

## 演奏者に優しい『電子楽譜』の研究と成果

小坂谷 壽一\*<sup>1</sup> 宮沢 美由貴\*<sup>2</sup> 木寄 増美\*<sup>3</sup>

日立エンジニアリング (株)

[kosakaya@esg.hitachi-hec.co.jp](mailto:kosakaya@esg.hitachi-hec.co.jp)\*<sup>1</sup> [miyazawa@omika.hitachi-hec.co.jp](mailto:miyazawa@omika.hitachi-hec.co.jp)\*<sup>2</sup>

[kizaki@juo.hitachi-hec.co.jp](mailto:kizaki@juo.hitachi-hec.co.jp)\*<sup>3</sup>

あらまし「電子楽譜」とは、フットスイッチ又はその他の操作により、従来演奏者(特に両手使用の楽器奏者)の手操作頁めぐりに関わる負担を軽減させ、一方では、・メモの格納/削除、・楽譜コンテンツ管理の簡素化、・一斉譜めぐり指令、・暗闇での演奏可能など、16世紀以来の譜めぐり方式、譜面構成を画期的に変えた装置である。本研究は2000年より開始し、特許の取得と同時に専門家の意見を反映しながら試行錯誤を繰り返し、実現に至ったものである。今回、デモ機による実装例とデモ演奏、及び本開発品の特長である視線解析による推定手法を採用した「譜めぐり比率の変更可変と時間差による先行譜めぐり方式」を中心に紹介する。

### Research and result of a performer-friendly electronic music stand

Hitachi Engineering Co., Ltd.

Juichi Kosakaya, Miyuki Miyazawa and Masumi Kizaki

A performer-friendly electronic music stand lightens not only player's load such as turning page by using foot switch, but also allows performances even in dark venues, and allows easy storage and management of sheet music. Furthermore simultaneous instructions increase efficiency of rehearsals and music classes. These functions drastically will change the style and structures of sheet music since 16 century. This equipment has realized based on several patents, advices of professional musician with thousands of test trials since 2000. We introduce the method of a variable ratio of turning page sheet with delay time on estimating page turn that focused on experiment of performer's glance analysis, by using demonstration equipment.

#### 1. はじめに

紙製の楽譜が考案されてから早や400年以上の年月が経過している。この間、演奏者は楽譜特有の規則、規格、条件そして作曲者の意思表現である音符を芸術表現に昇華する術を学び、一方作曲家を含む音楽家は、そのスタイルを頑なに過去から現在(未来)へと引き継いできた。本研究では、この紙製譜面に関わる数々

の問題点を解析し、演奏者の負担を出来るだけ軽減すべく「演奏者に優しい電子楽譜」を開発したので紹介する。同様の機種として、ノートブック型PC使用した独ジーメンス・富士通製の電子譜面台<sup>1)</sup>、タブレット型PCを使用した米国フリーハンド社の電子譜面台<sup>2)</sup>があり、前者は2000年暮れにバンベルグ響で初演し、後者は同様にサンジェゴ響のメンバーがバレー音楽等で試験運用し2003年1月に販売が

開始された。いずれも、手動による譜めくりに代わり、フットスイッチと同様の機能を行うもので、譜めくりの利便性追求以外にも視覚効果、例えば照明効果が映える暗闇での演奏を可能にするなど、次世代譜面台として大いに注目を浴びている。又、これらに関する研究として様々な試みがなされている<sup>3)~5)</sup>。本研究は、前出2社とほぼ同時期に研究と製品化を開始し、数々の特許を取得<sup>6)~10)</sup>すると同時に前出2社より優れた機能である視線解析による推定手法を採用した『譜めくり比率の可変と時間差による先行譜めくり方式』を実現したので、以下紹介する。

## 2. 従来の問題点

従来における紙製譜面の問題点としては、下記が挙げられる。

### (1) 演奏する側の不便性：

- ・譜めくりの際、演奏が中断される、
- ・譜めくりに、気を取られる、
- ・譜面が経年変化で磨耗し、汚くなる、
- ・譜めくりの際、めくり音が気になる、
- ・譜面管理が繁雑、
- ・暗闇での演奏が不可能（照明効果の反映困難）など。

### (2) 譜面を作製（編集）する側の不便性：

- ・作譜の際、見開き頁右半分の譜めくりタイミングを意識し、常に休止符を頁の終小節に配譜しなければならない。このため、頁によっては小節の粗密がアンバランスとなり、不必要に頁がかさむ編集となってくる場合がある。

- ・曲中に適当な休止符が無い場合、編集者は演奏者にとって比較的譜めくりのし易い音符配列に腐心しなければならない。（例えばバルトークの弦楽四重奏のように、休止の無い譜面が延々と続く場合、演奏者は休止符が適宜に出てくる迄譜面を変則的に切り張りしなくてはならない。）これら紙製譜面は、譜面を構成する側、及び演奏する側に著しい制約を現在も与え続けている。

## 3. 装置構成

従来の譜面機能を網羅し、かつ上記問題点を

解決する手段として、図1に示すように、譜面（画面）に任意のメモ書き・削除が可能であるタブレット型PC（日立社製 FLORA-ie 55mi, CPU：Transmetacrusoe、400MHz、OS：Midori Linux）を採用し、その機能ソフトウェアを開発し実現した。更に次世代譜面機能として、下記項目の実現を目標に掲げた。



図1 電子譜面台装置

(1)フットスイッチ/ハンドスイッチ/タッチスイッチによる各種譜めくり方式、(2)譜面に書込み、保存、読出しが出来る機能を装備、(3)暗闇演奏（譜面のバックライト表示）の実現、(4)譜めくり比率の可変と時間差による先行譜めくり方式の実現、(5)譜面コンテンツ管理の簡素化、(6)譜めくり指示や指揮コメントの一斉（制御）送出方式。(7)譜面コンテンツの分割（総譜——>パート譜）送出方式など。

上記項目の実現に際し、図2に装置構成例と、図3に使用例を示す。

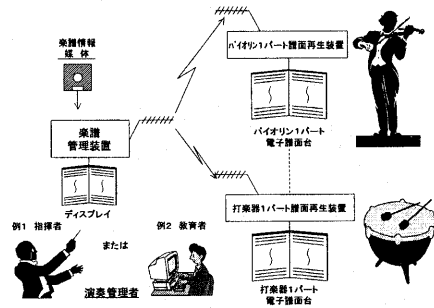


図2 装置構成例



図3 電子譜面台の使用例

図2の楽譜管理装置とは、楽曲の譜面情報を記憶する処理部と同情報を演奏パート別に分配する処理部及び送信データに編集し無線送信する手段を備え、一方これら譜面情報をディスプレイに表示し、指揮者又は教育者などが楽曲の進行状況に応じて同情報の更新（譜めくり等）指示やメモの配送を行う。

又、電子譜面台には、楽譜管理装置から送られてくる電子譜面情報を受信する受信機、同情報を記憶・編集し電子譜面台に表示する表示処理部が備えられ、受信した譜面情報を基に、表示頁の指定、改頁の指定及び任意の譜面情報を抽出する事が出来る。図3に示す通り、この譜面を演奏者が見てフットスイッチを操作する事により画面上で譜面コンテンツが更新され、譜めくりの際に演奏を中断する必要がなくなる。

本研究において、前出(1)～(5)迄は既実現済みであり、(6)～(7)は現在研究中で、間もなく実現の見込みである。この(1)～(5)の機能の中で、特に(4)の「譜めくり比率の可変と時間差による先行譜めくり方式」は、従来の見開き譜面を如何に片面表示に集約し、かつ従来通りの譜面機能を網羅し演奏者に優しい譜面形式にする事が必要不可欠な課題であった為、特に次章に詳述する。

#### 4. 演奏者の負荷と譜めくりタイミングの分析

今回使用した FLORA—ie 55mi はタブレット仕様であるが、一方では可搬型の為、画面サイズが 10.4 インチと小さく、紙製見開き譜面 (A3 サイズ前後) をこの画面サイズに入れて表示する事は演奏上不可能であった。この為、10.4

インチ画面に見開き譜面が効率よく時分割に表示する事が必要となった。即ち、片側譜面表示で演奏がその頁の終章に届かなくてもその数小節前でフットスイッチを押せば、次ページの譜面が上から特定比率の割合で先行的に更新し、今演奏しているパート譜が特定時間保持した後更新されれば、見開き譜面と同様な演奏が可能となる。

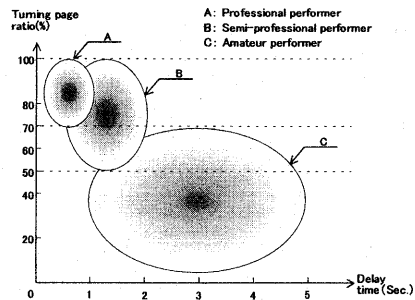


図4 演奏者の能力と先行譜めくり機能 (更新比率、更新遅れ時間)の関係

本研究に先立ち、演奏者の能力と本機能における・譜面更新（残存譜面量）比率の分解能や、・最適更新遅れ時間（先行表示と現状表示の時間差）を分析する為、日立グループ内交響楽団や専門家の協力を得て本装置を試用し調査した結果、図4に示す通りとなった。このA、B、Cの分類とは（一般的に演奏者の能力を定量的に表現する事は困難ではあるが）、大きく分けて、A：音楽教育を職業にしている教育者又はプロの演奏家、B：セミプロ（アマチュアオーケストラ所属又は音楽大学学生等）、C：初心者又はそれに準ずる（楽器を始めて数年以内、又は教則本等で修練中の方）を示し、それぞれ先行譜めくり機能を試用し結果をプロットした。図4の結果から判る事は、演奏能力が高い奏者ほど譜めくり時における・譜面更新比率（残存譜面量）が少なく済み、かつ更新遅れ時間もそれほど必要としない。一方、演奏能力がそれほど高く無い場合は、譜面更新比率において残存譜面量を多く取り、更新遅れ時間も長くする傾向があった。これは、プロの演奏家

ほど瞬時に譜面を読取れる能力が優れている事と譜面の先読みに長けている事を意味する。

### 5. 推定手法を採用した「譜めくり比率の可変と時間差による先行譜めくり方式」の提案



図5 譜面表示例

本研究の提案機能として、図5に本方式による譜面表示例、図6に本パラメータの分解能を記載した初期設定画面例、図7に譜めくりの際に頁更新比率を記載した譜面更新表示例を示す。

図5は、標準的な演奏パート譜表示例で、更に・書込み、・保存、・削除機能を装備している。

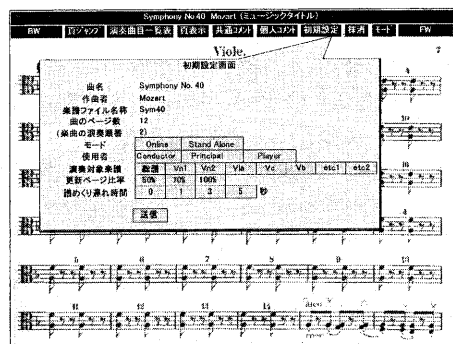


図6 初期設定画面表示例

ここで、先行譜めくり機能を使用する場合は図5の初期設定ボタンを押し、図6の画面を表示させる。例えば、この機能使用者の演奏練度が比較的高い場合、図6の更新ページ比率定数を70%に設定し、譜めくり遅れ時間を1秒に設

定する。この結果、フットスイッチ等による譜めくり時、図7に示す譜面更新表示例の先行更新部が画面上部より70%先行更新し、次に残存更新部30%が譜めくり遅れ時間1秒後に更新する。この先行/残存更新部と譜めくり遅れ時間は、演奏者の練度によりそれぞれ50~100%、0~5秒と任意に変更可能とした。

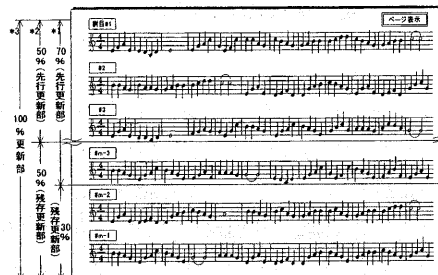


図7 譜面更新表示例

### 6. 実装モデルと評価

本試作機を使用した演奏会を、図8に示す通り2001年10月に日立グループ交響楽団有志で実施した。3章(1)~(5)に記載した機能については演奏上全く問題無く、更に図9~11に示す通り、本邦初となるクラシックの暗闇コンサートを実現する事が出来た。

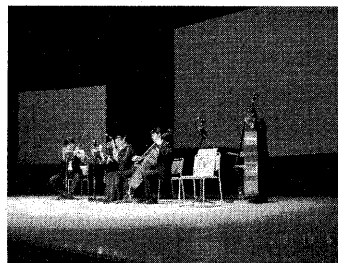


図8 実演例(標準照度)

これは、曲想に合わせて同時に周囲の背景色や模様を変化させながら徐々に光度・照度を下げて行き、最後は全くの暗黒の世界でのコンサートに演出を凝らしたものである。この暗闇コンサート時、演奏者は電子楽譜のバックライトのみで演奏を行った。この効果は、標準照度でのコンサートに比べ更に視覚的に刺激をもたら

す為、一般のコンサート以外にオペラハウスなどにも効果的であると思われる。又、従来演奏不可能であったスクリアビン作曲ピアノ協奏曲「プロメテウス」なども原譜に忠実に再現可能となる。

又、本研究の拡張モデル例として、図12に示す通り本装置を2台使用してのピアノ演奏も実現した。



図12 ピアノ仕様



図9 暗闇演奏例(照度中)

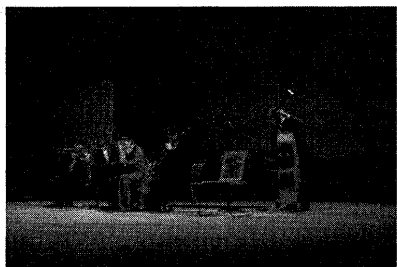


図10 暗闇演奏例(照度小)



図11 暗闇演奏例(照度0、フラッシュ撮影時)

## 7. 類似システムとの比較

ここで図13を用いて類似システムとの比較を論ずる。ノートブック型PCを使用した独ゲーメンス・富士通製の電子譜面台は、表示画面が大きい利点があるものの、ハードディスクを内蔵している為ノイズが発生し、楽曲によってはピアノシミュレーションがPCのハム音に消される危惧がある。更にメモの書込み・保存がキーボードを活用している為、瞬時の書込み操作が出来ない。一方、タブレット型PCを使用した米国フリーハンド社の電子譜面台は、ノート型PCの欠点を補い格段の進歩はしているものの、限られた画面スペースで譜面の先行表示方式の利便性や、ハンドスイッチ・タッチスイッチなど各種インターフェースの豊富さが物足りない。本研究では、これらの欠点を補い製品化を実現させた。

項目	本開発装置	フリーハンド社	ゲーメンス・富士通社
メモの書込み/保存/読出し	○	○	△ (キーボード使用)
ノイズレス	○ (コンパクトフラッシュメモリ)	○	× (ハードディスク)
先行表示機能	任意保持方式 (特許)	固定方式	14インチ画面
各種スイッチ機能	フットスイッチ ハンドスイッチ タッチスイッチ	フットスイッチのみ	フットスイッチのみ
収納曲、頁数	40曲 最大1,000頁	不明	不明
画面サイズ	10.4インチ	12.1インチ	14インチ

図13 類似システムとの比較

## 8. おわりに

本研究の成果は、演奏形態の変革のみならず、400年来続いてきた譜面の作譜（編集）方式にも大きな影響を及ぼすものであり、次世代譜面として大いに有望であると考えている。

今後の課題として、今回スタンドアロンとしての「電子楽譜」は実現したが、更に前記一斉制御の実現と本機能の応用編、及び画面サイズの拡大などを考慮している。

## 参考文献

- 1) 独バンベルグ響 Home Page.
- 2) 米国 FreeHand 社 Home Page.
- 3) 池田剛、乾伸雄、小池善行：音楽記述文法 EMG による楽曲受理処理系の試作、音楽情報科学 研究会 研究報告、2002-MUS-47-20、pp. 115-120, 2002.
- 4) 桜庭洋平、奥野博：自動採譜におけるパート形成処理のための特徴量の検討、音楽情報科学 研究会 研究報告、2003-MUS-51、pp. 35-42, 2003.
- 5) 橋田光代、野池賢二、片寄貼晴弘：演奏表情付けに関する一検討—打ち込みとルールベースによる表情付けの比較、2002-MUS-47-12、pp. 65-70, 2002.
- 6) 小坂谷壽一、木寄増美他、[Electronic Music Providing Apparatus]、EU 特許 No-01128360
- 7) 小坂谷壽一、木寄増美他、[Electronic Music Providing Apparatus]、US 特許公開公報 No-US2002-0066357
- 8) 小坂谷壽一、木寄増美他、「電子譜面提供装置」、特許公開公報 No-2000-367329
- 9) 小坂谷壽一、木寄増美他、「電子譜面提供装置」、特許公開公報 No-2001-308621
- 10) 小坂谷壽一、木寄増美他、「電子譜面提供装置」、特許公開公報 No-2002-274238