

ピクトロール・オルゴール 非電源デジタルデータメディアとしての感覚の再統合

須田梨花子^{†1} 脇田玲^{†1}

概要：現代社会において情報のデジタル化はネグロポンテ（2001）が提唱した“アトムからビットへ”の移行を現実化した。一方で情報は不可視な電気信号へと変貌し、我々の知覚環境は特定の感覚器官に専門化されたデバイスによって断片化されている。本研究では、この知覚の断片化に対する批評的応答として、パンチカード式手回しオルゴールを「非電源デジタルデータメディア」として再定義する。デジタル・カッティングマシンの導入により、従来の円形穿孔の制約を脱し、自由な幾何学的形状やピクトグラムを模した穿孔を可能にした。本稿では、視覚的図像（ピクチャー）と演奏データ（ピアノロール）を掛け合わせた概念「ピクトロール（Pictoroll）」を提唱し、情報の物質性と身体的介入を通じた新たな知覚体験を提示する。

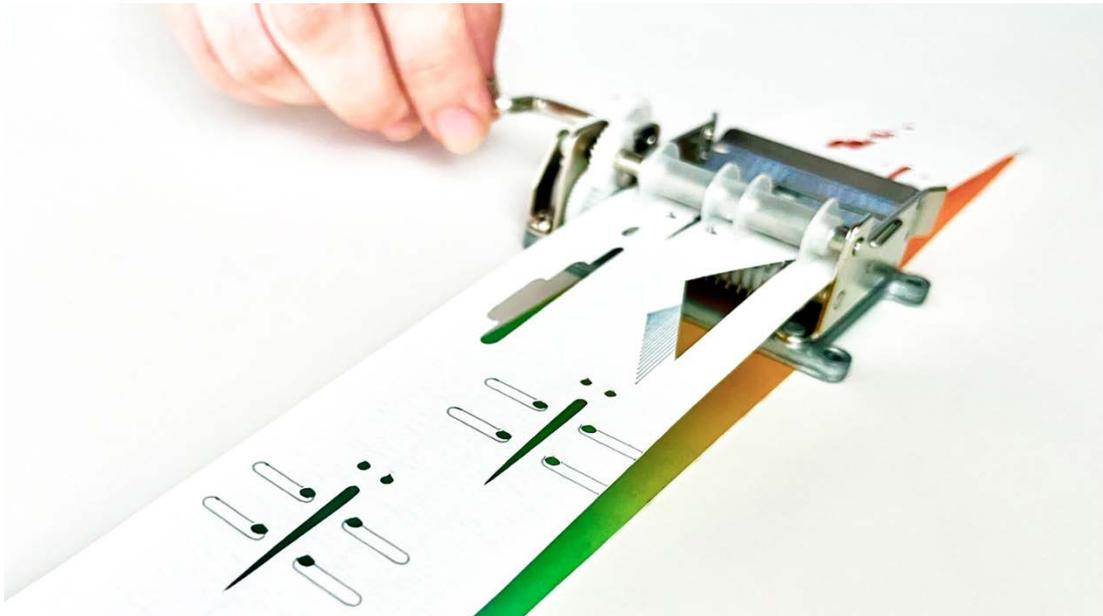


図 1 ピクトロール・オルゴール“Tombo”を演奏している様子

1. はじめに

現代社会は、情報のデジタル化が極限まで進行し、ニコラス・ネグロポンテ（2001）が提唱した“アトムからビットへ”の移行が現実化した時代にある[1]。情報が不可視な電気信号やアルゴリズムへと変貌する中で、我々の知覚環境は特定の感覚器官に専門化されたデバイス（聴覚ならイヤホン、視覚ならディスプレイ等）に占有され、身体性を伴う本来の知覚システムは分断されている。

歴史的に見れば、情報のデジタル処理はパンチカードにおける「穿孔の有無」という物理的な二値性に端を発している。しかし、記録メディアが磁気テープやクラウドへと移行するにつれ、情報は物理的な痕跡から解放され、その物質性は隠蔽されるに至った。マーシャル・マクラーハン（1987）が指摘するように、“メディアの内容がメディアの性格にたいしてわれわれを盲目に”して、メディア自体の

性質を不可視化させているのである[2]。

こうした現状に対し、フリードリヒ・キットラー（1999）は、“情報とチャンネルをことごとくデジタル化してしまえば、個々のメディアの差異は消滅してゆく”、“感覚と感覚が相互に分離している五感は今やわれわれをあざむくのみ手段になりはててしまった”と批判した[3]。本研究は、この均質化に対する批評的応答として、“メディア考古学”の文脈における“古いメディア”の“再浮上”（Parikka, 2023）を通じて、デジタル時代における新たな可能性を探る実践的試みである[4]。

学術的基盤として、ジェームズ・J・ギブソン（2011）による、受動的な受容器によるチャンネルに分化された情報受容としてではない、動物の能動的な探索活動と密接に関連し複数の感覚から等価な情報を獲得する“知覚システム”の理論[5]、および石井裕（2000）が提唱した、デジタル情

^{†1} 慶應義塾大学大学院

報に物理的実体を付与する“タンジブル・ビット”の理念[6]を援用する。本研究は、これらの思想を非電源の物理機構を通じて実践するものである。

本研究の目的は、パンチカード式手回しオルゴールを“非電源デジタルデータメディア”として再定義し、分断された視覚、聴覚、および身体性を再統合することにある。

筆者が提示する「ピクトロール (Pictoroll)」は、自動演奏ピアノ用のロール状パンチカード「ピアノロール」と視覚的図像「ピクチャー」を掛け合わせた造語である。本研究ではカッティングマシンの導入により、従来の円形穿孔の制約を脱し、自由な幾何学的形状による穿孔を実現した。これは単なる一方向的な翻訳（情報の視覚化や音響化）ではなく、グラフィックの造形美と音楽の調和が不可分に結合し、互いを規定し合う密接な相関関係を構築する試みである。

本研究は、ピクトロールを見て、聴いて、触れて、自らの手で駆動させる体験を通じ、情報がアトムを纏うことで生じる能動的かつ身体的な情報の“消化” (Negroponte, 2000) [6]を、新たな表現様式として提示する。

2. 関連研究

1999年に発表された岩井俊雄の“映像装置としてのピアノ”は、描かれた軌跡をピアノで演奏する体験型メディアアートである[7]。また、Wu-Hsi Li (2010) の“Musical box: draw it yourself”は、手描き曲線を MIDI データ化するソフトウェアを提案している[8]。オルゴールを用いた事例では、刺繍パターンをパンチカード化する“Sound weaving” (Stirmay, 2014) [9]や、図画を穿孔する“Paper tunes” (杉山, 2016) [10]、“Photo Music” (増本, 2024) [11]などが存在する。

本研究の新規性は、単なる一方向的な翻訳（音楽の視覚化や図像の音響化）に留まらず、グラフィックとしての造形美と音楽としての調和が、物理的制約を通じて相互に規定し合う密接な相関関係を構築した点にある。



図 2 EXDUCT 社 15 弁パンチカード式手回しオルゴール

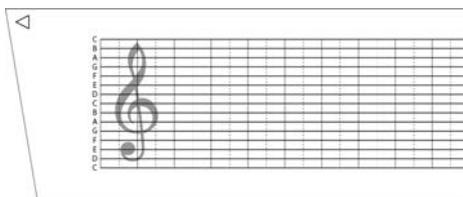


図 3 15 弁用ブランクカード

3. 仕様設計

本研究では、メディアとしての「最小構成要素における表現可能性」を検証することを目的とし、市販されるパンチカード式手回しオルゴールの中で最も簡易な規格である 15 弁（カード幅 41mm）を採用した。

30 弁以上のモデルでは半音階を含む不規則な音列構成となる場合が多く、視覚的な穿孔パターンと聴覚的な音列の相関性が複雑化する懸念がある。これに対し、15 弁モデルは 2 オクターブの全音階に限定されており、穿孔位置と音高の対応関係を直感的に把握しやすい。この制約をあえて設けることで、視覚的審美性と音楽的構造の統一性をより明快に論じることが可能となる。

パンチカードの素材については、アラベール（スノーホワイト）200kg（連量）Y 目（横目）を採用した。

本紙の厚みは約 0.35mm であり、15 弁オルゴールの駆動機構に対して最適な強度を保持している。また、その表面はスターホイールの爪を引っ掛けない程度の平滑性を持ちつつ、搬送用ゴムローラーが確実にカードを把持（グリップ）できる適度な粗さを備えている。

4. 実装・結果

4.1 条件

パンチカード式オルゴールの発音は、パンチカードの穿孔にスターホイールの爪が掛かり、一定の角度回転することで櫛歯を弾くという機構に基づいている（図 4）。この物理的メカニズムに起因して、作譜およびデザインには以下の制約が生じる。

- 音量の固定: 櫛歯を弾く深さはスターホイールの回転によって一定に保たれるため、穿孔の大きさや深さは音量に影響を与えない。
- 穴右端のみの発音: 実際に発音に関与するのは穿孔の「右端」の座標のみである。したがって、穿孔の左側の形状は発音に影響を与えず、自由な造形が可能である（図 5）。
- 同一音のインターバル: 同一の音を連続して発音させる場合、物理的な爪の間隔に応じた空隙（インターバル）が必要となる（図 6）。
- 搬送部の確保: カードを安定して送り出すため、搬送用ローラーが接触する領域には穿孔を設けてはならない。また、過度な穿孔は紙の剛性を著しく低下させ、演奏の停止や紙のたわみを招く恐れがある（図 7）。
- 聴取に耐えうる音楽的整合性を保持していること。

以上の物理的制約を鑑み、本研究における作譜およびデザインの基準として、以下の三点を設定した。

- 発音しない穿孔を発生させないこと。
- 物理的な破損や停止を招くことなく、最後まで連続して演奏可能であること。

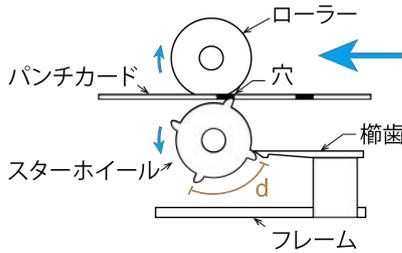


図 4 パンチカード式手回しオルゴール簡略図

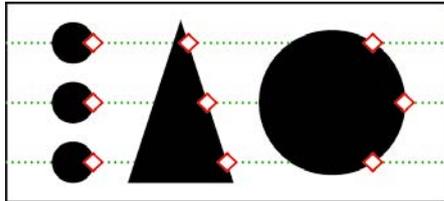


図 5 穴に対する発音箇所(3音の拡大図)

黒色：穴，菱形：発音箇所，点線：スターホイール通過部

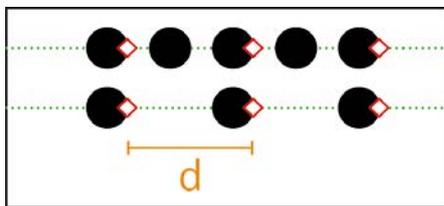


図 6 連続する穴に対する発音箇所(2音の拡大図)

黒色：穴，菱形：発音箇所，点線：スターホイール通過部



図 7 ローラーが空転し演奏停止する形状 3 例(全体図)

黒色：穴，破線：ローラー通過部

4.2 実装手順

本研究では、既成曲の翻案ではなく、楽曲制作と視覚デザインを同時並行的に行う独自の手法を採用した。これは、15 弁全音階という音域上の制約に加え、オルゴールの物理的機構を遵守しつつ、造形的な特徴を持つ穿孔パターンを創出するためである。例えば、カード上に流動的な曲線を描くためには、隣接音階を順次使用する旋律構造をとることが、造形と音楽の両面において合理的である。このように、本手法では楽曲構成と視覚的造形を相互にフィードバックさせながら制作を進行する。

具体的な制作工程は以下の通りである。

(1) スケッチ

まず、手描きスケッチにより視覚的モチーフを検討する。この際、水平方向（時間軸）と垂直方向（音程）の相関を意識し、例えば垂直に並ぶ直線は不協和音を生じるため回避するといった調整を初期段階で行う。

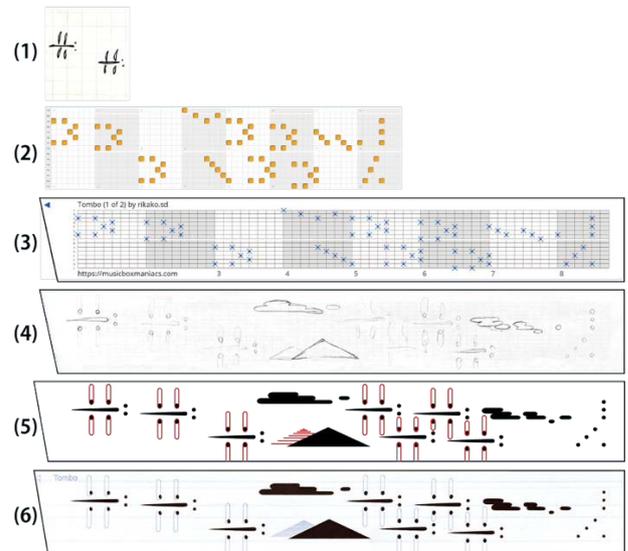


図 8 制作手順

(2) 作曲

次に、Web プラットフォーム “Music Box Maniacs” (<https://musicboxmaniacs.com/>) を用い、スケッチに基づいた旋律を構築する。モチーフの反復や変奏を通じて、視覚的全体像と楽曲構造を同時に定義する。

(3) 穿孔用データ出力

“Music Box Maniacs”のエクスポート機能を用いて穿孔ガイドデータを出力する。

(4) トレースと形状設計

穿孔ガイドデータをリファレンスとして、手作業での描画と並行して、Adobe Illustrator 上で詳細な形状設計を行う。発音タイミングを規定する穿孔の「右端」を基準点として固定し、左方向へ造形的な拡張を行う。演奏の安定性を確保するため、同一音インターバル（8mm 基準）や最小穿孔サイズ（2mm×2mm）等の物理的定数を厳密に管理する。

(図) また、穿孔を行わない「ペン描画」レイヤーを活用し、音響に影響を与えずに視覚的文脈を補強する。

(5) ベクターデータの作成

カッティングマシンの制御のため、情報の階層化を行う。穿孔・外形（切断）と図形・文字（描画）をレイヤーで分類し、加工精度を担保する。カード先端部は挿入時の抵抗軽減と開始時の不協和音防止のため、V 字等の傾斜形状に設計する。

(6) 加工

カッティングマシンで切断・描画を行う。出力後は、機構への汚染を防ぐため、裏面の粘着剤を除去する処理を施す。

(7) 検証

完成したカードを実機で実演し、発音の正確性と物理的耐久性を検証する。不具合が確認された場合は、トレース・形状設計工程へと遡りデータの再調整を行う。この実機フィードバックを伴う反復的なプロセスを経ることで、図像の審美性と楽曲の完成度を高度に両立させた最終的な「ピクトロール」へと至る。

4.3 制作物

4.3.1 Starry Sky

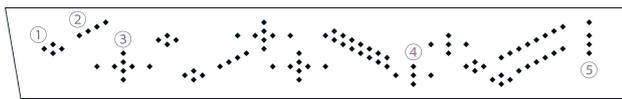


図 9 パンチカード“Starry Sky” 黒色：穴

本作品は、単位形状を維持したモチーフの配置構成を主眼に置いた事例である。

モチーフ構成: ①星(小)②流れ星の尾③星(大)④星(中)
⑤無し(終止和音)

機能設計: パンチカードの基本形状である円形の穿孔を「菱形」へと置換し、ドット絵や刺繍の文様を想起させる視覚効果を狙った。当初、縦横 2mm の菱形を採用したが、搬送時にカードが上下に微細に逸脱した際、スターホイールの爪が十分に掛からず、発音不良が頻発する課題が生じた。これに対し、形状の大型化および横方向への延長を施すことで、駆動の確実性を確保した。

音楽設計: ①③④の星のモチーフは左右対称の造形を持つため、リズム上の拍節と合致しない部位が生じる。これについては、後続のフレーズの冒頭と協和音を構成するように重ねることで、聴覚上の違和感を解消した。また、②流れ星の尾を二重に配置することで三度・四度の重音を実現した。最高音域に旋律を配置する構成は、オルゴールの音色特性を活かす上で極めて効果的であった。なお、楽曲を完結させるための⑤終止和音については、視覚要素との整合が困難であったため、例外的にモチーフを排した機能的な穿孔としている。この手法は、以降の制作物においても応用されている。

4.3.2 Tombo

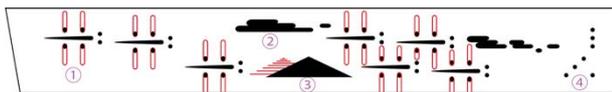


図 10 パンチカード“Tombo” 黒色：穴，線：印刷

本作品は、単純な図形の反復による視覚的リズムと、音楽構造におけるカノンの形式を対応させた事例である。

モチーフ構成: ①トンボ②雲③山④無し(終止和音)

機能設計: 穿孔の形状を大胆に変容させ、②③では一つの穿孔に複数の発音点を内包させた。①のトンボは円形とそれを引き伸ばした長円形で構成し、③の山は変則的な三角形としたが、これらは幾何学的な単純さを保持しているため、視覚的な認識と聴覚的な発音の連動性が高い。②の雲のモチーフでは、右側の輪廓を音高の推移に適合させる一方で、左側については意図的に音高から独立させることで、自然な雲の造形と音楽的な旋律の両立を図った。

音楽設計: ①トンボを基本的な反復単位、②雲・③山を楽曲の展開、④終止和音を機能的穿孔としている。主題には、日本の里山における夏から秋への季節の移ろいを象徴する「トンボ」を採用した。カノンの手法を用いた短調の旋律

は、童謡にみられるような親しみやすさを湛えつつ、夕刻や夏の終焉に伴う寂寥感を想起させる。視覚的な反復(トンボの群れ)が音楽的な反復(カノン)として立ち現れることで、情景描写の多感覚的な補強がなされている。

4.3.3 A Long-haired Lady



図 11 パンチカード“A Long-haired Lady”

黒色：穴，線：印刷

本作品は、構造上の限界から「最大面積に近い穿孔」を主題とした挑戦的な事例である。

モチーフ構成: ①長髪の女性②カモメ③波④無し(終止和音)

機能設計: カード表面の面積が減少するほど、搬送ローラーのグリップ力低下や、紙の浮き上がりによる演奏不良のリスクが高まる。本作の中心的モチーフである①の女性の横顔は、髪の毛のなびきを表現するために極めて広範な穿孔部を持つ。当初、この造形をカードの開始位置(左端)付近に配置したが、本体挿入時の機械的な負荷に耐えられず、紙の折損が生じるという課題に直面した。これに対し、発音開始タイミングを遅らせることを許容した上で、モチーフを意図的に右方(時間軸の後方)へとオフセットし、導入部に十分な余白を設けることで物理的な耐久性を担保した。また、②のカモメの造形においては、翼の付け根付近で意図的に紙を残し分断することで、紙の浮き上りを抑制して発音の安定化を図っている。さらに、翼の描写において十分な横方向の幅を確保することで、スターホイールとの接触時間を安定させ、確実な発音を実現した。

音楽設計: 巨大な開口部を持つ①の髪の毛のシルエットにおいて、上部を「高音から低音への反復」、下部を「低音から高音への反復」とすることで、造形を横方向に伸ばさせつつ十分な音数を確保した。また、大規模な穿孔の周囲には他の穴を配置することが困難であり、全体の音数が希薄化する傾向にある。これを補完するため、上部と下部の発音タイミングをずらすことで時間的な密度を維持した。楽曲構成としては、①の上部に続く形で②のカモメを主旋律として、下部に続く形で③の波を伴奏として配置した。中心的な大モチーフから周辺の小モチーフへと視点を移行させつつ、音の密度を維持することで、視覚的な遠近感と音楽的な展開を同期させている。

4.3.4 A Crowds of People

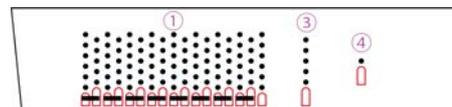


図 12 パンチカード“A Crowds of People”

黒色：穴，線：印刷

本作品は、ピクトグラムの抽象表現と、音の密度の相関をテーマとしている。

モチーフ構成: ①人混み②柵③警備員④演説者

機能設計: 公共空間におけるピクトグラムの視覚言語に着想を得て、本来は機能的な記号である「円形の穿孔」を「人間の頭部」に見立てた。これにより、パンチカード本来の形状を一切変容させることなく、異なる意味解釈を付与することに成功した。

音楽設計: ②柵は、視覚的な要素として機能する一方で、音楽的には一定間隔で刻まれる低音として、楽曲全体の拍節を規定するメトロノーム的な役割を担っている。また、本装置の機構上、物理的な一鍵の音量は一定であるが、多数の穿孔が時間軸に密集する①人混みにおいては、重音による音圧の増大が生じる。対照的に、単一の穿孔で構成される④演説者では、静謐な単音が際立つ構成とした。これにより、視覚的な「群」と「個」の対比が、聴覚的な「動」と「静」のコントラストへと直接的に翻訳されている。この「視覚的密度と音響強度の相関」は、オルゴールという制約の多いメディアにおいてダイナミクスを持つ表現の試行として、極めて有効に機能した。

5. おわりに

本装置を用いた実演では、体験者から「感覚の再統合」や「情報の透明性」を指摘する声が寄せられた。演奏という物理的挙動を伴うことで初めて完結する審美性は、本研究が目指した“アトムを纏ったビット” (Negroponte, 2000) の妥当性を裏付けている。また、演奏を通じて周囲との対話が誘発されるなど、身体性を介したコミュニケーションの場としての有効性も確認された。

本手法は、シルエットによる比喩的表現を可能にする点で、インターフェースの制約を受けドット絵的な表現に留まるMIDI Artとは一線を画すが、製作者個人の音楽的・造形的素養の高度な統合が求められる課題がある。一方、形状から音を導くプロセスの自動生成アルゴリズム化や、日本的な「間」の概念に基づく新しい記譜法への昇華など、技術的・音楽的な拡張の余地は大きい。

教育的なワークショップ用キットの開発や、特殊紙の導入による触覚体験の深化、さらにはオートマタや影絵と連動した空間演出など、本研究の成果は多角的な社会実装の可能性を秘めている。

本研究は、デジタル環境で断片化された感覚を、パンチカード式手回しオルゴールを通じて再統合する試みであった。体験者から寄せられた「魔術的」という感想は、物理的な情報の顕現が、最先端の演算装置を介さずとも驚異的な体験を生むことを示している。

本作品が「再生か、演奏か」という問いに対し、筆者は「身体性を持つ演奏体験」という解を見出した。自らの手で駆動させ、物理的な音響に耳を澄ませる体験は、仮想的な情報空間から離れ、確固たる「いま、ここ」への接続を可能にする。情報の複製による共有ではなく、空間を共にし、手の中で情報を扱うというプロセスこそが、本研究が提示した新たな知覚環境の姿である。

謝辞 本研究の遂行にあたり、Music Box Maniacs, ニデックインスツルメンツ株式会社, ミタカ・オルゴール館, および慶應義塾大学の教職員, 学生諸氏に深く感謝いたします。

参考文献

- [1] Negroponte, N., & 福岡洋一. (2001年). ビーイング・デジタル: ビットの時代 (新装版). アスキー.
- [2] McLuhan, M., & 栗原裕. (1987年). メディア論: 人間の拡張の諸相. みすず書房.
- [3] Kittler, F. A., 石光泰夫, & 石光輝子. (1999年). グラモフォン・フィルム・タイプライター. 筑摩書房.
- [4] Parikka, J., 梅田拓也, 大久保遼, 近藤和都, & 光岡寿郎. (2023年). メディア考古学とは何か?: デジタル時代のメディア文化研究. 東京大学出版会.
- [5] Gibson, J. J., & 佐々木正人. (2011年). ギブソン生態学的知覚システム: 感性をとらえなおす. 東京大学出版会.
- [6] 石井裕, 増田文雄, Vincent, J. K., & Massachusetts Institute of Technology. Media Laboratory. (2000年). タンジブル・ビット: 情報の感触情報の気配. NTT 出版.
- [7] 岩井俊雄. (2000年). 岩井俊雄の仕事と周辺. 六耀社.
- [8] Wu-Hsi Li. 2010. Musical box: draw it yourself. In Proceedings of the 9th International Conference on Interaction Design and Children (IDC '10). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 293–295. <https://doi.org/10.1145/1810543.1810595>
- [9] Szirmay, J. (n.d.). SOUNDWEAVING. Retrieved July 25, 2025, from <https://jeanetteszirmay.com/soundweaving/>
- [10] 杉山三. (2017, December 16). Paper Tunes ペーパーチューンズ. from https://www.facebook.com/trois.trois.trois.3/photos?locale=ja_JP
- [11] 増本里彩. (2024, February 23). Photo Music. from <https://www.sotsuten-archive.kds.ac.jp/students/15140/>