

自由度の高い身体動作による 即興合奏支援のための動作入力機構の試作

一ノ瀬 修吾¹ 水野 創太¹ 白松 俊¹

概要: 我々はこれまで、身体動作入力による、即興合奏支援システムの研究をしてきた。このシステムはモーションセンサを用いて、手の高さや手のジェスチャにより操作することができる。しかし、実装したジェスチャは掌によるタップ動作に限られ、見た目の表現の幅が狭い。そこで本稿では、より多様な動作により身体動作入力の自由度を高め、表現の幅を広げることを目指す。試作した機構のユーザビリティを検証するため、評価実験を行う。これにより、トレードオフの関係にある身体動作の自由度とシステムの操作性について、適切なバランスを探る。

Prototype of motion input mechanism for improvisational ensemble support with greater freedom of body motion

1. はじめに

即興合奏のような集団的音楽活動は、非言語によるコミュニケーションを行う効果的な手段である [1], [2]。本研究では即興合奏を、事前準備なしで「数人の演奏者が集まり合わせて演奏すること」「一人または数人で背景楽曲に合わせて演奏すること」と定義した。

本研究では、音楽活動の経験がない人でも即興合奏に参加できるシステムの実装を目指す。音楽初心者が容易に即興合奏に参加できるようになると、ライブなどの音楽イベントにおいて、多くの聴衆も演奏者として参加することができる。そのため、イベントの自由度の向上や、未経験者の音楽活動への参加のきっかけとなることに期待できる。

音楽初心者にとって、即興合奏に参加する際の障害となる要素に、以下の2つが挙げられる。

- (1) 演奏に不慣れなため音の指定が困難
- (2) 音楽知識が不足しているためどのような音が相応しいかわからない

(1) は、システムを単純な身体動作によって操作を可能にすることで、容易な音の指定を実現できると考えられる。(2) は、演奏において音楽知識の必要となる部分はシステムに判断させることで不協和音とならない音による演奏を実現できると考えられる。

私はこれまで、モーションセンサから取得した身体動作入力による、即興合奏支援システムの研究をしてきた。まずユーザ1人で背景楽曲と合奏を行うメロディ演奏システムを開発した [3]。メロディ演奏システムは個人が背景楽曲と合奏を行うシステムであり、複数人による合奏に対応していない。そこで、複数人合奏に対応するために、コードの転回や、伴奏の和音の種類を変更することができる伴奏演奏システム [4] を開発した。

本稿では、メロディ演奏システムと伴奏演奏システムと組み合わせることで、伴奏演奏者とメロディ演奏者の複数人で合奏を行うことができるシステムとして実装する。また、現段階の動作入力は、モーションセンサから認識した手の高さやジェスチャが使用される。手の高さにより音高を指定し、手を前方にタップするジェスチャで音の発音タイミングを指定する。しかし、タップの精度の問題から、ユーザは正しく認識するタップ動作の練習が必要となる。さらに、発音タイミングの指定が前方へタップのみなので、表現の幅が狭いと考えられる。一方で、前方以外の方向へ動作入力の自由度を上げると、ユーザの望まない動作まで入力してしまうと考えられる。また、自由度の低い単純な動作入力は、簡単な操作性を提供すると考えられる。そこで、表現の幅と操作性の適切なトレードオフを探ることで、システムのユーザビリティが向上すると考えられる。

そこで本研究では、以下のように課題を設定する。

¹ 名古屋工業大学

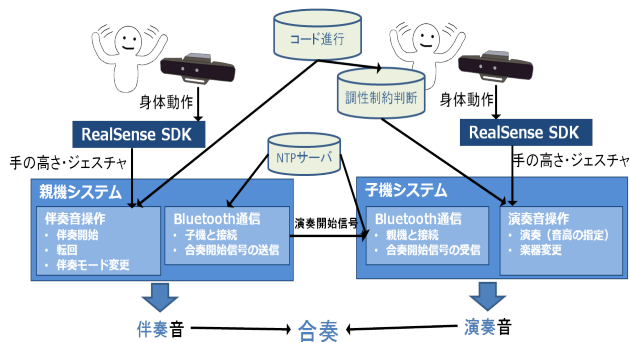


図 1 EnsembleSupporter のシステム構成

Fig. 1 System configuration diagram of EnsembleSupporter

- (1) 複数人合奏への対応
- (2) タップジェスチャの認識精度の向上
- (3) 自由度の高い発音タイミング指定手法の実装

2. 提案手法

2.1 複数人合奏への対応

メロディ演奏システムと伴奏演奏システムを組み合わせ、複数人合奏を実現するシステム「EnsembleSupporter」を実装した。構成図を図 1 に示す。EnsembleSupporter では、背景楽曲である伴奏音を演奏する「親機」と、伴奏音にあわせたメロディを演奏する「子機」の 2 つに分ける。親機と子機で、伴奏とメロディの演奏を同時に開始することで、親機ユーザと子機ユーザ間での合奏を実現する。親機と子機が同時に演奏を開始するために、Bluetooth 通信による演奏開始タイミングの動機を行う。

親機、子機間のやりとりは Bluetooth 通信で行う。Bluetooth 通信による遅延時間にはばらつきがあり、正しい演奏開始タイミングを子機に伝えるのは難しい。そこで、親機・子機は、演奏開始前に NTP サーバと呼ばれる、現在時刻の情報を配信しているサーバに接続する。そして、NTP サーバから得た時刻を基準に共通の時計をシステム内に設定する。親機は共通時計を基準とした演奏開始時刻を定め、Bluetooth 通信により子機に送信する。親機・子機は共通時計上で定められた時刻に演奏を開始する。

2.2 タップジェスチャの認識精度の向上

2.2.1 提案手法の設定

管家らは、ドラムスティックに加速度センサと角速度センサを取り付け、空間上の仮想のドラムを演奏するシステムを提案した [5]。仮想ドラムスティックの振り下ろしは、本研究で想定するタップ動作に近い動きであると考えられる。このシステムの手法を参考に、新しい認識手法によるタップ入力を実装する。スティックの振り下ろし動作の加速度には、図 2 に示すように動作の起こりに急上昇した後、動作の終わりに急降下するという特徴がある。そのため、加速度が閾値（以下、これを基準強度とする）を超えて再

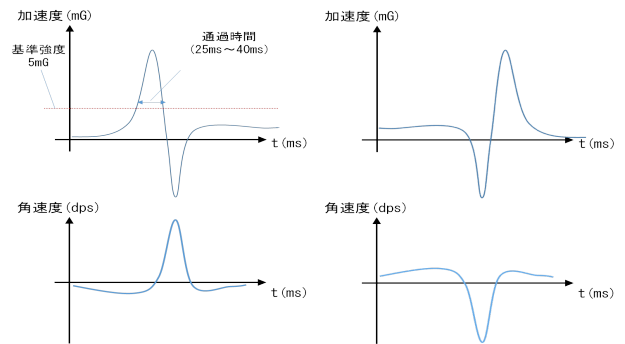


図 2 仮想ドラムスティック叩打における加速度と角速度

Fig. 2 Acceleration and angular velocity in virtual drum stick beating

び閾値を下回るまでの時間（以下、これを通過時間とする）によって叩打を判定している。この手法ではスティックの振り上げも認識してしまうので、角速度の振る舞いから振り上げと振り下ろしを区別している。

この手法では、Microsoft 社のモーションセンサ「Xbox One Kinect センサー（以下、Kinect とする）」を使用する。Kinect から取得した手の 3 次元座標データから速度の絶対値、3 次元加速度を割り出す。ある時刻 $t(ms)$ における手の 3 次元座標を $P(p_x, p_y, p_z)$ (単位は m) とする。 t の直前に手の 3 次元座標 $O(o_x, o_y, o_z)$ を取得した時刻を t_0 とする。 t における手の速度の絶対値 $|v|(m/s)$ 、加速度 $a(m/s^2)$ を (1), (2) のように求める（ただし $|v_0|$ は t_0 における手の速度）。

$$|v| = \frac{\sqrt{(p_x - o_x)^2 + (p_y - o_y)^2 + (p_z - o_z)^2}}{t - t_0} \quad (1)$$

$$a = \frac{v - v_0}{t - t_0} \quad (2)$$

2.2.2 提案手法における課題

タップ動作中の速度、加速度を計測する。bpm120 の 4 拍子で叩打されるドラムの音を意図する発音タイミングとして、ドラム音に合わせてタップ動作を行った。速度の絶対値と加速度の計測結果を図 3, 4 に示す（ただし図中の赤線はドラムの発音タイミングを示す）。どちらの図にも周期性がみられるため、閾値によるタップ認識を行うことは可能であると考えられる。しかし、取得した速度、加速度には現状以下の課題が存在する。

- (1) Kinect のフレームレートの低さ
- (2) タップジェスチャのパラメータのばらつき

(1) について、Kinect からの 3 次元座標取得の頻度は 30Hz 前後であるため、速度、加速度は 30ms 前後の間隔で取得される。これは先行研究で用いられた加速度センサ「WAA-010」の 1000Hz に大きく劣る分解能である。そのため、先行研究で高い精度で認識される通過時間である 10ms-25ms を設定することは難しい。また、精度の低さから、速度、加速度の値にノイズが発生し、誤認識や認識漏

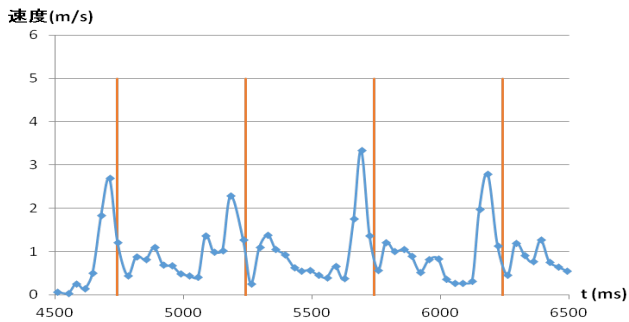


図 3 手の 3 次元速度ベクトルの絶対値

Fig. 3 Absolute value of three dimensional velocity vector of hand

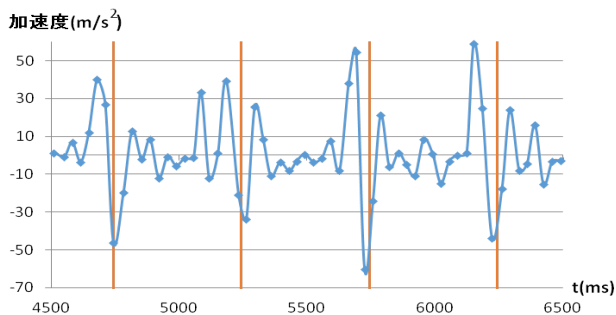


図 4 手の 3 次元加速度

Fig. 4 Three dimensional acceleration of hand

れにつながる。(2)について、タップはユーザによって特徴が変化するため、一定の基準強度、通過時間ではあらゆるユーザのタップに対応することは難しい。

以上のことから、Kinect から取得した加速度によるタップ認識では、閾値を新たに設定する必要がある。今後は、複数の被験者にたいして計測実験を行い、適切な閾値の設定を目指す。また、ユーザの演奏前にシステムがユーザのタップジェスチャの特徴を学習するための機能を実装し、ユーザに合わせて柔軟に変化する閾値の実装を検討したい。

2.3 自由度の高い発音タイミング指定手法の実装

本研究ではタップ動作について、全方向タップ、全身タップのように動作の自由度を段階的に上げた認識手法を実装し、評価実験を行うことで適切な自由度を探る。操作容易性と表現の幅、ユーザビリティは図 5 に示すように動作入力自由度に対して変化すると予想される。

3. 評価実験の計画

提案手法の妥当性を検証するために今後以下のような評価実験を行う予定である。

3.1 Bluetooth 通信遅延の計測

親機と子機の演奏開始の遅延時間を計測し、提案通信機構の妥当性を評価する予定である。

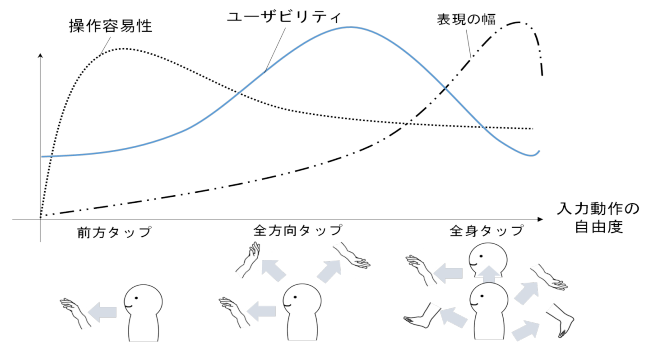


図 5 動作入力自由度の変化によるパラメータの予想曲線

Fig. 5 Estimated curve of parameters due to change in degree of freedom of motion input

3.2 新タップ認識手法の精度

被験者に、従来手法、または提案手法のタップ入力によるメロディ演奏を体験してもらう。その後にそれぞれの手法について、アンケートによる定量的な評価を得る予定である。

3.3 発音タイミング入力手法のユーザビリティ

被験者に、前方タップ、全方向タップ、全身タップによるメロディ演奏を体験してもらう。その後にそれぞれの手法について、アンケートによる定量的な評価を得る予定である。

4. まとめ

本研究では、以前に開発した、即興合奏支援システム同士を組み合わせ、複数人合奏に対応したシステムを実現させた。また、新たなタップ認識手法の実装に、タップ精度向上を図った、提案した手法には課題があるが、精度の向上に期待ができる。さらに、全方向タップ・全身タップなどの自由度の高い発音タイミング入力手法を実装により、表現の幅と操作性の適切なトレードオフを探り、ユーザビリティの向上を予定である。今後、さらに評価実験を行うことで、実装の妥当性を検証する予定である。

参考文献

- [1] 片平建史. "合奏場面での非言語的コミュニケーションの対人的効果: 身体動作チャネルの相互作用からの検討." 対人社会心理学研究 12 (2012): 51-58.
- [2] 河瀬諭. "合奏における演奏者間コミュニケーション." 心理学評論 57.4 (2014): 495-510.
- [3] Ichinose, Shugo, et al. "Improvisation Ensemble Support Systems for Music Beginners Based on Body Motion Tracking." Advanced Applied Informatics (IIAI-AAI), 2017 6th IIAI International Congress on. IEEE, 2017.
- [4] 石川亮太, et al. "身体動作による即興合奏支援システムにおける伴奏音決定機構の試作." 第 80 回全国大会講演論文集 2018.1 (2018): 135-136.
- [5] 菅家浩之, et al. "Airstic Drum: 実ドラムと仮想ドラムを統合するためのドラムスティックの構築." 情報処理学会論文誌 54.4 (2013): 1393-1401.