

手話ワープロ構築に関する基礎研究

松本 崇 鎌田 一雄

宇都宮大学 工学部 情報工学科

聴覚障害者の多くがコミュニケーション手段として用いている手話と、健聴者が用いている音声言語の相互交換をコンピュータを用いて実現することができれば、両者間のコミュニケーションは円滑なものとなり、その社会的意義も大きいと考える。本稿では、そのようなシステムの1つである「日本語かなべた書き文」から「同時法的手話単語列」を生成する「手話ワープロ」構築の基礎検討について述べる。今回、日本語解析処理部分には、既成のかな漢字変換システム Wnn を利用することで、入力日本語文の制限を緩和している。しかし、Wnn を利用する場合も課題がいくつかあり、その解決方法を示すとともに、今後の課題である手話の使い分け、未登録語に対する対処方法についても述べる。

Basic Study on Constructing Sign Word Processor

Matsumoto Takashi Kamata Kazuo

Department of Information Science, Faculty of Engineering,
Utsunomiya University
2357 Ishii-machi Utsunomiya, 321 Japan

Many of hearing impaired people use signed language as the primary means of communication in daily life, while hearing people use spoken language. The realization of system, that translates sign language into spoken language and vice versa, makes communication between hearing impaired people and hearing ones smooth. In this paper, basic investigation of constructing "Sign Word Processor" that transforms a Japanese Kana sentence into a sequence of Japanese sign words is described. We use a Kana-Kanji translation system called "Wnn" in a part of Japanese analysis and certain processing. We bring up issues to be solved which occur in using "Wnn" and give some approaches to finding their solutions. We, furthermore, describe processing techniques for selecting an appropriate sign word among candidates and for non-entry words in Japanese-Sign translation dictionary.

1 はじめに

聴覚障害者の多くはコミュニケーション手段として、手指・視覚言語である手話を使用している。一方、健聴者は音声・聴覚言語（音声語）を使用している。最近では、各地で手話講習会が開かれるなど、健聴者の間にも手話が浸透しつつある。しかし、多くの聴覚障害者が社会生活を送っていく上でハンディキャップを感じない環境までには至っていない。

これら両者間のコミュニケーションの壁を打ち破る一つの方法として、コンピュータを用いた音声言語と手話の相互変換が考えられる。この分野に関する研究の歴史はまだ浅く、国内で行なわれている研究では、佐川ら [8] の手話認識、田村ら [9] の手話通訳システム、鎌田ら [4]、Lee ら [6] の音声語手話変換の研究などがあるが、いまだ多くの課題が残されている。

我々が進めている研究は、日本語を手話に変換するシステムの1つである「手話ワープロ」の構築を行うことである。このシステムは、ユーザが、かな漢字変換の操作を行うことで、かな漢字変換の際に行なわれる入力日本語かなべた書き文の解析結果を利用して手話単語列を生成し出力するものである。かな漢字変換システムには、広くワークステーション上で利用されている既成のシステムである Wnn[3] を用いている。また、手話としては、同時法的手話と呼ばれる手話を対象としている。この手話は手話表現規則が比較的明確に規定されており、手話単語と音声単語の対応も明確である。また、口話との併用を前提とした手話であるため、手話単語の語順は音声語と一致する。このような性質から、このシステムでは音声語間の翻訳の際に必要な構文解析、意味解析などの複雑な処理の多くが必要なく、形態素レベルの解析を行い、基本的に単語単位の変換を行えば十分と考えられる。

本文では、手話ワープロのシステム構成、かな漢字変換システム Wnn を日本語解析処理に利用した場合の課題とその解決方法、また、今後の検討課題等について述べる。

2 対象手話

手話は、手指動作・顔の表情・口形および身体の動作などによって言語情報の表出を行い、視覚を主として受容するコミュニケーションの一手段である。

また、手話は通常の音声为主体とする音声言語に対して、非音声言語と呼ぶことができる。

この章では日本の手話について説明し、対象手話である同時法的手話の表現規則について述べる。

2.1 日本の手話 [10, 11]

日本で使用されている手話は、音声言語との関連で「伝統的手話」、「同時法的手話」、「中間型手話」の3つのタイプに分類できる [10, 11]。しかし、これらは明確に分類することはできず、言語の連続体をなしているといわれている [5, 2]。これを示すと図1のようになる。

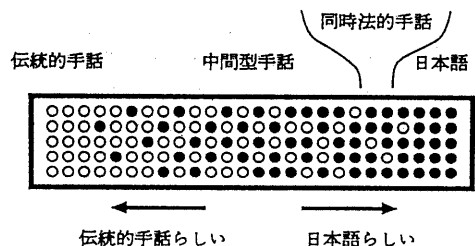


図 1: 日本の手話の言語連続体

(1) 伝統的手話

伝統的手話は、聴覚障害者の間で昔から自然に用いられてきた手話である。口話との併用を前提としない、まったくの視覚言語であり、手話の構成要素である手話の形と位置、手話の運動の方向と速さ、手話をする場所に加え、顔の表情などの諸要素を独自の文法のもとに用いて意味を表示する。

手話単語自体が他の手話に比べて写像性が高く、さらに文法も単純で規則性がゆるやかなため、聴覚障害者が自然に、また比較的容易に習得できるという特徴がある。さらに、日本語の付属語のような機能語が少ないため伝達速度が早い。しかし、写像性が高すぎるため、手話の形を見たときその意味をつかみやすい反面、その形に制約されて使用範囲が狭くなってしまふともいわれている。

(2) 同時法的手話

同時法の手話は、日本語を音声ではなく手指動作で表現するために教育の場で導入された言語である（しかし、活用形が省略されているなど、完全に日本語を表現しているわけではない）。言語・情報伝達チャネルの相互補完の考え（同時的コミュニケーション）から口話との併用を必須としている。このため、語順は日本語と同じで、原則的に助詞や助動詞を省略することなく表現し、一つの日本語単語が一つの手話単語に対応する。また、原則的に同音異義語の意味による使い分けをしないため、一つの手話単語が複数の日本語単語に対応することはあるが日本語単語は、つねに一つの決まった手話に対応する。すなわち、日本語の単語と手話単語は多対1の対応となっている。

同時法の手話は、日本語単語のほとんどを手指動作で表現するため、情報処理量が増大すると発信速度が遅くなり、口話の日本語と比較して遅れを生じる。この場合は、前後の文脈から十分に類推できるような語や付属語などの機能語を省略するといった省略型同時法の手話が用いられることもある。また、日本語を習得していない聴覚障害者には、わかりにくいことなどの短所もある。

(3) 中間型手話

中間型手話は伝統的手話と同時法的手話の中間に位置するものの総称である。この手話はビジン手話とも呼ばれ、特定の表現規則体系があるわけではなく、伝統的手話に近いものから同時法的手話に近いものまで多くが存在する。

普通、同時法の手話と同様に、口話を併用し、語順は日本語と同じになることが多い。しかし、表現速度や発信負荷を減少させるために、日本語の単語を一对一で全部手話表現することはせず、大事な単語（自立語や一部の助詞・助動詞）だけを手話表現し、ほとんどの助詞・助動詞などは口話で示すだけである。この点では同時法的手話の省略型と共通の利点がある。また、日本語との併用が可能な

限り、伝統的手話の表現を活用する傾向がある。

聴覚障害者にとっては、口話を併用するにしても、同時法の手話よりも中間型手話の方が理解しやすい場合が多いといわれている。また、健聴者が手話を習得する場合、日本語とは全く異なった規則体系を持つ伝統的手話よりも中間型手話の方が習得しやすいようである。このように、日本語に習熟していない聴覚障害者と、伝統的手話に習熟していない健聴者が、互いに手話を用いてコミュニケーションをとる場合、中間型手話がもっとも使いやすい手話であるといわれている。

これら3つのタイプの手話のうち、聴覚障害者間では伝統的手話が使われることが多いが、聴覚障害者を健聴者とのコミュニケーションの機会が増えている今日では、今後中間型手話の利用者が増大するように思われる。しかし、これら2つのタイプの手話の文法については様々な論議がされており、現時点では対象手話として取り上げることが難しいと判断した。一方、同時法の手話は日本語の単語単位の対応が明確である。そこで対象手話としては、栃木県立聾学校、栃木県聴覚障害者協会発行の手指法辞典[12]に記載されている表現規則にのっとった同時法の手話を採用することにした。今後、同時法の手話といった場合、この表現規則に基づいて行なわれる手話表現のことを指すこととする。

しかしながら、今後中間型手話も原則的に伝統的手話の手話単語を用いるものの、文法が日本語により近づくものもあり、このシステムの基本的な考え方、手法は中間型手話に対しても有効であると考えられる。

2.2 同時法的手話の表現規則 [12]

手指法辞典に記載されている同時法的手話の表現規則を示す。

ここで、手指法辞典では手話単語に通し番号が付加されており、その手話単語に対する日本語の見出し語と同じ手話表現をする日本語（類義語と呼ぶ）も記載されている。以下では音声語を“**「**”と“**」**”を用いて表記する。対応する手話は辞書の見出し語と、必要があれば通し番号をそれぞれ“**<**”と“**>**”，“**(**”と“**)**”を用いて表記する。また、指文字は“**<<**”と“**>>**”を用いて表記する。

- (1) 名詞と同じ語幹を持つ用言は、同じ手話をする。
例:「死」と「死ぬ」
- (2) ほとんど同じ意味を表す単語は、同じ手話をする。
例:「覚える」と「記憶」
- (3) 原則として、用言、助動詞の活用変化は示さない、特に活用を示したいときは、指文字で表す。命令形は、手話の動作を強くして表現する。
例外的に活用変化を示すものがある。
 - a. 動詞「する」は活用変化を示す。
 - b. 「だ」、「ようだ」、「そうだ」の助動詞、形容動詞の活用変化のうち「で」、「に」、「な」、「なら」の部分は指文字で表す。
- (4) 自動詞と他動詞は手話が同じである。特に区別したい場合は、指文字を用いて表す。
- (5) 「悲しさ」、「悲しみ」などのように、形容詞から派生した名詞は、形容詞に指文字<<さ>>、<<み>>を添えて手話表現する。
- (6) 「見て」、「読んで」などのような接続助詞「て」、「で」は省略してもよい。
- (7) 連続する複数の手話を一語のように行った方がよいものがある。例えば、以下のような場合は一語のように表現する。
 - a. 「でしょう」<…です> + <…う>
 - b. 「だろう」<…です> + <…う>
 - c. 「でした」<…です> + <…た>
 - d. 「だった」<…です> + <…た>
 - e. 「ましょう」<…ます> + <…う>
 - f. 「ました」<…ます> + <…た>
 - g. 「ません」<…ます> + <…ない>

複合語などに対する処理の問題が出てくるなどの課題が残されていた。

そこで、我々はかな漢字変換システムを日本語解析処理部に利用することにする。かな漢字変換システムはかな漢字変換の処理を行う際に、入力日本語文に対して文節や単語の切り出しの処理を行っている。その処理結果を用いることができれば、かな漢字変換システムを日本語解析処理部に利用できると考える。また、この場合、入力日本語文はかなべた書き文となり、以前のシステムよりも制限が緩和される。

今回構築した手話ワープロの処理の流れは図2のようになる。処理部は大きく日本語解析処理部、日本語手話変換処理部の2つに分けることができる。入力されたかなべた書き文は、解析処理部で単語単位に分割され(実際は、ここでユーザーがかな漢字変換の操作を行っている)、日本語手話変換処理部で同時法的手話の単語列に変換され出力される。現時点では、手話映像を出力する前の段階である同時法的手話単語列生成までを目的としている。

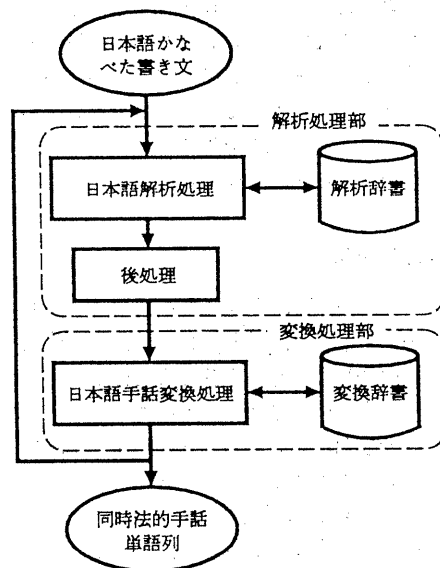


図2: 処理の流れ

以下では、日本語解析処理部と日本語手話変換処理部の構築法について述べる。

3 システムの概要

以前のシステム[4]では、最長一致法を用いて入力日本語文の解析処理部を独自に作成していた。入力日本語文は漢字かな混じり文節分かち書き文に制限されており、また、その目的から、解析辞書は約300語と小さく、今後登録語彙数を増やすとしても、

3.1 解析処理部

解析処理部では、入力されたかなべた書き文を解析辞書を使って形態素レベルでの解析を行い、単語と単語の品詞情報を取り出す処理を行なう。

今回、この処理部にはかな漢字変換システムを利用することにしたが、そのシステムとしては現在UNIXをOSとしたワークステーション上で広く用いられているWnnを採用することにする。

3.1.1 かな漢字変換システム Wnn

Wnnは

- 1) 自立語辞書・付属語辞書
- 2) 辞書ユーティリティ
- 3) かな漢字変換ルーチン
- 4) ローマ字かな変換ルーチン
- 5) フロントエンドプロセッサ
- 6) jservice

から構成されている。この中から解析処理部を作成するのに必要な自立語辞書・付属語辞書、かな漢字変換ルーチン、jserviceを用いる。

自立語辞書・付属語辞書は辞書ユーティリティを用いるなどして、自分で独自の辞書を作成することもできるようになっているが、今回はWnnに付属のPubdicを用いる。Pubdicは基本辞書、人名辞書などからなる約35,000語の自立語辞書群と、1つの付属語辞書から成る。

かな漢字変換ルーチンとしては、連文節変換をするものや品詞などの情報を取り出すようなものなどがライブラリとして提供されており、容易にアプリケーションプログラムを書くことができるようになっている。

jserviceは、実際にかな漢字変換を行う専用のプログラムである。かな漢字変換ライブラリによって変換したい文に対してかな漢字変換を実行しその結果を返すといった処理を行う。

これら3つのWnnの構成要素を利用して、解析処理部を構築する。その概要を図3に示す。自立語・付属語辞書はここでは解析辞書として使われ、かな漢字変換ルーチンによってjserviceに入力かなべた書き文を送り、jserviceがかな漢字変換を行う際に得られる品詞、単語の区切れなどの情報と共にかな漢字変換の結果を得るという処理を行う。

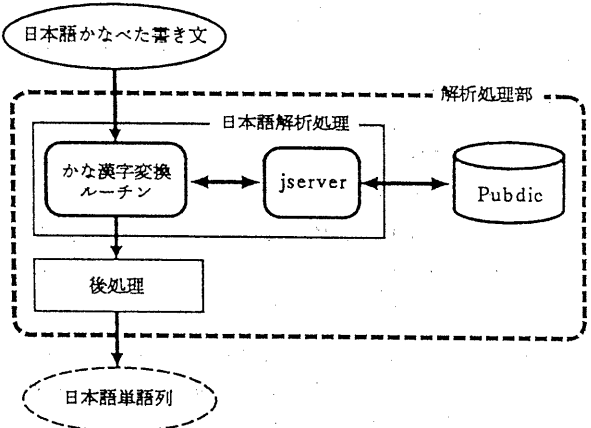


図3: 解析処理部

しかし、ここでWnn特有の日本語の文節、自立語・付属語の定義のために、いくつかの解決しなければならない課題が出てくる。

Wnnでは、かな漢字変換がしやすいように日本語文法の文節の定義とは異なった大文節と小文節という2つのレベルの文節を用いる。その定義は次のようになる。

[Wnnの文節の定義]

小文節：＝自立語1つ＋付属語の(0個以上の)列

大文節：＝小文節の1つ以上の列

(ただし、小文節内で隣接する自立語と付属語、付属語と付属語の間には接続条件が存在し、その接続条件を満たす。また、小文節と小文節の間にも接続条件が存在し、その接続条件を満たす。)

ここで、自立語・付属語と呼ぶものも、日本語文法によるものとは異なる。それらは、自立語辞書の登録語が自立語、付属語辞書の登録語が付属語として扱われている。例えば、今回用いたPubdicでは、用言の活用語尾(Wnnでは、用言などで活用の際に変化する部分だけを活用語尾と呼ぶ)が、かな漢字変換に都合がよいように付属語辞書に登録されており、活用語尾は付属語として扱われている。

この処理部分の機能は、単語の区切れと品詞の情報を得ることである。しかしWnnを用いた解析の場合、日本語文法に基づいた解析とは異なった単語列が得られることとなる。また、現在提供されてい

るかな漢字変換ルーチンには付属語の列を単語単位に分割するもの、付属語の品詞を取り出すものがないため、これらの課題をこの後の処理で解決して行かなければならない。

3.1.2 後処理

3.1.1 で述べたように、今回用いた pubdic では用言の活用語尾が付属語として扱われている。そのため、後段の処理に支障がないように後処理を行う。

ここで行う処理は、基本的には

- 1) 小文節の自立語が用言でその後ろに付属語の列が続く場合、その用言の品詞情報を用いて付属語の列の中から活用語尾を取り出す。
- 2) 活用語尾を終止形の活用語尾に変形する。
- 3) 用言の最後に活用語尾をつける。

であるが、2.2 の表現規則で示したような一部の形容動詞の活用語尾、サ変動詞の活用語尾、形容詞からの派生名詞については特別な処理が必要となることも考慮する。2) で活用語尾を終止形に変換することで、後段の日本語手話変換処理部では用言の活用について考える必要がなくなり、日本語手話変換辞書の用言の見出し語は終止形で登録すればよく、手指法辞典の見出し語がそのまま利用できる。

3.2 変換処理部

この節では、変換処理の方法、変換辞書の作成法について述べる。

本研究の対象手話とした同時法的手話の単語としては、栃木県立聾学校、栃木県聴覚障害者協会発行の「手指法辞典」から全手話単語 2177 語（日本語単語 4147 語）を用いる。

3.2.1 変換辞書

3.1.1 で述べたように、Wnn の解析結果では自立語は 1 語 1 語に分割されているが付属語は分割されず、付属語の列として扱われている。しかし、2.2 表現規則 (7) に示すように、同時法の手話では、助動詞列を一語のように連続した動作として表現する場合があります。将来的に日本語手話変換後の手話映像生成を考慮した場合、付属語は必ずしも単語レベルまで分解する必要はないと判断できる。そこで、助動詞・助詞を複合化し、一つの見出し語として変換

辞書に登録することで Wnn の解析結果がそのまま利用できるよう対処する。

このようなこともあり、変換辞書は自立語辞書、付属語辞書の 2 つに分ける。

- (1) 自立語辞書 活用のない自立語については単語そのものを見出し語とし、活用のあるものは終止形の活用形を見出し語とする。
- (2) 付属語辞書 助詞は単語そのものを見出し語とし、助動詞、助詞・助動詞の複合化したものについてはすべての活用形を見出し語とした。

3.2.2 日本語手話変換

同時法の手話では、原則的に日本語単語 1 つに対して手話単語 1 つが対応するため、基本的には変換辞書を用いて単語対応の変換を行う。例外として、助動詞「そうだ（伝聞）」と「ようだ」はそれぞれ手話単語 <そう> + <…だ>、<…らしい> + <…だ> と、1 つの日本語単語が 2 つの手話単語で表現されるが、この場合も変換辞書を用いて単語変換を行うことができる。

また、2.2 の表現規則で示した (3) a., b., (5) のような例外的なものに対しては、後処理を行ったことにより、そこでの処理結果を利用してプログラム中で処理を行う。

以下に変換処理の例を示す。

例文：同じ水でも出す音はいろいろだ。

日本語単語列		同時法の手話単語列
「同じ」	→	<同じ (293)>
「水」	→	<水 (1919)>
「でも」	→	<…でも (1365)>
「出す」	→	<出す (1201)>
「音」	→	<音 (283)>
「は」	→	<…は (1573)>
「いろいろ」	→	<いろいろ (158)>
「だ」	→	<…です (1353)>

4 今後の課題

同時法の手話には、例外的にいくつかの日本語に対して手話単語の使い分けが必要になる場合がある。また、日本語と手話の語彙数の差によって変換の際に未登録語が発生する。ここでは、これら 2 つの課題について検討中の解決法と共に述べていく。

4.1 手話の使い分け

今回同時法の手話の単語として用いた「手指法辞典」の中には、日本語の自立語4語、付属語6語に対して使い分けが必要となる手話単語が存在する。自立語4語については意味による使い分けで、付属語6語については、3語が意味による使い分け、3語が機能による使い分けである。これらは具体的には以下のようなものである。

1) 自立語の使い分け

- a) 「あと(後)」時間的な後(未来)には手話単語<あと(後)(51)>を使用する。空間的な後に対応する手話単語はない。
- b) 「円」お金のときにだけ手話単語<円(228)>を用いる。
- c) 「才」年齢のときにだけ手話単語<…才(761)>を用いる。
- d) 「前」時間的な前(過去)には手話単語<前(1868)>を、空間的な前には手話単語<前(1869)>を用いる

2) 付属語の使い分け

- i) 機能によるもの
 - a) 助詞「から」格助詞の場合<…から(438)>を用い、接続助詞の場合<…ので(1566)>を用いる。
 - b) 助詞「の」格助詞の場合<…の(1555)>を用い、終助詞の場合<…さ(760)>を用いる。
 - c) 助詞「や」格助詞の場合<…や(2015)>を用い、終助詞の場合<…さ(760)>を用いる。
- ii) 意味によるもの
 - a) 助動詞「そうだ」伝聞の意味の場合<そう(1130)> + <…だ(1353)>の2語の手話で、様態の意味の場合<…らしい(2097)>を用いる。
 - b) 助動詞「よう」推量の意味の場合<…らしい(2097)>を用い、意志・勧誘の場合<…う(168)>を用いる。
 - c) 助詞「な」禁止の意味の場合<…な(1461)>を用い、感動・詠嘆の意味、また念を押す意味の場合は<…さ(760)>を用いる。

機能による使い分けの場合には、語と語の接続条件から、品詞、活用形などの情報を用いて使い分けが可能である。しかし Wnn には付属語の列を1語1語に分割するルーチン、付属語の品詞情報を取り出すルーチンが提供されておらず、現在得られる情報だけでは使い分けができない。

また、意味による使い分けの場合には文脈や状況などからの意味解析が必要となってくる。しかしながら、意味解析処理は負荷が大きく、3語のためだけに行うとなると効率的ではないと考える。

そこで我々はこれら手話単語の使い分けに対して、ユーザに候補として提示し、選択を要求するような処理方式を前提としている。

4.2 未登録語

日本語と手話の語彙数の差によって変換処理を行う際に未登録語が発生する。

現在のシステムでは、未登録語が発生した場合、ユーザにどの単語が未登録語であるかを知らせ、入力日本語文を書き換えるか、指文字で表現するかの選択を要求するような処理を行なっている。しかし、この処理方式ではユーザが変換辞書の登録語を知っていなければユーザの負荷が大きくなってしまう。

今後、未登録語に対する処理としては次のような方法が考えられる。

- a) 表現規則(1)から、用言における未登録語は語幹が同じ名詞が存在する場合、その名詞に対応する手話単語を用いる。
- b) 表現規則(3)から、自動詞と他動詞のどちらか一方が登録語である場合、同様の手話単語を用いる。
- c) 未登録語を意味の近い日本語単語で置き換え、意味を変えないで登録語のみを用いた表現に変換する。

などがあげられる。a)、b)については登録語を増やすことと同じであるため難なく実現が可能であると思われる。c)については、安達ら[1]が日本語ソーラスを用いて未登録語に対し類義概念の手話単語を提示する方法の提案を行なっている。この場合は単語の意味確定が必要になり、意味確定は単語だけでは決定できず、文脈解析や談話解析まで必要となるため、すべてを自動的に処理するのは容易なことではないと考える。そこでc)の処理を実現する

場合はすべてを自動化してしまわずに、ユーザが意図する意味的ニュアンスを変えないで手話に変換するためにも、いくつかの候補を提示し選択をユーザに要求するようなインタラクティブな処理方式を採用した方が効率が良いと考える。

5 おわりに

本研究では、日本語かなべた書き文を同時方的手話に変換するシステムである手話ワープロの構築を目的とし、本文では、日本語文を入力してから同時方的手話の単語列を生成するまでの基礎検討の結果を述べた。

今回のシステムは、かな漢字変換システム Wnn を日本語解析処理部に利用することで、以前のシステムと比較し入力日本語文の適応範囲が広がった。またそのため、Wnn 特有の問題が発生し、その課題を後処理、変換辞書などで解決した。

今後は、4章で述べたような手話の使い分け、未登録語に対する処理の検討が必要である。ユーザとのインタラクティブな処理を行なう際には、あまりユーザに負荷をかけ過ぎると使いにくいシステムになってしまうことに気をつけなければならない。その場合、どのような情報をユーザに提供ればよいのかが大きな課題である。

現段階ではシステムの構築の検討課題には入っていないが、このシステムの最終目的としては手話映像の生成を行なうことである。Leeら[6]や長嶋ら[7]はアニメーションによる出力の検討を行なっているが、手話の構成要素である顔の表情、手指動作の強弱・大小、および口形などの多くの課題が残されていると考える。

最後に、本システムの出力結果は手話映像生成のための、いわば中間表現であり、そのため現段階で客観的な評価を行なうことは難しい。今後、手話映像生成部との融合を図り、聴覚障害者を被験者として実験を行ない、日本語文章の文脈的な情報、ユーザの意図が正しく伝わっているかなどの評価を基にシステムの総合評価をしなければならない。また、今回システムの対象手話として同時方的手話を用いているが、中間型手話について考えた場合にも口話を併用することが多いことから、手話の語順は日本語とほとんど同じになり、システムの基本的な考え方、手法はそのまま利用できると思われる。いずれにしても、聴覚障害者のニーズに合わせてシステムを構築

していかなければならない。

謝辞

本研究を進めるにあたりシステムについて有益なご意見、ご協力を頂いた宇都宮大学工学部情報工学科熊谷毅助教授、安達久博助手に感謝する。また、日頃ご協力頂いている研究室の学生諸氏に感謝する。

参考文献

- [1] 安達, 他: “日本語・手話電子化辞書の構成法について”, 情報処理学会自然言語研究会研究報告, 96-2, 1993
- [2] D.Cokely, et al.: “American Sign Language: a teacher's resource text on grammar and culture”, T.J.PUBLISHERS, 1980
- [3] KABA: “Wnn+GMW 入門 Wnn 解説編”, 岩波書店, 1990
- [4] K.Kamata, et al.: “AN APPROACH TO JAPANESE-SIGN LANGUAGE TRANSLATION SYSTEM”, Proc. 1989 IEEE Int. Conf. on SMC., pp.1089-1090, 1989
- [5] 神田: “手話のダイグロシア”, 日本福祉大学研究紀要, No.62, pp.103-119, 1984
- [6] J.Lee, et.al.: “Visual Translation: From Native Language to Sign Language”, Proc. 1992 IEEE Workshop of Visual Language, pp.103-109, 1992
- [7] 長嶋, 他: “手話アニメーションの 3D 化に関する検討”, 日本手話学会第 19 回大会予稿集, pp64-67, 1993
- [8] 佐川, 他: “連続 DP 照合を用いた手話通訳システム”, 電子情報通信学会技術研究報告, SP92-61, 1992
- [9] 田村, 他: “手話通訳システム”, システムと制御, Vol.30, No.6, 別冊, 1986
- [10] 田上, 他: “手話の世界”, 日本放送出版協会, 1979
- [11] 田上, 他: “はじめての手話”, 日本放送出版協会, 1981
- [12] 栃木県立聾学校, 栃木県聴覚障害者協会: “手指法辞典”, 1978