

手作業による楽譜点訳の検証を支援するための 点字楽譜自動解析システム

阿部 亮介[†] 韓 東星 後藤 敏行[‡] 田村 直良[‡]

横浜国立大学 [†]環境情報学府 [‡]環境情報研究院

点字楽譜は、視覚障害者が楽譜を理解するために考案された楽譜記号を用いない記譜法である。点字楽譜を自動解析することによって、点訳技術者が自らの点訳を検証する作業を支援するシステムを、解析精度と可視化の両面から改善する。従来の自動解析手法では、複雑な構文体系を持つ点字楽譜全体を一度に解析する手法をとっていたため、小節以下の部分で精度を出すことができず、処理時間についても実用的ではなかった。また、解析結果の可視化においても、完全な楽譜としての出力が行えない問題があった。本研究では、点字楽譜をパート、小節単位でまとめ、データの再構成を行うための前処理プロセスの導入と、曖昧性に強いチャート法による構文解析手法を導入することにより、精度と処理時間の両面での改善を図った。可視化には音楽情報記述言語である MusicXML を用いることにより、原楽譜に対する再現性を向上させた。

Braille-score Analysis System to Support Verification of the Braille-score Translation by the manual operation

Ryosuke ABE[†] HAN Dongxing Toshiyuki GOTO[‡] and Naoyoshi TAMURA[‡]

[†] [‡] Graduate School of Environment and Information Sciences Yokohama National University

Braille-score (Braille Musical Notation) is the musical notation that is designed for visually handicapped person to read score without using a musical sign. We propose a system to support braille-score translators who need verification of the translation. That is, the system translates braille-scores into 5-line music scores in order to compare them with originals. Our previous system was not enough precise especially in the part of inside a measure in a score and processing speed was not sufficient as a practical system, because scores have too complicated structure to analyse at once without dividing them into sub scores. In the visualization of the result, some music sign might not be reproduced by the restriction of the notation format. Our system is improved in precision and processing time by introducing a pre-processing to optimize data and by introducing a chart-parser for disambiguation. Our system is also improved the reproducibility of the musical sign by using MusicXML.

1 まえがき

本研究では、楽譜の点訳作業を行う点訳技術者が、手作業による点訳の検証作業を支援するため、点字楽譜を解析し五線譜として出力するシステムを構築する。

点字楽譜^[1]は、6点の点字によって音楽情報を表現する楽譜の表記法である。現在、紙に印刷された五線譜(区別のためこれを墨字楽譜と呼ぶ)を点字楽譜に点訳する作業は、主にボランティア団体による手作業によ

って行われている。

原則として1文字の仮名を1文字の点字として表現する文章点訳と異なり、点字楽譜は2次元で表記された墨字楽譜の様々な音楽記号を全て1次元の点字列として表現することから、6個の点の組み合わせだけでなく数文字の点字の組み合わせを用いる。点字楽譜は曖昧性、多義性を多く含んでおり、点字によって表現される文書の中でも最も複雑な体系を持つ表現のひとつと考えることができる。しかし、楽譜の自動点訳を行うシステ

ムは、点訳に対する解釈が点訳者により異なることからかえって修正作業の手間が増えるという問題を残し、実用化にはまだ時間がかかると考えられる。このため、手作業による点訳を解析し、検証作業を支援するシステムを構築することで、点訳技術者にとって負担となっている作業の一部を軽減させることが求められている。

本研究では、点字楽譜が文脈自由文法によって書くことができるという特徴に着目し、点字楽譜の曖昧性に対応できる自然言語処理の技術を導入することによって、複雑な点字楽譜を柔軟に解析できる解析エンジンを構築する。

従来の自動解析手法^[2]では、曖昧性を考慮しないアルゴリズムを採用して解析を行ったため、精度や処理速度の面で問題があった。この反省から本研究は、譜面の構成と音楽の構成を分離させるための前処理によって負荷を軽減させることを出発点とし、構文解析においても曖昧性に強いチャート法を採用することで精度と速度の両面で改善を行う。

次に、解析結果の可視化について、音楽構造を論理的に表現でき、かつ汎用性、再利用性を持った書式での出力を行うことで、出力環境に依存しない可視化手法を実現する。森野^[2]の可視化手法ではスタンダード MIDI 形式を採用していたが、MIDI は主に電子楽器の制御を目的とした表記であるため、音楽の記号としての再現性が不十分という問題があった。また、NIFF や MusiXTeX を用いることで音楽の記号的意味を保持したままの出力を目指した研究^{[3][4]}もあったが、規格の汎用性やエンドユーザへの配慮の点で問題を残した。本研究はこれらの問題に対処するため、XML を用いた音楽情報記述言語である MusicXML^[5]を採用することで、記号としての情報を損ねることなく解析結果の墨字楽譜による可視化を実現する。

本論文では、点字楽譜の概要と特徴、点字楽譜解析における問題点、MusicXML の概要と特徴、解析手法、試作した自動化システムおよび処理例について述べる。

2 点字楽譜

点字楽譜は、墨字楽譜を視覚障害者が意味的に理解できるように、1 次元的記号列である点字に翻訳した記譜法である(図 1)。本節ではその特徴と、自動解析における問題点について述べる。

2.1 点字楽譜の歴史

現在広く普及している 6 点点字は、1825 年、フラン

スの音楽教師ルイ・ブライユによって考案された^[6]。点字楽譜の体系化はその直後の 1928 年、同じくブライユによって考案され、1956 年に国際規格となった。日本では、1984 年(昭和 59 年)に当時の文部省によって日本語による手引き^[1]が発行されたことにより、視覚障害者へ楽譜の点字によるアプローチがはかられた。

2.2 点字楽譜の特徴

墨字楽譜は、音の高低や長さを音符の上下や形によって図形のように表すが、点字楽譜では、これを 6 点からなる点字を左から右へと文章のように表す。

点字楽譜における音符記号は、原則として音の高さを上 4 点、音の長さを下 2 点で表す。下 2 点で全音符から 64 分音符までの 7 種類の音長を表現させるため、「全音符と 16 分音符」、「2 分音符と 32 分音符」、「4 分音符と 64 分音符」はそれぞれ同じ 2 点で表現されており、小節の拍数と小節内の音符の構成からどちらかを選択する方式をとる。

音程の変化は点字楽譜特有の表現方法をもつ。点字楽譜においては、現在の音に対し次の音が高音方向に 5 度、低音方向に 3 度の範囲内であれば、オクターブの変化を省略することが出来る。

また、墨字楽譜では五線や音符記号の上または下に書かれるピアノ、フォルテ、クレシェンド、フェルマータといった記号は、点字楽譜では音符や休符を表す点字の間に書く。また、和音も、分散和音のように和音の最低音(または最高音)の次に音の高さを示す記号を並べて書き表す。

[例1]

うさぎ おいし かのやま

♭ 3/4

うさぎ おいし かのやま

[例2]

図1 点字楽譜の例

2.3 自動解析における問題点

2.3.1 音長記号の特性とパートの交差

ピアノ演奏用に右手パート(高音域)と左手パート(低音域)が分かれている墨字楽譜を考える(図 2)。通常の墨字楽譜では、大譜表記号 { によってパートの判別が容易に行えるが、第 3 小節のように行をまたがるような不完全小節が含まれる点字楽譜の場合は、右手第 3 小節内の解析の途中で次の左手第 1 小節が出現し、右手第 3 小節の残りの部分は文脈的にかなり後方に位置するため、音長記号の判別は難しい。

このため、点字楽譜を解析するための前処理として、このような交差しているパートについては各行を分解させて、パートごとの記述に再構築することで不完全パートと不完全小節を解消させる必要がある。

図 2 パートの交差

2.3.2 部分け・内分け

部分け・内分け法とは点字楽譜において特別に呼ばれる呼称で、和音を構成している各音の長さが異なる場合に用いられ、小節内にふたつ以上のパートを表記する方法である(図 3)。墨字楽譜では旗の向きを変えることで視覚的に理解することができるが、点字楽譜では小節内のパートをいったん分離して、部分けの場合は部分け記号「⠄⠄⠄」を、内分けの場合は内分け記号「⠄⠄⠄」によってパートを分け、各パートを同時に演奏することを表している。

これらを含む小節を解析する際は、それぞれの音符記号はどのパートに属するか解釈をする必要がある。

図 3 部分け・内分け

3 MusicXML

MusicXML は、音楽の記号的構造に着目して、XML のサブセットとして提唱された音楽情報記述言語である。本節ではその特徴と従来の計算機における音楽表現方法の問題点について述べる。

3.1 MusicXML の特徴

MusicXML とは、主に音楽の論理的、図形的構造を表現する XML のサブセットとして制定された言語である。MusicXML には、日本の音楽ソフトウェア開発企業が 2001 年に制定した MusicXML^[7]と、米国の音楽ソフトウェア開発企業が 2002 年に制定した MusicXML^[5]の 2 種類があるが、同名ではあるもののデータの相互利用はできない。

(米国版)MusicXML は音楽記号の各要素間の論理的関係を重視していることから構造の表現に適しており、MIDI の制御や墨字楽譜といった別の形式への変換が容易に行うことができる長所を持つ。しかし、(日本版)MusicXML のように要素間の紙面における位置的関係を規定する要素がないため、環境によって見た目が異なる楽譜が出力される可能性が高いという短所を持つ。

本研究では、点字楽譜の解析結果は純粋な音楽構造として出力することが望ましいとの観点から、(米国版)MusicXML を用いる(以後、MusicXML と表記した場合は米国版を指す)。

3.2 従来の計算機における音楽表現方法の問題点

現在、計算機上で音楽を表現する方法としては、物理的方法(音声)、制御的方法(奏法)、図形的方法(楽譜)、記号的方法(構造)といった方法が主たるものと考えられることができるが、ここでは特に、制御的方法の短所について述べる。

制御的方法における短所は、プロセスを記録するという長所と同じ部分にある。例えば MIDI では音の高さは絶対的な音階で表し、D を半音上げたものと E を半音

下げたものは全く同じ記号として表される。また、音の強弱や速度も相対的に表現することができず、絶対的な物理量を決定する基準はそれぞれのプログラムの主観による部分が大きく、必ず同一の記号として復元される保証はない。

音楽の解析結果を MIDI 形式で表現する従来の可視化方法では、音楽記号の完全な復元は困難であり、純粋な記号としての音楽を表現する方法として、MusicXML を用いた記号的方法による出力は都合がよいと考える。

4 自動解析システムの構築

本節では点字楽譜を解析し、墨字楽譜として出力するシステムの概要と解析手法、導入された自然言語処理技術について述べる。

4.1 概要

自動解析システムは大きく分けて、点字楽譜データを入力し、解析を容易にするため楽譜を再構成する前処理部、点字楽譜の意味解析を行い、意味情報として返す解析エンジン部、意味情報を MusicXML として出力する後処理部の 3 つの部分によって構成される(図 4)。

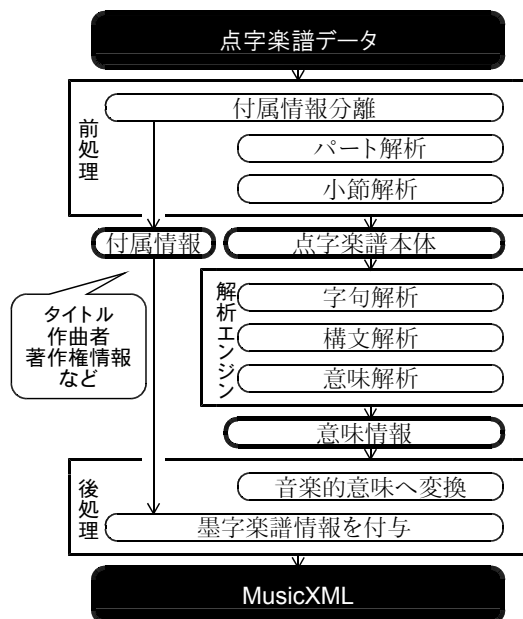


図 4 自動解析システム概要

4.2 自然言語処理技術を用いた階層的解析法

自然言語処理は、我々が日常的に使用する話し言葉や書き言葉を計算機によって扱うための技術である。言語という曖昧な表現を可能な限り許容する特徴を持たせ

ることができることから、前後の文字列によって意味が変化する点字楽譜の解析にも適していると考えられる。

先行研究^[2]では、前処理の中で小節解析を行わず、部分け・内分けといった小節内の解析を解析エンジン本体で行っていた。そのため、長さ解釈の違いから解析結果が多岐にわたることも多く精度の面で問題があった。また、処理時間も 1 曲を解析するのに数十分かかっていた。そこで、本研究では特に部分け・内分けといった解釈が曖昧になりやすい部分を解析エンジンとは別に解釈し、データを小節単位まで細分化する前処理のプロセスを導入することによって、解析精度の向上をはかっている。

4.3 前処理部

点字楽譜の表記ルールに沿って付属情報と点字楽譜本体を分離し、パート解析で右手・左手といった大まかなパート情報をまとめる。次に小節解析によって各パートを小節単位に分割する。

4.4 解析エンジン部

点字楽譜本体のデータは基本的に曲/パート/小節/音(休)符/記号のような構造で構成されている。曲の中に複数のパートがあり、パートの中に複数の小節があるが、パート間および小節間の依存関係はほとんどない。例えば、ひとつの小節が欠損している場合は他の小節によって補完することはできない。ところが、小節以下の部分を見ると、音符の長さを決定するために拍数と小節内の他の音符について考慮する必要があることから、相互依存関係は非常に強くなっている。これらの特徴を考慮し、本研究では小節以下の内容を扱う解析エンジンを設計する。

4.4.1 字句解析

字句解析の目的は、切れ目のない入力データをあらかじめ定義されているパタンと比較し音楽記号ごとに切り分けることである。これは、自然言語処理では文章を構成の最小単位に切り分ける形態素解析に相当する。字句解析には lex(lexical analyser)を用いる。

4.4.2 構文解析

構文解析(図 5)の目的は、各字句それぞれの関係から小節が潜在的に保持している構文情報を取り出すことである。本研究では、チャート法に基づいた構文解析器を構築することにより曖昧性問題に対応する。

チャート法とは、構文解析木のグラフ表現であるチャート法を逐次的に作り上げることにより文構造を解析する構文解析手法である。曖昧性を許す文脈自由文法(cfg)

の解析に強いという特徴から、チャート法構文解析は広く採用されている。

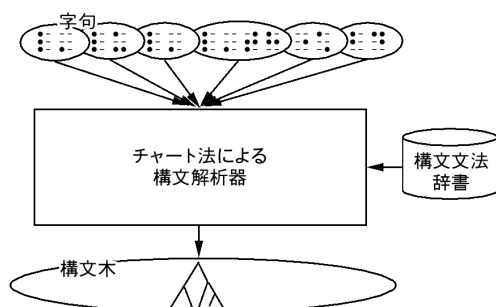


図5 構文解析

4.4.3 意味解析

意味解析の目的は、構文情報から音楽的な意味を表す意味木を作成することである。点字楽譜の解析では構文木がほぼ1対1で音楽の意味として表現できるが、音長等の構文解析では判別できない多義性のある構文は意味解析によって判断する必要がある。本研究では、拍子記号から音長を推定しこの問題に対応する。

4.4.4 意味構造

意味解析によって得られた解析結果の意味構造を図6に示す。それぞれの音符について、部分け、内分けの属性、装飾記号、和音等を構造化している。

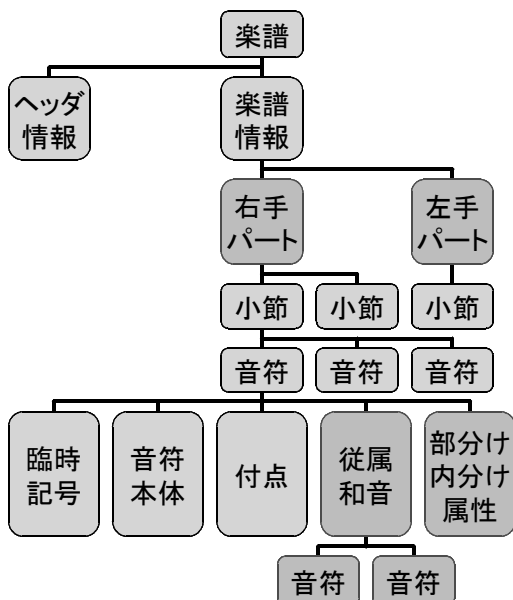


図6 意味構造

4.5 後処理部

解析エンジンによって得られた意味構造は、点字楽譜特有の表現を構造に残している。また、MusicXML固有の表現については計算によって補う必要がある。後処

理部では意味構造に含まれる情報を整理した後、MusicXMLに適した構造に変換を行い、最終的にMusicXMLとして出力する。

5 実験と考察

「ギロック叙情小曲集」^[8]を手作業で点訳した点字楽譜を用いてMusicXMLを生成する実験を行った。

字句解析、構文解析、意味解析の各結果について、自動解析によって認識された数からエラーとして認識された字句もしくは小節の数を引いた数を正答数とし、手作業による解析から得られた意味構造と比較してエラーとなった原因を調査した。

また、点訳前の楽譜と生成された楽譜との比較、処理時間について調査を行った(表1)。

表1 解析エンジンの評価

曲名	字句解析	構文解析	意味解析	時間
Forest Murmurs	927/927 100.00	54/54 100.00	52/54 96.30	6 秒
Seascape	634/634 100.00	44/44 100.00	41/44 93.18	5
October Morning	287/287 100.00	20/20 100.00	20/20 100.00	2
Deserted Ball	620/620 100.00	68/68 100.00	67/68 98.53	3
Legend	522/522 100.00	40/40 100.00	40/40 100.00	4
Interlude	495/495 100.00	26/26 100.00	26/26 100.00	3
Song of the MerMaid	436/436 100.00	21/22 95.45	22/22 100.00	2
Summer Storm	522/522 100.00	48/48 100.00	44/48 91.67	3
Faded Letter	346/346 100.00	30/30 100.00	26/30 86.67	2
Dragon Fly	397/397 100.00	38/38 100.00	37/38 97.37	2
合計・平均	5186/5186 100.00	389/390 99.74	375/390 96.15	3.2

1) 字句解析

字句ごとに正しく切り分けることができたものを正答とし、100%の正答率を獲得した。この段階で、点字楽譜の規則とは異なる文法からなる字句や原データの入力ミスに起因するとみられる未知の記号を発見できている。

2) 構文解析

小節ごとに構文木が生成できたものを正答とし、

「Song of～」曲を除いてすべての小節において構文木の生成が可能であった。この曲では、点字楽譜の構文規則にはないペダル記号 :: と小節内の繰り返し記号 :: を交差して用いていたため、このシステムには未対応の構文として認識された。

3) 意味解析

小節ごとに音長に矛盾が生じない意味木が生成できたものを正答とし、各曲について 85%以上の正答率を得た。音符毎に音長を判断する知識表現は、音符が文脈的に遠い位置に存在することもあるため、文脈自由文法での範囲でパターンとして記述することは難しいことが原因と考えられる。

4) MusicXML 生成

生成された MusicXML を市販の楽譜製作ソフトウェア^[9]によって墨字楽譜として表示させたものを示す(図7)。

実験を行った全ての楽譜に共通して、内分け処理が正確に行われなかったため、表示が乱れる結果になった。また、音長判定は内分け処理に依存するため、判定が不十分であった。この他にも、スラー記号の処理は出力エンジンで行ったが、部分けを考慮していないため原楽譜とは異なる表示になる部分があった。



図7 解析結果から得られた墨字楽譜

5) 処理時間

解析の中間経過情報を出力しない場合、平均 3.2 秒、最長 6 秒の処理時間となった。先行研究では数十分を

要していたことと比較すると、実験環境(計算機性能)の向上を差し引いても評価できるものと考ええる。

6 むすび

点字楽譜を墨字楽譜に変換する自動解析に、言語的、構文的な特徴に着目して、字句的あるいは構文的曖昧性やエラーなどの対処が可能な解析エンジンを構築し、音楽の記号的意味を保存した状態での墨字楽譜表示を可能とする MusicXML 形式での出力を行うシステムを実現した。また、先行研究とくらべ解析精度、解析速度の面で向上が見られ、楽譜の再現性では新たな記号へ対応することができた。

今後は、まず内分け表現と音長判定の対応によってシステムを完成させ、多様な楽曲形式への対応と、意味解析での精度向上、解析結果の印刷やペンディスプレイなどへの出力対応、MusicXML 生成器の精度向上など、システムの完成度を高めることを目指す。

文 献

- [1] 文部省, 点字楽譜の手引き, 点字情報技術センター, 東京, 1984.
- [2] 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(D-I), vol.J85-D-I, no.5, pp.402-410, May 2002.
- [3] Didier Langolff, Nadine Jessel, and Danny Levy, "MFB (Music For the Blind): a software able to transcribe and create musical scores into Braille and to be used by blind persons," 6th ERCIM Workshop "User Interfaces for All" Short Paper, pp.198-194, Florence, ITALY, Oct. 2000.
- [4] Silas S. Brown, "An Extensible System for Conversion of Musical-Notation Data to Braille Musical Notation," in The Virtual Score : Representation, Retrieval, Restoration, Walter B. Hewlett and Eleanor Selfridge-Field, ed., pp.45-74, MIT Press, London, 2001.
- [5] Recordare, "MusicXML Definition," in <http://www.musicxml.org>, Recordare LLC., USA, 2002.
- [6] 鎌田元芳, 点字, KMT 式点訳技法の普及と奉仕の会, 東京, 1980
- [7] 江守幸一, 黒田大輔, 中塚秀子, "XML を用いた楽譜表示演奏システムの開発," 2001 情報処理振興事業協会次世代アプリケーション開発事業, 情報処理振興事業協会, 東京, 2001.
- [8] W. L. Gillock, ギロック叙情小曲集, Summy-Birchard, Inc., ed., 全音楽譜出版社, 東京, 1991
- [9] Recordare, "Finale 2004 for Windows," Recordare LLC., USA, 2004.