

概要

近年の機械翻訳では、対訳データから自動的に翻訳規則を生成し翻訳を行う統計翻訳が注目されている。統計翻訳において、主語を省略している日本語文の翻訳精度が低いことは、問題点の1つである。この問題に対し、様々な研究が行われている。

日本語文において省略されている格要素の補完を行う研究として、中岩らの研究がある。中岩らは、省略補完のために、格の意味的制約・用言意味属性・様相表現・接続語などを考慮したルールを構築した。そして、構築したルールを用いて省略格要素の指示対象を推定した。実験の結果、ほとんどの省略格要素の適切な補完を報告した。

また、省略補完を統計翻訳へ適用した研究としては、古市らの研究や、平らの研究がある。古市らは、日英統計翻訳において、主語を省略している日本語文に対し、主語として“私は”を自動で補完した。実験の結果、テストデータのみ主語を補完した場合、人手評価と自動評価において翻訳精度の向上を報告した。また平らは、日英統計翻訳において、日本語文の省略格要素を手で補完し、翻訳を行った。実験の結果、人手評価と自動評価において翻訳精度の向上を報告した。

しかし、古市らの調査では次のような事例を示した。1) ある特定の主語(例えば“私は”)において日本語文の翻訳品質は低いが、他の主語(例えば“彼は”)において翻訳品質が高い。2) 主語がある日本語文の翻訳品質は低いが、主語を省略している日本語文の翻訳品質は高い。

そこで本研究では、主語を省略している日本語文及び、8種類の主語を補完した文をそれぞれ翻訳し、翻訳品質が高い文を選出することで、翻訳精度の向上を目指す。まず、8種類の主語を補完した日本語文と、主語を省略している日本語文に対し、それぞれ日英統計翻訳を行い、複数の出力文を得る。次に、翻訳モデルの確率と言語モデルの確率を掛け合わせた翻訳確率が最大となる出力文を選出する。そして、選出した文を、最終的な出力文とする。

実験の結果、人手評価と自動評価において翻訳精度の向上を示し、提案手法の有効性を確認できた。

目次

第1章	序論	1
第2章	統計翻訳	3
2.1	統計翻訳の概要	3
2.2	句ベース統計翻訳	5
2.2.1	翻訳モデル	5
2.2.2	言語モデル	10
2.2.3	デコーダ	11
2.2.4	パラメータチューニング	12
2.3	翻訳の評価方法	12
2.3.1	自動評価	12
2.3.2	人手評価	15
2.3.3	本研究における自動評価と人手評価の差	16
第3章	関連研究	17
3.1	省略要素の補完における先行研究	17
3.2	主語の省略により翻訳精度の低下を報告した先行研究	18
3.3	省略補完を統計翻訳へ適用した先行研究	20
3.3.1	古市らの研究	20
3.3.2	平らの研究	21
3.4	古市らの研究における問題点	22
第4章	提案手法	25
4.1	提案手法の目的	25
4.2	主語の定義	25
4.3	主語省略文	26
4.3.1	命令文	26

4.3.2	主語省略文の判断条件	27
4.4	主語補完	28
4.4.1	主語省略文の抽出方法	29
4.4.2	テストデータに対する主語補完	31
4.4.3	学習データ及びディベロップメントデータに対する主語補完	32
4.5	提案手法の実験手順	34
第5章	実験の種類	36
第6章	実験環境	38
6.1	実験データ	38
6.2	評価方法	39
6.3	その他の実験環境	39
第7章	実験	40
7.1	自動評価結果	40
7.2	人手評価結果	40
7.3	句ベース統計翻訳における考察	47
7.3.1	提案手法で選出した主語の数	47
7.3.2	提案手法と先行手法の比較に対する考察	49
7.3.3	提案手法とベースラインの比較に対する考察	57
7.3.4	提案手法が有効でない例	66
第8章	追加実験	68
8.1	パラメータチューニングを行わない句ベース統計翻訳における実験	68
8.2	階層型統計翻訳における実験	69
8.2.1	階層型統計翻訳	69
8.2.2	階層型統計翻訳における実験	70
8.2.3	学習データに対して主語補完を行った階層型統計翻訳における実験	75
8.3	複文を用いた句ベース統計翻訳における実験	76
第9章	考察	81
9.1	主語補完の精度	81
9.2	提案手法の選出方法	83

目 次

2.1	日英統計翻訳手順	4
2.2	日英方向の単語対応	6
2.3	英日方向の単語対応	7
2.4	intersection の例	7
2.5	union の例	8
2.6	grow の例	8
2.7	grow-diag の例	9
2.8	grow-diag-final の例	9
2.9	grow-diag-final-and の例	10
2.10	デコーダ動作例	12
4.1	主語省略文の手順	31
4.2	文頭単語抽出例 1	32
4.3	実験の手順	35
5.1	ベースライン	36
5.2	先行手法	36
5.3	提案手法	37
8.1	階層型統計翻訳手順	70

表 目 次

2.1	フレーズテーブルの例	6
2.2	言語モデルの例	11
2.3	正解文例	13
2.4	対比較評価の例 1	15
2.5	対比較評価の例 2	16
2.6	主語不一致の文例	16
3.1	文内照応の例	17
3.2	文節区切りの日本語文	18
3.3	文節区切りのフレーズテーブル	18
3.4	翻訳精度が低下した例	19
3.5	Moses のみの手法におけるフレーズ対	19
3.6	猪澤らの手法におけるフレーズ対	19
3.7	主語を省略している日本語文の例	20
3.8	主語の補完の例	20
3.9	省略タグ	21
3.10	省略補完	21
3.11	複数の主語補完が必要である例 1	22
3.12	複数の主語補完が必要である例 2	22
3.13	複数の主語補完が必要である例 3	23
3.14	主語の補完が翻訳に悪影響を与える例	23
4.1	主語を省略している日本語文の例	26
4.2	主語の例	26
4.3	主語省略文の例	26
4.4	命令文の例	27
4.5	命令文の例	27

4.6	主語省略文の判断条件	27
4.7	主語省略文の判断条件を満たす文の例	28
4.8	主語省略文の判断条件を満たさない文の例	28
4.9	形態素解析結果の例	29
4.10	主語省略文の例	29
4.11	主語省略文ではない文の例 1	30
4.12	主語省略文ではない文の例 2	30
4.13	主語補完例	32
4.14	文頭単語の日本語への変換規則	33
4.15	主語補完例	33
4.16	主語補完例	34
4.17	補完する 8 種類の主語	35
6.1	単文コーパス例文	38
7.1	句ベース統計翻訳における自動評価結果	40
7.2	提案手法と先行手法の人手評価結果	41
7.3	提案手法○の例	41
7.4	先行手法○の例	42
7.5	差なしの例	42
7.6	ベースラインと提案手法の人手評価結果	43
7.7	提案手法○の例	43
7.8	ベースライン○の例	44
7.9	差なしの例	44
7.10	ベースラインと先行手法の人手評価結果	45
7.11	先行手法○の例	45
7.12	ベースライン○の例	46
7.13	差なしの例	47
7.14	正解文の主語と提案手法の選出した主語	48
7.15	主語不一致の文例	48
7.16	学習データの対訳英語文の主語と提案手法の選出した主語	49
7.17	“私は”以外の補完が有効である例 1	50
7.18	表 7.17 の提案手法の翻訳確率*	50

7.19 “私は”以外の補完が有効である例 2	51
7.20 表 7.19 の提案手法の翻訳確率*	51
7.21 “私は”以外の補完が有効である例 3	52
7.22 表 7.21 の提案手法の翻訳確率*	52
7.23 原文の出力により翻訳精度を改善した例 1	53
7.24 表 7.23 の提案手法の翻訳確率*	53
7.25 原文の出力により翻訳精度を改善した例 2	54
7.26 表 7.25 の提案手法の翻訳確率*	54
7.27 原文の出力により翻訳精度を改善した例 3	55
7.28 表 7.27 の提案手法の翻訳確率*	55
7.29 先行手法○の例 1	56
7.30 表 7.29 の提案手法の翻訳確率*	56
7.31 先行手法○の例 2	57
7.32 表 7.31 の提案手法の翻訳確率*	57
7.33 主語の出力の例 1	58
7.34 提案手法における翻訳候補及び翻訳確率	58
7.35 主語の出力の例 2	59
7.36 表 7.35 の提案手法の翻訳確率*	59
7.37 主語の出力の例 3	60
7.38 表 7.37 の提案手法の翻訳確率*	60
7.39 アライメント改善の例 1	61
7.40 ベースラインのアライメント	61
7.41 提案手法のアライメント	61
7.42 表 7.42 の翻訳確率	62
7.43 アライメント改善の例 2	63
7.44 ベースラインのアライメント	63
7.45 提案手法のアライメント	63
7.46 表 7.43 の提案手法の翻訳確率*	64
7.47 アライメント改善の例 3	65
7.48 ベースラインのアライメント	65
7.49 提案手法のアライメント	65
7.50 表 7.47 の提案手法の翻訳確率*	66

7.51	ベースライン○の例	66
7.52	表 7.51 における提案手法の翻訳確率	67
8.1	自動評価結果	68
8.2	自動評価結果	70
8.3	ベースラインと先行手法の人手評価結果	71
8.4	先行手法○の例	71
8.5	ベースライン○の例	72
8.6	差なしの例	72
8.7	ベースラインと提案手法の人手評価結果	73
8.8	提案手法○の例	73
8.9	ベースライン○の例	74
8.10	差なしの例	74
8.11	学習データへの主語補完なし	76
8.12	学習データへの主語補完あり	76
8.13	主語省略文であるが，抽出できない文例	77
8.14	人手評価結果	77
8.15	複文における翻訳例 1	77
8.16	複文における翻訳候補と翻訳確率	78
8.17	複文における翻訳例 2	78
8.18	表 8.17 の提案手法の翻訳確率*	79
8.19	複文における翻訳例 3	79
8.20	表 8.19 の提案手法の翻訳確率*	80
9.1	主語補完評価結果	81
9.2	主語補完誤り文例	81
9.3	主語補完評価結果	82
9.4	主語補完誤り文例	82

第1章 序論

機械翻訳は、人手によって翻訳ルールを記述し翻訳を行う、ルールベース翻訳が用いられていた。しかし、ルールベース翻訳は、人手で翻訳ルールを記述する必要があり、大きなコストがかかる。また、多言語間で翻訳を行う場合、言語間ごとに翻訳ルールを記述する必要があり、多言語化が困難であるという問題点があった。そこで、近年の機械翻訳では、対訳データから自動的に機械翻訳システムを構築する統計翻訳が主流となっている。統計翻訳は、対訳データがあれば自動的に翻訳規則を作成できるため、コストが小さく、また多言語化も容易に行うことができる。

ところで、日本語文には主語を省略している文が存在する。統計翻訳において、主語を省略している日本語文の翻訳品質は低い [1]。よって、主語を省略している文に対し、主語を補完する必要がある。主語の補完では、新聞記事などの文章内であれば、多くの場合、その他の文から補完対象を推定することが可能である [2]。しかし、翻訳する文が文章ではなく、主語を省略している 1 文のみである場合、主語を省略している文の作成者を除いて、適切な補完対象を推定することは困難である。一方、実生活において、文章ではなく 1 文単位で翻訳を行う場面はしばしば存在する。よって、翻訳を行う前に、何らかの主語を補完する必要がある。

そこで古市ら [3] は、主語を省略している日本語文に対し、主語として“私は”を自動で補完し、日英統計翻訳を行った。実験の結果、テストデータのみ主語を補完した場合、人手評価と自動評価において翻訳精度の向上を報告した。また平らは、日英統計翻訳において、日本語文の省略格要素を人手で補完し、翻訳を行った。実験の結果、人手評価と自動評価において翻訳精度の向上を報告した。

しかし、古市らの調査では以下の事例を示した。

- (1) ある特定の主語 (例えば“私は”) において日本語文の翻訳品質は低いが、他の主語 (例えば“彼は”) において翻訳品質が高い。

- (2) 主語がある日本語文の翻訳品質は低いが，主語を省略している日本語文の翻訳品質は高い．

そこで本研究では，主語を省略している日本語文及び，8種類の主語を補完した文をそれぞれ翻訳し，翻訳品質が高い文を選出することで，翻訳精度の向上を目指した．まず，8種類の主語を補完した日本語文と，主語を省略している日本語文に対し，それぞれ日英統計翻訳を行った．次に，翻訳モデルの確率と言語モデルの確率を掛け合わせた翻訳確率が最大となる出力文を選出した．そして，選出した文を，最終的な出力文とした．実験の結果，本研究で提案した手法では，自動評価と人手評価の両方において翻訳精度の改善を示し，本研究の有効性を示した．

本論文の構成は，以下の通りである．2章において，日英統計翻訳システムについての説明を行う．3章において，関連研究について述べる．3.4章において，関連研究における問題点を示す．4章において，提案手法の説明を行う．5章において，本研究で行う実験の種類を示す．6章において，実験環境について説明する．7章において，実験結果について説明する．8章において，追加実験について説明する．9章において，考察を述べる．10章において結論を述べる．

第2章 統計翻訳

統計翻訳とは、大量の対訳コーパス(原言語と目的言語の対訳文)より、自動的に翻訳規則を作成し翻訳を行う翻訳システムである。そのため、統計翻訳の翻訳精度は、対訳コーパスの量に大きく依存する。しかし、対訳コーパスは作成に膨大なコストがかかるため、統計翻訳における問題点の1つとなっている。

本章では、まず2.1節で統計翻訳の概要を説明する。次に、2.2節で、本研究で用いる翻訳方式である句ベース統計翻訳について説明する。最後に2.3節で、翻訳の評価方法について説明する。

2.1 統計翻訳の概要

日英統計翻訳は、入力文として日本語文 j が与えられた場合に、翻訳モデルと言語モデルの組み合わせの中から確率が最大となる英語文 \hat{e} を探索することで翻訳を行う。以下にその基本モデルを示す。

$$\hat{e} = \arg \max_e P(e|j) \quad (2.1)$$

$$\approx \arg \max_e P(j|e)P(e) \quad (2.2)$$

ここで、 $P(j|e)$ は翻訳モデルであり、 $P(e)$ は言語モデルである。翻訳モデルは対訳コーパスから学習し、言語モデルは目的言語の単言語コーパスから学習する。また、デコーダを用いて、 $P(j|e)P(e)$ が最大となる \hat{e} を探索する。デコーダの動作については、2.2.3節で説明する。図2.1に日英統計翻訳の手順を示す。

手順1 学習データ(日英対訳文)を利用し、翻訳モデルを学習する。

手順2 学習データの英語文を利用し、言語モデルを学習する。

手順3 入力の日本語文に対して、翻訳モデルの確率と言語モデルの確率を掛け合わせた翻訳確率が最大となる英語文を出力する。

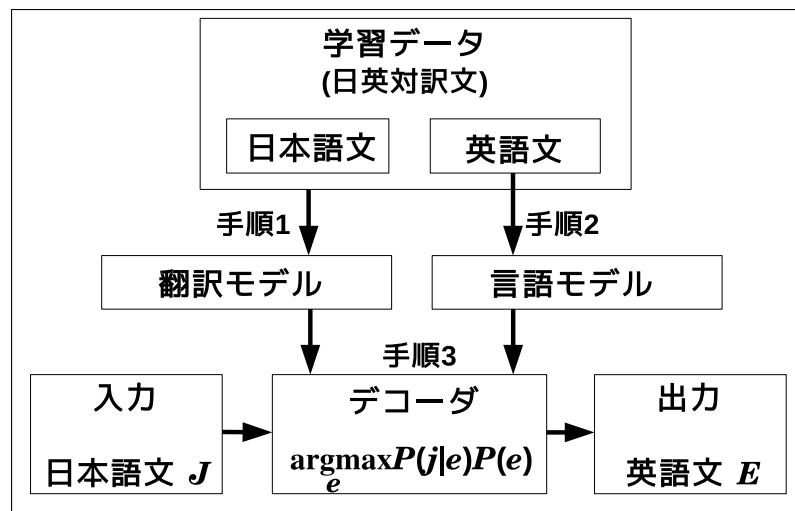


図 2.1 日英統計翻訳手順

統計翻訳の主な翻訳方式として、単語ベース統計翻訳、句ベース統計翻訳、階層句統計翻訳がある。以下に、単語ベース統計翻訳、句ベース統計翻訳、階層句統計翻訳それぞれの特徴を示す。

1) 単語ベース統計翻訳

単語ベースの翻訳モデルを用いた統計翻訳である。句ベースの統計翻訳と比較し、翻訳精度が低い。初期の統計翻訳は、単語ベース統計翻訳であった。

2) 句ベース統計翻訳

句ベースの翻訳モデルを用いた統計翻訳である。句ベース統計翻訳は、単語ベース統計翻訳と比較し、翻訳精度が高い。よって、現在は句ベース統計翻訳が主流となっている。句ベース統計翻訳は、文法構造が類似している言語間における翻訳では、高い翻訳精度を示す。一方、文法構造が異なる言語間における翻訳では翻訳精度が低い。

3) 階層型統計翻訳

句を階層にすることで、構文単位で評価するモデルを用いた統計翻訳である。句に変数を持ち、変数の中に別の句を埋め込み、翻訳を行う。階層型統計翻訳は、構文情報を

用いて翻訳を行っている。そのため、文法構造が異なる言語間においても、翻訳精度が高い [4]。一方、翻訳モデルのルール数が膨大となり、翻訳確率の推定が不安定であるという問題点がある。

2.2 句ベース統計翻訳

本節では、本研究で用いる句ベース統計翻訳について説明する。句ベース統計翻訳は、以下の手順で翻訳を行う。

手順 1 学習データ (日英対訳文) を利用し、句ベースの翻訳モデルを学習する。

手順 2 学習データの英語文を利用し、言語モデルを学習する。

手順 3 入力の日本語文に対して、翻訳モデルの確率と言語モデルの確率を掛け合わせた翻訳確率が最大となる英語文を出力する。

2.2.1 翻訳モデル

翻訳モデルは、日本語の単語列から英語の単語列へ確率的に翻訳を行うためのモデルであり、対訳コーパスより学習される。以下に、句ベースの翻訳モデルの作成手順を示す。

手順 1 GIZA++[5] を用いて、IBM の Brown らによって提案された IBM モデル [6] を推定し、日本語と英語の単語の対応付けを行う。

手順 2 手順 1 で得た日本語と英語の対応から、ヒューリスティックなルールに基づき、句ベースの翻訳モデルを作成する。作成方法については、2.2.1 節で説明する。

句ベースの翻訳モデルについて、詳細を以下に示す。

1) フレーズテーブル

句ベースの翻訳モデルは、フレーズテーブルと呼ばれる表で管理されている。表 2.1 に、フレーズテーブルの例を示す。

表 2.1 フレーズテーブルの例

日本語 フレーズ	英語フ レーズ	フレーズの英日方向 の翻訳確率 $P(j e)$	英日方向の単語 翻訳確率の積	フレーズの日英方向 の翻訳確率 $P(e j)$	日英方向の単語 翻訳確率の積
歌	song	1	0.20	1	0.16
おもちゃ	toy	0.51	0.57	0.30	0.31
彼は	He is	0.23	0.05	0.04	0.01

2) フレーズテーブルの作成法

フレーズテーブル作成の手順を以下に示す.

手順1 単語対応の作成

日本語と英語の単語対応の作成には, IBM モデルを用いる. IBM モデルは, GIZA++ を用いて推定する. まず, 英日方向, 日英方向の両方向に対し, 単語対応を作成する. 図 2.2 に日英方向の単語対応を示す. また, 図 2.3 に英日方向の単語対応を示す.

	I	go	to	see	a	movie
私	■					
は					■	
映画						■
を			■			
見				■		
に				■		
行く		■				

図 2.2 日英方向の単語対応

	I	go	to	see	a	movie
私	■					
は						
映画						■
を					■	
見				■		
に						
行く		■	■			

図 2.3 英日方向の単語対応

手順2 intersection と union

“intersection”(積集合)は、日英方向と英日方向の両方向に対応がある場合、両方向の対応点とする。図 2.4 に intersection の例を示す。

	I	go	to	see	a	movie
私	■					
は						
映画						■
を						
見				■		
に						
行く		■				

図 2.4 intersection の例

また、“union”(和集合)は、日英方向と英日方向の両方向の対応点全てを対応点とする。図 2.5 に union の例を示す。

	I	go	to	see	a	movie
私	■					
は					■	
映画						■
を			■		■	
見				■		
に				■		
行く		■	■			

図 2.5 union の例

手順3 grow

“grow”は、intersection の対応点の縦横方向に union の対応点があれば、その対応点を intersection の対応点に追加させていく。grow の例を図 2.6 に示す。

	I	go	to	see	a	movie
私	■					
は						
映画						■
を						
見				■		
に				■		
行く		■	■			

図 2.6 grow の例

手順4 grow-diag

“grow-diag”は、intersection の対応点の縦横方向、または対角方向に union の対応点があれば、その対応点を intersection の対応点に追加させていく。grow-diag の例を図 2.7 に示す。

	I	go	to	see	a	movie
私	■					
は					■	
映画						■
を			■		■	
見				■		
に				■		
行く		■	■			

図 2.7 grow-diag の例

手順5 grow-diag-final

“grow-diag-final”は，grow-diag で，日英両方向のうち少なくとも片方の単語対応がない場合，union に対応点があれば追加させていく．grow-diag-final の例を図 2.8 に示す．

	I	go	to	see	a	movie
私	■					
は					■	
映画						■
を			■		■	
見				■		
に				■		
行く		■	■			

図 2.8 grow-diag-final の例

手順6 grow-diag-final-and

“grow-diag-final”は，grow-diag で，日英両方向の単語対応がない場合，union に対応点があれば追加させていく．grow-diag-final-and の例を図 2.9 に示す．

	I	go	to	see	a	movie
私	■					
は					■	
映画						■
を			■		■	
見				■		
に				■		
行く		■	■			

図 2.9 grow-diag-final-and の例

手順7 フレーズ対応の抽出

両方向の単語対応から，フレーズ対応を抽出する．そして，抽出したフレーズ対応に対し，翻訳確率を計算し付与することで，フレーズテーブルを作成する．翻訳確率について，日本語フレーズ J_{phrase} と英語フレーズ E_{phrase} からなるフレーズ対応の確率を求める式を以下に示す．

$$P(J_{phrase} | E_{phrase}) = \frac{\text{学習データ中で } J_{phrase} \text{ と } E_{phrase} \text{ が同時に出現した数}}{\text{学習データ中で } E_{phrase} \text{ が出現した数}} \quad (2.3)$$

$$P(E_{phrase} | J_{phrase}) = \frac{\text{学習データ中で } J_{phrase} \text{ と } E_{phrase} \text{ が同時に出現した数}}{\text{学習データ中で } J_{phrase} \text{ が出現した数}} \quad (2.4)$$

2.2.2 言語モデル

言語モデルは，単語列が生じる確率を付与するモデルである．翻訳モデルで生成された翻訳候補から英語として自然な文を選出する．言語モデルは，単言語コーパスから学習される．統計翻訳において，言語モデルは通常， N -gram モデルが用いられる． N -gram モデルは，“単語列 $w_1^n = w_1, w_2, w_3, \dots, w_n$ の i 番目の単語 w_i の生起確率 $P(w_i)$ は， w_i の直前の $(N-1)$ 単語に依存する” という仮説に基づくモデルである．以下に，“単語列 w_1^n の生起確率 $P(w_1^n)$ ” の計算式を示す．

$$P(w_1^n) = \prod_{i=1}^n P(w_i | w_{i-(N-1)}^{i-1}) \quad (2.5)$$

また、 $P(w_i | w_{i-(N-1)}^{i-1})$ の計算には、以下の式を用いる。なお、 $C(w_{i-(N-1)}^i)$ は、単語列 $w_{i-(N-1)}^i$ の出現数であり、 $C(w_{i-(N-1)}^{i-1})$ は、単語列 $w_{i-(N-1)}^{i-1}$ の出現数である。

$$P(w_i | w_{i-(N-1)}^{i-1}) = \frac{C(w_{i-(N-1)}^i)}{C(w_{i-(N-1)}^{i-1})} \quad (2.6)$$

表 2.2 に、言語モデルの例を示す。表 2.2 の言語モデルは、2-gram(2 単語間) のものである。

表 2.2 言語モデルの例

2-gram で表された単語列	2-gram の確率	バックオフスムージングによる確率
He is	-2.041488	-0.000405
He had	-2.804095	-0.006078
He made	-2.895682	0.001770

表 2.2 の一番上の例に関して、左から、“He”のあとに“is”がくる確率を常用対数で表した値 “ $\log_{10}(P(is | He)) = -2.041488$ ”，2-gram で表された単語列 “He is”，バックオフスムージングで推定された，“He”の後に“is”がくる確率を常用対数で表した値 “ $\log_{10}(P(is | He)) = -0.000405$ ” である。ここで、バックオフスムージングとは、高次の N -gram が存在しない場合、低次の N -gram を用いる手法である。

2.2.3 デコーダ

デコーダは、翻訳モデルと言語モデルを用い、確率が最大となる出力文を探索し、翻訳を行う。図 2.10 に例を示す。

図 2.10 は、入力文として “私は魚を食べた。”を与えた例である。図 2.10 の例では、 $P(j|e)P(e)$ の確率が最大となる “I ate a fish .” を出力する。統計翻訳において、出力文を決定するためには、莫大な計算量が必要となり、莫大な時間が必要となる。そこで、ビームサーチ法を用いることによって、計算量を削減する。

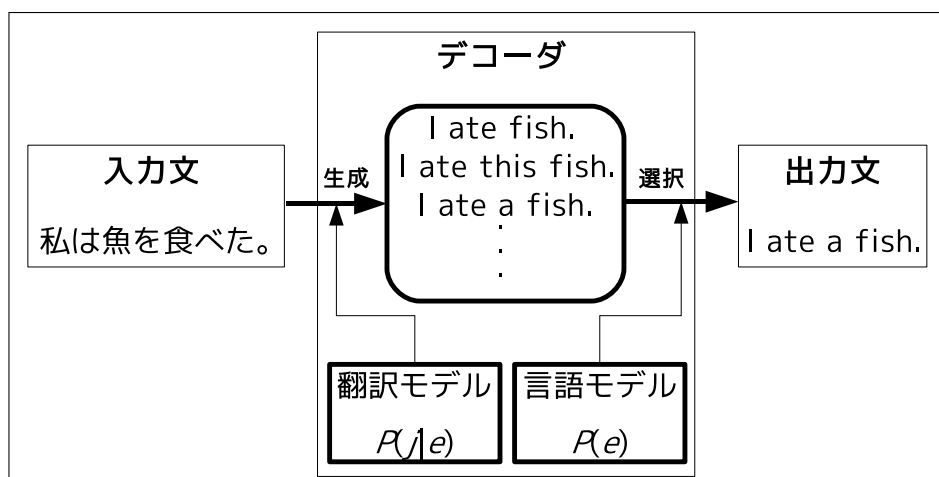


図 2.10 デコーダ動作例

2.2.4 パラメータチューニング

パラメータチューニングとは、デコーダで用いるパラメータを最適化し、評価関数(一般的には BLEU) を最大にする翻訳結果が選ばれるように、パラメータ調整を行うことである。パラメータチューニングには、Minimum Error Rate Training(MERT)[7] という手法を用いる。パラメータチューニングを行う際、ディベロップメントデータと呼ばれるデータの翻訳を繰り返し、各文に対して上位 100 個程度の翻訳候補を出力し、よりよい翻訳候補が上位にくるようにパラメータを調整する。

2.3 翻訳の評価方法

翻訳の評価方法には、自動評価と人手評価がある。日英翻訳では、自動評価と人手評価の間で評価が異なる場合があることが知られている [8]。自動評価と人手評価の間で評価が異なる場合、信頼性が高い人手評価が重視される場合が多い。

2.3.1 自動評価

翻訳の評価方法として、自動評価がある。自動評価は、あらかじめ用意した正解文(対訳英語文)と、翻訳システムが出力した文とを比較し、機械的に評価する方法である。よっ

て、評価にかかる時間や人件費などのコストが低い。以下に入力文とそれに対する正解文の例を示す。

表 2.3 正解文例

入力文	私は映画を見に行く。
正解文	I go to see a movie .
入力文	1点差で敗北した。
正解文	We lost the game by one point .
入力文	机の上をきれいにしなさい。
正解文	Please clean off the desk .

自動評価法には多くの方法があるが、本研究では、BLEU[9]、METEOR[10]、NIST[11]、RIBES[12]を用いる。

1)BLEU

BLEU(BiLingual Evaluation Understudy)は、機械翻訳システムの自動評価において、現在主流となっている評価法である。BLEUは語順(4-gram)が正しい場合に高いスコアを出力し、0から1までの値で評価を行う。BLEUの算出には、以下の式を用いる。

$$BLEU = BP_{BLEU} * exp\left(\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \log p_n\right) \quad (2.7)$$

(2.7)式の N には、 $N = 4$ を用いる。 BP_{BLEU} は翻訳文が正解文と比較して短い場合に用いるペナルティ係数である。これは、翻訳文が正解文よりも短い場合に適合率が上がってしまうことを回避するために用いられる。また、(2.7)式の p_n は以下の式で計算される。

$$p_n = \frac{\sum_i \text{出力文 } i \text{ と参照文 } i \text{ で一致した N-gram 数}}{\sum_i \text{出力文 } i \text{ の中の全 N-gram 数}} \quad (2.8)$$

2)METEOR

METEOR(Metric for Evaluation of Translation with Explicit ORdering) は、正解文と比較し、3人称単数や時制などの単語属性が正しい場合に高いスコアを出力し、0から1までの値で評価を行う。METEOR は以下の式で計算される。

$$\text{METEOR}_{score} = F_{mean} \times (1 - Pen) \quad (2.9)$$

$$F_{mean} = \frac{P \times R}{\alpha \times P + (1 - \alpha) \times R} \quad (2.10)$$

$$Pen = \gamma \times \left(\frac{c}{m}\right)^\beta \quad (2.11)$$

METEOR は F 値 (再現率 R と適合率 P の調和平均) と、単語の非連続性に対するペナルティ関数 Pen を用い計算される。ペナルティ関数 Pen において、 m は出力文と正解文の単語の一致率を表す。そして、 c は一致した単語を対象に、正解文と語順が同じものを1つのまとまりとして統合した場合の、まとまりの数を表す。そのため、出力文と正解文が同じ文であるとき $c=1$ となる。また、一致率の計算において、WordNet による類義語を用いて、似た意味を持つ単語は同一であると判断される。 α , β , γ の値はパラメータである。本研究では、 $\alpha = 0.9$, $\beta = 3.0$, $\gamma = 0.5$ を用いる。

3)NIST

NIST(National Institute of Standards and Technology) は語順 (5-gram) と文長 (単語数) が正しい場合に高いスコアを出力し、0から ∞ までの値で評価を行う。NIST は、BLEU をベースとし、BLEU に改良を加えられている。以下に NIST の計算式を示す。

$$\text{NIST}_{score} = BP \times \frac{\sum_i \left(\sum_{\substack{\text{出力文 } i \text{ と正解文 } i \text{ に} \\ \text{共通する } w_1 \dots w_n}} \text{Info}_i(w_1 \dots w_n) \right)}{\sum_i \text{出力文 } i \text{ と正解文 } i \text{ で一致した } N\text{-gram の数}} \quad (2.12)$$

$$\text{Info}_i(w_1 \dots w_n) = \log_2 \frac{\text{評価コーパス中 } (w_1 \dots w_{n-1}) \text{ の数}}{\text{評価コーパス中の } (w_1 \dots w_n) \text{ の数}} \quad (2.13)$$

4)RIBES

RIBES(Rank-based Intuitive Bilingual Evaluation Measure)は、参照文と出力文との間で、共通単語の出現順序を順位相関係数で評価を行う評価法である。計算式を以下に示す。

$$\text{RIBES} = \text{NSR} \times P^\alpha \quad (2.14)$$

$$\text{RIBES} = \text{NKT} \times P^\alpha \quad (2.15)$$

ここで、 NSR はスピアマンの順位相関係数であり、 NKT はケンドールの順位相関係数である。また α はペナルティに対する重みとして使用され、 $0 \leq \alpha \leq 1$ の値である。単語の出現順を順位相関係数を用いて評価することで、文全体の語順に着目することができる。なお、RIBESは0から1のスコアを出力し、スコアが大きい方が良い評価である。

2.3.2 人手評価

人手評価は、翻訳結果を人手で判断し、評価を行う方法である。人手評価は、文法や意味の正確な評価が可能であり、信頼性が高い。しかし人手評価には、時間や人件費などのコストが大きい。よって、大量の文の評価は極めて困難である。

人手評価には、翻訳の適切性と流暢性を評価する方法や、2文の翻訳間で翻訳精度の優劣を判断する対比較評価がある。本研究では、評価者が異なる場合でも、同様の評価結果となることが多い、対比較評価を行う。対比較評価における評価例を表2.4と表2.5に示す。

表 2.4 対比較評価の例 1

入力文	私は山に登った。
正解文	I climbed a mountain .
出力文 1	I climbed the mountain .
出力文 2	I to the mountain .

表2.4の例では、出力文1は適切に翻訳している。一方、出力文2は、動詞を出力していない。よって、出力文2よりも出力文1のほうが翻訳精度が優れていると判断する。

表2.5の例では、出力文1と出力文2の両方は、適切な翻訳ではない。よって、出力文1と出力文2は、翻訳精度に差がないと判断する。

表 2.5 対比較評価の例 2

入力文	彼は仕事で京都へ行った。
正解文	He went to Kyoto on business .
出力文 1	He went to the .
出力文 2	He went work to .

2.3.3 本研究における自動評価と人手評価の差

本研究では、主語省略文に対する翻訳を評価する必要がある。主語省略文に対する翻訳において、自動評価では、出力文の主語と正解文の主語が一致しない場合、翻訳精度が低くなる。よって、本研究において、自動評価結果は実際の翻訳精度よりも低くなる。表 2.6 に例を示す。

表 2.6 主語不一致の文例

入力文	昼食をたっぷり取った。
正解文	I had a big lunch .
出力文	He had a big lunch .
出力文の BLEU 値	0.7598

一方、人手評価では、入力文が主語に関する情報を含まない場合、提案手法の出力文の主語と正解文の主語の不一致を無視して評価を行っている。

第3章 関連研究

3.1 省略要素の補完における先行研究

中岩ら [13],[14],[15],[2] は、ゼロ代名詞 (日本語において省略されている格要素) の解析を行い、ゼロ代名詞照応解析の方法を提案した。まずゼロ代名詞の解析について、日英機械翻訳システム評価用例文 3,718 文を解析した結果、照応解析を要するゼロ代名詞が 484 文、510 箇所存在することを示した。そして、ゼロ代名詞 510 件のうち、そこに補完すべき指示対象が文内に存在する場合は 139 件、文外に存在する場合は 371 件存在すると報告した。また、ゼロ代名詞の照応解析方法として、文内照応、文間照応、文章外照応の 3 タイプを提案した。文内照応は、ゼロ代名詞と補完すべき指示対象が同じ文内に存在する場合、同じ文内の指示対象を補完する方法である。例を表 3.1 に示す。

表 3.1 文内照応の例

ゼロ代名詞を含む文	彼は方程式を解いて答えを出した。
文内照応解析による補完結果	彼は方程式を解いて (彼が) 答えを出した。

この文内照応は、助詞の種類や、接続語・用言意味属性・様相表現による制約を用い、照応解析を行う。この文内照応解析では、再現率 98%、適合率 100%の精度で正しい指示対象の決定を報告した。

文間照応解析は、新聞記事文のような複数文からなる文章において、ゼロ代名詞が現れる文とは異なる文中に存在する補完すべき指示対象を利用し、照応解析を行う方法である。この文間照応解析では、ゼロ代名詞の 84%に対して照応解析の成功を報告した。

文章外照応は、文章中に補完すべき指示対象が現れない場合の照応解析方法である。この文章外照応では、格への意味的制約・用言意味属性・様相表現・接続語などを考慮したルールを構築し、ゼロ代名詞の指示対象を推定する方法である。この文章外照応解析の結果、ルールを 53 種類用いた場合、193 文中全ての文において、省略格要素を復元が可能であることを報告した。

中岩らは、問題点としてルール不足を示した。中岩らは、研究において用いたルールのみでは日英機械翻訳において必要十分な解析精度が達成できるわけではないことを報告した。

3.2 主語の省略により翻訳精度の低下を報告した先行研究

猪澤らは、文節区切りとした学習データからフレーズテーブルを作成し、翻訳精度の向上を報告した [1]。文節区切り猪澤らの実験手順を以下に示す。

手順1 学習データの日本語文を文節に区切り、文節区切りの学習データを作成する。文節区切りの日本語文の例を表 3.2 に示す。

表 3.2 文節区切りの日本語文

例1	彼-の お母さん-が ああ 若い-と-は 思わ-なかつ-た。
例2	ここ-で きみ-に 会お-う-と-は 夢にも 思わ-なかつ-た。
例3	彼女-は 怠け者-で 自分-の 部屋-の 掃除-も し-ない。

手順2 文節区切りの学習データから、文節区切りのフレーズテーブルを作成する。文節区切りのフレーズテーブルの例を表 3.3 に示す。

表 3.3 文節区切りのフレーズテーブル

日本語フレーズ	英語フレーズ	日英方向の翻訳確率
道路の	of the road	0.002
読んだ	have read	0.030
贅沢に暮らしている	lives in luxury	0.0097

手順3 単語区切りのフレーズテーブルと文節区切りのフレーズテーブルの両方を用いて、日英統計翻訳を行う。

しかし猪澤らは、主語を省略している文の翻訳において、うまく主語を生成することができず、翻訳品質が低いことを報告した。表 3.4 に主語を省略していることが原因で翻訳精度が低下した例を示す。なお、表 3.4 の Moses のみの手法では、単語区切りの学習データを用いてフレーズテーブルを作成している。また、表 3.4 の猪澤らの手法では、文節区切りの学習データを用いてフレーズテーブルを作成している。

表 3.4 翻訳精度が低下した例

入力文	どこかの図書館で数か月懸命に勉強することが必要だ。
Moses のみの手法	I need some months in the library to study hard.
猪澤らの手法	Some few months in the library to study hard necessary.

ここで、Moses のみの手法におけるフレーズ対を表 3.5 に、猪澤らの手法におけるフレーズ対を表 3.6 に示す。

表 3.5 Moses のみの手法におけるフレーズ対

日本語フレーズ	英語フレーズ
どこ	I
かの	some
図書館で	in the library
数ヶ月	months
懸命に勉強する	to study
ことが必要だ	need
。	.

表 3.6 猪澤らの手法におけるフレーズ対

日本語フレーズ	英語フレーズ
どこかの	Some
図書館で	in the library
数ヶ月	few months
懸命に勉強する	to study hard
ことが必要だ	necessary
。	.

Moses のみの手法のフレーズ対において、フレーズ対 “どこ ||| I” は不適切である。しかし、入力文には主語がなく、“どこ ||| I” を用いて主語を出力し、出力文の翻訳精度が高い。一方で、猪澤らの手法のフレーズ対では、“どこかの ||| Some” を用いている。このフレーズ対は適切ではあるが、他のフレーズ対でも主語が生成されず、翻訳精度が低い原因となっている。よって、日英統計翻訳において、日本語文の主語の省略は問題である。

3.3 省略補完を統計翻訳へ適用した先行研究

省略補完を句ベース統計翻訳へ適用した研究としては，古市らの研究 [3] や，平ら [16] の研究がある。

3.3.1 古市らの研究

古市らは，主語を省略している日本語文に対して，主語“私は”を補完し日英統計翻訳を行った。古市らの研究では，主語を省略している文を抽出するために，主語を「名詞＋助詞“は”，“が”，“も”」と定義した。実験データとして，辞書の例文より抽出した単文データを用いた。なお，デコーダのパラメータチューニングは行っていない。古市らの研究における実験手順を以下に示す。

手順1 テストデータより，主語を省略している日本語文を抽出する。主語を省略している日本語文の例を表 3.7 に示す。

表 3.7 主語を省略している日本語文の例

文例 1	サッカーをした。
文例 2	海へ行く。
文例 3	昼食を食べた。

手順2 抽出した日本語文の文頭に，主語として“私は”を補完する。主語の補完の例を表 3.8 に示す。

表 3.8 主語の補完の例

原文	サッカーをした。
主語を補完した文	私はサッカーをした。
原文	海へ行く。
主語を補完した文	私は海へ行く。
原文	昼食を食べた。
主語を補完した文	私は昼食を食べた。

手順3 手順2で主語を補完した文に対して，統計翻訳を行う。

実験の結果、テストデータにのみ主語の補完を行った場合、人手評価において 21 文の翻訳精度が向上し、9 文の翻訳精度が低下した。また、自動評価では、BLEU 値において 0.0077 の向上を報告し、日英統計翻訳における主語補完の有効性を示した。一方、学習データに主語の補完を行った場合、翻訳精度の低下を報告した。

3.3.2 平らの研究

平らは、話し言葉タスクの日英統計翻訳において、日本語文の省略格要素を人手で補完し、翻訳を行った。なお、デコーダのパラメータチューニングは行っていない。実験手順を以下に示す。

手順 1 日本語語彙大系 [17] の構文辞書から、テストデータの用言を含む構文パターンを抽出する。

手順 2 抽出した構文パターンの必須格を確認し、テストデータにおいて必須格が省略されている場合、省略タグと助詞の組を付与 (省略補完) する。省略タグは、省略格要素の人称を区別する目的で、4 種類を用いる。表 3.9 に省略タグを示す。

表 3.9 省略タグ

人称	省略タグ
1 人称	exo_1
2 人称	exo_2
3 人称	exo_3
その他	exo_ph

また、省略補完の例を表 3.10 に示す。

表 3.10 省略補完

テストデータ	連休中に帰ればいいので。
構文辞書	(N1 が)(N2 から)(N3 に) 帰る
省略補完文	exo1 が exo3 に exo3 から連休中に帰ればいいので。

手順 3 省略補完を行ったテストデータに対して、統計翻訳を行う。

実験の結果、テストデータのみ省略補完を行った場合、人手評価では、50文中15文において翻訳精度の向上を、3文において翻訳精度の低下を報告した。また、自動評価では、BLEU値において0.0016向上を報告した。一方、学習データに主語の補完を行った場合、翻訳精度の低下を報告した。

3.4 古市らの研究における問題点

古市らは、日英統計翻訳における主語の補完の効果を解析し、以下の問題点を指摘した。

1) 問題点 1

日英統計翻訳において、ある特定の主語 (例えば “私は”) において日本語文の翻訳品質は低いが、他の主語 (例えば “彼は”) において翻訳品質が高い場合がある。表 3.11, 表 3.12, 表 3.13 に例を示す。

表 3.11 複数の主語補完が必要である例 1

入力文 1	私は危篤状態にある。
出力文 1	I is listed in critical condition .
入力文 2	彼は危篤状態にある。
出力文 2	He is listed in critical condition .

表 3.11 において、入力文 1 の主語は “私は” であり、入力文 2 の主語は “彼は” である。入力文 1 の翻訳結果である出力文 1 では、主語 “I” に対する動詞は “is” であり、不適切である。一方、入力文 2 の翻訳結果である出力文 2 は、主語 “He” に対する動詞は “is” であり、適切である。よって、出力文 1 と比較し、出力文 2 は翻訳品質が高い文である。

表 3.12 複数の主語補完が必要である例 2

入力文 1	私はナイフを彼の腹に突き刺した。
出力文 1	I caught him in the stomach with a knife .
入力文 2	彼はナイフを彼の腹に突き刺した。
出力文 2	He stabbed in his belly with a knife .

表 3.12 において、入力文 1 の主語は“私 は”であり、入力文 2 の主語は“彼 は”である。出力文 1 では、動詞が“caught”であり、不適切である。一方、出力文 2 の動詞は“stabbed”であり、適切である。よって、出力文 1 と比較し、出力文 2 は翻訳品質が高い文である。

表 3.13 複数の主語補完が必要である例 3

入力文 1	私は今育児に専念している。
出力文 1	I am now is busy taking care of her baby .
入力文 2	彼女は今育児に専念している。
出力文 2	She is busy taking care of her baby now .

表 3.13 において、入力文 1 の主語は“私 は”であり、入力文 2 の主語は“彼女は”である。出力文 1 では、2 つの動詞を出力しており、不適切である。一方、出力文 2 では、適切に翻訳している。

以上より、主語を省略している日本語文に対して、複数の主語を補完することで、翻訳精度が向上すると考える。

2) 問題点 2

日英統計翻訳において、主語がある日本語文の翻訳品質は低いが、主語を省略している日本語文の翻訳品質は高い事例が存在する。表 3.14 に例を示す。

表 3.14 主語の補完が翻訳に悪影響を与える例

入力文 1	試験の結果にがっかりした。
出力文 1	I was disappointed with the result of the examination .
入力文 2	私は試験の結果にがっかりした。
出力文 2	I was disappointed with the result of the examination for me .

表 3.14 の例では、原文は主語を省略している。一方、主語を補完した文は、原文の文頭に“私 は ”を適切に補完し、主語を補っている。しかし、日英統計翻訳を行った結果、主語の補完が翻訳精度に悪影響を与えている。

表 3.14 の例のように、主語の補完が翻訳に悪影響を与える場合、主語を補完しないことが適切である。しかし、主語の補完が翻訳に悪影響を与える日本語文は学習データに依存し、異なる学習データを用いた場合、主語の補完が翻訳に悪影響を与える日本語文

も異なると考えられる。よって、日英統計翻訳を行う前に、主語の補完が翻訳に悪影響を与える日本語文を判別することは困難であると考えている。したがって、翻訳後に主語を補完すべきであるかを判断する必要があると考える。

第4章 提案手法

本章では、まず4.1節で提案手法の目的を示す。次に、4.2節で主語の定義を行い、4.3節で主語を省略している文の定義を行う。さらに、4.4節で提案手法における主語補完方法を説明する。最後に、4.5節で提案手法の実験手順を説明を行う。

4.1 提案手法の目的

3.4節で示したように、古市らの研究には、以下の問題点がある。

問題点1 ある特定の主語 (例えば“私は”) において日本語文の翻訳品質は低い、他の主語 (例えば“彼は”) において翻訳品質が高い。

問題点2 主語がある日本語文の翻訳品質は低い、主語を省略している日本語文の翻訳品質は高い。

提案手法の目的は、以上で示す2点の問題を解決することである。まず、問題点1を解決するために、8種類の主語を補完した8文の日本語文に対し、それぞれ翻訳を行う。また、問題点2を解決するために、主語省略文と、主語を補完した文を、それぞれ翻訳する。そして、8種類の主語を補完した日本語文と、主語省略文それぞれの翻訳結果から、翻訳確率が最も高い文を、翻訳精度が高い文であると判断し、選出する。

4.2 主語の定義

英語文は、主述関係が明確であることが知られている。英語文には、命令文などを除いて、主語は必ず存在する。一方、多くの日本語文は、述語に対する主語を省略する。主語を省略している日本語文を表4.1に示す。

文献[18]において、日本語文は主語の定義が曖昧であることを示している。しかし、3.2節で示すように、日英統計翻訳において主語を省略している日本語文の翻訳精度が低い。よって、主語を省略している日本語文に対して主語を補完するために、日本語における主語を明確に定義する必要がある。

表 4.1 主語を省略している日本語文の例

文例 1	急いで朝食を飲みこんだ。
文例 2	腐っている。
文例 3	ついに音をあげた。

そこで本研究では、単文において、名詞の後に助詞“は”、“が”、“も”がある句を主語と定義する。表 4.2 の下線は、主語の例である。

表 4.2 主語の例

例 1	<u>私は</u> 急いで朝食を飲みこんだ。
例 2	<u>水が</u> 腐っている。
例 3	<u>彼も</u> ついに音をあげた。

4.3 主語省略文

日本語文において、主語を省略している文が存在する。本研究では、主語を省略している日本語文を主語省略文と呼ぶ。表 4.3 に、主語省略文の例を示す。

表 4.3 主語省略文の例

主語省略文	昼食をたっぷり取った。
対訳英語文	He had a big lunch .
主語省略文	サッカーをした。
対訳英語文	I played soccer .
主語省略文	せいぜい1時間しかかからなかった。
対訳英語文	It took little more than an hour .

4.3.1 命令文

日本語において、命令文には主語が無いことが多い。また英語においても、命令文には主語が無いことが多い。表 4.4 に命令文の例を示す。

表 4.4 命令文の例

日本語の命令文	早くしろ。
英語の命令文	Hurry it up .
日本語の命令文	次の文を英訳せよ。
英語の命令文	Put the following sentences into English .
日本語の命令文	声を低くしなさい。
英語の命令文	Keep your voice down .

このような命令文には、主語が無いことが妥当である。よって本研究では、命令文に対し主語の補完を行わない。本研究では、命令文の抽出のために、動詞の形態素解析結果を用いる。命令文の形態素解析結果の例を表 4.5 に示す。

表 4.5 命令文の例

形態素	読み	原型	品詞	品詞の細分類	活用形
家	イエ	家	名詞-一般	-	-
に	ニ	に	助詞-格助詞-一般	-	-
帰り	カエリ	帰る	動詞-自立	五段・ラ行	連用形
なさい	ナサイ	なさる	動詞-非自立	五段・ラ行特殊	命令 i
。	。	。	記号-句点	-	-

表 4.5 において、形態素解析の結果、動詞“なさい”は命令形となっている。よって、日本語文“家に帰りなさい”は、命令文であると判断する。なお、上記した命令文の抽出方法では、人手で見ると命令文であっても、抽出できない例が存在する。しかし、命令文を抽出できない例は少数である。よって本研究では抽出できない命令文は無視して実験を行っている。

4.3.2 主語省略文の判断条件

本研究では、主語省略文であるための条件を表 4.6 のように定義する。

表 4.6 主語省略文の判断条件

条件 1	主語を含まない文
条件 2	命令文ではない文

本研究では、表 4.6 に示す 2 つの条件を用いて主語省略文を抽出し、主語の補完を行う。表 4.6 に示す 2 つの条件を満たす日本語文の例を表 4.7 に示す。また、表 4.6 に示す 2 つの条件を 1 つ以上満たさない日本語文の例を表 4.8 に示す。

表 4.7 主語省略文の判断条件を満たす文の例

例 1	主語省略文例	昼食をたっぷり取った。
	対訳英語文例	He had a big lunch .
例 2	主語省略文例	サッカーをした。
	対訳英語文例	I played soccer .
例 3	主語省略文例	盗品を山分けにした。
	対訳英語文例	They divided the loot among themselves .

例 1 の場合、表 4.6 に示す 2 つの条件を満たしているため、主語省略文であると判断する。例 2 の場合も同様に、2 つの条件を満たすため、主語省略文であると判断する。例 3 の場合も同様である。

表 4.8 主語省略文の判断条件を満たさない文の例

例 1	主語がある文例	私は野球をした。
	対訳英語文	I played baseball.
例 2	主語がある文例	彼が一番後にやってきた。
	対訳英語文	He was the last to come .
例 3	命令文例	窓を開けなさい。
	対訳英語文	Open the window .

表 4.8 の例 1 の場合、助詞“は”が含まれている。よって、表 4.6 の条件 1 を満たさないもので、主語省略文ではないと判断する。例 2 の場合、助詞“が”が含まれている。よって、表 4.6 の条件 1 を満たさないもので、主語省略文ではないと判断する。また、例 3 の場合、動詞“開けなさい”が命令形である。よって、表 4.6 の条件 2 を満たさないもので、主語省略文ではないと判断する。

4.4 主語補完

本研究では、主語の補完を主語補完と呼ぶ。本節では、主語省略文の抽出方法と、主語補完の方法を説明する。

4.4.1 主語省略文の抽出方法

本研究では、主語が省略されている日本語文に対し、主語補完を行う。よって、主語省略文を抽出する必要がある。以下に主語省略文の抽出方法を示す。

手順1 日本語文に対し、形態素解析を行う。表 4.9 に、形態素解析結果の例を示す。

表 4.9 形態素解析結果の例

形態素	読み	原型	品詞	品詞の細分類	活用形
サッカー	サッカー	サッカー	名詞-一般	-	-
を	ヲ	を	助詞-格助詞-一般	-	-
し	シ	する	動詞-自立	サ変・スル	連用形
た	タ	た	助動詞	特殊・タ	基本形
。	。	。	記号-句点	-	-

表 4.9 は、入力文として“サッカーをした。”が入力された場合の形態素解析結果である。形態素解析を行うと、表 4.9 のように、縦方向に単語区切りで出力される。

手順2 形態素解析を行ったデータを参照し、表 4.6 の条件 1 と条件 2 を満たす文を“主語省略文”として抽出する。表 4.10 に主語省略文として抽出される文の形態素解析結果の例を示す。また、表 4.11 と表 4.12 に、主語省略文として抽出されない文の形態素解析結果の例を示す。

表 4.10 主語省略文の例

形態素	読み	原型	品詞	品詞の細分類	活用形
サッカー	サッカー	サッカー	名詞-一般	-	-
を	ヲ	を	助詞-格助詞-一般	-	-
し	シ	する	動詞-自立	サ変・スル	連用形
た	タ	た	助動詞	特殊・タ	基本形
。	。	。	記号-句点	-	-

表 4.10 は、“サッカーをした。”に対する形態素解析結果である。この場合、助詞“は”および“が”および“も”を含まない。また、動詞“し”は、命令形ではない。よって、表 4.6 の条件を満たすので、主語省略文として抽出する。

表 4.11 主語省略文ではない文の例 1

形態素	読み	原型	品詞	品詞の細分類	活用形
私	ワタシ	私	名詞-代名詞-一般	-	-
は	ハ	は	助詞-係助詞	-	-
野球	ヤキュウ	野球	名詞-一般	-	-
を	ヲ	を	助詞-格助詞-一般	-	-
し	シ	する	動詞-自立	サ変・スル	連用形
た	タ	た	助動詞	特殊・タ	基本形
。	。	。	記号-句点	-	-

表 4.11 は，“私は野球をした。”に対する形態素解析結果である。この場合、助詞“は”が含まれている。よって、表 4.6 の条件 1 を満たさないため、抽出しない。

表 4.12 主語省略文ではない文の例 2

形態素	読み	原型	品詞	品詞の細分類	活用形
窓	マド	窓	名詞-一般	-	-
を	ヲ	を	助詞-格助詞-一般	-	-
開け	アケ	開ける	動詞-自立	一段	連用形
なさい	ナサイ	なさる	動詞-非自立	五段・ラ行特殊	命令 i
。	。	。	記号-句点	-	-

表 4.12 は，“窓を開けなさい。”に対する形態素解析結果である。この場合、動詞“なさい”が命令形である。よって、表 4.6 の条件 4 を満たさないため、抽出しない。

また、図 4.1 に主語省略文抽出の手順を示す。

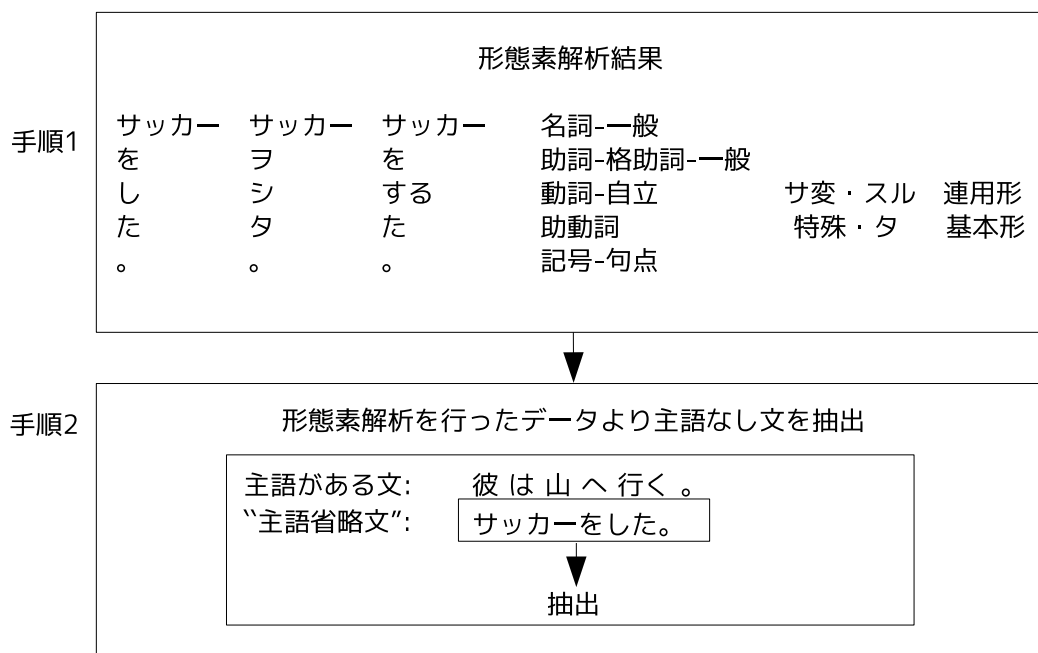


図 4.1 主語省略文の手順

4.4.2 テストデータに対する主語補完

本研究では、主語が省略されているテストデータの日本語文に対し、主語補完を行う。テストデータにおいては、主語省略文の文頭に主語を補完する。表 4.13 に、主語省略文の文頭に“私は”を補完する例を示す。なお、表 4.13 に示すように、テストデータには、自動評価を行うための対訳英語文が存在する。しかし、主語省略文から対訳英語文の主語を推定することは困難である。よって、本研究では対訳英語文の主語は無視して主語補完を行っている。

表 4.13 主語補完例

主語省略文	サッカーをした。
主語補完を行った文	私はサッカーをした。
対訳英語文	I played soccer .
主語省略文	勝負に勝った。
主語補完を行った文	私は勝負に勝った。
対訳英語文	We won game .
主語省略文	ブランデーを一息に飲んだ。
主語補完を行った文	私はブランデーを一息に飲んだ。
対訳英語文	He swallowed the brandy in one swig .
主語省略文	その後まもなくナポリで結婚した。
主語補完を行った文	私はその後まもなくナポリで結婚した。
対訳英語文	They got married soon afterward in Naples .
主語省略文	彼のてのひらからコインを取った。
主語補完を行った文	私は彼のてのひらからコインを取った。
対訳英語文	She took the coin from his palm .

4.4.3 学習データ及びディベロップメントデータに対する主語補完

学習データとディベロップメントデータは、日本語文と英語文の対訳文である。よって、補完する主語を対訳英語文から抽出し、主語補完を行うことが可能である。補完する主語を対訳英語文から抽出することで、適切な主語を補完することができる。よって、学習データ及びディベロップメントデータに対して主語補完を行う場合、対訳英語文を参照する。以下に、学習データ及びディベロップメントデータに対する主語補完の手順を示す。

手順 1 主語省略文に対する対訳英語文の文頭単語を抽出する。文頭単語の抽出の例を図 4.2 に示す。

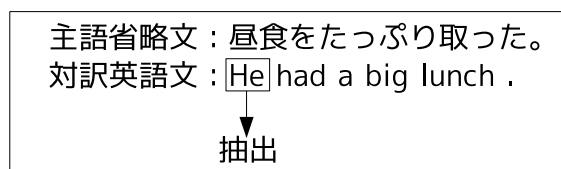


図 4.2 文頭単語抽出例 1

図 4.2 の場合では，“昼食をたっぷり取った。”の対訳英語文である “He had a big lunch .” の文頭単語 “He” を抽出する。

手順 2 抽出した対訳英語文の文頭単語を，変換規則に従って日本語に変換する。変換規則を表 4.14 に示す。図 4.2 の場合では，抽出した単語 “He” を変換規則に従って変換し，“彼は”を得る。

表 4.14 文頭単語の日本語への変換規則

正解文の文頭単語	変換する日本語
I	私は
He	彼は
She	彼女は
We	私たちは
It	それは
You	あなたは
They	彼らは
Someone	誰かが
Anyone	誰かが
Somebody	誰かが
Anybody	誰かが

手順 5 変換した日本語を，手順 2 で抽出した主語省略文の文頭に補完する。例を表 4.15 に示す。

表 4.15 主語補完例

主語補完前	昼食をたっぷり取った。
主語補完後	彼は昼食をたっぷり取った。
対訳英語文	He had a big lunch .

主語補完の例

表 4.16 に，学習データ及びディベロップメントデータに対する主語補完の例を示す。

表 4.16 主語補完例

主語省略文	サッカーをした。
主語補完を行った文	私はサッカーをした。
対訳英語文	I played soccer .
主語省略文	勝負に勝った。
主語補完を行った文	私たちは勝負に勝った。
対訳英語文	We won game .
主語省略文	ブランデーを一息に飲んだ。
主語補完を行った文	彼はブランデーを一息に飲んだ。
対訳英語文	He swallowed the brandy in one swig .
主語省略文	その後まもなくナポリで結婚した。
主語補完を行った文	彼らはその後まもなくナポリで結婚した。
対訳英語文	They got married soon afterward in Naples .
主語省略文	彼のてのひらからコインを取った。
主語補完を行った文	彼女は彼のてのひらからコインを取った。
対訳英語文	She took the coin from his palm .

表 4.16 では、対訳英語文を参照することで適切な主語補完を行っている。

4.5 提案手法の実験手順

提案手法では、まず、主語を省略しているテストデータに対し、8種類の主語を補完する。次に、主語を省略しているテストデータ(以後、原文と呼ぶ)と、主語補完を行った8文に対して、それぞれ統計翻訳を行う。そして、出力文9文から、翻訳モデルの確率と言語モデルの確率を掛け合わせた翻訳確率が最大となる文を選出する。最後に、選出した文を最終的な出力文とする。出力文9文から翻訳確率が最大となる文を抽出することで、3.4節で示した、主語補完が翻訳に悪影響を与える問題を解決できると考える。図 4.3 に、提案手法の手順を示す。

手順 1 テストデータに対し、表 4.17 に示す 8 種類の主語を補完する。

表 4.17 補完する 8 種類の主語

8 種類の主語			
私は	彼は	彼女は	私たちは
それは	あなたは	彼らは	誰かが

図 4.3 の “原文 + 主語補完を行った 8 文” は，主語補完の例である。

手順 2 主語補完を行う前の原文と，手順 1 で主語補完を行った 8 文，合計 9 文に対して統計翻訳を行う。図 4.3 の “翻訳結果と翻訳確率” は，原文と主語補完を行った 8 文，合計 9 文に対する翻訳結果と翻訳確率の例である。

手順 3 手順 2 で翻訳した 9 文から，翻訳確率が最大となる文を出力文として選出する。図 4.3 では，入力文に対して “彼は” を補完した文に対する出力文 “He goes to the sea .” の翻訳確率が最大となり，選出されている。

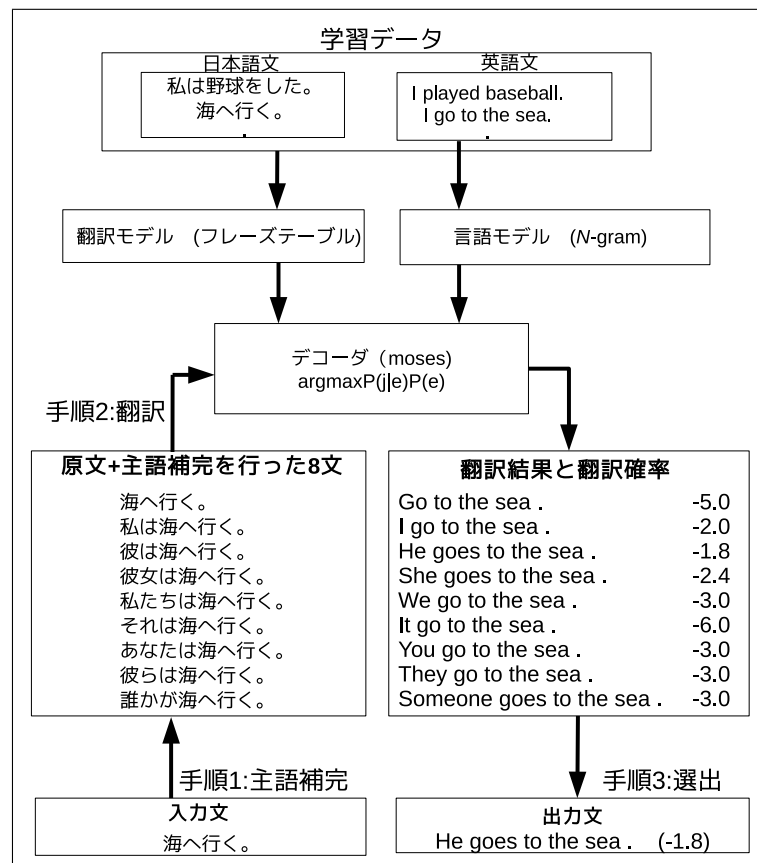


図 4.3 実験の手順

第5章 実験の種類

本研究では、現在主流となっている句ベース統計翻訳において実験を行う。句ベース統計翻訳において、提案手法の有効性を示すために、以下に示す3種類の手法を用いた実験を行う。

1) ベースライン

主語が省略されているテストデータを翻訳する手法である。ベースラインの翻訳方法を図5.1に示す。

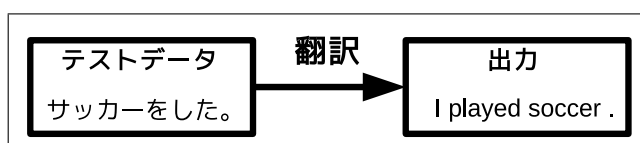


図 5.1 ベースライン

2) 先行手法

主語が省略されているテストデータに対して、文頭に“私は”を補完する手法である。詳細は、3.3.1節で説明している。図5.2に、先行手法の翻訳方法を示す。なお、文献[3]において、デコーダのパラメータチューニングを行っていない。一方、本研究では、デコーダのパラメータチューニングを行う。実験環境の詳細は、6章で説明する。

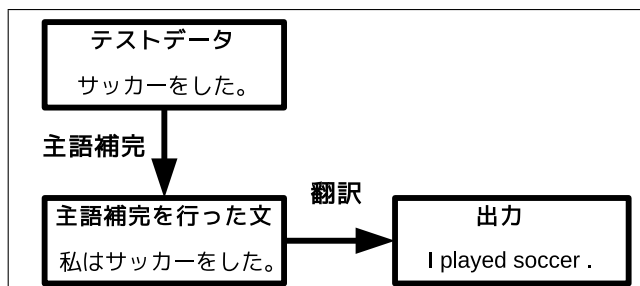


図 5.2 先行手法

3) 提案手法

まず、主語が省略されているテストデータに対して、8種類の主語を補完する。次に、原文と主語補完を行った文の、合計9文に対して、日英統計翻訳を行う。最後に、翻訳した9文から、翻訳確率が最も高い文を出力として選出する。詳細は、4章で説明している。図5.3に、提案手法の翻訳方法を示す。

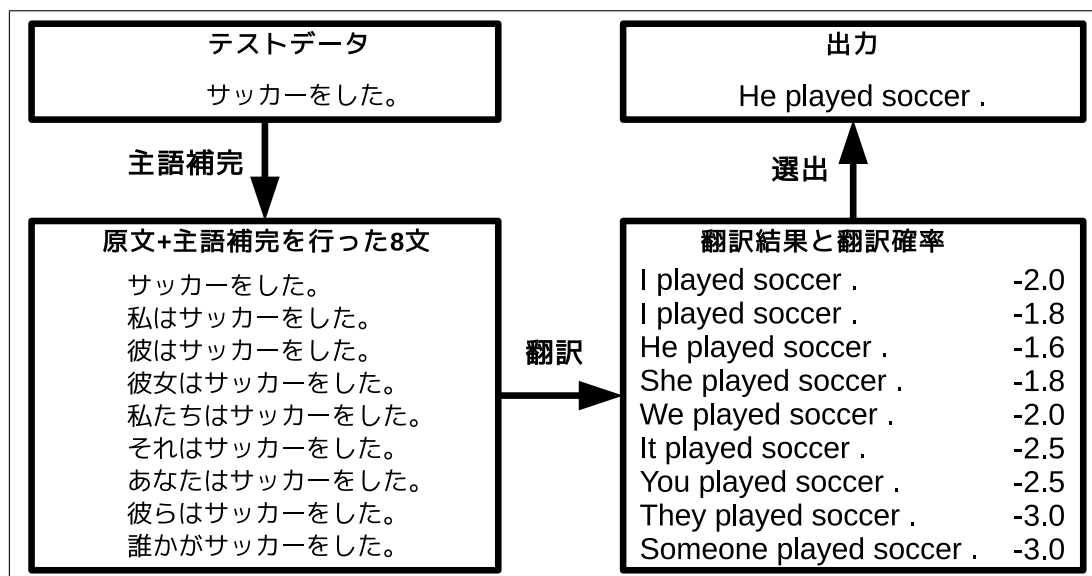


図 5.3 提案手法

第6章 実験環境

6.1 実験データ

統計翻訳の前処理として、実験データの日本語文に対して、MeCab[19]を用いて分かち書きを行う。また、実験データの英語文に対して、tokenizer.perl[20]を用いて分かち書きを行う。主語補完を行う際の形態素解析には、CaboCha[21]を用いる。本実験で用いる実験データの詳細を以下に示す。

1) 学習データ

句ベース統計翻訳の翻訳ルールを学習するために、辞書の例文より抽出した単文コーパス 181,988 文 [22] から、学習データとして 100,000 文を用いる。単文コーパスの例文を表 6.1 に示す。

表 6.1 単文コーパス例文

日本語文	昼食をたっぷり取った。
英語文	I had a big lunch .
日本語文	梅雨が始まった。
英語文	The rainy season has set in .
日本語文	私は猫を 1 匹飼っている。
英語文	I have a cat .

主語省略文は、100,000 文中 10,459 文である。なお、文献 [3] では、学習データに対して主語補完を行った場合、翻訳精度の低下を報告している。よって本研究では学習データの主語省略文に対して主語補完を行わない。

2) テストデータ

テストデータとして、単文 10,000 文中に含まれる主語省略文 1,501 文を用いる。

3) ディベロップメントデータ

デコーダで用いるパラメータを最適化するために、ディベロップメントデータとして単文1,000文を用いる。主語省略文は、1,000文中153文である。主語省略文153文に対し、対訳英語文の主語を参照して主語補完を行う。ディベロップメントデータの主語補完方法の詳細は4.4.3節で説明している。

6.2 評価方法

本研究では、翻訳実験の評価として、自動評価と人手評価を行う。

1) 自動評価

本研究では、自動評価としてBLEU[9], METEOR[10], NIST[11], RIBES[12]を用いる。

2) 人手評価

本研究では、人手評価として対比較評価を行う。対比較評価は、提案手法の出力文からランダムに評価対象の文を抽出し、評価を行う。ベースラインと提案手法の対比較評価を例に挙げ、以下に対比較評価の評価基準を示す。

- a) ベースライン○ ベースラインの翻訳品質が提案手法の翻訳品質より優れている場合
- b) 提案手法○ 提案手法の翻訳品質がベースラインの翻訳品質より優れている場合
- c) 差なし 提案手法の翻訳品質とベースラインの翻訳品質に差がない場合
- d) 同一出力 提案手法の翻訳結果とベースラインの翻訳結果が同じ場合

6.3 その他の実験環境

- デコーダには、Moses[20]を用いる。
- 句ベース統計翻訳における翻訳モデルの学習には、Mosesに付属している“train-model.perl”を用いる。
- 言語モデルには N -gram モデルを用いる。本研究では、SRILM[23]の“ngram-count”を用いて5-gramの言語モデルを学習する。なお、スムージングに“Kneser-Ney discount”を用いる。

第7章 実験

本章では，句ベース統計翻訳における実験結果について説明する．まず，7.1節で自動評価結果について説明する．次に，7.2節で人手評価結果について説明する．最後に，7.3節で考察を述べる．

7.1 自動評価結果

句ベース統計翻訳における，ベースライン，先行手法，提案手法の自動評価結果を表7.1に示す．

表 7.1 句ベース統計翻訳における自動評価結果

手法名	BLEU	METEOR	NIST	RIBES
ベースライン	0.1166	0.4084	3.9628	0.6677
先行手法	0.1146	0.4026	3.7794	0.6763
提案手法	0.1210	0.4156	4.0061	0.6864

表7.1より，自動評価において，提案手法の有効性が確認できる．一方，先行手法はベースラインとほとんど差が確認できない．

7.2 人手評価結果

本節では，句ベース統計翻訳における人手評価結果について説明を行う．句ベース統計翻訳における人手評価では，ランダムに200文を抽出し，評価対象の文とした．人手評価は，以下の3種類を行った．

- 提案手法と先行手法の比較
- ベースラインと提案手法の比較
- ベースラインと先行手法の比較

1) 提案手法と先行手法の比較

表 7.2 にベースラインと提案手法の人手評価結果を示す。

表 7.2 提案手法と先行手法の人手評価結果

評価	提案手法○	先行手法○	差なし	同一出力
文数	25	2	152	21

表 7.2 より、提案手法の有効性が確認できる。表 7.2 における、提案手法○の文例を表 7.3 に、先行手法○の文例を表 7.4 に、差なしの例を表 7.5 に示す。

表 7.3 提案手法○の例

入力文 1	泥棒に入られた。
正解文 1	I had a burglar break into my home .
提案手法出力文 1	My house was robbed .
先行手法出力文 1	I was the thief .
入力文 2	旅を続けた。
正解文 2	He kept on his way .
提案手法出力文 2	He continued his journey .
先行手法出力文 2	He continued his my journey .
入力文 3	ナイフを彼の腹に突き刺した。
正解文 3	She stuck the knife in his stomach .
提案手法出力文 3	He stabbed in his belly with a knife .
先行手法出力文 3	I caught him in the stomach with a knife .

表 7.3 における最初の例では、提案手法出力文 1 は適切な翻訳である。一方、先行手法出力文 1 は入力文 1 に対して不適切な翻訳である。

2 つ目の例では、提案手法出力文 2 は適切な翻訳である。一方、先行手法出力文 2 は、過剰な単語 “my” を出力している。

3 つ目の例では、提案手法出力文 3 は適切な動詞 “stabbed” を出力している。一方、先行手法出力文 3 では、入力文 3 に対して動詞 “caught” は不適切である。

表 7.4 先行手法○の例

入力文 1	オペラ 劇場 の 初 舞台 で 大 かつ さい を 受 け た 。
正解文 1	He received a tremendous ovation on his initial appearance at the opera house .
提案手法出力文 1	The opera of the theater was greeted with loud cheers on the stage .
先行手法出力文 1	I was greeted with loud cheers in the first stage of opera .
入力文 2	家 族 み ん な で 新 年 の お 祝 い を し た 。
正解文 2	I celebrated the New Year with all my family .
提案手法出力文 2	They were all the celebration of the New Year in the family .
先行手法出力文 2	I had a celebration of the New Year in all his family .

表 7.4 における最初の例では、提案手法出力文 1 は、入力文に対して不適切な翻訳である。一方、先行手法出力文 1 では、入力文に対して適切に翻訳している。

2 つ目の例では、提案手法出力文 2 は、動詞が適切ではない。一方、先行手法出力文 2 は、適切に翻訳している。

表 7.5 差なしの例

入力文 1	決 断 に 迷 っ た 。
正解文 1	He wavered in his determination .
提案手法出力文 1	He got lost in the decision .
先行手法出力文 1	I was at a loss for a decision .
入力文 2	泉 の 冷 たい 水 で の ど を 潤 し た 。
正解文 2	He slaked his throat with cool spring water .
提案手法出力文 2	He quenched his thirst with cold water from the spring .
先行手法出力文 2	I quenched his thirst with cold water from the spring .
入力文 3	ド ア を 閉 め る 。
正解文 3	To close the door .
提案手法出力文 3	the door .
先行手法出力文 3	I the door

表 7.5 における最初の例では、提案手法出力文 1 と先行手法出力文 1 の両方は、適切に翻訳している。

2 つ目の例では、提案手法出力文 2 と先行手法出力文 2 の両方は、適切に翻訳している。

3 つ目の例では、提案手法出力文 3 と先行手法出力文 3 の両方は、不適切な翻訳である。

2) ベースラインと提案手法の比較

表 7.6 にベースラインと提案手法の人手評価結果を示す。

表 7.6 ベースラインと提案手法の人手評価結果

評価	提案手法○	ベースライン○	差なし	同一出力
文数	19	3	53	125

表 7.6 より、提案手法の有効性が確認できる。表 7.6 における、提案手法○の文例を表 7.7 に、ベースライン○の文例を表 7.8 に、差なしの例を表 7.9 に示す。

表 7.7 提案手法○の例

入力文 1	決断に迷った。
正解文 1	He wavered in his determination .
ベースライン出力文 1	determination got lost .
提案手法出力文 1	He got lost in the decision .
入力文 2	凍死した。
正解文 2	He died of cold .
ベースライン出力文 2	凍死 .
提案手法出力文 2	He was frozen to death .
入力文 3	つまらない理由で死刑の宣告を受けた。
正解文 3	He was condemned to death on a frivolous pretext .
ベースライン出力文 3	He was sentenced to death reasons .
提案手法出力文 3	He was sentenced to death by a simple reason .

表 7.7 における最初の例では、ベースライン出力文 1 は、入力文“決断に迷った。”と異なる意味である。一方、提案手法出力文 1 は、入力文 1 に対して適切に翻訳している。

2 つ目の例では、ベースライン出力文 2 は、未知語を出力している。一方、提案手法出力文 2 は適切に翻訳している。

3 つ目の例では、ベースライン出力文 3 は、入力文のフレーズ“つまらない理由で”に対して“reasons”を出力し、適切な翻訳ではない。一方、提案手法出力文 3 は、入力文のフレーズ“つまらない理由で”に対して“by a simple season”を出力し、適切に翻訳している。

表 7.8 ベースライン○の例

入力文 1	すべてひどい混乱状態にあった。
正解文 1	Everything was in terrible confusion .
ベースライン出力文 1	Everything was in a terrible shambles .
提案手法出力文 1	He was in a terrible shambles .
入力文 2	とうとう雨になった。
正解文 2	It began to rain at last .
ベースライン出力文 2	Eventually it began to rain .
提案手法出力文 2	He finally to rain .
入力文 3	やがて夏休みになります。
正解文 3	The summer vacation is just around the corner .
ベースライン出力文 3	I will soon be during the summer vacation .
提案手法出力文 3	He will soon during the summer vacation .

表 7.8 における最初の例では、入力文 1 の主語は“すべて”である。ベースライン出力文 1 は、入力文 1 の主語“すべて”に対して“Everything”を出力し、適切に翻訳している。一方、提案手法出力文 1 は、入力文 1 の主語“すべて”に対して、フレーズを出力していない。よって、提案手法出力文 1 は不適切に翻訳している。

2 つ目の例では、ベースライン出力文 2 は適切に翻訳を行っている。一方、提案手法出力文 2 は、動詞を出力していない。

3 つ目の例では、ベースライン出力文 3 は、動詞として“be”を出力している。一方、提案手法出力文 3 は、動詞を出力していない。

表 7.9 差なしの例

入力文 1	無条件で尽力した。
正解文 1	He offered his services without condition .
ベースライン出力文 1	in behalf .
提案手法出力文 1	He spoke in .
入力文 2	9 回の表に逆転した。
正解文 2	They turned the game around in the top of the ninth .
ベースライン出力文 2	I turned the tables in front of the ninth inning .
提案手法出力文 2	He turned the tables in front of the ninth inning .
入力文 3	約束の時間に遅れた。
正解文 3	I was late for my appointment .
ベースライン出力文 3	I was late for the appointed time .
提案手法出力文 3	I was late for the appointment.

表 7.9 における最初の例では、ベースライン出力文 1 と提案手法出力文 1 の両方は、翻訳が不適切である。

2つ目の例では，ベースライン出力文2と提案手法出力文2の両方は，適切に翻訳している。

3つ目の例では，ベースライン出力文3と提案手法出力文3の両方は，適切に翻訳している。

3) ベースラインと先行手法の比較

表 7.10 にベースラインと先行手法の人手評価結果を示す。なお，文献 [3] では，デコーダのパラメータチューニングを行わない場合，ベースラインと比較して，先行手法が有効であることを示した。一方，本研究では，デコーダのパラメータチューニングを行っている。

表 7.10 ベースラインと先行手法の人手評価結果

評価	ベースライン○	先行手法○	差なし	同一出力
文数	20	18	134	28

表 7.10 より，ベースラインと先行手法にほとんど差がないことが確認できる。表 7.10 における，先行手法○の文例を表 7.11 に，ベースライン○の文例を表 7.12 に，差なしの例を表 7.13 に示す。

表 7.11 先行手法○の例

入力文 1	決断に迷った。
正解文 1	He wavered in his determination .
ベースライン出力文 1	determination got lost .
先行手法出力文 1	I was at a loss for a decision .
入力文 2	泉の冷たい水でのどを潤した。
正解文 2	He slaked his throat with cool spring water .
ベースライン出力文 2	quenched his thirst with cold water from the spring .
先行手法出力文 2	I quenched his thirst with cold water from the spring .
入力文 3	いつでも喜んで飲みにいく。
正解文 3	He never lacks an excuse to go drinking .
ベースライン出力文 3	Come whenever glad to drink .
先行手法出力文 3	I always go to drink with pleasure .

表 7.11 における最初の例では，ベースライン出力文 1 は，入力文 “決断に迷った。” と異なる意味である．一方，先行手法出力文 1 は，入力文 1 に対して適切に翻訳している．

2 つ目の例では，ベースライン出力文 2 は主語を出力していない．一方，先行手法出力文 2 は適切に主語を出力している．

3 つ目の例では，ベースライン出力文 3 は主語を出力せず，英語文として不適切である．一方，先行手法出力文 3 は主語を出力し，適切に翻訳している．

表 7.12 ベースライン○の例

入力文 1	泥棒に入られた。
正解文 1	I had a burglar break into my home .
ベースライン出力文 1	My house was robbed .
先行手法出力文 1	I was the thief .
入力文 2	試験の結果にがっかりした。
正解文 2	I was disappointed by my examination results .
ベースライン出力文 2	I was disappointed with the result of the examination .
先行手法出力文 2	I was disappointed with the result of the examination for me .
入力文 3	悪事千里を走る。
正解文 3	Ill news runs apace .
ベースライン出力文 3	Ill news runs apace .
先行手法出力文 3	Ill news runs apace me .

表 7.12 における最初の例では，ベースライン出力文 1 は入力文 1 に適切に翻訳している．一方，先行手法出力文 1 の意味は，入力文の意味と異なる．

2 つ目の例では，ベースライン出力文 2 は適切に翻訳している．一方，先行手法出力文 2 は，誤ったフレーズ “for me” を出力している．

3 つ目の例では，ベースライン出力文 3 は適切に翻訳している．一方，先行手法出力文 3 は，誤った単語 “me” を出力している．

表 7.13 差なしの例

入力文 1	夢で彼に会った。
正解文 1	I saw him in a dream .
ベースライン出力文 1	I saw him in a dream .
先行手法出力文 1	I met him in a dream .
入力文 2	彼らに大ざっぱな見積もりしか言えなかった。
正解文 2	I was only able to give them a rough reckoning .
ベースライン出力文 2	A rough estimate only to them .
先行手法出力文 2	I only them with A rough estimate .
入力文 3	彼の飛行機の出発時刻を忘れた。
正解文 3	I forgot the departure time of his plane .
ベースライン出力文 3	He forgot the departure time of the plane .
先行手法出力文 3	I forgot the departure time of his plane .

表 7.13 における最初の例では、ベースライン出力文 1 と先行手法出力文 1 の両方が、適切に翻訳している。

2 つ目の例では、ベースライン出力文 2 と先行手法出力文 2 の両方が、不適切に翻訳している。

3 つ目の例では、ベースライン出力文 3 と先行手法出力文 3 の両方が、適切に翻訳している。

7.3 句ベース統計翻訳における考察

7.3.1 提案手法で選出した主語の数

テストデータの正解文の主語と、提案手法で選出した主語の文数を表 7.14 に示す。

表 7.14 正解文の主語と提案手法の選出した主語

正解文の主語	正解文 (文)	提案手法で選出した主語	文数
I	408	私は	64
He	320	彼は	554
She	115	彼女は	42
We	107	私たちは	0
They	74	彼らは	13
It	46	それは	6
You	9	あなたは	0
Someone	1	誰かが	1
Anyone	1	主語付与なし	821
Somebody	1	—	—
Anybody	1	—	—
その他	418	—	—

表 7.14 より，テストデータの正解文の主語は，“I”が最も多い．一方，提案手法では“彼は”を補完した出力文を最も多く選出している．よって，本研究において，自動評価結果は実際の翻訳精度よりも低くなる可能性がある．表 7.15 に例を示す．

表 7.15 主語不一致の文例

入力文 1	昼食を たっぶり 取った。
正解文 1	I had a big lunch .
提案手法出力文 1	He had a big lunch .
提案手法出力文 1 の BLEU 値	0.7598
入力文 2	水着のモデルをした。
正解文 2	She modeled swimming suits .
提案手法出力文 2	I modeled swimming suits .
提案手法出力文 2 の BLEU 値	0.6687
入力文 3	まもなく自信を取り戻すだろう。
正解文 3	She 'll soon regain her confidence .
提案手法出力文 3	He will soon regain his confidence .
提案手法出力文 3 の BLEU 値	0.0000

一方，人手評価においては，提案手法の出力文の主語と正解文の主語の不一致に関して，無視して評価を行っている．

また，学習データの対訳英語文の主語と，提案手法で選出した主語の文数を表 7.16 に示す．

表 7.16 学習データの対訳英語文の主語と提案手法の選出した主語

文頭単語	学習データ(文)	提案手法で選出した主語	文数
He	14,122	彼は	554
I	9,517	私は	64
She	4,439	彼女は	42
We	3,103	私たちは	0
They	2,227	彼らは	13
It	2,482	それは	6
You	876	あなたは	0
Someone	49	誰かが	1
Anyone	11	主語付与なし	821
Somebody	16	—	—
Anybody	3	—	—
その他	63,155	—	—

表 7.16 より，提案手法は，“彼は”を補完した文を最も多く選出している．一方，学習データの英語文の主語は，“He”が最も多い．よって，“He”を出力する時，翻訳確率が高くなる傾向があると考えられる．よって，提案手法は，“彼は”を補完した出力文を最も多く選出したと考えている．

7.3.2 提案手法と先行手法の比較に対する考察

先行手法と比較し，提案手法は人手評価と自動評価の両方において翻訳精度の向上を示した．提案手法の翻訳精度が向上した理由について，3.4章で示した先行手法の問題点に着目し，考察する．また，表 7.2 において示した先行手法○の2文について，考察する．

1) 問題点 1 に対する提案手法の効果

先行手法では，主語として“私は”を補完した．しかし，3.4章で示したように，“私は”以外の主語において翻訳品質が高い場合が存在した．例を表 7.17 に示す．表 7.17 における提案手法は，“原文+主語補完を行った8文”に対する翻訳結果において，翻訳確率が最大となった出力文を示している．ただし，表中の翻訳確率*は，log 表記であり，底は 10 である．表 7.17 の例における提案手法の“原文+主語補完を行った8文”の翻訳結果及び翻訳確率を表 7.18 に示す．表 7.18 の“私は”の出力文は，入力文の文頭に“私は”を補完した文に対する出力文であり，“彼は”の出力文や“彼女は”の出力文等も同様である．

表 7.17 “私は”以外の補完が有効である例 1

入力文	できるだけ速く走った。
正解文	She ran as fast as she was able .
先行手法 (翻訳確率*)	I ran as fast as he could . (-0.8870)
提案手法 (翻訳確率*)	He ran as fast as he could . (-0.6110)

表 7.18 表 7.17 の提案手法の翻訳確率*

“原文”の出力文 (翻訳確率*)	I ran as fast . (-1.3120)
“私は”の出力文 (翻訳確率*)	I ran as fast as he could . (-0.8870)
“彼は”の出力文 (翻訳確率*)	He ran as fast as he could . (-0.6110)
“彼女は”の出力文 (翻訳確率*)	She ran as fast as he could . (-0.8600)
“私たちは”の出力文 (翻訳確率*)	We ran as fast as he could . (-1.1490)
“それは”の出力文 (翻訳確率*)	It ran as fast as he could . (-1.2300)
“あなたは”の出力文 (翻訳確率*)	I ran as fast as he could . (-1.4640)
“彼らは”の出力文 (翻訳確率*)	They ran as fast as he could . (-0.8910)
“誰かが”の出力文 (翻訳確率*)	Someone ran as fast . (-2.6140)

表 7.17 において、先行手法の出力文における主語は “I” である。よって、フレーズ “as fast as he could” は不適切である。一方、提案手法は適切に翻訳されている。

表 7.17 のように、“私は”以外の主語を補完することで翻訳品質の改善を示した例は、200 文中 6 文存在した。“私は”以外の主語を補完することで翻訳品質の改善を示した、表 7.17 以外の例を、表 7.19 と表 7.21 に示す。また、表 7.19 の例における提案手法の“原文+主語補完を行った 8 文”の翻訳結果及び翻訳確率を表 7.20 に、表 7.21 の例における提案手法の“原文+主語補完を行った 8 文”の翻訳結果及び翻訳確率を表 7.22 に示す。

表 7.19 “私は”以外の補完が有効である例 2

入力文	車の運転にひたすら専念していた。
正解文	He drove the car with intense concentration .
先行手法 (翻訳確率*)	I was applied himself closely to drive a car . (-3.1760)
提案手法 (翻訳確率*)	He applied himself closely to drive a car . (-2.9740)

表 7.20 表 7.19 の提案手法の翻訳確率*

“原文”の出力文 (翻訳確率*)	I was applied himself closely to drive a car . (-3.3610)
“私は”の出力文 (翻訳確率*)	I was applied himself closely to drive a car . (-3.1760)
“彼は”の出力文 (翻訳確率*)	He applied himself closely to drive a car . (-2.9740)
“彼女は”の出力文 (翻訳確率*)	She was applied himself closely to drive a car . (-3.1170)
“私たちは”の出力文 (翻訳確率*)	We had applied himself closely to drive a car . (-3.6470)
“それは”の出力文 (翻訳確率*)	It was applied himself closely to drive a car . (-3.2380)
“あなたは”の出力文 (翻訳確率*)	I was applied himself closely to drive a car . (-3.7520)
“彼らは”の出力文 (翻訳確率*)	They were applied himself closely to drive a car . (-3.3860)
“誰かが”の出力文 (翻訳確率*)	Someone was applied himself closely to drive a car . (-3.8520)

表 7.19 の例では、先行手法と提案手法の両方において、“himself”を出力した。“himself”に対する主語としては、“He”が適切である。よって、提案手法は先行手法よりも翻訳品質が高いと判断した。

表 7.21 “私は”以外の補完が有効である例 3

入力文	ナイフを彼の腹に突き刺した。
正解文	She stuck the knife in his stomach .
先行手法 (翻訳確率*)	I caught him in the stomach with a knife . (-2.508)
提案手法 (翻訳確率*)	He stabbed in his belly with a knife . (-2.2400)

表 7.22 表 7.21 の提案手法の翻訳確率*

“原文”の出力文 (翻訳確率*)	I was in his belly with a knife . (-2.6160)
“私は”の出力文 (翻訳確率*)	I caught him in the stomach with a knife . (-2.5080)
“彼は”の出力文 (翻訳確率*)	He stabbed in his belly with a knife . (-2.2400)
“彼女は”の出力文 (翻訳確率*)	She stabbed in his belly with a knife . (-2.3230)
“私たちは”の出力文 (翻訳確率*)	We took his belly with a knife . (-3.0070)
“それは”の出力文 (翻訳確率*)	It was in his belly with a knife . (-2.7480)
“あなたは”の出力文 (翻訳確率*)	The you to his belly with a knife . (-3.1300)
“彼らは”の出力文 (翻訳確率*)	They stabbed in his belly with a knife . (-2.6320)
“誰かが”の出力文 (翻訳確率*)	Someone caught him in the stomach with a knife . (-2.9670)

表 7.21 の例では、先行手法の動詞は適切ではない。一方、提案手法の動詞は適切である。

2) 問題点 2 に対する提案手法の効果

ベースラインにおいて、主語省略文を適切に翻訳することがある。この場合、3.4 章で先行手法の問題点として述べたように、主語補完が翻訳に悪影響を与えることがある。一方提案手法では、原文に対する出力文を翻訳確率で選出するため、主語補完による翻訳への悪影響を防ぐことができた。例を表 7.23 に示す。表 7.23 の例における提案手法の“原文+主語補完を行った 8 文”の翻訳結果及び翻訳確率を表 7.24 に示す。

表 7.23 原文の出力により翻訳精度を改善した例 1

入力文	試験の結果にがっかりした。
正解文	I was disappointed by my examination results .
先行手法 (翻訳確率*)	I was disappointed with the result of the examination for me . (-2.1200)
提案手法 (翻訳確率*)	I was disappointed with the result of the examination . (-1.4150)

表 7.24 表 7.23 の提案手法の翻訳確率*

“原文”の出力文 (翻訳確率*)	I was disappointed with the result of the examination . (-1.4150)
“私は”の出力文 (翻訳確率*)	I was disappointed with the result of the examination for me . (-2.1200)
“彼は”の出力文 (翻訳確率*)	He I was disappointed with the result of the examination . (-2.0610)
“彼女は”の出力文 (翻訳確率*)	She is the result of the examination were disappointing . (-1.9950)
“私たちは”の出力文 (翻訳確率*)	I was disappointed with the result of the examination us . (-2.2550)
“それは”の出力文 (翻訳確率*)	It is the result of the examination were disappointing . (-2.0390)
“あなたは”の出力文 (翻訳確率*)	I was disappointed with the result of the examination for you . (-2.0120)
“彼らは”の出力文 (翻訳確率*)	They were disappointing the result of the examination . (-2.0360)
“誰かが”の出力文 (翻訳確率*)	Someone I was disappointed with the result of the examination . (-2.6140)

表 7.23 において、提案手法は原文を選出している。提案手法は、“原文”の出力文は主語を出力し、翻訳精度が高く、翻訳確率も高い。一方先行手法は、主語補完を行った場合、誤ったフレーズ “for me” を出力し、翻訳確率は低い。

また、表 7.24 より、“原文”の出力文が最も翻訳精度が高く、翻訳確率が高い。よって、表 7.23 の例において、提案手法は先行研究の問題点を解決している。表 7.23 のように、提案手法が主語補完による翻訳精度の低下の問題を解決した事例は、200 文中 19 文存在した。原文の出力により翻訳精度の改善を示した、表 7.23 以外の例を、表 7.25 と表 7.27 に示す。また、表 7.25 の例における提案手法の“原文+主語補完を行った 8 文”の翻訳結果及び翻訳確率を表 7.26 に、表 7.27 の例における提案手法の“原文+主語補完を行った 8 文”の翻訳結果及び翻訳確率を表 7.28 に示す。

表 7.25 原文の出力により翻訳精度を改善した例 2

入力文	悪事千里を走る。
正解文	Ill news runs apace .
先行手法 (翻訳確率*)	Ill news runs apace me . (-2.2700)
提案手法 (翻訳確率*)	Ill news runs apace . (-1.3080)

表 7.26 表 7.25 の提案手法の翻訳確率*

“原文”の出力文 (翻訳確率*)	Ill news runs apace . (-1.3080)
“私は”の出力文 (翻訳確率*)	Ill news runs apace me . (-2.2700)
“彼は”の出力文 (翻訳確率*)	Ill news runs apace him . (-2.1970)
“彼女は”の出力文 (翻訳確率*)	Ill news runs apace her . (-2.2540)
“私たちは”の出力文 (翻訳確率*)	Ill news runs apace us . (-2.3490)
“それは”の出力文 (翻訳確率*)	Ill news runs apace it . (-2.1950)
“あなたは”の出力文 (翻訳確率*)	Ill news runs apace of you . (-2.2440)
“彼らは”の出力文 (翻訳確率*)	Ill news runs apace of them . (-2.4230)
“誰かが”の出力文 (翻訳確率*)	Ill news runs apace Someone . (-2.7170)

表 7.25 において、先行手法は、誤ったフレーズ “me” を出力している。一方、提案手法は適切に翻訳している。

表 7.27 原文の出力により翻訳精度を改善した例 3

入力文	天気 になる 。
正解文	It clears up .
先行手法	I will be the weather .
(翻訳確率*)	(-1.4560)
提案手法	It clears up .
(翻訳確率*)	(-1.0230)

表 7.28 表 7.27 の提案手法の翻訳確率*

“原文”の出力文 (翻訳確率*)	It clears up . (-1.0230)
“私は”の出力文 (翻訳確率*)	I will be the weather . (-1.4560)
“彼は”の出力文 (翻訳確率*)	He will make a good weather . (-1.3810)
“彼女は”の出力文 (翻訳確率*)	She will be the weather . (-1.4860)
“私たちは”の出力文 (翻訳確率*)	We will be the weather . (-1.7180)
“それは”の出力文 (翻訳確率*)	It will be the weather . (-1.3310)
“あなたは”の出力文 (翻訳確率*)	You will be the weather . (-1.7530)
“彼らは”の出力文 (翻訳確率*)	They will the weather . (-1.5520)
“誰かが”の出力文 (翻訳確率*)	Someone is to be weather . (-2.0940)

表 7.27 において，先行手法は，不適切な翻訳である．一方，提案手法は適切に出力している．

3) 先行手法○の 2 文について

表 7.2 より，提案手法と比較し，先行手法の翻訳精度が高い文が 2 文存在した．1 つ目の文を表 7.29 に示し，提案手法の翻訳候補及び翻訳確率を表 7.30 に示す．

表 7.29 先行手法○の例 1

入力文	オペラ 劇場 の 初 舞台 で 大 かつ さい を 受 け た 。
正解文	He received a tremendous ovation on his initial appearance at the opera house .
提案手法出力文	The opera of the theater was greeted with loud cheers on the stage .
先行手法出力文	I was greeted with loud cheers in the first stage of opera .

表 7.30 表 7.29 の提案手法の翻訳確率*

“原文”の出力文 (翻訳確率*)	The opera of the theater was greeted with loud cheers on the stage . (-4.2030)
“私は”の出力文 (翻訳確率*)	I was greeted with loud cheers in the first stage of opera . (-4.3670)
“彼は”の出力文 (翻訳確率*)	He was greeted with loud cheers in the first stage of opera . (-4.2410)
“彼女は”の出力文 (翻訳確率*)	She was greeted with loud cheers in the first stage of opera . (-4.3300)
“私たちは”の出力文 (翻訳確率*)	The opera was greeted with loud cheers on the stage of our first . (-4.7530)
“それは”の出力文 (翻訳確率*)	It 's a opera of the theater was greeted with loud cheers on the stage . (-4.3870)
“あなたは”の出力文 (翻訳確率*)	The opera was greeted with loud cheers on the stage of your first . (-4.8980)
“彼らは”の出力文 (翻訳確率*)	They theater 's first opera was greeted with loud cheers on the stage . (-4.5580)
“誰かが”の出力文 (翻訳確率*)	Someone was greeted with loud cheers in the first stage of opera . (-4.9070)

表 7.29 において、提案手法は原文を選出している。しかし、表 7.30 より、原文に対する出力文よりも、主語補完を行った文の方が翻訳品質が高い。よって、提案手法の選出が誤りである。

次に、2 つ目の文を表 7.31 に示し、提案手法の翻訳候補及び翻訳確率を表 7.32 に示す。

表 7.31 先行手法○の例 2

入力文	家族 みんな で 新年 の お祝い を した 。
正解文	I celebrated the New Year with all my family .
提案手法出力文	They were all the celebration of the New Year in the family .
先行手法出力文	I had a celebration of the New Year in all his family .

表 7.32 表 7.31 の提案手法の翻訳確率*

“原文”の出力文 (翻訳確率*)	I had a all the New Year in your family . (-3.4200)
“私は”の出力文 (翻訳確率*)	I had a celebration of the New Year in all his family . (-3.4640)
“彼は”の出力文 (翻訳確率*)	He gave the celebration of the New Year in all his family . (-3.2780)
“彼女は”の出力文 (翻訳確率*)	She gave the celebration of the New Year in all his family . (-3.3640)
“私たちは”の出力文 (翻訳確率*)	We were all the celebration of the New Year in the family . (-3.4720)
“それは”の出力文 (翻訳確率*)	It was a family of the New Year in all congratulations . (-3.5680)
“あなたは”の出力文 (翻訳確率*)	on one of the New Year in all your family . (-3.8990)
“彼らは”の出力文 (翻訳確率*)	They were all the celebration of the New Year in the family . (-3.2120)
“誰かが”の出力文 (翻訳確率*)	Someone was all the celebration of the New Year in his family . (-4.0930)

表 7.31 において、提案手法は“彼らは”を補完した文に対する出力文を選出している。しかし、表 7.32 より、主語として“私は”を補完した文に対する出力文の方が翻訳品質が高い。よって、提案手法の選出が誤りである。

以上のように、提案手法の選出の誤りが、200 文中 2 文存在した。選出の誤りの事例は少数ではあるが、選出の性能を向上することで、さらに翻訳精度は向上すると考える。

7.3.3 提案手法とベースラインの比較に対する考察

実験結果より、ベースラインと比較し、提案手法の有効性が確認できた。理由として、以下の 2 種類を考えている。

a) 主語の出力

b) 日英間のフレーズ対応の改善

この2種類の理由について、例を挙げて説明する。

a) 主語の出力

主語の出力によって翻訳精度が改善した例を表 7.33 に示す。また、表 7.33 の例における提案手法の“原文+主語補完を行った8文”の翻訳結果及び翻訳確率を表 7.34 に示す。

表 7.33 主語の出力の例 1

入力文	イングランドの王となった。
正解文	He became King of England .
ベースライン	became the king of England .
(翻訳確率*)	(-2.1670)
提案手法	He became the king of England .
(翻訳確率*)	(-1.9290)

表 7.34 提案手法における翻訳候補及び翻訳確率

“原文”の出力文	became the king of England .
(翻訳確率*)	(-2.1670)
“私は”の出力文	I became the king of England .
(翻訳確率*)	(-2.0880)
“彼は”の出力文	He became the king of England .
(翻訳確率*)	(-1.9290)
“彼女は”の出力文	She became the king of England .
(翻訳確率*)	(-2.0430)
“私たちは”の出力文	We became the king of England .
(翻訳確率*)	(-2.5400)
“それは”の出力文	It has become the king of England .
(翻訳確率*)	(-2.1800)
“あなたは”の出力文	You became the king of England .
(翻訳確率*)	(-2.6370)
“彼らは”の出力文	They became the king of England .
(翻訳確率*)	(-2.1410)
“誰かが”の出力文	Someone has become the king of England .
(翻訳確率*)	(-2.6100)

表 7.33 において、ベースラインは主語を出力していない。一方提案手法は、“彼は”を補完した入力文に対する出力文を選出し、主語を出力していることが確認できる。さら

に、表 7.34 より、翻訳精度が低い“原文”の翻訳確率よりも、翻訳精度が高い“私は”の出力文や“彼は”の出力文の翻訳確率が高い。よって、提案手法の有効性を確認できる。

主語の出力により翻訳精度の改善を示した、表 7.33 以外の例を、表 7.35 と表 7.37 に示す。また、表 7.33 の例における提案手法の“原文+主語補完を行った 8 文”の翻訳結果及び翻訳確率を表 7.36 に、表 7.37 の例における提案手法の“原文+主語補完を行った 8 文”の翻訳結果及び翻訳確率を表 7.28 に示す。

表 7.35 主語の出力の例 2

入力文	泉の冷たい水でのどを潤した。
正解文	He slaked his throat with cool spring water .
ベースライン (翻訳確率*)	quenched his thirst with cold water from the spring . (-2.8770)
提案手法 (翻訳確率*)	He quenched his thirst with cold water from the spring . (-2.7030)

表 7.36 表 7.35 の提案手法の翻訳確率*

“原文”の出力文 (翻訳確率*)	quenched his thirst with cold water from the spring . (-2.8770)
“私は”の出力文 (翻訳確率*)	I quenched his thirst with cold water from the spring . (-2.7190)
“彼は”の出力文 (翻訳確率*)	He quenched his thirst with cold water from the spring . (-2.7030)
“彼女は”の出力文 (翻訳確率*)	She quenched his thirst with cold water from the spring . (-2.9470)
“私たちは”の出力文 (翻訳確率*)	We quenched his thirst with cold water from the spring . (-3.2200)
“それは”の出力文 (翻訳確率*)	It quenched his thirst with cold water from the spring . (-3.1060)
“あなたは”の出力文 (翻訳確率*)	You quenched his thirst with cold water from the spring . (-3.3460)
“彼らは”の出力文 (翻訳確率*)	They quenched his thirst with cold water from the spring . (-2.9770)
“誰かが”の出力文 (翻訳確率*)	Someone quenched his thirst with cold water from the spring . (-3.4410)

表 7.36 の例において、ベースラインは主語を出力していない。一方、提案手法は主語を補完した文を選出し、主語を出力している。

表 7.37 主語の出力の例 3

入力文	迅速に交渉をまとめた。
正解文	He concluded the negotiation with dispatch .
ベースライン	on the negotiations with expedition .
(翻訳確率*)	(-2.8280)
提案手法	He has compiled a negotiations with expedition .
(翻訳確率*)	(-2.5350)

表 7.38 表 7.37 の提案手法の翻訳確率*

“原文”の出力文	on the negotiations with expedition .
(翻訳確率*)	(-2.8280)
“私は”の出力文	I drew up a negotiations with expedition .
(翻訳確率*)	(-2.7740)
“彼は”の出力文	He has compiled a negotiations with expedition .
(翻訳確率*)	(-2.5350)
“彼女は”の出力文	She has compiled a negotiations with expedition .
(翻訳確率*)	(-2.6250)
“私たちは”の出力文	We did the negotiations with expedition .
(翻訳確率*)	(-3.0430)
“それは”の出力文	It has compiled a negotiations with expedition .
(翻訳確率*)	(-2.7480)
“あなたは”の出力文	You on the negotiations with expedition .
(翻訳確率*)	(-3.2980)
“彼らは”の出力文	They drew up a negotiations with expedition .
(翻訳確率*)	(-2.7580)
“誰かが”の出力文	Someone has compiled a negotiations with expedition .
(翻訳確率*)	(-3.1970)

表 7.37 の例において、ベースラインは主語を出力していない。一方、提案手法は主語を出力している。

b) 日英間のフレーズ対応の改善

日英間のフレーズ対応の改善によって翻訳精度が改善した例を表 7.39 に示す。表 7.39 中のベースラインにおける日英の句のアライメントを表 7.40 に、提案手法におけるアライメントを表 7.41 に示す。表 7.39 の例における提案手法の“原文+主語補完を行った 8 文”の翻訳結果及び翻訳確率を表 7.42 に示す。

表 7.39 アライメント改善の例 1

入力文	ナイフを彼の腹に突き刺した。
正解文	She stuck the knife in his stomach .
ベースライン (翻訳確率*)	I was in his belly with a knife . (-2.6160)
提案手法 (翻訳確率*)	He stabbed in his belly with a knife . (-2.2400)

表 7.40 ベースラインのアライメント

日本語フレーズ	英語フレーズ
ナイフ	knife
を	a
彼の	his
腹	belly
に	in
突き刺し	with
た	I was
。	.

表 7.41 提案手法のアライメント

日本語フレーズ	英語フレーズ
彼	He
はナイフを	a knife
彼の腹	his belly with
に	in
突き刺した	stabbed
。	.

表 7.42 表 7.42 の翻訳確率

“原文”の出力文 (翻訳確率*)	I was in his belly with a knife . (-2.6160)
“私は”の出力文 (翻訳確率*)	I caught him in the stomach with a knife . (-2.5080)
“彼は”の出力文 (翻訳確率*)	He stabbed in his belly with a knife . (-2.2400)
“彼女は”の出力文 (翻訳確率*)	She stabbed in his belly with a knife . (-2.3230)
“私たちは”の出力文 (翻訳確率*)	We took his belly with a knife . (-3.007)
“それは”の出力文 (翻訳確率*)	It was in his belly with a knife . (-2.7480)
“あなたは”の出力文 (翻訳確率*)	The you to his belly with a knife . (-3.1300)
“彼らは”の出力文 (翻訳確率*)	They stabbed in his belly with a knife . (-2.6320)
“誰かが”の出力文 (翻訳確率*)	Someone caught him in the stomach with a knife . (-2.9670)

表 7.40 より、ベースラインでは、アライメントが不適切である。その結果、適切な動詞を出力していない。一方表 7.41 より、提案手法では、“彼は”を補完した文に対する出力文を選出し、アライメントが適切である。その結果、日本語フレーズ“突き刺した”と英語フレーズ“stabbed”が対応し、適切な動詞を出力している。さらに、表 7.42 より、“彼は”の出力文と“彼女は”の出力文は、日本語フレーズ“突き刺した”に対する適切な英語フレーズを出力しており、翻訳確率も高い。

日英間のフレーズ対応の改善によって翻訳精度の改善を示した、表 7.39 以外の例を、表 7.43 と表 7.47 に示す。表 7.43 中のベースラインにおけるアライメントを表 7.44 に、提案手法におけるアライメントを表 7.45 に示す。表 7.43 の例における提案手法の“原文+主語補完を行った 8 文”の翻訳結果及び翻訳確率を表 7.46 に示す。表 7.47 中のベースラインにおけるアライメントを表 7.48 に、提案手法におけるアライメントを表 7.49 に示す。表 7.47 の例における提案手法の“原文+主語補完を行った 8 文”の翻訳結果及び翻訳確率を表 7.50 に示す。

表 7.43 アライメント改善の例 2

入力文	凍死した。
正解文	He died of cold .
ベースライン	凍死 .
(翻訳確率*)	(-107.5080)
提案手法	He was frozen to death .
(翻訳確率*)	(-0.7190)

表 7.44 ベースラインのアライメント

日本語フレーズ	英語フレーズ
凍死 した。	凍死 .

表 7.45 提案手法のアライメント

日本語フレーズ	英語フレーズ
彼は凍死した。	He was frozen to death .

表 7.46 表 7.43 の提案手法の翻訳確率*

“原文”の出力文 (翻訳確率*)	凍死 . (-107.5080)
“私は”の出力文 (翻訳確率*)	I was frozen to death . (-1.8210)
“彼は”の出力文 (翻訳確率*)	He was frozen to death . (-0.7190)
“彼女は”の出力文 (翻訳確率*)	She froze to death . (-1.6050)
“私たちは”の出力文 (翻訳確率*)	Our froze to death . (-2.1480)
“それは”の出力文 (翻訳確率*)	It froze to death . (-1.7070)
“あなたは”の出力文 (翻訳確率*)	You froze to death . (-2.2990)
“彼らは”の出力文 (翻訳確率*)	He was frozen to death . (-1.8210)
“誰かが”の出力文 (翻訳確率*)	Someone was 凍死 . (-108.3590)

表 7.43 の例では，ベースラインは未知語を出力している．一方提案手法は，7.45 より，主語を補完することで，日本語フレーズと英語フレーズが対応し，適切に出力している．

表 7.47 アライメント改善の例 3

入力文	車の運転にひたすら専念していた。
正解文	He drove the car with intense concentration .
ベースライン (翻訳確率*)	I was applied himself closely to drive a car . (-3.3610)
提案手法 (翻訳確率*)	He applied himself closely to drive a car . (-3.1760)

表 7.48 ベースラインのアライメント

日本語フレーズ	英語フレーズ
車 の 運転 に ひたすら 専念し ていた 。	car drive a to applied himself closely I was .

表 7.49 提案手法のアライメント

日本語フレーズ	英語フレーズ
彼 は 車 の 運転 に ひたすら 専念 していた。	He drive a car to applied himself closely .

表 7.50 表 7.47 の提案手法の翻訳確率*

“原文”の出力文 (翻訳確率*)	I was applied himself closely to drive a car . (-3.3610)
“私は”の出力文 (翻訳確率*)	I was applied himself closely to drive a car . (-3.1760)
“彼は”の出力文 (翻訳確率*)	He applied himself closely to drive a car . (-2.9740)
“彼女は”の出力文 (翻訳確率*)	She was applied himself closely to drive a car . (-3.1170)
“私たちは”の出力文 (翻訳確率*)	We had applied himself closely to drive a car . (-3.6470)
“それは”の出力文 (翻訳確率*)	It was applied himself closely to drive a car . (-3.2380)
“あなたは”の出力文 (翻訳確率*)	I was applied himself closely to drive a car . (-3.7520)
“彼らは”の出力文 (翻訳確率*)	They were applied himself closely to drive a car . (-3.3860)
“誰かが”の出力文 (翻訳確率*)	Someone was applied himself closely to drive a car . (-3.8520)

表 7.47 の例において，ベースラインは “is” を出力している．一方提案手法は，主語を補完することで，日本語フレーズと英語フレーズが適切に対応し，適切な動詞を出力している．

7.3.4 提案手法が有効でない例

統計翻訳では，翻訳精度が低いが，翻訳確率が高い出力文が存在する．一方提案手法では，翻訳確率を用いて出力文を選出する．よって提案手法では，出力文の選出が適切ではない文が存在する．表 7.51 に例を示す．また，提案手法における翻訳候補と翻訳確率を表 7.52 に示す．

表 7.51 ベースライン○の例

入力文	とうとう 雨 になった。
正解文	It began to rain at last .
ベースライン (翻訳確率*)	Eventually it began to rain . (-1.2980)
提案手法 (翻訳確率*)	He finally to rain . (-1.2970)

表 7.52 表 7.51 における提案手法の翻訳確率

“原文”の出力文 (翻訳確率*)	Eventually it began to rain . (-1.2980)
“私は”の出力文 (翻訳確率*)	I was finally to rain . (-1.7130)
“彼は”の出力文 (翻訳確率*)	He finally to rain . (-1.2970)
“彼女は”の出力文 (翻訳確率*)	She was finally to rain . (-1.6270)
“私たちは”の出力文 (翻訳確率*)	We were finally to rain . (-2.0750)
“それは”の出力文 (翻訳確率*)	It was finally to rain . (-1.7380)
“あなたは”の出力文 (翻訳確率*)	You 're finally to rain . (-2.2460)
“彼らは”の出力文 (翻訳確率*)	They were finally to rain . (-1.8160)
“誰かが”の出力文 (翻訳確率*)	Someone was finally to rain . (-2.2040)

表 7.52 より，提案手法の翻訳候補において，“原文”の出力文が，最も翻訳精度が高い．しかし，提案手法では，“彼は”を補完した出力文の翻訳確率が最大となる．よって，表 7.51 における提案手法の翻訳精度は，ベースラインよりも低い．表 7.12 で示したベースライン○の他の 2 文においても，提案手法の翻訳精度が低い原因は同様である．

第8章 追加実験

本章では、追加実験について説明する。追加実験は、以下の3種類を行った。

- パラメータチューニングを行わない句ベース統計翻訳における実験
- 階層型統計翻訳における実験
- 複文を用いた句ベース統計翻訳における実験

まず、8.1節で、パラメータチューニングを行わない句ベース統計翻訳における実験について説明する。次に、8.2節で、階層型統計翻訳における実験について説明する。最後に、8.3節で、複文における実験について説明する。

8.1 パラメータチューニングを行わない句ベース統計翻訳における実験

7章では、パラメータチューニングを行った句ベース統計翻訳において、提案手法の有効性を示した。そこで本章では、パラメータチューニングを行わない句ベース統計翻訳において、提案手法の有効性を調査する。本節で説明する実験の実験環境は、パラメータチューニングの有無を除き、7章で説明した実験の実験環境と同様である。

1) 実験結果

実験結果の評価として、自動評価を行った。自動評価結果を表 8.1 に示す。

表 8.1 自動評価結果

手法名	BLEU	METEOR	NIST	RIBES
ベースライン	0.0901	0.3454	2.6351	0.5987
先行手法	0.0980	0.3608	3.2585	0.6350
提案手法	0.0949	0.3526	2.8240	0.6068

表 8.1 より、先行手法は最も翻訳精度が高い。一方、提案手法は先行手法よりも翻訳精度が低い。

2) 考察

表 8.1 より，パラメータチューニングを行わない句ベース統計翻訳において，提案手法は有効ではないと考えられる．パラメータチューニングは，ディベロップメントデータを試し翻訳することで，翻訳モデルや言語モデルなどの確率の重みをチューニングする手法である．つまり，パラメータチューニングによって，翻訳確率の信頼性が向上すると考えられる．よって，パラメータチューニングを行わない実験では，パラメータチューニングを行った実験と比較し，翻訳確率の信頼性が低いと考えられる．その結果，提案手法は，翻訳精度が高い出力文を選出できなかったと考えている．

8.2 階層型統計翻訳における実験

本章では，階層型統計翻訳における実験結果と考察について説明を行う．まず，8.2.1 節で階層型統計翻訳について説明する．次に，階層型統計翻訳における 7 章と同様の実験を 8.2.2 節で説明する．最後に，学習データに対して主語補完を行った階層型統計翻訳における実験について 8.2.3 節で説明する．

8.2.1 階層型統計翻訳

階層型統計翻訳とは，句を階層にすることで，構文単位で評価するモデルを用いた統計翻訳である．句に変数を持ち，変数の中に別の句を埋め込み，翻訳を行う．階層型統計翻訳の手順を図 8.1 に示す．

手順 1 学習データ (日英対訳文) を利用し，翻訳モデル (ルールテーブル) を学習する．

手順 2 学習データの英語文を利用し，言語モデルを学習する．

手順 3 翻訳モデルの翻訳確率と言語モデルの翻訳確率を掛け合わせた翻訳確率が最大となる英語文を出力する．

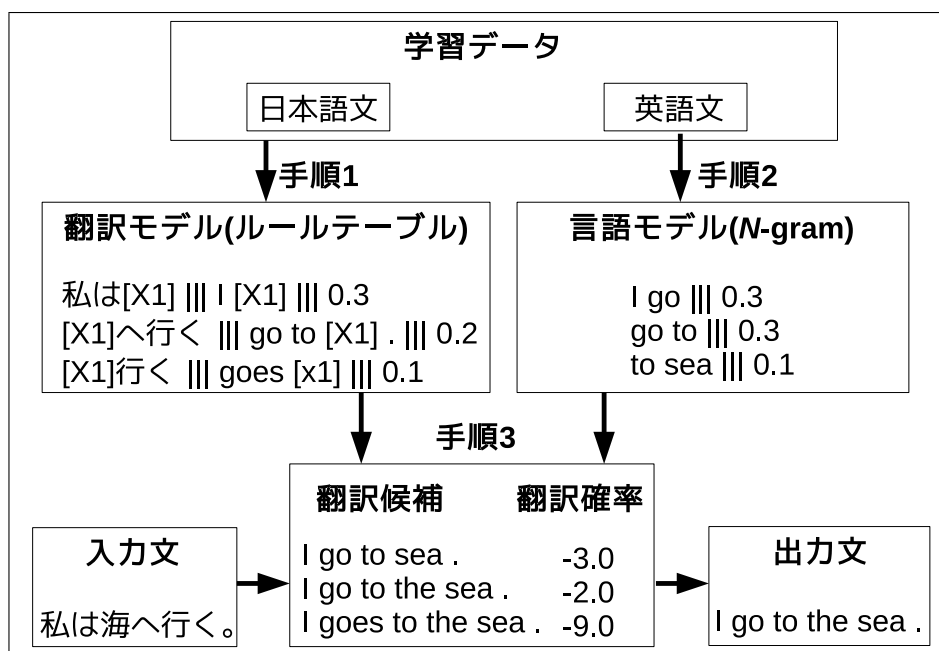


図 8.1 階層型統計翻訳手順

8.2.2 階層型統計翻訳における実験

階層型統計翻訳において，7章と同様の実験を行った．以下に，実験結果を示す．

1) 自動評価結果

階層型統計翻訳における，ベースライン，先行手法，提案手法の自動評価結果を表 8.2 に示す．

表 8.2 自動評価結果

手法名	BLEU	METEOR	NIST	RIBES
ベースライン	0.1107	0.4024	3.9243	0.6497
先行手法	0.1145	0.4030	3.7900	0.6625
提案手法	0.1127	0.4044	3.9544	0.6625

表 8.2 より，自動評価では，ベースラインと比較し，先行手法と提案手法共に翻訳精度がわずかに高い結果になった．しかし，大きな差は確認できない．

2) 人手評価結果

階層型統計翻訳における人手評価では、評価対象の文として100文を抽出し、用いた。人手評価は、以下の2種類を行った。

- ベースラインと先行手法の比較
- ベースラインと提案手法の比較

a) ベースラインと先行手法の比較

表 8.3 に、ベースラインと先行手法の人手評価結果を示す。

表 8.3 ベースラインと先行手法の人手評価結果

手法名	ベースライン○	先行手法○	差なし	同一出力
評価	8	5	81	6

表 8.3 より、ベースラインと先行手法にほとんど差がないことが確認できる。表 8.3 における、先行手法○の例を表 8.4 に、ベースライン○の例を表 8.5 に、差なしの例を表 8.6 に示す。

表 8.4 先行手法○の例

入力文 1	陽気なふるまいをする。
正解文 1	She has a vivacious manner .
ベースライン出力文 1	The behavior .
先行手法出力文 1	I will be a cheerful behavior .
入力文 2	大事な事を忘れていました。
正解文 2	I forgot something important .
ベースライン出力文 2	I have an important forgot the matter .
先行手法出力文 2	I forgot an important matter .
入力文 3	彼の発表の説得力に感銘を受けた。
正解文 3	I was impressed by the cogency of his presentation .
ベースライン出力文 3	His announcement of persuasion I was impressed by the .
先行手法出力文 3	I was impressed by the announcement of persuasion of him .

表 8.4 における最初の例では、ベースライン出力文 1 は動詞を出力していない。一方、先行手法出力文 1 は主語と動詞を出力している。

2 つ目の例では、ベースライン出力文 2 は文構造が誤っている。一方、先行手法出力文 2 は、主語と動詞を適切に出力している。

3つ目の例では、ベースライン出力文3は文構造が誤っている。一方、先行手法出力文2は、適切な文構造である。

表 8.5 ベースライン○の例

入力文 1	自分の健康状態について主治医に相談した。
正解文 1	He has consulted his physician about his health .
ベースライン出力文 1	I consulted a doctor about his health conditions .
先行手法出力文 1	I about his health conditions of you to consult a doctor .
入力文 2	まったく知性に欠けている。
正解文 2	He is intellectually bankrupt .
ベースライン出力文 2	He is lacking in intelligence .
先行手法出力文 2	I was quite is lacking in intelligence .
入力文 3	目覚まし時計の音で目を覚ました。
正解文 3	I woke up at the sound of the alarm clock .
ベースライン出力文 3	I was woken up by the sound of alarm clock .
先行手法出力文 3	I was woken up by the sound of alarm clock for me .

表 8.5 における最初の例では、ベースライン出力文 1 は適切な動詞を出力している。一方、先行手法出力文 1 は動詞を出力していない。

2つ目の例では、ベースライン出力文 2 は、入力文に対して適切な翻訳である。一方、先行手法出力文 2 は、be 動詞 “is” を不適切に出力している。

3つ目の例では、ベースライン出力文 3 は、入力文に対して適切な翻訳である。一方、先行手法出力文 3 は、不適切なフレーズ “for me” を出力している。

表 8.6 差なしの例

入力文 1	狂喜していた。
正解文 1	He was wild with delight .
ベースライン出力文 1	He went .
先行手法出力文 1	I went .
入力文 2	無条件で尽力した。
正解文 2	He offered his services without condition .
ベースライン出力文 2	He spoke in .
先行手法出力文 2	I spoke in .
入力文 3	夢の世界に住んでいる。
正解文 3	He lives in a dream world .
ベースライン出力文 3	He lives in the world of dreams .
先行手法出力文 3	I live in the world of dreams .

表 8.6 における最初の例では、ベースライン出力文 1 と先行手法出力文 1 の両方において、不適切な出力である。

2つ目の例では、ベースライン出力文2と先行手法出力文2の両方において、不適切な出力である。

3つ目の例では、ベースライン出力文3と先行手法出力文3の両方において、適切な出力である。

b) ベースラインと提案手法の比較

表 8.7 にベースラインと提案手法の人手評価結果を示す。

表 8.7 ベースラインと提案手法の人手評価結果

手法名	ベースライン○	提案手法○	差なし	同一出力
評価	2	3	25	70

表 8.7 より、ベースラインと提案手法にほとんど差がないことが確認できる。表 8.3 における、先行手法○の例を表 8.8 に、ベースライン○の例を表 8.9 に、差なしの例を 8.10 に示す。

表 8.8 提案手法○の例

入力文 1	大事な事を忘れていました。
正解文 1	I forgot something important .
ベースライン出力文 1	I have an important forgot the matter .
提案手法出力文 1	He forgot an important matter .
入力文 2	ほんの形ばかりのお祝いをした。
正解文 2	We celebrated the occasion for mere form 's sake .
ベースライン出力文 2	Not a form of the celebration .
提案手法出力文 2	He gave the celebration of the only a little shape .
入力文 3	極東まで事業を広げる予定だ
正解文 3	We are going to extend our operations to the Far East .
ベースライン出力文 3	Far East is scheduled to expand to the enterprise .
提案手法出力文 3	He is scheduled to expand his business to the Far East .

表 8.8 における最初の例では、ベースライン出力文 1 は、文構造が不適切である。一方、提案手法出力文 1 は適切な出力である。

2つ目の例では、ベースライン出力文 2 は動詞を出力していない。一方、提案手法出力文 2 は主語と動詞を適切に出力している。

3つ目の例では、ベースライン出力文3は、主語と動詞の関係が入力文と異なる。一方、提案手法出力文3では、主語と動詞を適切に出力している。

表 8.9 ベースライン○の例

入力文1	自分の部屋に閉じこもった。
正解文1	He barricaded himself in his room .
ベースライン出力文1	I shut myself in his room .
提案手法出力文1	They barred themselves in his room .
入力文2	彼からあなたに伝言を頼まれた。
正解文2	I have brought a message from him for you .
ベースライン出力文2	I was asked to write a message to you from him .
提案手法出力文2	I was asked to the message to you from him .

表8.9における最初の例では、ベースライン出力文1は適切な出力である。一方、提案手法出力文1は、動詞“shut”を出力しており、適切な出力ではない。

2つ目の例では、ベースラインの出力文は適切な出力である。一方、提案手法出力文2では、英語フレーズ“asked to”の後に名詞句が続いており、不適切である。

表 8.10 差なしの例

入力文1	正午頃までぶらぶらしていた。
正解文1	I lazed around until about noon .
ベースライン出力文1	We were dangling until noon time ofyear .
提案手法出力文1	They were dangling until noon time ofyear .
入力文2	最後の1周でビルを追い抜いた。
正解文2	He passed Bill on the last lap .
ベースライン出力文2	The last one from passed the building .
提案手法出力文2	He passed in the last one from the building .
入力文3	映画館へ映画を見に行く。
正解文3	To go to a movie theater to see a movie .
ベースライン出力文3	The movie theater to go to see a movie .
提案手法出力文3	I go to the movies to a movie theater .

表8.10における最初の例では、ベースライン出力文1と提案手法出力文1は、主語のみが異なり、翻訳精度に差はない。

2つ目の例では、ベースライン出力文2と提案手法出力文2の両方は、適切な出力では

ない。

3つ目の例では，ベースライン出力文3と提案手法出力文3の両方は，適切な出力ではない。

3) 考察

実験結果より，提案手法と先行手法は，ベースラインとほとんど差が確認できない結果となった。階層型統計翻訳において，提案手法が有効ではない原因は，次の2つを考える。

原因1 階層型統計翻訳に対しては主語補完は有効ではない。

原因2 階層型統計翻訳で用いる翻訳確率と翻訳精度は，比例しない。

原因1

久保田らは文献[4]において，階層型統計翻訳の特徴の一つは，主語と動詞の適切な出力を示している。階層型統計翻訳は，文の構造を学習し翻訳を行う。よって，主語と動詞を適切に出力する傾向がある。

しかし，表8.3と表8.7に示す人手評価結果は，主語補完が翻訳精度を改善する文の存在を示した。よって，提案手法における選択方法を改善することで，階層型統計翻訳において提案手法は有効になる可能性があると考えられる。

原因2

表8.7に示す人手評価結果より，提案手法は翻訳精度が高い文を選択していない多くの例が存在する。この原因として，階層型統計翻訳で用いる翻訳確率は，翻訳精度と比例していないと考えられる。よって，階層型統計翻訳においては，提案手法における選択方法を改善する必要がある。

8.2.3 学習データに対して主語補完を行った階層型統計翻訳における実験

文献[3]では，句ベース統計翻訳において，学習データへの主語補完は翻訳精度を低下させることを示した。そこで，学習データに対する主語補完の階層型統計翻訳への効果を調査した。なお，学習データの主語補完は，4.4.3節で説明した方法を用いて行う。

1) 実験結果

表 8.11 に、学習データへの主語補完を行わない階層型統計翻訳における自動評価結果を示す。表 8.12 に、学習データに対して主語補完を行った階層型統計翻訳における自動評価結果を示す。

表 8.11 学習データへの主語補完なし

手法名	BLEU	METEOR	NIST	RIBES
ベースライン	0.1107	0.4024	3.9243	0.6497
先行手法	0.1145	0.4030	3.7900	0.6625
提案手法	0.1127	0.4044	3.9544	0.6625

表 8.12 学習データへの主語補完あり

手法名	BLEU	METEOR	NIST	RIBES
ベースライン	0.0965	0.3859	3.7274	0.6350
先行手法	0.1094	0.3961	3.7623	0.6701
提案手法	0.1030	0.3942	3.8274	0.6530

表 8.11 と表 8.12 より、学習データへの主語補完は、階層型統計翻訳の翻訳精度を低下させることが確認できる。

2) 考察

表 8.11 と表 8.12 より、階層型統計翻訳においても、学習データへの主語補完は有効ではないことが分かった。原因として、主語補完の精度が高くないことが挙げられるが、今後、詳しい調査が必要であると考えられる。

8.3 複文を用いた句ベース統計翻訳における実験

複文において、単文と同様の実験を行った。複文は、主語省略文を自動的に抽出することが困難である。表 8.13 に、抽出が困難である複文の例を示す。

表 8.13 主語省略文であるが，抽出できない文例

日本語	人の情けにすぎるような生き方はしたくない
英語文	I don't want to live on the charity of others.
日本語	彼が当惑しているのははっきりとわかった。
英語文	His embarrassment was clearly apparent.
日本語	夕食の間に自分がたどってきた人生を手短に私に語った。
英語文	She gave me a brief autobiography during supper.

主語省略文である複文 27 文中，表 8.13 のように，文中に助詞 “は”，“が”，“も” が存在した文数 (つまり，現在の手法では主語省略文として抽出ができない文) は，20 文であった。この結果より，複文に対する主語補完は現在の主語補完方法では困難である。主語省略文を抽出するためには，係り受け情報を用いたルールを作成する，機械学習を用いるなどの方法を用いるべきであると考えられる。

本研究において，複文における実験では，複文の主語省略文 20 文を人手で抽出し，テストデータとして用いた。表 8.14 に，テストデータ 20 文における人手評価結果を示す。また，複文の翻訳例を表 8.15 に示し，それぞれの表の提案手法における翻訳候補と翻訳確率を表 8.16, 8.18, 8.20 に示す。

表 8.14 人手評価結果

評価	ベースライン○	提案手法○	差なし	同一出力
文数	0	0	3	17

表 8.15 複文における翻訳例 1

入力文	よりすぐれた兵器を必要としている。
正解文	We need better arms .
ベースライン出力文	We need a superior weapons .
提案手法出力文	We need a superior weapons .

表 8.16 複文における翻訳候補と翻訳確率

“原文”の出力文 (翻訳確率*)	We need a superior weapons . (-3.752)
“私は”の出力文 (翻訳確率*)	I need a superior weapons . (-4.289)
“彼は”の出力文 (翻訳確率*)	He is superior weapons . (-4.311)
“彼女は”の出力文 (翻訳確率*)	She is superior weapons . (-4.217)
“私たちは”の出力文 (翻訳確率*)	We need a superior weapons . (-4.387)
“それは”の出力文 (翻訳確率*)	It is superior weapons . (-4.262)
“あなたは”の出力文 (翻訳確率*)	You need a superior weapons . (-4.492)
“彼らは”の出力文 (翻訳確率*)	They are superior weapons . (-4.434)
“誰かが”の出力文 (翻訳確率*)	Someone superior weapons . (-4.979)

表 8.14 の人手評価結果より、複文において提案手法は有効性は確認できない。しかし、表 8.16 において、“原文”の出力文は、翻訳精度が高く翻訳確率も高い。一方、“彼は”の出力文は、翻訳精度が低く翻訳確率も低い。よって、翻訳確率を用いた提案手法の選出方法は有効であると考えられる。今後、テストデータの文数を増やし、翻訳確率を用いた主語補完の選出方法の有効性を調査する必要がある。表 8.15 以外の例を、表 8.17 と表 8.19 に示す。また、表 8.17 の例における提案手法の“原文+主語補完を行った 8 文”の翻訳結果及び翻訳確率を表 8.18 に、表 8.19 の例における提案手法の“原文+主語補完を行った 8 文”の翻訳結果及び翻訳確率を表 8.20 に示す。

表 8.17 複文における翻訳例 2

入力文	あの方にはまだお目にかかる折を得ておりません。
正解文	I have had no opportunity of meeting him yet .
ベースライン	I have no opportunity to meeting you yet .
提案手法	I have no opportunity to meeting you yet .

表 8.18 表 8.17 の提案手法の翻訳確率*

“原文”の出力文 (翻訳確率*)	I have no opportunity to meeting you yet . (-6.2440)
“私は”の出力文 (翻訳確率*)	I can hardly wait that he may have not yet gained the first opportunity . (-6.5720)
“彼は”の出力文 (翻訳確率*)	He had the first opportunity of meeting you yet that gentleman yet . (-6.9050)
“彼女は”の出力文 (翻訳確率*)	She had the first opportunity of meeting you yet that gentleman yet . (-6.9990)
“私たちは”の出力文 (翻訳確率*)	We have not yet on the occasion to meeting you that gentleman . (-7.0610)
“それは”の出力文 (翻訳確率*)	It is the first opportunity that gentleman meeting you have not yet . (-6.9050)
“あなたは”の出力文 (翻訳確率*)	We have not yet enjoy that gentleman when you can hardly wait . (-6.9530)
“彼らは”の出力文 (翻訳確率*)	They have no opportunity to meeting you have not yet that gentleman . (-6.9590)
“誰かが”の出力文 (翻訳確率*)	Someone is still meeting him to the first opportunity yet . (-7.7180)

表 8.17 の例では，提案手法は原文を選出し，翻訳精度は高い．

表 8.19 複文における翻訳例 3

入力文	毎朝ジョギングすることに決めています。
正解文	I jog every morning .
ベースライン	I make a point jogging every morning .
提案手法	I make a point jogging every morning .

表 8.20 表 8.19 の提案手法の翻訳確率*

“原文”の出力文 (翻訳確率*)	I make a point jogging every morning . (-2.3170)
“私は”の出力文 (翻訳確率*)	I make a point jogging every morning . (-3.2240)
“彼は”の出力文 (翻訳確率*)	I make a point of his jogging every morning . (-3.3240)
“彼女は”の出力文 (翻訳確率*)	I make a point her jogging every morning . (-3.3720)
“私たちは”の出力文 (翻訳確率*)	We made it jogging every morning . (-3.5570)
“それは”の出力文 (翻訳確率*)	I make a point jogging every morning it . (-3.3890)
“あなたは”の出力文 (翻訳確率*)	I make a point you jogging every morning . (-3.3910)
“彼らは”の出力文 (翻訳確率*)	They made it jogging every morning . (-3.3260)
“誰かが”の出力文 (翻訳確率*)	I make a point Someone jogging every morning . (-3.9900)

表 8.19 の例では，提案手法は原文を選出し，翻訳精度は高い．また，表 8.20 より，原文に対すると，主語補完を行った文に対する出力文の翻訳品質に差はない．

第9章 考察

9.1 主語補完の精度

a) テストデータへの主語補完の精度

テストデータよりランダムに 100 文抽出し，主語補完の精度の評価を行った．以下に評価基準を示す．

主語補完○ 主語補完した文が日本語として文法的に，また意味的に正しい場合

主語補完× 主語補完した文が日本語として文法的に，また意味的に正しくない場合

表 9.1 に評価結果を示す．

表 9.1 主語補完評価結果

主語補完○	主語補完×
93	7

主語補完が正しくない例文を表 9.2 に示す．表 9.2 は，主語として“私は”を補完した場合の例であるが，“私は”以外の主語を補完した場合も誤りであると考える．

表 9.2 主語補完誤り文例

文例 1	“私は”雨になりそうだ。
対訳英語文 1	It is likely to rain .
文例 2	“私は”みんな口をぽかんとあけた。
対訳英語文 2	Every mouth dropped open .
文例 3	“私は”とうとう雨になった。
対訳英語文 1	It began to rain at last .

表 9.2 の文例 1 は，天気に関する文である．英語文において，天気を表す場合，主語は意味を持たない “It” を用いる．よって，統計翻訳を行う場合，天気を表す日本語文には，主語補完を行うべきではないと考える．また，文例 2 では，“みんな”が主語である

が，“みんな”のあとに助詞が省略されている。その結果，“主語省略文”として抽出されたことにより，誤って主語補完されている。文例3は，文例1と同様で，天気に関する文であり，主語補完を行うべきではない。

提案手法は，表9.2のような主語補完の誤りがある文における翻訳では，ほとんどの場合，原文の出力を選出した。よって，主語補完の誤りが提案手法の実験結果に与える影響は少ないと考える。

b) 学習データ及びディベロップメントデータへの主語補完の精度

学習データの主語省略文よりランダムに100文抽出し，4.4.3節で説明した主語補完方法の精度評価を行った。表9.3に結果を示す。また，主語補完が正しくない例文を表9.4に示す。

表 9.3 主語補完評価結果

主語補完○	主語補完×
96	4

表 9.4 主語補完誤り文例

文例1	“それは”天気になる。
対訳英語文1	It clears up .
文例2	“それは”犬にコートを着せるなんて過保護だ。
対訳英語文2	It is overprotective to put a coat on a dog .
文例3	“誰かが”誰かに足を踏まれた。
対訳英語文3	Somebody stepped on my foot .

表9.4の文例1では，“それは”を補完している。しかし天気を表す文に対しては，主語補完を行うべきではない。文例2についても同様に，“それは”を補完すべきではない。また，文例3では，“誰かが”を補完している。ここで，対訳英語文2を日本語に変換すると，“誰かが私の足を踏んだ。”となる。しかし，テストデータの日本語は，“誰かに足を踏まれた”と，受身の構造となっている。これが原因で，主語補完が誤っている。

表9.3より，4.4.3節で説明した主語補完方法でも，主語補完に誤りがある文が存在することが確認できた。今後，学習データに主語補完を行い，翻訳精度の向上を目指すためには，さらに精度の高い主語補完方法を提案する必要がある。

9.2 提案手法の選出方法

句ベース統計翻訳と階層型統計翻訳における実験では，提案手法は，翻訳候補文からの選出が適切ではない例の存在を示した．提案手法は，翻訳確率を用いて翻訳候補文から選出を行っている．よって，翻訳確率の信頼性が向上した場合，提案手法の選出の性能は向上すると考えられる．したがって，統計翻訳で用いる学習データを増加し，翻訳確率の信頼性が向上した場合，提案手法の選出の性能は向上すると考える．よって，提案手法が有効ではなかった実験において，学習データを増加させることで，提案手法が有効になる可能性があると考えている．

第10章 結論

統計翻訳において、主語を省略している日本語文の翻訳精度が低いことは、問題点の1つである。この問題に対し、古市らは、日英統計翻訳において、主語を省略している日本語文に対し、主語として“私は”を自動で補完した。しかし、古市らの調査では次のような事例を示した。1) ある特定の主語(例えば“私は”)において日本語文の翻訳品質は低い、他の主語(例えば“彼は”)において翻訳品質が高い。2) 主語がある日本語文の翻訳品質は低い、主語を省略している日本語文の翻訳品質が高い。

そこで本研究では、主語を省略している日本語文及び、8種類の主語を補完した文をそれぞれ翻訳し、翻訳品質が高い文を選出することで、翻訳精度の向上を目指した。まず、8種類の主語を補完した日本語文と、主語を省略している日本語文に対し、それぞれ日英統計翻訳を行った。次に、翻訳モデルの確率と言語モデルの確率を掛け合わせた翻訳確率が最大となる出力文を選出した。そして、選出した文を、最終的な出力文とした。

実験の結果、句ベース統計翻訳では、先行手法と比較し、自動評価では、BLEU値において0.0064向上し、提案手法の有効性が確認できた。また、人手評価において25文の翻訳精度が向上し、2文の翻訳精度が低下した。人手評価において翻訳精度が向上した25文を分類した結果、複数の主語補完による改善は6文であり、原文の出力による改善は19文であった。よって、提案手法は先行手法の問題点を改善した。一方、翻訳精度が低下した2文は、提案手法の選出の誤りであった。今後、翻訳品質が高い文の、より有効な選出方法を提案することで、翻訳精度の向上を目指す。

謝辞

最後に，一年間に渡り，本研究の御指導をいただきました鳥取大学工学部知能情報工学科計算機講座C研究室の村田真樹教授，村上仁一准教授，徳久雅人講師に深く感謝するとともに厚くお礼を申し上げます。また，計算機工学講座C研究室の皆様に厚くお礼を申し上げます。

また，ご多忙の中，助言をいただきました岩井儀雄教授に厚く御礼申し上げます。
その他，参考にさせて頂いた論文の著者の方々に対して，深く感謝します。

参考文献

- [1] 猪澤雅史, 村上仁一, 徳久雅人, 池原悟. 文節区切りの学習データを用いた, 日英統計翻訳の検討. 言語処理学会第 16 回年次大会発表論文集, pp. 1022–1025, 2010.
- [2] 中岩浩巳. 日英機械翻訳におけるゼロ代名詞照応解析に関する研究. 博士論文, 名古屋大学大学院情報科学研究科, 2002.
- [3] 古市将仁, 村上仁一, 徳久雅人, 村田真樹. 日英統計翻訳における主語補完の効果. 言語処理学会第 17 回年次大会発表論文集, pp. 163–166, 2011.
- [4] 久保田裕介, 村上仁一, 徳久雅人, 村田真樹. 階層型統計翻訳の調査. 言語処理学会第 18 回年次大会発表論文集, pp. 259–262, 2012.
- [5] GIZA++. <http://www.fjoch.com/GIZA++.html>.
- [6] Peter F. Brown, Stephen A. Della Pietra, Vincent J. Della Pietra, and Robert L. Mercer. The Mathematics of Statistical Machine Translation , Parameter Estimation. *Computational Linguistics*, Vol. 19, No. 2, pp. 263–312, 1993.
- [7] Franz Josef Och. Minimum Error Rate Training in Statistical Machine Translation. *Proceedings of the 41st Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*, pp. 160–167, 2003.
- [8] 松本拓也, 村上仁一, 徳久雅人. 機械翻訳における人手評価と自動評価の考察. 言語処理学会第 18 回年次大会発表論文集, pp. 505–508, 2012.
- [9] BLEU: NIST Open MT Scoring.
<http://www.itl.nist.gov/iad/894.01/tests/mt/2008/scoring.html>.
- [10] METEOR: The METEOR Automatic Machine Translation Evaluation System.
<http://www-2.cs.cmu.edu/~alavie/METEOR/>.
- [11] NIST: Automatic Evaluation of Machine Translation Quality Using N-gram Co-Occurrence Statistics.
<http://www.itl.nist.gov/iad/mig/tests/mt/2008/scoring.html>.

- [12] RIBES : Rank-based Intuitive Bilingual Evaluation Measure.
<http://www.kecl.ntt.co.jp/icl/lirg/ribes/>.
- [13] 中岩浩巳, 池原悟. 日英翻訳システムにおける用言意味属性を用いたゼロ代名詞照応解析. 情報処理学会論文誌, Vol. 34, No. 8, pp. 1705–1715, 1993.
- [14] 中岩浩巳, 池原悟. 語用論的・意味論的制約を用いた日本語ゼロ代名詞の文内照応解析. 自然言語処理, Vol. 3, No. 4, pp. 50–65, 1996.
- [15] 中岩浩巳. 日英対訳コーパスを用いたゼロ代名詞とその指示対象の自動認定. 情報処理学会研究報告. 自然言語処理研究会報告, Vol. 98, No. 1, pp. 33–40, 1998.
- [16] 平博順, 須藤克仁, 永田昌明. 統計翻訳における日本語省略補完の効果の分析. 言語処理学会第18回年次大会発表論文集, pp. 135–138, 2012.
- [17] 池原悟, 宮崎正弘, 白井諭, 横尾昭男, 中岩浩巳, 小倉健太郎, 大山芳史, 林良彦. 日本語語彙大系. 岩波書店, 1997.
- [18] 三上章. 日本語の構文. くろしお出版, 1993.
- [19] MeCab: Yet Another Part-of-Speech and Morphological Analyzer.
<http://mecab.googlecode.com/svn/trunk/mecab/doc/index.html>.
- [20] Philipp Koehn, Marcello Federico, Brooke Cowan, Richard Zens, Chris Dyer, Ondřej Bojar, Alexandra Constantin, and Evan Herbst. Moses: Open Source Toolkit for Statistical Machine Translation. *Proceedings of the ACL 2007 Demo and Poster Sessions*, pp. 177–180, 2007.
- [21] CaboCha: Yet Another Japanese Dependency Structure Analyzer.
<http://chasen.org/~taku/software/cabocha>.
- [22] 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, Vol. 34, No. 8, pp. 119–130, 2012.
- [23] SRILM: The SRI Language Modeling Toolkit.
<http://www.speech.sri.com/projects/srilm/>.