

[説明資料(提出ファイル)] 発明・工夫作品コンテスト 製作の動機または目的, 利用方法, 作品自体やその製作過程で工夫したことを, 文章, 写真, 図などで説明。この用紙1枚に記入し, PDFに変換した後, web 提出フォームにて提出する。

個人・グループ名	榊原 圭吾	大学名	釧路公立大学
作品名	MIDI 送受信システムの開発	人数	1 名

## 背景

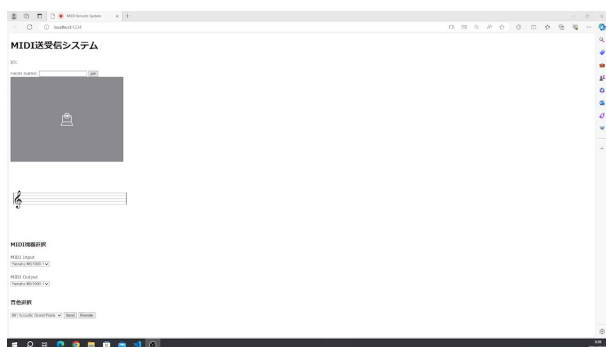
近年のコロナ禍によって Web 会議システムが急速に発達した。  
しかし Web 会議システムを利用した音楽用途では、圧縮やマイクなどの收音環境によっては音質の維持が困難であり、意図した表現を正確に送受信できない問題がある。  
そこで楽器の音に関しては音声から MIDI データに置き換え、送信後に対応機器(電子キーボードや電子ピアノなど)で自動演奏することによって高い音質を維持できる仕組みを考案した。

## 目的

MIDI データをリアルタイムに送受信できるソフトウェアを開発する。

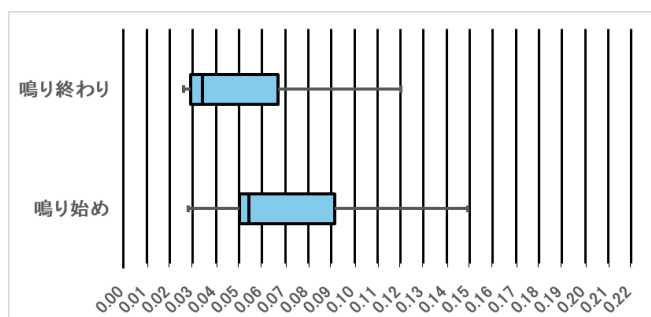
## MIDI 送受信システム

MIDI 送受信システムでは、MIDI の処理に Web MIDI API、通信には Skyway を用いて実装した。



図示のように、様々な使用環境を想定して MIDI データのほかにも映像と音声の送受信機能も実装した。  
通信方式は遅延時間を短くするため、コンピュータ同士を直接接続する P2P を採用した。  
また MIDI データのリアルタイム送受信機能のほかに、五線譜への表示機能、General MIDI Level 1 規格に基づく音色指定機能(送信側/受信側双方に対応)についても実装した。

本システムを用いた際の遅延時間の検証を行った。  
(同一ネットワーク内にて 30 回発音させたうえで  
送信側/受信側の鳴り始め・鳴り終わりの差を計測)  
その結果は図示のように、  
鳴り始め : 最大値 0.1490 秒、最小値 0.0280 秒  
鳴り終わり : 最大値 0.1200 秒、最小値 0.0260 秒  
となった。  
これは BPM400 の 1 拍以下である。



## 利用

本システムは映像・音声のほかに MIDI データをリアルタイムに送受信する能力、また五線譜への表示や音色変更・指定の機能が搭載した。  
様々な使用環境を想定しているが、一例として音楽の講義・授業や民間の音楽教室のオンライン化、遠隔での DTM など音楽作業での使用が可能である。

# 遠隔地間におけるインターネットを用いたMIDI制御

釧路公立大学 皆月研究室

榊原圭吾

# 目次

1. 研究背景
2. 関連研究
3. MIDI送受信システム
4. 検証
5. おわりに

# 1. 研究背景

○コロナ渦において「オンライン」が使われるようになった

Ex.) オンライン会議、オンライン授業 など

→しかし音楽業界ではあまり使われなかった

○音楽業界で使われなかった理由...「Web会議システム」の音質

通信時の圧縮などの処理やマイクの性能などの要因で音質が低下

→楽器の音を送受信するためには音質が悪い

○ならば「MIDI」を使えばよいのではないだろうか

→Web会議システムの「音声」を「MIDI」に置き換える

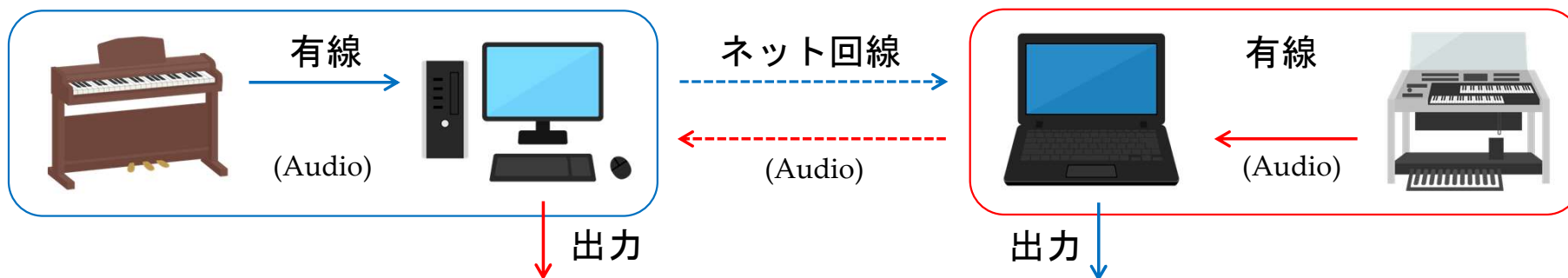
## 2. 関連研究

「制御のための分散協調システム -遠隔地間の合奏を目指して-」 (後藤真孝/橋本裕司)

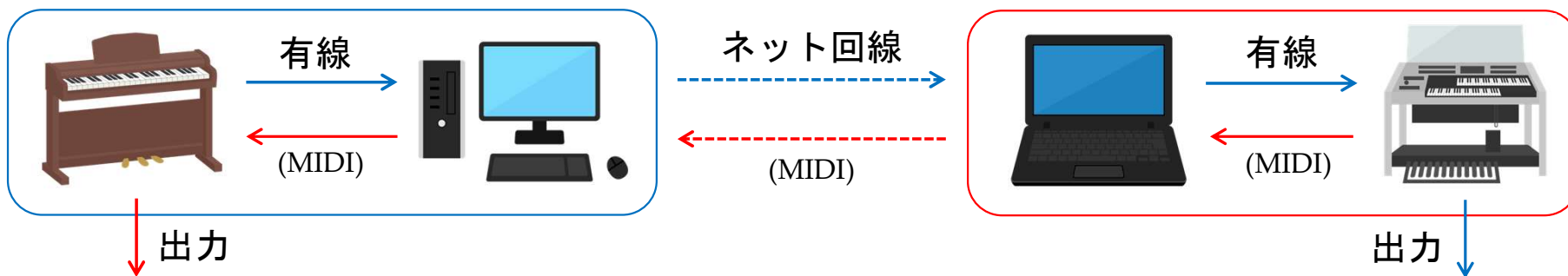
- ・ LAN に接続可能な汎用機器 (コンピュータなど) による支援を受けつつ、MIDI 機器を用いた合奏が可能な分散協調システム
- ・ MIDI 規格を拡張、CG などへの拡張性に優れ、鍵盤が弾けない人へのアプローチも考慮
- ・ 1993 年 12 月に発表されたもので、使用している機器や通信規格などが旧式化しており、現在の環境では使用が困難
- ・ Windows や JavaScript 、インターネットなどの技術を用いて近代化
- ・ 「MIDI制御を用いた音楽作業への支援」を目的とし、MIDI 規格を拡張せずに使用

# 3. MIDI送受信システム

## ○従来の方法 (Web会議システム)



## ○研究での方法 (MIDI送受信システム)




MIDI Remote System


localhost:1234

# MIDI送受信システム

ID:

room name:





### MIDI機器選択

MIDI Input  
Yamaha MU1000-1

MIDI Output  
Yamaha MU1000-1

### 音色選択

001 Acoustic Grand Piano

3:28  
2024/03/13

# 3. MIDI送受信システム

## ○ソフトウェアの各機能

### ① MIDI リアルタイム送受信機能（基本的機能）

Web MIDI API と SkyWay を組み合わせ、MIDI データをインターネット経由で遠隔送受信（MIDI IN と MIDI OUT の機器を選択、任意の Room Name を入力することで接続）

### ② 五線譜表示機能（追加的機能）

楽譜描画ライブラリ「VexFlow」を用いて、出力/入力された MIDI データを五線譜に表示（ノートオンで表示、ノートオフで消去 和音に対応）

### ③ 音色指定機能（追加的機能）

General MIDI (Level 1) の音色配列に基づき、送信側/受信側の音色を変更



# 3. MIDI送受信システム

## ○ SkyWay とは

- ・ NTTコミュニケーションズが提供している、ソフトウェア開発キット (SDK)
- ・ 動画 (VideoStream)、音声 (AudioStream)、データ (DataStream) を送受信できる  
→ MIDI データは DataStream で送受信可能
- ・ 通信方式は ① P2P (コンピュータを直接接続する方式)、② SFU (サーバを経由する方式) の2択  
→ 遅延時間を短くするため P2P を選択

## ○ 数値的目標

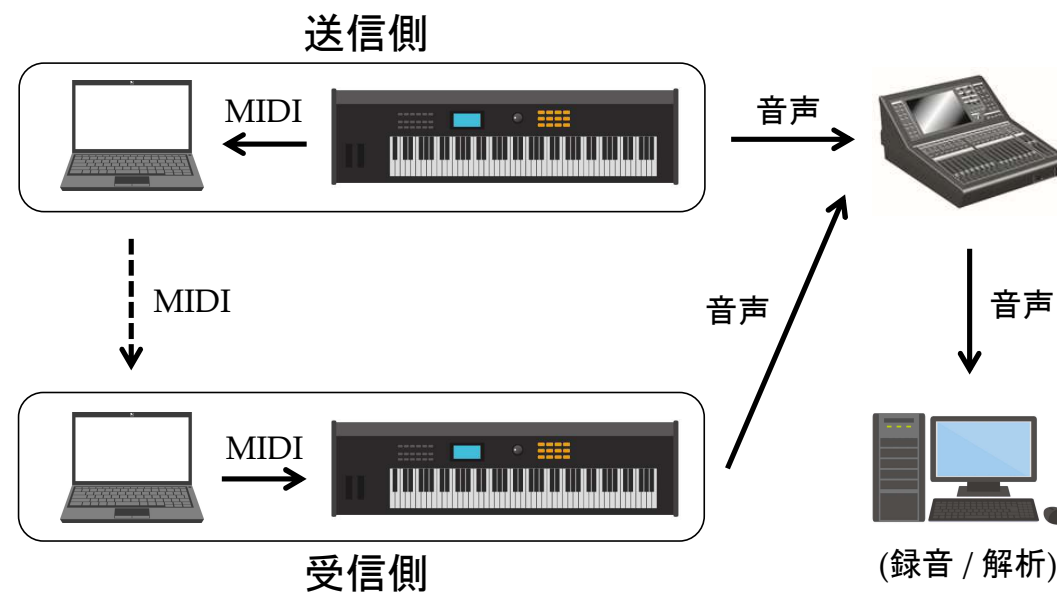
- ・ 送信側の発音から受信側の発音までの遅延時間 0.5秒 以下  
→ DAW の初期値が BPM120 前後、その一拍以下

# 4. 検証

## ○検証の使用機材と仕組み

電子楽器	送信側	YAMAHA DX7 (音源方式: FM音源)
	受信側	YAMAHA MODX6 (音源方式: AWM+FM音源)
PC	送信側	dynabook X30L-J (Intel Core i5-1135G7 8GB Win10 Home)
	受信側	Lenovo ThinkPad L15 (Intel Core i5-10210U 12GB Win10 Pro)
MIDI-USBケーブル	送信側/受信側	Roland UM-ONE mk2
オーディオミキサー	-	YAMAHA AG06
音声編集ソフトウェア	-	Audacity 3.0.2

※その他録音用に同等スペックのデスクトップPCを使用

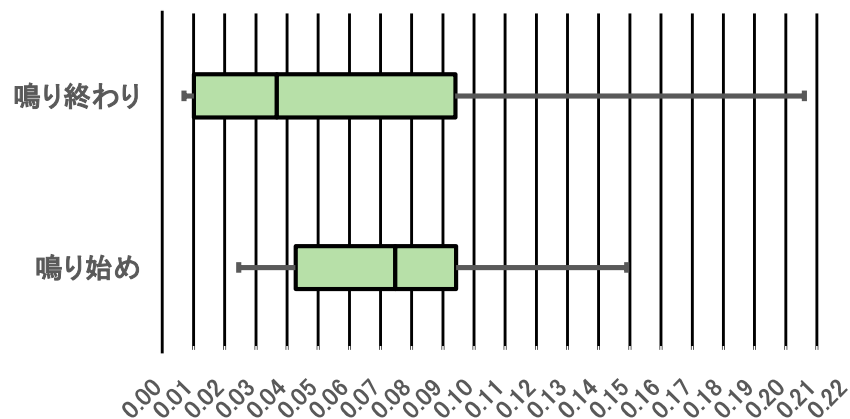


※同一ネットワーク内にて検証

# 4. 検証

○結果（各回それぞれ30回の試行）

・基本的機能のみ（2023年12月検証）



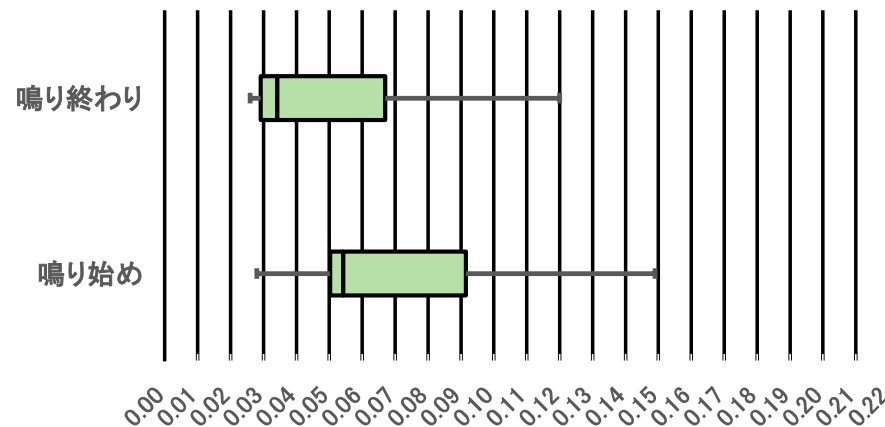
○鳴り始め

最大値 : 0.1490 s  
最小値 : 0.0245 s  
中央値 : 0.0748 s  
標準偏差 : 0.0377 s

○鳴り終わり

最大値 : 0.2060 s  
最小値 : 0.0070 s  
中央値 : 0.0368 s  
標準偏差 : 0.0549 s

・基本的機能 + 追加的機能（2024年3月検証）



○鳴り始め

最大値 : 0.1490 s  
最小値 : 0.0280 s  
中央値 : 0.0543 s  
標準偏差 : 0.0308 s

○鳴り終わり

最大値 : 0.1200 s  
最小値 : 0.0260 s  
中央値 : 0.0343 s  
標準偏差 : 0.0269 s

# 5. おわりに

## ○研究の成果

- MIDIデータをインターネットを経由し、リアルタイムに送受信できるソフトウェアの開発に成功した
- 「MIDI制御を用いた音楽作業への支援」を目的とした機能を実装した
- 検証の結果、数値的目標としていた0.5秒を下回ることができた
- 追加的機能を実装しても遅延時間に大きな差は認められなかった

# 5. おわりに

## ○今後の課題

- P2Pの特性上、大人数の通信には向かない
  - 人数増加時に自動でSFUに切り替えるプログラムの実装
- 発音ごとに遅延時間にばらつきがある
  - 1回の発音でノートオンとノートオフで遅延時間が異なる、したがって送信側/受信側で発音時間が異なる
    - 様々な組み合わせで検証を行い、原因を特定する

# 参考文献

- ・後藤真孝, 橋本裕司 「制御のための分散協調システム-遠隔地間の合奏を目指して-」  
情報処理学会 音楽情報科学研究会研究報告 1993
- ・mdn web docs\_ Web MIDI API  
[https://developer.mozilla.org/ja/docs/Web/API/Web\\_MIDI\\_API](https://developer.mozilla.org/ja/docs/Web/API/Web_MIDI_API) (2023.12.21確認)
- ・NTTコミュニケーションズ株式会社  
「ニューノーマル における新しいビジネスの形「リモート〇〇」を支える「SkyWay」とは」  
<https://www.ntt.com/bizon/newnormalskyway.html> (2023.12.21確認)
- ・SkyWay 開発ドキュメント JavaScript SDK  
<https://skyway.ntt.com/ja/docs/userguide/javascript-sdk/> (2023.12.21確認)

# 参考文献

- SkyWay JavaScript SDK リファレンス  
<https://javascript-sdk.apireference.skyway.ntt.com/core/index.html> (2023.12.21確認)
- WebRTC ホーム  
<https://webrtc.org/?hl=ja> (2023.12.21確認)
- VexFlow ホーム  
<https://www.vexflow.com/> (2024.03.09確認)
- 一般社団法人 音楽電子事業協会 MIDI規格委員会 MIDI1.0規格書 PDF版  
<https://amei.or.jp/midistandardcommittee/MIDI1.0.pdf> (2024.03.09確認)