

## ▼ Home

自己紹介  
実績  
マラソン記録  
リンク

## ▼ Welcome to my home page (English)

Career  
Publication

## ▼ OpenSim Tutorial

## ▶ 入門編

## ▼ 中級編

1. Computed Muscle Control (筋によるモデル駆動)

## ▼ 2. 立脚期と遊脚期の下肢筋の筋出力評価

2.1 パートI: 遊脚期の下肢筋出力の解析

2.2 パートII: 立脚期の下肢筋出力の解析

3. 関節反力

4. モデル作成

## ▶ 上級編

サイトマップ

## 2.2 パートII: 立脚期の下肢筋出力の解析

このページはThe Strength of Simulation: Estimating Leg Muscle Forces in Stance and Swing [Part II: Leg Muscle Force Estimation in Stance](#)に対応しています。

\* 立脚期の解析を始める前に、骨盤coordinates (pelvis\_tilt, pelvis\_tx, pelvis\_ty) のロックを解除してください。

### A. 逆動力学を使った立脚期の筋出力計算

目的: オープンシムGUIの逆運動学ツールを使い、床反力データと力学的に一致するモデル動作の筋出力を計算する。

#### 床反力データと逆運動学の関係性と結果のアニメーション化

モデルファイルで立脚期を解析するには以下の手順を行ってください。:

- 立脚期の動作ファイルleg69\_IK\_stance.motをStanceフォルダから読み込んでください。
- Navigatorで動作名がik trialとなっている確認してください。
- ik trialを右クリックしてAssociate Motion Data...を選択してください。
- Stanceフォルダ内のleg69\_stance\_grf.motを呼び出してください。
- 床反力が正確に表示されるかアニメーションを実行してください。

#### 床反力データから逆動力学計算を行う。

逆動力学を理解するには[How Inverse Dynamics Works](#)のページを参照してください。

逆動力学ツールを使って以下の操作を行ってください。:

- ToolsからInverse Dynamicsを開いてください。
- Loaded motionにik trialが選択されていることを確認してください。
- Filter Coordinatesのチェックボックスをオンにして、6Hzを入力してください。
- Time rangeを0.5 to 1.5 秒に設定してください。
- 出力フォルダをStance\IDとしてください。
- External Loadsタブをクリックしてチェックボックスをオンにしてください。
- テキストボックスの右横の鉛筆アイコンをクリックし、床反力データを編集します。
  - Force data fileにはleg69\_stance\_grf.motを選択してください。このファイルは足圧中心に加える力の情報が保存されています。
  - Kinematics for external loadsにはleg69\_IK\_stance.motを入力してください。(このボックスは未入力でも問題なく解析ができます。)
  - Filter kinematicsのチェックボックスをオンにして6Hzを入力してください。
  - 床反力の詳細を決定するためAddボタンをクリックしてください。

- Force NameはRight\_GRFとしてください。
  - Applied toにはcalcn\_rをドロップダウンメニューから選択してください。
  - Applies Forceのチェックボックスをオンにし、Point Forceを選択してください。
  - Force Columnsでドロップメニューからground\_force\_vxを選択すると ground\_force\_vy, ground\_force\_vzが自動的に入力されます。
  - Point Columnsではground\_force\_pxを選択すると 同様に ground\_force\_py, ground\_force\_pz が自動的に入力されます。
  - Applies Torqueのチェックボックスをオンにしてください。
  - Torque Columnsでドロップメニューからground\_torque\_xを選択すると ground\_torque\_y, ground\_torque\_zが自動的に入力されます。
  - 床反力と床反力中心は両方とも実験室のgroundを基準軸としているため、Force Expressed inとPoint Expressed in はどちらもgroundとしてください。次にOKを押してください。
  - Saveから床反力の入力セットをleg69\_right\_GRF.xmlとして保存します。
  - 逆動力学のセッティングファイルを保存します。Saveからleg69\_Setup\_ID\_stance.xmlを入力して保存してください。
- Runで計算を開始し、終了すれば逆運動学ツールを閉じてください。

### Question :

1. 横軸を時間として縦軸に骨盤に作用する力やトルク (pelvis\_tilt\_moment, pelvis\_tx\_force, pelvis\_ty\_force) をプロットしてください。データはinverse\_dynamics.stoファイルにあります。
2. 骨盤pelvis\_ty\_forceの曲線はどのような結果を表示しますか？
3. さらに、leg69\_stance\_grf.motから床反力 (ground\_force\_vy, 1\_ground\_force\_vy) のプロットを追加してください。
4. 床反力とpelvis\_ty\_forceを比べてみましょう。
5. 今回のように一側下肢と骨盤のモデルを用いる場合、逆動力学計算を正確に算出できる時間範囲が限られます。どの時間帯で適用が可能ですか？
  - \* 反対側の下肢に床反力が生じている場合、一側下肢のモデルでは計算ができません。

## B. Residual reductionによってモデルの精度を高める

目的 : Residual Reduction Algorithm (RRA) ツールを使い、residual forceが小さくなるモデルパラメータを見つめます。

RRAに関しては [Residual Reduction Algorithm](#) のページ参照してください。

### RRAツールを使ってresidualsの大きさを計算する。

RRAツールを使って以下の操作を行ってください。 :

- ToolsからReduce Residualを選択してください。
- Desired Kinematicsに逆運動学後の動作データleg69\_IK\_stance.motを入力して下さい。
- Filter kinematicsのチェックボックスをオンにして6Hzを入力してください。
- Tracking tasksにはleg69\_Tracking\_Tasks.xmlを選択してください。このファイルは関節運動ごとに重みづけが設定されており、重みづけを元にRRA後の動作が計算されます。GUIファイルエディター (テキストボックス右の鉛筆アイコン) やNotepad++などのXMLエディターでファイル内容を確認することができます。

- Adjust modelのチェックボックスをオンにして、カレントフォルダをStanceとします。この状態でFile nameにleg6dof9musc\_RRA\_adjusted.osimと入力してください。その後にSaveをクリックしてください。
- Body COM to adjustはドロップダウンメニューからpelvisを選択してください。骨盤の重心位置を移動させて、Residualsを減少させる計算がされます。今回はpelvisですが、解析では体幹を含むセグメントを選択するようにしてください。
- PartIIQuestion5で答えた時間範囲をtime rangeに入力してください。\* RRAでは身体に生じるすべての外力が特定されている必要があります。今回、計算で用いるデータは右下肢の床反力です (ground\_force\_vxなど)。左下肢の床反力 (1\_ground\_force\_vxなど) が生じる時間帯は正確な解析できません。
- 出力フォルダRRAをStance内に作成して選択してください。
- Actuators and External Loadsタブをクリックし、Replace model's force setを選択してモデルの筋をresidualアクチュエーターと関節アクチュエーターに置き換えてください。今回はトルク駆動シミュレーションを行います。
- Additional force set files右のEditボタンをクリックし、Addを選択してください。テキストボックスが赤色になるので、その右横のフォルダボタンを押し、leg69\_RRA\_residuals\_motors.xmlを選択してください。次にOKをクリックしてください。
- External Loadsのチェックボックスをオンにして、逆運動学計算で作成したファイルleg69\_right\_GRF.xmlを選択してください。
- RRAのセットアップファイルをleg69\_Setup\_RRA\_stance.xmlとして保存してください。それからRunで実行してください。終了すればツールを閉じてください。

\* Run後にモデルが落ちる場合Time rangeに適切な値が入力されていないことを疑ってください。RRAでは身体に生じるすべての外力が特定されている必要があります。計算で用いたデータは右下肢に生じる床反力のみです (ground\_force\_vxなど)。左下肢に生じる床反力は計算式に入っておらず、左下肢の床反力 (1\_ground\_force\_vxなど) が生じている時間帯 (0.8秒より前、1.25秒以降) は解析できません。解析時間を再検討してください。

RRAツールを行った後、Navigatorウィンドーには骨盤のCOM位置が調整された新しいモデルが作成されています。Messageウィンドーでは測定した運動データと床反力データを一致するために必要なセグメント質量やセグメントCOMの変化推奨値が表示されています。

### Question :

1. なぜ骨盤 (モデル全体) が上方に移動するのでしょうか? (Messageで表示されるRecommended mass adjustmentsを見てください。推奨のセグメント質量は現在より大きな値になっています。床反力に対してセグメント質量が小さすぎると体は床反力によって上方に押し上げられます。)
2. residualアクチュエーターの出力値 (MZ, FX, and FY) をleg6dof9musc\_controls.stoファイルでプロットしてください。
3. Messagesウィンドーを確認し、RRA後に推奨されている質量の変化を調べてください (例: pelvis: orig mass = 10.7538, new mass = xxxxx)。
 

Note: この単位はkgです。この推奨値は何だと思いませんか? なぜ質量を大きく変更する必要があると思いませんか? (使ったモデルは一侧の下肢であるのに対して、床反力は全身運動の計測値です。)

## C. RRA処理後の最終モデル

目的: RRAツールの出力から新しいモデルを作成します。新しいモデルで再度RRAを実行し、骨盤質量やCOM位置を修正します。

Navigatorウィンドーから骨盤を選択し、PropertiesにてRRAで推奨される質量に変更します。

RRAが終わると骨盤COMが調整された新しいモデルがNavigatorで表示されます。しかし、骨盤の質量は自動的に変更されないため、マニュアルで入力する必要があります。

- NavigatorでBodiesのツリーを開き、骨盤を選択してください。
- PropertiesエディターでRRAツールによって推奨された質量をmassの右枠に入力してEnterキーを押してください。値はMessagesの Recommended mass adjustments: \* pelvis: orig mass = 10.7538, new mass = \*\*\* を確認してください。
- Navigatorでモデルの名前を右クリックしてRenameを選択し、leg6dof9musc\_adjに変更してください。
- Save Asをクリックして新しい名前leg6dof9musc\_RRA\_adjustment.osimでモデルを保存してください。

**Residualフォースとトラッキングエラーが一定の値に収束するまでRRAの実施とモデルの調整を反復します。**

- 修正したモデルを使って再度同じRRAを行います。ToolsからRRAツールを再度開き、保存したセッティングファイルを使って同じ解析を行ってください。
- Messagesで推奨される骨盤の質量を再度変更してください。
- RRAを実施する際にトラッキングタスクのweightを増やすと関節運動の追従度が上がります。
- 一方でweightを減らすとRRAではresidualsを減らそうとします。
- RRAと骨盤質量の調整を繰り返して、Residualフォースが1kg以下で関節角度エラーが[Getting Started with RRA](#) ページの一番下の表で示す範囲に収まるようにしてください（5回以上程度行くと骨盤質量の変更は小さくなり、モデルは浮かなくなります）。

#### Question :

1. RRAが終了するとRRA/leg6dof9musc\_pErr.stoファイルからトラッキングエラーをプロットしてください。
2. 最後のRRA後にトラッキングタスクのweight(どのように設定していますか？)
3. どの関節要素が最もトラッキングエラーが大きくなりますか。

\* 今回は片足の解析であり、骨盤が反対側の下肢及び上肢体幹の質量を持つという仮定のため、RRA後は骨盤のみ質量を変えています。実際の解析では骨盤だけでなくすべてのセグメントの質量を変更することを推奨します。

## D. CMCによる立脚期の順動力学解析

目的：CMCツールを使って立脚期中の筋活動、興奮度と筋出力を計算します。

### CMCツールによるアクチュエーターの解析

Residualアクチュエーターの活動を制限する新しいアクチュエーターファイルを作ります。

- RRAセクションで調整した最終モデルが開いていることを確認してください。
- EditメニューからFile (.xml)... を選択しleg69\_RRA\_residuals\_motors.xmlファイルを開いてください。このファイルは関節アクチュエーター（リザーブアクチュエーター）とResidualアクチュエーターの情報が保存されています。

- 関節アクチュエーター（3つのリザーブアクチュエーター-hip\_flexion\_r\_moment, knee\_angle\_r\_moment, ankle\_angle\_r\_moment）のOptimal forceを1に減らしてください。リザーブアクチュエーターの最大出力を下げることでCMC解析でのリザーブアクチュエーターの出力を減らし、モデルの筋が関節モーメントを発生しやすくしています。
- 編集したアクチュエーターファイルをleg69\_CMC\_residuals\_motors.xmlとして保存してください。

### 立脚期中の筋活動、興奮度、筋出力をCMCツールで計算する。

RRA調整後のモデルがカレントモデルになっていることを確認してください。CMCツールを開いて以下の操作を行ってください。

- InputにRRAで出力した動作データ（leg6dof9musc\_Kinematics\_q.sto）を選択してください。
- フィルターボックスがオフになっていることを確認してください。
- Tracking taskにはRRAで使用した同じファイル（leg69\_Tracking\_Tasks.xml）を選択してください。
- Actuator constraintsにはleg69\_muscles\_residuals\_motor\_control\_limits.xmlを選択してください。これは筋活動の制限を規定するファイルです。
- Time rangeはRRA解析と同じ時間を入力してください。
- 出力ファイルはStance\CMCとしてください。
- Actuators and External Loadsタブをクリックし"Append to model's force set"が選択されていることを確認してください。これはモデルの筋に、リザーブアクチュエーターとリジデュアルアクチュエーターを追加することを意味しています。Edit、Addを押してleg69\_CMC\_residuals\_motors.xmlを選択してください。
- External Loadsで床反力を設定します。RRAで用いたleg69\_right\_GRF.xmlを選んでください。
- セッティングファイルをleg69\_Setup\_CMC\_stance.xmlとして保存してください
- RunでCMC解析を始めてください。

### CMC解析のヒント

- 関節運動を正確に再現するための筋出力が計算できない見つからない場合エラーが表示されます。トラッキングウェイトを減らすと解析は進みやすいです。もう一度RRAを行い、モデル調節を行った後に再度CMCを行うことで解析が進むことがあります。
- 問題解決には [Getting Started with CMC](#) ページの最後の内容を読んでください。

### Question :

1. leg6dof9musc\_added\_mass\_states.stoファイルから筋活動パターンをプロットしてください。
2. 中間広筋（vas\_int\_r.activation）と内側腓腹筋（med\_gas\_r.activation）の筋活動は想像していた活動パターンに近いですか？
3. CMCのresidualモーメント（リザーブアクチュエーターの発するトルク）をプロットしてください（hip\_flexion\_r\_moment, knee\_angle\_r\_moment, ankle\_angle\_r\_moment）。Actuation\_force.stoにデータがあります。
4. このモーメントは十分に小さな値ですか？
5. CMCのリジデュアルフォース（MZ, FX, FY）をプロットしてください。
6. モデル体重の何パーセントに相当しますか？Note:リジデュアルフォースは体重の2%以下の必要があります。

Home : [立脚期と遊脚期の下肢筋の筋出力評価](#)



[Report Abuse](#) | Powered By [Google Sites](#)