

# モーショキャプチャによる動物の 動きの計測と解析

梶浦 文夫

倉敷芸術科学大学生命科学部

(2008年10月1日 受理)

## 1. はじめに

2006年度倉敷芸術科学大学生命科学部に、動物や動物医療について学ぶ生命動物学が新設された。この学科のカリキュラムは、「動物看護」と「実験動物」を中心に学ぶように構成されている。それらの科目群の中に、動物の行動や動きを解析することの基礎を学ぶ「動物行動解析」という科目があり、著者が担当することになった。

「動物行動解析」では、鳥の渡り、魚の回遊など動物行動の様々な調査法（衛星利用追跡や最近のGPS利用追跡など）を紹介したり、様々な調査の結果を統計的に扱う方法を学んだり、動物たちの動きの計測や解析を扱うことになっている<sup>1-12)</sup>。これらの内容のうち、動物の動きを計測解析する実習について、約3年間に渡って準備してきた。

本学には2003年度にモーショキャプチャシステムが導入され、人や物体の動きを3次元座標値の時系列データとして計測記録することが可能となった。そこで、このシステムのうち一部を借用し、動物の動きの計測のために利用することにした。これによって、(1)モーショキャプチャにより動物の動きを計測する、(2)計測データをもとに動きを様々な角度から解析するという実習の全体像ができあがった。

学科新設時入学した1期生が3年になり、今年度後期からこれらの講義と実習が始まる。現時点では、実際の講義や実習はまだ始まっていないので、本論文ではこれまで計画し準備してきた講義・実習内容および実習のために開発したMicrosoft Excelの追加機能について報告する<sup>13-15)</sup>。

以下では、モーショキャプチャシステム、対象科目と対象学生、3次元座標系の理解、Excel上での骨格表示、グラフ化について述べる。

## 2. モーショキャプチャシステム

モーショキャプチャとは、現実の人物や物体あるいは動物などの動きをデジタル的に記録する技術である。記録されたデータは、スポーツ、医療、CGアニメーションなどに利用される。モーショキャプチャの方式には、光学式、機械式、磁気式などがあり、それぞれ長所短所がある。本学に導入されているモーショキャプチャシステムは全部で3種類あり、全て光学式である。光学式モーショキャプチャの場合、座標を計測したい点

に反射マーカと呼ばれる球形の物体を取り付けて、同期した複数台のビデオカメラで撮影する。コンピュータの計測用ソフトウェアは、複数のカメラからの映像をもとに各反射マーカの座標を計算によって求める。この計算のためには、最初に8個の点の3次元座標値を入力するキャリブレーションという作業を行う必要がある。キャリブレーションはカメラの位置や向きを変更するたびに行う必要がある。

本研究で使用するのは2台のビデオカメラと1台のパソコンからなる非常にコンパクトなシステムである。図1にそのシステムの写真を示す。図1に写っているのは、赤外線照射機能付きビデオカメラ(120fps)2台、3次元座標計測用パソコン1台、キャリブレーションのための基準となる反射マーカである。また、図2に、3次元座標計測ソフトウェアradish(株式会社ライブラリー社製)の画面例を示す。図2の画面の上部の左右の画像は、それぞれ左右の2台のビデオカメラの映像であり、その中で白く輝く点が反射マーカである。計測しようとするすべてのシーンですべての反射マーカが2台のカメラに映るように位置を決めておかなければならない。

本システムは、2台のビデオカメラに同時に写っている複数の反射マーカの3次元座標値を1秒に最大120回計測することができ、計測されたデータはCSV形式のテキストデータとして保存することができる。モーションキャプチャシステム付属のソフトウェアを使えば、保存されたデータに対して様々な解析ができる。しかし、本研究の目的は、多数の学生が履修する実習で使用する事なので、専用の解析機能を使用せず、保存されたCSV形式のデータをExcelで解析させるようにした。

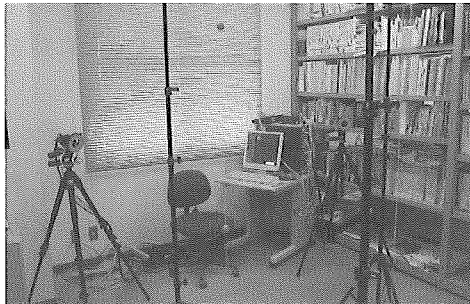


図1 モーションキャプチャシステム



図2 モーションキャプチャシステム画面例

### 3. 対象科目と対象の学生

本研究の対象科目は、生命動物科学科の講義科目の「動物行動解析」および実習科目の「動物行動解析実習」である。どちらも半期(後期)週1コマの科目であり、単位数はそれぞれ2単位と1単位である。開講時期は3年次後期、選択科目だがほぼ全員が履修すると思われるので、履修者数は50名弱の予定である。

「動物行動解析」「同実習」で取り扱う内容は、動物の動きの計測と解析の基礎、鳥の渡りとその調査法、魚の回遊とその調査法、各種調査結果の統計的な扱いなどさまざまある

が、中心となるのは本研究で扱う動きの計測と解析である。

学習内容に対する学生のレディネスを考察する。(1) 骨格に関しては、この講義を履修する以前に、「解剖学」、「動物機能形態学」という科目の中で、動物の骨格、筋、腱、靭帯とそれらのはたらきについて学んでいる。(2) コンピュータの操作や表計算ソフト Excel に関しては十分であると思われる。1 期生以後の学生は、高校で「情報」を学んでいる上に生命動物科学科でも、「コンピュータリテラシー」「病院情報管理学」「生物統計学」で基礎的な知識と活用力を身につけている。(3) 空間内の位置を 3 次元座標で表すことに関しては、十分とは言えない。学生は 2 次元の座標は理解していても、3 次元座標については十分に理解していない可能性が高い。このため、3 次元座標系の理解とそれに慣れることが重要である。

以上のことを考慮して、「動物の動きの計測と解析」の部分における重点学習目標は、(1) モーションキャプチャシステム、(2) 3 次元座標系、(3) ワイヤフレームモデルによる骨格の表現、(4) 時系列座標データの Microsoft Excel 上での加工・解析・グラフ化について理解することである。

#### 4. 3次元座標系の理解のために

生物・動物を中心に学んでいる学生たちであるため、まず最初に 3 次元座標系や立体について基本的なことを理解し、空間内の位置を 3 次元座標で表すことに慣れてもらうことが重要である。そこで、簡単な立体図形(直方体)をワイヤフレームモデルとしてデータ化し、Microsoft Excel 上で扱う練習課題を準備した。図 3 に、その作業用プリントの一部を示す。

学生は図 3 の見取り図中の丸の中に辺番号を、丸括弧の中に頂点番号を書き込む。その図を見ながら表 1 のような辺-頂点对応表を完成させる。次に、図 4 のような正面図、側面図中の頂点に、重なっているはずの 2 つの頂点番号を書き込み、それをもとにして表 2 のような各頂点の XYZ 座標の表を完成させる。

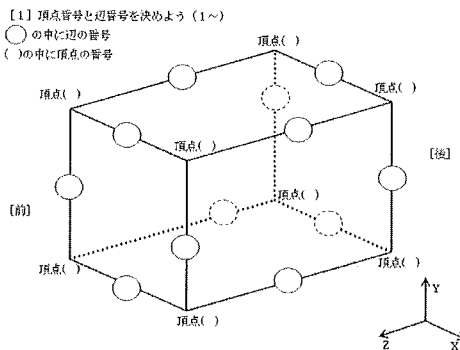


図 3 練習問題

表 1 練習課題の辺-頂点对応表

辺番号	頂点番号	頂点番号
1		
2		
3		
⋮		

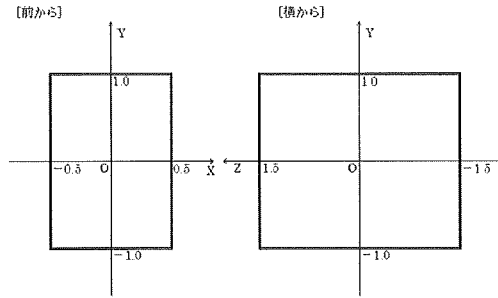


図4 練習課題正面図と側面図

表2 練習課題の各頂点の座標

頂点番号	座標		
	X	Y	Z
1			
2			
3			
:			

表1および表2のデータを Excel 上に入力し、簡単なワイヤーフレームモデルで表示した状態を図5に示す。図5の Excel 画面上にワイヤーフレームモデルが表示されているのは、著者が作成した簡単な VBA プロシージャの機能による。これについては、後に詳述する。

このような練習課題によって、学生は3次元座標系、立体のワイヤーフレーム表現、Microsoft Excel 上での扱いなどを学習していく。

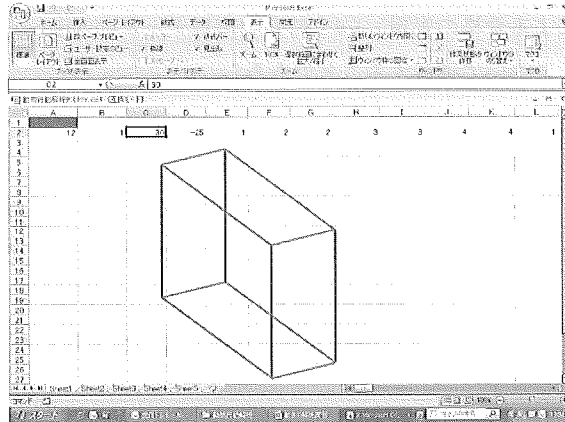


図5 Microsoft Excel 上で表現

## 5. Excel上でのデータ形式

モーシオンキャプチャシステムを利用して動物の動きを計測できれば、解析対象の関節の3次元座標値時系列データを得ることができる。これらを効率よく解析し、また必要に応じて骨格をワイヤーフレームモデルとして表示できるように、Excel 上でのデータ形式を表3のように決めた。

表1、表2では辺、頂点という用語であったが、表3では骨、関節という用語を使っている。ある時点の動物の骨格を Excel の1行で表す。1行の中のA列からD列までの内容は、表3のように固定である。E列(5列目)以降は、骨の数、関節の数によって可変長である。1本の骨のデータは2列分、1つの関節の座標データは3列分である。

各行に拡大率を記述しているので、拡大率を変化させてアニメーション表示させることができる。また、各行にY軸、X軸周りの回転角度を記述しているので、回転のアニメーション表示も可能である。

表3 各列の内容

列名	内 容	列名	内 容
A	骨の数 (辺の数)	:	関節 1 のX座標
B	拡大率	:	関節 1 のY座標
C	Y軸周りの回転角度 (°)	:	関節 1 のZ座標
D	X軸周りの回転角度 (°)	:	関節 2 のX座標
E	骨 1 の一方の端の関節番号 (1~)	:	関節 2 のY座標
F	骨 1 の他方の端の関節番号 (1~)	:	関節 2 のZ座標
G	骨 2 の一方の端の関節番号 (1~)	:	:
H	骨 2 の他方の端の関節番号 (1~)	:	:
:	:	:	:

### 6. Excel上での骨格表示

骨格のワイヤーフレームを表示するために、Excelの「SelectionChange (ByVal Target As Range)」というイベントプロシージャを利用した。Excel操作時に、ある行が選択される(矢印キーやマウスクリック)と、このイベントプロシージャが呼び出される。この中にVBAマクロで、「現在選択されている行のデータを使って、指定の拡大率、回転角度で骨格を描画する」プログラムを記述しておく。

このようにすることによって、ある行が選択された瞬間に、その行で定義されている骨格が表示される。しかし、このようなイベント処理を定義しておく、データを入力する場面でも頻りに骨格が描画されることになる。そこで、骨格表示モードと骨格非表示モードをつくり、キー操作でモードを切り替えられるようにしている。通常は非表示モードにしておき、骨格を表示させたいときだけ表示モードするとよい。

1行で1枚の骨格が描画されるので、選択する行を次々と選ぶ(例えば下向き矢印キーを押し続ける)と、簡単なアニメーション表示も可能である。図6および図7に走っているチータの骨格お表示する画面例を示す。

### 7. 実習例

モーションキャプチャにより学科で飼育している小動物(イヌ、ネコ)の動きを計測し、そのデータを用いて動きの解析をすることが目標である。しかし、人間や物体と比べてイヌなどの小動物の計測には様々

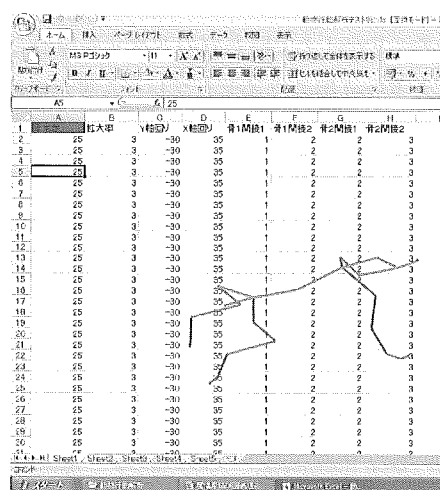


図6 Excel上でチータの骨格表示

な問題がある。それは、(1) 動物の身体には反射マーカをつけにくい、(2) 計測範囲空間内で動物を動かすのが難しいなどの問題である。そこで初年度は、モーションキャプチャの実習は人間をモデルにして行い、Excel上で解析をするときには予め教師側で用意した動物の動きの座標データ(CSV形式)を使うことから始めることとした。

実習の進め方の例として、(1) 図8のような動物の骨格図をプリントとして配布する。(2) 関節と骨を書き込み、番号を付ける(書き込んだ状態が図8)。このとき、関節番号はCSV形式データの関節番号と対応していなければならない。(3) CSV形式のファイルとして配布された3次元座標の時系列データをとプリント上に作成した骨・関節対応表をもとにして、Excelにデータを入力する。(4) Excel上でワイヤーフレーム表示するとともに、指定された解析を行う。

## 8. まとめ

モーションキャプチャにより動物の動きを計測し、解析する研究および教育の準備を行って

きた。Excel上で時系列の3次元座標値を使ってさまざまな解析が可能である。また開発したExcel用のワイヤーフレーム表示機能によってデータを視覚的に確かめることもできる。これから実践するところであるが、十分に教育効果が期待できる。

一方、人間と違って動物のモーションキャプチャには様々な問題があることが明らかとなった。今年度は実習中の動物のキャプチャを延期せざるを得ないが、来年度に向けて獣医師の教員との共同研究を通じて実現に向けての研究を進めていきたい。

## 文 献

- 1) JRA競走馬総合研究所編, “競走馬の科学”, 講談社, 東京, 2006.
- 2) James Serpell, “犬, その進化, 行動, 人との関係”, チクサン出版社, 東京, 1999.
- 3) Leon Hollenbeck, “犬の歩様力学”, 鳳鳴堂書店, 東京, 2002.
- 4) Eadweard Muybridge, “Animals in Motion”, Dover Pubns, , 1957.
- 5) Eadweard Muybridge, “Horses and Other Animals in Motion”, Dover Pubns, 1985.

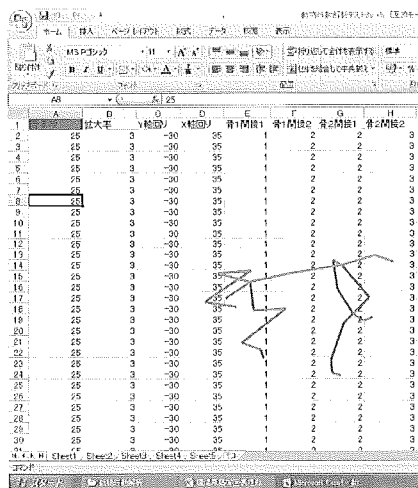


図7 Excel上でデータの骨格表示

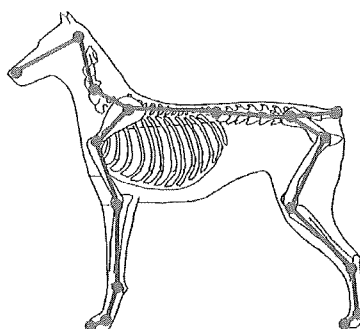


図8 イヌの骨格モデル

- 6) Pamela Hickman Pat Stephens, "Animals in Motion: How Animals Swim, Jump, Slither, Glide", Kids Can Pr, 2000.
- 7) Benjamin L. Hart, "動物行動学入門", チクサン出版社, 1995.
- 8) ジェームズ・サーベル, "犬-その進化的行動 人との関係", チクサン出版社, 1999.
- 9) 湯沢英治, "Bones-動物の骨格と機能美", 早川書房, 2008.
- 10) Stanley H. Done他, "Veterinary Anatomy", Inter zoo, 2003.
- 11) J. S. Boyd他, "新イヌとネコの臨床解剖カラーアトラス", チクサン出版社, 2003.
- 12) Leonard B. Radinsky, "脊椎動物デザインの進化", 海游舎, 2002.
- 13) 常見美保, "ExcelVBA辞典", 秀和システム, 東京, 2007.
- 14) C&R研究所, "Excel VBAゲーム大作戦1", エクスメディア, 東京, 2005.
- 15) C&R研究所, "Excel VBAゲーム大作戦2", エクスメディア, 東京, 2005.

## Motion Capture, analysis and Visualization of animal's Motion

Fumio, KAJIURA

*Dept. of Comparative Animal Science,*

*College of Life Science,*

*Kurashiki University of Science and the Arts,*

*2640 Nishinoura, Tsurajima-cho, Kurashiki-shi, Okayama 712-8505, Japan*

(Received October 1, 2008)

In 2003, a motion capture system was installed in Kurashiki University of Science and the Arts. Motion capture system is used for capturing the motion of men, objects and animals. Using saved data by motion capture system we can create CG animation and can diagnose a lot of things medically.

And in 2006, a new department was set up by Kurashiki University of Science and the Arts. In this department students learn the animal science and the animal medical treatment. The author takes charge of the subject "Animal behavior analysis" of the department. For this lecture the author has planned and prepared a teaching program. It is first Animal's motion is measured and recorded as a CSV files by the motion capture system. Second, saved CSV data are analyzed in several ways on Microsoft Excel. Third bone-frame (wireframe) of animals is visualized and animated on computer display. These process of practice makes learners to realize the fundamentals of animals motion.

This paper reports on a educational planning for animals motion and on the Microsoft Excel VBA procedure developed by the author.