

運動データからの楽曲作成

Music Generation from Motion Data

鈴木 隼太^{*1}

Junta Suzuki

渡邊 彰吾^{*2}

Syogo Watanabe

六沢 一昭^{*1}

Kazuaki Rokusawa

^{*1}千葉工業大学 情報科学部 情報工学科

Department of Computer Science, Chiba Institute of Technology

^{*2}千葉工業大学大学院 情報科学研究科 情報科学専攻

Graduate School of Information and Computer Science, Chiba Institute of Technology

This paper describes an experimental sonification system which generates music from motion data measured by an acceleration sensor. The system generates rhythms, chords, tunes and harmony reflecting the observed movement, aiming for comfortable music.

1. はじめに

本稿は、加速度センサーにより測定した運動データから楽曲を作成する可聴化実験システムについて述べる。運動状況を反映し、聴いて楽しめる楽曲を作成することが本システムの目標である。

運動情報の可聴化の研究には運動学習支援を目的としたものが多い。動作情報を聴覚情報へ変換して伝達することにより、スポーツなどの動作学習やリハビリなどの動作支援に役立てることが考えられている。[高野 2016], [松原 2012], [宝里 2011]はその例であると言えよう。本研究は、それらとは異なり、楽しめる楽曲の作成が第一の目的である。

2. 自然な楽曲

自然な楽曲を作成するために着目したコードと規則を以下に示す。

表 1: ダイアトニックコード (ハ長調)

コード	C	Dm	Em	F	G	Am	Bm ^{b5}
機能	T	S	T	S	D	T	D

2.1 ダイアトニックコード (Diatonic Chord)

ダイアトニックコードのみを用いる。ハ長調のダイアトニックコードを表 1 に示す。表中の T, D, S はコードの機能を示すもので、以下の特徴がある。

T (Tonic; トニック) 安定感のあるコードである。楽曲のはじめと終わりによく使われる。

D (Dominant; ドミナント) 不安定な響きを持つコードである。トニックへ動いて落ち着こうとする。

S (Subdominant; サブドミナント) やや不安定な響きを持つコードである。

2.2 コード進行

安定したコード進行には以下の 3 つのパターンがある。

- T → S → T
- T → S → D → T
- T → D → T

T, S からは T, S, D のどれへも進行するが、D からは T へのみ進行する。

C	→	Dm, Em, F, G, Am, Bm ^{b5}
Dm	→	G
Em	→	C, F, Am
F	→	C, Dm, G
G	→	C, Am
Am	→	Dm, F, G
Bm ^{b5}	→	C, Am

図 1: コード進行 (ハ長調)

ハ長調における自然で安定したコード進行を図 1 に示す。このコード進行に基づいて楽曲のコード進行を決定する。

3. 運動データから楽曲へ

3.1 楽曲作成の流れ

運動データ

運動データは、加速度センサーにより測定したデータである。上下/左右/前後の 3 方向それぞれの加速度測定値からなる。

区間と小節

運動データを適当な数ごとに区切る。例えば 50 個ごとに区切る。区切りによって生まれた (運動データの) ひとつの区間を (楽曲の) ひとつの小節に対応させて楽曲を作成する。

楽曲作成

まず、運動データを解析し各区間 (小節) のコードを決定する。そして、コードをもとに、運動データも考慮して、メロディを生成する。同様に運動データからリズムとハーモニーも生成する。各小節のメロディを構成する音は、コードの構成音のみからとする。この「まずコードを決め、コードの構成音からメロディを決定する」方式は [杉原 2011][渡邊 2017] で用いたものである。

連絡先: 六沢 一昭, 千葉工業大学 情報科学部 情報工学科,
275-0016 千葉県習志野市津田沼 2-17-1,
rokusawa.kazuaki@it-chiba.ac.jp

表 2: レベル値の例

測定値の絶対値	レベル値
0.0000 以上 0.1428 未満	0
0.1428 以上 0.2856 未満	1
0.2856 以上 0.4284 未満	2
0.4284 以上 0.5712 未満	3
0.5712 以上 0.7140 未満	4
0.7140 以上 0.8568 未満	5
0.8568 以上	6

3.2 レベル値と運動

各区間に対し、その区間内の測定値の絶対値の最大値のレベルを求め、それをその区間のレベルとする。測定値の絶対値とレベルの対応例を表 2 *1 に示す。測定値の絶対値が大きくなるほどレベルの値も大きくなる。

レベル値は運動の変化の大きさを表わす。大きいレベル値は、加速度の大きいことを示し、運動が激しいことを意味する。一方、小さいレベル値は穏やかな運動を示し、レベル値ゼロは、運動に変化が (ほぼ) ないことを意味する。

3.3 リズム/コード/メロディ/ハーモニーの決定

3.3.1 基本的な考え

運動が激しいほど楽曲のリズムも激しくするのが適当であろう。上下/左右/前後方向のうち、運動の激しさを直接反映するのは上下方向の測定値であると考え、上下方向の測定値からリズムを決定することにした。

リズム以外の楽曲の要素であるコード及びメロディ、ハーモニーは、主に上下方向以外 (左右及び前後方向) の測定値から決定する。これらは、リズムと異なり、前の小節とのつながりが重要である。例えばある小節のコードを決める時は、前の小節のコードも考慮する必要がある。対応する区間の測定値のみからコードを決定したのでは、2.2 で述べた自然で安定したコード進行を実現することができない。

前述したように、レベル値は運動の変化の大きさを表わす。このことから、基本的に、レベル値が大きいほど楽曲の変化を大きくし、小さいほど変化は小さくする。そしてレベル値ゼロの場合は楽曲は変化させない。

3.3.2 リズムの決定

各区間の上下方向のレベル値から、対応する小節のリズムを表 3 に基づき決定する。レベル値が大きいほど (運動が激しいほど)、激しいリズムが (音の数の多い小節が) 生成される。

3.3.3 コードの決定

ある小節のコードと、その小節に対応する区間の左右方向のレベル値から、次の小節のコードを表 4 に基づき決定する。

例えば、ある小節のコードが *F* で、その小節に対応する区間の左右方向のレベル値が 4 の場合、次の小節のコードは *Dm* となる。*C* と 3 ならば次のコードは *F* となる。

表 4 は図 1 のコード進行を実現しており、自然で安定したコード進行が実現される。

3.3.4 メロディの決定

ある小節のコードとリズム (音符の数) と、対応する区間の前後方向の測定値から、その小節のメロディ (を構成する音) を決定する。

表 3: 上下方向のレベル値と対応するリズム

レベル値	音符数	リズム
0	1	
1	2	
2	3	
3	4	
4	5	
5	6	
6	7	
7	8	
8	9	
9	10	
10	11	
11	12	
12	13	
13	14	
14	15	
15	16	

表 4: 次の小節のコード (ハ長調)

レベル値	<i>C</i>	<i>Dm</i>	<i>Em</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>Am</i>	<i>Bm</i> ^{b5}
0	<i>C</i>	<i>Dm</i>	<i>Em</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>Am</i>	<i>Bm</i> ^{b5}
1	<i>Dm</i>	<i>G</i>	<i>C</i>	<i>C</i>	<i>C</i>	<i>Dm</i>	<i>C</i>
2	<i>Em</i>	<i>G</i>	<i>C</i>	<i>C</i>	<i>C</i>	<i>Dm</i>	<i>C</i>
3	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>Am</i>	<i>Dm</i>	<i>C</i>	<i>F</i>	<i>C</i>
4	<i>G</i>	<i>G</i>	<i>Am</i>	<i>Dm</i>	<i>Am</i>	<i>F</i>	<i>Am</i>
5	<i>Am</i>	<i>G</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>Am</i>	<i>G</i>	<i>Am</i>
6	<i>Bm</i> ^{b5}	<i>G</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>Am</i>	<i>G</i>	<i>Am</i>

まず、リズムが示す音符数で前後方向の測定値を等分する。等分によって生まれた各部分は、リズムによって決まった各音に対応する。例えば、ある小節のリズムが表 3 のレベル値 6 のものならば、音符数は 7 なので、対応する区間の測定値を 7 等分する。等分によって生まれた 7 つの各部分は 7 つの各音に対応する。

次に、各部分の測定値の絶対値の最大値のレベル値を求め、そのレベル値と対応する小節のコードから表 5 と図 2 に基づき、メロディの構成音を決定する。例えば、コードが *Am* である小節に対応する区間の、ある部分のレベル値が 5 の場合、その部分に対応する音は *E5* となり、コードが *G* でレベル値が 1 ならば音は *B3* となる。

3.3.5 ハーモニー (伴奏パターン) の決定

各区間の前後方向のレベル値から、対応する小節の伴奏パターンを表 6 に基づき決定する。レベル値が大きいほど複雑な伴奏パターンが生成される。

4. 楽曲作成例

図 3 は、JR 京葉線新習志野駅から千葉工業大学新習志野キャンパスまで歩いた時に測定された運動データである。図の横軸は歩行開始後の経過時間 (単位: 秒) を示す。測定は毎秒 10 回

*1 3.3.3 のコードの決定における、左右方向の測定値とレベル値の対応を示す。

表 5: メロディ構成音

レベル値	C	Dm	Em	F	G	Am	Bm ^{b5}
0	C4	D4	E4	F3	G3	A3	B3
1	E4	F4	G4	A3	B3	C4	D4
2	G4	A4	B4	C4	D4	E4	F4
3	C5	D5	E5	F4	G4	A4	B4
4	E5	F5	G5	A4	B4	C5	D5
5	G5	A5	B5	C5	D5	E5	F5
6	C6	D6	E6	F5	G5	A5	B5
7	E6	F6	G6	A5	B5	C6	D6
8	G6	A6	B6	C6	D6	E6	F6



図 2: 構成音

であり、運動データ 10 個で 1 秒経過となる。運動時間 (測定時間) はおよそ 480 秒であり、一方向あたりの運動データはおよそ 4800 個である。このデータからハ長調の楽曲を作成した。運動データを 200 個ごとに区切って区間を生成した。24 個の区間が生まれ、24 個の小節からなる楽曲が作成された。運動データ 200 個は 20 秒に対応するので、運動 20 秒ごとにひとつの小節が作られたわけである。

各小節の左右方向のレベル値とコード、及び、上下方向のレベル値と音符数を表 7 に示す。また、7 小節目の前後方向の測定値とレベル値、構成音を表 8 に示す。そして、作成された楽曲を図 4 に示す。

最初の小節のコードは、ハ長調の楽曲のため、C である。2 番目の小節は、最初の小節のコード C と左右方向のレベル値 0 から C、3 番目は、C と 2 から Em である (表 7)

表 7 より 7 小節目のコードは G で音符数は 10 である。区間を 10 等分して生まれた各部分の、前後方向の測定値の絶対値の最大値と、その値から定まるレベル値、そして、コードとレベル値及び表 5 から決まる構成音が表 8 に示されている。

図 3 の運動の内容であるが、歩行だけでなく、走行や停止といった動きも含んでいる。

走行部分は、歩行開始後およそ 60 秒からの 30 ~ 40 秒間である。運動データの対応する部分は 3 方向とも測定値 (の絶対値) が大きい。作成された楽曲では、走行部分は 4、5 番目の小節が対応する。二つの小節とも音符数が多く (11 個と 15 個)、メロディの構成音が高い。リズムとメロディに走行が表われていると言えよう。

停止は 2 回ある。初回の停止は、停止時間が短く、運動データにも楽曲にも明確には表われていない。2 回目の停止は、歩行開始後およそ 240 秒後からのおよそ 40 秒間である。運動データの対応する部分は 3 方向とも測定値はゼロに近い。作成された楽曲の対応する二つの小節 (13、14 番目の小節) は、二分音符二つの小節と、全音符の小節である。停止が明確に表われていると言えよう。

5. まとめ

加速度センサーにより測定した運動データから楽曲を作成する実験システムについて述べた。目標の、運動状況を反映し

表 6: 前後方向のレベル値と対応する伴奏パターン

レベル値	伴奏パターン
0	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	

聴いて楽しめる楽曲を作成することはほぼ実現できたと思われる。

参考文献

[高野 2016] 高野 衛, 安藤 大地, 笠原 信一: 動作情報を用いた可聴化における変換手法の考察 - パフォーマンス実演による検証 -, 先端芸術音楽創作学会 会報, Vol.8, No.3, pp.1-4 (2016).

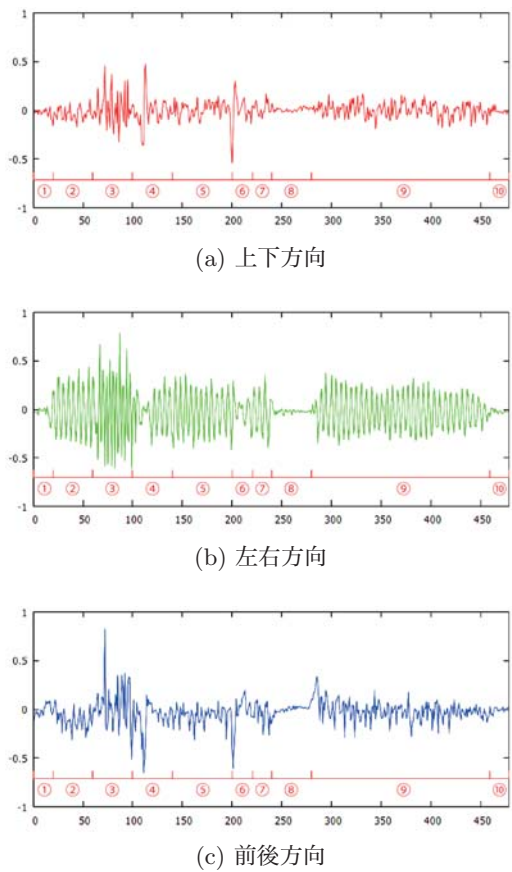
[松原 2012] 松原 正樹 他: 身体動作の連動性理解にむけた筋活動可聴化, 日本音響学会講演論文集, 2-10-2, pp.919-922 (2012).

[宝里 2011] 宝里 直幸, 有田 浩之, 阪口 豊: 身体運動の可聴化: その概念と運動学習支援への応用, 情報処理学会 インタラクシオン 2011, 3CR3-1 (2011).

[杉原 2011] 杉原 大和, 六沢 一昭: プログラムからの楽曲生成の試み, 第 5 回エンターテインメントと認知科学シンポジウム (2011).

[渡邊 2017] 渡邊 彰吾, 六沢 一昭: プログラムからの楽曲作成, 情報処理学会 研究報告音楽情報科学, Vol.2017-MUS-115, No.25 (2017).

[島岡 1964] 島岡 譲 他: 和声 理論と実習, 音楽之友社 (1964).



横軸の単位: 秒, 測定値 10 個/秒

図 3: 運動データ

表 7: 各小節のレベル値とコード, 音符数

小節	左右	コード	上下	音符数
1	0	C	4	5
2	2	C	5	6
3	5	Em	6	7
4	2	F	10	11
5	3	C	14	15
6	5	F	9	10
7	2	G	9	10
8	0	C	7	8
9	2	C	4	5
10	0	Em	5	6
11	3	Em	4	5
12	2	Am	10	11
13	0	Dm	1	2
14	1	Dm	0	1
15	1	G	10	11
16	0	C	11	12
17	2	C	9	10
18	2	Em	10	11
19	3	C	9	10
20	3	F	8	9
21	2	Dm	8	9
22	1	G	7	8
23	0	C	3	4
24	0	C	1	2

表 8: 7 小節目の前後方向の測定値とレベル値, 構成音

区間	測定値	レベル値	構成音
1	0.391	3	G4
2	0.224	2	D4
3	0.235	2	D4
4	0.333	3	G4
5	0.505	4	B4
6	0.301	2	D4
7	0.254	2	D4
8	0.367	3	G4
9	0.224	2	D4
10	0.284	2	D4



運動データ 200 個/区間, 運動 20 秒/小節

図 4: 作成された楽曲