

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 5 月 19 日現在

機関番号：32612

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24500281

研究課題名(和文)膨大な知識を有するニューラルネットワーク型自然言語処理システムに関する研究

研究課題名(英文)A study on natural language processing neural network with a large knowledge base

## 研究代表者

萩原 将文 (Hagiwara, Masafumi)

慶應義塾大学・理工学部・教授

研究者番号：80198655

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：連想層と抑制層を導入した自然言語を扱うニューラルネットワークの提案を行った。これは以下の3つの特長を持つ。まず第一に、同義語辞書、Nグラム類似度を用いた情報の正規化である。これにより、同義語を1つのニューロンで表現することが可能となった。第二に、単語共起頻度データベースを元にした連想層の導入である。この層が加わることで、学習文に存在しない単語間の連想が可能になった。そして第三に、抑制性ニューロンを有する抑制層の導入である。これにより質問応答への応用の際、質問文と関係が低いニューロンの膜電位を抑えることが可能になった。評価実験により、優れた特性が確認されている。

研究成果の概要(英文)：We proposed a new natural language processing neural network with association layer and inhibitory layer. It has the following three features. The first one is a regularization of a sentence using a synonym dictionary and N-gram similarity. Owing to this regularization, synonym words are represented as the same neuron. Second feature is the introduction of an association layer based on the co-occurrence frequency database. Owing to this layer, the association between two words can be easily realized. Third one is the introduction of an inhibitory layer. In the application to a question-answering, these neurons can inhibit the membrane potential of neurons which does not relate to the question sentence. Experimental results indicate the effectiveness of the proposed neural network.

研究分野：ニューラルネットワーク

キーワード：ニューラルネットワーク 知識処理

### 1. 研究開始当初の背景

医療福祉分野における介護、産業分野における組立や危険作業、ヒューマンインタフェースにおける人の代行など、ロボット導入への需要は今後大きく高まることが予想される。しかしながら、柔軟な情報処理を行う頭脳の研究は遅れているのが実情である。進歩するネットワーク社会において、膨大な情報を柔軟に扱うことのできる新しい情報処理方式の構築は極めて重要である。大容量データを用いる機械学習や人工知能(AI)をさらに発展させるアプローチもあるが、申請者は生物の脳を考慮したアプローチが自然であり、将来的な可能性も高いと考えている。

### 2. 研究の目的

本研究は膨大な知識を有し、優れた思考機能を持つニューラルネットワーク型の自然言語処理システムの構築を行うものである。具体的な大きな課題としては、膨大な知識の扱いや時系列処理などがある。

### 3. 研究の方法

情報工学の研究であり、ニューラルネットワークを計算機に実装するアプローチを用いた。

### 4. 研究成果

年度毎に研究成果を説明する。

#### (1) 平成 24 年度

平成 24 年度における課題は「言語資源を用いたニューラルネットワーク形式長期記憶部の構築」である。ここでは、複数の膨大な情報量を有する言語データベース(シソーラス)の利用によるニューラルネットワーク長期記憶部の構築が重要な課題である。

高度な情報処理には知識の扱いが不可欠であり、知識表現は従来の人工知能でも重要な研究分野として扱われてきた。申請者は、日本語語彙体系を用い関連する単語間にリンクを張ることによりニューラルネットワーク化し、三段論法などの推論を可能としている。本研究では、より高いレベルでの情報処理を可能とするために、実用レベルをめざした膨大な数の単語の意味の考慮を行う。具体的には、人工知能においてニューラルネットワークに近い意味ネットワークをさらに発展させた形での表現をめざしている。そのた

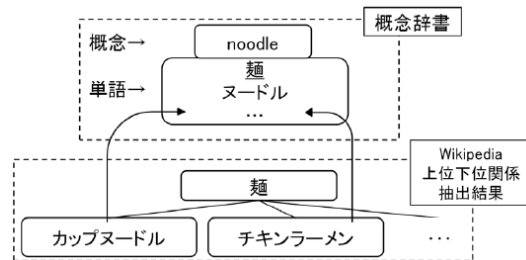


図1 概念辞書への固有名詞の追加

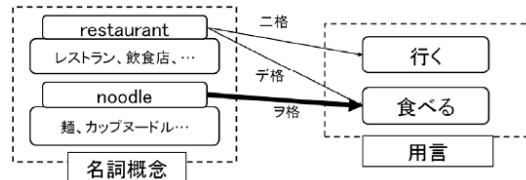


図2 概念と用言の結合

めに膨大な情報量を有する言語データベース(シソーラス)として、日本語 WordNet、日本語語彙体系、および京都大学格フレームを用いて、これらの統合を行った。

その結果、1) 日常頻出する固有名詞への対応を行い、概念辞書へ Wikipedia に登録されている固有名詞を追加することで、扱うことのできる単語量を大幅に増加させた。(図1)

2) 概念と用言の結合に関して、京都大学格フレームのコーパスを基に概念辞書における概念と用言の結合を行った。(図2)3) 名詞カテゴリと用言の結合に関して、名詞概念と用言の結合を基に、名詞概念を汎化させた名詞カテゴリと用言の結合を行った。4) 単語の親密性スコアの付与に関して、概念辞書に新規に追加した単語の中には馴染みが少ない単語について、概念辞書の各単語に親密性スコアを付与することで新規単語の意味のおおまかな推定が可能となった。

本研究の成果は、会話システムへ応用し、その有効性を確認している。[論文]

その有効性を確認している。[論文]

#### (2) 平成 25 年度

平成 25 年度における課題は「時系列処理により、思考を扱えるネットワークの基本的な枠組みの構築である。思考は時系列的に扱われるものであり、予定通り時系列信号の扱いに優れた ESN (Echo State Networks) というニューラルネットワークを用いた研究を行った。

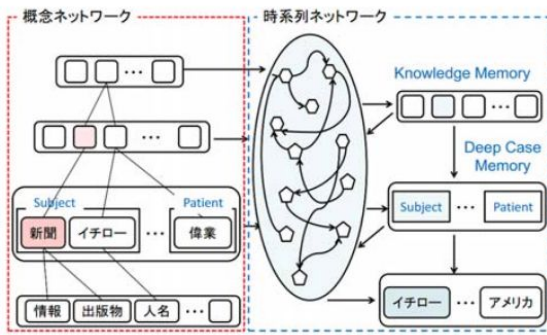


図3 時系列処理ニューラルネットワーク

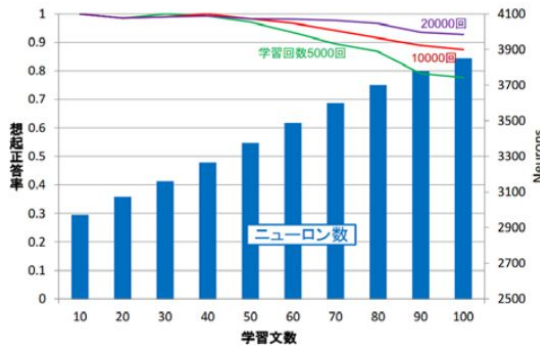


図4 想起実験結果

構築したネットワークを図3に示す。提案ネットワークは、概念ネットワークと時系列ネットワークの2つのネットワークから構成される。概念ネットワークでは、単語を一つのノードとみなし、ノードを4つの層に階層的に保存する。4つの層とは、文層、知識層、深層格層、そして辞書層である。ノード間の結合に値を与えることで単語間の意味的構造、概念を保存することができる。時系列ネットワークはESNに複数のワーキングメモリが導入された構造を持ち、文の語順情報を記憶する。ESNのリザーバ(中間層)には複数の時定数を持つ機構が導入され、時系列信号中の長周期成分、短周期成分それぞれに合わせた学習が効率的に行えるようになっている。さらに、ワーキングメモリの導入により語順情報のみでなく入力文の文法情報をネットワークに保持することができる。

さらに構築したネットワークの応用としてファクトイド型質問応答を行った。質問応答では、質問文の単語からWeb検索を行い、得られた文群を用いてネットワークの構築・学習を行う。学習されたネットワークを用いて解答候補を単語列として出力する。後処理を行うことで文としての回答が可能となっている。評価実験により提案ネットワー

クが100文のテスト文に対して十分な連想機能を持つことが示された。想起実験研究結果を図4に示す。また質問応答の精度はMRR値0.55と従来の人工知能に基づく質問応答システムに接近する結果であった。[学会]

### (3) 平成26年度

25年度に構築した概念ネットワークと時系列ネットワークの2つのネットワークから構成されるニューラルネットワークでは、膨大な知識を扱うための知識層がまだ不十分であることが問題点としてあった。そこで26年度は、ニューラルネットワーク型概念ネットワークを自動的に構築する研究を重点的に行った。図5に提案手法の流れを示す。

その結果として、日本語WordNetにおける語(word)と概念(synset)、及びそれらの関係を基に繋がり(結合荷重)を有する概念ネットワークを構築した。具体的には、語と概念間では日本語WordNetのリンクをそのまま利用し、ニューラルネットワークとするために結合荷重の自動的な付与を行った。概念と概念間に関しては新たに結合荷重を有するリンクを生成した。さらに、コーパスを用いた構築手法と共起辞書を用いた構築手法の2つの手法を考案し、それぞれから得られたネットワークの統合を行った。

最終的に構築されたニューラルネットワーク型概念ネットワークにおける概念数、リンク数の他手法との比較を表1に示す。[学会]

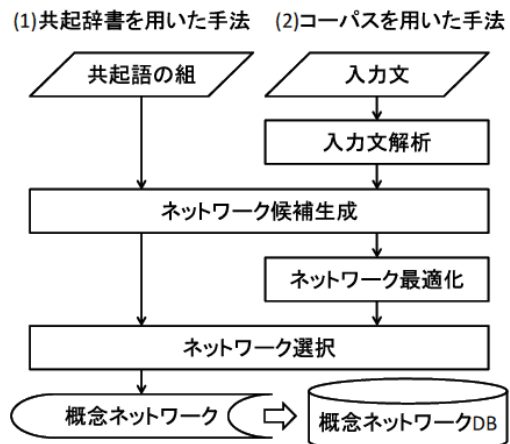


図5 ニューラルネットワーク型概念ネットワーク構築の流れ

表 1 各手法における比較

	共起辞書	コーパス	提案手法	日本語 WordNet
概念数	33508	8483	35126	57238
リンク数	109610	33123	142573	158058
単語数	69136	43018	72305	93834

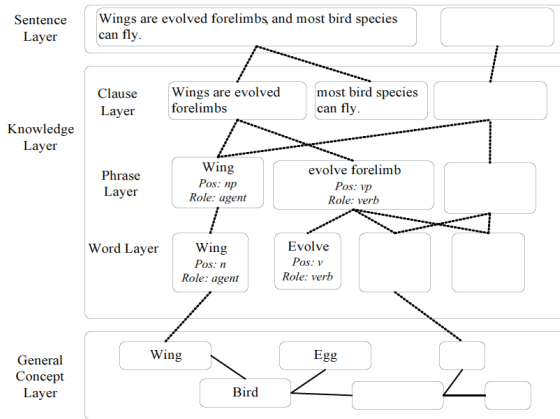


図 6 英語用言語処理ニューラルネットワーク

また本年度は、日本語ではなく、英語に対応した言語処理ニューラルネットワークの構築も行った。図6にネットワーク図を示す。英語には格助詞がないので、その代わりに semantic role labeling が重要になっている。また日本語用ネットワークの場合と異なり、Clause レイヤー、Phrase レイヤーが用いられている点が大きな特徴である。[学会]

(4) 平成 27 年度

本研究は膨大な知識を有し、優れた思考機能を持つニューラルネットワーク型の自然言語処理システムの構築である。

従来の自然言語を扱うニューラルネットワークにおいては、以下の 3 つの問題点があった。まず第一に、同義語を判定する機構が存在しない点である。そのため、同義語が別々のニューロンとして表現されてしまう。第二に、辞書層が日本語語彙体系であるため学習文に存在しない単語間の連想が困難であるという点である。そして第三に、ネットワーク上には興奮性ニューロンしか存在しないという点である。これにより、質問応答への応用の際に質問文と関係が低いニューロンの膜電位が高くなるということが起こり得る。

そこで、連想層と抑制層を導入した自然言語を扱うニューラルネットワークの構築を行った。図7に提案ネットワークを示す。これには以下の特長がある。まず第一に、同義語辞書、N グラム類似度を用いた情報の正規化である。これにより、同義語を 1 つのニューロンで表現することが可能となる。第二に、単語共起頻度データベースを元にした連想層の導入である。この層が加わることにより、学習文に存在しない単語間の連想が可能になる。そして第三に、抑制性ニューロンを有する抑制層の導入である。抑制性ニューロンは他のニューロンの膜電位を抑える働きを持つ。これにより質問応答への応用の際、質問文と関係が低いニューロンの膜電位を抑えることが可能になる。評価実験では、提案ニューラルネットワークを用いた質問応答の精度の評価を行った。その結果、表3に示すように MRR(mean reciprocal rank) 値 0.58 がとなった。これは従来の自然言語処理ニューラルネットワークを用いた場合の精度よりも高い値であり、また人工知能に基づく従来の日本語質問応答システムにも大きく接近する結果となった。

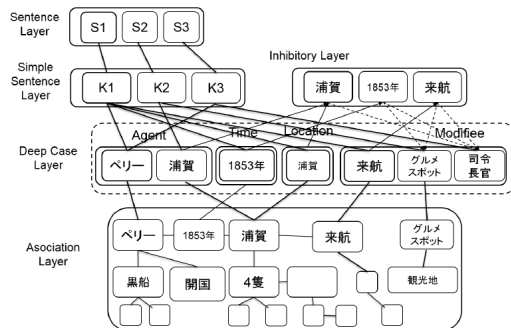


図 7 連想層と抑制層を導入した言語処理ニューラルネットワーク

表 2 Web を知識源とした質問応答の実験結果

	MRR	Top-1	Top-5
<i>Metis</i>	0.406	0.32	0.57
<i>MinerVA-N</i>	0.697	0.61	0.83
相良ら	0.47	0.38	0.61
相良ら+学習文正規化	0.50	0.40	0.68
相良ら+連想層	0.47	0.39	0.61
相良ら+抑制層	0.54	0.44	0.72
提案手法	<b>0.58</b>	<b>0.50</b>	<b>0.73</b>

表3 質問文と提案ネットワークによる  
回答例の一部

正解例
○1853年に黒船で浦賀に来航したのは誰ですか。 1st: ペリー(1.00), 2nd: マシュー・ペリー(0.11), 3rd: 間(0.09)
○地動説を唱えたポーランドの天文学者は誰ですか。 1st: ニコラウス・コペルニクス(1.00), 2nd: 天文学者コペルニクス(0.62), 3rd: 聖職者(0.30)
○ボウリングで、第1投目ですべてのピンを倒すことを何といいますか。 1st: ストライク(1.00), 2nd: ピン全部(0.38), 3rd: スペア(0.32)
○世界で最も高いビルは何ですか。 1st: 高層ビル(1.00), 2nd: ブルジュ・ハリーフア(0.84), 3rd: 828メートル(0.51)
○ペスト菌を発見した細菌学者は誰ですか。 1st: 北里柴三郎(0.37), 2nd: 志賀潔(0.36), 3rd: 存在(0.29)
○狂牛病の正式名称は何ですか。 1st: 牛海綿状脳症(BSE)(1.00), 2nd: 牛(0.20), 3rd: ウシ海綿状脳症(0.15)
失敗例
○積乱雲の別名は何といいますか。 1st: パッションフラワー(0.28), 2nd: 巻積雲(けんせき)(0.17), 3rd: いわし雲(0.17)
○ボクシングのヘビー級で、史上最年長の王者は誰ですか。 1st: エストラダ(0.00), 2nd: 面影(0.00), 3rd: ヘスディ(0.00)
○雷と電気が同じ物であることを立証し、避雷針を考案した人は誰ですか。 1st: 一ツ(0.37), 2nd: 単位(0.00), 3rd: 可燃性(0.00)
○「ボジョレー・ヌーボー」の原料である植物は何ですか。 1st: 名称(0.10), 2nd: 存在(0.01), 3rd: 際(0.01)

表3に質問文と提案ネットワークによる回答例の一部を示す。

優れた思考機能を持つためには、感情の考慮も必要となる。そこでファジィ推論を用いた感情遷移に関する研究も行った。[学会]

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 11 件)

すべて査読あり。

Masahiko Yamamoto, Masafumi Hagiwara: “Moral Judgement System Using Evaluation Expressions,” International Journal of Affective Engineering, Vol.15, No.1, pp.153-161, 2016.  
10.5057/jjske.TJSKE-D-15-00026

小林峻也, 萩原将文: “ユーザの嗜好や人間関係を考慮する非タスク指向型対話システム,” 人工知能学会論文誌, Vol.31, No.1, 2016. 10.1527/tjsai.DSF-502

Nguyen Thi Thu An, Masafumi Hagiwara: “Impression Estimation System for Short Sentences using Adjectives,” International Journal of Affective Engineering, 2015. 10.5057/ijae.IJAE-D-15-00034

松井辰哉, 萩原将文: “発話極性を考慮したユーモアを有する非タスク指向型対話システム,” 日本感性工学研究論文集, Vol.14, No.1, pp.9-16, 2015.

Hiroaki Yamane and Masafumi Hagiwara, “Oxymoron Generation Using an Association Word Corpus and a Large-scale N-gram Corpus,” Soft Computing, Vol.19, No.4, pp.919-927, April 2015.

菅生健介, 萩原将文: “ユーザ発話からの知識獲得機能を有する対話システム,” 日本感性工学会論文誌, vol.13, No.4, pp.519-526, 2014.

Arnaud Rachez and Masafumi Hagiwara: “Language modeling using augmented echo state networks,” International Journal of Innovative Computing Information and Control, Vol.10, No.6, pp.1969-1982, 2014.

Yuta Hayakawa and Masafumi Hagiwara: “Quantitative Common Sense Estimation System and the Application for Membership Function Generation,” Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, Vol.18, No.5, pp.856-864, 2014.

Tsukasa Sagara and Masafumi Hagiwara: “Natural Language Neural Network and its Application to Question-Answering System,” Neurocomputing, Vol.142, pp.201-208, 2014.

大竹裕也, 萩原将文: “評価表現による印象推定と傾聴型対話システムへの応用,” 日本知能情報ファジィ学会誌, Vol.26, No.2, pp.617-626, 2014.

吉田裕介, 萩原将文: “複数の言語資源を用いたユーモアを含む対話システム,” 日本知能情報ファジィ学会誌, Vol.26, No.2, pp.627-636, 2014.

[学会発表](計 7 件)

査読有は、

Masafumi Hagiwara: “Sympathetic Intelligence: Integration of Intelligence, Emotion and Will,” International Symposium on Advanced Intelligent Systems

(ISIS2015), 2015.11.5, Mokpo (Korea)  
加藤奈津子, 萩原将文:“ ファジィ推論を用いた感情遷移モデル,” 第 31 回ファジィシステムシンポジウム, FA1-2, 2015.9.4, 電気通信大学(東京都・調布市)

Natsuko Kato, Masafumi Hagiwara:  
“ An Emotion Transition Model Using Fuzzy Inference, ” International Symposium on Advanced Intelligent Systems (ISIS2015), F3e-5, pp.1370-1380, 2015.11.6, Mokpo (Korea)

Masahiro Yamamoto and Masafumi Hagiwara: “ Natural Language Neural Network Introduced Association Layer and Inhibitory Layer, ” International Symposium on Advanced Intelligent Systems (ISIS2015), F1a-4, pp.618-630, 2015.11.6, Mokpo (Korea)

Yuanzhi Ke, Masafumi Hagiwara:“A Natural Language Processing Neural Network Comprehending English,” 2015 IEEE International Joint Conference on Neural Networks, pp.1447-1453, 2015.7.14, Killarney, (Ireland)

Masahiro Yamamoto and Masafumi Hagiwara: “ Moral Judgement System Using Evaluation Expressions, ” International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems & ISIS 2014, TP5-2-8-(1), pp.1040 - 1047, 2014.12.5, 北九州国際会議場(福岡県・北九州市)

和泉清矢, 萩原将文:“ ニューラルネットワーク型概念ネットワークの自動構築,” 人工知能学会知識ベースシステム研究会, pp.1-6, 2014.11.20, 慶應義塾大学(神奈川県・横浜市)

Koki Nagatani and Masafumi Hagiwara: “ Restricted Boltzmann Machine Associative Memory, ” 2014 IEEE International Joint Conference on Neural Networks, pp.3745-3750, 2014.7.11, Beijing (China).

本間幸徳, 萩原将文:“ 自然言語を扱う時系列処理ニューラルネットワーク,” 電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会, 信学技報, vol.113, no.500, NC2013-114, pp.151-156, 2014.3.18, 玉川大学(東京都・町田市)

Yukinori Homma and Masafumi Hagiwara: “ An Echo State Network with Working Memories for Probabilistic Language Modeling, ” International Conference on Artificial Neural Networks, pp.595-602, 2013.9.13, Sofia (Bulgaria)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.soft.ics.keio.ac.jp/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

萩原 将文 (Masafumi Hagiwara)

慶應義塾大学・理工学部・教授

研究者番号: 80198655