

弾き手のための 現場レベルに使える ずぼらな自動伴奏を 構築する手法

橋田光代

福知山公立大学 情報学部

hashida-mitsuyo@fukuchiyama.ac.jp

自動伴奏システム

人間の演奏に合わせて、伴奏パートをシステムが出力→リアルタイムに合奏やセッションを！

- 入力：人間の生演奏 [MIDI or 音響]

1. マッチング

楽譜追跡（既存曲の場合）

または リズムやコード推定（即興の場合）

2. スケジューリング

伴奏パートの発音時刻（テンポ）決定

3. 伴奏データ加工

伴奏パートの表情付け

- 出力：システム演奏 [MIDI（電子楽器）]

自動伴奏システム

人間の演奏に合わせて、伴奏パートをシステムが出力

- 意図・自主性, 演奏意図
 - スケジューラの検討 [堀内 1995～]
 - 名演奏のなぞり [奥平, 片寄 2003～]
- 応用
 - 追従型カラオケ [片寄 他 1993]
 - Family Ensemble [大島, 西本 2004～]
- 楽譜追跡の数理的高精度化
 - Orchestra In a Box (C. Raphael 2003～)
 - 武田他のシステム (2007～)

[Dannenberg 1984-]

- 頑健なマッチング
アルゴリズム
- 実音響への対応 (単旋律)
 - アルペジオや
ビブラートに対応

自動伴奏システム

人間の演奏に合わせて、伴奏パートをシステムが出力



[武田 et al. 2007]

- 隠れマルコフモデル
- 鍵盤楽器（複数声部）対応
 - 同時複数発音ok
 - 弾き飛ばし、弾き直しok
- 伴奏の“吹っ飛び”激減

実用ベースでの難点

※一般アプリの楽譜追跡力はやっと'80~'90年代レベル
(in tempoならまあまあ、ピアノ曲でも人間パートは単旋律のみ)

Metronaut Sheet Music



- ユーザにDesk Top Music の基本知識と設備環境を強制
 - MIDI入出力が可能な電子楽器やPCアクセサリ
(電子楽器を扱う限り、ある程度はやむなし…とはいえ。)
- 自分の演奏スキルを踏まえて柔軟に／好きなように弾かせてほしい
 - 「楽譜通り」とか「正しく」演奏するのが正義とは限らない
→ 既存曲の簡易即興には対応しにくい
 - 人間パートと伴奏パートをどう分ける？
- 全曲分の音符情報 (MIDIファイル) を用意せねば…
 - MIDIデータはコンピュータのためのもの。人間の視認演奏には向いていない
 - 入手不可なら作ればいい…のだが。浄書スキル持ってもメンドイです。

…楽譜追跡に
全曲分の音符情報は
必要か？

経験則：必要以上に高性能を追求してるかも

割とテキスト、それでも 破綻しない伴奏

- ①トリガー（合図出し）的役割
- ②副旋律的役割

割とテキトー、それでも 破綻しない伴奏①

トリガー（合図出し）的役割

- 全体の進行に大きな変化がなければ何やっても実は良い
 - テンポ管理の側面はある。が、主導権は主奏者にあるはず
 - 和音・コード・リズムは突飛すぎなければ多少の自由がきく
- いくつかの肝心な音は外さないでね！

割とテキトー、それでも 破綻しない伴奏②

副旋律的役割

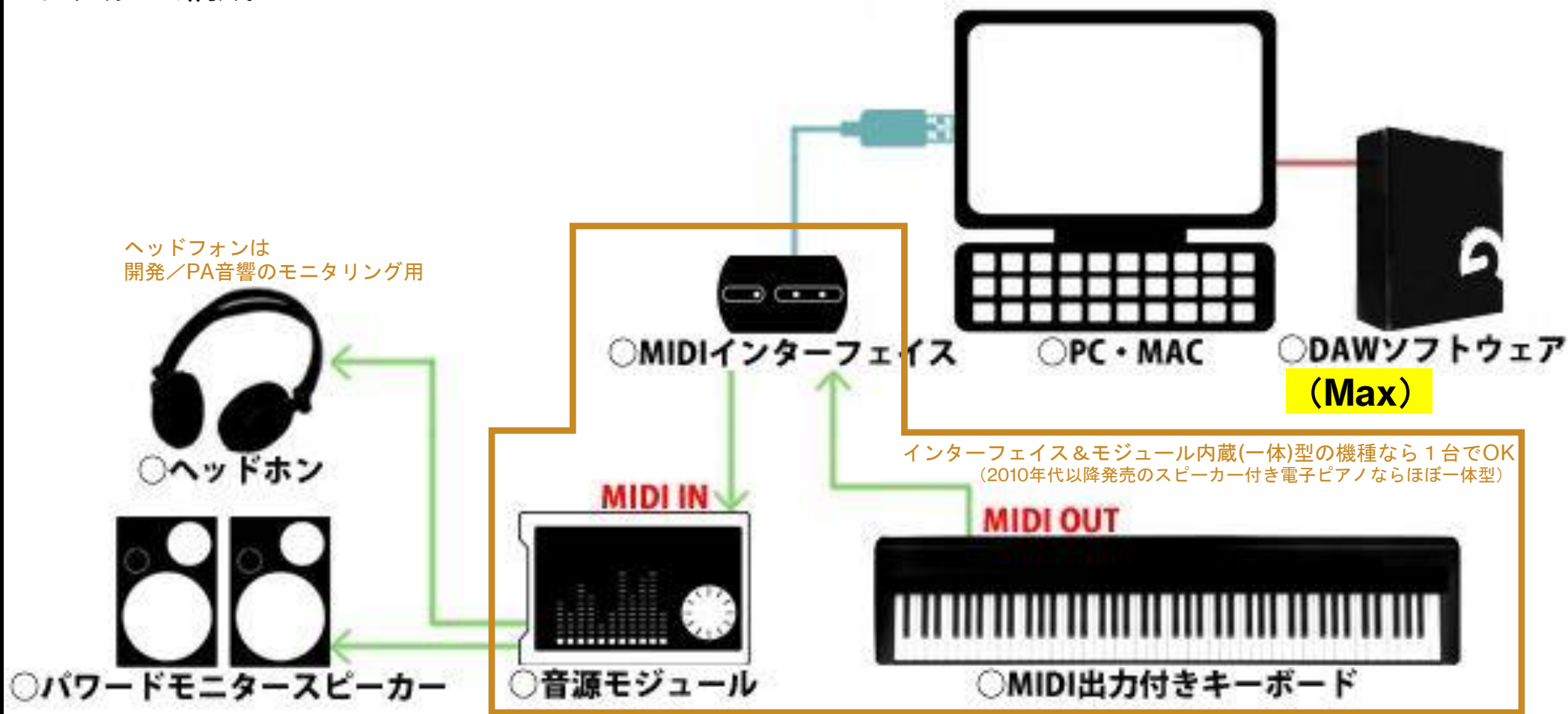
- ハモリ、内声、オブリガード
- ときに独立した旋律部としての表現もやっていいはず
- 始まり and/or 終わりが肝心

試作：ズボラなリアルタイム連弾システム



試作：ズボラなリアルタイム連弾システム

システム構成



想定

手持ちの楽譜
(歌 + ピアノ伴奏)



A handwritten musical score for voice and piano. The score is written on three systems of staves. The top staff is for the voice, and the bottom two staves are for the piano. The piano part features complex chordal textures and melodic lines. The score is written in a clear, legible hand.

自分が弾く
ピアノ独奏 + システムパート



A handwritten musical score for piano solo and system parts. The score is written on three systems of staves. The top staff is for the piano solo, and the bottom two staves are for the system parts. The piano solo part features complex chordal textures and melodic lines. The system parts are written in a clear, legible hand.

1. 手持ち楽譜 → 目指す楽器編成への編曲
 - 今回は [歌 + ピアノ伴奏] → [ピアノ連弾]
 - 楽譜もない . . . 耳コピ
2. 編曲
 - システムに任せるパート・音符列を決める
 - 自分が弾くパートを「書く」かは自分次第 (省略も可)

試作：ズボラなリアルタイム連弾システム

出 PC

入 Pf.

(gva)

3

2

5

2

※システムに組み込んでいる
音符情報はPCパートのみ

※PC送信→ピアノ受信には
0.5秒の遅延がある
(ピアノの仕様につき絶対的制約)

試作：ズボラなリアルタイム連弾システム

PC

Pf.

(1) マーキング (gva)

(2) Δt 計測 (3) Δt 後に発音

PC

Pf.

(4) 4回目のE \flat →機能一時停止

PC

Pf.

(5) 初出のF→機能一時停止

※システムに組み込んでいる
音符情報はPCパートの音符列のみ
休符は考慮しない
→小節・拍の概念不要

※PC送信→ピアノ受信には
0.5秒の遅延がある
(使用ピアノの仕様につき
絶対的制約)

※奏者 (Pf.) は、
赤丸の鍵盤だけは確実に弾く。
それ以外はこの際どうでもよい

試作：ズボラなリアルタイム連弾システム

(gva)-----

(1) Δt 計測

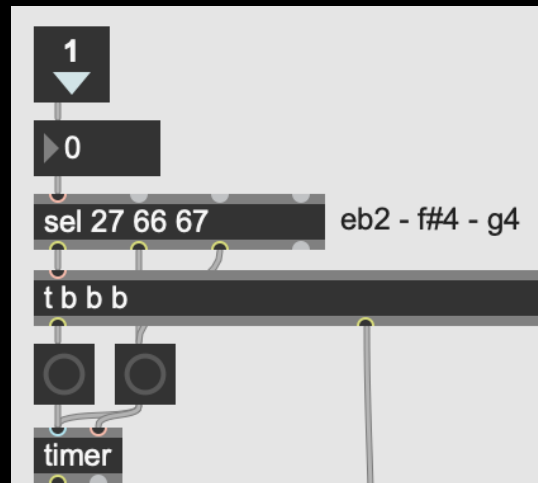
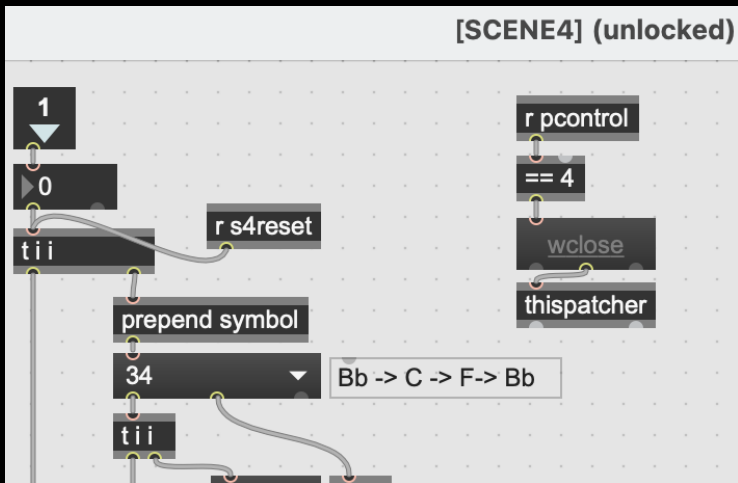
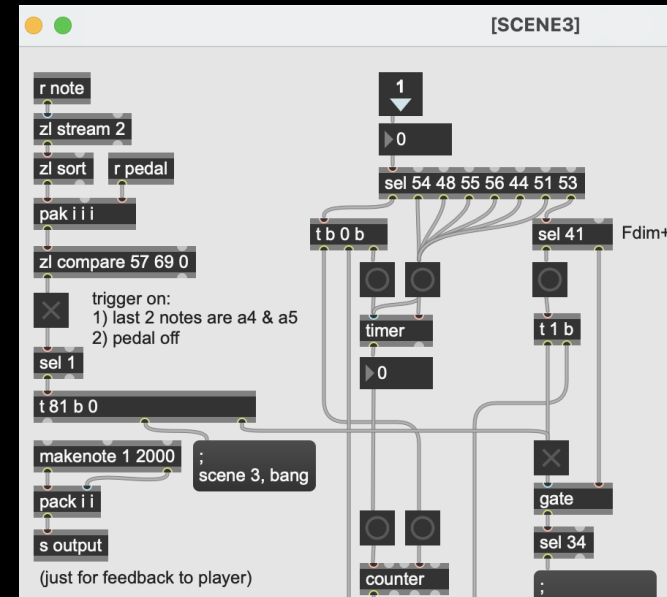
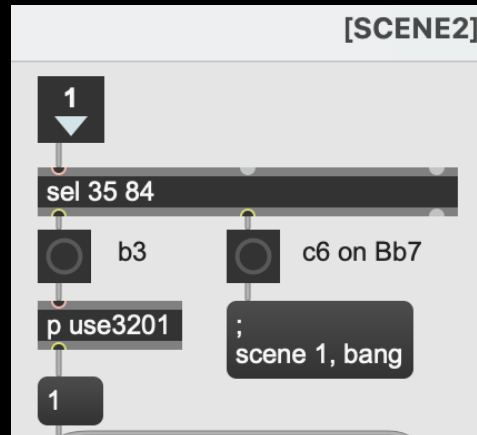
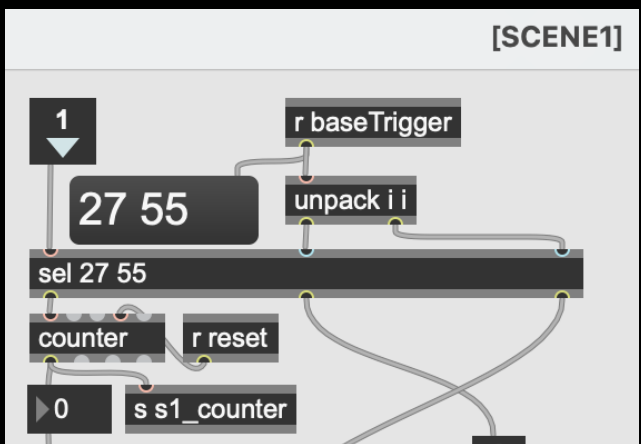
(2) tempo = $\Delta t \pm \text{数ms}$ のrandom()

The image displays a musical score for a two-person piano duet, consisting of two systems of staves. The first system (measures 7-8) and the second system (measures 9-10) each have a treble and bass staff. The key signature is B-flat major (two flats). The first system is marked with a '7' above the treble staff. The second system is marked with a '9' above the treble staff. The score includes various musical notations such as chords, single notes, and slurs. Two specific annotations are present: (1) Δt 計測, which shows a horizontal double-headed arrow between two vertical lines in the first system, and (2) tempo = $\Delta t \pm \text{数ms}$ のrandom(), which points to a measure in the second system. In both systems, a red circle highlights a specific note in the bass staff: a B-flat in the first system and a B-flat in the second system.

試作：ズボラなリアルタイム連弾システム

2分半のオリジナル編曲版

トリガーは5パターンのみ（入力音高は変数にしてバリエーションに対応）



割とテキスト、それでも 破綻しない伴奏

- ①トリガー（合図出し）的役割
- ②副旋律的役割

→アテンションパート &
同期点の設定 [橋田 2005-]

アテンションパート

[橋田 2005-]

F. ショパン「即興曲第4番嬰ハ短調 Op.66(幻想即興曲)」より

(chorus)----- The main melody of this orchestration -----

(vocal)

(brass 1) (brass 2) (brass 3)

■ The attentive part of a user

(by Puccini: Turandot - Nessun Dorma)

- 楽譜上のある時刻において最も鳴って欲しい音符列
 - 複数の声部を渡り歩く
 - 聴き手（弾き手）の個人差あり
 - 当該曲に対する思い入れ etc.
 - 有力な声部
 - いわゆる主旋律
 - ベースライン
 - 内声、オブリガード
 - 音響的に目立つ音
- 聴取イメージありき
 - 楽譜起点ではわかりにくい

声部ごとに異なる緊張—弛緩構造

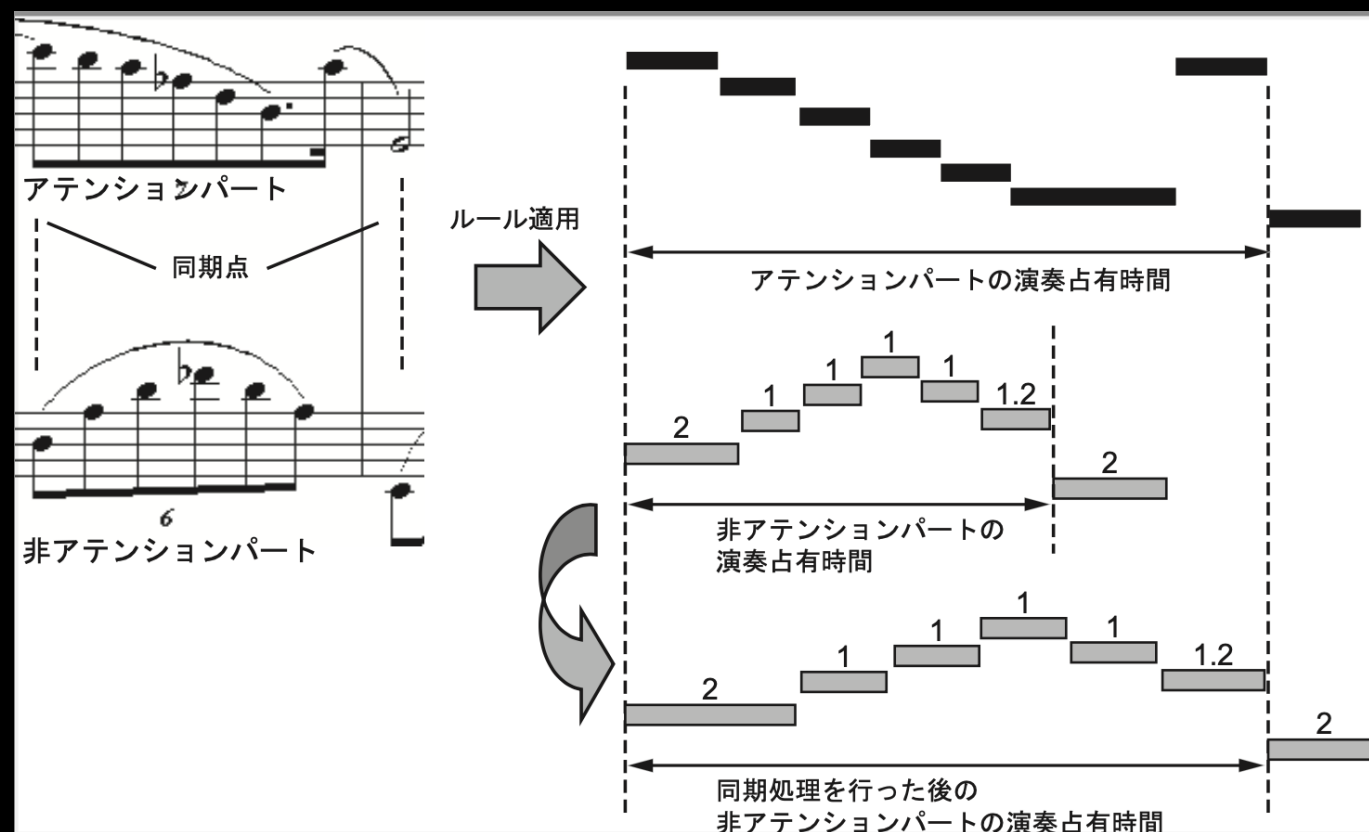
[GTTM 1983]

[橋田 2005-]

The diagram illustrates the tension-relaxation structure for two voices, A and B, across a musical score. Voice A is shown in the upper staff (treble clef) and Voice B in the lower staff (bass clef). Both staves are divided into measures by vertical dashed lines, which are labeled as '同期点' (Synchronous Points). Above each staff, a series of connected line segments with circular nodes at the joints represent the tension-relaxation structure. For Voice A, the structure shows a series of peaks and valleys, with a prominent peak in the middle. For Voice B, the structure is more complex, with a star symbol marking a specific point. Below each staff, there are horizontal brackets labeled 'グループ' (Group) that group measures together. In the Voice B staff, some measures are marked with the number '6' below them, and one measure has a 'b' symbol. The overall structure suggests a comparison of how tension and relaxation are managed differently between the two voices over time.

声部ごとの独立表現を 同期点で帳尻合わせ

[橋田 2005-]



【まとめに変えて：要議論】

楽曲演奏における声部間協調モデルの検討

[人間とコンピュータ演奏のインタラクション]

- 各声部で独立した表現をしても「破綻はしない」フレームワーク
 - 声部間で絶対的にタテに揃える（＝同期させる）べき場所は減らせそう
 - 「自由」と「統制」のバランスをどうとる？
 - 同期はほんの少しで良さげ？
 - アテンションパート（主旋律とは限らない）の構造化
 - GTTM延長簡約をs声部ごとに展開
 - アテンションパートの選ばれやすさは聴取実験のしがいがある

アテンションパートのなりやすさ？

[太田+ 2018]

目撃者

目撃

目撃

目撃

- 音源を聴いて、自分がメインで聴取した音符を楽譜にマーキング
 - 成人男女 20人
- マークされた音符群を集約→五線譜でヒートマップ式に可視化