

## 神経振動子によるリズム認識モデル\*

1R-5

国立長野工業高等専門学校 電子情報工学科 大矢健一†

## 1 はじめに

相互抑制型ニューラルネットワークは、ある条件の下で一定のリズムを出力することが知られている [2][3]。これは神経振動子と呼ばれる。

本研究は、音楽的なリズムを認識する際の基礎的な認識モデルを神経振動子を用いてモデル化し、いくつかシミュレーションを行ったものである。

## 2 モデルの概要

## 2.1 相互抑制型ニューラルネットワーク

ダイナミックな系を扱うため、ニューロンのモデルとして、連続時間-連続変数モデルを考える。

一般に、連続時間-連続変数モデルの中で、最も基本的なモデルは [1] に述べられているようなものであるが、定常入力を加えたときの出力は単調増加の後に一定値となる。一方、本物のニューロンは急峻に立ちあがったのちに徐々に一定値へと減衰する。この減衰は“適応”と呼ばれている。

“適応”を考慮したモデルとして、[2] で示されているモデルを採用する。このモデルにおいては、一定の刺激を与え続けた場合に単調増加することなく、 $f$  の効果により、刺激を与え始めた直後に出力のピークが生じる。

ニューロン  $n$  個の場合の式を以下に示す。

$$T_r \frac{du_i}{dt} + u_i = - \sum_{j=1}^n a_{ij} y_j + s_i - \beta f_i \quad (1)$$

$$y_i = g(x_i) \quad (2)$$

$$T_a \frac{df_i}{dt} + f_i = y_i \quad (3)$$

ここに、 $u$  はニューロンの膜電位、 $s$  は入力刺激の総和、 $\theta$  は閾値、 $T$  はニューロンの時定数、 $y$  は出力の発火率、 $\theta$  は閾値 (0 としても一般性は失われないため、以下 0 とする)、 $T_r$  はニューロンの時定数、 $f$  は疲労度・適応度変数、 $T_a$  は適応度時定数、 $\beta$  は定常入力時における最終的な発火率を決めるパラメータ、である。また、 $a_{ij}$  はニューロン間の結合値であり、抑制型の結合であるために正の値を持つ。

## 2.2 2つのニューロンによる神経振動子

相互抑制型ニューラルネットワークの最も簡単なものは、2つのニューロンによるものである。

この系に、時刻 0 以降に双方のニューロンに一定の刺激を与え続けると、2つのニューロンは交互に発火頻度を高め、一定のリズムを発生する。このような出力を生じる相互抑制型ニューラルネットワークは、“神経振動子”と呼ばれている。

## 3 シミュレーションと結果

## 3.1 テンポ認識

定常入力を与えた2つのニューロンからなる相互抑制型ニューラルネットワークの一方のニューロン (neuron1) に、一定の間隔において、定常入力よりやや大きなインパルスを加え、2つのニューロンそれぞれの出力を見てみた。これは、一定テンポのリズムを聞かせることに相当する。

紙面の都合上、2つの例のみを示す。加えるインパルスの周波数は、40, 50 であり、大きさは定常入力の 4/3 倍である。インパルス幅は 10 とした。時刻 100 以降インパルスを 6 回加えてみた。

なお、定常入力を与えられているときの神経振動子の周波数は 17.4 であった。

\*A Rhythm Perception Model by Neural Oscillators

†Ken'ichi OHYA, Nagano National College of Technology, 716 Tokuma, Nagano-shi, Nagano 381, Japan (E-mail: ohya@ei.nagano-nct.ac.jp)

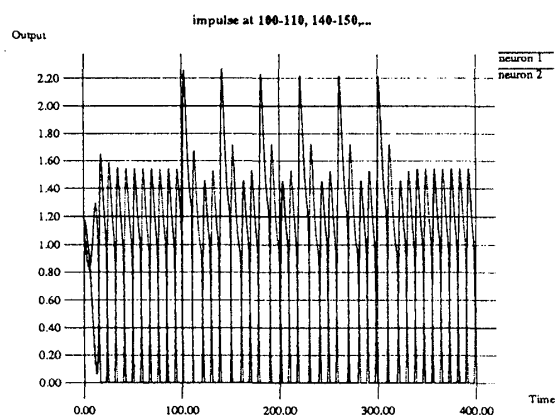


図 1: 周期 40 で幅 10 のインパルスを入力

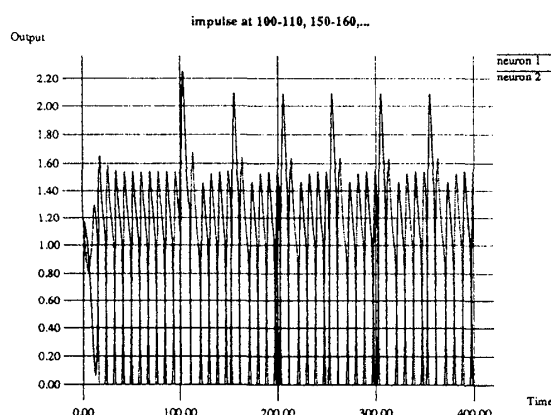


図 2: 周期 50 で幅 10 のインパルスを入力

2つのニューロンそれぞれの出力結果を図にしたものを、図1、図2として示す。

これからわかるように、入力インパルスの周期が元の神経振動子の周期の整数倍と異なっても、系は安定して入力インパルスの周期に追従することがわかる。

### 3.2 アクセント

前述のように、一定の間隔において定常入力よりやや大きなインパルスを加える際、その1つを特に大きな入力に変えてみた。大きさは定常入力の $8/3$ 倍で、他は同じ条件とした。これは、音の大きさを強くすることによるアクセントに相当する。

2つのニューロンそれぞれの出力結果を図にし

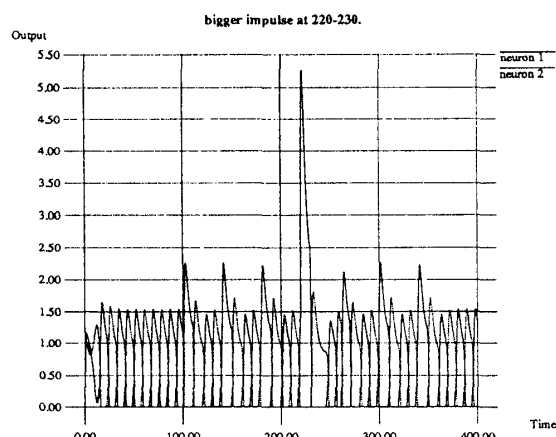


図 3: 4 番目のみ大きなインパルス (周期 40)

たものを、図3として示す。

これからわかるように、大きな入力を受けた後はリズムが大きく乱れる。入力を受けていない側のニューロンも影響を受け、振動子の周期が大きくなる。より強い音が他の音よりもよい長い音として知覚される現象 [4] を表現していると言える。

## 4 まとめ

相互抑制型ニューラルネットワークを用いて、リズムを認識するモデルを構築した。入力インパルスの周期に応じて、神経振動子の周期が適応的に変化することがわかった。また、大きな入力を加えることにより、認識系の時間感覚が影響を受けていると見なせることがわかった。

## 参考文献

- [1] 甘利俊一 「神経回路網の数理」
- [2] Matsuoka K (1985) Sustained oscillations generated by mutually inhibiting neurons with adaptation. *Biol Cybern* 52:367-376
- [3] Matsuoka K (1987) Mechanisms of frequency and pattern control in the neural rhythm generators. *Biol Cybern* 56:345-353
- [4] ダイアナ・ドイチュ 「音楽の心理学」