

第2章 指点字用支援システムの開発

第1節 指点字用支援システムの目的

これまで述べたように、指点字は現在東京大学の福島智助教授が考案したコミュニケーション法であり、日本独自のコミュニケーション法である。そして、点字を修得している場合は、他のコミュニケーション法に比べ、有効かつ高度なコミュニケーション法の一つとなる。

本研究では、この指点字に着目し、指点字によるコミュニケーションを補助するための支援機器を開発することを目的として研究を進めている。本報告では、振動を用いた指点字呈示方式について検討し、さらに、この結果から本方式によるコミュニケーションの評価システムを構築し、その基礎的評価をおこなった。

第2節 予備実験

指点字を呈示する方法としては、振動以外にも電気刺激や触知ピンなどを用いる方法も考えられるが、本研究では、振動モーターを利用した振動による呈示を用いた。呈示用デバイスとして振動モーターを用いる利点としては、取扱が簡便で、価格が低いことなどが挙げられる。

振動で指点字のパターンを呈示するにあたり、1文字のパターンを出力する際の振動時間と、そのパターンを出力した後に次のパターンを出力するまでの間隔を短く設定すれば時間当たりの情報伝達量は多くなるが、ある振動と時間的に遅れて呈示される次の振動との間隔時間がある値より小さくなると2つの振動が連続した1つの振動と認識されることが予想される。また、振動刺激を提示する部位によっても振動認識の難易度が異なることも予想される。

そこで、予備実験では、複数の部位において、時間的に前後して呈示される2つの振動を区別するために必要な時間間隔を求めることとした。

(1) 実験方法 (予備実験)

予備実験では、21歳から45歳までの男女7人の健常者の協力を得て、図2-1に示すパターンの振動を示指の背側部と手掌部、環指の背側部と手掌部の合計4個所の部位に提示した。また、図2-2に加速度センサによる振動モーターの加速度の計測例を示す。なお、本報告で用いた振動モーターは、A6B-12-W (シーアイ化成(株))である。

ここで、振動時間 T_1 はモーターのON時間、振動間隔時間 T_2 はOFF時間とする。実験の手順は次のようになる。なお、極限法により閾値を算出した。

T1の値を100 [ms]で固定し、T2を1.0[ms]に設定し、振動を提示する。(この時、T2値が小さいので被験者は振動を1回であると認識する。)

T2を1.0[ms]刻みで大きくして、被験者が振動は2回であると認識したときのT2をT2aとする。次にT2を1.0[ms]刻みで小さくしていき、再び被験者が振動は1回であると認識したときのT2をT2bとする。

T2a とT2bの平均の値を求める。

から を3回繰り返し、その平均値を閾値とする。

次にT1が200,300,500[ms]のそれぞれの場合についても同様に から の測定を行う。

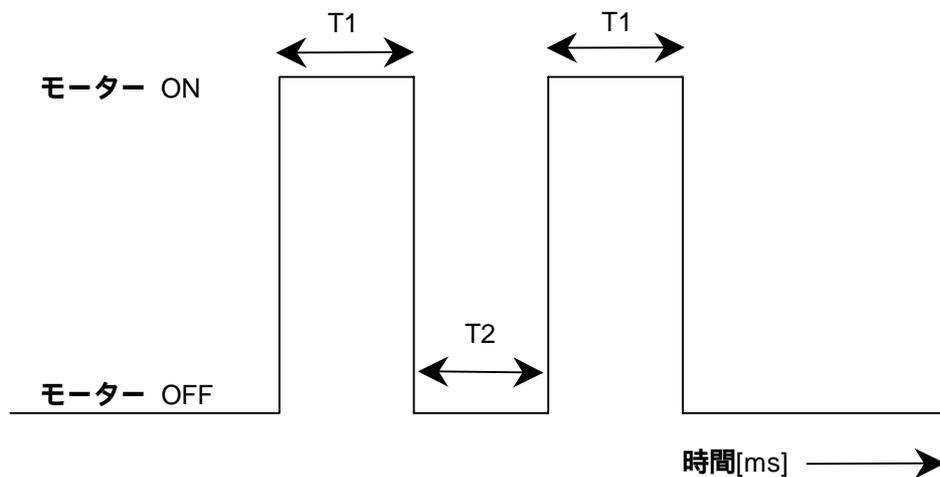


図2 - 1 振動パターン

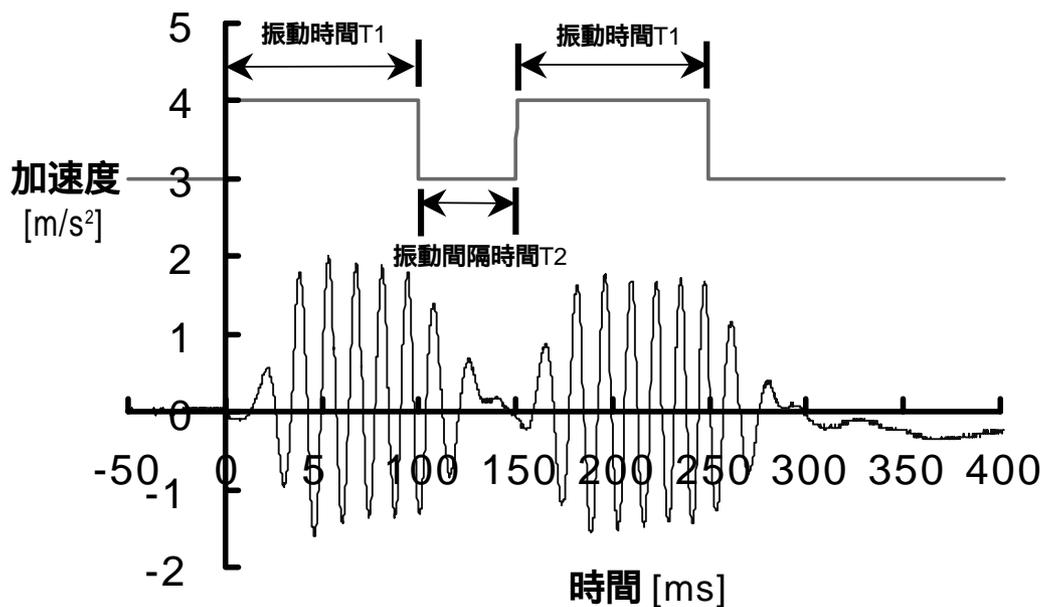


図2 - 2 加速度センサによる振動の計測例

(2) 結果と考察 (予備実験)

この実験において測定された $T2$ [ms]を図2 - 3から図2 - 6に示す。この予備実験から振動間隔時間 $T2$ 、すなわち、ある振動と時間的に遅れて呈示される次の振動が別々の振動であると認識されるのに必要な時間間隔がわかった。その値は、最も大きい値をとった振動時間 $T1=100$ [ms]の場合で約 10.3 [ms]であった。

振動部位による振動認識の差異については、最も $T2$ が大きい示指の掌側部の平均値が $T2=8.8$ [ms]となり、最も $T2$ が小さい環指の掌側部の平均が $T2=7.5$ [ms]と 15 [%]程度の差異が測定された。本実験の結果から、刺激部位により振動認識に関する差異はそれほど大きくないものと考えられる。

本実験では、振動時間 $T1=100$ [ms]のときに振動間隔時間 $T2$ が他の条件に比べて高い値を示した。用いた振動モーターは、電流を供給されてから定常回転になるまでに 40 [ms]程度の時間的遅れが生じるため、被験者に呈示される振動量が他の条件に比べて相対的に少なくなっている。よって、 $T1=100$ [ms]のときは、呈示される刺激量が他の場合に比べ小さいので、振動時間間隔が長くなると考えられる。

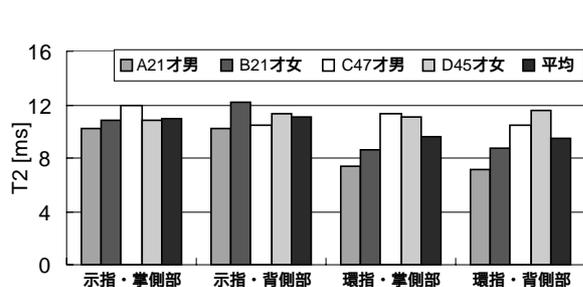


図2 - 3 予備実験結果 ($T1=100$ [ms])

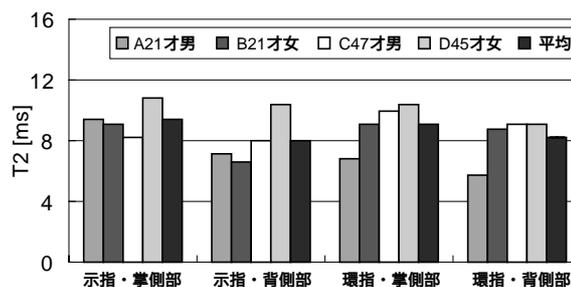


図2 - 4 予備実験結果 ($T1=200$ [ms])

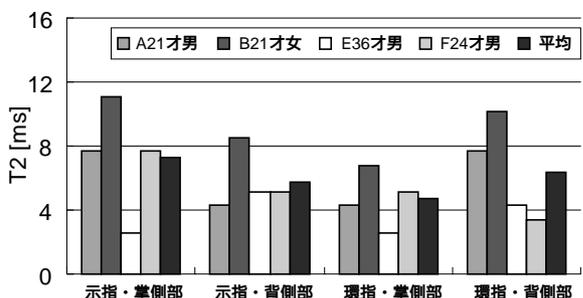


図2 - 5 予備実験結果 ($T1=300$ [ms])

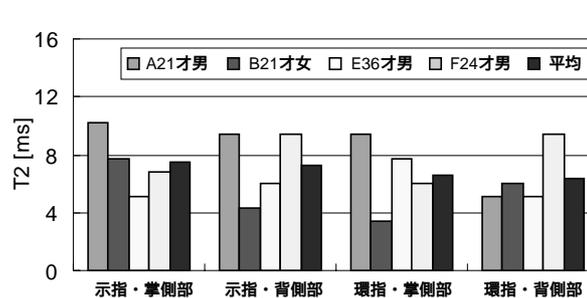


図2 - 6 予備実験結果 ($T1=500$ [ms])

第3節 指点字認識実験

前節の予備実験では、1本の指に振動を提示した場合に必要な振動と振動の間隔時間である振動間隔時間 T_2 を求めた。指点字によるコミュニケーションでは計6本の指に対する刺激をおこなうので、予備実験で求めた値より必要な振動の間隔時間が長くなることが予想される。指点字のパターンを呈示するにあたり、振動時間 T_1 と振動間隔時間 T_2 の和が小さい方が、時間あたりに伝達できる情報量は多くなる。本実験では、振動により指点字を呈示するのに最適な振動時間 T_1 と振動間隔時間 T_2 の値を求めることを目的として次のような実験を行った。

(1) 実験方法 (指点字認識実験)

本実験では2人の盲ろう者の協力を得て、指点字認識実験をおこなった。被験者は、48歳男性と61歳女性で、障害の程度は、それぞれ、全盲(光覚あり)及び全聾、そして全盲及び全聾である。いずれの被験者も指点字によるコミュニケーションをおこなうことができる。

本実験で呈示する文字列は、日本語50音の中で「ヲ」「ン」を除く44語からランダムに選ばれた2、3、4文字の文字列の指点字パターンで、それを振動で提示した。ここで、ランダムな文字列を用いたのは、次に呈示される文字が推測されることにより認識率が高くなってしまふことを防ぐためである。

振動時間 T_1 は、100, 200, 300, 500 [ms]、 T_2 の値は、10, 50, 100, 200, 400 [ms]とし、それぞれの組み合わせで計20通りの振動の時間的パターンを用意した。ある振動の時間的パターンに対して、5回の試行をおこなうため、計100回の試行となる。振動の時間的パターンもランダムに変化する。 T_2 の値の最低値は、予備実験で得られた値から10[ms]とした。

振動モーターの固定位置は、指の末節背側部とした。この理由としては、予備実験の結果では刺激する場所による閾値の違いがそれほど大きくなかったということと、また、指点字を受ける場所として盲ろう者が好む場所が指の末節背側部であるということが挙げられる。指点字の表現は、パーキンス・ブレイラー式の点字タイプライターのキー配列に対応して、左手示指、中指、環指をそれぞれ点字の「1」点、「2」点、「3」点とし、右手示指、中指、環指をそれぞれ点字の「4」点、「5」点、「6」点とした。

結果の集計は、呈示した文字列と被験者が答えた文字列とを比べ一致した文字数を正解とし、その正解率を認識率とした。

(2) 結果と考察 (指字認識実験)

この実験の結果を表2-1から表2-3に示す。なお、表の値は、2名の被験者における認識率の平均である。同様に図2-7から図2-9に表2-1から表2-3をグラフ化したものを示す。

呈示する文字列が長くなるほど認識率が低下する傾向が現れた。また、振動時間T1及び振動間隔時間T2ともにその値が大きくなるほど、認識率が上昇する傾向があった。振動時間T1=200[ms]、振動間隔時間T2=400[ms]の場合の認識率は、全ての文字数の場合で90%以上となった。実際の指字によるコミュニケーションでは、文字と文字や単語と単語、文節と文節は関連性があるので、本実験で求めた認識率よりも高い認識率が期待できると予想できる。

また、振動により不快感が生じるので、振動時間は長すぎない方がよいという被験者からの感想があった。

本報告で用いた振動モーターの回転数は、定格で9500[rpm]であり、振動周波数に換算すると約160[Hz]程度となる。また、振動時の振動モーターの加速度は、ほぼ1.8[G](o to peak)程度であった。指に振動刺激を呈示する場合、周波数が120[Hz]程度のときに閾値が最も低いという報告¹⁾がある。同報告では、160[Hz]のときでも120[Hz]に比べてそれほど大きな閾値の上昇はみられない。このことから、本報告で用いた振動刺激の周波数は、最適とは言えないかもしれないが、実験結果も良好であったから本システムにおいては十分であったと考えられる。

振動量については、市販の振動モーターをほぼ定格出力で回転させていたために、振動量の制御をしていなかった。最適な指字呈示方式の条件を求めるには、振動量を制御した状態で評価をおこなう必要があり、それは、今後の課題となる。

表2-1 ランダムな2文字の認識率[%]

		振動時間 T1			
		100ms	200ms	300ms	500ms
振動間 隔時間 T2	10ms	55.0	65.0	70.0	75.0
	50ms	30.0	80.0	80.0	95.0
	100ms	45.0	85.0	85.0	90.0
	200ms	70.0	65.0	95.0	100.0
	400ms	80.0	100.0	95.0	95.0

表2-2 ランダムな3文字の認識率[%]

		振動時間 T1			
		100ms	200ms	300ms	500ms
振動間 隔時間 T2	10ms	23.3	33.3	60.0	80.0
	50ms	33.3	53.3	70.0	83.3
	100ms	46.7	63.3	80.0	93.3
	200ms	46.7	80.0	80.0	96.7
	400ms	73.3	90.0	76.7	96.7

表 2 - 3 ランダムな4文字の認識率[%]

		振動時間 T1			
		100 ms	200ms	300ms	500ms
振動 間隔 時間	10 ms	2.5	22.5	35.0	70.0
	50 ms	15.0	30.0	55.0	72.5
T2	100ms	17.5	50.0	70.0	80.0
	200ms	27.5	57.5	70.0	90.0
	400ms	67.5	90.0	90.0	95.0

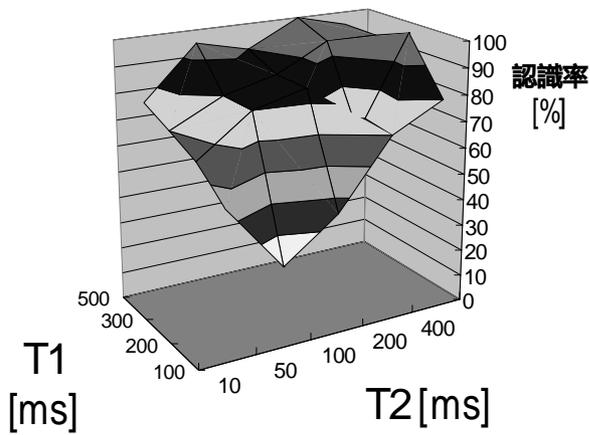


図 2 - 7 ランダムな2文字の認識率

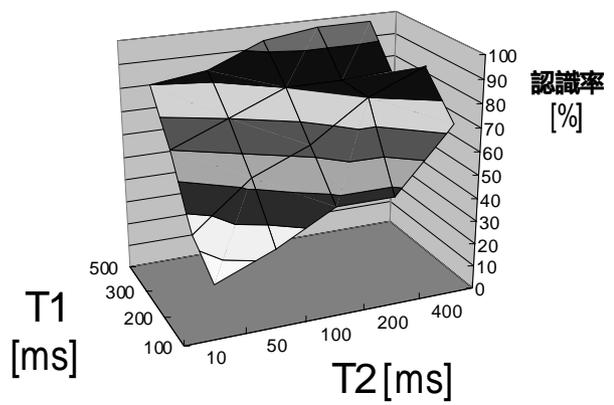


図 2 - 8 ランダムな3文字の認識率

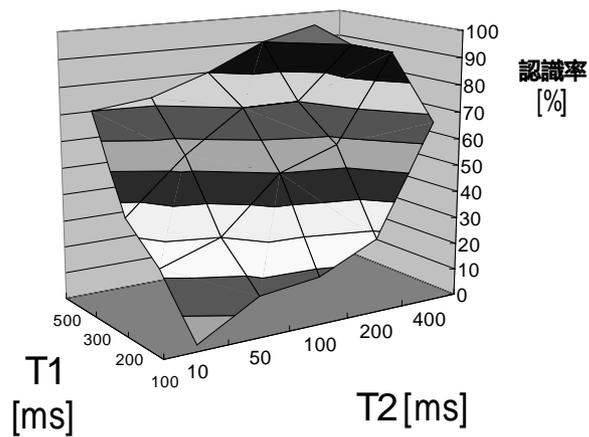


図 2 - 9 ランダムな4文字の認識率

第4節 コミュニケーション評価実験

これまでの実験では、振動による指点字呈示方式についての検討をおこなった。指点字認識実験において、振動時間 $T1=200[ms]$ 、振動間隔時間 $T2=400[ms]$ の場合の認識率は、90%以上となり、この条件下で指点字によるコミュニケーションが成立可能なことが示唆された。そこで、本実験では、実際の指点字によるコミュニケーションを想定した評価実験を実施した。本実験の目的は、本研究における指点字呈示方式により盲ろう者と健常者の間でコミュニケーションが成立するかどうかを評価することである。

(1) 実験システム

本実験のシステム構成を図2-10に示す。

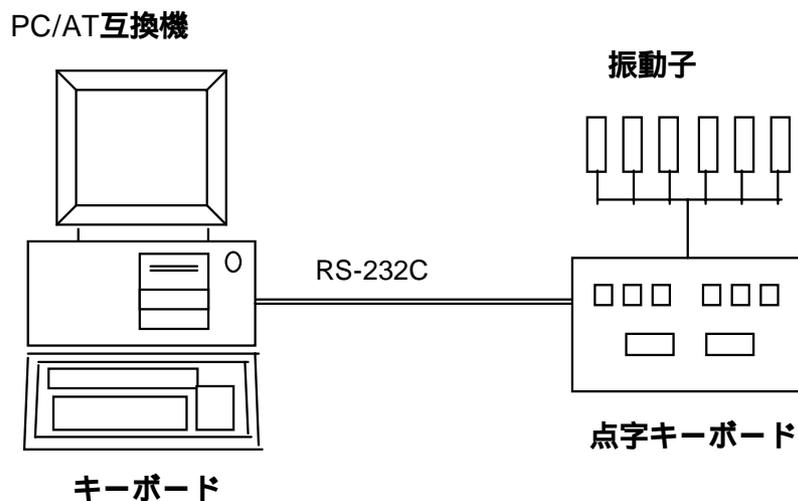


図2-10 システム構成

健常者側には、パソコンを用い、入力及び表示のための装置とした。自分の意志を伝える場合は、キーボードからテキストを入力し、盲ろう者側から送られたテキストは、パソコンのモニター画面に表示される。盲ろう者側には、入力のための点字キーボードを用意した。指点字の表示には、指点字認識実験で用いた指点字呈示デバイスを用いた。パソコンに入力された健常者からのテキストはインターフェイスを介して振動により盲ろう者へ指点字として呈示される。盲ろう者が点字キーボードに入力した情報はパソコンに取り込まれ、その点字パターンに対応した文章がテキストとしてモニター画面に表示され、健常者側に伝達される。これらの動作を組み合わせることで指点字によるコミュニケーションをおこなうための機能を実現することができる。

(2) 実験方法

本実験では、1名の盲ろう者の協力を得て実験をおこなった。被験者は、61歳女性で、障害の程度は、全盲及び全聾であり、指点字によるコミュニケーションをおこなうことができる。

実験にあたっては、合計5つの質問文を盲ろう者へ指点字で呈示し、その質問文に対する回答文を盲ろう者が点字キーボードで入力した。なお、指点字の呈示方式は、指点字認識実験と同様とした。また、振動時間 T_1 と振動間隔時間 T_2 は、指点字認識実験で認識率が良好であった条件である $T_1=200[\text{ms}]$ 、 $T_2=400[\text{ms}]$ を採用した。

実験手順を以下に示す。

質問文を指点字で呈示する。

その質問に対する回答を本システムの指点字キーボードで入力する。

質問と回答に必要な時間を調べるとともに、コミュニケーションが成立しているかを調べる。

質問文を変え、同様に ~ を行う。

本実験の実験風景を図2-11に示す。



健常者側



盲ろう者側

図2-11 コミュニケーションの様子

(3) 結果と考察

本実験では、個人の能力に依存するキーボードの入力速度を実験結果から排除するため、「質問文の伝達に要する時間」は健常者側の文章入力が終わってから実験システムが指点字による出力を終えるまでの時間と定義した。また、「回答文の伝達に要した時間」は、盲ろう者側が回答を本システムの点字キーボードに入力し始めてから全ての文章がモニタ画面に表示されるまでの時間と定義した。

本実験において質問した5つの質問文全てに対して、被験者への質問内容の伝達及び被験者からの回答の取得ができた。

質問文の伝達は、1秒あたり約1.67文字であった。1分あたりおよそ100語が盲ろう者側に呈示されていた計算になる。回答の伝達に要した時間を表2-4に示す。回答の伝達では、平均して1秒あたり約1.44文字という結果であった。1分あたりでは、およそ86語の計算になる。

本実験の結果から、本実験で用いたシステムで、健常者と盲ろう者が直接的にコミュニケーションできることが確認された。本報告書に添付した資料第4節の表2で示された小島らのデータによると、指点字の熟達者の場合は1分間に約350音節を伝達できると示されているが、現在のシステムでは350音節の伝達は難しいと予想される。しかし、本実験のシステムの利点は、指点字通訳者を必要としないということであるので、伝達音節数が1分間に350音節に満たないとしても、十分有用性があると考えられる。また、小島らのデータは、熟達した通訳者のデータであるから、指点字通訳者の平均はもっと低くなるのではないかと想像される。

表2-4 回答文の伝達に要した時間

回答	文字数 [個]	時間 [sec.]	文字数 / 時間 [個 / sec.]
1	25	20	1.25
2	41	30	1.37
3	27	23	1.17
4	17	11	1.55
5	13	7	1.86
平均	24.6	18.2	1.44

(5) まとめ

本実験では、前節の実験において90[%]の認識率であった振動時間 $T1=200$ [ms]、振動間隔時間 $T2=400$ [ms]の条件を用いて、コミュニケーション評価実験を実施し、本システムにより盲ろう者と健常者との間でコミュニケーションが成立することを確認した。

本実験の結果から、評価に用いた指点字呈示方式のシステムが有効に機能したことが確認されたが、評価にあたって振動周波数及び振動量の制御はおこなっていない。最適な呈示方式のパラメータを決定していくため、今後は、これらの制御をおこなった状態での評価を進めていく必要がある。

本実験でのシステムは、室内での使用を前提にしたものであるが、盲ろう者が、移動中や外出先でも使用できるように携帯型を考慮したデザインも考える必要がある。

第5節 携帯型指点字装置の開発

前節において、振動子を利用した指点字呈示方式により、指点字を知らない健常者と指点字を使用できる盲ろう者とがコミュニケーション可能であることが示された。しかし、前節のシステムは室内での使用を前提とした卓上型のものであるが、盲ろう者の利便性を考えると外出先で移動しながら使用できる携帯型の装置が必要となる。そこで、携帯使用を目的とし、前節のシステムを小型化することとした。

小型化にあたっては、ロジックの最適化を行い、必要の無いロジック部分の削除、ロジックICの配置の最適化や配線の省略化を行い、回路の小型化を進めた。既存の回路を図2-12、新規開発した回路を図2-13に示す。従来回路の基板面積が 300cm^2 だったのに対し、新規回路のそれは 75cm^2 と小型化され、基板面積が約4分の1と胸ポケットに入る程度に小型化された。また、使用IC数が2分の1に削減され、装置の回路部の小型化を実現できたと同時に、使用IC数の減少により、乾電池による動作が可能となり、携帯化への問題点の一つを改善することが出来た。

従来回路と新規回路の構成を表2-5に示す。

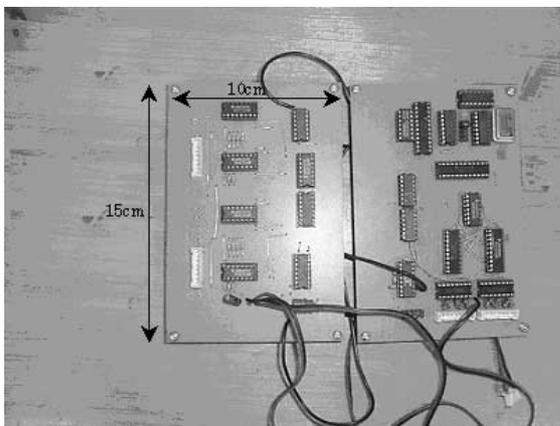


図2-12 既存回路

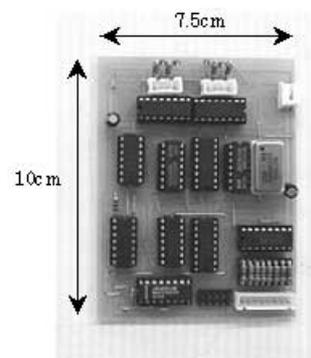


図2-13 新規回路

表2-5 従来回路と新規回路の構成

	従来回路	新規回路
基板面積	300cm^2	75cm^2
	$15 \times 10[\text{cm}] \times 2\text{枚}$	$10 \times 7.5[\text{cm}]$
使用IC数	22個	11個
通信速度	9600 bps	19200 bps
入力数	10	8
出力数	6	8
通信方式	非同期通信	
データビット数	16	8

基板面積の縮小、IC数の削減以外の大きな変更点は、通信速度を最大19200bps(bit per second)まで対応できるようにし、入出力数を8に変更したことである。

通信速度の高速化は、今後さまざまなアプリケーションを開発する中で高速な通信が必要である場合を考えた上での改善であり、ロジックの最適化により実現した。

指点字は6本の指しか使用しないため、最低限のコミュニケーションを行う場合、入出力数は6で十分である。しかし、コミュニケーションを円滑に行うための呼び出しの機能や、文章にスペースを呈示するといった指点字のみでは呈示不可能な文字の呈示や機能を実現するために入出力数を8とした。

図2-14(a)にグリップ式の入力用点字キーボードと振動子を装着した状態を示す。左右それぞれの手で入力できるようになっている。なお、胸ポケットには回路部分が入っている。図2-14(b)に受信用の振動モーターを装着し、入力用点字キーボードを握っている写真(右手側)を示した。図2-14(c)に試作した携帯型装置の全体図を示す。

以上で述べたように回路を胸ポケットに入る程度に小型化し、入力用のグリップ式点字キーボードを試作し、装置の携帯化を図った。



図2-14(a) 携帯型装置用グリップ式入力用点字キーボードと振動子を装着した状態



図2-14(b) 振動モーターを装着し、入力用点字キーボードを握っている写真(右手側)

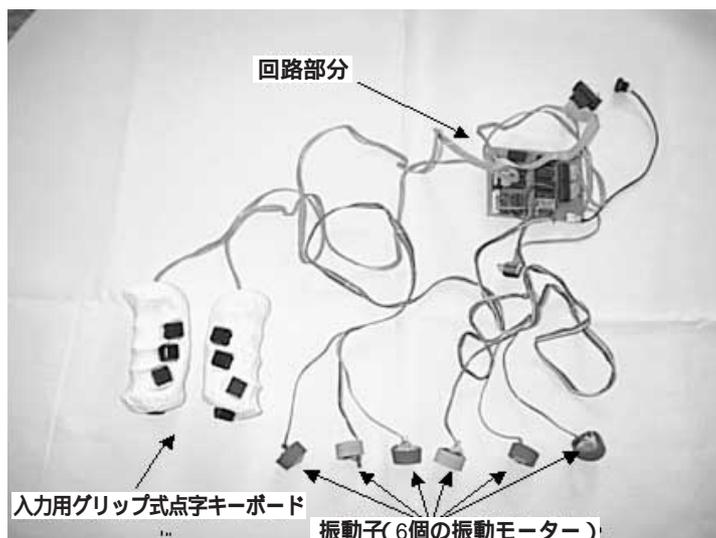


図2-14(c) 携帯型装置の全体図

第6節 指点字練習用システム

これまで、指点字コミュニケーション支援システムについて述べてきたが、実際には指点字を修得していない盲ろう者が少なくないのが現状である。盲ろう者のコミュニケーション方法獲得を補助するための手段も必要とされている。そこで、指点字修得を支援するための練習用アプリケーションを開発した。

(1) 指点字練習用システム

本練習システムは、盲ろう者の指点字修得を支援することを目的としている。これまでに開発した指点字用システムに指点字練習のための機能を付加した。

本システムのシステム構成を図2-15に示す。本システムはPC/AT互換機のRS-232Cから点字キーボードに接続することでデータの送受信を行う。

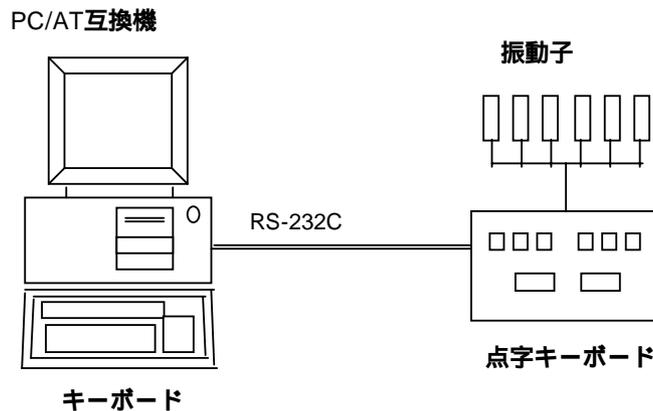


図2-15 システム構成

キーボードから入力された情報はRS-232Cにより指点字キーボードに送信され、6指に装着された振動モータに出力される。また、点字キーボードから入力した情報も同様にパソコンに送信され、その点字パターンに対応した文字が画面に表示される。このようにして盲ろう者と健常者が通訳者なしにコミュニケーションをおこなうことができる。図2-16にアプリケーションの実行画面を示す。

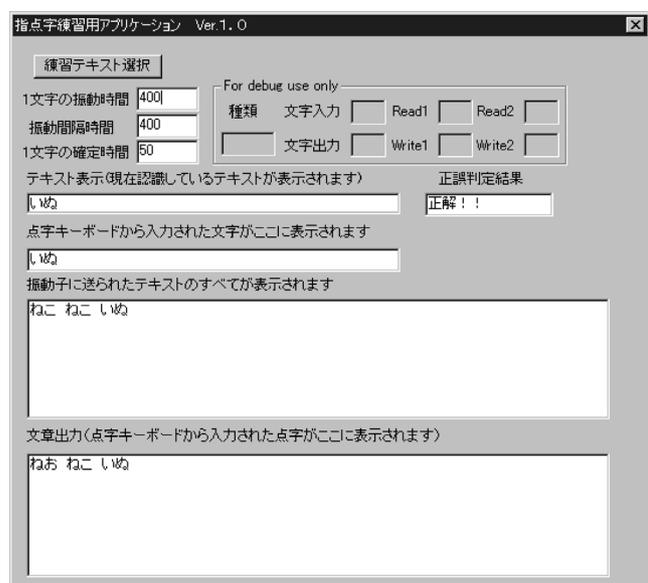


図2-16 アプリケーション実行画面

本練習用システムの流れを図2 - 17に示す。点線より左側がパソコンの動作を示し、右側が盲ろう者側の動作を示している。

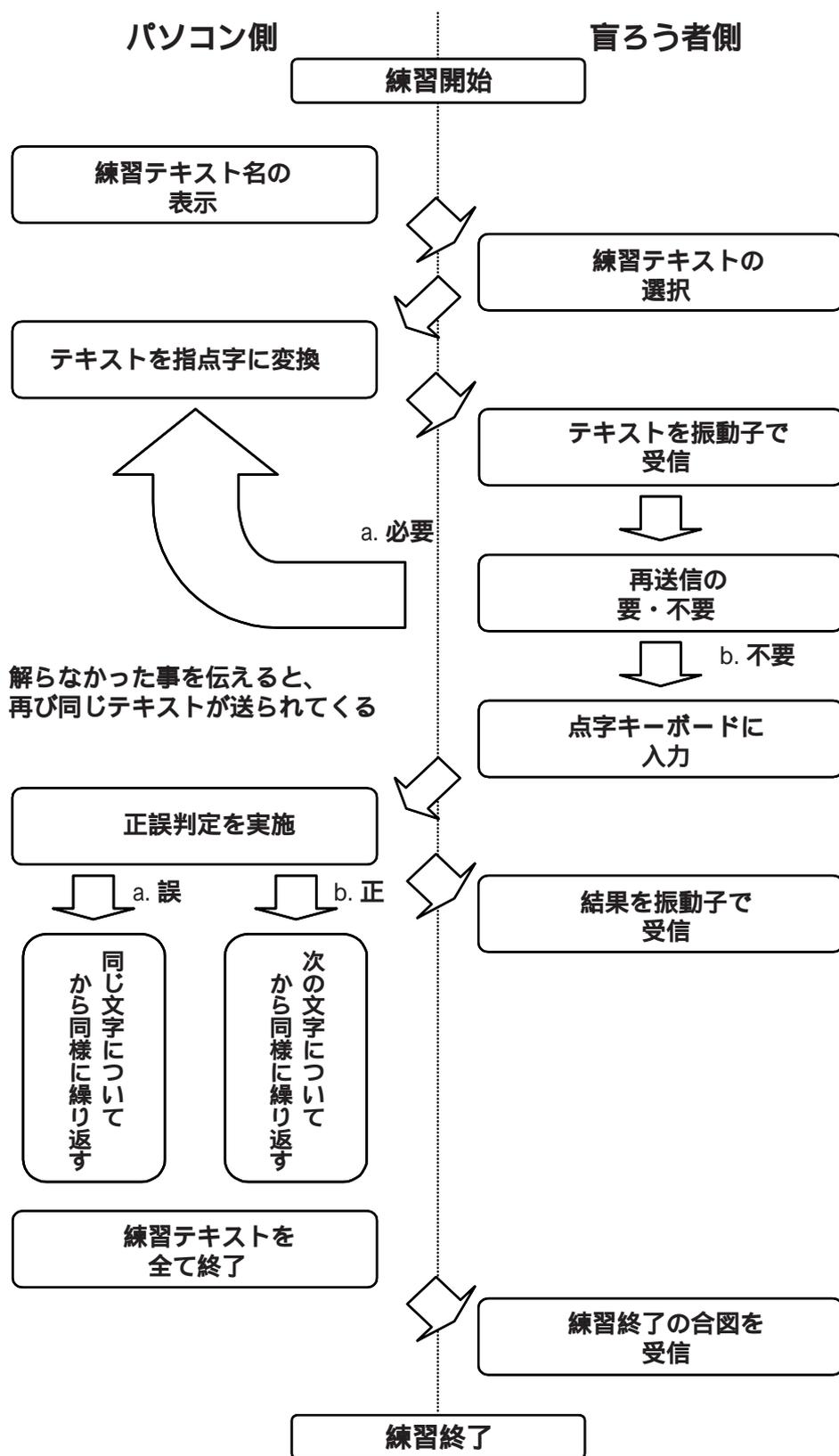


図2 - 17 練習用システムの流れ図

動作の流れは次のようになる。

五十音・1文字・3文字など種類別に言葉を集めたテキストの中から練習したいテキストを選ぶ。

指点字に変換されたテキストを、盲ろう者の指に装着した振動子で受信する。

テキストを理解できたかどうか。

a.理解できなかった場合、「もう一度送れ」の意味の信号を点字キーボードよりパソコンに送り、同じ言葉を再送信させる。

b.理解できた場合、その理解した通りに点字キーボードより入力する。

パソコンに送り返されたデータと、振動子に送ったデータとが同じであるか判定される。

a.不正解だった場合は、「不正解である」と伝えられた後、一定時間後に再び同じ文字が振動子に送られる。

b.正解だった場合は、次の言葉に移る。

練習終了。アプリケーションの終了は、テキストの言葉全てを練習した時であり、この時「終了」の意味の振動が振動子に伝えられる。

実際に使用する際は以下の決まりに沿って動作する。

- ・右のボタンは「テキストを送れ」、左のボタンは「入力したデータを送る」。
- ・正解なら左手が振動し、不正解なら右手が振動する。
- ・終了の合図は全部が振動する。

以上が、練習用アプリケーションの動作についての説明である。

本システムの機能や操作性を評価することを目的に、盲ろうの方を対象にした評価を実施した。対象は、全盲、全聾の障害を有する盲ろう女性1名である。開発したアプリケーションを実際に使用していただき、それについての意見を聴取した。図2-18に評価時の様子を示す。

評価の結果、開発したアプリケーションは指点字練習用アプリケーションとして機能することが確認された。練習手順、操作手順については概ね分かり易いとの評価を得た。ただし、送信要求をしてからテキストが送られてくるまでの時間間隔が短すぎるという意見があった。また、点字キーボードに入力されたキーの誤判定があった。

以上の結果より、本システムが練習用アプリケーションとして機能することは確認されたが、一方で、振動の呈示条件や正しいキー判定のための改良等を施す必要があることが分かった。

今後は、これらの問題点を改善し、より効果的な練習用システムを作成していく必要がある。



図2-18 評価時の様子

第7節 第2章のまとめ

本章では、指点字支援システムについて述べた。他のコミュニケーション法に比べて、伝達速度が速く、高度な内容を伝達できる指点字に着目し、通訳者なしでも指点字を使用する盲ろう者と指点字を知らない健常者が就労環境においてコミュニケーションできるシステムの構築を目指した。

第2節では、予備実験により、時系列に呈示される2つの振動の弁別閾値が10msであることを求めた。

第3節では、この弁別閾値を基に指点字認識実験をおこない、振動時間 $T1=200[ms]$ 、振動間隔時間 $T2=400[ms]$ の場合の認識率が、全ての文字数において90%以上となることがわかった。

第4節では、この条件を基にコミュニケーション評価実験をおこない、本システムにおいて通訳者なしで盲ろう者と健常者のコミュニケーションが成立することが確認された。

第5節では、外出先で移動しながら使用できるような携帯型装置の開発について述べた。回路を携帯可能な程度に小型化することができた。

第6節では、指点字を修得していない盲ろう者を対象とした指点字練習システムについて述べた。評価の結果、指点字練習用アプリケーションとして機能することは確認されたが、呈示条件やキー判定等の改善しなければならない項目が示された。

本研究の結果、構築した指点字支援システムが有効に機能することが確認された。

最近ではインターネットへの常時接続が有線・無線の双方で低価格による利用が可能となってきたので、TCP/IP等のインターネットのプロトコルに対応することにより、遠隔コミュニケーションで利用することも技術的に可能である。また、モデム等を介しての電話回線での利用も技術的に可能である。今後、本システムのさらなる応用が期待される。

引用文献

- 1) 星野俊行, 清澤徹, 大竹勉, 米澤義道: 指点字表示のための最適刺激モードの検討, 「電子情報通信学会論文誌 A」 Vol. J81-A No.9: pp.1273-1279 (1998)

参考文献

- 1) 大山他編: 新編 感覚・知覚心理学ハンドブック, 「誠信書房」(1994)
- 2) 坂井忠裕, 近藤悟, 関口卓司: 「受動的触知による点字情報伝達方式の一検討」, テレビジョン学会技術報告 VIS96-63:65-71, 1996.

