

# 暗記学習のための替え歌自動生成システム

伊藤悠真<sup>1</sup> 寺田 努<sup>1,2</sup> 塚本昌彦<sup>1</sup>

**概要:** 情報処理技術が進展し、さまざまな学習支援システムが開発されている。特に、学習者の暗記を支援するための一般的な手法としては、元の文字列を他の意味のある文字列に置き換える語呂合わせがよく用いられ、その語呂合わせを自動で生成するシステムが存在する。しかしこれらのシステムには文字数や暗記対象に制限があり、汎用的に暗記学習に使えとはいえない。一方で、暗記学習のために替え歌を用いるという手法は、語呂合わせと同様に広く知れ渡っている手法であるが、替え歌を生成する一般的な手法は筆者らの知る限り確立されておらず、学習者が暗記したい項目に対し自由に替え歌を生成することができないという問題がある。したがって本研究では暗記学習のための替え歌自動生成システムの構築を目的とする。提案手法では、学習者自身の知っている楽曲からなる楽曲データベースに対し、学習者が暗記したい項目を入力すると、楽曲データベース中のいくつかの曲の歌詞に暗記したい項目が割り当てられて替え歌として出力される。本研究では、この割り当てに楽曲のリズムと暗記項目のモーラ数を用いる手法を提案した。従来手法として学習支援なしで単語の羅列を暗記する場合とを比較した評価実験の結果より、提案手法の方が単語とその順番を正確に暗記できる傾向があることが示された。

## A Mnemonic Song Generation System for Rote Learning

ITO YUMA<sup>1</sup> TERADA TSUTOMU<sup>1,2</sup> TSUKAMOTO MASAHICO<sup>1</sup>

**Abstract:** Various learning systems have been developed due to the progress of information processing technologies. Especially, there are systems that automatically generate wordplay by replacing original words with other meaningful words. Although they are often used for rote learning, because of the limitation of the number of letters and the target area, they are not appropriate for general use of memorization. Additionally, mnemonic songs, which associate memorizing topics with the songs, are generally used as well as wordplay. However, there is a problem that a learner cannot make a mnemonic song of the topics that he/she wants to memorize because there is no general way to generate a mnemonic song. Therefore, the goal of our study is to construct a system for automatic mnemonic song generation. A learner enters a memorizing list to the proposed system, which has a database composed of songs that the learner knows. The system outputs some mnemonic songs that the memorizing list are assigned as a lyrics of an original songs. When the memorizing list is assigned to a song in the database, the system outputs the final result by calculating the assignment and the degree of change from the original song considering the rhythm of the song and the number of mora. We evaluated the proposed method compared with the conventional method, which is the method to memorize the word list without any learning support. As a result, we conclude that the proposed method has a tendency that learners can memorize words and their order correctly.

### 1. はじめに

情報処理技術が進展し、さまざまな学習支援システムが開発されている。特に、学習者の暗記学習を支援するため

の研究がいくつかあり [1], [2], [3], [4], 例として元の単語の羅列を頭文字を繋げるなどして他の文字列に置換する語呂合わせを自動で生成するというものがある [5], [6], [7]. これらの研究では、4個から8個の単語に対し語呂合わせを生成しているが、多数の単語で語呂合わせを生成した場合、生成結果が不自然になるという問題がある。

一方、暗記したい項目を既存の楽曲のメロディに乗せて

<sup>1</sup> 神戸大学大学院工学研究科  
Graduate School of Engineering, Kobe University  
<sup>2</sup> 科学技術振興機構さきがけ  
PRESTO, Japan Science and Technology Agency

暗記する替え歌による手法は語呂合わせと同様に広く知れ渡っている手法である [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14]. さらに, 替え歌による暗記法は, 新規に暗記したい項目とすでに記憶している項目を結びつけることで, すでに記憶している項目を思い出せば, 自ずと新規に暗記したい項目が思い出されるという利点がある [15], [16], [17]. また, この手法では, 元の楽曲のメロディに暗記したい項目を乗せるだけなので, 楽曲の長さを調整することで, 暗記したい項目数をいくらかでも増やせると考えられる. しかし, 暗記用の替え歌を生成する手法は筆者らの知る限り確立されておらず, 学習者が暗記したい項目に対し自由に替え歌を作成できないという問題がある.

そこで本研究では暗記用の替え歌自動生成システムを構築する. 提案手法では, 替え歌の元となる楽曲データベースを保持し, 学習者が暗記したい単語のリスト (以下暗記リストとよぶ) を入力すると, 楽曲データベース中のいくつかの曲の歌詞に暗記リストが割り当てられて出力される. 暗記リストの割り当てを行う際には, 歌詞の文節ごとの暗記リストの割り当ておよび割り当て時の元の楽曲の変更度合いの定義を行うことで, 暗記リストの割り当ての前後でなるべく楽曲が変化しないように設計する. 本研究では, 歌詞の文節と歌詞のリズムに着目し割り当ておよび割り当て時の変更度合いを決定している.

以下, 2章では関連研究について述べ, 3章で提案システムの設計について説明する. 4章でシステムの実装, 5章で提案システムの評価と考察について述べ, 最後に6章で本論文のまとめを行う.

## 2. 関連研究

### 2.1 語呂合わせ

本研究のように記憶を支援する手法やシステムに関する研究はいくつかある. 人間が生活する上で経験するイベントの内容を忘れさせないようにさせるシステムについての研究では, 忘れてしまいそうな事柄を時間経過を元に判断して写真を提示するものや, facebook や twitter などの履歴から, 「あなたは誰とコンサートに行きましたか」などの質問をメールで送ることでユーザに想起を促すものなどがある [1], [2], [3], [4]. さらに暗記そのものの支援として, 語呂合わせを自動で生成するものがある [5], [6], [7]. 語呂合わせとは, 元の単語の羅列をそれらの頭文字を繋げるなどして他の意味をもった文字列に置換することであり, 数字列の暗記や専門用語の暗記などでは一般的に用いられている. 文献 [5] は任意の単語列の頭文字を抜き出し, それらの文字を全て含む単語を辞書に登録している単語から探し出すという手法をとっている. 入力単語数が長い場合は頭文字を数個ずつに分け, それぞれで単語を決定したのち, 文章らしくなるように助詞などを付与することで最終的な結果を出力している. しかし, この研究では長くても8個

程度の単語に対してしか自然な語呂合わせが作成できないとしている.

また, 文献 [6], [7] では数字列に対する語呂合わせの自動生成を行っている. これらは数字1つ1つに読み方を割り当て, 入力された数字列に対し, 辞書から単語を探すというものである. これらのシステムでは比較的長い数字列に対しても語呂合わせが生成できているが, 数字列に対してのみ語呂合わせを生成しており, 専門用語などの一般的な単語に対しては適用できないという問題がある.

### 2.2 替え歌による暗記学習

替え歌による暗記学習は語呂合わせ同様に広く知れ渡った暗記法である [8], [9]. 海外では, 小学生などの子供がアルファベットやアメリカの50州の名前をアルファベット順に暗記する場合や, 空の色で天気を予想するといった気象現象の暗記にも替え歌が用いられている [10], [11]. また, 日本においては中学や高校での理科や社会の用語の暗記 [12], [13], 税理士試験のような国家試験対策の暗記学習にも用いられている [14].

暗記学習のために替え歌を用いることの有用性を示した文献はいくつかある [15], [16]. 文献 [17] によれば, 記憶力を高めるために替え歌を用いることは以下の点で有用であるとしている.

- 新たに暗記する項目と既に記憶していることとを組み合わせられる.
- 歌やリズムを思い出せば, それに関連する情報も同時に思い浮かぶ.

よって本研究では, 替え歌の元となる楽曲として学習者がよく知る楽曲を用いることとする.

さらに, 文献 [18] では人が音楽を記憶するときのプロセスを認知心理学的見地と情報理論的見地から調査している. 人間は記憶を行うとき, 数個程度の情報で意味をもつグループを作り, そのグループを数個集めて意味のあるグループとする, などグループを作ることが長期記憶に結びつくとしている. 音楽においてはフレーズや, フレーズをいくつかまとめた楽節などが意味のある人間の記憶のグループに相当し, そのグループは人間が楽曲を聴く際には無意識的に行われてると述べられている. つまり, 暗記リストを楽曲の歌詞に乗せることで, 暗記リスト間で自動的にグループを作ることができ, 暗記に有用であると考えられる.

### 2.3 自動作曲システム

本研究では, 暗記リストという歌詞の入力に対し, 既存の楽曲中から最も適切に割り当てられる楽曲を選ぶことで替え歌を生成するが, 入力された歌詞に対しメロディを自動生成する自動作曲システムに関する研究がある [19], [20]. これらの研究は音楽初心者でも容易に作曲ができるような

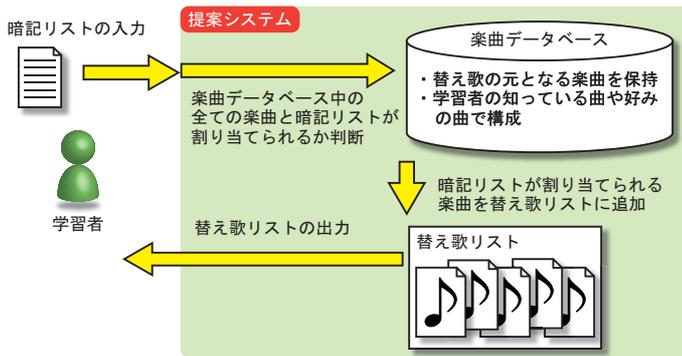


図 1 提案システムの処理の流れ

システムを提案しており、歌詞と作曲したい曲のジャンルなどを入力すると、システムが自動的に作曲を行うものである。歌詞に対して曲をつけるという点は本研究と同じであるが、生成されるのは新たに作曲されたものであり、学習者が知っている楽曲になるとは限らない。2.2 節で述べたように、新たに暗記する項目と既に記憶している内容を組み合わせることが暗記に重要であり、新たに作曲された楽曲に暗記リストを乗せた楽曲ではこの条件を満たさず、適用できない。

### 3. 設計

図 1 に提案システムの処理の流れを示す。まず、図 1 に示すようにシステムは楽曲が登録された楽曲データベースを保持しており、データベース中の楽曲から替え歌が作られる。2.2 節より、既に記憶している楽曲に対し替え歌を生成することが重要であるため、本研究では楽曲データベースはユーザ個人が記憶している楽曲や好きな楽曲で構成されている。学習者が暗記リストをシステムに入力すると、システムはデータベース中の各楽曲と暗記リストで音符数などの条件を元に替え歌が生成可能かどうかを判断する。生成可能であれば替え歌リストに生成結果を追加し替え歌として出力する。さらに、2.2 節より、替え歌の元となる楽曲が学習者の「既に記憶している」楽曲となるために、元の楽曲をなるべく変化させないような替え歌を出力させるように設計する必要がある。本研究では各替え歌に対し「変更度」という言葉を定義し、暗記リストを楽曲の歌詞に割り当てる際に元の楽曲をどれだけ変更したかの値を定量化することで、小さいものから順に元楽曲からの変化が小さい自然な替え歌として出力する。

#### 3.1 文節ごとの変更度の算出

替え歌を用いて暗記するためには以下の 2 つの要素が重要である [17], [18]。

- (1) 楽曲中にいくつかグループを作り、そのグループ単位で暗記する。
- (2) 替え歌の元となる楽曲の歌詞の母音、子音と暗記リス

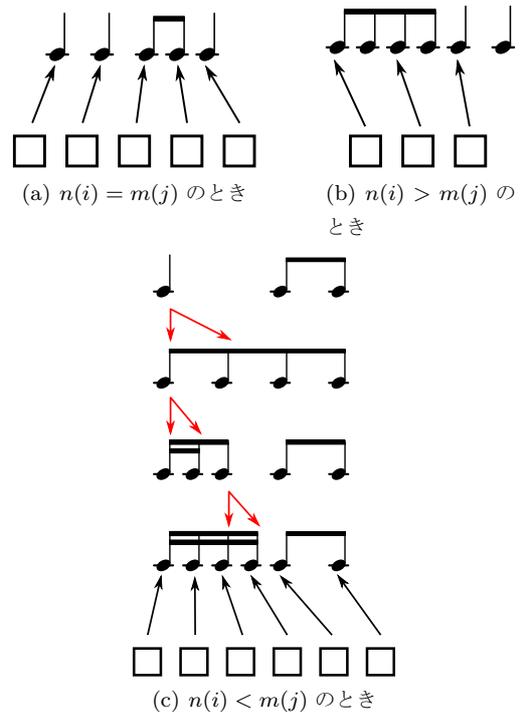


図 2 文節ごとの割当て例

トの単語の母音、子音をなるべく一致させる。

本研究では (1) に着目し、楽曲の歌詞の文節をグループとして用いて 1 つの文節に暗記リストの 1 項目を割り当てることで替え歌を生成する。さらに、本研究では変更度をリズムについて定義し、元の楽曲のリズムをできるだけ変化させない自然な割り当て方で暗記リストが割り当てられるように設計を行う。

まず、楽曲の歌詞に含まれる文節の個数を  $N$ 、暗記リストの項目数を  $M$  とし、歌詞の  $i$  番目の文節に暗記リストの  $j$  番目の項目を割り当てる際の、文節ごとの変更度を  $c(i, j)$  で表す。さらに、 $i$  番目の文節の歌詞が割り当てられている音符の音符数を  $n(i)$ 、 $j$  番目の項目のモーラ数を  $m(j)$  とおく。モーラとは日本語の拍と呼ばれるもので、通常 1 対の子音と母音から成る。例として「チョコレート」をモーラで分けると「チョコ、レ、ー、ト」となり、モーラ数は 5 となる。文節ごとの割り当て方および文節ごとの変更度は  $n(i)$  と  $m(j)$  の大小関係によって定義し、以下で図 2 を用いて説明する。ただし、図 2(a), (b) の上部および図 2(c) の最上部の音符は楽曲の歌詞に割り当てられている音符のリズム要素だけを表したもので、下部の正方形は暗記リストの項目の各モーラを表す。

(1)  $n(i) = m(j)$  のとき

音符数とモーラ数が等しいので、図 2(a) に示すように暗記項目の各モーラを前から順に音符に割り当てる。このとき  $i$  番目の文節と  $j$  番目の暗記項目は「割り当て可能」としリズムの変更はないので  $c(i, j)$  は

$$c(i, j) = 0$$

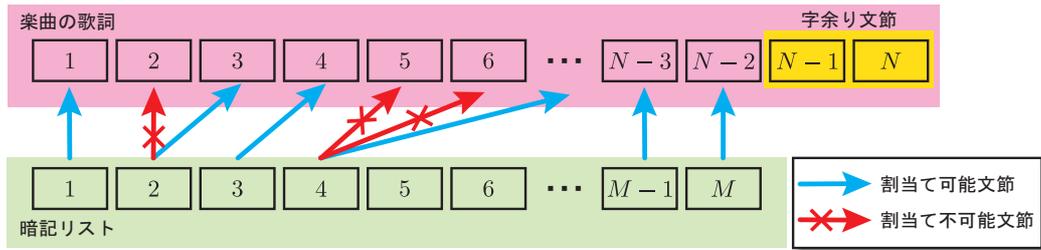


図 3 暗記リストの割当て例

となる。

(2)  $n(i) > m(j)$  のとき

音符数の方がモーラ数より多いので、図 2(b) に示すように暗記項目の各モーラを音符列に対し均等に割り当て、 $i$  番目の文節と  $j$  番目の暗記項目は「割当て可能」とする。またこの場合  $|n(i) - m(j)|$  の数の音符には直接暗記項目のモーラが割り当てられていないことになるので  $c(i, j)$  を

$$c(i, j) = |n(i) - m(j)|$$

と定義する。図 2(b) に示すように、 $n(i) = 6$ ,  $m(j) = 3$  のときは音符 2 個ごとに 1 つのモーラを割り当てることで均等に割り当てることができ、変更度は  $c(i, j) = |6 - 3| = 3$  となる。

(3)  $n(i) < m(j)$  のとき

音符数がモーラ数より少ない場合、まず図 2(c) の赤矢印で示すように、音符列中で最も長い音符を半分の長さにする事で音符数を増やし、 $n(i) = m(j)$  となったところで前から順に各モーラを割り当てる。このとき

$$c(i, j) = (\text{元の音符列からの分割回数})$$

と定義する。ただし、音符列中で最も長い音符が 16 分音符の場合、これ以上音符の長さを短くすると割り当てられたモーラが聞き取りにくくなってしまいうため、分割は行わないこととする。よって音符列を分割し、 $n(i) = m(j)$  となれば「割当て可能」として前から順にモーラを割り当て、全ての音符が 16 分音符になっても  $n(i) < m(j)$  の場合を「割当て不可能」とし、割り当ては行わない。さらに割当て不可能となった場合は  $c(i, j) = 0$  としておく。図 2(c) の場合、最初は  $n(i) = 3$ ,  $m(j) = 6$  であり、3 回音符を分割することで  $n(i) = m(j) = 6$  になるので、割当て可能であり、 $c(i, j) = 3$  となる。

これより、楽曲中の  $i$  番目の歌詞の文節に対し、 $j$  番目の暗記リストの項目が割り当てられるためには以下の条件 (1) を満たす必要がある。

$$m(j) \leq q(i) \quad (1)$$

ここで、 $q(i)$  は  $i$  番目の歌詞の文節が占める長さを 16 分音符の個数で表したものである。

### 3.2 変更度の算出

次に、楽曲全体での文節および暗記リストの割り当て方を図 3 を用いて説明する。図 3 上部の矩形は楽曲の歌詞の文節を表し、下部の矩形は暗記リストの各項目を表す。さらに、青色矢印は暗記項目がその矢印の指す文節に対し割当て可能であることを表し、赤色矢印は割当て不可能であることを表す。

図 3 に示すように、提案システムは楽曲の歌詞の最初の文節から順に暗記リストの各項目が割当て可能かどうかを判断する。割当て可能の場合は、次の文節および次の暗記リストで割当て可能かを判断し、割当て不可能の場合は、次の文節で割当て可能かどうかを判断する。このようにして、最後の文節もしくは最後の暗記リストでの割当て可能かどうか判断されるまで処理を続け、最終的にこの楽曲を替え歌リストに加えるかどうかを判断する。また、図 3 の黄色矩形で囲った文節のように、それまでに割当てが終了し、暗記リストが割当てられなかった文節を「字余り文節」とする。

(1) 暗記リストが全て歌詞の文節に割り当てられた場合  
割当て不可能となった文節および字余り文節は、それらの全ての音符に対し「ラ」を割り当てることとし、この楽曲を替え歌リストに追加する。このとき、楽曲全体の変更度  $C$  を

$$C = \sum c(i, j)$$

とする。

(2) 暗記リストが全て歌詞の文節に割り当てられなかった場合

この場合はこの暗記リストと楽曲では替え歌は生成できないとし、現在の曲を替え歌リストには追加しない。

以上より、どんな暗記リストに対しても替え歌が生成できるためには、以下の条件 (2) および、条件 (1) から導かれる条件 (3) を満たす楽曲がデータベースに登録されている必要がある。

$$M \leq N \quad (2)$$

$$\max_{1 \leq k \leq M} (m(k)) \leq \min_{1 \leq k \leq N} (q(k)) \quad (3)$$

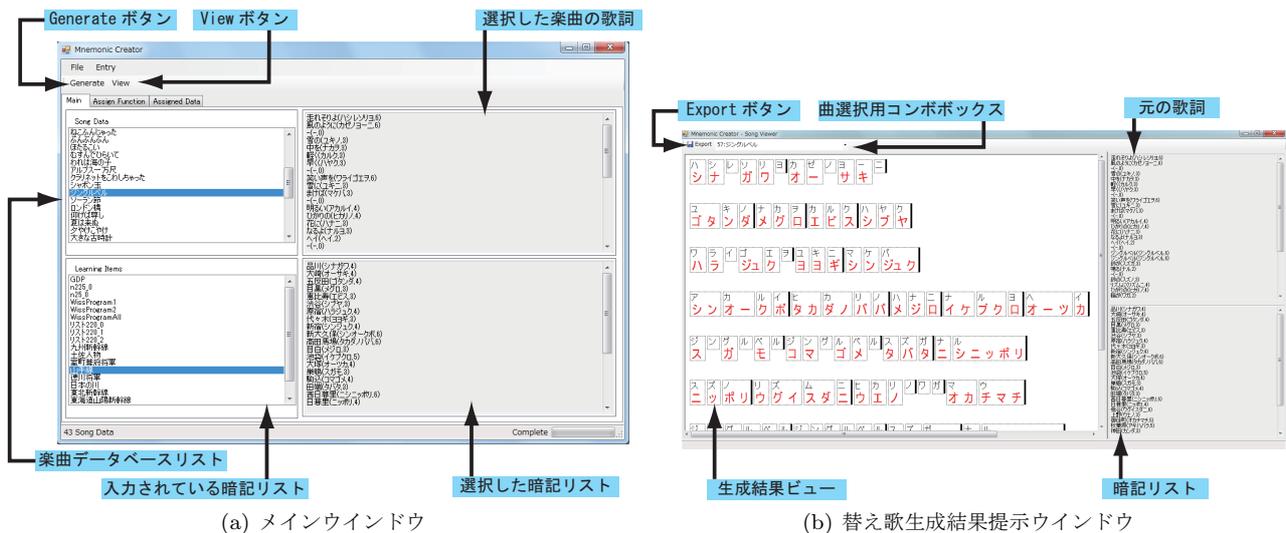


図 4 プロトタイプシステムの概観



図 5 生成された替え歌例

#### 4. 実装

3章で述べた替え歌自動生成システムのプロトタイプを実装した。図4にプロトタイプシステムの概観を示す。図4(a)はプロトタイプシステムのメインウインドウで楽曲データベースに登録されている楽曲や入力した暗記リストを見ることができる。暗記リストを選択し、左上の「Generate ボタン」を押すことで、替え歌リストが生成され、「View ボタン」を押すことで図4(b)に示す替え歌生成結果提示ウインドウが開く。図4(b)に示すウインドウでは指定した暗記リストがどのように楽曲の歌詞に割り当てられているかを見ることができる。さらに、図4(b)上部の

コンボボックスには替え歌リストが格納されており、この選択を切り替えることで、ユーザはどの楽曲での替え歌を暗記に用いるか選ぶことができる。また、左上の Export ボタンにより musicXML 形式 [21] のファイルを出力することができ、このファイルを楽譜作成ソフトや歌声合成ソフトウェアに入力することで生成結果を楽譜や音声に変換できる。

また、図5に提案システムが生成した替え歌の例を楽譜で示す。この楽譜はプロトタイプシステムが生成した musicXML 形式のファイルをフリーの楽譜ソフトウェアである MuseScore[22]に入力して作成したものである。図5(a)に示す楽譜は山手線の駅名を「大きな古時計（ワーク

作曲)」に割り当てたものであり、図 5(b) に示す楽譜は図 5(a) と同様に山手線の駅名を「ジングルベル (ピアポンド作曲)」に割り当てたものである。

プロトタイプシステムでは歌詞データとしてあらかじめ文節に分けられた歌詞の csv 形式のファイルおよび、音符データが記された musicXML 形式のファイルの 2 種類のファイルを楽曲データとしている。なお、歌詞の文節への分割は日本語係り受け解析器である CaboCha[23] を用いており、ソフトウェア開発には Windows7 PC 上の Microsoft Visual C# 2010 を使用した。

## 5. 評価

提案システムの有効性を評価するために、実装したプロトタイプシステムを用いて評価実験を行った。

### 5.1 実験方法

被験者には 20 個の日本語の名詞がランダムに並んだ単語リストを従来手法と提案手法の 2 種類の手法で暗記してもらい、一定時間後に記憶できている単語の数を計測した。各手法の詳細は以下の通りである。

**従来手法** 被験者に単語リストのみを渡し、視覚情報のみで暗記してもらう手法

**提案手法** 被験者に単語リストと提案システムが生成した替え歌の音源を渡し、単語リストと替え歌両方を用いて暗記してもらう手法

ただし、どちらの手法においても暗記時に口を動かしたり声を出したりすることは特に制限しなかった。また、従来手法と提案手法のどちらを先に行うかは被験者ごとにランダムに行い偏りがでないようにし、いずれの手法でも被験者にはできる限り順番通りに暗記するよう指示した。なお、実験に用いた替え歌はプロトタイプシステムが出力した替え歌のうち、最も変更度が小さいものを用い、音源はプロトタイプシステムが出力した musicXML 形式のファイルから筆者が市販の音声合成ソフトウェア (今回は CeVIO[24] を用いた) によって音声データを作成した。

実験の手順は以下の通りである。

- (1) それぞれの手法での暗記方法で単語リストを暗記できるまで暗記してもらう。
- (2) 暗記終了後から 1 日、3 日、5 日とインターバルをあけ、被験者に単語リストが見えない状態で、憶えている単語を 3 分間で記述してもらう。

手順 (1) において、被験者が暗記できたかどうかは基本的に自己申告であるが、自己申告を受けた後に、単語リストを見ない状態で単語を読み上げてもらうことで暗記できているかをチェックした。また、暗記開始からチェック終了までの時間も計測した。手順 (2) でのインターバルは暗記用のソフトウェアである ANKI[25] をもとに設定した。このソフトウェアでは、人間の忘却特性に基づいて、暗記す

表 1 被験者が暗記した単語リストと用いた手法

	従来手法	提案手法
被験者 1	リスト 2	リスト 1
被験者 2	リスト 1	リスト 2
被験者 3	リスト 2	リスト 1

べき項目の出題や復習のタイミングを管理しており、特に難なく暗記できた際のインターバルである 1 日後を本実験でのインターバルとした。さらに、隔日で 3 日後、5 日後でのデータも採取した。なお、本実験において  $n$  日後の実験は暗記終了時から  $24n$  時間以上 ( $24n + 12$ ) 時間以内の間に行うとする。

### 5.2 楽曲データベース

プロトタイプシステムに登録した楽曲データベースは [26] に記載されている著作権切れの童謡から選んだ 43 曲である。これらの童謡は知名度が高く、学習者がよく知る曲として楽曲データベースに登録する可能性が高いと思われるものを選出した。なお、本研究では各楽曲の 1 番の部分のみをデータベースに登録した。

### 5.3 単語リスト

実験に用いた単語リストは実験 1 と同様に形態素解析エンジン MeCab[27] の辞書中の一般名詞 60,477 語からランダムに 20 語選ぶことで作成した。被験者に渡すリストには漢字部分には全てルビをふってあり、記述する際にはひらがな、漢字など文字の種類は問わないと指示した。なお、用意したリストは以下の 2 種類である。

**リスト 1** 動脈, 如実, 庭, 烏, 焼肉, 鉄筋, パズル, 凹凸, 船旅, 様式, エージェント, 近代, 祝賀会, 人格, 相手, 分母, 最北端, 水かき, 寝顔, 原典

**リスト 2** 名作, 詳細, 医学, 救世主, 時代, 命取り, 暗黙, 特権, 拳法, ブドウ糖, ドラッグ, 脊椎, アマガエル, 定食, 透かし, 知恵, 定評, 想い出, 疲れ, ダメ押し

### 5.4 被験者

被験者は日本語を母国語とする 21 歳から 26 歳の男女 3 名である。なお、被験者ら全員は楽曲データベースに登録されている楽曲は全て知っている。さらに、表 1 に各被験者がどの単語リストをどの手法で暗記したかを示す。

### 5.5 結果と考察

まず、表 2 に、それぞれの手法において暗記にかかった時間の結果を分単位で示す。最下段には統計的有意性を示す  $t$  検定を用いた結果の  $p$  値を示す。表 2 より、暗記に要した時間は提案手法の方が有意に多いことがわかる。これは、提案手法は 1 曲に一定の長さがあるため、単語リスト

表 2 暗記に要した時間

	従来手法	提案手法
被験者 1	7	18
被験者 2	7	16
被験者 3	10	15
p 値	0.021	

表 3 正答数

	従来手法			提案手法		
	1 日後	3 日後	5 日後	1 日後	3 日後	5 日後
被験者 1	5	4	4	16	17	17
被験者 2	2	1	2	20	20	19
被験者 3	3	2	4	3	4	4
平均	3.3	2.3	3.3	13	13.7	13.3
標準偏差	1.53	1.53	1.15	8.89	8.50	8.14
p 値				0.10	0.075	0.095

表 4 列挙数

	従来手法			提案手法		
	1 日後	3 日後	5 日後	1 日後	3 日後	5 日後
被験者 1	13	13	13	16	17	17
被験者 2	3	3	5	20	20	19
被験者 3	7	9	7	6	7	7
平均	7.7	8.3	8.3	14.0	14.7	14.3
標準偏差	5.03	5.03	4.16	7.21	6.81	6.43
p 値				0.18	0.18	0.14

表 5 誤答数

	従来手法			提案手法		
	1 日後	3 日後	5 日後	1 日後	3 日後	5 日後
被験者 1	4	2	2	2	1	1
被験者 2	0	0	0	0	0	0
被験者 3	3	2	2	0	0	0
平均	2.3	1.3	1.3	0.67	0.33	0.33
標準偏差	2.01	1.15	1.15	1.15	0.58	0.58
p 値				0.10	0.11	0.11

の反復に時間がかかってしまったということが原因として考えられる。

次に以下の 3 つの値に基づいて評価を行う。

**正答数** 解答と解答欄の位置の両方が正解している数。どれだけ正確に暗記できていたかを評価するために用いる。

**列挙数** 解答欄の位置に関係なく正解している数。順番に関係なくどれだけ単語を暗記できていたかを評価するために用いる。

**誤答数** 単語リストにない単語が解答された数。間違った暗記が行われていないかを評価するために用いる。

3 種類の結果を表 3 から表 5 に示す。表 3 から表 5 中の各列はそれぞれの手法で何日後に解答された数かを示す。さらに下から 3 行目および 2 行目はそれぞれの日数での平均、標準偏差を示しており、最下段には t 検定をそれぞれの日数で適用したときの p 値を示す。

まず、表 3 より、3 日後と 5 日後に有意な傾向がみられることがわかる。また、被験者ごとにみると、被験者 1 お

よび被験者 2 は従来手法よりも提案手法の方が正答数が高い結果となっている。これは提案手法の暗記方法がこれらの被験者に効果的にはたらいただめであるといえ、提案手法の有効性を示す結果である。さらにこれらの被験者らのコメントとして「各フレーズの最初の単語を思い出せば、連なる単語は自然に思い出せた」とあり、有効性を裏付けるものである。一方、被験者 3 においてはどちらの手法についても差が見られる結果となっていない。被験者のコメントからは「替え歌の歌詞が元の歌詞に対して無理やり当てはめているように感じられ、かえって暗記しづらかった」とあり、今後割当てアルゴリズムを改善する必要がある。また、今回の実験では変更度が最も小さい替え歌を被験者に与えたが、被験者ごとに暗記しやすい替え歌が異なる可能性があり、今後替え歌は被験者が自由に選択できる状態での実験を行う必要がある。

次に表 4 より、列挙数においては有意な差は見られない。しかし、被験者ごとにみると、被験者 1 および被験者 2 に関して従来手法では正答数より列挙数の方が大きいのにに対し、提案手法では同じ結果となっている。これは従来手法での結果は記述された単語の順番がバラバラであったのに対し、提案手法では順番と単語の両方が正確に暗記されていることを示す結果である。前述の通り提案手法ではフレーズの最初の単語を思い出すことで連なる単語が自然に思い出せるという効果があり、それが正確な暗記につながったといえる。

最後に表 5 より誤答数において評価を行う。誤答数は例えば単語リストには「医師」と書かれているのに対して「医者」「医学」などのように間違って解答してしまった場合の数で、間違っ暗記していないかどうかを評価する。全被験者の p 値の結果からは有意差はみられないが、被験者 1 のコメントからは「従来手法では解答した答えに自信がなかったのに対して、提案手法ではほとんどの単語が解答時には確信をもって解答できた」とあり、提案手法を用いることで曖昧に記憶してしまう可能性を減らせる効果があると考えられる。一方被験者 2 に関してはどちらの手法においても誤答数が 0 という結果であるが、被験者 2 は「解答を間違えなくなかったため、はっきり正解と記憶しているものしか記述しなかった」とあり被験者が解答時に自らの解答に慎重であったことが原因であると考えられる。しかし、被験者 2 は被験者 1 と同様に提案手法の方が確信をもって解答できた数が多いとコメントしており、提案手法の効果を示唆するものである。これは、従来手法が視覚情報のみからの暗記であるために、記憶が被験者個人の単語に対する主観的なイメージに大きく左右されやすいのに対し、提案手法では歌のリズムによっても暗記されるため語感やモーラ数が大きく異なるものは暗記されないからであると考えられ、今後被験者数を増やすなどさらなる実験を行う必要がある。

以上より、提案手法では単語および単語の順番を正確に暗記できる傾向があるという結果が得られた。これは歴史上の事件の順番の暗記や元素記号の暗記など単語だけでなくその順番も重要になるような単語リストの暗記に適している。また、提案手法は従来手法に比べて曖昧に記憶してしまう数を減らせる効果があることが示唆された。さらに、評価結果の客観性を高くするために、被験者を増やして同じ実験を行う必要がある。

## 6. まとめ

本研究では暗記学習のための替え歌自動生成システムの設計と実装を行った。提案システムは楽曲中の歌詞の文節ごとに、歌詞のリズムを考慮して暗記項目を割り当てることで、替え歌生成を行っている。提案システムの有効性を示すために、ランダムな単語の羅列を暗記してもらい、1日後、3日後、5日後にどれだけ暗記できているかの評価を行った。この評価結果より提案手法は単語や単語の順序を正確に暗記することに効果があると分かり、また、曖昧に記憶してしまうことを防ぐ効果もあると示唆された。

今後の課題としては、実験結果の客観性を高めるために被験者数を増やしての実験が挙げられる。さらに、新たな暗記リストを歌詞に割り当てるアルゴリズムの提案および複数の割り当てアルゴリズムによる提案システムの評価実験なども考えられる。具体的には母音や子音などの韻や、日本語の音の上下と歌のメロディの上下に着目した割り当てなどが考えられる。また、現在は1つの文節に対し1つの単語を割り当てる手法を提案しているが、モーラ数や文節の音符数によっては複数の文節にまたがって単語を割り当てるなどの手法も検討する必要がある。

**謝辞** 本研究の一部は、科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業(さきがけ) および文部科学省科学研究費補助金基盤研究(A)(23240010)によるものである。ここに記して謝意を表す。

## 参考文献

- [1] J. Harman: Creating a memory palace using a computer, *Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI2001)*, pp. 407–408 (2001).
- [2] S. T. Peesapati, V. Schwanda, J. Schultz, M. Lepage, S. Jeong, and D. Cosley: Pensieve: Supporting Everyday Reminiscence, *Proc. of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI2010)*, pp. 2027–2036 (2010).
- [3] E. van den Hoven, C. Sas, and S. Whittaker: Introduction to this Special Issue on Designing for Personal Memories: Past, Present, and Future, *Human-Computer Interaction*, Vol. 27, No. 1–2, pp. 1–12 (2012).
- [4] W. Tsai, H. Lee, J. Hsiao, R. Liang, and J. Hsu: Framing Design of Reminiscence Aids with Transactive Memory Theory, *Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI2013)*, pp. 331–336 (2013).
- [5] 岡安優弥, 高田雅倫, 渡辺邦浩, 濱川 礼: 品詞による文評

- 価を用いた日本語語呂自動生成手法, 情報処理学会創立50周年記念(第72回)全国大会, pp. 511–512 (2010).
- [6] 青木賢太郎: コスト最小法を用いた言葉遊び-数字語呂合わせの自動生成システム, ことば工学研究会(第10回), pp. 31–35 (2002).
- [7] 語呂合わせジェネレータ, <http://seoi.net/goro/>.
- [8] M. Goldish: Memory-Boosting Mnemonic Songs for Content Area Learning, *Teaching Resources* (2006).
- [9] P. Walz and P. McLaughlin: Memory-Boosting Mnemonics Songs: Grammar: 20 Fun Songs Set to Familiar Tunes With Engaging Activities That Make Grammar Rules Really Stick, *Scholastic Teaching Resources* (2009).
- [10] Examples of Mnemonics, <http://examples.yourdictionary.com/examples/examples-of-mnemonics.html>.
- [11] The Learning Center Exchange, <http://www.learningassistance.com/2006/january/mnemonics.html>.
- [12] 替え歌学習法, [http://devise.web.fc2.com/f\\_style/kaeuta-methods.htm](http://devise.web.fc2.com/f_style/kaeuta-methods.htm).
- [13] 替え歌で憶える中学受験理科, <http://jet-stram.cocolog-nifty.com/blog/>.
- [14] 茂木広貴: 究極の理論暗記法! 税理士試験-替え歌暗記法, *Amazon Services International, Inc.* (2013).
- [15] G. Crowther: Using Science Songs to Enhance Learning: An Interdisciplinary Approach, *CBE Life Sciences Education*, Vol. 11, pp. 26–30 (2012).
- [16] D. W. Rainey and J. D. Larsen: The Effect of Familiar Melodies on Initial Learning and Long-term Memory for Unconnected Text, *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, Vol. 20, No. 2, pp. 173–186 (2002).
- [17] R. Hale-Evans: Mind Performance Hacks: Tips & Tools for Overclocking Your Brain, *O'Reilly Media* (2006) (夏目大訳: MIND パフォーマンス HACKS-脳と心のユーザーマニュアル, 株式会社オライリー・ジャパン(2007)).
- [18] R. Snyder: Music and Memory, *The MIT Press* (2001) (須藤貢明, 杵鞭広美訳: 音楽と記憶-認知心理学と情報理論からのアプローチ, 音楽之友社(2003)).
- [19] 白井 亨, 谷口忠大: 階層 Pitman-Yor 言語モデルを用いたメロディー生成手法の提案, 情報処理学会研究報告(音楽情報科学研究会), Vol. 2011-MUS-91, No. 3, pp. 1–6 (2011).
- [20] 深山 寛, 中妻 啓, 酒向慎司, 西本卓也, 小野順貴, 嵯峨山茂樹: 音楽要素の分解再構成に基づく日本語歌詞からの旋律自動作曲, 情報処理学会論文誌, Vol. 54, No. 5, pp. 1709–1720 (2013).
- [21] MusicXML ホームページ, <http://www.musicxml.com/>.
- [22] MuseScore ホームページ, <http://musescore.org/ja>.
- [23] 工藤 拓, 松本裕治: チャンキングの段階適用による日本語係り受け解析, 情報処理学会論文誌, Vol. 43, No. 6, pp. 1834–1842 (2002).
- [24] CeVIO Official Site, <http://cevio.jp/>.
- [25] Anki ホームページ, <http://ankisrs.net/>.
- [26] 童謡・唱歌の世界, <http://www5b.biglobe.ne.jp/~pst/douyou-syouka/index.htm>.
- [27] MeCab: Yet Another Part-of-Speech and Morphological Analyzer, <http://mecab.googlecode.com/svn/trunk/mecab/doc/index.html>.