

7．1．レイアウト

PAS-Analyzer の画面は、直感的な操作を可能にするため以下のような構成になっています。

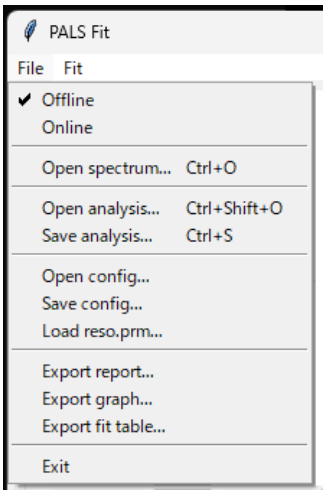
- 画面上部（ヘッダー領域）：ウィンドウタイトル、現在開いているスペクトルファイル名や解析実行などのステータスが表示されます。
- 中央部（メインタブ領域）：設定と確認を行う５つのタブ（Spectrum, Resolution, Background, Lifetimes, Analysis）が配置されています。
- 画面下部（Graphics 領域）：スペクトル、フィッティング曲線、各寿命成分の曲線、残差のグラフが表示されます。



7．2．　メニュー

画面最上部のメニューバーからは、ファイル入出力や解析実行に関する詳細なメニュー機能にアクセスできます。

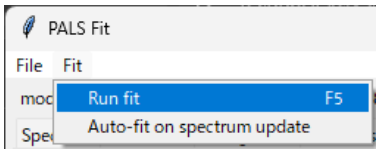
File メニュー



・Online / Offline 切替：
- Online モード：指定されたスペクトルファイルを２秒周期で自動的に再読み込みし、リアルタイムでのデータ更新に対応します（t0 の自動初期推定は初回ロード時のみ実行されます）。
  テクノエーピー製陽電子消滅寿命測定装置用アプリケーション PositronAnnihilationSystem と連動するには、アプリケーションのインストール先フォルダ（デフォルトは C:¥TechnoAP¥PositronAnnihilationSystem）に計測中１秒周期で更新される Lifetime_Spectrum.csv を、後述の Open spectrum にて指定することで、実現できます。
- Offline モード：読み込んだファイルを静的に保持して解析を行います（通常運用）。

・Open spectrum...：測定データ（CSV または .dat）を開きます。ファイル形式は後述の7．１０．１．スペクトルファイルを参照ください。
・Open analysis..：解析結果ファイル（Save analysis で保存した *_analysis.csv）を開きます。
・Save analysis..：解析結果を任意のファイル名で保存します。フィッティング結果、スペクトル、フィット曲線、レポートを１つの CSV ファイル（Excel で開けます）に保存します。初期ファイル名は「スペクトルファイル名_analysis.csv」です。
・Open config..：解析設定ファイル（JSON）をロードします。
・Save config...：現在の設定条件を JSON 形式で保存します。
・Load reso.prm...：reso.prm（分解能設定ファイル）をロードします。
・Export report...：Analysis タブに表示されている解析レポートテキストをファイルに保存します。
・Export graph...：現在 Graphics 領域に表示されているグラフを高解像度画像として保存します。
・Export fit table...：フィッティング結果の主要パラメータと標準偏差を整理した CSV を出力します。
・Exit：アプリケーションを終了します（終了時の設定状態は次回起動時用に自動保持されます）。

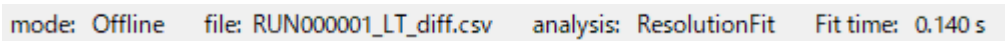
Fit メニュー



・Run fit (F5)：寿命フィッティング計算を実行します。
・Auto-fit on spectrum update：Online モード時に新しいスペクトルデータが自動検出された際、フィッティングを自動実行するかどうかのオン/オフを切り替えます。

7．3．　ステータス

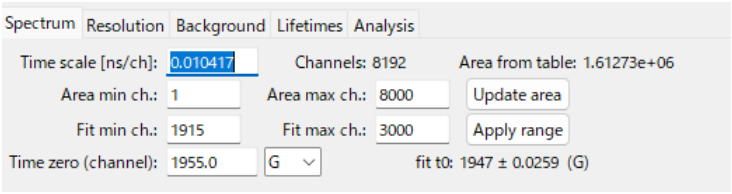
現在開いているスペクトルファイル名や解析実行などのステータスを表示します。



・ mode：　Online または Offline モードの状態が表示されます。
・ file：　現在読み込まれているデータファイルのフルパスが表示されます。
・ analysis：　PositronFit または ResolutionFit の状態が表示されます。
・ Fit time：　解析に要した時間を表示します。

7．4．　Spectrum タブ

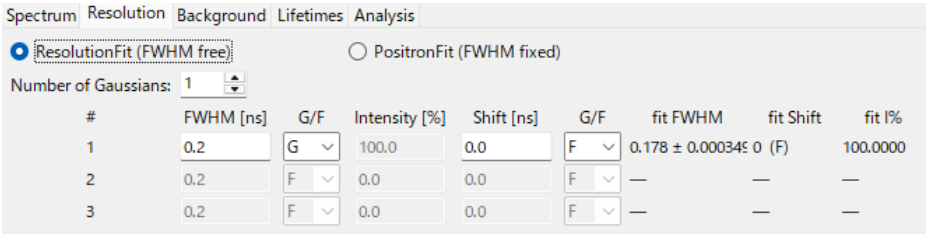
測定データの確認、時間軸のスケール調整、およびフィッティングを行うデータ範囲（ROI: Region of Interest）を設定する画面です。



・ Time scale [ns/ch]：　1 チャネルあたりの時間幅（チャンネル幅。装置の時間分解能 FWHM とは別の値です）。CSV ヘッダー等から自動取得されます（例: 0.010417 ns/ch）。
・ Channels [ch]：　スペクトルの全チャンネル数（例: 8192 ch）。データから自動取得されます。
・ Area from table：　Area 範囲内の総カウント数が表示されます。
・ Area min / max ch：　総カウント数の集計対象とする開始・終了チャンネル。デフォルトは全範囲（1～8192）。
・ Update area：　Area 範囲設定を更新します。
・ Fit min / max ch：　最小二乗法フィッティングを実行する解析範囲（ROI）。プロット上では Fit min は青の破線、Fit max は緑の破線で表示されます。Fit min / max は自動では設定されません。スペクトルを見て入力し、Apply range で適用してください。
・ Apply range：　Fit の解析範囲設定を適用します。
・ Time zero(channel)：　陽電子が入射した時間原点（ピーク位置）の初期推定値（チャネル番号）。スペクトルを開いたとき、および Apply range を押したときに、解析範囲内のカウント最大位置から自動設定されます。
　➢ G：　Guess（推定）
　➢ F：　Fixed（固定）
・ fit t0（G または F）　フィッティングで求めた時間原点（チャネル番号）と標準偏差を表示します。

7．5．　Resolution タブ

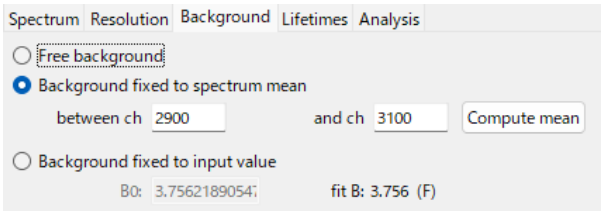
測定装置の時間分解能関数（Instrument Response Function）を定義し、パラメータの推定・固定を設定する画面です。



・ResolutionFit(FWHM free)：　分解能を変動・推定します。
・PositronFit(FWHM fixed)：　分解能を固定します。
・Number of Gaussians：　分解能関数を構成するガウス関数の本数を指定します。
・FWHM (ns)：　ガウス関数の半値幅。
　➢ G：　Guess（推定）
　➢ F：　Fixed（固定）。PositronFit では F（固定）に設定します。
・Intensity(%)：　各ガウス関数の相対強度割合（合計 100%）。1 本のみの場合は 100%に固定されます。1 本目の強度は「100% − 2 本目以降の合計」で自動的に決まり、入力できません。強度には G/F の指定はありません。
・Shift (ns)：　ピーク位置からの時間的ズレ（オフセット）の初期値。1 本目のガウス関数は通常 0.0000（F 固定）にします。
　➢ G：　Guess（推定）
　➢ F：　Fixed（固定）
　ResolutionFit モード実行時、すべてのガウス関数の Shift を同時に G（推定）にすることはできません。原点移動の不定性を防ぐため、最低 1 つの Shift を 0.0000 ns (F) に固定する必要があります。
・fit FWHM：　解析後の FWHM です。
・fit Shift：　解析後のピークからの時間的ズレです。
・fit I(%)：　解析後の相対強度割合です。

7．6．　Background タブ

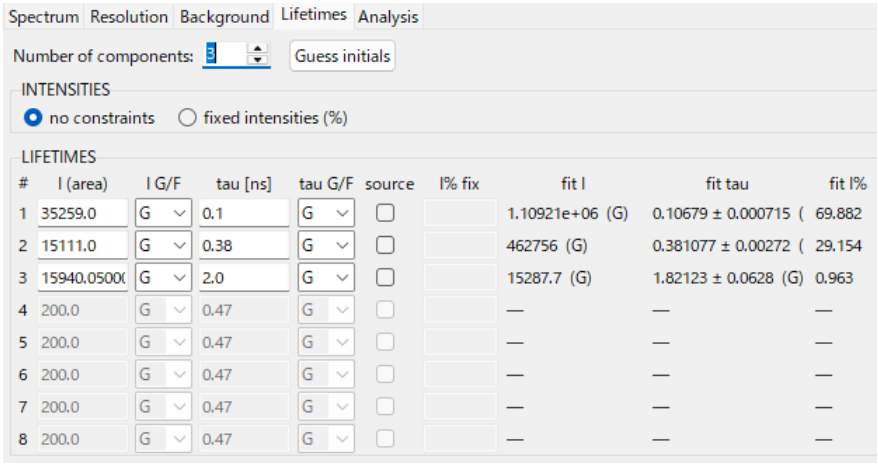
ノイズや環境放射線に起因する定数バックグラウンドの処理方式を設定する画面です。



・Free background：　バックグラウンド値をフィッティングで決めます（G）。
・Background fixed to spectrum mean：　指定したチャンネル範囲（例: 2900~3100 ch）のカウント平均値を事前に算出し、その固定値でフィッティングを行います。
　➢ between ch (and ch)：　チャンネル範囲を設定します。
・Background fixed to input value：　入力された固定カウント値（例: 3.756）でバックグラウンドを固定（Fixed）します。

7．7．　Lifetimes タブ

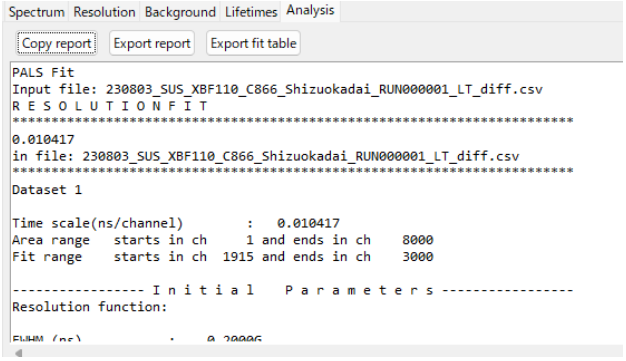
物理的に抽出したい寿命成分数、寿命の初期値、相対強度、および線源補正に関する制約条件を設定する画面です。



・Number of components：　フィッティング対象とする寿命成分の数（1～8 成分）。
・Guess initials：　推奨初期値が設定項目に反映されます。
・INTENSITIES：　強度制約について、寿命成分の強度に対して、以下の２つの制約から設定します。
　➢ no constraints：　制約無し。フィッティング計算において固定値や物理ルールなどの制約を一切設けず、プログラムが最小二乗法を用いて最適値を自由に探索・算出します。
　➢ fixed intensities(%)：　特定の寿命成分の相対強度を、指定した値に直接固定してフィッティングを行います。
・LIFETIMES：
　➢ I(area)：　各成分の強度（面積、カウント）の初期値
　➢ I (G/F)：　通常はＧ（推定）で自由計算ですが、特定成分を固定することも可能です。
　➢ tau [ns]：　各成分の寿命初期値（ナノ秒）。
　➢ tau G/F：　tau 初期値をＧ（推定）で自由フィッティング、Ｆ（固定）で一定値に固定します
　➢ source：　チェックを入れると該当成分を「線源・封止材等での消滅成分」として扱い、寿命 tau を強制固定（F）します。
　➢ % fix：　fixed intensities(%) を選んだときに入力できる欄です。固定したい相対強度（%）を入力します。
　➢ fit I：　解析後の強度（面積、カウント）と G/F
　➢ fit tau：　解析後の各成分の寿命（ナノ秒）、標準偏差、G/F。
　➢ fit I%：　解析後の相対強度（%）

7．8．　Analysis タブ

最小二乗法フィッティング完了後、テキストレポートを表示する画面です。レポートの各項目（χ^2、自由度、標準偏差など）の読み方は、「解析の原理」の章をご覧ください。



レポート例を記載します

```
PAS-Analyzer
Input file: RUN000001_LT_diff.csv
R E S O L U T I O N F I T
*********************************************************************
0.010417
in file: RUN000001_LT_diff.csv
*********************************************************************
Dataset 1

Time scale(ns/channel)        :   0.010417
Area range   starts in ch     1 and ends in ch    8000
Fit range    starts in ch  1915 and ends in ch    3000

---------------- I n i t i a l   P a r a m e t e r s ----------------
Resolution function:

FWHM (ns)           :    0.2000G
Intensities (%)     :  100.0000
Shifts (ns)         :    0.0000F

Time-zero(ch.no.)   :  1955.0000

Lifetimes (ns)      :    0.1000G    0.3800G    2.0000G
Background fixed to mean from ch 2900 to ch 3100   =     3.7562

###################### F i n a l  r e s u l t s ######################

Convergence obtained after 11 function evaluations
Chi-square = 1192.64  with 1078 degrees of freedom
Reduced chi-square = Chi-square/dof =    1.106  with std deviation  0.043
---------------------------------------------------------------------
Resolution function:

FWHM (ns)           :    0.1780G
Std deviations      :     0.0003

Intensities (%)     :  100.0000

Shifts (ns)         :    0.0000F
Std deviations      :      fixed
---------------------------------------------------------------------
Lifetime components:

Lifetimes (ns)      :    0.1068    0.3811    1.8212
Std deviations      :    0.0007    0.0027    0.0628

Intensities (%)     :   69.8824   29.1545    0.9632
---------------------------------------------------------------------
Background (Counts/channel)   :     3.7562
Std deviation                 :       mean

Time-zero (Channel no.)       :  1947.3966
Std deviation                 :     0.0259

Total area   From fit         : 1.59134E+06     From table : 1.61273E+06

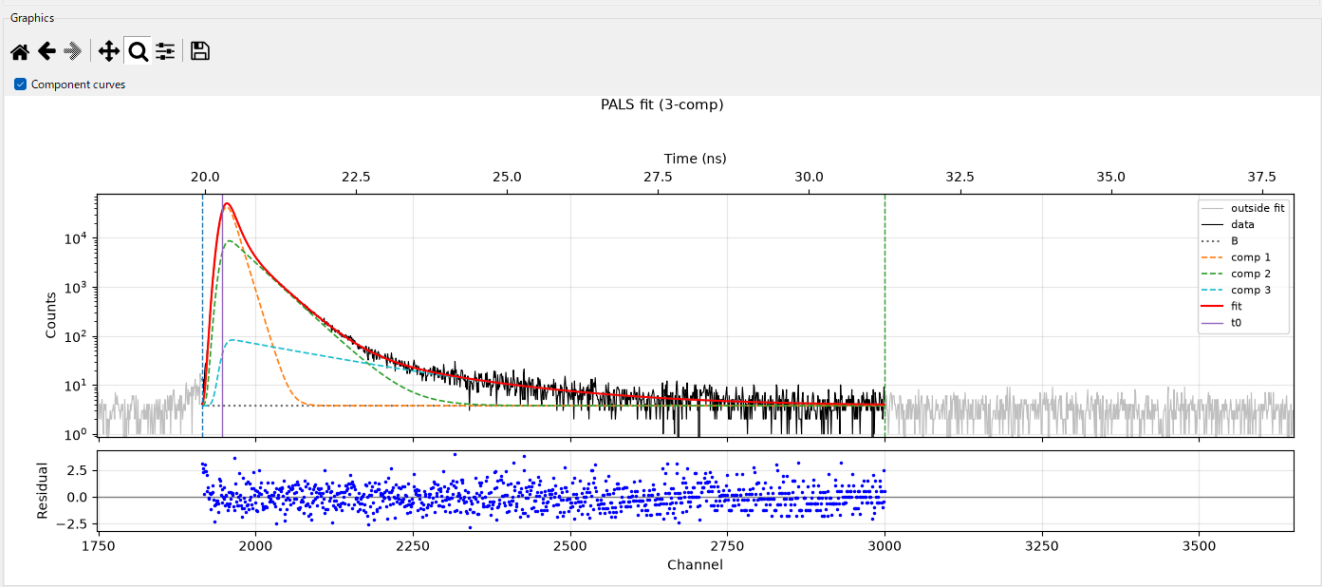
Shape parameters for resolution curve (ns):
             N        2        5       10       30      100      300     1000
FW   at     1/N   0.1780   0.2713   0.3245   0.3944   0.4589   0.5107   0.5621
MIDP at     1/N   0.0000   0.0000   0.0000   0.0000   0.0000   0.0000   0.0000

Peak position of resolution curve: Channel # 1947.3966

Time for this job:    0.140 seconds.
```

7．9．　Graphics 領域

測定データ（黒線）、フィッティング合成曲線（赤線）、個別の寿命成分減衰曲線、および残差プロットをプロット表示する画面です。



・Zoom / Pan 操作：　マウスホイールによる拡大・縮小、ツールバーによる範囲パン操作が可能です。
・X 軸表示：　下軸に「チャンネル番号（Channel）」、上軸に「時間 Time (ns)」を表示。
・Residual plot：　残差プロット。フィッティング曲線と測定データの各点の差を標準偏差で割った正規化残差を表示。残差がゼロを中心にランダムに分散していることを確認します。
・Home / 戻る：　ツールバーの Home で全チャンネルの表示に戻ります。拡大・移動の履歴は、戻る／進むで辿れます。
・再フィット時：　拡大した状態で F5 を実行しても、横軸の表示範囲は維持されます。縦軸は自動で調整されます。
・Component curves：　各寿命成分の曲線とバックグラウンド B を表示するチェックボックス（ツールバーの下）。
・灰色の線：　Fit 範囲の外側のデータ（outside fit）。

7．10．ファイル

7．10．1．　スペクトルファイル

テクノエーピー製陽電子消滅寿命測定装置用アプリケーションPositronAnnihilationSystem.exeにて保存される寿命スペクトルファイルです。ファイル形式はCSV（カンマ区切りのテキスト）です。
読み込める形式は次のとおりです。テキストは UTF-8 で読み込みます。

・CSV（装置形式）：　1～16 行目がヘッダ部（[Header] から [Data] まで）で、17 行目以降の１列目が各チャンネルのカウントです（1 行が１チャンネル、先頭がチャンネル１）。ヘッダの TimePerCh(ns) の値が、Time scale に自動で入ります。

・CSV（ch,count 形式）：　ヘッダなしで、１列目がチャンネル番号（1 から始まる連番）、２列目がカウントの CSV です。Time scale は自動では入らないため、Spectrum タブで入力してください。

・CSV（1 列形式）：　カウントだけを１列に並べた CSV です。先頭の 16 行は読み飛ばされます。Time scale は自動では入らないため、Spectrum タブで入力してください。

・.dat：　1 行目が１チャンネルの時間幅（ns）、２行目以降が１チャンネル１行のカウントです。1 行目の値が Time scale に入ります。

```
[Header]
meas.start,2026/8/3,10:22:02
meas.end,2026/8/3,19:24:40
meas.time(s),2764800
elapsed time(s),32558
EnergyROICH1(ch),215,253
EnergyROICH2(ch),87,139
LifetimeROI(ch),1890,2700
input(cps),14136,21991
coincidence(cps),1310,1310
centroid(cps),226.48,111.15
throughput(cps),48
gross count,1589919
a,1
b,0
TimePerCh(ns),0.010417
[Data]
2,,
5,,
5,,
4,,
3,,
4,,
3,,
3,,
2,,
2,,
6,,
4,,
9,,
1,,
7,,
3,,
1,,
6,,

 :
※8192 チャネル分
```

７．１０．２．　解析結果ファイル

Save analysis... で保存する CSV ファイルです（初期ファイル名は「スペクトルファイル名_analysis.csv」）。Excel で開けます。Open analysis... で読み込み直すと、保存したときの解析結果、設定、グラフを再現できます。ファイルは、次の区画（セクション）で構成されています。各区画は「# section」の行から始まります。

・先頭（# の行）：　保存日時、スペクトルのファイル名、Time scale、解析設定（JSON）など。
・fit_params：　解析結果のパラメータ表です。列は name、value、error、GF です。
・spectrum：　測定スペクトルです。列は channel、counts です。
・fit_curves：　グラフの曲線です。列は channel、time_ns、data、model、residual（正規化残差）、background、component_1 以降（各寿命成分）です。
・report：　Analysis タブのレポートのテキストです（1 行が 1 セル）。

fit_params の項目（name 列）は次のとおりです。

・I1, I2, …：　各成分の強度（面積。カウント）。
・tau1, tau2, …：　各成分の寿命（ns）。
・sigma：　ガウス分解能の標準偏差（ns）。FWHM = 2.355 × sigma。
・t0：　時間原点（ns）。
・t0_ch：　時間原点（チャンネル番号）。
・B：　バックグラウンド（counts/ch）。
・I1_fraction[%]：　各成分の相対強度（%）。
・FWHM：　分解能の半値幅（ns）。
・chi2_red：　Reduced chi-square。
・fit_time_s：　フィッティングにかかった時間（秒）。
・GF 列：　G は推定した値、F は固定した値です。error（標準偏差）は G の項目だけに入ります。
・(src)：　名前の末尾に (src) が付く成分は、source にチェックして固定した線源成分です。

Export fit table... で保存する CSV は、この fit_params の表だけを出力したものです。

７．１０．３．　設定ファイル

Save config... で保存する JSON ファイルです。解析範囲、Time scale、成分数、各パラメータの初期値と G/F など、解析の設定を保存します。Open config... で読み込むと、同じ設定で解析を始められます。

8. トラブルシューティング

8. 1.　スペクトルが読み込めない

「Failed to load spectrum」と表示される

・原因：　ファイルが対応する形式ではない、またはカウントのデータが見つからない。
・対処：　「ファイル」の章の「スペクトルファイル」で形式を確認してください。Excel などで開いて保存し直すと、形式が変わることがあります。装置が保存した元のファイルで試してください。

読み込めたが、時間軸（Time scale）が合わない

・原因：　ヘッダに TimePerCh(ns) の行がない形式（ch,count 形式、1 列形式）では、Time scale は自動で入りません。
・対処：　Spectrum タブの Time scale に、1 チャンネルの時間幅（ns）を入力してください。

先頭のデータが欠ける、チャンネル数が合わない

・原因：　1 列だけの CSV は、先頭の 16 行を読み飛ばします。
・対処：　ch,count 形式にするか、先頭に 16 行のヘッダを付けてください。

Online モードでグラフが更新されない

・原因：　指定したファイルが更新されていない、または Offline モードになっている。
・対処：　File メニューで Online を選び、装置のアプリケーションが更新するファイル（Lifetime_Spectrum.csv）を Open spectrum... で指定してください。更新のたびに自動でフィッティングするには、Fit メニューの Auto-fit on spectrum update をオンにします。

8. 2.　フィッティングがうまくいかない

「Open a spectrum first」または「Open a spectrum and set the fit range first」と表示される

・原因：　スペクトルが読み込まれていない。
・対処：　File メニューの Open spectrum... でスペクトルを開いてください。

「Fit failed」と表示される

・原因：　解析範囲（Fit min / max）や初期値が不適切で、計算が成立しない（例: 範囲内のデータが少なすぎる）。
・対処：　Fit min / max を見直して Apply range を押してください。Lifetimes タブの Guess initials で推奨の初期値に戻してから、再度実行してください。

寿命が極端に短い・長い、または強度がほぼ 0 の成分がある

・原因：　成分数が多すぎる。
・対処：　成分数を減らしてください。目安は、金属・半導体で 2〜3 成分、ポジトロニウムを作る試料で 4 成分までです。寿命が分かっている成分は、F（固定）にすると安定します。

初期値を変えると結果が変わる

・原因：　初期値によって、別の解に収束している。
・対処：　初期値を 2〜3 通りに変えて解析し、同じ結果になるかを確認してください。毎回違う場合は、成分数を減らすか、一部の値を固定してください。

標準偏差（±）が大きい

・原因：　寿命が近い成分どうしが、互いに影響している。
・対処：　どちらかを F（固定）にするか、成分数を減らしてください。

ResolutionFit で FWHM が不自然な値になる

・原因：　スペクトルに、装置の分解能と区別しにくい成分が含まれている。
・対処：　寿命がほぼ 1 つの試料（標準試料）のスペクトルで実行してください。初期値を変えて再実行し、同じ値に収束するかを確認してください。