

マイクロ波帯・ミリ波帯の電波伝搬研究

横尾富夫, 槇岡寛幸, 岡本嗣男, 上條敏生, 梅津雅章, 新井幸市, 逸見政武, 深井貫, 小林大輔 他 YAMA 会員
横浜・アマチュア・マイクロウェーブ・アソシエーション(YAMA) 富士山測候所マイクロ波帯電波伝搬研究プロジェクト

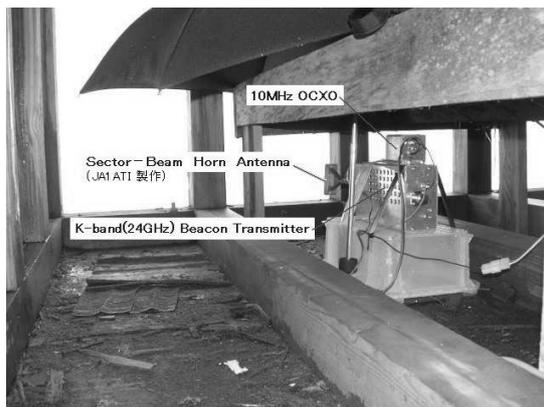
1. はじめに

本研究プロジェクトは、気象および大気の変化がマイクロ波帯およびミリ波帯の伝搬に及ぼす影響を定量的に収集し、電波伝搬(散乱)の特性を研究することが目的である。今年度は富士山山頂にアマチュア無線局(JARL 認定局)を設置し、24GHzのマイクロ波帯(準ミリ波帯)で定期的に電波を発射させ(ビーコン局)、電波伝搬計測実験を行った。

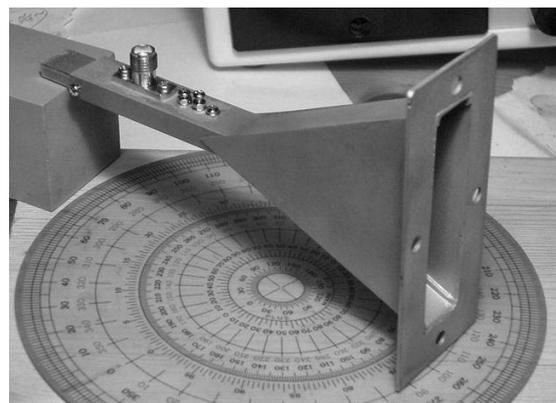
2. 方法

富士山測候所(標高 3776m)内に 図 1(a)の 24GHz 送信機を設置し、関東地方東側に向けて定期的な電波を発射した。送信機の送信周波数は、24.019000GHz で、温度制御型水晶発振器(OCXO)基準 PLL 制御周波数により安定化されている。送信電力は 30mW である。送信アンテナは、多くの局が受信できるように、図1(b)に示す形状のセクタービームホーンアンテナ⁽¹⁾を作成した。送信データ信号は一分間隔のモールス信号で、この研究に対して JARL より発行されたアマチュア無線局(特別局)のコールサイン(8J1FUJ/1)が含まれている⁽²⁾。

地上受信局は 24GHz 受信システム(24GHz コンバーターおよび UHF 受信機)を所有する関東一円在住の YAMA メンバー数十名である。24GHz の受信信号は、まずコンバーターで UHF 帯(1200MHz 等)の信号に変換され、パソコンに接続された受信機で取り込まれる。取り込まれた信号は通信解析ソフト(WSJT)の JT65C モードを用いて、受信信号の S/N 比や周波数変化量などのデータとして記録した。この WSJT(Weak Signal communications, by K1JT)⁽³⁾⁽⁴⁾は、ノーベル賞受賞宇宙物理学者 Joe Taylor 氏により開発されたフリーソフトで、月面反射通信や流星散乱通信などの微弱信号の通信で利用されており、通常の実験機よりも 10dB 以上の受信感度向上がなされている。



(a)ハット内に設置された 24GHz 送信機



(b)送信アンテナ⁽¹⁾ Gain 14.3dB
水平方向ビーム幅 60度
垂直方向ビーム幅 15度

図1. 24GHz 送信器および送信ホーンアンテナ

3. 結果と考察

8月6日14時30分より、測候所内に設置された24GHz送信設備より、送信を開始。地上局受信システムは、埼玉県上尾市、神奈川県茅ヶ崎市から立ち上がり、受信データの解析を開始した。8月26日12

時送信停止までの間、20日間連続送信を行った。その結果、常時受信システム 4 局、仮設受信システム 30 局の受信設備を立ち上げることができた。また、8月23日から24日まで、ハムフェア 2009 会場(東京ビッグサイト)において、JARL 受信局による公開受信を実施し⁽⁵⁾、90 局が受信した。

24GHz 受信システムの受信機改良や WSJT 受信技術習得のため、4月と6月に WSJT 講習会を開催した⁽⁶⁾。また毎月 SHF 技術アドバイス講習会を開催している。⁽⁶⁾⁽⁷⁾

図2に受信に成功した受信局の位置情報を示す。図3は、受信地域の受信電波強度の計算例である。

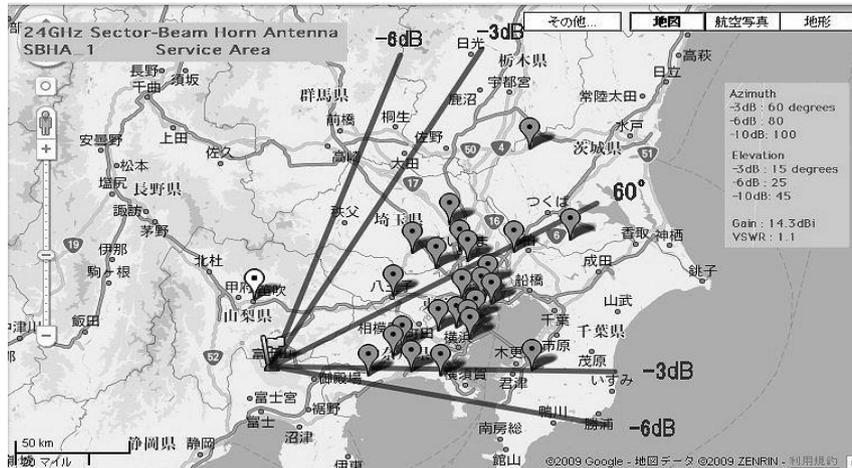


図 2 受信に成功したアマチュア無線 24GHz 受信局

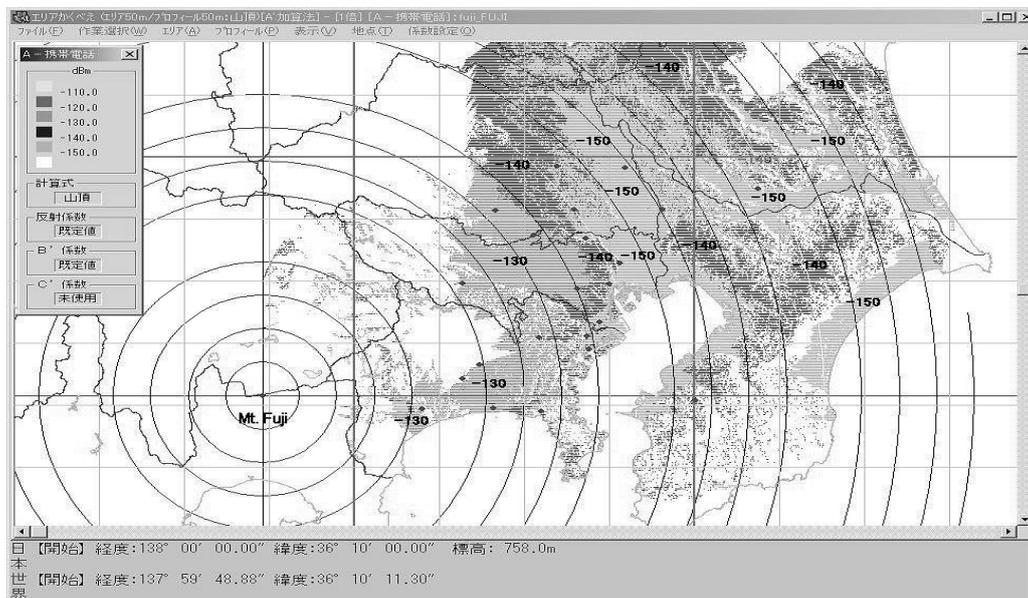


図 3. 放射電波の受信強度解析例

24GHz 送信機の電力、送信アンテナのゲイン・ビーム幅・ビーム方向のデータを入力して計算。

山頂から 200km 以内の受信電力レベルを色分けして表示している。受信アンテナのゲインは考慮していない。

図中の黒丸の点は、図 2 に示した無線局の位置を示している

図4は、神奈川県茅ヶ崎市(富士山剣ヶ峰見通し65km、受信システムは UTV-24G+IC-910、30cm カセグレンアンテナ)における受信モールス信号の WSJT 解析画面を示したものである。図の左側に受信信号の日付・時間、S/N 比、周波数変動などの解析データが、右側にモールス信号の時間変化が表示されている。(図中、VVV DE は呼び出し符号、8J1FUJ/1 は JARL 特別局コールサインを表す)

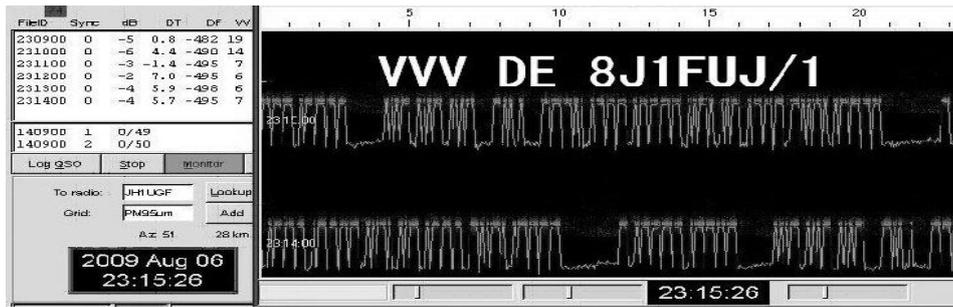


図4.受信信号のWSJT解析データ例(パソコン表示画面)

8月6日から8月26日までの関東地域の天候は、雨の時期が少なく、電波の受信状況は減衰が少なく安定な受信結果であった。短時間ではあるが、富士山頂での気象の変化に応じた受信電力の低下はしばしば観測された。8月24日頃に関東地域に雨が降り、受信 S/N(Signal 対 Noise 比)に大きな変化が現れた。

図5、図6は、8月24日0時より48時間に亘って東京都八王子市の受信システムで受信したS/Nのデータである⁽⁷⁾。富士山山頂、相模湖、丹沢湖、八王子市の気象データと比較した結果、各地点の雨量よりも富士山山頂の湿度が100%になった時のほうが、S/Nの低下が著しい。また、相模湖、八王子市の天候より、丹沢湖の雨の影響を良く受けている。

富士山マイクロ波帯電波伝搬研究プロジェクト(YAMA) JARL特別局 8J1FUJ/1 CWビーコン Frequency:24.019GHz
送信地:8J1FUJ/1(富士山) == 65km ==> 受信地:7H4TDM/1(八王子)

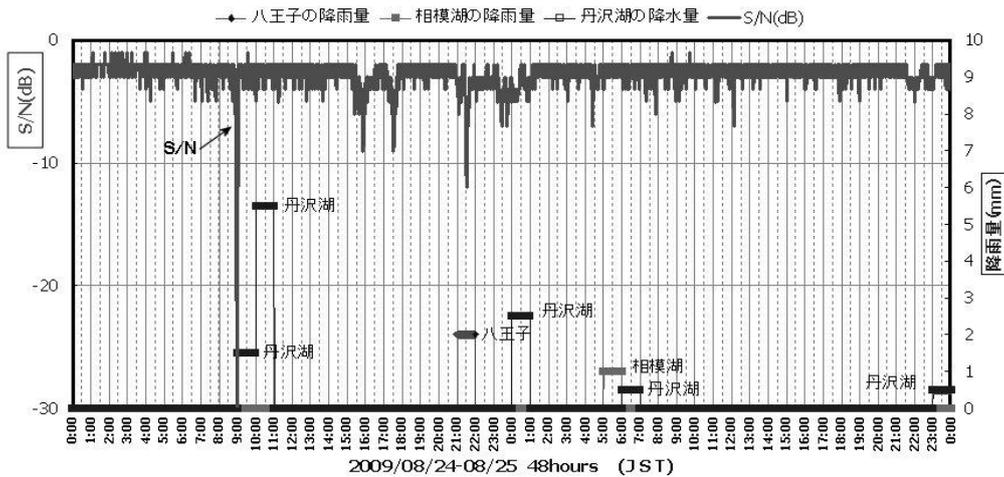


図5. 東京都八王子市の受信システムで受信したデータと降雨量(8月24日0時より24時間)

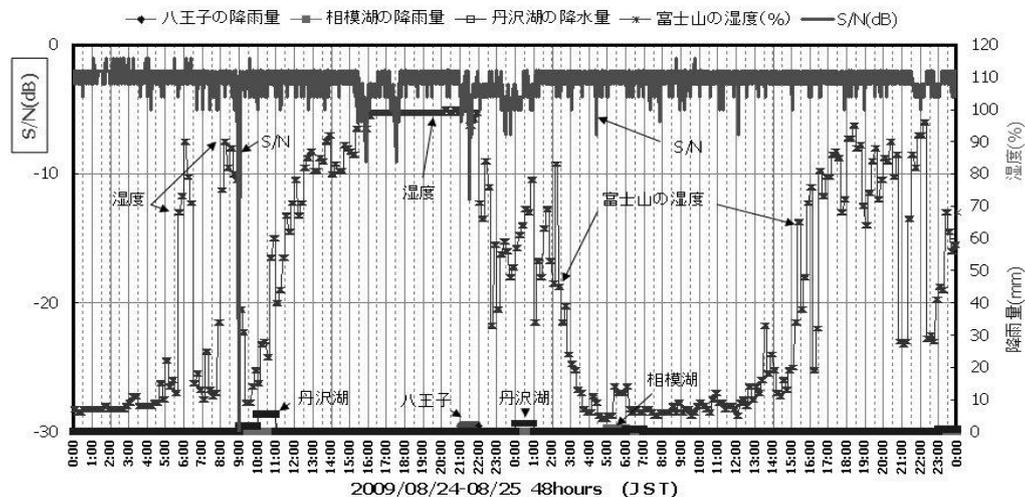


図6. 東京都八王子市の受信システムで受信したデータと山頂湿度(8月24日0時より24時間)

図7は、8月21日0時より24時間の神奈川県茅ヶ崎市の受信システムで受信したデータ⁽⁷⁾である。今回は、送信機基準発振器(OCXO)の変動特性をみるため、気象庁発表富士山気象データをグラフにプロットしてみた。気象データは、10分ごとの気温、相対湿度、日照時間(分)を利用した。その結果、送信機の周波数変動(DF)の変動は気温と負の相関がある。すなわち気温が上がると発振周波数は低くなる。気温5°Cの変化に対してDFは80Hz弱の変動であった。送信機設置ハット内は隙間風や雨漏りなど大変厳しい環境であるが、当日の茅ヶ崎市での受信信号は強力であり、24時間平均のS/N=-3.2dBと、終始安定して受信出来た。運用期間中の20日間、発振周波数の24時間温度変化は図7と同様な変化を示した。

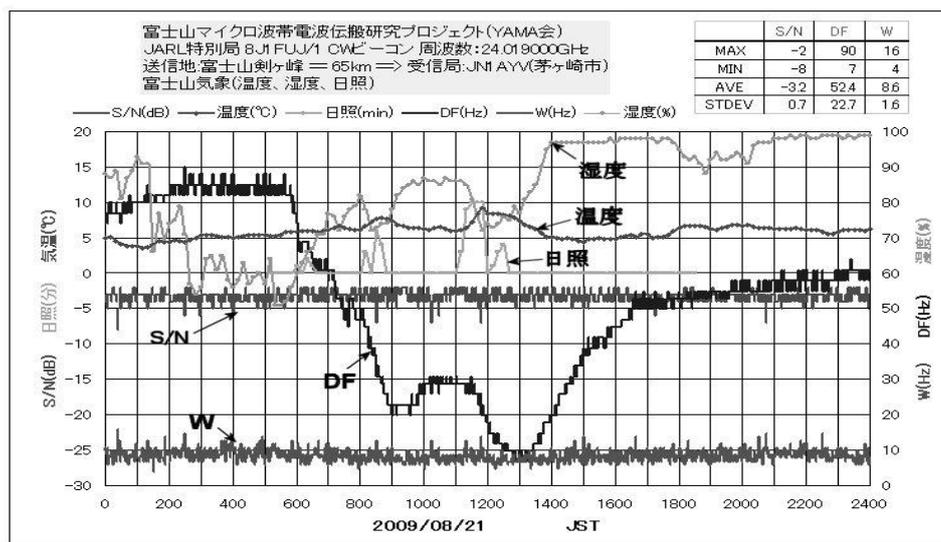


図7. 神奈川県茅ヶ崎市の受信システムで受信したデータ(8月21日0時より24時間)

今後の計画: 各地点の受信システムのデータの解析を行う。今年度は24GHzの送信設備のみであったが、気象の影響を掘り下げて研究するため、来年度に向けて47GHz帯、5.6GHz帯の送・受信システムの開発を行う予定である。なお、2010年1月よりJARL特別局「8J1FUJ/1」の通年使用が認められた。

参考文献

- (1) 逸見政武, 「10/24GHz ビーコンアンテナ用アンテナの開発状況」, マイクロウェーブチャレンジ 2008, 全国マイクロウェーブ合同ミーティング論文集 (2008-11-23)
- (2) JARL NEWS 2009年夏号, JARL, p.35
- (3) WSJT Home Page by K1JT: <http://www.physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/>
- (4) 大庭信之, 「WSJT デジタル通信入門」, 別冊 CQ ham radio (2009 March), CQ 出版社 p.44
- (5) 記念局運用情報, CQ ham radio 2009年10月号, CQ 出版社 p.176
- (6) 熊野谿寛, マイクロウェーブワールド, CQ ham radio 2009年4月号, CQ 出版社 p.189
- (7) YAMA のホームページ (<http://homepage2.nifty.com/yama-kai/newpage1.htm>)。詳細な受信記録は、JN1AYV 局ホームページ (<http://www.jn1ayv.syuriken.jp/Beacon/FujisanPJ/FujisanProject.html>) に掲載されている。

謝辞

富士山頂送信システムの設置にあたりご協力いただいた、NPO 法人富士山頂測候所を活用する会、気象庁、明星電気、JARL 技術研究所の方々に深謝申し上げます。また、特別局「8J1FUJ」を開設していただいた JARL 運用課、ならびに活動資金の支援をいただいた(株)東芝(従業員社会貢献ボランティア活動資金支援プログラム)および YAMA メンバー各位にお礼申し上げます。

*連絡先: 横尾 富夫 (Tomio YOKOO), jk1lpd@yahoo.co.jp