

手話の実時空間データと語彙記述法との 相関関係について

筑波技術短期大学 客員研究員 加藤 雄士 現在(株)東芝 光永 憲生 電子情報学科 川島 光郎
工学院大学 電子工学科 西田 昌生 長嶋 祐二

要旨：手話の動きは時間的であるとともに空間的である。手に装着したセンサーにより、手話動作の物理的位置データを計測し、これらといままでに提案されている手話の表記法との関連を解析している。試みに行った12語彙の解析で、同じ動作を持つ語彙間のクラスターが得られた。次に、100語彙について動きの中心位置を統計的に算出し、中心となる動きの大きさと方向を動作ベクトルとして抽出した。これらの結果は経験的な手話の動きとほぼ一致する。さらに統計的な解析を進め、計測データから表記法を導くルールを見いだしたいと考える。この関連性が明確になることにより、手話認識や、手話から引く辞書のシステムが開発できると思われる。

キーワード：日本手話、手の動き、クラスター、動作中心位置、主動作ベクトル

1. はじめに

手話の動きは時間的であるとともに空間的である。手話の情報、つまり意味は手の形や位置といった空間的な表現とともに、手の動きや方向という時間的な変化の部分にも存在する。むしろ、手の動きのみでもある程度の理解が得られるという報告もある¹⁾。この動きや形を表記する方法には、古くはアメリカ手話についてのストーリーの表記法²⁾があり、日本手話については神田の音韻表記法³⁾や、それを発展させた長嶋の表記法⁴⁾、佐藤の提案⁵⁾がある。これらとは表記レベルの違う方法として、ハムノーシス⁶⁾がある。いずれの表記法においても多くの記号を使用し順序や位置の規則も多く、音声言語のアルファベットや「かな」のように簡単に誰でも使えるというものではない。このことは手話の学習に手軽に使える辞書が作れない原因になっている。

一方、手話認識のように手話を工学的な手段により解析し、理解・処理するためには、なんらかの入力手段と、これを解釈するための辞書が必要である。入力手段には二つの基本的な方法がある。一つはテレビカメラ等で得られた動画を画像解析する手法であり、もう一つはデータグローブのような装着型デバイスによる直接入力である。また、それらの辞書は同じ入力手段で得られた標準動作の空間的時系列データを辞書として使うので、システムが違えば辞書も違ってしまい、共通のデータベースを活用することは困難である。

また、前に述べた表記法の記述は、手話の発信者か、観察者が言語学的感覚でとらえた動きや形であり、実際の物理的動作との関連は何一つ調べられていない。手話の動きや形の物理的動作と表記法の記述との関係が明ら

かになれば、言語学の知見を工学的に実証することになるし、手話認識に使う辞書の共通化にも役に立つと考えられる。もっとも、これらの関係の解明は認識ルールを解明することにつながり、簡単なことではない。

筆者らは前に手話形から引く辞書の一形態を試作したが、そのシステムの入力手段として、装着型デバイスの利用を提案した⁷⁾。このシステム開発の手がかりとして、装着型デバイスからの計測データと表記法の記述との関係を解析している。これまでに二つの解析を行った。一つは手話語彙の動きのクラスターを求めたものであり⁸⁾、もう一つは多くの手話語彙の動きの中心位置を求め、各手話の大きな動きのベクトルを抽出したものである⁹⁾。得られた結果をまとめて報告する。

2. 計測システム（データ観測装置）の概要

データの採集に使用した装置はポヒマス (Polhemus) 社の磁気センサー (3Space Isotrack / Fastrack) である。これは磁界発生器からの磁束を拾ってセンサーに誘起した電流により、センサーの位置と向きを知ることができるものであり、センサーを手の甲に装着して使用する。

クラスター分析に使用したデータは、図1のように、被験者は椅子に座って動作し、磁界発生器は被験者の背中に位置した。次の実験では、図2のように、被験者は立って動作し、磁界発生器の位置は被験者の前方約70cmのところ設置した。

また、データの採取間隔は、はじめの実験のときは、コンピュータの性能とプログラムの機能から1/6秒間隔であったが、2回目の実験では1/60秒間隔で採取できた。計測対象の手話は、語彙のみとし、前報¹⁰⁾で使用した神

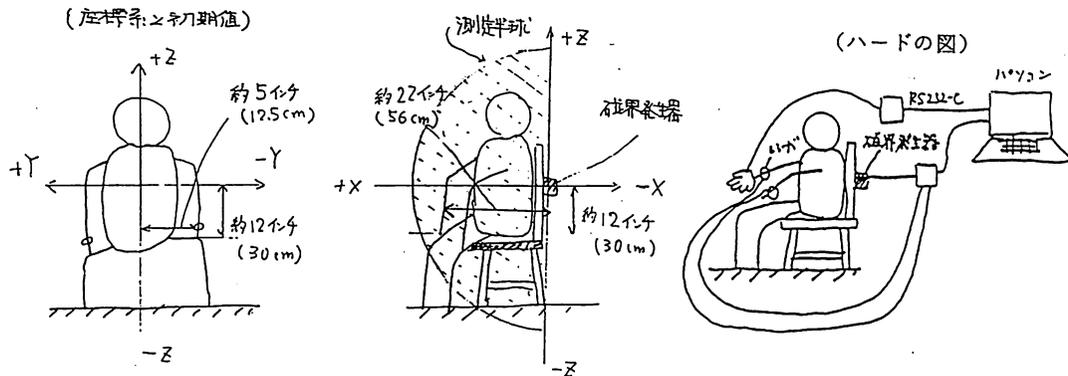


図1 実験システム (当初のもの) の概要

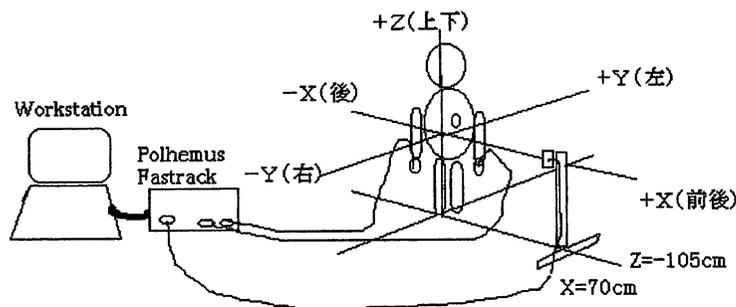


図2 計測システム (2回目のもの) の概要

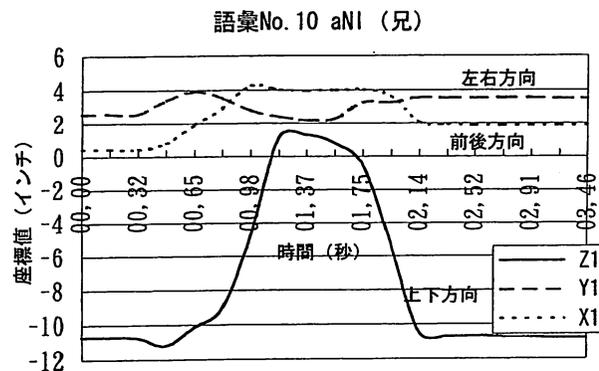


図3 磁気センサーのデータグラフの1例

田・中の日本手話基本語彙100語¹³⁾とした。

3. クラスタ分析による解析

1回目の実験は筆者の一人が手話の被験者となり、コンピュータの操作をする補助者に対して合図すると同時に手話の動作を開始するという方法を取った。そのため、

採集したデータの始まりから、動作の開始点までのオフセット時間が短くてすんだ。しかし、手話動作を始める前の手の位置は、被験者が椅子に座って動作するので、膝の上とした。そのため、動作開始前のオフセット位置から自然な動作開始位置までの動きが大きく、準備動作と手話そのものの調動表出動作が続いてしまっている

表1 座標データの変化分 (インチ)

No.	Sindex*	(日本語)	Z1	Y1	X1
6	aSU	(明日)	6	-1	6
10	aNI	(兄)	3	-2	4
19	iKU	(行く)	1	-1	-5
27	oSOI	(遅い)	-3	4	3
29	oTOUTO	(弟)	4	-2	3
43	kINOU	(昨日)	6	-2	-6
46	kURU	(来る)	3	-4	-8
68	nAGAI	(長い)	2	5	6
73	nISI	(西)	-9	1	1
75	hAYAI	(速い)	-4	-8	1
77	hIGASI	(東)	5	-2	1
88	mlJIKAI	(短い)	-1	-5	-2

*日本手話のラベリング[13]

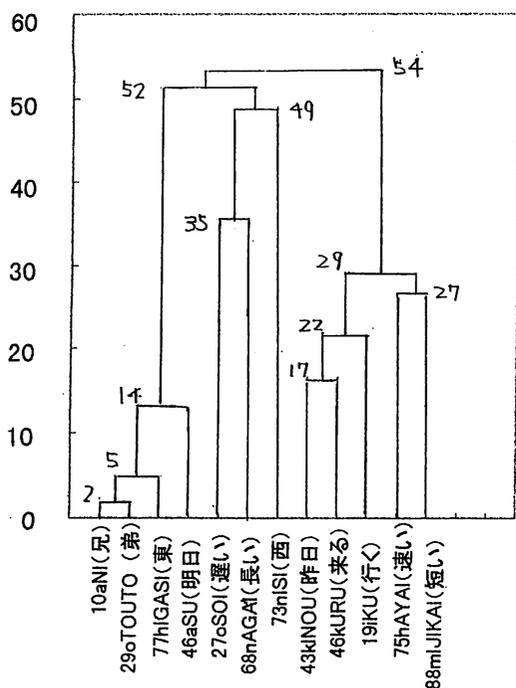


図4 非類似度樹形図 (最短距離法)

(図3)。したがって、データのグラフからその動きによるオフセット量を削除することがむづかしくなった。

そこで、図3のようなグラフにする前のデータ値から直接動きに相当する変化分を取り出すことはあきらめ、グラフから位置の変化分を視察で読みとって検討するデータとした。表出の時間的なゆれはあまりなかったので、時間軸を手話語彙間で調節修正することはしなかった。

試みに、比較的動作のはっきりしている12語彙を選

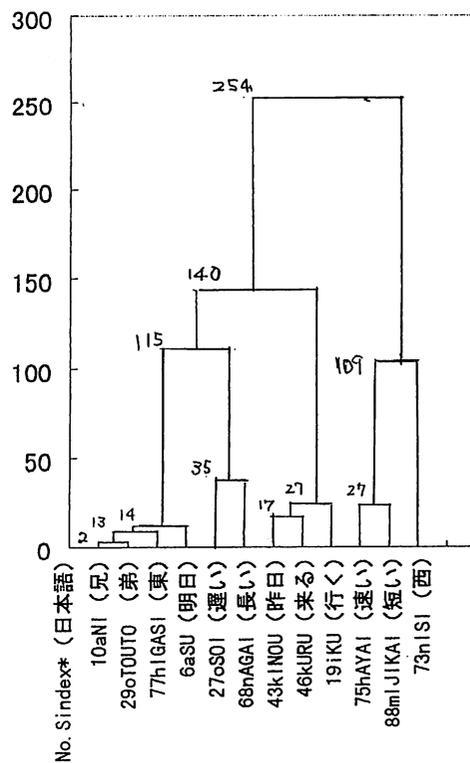


図5 非類似度樹形図 (最長距離法)

び、グラフから読みとったX, Y, Zの各方向の変化分のデータを表にしたのが表1であり、これからクラスター分析の手法により、各手話語彙間の非類似度を計算して親近性を表す樹形図を作ったのが図4と図5である。時間的な制約のためにこの報告ではわずかに12語彙を選んで計算しただけであるが、同じ動きを要素としている語彙が低いレベルで結ばれている結果が現れている。

4. 動作中心位置と主動作ベクトルの解析

2回目の実験データから、計測した語彙約100語の動作中心位置と、いくつかの代表的な語彙の主な動作をベクトルとして抽出した。このときは、手を下ろした位置を静止位置として、1語ずつ語彙を提示して動作してもらった。被験者は、手話通訳の熟達者1名と聾者1名であったがこの解析に使用したデータは通訳者のものである。

4.1 動作中心位置の算出

計測された素データには、前回のデータと同様に、計測プログラムを動作させてから被験者が動作を始めるまでのリード時間のデータや、終わって次の動作に至るまでの休止時間も含まれている。これらの部分をカットして計測値として意味のあるデータ区間を取り出す必要が

表2 動作中心位置（原点からの距離）の例

番号	サイン デッキス (読み)	読み (手)	動作中心位置(cm)		
			前後軸 (X)	上下軸 (Z)	左右軸 (Y)
5	aKA	あか	32.05	15.88	-21.37
7	aSA	あさ	25.11	25.73	-21.18
11	aSU	あす	31.62	27.81	-21.83
23	aNE	あね	38.75	21.14	-24.87
42	iKU	いく	37.83	22.62	-21.64
60	iMOUTO	いもうと	38.11	9.80	-21.29
161	kiNOU	きのう	34.77	19.85	-17.03
420	hAYAI	速い	34.05	8.11	-13.71
4	aU (あう)	(右手)	32.05	15.88	-21.37
		(左手)	31.76	14.57	21.32
27	aME (あめ)	(右手)	29.60	43.77	-19.80
		(左手)	33.56	39.55	27.22
77	uRU (うる)	(右手)	42.74	12.59	-17.18
		(左手)	32.03	-1.40	18.15
119	kAU (かう)	(右手)	36.66	5.37	-20.46
		(左手)	29.45	-2.78	14.67
380	nAGAI (ながい)	(右手)	29.70	11.94	-24.90
		(左手)	30.85	10.23	23.52
474	mlJIKAI (みじかい)	(右手)	30.32	7.93	-20.62
		(左手)	39.95	6.87	19.08

ある。今回の計測でも休止位置を手を自然に下げた状態とし、各語彙ごとに休止位置に戻すようにしたので、手が一定の水平面を通過した時点からのデータを採用することにした。水平面としては上下軸（Z軸とする）が0（Z=0）の面とした。これは磁界発生器の高さで、床上約105cmであり、ちょうど被験者の腹部に当たる。これは便宜的な切り出し法であり、特に意味はない。なお、両手手話の左手は、右手の切り出し区間に合わせて切り出した。片手手話については利き手（右手）のみを対象とした。

切り出したデータを各語彙について平均し、その語彙の動作中心位置（右手・左手別）とした。この一例を表2に示す。

さらに、各語彙の平均値を約100語彙（神田・中の100語彙に相当）について総平均を求めると、表3のようになった。この集計の左手には両手手話の左手のデータのみを集計の対象としている。

表3 総平均値（単位：cm）

	前後軸 (X)	上下軸 (Z)	左右軸 (Y)
右手	31.77	17.19	-16.76
左手	30.89	11.62	+17.61

表3の結果を見ると、上下軸については右手と左の位置に差があり、しかも右手の位置はかなり高い位置（105+17=121(cm)）にある。これは両手手話の右手と片手手話の右手を一緒に集計したため、手話語彙の中になんか高い位置、すなわち顔を中心としたり、頭やその上で手を動かす手話の位置が影響したためである。そこで、手話語彙を顔や頭付近で調動する手話と、それ以外の手話に分けて総平均を取り直してみた。その結果は表4の通りである。

表4 グループ別総平均値

	前後軸 (X)	上下軸 (Z)	左右軸 (Y)
右手(H)	33.01	21.74	-16.49
右手*	29.82	14.33	-16.93
左手(H)	29.39	22.34	+23.24
左手*	31.30	8.72	+16.09

(H)は顔、頭中心の語彙、*はそれら以外

表4の結果から分かることは、顔、頭中心の語彙（Hグループ）とそれら以外のグループとでは、

- ①上下軸において顕著な差があり、特に左手ではその傾向が甚だしい。
- ②左右軸では右手は、それほど差がないのに対して、左手は差が見える。
- ③前後軸では、どちらの手もそれほど差はない。ということが言える。また、①の上下軸について右手と左手を比較してみると、
- ④ Hグループでは、ほぼ同じ高さであるのに対して、それ以外のグループでは、かなり差がある。

と言える。これは、
 (1) 片手手話にはHグループ（頭、顔中心）の手話が多い。
 (2) Hグループの両手手話は左右対称形であるが、それ以外のグループの両手手話では、左手（非利き手）は水平面のようなある位置を示すのに使われている。
 ということを表している。ちなみに、右手ではHグループ39語に対してそれ以外が62語であり、左手はHグループ10語に対してそれ以外が37語である。表4の位置関係を図6のボールの位置で示す。

4. 2 動作ベクトルの抽出

当初、検出方法として各語彙について、前述の動作総平均位置からもっとも大きく動いた位置、つまり各語彙の測定値中の最も遠い位置を探せばよいと考えたが、原点から最も遠い位置が動作の開始点（データを切り出し

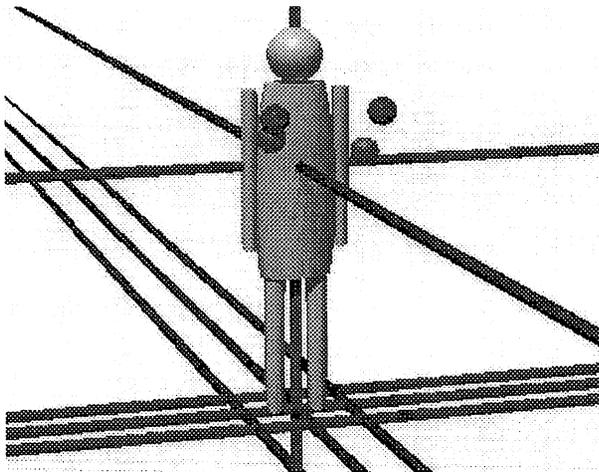


図6 動作中心位置 (ボールの位置で示す)

た点)であったり、動く向きがつかめないなどの弱点があった。そこで、測定値の位置を垂直面と水平面にプロットしたところ、運動の軌跡が観察できることが分かった。また、点の密集しているところは動作が緩慢になったところであり、被験者が意識して意味のある動作を始める、または終わる時点であることが分かった。この例を図7および図8に示す。図中「S」は動作の開始点であり、「E」は動作の終了点である。また、参考としてこれらの軌跡の3次元表示を図9および図10に示しておく。

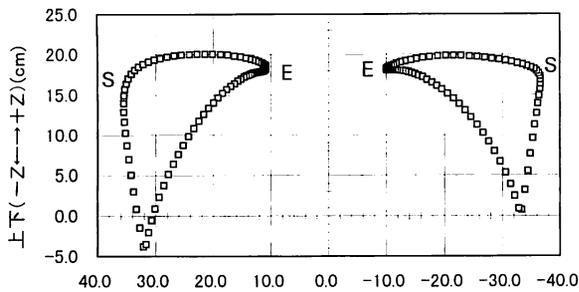


図7 軌跡グラフ a U (会う) 背面 (上下-左右)

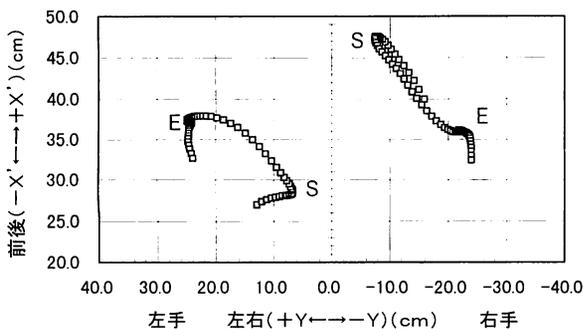


図8 軌跡グラフ u R U (売る) 水平面 (前後-左右)

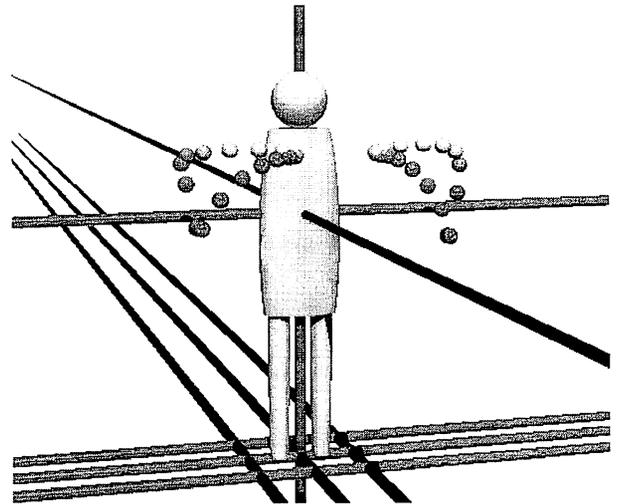


図9 3次元軌跡グラフ a U (会う) 正面

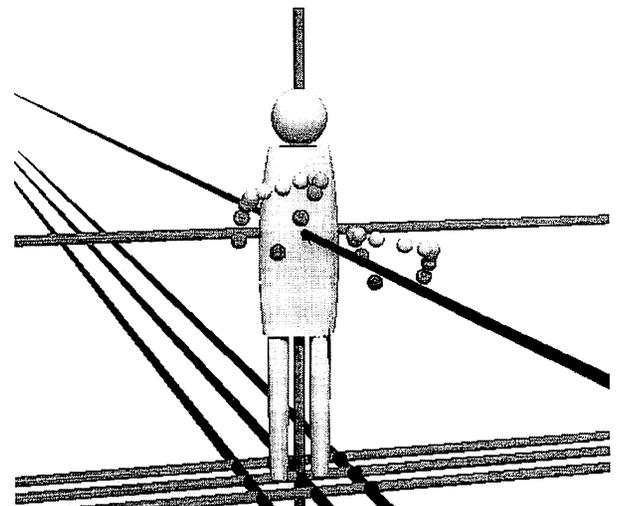


図10 3次元軌跡グラフ u R U (売る) 正面

動作ベクトルとしては、これらの軌跡グラフの密集点から次の密集点までの変位を取り出すことにした。しかしながら、これは前回の実験の解析と同じく、視察によるデータの抽出であり、データファイルから一定のアルゴリズムで機械的に取り出すことにはなっていない。これは今後の課題である。

ここでは、動きの顕著な語彙14語について算出された動作ベクトルについて、変位置量(長さ: cm)と方向余弦で表したデータを表5に示す。表5を見ると、多くの語彙で、動作ベクトルの方向と表記法の運動方向とが一致していることが分かる。例外はuRUとkAUで、前後方向の成分が比較的少ない。iKUとkURUについて

表5 動作ベクトル（変位量・方向余弦・動作速度）算出例

番号	サイン デックス	読み (および 手)	動作ベクトル				表記法 文献[3]	動作速度		備考
			変位量 (長さ) (cm)	方向余弦				動作 時間 (秒)	速度 (cm/s)	
				前後軸 (X)	上下軸 (Z)	左右軸 (Y)				
5	aKA	あか	9.08	-0.282	-0.178	-0.943	R	0.500	18.16	片
7	aSA	あさ	18.21	0.044	-0.984	0.172	D	0.383	47.50	片
11	aSU	あす	21.18	0.998	0.017	0.053	F	0.500	42.37	片
23	aNE	あね	31.58	0.217	0.976	-0.009	U	0.567	55.73	片
42	iKU	いく	26.93	0.761	0.225	0.609	F	0.667	40.39	片
60	iMOUTO	いもうと	28.32	-0.112	-0.994	-0.001	D	0.800	35.40	片
161	kINO	きのう	9.01	-0.933	0.359	0.200	B	0.267	33.80	片
420	hAYAI	速い	32.34	0.314	-0.412	0.855	L	0.317	102.12	片
4	aU	あう(右)	27.55	0.259	0.065	0.964	L/R	0.583	47.23	両 idn
		あう(左)	25.84	0.258	0.160	-0.953			44.30	
27	aME あめ	(右・1回目)	15.24	0.342	-0.846	0.409	D	0.217	70.36	両 idn
		(左・1回目)	10.23	0.319	-0.788	-0.528			47.24	
		(右・2回目)	24.45	0.557	-0.830	0.022	(idn)	0.300	81.51	
		(左・2回目)	21.26	0.570	-0.804	-0.169			70.86	
77	uRU	売る(右)	19.03	-0.587	-0.289	-0.756	B/F	0.583	32.62	両 alt*
		売る(左)	19.85	0.426	-0.182	0.886			34.02	
119	kAU	買う(右)	12.62	0.898	-0.415	0.145	F/B	0.400	31.54	両 cro*
		買う(左)	6.29	-0.622	0.377	-0.687			15.73	
380	nAGAI	長い(右)	28.00	0.046	0.023	-0.989	R/L	0.817	33.96	両 idn
		長い(左)	20.78	0.185	-0.058	0.981			25.45	
474	mJIKAI	短い(右)	12.78	0.474	-0.225	0.851	L/R	0.467	27.39	両
		短い(左)	14.70	0.482	-0.199	-0.854			31.50	

もやはり前後方向の成分と表記法の運動方向との関係が薄い。

また、表5には、これらの動作ベクトルの動作時間と手の動きの動作速度も計算して示した。動作速度が特徴的なのはhAYAIとaMEで、hAYAIはさすがにスピードが速い。aMEは2回動作の語彙であるが、1回目は2回目より時間が短く、また、速度も少し遅い。つまり、1回目の動作は小さく、2回目の動作は速く、大きいということが言える。

5. まとめと今後の課題

手話データ解析のための研究の一環として、磁気センサーを使用し、手話動作の実時空間データを収集し、解析した。解析はまだ十分ではなく、今後さらに統計的な手法を使って解析を進めたい。

なお、最初の実験は筆者の一人光永が自ら被験者となって、筑波技術短期大学在学中に96年度特別研究として行った実験についてデータの解析を行ったものである。

第2回目の実験は、工学院大学において、熟達した手話通訳者の手話を計測したもので、磁気センサーによる

計測だけでも、手の動作の中心位置を検出でき、動作ベクトルを抽出することで動作方向や動作速度を算出できることが分かった。それらの値は、手話者や観察者がイメージとして認識していた中立位置や運動方向とかなり一致する。各語彙についてのそれらの値と関連性は、手話認識のための前処理やセグメンテーションとして使える可能性があると思われる。また、言語学の知見を工学的に検証するという意味も大きいと考える。

これらの計測実験は、語彙単位の動作であったので、結果が鮮明に算出できたのかも知れない。手話文を計測したときに、いわゆる「わたり」の現象があつて動作の始点や終点といったポーズの時期が明確に検出できるかどうか明らかでない。これは今後の大きな課題である。

また、将来これらの工学的な手話の研究が実を結んで、聴覚障害者の福祉に実際に役に立つことを期待している。

終わりに

この研究の一部、並びに使用した「サインデックス V. 1」とそのCD-ROM画像は、平成8、9年度文部省

科学研究費「手話電子化辞書構築のための総合的研究」(課題番号08308023)の成果であって、この補助を受けたことに謝意を表す。また、このデータ計測に協力された被験者の方々、および工学院大学の学生諸君と、Excelを駆使してデータ処理を手伝ってくださった市川由紀子さん、並びに3次元画像表示のプログラム(Raytx)を提供され、かつ改良を加えていただいた井家上洋氏に深謝する。

参考文献

- [1] 神田和幸：「『ドラえもん手話』の実例とその認識」, 第14回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム論文集(HIS98), 14, pp.143-148 (1998)
- [2] Stokoe W, Casterline D & Croneberg C : 「A Dictionary of American Sign Language on Linguistic Principles」, Linstok Press (1965)
- [3] 神田和幸, 中博一：「日本手話の音韻表記法」 手話学研究, 12, pp.31-39 日本手話学会 (1992)
- [4] 長嶋祐二, 中野佐世子, 寺内美奈, 神田和幸：「手話電子化辞書のための形態素モデル記述とその表現」 第10回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム論文集(HIS94), 10, pp.35-40 (1994)
- [5] 佐藤昌延, 東口実：「手話の形態的比較」 第14回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム論文集(HIS98), 14, pp.155-162 (1998)
- [6] Prillwitz S, Leven R, Zienert H, Hanke T, Henning J (訳：佐々木大介)：「HamNosys Version 2.0」 Signum Press, (日本語版) Dproろう者学研究センター (1998)
- [7] 加藤雄士, 内藤一郎, 神田和幸, 中博一：「手の形態から検索する手話電子辞書の試作」 第9回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム論文集(HIS93), 9, pp.331-336 (1993)
- [8] Kato Y, Naito I : 「Menu Oriented Computerized Dictionary for Sign Language」, Proceedings of WIGLS, pp.215-224 (1996)
- [9] 加藤雄士, 光永憲生：「手話の実時空間データと語彙記述法との相関関係について」 第13回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム論文集(HIS97), 13, pp.365-370 (1997)
- [10] 加藤雄士, 川島光郎, 西田昌生, 長嶋祐二：「手話の時空間データと語彙記述法との相関関係について(その2)——動作中心位置と主動作ベクトルの検出——」, Human Interface News and Report 13, pp.549-554, (1998)
- [11] 加藤雄士, 内藤一郎, 安東孝治：「手の動作情報から手話の音韻記述を導くための実験的検討」, 第10回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム論文集(HIS94), 10, pp.23-28 (1994)
- [12] サイン・メディア 日本手話基本語彙データ (1994)
- [13] 神田和幸, 長嶋祐二, 市川薫：「サインデックス試案——手話のラベリング化の概念——」, 信学技報 ET96-92 (1996)

The Correlation between Physical Movement Data of Signs And Its Representation on the Notational System of JSL

Yushi KATO †, Mitsuo KAWASHIMA*, Norio MITSUNAGA*

Masao NISHIDA+, Yuji NAGASHIMA+

*Tsukuba college of Technology +Kogakuin University

† Associated Researcher at TCT, * Toshiba at present

*Amakubo, Tsukuba-shi, Ibaraki, 305 Japan

† e-mail: ykato@a.tsukuba-tech.ac.jp

Abstract: This paper describes the relation between representation on the Notational System of JSL and real data observed by Polhemus's 3Space Isotrack/Fastrack. We have measured time-sequential physical data of hand-movement from signs articulated a model signer. Then analyzed clustering, calculated center positions of sign movements and principal movement vectors of signs. They have close relationship to the representation on Notational System. These facts could be used for computer recognition systems of Sign Language, also turn out to be practical understandings for Linguistic knowledge of Signs.

Keywords: JSL Notational System, hand-movement, clustering, center position, principal movement vector