

## ニューラルコンピューティングの「いろは歌」作成への応用

吉池 紀子<sup>†</sup> 北端 美紀<sup>†††</sup> 武藤 佳恭<sup>††</sup>

本論文では、ニューラルコンピューティングの組合せ最適化手法の応用として、現代語を組み合わせた現代風「いろは歌」の作成方法を紹介します。ここでは、現代風「いろは歌」作成問題を二種類の組み合わせ最適化問題として捉えることによりニューラルコンピューティング手法により解くことを可能にした。一つ目の問題はすべての仮名を重複なく用いるような文節の組を選ぶ問題である。二つ目の問題は日本語の係り受け制約に基づいて語順を決める問題である。シミュレーションでは、あらかじめ語群として用意した964語の文節の中からいろは歌作成を行なった。その結果、自然な日本語に近い現代風「いろは歌」を生成できることが示された。

### A Neural Computing Approach for Composing *Iroha-Uta*

NORIKO YOSHIKE,<sup>†</sup> MIKI KITABATA<sup>†††</sup> and YOSHIYASU TAKEFUJI<sup>††</sup>

We present a neural computing approach for composing a new version of *Iroha-Uta* using modern Japanese words and grammar. A new *Iroha-Uta* can be composed by satisfying the following two restrictions. One of restrictions is how to choose words that satisfy the rule of *Iroha-Uta* and the other is how to order these words for making sentence based on Japanese grammar. In our simulation, 964 preset words are used for making *Iroha-Uta*. Our experimental results shows that the proposed algorithm can compose variations of *Iroha-Uta* as natural Japanese sentence.

#### 1. はじめに

現代風「いろは歌」作成問題とは、文学者の間で俳句や川柳とともに知られている作詞問題の一つで、現代の46個の仮名文字すべてを重複なく用いて歌を作るという言葉のパズル的な要素を含んでいる。最も良く知られている「いろは歌」は平安時代に作られたと言われる次の歌である。

いろはにほへと ちりぬるを  
わかよたれそ つねならむ  
うるのおくやま けふこえて  
あさきゆめみし めひもせず

この歌は47個の旧仮名文字をすべて使いながら、七

五調の覚えやすい形式をとり、美しい情景描写と諸行無常の意味を込めた歌であるため、多くの人から慕われる歌である。

本論文では、これまで人の手によって作られていた「いろは歌」をニューラルコンピューティング手法<sup>2)3)4)5)</sup>を用いて自動的に作成するという新しい試みを行う。ここでは、問題を二つの組み合わせ最適化問題として捉えることでニューラルコンピューティングを用いて解くことを可能にした。一つ目の問題は現代語をどのように選ぶとすべての仮名を重複なく用いることができるかという言葉のパズル的な問題である。この問題は多数の語句の中から数十個の語句を選ぶという組み合わせ爆発的な問題であるため、ニューラルネットワークを用いた手法が適している。二つ目の問題は自然な日本語で見られる係り受け制約に基づいて語順を決める日本語生成の問題である。ここでは既に用いる語句が選ばれているため語句間の関係を定める係り受け制約に従うペアを求めることが必要である。この問題に対しても複数の制約条件を同時に扱うことのできるニューラルコンピューティング手法が適している。

シミュレーションでは、本手法を用いて964語の文

<sup>†</sup> 慶応義塾大学大学院政策・メディア研究科  
Graduate School of Media and Governance Keio University  
<sup>††</sup> 慶応義塾大学環境情報学部  
Faculty of Environmental Information  
<sup>†††</sup> NTT 生活環境研究所 メディアエレクトロニクス研究部  
メディア並列処理応用研究グループ  
Parallel Processing Systems Research Group  
Multi-media Electronics Laboratory NTT Lifestyle and environmental Technology Laboratories

節データの中からは歌の作成を行った。本論文の最後にシミュレーションで作られた歌と人の手で作られた歌との比較を行う。

## 2. 文節選択のニューラルネットによるモデル化

一つ目の問題である現代語を選択する問題では、文節の単位で区切られた現代語をいろは歌の制約条件に当てはまるように選択する問題を考える。

### 2.1 制約条件

一段階目の文節選択の問題のための制約条件は以下の2つである。

- 同じ文字を重複して使用しない
- “あ”から”ん”まで46文字すべての平仮名を使う

### 2.2 ニューラル表現

データとして与えられた文節に対し、その文節を使用するか使用しないかを表すニューロン  $V_i$ , ( $i = 1, \dots, n$ ) (ここでの  $n$  は文節数) を用意する。

文節  $i$  を使用することを  $V_i = 1$ , 使用しないことを  $V_i = 0$  とすると、選択された文節の組は0か1を要素に持つニューロン配列の状態の一つとして表される。

また選ばれた文節に対し、それぞれの仮名文字が重複するかどうかを調べるため、ニューロンの発火に伴って発火するサブニューロンを用意する。このサブニューロンは3次元配列  $V'_{ijk}$ , ( $i = 1, \dots, n$ ), ( $j = 1, \dots, m_i$ ), ( $k = 1, \dots, 46$ ) (ここでの  $m_i$  はそれぞれの文節の仮名文字数) として表すことができ、文節  $i$  の  $j$  文字目で仮名  $k$  が使われるか否かを表す。つまり、 $V'_{ijk}$  は、文節  $i$  が選択されていて ( $V_i = 1$ )、かつ文節  $i$  の  $j$  文字目がある仮名  $k$  に対応するとき  $V'_{ijk} = 1$ , それ以外のとき  $V'_{ijk} = 0$  となる。仮名の種類は”あ:1, い:2, ..., ん:46”とそれぞれ番号づけされている。

### 2.3 動作式

文節選択の制約条件を満たすようにニューロンの状態を変化させるニューラルネットワークの動作式は次式のようになる。

$$\frac{dU_i}{dt} = -A \times \sum_{c=1}^{m_i} \left( \sum_{a=1}^n \sum_{b=1}^{m_a} V'_{abd_{ic}} - 1 \right) \times \frac{1}{m_i} + B \times \text{hill} \times m_i \quad (1)$$

ただし、ニューロン  $V_i$  は式 (2) で表されるマッカロックピッツニューロン<sup>1)</sup>で、ニューロン  $V_i$  の状態値  $U_i$  は式 (3) で表される一次のオイラー法で変化させるものとする。

$$V_i = \begin{cases} 1 & \text{if } U_i > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

$$U(t+1) = dU(t+1) + U(t) \quad (3)$$

ここで、動作式の係数  $A, B$  はステップ数  $t$  によって変化するパラメータ、 $m_i$  は文節  $i$  の文字数、 $d_{ic}$  は文節  $i$  の  $c$  文字目の仮名の種類、 $n$  は文節群に含まれる文節の数である。

動作式の第1項目は、各仮名文字を重複せずに使用するという第1の制約条件を満たすように働く項である。第2項目は、”あ”から”ん”までのすべての平仮名を使用するという第2の制約条件を満たすように働く項である。第2項目の  $\text{hill}$  は、局所解から抜け出す働きをし、式 (4) で与えられる関数である。

$$\text{hill}(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } x < m_i \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

また式 (1) では、第一項は仮名文字の数  $m_i$  の逆数を掛け、第二項は仮名文字の数を掛けることで、文字数の多い文節を優先して選ぶように重づけがされている。

## 3. 文生成のニューラルネットによるモデル化

二つ目の問題である選択された文節を並び替える文生成問題では、日本語の係り受け制約に従った文節の並び替えを行うことにより、自然な日本語文生成を目的とする。係り受け制約とは、文節間の関係に見られる制約のことである。詳細は文献7)を参照。

### 3.1 制約条件

係り受けに伴う制約条件には以下のものがある。

1. 接続可能性: 2文節単位でみたときに文法的に接続可能であるものと係り受け対応する。
2. 非交差性: 文節間の係り受けは互いに交差しない。
3. 係り先専有性: 最後の文節を除いたすべての文節は自分より後方の文節いずれか一つに係る。
4. 卑近接続性: 「距離的に近い」文節間ほど係り受けが成立しやすい。

2,3,4の制約の詳細は、8)の構文原理を参照。これら4つの制約を考慮して、自然な日本語に近い文の生成を行うことが目的である。ここでは、1. 接続可能性、3. 係り先専有性、4. 卑近接続性の制約条件を満たす係り受けのペアをニューラルネットワークによって求め、2. 非交差性を満たす語順を求めるため後処理を行う。

### 3.2 ニューラル表現

ニューラルネットワークで係り受けのペアを決めるために、ニューロン  $X_{ij}$  ( $i, j = 1, \dots, l$ ) ( $l$  は選ばれた文節の数) を用意し、文節  $i$  から文節  $j$  へ係り受けが

行われることを  $X_{ij} = 1$ , 行われなことを  $X_{ij} = 0$  と表す。

### 3.3 動作式

係り受けペアをつくる際に制約条件 1.3.4. を考慮して, ニューロン  $i, j$  の内部状態  $W_{ij}$  の更新式は以下のように定義する。

$$\begin{aligned} \frac{dW_{ij}}{dt} = & -A \times (f_1(\sum_{a=0}^{n-1} X_{ai} + \sum_{a=0}^{n-1} X_{ia}) \\ & + f_1(\sum_{a=0}^{n-1} X_{aj} + \sum_{a=0}^{n-1} X_{ja})) \\ & - B \times f_2(\sum_{a=0}^{n-1} X_{ia}) - C \times \sum_{a=0}^{n-1} X_{aj} \\ & - D \times (1 - e_{h_i h_j}) \times X_{ij} \end{aligned} \quad (5)$$

ただし, ニューロン  $X_{ij}$  は式 (6) で表されるヒステリシス-マッカロックピッツニューロンモデルで, ニューロン  $X_{ij}$  の内部状態  $W_{ij}$  は一次のオイラー法で変化させるものとする。

$$X_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{if } W_{ij} \geq 0 \\ 0 & \text{if } W_{ij} \leq -1 \\ X_{ij} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

動作式の第一項目は係り受けのペアが必ず一つ存在するように働く項であり, 関数  $f_1(x)$  は式 (7) によって定義される。

$$f_1(x) = \begin{cases} -1 & \text{if } x < 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (7)$$

第二項目は 3. 係り先専有性を満たすためのものであり, 関数  $f_2(x)$  は式 (8) によって定義される。

$$f_2(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } x > 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (8)$$

第三項目は 4. 卑近接続性に対応するコスト関数であり, 一つの文節へ係り受けが集中しないようにすることで離れた文節同士がペアになることを防いでいる。

第四項目は 1. 接続可能性を満たすための項である。  $e_{h_i h_j}$  は文節  $i$  に含まれる単語  $h_i$  と文節  $j$  に含まれる単語  $h_j$  が係り受け可能かどうかを示しており, 係り受け可能なときに 1, 可能でないときに 0 とする。係り受け可能な文節間の関係は次の 3 種類の文節関係とする。

- ・ 連用詞句 → 動詞句
- ・ 連体詞句 → 名詞句
- ・ 名詞句 → 動詞句

### 3.4 語順決定

ニューラルネットワークで係り受けのペアを求めた後, 2. 非交差性を満たすような語順決定処理を行う。既に 3. 係り先専有性が満たされているため, 文節間の係り受け関係をツリーを使って表すことができるこのツリーに対し葉に近い方から順に番号をふることによって, 交差を防ぐ。

### 4. シミュレーション結果

シミュレーションのための文節群として, 6) 等の本のから任意に選んだ文節を合計 964 語用意した。1 段階目のニューラルネットワークの動作式のパラメータ  $A, B$  の初期値は  $A = 1, B = 1$  とし, 50 ステップごとに  $A = A + 1, B = B/5$  という演算を行い, 収束率を高めた。

2 段階目の文生成では, 1 段階目で選ばれた文節に {0: 名詞句, 1: 動詞句, 2: 連体詞句, 3: 連用詞句} の中から分類を行い, 入力データとする。2 段階目のニューラルネットワークの動作式の係数を  $A = 1, B = 1, C = \max(0, 0.5 - 0.15 \times (t/50)), D = 1$  とした。  $C$  をステップ数と共に減少させることによって収束率を高めた。

シミュレーション結果を以下に示す。結果 1:

ほのしろく おわかれを ぶり  
はす たちこめて  
やねへ なのにも ぬけようと  
いえ つむ  
ゆきらん みせ  
あさひ そまる

結果 2:

つき そんな おを みせ  
いちやけむり  
さくら ひとの ふゆ はて  
ぬすまれた ほうへ  
しろねこ もえる  
よにわかあめ

係り受け関係を図 1 に示す。

また, 結果 2 を人間によって並び替えた例を以下に示す。

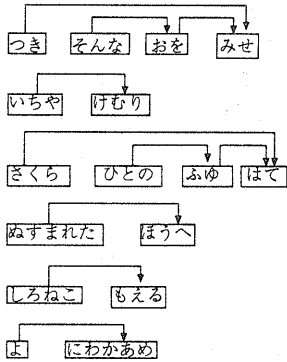


図1 結果2の係り受け関係

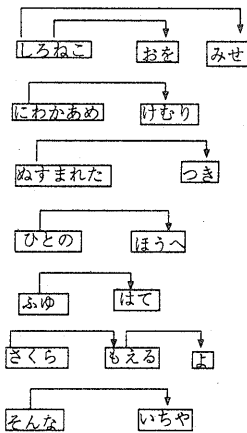


図2 人間によって並び変えた歌の係り受け関係

しろねこ	おを	みせ
にわかあめ	けむり	
ぬすまれた	つき	
ひとの	ほうへ	
ふゆ	はて	
さくら	もえる	よ
そんな	いちや	

係り受け関係を図2に示す。

## 5. 考 察

選ばれた文節郡：結果2に対する本手法による並び替えと人間の手法による並び替えの結果を示した。係り受け関係のみに着目するとパターンが似ている。係る文節対受ける文節の数の比率が1対1、あるいは2対1となり、近い文節同士で係り受けが起きている点や（にわかあめ → けむり）と（いちや → けむ

り）のように（名詞 → 動詞）の同じ規則の係り受けの中で一部の文節が入れ替わっている点などである。この結果から、係り受けの制約条件に関しては人間の生成する文とほぼ同じ文を生成できることがわかる。

しかしながら、本手法によって作成された文では（いえ → つむ）という意味の通りにくい係り受けが起きている。そのため文全体の意味がわからなくなっているものが多く出現している。今回用いた係り受けの制約に加えて、文節間の係り受け関係に意味が通るかどうかの評価をすることが必要である。手法の例に、係り受け結合のしやすさをパラメータとしてニューラルネットワークの学習手法を用いて事例学習することが挙げられる。この手法には多くの事例学習が必要となるが、生成される文をより自然な文に近づける効果が期待できる。

## 6. おわりに

シミュレーション結果では人間が手で並替えた文と比較すると係り受けの起る文節間の距離や文節間の係り受けのパターンが似ていた。本手法で係り受けの文節間関係に着目すれば自然な日本語に近い文が生成することが可能である。しかしながら、現段階では意味として不自然な係り受けが生じる可能性もあり、自然な係り受けや文の意味の評価に関して今後の課題としたい。

## 参 考 文 献

- 1) McCulloch W. S., Pitts W. (1943), A logical calculus of the ideas imminent in nervous activity. Bull.Math.Biophys., 5,115-133
- 2) Hopfield J.J.(1982), "Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities" Proc. Natl. Acad. Sci. US-A, 79, 2554-2558
- 3) Yoshiyasu Takefuji "Neural Network Parallel Computing" Kluwer Academic Publishers, 1992.
- 4) 武藤佳恭, 「ニューラルネットワーク」, 産業図書, 1996
- 5) 武藤佳恭, 「ニューラルコンピューティング」, コロナ社, 1996
- 6) 稲垣足穂, 「一千一秒物語」, 新潮社, 1969
- 7) 長尾真編, 「自然言語処理」, 岩波書店, 1996
- 8) 清水浩行, 佐藤秀樹, 林達也, 「ニューラルネットを利用した日本語係り受け解析-係り受け解析の数値問題としての取り扱いについて-」, 電子情報通信学会論文誌 DII Vol.J80-DII No.9 pp.2457-2465 1997.9