

F-01

オリエンテーリング競技のトレーニングシステム OSIM におけるユーザビリティの改善

Improvement of Usability on Training System OSIM for Orienteering

加堂 明[†]
Akira Kadoh

河合 利幸[†]
Toshiyuki Kawai

1 はじめに

オリエンテーリングとは、専用の地図 (O-MAP) とコンパスを用いて、競技場 (トレイン) となる野山に設置された複数の地点 (コントロール) を指定された順に通過し、ゴールまでの所要時間を競うスポーツである [1]。この競技では、走力だけでなく、現在位置の把握やルートを選択・維持などのナビゲーション技術が重要となる。従来、この技術は、現地での練習や実際の競技により習熟が図られてきた。しかし、これらの方法は、競技者にとって時間的・経済的にも負担が大きく、効率が良いとは言い難い。

そこで本研究室では、コンピュータ内に仮想トレインを構築し、ナビゲーション技術をトレーニングできるシステム OSIM (Orienteering SIMulator) [2]-[5] の開発を行ってきた。類似のソフトウェアには、“地図でアドベンチャー” [6] や “Catching Features” [7], “WinOL II - Oriantica” [8] などがある。これらは、キーボードやマウスで操作するもので、オリエンテーリングの紹介用であったり、ゲーム性が強く、トレーニング目的で開発されたものではない。これに対し本システムは、ナビゲーション技術向上のための様々なトレーニング機能を備えている。また、本システムでは、仮想空間内の競技者の視界を見ながら、実際に脚を使って運動することで仮想空間内の競技者を操作する [4]。これは、実際の競技では、体力の消耗に伴い思考力が低下し、適切なルートを選択・維持に影響を及ぼすことがあるためである。

今回は、競技経験者に実際に OSIM を試用してもらい、システムの操作性についての評価を行った。その結果に基づき、仮想空間内の競技者の制御方法とそのためインタフェースの改善を行った。

2 オリエンテーリングの概要

トレインには、主に里山などの丘陵や自然公園などが選ばれる。道路だけでなく森林内をはじめ、走行可能な場所全てが競技場であり、競技者はコントロール間のルートを選択する。

O-MAP の縮尺は通常 1/15,000~1/4000, 等高線間隔は 5.0m~2.5m であり、林の中の細い道 (小径) や、小さな池、穴、こぶ、岩、がけなど、一般の地図には表記されていない細かな特徴物まで記載されている。O-MAP には、植生と呼ばれる植物に関する土地の状態も記載されている。植生には、開けた土地 (オープン), まばらに開けた土地 (セミオープン), 林, 耕作地などがある。また、林の中などの走りやすさを表す走行可能度が 3~4 段階で表記されている。O-MAP は競技開始時に初めて競技者に渡される。

コントロールの設置場所には、O-MAP に表記されている特徴物が選ばれ、目印となるフラッグが置かれる (図 9)。フラッグは 30cm × 30cm の大きさの三角柱状で、左上が白、右下がオレンジ色になっている。

競技中は、O-MAP と周囲の状況を照らし合わせて現在地を把握するが、O-MAP の向きと実際の方向がずれていては難しい。そこで、地図読みを行う際は O-MAP を水平に持ち、コンパスの指す南北方向と地図の南北 (磁北) 方向を合わせる。これを整置 (または正置) と呼ぶ。

競技者は、コントロールまでの距離や登りの標高差 (登距離), 現在地の把握のしやすさ, 走行可能度など様々な条件を考慮して、自分にとって最短時間となるルートを選択し、走行する。

3 仮想トレインの構築

本システムで使用する仮想トレインは、O-MAP を基に専用のエディタを用いて作成する [2]。

しかし現状では、実環境すべてを仮想空間内に再現することは困難である。そこで、等高線が表す地形や、植生、特徴物のうち、O-MAP に表記されており、競技上特に重要または頻繁に利用されるものを選んでモデル化している。

3.1 地形モデル

一般的に入手可能な電子地図では、競技に必要な微細な地形モデルを得ることはできない。よって、O-MAP に記載されている等高線を基に、仮想トレインの地面に相当する地形モデルを生成する。地形モデルは、三

[†]大阪電気通信大学, Osaka Electro-Communication University

角板の集合で構成している．まず，等高線を線分で近似し，その頂点を入力する．次に，等高線が含まれる領域を，入力した各頂点を結んだ三角形の集合に分割する [5]．この時，等高線を表す線分を制約辺とした制約条件付き Delaunay 三角形分割 [9] を行う．これにより，等高線と交差する辺をもつ三角板が生成されなくなり，元の等高線が表す地形と異なるモデルが生成されるのを防ぐことができる．しかし，それでもなお，同じ高さの等高線上の頂点が近接している場合，適切な斜面形状とならないことがある (図 1)．そこで，このような部分に制約辺を自動的に追加設定し，再度生成しなおすことにより，等高線が表す地形に近い地形モデルを生成している (図 2)[5]．



図 1: 不適切な形状例

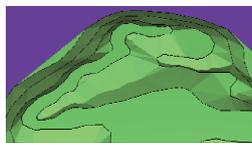


図 2: 制約辺追加後の生成例

3.2 植生のモデル

仮想トレイン内の植生は，樹木と藪の画像を平らで透明な板に貼り付けたモデルを用いて再現する．本システムでは，樹木を配置する密度により，オープン，セミオープン，林を表す．同様に，藪のモデルを配置する密度により，走行可能度の違いを表す (図 3, 4)．



図 3: 走行容易な林



図 4: 走行困難な林

3.3 その他の特徴物のモデル

本システムに実装されている特徴物のモデルには，道，川，池，小凹地，こぶ，穴，岩，小屋，柵がある．特徴物の表示例を図 5, 6 に示す．これらの特徴物のうち，岩，小屋，柵以外の特徴物は，地形モデルを局所的に変形してテクスチャを貼ることで表現している．



図 5: 池，道，小川とこぶ



図 6: 岩，小屋と柵

4 システムの構成

OSIM のシステム構成を図 7 に示す．システム使用者はステップのステップ上に乗る，交互にステップを踏むことで仮想空間内の競技者 (以下，単に競技者と表記する) の移動操作を行う．

競技者から見た仮想空間の画像は，プロジェクタによりスクリーン上に投影される．システム使用者とスクリーン間の距離を短くして，視野を大きくするために，短焦点プロジェクタを用いている．

地図とコンパスは，システム使用者のすぐ近くに置かれた PC のディスプレイに表示される．地図の操作方法と，各操作 1 回当たりの変化量を表 1 に示す．地図の拡大・縮小，回転，平行移動の各操作と，競技者の視線方向の変更操作は，WiiRemote (図 8) により行う [4]．

なお，これらのデバイスの代わりに，キーボード，マウス，ジョイスティックを用いることも可能である．

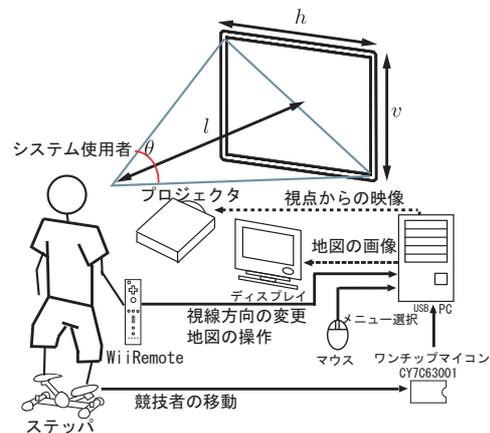


図 7: OSIM のシステム構成

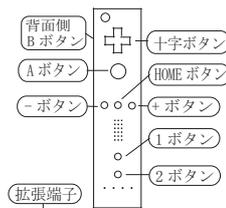


図 8: WiiRemote

表 1: 地図操作と 1 入力当たりの変化量

地図操作	使用ボタン	変化量
平行移動	B と十字	1cm
右回転	+	3°
左回転	-	3°
拡大	1	102%
縮小	2	98%

4.1 移動操作

ステップの左右のステップ下部には，押しボタンスイッチが設置されている．これら 2 つのスイッチから交互に入力された場合に，競技者を前進させる．この時，入力断続的に発生することになる．そこで，競技者を滑らかに前進させるため，入力がある度に一定時間等速で前進させ，その一定時間内に再び入力があった場合は，その時点から，さらに一定時間等速で移動させる．この速度は，入力間隔を計測して決定する．入力間隔が 500ms 以上の場合は一定速度とし，それ以下であれば，入力間隔に応じて速度を増加させている．これに加えて，競技

者の位置から，その場所の走行可能度と競技者の前後左右方向の地面の斜度などを求めて，速度を自動的に増減させている [3]．

片方のスイッチから一定時間以上連続して入力された場合は，入力されている方向に競技者を毎秒 9° 旋回させる．WiiRemote の十字ボタン (左右) を押すことでも，旋回させることができる．

4.2 視線操作と視野角

競技者の視線方向は，WiiRemote の A ボタンを押しながら十字ボタンを押して操作する．十字ボタンが押された方向に，入力 1 回当たり 2° 動かしている．

競技者の視野角 θ は，スクリーンサイズ h, v ，システム使用者からスクリーンまでの距離 l より決定し，視野内に含まれる仮想トレインを描画する．スクリーンまでの距離が 130cm ，スクリーンサイズが $140\text{cm} \times 140\text{cm}$ のときの視野角は 59.96° となる．

5 OSIM のトレーニング機能

OSIM は，競技形式以外にも複数のトレーニング機能を備えている [2]．競技形式でのトレーニングの場合は，スタートと同時に地図が表示される．地図には，予め設定されたコントロールの位置が表示される．また，正しいコントロールの他に，地図には表示されないおとりのコントロールを置くこともできる．

競技者が所定の距離までコントロールに近づいた時点で初めて，図 10 のようなフラッグが表示される．この距離を変更することで難易度を変えることができる．到達したコントロールが，指定された正しいコントロールであった場合には，自動的に通過時刻などが記録される．



図 9: 実際のコントロールフラッグ



図 10: 仮想トレイン内のコントロールフラッグ

トレーニング中は，移動距離，登距離，各コントロール間の所要時間，採ったルートなどが自動的に記録される．これらのデータをトレーニング後に分析することで，ルートの検証や，タイムロスの原因の特定などを行うことができる．

トレーニング終了後は，自動的に復習モードに移行する．このとき，競技者はスタート地点に自動的に戻り，仮想トレイン内を再び自由に動くことができるようになる．また，地図上にトレーニング中に採ったルートと競技者の現在位置が表示される．これにより，実際に採っ

たルートをたどって検証したり，異なるルートを試してみることもできる．

仮想トレインを用いる最大の利点は，トレインを自由に作成，変更でき，手軽に異なった環境でトレーニングできることである．さらに，わかりやすい特徴物を配置したり，逆に特徴物を減らしたり，競技者のレベルや目的に応じたトレインの構築が可能なことなどが挙げられる．

6 評価手法と結果

今回は，システムの操作性について主観評価を行った．被験者は，オリエンテーリングクラブ所属の大学生 5 人 (男性 4 名，女性 1 名) で，全員が上級者である．

まず，被験者に OSIM の操作方法を理解してもらうため，実演を交えながらの解説を行い，各被験者にそれぞれ 5~10 分程度実際に操作してもらった．その後，被験者には，競技形式でのトレーニングを行ってもらった．

トレーニング終了後，各被験者には，移動操作，地図操作，視線操作についてそれぞれの操作のしやすさと，現実との比較を 5 段階 (良い:5 ~ 悪い:1) で採点してもらった．視野角についても同様に，仮想トレインの見やすさの評価と，現実との比較を行ってもらった．この結果を表 2 に示す．

表 2: 各操作についての評価結果

操作対象	移動	地図	視線	視野角
操作のしやすさ ¹	3.19	3.5	3.67	3.75
現実との比較	3.29	3.18	3.16	3.75

¹ 視野角については見やすさ

操作のしやすさについては，移動操作が最も低い値となっており，地図操作，視線操作の方が高い値となっている．移動操作は，システム使用時に最も頻繁に行う操作であるので，早急な改善が必要であることがわかった．一方，現実との比較では逆に，移動操作が最も高くなっている．これは，ステップを踏んで移動するという現実に近い操作方法であるのに対し，地図操作や視線操作には WiiRemote を用いているので，このような結果になったと考えられる．

5 段階評価と同時に，システムの良い点と悪い点，追加した方が良い機能とその理由についてのアンケートも行った．その結果，移動用のインタフェースとしては，もっと入手が容易なものの方がよいという回答があった．競技者の制御については，目的とする地点で止まることができずに通り過ぎてしまう，旋回時の待ち時間が長いなどの意見があった．地図操作については，1 回の入力当たりの地図の平行移動量，回転量，拡大・縮小率が大きすぎるため，見たい場所や角度に合わせるのが容易ではない，という問題点が指摘された．視野角については，

実際より視野が狭いため、コントロール接近時にフラッグを簡単に見失ってしまうという問題点が指摘された。

7 地図操作に関する改善点

評価結果に基づき、各操作の1回当たりの変化量の調整を行った。入力1回当たりの平行移動量を $5mm$ 、回転量を 1.5° 、拡大率を 101% 、縮小率を 99% とした。

また、地図の整置が簡単にできる機能を追加した。WiiRemote の A ボタンと B ボタンを同時に押すと、コンパスの南北方向と地図の南北方向が一致するように自動的に回転させるようにした (図 11, 12)。



図 11: 整置前



図 12: 整置後

8 競技者の制御に関する改善点

目的とする地点で止まることができずに通り過ぎてしまう原因は、競技者の移動速度が大きいことと、ステップでの入力1回当たりの移動量が大きいことである。そこで、競技者の速度を $1/4$ に落とした。さらに、入力1回当たりの移動量もこれまでの $1/4$ に変更した。競技者の旋回速度については、これまでの倍の毎秒 18° に設定して、旋回待ちの時間を短縮した。

また、コントロールから $3m$ 以内に競技者が近づいた場合には、競技者の視線方向を自動的に下げて、フラッグの上端が視野の上下方向の中央に来るようにした (左右方向には変更しない)(図 13)。フラッグから遠ざかる際には、徐々に視線方向を上げていき、 $3m$ 以上離れた時に通常の視線方向に戻るようにした。

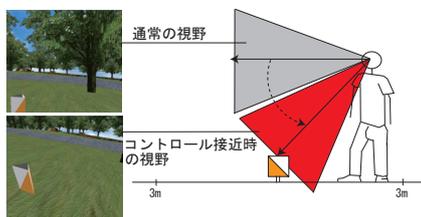


図 13: コントロール接近時における視線方向の自動変更

9 移動用インタフェースの追加

実際の歩行や走行動作で操作でき、かつ入手しやすいインタフェースとして、新たに WiiRemote の拡張コントローラ Nunchuk を用いることにした (図 14)。

Nunchuk には 3 軸加速度センサ (Analog Devices 社

製の ADXL330) が内蔵されている。単体では動作しないので、WiiRemote に接続して使用する。

その場で足踏みをした場合、腰より下の部位が上下する。よって、システム使用者の腰より下に Nunchuk を装着し (図 14)、 y 軸方向の加速度センサから値を取得する。一定以上の加速度を検知したとき、競技者を前進させる。ステップによる移動と同様に、入力間隔を計測しておき、その間隔により速度を変化させる。

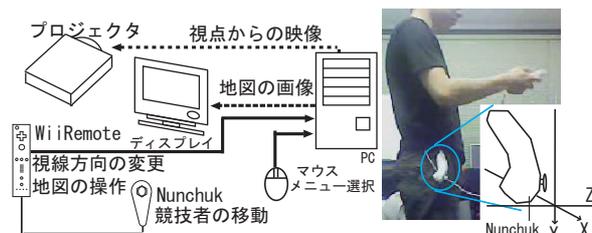


図 14: 移動用インタフェースの追加

10 おわりに

Nunchuk を用いて、仮想空間内の競技者を移動できるようにした。これにより、特殊なデバイスを作成しなくても、直感的な操作が可能になった。移動や地図操作に関するパラメータを調整して、操作性を向上させた。コントロールフラッグを視野から外れにくくしたことと、地図の整置機能を追加したことで、ナビゲーションの際の操作が簡略化できた。

今後は、改善後のシステムの評価を行う必要がある。

参考文献

- [1] 日本オリエンテーリング協会, “オリエンテーリング-地図を片手に大地をかける”, 大修館書店, 2006.
- [2] 芝, 河合, “仮想空間を利用したオリエンテーリング競技の知的技術トレーニングシステム”, 平成 18 年度情報処理学会関西支部大会, pp.45-46, 2006.
- [3] 後藤, 河合, “オリエンテーリング競技のトレーニングシステム OSIM の開発-競技者の動きの表現-”, 平成 19 年度情報処理学会関西支部大会, pp.29-30, 2007.
- [4] 西山, 河合, “オリエンテーリング競技のトレーニングシステム OSIM における入力インタフェースの構築”, 平成 20 年度情報処理学会関西支部大会, pp.301-302, 2008.
- [5] 岩田, 河合, “等高線情報を用いてドローネー分割により生成した地形モデルの斜面形状改善法”, 第 25 回 NICOGRAPH 論文コンテストポスターセッション, P06, 2009.
- [6] 日本オリエンテーリング協会, “地図でアドベンチャー”, http://www.texnai.co.jp/orienteering/virtual_lo/index.html.
- [7] “Catching Features”, <http://www.catchingfeatures.com/>.
- [8] MelinSoftwareHB, “WinOL II - Oriantica”, <http://www.melin.nu/oriantica/>.
- [9] L. P. Chew, “Constrained Delaunay triangulations”, Proc. of the 21st Annu. Sympo. on Computational Geometry, pp.215-222, 1987.