

# Mwe シニア会会報

*Mwe Senior Club*

*NEWSLETTER*

No. 2, 2000 年 1 月

## 目 次

ハワイ島スバル見学報告	p. 1
すばる望遠鏡の開発と宇宙科学の発展	p. 4
第 2 回講演会・懇親会 「スバル望遠鏡視察報告」	p. 6
第 2 回講演会・懇親会 「利き酒会」	p. 7
第 1 回懇親会 「バーベキューパーティー」	p. 8
Break Through 誌寄稿(2000.1)	p. 10
行事の案内と今後の活動計画	p. 12
会員の加入状況と会員名簿	p. 12
会員の声	p. 13
会則	p. 14
役員一覧	表紙裏面

Mwe シニア会

## Mwe シニア会

### 初年度役員一覧（敬称略）

会員総会・総会議長	米山 務
会長	水品 静夫
副会長	北爪 進
監事	小林 禧夫

#### 運営委員会

会長	水品 静夫
副会長	北爪 進
会計幹事	松本 巖
幹事	赤田 邦雄

#### 企画担当

伊東 正展
新井 陽一
石田 修巳
佐藤 軍吉
柴富 昭洋
西川 敏夫
平井 克巳

発行者	Mwe シニア会
発行責任者	水品 静夫
事務局	〒215-0034 川崎市麻生区南黒川 10-5 アイ電子株式会社 伊東 正展
TEL :	044-981-3866, FAX : 044-981-3868
E-mail:	itoh-aie@mb.asmnet.ne.jp
発行日	2000年2月21日



# ハワイ島スバル見学報告

北爪 進

世界最高技術を駆使し日本がハワイ島に建設している天体望遠鏡スバルを見学したのでその概要を報告します。

ハワイ島スバル見学を計画し、スバル望遠鏡ハワイ島マウナケア山頂施設(A Division of the National Astronomical Observatory of Japan)の海部所長に E-Mail で訪問をお願いしました所、快諾の返事が返ってきました喜びましたが、一方窓口となっている関口教授より一向に承諾の返事がなく多少心配になりました。と言うのも実はスバル望遠鏡は今だ正式には完成しておらず公開されていないのです。この事を米山先生に報告した所、“海部所長が OK と言っているのだからかまわず行ってしまえばこっちのモンだよ”と諭され元気付けられました。ハワイ島行きの JAL ツワーの予約確定は1ヶ月前の10月5日であり、既にキャンセルするとペナルティがかかる時期になっているのです。意を決し、再度海部所長に直接再確認をしようと思ってパソコンに向かったところ、海部所長室の遠藤真理さんより受け入れの準備をしている、頂上までの車の手配もお手伝いしてもよいとの連絡が入った。車は普通車では登れず、特別仕様の 4WD 車が必要であると聞いていましたので、既に旅行社を通して予約していましたが、現地の事情に長けている人をお願いするのがより安全であると思い、キャンセルして遠藤さんをお願いする事とした。この知らせには本当に飛び上がらんばかりに嬉しかった。

10月15日の事である。これでスケジュールが固まり、同行者に連絡出来る事となり、早速以下の内容をお知らせ致しました。

## 記

期日:1999年11月8日(月)

集合:10時30分、ホテルアウトリガーワイコロアビーチリゾートのロビー

参加者:伊東さん、松本さん、赤田さんご夫妻、平井さん、森さん、松本英一さん

(ハワイより参加)、北爪2人合計9人(10月16日現在)

スケジュール

11:00 アウトリガーワイコロアビーチリゾート出発

12:30 ハレボハク到着、気圧調整とランチ

13:30 ハレボハク出発

14:00 スバル望遠鏡山頂施設に到着

訪問挨拶とスバル望遠鏡見学 海部所長、関口氏、遠藤さん他

15:30 スバル望遠鏡山頂施設出発

17:30 ホテル帰着

- ・車予約:11人乗りVAN1台予約して頂きました(TAIKOBON 社)、料金\$1,200.-+チップ、現金 or トラベラーチェックでの支払、クレジットカードは受けない。

(北爪が一括支払い後で参加者数で割る、\$1,200/9+chip)

- ・キャンセルチャージ:2週間前(10/21日)より50%、1週間前(10/28日)より100%
- ・ギランティ;2週間前(10/21日)にギランティする必要あり(北爪がクレジットカード番号を提出してギランティします)
- ・ランチ:ハレボハクで昼食します、ランチ代一人\$15.-を予約しました。
- ・料金合計:\$1,200./9+\$15.+Chipとなります。尚割り引き交渉中ご期待下さい？。
- ・その他:天文台の海部所長と皆さんに手土産を準備します。また遠藤さんには予約等でお世話になりますので、別に Give a way を用意致します。

服装その他:高度 4,200m ですのでセーター、ウインドブレーカー等の防寒具の準備をお願いします、また体調により携帯用酸素吸入器の用意も必要でしょう。(平成11年10月16日 幹事 北爪 進)

これで全て行く行くといい、あとはゴルフの計画立案に専念するのみと甘く考えたのが間違いであり、完了するまでに色々ハプニングが起きる事となるのは、この時は神様でも知るよしもなかった。

携帯用缶入り濃縮酸素、ASICS O2(酸素濃度95%、缶内圧力 9kg/cm<sup>2</sup>、充填量 5000ml)を3本山頂での酸素不足に備えて購入した。

成田空港での出来事:

11月5日午後9時、JAL-70 便での出発に向け午後6時過ぎに成田空港に到着し、チェックインカウンターに向かった。手荷物検査のためのレントゲン装置に荷物を入れたところ、何やら係員の様子がおかしい、何ですか？と素知らぬ顔で聞いて見たら、ボンベが入ってますねと、そうですよ、何しろ高度 4,200m のマウナケアに登るのでから用心の為酸素を準備してるのです、飛行機の中でも緊急のために酸素ボンベを常備してるでしょう、同じ事ですよ、と主張しましたが、兎に角規則なのでここで没収しますとの事、トランクの鍵を開けなさいと、あれ鍵がない！忘れて持っていない事に気付いた(いつもは鍵など必要ない手荷物で出張しているのでつい鍵の掛かるバッグである事を忘れていた、と言うより習慣が無いと云うべき)。そこで鍵がないので開かない！と主張した。係員は仕方なく何処かに連絡し鍵を取り寄せ、遂に開けてしまい、大切な濃縮酸素は没収された。それならと、その鍵を頂き旅先で無くて困るはずの鍵を何なく手に入れてしまった。そこへ伊東さんが到着し、同じく持っていた濃縮酸素を没収された。折角準備したのに何たる事！！ボンベは爆発物との認定だそうだが、客室に酸素ボンベを携帯している。一方、この処置は到底納得出来ない。然しですよ、預かり書を書かせて帰りに受け取るようにしたのは、流石、伊東さんですね。

車の予約が無い騒動:

いよいよ8日スバル見学の当日になり、出発前に済まさなければならない事を出発時間の都合上途中で止めてホテルへ急ぎ戻って来た。アウトリガーワイコアビーチホテルを11時出発の予定である。しかし11時になってもそれらしい車の迎えが来ない！！海部所長室の遠藤さんにご挨拶がてらとの恰好をつけて電話をして車の来ない事を伝えた次第、それからが大変だった。車を準備するはずの TAIKOBON 社より連絡があり、車はあるのだが肝心の運転手の手配を忘れたとの事、今あちこち運転手を探がしているが手配出来るか保証できないと、急遽ホテルのオプションツアー係に手配を依頼した始末。この間ハワイ在住の松本瑛ちゃんに依頼し、交渉の窓口になってもらった。やっとな臨時の運転手が見つかりなんとか出発出来る事になったのは、予定を1時間30分も過ぎてからだ。気圧調整の為に有った中間点のハレボハクでの休息時間を短縮し、車を飛ばして山頂へと向かった。これが後で我々の山頂での酸素不足への準備不足にもなり、ほとんど皆さんが

ふらふらしながらの見学となった。然し車代を\$1,200.から\$300.にまけてもらい(然し運転手には落ち度がないので\$600.の15%を支払う善良さで対応した。\$600.までは交渉でまけてもらう積もりだった)、内心ほくそえんだ。

#### 山頂での見学:

京都大学の中桐教授が我々の到着を待っていてスバル天文台の案内をしてくれた。この天文台は未だ完成してなくて建設中である為、施工責任会社である三菱電機の管轄下にある。従って見学中に事故等があっても一切責任免除である事の承諾書にサインする事が私の最初の仕事となった。中桐教授は既にこの地に長期滞在しており、身体が山頂の気圧に慣れておられる様子で、とてもお元気であり、先日紀宮様をご案内したコースと同じコースを案内すると宣言され、2時間の長きに渡って途中一切休まず、懇切丁寧にご案内頂いた、が我々一行は車手配問題と時間を短縮しての登山の為本当にきつかった。唯1人伊東さんは元気?に活発な質問をしておられたのには感心しました(成田で没収されたはずが別に携帯用酸素を隠し持っていたらしい?)。表示版上の気圧620Hp(ヘクトパスカル)の表示は地上の1,013Hpとの相違を認識させるに十分であった。私は見学の状況をビデオに記録しておいたが、後で再生を見て記憶に無いシーンが沢山出てくるのにびっくりした次第である。これも瞬間的高山病に依る健忘症のなせる業であろう。

スバル天体望遠鏡とは、8.2mの鏡面を261本のアクチュエーター(これがミソです)で支え、鏡面精度を維持している光学システム技術と、ここからの光を受光するCCDカメラ、それに膨大なデータ処理と画像処理の為のコンピューターシステム、温度管理等環境維持装置、メンテナンス装置から成り立っている日本が世界に誇る最高技術の結集されたシステムである。一般的に“望遠鏡“という言葉の印象からは程遠いとの印象であった。中桐教授は説明の中で、“三菱電機の技術は素晴らしい、NECの技術は何一つ使っていない”と繰り返し説明されていた所だけが何故か頭に残っている。

このハワイ島の山頂4,200mには、世界7か国の天文台13基が建設され、宇宙観測に活躍している。日本のスバルは11番目に建設されたのだそうである。従って最新の技術を備え最高の成果が期待される。山頂にこれら設備が点在する様子は絶景であった。既にいくつかの成果があり、ロビーにはその成果が誇らしげに展示されており、見学コースの最後に、中桐教授により更に懇切丁寧に説明された(その頃は立ってられない程疲労困憊だった)。

#### 下山途中の星空観測:

夕暮れが迫り、暗闇での下山の危険を知っている運転手は早めの下山を勧めるが、折角の機会、少しでも長く山頂に留まりたい我々(私を除いて)の中に、二度と出来ないような途轍も無い経験が試みられ、一生の思い出を作られた方もいます(過酷な条件での中桐教授のご案内にも果敢に挑戦し、質問をしていた鉄腕アトムのような伊東さん)が、希薄な空気である事をつい忘れ、はしゃぎ過ぎて倒れる始末(伊東さんではない別人)も起きた。地平線に沈んでいく夕陽、Golden Sunset、の素晴らしい光景に見惚れている内に車はどんどん高度を下げていく、下山し町の灯が近づく頃には既にとっぷりと日は暮れて、空には一杯の星空であった、暫し車を止めてもらい車外に出て現在の東京近郊では見られない天の川まではっきり観察出来た、子供の頃の星空を思い起こす素晴らしい一時も楽しんだ。ふと気がつくとき先程まで酸素不足でもうろうとしていた頭の中が何時もの通りに戻っているのには感心してしまった。また頂上で栓をしっかり締めたペットボトルが足で踏みつけられたようになっており、気圧の差を実感させられた。生きた理科の実験でした。



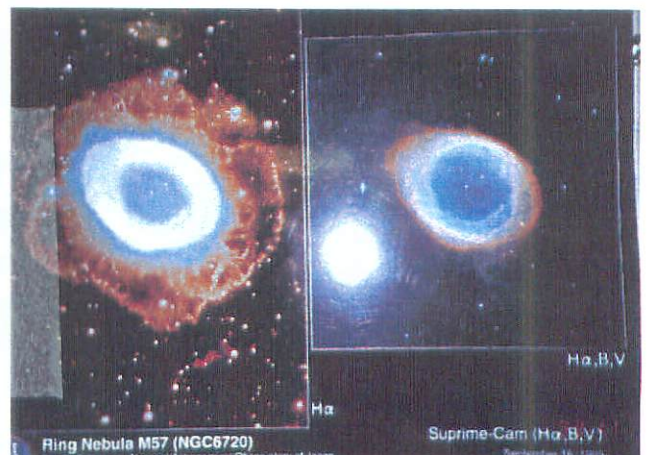
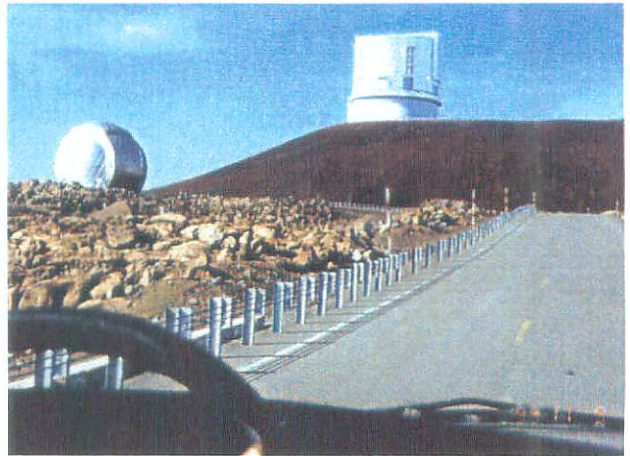


写真右上はマウナケア山頂に聳えるスバル天体望遠鏡の建物全貌です。  
 中段の写真は望遠鏡本体とその解剖説明図、右下は本天体望遠鏡で観測した成果写真、左下は長時間の見学を終えて寛ぐ一行です、後列右に立っているのがご案内頂いた中桐教授です。

## スバル天体望遠鏡視察報告

KITAZUME SUSUMU  
 Mweシニア会第2回講演会資料  
 平成11年12月6日

期日: 1999年11月8日  
 場所: ハワイ島マウナケア山頂  
 メンバー: 伊東、松本、赤田、平井、北爪、特別参加: 松本、赤田夫人、森敬子、北爪愛子  
 概要: 西川さんがAPMC有志による海外研修マレーシア工場視察を計画し6年目で達成しました。

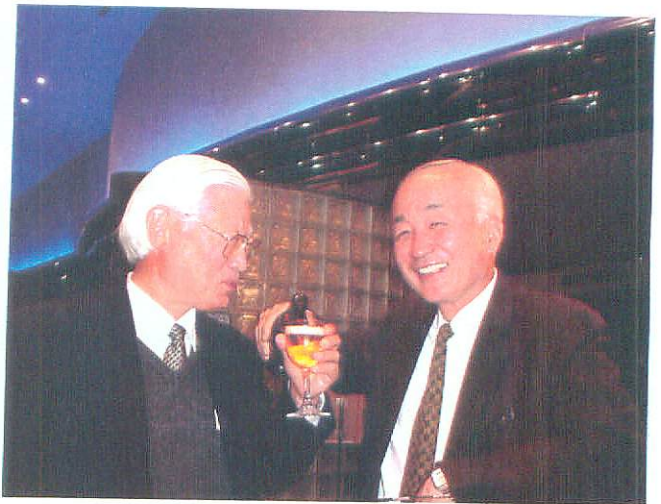




第二回 Mwe シニア会 講演会・懇親会開催

「ハワイ島スバル天体望遠鏡視察報告」  
1999年12月6日、パシフィコ横浜「VAGUE」

講演者 北爪 進 氏





## 第二回 Mwe シニア会講演会・懇親会 「利き酒会」開催

1999年12月6日、パシフィコ横浜「VAGUE」 講釈 栗井 郁雄 先生



写真に示されているように栗井が選んだ酒は南部美人（岩手）、酔鯨（高知）北雪（新潟）、住吉



（山形形）の4種類で、順に薫酒、爽酒、醇酒、熟酒に分類でき銘柄です。これらは日本酒を大きく4つに分ける分類法の全タイプを網羅しており、大げさに言えばこれだけを試せば日本酒の全てがわかるというわけです。その特徴を簡単に記すと、  
薫酒 香りは高くいわゆる吟醸香（りんごや洋梨のような）を持っており、味は軽いもの重いもの両方あるが概してドライであり、多少の苦味が全体をひきしめる。女性に人気。

爽酒 香りは目立たず穏やかである。味はさわやかで「いくらでも飲める」、10度くらいに冷やすとキリッとして美味しい。最近増えたタイプ。

醇酒 香りはあまり感じない。口に含むと口中に香りが広がることもある。味は豊かで、甘味、酸味のバランスが良く厚味を感じる。最も多いタイプ。

塾酒 複雑な香り、言ってみれば木、米、キャラメル、チーズ臭を感じる事もある。味も複雑であり良くも悪くもくせがある。なかなか見つからない。

これらを参加の皆様を試していただき、大半の方々は特徴を良く御理解下さったようです。最も白ワインに近い南部美人は値段も張るだけに一番人気でした。最後に3種類の銘柄当てを行ったところ3人中おふたりが正解であったのは注意深く授業を受けられた成果であるとお褒めしたいと思います。次回はもう少し難しい問題を出します。





## 第一回 Mwe シニア会 懇親会

## 「バーベキューパーティー」開催

1999年9月4日、足柄森林公園丸太の森

赤田邦雄

Mwe シニア会は6月26日の設立記念パーティから2か月余り後の9月4日、初めての野外イベント、バーベキューパーティーが足柄森林公園丸太の森で行われた。参加者は9名、大部分は京浜、千葉からでしたが、最も遠くからは京都から駆けつけてくれました。

当日は自宅を出る頃は薄曇りのまづまづの天候でしたが、小田原からの伊豆箱根鉄道大雄山線で約30分程の集合場所大雄山駅に着いた頃から雨が降り始め、全員が揃った頃には本降りになってしまいました。分乗したタクシーで鬱蒼とした杉林をくぐり抜け、15分程で丸太の森に着いた頃には“豪雨”状態でした。幸い、BBQの釜戸には屋根がついており、雨がトタン屋根を叩く音を聞きながら、炭をおこしとなった。最初は上手くいかなかったが、火おこしの心得のある人達に助けられ、やがて釜戸は絶好調！またまた腕に心得のある男性陣が手際よく肉、焼きそばを作り、持参した缶ビールで乾杯の後、BBQを堪能した。

天候に恵まれなかった反面、貸し切り状態で広いスペースをゆったりと使い、みんなで楽しく食べ、飲み、会話が出来、かえって有意義な時間を過ごす事が出来て良かったとも言えます。会場の丸太の森は鬱蒼と茂る杉林が大変美しく、神奈川の西の奥座敷といった感じでした。天候が安定している時期に森林浴を兼ねもう一度来てみたいと思いつつ山を降り小田原で解散した。

豪雨状態だった雨は小田原に着いたら小雨、横浜では薄曇りで雨が降った形跡もありませんでした。丸太の森での雨は、丹沢山系南端の集中豪雨を体験した一日でもありました。

最後になりましたが、お世話になりました企画担当の石田氏と奥様にお礼申し上げます。





## 「BBQ懇親会」に参加して

松本 巖

第1回目の懇親行事は、初めて行った「足柄山の金太郎」で有名な大雄山「丸太の森」でのバーベキューパーティー(BBQ)であった。

千葉県という田舎に住んでいる者にとっては、案内を頂いた時から、夏バテの時期に出かけるには遠い場所との印象が強く、正直言って参加することをかなり躊躇した。気が付いてみたら申込期限の8月28日が過ぎていたので、もしかしたら、これで不参加の意思表示と受け取ってくれたかも知れないと期待したが、幹事の石田さんは大胆な人で、「返事のないのは良い便り」とばかり本人の意思を確認しないまま参加者名簿に載せ、最終案内が送り付けられてきた。行事の幹事をやる時は、このようにいつも「返事がないのは参加の意思表示」と決め付けられれば良いのにと考えたものだ。他に返事のなかった会員がいたようなので、どうやら石田さんには初めから参加するものと決め付けられていたようだ。いずれにしても、今後もあることなので、このような案内に対しては、幹事の苦労を思い図って、参加・不参加の返事は期限までに必ず出すものだというのを、改めて認識した。

当日の天候は、家を出る時は薄日、集合場所の現地の最寄駅(大雄山)に着いた時は曇り時々小雨、これなら何とかもつだろうとの期待は見事に破られた。いざ現地に到着してみれば、そこは大雨となっており、果たしてBBQは実行出来るのか危ぶまれた。計画では、BBQ場は「河原」とのことだったので、直ぐに先般の事故のことが思い出された。ところが、幸いにも当日の天候の為か、キャンプ場の予約がかなり少なかった為に、キャンプ場内の屋根付きのBBQ場が特別に借りられた。やれやれといったところであったが、雨の為に、どこへも出向くことが出来ず、ひたすらビールとBBQ料理を楽しんだ。結果的に参加人数が少なかったのと、雨を避けて一つの竈に肩寄せ合っただけのBBQとなった為、大変家族的な雰囲気となり、話もけっこうはずんだ。飲み食べることに専念すれば、自然にお腹もいっぱいになり、

食後の梨を食べ終る頃には、誰ということなしに後片付けが始まった。それも終れば、雨の中何も出来ず、結局は予定より早目に終了となった。

お蔭様で遠方より参加した者にとっては、午後7時過ぎには帰宅することが出来た。帰宅を出迎えた愛妻の言は「あれ、もう帰ってきたの。今日は夜中になると言っていたでしょう。」であった。当日の当初の予定は、夕刻にBBQが終れば、そのまま帰宅することにはならず、小田原か横浜か、どこかで二次会ということになるはずであった。BBQが早く終わったことで、もう一つの楽しみは実現しなかった。もっとも思い起こしてみれば、参加者のほとんどの方は切符を買う為に、一度小田原で降りられたが、そのまま皆さん真っ直ぐお帰りになったのであろうか。伊豆箱根鉄道とJRの通し切符を買った為に、一人で帰ることになったのは間違いであったかもしれなかった。

BBQでは、男性陣もけっこう手伝ったが、やはりご参加下さった女性2名、石田夫人と渡辺さんには料理の方で特にお世話になった。ありがとうございます。飲む方では大分貢献したと思うが、それでもビールは余り、帰りの車中用に一本頂いた。座り疲れるくらい車中の時間が長く、多少疲れはしたものの楽しい一日であった。特にお世話になった幹事の石田さんには厚くお礼申し上げます。

とにかく、シニア会としては、大勢の立食式懇親会もよし、今回のようにこじんまりした集りも良いのではないだろうか。

以上



# MWT

microwave technology

# Quest

マイクロ波関連技術の現状を語る

## 衛星通信用低雑音増幅器

ジェイフォン東京(株) 佐藤軍吉

### まえがき

衛星通信は、1960年代初期に国際間通信の分野において実用化され、それまでの短波あるいは同軸海底線と比較すると飛躍的な広帯域伝送路としての役割を果たしてきた。その後、広帯域光ファイバ伝送路の発展に伴い、衛星通信は無線通信の特質をいかして放送や移動体通信の分野で幅広く利用されている。当初、衛星通信システムを構築するためには、通信衛星、打ち上げ手段、システム構成等の基本的な問題だけでなく、微弱な電波から所望の信号を効率的に検出するため、受信系の性能向上を図った地球局の開発が重要課題のひとつであった。

ここでは、衛星通信の分野で使用されてきた種々の低雑音増幅器(LNA)の進歩発展について概観する。

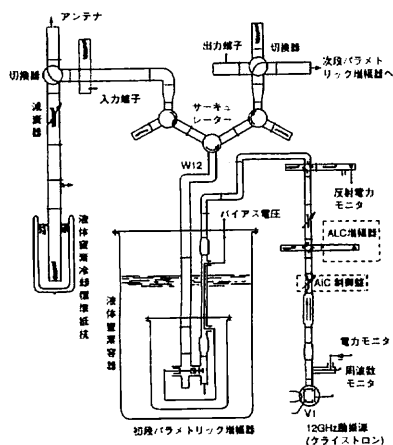


図1 低雑音パラメトリック増幅器

### 受信系の性能

受信用増幅器の性能を表す尺度として、等価雑音温度あるいは雑音指数(NF)が用いられる。増幅器のNFは入力側における信号対雑音比(SN)inと出力側の(SN)outとの比によって定義されている。

$$NF = (SN)_{in} / (SN)_{out} = 1 + T_e / T_0$$

ここで、T<sub>0</sub>は周囲温度、T<sub>e</sub>は増幅器内部で発生する雑音を入力側の整合終端で発生する雑音とみなした時の雑音温度である。

衛星通信用受信機の入力端子には等価雑音温度T<sub>a</sub>のアンテナが接続されるので、動作状態にある受信系総合の雑音温度はT=T<sub>e</sub>+T<sub>a</sub>と表される。受信地球局の感度の良さを表す指針として、アンテナ利得Gと受信系全体の雑音温度Tの比をとったG/Tが用いられている。G/Tが高いほど、すなわちアンテナ利得Gが高く受信系の雑音温度Tが低いほど地球局の感度が良いことを意味する。

### 衛星通信で使われてきた低雑音増幅器(LNA)

衛星通信の初期において用いられたLNAとしては、パラメトリック増幅器(PA)、メーザ、進行波管増幅器(TWTA)、トンネルダイオード増幅器(TDA)等がある。

#### ・パラメトリック増幅器(PA)

PAの名称は電気回路のパラメータを変化させて

信号を増幅することによって由来しており、マイクロ波帯増幅器に応用されたのは、1956年にManley & Roweが非線形リアクタンスによる電力と周波数の変換関係に関する理論を確立してからである。Manley & Roweの理論によると、PAはそれまでの真空管形増幅器では達成できない低雑音特性が期待できるため、種々の非線形リアクタンスを利用したPAの開発が進められた。サーキュレータの開発とも相まって、PNダイオード障壁容量のバイアス電圧依存性を利用した反射形PAがLNAとして実用化された(図1参照)。パラクターダイオードを用いて負性抵抗を発生させて信号を増幅するPAは、原理的にはダイオード電流が流れないのでショット雑音は発生しないがダイオードの直列抵抗や回路損失によって熱雑音が発生する。

リレー衛星やテルスター等の低高度衛星を用いた衛星通信が企画された1961年頃、メーザとともにPAがLNAとして候補に挙げられていた。しかし、1960~1962年頃におけるPAは、2GHz帯近傍で増幅帯域幅が10~20MHz、雑音温度が最良のものでも1.5dB(120K)と、衛星通信用高感度受信機として実用上で十分な特性のものは、まだ開発されていなかった。そこで、PAの広帯域化とその低雑音化に関する研究開発が進められ、雑音温度を下げるために沸点の低い液体窒素で冷却するPAが開発された。

#### ・液体窒素冷却PA

1963年に開設されたKDD茨城宇宙通信実験所で最初の衛星通信で使用された4GHz帯受信機のLNAとして、初段のみが液体窒素で冷却されている2段構成のPAが使われた。その主要特性は以下の通りである。

- 信号周波数 : 4,170MHz
- 増幅帯域幅 : 100MHz (3dB落ち)
- 雑音温度 : 84K (NF=1.1dB)
- 利得 : 32dB (2段)
- 励振周波数 : 12GHz帯

また、PAの後には受信系の低雑音特性を損なわないように低雑音TWTAが接続され、後段の雑音特性による影響を無視できる構成にしている。



## MWT Quest

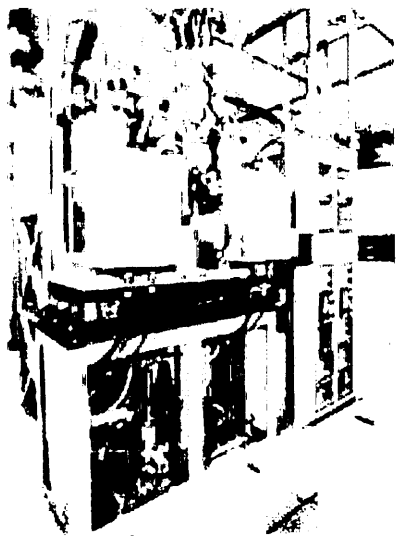


図2 ヘリウム冷却PA (写真)

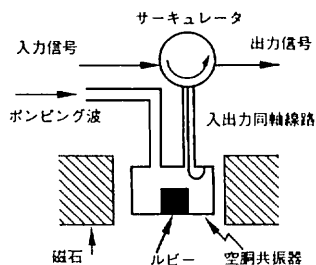


図3 1閉口反射型メーザ

## ・ヘリウム冷却PA

衛星通信の発展に伴い、500MHz以上の広帯域特性と、より低雑音特性の増幅器が要求されるようになったため、沸点の最も低いヘリウムガスで冷却するPAの開発が進められた。その結果、雑音温度が10~20Kの4GHz帯のヘリウムガス冷却PAが開発され、地球局受信系の初段増幅器として使用された。

KDDの地球局で実用化されたヘリウム冷却PAは熱的に絶縁するため各増幅段のサーキュレータを含めて真空容器に入れられ、常時冷却機で極低温に冷却されている。冷却は、最も低い液化温度をもつヘリウムを用いた断熱膨脹方式が用いられた。低温冷却部を数10K以下に保つため、真空イオンポンプを常時作動させて高真空度に保ったステンレス製の魔法瓶にPAを収容している。衛星通信地球

局において1971年から1984年にかけて実用化されたヘリウム冷却PAの写真を図2に示すが、電気的な高周波特性は優れているものの冷却装置等の機械的な部分が多くを占めているため、高価格で保守運用が複雑になる欠点があった。

## ・メーザ

メーザ (Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation : MASER) は、各エネルギー準位にある原子の数を外部から信号周波数より高い励振波で励起することによって熱平衡状態にある時より高エネルギー状態にあるものを多くし、高エネルギーレベルからの誘導放出 (Stimulated Emission) によって信号にエネルギーを供給して増幅するものである。メーザの材料としてはルビー (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) やルチル (TiO<sub>2</sub>) が使われている。メーザは、エネルギー準位の緩和時間を大きくして増幅動作を有効に行わせるため、液体ヘリウムで冷却する必要がある。マイクロ波増幅器としての雑音温度は、数度Kと最も低雑音である。

図3に1閉口反射形メーザの構成を示すが、ルビーを挿入した空洞共振器に増幅する信号を加えるための導波管を接続し、この導波管にサーキュレータを接続して入出力を分離する構造にすれば良い。ルビーの入った共振器以外は、PAやトンネルダイオード増幅器と同じ構成である。初期の衛星通信実験で使われた4GHz帯反射形メーザは、増幅帯域幅が25MHz、雑音温度12K、利得38dB (1段) であるが、その後、帯域特性に関しては50~130MHzに改善されている。

メーザはマイクロ波増幅器の中では最も低雑音特性が得られ、高感度を要する宇宙雑音測定や初期の衛星通信実験等に用いられたが、PAの性能向上が進み雑音温度15Kで増幅帯域幅が700MHzのものが実現されるようになってきたことから、衛星通信の分野ではPAにとって代わられた。

## ・LNAの次段増幅器

LNAの次段増幅器としては低雑音特性のTWTAが用いられた。4GHz帯受信機の進行波管増幅器で用いた低雑音TWTAは、雑音指数が7dBでPA入力に換算すると2Kの雑音温度の上昇しか与えていない。

また、1957年に日本の江崎氏によって発見されたトンネルダイオードは極めて高い周波数まで順方向の微小バイアス領域で負性抵抗を示し、電源は直流だけでPAやメーザのように励振源を必要とせず、非常に簡単に構成できる特徴がある。衛星通信が始まった頃にKDDが開発した利得20dB、帯域幅約60MHz、雑音指数が5.5dBのTDAは、リレー衛星の通信実験時にPAの後段に接続して使用され、十分低雑音進行波管にとって代わることが証明された。これは世界で最初に衛星通信において使用されたTDAであると推定される。その後、広帯域幅の同軸形サーキュレータが開発され、総合利得31dB、帯域幅540MHzの4GHz帯同軸形TDAが実現されている。

インテルサット衛星でも4号までは6GHz帯受信系の初段増幅器としてTDAが用いられてきた。また、V号系の14GHz帯受信機でもTDAが使用されている。

## おわりに

衛星通信の初期においては、通信衛星の中継器性能の制約が大きかったため、巨大なアンテナを用いた地球局と受信系の性能向上を図るためにLNAの開発が必須であった。ここでは、衛星通信の分野において用いられてきた種々のLNAについて概要を述べた。

近年の半導体技術の進歩発展は著しく、現在では構造が簡単で保守運用が容易、量産によるコスト低減が図れるFETやHEMTを用いた低雑音トランジスタ増幅器が、衛星通信システムを始めとする各種無線通信システムにおいて採用されている。

## ■参考文献■

宮憲一編著「衛星通信工学」ラティス社 (1978)

今回はLSIロジック株の平井克己氏が「デジタル時代のマイクロ波」と題してご執筆されます。ご期待下さい。

## 第3回行事の案内と今後の活動計画

### ★ 講演会と燻製パーティーの開催案内

下記のようにMweシニア会の第3回目の行事を行いますので、会員の皆様におかれましては、お誘い合わせ多数ご参加下さるよう案内致します。

日時：2000年3月26日(日) 13:00~16:00

- (1) ビデオ講演会 (QualComm VP による)  
演題: 携帯電話次世代端末とチップセット開発戦略  
(2) 燻製パーティー

(燻製その他、ワイン持込み歓迎)

場所: 新井亭

会費: 5000円

申し込み期日: 3月15日 (問い合わせ: 伊東)

### ★ 今後の活動計画

Mweシニア会の活動として、懇親ゴルフ大会などを含め各種行事を計画しております。活動をご理解いただき、積極的な参加を期待しております。

\*\*\*\*\*

## 会員名簿 (五十音順・敬称略)

赤田 邦雄 (k-akada@midoriya.co.jp)  
新井 陽一 (arai-aie@mb.asmnet.ne.jp)  
粟井 邦雄 (awai@po.cc.yamaguchi-u.ac.jp)  
井下 佳弘 (ishita yoshihiro@aa.anritsu.co.jp)  
石田 修己 (ishida@isl.melco.co.jp)  
伊東 正展 (itoh-aie@mb.asmnet.ne.jp)  
上野 清 (ueno-kiy\_a@star.hq.anritsu.co.jp)  
大友元春 (ohtomo@cc.teu.ac.jp)  
奥野 清則 (okuno@lab.jrc.co.jp)  
小淵知己 (tobuchi@spc.yh.nec.ne.jp)  
片木孝至 (katagi@isl.melco.co.jp)  
北爪 進 (kitazume@mx.mesh.ne.jp)  
許 端邦 (kyo@kyolab3.cc4-4.kanagawa-u.ac.jp)  
加藤 吉彦 (ykato@kikusui.co.jp)  
小林 禧夫 (yoshio@reso.ees.saitama-u.ac.jp)  
小牧 省三 (komaki@comm.eng.osaka-u.ac.jp)  
小山 悦雄 (koyama@tecdia.co.jp)  
酒井 正人 (sakai@plo.msc.yh.nec.co.jp)  
佐藤 軍吉 (satoh@j-phone-tokyo.co.jp)  
柴富昭洋 (sibatomi@tarucha.jst.go.jp)

## Mweシニア会 会員の加入状況

Mweシニア会に新しく入会された会員は、次の方々です。2000年1月31日現在、39名となりました。年度目標会員数は、40名としており、会員数の拡大にもご協力願います。

小淵知己 日本電気(株) 宇宙開発事業部  
柴富昭洋 科学振興事業団、創造科学推進事業部  
脇野喜久男 (株) 村田製作所  
大友元春 東京工科大学 工学部 電子工学科  
三島克彦 東芝コミュニケーションテクノロジ(株)  
遠山嘉一 富士通(株) 宇宙開発推進室  
高橋 弘 (株) サンケン  
片木孝至 三菱電機(株) 情報技術総合研究所  
奥野 清則 日本無線(株) MMICビジネスグループ

関 周 (sseki@stc.sekitech.co.jp)  
高橋 弘 (sanken@pop21.odn.ne.jp)  
遠山嘉一 (toyama@utyu.cs.fujitsu.co.jp)  
内藤 喜之 (titech.pres@sv1.jim.titech.ac.jp)  
名村 久機 (namura@bee.mcws.ts.fujitsu.co.jp)  
西川 敏夫 (nisikawa@murata.co.jp)  
橋本 勉 (t-hashimoto@cc.teu.ac.jp)  
平井 克巳 (hiraik@lsil.com)  
平地 康剛 (hirati@to.fqd.fujitsu.co.jp)  
平野 裕 (hirano@to.fqd.fujitsu.co.jp)  
堀 重和 (shigekazu.hori@toshiba.co.jp)  
牧本 三夫 (makimoto@mrit.mei.co.jp)  
松本 巖 (imatsumoto@stc.sekitech.co.jp)  
三島克彦 (mishima@tcom.co.jp)  
水品 静夫 (smizu@mail.yaramaika.ne.jp)  
山下 榮吉 (yamashita@meth.biglobe.ne.jp)  
山下 與慶 (itoh-aie@mb.asmnet.ne.jp)  
米山 務 (yone@riec.tohoku.ac.jp)  
脇野喜久男 (wakino@murata.co.jp)



この度、幹事諸兄のお計らいにより、Mwe シニア会に入会させていただくことになりました。

私のマイクロウェーブ界への寄与は、横丁の一角で、少しお役に立っている程度で、多くの皆様方のように、マイクロ波本丸の分野ではないので、いささかお門違いの人間がご迷惑をおかけしていることを気にしております。どうか宜しくご交誼のほどお願い申し上げます。

村田製作所にお世話になって以来、TiO<sub>2</sub> ならびにその誘導物質を主体とした低損失誘電体材料の開発・応用に携わってきました。

自然界には実に多くの物質がありますが、TiO<sub>2</sub> は特異な性質を持っています。TiO<sub>2</sub> には 3つの結晶形態がありますが、電子回路用誘電材料として有用なのはルチル構造をした形態です。これは、酸素6個からなる8面体（少し歪んだ正8面体）が稜を共有しながら3次的に積み重なった構造になっています。ルチル単結晶は、光学的（電磁氣的）に1軸異方性で、主軸方向に約180、それと直角方向に約80もの大きな比誘電率を示し、かつ大きな負の温度変化をするという特徴があります（通常の物質は正の温度変化をする）。TiO<sub>2</sub> のセラミックスは異方性の微結晶がランダムに配列して性質が3次的に平均化され、見かけ上は等方性です。その比誘電率は約100で電子回路の温度補償コンデンサとして昔から重宝されています。

TiO<sub>2</sub> には他に面を共有しながら立体的に積み重なった構造をしているアナターゼ構造やブルーカイト構造もありますが、ルチル結晶のような特異な誘電的性質を示すわけではありません。通常の無機物質（特に酸化物）の比誘電率は3～19多くて20位で、その温度変化率は正です。しかも、TiO<sub>2</sub> はこれだけ大きな比誘電率を示しながら、その誘電損失（ $\tan \delta \approx 1 \times 10^{-4}$ ）が非常に小さいのです。他に、チタン酸カルシウム、チタン酸ストロンチウムといった比誘電率が大きく且つ負の誘電率温度特性を示す結晶がありますが、何れも酸素8面体の中心にTiイオンが位置し、8面体の頂点を共有しながら立体的に積み重なったペロブスカイト構造をもっています。且つ、損失はルチルほどではないですが、 $10^{-4}$  の桁で小さい値です。

このTiイオンを中心を持った酸素8面体結晶構造・イオン半径などが、偶々特別な配列と値の組み合わせのときに、このような特異な性質が現れるのだろうと勝手に考えているのですが、貧弱な私の頭では妄想の域を脱しえません。因みに、有名な強

誘電体であるチタン酸バリウムも同じペロブスカイト構造をしています。また、チタン酸ストロンチウムは0°K近くに温度が下がると、量子強誘電性を示すこと、数10°K以上ではキュリーワイス則に従った誘電率温度変化を示すこと、ある比率のチタン酸ストロンチウム・チタン酸カルシウムの混晶は、極低温で強誘電性を示すことなどが分かっています。

このような状況下において、村田製作所は温度補償用低損失セラミックコンデンサを生産していました。1970年頃、埼玉大学電気電子工学科の小林禧夫教授から、私に誘電体共振器の共振モード解析の実験に使いたいから円柱型の低損失誘電体を提供してくれないかという依頼が入りました。

当時我々のところでは、日本電信電話公社用として、2.4GHz帯マイクロ波中継回線用温度補償コンデンサを製造している程度であったが、私の頭には、将来マイクロ波の利用は拡大するのではなかろうかという淡い期待もあって、温度補償用コンデンサ材料を用い、円柱型の誘電体共振器らしき形をしたものを差し上げた。途中いろいろな難問に遭遇したが、とにかく、一応実用になるものが出来上がったのが、1974年頃である。1975年、西川、石川、田村、松本さんらに努力して頂いた結果、7GHz帯3段フィルタが完成し、MTT-Sで発表できるまでにこぎつけた。当時は移動電話、通信機はまだ夢の段階で、衛星通信・BS放送の方が現実味を帯びていた。BS放送初期には、周波数ダウンコンバータの局発用（温度安定性1ppm）として活躍したが、その後、水晶を基準にしたPLLが安価になり、誘電体共振器は締め出しを喰ってしまった。やがてはマイクロ波による移動体通信が開発されるであろうとは期待していたが、1970年後半当時としては、携帯電話で、今日こんなにまでの盛況が来るとは全く予想することが出来なかった。当時、村田社長には辛抱強く待って頂いたと感謝しています。それにひきかえ、半導体の人たちは、技術的にも市場見通しの上でも、もっとはっきりしたロードマップを描いて仕事をしておられたようで、敬服に値すると反省している次第です。

電磁界シミュレータの良いのが普及してきましたので、最近、各種材料を組み合わせた多層基板への展開に興味を持っております。

今後は、誘電体共振器系とSAWとの競合・共生、アクティブ素子との組み合わせ・モジュール化がホットなテーマとなるでしょうが、皆様のご指導をお願い申し上げます。



## Mwe (エムウイ) シニア会会則

### 1. Mwe シニア会の目的

APMC, MWE を主たる活躍の場として、マイクロ波技術やマイクロ波関連産業の発展に長年携わり、多くの経験と知識を培われた関係者が、日本のマイクロ波技術の永続的な発展を願いつつ、今後とも、相互の一層の親睦を深めることを目的とする。

### 2. 会の活動

会の活動は原則としてボランティア活動とし、会員相互の親睦と長年の経験を生かした活動を中心とする。

- ① 会員相互の情報交換や親睦にかかわる活動。
- ② 会員中心の研修会の実施。
- ③ 会員誌の発行。
- ④ 要請により APMC, MWE の側面からの協力。
- ⑤ その他必要と思われる事項

### 3. 会員資格

#### 3-1 個人会員

- ① APMC, MWE の運営に5年以上携わった人。
- ② マイクロ波技術やマイクロ波関連産業に長年かかわり、年齢50歳以上で会長を除く会員2名以上の推薦を受けた人。

#### 3-2

本会の目的を理解し各種の御協力をいただける、マイクロ波関連業界の個人、法人及び各種団体。

### 4. 入会手続き

個人会員、賛助会員ともに、本人の申し込み又は及び会員の推薦を受け、運営委員会が審査し会長が承認する。

### 5. 会の組織と役員（総会議長、会長、副会長、監事）及び幹事の役割

会の組織について別図のように定める。  
総会議長、会長、副会長、監事の任期は2年とし、定例総会で選任された翌日から、翌々年の定例総会日までとする。

1 会計年度は4月1日から翌年3月31日までとする。

総会議長、会長、副会長、監事、会計幹事、企画担当、幹事の役割を以下のように定める。

#### 5-1 総会議長

本会の最高議決機関である会員総会の議長として、年1回の定例総会のほか、必要と認めた時は臨時総会を開催し、会議を主導する。  
総会議長は、定例総会において以下の議事の決定を行う。

- A. 総会議長、会長、副会長、監事の選任
- B. 会則の改定の承認
- C. 会の決算及び次年度の予算の承認
- D. その他議長が必要と認めた事項

#### 5-2 会長、副会長

本会運営の最高責任者である会長は、日常活動の決定を行う運営委員会の委員長として、会の円滑な運営に努める。また会長は運営委員会を構成する会計幹事、幹事、企画担当の任命を行う。

副会長は、会長を補佐し、会長不在の時は会長に代わり、会の運営に携わる。

#### 5-3 監事

監事は本会の運営が適正に行われているかどうかを監査し、監査結果を文書により会長宛に報告する。

#### 5-4 会計幹事、企画担当、幹事

運営委員会の構成メンバーである、会計幹事、企画担当、幹事は、運営委員会の決定に基づき以下の役割を負う。

会計幹事は、会費の徴収、会の日常活動の支出など会の金銭の収支に関する一切の活動に責任を持つ。

企画担当は会の活動計画を策定し、実施する。幹事は会長の指示により、運営委員会を開催するなど、会の庶務事項に責任を持ち、会の円滑な運営に努める。

### 6. 会の運営資金と会費

会の運営資金は、会員からの会費を主体とし、賛助会員からの協力金によって得られた収入等をもって充てる。会費は以下の通り。

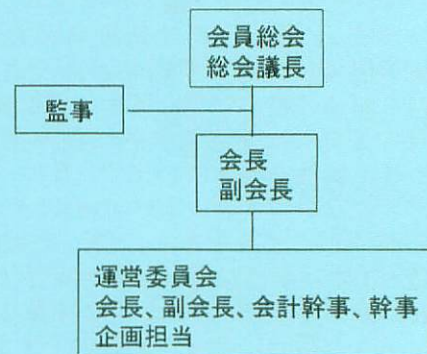
個人会員：年会費は10,000円、途中入会の場合も同額とする。原則として定められた日までにMwe シニア会の銀行口座に振込む。  
賛助会員：協力金はその都度受け入れる。

### 7. 会則の改定

会則の改定は、運営委員会で審議し、会長が定例または臨時総会に提案、承認を得て後、改定される。

以上

(付則) 本会則及び初代役員、幹事は、Mwe シニア会準備委員会の承認により Mwe シニア会発足と同時に効力を有し、次期総会日まで有効とする。



別図 Mwe シニア会組織図