

嗅覚ディスプレイを用いた音と香りのインタラクティブ・アート

伊関方晶[†] 中本高道[†]

筆者らが開発・改良を進めてきた高速開閉電磁弁方式による 13 成分嗅覚ディスプレイを用いて、音と香りを同時に体験者に提示し、聴覚・嗅覚のクロスモダリティを新たな角度からアピールできるインタラクティブ・アート作品を提案する。本作品では、体験者がバーチャルアイスクリーム店のカウンターで好みのフレーバーを選ぶと同時に、そのフレーバーにふさわしいと感じる音色（電子音）を決め、小型鍵盤を弾くと音と香りが同時に感じとれるものである。鍵盤が弾けない人のために、予め、楽曲とその進行に従って切り替わるフレーバーを同時に体験できるように自動演奏モードも用意し、本作品の魅力を端的に伝えられるように工夫した。ストーリー性のある映像作品等に付加される音楽と各シーンの臨場感を高める香りを結び付けるケースとは趣旨が異なり、体験者にはより抽象的な印象を与えるものである。しかし、曖昧な要素を補完するかの如く想像力・創造力を掻き立てることで体験者の感性を刺激することもインタラクティブの魅力の本質に合致するものと我々は考える。

Interactive Art of Sound & Scent Using an Olfactory Display

MASAAKI ISEKI[†] TAKAMICHI NAKAMOTO[†]

We propose interactive cyber art work based on our 13ch olfactory display system using high-speed solenoid valve switching architecture, which can simultaneously make a user enjoy sound and scent based upon concept of cross modality between auditory sense and olfaction. In this work when people visit the cyber virtual ice cream shop they can select favorite flavor with electronic timbre that they feel most suitable. Arranging data set of flavor scent and electronic timbre, people can play MIDI clavier and feel harmony between scent and sound at the same moment. For people without play-ability of clavier, we also make automatic performance mode for compressed experience of this work. Differing from the movie with scents, abstract impression is aimed to be brought to people in this work. We think that people will evoke imagination and creativity to complement ambiguity. Moreover we want to bring up the essential advantage of interactive art through the process of spurring their emotion.

1. はじめに

筆者らは高速開閉電磁弁方式による匂い調査・提示装置の研究・開発を行ってきた¹⁾。この装置は嗅覚ディスプレイ (olfactory display) と呼ばれるもので²⁾、元となる匂い (要素臭) を調査して任意の香りを発生させる。この嗅覚ディスプレイのシステムを芸術作品に応用した主要な先行研究として東京藝術大学美術学部と共同で制作した2つの事例がある。その一つは「香るアートアニメーション」で『TOGETHER』および『SEED』という作品から成る。『TOGETHER』は子供が犬と散歩をしながら色々な体験をして巡り歩き、やがて元の家に戻ってくる迄を描いたストーリー性のある作品である³⁾。他の一つは「香る料理体験ゲーム」で、カレーを作る過程を体験者がバーチャル調理といった形でインタラクティブに楽しめるものである⁴⁾⁵⁾。これら2つの作品に共通していることは、それぞれのストーリーに沿って展開されるシーンごとで、時間軸に忠実に最適な匂いの提示を行っている点である。そして、体験者に提示される匂いはそのシーンの映像 (静止画・動画) および音声と調和し、臨場感と迫力を高次元で融合させている処にある。前者・後者の作品は各種展示会やフォーラム等でデモが行われ、来場者から評価を得るとともに、シーンに適した匂い提示を行うことによって各場面の注目度を

制御できることがわかった⁶⁾。

次に、この度我々がシステムデモを行う作品では、人間の嗅覚と聴覚に焦点を当て、そのクロスモダリティを通じて体験者の情動面における想像性・創造性の喚起につながるようなインタラクティブ・アートの制作を試みた。具体的には、バーチャル・アイスクリーム・ショップをパソコンからの制御で展開し、体験者があたかも店のカウンターで好きなフレーバーを選び、そして選んだフレーバーの匂いに最適と思える音色を割り当て、その状態で鍵盤を弾くとヘッドセットから、音と香りが同時に提示されるという仕組みである。従来の2作品にみられる“シーン”の概念をどのように把握するかが、本作品の大きな課題の一つであった。

本稿では、今回本発表のコンテンツの制作に至った研究背景、作品の構成、体験の方法とその論点、今後の課題点等について述べる。

2. 研究背景

(1) 音色と匂い

一般に音楽作品には、具体的なストーリーが感じられるもの、感じにくいもの、どちらとも判別し難いものが存在する。それらを区別している最も大きな要素の一つが“歌”である⁷⁾。即ち、聴く人が歌のテキストを理解しながら楽曲を聴取した場合、ストーリー性が強く生まれると考えられる。日本の歌謡曲の大部分、洋楽のロック、クラシック

[†] 東京工業大学 理工学研究所
Tokyo Institute of Technology

のオペラ作品等がそれにあたる。一方、歌が入っていない楽曲、例えばコンテンポラリージャズ、あるいはフランス近代のピアノ曲を聴取した場合、その響きに心を動かされることはあっても曲名のみから具体的なストーリーが印象に焼き付くことは難しいし、その受け取る印象は聴く人の主観に委ねられ、千差万別となる。しかし、その響きが情動に訴えかける影響力は、抽象的とはいえ極めて大きい。

ここで、注目したいパラメーターがある。音をその聴覚的印象から「音の3要素」に区分すると、音の大きさ (loudness)、音の高さ (pitch)、音色 (timbre) に分けられる。

表 1 音の3要素

要素	表現	物理学的指標
音の大きさ	小さい～大きい	dB SPL
音の高さ	低い～高い	Hz
音色	明るい／暗い、鋭い／鈍い、等	波形 (可視化した場合)

音の3要素のなかでも、“音色”は“音の大きさ”や“音の高さ”に比べて、その性質が極めて複雑で一次的に表現することが困難とされている。音色は、会話の相手の声の違いや楽器音の違い等、我々の身近な生活場面で心理的な知覚がなされているが、関連する物理学的指標は、周波数スペクトル (振幅、位相)、立ち上がり、減衰特性、定常部の変動、成分音の調波・非調波関係、ノイズ成分の有無、等が挙げられる⁸⁾。一般的には、可視化した場合の波形の違いが音色の違いと認識されている。音色は、これら3要素のなかでもとりわけ微妙で繊細なパラメーターであり心理的には非常に大きな力を持つと考えられている。前述した“歌が無い”楽曲の響きに接する時には、リスナーは無意識のうちに“音色”に心を動かされている可能性は否定できない。さらに、“歌が有る”楽曲を聴取する場合でも、誰が歌っているのか、自分の好きな歌声か、男声か女声か、等つつい意識が向いてしまうのも、音色の成せる技と考えられないであろうか。まず音楽作品における“音色”に注目したが、次に匂いの心理的要素について考えてみたい。

匂いの計測手法として、現在では、官能評価 (Sensory Evaluation)、機器分析 (GC, GC-MS)、センサーによる計測が主流となっている²⁾。官能評価においてパネル (評価者) が作成するフレーバープロファイルの形容語句に注目すると、例えば“華やかさ”、“広がり”、“グリーン”、“みずみずしい”、“油っぽい”、その他、極めて多岐に亘る表現がみられる⁹⁾。色彩や空間表現、体感表現をも含むこれらの形容語句が、音色の特徴を言葉で表現する場合に酷似していることに驚かされる。“涼しげな香り”という表現があり、一方で“涼しげな音色”を想起させる電子音は実在する。また、音色の種類には、具体的な生楽器を指すピアノ、

トランペット、ドラム、ハーモニカ、クラリネット等があるように、匂いの場合にも、具体的なシトラス、ミント、ムスク、ジャスミン、ココナッツ等が存在する一方で、テクスチャー (texture) 系の抽象的な匂い、音色が存在する点も注目し得る。つまり、身近な対象物からは得られない化学臭、そして具体的な生楽器からは得られない電子音の両者は、他の感覚表現を借りて“透明感がある”、“ザラザラした”等と表わされている。

以上の考察を踏まえて、音の3要素のなかの“音色”に注目し、匂いと結びつきを新たな手法で体験者に提示する方法について検討した結果、我々の身近にある具体的な匂い (フレーバー) と抽象的な電子音を同時に提示できるコンテンツの制作に辿り着いた。もし、仮に具体的な匂いと具体的な音色を同時に提示すると、体験者がそれぞれに抱えている印象が固定的なため、ぶつかり合った mismatch な認識を引き起こすことを懸念した。そこで、体験者には身近で具体的な印象をもつフレーバーと、他方は普段、聴き慣れない抽象的な電子音を提示し、その感覚融合でイメージを膨らませてもらうことを狙って作品の具体的な検討に入った。

(2) 表現手法

本作品の性格は、メディア・アート¹⁰⁾の一分野であるオルファクトリー・アート (olfactory art) の位置づけとなるが、サウンド・インスタレーション (sound installation)¹¹⁾に区分されることも吝かではない。ただし、静的な展示空間を鑑賞する作品とは異なり、来場者は本作品のコンテンツを直に体験し、嗅覚と聴覚を同時に用いた官能に基づいてその表現を感じてもらうことを主眼とする。

本作品では、体験者がバーチャル・アイスクリーム・ショップを訪れ、まず好きなフレーバーを1種類選び、次にそのフレーバーに、自分がふさわしいと感じた電子の音色を1種類アサインする。このプロセスを経て決定された匂いと音のデータセットに基づいて、MIDI 鍵盤で自由に音楽を演奏すると、パソコンから送られるコマンドに従い、音と香りが同時に感じられ、その一致や不一致の印象を反映させて、体験者自らがそのデータ・マッチングを行いつつ、最適な調和を探っていくプロセスに、本作品の制作意図がある。次章では、その具体的な構成や体験方法等について述べる。

3. 作品の構成・体験方法・課題

3.1 嗅覚ディスプレイ

本作品において匂い提示を担う中心的デバイスとなるのが、筆者らが研究・開発を行ってきた高速開閉電磁弁方式による匂い調査装置で、電磁弁の開閉頻度により提示する匂いの強度を調節する方法をとっている。匂いのもととなる要素臭の試料を入れたサンプル瓶内のヘッドスペースにおける匂い濃度を調節するために、ポンプから空気を送

ったり、止めたりするが、体験者の鼻に匂いが届かない時でもサンプル瓶内には常に空気を流しており、バイパス経路、活性炭フィルタを介して排気をし、サンプル瓶内の濃度を一定に保つ仕組みとなっている¹²⁾。今回は、同方式に基づいて改良された最新の 13 成分調合嗅覚ディスプレイを用いている。

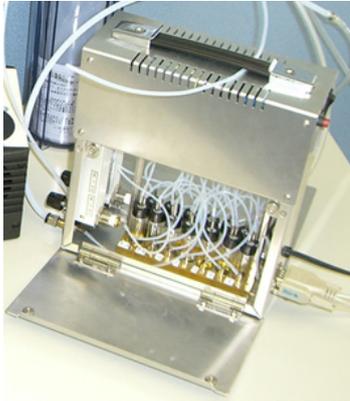


図 1 13 成分調合嗅覚ディスプレイ

この嗅覚ディスプレイ本体には、13 本（13 チャンネル）のサンプル瓶がセットされている。チャンネル 1 には空気のみが送り込まれ、チャンネル 2～13 には匂いの試料（液体）が充填される。本作品では、表 2 に示すようにアイスクリームのフレーバーを表現した 12 種類の試料をそれぞれのサンプル瓶に充填した。

表 2 使用したフレーバー

チャンネル	フレーバー
Ch1	(空気)
Ch2	バニラ
Ch3	ミルク
Ch4	ブルーベリー
Ch5	ミント
Ch6	チョコレート
Ch7	コーヒー
Ch8	ラム酒
Ch9	グリーンティー
Ch10	バナナ
Ch11	オレンジ
Ch12	ストロベリー
Ch13	メロン

3.2 全体の構成

(1) ハードウェア

ハードウェアの全体構成概念図は図 2 のとおりである。匂い提示を行う 13 成分調合嗅覚ディスプレイ本体と空気を送るポンプ、そして活性炭フィルタが結びつく。ポンプから送られた空気圧によって、各チャンネルから出力され

る匂い物質を含んだ気体は、約 1 メートルのテフロンチューブ内を伝わり、体験者の鼻先に向けられたアクリル製パーツのスリットから香りとして提示される。このチューブと先端のアクリル製パーツは、ヘッドフォンの左側から伸びるワイヤーに這わせるように固定され、体験者の鼻から 2～3 cm のところに来るように設定される。

一方、音の提示は体験者が弾く MIDI 鍵盤から出力される情報に従い、ノートパソコン（OS: Windows 7 Pro.）にインストールされた VST（Virtual Studio Technology）音源方式のソフトウェア・シンセサイザーから出音されるサウンドがパソコン内蔵のオーディオカード経由でヘッドフォンに送られて体験者の耳に届く。これらの仕組みにより、音と香りの同時提示が可能となる。出音をコントロールするデバイスとしては MIDI 鍵盤が縦に 3 台並んでいる。また、好みのフレーバーを選び、それに合うと感じる音色を体験者自身がアサインする、或いは自動演奏モードを体験する際の GUI を表示させ、直感的な操作を可能とするために光学式タッチパネル液晶モニターを設置している。

本作品のシステム全体を制御するのはノート型パソコンであり、プラットフォームとなるシステム設定等をリアルタイムで監視・調整する。このパソコンには体験者が触れることは無く、デモンストレーターが操作にあたる。また、各機器とパソコンとのデータ通信を行うインターフェースは全て USB であるが、嗅覚ディスプレイに搭載された FPGA（Field Programmable Gate Array）はシリアルポート（RS232C）¹³⁾ を実装しているため、USB との変換アダプタを用いて通信を行っている。

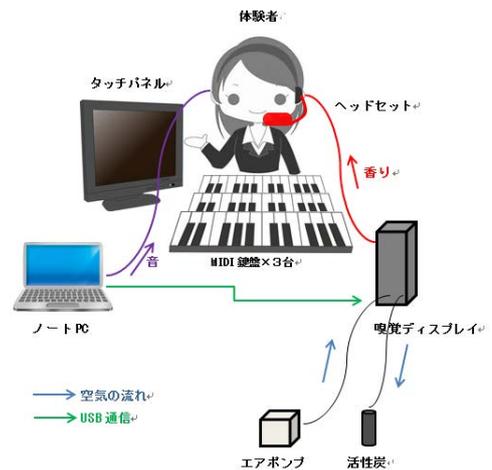


図 2 作品の全体構成（概念図）

(2) ソフトウェア

本作品では、体験者が選んだフレーバー情報および音色情報、鍵盤を弾いた時の MIDI 情報などによってトリガーされる音と香りの制御等をノートパソコン内で作成したプログラムで行っている。言語は MAX 6/MSP/JITTER を用いた。具体的には、MIDI 鍵盤から送る打鍵情報からペロシ

ティ (Velocity) 値¹⁴⁾を受け取り、その数値データを ASCII データに変換して嗅覚ディスプレイのシリアルポートへ USB 端子経由で送信を行うと同時に、VST (Virtual Studio Technology) 音源を鳴らす、或いはモニターの GUI の制御を行う、といった全体的なプラットフォームの役割を担っている。次に、作品の体験方法について述べる。

3.3 体験方法

本作品は体験型のコンテンツであり、図3に示すようにユーザーがタッチパネル液晶モニターをみながら操作を進め、MIDI 鍵盤で自由に演奏した音楽と、提示される香りを同時に感じ取るもので、基本的にはユーザーが一人で全ての体験を完結できる(手弾きモード)。しかし、鍵盤演奏に慣れていない人や、本作品のコンセプトを端的に知りたい人に配慮して、自動演奏モードも設定した。次に、それら両モードの体験の操作手順を記す。

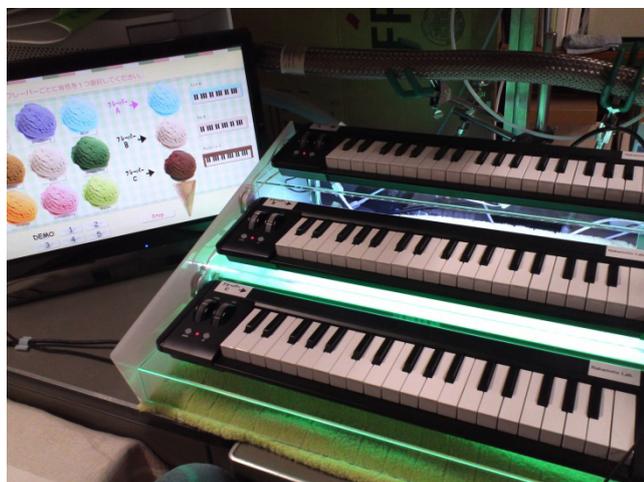


図3 タッチパネルの GUI と MIDI 鍵盤×3台

<手弾きモード>

- ① 音と香りを提示するヘッドセットを装着する。
- ② タッチパネル上の好きなアイスクリームのメニュー・アイコンに触れてフレーバーを選ぶ。
- ③ 図4に示すように、②の時、音色が8個プルダウン表示されるので、そのなかから任意の音色を1つ選ぶ。
- ④ ②と③の操作を連続して3回繰り返して行い、3段ある MIDI 鍵盤それぞれにフレーバー (A,B,C) と音色のデータセットを割り当てる。
- ⑤ 3段の鍵盤を弾いて、ヘッドセットから提示される音と香りを同時に体験する。

<自動演奏モード>

- ① 音と香りを提示するヘッドセットを装着する。
- ② タッチパネル上の”DEMO”の曲番号を1つ選択する。
- ③ 選択した番号の楽曲のデモ演奏と香りの提示を自動的に体験できる。(アイスクリームのフレーバーと音色は、予め用意した組合せとなっている。また、1つの作品で、曲調の変化に合わせて数小節ごとにフレーバーが

切り替わるようにプログラムを設定している。)



図4 例：バニラフレーバーを選んだところ

3.4 論点

前述した“歌”の有無とストーリー性の関係に言及する前に、音楽作品においても“シーン”の概念が当てはまることに注目したい。映像作品の多くには視聴者に提示するストーリー性があり、具体的な印象から情動に訴えるものがある一方、音楽作品の多くにも“楽節”¹⁵⁾が存在し、この数小節のユニットが組み合わさって1曲が成り立っている。勿論、音楽のジャンル、時代性、地域、等によって一概にくくることはできないが、楽節の変化をシーンの変化と捉えて、その時間軸に沿った表現を匂いで助長することにより、映像シーンの臨場感とは趣の異なった演出が可能になるのではないであろうか。

本作品に自動演奏モードを設定したもう一つの大きな理由はここにある。例えば、この自動演奏モードの1曲目：「Top Of The World」は楽節で数小節ごとに区分され、それぞれのパートで違った音色と香り(フレーバー)提示のデータセットをアサインしてある。

表3 デモ曲「Top Of The World」のデータセット

小節	フレーバー	音色
1~7	バニラ	鋸歯状波系
8~23	ストロベリー	FM音源ベル系
24~33	メロン	パッド系
34~49	バニラ	鋸歯状波系
50~59	メロン	パッド系
60~75	ストロベリー	FM音源ベル系
76~86	メロン	パッド系

この楽曲の冒頭は、一貫したモチーフ(動機;それ自体がある表現性を備えた最小の音楽的単位である旋律断片)¹⁶⁾の提示部となっているが、導入にふさわしい控えめな印象のバニラと鋸歯状波系の少しザラついた音色、つづく第1メロディは、明るめの印象のストロベリーとFM音源¹⁷⁾のベル系(鐘のような音)のキラキラした音色、そして第2メロディ(サビ)では、メロンとパッド系(空間的に広が

るファーストとした感じの音)の華やかな音色で盛り上がるような効果を狙った。この楽曲は本来、歌の入っている往年の名曲だが、本作品用に編曲をした。他の4つのデモ楽曲も編曲し、同様のコンセプトでデータデットを割り当てている。

研究室内のスタッフに体験してもらったところ、取りあえずは良い評価を得た。また、本作品は大学祭(2012年10月6日・7日)において筆者らの実験室でデモ展示を行い、一般来場者に体験してもらいアンケートを得た。集計した結果を表4に示す。

表4 アンケート記入者の項目別回答数(単位:人)

項目	男	女	計
Q1. アイスクリームの香りは曲にふさわしかったでしょうか? (自動演奏モード体験者)			
合っていた	23	33	56
まあまあ、合っていた	37	14	51
不一致だった	0	2	2
Q2. アイスクリームの香りは音色にふさわしかったでしょうか? (手弾きモード体験者)			
合っていた	22	30	52
まあまあ、合っていた	26	7	31
不一致だった	1	1	2
Q3. アイスクリームの香りが有る場合・無い場合の両方を体験された方は、下記にチェックしてください。			
曲に香りは有ったほうがよい	17	15	32
曲に香りは無いほうがよい	1	0	1
曲と香りはとくに関係ない	4	2	6

Q1.については、計107人(98%)から香りと楽曲が合っていたとの回答を得た。Q2.については、計83人(97%)から香りと音色が合っていたとの回答を得た。また、Q3.については、計33人(85%)が、アイスクリームの香りが楽曲とともに提示された方がよいとの回答であった。これらの結果から、本作品における音と香りの同時提示は、体験者の心理面に調和した印象を与えるとともに、概ね、楽曲だけよりも香りを伴った方がよい(情動に強く訴える)ものと考えられる。

音と香りを同時に提示する空間は、我々の日常のシーンでは決して珍しいことではない。アロマキャンドルに炎を灯し、その日の気分に対応しい音楽を部屋で聞きながらヒーリングに浸ることがごく当たり前となって久しい。しかし、本作品の自動演奏モードのように曲調の変化に合わせて香りのレンダリングが可能となれば、新規性の高いコンテンツが期待できる。そして、こうした新たなアート作品の誕生に適するような、匂い提示の精度が高く、残香の問題から解放された新たな嗅覚ディスプレイが登場すれば、斬新なコンテンツ実現の可能性はさらに高まる。

4. おわりに

映像作品やゲーム・コンテンツの各シーンにおいて、よ

り臨場感を高めるといった目標に沿って進んできた先行の研究事例では、具体的なイメージの形成と融合が“視覚”情報を伴ってなされてきたと考えられる。本作品では、音と香りから得られる抽象的な感覚融合を目指したつもりであったが、バーチャル・アイスクリーム・ショップという、ある意味では非常に具体的な状況設定でのバーチャル体験を実現するためには、映像(アイスクリームの画像)やテキスト(フレーバー名)の力を借りることとなった。

今後、純粋に嗅覚と聴覚のみによって体験者の情動に訴えかけることが可能な作品、そして作者の主観に偏ることなく多くのユーザーから共感の得られる新たなオルファクトリー・アートの制作に向かって挑戦してゆきたい。また、技術面では、匂い提示の切り替えがユーザーの鼻で鮮やかに感じとれるコンテンツを実現し、一方で残香の問題をクリアした新たな嗅覚デバイスの適用に大きな期待がかかる。

謝辞

本研究の一部は日本学術振興会基盤研究B, No. 22300073の助成を受けたので、ここに深謝する。

参考文献

- 1) Takamichi Nakamoto and Hai Pham Dinh Minh, Improvement of olfactory display using solenoid valves, "IEEE Virtual Reality 2007", 179-186
- 2) 中本高道編著, "嗅覚ディスプレイ", フレグランスジャーナル社, 2008
- 3) ハイ・ファン・ディン・ミン, 中本高道, 長濱雅彦, 半崎信朗, 大西景太, 嗅覚ディスプレイを用いた香るアニメーションの作成と評価, "電子情報通信学会総合大会", 2006, A-16-15
- 4) 中本高道, "香り"はどうすれば記録・再生できるか, "交感する科学", ベルシステム24総合研究所, 2007, 140-161
- 5) 長濱雅彦, 匂いをデザインする, "Biophilia" Vol.6 No.4, 2010, 18-22
- 6) Takamichi Nakamoto and Kenjiro Yoshikawa, Movie with Scents Generated by Olfactory Display Using Solenoid Valves, IEICE TRANS. FUNDAMENTALS VOL.E89-A (2006), 3327-3332
- 7) 山田真司・西口磯春編著, "音楽はなぜ心に響くのか", コロナ社, 2011
- 8) 岩宮眞一朗編著, "音色の感性学", コロナ社, 2011
- 9) 長谷川香料株式会社編, "においの化学", 裳華房, 1993
- 10) 坂根厳夫, "メディア・アート創世記-科学と芸術の出会い-", 工作舎, 2010
- 11) Alan Licht, Jim O'Rourke, 木幡和枝監訳, 荏開津広・西原尚訳, "サウンドアート—音楽の向こう側、耳と目の間—", フィルムアート社, 2010
- 12) 中本高道, 多成分嗅覚ディスプレイとその応用, "応用物理" 80 (2011), 231-234
- 13) 宮崎仁, "改訂新版パソコン・インターフェース入門", CQ出版社, 2006
- 14) 高橋信之, "コンプリートMIDIブック", 株式会社リットーミュージック, 2005
- 15) ウルリヒ・ミヒェルス編著, 角倉一朗監訳, "図解音楽事典", 白水社, 1989
- 16) 音楽用語辞典(MUSIC PAL) ウェブサイト, ヤマハ株式会社 <http://www.yamaha.co.jp/edu/dictionary/ta.html#douki>
- 17) Curtis Roads, 青柳龍也・小坂直敏・他監訳, "コンピュータ音楽—歴史・テクノロジー・アート—", 東京電機大学出版局, 2001