

情動に相関のある楽曲中のパラメータについて

日間賀充寿 † 大西昇 † 杉江昇 †

†名古屋大学工学部

†名城大学理工学部

あらまし

我々は情動の変化に影響を与える楽曲中のパラメータの抽出を試みた。音楽を構成するパラメータは非常に多く存在するが、その中から感性情報を含むと考えられる候補をいくつか抽出し、その楽曲を表す特徴量とした。それらのパラメータを入力とし、あらかじめおこなった心理聴験実験の結果を教師信号（出力）とし、ニューラルネットワークに入出力関係の学習をさせた。学習後、ネットワーク結合係数の分布状態から入出力の相関の大きいものを選ぶことにより、曲想を決定するパラメータとして適切なものの選択およびそれらに関わる情動との関係を見出すことに有効であることを示す。

キーワード：感性、情動、ニューラルネットワーク、楽曲パラメータ¹Some Musical Parameters
correlating to Human Emotions

Mitsutoshi Himaga † Noboru Ohnishi † Noboru Sugie †

†School of Engineering, Nagoya University

†Faculty of Science and Technology, Meijo University

Abstract

We try to extract some musical parameters which have an effect on our emotions. Among a variety of parameters that compose music, we extract some parameters which may convey emotional informations and use them as feature values. We have also conducted a psychological experiment and obtained emotional values to music. Using the feature values and emotional values as input and output of a neural network, the network is forced to learn the input-output relations. After learning, we examined the state of the weight connections between the input and output layers, which enabled us not only to select the proper parameters but also to show some relationships between emotions and musical parameters.

keywords: sensitivity, emotion, neural network, musical parameter

1 はじめに

人間は音楽によって感情を刺激される。過去にその曲を聴いた経験がある場合、その曲によって連想される様々な事柄によって感情が刺激されることも考えられるが、我々は初めて聴く曲に対しても感動を覚えるものである。そして、そのときに受ける情動の変化は概ね誰しも同様の傾向があると考えられる。このことはその場の雰囲気”ふさわしい”環境音楽や映画のBGMが存在することを考えるまでもなく明らかであろう。このように曲によって誰もが程度共通した感情をもたらされるということは、その曲に含まれる何らかのパラメータと喚起される情動との間に深い相関があるということを示している。

作曲家は通常ある主題に基づいて作曲をおこない、我々はその主題を音楽を聴くことによって理解することができる。つまり、優れた作曲家は楽曲を通して我々に特定の感情を喚起させることができるのである。このような情動の変化をEagleは”気分反応”と呼んでいるが、彼は聴取者の性別、年齢、知能および音楽的訓練といった変数に対して関連を見い出してはいない[1]。そこで注目されるのがテンポや音色、調性といった音楽を構成しているパラメータである。これらのパラメータは非常に多いが、その中には聴衆の情動を刺激するのに大きな役割を果たしているものがいくつか存在しているはずである。作曲家はそのようなパラメータがどう情動に影響を及ぼすかという関係を経験的に体得していると思われるが、もしその関係を楽曲から定量的に抽出することができればその結果を用いてある程度、作・編曲の支援が可能になると考えられる。また、そのようなパラメータを抽出することより、その曲がどのような曲想をもつのかという判断をある程度自動化することも可能となる。このことを実現すれば曲想による音楽データベースの構築することができ、BGMの選択支援等の広範な応用が期待できる。

本稿では、そのようなパラメータをMIDI形式の楽曲中から抽出し、それらと聴取者の情動との間の相関について検討する。

2 アプローチ

本研究のアプローチを図1に示す。まず、楽曲を聴いた時に生じる情動の変化について心理聴験実験を行なった。その際、評価の尺度として6対のSD形容詞対を用い、数値化できるようにした。一方、楽曲からは感性情報を含むと思われるパラメータの候補をいくつか抽出した。これらのパラメータ(入力)と心理実験の結果(出力)を組みあ

わせて学習パターンとし、ニューラルネットワークに学習させた。その後、ネットワークの結合係数の値を調べることにより入出力の相関関係を考察した。また、未学習の楽曲についてもネットワークの出力と心理実験の結果との比較・検討も行なった。

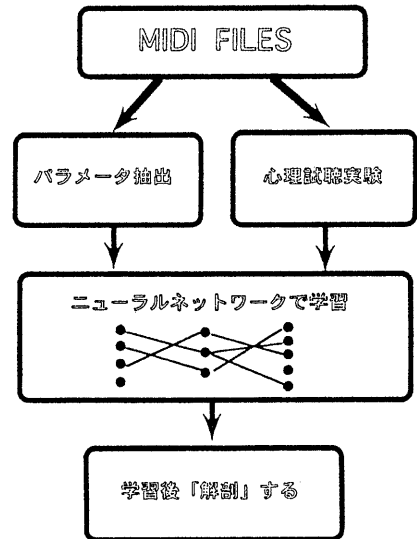


図1：アプローチ

3 心理聴験実験

3.1 楽曲の評価方法

楽曲を聴いたときに生じる情動は聴取者の嗜好、経験、聴取時の気分によりかなりの違いがみられる[2]が、個々人により評価に差異が生じるということはむしろ当然のことであり、また本質的な問題として各々の楽曲の絶対的な評価もありえない。そのため、今回はある情動とそれに相関の大きいパラメータを発見するという本研究の目的から、被験者は1名に限定した。

評価に際し6対のSD形容詞対を用意し、各対について7段階の評価を与えることとした。これらの形容詞対の選択は実験結果に重大な影響を及ぼすと考えられるが、ここでは徳弘ら[3]の用いた形容詞対、すなわち”喜び-悲しみ”、”軽快-重苦しさ”、”元気-落胆”、”卑俗-荘厳”、”現実-神秘”、”安らぎ-恐怖”の6つを使用した。

3.2 サンプル曲

心理聴覚実験の対象としたサンプル曲はすべてクラシックのピアノ曲に限定した。ニューラルネットワークにを入力するパラメータ抽出の簡単を図るため、サンプル曲はすべてMIDIファイルのものを用いた。選曲にあたってはまずピアノ曲約300曲（但し、現代音楽は除く）から無作為に60曲程度抽出した。その後データ等に不備のある曲を除き、最終的に45曲を用いることとした。原曲の長さは曲によってまちまちであるが、曲中で曲想の変化するものについては一つの曲想に相当する部分のみ切り出し、各々1分半前後にまとめた。従って、実際には1つの曲から曲想の異なる複数の部分をサンプルとする場合があるため、原曲の曲名に番号を添えて区別した。表1にサンプル曲を示す。

3.3 聴取実験

サンプル曲はNEC PC-9821ApおよびROLANDCM-64（音源）を用いて演奏した。聴取はヘッドホンを使用し、45曲全曲について評価を行なった。実験中には適宜休憩時間を取り入れた。

実験で得られた各情動軸の7段階評価に対し、0.00,0.17,0.33,0.50,0.67,0.83,1.00の各値を対応づけて数値化した（図2）。

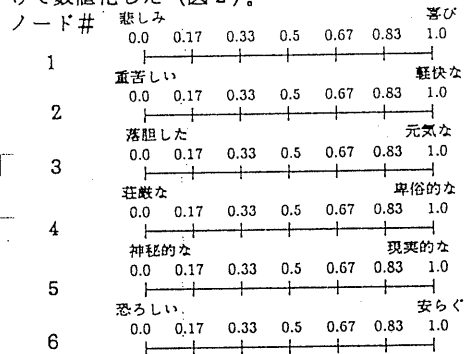


図2：使用したSD形容詞対と出力層のノード番号

表1：サンプル曲

曲#	曲名
1	ピアノソナタ8番ハ短調「悲愴」(1)
2	ピアノソナタ8番ハ短調「悲愴」(2)
3	ピアノソナタ8番ハ短調「悲愴」(3)
4	クシコスポスト
5	「別れの曲」(1)
6	「別れの曲」(2)
7	幻想即興曲 Op.66 (1)
8	幻想即興曲 Op.66 (2)
9	調子のよい鍛冶屋
10	雨の庭 (1)
11	雨の庭 (2)
12	水の戯れ
13	結婚行進曲 (1)
14	結婚行進曲 (2)
15	「月光の曲」第三楽章 (1)
16	「月光の曲」第三楽章 (2)
17	「月光の曲」第二楽章
18	バスビエ (ベルガマスク組曲)
19	ボロネーズ第6番「英雄」
20	交響曲第5番「運命」
21	25の練習曲より Arabesque
22	同 Petit reunion
23	同 Innocence
24	同 Courant limpide
25	同 La chasse
26	同 La bergeronnette
27	同 Adieu
28	同 Ballade
29	同 Tarentelle
30	同 Harmonie des Anges
31	同 Barcarolle
32	同 Retour
33	同 L'hirondelle
34	同 La chevaleresque (1)
35	同 La chevaleresque (2)
36	BWV838 Allemande und Courante
37	展覧会の絵 (1)
38	展覧会の絵 (2)
39	黒鍵のエチュード
40	バラード第4番 Op.52 へ短調
41	音の絵 Op.39より第4番ロ短調
42	目を覚ませと呼ぶ声が聞こえ
43	ピアノソナタ第25番 Op.79 第三楽章 (1)
44	ピアノソナタ第25番 Op.79 第三楽章 (2)
45	ハンガリア狂詩曲第2番

4 ニューラルネットワークによる学習

4.1 ニューラルネットワークの仕様

本研究ではニューラルネットワークとして、3層BPをもちいた。ニューロン(ノード)数は入力層16、中間層9、出力層6とし、学習規則では慣性項も採用した。また、結合係数の初期値は乱数で与えた。

4.2 楽曲の前処理

BPネットワークに対する入力として、事前にMIDIファイルから16種のパラメータを抽出した。入力層のノード番号とパラメータの対応を表2に示す。

表2：入力ノードと楽曲中のパラメータ

ノード#	パラメータ
1	テンポの初期設定値
2	平均ゲートタイム
3	全体に対するベダリングの時間
4	平均の同時発音数
5	音程の重みつき平均
6	同 重みつき標準偏差
7	同 変化の幅
8	音量の重みつき平均
9	同 重みつき標準偏差
10	同 変化の幅
11	テンポの重みつき平均
12	同 重みつき標準偏差
13	同 変化の幅
14	～B2までの音符の割合(時間)
15	C3～B4までの音符の割合(時間)
16	C5～の音符の割合(時間)

ここでゲートタイムとは、音符で表現されている時間(ステップタイム)のうち、実際に発音されている時間のことである。また、“重みつき～”は音程、音量およびテンポの各々の値について対応するゲートタイムを重み係数として乗算したものである。これらのパラメータはBPネットワークに入力する際にすべて0から1に正規化されている。

教師信号としては、これらの抽出したパラメータと3章で得た心理聴験実験の結果とをセットとして、45組のサンプルデータを作成した。実際の学習においてはこれらのサンプルパターンを複

数のグループに分け、一部を学習用、残りをテスト用とした。

4.3 学習1

まず、45曲のサンプル曲から20曲を無作為に選び、その中から悲しみあるいは喜びの評価の大きい曲を取り出した。それらの曲の心理聴験実験データと、表2のパラメータをセットにして学習パターングループ1とした。具体的には、心理聴験実験の“悲しみ-喜び”の値が0.17以下あるいは0.83以上の曲を取りだし、0.17以下が8曲、0.83以上が9曲の合計17曲が対象となった(表3a)。

学習前の結合係数の初期値は乱数によって決定した。図3にその収束状況を示す。また、誤差が0.27以下になった時点で学習を終了した。誤差としては各パターンについてBPネットワークの出力とその教師信号との差の絶対値を計算し、それらを平均したものをを用いた。学習後の結合係数の分布状態を図5に示す。

4.4 学習2

学習1と同様に45曲中から17曲を無作為に選び学習パターングループ2とした。

表3 a：学習パターングループ1

曲#	曲名
1	ピアノソナタ8番ハ短調「悲愴」(1)
3	ピアノソナタ8番ハ短調「悲愴」(3)
4	クシコスポスト
5	「別れの曲」(1)
8	幻想即興曲 Op.66 (2)
9	調子のよい鍛冶屋
10	雨の庭(1)
11	雨の庭(2)
12	水の戯れ
13	結婚行進曲(1)
14	結婚行進曲(2)
15	「月光の曲」第三楽章(1)
16	「月光の曲」第三楽章(2)
17	「月光の曲」第二楽章
18	バスビエ(ベルガマスク組曲)
19	ポロネーズ第6番「英雄」
20	交響曲第5番「運命」

表3 b: 学習パターングループ 2

曲#	曲名
1	ピアノソナタ 8 番ハ短調「悲愴」(1)
3	ピアノソナタ 8 番ハ短調「悲愴」(3)
7	幻想即興曲 Op. 66 (1)
10	雨の庭 (1)
12	水の戯れ
14	結婚行進曲 (2)
17	「月光の曲」第二楽章
20	交響曲第 5 番「運命」
23	2 5 の練習曲より Innocence
27	同 Adieu
30	同 Harmonie des Anges
32	同 Retour
35	同 La chevaleresque (2)
38	展覧会の絵 (2)
41	音の絵 Op.39 より第 4 番ハ短調
43	ピアノソナタ第 2 5 番 Op.79 第三楽章(1)
45	ハンガリア狂詩曲第 2 番

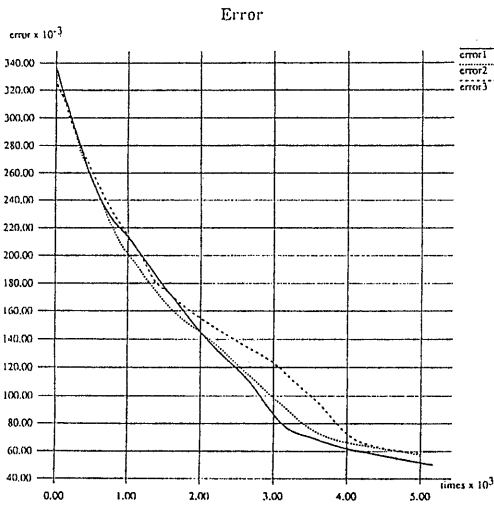


図3: 学習時における誤差の収束状況

error1~3 はことなるシードで得られた乱数値を初期結合係数とした時の誤差曲線である。

5 未学習曲の入力実験

5.1 実験の方法

学習パターングループ 2 について学習させたニューラルネットワークに 10 曲の未学習データをテ

ストパターンとして入力して結果をみた。この際、どの程度まで学習を繰り返すかが大きな問題になるが、適当な回数を学習させてその都度テストパターンを入力し、BP ネットワークの出力とそれぞれのパターンの心理試験実験結果一致の程度をみながら最適と思われる学習回数を設定した。一致の程度としてはBP ネットワークの出力と心理実験値の差の絶対値を用いた。

5.2 実験結果

図 4 a,b に未学習データを入力した結果の一部を示す。BP ネットワークの出力結果と心理試験実験の結果との誤差の平均の最小値は 0.23、このときの学習回数は 205 回であった。また、学習パターンを入力した時の誤差の平均値は 0.21 であった。

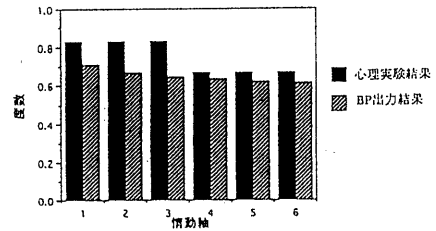


図 4 a: 未学習データ 1 (La Bergeronnette)

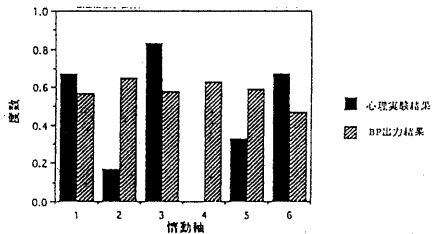


図 4 b: 未学習データ 2 (展覧会の絵 (1))

図 4 a は追従の良い例、b には悪い例を示す。

6 考察

図 5 に学習パターングループ 1 を 477 回学習した後の結合係数の分布状態を示す。ネットワーク結合係数は 0 を中心とした実数で、テストの段階で各ニューロンに入る値に重みとして乗算される。従って、一組の入出力のニューロンを結ぶシナプスの結合係数の符号が入力層-中間層、中間層-出力層間で一致していれば正の相関が、異なっていれば

ば負の相関があると考えることができる。このようにしてみてゆくと、次の相関関係が推測される。

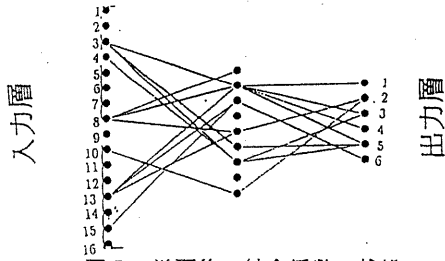


図5：学習後の結合係数の状態

結合係数の絶対値が0.5以上のシナプスのみ表示する。

- ・ テンポが速い：軽快、元気な感じ
- ・ ペダリング時間が長い：神秘的な感じ
- ・ 音量が大きい：喜び、卑俗的、元気な感じ
- ・ テンポの変化幅が大きい：卑俗的な感じ
- ・ 同時発音数が多い：恐ろしい感じ

これらの相関関係のなかで、テンポの速さやペダリング時間の長さ等は普段の我々の経験によく一致している。実際、ペダリング時間の非常に長い曲をペダルを用いずに演奏した結果をこのネットワークに入力すると、“神秘-現実”軸の出力が現実よりになり、ペダルを用いない場合の心理聴覚実験結果によく追従していることがわかる(図6)。しかしながらその一方で、“荘厳-卑俗”軸も同様の变化の仕方をしていいることから、この2つの軸はやや互いに従属的であるということも考えられる。

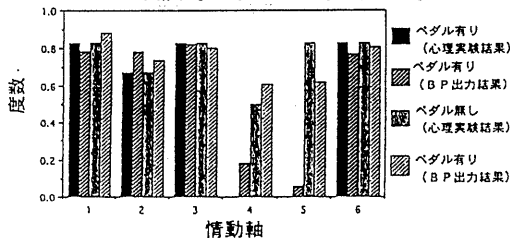


図6：パラメータ変更による結果の違い
情動軸の番号はBPネットワークの出力層のノード番号を示している。

一方、未学習曲の入力実験では学習回数がある一定回数を超えると未学習のデータに対する追従性が非常に悪くなるという事実が確認された。これは、教師信号とした学習パターン数が17と少なかったため、学習回数を多くしすぎると入力関係の一般性が失われてしまうためであると考えられる。今回実験をおこなった学習回数の場合、

未学習データの自乗誤差が最も小さかったのは図4aのサンプル曲で、0.10、逆に最も大きかったものは図4cの0.32であった。仮に、すべての出力を0.5(つまり、情動軸の中央の値)とした場合の自乗誤差平均が0.27前後になることを考えるとまだ学習パターンの出力の張る空間が充分一様であるとはいえない。

7 おわりに

本研究では、MIDIファイルに記録された曲データからパラメータを抽出し、心理聴覚実験結果を教師信号としてBPネットワークの学習をおこなった。その結果、ニューラルネットワークの結合係数を調べることでより入出力の間に一応の相関関係をみることができた。また、学習後のニューラルネットワークに未学習の曲データを入力し、ある程度良好な結果を得た。今後の課題としては以下のことが挙げられる。

- ・ 楽曲の時間的推移をどのように計算に採り入れるか。現在のシステムでは楽音の発音する順序、テンポの変化のしかたは考慮されない。
- ・ 楽曲から抽出するパラメータの絞り込み。
- ・ コード進行の仕方についても検討の余地がある。
- ・ より独立した出力空間の設定。
- ・ BPネットワークにおける最適なパラメータの設定。

また、今後の方針としては冗長なパラメータを削減するとともに被験者数を増やし、より一般性をもつシステムにしていきたい。

参考文献

- [1] Rudolf E. Radocy, J. David Boyle: "Psychological Foundations of Musical Behavior", CHARLES C THOMAS(1979)
- [2] 三浦種敏 監修: "新版 聴覚と音声", 電子通信学会 (1982)
- [3] 徳弘一路, 山井浩二, 橋本清: "楽曲と聴覚者の情動の多変量解析" 日本音響学会誌 44巻11号 pp.833-841(1988)
- [4] 平野広美: "Cにでつくるニューラルネットワーク", パーソナルメディア pp.212(1991)