

# モータフェーダを利用した触覚呈示を用いた ゲームアプリケーションの提案

山口隆<sup>†1</sup> 串山久美子<sup>†1</sup> 馬場哲晃<sup>†1</sup>

本稿では、モータフェーダを利用したインタフェースとアプリケーションの開発について述べる。フェーダのノブの位置情報とモータの回転をもとに様々なインタラクションを実現し、それらを用いた直観的に遊べるアプリケーションの開発を目指す。

## Proposal of Game Applications that Use Motorized Faders

TAKASHI YAMAGUCHI<sup>†1</sup> KUMIKO KUSHIYAMA<sup>†2</sup> TETSUAKI BABA<sup>†3</sup>

This paper describes development of the interface and application using the method of expression using the motorized faders. We achieve various interactions which based on the rotation of the motor and the position information of the fader knob, and aim to develop an application which can play intuitively using various interaction.

### 1. はじめに

ビデオゲームのコントローラはこれまでに数多くの事例が報告されている。製品に限らず研究領域からも開発が行われておりその種類も多い。現在では身体運動を使い操作を行うなど、ゲームへの入力操作においては多数のインタラクションが実現されている。しかし、ゲーム側からプレイヤに触覚などの視聴覚以外の情報を呈示する手法の発達はあまり進んでいない。

現在まで触覚呈示技術を用いたインタフェースは数多くある。しかしこれらの事例に使われている技術は操作フィードバックを呈示するためであったり、視覚情報や聴覚情報の伝達を補助するために触覚呈示が用いられていたり、ユーザにリアリティの高い触覚情報の呈示は行われていない。

リアリティの高い触覚情報の呈示、再現手法については、これまでに多くの研究が報告されており、近年では”鳥肌感”や”ぱっさり感”、”硬軟感”などを再現した事例も報告されている[1][2][3]。また、操作性の向上や臨場感の向上などを目的に触覚呈示技術を使う研究が多数報告されている。

一方で触覚呈示インタフェースの多くは装着型や大型のものが多く、大きな電力を必要とするので、それらはエンタテインメントコンテンツなどに応用する場合においてしばしば障害となっている。そこで著者らは多種の触覚呈示と高い携帯性を実現可能なデバイスを提案することで、様々な触覚要素を手軽にコンテンツ応用可能な手法を検討することとした。

### 2. 関連研究

触覚掲示技術の例として京セラが開発した「新感覚タッチパネル」[4]が挙げられる。このデバイスはタッチパネル内の素子の振動によって実際にボタンを押す感覚や様々な触感を再現している。しかし、デバイス自体が大型で携帯性が低く、ゲームコントローラのようなユーザが手にとって使用するようなインタフェースに応用することは困難である。

同じく触覚を掲示する研究で Lemmens らの「触覚ジャケット」[5]がある。64個のアクチュエータを搭載したジャケットを身につけると、映画やゲームの内容に合わせて特定のポイントが振動する。全身に振動を呈示することで高い臨場感を演出する研究である。しかし、このデバイスは装着型であるので携帯性は低く、場面に合わせて振動の ON と OFF を切り換えているだけなので他のアプリケーションへの応用は困難だと思われる。

本研究では、多種の触覚インタラクションを実現した触覚呈示手法を開発すると共に、その手法を用いたインタフェースを制作し、実装したインタフェースを利用したアプリケーション事例を提案する。

### 3. システム概要

著者らは単一のアクチュエータで多種の触覚呈示を再現することで、インタフェースの小型化と電力の問題が解決できると考え、そのアクチュエータにモータフェーダを利用する。モータフェーダは可変抵抗とベルト可動式アクチュエータで構成されており、比較的小型化されている。

本研究ではフェーダのノブの位置情報とモータの回転をもとに、種々のインタラクションを実現し、それらに応じたゲームアプリケーションの開発を目指す。これにより、

<sup>†1</sup> 首都大学東京システムデザイン学部  
Tokyo Metropolitan University, Faculty of System Design

単一のコントローラで様々な触覚呈示が可能なゲームコントローラの開発が可能になる。

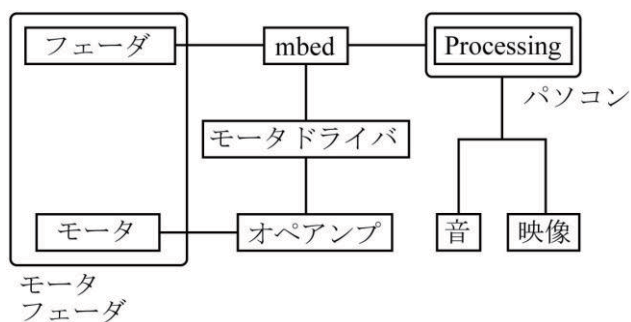


図 1 システムの概観

Figure 1 Appearance of System.

モータフェーダ，mbed を接続し，可変抵抗の値を読み取る．モータフェーダのノブを動かすと抵抗値が変化するので，その時の値をプログラミングに利用する．また，モータの回転を PWM 制御ではなく mbed を用いてモータにアナログ出力している．アナログ出力はオペアンプ，モータドライバを経由して行っている．

#### 4. 触覚呈示手法

上記のシステムを使い以下のような触覚を掲示する．

##### 4.1 ツルツル感

ツルツル感とはモータが静止してノブを滑らかに動かせる状態を指す．または，ノブを動かすと動かす方向と同じ方向に力がはたらくことでツルツルとした面を触るような触覚を呈示する．ノブにはたらく摩擦係数  $\mu$  を変化させることで面の滑りやすさを表す．

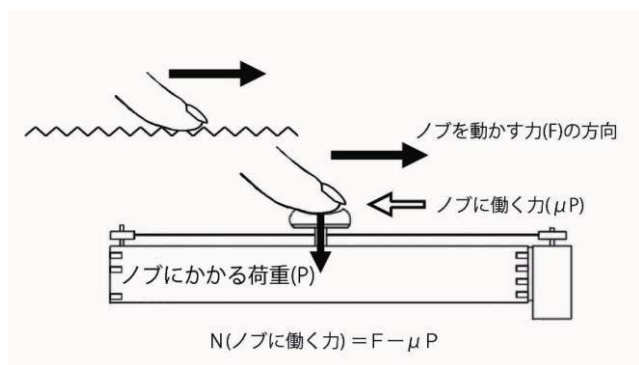


図 2 “ツルツル感”のイメージ

Figure 2 Image of Slippery Feeling.

##### 4.2 ザラザラ感

ザラザラ感とはノブを動かしている時にごく短い距離でモータの回転方向を切り換えることで凹凸面に触れている感覚を掲示することを指す．回転速度，切り換える距離によって面の粗さを変えることも可能である．また，ツルツル感と同様に摩擦係数  $\mu$  の値を変えることで面の粗さの度合いを表す．

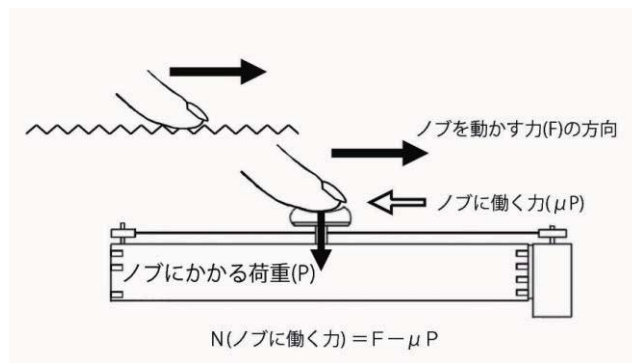


図 3 “ザラザラ感”のイメージ図

Figure 3 Image of Harshness.

##### 4.3 勾配感

勾配感とはノブの位置によってモータの回転の方向を場合分けし，変化させることで上り坂や下り坂，山や谷などの勾配を表現することを指す．ノブにはたらく力とそれにより表す勾配のイメージ図を図 4 に示す．また，モータの回転の速度を調節することで勾配の変化を表すことができる．

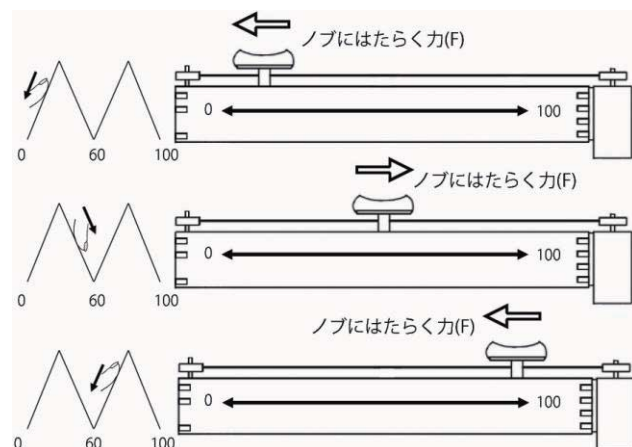


図 4 “勾配感”のイメージ図

Figure 4 Image of Feeling of Slope.

##### 4.4 張力感

張力感とは初期位置にあるノブを動かすとばねのように元の場所に戻ろうとする力がはたらくことを指す．ノブを動かす距離が大きいほどノブが戻る速度が上がる．

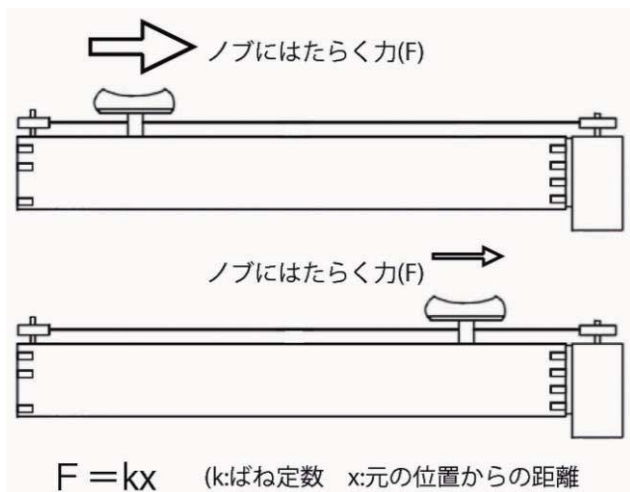


図 5 “張力感”のイメージ図

Figure 5 Image of Feeling of Tension.

#### 4.5 掘削感

掘削感とはノブを動かすと硬い地面をドリルなどで掘り進んでいるような振動が発生することを指す。振動の強弱で掘削する際の地面の硬さや掘っている速度を表す。

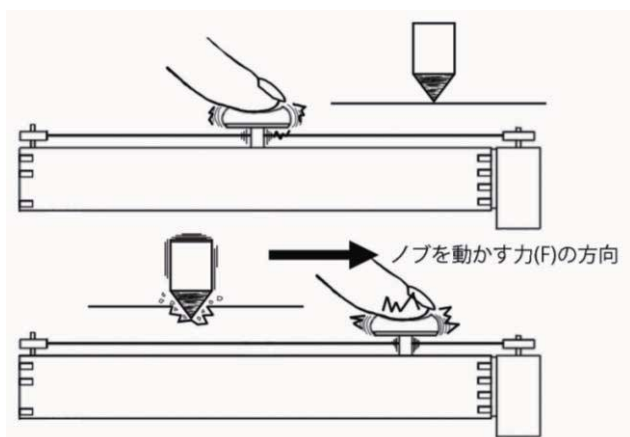


図 6 “掘削感”のイメージ図

Figure 6 Image of Feeling of Excavation.

このように単一のアクチュエータでも様々なインタラクションを実現できた。

### 5. アプリケーション

これらの触覚を呈示するインタフェースとそれを用いたアプリケーションの制作について述べる。

#### 5.1 “張力感”のアプリケーション

制作したインタフェースの外観を図7に示す。外観はボウガン（弓）を模したデザインにしており、内部にはモータフェーダなどの部品を内蔵している。

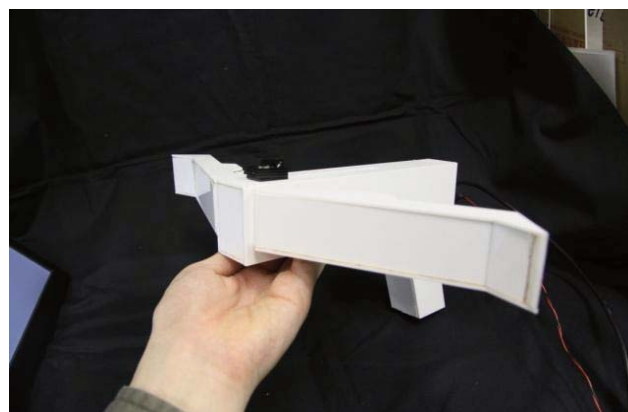


図 7 “張力感”のインタフェース

左上：透視図，左下：上面，  
 右：ディスプレイと後方から見た図

Figure 7 Interface of Feeling Tension.

Upper Left: Perspective View. Lower Right: Top View.

Right: Display and Back View.

実装したインタフェースを用いたアプリケーションは図8のようなシューティングゲームになる。

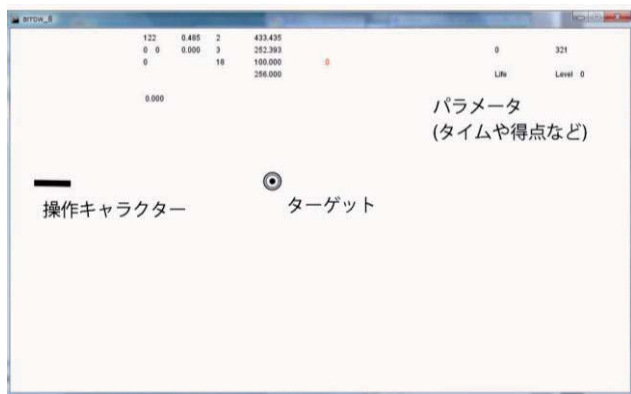


図 8 “張力感”のアプリケーション画面例

Figure 8 Example of Application Screen of Feeling of Tension.



図 9 ターゲットの例

Figure 9 Example of Target.

コントローラのノブがスイッチになっているのでそれを押しながら引っ張り、手を離すと操作キャラクターのボウガンから矢が発射される。矢はノブを引っ張って離れたときの距離に応じて軌道と飛距離が変わる。また、コントローラを傾けるとボウガンの傾きが変わり軌道が変化するので、プレイヤーは双方の特徴を考慮してランダムに出現するターゲットを狙い撃つ。5秒以内なら4点、10秒以内なら2点、それ以上なら1点、とターゲットが出現してから何秒後に命中させたかにより得点が加算されていくので、当てるまでの時間が早ければ早いほど得点が多く加算される。ゲーム性を向上させるために難易度によってターゲットが操作キャラに向かってくる、何発か命中させなくては行けない、などと仕様を変更している。なおターゲットは必ず矢の軌道に出現するようになっているので矢の軌道とターゲットの軌道が合致すれば必ず命中する。

### 5.2 “掘削感”のアプリケーション

制作したインタフェースの外観を図 11 に示す。インタフェースの右側と下側にはモータフェーダを取りつけ、それぞれが独立した動作をする。中央にはパソコンに接続したディスプレイを差し込み、そのディスプレイの画面にアプリケーション画面を表示する。



図 10 “掘削感”のインタフェース  
 (上：上面，下：使用例)

Figure 10 Interface of Feeling of Excavation.

Top: Top View. Bottom: Example of use.

ゲームのストーリーとしては地中深くにある宝物を探し、掘り当てる掘削シミュレーションゲームである。このゲームには次のような2つのモードがある。

まずは縦横のフェーダのノブをスライドさせてレーダーサイトを操作することでターゲットを探索するレーダーモードである。このレーダーサイトがターゲットに近付くとノブが振動し、ターゲットに近づくほど振動が強くなるので、縦軸と横軸のノブが最も強く振動する場所で右側のフェーダのスイッチを押すとこのレーダーモードはクリアとなる。図 11 ではターゲットのマスが赤く塗られているが実際の画面では他のマスと同様に無色であるのでプレイヤーはノブから伝わる振動を頼りにターゲットを見つけなければならない。

レーダーモードをクリアすると次のドリルモードに移行する。右のノブを下に動かすとキャラクターが下に動き、地面を掘り進んでいく。この時、キャラクターが持つドリルの先端が触れている地層と画面右下に表示される掘るスピードによってノブの振動の大きさが変化する。この振動が強い地層ほどゆっくりと進まなくてはならず、地層ごとに設けた既定の速度を超えるとキャラクターが動かなくなり、速度を緩めなければ再び進むことができないペナルティを科

している。キャラクターが最深部まで到達するとゲームクリアとなる。

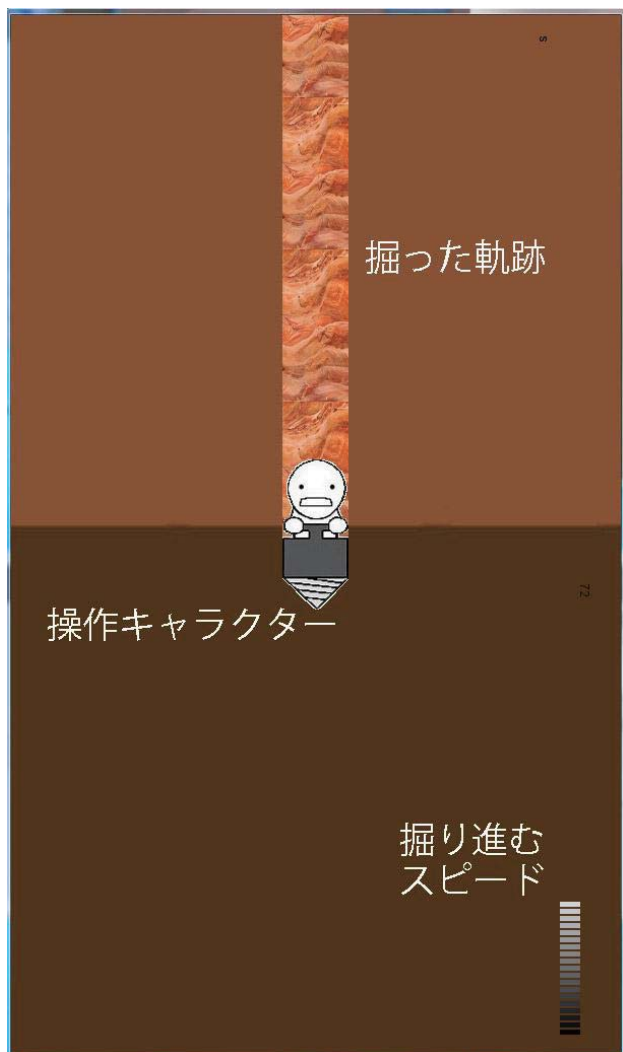
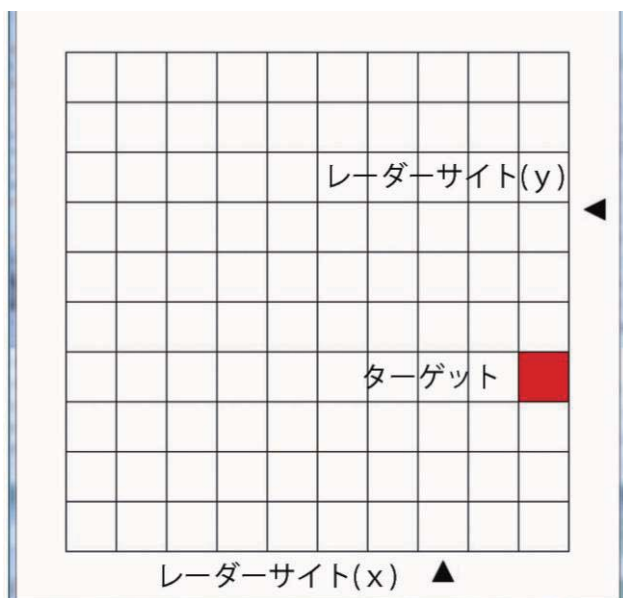


図 11 “掘削感”のアプリケーション画面例  
 (上：レーダーモード，下：ドリルモード)  
 Figure 11 Example Application Screens of Feeling of

Excavation. (Top: Rader Mode. Bottom: Drill Mode.)

### 5.3 実際の操作時におけるユーザの反応

制作したゲームアプリケーションを大学内で行われた卒業研究展覧会でユーザに実際に操作してもらった。シューティングゲームはノブを引っ張る距離の調節と向かってくるターゲットにユーザが戸惑う場面も見られたが、慣れてくるとユーザの矢が命中する頻度が上がり、5秒以内で何度も連続で命中できるようになったユーザもいた。

掘削シミュレーションゲームはノブの振動の強さに驚きながらも楽しんで操作している様子が観察できた。特にドリルモードの“掘削感”が好評で繰り返し遊んでくれたユーザもいた。モータフェーダをフィードバックのあるアクチュエータとして使用しているのが面白いとの意見も頂いた。

### 5.4 汎用コントローラ

試作した上記の二つのゲームはそれぞれに専用のインタフェースを制作し、使用している。しかし、ゲームアプリケーションを作る度にインタフェースを制作しては手間と費用がかかりすぎてしまう。そこで今まで制作したアプリケーションだけでなく、新たに制作したアプリケーションにも対応できる汎用型のコントローラを制作する。

試作したコントローラにはモータフェーダやマイコンの他にもボタンやジョイスティックといった一般的なゲームコントローラにも使われる部品を使用している。プロトタイプ成形には3Dプリンタ (Dimension 社製 1200es) を用いた。

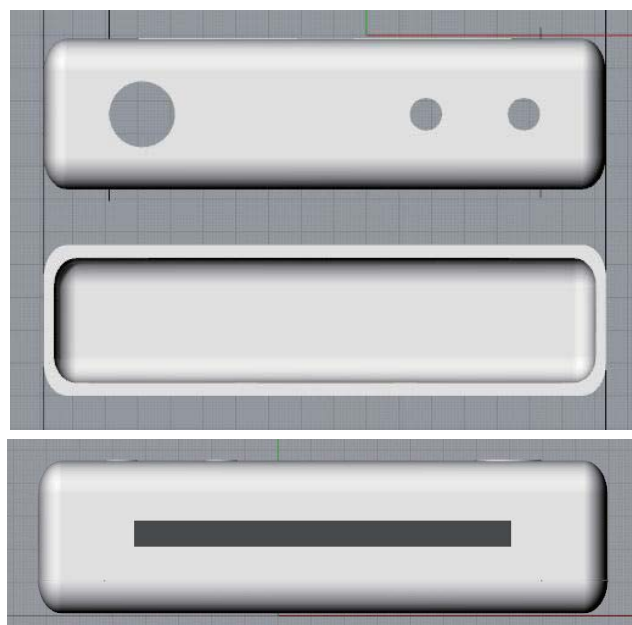


図 12 汎用コントローラの試作 (上：上面，下：背面)  
 Figure 12 Prototype of a Generic Controller.  
 (Top: Top View. Bottom: Back View.)

## 6. 結論

本研究では様々な触覚を呈示できる手法を検討し、モー

タフエーダと mbed を用いることで多種の触覚呈示を低電力で行うことが可能になった。さらに開発した手法を基にアプリケーションを制作することで、コンテンツ応用が手軽に行えることが確認された。

## 7. 今後の展望

今回は触覚呈示手法をゲームアプリケーションに応用したが、呈示する触覚に合わせた画像を見ながらノブを動かすことでより呈示している触覚が直観的に分かるなどのアプリケーションを追加して展示形態の見直しを図りたい。また、通る道に応じて触覚を呈示するレースゲームなど、まだ使用していない触覚呈示手法を用いたゲームアプリケーションの制作も行っていきたい。さらに、ゲームアプリケーションは Processing で制作しているが openFrameworks での制作に変更したり、ゲームのグラフィックやインタフェースのデザインの改良をしたりなどのゲームの開発環境の変更にも取り組みたい。これらを行うことでよりリアルな触覚を呈示することができ、よりエンタテインメント性に富んだコンテンツの開発に繋がることを今後の目的とする。

### 参考文献

- 1) 大島, 橋本, 渡邊, 梶本: 仮現運動を利用した”ぼっさり感”呈示の研究, 日本バーチャルリアリティ学会 第12回大会論文集 (2007年9月福岡), 2007
- 2) 池田, 藤田, 稲見, 杉本, 前田: 指先の接触面積と反力の同時制御による柔軟弾性物体の呈示, 日本バーチャルリアリティ学会論文集, Vol.9, No.2, 2004
- 3) [http://www.kyocera.co.jp/topics/2012/1003\\_ntcp.html](http://www.kyocera.co.jp/topics/2012/1003_ntcp.html)
- 4) Lemmens et al, A Body-Conforming Tactile Jackets to Enrich Movie Viewing, World Haptics Conference pp, 7-12,2009
- 5) 塩川雄太: 皮膚感覚揭示技術が創出する価値の分析, 慶應義塾大学大学院, 2010