

# ミエナイトデンワ：遠隔地にいる相手の存在を感じながら音声通話できる糸電話型デバイスの提案

堀 洋祐<sup>1,a)</sup> 湯村 翼<sup>2,b)</sup>

**概要：**電話や Web 会議は、場所に関係なく会話ができるという利便性があるものの、相手の存在を意識することはあまりない。そこで、お互いに相手の存在を意識した通話を実現する糸電話型デバイスミエナイトデンワを提案する。本デバイスは「見えない糸で結ばれた糸電話」をコンセプトとし、デバイスが互いに向き合ったときのみ通話可能とする。これにより、相手の存在を強く意識することとなる。本研究では、ミエナイトデンワの設計と実装を行った。ミエナイトデンワは、スマートフォンと Bluetooth 接続する周辺デバイスとして開発した。会話にはスマートフォンの通話アプリケーションを利用する。デバイスは円柱形をしており、コップの底に装着して使用する。内蔵センサーの姿勢情報と位置情報を用い、相手の方向を向いたときのみ会話できるよう動作する。開発したミエナイトデンワを DIY イベントにて展示し、来場者に体験してもらった。本論文では、体験者からの感想をまとめ、ミエナイトデンワが生み出す体験について議論を行った。

## 1. はじめに

スマートフォンの電話機能や LINE や Skype, Web 会議アプリケーションを使って、相手がどこにいても簡単に相手と話すことができる。一方で、電話などの音声通話においては、遠隔地の相手との会話であっても、相手の存在をあまり意識せずに会話することが多い。特に携帯電話の場合は、場所や状況に関係なく音声通話ができることから、別のことをしながら電話（ながら電話）することも多い。また、Skype をはじめ、Zoom などの Web 会議アプリケーションは音声だけでなく、映像を使った会話ができる。これらの Web 会議アプリケーションは映像があり情報量が多い。しかし、例えば、東京と札幌のように遠隔地に住む人同士の会話であっても、遠隔地にいることを意識して会話することはほとんどない。もし遠隔地の人との会話において相手の場所を意識できれば、相手の存在をより強く感じながら通話できる。

そこで、遠隔地の相手のいる方向を意識し、お互いに相手の存在を感じながら通話できる方法を検討した。それは、互いに相手のいる方向を向いたときだけ通話できるというものである。お互いに相手のいる方向を向いたときだけ、通話ができるものとして、糸電話がある。糸電話は 2

個の紙コップと 1 本で構成されており、2 個のコップの底が糸で結ばれている構造となっている。糸電話で会話するときは、自分と相手がそれぞれコップを持って距離をとり、糸がピンと貼った状態、すなわちコップとコップの底が向かい合って、糸で一直線で結ばれた状態となる。コップに向かって話すと、その声が糸を伝って相手のコップに届く。相手の声も同様に糸を伝って自分のコップから聞こえてくる。本研究では、糸電話で会話するときに、お互いのコップが向かい合っているという状態に注目した。糸電話は糸が声を伝搬するため、会話できる距離が限られる。もし、遠隔地の人と会話できる「見えない糸」で結ばれた糸電話、すなわち糸電話と同じように、お互いのコップが向かい合っている状態のときだけ会話できるデバイスがあれば、相手の存在を意識した対話が可能になる。また糸電話というモチーフを用いることで、糸で結ばれている（相手と繋がっている）状態がイメージされる。

本研究では、「見えない糸」で結ばれた糸電話、ミエナイトデンワを提案する。ミエナイトデンワは紙コップ（もしくは使い捨てのプラスチックコップ）を用いた通話デバイスである。2 つのデバイスは遠隔地をつないで通話することができる。ただし、通話できるのは向かい合った時のみである。ミエナイトデンワを使って通話することで、相手の存在を意識した対話が可能になる。本研究では、ミエナイトデンワを設計し実装した。展示イベントにて体験展示を行い、体験者からの感想を得た。また、体験者からの感

<sup>1</sup> 無所属

<sup>2</sup> 北海道情報大学

<sup>a)</sup> kasanetarium@gmail.com

<sup>b)</sup> yumu@yumulab.org

想をまとめ、ミエナイトデンワによって得られる体験について議論を行った。

## 2. 関連研究

### 2.1 アンビエントディスプレイによるコミュニケーションの補間

これまでに遠隔地の人とのコミュニケーションツールとして、音声通話のようにコミュニケーションの主となる情報以外を使って、お互いの環境を伝える方法が報告されてきた。それはバックグラウンドの情報を通じて、自分や相手の情報をそれとなく伝えるという方法である。

Ishii らの研究では人はディスプレイといった主となる情報（フォアグラウンド）だけでなく、光や温度、音、空気の流れといったバックグラウンドからも情報を得ることができ、バックグラウンドを生かした情報提供をする空間、ambientROOMを提案した [1]。ambientROOMの中に光と音で情報を伝えるアンビエントメディアディスプレイを設置し、遠隔地にいる大切な人（配偶者や子供）の行動を天井に投影された光の波紋（光と影）で表現した。Shuzo らは遠隔地にいる人とのコミュニケーションを促すデバイス SHOJI を製作した [2]。SHOJI は LED の光の明るさや色を使って遠隔地にいる人の動きを伝えるデバイスであり、普段から離れて暮らす家族の動作をアンビエントな情報として表示することで、電話をしたときのコミュニケーションが活性化されることを確認した。椎尾らは、隔離されたオフィスでコーヒーを入れ始めたことを香りで伝える装置、Meeting Pot を提案した [3]。幸野らは、遠隔地の風の持つ感性的な情報を分かち合う装置として、風の情報を風鈴の音で伝える Fuchi-Furin を提案した [4]。

ミエナイトデンワでは、主となるコミュニケーションは通話である。相手のを向くために、相手のいる方向を意識する必要があるが、会話が進むにつれて、見えない糸で繋がっているという意識やお互いに向かい合っているという状況はバックグラウンドの情報となる。それにより通常の音声会話にはない、相手の存在を意識したコミュニケーション効果が期待できる。

### 2.2 行為によるテレグジスタンスの効果

Kuwamura らは人間のような形状をしたクッションの頭部に携帯電話を入れ、抱きしめながら会話をする Hugvie というテレグジスタンス・メディアを提案した [5]。Hugvie を抱きしめながら、相手と会話し一緒に映画を見ることで、遠隔地にいる相手の存在感が高まり、親密な関係が築けることを検証した。また通常の通話に、抱きしめるという感覚や、クッションの頭部に囁くように会話するという行為を加えることで、遠隔地の相手の存在を強く意識させることにつながっていることを、評価実験において確かめた。

ミエナイトデンワにおいて、糸電話で話しているような

感覚、相手と向かい合っているという状況や、相手のいる方向を探すという行為は、遠隔地の相手を強く意識させることに繋がり、テレグジスタンス・メディアとしての効果も期待できる。

### 2.3 情報の付加によるテレグジスタンスの強化

遠隔地の人の存在を意識する方法として、音声や映像に加えて、別の情報を伝送することで、遠隔地の相手がそこにいるように感じる技術が研究されてきた。Misawara は音声と映像に加えて、視線方向を伝達できるシステム LiveMask を提案した [6]。遠隔地の相手と同じ形状の顔型の立体スクリーンに本人の顔映像を伝送する。立体スクリーンはアクチュエータを使い、本人の顔の動きに合わせて駆動させることで、視線やより親しみやすい表情を伝送できる。Otsuka らは透過型にスクリーンに等身大の人物を投影し、計測された会話者の頭の動きに合わせてスクリーンの動きを再現するシステム MM-Space を提案した [7]。MM-Space を使うことで、遠隔地の相手とも対面しているかのような自然な会話を実現できることを確かめた。田中らは音声通話に加えて人に近いリアルな外見を持ったロボット（遠隔地の相手の動きや表情に合わせてロボットの動きや表情も変化する）を通して対話することで、遠隔地の相手のソーシャルテレグジスタンスが強化されることを確かめた [8]。

これらの研究は既存のビデオ会話や音声通話に加えて、首や視線、動き、存在をロボットに置き換えるなど、情報を付加することにより、遠隔地の相手の存在感を高めている。ミエナイトデンワにおいても通常の音声通話に加えて相手のいる方向という情報を付加することで、相手の存在感を高める。またこれらの先行研究は相手がある場にいるような感覚、リアルなテレグジスタンスを目指しているのに対して、ミエナイトデンワは相手が遠隔地にいるという感覚のまま、その存在を強く感じるものを目指している点が異なる。

### 2.4 遠隔地の相手と向かい合うデバイス

相手と向かい合うことによるコミュニケーションを実現するデバイスとして vinclu がある [9]。これはスマートフォンのイヤホンジャックに刺す鳥型のデバイスである。遠隔地にいる相手の方向を向くと鳥型のデバイス内部が発光し、お互いに向かい合った状態になったときに鳥の鳴き声を出す。普段意識することない、遠隔地の相手のいる方向を意識したコミュニケーションを実現する製品である。

ミエナイトデンワは vinclu と同様に、互いに向かい合っている状態を使って相手の存在を意識させる。vinclu では相手の方向を向くこと、互いに向かい合っていること自体を伝えることによる非言語コミュニケーションを実現している。一方でミエナイトデンワは主とするコミュニケー

ションは音声通話による言語コミュニケーションである。互いに向かい合っている状況は、相手の存在をより意識した会話を実現のために用いている。

### 3. ミエナイトデンワ

#### 3.1 概要

本研究が提案するミエナイトデンワは見えない糸で結ばれた糸電話をコンセプトとする。ミエナイトデンワはコップ型のデバイスであり、2つで1セットとして使用する。糸電話を使うようにコップに向かって喋ると、対（つい）となったもう一方のコップから声が聞こえる。また、相手からの声はコップの底から聞こえてくる。ただし、いつでも会話ができるわけではなく、糸電話のように見えない糸がピンと張ったとき、すなわち2つのコップの底と底が空間的に向かい合ったときだけである。ミエナイトデンワを用いることで、遠隔地の相手であっても、コップを互いに相手のいる方向に向けて会話することとなる。この動作を通じて相手の方向を感じながら通話することになるため、普段の音声通話やビデオ通話で感じることもない、相手の存在を意識した対話が可能である。

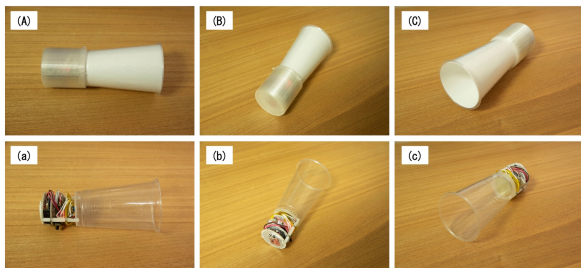


図1 ミエナイトデンワの外観と内部構造。(A)～(C)がミエナイトデンワの外観。(a)～(c)は内部構造。

ミエナイトデンワは、図1で示すとおり、見た目がコップ型の通話デバイスである。使い捨てのプラスチックコップの外側の底に円柱形のデバイスを装着した形で使用する。デバイスをコップの外側に装着できる形状に設計したことには理由がある。一つ目はコップを交換できることである。糸電話のように、コップに向かって話すため、コップの部分が汚れやすい。そこで手に入りやすい使い捨てのプラスチックコップに装着できるようにすることでその部分を簡単に交換できる。衛生面という観点からもコップの部分は簡単に交換できることが望ましい。もう一つの理由は、カスタマイズ可能なことである。モチーフとした糸電話は身近にある紙コップを使って工作するものであるため、ミエナイトデンワもその工作するという要素を残している。もしお気に入りのデザインのコップがあれば、工作をする感覚でそれを使うことができる。



図2 ミエナイトデンワを使用したデモ動画の流れである。シーンは(A)から(D)の順に展開する。(A)机に置かれたミエナイトデンワ。(B)ミエナイトデンワを使って通話するために、相手のいる方向を探す。(C)お互いに空間的に向かい合った状態となり、会話を開始する。(D)コップの底から相手の声が聞こえている。

ミエナイトデンワのコンセプト動画を制作し、動画投稿サービス YouTube に投稿した\*1。動画から抜粋したミエナイトデンワを使用した様子を図2に示す。ミエナイトデンワを使用するには、まず、相手のいる方向を探す必要がある。そのために、お互いにコップに向かって例えば「もしもし」と言いながら、周囲を回転する(図2(B))。相手

\*1 [https://youtu.be/loPnjKa04\\_g](https://youtu.be/loPnjKa04_g)

のいる方向にコップが向くと、相手の声が聞こえる。相手にいる方向を通り過ぎると、相手の声が聞こえなくなる。相手の声が聞こえる方向へコップの底の方向を調整しているうちに自然と相手と向かい合った状態となる(図2(C)).

### 3.2 システム設計

糸電話は2つのコップ間に張られた糸が振動することで音声を伝えている。ミエナイトデンワには実際には糸は存在していないため、糸以外の方法で、遠隔地にいる相手へ音声を伝えるシステムが必要となる。音声通話するシステムとして、新たにシステムを構築するのではなく、既存のサービスを活用することにした。そのシステム構成を図3に示す。音声通話は、スマートフォンの電話機能、もしくはLINEやSkypeといった通話アプリを利用する。スマートフォン間で音声通話できる状態にしておき、ミエナイトデンワはスマートフォンとBluetooth接続(ペアリング)し、音声のやりとりする。スマートフォンから見るとミエナイトデンワは周辺デバイス(Bluetoothイヤフォン)として認識される。

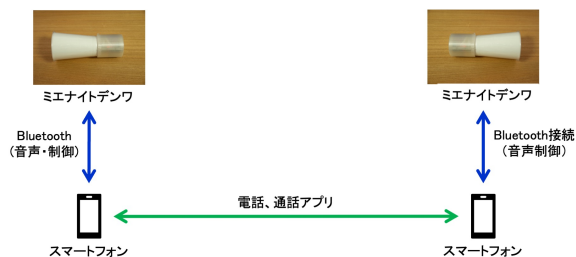


図3 ミエナイトデンワのシステム構成。

スマートフォンの既存の電話機能やアプリをそのまま活用することはいくつかメリットがある。一つは、ミエナイトデンワと普段から使用しているスマートフォンがあれば、他に特別なデバイスの用意がなくても利用できる。普段から相手との通話に用いているサービスをそのまま使うことができ、新たなサービスに登録する必要がない。さらに通話時のセキュリティについても、既存のサービスを利用しているため、新たに考慮する必要がない。またミエナイトデンワをBluetoothによってスマートフォンとペアリングすることで、スマートフォンの電話機能やアプリケーションを改修することなく、そのまま利用できるというメリットがある。

ミエナイトデンワのコンセプトを実現するためには、糸電話のように、互いのコップが向かいあったときだけ会話ができるようにする必要がある。そこで自分から見た相手の位置を計算し、相手のいる方向にコップが向いたときの

み、相手の声が聞こえてくるように設計した。具体的には相手のいる方向にコップが向いたときのみ、ミエナイトデンワからスマートフォンに対して、音量を上げる制御信号を送り、相手のいる方向から外れると、音量を下げる(ミュートにする)信号を送るようにした。図4は相手の位置とミエナイトデンワ(コップ)の向きと、ミエナイトデンワによるスマートフォンへの音量制御を示している。図4(a)はミエナイトデンワ(コップ)が相手の方向を向いているため、ミエナイトデンワがスマートフォンに対して音量を上げる制御を行い相手の声が聞こえる状態となる。図4(b)はミエナイトデンワ(コップ)が相手の方向を向いていないため、音量をミュートにする制御を行い、相手の声が聞こえない状態となり、会話できなくなる。例えば2人のうち、自分だけがミエナイトデンワを相手がいる方向に向むけた場合、相手の声は聞こえる。しかし、その時に自分の声は相手には聞こえない。会話をするためにはお互いが相手の方向を向いている必要がある。これにより、ミエナイトデンワで会話ができるのは、糸電話を使ったときと同様に、お互いが相手の方向を向いたときだけとなる。音量調整の制御という単純な方法で、互いのコップが向かい合った時だけ会話ができるというコンセプトを実現している。これも既存のスマートフォンの電話機能やアプリケーションを改修することなく導入可能な方法である。

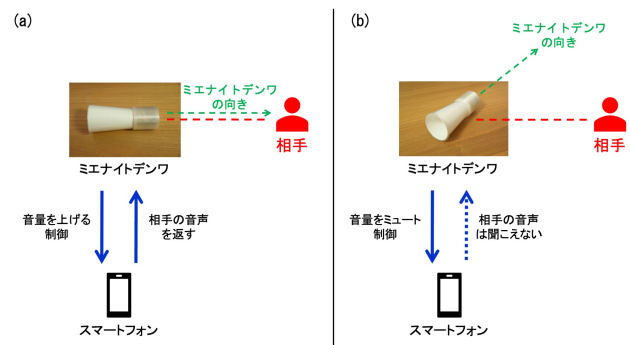


図4 ミエナイトデンワの音声制御による見えない糸の提示。(a) ミエナイトデンワ(コップ)が相手の方向を向いているときは、スマートフォンに音量を上げる制御を行う。(b) ミエナイトデンワ(コップ)が相手の方向を向いていないときは、スマートフォンに音量をミュートする制御を行う。

ミエナイトデンワ(コップ)が相手の方向を向いているかどうかの判定はミエナイトデンワに内蔵したセンサーにより、姿勢情報(北を基準として何度傾いているか)とGPS情報から計算している。計算はミエナイトデンワの中で、リアルタイムに行っている。その詳細については4.2節、4.3節および4.4節で述べる。



## 4. 実装

### 4.1 概要

ミエナイトデンワのコンセプトは見えない糸で結ばれた糸電話である。お互いの持つミエナイトデンワの間に張られた見えない糸がピンと張ったときにのみ会話ができる状態を作り出す必要がある。しかし、実際には見えない糸は存在しないため、コップの先が向かい合ったときのみ会話でき、体験者があたかも見えない糸が存在しているように感じるように動作する。本節ではそのコンセプトを実現するためにミエナイトデンワの実装の詳細を述べる。まず、ミエナイトデンワの構成および動作は次の通りである。

- ミエナイトデンワは相手と会話するためにスピーカー（圧電素子）とマイクを含む Bluetooth オーディオモジュールと GPS センサー、3軸の加速度センサーおよび3軸磁気センサー、それらを制御する WiFi モジュールを搭載したマイコン（マイクロコンピュータ）から構成されている。
- 音声通話はスマートフォンの電話機能や LINE, Skype といった音声通話アプリで相手と会話できる状態にしておく。
- ミエナイトデンワを Bluetooth を使ってスマートフォンにペアリングした状態にしておく。（スマートフォンから見てミエナイトデンワは周辺デバイス（Bluetooth イヤホン）として認識される。）
- ミエナイトデンワは姿勢状態と GPS の情報から自分のから見た相手の方向をリアルタイムに計算し、コップが相手の方向を向いているかを判定する。
- ミエナイトデンワはコップが相手の方向を向いているときのみ、スマートフォンに対してミエナイトデンワに送る音声の音量を上げるように制御をかける。
- ミエナイトデンワはコップが相手の方向を向いていないときはスマートフォンに対してミエナイトデンワに送る音声をなくす（ミュート）にする制御をかける。

以上の動作をミエナイトデンワが行うことにより、体験者は実際には存在しない、見えない糸でミエナイトデンワを介して相手と繋がっているように感じる。デバイスの回路ブロック図を図5に示す。また実装した各電子パーツの配置を図6に示す。詳細な実装内容については4.2節から4.6節で説明する。

### 4.2 姿勢状態の計算

ミエナイトデンワが互いに相手の方に向いたときだけ会話を成立させるため、北を基準にしての相手のいる方向（東方向または西方向に何度傾いているか）を計算する。ミエナイトデンワは紙コップ型デバイスであるため、手に取ったときに様々な持ち方（上下を回転させた持ち方）ができ

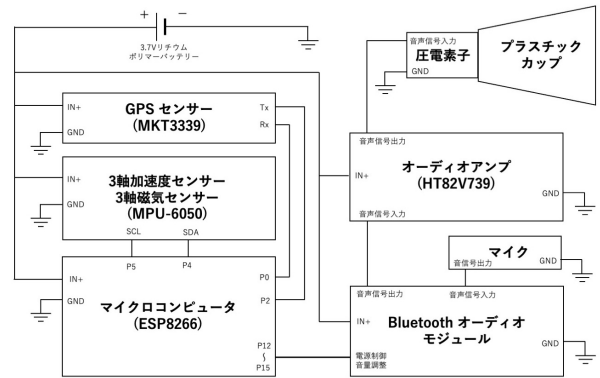


図5 ミエナイトデンワの回路ブロック図。

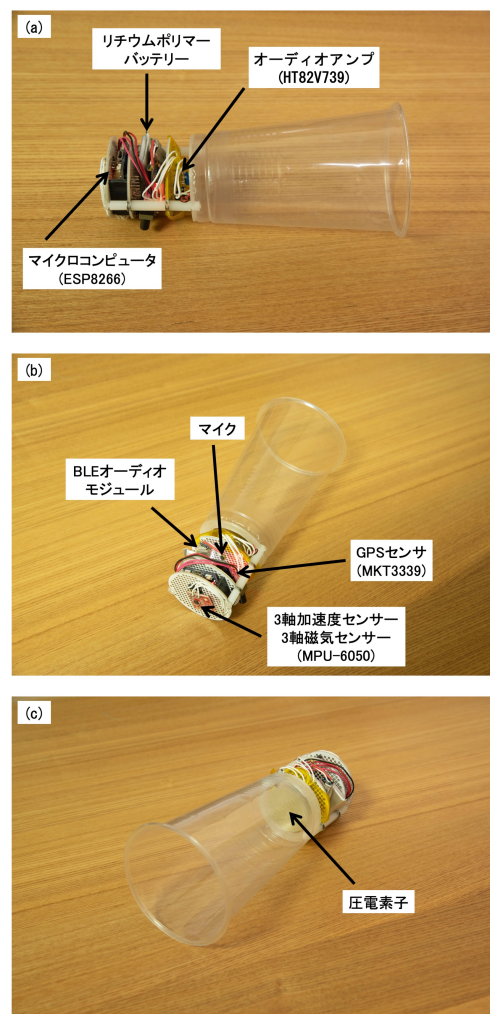


図6 ミエナイトデンワに実装した電子パーツ位置を(a)~(c)を示す。

るため、ミエナイトデンワの姿勢情報を正確に把握しておく必要がある。ミエナイトデンワに6軸のセンサー（3軸の加速度センサーと3軸の磁気センサー）を内蔵し、ミエナイトデンワの姿勢情報を求めている。図7ではミエナイトデンワの姿勢情報とミエナイトデンワの向き、及び相手のいる位置の関係を示している。今回は座標系として、北

を x 軸とし、地面下向き（地球中心向き）を z 軸、地面と水平面となる面を xy 平面とし、x 軸、y 軸、z 軸それぞれの軸周りの回転角をピッチ角、ロール角、ヨー角とする。6 軸のセンサーを用いることで、ミエナイトデンワがどのような持ち方をしたとしても、図 7 で定義した座標系に対する姿勢をリアルタイムに計算することができる。これによりミエナイトデンワの x 軸（北）を基準としたときの水平面内（z 軸回り）の回転角  $\phi$  を求めることができる。計算はマイコンを用いて計算している。

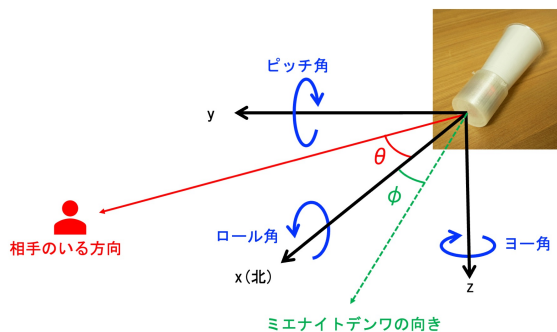


図 7 ミエナイトデンワの姿勢情報（座標系）とミエナイトデンワの xy 平面内の向き および相手のいる角度  $\theta$

### 4.3 位置情報

4.2 節でミエナイトデンワの姿勢情報や北に対する向き  $\phi$  が求められた。次に自分から見て北を基準にしたときの相手のいる角度  $\theta$  を求める。相手のいる向きにミエナイトデンワが向いているときの条件は  $\phi = \theta$  である。

$\theta$  は自分の位置情報（GPS 情報）と相手の位置情報（GPS 情報）より求めるところができる。お互いに常に自宅から使用する場合など、使用する場所が決まっている場合は、位置情報が変わらないため、 $\theta$  は常に同じ値となる。その場合はミエナイトデンワに内蔵されたマイコンにお互いの位置情報を登録しておけばよい。お互いに位置が変化する場合を想定して、ミエナイトデンワには GPS センサーを内蔵している。GPS センサーによって、自分の位置情報を常に把握できる。相手の位置情報を知る必要があるため、図 8 のようにクラウドサービス（データサーバ）を利用して、お互いの位置情報を共有する。ミエナイトデンワに搭載したマイコンは Espressif Systems 社製の ESP8266 という WiFi チップを搭載しているため、インターネット上のクラウドサービスにアクセスすることができる。Google のクラウドサービスである Firebase にお互いの位置情報を保存し、相手の位置情報を取得できる。GPS の電波は衛星から送られてくるため、屋内では使用できないことが多い。そこで、最後に受信した GPS 情報をマイコンに記憶させておく、またはクラウドサービスに保存しておくなどの方法が考えられる。

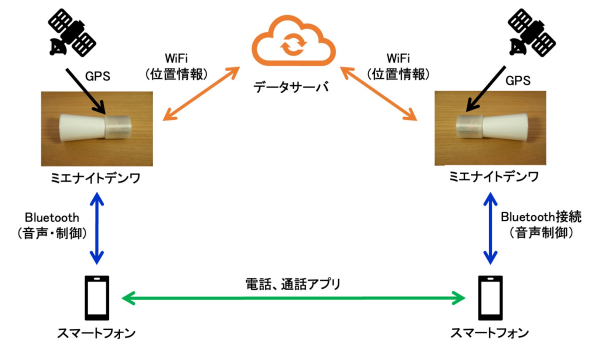


図 8 お互いの位置情報が移動する場合のネットワーク系統図

### 4.4 音声通話および、方角推定によるミュート制御

3.2 節で説明した通り、ミエナイトデンワはスマートフォンの既存の通話サービス（スマートフォンの電話や LINE、Skype）を利用して通話する。そしてミエナイトデンワはスマートフォンの周辺デバイスとしてペアリングして、Bluetooth イヤホンのように音声の送受信とスマートフォンの音量調整の制御を行う。それを実現するために、市販の Bluetooth イヤホンから Bluetooth オーディオモジュールを取り出し、利用することにした。Bluetooth オーディオモジュールの基板を解析し、電源制御部や音量制御部を特定し、ミエナイトデンワのマイコンから電氣的に制御できるように改造しミエナイトデンワに取り込んだ。4.3 で説明した通り、コップの先が相手の方向に向いたとき、すなわち、 $\phi = \theta$  となった時にマイコンから Bluetooth オーディオモジュールを制御し、音量を上げ、コップの先が相手の方向を向いていないときはミュートする制御を行う。その制御を受けて、Bluetooth オーディオモジュールはペアリングしたスマートフォンへ音量制御の情報を Bluetooth を経由して送ることで、音量調整が行われる。これによりコップの先が相手の方向に向いたときだけ相手の声が聞こえるという状況を作ることができる。実装するにあたり、自分が向いている角度  $\phi$  が相手のいる角度  $\theta$  に対して  $\pm 15$  度の範囲にあるときに音声を上げ、その範囲から外れると音声をミュートするようにした。それは、相手のいる角度に正確にコップを向けることは難しいことや、その角度を長時間保持することが難しいため範囲を持たせている。また相手の方向は水平面のみとし、高さ方向の角度（図 7 のピッチ角）は考慮していない。それは、遠隔地の相手との会話を想定しているため、高さ方向がそれほど重要でないことや、ピッチ角を考慮すると、最初の方向調整の難易度が上がり、会話への意識が逸れるため、今回は実装していない。

Bluetooth オーディオモジュールを利用することで、音声のデコード等の処理をモジュール内で行えるため、マイコンの負荷低減も実現している。

## 4.5 音声の再生と集音

糸電話を使った場合に近い音を再現するため、スピーカーを用いずに圧電素子を用いた。音声の再生は、Bluetoothオーディオモジュールより出力される音声信号を、オーディオアンプで増幅後、プラスチックコップの底に貼り付けた圧電素子（図6(c)）に送り、コップの底を直接振動させ、プラコップ自体を共鳴板として音を再生する。この方法はスピーカーに比べて音質は悪くなるが、糸がコップの底を振動させて音を伝えるという糸電話の原理に近い方法で音声を再生させることができる。また、スピーカーには磁石が含まれるため姿勢制御に用いる磁気センサーに悪影響を与えるが、圧電素子を用いることでそれを回避している。

音声の集音は小型マイクによって行う。圧電素子によって再生された音声の再集音を避けるため、マイクをコップの底に貼りつけず、図6(b)のように、円柱形のデバイスの中央に設置した。圧電素子による相手の声が入ることもなく、良好に動作することが確認できている。

## 4.6 ハードウェア

マイコンや各種センサーは3枚の基板に実装し、図6で示した位置に設置されている。センサーのうち姿勢制御に用いる磁気センサーは他の電子パーツから発生する磁場の影響を受ける可能性があるため、一番外側に設置し、オーディオアンプやマイクからは距離を取れる位置とした（図6(b)）。

また、今回プロトタイプということもあり、修理性やセンサーの選定を行うために機能ごとに基板を分けて実装し、それらをスタックする形とした。

市販の使い捨てのプラスチックコップに円柱形のデバイスを固定する形になっており、デバイス部には3Dプリンタで作ったケースを取り付けることで保護することができるようにした。図1の(A)から(C)は円柱形のデバイス部に3Dプリンタで出力したケースを取り付けた状態である。

## 5. 評価

### 5.1 概要

Maker Faire Tokyo 2020 (10月3日(土)から4日(日)、東京ビッグサイトで開催)、Ogaki Mini Maker Faire 2020 (12月5日(土)から12月6日(日)、ソフトピアジャパンで開催)において、ミエナイトデンワのプロトタイプのデモ展示を実施した。Makre Faireは世界各国で開催される「ものづくり」をテーマとしたDIYイベントである。出展者は応募から選ばれ、展示のテーマはエレクトロニクス(電子工作)を中心に、教育、アート、IoT、AI、デジタルファブリケーション、バイオ、エネルギーなど、多岐にわたる。来場者は「ものづくり」に関心のある個人からメーカーに勤める方だけでなく、家族連れから一般の方まで幅

広い。

展示ではブース展示という形式上、ミエナイトデンワを使って遠隔地にいる人との会話機能を体験してもらうことはできなかった。またイベントはオンサイトで開催されたが、新型コロナウイルス感染症(COVID-19)の感染が広がったためまた感染症対策として、体験者にはミエナイトデンワなどの展示物に触ることなく体験を可能にする必要があった。そこで上記のような状況でも、ミエナイトデンワが実現する体験を可能な限り再現した、次のような展示(実験系)を用意した。

### 5.2 展示方法

展示のために図9で示す展示システムを構築した。自動で回転するターンテーブルを用意し、その上に自立式の一脚を置き、一脚に固定した台にミエナイトデンワを乗せた。ターンテーブルはリモコンを使って回転の方向(時計回り、半時計回り)、回転速度、停止を自由に操作することができる。一脚は高さを調整でき、体験者の耳の高さへ調整することができる。

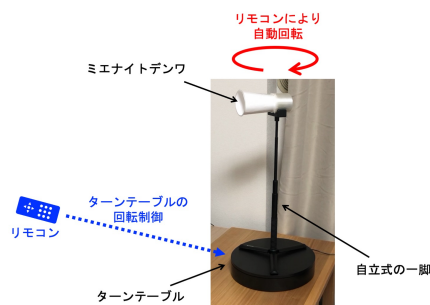


図9 展示のために構築した実験系

遠隔地にいる相手を模して、展示ではもう一つのミエナイトデンワで会話している人のイラストを描いたパネルを用意し、ブースの奥に設置した。ターンテーブルによって、ミエナイトデンワが自動で回転し、人のイラストパネルの方向へむきたいときに、「もしもし」という音声聞こえてくるようにした。人のイラストパネルはあくまでミエナイトデンワのコンセプト説明に使用し、体験時に口頭で「例えば自分が東京にいて、相手が札幌(遠隔地ならどこでも良い)にて、ミエナイトデンワを使って会話している状態をイメージして欲しい」と補足を加えることとした。ミエナイトデンワは固定するのではなく、一脚に取り付けた台に乗せているだけであり、簡単に手に取ることができる状態とし、必要に応じて、手にとって体験できる状態とした。これはあくまで展示のために一脚やターンテーブルを用いているだけで、手に持って使えることを体験できるようにするためである。本来はミエナイトデンワからは音声通話アプリを使って遠隔地の相手の声が聞こえるが、展示では



ミエナイトデンワとペアリングしたスマートフォンから事前に録音した「もしもし」と言う音声ファイルをループ再生した。相手の位置情報は、人のイラストパネルの方向のGPS情報とした。これにより、ミエナイトデンワが人のイラストパネルの方向、すなわち遠隔地にいる相手の方向に向いたときだけ「もしもし」という声が聞こえる体験ができることとなる。図10はMaker Faire Tokyo 2020で実際に展示した際の様子である。Ogaki Mini Maker Faire 2020でも同様の展示を行った。



図10 Maker faire Tokyo 2020での展示の様子。ブースのテーブルに回転台、体験者の頭の高さに高さ調整できる一脚を置き、その上にミエナイトデンワを設置した。遠隔地にいる相手をイメージできるように、ブース奥にミエナイトデンワで会話している人のイラストパネルを用意した。

体験者は回転するミエナイトデンワに耳を近づけた状態で耳を澄ませてもらった。ターンテーブルのリモコンによる操作は実験者が行い、体験者にはミエナイトデンワで相手のいる方向に近づくと相手の声が聞こえ、通り過ぎると聞こえなくなり、相手のいる方向で回転を止めると常時声が聞こえることを体験してもらった。

### 5.3 感想

展示の体験者に、体験を通じて感じた率直な感想を聞いた。本論文では、口頭で聞いた感想を要約して記載する。

体験者からは、相手のいる方向を向く必要があるという点について、

- 相手のいる方向を意識した体験は初めて
- (いつも話している相手であっても) その人が暮らしている方向をそもそも意識したことがなく、新鮮な体験だった

と言う感想が聞かれた。ミエナイトデンワが普段の通話にはなかった相手のいる方向を向いて話すといこれまでに経験したことがない体験を実現していることがわかる。また、ミエナイトデンワの体験を通じて、

- 相手が近くにいるように感じた

- 相手が耳元でささやいているように感じた
- 位置の先に相手がいることを感じ、不思議な気持ちになった

といった、感想を聞くことができた。このことから、ミエナイトデンワを使うことによって、普段の通話という主のコミュニケーションに加えて、相手の存在を感じた通話を実現できる可能性を示唆している。また

- 運命の赤い糸で結ばれているような気持ちになる
- といった感想から、体験者に見えない糸があるように感じさせることができたことがわかった。

一方で

- 方向を合わせるのがめんどくさい
- 相手の声が聞こえるかどうかで方向を知ると言う方法が、実際に使ったときに難しいと思う
- 音声以外の方法が必要ではないか

といった、相手のいる方向を探す行為に対するわずわらしさに言及する意見が多くあった。見えない糸で結ばれた糸電話というコンセプトを崩さず、相手のいる方向を探す行為を容易にする新たな手段を加える必要があることがわかる。これについては6節にて議論する。

また感想以外に昨日の観点から、

- 建物高さ情報はどうなっているのか
- 地球の曲面は考慮されているのか
- 相手が近くにいるのか、遠くにいるのかといった距離の情報は得られないのか

といった質問が多く上がった。本デバイスでは、高さ方向の角度は考慮せず、地球を平面に考えて相手のいる方向を計算している。それは4.4節で示したように、遠方の相手との会話を想定しているため、高さ方向の角度がそれほど重要でないことと、方向調整の難易度が上がり、会話への意識が逸れるためである。相手との距離の情報はGPS情報より計算ができるが、その情報を今回は活用していない。ミエナイトデンワのコンセプトを壊すことなく、それとなく提示することができれば、相手の存在をより感じさせ、また主のコミュニケーションである音声通話における話題の活性化にも繋がると考える。

## 6. 議論

### 6.1 情報提示による相手の方向への意識補強

イベントで複数の体験者から挙がった、音声の大小のみによる相手のいる方法を知る方向調整は難易度が高いという意見に対して、「見えない糸」というコンセプトを損なうことなく、方向調整をする新たな機能を追加することを検討した。それは、相手のいる方向に向いたときに、糸がピンと張ったときにコップの底が引っ張られるような感覚を触覚提示として再現することである。これは、方向調整の補助以外にも、見えない糸で繋がっているという感覚を強める効果も期待でき、相手の存在を強く意識すること



にも繋がる。この感覚を生み出す方法として、実際に糸電話で糸がピンと張ったときのコップの底の振動、すなわち音を事前にマイクで集音しておき、相手と向かい合い、糸のピンを張った感覚を生み出すタイミングでその音を圧電素子に伝える（音を再生する）ことで実現できると考えている。そのほかに、ソレノイドやサーボモータを使って、コップの底が引っ張られている感覚を作ることでも可能である。しかし、それらを搭載することでミエナイトデンワが大きくなることや、ソレノイドやサーボモータに使われる磁石による磁気センサーへの影響を考えると、前者の方法が望ましい。そのほかに例えば LED を搭載し、その光の強度を使って、相手のいる方角へ導く（相手のいる角度に近づくと LED の輝度を強くする）という方法も考えられる。

## 6.2 距離感の提示

ミエナイトデンワを使うことで「相手が近くにいるように感じた」という意見があったように、遠隔地の相手の存在を近くに感じるデバイスとしては成立している。一方で、ミエナイトデンワでは方角を知ることができても相手との距離を知ることができない。相手との距離を感じることで、より相手の存在を意識した体験ができる可能性がある。それを実現するために2つの方法を検討した。一つ目は、音量である。近い相手と通話する時と会話する時と遠くにいる相手と会話する時の音量の最大値を制御して、近くにいる相手と通話する際はより大きく明瞭な音声で、遠くにいる相手と通話する際はより小さく不明瞭な音声にすることで、相手の距離を感じることができる。もう一つの方法として、遠くの相手と話す際は、お互いの会話が相手に届くまでに距離に応じて遅延を持たせる方法である。この二つの方法は、見えない糸で遠くの人と繋がっていた際に生じるであろう音声の減衰と伝搬によって生じる遅延を表現している。どちらの方法も、コミュニケーションの主となる音声通話に対して影響を与えることとなるため、実装すべきかどうかは検討が必要である。またミエナイトデンワの「見えない糸」というコンセプトを崩さない方法で距離を知る方法は引き続き検討していきたい。

## 6.3 評価方法の検討

今回実施した評価は新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) の感染拡大中のイベントでの評価であったため、完全な状態での体験を実施することができなかった。今後は実際に遠隔地にいる被験者同士でミエナイトデンワを使った通話を通しての評価を実施したいと考えている。その際的评价方法として、被験者に通常の音声通話とミエナイトデンワを使った通話の両方を体験してもらい、会話の時間の変化や、心拍、呼吸の変化や、感じた印象（相手の存在を近く感じた、遠くに感じたか、見えない糸の存在を感じた

かなど）を定量的、定性的の両面から評価したい。

## 6.4 通話におけるインタフェースの影響

ミエナイトデンワは、お互いに相手の方向を向いているという行為自体も共有することになる。少なくともミエナイトデンワで会話しているときだけは、相手もコップを自分の方向に向けてくれているという状態が担保されている。このように、見えていない相手の行動を感じられることも相手の存在を感じる要因となっていると考えられる。黒電話（有線電話）においても、電話をかける場所が制限されているため、ミエナイトデンワと同様に相手の行動も制限され、相手の存在への意識が変わる可能性がある。スマートフォン、黒電話、ミエナイトデンワを使って通話を行い、その際の相手への意識の違いについても評価していきたい。

## 7. まとめ

本研究では、相手の存在を感じた通話を実現するデバイスとして、見えない糸で結ばれた糸電話をコンセプトに、糸電話型デバイス、ミエナイトデンワを提案し、実装した。そして、イベントでの展示を通じて、本デバイスを体験してもらい、感想を得た。展示で得られた、相手が近くにいるように感じたという感想から、ミエナイトデンワを使うことで、遠隔地の相手の音声通話において相手の存在を感じた「対話」を実現できる可能性を示した。今後はより詳細な評価実験を行いたい。

ドラえもんの中に「糸なし糸電話」というひみつ道具が登場する [10]。糸電話をモチーフとし、遠隔地の人と会話できる道具である。糸なし糸電話を具現化した事例もある [11]。厳密な機能やコンセプトは異なるが、ミエナイトデンワはこれを具現化している。ミエナイトデンワはコミュニケーションデバイスとしての機能だけでなく、ドラえもんのひみつ道具のように、少し不思議で、使ってみたいと思わせる要素を持ち合わせている。

遠隔地にいる人とのコミュニケーションツールとして、通話、音声と映像による Web 会議アプリケーションなど、様々な方法がある。また VR や AR をはじめとする XR 技術を使うことで、実際に遠隔地の相手であっても、会って話すようなリアルな体験ができるかもしれない。それには、より多くの情報やリソースを必要とする。今回実装したミエナイトデンワは既存のコミュニケーションツールである音声通話アプリケーションに、簡単な方法で相手の存在を感じた通話を実現した。多くの情報を全て伝えるのではなく、相手と同じ状況（ミエナイトデンワを介して向かい合っているという状況）を作り出すことで、相手の存在や状況を共有している。例えば遠隔地の家族や友人と同じテレビ番組や動画を見ているとき、友人と同じ時間に勉強しているとき、料理や何かを作っているときなど、全ての

状況を詳細な情報や映像の共有は必要はないが、簡単な方法でその状況を共有したいことがある。それを実現する手段があれば、遠隔地の相手の存在を感じた新たな体験を生み出すことができる。今後も、状況や時間を共有し、遠隔地の相手の存在をより強く感じるための条件を導き、それを実現するためのシステムを実装していきたい。

## 参考文献

- [1] Ishii, H., Wisneski, C., Brave, S., Dahley, A., Gorbet, M., Ullmer, B. and Yarin, P.: ambientROOM: integrating ambient media with architectural space, *CHI 98 conference summary on Human factors in computing systems*, pp. 173–174 (1998).
- [2] Shuzo, M. and Yamada, I.: SHOJI: A communication terminal for sending and receiving ambient information, *Emotional engineering*, Springer, pp. 21–38 (2011).
- [3] 椎尾一郎, 美馬のゆり: Meeting pot: アンビエント表示によるコミュニケーション支援, *インタラクシオン*, Vol. 2001, pp. 163–164 (2001).
- [4] 幸野朋美, 小嶋秀樹: Fuchi-Furin: 遠隔地の「風」を伝える電子風鈴, *インタラクシオン*, Vol. 2006, pp. 997–999 (2001).
- [5] Kuwamura, K., Sakai, K., Minato, T., Nishio, S. and Ishiguro, H.: Hugvie: A medium that fosters love, *2013 IEEE RO-MAN*, IEEE, pp. 70–75 (2013).
- [6] Misawa, K., Ishiguro, Y. and Rekimoto, J.: Livemask: A telepresence surrogate system with a face-shaped screen for supporting nonverbal communication, *Information and Media Technologies*, Vol. 8, No. 2, pp. 617–625 (2013).
- [7] Otsuka, K.: MMSpace: Kinetically-augmented telepresence for small group-to-group conversations, *2016 IEEE Virtual Reality (VR)*, IEEE, pp. 19–28 (2016).
- [8] 田中一晶, 中西英之, 石黒浩: 実体で身体動作を提示するロボット会議によるソーシャルテレプレゼンスの強化, *Interaction (13INT017)* (2013).
- [9] takechi0209: 世界一ロマンチックなスマホアクセサリ。あなたの大切な人の居る方向を指し示す。、CAMPFIRE (オンライン), 入手先 (<https://campfire.jp/projects/view/804>) (参照 2021-07-27).
- [10] 藤子・F・不二雄: ドラえもんカラー作品集 (てんとう虫コミックススペシャル), 第1巻, 第14話, 小学館 (1999).
- [11] 遊舎工房: がじえるね工房 糸なし糸電話の作り方, がじえるね工房 (オンライン), 入手先 (<http://tool-cloud.renesas.com/ja/atelier/detail.php?id=27>) (参照 2021-07-27).