

アコースモニウム演奏記録システムの開発と演奏データアーカイブの構築

平野 砂峰^{1,a)} 落 晃子^{1,b)} 石上 和也^{2,c)} 成田 和子^{3,d)}

概要: アコースモニウムは、電子音響音楽を上演する際に用いられる数十個のスピーカとミキシングコンソールにより構成される立体音響システムである。演奏者は、ミキシングコンソールのフェーダを操作（演奏）することにより、空間的な音楽表現を加えて聴衆に届ける。フェーダ操作、演奏の様子、立体音響の収録といった複数の要素を統合して記録するシステムを開発した。そのシステムにより、日本の著名なアコースモニウム演奏家 15 名による 84 の演奏を収録しデータベースを作成した。アコースモニウム演奏記録システムについて述べ、そのシステムによる演奏記録の方法と演奏記録データベースの概要について述べる。最後に、システムと著作権の問題点について考察し、これからの研究について述べる。

The Development of an Acousmatic Music Performance Recording System and Construction of a Performance Data Archive

1. はじめに

アコースモニウムとは、メディアに記録された電子音響音楽を演奏するための、大きささまざまなスピーカ、アンプとミキシングコンソールからなるマルチチャンネル再生の立体音響システムである。演奏者はミキシングコンソールのフェーダを操作（演奏）して、コンサートホール内に設置された多数のスピーカのどのスピーカからどれくらいの音量で出力するかをコントロールし、強弱、色彩感、遠近感、立体感、音の動きなど空間的な音楽表現を加えて、電子音響音楽を聴衆に届ける。コンサートホールの形状や上演作品にあわせて構築されるアコースモニウムは、48 個以上のスピーカと 48 本ものフェーダを持つ大規模なシステムから、8 個のスピーカと 8 本のフェーダのシステムまで多種多様である。電子音響音楽をアコースモニウムで演奏する場合

は、音楽を記録したメディアは楽譜に相当するものであり、アコースモニウムは楽器に相当する上演装置である。

1940 年代後半から始まった電子音響音楽は、電子音や具体音をレコードや磁気テープなどのメディアを用いて録音・加工・編集することにより作曲・制作されていた。当時の電子音響音楽のコンサートにおいて、舞台上には演奏家も指揮者も存在せず、観客はテープやレコードに記録された音楽を聞くだけであった。そうした、音楽を再生するだけのコンサートでは、聴衆の関心を持続させることは困難であった。このような問題を解決するために、1974 年、作曲家のベイル（François Bayle）はアコースモニウムを開発し、彼自身のコンサートの演奏で使用した [1]。

その後、アコースモニウムは、フランスの INA/GRM や MOTUS を中心に電子音響音楽の演奏に用いられるようになり、その後国際的な広がりを見せ、ICMC(コンピュータ音楽国際会議)をはじめとする電子音楽音響のコンクールでも、作品がアコースモニウムで演奏されるようになってきた。日本では 1990 年代後半から演奏会で用いられるようになった。CCMC(コンテンポラリー・コンピュータ・ミュージック・コンサート)では、アコースモニウムを用いたコンサートが 20 年以上も継続している [2]。日本の芸術系大学 15 校以上が参加する、インターカレッジ・ソニッ

¹ 京都精華大学
Kyoto SEIKA university, KYOTO Japan

² 大阪芸術大学
Osaka University of Arts, OSAKA Japan

³ 同志社女子大学
Doshisha Women's College, KYOTO Japan

a) hirano@kyoto-seika.ac.jp

b) rakasu@kyoto-seika.ac.jp

c) mail@neus318.com

d) knarita@dwc.doshisha.ac.jp

クアーツ・フェスティバルでは、毎年数十作品の電子音響音楽がアコースモニウムにより演奏されており、これらの大学ではアコースモニウム演奏教育が行われている。

アコースモニウムが使用され始めた頃は、ミキシングコンソールの操作（演奏）は、その演奏される曲を熟知している作曲者が自身の曲を演奏するというスタイルであった。1995年頃からは、作曲者本人ではなく、アコースモニウムの演奏に熟達した演奏者が演奏することが増えてきた。このことにより、アコースモニウムを用いたコンサートは、より多く開催されるようになった[3]。ピアノとピアニストの関係のように、アコースモニウム（楽器）と電子音響音楽の演奏家との関係がある。メディアに記録された電子音響音楽は楽譜に等しく、演奏者、演奏するアコースモニウムや会場が異なれば、同じ作品でも音楽表現の幅は無限に広がる。

筆者らは、電子音響音楽の作曲、演奏活動と共にアコースモニウムコンサートの企画、制作を行ってきた。その中で、以下の二点が特にアコースモニウム演奏の習得、研究の障壁になっていると感じた。一点目は、コンサートにおいて、指先の細やかな動きによるフェーダ操作を見ることが難しく、実際にどのような演奏行為が行われているのかわかりにくいことである。そのためにアコースモニウムの演奏教育は手習いの域を超えていない。二点目は、演奏のための記譜法が確立していないために、演奏家のメモ程度で演奏譜面がないことである。日本のアコースモニウム演奏家の檜垣も、ミキシングコンソールのフェーダ操作とその演奏意図について議論し、フェーダ操作の記録の重要性を指摘している[4]。

現在の状況では、演奏の再現はもとより、演奏の研究や練習もコンサートで聞いた記憶を頼りにせざるを得ない。演奏の研究や練習の問題を解決するためには、アコースモニウム演奏の記録システムが不可欠である。さらに演奏データをアーカイブし、解析することにより記譜法の研究も進展すると考えられる。筆者らは、以上のことから本研究を着想した。

2. 関連研究

日本においては、檜垣が、アコースモニウム演奏の高精細の立体音響収録、再生システムの開発とフェーダ操作の記録をおこなっている[4]。海外の先行研究として、我々と同様の問題意識を持つラボワソン、クープリらが、アコースモニウムの記録システムとソフトウェア MOTUS Lab Tool[8]を開発した。クープリらの研究は、記録システムの開発と、アコースモニウム演奏の記譜法や再現方法を重視している[5][6]。一方、本研究は演奏データベースの構築、名演奏の保存、教育への利用の実践的研究が中心であり、互いの研究を協調させることで、より広範囲に適用できる結果が得られる。本研究では、クープリらが開発したオー

ブンソースのソフトウェア MOTUS Lab Tool を利用している。もう一つの先行研究としては、パリ第8大学ラボワトル・ミュージダンス (Laboratoire Musidance) のクリスティーン・ヴェブステールらによる VR 空間における、電子音響音楽の作曲と空間表現に関する研究がある[7]。これは、本研究の立体音響収録、記録データの再生部分の構築に有用である。

3. 演奏記録システム

本システムは、演奏者の操作するミキシングコンソールのフェーダの位置情報、カメラによる演奏者の手の動きの映像、マイクロホンで集音したホール内の演奏音、演奏される音源^{*1}の音声を PC を用いてデジタルデータとして記録している。以下、演奏記録システムのハードウェアとソフトウェアについて述べる。

3.1 ハードウェア

本研究の演奏記録システムは、演奏者が操作するアコースモニウムの演奏システムに加えて演奏を記録するために使用する PC、カメラ、マイクロホンで構成されている。図 1 にハードウェアのブロック図を示す。ブロック図の破線の内部がアコースモニウム演奏システムで、破線の外側にある、PC (Macbook Pro)、Web カメラ (Logicool Stream-Cam)、Ambisonic マイクロホン (Sennheiser Ambeo VR) が演奏記録で使用するハードウェアである。

アコースモニウム演奏システム部分は、演奏する会場の大きさや、利用できる機材によって異なる。本研究では、8ch/8 スピーカの小規模なものから 28ch/29 スピーカの比較的大規模な演奏システムの演奏記録を行なった。図 1 は 28ch/29 スピーカを 2 台のミキシングコンソール (YAMAHA TF1, TF3) で演奏するシステムの例である。

次にシステムの音声信号の流れを説明する。ミキシングコンソールの上に設置された Ambisonic マイクロホンで収録した 4 チャンネルの演奏音と音源の 2ch ステレオの音声は、ミキシングコンソールにより 6 チャンネル 16bit/48kHz のデジタル音声信号に変換され、USB を介して PC に送られる。

ミキシングコンソールのフェーダと出力されるスピーカは原則として一対一対応しているため、入力された音源の信号は、フェーダ操作（演奏）によりホール内に設置された多数のスピーカから演奏者のフェーダ操作に応じた音量で出力される。フェーダのゲインのデータが、ミキシングコンソールの LAN 端子から TCP/IP で Ethernet HUB を経由して PC に送られる。また、演奏者の手の上方に設置された Web カメラで撮影されたフェーダ操作の映像が、USB を介して PC に 1080p/30Hz で送られる。6 チャンネ

*1 本論文では、演奏に用いられる CD などの 2 チャンネルステレオの音楽作品

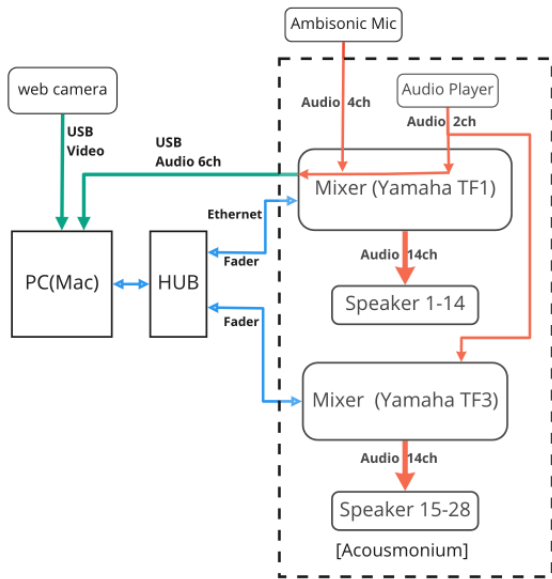


図 1 ハードウェアブロック図

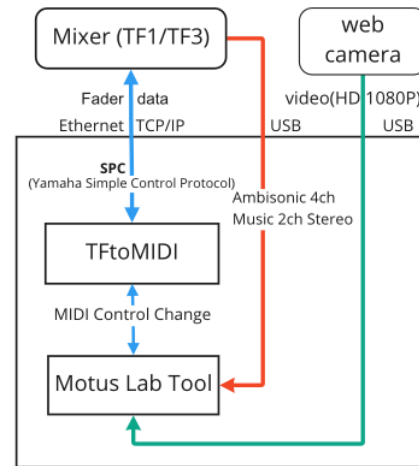


図 2 ソフトウェアブロック図

表 1 演奏収録

Table 1 Performance Recordings

No.	日時	内容	場所/広さ	収録数
1	2020年 9月17~23日	演奏記録	K451 練習室 154m ²	6名 18曲
2	2020年 11月7~8日	コンサート	K101 ホール 509m ²	14名 14曲
3	2021年 3月11~19日	演奏記録	K123 練習室 122m ²	8名 24曲
4	2021年 3月20日	オーディション インタビュー	K123 練習室 122m ²	—
5	2022年 3月14~17日	演奏記録	K123 練習室 122m ²	6名 18曲
6	2022年 3月19日	オーディション インタビュー	K123 練習室 122m ²	—

ルの音声データ,2台のミキシングコンソールのフェーダ情報, フェーダ操作の映像が同期してファイルに保存される。

3.2 ソフトウェア

ここでは,演奏システムのソフトウェアについて述べる。図2にソフトウェアのブロック図を示す。収録に使用したソフトウェアは,クープリらが開発した, MOTUS Lab Toolである。MOTUS Lab Toolは,マルチトラックの音声信号,カメラ3台の映像信号,フェーダ情報をMIDIのコントロールチェンジデータで送受信可能なミキシングコンソール3台のフェーダ操作情報(MIDIデータ)を記録再生できる。

アコースモニウムの演奏データ記録,再生のソフトウェアである。本研究で用いたミキシングコンソールTF1とTF3は,MIDIの入出力の代わりに専用のプロトコル Yamaha SCP(Simple Control Protocol)[9]を用いて,TCP/IPによりLANを用いて制御する仕様であった。そのために,SCPによるフェーダ操作データをMIDIのコントロールチェンジデータに変換するプログラム TFtoMIDIをCycling74社のMax8を用いて作成し,MOTUS Lab Toolで記録した。フェーダ情報は,10bitのYamaha SCPデータをTFtoMIDIプログラムで7bitのMIDIのコントロールチェンジデータに変換され記録される。

演奏者のフェーダ操作の様子は,Webカメラにより撮影されUSBを介して1080P/30HzでPCに入力され,H264圧縮,960x540pixel,24fpsのmp4ファイルとして記録される。2chの音源と4chのマイク信号は,ミキシングコンソールからUSBを介してPCに入力され,48kHz,24bit,6chのwavファイルとして記録される。MOTUS Lab Toolでは,上記の音声信号,映像信号,MIDIデータが一つのパッケージファイルとして保存される。

4. 演奏収録

本研究では,同志社女子大学頌啓館の練習室,音楽ホールにて表1のように演奏収録と自動演奏オーディションを行った。演奏収録は,練習形式(1),(3),(5)とコンサート形式(2)の収録に分類される。また,収録後の演奏をその演奏者が鑑賞する,自動演奏オーディションとインタビュー(4),(6)を実施した。

アコースモニウムのスピーカ配置やレベル設定と音色設定,ミキシングコンソールとフェーダの対応づけなどのデザインを,檜垣が担当した。ホールの音を収録するマイクロホンの位置は,演奏者の前方に頭の位置の高さに設置した。スピーカの音色や音量は,ウーファーやツイータなどの特殊なスピーカの場合以外は,演奏者の聴取位置で出来るだけ同じになるように設定した。図3にK101音楽ホールでのアコースモニウムレイアウト図を図4にフェーダーとスピーカの関係表を示す。

練習形式の(1),(3),(5)の演奏収録では,演奏家一人につき,演奏を比較研究するための共通曲,フランスの電子音響

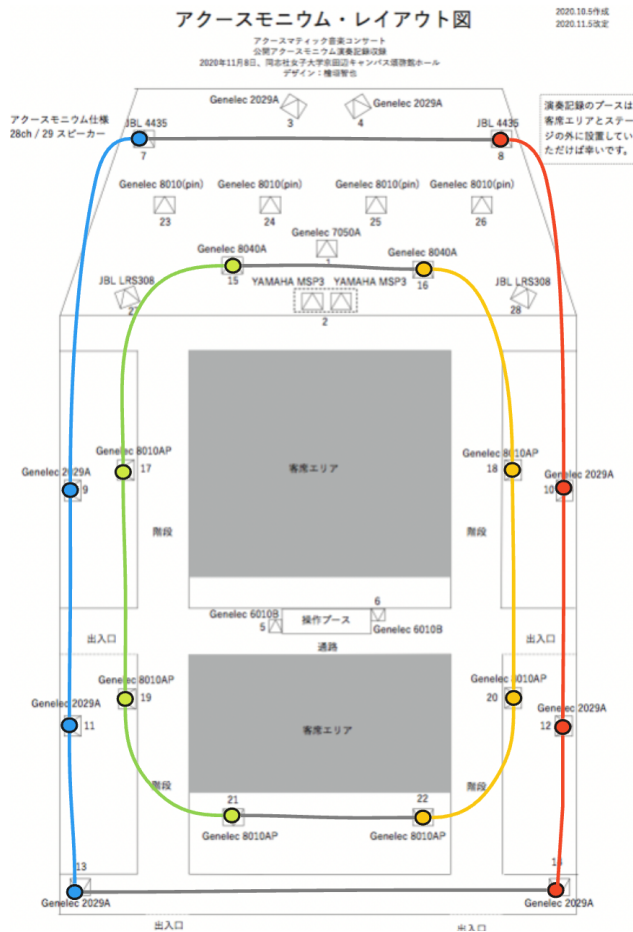


図 3 K101 アコースモニウム設置図

音楽の名曲 10 曲の課題曲から演奏者が選択した 1 曲，演奏者のオリジナル作品あるいは演奏者による自由な選曲による曲の合計 3 曲の演奏を記録した．共通曲や課題曲を設定したのは，同一曲の演奏者による演奏の違いや，アコースモニウムや演奏空間による演奏の違いを比較するためである．

4.1 演奏収録方法

(1),(3),(5) の練習形式の演奏収録にあたっては，演奏家がアコースモニウムの演奏に取りかかる前に，まずアコースモニウムが設置された空間の把握と，どのフェーダ操作でどのスピーカーがどのように鳴るのかを確認する．次に，楽曲の演奏練習を行う．各演奏者は，これらに 1 時間から 1 時間 30 分費やした後，演奏記録を行った．演奏記録を複数回行い，その中から演奏者が 1～2 個の演奏を選びデータベースに収録した．(2) のコンサート形式の収録は，一名を除いて演奏者が自作曲を演奏した．リハーサルの時に 1 人 20 分で演奏練習を行い，コンサート本番のデータを収録した．

演奏収録後に演奏者は，楽曲解説（演奏者が作曲した作品を演奏した場合），音楽経験，アコースモニウムの演奏歴，演奏についての自己評価，感想（自由記述）について

SP#	Fader#	Ch.	スピーカー名	空間効果
1	TF3-11	M	Genelec 7050A	音色：サブウーファー
2	TF3-12	M	Yamaha MSP3 (x2)	効果：ソリスト
3	TF3-13	L	Genelec 2029A	効果：前方一遠方
4	TF3-14	R	Genelec 2029A	効果：前方一遠方
5	TF3-15	L	Genelec 6010B	効果：中心
6	TF3-16	R	Genelec 6010B	効果：中心
7	TF3-17	L	JBL 4435	環状：大一前
8	TF3-18	R	JBL 4435	環状：大一前
9	TF3-19	L	Genelec 2029A	環状：大一横前
10	TF3-20	R	Genelec 2029A	環状：大一横前
11	TF3-21	L	Genelec 2029A	環状：大一横後
12	TF3-22	R	Genelec 2029A	環状：大一横後
13	TF3-23	L	Genelec 2029A	環状：大一後
14	TF3-24	R	Genelec 2029A	環状：大一後
15	TF1-1	L	Genelec 8040A	環状：標準一前
16	TF1-2	R	Genelec 8040A	環状：標準一前
17	TF1-3	L	Genelec 8010AP	環状：標準一横前
18	TF1-4	R	Genelec 8010AP	環状：標準一横前
19	TF1-5	L	Genelec 8010AP	環状：標準一横後
20	TF1-6	R	Genelec 8010AP	環状：標準一横後
21	TF1-7	L	Genelec 8010AP	環状：標準一後
22	TF1-8	R	Genelec 8010AP	環状：標準一後
23	TF1-9	L	Genelec 8010(pin)	効果：前左
24	TF1-10	R	Genelec 8010(pin)	効果：前左
25	TF1-11	L	Genelec 8010(pin)	効果：前右
26	TF1-12	R	Genelec 8010(pin)	効果：前右
27	TF1-13	L	JBL LRS308	効果：PAのような前方ステレオ
28	TF1-14	R	JBL LRS308	効果：PAのような前方ステレオ
		Stereo	マスター	

図 4 K101 アコースモニウム フェーダ/スピーカー対応表

アンケートに答えた。

4.2 オーディションとインタビュー

練習形式の演奏収録 (3),(5) について，それぞれの収録の数日後に演奏者を集めて演奏収録のデータを用いた自動演奏を鑑賞し，その後インタビューを行った (4),(6)．自動演奏鑑賞では，収録した演奏データを MOTUS Lab Tool で再生することによって，ミキシングコンソールのフェーダがデータに合わせて上下に移動し，設置された複数のスピーカーから演奏音が再生される．同時に，カメラで撮影したフェーダを操作する映像も提示した．

インタビューにおいて，演奏家は，各自の演奏が再現されていると評価した．一方，Ambisonic マイクロホンで収録した音を，バイノーラル変換してヘッドホンで鑑賞した演奏者からは，「空間の広がりを感じるが，音の定位は不明瞭である．」とのコメントがあった．演奏を鑑賞した感想として，「演奏ミスを確認したので恥ずかしい」，「同じ曲の他者の演奏と比較ができて刺激になる」などのコメントがあった．同じ曲を 3 人の演奏者が演奏した記録を鑑賞し，演奏者を推測してもらった．5 人の回答者のうち 3 人が完全に演奏者を言い当てることができ，全体では 73% の正解率であった．こうしたことから，演奏者は，お互いのアコースモニウム演奏の個性を認識していると考えられる．

5. データベース

データベースは、インターネットにより多くの音楽家、研究者がアクセスできることを目指している。データベースに含まれる情報は、音源、ホールでの演奏音、フェーダ操作の映像、フェーダ操作のデータ、演奏者へのアンケート、演奏に用いられたアコースモニウムの設置資料である。データベースは、演奏収録日時で一覧表示されるようになってきている。各演奏記録は、作品名、作曲者、演奏者、アコースモニウムの出力チャンネル数で分類探索できる。また、指定した単語でデータベースを検索できる。

音源、ホールでの演奏音、フェーダ操作の映像、フェーダ操作のデータについては、各演奏毎に一つのパッケージファイルになっているため、データベースより該当するファイルをダウンロードして必要なデータを利用する。演奏収録時と同じ環境であれば、パッケージファイルをMOTUS Lab Toolで読み込んで、演奏を再現できる。データベースは、収集したデータの一部を用いて限定されたメンバーで運用中である [10].*2。

6. 考察

これまでの演奏収録を通して、システムにおける再現性は演奏者からは、聴感上は十分であるという感想を得られた。一方、フェーダ操作データの量子化ビット数、時間分解能などの技術的な検証は十分なされていない。ホールにおける立体音響を収録するために、Ambisonic マイクロホンを用いたが、その評価はあまり良くなかった。その問題についても検討する必要がある。

本研究では、音源（CDなどに録音された音楽）を楽曲と捉え、それをアコースモニウムで演奏することによってアコースモニウム音楽が成立すると考えて演奏収録を実施してきた。このことを著作権の観点から考えると、CDの音楽が楽譜に相当し著作権を持つとすれば、アコースモニウムの演奏情報は著作権隣接権を持つこととなる。演奏収録においては、ミキシングコンソールのフェーダ操作の演奏情報には、演奏者の隣接著作権があるとの考えで、演奏者にクリエイティブ・コモンズ・ライセンスにより意思表示をお願いした。一方、演奏に使用した音源の多くは、市販されているのでその入手先をデータベースに加えている。自動演奏によるコンサートを開催する場合は、楽曲の著作権、CDなどの著作権隣接権の許諾が必要である。

本研究で扱ってきたフェーダ操作は、アコースモニウムに限らず、コンサートのPAや舞台照明の調光卓など様々な場面で行われている。また、モジュラーシンセサイザなどの電子楽器でもフェーダやツマミ、スイッチの操作が演奏として認知されてきた。複数のフェーダ、ツマミ、ス

イッチなどの実時間操作は熟練を必要とするにもかかわらず、その操作の研究やデータベースは見出せない。A.I.によって、アコースモニウム演奏やPA、照明などの操作が自動化されるためには、その研究やデータベースも必要である。一方で、データベースが機械学習のデータセットとして用いられる場合の演奏者の権利についても検討していく必要がある [11]。

本研究を開始した2019年当時は、同志社女子大学以外のホールでの演奏収録も計画していたが感染症の拡大のためにコンサートの中止や出張の禁止、自粛により同志社女子大学内の施設を用いた演奏収録となった。これからは、大学外のコンサートなどでの演奏収録を実施したい。また、演奏技術の向上やアコースモニウムの自動演奏コンサートなどへの利用も検討したい。また、MOTUS Lab Toolを開発した、ラボワソン、クープリらとの演奏情報の連携も進めていきたい。

謝辞 本研究に協力していただいた、演奏家の方々に感謝します。また、演奏と共に、アコースモニウムシステムのデザイン、課題曲の選曲に尽力していただいた榎垣智也氏に深謝します。

本研究はJSPS 科研費 19K0026 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] フランソワ・ペイルのアコースモニウムの構想—電子音響音楽の空間化手法に着目して、榎垣 智也、音楽表現学 (2013)
- [2] “音と音楽・創作工房 116 CCMC と電子音響音楽の20年”，成田和子、石上和也、平野砂峰旅、榎垣 智也、他 25名、音と音楽・創作工房 116(2017)
- [3] 電子音響音楽演奏ツール「アコースモニウム」，成田和子、情報処理学会研究報告 音楽情報科学 2008(89), pp.21-26(2008)
- [4] “アコースモニウムを用いた電子音響音楽の上演に関する研究”，榎垣 智也、九州大学 芸術工学研究院 博士論文 (2015)
- [5] EAnalysis: Developing a sound-based music analytical tool, Pierre Couprie, in Expanding the Horizon of Electroacoustic Music Analysis, S. Emmerson & L. Landy (Eds.), Cambridge University Press, pp.170-194(2016)
- [6] Methods and Tools for Transcribing Electroacoustic Music, Pierre Couprie, Proceeding of the International Conference on Technologies for Music Notation and Representation(2018)
- [7] Empty Room an electroacoustic immersive composition spatialized in virtual 3D space in ambisonic and binaural, Christine Webster François Garnier Anne Sedes, ACM VRIC(2017)
- [8] アプリケーション：MOTUS Lab Tool
入手先 (<https://github.com/pierrecouprie/MotusLabTool>) (2022.10.10)
- [9] YAMAHA SCP(Simple Control Protocol)
入手先 (<https://www.youtube.com/watch?v=xzETRI DH0Dg>) (2022.10.10)

*2 データベースの利用を希望する場合は、著者に問い合わせを欲しい

- [10] データベース：アコースモニウム演奏データアーカイブ
入手先 (<http://musicnative.sakura.ne.jp/acousmonium.db/>)
(2022.10.10)
- [11] デジタル化・ネットワーク化の進展に対応した柔軟な権利制限規定に関する基本的な考え方, 文化庁著作権課
入手先 (https://www.bunka.go.jp/seisaku/chosakuken/hokaisei/h30_hokaisei/pdf/r1406693_17.pdf)(2022.10.10)