

5U-3

歌声のピッチ検出による自動伴奏システム

井上 渉 磯貝 昌幸 橋本 周司 大照 完

早稲田大学理工学部

1. はじめに

筆者らはすでに電子楽器の演奏に対する自動伴奏システムについて報告している[1][2]。今回、楽器演奏ではなく、人の歌声に対して自動伴奏をすることを試みた。つまり、本システムは、「人が伴奏に合わせて歌う」という従来のカラオケシステムに対し、「人の歌に合わせて伴奏が流れる」適応型カラオケシステムであると言えよう。

2. システム概要

図1に本システムの概要を示す。まず、マイクからの入力信号をローパスフィルタに通し、これをA/D変換し、このデータをDSPで処理、歌声のピッチ検出をリアルタイムで行う。次に、主旋律(歌)と伴奏(MIDIによる)の楽譜はあらかじめ持っているものとし、この楽譜と検出

したピッチとのマッチングをとり、曲の進行を監視して、歌声に合わせた自動伴奏を実現する。

3. 歌声のピッチ検出

マイクからの入力信号をA/D変換し、このデータをDSPで処理、歌声のピッチ検出および音高の決定を行う。DSPには、日本電気製の32bit DSP、 μ PD77230を使用し、A/D変換は12bit、サンプリング周波数20kHzで行った。

3.1 入力フィルタ

マイクからの入力信号波形のピーク間隔の時間を測定することにより歌声の基本周波数を求めるが、原波形(図2-a)は高調波の含有が多く、そのままではピッチ検出が困難である。ここでは基本周波数の抽出が目的であるので、バタワースフィルタ(8次:減衰傾度48dB/oct)を用い、検出精度を高める。

3.2 ピッチ検出および音高の決定

現在対象としている歌声は、80~330Hzまでの2オクターブである。ビブラート(音の高さのわずかな揺れ)などによる周波数の揺れや伴奏出力の応答性を考慮し、3周期の平均から、ピッチ検出を行う。

周波数が検出されたら、その周波数に最も近い音高(ド、レ、ミ...:例えば、検出された周波数が、127.14~134.70Hzの間であれば、音高は“c(ド)”とする)をその間の音高として決定する。

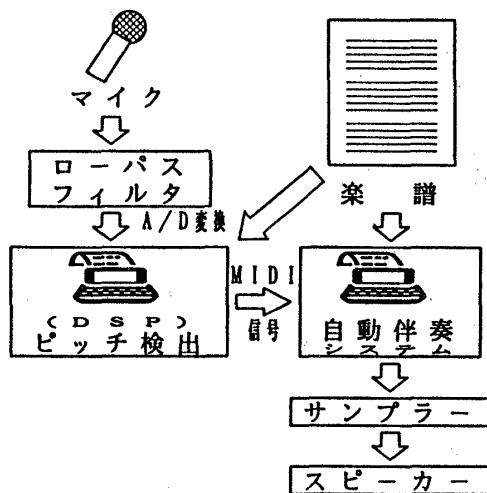


図1. システム概要

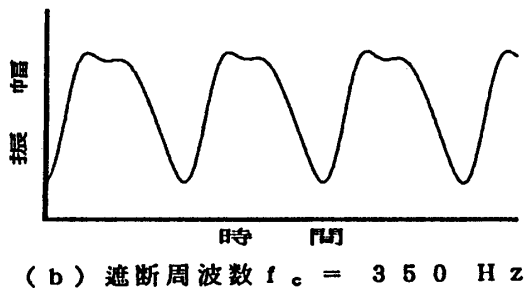
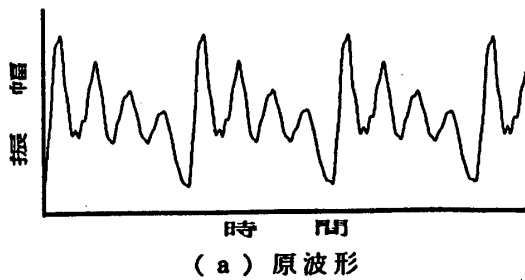


図2. 入力信号波形

4. 伴奏部

4.1 歌声による主旋律のMIDI信号出力

伴奏部は、当研究室で開発した自動伴奏システム^[2]を採用した。これは、電子楽器による主旋律の演奏に合わせて伴奏部が実時間で出力されるもので、人が電子楽器を演奏する際に出力されるMIDI信号と楽譜情報とのマッチングをとることによって、自動伴奏を実現している。そこで、歌声の場合にも電子楽器演奏時と同様にMIDI信号が出るようにする。すなわち、歌声に対して決定される音高とメロディ譜の音高が同じ場合に、メロディ譜の音が歌われたと判断し、MIDI信号を出力する(図3)。

4.2 自動伴奏

伴奏部では、入力された主旋律の演奏情報と拍情報のマッチングを行う。次に、実演された主旋律の音符間隔の時間列 $\{\Delta A_k\}$ と音長を表す重み $\{p_k\}$ により最小音長時間の観測値 $\{T_k\}$ を求める。

$$\Delta T_k = \Delta A_k / p_k \quad (4.1)$$

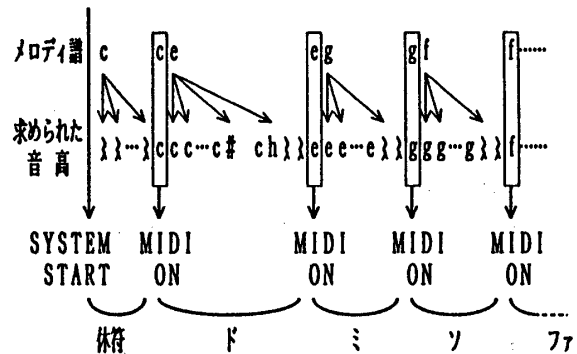


図3 メロディ譜とのマッチング

これに対し、予測推定値 $\{\Delta t_k\}$ を相互作用モデルより求め、伴奏部を $q_1 \cdot \Delta t_k + \theta$ で出力する (q_1 : 音長、 θ : 位相差)。

5. 実験結果

「早稲田の栄光」、「きらきら星」など数曲に対して実験を行った。

テンポの比較的遅い曲の場合はよい結果を得たが、速いものではやや追従性が悪くなる。これは、速いテンポの曲の場合に、主旋律のMIDI信号出力の遅れが、伴奏出力に影響しているためと思われる。

また、母音・子音の違いによる伴奏出力の応答性の変化は特に生じなかった。

6. むすび

楽譜情報を利用し、歌声のピッチ検出および音高の決定を実時間でい、主旋律(歌)をMIDI信号で精度高く出力させることにより、歌声に合わせた自動伴奏を実現した。今後、音域の拡張等についても検討していきたい。

【参考文献】

[1] 大照、橋本他: “演奏情報処理の新しい一つの試み。” 電通春季全体、D-463(1990)

[2] 大照、橋本他: “相互作用モデルによる実時間適応自動伴奏とその動作解析。” 電通春季全体、D-464(1990)