

Swumsuit マニュアル

2005/3/13

対応 Swumsuit バージョン：1.0.0

1 概要

Swumsuit は中島らが提案する [1] [2] 水泳人体シミュレーションモデル SWUM を実装したソフトウェアです。入力として、身体形状、関節運動、解析設定のデータを与え解析エンジン部に渡します。解析エンジンでは与えられた身体形状と関節運動から、身体に働く流体力を推定し、身体の剛体としての運動方程式を解き、身体の絶対運動を求めます。また、上記の解析により求まる泳速度、推進効率、推力、関節トルクなど多くの物理量を出力します。

Swumsuit では、入力データの編集、解析開始、グラフとアニメーションによる多くの物理量の結果表示等の全ての作業を、難しい力学シミュレーションの中身を意識する必要無く、容易な GUI (Graphical User Interface) 操作により行えます。

これにより、これまで身体運動や流体力の定式化の複雑さから困難とされていた水泳における力学シミュレーションが誰にでも行える環境を提供しています。

Swumsuit は GPL (Gnu General Public License) に基づくフリーソフトウェアです。

2 配布場所

Swumsuit は <http://www.swum.org/swumsuit/> から得ることができます。

3 動作環境

Windows もしくは Linux 上で動作します。ただし、Windows については Windows 2000 Professional, Windows XP もしくはそれ以上である必要があります。Windows 95, 98, Me では動作しません。また Linux の場合には、ActiveTcl (<http://www.activestate.com/Products/ActiveTcl/>) と BLT パッケージ (<http://sourceforge.net/projects/blt/>) がインストールされている必要があります。

4 インストールおよび起動方法

Swumsuit のインストールは簡単ですが、自動解凍式のインストーラではなく、以下のように手動で行なう必要があります。

1. ダウンロードした swumsuitX_X_X.zip を解凍ソフト等を用いて解凍します。
2. 解凍してできたフォルダ Swumsuit を、インストールしたい場所にコピーします。このとき、「デスクトップ」などの日本語フォルダ名を含む場所にはコピーしてはいけません。正常に動作しません。必ず日本語フォルダ名を含まない場所 (例：C:\Program Files など) の下にコピーして下さい。またネットワークドライブ上でも正常に動作しません。

以上で基本的にインストールは終了です。

3. 起動するには、まず Windows の場合、コピーした Swumsuit フォルダの中の swumsuit_jp.exe (SWUM というアイコンで示されています) をダブルクリックします (英語版は swumsuit_en.exe です)。いちいち Swumsuit フォルダを開くのは面倒ですので、起動しやすいよう、デスクトップにショートカットを作っておくと良いでしょう。ショートカットは「デスクトップ」などの日本語名フォルダに置いて問題ありません。

Linux の場合には、kterm 等のターミナルソフト上で swumsuit_jp.tcl と入力すれば起動します (英語版は swumsuit_en.tcl です)。この際に、wish コマンドがインストールした ActiveTcl のものでないと正常に動作しません。which wish と入力して、/usr/local/ActiveTcl/bin/wish などと出て来れば大丈夫です。出て来ない場合や、出て来ても ActiveTcl のものでない場合にはパスの設定を見直して下さい。

Linux の場合にも、いちいちディレクトリ移動するのは面倒ですので、例えば /usr/bin/swumsuit_jp として、以下のような内容のテキストファイルを作成しておくとう良いでしょう。

```
#!/bin/sh
cd /usr/local/lib/Swumsuit
wish swumsuit_jp.tcl
```

このようにすれば、どのディレクトリからでも swumsuit_jp で起動できます。なお /usr/bin/swumsuit_jp を実行可能にする (chmod 755 swumsuit_jp) ことも忘れないで下さい。

5 操作

5.1 メインウィンドウ

起動してすぐ現れるのが Main メインウィンドウです。

5.1.1 プロジェクトフォルダタブ

Swumsuit では、身体形状、関節運動、解析設定の三つの入力ファイルと多くの出力ファイル (さらに場合によってはコメントファイル) のすべてのセットを「プロジェクト」と呼びます。そしてこれらのセットを一つのフォルダの中に置き、このフォルダを「プロジェクトフォルダ」と呼びます。つまり、プロジェクトフォルダは解析したすべての条件とその結果をまとめたものです。

プロジェクトフォルダタブでは、プロジェクトフォルダに関する操作を行いません。

新規作成 プロジェクトフォルダを新規に作成したい場合に用います。この場合、身体形状ファイル、関節運動ファイル、解析設定ファイルを別途読み込む必要があります。実際には本機能を使用する場合は少ないかもしれません。

開く 既存のプロジェクトフォルダを開きます。解析に必要な三つの入力ファイル、すなわち身体形状ファイル、関節運動ファイル、解析設定ファイルの三つのうち、そのプロジェクトフォルダに無いファイルがあれば警告が出ます。

別名で保存 あるプロジェクトフォルダを開いてから、そのプロジェクトフォルダを別名で保存します。その際に、別名を付けたフォルダにコピーして保存されるのは基本的に三つの入力ファイルのみであり、出力ファイルはコピーされません。よって、本機能はパラメータなどを変えて解析する場合に用いられ

ます。すなわち、まずある既存のプロジェクトフォルダを開いてから、パラメータを変化させ、本機能で別名のプロジェクトフォルダとして保存すれば良いわけです。

また元のプロジェクトフォルダにコメントが付けられていてコメントファイルがある場合、コメントもコピーするか尋ねられます。

情報 プロジェクトフォルダの場所と、プロジェクトに対するコメントが表示されます。またコメントを書き加え、保存することができます。

なおプロジェクトフォルダの場所はメインウィンドウのウィンドウタイトルバーにも表示されています。

5.1.2 入力タブ

身体形状を編集 身体形状編集ウィンドウを起動します。詳細は 5.2 をご覧ください。

関節運動を編集 関節運動編集ウィンドウを起動します。詳細は 5.3 をご覧ください。

身体形状を読み込 身体形状ファイルを読み込みます。身体形状ファイルはプロジェクトフォルダの中では常に `body_geometry.dat` というファイル名で保存されていますが、ここでは任意の名前の「...dat」というファイルを読み込むことが可能です。例えば男子平均身体形状と女子平均身体形状のデータをそれぞれ `geometry_male.dat` と `geometry_female.dat` という名前ですべてどこかに保存しておき、解析するときにはどちらかを読みこんでくる、といった使用法が考えられます。プロジェクトフォルダの中に置かれる際には自動的に `body_geometry.dat` に名前が付け替えられます。

関節運動を読み込 関節運動ファイルを読み込みます。関節運動ファイルはプロジェクトフォルダの中では常に `joint_motion.dat` というファイル名で保存されていますが、ここでは任意の名前の「...dat」というファイルを読み込むことが可能です。例えばクロールと平泳ぎのデータをそれぞれ `crawl.dat` と `breast.dat` という名前ですべてどこかに保存しておき、解析するときにはどちらかを読みこんでくる、といった使用法が考えられます。プロジェクトフォルダの中に置かれる際には自動的に `joint_motion.dat` に名前が付け替えられます。

5.1.3 解析タブ

解析開始 解析を開始します。Windows の場合はコマンドプロンプト画面、Linux の場合は `xterm` が起動し、その上で解析エンジンプログラムが走ります。解析条件にもよりますが、解析には数分～数十分を要します。解析中に表示される、`cycle`, `direction`, `x`, `y`, `stroke length`, `stroke length deviation` はそれぞれ、周期、水平面 (x - y 平面) での向き、重心の x 座標、重心の y 座標、無次元ストローク長、無次元ストローク長の前回との差を比で表したもの (定常状態になったかどうかの判断材料になります) です。

解析設定を編集 「計算設定」では、時間分割数や流体力係数等の計算パラメータを変更できます。

「初期条件」では、身体の質量中心の初期の位置、向き、速度、角速度を変更できます。このうち、「 x - y 平面での初期の向き」は、クロールなどの左右非対称な運動を解析する際に便利です。すなわち、非対称な運動の場合、最初の推進方向を x - y 平面で $-x$ 軸方向に向けても、斜めに身体が推進していきまいます。このとき、定常状態での推進の「向き」を出力結果で見てやり、その値が例えば 34° なら、ここに -34 と入力してやってもう一度解析しなおせば、定常状態時に $-x$ 方向にまっすぐ推進する状態が得られます。

「出力設定」では、どのデータを出力するかを選択できます。全てのデータを全ての周期出力させると、出力のためにシステムに相当な負荷がかかり、解析時間が増加します。必要でない情報は出力しないようにすると、ディスクスペースと時間が節約できます。

解析設定を読み込 解析設定ファイルを読み込みます。解析設定ファイルはプロジェクトフォルダの中では常に analysis_settings.dat というファイル名で保存されていますが、ここでは任意の名前の「...dat」というファイルを読み込むことが可能です。プロジェクトフォルダの中に置かれる際には自動的に analysis_settings.dat に名前が付け替えられます。

5.1.4 出力タブ

アニメーション アニメーションウィンドウを起動します。詳細は 5.5 をご覧ください。

グラフ グラフウィンドウを起動します。詳細は 5.6 をご覧ください。

5.1.5 その他タブ

設定 環境設定を行いません。現在、解析エンジンの OS を選択できます。デフォルトは自動判別です。すなわち、Swumsuit が動作している OS を自動判別し、適切な解析エンジンを起動しています。しかし場合によっては、ネットワークで Windows と Linux でファイルを共有し、Windows で解析条件などを設定して、Linux で解析させたいという場合も考えられます。そのような場合は自動判別を解除し、希望する OS を選択して下さい。解析エンジンのファイルは、実は解析を開始させるたびにプロジェクトフォルダの下にコピーされています。Windows, Linux それぞれの実行ファイル名は SWUM_ENGINE_WINDOWS, SWUM_ENGINE_LINUX です。ですので、Windows 上で解析エンジン OS を Linux に設定しておけば、解析開始時に SWUM_ENGINE_LINUX がプロジェクトフォルダの下にコピーされます。(もちろん、実行ファイル自体は Linux 用ですので、Windows 上では動作しません。) そしてターミナルソフト等で別途 Linux 機にログインし、プロジェクトフォルダに移動し、SWUM_ENGINE_LINUX を実行させれば、Linux 上で解析が通常通り開始できます。

マニュアル マニュアルの入手方法を表示します。

Swumsuit について Swumsuit のバージョン情報等を表示します。

終了 終了します。

5.2 身体形状編集ウィンドウ

本ウィンドウで身体形状を編集できます。「図」をクリックするとモデル化された身体が三次元表示されます。図のウィンドウ上で、左クリックをしながら上下・左右にドラッグすると、スクリーン上縦軸および横軸まわりに身体を回転させることができます。また右クリックをしながら上下にドラッグすると、スクリーンに対して垂直な軸まわりに回転できます。

21 個ある各体節の寸法および水に対する比重を変更することができます。入力欄を書き換えて、「適用」をクリックすれば図に反映されます。

変更が終了したら「保存」で保存して終了します。

5.3 関節運動編集ウィンドウ

本ウィンドウで関節運動を編集できます。サンプルプロジェクトを読み込んでから本ウィンドウを起動してみてください。左上に1周期を何フレームで表現するのかのフレーム数が表示され、右側には回転させる体節、軸、そして全フレームの角度が1行単位となり、複数行が表示されています。

SWUMでは、関節運動は各体節の関節点まわりの回転として表現されています。回転軸は、下腰体節を基準とした胴体基準座標 $x_b-y_b-z_b$ です。また回転は相対角ではなく絶対角です。すなわち、腿をある回転させても、その回転は脛には反映されません。脛も同じ角度回転させるには、脛について同じ回転を与える必要があります。また、回転は本ウィンドウ右側に表示されている順番で行なわれます。よって、同じ体節の回転の場合、 x_b 軸- y_b 軸と回転させたときと、 y_b-x_b 軸で回転させたときとは結果は異なります。

本ウィンドウでは、それぞれの回転のコピー、切り取り、貼り付けや、回転の新規作成が行なえます。回転を選択するには、右側の選択したい行をクリックします。shift キーを押しながらだと範囲の選択が行なえ、ctrl キーを押しながらだと複数の選択が行なえます。「貼り付け」では、現在の選択行の下側に貼り付けられます。

また「アニメーション」では関節運動が三次元アニメーション表示されます。このアニメーション画面においては、左クリックをしながら上下・左右にドラッグすると、スクリーン上縦軸および横軸まわりに身体を回転させることができます。また右クリックをしながら上下にドラッグすると、スクリーンに対して垂直な軸まわりに回転できます。また表示速度を変更したり、一時停止してからスケールを用いて任意のフレームに移動することができます。

本ウィンドウでは、それぞれの回転の行の順番を入れ替えたり、コピーすることはできません。体節や回転軸や各フレームの角度を編集することはできません。それらを行なうためには、編集したい行をダブルクリックするか、選択した状態で「運動を編集」をクリックし、次に説明する関節運動個別編集ウィンドウを起動します。

5.4 関節運動個別編集ウィンドウ

本ウィンドウでは、各回転の、体節、回転軸、そして各フレームの角度値を編集できます。各フレームの角度値は左側に数字で表示され、右上にグラフ表示されます。なお SWUM においては、各フレームの間はグラフのようにスプライン補間されます。左側の数字を変更して「適用」をクリックすると、右側のグラフも変更されます。右下は全フレーム全体に対する操作です。X 方向、Y 方向への移動や拡大、正負逆転などが行えます。

また関節運動編集ウィンドウから起動するアニメーションと連携しています。アニメーションをあるフレームで一時停止すると、そのフレームの本ウィンドウの角度値の数字エントリが黄色に変わります。またグラフ上にも黄色の大きな点が現れます。よって、アニメーション画面で関節運動の確認を行っている際に、あるフレームの身体の関節角を変更したくなった場合に、容易に該当フレームの角度値を参照することができます。

5.5 アニメーションウィンドウ

本ウィンドウでは解析結果の三次元アニメーションを見ることができます。このアニメーション画面においては、左クリックをしながら上下・左右にドラッグすると、スクリーン上縦軸および横軸まわりに身体を回転させることができます。また右クリックをしながら上下にドラッグすると、スクリーンに対して垂直な軸まわりに回転できます。また表示速度を変更したり、一時停止してからスケールを用い

て任意の瞬間に移動することができます。

身体各部から出ている赤い線は流体力の向きと大きさを表しています。流体力の大きさも「力」の横の矢印マークをクリックすることにより変更可能です。また 1 周期に進んだ距離を 2 等分し、それぞれ水面を薄い色と濃い色に塗り分けています。

5.1.3 の「解析設定を編集」の「出力設定」において、「アニメーション」を「全ての周期」を選択して解析した場合、本ウィンドウにおいて全ての周期を表示するのか最後の周期だけなのかを右下の「全て」と「最後」で選択できます。「全て」の場合、1 周期ごとに一瞬ずつアニメーションが止まりますが、これはバグではなく仕様です。「最後」を選択した場合には最後の周期の運動のみが連続的に表示されます。

左下の「回転角」の個所で、アニメーションの視点の回転が数字で入力できます。数字で入力して「適用」をクリックです。

「出力」では、各瞬間のスナップショットを、EPS ファイルとして出力します。出力するのは 1 周期分全てか、この瞬間のみかを選択できます。この出力には時間がかかりますので注意して下さい。

5.6 グラフウィンドウ

グラフウィンドウは、まずメインウィンドウの「出力」タブの「グラフ」をクリックし、さらに出力したい物理量を選択して起動します。上部にグラフのタイトルが表示されます。「次元」をクリックするとグラフを有次元化 / 無次元化することができます。「範囲」ではグラフの表示範囲を設定できます。範囲を空白にしておくと、自動的に範囲が決められます。

グラフの線の近傍にマウスポインターを近づけると、最も近いデータ点の横軸・縦軸の値が表示されます。グラフから値を読み取るのに便利です。

「出力」ではさまざまな出力に対応しています。Windows の場合では、クリップボード、Windows メタファイル (WMF)、拡張メタファイル (EMF)、EPS の形式に出力できます。Linux の場合では EPS 形式のみです。

6 開発環境

本ソフトウェアの開発には、以下の開発環境およびソフトウェアを使用しています。特に非商用ソフトウェアの作者の方々には深く感謝致します。

Windows

- Windows XP Professional
- ActiveTcl 8.4.6 (<http://www.activestate.com/Products/ActiveTcl/>)
- BLT 2.4z (<http://sourceforge.net/projects/blt/>)
- Togl 1.6 (<http://togl.sourceforge.net/>)
- freeWrapPLUS 6.0 (<http://freewrap.sourceforge.net/>) (Swumsuit のパッケージに含まれる実行ファイル wish_windows.exe は、本パッケージに含まれる freewrapPLUS.exe を rename したものです)
- freeWrap 5.61 日本語版 (<http://reddog.s35.xrea.com/wiki/index.php>)
- Intel Visual Fortran Compiler 8.1 (<http://www.intel.com/software/products/compilers/fwin/>)

- SLATEC numerical calculation library (<http://www.netlib.org/>)

Linux

- Vine Linux 2.6r1 (<http://www.vinelinux.org/>)
- ActiveTcl 8.4.6 (<http://www.activestate.com/Products/ActiveTcl/>)
- BLT 2.4z (<http://sourceforge.net/projects/blt/>)
- Togl 1.6 (<http://togl.sourceforge.net/>)
- g77 0.5.24 (<http://www.gnu.org/software/fortran/fortran.html>)
- SLATEC numerical calculation library (<http://www.netlib.org/>)

7 連絡先

Swumsuit に関する要望，バグ報告，ご意見等は swum-admin_at_swum.org (`_at_` を `@` に変えて下さい) までメールでお願い致します．

参考文献

- [1] 中島・佐藤・三浦，日本機械学会講演論文集 B 編，全身の剛体動力学と非定常流体力を考慮した水泳人体シミュレーションモデルの開発，(2005) (掲載予定).
- [2] 中島，日本機械学会講演論文集 B 編，水泳人体シミュレーションモデルによる標準的 6 ビートクロール泳の力学的考察，(2005) (掲載予定).