

## シリアスゲーム開発を課題としたプログラミング教育

玉真昭男<sup>†</sup> 富田寿人<sup>†</sup>

コンピュータゲームを教育、訓練、スポーツ、医療などの「真面目な分野」に応用する「シリアスゲーム」の作成を課題として、プログラミング教育を行っている。昨年は、3Dレースゲームを学生フォーミュラ大会参加チームのドライバーの訓練に使うレーシングシミュレータとし、大会での運転成績のアップに貢献した。今回、トレーニング用自転車と3D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の、新しいトレーニングシステムを開発したので報告する。

## Programming Education Based on Development of Serious Games

Teruo TAMAMA<sup>†</sup> and Hisato TOMITA<sup>†</sup>

By setting development of “serious games” applicable to education, training, sport exercise and medical treatments as a target, programming education is being provided at our research laboratory. Last year, an F1-racing game was extended to a racing simulator for the “Student Formula SAE™ Competition 2008” to help the driver train his driving skill off the course and contributed to better results at the competition. This time, by combining a 3d-game with a cycle ergometer, or a stationary bicycle exercise machine, a new training system has been developed for speed ice skaters and racing cyclists.

### 1. はじめに

#### 1.1 研究の背景

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ミング教育の最終課題として位置付けている。

わが研究室では、Microsoft社のVisual C++<sup>®</sup>.NETとDirectX<sup>®</sup>9.0を使って更に高度な3Dゲーム開発に取り組みせ、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<sup>1), 2)</sup>。

#### 1.2 シリアスゲームへの展開

最近、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。昨年報告したように、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<sup>3)</sup>。今回、我々がすでに開発・供給し、オリンピックレベルを含み、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」<sup>3)</sup>に自転車レースゲームをドッキングし、新たな「スポーツ選手用トレーニングマシン」を開発したので報告する。

<sup>†</sup> 静岡理科大学

Shizuoka Institute of Science and Technology

## 2. F1 レースゲームと全日本学生フォーミュラ大会用シミュレータ

今回の報告の主題はパワー測定器と結合した次節の「自転車レースゲーム」であるが、そのベースにしたのが「全日本学生フォーミュラ大会用シミュレータ」であるので、ここで簡単に紹介する。

### 2.1 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、3D ゲーム開発用ライブラリとして DirectX 9.0c、モデリングソフトとして Metasequoia Ver2.4.0 を使用した。DirectX は、Windows 用のゲームを開発するために必要な、高速グラフィックス描画処理、3D 演算、サウンド・ミュージックの再生、ネットワーク通信機能などをまとめたコンポーネントである<sup>4)</sup>。

### 2.2 F1 レースゲーム

モーターカーレース F1 の迫力を体感できる 3D レーシングシミュレータの実現を目指して研究を進めて来た。



図1 F1 レースゲーム操縦風景

物理モデルを取り入れることによって、ゲームに登場する 3D オブジェクトに物理法則に従った運動や挙動をさせることが可能となる。また、ゲームと連動させて椅子の角度を変化させることができる専用操縦席を利用し、操縦席の傾きによってプレイヤーに F1 の加速度を擬似体感させることを目標とした<sup>4)</sup> (図1)。

### 2.3 全日本学生フォーミュラ大会用シミュレータ

「全日本学生フォーミュラ大会」<sup>5)</sup>は社団法人「自動車技術会」の主催で 2003 年から静岡県袋井市の「エコパスタジアム」で毎年開催されている。学生の自主的なものづくりの総合能力を養成し、将来の日本の自動車産業を担う人材を育成する目的で設立された。学生のグループが自らフォーミュラスタイルの小型レーシングカーを企画・設計・製作する。この大会では車という「ものづくり」に関わる全ての活動を評価の対象とする。すなわち、車両性能だけでなく、コンセプトやデザイン、コストなど、車の持つ様々な要素を総合的に評価する。

とはいえ、本質的にカーレースである以上、走行性能により高い得点が与えられる。本学のチームを勝利させるために、上の F1 レースゲームを改良してレーシングシミュレータを開発し、「全日本学生フォーミュラ大会 2007」で使われた公式コースをシミュレータのメインコースとして実装した<sup>3)</sup>。公式コースレイアウトは運営委員会規則によって大会直前まで発表されないことになっているが、発表されれば 1 日で実装することが可能である。

### 2.4 運転評価機能

本シミュレータは、運転評価機能として運転記録のファイル保存、「再現モード」、任意の運転記録との「対戦モード」を実装しているのが最大の特徴である。「対戦モード」では、プレイヤーは自分のレベルに応じて、過去のどの運転記録とも対戦することが出来る (図2)。この機能を「学生フォーミュラ用シミュレータ」として使うと、ベストラップタイムを出した記録と競争することでそれ以上のラップを出すヒントを見つけさせ、ドライバーの運転スキルの向上につなげることが出来る。

「再現モード」では、良いラップタイムが出たときに、その過程を再現し、精査することで、なぜその記録が出たかを評価・分析することが出来る。走行時のハンドルの角度やアクセル・ブレーキの操作、加速/減速状態、走行コースなども併せて表示し、運転の評価・分析を視覚的に行えるようにした (図3)。例えば、コースアウトし易いヘアピンカーブをうまく乗り切るには、手前のどこで何 km/h まで減速し、カーブのどこで一気に何 km/h まで加速すれば良いかなどが一目で分かるようになっている。



図2 「コンピュータ対戦モード」での走行シーン



図3 運転の評価・分析機能

本学のチームのフォーミュラカーを「全日本学生フォーミュラ大会 2008」で優勝させるために、このシミュレータを開発した。優勝こそ出来なかったが総合 12 位（昨年 33 位）と健闘した。本シミュレータはその一翼を担ったと自負している。F 1 でもドライバーはシミュレータも使って練習する。学生の大会にいち早くシミュレータを取り入れたのは参加 77 チーム中で静岡理工科大学のみであるので、大会関係者から評価された。

### 3. スポーツ選手用トレーニングマシンの開発

#### 3. 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 0.91kgm<sup>2</sup>）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<sup>6), 7)</sup>。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<sup>8)</sup>。勿論、一般人の運動能力も測定できる。図 4 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。

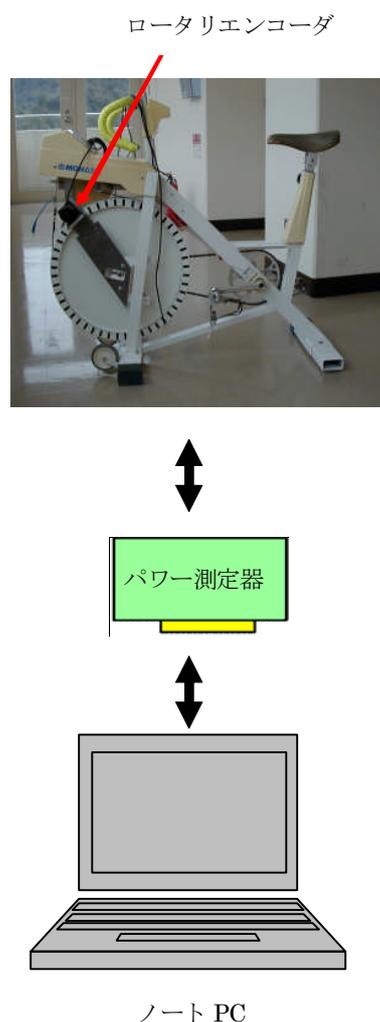


図4 運動能力測定システム

設計したパワー測定回路のブロック図を図 5 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図6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。

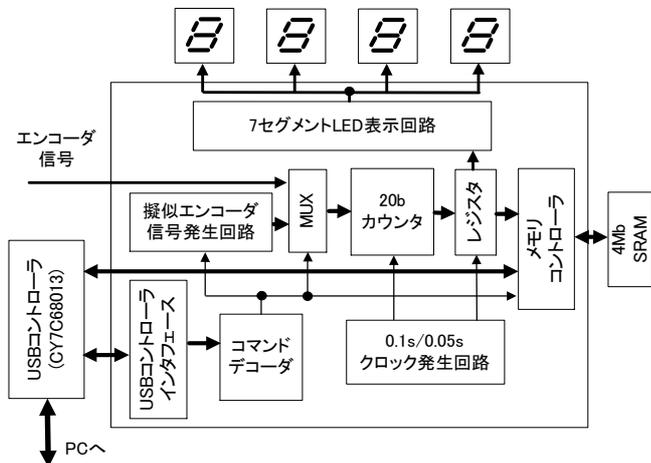
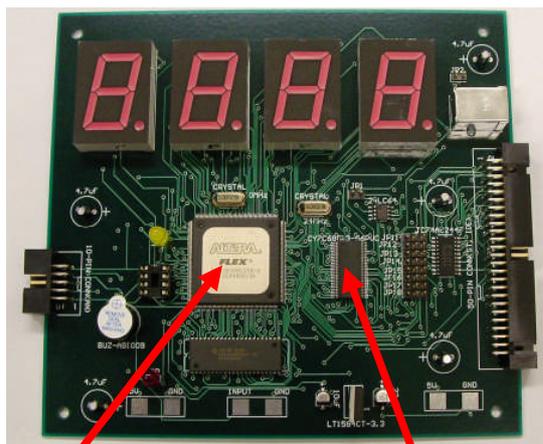


図5 パワー測定回路のブロック図



FPGA (EPF10K30)                      USB コントローラ  
 (CY7C68013)

図6 パワー測定回路ボード (2号器)

### 3.2 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3kp、5kp、7kpであり、女子は2kp、4kp、5kp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。

図7に、オリンピック入賞レベル男子選手の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。

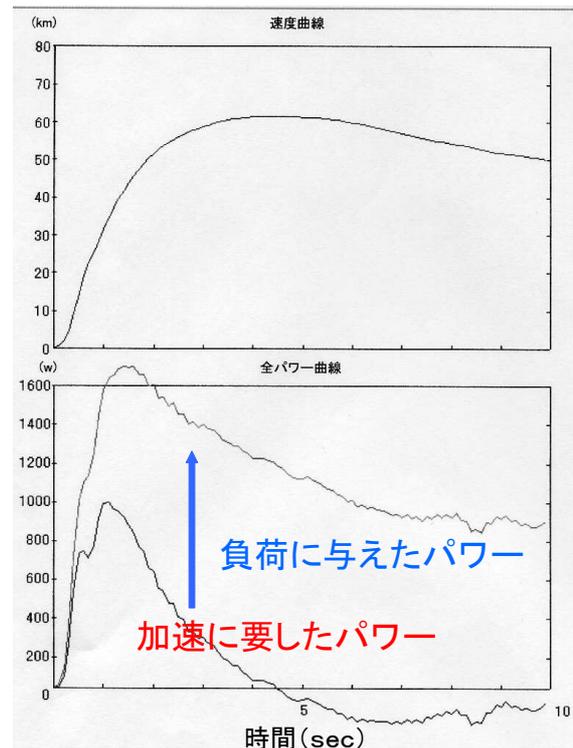


図7 オリンピック入賞レベル男子選手のパワー曲線  
 (10秒間ペダリング)

### 3.3 新しいトレーニングシステムの実現

この2つの研究成果を基に、トレーニング用自転車と3D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の新しいトレーニングマシンを開発した。自転車エルゴメータに取り付けたロータリエンコーダの出力パルスを読み取って、回転速度をリアルタイムでPCに送出する測定ボードを新しく開発した。この新しいパワー測定器に「3Dレースゲーム」に類似の「自転車レースゲーム」をドッキングした。3D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」を付けた(図8)。1台は被験者が自転車をこぐスピードで、もう1台は他機(ゴースト)で、過去の運動記録ファイルに従って走行する。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。

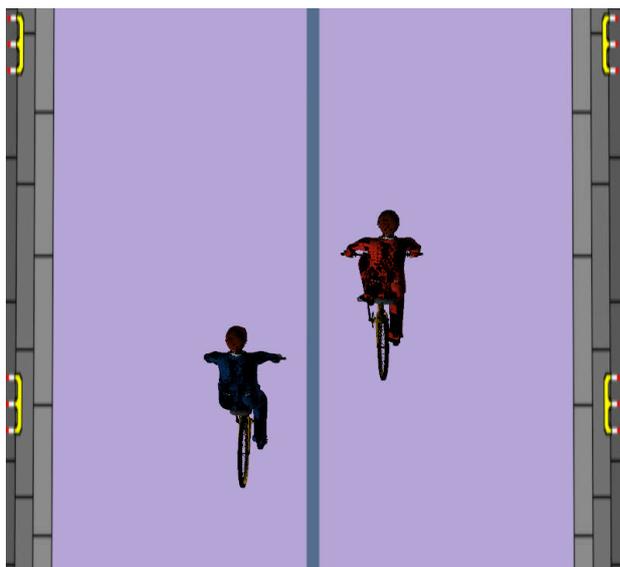


図8 「コンピュータ対戦モード」での走行シーン

自転車エルゴメータを使った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、やる気を持続でき難いという問題がある。この研究は、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考えられる。オリンピックレベルのスポーツ選手の体力強化にも、一般高齢者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提案するものである。

#### 4. 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、新型トレーニングシステムを開発した。担当した学生達は、本研究を通してシリアスゲームのためのプログラミング

開発がどれだけ大変なのかを理解することが出来た。プログラミング技術だけではなく、3Dモデリング技術や数学・物理の知識など、多方面にわたる技術や知識が必要であることを体験し、自らの力で会得する努力も出来た。ゲームという「もの」造りを行わせることによって、本学が目指す「ものから入り、のちに基礎知識の必要性を自覚させる」教育の成果を十分に達成したとすることが出来よう。

#### 参考文献

- 1) 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, 静岡理科大学紀要, 第15巻, pp. 39-46 (2007).
- 2) 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).
- 3) 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).
- 4) 小松隆, 玉真昭男, 宮田圭介(静岡文芸大): 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) 全日本学生フォーミュラ大会ホームページ, <http://www.jsae.or.jp/formula/jp/>, 2008.
- 6) 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, 静岡理科大学紀要, 第14巻, pp. 67-71 (2006).
- 7) 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).
- 8) 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, 静岡理科大学紀要, 第10巻, pp. 113-129 (2002).

※ Visual C++®, DirectX®はMicrosoft社、Metasequoia®はO. Mizuno氏、の登録商標です。