

穴あき用例と正確な用例を活用した 多言語用例対訳作成手法

福島 拓^{1,a)} 吉野 孝^{2,b)}

概要：正確な多言語間コミュニケーション支援が求められる分野では用例対訳が多く用いられている。用例対訳は用例を正確に翻訳した多言語コーパスであり，正確な多言語変換が可能である。用例対訳の作成は人手で行われているため，十分な数の用例対訳を確保することが困難であった。そこで本稿では，用例の一部を穴あきにして入れ替え可能とした穴あき用例を活用し，単言語話者のみで用例対訳を作成する手法を提案・実装した。本手法では，単言語話者がそれぞれの言語で作成した正確な用例と，対訳になり得る穴あき用例の対とを用いることで，正確な用例対訳の作成を目指している。本稿の貢献は以下である。(1) 穴あき用例を活用した用例対訳作成手法を提案し，実現した。(2) 穴あき文の対と穴埋め単語の対の正確性担保を行った上で提案手法を適用することで，正確な用例対訳作成の可能性を示した。

Multilingual Parallel Texts Creation Method Using Perforated Texts and Accurate Texts

Taku Fukushima^{1,a)} Takashi Yoshino^{2,b)}

1. はじめに

近年の世界的なグローバル化により，日本国内においても多言語間コミュニケーションの機会が増加している。しかし，一般に多言語を十分に習得することは非常に難しく，母語以外の言語によるコミュニケーションは困難なこともあり [1], [2], [3]，日本語を理解できない外国人と日本人との間で正確な情報共有を十分に行うことはできない。

日本語を理解できないことの影響が顕著に現れる分野の1つに医療がある。医療分野では，わずかなコミュニケーション不足で医療ミスが発生する恐れがある。特に，日本語が通じない外国人と日本人医療従事者間のやり取りは，意思の疎通を十分に行うことができない。そこで，多言語対応の医療支援システムの開発が多く行われてい

る [4], [5], [6], [7]。これらのシステムでは，正確な多言語変換が可能な用例対訳が用いられている。用例対訳とは，用例を多言語に正確に翻訳した多言語コーパスのことを指し，「保険証はお持ちですか?」「はい」「いいえ」などの利用現場で使用される言葉を多言語で提供することができる。この用例対訳を用いて，利用者が適切な質問やその回答を使用することで，正確な多言語対話が可能となる。

我々は用例対訳の収集，共有を目的とした多言語用例対訳共有システム TackPad (タックパッド) の開発を行っている [8]。収集した用例対訳は，正確性評価を行った後，多言語対応医療支援システムへの提供を目指している。

また，用例対訳作成の効率化を目的として，用例の一部を穴あきにして単語を入れ替え可能とした「穴あき用例」が存在している [9]。穴あき用例は用例対訳全体で必要となる翻訳数を減少可能であるため，穴あき用例を活用した用例対訳作成の取り組みが行われているが [10], [11]，正確な用例対訳の作成手法は確立されていない。

そこで本稿では，新たな穴あき用例を活用した用例対訳作成手法を提案する。本手法では，単言語話者がそれぞれの言語で作成した正確な用例と，対訳になり得る穴あき用

¹ 大阪工業大学情報科学部
Faculty of Information Science and Technology, Osaka Institute of Technology, Hirakata, Osaka 573-0196, Japan

² 和歌山大学システム工学部
Faculty of Systems Engineering, Wakayama University, Wakayama 640-8510, Japan

a) taku.fukushima@oit.ac.jp

b) yoshino@sys.wakayama-u.ac.jp

例の対の両者を活用することで、正確な用例対訳の作成を目指す。

2. 関連研究

多言語間コミュニケーション支援を目的として、用例対訳や機械翻訳を用いた支援技術の研究が多く行われている。機械翻訳は自由に入力された文をすべて多言語に翻訳が可能であるため、子供向けの機械翻訳 [12] や多言語対面環境の討論支援 [13] など、様々な分野で利用されている。しかし、機械翻訳の精度は年々向上しているものの、正確性が求められる医療分野でそのまま利用可能な精度には達していない [14]。また、機械翻訳はルールや統計データに基づいて動的な翻訳を行うため [15]、すべての対訳の正確性を確保することはできない。

そこで現在、正確性が求められる分野においては用例対訳による支援が多く行われている。用例対訳を利用したシステムとして、多言語医療受付支援システム [4] や、ケータイ多言語対話システム [5] がある。また、自由文に対応するために、用例対訳と機械翻訳を併用したシステムも提案されている [6], [7]。

このように使用される用例対訳の収集・共有を目的として、我々は多言語用例対訳共有システム TackPad の開発を行っている [8]。TackPad では、(i) 医療従事者や患者などが必要な用例をシステムに登録、(ii) 翻訳者が (i) で登録された用例を各言語に翻訳、(iii) システム利用者が作成された用例対訳の正確性評価を行い、一定の閾値を超えた用例対訳を多言語対応医療システムへ提供する、の手順で、医療現場で求められている用例対訳の収集・共有を Web 上で行っている。現在、本システム上には用例数は全言語合わせて約 15,000 文が存在しているが、用例対訳の数は十分でないことが分かっている [8]。今後、医療分野で必要な用例対訳を網羅した場合、現在の数十倍の用例が必要であると考えられるが、対訳作成を行う翻訳者への負担が非常に大きくなるという課題を抱えている。

より効率的な用例対訳作成の一方法として穴あき用例が存在している [9]。文献 [9] では、多言語用例対訳共有システムで収集された用例対訳をもとに、自動的に穴あき用例が作成可能であるかを調査している。この結果、穴あき用例は言語間で一対一に対応しておらず、全自動での用例対訳の作成は困難であることが示されている。また、文献 [10] では単言語に限定した用例の作成が、文献 [11] では穴あき用例を活用して対訳文の生成がそれぞれ行われているが、正確な用例対訳作成手法の確立は行われていない。

3. 穴あき用例

3.1 穴あき文と穴埋め単語

本節では、提案手法で使用する穴あき用例について述べる。穴あき用例は、用例の一部の単語を穴あきにして入れ

替え可能とした用例である [9]。穴あき用例の穴あき部分の単語を入れ替えることで、具体的な内容の伝達が可能となる。穴あき用例は翻訳コストが低いというメリットが存在している。以降、用例の一部を穴あきにしたものを「穴あき文」、穴あき部分に入れる単語を「穴埋め単語」とする。

穴あき用例の利用について検討した文献 [9] では、以下の手順で穴あき用例の作成を行っている。本稿でも以下に示す文献 [9] の手法を用いて穴あき用例の作成を行う。

- (1) 形態素解析器を用いて、同一言語の用例群を形態素に分割する。その際、句読点や“?” “!” は除去する。
- (2) (1) で分割した形態素のうち、1 つのみが異なる用例の対を抽出する。その際、異なる形態素は同一品詞のもののみ抽出する。
- (3) (2) で抽出した、1 形態素のみ異なる用例群のうち、異なる単語を「穴埋め単語」、それ以外の部分を「穴あき文」として保存する。

なお、本稿では穴あき文の穴あき部分を“[[N]]”のように表記する。使用するアルファベットは品詞を表しており、名詞は“N”を用いて表現する。例として、「頭が痛いです」の「頭」（名詞）が穴埋め単語の場合、穴あき文としては「[[N]] が痛いです」と表記する。

3.2 穴あき用例を活用した用例対訳作成

本節では、穴あき用例を活用した用例対訳作成に関する既存研究について述べ、本研究との差異を明らかにする。

文献 [10] では、穴あき用例を活用した用例作成を行っている。文献 [10] では、穴あき文と穴埋め単語の間の適合可能性を示す指標を用いたり、穴あき文同士の包含関係を用いたりすることで、用例作成者の負担軽減を目指している。また、実験より、穴あき文と穴埋め単語の組み合わせを入れ替えることで、多くの新たな用例作成が可能であることが示されている。

文献 [11] では、穴あき用例と単語辞書や Web 検索機を用いて、人手による翻訳作業なしに用例対訳の作成を行っている。これは、単言語の用例作成にとどまっていた文献 [10] で作成された用例を多言語化する取り組みである。文献 [11] では、ある用例（原文）を翻訳した用例を下記の手順で生成している。

- (1) 原文の穴あき文、穴埋め単語を、3.1 節の穴あき用例作成方法を用いて作成する。
- (2) 原文の穴埋め単語の対訳となる穴埋め単語を、既存の用例対訳と多言語単語辞書を併用して取得する。また、原文の穴あき文の対訳となる穴あき文を、前述の穴埋め単語の対訳と既存の用例対訳を併用して取得する。
- (3) (2) の穴埋め単語と穴あき文を使用して、原文の対訳の候補となる用例を生成する。生成された用例を Web 検索機を用いて適切性評価を行う。

実験の結果、文献 [11] の手法は、適切な用例対訳が一定

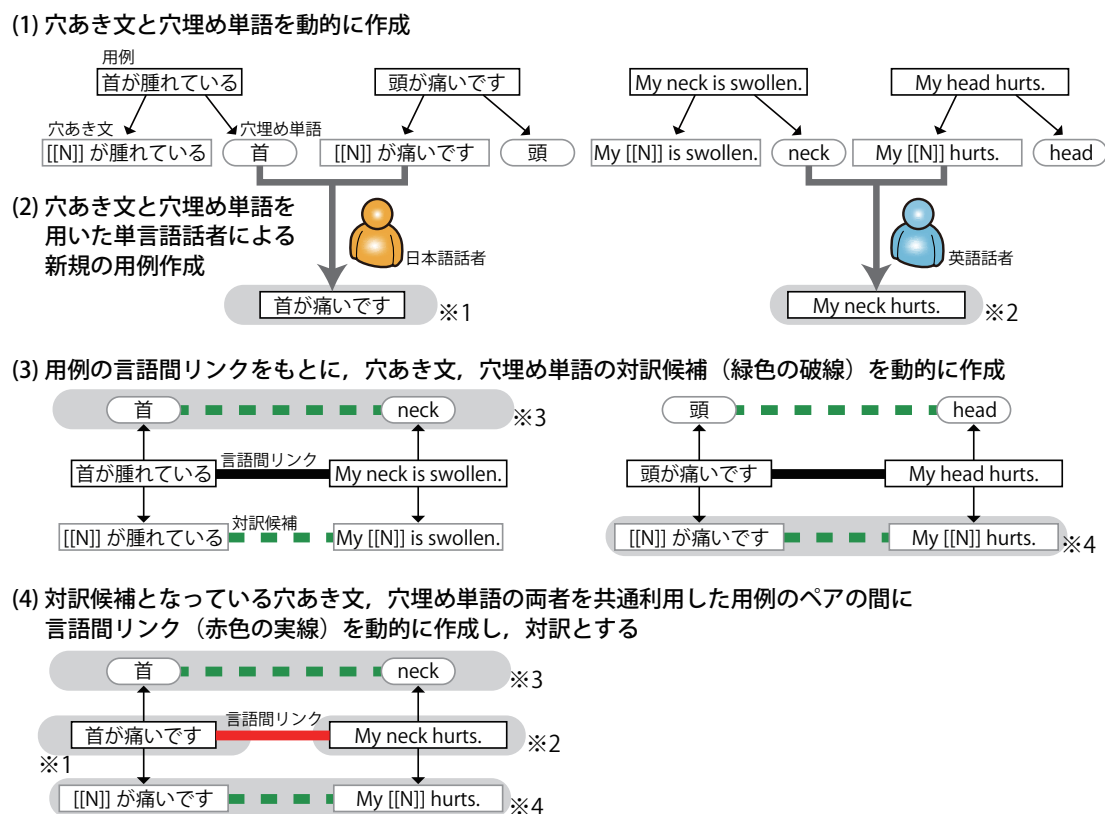


図 1 穴あき用例を用いた用例対訳作成手法

程度，生成することが可能であった．しかし，単数形や複数形の違いを適切に判断することが困難であるなど，不適切な対訳が生成される場合も一定数存在していた．また，翻訳可能な文が少ないという欠点も存在していた．

本稿では，文献 [11] の手法で問題となっていた自動的な用例の生成を行わず，正確に作成された用例同士を言語間リンクでつなぐことで，正確な用例対訳の生成を目指す．

4. 提案手法

本章では，提案する穴あき用例を用いた単言語話者による多言語用例対訳作成手法について述べる．本手法では，文献 [10] の穴あき用例を用いた用例作成手法を活用する．

本手法の流れを以下に示す．また，図 1 に手法の適用例を示す．本手法では，単言語の状態では正確な用例をあらかじめ作成する．その後，任意の用例の対が，対訳となり得る穴あき文の対と，対訳となり得る穴埋め単語の対から構成されていた場合，それらは対訳であると判定している．本稿では，対訳となり得る穴あき文の対および穴埋め単語の対をそれぞれ対訳候補とする．

- (1) 3.1 節で述べた手法を用いて，穴あき文と穴埋め単語を各言語でそれぞれ作成する（図 1(1)）．
- (2) (1) の穴あき文と穴埋め単語を組み合わせて，新規の用例を各言語話者がそれぞれ作成する．これは，図 1(2) の※1 および※2 にあたる．本手順は文献 [10] の穴あき用例を活用した用例作成システムを用いるこ

とを想定している．なお，作成される用例はその言語の話者によって作成されるため，文献 [11] の手法とは異なり，正確な用例が作成される．この時点では，各言語間にリンクが存在していないため，用例対訳とはなっていない．

- (3) 穴あき文，穴埋め単語の対訳候補をそれぞれ取得する．これは，図 1(3) にあたる．本手順では，言語間リンクでつながれている用例から作成された，同じ品詞の穴あき文同士，穴埋め単語同士をそれぞれ対訳候補とする．図 1 において，対訳候補は緑色の破線で，言語間リンクは黒色の実線でそれぞれ示されている．なお，作成された対は同じ意味であると担保されていないため，本稿では対訳候補としている．
- (4) 任意の穴あき用例から作成された別言語の 2 つの用例が，(3) で作成された穴あき文の対訳候補，かつ，穴埋め単語の対訳候補から成っている時，本手法では両用例は対訳であるとする（図 1(4)）．図 1 の場合，(2) で作成された※1 と※2 の各用例は，(3) の穴埋め単語の対訳候補（※3）と穴あき文の対訳候補（※4）から成っている．この場合，両用例は同じ意味であるとして，言語間リンクを新規に作成し（図 1 中の赤色の実線），両者を用例対訳とする．なお，図 1 では (2) で作成された用例同士に言語間リンクを作成しているが，既存の用例（図 1(1) の用例）同士や，既存の用例と (2) で作成された用例の間で前述の状態となった

表 1 実験で使った穴あき用例の詳細

言語	日本語	英語
全体の用例数	6,011	2,534
形態素解析器	ChaSen	TreeTagger
穴あき文数 (名詞)	195	110
穴埋め単語数 (名詞)	301	177
穴あき用例の作成元の用例数 (#1)	707	364
#1 の間に存在する言語間リンク数	214	
新規作成された用例数	692	188

- ・単位は文および単語である。
- ・穴あき文数および穴埋め単語数は穴あき部分が名詞であるもののユニーク数である。

場合も、言語間リンクを作成可能とする。

文献 [11] ではもともとなる言語の穴あき用例から、正確な穴あき文の対と穴埋め単語の対を作成し、それらを組み合わせ対訳となる言語の用例を生成していた。しかし、単数形と複数形の違いなどにより、不正確な用例が生成される場合が存在していた。本手法では、手順 (2) において、あらかじめ用例対訳を作成する各言語で正しい用例の作成を行う。それらを穴あき文の対、穴埋め単語の対を用いて言語間リンクを作成するため、不正確な用例が作成されることがない。これらが本手法と文献 [11] との相違点である。

5. 試用実験

本章では、提案手法を用いた用例対訳作成実験について述べる。本実験の目的は、複数言語の穴あき用例を用いて適切な用例対訳が作成可能であるかの検証である。

表 1 に本実験で使った穴あき用例について示す。本実験では、用例対訳コーパスとして、多言語用例対訳共有システム TackPad[8] を用いた。また、用例対訳作成対象の言語は日本語と英語とした。形態素解析器として、日本語は ChaSen[16]、英語は TreeTagger[17] を用いて穴あき用例を作成した。この結果、日本語の穴あき文は 195 文、穴埋め単語は 301 単語、英語の穴あき文は 110 文、穴埋め単語は 177 単語となった。これらは、4 章の手順 (1) にあたる。なお、本実験では対象の品詞を名詞のみとした。日本語用例と英語用例の間に存在していた既存の言語間リンク数は 214 リンクであった。なお、文献 [11] で誤りが見つかった言語間リンクは修正を行っている^{*1}。

次に、言語別に穴あき用例を用いた用例作成を行った。これは、4 章の手順 (2) にあたる。日本語の用例作成は日本語を母語とする著者の一人が行った。英語の用例は日本語を母語とする英語教育従事者に作成を依頼した。なお、各作成者は他方の言語で作成された用例を閲覧できない状態でそれぞれ用例を作成している。これは、本手法を実環境に適用する際は、単言語での作業を想定しているためで

^{*1} 「足がかゆいです – My calves are itchy.」「手首に力が入りません – My ankles feel weak.」など

表 2 実験結果

	言語間リンクの数		
	正確	不正確	計
日本語、英語ともに既存	12	20	32
日本語が既存、英語が新規作成	38	5	43
日本語が新規作成、英語が既存	22	12	34
日本語、英語ともに新規作成	49	4	53
計	121	41	162

- ・新規作成は、4 章の手順 (2) で作成された用例である。
- ・不正確は、作成された言語間リンク数のうち不正確と判定されたリンク数である。

ある。用例作成の結果、日本語は 692 文、英語は 188 文、それぞれ新しい用例が作成された。本実験では、新規作成された用例 (対訳なし) と、既存の用例 (対訳ありと対訳なしが混在している) の両者を用いて、新たな用例対訳の作成を行う。

6. 実験結果と考察

6.1 提案手法の効果

実験結果を表 2 に示す。なお、作成された言語間リンクの正確性判定は著者の一人が行った。表 2 より、一部に不正確な用例対訳が作成されているものの、既存の用例間や新規作成された用例間など、すべてのパターンで正確な用例対訳が作成されていることがわかる。また、正確な用例間リンク数を約 1.57 倍 ($= (214+121)/214$) にすることが可能であった。なお、本実験において不正確と判定された用例対訳は、4 章の手順 (3) で作成された穴埋め単語や穴あき文の対訳候補の誤りが原因であった。手法設計時において、穴あき文と穴埋め単語の両者の対訳候補が共通利用された場合に、不正確な言語間リンクとなる場合は少ないと想定していたが、今回の実験では 2 割以上の言語間リンクが不正確となった。このため、穴埋め単語や穴あき文の対訳候補の正確性判定を行う必要があると考えられる。なお、本手法で作成された不正確な用例対訳は、文献 [11] の穴埋め単語抽出手法および穴あき文適切性判定手法を活用することで全て発見可能であると考えられる。ただし、文献 [11] の各手法を活用することで、今回の実験で作成された正確な用例対訳の一部も不正確と判定されると想定される。

作成された用例対訳の例を表 3 に示す。表 3-1 および表 3-2 は、英語の穴埋め単語が単数形であるか複数形であるかの違いが存在している。従来手法である文献 [11] では、三人称単数現在を示す “s” が動詞についている穴あき文にも関わらず、複数形の名詞が穴埋め単語として入れられた用例が作成されるなど、不正確となっている例が存在していた。それに対して本手法では、表 3-1 および表 3-2 に示すとおり、適切に用例対訳を作成できていることが分かる。このような例は、男性名詞や女性名詞が存在するラ

表 3 作成された用例対訳の例

	作成された用例対訳		穴埋め単語		穴あき文	
	日本語	英語	日本語	英語	日本語	英語
1	首にできものができました	I have a growth on my neck.	首	neck	[[N]] にできものができました	I have a growth on my [[N]].
2	足にできものができました	I have a growth on my legs.	足	legs	[[N]] にできものができました	I have a growth on my [[N]].
3	手が動きません	I am unable to move my hands.	手	hands	[[N]] が動きません	I am unable to move my [[N]].
4	膝が動きません	I can't move my knees.	膝	knees	[[N]] が動きません	I can't move my [[N]].

テン系の言語などでも起きうるが、この場合でも本手法では適切な用例対訳が作成できると考えられる。

表 3-3 および表 3-4 は、日本語の穴あき文は共通であるが、英語の穴あき文の表現が異なっている例である。また、既存の用例対訳には「手が動きません – I can't move my hands.」「膝が動きません – I am unable to move my knees.」が存在しており、別表現の英語が用例対訳として利用可能となったことがわかる。用例対訳はあらかじめ正確性を担保したコーパスであり、完全一致した文のみ翻訳が可能であるため、同じ意味でも様々な表現の翻訳が可能である必要がある。このことから、本手法を適用することで、異なる表現の用例対訳作成した、より良いコーパス作成が可能になると考えられる。

また、表 2 に示すとおり、日本語と英語がともに既存の用例であった場合でも言語間リンクが作成され、12 件の正しい用例対訳が作成されていた。既存の用例同士をつないだ例として「手がしびれています – My hands are numb.」がある。用例 “My hands are numb.” は「手がしびれます」と用例対訳となっていたが、本手法を適用することで、英語の対訳が存在していなかった用例「手がしびれています」とも用例対訳となった。このように、本手法を適用することで不足している言語間リンクを作成することが可能となり、翻訳可能な文数を増加可能であることが分かる。

6.2 不正確と判定された用例対訳

本節では、作成された用例対訳のうち、不正確と判定されたものについて考察する。不正確と判定された用例対訳は以下に述べる 3 類型に分類可能であった。本節では、誤りの類型ごとに考察を行う。なお、表 2 より、既存の英語の用例に対して日本語の対訳が作成された場合、不正確な用例対訳となりやすい傾向にあることが分かる。これは、日本語よりも既存の適切な対訳が多く存在していた英語の用例 *2 に対しても新たな対訳作成を試みた結果、不正確な言語間リンクが作成されたためであると考えられる。

(1) 穴埋め単語の対訳候補が誤り

本類型は、4 章の手順 (3) で作成された穴埋め単語の

対訳候補が誤っていたため、作成された用例対訳が不正確となった例である。本類型は 41 件の誤りのうち、最も多い 36 件の誤りが存在していた。

本類型で使用された穴埋め単語の対は、「指先 – fingers」「指 – toes」「爪 – toenails」であり、それぞれ「指先の色が悪いです – The tips of my fingers are discolored.」「足の指が痛い – I hurt my toes.」「足の爪に異常があります – My toenails are abnormal.」の用例対訳から作成されていた。このため、「(私の) 指先 – tips of my fingers」「足の指 – toes」「足の爪 – toenails」のように、穴埋め単語を複合語へ対応させることで、正確な用例対訳の作成が可能になると考えられる。

(2) 穴あき文の対訳候補が誤り

本類型は、4 章の手順 (3) で作成された穴あき文の対訳候補が誤っていたため、作成された用例対訳が不正確となった例である。本類型は 1 件の誤りが存在していた。

本類型で使用された穴あき文の対は、「[[N]] を打撲しました – I bruised my lower [[N]].」であり、「前腕を打撲しました – I bruised my lower arm.」の用例対訳から作成されていた（なお、この用例対訳から作成された穴埋め単語の対訳候補は「前腕 – arm」である）。このため、前項と同様に「[[N]] を打撲しました – I bruised my [[N]].」「前腕 – lower arm」のように複合語への対応により、正確な用例対訳作成が可能になると考えられる。

(3) 穴埋め単語と穴あき文の両者の対訳候補が誤り

本類型は、4 章の手順 (3) で作成された穴埋め単語、および、穴あき文の対訳候補が誤っていたため、作成された用例対訳が不正確となった例である。本類型は 4 件の誤りが存在していた。

本類型の用例対訳の例として「胸が痛いです – I have a congestion」がある。これは、穴あき文の対訳候補「[[N]] が痛いです – I have a [[N]].」、穴埋め単語の対訳候補「胸 – congestion」から作成された。前述の穴あき文は「頭が痛いです – I have a headache」から、穴埋め単語は「胸が詰まった感じがする – chest congestion」からそれぞれ作成されていた。このように、穴あき文と穴埋め単語ともに誤った対訳候補が作成された場合、不適切な対訳が作成されることが分かる。

*2 表 1 の用例数および言語間リンク数より、日本語は 3 割程度の用例に対して対訳が存在していたことに対し、英語は半数以上の用例に対して対訳が存在していたことがわかる。

本類型の用例対訳は、元となる用例対訳同士の意味が厳密には異なっていた。このような用例対訳を本手法で利用することは困難であるため、穴あき文の対や穴埋め単語の対の正確性判定を行い、このような用例対訳から作成された穴あき文や穴埋め単語を排除する必要があると考えられる。

6.3 今後の展開

本手法は、単言語話者のみで作成された各言語の用例を動的に組み合わせて用例対訳を作成している。このことにより、多言語話者が全ての用例を翻訳していた文献 [8] よりも、多言語話者が翻訳すべき文の数を大幅に減少することが可能であると考えられる。このため、今後は各言語で穴あき用例を活用した用例の作成を行った上で、最低限の翻訳を多言語話者に依頼することを検討する。このことで、より効率的に正確な用例対訳作成が可能になると考えられる。

また、穴あき用例は、1つの穴あき文と、穴あき文に対応する穴埋め単語群の2種類を翻訳することで、多くの用例対訳を容易に生成可能であるという利点がある。本稿の実験では、人手による翻訳も比較的容易な短文の用例を用いていたが、長文の穴あき文を作成し、本手法を活用することで、正確性を担保した多数の用例対訳を作成可能となると考えられる。

7. まとめと今後の課題

本稿では、穴あき用例を活用した用例対訳作成手法について述べた。本手法では、穴あき用例を活用して別々に作成された各言語の用例と、用例対訳コーパスの言語間リンクを用いることで新たな用例対訳の作成を行った。

本稿の貢献は、以下の2点である。

- (1) 穴あき用例を活用した用例対訳作成手法を提案し、実現した。
- (2) 穴あき文の対と穴埋め単語の対の正確性担保を行った上で提案手法を適用することで、正確な用例対訳作成の可能性を示した。

今後は、6.3節で述べた内容を検討し、実装を行う。

謝辞 本研究の一部はJSPS科研費JP26730105による。

参考文献

- [1] Takano, Y. and Noda, A.: A temporary decline of thinking ability during foreign language processing, *Journal of Cross-Cultural Psychology*, Vol. 24, pp. 445–462 (1993).
- [2] Aiken, M., Hwang, C., Paolillo, J. and Lu, L.: A group decision support system for the Asian Pacific rim, *Journal of International Information Management*, Vol. 3, No. 2, pp. 1–13 (1994).
- [3] Kim, K. J. and Bonk, C. J.: Cross-Cultural Comparisons of Online Collaboration, *Journal of Computer Mediated Communication*, Vol. 8, No. 1 (2002).

- [4] 宮部真衣, 吉野 孝, 重野亜久里: 外国人患者のための用例対訳を用いた多言語医療受付支援システムの構築, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J92-D, No. 6, pp. 708–718 (2009).
- [5] 杉田奈未穂, 丸田洋輔, 長谷川旭, 長谷川聡, 宮尾 克: ケータイ多言語対話システムとその応用, シンポジウム「モバイル'09」, pp. 63–66 (2009).
- [6] 福島 拓, 吉野 孝, 重野亜久里: 用例対訳と機械翻訳を併用した多言語問診票入力手法の提案と評価, 情報処理学会論文誌, Vol. 54, No. 1, pp. 256–265 (2013).
- [7] 尾崎 俊, 松延拓生, 吉野 孝, 重野亜久里: 携帯型多言語問診票対話支援システムの開発と評価, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. AI2010-47, pp. 19–24 (2011).
- [8] 福島 拓, 吉野 孝, 重野亜久里: 正確な情報共有のための多言語用例対訳共有システム, 情報処理学会論文誌. コンシューマ・デバイス&システム, Vol. 2, No. 3, pp. 23–33 (2012).
- [9] 福島 拓, 吉野 孝: 多言語用例対訳共有システムにおける穴あき用例の利用可能性, 電子情報通信学会技術研究報告, 人工知能と知識処理, Vol. 114, No. 461, pp. 23–28 (2015).
- [10] 福島 拓, 吉野 孝: 穴あき用例を用いた多言語用例対訳作成手法の効果, 情報処理学会研究報告, グループウェアとネットワークサービス研究会, Vol. 2017-GN-100, No. 48, pp. 1–6 (2017).
- [11] 福島 拓, 吉野 孝: 穴あき用例を活用した対訳作成手法の比較, 電子情報通信学会技術研究報告, 人工知能と知識処理, Vol. 116, No. 474, pp. 7–12 (2017).
- [12] Matsuda, M. and Kitamura, Y.: Development of Machine Translation System for Japanese Children, *Proceedings of the 2009 ACM International Workshop on Intercultural Collaboration (IWIC'09)*, pp. 269–271 (2009).
- [13] 福島 拓, 吉野 孝, 喜多千草: 共通言語を用いた対面型会議における非母語話者支援システム PaneLive の構築, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J92-D, No. 6, pp. 719–728 (2009).
- [14] 林田尚子, 石田 亨: 翻訳エージェントによる自己主導型リベア支援の性能予測, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J88-D1, No. 9, pp. 1459–1466 (2005).
- [15] 塚田 元, 渡辺太郎, 鈴木 潤, 永田昌明, 磯崎秀樹: 統計的機械翻訳, NTT 技術ジャーナル, Vol. 19, No. 6, pp. 23–25 (2007).
- [16] 北内 啓, 宇津呂武仁, 松本裕治: 誤り駆動型の素性選択による日本語形態素解析の確率モデル学習, 情報処理学会論文誌, Vol. 40, No. 5, pp. 2325–2337 (1999).
- [17] Schmid, H.: Probabilistic part-of-speech tagging using decision trees, *In Proceedings of the International Conference on New Methods in Language Processing*, pp. 44–49 (1994).