

自然言語処理と ゲームAIにおける深層学習

東京大学大学院 工学系研究科
電気系工学専攻
鶴岡 慶雅

概要

- ニューラルネットワーク
- 自然言語処理
 - 機械翻訳、対話
 - 画像キャプション生成
 - 質問応答
- ゲームAI
 - 囲碁
 - Atari 2600 Games

深層学習のための3つの技術

Deep Neural Network

RNN

Recurrent Neural Network
リカレントニューラルネットワーク

CNN

Convolutional Neural Network
畳み込みニューラルネットワーク



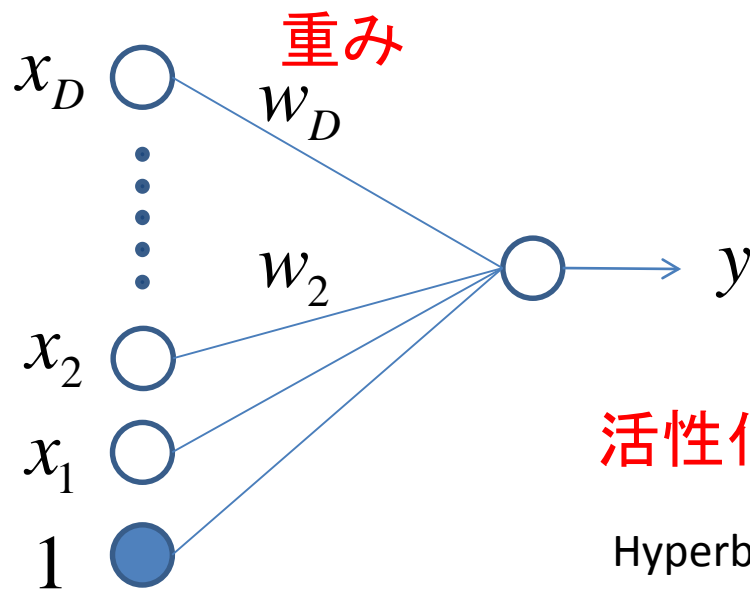
RL

Reinforcement Learning
強化学習

ニューラルネットワーク

- ニューロン

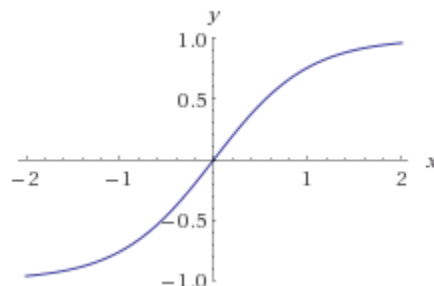
入力の線形和に非線形な
活性化関数を適用



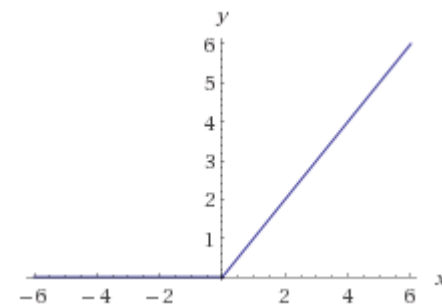
$$y = f\left(\sum_{i=0}^D w_i x_i\right)$$

活性化関数

Hyperbolic tangent

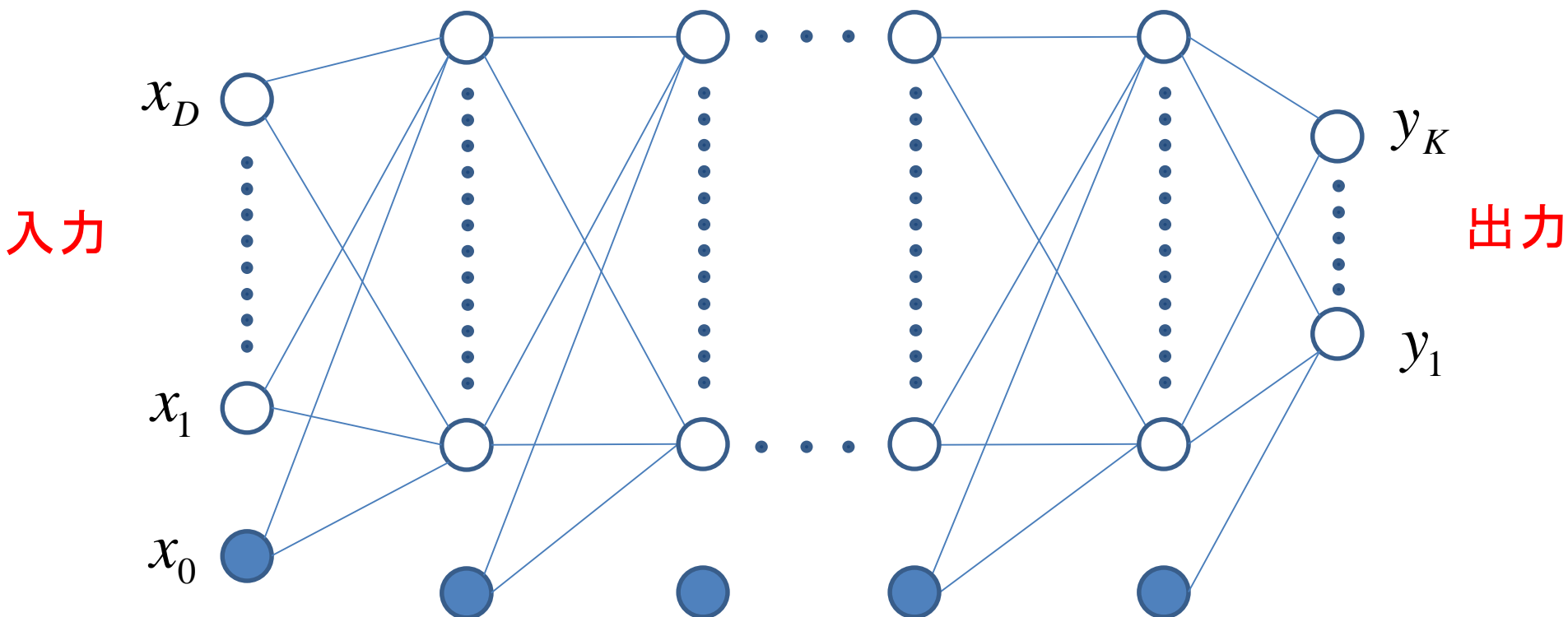


ReLU (Rectified Linear Unit)



多層ニューラルネットワーク

- 多数の入出力のペアから入出力関係を学習



入出力の次元は固定

→ 不定形な構造を持つ入出力は扱いにくい

リカレントニューラルネットワーク (Recurrent Neural Network, RNN)

- 任意の長さの**系列**を扱うことができる

出力ベクトル

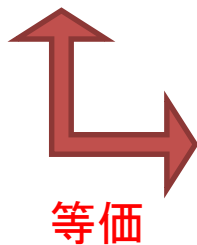
y_t

状態ベクトル

h_t

入力ベクトル

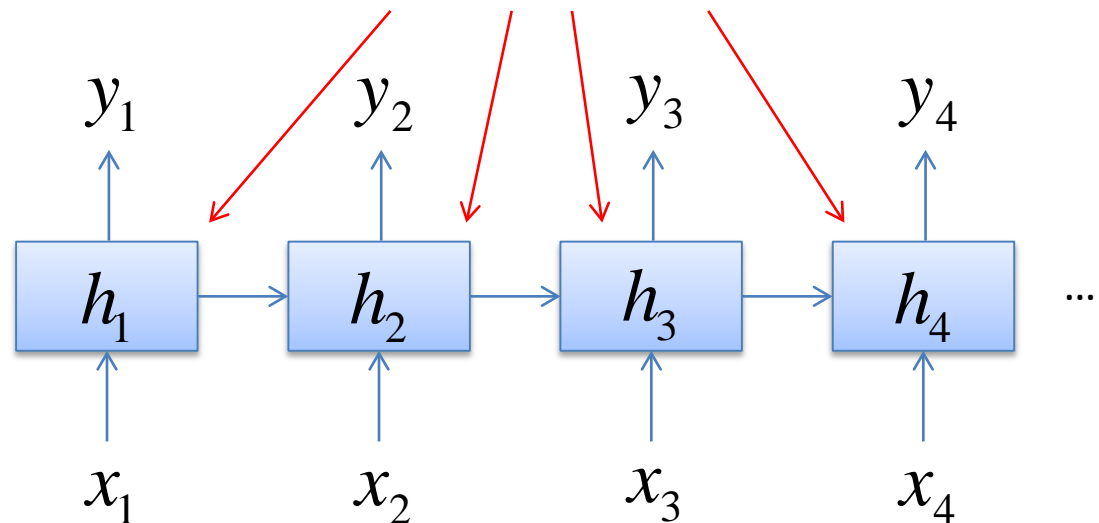
x_t



$$h_t = \text{sigmoid}(W^{\text{hx}} x_t + W^{\text{hh}} h_{t-1})$$

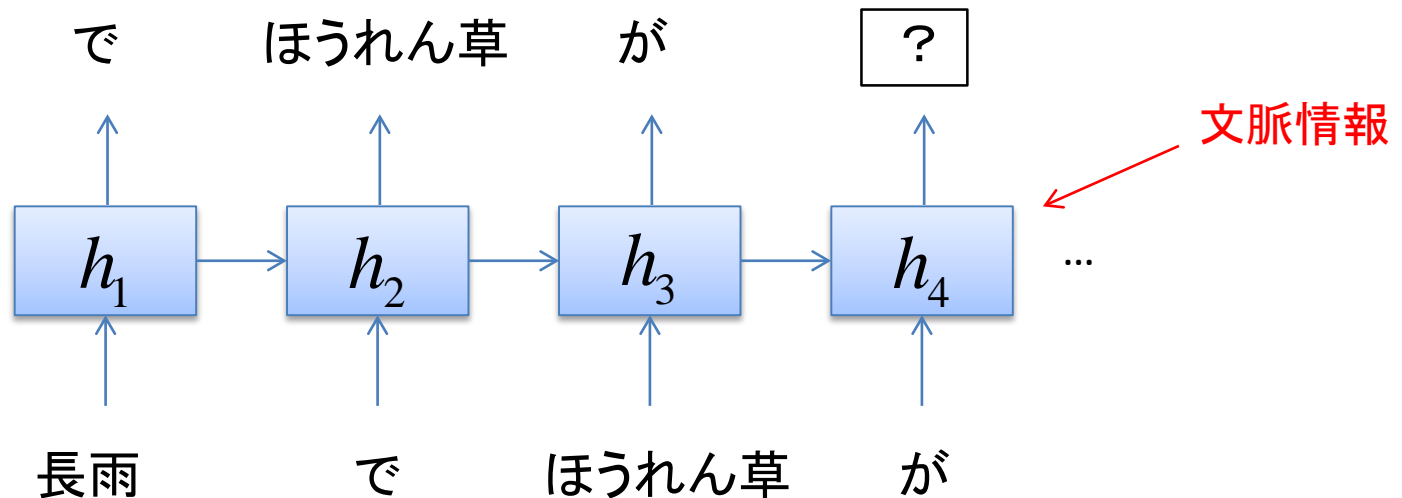
$$y_t = W^{\text{yh}} h_t$$

重みパラメータを共有



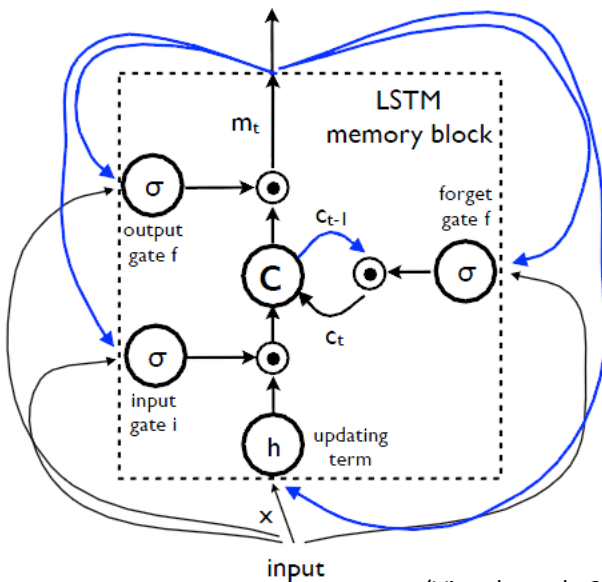
RNNと自然言語処理

- 自然言語処理では文字や単語の**系列**を扱う
 - 言語モデル、品詞タグ付け、固有表現認識、機械翻訳、etc.
- 例) 言語モデル
 - 次の単語を予測



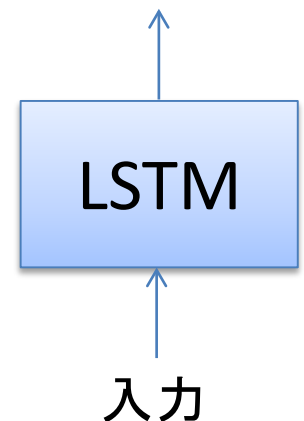
LSTM (Long Short-Term Memory)

- 単純な RNN の問題点
 - 勾配消失問題
 - 長距離の依存関係をとらえられない
- Long Short-Term Memory (LSTM)



(Vinyals et al., 2015)

$$\begin{aligned} i_t &= \sigma(W^{(i)}x_t + U^{(i)}h_{t-1} + b^{(i)}) \\ f_t &= \sigma(W^{(f)}x_t + U^{(f)}h_{t-1} + b^{(f)}) \\ o_t &= \sigma(W^{(o)}x_t + U^{(o)}h_{t-1} + b^{(o)}) \\ \tilde{c}_t &= \tanh(W^{(\tilde{c})}x_t + U^{(\tilde{c})}h_{t-1} + b^{(\tilde{c})}) \\ c_t &= i_t \circ \tilde{c}_t + f_t \circ c_{t-1} \\ h_t &= o_t \circ \tanh(c_t) \end{aligned}$$



ニューラル機械翻訳

- ある言語の文を他の言語に変換

I'm here on vacation

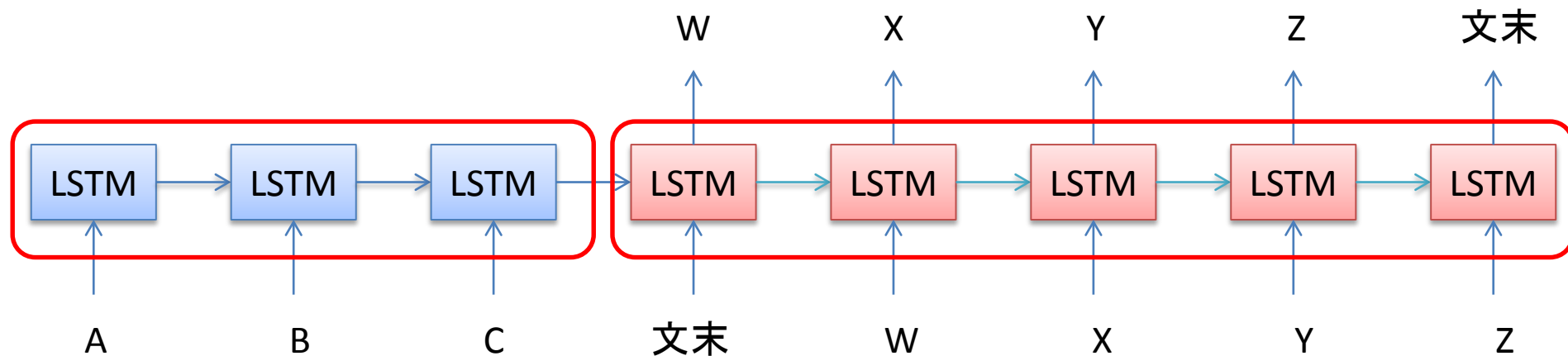


Je suis là pour les vacances

- 多数の翻訳例から翻訳モデルを学習
 - 例. WMT'14 English-to-French データセット
 - 1200万文
 - 約3億語(英)
 - 約3億5千万語(仏)

ニューラル機械翻訳

- エンコーダー・デコーダーモデル (Sutskever et al., 2014)
 - Encoder RNN
 - 翻訳元の文を読み込み、実数値ベクトルに変換
 - Decoder RNN
 - 実数値ベクトルから翻訳先言語の文を生成



出力例

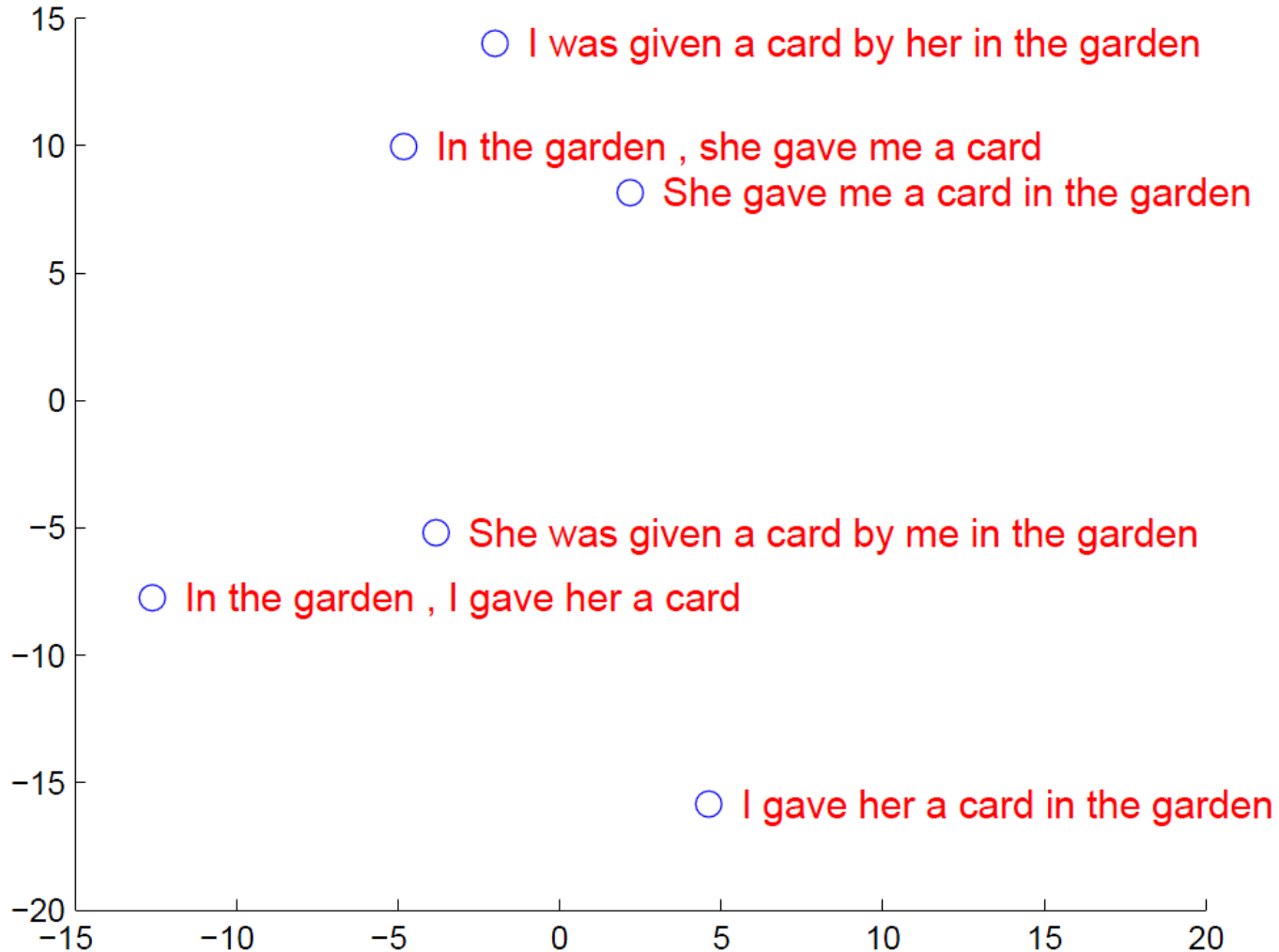
モデルの出力

Ulrich UNK , membre du conseil d' administration du constructeur automobile Audi , affirme qu' il s' agit d' une pratique courante depuis des années pour que les téléphones portables puissent être collectés avant les réunions du conseil d' administration afin qu' ils ne soient pas utilisés comme appareils d' écoute à distance .

正解の翻訳

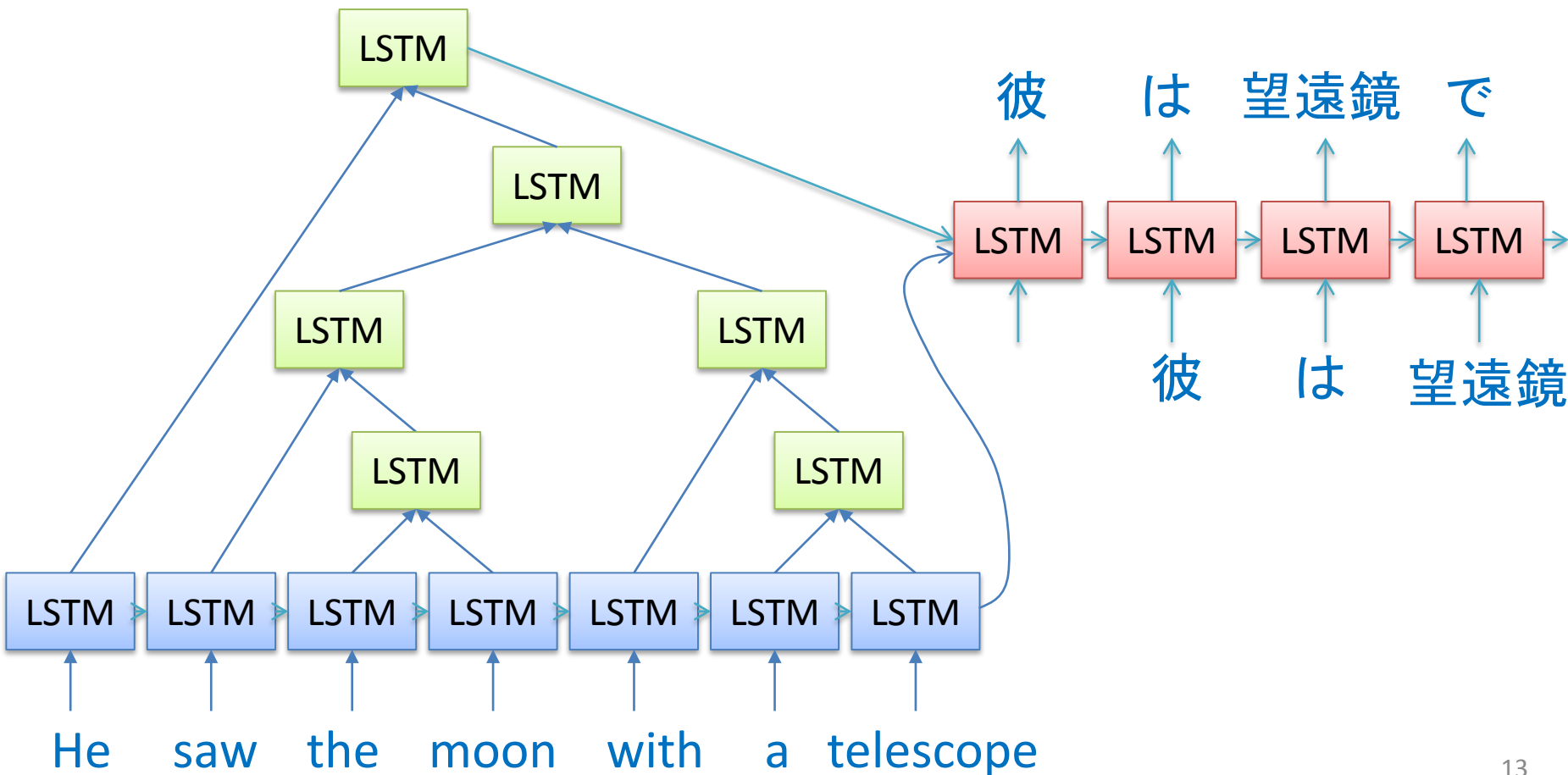
Ulrich Hackenberg , membre du conseil d' administration du constructeur automobile Audi , déclare que la collecte des téléphones portables avant les réunions du conseil , afin qu' ils ne puissent pas être utilisés comme appareils d' écoute à distance , est une pratique courante depuis des années .

入力文のベクトル表現



Tree-to-sequence 機械翻訳

- 入力文の構文構造を利用 (Eriguchi et al. 2016)



Tree-to-sequence 機械翻訳

- 学習データ
 - WAT'15 English-to-Japanese データセット
 - 135万文ペア
- 翻訳精度

	BLEU	RIBES
Tree-to-string statistical MT (Neubig, 2014)	36.6	79.6
Neural reranking (Neubig et al., 2015)	38.2	81.4
Sequence-to-sequence LSTM (Zhu, 2015)	36.2	80.9
Tree-to-sequence モデル	36.9	82.4

翻訳例

In information technology and electron field, the application of nanotechnology to next generation semiconductors, high-density information record technology, miniature integrated circuit elements, electric power saving displays using carbon nano-tube, etc. can be expected.



情報技術と電子分野では、次世代半導体へのナノテクノロジーの応用、高密度情報記録技術、超小型集積回路要素、カーボンナノチューブを用いた省電力表示などが期待できる。

ニューラル会話モデル (Vinyals & Le, 2015)

- エンコーダー・デコーダーモデルで会話文を学習
 - 学習データ
 - 映画の中での会話 6200万文
- 学習したモデルと人間との会話の例

Human: who is skywalker ?

Machine: he is a hero .

Human: who is bill clinton ?

Machine: he 's a billionaire .

Human: is sky blue or black ?

Machine: blue .

Human: does a cat have a tail ?

Machine: yes .

Human: does a cat have a wing ?

Machine: no

Human: can a cat fly ?

Machine: no .

Human: how many legs does a cat have ?

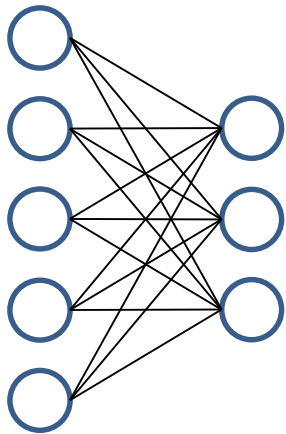
Machine: four , i think .

Human: how many legs does a spider have ?

Machine: three , i think .

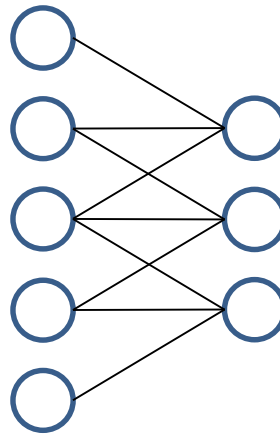
畳み込みニューラルネットワーク (Convolutional Neural Network, CNN)

- 全結合



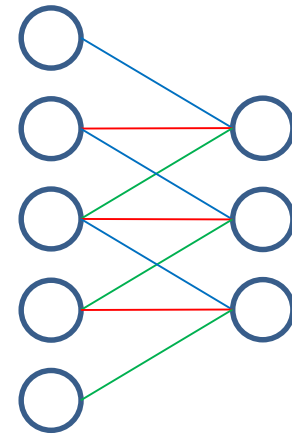
パラメータ数
 $5 \times 3 = 15$

- 局所的結合



パラメータ数
 $3 \times 3 = 9$

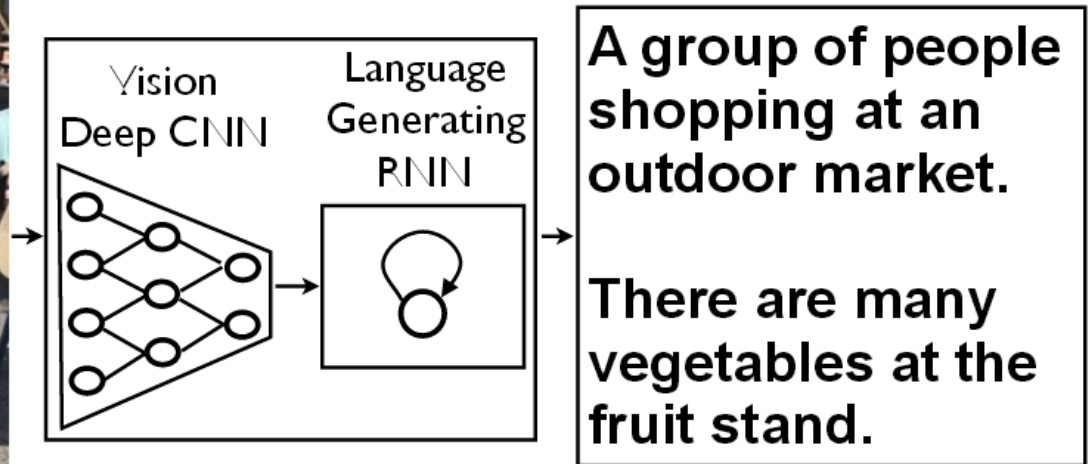
- パラメータ共有



パラメータ数
3

パラメータ数を減らすことにより過学習を回避
画像認識、テキスト分類などに有効

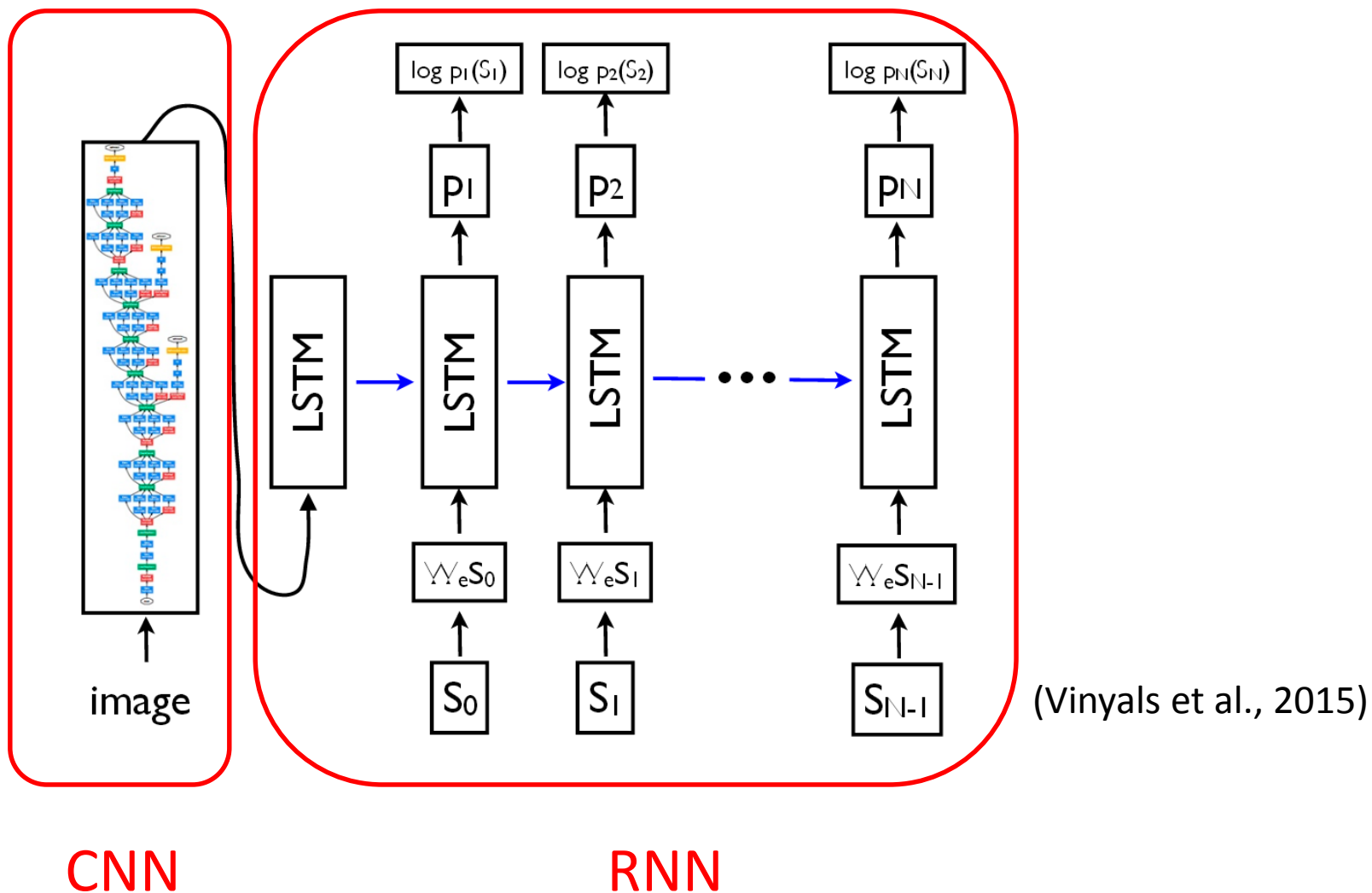
画像の説明文の生成



(Vinyals et al., 2015)

1. 大量のラベル付き画像で画像認識CNNを学習
2. 説明文付きの画像で言語生成RNNを学習

画像の説明文の生成



説明文生成例 (Vinyals et al., 2015)

A person riding a motorcycle on a dirt road.



Two dogs play in the grass.



A group of young people playing a game of frisbee.



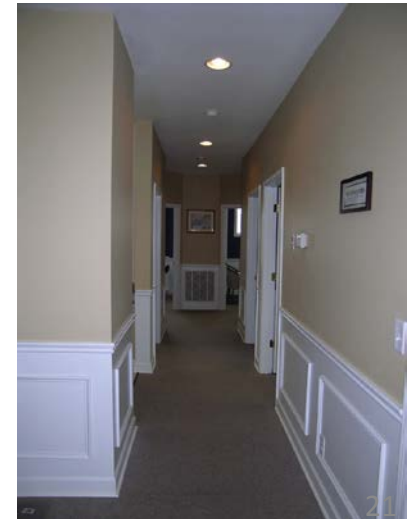
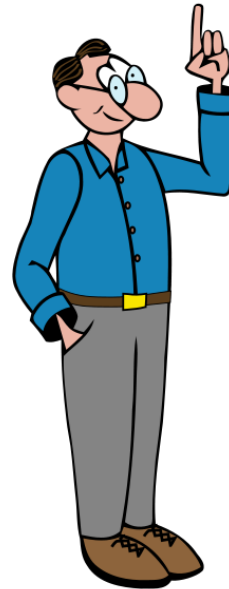
Two hockey players are fighting over the puck.



質問応答 (QA)

文書

Mary got the football there.
John moved to the bedroom.
Sandra went back to the kitchen.
Mary travelled to the hallway.
John got the football there.
John went to the hallway.
John put down the football.
Mary went to the garden.

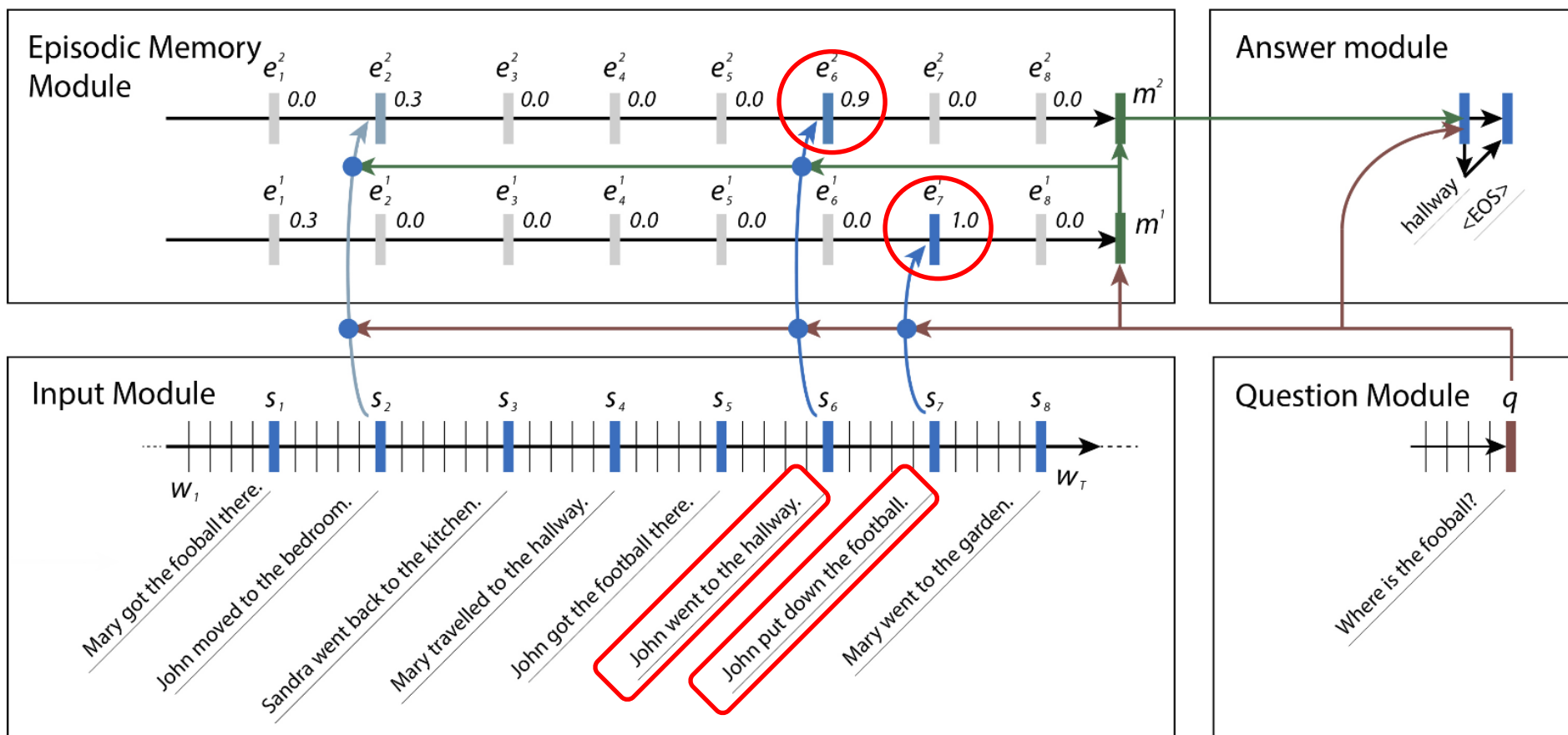


質問

Where is the football?

Dynamic Memory Networks (Kumar et al., 2016)

- 答えを導出するために必要な文を順次推定



概要

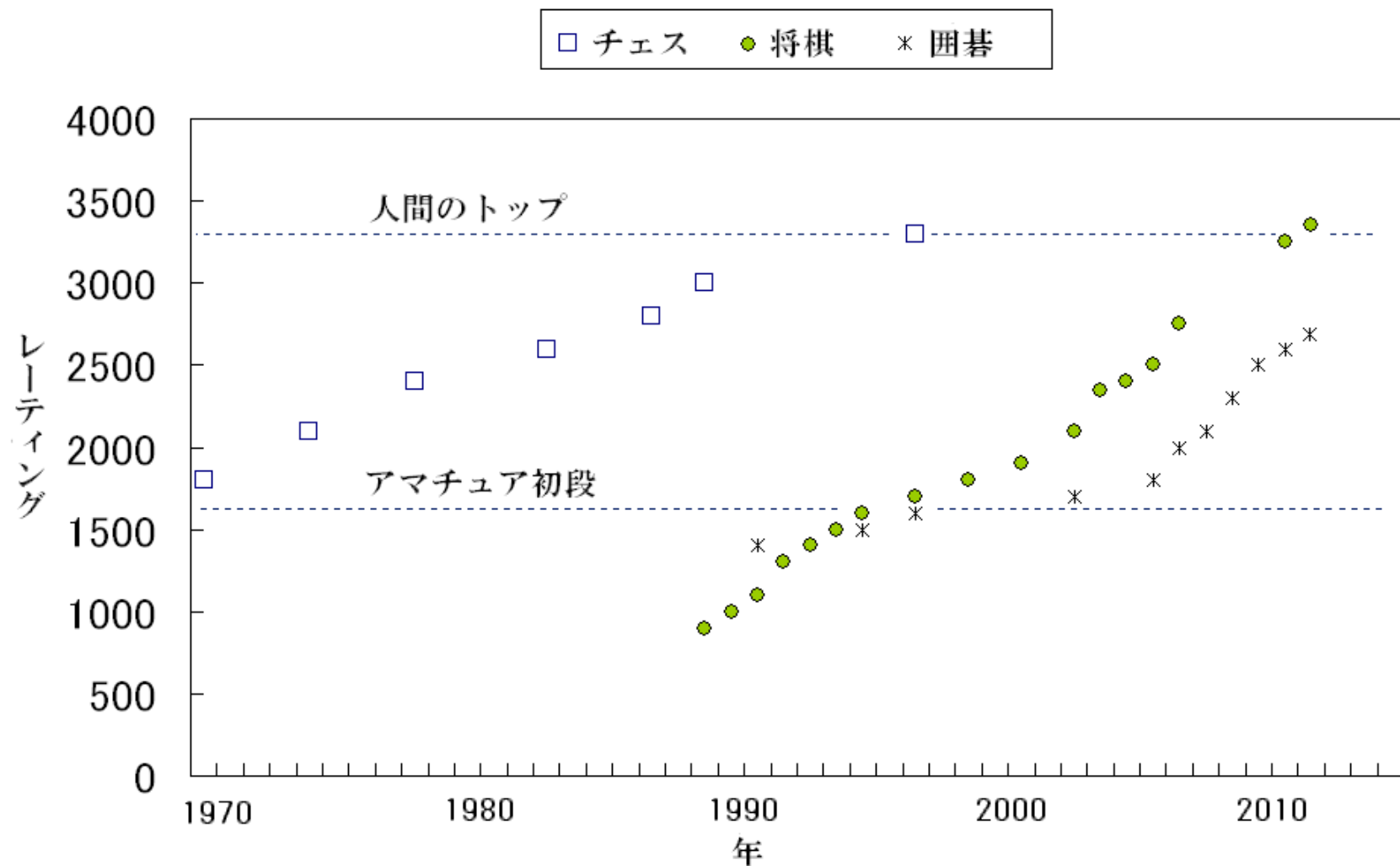
- ニューラルネットワーク
- 自然言語処理
 - 機械翻訳、対話
 - 画像キャプション生成
 - 質問応答
- ゲームAI
 - 囲碁
 - Atari 2600 Games

コンピュータ囲碁

- コンピュータ囲碁の進歩
 - 初段手前でしばらく停滞
 - モンテカルロ木探索アルゴリズムの登場(2006年ごろ)
 - アマチュアトップレベルに
 - 再び停滞(~2015年)
- 難しさ
 - 合法手が多い
 - 評価関数の設計が難しい
 - 地が確定するのは最後
 - 石の生死の判定
 - 離れた場所にある石の影響
 - etc



コンピュータの棋力の進歩

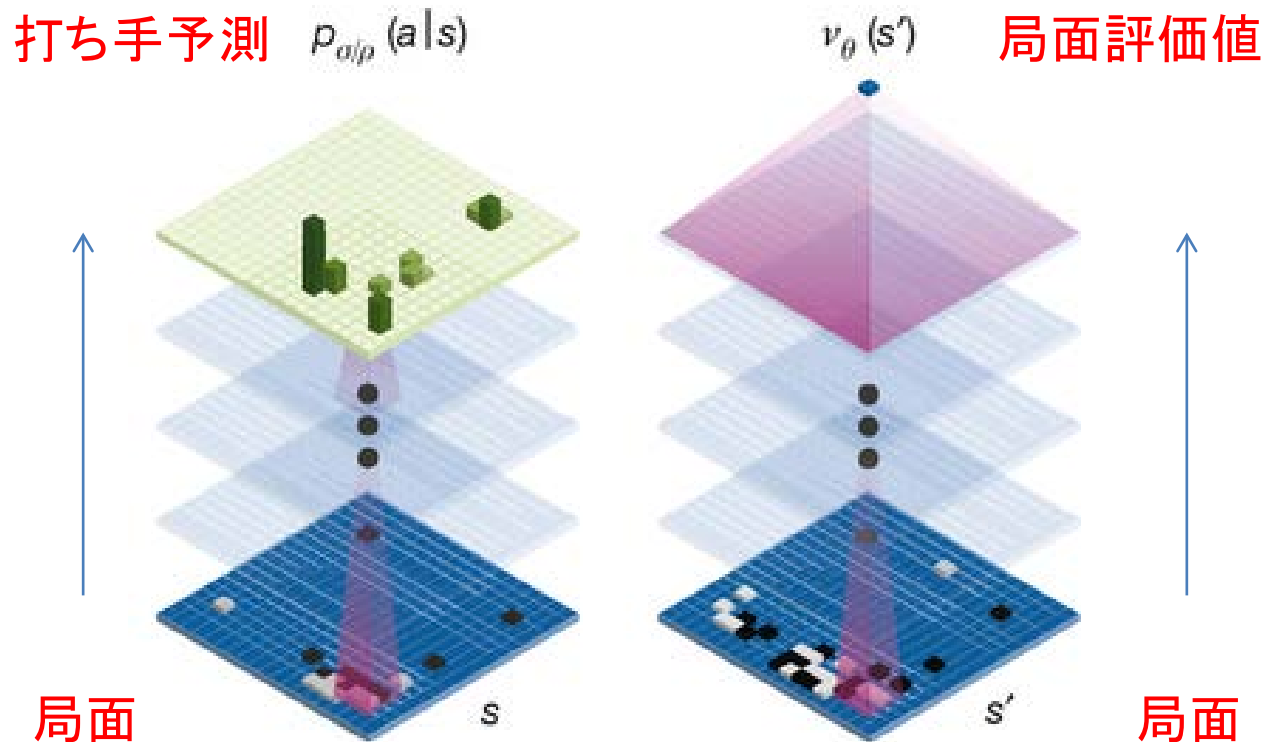


AlphaGo vs 李世ドル



AlphaGo

- CNN による打ち手予測、局面評価
 - 入力 19x19x48 深さ12層

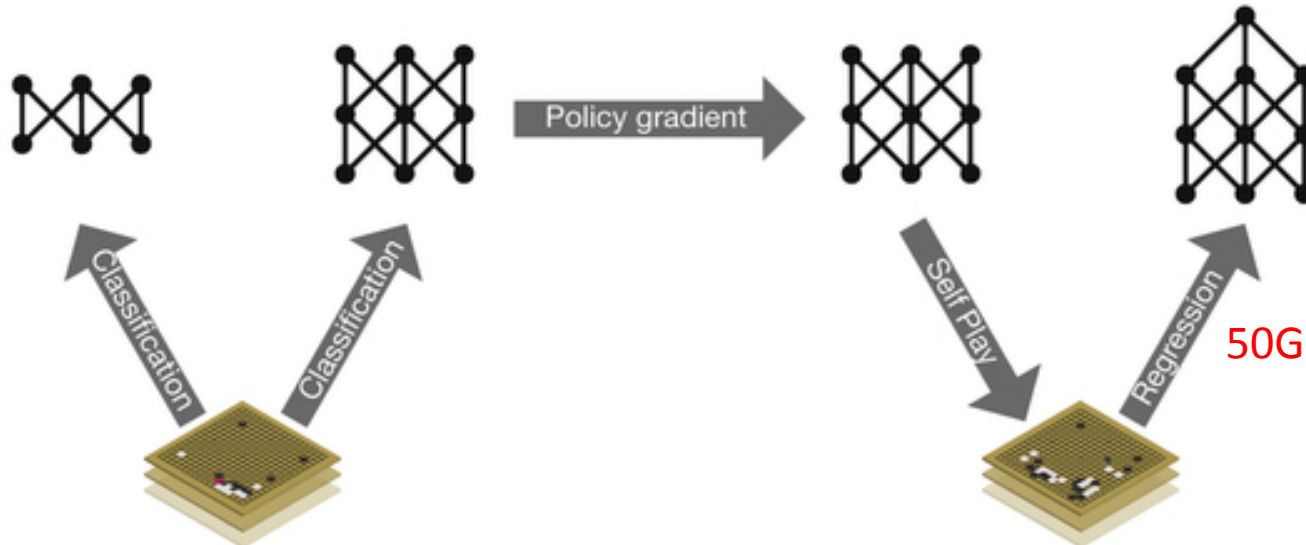


AlphaGo

- ニューラルネットワークの学習
 - 高段者の棋譜による教師付き学習＋強化学習

打ち手予測 打ち手予測CNN

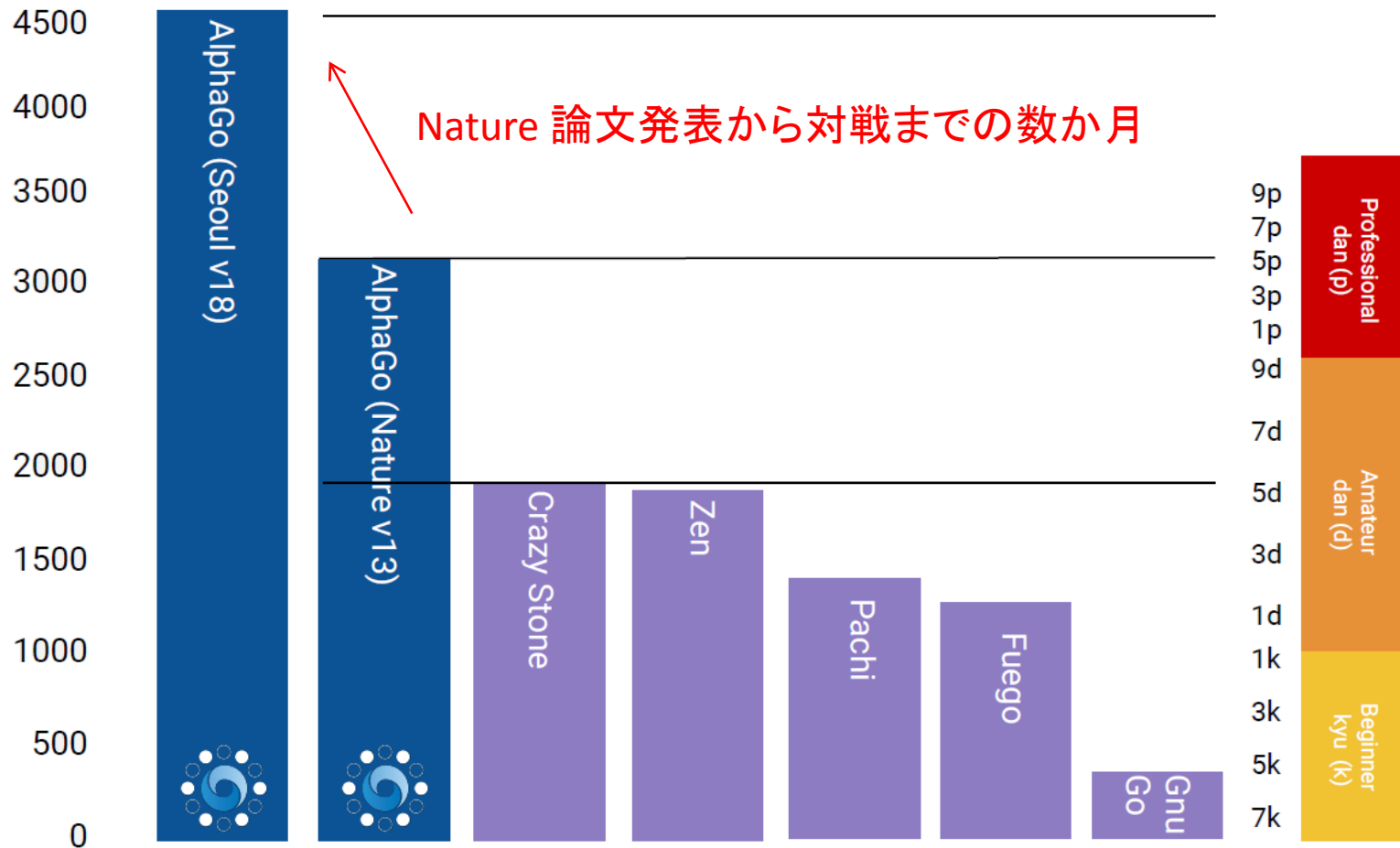
打ち手予測CNN 局面評価CNN



高段者の棋譜

自己対戦の棋譜
(3000万局面)

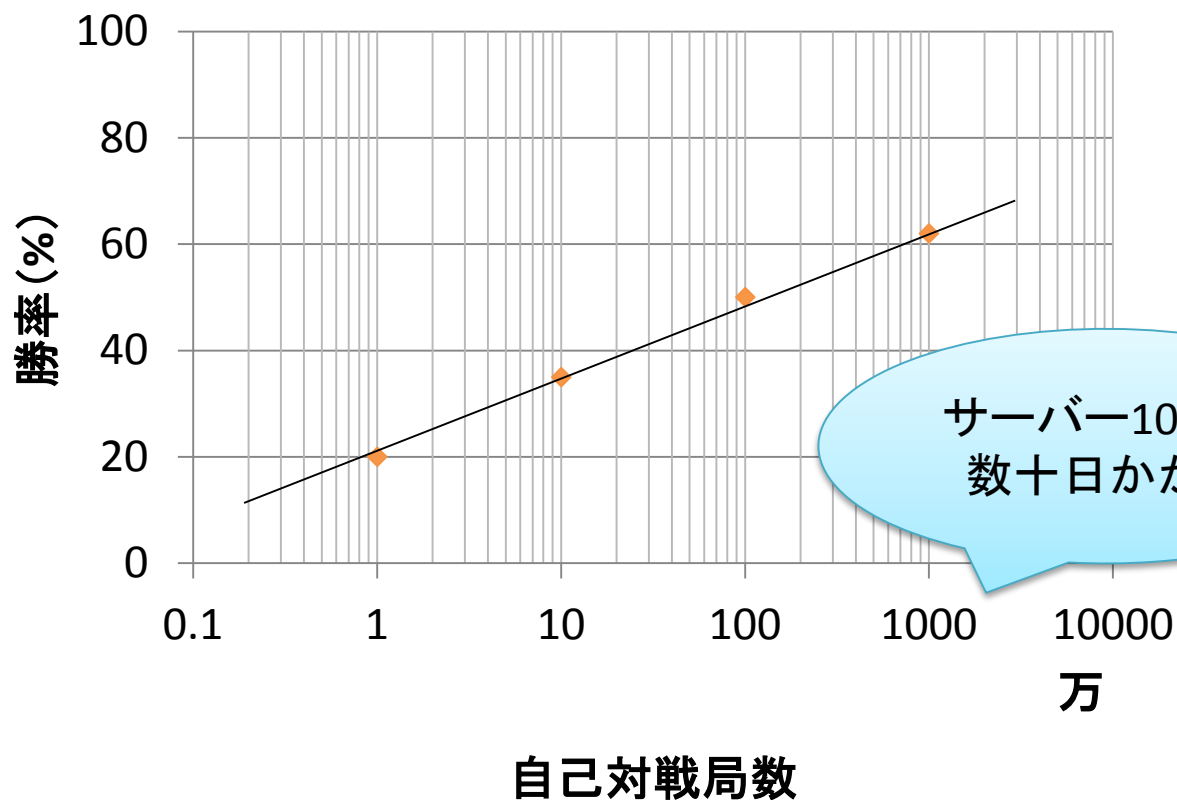
AlphaGo の棋力



(D Silver, ICML Tutorial 2016)

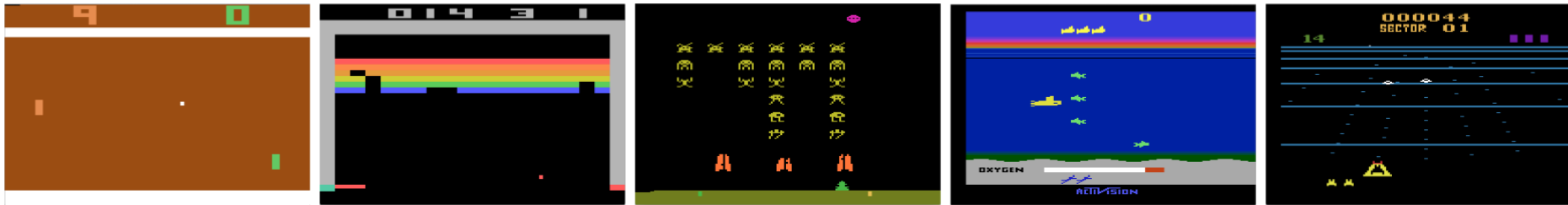
将棋プログラムの強化学習

- 自己対戦による評価関数学習データの自動生成



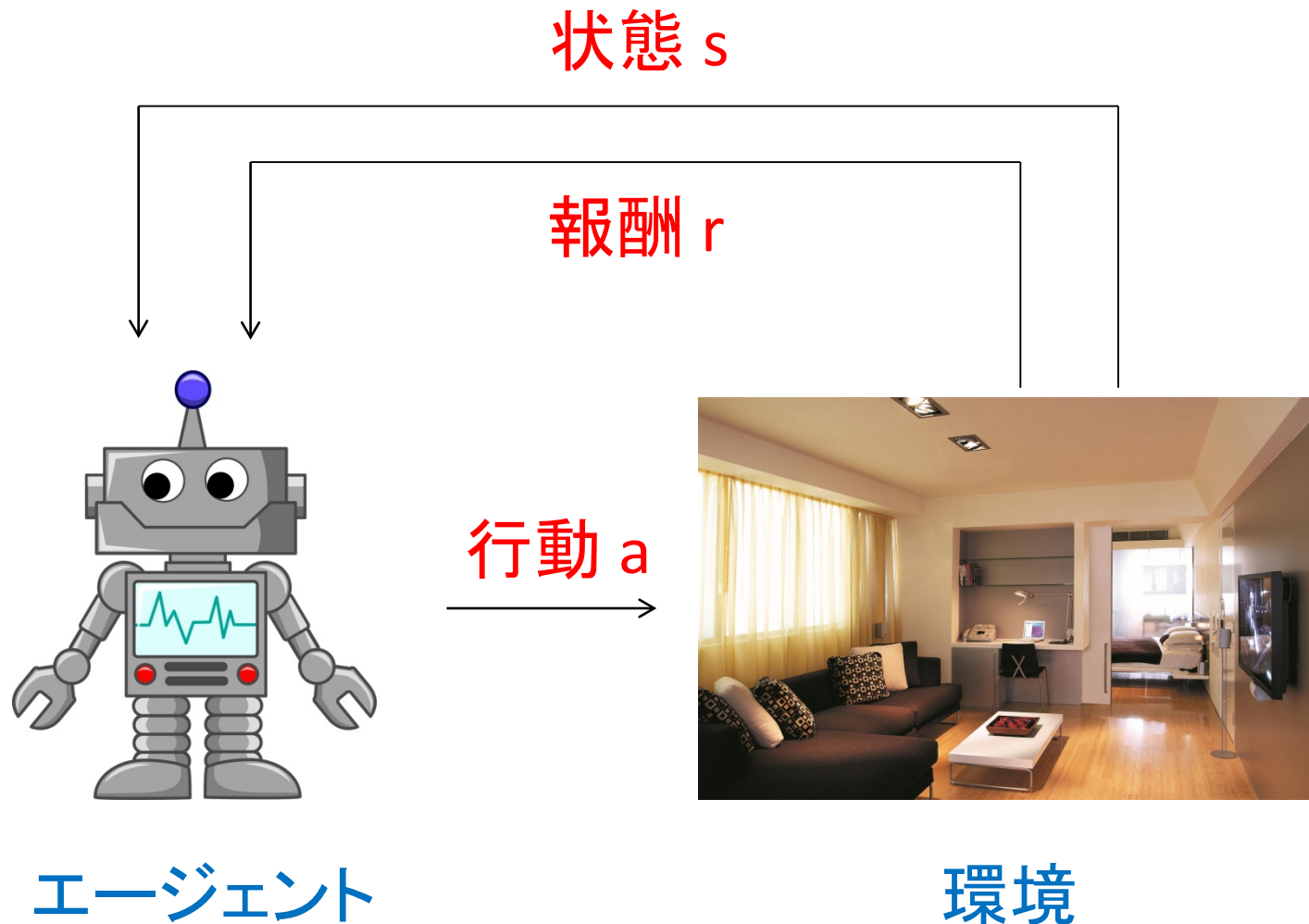
Deep Q Network (Mnih et al., 2015)

- Atari 2600 Games
 - ブロック崩し、スペースインベーダー、ピンポン、etc.



- 同一のプログラムですべてのゲームを学習
 - CNN + 強化学習 (Q-Learning)
 - https://www.youtube.com/watch?v=AVg_YIp09ps

強化学習 (Reinforcement Learning, RL)



Q学習

- Q値

- $Q(s, a)$: 状態 s で行動 a をとった場合に将来得られる報酬の総和の期待値 (の予測値)
- 行動するたびに予測値を更新

$$Q(s_t, a) \leftarrow Q(s_t, a) + \alpha \left(\underbrace{r_{t+1} + \gamma \max_a Q(s_{t+1}, a)}_{\text{一歩先で得られるより正確な予測値}} - \underbrace{Q(s_t, a_t)}_{\text{現在の予測値}} \right)$$

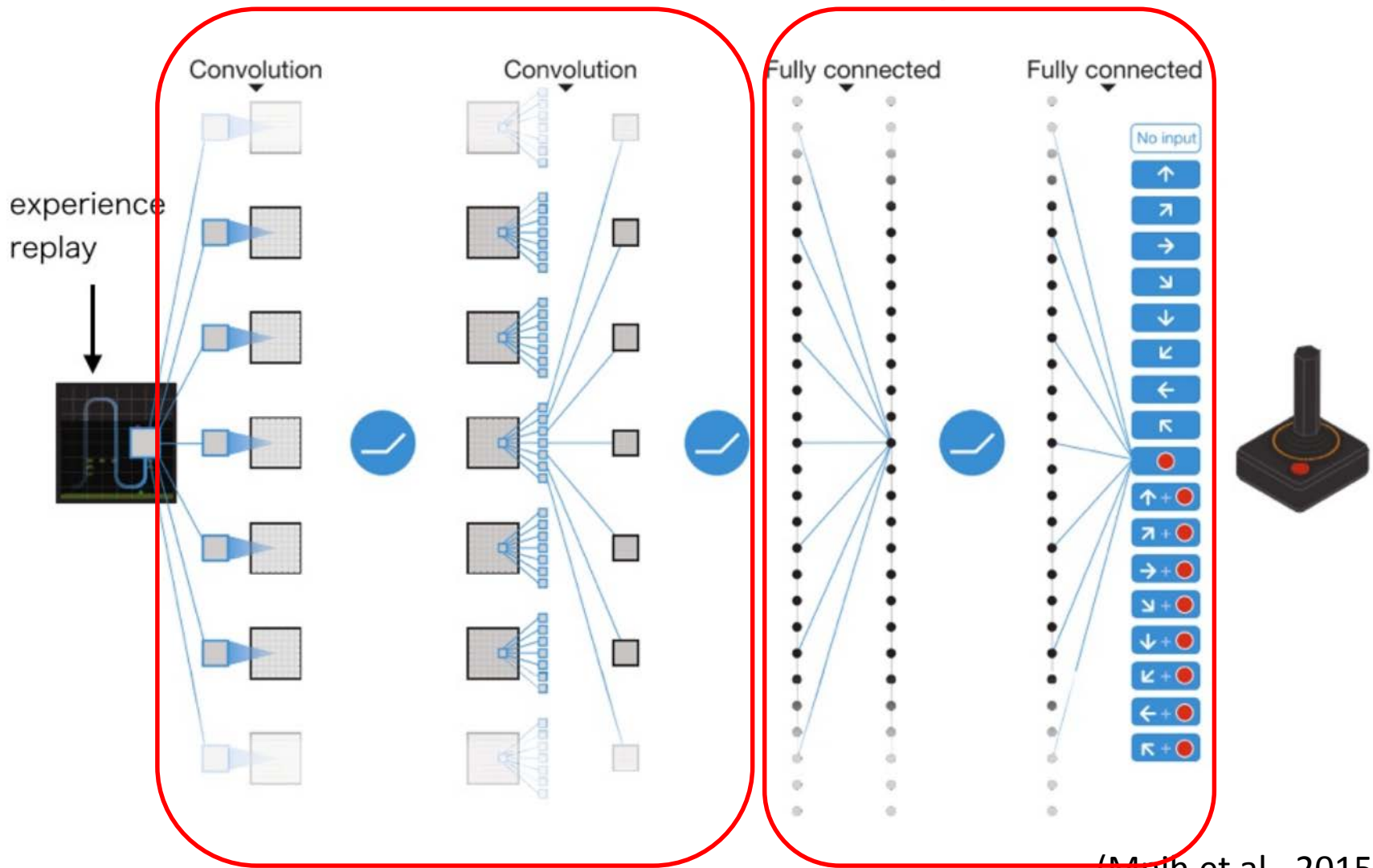
- Deep Q Network

- Q値をニューラルネットワークで関数近似

Deep Q Network

CNN

全結合NN



(Mnih et al., 2015)

まとめ

- 深層学習のための3つの技術
 - RNN (Recurrent Neural Network)
 - 機械翻訳、質問応答、対話
 - CNN (Convolutional Neural Network)
 - キャプション生成、囲碁、Atari
 - RL (Reinforcement Learning)
 - 囲碁、将棋、Atari
- 簡単なアーキテクチャで複雑なタスクを実現
 - 大量の学習データさえあれば良い
- 増大する計算コスト
 - 大規模なニューラルネットワークの学習
 - 多数の試行が必要な強化学習

参考文献

- Eriguchi et al., Tree-to-Sequence Attentional Neural Machine Translation, ACL 2016
- Kumar et al. Ask Me Anything: Dynamic Memory Networks for Natural Language Processing, ICML 2016
- Mnih et al., Human-level control through deep reinforcement learning, Nature 518, 529-533 (2015)
- Silver et al., Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search, Nature 529, 484–489 (2016)
- Sutskever et al., Sequence to Sequence Learning with Neural Networks, NIPS 2014
- Vinyals et al., Show and Tell: A Neural Image Caption Generator, CVPR 2015
- Vinyals and Le, A Neural Conversational Model, ICML Deep Learning Workshop 2015