

# 生体情報を利用した人工現実感の スポーツイメージトレーナへの応用

上條 憲一・福住 伸一・山崎 敏正 (日本電気・C & C研究所)

**Abstract:** The authors proposed a new Virtual Reality (VR) system using psychological and physiological data which reflected users' mental situations and voluntary and involuntary reactions. The VR system consists of psychological and physiological data measurement system, human information processing models and artificially intelligent feedback systems. As a case study for the VR system, an attempt was made to apply the system to Sports CAI, in particular, Sports Image Training System for skiing. According to trainer's weight for skiing, the system made CG images for skiing and displayed them on the head-mounted display which the trainer wore or displayed on the CRT screen in front of the trainer.

**Keywords:** Artificial Reality, Virtual Reality, Psychological Data, Physiological Data, Sports CAI, Image Training.

## 1 はじめに

人工現実感 (Virtual Reality、以下 VR) は、次世代の新しいヒューマンインタフェースとして様々な分野から注目を浴びている。使いやすさ・見やすさなどのヒューマンファクタ的な観点では、従来の VR システム評価の多くは、立体視における最適パラメータの設定や、視野と画面効果の定量化、動作と表示の遅延時間等の主にシステムに関する静的な評価に留まっていた。今後は、静的なものに加え、より疲労感が少なく快適なシステムを構築するために、仮

想環境内での作業中の「心地よさ」を実現する必要がある。これには、生理・心理的な情報の反映と適応的な制御系が必要不可欠である。筆者らは、このような「心地よさ」を実現するために、人間の生理・心理状態を反映する生体情報を利用した人工現実感を提案している [1]。さらに、システムのアプリケーションとして、スポーツ CAI を取り上げ、その一例として、実写映像を利用したスキーのイメージトレーナのプロトタイプを開発した [2]。

本稿では、生体情報を利用した人工現実感、スポーツイメージトレーナの概要と、CG 映像を利用した

---

Applying Virtual Reality Systems Using Psychological and Physiological Data to Sports Image Training System  
KAMIJO Ken'ichi, FUKUZUMI Shin'ichi, YAMAZAKI Toshimasa  
(C&C Information Technology Research Laboratories, NEC Corporation)

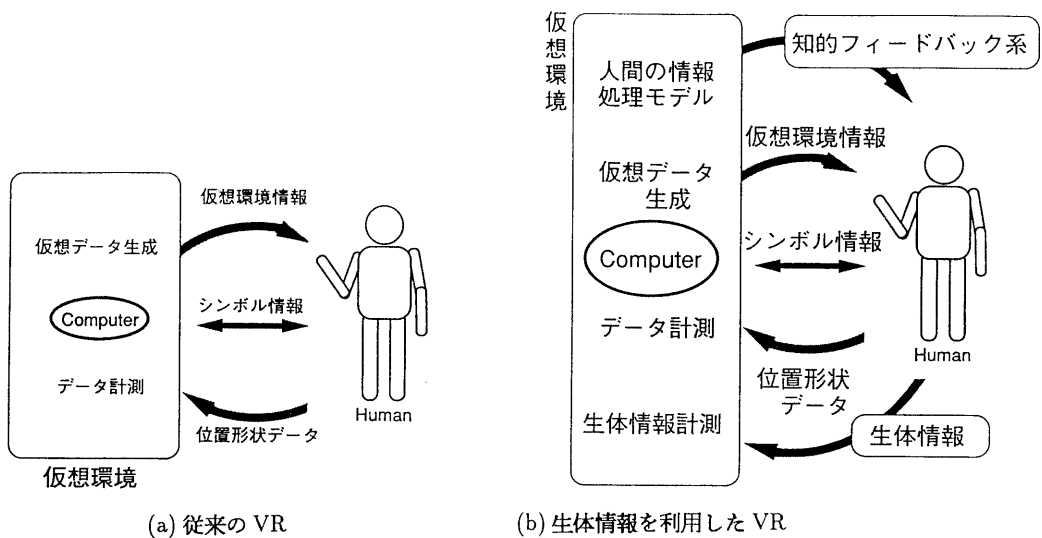


図 1: ヒューマンインタフェースの情報処理プロセス

スキーのイメージトレーナについて述べる。

## 2 生体情報を利用した VR

従来の多くの VR システムにおいて、ユーザは身体の状態や位置に基づいた物理的な単純モデルとして表現されているに過ぎない。VR システムを使用する際の違和感を減少させ、ユーザに対して積極的に情報の提示(例えば、アドバイス)を行うためには、ユーザのメンタルな部分も含めた内面的な状態のモデルが必要である。このようなモデルを持つことによって、仮想世界の現象とユーザの認識機構のより良い適合が実現されると思われる。このためには、時々刻々と変わるユーザの内部状態を推定しながら、適応的に提示する情報を変えていかななくてはならない。著者らは、生理反応を利用した適応型インタフェース [3] の概念を発展させ、VR との融合を行った。ユーザの認識機構に適合させるためには、図 1(b) に示すような「生体情報の収集」と「知的フィードバック」の技術が不可欠となる。本稿で述べる生体情報とは、前述のように人間の生理データから心理データまでを含む。また、知的フィードバックは、人間の情報処理モデルに従って、環境情報の与え方や種類などを制御することである。

生体情報を利用した VR は、生体情報計測系、情

報処理モデル、知的フィードバック系から構成されている。生体情報計測系は、生体情報として、例えば、刺激に対する心理的反応や反応時間、重心動揺、脳波や誘発脳波、皮膚抵抗値、筋電活動、脈波、眼球運動などを計測する。これらは、ユーザの意識/無意識的な反応、随意/不随意反応を測定するための指標である。

情報処理モデルは、ユーザの内部状態を推定するために構築される。内部状態として、例えば、緊張度、興味、注意などが考えられる。また、一般的な状態と個人差などを表現できるようにする必要がある。しかしながら、早急にこのようなモデルを構築するのは困難であるので、第一段階は、理想的な状態で計測したデータを教師データとして保持しておき、そのデータとの差を出力するようなモデルなどから構築する。

知的フィードバックは、ユーザの内部状態についての情報処理モデルに基づいて、ユーザに対する環境情報の与え方や制御量、種類等を決める。これらは、必ずしもユーザの内部状態のみで決まるわけではなく、ユーザが置かれている状況(仮想世界)に応じて、制御量を変える。例えば、教育システムでは、知的フィードバックは訓練者へのアドバイス情報を作成したり、訓練者の緊張度に応じて課題設定を変えたりする部分となる。

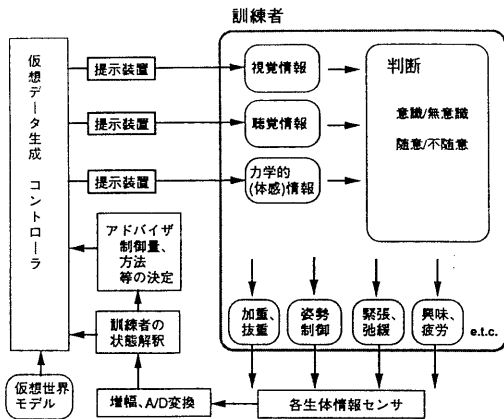


図 2: スポーツイメージトレーナのシステム概略図

### 3 スポーツイメージトレーナへの応用

スポーツでは、「身を持って覚える」ような訓練が主であり、特に、初級者に言葉で動作方法を伝えることは非常に困難である。また、訓練の心身状態に合わせて訓練方法を選択することは効果的であるが、従来そのようなことを考慮しているシステムは非常に少ない。このため、言葉では伝えられない情報を計測し「身を持って教える」ことを可能とするスポーツ CAI システムを提案した。これは、生体情報を利用した VR の一応用例である。スポーツイメージトレーナのシステム概略図を図 2 に示す。このトレーナは、スポーツのイメージトレーニングのやり方が分からない初級・中級者を対象として、映像提示によりイメージトレーニングの手助けを行うことを目的としたシステムである。

筆者らは、知的フィードバックの有効性を検討するために、スキーの実写映像を用いてプロトタイプを構築した [2]。このプロトタイプでは、生体情報として、重心移動を計測している。スキーのトレーニングにおいて、バランスは重要な要因の一つであり、平衡反射受容器、中枢神経系、末梢神経系の三者の働きによって保たれている [4]。スキーでは、訓練者の重心位置の決め方や加重抜重のタイミングをエキスパートの動作に近づけるような訓練が効果的である。通常、バランスの訓練は、グレンデを滑る姿を想像しながら行うイメージトレーニングが一般的である。本システムは、イメージトレーニングをより

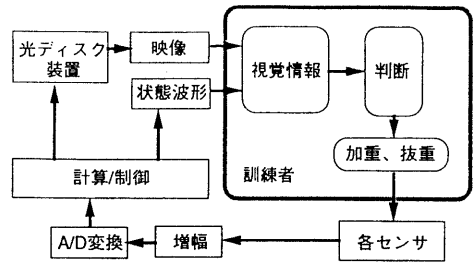


図 3: プロトタイプでの信号の流れ

効果的に行うために、訓練者の動きに合わせて提示する映像を変えたり、訓練者とエキスパートとの加重データのずれを視覚的アドバイスとして表示したりすることが可能である。

プロトタイプにおける信号の流れを図 3 に示す。プロトタイプは、歪計による重心位置・加重抜重センサ、増幅器、A/D コンバータ、パーソナルコンピュータ、光ディスク装置、動画プロセッサ、CRT ディスプレイから構成されている。提示される実写の映像は、緩やかな斜面のグレンデを滑るエキスパートのスキーヤーの映像で、エキスパートの後方から撮影したものである。エキスパートは、ブルークボゲンやパラレルターン、ブルークウェーデルン等で数種類の緩斜面を滑っている。訓練者は、重心位置・加重抜重センサのある板の上に乗って、正面に置かれた CRT ディスプレイに映し出される映像を見る。その映像のエキスパートに合わせて訓練者が重心の移動及び各足への加重抜重を行い、スキーの回転動作をする。その際、訓練者の加重抜重状態を生体情報として計測する。そのデータとあらかじめ計測してある教師データとの比較を行って、その違いをスーパーインポーズにより、訓練中にリアルタイムで視覚情報として提示する。

初級者がボゲンのイメージトレーニングを行った際の加重状態の例を、図 4 に示す。上下の波線は、横軸を時間経過、縦軸を加重の強さとしたグラフである。上のグラフが左足を、下のグラフが右足の加重の変化を表す。左右の長方形内は、ある時点での左右足の加重位置と加重の強さを円の中心と半径で表している。ともに、実線が訓練者で、破線がエキスパートのデータである。この図より、初級者とエキスパートでは左右の足にかける加重状態は似ているが、加重位置がエキスパートより後ろになっている

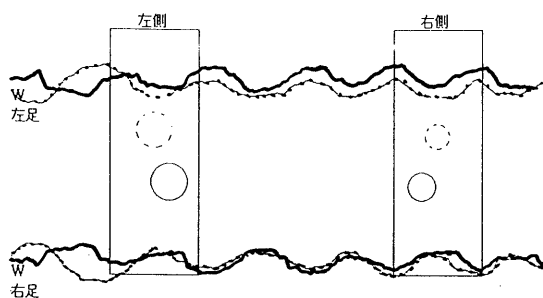


図 4: 加重抜重状態の訓練者とエキスパートの比較 (ボーゲン、実線: 訓練者、破線: エキスパート)

ることが一目でわかる。このように、訓練者はこの視覚情報により、自分の加重位置を前にしなければならないことをリアルタイムで知ることができる。このように、生体情報を利用した VR の枠組みでスポーツイメージトレナーを実現することにより、言葉では伝えにくいアドバイスを訓練者に与えることが可能になった。

#### 4 システム構成

実写の映像を利用したプロトタイプで、スポーツイメージトレナーの有効性が示されたため、より適応的な制御を行うために、CG 映像によるシステムを構築する。新たなスポーツイメージトレナーのシステム構成を図 5 に示す。本システムでは、ワークステーションで CG を作成し、スキャンコンバータを介して、頭部搭載型ディスプレイや CRT ディスプレイに表示する。訓練者は、CG による仮想グレンデの映像を見ながら、イメージトレーニングを行うことになる。当初は、CG による効果の要因を調べるために、ワイヤフレームでの映像とした。この映像は、滑走という動きによって立体感を強調できるので、イメージトレナーの効果を評価する上では十分な映像であると考えられる。システムは、主に、重心移動計測装置、アドバイザー、仮想世界コントローラ、画像提示装置等からなる。重心移動測定装置が生体情報計測系、アドバイザーが知的フィードバック系に相当する。

##### 4.1 重心移動計測装置

重心移動計測装置の概略図を図 6 に示す。図において、a, b は左足前部の加重を検出する歪センサ、

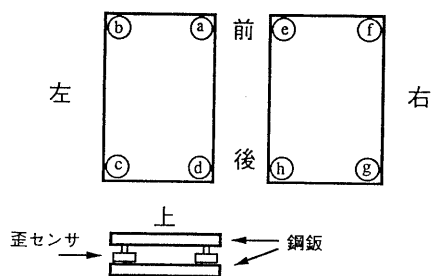


図 6: 加重/抜重センサ構成図

c, d は左足後部の加重を検出する歪センサ、e, f は右足前部、g, h は右足後部の加重を検出する歪センサである。センサ a, b, c, d で検出された左足の加重データ及びセンサ e, f, g, h で検出された右足の加重データはアンプ及び A/D コンバータを通してパソコンに取り込まれ、左足加重全体  $w_{left}$ 、右足加重全体  $w_{right}$ 、左足左右方向  $h_{left}$ 、右足左右方向  $h_{right}$ 、左足前後方向  $v_{left}$ 、右足前後方向  $v_{right}$  のデータとして計算される。これらの計算式は以下の通りである。

$$\begin{aligned}
 w_{left} &= a + b + c + d \\
 w_{right} &= e + f + g + h \\
 h_{left} &= ((a + d) - (b + c)) \times A \\
 h_{right} &= ((e + h) - (f + g)) \times A \\
 v_{left} &= ((a + b) - (c + d)) \times B \\
 v_{right} &= ((e + f) - (g + h)) \times B
 \end{aligned}$$

但し、A, B はセンサの位置に応じた定数である。

本システムはスキースキーの初級・中級者を対象としているので、ボーゲンを滑る時の体型に合わせて、「ハ」の字に重心移動計測装置を配置する。

##### 4.2 アドバイザ

アドバイザーは、重心移動計測装置からのデータから、訓練者のグレンデ滑走状態を推定し、必要とあればアドバイスを与える。グレンデ滑走状態は、仮想世界モデルに蓄えられている仮想的なグレンデの情報を基に、次のように推定する。

1. 訓練者がいる仮想グレンデの傾きと動摩擦係数、体重、滑走方向に応じて、速度の増減を行う。

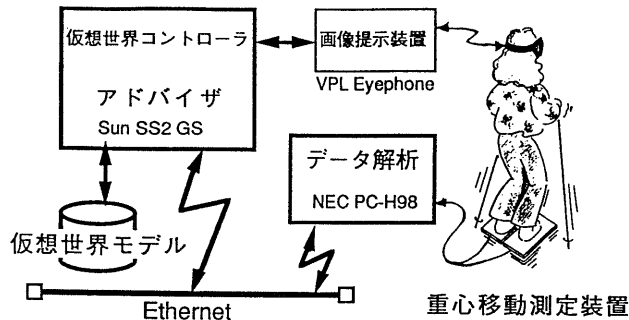


図 5: システム構成図

2. 加重が板の内側にあれば、加重モーメントに応じて、その足の板の速度を緩める。
3. 加重が後ろにあれば、加重モーメントに応じて、板の速度をかなり速める。
4. 加重が前にあれば、加重モーメントに応じて、板の速度を速める。
5. 左右の板の速度が異なっていたら、全体の方向を変える。
6. これらを総合して訓練者の位置と速度を計算する。

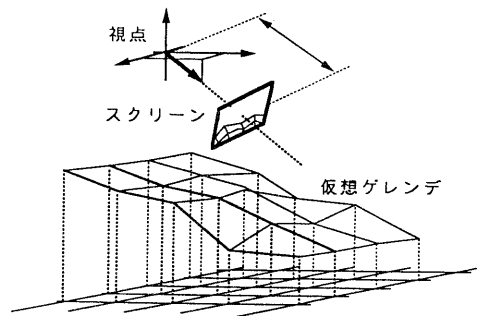


図 7: 仮想ゲレンデの模式図

以上の滑走状態の推定を繰り返し行い、仮想ゲレンデ上での訓練者の位置を計算する。ただし、仮想ゲレンデの滑り初めは、前方に傾いているとする。

アドバイス情報としては、初心者が陥り易い後傾(重心が板の中心より後ろにある状態)を回避するために、訓練者の視野の中に、前後の加重状態を矢印として表示することなどがある。

#### 4.3 仮想世界コントローラ

仮想世界コントローラは、アドバイザーが計算した仮想ゲレンデ上での訓練者の位置と、実空間での訓練者の頭部の位置・方向から、訓練者に見せるCG映像を作成する。仮想世界モデルに蓄えられている仮想ゲレンデをワイヤーフレームで描く。仮想ゲレンデの模式図を図7に示す。仮想世界コントローラは、このスクリーン上に投影される仮想ゲレンデを表示する。

尚、仮想世界モデルの仮想ゲレンデのデータは次のように生成する(図8参照)。

1. おおまかにメッシュを切る。
2. いくつかの傾斜を組み合わせる。
3. 円弧の一部をランダムに配置し、傾斜と組み合わせる。
4. メッシュ上の高さを計算する。
5. メッシュ以外の点は、スプライン補完 [5] によって求める。

傾斜の角度や、ランダムに配置する円弧の数によって、仮想ゲレンデの難易度を調整する。

#### 4.4 画像提示装置

画像提示装置として、VPL社の頭部搭載型ディスプレイ Eyephone、もしくは、訓練者の前に置かれた大型CRTディスプレイを用いる。いずれも、訓練者の頭部には、実空間での位置と方向を測定するセンサが付けられる。仮想世界コントローラは、

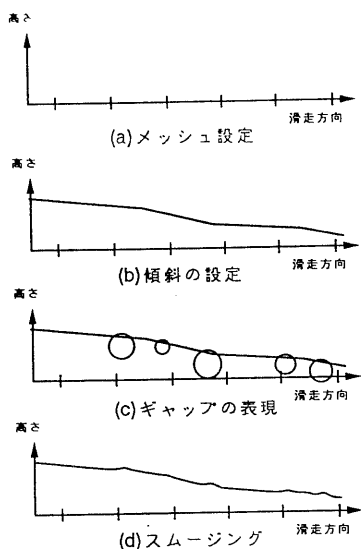


図 8: 仮想ゲレンデの生成方法(分かり易くするため、断面図にしてある)

画像提示装置の種類によって提示すべき映像が異なるので、それぞれに対応してCGデータを生成する。

## 5 まとめ

人間の生理・心理状態を反映する生体情報を利用した人工現実感システムとして、スポーツCAIを取り上げ、スキーマのイメージトレナーを開発し、その機器構成を述べた。今後は、訓練者の緊張状態などを推定するための生体情報を計測し、その状態に合わせて、訓練コースを変更するような、より適応的なメカニズムを知的フィードバック系に付加する予定である。

## 参考文献

- [1] 上條, 福住, 山崎: “生体情報を利用した人工現実感の提案 - スポーツイメージトレナーの構想 -,” Proceedings of the Seventh Symposium on Human Interface(1991).
- [2] 福住, 上條, 高木, 山崎: “生体情報を利用した人工現実感の応用 - スポーツイメージトレナー

の試作-,” Proceedings of the Seventh Symposium on Human Interface(1991).

- [3] 飯田, 剣持, 山崎: “視覚効果の定量化による適応型インタフェース構築の試み,” Proceedings of the Sixth Symposium on Human Interface, 2213, pp.351-356(1990).
- [4] 福住, 山崎: “ストレスマネジメントに関する研究 - VDT作業による精神疲労と目の調節機能及び平衡機能の関係 -,” Proceedings of the Seventh Symposium on Human Interface(1991).
- [5] 例えば, 市田, 吉本: “スプライン関数とその応用,” 教育出版(1979).