

ピアノ演奏・学習支援ソフト

Automatic Accompaniment System for Keyboard Instruments

大和田 茂
Shigeru OWADA

東京大学大学院情報理工学系研究科コンピュータ科学専攻 (〒113-8654 東京都文京区本郷
7-3-1 E-mail: ohwada@is.s.u-tokyo.ac.jp)

ABSTRACT. This paper describes the Rubato system, an automatic musical accompaniment software, as a final output of an IPA Mito project. Based on predefined musical data, this system provides the novice user with a feeling as if they have complete control of accompaniment parts by inputting the melody part only. The original features of the software include: chord synchronization, automatic search for repeated practice, allowing mistakes, keyboard shortcuts and so on. We mainly focused on implementing complete and stable software, rather than testing latest advancements.

1. 背景

余暇にピアノを練習するということには、老若男女を問わず根強い人気がある。この市場は余暇というものの自体の多様性を反映し、非常に大きな規模を持つ訳ではないがこれまで流行などにほとんど左右されずに確実に、安定に存在してきた。

これから高齢化社会を迎えるにあたり、余暇の重要性はさらに増すと考えられる。それに比例してピアノ産業も発展していくと考えられるが、その時に障害となるのは、ピアノの持つ生来の難しさである。中高年になってからピアノを始めようと思うきっかけとなるのは大抵の場合人気のあるピアノ曲、例えば、ショパンやベートーベンなどの作品にあこがれてであることが多いのだが、現実問題として、それらの曲を演奏できるレベルにまで到達することは極めてまれである。それは、幼少の頃から激しい練習を繰り返してピアニストに至る一般的な学習過程を思いおこせば少しも不思議なことではなく、だからこそ巨匠と呼ばれる演奏者の演奏が一層価値のあるものとなるわけであるが、一方でそれなりに強い動機を持って練習を開始した初心者が、欲求不満のままに諦める不幸が無数に繰り返される現状は、テクノロジーによって解決されなければならないものであると考えられる。

2. 目的

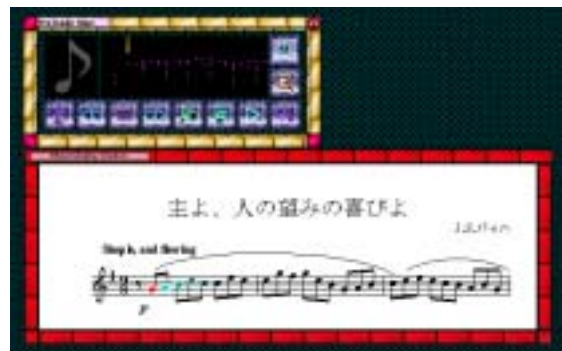
我々は、可能な限りわずかなインタラクションにより、演奏者の個性を十分に発揮しつつピアノの演奏・学習をサポートするソフトウェア「Rubato」を提案する。基本となる技術は、旋律を鍵盤から入力すると、それ以外の音符を補うというもので、自動伴奏の派生技術である。研究室レベルでは様々なシステムが存在するが[1][2]、ソフトとしての使い勝手も考慮した上で一般に公開されているシステムは少ない。現在市場に存在する技術のほとんどは、入力を待ってはくれるがカラオケのようなもので、テンポも音量も固定であり、非常に原始的なものである。Rubato ではユーザーの入力から得られる情報を最

大限伴奏部の再生に用い、それによって、ユーザーがより自由に演奏を楽しむことができる。また、効率的な練習をサポートするためのショートカットや、ミスを許容するリアルタイム検索システムも実装されている。

3. 開発内容

我々は、二つのソフトウェアの実装を行った。The Rubato Player と、The Rubato Conductor である。前者は実際にユーザーが操作して伴奏プレイを行うソフトウェアであり、後者は前者で用いるデータを作成するためのオーサリングソフトである。以下にそれぞれを説明する。

(1) The Rubato Player



このソフトは、ユーザーが旋律を入力し、それに合わせて伴奏を鳴らすものである。まとめると、次のような機能を持っている。

- .rup ファイル(オリジナル形式)をドラッグ&ドロップで読み込み、ユーザーの旋律入力に合わせて伴奏部を付加する機能(2 モード)
- 旋律部と伴奏部を合わせて再生するお手本再生(2 モード)
- 練習ポイントを設定し、そこを起点に練習を行う機能

- ・ パソコンに触ることなく練習を行うことができる鍵盤ショートカット
- ・ 楽譜表示
- ・ MIDI ファイルのインポート
- ・ カシオ 光キーボード対応
- ・ OpenGL による再生速度と音符情報の可視化

以下、各機能の説明である。

a) .rup ファイルを読み込み、ユーザーの旋律入力に合わせて伴奏部を付加する機能(2 モード)

このソフトのコアとなる技術を実装したものである。基本的には、あらかじめ設定した旋律入力をキーボードから行うと、入力と元データとの比較を行い、ユーザーが弾きたい音量とテンポを算出し、それに基づいて伴奏部のデータを変更して再生する。この際、次のような機能を実装している。

1. ユーザーが音符をスキップしたり、実際にはない音符を弾いてしまった場合、システムは自動的に元データとの比較を行い、伴奏を正常に再生する。

これには、ユーザー入力と、元データとの対応の組み合わせをいろいろ試してみて、それらのリズムや音程の差分を評価する評価関数が最もよい値を返したものを正しいとみなすことにより行っている。リアルタイムに計算が可能である。

2. ユーザーがある部分を繰り返し練習するために演奏を中断し、少し前から弾き出した場合にも、その場所を自動判定し、その部分から伴奏再生を開始する。

この機能の実装は、前項のミス判定ルーチンで、最良の評価値もあまりよくなかった場合に、サーチ領域を広めて対応領域を探すというものになっている。このサーチには、入力のリズムは用いていない。音高だけである。ユーザーの意図を常に正しく判定できるわけではないが、このサーチが間違っていた場合には、じきに前項のサーチが失敗し、再びこのサーチが行われることになり、実用上はほとんど問題なく働くことがわかった。

3. 和音設定をしておけば、旋律入力のキーオフを合わせることができる。

これは、旋律を構成する音が和音でできている場合に、ユーザーが弾くべき一つの音を和音のうちの他の構成音に関連づけておくと、その旋律音が入力された時に、その音の切れ際も和音全てと一緒にすることができる機能である。例えば、和音が一定間隔で繰り返されるような場合にこの機能を使うと、旋律を短く切りながら弾けば和音もその音長で演奏されて全体に歯切れのいい感じになるし、一つ一つの音を長く弾けばレガートな感じになる。

さて、以上に述べたうち、1.と2.の機能は合わせて「インテリジェント・サーチ」と呼んでおり、非常に効果的であったが、その一方で、ピアノに触ったこともない初心者が初めて Rubato を使って練習を行う場合にはこの機能が時として仇になることがあることが判明した。なぜなら、彼等は、音を探りながら弾くため、結果的にほとんどの音符は誤りであり、これをシステムが自動判定

して深読みしてしまうと、あらぬ場所をサーチ結果として導きだし、そこへ飛んで入ってしまうことがあるからである。また、テンポを動的に変化させることも、この段階の初心者には必要ない機能であると思われた。そこで、追従のポリシーに関しては、ユーザーの練習の進捗に応じて二通り用意することとした。一つはテンポの追従、ローカルな誤り対応、弾き直し対応の全てを有効にしたモードで、これを演奏会モードもしくはインテリジェント・アカンパニメントモードと呼ぶ。もう一つは、この3つの機能を無効にしたもので、練習モードと呼ぶ。これらは、練習開始時に違うボタンを押すことにより区別される。



演奏会モードで練習を開始するボタン



練習モードで練習を開始するボタン

- b) 旋律部と伴奏部を合わせて再生するお手本再生(2 モード)

お手本再生モードは、練習を開始する前や練習中に、その部分のリズムや歌い回しなどを聴いて覚えるためのモードである。この際、単純に音楽として全体の演奏を聴いてみたい場合と、その中で自分がどの旋律を弾けばいいのかを把握したい場合があるので、ウィンドウ上のボタンを押して聴く場合には生のデータを、後述の鍵盤ショートカットを用いて再生する場合には弾くべき旋律音を強調して再生するようになっている。



お手本再生ボタン



お手本停止ボタン

- c) 練習ポイントを設定し、そこを起点に練習を行う機能

ここまで述べた機能は、全て「練習ポイント」を起点に行う。練習の開始はこのポイントからなされるし、弾き直した場所のサーチも、演奏が停止した部分と練習ポイントの間のみで行う。この練習ポイントの位置は、「巻き戻し」「早送り」ボタンを押すことにより変更できる。



巻き戻し、早送りを行うボタン



練習ポイントを曲の先頭にセットするボタン

- d) パソコンに触ることなく練習を行うことができる鍵盤ショートカット

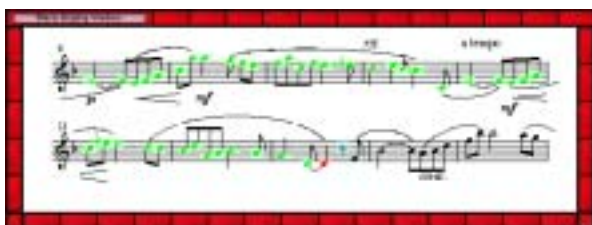
実際に Rubato を用いてピアノの練習を行う場合、手が鍵盤とパソコンの間を行ったり来たりするのは非常におっくうなものである。そこで、このソフトでは、練習に用いる機能は全て鍵盤操作だけで行うことができるようになっている。所謂「これがホントのキーボードショートカット」機能である。これは、鍵盤中央のドからソまでの白鍵5つを同時押しすることにより行う。Rubato Player を立ちあげた状態でその5つのキーを押すと、次のようなメニューが画面に現れる。



この鍵盤は、ユーザーが左手でキー5つの同時押しを行うと仮定して、それより1オクターブ上の鍵盤を表している。「お手本再生」で多少動作が違う(3.1.2 参照)のを除けば、これらの機能はウィンドウ上のボタンを押すのと同じ効果をもたらす。慣れると画面を全く見ることなく練習を続けることが可能である。

e) 楽譜表示

楽譜は、以下のように表示される。



すでに演奏が終了した音符は緑色で、弾かれている最中(もしくは、弾かれるのを待っている時)は一瞬赤で、これから弾かれるべき音符は黒から水色へと変化する色で表示される(どれくらい水色かを見れば、押すタイミングがある程度予測できる)。演奏中はもちろん、お手本再生中も色がついて表示される。また、実際に弾かれない部分、休符やタイの後ろの音も着色される。

f) MIDI ファイルのインポート

未踏の範囲では16曲のデータを作成したが、当然のことながら世の中に存在する曲の数はそれよりもずっと多い。個々のユーザーがこのシステムを使って、提供されていない曲を練習したいと思った時に、それを実現する手段が全くないのでは困る。そこで、このソフトにはMIDIファイルをそのまま読みこんで使える機能が実装されている。「トラック1に旋律情報が入っていないなければならない」という制限はあるものの、ユーザーはこのシステムを使って自分の好きな曲を練習することができる。h)に述べる機能により、楽譜は表示されないが、弾くべき音符はある程度予測することができる。また、g)に述べる光キーボード機能も働くので、実用上ほとんど問題がない。

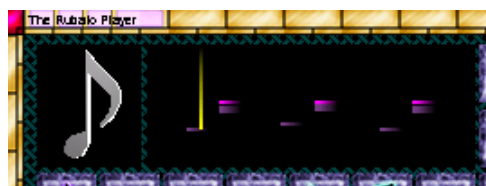
g) カシオ 光ナビキーボード対応

カシオの光ナビキーボードは、MIDI入力を受け付けた時に、3チャンネルで出力される音のキーを赤く表示するという機能を持っている。これを利用し、Rubato Playerでは次に弾くべき音を光らせることができる。また、お手本再生の場合には、入力されるべき旋律の音を赤く光らせながら再生する。この機能は初心者にとっては必須の機能である。



h) OpenGL による再生速度と音符情報の可視化

下図の左にある音符の絵は、速度メーターである。伴奏再生時には回転し、ユーザーが、元データより早く弾いているのか遅く弾いているのかをその回転速度と色で表示する。早く弾いている時は赤く、遅い時は青で、元データと等しい時は白で表示する。従って、お手本再生時は白い状態で回転することになる。また、その右側に、伴奏と旋律の音符が、尾をひく点として表示される。ピンク色が弾くべき旋律音を表している。縦に動く黄色い点は現在位置を表している。



(2) The Rubato Conductor

このソフトはThe Rubato Playerで用いるデータを製作するためのオーサリングソフトウェアである。



このプログラムの入力にはMIDIファイルおよび楽譜の画像データであり、出力は.rupファイル(本ソフトのオリジナルのデータ形式)である。この機能を一つ一つ挙げればきりが無いが、最も重要な目的は、

- ・ MIDI ファイル内に埋めこまれた旋律を設定し
- ・ 楽譜画像を各譜めくり位置に挿入し
- ・ 旋律の各構成音と、画像上の音符領域との対応をとる

ということである。まずピアニストがリアルタイムで演奏して作成した MIDI ファイルを Conductor に読みこませる前に、「ぴったり.exe」を用いて整形する。この処理は、ピアニストが和音を同時に発声したつもりでも実際にはわずかにずれており、それらは時としてその後の処理に悪影響をおよぼすため、これを正確に合わせるために行う。和音とみなす最小間隔(スレッシュホールド)と変換する部分を指定して、再び MIDI ファイルに出力するだけのプログラムである。なお、時間の表現は、Cakewalk という市販ソフトの形式に倣っている。

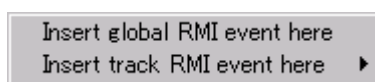


ぴったり.exe

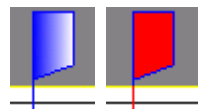
ここでもし 1 トラックにデータが入っていたら、他のトラックに移し、1 トラックは空けておく。これは、Rubato システムにとって 1 トラックは特殊で、旋律音を格納するトラックとして使われるからである。ここまで完了したら、Conductor にその MIDI ファイルを読みこませる。旋律音の設定は、旋律にしたい音符を、Shift を押しながらクリックすることで行う。すると、その音符は 1 トラックに移動し、ユーザーが入力すべき音符ということになる。これを曲全体で行う。
#もしくは、あらかじめ他のソフトを用いて旋律音だけを 1 トラックに置いておくという方法もある。その場合、以上に示したような旋律音設定を、Conductor 上で行う必要はなくなる。実際にはこの方法で作成したデータが多い。

ここまで行えば、とりあえず伴奏をつけて遊ぶことができる。ツールバーの再生ボタンを押すと伴奏再生がはじまる。鍵盤の代わりに、パソコンのキーボードのスペースキーをタイミングよく押せばよい。ただし、Conductor の伴奏再生ルーチンは Player のそれとは全く違うプログラムなので、動作が多少異なっている。

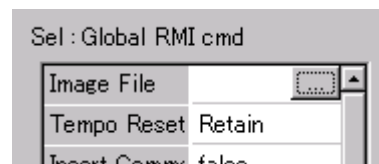
次に、楽譜画像の読み込みを行う。楽譜画像は、例えば Finale などといった市販ソフトを用いてあらかじめ作っておく。その上で譜めくりをしたい位置を探し、そこで右クリックをすると、メニューが出るので、「Insert global RMI event here」を選び、グローバルイベントを挿入する。



グローバルイベントが挿入されている部分には青のグラデーションの旗が立つのだが、挿入直後には外枠だけが青く、旗の中身は赤くなっている。これは、そのグローバルイベントが現在選択されていることを表す。



このように、グローバルイベントを選択したら、ウィンドウの右上のリストのうち、「Image File」をクリックする。すると、「...」と書いたボタンが出る。

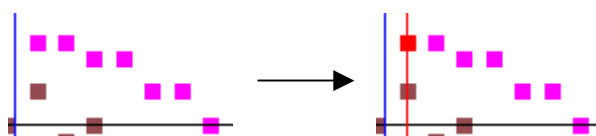


このボタンをクリックすると、ファイル選択ダイアログが出るので、ここで楽譜データを読み込めばよい。ImageMagick という画像ローダを使っているの、画像形式はほとんど何でも使える。画像を読みこんだら、ツールバーの画像表示ボタン(下記)を押すと読みこんだ画像を確認できる。なお、Conductor では任意のサイズの画像が読み込めるが、Player では楽譜の画像サイズは常に 540x180 としている。



この状態で再生ボタンを押して伴奏再生してみると、グローバルイベントが発効する時に画像が入れ替わることが確認できる。

最後に、旋律音と楽譜領域との対応を設定する必要がある。これには、メインウィンドウで旋律の音をセレクトし、その状態で、楽譜上で音符領域をドラッグで設定する。旋律音はピンクで表示されているので、これを左クリックすると赤くなって選択状態になる(赤い縦線で表されるポインタもクリック位置に移動する)。



この状態で楽譜上を左ドラッグすると、領域が選択され、音符と画像が対応づけられる。対応が設定された部分は青く表示される。



基本的にはこれを旋律音の数だけ繰り返せばよいのだが、毎回メインのウィンドウと楽譜ウィンドウを行き来するのは非常におっくうである。そこで、自動インクリメント機能が実装されている。これは、譜面上で選択時にシフトキーを押しておくと、マウスボタンが離された時に自動的に次の旋律音にポインタが移動する。また、その時の選択サイズを覚えているので、次以降は譜面上で右クリックをするとその大きさの領域が選択され、右クリックだけで次々と音符を選択していくことができるようになる。譜面上の音符の大きさはほぼ一定なので、一度領域のサイズを設定すれば、その後変更する必要性はほ

とんどない。

また、以上に述べた操作では旋律音と領域を対応づけていたが、実はグローバルイベントと領域を対応づけることもできる。これは、グローバルイベントを選択した状態で、楽譜上で左ドラッグを行うだけである。さらに、グローバルイベントが選択状態にあると、手書きコメントも入れることができる。これは、シフトキーを押しながらドラッグを行えばよい。



Conductor では、他にも以下のような機能を持っている。

- ・ MIDI エクスポート
エディット後に MIDI 部分を微調整したい時に、一旦 MIDI ファイルに書き出す機能。
- ・ MIDI マージ
Rup ファイルをエディット中に MIDI 部分を変更したくなった時に、その部分だけを置き換える機能。この際、すでに楽譜と対応づけられている領域などは、可能な限り維持される。

- ・ 和音設定
ある旋律音を演奏する際に和音として再生されるよう、和音の構成音を指定する機能。

4．将来課題

短期的な展望としては、製品化のために各機能を強化するとともに、マニュアル製作および MIDI インポート機能の強化をはかる。販売ルートに関しても、専門家の意見を聞きながら詰めていく予定である。
また、長期的には、和音が入力された場合の精度向上と、Web からシームレスに曲データをダウンロードできる機能などを考えている。

5．参加企業及び機関

6．参考文献

[1] 片寄晴弘、竹内好広、上符裕一、井口征士：TFP の改良と教育利用における評価、情報処理学会音楽情報科学研究会研究報告 96-MUS-16 21-25

[2] Raphael C. “A Probabilistic Expert System for Automatic Musical Accompaniment”, Journal of Computational and Graphical Statistics, vol. 10 no. 3, 487--512