

## H2BCom: 手から手へ伝える通信

村瀬慶祐<sup>†1</sup> 伊藤翼<sup>†1</sup> 斉藤裕樹<sup>†2</sup>  
THEVILOJANAPONG Niwat<sup>†3</sup> 戸辺義人<sup>†1</sup>

近年、スマートフォンが普及し様々な場面で SNS など文字を読み書きする機会が増加している。その際、使用するスマートフォンの入力装置は、音声入力なども普及しつつあるが精度や使用する場面が限られていることから視覚に依存したソフトキーボード入力が主流である。また、出力装置においても音声出力などが存在するが使用場面が限られており、ディスプレイ表示という視覚に依存したものをを用いている。我々は、送信受信共に視覚に依存せず手の触覚を用いて、近距離にある端末間でメッセージを伝えるシステムとして H2BCom を提案する。本稿では、H2BCom の概要、設計、Android スマートフォンに対する実装と評価について述べる。

## H2BCom: Hand to Hand Instant Message Communication

KEISUKE MURASE<sup>†1</sup> TSUBASA ITO<sup>†1</sup> HIROKI SAITO<sup>†2</sup>  
NIWAT THEVILOJANAPONG<sup>†3</sup> YOSHITO TOBE<sup>†1</sup>

Nowadays, the opportunities to read and write short messages are increasing in various scenes such as in SNS as the popularity of smartphones increases. In such occasions, we rely on "vision" for input; using soft keyboards is common although voice input is partially used. In addition, we also use "vision" for output in reading received messages. In this study we explore a way not to rely on "vision" but "touch" both for input and output for exchanging short messages between nearby smartphone users. The proposed system is called H2BCom and the design and implementation of H2BCom with some preliminary evaluations is presented in this paper.

### 1. はじめに

人と人のコミュニケーションにおいて、タッチスクリーンが使用可能なスマートフォン利用拡大に伴い、音声通信に代わり、データ通信の比重が増してきた。この傾向は、古くはインターネットの登場によりテキストメッセージを使うことが多くなってきたことに始まり、最近でも携帯電話で電子メールを交換することが多くなったことで、以前から見られたことである。しかし、ごく最近のチャット型 SNS (Social Network Service) は、この傾向をさらに加速させており、人と人との間で指を使って通信することはごくありふれたことになってきた。電話による音声通信を同期型、電子メールによるメッセージ通信を非同期型と分類するならば、チャット型 SNS はどちらの性質も兼ね備え、半同期型という言い方ができる。この事情は、日本国内の大都市では顕著表れる。なぜなら、公共交通機関乗車時に音声通話を控えるように頻繁に促されるからである。

さて、こうした「指」による半同期型通信の是非を論じるよりも、コミュニケーションの手段を増やすことは有意義であると、我々は考える。その中で、スマートフォンを用いて完全に手・指だけで通信ができれば通信利用場面が

さらに拡大すると期待できる。しかし、このためには、メッセージの送受信両方においてユーザが画面を閲覧しなくてよい方法を取らなくてはならない。受信時には振動でメッセージを伝えるという方法が先行研究で示されている。そうであれば送信も直接振動、あるいは振動に変換可能な情報を与えるという考えに行き着く。

以上の考えから、我々は、H2BCom (Hand-to-Hand-on-Bluetooth Communication) を設計し、Bluetooth 通信が可能な Android に実装した。H2BCom においては、メッセージの符号化にモールス符号を用い、送信画面のタップ時間の長短をモールス符号化する。プロトコルスタックにおいては、手を最上位層とし、フロー制御は最終的に手間で行うこととし、送信側においては画面をタップできないということを経験として示す。

本稿では、H2BCom の基本アーキテクチャ、設計、Android 上の実装と、簡単な評価実験結果を報告する。以下、2 章で H2BCom の関連研究について述べる。3 章では、H2BCom を実装するにあたっての設計について述べる。4 章では、H2BCom の実装について述べる。5 章では、H2BCom の評価実験の内容、結果について述べる。6 章では、5 章で行った評価実験を踏まえての考察を述べる。7 章では、本稿のまとめを述べる。

### 2. 関連研究

本章では、H2BCom の関連研究について述べる。

<sup>†1</sup> 青山学院大学理工学部情報テクノロジー学科  
Department of Integrated Information Technology, Aoyama University  
<sup>†2</sup> 明治大学総合数理学部先端メディアサイエンス学科  
Department of Frontier Media Science, Meiji University  
<sup>†3</sup> 三重大学工学研究科情報工学専攻  
Department of Information Engineering, Mie University

Vinteraction[1]は、慶應義塾大学の米澤拓郎氏らによって提案された振動モータと加速度センサを組合せて活用することによって他の端末へと情報を送信するシステムである。送信側の端末を受信側の端末の上に置き、送信側の端末を入力メッセージに従って振動させ、受信側の端末は加速度センサを用いて振動を検出し、メッセージを復号する。Vinteraction では、送信する情報を二進数に変換し各ビットの 0 を振動なし、1 を振動ありとして振動を発生させている。I. Hwang らは、Vinteraction と同じ技術を提案している [2]。

ComTouch[3]は、MIT Media Lab の Chang, A らによって提案された、触覚のチャンネルを用いて音声を補完することによって個人間のコミュニケーションを豊かにするもので、ユーザ間でリアルタイムに手の圧力を振動強度に変換することによって遠隔音声通信をタッチによって強化するというものである。

慶應義塾大学の中村敦史と中西美和はコミュニケーションに振動を使用する方法を提案した[4]。これは、コンテンツに対応した振動を伴った情報を交換する機能を実現することを目的としており、実験を通して彼らは、振動パターンと手に PDA デバイスを持っている送信者と受信者によって呼び起こされた感情との間に関係性を示した。

Pressages[5]は、ヘルシンキ大学の Eve Hoggan らによって提案された、モバイル同期触覚コミュニケーションシステムで通話を増強することを狙いとするもので、通話中にユーザが端末の側面を強く握ることによって、圧力の強さを受信者の端末上で振動としてマッピングするものである。実験室ベースの研究と小さなフィールド調査の結果、現実世界が Pressages を通じて挨拶や存在感、感情を表現するようになることでコミュニケーションチャンネルとしての価値を有するということが示されている。

携帯電話のインタラクティブリティやユーザビリティを向上させる為に、S.u.Rèhman と L.Liu は、1 ビット以上の情報を慎重に振動パターンを制御することにより、振動モータによって表現することができることを示している[6]。この論文では、どのように感情的な情報を抽出したり、振動触覚符号化方式を設計したり、振動触覚パターンを表現するかを説明している。また彼らは、どのように携帯電話を他人の感情的な情報を感知することができるようにし、視覚障害者のための社会的インタフェースに当てるかを説明している。

スマート点字は、フリックとタップを用いてスマートフォンで点字を入力するアプリケーションである[7]。点字は横 2 点、縦 3 点によって構成されており、それを 1 段目から順に左右のフリックで点の有無を確定し、タップをすることで 2 段目へと移るというシステムである。これは、フリックとタップを用いることで視覚に依存しない文字入力を行うという点において本稿に関連するが、本稿とは視覚

に依存せずに文字を読み取るという点において異なる。

### 3. H2BCom の設計

本章では、H2BCom システムの全体の設計の流れを述べる。

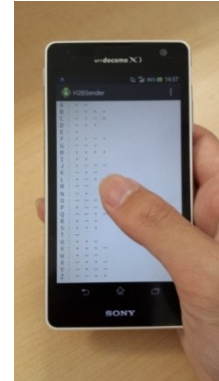


図 3.1 H2BCom Sender 側使用時の画面

H2BCom は、視覚に依存すること無く触覚を用いて文字情報を送受信することを想定し、データを送信する側の Sender と受信する側の Receiver で構成する。操作は視覚に依存しないためにシングルタップ(画面に 1 回軽く触れる)、ロングタップ(画面の同じ場所を長押しする)、フリック(画面に触れた指を少しだけスライドさせる)によって行う。また、視覚に依存せずに操作するために図 3.1 のように画面にボタンが存在せず、画面全体で操作が可能である。Sender か Receiver かはアプリ起動時に選択する。Sender と Receiver は半二重通信をし、メッセージのやり取りをする。その際、メッセージの最後に AR (送信終了符号) を入力することで Sender と Receiver の機能を切り替えることができる。また、H2BCom は近距離無線通信として Bluetooth を用いる。

#### 3.1 インタフェース

我々は、H2BCom の Sender と Receiver を設計するにあたって専用のインタフェースを定義した。図 3.2 に H2BCom における各インタフェースを示し、その各々の役割について以下で説明する。

Hand-to-touch (HT) インタフェースは、ユーザの手とスマートフォンの画面の間に存在し、ユーザはスマートフォンの画面をタップすることで擬似モルルス符号によって文字を入力する。

Touch-to-data (TD) インタフェースは、スマートフォンの画面がタップされることで入力されたデータを VibPattern へと変換する。

Data-to-data (DD) インタフェースは、Bluetooth を使用しスマートフォン間のデータの送受信を担当する。

Data-to-vibration (DV) インタフェースは、Sender から受け取った VibPattern をバイブレーションに変換し、再生す

る。

Vibration-to-hand (VD) インタフェースは、スマートフォンとユーザの手の間に存在し、ユーザの手にバイブレーションによってメッセージを伝える。

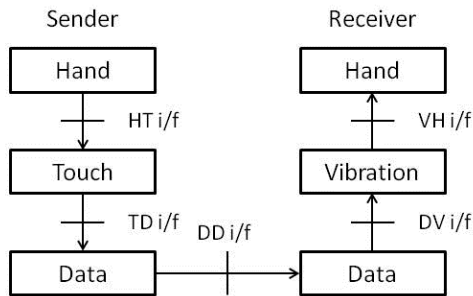


図 3.2 H2BCom のインタフェース

### 3.2 データフロー

図 3.3 に H2BCom の Sender と Receiver 間の通信の流れを示し、その手順を以下に示す。

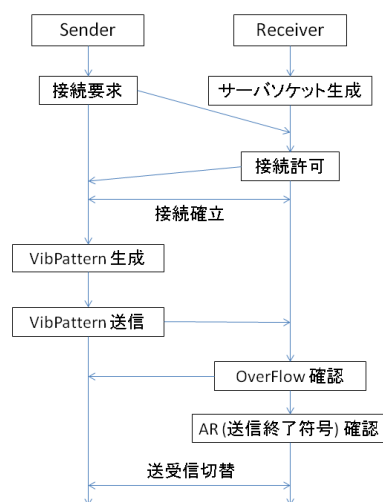


図 3.3 H2BCom の通信の流れ

- 手順 1: Receiver がサーバソケットを生成する。
- 手順 2: Sender が目的の Receiver に接続要求を出す。
- 手順 3: Receiver が Sender に接続許可を出し、接続を確立する。
- 手順 4: Sender が HT インタフェースで得られた値から VibPattern を生成する。VibPattern の生成方法は後述する。
- 手順 5: Sender が VibPattern を Receiver に送信する。
- 手順 6: Receiver は受け取った VibPattern を ArrayList に保管し、リストが OverFlow していないかを確認する。OverFlow をしている場合は OverFlow メッセージを送る。その際の処理は後述する。
- 手順 7: VibPattern の最後に AR (送信終了符号)が入っているかを確認し、入っていれば Sender と

Receiver の機能を切り替える。

以下、手順 4 から手順 7 までを任意の回数まで繰り返す。

### 3.3 符号化

H2BCom では、HT インタフェースにおいて視覚に依存すること無く文字入力を行うためにモールス符号を用いている。

表 3.1 擬似モールス符号の時間対応表

$T_s$	短点 (シングルタップ) の時間	200ms
$T_l$	長点 (ロングタップ) の時間	600ms
$T_c$	各点間の時間	1000ms未滿
$T_{c'}$	文字と文字の間の時間	1000ms以上
$T_{c''}$	フリング操作後の時間	何msでも良い

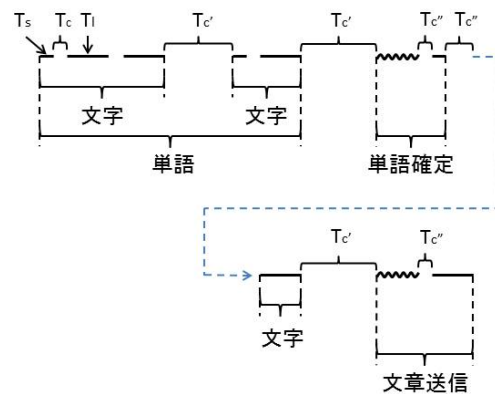


図 3.4 擬似モールス符号例図

表 3.2 モールス符号と VibPattern の対応例

モールス符号		.	-	.		
VibPattern	0	200	200	600	200	200

国際モールス符号は短点 (・) と長点 (-) を組み合わせ、アルファベットや数字などを表現するものであり、長点 1 つは短点 3 つ分の長さに対応し、各点の間は短点 1 つ分の間隔をあけ、文字と文字の間は短点 3 つ分、単語と単語の間は短点 7 つ分あけて区別すると決まっている[8]。しかし、この基準となる短点と頂点の長さは一定の時間として決まっておらず可変的である。そこで、H2BCom では表 3.1 のように短点の時間を 200ms、長点の時間を 600ms と定義した。また、様々なユーザが使用することを想定し、各点間の時間を国際モールス符号に則った 200ms ではなく 1000ms とし、1000ms 未滿なら文字として確定せずに続け、1000ms 以上なら文字として確定する図 3.4 のような擬似モールス符号を利用することとした。また、擬似モールス符号では単語間の時間を短点 7 つ分ではなくフリングをすることによって単語として確定することとした。

TD インタフェースにおいて生成される VibPattern は、表 3.2 のように空白時間と振動時間の組み合わせでできており、短点と長点の時間は前述の通り 200ms と 600ms であるが、空白時間は国際モールス符号に則り各点間を 200ms、文字間を 600ms、単語間を 1400ms としている。これは、空白時間を擬似モールス符号の入力に合わせてしまうと各点間と文字間、単語間を区別するのが困難になってしまうためである。

Sender と Receiver の切り替えをするにあたって H2BCom では電信略符号の AR(All Received)[9]を文章の末尾に入力する。この AR は A と R で分けず AR (・ー・ー・) と連続して入力する。また、VibPattern では振動・空白時間ではなく、そのまま AR として入力される。

### 3.4 復号化

DD インタフェースにおいて Receiver は Sender から VibPattern を受け取り、DV インタフェースで受け取った VibPattern に従って振動する。

Receiver が VibPattern を再生している際に、Sender が新たな VibPattern を送信してくる場合、Receiver は新たに受け取った VibPattern を ArrayList に保管する。また、Receiver は DV インタフェースにおいて ArrayList の最初の VibPattern を再生し、任意のタイミングで ArrayList の最初の要素を削除することができる。ArrayList に保管できる VibPattern の数は最大 5 つであり、ArrayList の要素数が 5 になったとき、Overflow メッセージを Sender に送信する。Sender は Receiver から Overflow メッセージを受け取ると Receiver の ArrayList の要素数が 4 以下になるまで操作することができなくなる。これは、Sender と Receiver の間の意思の齟齬を防ぐためである。

Receiver 側のユーザは、VibPattern を一度に理解することが困難であったり、再生速度が合わない場合があるので、必要に応じて再生速度を最大で 2 倍、最小で 1/2 倍まで変更し、再度同じ VibPattern を再生できるよう設計をした。

### 3.5 フロー制御

H2BCom では、Sender が送信する VibPattern に対して Receiver の処理が追いつかないとき、図 3.2 における HT・VH インタフェースを介することなく、TD・DD・DV インタフェース内で 3.4 節に記した再生速度調整やオーバーフロー処理などのフロー制御を行うよう設計した。

## 4. H2BCom の実装

H2BCom を Android アプリケーションとして実装するにあたって我々は、2 つのプラットフォームを使用した。1 つは Sony Xperia GX (Android OS 4.1.2) であり、もう 1 つは Samsung Galaxy S4 (Android OS 4.2.2) である。この 2 台の Bluetooth のペアリングが完了している状態で H2BCom を実装した。

Sender は HT インタフェースにおいて擬似モールス符号

を入力する際、gestureDetector を用いて短点 (シングルタップ) と長点 (ロングタップ) を区別している。また gestureDetector を使用することによってフリングの判定も可能となる。

擬似モールス符号の短点と長点の組合せを時間経過で確定させるために、onTouchEvent で取得した MotionEvent の値が ACTION\_UP の時に Timer クラスのコンストラクタ timer を生成し、schedule メソッドを使用して 1000ms 後に文字として確定する letter メソッドを実行するようにした。そして、1000ms 以内に gestureDetector の onDown メソッドが使用された場合、Timer クラスの cancel メソッドを使用して schedule メソッドを停止するようにした。また、cancel メソッドを対応する schedule メソッドに使用して停止させるために timer コンストラクタを生成時の時間と共に HashMap に格納し、cancel メソッドを使用する際、HashMap の中から最も古い時間のキーを検索し、その値に cancel メソッドを使用している。

Receiver は、DD インタフェースにおいて受け取った VibPattern を最大 5 つまで ArrayList に格納し、ArrayList の先頭の要素から順に再生する。この際、Receiver は、その VibPattern を読み取れるまで何度でも同じものを再生できる。読み取れた後は、画面をロングタップすることで ArrayList の先頭の要素を削除し、次の VibPattern を再生する。また、ArrayList の要素数が 5 つを超えると Overflow メッセージを Sender に送信する。Sender は Overflow メッセージを受け取ると、Overflowflag が true となり、gestureDetector が使用できなくなる。これにより Sender は一切の操作ができなくなる。また、この状態の時に画面を操作しようすると短いバイブレーションが 2 回鳴って使用者に知らせるようになっていた。Receiver が VibPattern を読み取り、画面をロングタップして ArrayList の要素数が 5 つ未満になると NotOverflow メッセージを Sender に送信し、これを Sender が受け取ると Overflowflag が false となり、Sender の操作が可能となる。また、この際も Sender は短いバイブレーションが 2 回鳴り使用者に知らせるようになっていた。

Receiver は、DV インタフェースにおいて ArrayList から VibPattern を再生する際、dispatchKeyEvent を用いることで音量ボタンを判別し、音量 UP ボタンを押すと再生しているバイブレーションを cancel メソッドを使用して停止して、VibPattern の中身を  $1/\sqrt{2}$  倍して再生する。音量 DOWN ボタンを押した際は、同様にバイブレーションを停止し、VibPattern の中身を  $\sqrt{2}$  倍して再生する。再生速度の変更はそれぞれ 2 段階まで変更することが可能であり、最大で 1/2 倍、最小で 2 倍まで再生速度を変更することが可能である。

## 5. 評価

Sony Xperia GX (Android OS 4.1.2) 及び Samsung Galaxy

S4 (Android OS 4.2.2) を用いて H2BCom の主観的評価と客観的評価を行った結果について述べる。

### 5.1 主観的評価

まず、H2BCom の Sender におけるスループットを求めるために、5 人の被験者に Galaxy S4 を使用して最も入力時間の短い E (・) と最も入力時間の長い J (・――) を 30 回連続で入力してもらい、その時間を測定し、これを 10 回ずつ行った。そして、入力した回数 30 を計測した時間で割り、平均を取ることでスループットの最高値  $v_{smax}$ [字/s] と最低値  $v_{smin}$ [字/s] を計算した。その結果を表 5.1 に示す。

表 5.1 H2BCom のスループット

	平均値	標準偏差
$v_{smax}$	0.73	0.03
$v_{smin}$	0.17	0.01
$v_{rrcg}$ (Xperia GX)	6.64	0.70
$v_{rrcg}$ (Galaxy S4)	6.58	0.88

次に、Xperia GX と Galaxy S4 の振動させる周期を 10Hz から徐々に上げていき、各端末の機械的最低周波数  $v_{rmech}$ [Hz] を計測した。その結果、Xperia GX の  $v_{rmech}$  は 333.33Hz、Galaxy S4 の  $v_{rmech}$  は 500.00Hz となった。

最後に、5 人の被験者に振動の音で回数を判定しないように耳栓をした状態で端末を手にとってもらい、端末を一定の周波数で 10 回振動させ、その周波数を増減させて振動回数を意識せずに認識できる周波数  $v_{rrcg}$ [Hz] を Xperia GX 及び Galaxy S4 で計測した。その結果を表 5.1 に示す。

### 5.2 客観的評価

次に、32 人の様々な年齢の被験者に、実際に Galaxy S4 にインストールされた H2BCom を利用して、2 つの例文 (HELLO THIS IS JOHN [AR], PLEASE WAIT [AR]) と自由な文章を 1 つ入力してもらい、読み取ってもらった。その後、H2BCom の使いやすさと実用性を評価するために、難しい (1)、やや難しい (2)、普通 (3)、やや簡単 (4)、簡単 (5) の 5 段階で 2 つの質問をした。質問の内容は以下のとおりである。

- Q1. メッセージを入力するのは容易でしたか。
- Q2. 受け取ったメッセージを解釈するのは容易でしたか。

質問の結果をまとめ、平均値と標準偏差を計算した結果、入力に関する質問である Q1 の平均値は 2.59 であり、標準偏差は 1.47 となった。また、読み取りに関する質問である Q2 の平均値は 1.56 であり、標準偏差は 2.01 となった。この結果をまとめグラフ化したものを図 5.1 に示す。

また、この結果を 20 代の被験者と 20 代以外の被験者に分けて計算し、グラフにまとめると図 5.2 のようになった。図 5.2 から入力に関する質問である Q1 の平均値は、20 代で 2.87、標準偏差は 1.41 であり、20 代以外の平均値は

2.31、標準偏差は 1.57 となった。また、読み取りに関する質問である Q2 の平均値は、20 代で 1.50、標準偏差は 2.06 であり、20 代以外の平均値は 1.62、標準偏差は 1.97 というあまり芳しくない結果となった。このような結果が得られた原因の 1 つに入出力ともに学んだことのないモルルス符号を使用していることが挙げられる。

このことから特に 20 代の学生に絞ってモルルス符号の勉強をもらい、勉強前後でどのように評価が変化したかを図 5.3 にグラフとしてまとめた。その結果、モルルス符号を勉強する前の Q1 の平均値が 2.60、標準偏差が 1.47、Q2 の平均値が 1.20、標準偏差が 2.29 であるのに対して、勉強後の Q1 の平均値は 4.60、標準偏差は 2.14、Q2 の平均値は 2.20、標準偏差は 1.62 とモルルス符号を勉強する前後では、使用後の評価に大きな違いが見られた。

最後に、被験者にどんな場面で H2BCom を使用したいかという質問をした結果、災害時などの非常時の際で画面が見えないとき、秘密裏にメッセージを送信したいとき、といった意見が多く見られた

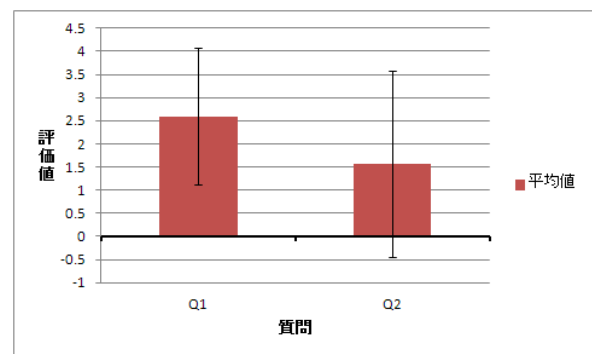


図 5.1 全年代の平均値と標準偏差

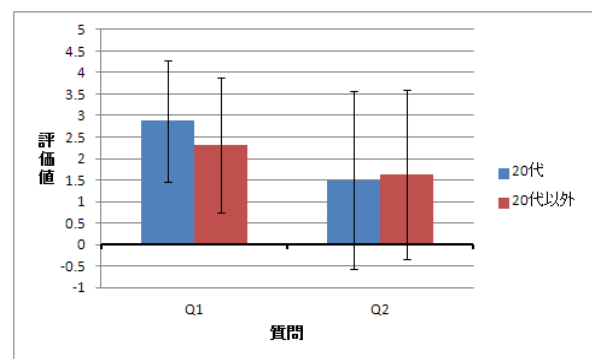


図 5.2 20 代と 20 代以外の平均値と標準偏差

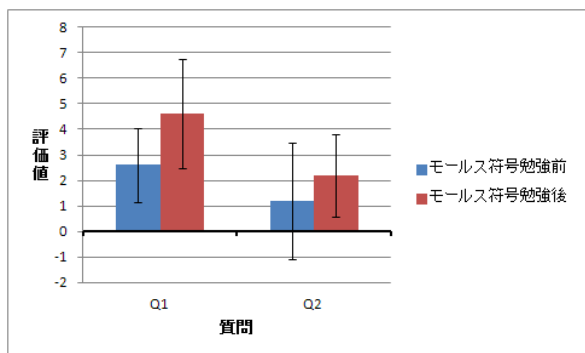


図 5.3 モールス符号勉強前後の評価変化

## 6. 考察

主観の評価で求めた機械的最高周波数  $\nu_{rmech}$  は表 5.1 の人が認識することのできる周波数  $\nu_{rrcg}$  と比べて、 $\nu_{rmech} > \nu_{rrcg}$  が成り立ち、また大きな差があることからスマートフォンに搭載されている振動機の性能は、人がモールス符号を読み取るには十分な性能を有しており、H2BCom を使用するにあたって端末の機種依存性はないといえる。また、表 5.1 の Sender のスループットの最高値  $\nu_{smax}$  及び最低値  $\nu_{smin}$  より、他のキーボード入力やフリック入力に比べて H2BCom では視覚に依存しない入力としてモールス符号を用いたため、文字ごとに入力速度に差が見られ、最速で 1 文字あたり 1.36 秒かかり最も遅いものと 1 文字あたり 5.84 秒かかることが分かる。

次に、客観の評価で求めた図 5.1 より H2BCom を使用し文字を送受信するにあたって、全年代で送信するよりも受信するほうが困難であるということが分かる。しかし、標準偏差から分かるとおり受信側は特にバラつきが大きく、モールス符号を理解している、触覚による振動の認識力が高いといった個人差が大きく影響しているといえる。また、図 5.2 より 20 代のみの結果を見ても受信側においては 20 代以外の結果と大差がなくモールス符号を読み解くのは困難であると分かる。しかし、送信側において 20 代は 20 代以外と比べて 0.5 ポイントほど高く、これは 20 代の方が 20 代以外と比べて普段のスマートフォン使用率が高いことが起因していると考えられる。また、図 5.3 よりモールス符号の勉強前後で評価に大きく差があり、モールス符号を勉強することによって H2BCom の使用感は大きく向上することが認められる。しかしその一方で、やはり H2BCom を使用し、振動を用いてモールス符号を読み取ることは入力することに比べ難しく、H2BCom を十二分に使用するにはモールス符号の読み取りに関しての訓練を長期にわたってする必要があるといえる。

## 7. まとめ

本稿では、振動を利用することによって視覚に依存せず

に文字を入力、送信し、読み取る H2BCom について述べた。H2BCom は、タッチパネルとバイブレーション及び Bluetooth を用いることによって、2 台のスマートフォン間で擬似モールス符号によるメッセージのやり取りを可能にした。これは、現在のスマートフォンの主流である視覚に依存したソフトウェアキーボード入力と比べ、手・指という触覚のみを使用し通信をすることによって通信利用場面をさらに拡大することができる。

また、H2BCom におけるモールス符号の読み取りが難しいという問題については、視覚を使用して文字を読み取るのとは異なり、リアルタイムで文字が流れていくために自分のペースで読むことができないことが原因であり、設定で 1 文字ずつ再生が止まるようにする必要がある。今後は、モールス符号以外で用途を限定したエンコーディング手法を開発する予定である。

## 参考文献

- 1) 米澤拓郎, 中澤仁, 永田智大, 徳田英幸: Vinteraction: スマートフォン端末のための振動を利用した情報送信インタラクション, 情報処理学会論文誌, Vol.54, No.4, pp.1498-1506 (2013).
- 2) Hwang, I. and Cho, J. and Oh, S.: Privacy-Aware Communication for Smartphones Using Vibration, 2nd Workshop on Cyber-Physical Systems, Networks, and Applications (CPSNA 2012), pp.447-452 (2012).
- 3) Chang, A. and O'Modhrain, S. and Jacob, R. and Gunther, E. and Ishii, H.: ComTouch: Design of a Vibrotactile Communication Device, 4th Conference on Designing Interactive Systems: Processes, Practices, Methods, and Techniques (DIS 2002), pp.312-320 (2002).
- 4) Nakamura, A. and Nakanishi, M.: Tactile Vibration of Personal Digital Assistants for Conveying Feelings, 15th International Conference on Human Interface and the Management of Information: Information and Interaction for Health, Safety, Mobility and Complex Environments, Vol.PartII, pp.400-410 (2013).
- 5) Hoggan, E. and Stewart, C. and Haverinen, L. and Jacucci, G. and Lantz, V.: Pressages: Augmenting Phone Calls With Non-Verbal Messages, 25th Annual ACM symposium on User Interface Software and Technology (UIST 2012), pp.555-562 (2012).
- 6) R hman, S. u. and Liu, L.: iFeeling: Vibrotactile Rendering of Human Emotions on Mobile Phones, Mobile Multimedia Processing Lecture Notes in Computer Science, Vol.5960, pp.1-20 (2010).
- 7) 長谷川貞夫: スマート点字: スマートフォンで点字を入力する [http://ubq-brl.at.webry.info/201112/article\\_1.html](http://ubq-brl.at.webry.info/201112/article_1.html), (2011).
- 8) 魚留元章: 電鍵の歴史・操作・メンテナンス・コレクション モールス・キーと電信の世界, CQ 出版社, pp.142-143 (2005).
- 9) the International Amateur Radio Club, 4U1ITU: ITU-R M.1172 Miscellaneous abbreviations and signals to be used in radiotelegraphy communications in the maritime mobile service [http://life.itu.int/radioclub/rr/m1172\\_2.htm](http://life.itu.int/radioclub/rr/m1172_2.htm).