

立ち上がり機能付き車椅子に関する研究（その1）

柄 本 和 吉*

Study about wheelchairs with a function of standing up (Part 1)

Kazuyosi TSUKAMOTO

Abstract

It is difficult for persons who look after and patients to move to the posture for standing up and keep up it, because the wheelchairs with a function of standing up sold at the present time have many supplementary functions. So, we attempt to ease the burden on persons who look after and patients.

The burden of legs given with moving of standing up is unfathomable because of injuries in sports, damages of legs by traffic accident, a decline of muscular and physical strength by an aging. Since I think about easing these burdens, I direct my attention to this study.

Key words: Function of standing up

1. はじめに

直立した状態の維持は、人間をはじめとする二足で歩行を行なう動物が、歩行を行なう前に獲得する運動機能である。われわれの日常生活行動の中に歩行、起立、着席動作は、頻繁に行なわれている。スポーツ活動での怪我、交通事故による下肢の損傷、また高齢化による筋肉・体力の低下等で、起立動作が下肢に与える負担は計り知れないものである。その負担を少しでも軽減できればと思い、本研究に着目した。

2. キネシオロジー

キネシオロジー (kinesiology) とは、キネシオという“運動”という意味のギリシャ語の語源と“オロジー”という“学問”という意味の接尾語がついた合成語である。生理学、解剖学、力学などの基礎知識を応用して身体運動について研究する学問をキネシオロジー (Motion・Movement) という。

ちょっと前までは、物理学・力学の原理を応用し、生物 (生体) の動きの仕組みを研究していたことから、身体運動の研究と言えば、BIOMECHANICS 生物力学 (Biology 生物学+Mechanics 力学) で通用した。しかし、現在は Biomechanics の領域だけからではなく、Neurophysiology (神経生理学) の領域からも研究が行われるようになった。という理由から、身体運動の研究は Kineiology (キネシオロジー) と言った方が適切だろう。(早稲田大学人間科学部：鈴木秀次教授)

3. バイオメカニクス

バイオメカニクス (Biomechanics) とは、「生物の研究に力学を応用しようというもの」(アレキサンダー)といわれるように、生理学・解剖学などによる生体そのものの解明と、生体の運動現象の力学的解析とを合体したひとつの応用科学である。身体もひとつの物体であるから、いかなる身体運動も力学の法則に従ってなされる。身体運動の理解に、力学的分析が不可欠になってきている。そのうち、特にキネマティクス (運動の起こりを見直し、動きだけを描写、例えば、位置の変位・速度、加速度を問題とする領域) では《モーションにおけるポジション・速度・加速度・直線運動・角運動、歩行・走行、投球動作、キック動作》、キネティクス (動きの起こりを力に関連させて研究する領域) では《等尺性筋力・短縮性筋力・伸張性筋力、負荷速度関係、地面反力、身体重心、トルク》についての測定・解析方法・まとめ方を学習 (研究) する領域がバイオメカニクスである。(早稲田大学人間科学部：鈴木秀次教授)

4. スポーツバイオメカニクス

最近では、スポーツ・バイオメカニクス (Sport・Biomechanics) は体育関係の研究と関連して非常に注目されてきている。広義でのスポーツ・バイオメカニクスの目的は、文字通り ① スポーツなどの運動に関する知識 ② 身体の機能や構造に関する知識 ③ 力学的知識等を総合的に学習し、身体の運動を物体としての力強い運動・巧みな運動・自然な運動・効率のよい運動や美しい運動として力学的に分析するとともに、そこに係る生理的要因を、生理学、解剖学などを用いて併せて研究し、身体運動の仕組みを明らかにすることである。

平成 15 年 12 月 26 日受理

* 総合教育センター・講師

応用領域は、スポーツ工学（器具・設備の開発）・労働科学（作業環境の適正化）・スポーツ科学（スポーツの指導）・体育科学（体育の指導）・理療（リハビリテーション）にと非常に幅広く役立つことも多い実学である。

このスポーツバイオメカニクス分野で現在行われている研究は大きく二つの領域にわけられる。一つは身体運動のコンピューターシミュレーションを用いて、身体運動の合理性の根拠を調べることである。目的の運動に対し熟練者が行う運動様式には多くの共通点が観察されており、それは運動の目的に最適だと考えられる。人間は自由に運動できるわけではなく、力学的法則、解剖学的制約、筋肉の伸縮特性等の制約下で運動を行っている。これらの制約を考慮しつつ最適の具体的内容を解明する研究である。もう一つは、多くの運動に共通する動きを対象にしてその運動がどのような筋力発揮によって起こされるのか調べることである。基本的な方法としては高速映画カメラを用いて運動中の動きを記録し、力の向き、大きさ等の記録を合わせて運動中の身体の力等を求める方法が基本的なものである。

特に技術や環境の改善を目指すスポーツ分野においては、身体や物体の運動を筋力・重力・地面反力・空気抵抗等の力の相互作用による力学現象としてとらえるスポーツ・バイオメカニクス分野が重要になってきている。

近年のグラフィックコンピュータの著しい発達によって、このスポーツ・バイオメカニクス領域での研究が比較的安価な装置でもできるようになってきた。そのため、いろいろなスポーツを対象に多くの研究がなされるようになってきている。しかし、実際にスポーツの技術改善等のためにスポーツ・バイオメカニクス（身体等の動きを力学的に解析していく）の研究をおこなおうとした場合、どのようにおこなえばよいかの手法や解析システム等が確立しておらず多くの問題点を抱えている。

5. 骨と筋肉の働き

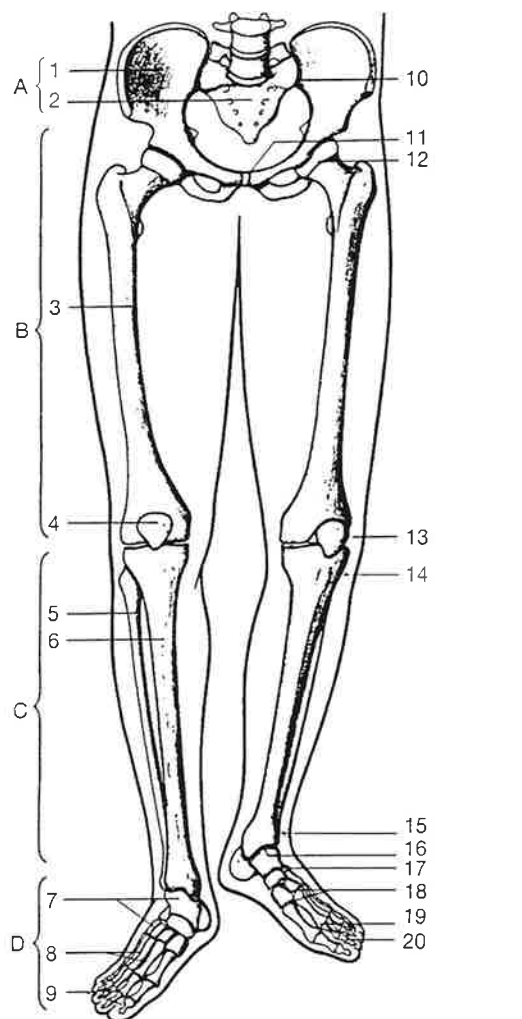
動物は、自分の力で自分の身体を動かす優れたしくみをもっている。そのしくみによって、自由に歩き回ったり、物を持ったり、食事をしたりなどの運動ができる。運動は、身体の外目の見える部位で行なわれるだけでなく、胃腸、心臓、血管など目にみえない内臓でも行われている。しかし、一般には、運動器というときには、骨や筋肉、関節、腱など、いわゆる支持運動器系によるものを指し、内臓の運動は含まれない。

運動は、それぞれの部位が単独に行なうものではなく、感覚器で集められた情報が、中枢神経系で処理され、しかるべき命令が末梢神経系を介して筋肉などに伝えられ、初めて身体や手足が動かされる。

動物は、骨、筋肉、関節・腱などの連携プレーによっ

て行なわれるもの。例えば、私たちが手足を動かすときには、筋肉の収縮によって支軸としての骨を動かし、これによって物をつかんだり、歩いたりすることができる。もし、骨がなく筋肉だけだとしたら、身体の心棒がないため、アメーバのような運動によって移動しなければならない。つまり、骨は、身体の一定の形と強さを与え、変形を抑え、筋肉による運動時のロスを最小限に抑える働きをしている。

ボールを投げたり、首を回したりという運動は、意志



- | | |
|--------------------------|--|
| A 下肢帯 pelvic girdle | 12 股関節 hip joint |
| B 大腿 thigh | 13 膝関節 knee joint |
| C 下腿 leg | 14 近位脛腓関節 proximal tibio-fibular joint |
| D 足 foot | 15 遠位脛腓関節 distal tibiofibular joint |
| 1 右寛骨 right hip bone | 16 距腿関節 talocalcaneal joint |
| 2 仙骨 sacrum | 17 距踵舟関節 talocalcaneonavicular joint |
| 3 大腿骨 femur | 18 足根中足関節 tarsometatarsal joint |
| 4 膝蓋骨 patella | 19 中足指節関節 metatarsophalangeal joints |
| 5 腓骨 fibula | 20 指節間関節 interphalangeal joints |
| 6 脛骨 tibia | |
| 7 足根骨 tarsal bones | |
| 8 中足骨 metatarsal bones | |
| 9 指骨 phalanges | |
| 10 仙腸関節 sacroiliac joint | |
| 11 恥骨結合 pubic symphysis | |

図-1 下肢及び下肢の構成（前面）模式図

右足：直立位，左足：自由または歩行の姿勢

によって随意的になされるものだが、心臓の拍動や胃・腸の蠕動運動は、意志とは関係のない働き。前者を行なうものを随意筋、後者を行なうものを不随意筋と呼ぶ。随意筋は、骨と協力して身体を動かすという意味で骨格筋と呼ばれ、不随意筋は心臓壁の心筋と、血管壁や胃腸管、膀胱などの内臓壁の平滑筋とがあり、一般には内臓の筋肉を形作る筋肉という意味で内臓筋とも呼ばれる。

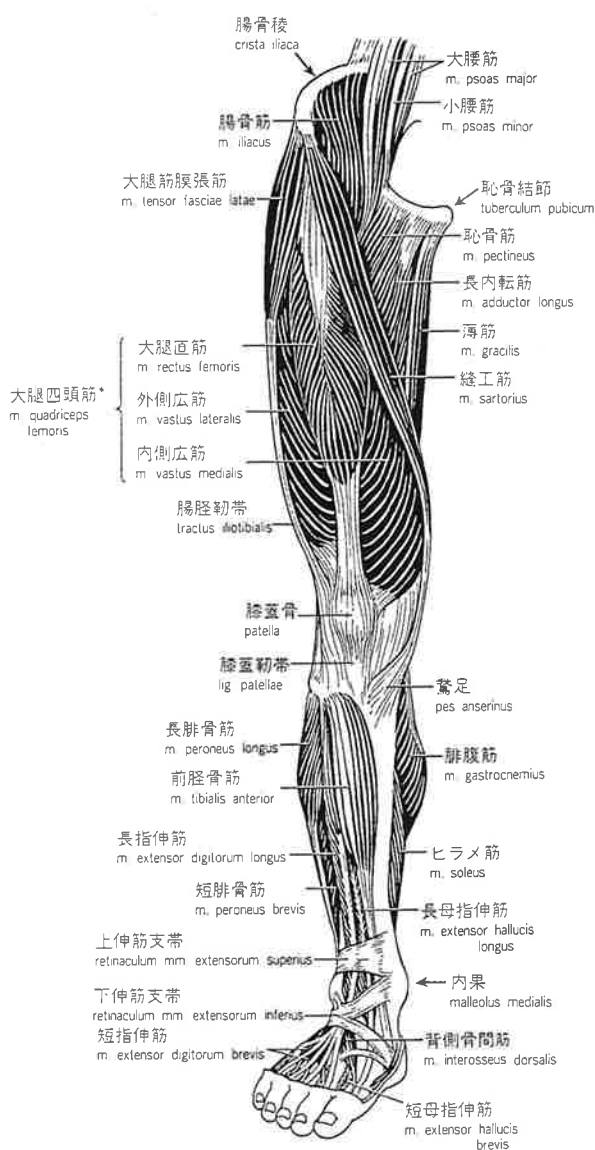
骨格筋の収縮によって支軸となる骨と骨の距離が変わると、ある方向に向けて四肢、体幹の移動が行なわれる。このとき、骨と骨の間には腔所（関節腔）があつて、両者の摩擦を和らげ、運動の向きと範囲を一定にするはたらきをしている。これが関節で、関節をつくる相互の骨は、弾性に富む靱帯で強く結ばれている。

骨と骨格筋の連携をスムーズに行われるためには、

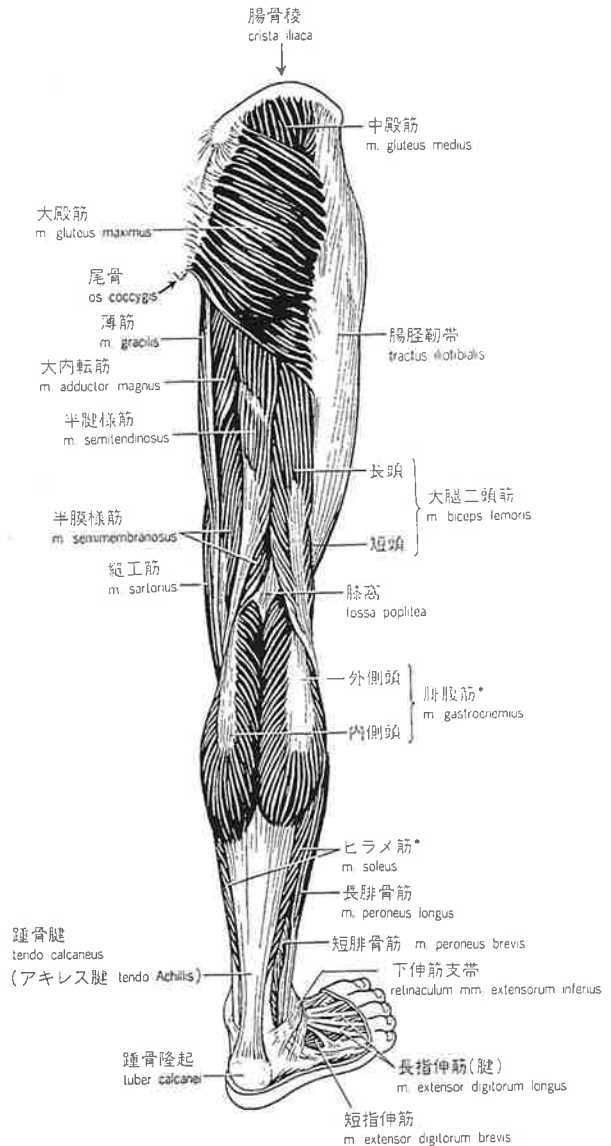
しっかり結合されていなければならない。そのため、筋肉は、腱で骨に定着されており、それによって骨を動かす。腱は非常に丈夫な構造で、めったに切れることはない。

下肢を構成する主要な骨格は、大腿骨、脛骨、腓骨の3本です。大腿骨は人体最大の骨で、その上部は股関節を構成する骨頭となっている。また、下部は、膝関節を介して下腿へと続いている。脛骨と腓骨は下腿を構成する骨で、力学的には、体重のほとんどを脛骨が支えている。

下肢帯は仙腸関節において脊柱と強固に結合されている。それゆえ片方の肢だけで体重を支える場合（例えば歩行のとき）でも、胴体を用意に直立位に保つことができる。下肢の可動性は上肢に比べるとやや制限されている。



(・中間広筋 m. vastus intermedius が加わって四頭筋となる)



(・腓腹筋とヒラメ筋を合わせて下腿三頭筋 m. triceps surae とよぶ)

図-2 下肢の筋 (右側：前面) (右側：後面)

6. 下肢の筋の運動

下肢の主な筋肉は、股関節や膝関節を動かし、直立歩行に欠かせない大殿筋、膝関節の屈伸を行う大腿四頭筋と大腿二頭筋、かかとを上げる働きをする腓腹筋とヒラメ筋（合わせて下腿三等筋とも呼ぶ）である。骨盤の筋で、前方にある腸腰筋や後方にある大殿筋は、股関節の運動や直立歩行に重要な役割を果たしている。大腿部には、膝を伸ばす大腿四頭筋が前方に、膝を曲げる大腿二頭筋が後方にあり、内側には、股を開いた状態（外転位）からすぼめる大内転筋などの大腿内転筋群がある。下腿や足の筋は、足首や足指の屈伸をする。下腿の背方の下腿三等筋は腓腹筋とヒラメ筋から構成され、こむらがえりは、この筋肉の異常な持続的収縮（痙攣）である。

7. 立位姿勢と脊柱弯曲

脊柱は適度な弯曲によってスプリングの役割をはたし、頭部への衝撃を和らげる。脊柱の弯曲度は、仙骨角、つまり骨盤の傾きに関係する。弯曲度が小さいと頭部や椎骨間へのショックが大きくなり、大きすぎれば筋や靱帯の負担が増大する。

8. 動画画像解析

本研究では、デジタルカメラやビデオカメラで簡便にバイオメカニクスの研究が行えるような手法「動画画像解析法」に関する基礎的研究（立ち上がり動作）とその応用を試みた。応用は車椅子に立ち上がり機能を取り付け、下肢の負担を軽減する目的とした。

画像入力とコマ編集

a. 画像入力⁸⁾

動画画像解析をするためには、コンピュータへ画像を取り込み、コマ編集をする必要がある。コンピュータへ静止画や動画画像を入力する場合、デジタルビデオ、アナログビデオ、デジタルカメラ、スキャナーの4種類がある。デジタルビデオ、アナログビデオは、ビデオカメラとコンピュータを接続し、Adobe Premiere のムービーキャプチャにより、必要な要素の含まれている画像を取り出すことができる。デジタルカメラは、コンピュータと接続し、静止画として画像を撮っているため、Adobe Premiere 上で画像を開き、そのまま静止画として使用することができる。スキャナーは、Adobe Photoshop を使用し、取り込む画像を8ビット Gray に設定後、プリスキャンにより画像を取り込む。サイズを決定、また画像回転で向きを決定し、スキャンを行い、TIFF 形式で保存する。

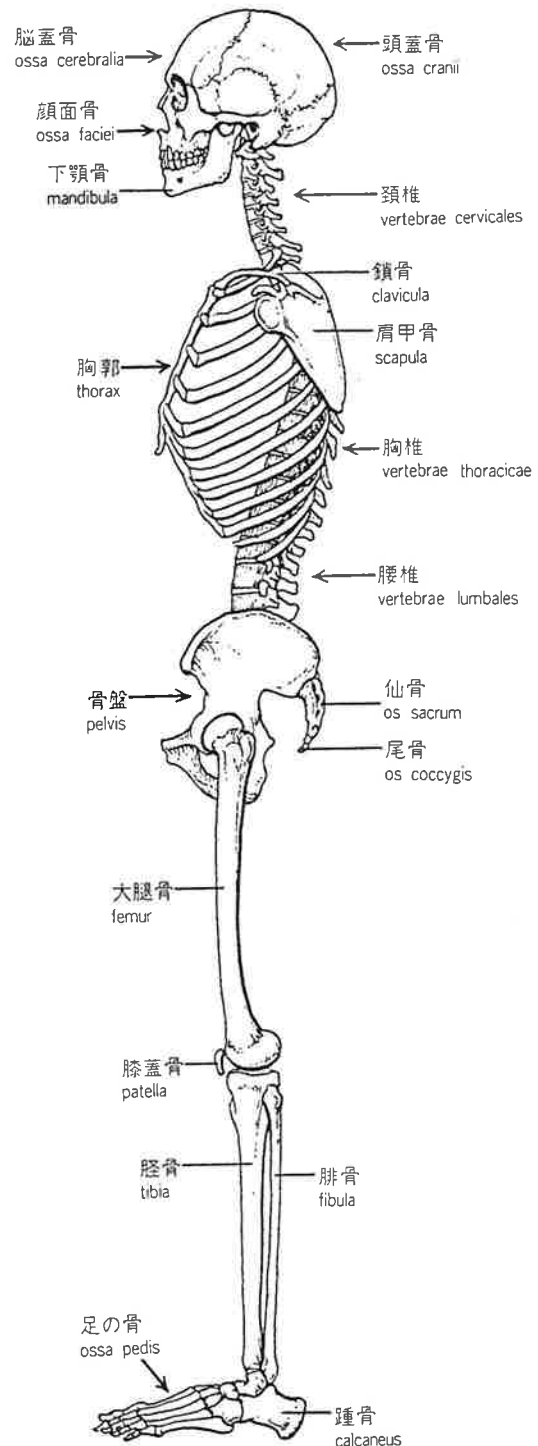


図-3 全身の骨格（側面：上肢骨を除く）

b. コマ編集

コマ編集を行うソフトとして Adobe Premiere を使用する。このソフトは取り込んだ画像のコマごとの時間が計れるため、任意の時間間隔での画像抽出やコマの再編などのコマ編集が容易に行うことができる。

ムービーキャプチャで画像を録画し、必要な要素が含まれている画像の始まりと終わりを決定し抽出する（動画クリップが抽出される）。取り込まれた動画画像は一定

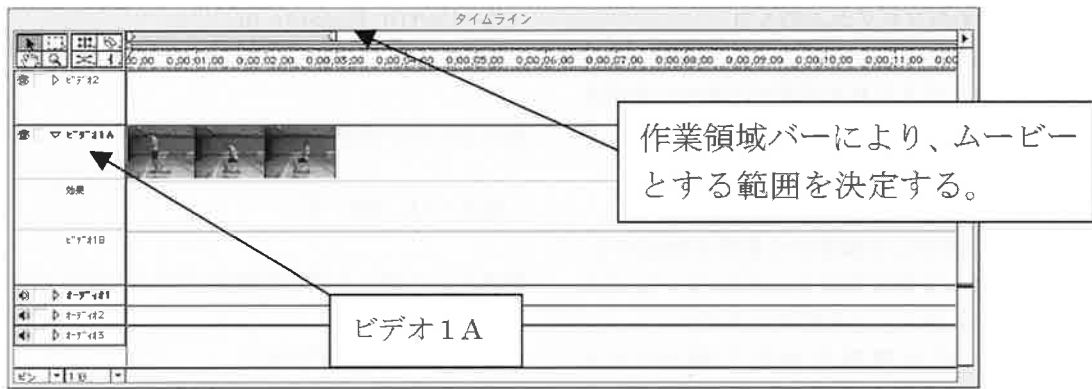


図-4 Adobe Premiere のタイムライン

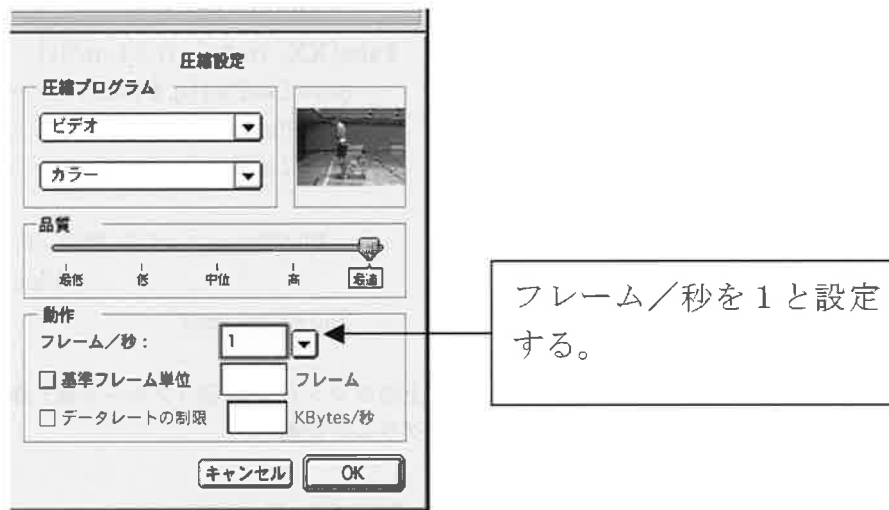


図-5 フレーム/秒の設定

の時間間隔で撮られた静止画（コマ）の集まりであるから、抽出された画像より、任意の時間間隔で静止画をとる。解析する画像の静止画をとる方法として、抽出した動画像（クリップ）を再生しながら、任意の時間間隔でクリップを静止させ、1フレームずつ保存する。保存を行うと静止画が表示されるので、ムービーとして作成するために、得られた静止画をプロジェクトボックスに貼り付け、タイムラインのビデオ1Aに順に並べる。その後、作業領域バーにより編集する範囲を決め、QuickTime出力でQuickTimeムービーを作成する。

作成したムービーを保存する時、オプションによりフレーム/秒を設定する。ここでは1秒間に1フレームとしているので1とする。また、取り込んだ画像がなくてもムービーを再生できるようにするためには、作成したムービーをQuickTime上で表示させ、独立形式として保存を行う。

動画像解析自動処理化手法

ここではコマ編集した画像をMATHEMATICAとMovieDigitizerを使って、動画像解析の自動処理化の手

法を提案する。この手法は画像から欲しい要素を抽出して自動的にグラフ化する方法である。

a. MATHEMATICAとMovieDigitizerをリンクさせる¹¹⁾

コマ編集した動画像をMATHEMATICA上に表示させるためにMATHEMATICAとMovieDigitizerをリンクさせる必要がある。そのためにMATHEMATICA上でコマンドを入力しリンクさせる。リンクさせたあとにコマ編集した動画像をMATHEMATICA上に表示する。

b. 抽出する要素数と要素名を決める

各画像フレームから要素を抽出するための各定義をプログラムしていく。要素を抽出するために何点取るか決める必要がある。取る点（ポイント）の名前の定義をするプログラムを実行する。次にそのポイントする画像のフレーム番号とポイントする要素名を表示するためのプログラムを実行する。次に抽出する要素の命名をさせるプログラムを実行する。このプログラムは抽出する要素の数によって変更させる。

c. 要素抽出のためのプログラムの入力

ポイントするための要素数とフレーム数を定義し、画像上の要素をクリックすると要素座標が自動的に抽出され、1フレームの要素をポイントし終わると自動的に次のフレームに進むようにプログラムする。

d. 要素座標の自動抽出

MovieDigitizer で表示した画像から要素を抽出する。画像上の欲しい要素をマウスでクリックしていく。1フレームの要素を抽出し終わると自動的に次のフレームに進んでいき、すべての要素を抽出し終わったらMovieDigitizer 上で終了させる。そうすると抽出された要素の座標が一斉に表示される。この座標は画素数の値であって撮影方法によって値が変化する。

e. 抽出された座標の編集とグラフ表示の自動化^{4~7)}

d. で抽出した座標値はデジタル (画素数) 上の値であって、原点が左上になっているため、抽出した座標値を編集する。まず座標値を数字の表に変換する。変換した値から y 座標のみを取り出し、y 座標の最高値から y 座標の値を引く。これで y の値が原点を左下にくるように編集される。編集された値を x と結合し、再び座標値の形式にもどす。これまでをプログラムによって実行し、編集した座標値を使いグラフを作成する。この編集した座標値から 1 フレーム分の座標値を取り出してグラフを描かせる。これを 1 フレームずつやっていくことはとても困難であるので、n と m をもちいて繰り返し命令させていく (この n はフレームの数であり、m は要素の数である) プログラムを作成する。この次に n と m の値を入力すればすべてのフレームから要素を抽出したグラフが一斉に表示される。

f. プログラムの説明

```
youso[n_, m_] :=
Do[b=Flatten [a, 1]; X=Part[b, Range[n m], 1];
Y=Part[b, Range[n m], 2]; MA={X, 500-Y};
XX=Transpose[MA];
q:=Take[XX, {m*(i-1)+1, m*i}];
ten=ListPlot[q, PlotStyle->PointSize[0.015],
PlotRange->{{0,800}, {0,500}}];
sen=ListPlot[q, PlotStyle->PointSize[0.015],
PlotRange->{{0,800}, {0,500}}, PlotJoined->
True];
Show[ten, sen] ;; {i,1,n}]
```

まず MovieDigitizer から抽出された座標値は 1 フレームごとに定義されていて、1 フレームずつの値の座標値でなく数値化するプログラム

```
b=Flatten[a, 1]
```

数値化した値から x 座標, y 座標を取り出すプログラム

```
X=Part[b, Range[n m], 1];
Y=Part[b, Range[n m], 2];
```

取り出した y 座標を編集するプログラム

```
MA={X, 500-Y};
```

数値化した値から再び座標値の形式に戻すプログラム

```
XX=Transpose[MA];
```

編集した値から 1 フレームずつの値を取り出しグラフ化させるコマンド

```
Take[XX, {m*(i-1)+1, m*i}];
ten=ListPlot[q, PlotStyle -> PointSize[0.015],
PlotRange -> {{0, 800}, {0, 500}}];
sen=ListPlot[q, PlotStyle ->
PointSize[0.015],
PlotRange -> {{0, 800}, {0, 500}},
PlotJoined -> True];
Show[ten, sen]
```

上のコマンドを m 回 (フレーム数) 繰り返すためのプログラムの定義

```
youso[n_, m_] :=
Do[....., {i, 1, n}]
```

次のプログラムの [n, m] にフレーム数と要素数を入力し実行するとコマ編集した画像から取った要素のグラフが一斉に表示される。

```
Youso[n, m]
```

このプログラムは要素の一つのラインのみに有効である。もし複数の交わった要素を抽出したいときにはプログラムに手を加える。

例) 3 つのラインの要素を抽出するとき。^{1~7)}

```
yousom[n_, m_, m1_, m2_, m3_] :=
Do[b=Flatten[a, 1];
X=Part[b, Range[n m], 1];
Y=Part[b, Range[n m], 2];
MA={X, 500-Y};
XX=Transpose[MA];
YY:=Take[XX, {(i-1)*m+1, i * m}];
pa1:=Take[YY, {1, m1}];
```

```

pa2:=Take[YY,{m1+1,m1+m2}];
pa3:=Take[YY,{m1+m2+1,m1+m2+m3}];
sen1=ListPlot[pa1,PlotStyle->PointSize[0.015],
  PlotRange->{{0,800},{0,500}},PlotJoined
  ->True];
sen2=ListPlot[pa2,PlotStyle->PointSize[0.015],
  PlotRange->{{0,800},{0,500}},PlotJoined
  ->True];
sen3=ListPlot[pa3,PlotStyle->PointSize[0.015],
  PlotRange->{{0,800},{0,500}},PlotJoined
  ->True];
Show[sen1, sen2, sen3];, {i,l,n}]

yousom [n_, m_, m1_, m2_, m3_] :=

```

この m1 と m2 と m3 には、要素の 1 ラインごとの要素の数を入力する。3 つの要素のライン 1 つ 1 つを表示し、その 3 つのラインを 1 枚に重ね、1 つのグラフが完成させる。そのグラフをフレーム分繰り返し、全てのフレームのグラフを表示される。

g. MATHEMATICA Link For Excel によるデータ処理

MATHEMATICA で抽出されたデータをコピーし、Excel 上でペーストする場所を決め、MATHEMATICA Paste を行い MATHEMATICA のデータを Excel にもっていくことができる。また Excel で編集したデータを MATHEMATICA Copy コマンドを利用して MATHEMATICA にもっていくこともできる。

Excel 上で、MATHEMATICA にはない機能(作図や統計的处理)を行うことができ、また多量データの編集を Excel 上ででき、編集したデータを MATHEMATICA に持っていくこともでき、Excel 上で編集を行うことができる。MATHEMATICA Link For Excel により、動画像解析の幅をひろげることができる。

このように解析したい画像の抽出する要素数、フレーム数のみを入力するだけで動画像解析をプログラムの作成により、自動的に行うことが可能になる。

力学的解析

動画像解析による結果から力学的作用を求める。様々な動画像には力学的作用が含まれていて、動画像の要素を抽出することで要素の変化より力学的作用を求めることができる。

Adobe Premiere での画像編集のコマ編集時に画像の経過時間が分かるため時間が求まり、動画像解析によって抽出された座標値を用いて距離が分かる。この 2 つの値を用いて速度を求められる。速度と距離を使い力などを求めることができ、座標値の変化によって軌跡なども

求めることができる。

これらのように動画像解析法を用いて力学的作用を解析する。

動画像解析とは、ビデオカメラ等で得られる動画像をコンピュータに取り入れ、画像中の動きで骨格となる部分の要素を抽出し、それら要素の変化量や軌跡もとめ、さらに、その結果から動的現象を力学的に解明する手法である。

動画像解析をおこなうためには、まず、コンピュータに取り入れたデジタル画像の編集をおこなう必要がある。通常使用されるビデオカメラでは動画像はおおよそ 100 分の 1 秒間隔で撮られた静止画像(コマ)の集まりである。編集としては、取り扱う動画像の範囲と時間間隔を定めて、必要なコマの収集と再編をおこなう(コマ編集)。次に、画像の中でどのような要素に着目するかを決めて、その要素の抽出をおこなう。要素の抽出には、画像上の要素をカーソルで指示するだけでその座標を表示できるように特別に開発されたソフトウェアを用いる(要素座標の抽出)。要素座標の抽出を全てのコマでおこなうことで要素の変化量や軌跡を求めることができる。動的現象の力学的な解析は、以上の抽出座標とコマとコマとの間隔時間を用いておこなう(抽出要素の解析)。以下に動画像解析の具体的な操作手順を、使用するソフトウェアの機能説明とともに述べる。

(1) コマ編集

ビデオカメラで撮影された動画像は、アナログの場合には変換機を通して、デジタルの場合には直接パソコンに手軽に取り込むことができる。取り込まれた動画像は、一定の時間間隔で撮られた静止画像(コマ)の集まりであるから、必要とする映像範囲を定めて、任意の時間間隔でコマ編集をおこなうことができる。ビデオ画像の取り込みやコマ編集をおこなうソフトとしては、Mac 版では FireMax と iMovie を、PC 版では AdobePremiere を用いることができる。どのソフトにおいても取り込んだ画像のコマ毎の時間が計れるため、任意の時間間隔での画像抽出やコマの再編などのコマ編集は容易におこなうことができる。

(2) 要素座標の抽出

動画、音声を含むマルチメディアを扱う規格ソフトとして QuickTime がある。QuickTime にはアプリケーション開発のためにプログラムソース(C 言語)が公開されている。この公開されているプログラムを書き換えて、解析ソフト Mathematica と連結し、Mathematica にコマンドによって動画像を取り込める等の機能を持たせることができる。この新たに開発されたソフトを MovieDizitizer とよんでいる。Mathematica との連結後、MovieDizitizer で表示される画像上の要素をカーソルで指示することでその点が抽出され、Mathematica にそ

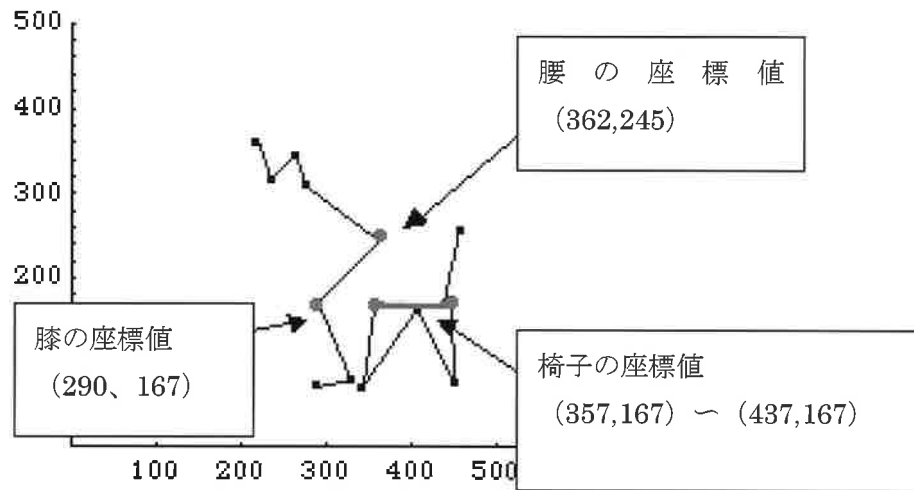


図-6 体の座標

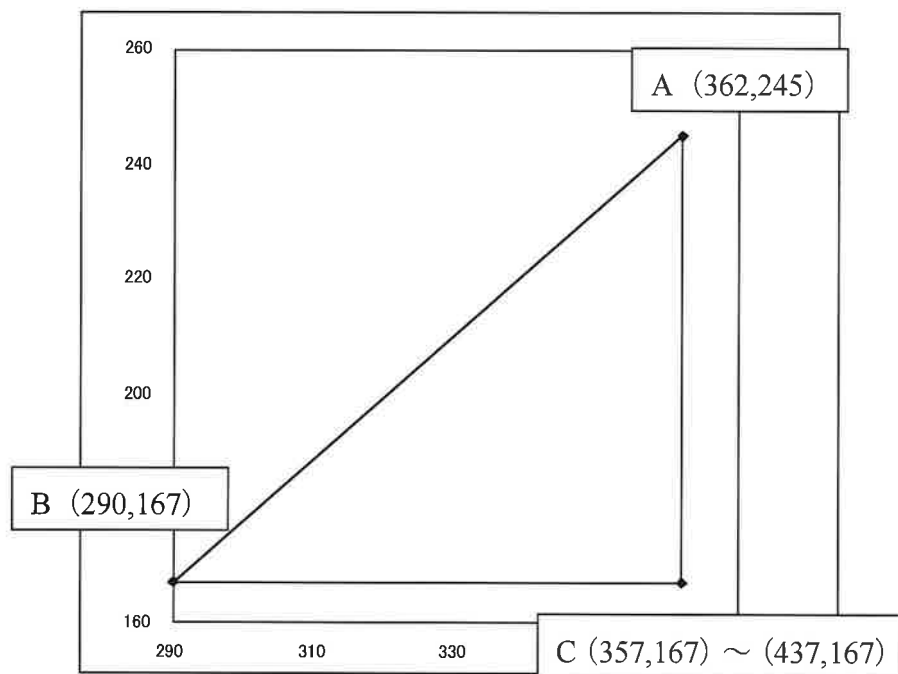


図-7 座標のグラフ

の座標データが返ってくる。

(3) 抽出要素の解析

コマ編集をおこなったそれぞれの画像において要素を抽出し、その点の座標をデータとして Mathematica に取り込むことによって、Mathematica の解析機能を用いて要素の変化量や軌跡を求めることができる。また、コマごとに要素と要素を結び、それらの形状がどのように変化していくか、要素を結んだ全体の動きに対してもアニメーションが可能である。

動的現象に対する力学的(要素の動きに関しての速度、加速度、要素に加わる力等)解析は、要素に対して座標と時間を求めることによって、Mathematica によっておこなう。

(4) 力学的解析

すべてのプログラムを入力すると動画の抽出された要素の座標値が編集され、抽出した座標値による全てのフレームのグラフが一斉に表示される。表示されたグラフをダブルクリックするとグラフが1枚ずつアニメーションで動かすことができ、要素の動きを見ることができる。表示されたグラフの中から、立ち上がる動作時、それ以上前方向に力が向かず、上方向にのみ力が向くグラフ(h)図を取り出し、座標を表示し、立ち上がる時の椅子から腰までの角度を求める。

この座標値を使い椅子から立ち上がったときの角度を求める。座標値を使い三角形の図を作る。

この三角形 A~C 間, B~C 間, A~B 間を求め A, B,

C 間の角度を求める。

- 座標値より 1, A～C 間=78
 2, B～C 間=72
 3, A～B 間=106

$$\text{ArcSin}\theta = 106/78 = 47^\circ$$

別の図などからも解析してみたが, ABC 間の角度ほぼ 45° であった。

この値により, 人間が立ち上がる時重心が安定するときの角度はだいたい 45° であることがわかった。

9. おわりに

本稿では立ち上がり機能付き車椅子に着目し, 起立動作について解析を試みた。その結果を車椅子に適用して, スポーツ活動での怪我, 交通事故による下肢の損傷, または高齢化により筋肉・体力の低下等で, 頻繁に行なわれている起立, 着席動作の軽減が, その負担を少しでも和らげればどれだけ生活が楽になる。ベンチの稼動は, 油圧式・空圧式・手動式・電動式などを駆使して安全な立ち上がり機能付き車椅子の完成を目指す。

応用に見られるようにコンピュータに取り込める画像の種類が増え, デジタルカメラやデジタルビデオだけでなくスキャナーなどでアナログの写真なども取り込め, 多様に動画画像解析を行うことができるようになった。動画画像解析の自動処理化については, プログラムの作成により抽出する要素, フレーム数を入力するだけで座標の編集からグラフ化まで自動的にできるようになる, 非常に簡単に動画画像解析を行うことができるようになった。また, MATHEMATICA Link For Excel などの利用

によって多量のデータの処理も簡便にできるようになった。

人間が椅子から立ち上がる時の動作について解析を試みた結果, 立ち上がるまでの動的現象の中から身体の重心が安定する場面を新動画画像解析方によって抽出した。椅子の水平面から膝と腰を結び, 重心が安定する場面での角度を求めた。身体の重心が安定する角度は, 45° であると算出される。

尚, 起立動作 (肘かけを使用しない) では, 頭を前に出して上半身を前屈させると, おのずと腰がうく状態に入る, その時, 膝関節 (久蓋靱帯など) に多大な負荷がかかると同時に, 半腱様筋・大腿二頭筋が緊張し, 前骨筋・腹筋・長腓骨筋・ヒラメ筋・アキレス腱・踵骨隆起にと緊張が移動していき, 起立姿勢が完成される。

引用・参考文献

- 1) 吉川文雄: 人体系統解剖学 株式会社南山堂 1990 年 4 月 4 刷発行
- 2) J.W. Rohen・横地千代: 解剖学カラーアトラス 株式会社医学書院 1994 年 4 月 第 3 版第 1 刷
- 3) 佐々木智久・山本正人: 動画画像解析手法の自動処理化とその応用 平成 13 年度八戸工業大学工学部土木工学科卒業研修論文 2003 年 2 月
- 4) 金子公宥: 改定スポーツ・バイオメカニクス入門一絵で見る講義ノート 株式会社杏林書院 1999 年 10 月 第 6 刷発行
- 5) 浅野伍朗・直江史郎: からだの事典 成美堂出版 1994 年
- 6) 前田 仁・安田 亨: Mahematica 便利帖 株式会社サイエンティスト社 1996 年 5 月
- 7) W・グレイ: Mahematica 方法と応用 株式会社サイエンティスト社 1996 年 5 月
- 8) R・メーダー: MATHEMATICA プログラミング技法 株式会社トッパン 1992 年 3 月