

フットスイッチを用いた自動伴奏システムの検討*

○安部綾太, 木村敏幸 (東北学院大学)

1 はじめに

従来の自動伴奏システムでは人間がコンピュータの演奏に合わせてきた。そこで、木村研究室ではこれまでにコンピュータが人間のフットペダルの操作に合わせて演奏の開始や停止を行う自動伴奏システムを提案し、開発してきた[1][2]。本研究では、MIDIを用いた提案システムの評価とオーディオ信号を用いた提案システムの開発を行う。

2 提案システムの原理

Fig.1 に提案システムの構成図を示す。あらかじめ演奏者の足元にフットペダルを配置しておき、演奏者は演奏しながらフットペダルを操作する。その結果、コンピュータは演奏者のフットペダル操作に合わせて伴奏するので、これまでの自動伴奏システムでは実現できなかったライブ演奏(例えば、曲の終わりで人間の合図に合わせてコンピュータが同時に演奏を停止する)が可能になると期待される。



Fig.1 提案システムの構成図

3 MIDI を用いたシステム

3.1 開発環境

Fig.2 に MIDI を用いた提案システムの開発環境を、以下に使用した機材とソフトウェアを示す。

- OS : Windows 10 Pro
- ディスプレイ : LG 22MP48HQ-P



Fig.2 MIDI を用いたシステムの開発環境

- MIDI 音源 : Roland SC-D70
- フットスイッチ : Route-R RI-FP3BK
- プログラミングソフトウェア :
Pure Data [3] Ver. 0.49.0
- MIDI ファイル作成ソフトウェア :
Domino [4] Ver. 1.43

3.2 システム概要

Fig.3 に Pure Data で作成した従来法及び提案法のプログラムを示す。曲は星野源の「アイデア」[5]の一部を Domino で打ち込み、使用した。

従来法では、まず左のスイッチを踏むと1曲全ての MIDI ファイルが再生され、同時に1つ目のタイマー(timer1)が作動する。次に中央のスイッチを曲中で踏むと timer1 が停止し、timer1 の動作時間(ms 単位)が表示された後、2つ目のタイマー(timer2)が作動する。最後に右のスイッチを曲の終わりで踏むと timer2 が停止し、timer2 の動作時間(ms 単位)が表示される。

提案法では曲が2つの MIDI ファイルに分割されており、まず左のスイッチを踏むと1つ目の MIDI ファイルが再生される。次に中央のスイッチを踏むと2つ目の MIDI ファイル

*Study of Automatic Accompaniment System Using Foot Switch, by ABE, Ryota and KIMURA, Toshiyuki (Tohoku Gakuin University).

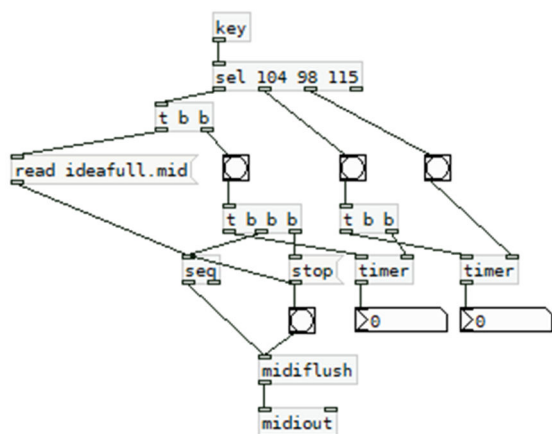


Fig. 3 MIDIを用いたシステムのプログラム (上: 従来法, 下: 提案法)

ルが再生される。その際、1つ目の MIDI ファイルの最後にホールドオン、2つ目の MIDI ファイルの最初にホールドオフの MIDI コントロールチェンジメッセージを入れることにより、中央のスイッチを踏むまで音は鳴り続けている。最後に右のスイッチを踏むと停止する。その際、2つ目の MIDI ファイルの最後にホールドオン、3つ目の MIDI ファイルの最初にホールドオフの MIDI コントロールチェンジメッセージを入れることにより、右のスイッチを踏むまで音は鳴り続ける。Domino におけるホールドオン、オフのコントロールチェンジメッセージを Fig. 4 に示す。タイマーの操作は従来法と同じである。

3.3 評価実験手順

被験者は12名で、実験前にスイッチの操作方法と踏むタイミングを説明した。被験者は従来法を2回、提案法を2回の計4回演奏を

18	720	60	F 4 [65]	240	100
18	780	3060	064 Hold Pedal	127	ON
20	0	----	End of Track		

1	0	0	007 Volume	120	
1	0	0	064 Hold Pedal	0	OFF
1	0	0	F 4 [65]	960	100

Fig. 4 Domino における MIDI コントロールメッセージ

(上: ホールドオン, 下: ホールドオフ)

行い、本来のスイッチを踏むタイミングと実際にスイッチを踏んだタイミングとの時間差を測定した。また、演奏を1回終わるごとにスイッチを踏んだタイミングについて Table 1 に示す5段階評価で自己評価を行った。演奏順序は被験者ごとにランダム化した。

Table 1 評価実験における5段階評価

5	タイミングが合っていた
4	タイミングが大体合っていた
3	どちらとも言えない
2	タイミングが少しくずれていた
1	タイミングがずれていた

3.4 評価実験結果

Fig. 5 に時間差の測定結果を示す。平均に両側 t 検定、分散に等分散検定を実施したところ、テンポが存在する曲中では有意差が見られず、テンポが存在しない曲の終わりでは5%水準で有意差が見られた。曲中ではタイミングを計りやすいが、曲の終わりでは最後の音を停止する手掛かりがないため、提案法ではばらつきが大きくなったと考えられる。

Fig. 6 に5段階評価の結果を示す。両側 t 検定を実施したところ、時間差同様、曲中では有意差が見られず、曲の終わりでは有意差が見られた。提案法では曲の終わりで自分がスイッチを踏むとちょうど演奏が停止されるために、時間差のばらつきが大きいにも関わらずタイミングが合っていると評価したと考えられる。

4 オーディオ信号を用いたシステム

4.1 開発環境

Fig. 7 にオーディオ信号を用いた提案システムの開発環境を示す。フットスイッチを2台に増やし、新規に導入したものを演奏に、

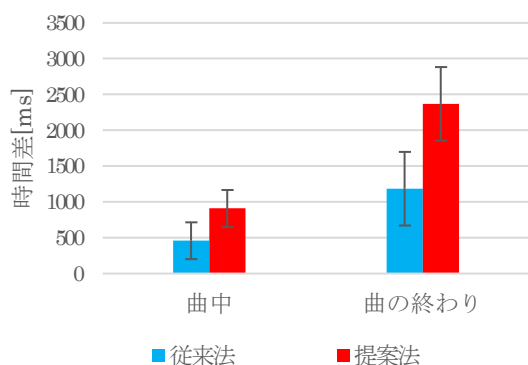
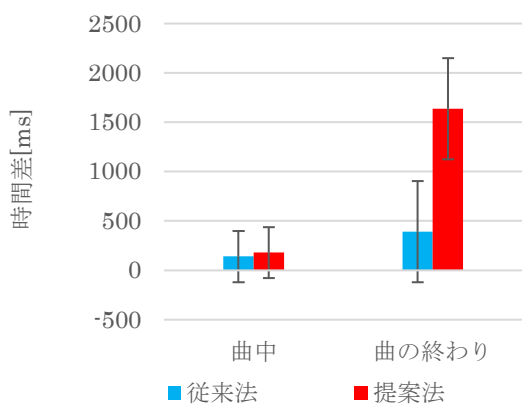


Fig. 5 時間差の結果
(上: 平均, 下: 標準偏差)

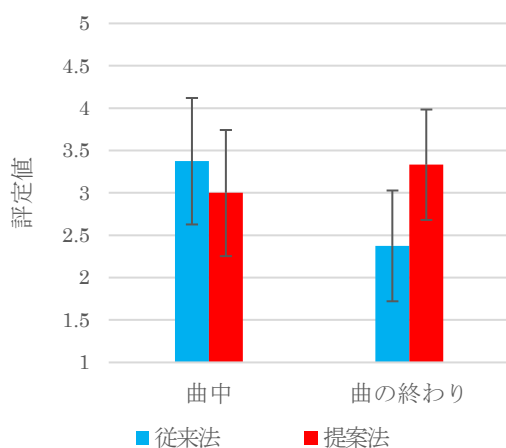


Fig. 6 5段階評価の結果

MIDI を用いたシステムから引き続き使用したものを手法の切り替えにあてた。また、プログラミングソフトウェアを Pure Data から Max に変更した。以下に使用した機材とソフトウェアを示す。

- OS : Windows 10 Pro
- ディスプレイ : iiyama X3272UHS-B1 (左) & MITSUBISHI (右)



Fig. 7 オーディオ信号を用いたシステムの開発環境

- オーディオインターフェース : Roland SC-D70
- フットスイッチ : Route-R RI-FP3MG (左) & Route-R RI-FP3BK (右)
- プログラミングソフトウェア : Max [6] Ver. 8.0.2

4.2 システム概要

Fig. 8 に Max で作成したプログラムを示す。MIDI を用いたシステムと大きく異なる点は提案法においてファイルが再生し終わった後に音が鳴り続ける仕組みである。オーディオ信号を用いたシステムの場合、MIDI を用いたシステムのようにファイルの最後や最初にホールドオン・オフの MIDI コントロールチェンジメッセージを入れることができない。そこで、オーディオファイルの再生後にオーディオファイルの最後のごく短い時間をループ

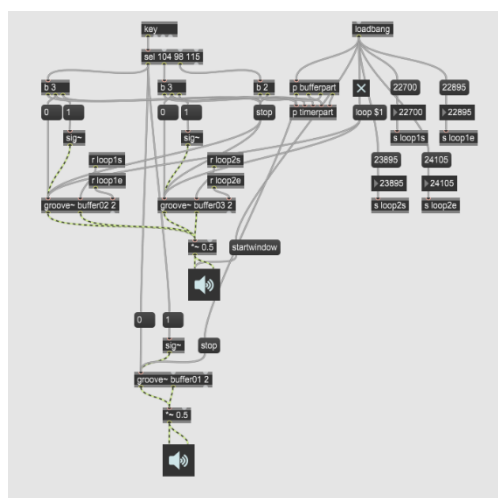


Fig. 8 オーディオ信号を用いたシステムのプログラム

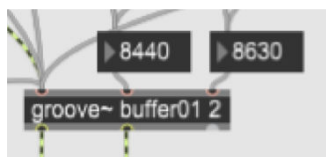


Fig. 9 オーディオ信号を用いたシステムにおける groove オブジェクト

再生させることにより、音が鳴り続けているようにした。

ループ再生をする際に問題となる点はクリックノイズが発生する点であるが、Max に装備されている groove オブジェクトを採用することにより、クリックノイズを出さずにループ再生することが実現できた。Fig. 9 に groove オブジェクトを示す。groove オブジェクトはバッファに格納されたオーディオファイルをループ再生するためのオブジェクトであり、ループの開始時間と終了時間を与えることでその時間だけをループ再生することができる。このオブジェクトは Pure Data には存在しなかったため、今回システムを開発するにあたり、プログラミングソフトウェアを Pure Data から Max に変更した。

オーディオファイルを格納するバッファと時間を計測するタイマーはサブプログラム (Fig. 8 における「p bufferpart」と「p timerpart」) として組み込んだ。Figs.10-11 にサブプログラムにまとめた部分を示す。フットスイッチを踏むとオーディオファイルを格納するバッファを変えることで従来法と提案法が切り替わ

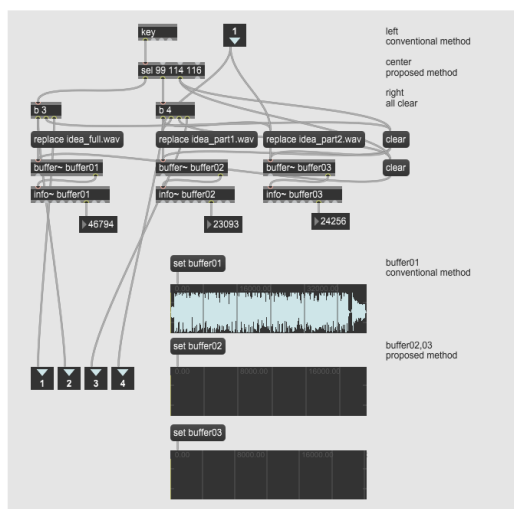


Fig. 10 オーディオ信号を用いたシステムにおけるバッファ部分

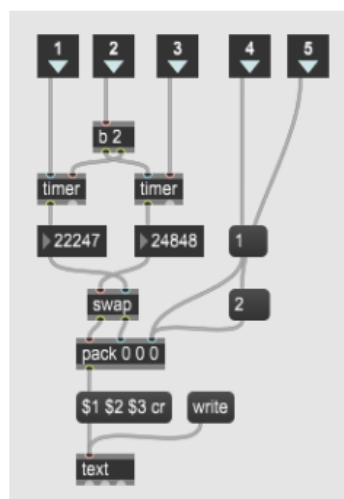


Fig. 11 オーディオ信号を用いたシステムにおけるタイマー部分

る。また、タイマーの動作は MIDI を用いたシステムと同様であるが、計測結果をテキストに出力することができるようにしている。

5 おわりに

本研究ではフットペダルの操作に合わせて演奏の開始や停止を行う自動伴奏システムを提案し、MIDI を用いたシステムで評価実験を行った。その結果、曲の終わりで演奏者はタイミングのばらつきがあるにも関わらずタイミングが合っていると感ずることが分かった。

今後は現在開発中のオーディオ信号を用いたシステムによる評価実験を行う予定である。その評価実験でも MIDI を用いたシステムと同様の結果を出せれば、オーディオ信号を用いたシステムも有効であると言える。と考える。

参考文献

- [1] 高橋雅志, “ペダル操作による MIDI シーンセンサの開発,” 東北学院大学工学部学位論文・卒業論文概要集, Vol. 29-EI, p. EI-89 (2017).
- [2] 加藤拓己, “ペダル操作による複数の MIDI ファイルの連続再生システム,” 東北学院大学工学部学位論文・卒業論文概要集, Vol. 30-EI, p. EI-110 (2018).
- [3] Pure Data, <http://puredatajapan.info/>.
- [4] Domino, <http://takabosoft.com/domino>.
- [5] 青木紀, バンドスコア「アイデア/星野源」, 株式会社フェアリー, 東京 (2018).
- [6] Max, <http://cycling74.com/products/max/>.