

リカレントニューラルネットワークの概要と動作原理

竹田 卓也

後援：ドワンゴ

自己紹介

- 名前：竹田 卓也
- 年齢：20歳(大学生)
- 経歴：人工知能歴→1ヶ月
プログラミング歴→5年くらい
- 言語：PythonとかJavaとかGoとか
- 趣味：オンライン・オフラインゲーム

アウトライン

- Feed forward neural network
- Recurrent neural network
 - Elman network
 - Echo state network
- 別のアプローチ
 - Time delay neural network
- まとめとか

アウトライン

※スライド中では適時用語を略します

- リカレントニューラルネットワーク → RNN
- エコーステートネットワーク → ESN
- バックプロパゲーション → BP

などなど...

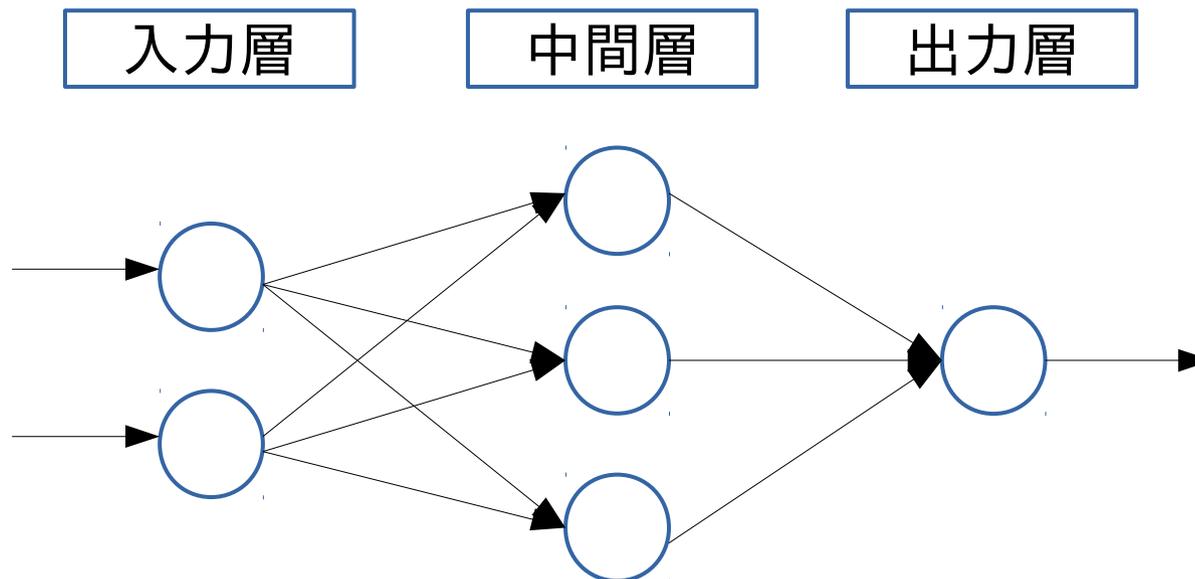
ので、よろしくお願ひします... m(_ _)m

アウトライン

- Feed forward neural network
- Recurrent neural network
 - Elman network
 - Echo state network
- 別のアプローチ
 - Time delay neural network
- まとめとか

Feed forward neural network

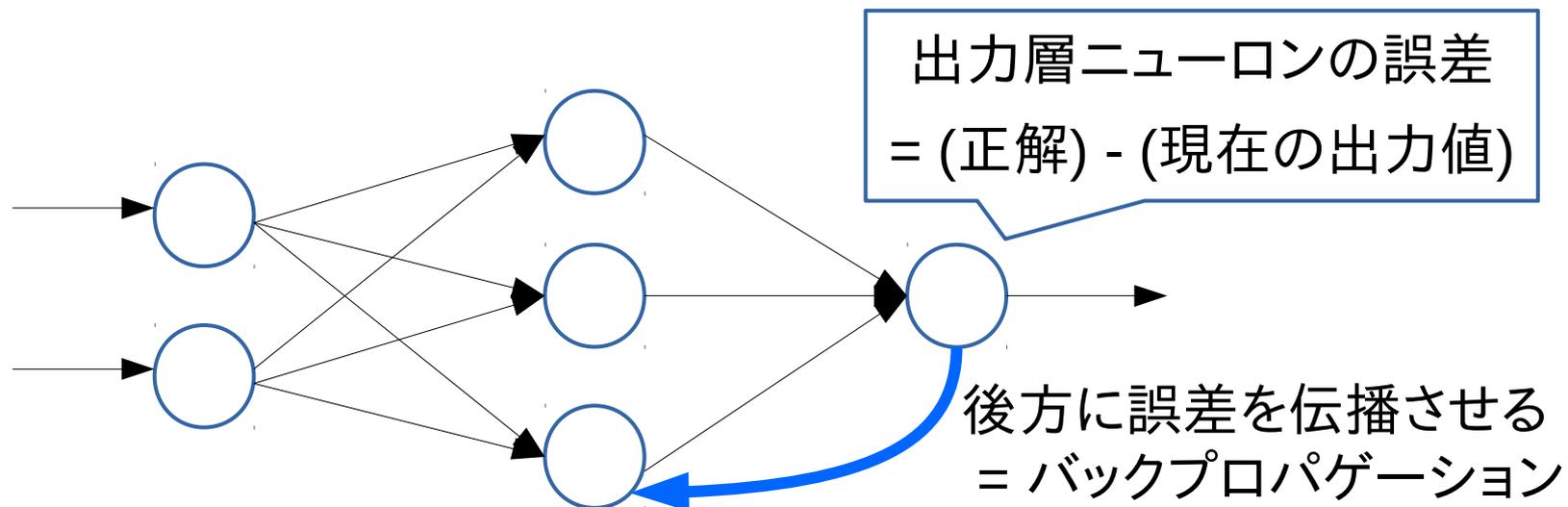
- データの長さが決まっている(静的な)場合に使われるニューラルネットワーク



- バックプロパゲーションで誤差を求め、重みを変更することによって学習を行う

バックプロパゲーション

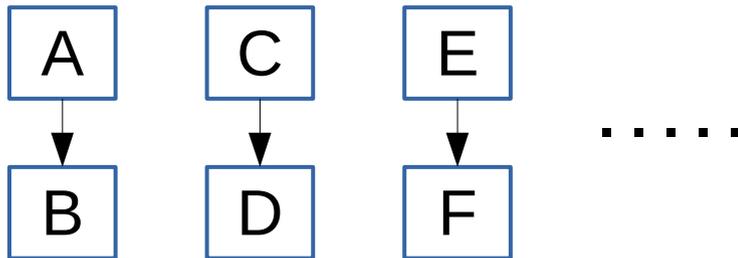
- 以前の勉強会で説明済みですが、おさらいを少しだけ...
- バックプロパゲーションとは、リンクが繋がっているニューロンにおいて、後方に誤差を伝播させるという考え方



Feed forward neural network

- 時系列データなど動的なデータを扱うのは困難
 - 例) 音声データからの音素の認識や文法解析など

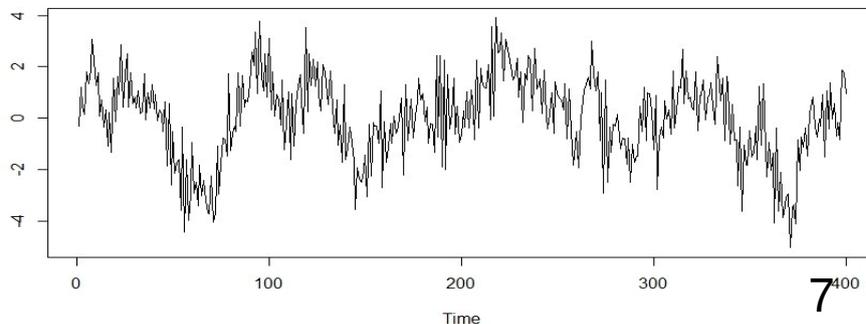
普通の学習データ



データがそれぞれ
独立している

FFNNで学習可能!!

時系列データ

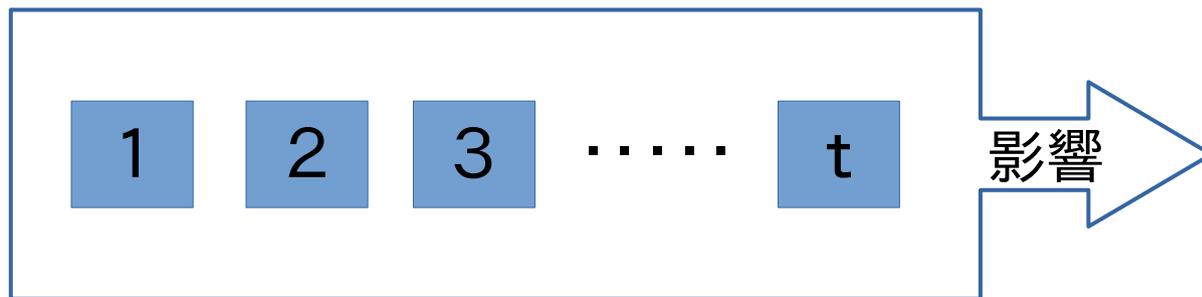


データに時間的
相関がある

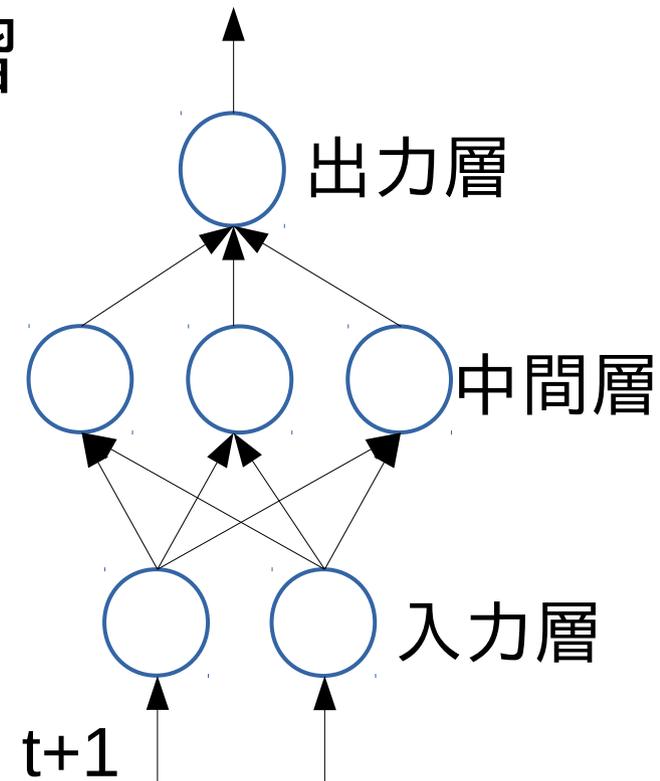
FFNNでは困難...

時系列データへのアプローチ

- 時系列データ
 - t の時の状態が $t+1$ の時の状態に影響を及ぼす
- これまでの状態を保持しながら学習



内部状態をもたせる



アウトライン

- Feed forward neural network
- Recurrent neural network
 - Elman network
 - Echo state network
- 別のアプローチ
 - Time delay neural network
- まとめとか

Recurrent neural network

- Recurrent Neural networkの登場
 - 既存のニューラルネットワークの方法を拡張して時系列データを扱えるようにする
- RNNの種類
 - Elman network / Jordan network
 - Echo state network / Bi-direction RNN
 - Long short term memory network 等、たくさんある

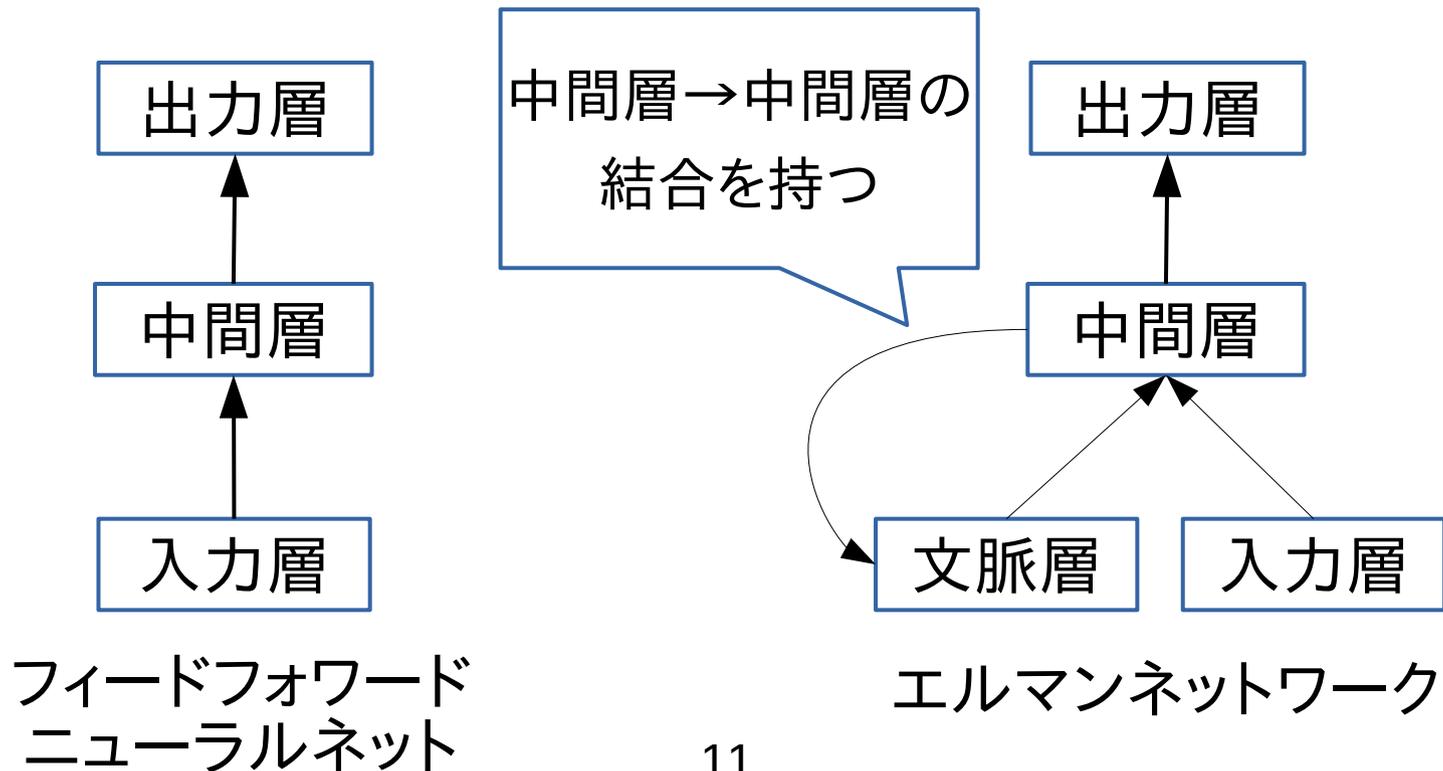
アウトライン

- Feed forward neural network
- Recurrent neural network
 - Elman network
 - Echo state network
- 別のアプローチ
 - Time delay neural network
- まとめとか

Elman network

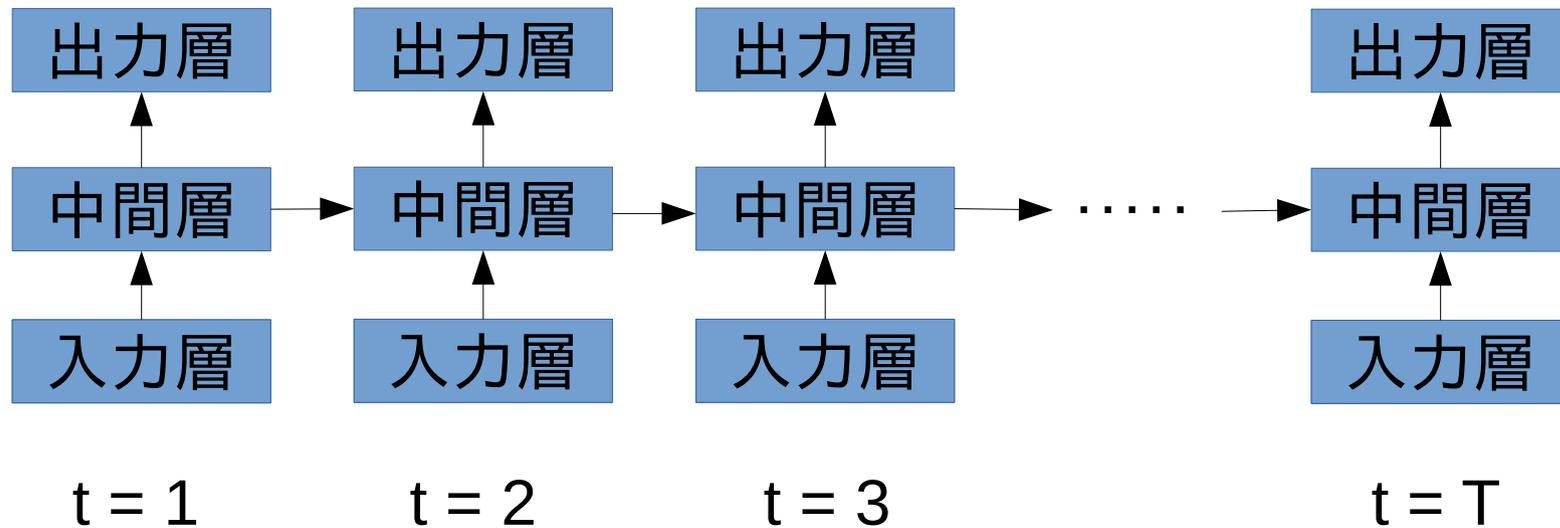
- Elman network

- 内部状態を持ったニューラルネットワークとして提唱
- 文法解析を行うモデルとして作られた



Elman network

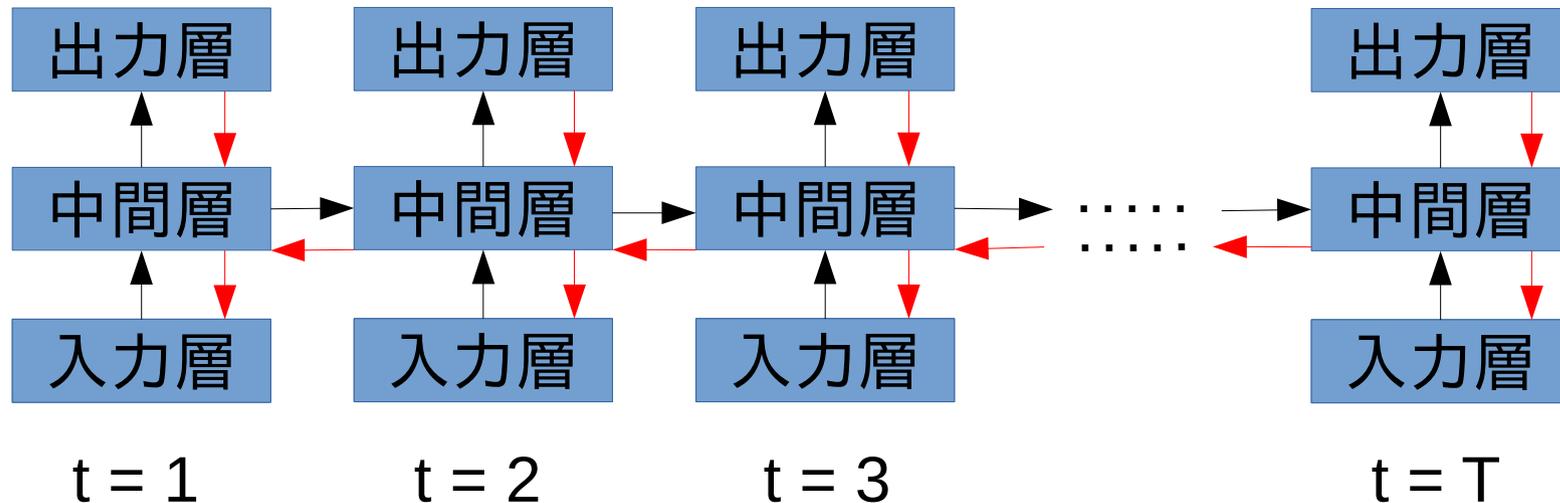
- 時系列を順序通りに反映できる
- 全体を見ると静的なネットワークとして見る事ができる



Elman networkの時間ごとの発展

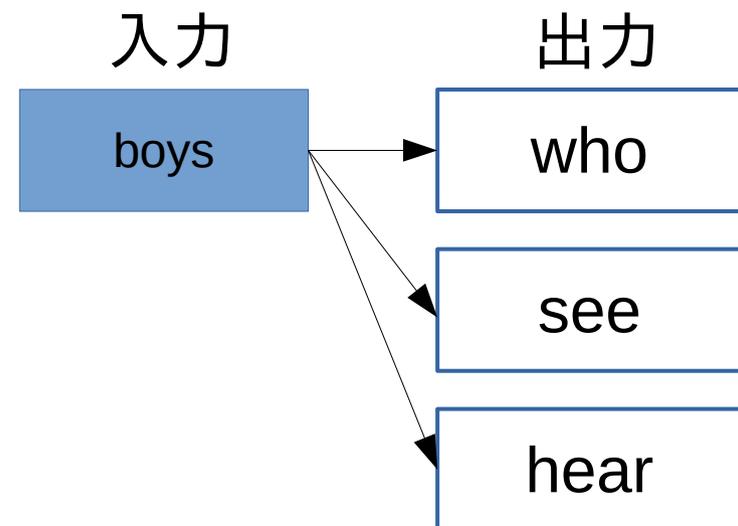
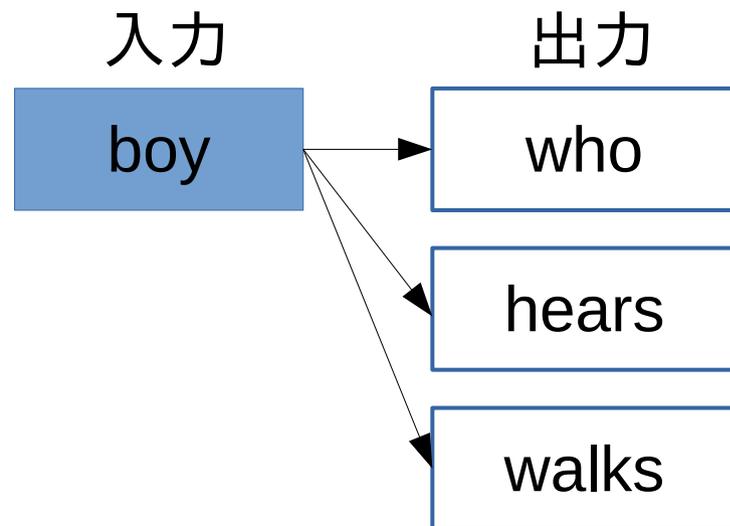
Elman network

- FFNNと同じようにBPが使えるので、パラメータを調節できる
- ただし、FFNNの時は出力→入力に対して誤差が伝播するのに対し、Elman networkでは時間を遡るように誤差が伝播していく
 - このようなBPをBPTT (Back propagation through time) と呼ぶ

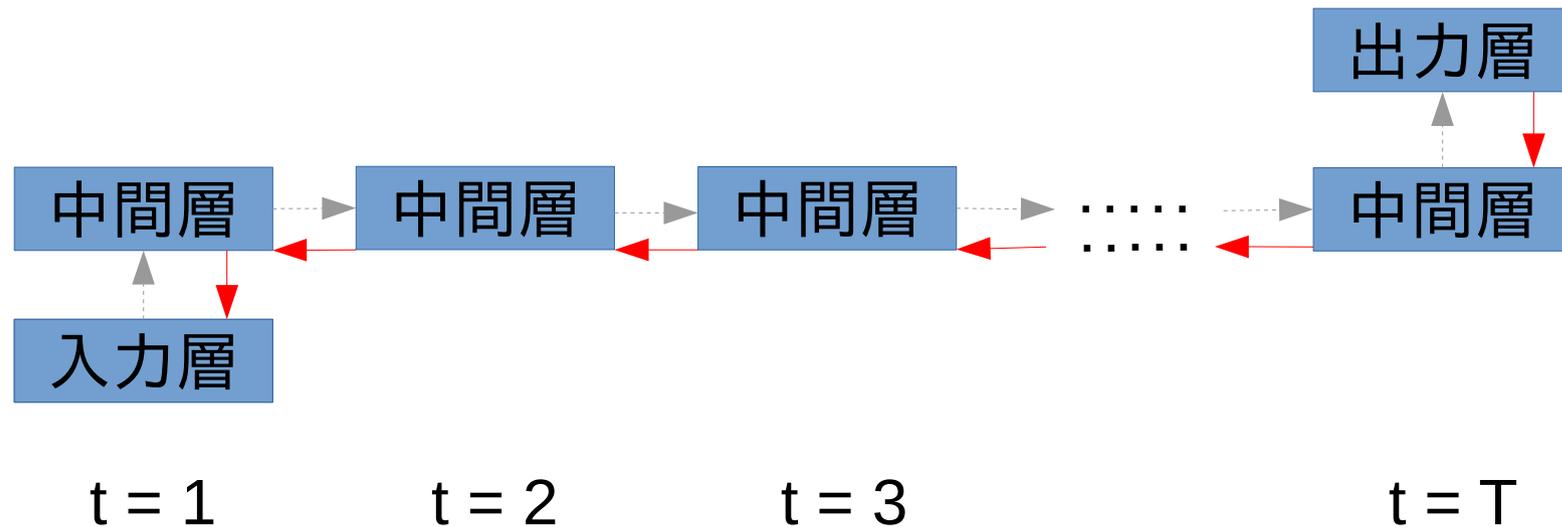


Elman networkの学習例

- 単語予測課題
- 入力された単語の次にくるのにふさわしい単語を予測する
 - 限られたデータから学習
 - 時制の一致や性・数・主語などで変化する単語も考慮



Elman networkの弱点



- 重みが時系列の数だけ掛けられるので、誤差逆伝播法の勾配が大きくなりすぎたり、消失したりする
- なので、長すぎる時系列データには向かない

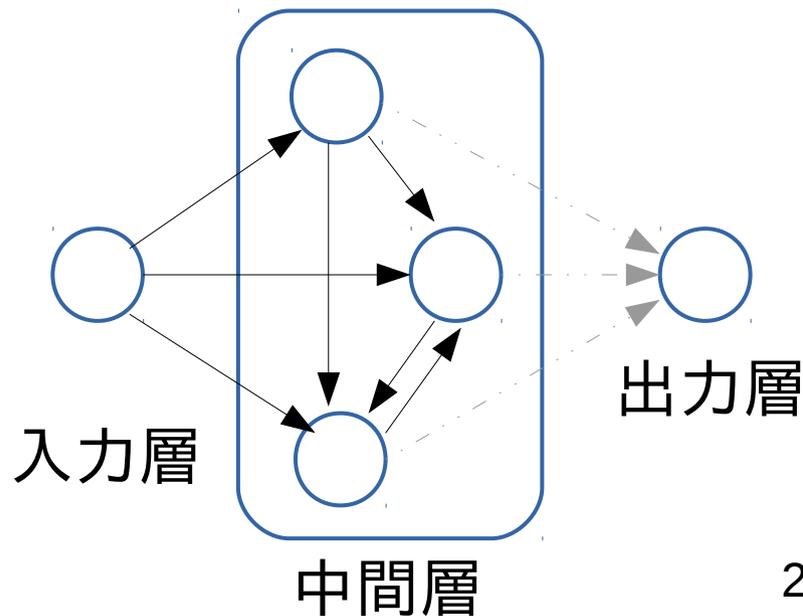
アウトライン

- Feed forward neural network
- Recurrent neural network
 - Elman network
 - Echo state network
- 別のアプローチ
 - Time delay neural network
- まとめとか

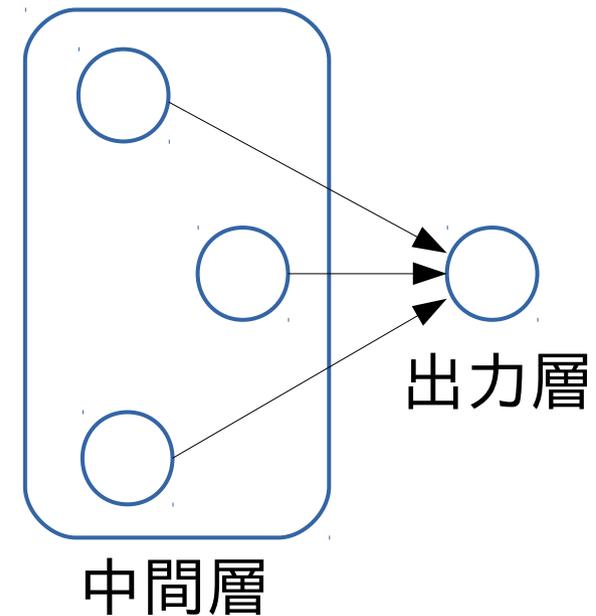
Echo state network

- 生物の脳は、最初は重み付けなどされておらず、学習することで接続が形成される
- ならば、始めは重み付けをせず、データ適用が終わった後に計算を行おうという方法

Step1: データ適用

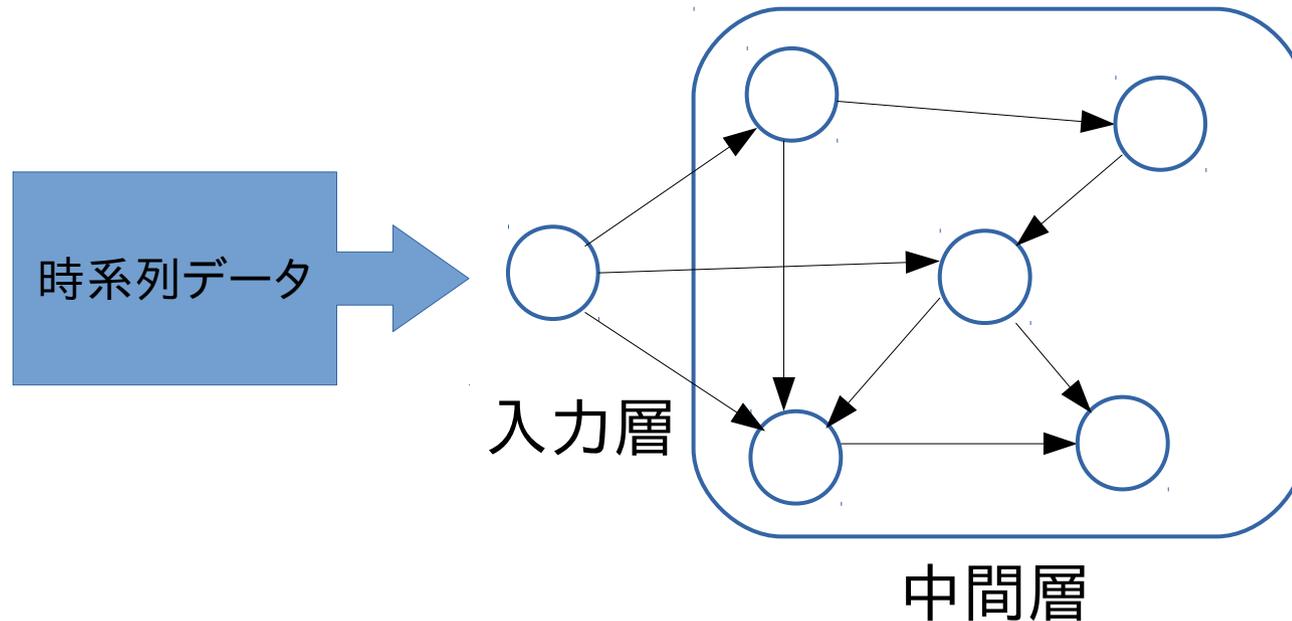


Step2: 重み計算



ESNへのデータの適用 (Step1)

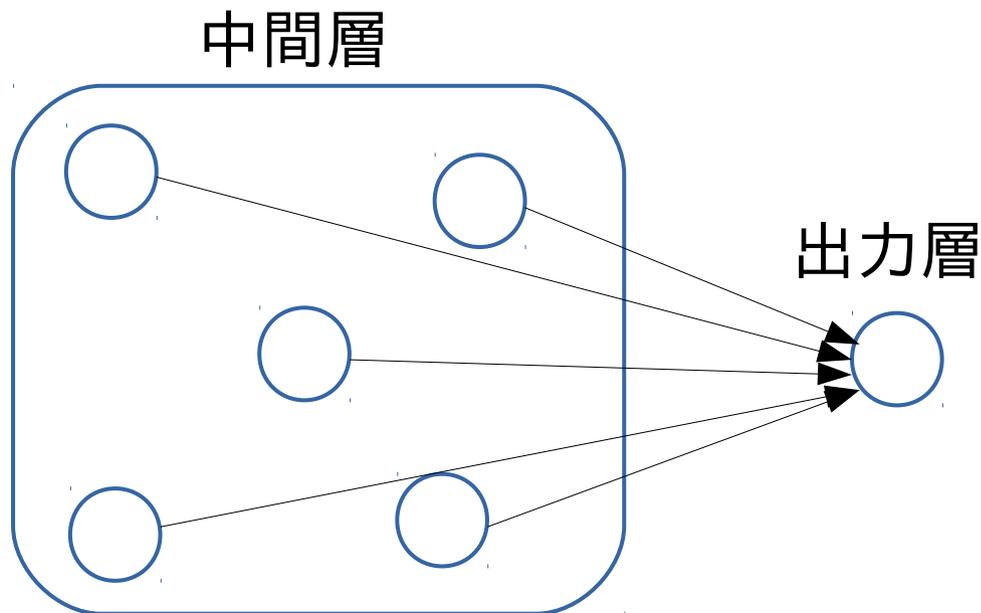
- ランダムに接続したニューロンを中間層として用意し、時系列データを適用する



- 中間層のニューロンは他の中間層のニューロンと相互に影響を及ぼしながら状態を更新してゆく
 - 時系列が反映されている

ESNでの重みの計算 (Step2)

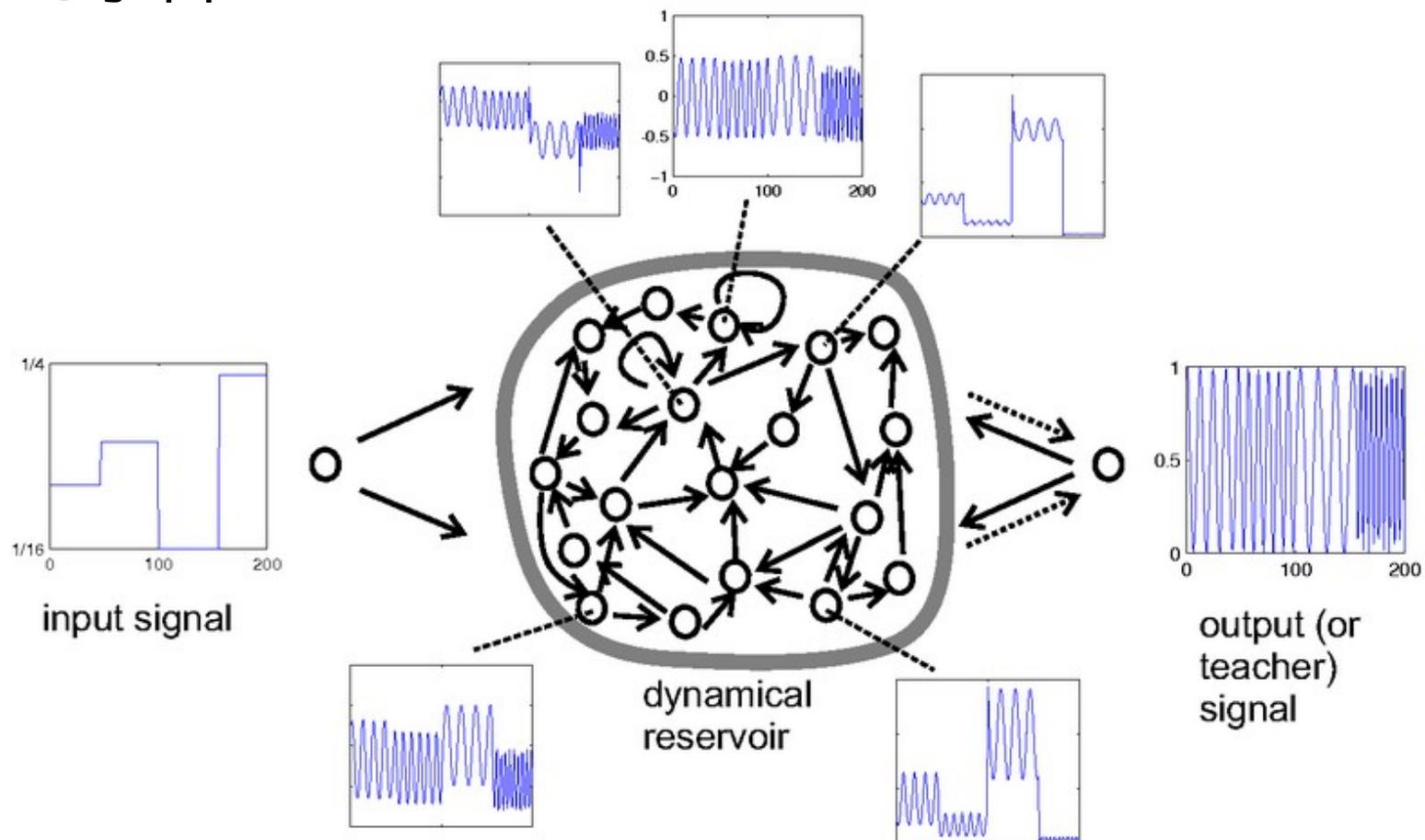
- データの適用で得た各ニューロンの反応状態を教師データと線形回帰して重み付けを行う



各ニューロンの時系列の反応データが出力データと合うように重み付けを行う

ESNの学習例

- 入力が周波数、出力がその周波数を持つサイン波のデータを学習させる



ESNの特徴

速い！！

アウトライン

- Feed forward neural network
- Recurrent neural network
 - Elman network
 - Echo state network
- 別のアプローチ
 - Time delay neural network
- まとめとか

別のアプローチ

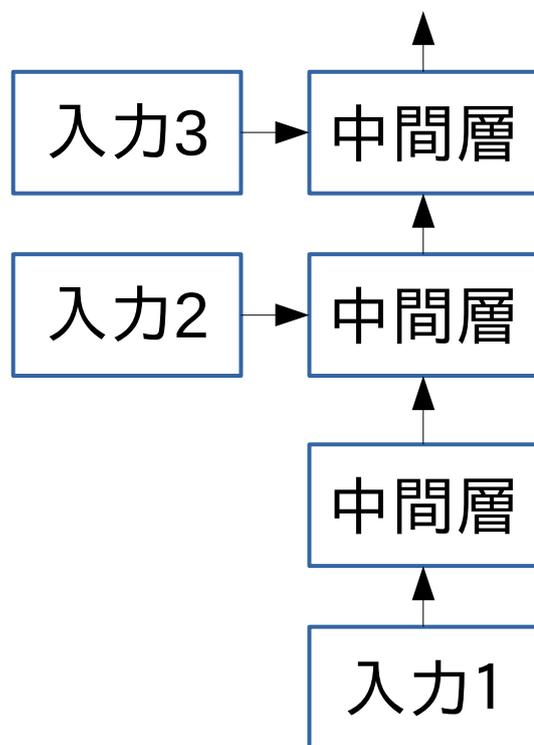
- Elman networkやESNは、中間層に前回までの情報を持たせるという方法を取っていた
- 時系列パターンをFFNNに展開する方法もある
 - データに時系列のパターンを持たせる

アウトライン

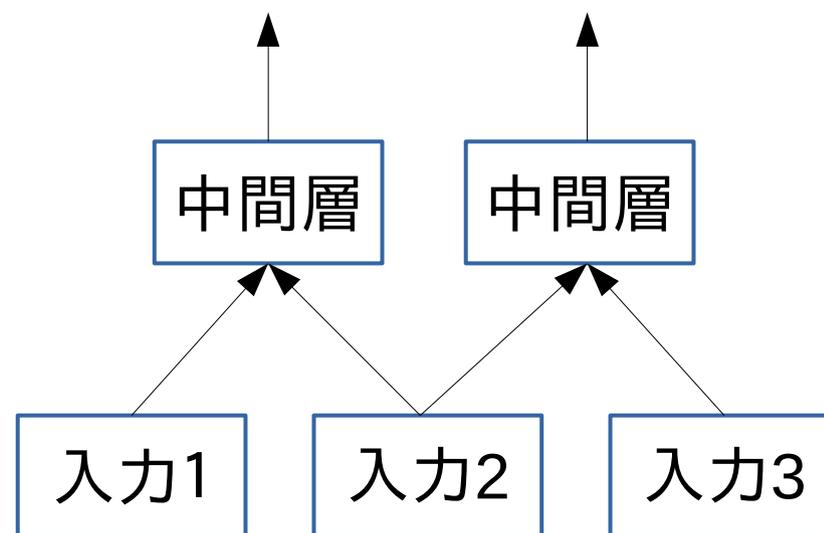
- Feed forward neural network
- Recurrent neural network
 - Elman network
 - Echo state network
- 別のアプローチ
 - Time delay neural network
- まとめとか

Time delay neural network

- Time delayによる時系列データの学習
ある時間範囲のデータを全て入力する



Elman networkの入力構造

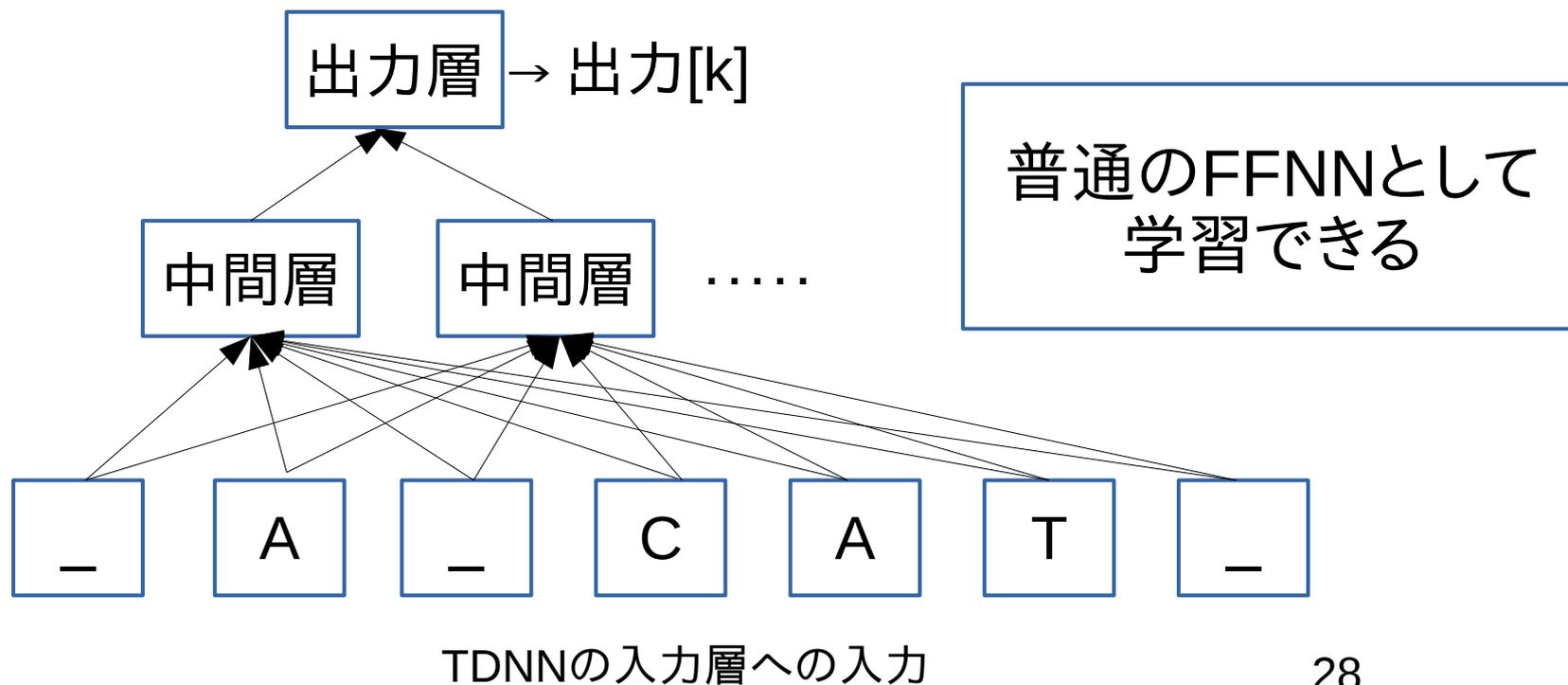


TDNNの入力構造

Time delay neural network

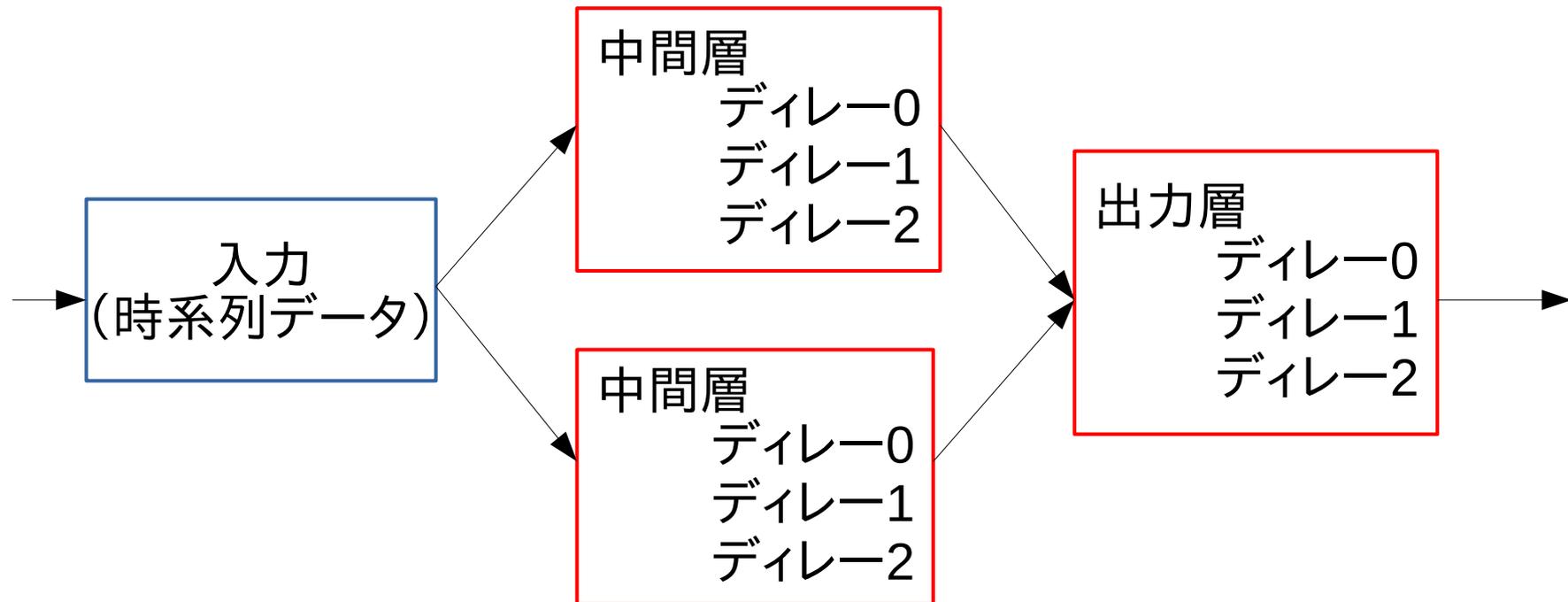
- 入力層のみのTDNNの例
 - 入力層に7文字の英語文字列を入力し、4文字目の発音を出力させる

例) _A_CAT_ からCの発音である[k]を出力



Time delay neural network

- 中間層と出力層でのTDNN
 - 中間層・出力層でも時間的な認識ができる
 - 時間軸にずれがあるような複雑なデータにも対応できる

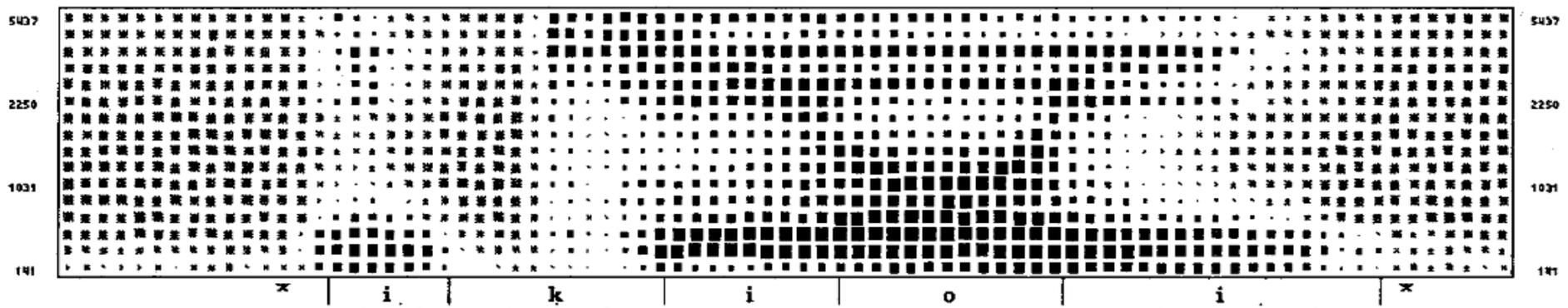


Time delay neural network

- 中間層・出力層でのTDNNの例
 - 日本語の音素(時間軸にずれのあるデータ)を解析する

例)「いきおい」という発話を $i / ki / o / i$ に分割

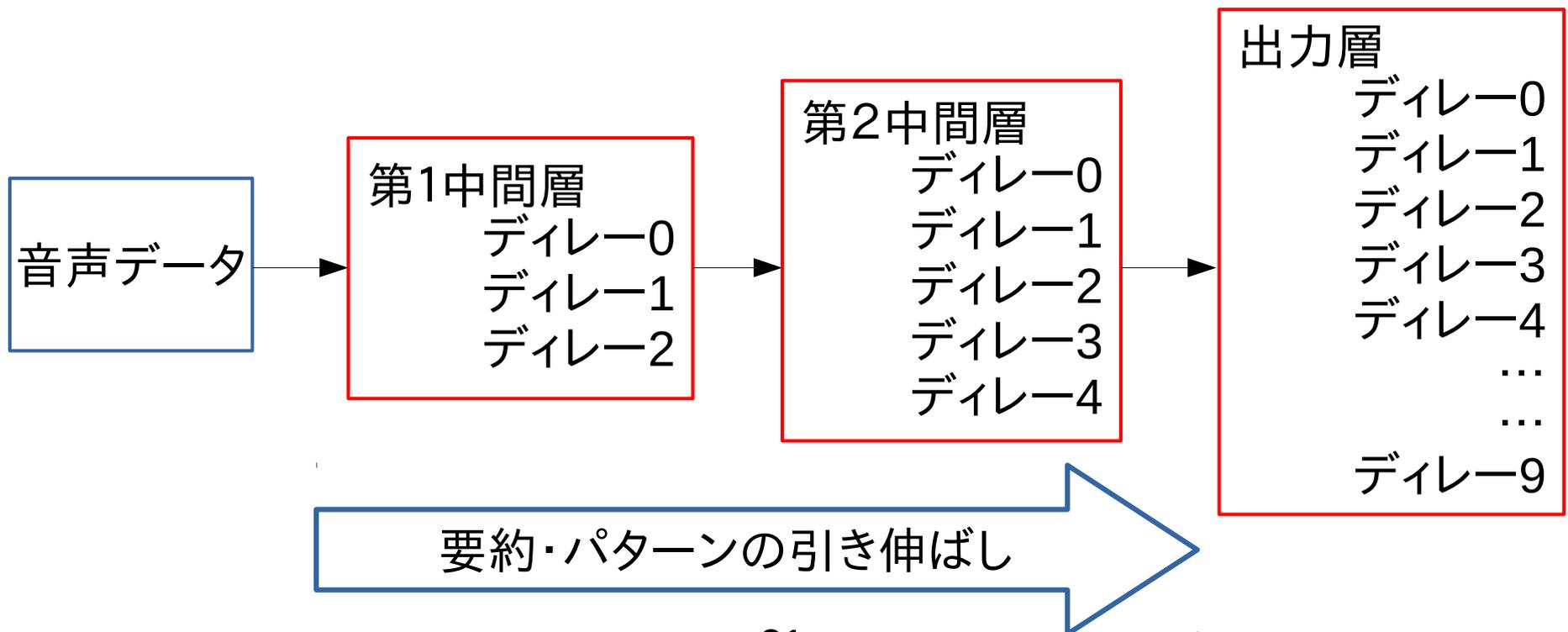
→学習データや3つの i の発話の長さがそれぞれ異なる



解析する発話データ

Time delay neural network

- 時間的な差異があるパターンを学習するため、中間層で差異を吸収する仕組みを作る
- 中間層では、ディレイを増やすことによって反応できるニューロンを増やし、長さが違うパターンでも反応できるようにする



アウトライン

- Feed forward neural network
- Recurrent neural network
 - Elman network
 - Echo state network
- 別のアプローチ
 - Time delay neural network
- まとめとか

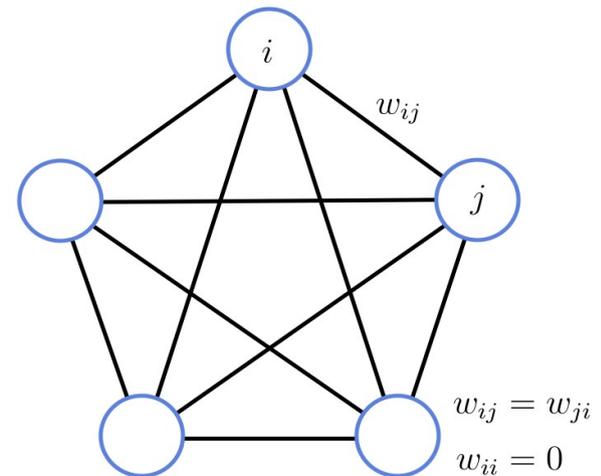
まとめ

- 時系列データをニューラルネットワークに適用するために、
 - RNNでは内部状態を持たせて過去のデータを反映
 - TDNNでは時間軸を展開してFFNNに適用するアプローチが取られてきた
- RNNでは、中間層を拡張することで、既存のNNに時系列データを適用する試みが行われている
- しかし、絶対にこれって言えるような学習方法は存在しないので、いろいろな方法を知っていると良い

ご清聴ありがとうございました

Hopfield network

- Hopfield network
 - 連想記憶のモデルに使われる
 - 具体的に、ノイズの入った画像から元画像を出力（連想）するなどの用途に使われている
 - 想起の回数が増えれば元の画像に近くなる
- 入力層・出力層がなく、中間層のみ
 - 中間層では、各ニューロンが全てのニューロンと結合している
 - 各ニューロンの状態は2値

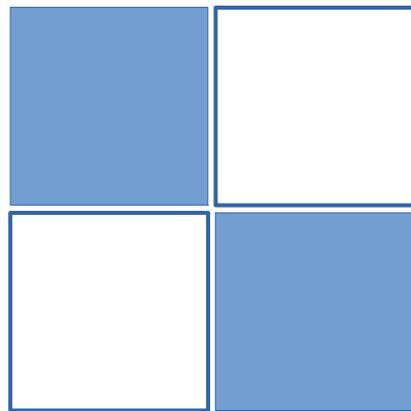


中間層

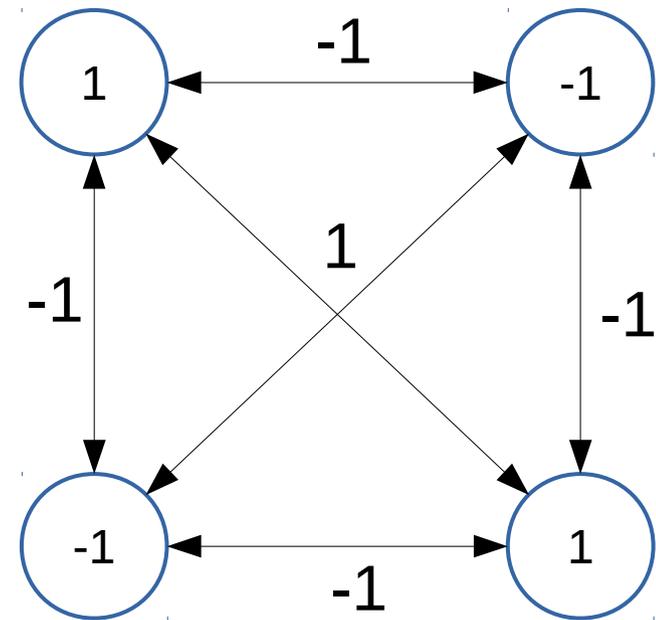
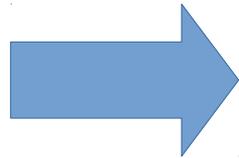
Hopfield network

- Hopfield networkの学習

- データを中間層に入れてから、各ニューロンへの重みを計算する
他のニューロンとの関係を重みとして学習する

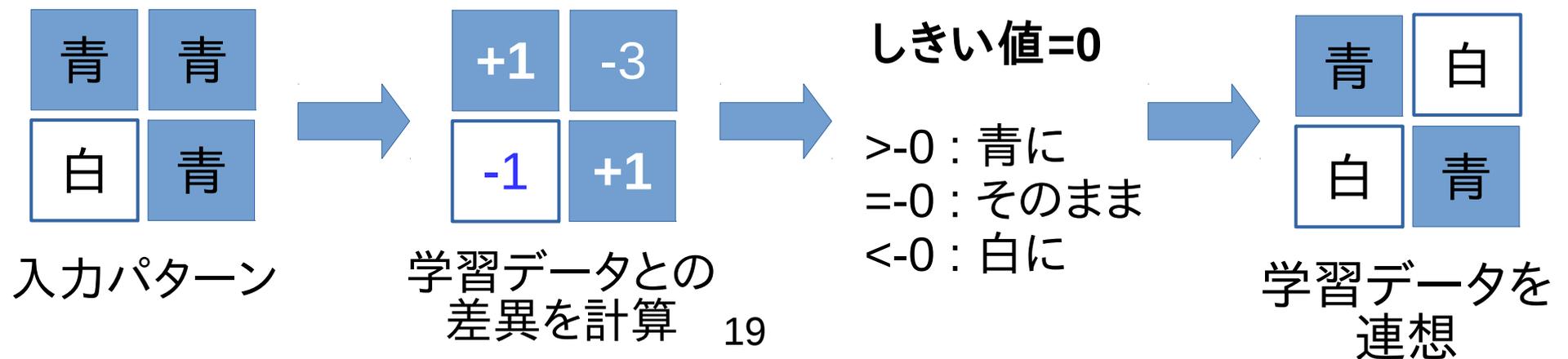


学習データ



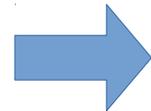
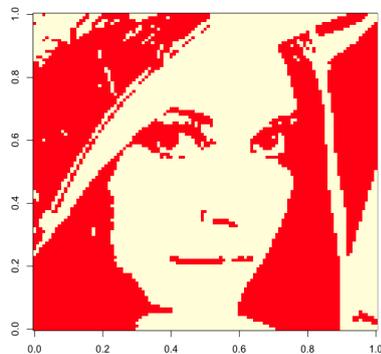
Hopfield network

- Hopfield networkでの連想
- 何かデータが入力された場合、次の手順を繰り返すことで学習したデータを連想させることができる
 - 任意のニューロンを選択する
 - その他のニューロンについて、重みや状態から学習したパターンとの差異を計算する
 - 計算結果によって、選択したニューロンを調節する

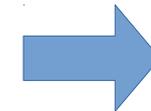
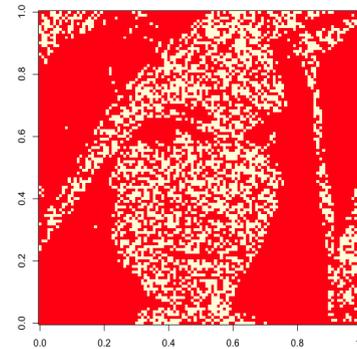


Hopfield network

- Hopfield networkの学習例

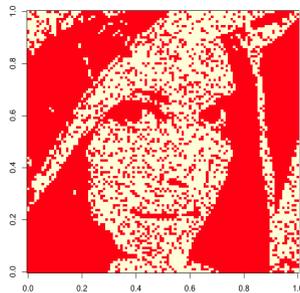


学習して

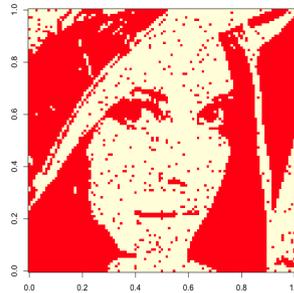


入力

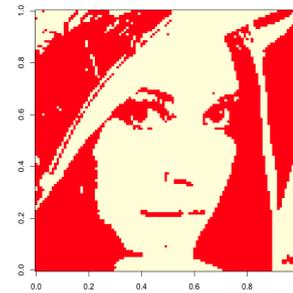
すると...



5,000回 想起



10,000回 想起



100,000回 想起