

音楽的ビートが映像的ビートの知覚に及ぼす引き込み効果(4)

--- 実験データの解析と検討 ---

Drawing-in Effect on Perception of Beats in Multimedia (4)

--- Analysis of Experimental Results ---

長嶋洋一(SUAC/ASL)

Yoichi Nagashima (nagasm@computer.org)

概要：本研究では、聴覚的・視覚的情報を同時に視聴するマルチメディアコンテンツの感覚間調和 intersensory harmony に関して、新たな視点でビートを「周期的に繰り返しリズムのノリが知覚されるアクセント部分」と再定義した。その上で、音楽的ビートが映像的ビートの知覚に及ぼす局所的な「引き込み効果」を提唱し、これを解析・検証するための新しい実験システムを制作し、被験者テストによる実験・評価を行った。本稿では本研究に関する最終報告として、3種類の心理学実験で得られた実験データの概括的な解析・検討結果について報告する。合わせて、予備実験と追試(補足)実験で得られた心理学的な知見についても報告する。

キーワード：リズム, ビート, レイテンシ, 引き込み効果, タゴビート

1. はじめに

人間はリズムとともに生存/生活している。心理学の領域では、音楽/音声などの聴覚情報、映画/ビデオなどの視覚情報、ダンス/身振りなどの身体運動情報に対して、時間的に繰り返すリズムを知覚・認知する人間の心理的メカニズムが探究されてきた。また音楽情報科学の領域でも、リズム/ビート/拍子などの時間的要素を対象としたテーマにおいて、聴覚情報、視覚情報や身体運動情報と一体となったマルチメディア情報・マルチモーダル情報が、研究の対象となってきた ([1]-[67])。

本研究では、聴覚的情報と視覚的情報を同時に視聴するマルチメディアコンテンツの感覚間調和 intersensory harmony に関して、新たな視点でビートを「周期的に繰り返しリズムのノリが知覚されるアクセント部分」と再定義した。その上で、音楽的ビートが映像的ビートの知覚に及ぼす局所的な「引き込み効果」を提唱し、これを解析・検証するための新しい実験システムを制作し、被験者テストによる実験・評価を行った。また音楽情報科学の視点から、コンピュータを用いた音楽心理学/知覚認知心理学の実験で重要となる、実験システムのレイテンシ(遅延)についても詳細に検討・考察した([68]-[71])。本稿ではその最終報告として、心理学実験結果データの解析・検討結果について報告する。

2. 実験システムと結果データ

本実験は図1のようなシステムを構築して行った。このシステムの詳細、実験のために被験者に提供した視覚的・聴覚的刺激の素材制作の詳細、実験の内容、また実験システム全体の詳細なレイテンシの計測と検討については、既に報告してきた文献を参照されたい([68]-[70])。

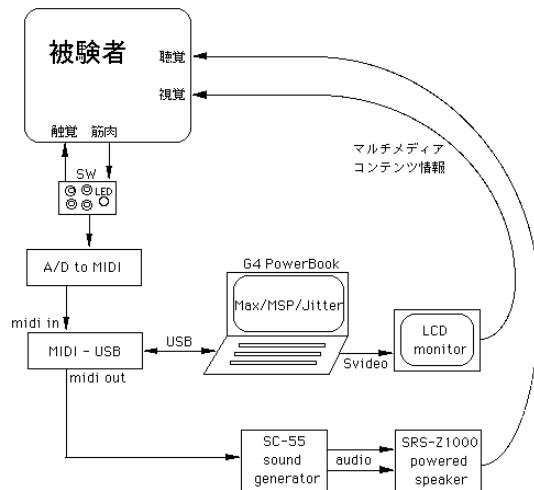


図1 本研究のための心理学実験システム

3. 実験結果データの3次元可視化

図2は、心理学実験によって得られたデータを3次元可視化して評価検討するためのカラー画面例(本稿では白黒)である。また3種類の実験に対する43人の被験者の実験データも全て公開予定で、このデータに対する追試・再検討も歓迎する[71]。

4. 実験モード1の結果データの解析

予備的に行った、映像ビートへのタッピング(ビートを捕らえるとピアノ音で確認できる)による「実験モード1」の結果データで予想以上に顕著だったのは、データを一瞥するだけで簡単に指摘できるほど、被験者がかなり明確に2群に分かれたことである。一例として、図3は被験者6、図4は被験者7の実験モード1の結果の3次元可視化データである。(モノクロ版の予稿紙面では詳細が不鮮明なのでWeb公開のカラーデータを参照されたい)

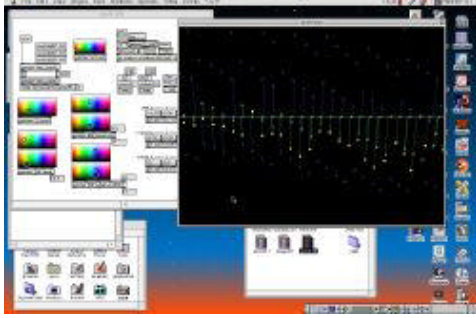


図2 データ3次元可視化ソフトウェアの画面

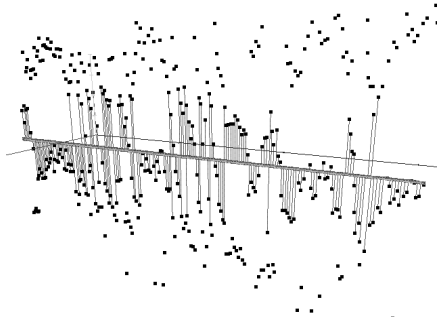


図3 被験者6(初心者グループ)の実験1結果データ

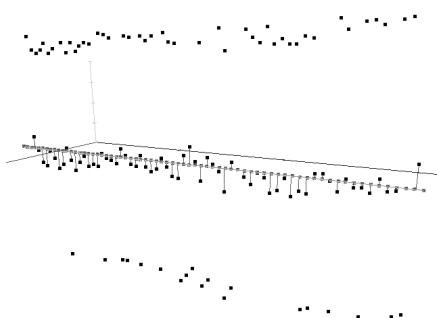


図4 被験者7(上級者グループ)の実験1結果データ

図3の被験者6のデータは、タッピングを示すイエローの矩形が、映像ビートを示すグリーンのデータ軸に対して上下のあちこちに広範に分布している。これに対して図4の被験者7のデータは、タッピングを示す矩形が、データ軸のほとんど近辺にだけ分布している。この実験モード1は、映像ビートに対してタッピングが「ヒット」するとそのサウンドが鳴り、50回のヒットで実験が終了するので、ほとんど毎回「ヒット」した被験者7のグラフの方が時間的に短く完了しており、データ軸上の映像ビートのグリーン矩形が離散的に見える。これに対してなかなか「ヒット」しない被験者6の場合には、全体の実験時間として長い時間を必要としているために、画面全体を実験時間と正規化した関係で、データ軸上の映像ビートを示すグリーン矩形は密接に並んでいる。

この明確な違いは、被験者の全体にわたって顕著であり、実験モード1の結果である3次元可視化データを一瞥するだけで、被験者は容易に2群に分

類できた。そこで、以降の検討のための便宜上の呼び方として、実験モード1の結果データとして、タッピングを示す矩形が映像ビートの乗ったデータ軸の近辺に分布しているグループを、「タッピング上級者グループ」と名付けた。その意味は、(1)本実験で使用した映像素材に対して、モーフィングの静止点を映像ビートとするという定義に良好に対応してこの映像ビートを正確に捕えていること、(2)その映像ビートに対してスイッチを正確にタッピングすることで高い「ヒット」率を実現していること、の2条件を満たしている、である。

残りの被験者についても、同様に便宜上の呼び方として、タッピングを示す矩形が映像ビートの乗ったデータ軸に対して上下のあちこちに広範に分布しているグループとして、「タッピング初心者グループ」と名付けた。

実験においては、あらかじめ被験者の音楽的な嗜好、運動に関する傾向などの情報を得るためにアンケートを行った。本稿では詳細は省略する(Webでは全結果を公開[71])が、筆者は明確にグループ化された被験者と、アンケート結果から得られた傾向との関係性を抽出することに成功しなかった。例えば、「読書や勉強などで集中している時に音楽が聞こえていると集中できない」という質問項目は、もしかすると音楽聴取のチャンネルを無意識に閉じることができる被験者がいて、その場合には音楽ビートによる引き込み効果が出て来ないか少ないのでは、と設定した。しかしこの質問項目も、43人の被験者の中で21人がYES、「タッピング上級者」グループ32人中15人、「タッピング初心者」グループ11人中6人)とほぼ半々であり、有意な傾向は得られなかった。この他のアンケート項目についても、とりたてて明確なグループ化の理由づけになるようなものは得られていない。今後の検討を待つことにしたい。

5. 実験モード2/3の結果データの解析

「タッピング初心者グループ」に分類された11人については、もともとBGMの無いところで映像ビートをタッピングするだけで、3次元可視化データのタッピング情報が映像ビートの乗ったデータ軸に対して上下のあちこちに広範に分布した。この原因はまだ明確になっていないが、(1)本実験で使用した映像素材に対して、モーフィングの静止点を映像ビートとするという要請にうまく応えられていない(映像ビートにピンとこない)、(2)映像ビートに対してスイッチを正確にタッピングする運動神経の部分が苦手で「ヒット」率が低い、のいずれかの条件が原因として有力である。

このようにBGMナシの状況で大きくばらつく被験者のデータでは、本研究においてより細かい時間的オーダとして注目したい「音楽ビートによる引き込み効果」は、実験結果として十分な精度で得られる可能性が乏しい。そこで本研究では「実験モード2の解析」としては、実験モード1の結果

「タッピング上級者グループ」に分類された32人のデータだけを検討することにした。

ここでは、Webではフルカラーで全被験者のデータを公開している実験結果データの図の見方について、図5の被験者2のデータ(予稿紙面では色彩反転)を例として紹介する。

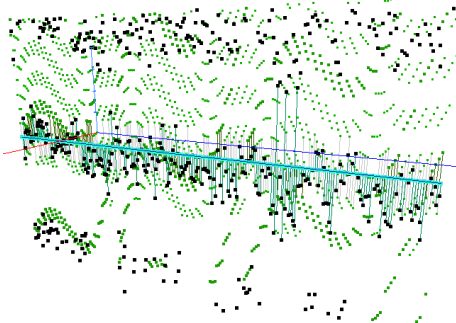


図5 被験者2の実験2結果データ(オリジナルから色彩反転)

まず全体の見方としては、画面左端にある座標軸として、垂直方向の緑色のZ軸は「個々のビートからの時間のずれの大きさ」を示す。右方向に延びた赤色のX軸は、心理実験が進行する時間軸を示す。この全体画面では緑色の太い直線のように見えている部分は、時間軸方向に拡大すると、等間隔に並んだ「映像ビート」の点を示す緑色の矩形となる。この中心にはグレーの直線を描画している。これを「データ軸」と呼ぶ。左方向に延びた青色のY軸は、便宜的にデータ軸の描画をX-Z平面およびX-Y平面から一定距離に離すために用いた次元であり、将来的に複数の実験データ(X-Z平面に平行な平面上にデータが並ぶ)をこの軸方向にいくつも並べて3次的に比較する機能を想定したものである。画面はX,Y,Z軸方向それぞれに任意に拡大縮小、X,Y,Z軸方向それぞれに任意に平行移動、X,Y,Z軸に対してそれぞれに任意に視点を回転することができる。

画面内にあるイエローの矩形は、それぞれのタイミングで被験者がスイッチをタッピングした瞬間を示す。基準となる等間隔の映像ビート(緑色の矩形)の乗ったデータ軸に対して、映像ビートのタイミングよりもタッピングが時間的に早い場合にはデータ軸に対してZ軸の負方向(下側)に、時間的に遅れた場合にはデータ軸に対してZ軸の正方向(上側)にイエロー矩形を置き、そこからデータ軸に垂線を下ろしている。この画面でデータ軸付近に多数のタッピング点(イエローの矩形群)があり、さらにZ軸の下に離れた部分に同じデータ群が見えているのは、この画面のZ軸方向のズームングにおいては、隣の映像ビートまでの時間間隔(約880msec)だけ、Z軸方向でこの両群が離れていることを意味している。

画面内にあるライトブルー(水色)の矩形は、音楽ビートのタイミングを示す。さらに小さなブルーの点は、8ビートごとにライトブルーの音楽ビートが来る、その合間にハイハットで刻んだ音楽タイ

ミングを示している。全体図で明らかのように、音楽ビートのデータは時間的になめらかに上昇・下降を繰り返しており、これは等間隔の映像ビートに対して音楽ビートのテンポが速くなったり遅くなったりしている事を示している。これは実験2のデータなので、X軸(データ軸)方向はこの画面全体で、実験時間の全体、すなわちおよそ3分間(約180秒)を示している。このように、X軸方向の時間とZ軸方向の時間とは、この画面の場合200倍程度のスケールの違いがあることに注意されたい。

図6はこの被験者2の実験モード2の結果データの一部を、データ軸方向(X軸方向)に拡大表示して抜き出した部分のデータ例である。いくつかの区間で、音楽ビートを示すライトブルーとブルーのドット列の傾き(微妙なテンポの変動)に、イエローのタッピングのドット列が同じ傾きに追従している場所がわかる。そして、この傾きによってグリーン色のドット列の乗っている映像ビートのデータ軸から大きく離れると、音楽ビートへの追従をやめて新しいビート点から追従を開始している。

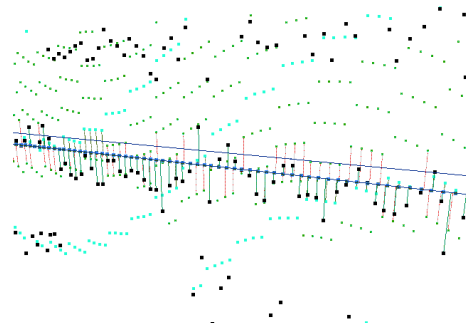


図6 被験者2の実験2結果データの一部拡大(色彩反転)

6. 瞬時変化映像による補足実験

実験の様態を記録したビデオで被験者の視線を解析していたところ、ほぼ同じ地点に地蔵の顔があるモーフィング映像、という素材そのままに、ほとんど被験者の視線が動いていないという事実を確認できた。これは予備的な検討の際に考慮した、瞬間的な映像刺激の提示で起きるサッカーボールをうまく避けた事実と思われるが、実際に本研究のデータとしてより明確化することを目指して、補足となる実験を行った。

補足実験では、映像刺激の違いだけを鮮明にして比較検討したいので、心理学実験システムも、システムのメインパッチも、まったく前述の実験と同一である。唯一の違いは、映像素材のムービーをモーフィングでなく全体を240枚の静止画として等分割した別のものに差し換えただけであり、画質や毎秒フレーム数、全体の長さなどは全て同一条件とした。被験者は学生(男性、20歳、音楽経験あり)である。まず実験2に相当するものを行い、続いて瞬時変化映像に切り替えた新しい補足実験を行った。被験者には、モーフィング映像では静止画の瞬間をビートとして定義してスイッチ操作してもらい、静止画の瞬時切り替え映像にお

いては切り替えの瞬間をビートとするように指示した。静止画素材については、市販の著作権フリーの素材写真集からジャンルをアトランダムに選択し、さらに手作業で隣接する静止画が似たようなものにならないように配置した。

実験中の被験者の行動として顕著だったのは、メインの心理学実験1/2/3においては、どの被験者もほとんど全身の身体動作を大きく伴った「ビートにのる」という行動は見られなかったのに対して、この補足実験の被験者の場合、それも瞬間的に切り替わる映像素材の実験の場合のみ、かなり激しい全身の揺れによって映像ビートを捕らえようと(無意識に行動)した、という点である。この被験者も、他の被験者と同じ「地蔵モーフィング」の映像素材での実験においては、身体はリラックスして椅子に腰掛けてスイッチ操作をしていたのに対して、静止画の瞬時切り替えになった途端に映像ビートを追い掛けるのが困難になったためか(モーフィングの場合には運動の予測がつきやすい)、上体を前後に激しく揺すって、(音楽ビートとずれている)映像ビートとの同期を図っている行動となった。この行動はこれ自体が非常に興味ある現象であり、本研究から派生するものとして研究を行う余地がある、と報告しておきたい。

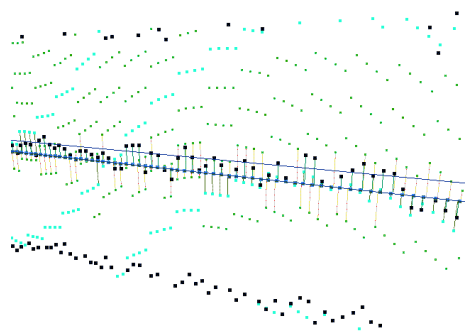


図7 補足実験(瞬時変化映像)の結果データの一部(色彩反転)

図7は、この瞬時変化映像による補足実験の結果データの一部をデータ軸方向(X軸方向)に拡大表示した例である。特徴としては、モーフィング映像素材に比べて、引き込み効果のような音楽ビートによる影響がほとんど見られないこと、そして映像ビートに対する時間的誤差が非常に小さい、という事である。これは上述のように、被験者が瞬間的に変化する映像の連続に対して、激しく上体と脚を揺すって「映像ビートに同期したタイミング」をなかば無意識に作り出していたためであり、音楽などを聞いている余裕はない、という外見上の印象であった。その結果、一定の傾向で映像ビートから遅れたり早まるというのではなく、身体動作というメトロノームによって、平均値がゼロである(データ軸上に並ぶ)ようなタッピングを実現したものと思われる。この結果は、静止画の瞬時切り替え、という映像素材では、本研究で求める「映像ビート」を自然に実現できていない、という条件の傍証であると思われる。今後、リズム

やビートの知覚については、さらに映像刺激の性格を検討する必要があると思われる。

7. 「引き込み効果」についての考察

以上の実験結果および補足実験の結果を受けて、本研究で提唱した「ビートの引き込み効果」について考察する。

本研究の冒頭で「思考実験」として定義した「引き込み効果」の例は、「テンポが一定の音楽を聞いてノリを感じながら、これとほんのわずかだけテンポの異なるビートで歩行する人の、ステップのビートが音楽ビートに影響される」という状況であった。本研究の心理実験では、この音楽の部分はまったく同一なものとして、歩行のステップの代わりに、等間隔で繰返される映像ビートに合わせたタッピング、という身体動作に置き換えた。基本的には、等間隔にやってくる映像ビートに合わせてスイッチを叩く、という動作も一種のノリとして気持ち良さを返すであろう、というアナロジーである。そこでまず、本研究で提唱する「引き込み効果」を、この思考実験とおなじ形式で以下のように表現しておくことにする。

ある一定のテンポで等間隔に静止点を持つ映像があり、この静止点に合わせてスイッチをタッピングする、というタスクを実行している。そのタッピングのビートとテンポはちょうど快く、これを変えずにノリをもって続けることが気持ちいい状態である。そして同時に、ドラムとベースによる「ほとんど同じテンポの音楽」も聞こえていて、その音楽ビートも楽しんでいる。この音楽は自分が演奏しているわけではないので、テンポは変えることはできない。タッピングのテンポも快適なので、変化しない。

この実験では、映像ビートに相当する静止画部分にはかなり時間幅がある。モーフィングで動いていた映像がほぼ静止した瞬間、静止画とはっきり認識した瞬間、静止画がまだ続いているという瞬間、ゆるやかにモーフィングがスタートした瞬間。

そして映像のビートと音楽のビートはほんのわずかなテンポの違いから次第にずれてくると、ノリを失わないように、映像ビートの解折点がわずかに移動しつつ、被験者は両者を同時に合わせる、という気持ち良さを維持しようとする。映像ビートと合わせる、というタスクのタッピングにおいて、さっきはモーフィング終了の瞬間が音楽ビートと一致していたのが、次第に静止画の中間地点、モーフィングの始まる瞬間、と少しずつ移動していく。しかし、いずれも時間的に幅を持つ映像ビートの幅の中なので許容され、乗れる。

そしてズレがいよいよ大きくなると、例えば音楽の表ビート(BDのビート)と同期していた映像ビートが、今度は自然に音楽の裏ビート(SDのビート)に「乗り換えて」またまた両者の同期したビートを楽しむ、という現象が起きる。細かく見れば、さっきまで静止画としてタッピングする瞬間と一致していた音楽のビートがずれたと知覚されると、音楽の裏表の反対側のビートがこれから静止画としてタッピングする瞬間にほぼ近くなり、このずれは次第に縮まって一致してきて、さらに移動しながらノリが続く。

結果として、音楽のビートのテンポも映像のビートのテンポもともに変化しない(引き込み現象entrainmentではない)にもかかわらず、映像ビートの許容幅の中で音楽ビートとの一致を自然に楽しむことで、音楽ビートに対して見てみると、しばらくは表ビートで乗り、やがて裏ビートで乗り、また次に表ビートでのノリに、と(無意識的に)乗り換えている。一致していると解釈することで気持ちいい、という瞬間に着目して映像タッピングのビートを見ると、そこでは少しだけ速いテンポの表ビートに引き寄せられて局所的に微小に加速し、やがて後から来る裏ビートに乗り換えてまた加速し、という速度の微小なギザギザ変化(ノコギリの歯

のような形状)を繰り返すことになる。これが「引き込み効果」である。

以上のようなモデルを確認した上で、実験3の結果データから、この現象の典型的な被験者38の結果データを図8に示す。上記の「引き込み効果」仮説の解説とともに、そのギザギザ(ノコギリ歯の形状)の行き来する様子を検証することで、本実験でも十分に仮説が説明されていることが判る(実験2と実験3とでは、ほぼ同等の結果が得られて差が認められなかった)。定量的でなく定性的な現象の抽出であるが、「引き込み効果」はこのように確認できたと考える。これが本研究の結論である。

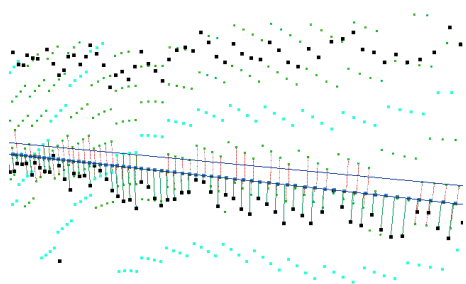


図8 被験者38の実験3の結果データの一部(色彩反転)

8. おわりに(今後の課題)

本研究の実験結果データは全てを公開しているので、今後、新たな解析の指針と手法により新しい知見が得られる可能性がある。これが今後の第1の課題である。

本研究は、「ビート」「ノリ」というような視点から音楽的ビートと映像的ビートについて検証した初めての実験である。より新しい切り口から新しい心理学実験をデザインして、新しい仮説・現象を求めて行くことが今後の課題の第2である。

本研究の心理学実験では、映像的ビートという刺激として、モーフィング映像を用いて、その静止画となる瞬間をビートと定義して被験者にタッピングを指示した。しかし一部の被験者にとって、これは不自然な要請であった。より効果的、有効であり、他の知覚心理学的な問題のない映像刺激についての検討が、今後の課題の第3である。

本研究では、音楽的ビートと映像的ビートの関係について調べて、付帯的にタッピングという身体動作が関係した。しかしこれとは別に、フットタッピングとかパッドを叩く、というようなより積極的な身体動作ビート、あるいはダンスとの関係という要素も興味ある分野である。ここでは「音楽」「視覚」「身体動作」と要素が3つになるので、より関係性を洗練させる必要もある。この分野が今後の課題の第4である。

リズムやビートというのは、音楽においてだけでなく、生命活動においても根源的な要素であり、あらゆる意味でのダイナミクスの源泉である。そしてマルチメディアというのは、人間が外

界と、あるいは相互にコミュニケーションする重要な要素である。本研究のテーマはこの両者の融合領域に挑戦したものであり、このような実験の一つや二つではとうてい片鱗も見えない深遠なものであるが、逆にコンピュータ支援によって、より明確にものごとの本質が抽出できる実験の可能性も大きくなってきた。過度に妄信せずに心理学実験システムをデザインしながら、慎重に実験を進めて新たな知見を得られるよう、今後も精進していきたい。

謝辞

本研究にあたって、重要な視点と意見を提供いただいた村尾忠廣氏に感謝します。また、本研究にあたって、有意義な議論をしていただいた、新山王政和、山田真司、照岡正樹、中村文隆の各氏に感謝します。また、本研究に関して有意義な意見・討論をいただいた、日本音楽知覚認知学会、情報処理学会音楽情報科学研究会の皆様へ感謝いたします。また、本研究にあたって、被験者として協力いただいた、静岡文化芸術大学の学生・職員の皆さんに感謝いたします。

参考文献

- [1] 梅本亮夫：音楽心理学，p.594，誠信書房，1966。
- [2] ダイアナ・ドイチュ/寺西立年，大串健吾，宮崎謙一訳：音楽の心理学，p.663，西村書店，1987。
- [3] リタ・アイエロ/大串健吾訳：音楽の認知心理学，p.371，誠信書房，1998。
- [4] 梅本亮夫：音楽心理学の研究，p.375，ナカニシヤ出版，1996。
- [5] 岡田晋：映像学・序説，p.260，九州大学出版会，1996。
- [6] ジェイムズ・モナコ/岩本憲児他訳：映画の教科書，p.438，フィルムアート社，1983。
- [7] P.H.リンゼイ，D.A.ノーマン/中溝幸夫，箱田裕司，近藤倫明訳：感覚と知覚，p.319，サイエンス社，1983。
- [8] 森敏昭，吉田寿夫：心理学のためのデータ解析テクニカルブック，p.349，北大路書房，1990。
- [9] R.H.ディ/島津一夫，立野有文訳：知覚的解決：知覚心理学，p.249，誠信書房，1972。
- [10] 国際電気通信基礎技術研究所：視聴覚情報科学，p.271，オーム社，1994。
- [11] 淀川英司，東倉洋一，中根一成/電子情報通信学会編：視聴覚の認知科学，p.192，電子情報通信学会/コロナ社，1998。
- [12] 武藤真介：計量心理学，p.155，朝倉書店，1982。
- [13] 松田隆夫：知覚心理学の基礎，p.294，培風館，2000。
- [14] 相場覚，鳥居修晃：知覚心理学，p.210，放送大学教育振興会，1997。
- [15] 福田忠彦：生体情報システム論，p.242，産業図書，1995。
- [16] 森本正昭：情報処理心理学，p.226，誠信書房，1979。
- [17] 波多野諄余夫：音楽と認知，p.155，東京大学出版会，1987。
- [18] L.クラウス/杉浦実訳：リズムの本質，p.142，みすず書房，1994。
- [19] 中島義明：映像の心理学-マルチメディアの基礎，p.270，サイエンス社，1996。
- [20] 西井雄一郎，栗本育三郎：ドラムパッドを利用した実演音とクリック音との聴覚的ずれ検出装置について，情報処理学会研究報告，Vol.93，No.32 (93-MUS-1)，pp.17-23，1993。
- [21] 後藤真孝，村岡洋一：音楽音響信号に対するビートトラッキングシステム，情報処理学会研究報告，Vol.94，No.71 (94-MUS-7)，pp.49-56，1994。
- [22] 山田真司，井村和孝，新井裕子，小田満理子，西村英樹：音楽演奏者の時間的制御能力について，情報処理学会研究報告，Vol.95，No.46 (95-MUS-10)，pp.21-28，1995。
- [23] 堀内靖雄，三井卓，井宮淳，市川薫：二人の人間による演奏の収録と分析，情報処理学会研究報告，Vol.96，No.53 (96-MUS-15)，pp.21-26，1996。

- [24] 後藤真孝, 村岡洋一: 音楽音響信号を対象としたビートトラックシステム --- 小節線の検出と打楽器音の有無に応じた音楽的知識の選択 ---, 情報処理学会研究報告, Vol.97, No.67 (97-MUS-21), pp.45-52, 1997.
- [25] 堀内 靖雄, 三井 卓, 財津 茜, 市川 薫: 二人の人間による演奏の協調動作について, 情報処理学会研究報告, Vol.98, No.74 (98-MUS-26), pp.103-108, 1998.
- [26] 堀内靖雄, 財津茜, 市川薫: 人間の演奏制御モデルの推定, 情報処理学会研究報告, Vol.99, No.51 (99-MUS-30), pp.59-64, 1999.
- [27] 長嶋洋一: MIDI音源の発音遅延と音源アルゴリズムに関する検討, 情報処理学会研究報告, Vol.99, No.68 (99-MUS-31), pp.31-38, 1999.
- [28] 長嶋洋一, 中村文隆: メディアアートにおける画像系の制御について, 情報処理学会研究報告, Vol.2000, No.76 (2000-MUS-36), pp.31-36, 2000.
- [29] 浜中 雅俊, 後藤 真孝, 麻生 英樹, 大津 展之: 学習に基づくクオンタイズ-発音時刻の楽譜上での位置の推定, 情報処理学会研究報告, Vol.2001, No.45 (2001-MUS-40), pp.21-28, 2001.
- [30] 難波精一郎, 林勇気: 画像中の円の落下と音の変化の共鳴現象, 情報処理学会研究報告, Vol.2002, No.40 (2002-MUS-45), pp.9-12, 2002.
- [31] 新山王政和, 村尾忠廣, 南曜子, 小川容子: 音楽ビートと運動ビートのタイムラグについて --- マーチングステップの熟達者と未経験者の相違について ---, 情報処理学会研究報告, Vol.2002, No.40 (2002-MUS-45), pp.79-84, 2002.
- [32] 下迫晴加, 石田時敏, 菊地正: 音系列における時間間隔の変化の検出, 情報処理学会研究報告, Vol.2002, No.40 (2002-MUS-45), pp.91-96, 2002.
- [33] 後藤靖宏, 阿部純一: 拍子解釈の基本的嗜好性と漸進的確立, 音楽知覚認知研究, Vol.2, 日本音楽知覚認知学会, pp.38-47, 1996.
- [34] 末富大剛, 中島祥好: リズム知覚研究の動向, 音楽知覚認知研究, Vol.4, No.1, 日本音楽知覚認知学会, pp.26-41, 1998.
- [35] 菅野禎盛, 岩宮眞一郎: 音楽のリズムと映像の動きの同期が音楽と映像の調和に及ぼす効果, 音楽知覚認知研究, Vol.5, No.1, 日本音楽知覚認知学会, pp.1-10, 1999.
- [36] 岩宮眞一郎, 上月裕, 菅野禎盛, 高田正幸: 音楽の調性及びテンポと映像の速度及び密度が映像作品の印象に及ぼす影響, 音楽知覚認知研究, Vol.8, No.2, 日本音楽知覚認知学会, pp.53-64, 2002.
- [37] Manfred Clynes: Time, Timeconsciousness and Music, Proceedings of 1st International Conference on Music Perception and Cognition, pp.249-254, Kyoto, Japan, 1989.
- [38] Yoshitaka Nakajima, Takashi Nomura, Takashi Tsumura: Physically Wrong Rhythms can be Subjectively Correct, Proceedings of International Symposium on Musical Acoustics, pp.187-190, Tokyo, Japan, 1992.
- [39] David Rosenthal: A Model of the Process of Listening to Simple Rhythms, Proceedings of ICMC1988, pp.189-197, International Computer Music Association, 1988.
- [40] Gregory Kramer, Stephen Ellison: Audification --- The Use of Sound to Display Multivariate Data ---, Proceedings of ICMC1991, pp.214-221, International Computer Music Association, 1991.
- [41] David Rosenthal: Intelligent Rhythm Tracking, Proceedings of ICMC1992, pp.227-230, International Computer Music Association, 1992.
- [42] Jeff A. Bilmes: Techniques to Foster Drum Machine Expressivity, Proceedings of ICMC1993, pp.276-283, International Computer Music Association, 1993.
- [43] Peter Design, Henkjan Honing: Advanced Issues in Beat Induction Modeling --- Syncopation, tempo and Timing ---, Proceedings of ICMC1994, pp.92-94, International Computer Music Association, 1994.
- [44] Simon C. Roberts, Michael Greenhough: Rhythmic Pattern Processing using a Self-Organising Neural Network, Proceedings of ICMC1995, pp.412-419, International Computer Music Association, 1995.
- [45] Leigh M. Smith: Modeling Rhythm Perception by Continuous Time-Frequency Analysis, Proceedings of ICMC1996, pp.392-395, International Computer Music Association, 1996.
- [46] Vijay Iyer, Jeff Bilmes, Matt Wright, David Wessel: A Novel Representation for Rhythmic Structure, Proceedings of ICMC1997, pp.97-100, International Computer Music Association, 1997.
- [47] Eric Gottesman: The Psycho-Adaptive Listening Machine --- An Application of Perceptual Control Theory to Computer Music ---, Proceedings of ICMC1998, pp.195-198, International Computer Music Association, 1998.
- [48] Tommi Ilmonen, Tapio Takala: Conductor Following with Artificial Neural Networks, Proceedings of ICMC1999, pp.367-370, International Computer Music Association, 1999.
- [49] Ali Taylan Cemgil, Bert Kappen, Peter Design, Henkjan Honing: On Tempo Tracking --- Tempogram Representation and Kalman Filtering ---, Proceedings of ICMC2000, pp.352-355, International Computer Music Association, 2000.
- [50] Yoichi Nagashima: Improvisation-II --- A Performing/Composing System for Improvisational Sessions with Networks ---, Entertainment Computing, pp.241-248, IFIP / Kluwer Academic Publishers, 2003.
- [51] Hiromi Hashimoto, Masashi Yamada: Temporal Fluctuation in Equal Interval Tapping using Various Muscle Groups, Proceedings of 17th Congress of the International Association of Empirical Aesthetics, pp.525-528, Takarazuka, Japan, 2002.
- [52] 吉田友敬, 山本佐代子, 廣瀬百合子, 武田昌一: 音楽リズムの同調と引き込み現象(1), 日本音楽知覚認知学会平成14年度秋季研究発表会予稿集, 日本音楽知覚認知学会, pp.79-86, 2002.
- [53] 難波精一郎, 林勇気: 画像中の円盤の動きと音の変化の同期 --- 枠組みの影響 ---, 日本音楽知覚認知学会平成14年度秋季研究発表会予稿集, 日本音楽知覚認知学会, pp.115-120, 2002.
- [54] 刈谷亜未太, 青野正二, 桑野園子, 難波精一郎: 規則的なパルス列のタッピング作業におよぼす挿入刺激の効果, 日本音楽知覚認知学会平成14年度秋季研究発表会予稿集, 日本音楽知覚認知学会, pp.143-150, 2002.
- [55] 吉田友敬, 山本佐代子, 廣瀬百合子, 武田昌一: アンサンブルにおけるリズムの同調との分析, 日本音響学会全国大会講演論文集, 日本音響学会, pp.863-864, 2003.
- [56] 長嶋洋一: MIDI音源の発音遅延と音楽心理学実験への影響, 日本音響学会音楽音響研究会資料 Vol.18, No.5, 日本音響学会, pp.47-54, 1999.
- [57] 長嶋洋一, 橋本周司, 平賀謙, 平田圭二: コンピュータと音楽の世界, p.484, 共立出版, 1999.
- [58] 長嶋洋一: コンピュータサウンドの世界, p.180, CQ出版, 1999.
- [59] 長嶋洋一: Java & AKI-80, p.176, CQ出版, 1997.
- [60] 長嶋洋一: 作るサウンドエレクトロニクス, <http://nagasm.suac.net/ASL/mse/index.html>, 1999.
- [61] 村尾忠廣: タゴリズムからの発見, 季刊音楽教育研究56, 音楽の友社, pp.177-190, 1988.
- [62] 村尾忠廣: <拍ノリ>の裏・表 タゴビートの裏・表, 音楽教育 18-1, 日本音楽教育学会, pp.31-36, 1988.
- [63] 村尾忠廣(代表): わらべ唄・自由斉唱におけるピッチの統一化と運動ビートの同期化プロセスの研究, 研究成果報告書 平成10-12年度文部科学省研究費補助金基盤研究(B)(2) 研究課題番号10480045, p.118, 2000.
- [64] 新山王政和: フットタッピングによるテンポ同期の実験研究, 音楽教育 27-1, pp.53-68, 日本音楽教育学会, 1997.
- [65] 新山王政和: 音楽ビートと運動ビートの知覚に関する分析的な研究 --- 「テンポ同期」から「ステップ動作」までの一連の検証実験のまとめ ---, 音楽教育学第33-2号別冊 日本音楽教育学会第33回プログラム, pp.15, 日本音楽教育学会, 2003.
- [66] 長嶋洋一: オリジナルMIDIセンサを作ろう, <http://nagasm.suac.net/ASL/original/index.html>, 1999.
- [67] 梅田利彦, 山田真司, 北村音一: ピアノの長3和音の各音の発生時間による変化, 日本音響学会講演論文集, 日本音響学会, pp.447-448, 1989.
- [68] 長嶋洋一: 音楽的ビートが映像的ビートの知覚に及ぼす引き込み効果(1) --- その第1報と実験計画 ---, 日本音楽知覚認知学会平成15年度春季研究発表会資料, 日本音楽知覚認知学会, pp.19-26, 2003.
- [69] 長嶋洋一: 音楽的ビートが映像的ビートの知覚に及ぼす引き込み効果(2) --- 心理学実験システムの開発とレイテンシの計測 ---, 情報処理学会研究報告 Vol.2003, No.82 (2003-MUS-51), 情報処理学会, pp.83-90, 2003.
- [70] 長嶋洋一: 音楽的ビートが映像的ビートの知覚に及ぼす引き込み効果(3) --- 被験者インターフェースとデータの3次元可視化 ---, 情報科学技術フォーラム2003講演論文集2, 情報処理学会・電子情報通信学会, pp.241-243, 2003.
- [71] 長嶋洋一: 音楽的ビートが映像的ビートの知覚に及ぼす引き込み効果, <http://nagasm.suac.net/ASL/beat/index.html> (2003年末に全実験データとともに公開予定)