

琉球大学学術リポジトリ

倍音スペクトル削除法による三線音の音高判別

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学工学部 公開日: 2007-08-23 キーワード (Ja): キーワード (En): Pitch distinction, Overtone spectrum, Sanshin, Transcription 作成者: 和宇慶, 琢磨, 山城, 毅, 渡久地, 實, Wauke, Takuma, Yamashiro, Tsuyoshi, Toguchi, Minoru メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/1474

倍音スペクトル削除法による三線音の音高判別

和字慶 琢磨* 山城 毅** 渡久地 實**

The pitch distinction of Sanshin sound using overtone spectrum deletion method

Takuma WAUKE* Tsuyoshi YAMASHIRO** Minoru TOGUCHI**

Abstract

In Okinawa, there is an original stringed instrument which is called "Sanshin". These musical instruments are played based on its own score called "Kunkunsi". In this paper, we proposed how to transcribe the sound of the Sanshin when it is played to the musical note. As preprocessing we attempt pitch distinction of Sanshin sound. For distinction of the pitch we tried by the overtone spectrum deletion method. In addition, we got the attack time of the Sanshin sound by using the sharpness of standing up of it. The distinction with this method was done from an actual consecutive Sanshin sound, and good results were obtained about the single sound.

Key Words: Pitch distinction, Overtone spectrum, Sanshin, Transcription

1. まえがき

楽器や肉声で演奏された曲を楽譜に書き直す作業を採譜といい、音楽的な専門知識や技術が必要とされる作業である。この作業をコンピュータ上で自動的に行なう自動採譜は、音声認識の中でも重要な研究テーマといえ、これまでも、さまざまな研究がなされている [1],[2],[3],[4],[7]。

沖縄には三線(サンシン)という、本上の三味線に似た独特の弦楽器があり、この三線で演奏する楽曲が数多く存在している。これらの曲は工工四(クンクンシー)と呼ばれる三線独自の楽譜を用いて演奏され [5],[6]、現在も新しい曲が演奏されているが、西洋音楽などに用いられる、五線譜ほどの普及率は無いと思われる。もし、三線の演奏から五線譜、工工四の両方に自動採譜が行えるならば、より多くの人々が三線を演奏することができるようになり、またアドリブなどの含まれている実際の演奏から、より正確な楽譜を作ることも可能になる。

そこで、本研究は、三線曲の自動採譜を行い、楽譜を作成するための前処理として、三線の曲から三線音の音高(ピッチ)と、発音の時点とを判別することを試みた [1]。

ピッチ判別の方法には、時間軸上の波形に着目した、自己相関法、ピークトゥピーク法、ゼロ交差検出法などがある。しかし、この方法では複数の音が重なった、多重音については対応が出来ない [7]。本研究では、三線曲が対

象となるが、三線曲の多くは演奏者の唄とともに演奏されたり、ときには他の楽器とともに演奏されるため [5]、この方法は適していないと思われる。

本研究では周波数軸上のスペクトル列を用いてピッチを判別する方法を用いることにし、三線の音のうち、高調波にあたる倍音成分に着目して、周波数スペクトル分布から倍音スペクトルを削除することにより、音高を判別する。

発音時点の測定については、音の立ち上がりが鋭いという三線音の特徴を用いて、発音時点とを測定する。

2. 三線音の特徴

まず、三線の調弦(チューニング)について述べる。三線にはいくつかの調弦法があるが、もっとも標準的に使われるのが「本調子」と呼ばれる調弦法である。これは第一弦開放を $C_2(D)$ 、第二弦開放を $F_2(ファ)$ 、第三弦開放を $C_3(D)$ 、それぞれ調弦する方法であるが [5],[6]、調弦は演奏者の声の高さなどによっても、微妙に異なり、必ずしもピアノなどで演奏した上記の音と同じ音高に調弦されるわけではない。

本研究で用いる三線音は、国際標準周波数による12平均率音階に当てはまる基本周波数を持つ音高に調弦するものとする。

なお、国際標準周波数による12平均率音階 [2] では A_3 の音の基本周波数が 440[Hz] となる音階で、この音階での C_2 の音の基本周波数は 130.8[Hz]、 F_2 は 174.6[Hz]、 C_3 は 261.6[Hz] となる。

他の調弦法には一揚調、二揚調、三下調、一二揚調があるが [5],[6]、本稿では、説明は省略する。

三線で演奏できるもっとも低い音が第1弦の開放音であり、工工四では「合」という符号で表記される。前述の

受理: 2000年12月25日

平成12年度電気関係学会九州支部連合大会にて発表。

* 大学院理工学研究科 電気電子工学専攻

(Graduate Student, Electrical and Electronic Eng.)

** 電気電子工学科

(Dept. of Electrical and Electronic Engineering, Fac. of Eng.)

本調子で調弦した場合、 C_2 の音高となり、基本周波数は130.8[Hz]となる。

次にもっとも高い音についてであるが、物理的にはある程度の高音域まで出せるのだが、一般的な演奏における最高音は第3弦の下の方を押弦して弾く、「イ五」という音となり、前述の本調子で調弦した場合、 D_4 の音高と対応しており、基本周波数は587.33[Hz]である。なお、工工四に用いられる「工」などの符号は三線の指使い(勘所と呼ぶ)に直結しており、どの調でも変化しない音名(C, D, Eなど)ではなく、調性によって変化する階名(ド, レ, ミなど)に近いものである[6]。

「工」などの音が、どの音高に対応するかは前述の調弦で定まるが、上記してある表記は、全て本調子の場合であり、特に断らない限り、今後もそうするものとする。

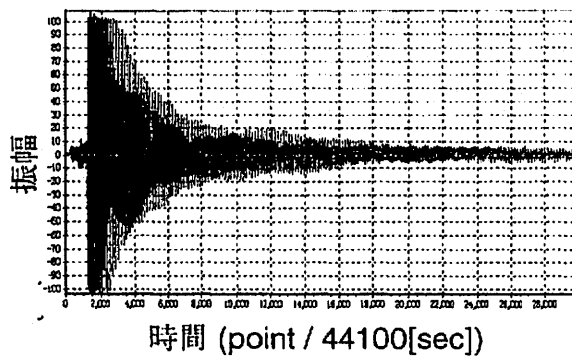


Fig. 1. 三線音 (261.6[Hz]) の時間波形

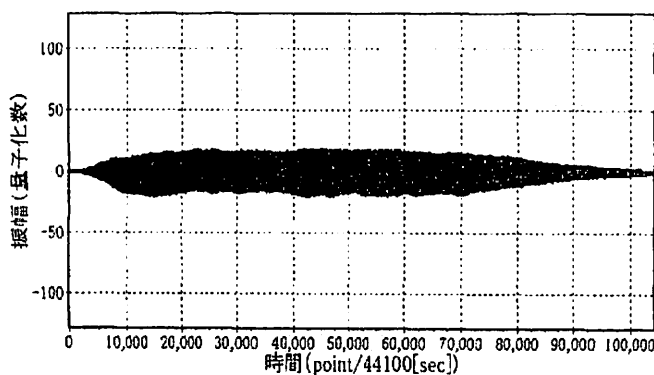


Fig. 2. ヴァイオリン音 (261.6[Hz]) の時間波形

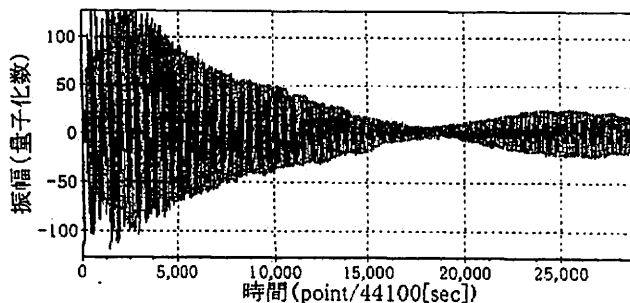


Fig. 3. ピアノ音 (261.6[Hz]) の時間波形

次に、解析の対象とした三線音の時間波形を Fig. 1 に示し、比較のため同じ弦楽器のヴァイオリン音、ピアノ音の時間波形を Fig. 2, Fig. 3 に示す。なお、基本周波数は261.6[Hz](C_3 , ドの音)である。

これらの時間変化を比較してみると、三線音はヴァイオリン音と比べて持続時間が少なく、また、アタック時から音圧がピークに達するまでの時間は、ピアノ音も三線音も短く、そして減衰していくという波形であるが、持続時間は三線音の方が短い。

次に、三線音の周波数分布の特徴について述べる。三線音、ヴァイオリン音、ピアノ音の周波数スペクトル分布を Fig. 4~Fig. 6 に示す。これらのスペクトル分布を観ると、基本周波数である261.6[Hz]の整数倍に周波数スペクトルが現われている。

三線音はふつうスペクトルがあるはずの、基本周波数成分(261.6[Hz])が小さいという、珍しい特徴を持ち、また、倍音成分(基本周波数の整数倍)は、他楽器に比べ、高次レベルまで豊かに出ている。

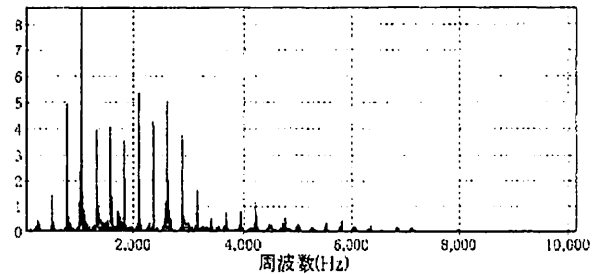


Fig. 4. 三線音 (261.6[Hz]) の周波数スペクトル分布

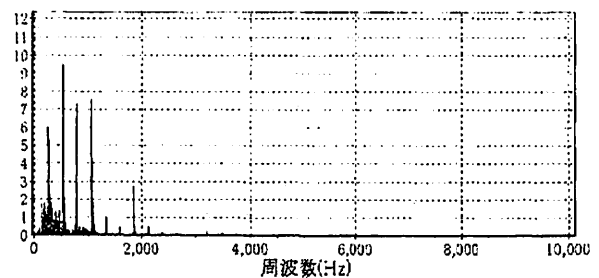


Fig. 5. ヴァイオリン音 (261.6[Hz]) の周波数スペクトル分布

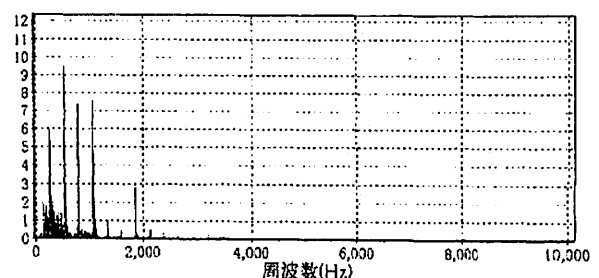


Fig. 6. ピアノ音 (261.6[Hz]) の周波数スペクトル分布

3. 倍音成分による音高判別

楽器に限らず, 全ての音の音高(ピッチ)は基本周波数によって決まる。つまり, 周波数分布から音高を判別するためには, 基本周波数のスペクトルを調べれば良い。しかし, 先に述べたように三線音は基本周波数成分が, 他のスペクトルに比べて非常に小さく, 基本周波数にあたる周波数域のスペクトルから基本周波数成分を特定するのが困難な場合が多い。そのため, 基本周波数以外のスペクトル, すなわち倍音成分を用いて音高の判別を行う必要があり, 次に2つの音高判別の方法を提案する。

4. スペクトル間隔読み法による音高判別

倍音は, 基本周波数の整数倍の周波数を持っているから, 周波数スペクトル分布の各スペクトルの間隔を取ることによって基本周波数, つまり求めたいピッチを判別することができる。

そこでまず, スペクトル分布のピーク値を検出しスペクトルの抽出を行う。普通, フーリエ変換後の周波数スペクトル分布には, 離散化や録音, デジタルかなどにより, Fig. 7のようにノイズが生じるため, 上で求めたピーク値の中で最大の値を求め, このスペクトル最大値の1/10でノイズカットを行なう。残った各スペクトルの間隔 f を求め, 基本周波数として音高を判別するという方法がスペクトル間隔読み法である。

スペクトルの間隔を全ての平均とすると, あるスペクトルが取れずに, 誤まってとった間隔が正しい間隔に比べて, 非常にずれてしまい, 結果に悪影響を及ぼすと考えられるため, 間隔 f の数を数えて, 最も多い間隔 f_{max} を基本周波数とした。

Fig. 7にスペクトル間隔読み法のイメージを, Fig. 8にアルゴリズムを示す。

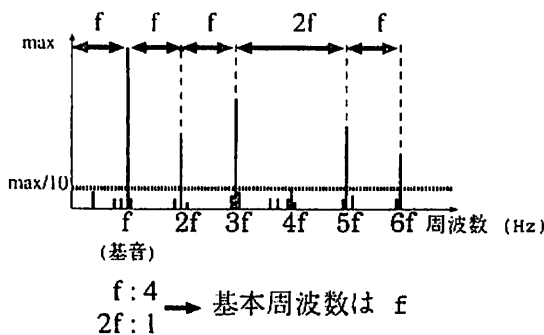


Fig. 7. スペクトル間隔読み法 (イメージ)

この方法を用いて音高判別を行ったところ, 単音については倍音成分が豊かに出ない特殊な奏法を用いた場合以外については, ほぼ正確に音高を判別することが出来た。

5. スペクトル削除法による音高判別

前節で述べた方法は, 単音の場合には良い結果を示したが, 本研究では多重音の音についても, 音高を判別することを最終的な目的としている。前節の方法は, 多重音の場合, スペクトルの間隔が基本周波数にはならないことによ

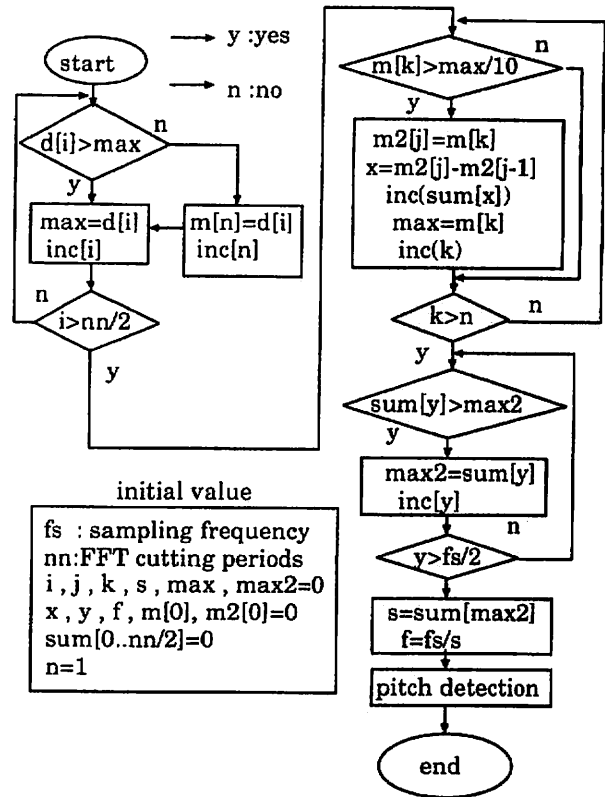


Fig. 8. スペクトル間隔読み法 (アルゴリズム)

り, 音高を判別することが出来ない。このため, 多重音にも対応した方法として, スペクトル削除法を提案する。

ある音高の楽器音のスペクトル分布から, その音程に対応する周波数とその整数倍の成分(倍音成分)のスペクトルを取り除くと, スペクトルはほとんど残らない。例えば, 図4の音のスペクトル分布から261.2[Hz], および440[Hz]間隔でスペクトル削除を行ったスペクトル分布図を Fig. 9, Fig. 10にそれぞれ示す。2つの図を比べてみると, 音高の基本周波数に近い周波数間隔で削除したスペクトル分布, Fig. 9に比べ, 一致していない周波数間隔によって削除したスペクトル分布, Fig. 10の方がスペクトルがより多く残っていることが分かる。

この性質を利用し, 判別する音域内すべての音高に対して, 対応する基本周波数ごとのスペクトルを削除し, 残ったスペクトルの合計の最も少なかった周波数をその音の基本周波数とすることで音高判別を行うことにした。

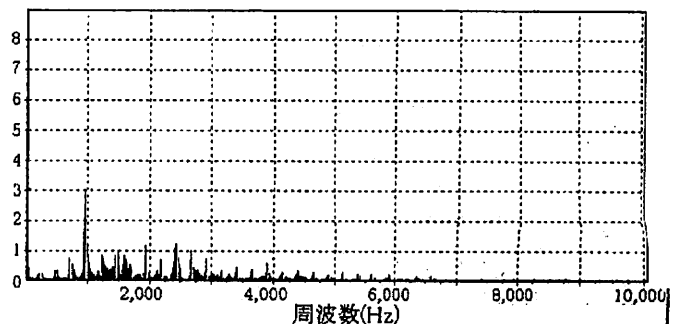


Fig. 9. 261.6[Hz] 間隔でスペクトルを削除したスペクトル分布

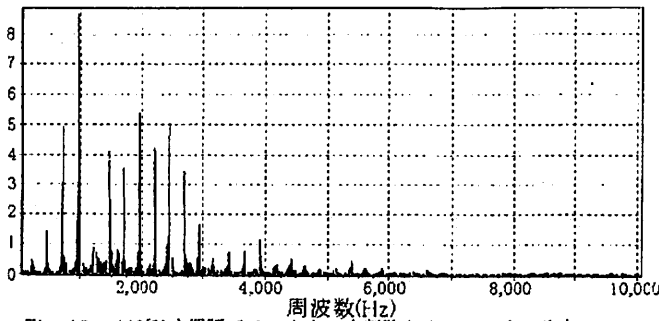


Fig. 10. 440[Hz] 間隔でスペクトルを削除したスペクトル分布

スペクトル削除法のイメージとアルゴリズムを, Fig. 11 と Fig. 12 にそれぞれ示す。

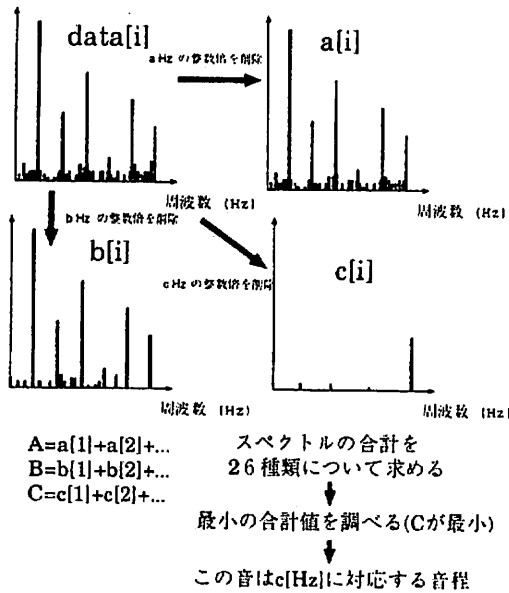


Fig. 11. スペクトル削除法 (イメージ)

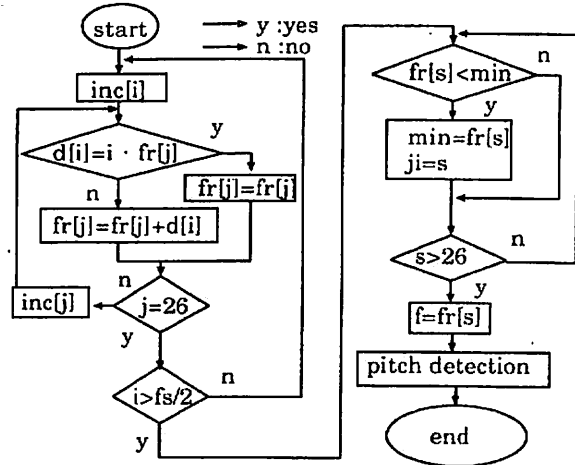
6. 発音時点の測定

自動採譜は, 連続音のそれぞれの音について音高を判別することで処理されるので, 各音の発音時点 (アタック時点) を正しく測定する必要がある。

三線音は, Fig. 1 に示したようにアタック時の音圧がピークに達するのが非常に速い, つまり音の立ち上がりが鋭い。このことを利用し, 音圧がある閾値を越えた点を発音時点とした。また, 三線音は減衰も非常に速く, 0.1[sec] 以内では, ほぼ確実に閾値以下になる。

よって, 次の発音時点は, 最初に発見された発音時点から 0.1[sec] 後の時点以降を探すこととしたが, 既に次の音が始まっていることも考えられる。このことも考慮し, 探索開始時点に近い時点で, 発音時点が見つかった場合は, 時間軸とは逆向きの近傍にもっと振幅の大きい時点を探すことによって修正をするようにした。

Fig. 13 に, 連続波形の発音時点測定の様子を示す。なお, これは第一弦開放 (C₂), 第三弦開放 (C₃), 第二弦開放 (F₂) の順に弾いたときの波形である。丸のついている点が測定された発音時点である。



initial value

min=100000	fs : sampling frequency
i, s, ji = 0	fr[1]=frequency of C ₂
f, fr[1..26]=0	⋮
j = 1	⋮
nn : FFT cutting periods	fr[26]=frequency of D ₄

Fig. 12. スペクトル削除法 (アルゴリズム)

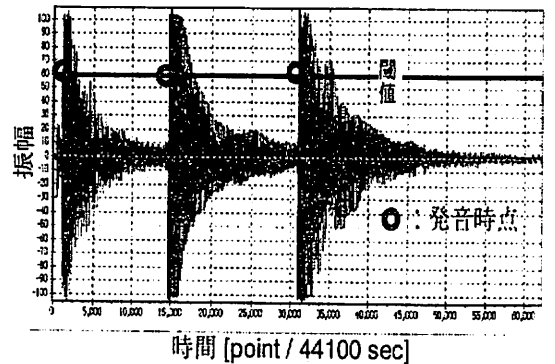


Fig. 13. 連続音における発音時点の測定

7. 結果

今回は三線で使う音域 (C₂から D₄ の 26 音) について音高判別を行い, 実際に三線で演奏された曲について, 発音時点とその音の音高を調べた。Fig. 13 の連続波形に対して, 実際に音高と発音時点調べた結果を Fig. 14 に示す。

Fig. 14 に表示されている, 発音時点のポイントは Fig. 13 で丸のついている時点であり, 目測で計測できる発音時点と, ほぼ同じ点を測定できている。また, 音高についても, 一番目の音が C # 2, 二番目の音が C # 3, 三番目の音が F # 2 と表示されており, 全て正しく判別できている。なお, Fig. 14 中の C # 2 は C₂ という意味である。

今回, 普通に演奏された三線の音については音高, 発音時点とも良好に判別できた。しかし, 特殊な奏法を用いた曲や, テンポが速い曲などは音高, 発音点ともかなり精度

音高=C	#2	発音時点	1737
音高=C	#3	発音時点	14751
音高=F	#2	発音時点	30980
全体処理時間			1.514 [sec]

Fig. 11. 判別結果

が低下している。

特に、音量の低下が著しい場合に、発音時点を測定することが困難となる問題がある。また、多重音の音高判別についてはうまくいかなかった。この点についてはまだ検討中である。

8. むすび

今回、三線曲の自動採譜に必要な、三線音の音高判別と発音時点を調べる方法を考案し、実際に処理を行い、ある程度良好な結果を得た。しかし、テンポの速い曲や特殊奏法では精度が落ちるという問題を残している。また、多重音に対応した処理も試みたが、今回は上手くいっていない。

今後は、音高判別、発音時点測定の両方で、特殊な奏法に対応した方法および、多重音に対する音高判別法を検討する必要がある。

また、最終的には実際の楽譜を作成するほか、当研究室にの琉球サンシン自動演奏ロボットへの入力データとしての利用も考えている。

参考文献

- [1] 和字慶 琢磨, 山城 毅, 渡久地 實: "倍音スペクトル削除法による三線音の音程判別", 平成 12 年度電気関係学会九州支部連合大会論文集, pp.750, (2000).
- [2] 井口 征二: "音楽情報の処理 - 電子計算機を用いた自動採譜", 計測制御, vol.19, no.3, pp.314-319, 1980.
- [3] 梅本 敏孝, 青島 伸治: "採譜システムの構築と音高抽出精度の比較", 計測自動制御学会論文集, vol.29, no.10, pp.1227-1231, (1993).
- [4] 三輪 多恵子, 田所 喜昭, 斎藤 努: "くし形フィルタを利用した採譜のための異楽器音中のピッチ推定", 電子情報通信学会論文誌 (D-II), J81-D-II (No.9), pp.1965-1982, Sep (1998).
- [5] 山内 秀吉: "琉球音楽の研究 - さんしん -", 山内秀吉琉球研究会, (1996).
- [6] 祖慶 剛: "琉球古典音楽 - 野村流稽古本 -", サン印刷, pp1-pp10, (1962).
- [7] 長尾 真, 宇津呂 武仁, 島津 明, 匂坂 芳典, 井口征二, 片寄 晴弘: "文字と音の情報処理", 岩波書店, pp.163-189, (2000).