

# 文法構造変換および句構造変換を用いた統計翻訳

畑中勇輝 \*1 村上仁一 \*2 徳久雅人 \*2

\*1 鳥取大学 工学部 知能情報工学科

\*2 鳥取大学大学院 工学研究科 情報エレクトロニクス専攻

\*1,\*2 {s102039, murakami, tokuhisa} @ ike.tottori-u.ac.jp

## 1 はじめに

現在、機械翻訳において、統計翻訳の研究が注目されている。しかし、日英統計翻訳は日本語と英語の文法構造が異なるため、翻訳精度を向上することが困難である。この問題を解決するために、日本語の単語を並び替えて、英語の文法構造に近づけてから、統計翻訳を行なう研究がされている。

岡崎 [1] によると、日本語文の主語、目的語、動詞 (SOV) を主語、動詞、目的語 (SVO) の順に並び替えただけでは翻訳精度は向上しなかったことが報告されている。一方、星野ら [2] によると、述語項構造に基づく事前並べ替えを行った後で、句に基づく統計翻訳 (PSMT) を行うことで、翻訳精度が向上したことが報告されている。星野らは特許文を使用している。そして、人手評価を行っていない。しかし、特許文は文法構造が複雑で、人手評価が困難である。

そこで、本研究では簡単な文法構造である単文コーパス [3] を使用し、星野らの論文の検証を行う。

## 2 日本語文法構造変換による翻訳

### 2.1 動詞の文法構造変換 [1]

岡崎 [1] による動詞の文法構造変換の手法は日本語文を英語の文法構造に近づけるために、日本語文の主語、目的語、動詞 (SOV) を主語、動詞、目的語 (SVO) の順に並び替え、日英統計翻訳を行う。動詞の文法構造変換の変換例を図 1 に示す。

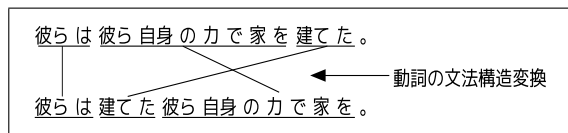


図 1 動詞の文法構造変換の変換例

### 2.2 述語項構造に基づく事前並べ替え [2]

星野ら [2] による述語項構造に基づく事前並べ替えの手法を以下に示す。

#### 1. 係り受け・述語項構文解析

日本語文に対して、係り受け・述語項構文解析を行う。

#### 2. 文の文法構造変換

係り受け関係を用いて、深さ優先に基づき、並び替える。

#### 3. 助詞の文法構造変換

目的言語での順序に基づき、句中の内容語と機能語を並び替える。

述語項構造に基づく事前並べ替え [2] の変換例を図 2 に示す。

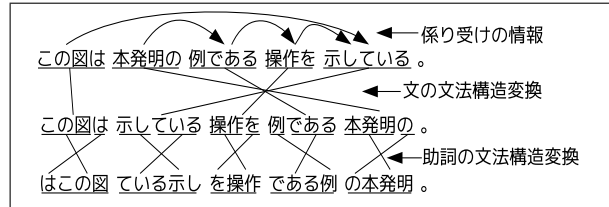


図 2 述語項構造に基づく事前並べ替え [2] の変換例

### 2.3 提案手法

星野らの研究 [2] は特許文を使用している。そして、人手評価を行っていない。しかし、特許文は文法構造が複雑で、人手評価が困難である。

そこで、本研究では簡単な文法構造である単文コーパス [3] を使用する。動詞および目的語および助詞の 3 種類の文法構造変換を組み合わせた実験を行う。それぞれの手法を以下に示す。

#### 1. 動詞の文法構造変換

日本語文の主語、述語、動詞 (SOV) を主語、動詞、述語 (SVO) の順に並び替える。なお、岡崎の動詞の文法構造変換 (図 1) と同様の手法である。

#### 2. 目的語の文法構造変換

目的語の句を後ろから順に並び替える。なお、この文法構造変換は星野らの述語項構造に基づく事前並べ替えの手法と、ほぼ同等である。

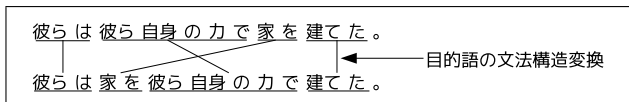


図 3 目的語の文法構造変換の変換例

#### 3. 助詞の文法構造変換

目的語内の文節の内容語と機能語を並び替える。

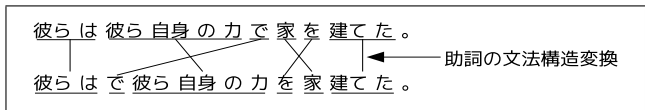


図 4 助詞の文法構造変換の変換例

動詞の文法構造変換と目的語の文法構造変換と助詞の文法構造変換を組み合わせたときの変換例を図 5 に示す。

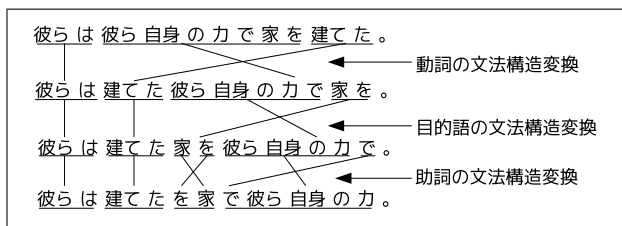


図 5 動詞+目的語+助詞の文法構造変換の変換例

### 3 本研究で用いる文法

本研究で用いる主語・動詞・目的語・助詞の定義を以下に示す。

#### 3.1 主語の定義

主語は文頭から係助詞「は」、格助詞「が」、係助詞「も」が最初に出現するまでの単語列とする。主語の例を以下の下線部に示す。

例:私の母は 部屋の掃除を始めた。

#### 3.2 動詞の定義

動詞は文末から最初に、動詞の定義に該当した単語までの単語列とする。動詞の定義の一部を表1に示す。動詞の例を以下の下線部に示す。

例:私の母は部屋の掃除を始めた。

表1 動詞の定義

[名詞-サ変接続] + [動詞-自立] または [助動詞] + [助動詞] 例: 反対しなかった
[名詞-サ変接続] + [動詞-自立] または [動詞-非自立] 例: 支持した
[名詞-形容動詞語幹] + [動詞-自立], [動詞-非自立] または [助動詞] 例: 馬鹿です, 馬鹿する, 馬鹿だ (だ文)
「動詞-自立」 + 「動詞-自立」 または 「動詞-非自立」 例: 吹き倒された, 言い負かす (複合動詞)
「動詞-自立」 例: 言う, 歩く

#### 3.3 目的語の定義

目的語は主語と動詞に挟まれた単語列とする。目的語の例を以下の下線部に示す。

例:私の母は部屋の掃除を始めた。

#### 3.4 助詞の定義

助詞は目的語内の文節の中で「の」、「と」以外の助詞とする。助詞の例を以下の下線部に示す。

例:私の母は部屋の掃除を始めた。

## 4 実験環境

### 4.1 実験内容

本研究では動詞および目的語および助詞の3種類の文法構造変換を用いる。そして、3種類の文法構造変換を組み合わせた計8種類の実験を行う。実験の種類を以下に示す。

1. 動詞の文法構造変換単独
2. 目的語の文法構造変換単独
3. 助詞の文法構造変換単独
4. 動詞の文法構造変換+目的語の文法構造変換
5. 動詞の文法構造変換+助詞の文法構造変換
6. 目的語の文法構造変換+助詞の文法構造変換
7. 動詞の文法構造変換+目的語の文法構造変換+助詞の文法構造変換
8. 文法構造変換を行わない実験 (ベースライン)

また、実験は句に基づく統計翻訳 (PSMT), 階層型統計翻訳 (HSMT) の2種類で行う。したがって、計16種類の実験を行う。

### 4.2 実験に用いるデータ

本研究では、辞書の例文から抽出した対訳データの単文コーパス [3] から、主語のない文と体言止めの文を削除する。実験に用いる文数を表2に示す。

表2 実験に用いる文数

train 文	82,261
test 文	8,189
development 文	825

## 4.3 統計翻訳システム

### 4.3.1 デコーダー

デコーダーは Moses [4] を用いる。

### 4.3.2 言語モデルの学習

$N$ -gram モデルの学習には SRILM [5] を用いる。また、 $N$ -gram モデルは 5-gram とする。

### 4.3.3 デコーダーに関するパラメータ

本研究ではパラメータチューニングは行わない。基本は default 値とするが、“ttable-limit” の値は “40”, “distortion-limit” の値は “-1” とする。

### 4.3.4 評価方法

評価方法に人手評価と自動評価を用いる。人手評価は翻訳文からランダムに 100 文取り出し、文法構造変換を行わない実験 (ベースライン) との対比較実験を行う。自動評価には BLEU [6], NIST [6], METEOR [7], RIBES [8] を用いる。

## 5 実験結果

### 5.1 評価結果

実験結果を表3~6に示す。また、表中の文法構造変換の列は4.1節の8種類の実験を意味する。

#### 5.1.1 人手評価

人手評価の PSMT での結果を表3に、HSMT での結果を表4に示す。

表3 PSMT での人手評価

文法構造変換	ベースライン○	提案手法○	差なし	同一出力
動詞	6	8	75	11
目的語	4	6	63	27
助詞	5	11	73	11
動詞+目的語	3	13	71	13
<b>動詞+助詞</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>71</b>	<b>11</b>
目的語+助詞	6	10	73	10
動詞+目的語+助詞	6	14	69	11

表4 HSMT での人手評価

文法構造変換	ベースライン○	提案手法○	差なし	同一出力
動詞	6	8	74	12
目的語	4	6	68	22
助詞	5	6	73	16
動詞+目的語	7	5	78	10
<b>動詞+助詞</b>	<b>3</b>	<b>12</b>	<b>71</b>	<b>14</b>
目的語+助詞	6	6	71	17
動詞+目的語+助詞	7	14	69	10

#### 5.1.2 自動評価

自動評価の PSMT での結果を表5に、HSMT での結果を表6に示す。

表9 動詞+助詞が優れている翻訳例

例1	
入力文	教育にはたいへんな金がかかる。
動詞+助詞	Education is very expensive .
ベースライン	The money will take a very education .
正解文	Education is very expensive .
例2	
入力文	君の行為は全く我慢できない。
動詞+助詞	I can't stand this act of you .
ベースライン	I can't act of you .
正解文	Your conduct is beyond bearing .

表5 PSMT の翻訳精度

文法構造変換	BLEU	NIST	METEOR	RIBES
動詞	0.1361	4.7408	0.4550	0.7227
目的語	0.1343	4.7575	0.4548	0.7201
助詞	0.1305	4.7002	0.4522	0.7197
動詞+目的語	0.1352	4.8356	0.4644	<b>0.7276</b>
動詞+助詞	0.1326	4.7369	0.4572	0.7223
目的語+助詞	0.1269	4.6393	0.4474	0.7194
動詞+目的語+助詞	<b>0.1365</b>	<b>4.8538</b>	<b>0.4659</b>	0.7264
ベースライン	0.1343	4.7646	0.4519	0.7196

表6 HSMT の翻訳精度

文法構造変換	BLEU	NIST	METEOR	RIBES
動詞	0.1348	4.7889	0.4593	0.7266
目的語	0.1339	4.7849	0.4574	0.7237
助詞	0.1340	4.7707	0.4572	0.7224
動詞+目的語	0.1323	4.8200	0.4585	0.7269
動詞+助詞	<b>0.1342</b>	4.7824	0.4617	0.7267
目的語+助詞	0.1320	4.7797	0.4480	0.7229
動詞+目的語+助詞	0.1333	<b>4.8274</b>	<b>0.4638</b>	<b>0.7294</b>
ベースライン	0.1331	4.7383	0.4557	0.7193

### 5.1.3 実験結果のまとめ

表3, 4 から以下のことが示せる。

1. PSMT と HSMT において、動詞の文法構造変換と助詞の文法構造変換を組み合わせた実験は翻訳精度が高い。
2. 一部の例外を除き、文法構造変換を行うことで、翻訳精度が向上する。
3. PSMT において、助詞の文法構造変換単独は有効である。しかし、動詞の文法構造変換単独および目的語の文法構造変換単独は有効でない。
4. HSMT において、動詞単独、目的語単独、助詞単独の文法構造変換は有効でない。
5. 表3と表5, 表4と表6を比べると、自動評価と人手評価の実験結果は一致しない。

### 5.2 PSMT での翻訳例

動詞と助詞の文法構造変換を組み合わせた実験の翻訳例をベースラインとともに表7,8に示す。なお、表中の下線は誤りと判断した箇所を表す。

表7 動詞+助詞が優れている翻訳例

例1	
入力文	私は新しい事業を計画している。
動詞+助詞	I plan to the new business .
ベースライン	I have a gunpowder factory .
正解文	I am planning another enterprise .
例2	
入力文	彼の意見に文句はありません。
動詞+助詞	I don't have any objection to his opinion .
ベースライン	I don't have the opinions of the with him .
正解文	I have no quarrel with his opinion .

表8 ベースラインが優れている翻訳例

例1	
入力文	ひとつの問題が別の問題を生じた。
動詞+助詞	One of the problem of the problem .
ベースライン	A problem has caused another problem .
正解文	One problem led to another .
例2	
入力文	東京の都心部でも同様の効果が出ている。
動詞+助詞	The in the center of Tokyo are similar effect .
ベースライン	There is a similar effect in the center of Tokyo .
正解文	The situation is reported to be similar in Tokyo .

### 5.3 HSMT での翻訳例

動詞と助詞の文法構造変換を組み合わせた実験の翻訳例を表9,10に示す。なお、表中の下線は誤りと判断した箇所を表す。

表10 ベースラインが優れている翻訳例

例1	
入力文	靴は5足持っている。
動詞+助詞	The shoes have five feet .
ベースライン	I have five pairs of shoes .
正解文	I have five pairs of shoes .
例2	
入力文	雪の重みで木の枝が曲がっていた。
動詞+助詞	The branches of the tree was bent under way under the weight of the snow .
ベースライン	The branches of the tree are bent under the weight of the snow .
正解文	The tree branches have bent under the snow .

## 6 考察

本研究では、動詞および目的語および助詞の文法構造変換を行い、翻訳精度の変化を調べた。実験の考察を以下に示す。

### 6.1 星野らの研究 [2] との比較

星野らの研究との比較を以下に示す。

1. 星野らは係り受け、述語項構文解析(目的語の文法構造変換)を用いて、文法構造変換を行った。しかし、本研究の結果では動詞の文法構造変換と助詞の文法構造変換の組み合わせは有効だが、目的語の文法構造変換は有効でなかった。
2. PSMT において、助詞の文法構造変換単独で翻訳精度が向上した。しかし、HSMT では翻訳精度が向上しない。

### 6.2 PSMT と HSMT の対比較

PSMT と HSMT の対比較の結果を表11に示す。なお、実験はベースライン、動詞と助詞の文法構造変換、動詞と目的語と助詞の文法構造変換で行った。

表11 PSMT と HSMT の対比較

	PSMT ○	HSMT ○	差なし	同一出力
動詞+助詞	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>67</b>	<b>24</b>
ベースライン	5	8	68	19
動詞+目的語+助詞	7	7	60	26

この表より、以下のことが示せる。

1. 動詞と助詞の文法構造変換を組み合わせた実験では、HSMT の翻訳精度の方が PSMT より優れている。
2. HSMT において動詞と助詞の文法構造変換の組み合わせが、16種類の実験で最も良いと考える。
3. 動詞と目的語と助詞の文法構造変換を組み合わせた実験では、PSMT と HSMT の翻訳精度に差がない。

### 6.3 実験の問題点

#### 6.3.1 複合動詞

本研究では、品詞を特定するために cabocha[9] を用いた。しかし、cabocha は「気になる」といった複合動詞は「気」+「に」+「なる」の3つの形態素に分解される。このため、複合動詞の一部のみが並び替えされる。例を

表 12 に示す。

表 12 複合動詞の一部のみが並び替えされる例

入力文	彼は周りの目を気にしない。
動詞+助詞	彼はしないを周りの目に気。

今後、「気になる」などの複合動詞を 1 つの動詞として処理する必要がある。

### 6.3.2 連続した助詞

本研究では、連続した助詞があった際、正しく出力されないことがある。例を表 13 に示す。

表 13 連続した助詞の出力例

入力文	信仰は山をも動かす。
動詞+助詞	信仰は動かすもを山。

今後、連続した助詞を 1 つの助詞として処理する必要がある。

## 6.4 OSV(目的語, 主語, 動詞) への文法構造変換

### 6.4.1 概要

日本語の文法構造は自由であるため、OSV(目的語, 主語, 動詞)の文法構造は不自然ではない。そこで、OSV(目的語, 主語, 動詞)への文法構造変換を行ってから、日英統計翻訳を行う手法を試みた。OSV(目的語, 主語, 動詞)への文法構造変換の手法を以下に示す。

1. 主語の文法構造変換：日本語文の SOV(主語, 目的語, 動詞)を OSV(目的語, 主語, 動詞)の順に並び替える。
2. 目的語の文法構造変換：目的語の句の後ろから順に並び替える。
3. 助詞の文法構造変換：目的語の内容語と機能語を並び替える。

データは表 2 に用いたものを使用する。OSV(目的語, 主語, 動詞)への文法構造変換の手法を図 6 に示す。

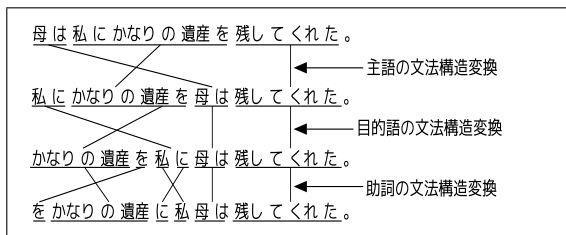


図 6 OSV(目的語, 主語, 動詞)への文法構造変換の翻訳

### 6.4.2 人手評価

PSMT と HSMT の人手評価の結果を表 14 に示す。

表 14 ベースラインと OSV の文法構造変換の人手評価

	ベースライン○	OSV○	差なし	同一出力
PSMT	10	13	69	8
HSMT	10	11	72	7

### 6.4.3 自動評価

自動評価の PSMT での結果を表 15 に示す。HSMT での結果は表 16 に示す。

表 15 PSMT の翻訳精度

	BLEU	NIST	METEOR	RIBES
OSV	<b>0.1399</b>	<b>4.8358</b>	<b>0.4653</b>	<b>0.7269</b>
ベースライン	0.1343	4.7646	0.4519	0.7196

表 16 HSMT の翻訳精度

	BLEU	NIST	METEOR	RIBES
OSV	<b>0.1393</b>	<b>4.8579</b>	<b>0.4614</b>	<b>0.7253</b>
ベースライン	0.1331	4.7383	0.4557	0.7193

### 6.4.4 評価結果のまとめ

ベースラインと比べると、OSV(目的語, 主語, 動詞)への文法構造変換を行っても翻訳精度は向上しない。

## 7 おわりに

星野ら [2] は述語項構造に基づく事前並べ替えを行った後で、句に基づく統計翻訳 (PSMT) を行うことで、翻訳精度が向上したことを報告している。しかし、星野らは特許文を使用している。そして、人手評価を行っていない。だが、特許文は文法構造が複雑で、人手評価が困難である。そこで、本研究では簡単な文法構造である単文コーパス [3] を使用し、動詞および目的語および助詞の文法構造変換を行い、翻訳精度の変化を調べた。

実験の結果、動詞の文法構造変換と助詞の文法構造変換の組み合わせは有効だが、目的語の文法構造変換は有効でなかった。また、HSMT において動詞の文法構造変換と助詞の文法構造変換の組み合わせが、最も高い翻訳精度であることが示された。

今後、提案手法の翻訳精度を向上するために、複合動詞や連続した助詞を処理する必要がある。

## 参考文献

- [1] 岡崎弘樹: 日本語文法構造変換による日英統計翻訳. 卒業論文, 2009.
- [2] 星野 翔, 宮尾 祐介, 須藤 克仁, 永田 昌明: 日英統計的機械翻訳のための述語項構造に基づく事前並べ替え. 言語処理学会第 19 回年次大会, 2013.
- [3] 村上仁一, 藤波進: 日本語と英語の対訳文対の収集と著作権の考察. 第一回コーパス日本語学ワークショップ pp.119-130 Mar. 2012
- [4] Philipp Koehn, Marcello Federico, Brooke Cowan, Richard Zens, Chris Dyer, Alexandra Constantin, Evan Herbst: Moses: Open Source Toolkit for Statistical Machine Translation moses.2007-05-29.tgz <http://www.statmt.org/moses/> Proceedings of the ACL 2007 Demo and Poster Sessions pages 177-180 June 2007
- [5] Andreas Stolcke: SRILM - an Extensible Language Modeling Toolkit <http://www.speech.sri.com/projects/srilm> 7th International Conference on Spoken Language Processing pp.901-904 2002
- [6] Papineni Kishore, Salim Roukos, Todd Ward, Wei-Jing Zhu: BLEU, NIST: a method for automatic evaluation of machine translation 40th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics pp.311-318 2002
- [7] Banerjee Satanjeev, Lavie Alon: METEOR: An Automatic Metric for MT Evaluation with Improved Correlation with Human Judgments Proceedings of Workshop on Intrinsic and Extrinsic Evaluation Measures for MT and/or Summarization at the 43th Annual Meeting of the Association of Computational Linguistics (ACL-2005) pp.65-72 2005
- [8] 平尾努, 磯崎秀樹, Kevin Duh, 須藤克仁, 塚田元, 永田昌明: RIBES: 順位相関に基づく翻訳の自動評価法 言語処理学会第 17 年次大会発表論文集 pp.1111-1114 2011
- [9] Taku Kudo, Yuji Matsumoto: Japanese Dependency Analysis using Cascaded Chunking CoNLL 2002: Proceedings of the 6th Conference on Natural Language Learning 2002 (COLING 2002 Post-Conference Workshops) pp.63-69 2002