



# 環境音を楽音として制御する MIDI キーボード楽器

A Music Technology to Regulate Environmental Sound as Musical Sound,  
A Proposal of MIDI Keyboard Instrument

三澤 太智<sup>1)</sup>

Daichi Misawa

1) 0-9studio (hi@0-9.one)

**概要:** 環境音を楽音として制御する音楽技術を, MIDI キーボード楽器として応用するプロジェクト。環境音を楽音へ変換, 環境行動によって基音・部分音を変調など, アコースティック楽器的な原理を有する。製品化や技術ライセンスを視野に参加予定。技術・芸術展示では, MIDI キーボードを通じたデモ・試奏の機会を提供予定。

**キーワード:** computer music, virtual reality, interface cultures

## 1. はじめに

本稿は, 或る音声制御技術 (以下において「本技術」と言う) [16, 18] を応用する, 或る MIDI キーボード楽器 0-9studio Save (仮称, 以下において「Save」と言う; 図 1 参照) [17] を実用化の観点から紹介する<sup>1)</sup>。

今日までに数多の研究が, インタラクティブアート [10], インタフェースデザイン [11], コンピュータミュージック [5], 前衛芸術 [4], global art history [15], VR [8], 又は文化性 (culturality) [14] に関わってきた。これらを鑑みると, シアター設計に見られる或る環境と或る楽音との両者の働きを分離<sup>2)</sup>する試み [13] は必ずしも芸術史の非時間的特徴ではない [19] 可能性を考えられる。換言すれば, 前記両者の働きを再び結びつける<sup>3)</sup>技術, 例えば或る環境音を音楽的に制御するシステム, を開発する展望を, ここに垣間見ることができる。それは或る原始的な「音楽」, つまり音声制御, の形態を参照する試みかもしれない。では, 本技術及び Save について以下に論じる。

## 2. 背景技術: 音声制御技術

音声通信に関する歴史を振り返ると, 電子的な音声合成技術に遭遇できる。例えば, オシレーター [1, 7], ノイズ生成器 [9], 録音器 [3]。しかし, 原理的に, これらは過去の或る時点における設計又はデータに基づき決定された音声を生成又は再生する技術であって, アコースティック楽器 [12] や電話 [2] のように現在生じる環境音を制御又は変換する技術では必ずしもなかった。

対して, 本技術は現在生じる環境音を, 楽音, 雑音 (雑音), その他意図する音声成分に近似する合成音へと制御又は変換する。本技術により発現する合成音の特徴は, 制御

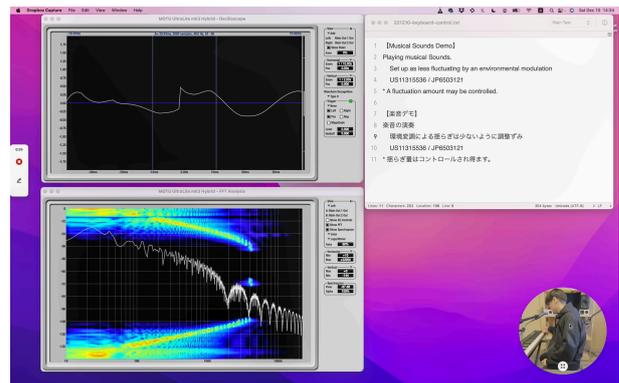


図 1: 課題 A 解決策: MIDI キーボード (試作品)

周波数成分又は制御振幅成分<sup>4)</sup>を含む点にある。これにより作曲家やサウンドデザイナーは, 或る環境音によって, 或る任意の成分の合成音を発現させ又は変調することができる。例えば, 基音の制御周波数 440Hz, 制御振幅 0.5<sup>5)</sup>を制御基準とする三角波を発現させる場合, 両者を基準とする三角波発振子に近似する或る合成音が或る環境音から, 当該環境音によって変調されながら, 発現する (以下において, 暫定的にかかる変調を「環境変調」と言う)。本技術はかかる合成音又はその基音<sup>6)</sup>を, 上記制御周波数又は制御振幅を基準としながら発現させる。作曲家やサウンドデザイナーは, 本技術を応用して複数の合成音を組み合わせれば, それが楽音又は雑音 (雑音) であれば任意の成分, つまりスペクトラム, に近似する合成音を発現させることができる<sup>7)</sup>。

<sup>4)</sup>制御周波数は合成音の周波数制御の基準となり, 制御振幅は振幅制御の基準となる。

<sup>5)</sup>1.0 を最大値とする

<sup>6)</sup>発振子等に残響又は環境音を加える類の既存技術による楽音の基音の周波数成分及び振幅成分は, 発振子等を含む技術構成故に予め確定している。

<sup>7)</sup>本技術は環境音制御を為す点において, 原理的にアコースティック楽器に類する特徴を有すると考えられる。

<sup>1)</sup>産業上の利用可能性が具体的に示される。

<sup>2)</sup>例えば, 舞台と客席との分離。

<sup>3)</sup>楽音を環境から独立させるのではない。

本技術は、暫定的に、環境を音源として利用することから「環境音源」と呼ばれる。同様に、環境音源が実行する音声制御方式は「環境変調」方式 (environmental modulation synthesis)、環境変調方式を実行することによって発現する音声は「音環」又は「サーキュレータ (circulator)」<sup>8</sup>、と呼ばれる。例えば、正弦波音環 (sine-wave circulator) など。

### 3. 本稿の課題

しかしながら、叙上の通り本技術は環境変調方式を提供する技術であり、本技術自体では<sup>8</sup>産業上利用しうる楽器等の体を成すには至らない。故に実用化や製品化にかかる諸課題が生じるとき、それらは別途解消されなければならない。すなわち、具体的には (A) 或る合成音を直感的に演奏するための手段又はインタフェースを有さない、及び (B) 或る合成音の成分を直感的に調節するための手段又はインタフェースを有さない、という課題である。

### 4. 課題を解決する手段: 0-9studio Save

本節で提案される MIDI キーボード楽器 Save は、上記課題 (A-B) を解決する手段の一つとして提示される。

Save の暫定的システム構成を概述する。Save は、本技術を応用する指示を実行するプログラムを保存するストレージ媒体を含むコンピューティングシステム、及び MIDI キーボードから構成される。音環制御パラメータを変更する GUI 又はその他 MIDI コントローラ {ノブ, スライダー, ボタン} も有しうる。

MIDI キーボードを通じ、Save はピアノのように演奏されうる；これにより、本技術に或るピアノ型インタフェースという第 1 属性が追加される。図 1 (右下. 左上はオシロスコープ, スペクトログラム) は、正弦波音環が演奏される様を示す。(試作品, 上記課題 A 解決策)

GUI 又はその他 MIDI コントローラを操作すれば音環の成分調節、つまり音環制御、のためのパラメータが変更されうる。当該パラメータは複数あり、例えば「つよさ」(仮称) と「ゆらぎ」(仮称) というパラメータが存在しうる。図 2 は、上記音環制御パラメータを変更するための GUI を示す；これにより本技術に或るノブ, スライダー, 又はボタン型インタフェースという第 2 属性が加えられる (試作品, 上記課題 B 解決策)

上記パラメータつよさは、入力信号の振幅の初期増幅量に対応し<sup>9</sup>、増幅を減らせば比較的ゆっくりと (数百 ms 程度) アコースティックフィードバック・ループが顕在化して或る任意の成分に近似する合成音が発現する。例えるなら、弦楽器を弾くように次第に合成音が発現する。逆に、上記つよさの値を増やせば初期増幅量が増え、比較的すばやく (数百 ms 程度未満<sup>10</sup>) アコースティックフィードバック

<sup>8</sup>或るプログラム、例えば反復に基づく楽曲 [6] 等の演奏を指示するプログラム、を都度編集又は実行しなければならない [17]。

<sup>9</sup>マスターボリューム調節のような末期工程ではない。

<sup>10</sup>Save の内部処理はデジタル信号処理でありうる；演算により低振幅の信号の値は高振幅のものへ更新されうる。或る波形のエンベロープのアタック部分を形成する場合を考慮されたい。

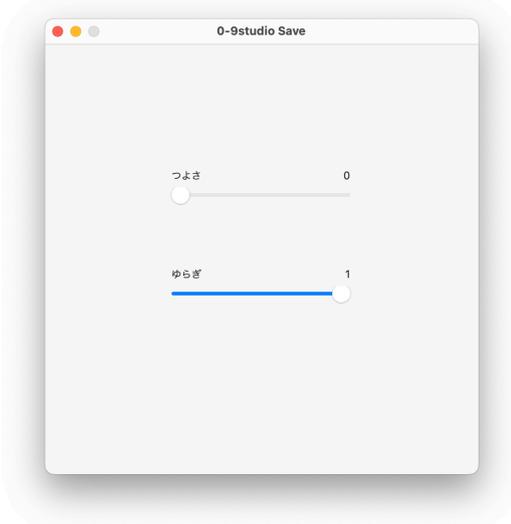


図 2: 課題 B 解決策: GUI(試作品)

ク・ループが顕在化して或る任意の成分に近似する合成音が発現する。例えるなら、打楽器を叩くように一気に合成音が発現する。

上記パラメータゆらぎは、概して、或る合成音の周波数成分又は振幅成分の変動量を変更するものであり、或る入力された環境音を共鳴させる量を決定する。共鳴度が高ければ、顕在的な楽音成分と潜在的な環境音成分とから成る合成音が発現する。共鳴度が低ければ、顕在的な環境音成分と潜在的な楽音成分とから成る合成音が発現する。換言すれば、パラメータゆらぎは或る合成音の SN 比<sup>11</sup>を調節するパラメータのように解釈されうる。

以上の内容は Save の試作品に基づく。よって改良の余地はもちろん認められるが、上記課題 (A-B) の解消については差し当たり見通しが立ったと考えられる。更なるデータの提示、考察、等は将来的課題としたい。

### 5. むすび

本技術は或る環境音を或る楽音として制御する技術であり、Save は人が本技術を楽器として実用化するための (A) 或るピアノ型インタフェース (演奏手段)、及び (B) 或るノブ, スライダー, 又はボタン型インタフェース (サウンドデザイン手段) を提供する。その結果、或る環境と或る楽音との両者の働きを再び結びつける技術の実用化について、差し当たり見通しが立った。今後は本技術又は Save の特徴、つまりコンピューターミュージック的なデジタル処理に基づきながらアコースティック楽器のように環境音を制御して或る合成音を発現させるという点、の改良を進めたい。

将来的課題は総じて、上記特徴を活かす改良技術の開発である<sup>12</sup>。その他に次の製品・サービスへの応用を考えられる：舞台表現 (performing art)、シアター音響設備 (theatre

<sup>11</sup>被制御成分を signal, その他成分を noise とする (両者とも元々は環境音)。

<sup>12</sup>本技術又は Save の応用対象は狭義の電子楽器に限られない。



図 3: 本技術の応用例: 音環を発現させる EV (イメージ)

acoustic equipment), 遠隔音楽 (telematic music), AI 音楽 (AI music), 音楽療法 (music therapy), 音楽瞑想 (music meditation), 電動車両 (electric vehicle), 又はスマート音楽アプリ (smart music app). 図 3 は, 或る EV が様々な環境音から或る音環 (波円) を発現させて走行するイメージを示す。(産業上の利用可能性)

**謝辞** 本稿は多角的支援に依って成立した; 本技術, 本技術の知的財産, 又は Save に関し佐藤武史氏, Chen-Chi Lin 氏, 五條堀岳史氏, 澁谷啓朗氏, 植木泰弘氏, 安食静二氏, 加根魯和宏氏に謝意を示す。

### 参考文献

- [1] E. Grey: Improvement in electro-harmonic telegraphs, US173618, United States Patent And Trademark Office, 1876.
- [2] A. Graham Bell: Improvement in telegraphy, US174465, United States Patent And Trademark Office, 1876.
- [3] T. A. Edison: Improvement in phonograph or speaking machines, US200521, United States Patent And Trademark Office, 1878.
- [4] L. M. Young; M. Zazeela: Trio for strings, 1958; Dream House, 1962. In: L. M. Young: Notes on the theatre of eternal music and the tortoise, his dreams and journeys, 2000. <https://www.melafoundation.org/theatre.pdf> (last seen on 06/21/2023)
- [5] M. V. Mathews: The digital computer as a musical instrument, Science, vol. 142, no. 11, pp. 553-557, 1963.
- [6] T. Riley: In C, 1964. In: Keith Potter: Four musical minimalists: La Monte Young, Terry Riley, Steve Reich, Philip Glass, Cambridge University Press, 2002.
- [7] J. M. Chowning: The synthesis of complex audio spectra by means of frequency modulation, Journal of the audio engineering society, 1973.
- [8] 工業技術院長: マニピュレータの操縦方式, JP6503121, Japan Patent Office, 1981.
- [9] K. Karplus; A. Strong: Digital synthesis of plucked string and drum timbres, Computer Music Journal, MIT Press, 7 (2): 43-55, 1983.
- [10] C. Sommerer; L. Mignonneau: Interactive Plant Growing, SIGGRAPH 1993: Machine Culture, ACM, 1993. <https://digitalartarchive.siggraph.org/artwork/christa-sommerer-laurent-mignonneau-interactive-plant-growing/> (last seen on 06/21/2023)
- [11] C. Sommerer, L. C. Jain, L. Mignonneau: Introduction to the Art and Science of Interaction and Interface Design, 2008. In: C. Sommerer, L. C. Jain, L. Mignonneau (Eds.): The Art and Science of Interface and Interaction Design (Vol. 1), Springer, 2008.
- [12] N. J. Conard; M. Malina; S. C. Münzel: New flutes document the earliest musical tradition in southwestern Germany, Nature. 460 (7256): 737-40, 2009.
- [13] Permanent Delegation of Greece to UNESCO: Ancient Greek theatres, UNESCO, 2014. <https://whc.unesco.org/en/tentativelists/5869/> (last seen on 06/21/2023)
- [14] D. Misawa: Culturalities, Transactions of the Virtual Reality Society of Japan, 2016, Volume 21, Issue 3, Pages 423-436.
- [15] J. Allerstorfer; M. Leisch-Kiesl: Being a 'Global Artist'?: Ekaterina Shapiro-Obermair, Daichi Misawa, Golzar Hazfi and Mara Niang, 2017. In: J. Allerstorfer; M. Leisch-Kiesl (Eds.), »Global Art History«, transcript Verlag. <https://doi.org/10.14361/9783839440612-006> (last seen on 06/21/2023)
- [16] 三澤 太智: 音声制御装置, その方法, そのプログラム, JP6503121, Japan Patent Office, 2019.
- [17] 0-9studio: 0-9saveってなんだろう, 2020. <https://0-9.one> (last seen on 06/21/2023)
- [18] D. Misawa: Sound regulation apparatus, method or program, US11315536, United States Patent And Trademark Office, 2022.
- [19] L. Davin, J. M. Tejero, T. Simmons et al.: Bone aerophones from Eynan-Mallaha (Israel) indicate imitation of raptor calls by the last hunter-gatherers in the Levant. Sci Rep 13, 8709 (2023).