

はじめに 我々の身近には様々なネットワークが存在している。まず、インターネット網、などの物理的に繋がっているネットワークが挙げられる。また、捕食関係にある食物連鎖などの抽象的な関係で繋がっているものもネットワークとして挙げられる。ネットワークはコンピュータなどを頂点(ノード)としケーブルなどを辺(リンク)としたグラフとして捉えることができる。ネットワークはグラフの頂点や辺に意味がついたものと考えられる。音声や画像などもノードとリンクによって表すことができ、ネットワークとして考えることができ、ネットワーク解析の様々な指標により特徴付けを行うことができる。本研究では、普段ネットワークの形をしていないものをネットワークとして捉えるための試みとして、音声データをノードとリンクの形に変換し、ネットワークとして捉え解析を試みる。

今回、ネットワークを解析する指標として、位相幾何学の位相不変量の一つであるベッチ数  $\beta_n$  を解析に用いる。位相幾何学とは、長さや大きさに依存しないその図形の不変の性質を見つけたりする幾何学である。音声は発声する人によって音の高さや声の大きさなどが異なっているが、人はそれを正しく認識できることから、それぞれの音声には発声する人が違っていても共通するものがあると考えられる。位相幾何学を解析に用いることで作成した音声ネットワークに共通する特徴を見つける。ベッチ数とは独立な  $n$  次元ループの数のことである。ベッチ数を用いることにより、ネットワークの詳細な情報を解析することができる。これにより、ネットワークを特徴付ける。

**解析方法** ネットワークに変換する音声データは、マイクに向かい母音(a, i, u, e, o)を発音し、マイクから出た電圧をオシロスコープで測定した。母音の調音は比較的定常的であるため、母音のうち短い区間を取り出し、それを母音の基本波形とする。この基本波形をネットワークに変換することで特徴付ける。測定した音声データの波形から 1 周期を取り出し 1000 点に分割し、横軸に元の波形の値、縦軸に  $\frac{1}{2}$ 、 $\frac{1}{4}$ 、 $\frac{1}{8}$  周期遅らせた波形の値の 3 つの場合について解析を行った。これを計算幾何学などで使われるドロネー三角形分割を行い、元の波形と遅らせた波形の同じ点同士をつなげたものをネットワークとしてベッチ数分析を行う。

**結果および検討** 縦軸に  $\frac{1}{4}$ 、 $\frac{1}{8}$  周期遅らせた波形の値を取った音声ネットワークをベッチ数解析した結果、それぞれのベッチ数がほぼ同じになり違いが表れなかった。次に、縦軸に  $\frac{1}{2}$  周期遅らせた波形の値を取った音声ネットワークの解析を行った。表 1 は測定した 3 組の音声データをネットワークに変換し、それぞれベッチ数を計算した結果を示す。ネットワークの複雑度が低いため、 $\beta_2$  と  $\beta_3$  の値は 0 になっている。 $\beta_0$  の値が 1 であることから、このネットワークのすべてのノードがリンクによって繋がっている事がわかる。

$\beta_1$  の値を見ると母音によって、分布に片寄りがあるように見える。この表から a の母音は 280 から 310、i の母音は 250 から 260、u の母音は 230 から 250、e の母音は 310 から 340、o の母音は 360 から 400 の辺りに分布していることがわかる。このことから、母音については  $\beta_1$  の値を計算することで音声の識別がある程度、可能であることがわかった。

今回は 2 次元のネットワークを作成し解析を行ったが、たとえば横軸に元の波形、縦軸に  $\frac{1}{4}$ 、高さに  $\frac{1}{8}$  周期遅らせた波形の値を取った 3 次元の音声ネットワークを作成しリンクの繋がりをより複雑にすれば今回より高次元の  $\beta_n$  の値が表れ、より詳細な音声データの特徴を捉えることが期待できる。

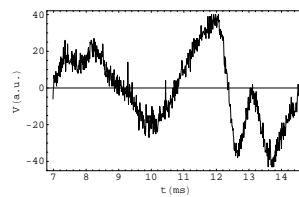


図 1. 音声データの元波形

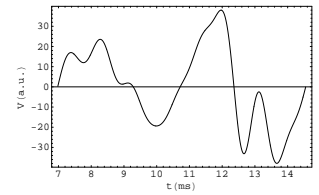


図 2. 音声データのノイズ除去波形

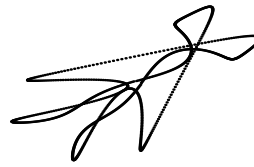


図 3. 音声ネットワークのノード

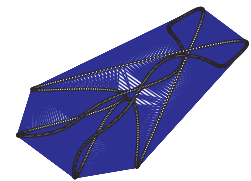


図 4. 音声ネットワーク図

表 1. 解析結果

|           | data1-a | data1-i | data1-u | data1-e | data1-o |
|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| $\beta_0$ | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       |
| $\beta_1$ | 277     | 261     | 231     | 334     | 362     |
| $\beta_2$ | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |
| $\beta_3$ | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |
|           | data2-a | data2-i | data2-u | data2-e | data2-o |
| $\beta_0$ | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       |
| $\beta_1$ | 308     | 249     | 251     | 311     | 377     |
| $\beta_2$ | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |
| $\beta_3$ | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |
|           | data3-a | data3-i | data3-u | data3-e | data3-o |
| $\beta_0$ | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       |
| $\beta_1$ | 297     | 249     | 249     | 342     | 402     |
| $\beta_2$ | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |
| $\beta_3$ | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |

## 参考文献

- [1] 廣田裕二：位相不変量によるネットワークの解析 [九州工業大学卒業論文 平成 17 年]