

フィードバックを利用した伴奏システム*

高橋 岳樹 堀内 靖雄 市川 薫†

tel:043-290-3300 fax:043-290-3269 e-mail:hory@icsd4.tj.chiba-u.ac.jp

千葉大学 工学部 情報画像工学科‡

〒263-8522 千葉県 千葉市 稲毛区 弥生町 1-33

1 はじめに

音楽情報処理の一分野として伴奏システムというのが研究されている。伴奏システムとは、システムに独奏者、伴奏者の楽譜を与え、独奏者の演奏から現在の楽譜上の位置を判断し、独奏者のテンポなどに合わせて伴奏パートを演奏するものを指し、実用的な側面もさる事ながら、その研究を通じて人間の動作を解き明かすといった認知的な側面も持ち合わせている。いくつかの伴奏システムがすでに発表されている(文献[1]に概説がある)が、これらはシステムが自らの伴奏を「聴く」ということを想定していない。これは人間の伴奏に例えれば、相手の演奏のみ聞いて自分の演奏を聞かずに演奏することに等しい。このことは、システムに内在する要因による伴奏の発音遅延が生じたときに問題を引き起こす。本研究では、この問題点を指摘し、伴奏システムにフィードバック機構を導入する事でその問題点を解決する手法を提案し、実装によってその有効性を確認する。

2 時間遅延の要因と問題点

2.1 時間遅延の要因

従来のシステムでは、通常、伴奏の演奏に外付けの音源(MIDI音源)が採用されている。MIDI音源は、発音命令を受信した後、楽音信号の合成を行ってそれを発音するが、この合成にかかる時間は機器によってさまざまである。今回われわれが検証した音源では、およそ8ms~15msの遅延が生じていた。また、ホストコンピュータが伴奏における時間管理を行うが、この時間管理に利用されるタイマ自体も不安定な場合があり、われわれが伴奏システムを作成しているパソコンのOSでは、このタイマの遅延が0~15msに及んでいた。

2.2 遅延による問題点

前述の要因により、システムが想定する発音時刻と、実際の発音時刻との間には遅延が生じる。問題点を明確にするため、2者間の協調演奏において、一方が発音に遅延を生じる場合、演奏テンポ(演奏のスピード)にどの

ような現象が起こるかについて簡単なシミュレーションで検証した。まず遅延する側がその遅延を考慮しない場合を考える。協調演奏においては、互いが相手のテンポに合わせて演奏を行うが、遅延する側は自らの演奏遅れを知らないため、実際の発音時刻より早く自分の発音時刻を見積もり、結果的に相手に合わせるために自らのテンポを遅くする。それに対するもう一方の側は、相手の遅延した発音時刻を、相手がテンポを遅くしようとしていると考え、自らのテンポを遅くする。結果的にテンポは振動しつつも単調減少し、演奏者の意図には程遠いテンポになってしまう。この結果を図1に示す。縦軸はテンポ、横軸は時間を表す。一方、遅延する側が、遅延はしても、自らの発音時刻が正確にわかりそれを補償できる場合、テンポの誤認は起こらず、演奏者が目標とするテンポの周辺を振動して演奏を続けることができる。この結果を図2に示す。

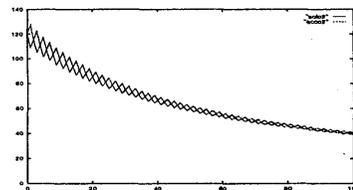


図1: 遅延を考慮しない

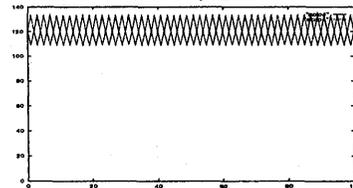


図2: 遅延を補償する

3 フィードバックを利用した伴奏システム

3.1 システムの構成

システムの構成を図3に示す。MIDI音源から発音された楽音信号に対して、A/D変換ボードでサンプリングし、Digital Signal Processor(DSP)によって信号処理を行うことで発音時刻を検知する。独奏の発音時刻と、伴奏の発音時刻は、DSP上の高精度タイマで検知される

*An Accompaniment System with Feedback Control

†Takeki Takahashi, Yasuo Horiuchi, Akira Ichikawa

‡Dept. of Information and Computers Sciences, Faculty of Engineering, Chiba University

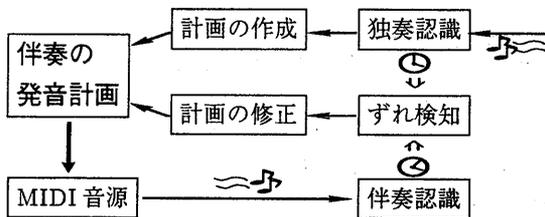


図 3: システム構成

が、独奏と伴奏が同一の時計によって計測されることで、システムの入力から出力の間で発生するさまざまな遅延の影響を受けずに、正確なずれを知ることができ、それを伴奏の計画修正に利用することができる。

3.2 発音時刻の検知

本システムの発音時刻検知アルゴリズムにおいては、音の立ちあがりを、「近傍に対して音量の増加率が最大の点」と定めた。しかし、単純にそのような点の閾値処理で立ちあがりを検出した場合、和音発音におけるパワーのうなりや、前発音のパワーのゆらぎなどを誤認識してしまう可能性がある。そこで、本アルゴリズムは、ホストが伴奏の発音を送信した時点での予想時刻を基準として探索窓を設定し、その窓の中で、パワー成分の微分値が極大となる位置を立ち上がりとする(図4)。また、先行研究([2])の立ち上がり検出を参考にして、予想時刻から離れるほどペナルティを課すようにした。この手法により上記のような方法よりも正確な立ち上がり時刻を得ることができた。

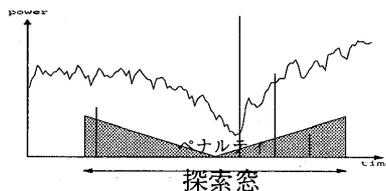


図 4: 立ちあがりの検出

4 シミュレーションおよび結果

本フィードバック機構に対して、簡単な演奏のシミュレーションによる評価実験を行った。独奏として一定間隔(500ms)で発生するパルスを入力し、システムはこのパルスに合わせるようにピアノ中央のドを発音する。図5が遅延を考慮しない場合のずれ(独奏のパルスと伴奏の立ち上がりとのずれ)の分布、図6が遅延を補償した場合のずれの分布である。試行数はともに500で、修正を行わない場合、ずれの平均が9.6msec、分散が17.8msecである。一方、修正を行う場合、平均が-0.3msec、分散が12.6msecと、遅延影響を緩和する方向にずれを修正することができた。

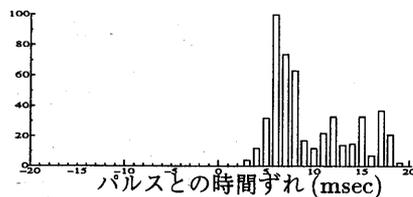


図 5: 遅延を考慮しない場合

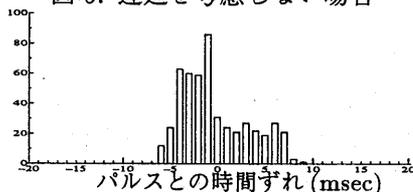


図 6: 遅延を補償した場合

遅延にはゆらぎがあり、このゆらぎは予測することができないため、フィードバック機構を利用しても、発音のずれを0にすることはできない。しかし本システムでは、過去の演奏(独奏と伴奏)をゆらぎ分も含めて正確に認識して伴奏制御を行なうため、そのゆらぎ分も補償した伴奏を行なうことが可能である。実際、人間の伴奏者による演奏にもゆらぎが生じているので[3]、本システムによる伴奏も人間の伴奏とそれほど異なるものとはならないであろう。

5 おわりに

本研究では、従来の伴奏システムにフィードバックを導入することにより、システムで発生するさまざまな遅延を補償した演奏を行なうことが可能な手法を提案し、評価実験により、その効果を検証した。

今後の課題として、人間の立ち上がり検知に関するさらなる認知科学的な検証が必要である。本研究の主目的は、フィードバック機構の動作確認が主目的であったため、今回用いたアルゴリズムでは簡単な立ち上がり検出を行なったが、人間が実際の楽音に対し立ち上がりとして認識する位置と、このアルゴリズムで取得する位置との比較評価を行い、より人間に近い立ち上がり検知能力をフィードバック機構に持たせることで、その伴奏制御能力もより人間に近いものにできると考えられる。

参考文献

- [1] 堀内靖雄. 自動伴奏. 長嶋洋一, 橋本周司, 平賀譲, 平田圭二(編), コンピュータと音楽の世界(bit別冊). 共立出版, 1998.
- [2] 片寄晴弘, 井口征士. 知的採譜システム. 人工知能学会誌, Vol. 5, No. 1, 1990.
- [3] 堀内靖雄, 三井卓, 財津茜, 市川薫. 二人の人間による演奏の協調動作について. 情処研報, Vol. 98, No. 74, 1998.