5N-8

複数ベクトルマップ連結による演奏システム

笠原 俊一† 橋本 周司†
† 早稲田大学大学院理工学研究科物理学及応用物理学専攻

1 はじめに

人間は，複数の異なる要素の組み合わせを評価することで創作活動を行うことがある．そこで筆者らは，自己組織化マップを用いてベクトルマップ間の関連付けシステムの構築を行い，複数の要素間の関係を表現する手法を提案してきた [1].

ここでは，その応用として，音楽における複数打楽器の演奏リズムの関連付けを行い，その関係を可視化する演奏システムを構築する手法を検討する．まず，リズムを階層構造により表現し，リズム安定度ベクトルを用いたベクトル間の類似度を定義した．そして，実際の演奏から得たサンプルを使用して学習を行い，ベクトル間の関連性を可視化することで直感的にリズムを生成できる演奏システムを構築した．

2 リズム類似度の定義

リズム階層構造によるリズム安定度を特徴量の一つとして導入し，リズム間の類似度を定義する．ここで扱うリズムは 1 周期のリズムをクオンタイズし，各要素を打点の強さで表した 16 次元のリズムベクトル $V = (v_1, v_2, ...v_{16})$,$(0 \leq v_i \leq 127)$ で定義する．

2.1 リズム階層構造

リズムの重要な特徴として，リズムの階層構造が挙げられる [2]．これまで筆者らはリズムの階層構造を用いて，リズムの構造推定 [3] やリズムマップ生成 [4] を行ってきた．

今回扱うリズム階層構造は，図 1 の様に一周期の時間を上位階層から 4 回 2 分割することにより，16 個の時間格子点から構成される．リズムベクトルが与えられたとき，それぞれの打点の階層はその時間格子点に対応する最も高い階層となる．例えば，5 番目の打点の階層 L は 2 となる．

2.2 リズム安定度ベクトル

リズムは，上位階層の打点が下位階層の打点より強い場合，より安定性が強いと考えられる．そこで，リズムの特徴量の一つとして，リズム安定度ベクトルを導入する．リズムベクトル V において，階層 L に着目したとき，その階層にある各打点 v_i に対し，階層 L よりも上位階層にある打点のうち，v_i の直前 v_i^b と直後 v_i^f の打点強さとの差 $v_i^b - v_i$,$v_i^f - v_i$ を打点 v_i のリズム安定度 st^b, st^f とする．これは．上位階層の打点がより強い程，リズムとしての安定性があることを示す．得られた階層 L における各打点の st^b, st^f を，それぞれ値の大きさでソートすることにより出来たベクトルを階層 L のリズム安定度ベクトル $ST^b_{(V,L)}, ST^f_{(V,L)}$ と定義する．このベクトルはある階層 L に着目した時の，安定性の分布を示すベクトルとなる．

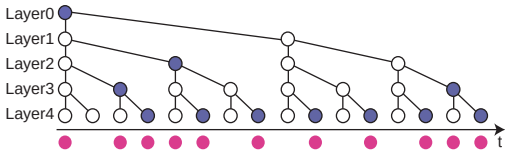

図 1: リズム階層構造

2.3 リズムベクトル類似度

次に，2 つのリズムベクトル $V^1 = (v_1^1, v_2^1, ...v_{16}^1)$ と $V^2 = (v_1^2, v_2^2, ...v_{16}^2)$ の類似度 $S(V^1, V^2)$ を以下の様に定義する．この時，2 つのリズムを表現するのに最低限必要な階層 L に着目し，階層 L に属する時間格子点の数を $m(L)$ として計算を行う．

$$S(V^1, V^2) = Ds(V^1, V^2)Dv(V^1, V^2) \quad (1)$$

$$\begin{cases} Ds(V^1, V^2) = \frac{1}{m(L)} \sum_i^{m(L)} \left\{ \frac{1}{2} \sum_{b,f} e^{-\frac{dST^2}{2\alpha^2}} \right\} \\ dST = ST^{b,f}_{(V^1,L)}(i) - ST^{b,f}_{(V^2,L)}(i) \\ \\ Dv(V^1, V^2) = \frac{1}{16} \sum_{i=1}^{16} \exp\left\{ -\frac{(v_i^1 - v_i^2)^2}{2\beta^2} \right\} \end{cases}$$

ここで，Ds は $ST(V^1)$ と $ST(V^2)$ により決定され，比較するリズムベクトルの安定性の分布が似ている程高い値となる．これにより，評価値は $0 \leq S(V^1, V^2) \leq 1.0$ となる．また，今回は経験的に $\alpha = 24.0$，$\beta = 25.0$ とした．

3 連想システム

3.1 連想システム構成

今回は，3 つの打楽器リズムの組み合わせを考える為に，リズムをマッピングさせた 3 つの 1 次元自己組織化マップ (SOM) [5] と，それらを連結するリンクの強さを保持する 3 次元テーブル（Map Link Table 以下 MLT）により連想システムを構成する．

3.2 連想システム学習

各打楽器から同時に発現した 3 つのリズム U, V, W をリズムベクトルセット $C = \{U, V, W\}$ で表現する．

Rhythm Generation with Associative Maps
† Shunichi KASAHARA (kasa@shalab.phys.waseda.ac.jp)
† Shuji HASHIMOTO(shuji@waseda.jp)
Major in Pure and Applied Physics Graduated School of Science and Engineering, Waseda University(†)

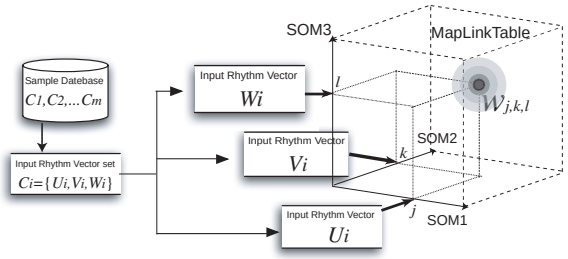

図 2: MLT 学習アルゴリズム

実際の演奏から取得したリズムベクトルセットを学習用サンプルとして，3 つの SOM と MLT を学習する．

まずリズムベクトルセットの各ベクトル U_i,V_i,W_i $(i = 1, 2, ..., n)$ について，3 つの SOM をそれぞれ独立に訓練する．今回は長さが 15 の 1 次元 SOM を用いたので，1 次元の直線上に配置されたノード $som(j)$,$(j = 1, 2, ..., 15)$ にリズムベクトルが格納される．学習は学習用サンプルから行い，更新の際の BMU(Best Matching Unit) 探索には，前章で述べたリズムベクトル類似度を用いる．

次に，学習用サンプルから MLT の学習を行う．3 つの SOM が 1 次元であるので，MLT は 3 次元のテーブルとなり，各 SOM の要素 $som_1(j)$，$som_2(k)$，$som_3(l)$ 間のリンク強さは $w_{j,k,l}$ $(0 \leq w \leq 1)$ と表現される．

リズムベクトルセット $C_i = \{U_i, V_i, W_i\}$ が入力された場合，MLT は以下の様に更新される．各リズムベクトルに対応する SOM を参照し，各 BMU の座標が $\hat{j}, \hat{k}, \hat{l}$ であった場合，MLT のリンク重み $w_{j,k,l}$ の更新を次の様に行う．

$$w_{j,k,l}^{t+1} = 1 - \{(1 - w_{j,k,l}^{t})(1 - \hat{w}_{j,k,l})\} \quad (2)$$

$$\hat{w}_{j,k,l} = e^{-\left\{\frac{|j-\hat{j}|^2}{2\{\beta_1(\hat{j})\}^2}\right\}} e^{-\left\{\frac{|k-\hat{k}|^2}{2\{\beta_2(\hat{k})\}^2}\right\}} e^{-\left\{\frac{|l-\hat{l}|^2}{2\{\beta_3(\hat{l})\}^2}\right\}}$$

ここで，更新近傍カーネルの分散 β_i は各 SOM における BMU の近傍ノード差分平均によって決定される．

4 SOM,MLT 学習結果の考察

打楽器（ドラムス）において，主要な役割を担っていると思われる Bass Drum,Snare,HiHat(Ride Cymbal) の 3 つを使用した実演奏データからリズムベクトルセットを 300 個用意した．SOM の学習結果は SOM サイズが比較的小さいことから，リズム分類を行うことに相当しており，代表点として 15 個を得ることが出来た．また，リズム安定度を反映したマッピングがなされていることも確認できた．しかし，リズムの細やかな違いを反映することは出来ていない．MLT の学習においては，学習データの中に多く存在したリズムほど，強いリンクが広く分布していることが分かった．

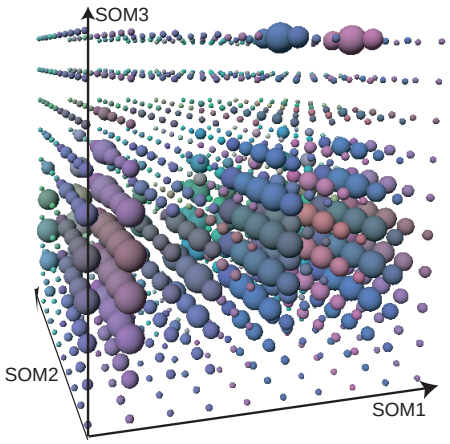

図 3: MLT ヴィジュアライゼーション

5 演奏システム

演奏システムにおける MLT のヴィジュアライゼーションは図 3 の様になっている．球体の大きさは各 MLT 座標におけるリンクの強さを，球体の色は各 SOM のリズムの平均強さに基づいて表現されている．この 3 次元 MLT 空間内の球体を選択することで，直感的にリズムを生成することが出来る．

6 おわりに

本稿では，階層構造に基づいてリズム安定性を定義したリズムベクトル類似度を用いて複数のリズムマップを生成し，それらの連結テーブルを定義することにより，リズムマップの関係を学習した．また，連結テーブルを可視化することで，直感的に操作が出来るリズム演奏システムを構築した．今後は，打楽器以外への応用や，表現の拡張などを試みたい．

http://www.phys.waseda.ac.jp/shalab/music-j.html

参考文献

[1] 笠原俊一, 橋本周司, ”個人の嗜好に基づく複数データの関連記述と対データの生成–嗜好を反映した配色システムを例として–”, 信学技報，Vol.106, No.410，pp19-24，2006.

[2] Longuet-Higgins, H.C. and C.S. Lee, Perception of musical rhythms. Perception. 1982

[3] 笠原俊一，橋本周司.”階層構造による音楽リズムの分析と生成” 情報処理学会論文誌，Vol.68,(2)pp171-172，2006

[4] 笠原俊一, 橋本周司, ”階層構造を用いたリズムの構造分析–自己組織化マップによるリズムマッピング–”, 情報処理学会研究会報告,vol.2006,No.90 pp. 25-30, 2006.

[5] Kohonen, T. (1984) Self-Organization and Associative Memory. Springer-Verlag.