ZF-Tracker

Novel Tank / Open Field Test Analysis Web App

ユーザーマニュアル

システム名 : ZF-Tracker
バージョン
: v3.9
作成者
: Mie University Zebrafish Research Center
更新日
: 2026-11-09

概要・目的

ツール概要

ゼブラフィッシュの行動データ（CSV / .txt ファイル）を解析し、各種指標を自動算出するWebアプリ。インストール不要で、ブラウザだけで利用できる。

対応試験

NTT（Square 水槽）と OFT（Square 水槽・Circular 水槽）に対応。

想定ユーザー

ゼブラフィッシュの行動実験を行う研究者。

アクセス先

https://bio-fish-models.com/ にブラウザからアクセスして利用。

対応実験タイプ

NTT

Novel Tank Diving Test｜Square 水槽

一般に不安様行動の評価に用いられる試験。新奇水槽に移した直後の潜水（底層滞在）と、その後の上層探索を観察する [1, 2]。

算出する主な指標

- 上層（上半分）への初回進入潜時
- 上層への進入回数・滞在時間
- 総移動距離・平均遊泳速度
- フリージング時間・回数

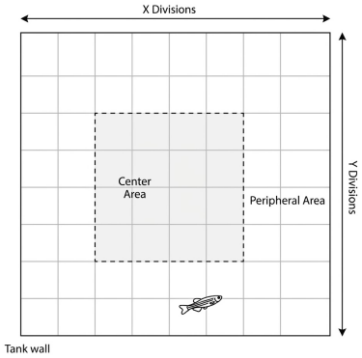
OFT

Open Field Test｜水槽形状：Square / Circular の 2 種

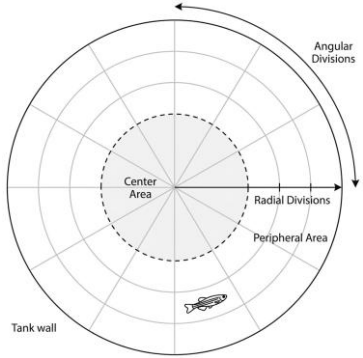
一般に、広い新奇空間での自発運動量や不安様行動（中心回避・壁沿い遊泳＝thigmotaxis）の評価に用いられる試験 [3]。

算出する主な指標：中心エリアへの初回進入潜時・進入回数・滞在時間／総移動距離・平均遊泳速度／フリージング時間・回数

Square 水槽



Circular 水槽



※ 水槽の形状（Square / Circular）に合わせて、ゾーンとグリッドを定義できる。

[1] Egan RJ, et al. Behav Brain Res. 2009;205:38–44. doi:10.1016/j.bbr.2009.06.022　[2] Cachat J, et al. Nat Protoc. 2010;5:1786–1799. doi:10.1038/nprot.2010.140
[3] Champagne DL, et al. Behav Brain Res. 2010;214:332–342. doi:10.1016/j.bbr.2010.06.001

主要機能一覧

ファイル入出力（File I/O）

- 座標データ読込（1 個体：CSV / .txt、複数個体：.txt のみ）
- デモCSV配布（実験タイプ別）
- Output_List.csv・フレーム単位 CSV

基本設定（Basic Settings）

- Frame Rate（fps）
- Scaling Factor（mm/pix）
- Outlier Threshold・Long-term Missing Data Threshold
- Zone Duration Threshold・Zone Definition

平滑化・フリージング（Smoothing / Freezing）

- Smoothing ON/OFF 切替
- Smoothing Window・Gaussian Sigma 指定
- Instantaneous Rate of Freezing Exclusion（mm/s）・Freeze Exclusion Duration 指定

水槽の設定（Tank Calibration）

- 【Square】Left / Right / Top / Bottom (pix)・Degree 指定
- 【Circular】Center X / Y・Diameter 指定
- Grid Divisions【Square】X × Y（最大 200 × 200）
- Grid Divisions【Circular】Radial × Angular

解析時間（Analysis Duration）

- 読込時に自動設定・スライダーで調整
- Start Time / End Time（分・秒）の手動入力
- 最大 150 分間の解析ウィンドウ

出力・履歴管理（Output / History）

- 解析結果の一覧表示
- 全選択・個別CSVダウンロード
- 解析履歴の保持
- ヒートマップ・軌跡の画面表示

入力仕様（CSVフォーマット）

項目	内容
ファイル形式	1 個体：CSV または .txt／複数個体：.txt のみ（CSV 不可）。最大 20 MB
文字エンコード	UTF-8（日本語を含まず数字と区切りだけのファイルは Shift_JIS でも可）
複数個体（.txt）	1 個体につき X・Y・ProbId の 3 列を横に並べる（区切りはタブ or カンマ）。ProbId がない値は NaN と記入
必須列	1 個体につき X・Y・ProbId の 3 列（フレームは行の順番で決まる）
座標系	ピクセル単位（Scaling Factor［mm/pix］で mm に変換）
Frame Rate	ユーザーが別途設定（例：30 fps）
欠損値	NaN／空白 → 短い欠損は線形補間、Long-term Missing Data Threshold 以上続く欠損は Long-term Missing（長期欠損）として扱い、有効時間に含めない
デモCSV	実験タイプごとに用意。画面上からダウンロード可

設定パラメータ詳細

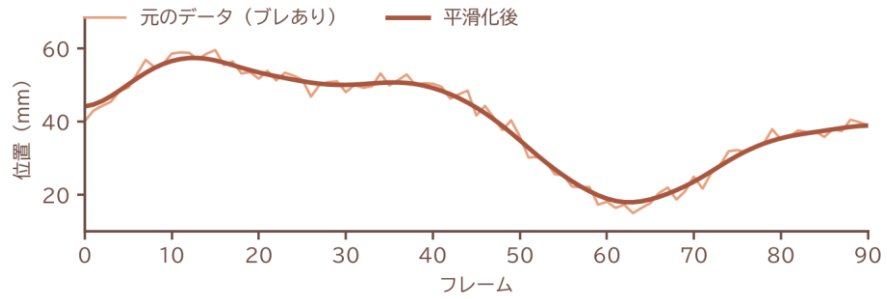
※ 用語の定義は巻末の「用語定義」を参照。

パラメータ名	単位	説明
Frame Rate	fps	動画のフレームレート。時間換算の基準。（既定値：30 fps）
Outlier Threshold	mm	異常値と判断する移動距離の閾値。（既定値：80 mm）
Long-term Missing Data Threshold	frame	長期欠損と判定するフレーム数。（既定値：30 frame）
Zone Duration Threshold	frame or sec	進入・退出を確定するための最小滞在時間。秒で指定すると 秒×fps を四捨五入したフレーム数。（既定値：30 frame）
Scaling Factor	mm/pix	ピクセルを実距離（mm）に換算する係数。実寸値とピクセル値を対応付けるため、長さが分かっているもの（水槽の幅など）の実寸（mm）と画像上の長さ（px）を測り、Scale 欄に入れると自動計算される（最大 2 組の平均）。
Smoothing Window	frame or sec	ならす範囲の上限。（既定値：1.0 sec）
Gaussian Sigma	—	重みの広がり＝ならす強さ。（既定値：1）
Instantaneous Rate of Freezing Exclusion	mm/s	Freezing とみなす速度の上限。Instantaneous Rate（瞬間速度）がこの値以下なら止まっていると判定。（既定値：10 mm/s、[6] 準拠）
Freeze Exclusion Duration	sec	Instantaneous Rate が閾値以下の状態が、この秒数以上続いたら Freezing と判定。（既定値：1.2 s）

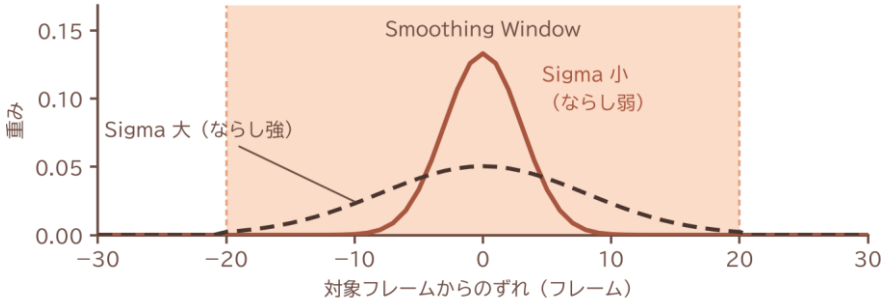
[6] Shinkai T, et al. Front Behav Neurosci. 2025;19:1624277. doi:10.3389/fnbeh.2025.1624277

補足：Smoothing（平滑化）のしくみ

① Smoothing の効果（模擬データ）



② 前後のフレームへの重み（どちらも合計＝1）



なぜ必要？

- 追跡データには、魚が動いていなくても生じる小さなブレ（ノイズ）が含まれる [6]
- ブレが積み重なると、移動距離や速度が実際より大きく算出される [7]

しくみ（ガウシアンフィルタ）

各フレームの位置を前後のフレームとの「重み付き平均」に置き換える。重みは釣鐘型（図②）で、近いほど重い。重みは合計すると必ず 1 になる。単純な移動平均（等しい重みの平均）と異なり、近いフレームを重く扱うため、動きの形を保ちやすい。mm 換算後の x・y 座標それぞれにかける。魚の遊泳軌跡の解析でも使われる方法 [4, 5]。

2 つのパラメータ

- **Smoothing Window：参考にするフレームの「最大範囲」。この外側は一切使わない（図②の点線）。**
- **Gaussian Sigma：釣鐘の幅。小さい＝近くに集中（ならし弱）、大きい＝遠くまで薄く配る（ならし強）**

→ ならす強さを決めるのは Gaussian Sigma だけ。

注意点

かけすぎると意味のある行動の変化まで失われる [6]。
既定は OFF。使用した設定値は論文等に明記する。

[4] Dunn TW, et al. eLife. 2016;5:e12741. doi:10.7554/eLife.12741　[5] Heras FJH, et al. PLoS Comput Biol. 2019;15:e1007354. doi:10.1371/journal.pcbi.1007354
[6] Shinkai T, et al. Front Behav Neurosci. 2025;19:1624277. doi:10.3389/fnbeh.2025.1624277　[7] Ranacher P, et al. Int J Geogr Inf Sci. 2016;30:316–333. doi:10.1080/13658816.2015.1086924

補足：処理の流れと Freezing 判定

① **外れ値の検出と**
短期欠損の補間 → ② **Smoothing**
（ON の場合） → ③ **Freezing 判定**
（Instantaneous Rate） → ④ **長期欠損区間を**
最後に上書き（欠損扱い）

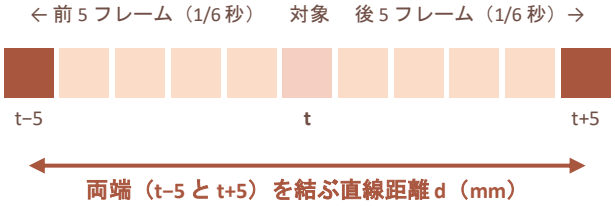
※ 長期欠損区間と、解析範囲の先頭・末尾 round(fps÷6) フレームは判定対象外

Freezing 判定のしくみ

- 各フレームについて、前後 round(fps÷6) フレーム（30 fps なら 5 フレーム＝1/6 秒）の両端 2 点を結ぶ直線距離を求める
- 距離 ÷ 時間（1/3 秒）＝ **Instantaneous Rate**（瞬間速度, mm/s）
- Instantaneous Rate が **Instantaneous Rate of Freezing Exclusion** 以下の状態が、**Freeze Exclusion Duration** 以上続いたら Freezing と判定。

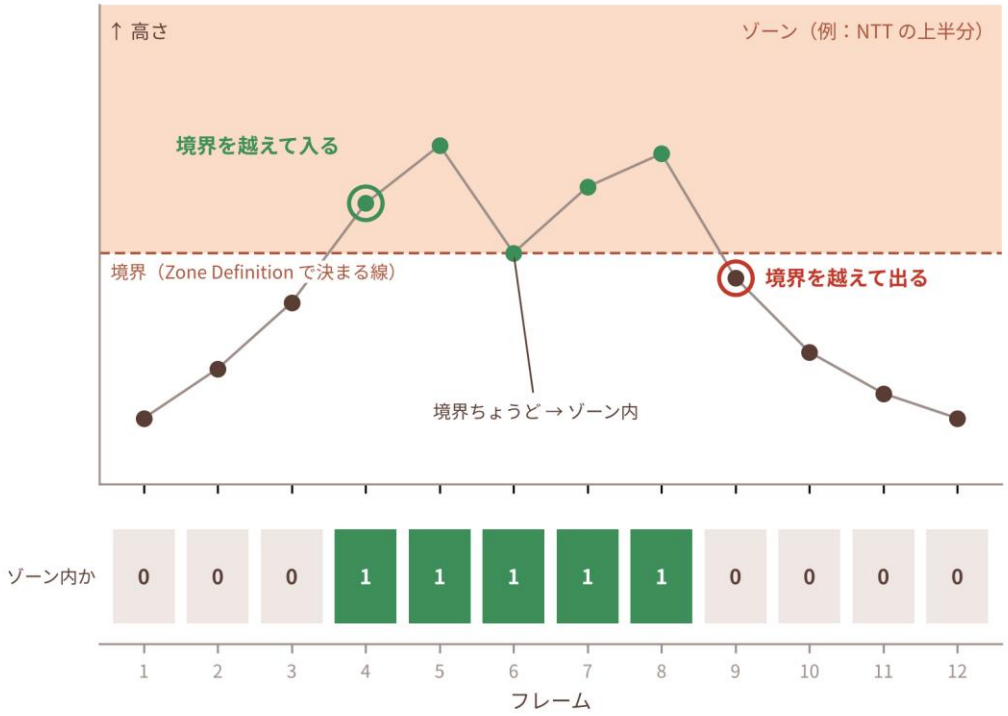
※ 既定値は 10 mm/s・1.2 s（速度の基準は [6] に準拠）
※ 本判定は [6] の方法の簡略版で、同論文の分類結果は再現しない
※ Freezing 判定は Smoothing が ON のときだけ行われる

Instantaneous Rate の求め方（30 fps の例）



Instantaneous Rate = d ÷ (10 フレーム ÷ fps)
30 fps なら d ÷ 1/3 秒 ＝ d × 3（mm/s）

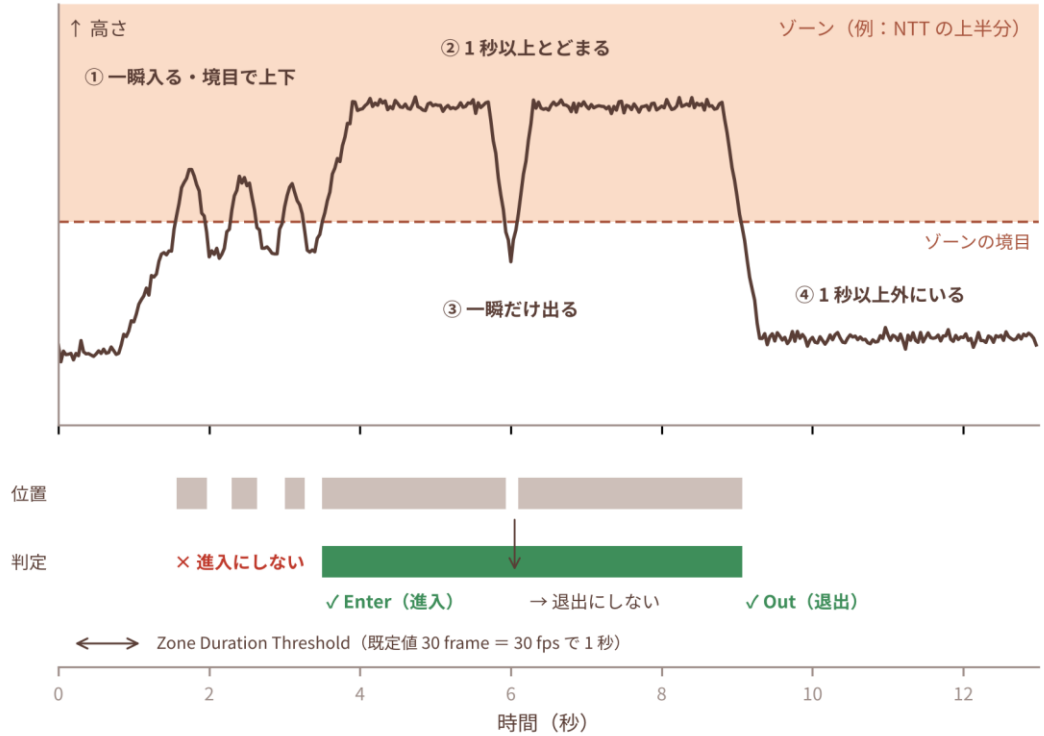
補足：ゾーンの判定（Enter / Out）



Enter / Out の判定

- Zone Definition で決めた境界（NTT で 1/2 なら Top と Bottom の中央）を基準に、各フレームで魚の位置がゾーンの内側か外側かを判定する
- 境界線ちょうどの位置はゾーン内として扱う
- 境界を越えて入っただけでは Enter にならない。ゾーン内に Zone Duration Threshold 以上とどまったときに Enter（進入）となる
- 出るときも同じで、ゾーン外に Zone Duration Threshold 以上とどまったときに Out（退出）となる（次ページ）
- OFT も同じ考え方で、中心エリアの内側かどうかで判定する
- Enter / Out は、フレーム単位 CSV の Enter/Out 列と、軌跡図の丸印で確認できる

補足：Zone Duration Threshold（進入・退出の確定）



Zone Duration Threshold のしくみ

- ゾーンに入るときも出るときも、同じ側に Zone Duration Threshold 以上とどまったときだけ状態を切り替える
- 入る側：一瞬だけ入ってすぐ戻る動きや、境目での上下は進入にしない（①）。1 秒以上とどまれば Enter（②）
- 出る側：ゾーン内にいる途中で一瞬だけ外に出ても退出にしない（③）。外に 1 秒以上とどまれば Out（④）
- 追跡のブレや境目での小さな動きで、進入回数などが実際とずれるのを防ぐ
- frame または sec で指定（秒は 秒×fps を四捨五入）。既定値は 30 frame（30 fps で 1 秒、[6] 準拠）
- 主に影響する出力：Number of Entries・Second Validated Entry など

[6] Shinkai T, et al. Front Behav Neurosci. 2025;19:1624277. doi:10.3389/fnbeh.2025.1624277

出力仕様（Output_List.csv カラム定義）

カラム名	単位	説明
Name	—	出力ファイル名（複数個体では末尾に枝番）
Latency to Enter the Upper Half / Center Area	sec	初回進入潜時。列名は NTT が Upper Half、OFT が Center Area（NTT と OFT をまとめて出力した場合は Upper Half (Center Area) と併記）
Second Validated Entry	sec	2 回目の有効進入の時刻。Zone Duration Threshold 以上とどまった進入を有効と数える
Total Analysis	sec	解析ウィンドウの総時間
Valid Duration	sec	有効解析時間（長期欠損の時間を差し引いた値）
Entry Duration	sec	ゾーン滞在累計時間
Number of Entries	回	ゾーンへの進入回数
Long-term Missing Data	frame	長期欠損フレームの総数。長期欠損区間に入った Outlier は算入し、補間された Outlier は算入しない
Long Gap in Time	frame	ゾーン滞在中に長期欠損と重なったフレーム数
Total Distance	mm	解析範囲の総移動距離。長期欠損区間は含まない。フレーム単位 CSV の Acm. Distance の最終値と一致
Average Velocity	mm/s	平均移動速度
Freezing Seconds	sec	フリージング総時間
Freezing Count	回	フリージングイベント数
Freezing Mean Duration	sec	フリージング平均持続時間
Active Phase Velocity	mm/s	非フリージング期間の平均速度
Tank Shape	—	水槽の形状（Square / Circular）
Created	—	解析を実行した日時

※ Freezing Seconds・Freezing Count・Freezing Mean Duration・Active Phase Velocity は、Smoothing が ON のときのみ算出される

出力仕様（フレーム単位 CSV カラム定義）

カラム名	単位	説明
※ 冒頭に Output_List.csv と同じ設定記録の行が入る。ファイル名は「出力ファイル名.csv」		
Frame・Time	ー / sec	フレーム番号と、解析開始からの経過時間
X Pix・Y Pix	pix	入力ファイルの生座標
Revised X Axis・Revised Y Axis	mm	Degree 補正とスケール換算の後の座標
X Movement・Y Movement	mm	直前フレームからの各軸の移動量
Distance・Acm. Distance	mm	直前フレームからの移動距離と、その累積（最終行が総移動距離）
Speed・X Velocity・Y Velocity	mm/s	速度と、その各軸成分
Acceleration・X / Y Acceleration	mm/s^2	加速度と、その各軸成分
Cos Theta・Sin Theta	—	進行方向の余弦・正弦
Movement Direction (Left/Right)	—	左右どちらへ移動したか
Movement Angle・Turning Angle	rad	進行方向の角度と、直前フレームからの方向転換角
X Grid・Y Grid	—	グリッドのセル番号。Circular では Grid Radial・Grid Angular
In Event Area・Enter/Out	—	対象ゾーン内にいるか／進入・退出の発生（9枚目参照）
Accumulated Duration in Event Area	sec	ゾーン滞在の累積時間
Is Freezing	—	1 = Freezing、0 = それ以外。Smoothing が ON のときのみ出力される

ご利用上の注意

利用環境

- インストール不要。ブラウザから https://bio-fish-models.com/ にアクセスして利用します。
- 動作確認済みブラウザ：デスクトップ版 Google Chrome / Microsoft Edge / Mozilla Firefox / Safari（最新版）
- 通信は HTTPS で暗号化されています（HTTP は HTTPS に自動転送）。

アップロードしたデータの扱い

- 解析のため、データはサーバーに一時的に保存されます（目安 24 時間）。
- お使いの端末には座標データ・解析結果を保存しません（セッション管理用の Cookie のみ保存されます）。
- 結果を残すには、Output_List.csv とフレーム単位 CSV をダウンロードしてください。

制限事項

現在の制限

スマートフォン表示は動作確認の対象外

大容量CSVファイルの処理速度は未測定

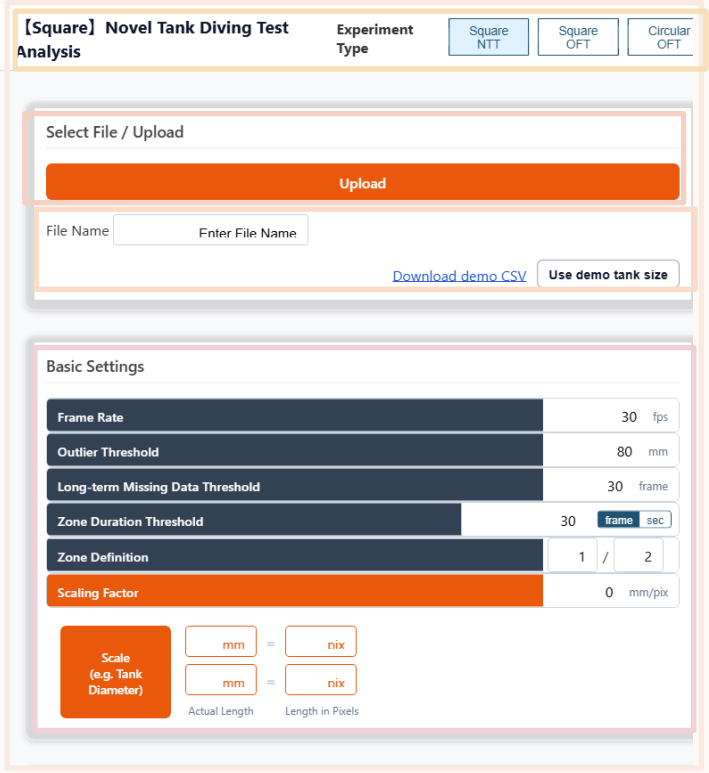
複数個体のヒートマップ・軌跡は 1 個体ずつ表示
（View で切替）

APPENDIX

UI 画面構成ガイド

実画面のどこに何を入力するか ― 各エリアの役割と対応する仕様項目

① 実験タイプ / ②③ ファイル入力 / ④ 基本設定（Basic Settings）



入力する内容

1 実験タイプ選択

Square NTT / Square OFT / Circular OFT を切り替え。以降の入力項目と解析ロジックが連動して変わる。

2 座標ファイルのアップロード

追跡ソフトが出力した x, y 座標の時系列ファイルを選択。1 個体は CSV または .txt、複数個体は .txt のみ（CSV 不可）。

3 デモ CSV / タンクサイズ適用

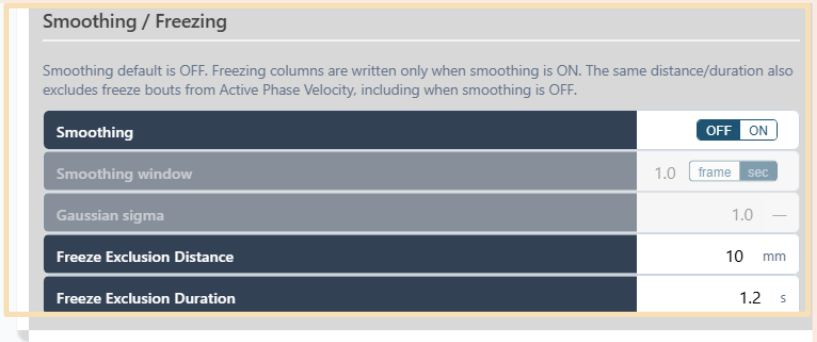
動作確認用のサンプル CSV を取得。既定のタンク寸法をワンクリックで反映。

4 基本設定（Basic Settings）

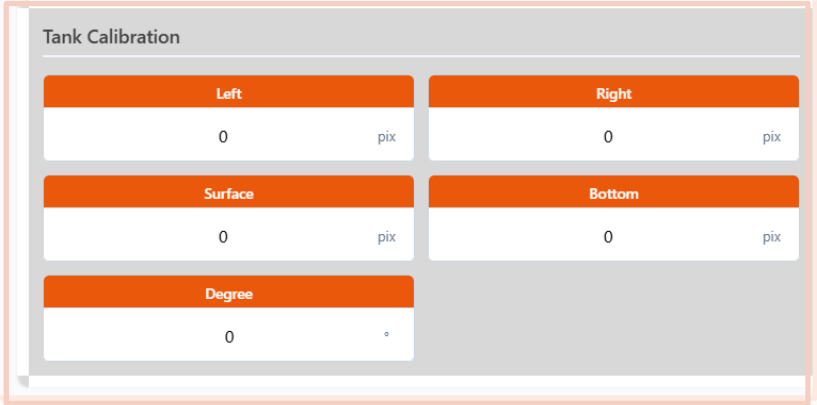
Frame Rate・Outlier Threshold・Long-term Missing Data Threshold・Zone Duration Threshold（frame / sec）・Zone Definition・Scaling Factor（mm/pix）を指定。

⑤ 平滑化・フリージング ／ ⑥ 水槽の設定

5



6



入力する内容

5 平滑化・フリージング（Smoothing / Freezing）

Smoothing を ON にすると、追跡座標の細かいブレ（ノイズ）をならしてから速度などを計算します（既定 OFF）。

- **Smoothing Window：参考にするフレームの最大範囲（上限）。frame / sec で指定可**
- **Gaussian Sigma：範囲内での重みの広がり＝ならす強さ**

Instantaneous Rate of Freezing Exclusion（mm/s）と Freeze Exclusion Duration（sec）もここで設定。

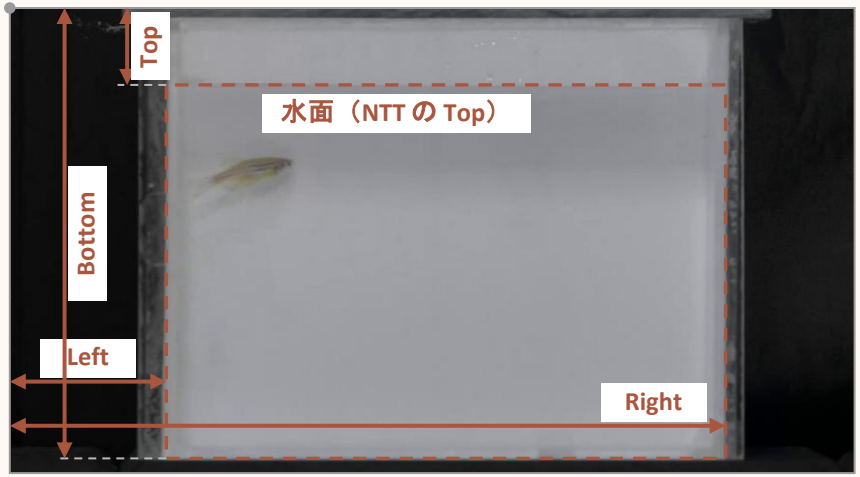
6 水槽の設定（Tank Calibration）

Square：Left / Right / Top / Bottom（pix）と Degree（傾き補正）を入力。Circular：Center X / Center Y / Diameter（pix）を入力。

水槽の設定（Tank Calibration）：測定する長さ（図）

四角い水槽（Square）

(0, 0)

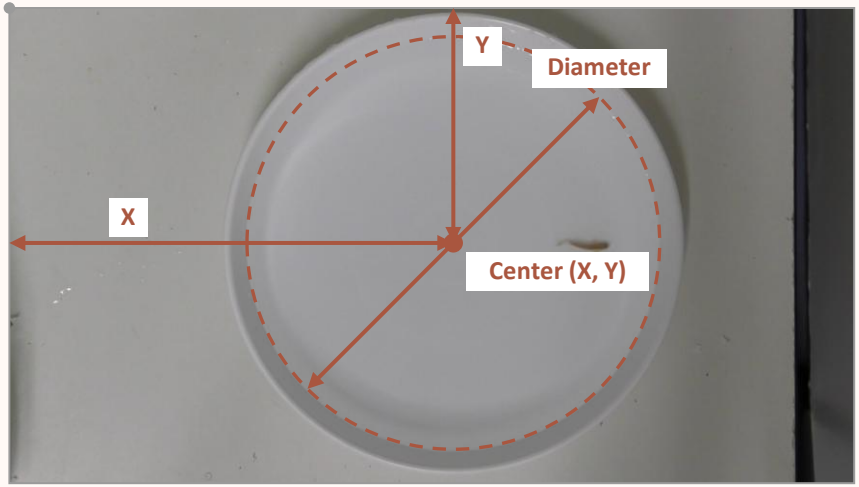


画面（動画フレーム）

※ Left / Right は水槽の下端、Top / Bottom は水槽の左端の位置で測る

円形の水槽（Circular）

(0, 0)



画面（動画フレーム）

※ 破線＝水槽の内側の縁。Center と Diameter はこの内側の縁で測る

水槽の設定（Tank Calibration）：測定する長さ（定義）

項目	定義
四角い水槽（Square）	
Left	画面の左端から水槽の左端までの距離（水槽の下端で測る）
Right	画面の左端から水槽の右端までの距離（水槽の下端で測る）
Top	画面の上端から、水面（NTT）または水槽の上端（OFT）までの距離（水槽の左端で測る）
Bottom	画面の上端から水槽の下端までの距離（水槽の左端で測る）
Degree	傾き補正の角度（45〜135°、補正なし＝90°）。90° 超は時計回り、未満は反時計回り（中心は水槽の左下角）
円形の水槽（Circular）	
Center	水槽の中心点の X 座標・Y 座標
Diameter	水槽の直径

単位：ピクセル（px）／原点：画面の左上 (0, 0)／Degree は未入力・0 も 90° として扱う

ImageJ（Fiji）での測り方（推奨）

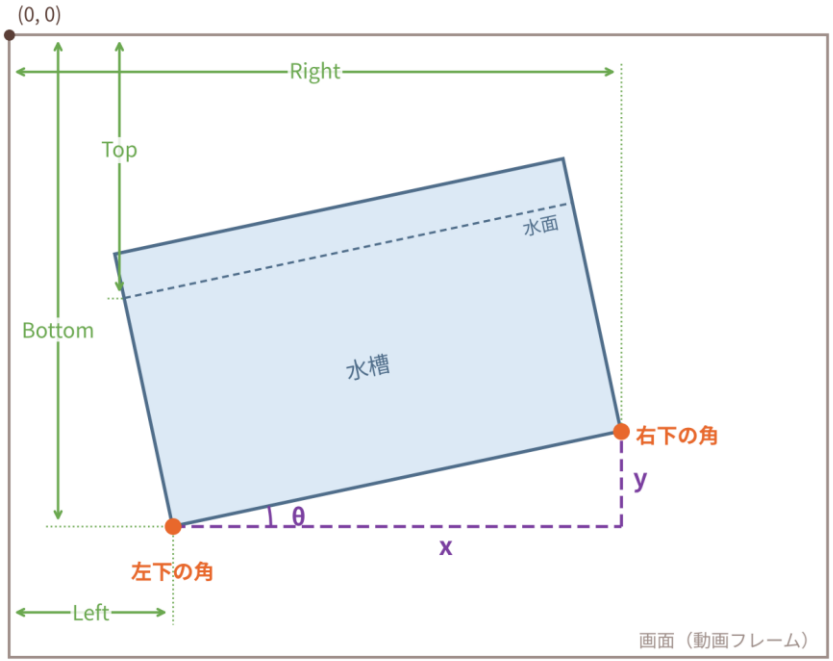
① 動画の1フレームを ImageJ で開く（ImageJ で直接開ける動画は AVI 形式〔非圧縮・MJPEG〕のみ。MP4・MOV などは AVI に変換するか、1フレームを画像〔PNG / JPEG〕として保存してから開く）

② ツールバーの直線ツール（Straight Line）を選び、画面の端から測りたい位置まで線を引く（Shift を押しながら引くと水平・垂直に固定できる）

③ Ctrl + M（Analyze ＞ Measure）を押すと、Results ウィンドウの Length に長さ（px）が表示される

※ Analyze ＞ Set Scale でスケールを設定していると px 以外の単位になるため、スケールは未設定（pixels）のままにする

水槽の設定（Tank Calibration）：傾いた水槽の測り方



水槽が画面に対して傾いているときの測り方

① ImageJ のポイントツール（Point）で水槽の左下の角と右下の角をクリックし、Ctrl + M で座標（X, Y）を記録する

② 次の値を入力する

Left：左下の角の X　／　Bottom：左下の角の Y

Right：右下の角の X

Top：画面の上端から水面（NTT）または水槽の上端（OFT）まで

③ 傾き θ を求める

x ＝ 右下の角の X – 左下の角の X

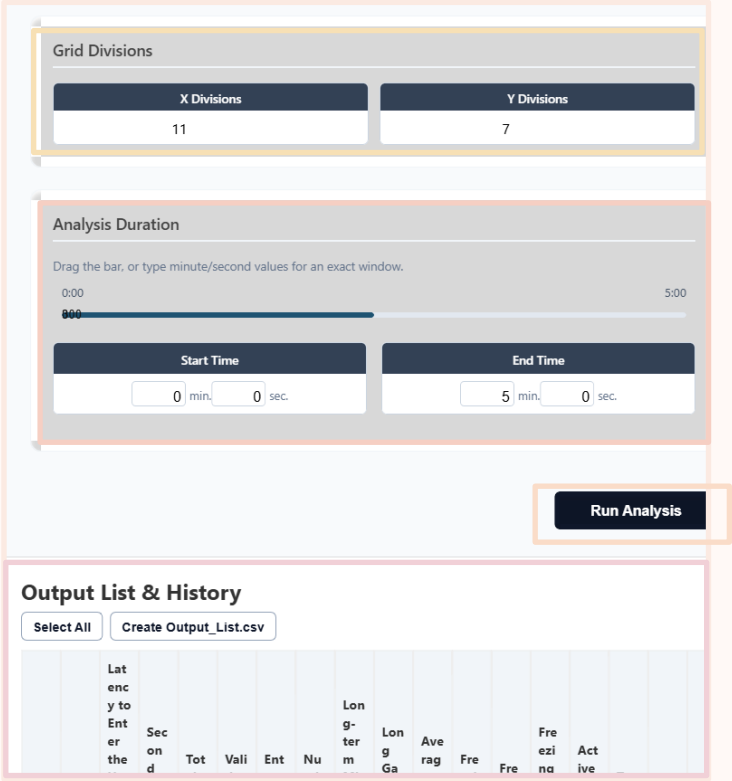
y ＝ 左下の角の Y – 右下の角の Y

Excel：θ ＝ DEGREES(ATAN2(x, y))

④ Degree に 90 ＋ θ を入力する（右側が上がっていれば θ は正、下がっていれば負）

※ 直線ツールで底辺を左下の角から右下の角へ引いて Ctrl + M を押すと、Results の Angle に θ が直接表示される

⑦⑧ 解析条件 / ⑨ 実行 / ⑩ 出力



入力する内容

7 グリッド分割（Grid Divisions）

Square は X Divisions × Y Divisions（最大 200 × 200）、Circular は Radial Divisions × Angular Divisions で分割。滞在時間マップとエントリ回数の集計単位になる。

8 解析時間（Analysis Duration）

ファイル読込時に自動設定（終了時刻は秒単位で切り上げ：例 3.3 秒 → 4 秒）。スライダーまたは Start Time / End Time（分:秒）で調整（最大 150 分）。

9 解析の実行（Run Analysis）

設定を確定して解析を実行。処理後に下の一覧へ結果が追加される。

10 出力リスト / CSV 保存

個体ごとの結果を一覧表示。複数個体は Name の末尾に枝番。Output_List.csv とフレーム単位 CSV をダウンロード。

用語定義 (1/2)｜試験・入力データ・前処理

用語	定義
NTT	Novel Tank Diving Test。新奇の水槽に移したゼブラフィッシュの行動を観察する試験。一般に不安様行動の評価に用いられる。
OFT	Open Field Test。広い空間での行動を観察する試験。一般に自発運動量や不安様行動の評価に用いられる。
ProbId	入力ファイルで個体を識別する列。1 個体につき X・Y と合わせて 3 列 1 組で並べ、列名は X1・Y1・ProbId1 のように個体ごとの連番にする。値がないフレームは NaN と記入する。
Scaling Factor	ピクセル数を実際の長さ（mm）に変換する係数（mm/pix）。長さが分かっているものの実寸と画像上の長さを対応付けて求める。
Degree	Tank Calibration で指定する傾き補正の角度（45〜135°、補正なし＝90°）。解析では、この角度で座標を回転してから mm に換算する。
Outlier	前のフレームからの移動距離が Outlier Threshold を超えたフレーム。追跡エラーとみなして座標を欠損（NaN）に置き換える。ほかの欠損と同じく、短期欠損は補間され、Long-term Missing Data Threshold 以上続いた場合だけ長期欠損として扱われる。
Long-term Missing	欠損（Outlier を含む）が Long-term Missing Data Threshold 以上連続した区間。有効時間に含めない。
Smoothing	座標データのノイズを平滑化する処理。ガウシアンフィルタを使用。

用語定義 (2/2)｜解析指標・出力

用語	定義
Instantaneous Rate	瞬間速度（mm/s）。各フレームの前後 round(fps÷6) フレームの 2 点（30 fps なら t−5 と t+5、間隔 10 フレーム＝1/3 秒）を結ぶ直線距離 ÷ 経過時間。値そのものは CSV に出力されない。
Freezing	ほぼ動いていない状態。Instantaneous Rate が閾値以下の状態が、指定秒数以上続いた区間を Freezing と判定。Smoothing が ON のときのみ算出される。
Active Phase Velocity	フリージング区間を除いた期間の平均移動速度（mm/s）。
Zone（In Event Area）	解析対象の領域。NTT は上層（上半分）、OFT は中心エリアを指す。フレーム単位 CSV では In Event Area 列に 1（ゾーン内）／0（ゾーン外）として出力される。
Zone Duration Threshold	ゾーンへの進入・退出を確定するための最小滞在時間。ゾーンの内側または外側にこの時間以上とどまったときだけ状態を切り替えるため、一瞬の進入や退出、境目付近での上下は数えない。秒で指定すると 秒×fps を四捨五入したフレーム数（既定値：30 frame）。
Grid	水槽を格子状に分割した集計単位。Square は X Divisions × Y Divisions、Circular は Radial × Angular。各フレームのセル番号をフレーム単位 CSV（X Grid・Y Grid）に出力する。
Valid Duration	有効解析時間。解析ウィンドウの総時間（Total Analysis）から、長期欠損のフレーム数 ÷ fps を差し引いた時間。
Second Validated Entry	2 回目の有効進入の時刻。Zone Duration Threshold 以上とどまった進入を有効と数える。該当する進入がない場合は空欄。