

Wii リモコンを用いた打楽器インターフェース

小川智久[†] 甲藤二郎[†]

本稿では、ドラム演奏者向けに、Wii リモコンと PC を用いた打楽器インターフェースを提案する。ドラムは楽器の特性上、奏者の好きな場所、時間に練習することは難しい。また、従来の打楽器インターフェースでは打楽器音の変更をボタン操作で行うため直感的な演奏とはいえ、ドラムの演習支援としては不十分であった。そこで本研究では、ジャイロセンサーを用いた、より直感的な打楽器インターフェースを実装、及び評価する。

Percussion Instrument Interface Using Wii Remote Controller

Tomohisa Ogawa[†] and Katto Jiro[†]

This paper proposes a percussion instrument interface using Wii remote controller. Drum practicing is difficult because it uses large place and makes big noise. But a conventional computer-assisted percussion instrument interface is not intuitive. Therefore, we implement and evaluate more intuitive percussion instrument interface using a gyro sensor in this paper.

1. はじめに

近年、情報処理技術の発展や演算処理の向上などにより、エンドユーザの音楽の楽しみ方が変化している。例えば、大量の音楽をパソコンで管理し、それを大容量携帯プレーヤーによって持ち運びすることや、iTunes などによって楽曲を気軽にネット経由で購入することが可能となった。さらには Last.fm のように、ユーザごとの音楽嗜好を分析し、似たような音楽嗜好をもつユーザが聴いている楽曲を提示するなど、音楽検索などの面においても様々な変化が起きている。

さらに、インタフェースの面においてもセンサ技術の進歩によって変化が起きているといえる。iPod touch に代表されるように、タッチスクリーンによるインタフェースの普及や、加速度センサやジャイロセンサを利用した直感的インタフェースの実現など、様々な面においてインタフェースの変化が起きている。

そこで本研究では、近年進化したインタフェース技術を利用した打楽器演奏インタフェースの提案及び評価について述べていく。楽器演奏の初心者にとって、練習環境の確保は重要な問題である。しかしながら、ドラム等の打楽器は楽器の特性上、奏者の好きな場所、時間に練習することが難しい。例えば、ドラムセットを用いる場合価格が高い問題や、設置場所を広く使うこと、セッティングの問題や騒音といった問題がある。電子ドラムを用いることを考えても、設置場所の問題が残り、またマンションなどではやはり騒音問題が残る。このようにドラムの練習場所が確保しにくく結果他の楽器と比べてドラムのユーザー人口は、特に日本においてあまり多くない。そこで本稿では、それら設置問題や騒音問題を解決する打楽器インタフェースの提案をする。

従来の打楽器インターフェースとして、2008年に任天堂が発売した Wii Music[1]がある。しかし、打楽器音の変更をボタン操作で行うため直感的な演奏とはいえ、ドラムの演習支援としては不十分であるという問題があった。さらに、加速度センサによる打楽器発音タイミングの取得には、速く振ると発音の遅れや発音自体がされないなどの問題もある。そこで本研究では、ジャイロセンサを用いた、より直感的な打楽器インターフェースを実装、及び評価した。

[†] 早稲田大学 基幹理工学研究科
Graduate School of Fundamental Science and Engineering, Waseda University

2. システムの設計

本システムでは、Wii リモコン[2]に MotionPlus[3]という Wii リモコンの拡張ハードウェアを利用した。MotionPlus にはジャイロセンサが内蔵されており、このジャイロセンサによって角速度を得ることができる。また、実装環境としては、Visual Studio C++ 2010 及び DirectX を用いた。これは、Wii MotionPlus[4]と言われる MotionPlus のデータをもっともよく取得できるライブラリが C++ 専用であること、また提案手法に 3D グラフィックスを利用する可能性が高かったことの二点を考慮したためである。

3. 提案システム

本研究では、図 1 のようにデスクトップ上に描画されたドラムセットを叩くインターフェースを提案する。奏者は Wii リモコンの向きを通じて、仮想的に配置されたドラムを叩くと、そのフィードバックとしてドラム音が発音される。

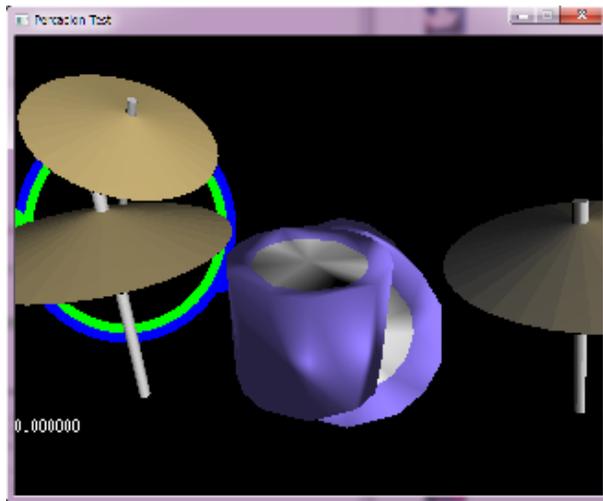


図 1 アプリケーション例

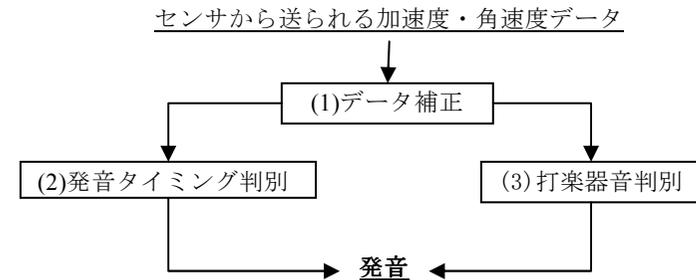


図 2 提案システム

また、今回センサは加速度センサ及びジャイロセンサを利用したため、センサ側から送られるデータは加速度及び角速度である。そのセンサデータを本システムに入力する。システムは、図 2 のように大きく三つの処理に分けられる。第一に、センサから送られるデータの誤差を補正するデータ補正部、第二に補正された情報を用いて発音タイミングを判別する発音タイミング判別部、第三に同じく補正された Wii リモコンの向き情報等を用いて、どの打楽器音を鳴らせばいいかを判別する打楽器音判別部である。以下、それぞれについて詳しく説明していく。

(1) データ補正

本システムでは、Wii リモコンの加速度センサやジャイロセンサーの角速度から Wii リモコンの姿勢等を計算し、(2)(3)の判別に利用する。また、打楽器音判別においてはジャイロセンサの値を積分することで得られた Wii リモコンの向きを利用する。しかし、ジャイロセンサから、量子化誤差など誤差の多く含まれた値を取得してしまい、その誤差が積分されることによって累積誤差が生じ、Wii リモコンの向きが上手く取得できないという問題がある。そこで、カルマンフィルタ[5]を用いて補正する。

カルマンフィルタとは、センサのような離散値データを入力とすることで、時間変化する量の現在値を推定するフィルタである。本システムでは、ジャイロセンサの角速度および加速度センサの加速度のデータから得られた Wii リモコンの向きを入力として、ジャイロセンサの角速度量及び Wii リモコンの向きを推定する。しかしながら、カルマンフィルタは線形信号に適用できるフィルタであり、ジャイロセンサによって取得できる手の振りの角速度を補正するのは難しい。そこで本システムでは、カルマンフィルタを非線形信号にまで拡張させた拡張カルマンフィルタを利用した。拡張カルマンフィルタの実装には文献[6]を参考とした。

(2) 発音タイミング判別

発音タイミング判別部では、奏者がドラムを叩くタイミングを認識する。ここでは、

奏者自身がドラムを「叩いた」と感じる時刻をシステムが認識することが重要である。また、発音タイミングを認識するためには、奏者が Wii リモコンをどの方向に動かしているかを認識する必要があるが、その認識に加速度情報を用いる場合、加速度から速度情報を積分によって出す必要がある。しかし、加速度から速度を出す過程で積分誤差が生じ、認識精度が悪くなる。一方、角速度情報を用いると、積分の必要がないためより精度の高い認識が期待できる。そこで、本システムでは、角速度情報を用いることで発音タイミングを認識する。

まず、実際に Wii リモコンをドラムを叩くように振った場合、どのような値を取得できるか実験をおこなった。その結果が図 3 となる。

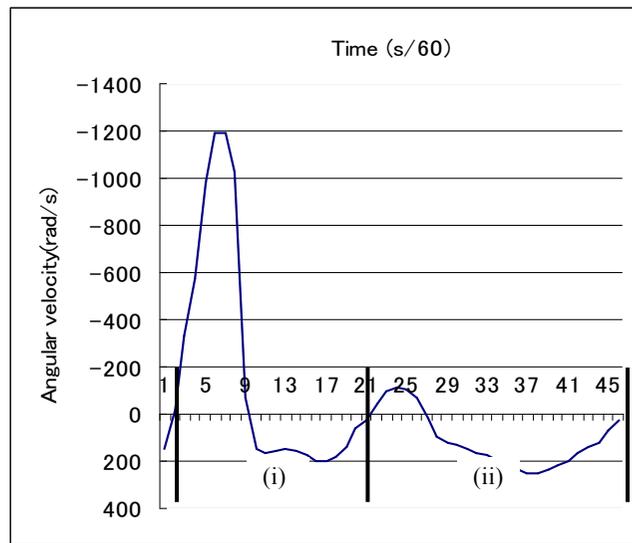


図 3 Wii リモコンをドラムのように振った場合の角速度の変化

ここで、左側の(i)(ii)の区間がドラムのワンストロークとなる。(i)はフルストロークやダウンストロークと呼ばれる、強めにドラムを叩いた場合の角速度の変化である。グラフをみるとわかるように、強く振った場合は角速度のピークも強く出るため、発音タイミングの判別が容易である。次に(ii)の場合をみていく。(ii)はタップストロークやアップストロークと呼ばれる、弱めにドラムを叩いた場合の角速度の変化である。グラフをみるとわかるように、弱く振った場合は、角速度のピークが弱く、Wii リモ

コンを振る以外にも取りうる角速度でピークとなるため、ピークによる判別が難しい。そこでこのような場合には、ピークではなく角速度の戻りの傾きによって発音タイミングを識別するようにした。具体的なアルゴリズムは図 4 発音タイミング判別処理の流れのようになる。

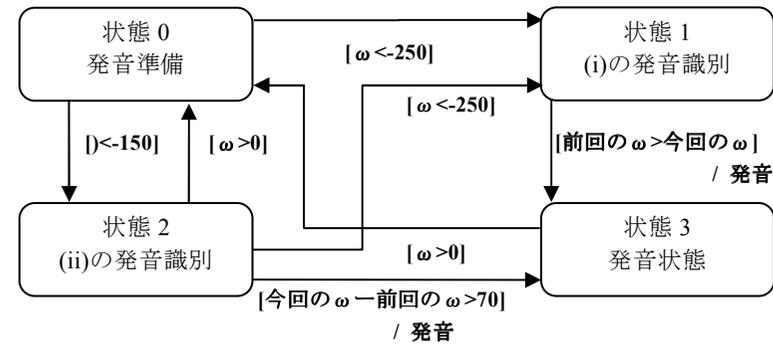


図 4 発音タイミング判別処理の流れ

(3) 打楽器音判別

打楽器音判別部では、ユーザーが叩いた打楽器の種別を判別する。打ち分けには、拡張カルマンフィルタで補正された Wii リモコンの左右方向の向きを利用する。例えば左側に Wii リモコンが向いているときはハイハットシンバルが、右側に Wii リモコンが向いているときはライドシンバルが、真ん中に Wii リモコンが向いているときはスネアドラムが鳴るようになっている。

しかし、クラッシュシンバルとハイハットシンバルの打ち分けなど、上下の打楽器を打ち分ける場合、縦の打ち分けを認識する必要があるため、Wii リモコンの向きのみでは難しい。これはドラムを叩く際、通常スティックを縦に振るため、ドラムを叩く動作と打ち分けとを判別することが困難であることや、縦方向に強く振るため、縦方向に累積誤差がたまりやすいという問題があるためである。

そこで本システムでは、ハイハットシンバルとクラッシュシンバルなどの打ち方の違いに着目し、加速度センサのデータを利用することで、上下の打ち分けを実現する。ハイハットシンバルを打つ際スティックを上下に動かすのに対して、クラッシュシンバルを打つ場合は横方向の移動が激しくなるので、より X-Y 軸方向の加速度変化が高くなる。よって、X-Y 軸方向の加速度変化が大きい場合クラッシュシンバルを、そう

でない場合ハイハットシンバルを鳴らすようになっている。

4. 実験概要

実験については、発音タイミングについての主観評価及び客観評価実験（定量評価）を、また打ち分けについての実験（定性評価）を行った。本章ではそれぞれの実験概要について説明していく。

4.1 発音タイミング評価実験概要

発音タイミング評価実験の概要についてみていく。この実験の目的は、発音タイミング判別部で重要である「奏者が叩いたと感じる瞬間とプログラムが叩いたと認識する瞬間がどれほど近いか」を確かめることである。よって今回の実験では、奏者が叩いたと感じる瞬間とプログラムが叩いたと認識する時間のズレを確かめた。実験では被験者に、図 5 のような三種類のリズムパターンについて、テンポ 80,100,120,140 (beat/minute) の 4 種類の速さでお手本を参考に、実際に叩くように振ってもらった。そして、実際に発音されたタイミングを記録し、本当に発音されなければいけないタイミングとの比較を行った。比較対象は、従来の加速度のみを利用した発音タイミング判別とし、実験後にはどの程度発音タイミングが感覚と合っていたについて、5段階評価（1:合っていない,5:合っていた）でアンケートをとった。また、被験者は学生 22 名である。



図 5 叩いて頂いたドラムパターン

実験結果については 5.1 章で述べる。

4.2 打ち分け評価実験概要

カルマンフィルタを用いた場合とそうでない場合とを比べて、どの程度打ち分けに差が出るか、また提案手法が実用に耐えるかを調べる。まずテンポ 120 の四分音符の速さでハイハット（左 60 度）、スネアドラム（前にまっすぐ）、ライドシンバル（右 60 度）の順序に叩いていった場合、打ち分けが可能であるか、また何打目で誤差が生じるかを調べた。次にテンポ 120 の八分音符の速さでハイハットを叩いたとき、何打目で誤差が生じるかを調べた。

5. 実験結果

本章では、発音タイミング評価実験概要及び打ち分け評価実験概要で述べた実験の結果について述べていく。

5.1 発音タイミング評価実験結果

実験結果について見ていく。まず、テンポごとにお手本の発音タイミングと実際に発音されたタイミングにどの程度ズレがあったかについて図 6 に示した。また、図 7 にはテンポごとに実際に発音されるべき箇所が発音自体がされなかった、つまり未反応率のグラフを、図 8 には、発音されなくていいタイミングで余計に発音された、つまり過反応率のグラフを示す。

提案手法と従来手法について比較する。まず、図 6 のテンポごとの発音タイミングのズレについてみていく。グラフからわかるように、全てのテンポにおいて提案手法が従来手法より高いタイミング精度で発音タイミングを認識できていることがわかる。また、図 7 および図 8 をみるとわかるように、未反応率、過反応率をみても提案手法のほうが高い精度を出している。とくに過反応に関しては、従来手法が 100 以上のテンポにおいて 10%以上の過反応を出しているのに対して提案手法では全て 8%以下に収まっている。

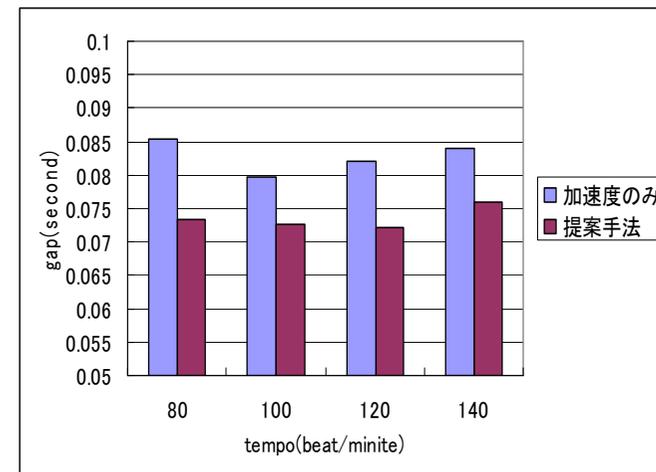


図 6 テンポごとの発音タイミングのズレ

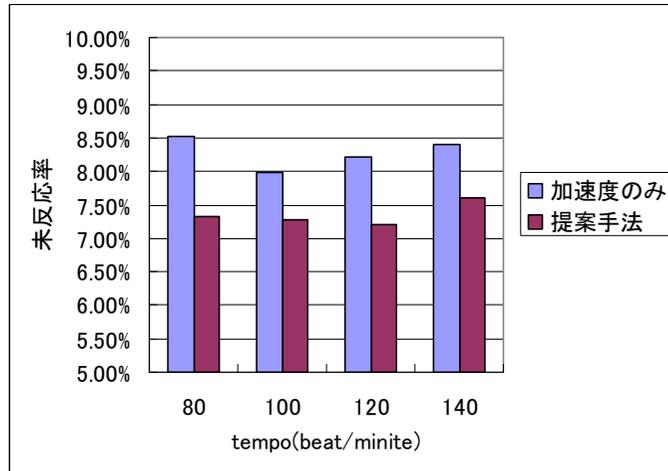


図 7 テンポごとの未反応率

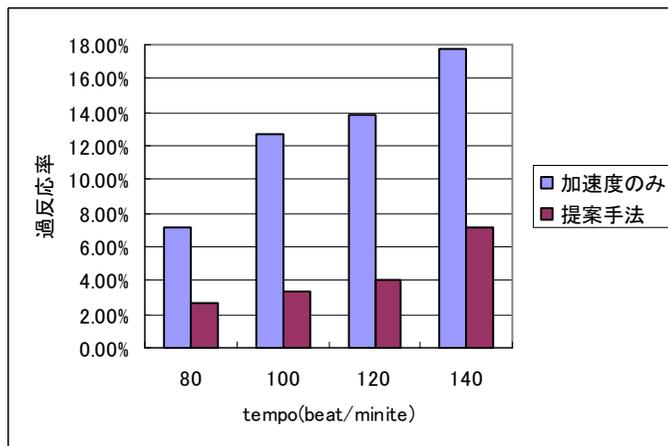


図 8 テンポごとの過反応率

また、実験後の評価アンケートでは、従来手法 2.8 に対して提案手法 4.2 と提案手法がより発音タイミングの認識精度があがっていることが主観評価でも確認された。

5.2 打ち分け評価実験結果

本章では、打ち分け評価実験概要 2 の実験の結果について示す。まず、120 の四分音符の速さでハイハット、スネアドラム、ライドシンバルの順序に叩いていった結果について述べていく。カルマンフィルタを用いなかった場合、10 打目から打ち分けのミスが生じ、14 打目において、スティックが下に向いてしまったため発音自体がされなくなってしまった。対してカルマンフィルタを用いた場合、12 打目においてハイハットがスネアと誤認識されたが、その後は 100 打目までご認識することなく叩くことができた。

次にテンポ 120 の八分音符の速さでハイハットを叩いた結果について述べる。カルマンフィルタを用いなかった場合、9 打目からスネアが鳴る場合が出てきてしまった。対して、カルマンフィルタを用いた場合、80 打目まではハイハットを叩くことができたが 81 打目からスネアドラムを叩いてしまう場合が生じた。

6. システム評価

本章では実験結果から提案システムの評価についてまとめる。発音タイミング認識については、図 6, 図 7, 図 8 に示したように、提案手法が従来手法より高い精度で発音タイミングを認識していることがわかった。また、主観評価においても五段階評価で従来手法 2.8, 提案手法 4.2 となったことから、提案手法が従来手法より優れているということがわかる。対して、打ち分けについては、カルマンフィルタ等による精度の向上自体はみられたものの、ハイハットを 80 打以上叩いた場合で誤差が出るなど、まだ実用に耐えられるほど精度がないといえる結果となった。その理由として、カルマンフィルタに入力した加速度センサから得られる Wii リモコンの向きの精度に問題がある。加速度センサから向きを取得する場合、重力加速度を用いて推定するが、ドラムのように長時間センサを動かすような場合、重力加速度から精度の高い Wii リモコンの向きを取得することが難しい。また、向きのみでドラムの打ち分けを行う場合、向きが近い打楽器との打ち分けが難しいという問題がある。これは本来のドラムセットなどでは、スティックの向きだけでなくスティックそのものの位置も打ち分けに関係しているためであり、スティックの位置情報を得ることも重要となる。

7. 総論

本研究では、加速度センサ及びジャイロセンサを用いた打楽器インタフェースについて、提案及び評価を行った。提案手法では、通常のドラムや電子ドラムのように大きな設置場所を必要とすることなく様々な場所で利用できる。またジャイロセンサの角速度により発音タイミングをより正確に取得でき、Wii リモコンの向きを利用しドラムを叩くことでより直感的なインタフェースを実現することができた。

また評価実験によって発音タイミングの向上について確認することができた。しかしながら、打ち分けに関しては実用レベルの精度を得られることができなかった。そのためには、ジャイロセンサや加速度センサの精度向上だけでなく、他のセンサを合わせることも視野に入れるべきである。ジャイロセンサや加速度センサから、打ち分けに有益な情報を得るためには、積分という工程を行う必要があるが累積誤差が問題となってくる。そのため、RGB カメラなど積分を行う必要なく打ち分けに有益な情報、例えば手の位置などを得ることが重要となってくる。

また、より実際のドラムに近づける上での問題点はそれだけではない。実験としては行わなかったが、画面内のドラムセットを叩く上での様々な問題がある。例えば、なにも叩かずにドラムを練習できることは騒音問題の解決につながるが、一方でステイックのバウンドを再現できないといった問題がある。また、目の前でなく画面内のドラムを叩くため、どうしても感覚に違いが出てきてしまう。

本システムでは、ドラムに絞って実験等を行ってきたが、将来的には他の打楽器についても直感的に演奏できるようなシステムができることが望まれる。また、実際にある楽器だけでなく、センサを使ったならでの打楽器も音楽インタラクションにおいて重要であるといえる。そのための基本として、発音タイミングや打ち分け精度がより向上することが重要であるといえる。

参考文献

- 1) Wii Music
<http://www.nintendo.co.jp/wii/r64j/index.html>
- 2) Wii リモコン
<http://www.nintendo.co.jp/wii/controllers/index.html>
- 3) MotionPlus
<http://www.nintendo.co.jp/wii/accessories/index.html>
- 4) WiiYourself!!
<http://wiiyourself.gl.tter.org/>
- 5) R. E. Kalman, A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems, Journal of Basic Engineering Transactions 82D(1), 34-45, 1960
- 6) LaViola, J. "Bringing VR and Spatial 3D Interaction to the Masses through Video Games", IEEE Computer Graphics and Applications, 28 (5) :10-15, September/October 2008