

加速度センサを用いた机のタップ判定精度に関する検討

A Consideration for Accuracy of Tap Recognition on Desk by Accelerometer

片山 唯佳¹ 勝間 亮¹
Yuika Katayama Ryo Katsuma

概要

音楽ゲームという、音楽と共に画面上に表示されるオブジェクトに合わせてアクションを起こし、そのタイミングの良さをスコア化し、より高スコアを目指すゲームがある。ユーザのアクションを要求するオブジェクトの配置を譜面といい、様々な曲や譜面がある。初心者向けは低密度で単純な配置であり、熟練者向けになるにしたがって高密度で複雑な配置となっていく、高難度化する傾向がある。特にゲームセンター等における有料でのプレイを基本とするユーザは高難度の曲や譜面で良いスコアが出ない時に、家庭でその曲を流しながら机を叩いてリズムをとる練習をすることがある。しかし、正しいタイミングで叩いているか判定するものが今はない。

正しいタイミングで机を叩いているかを知るためには、机を叩いたことを判定する手法と、叩いたタイミングが正しいかどうか判定する手法が必要である。本稿では前者に焦点を当て、加速度センサを1つだけ用いる簡易的な方式で、机を叩いたタイミングをできるだけ正確に判定することを目標とする。机に固定した1つの加速度センサを使い加速度値の閾値 a とその直前区間の長さ b の加速度値を用いて判定する方式において、BPM ごとに a と b の適切な値を求めた。

1. はじめに

音楽と共に画面上に表示されるオブジェクト(ノーツ)がユーザのアクションを促し、ユーザが行った指定のアクションのタイミングの良さをスコア化し、より高スコアを目指す音楽ゲームがある。音楽ゲームの種類によって必要とするユーザのアクションは変わり、手を使って指定位置にタップする、ボタンを押す、足でパネルを踏むなどがある。いくつかの音楽ゲームでは指示されたタイミングから前後に約 0.0167 秒(合計約 0.033 秒)のうちに指示されたアクションを行ったときに最も高得点となると言われている。この範囲にアクションを行えなかったとしても、指示されたタイミングに近ければ近いほど高い点数が与えられる。基本的には1つのノーツで1つのアクションとその実行タイミングが指示され、1

つの楽曲の中でいくつもノーツが出現するため、ユーザは何度も正しいアクションを正しいタイミングで行うことにチャレンジすることになる。

ユーザのアクションを要求するノーツの配置を譜面といい、様々な曲や譜面がある。初心者向けは低密度で単純な配置であり、熟練者向けになるにしたがって高密度で複雑な配置となっていく、高難度化する傾向がある。音楽ゲームは専用の大型機器を用いることが多く、ゲームセンターで遊ぶことを基本としているユーザは多い。高難度の譜面で良いスコアを狙うには相当数の練習が必要なため、ゲームセンター以外の場所ではプレイヤーは Youtube 等で上級者のプレイ動画や譜面の動画を流しながら、机などをタッチパネル、ボタン等に見立てて指で叩くことで、アクションを起こすタイミングについての練習をすることがある。しかし、練習の時に本当に正しいタイミングで叩いているかを判定するものが現在ない。

正しいタイミングで机を叩いているかを知るためには、机を叩いたことを判定する手法と、叩いたタイミングが正しいかどうか判定する手法が必要である。本稿では前者に焦点を当て、加速度センサを1つだけ用いる簡易的な方式で、ユーザが机を叩いたタイミングをできるだけ正確に判定することを目標とする。本研究では、机に固定した1つの加速度センサの計測した加速度値をもとに、加速度値の閾値 a とその直前区間の長さ b の加速度値を用いて判定する方式を採用する。その判定方式において、実機実験を通して等間隔 T で8回のタップ動作を行う際の T の値に応じた a と b の適切な値を求め、判定精度のベストパフォーマンスを検証した。

2. 関連研究

加速度値を常に検出し、ある閾値を超えた瞬間にユーザのアクションを認識する手法は様々なところで使用されている。

則枝らは、端末の背面にまわした指をタップすることで操作をする FingerKeypad を提案している [1]。FingerKeypad は、タップされる指の付け根、指先に接するように端末の裏側に骨伝導マイクを2個取り付け(指の付け根のものを第一センサ、指先のものを第二センサと呼ぶ)、指先と第一関節の間(末節)、第一関節と第二関節の間(中節)、第二関節と指のつけ根の間(基節)の3領

¹ 大阪府立大学, Osaka Prefecture University, Sakai, Osaka
599-8531, Japan

域へのタップ位置の識別を行う。指のタップ部位の判定は、入力する指節が末節、中節、基節となるに従い、第一センサでの衝撃検出時間に対する第二センサでの衝撃検出時間の遅れが大きくなることを利用する。各センサでの衝撃検出時刻には、立下り後の極値を用いる。また、タップ以外のノイズを検出しないようにするため、どちらかのセンサの立下り後の極値が-1.5Vを下回った場合のみタップ衝撃として有効とする。使用するセンサは違うが、衝撃検出時刻とするデータの選び方と閾値によるノイズ検出防止は本稿で述べるものと同様である。

また、Harrisonらは10個の振動センサを取り付けた腕章を使用して、腕や手の指の叩き位置を特定することで皮膚を入力面とするSkinputを提案している[2]。これは肘より下に腕章を巻き付けて5本指へのタップ判定、肘より下に腕章を巻き付けて腕、手首、手のひら、親指、中指へのタップ判定、肘より上に腕章を巻き付けて腕、手首、手のひら、親指、中指へのタップ判定、肘より上に腕章を巻き付けて腕の10か所へのタップ判定をSVMを用いて行う。こちらもタップの際、ノイズ除去した信号強度が閾値を越えていればタップ可能性があるとし、その100msから700ms後の間に別に設定された閾値を下回っていればタップしたと判定するため、閾値を使うことでタップ判定をしている。

これらの加速度値に閾値を設けてタップを認識する手法に加えて、本稿では1つのセンサのみ用いることによるタップの重複検出を避けるため、机を叩いたかを判定したい時刻の直前の区間の加速度値も利用して判定する。

3. 問題設定

使用する机は叩いたときにある程度振動が起こるものとする。右手もしくは左手で人差し指、中指、薬指の三本を揃えて同時に机に着地させる動作を机を叩く動作とする。加速度センサは小さい板状のものを使用する。机に加速度センサをテープで固定し、机を叩いた時のz軸加速度を測定する。測定した加速度からいつ机が叩かれたか判定し、実際に机が叩かれた時間±0.02秒なら正解とする。

1回机を叩いた時、加速度は正か負の方向に振れた後、振動の影響で逆方向にも振れる。机を叩いたかどうかの判定方法で、加速度値が閾値を越えたら机を叩いたと判定する方法がある。しかし、逆方向に振れた加速度が閾値を越えてしまうと、そこも机を叩いたと判定されてしまう。そこで、加速度が一定時間は閾値を越えていなくて、その後正負に振れて閾値を越えた時のみ机を叩いたと判定する。

事前に測定した机を叩いていない時の加速度の平均値をA、加速度の閾値を $a(>0)$ とする。タップの判定方

法は、次の通りである。現時刻 t の直前に検出された b 個の加速度値 $r_1, r_2, \dots, r_{b-1}, r_b$ において、式(1)を満たし、かつ、現時刻 t の加速度値 r が式(2)を満たすとき、タップされたとみなす。

$$A - a \leq r_1, r_2, \dots, r_{b-1}, r_b \leq A + a \quad (1)$$

$$a < |r - A| \quad (2)$$

4. 実験

実験では3軸の加速度センサとしてTWE Lite-2525Aを使用した。TWE Lite-2525Aは秒間100回計測ができ、Bluetoothで測定した加速度データを送信する。これをパソコンに挿したMONOSTICKというUSB型の機器で受信する[3]。

4.1 実験方法

机に加速度センサを1個テープで固定し、BPMを60~300の間で10ずつ上げながら、それぞれのBPMについてメトロノームアプリの音に合わせて均等な間隔で机を叩いて加速度を測定した。叩く回数ほどのBPMのときも8回で、例えばBPMが60のときは、最初に机を叩いてから1秒後に2回目、2秒後に3回目に机を叩くことになり、最後に机を叩くまで7秒かかる。

全ての測定について、まずは仮に $a=0.05$ として b の値を決め、その b の値を用いて a の値を決めた。 a, b の値を決めるときは、正解数から間違えて判定した回数を引いた値(以後、評価値と呼ぶ)を計算し、評価値が最適解である8に最も近くなる時の a, b の値を選ぶ。図1はBPM90の時の測定において、 a を変化させたときの評価値のグラフである。このように評価値が一番高くなる a の値は複数あるため、その平均を a の値とする。 b も a のように評価値が一番高くなる b の値は複数あるため、その平均を b の値とする。

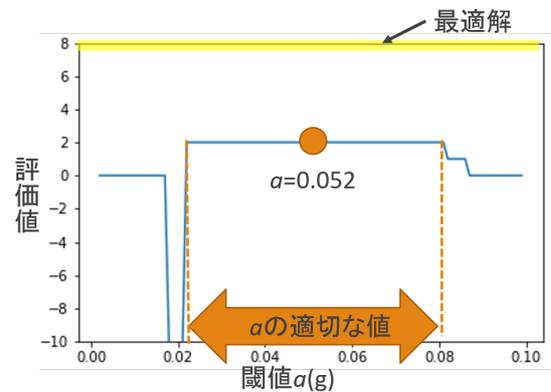


図1: a の値の選び方

4.2 予備実験

机を叩いたとき加速度が最初に正か負どちらかだけに振れることが分かっていたら、判定するときにそちらだけを見ればよいため、偏りがあるか調べた。机を叩いた時の加速度データ 168 回分でそれぞれ最初に正か負どちらかに加速度が振れているかを調べると、最初に正に振れたのが 91 回、負に振れたのが 77 回であった。これより大きな偏りが無いことが分かったので、最初に正負どちらに振れても机を叩いたと判定する。

4.3 実験結果

BPM ごとの a の適切な値の範囲とその平均値のグラフは図 2 のようになった。オレンジの領域が a の適切な範囲、青のグラフがその平均値を表している。

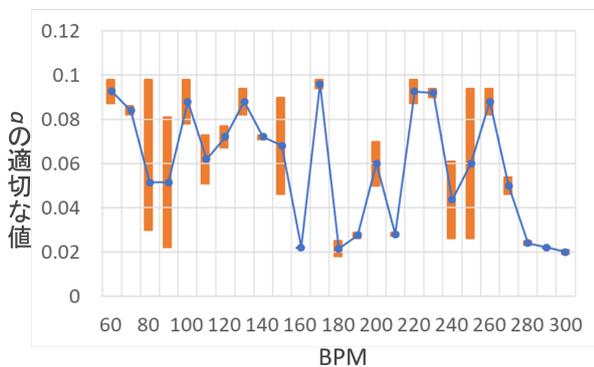


図 2: a の適切な値

BPM ごとの b の適切な値の範囲とその平均値のグラフは図 3 のようになった。図 2 と同様に、オレンジの領域が b の適切な範囲、青のグラフがその平均値を表している。

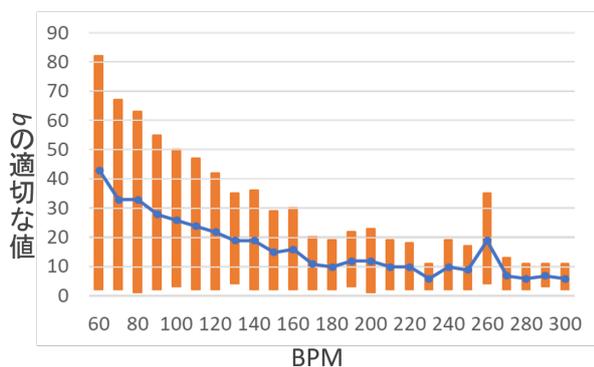


図 3: b の適切な値

最も評価値が高かったのは BPM=170, 220 のときで評価値は最適解である 8 であった。BPM=170 のとき

$a=0.0960$, $b=11$ で, BPM=220 のとき $a=0.0580$, $b=10$ となった。最も評価値が低かったのは BPM=80 のときで机を叩いたと判定した回数は 9 回, 正解数は 4 回, 評価値は -1, $a=0.0515$, $b=1$ となった。各 BPM についてある程度適切な a と b の値は得られた。しかし, 机を叩いたと判定した回数の平均は 7.36 回, 正解数の平均は 5.68 回となり, 完璧に机を叩いたタイミングを判定はできなかった。

5. まとめ

机に固定した 1 つの加速度センサを使い机を叩いたタイミングを加速度値の閾値 a とその直前区間の長さ b の加速度値を用いて判定する方式において, BPM ごとに a と b の適切な値を求めた。しかし, a と b の値を適切に定めても判定精度はあまり高いとはいえない結果となった。そのため, より精度の高い判定方法が必要であることが分かった。

参考文献

- [1] 則枝真, 三橋秀男, 佐藤誠: FingerKeypad: 衝撃検出による指上タップ位置の識別; ヒューマンインタフェース学会論文誌 14(4), pp.393-402 2012
- [2] Chris Harrison, Desney Tan, Dan Morris: Skinput: Appropriating the Body as an Input Surface; Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems April, pp.453-462 2010
- [3] モノワイヤレス株式会社. "加速度センサー無線タグ TWELITE 2525A-トワイライトニコニコ". MONO-WIRELESS.COM. <https://mono-wireless.com/jp/products/TWE-Lite-2525A/index.html>