

令和 4 年 6 月 17 日現在

機関番号：16101

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K12248

研究課題名（和文）手指障害者を対象とした楽譜生成システムの開発

研究課題名（英文）A method of generating one-hand piano score for disabled persons of the hand and fingers

研究代表者

大野 将樹 (OHNO, Masaki)

徳島大学・大学院社会産業理工学研究部（理工学域）・講師

研究者番号：90433739

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では3つの手法を考案し、各手法の有効性を評価した。初年度に考案した「HMMに基づく片手演奏楽譜生成モデル」は、両手演奏楽譜の音符列をHMMの観測記号列に、片手演奏楽譜の音符列を隠れ状態系列に割り当て、旋律と伴奏を個別にモデル化した。次年度は、旋律生成モデルと伴奏生成モデルの隠れ状態系列同士の共起確率を考慮した「Linked HMM」を考案し、不協和音の生成を低減した。最終年度は、主旋律系列の生成確率が最大となる伴奏系列を選択する「伴奏選択モデル」を考案し、不自然なリズムの伴奏を生成する問題を解決した。評価実験では、再現性がF値0.29、聴感値は3.75(最良5)という結果を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

楽器を演奏することは、豊かな生活をおくるための手段の一つであるが、手指障害者が演奏しやすいように編曲された楽譜は少ないため、健常者との間に差が生じていた。本研究では、隠れマルコフモデルを用いて手指障害者向け楽譜の連指モデルを構築し、両手演奏楽譜を片手演奏楽譜へ自動変換する技術を考案した。本研究は、手指障害者の楽器演奏を支援するシステムとして、国内外で初めての取り組みであり、教育・医療・福祉分野に対する貢献が期待できる。

研究成果の概要（英文）：In the first year, the "HMM-based one-handed musical score generation model" was proposed, in which note sequences of two-handed musical scores were assigned to HMM observation symbol sequences and note sequences of one-handed musical scores were assigned to hidden state sequences, and melody and accompaniment were modeled separately. In the next year, we proposed a "Linked HMM" that takes into account the co-occurrence probability between the hidden state sequences of the melody generation model and the accompaniment generation model, and was able to reduce the generation of dissonance. In the final year, an "accompaniment selection model" was proposed to select an accompaniment series that maximizes the probability of generating the main melody series, thereby solving the problem of generating dissonant or unnatural rhythmic accompaniments. In the evaluation experiment, reproducibility and audibility were obtained with an F-measure of 0.29 and 3.75, respectively.

研究分野：音楽情報科学

キーワード：手指障害支援 演奏支援 音楽生成 楽譜生成 機械学習

1. 研究開始当初の背景

長寿化が進んでいる我が国において、高齢者や障害者の生活の質 (Quality of Life) を向上させるという課題、いわゆるライフ・イノベーションの推進が求められている。厚生労働省が実施した「平成 18 年 身体障害児・者実態調査」によれば、我が国の身体障害者 348 万人のうち、176 万人 (50.5%) が肢体不自由者であり、その中には多数の手指障害者が含まれている。手指障害とは、先天性の障害や事故により、手指の一部が欠損したり、関節の動きが制限されている状態をいう。

楽器を演奏することは、豊かな生活を送るための手段のひとつであり、手指障害者においても同様である。また、楽器演奏による音楽療法は、脳神経に可塑的变化を誘発することが報告されており、楽しみながら継続的に訓練できるリハビリテーション法としても注目されている。しかし、障害がどの指にあるかを考慮して編曲された手指障害者向けの楽譜は、数が少ないため、健常者との間に生活の質の差が生じている。楽器の初学者が、自身の障害の状態に応じて、健常者向けの楽譜から音数や音程を簡略化したり、適切な運指を決めることは、極めて困難である。特別支援学校小中学部学習指導要領では、「肢体不自由者である児童に対する教育」について、「身体の動きの状態に応じて、感じたことを表現する力の育成に努めること」、「身体の動きの状態に応じて、情報機器を有効に活用し、指導の効果を高めること」と記載されており、教育機関や医療機関において、障害者の楽器演奏を支援するソフトウェアの開発には、強いニーズがある。

従来研究として、音楽理論に基づいて楽譜を簡略化するシステムが提案されている。このシステムは、楽曲の聴覚的な冗長性を簡約するものであり、手指の障害の状態を考慮して編曲しないため、障害の部位によっては演奏が困難になるという問題があった。

2. 研究の目的

本研究の目的は、健常者向け楽譜を手指障害者向け楽譜へ自動変換するシステムを開発することである。ユーザの障害がどの指にあるかによって、変換結果を変えられるようにすることを目指す。本システムによる楽譜の変換例を図 1 に示す。楽器はピアノ、障害の状態は右手指の全てに運動障害があると仮定している。

図 1 : 楽譜の変換例

図 1 で変換されている箇所を以下にまとめる。

- 健常者向け楽譜は両手で弾く構成になっているのに対し、本システムを用いて変換した手指障害者向け楽譜は、左手のみで弾く構成に変換される。
- 左手のみで弾きやすいよう、音程が 1 オクターブ内に変更される (実線の枠)。
- 左手のみで弾きやすいよう、リズムが簡略化される (点線の枠)。
- どの鍵盤をどの指で弾けば良いのかが指番号で指定される (下部の数字)。

本研究の成果により、手指障害者は、自分の好みの曲を、自身の障害の状態に応じて生成できるようになり、バリアフリー化に貢献できる。

3. 研究の方法

3 年間の実施スケジュールを下記にまとめる。

(1) 手指障害者向け楽譜の収集と分析

左手ピアノ楽譜や一本指ピアノ楽譜と、それらに対応する健常者向けピアノ楽譜を収集し、MusicXML 形式に変換する。また、人手による音高・リズムに対する編曲がどのように実施されているのかを分析する。

(2) 音符アライメントプログラムの開発

障害者向け楽譜への編曲の過程を明らかにするため、動的計画法に基づいて、健常者向け楽譜と障害者向け楽譜の各音符のアライメントをとるプログラムを開発する。

(3) 手指障害者向け運指モデルの開発

音符と運指の関係を記述するため、確率論的手法である隠れマルコフモデルを用いる(図2)。健常者向け楽譜から手指障害者向け楽譜への変換過程を隠れマルコフモデルの復号問題として定式化し、ビタビ探索で高速に解く。出力記号を健常者向け楽譜の音符系列、隠れ状態を手指障害者向け楽譜の運指系列として、遷移確率と出力確率を学習する。

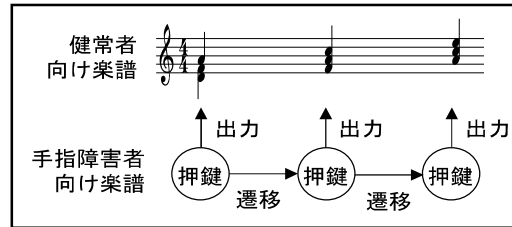


図2：運指モデル

(4) 幅広い楽器に適用するためのシステム開発

楽譜を収集しやすいピアノ楽譜を用いて手指障害者の運指モデルを構築した後、ギターやリコーダーなど、他の楽器の運指モデルへ変換する技術を開発する。

4. 研究成果

本研究では3つの手法を新たに考案し、各手法の有効性を実験により評価した。

【提案手法1】隠れマルコフモデルに基づく片手演奏楽譜生成

令和元年度は、(1)片手演奏楽譜の収集及び分析、(2)手指障害者向け運指モデルを開発した。(1)片手演奏楽譜の収集では、両手演奏楽譜561曲分および片手演奏楽譜95曲分を収集し、両手演奏楽譜と片手演奏楽譜の差異を分析することによって、片手演奏楽譜は旋律の編曲箇所は少なく、伴奏は多く編曲されることを知見として得た。収集した楽譜をXML形式に変換し、後述する手指障害者向け運指モデルのパラメータ学習用データとして利用できるように整備した。(2)手指障害者向け運指モデルの開発では、隠れマルコフモデルに基づいて片手演奏楽譜の運指モデルを構築した。両手演奏楽譜の音符列を隠れマルコフモデルの観測記号列に割り当て、片手演奏楽譜の音符列を隠れ状態系列に割り当てた。(1)で得た片手演奏楽譜は旋律より伴奏が多く編曲されるという知見に基づき、旋律と伴奏を個別にモデル化するアルゴリズムを考案した。入手で編曲した両手楽譜に対して、提案手法は適合率0.79、再現率0.70という結果を得た。

【提案手法2】Linked 隠れマルコフモデル

令和2年度は、手指障害者向け運指モデルの改善を行なった。「隠れマルコフモデルに基づく片手演奏楽譜生成モデル」は、旋律と伴奏が無関係に生成されるため、不協和音を含む楽譜が生成されやすいことが実験により明らかとなった。旋律モデルと伴奏モデルの隠れ状態系列同士の共起確率を考慮した「Linked 隠れマルコフモデル」を考案し、不協和音の生成を低減した。収集した両手演奏楽譜、片手演奏楽譜を用いてLinked 隠れマルコフモデルを構築し、楽譜生成精度を検証した。実験により、通常の隠れマルコフモデルと比較して不協和音が生成される確率が低くなることを確認した。

【提案手法3】伴奏選択モデル

Linked 隠れマルコフモデルは、主旋律と伴奏のリズムの関係、すなわち時系列情報が考慮されていないため、学習データが少ない特殊な拍子を含む楽譜を生成する際、不自然なリズムの伴奏を生成してしまう問題があることが明らかになった。令和3年度は、複数の伴奏系列の中から主旋律系列の生成確率が最大となる伴奏系列を選択する「伴奏選択モデル」を考案し、不協和音や不自然なリズムの伴奏を生成する問題点を解決した。最終評価実験では、令和元年度に収集した両手演奏楽譜、片手演奏楽譜を用いて、再現性(編曲家による実際の編曲をどれだけ再現できたか)、聴感(実際に楽譜を演奏した際の自然さ)に関する評価を行い、再現性はF値0.29、聴感値は3.75(最良5)という結果を得た。

本研究の学術的独自性と創造性について項目ごとに記載する。

● 障害の部位に対応した楽譜を生成する点

障害がある部位に応じて、演奏可能な音高、リズム、運指を提示する点に独自性がある。従来研究として、ギターの運指を自動決定する手法が提案されているが、健常者の利用を前提としており、手指の欠損や機能障害による演奏の困難さは考慮されていない。

● 原曲の雰囲気を保つように編曲する点

健常者向け楽譜の雰囲気を保つように、手指障害者向け楽譜へ変換する点に独自性がある。研究代表者はこれまで、確率論的アプローチに基づいて打楽器の楽譜を自動生成する手法の研究を行ってきた。これらの成果を発展させることで、本研究の独自性を高めている。

● 幅広い楽器の演奏に適用可能なアルゴリズムである点

ピアノやリコーダーなど両手で音高を指定する楽器だけでなく、ギターやバイオリンなど片手で押弦する楽器、トランペットやホルンなど数本の指だけで演奏する楽器についても適用可能なアルゴリズムを設計する。本システムは幅広い楽器の演奏を支援することができる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 森岡淳之介, 大野将樹, 獅々堀正幹
2. 発表標題 伴奏選択モデルに基づく片手楽譜生成手法
3. 学会等名 2021年度電気・電子・情報関係学会四国支部連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大野将樹, 獅々堀正幹
2. 発表標題 隠れマルコフモデルに基づく左手用ピアノ楽譜生成手法
3. 学会等名 第18回情報科学技術フォーラム
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	獅々堀 正幹 (SHISHIBORI Masami) (50274262)	徳島大学・大学院社会産業理工学研究部(理工学域)・教授 (16101)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------