

卒業論文

ニューラル機械翻訳を用いた歌詞翻訳システム

指導教官 村上 陽平 准教授

立命館大学 情報理工学部

先端社会デザインコース 4回生

2600170455-8

吉村 佑久

2020年度(秋学期)卒業研究3(CH)

令和3年1月31日

ニューラル機械翻訳を用いた歌詞翻訳システム

吉村 佑久

内容梗概

ニューラル機械翻訳 (NMT) の登場により、機械翻訳の精度は急速に向上し、日常生活のなかでも必要不可欠な存在になりつつある。しかしながら、修辭的表現を多く含む歌詞の翻訳に関しては、翻訳精度は十分ではない。これは、ニューラル機械翻訳の翻訳モデルを学習するために、汎用的な大規模な対訳コーパスが必要であり、対訳関係が分かりやすい形式的な文章が収集されているためである。歌詞には作者の様々な表現が用いられており、歌詞の翻訳は直訳ではなく、様々な表現技法を用いて翻訳文を出力しなければ、原文と訳文との間で歌詞の印象の乖離が生じてしまう。また、歌詞を歌うにはメロディに合わせる必要があり、翻訳品質のみを指標とする従来のニューラル機械翻訳ではモーラ (音韻) 数を考慮することができない。

そこで、本研究では既存のニューラル機械翻訳に、歌詞用に学習した事後編集器を組み合わせた歌詞翻訳システムの提案を行う。具体的には、既存のニューラル機械翻訳を用いて原文の歌詞を翻訳し、そこで得られた訳文に対して、歌詞翻訳用に学習させたニューラル機械翻訳で言い換えを行う。最後にモーラ数や文末表現を調整させる編集器にかけることで訳文を出力する。

本手法の実現にあたり、取り組むべき課題は以下の3点である。

歌詞翻訳に特化したコーパスの拡充

現在のニューラル機械翻訳の学習モデルに用いられているコーパスの対訳は形式的な文章が多く用いられているため、修辭的な文章が出力されない。そこで、学習モデルに用いるコーパスに歌詞の翻訳で用いられる修辭的な対訳を拡充する必要がある。

歌詞用の事後編集器の構築

歌詞表現に特化したコーパスを用いて、様々な日本語表現モデルを学習させたニューラル機械翻訳を構築し、機械翻訳の形式的な翻訳結果を修辭的な文章に変換させる必要がある。

モーラ数の調整

歌詞翻訳と通常の翻訳との大きな違いはモーラ数、つまり言葉の数に制限があるということである。歌詞は音楽のリズムに合わせて表現されるため、歌詞としてメロディに乗せて歌唱できるようにするには、可能な限り原文と訳文との

モーラ数の差を小さくしなければならない。

一つ目の課題に対しては、敬体と常体が存在し、人手を介した歌詞の翻訳文では常体がよく用いられているため、コーパス内の対訳文も常体表記で統一させる。具体的には、常体表記のコーパスを学習させることで翻訳の出力も常体表記にさせる。さらに、コーパス内の文の単語を入れ替えたり、文末を名詞で終了したりすることで倒置法や体言止めなど多様な修辞法を学習させる。

二つ目の課題に対しては、英日翻訳で洋楽の歌詞を日本語に変換させた後、得られた文章をさらに歌詞らしい表現に翻訳し直す、日本語から日本語へ変換する日日翻訳を行う。この日日翻訳の際に上述した歌詞コーパスを学習させたニューラル機械翻訳を用いて、様々な表現技法を取り入れたより歌詞らしい文章に変換する。

三つ目の課題に対しては、原文の1フレーズごとにモーラ数をカウントし、その数に極力近い翻訳文を生成するために、事後編集器の日日翻訳から得られた複数の訳文候補のモーラ数をカウントし最も近い訳文を選択する。

本研究の貢献は以下の通りである。

歌詞翻訳に特化したコーパスの拡充

5445文の実際の歌詞の英日対訳コーパスを作成し、約1,000万文の大規模コーパス(JParaCrawl)の日本語訳を修辞変換させることで、1,000万文以上の修辞的な対訳のコーパスに拡充した。それによって、出力される翻訳文も修辞的な文章で出力させる。

歌詞用の事後編集器の構築

様々な修辞的な日本語表現モデルを学習させたニューラル機械翻訳を用いて、従来の機械翻訳の形式的な翻訳結果を修辞的な文章(主に常体で、かつ話し言葉ありつつ、日本語の様々な表現技法を駆使した文章)に変換させる。20文のテスト文を用いて評価を行ったところ、提案した事後編集器によって85%(17文)のテスト文を修辞的な文に変換した。

モーラ数の調整

本研究で提案した歌詞翻訳システムで得られた複数の翻訳文からモーラ数をカウントし、原文のモーラ数に対して最も近似している文章を選択し、それらで最終的な翻訳文を再構成する。既存の機械翻訳を用いた場合と比較して、提案手法により、1文あたりのモーラ数の増加は55.8%改善し、文章全体では57%のモーラ数の改善ができた。

Lyrics translation system using neural machine translation

Tasuku Yoshimura

Abstract

In this research, we propose a lyrics translation system that combines existing neural machine translation with a post-editor learned for lyrics. Specifically, the lyrics of the original text are translated using the existing neural machine translation, and the translated text obtained there is paraphrased by the neural machine translation trained for the lyrics translation. Finally, the translated sentence is output by applying it to an editor that adjusts the number of mora and the end-of-sentence expression. In realizing this method, the following three issues should be addressed.

Expansion of corpus specializing in lyrics translation

Since many formal sentences are used in the corpus translations used in the current learning model of neural machine translation, rhetorical sentences are not output. Therefore, it is necessary to expand the rhetorical translation used in the translation of lyrics to the corpus used for the learning model.

Building a post-editor for lyrics

It is necessary to construct a neural machine translation that trains various Japanese expression models using a corpus specialized in lyric expression, and to convert the formal translation result of the machine translation into rhetorical sentences.

Adjusting the number of mora

The big difference between lyric translation and normal translation is that there is a limit to the number of moras, that is, the number of words. Since the lyrics are expressed according to the rhythm of the music, the difference in the number of mora between the original and the translated text must be as small as possible in order to be able to sing along with the melody as the lyrics.

For the first task, there are respected bodies and normal bodies in Japanese, and normal bodies are often used in the translation of lyrics through human intervention, so the bilingual sentences in the corpus are also normal bodies. Unify with notation. Furthermore, by exchanging the words of the sentence in the corpus and ending the sentence with a noun, various rhetorical methods such as

inversion and word-stopping are learned.

For the second task, after converting the lyrics of Western music to Japanese by English-Japanese translation, the obtained sentences are retranslated into expressions that are more like lyrics, and the translation from Japanese to Japanese is performed. Do it. At this time, the above-mentioned lyric corpus is trained by neural machine translation to convert it into a more lyrical sentence incorporating various expression techniques.

For the third task, multiple translation candidates obtained from the post-editor day-to-day translation in order to count the number of mora for each phrase in the original text and generate a translation that is as close to that number as possible. Count the number of moras in and select the closest translation. The contributions of this research are as follows.

Expansion of corpus specializing in lyrics translation

By creating an English-Japanese bilingual corpus of 5445 sentences of actual lyrics and rhetorically converting a large-scale corpus (JParaCrawl) of about 10 million sentences, rhetorical translation of more than 10 million sentences Expanded to the corpus of. As a result, the output translated text is also output as rhetorical text.

Building a post-editor for lyrics

Using neural machine translation trained with various rhetorical Japanese expression models, the formal translation results of conventional machine translation are converted into rhetorical sentences. When the evaluation was performed using 20 test sentences, 85% (17 sentences) of the test sentences were converted into rhetorical sentences by the proposed post-editor.

Adjusting the number of mora

The number of mora is counted from multiple translations obtained by the lyrics translation system proposed in this study, the sentence most similar to the number of mora in the original sentence is selected, and the final translation is reconstructed with them. Compared with the case of using the existing machine translation, the proposed method improved the increase in the number of mora per one sentence by 55.8%, and improved the number of mora per all sentence by 57%.

ニューラル機械翻訳を用いた歌詞翻訳システム

目次

第1章 はじめに	1
第2章 ニューラル機械翻訳	3
2.1 ニューラル機械翻訳の方式	3
2.2 ドメイン適応	3
2.3 歌詞翻訳の課題	5
2.4 歌詞翻訳の適切さ	7
第3章 歌詞翻訳システム	9
3.1 システム構成	9
3.2 歌詞翻訳フロー	10
第4章 事後編集器	12
4.1 歌詞用のコーパス拡充	12
4.2 日日翻訳の学習	12
4.3 修辞変換	14
4.4 モーラ数の計測	16
第5章 評価	17
第6章 おわりに	23
謝辞	24
参考文献	25
付録：ソースコード	26

第1章 はじめに

近年、ニューラル機械翻訳の技術の発展により機械翻訳の精度はますます進化している。昨今、世界はグローバル化が進み、様々な言語を話す人々がビジネスや日常生活で交流するようになった。そんな状況下でも人々は機械翻訳のおかげでコミュニケーションをとることが容易となった。それは、エンターテインメントの世界でも同じだ。世界中の人々が様々な国の映画や楽曲を娯楽として見たり、聞いたりしている。しかしながら、映画はあらかじめ字幕のついているものを目にすることが多いが、楽曲に関してはどうか。人々は楽曲のメロディそのものを楽しむことができても、歌詞の内容までは理解できているのだろうか。実際、多く人は歌詞を機械翻訳にかけた場合、あまりにも形式的過ぎる文章にがっかりしたことがあるだろう。それは、現在の機械翻訳は翻訳品質のみを追求するあまり、単なる直訳に陥ってしまうからだ。歌詞の中には様々な表現が用いられており、その中のフレーズ一つ一つが我々に共感や感動を与えている。したがって、歌詞の翻訳には単なる直訳ではなく、様々な修辭的表現が用いられた文章が出力されなければならない。また、歌詞はメロディにのせて歌うという時間的制約が存在する。

そこで本研究では、既存のニューラル機械翻訳に歌詞に特化したモデルを学習させ、修辭的表現の翻訳文を出力させ、それらを事後編集した後、モーラ数を考慮し原曲のモーラ数に限りなく近づけるためのシステムの提案を行う。本手法の実現にあたり、取り組むべき課題は以下の通りである。

歌詞翻訳に特化したコーパスの拡充

現在のニューラル機械翻訳の学習モデルに用いられているコーパスの対訳は形式的な文章が多く用いられているため、修辭的な文章が出力されない。そこで、学習モデルに用いるコーパスに歌詞の翻訳で用いられる修辭的な対訳を拡充する必要がある。

歌詞用の事後編集器の構築

歌詞表現に特化したコーパスを用いて、様々な日本語表現モデルを学習させたニューラル機械翻訳を構築し、機械翻訳の形式的な翻訳結果を修辭的な文章に変換させる必要がある。

モーラ数の調整

歌詞翻訳と通常の翻訳との大きな違いはモーラ数、つまり言葉の数に制限が

あるということである。歌詞は音楽のリズムに合わせて表現されるため、歌詞としてメロディに乗せて歌唱できるようにするには、可能な限り原文と訳文とのモーラ数の差を小さくしなければならない。

以下、本論文においては 2 章においてニューラル機械翻訳について述べ、そのニューラル機械翻訳での歌詞翻訳の課題について述べる。3 章では本研究で提案するニューラル機械翻訳を用いた歌詞翻訳のシステムについて述べる。続いて 4 章では前述した翻訳システムにおける学習モデルの拡充・モーラ数や文末表現を調整させる編集器・モーラ数のカウントや訳文選択の手法について述べ、5 章では実際に 3 章、4 章で提案した手法を用いて行った歌詞翻訳の結果とそれに対しての考察を述べる。最後に今後の展望や課題について述べ結論とする。

第2章 ニューラル機械翻訳

2.1 ニューラル機械翻訳の方式

ニューラル機械翻訳とは、ニューラルネットワークを利用する機械翻訳で、特に大量の対訳データをもとに機械学習した人工知能システムに、翻訳処理を行わせるものを指す。ここでは、ニューラル機械翻訳の仕組みを説明する。本研究では英文テキストを入力し、日本語テキストを出力する英日翻訳のケースを用いる。初めに、ニューラル機械翻訳の翻訳プログラムを実行するためには、事前に翻訳モデルを作成しておく必要がある。ニューラル機械翻訳における翻訳モデルとは、英文テキストから日本語テキストに変換するニューラルネットワークのことを指す。ニューラル機械翻訳のニューラルネットワークは大量のサンプルからの学習によって作成される。ニューラル機械翻訳では対訳文、すなわち意味が同じ英文と日本語文のペアをサンプルとして用いる。下記に対訳文の例を示す。

英文 : A brown dog is running. 日本語 : 茶色い犬が走っている。

このような、英文と日本語文の対訳ペアを数十万～数千万ペア用意し、それらをニューラルネットワークに学習させる。そのようにして作成された翻訳モデルを翻訳実行プログラムに設定してプログラムを実行すると、サンプルにない英文であったとしても日本語文に翻訳して出力できるようになる。一般的に用いられる無料の英日の対訳コーパスとして、JParaCrawl (ウェブから収集された大規模コーパス), KFTT (京都に関する Wikipedia 記事を人出で翻訳したデータ), JESC (日本語と英語の字幕) などがある。

2.2 ドメイン適応

ドメインとは、データの種類や形式を指し、ドメイン適応とは、転移学習と呼ばれる学習手法の一種で、十分な教師ラベルを持つドメイン (ソースドメイン) から得られた知識を、十分な情報がない目標のドメイン (ターゲットドメイン) に適用することで、目標ドメインにおいて高い精度で働く識別器などを学習させることを指す。本研究でいうドメインとは対訳コーパスのテキストデータであり、ドメイン適応とは、ニューラル機械翻訳で学習させる対訳データに修正を

加えることで、それらを学習させたニューラル機械翻訳から得られる訳文を目的に応じた形式で出力させる。ここで言う修正とは、テキストの形態素解析のことである。ドメイン適応をしていないテキストはただの単語列でしかなく、単語ごとの区切りの分別がつかない。特に日本語の様なスペース区切りがない文章ではどこまでが 1 単語なのかを判断することが難しい。そこでテキストをトークンという単位 (単語や形態素) に区切るトークナイズを行うことでドメインの差を無くし、異なるドメインのデータに対してもモデルを適用できるようにする。モデルの学習に使用するドメイン (ソースドメイン) と、そのモデルを適用したい別のドメイン (ターゲットドメイン) の分布を近づけることで、同じドメインのデータとして扱えるようにすることが、ニューラル機械翻訳での学習において重要である。以下がトークナイズを表した図である。

本研究でトークナイズに `Sentensepiece` という API を用いた。`SentencePiece` は主としてニューラルネットワーク・ベースのテキスト生成システムである。下記に示すのが `Sentensepiece` をもちいてトークナイズした対訳コーパスである。



図 1: トークナイズの例

英文 : ['_I', ' ', 'm', '_in', '_the', '_stars', '_tonight']
日本語文 : ['_', '今夜', 'は', '星', 'の中に', 'います']

図 2 : `Sentensepiece` でトークナイズしたコーパスの例

2.3 歌詞翻訳の課題

歌詞翻訳の課題は以下のように2つ存在する。

1. 直訳ではなく修辭的な表現の実現

これは、歌詞の機械翻訳における表現の課題である。歌詞には作者によって様々な表現技法が用いられている。具体的には、比喩、倒置法、体言止め、リフレイン（繰り返し）、韻踏みなどがある。現在の機械翻訳によって、これらを実現することは困難である。下記の図は従来のニューラル機械翻訳と人手を介した翻訳の違いを表したものである。

図3の文章1のニューラル機械翻訳と人手の翻訳の大きな違いは、前者は敬体の文章である他に「私たち～、私たち～」と冗長な言い回しをしているのに対して、後者は同じ表現は繰り返さず、体言止めという表現技法を用いることで簡潔な文章となっている。文章2に関して述べると、「私たち」を「僕たち」、「より明るい日」を「光り輝く日」と同義の表現かつ、直訳でない表現を用いることで後者の方が歌詞らしい表現を実現している。また、文章2, 3, 4のように文末を話し言葉にすることで強いメッセージ性のある表現となっている。

2. メロディに合わせたモーラ数の制限

これは歌詞翻訳ならではの課題である。通常の詩の翻訳とは違い、歌詞はメロディに合わせなければならない。しかしながら、英語と日本語の表現による

原文1	We are the world, we are the children
Google翻訳1	私たちは世界であり、私たちは子供たちです
人手の翻訳1	僕たちは一つ、地球に生まれた同じ命
原文2	We are the ones who make a brighter day
Google翻訳2	私たちはより明るい日を作るものです
人手の翻訳2	僕たちは、光り輝く日をつくれるんだ
原文3	So let's start giving
Google翻訳3	それでは、与え始めましょう
人手の翻訳3	だから、与えることをはじめよう
原文4	There's a choice were making
Google翻訳4	選択がありました
人手の翻訳4	そうする選択肢があるんだ

図3：Google翻訳と人手の翻訳の比較

大きな違いは、モーラ（1 短音節の長さに相当する時間の単位）である。英語のモーラ数は各単語の音節の数によってカウントされるが、日本語のモーラ数は原則読み仮名の数によってカウントされる。故に、圧倒的に日本語の方がモーラ数が大きくなる。

例えば、図 4 と図 5 を比較してみる。図 5 の日本語文は図 4 の英文に Google 翻訳をかけて得られた文章であり、文章の横の数字は実際のモーラ数である。どの文章と比較しても日本語のモーラ数の方が多いことが分かる。歌詞にはメロディという時間的な制約があるため、日本語のモーラ数があまりにも大き過ぎると、歌詞がメロディのなかに収まらないという問題が生じる。

英語原文	モーラ数
I ' m happy to see you . I ' m happy all day thinking about you .	17
If I know what love is , it ' s because of you .	17
If you find a loved one in your life , grab that person .	18
Love is like a virus . Anyone can get a love illness at any time .	25
There are all forms of love in this world , but no two are the same .	22
What we really love is not the human beings themselves , but the traits they have .	23
Nothing is more vulnerable to pain than when you are in love .	20

図 4: 原文のモーラ数

日本語翻訳文	モーラ数
あなたを見ていると幸せだ。あなたのことを考えていると一日中幸せだ。	41
もし僕が愛とは何かということを知っているとすれば、それは君のおかげだ。	37
あなたの人生において愛する人を見つけたら、その人をしっかりとつかまえない。	41
恋はウイルスのようなもの。だれでも、いつでも恋の病にかかることがある。	36
この世界にはあらゆる形の愛があるが、同じ愛は二つとない。	33
我々が本当に愛するのは、人間そのものではなくて、人間のもっている特性ということになるのである。	55
恋に落ちているときほど、苦痛に対して無防備であることはない。	32

図 5 : 図 4 の英文に対して Google 翻訳で得た訳文のモーラ数

2.4 歌詞翻訳の適切さ

本研究に取り組むにあたり、そもそも歌詞らしい翻訳とは一体どんなものかという課題を明らかにしなければならない。歌詞らしい翻訳には主観的な要素が強く、何をもって歌詞の翻訳とするのかは人によって基準は大きく異なる。したがって、本研究における歌詞らしい翻訳の基準を定め、この基準を満たす歌詞翻訳の実現を目指す。そこで、本研究における歌詞らしい翻訳の基準は以下の4つを満たすものとする。

1. 敬体ではなく、常体の文章で表現される。

敬体とは、文末に「～です」、「～ます」といった形式的な敬語表現で表される文体であり、常体とは文末に「～だ」、「～である」といった表現で表される敬体とは対称的な文体のことである。一般的なニューラル機械翻訳では前者の表現が主に用いられており、歌詞の翻訳として丁寧な文章であるが故に堅苦しさを感じさせる。したがって、敬体ではなく常体を用いることで表現を柔和させられるため、本研究では後者を歌詞らしい翻訳として用いる。

2. 書き言葉でなく、話し言葉で表現される。

書き言葉とは文字通り文書として正しい表現であり、話し言葉とは我々が普段からの日常会話で用いる表現である。具体例を挙げると、「ありがとうございます。」、「～しましょう。」は書き言葉で、同義の「ありがとう。」、「～しよう。」は話し言葉である。歌詞のようなメッセージ性が重要な表現の場合、後者の方が直接人の感情に訴えやすい。したがって、本研究では、歌詞らしい翻訳として話し言葉で表現する。

3. 様々な表現技法が用いられている。(体言止め、倒置法など)

一般的なニューラル機械翻訳では直訳されることが多く、表現が均一化されてしまう。均一化された文章には芸術性がなく、ただ単に翻訳化された文字の情報でしかなくなる。そのため、表現の均一化を無くし、表現にアクセントをつけるために体言止めや倒置法を用いる。したがって、本研究では、様々な表現技法を用いている翻訳を歌詞らしい翻訳とする。

4. 限りなく原文のモーラ数に近似し、文章が簡潔である。

通常、英語から日本語に翻訳するとモーラ数が圧倒的に増加してしまう。それでは、メロディという時間的制約のある歌詞の表現として相応しくない。また、翻訳された歌詞に蛇足が多いと作者のメッセージが読者の心情に届くまでに遠回りしてしまう。作者のメッセージを最短距離で伝え、時間的制約を守るために

も、本研究では、文章が最も簡潔で、最も原文のモーラ数に近い文章を歌詞らしい翻訳とする。

第3章 歌詞翻訳システム

3.1 システム構成

図 6 は本研究で提案する歌詞翻訳のシステム構成図である。ユーザはユーザインタフェースに翻訳する英語の歌詞を入力すると、テキストデータは翻訳マネージャに送信される。次に、翻訳マネージャはサーバ内の英日翻訳システムと言語グリッドクライアントにテキストデータを引き渡し、言語グリッドクライアントは言語グリッドサーバへ更にテキストデータを送信する。そして、言語グリッドサーバ内にある翻訳サービスで翻訳を実行した後、日本語翻訳文のテキストデータを言語グリッドクライアントに返す。そのテキストデータは翻訳マネージャを経由し、次に事後編集器に引き渡され、事後編集器内の日日翻訳システムと修辞変換器に送られ、翻訳と変換が行われる。最後に、英日翻訳システムで得られた日本語翻訳文と事後編集器で得られた日本語翻訳文が翻訳マネージャを通して、モーラカウンタへと送られる。そこで、モーラ数のカウント及び、文章の選択・再構成を行い、最終的に得られた日本語翻訳文は翻訳マネージャを通して、ユーザインタフェースに提供される。以上が歌詞翻訳システムの概要である。

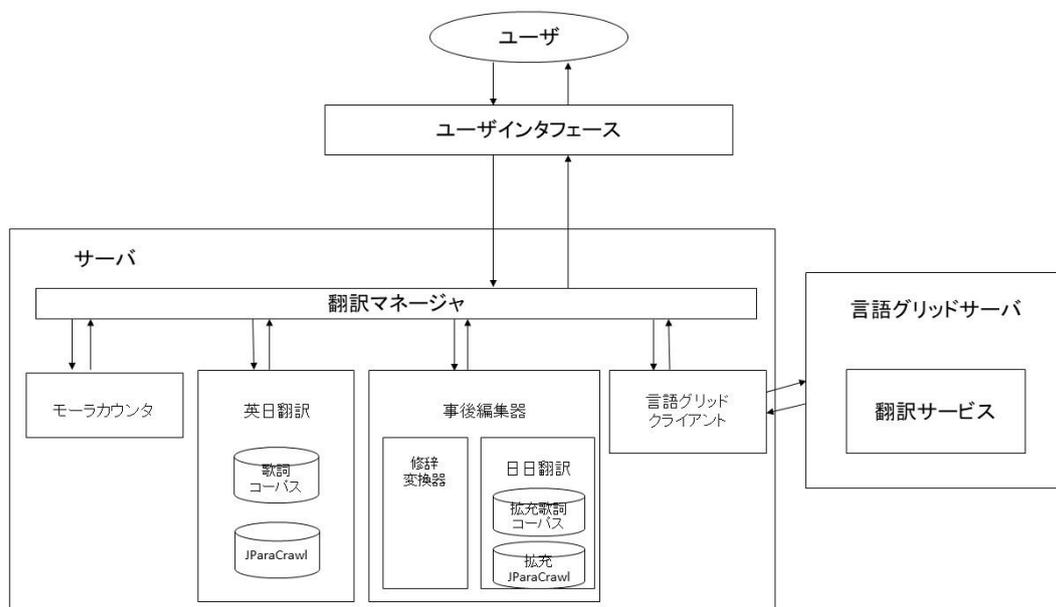


図 6 : システム構成図

3.2 歌詞翻訳フロー

図7は歌詞翻訳のフローチャートである。初めに、歌詞の原文である英文は歌詞に特化したモデルを学習した英日ニューラル機械翻訳と既存のニューラル機械翻訳サービスの2つの翻訳機に入力される。そして、翻訳された文章をそれぞれ日本語翻訳文Aと日本語翻訳文Bとする。続いて、日本語翻訳文Bは機械翻訳の形式的な翻訳結果を修辭的な文章に変換させるために、修辭的な日本語表現モデルを学習させた日英ニューラル機械翻訳と修辭的な日本語表現にするための修辭変換器に入力される。そして、前者から得られた文章を日本語翻訳文C、後者から得られた文章を日本語翻訳文Dとする。続いて、日本語翻訳文A, C, Dはモーラカウンタにてモーラ数のカウントが行われる。それぞれの翻訳文のモーラ数を原文のモーラ数と比較し、最も原文のモーラ数に近い文章を選択し、それぞれから選択された文章を組み合わせる最終的な日本語翻訳文として出力される。以上が、本研究で提案する歌詞翻訳のシステムの一連のフローである。

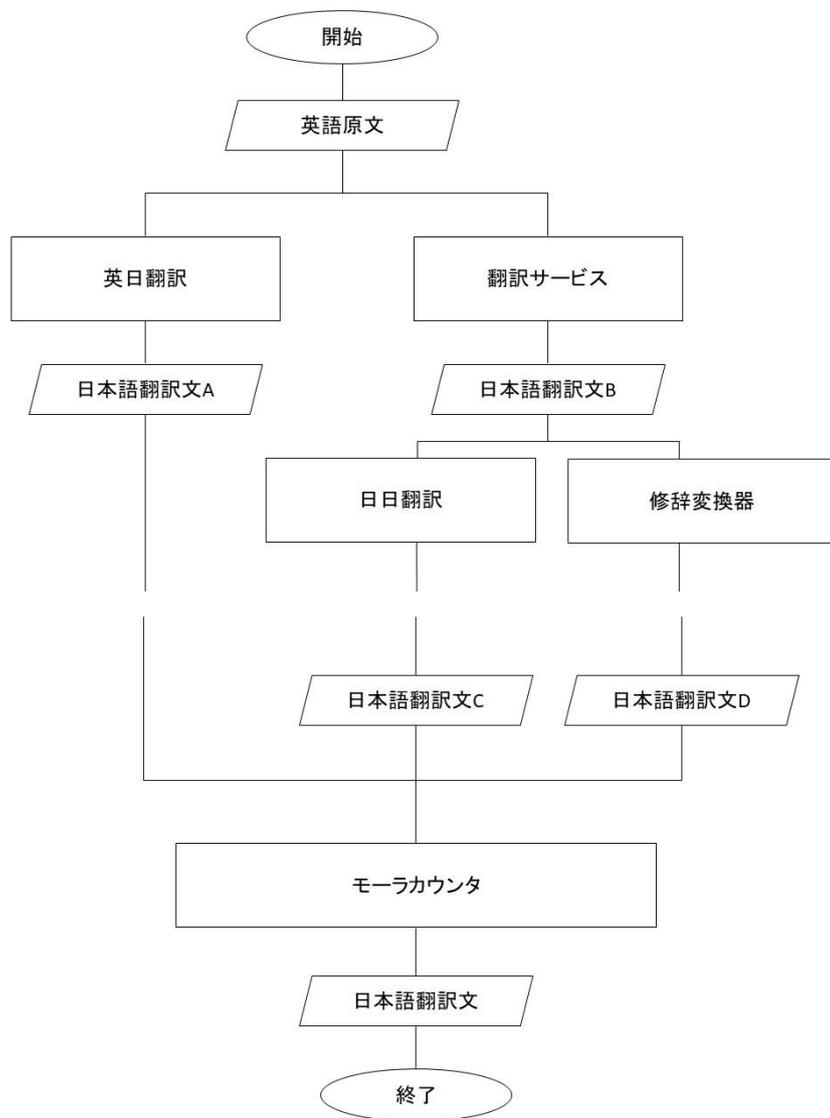


図 7 : 歌詞翻訳フローチャート

第4章 事後編集器

4.1 歌詞用のコーパス拡充

コーパスは翻訳元データと翻訳先データの対によって構成されている。コーパスを学習させたニューラル機械翻訳が歌詞らしい修辭的な表現の実現を可能にするためには、コーパスの翻訳先データを修辭的な表現に修正する必要がある。歌詞用にコーパスを拡充するための手法として以下の2つが挙げられる。

1. 既存する大量の楽曲の歌詞とその日本語訳をコーパスのテキストデータとして使用する。

インターネット上からたくさんの楽曲の対訳を収集し学習させることで、英文歌詞の独特の表現と修辭的な日本語文をリンクさせて学習させることができる。

2. 既存の大規模コーパスの日本語訳を修辭変換する。

既存する大規模コーパスは汎用的で形式的な文章が日本語の対訳として用いられている。そのため、あらかじめコーパスの全日本語訳を敬体から常体の文章への変換、倒置法・体言止めを用いた文章に変換するなどして修辭的な文章に変換しておくことで修辭的な翻訳文を生成させる。

本研究では、オープンソースの機械翻訳フレームワークとツール集である Open-NMT を用いて学習モデルを生成し、学習させる。コーパスはインターネット上から収集した歌詞の対訳と JParaCrawl というウェブから収集された大規模コーパスを使用する。歌詞コーパスには歌詞の対訳だけではなく、修辭的な表現の文章という観点から映画の字幕や人物のセリフなども含んでいる。そして、これらを Sentencepiece でトークナイズした。

4.2 日日翻訳の学習

Google 翻訳等の既存のニューラル機械翻訳で得られた日本語訳だけでは修辭的な表現にはならないため、ニューラル機械翻訳から出力された日本語文章をさらに修辭的な日本語文として出力させるために、形式的な日本語から修辭的な日本語に翻訳する日日翻訳を行う。日日ニューラル機械翻訳を実現するための手法は以下の2つが挙げられる。

1. 先述した歌詞用コーパスの英文を Google 翻訳で翻訳した日本語文を翻訳元データとした対訳を学習させる。
2. 元々の JParaCrawl の日本語文を翻訳元データとし、それを修辞変換した日本語文を翻訳先データとした対訳を学習させる。

歌詞用コーパスのGoogle翻訳版	歌詞用コーパスの日本語文章
愛は最高です。	愛は最上なり。
私は探していません、私は見つけます。	私は探し求めない。見出すのだ。
優しい人だけが本当に強いです。	優しさこそ、本当の強さだ。
愚かでいなさい。	愚か者であれ。
私たちの人生は私たちの芸術です。	僕らの人生は僕らのアートなのさ。

図 8 : 日日翻訳用に拡充した歌詞コーパスの一部

JParaCrawl日本語文(A)	(A)の修辞変換後の文
雨はほとんど降りませんでした。	雨はほとんど降らなかった。
警察署に通報できます。	警察署に通報できるんだ。
1954年に台湾で設立されました。	1954年に台湾で設立された。
それは大きなチャレンジです。	それは大きなチャレンジだ。
データが公開されることはありません。	データが公開されることはない。

図 9 : 日日翻訳用に拡充した JparaCrawl の一部

4.3 修辞変換

先述したコーパスの拡充でも行った作業が修辞変換である。修辞変換とは、単に文章内の単語を意図的に変換したり、類義語に言い換えたり、重要度の低い単語を削除したりすることである。ここで述べるワード操作とは 3 章の歌詞翻訳フローで述べた修辞変換器のことで、Google 翻訳で得られた翻訳文に対して直接行う修辞変換である。これによって、様々な表現を意図的に表現することができる。例えば、一般的なニューラル機械翻訳では「I」という英単語に対して「私」という表現で出力されることが多い。しかし、日本語における一人称は「私」だけではない。一人称が男性の場合、「僕」、「俺」といった複数の一人称が存在する。故に楽曲によって一人称を変換するだけで女性目線や男性目線の曲の翻訳結果を出力することができる。こうした変換を様々な単語内で行うことで文章の表現のバリエーションを増やすことができ、モーラ数の削減にも影響を及ぼす。修辞変換の内容を大きく分けると以下の 4 つが挙げられる。

1. 名詞の類義語変換

先述した人称名詞だけでなく、同義の単語ならよりモーラ数の小さい単語に変換するという手法である。例えば、「あなた」を「君」と変換するだけでモーラ数を 1 小さくすることができる。他にも、「日光が眩しい」という文章を「陽（ひ）が眩しい」とするだけでモーラ数の削減につながり、かつ、表現の幅も広げることができる。

2. 文末の表現変換

一般的なニューラル機械翻訳での文末はよく「～です.」、 「～であります.」といった形式的な敬体の書き言葉で表現される。そうした表現を「～だ.」、 「～なんだ.」、 「～なのさ.」といった話し言葉に言い換えることで表現のバリエーションを増やすことが可能になる。

3. 英文を英文のまま出力させる

洋楽の歌詞にはよく感嘆詞が出現する。例えば「Yeah」、「Oh」、「Ah」などがある。これらは英語ならではの表現なので無理やり日本語に表現するとかえって不自然になる。故に、こうした感嘆詞は翻訳することなくそのまま出力させる。他にも、洋楽のロックミュージックでは「Baby」という単語が頻出し、これを「赤ん坊」と翻訳してしまうとこれも意味がおかしくなってしまう。さらに、「I love you」や「I make you happy」のような短く、多くの日本人も理解しやすい英文に関してもあえて翻訳することなくそのまま出力することで印象に残るような

フレーズとして表現することができる。

4. 不要な単語の削除

英語から日本語に翻訳するとどうしてもモーラ数が増加してしまう。この課題を解決するために重要度が低い（この単語が抜けていても十分意味は通用する）と思われる単語は削除する。そうすることで文章を圧縮し、簡潔な文章として出力させ、表現の蛇足を無くすることができる。

図 10 は修辞変換によって得られた翻訳文の例である。まず初めに名詞の類義語変換を行い、「あなた」を「君」と変換した。次に、文末の表現変換を行い、「～です」を「～だ」と敬体から常体の文章に変換した。最後に、不要な単語の削除を行い、「私は」と「のこと」の無くても大きく意味が変わることのない部分を削除した。このようにして、「私はあなたのことが好きです。」というフレーズを「君のことが好きだ。」と最も簡潔でかつ修辞的な文章を生成することができる。

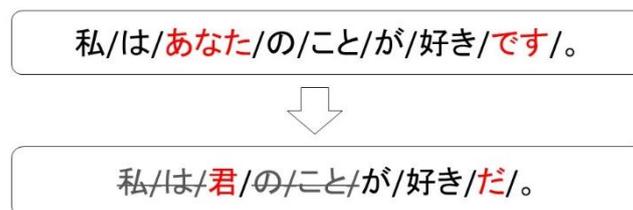


図 10 : 修辞変換による文章の変換

4.4 モーラ数の計測

モーラ数は英語と日本語とで計測の仕方が異なる。前者は各単語の音節の数をカウントしていくが、後者は読み仮名1文字ずつカウントしていく。例外も存在し、「じゃ」「ぴゃ」などの拗音は1文字としてカウントする。他にも、「っ」のような促音はカウントせず、「コーラ」のような長音もカウントしない。原文のモーラ数をX, 翻訳文のモーラ数をYとすると,

$$|X_{\text{原文}}| \doteq |Y_{\text{翻訳文}}|$$

上記のような関係式になる翻訳文を出力させる。歌詞の一行ごとにモーラ数を原文のモーラ数に可能な限り近づけることで実際に歌唱する時に歌詞を原曲のメロディに収まるようにする。この時、訳文の候補として複数の文章が存在し、得られた訳文のモーラ数の絶対値を原文のモーラ数の絶対値と比較し、最も数値が近似している文章を選択する。

図11のように、原文「Love me till I die」というモーラ数が5の英文に対して、「死ぬまで愛して」、「私が死ぬまで私を愛してください」、「愛して、僕が死ぬまで」という3つの翻訳候補が得られた場合、それぞれのモーラ数の絶対値は、|8|, |20|, |11|となり原文のモーラ数|5|に最も近似しているのはモーラ数8の「死ぬまで愛して」という文章となる。よって、これが最適な翻訳結果として選出される。このように、原文と翻訳候補の文章のモーラ数の絶対値を比較して最も近似している文章を選出するという処理を繰り返して、新たな日本語翻訳文を生成していく。そうすることで、最終出力の日本語翻訳文のモーラ数を最小限まで小さくすることができる。本研究では、英語のモーラ数のカウントにはオープンソースの Syllables を使い、日本語のモーラ数のカウントには同じくオープンソースの MeCab を使用した。

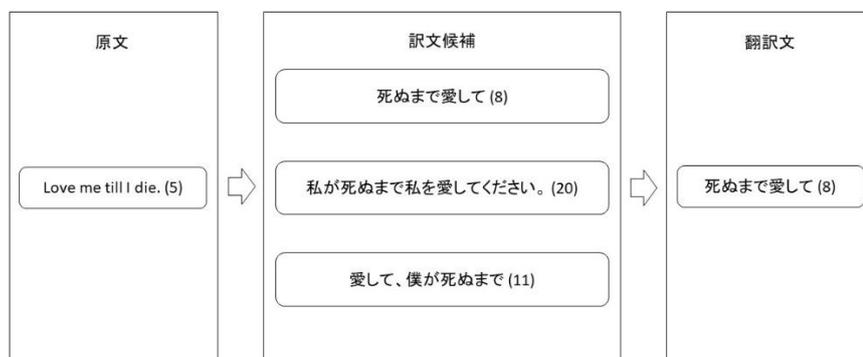


図11：モーラ数の比較及び翻訳文の選択

第5章 評価

3, 4 章で述べた事柄を基に翻訳実験を行った。テストデータに用いるのは歌詞コーパスに含まれないものであり、テストデータは 2020 年 8 月 21 日に発売された韓国の少年バンド BTS の楽曲「Dynamite」の一部を抜粋したもの (図 12) である。歌詞コーパス (5445 文), JParaCrawl (約 1, 000 万文) を学習データとして用いた英日ニューラル機械翻訳は 200, 000Steps, 日日ニューラル機械翻訳は 100, 000Steps の学習を行った。また, 英日ニューラル機械翻訳の歌詞コーパスと JParaCrawl の重みづけによる学習比率は 1:1, 1:100, 1:1000 の 3 パターン, 日日ニューラル機械翻訳の学習比率は 1:1, 1:100 の 2 パターンの翻訳結果を用いる。なお, 本研究ではモーラ数による最終的な歌詞の選択は手動で行うものとする。以下の図が翻訳結果である。

評価の指標は以下の 4 つである。

1. 翻訳精度

翻訳精度の比較は, 本研究で得られた翻訳結果 (図 12) と人手を介した翻訳文 (図 12) を用いる。本研究による翻訳の正答とは, 本研究の歌詞翻訳システムで得られた翻訳文が人手を介した翻訳文と同義であることとする。多少の意識であっても文の意味が大きく外れていなければ, それは同義の文章となる。これらの定義に従って両者を比較すると, 図 14 のように全 20 文中の正答率は 85% となった。正答として挙げられるのは以下の文章である。類義語などで表現の仕方は違うが, 意味としては大きな差はみられなかった。例えば, 図 15 の 12 行目の「I got the medicine」が「僕が魔法をかけよう」, 「so you should keep ya eyes on the ball」が「大切なことから目を離さないで」と大きく意識されている。そのため, 単にニューラル機械翻訳の訳で表された文章と大きく意味が異なっていたと思われる。

行	英語原文	モーラ数	人手を介した翻訳文	モーラ数	最終翻訳文	モーラ数	Google翻訳	モーラ数
1	Cos ah ah	3	Cos ah ah	3	Cos ah ah	3	Cos ah ah	3
2	I'm in the stars tonight	5	今夜僕は星の中にいるから	16	今夜は星の中	9	今夜は星の中になります	13
3	So watch me bring the fire and set the night alight	13	だから僕の火花で夜を照らすのを見て	22	だから火花持ってきて、夜を照らすのを見て	19	だから私が火花持ってきて夜を明かすのを見てください	27
4	Shining through the city with a little funk and soul	13	ファンクとソウルでこの街を照らす	16	少しのファンクとソウルで街を輝け	20	小さなファンクとソウルで街を輝かせます	22
5	So I'mma light it up like dynamite,	11	だから輝かせるよダイナマイトのように	20	ダイナマイトのようにそれを照らす	16	だから私はダイナマイトのようにそれを照らします	25
6	woah	1	woah	1	わあ	2	ワオ	2
7	Bring a friend join the crowd	6	友達も呼んでここにおいでよ	15	仲間を連れてきて	9	音楽に参加するように友達を招待する	24
8	Whoever wanna come along	8	来たい人は誰でも	10	一緒に来たい人は誰でも	13	一緒に来たい人は誰でも	13
9	Word up talk the talk, just move like we off the wall	14	言葉はいらぬ狂ったように踊るだけ	19	言葉が舌から出てきてさうだけかど、また言わないよ	24	言葉を話す時は私たちが壁から離れるように動いてください	35
10	Day or night the sky's alight	7	昼も夜も空は輝いている	18	昼も夜も空は明るみ	13	昼も夜も空が輝く	12
11	So we dance to the break of dawn	9	だから僕達は夜明けまで踊るよ	17	僕らは夜明けに踊る	11	だから私たちは夜明けに踊ります	18
12	Ladies and gentlemen, I got the medicine so you should keep ya eyes on the ball	21	皆様に僕が魔法をかけたよ、大切なことから目を離さないで	33	みんな、薬を手に入れたから、君はボールに目を離さないで	29	ご列席の皆様、私は薬を手に入れたので、あなたもボールに目を離さないでください	43
13	huh	1	huh	1	Huh	1	ハアッ	1
14	This is getting heavy	6	段々と積み重なってきた	13	重くなっていく	7	これは重くなっています	11
15	Can you hear the bass boom, I'm ready	8	ベースの低い響く音が聞こえるか 僕は準備完了	26	ベース、プームが聞こえるんだ、準備ができた	18	低音プームが聞こえますか、準備ができています	23
16	Life is sweet as honey	7	人生は蜂蜜のように甘い	16	ハチミツのように甘い	11	人生は蜂蜜のように甘い	16
17	Yeah this beat cha ching like money	9	このビートは金のように響く	14	Yeah, このビートは金のようにチャチャング	18	ええ、このビートは金のようにチャチャングします	21
18	Disco overload I'm into that I'm good to go	11	ディスコは過熱ハマってしまっただ行こうよ	17	ディスコは行っていいと思っている	17	ディスコの過激部は行っていいと思っています	25
19	I'm diamond you know I glow up	6	僕はダイヤモンド 輝いているのは知ってるでしょ	25	I'm diamond 君が知っている	10	私はあなたが知っているダイヤモンドです私は輝きます	30
20	Let's go	2	さあ行こうか	6	Let's go	2	行こう	3

図 12 : 翻訳結果とモーラ数の比較

行	人手を介した翻訳文	最終翻訳文
1	Cos ah ah	Cos ah ah
2	今夜僕は星の中にいるから	今夜は星の中
3	だから僕の火花で夜を照らすのを見ていて	だから火を持ってきて、夜を照らすのを見て
4	ファンクとソウルでこの街を照らす	少しのファンクと魂で街を駆け抜け
5	だから輝かせるよダイナマイトのように	ダイナマイトのようにそれを照らす
6	woah	わあ
7	友達も呼んで こっちにおいでよ	仲間を連れてきて
8	来たい人は誰でも	一緒に来たい人は誰でも
9	言葉はいらない 狂ったように踊るだけ	言葉が舌から出てきそうだけれど、まだ言わないよ
10	昼も夜を問わず空は輝いてる	昼も夜も空は明るみ
11	だから僕達は夜明けまで踊るよ	僕らは夜明けに踊る
12	皆様に僕が魔法をかけよう、大切なことから目を離さないで	みんな、薬を手に入れたから、君はボールに目を離さないで
13	huh	Huh
14	段々と積み重なってきた	重くなっている
15	ベースの鳴り響く音が聞こえるか 僕は準備完了	ベース・ブームが聞こえるんだ、準備ができた
16	人生は蜂蜜のように甘い	ハチミツのように甘い
17	このビートは金のように響く	Yeah、このビートはお金のようにチャッキング
18	ディスコは過熱 ハマってしまった 行こうよ	ディスコチは行ってもいと思っている
19	僕はダイヤモンド 僕が輝いてるのは知ってるでしょ	I'm diamond 君が知っている
20	さあ行こうか	Let's go

図 13： 人手の翻訳と歌詞翻訳システムの翻訳の比較した時の正答

行	人手を介した翻訳文	最終翻訳文
9	言葉はいらない 狂ったように踊るだけ	言葉が舌から出てきそうだけれど、まだ言わないよ
12	皆様に僕が魔法をかけよう、大切なことから目を離さないで	みんな、薬を手に入れたから、君はボールに目を離さないで
14	段々と積み重なってきた	重くなっている

図 14： 人手の翻訳と歌詞翻訳システムの翻訳の比較した時の誤答

2. 歌詞翻訳の適切さ

第 2 章でも述べたように、本研究における歌詞翻訳の適切さの指標は、「敬体ではなく、常体の文章で表現される.」、「書き言葉でなく、話し言葉で表現される.」、「様々な表現技法が用いられている.」、「限りなく原文のモーラ数に近似し、文章が簡潔である.」の 4 つである。最終翻訳文（図 12）の全 20 文を先述した指標と比較すると、どの文章でも常体表現、または話し言葉で表現されている。また、2, 17 行目のように、「星の中」、「チャッキング」といった単語で文が終了しているため、体言止めという表現技法が用いられている。そして、1, 13, 19, 20 行目の翻訳文のようにモーラ数を原文と近似させるために、英語のまま出力したり、日本語と交えて出力することで、モーラ数を縮小させ、簡潔な文章の構成になっている。それだけでなく、英語と日本語の両方で表現するというのも、一種の表現技法とも言えるだろう。以上のことから本研究における歌詞翻訳システムによって歌詞らしい表現を実現することができたと言える。

3. モーラ数

原文 (図 12) の総モーラ数が 161 に対して、得られた訳文 (図 12) の総モーラ数は 252, 従来の Google 翻訳で得られた文章 (図 12) の総モーラ数は 367 となり, 本システムにおいて約 57% のモーラ数の削減ができた (図 18). また, 原文と比較して 1 文あたりのモーラ数は本システムが平均+4.55 の増加に対して, Google 翻訳が平均+10.3 の増加であったため, 1 文あたり平均増加も約 55.8% も改善することができた (図 19).

4. 学習比率の違いによる翻訳結果の違い

今回, 最終訳文に選択された文章 (図 12) の割合は全 20 文中英日ニューラル機械翻訳が 11 文, 日日ニューラル機械翻訳が 3 文, 事後編集器が 6 文であった. そのうち, 英日ニューラル機械翻訳の学習比が 1:1 の翻訳が 2 文, 1:1000 の翻訳文が 9 文となり, 日日ニューラル機械翻訳の学習比が 1:1 の翻訳文が 2 文, 1:100 の翻訳文が 1 文という結果になった (図 17). 故に, 英日ニューラル機械翻訳は 1:1 及び 1:1000 の学習比率, 日日ニューラル機械翻訳は 1:1 及び 1:100 の学習比率の翻訳結果の違いについて比較する. 人手を介した訳文 (図 12) と比較して, 1:1 の英日ニューラル機械翻訳の正答率は 25% に対して, 1:1000 の英日ニューラル機械翻訳の正答率は 65% と大きく向上した (図 15). 人手を介した訳文 (図 12) と比較して, 1:1 の日日ニューラル機械翻訳の正答率は 40% に対して, 1:100 の日日ニューラル機械翻訳の正答率は 55% とやや向上した (図 16). また, 日日ニューラル機械翻訳では翻訳の際に文字化けが発生したが前者が 6 文, 後者が 2 文となり文字化けの発生率も低下した. 故に, JparaCrawl の学習比率を上げることで両者の翻訳結果は向上したと言える. しかしながら, 歌詞コーパス, JparaCrawl の最適な学習比率を調整することで, より良い翻訳結果が出力されると望まれる.

行	英日翻訳(学習比1:1)	英日翻訳(学習比1:1000)
1	私を外に連れてって	Cos Ah Ah
2	あなたは今夜必要ないんだから	今夜は星にいるの
3	僕には火をおこすと決めた時から	だから、火を持って来て、夜を照らすのを見て
4	小さな喜びと魂で市内を輝かせる	少しのファンクと魂で街を駆け抜け
5	だから面白くなる	だから俺はダイナマイトのように光るんだ
6	抱きしめて	あなたに
7	仲間を連れてきて	友人を連れて群衆に加わって
8	2人が何かを成そうとしていたにしても	誰だって
9	言葉が舌から出てきそうだけれど、まだ言わないよ	言葉が話を聞くだけで、壁から僕らと同じように移動する
10	いつか僕らの上をスレスレに	昼も夜も空は明るみ
11	だから私たちは夜明けのように踊る	だから僕らは夜明けのブレイクに踊る
12	レディースアンドジェントルマン、立っていただけますか	皆さん、薬をもらったから、ボールにあざを向けて
13	うん、うん	Huh
14	これは重くいて	これは重くなって
15		ベース・ブームが聞こえるんだ、準備ができた
16	人生は蜂蜜です	ハチミツのように甘い
17	そうさ、金のようなものだ	Yeah、このビートはお金のようにaching
18	私はできる限り速く走ることになったの	過負荷を解消していいの
19	たいていの女は俺を見捨てるはず	I'm diamond 君が知っている
20	一緒にいこう	Let's go

図 15 : 英日翻訳の学習比率による翻訳結果の比較

行	日日翻訳(学習比1:1)	日日翻訳(学習比1:100)
1	ステップs檳榔	わたしは強く迷わせて
2	今夜は星の中	今夜は星の中
3	だから私が火を持ってきて夜を明かすのを見てください	だから僕と火を持ってきて夜を明かすのを見て
4	小さなファンクとソウルで街を輝かせる	小さなファンクとソウルで街を輝かせます
5	だから私はダイナマイトのようにそれを照らす	だから私はダイナマイトのようにそれを照らす
6	わあ	わあ
7	友達を群衆に参加させる	友達に群衆に参加させる
8	一緒に来たい人は誰でも	一緒に来たい人は誰でも
9	言葉を話す話は私たちが壁から離れるように動くだけだ	言葉を話す話は私たちが壁から離れるように動くだけだ
10	昼も夜も空が降る	昼夜も空が降りる
11	だから私たちは溜けに踊ります	だって踊るんだから
12	溜の皆様、私は薬を手に入れたので、あなたはボールに目を離さないでください	さあ、俺は薬を手に入れたので、あなたはボールに目を離さないで
13	ハアツ	ハアツ
14	こらえても溢れるんだ	これは重くなれ
15	溜ブームが聞こえますか、準備ができています	翹ブームが聞こえるか、準備ができています
16	人生は蜂蜜のように甘い	人生は蜂蜜のように甘い
17	そう、こらのビートはお金のようにチャッキングする	Yeah、このビートはお金のようにチャッキングする
18	ディスコの溜は行ってもいいと思っている	ディスコチは行ってもいいと思っている
19	私はあなたが知っているダイヤモンド溜だ私は輝きます	私はあなたが知っているダイヤモンドsだ私は輝きます
20	さらば掲げる	行こう

図 16 : 日日翻訳の学習比率による翻訳結果の比較

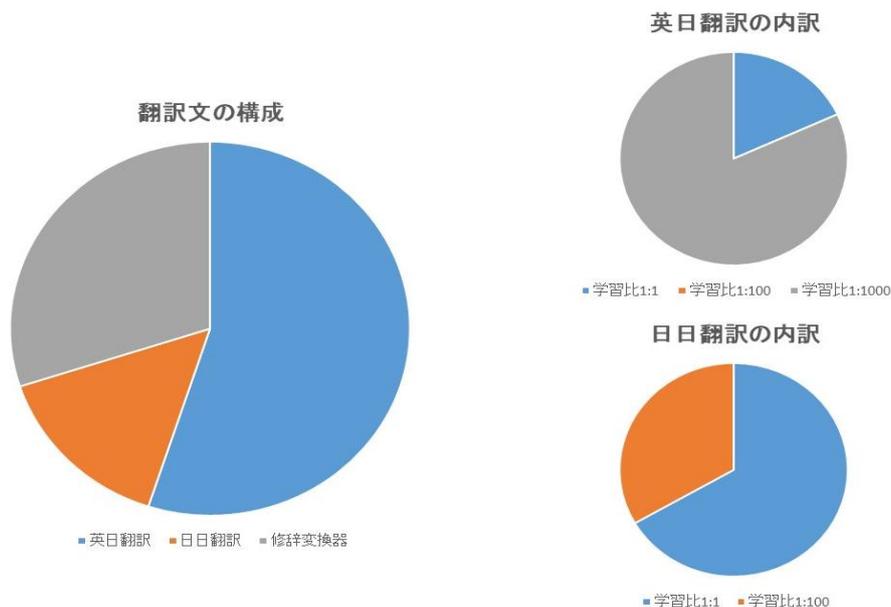


図 17 : 最終翻訳文の構成比

	原文	歌詞翻訳システム	Google翻訳
モーラ数	161	252	367

図 18 : 全体のモーラ数の比較

	歌詞翻訳システム	Google翻訳
モーラ数	+4.55	+10.3

図 19 : 1文あたりのモーラ数の増加の平均

本研究では限られたなかでしかニューラル機械翻訳の学習に時間を費やすことができなかったが、コーパスの内容を歌詞用に拡充することで出力結果が従来のニューラル機械翻訳よりも修辭的な文章が出力された。それに伴い、モーラ数を従来のニューラル機械翻訳よりも原文と近似させることができた。また、ニューラル機械翻訳で生成された文章が全体の70%を占めていたため、歌詞に特化したニューラル機械翻訳として上手く機能したと思われる。ニューラル機械翻訳はコーパスの内容によってどの分野にも特化することができるため、今後、歌詞データを増大させ、学習時間を多く費やすことで歌詞翻訳システムの翻訳精度の向上が望まれる。それだけでなく、コーパスの学習の比重を変えながら、最も最適な割合に調整することで翻訳精度、修辭表現の両者のバランスが取れた翻訳結果を出力の向上が望まれる。

第6章 おわりに

本研究では、ニューラル機械翻訳を用いた歌詞の翻訳システムの提案を行い、あたかも人が翻訳したかのような修辭的な翻訳結果の向上を行った。しかしながら、歌詞らしい翻訳には、未だはっきりとした定義がない。それでも、多くの人々がニューラル機械翻訳で得た歌詞の翻訳結果に対して、従来のような直訳ばかりの堅苦しい表現でなく、修辭的な表現を用い、歌詞の世界観を原文と翻訳文との間で相違が無くなる、あるいはそれが縮まるようにしていくことが歌詞の機械翻訳として不可欠である。

本研究の貢献は以下の通りである。

歌詞翻訳に特化したコーパスの拡充

ニューラル機械翻訳に学習させるコーパスを歌詞に特化した対訳を用いることで出力された翻訳文も修辭的な文章で出力させることができた。

歌詞用の事後編集器の構築

歌詞表現に特化したコーパスを用いて、様々な修辭的な日本語表現モデルを学習させたニューラル機械翻訳を用いて、従来の機械翻訳の形式的な翻訳結果を修辭的な文章に変換させることができた。

モーラ数の調整

本研究で提案した歌詞翻訳システムで得られた複数の翻訳文からモーラ数をカウントし、選別した翻訳文は従来の機械翻訳で得られる翻訳文より大幅にモーラ数を小さくすることができ、原文のモーラ数に近づけることができた。

謝辞

本研究を行うにあたり，終始懇切なご指導を頂きました，立命館大学情報理工学部准教授村上陽平先生に深く感謝致します。

参考文献

- [1] 西村 綾乃, 伊藤 貴之: 外国語の歌曲を自動訳詞するシステムのための翻訳手法の検討, 情報処理学会インタラクシオン 2017, pp. 643-648 (2017/03/02)
- [2] 吉田 仙, 水島 昌英, 田中 公人: ニューラル機械翻訳によるサービス創造に向けた取り組み, NTT 技術ジャーナル, 新たなサービス創造に向けて進化する NTT の AI, pp. 34-37 (2018/06)
- [3] Ashish Vaswani, Noam Shazeer, Niki Parmar, Jakob Uszkoreit, Llion Jones, Aidan N. Gomez, Łukasz Kaiser, Illia Polosukhin: Attention Is All You Need, 31st Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS 2017), Long Beach, CA, USA.
- [4] 山岸 駿秀: 目的言語の文書文脈を用いたニューラル機械翻訳, 首都大学東京大学院 システムデザイン研究科 情報通信システム学域, 修士論文, pp. 1-23 (2019/02/22)
- [5] 北村 美樹: J-POP の音韻的考察, 中京大学英米文化・文学会, pp. 1-22 (2006/03/17)

付録

付録 1 : ソースコード

1. Sentencepiece

```
import sentencepiece as spm

f = open("corpus.ja", "r", encoding="utf_8")

f = f.readlines()

for line in f:

    sp = spm.SentencePieceProcessor()
    # train sentence piece
    #spm.SentencePieceTrainer.Train("--input=data.txt --model_prefix=trained_model --
vocab_size=8000")
    # load model
    sp.Load("jparacrawl-songs-32k-en.model")
    splitted_list=sp.EncodeAsPieces(line)
    print(splitted_list)
```

2. 翻訳モデルの学習・翻訳

```
!pip3 install OpenNMT-py #OpenNMT のインストール

!onmt_preprocess -train_src new-corpus.ja ¥ #学習データの前処理

    -train_tgt new-corpus1.ja ¥
    -valid_src new-corpus2.ja ¥
    -valid_tgt new-corpus3.ja ¥
    -save_data data1/demo

!onmt_train -data data1/demo ¥ #学習

    -save_model save ¥
    -layers 6 -rnn_size 512 -word_vec_size 512 -transformer_ff 2048 -heads 8 ¥
    -encoder_type transformer -decoder_type transformer -position_encoding ¥
    -train_steps 100000 -max_generator_batches 2 -dropout 0.1 ¥
```

```

    -batch_size 1024 -batch_type tokens -normalization tokens -accum_count 2 ¥
    -optim adam -adam_beta2 0.998 -decay_method noam -warmup_steps 4000
    -learning_rate 2 ¥
    -max_grad_norm 0 -param_init 0 -param_init_glorot ¥
    -label_smoothing 0.1 -valid_steps 100000 -save_checkpoint_steps 20000 ¥
    -world_size 1 -gpu_ranks 0

!onmt_translate -model save/jpara-songs-weighted-model_step_100000.pt ¥ #翻訳
    -src abcde.ja ¥
    -output abcdef.ja ¥
    -replace_unk -verbose ¥
    -n_best 3

```

3. 修辞変換

```

def change(word1:str, word2:str):
    return dst.replace(word1, word2)

for src in f:
    # すべて置換
    dst = src.replace("あなた", "君") # 「あなた」 -> 「君」
    dst = change("私は", "") # 「私は」を削除
    dst = change("ですか", "なの?") # 「～ですか」 -> 「～なの?」
        .
        .
        .

```

4. モーラ数のカウント

日本語

```
import MeCab
mecab = MeCab.Tagger ("-Oyomi")
f = str(" ")
word = mecab.parse(f)
m = 1
for line in word:
    #print(str(m) + line)
    m = m + 1
    if "¥n" in line:
        print(m-2)
        m = 1
```

英語

```
import syllables
syllables.estimate(" ")
```

付録 2 : テストデータ全文

行	Dynamite原文
1	Cos ah ah
2	I'm in the stars tonight
3	So watch me bring the fire and set the night alight
4	Shoes on get up in the morn Cup of milk let's rock and roll
5	King Kong kick the drum rolling on like a rolling stone
6	Sing song when I'm walking home
7	Jump up to the top LeBron
8	Ding dong call me on my phone
9	Ice tea and a game of ping pong
10	This is getting heavy
11	Can you hear the bass boom, I'm ready
12	Life is sweet as honey
13	Yeah this beat cha ching like money
14	Disco overload I'm into that I'm good to go
15	I'm diamond you know I glow up
16	Hey, so let's go
17	Cos ah ah
18	I'm in the stars tonight
19	So watch me bring the fire and set the night alight
20	Shining through the city with a little funk and soul

行	Dynamite原文
21	So I'mma light it up like dynamite,
22	woah
23	Bring a friend join the crowd
24	Whoever wanna come along
25	Word up talk the talk just move like we off the wall
26	Day or night the sky's alight
27	So we dance to the break of dawn
28	Ladies and gentlemen, I got the medicine so you should keep ya eyes on the ball,
29	huh
30	This is getting heavy
31	Can you hear the bass boom, I'm ready
32	Life is sweet as honey
33	Yeah this beat cha ching like money
34	Disco overload I'm into that I'm good to go
35	I'm diamond you know I glow up
36	Let's go
37	Cos ah ah
38	I'm in the stars tonight
39	So watch me bring the fire and set the night alight
40	Shining through the city with a little funk and soul

行	Dynamite原文
41	So I' mma light it up like dynamite,
42	woah
43	Dynnnnnanana,
44	life is dynamite
45	Shining through the city with a little funk and soul
46	So I' mma light it up like dynamite,
47	woah
48	Dynnnnnanana eh
49	Light it up like dynamite
50	Dynnnnnanana eh
51	Light it up like dynamite
52	Cos ah ah
53	I' m in the stars tonight
54	So watch me bring the fire and set the night alight
55	Shining through the city with a little funk and soul
56	So I' mma light it up like dynamite
57	Cos ah ah
58	I' m in the stars tonight
59	So watch me bring the fire and set the night alight
60	Shining through the city with a little funk and soul

行	Dynamite原文
61	So I' mma light it up like dynamite,
62	woah
63	Dynnnnnanana,
64	life is dynamite
65	Shining through the city with a little funk and soul
66	So I' mma light it up like dynamite,

付録3 : 翻訳過程

行	英日翻訳(1:1000)
1	Cos Ah Ah
2	今夜は星にいる
3	だから、火を持って来て、夜を照らすのを見て
4	牛乳のモルンカップで靴を履くとロックンロール
5	キングコングは、ローリングストーンのようにドラムを蹴る
6	家を歩いているとき歌って
7	トップのLeBronまでジャンプ
8	Dingdong私の電話
9	アイスティーとピンポンのゲーム
10	これは重くなって
11	ベース・ブームが聞こえるんだ、準備ができた
12	ハチミツのように甘い
13	Yeah、このビートはお金のようiaching
14	過負荷を解消していいの
15	I'm diamond 君が知っている
16	ねえ、だから行こう
17	Cos Ah Ah
18	今夜は星にいる
19	だから、火を持って来て、夜を照らすのを見て
20	少しのファンクと魂で街を駆け抜け

行	英日翻訳(1:1000)
21	だから僕はダイナマイトのように光るんだ
22	あなたに
23	友人を連れて群衆に加わって
24	誰だって
25	言葉が話を聞くだけで、壁から僕らと同じように移動する
26	昼も夜も空は明るみ
27	だから僕らは夜明けのブレイクに踊る
28	皆さん、薬をもらったから、ボールにあざを向けて。
29	huh
30	これは重くなって
31	ベース・ブームが聞こえるんだ、準備ができた
32	ハチミツのように甘い
33	Yeah、このビートはお金のようiaching
34	過負荷を解消していいの
35	I'mdiamond君が知っている
36	Let's go
37	Cos Ah Ah
38	今夜は星にいる
39	だから、火を持って来て、夜を照らすのを見て
40	少しのファンクと魂で街をShining。

行	英日翻訳(1:1000)
41	だから僕はダイナマイトのように光るんだ
42	あなたに
43	Dynnnanana
44	人生はダイナマイト
45	少しのファンクと魂で街をShining。
46	だから僕はダイナマイトのように光るんだ
47	あなたに
48	Dynnnanana eh
49	ダイナマイトのように光る
50	Dynnnanana eh
51	ダイナマイトのように光る
52	Cos Ah Ah
53	今夜は星にいる
54	だから、火を持って来て、夜を照らすのを見て
55	少しのファンクと魂で街をShining。
56	だから僕もダイナマイトのように光る
57	Cos Ah Ah
58	今夜は星にいる
59	だから、火を持って来て、夜を照らすのを見て
60	少しのファンクと魂で街をShining。
行	英日翻訳(1:1000)
61	だから僕はダイナマイトのように光るんだ
62	あなたに
63	Dynnnanana
64	人生はダイナマイト
65	少しのファンクと魂で街をShining。
66	だから僕はダイナマイトのように光るんだ

行	英日翻訳(1:100)
1	Ah Ah Ah
2	今夜は星から
3	だから火を起こして、夜を照らすのを見て
4	ミルクのカーンカップで起き上がれ靴はロックンロール
5	キングコングは、ローリングストーンのようにドラムロール
6	家に帰って歌うの
7	トップLeBronにジャンプする
8	Dingdong電話して
9	アイスティーとピンポンゲーム
10	これはもう重くなって
11	ベース・ブームは君にも聞こえるよ、準備はできている
12	人生は蜂蜜のように甘くて
13	あなたはお金のようにしゃがむようなこのビート
14	飛び込んできてるのに
15	あなたは私が輝かせるダイヤモンド
16	ねえ、さあ
17	Ah Ah Ah
18	今夜は星から
19	だから火を起こして、夜を照らすのを見て
20	小さなファンクと魂で街を駆け抜け

行	英日翻訳(1:100)
21	だから私はそれをダイナマイトのように照らし出すの
22	あなたを
23	友達を連れてきて、集団に加わる
24	誰であれ、一緒に来たい
25	言葉さえ言おう話は僕たちが壁から離れるように動き出す
26	空が明るければ昼も夜も
27	だから私たちは夜明けに踊る
28	紳士淑女、薬をもらったから、あなたはボールに目をつけておくべきだ
29	huh
30	これはもう重くなって
31	ベース・ブームは君にも聞こえるよ、準備はできている
32	人生は蜂蜜のように甘くて
33	あなたはお金のようにしゃがむようなこのビート
34	飛び込んできてるのに
35	あなたは私が輝かせるダイヤモンド
36	さあ
37	Ah Ah Ah
38	今夜は星から
39	だから火を起こして、夜を照らすのを見て
40	小さなファンクと魂で街を駆け巡り

行	英日翻訳(1:100)
41	だから私はそれをダイナマイトのように照らし出すの
42	あなたを
43	Dynnnanana
44	人生はダイナマイト
45	小さなファンクと魂で街を駆け巡り
46	だから私はそれをダイナマイトのように照らし出すの
47	あなたを
48	Dynnnanana eh
49	ダイナマイトのように照らして
50	Dynnnanana eh
51	ダイナマイトのように照らして
52	Ah Ah Ah
53	今夜は星から
54	だから火を起こして、夜を照らすのを見て
55	小さなファンクと魂で街を駆け巡り
56	だから私はそれをダイナマイトのように輝かせる
57	Ah Ah Ah
58	今夜は星から
59	だから火を起こして、夜を照らすのを見て
60	小さなファンクと魂で街を駆け巡り

行	英日翻訳(1:100)
61	だから私はそれをダイナマイトのように照らし出すの
62	あなたを
63	Dynnnanana
64	人生はダイナマイト
65	小さなファンクと魂で街を駆け巡り
66	だから私はそれをダイナマイトのように照らし出すの

行	英日翻訳(1:1)
1	私を外に連れてって
2	あなたは今夜必要ないんだから
3	僕には火をおこすと決めた時から
4	ミルクのコップで飲んで
5	キングコングは転がっていく石のようにドラム缶を弾く
6	家に帰れば、全て大丈夫さ
7	トップヘジャンプするLeBron
8	電話を爆発させるくらいかけてきたって
9	アイスティーと卓球のゲーム
10	これで何度目だろう
11	
12	人生あつという間だ
13	そうさ、金のようなものだ
14	私はできる限り速く走ることに疲れたの
15	たいていの女は俺を見捨てるはず
16	ねえ、もう終わったの。
17	私を外に連れてって
18	あなたは今夜必要ないんだから
19	僕には火をおこすと決めた時から
20	小さな喜びと魂で市内を輝かせる

行	英日翻訳(1:1)
21	だから面白くなる
22	抱きしめて
23	仲間に加わった
24	2人が何かを成そうとしていたにしても
25	言葉が舌から出てきそうだけれど、まだ言わないよ
26	いつか僕らの上をスレスレに
27	だから私たちは夜明けのように踊る
28	レディースアンドジェントルマン、立っていただけますか
29	うん、うん
30	これで何度目だろう
31	
32	人生あつという間だ
33	そうさ、金のようなものだ
34	私はできる限り速く走ることに疲れたの
35	たいていの女は俺を見捨てるはず
36	解放放とう、自由になろう
37	私を外に連れてって
38	あなたは今夜必要ないんだから
39	僕には火をおこすと決めた時から
40	小さな喜びと魂で市内を輝かせる

行	英日翻訳(1:1)
41	だから面白くなる
42	抱きしめて
43	Dynnnnana
44	人生はダイナマイト
45	小さな喜びと魂で市内を輝かせる
46	だから面白くなる
47	抱きしめて
48	Dynnnnanana eh
49	ダイナマイウェイ
50	Dynnnnanana eh
51	ダイナマイウェイ
52	私を外に連れてって
53	あなたは今夜必要ないんだから
54	僕には火をおこすと決めた時から
55	小さな喜びと魂で市内を輝かせる
56	だから面白くなる
57	私を外に連れてって
58	あなたは今夜必要ないんだから
59	僕には火をおこすと決めた時から
60	小さな喜びと魂で市内を輝かせる

行	英日翻訳(1:1)
61	だから面白くなる
62	抱きしめて
63	Dynnnnana
64	人生はダイナマイト
65	小さな喜びと魂で市内を輝かせる
66	だから面白くなる

行	日日翻訳(1:100)
1	わたしは強く迷わせて
2	今夜は星の中
3	だから僕と火を持ってきて夜を明かすのを見て
4	酔きた牛乳のカップで靴を履いてロックンロールしましょう
5	キングコングは、ローリングストーンのようにドラムを転がして蹴る
6	家に帰るときに歌を歌う
7	トップレブロンにジャンプ
8	あなたの瞳には私たちが電話する
9	アイスティーと卓球のゲーム
10	これは重くなれ
11	酔いブラムが聞こえるか、準備ができています
12	人生は蜂蜜のように甘い
13	Yeah、このビートはお金のようにチャッキングする
14	ディスコチは行ってもいいと思っている
15	私はあなたが知っているダイヤモンドだ私は輝きます
16	ほら、あの時だ
17	わたしは強く迷わせて
18	今夜は星の中
19	だから僕と火を持ってきて夜を明かすのを見て
20	小さなファンクとソウルで街を輝かせます

行	日日翻訳(1:100)
21	だから私はダイナマイトのようにそれを照らす、
22	わあ
23	友達に群衆に参加させる
24	一緒に来たい人は誰でも
25	言葉を話す話は私たちが壁から離れるように動くだけだ
26	昼夜も空が降りる
27	だって踊るんだから
28	いつかの皆様、私は薬を手に入れたので、あなたはボールに目を離さないで、
29	ハアツ
30	これは重くなれ
31	酔いブラムが聞こえるか、準備ができています
32	人生は蜂蜜のように甘い
33	Yeah、このビートはお金のようにチャッキングする
34	ディスコチは行ってもいいと思っている
35	私はあなたが知っているダイヤモンドだ私は輝きます
36	行きましょう
37	わたしは強く迷わせて
38	今夜は星の中
39	だから僕と火を持ってきて夜を明かすのを見て
40	小さなファンクとソウルで街を輝かせます

行	日日翻訳(1:100)
41	だから私はダイナマイトのようにそれを照らす
42	わあ
43	電話してくるの。
44	人生はダイナマイトだ
45	小さなファンクとソウルで街を輝かせます
46	だから私はダイナマイトのようにそれを照らす
47	わあ
48	電話してくるの
49	ダイナマイトのように照らす
50	電話してくるの
51	ダイナマイトのように照らす
52	わたしは強く迷わせて
53	今夜は星の中
54	だから僕と火を持ってきて夜を明かすのを見て
55	小さなファンクとソウルで街を輝かせます
56	だから私はダイナマイトのようにそれを照らす
57	わたしは強く迷わせて
58	今夜は星の中
59	だから僕と火を持ってきて夜を明かすのを見て
60	小さなファンクとソウルで街を輝かせます

行	日日翻訳(1:100)
61	だから私はダイナマイトのようにそれを照らす
62	わあ
63	電話してくるの。
64	人生はダイナマイトだ
65	小さなファンクとソウルで街を輝かせます
66	だから私はダイナマイトのようにそれを照らす

行	日日翻訳(1:1)
1	ステップs檳榔
2	今夜は星の中
3	だから私が火を持ってきて夜を明かすのを見てください
4	溜きた牛乳のカップで靴を履いてロックンロールしましょう
5	キングコングは、ローリングストーンのようにドラムを転がして蹴る
6	家に帰るときに歌を歌う
7	トップレブロンにジャンプ
8	溜は私の電話で私に電話する
9	アイスティーと卓球のゲーム
10	こらえても
11	溜ブームが聞こえますか、準備ができています
12	人生は蜂蜜のように甘い
13	そう、この今ビートはお金のようにチャッキングする
14	ディスコの溜は行ってもいいと思っている
15	私はあなたが知っているダイヤモンド溜だ私は輝きます
16	え今会ったばかりだし
17	ステップs檳榔
18	今夜は星の中
19	だから私が火を持ってきて夜を明かすのを見てください
20	小さなファンクとソウルで街を輝かせる

行	日日翻訳(1:1)
21	だから私はダイナマイトのようにそれを照らす
22	わああ!
23	友達を群衆に参加させる
24	一緒に来たい人は誰でも
25	言葉話す話は私たちが壁から離れるように動くだけだ
26	昼も夜も空が降る
27	だから私たちは溜けに踊ります
28	溜の皆様、私は薬を手に入れたので、あなたはボールに目を離さないで
29	ハアツ
30	こらえても
31	溜ブームが聞こえますか、準備ができています
32	人生は蜂蜜のように甘い
33	そう、この今ビートはお金のようにチャッキングする
34	ディスコの溜は行ってもいいと思っている
35	私はあなたが知っているダイヤモンド溜だ私は輝きます
36	行きましような
37	ステップs檳榔
38	今夜は星の中
39	だから私が火を持ってきて夜を明かすのを見てください
40	小さなファンクとソウルで街を輝かせる

行	日日翻訳(1:1)
41	だから私はダイナマイトのようにそれを照らす
42	わああ!
43	춘천er淄ana、
44	人生はダイナマイトだ
45	小さなファンクとソウルで街を輝かせる
46	だから私はダイナマイトのようにそれを照らす
47	わああ!
48	ステップ淄淄淄ana淄
49	ダイナマイトのように照らすの
50	ステップ淄淄淄ana淄
51	ダイナマイトのように照らすの
52	ステップs檳榔
53	今夜は星の中
54	だから私が火を持ってきて夜を明かすのを見てください
55	小さなファンクとソウルで街を輝かせる
56	だから私はダイナマイトのようにそれを照らす
57	ステップs樟蔭
58	今夜は星の中
59	だから私が火を持ってきて夜を明かすのを見てください
60	小さなファンクとソウルで街を輝かせる

行	日日翻訳(1:1)
61	だから私はダイナマイトのようにそれを照らす
62	わああ!
63	춘천er淄ana、
64	人生はダイナマイトだ
65	小さなファンクとソウルで街を輝かせる
66	だから私はダイナマイトのようにそれを照らす

行	Google翻訳の修辞変換
1	Cos ah ah
2	今夜は星の中にいるんだ
3	僕が火を持ってきて夜を明かすのを見て
4	朝起きた牛乳のカップで靴を履いてロックンロールしよう
5	キングコングは、ローリングストーンのようにドラムを転がして蹴る
6	家に帰るときに歌を歌う
7	トップレブロンにジャンプ
8	丁洞は私の電話で私に電話する
9	アイスティーと卓球のゲーム
10	重くなっている
11	低音ブームが聞こえるんだか、準備ができています
12	人生は蜂蜜のように甘い
13	Yeah、このビートはお金のようにチャッキング
14	ディスコの過負荷行ってもいいと思うの
15	君が知っているダイヤモンドだ輝くんだ
16	ねえ、行こう
17	Cos ah ah
18	今夜は星の中にいるんだ
19	僕が火を持ってきて夜を明かすのを見て
20	小さなファンクとソウルで街を輝かせる

行	Google翻訳の修辞変換
21	ダイナマイトのようにそれを照らす、
22	わあ
23	友達を群衆に参加させる
24	一緒に来たい人は誰でも
25	言葉を話す話は僕らが壁から離れるように動くだけだ
26	昼も夜も空が降りる
27	僕らは夜明けに踊る
28	ご列席のみんな、薬を手に入れたから、君はボールに目を離さないで、
29	ハアツ
30	重くなっている
31	低音ブームが聞こえるんだか、準備ができています
32	人生は蜂蜜のように甘い
33	Yeah、このビートはお金のようにチャッキング
34	ディスコの過負荷行ってもいいと思うの
35	君が知っているダイヤモンドだ輝くんだ
36	行きよう
37	Cosahah
38	今夜は星の中にいるんだ
39	僕が火を持ってきて夜を明かすのを見て
40	小さなファンクとソウルで街を輝かせる

行	Google翻訳の修辞変換
41	ダイナマイトのようにそれを照らす、
42	わあ
43	Dynnnnnanana、
44	人生はダイナマイトだ
45	小さなファンクとソウルで街を輝かせる
46	ダイナマイトのようにそれを照らす、
47	わあ
48	Dynnnnnanana eh
49	ダイナマイトのように照らす
50	Dynnnnnanana eh
51	ダイナマイトのように照らす
52	Cos ah ah
53	今夜は星の中にいるんだ
54	僕が火を持ってきて夜を明かすのを見て
55	小さなファンクとソウルで街を輝かせる
56	ダイナマイトのようにそれを照らす
57	Cos ah ah
58	今夜は星の中にいるんだ
59	僕が火を持ってきて夜を明かすのを見て
60	小さなファンクとソウルで街を輝かせる

行	Google翻訳の修辞変換
61	ダイナマイトのようにそれを照らす、
62	わあ
63	Dynnnnnanana、
64	人生はダイナマイトだ
65	小さなファンクとソウルで街を輝かせる
66	ダイナマイトのようにそれを照らす