

自転車移動における風景の可聴化による環境知覚促進ツール

A Tool for Encouraging Embodied Perception by Sonification of Landscape in Cycling

松原 正樹¹ 栗林 賢² 忽滑谷 春佳³ 笈 康明³

Masaki Matsubara¹, Satoshi Kuribayashi², Haruka Nukariya³, and Yasuaki Kakehi³

¹ 慶應義塾大学大学院理工学研究科

¹ Graduate School of Science and Technology, Keio University

² 慶應義塾大学 SFC 研究所

² Keio Research Institute at SFC

³ 慶應義塾大学環境情報学部

³ Faculty of Environment and Information Studies, Keio University

Abstract: The present paper discusses how to encourage embodied perception of landscape, and advocates that real-time synaesthetic sonification is effective for promoting user's landscape comprehension. Embodied perception is known as one of the tacit knowledge, therefore exploring it is difficult. To solve this problem, in this paper we focused on the feature of auditory sense. For example, people can recognize the information automatically when they are hearing sound. Moreover, auditory information can provide us a minuter change than visual information. We constructed two systems named "ChariMusic" and "ChariMelody" that synthesis the music from scenery information based on image processing. A practical experiment in cycling shows that sonification makes participants deepen the spatial experience.

はじめに

サイクリングに親しみのある人ならば多くの人が「街や風景をもっと楽しみたい」と思った経験があるだろう。サイクリングや街歩きなど、普段の生活において私たちは何気なく街や風景を知覚している。例えば、街路樹や建物、行き交う人々などの視覚情報に加え、樹々が風そよぐ音、人々の話し声など聴覚情報や、その他の五感の知覚情報を通じてその空間を体験する。このように私たちは環境（街や風景）に存在する無数の情報のうち、常にその幾つかを無意識に選択して知覚しているのだ。生態心理学の言葉で言い換えれば知覚とは環境に偏在する変数を身体が能動的に取り入れることである[1]。

知覚は身体感覚に基づくが故に暗黙的であり、そのため街を移動している際に自分は一体どのような情報（とりわけ視覚情報）を知覚しているのかを意識することが難しい。そのためなんとなく「この風景が綺麗だなあ」と思っているだけではどの変数を通じて風景を捉えているか意識することができず、風景に対する知覚が促進されていかない。暗黙的な知覚は意識化することで磨かれるのだ[2, 3]。

こうした問題点に対する知覚の意識化手法の既存研究としてメタ認知的記述[4]やメタ認知的発声[5]が挙げられる。無意識に行っている知覚をできるだけ言語化することで、外的表象化された言葉と感覚が比較可能になり、暗黙的な知覚が意識化されるというものである。これらの手法は能動的に行うため効果も高い反面実践者の負担も大きい。

そこで我々は風景変化の可聴化が無意識な知覚（主に視覚）を意識に上がらせ豊かにすることができると考え、知覚を意識化する方法論として可聴化を用いたツールを提案する。本研究が提案する可聴化による知覚の意識化は受動的に起こるため実践者の負担は小さい。これはシンボル（現象を知覚可能に変換したもの）を用いると意識化の敷居を下げるができるという考え方に基づいている[6]。

この考えは現実の例からも伺える。例えば、映画「ヴェニスに死す」においてマーラーの交響曲第5番4楽章がBGMとして用いられている。この映画では音楽が加わって触媒的な働きをしたことにより感情表現において音楽が主役とも言える役割を果たし、作品の味わいがより深まっている。複数の知覚の相互作用により今まで気づけなかったことに気づ

くのだ。その他の例として共感覚も挙げられる。第一著者は視覚と聴覚の共感覚の持ち主で、小さい頃から樹々の揺れや電柱の並びを見てはキラキラした音色や特定のリズムを持つ音を感じていた。そうした風景の特徴は音を感じることで初めて気づくのだ。このように音を用いて知覚が豊かになる例は多い。

一般的に色数や明度彩度の分解能より、音色や音程などの方が細かく捉えることができるということからも伺える。例えば、照明の明るさが数段回の違いしか認識できないのに対して、音高の高低や楽器の音色の違いなどはより多くの違いを認識することができる。

以上より、本稿では自転車移動を対象に風景の変化を可聴化することで実践者の環境への知覚を促進させるツールを構築し、その実践報告と考察を行う。本研究が提案する可聴化方法は調整可能という点が従来研究との違いで特徴的であり、それについては次節で述べる。

可聴化による知覚促進の既往研究

前節で述べたように、音を用いると知覚が豊かになることがある。本節では、可聴化を用いた知覚・思考・理解促進の既往研究を示す。

可聴化 (Sonification) は Auditory Display という研究分野においてここ 20 年間研究されている。Auditory Display とはコンピュータとユーザの音によるコミュニケーションを通じた情報のやりとりのことである。従来は音による例示といった一方の情報伝達の研究が多かったが、近年ではユーザの行為によって音が変わるような研究もされている。例えばパノラマ風景を音に変換することでその風景の情報を伝えるインタフェース[7]はユーザの視点移動によって音が変わる。

音による空間体験の豊穡化・記録の研究として、列車の車窓風景をリアルタイムに可聴化するプロジェクト sound/tracks [8, 9]が挙げられる。列車の移動に伴う風景の変化に合わせてリアルタイムに音楽が生成され、これにより列車の旅という体験を豊かにしている。また音楽の生成だけでなく生成の際に作成する風景画像を譜面として記録することにより、いつでも音楽を再生し体験を振り返ることができる。

音による視覚情報の理解促進の研究もある[10]。顕微鏡レベルで見ないとわからないような線虫の動きを可聴化することによりどこの部分がどのように動いているのか理解することができる。顕微鏡で拡大したとしても全体を見ながら微細な動きを捉えることは難しいが音にすることで全体を俯瞰し微細な変化に気づくことができるのである。

これらの研究は音への変換方法が固定されているためユーザとの相性や状況の変化に対応することが難しい。例えば、可聴化によって知覚が促進されていくと音をわざわざ聴かなくても知覚できてしまうことがある。また逆に音がバイアスとして働いてしまうケースもある。従って知覚の促進具合やユーザの状況によって変換方法を適応させていく必要があるといえる。

このような考え方を取り入れた研究として空間-音響インターメディア[11, 12]が挙げられる。空間-音響インターメディアは庭園における空間体験を可聴化し感性を磨くシステムである。空間体験のメタ認知的記述から言語構造を抜き出し音楽に変換することで自身の無意識な知覚を意識化している。そして一定期間システムを使用して知覚が促進されたと感じたら変換方式をユーザに合わせて変更するのである。そのためユーザが継続的にシステムを利用することができ感性を磨き続けることができる。

本研究では空間-音響インターメディアにおける可聴化の方法をユーザに合わせて変更できるという点を取り入れ、自転車移動における風景の可聴化ツールを構築した。

可聴化による知覚促進ツール

本節では自転車移動における知覚促進ツールとして ChariMusic と ChariMelody という 2 つのシステムの開発について述べる。図 1 にツールの概要を示す。

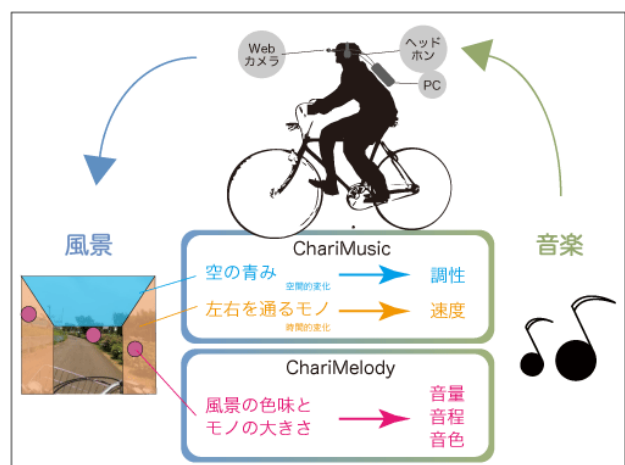


図 1 自転車移動における知覚促進ツールの概要

どちらのシステムも共通して Web カメラで得た画像情報を解析することで音楽を生成している。以下それぞれのシステムについて詳細を記述する。

ChariMusic : 雰囲気を知覚を促す

ChariMusic は、視野の上側に位置する空の開放感と視野の両サイドに位置するオブジェクトの通り過ぎ方をシステムが認識し、これら 2 要素の変化をそれぞれ調性と速度のパラメータとして音楽に変換する。

空の開放感では、画像中の一定の青みを持つ部分の面積（ピクセル数）に応じて音楽の調性を変化させる。現在では 3 段階に分節化しており、ある閾値に対して面積が大きい場合は長調になり、小さい場合は短調になり、中くらいの場合はどちらの調も混ざる。この閾値はユーザの操作によって変更することができる。ユーザは天候や自分の感覚に合わせて空の開放感に対する閾値を設定する。また両サイドのオブジェクトについては、画像の左右において一定の面積の同じ色味を持つ部分が一定時間内に何回現れて消えたかに応じて音楽の速度（BPM）を変化させる。こちらも一定の面積についてユーザが閾値を設定することができる。入力に使う音楽は MIDI 形式であるため普段自分が聴いている音楽を利用することができる。

このように ChariMusic では似たような道を進む時に似たような音楽が生成される構造となっており、風景に対する雰囲気を音楽で味わうことができる。



図 2 ChariMelody 音設定インタフェース

ChariMelody : 観察と感覚の探究を促す

ChariMelody は、視野全体に存在する風景を構成するオブジェクトの大きさや色味をシステムが認識し、これらの要素の変化を音高、音量、音色のパラメータとして音楽に変換する。

オブジェクトの大きさは ChariMusic と同じく画像中のある色が占める面積で擬似的に計算し、面積が閾値以上の場合その色味に対応した音を鳴らす。色の明度が音高に、色の彩度が音量に関係している（明度が高いと音高が高く彩度が高いと音量が大きい）。色味の対応は色相環を 12 色に分節化したものの一

つ一つ音色を割り当てる。この操作はユーザが行うことができる。図 2 に ChariMelody の音設定インタフェースを示す。ユーザは 12 色の色相に対応する音色を自由に調整し、自分の感覚に合う音と色の組み合わせ決定する。例えば「黄緑色は減多に出現しないし自分にとってはキラキラした色だから鉄琴の音にしよう」というように。

このように色相と音色の組み合わせを調整し実際に風景の可聴化音楽を聴くことで自分の感覚と風景の関係を探究することができる。

どちらのシステムも閾値や音色のマッピングなど音楽の変換方法を調整できることが特徴であり、それにより状況やユーザを選ばずに知覚の促進が行えることを再度強調しておく。

ツール実践と考察

本研究では、開発したツールを実際に使用し、自転車移動における風景の知覚がどのように変化したのかについて実践と分析を行った。

実践環境

第二、第三著者が ChariMusic と ChariMelody を用いて自転車での実践を行い、ツールによる風景に対する知覚の変化を調べた。

小町通りは人通りが多く早く進めない。でも周囲がお店とか人の服とか変化が大きいせいかな、テンポが早くなる。

八幡様前の交差点の信号待ち。自分は動いていないけどテンポが少し早くなる。カーブを曲がると風景ががらっと変わるので、テンポは早くなる。光の当たり方と影で変化の大きさが変わる。逆光で基本的に暗くて彩度/明度が低いと変化しなかったりする。明るいところに出ると、空の開閉で長調になることが多くなるだけでなく、テンポが早くなりやすい。

図 3 メタ認知的記述の例

実践環境は、実践者が普段通り慣れている私道や公道を対象エリアとした。実践者はツールを装備した状態で自転車に乗車し、20 分程度、対象エリア内を自由に自転車移動した。なお可聴化された音を聴く際には骨伝導イヤホンを用いるなどして周りの音を聴くのが妨げにならないように注意した。実践者は自転車乗車中にツールによって気付いたことがあれば運転を一時中断し、道路脇で「実践を通して考

えたこと／感じたこと／気付いたこと」などのメタ認知的記述をメモ帳に自由に出来る限り書き記した（図3）。また、20分程度の自転車移動が終了した直後にも、同様の記述をした。この実践を4日〜1週間にかけて行った。

実践結果と分析方法

本研究では、風景に対する解釈の粒度や意識の変化を調べるため、実践者が1週間書き溜めたメタ認知的記述の引き出し化分析とプロトコル分析を行った。引き出し化分析とは、ある期間書き溜めた個人のテキストデータから単語を抜き出し、単語のカテゴリと記載時期をグラフ化することで一定期間における個人が意識しているオブジェクトの種類の変遷を表すものである。

左右の色の变化／空の開け具合／カーブ／左右の建物／壁の色／建物の色／彩度の高い色／植物／家／道／看板や自販機／車／色々な緑／人通り／人の洋服／光／影／彩度明度／坂道／方向／山／トンネル／船の色／空の色／花の色／日陰／紅葉／木々／石垣／落ち葉

図4 カテゴリの例

ChariMelody を実践した実践者のメタ認知的記述から単語を抜き出し、ボトムアップにカテゴリを作成した（図4）。例えば、「左側に山が現れて、視界の左半分が山に囲まれると同時に道が影で覆われると、調性が暗くなる」という記述は「左側／山／視界の左半分／山／道／影／調性」というように単語を抜き出す。さらに各単語のカテゴリは「方向／山／方向／山／道／影／調性」となる。これらのカテゴリをメモに現れた順にグラフにプロットする（図5：縦軸は単語の出現順を、横軸は実践回数を示す。例えば「カーブ」という単語は実践1回目に出現し、その後4回の実践全てにおいて出現している。一方「方向」という単語は、3回目の実践で初めて出現し、4回目の実践でも出現している）。

次に ChariMusic を実践した実践者のメモに関してプロトコル分析を行った。プロトコル分析では、まず引き出し化分析と同様にメタ認知的記述から単語を抜き出し、下位変数を抽出した。さらにそれらの変数を4つ（空間体験／音楽／システム／身体感覚）に分類し、一週間での実践者の意識の変化を調べた。「空間体験」は環境に関する変数、「音楽」はツールによって生成された音に関する変数、「システム」はwebカメラやツールの作動に関する変数、そ

して「身体感覚」は実践者の知覚や思考に関する変数が分類されている（表1）。

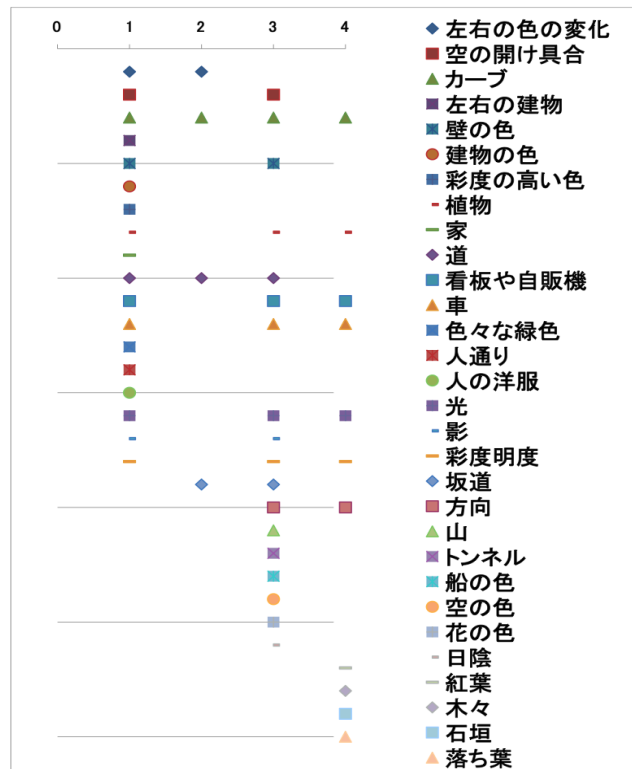


図5 ChariMelody 実践の引き出し化分析

表1 変数の分類の例

大分類	下位変数（例）
空間体験	街路樹，柵，白い壁，細い道，日陰，家
音楽	テンポ，短調，長調，テンポの変化，予測する，アップテンポ，曲を変化させたい
システム	ウェブカム，画角，視野
身体感覚	圧迫感，開放感，ひんやり，本質を見る，人生のような（比喩表現）

考察

実践を通じて ChariMusic や ChariMelody の実践者は次のようなサイクルを何度も繰り返すことが分かった。「自転車を漕ぐ→音を聴く→環境や音，システムそして自分自身について気づきを得る→自転車をとめてメモを書く→気づきについて考える→考えを

もとに再び自転車を漕ぐ」ツールがメタ認知的な思考を促進し、結果として実践者は風景に対する知覚が促進されたのである。それぞれのツールに関する考察を以下に記す。

ChariMelody のメタ認知的記述に対して引き出し化分析をおこなった結果、実践を継続することで着眼できるモノが増えてきていることがわかる。図 5 において1回目のメタ認知的記述からは18個の単語が確認されたが、4回目のメタ認知的記述からは30個の単語が確認された。単語の増加にはやはり天候や時間帯の違いが影響している可能性は否めないが、一方で普段から通り慣れている道にも関わらず4回の実践で12個の単語の増加が見られたのはツールの効果であるといえる。

ChariMelody はシステムとして少し複雑なため、実践者は生成された音が風景の中のどのオブジェクトと対応しているのか判断するのが難しい。そのため自ら音色を調整しながら音とオブジェクトの対応関係を探る作業を幾度も行う。この繰り返しにより結果として実践者は新しいオブジェクトを次々と意識できるようになった。

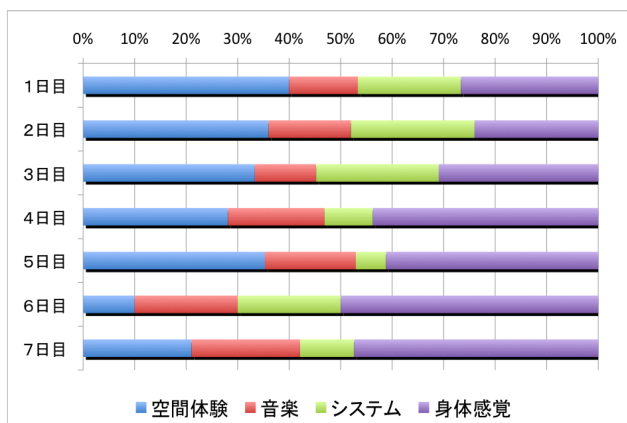


図 6 ChariMusic 実践のプロトコル分析

また ChariMusic のメタ認知的記述に対してプロトコル分析を行った結果、図 6 のような変化が見られた。「空間体験」と「システム」に関する変数は1日目から徐々に減少し7日目の再び増加が見られた。一方で「音楽」や「身体感覚」に関する変数は徐々に減少傾向が見られた。実践を開始した当初、実践者は聞こえてくる音をきっかけにシステムの仕組みや自分が実際に見ている空間の関係を模索する。その後実践を重ねるにつれてツールに慣れてくるので、そうした簡単な関係性の模索だけでなく、自分の漕ぎ方や音楽にまで意識が向く。それ故「音楽」や「身体感覚」に関する変数が増えたのだ。そうして生成された音楽や身体感覚について意識を巡らせ、自分

の中で何かしらの理解を得る事で、風景に対する意識が変化し、再び「空間体験」に関する変数が増えたといえる。

また同じ「身体感覚」に関する変数であっても、1日目と7日目では変数の解釈の“深さ”が異なる。例えば、「身体感覚」に関する変数として1日目には「大きな壁に対して圧迫感を感じる」や「この場所は開放的だ」といったオブジェクトに対する直接的な感覚が記述に見られた。それに対して7日目には「(生成される音を)予測する事に受動的になっているかも。毎日をきちんと聞き取らないとつまらなくなる。生きる事に似ている。」などシステムに対する自分の姿勢をメタ認知し、さらにその姿勢を生き方に照らし合わせて解釈するといった、比喩的な記述が見られた。

このように実践者の意識の変化が起きやすいのは、ChariMusic の持つ仕組みが単純だからである。実践者は生成された音楽と風景の関係をすぐに認識する。そのため、音楽と風景の関係に留まらず様々なオブジェクトが存在している環境への意識が高まり、オブジェクトを認識している自分自身の身体感覚についても言及するのである。

ChariMelody の特徴として、色と音色の組み合わせを実践者自らがカスタマイズできるという点が挙げられる。既存研究と同じように、音色が初期設定からカスタマイズできない場合、実践者には次のような弊害が生じる。ツールを使い続ける事で、実践者の環境に対する意識、着眼する変数は少なからず変化する。そうした実践者の変化に反してツールが初期設定から変更できなくなると、実践者にとってツールは自分の身体や感覚にフィットせず、違和感ばかりが増大する。そうした過度の違和感は環境の認識を妨げ、自転車に乗る事自体に不快感を憶えてしまう。ツールを使い続けることで否応無しに身体は変化していく。従ってこの変化に応じて実践者自らが音色のカスタマイズをすることで、より自分の身体や感覚にフィットした状態を維持することができ、環境への意識が深まると考えられる。実際に今回の実践では、1週間と短期間にも関わらず、音色のカスタマイズを毎日行い、自らの身体に適した音の探究を行った。

さらにはツールを使い続けることで、実践者はツールを用いていない時や自転車に乗っていない時でも街を歩くと頭の中で音楽が生成される感覚を憶えるようになった。これは道具が身体化するという現象でここまで来ると共感覚を持っているような感じになる。

以上より、本研究で提案するツールは短期的な効果だけでなくカスタマイズしながら継続して使用する

ることで長期的にも知覚促進の効果があるといえる。そしてツールの種類にも ChariMelody のような変数の種類を増やしていくのに向いているシステムと ChariMusic のような変数の解釈を深めていくのに向いているシステムがあることが分かった。

まとめ

本稿では自転車移動における知覚を磨くという目的のために、風景変化を可聴化する2つのシステム ChariMusic, ChariMelody を開発しその実践を報告した。システム実践によりツールが知覚の促進に有効であったことを示した。今回の実践は1ケーススタディに過ぎない。今後とも実践を続けていき、より多くの実践結果の収集やシステムの改良が今後の課題となる。

参考文献

- [1] Gibson, J.J.: The Senses Considered as Perceptual Systems, Greenwood Press, Publishers, Westport, Connecticut, 1966
- [2] 諏訪正樹: 「こと」の創造: 行為・知覚・自己構築・メタ記述のカップリング, 認知科学, 11 (1) , 26-36, 2004
- [3] 諏訪正樹, 赤石智哉: 身体スキル探究というデザインの術, 認知科学, Vol.17, No.3, pp.417-429, 2010
- [4] 諏訪正樹: 身体知獲得のツールとしてのメタ認知的言語化, 人工知能学会誌, Vol.20, No.5, pp.525-532, 2005
- [5] 栗林賢, 諏訪正樹: 声による外化手法を用いた身体的メタ認知支援, 第24回人工知能学会全国大会, 3G1-OS2a-6, 2010
- [6] 松原 正樹, 西山 武繁, 伊藤 貴一, 諏訪 正樹: からだで考えるためのシンボル化とことば化, 第24回人工知能学会全国大会, No.3G1-OS2a-7, 2010
- [7] Kabish, E. and Kuester, F.: Sonic panoramas: Experiments with interactive landscape image sonification. In Proceedings of the 15th International Conference on Artificial Reality and Telexistence (ICAT 05) , 2005
- [8] Pohle, T., Knees, P., and Widmer, G.: sound/tracks: Real-Time Synaesthetic Sonification and Visualisation of Passing Landscapes. In Proceedings of the ACM Multimedia 2008 - Interactive Arts Program, 2008
- [9] Knees, P., Pohle, T., and Widmer, G.: sound/tracks: Real-Time Synaesthetic Sonification of Train Journeys. In Proceedings of the ACM Multimedia 2008 - Interactive Arts Exhibition, 2008
- [10] H. Terasawa, Y. Takahashi, K. Hirota, T. Hamano,

T. Yamada, A. Fukamizu, S. Makino: "C. Elegans Meets Data Sonification: Can We Hear its Elegant Movement?" 8th Sound and Music Computing Conference, 2011

- [11] 諏訪正樹, 藤井晴行: 空間体験を触発する空間-音響インターメディアの試作, 情報処理学会音楽情報科学研究会, MUS-81-28, 2009
- [12] 諏訪正樹, 藤井晴行: 空間体験メタ認知を触発する空間-音響インターメディアシステムの模索. 日本認知科学会第26回大会論文集, pp.238-239, 2009