

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 7 日現在

機関番号：13701

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K11430

研究課題名(和文) SignWritingで表記された手話単語の識別手法の検討

研究課題名(英文) A study on recognition of signs written in SignWriting

研究代表者

松本 忠博 (Matsumoto, Tadahiro)

岐阜大学・工学部・准教授

研究者番号：00199879

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：SignWriting (SW) は日常生活の中で手話を音声言語に翻訳せず直接読み書きするための書記体系である。手の形や動き、顔の表情などを表す図的な記号(文字)を用いて単語を直観的に比較的分かりやすく表すが、表記の揺れが大きいため辞書や文書中の単語を検索するという文書処理の基本操作が単純な文字列の比較では実現できない。本研究ではSW表記の手話単語の動作特徴ベクトル、記号のベクトル表現、単語のベクトル表現について検討し、それらの類似度から単語を識別する手法を提案した。類似度の設定には30種類406語の表記サンプルを使用し、その表記例を辞書から検索する実験により手法の有効性を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

手話には広く一般に使われる文字がないため、手話文の記録・伝達は一般に動画像の形、あるいは、日本語などに翻訳した文書の形で行われる。日本語も音声の形で記録・伝達できるが、文字と音声の役割は同じではない。日本語に翻訳する場合は翻訳の手間やニュアンスの違い、正確さの問題がある。SignWritingは手話言語を直接読み書きする方法の一つであるが、表記の揺れが大きく、文書に対する基本操作である単語の同定・検索が難しいという問題がある。本研究では表記揺れに柔軟に対応する手法を提案することで、手話言語の文書化・文字表現の有用性・利便性の向上を図った。

研究成果の概要(英文)：SignWriting (SW) is a system for writing and reading sign languages without translating them into spoken languages in daily life. Signs are written in SW intuitively and readably with iconic symbols (characters) that represent hand shapes, movements, facial expressions, etc. However, due to its wide variety of spelling, searching signs in sign language text or dictionaries cannot be implemented by simple string comparison. In this study, we investigated vector representations of SW symbols, signs, and movement components of signs, and proposed methods to recognize the written signs based on the similarities of those vectors. 406 dictation data of 30 signs were used to consider the sign similarities. The effectiveness of the methods was verified by experiments using the dictation data by searching for the written signs in our JSL-Japanese dictionary.

研究分野：自然言語処理

キーワード：手話表記法 SignWriting 手話単語 単語ベクトル 表記揺れ 辞書検索 認識

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

### 1. 研究開始当初の背景

手話には標準的な文字表現がないことから、主に手話の言語学的、工学的研究を目的として表記法がいくつか提案されてきた。一方、Sutton の SignWriting[1] (以下、SW) は日常生活の中で手話を読み書きするための書記体系として提案されており、その文字は Unicode 文字集合にも含まれている。これまでに複数の国で、ろう児教育の場などでの利用が試みられてきた。SW を使った手話文書エディタも複数作られており、我々も JSPad[2] と呼ぶシステムを開発・公開している。

手話単語の構成要素(音素)は、手の形・向き、手の位置、手の動き、及び、顔の表情などの非手指要素と言われている。SW ではそれらを表す図的な記号を 2 次元的に配置して単語を表記する(図 1、図 2)。この視覚的な表現は、書き方の基本ルールを理解していれば直観的に分かりやすい反面、記号の選択、配置、向き、視点、省略の有無など表記の自由度が高く、一つの単語に対して様々な表記の仕方が可能なため、書き手による表記揺れが大きい。それ故、機械的な単語の同定が単純な文字列比較では行えず、文書処理の基本操作である単語の検索も簡単ではない。このことは手話言語を文書化することにより得られる利便性・有用性の一部を損なうことになる。

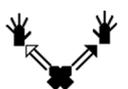
単語			
意味	晴れ, 明るい, 陽気	満員, 充満, 満杯	見る, 見つける, 注目する

図 1 SignWriting による単語表記例

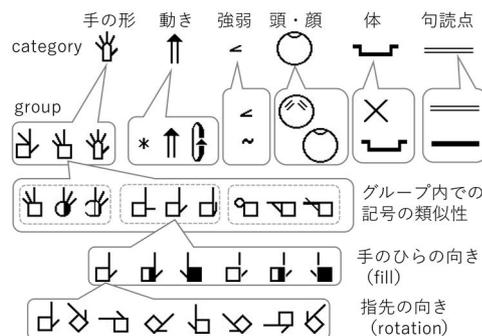


図 2 SignWriting で使用される文字 ISWA

SW で書かれた手話単語の検索手法として、Costa ら[3]は 2 つの単語の照合時に記号の位置のずれを許容する単語類似関係 (sign similarity relation) を定義し、それを用いた照合手続きを提案している。また、Aerts ら[4]は、検索対象となる単語の手の形と、その手が接触する体のゾーン、及び、接触の仕方をユーザに指定させることで、単語を検索する方法を提案している。SW によるオンライン手話辞書 SignPuddle にも記号から単語を検索する機能がある。しかし、いずれも記号の類似性や単語の類似性は考慮しておらず、類似した別の記号が指定されると検索対象から外れることになる。一般に同じ手形を使う単語は多数存在するため、絞り込みが必要となる。また、現実の手話の手形や動きをどの SW 記号で近似的に表すかが人によって異なる場合もある。現実の手話の手形や動きにも話者による揺れがあり、それが表記揺れに繋がる場合もある。そこで我々は記号の類似性と位置情報に基づく単語間類似度を定義し、JSPad の手話-日本語辞書機能[5]として実装したが、動作に関する表記揺れは十分吸収できていなかった。

### 2. 研究の目的

本研究では、とくに動作に関する表記揺れに対応することで従来手法を改善し、単語を構成する記号や配置が一致しなくても類似した単語を辞書内から見つけ出し、少数の候補をユーザに提示できるよう、高い精度で SW 表記の単語を識別する手法を得ることを目的とした。具体的には、ユーザが SW で書いた単語を辞書検索して類似度の高い順に提示したとき、正解となる単語が上位 5 位までに 90%以上の割合で含まれることを当面の目標として設定した。

(手書き文字認識問題との比較) SW 表記の単語検索の問題は、手書き文字認識の問題と類似しているように見えるが、SW 表記の単語の各記号は ID を持っており、表記揺れの性質も異なる面がある。例えば、右手を 3 回上向きに少し動かす動作は、上向き矢印が 3 つ連なった 1 つの記号 (↑↑↑) で表すことができるが、1 つの上向き矢印記号 (↑) を 3 つ並べて表すこともできる。どちらでも見た目は同じだが、内部表現は異なる。また、手の甲を上向きにして指先を左に向けた手形は、話者視点の記号 (◀) または上方視点の記号 (◀■) によってあらわすことができる。どちらも同一の手形を表すが、記号の見た目も ID も異なる。

(文書分類問題との比較) 文書は意味を持った複数の単語で構成されており、SW 表記の単語も形状や動きなどの意味を持った複数の記号で構成されている。文書中の単語が 1 次元的に配置されるのに対し、SW 表記の単語中の記号は 2 次元的に配置される。文書検索において文書をベクトル化するように、本研究では単語検索のために手話単語をベクトル化する方法も検討した。

### 3. 研究の方法

まず、動作に関する表記揺れに対応するために、単語に含まれる動作記号(手指の動きとその強弱を表す記号)から単語の動作特徴量を取得してベクトル化した。つぎに、動作以外の記号についてもベクトル化し、それを基に単語をベクトルで表現する方法を検討した。ただし、学習デ

ータとなる SW の表記サンプル数が限られることから、教師あり学習による多クラス分類を適用するのではなく、ベクトル間の類似度により単語検索を行うことにした。これにより、辞書単語の追加時や、他の国や地域の手話への適用時に再学習の必要がなくなる。

(0) 手法 0 (従来手法)

従来手法ではまず、比較対象となる 2 つの単語を構成する記号間の対応関係を推定する。そのために、すべての記号の対応関係のうち、対応する記号間の類似度の平均が最も大きくなるものを探索し、その記号間類似度の平均値を単語間の類似度とする。図 3 の例では、対角線上の記号間類似度が最も高くなっている。計算量を抑えるため、類似度 0 の記号の組み合わせが見つかった場合は、その対応関係は候補から除外する。また、記号数の差が一定以上の場合には、単語間の類似度を 0 とする。

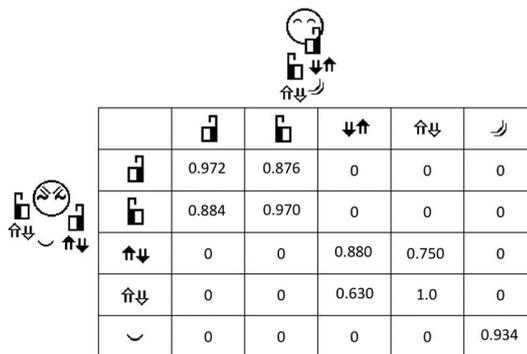


図 3 単語を構成する記号間の類似度

記号間の類似度は、記号の種類と位置情報をもとに算出する。図 2 のように、SW 表記の単語を構成する記号集合 ISWA2010 は 7 つのカテゴリ (手形、動作、強弱、頭・顔、体など)、30 のグループ、652 種類の基本記号から成る。手形記号と動作記号にはさらに 2 つの修飾要素 fill (手形記号では手のひらの向き) と rotation (手形記号では指先の向きと左右の手の区別) を指定することができる。同じグループに属す記号でも、記号が表す手の形が類似したものとそうでないものが混在するため、独自にサブグループを設けて類似度の調整に用いている。位置情報については、対応する記号の単語内でのユークリッド距離により類似度を減じることで、類似度に反映させる。

(1) 手法 1 (単語の動作成分のベクトル化)

手法 0 に対する評価実験の結果、ISWA 記号のうち、とくに手の動きを表す記号の表記揺れが大きいことが判明した。そのため手の動きについては、単語に含まれる動作の成分を特徴量とする 37 次元の動作特徴ベクトルで表現することにより、記号の選択や配置による揺れの吸収を図った。設定した動作特徴情報とその重みを表 1 に示す。手法 1 では 2 つの単語の動作特徴ベクトルのコサイン類似度と、手法 0 による動作以外の要素 (手形、頭・顔、肩・腕・腰など) から得られる単語間類似度の加重平均を単語間の類似度とする。

表 1. 動作特徴情報と重み

No.	動作特徴名	動作内容	重み
1	XposR	右方向への移動 (右手)	800
2	XnegR	左方向への移動 ( "	800
3	YposR	上方への移動 ( "	800
4	YnegR	下方への移動 ( "	800
5	ZposR	前方への移動 ( "	800
6	ZnegR	後方への移動 ( "	800
7	XrepR	左右の反復移動 ( "	50
8	YrepR	上下の反復運動 ( "	50
9	ZrepR	前後の反復運動 ( "	50
10	MultiDirR	複数方向への移動 ( "	10
11	CircleR	円運動 ( "	2000
12	CurveR	曲線運動 ( "	50
13	CrossR	交差 ( "	500
14	BendR	方向転換 ( "	500
15	Circle2R	円運動その 2 ( "	500
16	Circle3R	軸の回転 ( "	500
17	Circle4R	その他の円運動 ( "	500
18	XposL	右方向への移動 (左手)	800
19	XnegL	左方向への移動 ( "	800
:	:	:	:
34	Circle4L	その他の円運動 ( "	
35	Contact	接触	10
36	Finger	指の動き	10
37	Dynamics	強弱	5

(2) 手法 2 (記号と単語のベクトル化)

動作記号以外の記号についてもベクトル表現を取得し、それをもとに単語ベクトルを生成する。ベクトル化することで、記号の対応関係を推定するための探索を回避する。

(記号のベクトル化) 手法 0 で取得した記号間類似度の算出結果を学習データとして、記号が表す手の形などの類似性に基づく記号ベクトルを生成する。学習のためのニューラルネットワークのモデルを図 3 に示す。入力と比較対象となる 2 つの記号の ID である。ID は埋め込み層 (embed) でベクトル化され、2 つのベクトルのコサイン類似度が出力される。図中の 2 つの埋め込み層の重みは共有されている。出力のコサイン類似度が、手法 0 で得られた記号間類似度の算出結果に近づくように学習を行い、その結果得られた埋め込み層の重みを記号ベクトルとする。

約 37000 種類のすべての記号の組み合わせを学習対象にすると学習データのサイズが大きくなり、学習時間も長くなるため、学習はカテゴリごとに行った。

カテゴリごとの記号数 (種類) は、手形 24464、頭・顔 1059、体 762、動作と強弱 11157 であ

る．これらをそれぞれ 100, 26, 20, 39 次元のベクトルで表す．ただし,動作と強弱記号は上述の動作特徴ベクトルで表すため,個々の記号のベクトルは使用しない．

記号ベクトルのサイズはカテゴリによらず 185 次元の固定長とする．埋め込みベクトルデータを格納する位置をカテゴリごとに設定し,空き領域には 0 を埋める．したがって,カテゴリの異なる記号間のコサイン類似度は 0 になる．

(記号の位置情報のエンコード)手法 0 では,同一の記号でも単語内での位置の違いにより類似度が変化する．これをベクトルで表現するために,記号の位置情報をベクトルにエンコードする．単語内での相対位置を基に正規分布の平均  $\mu$  を設定し,カテゴリごとの重みをかけて記号ベクトルに加える．位置情報には x 成分と y 成分があるため,例えば手形記号(100 次元)では,x 成分を表す正規分布を先頭の 50 次元に,y 成分を表す正規分布を残りの 50 次元に加える．図 4 は,単語の中央に配置された手形記号のベクトルと位置情報を可視化した例である．同じ記号でも,位置が遠ければベクトル表現の類似性は低くなり,近ければベクトル表現の類似性も高くなる．

(単語のベクトル化)単語に含まれる記号のベクトルをカテゴリごとに重みをつけて統合し,固定長の単語ベクトルを取得する．動作記号に対するベクトルについては,手法 1 の動作特徴ベクトルを流用する．動作以外の記号ベクトルの統合の仕方としては,記号ベクトルの和をとる(sum pooling),あるいは,各要素の最大値をとる(max pooling),平均をとる(average pooling)などが考えられる．後述の評価実験では,単語に含まれる記号のベクトルの,カテゴリごとの平均を単語ベクトルとした．

単語ベクトルは,手法 1 で得られる動作特徴ベクトルと,動作以外の記号ベクトルを統合して得られるベクトルで構成されることになる．手法 1 で得られる動作特徴ベクトル(単語の動作成分)では,各次元どのような動作特徴情報を表すかが明示されているのに対し,記号ベクトルを統合して得られる単語ベクトル(動作以外の,形や位置などの成分)では各次元の意味は明示されず,潜在的である．

(3) (評価実験)単語ベクトルによる単語間類似度評価のために辞書検索実験を行った．これまでに,累計 33 名の被験者に日本手話の単語のイラスト 20 語,動画 10 語(の一部)を見て SW で書き取ってもらい,計 30 種類 406 語の表記データを収集している．明らかな表記上の誤りには修正を加え,修正が困難なものは除外した．表記サンプルのそれぞれを辞書検索し,辞書中の目的の単語(正解)が類似度順で何位になるか調べた．「1 位」,「5 位以内」,「10 位以内」を正解とした場合の正解率のマイクロ平均と,406 語の検索にかかった時間を表 2 に示す．表中のベクトル欄「なし」は動作特徴ベクトルも単語ベクトルも用いない従来手法(手法 0),「動作」は動作記号のみベクトル化する手法(手法 1)である．「記号」は手法 1 において,記号の形状に基づく類似度算出部分に記号ベクトルを使用した方法であり,記号の位置情報はベクトルにエンコードしていない．「単語 1」は記号ベクトルに位置情報をエンコードして,(動作を除く)単語ベクトルを生成し,その単語ベクトルによる類似度と,動作特徴ベクトルによる類似度の加重平均(9:1)を単語類似度としたものである．「単語 2」は動作特長ベクトルを単語ベクトルに組み入れて 1 つのベクトルにして類似度を求めたものである．ベクトル間の類似度にはコサイン類似度を使用した．辞書の登録語数は 2048 である．実験の結果,従来手法に動作特徴ベクトルを導入した手法 1 の正解率が最も高く,5 位以内を成功とした場合の平均正解率が 90%を超えた．単語のベクトル表現を使用した手法 2 では,動作特徴ベクトルと動作以外の成分のベクトル(潜在ベクトル)を連結するよりも,個々に類似度を算出して加重平均を取った方が正解率は高くなった．手法 1 に比べて正解率は低くなったが,検索にかかる時間は短くなった．その理由としては,記号の対応関係の探索が不要になったことと,辞書単語のベクトルを予め求めて辞書に格納しておけるようになったことがあげられる．なお,実験に使用した表記サンプルは,記号ベクトルを用いない従来手法において,記号間類似度や単語間類似度を定める際,どのよう

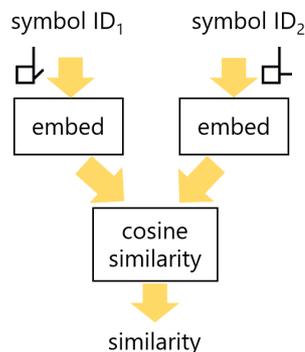


図 3 記号間類似度の学習モデル

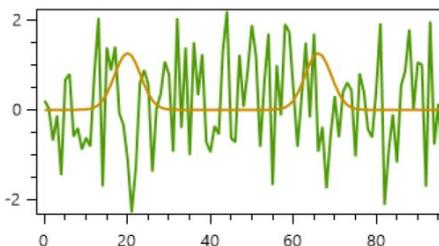


図 4 記号ベクトルと記号の位置情報

表 2. 評価実験の結果

ベクトル	正解率 (%)			時間 (秒)
	1 位	5 位以内	10 位以内	
なし	58.37	78.08	80.48	4.7
動作	74.14	91.87	93.84	5.0
記号	68.72	88.67	93.84	18.7
単語 1	53.69	79.96	84.98	3.2
単語 2	53.20	74.63	79.80	3.0

な表記揺れがあるかを調査するのに参照しているため、この評価実験はクローズドテストといえる。

#### 4. 研究成果

SW の知名度はまだ高くないが、SW 表記に使われる記号が Unicode 文字集合に含まれるなど、他の手話表記法に比べるとコミュニティの活動は活発である。特にブラジルでは 2001 年の FENEIS (全国ろう者協会) の年次総会でブラジル手話を筆記する際の望ましい方法として SW を受け入れることが決議されており、同協会は政府に対してすべてのろう学校で SW を教えるよう提言している [6]。SW を用いて手話を文書化した場合の問題点として、表記揺れが大きいために文書中や辞書中の単語を機械的に検索することが難しいという問題がある。

本研究ではまず、SW 表記の手話単語に含まれる記号のうち、動作記号をその動作の特徴ベクトルとして表すことで単語間類似度の定義を改良し、単語の識別精度向上を図った (手法 1)。評価実験の結果、日本手話の単語を対象としたクローズドテストでは類似度 5 位以内を正解とした平均正解率が 90% を超える結果が得られた。

次に、単語の動作以外の成分 (手形、頭・顔、肩、腕、腰) についてもベクトル化して、ベクトルの類似度から単語類似度を求める方法 (手法 2) を検討した。実験の結果、正解率では手法 1 を上回ることはなかったが、検索にかかる時間を短縮することができた。

既存の他のシステムでは、SW で書かれた単語を検索する際、単語に含まれる記号そのものを指定する必要があるが、本研究の提案手法では記号間の類似性を考慮しており、記号の違いによる表記揺れもある程度吸収することができる。単語の動作特徴ベクトルを用いた単語検索手法は、手話文書エディタ JSPad の辞書単語検索機能として実装し、現在 Web 上で公開している。

#### 参考文献

- [1] Valerie Sutton. Textbook and Workbook, 3rd ed. The deaf action committee for SignWriting, 2002. <https://www.signwriting.org/lessons/books/>.
- [2] Tadahiro Matsumoto, Mihoko Kato, and Takashi Ikeda. JSPad—a sign language writing tool using SignWriting. In Proceedings of the 3rd International Universal Communication Symposium (IUCS2009), pp. 363–367, 2009.
- [3] Antônio Carlos da Rocha Costa, Graçaliz Pereira Dimuro, and Juliano Baldez de Freitas. A sign matching technique to support searches in sign language texts. In Workshop on the Representation and Processing of Sign Languages, LREC2004, Lisbon, pp. 32–36, 2004.
- [4] Steven Aerts, Bart Braem, Katrien Van Mulders, and Kristof De Weerd. Searching SignWriting signs. In Workshop on the Representation and Processing of Sign Languages, LREC 2004, Lisbon, pp. 79–81, 2004.
- [5] 高瀬友宏, 松本忠博, 加藤三保子. SignWriting を利用した手話文書エディタ JSPad における手話-日本語辞書について. 言語処理学会第 18 回年次大会発表論文集, pp. 1220–1223, 2012.
- [6] Wikipedia. SignWriting, <https://en.wikipedia.org/wiki/SignWriting>, 2021.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 加藤 三保子	4. 巻 42
2. 論文標題 日本のろう者と手話：ろう教育での手話確立に向けて	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 雲雀野（豊橋技術科学大学総合教育院紀要）	6. 最初と最後の頁 v-xxii
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 岡田 紳太郎，松本 忠博，加藤 三保子
2. 発表標題 SignWriting表記手話単語の識別手法の検討
3. 学会等名 情報処理学会 第82回全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡田 紳太郎，松本 忠博，加藤 三保子
2. 発表標題 動作記号のベクトル化によるSignWriting表記の手話単語の識別手法の改良
3. 学会等名 電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡田 紳太郎，松本 忠博，加藤 三保子
2. 発表標題 動作特徴ベクトルの導入によるSignWriting表記の手話単語の類似度定義の改良と評価
3. 学会等名 言語処理学会第25回年次大会（NLP2019）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 加藤 三保子
2. 発表標題 手話と音声言語：日本手話言語法をめぐって
3. 学会等名 東アジア日本学研究会 第1回国際シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 加藤 三保子
2. 発表標題 グローバル社会における日本語と日本手話
3. 学会等名 札幌聴覚障害者協会登録手話通訳者現任研修会（招待講演）
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

JSPad site <a href="https://www.mat.info.gifu-u.ac.jp/jspad/">https://www.mat.info.gifu-u.ac.jp/jspad/</a>
---

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	加藤 三保子  (Kato Mihoko)  (30194856)	豊橋技術科学大学・総合教育院・特任教授   (13904)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------