

ポスター

ポスター10

医療支援：開発・評価

2017年11月22日(水) 13:30 ～ 14:20 L会場（ポスター会場2）（12F ホワイエ）

[3-L-3-PP10-3] 地域 BWAを利用した構内音声網構築に向けた音声品質評価

蒲生 祥子¹, 岡田 久仁子², 木村 映善¹, 石原 謙¹（1.愛媛大学大学院医学系研究科医療情報学講座, 2.愛媛大学医学部附属病院医事課医療情報チーム）

背景

構内 PHSに代わる次世代通信の制度設計、代替製品の普及は進んでいない。そこで、施設近隣に地域 BWAの基地局を設置し、Band41対応スマホに SIPクライアントを導入することで構内 PHSに代わる音声通信網を構築することを着想した。地域 BWAにおける VoIP 運用報告は2017年2月時点で確認されていない現状を踏まえ、音声の品質評価を先行実施した。

方法

SIPフォンソフトウェアには Linphone、コーデックは Opusを採用した。地域 BWA上で L2接続環境をシミュレーションする環境を仮想環境上に構築し、医療従事者にスマホで対話してもらい、リッカートスケールの質問等(Q1:現行 PHSの音質、Q2:接続性、Q3:接続の悪い場所、Q4:スマホの音質、Q5:PHSとの音質比較、Q6:自由記載) よりなるアンケート調査を行った。

結果

看護師23名、事務（医療クラーク、医事課、医療情報係）31名、計54名となった。Q1はやや不満（57.7%）が主流であった。不満は、事務8人(26%)、看護師1人(4%)であった。Q2は現行 PHSの接続性に不満を持つ事務17名（55%）、看護師8名（35%）と、満足を上回った。Q4でスマホの音質が良いとしたものは、事務23人(74%)、看護師21人(91%)であった。Q5では良いが事務24人(77%)、看護師18人(78%)であった。地域 BWAスマホの音質は PHSより良いとしつつも、自身の声のエコーの問題が指摘された。

考察

地域 BWA網使用のメリットの1つに広範囲の敷地をカバーでき、フェムトセル併用によって死角をなくせるという柔軟性があり、PHSでは困難な敷地や近隣へのカバレッジも広げられる。VoIPの音声品質については医療従事者の賛同を得られた一方、VoIP特有の課題（エコー等）について、VoIPに通じた事業者との詳細な現地調査を試みたい。

地域 BWA を利用した構内音声網構築に向けた音声品質評価

蒲生祥子^{*1}、岡田久仁子^{*1}、木村映善^{*1}、石原謙^{*1}

^{*1} 愛媛大学医学部附属病院医療情報部

Evaluation of the quality and usability of VoIP over regional Broadband Wireless Access

Shoko Gamo^{*1}, Kuniko Okada^{*1}, Eizen Kimura^{*1}, Ken Ishihara^{*1}

^{*1} Dept. Medical Informatics of Ehime University Hospital

[Background] There is still no the designing of the system of next-generation communication and device that will alternate private PHS system used in healthcare settings in Japan. In this study, we conducted a feasibility study of provisioning VoIP with the Band 41 compliant smartphone over a regional broadband wireless access (BWA). [Method] We used Android smartphone with Linphone for SIP client and Opus for the voice codec. We have built the virtual L2 networks over regional BWA on the virtual machine and asked questions to medical stuffs on the Likert scale. [Results] 54 people (23 nurses, 31 medical staff) responded the questionnaire. In Q1, 57.5% dissatisfied the sound quality of the current PHS. In Q2, 17 clerical workers (55%) and eight nurses (35%) showed dissatisfaction with the connectivity of the current PHS and exceeded the ones of satisfaction. In Q4, 23 clerical staff (74%) and 21 nurses (91%) said that the sound quality of the smartphone was good. In Q5, those who said that the sound quality of smartphones is better than PHS were 24 medical clerks (77%) and 18 nurses (78%). Although regional BWA smartphone sounds better than PHS, problems of the voice echo were pointed out. [Discussion] One of the merits of using the BWA network is that it can cover a wide area of premises, the flexibility to eliminate blind spots by combining with femtocells, while PHS has difficulty in expanding coverage. Regarding voice quality of VoIP, we received support from healthcare workers, but we will try detailed field survey and VoIP-specific issues (echo, etc.).

Keywords: VoIP, Broadband Wireless Access, PHS, open source

1. はじめに

医療機関では、医療従事者のコミュニケーション基盤として構内 PHS が利用されている。医療情報システムの高度化に伴い、音声通話と医療情報を高度に連携可能な端末としてスマートフォンへの移行が切望されている。しかしながら、スマートフォンには技術・情報セキュリティ上の課題やコストの問題があり、多くの医療機関にとって PHS からスマートフォンへの置き換えは敷居が高い取組みとなっている。本研究では、安価かつ安全なプライベート音声網をスマートフォンで構築する一手法として、従来の携帯事業者以外に開放された周波数利用を試みるための事前調査として音質評価を行う。

2. 本研究に関する背景

2-1. 医療機関における次世代通信基盤の普及状況

近年、医療機関への携帯電話への導入は拡大しているが、依然として導入予定がない医療機関の数は過半数を越えている。また、それに伴う携帯電話中継システムの導入は 8 割近くが未検討である[1]。すなわち、構内 PHS に代わる次世代通信基盤の制度設計、代替製品の普及は進んでいない。構内において、患者の生命に関わるような緊迫したコミュニケーション手段に資するような高信頼性の通信を確保する手段が技術的・制度的に未整備である。

構内に閉じたコミュニケーション基盤から、地域に開かれた基盤への転換も求められている。非常時の通信手段の確保は、対応力の早期回復と増加に不可欠な要素として求められている。外部通信手段として、防災行政無線や衛星通信電話等、外部との通信手段の確保が考えられる。また、内部通信手段として院内 PHS が利用不可能な状態の場合、トラ

シーバーの確保が考えられる。しかし、これらの通信手段を非常時に速やかに展開できる体制を整えるのは財政的、運用面でも医療機関に負担を求めるものである。新世代の通信規格への移行が遅いのは、これらの事情によることと、2014 年 8 月に「医療機関における携帯電話等の使用に関する指針」の公表により、携帯電話利用の緩和からまだ間もないことが大きいと考えられる。

もし通常利用している構内 PHS が、構外でも利用可能な携帯電話に移行し、災害・障害に対する耐性を確保できれば、外部・内部通信手段を統合し、かつ平常と同様なオペレーション環境を確保可能になるという点において、医療機関の BCP 対応が強化されることが期待される。

2-2. 総務省による地域 BWA システムの普及促進

総務省は地域の公共サービスの向上やデジタル・ディバイド(条件不利地域)を解消するために、地域広帯域移動無線アクセス(地域 BWA)システムの普及を推進してきた。愛媛県においては、愛媛 CATV が地域 BWA の高度化方式(TD-LTE)の免許を取得している。この地域 BWA が使用している Band41 対応のスマートフォンで技適を取得したものが昨年から発表されるようになっている。

2-3. 本研究の位置づけ

構内 PHS に代えて施設近隣に地域 BWA の基地局を設置し、Band41 対応のスマートフォンに SIP クライアントを導入して、VoIP over TD-LTE を構築することで PHS 内線網に代わる音声通信網を構築することを着想した。VoIP over TD-LTE に

関する運用報告は 2016 年 5 月時点で確認されていない事情を踏まえ、本研究では音声の品質評価を先行して実施した。

2-4. 音声品質評価の必要性

医療機関に VoIP を導入した事例が報告されるようになっていくが、医療従事者による通話品質に関する主観的・客観的評価の先行研究の数が乏しいのも導入を躊躇する原因の一つになっていると考える。よって、医療従事者を対象に音声品質評価を行うことは、構内 PHS に代わる次世代通信基盤の導入に貢献することができると考える。

3. 方法

3-1. スマートフォン端末の選定

スマートフォンの進歩は日進月歩であるため、現時点でフラッグシップモデルであっても実用化した数年後には現状の低廉なスマートフォンと同等の価格帯で市場に投入されるようになるであろうこと、また実用化した時にどのような業務レベルまでサポート可能であるかを見据えるため、2016 年 10 月時点で愛媛 CATV が提供する地域 BWA に接続可能なスマートフォンのうち、最もハイスペックな端末を 2 台調達した。

ASUS 社 ZenPhone3 のスペックは次の通りである。(メーカー Web サイトより) OS: Android5.1、ディスプレイサイズ: 5.0 インチ、メインメモリー容量: 3GB、ストレージ容量: 16GB(Micro-SD で 128GB まで増設可能)、カメラ: 背面 800 万画素/前面 200 万画素、CPU: MT6735P/1.0GHz/Quad-core、バッテリー容量 2150mAh 連続通話時間 約 6 時間 連続待ち受け 250 時間。

3-2. ソフトウェア、Codec の選定

最終的に当院の構内 PHS を置き換えることを目標に設定しているため、VoIP 環境の構築は医療業務に使える品質でありながら、コストパフォーマンスの良いものである必要がある。可能であれば業務アプリケーションに組み込めるようにオープンソースのものであり、ライセンス料金の低廉なものを選定した。SIP クライアントについては、オープンソースの Linphone を採用した。(但し、後述の音声品質評価の時には音声品質がよいという評価が多かった Zoiper (有償) を利用している。) Codec については、様々な帯域において高品質な成果を出し、かつ一定条件下での無償利用の許諾、オープンソースで提供されている Opus を採用した(図 1)。

3-3. VoIP over TD-LTE 上の音声品質評価法の選択

音声品質評価法には、主観評価と客観評価がある。主観評価については、MOS (Mean Opinion Score)、DMOS (Degradation Mean Opinion Score)、CMOS (Comparison Mean Opinion Score)、PC (Pair Comparison) 等がある。また、IP 電話の客観的な品質評価については、情報通信技術委員会 (TTC、The Telecommunication Technology Committee) の「TTC 標準 JJ-201.01 IP 電話の通話品質評価法」[2]や、IP 電話の通話品質測定ガイドライン 第 2 版[3] 等で紹介されている。

本調査では、既に多くの医療機関で導入されている PHS からの移行可能性を検討するという観点から、医療現場で従来から PHS を使用している医療従事者の主観的な視点で評

価頂くこととした。

厳密な主観的評価は、(1)多数の評価者、(2)専用の設備が求められる。同じ音声を受聴した場合でも評価者による個体差からの評価にばらつきがあるために、統計的に十分な品質を得られるサンプル数を確保する必要があるためである。後者については、評価の環境を統一し、再現性のあるものが求められている。すなわち、室内の騒音や反響の条件を揃えるために、音声品質評価のための専用個室を用意することが求められている。さらに、異なる実験間の評価値を比較できるようにするには、評価対象となる音声も統一することが求められており、例えば ITU-T 勧告 P.800 に既定されているリファレンス音声を使用することが求められる。

しかし、これらの条件を全て満たして実験することは困難であること、かつ今回の主目的は PHS と比較しての評価がメインであるため、本調査以外の追試験とも比較できるような絶対的な指標の獲得を試みるものではなく、PHS と VoIP の相対的な比較が行える程度のもので十分とする。

ITU-T 勧告 P.800 で推奨されている方法として、Conversational-opinion test(会話オピニオン評価)、Listening-opinion test(受聴オピニオン評価)、インタビューと質問票による評価が紹介されている。本研究では医療現場の利用を想定した検証をおこなうため、会話オピニオン評価での評価を行う。

評価は、MOS のスケールに準じた 5 段階評価とする。前述した通り、MOS の主観的評価における基準ではなく、PHS との相対的な評価を行うための 5 段階評価である。

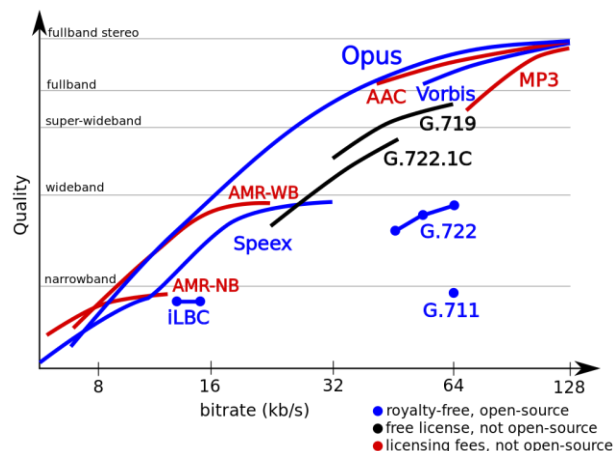


図 1 帯域と音声品質の対応(文献[4]から引用)

3-4. Codec の種類と選択

PHS はビットレート 32kbps/ADPCM(1984 年標準化)、IP 電話では 8kbps/CS-ACELP(1996 年標準化)が標準的な方式であり、それぞれの MOS はいずれも 4.2 である。一方、IP 電話に関してはコーデックの品質改良の試みが行われており、様々なコーデックが発表されている。本調査では、将来的には数千人規模の使用に低コストで展開できるように、無償で利用可能な高品質コーデックの選定を行った。Opus は IETF によって開発され、関連するソフトウェア特許はロイヤリティフリーにてライセンスされている。24Kbps からは他のコーデックと比較して高い MOS 値を実現しており、地域 BWA のように広帯域の通信網では優位性を十分に発揮することが期待される。

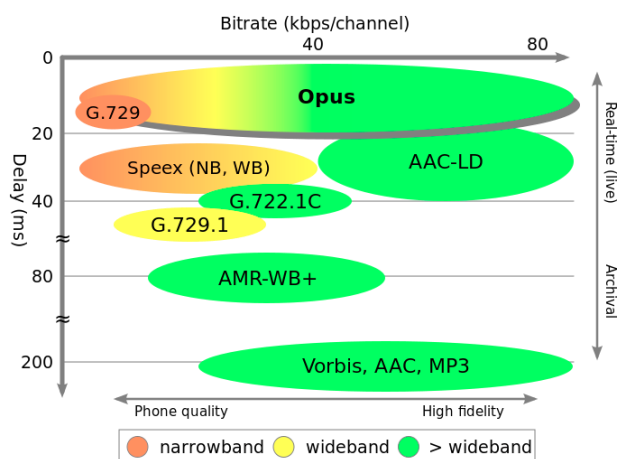


図 2 ビットレートと遅延の関係(文献[5]より引用)

3-5 事前ネットワーク環境調査

地域 BWA の携帯端末は地域 BWA の事業者内ネットワークでの折り返し通信となる。国内の Web サーバに traceroute を実施し、検出したプライベート IP アドレスで、最もインターネット側に近いと思われるものを折り返し地点として選択した。この折り返し地点として選択した IP アドレスに対して、屋外にて地域 BWA 対応スマートフォンから 5 分の通話時を想定して 1 秒間隔、300 回の ping を測定した。結果、46.711msec(最小)、65.786msec(平均)、1737.367msec(最大)、91.872(偏差)、及びパケットロス率 0%となった。外れ値の存在で偏差が大きくなっており、実際の通信の RTT は 46msec 以下にはならない。遅延発生装置のパラメータの設定の関係で、遅延を 65msec、19msec(平均-最小値)の jitter で設定する。

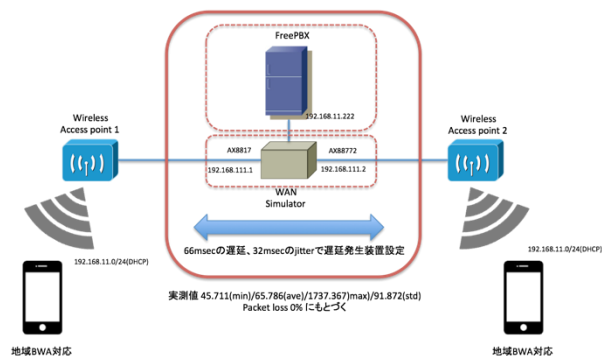


図 3 音声品質評価時のシステム構成

3-6. 音声品質評価環境の構築

TD-LTE 通信環境を模するため、2 つの無線 LAN のアクセスポイントを用意し、アクセスポイント間に遅延発生装置をブリッジ接続した。

ハードウェアの構成として、無線アクセスポイントに、Apple 社 AirMac Time Capsule を 1Gbps 有線~5GHz 無線 LAN 間のブリッジモードで稼働させたものを 2 台設置する。仮想環境として、MacBook Pro Retina 15-inch Early 2013 モデル (2.7GHz Intel Core i7、16GB 1600MHz DDR、SSD 512GB、macOS Sierra 10.12)、及び仮想環境ソフトウェア VMWare Fusion 8.5 を使用した。本 PC に、USB 接続タイプの Gigabit Ethernet を 2 本増設し、本 PC 上でホストしている WAN Simulator の仮想マシンにブリッジ接続した。地域 BWA 対応

スマートフォンからは無線 LAN アクセスポイント経由で WAN Simulator の仮想マシンを経由し、宛先の無線 LAN アクセスポイント経由で相手の地域 BWA 対応スマートフォンに到達する。

WAN Simulator はオープンソースで公開されている WANem (The Wide Area Network Emulator)[6]を利用し、Knoppix ディストリビューション上で構成した。仮想マシン上に仮想イーサネットを 2 つ増設し、Linux のブリッジを構築後、WANem 上で遅延 65msec、ジッタ 19msec の設定を行った。

同じく同上 PC にて、FreePBX の Asterisk を起動し、地域 BWA 対応スマートフォンを登録した。スマートフォンは ASUS Zenfone 3 Z017DA (Android 6.0.1)、VoIP アプリケーションは Zoiper Pro を利用した。Codec には Opus Full(音声帯域 20kHz、サンプリング 48kHz)、エコーキャンセルを設定した。

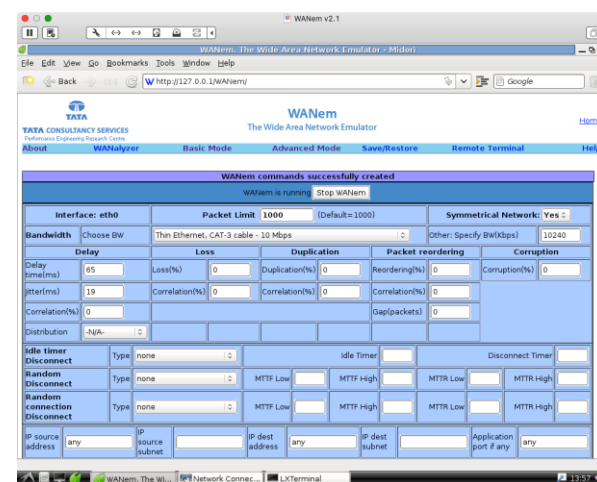


図 4 WANem の設定

3-7. 音質評価対象

愛媛大学医学部附属病院に勤務し、日常的に PHS を利用している医療従事者に協力頂いた。2016 年 12 月現在、地域 BWA は愛媛大学医学部附属病院構内をカバーしていない。既にカバーされている地域に数十名の被験者に移動してもらうことは困難であるため、研究室内に地域 BWA の環境を再現したうえで、医療情報部研究室にお越し頂いて実験を実施した。環境再現の方法は後述する。医療情報部研究室は外来棟の廊下に面しており、時折患者の会話や移動が聞える程度であり、会話が阻害されるような騒音は発生しない場所である

3-8. 音声品質評価の手順

当院で PHS を日常的に使用している医療従事者に協力して頂き、2 人単位でヒアリングする。先入観を防ぐため (PHS との相対的な比較と IP 電話の絶対的な評価の質問が並んでいくため)、質問票は対象者に記載を全て任せるのではなく、調査者あるいは、調査者の指示に従って対象者が順番に記載していく。対象者 2 人にスマートフォンを渡し、調査票にそって口頭質問、スマートフォンを使用して対話、口頭質問、最後にフリーディスカッションを行なう。質問票の各項目は下記の通りである。Q1、Q4 については主観的絶対的評価、Q5 についてはスマートフォンの音声を聞いた後での相対的評価となっている。

表 1 本調査で利用した質問票の項目

Q1 現在の PHS の音質(聞こえやすさ)についてはいかがでしょうか？(5 段階評価)
Q2 現在の PHS の電波(つながりやすさ)についてはいかがでしょうか？(5 段階評価)
Q3 つながりにくい所があれば、具体的な場所をご教示ください。(自由回答)
Q4 スマートフォンの音質(聞こえやすさ)はいかがでしょうか？(5 段階評価)
Q5 スマートフォンの音質は PHS に比べてよいでしょうか？(5 段階評価)
Q6 その他 意見があれば自由にご回答ください。(自由回答)

4. 結果

4-1.アンケート回答結果の概要

回答に協力頂いたのは看護師 23 名、医療従事者(医療クラーク、医事課、医療情報係)31 名、計 54 名となった。回答結果のうち、Q1,2,4,5 の結果をリッカートスケールグラフで図 5 に示す。「どちらでもない」回答をのぞき、中央から左側を「非常に悪い」「悪い」、同じく中央から右側に「良い」「非常に良い」を配置している。

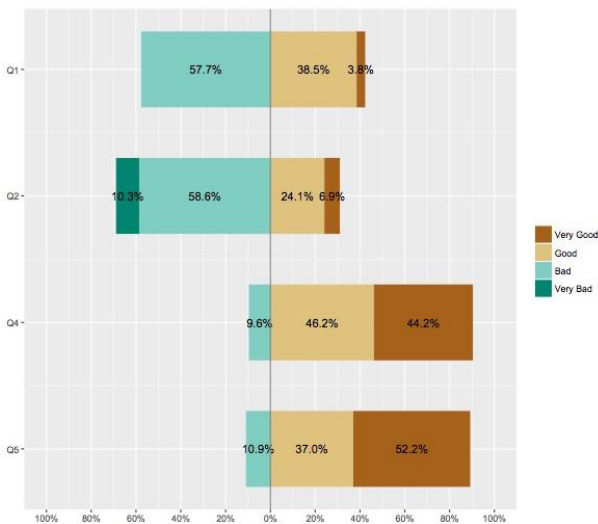


図 5 各質問に対する回答の分布

4-2.PHS とスマートフォンの音質評価比較

Q1 において、PHS の音質についてはやや不満をもっていること(57.7%)が確認された。不満(悪い)とした人は、事務 8 人(26%)、看護師 1 人(4%)であった。一方、Q4 においてスマートフォンの音質が良いまたはやや良いとしたものは 90.4%に上った。その内訳は、事務 23 人(74%)、看護師 21 人(91%)であり、より医療現場に近い職種である看護師からの高評価を得た。そこで、この Q1(PHS)と Q4(スマートフォン)のリッカートスケールの値を順位尺度データとみなし、ウィルコクソンの順位和検定を実施した。結果、 p 値 <0.005 、95%信頼区間は $(-1.000, -0.999)$ と有意差があり、スマートフォンの方が音声品質の評価が高いことが確認された。

また、Q5 で、スマートフォンの音質が PHS より良いとした人は、89.2%となり、内訳は事務が 24 人(77%)、看護師が 18 人

(78%)であり、相対的には職種に限らず高い評価を得た。

4-3.PHS への満足度と接続状況

Q2 においては、PHS の接続性に不満を持っている人(68.9%)が満足している人(31%)を上回った。不満とした人の内訳は、事務 17 名(55%)、看護師 8 名(35%)であった。また、Q3 の PHS の通話が困難な場所(自由回答)については、エレベーター(11 人)、階段(9 人)、移動中(8 人)、病棟の奥など建物の隅(5 人)、その他に、1 号館の下フロア全般、ICU が指摘された。

4-4.自由回答での指摘

Q6 の自由回答では、スマートフォンの音声の遅れ・ずれ・エコー(25 人)が指摘された。

その他には、「PHS の方が耳に直接当てやすく使いやすい(同様 2 名)」、「PHS の方が小型で持ちやすい(同様 4 名)」といった、PHS の方が利便性に優れるとする意見が見られた。そのほか、「スマートフォンは落としてしまいそうで怖い」、「スマートフォンは胸ポケットに入らないのではないか(同様 2 名)」、「スマートフォンはバッテリーの持続時間が気になる」といった、スマートフォン端末への懸念点を挙げた回答も見られた。また、「スマートフォンは PHS よりも外部(周辺環境)の音を拾っている」、「PHS は移動中でつながりにくい」「既に導入している看護支援システムとして使っている iPod とスマートフォンを統合化して欲しい」などの指摘があった。

5. 考察

5-1.PHS の抱える課題と克服への可能性

医療従事者は構内で移動しつつ連絡する機会が多いため、移動中の通話の困難に課題を感じている者が多いと思われる。エレベーター、階段での不便を訴える意見が多いのも、構内を移動しながら業務を行っていることと関係があると思われる。一方で、病棟の奥や敷地内など、アクセスポイントの設置が難しい場所への指摘もある。

地域 BWA 網を使うことのメリットの 1 つに、敷地内をカバーでき、フェムトセルとの併用によって死角をなくすような配置ができることがある。これにより、PHS では困難な敷地や近隣へのカバレッジを広げられると考えられる。

5-2.今後の課題

また、現状の PHS は女性の手でも安定して持てるような小型のものであることからスマートフォンを片手で持ちにくいことについての不安が聞かれた。いわゆる「ガラホ」と呼ばれる従来のフューチャーフォンのような形を要望する意見があった。日本での製品の多様性にかける地域 BWA 対応スマートフォンにとっては厳しい注文である。

音質については、PHS より音質は良いことが認められつつも、自身の声のエコーの問題が指摘された。これについては VoIP におけるコーデック、VoIP アプリケーション、スマートフォンの調整が必要と思われるが調査者の力量を越えるため、機会をみて無線 LAN/地域 BWA/LTE における一般的な VoIP に関する調査を VoIP に通じた事業者と共に試みたい。

6 謝辞

本研究は四国情報通信懇談会による、平成 28 年度四情調査第 1 号「地域 BWA を利用した構内音声網構築のフィージビリティ調査」の研究資金の支援のもと行われた。

参考文献

- [1] 電波環境協議会. 医療機関において安心・安全に電波を利用するための手引き 2016.
- [2] 一般社団法人 情報通信技術委員会. TTC 標準 JJ0201.01 IP 電話の通話品質評価法. 2008; http://www.ttc.or.jp/jp/document_list/pdf/j/STD/JJ-201.01v8.1.pdf.
- [3] 一般社団法人 情報通信技術委員会. TTC 技術レポート TR-1054 IP 電話の通話品質測定ガイドライン. 2015; http://www.ttc.or.jp/jp/document_list/pdf/j/TR/TR-1054v2.pdf.
- [4] Valin J-M. Codec Landscape. <http://opus-codec.org/comparison/>.
- [5] Rämö A, and Henri Toukoma. Voice Quality Characterization of IETF Opus Codec. INTERSPEECH 2011.2541-4.
- [6] Kalitay HK, Nambiarz M, editors. Designing wanem: A wide area network emulator tool. Communication Systems and Networks (COMSNETS), 2011 Third International Conference on; 2011: IEEE.