

吹奏楽団向け電子譜面システム PEANUTS のための 譜めくり担当者選定アルゴリズム

飯島 安恵^{1,a)} 藤田 茂² 今野 将³

受付日 2015年6月29日, 採録日 2015年12月7日

概要: 近年, iPad などのタブレット型端末の普及にともない, 電子譜面が注目・開発されてきている. また, 電子譜面システムを演奏会 (特に吹奏楽団など) で使用すると, 紙の譜面を利用する際に演奏者にかかる負荷の軽減が期待できる. しかし, 現状の電子譜面システムは個人使用 (主にピアノ演奏者) を想定して開発されているため, 吹奏楽団のような集団での使用は想定されていない. そのため, 演奏者にかかる譜めくり作業の負荷が依然として大きい. そこで, 本研究では, 譜めくり作業負荷の軽減を目的として, 現在吹奏楽団などで使用されている紙の譜面を再利用することを前提とした, タブレット型端末の特性を活かした吹奏楽団向け電子譜面システム PEANUTS の提案, 試作を行った. PEANUTS システムでは, 吹奏楽団で楽曲を演奏する際に演奏者にかかる負荷の 1 つとして譜めくり作業に着目をした. 譜めくり作業の負荷を軽減するために, 譜めくりタイミングが同じ演奏者の中から, 譜めくり作業を行う譜めくり担当者を, 本論文で提案するモデルとアルゴリズムに基づいて選定する. この結果, 演奏者全体での譜めくり負荷が, 既存の譜めくり手法や電子譜面アプリケーションと比べて低くなる. 本論文では, PEANUTS の評価実験と, PEANUTS を用いた実際の楽器演奏者による実地実験の結果を示す.

キーワード: 電子譜面システム, 分散処理, 担当者選定アルゴリズム, 吹奏楽団

An Algorithm for Designating the Representative Terminal for Electronic Musical Score System PEANUTS for Wind Orchestra

YASUE IJIMA^{1,a)} SHIGERU FUJITA² SUSUMU KONNO³

Received: June 29, 2015, Accepted: December 7, 2015

Abstract: In recent years, with the spread of tablet computers, such as the iPad, applications such as electronic musical scores have been developed that exploit the special features of tablet computers. However, existing electronic musical score applications were developed considering individual use (principally by pianists), and when using electronic musical score systems for a wind orchestra, for example, the load placed on the musical performers are effectively the same as when using paper scores. Therefore, in this study we're taking advantage of the characteristics of the tablet terminal and carrying out the proposal and trial production of the Electronic Musical Score System for Wind Orchestra called PEANUTS. It is presupposed to reuse the score of paper that is currently being used. PEANUTS, is focused on page turn as a load applied to the performer when playing musical piece in Wind Orchestra. We have proposed a system for designating the person in charge of page turn to reduce the load based on algorithm of designating the person in charge of page turn. In this paper, we carried out the simulation and perform experiments using PEANUTS.

Keywords: electronic musical score system, distributed processing, algorithm of designating the person in charge of page turn, wind orchestra

¹ 千葉工業大学大学院工学研究科工学専攻
Graduate School of Doctoral Program in Engineering, Chiba
Institute of Technology, Narashino, Chiba 275-0016, Japan

² 千葉工業大学情報科学部情報工学科
Department of Computer Science, Chiba Institute of Tech-
nology, Narashino, Chiba 275-0016, Japan

³ 千葉工業大学工学部電気電子情報工学科
Department of Electrical, Electronics and Computer Engi-
neering, Chiba Institute of Technology, Narashino, Chiba
275-0016, Japan

a) yasue.ijima@ga.aais-lab.org

1. 序論

近年, iPad などのタブレット型端末の普及, ユーザ数の増加にともない, 電子譜面アプリケーション [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9] が開発されてきている. また, 関連研究論文として小坂谷らの研究など [10], [11], [12], [13], [14], [15] があげられる. 電子譜面アプリケーションは, 紙の譜面と比較して譜面データの保管・管理や譜面の持ち運びなどが容易になる. しかし, 既存の電子譜面アプリケーションは個人使用 (主にピアノ) を想定して開発されているため, 吹奏楽団などで電子譜面アプリケーションを使用した場合, 演奏者には通常の紙の譜面を使用する際と同様の負荷がかかると考えられる. そこで, 本研究では演奏者にかかる負荷の 1 つとして譜めくり作業に着目をした.

現在リリースされている電子譜面アプリケーションの譜めくり機能について例をあげると, 「フットペダルを用いた譜めくり機能」, 「楽器の音に合わせて行う自動譜めくり機能 (ピアノ演奏用)」があげられる. しかし, その機能を吹奏楽団などの多人数で使用した場合, 「フットペダルを用いた譜めくり機能」は, 楽器演奏時に足を使用するパーカッションやテューバなどの楽器では使用できない (しにくい) ため, 吹奏楽団での使用は不向きであると考えた. また, 「楽器の音に合わせて行う自動譜めくり機能」は, 既存の電子譜面アプリケーション「電子楽譜フェアリー [6]」で利用できるが, 現在ピアノの単独演奏時にアプリケーションを使用することのみを想定しており, 吹奏楽団での使用には対応していない. また, オーケストラにおけるヴァイオリンなどの弦楽器は 2 人 1 組になり, 客席から見て奥側の演奏者が譜めくりを行うが, 吹奏楽では各自が自分の譜めくりを行う [16]. このように, 吹奏楽団で既存の電子譜面アプリケーションを使用した場合, 譜めくり作業に関して演奏者には通常の紙の譜面を使用する際と同様の負荷がかかると考えた.

そこで, 本研究では, 以下の 3 点を条件とする吹奏楽団向け電子譜面システム PEANUTS の提案を行う.

条件 1 吹奏楽団などの多人数で使用できる.

条件 2 現状使用している紙の譜面を再利用する.

条件 3 演奏者の中から譜めくりを行う演奏者を決定する.

条件 1 について, 電子譜面システム PEANUTS では, 従来の個人使用のみを想定した電子譜面アプリケーションではなく, 通信機能などのタブレット端末の特性を活かし, 吹奏楽団などの多人数で使用できることを条件とする.

条件 2 について, 現在使用されている紙の譜面をスキャンし取り込み使用するという, 紙の譜面の再利用を条件としている. 現状紙でしか提供されていない譜面が多く, すべての譜面を編集が可能な楽譜データへ変換することは人的負荷が大きいためである.

条件 3 について, 楽曲を演奏する全演奏者の中から, 譜

めくり作業を行う演奏者を数名の譜めくり担当者に集約し譜めくり作業を行うことで, 演奏者の譜めくり作業にかかる負荷を軽減することを条件とする.

本研究では, これらの条件を満たし, 演奏者の負荷を軽減させるような電子譜面システムを提案・開発し, 吹奏楽団全体の譜めくり負荷を軽減することを目的とする.

ここで, 本研究で提案した譜めくり方法以外に, 候補にあがっていた 4 つの譜めくり方法について述べる.

- 指揮者に合わせる方法: 吹奏楽団では, 楽曲の演奏時に指揮者は (フル) スコア譜 (図 1), 演奏者はパート譜 (図 2) を使用する. 本研究で使用した楽曲 1 を

(フル) スコア譜

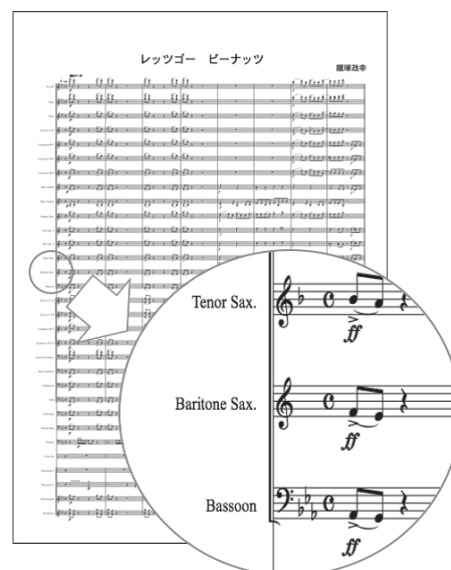


図 1 スコア譜 (例)

Fig. 1 Score.

パート譜

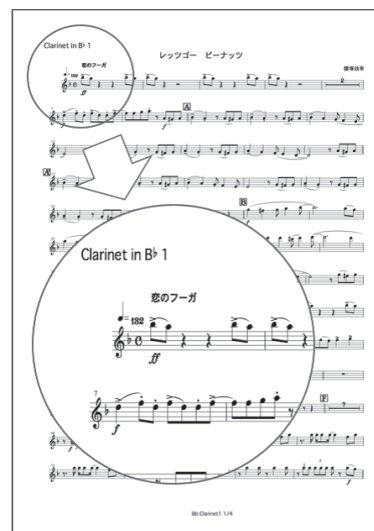


図 2 パート譜 (例)

Fig. 2 Parts.

参考にすると、スコア譜は、単体のパートの情報が1パートあたり5（最小）～10（最大）小節であり、平均は8.1小節であった。パート譜は、単体のパートの情報が1ページあたり43（最小）～140（最大）小節であり、平均は77.0小節である。このように、スコア譜とパート譜では譜めくりタイミングが異なる。パート譜を書き直すという方法が考えられるが、本研究で提案する電子譜面システム PEANUTS の条件2にあてはまらない。

- 演奏者の楽器の音と譜面を同期させる方法：演奏者の楽器の音をマイクを用いて取り込み、現在譜面のどの部分を演奏しているかを認識して、自動で譜めくりを行うという方法を検討していた。電子譜面アプリケーション「電子楽譜フェアリー [6]」の譜めくり機能がこれに該当するが、この譜めくり機能には専用の楽譜データが必要であり、現状の紙の譜面を書き換える必要がある。そのため、本研究で提案する PEANUTS の条件2にあてはまらない。
- 曲の指定テンポに合わせる方法：楽曲では“四分音符（記号）＝120”や“Andante（アンダンテ＝（四分音符＝80～92））”というように指定テンポが定められている。しかし、指揮者や楽団によっては、様々な理由で指定テンポとは異なるテンポで曲の練習や演奏を行う場合がある。つねに決まったテンポで演奏されるとは限らないため、曲の指定テンポに合わせて自動で譜めくりをしてしまうと、譜めくりのタイミングが合わない可能性がある。
- 譜面を自動でつねにスクロールさせる方法：1ページの譜面または、五線譜を1段ずつ拡大したものを、自動的にスクロールさせて譜面を更新する方法を検討していた。この方法について楽器経験者を含む44名にアンケート調査を行ったところ、「演奏者は通常、楽曲の演奏中は譜面と指揮者の両方を注視するため、譜面が自動でスクロールされていると、指揮者を見るために譜面から目を離した際に目線が切れてしまい、どこを演奏しているかが分からなくなる」「演奏などを行いながら動いているものをつねに目で追うのは難しい」という意見を得た。

以上の4つの譜めくり方法は条件1-3のいずれかを満たしていないため、本研究における研究の対象外とする。

2. 吹奏楽団向け電子譜面システム PEANUTS の提案と設計

2.1 電子譜面システム PEANUTS の概要

吹奏楽団向け電子譜面システム PEANUTS の概要を図3に示す。PEANUTS システムは、2.2.1 項で示すモデルに基づいた演奏者の負荷値などの吹奏楽団データ、譜めくりタイミングなどの譜面データ、それらのデータを基に譜め

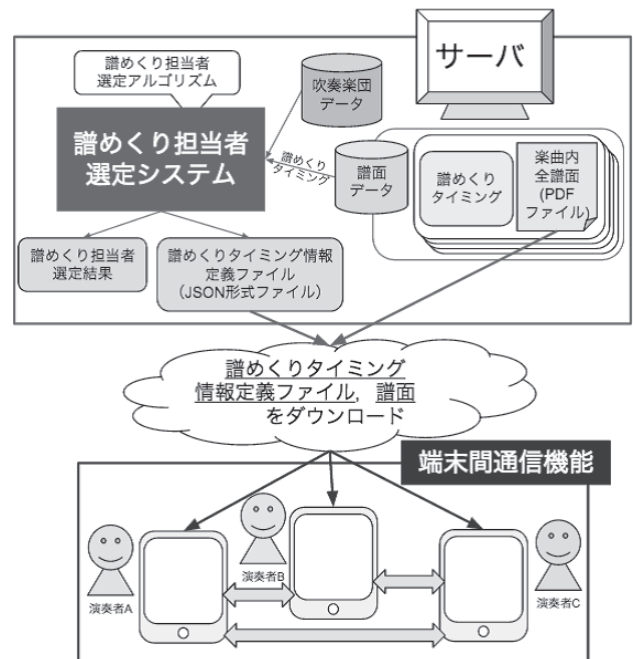


図3 吹奏楽団向け電子譜面システム PEANUTS の概要

Fig. 3 Summary of electronic musical score system PEANUTS for wind orchestra.

くり担当者を選定する“譜めくり担当者選定システム”を有するサーバーと、演奏者が使用する端末上で動作する電子譜面アプリケーションで構成されている。

演奏者は、サーバーから端末へ、譜めくりタイミング情報定義ファイルと楽曲内で使用する全譜面をダウンロードする。それらの情報をダウンロードした後は、担当するパートの変更などが無い限りサーバーとの通信は行わない。

譜めくり担当者選定システムは、譜めくり担当者選定アルゴリズム（2.2.3 項で定義）を用いて、演奏者の負荷値や譜めくりタイミングを考慮し、各ページの譜めくり担当者を決定する。譜めくり担当者は、該当楽曲を演奏することが決定した時点で、譜めくり担当者選定システムによって決定され、周知される。また、合奏練習時から譜めくり担当者が譜めくり作業を行う。譜めくり担当者の端末には、譜めくり作業を担当する譜面ページの表示時、画面上部に譜めくり担当者であるサインが表示される（図4）。

本論文では、“譜めくり担当者選定システム”と“端末間通信機能”について試作をした。図5に吹奏楽団向け電子譜面システム PEANUTS の利用イメージと、図6に端末間通信機能を利用した譜めくり通信の様子を示す。

2.2 譜めくり担当者選定システム

吹奏楽団などで楽曲を演奏する際に、指揮者用の（フル）スコア譜と演奏者用のパート譜を使用する。スコア譜は、楽曲で使用するパート（楽器）の情報がすべて記載されており、楽曲1曲につき、たいてい1種類のスコア譜が存在する。パート譜は、演奏者が担当するパートの情報のみが



図 4 譜めくり担当者譜めくり作業サイン表示例

Fig. 4 The person in charge of page turning of the sign of page turning work.

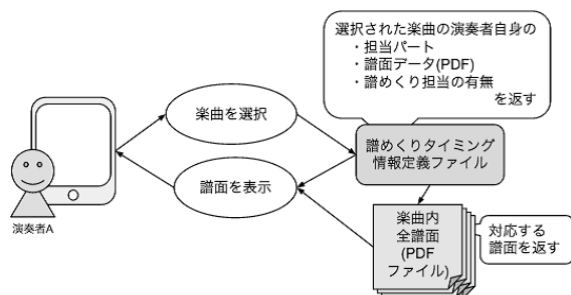


図 5 吹奏楽団向け電子譜面システム PEANUTS の利用イメージ

Fig. 5 The electronic musical score system PEANUTS gives an example of use for wind orchestra.

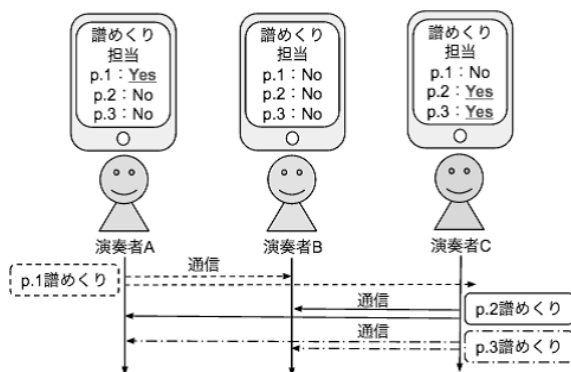


図 6 端末間通信機能を利用した譜めくり通信

Fig. 6 Page turn connection using of function of the terminal-to-terminal communication.

記載されており、それぞれのパートごとに 1 種類のパート譜が存在する。

譜面に全休符 (1 小節間音を出さないという記号) が複数小節にわたって連続して記載される場合、パート譜では全休符の小節を省略して数字で記載する場合がある (スコア譜では省略されずに記載される (図 7))。そのため、それぞれのパート譜は譜めくりタイミグが異なる。しかし、同パートを複数人で演奏している場合や、別パートの譜面でも譜めくりタイミグが一致する場合がある。PEANUTS では、その譜めくりタイミグに着目をし、譜めくり作業の効率化を図るための譜めくり担当者選定システムを提

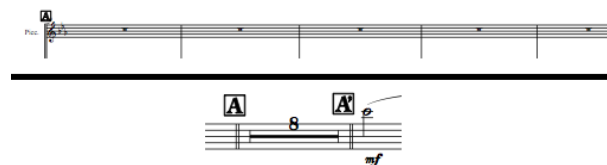


図 7 全休符 (上図: スコア譜, 下図: パート譜 (8 小節間省略))

Fig. 7 Whole note rest (upper: Score, lower: Parts (8 bars omitted)).

【吹奏楽団モデル】

<吹奏楽団> ::= <演奏者>+ <譜面>+

【演奏者モデル】

<演奏者> ::= <個人識別子> <担当楽器> <基礎負荷値>

<個人識別子> ::= “端末名”

<担当楽器> ::= ... | Piccolo | Flute1st | Flute2nd | ...

<基礎負荷値> ::= <個人の負荷値> '+' <楽器の負荷値>

<個人の負荷値> ::= <演奏レベル> '+' <譜読レベル>

<演奏レベル> ::= 1 | 2 | 3

<譜読レベル> ::= 1 | 2 | 3

<楽器の負荷値> ::= <楽器演奏部位> '+' <楽器支持部位>

<楽器演奏部位> ::= [右手] '+' [左手] '+' [足]

<楽器支持部位> ::= [右手] '+' [左手] '+' [足] '+' [首]

【譜面モデル】

<譜面> ::= “楽曲名” “小節数” <パート譜>+ <フルスコア譜>

<パート譜> ::= “パート名” “パート譜ファイル名” “ページ数”

<運指負荷値> <譜めくりタイミグ>

<運指負荷値> ::= “p.1 運指負荷値” “p.2 運指負荷値”

... “最終ページ目運指負荷値”

<譜めくりタイミグ> ::= “p.1 最終小節番号” “p.2 最終小節番号”

... “最終ページ目最終小節番号”

<フルスコア譜> ::= “スコア譜ファイル名”

図 8 拡張 BNF を用いて定義したモデル

Fig. 8 The model which was defined as using the extended Backus-Naur Form.

案、開発した。

譜めくり担当者選定システムとは、各演奏者の個人の譜めくり負荷値 (2.2.2 項で定義) を比較し、各ページで譜めくりタイミグが一致している演奏者の中から譜めくり負荷値の最も低い演奏者の 1 名を、譜めくり担当者とする。各ページの譜めくり担当者が譜めくり作業を行うと、譜めくりタイミグが同じパート譜を使用している端末間で通信が行われ、他の演奏者の譜面も自動的にめくられるというものである。譜めくり担当者選定システムを実現させることで、楽団全体での譜めくり負荷を軽減できるのではないかと考えた。

2.2.1 拡張 BNF を用いて定義したモデルの譜めくり負荷記述形式

演奏者の譜めくり負荷を数値化するために、本研究では、吹奏楽団モデル・演奏者モデル・楽曲モデル・譜面モデルを、BNF (Backus-Naur Form) [17] に正規表現の繰返しオペレータ “+” を導入した拡張 BNF を用いて定義した。各モデルの詳細について図 8 に示す。

吹奏楽団モデルは、複数の演奏者と複数の譜面情報から

構成されている。

演奏者モデルは、それぞれの演奏者を識別するための個人識別子、それぞれの担当楽器、基礎負荷値から構成されている。個人識別子とは、演奏者が使用するタブレット端末の端末名 (.local) である。担当楽器とは、それぞれの演奏者が担当している楽器の名称である。基礎負荷値は、その演奏者の「個人の負荷値」と「楽器の負荷値」を数値化したものの和で定義される。個人の負荷値は、演奏者の演奏レベル・譜読みレベルを数値化したものであり、楽器の負荷値は、演奏者が担当している楽器を演奏する際にかかる負荷を数値化したものである。個人の負荷値、楽器の負荷値に関する詳細は 2.2.2 項で示す。

譜面モデルは、楽曲名、小節数、複数のパート譜、フルスコア譜で構成される。パート譜は、パート名、パート譜のファイル名、ページ数と、運指負荷値、譜めくりタイミングで構成されている。運指負荷値とは、それぞれのパート譜の譜めくりタイミング直前の 1 小節間の運指負荷値を数値化したものである。運指負荷値の詳細についても 2.2.2 項で示す。譜めくりタイミングとは、それぞれのパート譜の譜めくりタイミング直前の最終小節番号である。

なお、ここで定義するパートとは、同一種類の楽器であっても担当している譜面が異なる場合は異なるパートとする（例：フルート 1st パート、フルート 2nd パートは別パートである）。

2.2.2 演奏者の負荷値の計算方法

2.2.1 項で定義した、モデル中の特定の値を算出するために、5つのパラメータを定義し、算出式 (1)~(5) を定義した。モデルのうち「運指負荷値」「楽器の負荷値」はパート（楽器）ごとに、「基礎負荷値」は演奏者ごとに算出する。なお、楽器の負荷値に関して、楽器経験者を含む 37 名にアンケート調査を実施し妥当性の確認を行った。

それぞれの詳細について述べる。

<パラメータ>

NP_{inst} (パートの演奏者の集合)：本研究におけるパートとは、同じ譜面を演奏する演奏者のことを指す（例：フルート 1st パート、フルート 2nd パート）。

LI (楽器の負荷値)：楽器を演奏する際に用いる部位（楽器演奏部位）と、楽器を支えるために用いる部位（楽器支持部位）の和で算出する。

(例：フルート 楽器演奏 (右手, 左手) 2 + 楽器支持 (右手, 左手) 2 = 4)

Pt (譜めくり回数)：演奏者が使用するパート譜の譜めくり回数である。

Lm (個人の負荷値)：演奏者自身の楽器歴（どの程度楽器を演奏できるか）と音楽歴（どの程度譜面を読むことができるか）の和で算出する。個人の負荷値はシステム中で演奏者自身が直接設定をする。

詳細を以下に示す。



図 9 運指負荷値計算用アルトサックスパート譜（一部）

Fig. 9 Alto saxophone parts for fingering load value calculation (a part).

【楽器歴】(演奏レベル)

負荷値：1 何の確認もせずに楽器を演奏できる。

負荷値：2 運指や演奏方法を思い出しながら演奏できる。

負荷値：3 運指や演奏方法を確認しながら演奏できる。

【音楽歴】(譜読レベル)

負荷値：1 数分～数時間で譜読みができる。

負荷値：2 数日かけて譜読みができる。

負荷値：3 音階を書き込むなどをして譜読みができる。

$Fing_{Pt}$ (譜めくり直前の運指負荷値)：譜めくりタイミング直前の 1 小節間の運指を 1 拍ごとに数値化したものである。1 拍間に複数の音がある場合は、最も負荷値の大きい音をその 1 拍間の運指負荷値とする。詳細と例を以下に示す。また、運指負荷値合計の算出式は式 (1) のとおりである。

【運指負荷値】

負荷値：0 休符のため楽器を演奏していない状態

負荷値：1 演奏のため片手がふさがれている状態

負荷値：2 演奏のため両手がふさがれている状態

(例：図 9 のアルトサックスのパート譜の場合、「ソ (片手)」「ソ (片手)」「ソ (片手)」「ミ (両手)」で運指負荷値は $1 + 1 + 1 + 2 = 5$ となる。)

<計算式>

パラメータの後ろの添え字について、 x はパートごとの識別、 y は個人の識別を表すものである。

式 (1) は、運指負荷値合計の算出式である。1 ページごとに算出した運指負荷値を、全譜めくり回数分足し合わせたものが運指負荷値合計である。

$$Fing = (Fing_1 + Fing_2 + \dots + Fing_{Pt-1} + Fing_{Pt}) \quad (1)$$

式 (2) は、個人の譜めくり負荷値の算出式である。楽器の負荷値と個人の負荷値を積算し、その結果に譜めくり回数を積算して、運指負荷値合計を足し合わせた値である。

$$Lt_y = \{(LI_x \times Lm_y) \times Pt_x\} + Fing_x \quad (2)$$

式 (3) は、パートの譜めくり負荷値の算出式である。式 (2) で算出した Lt_y をパートの人数分足し合わせた値である。

$$Lp_x = \sum_{m \in NP_{inst}} (Lt_y)_m \quad (3)$$

式 (4) は、システム導入前の譜めくり負荷値の算出式で

あり、式 (3) を展開したものである。

$$Lp_x = \sum_{m \in NP_{inst}} \{(LI_x \times Lm_y) \times Pt_x\} + Fing_x\}_m \quad (4)$$

式 (5) は、システム導入後の譜めくり負荷値の算出式である。式 (4) ではパートごとに判定していた譜めくり回数 (Pt_x) が、式 (5) では個人の譜めくり回数 (Pt_y) となっている。

$$Lp_x = \sum_{m \in NP_{inst}} \{(LI_x \times Lm_y) \times Pt_y\} + Fing_x\}_m \quad (5)$$

PEANUTS では、式 (5) における譜めくり回数 (Pt_y) を削減し、吹奏楽団全体で演奏者の譜めくり負荷を軽減することを目的としている。

2.2.3 譜めくり担当者選定アルゴリズム

PEANUTS において、譜めくり担当者は次に示す 4 つの STEP を用いて選定される。譜めくり担当者決定のためのアルゴリズムを以下に示す。

STEP 1. 【譜めくりに関するパラメータを算出】

2.2.1 項のモデル、および 2.2.2 項の式を用いて、各種パラメータ (NP_{inst} , LI , Pt , Lm , $Fing$) を算出する。これは、演奏する曲目が決定した際に 1 度だけ実行され、その後は曲目に変更されない限り実行されない。

STEP 2. 【譜めくりタイミングを取得】

サーバが所持している譜面データから、それぞれのパートの譜めくりタイミングを取得する。譜めくりタイミングとは、各パート譜の各ページであらかじめ決められている「何小節目で譜めくりをするのか」というタイミングである。

STEP 3. 【譜めくり担当者を決定】

STEP 1 で算出した各種パラメータと、STEP 2 で取得した譜めくりタイミングの情報を考慮しながら、各ページの譜めくり担当者を決定する。これは、最初に 1 度だけ実行され、その後は演奏者の入れ替えなどがない限り変更されない。譜めくり担当者決定方法は、[A]～[D] の 4 通りを検討している。

STEP 4. 【グループ内で譜めくりを同期】

STEP 3 で決定した譜めくり担当者が譜めくり作業を行うと、STEP 2 で分類した、譜めくり担当者と同じ譜めくりタイミングのグループ内の端末と通信が行われ、そのグループの演奏者らの譜面が、譜めくり担当者が譜めくりをしたタイミングに合わせて自動でめくられる。

以下に 4 通りの譜めくり担当者決定方法を示す。

【譜めくり担当者決定方法 (4 通り)】

- 小節ごとに演奏者の負荷値を比較 (譜めくりタイミング表を前方 [A], 後方 [B] からシステムが判定)
譜めくりタイミング表 (4 章, 図 12 参照) を小節ごとにシステムが判定する方法である。譜めくりタイミ

ングを表の前方、または後方からシステムが判定していき、譜めくりタイミングの小節を発見すると、その演奏者と同じタイミングで譜めくりをしている演奏者が他にいるかどうかを確認し、いた場合は、その中で譜めくり負荷値の合計が最も低い演奏者が、いない場合は、その演奏者が譜めくり担当者となる。譜めくり負荷値の合計が同じ値の演奏者がいた場合、他のパラメータの値との比較を行う。

- パートごとに譜めくりタイミング表の負荷値を比較 (譜めくりタイミング表を前方 [C], 後方 [D] からシステムが判定)

譜めくりタイミング表をパートごと (横) にシステムが判定する方法である。すべての演奏者の中で、譜めくり負荷値の合計が最も高い演奏者を見出し、その演奏者の譜めくりタイミングを探し、同じタイミングで譜めくりを行っている演奏者がいる場合は、最も負荷値の高い演奏者を譜めくり担当者候補から除外し、いない場合は、その演奏者が譜めくりを行う。

2.3 端末間通信機能

端末間通信機能の譜めくり同期プロトコルについて述べる。

演奏者の使用する端末上で PEANUTS を起動した後、端末内に複数保存されている各楽曲の譜めくりタイミング情報定義ファイルを読み込み、楽曲名・パート名、関連するパート譜 (PDF ファイル) などを取得する。演奏者が曲目一覧から楽曲を選択すると、端末内に保存されているパート譜の中から、演奏者が担当するパート譜を選択して端末上に表示させる。その後、譜めくり担当者が譜めくり作業 (手動) を行うと、譜めくりタイミングが同じ演奏者に譜めくり要求が送られ、そのページの譜めくりが自動で行われる。なお、譜めくり担当者になる演奏者は、譜めくりタイミングが同じグループ内で 1 ページごとに 1 名である。それぞれのページごとに、譜めくり担当者が異なる場合がある。

3. 吹奏楽団向け電子譜面システム PEANUTS の試作

以上の設計をふまえ、吹奏楽団向け電子譜面システム PEANUTS を試作した。

使用したタブレット端末は iPad である。開発環境は Xcode5.0 (Macintosh)、開発言語は Objective-C を使用した。端末間の通信は Wi-Fi の IP 直接通信を用いて行い、楽曲や、演奏者の負荷値などは譜めくりタイミング情報定義ファイルを JSON (JavaScript Object Notation) 形式を用いて入力する。

3.1 吹奏楽団向け電子譜面システム PEANUTS の機能

以下に、PEANUTS システム内で演奏者が使用するタブ

レット端末上で動作する電子譜面アプリケーションの機能を示す。

- 譜面一覧機能 (図 10)

タブレット端末に保存されている曲名を一覧表示する機能である。譜面一覧機能の画面例を図 10 に示す。ここで一覧表示される曲名は、譜めくりタイミング情報定義ファイル内で定義されている。楽曲と演奏者の所持している端末、担当パートが、譜めくりタイミング情報定義ファイルで関連付けられているため、曲名をタップすると、担当楽器のパート譜が表示される。

- PDF ビューア機能 (図 11)

各演奏者 (端末) に対応した PDF ファイルを表示する機能である。PDF ビューア機能の画面例を図 11 に示す。演奏者はこの画面を見ながら演奏を行う。

- 譜めくりタイミング情報定義 (JSON 形式)

譜めくりタイミング情報定義ファイルの内容を以下に示す。

– title 楽曲タイトル名

– devices

* id 端末番号

* name 端末名

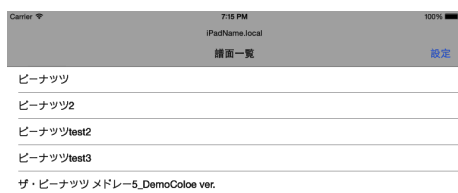


図 10 譜面一覧機能画面例

Fig. 10 Example of the music list function.

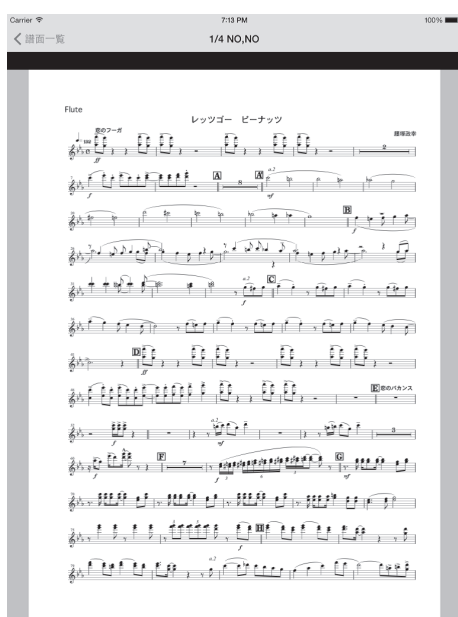


図 11 PDF ビューア機能画面例

Fig. 11 Example of the PDF viewer function.

* file 演奏者の端末に表示する PDF ファイル名

– timing

* id 譜めくりタイミング番号

* devices

・ device 端末名

・ page 遷移先ページ番号

・ turn 譜めくり担当かどうかのフラグ (譜めくり担当の場合 “true”, それ以外は “false” を指定. 同一タイミングでの譜めくり担当者は 1 名のみ)

譜めくりタイミング情報定義ファイルには、1 つの楽曲の情報のみが記載されているため、演奏する楽曲の数と同数の譜めくりタイミング情報定義ファイルが端末内に保存されている。同一の譜めくりタイミング時に譜めくり担当者に指定される演奏者 (端末) はパートごとに 1 名である。

- 通信機能

Wi-Fi での IP 直接通信で、端末どうしの通信を行う。複数台の端末で譜めくりを同期できるような通信機能である。通信機能のおおまかな流れは、端末で PEANUTS が起動された後、端末名 (.local) を取得し、使用するポートを指定する。アプリ内に保存されている譜めくりタイミング情報定義ファイルを読み込み、自分が譜めくり担当であるかどうかを判断する。譜めくり担当である場合 (サーバ) はサーバサービスを起動し、Wi-Fi 通信待ち受けを開始する。譜めくり担当でない場合 (クライアント) は、譜めくり担当者の端末を探し、通信対象を指定する。その後、譜めくり担当者が譜めくりを行うと、譜めくりタイミング情報定義ファイルに記載されている端末に譜めくり要求 (遷移先ページ番号) を送り、それを受け取った端末の譜面は指定されたページへ自動的に譜めくり遷移される。

4. 吹奏楽団向け電子譜面システム PEANUTS の評価実験

吹奏楽団向け電子譜面システム PEANUTS を用いて、数値計算による評価実験を以下の 4 種類実施した。

評価実験 1 提案システムの効果の検証

評価実験 2 譜めくり担当者選定アルゴリズムの検証

評価実験 3 吹奏楽団の規模と個人の負荷値の違いによる譜めくり負荷軽減率の変化の検証

評価実験 4 実地実験と同条件での譜めくり担当者選定アルゴリズムの検証

使用した楽団モデル、楽曲、譜めくりタイミング表について以下に示す。楽団モデルは、筆者が所属する実際の吹奏楽団を参考に定義した。評価実験 4 に関しては、5 章で述べる実地実験と同様の木管アンサンブルを想定した団員

ID	パート名	楽器の 負荷値	個人負荷値			譜めくり 回数	負荷値 合計	運指			運指 負荷	負荷値 合計
			楽器歴	音楽歴	負荷値			p.1	p.2	p.3		
1	Picc	4	2	1	3	3	36	8	1	8	17	53
2	Ffl	4	2	2	4	3	48	8	8	8	24	72
3	Ffl	4	2	3	5	3	60	8	8	8	24	84
4	Ff2	4	1	2	3	3	36	8	8	8	24	60
5	Ff2	4	3	3	6	3	72	8	8	8	24	96
6	Ob	4	2	1	3	3	36	8	0	6	14	50
7	Basson1	4	1	1	2	2	16	2	4		6	22
8	Basson2	4	3	3	6	2	48	2	4		6	54
9	EsCl	4	2	1	3	3	36	5	4	4	13	49
10	1st Cl	4	2	1	3	3	36	4	0	6	10	46
11	1st Cl	4	2	2	4	3	48	4	0	6	10	58
12	2nd Cl	4	1	2	3	3	36	8	0	4	12	48
13	2nd Cl	4	2	3	5	3	60	8	0	4	12	72
14	3rd Cl	4	3	3	6	3	72	7	4	8	19	97
15	3rd Cl	4	3	3	6	3	72	7	4	8	19	97
16	Bass Cl	4	2	2	4	3	48	4	4	4	12	64
17	S.Sax	4	1	1	2	2	16	6	6		12	28
18	1st A.Sax	4	1	1	2	3	24	7	8	4	19	44
19	1st A.Sax	4	1	1	2	3	24	7	8	4	19	44

[illegible]

図 12 譜めくりタイミング表 (一部)

Fig. 12 Example of the page turning timing table.

数7名のモデルを用いた。

【楽団モデル】

- 評価実験 1, 2 : 57 名
- 評価実験 3 : 33 名, 57 名, 80 名
- 評価実験 4 : 7 名

【樂曲】

- 評価実験 1, 2, 3 (評価実験 3 は楽曲 1 のみを使用)

— 樂曲 1

- * 全小節数：314 小節
- * ページ数：4 ページ（ただし、Bassoon・S.Sax：3 ページ，DrumSet：6 ページ）
- * パート数：36 パート

一 乐曲 2

- * 全小節数：179 小節
 * ページ数：3 ページ（ただし，Pic・Fl1st・Fl2nd・Ob・Cl2nd・Cl3rd・Hr1st・Hr2nd・Hr3rd・Hr4th・Eup・BgoDr・CDr・Vib・Glock：2 ページ，A.Sax1st・A.Sax2nd・Tp3rd・Tp4th：4 ページ）
 * パート数：35 パート

— 樂曲 3

- * 全小節数：102 小節
- * ページ数：2 ページ（ただし、Perc.1st・Perc.2nd：1 ページ，Fl1st・Fl2nd：3 ページ）
- * パート数：34 パート

- ## ● 評価実験 4

— 樂曲 4

- * 全小節数：193 小節
- * ページ数：3 ページ
- * パート数：7 パート

【譜めくりタイミング表】

図 12 に評価実験に用いた曲の譜めくりタイミング表の例を示す。譜めくりタイミング表には、演奏者名（パート

表 1 楽曲 1：システム導入前後の譜めくり負荷値

Table 1 Music1: System implementation before and after the page turning load value.

ページ数	1	2	3	4	5
譜めくり人数（前）	57	57	54	1	1
譜めくり人数（後）	23	27	22	1	1
負荷軽減率	60%	53%	59%	0%	0%

表 2 楽曲 2: システム導入前後の譜めくり負荷値

Table 2 Music2: System implementation before and after the page turning load value.

ページ数	1	2	3
譜めくり人数（前）	57	31	6
譜めくり人数（後）	16	10	2
負荷軽減率	72%	68%	67%

名), 楽器の負荷値, 個人の負荷値, 譜めくり負荷値合計 (譜めくり担当者決定前・後), 小節数 (通し番号, 練習番号ごとの小節番号), 譜めくりタイミング (運指負荷値) などの情報が記載されている. 楽曲ごとに異なる譜めくりタイミング表を csv ファイルに変換し, それらを用いて評価実験を行った.

4.1 評価実験 1：提案システムの効果の検証

譜めくり担当者を決定し譜めくり作業を行うことで、提案システム導入前後で譜めくり作業を行う演奏者の人数がどのように変化し、吹奏楽団全体の譜めくり負荷がどの程度軽減されるかを調査するため、数値計算による評価実験を行った。

結果を、各楽曲ごとにそれぞれ表 1, 表 2, 表 3 に示す.

各表の「ページ数」は譜めくり作業を行うページ数を示している。「譜めくり人数(前/後)」は提案システム導入前後の譜めくり作業を行う人数を示しており、「負荷軽減率」

表 3 楽曲 3：システム導入前後の譜めくり負荷値

Table 3 Music3: System implementation before and after the page turning load value.

ページ数	1	2
譜めくり人数 (前)	54	3
譜めくり人数 (後)	19	1
負荷軽減率	65%	67%

表 4 楽曲 1：譜めくり担当者選定アルゴリズムの検証評価実験結果

Table 4 Music1: Verification of an algorithm of the person in charge of page turn (Evaluation experiment results).

振り分け方法	[A]	[B]	[C]	[D]
譜めくり人数 (人)	57 (演奏者モデル人数)			
吹奏楽団全体での軽減率 (%)	64.7	65.5	64.7	65.7
譜めくり負荷 100%軽減率 (%)	21.1	26.3	21.1	28.1
譜めくり負荷 0%軽減率 (%)	14.0	15.8	14.0	15.8

は提案システム導入前後の譜めくり作業を行っている人数を比較し、提案システム導入後の譜めくり作業負荷の軽減率を示したものである。システム導入前の人数を $N1$ 、導入後の人数を $N2$ とすると、負荷軽減率 (Lrr) は以下の式 (6) で表される。

$$Lrr = 100 \times (1 - (N2/N1)) \quad (6)$$

それぞれの表に示すとおり、楽曲 1 の DrumSet のみ譜めくりがある場合 (4, 5 ページ) を除き、譜めくり負荷が 50%以上軽減されていることが分かった。これにより、提案システムが吹奏楽団全体の譜めくり負荷を軽減することが確認できた。

4.2 評価実験 2：譜めくり担当者選定アルゴリズムの検証

2.2.3 項で述べた、譜めくり担当者選定アルゴリズム中の“STEP 3. 【譜めくり担当者を決定】”の譜めくり担当者決定方法 [A]~[D] について、楽曲 1~3 を用いて数値計算による評価実験を行った。数値計算による評価実験のためのプログラムの開発環境は Xcode6.1.1 (Macintosh)、開発言語は C 言語を使用した。実験結果を以下に示す。

楽曲 1 は、評価実験に用いた楽曲の中で、小節数・譜めくりページ数が最も多い楽曲である。結果として、[A] は比較的初心者 (楽器歴が短い演奏者) が、[C], [D] は、中級~上級者が、[B] は上級者が譜めくり担当者になりやすいことが分かった。吹奏楽団全体での譜めくり負荷軽減率は、[D] が最も高い値となった (表 4)。また、表中の「譜めくり負荷 100%軽減率」とは、100%譜めくり作業がなくなった演奏者の割合を示し、「譜めくり負荷 0%軽減率」とは、譜めくり作業がなくならなかった演奏者の割合を示す。楽曲 1 では、譜めくり負荷 100%軽減率が最も高かったのは方法 [D]、譜めくり負荷 0%軽減率が最も高かったのは方法 [B], [D] であった。

楽曲 2 は、評価実験に用いた楽曲の中では、小節数・譜

表 5 楽曲 2：譜めくり担当者選定アルゴリズムの検証評価実験結果

Table 5 Music2: Verification of an algorithm of the person in charge of page turn (Evaluation experiment results).

振り分け方法	[A]	[B]	[C]	[D]
譜めくり人数 (人)	57 (演奏者モデル人数)			
吹奏楽団全体での軽減率 (%)	76.4	76.7	76.4	76.7
譜めくり負荷 100%軽減率 (%)	56.1	56.1	56.1	56.1
譜めくり負荷 0%軽減率 (%)	14.0	14.0	14.0	14.0

表 6 楽曲 3：譜めくり担当者選定アルゴリズムの検証評価実験結果

Table 6 Music3: Verification of an algorithm of the person in charge of page turn (Evaluation experiment results).

振り分け方法	[A]	[B]	[C]	[D]
譜めくり人数 (人)	57 (演奏者モデル人数)			
吹奏楽団全体での軽減率 (%)	61.9	61.9	61.9	61.9
譜めくり負荷 100%軽減率 (%)	61.4	61.4	61.4	61.4
譜めくり負荷 0%軽減率 (%)	35.1	35.1	35.1	35.1

めくりページ数が中規模の楽曲である。結果として、[A], [B], [C] は上級者が、[D] は比較的初心者が譜めくり担当者になりやすいことが分かった。吹奏楽団全体での譜めくり負荷軽減率は、[B], [D] が最も高い値となった (表 5)。楽曲 2 では、譜めくり負荷 100%軽減率・譜めくり負荷 0%軽減率ともにすべての方法で同じ値となった。

楽曲 3 は、小節数・譜めくりページ数が少なく、小規模な楽曲である。結果として、吹奏楽団全体での譜めくり負荷軽減率は [A]~[D] すべての方法で同じ値となった (表 6)。傾向としては、[A] は上級者が、[B], [C], [D] は中級~上級者が譜めくり担当者になりやすいことが分かった。楽曲 3 では、譜めくり負荷 100%軽減率・譜めくり負荷 0%軽減率ともにすべての方法で同じ値となった。

4.3 評価実験 3：吹奏楽団の規模と演奏レベルの偏りによる負荷軽減率の変化の検証

吹奏楽団の規模と演奏者の演奏レベルの偏りにより、譜めくり負荷軽減率がどのように変化するかについて、数値計算による評価実験を行った。楽曲 1 に対して、楽団モデル (団員数 33 名 (小規模), 57 名 (中規模), 80 名 (大規模)) 3 種類と、演奏者の演奏レベル (初心者が多い, 平均的, 上級者が多い) 3 種類の場合の譜めくり負荷軽減率を比較した。結果を表 7 に示す。

表 7 より、楽団の規模が大きくなるにつれて譜めくり作業の負荷軽減率が大きくなることが分かる。演奏者の演奏レベルに関して、初心者や上級者の増減は負荷軽減率に多少関係するものの、大きな影響は与えないことが分かった。

4.4 評価実験 4：実地実験と同条件での譜めくり担当者選定アルゴリズムの検証

5 章で述べる実地実験と同様の条件で、数値計算による

表 7 吹奏楽団の規模と個人の負荷値の違いによる譜めくり負荷軽減率の変化の検証評価実験結果

Table 7 Verification of changes in the page turning load reduction rate due to differences in scale of the wind orchestra and individual load value (Evaluation experiment results).

		初心者が多い	平均的	上級者が多い
小 規 模 (33 名)	A	35.5	38.0	35.2
	B	35.6	38.2	35.1
	C	35.5	38.3	35.2
	D	35.6	38.2	35.1
中 規 模 (57 名)	A	62.3	64.7	71.1
	B	62.6	65.5	71.0
	C	62.3	64.7	71.1
	D	62.6	65.6	70.8
大 規 模 (80 名)	A	73.6	75.8	73.4
	B	74.1	76.5	74.0
	C	73.6	75.8	73.4
	D	74.1	76.5	74.0

表 8 楽曲 4：譜めくり担当者選定アルゴリズムの検証評価実験結果
Table 8 Music4: Verification of an algorithm of person in charge of page turn (Evaluation experiment results).

振り分け方法	[A]	[B]	[C]	[D]
譜めくり人数 (人)	7 (演奏者モデル人数)			
吹奏楽団全体での軽減率 (%)	32.6	25.0	32.6	25.0
譜めくり負荷 100%軽減率 (%)	0.0	0.0	0.0	0.0
譜めくり負荷 0%軽減率 (%)	42.9	42.9	42.9	42.9

評価実験を行った。評価実験 2, 3 で使用したプログラムと同じものを評価実験 4 で用いた。表 8 に楽曲 4 の評価実験の結果を示す。

楽曲 4 は、木管アンサンブル用の楽曲である。評価実験に用いた楽曲の中で最も小節数・譜めくりページ数が少なく、小規模な楽曲である。実地実験では、この楽曲 4 を 7 パート 7 名で演奏したため (1 パート 1 名ずつ)、譜めくりタイミングがどの演奏者とも被らないパートが 7 パート中 2 パート (Flute (フルート), Bassoon (バスーン)) であった。

結果として、吹奏楽団全体での譜めくり負荷軽減率は [A], [C] と [B], [D] でそれぞれ同じ値となった。譜めくりタイミング表を前方から判定する [A], [C] では、1 ページ目で譜めくり担当者を選ばれないパートは、Cl1 (クラリネット 1st) と Tsax (テナーサクソ), 2 ページ目で譜めくり担当者を選ばれないパートは、Cl2 (クラリネット 2nd) と Cl3 (クラリネット 3rd) であった。譜めくりタイミング表を後方から判定する [B], [D] では、1 ページ目で譜めくり担当者を選ばれないパートは、Cl3 (クラリネット 3rd) と Asax (アルトサクソ), 2 ページ目で譜めくり担当者を選ばれないパートは、Cl1 (クラリネット 1st) と Tsax (テナーサクソ) であった。以上より、楽曲 4 を用

いた評価実験では譜めくりタイミングが一致している演奏者の数が少なく、譜めくりの回数も 2 回と少なかったため、譜めくり担当者が限定されてしまったが、楽団全体として譜めくり負荷が軽減されることを確認できた。また、楽曲 4 では、譜めくり負荷 100%軽減率・譜めくり負荷 0%軽減率ともにすべての方法で同じ値となった。

吹奏楽団全体での譜めくり負荷軽減率は、方法 [A], [C] が最も高い値となった。

5. 吹奏楽団向け電子譜面システム PEANUTS の実地実験

吹奏楽団向け電子譜面システム PEANUTS を用いて、楽器演奏者による実地実験を行った。提案している譜めくり担当者選定アルゴリズムは、パート数と小節数により計算量と負荷軽減率が変わる。しかし、アルゴリズムの性質上、譜めくりタイミングが同じパートが複数存在すれば、人数やパート数に関係なく負荷は軽減される。そのため、実地実験では譜めくりタイミングが同じパートが存在する楽曲を選定することで、機材の関係上 7 名と少人数であっても、提案アルゴリズムの効果の検証が可能になるよう配慮したうえで実験を行った。

被験者はアマチュアの吹奏楽団に所属する楽器演奏者 7 名で、楽器構成は、Flute, Clarinet, AltoSaxophone, Tenor-Saxophone, Bassoon である。譜めくり担当者決定方法は [A] の方法を選択した。図 13 に実地実験の様子を、表 9, 表 10 に結果を示す。なお、表中の軽減前・軽減後の「回数」は譜めくり回数を、「負荷値」は譜めくり負荷値を示す。

それぞれの楽器の負荷軽減率は、Flute・Asax・Bsn : 0 (%), Cl 1st : 63 (%), Cl 2nd : 39 (%), Cl 3rd : 67 (%), Tsax : 40 (%) であった。実地実験の結果、パートごとの負荷軽減率の平均は 30%, 全体での負荷軽減率は 33% となった。これは、4.4 節で述べた評価実験 3 の譜めくり担当者決定方法 [A], [C] の負荷軽減率と同じ値である。この値のみを見ると負荷軽減率は小さく感じるが、7 名中 4 名の譜めくり作業を半減させ、負荷値を平均で 52%軽減することができた。

全体での負荷軽減率が小さい原因としては、木管アンサンブル用の楽曲のため、使用するパートが 7 パートと少なかったこと、譜めくりタイミングが一致する演奏者が他の評価実験と比べて少なかったこと、譜めくりの回数が 2 回と少なかったことが考えられる。しかし、他の楽曲の評価実験の結果よりも負荷軽減率は低いが、負荷が軽減されたことを確認でき、アルゴリズムの効果があることが分かった。また、今回は負荷の軽減に着目をしたが、実地実験に関するアンケートの中で、被験者から“譜面の見やすさ・めくりやすさの観点での使いやすさが不十分である”とのコメントを得た。譜面の見やすさ・めくりやすさ (使いやすさ) については、今後の検討課題とする。



図 13 実地実験の様子

Fig. 13 Figure of a state that is doing a field experiment.

表 9 吹奏楽団向け電子譜面システム PEANUTS 実地実験結果 1

Table 9 Field experiment results of the electronic music system PEANUTS for Wind Orchestra 1.

ID	パート	楽器 の 負荷値	個人の負荷値			軽減前	
			楽器 歴	音楽 歴	負荷 値	回数	負荷 値
1	Flute	4	1	1	2	2	16
2	Cl 1st	4	1	2	3	2	24
3	Cl 2nd	4	1	2	3	2	24
4	Cl 3rd	4	1	1	2	2	16
5	Asax	4	1	1	2	2	16
6	Tsax	4	1	2	3	2	24
7	Bsn	4	1	1	2	2	16

表 10 吹奏楽団向け電子譜面システム PEANUTS 実地実験結果 2

Table 10 Field experiment results of the electronic music system PEANUTS for Wind Orchestra 2.

ID	軽減後		ページ数					
	回数	負荷 値	1			2		
			小節	運指	担当	小節	運指	担当
1	2	16	74	0	◎	139	0	◎
2	1	12	63	8		128	0	◎
3	1	12	61	7	◎	128	0	
4	1	8	75	0	◎	133	8	
5	2	16	63	0	◎	129	7	◎
6	1	12	75	0		133	6	◎
7	2	16	72	8	◎	126	4	◎

アンケートの結果を表 11 に、各項目への被験者からのコメントを以下に示す。

【電子譜面の使いやすさについて】

- 譜面の見やすさ、サイズ、解像度
 - － 解像度はちょうど良いが、A4 サイズの譜面に慣れてしまったため画面が小さく感じる。
 - － 臨時記号（ナチュラル (♮) や、シャープ (♯)）がもう少しはっきりと見える（区別がつく）となお良い。
 - － タブレット端末を近くに置けば譜面を見るのに支障のないサイズである。
- 譜面のめくりやすさ
 - － タップ操作で譜面がめくれるのでめくりやすいが、ページをめくる感覚（フリック操作）でめくれると

表 11 実地実験アンケート結果

Table 11 Questionnaire results of the field experiments.

Q1. 譜面の見やすさ	見やすい	1 (人)
	ちょうど良い	4
	見づらい	2
Q2. 譜面の大きさ	大きい	0
	ちょうど良い	2
	小さい	5
Q3. 解像度 (譜面)	良い	2
	ちょうど良い	5
	悪い	0
Q4. 譜めくりのしやすさ	しやすい	7
	しづらい	0
Q5. 譜めくりタイミングの分かりやすさ	分かりやすい	4
	分かりにくい	1
Q6. 自分がめくっていないときに譜面がめくられることに対する違和感	あった	2
	なかった	3
Q7. 譜面がめくられたタイミングと自分が譜面をめくろうとするタイミング	同じだった	3
	違った	1

なお良い。

- 譜めくりタイミングの分かりやすさ
 - － 譜めくりタイミングは分かりやすいが、譜面をめくる指示が表示されている場所（譜面の上部）へは自然と目はいかないので、たとえば譜面の右下に V.S. (Volta Subito, イタリア語 (音楽記号)「譜面を早くめくる」の意) と表示したら良いのではないかと。
- 自動で譜面がめくられることに対する違和感
 - － 違和感があったが、電子譜面を使用していくうちに徐々に慣れるのではないかと。
- 譜面がめくられるタイミング
 - － ほぼ適切であった。
- 電子譜面の使いやすさについて
 - － 画面サイズが小さい。
 - － やはり紙よりはサイズが小さくなってしまい、拡大したとしても、めくる回数が多くなってしまう。

【その他の意見】

- 自動譜めくり機能を活かすには、譜めくりタイミングを揃えておくことが必要なのではないかと。
- 画面が小さく感じるので、横向きでの使用を検討したほうが良いのではないかと。
- 譜面上の構成を使用するタブレット端末用に考える必要がある。
- 自分が頻繁に間違える音符をタッチ (選択) すると、その音符が赤くなり (目立って) 警告してくれる機能があると良い。

6. 結論

本研究では、吹奏楽団において演奏者にかかる負荷の 1 つとして譜めくり作業に着目し、譜めくり作業の負荷軽

減のための吹奏楽団向け電子譜面システム PEANUTS の提案を行った。

PEANUTS システムは、吹奏楽団データや譜面データを所持しているサーバと、それぞれの演奏者が使用するタブレット端末上で動作する電子譜面アプリケーションで構成されている。本論文では、サーバ側の譜めくり担当者選定システムについて、BNF を用いたモデル（吹奏楽団、演奏者、楽曲、譜面モデルの4種類）と、負荷値を算出するためのパラメータと計算式、譜めくり担当者選定アルゴリズムを定義した。演奏者が所持している端末での端末間通信機能に関しては、端末間の譜めくり同期プロトコルの設計を行った。以上の設計をふまえて、吹奏楽団向け電子譜面システム PEANUTS の試作を行った。試作した PEANUTS システムを用いて、4つの評価実験と、実際の楽器演奏者による実地実験を行い、提案システムによる譜めくり作業の負荷の軽減を確認した。

今後の課題として、電子譜面の使いやすさの評価への検討があげられる。実地実験の被験者から得たコメントをもとに、電子譜面の使いやすさについて検討を行う。また、現状では紙の譜面からパラメータなどを数値化する前処理において人的負荷が大きいと、紙の譜面を利用する場合は、紙の譜面を編集が可能な楽譜データ化する手法の導入を検討している。その際に、各パート譜の譜めくりタイミングをより多くのパートで小節を合わせるなどの処理を行い、楽団全体の負荷値の軽減を図るためのアルゴリズムの検討も合わせて行う。

謝辞 吹奏楽団向け電子譜面システム PEANUTS を開発するにあたり、多大なるご指導・ご助言をいただきました株式会社ロウテクの藤井良知氏に深く感謝いたします。

参考文献

- [1] MI7 Japan Inc.: Finale SongBook | フィナーレ・ソングブック (オンライン), 入手先 (<http://www.finalemusic.jp/products/songbook/>) (参照 2015-01-23).
- [2] SightRead Ltd.: MusicOne from SightRead Ltd. (online), available from (<http://www.sightread.co.uk/musicone.html>) (accessed 2014-04-23).
- [3] Roland Corporation: HPi-50e (online), available from (<http://www.roland.co.jp/PIANO/digi/>) (accessed 2014-04-23).
- [4] plusadd, Inc.: piaScore (online), available from (<http://piascore.com/>) (accessed 2014-04-23).
- [5] Avid Technology, Inc.: Avid scorch (online), available from (<http://www.sibelius.com/products/>) (accessed 2015-01-23).
- [6] FunTap: 電子楽譜フェアリー (オンライン), 入手先 (<http://www.fairy-score.com/>) (参照 2015-04-22).
- [7] KAWAI: PDF Musician (online), available from (<http://cmusic.kawai.jp/products/pdfm/type.htm>) (accessed 2015-04-23).
- [8] OpenMerchant Account Ltd.: ペトルッチ楽譜 (オンライン), 入手先 (<http://www.petrucchi.org.uk/Default.aspx>) (参照 2015-04-23).
- [9] MuseScore BVBA: MuseScore Songbook – 楽譜 (オンライン), 入手先 (<https://musescore.org/ja>) (参照 2015-04-23).
- [10] 小坂谷壽一, 宮沢美由貴, 木寄増美: 演奏者に優しい『電子譜面』の研究と成果, 情報処理学会音楽情報処理学会研究会研究報告, Vol.MUS-52-17, pp.119–124 (2003).
- [11] 港山梨沙, 野池賢二, 鈴木泰山ほか: 楽譜構造に基づく譜めくりのタイミング推定法の検討, 情報処理学会創立 50 周年記念 (第 72 回) 全国大会講演論文集, Vol.72, pp.149–150 (2010).
- [12] 港山梨沙, 野池賢二, 鈴木泰山ほか: 楽譜構造における時間軸方向の音符密度に着目した譜めくりタイミングの推定法の検討, 情報処理学会音楽情報処理学会研究会研究報告, Vol.2010-MUS-88(5), pp.1–6 (2010).
- [13] 港山梨沙, 野池賢二, 鈴木泰山ほか: 隣接する音符の音高差に着目した譜めくりタイミングの推定法の検討, 情報処理学会第 73 回全国大会講演論文集, Vol.2011(1), pp.261–262 (2011).
- [14] 安部 翔, 小田弘良, 松島俊明: 自動譜めくりシステムのための多重音の音高・音源数の推定法的高速化, 情報処理学会音楽情報科学研究会研究報告, Vol.2011-MUS-92(1), pp.1–6 (2011).
- [15] George, W. and Irene, S.: Page turning solutions for musicians: A survey, *IOS Press WORK*, Vol.41, pp.37–52 (2012).
- [16] 佐伯茂樹: 東京都交響楽団 オーケストラの素朴な疑問 楽譜をめくるときはどうしているの? (オンライン) 入手先 (<https://www.tmsso.or.jp/j/question/vol6.php>) (参照 2015-06-29).
- [17] Naur, P., Backus, J., Wand, B., et al.: Revised report on the algorithmic language Algol 60, *Comm. ACM*, Vol.6, pp.1–17 (1963).



飯島 安恵 (学生会員)

2015 年千葉工業大学大学院工学研究科電気電子情報工学専攻修士課程修了。現在、同大学大学院工学研究科工学専攻博士後期課程在学。修士 (工学)。マルチエージェントシステムに興味を持つ。



藤田 茂 (正会員)

1997 年千葉工業大学大学院工学研究科博士後期課程退学。同年同大学工学部情報工学科助手。1999 年同大学工学部情報工学科講師。2005 年同大学情報科学部情報工学科助教授。現在、同大学情報科学部情報工学科教授。博士 (工学)。マルチエージェントシステムとその応用に興味を持つ。電子情報通信学会, 人工知能学会, IEEE 各会員。



今野 将 (正会員)

2001 年千葉工業大学大学院工学研究科博士後期課程満期退学。同年東北大学電気通信研究所助手。2004 年同大学情報シナジーセンター助手。2007 年同大学大学院情報科学研究科講師。

2008 年千葉工業大学工学部電気電子情報工学科准教授。現在，同大学工学部電気電子情報工学科教授。博士（工学）。マルチエージェントシステム，エージェント応用に興味を持つ。IEEE，AAAI，電子情報通信学会，電気学会各会員。