



## 義肢・装具と動作分析

国立身体障害者リハビリテーションセンター学院 高嶋 孝倫

### はじめに

義肢装具士として何のために分析を行うのかを私なりに理  
由付けすると、少しでも本物の手足に近い義肢装具を患者様  
に持って戴くためであると考えています。そのために器械を  
使って動作の量や値を計測し、動作を構成する要素や条件な  
どに分け入って分析し、これらを論理的に解析する必要があります。

それでは計測・分析・解析の一連のながれはごく一部の義  
肢装具士が行う特異的な技術かというところではありません。  
日常行われている義足のアライメント調整は先ず目視による  
歩容の計測を行い、現状を分析し、さらにこれまで培ってき  
た知識を基に解析して原因を特定して調整を行うことにより、  
十分に納得のいく結果が得られています。これと先に述べた  
器械を使った分析との違いは数値的な正確さであり、その必  
要性を次のように考えます。今は未だ出来ないことを出来る  
ようにしようとするとき、新しいものを創ろうとするとき、  
解らない原因を突き止めるときには計画をたて、仮説を示し、  
これを検証する正確な計測的を射た解析を必要とするのでし  
ょう。また、確率を示すための統計処理も必要となってくる  
と思われまふ。こうして初めて、新規Bは既存Aに対して勝  
ると認められると思ひます。

### 一般的な計測と解析

現在、動作分析では3次元動作計測装置が全盛の時代とい  
っても過言ではありません。その応用例は、私も好きな  
StarWarsに代表されるCGを駆使した映画作りや鬼武者な  
どのTVゲームなど様々なようです。医用動作計測ではこれ  
と床反力、場合によっては筋電信号などを同時に計測してい  
ろいろな身体データを導出しています。義肢装具に関連する  
動作解析の報告をみてもこの方法が多いようです。代表的な  
値は関節角度変化と関節モーメントであり、今のところ関節  
回りの力を知る方法として有効です。この値が示す意味は、  
重力に逆らってある動作を行ったときに生じた関節回りの力

であり、例えば、麻痺足の駆動方向の力が健常者に比べて弱  
ければ、その差が麻痺の影響と考えられるといった考察が可  
能です。導出にあたってはニュートンの運動方程式を逆解析  
する方法がこの分野では一般的なようです。方程式の要素と  
して床反力とその作用点、関節点の位置座標はかなり正確に  
計測されます。しかし、例えば下肢をリンクモデルとした際  
の各リンクの質点座標、質量、慣性モーメントは科学的な根  
拠はありますが推定値であり、質点の加速度は座標をさらに  
二階微分したものである点が問題ともいえるでしょう。現時  
点で全盛の手法も決して完全無比ではないということです。  
この他の手法として、加速度計を用いて体重心に近似する点  
の加速度を直接計測する方法も報告されています。また、一  
部の二足歩行ロボットではこの加速度計と3次元ジャイロを  
使った姿勢の検出が行われているようです。自分が何のため  
にどの値を導出したいのかを見極めて、精度を含めて解析手  
法を検討することが大事ではないでしょうか。関節点の位置  
座標は正確に計測されると書きましたが、さらに細かいこと  
をいうと関節点ではなく皮膚上のマーカの位置であり、はじ  
めは一致していても動作と共にずれることも考えられます。  
これについて変わった計測を行ったので次に紹介します。

### 少し変わった解析例として 「歩行中ヒト足部の解析」

ここ数年間は人の足に関心を持っており、歩行中の足部内  
の解析を行う途中で得た結果を紹介しします。人の足は26個  
の骨が小関節によって組み合わさっており、歩行中に微妙に  
変位して特徴的な二足歩行を助けているといわれています。  
この変位を3次元動作計測装置で計測しようと計画したので  
すが、皮膚上のマーカがどこまで皮下の小関節の運動に近似  
するのかという疑問がわきました。そこで、X線ビデオによ  
って歩行中の足を撮影し、骨そのものをデジタル化して変位  
を算出しました。結果は内側アーチに相当する舟楔関節付近  
で両者はほとんど同じ値を示したのでした。X線ビデオによる

解析は被爆という危険性を伴うために全てこの手法を適用できないので、同等の精度を持つ3次元動作計測の足部計測への有用性を示したわけです。

この研究では内側アーチと外側アーチそれぞれの機械的インピーダンスを同定しました。一般的な関節モーメントの導出法を用いて各アーチ頂点のモーメントを求め、その力に対抗する足の中の靭帯や筋による抵抗力を解析によって求めたのです。その結果、多くの人は外側アーチの抵抗が強くあまり変形しないのに対して内側アーチは変形が大きいことも解りました。関節モーメントから発展してこの様な値を示すことも可能なようです。

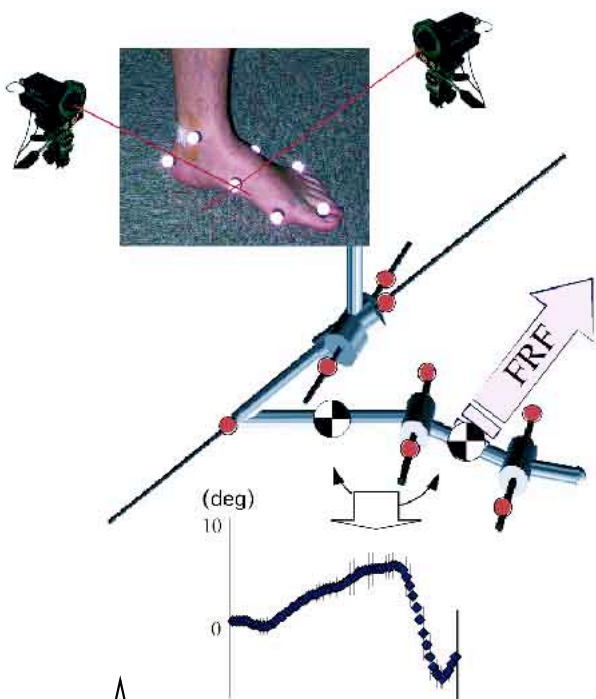


図-1

近年の動作解析で頻りに用いられる3次元動作計測装置では、皮膚上に貼付した赤外線反射マーカをCCDカメラで撮影することにより、マーカシステムによって構成された生体モデルの挙動を知ることが出来ます。図は歩行中ヒト足部の計測結果です。

## どのように役立てるか（おわりに）

はじめに述べたように、こうした解析は最終的にはよりよい義肢装具のために役に立たなければ意味が無いと思っています。前節のような結果が人の足について言えるならば、義足足部の構造にもこのような挙動があった方がよいのかもしれない。詳細は省きますが、現在この考えの基に新しい義足足部を設計しています。試作品ができればその効果の検証のためにも動作解析が必要になるでしょう。歩行を主とする動作を助ける義肢装具は、ゴールとする動作を定量的に知り、現時点との差を解析することで一歩ずつ前進できると信じています。

図-2

図-1に示した解析結果の信憑性を踏むために著者らが行ったX線ビデオによる解析結果です。歩行中のアーチ角度変化では3次元動作計測との整合性が見られます。

