

音楽演奏表情データベース構築に向けて

Toward the development of Music Performance Expression Database

橋田光代*1

Mitsuyo Hashida

片寄晴弘*2

Haruhiro Katayose

*1 関西学院大学理工学研究科 / ヒューマンメディア研究センター

Research Center for Human Media, Kwansei Gakuin University

*2 関西学院大学理工学部

Department of Science & Technology, Kwansei Gakuin University

Design reuse is one of the effective and promising approaches for the assistance of contents production. Providing high quality design databases is crucial for the further diffusion of the technology, as well as investigating new effective algorithms. In this paper, we discuss the specifications policy databases for music performance expression, and describe the outline of the CrestMusePEDB (CrestMuse Performance Expression Database).

1. はじめに

既存デザイン事例の転写技術はコンテンツデザイン支援の有効な手段の一つであり [片寄 04], 本チャレンジセッションにおいてもいくつかの方式が提案されてきた。デザイン事例の転写技術が実用レベルで使われるためには、もちろん方式の探求も重要であるが、有効なデザインデータを用意できるかどうかは鍵となる。本稿では、音楽演奏表現領域でのデータベースの構築とその手段、応用領域について論じる。

音楽演奏表現を対象としたデータベース化に関する試みとしては、ホロヴィッツのピアノ演奏におけるテンポとダイナミクスの偏移の分析を行った Widmer らの研究 [Widmer 03] や、MIDI の演奏情報からテンポとダイナミクス、さらには、個々の音の時間とダイナミクスの偏移記述を目指した豊田らの研究 [Toyoda 04] などが挙げられる。これらの研究は、ともにいわゆる名演奏といわれるデータも分析の対象とした意欲的な取り組みではあるが、前者は個々の音の演奏表情を扱っていない、後者は分析対象が音響信号ではなく MIDI 演奏に限られている、という問題点があった。

音響信号として残存する名演奏が、拍節レベルのテンポ推移とダイナミクス、個々の音の微細な時間・ダイナミクスに関する偏移として記述したデータ (Performance Expression Data, 以下 PE Data) として集積され、データベースとして利用出来るようになれば、音楽学や音楽教育、演奏デザインの分野に広く貢献できるものと期待される。このような視点に立ち、我々はクラシック音楽、特に、ピアノの名演奏を対象とした PEDB (以下 CrestMusePEDB) の構築に着手している。本稿では、CrestMusePEDB の概要について紹介する。以下、第 2 章で PEDB 構築上の課題と我々のスタンス、第 3 章で PEDB 構成に向けての処理手順を示し、第 4 章で CrestMusePEDB の内容と配布計画、第 5 章で応用領域について述べる。

2. 音楽演奏表情データベース構築上の課題とアプローチ

この章では、音楽演奏表情データベース構築を収集するにあたっての要求・考慮事項を整理し、CrestMusePEDB 構築

連絡先: 橋田光代, 関西学院大学理工学研究科 / ヒューマンメディア研究センター, 兵庫県三田市学園 2-1, 079-565-8300, hashida@ksc.kwansei.ac.jp

にむけての我々のスタンスについて述べる。

2.1 演奏の質と量の確保

音楽系データベースには質の高い演奏を所収する必要がある。この要請に対して後藤らはプロの奏者によるオリジナル録音を実施し、学術目的で自由に利用できる RWC 研究用音楽データベースを作成・配布している [後藤 02]。オリジナル録音の実施は著作権問題を回避するという点で有効であるが、制作コストの制約上、質を保ちつつ DB の規模を拡大していくことは困難である。この問題に対し、McKay らは、音楽情報検索 (MIR) 領域研究における DB の在り方として、商用流通音源を含む世界各地に点在する音響データを参照先とした上で、MIR 領域で取り扱われる網羅的な音響特徴量を集積するという考え方を示した [McKay 06]。この方法は著作権問題を回避しつつ実世界のデータを扱うという点で有効である。CrestMusePEDB においても、McKay らの考え方と同様に、音響信号そのものではなく、その参照先と演奏表現上の特徴量を DB 化することにより、PEDB における質と量の確保の問題に対処する。

2.2 演奏制御情報の取り扱い

PEDB で取り扱う中心的な情報は楽器の演奏制御情報である。自然楽器の演奏制御対象とそのレベルには様々なものがあるが、ピアノを代表とする鍵盤楽器の場合、その制御対象は、各音の発音時刻、消音時刻、音の強さ、ダンパーペダル制御情報にほぼ集約される。これらの情報は、概ね MIDI に準拠した形での記述が可能である。とはいえ、人間の演奏制御を現在の MIDI レベルの記述であますことなく表現可能かということ、そうではない。理想と実際の DB の使用形態を考慮した上で、記述レベルの折り合いをつけていくことが不可欠である。

本研究では、MIDI レベルでの分解能によって演奏制御の特徴量を記述し、必要に応じて、記述レベルを詳細化していくことを前提として PEDB の構築を進める。各音のパワーに関する制御情報の記述に際しては、特に注意を要する。パワーに関する制御情報を精緻に求めていくためには、演奏収録時の楽器特性、建築音響特性を含めた楽音のモデル化が必要となるが、演奏の音響データのみからそれらの情報を取得することは極めて難しい。ここでは、特定の電子音源を想定した MIDI velocity を推定するという形で、パワーに関する制御情報の近似値を取得する。

2.3 演奏表現と音楽構造との対応付け

音楽演奏には、その演奏表現の元となった音楽構造が存在する。CrestMusePEDB では、音楽学や表情付け研究での利用を想定し、PE Data とともに対応する音楽構造を所収する計画である。

演奏がどのような音楽構造に基づいて行われたかということについては演奏した本人に確認することが最善であるが、それができないことも想定しておく必要がある。音楽構造のデータ集積については、1) 演奏者へのインタビュー、2) 複数の専門家の演奏分析による音楽構造の推定、を行うとともに、特定の楽曲に対して、3) 専門家に音楽構造による弾き分けを依頼し、構造情報と PE Data をペアで取得する、という形で、データベースの構築を行っていく予定である。

2.4 演奏制御情報の記述とツール群の整備

PEDB に対応する形で、同一の楽曲が複数の演奏者によってどのように弾き分けられているかを簡易に比較、可視化できる機能があれば便利である。CrestMusePEDB では、楽譜データと対応させる形で、演奏情報を拍節レベルでのテンポとダイナミクスの推移、個々の音の発音(消音)時間・ダイナミクスの偏移として記述する。

データの記述にあたっては、西洋音楽の楽譜等の記述としてほぼ標準的に使用されている MusicXML[Recordare] に準拠するものとし、外部参照ファイルの形で、PE Data と対応する音楽構造を記述したファイルを用意する。XML 形式は記述力や拡張性に優れるが、データの可読性は高くない。今後、データアクセスのための Java ベース API とデータビューアや試聴インタフェースを整備し、配布していく予定である。

3. PEDB 作成の手順

前章でも述べてきたように現時点での CrestMusePEDB では、MIDI レベルでの実利用を想定したデータベースの構成を目指している。

データベース作成処理にあたっては複数の人間(耳の確かな音楽専門家)による手作業を前提とする。音楽専門家が実施する作業を一言で説明するなら、CD 等の演奏データからの演奏表情を保持した形の MIDI 情報化ということになる。作業のステップを以下に示す。

- step1 CD 演奏を聞きながらの、演奏の onset タイミングと offset タイミングの時間情報の同定。
- step2 音源を設定した上で各音の velocity 値の近似値の推定。
- step3 step1 step2 を繰り返しての推定の精緻化と、別作業によるクロスチェック
- step4 以上の作業によって得られた演奏情報と演奏表情の入っていない楽譜情報とのマッチング (Score Alignment) の実施
- step5 テンポ、ダイナミクスの時間推移と、各音の発音と消音の時間偏移、velocity の基準ダイナミクスからのズレを求めることによる PEDB の作成。

この作業を支援するための一連のツール群を含めた処理構成を図 1 に示す。以下、支援ツールの概要について説明する。

ラフマッチングツール DP マッチングを用いて、音楽音響信号のスペクトログラムと楽譜上の各音符と演奏との大まかな対応付けを行う [酒造 07]。

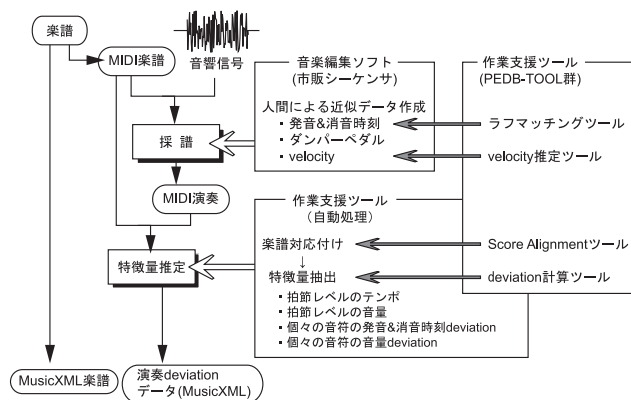


図 1: PEDB の作成手順

velocity 推定ツール 元々の音響データ、演奏の onset タイミング、offset タイミングが求められた演奏情報、想定する音源を入力して velocity 値を推定する。

Score Alignment ツールと deviation 計算ツール 演奏情報と演奏表情の入っていない楽譜情報とのマッチング処理を行った上で、各音の発音と消音の時間偏移、velocity の基準ダイナミクスからのズレを求める。

上記のツールのうち、ラフマッチングツールと velocity 推定ツールは、100%の推定率(認識率)を確保できるものではない。人間の専門家の分解能が機械を上回る。前者については step1、後者については step2 における初期パラメータのおおまかな設定を目的に利用している。なお、Score Alignment ツールと Deviation 計算ツールについては、ほぼエラーフリーで動作しており、結果を人間が確認するという形で使用している。以上のツールは、将来的に CrestMusePEDB を利用するユーザにも提供し、コミュニティ形成を通じて DB のさらなる発展につなげていく予定である。

4. CrestMusePEDB の内容と配布計画

4.1 データベース内容

本音楽表情データベースは、基本的に以下のデータ集で構成される。

PEDB-SCR 本 DB に収録する楽曲の楽譜。楽曲に関しては、基本的には著作権上の保護期間が終了した 20 世紀初頭までのクラシック音楽を対象とし、バッハ・モーツァルト・ベートーヴェン・ショパンのピアノ曲を中心に、これまでに研究事例として取り上げられることの多かった楽曲や、研究対象として興味深い楽曲(約 100 曲)を取り上げる。表 1 に、現段階で収録予定の曲目リストを示す*1。演奏表情のない標準 MIDI ファイル (SMF) 形式と MusicXML 形式の 2 種類が用意される。

PEDB-SMF CD 演奏から人間の手作業を介して近似された MIDI 演奏。1 曲あたり 3 ~ 5 名分の演奏が用意される。

PEDB-IDX 収録された MIDI 演奏 (PEDB-SMF) の元となる CD 演奏のクレジット情報。アルバム名、演奏者名、レーベル、ASIN 番号、発行年等を記載したテキストファイルである。

*1 2007 年 4 月現在。事情により予告なく変更される場合がある。

PEDB-DEV 各演奏の演奏表情の特徴量を抽出した PE Data . MusicXML に準拠した形式で記述される . MIDI 演奏 (PEBD-SMF) と同数のデータである .

PEDB-STR 各演奏に対応する音楽構造情報 (階層的なフレーズ構造) のデータ . MusicXML に準拠した形式で記述される . 基本的に MIDI 演奏 (PEBD-SMF) と同数提供されるが , 専門家間で妥当と判断された場合に限り , 複数の音楽構造データが提供される . 音楽構造分析は基本的に人間が行う . 演奏 (音響) を繰り返し聴取し , その演奏の表現のもととなる音楽構造を推定していく . この作業は , 音楽演奏の聴取に関して専門的な知識を必要とするため , 1 曲につき音楽大学において修士以上の学位を持つ (あるいはプロ音楽家として現在活動中の) 音楽専門家 2 ~ 4 名がそれぞれに分析を行い , 互いにクロスチェックを経た上で音楽構造を決定する .

PEDB-REC 前項の音楽構造データ (PEBD-STR) に基づいてオリジナルに録音した演奏 . プロの奏者に , ひとつの楽曲につき複数の演奏解釈に基づいて弾き分けをしてもらい , その音響信号と MIDI 演奏が収録される .

4.2 配布計画

CrestMuseDB の配布媒体としては , CD-ROM などメディア媒体による配布は行わず , 利用申請手続きを終えた者がインターネット上のサーバからダウンロードするという形式を予定している . 本 DB の利用にあたっては , (1) 学術目的であること , (2) 利用申請を行うこと , (3) 参照した研究に CrestMusePEDB のクレジットを含むこと等の条件を満たすことで , 誰でも自由に利用することができるものとする . 申請方法等については , 本年秋ごろに開設予定の CrestMusePEDB 利用申請のためのホームページを参照されたい .

データベースの公開については , 本年夏のテストユーザ向けのサンプル提供を皮切りに , おおむね 3 期に分けての公開を予定している . まず第一期として , 本 DB の基礎データとなる楽譜 (PEBD-SCR) , MIDI 演奏 (PEBD-SMF) , CD 情報 (PEBD-IDX) , 演奏 Deviation データ (PEBD-DEV) を 2007 年秋頃から公開する . 続いて第二期 (2008 年春予定) に音楽構造情報データ (PEBD-STR) を , 第三期 (2008 年秋予定) にオリジナル演奏データ (PEBD-REC) の公開を開始する . 支援ツール群については , 本 DB とは別途配布する予定である .

5. 応用

CrestMusePEDB によって名演奏の演奏制御情報が参照できるようになる . また , ひとつの楽曲に対しての複数の演奏表現・音楽構造が比較できるようになる . 音楽学・演奏現場における教育への利用をはじめ , 様々な研究領域における利用が期待される . 以下 , 具体的な応用領域について述べる .

5.1 音楽学領域での応用

音楽学の分野では , 数多くの演奏様式に関する分析 , 「この部分はノンレガート気味で演奏されている」等がなされている [Badura-Skoda 63, 三島 07] が , 大半は分析者の主観的な判定基準を拠り所にしてしている . その判定は信頼できるものであろうが , 数値化された演奏制御データを参照することで , 客観性の高い分析・主張を行うことが可能となる .

5.2 演奏教育領域での応用

演奏表現の特徴量が数値化されることによって , 聴取だけではわかりにくい微細な演奏表現を客観的に提示することが可能になる . 楽器演奏の教育現場 , 合奏時の奏者間の打ち合わせなどを用途とした演奏学習支援システムに応用することができるものと考えられる .

5.3 演奏デザイン支援における利用

CrestMusePEDB では , 100 曲を越す PE Data の所収を計画している . 演奏の表情付け研究における学習データや事例検索型システムにおけるデータセットとして CrestMusePEDB が活用されることを想定している . CrestMusePEDB では , PE Data に加えそれに対応した音楽構造情報を用意する予定である . PE Data と音楽構造情報とを対で活用することにより , 演奏の表情付け研究が次の研究ステージに進むことを期待している .

我々は , 別途 , 演奏生成システムのための聴き比べコンテスト Renocn プロジェクト*2 を推進している . 2008 年度の Renocn においては , 演奏生成システムの自律的な演奏生成能力を競う企画を計画している . 参加を希望する研究チームには , CrestMuseDB の本公開に先立ってサンプルを提供する予定である .

6. まとめ

本稿では , 音楽の演奏表情データベース構築を目指して , 課題を整理し , 応用例を示した . 本データベースが演奏表現に関する共通のベンチマークとして利用できるようになれば , 音楽知覚・認知研究の発展 , 音楽システムへの利用 , 音楽検索技術への応用など , 様々な研究分野への貢献できると考えている . 今後 , 本年度からの順次発行に向けて , データや支援ツールの整備 , CrestMuseDB のホームページ作成 , 関連研究領域への告知を進めていく .

7. 謝辞

本研究は , 科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業 CREST 「デジタルメディア」領域研究として実施されました . また , 本 DB の構築を進める上で , 演奏解釈についての議論に参加してくださった竹内好宏氏 , 松井淑恵氏に感謝いたします .

参考文献

- [Badura-Skoda 63] Badura-Skoda, E. and Badura-Skoda, P.: モーツァルト演奏法と解釈, 音楽之友社 (1963)
- [McKay 06] McKay, C., Ennis, D., and Fujinaga, I.: A Large Publicly Accessible Database of Annotated Audio for Music Research, in *Proceedings of International Society of Music Information Retrieval (ISMIR)* (2006)
- [Recordare] Recordare, : MusicXML Definition: <http://www.recordare.com/xml.html>
- [Toyoda 04] Toyoda, K., Noike, K., and Katayose, H.: Utility System For Constructing Database Of Performance Deviations, in *Proceedings of International Society of Music Information Retrieval (ISMIR)* (2004)

*2 <http://www.renconmusic.org/>

表 1: 収録予定楽曲一覧 (2007 年 4 月現在): 発行時期はそれぞれ, A:2007 年秋頃, B・C:2008 年 1~2 月頃, D・E:2008 年 4~5 月頃の見込.

Composer	Title	発行時期	Composer	Title	発行時期
Mozart, Wolfgang Amadeus	Sonata K. 331 1st mov.	A	Chopin, Frederic	Mazurkas No. 5 Op. 7-1	B
Mozart, Wolfgang Amadeus	Sonata K. 331 2nd mov.	A	Chopin, Frederic	Mazurkas No. 7 Op. 7-3	B
Mozart, Wolfgang Amadeus	Sonata K. 331 3rd mov.	A	Chopin, Frederic	Mazurkas No. 13 Op. 17-4	B
Mozart, Wolfgang Amadeus	Sonata K. 545 1st mov.	A	Chopin, Frederic	Mazurkas No. 19 Op. 30-2	B
Mozart, Wolfgang Amadeus	Sonata K. 545 2nd mov.	A	Chopin, Frederic	Mazurkas No. 23 Op. 33-2	B
Mozart, Wolfgang Amadeus	Sonata K. 545 3rd mov.	A	Chopin, Frederic	Mazurkas No. 38 Op. 59-3	B
Mozart, Wolfgang Amadeus	Sonata K. 279 1st mov.	B	Chopin, Frederic	Etudes No. 3 Op. 10-3	C
Mozart, Wolfgang Amadeus	Sonata K. 279 2nd mov.	B	Chopin, Frederic	Etudes No. 4 Op. 10-4	C
Mozart, Wolfgang Amadeus	Sonata K. 279 3rd mov.	B	Chopin, Frederic	Etudes No. 23 Op. 25-11	C
Mozart, Wolfgang Amadeus	Sonata K. 310 1st mov.	B	Chopin, Frederic	Polonaise No. 3 Op. 40-1	C
Mozart, Wolfgang Amadeus	Sonata K. 310 2nd mov.	B	Chopin, Frederic	Polonaise No. 6 Op. 53	C
Mozart, Wolfgang Amadeus	Sonata K. 310 3rd mov.	B	Chopin, Frederic	Nocturne No. 2 Op. 9-2	C
			Chopin, Frederic	Nocturne No. 10 Op. 32-2	C
Beethoven, Ludwig van	Sonata No. 8 Op. 13 1st mov.	A	Debussy, Claude	Suite bergamasque 1. Prelude	C
Beethoven, Ludwig van	Sonata No. 8 Op. 13 2nd mov.	A	Debussy, Claude	Suite bergamasque 2. Menuet	C
Beethoven, Ludwig van	Sonata No. 8 Op. 13 3rd mov.	A	Debussy, Claude	Suite bergamasque 3. Clair de lune	C
Beethoven, Ludwig van	Sonata No.14 Op. 27-2 1st mov.	A	Debussy, Claude	Suite bergamasque 4. Passepiéd	C
Beethoven, Ludwig van	Sonata No.14 Op. 27-2 2nd mov.	A	Debussy, Claude	Deux arabesques No. 1	C
Beethoven, Ludwig van	Sonata No.14 Op. 27-2 3rd mov.	A	Debussy, Claude	Deux arabesques No. 2	C
Beethoven, Ludwig van	Sonata No. 17 Op. 31-2 1st mov.	B	Debussy, Claude	Preludes 1er livre VIII La fille aux cheveux de lin	C
Beethoven, Ludwig van	Sonata No. 17 Op. 31-2 2nd mov.	B	Debussy, Claude	Preludes 1er livre X La cathedrale engloutie	C
Beethoven, Ludwig van	Sonata No. 23 Op. 57 1st mov.	B	Debussy, Claude	Preludes 2e livre X Canope	E
Beethoven, Ludwig van	Sonata No. 23 Op. 57 2nd mov.	B	Debussy, Claude	Children's corner 1. Doctor Gradus ad Parnassum	C
Beethoven, Ludwig van	Sonata No. 23 Op. 57 3rd mov.	B			
Beethoven, Ludwig van	Sonata No. 9 Op. 14-1 1st mov.	B	Schumann Robert	Kinderszenen Op. 13-1	E
Beethoven, Ludwig van	Sonata No. 9 Op. 14-1 2nd mov.	B	Schumann Robert	Kinderszenen Op. 13-7 (Traumerei)	C
Beethoven, Ludwig van	Sonata No. 9 Op. 14-1 3rd mov.	B	Schubert, Franz	Moment musicaux Op. 97 (D. 780) No 3	C
Beethoven, Ludwig van	Sonata No. 19 Op. 49-1 1st mov.	C	Schubert, Franz	Moment musicaux Op. 97 (D. 780) No 4	E
Beethoven, Ludwig van	Sonata No. 19 Op. 49-1 2nd mov.	C	Brahms, Johannes	Rhapsody Op. 79-1	C
Beethoven, Ludwig van	Sonata No. 20 Op. 49-2 1st mov.	C	Brahms, Johannes	Rhapsody Op. 79-2	C
Beethoven, Ludwig van	Sonata No. 20 Op. 49-2 2nd mov.	C	Brahms, Johannes	Rhapsody Op. 119-4	C
Bach, Johann Sebastian	Invention No. 1 BWV772	A	Faure, Gabriel	Barcarolle No. 8 Op. 96	D
Bach, Johann Sebastian	Invention No. 2 BWV773	A	Faure, Gabriel	Barcarolle No. 6 Op. 70	D
Bach, Johann Sebastian	Invention No. 8 BWV779	A	Faure, Gabriel	Barcarolle No. 4 Op. 44	D
Bach, Johann Sebastian	Invention No. 15 BWV786	A	Faure, Gabriel	Barcarolle No. 12 Op. 106bis	D
Bach, Johann Sebastian	Sinfonia No. 3 BWV789	B	Granados, Enrique	Danzas Espanolas Op. 37-5	D
Bach, Johann Sebastian	Sinfonia No. 5 BWV791	B	Albeniz, Isaac	Cantos de Espana Op. 232	E
Bach, Johann Sebastian	Sinfonia No. 8 BWV794	B			
Bach, Johann Sebastian	Sinfonia No. 11 BWV797	B	Ravel, Maurice	Sonatine 1st mov.	C
Bach, Johann Sebastian	Wohltemperierte Klavier I-1 BWV846 Prelude	A	Ravel, Maurice	Le tombeau de Couperin I. Prelude	D
Bach, Johann Sebastian	Wohltemperierte Klavier I-1 BWV846 Fuga	A	Ravel, Maurice	Mirroir III. Oiseaux triste	D
Bach, Johann Sebastian	Wohltemperierte Klavier I-7 BWV852 Prelude	A	Prokofiev, Sergei	Sonata No. 7 1st mov.	D
Bach, Johann Sebastian	Wohltemperierte Klavier I-7 BWV852 Fuga	A	Prokofiev, Sergei	Sonata No. 7 3rd mov.	D
Bach, Johann Sebastian	Wohltemperierte Klavier I-13 BWV858 Prelude	A	Prokofiev, Sergei	The Love for three oranges - March	D
Bach, Johann Sebastian	Wohltemperierte Klavier I-13 BWV858 Fuga	A	Rachmaninoff, Sergei	Prelude Op. 3-2	D
Bach, Johann Sebastian	Wohltemperierte Klavier I-23 BWV 868 Prelude	A			
Bach, Johann Sebastian	Wohltemperierte Klavier I-23 BWV 868 Fuga	A	Bartok, Bela	6 Rumanisch Volkstanze Sz. 56 No. 1	D
Bach, Johann Sebastian	Wohltemperierte Klavier II-2 BWV871 Prelude	A	Bartok, Bela	Suite Op. 14 Sz. 62 No. 1 Allegretto	D
Bach, Johann Sebastian	Wohltemperierte Klavier II-2 BWV871 Fuga	A	Scriabin, Alexander	Etude Op. 8-8	D
Bach, Johann Sebastian	Wohltemperierte Klavier II-19 BWV888 Prelude	A	Scriabin, Alexander	Etude Op. 8-12	E
Bach, Johann Sebastian	Wohltemperierte Klavier II-19 BWV888 Fuga	A	Satie, Eric	Trois Gymnoped No. 1	C
			Gershwin, George	Three Preludes No. 1	D
Chopin, Frederic	Preludes Op. 28 No.1	A	Musorgsky, Modest	Tableaux d'une exposition - Promenade	D
Chopin, Frederic	Preludes Op. 28 No. 4	A	Stravinsky, Igor	Petrusckaa I. Danse russe	D
Chopin, Frederic	Preludes Op. 28 No. 7	A			
Chopin, Frederic	Preludes Op. 28 No. 15	A	Shostakovich, Dmitri	Prelude and Fugue No. 1 in C major	E
Chopin, Frederic	Preludes Op. 28 No. 20	A	Shostakovich, Dmitri	Prelude and Fugue No. 3 in G major	D
Chopin, Frederic	Waltz No. 1 Op. 18	B	Messiaen, Olivier	Preludes: La colombe	D
Chopin, Frederic	Waltz No. 3 Op. 34-2	B	Messiaen, Olivier	Vingt regards sur l'Enfant-Jesus II. Regard de l'etoile	D
Chopin, Frederic	Waltz No. 7 Op. 64-2	B	Messiaen, Olivier	Vingt regards sur l'Enfant-Jesus II. Regard de la Vierge	D
Chopin, Frederic	Waltz No. 9 Op. 69-1	B	Schonberg, Anton	Six pieces Op. 19	D
Chopin, Frederic	Waltz No. 10 Op. 69-2	B	Ligeti, Gyorgy	Etude 1er livre 2. Codes a vides	E

[Widmer 03] Widmer, G., Dixon, S., Goebel, W., Pampalk, E., and A.Tobudic, : In Research of the Horowitz Factor, in *AI Magazine, FALL 2003*, pp. 111-130 (2003)

[後藤 02] 後藤 真孝, 橋口 博樹, 西村 拓一, 岡 隆一: RWC 研究用音楽データベース: クラシック音楽データベースとジャズ音楽データベース, 情報処理学会音楽情報科学研究会 研究報告 2002-MUS-44-5, Vol. 2002, No. 14, pp. 25-32 (2002)

[三島 07] 三島 郁: 演奏という行為: 過去の音の現在化における主体とその背景, 小西 潤子, 仲万 美子, 志村 哲 (編),

音楽文化のすすめ, 第 4 章, pp. 53-71, ナカニシヤ出版 (2007)

[酒造 07] 酒造 祐介, 武田 晴登, 片寄 晴弘: 多重音を含む音楽音響信号のピッチ推定を用いた演奏表情抽出のための楽譜との対応付け, 第 69 回 情報処理学会全国大会 2N-2 (2007)

[片寄 04] 片寄 晴弘, 平田 圭二, 野池 賢二, 原田 利宣, 平賀 瑠美, 笠尾 敦司, 宮田 一乘: 非言語メディアのデザイン支援に向けて, 人工知能学会論文誌, Vol. 20, No. 2, pp. 129-138 (2004)