

## インターネット (WWW) を利用した 平衡機能訓練システムの開発

吉澤 正文† 吉村 哲也† 濱崎 省吾† 早川 美保†  
高杉 紳一郎† 棚占 哲郎† 上島 隆秀†

†松下電器産業 (株) 研究本部 九州飯塚研究所      †九州大学 医学部 リハビリテーション部

我々は、高齢者や障害者の身体機能の維持回復を支援するシステムの開発を進めている。今回、平衡機能の改善を目的とするシステムの試作を行なった。本システムでは、患者にCG映像を提示し、患者が行なう訓練動作に連動してCG映像をインタラクティブに変化させることで、訓練を楽しみながら行なうことができる。また、在宅リハビリテーションへの展開を目指し、通信インフラとしてインターネットを利用する。試作の結果、インターネットを利用して少ないデータ量やパソコンレベルの処理能力でもインタラクティブな訓練が行なえることが確認できたので報告する。

## Development of Balance Ability Training System using Internet (WWW)

Masafumi YOSHIZAWA†, Tetsuya YOSHIMURA†, Shogo HAMASAKI†,  
Miho HAYAKAWA†, Shin-ichiro TAKASUGI†, Tetsuro NEJIME†,  
Takahide KAMISHIMA†

†Corporate Research Division, Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.

†Department of Rehabilitation, Faculty of Medicine, Kyushu University

We are developing a system which aids to preserve and recover the physical function of the patients (aged or disabled people). We made a trial system which could improve the balance ability. This system gives a training with amusement by showing CG image which could be changed according to the patient's action in training. Besides, aiming at applying to community based rehabilitation, we used Internet as the communications network. As the result, using Internet, it is found that the patients could train interactively, even small amount of data and PC's cpu power.

## 1 はじめに

近年の日本では、高齢化社会を迎えつつあり、在宅介護のための環境整備について議論されている [1]。

一方、高度情報化社会に向けた環境整備も進められている [2]。

このような流れの中、情報通信技術をリハビリテーションに応用する試みが行われている。例えば、通信線を利用し、在宅でのリハビリテーションを遠隔地の病院から支援するシステムの研究 [3] などがなされている。

また、一般に身体機能改善用の運動機器には退屈なものが多いと言われており、従来のアミューズメント機器（ワニ叩きゲーム等）を応用した機能改善機器 [4] などの開発も行なわれている。

我々は、高齢者や障害者の身体機能の維持・回復を支援するシステムの研究開発を行なっている。今回、平衡機能の改善を目的とするシステムの試作を行なった。

本システムでは、患者にCG映像を提示し、患者が行なう訓練動作に連動してCG映像をインタラクティブに変化させることで、訓練を楽しみながら行なえるようにする。また、在宅リハビリテーションへの展開を目指し、通信インフラとしてインターネットを利用する。試作の結果、インターネットを利用して少ないデータ量やパソコンレベルの処理能力でもインタラクティブな訓練が行なえることが確認できたので報告する。

## 2 動的平衡機能訓練

医療現場でのリハビリテーション訓練としては、座位耐性訓練、座位バランス訓練、立ち上がり訓練、歩行訓練などがある [5]。これらの訓練の目的のひとつに、平衡機能（バランス機能）の改善がある。今回の試作では、この中で動的な座位バランス訓練に注目した。

動的座位バランス訓練の概要を図1に示す。

この訓練は、椅子に座った状態で積極的に前後左右に上体を傾け、あるいは体をひねってバ

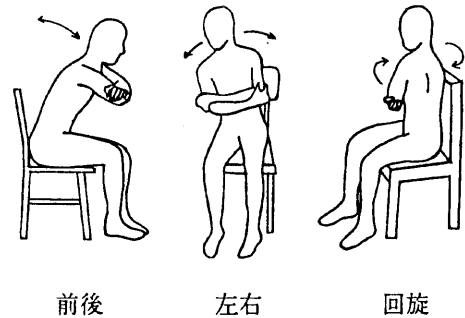


図1: 動的座位バランス訓練

ランスを崩し、また元の姿勢に戻すという動作を繰り返すものである。この動作により、立ち直り反射や平衡反応といった各種姿勢反射を強化すると同時に、腹筋や背筋などの体幹筋力の回復、増強をはかり、その結果として、体幹の動的姿勢制御能力の向上を目指す。

本システムでは、上記訓練で行なわれているような前後左右への上体の動きをシステムへの入力として用いることで、患者に上体の運動を行なわせ、動的姿勢制御能力を向上させる。

## 3 システム

### 3.1 概要

システムを大きく端末側とサーバ側に分け、それぞれをインターネットに接続する（図2）。サーバ側は病院やリハビリテーションセンタ等のセンタ的施設に、端末側は入院患者のベッドサイドや在宅高齢者・障害者の家庭、地域の保健福祉施設等の訓練現場に設置することを想定している。

端末側では患者の前にディスプレイを置き、CGで合成した仮想的な空間を表示する。患者は、動的座位バランス訓練と同様な上体の運動を行なうことで、仮想的な空間内を移動できる。また、訓練結果はインターネットを介してサーバ

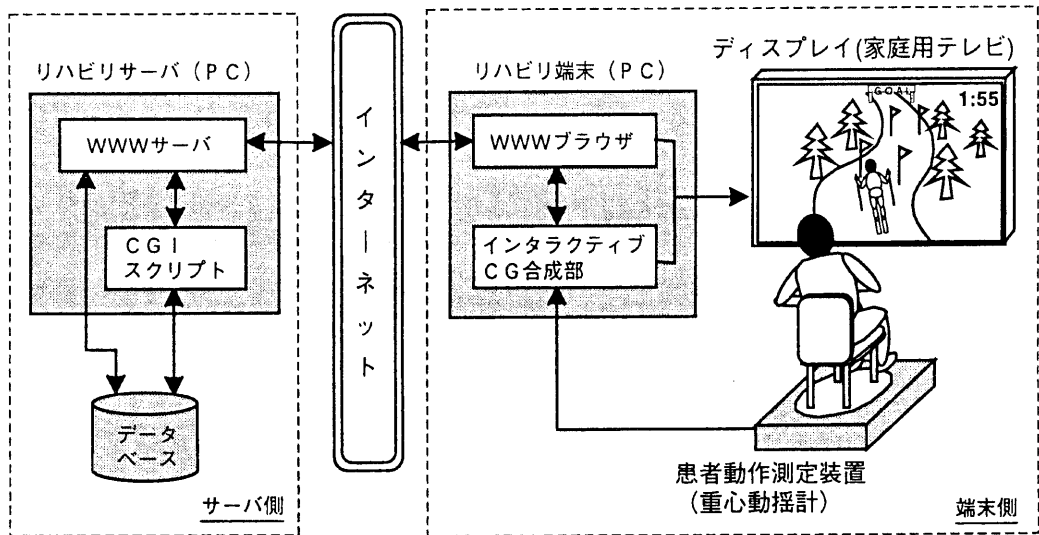


図2: システム構成

側に転送される。

データ転送とシステムのユーザインタフェースに、インターネットの WWW (World Wide Web) [6] の技術を利用した。また、CG空間のデータフォーマットに VRML (Virtual Reality Modeling Language) [7] を利用した。

以下、システム構成、システムの動作、および患者動作と映像の関係について説明する。

### 3.2 構成

本システムは、以下の装置で構成した。

#### 端末側

- 患者動作測定装置

椅子に座った患者の重心位置を計測する。重心動揺計 1G06 (日本電気三栄製) を用いた。

- リハビリ端末

インタラクティブCG合成部は、患者動作測定装置からのデータをもとに、患者に提示するCG映像を合成する。なお、解像度

は 640 x 480 ドット とし、3D専用グラフィックボードは使用していない。

WWWブラウザは、訓練映像の選択や結果表示などのユーザインタフェースを担当する他、サーバとの通信を行なう。

本システムでは、パーソナルコンピュータ (pentium 120MHz, 主記憶 36MB) を用いた。

- ディスプレイ

リハビリ端末で合成されたCG映像とWWWブラウザの映像を、患者に表示する。本システムでは家庭用テレビを用い、スキャンコンバータを介してリハビリ端末からの映像を表示している。

#### サーバ側

- リハビリサーバ

WWWサーバは、患者データやCG合成に必要なモデルデータ (VRMLファイル) などのデータ管理を行なう。

CGI スクリプトは、訓練結果に基づいて、データベース上のデータ更新や、結果を表示するためのページ (HTML ファイル) の作成を行なう。

本システムでは、パーソナルコンピュータ (pentium 100MHz, 主記憶 36MB) を用いた。

- データベース

CG 合成に必要なモデルデータや、患者データを保持する。

### 3.3 システムの動作

訓練時のシステムの動作を順に述べる。

#### (1) 訓練CG映像の選択

患者は、リハビリ端末の WWW ブラウザを起動する。WWW ブラウザには、リハビリサーバに置かれたホームページが転送され表示される。患者は、ホームページ上で訓練に用いるCG映像を選択する。

#### (2) 訓練の開始

CG映像が選択されると、WWW ブラウザはそのCG映像の合成に使用するCGモデルデータをWWWサーバから呼び出す。さらに、転送されたCGモデルデータに対し、ヘルパアプリケーションとして、インタラクティブCG合成部を起動する。

#### (3) 訓練の実行

インタラクティブCG合成部は、CGモデルデータと、患者動作測定装置から入力される患者動作の内容から、患者に提供するCG映像を合成する。患者は、自分の上体の動きに連動する映像を見ながら訓練を行なう。

#### (4) 訓練結果の処理

WWW ブラウザは、訓練結果 (訓練目標達成時間など) を WWW サーバに転送する。WWW サーバは、CGI スクリプトを介してデータベースを更新する。

また CGI スクリプトは、患者の訓練履歴や他者の訓練結果との比較結果を記述したページを作成し、WWW ブラウザに転送する。WWW ブラウザは、この結果を患者に提示する。

### 3.4 患者動作と映像の連動

患者動作と、患者に提供する映像の関係について説明する (図3)。

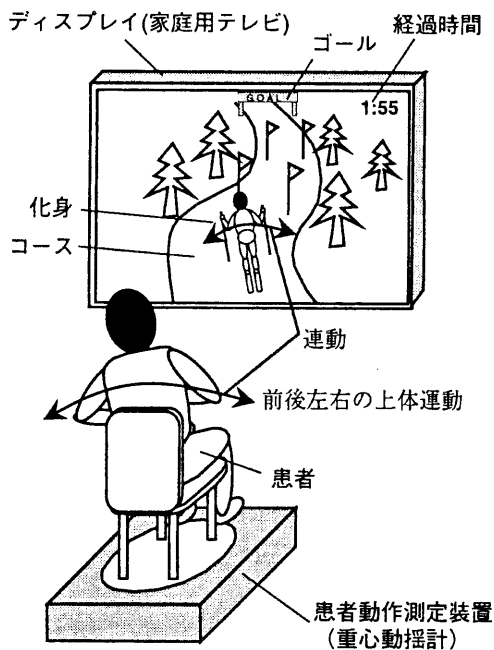


図3: 訓練概略図

ディスプレイには、CGで合成した仮想的な空間内を移動する映像を表示する。仮想的な空間内にはスタートとゴール、およびその間のコースを設け、患者はそのコースに従って移動するように、上体を運動させる。また、スタート地点を出発してからゴールに到着するまでの経過時間を計測し、画面上に表示する。

コース上には、患者の動作に連動して動く物体 (以下、化身) を表示する。患者の動作と化身の動作の関係を表1に示す。

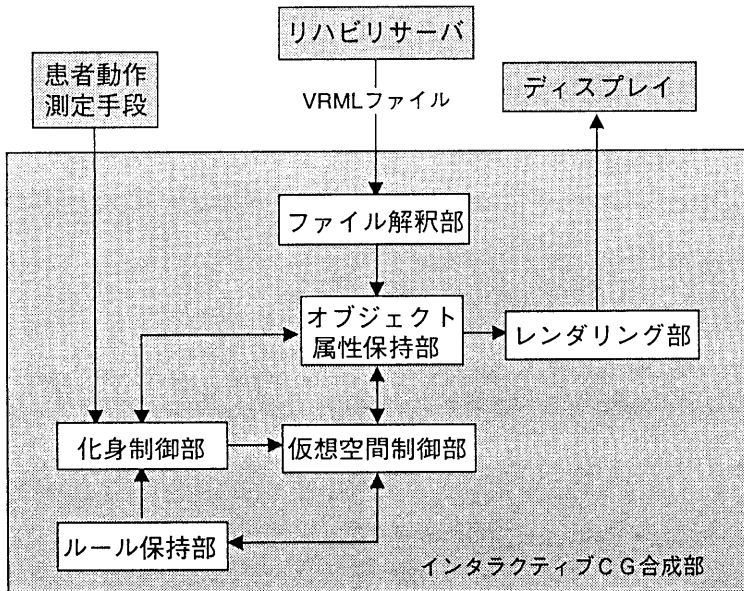


図 4: インタラクティブCG合成部のブロック図

表 1: 患者動作と化身動作

患者動作	化身動作
前傾	加速
後傾	減速
左傾	左旋回
右傾	右旋回

表1のように関係づけられた化身を自由に操作するためには、患者は移動したい方向に合わせて、体を前後左右に傾ける必要がある。この化身を操作する時の身体の動作が、2. 動的平衡機能訓練で述べた動的座位バランス訓練の動作に相当する。

#### 4 インタラクティブCG合成部

インタラクティブCG合成部の内部ブロック図を図4に示す。

ルール保持部では、あらかじめ“スタートゲート”や“ゴールゲート”、“化身”など、イン

タラクションの対象となる3D空間内の複数のオブジェクト（物体）を部品として定義する。さらに、患者動作に対する化身の動き、化身とオブジェクトの衝突処理、コースアウト処理などのインタラクションルールを定義する。

VRMLファイルは、ここで定義された部品と、インタラクションの対象とならない（衝突を除く）背景などのオブジェクトを組み合わせで記述する。なお、定義された部品の具体的な位置や形状データは、各VRMLファイルで設定することが可能である。

以下に、CG合成の処理の流れを示す。

##### (1) VRMLファイル解釈

起動時に、サーバから送られたVRMLファイルの構文解釈を行ない、メモリ内にオブジェクトのグループ構成を反映したツリー構造のデータベース（オブジェクト属性保持部）を構築する。

## (2) 化身制御

患者動作の測定値が入力されると、ルール保持部が保持するインタラクショナルルールに従い、化身の位置、姿勢、表示画像の視点、視線方向を決定する。

## (3) 仮想空間制御

化身の位置変更に伴い、衝突判定やコースアウト処理など、ルール保持部が保持するインタラクショナルルールに従った処理を行なう。さらに、処理結果に従い、影響があったオブジェクトの属性データ（位置データ等）を更新する。

## (4) レンダリング

各オブジェクトの属性データを用いてレンダリング処理を行ない、ディスプレイの画面に出力する。

以上の(2)～(4)の処理を繰り返すことで、訓練に必要なインタラクティブな映像を患者に提供する。

## 5 試作結果

### ● ホームページ

図5は、訓練CG映像選択のためのホームページを表示したWWWブラウザの画面である。訓練で用いるCGモデルデータとして「スキーレース」と「カーレース」を作成した。

### ● 訓練映像

図6は、訓練中の画面である。図6(a)が「スキーレース」、図6(b)が「カーレース」である。また、図7は訓練風景である。

健常者を対象として本システムを用いた訓練を行ない、インタラクティブな訓練ができることを確認した。

### ● データサイズ

患者を待たせずにインターネットを介してデータを転送するためには、小さなデータサイズであることが求められる。今回作成したCGモデルデータは、それぞれ次の大きさになった。

表2：CGモデルデータサイズ

	スキーレース	カーレース
ファイルサイズ	15KB	13KB
ポリゴン数	77	60

CGモデルデータはテキストファイルであるため、ポリゴン数に比較して大きめのデータサイズになっている。

### ● 描画サイクル

インタラクティブ性を確保するためには、4.(2) 化身制御から 4.(4) レンダリングまでの高速な処理が求められる。上の処理を1秒間に行なう回数（描画サイクル）を計測したところ、5 [frame/sec]であった。

## 6 考察

### ● 訓練のためのインタラクティブ性

医療現場ではリハビリテーションにおける「遊び」の要素が重要視されており[8]、インタラクティブ性が「遊び」を実現する手段の一つとして有効であると考えられる。インタラクティブなCG映像を患者に提示することにより、ゲーム性を付加し訓練に熱中させることができる。また訓練に必要な動作を自然に引き出すことができる上、訓練意欲の継続につながり、リハビリ効果も向上すると考えられる。

一方、5. 試作結果で述べたようなポリゴン数やパソコンレベルの描画サイクルでも、平衡機能訓練に必要なインタラクティブ性が実現できたと考えている。これは、訓練の動きが上体を傾けるゆっくりとした運動であるため高速な応答性がなかったものと思われる。患者の場合には健常者よりさらに動きが遅くなっていると考えられ、描画サイクルは本システムのレベルでも充分であると思われる。今後、高齢者や障害者の方を対象に評価を行ないたい。

### ● インタネットの利用

インターネットは転送速度の遅さが弱点であるが、上記したように少ないデータ量でもインタラクティブな訓練が可能であることや、VRML

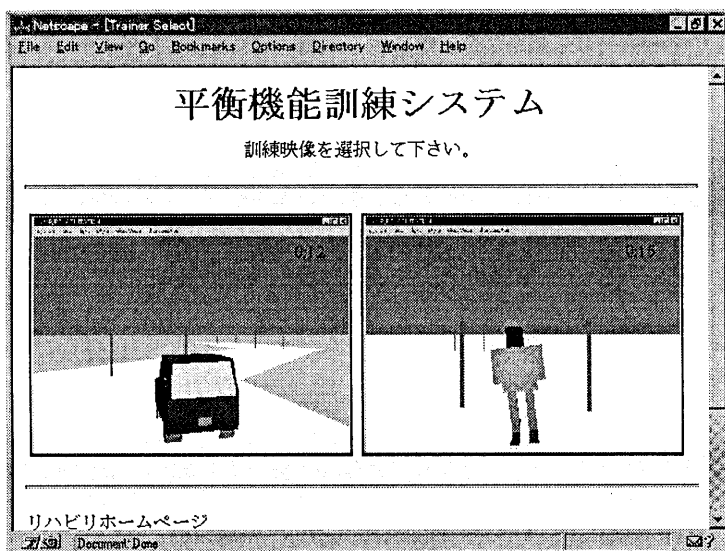


図5: ホームページ

の新しい規格ではバイナリ形式がサポートされることなどから問題とはならず、在宅リハビリテーションのインフラとして有望であると考える。

また、インターネット関連のツールが多く社会に供給されていることや、インターネットユーザが多数いることから、インターネットに準拠したデータを用いることで、第三者からの訓練用データの供給が期待できると考えている。

## 7 おわりに

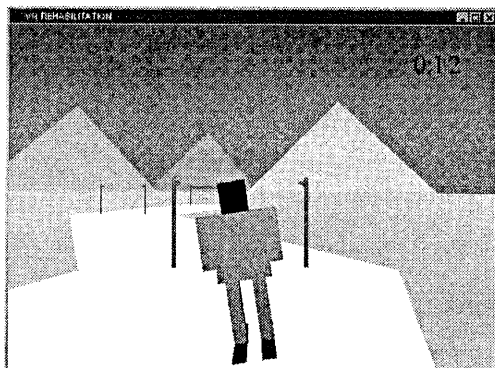
以上述べたように、インターネットを利用し、インタラクティブな映像を楽しみながらリハビリテーションを行なえる平衡機能訓練システムの試作を行なった。

健常者を対象としてではあるが、少ないCGデータ量やパソコンレベルでの処理能力でもインタラクティブな訓練を行なえることを確認し、インターネットを利用した在宅リハビリテーションの可能性を示した。

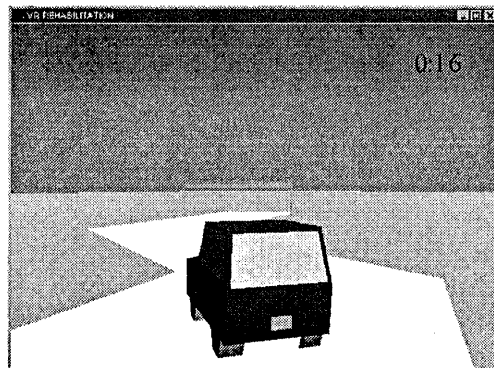
今後、医療現場や地域の保健福祉施設において本システムの評価を行なう予定である。

## 参考文献

- [1] 厚生省老人保健福祉審議会：“高齢者介護保健制度の創設について”，1996
- [2] “高度情報通信社会推進に向けた基本方針”，行政とADP，1995年4月号，pp.45-54,1995
- [3] 相良、神沢、阿部 他：“通信による遠隔リハビリテーション支援システムの可能性と問題点”，Human Interface, Vol.10, pp435-438, 1995
- [4] “リハビリ楽しく「ワニたたき」で”：朝日新聞，96年3月8日朝刊13面
- [5] 上田 敏：“リハビリテーション”，メディアカ出版，1994
- [6] “The World Wide Web Consortium”，<http://www.w3.org/pub/WWW/>
- [7] “VRML 1.0 Specification”，<http://vag.vrml.org/vrml10c.html>
- [8] 千葉和夫：“老人リハビリテーションにおける”遊び”プログラムの活用”，OTジャーナル，Vol.23, No.7, pp.508-512, 1989



(a) スキーレース



(b) カーレース

図 6: 訓練画面

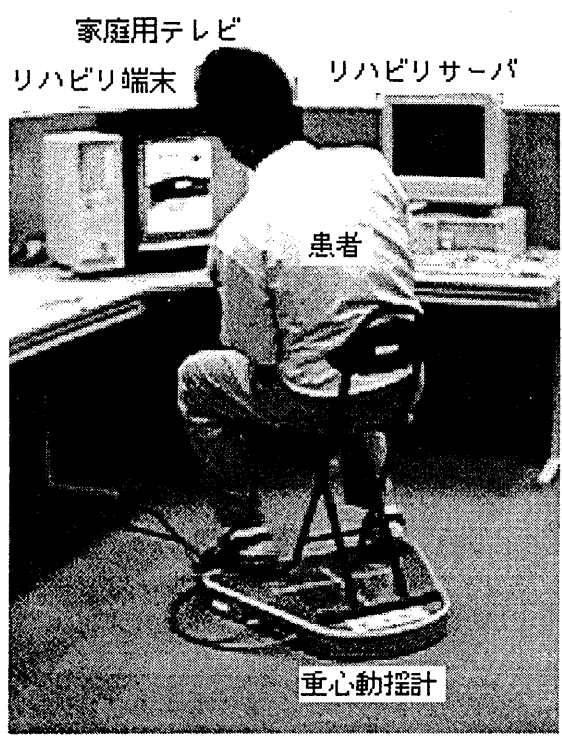


図 7: 訓練風景