

一録音エンジニアの回顧録～アナログからデジタルへ～

第2回 アナログレコードの音質改善とデジタル録音の導入

日本オーディオ協会諮問委員 穴澤 健明

前号本誌 2015 年 3 月号では、一録音エンジニアの回顧録～アナログからデジタルへ～の第 1 回として、プロローグ「一録音エンジニアの誕生まで」について記した。本号 2015 年 5 月号ではその続きとして、今再び注目されている 50 年近く前の 1960 年代後半に行われたアナログレコードの音質改善と 40 年以上前の 1970 年代初頭に始まった PCM/デジタル録音の導入について記す。

レコードの 137 年の歴史を俯瞰すると図Ⅱ-1 のようになる。本稿ではこの中で 1960 年代後半から 1970 年代はじめにかけて行われたレコードの音質改善の動きを追ってみる。



図Ⅱ-1 レコードの歴史 137 年

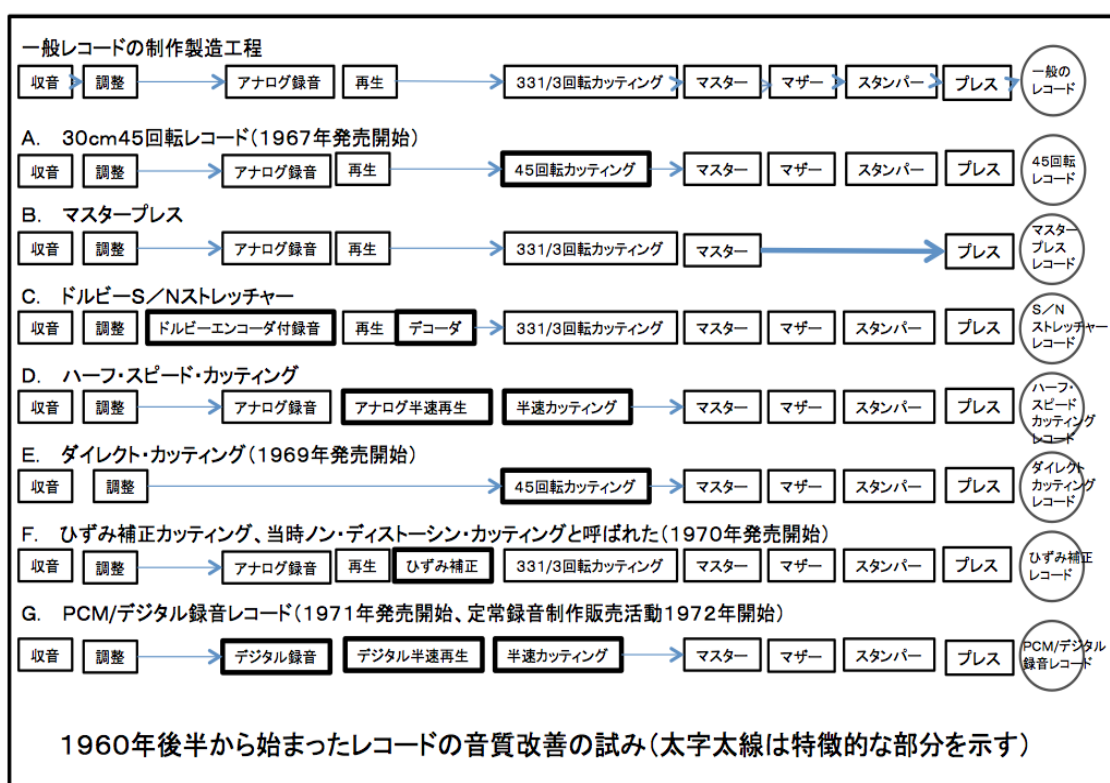
因みに筆者がレコード会社でアルバイトを始めたのは、1969 年であった。この年、日本コロムビアは日立グループに入り、三浦種敏（元東京電機大学教授）氏他の日立製作所中央研究所の研究陣と共に、実際の楽団を使つての 4 チャンネル・ステレオの評価実験を行ない、筆者はその進行役を担当した。当時の音響技術者の話題の中心はクアッドラフォニー（4 チャンネル・ステレオ）であった。

この評価実験に、PCM/デジタル録音機の評価や実験の場を求めていた NHK 技術研究所も加

わった。皮肉なことにその時業界が関心を持っていた4チャンネル・ステレオは全く普及せず、筆者が軽い気持ちで提案したヴォイスチェンジャーと呼ばれる民生用カラオケ器は瞬く間に普及し、デジタルオーディオもカラオケに遅れて普及し、両者は結合し、新しいデジタルカラオケ、通信カラオケなどとして栄えた。こうして環境は熟し役者も揃ったのである。4チャンネル・ステレオの制作現場での経験、反省、音場再生システムの試み等については、次号2015年7月号に詳述することとする。

次項では1960年代末に行われたレコードの技術的改善について説明を加える。

II. 1 1960年代末から1970年代はじめにかけて実際に行われた技術的改善の概要
日本コロムビアで行った改善の概要を図II-2に示す。



図II-2 40年以上前に行われたレコード音質改善の試み

図中Aの最も簡単な方法である45回転の直径30cm盤は1967年に発売された。

このAの45回転盤では記録レベルを約3dB上げられる利点があるが、レコードの表面雑音により目立つため雑音レベルは期待を下回った。何と云ってもこのディスクの最大の欠点は片面25分の記録時間が20分弱に制限されることにあった。それでも一部の愛好家により、この45回転盤の音質を高く評価された。

Bのマスタープレスは製盤時のマザー、スタンパーの工程での音質劣化を回避する方法であるが、生産枚数が制限されるという欠点があり、生産量の少ない地味なタイトルに限られていた。本来マザー、スタンパーの工程を経ても音質劣化の無い系を構築すべきであるが、このマスター

プレスはその系を評価する上で役立った。

Cは磁気テープの雑音を低減するために録音スタジオに導入されたドルビー社の機器であり、当時はやりだしたマルチトラック録音でのノイズの軽減に役立った。後に民生用カセットテープ録音機にも同種の技術が採用された。

Dのハーフ・スピード・カッティングは、送り出しのテープレコーダを半分のスピードで再生し、ハーフ・スピード・カッティング用のRIAAイコライザーを介してカッティング時の回転数を半分にしてカッティングするという凝った方法であり、アナログ・ディスク・カッティングの究極の方法と称された。この方法は手間がかかるが、高域の信号をカッターヘッドの安定領域で切削できるため、しっかりした高音にその特色があり、低音では多少の欠点があったが多くの愛好家に好まれた。

Eは、テープレコーダを使わないダイレクト・カッティングである。前もってカッティングする信号を得て溝のピッチやデプスを制御することが出来ないため、効率的な溝切りが出来ず、記録時間が短くなるという欠点がある。しかしながらその音質は圧倒的な評価を得、ダイレクト・カッティングと同じ音質を持つ録音機の登場が待たれた。

Fは、鋭利なカッティング針と丸みを帯びた再生針の形状の違いによって生じる再生ひずみと呼ばれるひずみを補正する方法で、この方法の導入により再生時に生じるひずみは大幅に軽減できる。ただし補正を適正に行うためには再生針の形状を決めて置く必要があるが、各種の形状の再生針が乱立したため針先形状の標準化までには至らなかった。

Gはデジタル録音機の導入例であり、1969年からの録音及びカッティング(1972年以前)では、NHK技術研究所開発の録音機を用いた定速カッティングによる実験録音が行われた。1972年には半速再生の可能なPCM/デジタル録音機が開発され、Dの半速カッティングが行われた。

この7種の改善を行ったレコードを発売してみるとDのハーフ・スピード・カッティングとEのダイレクト・カッティング(英語ではDirect to Discと呼ばれる)とGのPCM/デジタル録音が高く評価され、注目を浴びた。



写真Ⅱ-1 LPステレオレコードになって最初のダイレクト・カッティング・レコードの外観
1969年6月発売、演奏キンテート・リアル

LP ステレオレコード時代以降最初のダイレクト・カッティング・レコード「キンテート・リアル」の金属原盤は残されていないため再度レコードを作成することはできないが、幸いなことに同時に収録したアナログ磁気録音テープが残っており、その中の「エル・チョコロ」は、日本オーディオ協会 50 周年記念 CD と 60 周年記念 CD の双方に収録されており、アルゼンチンの名手による最上の本場のタンゴを楽しむことができる。

このキンテート・リアルの名演の後、フラメンコやジャズのダイレクト・カッティングが 1969 年に行われた。その中のジャズの金属原盤が残っていることが最近判明し、新たな検査を近日行って合格すれば夏に発売する。

PCM/デジタル録音については、1969 年から NHK 技術研究所の林謙二氏が開発した録音機（写真Ⅱ-2 参照）を借用して 1969 年から 1971 年にかけて多くのテスト録音を行った。その中には、高い評価を得た日米のジャズ・ロックの名手が揃ったスティーブ・マーカスと稲垣次郎のアルバム、米国で高い評価を得た打楽器奏者ツトム・ヤマシタの凱旋記念帰国講演のアルバムが含まれていた。この録音機は改造を繰り返していたため再度テープを再生することが出来なかったが、両アルバムの金属原盤は奇跡的に残り、今でも音を聴くことが出来、当時の若い才能がのびのびと活躍していた状況を思い浮かべることが出来る。



写真Ⅱ-2 NHK 技術研究所開発の PCM/デジタル録音機
記録機として工業用 VTR を使用、標本化周波数 32kHz、12
ビット折れ線 2 チャンネル

Ⅱ-2 PCM/デジタル録音機の開発

日本コロムビアと日立製作所の 4 チャンネル・ステレオに関する共同プロジェクトは、4 チャンネル・ステレオの限界を明確に示す貴重な評価結果が得られ、結果として 4 チャンネル・ステレオをビジネス的に推進する材料とはならなかった。会社トップの判断により実用的な PCM/デジタル録音機の開発という思わぬ方向に舵が切られた。この頃、4 チャンネル・ステレオを推進していた人達に、デジタル録音を導入してから 4 チャンネル・ステレオを導入する方が良いよと無責任なことを言っていたことを思い出す。40 年以上たった今日でもこの状況は全く変わっていない。

1969 年に始まった PCM/デジタル録音のテストは、筆者が正社員になった時点で要求仕様がまとめられ、実用的な PCM/デジタル録音機の本格的な開発が始まり 1972 年に完成し直ちに録音カッティングの現場に導入された。

<p>1. 評価実験時にまとめた要求仕様(1969年)</p>	<p>2. 1972年に達成された仕様</p>
<p>1) ダイナミックレンジが広い。 2) 低ひずみ率。 3) ワウフラッターが発生しない。 4) チャンネル間クロストークが発生しない。 5) 広帯域で平坦な周波数特性。 6) 4チャンネル以上の多チャンネルの録音再生。 7) チャンネルごとのデータコピー可能 8) ハーフ・スピード・カッティングが可能。 9) 保存時の音質劣化が少ない。 10) ゴースト等が生じない。 11) カッティング用アドバンスドヘッドを装備。 12) 編集が可能。</p>	<p>1) ダイナミックレンジ;75dB以上 2) ひずみ率;0.1%以下(動作レベル時) 3) ワウフラッター;測定限界以下 4) チャンネル間クロストーク;-80dB以下 5) 0(DC)-20kHz(偏差±0.5dB以下) 6) 8チャンネルの録音再生可能 7) 記録機2台で全データコピー可能、システム2式で個別コピー可能。 8) 可能;0(DC)-20kHz(偏差±0.5dB以下) 9) 保存後のデータエラーの増大は認められるが音質の劣化は未確認。 10) ゴーストレベル;-80dB以下 11) 約1秒(331/3回転の半周強)のステレオアドバンス信号出力可能) 12) 編集;テープ手切り編集</p>
<p>3. DENON DN-023R PCM/デジタル録音システムの構成と方式</p>	
<p>1) PCM/デジタルオーディオ変換器 2) 4ヘッド・ローバンドVTR(改造) 3) VTR動作モニター装置 4) 方式 変調方式;パルス符号変調(PCM) PCM符号構成;13ビット自然2進コード 伝送クロック周波数;7.1825MHz 音声標本化周波数;47.25kHz 伝送波形;標準NTSCテレビ信号(但し垂直同期信号を含まず) 音声チャンネル数;8/4/2 切替 アドバンス信号記録方式;アナログ信号の直接記録 アドバンス信号チャンネル数;2 磁気テープ装置;改造した4ヘッド・ローバンドVTR テープ速度;記録時 38cm/秒、再生時 38cm/秒、19cm/秒 切替</p>	

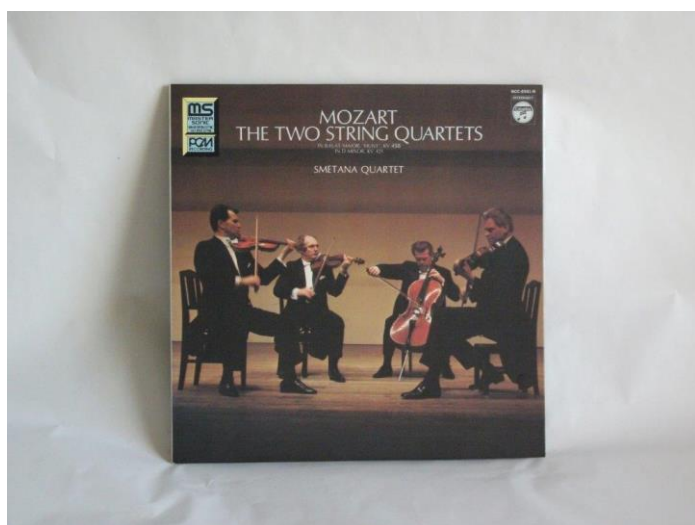
図Ⅱ-3 1969年時点での要求仕様と1972年に達成された録音機の仕様及び構成

この編集ができ、半速再生が可能で、カッティングに必要な種々の制御信号が得られるこの録音機の外観を写真Ⅱ-3に示す。



写真Ⅱ-3 1972年に開発導入されたPCM/デジタル録音装置 DENON DN-023R

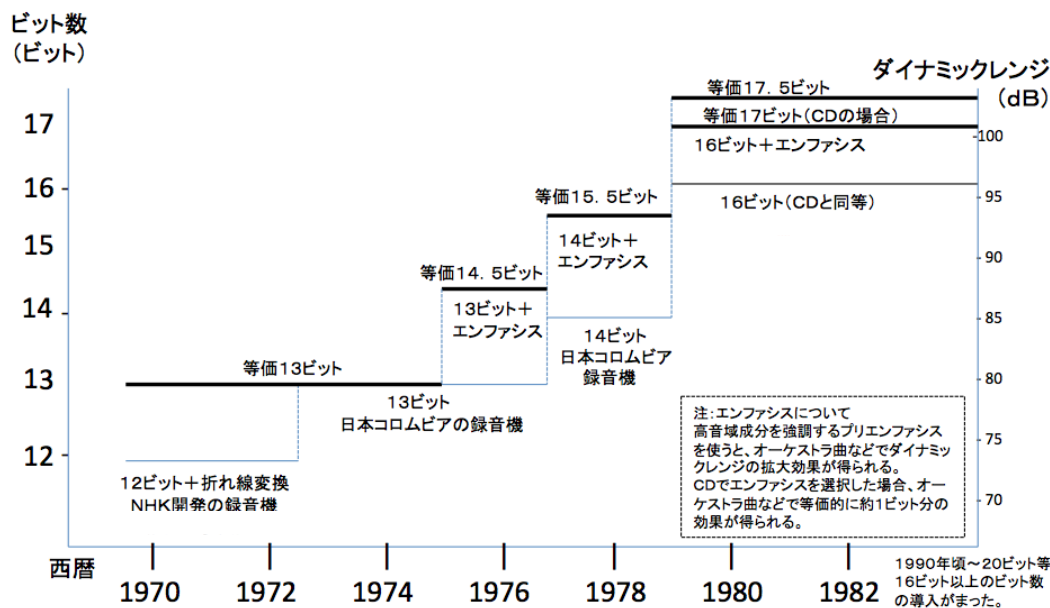
この録音機で編集、録音、ハーフ・スピード・カッティングを行ない1972年10月に発売されたアナログレコードの外観を写真Ⅱ-4に示す。



写真Ⅱ-4 世界最初の編集が可能な本格的なPCM/デジタル録音機で録音したレコード
東京のスメタナ弦楽四重奏団 モーツァルト作曲弦楽四重奏曲第17番「狩」他

Ⅱ-3 PCM/デジタル録音機のダイナミックレンジの拡大

1972年に、写真Ⅱ-3の録音機を用いた定常的な国内での録音を開始した。その後持ち運びの容易な録音機を開発し、1974年よりヨーロッパ他での海外でのPCM/デジタル録音を開始した。CDの導入となった1982年までに数百枚以上の録音を行った。この間ビット数の拡張などによるダイナミックレンジの拡大につとめ、CDの導入以前の1970年代末にCDより以上のダイナミックレンジを実現し、1982年のCDの導入を待った。



図Ⅱ-4 1982年のCDの導入までのビット数(ダイナミックレンジ)の拡大

1970年代半ばまでの13ビットや14ビットの時代には、音圧レベルの低い弦楽四重奏曲室内楽や暗騒音のある教会等の会場での録音を主に行っていたが、会社の経営トップからオーケストラの録音を早くやれとの要請が度々到来し、当面オーケストラの録音を後回しにし、ダイナミックレンジの拡張とビット数の拡大に積極的に取り組んだ。このデジタル録音機のビット数の拡張は、CDの導入以降も続けられている。

だからと言ってビット数の拡張に頼りすぎるのは危険である。24ビットで16ビットとの差を示そうとすれば必然的に大きな音量で聴く必要があり、そうすると難聴の害を受けかねない。

最近その傾向が顕著に表れ、アマチュアの録音は勿論だが、プロの録音コンテストでも再生音圧の大きさに驚かされる。数字にとらわれず小音量で楽しむことを忘れないでほしい。

ここでスターリンとショスタコーヴィッチの喧嘩が思い出される。大作曲家ショスタコーヴィッチは、スターリンの好きな大音量の勇ましい音楽を書かないとスターリンのご機嫌が悪くなることを知って、処刑や追放を免れるために大音量の勇ましい曲を時々書いていたことを思い出す。

東京の演奏会のことであつた。ソ連の楽団がスターリンの喜んだ作品を演奏した時のことである。筆者の席は最前列であつたが、大音量に耐えられず、演奏が始まるとすぐに高価な入場料を無駄にして会場から出たことを思い出します。今や大音量の危険が多くの場所で存在し、大音量から自分の耳を守るために我慢せず、すぐに退席する勇気を持つことが重要になってきている。

Ⅱ-4 ダイナミックレンジ以外の点でのデジタル録音の音質改善について

① オーディオ愛好家は、実際にどんな環境でオーディオを楽しみ、何を望んでいるか。

1970年代はじめに、数人のオーディオ評論家のリスニングルームに伺わせていただき、室内音響特性やダイナミックレンジ他の測定を行ない、その記事をラジオ技術他に掲載したことがある。それ以降、最近まで多くの愛好家評論家のお宅に伺って試聴環境とオーディオに対する考えを知るようにしている。

② デジタル録音につきものの帯域制限について検討しておく必要がある。

筆者が1969年から1970年頃に行った検討結果を以下に記す。

- ・ フィルタを入れると遅延が生じオシロスコープなどで汚い波形が観測されることは良く知られている。これで音も悪くなるという意見も存在しているようである。ご承知の通り、1960年代の終わりは4チャンネルオーディオの時代であり、その中には左右の位相差を利用したマトリックス4チャンネルも存在し、そのエンコーダやデコーダ内には、振幅特性が平坦で、入出力間で位相差をもつオールパスフィルタが多数使われていた。その出力の汚い波形を忘れることが出来なかった。実際に数十段のアナログオールパスフィルタを作って聴いてみると入出力の音質差はないわけではないが、大きく劣化することはなかった。だからマトリックス4チャンネルも存在できたのであり当時のスタジオでは多くの人がその評価を行っていたのである。この時の出力で生じる遅延量は数マイクロ秒から数十マイクロ秒で、丁度スピーカのツイータの位置を数cmずらした時に相当していた。この実験結果はデジタル録音で生きた。
- ・ 帯域を狭くすると音が悪くなるのか／帯域を狭くしないとまともな音が出ないのか。

40年以上前に100kHzまで平坦な特性を持つ測定用マイクを使って楽音を録音し、再生してみたことがある。そのまま再生すると混変調ひずみによって生音と全く違う音が出てくるが、15kHz以上を切って再生すると元の音に近いまともな音を聴くことが出来た。これは、高域特に可聴域外での非直線により混変調歪が発生し、可聴域内にひずみが発生するためであった。これは筆者にとって大きな発見であった。デジタルの導入により回転系等のフラッターやジッターによって生じる混変調歪は勿論のこと、可聴域外の高域で生じる混変調歪も改善できる機会が訪れたのである。後者は可聴域外の高域での非直線が無ければ発生しないが、そのような系は40年前には実現されていなかったが今でも実現されていないのではないだろうか。最新のツイータをいくつかを測定してみると高級品であっても10%とか30%の混変調ひずみが発生していることに愕然とする。ここまでは、デジタルと無関係のアナログの話で、超高域が聴こえようと聴こえまいと歪に悩ませられてしまうと言う話である。可聴域外の高域が聴こえるかについて検討する以前に、帯域を広くすると、音が悪くなることもあることをよく認識していただきたい。

③ CDが導入されるとオーディ評論家はなくなるのか

CD導入前年の1981年の工業会の技術大会が大阪で開催された。恩師の伊藤毅元早稲田大学教授の司会でCD導入以降も評論家は生きられるかと言うシンポジウムが開催された。筆者はそのプレゼン役に指名され、デジタル系の変換誤差によって音が変わること、フィルタやオペアンプなどのアナログ系で音が変わることの両者について様々な例を挙げさせていただいた。特にアナログ系では加速度テストを導入して1段しか使わなくても10段使って音があまり変わらないことを評価した上での導入を提唱した。その時の伊藤先生の最後の締めめの言葉が思い出される。「来年CDが導入されても音はまだまだ変わるようですから、評論家の生計は建つと思います。ご安心ください。」

④ デジタル系での変換誤差の低減について

どの変換誤差が音質に有害な影響を与えるかについて検討を継続的に行ない、録音系でのその低減方法について検討を加えた。その結果をCDの導入直後の1982年に「アナログ屋のためのデジタルオーディオ講座：デジタルオーディオの特性及び音質劣化の原因となる問題点について他」を筆者が執筆し、本誌JASジャーナル1982年11月号から1983年2月号まで4回掲載した。

ひずみを低減する方法については、どんなひずみが発生しているかを調べ、それぞれのひずみの音質劣化度合いを調べるとともに改善方法の検討を行った。例えばゼロクロスひずみについては、音質を極端に悪化することがアンプなどでよく知られている。ここでの誤差を1/16以下に抑えると音は格段に良くなる。その簡単な実現方法を提案したところ、民生用CDプレーヤーに導入されスーパーリニアコンバータとして一世を風靡した。

II-5 デジタルはディギタリスと知れ

1975年PCM/デジタル録音機をコペンハーゲンのデンマークラジオに持ち込みデモを行ったときに、先方の技術者ヘルツ氏から得た忠告である。ディギタリスは辞書でデジタルの隣にある単語でしかないが、草原に生える可憐な白い花の咲く心臓発作を起こす毒草である。使い方を知って使えば心臓の特効薬になる。デジタルも同じだから万能だとは思わないでその長所短所を良く知って使うと良いと思うよ、と言うのである。

デジタル録音の当初の導入目的は磁気録音機での変調雑音を改善にあったが、当初よりためらいを感じていた帯域制限についても導入することによって、高域での変調雑音の軽減という副産物が得られることがわかった。この時にフィルタについて特に多くの経験と教訓を得た。比較評価を行うと信じられないほど音が変わった。特にLCフィルタでのフェライト素子を変えると音が大きく変わった経験を思い出す。1段しか使わないのに5段10段接続するとゴールデンイヤーとはほど遠い筆者の耳でも良し悪しがすぐに分かった。こうした経験か後に大手電機会社からマルチトラックデジタル録音機のアナログ回路部分の設計支援を依頼された時に役立った。

本稿で扱ったアナログレコードの改善方法については、本誌JASジャーナルの本号(5月号)「幻の金属原盤によるアナログレコードの製品化」に40年以上前の金属原盤探しと昨年発売したテストレコードも含め4枚のレコードが製品化できそうな状況を記したので参照されたい。

次号以降の予定については以下を参照されたい。

2015年7月予定

III. 4チャンネルからサラウンドまで
～音場再生の本来あるべき姿を求めて～

2015年9月予定

IV. 音質悪化の主要因；デジタルでもまだまだ続く音質改善
～改善すべき音質劣化要因は変調雑音とコムフィルタ効果～

2015年11月予定

V. 我が恩師と我が師匠について
～伊藤毅、ピーター・ヴィルモース、エドアルド・ヘルツオーク～

2016年1月予定

VI. 驚異の風力音楽コンピュータ
～ドイツ、オランダ、デンマーク他の名オルガンを訪ねて～

2016年3月予定

VII. 壁が崩れると思った1985年2月15日
～ドレスデン・ゼンパー・オペラの復興プロジェクトに参加して～

2016年5月予定

VIII. 演奏家の思い出

～スメタナ弦楽四重奏団、ヨーゼフ・スーク、マリオ・ジョアオ・ピレシュ他～

2016年7月完結予定

IX. エピローグ

～今後の音質改善への期待～