

機関番号：32612
 研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2008～2010
 課題番号：20500213
 研究課題名（和文） 思考機能と長期記憶を有する脳型アーキテクチャ自然言語処理システムに関する研究
 研究課題名（英文） A brain-style natural language processing system with thinking ability and long-term memory
 研究代表者
 萩原 将文（HAGIWARA, MASAHUMI）
 慶應義塾大学・理工学部・教授
 研究者番号：80198655

研究成果の概要（和文）：

ロボティクスのさらなる進化のためには、頭脳部の研究開発が重要である。本研究では、柔軟な情報処理を可能とするために生物の脳を考慮したアプローチ、すなわちニューラルネットワークを用いた自然言語処理システムの開発を行った。具体的には、以下の三項目に関する研究を行い、実り多い成果を得ることができた。

- ・脳型アーキテクチャに適する単語の情報表現方式。
- ・大脳における長期記憶部としての電子辞書の効果的な利用方式。
- ・思考を扱えるネットワークの基本的な枠組み。

研究成果の概要（英文）：

Research on a brain part in a robot is very important for further development of robotics. In this research, we employed neural networks for flexible information processing. We targeted the following three points and obtained satisfactory results:

- _ Study on information representation method suitable for brain-style architecture.
- _ Study on effective method of digitized dictionaries as a long term memory.
- _ Study on a neural network with thinking ability.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2009年度	900,000	270,000	1,170,000
2010年度	1,300,000	390,000	1,690,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：ニューラルネットワーク・脳型アーキテクチャ

1. 研究開始当初の背景

ロボティクスは急速に進歩し、研究・産業レベルで注目を集めている。楽器演奏などの高度な制御、さらにはヒューマノイドロボットのように本物の人間との識別さえ困難なものまで出現している。しかしながら、頭脳部に関しては従来の人工知能的な手法によるものがほとんどであり、あらかじめ定めら

れた状況以外での利用は困難である。したがって柔軟な情報処理を可能とする新しい頭脳部の研究開発は極めて重要である。

そのためには、生物の脳を考慮したアプローチが自然であり、将来的な可能性も大きい。本研究は、申請者らが長年に渡って行っているニューラルネットワーク、すなわち脳型アーキテクチャの枠組みで思考機能と膨大な

長期記憶を有する自然言語処理システムの開発を行うものである。

2. 研究の目的

申請書に記載したように、具体的には2007年度までの基盤研究(c)での研究成果を、以下の項目に関して大幅に発展させることを目的とした。

- ・脳型アーキテクチャに適する単語の情報表現方式。
- ・大脳における長期記憶部としての電子辞書の効果的な利用方式。
- ・思考を扱えるネットワークの基本的な枠組み。

3. 研究の方法

研究は予定通り、購入したコンピュータを用いた。ソフトウェアによりシステムを実装し、各種の評価実験を行った。

4. 研究成果

2. の欄に記したような本研究の当初の3つの目的を満たす研究成果を得ることができた。以下、それぞれについて説明する。

(1) 脳型アーキテクチャに適する単語の情報表現方式

① 単語のベクトル表現

提案法はニューラルネットワークで単語を用いるための単語のベクトル化手法であり、以下の2つの特長を有する。

- ・提案法は、単語と単語間の関連の強さを学習するシンプルなアルゴリズムであり、例えば品詞・関係の種類(is-a 関係等)のような自然言語処理特有の知識体系には依存しない。
- ・単語の知識獲得は逐次学習によって行われる。そのため知識の追加学習が可能である。提案法はニューラルネットワークへの接続を前提としており、自身もニューラルネットワークモデルで表わされる。

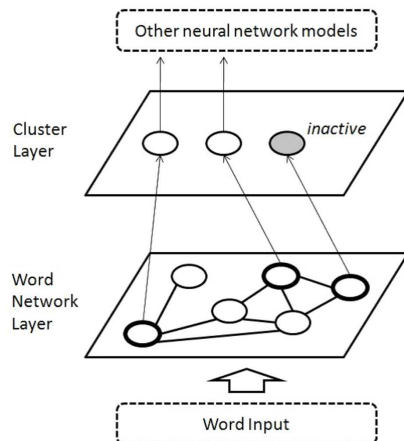


図1 単語ベクトル化のためのニューラルネットワーク

図1は、提案法をニューラルネットワークモデルとして表したものである。提案法は以下の二層から成る。

- ・ **Word Network Layer** ここでは一つのニューロンが一つの単語と対応しており、関連のある単語を表すニューロン同士は重み付きで結合されている。

- ・ **Cluster Layer** Word Network Layerのうち選ばれた幾つかのニューロンのみと結合されている。更に、その中で優先順位の高いものが活性化されており、ベクトルの要素として採用される。この出力は、他のニューラルネットワークへ接続されることを想定している。また、Cluster Layer と Word Network Layer の結合加重は、一律的に1である。

また、図2に動作の流れについて示す。まず特定単語に対応するニューロンが発火する。ここで1単語に対応するニューロンは1つだけである。その後、隣接ニューロンへ発火が伝播しながらニューラルネットワーク全体に弱い発火が広がる。この伝播は全てのニューロンの発火が収束するまで繰り返される。その後、Cluster Layer からの出力値をベクトルと見なすことで、ベクトル化が行われる。

② 単語のベクトル表現の評価実験

アルゴリズムによる類似性判断と人間による判断の相関を取ることでベクトル化手法の評価を行った。

実験に用いたデータは Word Similarity 353 Collection で得られたものを手動で日本語化したものである。相関の算出にはスピアマンの順位相関係数を用いた。

図3にスピアマンの順位相関係数を用いた評価結果を示す。図より、相関関数が単調増加となるものの、総じて2000語程度で収束に向かっていることが分かる。また、クラスタ係数による中心性の方が次元中心性よ

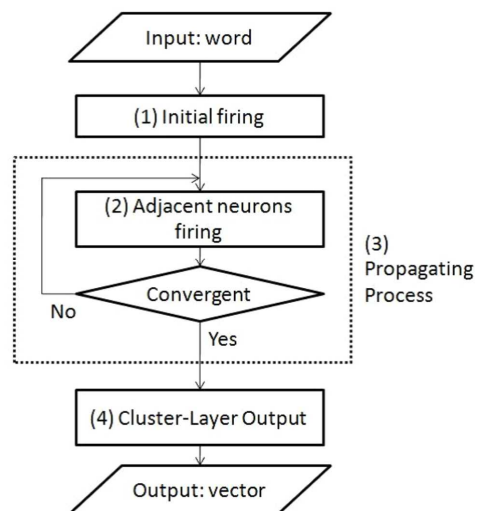


図2 ニューラルネットワーク動作の流れ

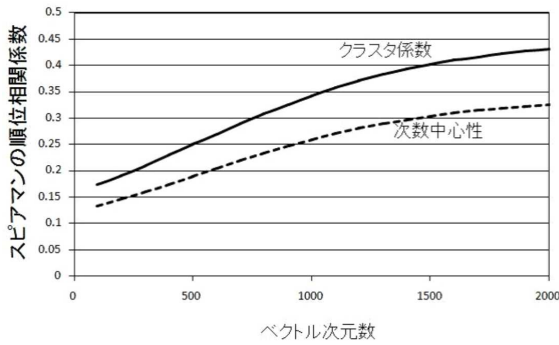


図3 スピアマンの順位相関係数による評価

りも優れていることが分かる。これらの値は2つの中心性に対して比較したものであるが、幾つかの文献で他の手法に対するスピアマンの相関係数に関する実験が報告されている。例えば WordNet を利用した順位相関係数は 0.33 から 0.35、Wikipedia を用いた手法の一つが 0.19~0.48 であり、同程度の精度で類似度が測定できていることが確認できる。

(2) 大脳における長期記憶部としての電子辞書の効果的な利用方式

① 電子辞書を用いた会話システム

電子辞書の効果的な利用方式に関しては、具体的な例題を用いた検証が効果的である。そこで本研究では、複数の言語資源を用い、ユーザの入力から対話を動的に生成するシステムを構築した。具体的には、複数の言語資源を包括的に検索することのできるシステムを構築し、それを用いた対話システムの構築を行った。

本システムでは、ユーザの入力に含まれる単語に対して話題語を抽出する。続いて、話題語を基点に Web 日本語 N グラムを検索し、その単語を含む文字列を再帰的に繋げることで対話を生成する。文字列は話題語との関連性や結び付きの度合いに応じて選択される。また、会話の文脈を過去の話語のスコアを使用することで考慮している。

図4に提案システムの流れを示す。提案システムでは、ユーザは Web における一般的

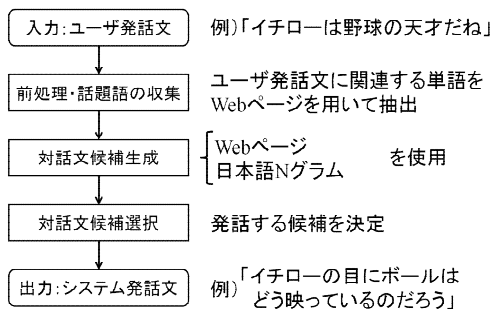


図4 会話システムでの処理の流れ

なチャット形式でシステムとの対話を行うことができる。ユーザとシステムとの対話は一対一で行われる。

② 会話システムの評価実験

提案システムにおけるユーザの満足度や対話の際の楽しさ、クオリティなどを評価するのを目標に実験を行った。

評価実験の手順は以下の通りである。まず被験者に提案システムを含む3種類のシステムを使って対話をしてもらい、その後アンケートに答えてもらった。

被験者は男女12名である。評価実験の結果を表1に示す。アンケートの項目は、Griceの会話の公準を参考にしたものである。また、評価は(1:低い-5:高い)の5段階である。

表1 会話システム評価実験結果

評価項目	提案システム	ロイディ	Eliza 日本語版
対話の適応性	3.83	2.58	1.50
対話の多様性	4.75	3.50	1.17
対話の満足度	4.25	2.33	1.33
発話の完成度	3.41	2.17	3.33
文脈考慮性	3.58	2.17	2.08

(3) 思考を扱えるネットワークの基本的な枠組み

① ネットワークの構成

入力された自然言語文から文同士の関係、単語間の関係の学習を行なった後、新たに付加された辞書層をいわば人間の長期記憶部として用いることで、効果的な思考や推論が可能なネットワークの構築を行った。

図5に深層格を導入した言語処理ニューラルネットワークの構成を示す。ネットワークは、Sentence Layer, Knowledge Layer, 10種のDeep Case Layer, Dictionary Layerからなる。

入力文は、構文解析器(CaboCha)を用いた係り受け解析により知識に分解され、さらに単語の深層格推定が行われる。ここで知識とは、文をさらに細かく分解したもので、意味的にまとまった文節群のことを指す。従来研究の多くは、文章を学習するとき文を単語単位に分解し、それぞれを1つのニューロンに対応させていた。これは、例えば「新聞はイチローがアメリカで偉業を成し遂げたと報じた」という文でも、これを単語単位に分解してネットワークにニューロンを作成すると、係り受け関係や文の再構築が困難になってしまう。

そこで本ネットワークでは、図5に示すように係り受け関係を保持するために文を知識に分解し、また、文の再構築を可能にするために深層格推定を行う。文から割り当てられた知識、深層格はネットワーク中では異なる層で扱われる。これは、脳内において、文

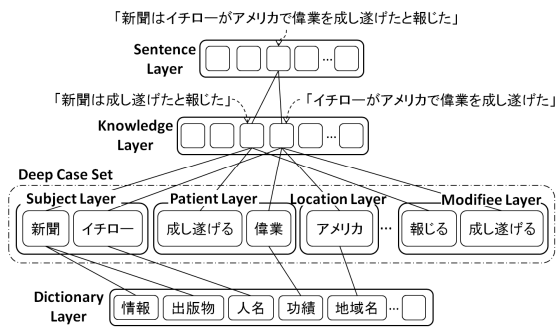


図5 深層格を導入した言語処理ニューラルネットワークの構成

表2 知識への分解と深層格推定の例

Sentence	Knowledge Unit	Word	Deep Case
新聞は イチローが アメリカで 偉業を 成し遂げたと 報じた	新聞は	新聞	Subject
		成し遂げたと	Patient
	報じた	報じる	Modifyee
		イチローが	Subject
	アメリカで	アメリカ	Location
		偉業を	Patient
	成し遂げたと	成し遂げる	Modifyee
		報じた	Modifyee

表3 深層格

Deep Case	Role of Deep Case
Subject	Deliberately performs the action.
Patient	Undergoes the action and changes its state.
Instrument	Used to carry out the action.
Location	Where the action occurs.
Goal	Where the action is directed towards.
Source	Where the action originated.
Time	Time at which the action occurs.
Cause	What caused the action to occur in the first place.
Modification	Other deep cases.
Modifyee	Independent word to play a key role.

や節、単語の意味の格納される部位がそれぞれ違うという知見や文法を専門に扱うブローカ野を意識した構成となっている。

表2に知識への分解と深層格推定を行った結果を示す。入力文は、2つの知識(Knowledge unit)に分割され、それぞれの単語に深層格が付与されている。

深層格は表3に示すように、10種類用いている。ネットワークの学習は、エネルギーの伝播によって行われる。

② 評価実験結果例

学習文書として goo の国語辞書と Wikipedia より、生物分野の文書を用意し、実験に用いた。学習文書の単語数は 4522 語である。表4に学習文の一部を示す。表5には学習後のネットワークサイズを示す。

・想起実験

人間の脳では連想記憶機能は重要である。学習に用いた文章を正しく想起できるかについての検証実験を行った。その結果、99.7%という高い想起率が得られた。

・思考に関する実験

思考に関する実験として、「学習文を元に

表4 学習に用いた文の例

犬は哺乳類である。
猫は単独で獲物に忍び寄るか、待ち伏せして獲物をとらえる。
鳥類は陸上に巣をつくり、固い殻のある卵を産む。
魚はえらで水中の酸素を呼吸する。
カエルは水辺で生活し、陸と水中の両方で生活する種類が多い。
カエルは産卵場所で雄が雌を奪い合って互いを押しつけた

表5 学習後のネットワークサイズ

Layer	Number of neurons
Sentence	286
Knowledge	1025
Subject	186
Patient	221
Instrument	6
Location	67
Goal	24
Source	32
Time	2
Cause	17
Modification	516
Modifyee	558
Dictionary	556

して三段論法によって得られる知識」を質問文として用いた場合の推論の精度を調べた結果、以下のデータが得られた。

2 知識の簡易な文章 (15 文) : 100%

3 知識以上の複雑な文章 (15 文) : 80.4%

表6に実験に実際に用いた文章と回答を示す。

ニューロン数が 3500 程度の比較的小規模なニューラルネットワークではあるが、300近い文の記憶と、それに基づく高度な推論が可能であることがわかった。

表6 実験に実際に用いた文章と回答の例

Question Sentences	System's Answer	Correct Answer
(c) 犬は肺で呼吸するか?	YES	YES
メダカは水中で生活するか?	YES	YES
カラスは薄い皮膚を持つか?	YES	YES
(d) 犬は体表を覆う体毛を持ち、体温の発散を防いでいるか?	YES	YES
メダカは水中に殻のない卵を産むか?	YES	YES
カラスは角質の鞘でおおわれた嘴と、鱗のある足を持つか?	NO	YES

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5件)

① 畑 健治, 小倉卓也, 萩原将文, 言語資源

を用いた非タスク指向型対話システム, 感性工学研究論文集, 査読有, Vol. 10, 2011. (掲載決定)

- ② 清水浩平, 萩原将文, 名詞と動詞の組み合わせに対する印象推定法, 感性工学研究論文集, 査読有, Vol. 10, 2011. (掲載決定)
- ③ 相良 司, 萩原将文, 深層格を導入した言語処理ニューラルネットワーク, 電気学会論文誌 C, 査読有, Vol. 131-C, No. 3, pp. 551-557, 2011.
- ④ 萩原将文, ニューラルネットワーク最新事情(5): 脳型コンピュータに向けて, 日本知能情報ファジィ学会誌, 査読無, Vol. 23, No. 1, pp. 99-106, 2011-02.
- ⑤ 堀田創, 橋高正薫, 萩原将文, ニューラルネットワークのための単語間の関連情報を用いた単語のベクトル化, 電気学会論文誌 C, 査読有, Vol. 130-C, No. 1, pp. 75-82, 2010.

[学会発表] (計 13 件)

- ① Takuya Ogura and Masafumi Hagiwara, Neural Network Type Knowledge Extraction Method from Web and its Application to a Question-Answering System, International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems & ISIS 2010, 査読有, 2010-12-9, 名古屋.
- ② 清水浩平, 萩原将文, 名詞と動詞の組み合わせに対する印象推定法, 日本感性工学会第 30 回あいまいと感性研究部会研究発表講演会, 査読無, 2010-11-13, 東京.
- ③ 畑健治, 小倉卓也, 萩原将文, 言語資源を用いた非タスク指向型対話システム, 日本感性工学会 第 30 回あいまいと感性研究部会研究発表講演会, 査読無, 2010-11-13, 東京.
- ④ Hiroaki Yamane and Masafumi Hagiwara, A Funny Proverb Generation System Based on Sukashi, International Conference on Artificial Neural Networks, LNCS 6354, 査読有, pp. 368-377, 2010-09-15, Thessaloniki, Greece.
- ⑤ 畑健治, 小倉卓也, 萩原将文, 複数の言語資源を用いた非タスク指向型対話システム, 人工知能学会第 77 回人工知能基本問題研究会, 査読無, pp. 2010-10-15, 東京.
- ⑥ Ttukasa Sagara and Masafumi Hagiwara, Natural Language Processing Neural Network for Recall and Inference, International Conference on Artificial Neural Networks, LNCS 6354, 査読有, pp. 286-289, 2010-09-17, Thessaloniki, Greece.
- ⑦ Masahiro Saito and Masafumi Hagiwara, Natural Language Processing Neural Network for Analogical Inference, 2010

IEEE International Joint Conference on Neural Networks, 査読有, pp. 2886-2892, 2010-07-19, Barcelona, Spain.

- ⑧ 相良 司, 萩原将文, 想起と推論を行う言語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, 査読無, vol. 109, no. 461, NC2009-172, pp. 495-500, 2010-03-11, 東京.
- ⑨ 山根宏彰, 萩原将文, 笑いを生み出すことわざすかしの自動生成システム, 第 35 回ファジィ・ワークショップ, 日本知能情報ファジィ学会, 査読無, pp. 19-24, 2010-03-19, 東京.
- ⑩ 齋藤雅裕, 萩原将文, 類推を行う言語処理ニューラルネットワーク, 2009 年ファジィシステムシンポジウム, 査読無, 2F4-03, 2009-07-15, 筑波.
- ⑪ 齋藤雅裕, 萩原将文, 類推を行う言語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, 査読無, NC2008-103, pp. 1-6, 2009-03-11, 東京.
- ⑫ Masanobu Kittaka and Masafumi Hagiwara, Language Processing Neural Network with Additional Learning, International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems & ISIS 2008, 査読有, 2008-09-18, 名古屋.
- ⑬ 橋高正薫, 萩原将文, 追加学習可能な言語処理ニューラルネットワーク, 2008 年ファジィシステムシンポジウム, 査読無, WD2-3, 2008-09-3, 大阪.

[その他]

ホームページ等

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

6. 研究組織

(1) 研究代表者

萩原 将文 (HAGIWARA MASAHIKI)

慶應義塾大学・理工学部・教授

研究者番号: 80198655

(2) 研究分担者

該当なし

(3) 連携研究者

該当なし