

Concert Maker: オーケストラ曲間の共演度ネットワークを用いた演奏会プログラム構成支援システム

荒牧諒亮¹ 白庄司拓真¹ 石川翼¹ 尾上洋介^{1,a)}

概要: オーケストラの演奏会プログラムの構成時には、曲同士の時代や国の関連性、楽器編成の制約など多くの要素を考慮する必要がある。しかし、演奏会プログラムの構成を考慮した楽曲探索システムは存在する一方、ネットワーク可視化など適切な可視化手法を用いた、直感的でより効果的な支援を行うシステムについては未だ検討されていない。そこで、我々はオーケストラ曲間の共演度ネットワークに着目し、ネットワーク可視化を用いた演奏会プログラム構成支援システム Concert Maker (<https://concert-maker.vdslab.jp/>)を開発した。本システムを用いることで、オーケストラ曲間の共演度を視覚的に把握することが可能となり、従来の演奏会プログラム構成支援システムで課題となっていた新しい曲の発見の難しさを改善し、演奏会プログラムの組み合わせの多様性を向上させることができる。また、作成した演奏会プログラムを視覚的に評価できる分析機能や、他のユーザーとプログラムを共有できる機能等も提供しており、オーケストラの演奏会プログラム構成を可視化技術以外の面でも支援することが可能となっている。

1. はじめに

オーケストラの演奏会のプログラム構成は、演奏会を形作る上で最も重要な要素の1つであり、その影響は聴衆の満足度や演奏者のパフォーマンスだけでなく、特にアマチュアオーケストラにおいては活動のモチベーションにも大きな影響を与える。しかし、演奏会プログラムの構成には、曲の選定や演奏順序の決定だけでなく、曲同士の時代背景や国の関連性、楽器編成の制約など多くの要素を考慮する必要がある。これには十分な音楽的知識が不可欠である。したがって、特にアマチュアオーケストラにおいては、演奏会プログラムの構成にあたって効率的な支援が有用であると考えられる。

アマチュアオーケストラ向けの演奏会プログラム構成支援システムとして、富木らによる OrchExplorer [1] が提案されている。このシステムでは、過去の演奏会プログラムデータと管弦楽作品のデータを組み合わせて、演奏会プログラムの候補曲を一覧形式で表示することによって、プログラム構成の過程を支援している。このシステムを用いることで、楽曲探索の支援により演奏会プログラムの構成を支援できる可能性が示された。一方で、曲の一覧で膨大な情報を目にして圧倒される場面が指摘されており、結果として知っている曲にのみ目が付くことで新しい曲との出会

いを妨げることから、一覧形式ではない可視化手法を用いる必要性が指摘されている。

そこで、我々はネットワーク可視化を用いた演奏会プログラム構成支援システム「Concert Maker (<https://concert-maker.vdslab.jp/>)」を開発した。Concert Maker では、候補曲の表示にネットワーク可視化を用いることで、複数の候補曲間における関連性を直感的に理解できるようにし、一覧形式での問題点を解決することを目的としている。さらに、OrchExplorer において指摘された、作成した演奏会への評価や共有に関する機能の不足にも対応することで、演奏会プログラムの構成時におけるさらなる支援を提供することも目的としている。

2. 関連研究

2.1 演奏会プログラム構成支援

アマチュア向けの演奏会プログラム構成支援システムとして、富木らの「OrchExplorer: アマチュアオーケストラ向けコンサートプログラム構成支援システム」がある [1]。OrchExplorer では、一つの曲を選択すると、その曲と一緒に演奏されることが多い作曲家とその曲を一覧として表示する。このシステムでは、これらの情報は単純に一覧として表示されるのみで、演奏会プログラムを提案しその組み合わせについてユーザー側で最適なものを選べるような可視化手法は用いられていない。そのため、富木らは可視化技術を用いた工夫を行うことなどが必要であると主張して

¹ 日本大学文理学部情報科学科

^{a)} onoue.yousuke@nihon-u.ac.jp

いる。

2.2 既存のデータベース

Daniels-orchestral music online^{*1}は、管弦楽作品のデータベースを提供するサービスである。このサービスでは、管弦楽作品を作曲者、タイトル、キーワードの他、演奏時間や楽器編成、作曲年などの情報を元に検索できる。

国際楽譜ライブラリープロジェクト (IMSLP) ^{*2}は、無料で使用できる楽譜などをまとめたオンラインサービスのプロジェクトである。このサービスでは、楽譜の他に、作品の詳細情報や無料の演奏音源についても検索できる。

2.3 楽曲推薦システム・楽曲探索システム

楽曲推薦システムに関する研究として、音楽のオーディオ信号から楽器編成、リズム、ハーモニーの情報を取得し、楽曲の特徴を元に楽曲を推薦する研究 [2]、協調フィルタリングを用いて楽曲を推薦する研究 [3]、さらにこれら2つの手法を組み合わせた研究 [4] などがある。その他、対話型遺伝的アルゴリズムを用いて、音楽特徴量空間におけるユーザの嗜好領域から好みの楽曲の雰囲気に基づいて楽曲を推薦する MusiCube [5] もある。

楽曲探索システムに関する研究については、楽器編成に基づいて楽曲探索を行う Instrudiver がある [6]。また、情報可視化技術を活用した研究もある。集合の可視化を用いたものとしては、ツリーマップと音楽情報検索メカニズムを統合した楽曲探索システムである MuVis [7] がある。ネットワーク可視化を用いたものとしては、楽曲の類似度を用いてネットワーク図から楽曲探索を行う研究 [8] や、ユーザーが登録した曲同士の関係性からネットワーク図を作成する Songrium [9] がある。これらはいずれも音楽コンテンツの特徴や関係性を用いた探索・推薦を目的としているが、オーケストラの演奏会プログラム構成を支援するという本研究の目的とは異なるものである。

2.4 ネットワーク可視化を用いた支援システム

ネットワーク可視化を用いた支援システムとしては、前節で挙げた研究 [8,9] の他にも、様々なものが存在する。論文の引用と参照の重複性を可視化することで論文の関連性を把握することができる Connected Papers^{*3}や、文書間の関係を構造的に見ることができる検索・可視化システムとして MIMA Search [10] などがある。いずれもオーケストラの演奏会プログラム構成支援を目的に制作されたものではないが、他の分野において有用であるとされており、本研究においても同様の可視化手法を用いたシステムは有用であると考えられる。

3. デザイン要件

1 節で述べた通り、従来の演奏会プログラム構成支援システムである富木らの OrchExplorer [1] では、楽曲探索の支援により演奏会プログラムの構成を支援できる可能性が確認された一方、検索結果の一覧に可視化技術を用いたものではないため、新しい曲の発見や演奏会プログラムの組み合わせの多様性に寄与することができないことや、構成した演奏会の評価機能や共有機能が不足していることも指摘されている。

そこで、我々は以下の要件を満たすシステムを開発することとした。

- R1 任意の曲から演奏会プログラムを構成できる。
- R2 演奏会プログラム作成時の制約に基づいて演奏会プログラムを構成できる。
- R3 各曲の詳細を確認できる。
- R4 構成した演奏会プログラムを評価できる。
- R5 構成した演奏会プログラムを他のユーザーに共有できる。

これら5つのデザイン要件に基づいて実装した、システムの機能の概要について、次章で述べる。

4. システム概要

本システムは、オーケストラ曲間の共演度ネットワークを可視化し、演奏会プログラムの構成を支援する。システム全体は図1のように構成されている。

図1(a)では、オーケストラ曲間の共演度ネットワークが表示されている。この部分は4.1節で詳細に説明するが、ネットワーク可視化を用いてオーケストラ曲間の共演度を視覚的に把握できるようにすることで、曲の探索を支援する。

図1(b)では、曲の検索機能が提供されている。この部分は4.2節で詳細に説明するが、左側の検索ワード入力欄と右側の詳細検索ボタンから構成されており、ここから曲を検索できる。

図1(c)では、作成した My 演奏会が表示されている。この部分は4.4節で詳細に説明するが、ユーザーが作成した演奏会プログラムである My 演奏会を編集・削除できる。

4.1 ネットワーク可視化機能

ネットワーク可視化機能は図1(a)に表示される領域である。ネットワーク可視化を用いることで、オーケストラ曲間の共演度を視覚的に把握できる。また、図3(b)のように曲を選択するとネットワークの強調表示を行うことができ、選択した曲と一緒に演奏されることが多い曲を直感的に理解できる。

ネットワークの作成については、日本オーケストラ連盟

^{*1} <https://daniels-orchestral.com/>

^{*2} <https://imslp.org/>

^{*3} <https://www.connectedpapers.com/>

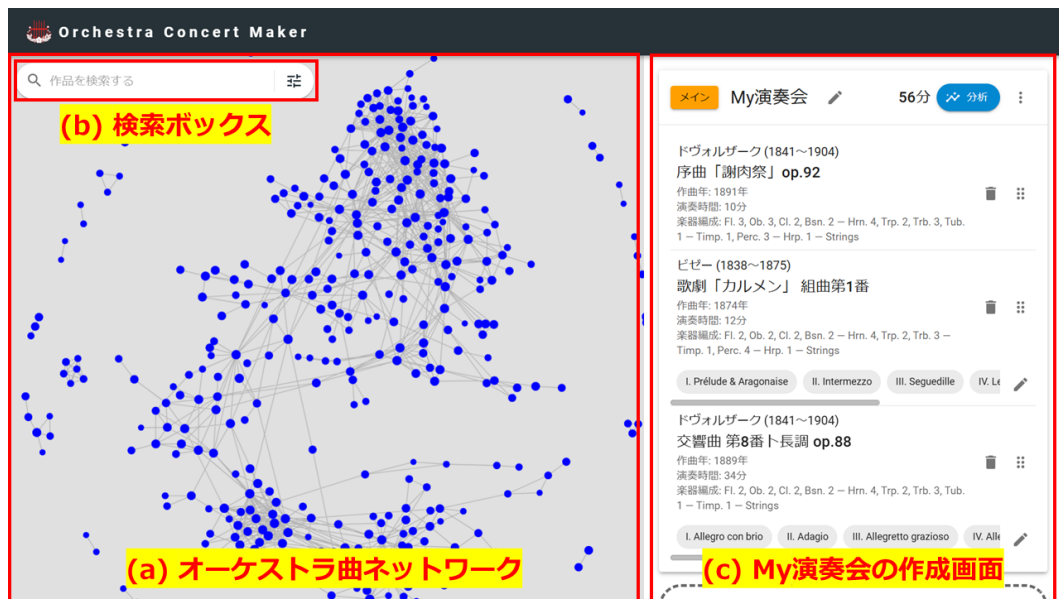


図 1 システム全体の画面. (a) はネットワーク図を表示する部分, (b) は曲を検索する検索ボックスと詳細検索ボタン, (c) は My 演奏会を表示する部分である.

が発行するオーケストラ年鑑^{*4}から国内で実施されたプロオーケストラの演奏会プログラムのデータを 16 年分収集した. そのデータをもとに, 各演奏会プログラムの構成曲を分析することで, オーケストラ曲間の共演度ネットワークを作成した. ネットワークの重みには, 共演度の他に, 作曲者の国籍の近さ, 作曲年の近さを加味して重みづけをした. ネットワークの描画には JavaScript のライブラリである D3-force^{*5}を用いた. また, ノードの大きさは演奏頻度が高い曲ほど大きく表示される.

構成曲が 1 つも決まっていない場合はこのネットワーク可視化図を俯瞰し, ノードのサイズが大きい (演奏頻度が高い) 曲や, ノードの次数が高い (共演頻度が高い) 曲から選ぶことができる. 構成曲の候補が決まっている場合は 4.2 節で紹介する曲検索機能を用いることで, 曲を選ぶことができる.

4.2 曲検索機能

曲検索機能は図 1 (b) に表示されている領域である. 検索機能は左側の検索ワード入力欄と右側の詳細検索ボタンから構成されており, ここから曲を検索できる.

検索ワード入力欄では, 曲名や作曲者名をテキスト入力することで, 一致する曲を検索できる. 検索ボックス機能を用いることで, 構成曲の候補が決まっている場合は, その曲を検索することで, 最初の構成曲を選び, R1 の要件を達成することを狙いとしている.

詳細検索ボタンでは, ボタンをクリックすることで, 図 2 のように詳細検索画面が表示される. この画面では, キー



図 2 詳細検索画面の表示

ワード検索では行えない, 作曲者の存命期間や, 作品の作曲年, 演奏時間, 楽器編成の条件を指定して検索できる. 本機能を用いて, 演奏会プログラム構成時の制約をネットワーク図に反映することで, R2 の要件を達成することを狙いとしている.

4.3 曲詳細の表示機能

曲詳細の表示機能は, ネットワーク図上の曲に対応するノード, もしくは検索機能で表示される曲候補や, 4.4 節で説明する My 演奏会内の楽曲をクリックすることで, その楽曲の詳細情報を表示できる. 曲詳細の表示機能を用いることで, R3 の要件を達成することを狙いとしている.

曲の詳細は, 図 3 のように画面の左側に表示される. 表示される項目は, 上から順に以下の通りである.

楽曲情報 作曲者, 曲名, 作曲年, 演奏時間, 楽器編成などの楽曲に関する情報

My 演奏会への追加ボタン My 演奏会に曲を追加するボタン

聴く YouTube, Apple Music などの動画・音楽配信サービスの検索ページへのリンクボタン. 楽曲を実際に再

*4 <https://www.orchestra.or.jp/>

*5 <https://d3js.org/d3-force>

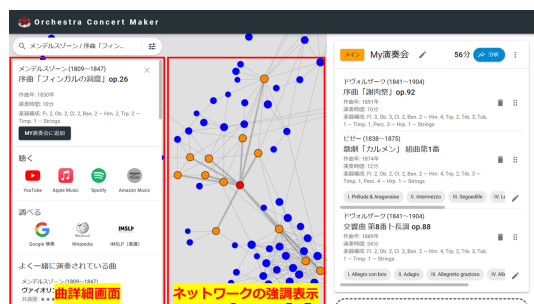


図 3 楽曲詳細の表示

生して確認できる。

調べる Google 検索, Wikipedia, IMSLP のページへのリンクボタン。楽曲のより詳しい情報や、楽譜の内容を確認できる。

よく一緒に演奏されている曲 ネットワークでエッジが接続されている曲を、一緒に演奏された回数が多い順に表示する。

4.4 My 演奏会の作成機能

My 演奏会は図 1 (c) に表示される領域であり、ユーザーが追加した楽曲を一覧で表示、管理する機能である。My 演奏会には、4.3 節で説明した曲詳細表示内の「My 演奏会への追加ボタン」をクリックすることで、その楽曲を追加できる。

My 演奏会に追加された楽曲は、図 1 (c) のように表示される。オレンジ色の「メイン」ボタンは、その My 演奏会が現在操作をメインで行なっている演奏会であることを選択するボタンである。メインに指定した My 演奏会は、4.3 節で説明した曲詳細表示内の「My 演奏会への追加ボタン」にデフォルトで表示される My 演奏会として設定される。また、作成した My 演奏会は、4.5 節で説明する My 演奏会の評価機能を用いて評価できる。

4.5 My 演奏会の評価機能

評価画面全体は図 4 のように表示される。My 演奏会の評価機能は、My 演奏会に追加された楽曲の構成を評価するための機能である。この機能を用いることで、作成した演奏会プログラムを定量的に評価できる。

My 演奏会の評価機能では、図 4 (a) で表示されている My 演奏会を確認でき、4.5.1 節で説明するようにレーダーチャートを用いて曲目構成の評価を、4.5.2 節で説明するように構成曲の時間割合を確認できる。本評価機能を用いることで、R4 の要件を達成することを狙いとしている。

また、図 4 の右下に表示されている「この My 演奏会を共有する」ボタンをクリックすることで、他のユーザーと演奏会プログラムを共有できる。この機能を用いることで、R5 の要件を達成することを狙いとしている。



図 4 My 演奏会の評価画面

4.5.1 レーダーチャートを用いた曲構成の評価

レーダーチャートは図 4 (b) に表示されている領域である。評価は以下の 4 つの項目に分けて行われ、それぞれ 5 点満点でスコアを表示する。なお、レーダーチャートにホバーすることで、各評価項目の具体的なスコア値の表示も可能である。

国籍の近さ 構成曲間の作曲者の国籍の近さを示す。

作曲年の近さ 構成曲間の作曲年の近さを示す。

一緒に演奏されている度合い オーケストラ年鑑のデータに基づき、一緒に演奏された頻度を元に算出した値を用いて評価する。

平均有名度 オーケストラ年鑑のデータに基づき、実際に演奏された頻度の平均値を用いて評価する。

4.5.2 構成曲の演奏時間の割合表示

作成した演奏会プログラムにおける、各曲の演奏時間を図 4(c) のように表示する。ここから演奏時間のバランスを確認することができる。

5. システムの適用例

本システムの有効性を評価するために、オーケストラの演奏会プログラムを構成する場面を想定した本システムの試用を著者で行った。オーケストラ経験のある著者が演奏会プログラムを構成した際の様子を適用例に記す。適用例では、一般的な演奏会プログラムの構成場面と制約を設定した。設定した場面は次の通りである。

- 大学オーケストラが 12 月に行う定期演奏会である。
- 曲の知名度も重視したいが、新しい曲も取り入れたい。
- 構成曲の候補はまだ 1 曲も決まっていない。

設定した制約は次の通りである。

制約 1 演奏会は、前プロ、中プロ、メインの計 3 曲で構成する。

制約 2 演奏会の合計時間は 1 時間から 1 時間半程度。

5.1 適用例

5.1.1 演奏会プログラムの構成

まず、前プロ・中プロ・メイン曲のいずれも決定していないため、最初に演奏会プログラムの核となるメイン曲を決定し、その次に中プロ、前プロを決めていくこととした。

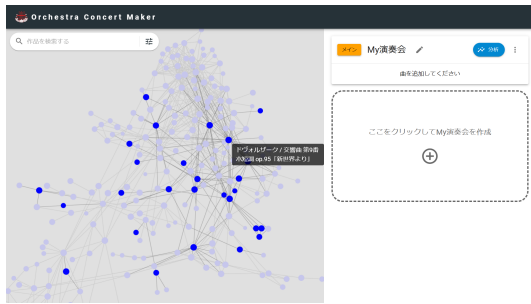


図 5 メイン曲の選択

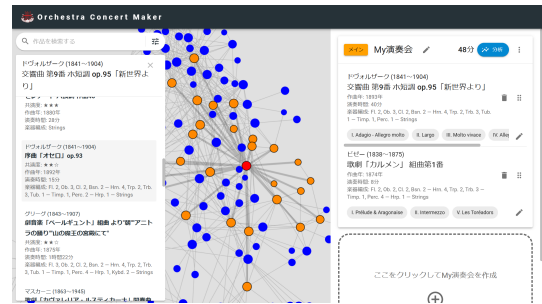


図 7 前プロの選択

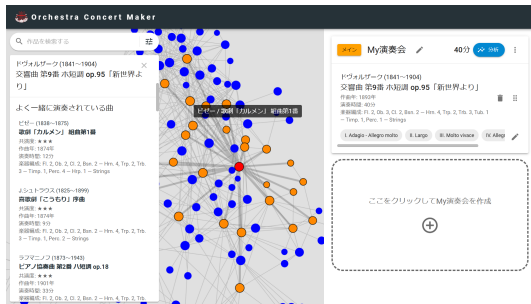


図 6 中プロの選択

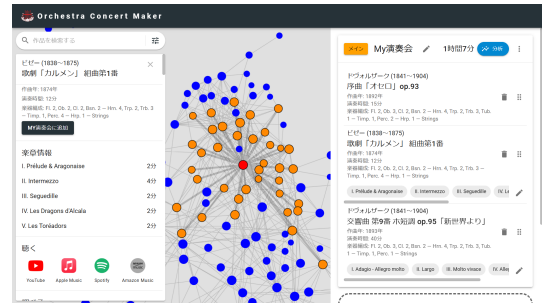


図 8 作成した My 演奏会

メイン曲は、一般的な大学オーケストラの演奏会プログラムと同様に交響曲から選びたいと考えたため、まずフィルター画面の曲名欄に「交響曲」のキーワードを指定した。また、交響曲はチューバの乗り番が存在しないものも多いが、学生オケという性質上チューバにも乗り番は欲しいと考えたため、フィルター画面の楽器編成欄に「チューバ：1人以上」という条件を指定した。フィルターをかけたネットワーク図（図5）から、ノードのサイズが大きいもの（演奏頻度が高い曲）やノードの次数が高いもの（共演頻度が高い曲）を中心にいくつか曲を確認したところ、比較的知名度の高い交響曲である「ドヴォルザーク／交響曲 第9番 小短調 op.95『新世界より』」が目にとまったため、この曲を My 演奏会に追加した。

中プロは、メイン曲とよく一緒に演奏されている曲から選びたいと考えたため、ネットワーク図でエッジが結ばれている曲から選ぶこととした（図6）。いくつか曲を辿って見たところ、「ビゼー／歌劇『カルメン』組曲第1番」が目にとまった。この曲は組曲であり、演奏会では組曲の中からいくつかを抜粋して演奏をしたいと考えたため、「調べる」欄の IMSLP リンクから楽譜を確認し、抜粋する曲を決定した。そして、[My 演奏会に追加] ボタンから必要な抜粋曲のみを選択して、My 演奏会へ追加した。

前プロも、中プロと同様にメイン曲とよく一緒に演奏されている曲から選ぶこととした。また、前プロは序曲の形式で、中プロと同様にハープを使用する曲を選びたいと考えたため、メイン曲の「よく一緒に演奏されている曲」欄から曲名と楽器編成に着目して曲を探したところ、メイン曲と作曲者が同じである「ドヴォルザーク／序曲『謝肉祭』」



図 9 作成した My 演奏会の評価

op.92」が見つかった（図7）。この曲の YouTube リンクから曲を聴いてみたところ、演奏会の1曲目にふさわしい明るい曲であったため、My 演奏会に追加した。

最後に、My 演奏会に追加した曲を演奏順になるように並べ替え、合計演奏時間を確認したところ、56分とやや短いことが分かった。そのため、中プロを抜粋ではなく全曲演奏に変更をすることで、1時間2分となるようにした（図8）。また、各曲の楽器編成も確認し、全ての条件を満たしていることが確認できたため、これで演奏会プログラムの案を完成とした。

5.1.2 演奏会プログラムの評価

構成した演奏会プログラムの評価を行うために、My 演奏会の評価機能を用いたところ、図9のような評価が得られた。レーダーチャートを確認したところ、作曲年の近さ、一緒に演奏されている度合い、平均有名度の3つの項目においては5点満点中で4.5～5点程度、国籍の近さにおいては3.5点となっていた。したがって、作成した演奏会プログラムが比較的评价の高いものであることが確認できた。また、演奏時間の割合については、前プロが10分、中プロ

が12分、メイン曲が40分となっており、各曲の割合もふさわしいものになっていることが確認できた。以上より、構成した演奏会プログラムの内容が満足いくものであると判断したため、これで演奏会プログラムを完成とした。その後、システムのMy演奏会プログラム共有機能を用いて共有リンクを発行し、著者間で演奏会プログラムの内容を共有した。

5.2 適用例に基づく考察

まず、構成曲が一つも決まっていない状態から、フィルタリングやネットワーク図を活用して「ドヴォルザーク／交響曲第9番『新世界より』」を効率的に選定できたことから、任意の曲からプログラムを構成できる(R1)ことが示された。また、フィルタリング機能を用いた条件設定により、交響曲や楽器編成といった制約を反映した楽曲選定が可能であった点で、制約に基づいたプログラム構成が支援された(R2)。さらに、各曲の詳細情報を確認できる機能を活用し、「ビゼー／歌劇『カルメン』組曲第1番」の抜粋曲選定の際にIMSLPリンクを参照するなど、楽曲情報の把握が適切に行えた(R3)。加えて、作成したプログラムをレーダーチャートや演奏時間の割合表示を用いて評価し、全体のバランスが適切であることを確認できたことから、構成したプログラムを定量的に評価する要件を満たしている(R4)。最後に、完成したプログラムを共有機能でリンク化し、著者間で共有したことで、プログラムの内容を確認するプロセスがスムーズに行えた(R5)。以上より、本システムはシステム要件を満たしつつ、演奏会プログラムの構成を効果的に支援することが確認された。

6. 結論と今後の課題

本システムにより、オーケストラ曲間の共演度を視覚的に把握することが可能となり、従来の演奏会プログラム構成システムで課題となっていた、新しい曲の発見や演奏会プログラムの組み合わせの多様性を向上させることが可能となった。また、作成した演奏会プログラムを視覚的に評価できる分析機能を設けたことで、完成した演奏会プログラムを定量的に評価でき、完成した演奏会が適切なものであるかどうかを、演奏会を作成した本人の主観だけでなく、システム側でも客観的に評価することが可能となった。また、ユーザー同士で演奏会プログラムを共有する機能も提供しており、オーケストラの演奏会プログラム構成を多面的に支援することが可能である。

今後の課題として、可視化技術やデータの拡充、処理の面での課題が残っている。可視化技術の課題としては、ネットワークレイアウトに最適化の余地が残っていることや、ネットワーク可視化だけでない別の可視化手法を検討する必要があることが挙げられる。別の可視化手法の例としては、ハイパーグラフを用いることで、国籍や作曲年、楽器

編成などの曲の特徴から複数の曲を集合関係として表現することができ、ネットワーク可視化だけでは表現できない複数の集合間での関係を用いた表示が可能となることが考えられる。データの拡充や処理の面での課題としては、現在、日本のプロオーケストラで演奏されている曲の組み合わせに限られているため、データの数が少ないことや、アマチュアオーケストラでは演奏が難しいような曲も含まれていることが挙げられる。アマチュアオーケストラのデータや、海外のオーケストラで演奏されているプログラムのデータも含めることで、より多様なプログラムの組み合わせを提案できると考えられる。また、候補曲の提示に機械学習を用いた手法を導入することで、ネットワーク上で直接繋がりのない曲でも、共通の特徴などから候補曲として提示でき、より多様な演奏会プログラムの組み合わせを提案できると考えられる。

参考文献

- [1] 富木 菜穂, 佐藤 安理 紗 ジェンジェラ, 矢谷 浩司: OrchExplorer: アマチュアオーケストラ向けコンサートプログラム構成支援システム, 技術報告 2, 東京大学, 東京大学, 東京大学 (2021).
- [2] Cano, P. et al.: Content-Based Music Audio Recommendation, *Proc. MM*, pp. 211–212 (2005).
- [3] Girsang, A. S. et al.: Song Recommendation System Using Collaborative Filtering Methods, *Proc. ICDTE*, Association for Computing Machinery, pp. 160–162 (2019).
- [4] Yoshii, K. et al.: Hybrid Collaborative and Content-based Music Recommendation Using Probabilistic Model with Latent User Preferences, *Proc. ISMIR*, pp. 296–301 (2006).
- [5] Saito, Y. and Itoh, T.: MusiCube: A Visual Music Recommendation System Featuring Interactive Evolutionary Computing, *Proc. VINCI*, Association for Computing Machinery (2011).
- [6] Takahashi, T. et al.: Instrudiver: A Music Visualization System Based on Automatically Recognized Instrumentation, *Proc. ISMIR*, pp. 561–568 (2018).
- [7] Dias, R. and Fonseca, M. J.: MuVis: An Application for Interactive Exploration of Large Music Collections, *Proc. MM*, Association for Computing Machinery, pp. 1043–1046 (2010).
- [8] 小林恭輔, 高久雅生: 楽曲探索を支援するための類似楽曲提示手法, 情報知識学会誌, Vol. 32, No. 2, pp. 287–293 (オンライン), DOI: 10.2964/jsik.2022.021 (2022).
- [9] 濱崎雅弘, 後藤真孝: Songrium: 多様な関係性に基づく音楽視聴支援サービス, 研究報告音楽情報科学 (MUS), Vol. 2012, No. 1, pp. 1–8 (オンライン), 入手先 <<https://cir.nii.ac.jp/crid/157310597749666816>> (2012).
- [10] Mima, H.: MIMA Search: A Structuring Knowledge System towards Innovation for Engineering Education, *Proceedings of the COLING/ACL 2006 Interactive Presentation Sessions* (Curran, J., ed.), Sydney, Australia, Association for Computational Linguistics, pp. 21–24 (online), DOI: 10.3115/1225403.1225409 (2006).