

# ワイヤレス糸電話を用いた遠隔コミュニケーションの提案

田辺 健<sup>1</sup> 高田 峻介<sup>1</sup> 藪内 聖也<sup>1</sup> 上村 康輔<sup>1</sup>

**概要:** 糸電話は二人のユーザを糸で結び、会話ができる玩具である。また、音声に加えて、糸を張るという行為から、自らの力を相手に伝えることができる。しかし糸の長さに限界があり、限られた範囲でしか利用できないという問題がある。そこで我々は、糸電話が持つ特性をそのままにし、ワイヤレス化することによって、物理的な制約を受けないバーチャルな糸電話を提案する。ワイヤレス糸電話は、糸と紙コップを介し、音声情報及び糸を引っ張った際の力覚情報をワイヤレスで相手に伝えることができる。本稿では、糸電話をワイヤレス化するための手法について述べ、また、本デバイスの体験者に対するアンケート調査結果について報告する。

## Telecommunication Using Wireless String Telephone

TANABE TAKESHI<sup>1</sup> TAKADA RYOSUKE<sup>1</sup> YABUCHI SEIYA<sup>1</sup> KAMIMURA KOUSUKE<sup>1</sup>

**Abstract:** String telephone is a toy which allows two people to talk with cups linked by a string. It is the simplest communication tool which can show the connection between people. However, the length of the string has a limit. In this paper, we propose extended string telephone. Radio communication system makes the string telephone wireless and we reconstruct the connection between people. It is a virtual string telephone and doesn't care the distance. Wireless string telephone can send not only the acoustic information but also the haptic information to each other.

### 1. はじめに

現在、携帯電話の普及と共に、遠隔地とのコミュニケーションが容易となった。これらのコミュニケーションには主に音声・映像が多く用いられる。しかし、音声・映像のみだと、相手と触れ合うことができず、感情の共有が難しい。この問題に対して、遠隔地間のコミュニケーションにおいて、触覚・力覚情報を伝送する研究が行われている。例えば、inTouch[1]は離れた場所にある2本の棒の回転を同期させることにより、まるで1本の棒の棒であるかのように再現し、離れた相手と棒を共有することができる。RobotPHONE[2]は電話機にぬいぐるみを用いることで、音声のみではなく、ロボットを介して身振り、手振り、力を伝送することができる。また、接吻を用いた手法 [3] や握手を用いた手法 [4] が行われている。

我々は、遠隔地間のコミュニケーションにおいて、シン

ブルかつ直感的に行うことができる方法はないかと考えた。そこで、ほとんどの人が幼少期遊んだことのある糸電話に着目した。糸電話とは、音声を糸の振動に変換して伝送し、再び音声に変換することによって離れた2点間で会話ができるように作られた玩具である。最もシンプルに人と人のつながりを表現することができ、老若男女問わず直感的に使用できるコミュニケーションツールである。また、話者と聴者が明確になるという性質から、相手の話を妨げることなく受け取り、返答するという言葉のキャッチボールを行うデバイスとしても優れていることが分かる。さらに、糸を張るという行為から、自らの力を相手に伝えることができ、通常の電話では行えない物理的なやり取りも可能である。しかし、糸電話には糸の長さによる物理的な制約がある。糸電話は500mの距離でも音声の伝送が可能と報告されている [5] が、直線上のみでしか利用できず、遠隔地間でのコミュニケーションには向かない。

そこで、本研究の目的は糸電話が持つ特性を活かしつつ、間をワイヤレス化することによって糸の物理的な制約を受

<sup>1</sup> 神戸市立工業高等専門学校 専攻科  
Kobe city College of Technology Advanced Courses

けない「ワイヤレス糸電話」を開発する。ワイヤレス糸電話を用いて、ひっぱり合いなどの物理的なやりとりをしながら、言葉のキャッチボールを行うというコミュニケーション方法の確立を目指す。

## 2. デバイスの概要

図1にデバイスの外観を示す。ワイヤレス糸電話は糸電話が持つ特性を失わずに、ワイヤレス化したコミュニケーションデバイスである。ユーザは通常の糸電話と同じように、紙コップと糸で構成されたデバイスを利用し、以下の体験をワイヤレスで行える。

- 糸電話を通じた音声のやり取りができる。
- 糸を引っ張った際の力を伝送することで、物理的な糸のつながりを体験できる。
- 糸による物理的な制約が無いため、離れた相手と糸電話ができる。

以上の感覚提示により、ワイヤレスで本質的に糸電話を再現する。

ひも状のものを用いて引っ張る力をワイヤレスで伝送する手法として、三好らのマルチラテラル制御を用いた遠隔地間の綱引きがある [6]。この手法では、綱引きを目的としているため、力覚情報のみしか伝送できない。本研究では、糸電話を本質的に再現するにあたって、糸の引っ張りという力覚情報に加えて、糸の振動による音声情報の入出力を1本の糸で実現する。

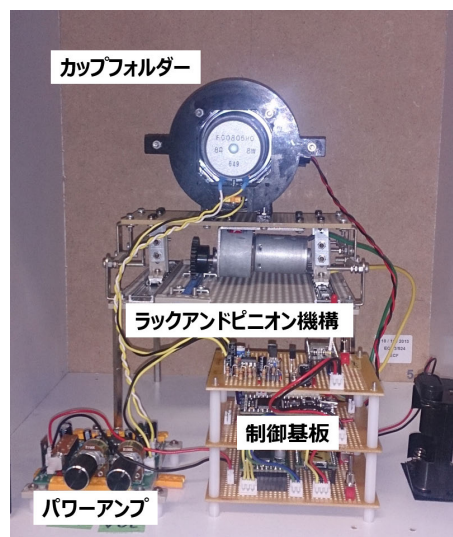
## 3. デバイスの構成

ワイヤレス糸電話は、2台1組で使用することを前提としており、音声情報・力覚情報を相手に伝送することができる。これらの情報伝送の制御は、それぞれ独立して行われており、音声送受信部と力覚提示部に分けられる。

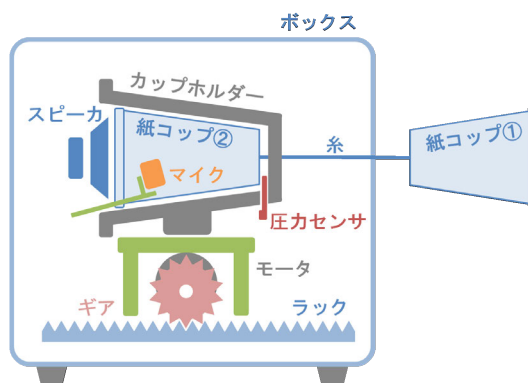
図2にワイヤレス糸電話の内部の構成を示す。デバイスの外部にユーザが使用する紙コップ①があり、その紙コップ①に糸を接続し、ボックス内部に設置した紙コップ②に接続する。1つのデバイスで1組の糸電話を構成し、紙コップ②に情報の入出力を行うことにより、ワイヤレスで糸電話のやり取りを行う。



図1 ワイヤレス糸電話の外観



(a) 背面図



(b) 断面図

図2 内部の構成

### 3.1 音声送受信部

図3に音声送受信部の構成を示す。音声送受信部は音声のやり取りをワイヤレスで伝送を行う。ユーザが紙コップ①に言葉を発すると糸が振動し、内部の紙コップ②から音声出力される。出力された音声をマイクにより、検出を行う。検出した音声はオペアンプで増幅し、Zigbeeを用いて送信を行う。Zigbee通信モジュールはTOCOS製TWE-Lite DIPを用いた。受信した音声は、ローパスフィルタで平滑化を行い、パワーアンプで増幅させる。増幅された音声信号は紙コップ②の口の部分に取り付けたスピーカから出力し、糸を振動させ、音声の伝送を行う。

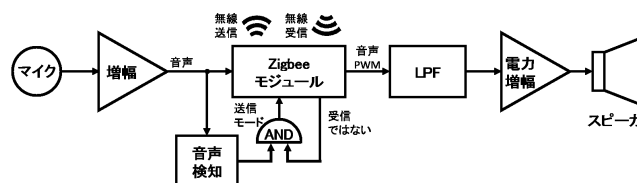


図3 音声送受信部の構成

### 3.2 力覚提示部

図4に力覚提示部の構成を示す．力覚提示部は糸の引っ張った際の力を相手にワイヤレスで伝送を行う．

糸の引っ張った際の力は，圧力センサにより検出を行う．紙コップ②を固定するためのカップフォルダーを3Dプリンタで作製し，紙コップ②の底のふちとカップフォルダーの間の圧力を検出している．検出した値は，マイコン(mbed NXP LCP1768)で処理を行い，Bluetoothにより相手側に送信する．

糸の振動(音声入出力)に影響を与えず，糸による力の提示を行うために，ラックアンドピニオン機構を用いた．相手から送信された力覚情報を受信したら，モータを回転させ，カップフォルダーを固定している台座をラックアンドピニオン機構により後ろにスライドさせ，糸を引っ張る．ボックスの内部と外部に構成した糸電話の状態を保持したまま，相手の引っ張った力の提示を行っているため，音声及び力覚の入出力を1本の糸で行うことができる．

糸の引っ張りの強さはマイコンから出力されるPWM信号のデューティ比を変え，変化させている．図5にデューティ比と引っ張る力の関係を示す．

## 4. 評価実験

### 4.1 アンケート調査

本デバイスは国際学生対抗バーチャルリアリティコンテスト(IVRC2014)に出展し，2014年10月23日～26日に

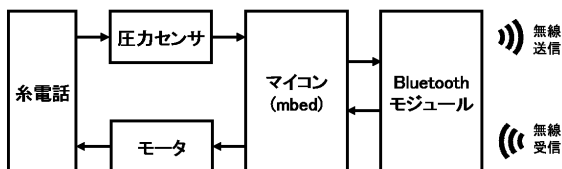


図4 力覚提示部の構成

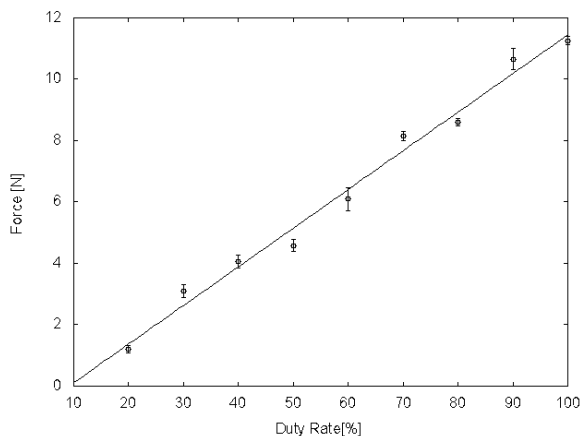


図5 デューティ比と引っ張る力の関係



図6 IVRC2014での展示の様子

表1 アンケート項目

設問	評価項目	質問内容
設問1	満足感	ワイヤレス糸電話は楽しかったですか？
設問2	音声伝送	音声は聞こえましたか？
設問3	力覚伝送	引っ張られた感覚はありましたか？
設問4	操作性	ワイヤレス糸電話の使い方は簡単でしたか？

日本科学未来館での決勝大会において4日間展示を行い，アンケート調査を行った．アンケート項目を表1に示す．本デバイスがインターフェースとして優れているかどうか評価するために，設問1，設問4において満足感，操作性の項目を設けた．また，情報が相手に伝送できているかどうかを評価するために設問2，設問4において音声伝送，力覚伝送の項目を設けた．

アンケートは最小値1，最大値5の5段階評価を行い，本デバイスの体験者に回答してもらった．回答数は94名(男性76名，女性16名，不明4名)である．図7にアンケート調査結果を示す．このアンケート結果より，各設問において，5点または4点をつけた回答者が8割以上いることから，評価点としては十分に高いと思われる．

また，設問1と設問4に対して，年齢間の検定統計量 $P$ 値を求めるために $t$ 検定を行った．図8に年齢別の結果を示す．棒グラフは年齢別の平均値，エラーバーは標準偏差を表している．有意水準 $\alpha = 0.05$ とした． $t$ 検定の結果，年齢間での有意差は見られなかった．評価点が高く年齢間において有意差がないことから，ワイヤレス糸電話は年齢問わず楽しく簡単に使用できるといえる．

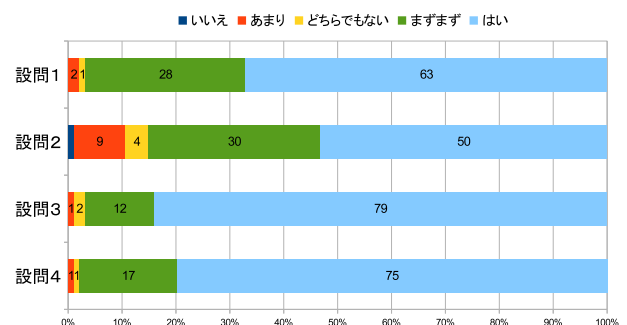


図7 アンケート調査結果

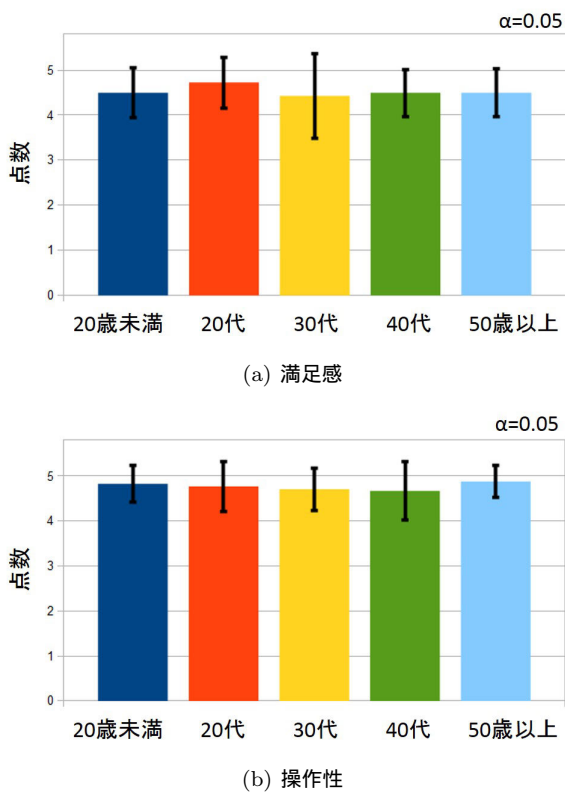


図 8 年齢別の回答結果

## 参考文献

- [1] Brave, S. and Dahley, A.: "inTouch: A Medium for Haptic Interpersonal Communication", Extended Abstracts of CHI '97, pp. 363-364, ACM Press, (1997).
- [2] D. Sekiguchi, M.Inami, S. Tachi: "RobotPHONE: RUI for Interpersonal Communication", CHI2001 Extended Abstracts, pp. 277-278, (2001).
- [3] 高橋宣裕, 國安裕生, 佐藤未知, 福嶋政期, 古川正紘, 橋本悠希, 梶本裕之: "「接吻」に着目した触覚コミュニケーションデバイス", インタクション 2011, (2011).
- [4] 和田侑也, 田中一晶, 中西英之: "遠隔握手の方法がソーシャルテレプレゼンスに与える影響", 情報処理学会研究報告. HCI, ヒューマンコンピュータインタラクション研究会報告, pp. 1-8, (2013).
- [5] 「大人の科学実験村 — WEB 連載 — 大人の科学.net」 <http://www.otonanokagaku.net/issue/lab/vol5/index.html> (2014/11/19 閲覧)
- [6] 三好孝典, 今村孝, 小山慎哉: "マルチラテラル遠隔制御によるインターネット上での仮想綱引きゲームの実現 (知覚情報研究会・触覚デバイスの高度化)" 電気学会研究会資料 PI= The papers of Technical Meeting on " Perception Information", IEE Japan, 電気学会, p. 11-16, (2014)

## 5. 今後の展望

以下に今後の展望を示す。

- 遠隔コミュニケーションにおいて、糸を用いた力覚情報の伝送が会話に対してどのような影響が出るかわかりやすくする。
- PC やスマートフォンとの連携を行い、web カメラによる映像の伝送を行う。
- LINE や Skype との連携を行い、通信距離を拡大し、汎用性を高める。

## 6. おわりに

本研究では遠隔コミュニケーションにおいて音声及び力覚情報を伝送できるワイヤレス糸電話を提案し、作製を行った。そして、ボックスの内部と外部で1組の糸電話を構成することにより、1本の糸に対して、音声情報・力覚情報の入出力が可能となり、糸電話のワイヤレス化が実現した。

また、IVRC2014 において展示を行い、体験者に対してアンケート調査を行った。その結果、本デバイスは年齢問わず楽しく簡単に使用できることがわかった。

謝辞 本研究を進めるにあたり、多大なる支援をして頂いた神戸高専 尾山匡浩 准教授に深謝いたします。