

マイクロ波聴覚効果を応用した無線通信におけるシングルビーム

小池誠^{†1, †2}

概要: マイクロ波聴覚効果を応用することにより、受信者の頭部に直接、音声メッセージを伝える無線通信が実現するとされている。本稿では、搬送波の周波数そのものがマイクロ波聴覚効果を発現するのではなく、搬送波として作用する2つの周波数の差分がマイクロ波聴覚効果を発現させる。具体的には、2つの周波数を搬送波とする1本のミリ波ビームを受信者の頭部に照射して、マイクロ波聴覚効果により頭部が音声を復調する。搬送波の予想及び検出が困難となり、検出を回避することができる。

キーワード: マイクロ波聴覚効果, パルス変調, ビーム, 2周波レーダー, 熱弾性波, テレパシー通信

Single Beam in Wireless, Receiverless Communication with the Application of Microwave Auditory Effect

MAKOTO KOIKE^{†1, †2}

Abstract: Microwave auditory effect enables to realize the wireless, receiverless communication wherein a voice message is directly transmitted to the head of the recipient. Herein I report that the carrier frequency *per se* does not induce microwave auditory effect but that the difference of the dual frequencies, which serve as a carrier, induces microwave auditory effect. Specifically, a single beam, which consists of the dual frequencies in the millimeter waves and which carries a voice message, is irradiated onto the head so as to demodulate the voice message by microwave auditory effect.

Keywords: microwave auditory effect, pulse modulation, beam, dual frequency radar, thermoelastic wave, telepathy communication

1. はじめに

1.1 マイクロ波聴覚効果

音学シンポジウム 2016 でマイクロ波聴覚効果について発表されている[1]。即ち、マイクロ波は電波の一種であるが、一定の条件で音として聞こえ、この現象がマイクロ波聴覚効果と命名されている[2, 3]。

図1に示すように、空気伝導では外耳、中耳、内耳と圧力変動が伝わるのに対して、マイクロ波聴覚効果では外耳、中耳を経由することなく、別個の経路で内耳に圧力変動が伝わる。いずれの経路であっても、内耳の下流については同一である。マイクロ波聴覚効果では、頭部に照射された矩形波のマイクロ波が熱弾性波に変換し、更に、この熱弾性波が頭部組織を伝搬して内耳の蝸牛に到達し、骨伝導により聞こえる。

熱弾性波では、弾性体が急激に熱膨張することにより熱応力及び圧力変動が発生し、この圧力変動が弾性体を伝搬する[4]。しかしながら、熱弾性波に伴う物理現象はさほど知られていないので、電波は聞こえないと誤解されているのに過ぎない。

日常生活で遭遇する熱弾性波としては雷鳴が挙げられる。雷がピカッと光ると、少し遅れてゴロゴロという雷鳴

が聞こえる。雷では稲妻という光が聞こえた、と表現しても過言ではない。雷では、雲に蓄積された電荷が放電することにより、大気が絶縁破壊して、巨大な電流が流れる。この巨大電流に起因して、大気中に含まれる気体分子が電離してプラズマが生成し、このプラズマが稲妻として視覚を刺激する。さらに、この巨大電流が空気を瞬間的に加熱することに伴って、大気が急激に熱膨張して、大気に圧力変動が発生し、この圧力変動が大気を伝わって、聴覚を刺激する。要するに、雷では空気が弾性体として作用し、雷鳴という熱弾性波が発生している。

これに対して、マイクロ波聴覚効果では、矩形波のマイクロ波が頭部に照射されたことにより頭部組織に含まれる水が急激に熱膨張して熱弾性波が発生する[1-3]。要するに、マイクロ波聴覚効果では、頭部組織に含まれる水が弾性体として作用し、この熱弾性波が骨伝導により聞こえる。

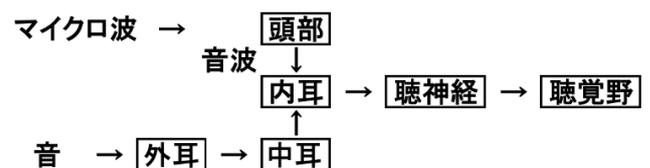


図1 空気伝導とマイクロ波聴覚効果の経路

Figure 1 The pathways of air conduction and microwave auditory effect.

^{†1} 小池誠マイクロ波研究所
Makoto Koike Microwave Research Institute
^{†2} マイクロ特許事務所
Micro Patent Office

1.2 マイクロ波通信

音学シンポジウム 2017 では、マイクロ波聴覚効果を応用したマイクロ波通信が 1940 年代に完成していたという示唆について発表されている[5]。ここで、マイクロ波聴覚効果を応用したマイクロ波通信では、送信のときに音声信号がパルス符号変調され、通信チャンネルとしては、搬送波として作用するマイクロ波が受信者の頭部に照射され、受信のときに受信者の頭部でマイクロ波聴覚効果が発現することにより音声信号が復調する。このマイクロ波通信ではパルス符号変調が用いられる[6-9]。

ところで、クロードシャノンが 1940 年代後半にパルス符号変調について公表したのだが、この文献では、搬送波の周波数、マイクロ波聴覚効果などを秘匿しつつ、数学的、抽象的かつ一般的に記載されている[10]。さらに、クロードシャノンが同時期に米国特許商標庁に行った特許出願では、パルス符号変調の搬送波の周波数がマイクロ波である旨が記載されている[11]。すると、パルス符号変調に関する論文と米国特許とを組み合わせると、マイクロ波聴覚効果を応用したマイクロ波通信が 1940 年代に完成していた旨を示唆する。

1.3 マイクロ波ビーム

音学シンポジウム 2018 では、マイクロ波聴覚効果を応用したマイクロ波通信におけるマイクロ波ビームの形成について発表されている[12, 13]。マイクロ波聴覚効果を応用したマイクロ波通信では、受信者の頭部にマイクロ波を照射することが求められるが、マイクロ波ビームを形成する具体的手段が開示されている。

この装置では、円盤上に配置されている一対の高出力フェムト秒レーザーからレーザービームを一対の鏡に向けて照射し、レーザービームを反射させてその方向を変えることにより、一対の平行なレーザービームを大気中に照射する。フェムト秒パルスレーザーは大気を電離させプラズマを生成するところ、大気中に円筒状にプラズマを形成することができる。そこで、マイクロ波送信機から照射したマイクロ波ビームが円筒状のプラズマ内部を直進し、プラズマの外側にマイクロ波が拡がらない[12, 13]。円筒状のプラズマがマイクロ波の導波管として機能している。ここで、マイクロ波がプラズマで反射する原理は電離層が短波を反射するのと同様である。

2. 課題

マイクロ波聴覚効果を応用したマイクロ波通信が現実に受信者、特にマイクロ波通信について同意していない受信者に対して秘密裏に使われた場合、マイクロ波聴覚効果を発現する周波数の電磁波を計測することにより、このマイクロ波通信が秘密裏に行われていることが露顕するリスクがある。

そこで、本稿は、マイクロ波聴覚効果が発現する周波数を搬送波とするのではなく、2つの周波数 f_1 , f_2 を搬送波とするとともに、2つの周波数の差分(f_2-f_1)で、マイクロ波聴覚効果を発現させる手法を紹介する。具体的には、2つの周波数を搬送波とする1本のビームを受信者の頭部に照射して、マイクロ波聴覚効果を発現する。

ちなみに、本稿は2つの周波数 f_1 , f_2 を包含する一本の電磁波ビームを受信者の頭部に照射する方式であるが、周波数 f_1 に対応する電磁波ビームと周波数 f_2 に対応する電磁波ビームの双方を受信者の頭部に照射する方式は、既に公表されている[14, 15]。

3. 米国特許 6864825 号

3.1 書誌事項

米国特許 6864825 号は 2005 年 5 月 8 日に公表されているが、発明の名称は、遠隔に電磁波放射を指向する方法及び装置である[15]。特許権者は米国企業ボーイング the Boeing Company であり、発明者はサンダー・ホリー Sandor Holly である。

3.2 概略

図 2 において、2つのミリ波源 30, 40 が2つの電磁波ビーム 32, 42 を偏波ビームコンバイナ 34 の方向に放射する。電磁波ビーム 32, 34 はいずれも位相が揃っている平行な偏波である。この文献はミリ波源 30, 40 について明記していないが、例示としてはレーザーないしメーザーが挙げられる。電磁波ビーム 32, 42 の周波数はそれぞれ f_1 , f_2 であり、これらの周波数は互いに異なっている。

偏波ビームコンバイナ 34 は一方の偏波を反射する一方、他方の偏波を透過させ、互いに直交する偏波からなるビーム 44 が得られる。

周波数 f_1 と周波数 f_2 の差分周波数 Δf が、対象と干渉する。例えば、周波数 f_1 が 100GHz であり、周波数 f_2 が 101GHz であり、その差分となる周波数 1GHz が受信者の頭部と干渉する。これに伴って、電磁波エネルギーが熱エネルギーに変換して、マイクロ波聴覚効果が発現する。

2つの周波数からなる電磁波ビーム 44 と対象との間に別個の物体が配置されているときであっても、この物体と電磁波ビームが共鳴しないときには、電磁波ビームが物体を貫通することがある。

2つのミリ波源 30, 40 から2つの電磁波ビーム 32, 42 を照射しているのだが、この照射タイミングがベースバンド信号でパルス変調されており、このベースバンド信号が音声信号となっている。電磁波ビーム 44 が受信者の頭部に照射され、周波数の差分でマイクロ波聴覚効果が発現することにより音声信号が復調して、受信者に直接、音声を伝えることができる。

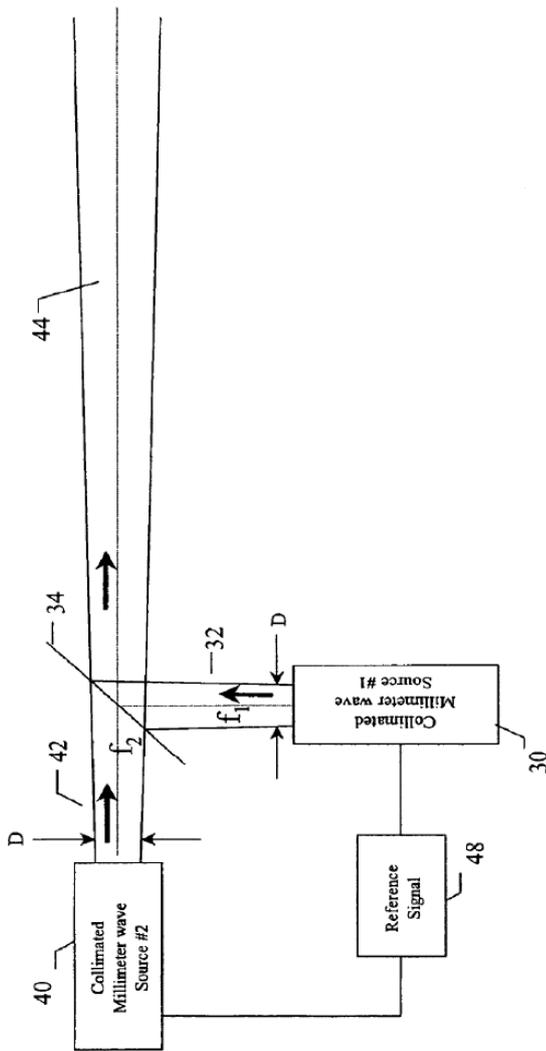


図 2 偏波ビームコンバイナを内蔵する
 電磁波干渉装置[15].

Figure 2 Apparatus for Generating Electromagnetic
 Interference, including Polarization Beam Combiner[15]

4. おわりに

2つの周波数の差分でマイクロ波聴覚効果を発現する場合、2つの電磁波ビームを受信者の頭部に照射するのではなく、1つの電磁波ビームを受信者の頭部に照射する方式を紹介した。2周波レーダーを使って、受信者の頭部を自動的に追尾するとき、本稿で紹介した手法を用いることができる。

謝辞 音学シンポジウム 2019 関係者に謹んで感謝の意を表す。

参考文献

[1] 小池誠, マイクロ波聴覚刺激の概説—電波が聞こえるという

パラダイムに転換— 情報処理学会研究報告, vol. 2016-MUS-111, no.35, pp.1-7, May 2016.

[2] J. A. Elder, C. K. Chou, Auditory response to pulsed radiofrequency energy, *Bioelectromagnetics Supplement*, vol. 24, no. S6, pp. S162–S173, 2003.

[3] A. H. Frey, Auditory response to pulsed radiofrequency energy to human auditory system, *J. Appl. Physiol.*, vol. 17, no. 4, pp. 689-692, 1962.

[4] 竹内洋一郎, 野田直剛, 熱応力, 再増補改訂版, 日新出版, 1981

[5] 小池誠, テレバシー通信の哲学. 情報処理学会研究報告, vol. 2017-MUS-115, no.52, pp.1-5, June 2017.

[6] James P. O'Loughlin, Diana L. Loree, Method and device for implementing the radio frequency hearing effect, US Patent No. 6470214, Oct. 22, 2002.

[7] James P. O'Loughlin, Diana L. Loree, Apparatus for audibly communicating speech using the radio frequency hearing effect, US Patent No. 6587729, Jul. 1, 2003.

[8] Wayne B. Brunkan, Hearing System, US Patent No. 4877027, Oct. 31, 1989.

[9] P. L. Stocklin, Hearing Device, US Patent No. 4858612, Aug 22, 1989.

[10] B. M. Oliver, J. M. Pierce, C. E. Shannon, The Philosophy of PCM, *Proceeding of IRE*, vol. 36, no. 11, pp. 1324-1331, Nov. 1948.

[11] Bernard M. Oliver, Claude E. Shannon, Communication System Employing Pulse Code Modulation, US Patent No. 2801281, July 30, 1957.

[12] 小池誠, マイクロ波聴覚効果を応用したマイクロ波通信におけるマイクロ波ビームの形成, 情報処理学会研究報告, vol. 2018-MUS-119, no. 35, pp. 1-8, 2018年6月.

[13] Jed Margolin, Microwave Transmission Using a Laser Generated Plasma Beam Waveguide, US Patent No. 6377436, Apr. 23, 2002.

[14] 小池誠, マイクロ波聴覚効果を応用した無線通信におけるデュアルビームの活用, 電子情報通信学会技術報告, vol. 118, no. 254, RCS2018-176, pp. 137-142, 2018年10月.

[15] Sandor Holly, Method and apparatus for directing electromagnetic radiation to distant locations, US Patent No. 6864825B2, May 8, 2005.