

コンピュータゲームを活用したスポーツトレーニングシステムの開発

Development of a New Sport Training System Utilizing a Computer Racing Game

玉真昭男* 富田寿人†

Teruo TAMAMA* and Hisato TOMITA†

Abstract: A new training system has been developed for Olympic-level speed ice skaters as well as ordinary people by combining a computer bicycle-racing game with a cycle ergometer, or a stationary bicycle exercise-machine. This system enables measurement and training of their physical strengths. A player competes with a bicycle running according to his own previous data or those of the rival athlete. He can receive training or rehabilitation, as if he enjoys a computer game.

1. はじめに

本研究は、トレーニングやリハビリにゲームの要素を取り入れ、しかも上級者や自分の過去の記録と競争することでやる気を自然に起こさせ、トレーニングを持続させる効果を狙ったものである。一ヶ月前、一週間前、あるいは昨日の自分のデータと直接比較して、わずかながらでも日々のレベルアップが実感できたり、上級者に近づいたりしていることが分かれば励みとなり、トレーニングの持続が容易になり、効果が劇的に上がると考えられる。

具体的には、トレーニング用自転車エルゴメータを使って、スポーツマンの運動能力を測定することを目的とした「パワー測定器」と「自転車競争ゲーム」をドッキングした、新しいトレーニングシステムに関するものである。

著者の一人(富田)は、スピードスケートの日本ショートトラック・ナショナルチーム・コーチ陣の一人であるため、この「パワー測定器」は同チームの要望を取り入れ、ショートトラック選手の体力測定に対応した機能も多く備えている。

著者らはすでに、同チーム用に「パワー測定器」の1、2号器を開発・供給しており、実際にオリンピックレベル

の選手の体力測定に使われてきた^{1),2),3)}。今回、トレーニング用自転車とコンピュータゲームを組み合わせ、スケートや自転車競技などのスポーツ選手用ばかりでなく、一般人の体力維持・向上につながる、新しいトレーニングシステムを開発したので報告する。

2. 研究の背景

2. 1 パワー測定器

トレーニング用自転車を使って、スポーツマンの運動能力を測定することを目的としたパワー測定器を開発してきた。モナーク社製自転車エルゴメータ(重さ20kg、慣性モーメント0.91kgm²)にロータリエンコーダ(SHIMPO製)を取り付け、動輪1回転につき600パルス出力できるようにした。このパルスを、ノートPCにつないだパワー測定器で0.05秒毎に測定するシステムを作って、低速から高速までの広い範囲にわたる正確な計測を可能にした^{2),3)}。特に、こぎ出し直後の最大加速時の速度を正確、かつ詳細に測定出来る点が優れている。スピードスケートの日本ショートトラック・ナショナルチームにすでに2号器までを開発・供給しており、オリンピックレベル選手の体力測定に使われてきた¹⁾。勿論、一般人の運動能力も測定できる。Fig. 1はこのパワー測定器を用いた運動能力測定システムの構成図である。

2010年3月9日受理

* 総合情報学部 コンピュータシステム学科

† 総合情報学部 人間情報デザイン学科

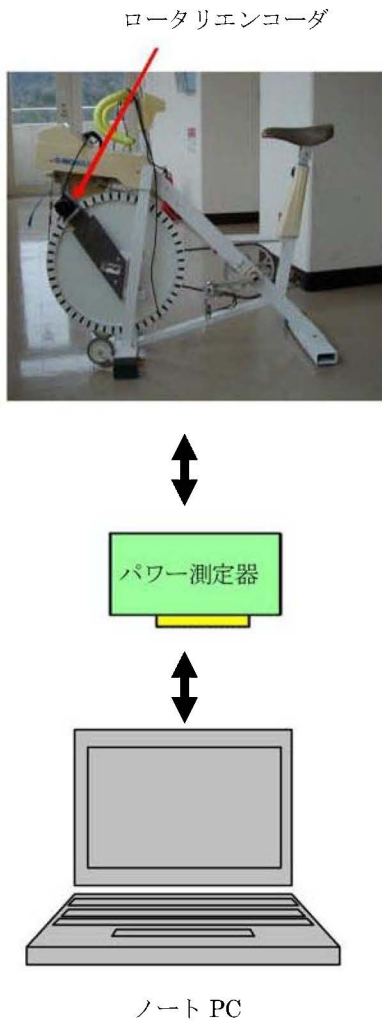


Fig. 1 運動能力測定システム

設計したパワー測定回路のブロック図を Fig. 2 に示す。USB インタフェース回路には、Cypress 社の USB コントローラ EzFirm/FX2 シリーズの LSI である CY7C68013 (56 ピン) を用いた。他の回路は VHDL (VHSIC Hardware Description Language) を用いて専用設計を行い、30,000 ゲート FPGA (米 ALTERA 社 EPF10K30RC208) ワンチップに搭載した。開発したパワー測定回路ボードを Fig. 3 に示す。本器は、大型のディスプレイ (LED) 4 個を備え、1s ごとの平均速度や瞬間速度の最大値を表示する。これにより、被験者の挑戦意欲をかきたてるようにした。

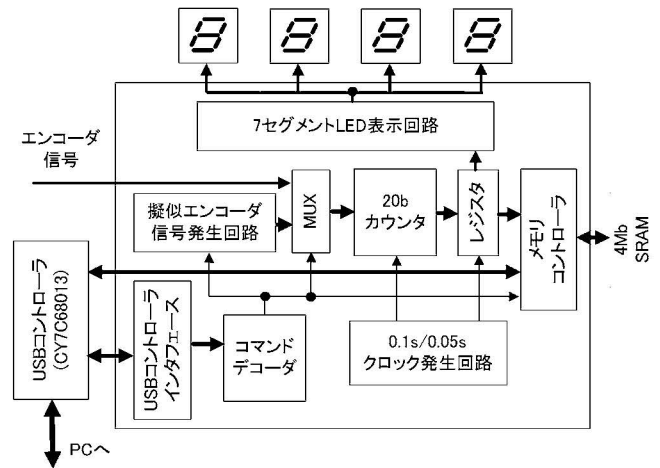


Fig. 2 パワー測定回路のブロック図

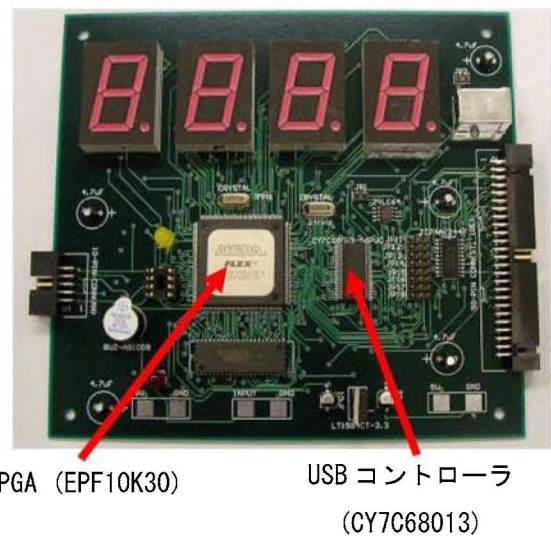


Fig. 3 パワー測定回路ボード (2号器)

2. 2 使用例と測定結果

運動テストは、男女共に 10 秒間、90 秒間の最大努力でのペダリングの測定をするものである。個々の負荷は、10 秒間ペダリングの場合で男子は 3 kp、5 kp、7 kp であり、女子は 2 kp、4 kp、5 kp である。90 秒間ペダリングテストの場合の負荷は、原則として男女とも体重 1kg あたり負荷 75g で計測された。

時間の計測は水晶発振器を使用しているため、測定誤差は 0.01% 以下である。USB2.0 をサポートしたノート PC を用いれば、90 秒間ペダリング測定の場合でも 1800×16 ビット=3.6KB のデータ転送を 1ms 以下で行うことが出来る。オリンピックレベルの選手の体力測定やトレーニングに必要な機能と十分な性能が得られた。

Fig. 4 に、オリンピックレベル男子選手の 10 秒間ペダリング測定に於ける速度曲線と全パワー曲線の例を示す。

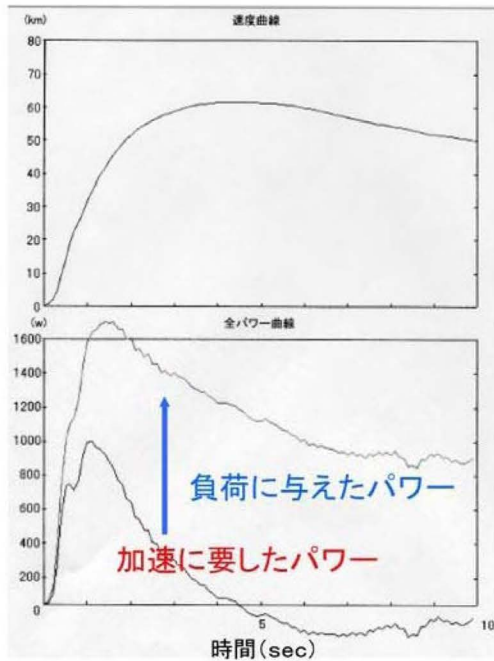


Fig. 4 オリンピックレベル男子選手のパワー曲線
(10 秒間ペダリング)

2. 3 各種コンピュータゲーム開発の経緯

コンピュータゲーム作りは、出来栄を自分で評価できる、何か1つ作るとアイデアが次々に湧いてもっと作りたくなる、更に高度な機能を作りこみたくなる、といった自己拡張性があり、完成したときの達成感も大きいので、アルゴリズム考案やプログラミングといった「知的もの造り」教育の題材として非常に優れている。

将来、プログラマーやSE（システムエンジニア）を目指す学生には、プログラミング言語の文法を理解し、多くの演習問題を解くだけでは不十分で、卒業研究などで、例えば3000行以上の大規模プログラミング開発の体験が必要である。その課題として、出来栄を自分で評価でき、アイデアが次々に湧いてもっと作りたくなる「ゲーム」は格好の題材となるので、本学では、コンピュータゲーム作りをプログラマーやSEを目指す学生のプログラミング教育最終課題として位置付けている。

我が研究室では、Microsoft社のVisual C++[®].NETとMFC(Microsoft Foundation Class)を使った2Dゲームや、DirectX[®]9.0を使った、更に高度な3Dゲーム開発に取り組ませ、これまでにレースゲーム、シューティングゲーム、格闘ゲーム、育成ゲームなど10種類以上の3Dゲームを開発してきた^{4), 5), 6)}。

2. 4 シリアスゲームへの展開

最近では、単なる「遊戯」の域を越えて、ゲームの社会的・実用的応用を考えさせるため、学生に「シリアスゲーム」に取り組ませている。2008年、F1レースゲームを運転の評価・分析が行えるシステムに拡張し、「全日本学生フォーミュラ大会」に向けたドライバーの運転練習に活用して総合成績アップに貢献したのが最初の成果である⁷⁾。今回、我々がすでに開発・供給し、オリンピックレベルを含む、多くのスピードスケート選手の体力測定に使っている「パワー測定器」^{2), 3)}に自転車競争ゲームをドッキングし、新たな「トレーニングマシン」を開発した。

3. 自転車競争ゲームの開発

3. 1 開発環境

開発環境としてWindows用のC/C++コンパイラVisual C++.NET 2005、Windowsアプリケーション構築支援ライブラリMFC、モデリングソフトMetasequoia Ver2.4.0を使用した。

いずれは、リンクする自転車競争ゲームを3Dで作る予定であるが、それにはグラフィック処理機能が強化されたPCが必要になる。通常のノートPCでは処理が重くなり、うまく動作しないので、まずは2Dで作ることにした。

それなのに、3DモデリングソフトMetasequoiaを用いた理由は、自転車と運転者を3Dで作っておくことで、どの角度から見た2D画像も簡単に得られるからである。作成したモデルをFig. 5に示す。



Fig. 5 自転車と運転者の3Dモデル

3. 2 コンピュータ対戦機能

本「自転車競争ゲーム」は、運転記録のファイル保存機能と任意の運転記録との対戦モードを実装しているのが大きな特徴である。対戦モードでは、プレーヤは他人の記録や、自分の過去のどの運転記録とも対戦することが出来る。スポーツ選手の場合はライバルの記録と対戦することで、トータルの走行時間を争うだけでなく、より詳しく、どの時点で追い抜かれるのか、最大加速時か、それとも後半の持続走の時点なのか、などを体感することが出来る。データさえあれば、ライバルがいなくてもいつでも直接競争することが出来る。5 秒後、あるいは 10 秒後など、特定の時点で絞ってトレーニングの効果を確認することも出来る。普通、遠く離れたライバルと直接競争することは出来ないが、合同合宿時に一緒に取ったライバルのデータがあれば、自分の練習場に戻った後でも、常にライバルと競争する、といった使い方が可能になる。

4. 「共有メモリ」を使った2つのアプリケーション間でのデータのやり取り

これまで、我が研究室では、(1)「パワー測定器制御プログラム」は Visual BASIC で、一方ゲームプログラムは Visual C++ で開発してきた。それぞれに、ベースにしたプログラムライブラリー群が研究室資産として残っているので、それを活用するためである。今回も(2)「自転車競争ゲーム」は Visual C++ .NET 2005 で作成した。

さて、(1)と(2)を連動して動かすには、両者の間でリアルタイムでデータのやり取りをする必要がある。具体的には次の手順になる。(1)は 0.05 秒ごとにエルゴメータに取り付けたロータリエンコーダの回転角度を読み取り、速度に変換している。そこで、この 0.05 秒ごとの速度値をリアルタイムで(2)に転送出来れば、ゲーム画面上の自転車を実速度に応じて動かすことが出来る。

(1)と(2)が別々の言語で書かれていると、この「リアルタイムでデータのやり取り」には不便である。そこで、どちらか一方を VB、あるいは VC++ で書き換えて、プログラム言語を統一することも考えた。しかし、(1)、(2)ともソースコードは約 2000 行であるので、どちらにしても容易ではないし、時間が掛かり過ぎる。また、書き換え自体に時間を掛けるほどの意味がない。そこで、別の方法 =

「共有メモリ」を使って、プロセス間でのデータのやり取りをする方法 = を検討した⁸⁾。

Windows マシンにおいて、複数のプロセスからアクセスすることが可能なメモリを共有メモリといい、これを使えばプロセス間でのデータのやり取りを簡単、かつ高速に行うことができる。具体的には、VC++ の CreateFileMapping API 関数を使用してメモリマップドファイルを作成する。

```
// メモリマップドファイルの生成
m_hMapping = ::CreateFileMapping(
    (HANDLE)0xffffffff,
    // 共有メモリの場合は 0xffffffff を指定
    NULL, // セキュリティ属性
    PAGE_READWRITE, // プロテクト属性
    0, // ファイルサイズの上位 32 ビット
    32768, // ファイルサイズの下位 32 ビット
    "AppConversation");

// メモリマップドファイルの名前

// プロセス内のアドレス空間にファイルの
// ビューをマップ
m_pMapView = ::MapViewOfFile(m_hMapping,
    FILE_MAP_ALL_ACCESS, 0, 0, 1024);

// ミューテックスオブジェクトの生成
m_pMutex = new CMutex(FALSE,
    "UKFileMappingTest_Mutex");
```

同じ名前のメモリマップドファイルがすでに作成されている場合は、CreateFileMapping API 関数はメモリマップドファイルのハンドルを返す。これにより、2 つ目のアプリケーションは、1 つ目のアプリケーションが生成したメモリマップドファイルのハンドルを取得することが出来る、2 つのアプリケーションで同じメモリ領域にアクセスすることが可能になる。また、このメモリマップドファイルに名前” を付けておく。今回は” AppConversation” とした。

メモリマップドファイルのハンドルを取得できたら、MapViewOfFile API 関数を使ってプロセス内のアドレス空

間へファイルのビューをマップする。この関数の戻り値はビューへのポインタなので、以後はこのポインタを通じて共有メモリへアクセスすることが可能になる。このとき、上で付けたのと同じ名前でもメモリマップドファイルを指定する。この名前がいわば ID となり、この名前を使うことで 2 つのアプリケーションで同じ共有メモリへアクセスすることが可能になる。

共有メモリへのアクセスをおこなう際、同期処理に注意しなくてはならない。さもないと、複数のプロセスから同時にアクセスがおこなわれ、共有メモリの内容の信頼性が損なわれる。ここでは同期処理にミューテックスを使用し、データの書き込みや読出しの前後にミューテックス・オブジェクトのロック/アンロックを行うことで、別プロセスでの途中書き込みを防いでいる。書き込みや読出しのコードを以下に示す。

```
// 共有メモリへ書き込み
// m_data は書き込むデータ文字列
m_pMutex->Lock (INFINITE);
memcpy (m_pMapView, (LPCTSTR)m_data,
        m_strEdit1.GetLength() + 1);
m_pMutex->Unlock();

// 共有メモリの内容を読出し
// 読み出したデータを文字列変数 m_data に格納
m_pMutex->Lock (INFINITE);
m_data = (LPTSTR)m_pMapView;
m_pMutex->Unlock();
```

以上は VC++ での関連コードの書き方である。VB においても、同様の関数を使い、対応するコードを記述することで、目的の処理を実現することができる。

5. 使用方法

5.1 測定開始

「体力測定プログラム」を起動し、左上の「測定」メニューで「スタート」を選択すると、画面中央に測定制御用の「測定パネル」が現れる (Fig. 6)。この「測定パネル」

の表示に従い、①「リセット」、②「測定時間設定」、③「スタート」のボタンを順に押すと、測定条件の設定と測定開始が行われる。「スタート」ボタン押下直後、2 秒間ブザーが鳴るので、これを合図にプレーヤは自転車をこぎ出す。また、測定後、④「データ読込み」のボタンを押すことにより、測定データをパソコンへ取り込むことができる。

これらのボタンは、本測定器のために用意した 10 種類のコマンドを順に送出している。コマンドを入力する必要はないため、ユーザはコマンドを意識することなく本プログラムを使うことができる。



Fig. 6 「体力測定プログラム」の起動画面

時間の計測に水晶発振器を使用したため、測定誤差は 0.01% 以下である。高速のインタフェースである USB2.0 (最大データ転送速度 480Mb/s) をサポートしたノート PC を用いれば、90 秒間ペダリング測定の場合でも 1800×16 ビット=3.6KB のデータ転送を 1ms 以下で行うことができる。

5.2 自転車競争ゲーム画面の動き

2D 描画技術を用いて PC の画面上に道路とその上を走る自転車 2 台が現れるようにし、「対戦モード」を実現した⁹⁾ (Fig. 7)。「スタート」の合図と同時に自転車をこぎ出すと、自転車競争ゲーム画面の自転車が動き出す。左の自転車は自機であり、プレーヤのこぐスピードに対応して動く。一方、右の自転車は対戦相手 (ゴースト) であり、指定した過去の運転記録ファイルから、0.05 秒ごとの速度を読み取って動く。

自分の過去の記録や他人の記録と画面上で競争することで、ゲームを楽しむ感覚でトレーニングやリハビリが出来るシステムになっている。

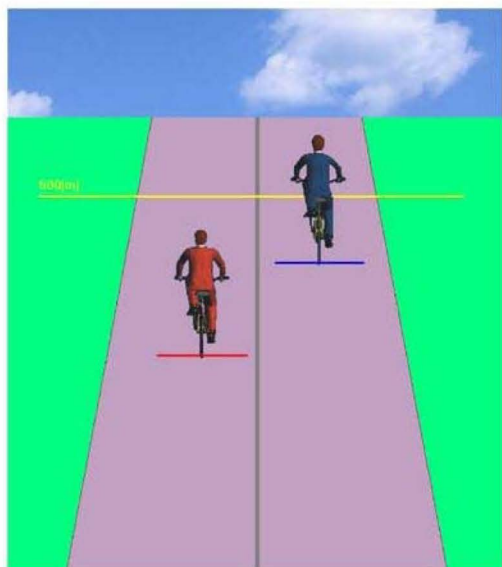


Fig. 7 「コンピュータ対戦モード」での走行シーン

6. 本トレーニングシステムの意義

自転車エルゴメータを使ったシーズンオフのトレーニングは、スケート選手にとって単調で、辛い訓練であるため、やる気を持続し難いという問題がある。本システムは、トレーニングやリハビリにゲームの要素を取り入れ、しかも上級者や自分の過去の記録と競争することでやる気を自然に起こさせ、トレーニングを継続させる効果を狙ったものである。一ヶ月前、一週間前、あるいは昨日の自分のデータと直接比較して、わずかずつでも日々のレベルアップが実感できたり、上級者に近づいたり、していることが分かれば励みとなり、トレーニングの持続が容易になる。従って、効果が劇的に上がると期待される。オリンピックレベルのスポーツ選手の体力強化にも、一般人の足腰の訓練にも使え、ゲームを楽しむ感覚で鍛えられるトレーニングマシンを実現出来たと考えている。

7. まとめ

プログラミング技術を応用して、一般スポーツマンの運動能力を測定できるのはもとより、オリンピックレベルのスピードスケート選手の運動能力測定にも対応できる、新しいトレーニングシステムを開発した。自分の過去の記録や他人の記録と画面上で競争することで、ゲームを楽しむ感覚でトレーニングやリハビリが出来るシステムにしたもので、劇的な効果が期待出来る、過去に例の無いシステムである。

参考文献

- 1) 富田寿人, 玉真昭男, 他 : スピードスケート・ショートトラック・ナショナルチームの無酸素的能力と氷上滑走能力の推移, 静岡理工科大学紀要, 第10巻, pp. 113-129 (2002).
 - 2) 玉真昭男, 富田寿人 : 運動能力測定用新型パワー測定器の開発, 静岡理工科大学紀要, 第14巻, pp. 67-71 (2006).
 - 3) 玉真昭男, 富田寿人 : 運動能力測定用パワー測定器の設計と開発, 電気・情報関連学会中国支部連合大会, 16-20, pp. 23-24 (2006).
 - 4) 小松隆, 玉真昭男, 宮田圭介(静岡文芸人) : DirectXを活用した3Dレーシングシミュレータの作成, 情報処理北海道シンポジウム2006, ポスターセッションE-8, 2006.
 - 5) 玉真昭男, 小松隆, 青木悠 : プログラミング教育と3Dコンピュータゲーム開発, 静岡理工科大学紀要, 第15巻, pp. 39-46 (2007).
 - 6) 玉真昭男 : 3Dコンピュータゲーム開発を課題としたプログラミング教育, 情報処理学会研究報告, 2008-CE-97(5), pp. 29-36 (2008).
 - 7) 三浦義弘, 鈴木絵美子, 玉真昭男 : 物理モデルを使用したドライビングシミュレータ及び運転評価システムの開発, 情報処理学会研究報告, 2008-CG-133, pp. 55-59 (2008).
 - 8) Highest Seraphim (U-Ki氏HP) : 「共有メモリを使用する」, http://www.alpha-net.ne.jp/users2/uk413/vc/VCT_FileMapping.html, 2006.
 - 9) 玉真昭男, 富田寿人 : シリアスゲーム開発を課題としたプログラミング教育, 情報処理学会研究報告, 2009-CE-102(20), pp. 1-5, 2009.
- *) Visual C++®, DirectX®はMicrosoft社、Metasequoia®はO. Mizuno氏、それぞれの登録商標です。