

伴奏システムのためのリハーサル

7S-2

堀内 靖雄

奥井 学

鈴木 泰山

田中 穂積

東京工業大学

1 はじめに

伴奏システムとはコンピュータが人間の独奏者の演奏にテンポなどを合わせて伴奏を行なうシステムであり、すでに多くの研究が行なわれている [1]。しかし従来の伴奏システムのほとんどは基本的に初見視奏であり、同じ独奏者と何度演奏を繰り返したとしても過去の経験を生かして、その独奏者に適した伴奏を行なうことができなかった。本論文では伴奏システムを独奏者に適応させるための手法として、二つのフェーズによる漸進的リハーサルについて述べる。

2 伴奏システムのリハーサル

従来の伴奏システムのほとんどはリハーサルを行なわず、例えば独奏者が大きなテンポ変化を行なったとき、システムは過去の経験に基づく予測情報がないためにその追従が困難であった。それに対して Vercoe の伴奏システムは本番の演奏前に独奏者とのリハーサル演奏を何度も行ない、独奏者の演奏テンポの楽譜からの逸脱（ずれ）の統計情報を集めることにより、本番の演奏での独奏者のテンポ認識の精度向上を計っている [2]。

しかしこの Vercoe の方法では独奏者の演奏はすべて独奏者の意図した演奏であると暗黙のうちに仮定しているが、リハーサルにおける演奏が必ずしも独奏者の意図する理想的な演奏になっているとは限らない。何故ならリハーサルといえども独奏者が伴奏システムを完全に無視して自分勝手に演奏することは不可能であり、独奏者も伴奏システムの影響を受けるため、その理想とする演奏ができないからである。

このような状況の簡単な例として、伴奏システムが独奏者よりも先に演奏を始めるような曲を考える。そのとき、もし伴奏システムが独奏者の意図しているテンポよりも遅いテンポで演奏を始めてしまったとすると、独奏者はとりあえずそのテンポから演奏を始め、

それから徐々にテンポを早くするであろう。このようなリハーサル演奏から独奏者の演奏の癖を推定しようとする、独奏者の意図はだんだん早くしていくことであるとシステムは予想してしまう。しかしこの例では独奏者の意図がだんだん早くしていくことであると考えるのは考え難い。

上記のような問題点はリハーサル演奏を何度繰り返しても伴奏システムの演奏を変化させない限り解決されないであろう。その原因は独奏者と伴奏システムとの間の情報伝達の手段がリハーサル演奏だけしかないということにあると考えられる。

そこで我々はリハーサルをもう少し広い意味でとらえ、「本番の演奏前に行なわれる独奏者と伴奏システムによるリハーサル演奏とコミュニケーションによる意志伝達」と考える。すなわち、この意味でのリハーサルでは独奏者と伴奏システムとによる演奏だけでなく、システムがもっと直接的に独奏者とコミュニケーションを行ない、独奏者の意図を認識することが必要とされる。そこで我々はリハーサルを「演奏フェーズ」と「コミュニケーション・フェーズ」の二つのフェーズに分け、それらを繰り返すことにより漸進的に独奏者に適応する方法を提案し、我々の伴奏システム [3] にその考えを組み込む。

3 二つのフェーズによる漸進的リハーサル

システムの初期状態は独奏者固有の個人情報をも何も持っていない状態であり、システムが利用できるのはシステム内部にあらかじめ与えられている情報のみである。この情報には伴奏パートの表情付けデータ（テンポの揺らぎ、音量、ペダル情報など）である演奏プランなどが含まれる [3]。その状態でまず「演奏フェーズ」を行ない、独奏者固有のテンポの揺らぎを認識したり、その演奏意図を推測する。その後「コミュニケーション・フェーズ」で独奏者とコミュニケーションを行なうことにより独奏者の意図を確認し、また独奏者の伴奏システムに対する要求を聴き、それらに基づいて演奏プランの修正を行なう。以降の演奏ではこの新しい演奏プランにより演奏を行なう。この二つのフェーズによるリハーサルを繰り返し、独奏者が満足すればリハーサルを終了して本番の演奏を待つ。

3.1 演奏フェーズ

「演奏フェーズ」では独奏者と伴奏システムとで一緒にリハーサル演奏を行なう。通常は全曲を通して演奏するが、独奏者の指示があれば曲の途中から始めることもでき、また途中で中断することもできる。独奏者と一緒に演奏を行なった部分に関して、以下の二つの処理（独奏者のテンポ揺らぎの認識と意図の推測）を行なう。

3.1.1 独奏者のテンポ揺らぎの認識

まず第一の処理は独奏者と一緒にリハーサル演奏を行ないながら、独奏者の演奏テンポが楽譜からどの程度逸脱しているかを測定することである。そのとき一回ごとに徐々にその逸脱に合わせて伴奏システムの演奏テンポを漸進的に変化することが望ましいと考えられる。そこで n 回目のリハーサルにおける独奏者の演奏テンポの楽譜からの逸脱を δ_n としたとき、独奏者のずれ Δ_n を次式で表わすことにする。

$$\Delta_n = (1 - \rho)\delta_{n-1} + \rho\delta_n$$

ここで δ_0 は楽譜通りの演奏、すなわち 0 である。また ρ の値として現在は $1/3$ を用いている。これは最近行なわれた演奏ほど独奏者の意図を反映しているであろうという仮定にもとづくものである。この漸化式から計算した Δ_n を用いて演奏プランを修正することにより、漸進的に独奏者固有のテンポ揺らぎを伴奏システムの以降の演奏に反映することが可能となる。

3.1.2 独奏者の意図の推測

もう一つの処理は独奏者とのリハーサル演奏を行ないながら、伴奏システム自身の演奏と独奏者の演奏とのテンポのずれを観察することにより、独奏者の演奏意図を推測することである。例えば曲中のある部分で独奏者がいつも伴奏システムよりも若干テンポが早く、また独奏者の演奏位置が伴奏システムの演奏位置よりも若干先にあるとき（独奏者が若干先に進み、伴奏システムが後から追いかけている状況）、独奏者はテンポをだんだん早くしようとしている、あるいは伴奏システムのテンポが遅いので全体のテンポを上げるために伴奏のテンポを引張っているという意図が推測される。「演奏フェーズ」ではこのような if-then ルールに従って独奏者の意図を推測し、以下の「コミュニケーション・フェーズ」で独奏者にその演奏意図を質問・確認してから伴奏システムの演奏プランに反映させる。

3.2 コミュニケーション・フェーズ

「コミュニケーション・フェーズ」では人間の独奏者と伴奏システムとがコミュニケーションを行ない、お互いの意志を直接伝えることを目的とし、システムか

ら独奏者への質問と独奏者からシステムへの要求の二つの処理を行なう。

3.2.1 伴奏システムから独奏者への質問

演奏フェーズで推測した独奏者の演奏意図を確認するため、伴奏システムは独奏者に対して質問を行なう。上述の例では独奏者がテンポをだんだん早くしたいと思っているという意図を推測したので、独奏者に対して例えば「だんだんテンポを早くしたいのですか (yes/no)?」という質問を行ない、独奏者に確認を求める。もし独奏者の答が yes であれば、伴奏システムの演奏プランのテンポ情報に *accelerando*（だんだん早く）を付け加える。次の演奏（次の演奏フェーズあるいは本番の演奏）から伴奏システムは修正されたテンポで演奏を行なう。もし独奏者の答が no であれば演奏プランの修正は行なわない。

3.2.2 独奏者から伴奏システムへの要求

独奏者から伴奏システムへはテンポや音量、あるいはその時間変化などの要求を行なうことができる。例えば曲の冒頭に *Andante* としか指示がないような曲の場合、初期状態における伴奏システムの演奏テンポはシステム内部で定義されている *Andante* のテンポとなる。もし独奏者がこのテンポを修正したいとき、画面上の楽譜に表示されている *Andante* の部分をマウスでクリックすると新しいウィンドウが開き、システムに対してテンポの修正を要求することができるようになる。

4 おわりに

伴奏システムを独奏者に適応させるため、従来のリハーサルの考えを拡張した二つのフェーズによる漸進的なリハーサルについて述べた。

今後はこの考えをインプリメントしたシステムを用いて何人かの演奏者に実際にリハーサルをしてもらい、どのような情報がシステムに対して要求されるのかということ調べたい。また、何人かの演奏者との共演を行なうことにより、ある演奏者の癖がその演奏者特有のものであるのか、他の演奏者にも共通するようなものであるのかを見分けることを考えたい。

参考文献

- [1] 堀内靖雄, 橋本周司. 伴奏システム. 情報処理, Vol. 35, No. 9, pp. 815-821, September 1994.
- [2] Barry Vercoe and Miller Puckette. Synthetic Rehearsal: Training the Synthetic Performer. In *Proceedings of International Computer Music Conference*, pp. 275-278, 1985.
- [3] 堀内靖雄, 田中穂積. 自主性を持つ伴奏システム. 人工知能学会 論文誌, Vol. 10, No. 1, pp. 72-79, 1995.