

原 著

振動を用いる触知覚通信に関する研究 — 盲聾者が利用できる通信方式の確立を目指して —

太田 茂^{*1} 河野孝幸^{*2} 行元 愛^{*2} 内山幹男^{*3}
長谷川貞夫^{*3} 岸本俊夫^{*3} 河田正興^{*4} 仲本 博^{*5}

要 約

本研究の目的は、盲聾者に振動で文字情報を伝える通信方式の有用性を検証することである。

耳介に密着させた振動子と体表点字出力装置を使って12人の健常者を対象に実験した。対照群は、通常の点字の触読結果である。点字は3×2の計6点で表わされる。一点式体表点字は長点および短点と呼ばれる振動時間に長短の差がある2種類の振動信号のいずれかを出力することを6回繰り返し、二点式では長点または短点を左右のチャンネルに並行出力することを3回繰り返して、一つの文字を表現する。各点の長さや点相互の間隔は短点提示時間の整数倍に設定しているため、基本となる短点提示時間を90ms、156ms、209msと変化させて実験を行った。

短点提示時間を156msにした時の正解率は一点式99.4%、二点式98.1%と、いずれも通常の点字触読(79.8%)とは有意に差があった(p<0.01)。この場合の英字26字の提示時間は一点式169.9s、二点式97.1sで、いずれも通常の点字の平均触読時間269.3sより大幅に短かった。短点提示時間を209msと長くした場合の正解率は一点式、二点式いずれも100%に達するが、逆に90msまで短くすると双方とも約80%まで低下した。

結論として、振動で点字情報が伝達できること、特に点字初心者には、普通の点字より正確に伝達できることが分かった。この結果はいずれ盲聾者も携帯電話を使える日が来ることを示唆している。

1. はじめに

本研究の目的は、盲聾者に振動で文字情報を伝える通信方式の有用性を検証することである。視覚も聴覚も失った盲聾者に唯一残された情報摂取手段は触覚である。1825年に全盲のフランス人 Louis Braille(ルイ・ブライユ)が発明したと伝えられる点字は、縦3横2、計6個の突起を組み合わせた記号を指先で触読する。盲人用の文字として世界中で使われているが、実用的な速さで読むには指先の高い感受性と長期にわたる訓練が必要で中途失明者の利用は難しい。なお、盲聾者に関しては視覚/聴覚の喪失順や発症時の年齢によって情報伝達手段が異なり画一的な対応が難しいという事情がある。

近年の情報社会の発展を支えてきた電子技術はハンディキャップを背負った人達の社会参加にも役立つ。その一例が振動を使う触知覚通信である。振動は様々な身体部位で感知できるので、提示速度を利

用者に合わせて調整すれば点字の触読が困難な人も利用できる。電子的に制御できるので電気通信網との親和性も高く、実用化すれば盲聾者の情報社会参入に貢献できるであろう。

2. 研究の背景と用語の説明

2.1. 触知覚通信の位置付け

人間は五感を用いて多様な情報を摂取し行動している。とはいえ味覚や嗅覚の存在を実感するのは飲食時くらいのもので我々は多くの情報を視聴覚経路で摂取している。人類は電信を考案して文字、電話やラジオで音声、テレビの発明で画像も伝送可能にしたが、電気通信の対象は視聴覚情報のみ。その重要性や利便性は否定できないが、今のままでは盲聾者は救われない。

全ての情報は言語/非言語に大別されるが動的/静的という分類もある。例えば、音声言語や手話は動

*1 川崎医療福祉大学 医療福祉マネジメント学部 医療情報学科 *2 川崎医療福祉大学大学院 医療技術学研究科 医療情報学専攻
*3 福祉システム研究会 *4 川崎医療福祉大学 医療福祉学部 医療福祉学科 *5 川崎医科大学 医用工学・システム循環器
(連絡先) 太田 茂 〒701-0193 倉敷市松島288 川崎医療福祉大学

E-Mail: ohta@mw.kawasaki-m.ac.jp

的、墨字(墨やインクで記す文字)や点字は静的な言語手段で、非言語情報にも動的な情景と静的な絵画等がある。それとは別に、提示手段が接触/非接触という分類もある。生身の人間に触れずに済む音声や画像は自由度が高い、非接触という特性には耐久性や衛生面で多くの利点があり視聴覚情報ではない時間も多用されている。一般論として、情報化社会では視聴覚が重要視され、味覚や嗅覚は軽視され、触覚は両者の中間に位置している。例えば、入力場面では接触式のキーボードが活躍している一方で触覚を利用する出力機器は珍しい。我々は、触覚しか残されていない盲聾者のために、非接触優先という暗黙の基準故に情報社会では脇役扱いされることが多い触覚に活躍の場を与えたいと考えている。

視聴覚と触覚を使う情報媒体の特徴を表1に纏めた。表中の「指点字」、「触手話」は共に盲聾者用の通信手段である。指点字は点字の各点を両手の薬指・中指・人指し指で打鍵する点字タイプライタを模した技法で、発信者は盲聾者の指を鍵盤とみなして打鍵動作を行う。触手話は発信者が両手で表現する手話の内容を、その上に両手を被せた盲聾者が読み取る方法である。指文字には点字、触手話には手話の知識が必要で、どちらも苦手な人は掌に字を書いて貰う。体表点字¹⁾は振動時間の長短で表現した点字情報を様々な部位の皮膚表面で読み取る方法で筑波大附属盲学校の教諭だった全盲の長谷川貞夫が考案した。

2.2. 触知覚電話の特徴と社会的意義

出先での連絡を公衆電話に頼っていた1980年代、内山幹男は障害者の外出先での不便を軽減する超小型通信機²⁾を開発した。その後の携帯電話の普及で

視覚障害者や肢体不自由者は公衆電話を探す苦労から解放され、電子メールは聴覚障害者の通信環境を改善した。しかし、盲聾者は対面時こそ指点字や触手話が使えが、電話やテレビ等の電気通信の恩恵に浴することはできず社会参加が難しい。この打開策として体表点字は有望と長谷川は考えた。

モールス通信は音や光の代りに振動でも成立するが、本来は静的な情報伝達手段である点字も振動で伝達できる。指点字の機械版ともいえる六点式は全点を一斉に提示するが、六つの弁別が可能な部位は指先や口唇部に限られ実用性に限界がある。二点ずつ3回に分けて提示する二点式なら様々な身体部位で利用できるという長谷川の着想を内山が図1に示す携帯電話用アダプタの形に纏めあげて具現化し、盲聾者も使える電話の有用性を実証した。

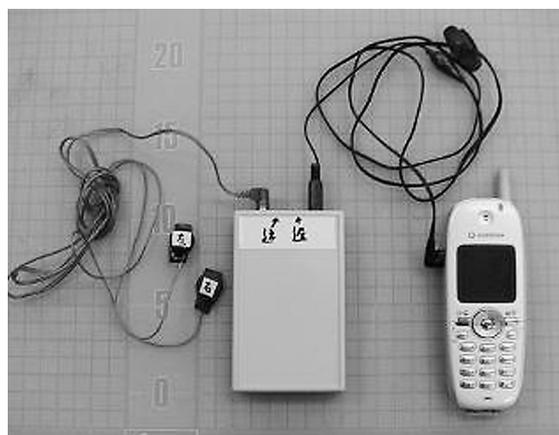


図1 携帯電話接続用点字アダプタの外観

NHK テレビや複数の全国紙はこのアダプタを装着した携帯電話を見て、盲聾者が使える電話が完成

表1 情報の表現、記録、伝送方法

		視覚情報	聴覚情報	触覚情報	
非言語情報	静的	情報名	静止画、図形	静的触覚情報(触感、硬さ、重さ等)	
		記録手段 伝送手段 記録媒体	筆記具、カメラ 郵便、FAX、電気通信網 紙、フィルム、電子記録媒体	専用センサ 電気通信網 電子記録媒体	
	動的	情報名	動画、情景画像	情景音	動的触覚情報(振動の振幅、周期性)
		記録手段 伝送手段 記録媒体	ビデオカメラ 電気通信網(TV放送、TV電話) 録画装置、電子記録媒体	マイクroフォン 電気通信網(電話、ラジオ放送) 録音装置、電子記録媒体	専用センサ 電気通信網 電子記録媒体
言語情報	静的	情報名	文字言語	点字	
		記録手段 伝送手段 記録媒体	筆記具、タイプライタ、パソコン 郵便、FAX、電気通信網 紙、フィルム、電子記録媒体	点字板、点字タイプライタ、パソコン 郵便、電気通信網 点字プリンタ/紙、電子記録媒体	
		情報名	手話、電光文字、 モールス通信	音声言語、モールス通信	指点字、触手話、手書き文字、 体表点字、触知覚モールス
	動的	記録手段 伝送手段 記録媒体	録音装置、オンライン入力、 電気通信網(TV放送、TV電話) 録画装置、電子記録媒体	マイクroフォン、電鍵 電気通信網(電話、ラジオ放送) 録音装置、電子記録媒体	(文字情報として記録) 電気通信網(文字情報として伝送) 電子記録媒体(文字情報として記録)

したと報道した³⁾。しかし、接続可能な機種は限られ、適合機種であっても目が見えず耳も聞こえない人は正しく接続したかどうか相手の番号や声で確かめることができない。長谷川は、このアダプタを使った体表点字の普及活動を続けているが、手作りの機器を全国に点在する対象者に配ることに使用説明や故障対応等多くの問題がある。また、開発費の回収ができなければ生産の継続も難しい。盲聾者用電話の実現は前途多難である。

振動子を2個使う二点式には外付アダプタが不可欠だが、六点を一点ずつ提示する一点式なら携帯電話が内蔵する振動子が利用できアダプタは不要になる。そう考えた内山の要請で福祉システム研究会⁵⁾の会員有志が盲聾者用携帯電話の開発に協力することになった。

以上述べてきた様々な体表点字の違いを図2に示す。



図2 様々な体表点字

Java 言語を使って機能追加ができる携帯電話がある⁴⁾。岸本等は、この機能を使った世界初の振動式触知覚電話の実現に取り組んでいる。体調が悪くて動けない時、医療機関や知人に自ら連絡できる触知覚電話は正に盲聾者の命綱であり、その果たす役割は計り知れない。市販機器の改造は予想以上に大変な作業であるが重要性を考えると一日も早く実現させたい。

3. 実験方法

3.1. 体表点字出力装置

触知覚通信の有用性を実証するため、内山が開発した体表点字出力装置を用いて実験した。図3に示す同装置は東京パーツ工業製の偏心モータを振動子に使用している。偏心モータとは電気を流すと振動と音が生じる部品で安価なので携帯電話の振動子として広く利用されている。

時間的な長短信号の組合せで文字を表現する方式の先輩、モールス通信は短い信号(以下、短点という)の提示時間を基準(以下、単位という)にして、長い信号(以下、長点という)は3単位、点と点の間は1単位、文字と文字の間は3単位と定めている。しかし、二点式では左右のチャンネルを同期させる必要があるため、長点・短点・文字間を全て6単位の

フレームに収める方式を内山が考案し、本装置や前述の点字アダプタに採用している。この場合、長点は先頭4単位を振動させて2単位休止、短点は先頭1単位のみ振動させて5単位休止させる。図示すると、長点: , 短点: , 文字間の空白: となる。1文字の長さは3(二点式)/6(一点式)フレームで、英字26字分のフレーム数は103(=3×26+25:二点式)/181(=6×26+25:一点式)、短点数は618(二点式)/1086(一点式)である。

図3の①を押すと、順番をランダム化した英字26字が送出される。乱数を用いて送出順を毎回変更する案も検討したが、再現性も必要なので2種類の文字列に限定している。なお、②と③は信号の提示間隔変更と二点式/一点式の切り替えを兼ねるスイッチである。

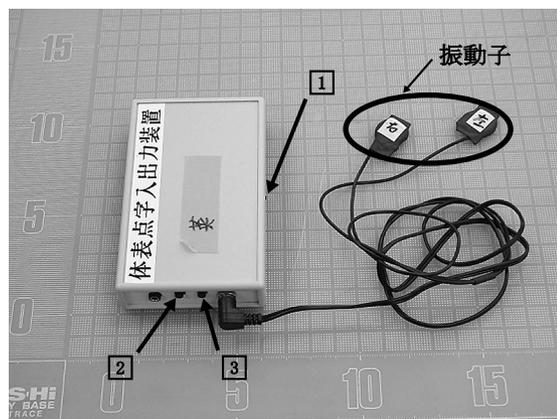


図3 体表点字出力装置の外観

二点式では、①-④、②-⑤、③-⑥を対にして、左右の振動子をこの順に3回駆動する。図4に示す点字一覧表の①から⑥の該当箇所点が存在すればその側に長点を提示し、左右共に-なら左側の振動子のみに短点を提示する。一点式では左側の振動子

●- ●- ●● ●● ●- ●● ●● ●- -● ●●	
- - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	
a b c d e f g h i j	
●- ●- ●● ●● ●- ●● ●● ●- -● ●●	
●- ●- ●● ●● ●- ●● ●● ●- ●● ●●	
- - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	
k l m n o p q r s t	
●- ●- -● ●● ●● ●- -●	
●● ●● -● ●● ●● ●● ●●	
- - - - - - - - - - - - - -	
u v w x y z	

図4 英点字一覧表

のみ使用し、①から⑥の各点が存在すれば長点、-なら短点を提示する。

3.2. 被検者

12名の被検者は全員川崎医療福祉大学の学生で男性11名、女性1名、平均年齢は 21.8 ± 1.8 歳である。実験に先立ち実験担当者が被検者全員に研究目的や実験方法・安全性、さらに、点字の概要や個人情報ならびに実験結果の管理方法について説明し了解を得た。

3.3. 点字の触読

まず、点字を知らない人(以下、初心者という)が点字を触読できるかどうかを確認した。この趣旨から、点字の構成パターンを暗記していない被検者に今触っている点字は何か判断させるという矛盾する行為を要請した。その方法として、点字を印刷した問題用紙と触読用の指を不透明な布で覆った状態で該当するパターンを点字一覧表の中から見付けて貰おうと最初考えた。しかし、探すのにかなりの時間を要することが予備実験の段階で分かったので、点字の六点に対応する縦3横2個の枠を印刷した解答用紙を配布し、点の有ると判断した時のみ該当部分に記入して貰う方法に切り換え、実験終了後担当者が採点した。解答用紙を図5に示す。

この方法には、点字を読む本来の目的である「文の構成要素としての点字を識別する」趣旨に反するという批判が予想される。しかし、この過程は墨字/点字を問わず文字が読める人なら当然していることで触読時固有の問題ではない。むしろ、被検者に点字パターンを暗記させることが本実験の狙いである「点字の規則を知らない人でも点字が触読できるかどうか確認する」趣旨に反すると考えた。この方法にも筆記作業のために利き腕が占有されるという問題があり、触読は利き手ではない側の手で行った。

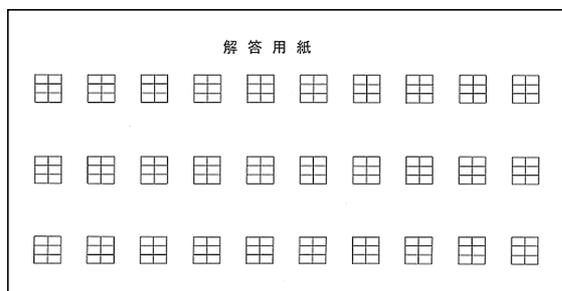


図5 解答用紙

初心者は点字と点字の分離が困難であるという別の問題も予備実験で明らかになった。点字にはJIS等の公的規格が存在しないが点字機器開発企業の規格⁶⁾を参考にすると、1文字分の点字を納めるマス

相互の間隔は約3mmで点と点の間隔約2mmより若干広い。しかし、初心者はこの微妙な差が識別できず、必然的に文字認識の第一段階である文字の切出ができない。この難問に対処するため、点字と点字の間に2マスの空白を挿入するという初心者向けの特別条件を設定した。目的や手順等を説明した後実験を行い、英字26文字の触読に要する時間をストップウォッチで計測した。

3.4. 体表点字の認識

体表点字の有用性を認識率と操作性の両面から比較検証する実験を行った。担当者は、実験開始前に体表点字出力装置の短点提示時間を設定し、二つの振動子のコードの長い方を左、短い方を右の耳介にかけよう被検者に指示した後に、英字26字を連続して提示し判読させた。短点提示時間を90ms、156ms、209msと変化させ、二点式と一点式を切り換えながら計測を繰返し、計測条件毎に正解率を求めた。26字分の提示時間も確認のため計測した。

点字の触読実験に準じて、この実験でも認識中の文字が何かの判断は求めず、点字の六点に対応する6個の枠を印刷した解答用紙の該当欄に振動時間が長いと判断した時だけ記入して貰った。実験風景を図6に示す。正解かどうかは解答用紙の記入内容を見て判断した。また、実験終了後に被検者の感想を聴取した。



図6 実験風景

4. 結果

表2に、普通の点字と短点提示時間156msの体表点字の正解率を示す。体表点字の正解率は二点式98.1%、一点式99.4%で、対照群である点字触読時の79.8%より有意に高かった($P < 0.01$)。なお、体表点字26字の提示時間は二点式97.1s、一点式169.9sで同じ文字数の点字を触読する時間の平均値269.3sより明らかに短い。なお、二点式と一点式ではフレーム数が異なるため短点提示時間は同一でも英字26字

分の提示時間は異なる。

表2 点字と体表点字の正解率(英字26字使用)

	点字	二点式	一点式
正解率(%)	79.8	98.1	99.4
平均点字触読時間(s)	269.3		
体表点字提示時間(s)		97.1	169.9
同短点提示時間(ms)		156	156

次に、短点提示時間を90ms, 156ms, 209msと変化した場合の正解率の変化を図7に示す。最も長い209msでは全員正解であったが、156msでは正解率が少し下がり、最も短い90msではさらに下がる。注目すべきは90msの正解率で、二点式の82.7%に対し条件的に有利と思われた一点式の方が79.5%と低い。

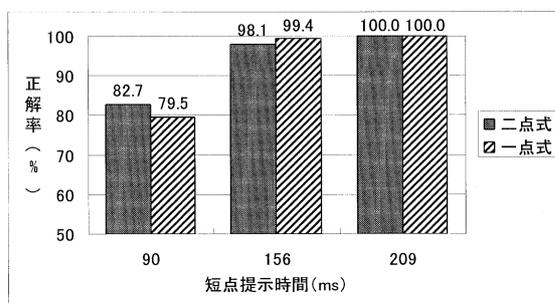


図7 体表点字の信号提示時間と正解率との関係

5. 考察

本実験の被験者は全員健常者であるが、触覚さえ正常なら振動で点字情報が伝達できること、特に、初心者については普通の点字よりも正確に伝達できることが分かった。通信の片方ないし双方が盲聾者でも触覚さえ正常なら、この結果は援用できるから振動で情報を伝える触知覚通信システムを実用化すれば盲聾者の情報社会参加に貢献できると思われる。今回の実験結果を踏まえて、盲聾者が単独で使いこなせる携帯電話の完成を急ぎたい。

ここで、短点提示時間90msの時の一点式の正解率が二点式より低い理由について考察する。被験者の感想に多い「間隔が短く短点が不鮮明で認知不能」という状況は二点式でも同様なので、解答用紙を精査して一点式における連続ミスの多さを見つけた。情報源が1チャンネルしかない一点式では、短点を一つでも見逃すと次の文字の境界も分からなくなり、複数文字の認知が困難になる。これが、一点式の正解率が低い真因と思われる。なお、短点消滅という

最悪の事態は速い信号変化に追従できない偏心モータの特性に由来する。

実験に使用した出力装置は同期運転が求められる二点式の特殊事情に合わせて最適化したフレーム方式を一点式に流用しており、これが原因で一点式の短点数が過大になったことが認識精度の低下に影響している。例えば、モールス方式で英字26字を表現するのに必要な短点数は289でフレーム方式の27%以下である。これは、文字提示時間を同じにすれば短点提示時間は約4倍にできることを意味しており、初心者にも偏心モータにも有利な状況が実現できる。被験者の感想に「信号提示時間が短い二点式が良い」と「時間はかかるが一点式が分かり易い」の両論があったが、一点式には通信時間を短縮し同時に読取精度も向上できる秘策がある。

「振動子の振動が強すぎ不愉快」という感想も多かった。偏心モータの振動を心地良く感じる人は少ないと思うが短時間の着信通知なら我慢できることであるし、多くの携帯電話が採用している実績や部品の価格を考えると偏心モータの排除は不可能に近い。しかし、盲聾者が長時間使う状況を考えると不快感を与える可能性がある要素は極力排除したい。

我々の当面の狙いは、市販の携帯電話にソフトを追加して盲聾者も使えるようにすることである。しかし、快適な通信環境を実現する努力も重要である。高速駆動ができないので信号提示には適さないという偏心モータの欠点は、これまで文字を表現する用途が存在していなかったため顕在化していないが、盲聾者用通信装置の実現を目指す上では問題であり高速駆動と長時間使用が両立できる振動子が望ましい。当面は、振動量や振動パタンの調整で対処するにしても、長期的には心地よさという要素を加味した振動子を選定すべきであり、いずれかの時点で携帯電話業界に振動子の改良を申し入れる必要があるだろう。

本研究が明らかにした「点字情報が振動で伝達可能で、しかも、点字初心者には普通の点字より有利」という事実は、盲聾者の携帯電話利用の可能性を強く示唆している。盲聾者が単独で使える携帯電話を完成させて、気軽に利用できる環境を早急に実現させたい。

被験者として実験に協力して頂いた方々ならびに川上遊貴、三島進の両君に感謝する。

文 献

- 1) 長谷川貞夫:体表点字/人間における新しい文字領域とその表示方法の研究. TRONWARE(96), 48-49, 2006
- 2) 読売新聞朝刊全国版「マイコン会話装置」, 1986.2.9
- 3) 朝日新聞朝刊全国版「点字情報を振動で/携帯電話使って伝達/盲聾者も対話可能に」, 2008.5.8
- 4) http://www.atmarket.co.jp/fjava/reasai4/keitaijgram01/keitaijgram01_1.html
- 5) 福祉システム研究会公式サイト <http://www.wesranet.com/>
- 6) 有限会社 JTR 公式サイト <http://www.jtr-tenji.co.jp>

(平成20年10月31日受理)

A Study of Tactile Perception Communication Using a Vibration Signal System for the Deaf and Blind

Shigeru OHTA, Takayuki KOUNO, Ai YUKIMOTO, Mikio UTIYAMA, Sadao HASEGAWA,
Toshio KISHIMOTO, Masaoki KAWATA and Hiroshi NAKAMOTO

(Accepted Oct. 31, 2008)

Key words : tactile perception communication system, vibration signal, deaf and blind

Abstract

The purpose of this study was to examine whether vibration signals can convey text information to the deaf and blind. We applied vibration signals based on Braille to the body surface by serial and parallel transfer method, i.e. one or two dot signals at a time. We examined recognition of 26 alphabet signals in 12 young, normal and healthy volunteers. In order to assess the effectiveness of the method, we also examined the subjects' perception of conventional Braille as a control.

Duration of the short vibration signal, which is the fundamental unit of all signals, was varied in 3 steps. When the duration of the short signal was fixed to 156ms, correctness of recognition was 99.4% and 98.1% by serial and parallel transfer methods respectively. Both had a statistical difference ($p < 0.01$) against 79.8% correctness by conventional Braille. When the unit of short vibration signal was lengthened to 209ms, 100% correctness was obtained in both methods. When it was shortened to 90ms, correctness fell to about 80% in both methods. The time needed to recognise vibration signals was 97s by parallel transfer method and 170s by serial transfer method. Both were far shorter than the average time needed for conventional Braille recognition, which was 269s.

We found vibration signals can convey text information in normal healthy people. It is noteworthy that even beginners showed better recognition in vibration signal than conventional Braille. Given the findings of this research we predict there will be a day when the deaf and blind communicate using vibrator mobile phones.

Correspondence to : Shigeru OHTA

Department of Health Informatics
Faculty of Health and Welfare Services Administration
Kawasaki University of Medical Welfare
Kurashiki, 701-0193, Japan
E-Mail: ohta@mw.kawasaki-m.ac.jp
(Kawasaki Medical Welfare Journal Vol.18, No.2, 2009 465-470)