

# 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

西村 綾乃<sup>1,a)</sup> 伊藤 貴之<sup>1,b)</sup>

**概要:** 音楽は世界中で作曲されており、インターネットが普及した現代では外国語の歌曲を耳にする場面も多くなった。しかしながら、母国語ではない言語の歌詞を完全に理解することは難しい。歌詞の意識や直訳は目にすることもあるが、音楽に相応しい詩の形ではなく、そのままメロディに乗せて歌うことはできない。そこで、本稿では自動訳詞システムの提案および実装のための課題について考察を行った。さらに、その課題を解決するために4つの手法を提案し、それぞれについて実験を行ったため、その結果を報告する。本システムはユーザの好みや目的に合わせてパラメータを入力し、単語の難易度や歌いやすさを自由に設定できるものを想定している。

## A Study on Translation Techniques for Automatic Translation of Foreign Lyrics

AYANO NISHIMURA<sup>1,a)</sup> TAKAYUKI ITOH<sup>1,b)</sup>

**Abstract:** Music has been composed all over the world. Opportunities to listen to songs in foreign language are increasing thanks to the evolution of the Internet. However, it is difficult for us to completely understand the lyrics in foreign languages other than our mother tongue. Although sometimes we can see free translation or literal translation of lyrics, it is not a form of lyrics that fits to melody. Therefore, in this paper, we propose an automatic translation system and discuss the problem to implement this system. In addition, we describe four possible methods to solve the problem, and show results of our experiments applying each of the methods. We assume that this system can input parameters based user's preference or target, and freely set the abstrusity level of singing or words.

### 1. はじめに

音楽と言葉には密接な関係がある。歌唱曲においては、作家の詩に音楽家が曲をつけることによって、1つの作品として残る場合も多い。オペラやミュージカルなどの音楽劇などはまさに、音楽と文学が融合した芸術と言える。

現在ではインターネットが普及したことにより、世界中の音楽をいつでも気軽に聞くことが可能になった。しかしながら、外国語の歌曲は音楽そのものを楽しむことは出来ても、馴染みのない言語による歌詞の内容を完全に理解することは難しい。中には、歌詞の意識や直訳が掲載されて

いることもあるが、単なる直訳によって生成された文章はメロディの音数や流れと合致しないため、翻訳文をそのままメロディに乗せて歌うことは難しい。

一方で、海外の多くの歌曲は日本語に翻訳されて有名となっている。しかし、訳詞には語学力や語彙力に加えて音楽の知識も必要であり、非熟達者には難しい作業である。具体的には、訳詞を行う歌曲に対して、原語での意味理解、音楽的なフレーズやリズム構成の理解、歌唱における日本語の発音への理解などが必要になってくる。多数の歌曲で1つの作品となるミュージカルやオペラなどでは、1曲ずつの理解だけではなく、全編を通した話の流れや、メロディフレーズの使い方などの理解も必要となり、その労力は多大なものとなる。

そこで著者らは、ユーザのパラメータ設定に応じて音楽

<sup>1</sup> お茶の水女子大学  
Ochanomizu University

<sup>a)</sup> nishimura.ayano@is.ocha.ac.jp

<sup>b)</sup> itot@is.ocha.ac.jp

に相応しい形で外国語歌詞の日本語訳を出力するインタラクティブな自動訳詞システムの開発を目指している。自動訳詞の手法が確立できることによって、テレビやカラオケなどで表示される外国語の字幕を日本語に切り替えることも容易になり、メロディさえ知っていれば一緒に歌うことも可能になる。また、オペラやオペレッタ、ミュージカルなどの大量の歌詞を含む作品の訳詞も容易になり、システムを通じて日本語での上演のための補助を行うことで、日本国内での音楽文化の発展に貢献できるだろう。本稿はそのための基礎検討の一環として、訳詞に必要な手法の一部である原語から日本語に直した場合に起こる課題に着目して、実験・評価を行った結果を報告する。

## 2. 自動訳詞システムの構想

本研究では、ユーザが訳詞に関するパラメータ（言葉の難易度や、歌いやすさなど）を設定し、MusicXMLなどの楽譜情報を与えることで日本語の歌詞が付随した楽譜を生成する、インタラクティブな Web アプリケーションの開発を想定している。

パラメータを設定する理由として、人間の訳詞者によって言葉の選び方やメロディと歌詞の一致度が違うように、本システムにおいてもユーザが目的や自分の好みに合わせて訳詞の内容を設定できるべきだと考えたからである。たとえば、童謡であればなるべく平易な単語を使うべきか、一般的な単語を使うべきかといった観点がある。また、単語を選ぶという点から、好みのアーティストを選択し、そのアーティスト風の歌詞をつけることも可能だろう。他にも、人間の歌唱であれば原語の意味を多少変えてでも歌いやすい歌詞を選ぶ、合成音声で歌わせる場合は原語の意味を出来るだけ反映するなど、目的によって生成する譜面を変更する必要がある。そのため、本提案においては、ユーザの入力から譜面を生成するシステムが有用であるとした。

現段階の本研究では、対象となる原語は西欧語に限定している。

## 3. 訳詞の課題

日本語への自動訳詞システムの開発に着手するにあたり、まず訳詞特有の課題を挙げる。

日本語への訳詞の歴史は近藤朔風 [1] らが切り拓いた。代表される訳詞の作品には「野ばら」や「ローレライ」などがあり、これらは現代でも訳詞時と変わらない日本語で歌い継がれている。近藤は原語の意味と韻律を可能な限り、日本語に再現しようとする訳詞を重視した。

訳詞の課題には主に「形式」と「内容」があげられる [2]。形式とは主に韻律を指しており、音楽的な性質である声の高低・強弱・抑揚・音数などと歌詞との整合性を課題とする。また内容とは主に情緒を指し、詩が持つ情感などを適切に訳せるかを課題とする。本報告では形式の中でも「音

数」に焦点を当てた。

原語の歌詞を日本語に直訳するとほぼ間違いなく、音数（モーラ数）が増えるという根本的な問題点にぶつかる。しかしながら、メロディに使われている音符の数は決まっているため、訳詞においてはモーラ数を増やすことはできるだけ避けなければならない。結果として日本語への訳詞において、原語の意味を簡略化する必要が生じることが多い。このような状況において訳詞者は、原文からどの部分を訳し、どの部分は省略するといった取捨選択を行う [3]。この取捨選択や言葉の選び方によって、訳詞者の特色が露わになり、訳詞の違いを生じる要素となる。

一方で、歌唱に適した日本語の発音についても課題 [4] が指摘されている。この課題はモーラ数にも関係がある。例えば、「撥音」すなわち「ん」と発音される音については、モーラ数を 1 とする場合と、直前の発音と合わせて歌うことでモーラ数に含めない場合がある。撥音、促音、長音、二重母音と呼ばれる発音をモーラとして独立させるかの判断は、その歌唱が与えるリズム感にも影響を与える。

ここで、自動訳詞に関する「形式」の中でも音数に関する課題をまとめる。

**課題 1** 日本語への翻訳によってモーラ数が増える

**課題 2** 原語の意味を取捨選択し、簡略化する必要がある

**課題 3** 撥音などの発音を 1 モーラとして独立させるか、リズムなどを考慮して判断する必要がある

本稿では、自動訳詞システム実装のための予備実験として、課題 2 における原語の意味について取捨選択が必要になるという点を踏まえ、課題 1 におけるモーラ数を減らして日本語に訳す際の最適な手法を考える。

## 4. 和訳の手法

前章で列挙した課題を踏まえて、訳詞のための和訳手法について考察する。なお本稿で報告する実験では、使用する歌曲の原語を英語に限定する。

課題 1 に示した通り、日本語への翻訳ではほぼ間違いなく、モーラ数を減らす必要が生じる。この解決手法として、自然言語処理における文圧縮の問題が参考になると考えた。翻訳に関係する文圧縮の手法として井手上らは、部分的表現を中心として翻訳を行う部分的機械翻訳 [5] を提案している。この手法は、原言語文と原言語文の一部の表現（部分的表現）を入力とし、部分的表現を中心とした簡潔な翻訳を出力するものである。また、日本語文の要約に関する分野では、要約したい文より必要な単語群を抽出し、それらを入力とした上で不足する語を補い、文生成を行うことで、要約された文章を作る研究 [6] も発表されている。

これらを参考にして、歌曲における原語から日本語への訳詞の手段として、以下の 4 つの手法について検証・考察することにした。

**手法 1** メロディの 1 フレーズに該当する原文を圧縮して

日本語に翻訳し、その文章を歌詞に最適な形にする  
手法2 原文に変更を加えず日本語に翻訳し、その文章を歌詞に最適な形にする

手法3 原文から部分的な表現を抽出して日本語に翻訳し、生成された文章を歌詞に最適な形にする

手法4 原文から重要だと思われる単語を2つ以上抽出し、単語を訳した後、日本語の歌詞を生成する

なお本稿で示す実験では、日本語における撥音・促音のモーラ数を0とする。また、日本語の歌唱では1つの文字の母音を伸ばし複数の音符を歌いあげることが許容されていることから、日本語への翻訳によってモーラ数が原文より減る場合にはその訳をそのまま採用するものとする。

#### 4.1 手法1

手法1ではまず「原文の圧縮」を適用する。この処理の訳詞における合理性を検証するために、著者らはまず、歌曲の1フレーズにおける平均単語数を調査した。各フレーズの平均単語数が非常に小さければ、文圧縮を適用するに十分な単語数がないと判断できる。

著者らは英詞の歌曲を無作為に29曲選択し、人手でフレーズを分割した。結果として872のフレーズに分割され、全単語数は4,546であった。よって、1フレーズにおける単語数の平均値は5.386であった。以上の結果より、歌詞の1フレーズに相当する原文がとても短いため、文圧縮を適用しても単語数を十分に削減することは難しい。もしくは、無理に単語数を削減することで文意を損ない、日本語への翻訳が不能になることが懸念される。そのため、手法1は訳詞の手段として最適ではないとした。

#### 4.2 手法2

手法2ではまず原詩をそのまま翻訳し、得られた翻訳文からの操作によって訳詞を生成する。翻訳文からの処理過程で必要となる操作について検討するために著者らは、原詩から得た翻訳文について考察した。

以下に、童謡「ロンドン橋」とミュージカル「Les Misérables」より一部抜粋した歌詞を示す。括弧内の数字は各フレーズのモーラ数を示す。翻訳にはBing翻訳[7]を用いた。

##### London Bridge

London Bridge is falling down (7)

Falling down, falling down (6)

London Bridge is falling down (7)

My fair lady (4)

ロンドン橋が落ちる (8)

落ちる, 落ちる (6)

ロンドン橋が落ちる (8)

マイ・フェア・レディ (6)

##### Cafe Song

There's a grief that can't be spoken (8)

There's a pain goes on and on (8)

Empty chairs at empty tables (8)

Now my friends are dead and gone (7)

話すことができない悲しみがあります (19)

痛みは延々とがあります (12)

空のテーブル空の椅子 (12)

私の友人が死んでいっている今 (16)

ロンドン橋の結果について、1フレーズ目と3フレーズ目の格助詞「が」を削除すれば、各フレーズともモーラ数が原詞と同じになり、歌詞として成立することが伺える。さらに、第2フレーズはそのまま歌詞として利用することが可能であった。

その一方で、「Cafe Song」の原詞と訳詞ではモーラ数が大きく異なっている。また、体言止めと、ですます調が入り混じっており、歌詞の語尾に統一性がなく、この翻訳文をそのまま訳詞として利用するのは難しい。ここで、この曲の人手による訳詞の例を示す。

##### カフェ・ソング

話すことができない悲しみがあります。(19)

痛みは延々とがあります。(12)

空のテーブル空の椅子 (12)

私の友人が死んでいっている今 (16)

言葉にならない (8)

痛みと悲しみ (8)

空の椅子とテーブル (10)

友はもういない (8)

「話すことができない悲しみがあります」を人手で訳した場合の歌詞は「言葉にならない」となっており、「話すことができない」のパラフレーズを求める必要性が伺える。また、第2フレーズの「痛みは延々とがあります」を人手で訳した場合の歌詞は「痛みと悲しみ」であり、第1フレーズの「悲しみ」が第2フレーズへと移っており、入れ替えが発生していることがわかる。第4フレーズ目は「私」という主語が人手の翻訳では消えている。これは、歌っている本人が「私」であり、日本語では主語を省略しても十分に意味が通じるからであると考えられる。

これより、手法2による自動訳詞のための操作として以下が有効であることが示唆される。

(1) 助詞を省略する

(2) 翻訳文を元にパラフレーズを得る

(3) フレーズの前後で単語を入れ替える

(4) 一人称としての「私」という主語を省略する

(2) について、パラフレーズによってモーラ数を減らせる可能性があるのは明らかである。そのため、ここでは(1)(3)(4)について、(1)(4)を単語の省略についての課題とし、(3)を単語の倒置の課題として、検証を行う。

以下の実験では、機械翻訳機として、Bing 翻訳及び Google 翻訳 [8] を用いて比較をした。この2つの課題において、調査に用いた楽曲数は23曲であり、全体のフレーズ数は652であった。

#### 4.2.1 単語の省略

歌詞の原語を機械翻訳した結果（以後、翻訳文と呼ぶ）と、人手による訳詞文を用いて、単語を省略することで、翻訳文と訳詞文の類似度が上がるかを検証した。本実験では単純な調査として、人手による訳詞文を正解文として扱い、翻訳文から単語（格助詞および「私」）を省略したものを比較した。

表記ゆれを避けるため、訳詞は全て平仮名とし句読点および記号は含めないこととした。翻訳文には漢字の混じった文を用意し、形態素解析を適用した後で単語を省略し、平仮名へと変換して句読点を省略することで、平仮名の文章を生成した。その上で、翻訳文と訳詞文を1フレーズずつ比較し、類似度の平均値を求めた。

本実験では形態素解析にはmecabを用い、類似度の計算にはRatcliffらのPattern Matching: the Gestalt Approach[9]を利用した。

比較結果を表1に示す。類似度は最大を1.0とし、小数第4位を四捨五入した。

表1 単語の省略における類似度

Table 1 Similarity after omission of words.

比較内容	類似度	
	Bing 翻訳	Google 翻訳
翻訳文：訳詞文	0.408	0.398
格助詞を抜いた翻訳文：訳詞文	0.415	0.410
「私」を抜いた翻訳文：訳詞文	0.416	0.412
格助詞と「私」を抜いた翻訳文：訳詞文	0.424	0.425

格助詞と「私」のどちらか一方を省略した場合、省略しなかった場合よりも類似度は上がるが、格助詞と「私」の両方を省略したとき、どちらの翻訳機においても、最も類似度が上がるのがわかった。今回は単純な判定により単語を省略しているが、助詞と主語に関する省略判定のアルゴリズムを確立すれば、さらに類似度が上がるが見込まれる。以上の結果から、(1)(4)に関する単語の省略について、訳詞においてモーラ数を減らす手段として有効であることが示された。

#### 4.2.2 単語の倒置

翻訳文の1フレーズに含まれる単語が、訳詞文の前後の1フレーズ及び同フレーズに含まれる割合を調査した。この時、メロディフレーズの繰り返し等による単語の重複は

考慮せずに割合を求める。また、調査する単語は翻訳文、訳詞文ともにmecabの品詞において「名詞」「形容詞」「動詞」「副詞」に含まれるものを対象とし、その原型を比較する。この割合について、以下のように定義する。

$$\text{単語含有率} = \frac{\text{翻訳文・訳詞文ともに使用されていた合計単語数}}{\text{訳詞文の合計単語数}}$$

$$\text{フレーズ含有率} = \frac{\text{翻訳文・訳詞文に共通する単語が存在した合計フレーズ数}}{\text{訳詞文の合計フレーズ数}}$$

含有率は最大を1.0とし、小数第4位を四捨五入することを得る。その結果を表2に示す。

表2 単語の倒置における含有率

Table 2 Content rate of rearrange words.

対象フレーズ	単語含有率		フレーズ含有率	
	Bing 翻訳	Google 翻訳	Bing 翻訳	Google 翻訳
前フレーズ	0.076	0.071	0.129	0.130
後フレーズ	0.072	0.079	0.117	0.143
同フレーズ	0.171	0.171	0.259	0.271

以上の結果より、同フレーズに翻訳文と訳詞に共通して含まれる単語が最も多いことがわかる。また、入れ替えにおいて、Bing 翻訳、Google 翻訳ともに前後フレーズ含有率に差異はほとんどなく、どちらに入れ替えが起きる傾向が強いかは、はっきりとは言えない結果となった。入れ替えが発生している割合についても、単語含有率、フレーズ含有率ともに非常に低い数値であり、単語の入れ替えは必須ではないことが伺える。

同フレーズにおいて、Bing 翻訳と比較して、数値が高く出ているGoogle 翻訳の単語含有率は約0.26、フレーズ含有率は約0.27であった。この結果から、翻訳文に利用されている単語は、同フレーズであっても訳詞文にほぼ含まれていないということがわかる。以上により、翻訳文で得た単語をそのまま訳詞文の一部として利用することは難しいことが示唆される。

#### 4.3 手法3

手法3の訳詞手段としての妥当性を検証するために著者らは、井手上らの部分的機械翻訳手法[5]を、実際に歌詞として使われている文に適用した。本実験ではミュージカル「Les Misérables」から歌詞を抽出し、対訳コーパスにはProject Gutenbergや青空文庫などから作成されたものを利用した[10]。

翻訳の結果の例を表3に示す。比較のため、原文をそのままBing 翻訳にかけた結果も併記している。この結果から、モーラ数が大幅に削減されている文章も見られるが、かえって原文よりもモーラ数が増えている例も存在することがわかる。また、翻訳の精度にもばらつきが見られる。

表 3 手法 3 による翻訳結果

Table 3 Translation result applying the method 3.

原文 (モーラ数)	部分的表現	部分的翻訳結果 (モーラ数)	Bing 翻訳
I dreamed that love would never die (8)	I dreamed	うとうとした (6)	愛が死ぬことはない夢を見た
How can I live when we are parted (9)	How can I	どうやって? (4)	私たちが別れているときにライブする方法
This man could be my chance (6)	my chance	本当にそれがやってきた (11)	この男は、私のチャンスかもしれない

その理由として、利用した対訳コーパスに部分的表現が一致する箇所が少なかったことなどが考えられる。加えて、対訳コーパス内に存在しない歌詞特有の表現を翻訳できないことから、訳詞結果が対訳コーパスに大きく依存してしまうことがわかる。

以上により著者らは、さまざまな文章表現が使用される歌詞の翻訳に手法 3 を適用するのは難しいと結論づけた。

#### 4.4 手法 4

手法 4 における「重要な単語の抽出」の妥当性について、著者らは「I need to know」という単純な文を例として検討した。このとき、モーラ数は 4 であり、人手で訳詞された歌詞は「知りたい」である。抽出するキーワードとして考えられるのは「I」「need」「know」の 3 つであることは自明である。このうち歌を歌っている本人を指す「I」という主語は、手法 2 での考察により、日本語への翻訳時に省略可能であるとする。これより、「need」「know」の 2 つの単語から、4 モーラ以下の単語を導く必要がある。これらの単語は「必要」「知る」と訳すことができるが、「必要」はすでに 4 モーラを消費しておりこの 2 つの単語の組み合わせから文章を生成することはできない。以上のような単純な例だけからも、手法 4 の適用は難しいことが示唆される。

しかしながら、抽出した単語を入力として、wordnet や word2vec などを利用して類義語を求めることで、類似語から歌詞を生成することは考えられる。前述の例文の場合、例えば「need」の類義語として「want」が候補の 1 つにあげられる。そこで「need know」のかわりに「want know」を Google 翻訳にかけると、「知りたい」という訳を得ることができる。このようにして人手で訳された歌詞と同一の訳詞文を類似語から導くことができる例はいくつかあり、今後検討の余地があると考えられる。

## 5. 議論

4 つの手法について検討した結果として著者らは、手法 2 を用いた訳詞が現状でもっとも現実的であると判断した。また、手法 4 において原文から単語をいくつか抽出するだけでなく、類義語に置き換えて翻訳することで、人手の訳詞と同等の翻訳を得られることがあるという発見があった。

これらの検証結果より、翻訳文からモーラ数を減らすための手段として、以下のような操作が有効だと考えられる。

(1) 助詞の省略

(2) 翻訳文を元にパラフレーズを得る

(3) 一人称としての「私」という主語の省略

(4) 原文の単語から類義語を求め、翻訳を行う

しかしながら、(3) に関しては、「My Favorite Things」のように「私」という単語がキーワードになる曲もあるため、一概に省略して良いとは言えない。一人称が重要となる単語であるかどうかを、歌詞の全体を見て判定する必要があるだろう。また、(4) に関してはまだ一例を発見したにすぎず、今後さらに調査・検討を進める必要がある。

## 6. 関連研究

歌詞に関連する研究は数多く存在する。阿部らはモーラ数と母音を入力することで、歌詞候補文を生成し提示するシステム「pâtissier」を提案している [11]。伊藤らは暗記のための替え歌を自動生成するシステムを実装している [12]。このシステムでは、入力文のモーラ数を算出し、その結果から入力文を歌詞として割当可能な楽曲リストを作成し、ユーザに提示する。提示されたリストからユーザが曲を選択すると、モーラ数が完全一致しない部分について音符に変更を加えることで、入力文を歌詞とした歌曲を生成する。

音楽と翻訳に関連する研究では、日本語を中国語に翻訳した歌詞を計算機に歌わせる手法が提案されている [13]。この手法の目的は計算機による中国語の歌唱であり、自動翻訳を完成させているわけではない。歌詞は翻訳後に人手で修正したものを用いている。

これ以外の関連研究もその大半は「歌詞」か「メロディ」のどちらか一方を新しく作り出すものである。具体的には、歌詞の自動生成、あるいは入力歌詞に対応するメロディの自動生成のいずれかの手法が多数提案されている。それに対して本研究では、「歌詞」と「メロディ」がすでに両方存在することを前提として、形式や内容の点で整合性を保ったまま歌詞を翻訳することを目的としている。

## 7. 今後の展望

本稿では訳詞に関する課題の提示・解決手法の検討を行い、その結果から、翻訳の過程でモーラ数を減らすために必要と考えられる手段を導き出した。今後は、得られた結果を元に、訳詞のための実装を行っていく。特に、「原文の単語から類義語を求め、翻訳を行う」という点に関しては、検証を行う必要があると考えている。

さらに、入力値としてパラメータ化できる値の検討を

進める予定である。利用するパラメータが決定できれば、ユーザの入力を訳詞文に反映することが可能になるだろう。

今回は、モーラ数のみに焦点を当てたが、次の段階では音楽の解析を含めた訳詞の手法を考えていく必要がある。楽曲解析には、GTTM[14] を利用し、タイムスパン木や拍節構造解析を用いることで、強拍と弱拍などの日本語の整合性のルールを策定したい。

また、西欧語の多くは強弱アクセントを持つ発音が多いが、日本語は高低アクセントを持つ言語である。そのため、音楽の拍節構造やフレーズを考慮し、日本語の発音に最適な訳詞を行いたい。

Web アプリケーションとして本提案を公開することで、クロスプラットフォームなシステムとして利用することが可能であり、多くのユーザの音楽理解の助け、さらには国内の音楽の発展に貢献できるだろう。

### 参考文献

- [1] 松田直行：訳詞の誕生：近代日本音楽史における訳詞家近藤朔風の位相，駒沢短大国文，Vol. 37, pp. 15–43 (2007).
- [2] 菊池誠子：芸術リート (2)：日本受容における訳詞の問題を中心として，盛岡大学短期大学部紀要，Vol. 1, pp. 23–31 (1991).
- [3] 松田直行：「訳詞」とは何を訳すのか：近藤朔風と森外によるオペラ『オルフェウス』訳詞の比較研究のための序章，駒澤日本文化，No. 7, pp. 165–192 (2013).
- [4] 山本金雄：歌唱における日本語の発音に関する一考察，千葉大学教育学部研究紀要 第2部，Vol. 22, pp. 233–249 (1973).
- [5] 山本和英：全文を翻訳しようとしなない機械翻訳：ワードグラフによる部分的機械翻訳の試み (機械翻訳技術の向上)，*Japio year book*, pp. 276–279 (2013).
- [6] 池田諭史，沢井康孝，山本和英：文生成のための機能語の補完。
- [7] Bing 翻訳，<http://www.bing.com/translator> (2016/12/23).
- [8] Google 翻訳，<https://translate.google.co.jp> (2016/12/23).
- [9] Ratcliff, J. W. and Metzener, D. E.: Pattern-matching-the gestalt approach, *Dr Dobbs Journal*, Vol. 13, No. 7, p. 46 (1988).
- [10] 日英対訳文対応付けデータ，<http://www2.nict.go.jp/astrec-att/member/mutiyama/align/index.html> (2016/12/01).
- [11] 阿部ちひろ，伊藤彰則ほか：patisserie-アマチュア作詞家のための作詞補助システム，研究報告音楽情報科学 (MUS)，Vol. 2012, No. 17, pp. 1–6 (2012).
- [12] 伊藤悠真，寺田努，塚本昌彦ほか：Mnemonic DJ: 暗記学習のための替え歌自動生成システム，情報処理学会論文誌，Vol. 56, No. 11, pp. 2165–2176 (2015).
- [13] 久保一志，江原暉将：日本語歌詞を中国語に翻訳しパソコンに歌わせる，言語処理学会年次大会，pp. 6–9 (2006).
- [14] Tojo, S., Hirata, K. and Hamanaka, M.: Computational Reconstruction of Cognitive Music Theory, *New Generation Computing*, Vol. 31, No. 2, pp. 89–113 (2013).