

楽譜記述言語 MusicXML を利用した点字楽譜生成システム

遊佐 郷平[†] 足立 啓^{††} 後藤 敏行[†] 田村 直良[†] 江守 幸一[‡]

あらまし 点字楽譜は、2次元的に表現される五線譜を、点字を用いて表記するものであり、視覚障害者のための音楽教育や情報伝達のために重要である。近年、健常者については、ネットワークを介した楽譜情報の交換手段としてXMLを拡張した楽譜記述言語(MusicXML)が提案され、五線譜作成ソフトウェアやプレビューを利用してインターネット上の楽譜情報にアクセスする環境が整ってきた。筆者らは、MusicXMLで記述された五線譜から点字楽譜を生成するシステムの検討を進めてきた。本稿では、五線譜の図的データを解析し、音楽情報を抽出するとともに、点字楽譜を自動生成する方法について述べる。さらに、システムで対応していない楽譜記号に対するエラー解析機能について報告する。

キーワード: 点字楽譜, XML, MusicXML, 五線譜, 視覚障害

A Translation System of Braille-score from MusicXML

Gohei YUSA[†] Hiraku ADACHI^{††} Toshiyuki GOTOH[†]
Naoyoshi TAMURA[†] and Yukikazu EMORI[‡]

Abstract: Braille-scores play important roles for visual handicapped persons to study and to transmit music information. A score description language, MusicXML, based on XML is proposed to exchange music-score information via network, and digital score information can be obtained through an Internet using the score viewer. This paper describes an algorithm for analyzing Music-score represented by MusicXML to generate Braille-scores. In this paper, we firstly discuss the syntactic rule to analyze MusicXML and Braille-scores, a method to analyze and notify unsupported score symbols, and the configuration of our prototype. Then we also describe experimental results to verify the effectiveness of our approach.

Keyword: Braille-score, XML, MusicXML, Music-Score, Language processing

1. まえがき

点字楽譜は19世紀にブライユという盲学校の教師によって考案され、その後いろいろと改良されてできた楽譜の表記法[1]であり、視覚障害者の音楽教育や音楽情報の伝達手段として重要である。点字楽譜は、2次元的に表記される五線譜の情報を、通常の6点点字を用いて1

次元的に表現する。点字楽譜の作成には、点字楽譜の表記法に関する専門的知識と、音楽的素養を必要とするために、少数のボランティア団体によって支えられているのが現状であり、需要に応じきれない状況にある。一方、視覚障害者の作曲活動や点訳された楽譜の校正を支援する観点から、点字楽譜から五線譜を生成する機能実現に対する要望も強い。

点字楽譜の作成を支援するシステムの研究としては、五線譜の電算写植データやMIDIデータから点字楽譜を生成するシステムの研究[2,3]などが進められるとともに、対話入力を通じて点字楽譜の作成を支援するシステム[4]も開発され商用化も行われている。これまでのシステムはいずれも点字楽譜の解析機能の検討が行われ、点字楽譜と五線譜の相互変換もある

[†] 横浜国立大学大学院環境情報研究院/学府
Graduate School of Environment and
Information Sciences, Yokohama National
University

^{††} 横浜国立大学工学部
The Department of Engineering, Yokohama
National University

[‡] ミュージカル・プラン
Musical Plan

程度可能であるが、多様な点字楽譜の表現に対応できる状況にはない。

この理由として、点字楽譜は点字文字で構成されることから一種の言語と見ることができるが、プログラム言語のように文法が規定され、計算機での取り扱いを考慮して設計された言語とは異なるということが挙げられる。点字楽譜を言語と見た場合、楽曲は音符や曲想記号他の楽譜上の音楽情報を単語とする文と見ることができる。しかし、単語(終端記号)が不定長で区切り記号がない、単語に多義性があり単語の意味が文脈に依存する、語彙が閉じられていないなど、その解析は自然言語処理に近い困難さがある。

このような問題に対して、筆者らはこれまで、点字楽譜の構造表現に関する研究を行った[5]。ここでは、点字楽譜を文脈自由文法で記述可能な人工言語として捉え、点字楽譜の表記法のなかから構文規則を抽出するとともに意味解析処理と協調させた解析手法を提案し、言語的知識としての体系化を進めた。

点字楽譜の利用者の立場から考えると、既存の五線譜や音楽情報から自動生成が可能になれば、情報格差の解消に寄与する。しかし、従来研究で入力として用いられた MIDI データは、曲想、アクセント、テンポ記号など楽譜で重要な情報の生成が困難である。また、電算写植データについても一般にはあまり普及していないという問題があった。これに対して、最近のインターネット技術の進展にともない、XML を拡張した楽譜記述言語として MusicXML が提案されている[6]。この仕様に基づいた五線譜作成ソフトウェアや楽譜のプレビューも開発されており、健常者についてはインターネット上の楽譜情報に直接アクセスできる環境が整いつつある。楽譜情報における視覚障害者の情報格差を埋めるために、我々は MusicXML で表現された楽譜から点字楽譜を生成するシステムの検討を進め、ピアノ譜を対象とした点訳システムの試作を進めた[7]。

その後、本研究では、解析機能の拡張をするとともに、健常者ならびに視覚障害者の使用を考慮に入れたエラー表示機能の開発を行った。以下、本論文では、点字楽譜の概要、点字楽譜生成における問題点、解析手法、点字楽譜作成システム、エラー表示処理および処理例について報告する。

2. 点字による楽譜表記

2.1 点字楽譜の概要

点字楽譜は、2次元的な楽譜記号の配置として表記される五線譜の情報を、通常の点字を用いて表現するものであり、一種の言語体系を構成している。一般に使用される点字は6つの点の有無によって、 $2^6 = 64$ 通りの文字を表現する。このため、アルファベット、数字、仮名、演算子、括弧などの記号、さらに、点字楽譜の記号も同じ6点点字を用いて表記することになる。例えば「 C 」という点字は「C」、「う」、「3」、「スラー」の4種類の意味を表す。また、五線譜の音楽記号は点字で表記可能な64種類よりも多いために、1つの点字に複数の意味を持たせたり、複数の点字を組み合わせて1つの楽譜記号を表現する。

2.2 音符の表記法

図1に示すように、点字楽譜の音符は、上段と中段の4点が音の高さ、下段の2点が音の長さを表現している。この結果、表現可能な音階は1オクターブ分のみとなるため、音列記号(Octave ID)を用いることによってオクターブの違いを指定する。音列記号は、必ずしもすべての音符の前に付加する必要はなく、暗黙では直前の音符の音階から5度上～3度下の間になるように音列が決定され、この範囲外の音を表現する場合に音列記号を用いる。一方、音の長さは2つの点で表現するため、図1に示すように全音符と16部音符、2分音符と32部音符が同一の点字で表現している。

2.3 楽譜の表記

点字楽譜は1行目に拍子記号と調号を記載し、2行目から小節の情報を記載することになっている。図2の曲は、4/4拍子のハ長調であるが、ハ長調の場合は調号の省略が可能である。2行目の小節の情報には、最初に音列を指定して、次に音符を書き、空白文字あるいは改行で小節を区切る。表1は点字楽譜に用いられる楽譜記号の一例を示したものであり、多くの記号は複数の文字を組み合わせた可変長の単語として表記される。また、クレッシェンドや繰り返し等の時間的に幅を持つ記号は、開始記号および終了記号のペアとして表現する。

また、ピアノやオーケストラなど複数パートで構成される楽譜において、五線譜の場合はパート譜を2次元的に配置して線で結合するが、

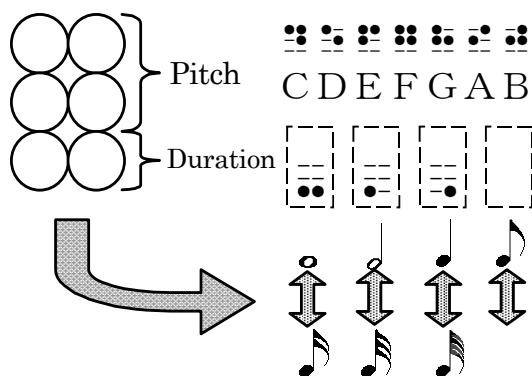


図1 音符の表記

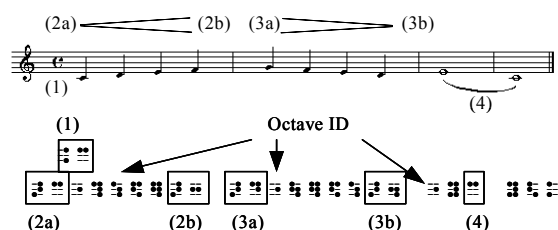


図2 点字楽譜の構成

表1 点字楽譜で用いる記号の一例

⠠⠠⠠⠠	4/4	(拍子 記号)
⠠⠠⠠⠠⠠⠠	クレッシェンド	(範囲の有る修飾)
⠠⠠⠠⠠⠠⠠	繰返し記号	(進行の制御)
⠠⠠⠠⠠	メゾピアノ	(曲全体に修飾)
⠠⠠⠠	アクセント	(直後の音符を修飾)
⠠⠠⠠	3度の和音	(直前の音符を修飾)
⠠⠠	フラット	(小節内で有効)
⠠⠠⠠	第五音列	(音列記号)
⠠⠠	2分音符のミ, 3 2分音符のミ	

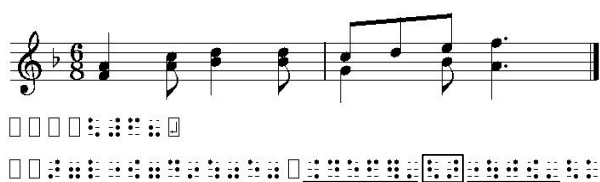


図3 複数旋律の表記

点字楽譜の場合には上下パートの対応は取らずに、切り替え記号を用いて各パートを指定する。

さらに、通常のピアノ譜では、一つのパートに複数の旋律を表記することにより、同一時刻に複数の音を記載することができる。点字楽譜では2次元的な表記ができないために、図3の四角で示すような部分け(あるいは内分け)と

呼ばれる記号を用いて区切るにより、同一パート譜内に複数の旋律を順番に記載する。また、和音については、音符法と音程法という二種類の表記法があるが、図3では音符法で和音を表した例である。ここでは、基準の音(最低音または最高音)を最初に表記し、残りの音符を基準音符に近いものから順に下がり音符(点字の下4点で音の高さのみを表記したもの)を用いて表記する規約となっている。

このように、点字楽譜では、記号を組み合わせることにより、五線譜として2次元的な記号の配置で表現された音楽情報を1次元的に表現している。

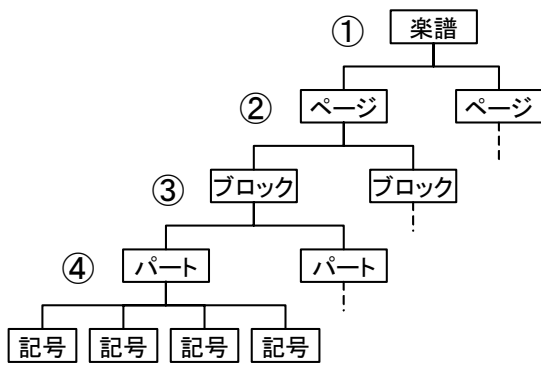
3. XML を用いた楽譜表記

3.1 MusicXML の基本構成

楽譜記述言語として、日本と米国で同一名称(MusicXML)の異なる規約が提案されている[6,7]。前者は五線譜を構成する楽譜記号の図的構造を表現するのに対して、後者は音楽情報を論理的に表現する。本研究では、点字楽譜自動生成の入力データとして、江守らが開発したMusicXML[6]で記述された五線譜を対象としている。

MusicXML は五線譜を記述するための XML ベースの言語仕様であり、楽譜の2次元構造を重視して記述するように設計されている。MusicXML では、図4(a)に示すように、楽譜は「ページ」、「ブロック」、「パート」など楽譜の図的構造を階層的に表現している。図4(b)は五線譜におけるその対応関係を示したものであり、パート④はパート譜の1段に対応し、パート譜の集合がブロック③となる。さらに、ブロックが集まって1つのページ②となり、楽譜全体①は複数のページで構成されるという構造となっている。階調、拍子、音符など五線譜で用いる楽譜記号は、パート内の位置を表す情報とともに、「パート」の下ノードとして左から右へ順番に記述される。

図5は、図4(b)の破線で囲った部分をMusicXML で表現した例を示したものである。たとえば、1行目は最初の小節線から右に465の座標位置に小節線があることを示し、次の行は左隣の記号(小節線)から右に29の座標位置に、五線譜の線と間を単位として第一線から数えて上に8の位置(高いミ)に8分音符があることを示す。また、7行目は前の記号(6行目の



(a) 構造



(b) 五線譜

図4 MusicXMLの構造と五線譜との対応

```

:
<Bar_line s_x="465" />
<Note s_x="29" s_y="8" dirc="lwr" length="eighth"
beam_id="3" cond_beam="bgn" height_beam="6" />
<Note s_x="41" s_y="9" dirc="lwr" ... />
<Note s_x="44" s_y="10" dirc="lwr" ... />
<Dynamics s_x="17" s_y="-5" type="f" />
<Note s_x="26" ... tie_id="40" cond_tie="bgn" />
<Slur s_x="0" s_y="12" id="40" width="41"
height="0" s_slur1_x="2" s_slur1_y="-3"
s_slur2_x="38" s_slur2_y="-3" />
<Note s_x="41" s_y="11" ... cond_tie="end" />
<Note s_x="74" s_y="4" dirc="lwr" />
<Dynamics s_x="74" s_y="-5" type="mf" />
<Bar_line s_x="346" />
:

```

図5 MusicXMLの記述例

音符)から右に 0, 第一線から上に 12 の位置を始点とする幅が 41 のスラーがあることを示している. このように, スラーやクレシェンドな

どの時間的に幅を持った記号については, 開始座標に加え終端までの距離情報を属性として与えるようになっている.

3.2 楽譜点訳における問題点

MusicXML は, 五線譜を 2 次元的な座標関係をもとに表記するようになっており, 図 4 (a)で示したように, 五線譜の楽譜記号は単に座標値の情報をもとにパート譜の上に表記されたフラットな構造を取っている. これに対して, 点字楽譜は, パート譜が複数の旋律で構成されることを識別し, 2 次元的に配置された楽譜記号をそれぞれの旋律に分類した上で, 旋律ごとに順番に表記する必要がある. このように, 楽譜点訳を進めるためには, MusicXML における楽譜記号の位置情報から旋律の流れという音楽的な意味情報を解析することが重要となる. また, 音列記号の例のように前後の関係に依存する記号もあるため, 点字楽譜の構文規則に対応できるデータ表現が必要となる.

4. 点字楽譜作成システム

4.1 システムの概要

図 6 に本システムの概要を示す. 最初に, 入力した MusicXML として表記された楽譜情報を XML パーサーで構文解析を行う. これにより, MusicXML 文書内の楽譜のページ, ブロック, パートなどの構造が解析され, DOM(文書オブジェクトモデル)ツリーとして階層的に表現される. これによって, MusicXML で用いる五線譜の構造やその中の楽譜記号をプログラムからアクセス可能なオブジェクトとして取り扱うことができる. 本システムでは, DOM に対応する XML パーサーとして, MSXML2 を用いている. DOM の API を通して, MusicXML 文書にプログラムからアクセスし, パートごとの楽譜記号を抽出するとともに, 点字楽譜で必要とする音楽的な意味情報を解析する. その結果に基づいて, 音楽的な意味関係を階層的に表現したデータ構造に変換する. 以下, 本稿ではこのデータ構造を拡張 MusicXML と呼ぶことにする. その後, 拡張 MusicXML から, 点字のフォーマットのひとつである Base 形式ファイルを生成するとともに, エラー(未対応記号)がある場合には, エラーとその内容を示す HTML 文書と, 五線譜の対応箇所エラーマークを付加した MusicXML データを生成する.

4.2 楽譜情報の解析

拡張 MusicXML のデータ構造の概要を図 7 に示す。拡張 MusicXML は MusicXML のデータ構造の「パート」に含まれる楽譜情報を階層化し、音楽的な意味表現を可能にしたものである。図 7 に示すように、「パート」は複数の「小節」で構成され、「小節」は左右の手に対応した「段」で構成される。次に、「段」の下に「旋律」のノードを配置するとともに、「旋律」の下に音符、休符、強弱記号、臨時記号などの演奏記号を配置することにより、複数の旋律で構成される楽譜の表現が可能になる。さらに、演奏記号のうちスラーやクレシェンドなどの時間的な幅を持った記号については、開始記号と終了記号を生成することにより、修飾範囲を明確化している。また、和音については「和音」のノードを設け、その下に音符を配置する構成となっている。解析することができなかった記号に対しては、属性値としてエラー番号を付加している。

本システムでは、MusicXML の各「パート」の下に配置された楽譜記号を解析して、拡張 MusicXML の形式に変換を行う。しかし、MusicXML の楽譜記号は楽譜上の座標配置を属性として持つフラットな構造であるために、「パート」内の楽譜記号の情報から音楽情報の抽出を行う必要がある。例えば、音符については、音部記号の影響を考慮した上で、記号の縦座標から音域と音名を解析する。また、複数旋律への対応については、小節内の音符と休符の長さの総計と拍子記号の表す長さを比較することによって、旋律の数を検出するとともに、各記号の座標値を参照して、旋律を分離している。スラーが複数の旋律が存在する小節に係る場合、弧の向きや高さからどの旋律を修飾しているかの解析が必要になる。具体的には、まず記号の横座標と縦座標から前後または上下どの記号が始点かを解析し、その後スラーの幅情報から終点の位置を解析する。点字楽譜では、スラーを表す記号は 3 種類あり、修飾範囲にある音符の数や修飾範囲にスラーが存在するかどうかによって使われる記号が変化する。そのため、修飾範囲内を解析し使用するスラーの種類を決定する。さらに、拡張 MusicXML に変換する際に、本システムで解析をサポートしていない楽譜記号がある場合にはノードにエラー情報を付加する。

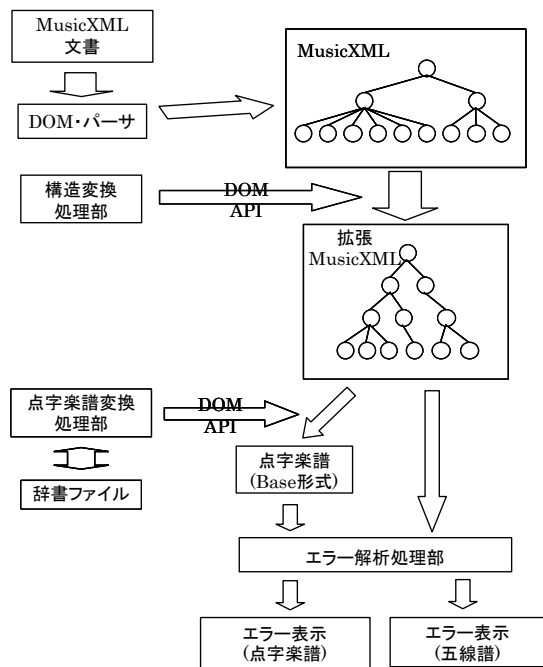


図 6 システムの概要

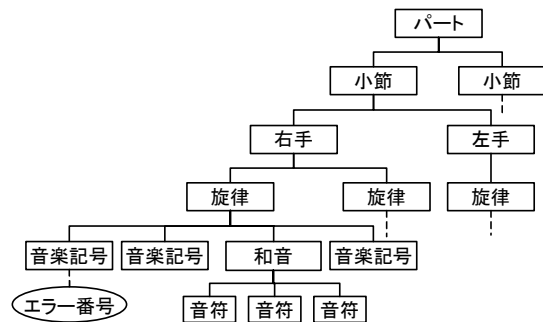


図 7 拡張 MusicXML のデータ構造

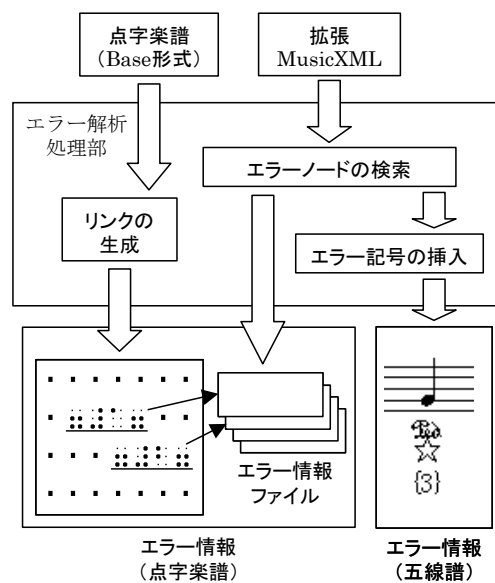


図 8 エラー解析処理部の流れ

表 2 点訳における五線譜作成規約

スラー	スラーが複数段に渡る場合、途中のスラーの終点は小節線の位置とする。また、始点、終点の位置は、はかかる音符のごく近傍とする。
連符	小節をまたがないものとする。
クレシェンド(線)	始点、終点の位置は、はかかる音符のごく近傍とする。

なお、拡張 MusicXML の演奏記号を表す要素は、点字楽譜の記号と 1 対 1 で対応させた構造になっている。そこで、拡張 MusicXML にデータ構造を変換後、それぞれの要素と辞書ファイルを参照することによって、対応する点字楽譜の記号に変換する。このとき、拡張 MusicXML のノードにエラー情報がある場合には、数値(エラー番号)を「⦿」で囲んだ記号を点字のエラー表示記号として点字楽譜に加え、BASE 形式で出力する。

4.3 楽譜作成規約

MusicXML は五線譜上に楽譜記号を自由に配置することが許されること、また、解析処理のサポート状況から、点訳用の五線譜作成において、表 2 に示す作成規約を設けることとした。楽譜記号解析処理のサポート状況は、音符・休符・拍子記号・調号・臨時記号・スラー・タイなどである。作成する五線譜は、楽典の規約に合致していることに加えて、複数旋律への対応として、小節内における各旋律の長さの総計が拍子記号で表される長さと一致すること、また、同一時刻に音を出す音符は同じ位置に記述することなどを条件としている。楽典の規約で、全休符は小節の中央に配置する規則となっているが、複数旋律の場合は同一時刻に出す音符等と同じ位置に記述するものとする。

4.4 エラー表示処理

入力した MusicXML のソースコードに本システムでサポートしていない楽譜要素が存在する場合には、エラーの解析処理を行いその結果をユーザに通知する。エラー解析処理部では、図 8 に示すように拡張 MusicXML のノードにエラー番号が付加されているノードを検索するとともに、元の MusicXML 内の対応ノードを検索する。この対応ノードの情報から HTML 形式のエラー情報ファイルを作成すると同時に、対応ノードの位置にエラー記号「☆」を挿入し、楽譜上にエラー情報を付加した MusicXML 形式の五線譜を生成する。さらに、BASE 形式の

点字楽譜のエラー番号に、上記のエラー情報ファイルへのリンクを付加した HTML 形式の点字楽譜を作成する。

5. 実験及び考察

図 9 に実験に使用したピアノ譜の一例(ヨハン・セバスティアン・バッハ作曲、3 声のためのシンフォニア第 4 番ニ短調の第 1 小節から第 8 小節)を示す。この楽譜は右手左手二つのパートに分かれており、右手パートは 2 つの旋律で構成されている。そして図 9 に第 1 小節から第 4 小節の解析結果を示す。図中の 2 重下線部はエラー表示記号を表している。解析結果は通常の点字楽譜のように 1 行目に曲想記号や拍子記号が記述され、2 行目から音楽記号が記述される。本論文では、1 小節ごとに右手パート、左手パートをそれぞれ 1 まとまりとして出力している。また、1 行に記述できる文字数を 32 文字とし、1 小節の各パートがそれぞれこれを超える場合は改行し、行の頭に空白を 2 つ挿入して記述する。図 10 にその解析結果を示す。1 行目の①と②は *Andante* と拍子記号であり、2, 3 行目に第 1 小節の右手パートが続いている。部分け記号(図中の○で示される記号)をはさんで全音符の旋律(部分け記号の前)と音符などの旋律(部分け記号の後)となっている。2 小節目の右手パート(6～8 行目)同様に正しく解析できている。しかし、3 小節目(11～14 行目)、4 小節目(16～18 行目)の右手パートは同一時刻に音を出す音符が同じ位置にない部分(図 9 ①, ②)があるため旋律の解析に誤りが生じている。楽譜記号については、強弱記号の後に①②③のいずれかの点がかかる場合(図 10 ③, ⑧)の誤読を避ける 3 の点(⦿), スラー記号(図 10 ⑦の ⦿), 5 個以上の音符にかかるスラー記号省略(図 10 ④), 省略のクレシェンド記号(図 10 ⑤), スラー記号とタイ記号が同一箇所にかかる場合の順番(図 10 ⑥)などについても正しく解析されている。同一時刻に音を出す音符の位置が多少ずれている場合の対応については、今後検討が必要である。

次に、エラー表示の一例として、ホフマンの舟歌(J.Offenbach 作曲)の結果を図 11 および図 12 に示す。図 11 は、HTML 形式の点字楽譜によるエラー表示の結果であり、下線の部分がエラー記号(エラー番号"1")を示す。この例では、この時点で未実装のテンポ記号、ペ

3声のためのシンフォニア

ニ短調 第4番 BWV790

ヨハン・セバスティアン・バッハ



図 9 実験に用いた楽譜

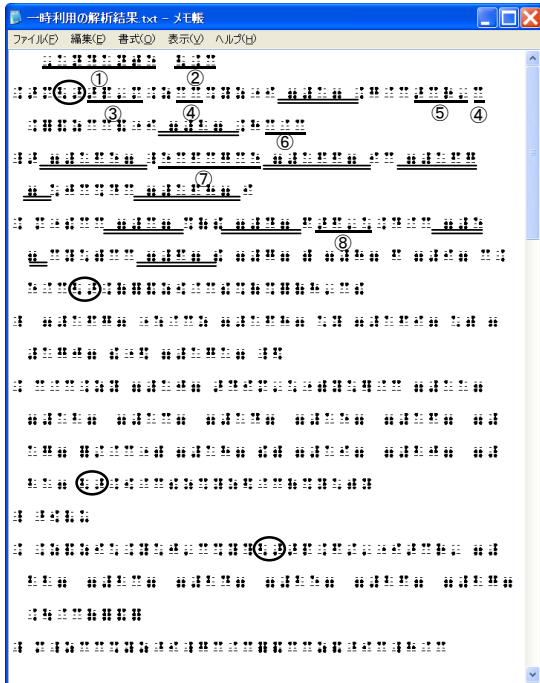


図 10 解析結果(Base 形式)

ダル記号、アルペッジョ記号などが、エラーと解釈されている。これらの記号からは、対応したエラー情報ファイルにリンクが貼られており、クリックすると画面が表れる。リンク先のエラ



図 1 1 エラー表示(点字楽譜)



図 1 2 エラー表示(五線譜)

一情報ファイルには、エラー番号とそのエラーが発生した表記記号が指し示す MusicXML のノード情報が表示されている。図 1 2 は五線譜に対するエラー表示の例を示す。五線譜によるエラー表示では、エラー表記記号が指し示す楽譜記号付近に「☆」が挿入されており、その上(左手パートの場合は下)にエラー番号を表す数字が表記されている。図 1 2 より、エラー番号"1"が速度記号を指し示していることがわかる。

なお、点字楽譜に対するエラー表示に関しては、現状では通常のディスプレイ上での表示に対応しているが、点字ディスプレイを使った表示についても検討を進めている。

6. むすび

点字楽譜は、2次元的に表記された五線譜を、点字文字を用いて言語的に表現するものであり、視覚障害者のための音楽教育や情報伝達のために重要である。近年、健常者については、ネットワークを介した楽譜情報の交換手段としてXMLを拡張した楽譜記述言語(MusicXML)が提案され、インターネット上の五線譜の情報にアクセスする環境が整いつつある。筆者らは、楽譜情報における健常者と視覚障害者の情報格差を埋めるために、MusicXMLで表現された楽譜から点字楽譜を生成するシステムについて検討を進めてきた。本システムは、MusicXMLで表記された五線譜の図的データを解析し、点字楽譜の構文規則に合った構造に変換することによって点字楽譜を生成するとともに、システムでサポートしていない楽譜記号については利用者に通知する機能を備えている。

楽譜記号のサポート範囲をさらに拡張すること、視覚障害者の利用を考慮してピンディスプレイを用いた表示の実現などが今後の課題である。

謝辞

本研究は科学研究費(15500062)の一部支援のもとで実施された。本研究を進めるにあたって、システム要件に関する意見や点訳結果の評価などの面でお世話になった楽譜点訳ボランティア団体トニカの皆様に感謝する。

文献

- [1] 木塚泰弘, "中途視覚障害者の触読効率を向上させるための総合的点字学習システムの開発", 科学研究費補助金研究成果報告書, 1999.
- [2] 松島俊明, 田中守, 他, "電算写植データを用いた楽譜の自動点訳システム", 第10回感覚代行シンポジウム, pp.93-97, 1984.
- [3] 佐藤孝三, 小松 実, 小山善文, 松崎悟, 神田一伸, "点字楽譜作成システムの構築", 情報処理学会研究報告, 2000-MUS-36-7, pp.37-42, 2000.
- [4] 村上恭子, 伊豫美由紀, 白石有佳, "点字楽譜学習・作成ソフト B'Score(びーすこあ)について", 情報処理学会研究報告, 2000-MUS-36-8, pp.43-48, 2000.
- [5] 森野比佐夫, 後藤敏行, 田村直良, "文脈自由文法に基づく点字楽譜の自動解析の検討", 信学論, Vol.J85-D1, No.5, pp.402-410, 2002.
- [6] 江守幸一, 他, "IPA 次世代アプリケーション開発事業報告—XMLを用いた楽譜表

示演奏システムの開発—", ミュージカル・プラン, 2001.

- [7] Michael Good, "Musical Application Using XML", Proceedings of First International Conference MAX 2002, pp.47-54, 2002.
- [8] 遊佐郷平, 後藤敏行, 田村直良, "楽譜記述言語を用いた点字楽譜作成システム", 電子情報通信学会技術研究報告, SP2003-103-112, pp.35-40.