

第 74 回関東甲信静数学教育研究千葉大会記念講演

スポーツを分析的にみる

東京大学大学院情報数理工学系研究科

創造情報学専攻特任研究員

宮地 力

この記事は令和元年 11 月 19 日に千葉市民会館で行われた第 74 回関東甲信静数学教育研究千葉大会記念講演をまとめたものです。

1 はじめに

こんにちは、宮地力と申します。今日はこのようなところで話をする機会をいただきまして、大変光栄に思っております。今日の話は「スポーツを分析的にみる」ということで、あまり難しい話ではなくて、色々な動画を見てもらいながら、スポーツの話をするなかで、実はその後ろに数学とか物理とかが控えているんだという話をしていきたいと思っております。まずは私が今までやってきたこの話をしながら、それがどのようにスポーツとつながっているのかという話をしていきたいと思えます。



2 筑波大学での研究について

私は、2000 年まで筑波大学体育科学系のバイオメカニクス研究室というところで、スポーツを力学的に色々調べるということをやっていました。

バタフライロボットをつくったきっかけ

これは、パルスモーターを動力としてバタフライをするロボットです。



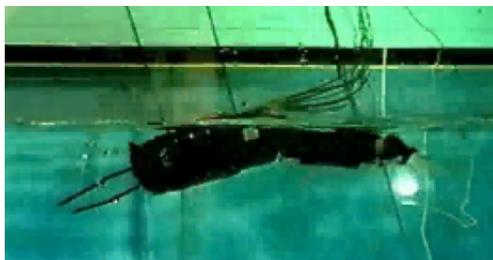
バタフライロボットの様子

なぜバタフライロボットをつくったのかというと、研究室にいた水泳部の学生との会話がきっかけでした。その学生の話だと「実はバタフライという泳ぎ方は結構簡単にできる。教えることだって簡単にできます。それより、よっぽどクロールなんかを教える方が難しい。バタフライだったら上手に教えれば半日くらいで泳げるようになります。」って言うんですね。その学生が言うには、バタフライという泳ぎ方は、手と足のドルフィンキックのタイミングが大事なんだそうです。この 2 つのタイミングを上手に教えられて、そして泳ぐ人がそれをうまく会得すれば、スッとできてしまうそうです。動き的にみると、クロールなんかは、手も脚も左右交互に動かさなければいけないし、途中で息もしなければ

いけないので、難しいです。一方、バタフライは手も足も左右同じ動きだし、そういう意味では簡単なのかもしれないですね。ところが、私もそうですが、バタフライって結構難しかったなっていう覚えがあるわけです。タイミングがちょっとずれるだけで、できたり、できなくなったりする。例えば目の前にバタフライができない人がいて、その人に「0.1秒はやく手をかいてごらん、そうするとうまくいくよ」なんて言ったって、できっこないわけですよね。その0.1秒をずらすことが初めての人には非常に難しいわけです。それが教えるコツなのでしょうけど。本当にその0.何秒のズレが大事なのか。手と足の動きは全く同じで、タイミングだけずらして泳がせるような実験をしてみれば、本当にタイミングが大事なのかということがわかるのではないかな。そう考えたのがロボットを作るきっかけでした。

ロボットが人間に運動を教える

ロボットを作って実験をしていくなかで、いろいろタイミングを変えてみると、まるで下手な人がやるような、手と脚をバシャバシャしているだけで全然進まないバタフライをしてみたり、ちょっとタイミングをかえるだけで、面白いようにスーッスーッと進むようになっていたりしました。



バタフライロボットの脚が真っ直ぐな様子

こちらの動画をみてもらえばわかると思うんですけど、手をかくところで後ろの脚がちょうど真っ直ぐになっているんです。実

はそのタイミングがとても重要で、手をかこうとすると、脚が上がってしまうと、ブレーキになってしまって、全然進まないんです。それはロボットを作ってみてわかったことです。ロボットという存在は、人間に運動を教えてくれるという意味では面白い存在だし、実際に、ロボットを使って鉄棒の蹴上がりを教えている先生もいます。例えば、工業的な動きであるとか、職人的な動きであるとか、そういった上手な動きというのを、ロボットに学ばせて、覚えさせて、動きを真似てみるということをしている事例もあります。そういう意味では、人間の動きとロボットの動きは近いものであって、そのなかで、人間はどうしたらうまくできるのかということが、ロボットの動きからわかるのではないかな。そういったことも研究の1つとしてやっていました。

成長するロボット

今では、水泳ロボットの本格的な研究を、東京工業大学の先生がされていて、大会をやったりとか、色々計画されているみたいです。我々の時には、今みたいに難しく複雑なロボットではなくて、ただシンプルにバタフライをするだけのロボットを作っただけでした。1番最初にバタフライロボットを作り始めたときは、なかなかうまく前に進んでくれませんでした。そこで、ドルフィンキックをサインカーブに合わせてみたり、いろいろ試行錯誤してみたんですけど、悪いときにはロボットが後ろに進んでしまっていたりしていたんですね。そこで、バタフライが上手い人の映像を見て、真似てみようということになって、真似をしてみたんです。そしたらなんと、ちゃんと前に進むようになったんですよ。そういうことを、ロボットが自動的に学習して、ロボットが勝手に成長していくなんてことも、もしかしたら可能になるかもしれないと思います。

ロボットの人間らしさ

実験を始める前は、ロボットなんだから1日中実験ができるだろうと思っていたんですけど、実はこのロボット、20分以上泳ぎ続けると、頭がだんだん上がってきてしまって、逆に脚は下がってきてしまうんですね。それで「ちょっと休憩」といって、ロボットを水の中から出して、30分くらい待つと、ちゃんとまた水平をとって、元の通り泳げるようになるんです。なぜかと考えていたんですけど、ロボットの中にはモーターが入っているのです。だんだん熱くなるんですね。そうすると胴体側が膨れてきて、浮力が出て、頭が上がってしまったんだと思います。人間らしいところがあるんだな、なんて思いましたね。ちょうど水に浮かべたときに、水平になるようにバランスをとるように作っていたんですけど、それが狂ってしまうということもわかりました。

3 国立スポーツ科学センターでの研究について

筑波大学には2000年までお世話になりました。そして2000年に、国立スポーツ科学センターというのができて、「日本がもっとメダルをとれるように色々やろうじゃないか」ということで、そこに移動しました。スポーツ情報工学という、スポーツと情報を組み合わせたような研究をはじめました。そこで、1番最初に宙返りの研究をやりました。

映像でわかる白井選手の宙返りの秘密

このスライドは白井君が高校生の時のものです。さて、いまの宙返りは何回ひねりだったかわかりますか？

そうですね、4回ひねりです。パッと1回見るだけじゃわからないですよ。もちろん、スローモーションで見れば、1、2、3、4と簡単に数えられます。動画というものも、ス



白井選手の宙返り（4回ひねり）の様子

ローモーションにしたら、細かいところまで色々確認することができるようになるんです。さらに、コマ送りで、1コマごとに見れば、もっとゆっくり色々なことを確認することができます。しかし、4回ひねりのような技をやるときは、もちろんひねることも大事なんですけど、ひねりはじめたら、勢いがあるから、4回であろうと何回であろうと勢いで回転はできてしまうんです。実はひねっている途中はそんなに難しい動きはしていないんです。ただ、回転しやすい体勢をとって静止しているだけです。つまり宙返りで大事なところは、どのように床を蹴って高く浮いたか、ということなんです。白井君の宙返りは、他の人より10cmくらい高いんですけど、特徴的なところとしては、彼の宙返りは床を蹴る瞬間まで、ずっと膝が曲がらないところなんです。

普通宙返りをするときには、ジャンプをするわけですから、膝を曲げるんじゃないか、って思う人が多いと思うんですけど、彼の膝は全然曲がらないんです。ただし、床を見ると、床を蹴ったときに、すごく沈んでいることが見てとれます。実際には10cm以上沈んでいるんです。つまり、白井君の宙返りは、もちろんひねるところも素晴らしい動きをしているのだけれども、蹴りのところがものすごい難しい動作をしていて、膝を一切曲げずに、その膝を叩きつけるようにして、床の反動で飛んでいるんです。白井選手の宙

返りは、床に体を叩きつけるようにして、床の弾性をうまく使っているんです。そういうことが、スローモーションを見ればわかるんです。普通のスピードの動画では、ほとんどわからない。実際にやっていると見ても、あまりにも一瞬なので、わからない。けれども、それを映像という形で、分析的にみるということをするれば、床に体を叩きつけるという技術がわかるようになるわけです。



白井選手の膝が曲がらない様子

映像から原因を探る

こういうことは、スポーツ選手が映像を見ている理由のひとつですね。もちろん、宙返りだけじゃなくて、色々な動作をするときに、その技がなんでできているか、どういう風にやっているのか、それをわかったうえで練習をはじめることができれば、それを覚えやすいような練習方法を組み立てたり、技術的にそれをトレーニングしていくことができるから、同じようなことを早くできるようになる。「なぜか？」というところを分析的に探すことは、スポーツの世界でも非常に大事なことなのです。これがわからない人は、漫然と見ているだけだから、なかなかできるようにならないんです。

白井君の宙返りで大事なところは蹴りのところですが、蹴りのところでどうやってはやい速度で体を床にぶつけるか、というところがもっと大事な技術なわけで、それはもう一

個前のバク転のところから見ていかなければいけなくて、実は白井君のバク転は、普通のバク転とは違う動きをしているんです。そのようにして理由を少しずつ考えていくと、原因を探ることができるわけなのです。

4 スポーツを分析的にみる

私が国立スポーツ科学センターにいたときには、こういった映像を、選手たちが観たいときに自由に観られるように、道具作りをするのが私の仕事でした。2000年にはまだYouTube というものはなかったんですね。じゃあどうやってみんなに映像を見せようか、っていうところから考えなければいけなかったのですが、YouTube と似たような映像配信の技術をつかって、誰でも映像が見られるようにしていました。

柔道で映像を活用する

例えば柔道の選手達は、対戦相手がどういう技をしてくるのか、映像を見ながら研究をして、その技がきたら、それに対してどう対処するのか、ということを常に考えながら、練習をしています。

ちょうど北京オリンピックの6ヶ月くらい前でした。三井住友柔道部の人たちが、ものすごくいっぱい映像を見ていたんですね。こちらでは、どこのチームの誰がどのくらい映像を見ているのかを全部チェックしていたので、三井住友柔道部がほかの何十倍も映像を見ていることがわかっていました。そこで、いったいどういうことをやっているんだろうと思ひまして、北京オリンピックが終わったあとに行ってみたんす。そこには金メダルを取った上野雅恵選手もいました。その選手たちは、畳の上にパソコンを置いて、それで自分の対戦相手の試合を逐一全部検索していたんですね。対戦相手はどんなことをやってくるのか、得意技は何なのか、ということを見てながらピックアップして、パー

トナーの人に同じ技をやってもらい、それに対して自分はどう返すのか、という練習を、オリンピックの半年近く前からずっとやっていたというんですね。それを聞いて、映像をもっと見やすいように提供するとか、コマ送りができるようにするとか、そういった道具を作ることが、スポーツ選手がうまくなるためには必要なんだと思い、そういうシステムを作っていました。それが国立スポーツ科学センターにいた時の私の仕事でした。

映像データベース作成

今日のタイトルでもある「スポーツを分析的にみる」ということを、もちろんオリンピック選手もするし、それは我々も同じようにしないといけないわけですね。私がここにいたとき、柔道だけじゃなくて、いろんなスポーツの映像がデータベースにあって、1番最初は2005年くらいから蓄積が始まったんですけど、2016年に私が辞める頃には、スポーツの映像としては16万件くらい入っていました。体操競技だけで4万件から5万件くらいで、柔道でも5万件、バレーボールでも3万件。種目によって映像の長さは違います。例えば柔道であれば、試合の最初から最後まで全てが録画してあります。柔道連盟が世界中の国際試合に自分たちのスタッフを送り込んで、全てを映像に残すんです。実際本番で誰と対戦するかなんてわからないわけですから、とにかく全員の映像を撮って、それを国立スポーツ科学センターに送って、全部の配信準備をして、検索するとパッと出てくるというような仕組みを作っていました。ですから、映像はどんどん溜まっていくんです。YouTubeなどとは関係なしに、スポーツ科学センター独自で映像データベースを作って、それをオリンピック選手たちのために提供していたわけなんです。

同じスケートなのに全然違う

もうひとつ面白い話があります。スケートの映像配信を、スケート連盟の人たちと一緒にやっていたときの話なんですけど、スピードスケートとフィギュアスケートで同じスケートなんだから同じようなものなのかな、と思っていたら、実は全く違うんですね。まず、スピードスケートのほうは、世界の最新映像を高校生にも見せるようにしてくださいというリクエストがありました。つまり、北海道の高校とか、強い選手が育つ高校の選手たちが高校生のころから映像を見ながら、最新の技術とか、いろんなことを早く学べるようにしたいということで、高校生でも見られるようにしたいということだったんです。一方、フィギュアスケートのほうは全く違うリクエストでした。特に女子フィギュアなんですけど、10歳前後のころに全国から選手を集めて合宿をやるんですね。その時に伸びそうな選手をピックアップするんです。10歳から12歳くらいの若いうちにピックアップをして、カナダやアメリカのコーチのところへ送って、それで育てるとというのが強化の方法だったんです。じゃあなんのために映像を使うかというと、フィギュアスケート連盟で上手な選手をコーチに送ろうとするときに、いろいろな推薦の話がきたり、その選手の評価を聞いたりするんです。そうしたところ、やっぱり実際に動きを見てみないとわからないというんですね。それで、そういう子たちが集まる強化合宿の時の映像を残しておいて、強化部の人たち10人くらいにその映像を見せて、本当にこの選手はいいな、とか、この子はあまり伸びないかもしれないな、というようなことをピックアップして、有望な選手にいいコーチをつけたり、育てる方法を考えたりするんです。ということで、同じスケートでも競技が違えば映像の使い方は全然違うということです。

5 東京大学大学院での研究について

国立スポーツ科学センターは2016年に定年となりまして、今までやってきたことを活かしたいなと考えていたところ、東京大学工学部石川正俊先生のところで特任研究員をさせていただくことになりました。

絶対に負けないじゃんけんロボット

石川研というのは、みなさん数学の先生だったら、もしかしたらじゃんけんロボットというものをご存じかもしれませんね。人間とロボットでじゃんけんをして、絶対にロボットが負けないんです。だけど、これは後出しているわけではないんです。ロボットは、人間の動き自体を画像処理で見て、これはチョキだなと判断して、先にグーを出すんですね。人間は出そうとした手を止められないので、ロボットはすでにグーを出しているんですけど、チョキを出してしまい、負けてしまうんです。ロボットは、人間よりも速い動きや、画像処理をすることが可能なので、勝つことができるというわけです。じゃんけんロボットのように、高速で画像を処理するという技術が、この研究室の一番コアな技術であり、それをいろんなものに応用しようという研究をされているのが石川先生なんです。高速というのは、普通のビデオカメラだと、1秒で30コマから60コマくらいの速さで撮るところを、1000コマで撮るのです。1000コマでも、やっていることは同じで、1枚ずつコンピュータに取り込むことを、超高速でやると1秒で1000コマ分を取り込めるわけです。1msecで1枚です。1msecで画像処理をして、これはチョキを出すな、とか、ここまで出したらもうチョキから変えられないな、というところまで、1msecの中で判断をしていくのです。この高速画像処理はいろんなことに使えます。例えば、車の自動運転とかにも、こういう技術が使えるわけです。

1/1000秒で色々なことを判断して、それに対して対応することができるので、色々なことができるようになるわけです。

ゴルフスイングの可視化

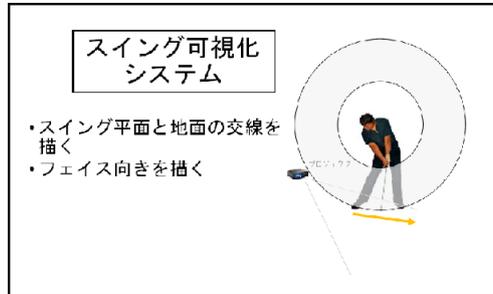
私の研究室での活動はというと、高速画像処理が活かせるようなスポーツということで、数あるスポーツの中からゴルフを選択し研究することにしました。ゴルフのスイングの難しいところはいろいろありますが、ちゃんと自分のスイングがボールのところに行っているのか、その時にフェイスの向きがどうなっているのか、ということが、スイングしている最中にはわからないということなのです。振り終わってスライスだったな、とかはわかるんですけど、やってるときにはわからないところが難しいところなんですよ。スイング自体が高速でどうなっているのかわからない。なので、それを高速画像処理で調べて、ボールへの当たり方や方向を予測しながら、スイングの特徴がわかるような仕組みを作る研究をやっているところです。



ゴルフスイングの撮影の様子

スイングしている人の足元の線はスイングの方向を示しています。クラブヘッドを1/1000秒で撮影して、今どこにいるのか、それからヘッドの向きはどちらを向いているのか、画像処理をして、それをプロジェクターで床面にかく、というのを繰り返して、1/1000秒ずつずつと出しているとスイングの方向が見えるというものを作っています。

まだ市販するところまでいけていなくて、これを使ってうまくなるのかどうかを今検証しているところです。



ゴルフスイングの可視化システム

こういう風にスイングを可視化するシステムは、今までだと、スイングをし終わった後に、ビデオの映像をみて分析するという感じなので、ビデオに映像が出るころには自分がどうやってスイングをしていたのかを忘れちゃうんですね。人間は感覚を覚えていられても数秒です。特に筋肉の感覚を覚えていられる時間は短いので、なるべくそういう感覚が残っている状態で可視化できると、今まで以上に早く上手になれるのではないかと、いうことを、その研究室ではやっているところです。これはもちろん分析的にやるんだけど、人間ではわからないようなところをビジュアライズして、結局最終的に、どうやろうか、というところは人間が頭で考えてやらなければいけないので、分析のお手伝いをしている、といったようなものです。

スポーツを分析的にみて楽しむ

こういうような形で、自分がスポーツに関して、ロボットであったり、映像を紹介したり、ハイスピードの画像処理をしたり、そうやってスポーツがうまくなるための道具を作ってきたわけですね。そこには、必ず分析的にみるという視点が大事だということなのです。これは、スポーツを専門的にやる人だけの話だと思われるかもしれないけれど、ス

ポーツを見る側だって、ただ漫然と見るだけではなくて、プレーのプロセスまでちゃんと見ないと、本当に楽しむことはできないと思うんですね。スポーツの映像の見方を学習して、分析的にみていると、選手がやっている技術がみえてくるんです。そういう「分析的にみる」という技術が身についてくれば、テレビでスポーツを見ていても面白い。それだけではなく、今度は自分の映像を撮って、分析的にみれば、悪いところがわかってくる。そうすると、自分の練習にもつながるし、スポーツを楽しく見ることもできるし、自分が上手になることもできる。そういうことでいえば、分析的にみるということは、非常に大事な能力であるわけです。

6 ランニングを分析的にみる

もう少し数学チックな話もしてみようということで、映像分析をやってみます。

「ランニングを分析的にみる」ということで、まずは走っているときに足が空中に浮いている時間と、足が地面についている時間をそれぞれ調べてみようと思います。

これからやることは、どんな動画でだってできる簡単なものです。試しに YouTube の動画 (<https://youtu.be/Z6HcZoKohjw>) でやってみます。実は、YouTube の動画も、一時停止した状態で、ピリオドを押すとコマ送りができます。ピリオドの隣のカンマを押すとコマ送りが戻ります。この機能は YouTube の本にも書いてないんですけど、こういう機能があるんですね。この動画の走っている人だと、1, 2, 3, 4, 5 コマくらいで足が地面に着いて、1, 2, 3, 4, 5 コマで離れます。空中時間と接地時間は、大体 5 コマずつくらいで、ほぼ同じ位だということがわかります。

動画をコマ送りで数値分析

それではまず、速度から求めてみたいと思

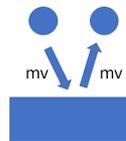
います。大体ランニングのときの一步の歩幅は、身長くらいですから、1.7m ということにします。接地が5コマ、空中が5コマなので、接地から次の接地までというのは5+5で10コマということになりますね。1秒30コマなので速度は1.7を10で割って、30をかけると求めることができます。つまり速度は歩幅の3倍くらいになっているということがわかるわけです。

次に、滞空時の高さを求めてみたいと思います。空中にいる時間 T は5コマとわかっているの、あとは高校の物理の本にも書いてある自由落下の公式 $h = \frac{1}{2}gt^2$ を使って求めることができます。空中にいる半分の時間で落ちとわかります。ていると考えればよいので、 t に $\frac{T}{2}$ を代入して計算すれば出せますよね。それで計算すると大体3cmくらいだ走っている時ってすごくジャンプしているのかなと思われがちですけど、意外とジャンプしてないんですよ。3cm ですからね。そんなことがわかったりするんですね。

次に、接地時の速度について求めてみます。距離の式は $\frac{1}{2}gt^2$ でしたが、これを微分したものが速度ですから、速度は gt ですよね。そして、空中にいる時間が T で、 t に $\frac{T}{2}$ を代入して計算すれば速度は0.81m/secとなります。接地時の速度は1秒間に80cm位の速度で落ちているということがわかるわけです。

運動量と力積

- $mv - m(-v) = ft$
- $60 \cdot 0.81 - 60(-0.81) = 97.2 \text{ kg m/s}$



次は運動量と力積の関係についてです。実際にランニングをしている時って、人間が落ちて弾んでまた上がっていくような感じ

なのですが、ほぼずーっと同じ速さで、同じ重心の位置で、走っているわけですから、バネのような感じになっていて、足が着く時の速さと足が離れる時の速さは、ほぼ同じになっているんですね。そうすると、右斜め下方向の運動量と右斜め上方向の運動量の間には力積が働いていて、それを計算すると、97kgm/sec になるってわけなんですね。

力を推測するには？

- もし、力が三角形とすれば
- $ft = (\text{時間}) \times (\text{力}) / 2$
- $97.2 = (5/30) \times (\text{力}) / 2$
- 力 = 1166.4 N

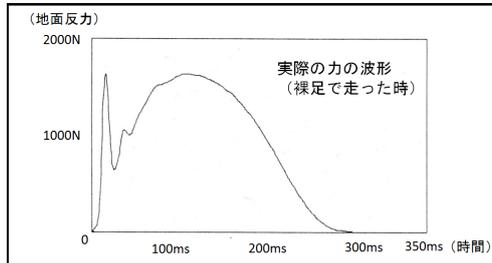


次は、その力がどれくらいなのか推測してみたいと思います。足にかかる力は、地面に着いた時からどんどん大きくなっていて、最後地面から足が離れる時には小さくなっていくから、この力の変化のグラフの形がちょうど三角形であると仮定して計算すると、力は1166.4Nということになります。簡単にいうと、走っているときの足には、100kg くらいの力がかかっているというわけです。これが走っているスピードがもっと速くなると、足の着いている時間が短くなるわけですから、受ける力は大きくなり、100kg, 200kg, 300kg くらいまで増えていきます。このように足が離れている時間とストライドがわかれば、どれくらいの力が足にかかっているのかということが推測できるのです。これは別に計算というほどのものではないですけど、こういう風に物理を応用すると色んな関係がわかってくるわけです。

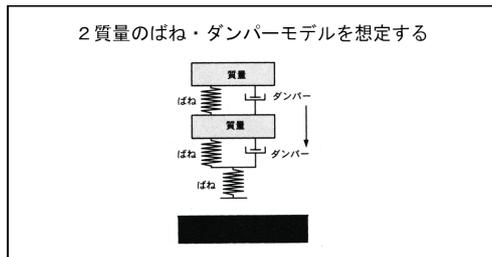
力の波形を分析

次は、実際に力を測ってみたときの、力の波形のグラフについてです。次のグラフは、地面の上に力を測る装置を置いて、その上を

裸足で走ったときの波形です。

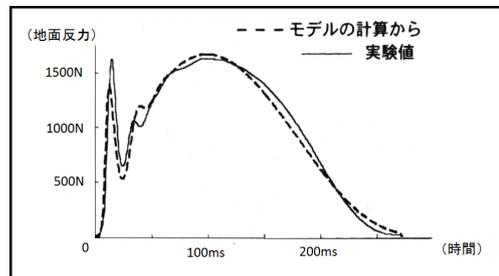


これを見て頂くとわかるように、まずは鋭いピークがきて、その鋭いピークが3回振動しています。そして次に大きな波がきます。その2つの波が重なったような波形になっています。そういう力を受けているということがわかります。もちろんこのピークのところが怪我の原因になったり、長い距離を走ったときの疲労につながったりするわけですね。



こちらは、ランニングの動作を再現する装置です。実際にランニングをしている時って、人間が落ちて弾んでまた上がっていくような感じなわけなので、バネを使えば再現できるのではないかと思ったんです。さっき話をしたように、走っているときって、落ちて同じ高さまで上がることの繰り返しなので、バネだけじゃなくて、その振動を制動するダンパーっていうものを組み合わせてモデルを作れば再現できるんじゃないかと思ったんです。そこで質量を2つ使い、その2つの質量をバネとダンパーで繋げて、質量の係数や弾性の係数や面性の係数を少しずつ変えながら、装置の上でバウンドさせて、さっきと同じような波形になるのか試してみました。質量の係数や弾性の係数や面性の係数を調べ

る時には、さっきみたいなシンプルな数式にはならないですけど、要は衝突の部分は運動方程式で表せるので、運動方程式を使って、ある初速 v でぶつかった時の初期値解を求めるということをすれば良いのです。そうすると、あるパラメータを決めてドンと落とせば、色々な形の波形が出てくる。そのパラメータを実際に少しずついじって、実際の波形とシミュレーションした波形の差が最小になるようにコンピュータに計算させました。その結果がこのグラフです。

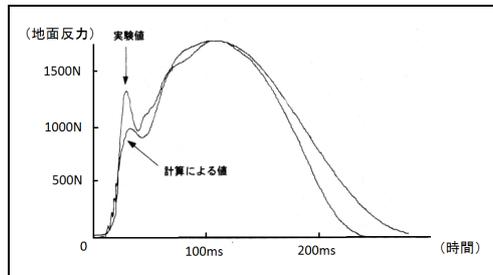


点線がモデルで作った波形、実線が実際に走ったときの波形です。見てわかるように、かなり似ています。パラメータをいじるだけで、ほぼ同じ波形を作ることができました。

この鋭く振動しているところは、小さい質量が振動しているところなんですけど、これは人間でいえば足首のところがバネみたいに動いていて、小さい質量 m の値は、等価的に足の質量と等しいぐらいの値になっているのです。それからもう一つの大きい波の方は、体全体の質量が大きなバネに繋がって跳ねているような状態になっていて、それが大きな山と小さな山になっているんです。それは足首と膝の屈曲のようなものであるというようなことが、だんだん見えてくるのです。

先程のグラフは裸足で走ったときの波形でしたが、同じことをシューズを履いて走ったときでもできるのかやってみようと思いました。シューズの部分は粘弾性のモデルで表し、裸足のモデルに靴モデルをくっつけてシミュレーションをしました。靴モデルも人体

モデルも同じような、直列に力を加えるダンパーモデルにしました。そういったモデルでシミュレーションしてみたら、こんな感じの波形になりました。



見て分かるように、同じになると思ったのですが、同じにならなかったのです。特に大きく違っていたのは、最初のピークの部分です。そこがシミュレーションでやるとすごく低くなってしまいます。実際に人が靴を履いて走った時の値はずいぶん高い値になっています。これはどういうことかということで、原因を考えてみると、実際には人間が靴を履くと裸足とは違う走り方になっているということなんです。つまり、上のモデルが変わっちゃっているということですね。どういう風が変わっているのかというと、裸足モデルに靴モデルをくっつけると力が小さくなってしまっただけで、実際に人間が裸足で走った時と靴を履いて走った時で全体としてピークになる値はそう変わらないぐらいになっているのです。つまり、裸足の時は痛いからそっと走っていたんだけど、靴を履いたら痛くないので、おもいきり走ってしまったわけです。人間の走り方の変化が粘弾性的にみたらモデルが変わってしまったということになるのです。それでは、どのくらいに調節したらいいのかというと、人間だってどこかにセンサーがあるはずだし、そのセンサーで色々調節してるはずだし、その調節が狂った時には怪我をしてしまったりするのだけれども、つまり人間は、このくらいの固さだなと思ったところが、思ったよりすごく

固かったりすると、ものすごく大きな力を受け、そういう時に怪我をしてしまったりするんです。そういうようなところが今回の結果として表れてるのだと思います。実はこういう調節の裏というか、別の結果として出てきているんだということがわかってたりしているんです。

7 最後に

そういう意味で、これは1つの例ですけど、スポーツというのを分析的にみていくと、色々な運動の仕組みがわかったり、それが上達に繋がったり、人間が調節しているということが見えてきたり、というところが非常に面白いところです。こういうことを、今途中で方程式を解くとかあったように、全てに渡ってベースになっているのは数学的なモデルを解くということなのです。つまり人間の実際はどうなっているんだろうということから、1回モデルの世界へ置き直してシンプルにして考えてみて、それを数学の世界で解いて、それをもう1回解釈し直したら人間はどうやっているんだろうということが段々見えてきたということです。



以上でちょうど時間になりましたので、本日の「スポーツを分析的にみる」という話はここまでにさせていただきます。どうも御清聴ありがとうございました。