

「運動学習へのVRMLの応用」

Application of VRML to motor learning

岡本 敦

Atsushi OKAMOTO

Abstract: The purpose of this study was to develop and evaluate motor learning system for golf swing using VRML. The driver shot of a women's professional golfer was recorded by using 2 synchronized high speed video cameras(200 fps). Three dimensional coordinates of body segments were obtained with DLT techniques. The model reproducing the motion of the golfer according to the coordinates was scripted with VRML.

Using this learning system, observer can see the motion of the model from the changeable visual point and field interactively, and what's more, we can see such as swing plane or weight shift during the motion. The professional golfer evaluated this system, it was suggested that this system is effective for the image training not only amateur but also professional golfer. We considered this system to be useful in case of motor learning for all level golfers.

Key Words : VRML, Golf, Motor Learning

1. はじめに

バーチャル (Virtual) は日本語で、「仮想」や「虚構」あるいは「疑似」と訳されることが多い。しかし「継承米語辞典」(The American Heritage Dictionary)によれば、バーチャルは「existing in essence or effect though not in actual fact or form」と定義されている。つまり、「みかけや形は現物そのものではないが、本質的あるいは効果としては現実であり現物であること」とされている。そして、これはそのままバーチャルリアリティ (Virtual Reality) の定義とも言えるのである。したがって、一般に使用されている、バーチャルリアリティ=「仮想現実」の訳は、英語の意味するバーチャルリアリティとは正反対とも言えるものである。

バーチャルリアリティという言葉が最初に登場したのは、1989年にVPL (Visual Programming Language) リサーチ社というベンチャービジネスが、データグローブとアイフォンという製品の紹介に使ったのが最初である。これによってバーチャルリアリティという言葉や概念が世間一般に知られるようになった。名付けの親はVPLの創始者であるJaron Lanierである。それ以前、1980年代の初頭から、計算機支援やコンピュータ・グラフィックス、コンピュータ・インタフェース、マンマシン・インタフェース、芸術分野における3D映像ホログラフィックアートやシミュレーション、臨場感通信会議に代表されるような通信分野、ロボット制御の分野などで研究が開始されていた。しかし、当初、各分野の研究者たちは、互いに非常に接近した領域を対象にしていることをほとんど知らずにいた。そして、1990年、MIT (マサチューセッツ工科大学) が中心となり、様々な分野のバーチャルリアリティの研究者を米国カリフォルニア州のサンタバーバラに集め、会議を開いた。それ

までは、それぞれの分野ごとにアーティフィシャルリアリティ (artificial reality)、テレイグジスタンス (teleexistence)、サイバースペース (cyberspace) などと呼ばれていたものが、その会議で議論されていく中で、バーチャルリアリティという言葉こそを、すべてを統合する名称とすべきだという暗黙の合意が形成されたのである。そしてそれ以降、この会議に参加した人たちが、それぞれの分野に戻り、バーチャルリアリティ研究としてさらに研究は加速されたのである。その意味から、1990年を「バーチャルリアリティ研究のビッグバン」と捉えることもできるのである。

バーチャルリアリティの最も特徴的な点は次の3点である。すなわち、コンピュータが生成する人工環境が、①人間にとって自然な3次元空間を構成しており、②人間がその中で、環境との実時間の相互作用をしながら自由に行動でき、③その環境と使用している人間と環境がシームレスになっていて環境に入り込んだ状態が作られていることである。これらをそれぞれ、「3次元の空間性」、「実時間の相互作用性」、「自己投射性」と呼び、この三要素すべてを兼ね備えたものが理想的なバーチャルリアリティ・システムである[1]。

バーチャルリアリティ技術の一つであるVRML (Virtual Reality Modeling Language) [2]は、インターネットなどのネットワーク上で3次元仮想空間を共有するWeb3D技術として、近年注目を集めている。VRMLは①インターネットなどのネットワーク上でVRMLデータを遠隔で共有できる、②一般のWebブラウザ (Internet ExplorerやNetscapeなど) でインタラクティブに三次元的な仮想現実の空間を表現できる、③キーフレーム・アニメーションによる運動の記述が容易である、④外観や表面材質を半透明などさまざまに

表現することが可能であるなど多くの特徴を持つ。これらの特徴はモーションキャプチャーなどで得られた身体動作の3次元座標の時系列データをもとに身体動作を3次元モデル化するには最適である。そこで本研究では、スポーツなどの運動学習にこのVRMLを利用して、教師やコーチの示範の代わりとして学習モデルを提示するシステムを開発し、その有効性を検討することを目的とした。

2.方法

2.1.被験者

被験者はトーナメントに出場している女子プロゴルファー1名であった。被験者はグラウンドで5m前方に立てたウレタンマットに向かってドライバーを実打した。被験者の正面のやや上方からと右側方から、同期した2台の高速ビデオカメラ(NAC社製HSV-400)によって毎秒200コマで撮影した。あらかじめ空間座標が既知である12個の校正用のマークを写し込みコントロールポイントとした。得られたビデオ映像をパーソナル・コンピュータ(Sharp

社製X68000)の画面にスーパーインポーズし、クラブヘッド、頭頂点と左右の耳珠点、指尖点、手首、肘、肩、股関節、膝、足首の関節中心と腸骨稜、踵とつま先の座標解析を行った。解析した座標データからDLT(Direct Linear Transformation)法[3]によって身体各部の三次元座標値の時系列データを算出した。算出した三次元座標値の時系列データは遮断周波数14.2Hzの双方向バターワース型デジタルフィルター[4]によって平滑化した。

2.2.VRMLによるゴルフスイングの表示

VRMLによって女子プロゴルファーのドライバーショットを表示するために、上胴+頭部、下胴と左右の手、前腕、上腕、足、下腿、大腿、の14セグメントからなる身体モデルを作成した。DLT法によって得られた身体各部の三次元座標値の時系列データから身体各部のセグメントの変位と角変位を求め、VRMLに備わるPositionInterpolatorとOrientationInterpolatorによってキーフレーム・アニメーションを作成した(図1)。

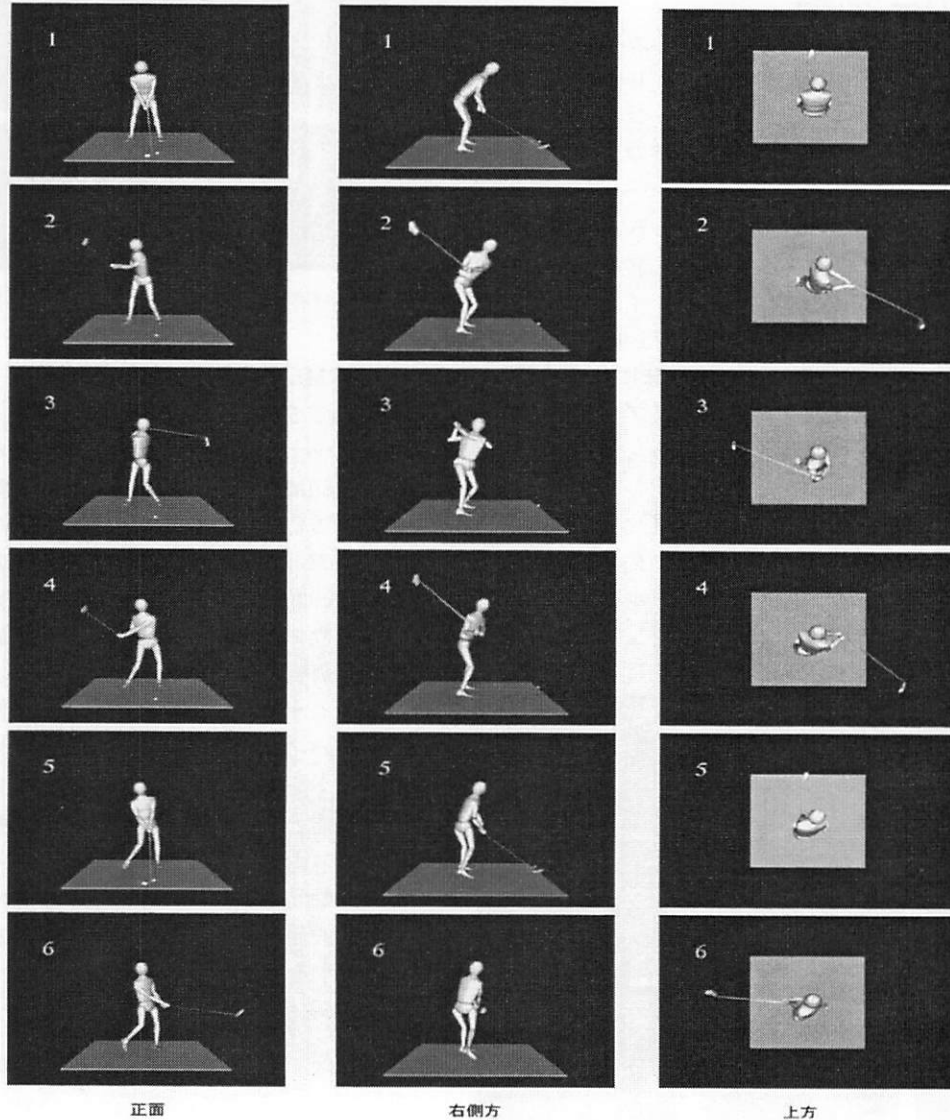


図1 VRMLによって表示された女子プロゴルファーのドライバーショット

3.VRML の運動学習への応用

スポーツなどの運動学習の指導場面において、指導者による示範は最も有効な方法であり、フォームなどの学習においてその重要性は古くから認められている。なかでも、初心者への指導においては、運動の全体像を理解させる上で重要な手法である[5]。また、運動学習に視覚モデルを利用する際には、モデルを観察する方向は学習効果を決定する重要な要素の一つである[6]。本研究では、VRMLに備わるViewpointノードによって、ドライバーショットのアドレスに向かって正面、側方、上方の三つの視点を設定した(図1)。そして、これらの視点をもとに学習者はマウスを操作することによって自由に視点や画角を変化させることが可能である。これによって、学習者はスイング動作を最も運動を理解しやすい視点からインタラクティブに観察することが可能となり、身体動作の全体像を理解することが容易になると考えられた[7]。

3.1.VRML によるゴルフスイングのイメージ形成

3.1.1.スイングプレーンの表示

図2にドライバーショットの身体動作にスイングプレーンを合成した表示例を示した。スイングプレーンとはゴルフスイングの練習でクラブの軌道をイメージさせる際によく使用される用語で、一般にはアドレス時の肩とボールを結んだ平面を意味する。このスイングプレーンという用語を最初に使用したのはベン・ホーガンであると言われている。ベン・ホーガンはバックスイングの軌道がアドレス時の肩とボールを結ぶ平面になり、ダウンスイングではクラブはそのインサイドを通過する[8]と説明した。しかし、最近のレッスンではこの部分の説明が曖昧になり、ベン・ホーガンの言うバックスイングのスイングプレーンだけでダウンスイングのクラブの軌道も説明するレッスンがしばしば見受けられる。しかしながら、本研究の被験者のスイングではトップ付近では比較的にスイングプレーンに近い軌道をクラブが通っているが、ダウンスイングの中盤からインパクトにかけてはアドレス時の腰とボールを結ぶ平面を通過している事が観察される。この点に関しては、今後、トッププロのデータを蓄積して詳細な検討が必要である。

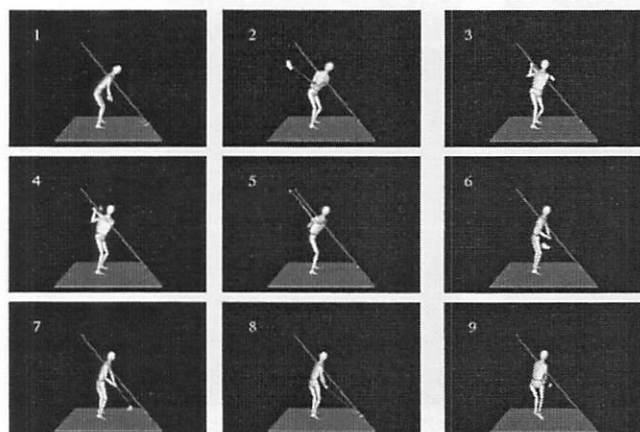


図2 ドライバーショットの身体動作にスイングプレーンを合成した表示例

3.1.2.体重移動の表示

ゴルフスイングの指導ではクラブヘッドを加速する技術の一つとして体重移動がしばしば利用される。これを力学的観点からみると、バックスイングで右足に体重を移動しておき(右利きの場合)、その体重を左足へ移動した際の運動量を、いわゆる左半身の壁によってクラブヘッドへ転移させる技術と言うことができる。この技術によって、クラブヘッドを効率良く加速することが可能になる。しかし、この体重移動を強調しすぎるとスウェーを引き起こして視線の移動によってボールを正確に打つことができなくなるという危険性ははらんでいる。したがって、ゴルフスイングの体重移動ではインパクト直前に体重を右足から左足へ急激に移動させるのであるが、その時、できるだけ頭を移動させずに視線を一定に保つという高度な技術が必要とされるのである。本研究で表示した体重移動の棒グラフは、身体重心を地面に投影し、身体重心が両足の幅の何パーセントの位置にあるのかを相対値で示した(図3)。

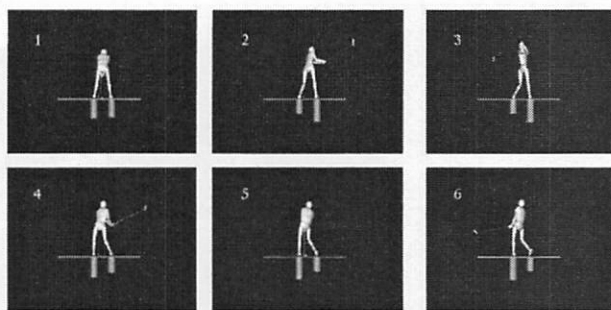


図3 ドライバーショットの身体動作に体重移動を棒グラフで合成した表示例

3.2.VRML による立体表示

VRMLビューアであるCortona VRML Clientは2000年12月15日のversion 3.0 release 49のバージョンアップでDirect3Dに対応して、立体表示が可能となった。この立体表示の方法は、パソコンの3Dゲームの表示方式を利用したものである。本研究ではエルザ社のグラフィックボードGladiac920と液晶シャッター付きメガネ3D Revelatorを使用して立体表示を行った(図4)。従来、バーチャルリアリティの研究で使用されるヘッドマウントディスプレイは数百万円もする高価なシステムであったが、パソコンゲーム用のデバイスを利用することによって数万円のグラフィックボードと1万円程度の液晶シャッター付メガネで立体表示が可能となった。今後、学校体育やスポーツクラブなど、実際のスポーツの学習場面でバーチャルリアリティを応用した運動学習システムを構築する際には、本研究のように比較的安価なシステムで立体表示することによって、普及が促進するものと考えられる[9]。



図4 VRMLによる立体表示例

3.3.VRMLによるe-Learning

VRML データはWWW サーバに登録することによって、一般のWWW ブラウザ (Internet Explorer や Netscape) で Cosmo Player や Cortona などのプラグインを使用して、インターネット上のホームページで閲覧可能である。また、`<embed>` タグを用いることによってVRMLデータをWebページに埋め込む表示が可能になるので、VRMLの動画像とその解説を同時に表示することによって学習者の理解を深めることが可能である。さらに、ハイパーリンクを組み合わせることによって、学習者が自分のレベルの合った課題を選んだり、自分の目標に適したテーマを選んで学習することも可能である (図5)。

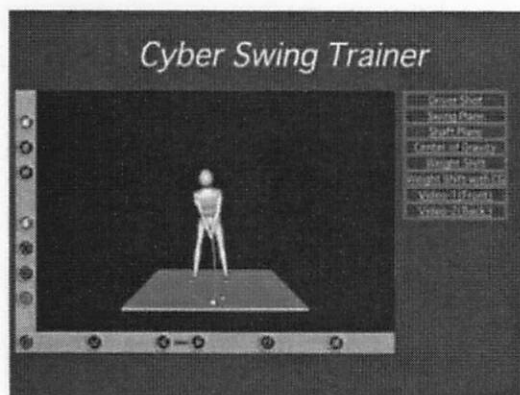


図5 Webページに埋め込まれたVRMLの表示例

インターネットへの接続は、従来のダイヤルアップによる接続から、ADSLによるブロードバンド接続へ急速に変化してきているが、同時に、携帯電話やPHSを利用しての接続や無線LANによる接続など、多様な接続方法が利用可能となった。これらのPHSカードや無線LANによるインターネット接続を利用すれば、パソコン教室に限定されることなく、体育館やグラウンドなど、様々なスポーツの学習場面で本学習システムを利用することも可能である。

4.女子プロゴルファーによる評価

本システムの有効性を検討するために、本研究の被験者である女子プロゴルファーに評価を受けた。その結果、以

下のコメントが得られた。

①今回作成されたモデルは撮影当時の被験者のスイングの特徴を正確に再現していたか?

バックスイングでオーバースイングしてしまうところや、クラブフェースの開き、ダウンスイングでの腰の回転など自分のスイングの特徴が正確に再現されていた。

②本システムとビデオとの比較

ビデオの映像は漠然としており膝などの関節の動きが正確に把握できないが、本システムでは膝の動きやクラブフェースの向きなど正確に表示されており、身体の動きが分かりやすくゴルフスイングの観察に非常に有効であると思う。

③イメージトレーニングにVRMLは有効か?

非常に有効であると思う。

④今回のシステムを練習に使用してみたいか?

是非使用してみたい。そして、最近のスイングを撮影して以前のスイングと比較してみたい。

⑤VRMLによる表示システムの問題点は?

アマチュアは自分のイメージと実際の動作の違いが分からないので、自分のスイングも取り込んで表示できると良い。

5.今後の課題

本研究では学習モデルとして女子プロゴルファーのデータを使用した。が、体格・体力の劣る学習者に適用するには問題となる場合もある。また、運動学習の指導場面では、学習者のレベルに応じた学習モデルが必要かもしれない。今後は、学習者の学習レベルや体格・体力に応じて、最適化された学習モデルを提示するシステムを開発することが必要である。

6. まとめ

本研究ではゴルフのスイング動作を例にして、VRMLによって運動学習の学習モデルを提示するシステムを構築し、その有効性を検討した。その結果、女子プロゴルファーより、VRMLによる運動学習モデルの提示は運動のイメージ形成に有効であり、実際の練習にも取り入れてみたいとのコメントを得ることができた。これらの結果より、本研究で提案したVRMLによる運動学習システムは、初心者からプロゴルファーまで、すべてのレベルのゴルファーの学習に有効なシステムであることが示唆された。

【参考文献】

- [1] 舘 暉：バーチャルリアリティ入門，筑摩新書，pp13-40, 2002.
- [2] Rikk Carey, Chris Marrin, Gavin Bell, Mitra, "Virtual Reality Modeling Language Specification Version 2.0", <http://www.web3d.org>, Moving Worlds, August 1996.

「運動学習への VRML の応用」

- [3]池上康男：写真撮影による運動の三次元的解析法，
Jpn. J. Sports Sci. , 2-3, pp. 163-170, 1983.
- [4]Winter, D. A. :Biomechanics of Human Movement,
John Wiley & Sons, Inc. , pp. 25-107, 1979.
- [5]松田岩男編：運動心理学入門，大修館書店, pp. 145-
146, 1976.
- [6]日本体育協会監修：コーチのためのスポーツ人間学，
大修館書店, pp. 65-69, 1981.
- [7]岡本 教ほか：平泳ぎ泳動作表示システムへのVRML
の応用，日本バーチャルリアリティ学会第5回論文
集, 123-126, 2000.
- [8]Ben Hogan : The Modern fundamentals of golf, Nicholas
Kaye Ltd, pp. 61-83, 1957.
- [9]岡本 教ほか：VRML による立体表示運動学習システム
の開発，日本バーチャルリアリティ学会第6回論文
集, 31-34, 2001.