

公開セミナー

「最近の山岳通信の発展と応用」

2005年11月5日（土）13時～17時

東京しごとセンター地下講堂

主催：（社）日本山岳会科学委員会

目 次

本日のプログラム	2		
ごあいさつ	科学委員会委員長 向野暢彦	3	
講演 1	わが国の山岳通信の発展の概要	芳野赳夫	4
1.	はじめに		
2.	技術の進歩（真空管から半導体へ）		
3.	マナスル登山隊用無線機器の開発		
4.	エベレスト登山隊用無線機器の開発		
5.	終わりに		
講演 2	GPSの原理と使用法	富澤一郎	14
1.	位置を知ることの重要性		
2.	人はどのように、自分の位置を決めているか（経験則）		
3.	位置決定法とはじめ		
4.	GPS登場まで		
5.	GPSによる高精度位置決定の仕組み		
6.	GPS受信機例		
7.	GPS受信例		
8.	小型携帯受信機使用例		
9.	今後の展開		
10.	まとめ		
講演 3	山岳地における携帯電話の利用	芳野赳夫	30
1.	携帯電話機の発展		
2.	携帯電話方式について		
3.	位置登録とハンドオーバー		
4.	携帯電話の山岳地における使用		
講演 4	海外登山における携帯電話の使用法と運用手続き	古野 淳	35
1.	インマルサット		
2.	イリジウム		
3.	スラーヤ		
4.	エイシス		
5.	グローバルスター		
	付：サテライトフォン性能・価格比較表		
演者のプロフィール			43

公開セミナー「最近の山岳通信の発展と応用」

主催：(社) 日本山岳会科学委員会

趣 旨

ヒマラヤ遠征のような大きな登山隊のキャンプ間の連絡、指令から個人の日常の山行にいたるまで、山岳通信は登山において重要な役割を占めるに至っている。本日の公開セミナーにおいては、芳野赳夫氏が「わが国の山岳通信方式の歴史と通信機器の進歩」、ならびに「山岳地における携帯電話の利用」について講演する。

富澤一郎氏は自己の位置を知るために、現在、登山のみならずカーナビなどにも取り入れられている「GPSの原理と使用法」について講演する。

古野淳氏は「海外登山において人工衛星を用いて携帯電話で通話する方式」について講演する。長距離電話や画像の送信も出来る優れた通信システムであるが、わが国では今年6月に国内使用が認められたばかりである。現用の携帯電話に比べて山岳地における使用範囲が格段に広がるなど大きなメリットがある。

このように山岳通信方式の進歩によって、登山の戦術、遭難防止、レスキューなど安全登山に貢献するところが大きいことを諸氏に解説して頂くことが本日のセミナーの目的である。

対 象：日本山岳会会員、登山者一般

日 時：平成17年11月5日(土) 13時～17時

場 所：東京しごとセンター地下講堂

東京都千代田区飯田橋3丁目10-3

電話：03-5211-2310

参加費：500円(ただし予稿集代)

開会の辞 科学委員会委員長 向野暢彦氏

講 演

講演 1 「わが国の山岳通信の発展の概要」 芳野赳夫氏(電気通信大学名誉教授)
13.00～14.00

講演 2 「GPSの原理と使用法」 富澤一郎氏(電気通信大学助教授) 14.00～15.00
休 憩 15.00～15.15 (最近の気象観測機器展示)

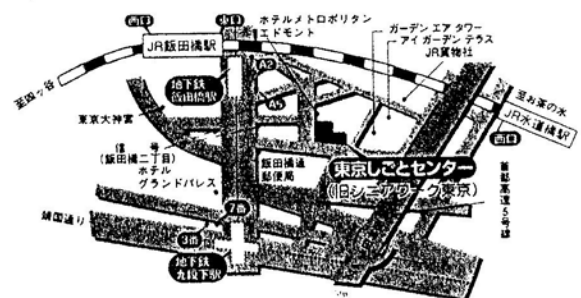
講演 3 「山岳地における携帯電話の利用」 芳野赳夫氏 15.15～16.00

講演 4 「海外登山における衛星携帯電話の使用法と運用手続き」
古野淳氏(本会理事) 16.00～16.35

質疑応答：16.35～17.00

閉会の辞 総合司会 宮津公一氏

● 東京しごとセンター ●



ごあいさつ

日本山岳会・科学委員会
委員長 向野暢彦

私達人間社会で生活領域や行動範囲の広がりとともに情報伝達・通信のニーズが強くなり、そのための手法や機器類が発達して来た。最近の技術開発は目覚しく簡便なものが続々登場している。

登山の場合主に山間僻地であるので、仲間達や関係先へのメッセージ・気象情報の交信・現在位置の確認・救助活動の連絡等は通信機器に頼ることが多い。

特に最近爆発的に普及している携帯電話は山中ではまだ通信不能地域が多く残っているが、それでも遭難者救助に役立った事例が多い。また将来人工衛星を利用することにより山中どこからでも使用出来るようになると思う。

安全で快適な登山のためさらに簡便で安価な通信機器類が開発される事を期待したい。地図とコンパスに加え携帯電話とGPSなどが必携品となるだろう。

最後に私事です。北海道・夕張岳の山頂より神奈川県川崎市の家族と携帯電話で会話したこと、この夏秋田の山中でグループからはぐれた仲間と何回かの携帯電話の発信で連絡がとれ無事合流できたことがあった。

講演 1 わが国の山岳通信の発展の概要

芳野 赳夫(電気通信大学名誉教授)

1. はじめに

今日、登山に携帯型無線機を持参することは常識となっている。その用途を大別すると、第1に「隊内通信網型」、第2に「一般山岳通信網型」、第3に「山岳遭難対策通信網型」、第4に「アマチュア無線利用型」、第5に、「携帯電話利用型」そして第6に「人工衛星携帯電話型」を上げることができる。

第一の隊内通信網型は、初期のヒマラヤ登山に端を発し、大型の登山システムの円滑な運営を図るため、分割して行動する隊員間、またはベースキャンプと前進キャンプ間の連絡、登頂隊員の行動監視や助言、登頂成功等の連絡といった一つの登山組織の中で運用される専用通信系である。これは、軍隊や引き続き南極観測隊などの隊内通信系などに広く応用されて今日に至っている。

第2の一般山岳通信網型は、昭和42年に開設された無線従事者の資格を必要とせず、誰でも使える、周波数27MHz帯の市民バンド簡易通信機を利用して、隊内通信用として、また不特定多数の登山者同士で交信することが出来る山岳通信網が出来た。これが遭難者の早期発見に利用できることから、日本山岳協会の1日2回の沈黙時間(全ての登山者が受信し、遭難者のみが送信をして、発見し易くする)の設定により、遭難者発見の実績を挙げる事が出来た。この方式を前述の隊内通信網に対して、「一般山岳通信網」と呼んでいる。

第3の山岳遭難対策通信網、略して山岳遭難通信網は、実際に山岳遭難が発生し救助隊を編成して事に当たる場合、一般に開放された市民バンドは混信が多く、遭難発見・救助活動に支障をきたすため、専用周波数を持つ通信網が必要となった。そこで日本山岳協会を通して郵政省電波管理局に山岳専用通信網新設の認可と専用周波数の割り当てを申請し、昭和45年に始めて26.565MHzの山岳専用周波数が割り当てられた。これにより、それ以前の各県警でそれぞれ異なる独自の周波数の無線機を使っていた通信系等が、山岳遭難救助に関して一本化され、県境を越えて警察、遭難対策協会(遭難協)や関係機関が同一周波数による無線回線で結ばれて、非常に有用に運用され今日に至っている。これを「山岳遭難通信網」と呼んでいる。

第4のアマチュア無線通信型は、市民バンドによる一般山岳通信網の普及に平行して、アマチュア無線通信を利用した隊内通信、一般山岳通信が行なわれている。この通信はアマチュア無線従事者の資格を持ち、無線局として電波管理局による免許を受けた機器を用いることが必須条件で、アマチュア無線従事者の資格を持った登山者同士の使用が可能であるが、資格を持たない一般登山者は運用できない。しかし、遭難のような緊急時に限ってアマチュア業務以外の目的で運用することが認められ、山岳遭難発見・連絡等に大きな寄与をしている。

第5には、最近20年間に、携帯電話網の著しい発展があり、特に1993年ごろの信号のデジタル化が行なわれ、形態システムが第2世代にはいると、全国的に携帯電話網の整備が急速に進められ、わが国の山岳地の可なり部分が通話可能となってきた。そのため登山中でも簡単に通常の電話が掛けられる機会が増大してきているため、今日では、登山者の通信手段の主流となってきた感がある。交信は有料であるが登山者の大部分がこの携帯電話を持参するようになって、遭難発見に対しても素晴らしい効果を表わしてきた。そして現在では、隊内通信網を除く一般の登山通信は携帯電話が主流となっている。現在の地上デジタル携帯電話システムは、見通しの良いビルの屋上や街角の電柱、また開けた地点に鉄骨などのタワーを立てて無線送・受信アンテナを設置した無線基地局が設置され、そこには移動通信交換局があって、通常の有線電話信号に変換された信号は、普通の有線電話回線網に接続して全国との交信を可能としている。したがって実際に無線回線として使用しているのは、携帯電話機と最寄りの無線基地局との間であり、山岳地においては、山麓の基地局との間に無線電波が届くところのみ通話が出来。もしその間の距離が遠すぎたり、地形上谷底や尾根に隠れたりする障害により、通話が出来ないことが多い。現在携帯電話に使用されている周波数は830MHzと1.5GHzでどちらも27MHzを使う市民バンドの電波に比較して電波の直進性が極めて強く、市民バンドに比較して尾根越えなど地形の影響による減衰を受けやすい欠点があるので、なるべく830MHz帯を使用したい。

第6の人工衛星携帯電話型は、わが国内では最近まで総務省が使用を差し止めていたが、今年6月国内通信に使用できる正式な認可が下り、主として防災目的で公共団体や自衛隊などが導入を検討している。しかし、残念ながら我が国内では登山用としては現在この使用は開放されてはいないが、国外では簡単な携帯無線機によって人工衛星を利用した電話回線が普及し始め、最近では海外登山や遠征隊で使用されるようになって来た。最近では国内における使用の要望も高まり、その試用も検討され始めている。これが普及することにより、従来の(VHF・UHF)超短波帯の電波が届き難かった谷底からの携帯電話の通信が可能となるので、その普及と早期のわが国の専用衛星の打ち上げを熱望するものである。

2. 技術の進歩 (真空管から半導体へ)

このように普及した山岳無線通信であるが、わが国のルーツは1952-6年の日本山岳会のマナスル登山隊にある。世界で始めて登山の隊内通信に無線通信機を使ったのは期せずして1953年の英国のエベレスト隊、ドイツのナンガパルバット隊、米国のK-2隊と、我が日本山岳会の第一次マナスル登山隊であった。英国のエベレスト隊は第2次世界大戦で開発使用された英国のPye(パイ)社のPTC122型機器(71MHz)を用いていた。この機器は真空管6本を使用し、当時としては非常に軽量とされていたが可なり大型で、主にベースキャンプと二つの前進キャンプに設置して使用され、行動中の隊員の使用は不可能であった。ドイツ隊はTelefunken(テレフンケン)社のテレポート2型(150MHz)を用いた。米国のK-2隊は第2次大戦中に使用された電話機型をした携帯用のRaytheon(レイセオン)社

PRC-6(48 MHz)を使用した。マナスル隊では、短波帯の自衛隊で使用していた携帯型のJSCR-536F(6 MHz)を用いたが、いずれの隊も事前に地形を考慮した回線設計を行なったものが無く、また、唯一短波を用いたマナスル隊も、インド放送などの混信を受けて完全に使用できたものは無かった。

第3次マナスル隊では、世界に先駆けて事前に回線設計を行い、キャンプ固定のほか、行動中の隊員が使用できるよう小型軽量の機器と、遭難や登頂時に信号を出す機器を新たに開発して実用に供した。これ以降、日本山岳会ではヒマラヤ登山における隊内通信の運用方法と機器の開発に力をいれ、今日の山岳通信網の樹立に多大の貢献を成してきたのである。山岳隊内無線通信網の始めは、主にヒマラヤでポーラーメソッド方式を使う登山隊に用いられ、改良が加えられて他の地域の高山に使用の範囲が広がった。

1960年代に入るとトランジスタによる機器の小型軽量化と市民バンドの普及に伴って国内の冬山を含め瞬く間にオールシーズン登山に広がった。

最初はヒマラヤにおいて使用することから、使用する無線機器にはヒマラヤ独特の、極低温、低圧、行動時の疲労と軽量化、防寒装備を装着した時の取り扱いの容易さ、などなどの難題が降りかかり、絶えず、その難問を乗り越えるために多角的に工夫・改良を続けることになった。これは当時開始された日本南極観測隊においても共通の問題であり、両者が合い協力してより完成に近づける努力をしてきた。

特に極低温・低圧は常に付きまとう問題であった。最初に問題となったのは低温で当時の乾電池、鉛蓄電池の発電能力の低下であった。この電圧低下のため、当初の真空管は本来の性能を出すことが出来ず、満足な通信ができなかった。また充電用の発動発電機は高山の低酸素地帯では、気化器ノズルを絞ってやっと始動し、出力は低地に比べてはるかに低下した。金属の低温脆性のためアンテナが直ぐ折れた。平地で使用することを考えて設計された機器の操作は、重装備で操作することが非常に困難で、極力操作部を減らし操作し易い形状にする。改良に際して一例を挙げれば、普通のマイクロホンでは話す呼吸が氷粒となってマイクの穴を詰まらせ動作しなくなるなど、初めて経験することが多かった。

第3次マナスル隊では、登山隊では世界で初めて事前にマナスルの地形図により通信系統を設計し準備を行なった。その結果、ベースキャンプには全ルートを見通す性能を持った高感度ビームアンテナを設置し、ベースキャンプと前進ベースキャンプにはミニチュア管使用の出力の大きい大型機を置いた。行動用には特に設計製作したサブミニチュア管を使用した一層小型軽量で取り扱いの容易な機器を用い、8000メートルを越す頂上からは、登頂成功を知らせる当時の技術で最も小型軽量にした送信機を持参し、この信号は前進ベースキャンプで確認できた。これは8000メートル峰の頂上から電波を送信した世界最初の試みとして記憶されて良い。

その後の電子機器の発展上で特に大きな問題は、1950年代の終わり頃、真空管の時代が終わりを告げ、すべてトランジスタなどの半導体の時代に変化したことで、全ての無線機は、真空管時代に比べ小型軽量化され、電源電池も真空管時代のような多種類の電圧の大

第5には、最近20年間に、携帯電話網の著しい発展があり、特に1993年ごろの信号のデジタル化が行なわれ、形態システムが第2世代にはいると、全国的に携帯電話網の整備が急速に進められ、わが国の山岳地の可なり部分が通話可能となってきた。そのため登山中でも簡単に通常の電話が掛けられる機会が増大してきているため、今日では、登山者の通信手段の主流となってきた感がある。交信は有料であるが登山者の大部分がこの携帯電話を持参するようになって、遭難発見に対しても素晴らしい効果を表わしてきた。そして現在では、隊内通信網を除く一般の登山通信は携帯電話が主流となっている。現在の地上デジタル携帯電話システムは、見通しの良いビルの屋上や街角の電柱、また開けた地点に鉄骨などのタワーを立てて無線送・受信アンテナを設置した無線基地局が設置され、そこには移動通信交換局があつて、通常の有線電話信号に変換された信号は、普通の有線電話回線網に接続して全国との交信を可能としている。したがって実際に無線回線として使用しているのは、携帯電話機と最寄りの無線基地局との間であり、山岳地においては、山麓の基地局との間に無線電波が届くところのみ通話が出来る。もしその間の距離が遠すぎたり、地形上谷底や尾根に隠れたりする障害により、通話が出来ないことが多い。現在携帯電話に使用されている周波数は830MHzと1.5GHzでどちらも27MHzを使う市民バンドの電波に比較して電波の直進性が極めて強く、市民バンドに比較して尾根越えなど地形の影響による減衰を受けやすい欠点があるので、なるべく830MHz帯を使用したい。

第6の人工衛星携帯電話型は、わが国内では最近まで総務省が使用を差し止めていたが、今年6月国内通信に使用できる正式な認可が下り、主として防災目的で公共団体や自衛隊などが導入を検討している。しかし、残念ながら我が国内では登山用としては現在この使用は開放されてはいないが、国外では簡単な携帯無線機によって人工衛星を利用した電話回線が普及し始め、最近では海外登山や遠征隊で使用されるようになって来た。最近では国内における使用の要望も高まり、その試用も検討され始めている。これが普及することにより、従来の(VHF・UHF)超短波帯の電波が届き難かった谷底からの携帯電話の通信が可能となるので、その普及と早期のわが国の専用衛星の打ち上げを熱望するものである。

2. 技術の進歩 (真空管から半導体へ)

このように普及した山岳無線通信であるが、わが国のルーツは1952-6年の日本山岳会のマナスル登山隊にある。世界で始めて登山の隊内通信に無線通信機を使ったのは期せずして1953年の英国のエベレスト隊、ドイツのナンガパルバット隊、米国のK-2隊と、我が日本山岳会の第一次マナスル登山隊であった。英国のエベレスト隊は第2次世界大戦で開発使用された英国のPye(パイ)社のPTC122型機器(71MHz)を用いていた。この機器は真空管6本を使用し、当時としては非常に軽量とされていたが可なり大型で、主にベースキャンプと二つの前進キャンプに設置して使用され、行動中の隊員の使用は不可能であった。ドイツ隊はTelefunken(テレフンケン)社のテレポート2型(150MHz)を用いた。米国のK-2隊は第2次大戦中に使用された電話機型をした携帯用のRaytheon(レイセオン)社

PRC-6(48 MHz)を使用した。マナスル隊では、短波帯の自衛隊で使用していた携帯型のJSCR-536F(6 MHz)を用いたが、いずれの隊も事前に地形を考慮した回線設計を行なったものが無く、また、唯一短波を用いたマナスル隊も、インド放送などの混信を受けて完全に使用できたものは無かった。

第3次マナスル隊では、世界に先駆けて事前に回線設計を行い、キャンプ固定のほか、行動中の隊員が使用できるよう小型軽量の機器と、遭難や登頂時に信号を出す機器を新たに開発して実用に供した。これ以降、日本山岳会ではヒマラヤ登山における隊内通信の運用方法と機器の開発に力をいれ、今日の山岳通信網の樹立に多大の貢献を成してきたのである。山岳隊内無線通信網の始めは、主にヒマラヤでポーラーメソッド方式を使う登山隊に用いられ、改良が加えられて他の地域の高山に使用の範囲が広がった。

1960年代に入るとトランジスタによる機器の小型軽量化と市民バンドの普及に伴って国内の冬山を含め瞬く間にオールシーズン登山に広がった。

最初はヒマラヤにおいて使用することから、使用する無線機器にはヒマラヤ独特の、極低温、低圧、行動時の疲労と軽量化、防寒装備を装着した時の取り扱いの容易さ、などなどの難題が降りかかり、絶えず、その難問を乗り越えるために多角的に工夫・改良を続けることになった。これは当時開始された日本南極観測隊においても共通の問題であり、両者が合い協力してより完成に近づける努力をしてきた。

特に極低温・低圧は常に付きまとう問題であった。最初に問題となったのは低温で当時の乾電池、鉛蓄電池の発電能力の低下であった。この電圧低下のため、当初の真空管は本来の性能を出すことが出来ず、満足な通信ができなかった。また充電用の発動発電機は高山の低酸素地帯では、気化器ノズルを絞ってやっと始動し、出力は低地に比べてはるかに低下した。金属の低温脆性のためアンテナが直ぐ折れた。平地で使用することを考えて設計された機器の操作は、重装備で操作することが非常に困難で、極力操作部を減らし操作し易い形状にする。改良に際して一例を挙げれば、普通のマイクロホンでは話す呼吸が氷粒となってマイクの穴を詰まらせ動作しなくなるなど、初めて経験することが多かった。

第3次マナスル隊では、登山隊では世界で初めて事前にマナスルの地形図により通信系統を設計し準備を行なった。その結果、ベースキャンプには全ルートを見通す性能を持った高感度ビームアンテナを設置し、ベースキャンプと前進ベースキャンプにはミニチュア管使用の出力の大きい大型機を置いた。行動用には特に設計製作したサブミニチュア管を使用した一層小型軽量で取り扱いの容易な機器を用い、8000メートルを越す頂上からは、登頂成功を知らせる当時の技術で最も小型軽量にした送信機を持参し、この信号は前進ベースキャンプで確認できた。これは8000メートル峰の頂上から電波を送信した世界最初の試みとして記憶されて良い。

その後の電子機器の発展上で特に大きな問題は、1950年代の終わり頃、真空管の時代が終わりを告げ、すべてトランジスタなどの半導体の時代に変化したことで、全ての無線機は、真空管時代に比べ小型軽量化され、電源電池も真空管時代のような多種類の電圧の大

型電池の必要が無くなり、低電圧の小型電池で動作できるようになった。これは登山者のためには大変な朗報であったが、初期には低温化におけるトランジスタの特性変化のデータが無く、ほんの少しの温度低下でも動作が停止してしまうので、その保温方法の開発に苦勞をした。その後、半導体の特性変化が次第に明らかになるにつれて、この特性を逆に取り、温度低下に従って出力が増す回路を開発して、1960年の日本山岳会エベレスト隊用システムを開発することが出来た。電池の保温についても衣類の中に入れて保温する方法などの普及に努めたが、現在は電池の軽量化も進み、ニッケルカドミウム電池や、リチウム電池が実用化されて、低温特性が格段に改良され今日に至っている。

1970年の日本山岳会エベレスト登山隊の通信システムで特筆することは、完全にトランジスタ方式に移行したことである。1960年代に入りトランジスタの低温特性の改良試作と機器の小型軽量化が進み、これに付随して筆者らは機器全体の低温対策と小型機器を、行動中でも容易に正確な取り扱いができる構造の研究を進めた。これらの機器の開発・研究は南極観測隊と共同で開発を進め、一応の成果を得た結果、新たな機器の開発研究を進め、エベレストでは、登山行動中も地形上の特別な影響のある部分を除き、ほぼ予期したとおり順調な通信が確保できた。

今日、山岳用としては勿論、一般社会にて使用されている携帯型通信機の構造と電源電池の改良などは、すべて、嘗て日本山岳会が知り組んで完成させたヒマラヤ用無線機の取り扱いを基本構造にして、これを踏襲して設計されている。この面で、日本山岳会が今日のわが国の携帯無線機器の基本構造を確立する上に果たした功績は絶大といえよう。

1975年日本山岳協会(日山協)が設立され、以後の海外登山、国内での山岳通信の運用方法改善の中心は日山協に移行することになった。日山協においては、当時ようやく普及した登山者の市民バンド無線機携行の推進、午前11時30分・午後4時30分からそれぞれ15分間は遭難信号の検出のための沈黙時間の設定し、遭難などの早期発見に努めるシステムを構築した。その後、山岳専用・遭難対策用周波数の割り当て、そして今日の携帯電話の普及、アマチュア無線の緊急時通信運用の許可、そして将来の衛星利用携帯電話の実現など多くの改良を進め、今日に至っている。

3. マナスル登山隊用無線機器の開発

1953-56年に3回にわたって行なわれたマンasl登山隊の真空管式無線機についての詳細、特に通信系統(回線設計)については、[1] 日本山岳会のマンasl登山報告書である「マンasl 1954-6」(日本山岳会編・毎日新聞社刊、昭和33年5月発行、「通信機」、芳野赳夫、村木順次郎、209-229 ページ)に非常に詳細に記述されている。また回線設計に関する学術的詳細は、[2]電気通信学会誌(芳野赳夫、村木順次郎、「マンasl登山における通信系統」、39巻、11号、pp69-74、昭和31年11月)に記載され、高所移動体用送受信機に関する技術的詳細は[3] 東芝レビュー(携帯用0.5W無線電話機、10巻、12号、56-70 ページ、昭和30年12月)誌に記されている。また登山系統作成に当たり、回線設計に必要な山岳地にお

ける電波の伝播特性の理論解析の論文は、[4] 電気通信大学学報(芳野尙夫、"山岳地の電波伝播"、9 巻、理工学編 1 号、254-270 ページ、昭和 31 年)に発表されている。従って、ここではその概略を述べるに留めるが、これらの文献に発表された事項は、その後のわが国のヒマラヤ用、南極用に応用され、その後広く日本の携帯用無線機に応用された。特に文献[4]の結果は、今日まで山岳地における電界強度の算出法として、現在に至るまで広く用いられている。

第 3 次マナスル登山では、前述したとおり世界に先駆けて、はじめてベースキャンプと頂上間のルートに沿って、各キャンプ予定地の全てを結ぶ無線電波ルートの位置を決め立体図を作り、それに基づいて回線設計を行なった。互いに見通せる場合はその実距離、軽く尾根を越える見通しの利かない場合には断面図で、その距離と見通しを遮る分の実の高さを算出し、[4] の論文によって求めた計算値によって、見通しの場合と尾根を回り込む場合のそれぞれの電波の損失を求めて、最適な周波数を定め送信機の出力に対する受信電界強度を算出した。

次に、上記の計算値に基づき、必要な使用機器の送信性能と受信性能を決める。第 3 次マナスル隊ではベースキャンプと前進キャンプに設置する無線機には、周波数 43.85MHz、FM (周波数変調) 方式の第 2 次隊で用いた沖電気製 OKI-VMA-1 型警察用携帯無線機を用いた。OKI-VMA-1 型機はミニチュア真空管 19 本からなり、出力は 0.5W、寸法は 258 x 265 x 108 mm で重さは 9.5 kg と重く、登山移動隊には使用不可能である。

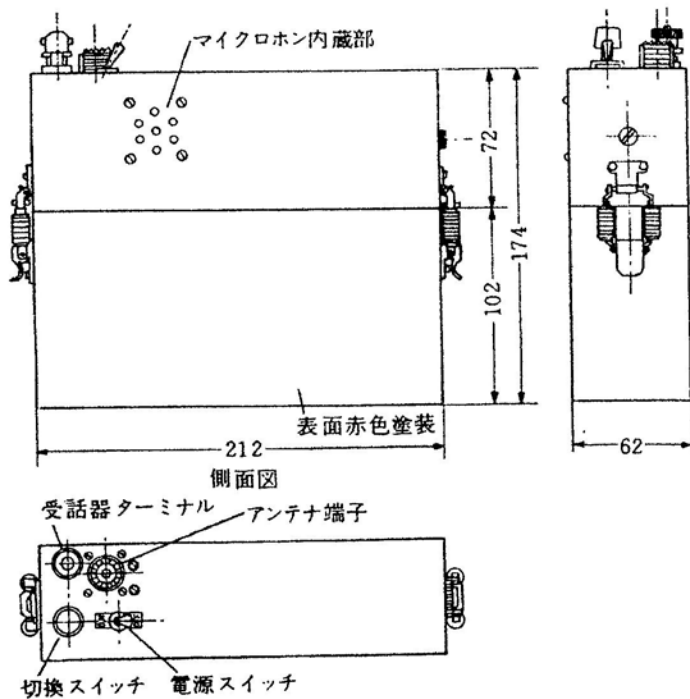
(高所移動体用送受信機)

高度 6500m 以上の各キャンプ、およびその間の移動中に使用する無線機は、摂氏マイナス 40°C の低温に耐えうる耐寒性能を持ち、特に取り扱いが簡単容易で他の荷物と一緒に携行できる程度の小型軽量、電池の寿命が長く交換が簡単で種類も少なく、少々の衝撃では破損しない耐震性を有することが要求される。さらに強風中でしっかりと固定しやすく、雑音の中で十分な信号強度で明瞭に聞き取れなければならない。このような機器は市販されていないため機器の新規開発をした。

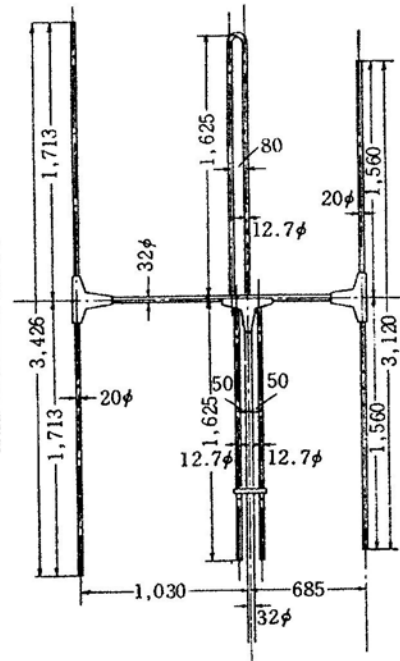
各キャンプ間の距離は、殆どが見通し約 3.5 km、この距離で有効に通達できる性能が必要となる。そこで、使用真空管を当時最新の小型サブミニチュア管を用いることにして 15 球の回路を設計した。内部構造は当時始めてモジュール化構造を採用し、耐低温、対振動頑丈、超小型構造を図り、電池は当時手に入りやすい積層乾電池の 1.5V と 90V の複合電池を用いて、ワンタッチで交換できるようにした。基礎回路としては、当時東芝で試作が進んでいた 150MHz 用携帯型送受信機の ZS-1842 型 2 台の寄贈を受け、この内部回路を 43.85MHz に改造し、同時に構造を高所登山で使用するために最も相応しい形態に改めた。

高所用移動隊用として特に考慮して設計を進めた部分は、耐寒構造として筐体を完全密閉の金属一体構造とし、マイクロフォンは筐体本体に取り付け、全操作部は筐体上面左側に集中して取り付けた。送受切り替えスイッチは押し応えのあるストロークの長いものを

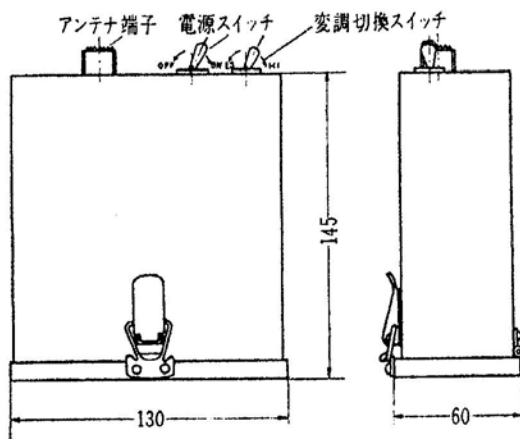
用いて、厚い手袋をはめても確実に操作できるように考慮した。この右脇には電源スイッ



第 図 高所用移動隊用送受信機 箱体寸法図



第 図 垂直偏波用三素子変形八木ビーム・アンテナ寸法



第 図 登頂隊用警報送信機

チとアンテナターミナル、受話器ターミナルを集中して取り付けました。この構造では顔の前面に機器を支えたまま機器に取り付けたマイクに向かって話し、左手親指だけで送受切り替えと電源オン・オフの操作が厚い羽毛手袋をはめたまま、確実に操作出来る構造を考えた。この日本山岳会が開発した方式と構造は現在のトランジスタ式に代わっても踏襲されている。完成した機器の大きさは第1図に示す。当時真空管式としては世界最小寸法の機器となり、電源電池を含む重量は3.5kgで当時としては最も軽い携帯用機となった。送信出力は0.4ワット、受信感度は10μV/m入力で20dB以上の信号対雑音比を得ることが出来た。機器の耐寒対策には機器全体を厚さ10mmのモルトプレンで包み、真空管の発

熱を効果的に利用して機器を暖房することにより、かなりの効果をあげることが出来た。その性能等は文献[1][2][3]に詳細に述べられている。

(登頂隊用警報送信機)

登頂隊も無線機を携行する事が望ましかったが、当時の技術で真空管を用いた場合には防風衣のポケットに入れられるような理想的小型機器の開発は不可能であった。その取り扱いも摂氏零下40度以下の低温域に充分耐え、有効到達距離は頂上-第5キャンプ間の交信が要求される。また、送信はスイッチを高・低に切り替え、登頂成功と事故発生との信号のみを出すことにした。設計製作は筆者が行ない、4本のサブミニチュア管と1本のミニチュア管の小型送信機を試作した。第2図にその寸法を示す。出力は0.1ワット、重量は1.0kg、厚さ10mmモルトプレンで包み耐寒処置を施した。

この警報送信機は、1956年5月9日登頂成功の信号を送信した。これはヒマラヤ8千メートル峰頂上から世界で始めて電波を発射した記録を作った。

ベースキャンプにおいて、登山中の全工程の通信を確保するため、第3図のように3素子ビーム・アンテナを設置した。ベースキャンプから見た登山ルートが約25°の範囲に入るので6.0dBの利得と30°の指向性を持つ3素子垂直型八木アンテナを設計した。この結果、全登山ルートで、全ての機器とベースキャンプ間の直接通信が理論上可能となった。

4. エベレスト登山隊用無線機器の開発

1970年の日本山岳会エベレスト登山隊の無線通信機は、既にトランジスタ時代に突入しており、半導体化が発足して10年の年月が経過していた。その間に日本南極観測隊を始め、多くのヒマラヤなどの遠征隊用に工夫と改良が重ねられ、南極観測隊用に開発した耐低温に関する新技術を取り入れた機器を用い南極用に製作された機器を使用した。

エベレストに対する回線設計は、マナスルで開発した方式を踏襲し、全体の通信回線は、綿密なネットワークを設計し、登頂時だけでなく、アタック中から頂上に達するまで、前進ベースキャンプであるC.2(7,986m)と常時交信を確保し、連絡を保ち続けることが出来た。この詳細は[5]日本山岳会エベレスト登山報告書、第1部 登山報告(日本山岳会発行、芳野赳夫、河野 長、"通信機・電源"、317-335 ページ、1972年3月発行)に報告されている。

当時のトランジスタは温度によって性能が非常に影響されるため、設計に当たり、当時開発された逆温度特性を持った抵抗器を回路に組み合わせて南極用に試作した、通常、トランジスタの性能が落ちる低温下で逆に電流を増やし、プラス10度からマイナス45度まで増幅度が一定と成る回路を開発して、非常に良い結果を得た。またエベレスト隊の行動隊員が用いる機器を、現在のIC使用のものに比較しても更に小型にして、常に隊員の衣服の下に入れておき、電池の温度低下を防ぐことが容易としたことは画期的な成果であった。この原理を応用した機器はその後南極観測隊、カナダ軍等で使用され、今日の携帯電話にも用いられている。

エベレスト登山隊では、特殊事情により、時期的に極高耐候性を有する機器を新たに開

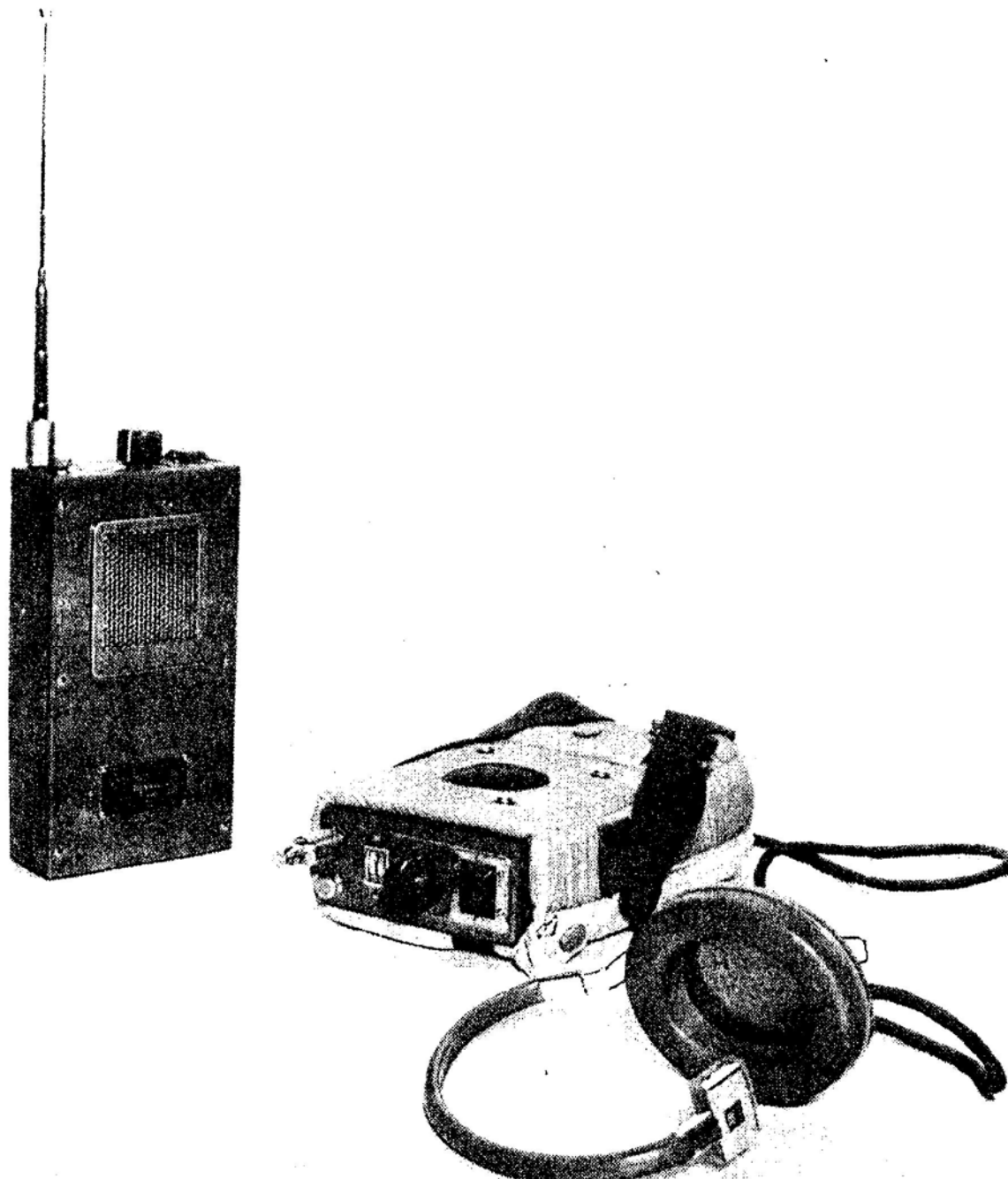
発・製造するための十分な時間が無かったので、日本南極観測隊が南極で使用した後、オーバーホールのため持ち帰られていた機器を、文部省・関係当局の好意によって借用できたので、周波数は27.075MHzを用いた。エベレスト隊における回線設計は、登山時期を「荷揚げ期」、「東南稜登頂期」、「南稜登頂期」の3つにわけそれぞれ目的によって通信機の最適配置計画を立て実行した。表第1表に使用した機器の主要性能を示す。

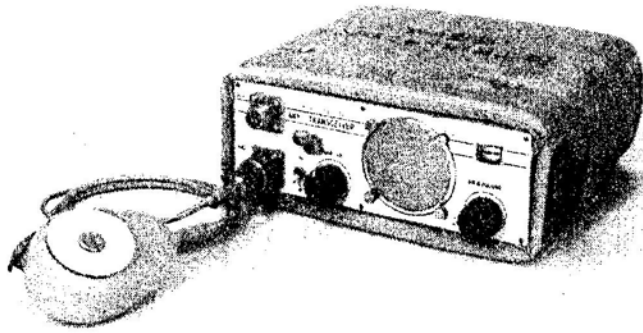
第1表 トランシーバーの主要性能

機 種	固 定 局 用	中間キャンプ局用	高所移動隊用
型 式 名	エニーFB-700D	エニーFB-200D	ソニーICB-160改
使 用 範 囲	ベースキャンプ、前進ベースキャンプ	東南稜ルート・サウスコル以下の各キャンプ	南壁、頂上、サウスコル以上の東南稜
周 波 数 (MHz)	27.075	27.075	27.075
定 格 出 力 (W)	0.5	0.1	0.1
有 効 通 達 距 離 (Km)	15	5	5
通 信 方 式	プレストーク式	プレストーク式	プレストーク式
変 調 方 式	A3	A3	A3
周 波 数 変 差 (KHz)	±0.005%以内	±0.005%以内	±0.009%以内
受 信 方 式	RF 2段増巾シングルスーパー	RF 1段増巾シングルスーパー	RF 1段増巾シングルスーパー方式
受 信 感 度	3μV, S/N 10dB 50mW	5μV, S/N 10dB 20mW	10μV, S/N 10dB 20mW
帯 域 巾 (KHz/6dB)	-6dBで6KHz	-6dBで6KHz	-6dBで6KHz
使 用 温 度	-30℃~+50℃	-30℃~+50℃	-10℃~+40℃
重 量 (kg)	4.5	2.0	0.27
寸 法 (mm)	220×80×192	115×220×50	30×120×20
電 源 電 池	ネオ・ハイトップ単1 ×10内蔵又は12V外部	ネオ・ハイトップ単3 ×8内蔵又は×12内蔵	ハイトップ006P×1 内蔵
電 源 寿 命 (送:受=1:4連続)	ネオ・ハイトップで 0℃ 172hr -30℃ 64hr	ハイトップで 0℃ 30hr -30℃ 10hr	0℃ 26hr -30℃ 12hr
製 造 者 (改 造 者)	株式会社 エニー	株式会社 エニー	ソニー株式会社 (電気通信大学・電波物理研究室)

「荷揚げ期」BCに波-15型雪上車搭載用通信機と高利得アンテナを設置し、荷揚げ隊は出力0.1Wの波-16型中型通信機を持って行動し、ABC設置と同時にABCに波-15型通信機を挙げ、BC-ABC間の常時通信網を確保した。波15型の外形は第4図に、波16型を第5図に示す。

「東南稜・南壁登頂期」今回新たに製造した超小型軽量通信機を持参し、通信を行なった。8000mを越す極めて過酷な使用状況下で使用されるので、小型軽量であり、取り扱い容易で絶対に誤操作しない構造で無ければならない。今回は、重量 270 グラム、現在の携帯電話機よりも小さい機器を使用した。使用中の様子を第 6 図に示す。ベースとなったのは、当時試作が進められていたソニー社の I C B - 160 型携帯用通信機で、周波数の変更、





主要なトランジスタに耐低温特性の改善を施した。以上の機器は、既に南極観測隊で実績を積んできた機器であるため、故障も無く、回線設計通りに、ほぼ完璧に使用できた。また、3時期に別けて、それぞれの時期の特徴を考慮し、通信機の配分計画を立てたことにより、それを滞りなく運用できるようスペア電池の配分計画を容易に立てることが出来た。

5. 終わりに

無線機の計画配備と、極低温、重装備、低酸素などなど極めて過酷な条件下で使用する通信機器はほぼ完成の域に達し、その後のヒマラヤを始め海外登山、国内登山用の基本形を完成し、この成果はその後の山岳通信機器、通信回線の設定に対して世界的に広く踏襲され、外国登山隊に指標を与え、以後の登山隊、山岳地の救助、極地の探検隊等で、**Japanese System** として世界中で広く使用されるに至っている。更にその成果は、単に山岳通信のみならず、今日世界中で一般的に使用されている携帯通信機や携帯電話機などの通信技術上に広く応用されて偉大な貢献と足跡を残しているのです、改めてこの一文を記し記録に留めたい。

講演 2 GPSの原理と使用法

富澤一郎 (電気通信大学菅平宇宙電波観測所)

email: tomizawa@ee.uec.ac.jp

◆目次

1. 位置を知ることの重要性
2. 人はどの様に、自分の位置を決めているか(経験則)
3. 位置決定法とはじめ
4. GPS 登場まで
5. GPS による高精度位置決定の仕組み
6. GPS 受信機例
7. GPS 受信例
8. 小型携帯受信機使用例
9. 今後の展開
10. まとめ

1. 位置を知ることの重要性

見知らぬ土地に立って、どの道を歩いて行けばよいのか、見当も付かないような状況に置かれたことはありませんか。高層ビルの谷間に入ってしまうと方向さえ見当が付かなくなってしまいます。勝手知った土地であっても、濃霧や吹雪の中では、足下の道でさえ見えなくなってしまいますから、道から外れて見知らぬ所に迷い込んでしまうこともあります。見通しがきかない地下街では、何処が何処やら見当も付きません。自分の位置を知らなければ、人は非常に不安になります。

このようなことのないように、いつでも、どこでも、誰でも、正確に自分の位置や周囲の状況を把握できるようにすることが、ユニバーサル社会実現の大事な目標の一つとなっています。最近、位置を知る方法として、様々な手段が提供されるようになってきました。身近な例としては、カーナビなどの人工衛星位置決定サービス、携帯電話の今どこサービス、携帯電話 QR コードアクセスによる位置情報サービスなどがあります。これらのサービスでは、GPS(Global Positioning System: 汎地球的位置決めシステム)利用のシステム、携帯電話のような通信利用のシステムの二つの基本的方法が採用されています。特に GPS は、世界中で利用可能な便利なサービスとして、物流、交通運行など、現代社会の基礎を支えています。さらに、目に見えない所では、世界中の高精

度時計の連携運用や地殻変動検出にもつながっています。

本稿では、主として現代社会の位置情報サービスの基礎となっているGPSの仕組みについて、簡単に解説します。また、その背景となっている位置決定方法の歴史、理論、GPS利用上の注意点、GPS動向についても、数式を使わず説明します。

2. 人はどの様に、自分の位置を決めているか(経験則)

◆山・高い建物・高い木・灯台などの地物目標を利用する方法

皆さんも、少し遠出をして建物や商店などで場所を確認出来なくなった場合は、日頃見慣れている遠くの山、高い建物、高い木など、特徴のある地物を目標にして、自分のおおよその位置を決め、進行方向を確認したことはありませんでしょうか。この様に、経験則に基づいて位置を推測する方法は、古代から変わりなく使われています。この経験則は、陸上でも沿岸海上でも同じです。図1に、沿岸海上で自分の位置を決定する方法を示します。まず、遠くの山と近くの目標との延長線から自分の位置が何れにずれているかを推測します。また、位置関係の分かっている2つの目標間の角度差から遠近を判断します。この手順を繰り返すことにより、自分自身の認識している地図上の位置を推定するのです。みなさんもこの方法を使っていませんか。現代でも十分通じる経験的方法で、「山立て」と呼ばれています。

現代では、日本中何処に行っても地図は手に入りますので、地物目標と磁気コンパスを元に延長線を引き、地形図と比較することにより、自分の位置を決めています。山に出かける機会の多い皆さんは、目標が少なくても位置を決めることができるように訓練を積んで居られますので、お得意のことと思います。

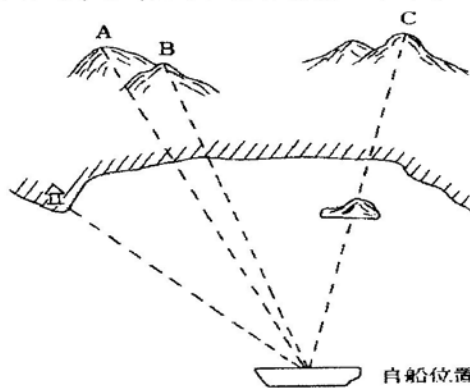


図1. 地物目標利用位置決定法

しかしながら、この方法は、行ったことのない土地や地図のない場所では使えませんし、明確な地物目標のない平原や海上などの場所も使えませんので、限定的方法といえます。日頃地物目標による位置決めの出来るような場所であっても、森林、溪谷、ビル街、地下街などのように見通しの悪い所に入ってしまったたり、雨や雪など天候が悪化してきたりすると、この方法は全く役に立ちません。

◆天体を利用する方法

れでは、地図のない場所や明確な地物目標のない場所では、どの様に位置を決めればよいでしょうか。それができれば、地球上どこでも使えます。地球上どこでも利用可能なものといえば、太陽・月・惑星・星という空に見える天体です。しかし、天体は地物目標と違って、時々刻々位置を変えていることをご存知と思います。これを目標に位置を決めるためには、ある時刻に天体が天球上のどこにいるのかを記した天体運行表が必要です。天体運行表作成には複雑な計算を必要としますが、専門書として手に入れることができます。ここでは、この天体運行表が手元にあるとします。沢山の天体の高度角を図2のアストロラーベを用いて測定し、それらの値から図3のように計算により自分の位置を決定します。南北半球で見える天体は違いますが、地球上どこでも使える方法ですので、汎用性があります。

少し進んだ方法としては、磁気コンパスによる方位角を測定を導入することもできますが、地球上の位置で真北と磁北とのズレの大きさが違いますので、地磁気の知識が必要となります。

天体を利用しますので、曇・霧・雨・雪のように天候が少しでも悪いときは使えません。日中利用出来る天体は太陽だけですので、太陽方向に雲があるだけで使えなくなってしまいます。複雑な計算ができないとすると、南中となるときの高度角および時刻から、緯度・経度を求めるしかありません。

天体を利用する方法は、汎用性の点から地物目標を利用する方法に比べて非常に優れていますので、天体の代わりに人工衛星 GPS を利用する現在の位置決定法は、そ天体を利用する方法の系譜にあるといえます。

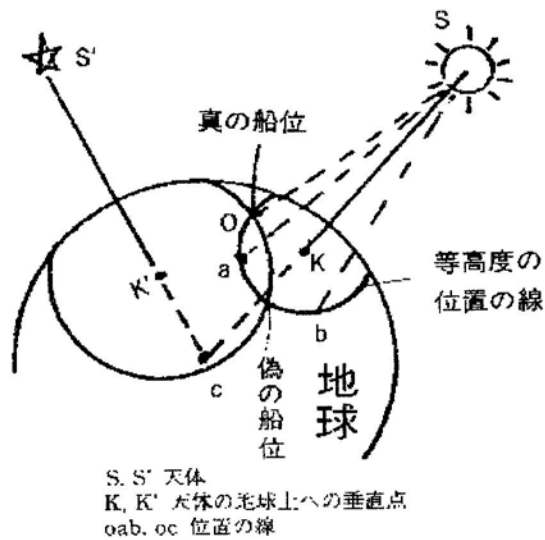
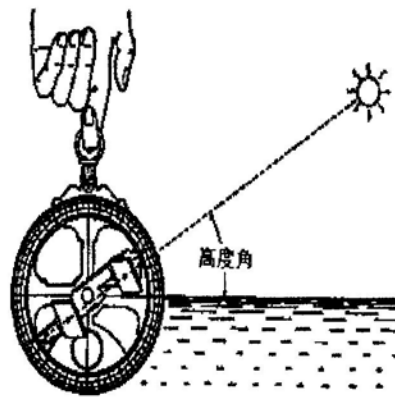


図2. アストロラーベによる天体高度角測定
位置決定法

図3. 天体利用位

3. 位置決定法とはじめ

位置決めの基本は、上で述べたところで理解頂けたと思いますが、GPSを理解するための基礎として、もう少し詳しく説明してみましよう。以下の1および2の方法については、上で説明した方法を手順として示しています。3の方法は、測量といわれる精密に位置を決める手順です。

1. 地物目標による位置の決定方法

- 方位磁石で目標の方向を測定する。 => 付近の地形を読み取る。 => 地図と照合して位置を決める。
- 方位磁石で二つの目標(山、岬、灯台、島)の方向を測定する。 => 地図・海図上に方向線を引く。 => 交点から位置を決める。

問題点 天候不良時、目標が見つからない場合、森林中など地形を読み取ることが出来ない場合

2. 天体による位置の決定方法

- 明確な天体の方位角・高度角を測定する(磁気コンパス・時計必須) ⇒ 測定時刻の天体位置から位置を計算により位置を決める。

問題点 天候不良時、天体運行表および計算手段を持たない場合、正確な時計を持たない場合

3. 測量での位置決定方法

- (平坦地)方位磁石で1基準点方向を測定する。 ⇒ 基準点からの距離を巻き尺で測定する。 ⇒ 計算により位置を決める。
- (平坦地)方位磁石で2基準点方向を測定する ⇒ 計算により位置を決める。
- (平坦地)2基準点からの距離を測定する ⇒ 計算により位置を決める。
- (傾斜地)平坦地より一つ多い3基準点からの距離を測定する ⇒ 位置計算(複雑)により位置を決める。

問題点 距離測定不能の場合(間隔大、障害物)

これら3つの位置決定法に共通の問題点は、天候や場所による見通し不良、いつでも利用出来る目標不在、基準となる詳細地図および時計不在、計算手段不在です。したがって、これら問題を全て解決することが、いつでも・どこでも・誰でも利用可能な位置決定法となると理解できます。

4. GPS 登場まで

◆電波利用位置決定法

いつでも利用できるようにするためには、光学的方法ではなく、天候に左右されない電波利用の位置決定法が必須条件です。1940年代より、電波を使った位置決定システムの開発が進み、1950年代にはロランシステムが多数設置がされました。このシステムを利用することにより、100m程度の精度で位置を決定出来るようになりましたが、使用周波数が100kHzであり、しかも複雑な処理をハードウェアで行っていたので、機器はとてつとて持ち運びできるような物ではありませんでした。また、基準送信局は、米国、欧州、アジアの一部にのみ設置されていたので、全地球的な利用はできませんでした。1970年代に開発されたオメガシステムは、10-15kHzを使用して、利用範囲を全地球に拡大しましたが、誰でも使えるようなシステムではありませんでした。

◆GPS 開発前史

どこでも利用できるようにするためには、上のように地上の基準送信局ではなく、天体の代替となる人工衛星に基準送信局を乗せたいとの希望は、古くから言われてきたことです。こうした背景もあり、1957年の人工衛星スプートニク打ち上げ直後から、米国において基準送信機による位置決定法開発が開始されました。1960年代には、人工衛星電波のドップラシフトを数回計測することにより、100m程度の精度で決定できることを示しました。1960台後半から高度1000kmを飛翔するNNSS

衛星利用の位置決定システムが運用されるようになりました。これで人工衛星を利用した汎地球的位置決定システムを構築できましたが、衛星高度が低く、衛星数が少なかったため利用可能時間が限定されていました。また、位置決定に数回分の可視時間全体のドップラシフトを使う必要があったため時間が掛かり、いつでもというわけには行きませんでした。また、受信装置は大型コンピュータを含んでいたため、大きくしかも高価であり、誰でも使えるような代物ではありませんでした。

◆GPS 登場

いつでも、誰でも利用でき、しかもさらに位置決定精度を高めるためには、人工衛星高度を高くし、衛星数を増やすこと、さらに即時に位置を決めるため距離を直接正確に決定するシステム開発が必要となりました。

高度 1000km を飛翔する人工衛星 NNSS では利用時間が限られるため、衛星高度を高くする必要があります。最も近い天体である月位置まで衛星高度を高くすれば、半日利用出来ますので時間的には良いのですが、距離が遠くなることによる送信電力の問題および打ち上げ費用が高くなるという問題が起こります。一方、利用時間を長くする意味からは静止衛星が最適ですが、静止軌道は赤道上にしか存在しませんので、衛星の配置が適当でなく、また高緯度地方では利用できないという問題が起こります。これらを勘案して、衛星高度を静止衛星より下げた 20000km とし、衛星軌道面を赤道面と傾けておくことにより、高緯度地域までをカバーできるようにしました。また、地域による見え方を考慮して、6 段階にずらした軌道面に衛星をそれぞれ 3 個置くことにしました。こうしますと図 4 に示すように配置した衛星は、各々約 12 時間で軌道を一周し、各衛星が少しずつずれて動きますので、地球上ほとんどの場所で常時 4 つの衛星を受信できるようになります。

この基本設計に基づき、米国は 1970 年代後半から機体開発に精力を注いで、ようやく GPS 衛星の原形となる図 5 に示すような形の衛星開発に成功しました。

です。

距離測定の基本原理は、「陸上100m競走のタイム測定」と同じです。各コース毎に時間測定要員が張り付き、スタートのピストルを合図に各々のスタートを押し、各選手がゴールを通過する所で、ストップを押しることにより、各コース選手の時間を測定できます。図6に示すようにGPS衛星が配置されているとします。これら全てのGPS衛星が高精度原子時計を持っていて、予め決められた正確な時刻に選手宜しく電波を送信します。皆さんも電波は光の速度で空間を飛んで行くことをご存知と思います。陸上100m競走の場合は、選手の走るスピードが違うので、ゴールする時間が異なりましたが、GPS電波では飛んで行くスピードは同じですが、受信点までの距離が違いますので、受信される時刻に違いが生じます。もうお分かりと思いますが、GPSでは、この電波の到着時刻 Δt を測定し、光の速度で換算することにより、衛星までの距離 d を測定しているのです。

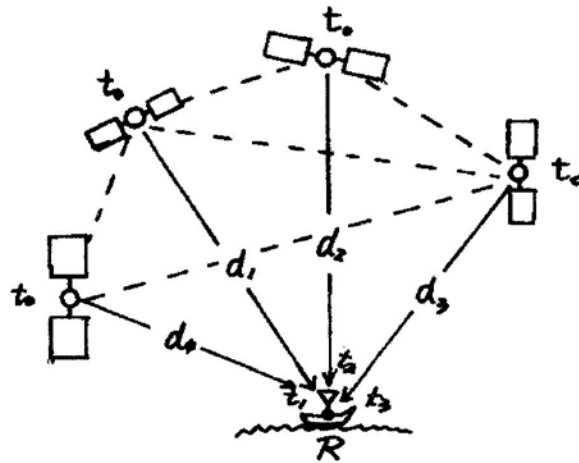


図6. GPS衛星による位置決定法のイメージ図

測量でも述べましたが、山の上のように地面の凹凸まで含めて位置を決定するためには、3つの基準点が必要です。しかし、ここで受信機の時計が少しずれていたとしたらどうなるのでしょうか。お察しの通り、全ての衛星までの距離が縮むか間延びするかしてしまい、測量に狂いを生じます。全ての受信機に高価格で維持の難しい原子時計を持たせるわけには行きません。そこで、GPSは、もう一つ別の衛星からの電波も受信することにします。3衛星からの電波受信だけで決めた位置で4番目の衛星を受信すると矛盾を生じます。この矛盾が最も小さくなるように受信機の時計を修正するという方法を採用しています。つまり、受信機の時計は、少しぐらいいい加減で良いという有り難い仕組みになっています。

GPSでは、もう一つ素晴らしい仕組みを採用しています。宇宙空間には100m競走のようなレーン（Lane）は設定されていないことをご承知と思います。100m競走では測定要員がレーンを見張っていて、ゴールタイムを測定していますが、レーンが無くなる長距離走で選手がなだれ込んでくるような状況では巧く計測できるでしょうか。そうです、測定要員は選手の特徴を捉えていて、何とかストップウォッチを押しことになります。それぞれのGPS衛星からの電波にも特徴を持たせていますので、光の速さで到達しても何とか分けて到達時刻を測定でき

るのです。GPS 以前のシステムでは考えられなかった方法です。

さらに、高精度化する機能も用意されています。GPS に先行した NNSS 衛星では、電波周波数 150MHz と 400MHz を使っていました。この周波数では、地球を高度 100~1000km で取り巻いている電離層の影響が大きく、距離測定の精度が落ちていました。そこで、GPS 衛星では、電離層の影響の少ないマイクロ波帯 1200MHz および 1500MHz を使うようにしました。また、高精度受信機では、二つの周波数間の影響の違いを元に誤差を補正することにより、精度向上が可能です。

しかし、時間計測ができたからといって、直ぐに位置が決まるわけではありません。様々なデータを元に基準点となる衛星位置を求め、さらに煩雑な測量計算を行い、時計ズレを補正し、電離層の影響を補正し、ようやく自分の位置を求めることができるのです。高性能コンピュータ無しに実現できないことは明白です。この計算を 1980 年代のコンピュータに瞬時にさせようとする、大型コンピュータが必要になり、とても素人の扱う世界ではありませんでした。幸いなことに、コンピュータの能力は飛躍的に向上し、さらに受信機性能、ソフトウェア、実装技術の発達に伴い、今日では数万円で手のひらに収まる大きさの受信機を入手できるようになりました。素晴らしい技術発達です。おかげで、いつでも・どこでも・誰でも利用出来る高精度位置測定システムが実現したのです。

ただし、忘れて成らないことは、GPS が米軍のコントロール下にあるということです。GPS 利用は自由ですが、システム永続性の保証はされていませんし、精度の保証もありません。不意に精度が悪くなる可能性もあります。また、折角の高精度モードも民間では使用不可能となっています。

6. GPS 受信機例

以下に現在電通大で使用している小型携帯受信機、高精度測量用受信機、時刻同期用受信機の例をご覧ください。同等の機能を持つ他社製品も容易に入手可能ですので、インターネットなどでお探し下さい。

◆小型携帯受信機例 EMPEX map21

アンテナと受信機が一体となっていて、携帯電話より大きいですが片手で持って操作できます。



図7. 小型携帯受信機例

◆高精度測量用受信機例 TOPCON GP-R1DY のアンテナと受信機
 周囲の影響を受けないように大きなアンテナを見通しの良い高所に水平に取り付けます。また、GPS の送信している2つの周波数での詳細なデータを取得するため、大きな筐体の受信機となっています。

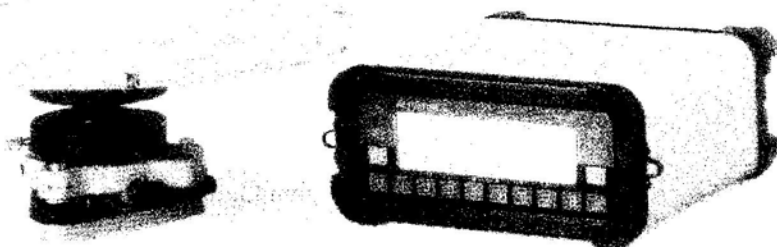


図8. 高精度測量用受信機例

◆時刻同期用受信機例 FURUNO TS800 のアンテナと受信機
 アンテナは見晴らしの良い所につけます。この受信機は、一度設置した後、常時時刻情報を送り出すだけです。

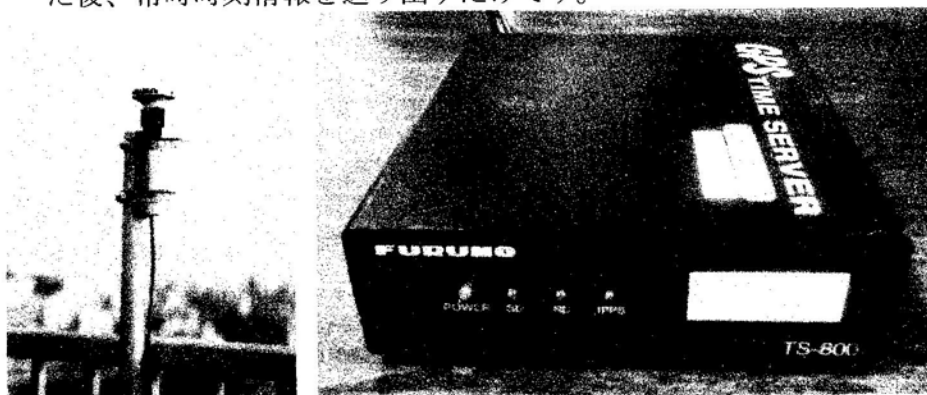


図9. 時刻同期用受信機例

7. GPS 受信例

高精度測量用受信機 GP-R1DY を使用して実際に受信している画面を図 10 から 14 に示します。この例では、7つの衛星が同時に受信出来ていることが分かります。この中の条件の良い組み合わせから、受信点の位置が、北緯 35 度 39.476 分、東経 139 度 32.4341 分、高度 208.47m と表示されています。

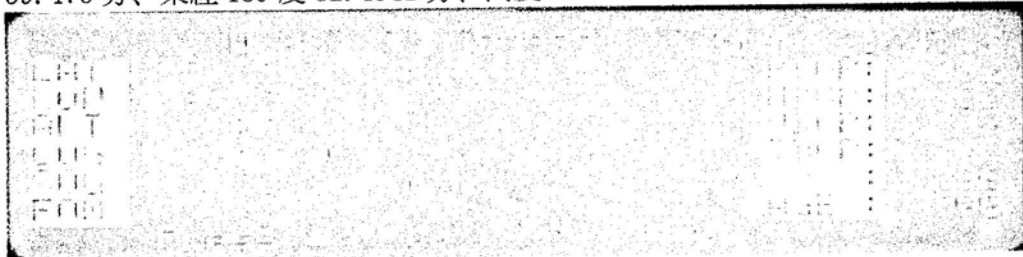


図 10. 受信位置と測位状況

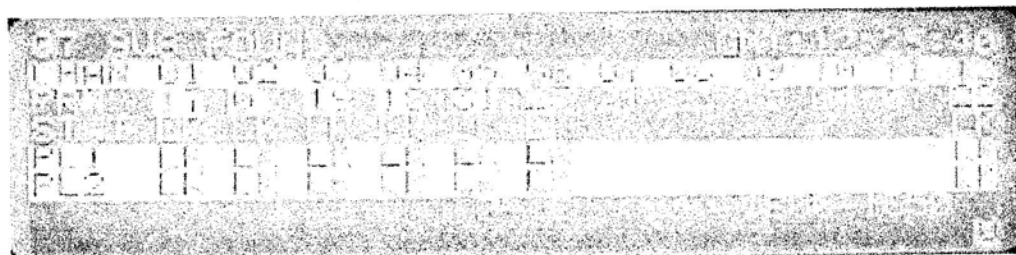


図 11. 受信機の衛星捕捉状況(7衛星受信中)

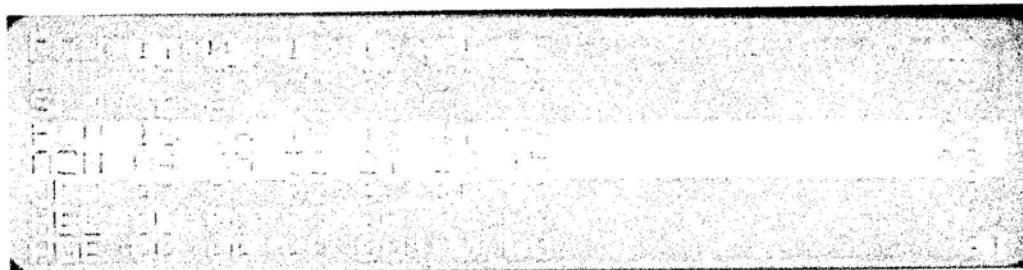


図 12. 衛星受信状況と方向(7衛星受信中)

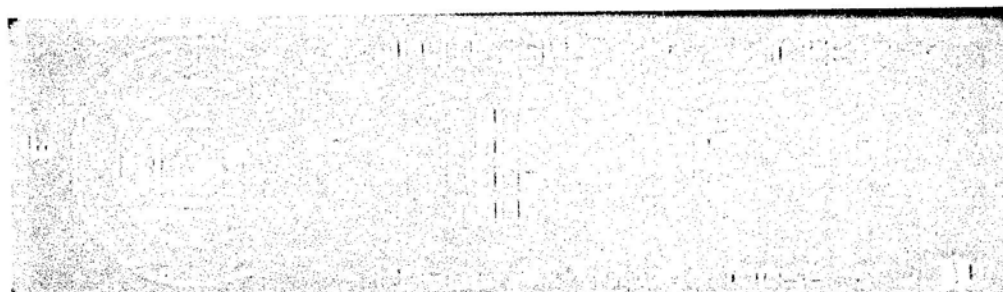


図 13. 現在受信中の衛星の仰角および方位角分布

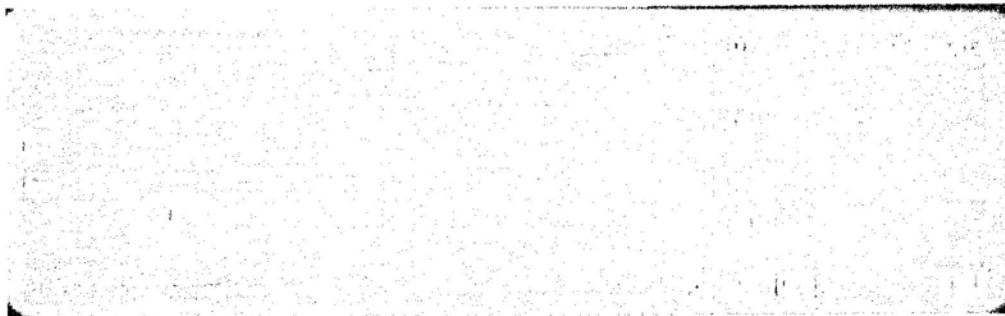
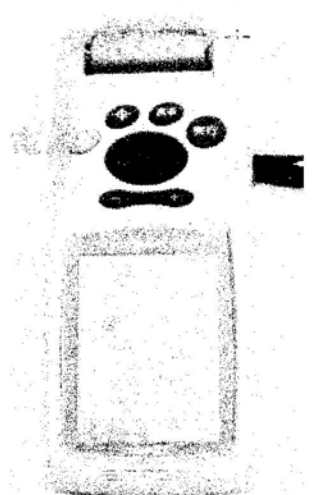
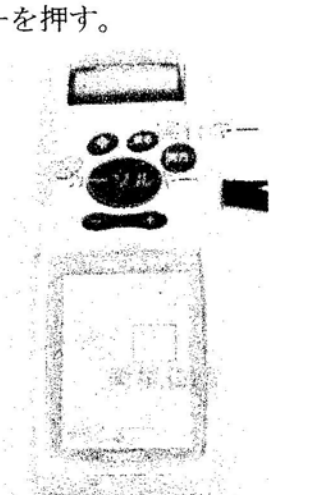


図 1 4. 一日の各衛星可視時間帯

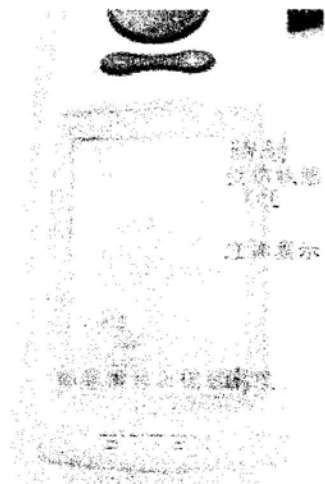
8. 小型携帯受信機使用例

以下に小型携帯 GPS 受信機の使用例として、EMPEX ポケナビ map21 の使用方法を記します。他社製品でも、同様の機能を備えるようになってきました。

<p>1. 起動 電源キーをしばらく押して、オープニングメニューがでるまで待つ。</p>  <p>■最下部に電池残量が表示されるので、残量が少ない場合は、途中で停止しないように注意して使用する。</p>	<p>2. 衛星位置画面起動 カーソルキーを押して、画面上の位置を衛星位置画面に移動し、ここで実行キーを押す。</p> 
--	--

<p>3. 衛星位置の立体表示 現在、受信可能な衛星を全て立体表示し、この中でデータを受信している衛星は、立体表示上で塗りつぶされている。また、このときの衛星番号毎の信号強度を下部に示している。信号強度画面で塗りつぶされている衛星からデータを受信していることを示してい</p>	<p>4. 衛星位置の平面表示 現在、受信可能な衛星を全て平面表示し、この中でデータを受信している衛星は、平面表示上で塗りつぶされている。また、このときの衛星番号毎の信号強度を下部に示している。信号強度画面で塗りつぶされている衛星からデータを受信している</p>
---	--

る。



- 立体表示の円は、下からそれぞれ仰角0, 20, 40, 60, 80度を表している。
- 受信状態は、未受信, 2D, 3Dと切り替わる。
- EPEは、水平位置誤差を表している。

ことを示している。



- 平面表示の内側の円は、仰角45度を表している。
- 受信状態は、未受信, 2D, 3Dと切り替わる。
- EPEは、水平位置誤差を表している。

5. 現在位置画面起動

カーソルキーを押して、画面上の位置を現在位置画面に移動し、ここで実行キーを押す。



6. 現在位置画面起動

現在受信している場所の位置情報として住所・緯度経度・高度、また、移動体情報として移動速度・最高速度・移動距離を表示している。



- カーソルキーを用いて最高速度または移動距離にカーソルを合わせ、ここで実行キーを押すと値をリセットできる。

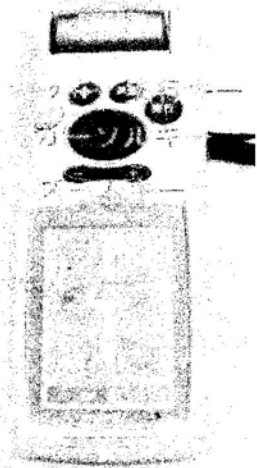
7. 現在位置及び移動経路の地図上表示画面起動

カーソルキーを押して、画面上

8. マップナビ画面

現在受信している場所の位置を地図上に表示する。また、移動体情報として移動方位・移

の位置をマップナビ画面に移動し、ここで実行キーを押す。ズームキーは表示画面の拡大・縮小に使用する。



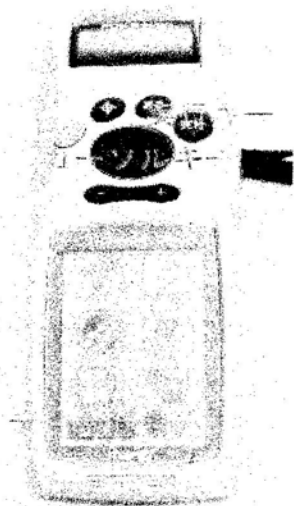
動速度を表示している。最上部には、現在の時間も表示される。



- 画面の拡大縮小は、ズームキーを押して行う。
- 画面をスクロールするには、スクロールキーを使う。

9. データ編集画面起動

カーソルキーを押して、画面上の位置をデータ編集画面に移動し、ここで実行キーを押す。



10. 軌跡編集画面起動

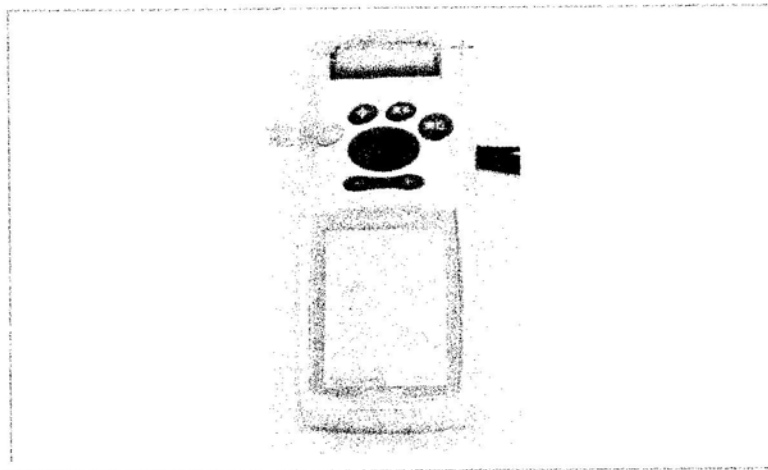
カーソルキーを押して、画面上の位置を軌跡編集画面に移動し、ここで実行キーを押す。



- 使用中の軌跡が表示され、このときの有効ポイント数も表示される。
- ここで実行キーを押すと、「保存」か「削除」を聞いてくるので、「保存」にカーソルを合わせて、実行キーを押す。
- ここで、保存データ名を入力する。(実習グループ番号を入れてください。)

11. 終了

電源キーをしばらく押して、終了画面がでるまで待つ。



9. 今後の展開

GPS 受信機の小型化と高機能化は、さらに進みます。アンテナおよび受信機信号処理部分を共用できる第3世代以降の携帯電話では、GPS 機能の高い付加価値から、基本機能として IC 組み込みを行うことも考えられます。地上波デジタルテレビ受信機能も取り込む方向に進むと推測されます。携帯電話端末に、位置情報機能そして地上波デジタルテレビ受信機能が統合されれば、携帯総合情報端末としての差別化を図ることが考えられます。

また、GPS 位置決定精度も、携帯電話またはデジタルテレビを介した DGPS 補正により、高精度化が基本機能となると考えられます。さらに、日本付近では、静止衛星ならびに準天頂衛星によるビルの谷間や山岳地帯での問題改善が期待されます。

前述したように、GPS 運用は米国の意志でコントロールされているため、長期的保証がありませんし、高精度位置決定機能の利用も期待できません。この基本問題を解消するため、欧州を中心に GALILEO システムを立ち上げる方向で進んでいます。利用者としては、GPS と GALILEO の両方を使うことが出来れば、さらに便利になる可能性があります。ただし、高精度位置決定機能は有料サービスとなるかも知れません。

GPS の改善を含めて、世界の動向から目を離せないところです。

10. まとめ

本解説では、GPS の成り立ちから今後の動向まで、簡単に纏めてみました。いつでも・どこでも・誰でも高精度で位置を決めることができるという便利さの意味と、使用条件によっては大きな誤差を生じたり、まだ適用出来ない場所もあることをお分かり頂けたものと思います。特に、山岳での利用は便利な面と頼りすぎると危険な面があり、十分理解して利用することをお勧めいたします。しかし、携帯電話の付加機能として、また小型軽量・汎用の低価格機を容

易に購入できまでになってきていますので、山岳地帯においても便利な補助携行道具として広く活用されるようになるでしょう。

【重要】最後に、一点注意をお願いしたいことは、必ず、地図の新旧およびGPS受信機測地系設定を確認の上、GPSを利用して頂きたいことです。国土地理院発行の旧来の地図では、日本測地系を採用していてGPSのWGS84測地系とはズレがありました。この問題は、2001(平成14)年4月にWGS84測地系に統一されて解消しましたが、それ以前に発行された地図では約400mものズレがあります。ズレを知らないまま地図に合わせてしまいますと、非常に危険なことになります。また、GPS受信機の設定で日本測地系に設定してしまいますと、本来合うべき最新の地図からのズレを招いてしまいます。十分ご注意下さい。

講演 3 山岳地における携帯電話の利用

芳野 昶夫（電気通信大学名誉教授）

1. 携帯電話機の発展

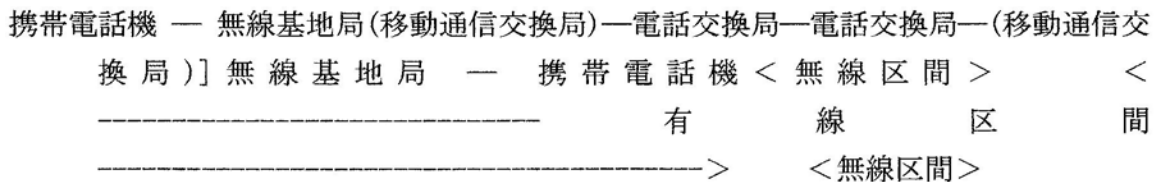
若干古いデータであるが、2004年7月末現在、日本の携帯電話の契約者数は第3世代携帯電話も含め約1億378万に達し、PHSの契約者数約497万と合わせると契約者数は1億875万にもなり、国民の約84%が携帯電話、あるいはPHSを所有する計算となる。

通常、無線電話系機器とは、送信・受信機同士で直接電波を送受信して通信を行なうシステムであった。しかし、携帯無線電話系はこれと異なる通信手段を用いている。携帯電話機は、電話機に話した内容はデジタル符号化され、830MHz、または1.5GHzのUHF帯という超短波帯の電波で最寄の無線基地局に送られ、そこで受信した信号の内容は基地局に設置された移動通信交換局によって、従来の有線電話信号に変換され、有線回線によって通常の電話交換局によって全国に送られる。したがって、携帯電話は無線電話の範疇ではなく、従来の有線電話系として区分されている。

また通常、携帯電話の基地局は約5kmから5kmごとの間隔で設置されており、基地局の送信出力は約1Wから2Wで、通常半径3kmから5kmをカバーしている。また、1つの基地局で約24回線から288回線が使用できる。回線数は収納されている通信機の数によって決まり、その数は人口密度や通話頻度などの状況によって各事業者が決定している。また、都心部などで、週末の夜間等に回線が不足する場合には1基地局あたりの出力を約1Wから600mWに下げ、基地局の間隔も約500mから600mとして、より多くの回線数の通話を確保している。出力を下げるのは、限られた周波数の範囲内で基地局間での電波干渉の防止のためである。基地局はアンテナと蓄電池施設部分より成り、蓄電池施設には、蓄電池、通信機、移動通信交換局との中継機、制御用コンピュータ等が収納され、災害や事故などの緊急時に基地局への給電が遮断された場合には、蓄電池により最低3時間は基地局が稼働できるよう考慮されている。

受信状態にある携帯電話機は、常時自局の識別符号IDを無線で最寄のセル地域の無線基地局に送っており、それぞれの基地局に接続された移動通信交換局は常に自局管内のID信号を送信し続けており、担当範囲のゾーン内の細かいセル地域のどのセル内にどんなIDを持つ携帯端末が存在するかを認識している。もしそのID符号に該当する呼び出し信号が来た場合、移動通信交換局が外からのプロトコルをキャッチし、無線基地局から無線で該当する携帯端末を持つ電話機に呼び出し音を送り、初めて通話が成立する交信形態をとっている。したがって、受信局は受信状態の間は常に電波を出して、最寄の無線基地局の移動通信交換局に識別符号IDを認識させ自分の存在を示していなければならない。こうして、受信局が日本全国どこに居ても通話が成立するシステムをとっている。

したがって、携帯電話システムは、携帯電話機と無線基地局間の短い距離の間のみ無線を用いているが、その他は通常の有線電話システムを用いている点で、通常の電話と同じ有線電話システムに属している。この点が通常の無線電波を直接送受して行なう通信と非常に異なるトラフィック(通信回線形態)システムに属している。このシステムを図示すると、



の様になる。

携帯電話機を応用した山岳通信が確保されるためには、登山者の携帯する携帯端末と無線基地局との間に、送信・受信ともに確実な電界強度を持って常時接続されねばならないことは言うまでも無い。わが国で現在使用されている携帯型移動無線は、現在一般に携帯電話機といわれるセルラー方式を使っている通常のもの、1997年4月から開始された公衆PHS(Personal Handyphone System)データ通信サービス(32kbps)と証する2つの方式がある。PHSシステムは、安定した高速データ通信を行なうことを目的としているが、周波数が1.5GHz帯を使用し、出力が低いため、ほぼ50メートル間隔で基地局を設置して局地的ネットワークを構築しており、セルラーシステムを持たないため、最初の基地局の範囲を超えて移動した場合には通話を継続できない。したがって山岳通信には全く使用できないので、今回はPHS方式携帯通信については除外する。

2. 携帯電話方式について

携帯電話システムは、技術革新により周波数利用効率を高めながら、約10年ごとに世代の変遷を経てきた。第1世代の移動通信方式であるアナログ方式は、1979年に自動車電話として始まり、1982年には携帯電話が登場した。第2世代のデジタル方式は、PDC方式として1993年に商用化され、第3世代移動通信システムのIMT-2000方式による携帯電話サービスは、2001年10月にNTTドコモ社が無線アクセス方式としてW-CDMA方式を使用したサービスを開始し、2002年4月にKDDI社がCDMA2000方式を使用したサービスを開始した。

このため、1982年にアナログ方式でスタートした携帯電話も、現在では全面的にデジタル方式になり、前述したPHSは最初からデジタル方式でつくられた。衛星携帯電話もデジタル方式を採用している。デジタル携帯電話では、電話音声をいかに低いビットレートのデジタル信号に圧縮することが重要である。日本の携帯電話が使用するPDC方式の音声信号は、初期に用いたフルレート方式で6.7kbit/秒に、最近のハーフレート方式では3.45kbit/秒に圧縮している。いずれも圧縮率が非常に高いので、音

質はアナログ方式より少し劣る。PHS では、音声信号を 32kbit/秒で伝送するので、デジタル携帯電話よりも音質がよい。今日ではデジタル方式が携帯電話の主流となっているが、日・米・欧ではそれぞれ方式が異なり、日本では、NTT が開発した PDC 方式が、アメリカは、IS-54 と IS-95 の 2 種類を使用している。ヨーロッパは GSM 方式が標準で、次第に世界の主流となってきている。一方 IS-95 は「cdmaOne」の商品名で知られ、日本でも使われ始めており、音声は 8k または 13kbit/秒に符号化され、PDC 方式より高品質である。

第 1 世代のアナログ携帯電話に使用された通信方式は FDMA (Frequency Division Multiple Access) 「周波数分割多元接続」と呼ばれ、AMPS, TACS などのサービスがある。基本的には周波数帯域を多数のチャンネルに分割し、その無線チャンネルを各携帯電話に割り当てて、基地局との通信方式である。

第 2 世代のデジタル方式は TDMA (Time Division Multiple Access) [時分割多元接続] と称し、日本国内のサービスは PDC (Personal Digital Cellular) と、PHS (Personal Handyphone System) 方式が使われるが、世界各国では GSM (Global System for Mobile Communication) が使われている。これは同じ周波数の信号を時間で分割して多数のチャンネルを作り、送信側はデジタル信号を短い時間に圧縮して空いたチャンネルを利用して一挙に送り、複数の携帯電話が使用する方式である。この特徴は、多種多様な情報が取り扱えて、雑音の大きい区間の使用が可能で端局装置を安く作ることが出来る特徴がある。

第 3 世代のデジタル方式は、CDMA (Code Division Multiple Access) 「符号分割多元接続」でスペクトル拡散方式を使用し、10kHz 帯域の音声と PN 符号 (送信側と受信側でペアにした固有の符号) といわれるデジタルデータを掛け合わせて 1.25kHz に拡散した信号を無線周波数でデジタル変調し、同じ周波数を PN 符号ごとに割り当てられた複数の携帯電話で使用するので、国内では cdmaOne と称している。

FDMA も TDMA も情報信号のビットレイト (帯域) は決められているが、CDMA は信号の周波数が拡散されるので情報信号のビットレイトの制約ははるかに広くなり、色々の情報を送ることが出来る。

3. 位置登録とハンドオーバー

移動する携帯電話に対して電話を掛けるためには、基地局は常に携帯電話の位置 (セル) を把握していなければならない。そこで携帯電話では図 1 に示すセルラシステムという方法を使っている。図中の 6 角形を「セル」と呼び、複数のセルの集合体をゾーンと呼ぶ。このゾーンが複数集まって、サービスエリアを構成している。

各セル内に無線基地局が配備され、そのセル内の加入者からの発信電話と、セル内の加入者に掛かってきた着信電話を受け付ける。ここで、各セルにある無線基地局は移動交換局と接続され、この移動交換局が各携帯電話の位置登録、発信接続制御、着信接続制御、ハンドオーバー制御、課金などを集中管理している。また、携帯電話の移動にも

対応するハンドオーバー機能も備えなければならない。

携帯電話は現在所属している位置登録エリアの固有番号 ID をメモリしておき、常に、そのエリア内の基地局から送信される ID と比較し、ID が異なる場合は、基地局に対して位置登録情報を送信する。これにより、基地局側が移動機の所属するセルの位置を常に把握することが出来る。

ハンドオーバーとは、携帯電話が通話中に異なるセル間を移動するときは、例えば A セルから B セルに移動すると、B セル内では使用する無線チャンネルが異なるため、通話が途切れる恐れがある。そこでこれを防ぐため、基地局 A と基地局 B 双方で送信電波の電界強度を監視・比較し、その携帯電話機が A セルから B セルに移動したことを認識し、閾値に達すると基地局は B セルのチャンネルを割り当て、基地局 A は電話機に対して無線チャンネルの切り替えを指令する。こうして携帯電話機が基地局 B と接続され通話が継続できる。これが通話経路の切り替えのメカニズムである。

4 携帯電話の山岳地における使用

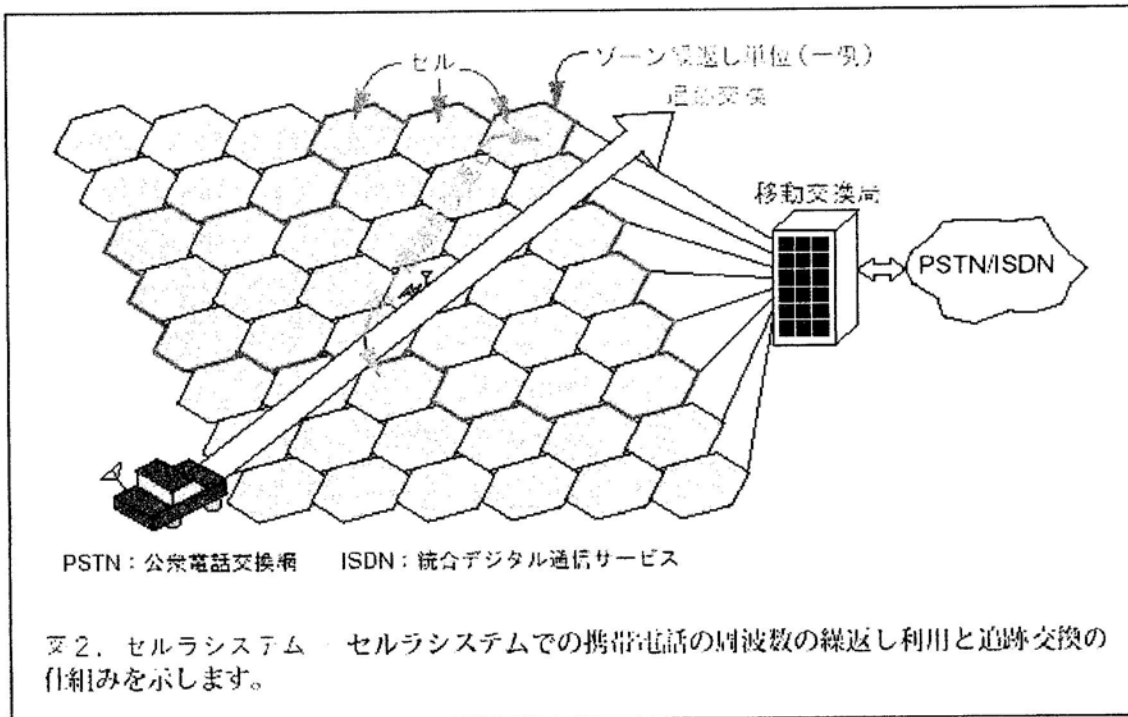
現在、広く用いられているセルラー方式の携帯電話機は、無線基地局の受信感度の変化に対応して、ある程度自動的に送信出力が変化し、信号が可なり低下した場合には、約 80mW 程度まで送信電力が増加するので、山岳地のように、無線基地局との距離が数 10km あっても、電波伝播路が見通せる状態であれば通信が確保できる可能性が高い。また、山岳地では地形により、電波が複雑に反射・屈折をして思わぬ距離に届く場合があり、予想外の狭い限られた地域で通信が可能となることがしばしば発生する。一般に東北地方や北海道などの山麓部落から離れた深山域を除き、山麓に部落や主要道路や高速道路が見える場合には、山稜上、頂上近くでは接続可能の場合が多いので、よく位置を移動してみると良い結果が得られることが多い。しかし、谷間などは、余程条件が良くないと接続には成功しないので、尾根上に移動するなどの工夫をすることが必要である。通常、携帯電話のディスプレイに表示される 3 本のアンテナマークは、基地局が発信する制御信号の強さを表示している。基地局の電波は、携帯電話機より強い電力で電波を出しているため、このため、見通しの良いところでは意外に遠くまで制御信号が飛ぶことがあり、携帯電話は本来「圏外」や「0 から 1 本」の電波微弱の表示を出すところでも「2 から 3 本」の表示をすることがあるので、見通しの良い山の上や海上の場合、基地局の電波は捉えても、携帯電話の電波を基地局が拾ってくれないといった現象がおこることがある。

山岳地で携帯電話を使用する場合の注意として、前述のように無線基地局との距離が遠くなると、通常よりも送信出力が大きくなり、また受信中でも位置登録用の ID 信号が常に送信され続けて居るので電池の消耗が通常に比べかなり大きい事を常に念頭においておかねばならない。それに加えてニッケルカドミウム電池は勿論、リチウムイオン電池でさえも冬山の低温化では出力電圧が低下するので、予想外の早い電池の消耗に驚くことがある。しかし、山ではなかなか充電が難しいので、充電済みのスペア電池の

予備を持っていくか、非常用に乾電池等外部電源を接続できるセットを持参することを勧めたい。端子は機器によって若干異なるので、自分の使用機器に合うものを持参すること。

山中で、携帯電話が他局と接続できた場合には、今日の携帯電話機が持つ全ての機能が使用できるので、2001年より開始された TDMA 方式を持つ第2世代携帯電話機や、CDMA方式を持つ第3世代携帯電話では、気象データ、インターネット接続、動画を含む写真の転送、受信などが可能となり、遭難時には直接 110 番、119 番へ通報し早期対応が出来るようになった。

このように素晴らしい機能を持った携帯電話システムを山岳地で有効に使用するためには、ある程度の超短波電波の山岳地に於ける電波伝播の知識を持つことを勧めたい。この理論上の伝播特性について前出の [4] の文献に詳述している。



講演 4 海外登山における衛星携帯電話の使用法と運用手続き

古野 淳 (本会理事)

ヒマラヤ、カラコルム、アンデス、アフリカ、南極等の山岳地域では、実質衛星電話のみが唯一のコミュニケーションの手段となっている。かつては短波無線も使用されたが、衛星携帯電話が容易に入手できるようになり、主な高峰のベースキャンプでは相当数の衛星携帯電話が使用されている。遭難救助時、衛星携帯電話でヘリコプターを要請するのは常識となったが、帰路の交通手段として、衛星携帯電話が活躍する。帰路は高山病の恐れがないため、登山が終了すれば一気に麓へと下る登山隊も多い。

登山隊のベースキャンプで NET 接続は、その登山にとって重要度が高いか低いかにかかわらず、メールやインターネット接続の環境は出来る限り整えたいと考える登山隊が多い。とくに若い隊員達にとって、家族や知人とコミュニケーションをとる手段を持つことがいかにプライオリティーの高いことなのか、最近の登山隊の現状を見るとよくわかる。

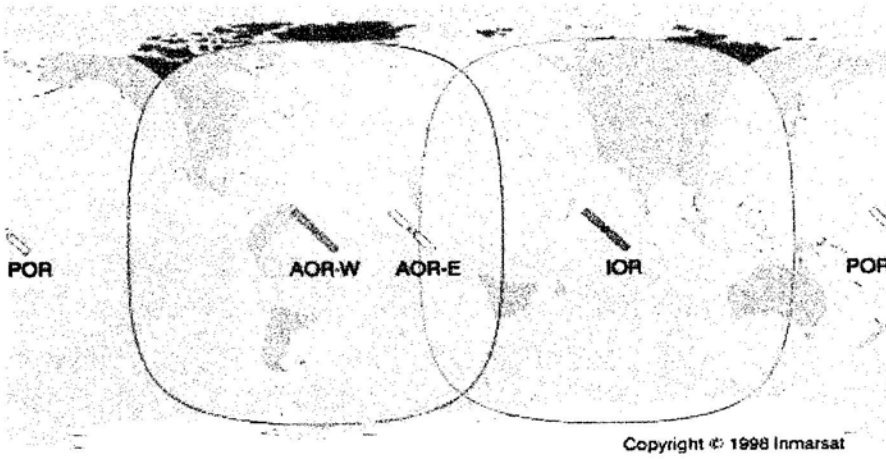
欧米の商業公募隊や一部の日本の登山隊にも見られるが、「NET 接続が可能であれば登山隊に参加が可能」という隊員がかなりいる。1ヶ月間を越えるエクスペディションでは、従来参加が難しかったエグゼクティブ層の隊員が衛星携帯電話の普及で大幅に増えたことが興味深い。

VSAT のように特別な設備を用いない主な衛星携帯サービスは、インマルサット、イリジウム、スラヤ、エイシス、グローバルスター、Nスターである。それぞれに特徴があり、それぞれが音声とデータ通信が可能であるが実際にはかなりの能力差がある。人工衛星の電源はソーラーパネルの発電に頼るため、実質、ソーラーパネルの寿命が衛星の寿命となる。10～15年程度であろうか。つまりその間に次の衛星がうち上がらないとそのサービスが停止し、端末も使用不能となってしまふ。各衛星サービスの経営状態を知っておくことも、衛星サービスの選択において重要である。

1) インマルサット

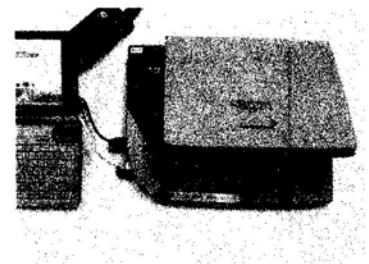
インマルサット海事衛星機構が母体で、おもなサービスには、インマルサットA、B、C、M、ミニM、M4、R-BGANがある。基本的には赤道に3万6千キロメートル上空に位置している太平洋、インド洋、大西洋東、大西洋西の4つの静止衛星で、両極を除く全地球の海洋部分と陸地部分をカバーする。A、B、Cは船舶用で、機材は大きく、陸地のモバイルには適さない。Mを陸地の部分に絞ったのがミニMで、それにISDN64Kのデータ通信機能を持たせたサービスがM4であり、マスコミやプラント関係のユーザーを中心に活躍した。比較的大規模な登山隊で衛星携帯を使用し始めたのもこのあたりからである。R-BGANはデータ通信のみに特化したユニークなサービスである。音声は使用できないがパケット通信で144 kbpsは衛星携帯で最速である。サービス当初はスラヤ衛星の一部を使っていたが、2005年春にインマルサット第4世代衛星が打ち上げられ、7月から衛星を切り替えてサービスエリアも拡大した。2006年にはR-BGANの後継サービス、BGANが始まり、現在4社の端末販売が計画されている。最速500 kbpsのパケット通信の他、音声通信、ISDN64 kbps等の機能もある。

【インマルサットのカバレッジエリア】



インマルサット A B C M ミニM M4
GAN

インマルサットR-B



インマルサット ミニM
売されるBGAN

インマルサットM4

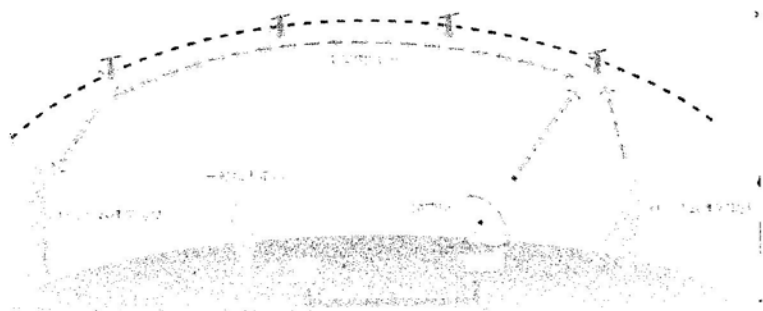
インマルサットR-BGAN 来年から発

2) イリジウム

1998年に始まったイリジウム・サービスは経営破綻のため、66機すべての衛星を落としてリアでの通信が可能。しかしながら周回衛星という性格上、見通しの悪いしまうという案まで出ていたが、

2000年新会社が発足。一部を米軍に供給したこともあって、現在の経営状態はたいへんよい。7800kmの周回衛星のため、音質も良く、地球上のあらゆるエ場所では次に追っかけてくる衛星にリレーできず通話が切れてしまうことが頻繁に起こる。したがって、データ通信には向かず、スピードも2.4kbpsと極端に遅いため、もっぱら音声通信にのみ利用されている。

日本では2005年6月に総務省より認可が下りたため、国内で合法的に使用できるようになった。震災や津波、台風といった災害が続いたため、多くの自治体や関係省庁の防災時の危機管理に使用したいとの強い声でKDDI社が認可を得た。しかしながら実際には通信業者にとってボランティアに近いビジネスが予想され、他社の参入を迎えて競争が起こるビジネスに成り得るかは疑問である。



3) スラーヤ

2001年に始まったサービスで、アラブ首長国連邦に本社がある。中東を中心に、プラント開発やマスコミ向けにサービスが始まったが、実際に我々登山者が一番使用している機種はこのスラーヤである。小型軽量、バッテリーのもちもよく、GSM携帯電話としても使用ができる。GPSが内蔵されているため緯度・経度、標高も計測可能。なんといっても価格が安い。

経営状態も良く、現在2機の衛星で運用しているが、3機目もすでにスタンバイしているようだ。インド、パキスタン、ネパールでは使用が合法化している。



4) エイシス

インドネシア、タイ、マレーシア3国の合弁企業で2000年にサービス開始。アジア23カ国をカバーする。島の多い国々で通信インフラを整えるために低コストの衛星で低料金を実現させた。GSMとのデュアルバンドで使いやすい。端末はエリクソンのみであるが、少々設計が古く、バッテリーがニッケル水素のため扱いにくいのが難点。サイズはここに上げた端末中もっとも小さい。経営状態はあまり良くなく、次の衛星が上がるかどうかは不安なところがある。中国全土、日本までをカバーしているのでアジアではスラーヤよりエリアは広い。上記3国他、インド、パキスタン、ネパールでは使用が合法化している。

ACeS Coverage Map



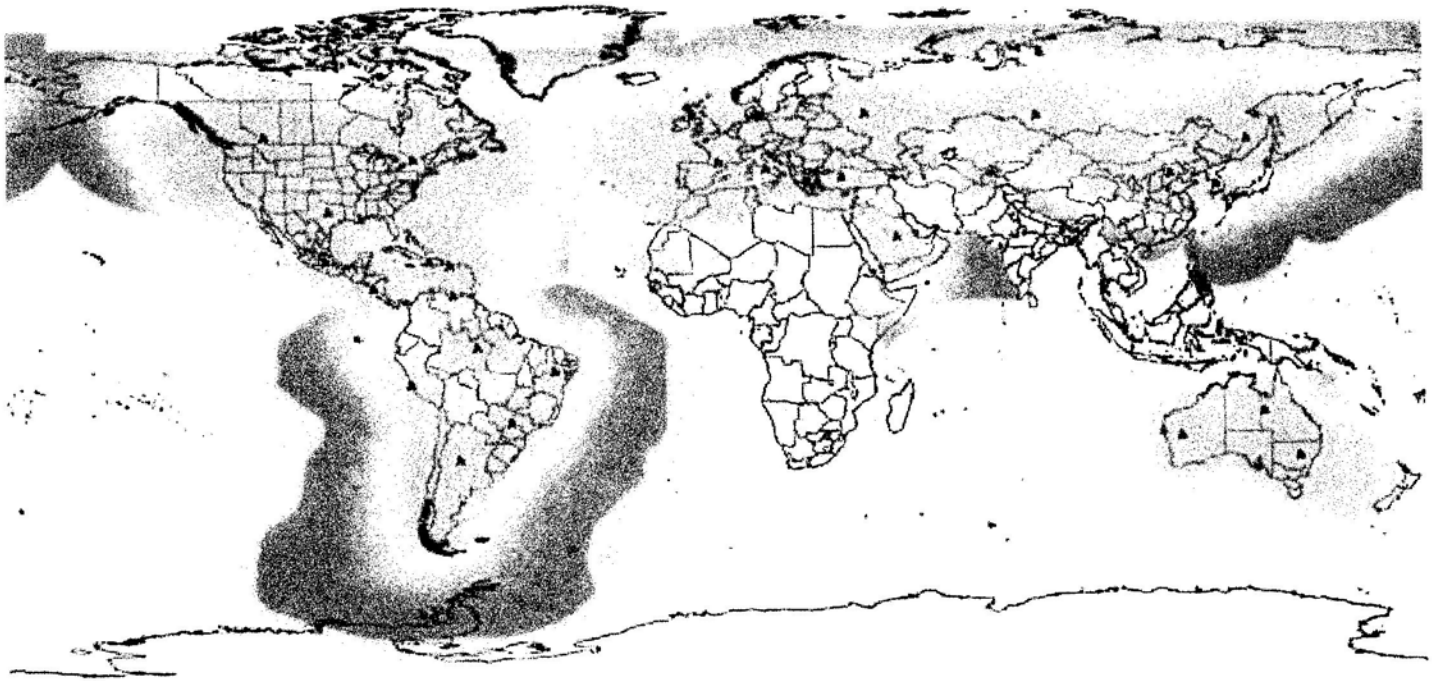
エイシスのカバレッジ・エリア
アンテナ

衛星用アンテナ

GSM用ア

5) グローバルスター

イリジウムに押され、経営的には苦戦を強いられている模様。ロシアでは唯一、合法的に認められている衛星携帯ではあるが、実際には非合法でイリジウムの方が多く使われているとの噂もある。



グローバルスターのカバレッジ・エリア

サテライトフォン性能・価格比較表

衛星サービス	インマルサットM4	インマルサットミニM	IRIDIUM イリジウム	ACeSエイセス	Thurayaスラージャ	R-BGAN サテライトIPモデム
標準本体セット販売価格 (税込み)	¥1,344,000	¥451,500	¥241,500	¥135,450	¥135,450	¥262,500
申込金・契約料	無料(国内用のイリジウムは KDDI ネットワーク&ソリューションズ社のみが取り扱っており、10500 円が必要)					
通信料金	通話 US\$2.5/分 ISDN US\$7.5/分	US\$2.5/分	海外用 US\$1.5/分 国内用 165 円/分	発信 US\$1.5/分 受信 US\$1.0/分	通話 US\$1.5/分 データ US\$2.0/分	US\$0.015/kbyte
月額管理料	US\$15	US\$15	海外用 US\$50 国内用 6000 円	US\$50	US\$75	US\$50
標準本体セット に含まれるもの	<ul style="list-style-type: none"> ・本体/アンテナ/バッテリー ・アンテナ延長ケーブル 10m ・予備用バッテリー ・ISDN カード ・シリアルケーブル ・急速充電器 ・カーシガレット用充電器 ・ワニ口ケーブル ・取扱説明書 ・ソフトケース 	<ul style="list-style-type: none"> ・本体/アンテナ/バッテリー ・アンテナ延長ケーブル 3m ・標準充電器 ・取扱説明書 	<ul style="list-style-type: none"> ・本体/アンテナ/バッテリー ・外部アンテナ/ケーブル 1.5m ・急速充電器 ・AC アダプター 4種類 ・カーシガレット用充電器 ・イアフォンマイク ・取扱説明書 	<ul style="list-style-type: none"> ・本体/アンテナ/バッテリー ・急速充電器 ・AC アダプター ・取扱説明書 	<ul style="list-style-type: none"> ・本体/アンテナ/バッテリー ・急速充電器 ・AC アダプター ・取扱説明書 	<ul style="list-style-type: none"> ・本体/アンテナ/バッテリー ・急速充電器 ・AC アダプター ・USB ケーブル ・イーサネットケーブル ・取扱説明書
2週間	¥102,900	¥44,100	¥31,500	¥22,050	¥22,050	¥31,500
3週間	¥140,700	¥58,800	¥42,000	¥29,400	¥29,400	¥42,000
1ヶ月間	¥176,400	¥73,500	¥52,500	¥37,800	¥37,800	¥52,500
2ヶ月間	¥334,950	¥139,650	¥91,350	¥60,900	¥60,900	¥91,350
3ヶ月間	¥475,650	¥198,450	¥122,850	¥81,900	¥81,900	¥122,850
4ヶ月間	¥599,550	¥249,900	¥151,200	¥100,800	¥100,800	¥151,200
5ヶ月間	¥705,600	¥294,000	¥176,400	¥117,600	¥117,600	¥176,400
6ヶ月間	¥793,800	¥330,750	¥198,450	¥132,300	¥132,300	¥198,450
7ヶ月間	¥864,150	¥360,150	¥217,350	¥144,900	¥144,900	¥217,350
申込金・契約料	無料					
通信料金	日本宛 通話 450 円/分 ISDN 1100 円/分	日本宛 450 円/分	日本宛 300 円/分 イリジウム宛 200 円/分	日本宛 発信 300 円/分 受信 200 円/分	日本宛 300 円/分	パケット 2500 円/MB (1KB 単位課金)
標準本体セット に含まれるもの	<ul style="list-style-type: none"> ・本体/アンテナ/バッテリー ・アンテナ延長ケーブル 10m ・予備用バッテリー ・ISDN カード ・シリアルケーブル ・急速充電器 ・カーシガレット用充電器 ・ワニ口ケーブル ・取扱説明書 ・ソフトケース 	<ul style="list-style-type: none"> ・本体/アンテナ/バッテリー ・アンテナ延長ケーブル 3m ・予備用バッテリー ・シリアルケーブル ・急速充電器 ・カーシガレット用充電器 ・方位磁石 ・取扱説明書 ・ソフトケース 	<ul style="list-style-type: none"> ・本体/アンテナ/バッテリー ・外部アンテナ/ケーブル 1.5m ・予備用バッテリー ・急速充電器 ・AC アダプター 4種類 ・カーシガレット用充電器 ・イアフォンマイク ・取扱説明書 ・ソフトケース 	<ul style="list-style-type: none"> ・本体/アンテナ/バッテリー ・予備用バッテリー ・急速充電器 ・AC アダプター ・カーシガレット用充電器 ・方位磁石 ・取扱説明書 ・ソフトケース 	<ul style="list-style-type: none"> ・本体/アンテナ/バッテリー ・予備用バッテリー ・急速充電器 ・AC アダプター ・カーシガレット用充電器 ・方位磁石 ・取扱説明書 ・ソフトケース 	<ul style="list-style-type: none"> ・本体/アンテナ/バッテリー ・予備用バッテリー ・急速充電器 ・AC アダプター ・カーシガレット用充電器 ・USB ケーブル ・イーサネットケーブル ・取扱説明書 ・ソフトケース
オプション	<ul style="list-style-type: none"> ・ビデオフォン ・アンテナ延長ケーブル 20m ・外部急速充電器 ・ソーラーパネル 	<ul style="list-style-type: none"> ・ソーラーパネル ・大容量外部バッテリー 	<ul style="list-style-type: none"> ・データキット ・固定マストアンテナ ・アンテナケーブル 10m ・アンテナケーブル 20m 	<ul style="list-style-type: none"> ・データキット ・外部アンテナ ・アンテナケーブル 10m ・ソーラーパネル 	<ul style="list-style-type: none"> ・データキット ・外部アンテナ ・アンテナケーブル 10m ・イアフォンマイク 	<ul style="list-style-type: none"> ・ソーラーパネル ・大容量外部バッテリー

	・大容量外部バッテリー ・ハードケース		・ハンドセット ・ソーラーパネル ・大容量外部バッテリー	・大容量外部バッテリー	・ソーラーパネル ・大容量外部バッテリー	
注1) データ速度	64000bps	2400bps	2400bps	2400bps	9600bps	144000bps
注2) GSM通信	なし	なし	なし	GSM900内蔵	GSM900内蔵	なし
注3) SMS機能	なし	なし	英数字 120 文字	可能	英数字 160 文字	なし
注4) GPS機能	なし	なし	なし	なし	内蔵	内蔵
サービスエリア	両極を除く世界の陸地と沿岸海域		全地球	アジア23ヶ国	99ヶ国以上	99ヶ国以上
衛星	静止衛星インマルサット4海域		イリジウム周回衛星 66 機	静止衛星ガルーダ1機	静止衛星スラーヤ2機 (実際には1機のみ稼働)	静止衛星インマルサット第 4世代衛星1機
端末とアンテナ	一体型/外部アンテナ	一体型/外部アンテナ	一体型/外部アンテナ	一体型/外部アンテナ	一体型/外部アンテナ	一体型アンテナ
重量	4. 8kg	2. 2kg	0. 4kg	0. 2kg	0. 2kg	1. 6~1. 8kg
大きさ	《本体》 41x437x271mm 《アンテナ》 12x414x753mm	《本体+アンテナ》 52x270x200mm	《本体》158x62x59mm	《本体》 130x50x32mm 《アンテナ》 18x18x167mm	《本体》 143x50x33mm 《アンテナ》 12x12x116mm	《本体+アンテナ》 300mm x 240mm x 40mm
電源	AC100~240V DC9.5V~18.5V AC 急速充電器 カーシガレット	AC100~240V DC9V~18V AC 急速充電器 カーシガレット	AC100~240V DC12V AC 急速充電器 カーシガレット	AC100~240V DC12V AC 急速充電器 カーシガレット	AC100~240V DC12V AC 急速充電器 カーシガレット	AC100~240V DC7.2 - 8.4V AC 急速充電器 カーシガレット
注5) バッテリー	ニッケル水素	ニッケルカドミウム	リチウムイオン	ニッケル水素	リチウムイオン	リチウムイオン
連続衛星通話	4時間	2時間30分	3時間40分	2時間40分	2時間30分	1時間
連続待ち受け時間	70時間	48時間	38時間	47時間	34時間	24時間
周波数(移動局)	Up Link 1626.5-1660.5 MHz Down Link 1525.0-1559.0 MHz		1616.0-1626.5 MHz	Up Link 1626.5-1660.5 MHz Down Link 1525.0-1559.0 MHz		
備考	VOICE/FAX/ISDN64/モ デム 56K/放送音質オー ディオ等	本体とアンテナがケーブル で分離可能(4m~20m)	衛星サービスでは、最も広 いサービスエリア	最小最軽量	GPS の位置データを表示可 能	USB、イーサネット、 Bluetooth インターフェース

注1)

データ通信のスピードは、回線状態、プロバイダーのサーバーの混み具合によって大きく異なります。パケット通信速度はベストエフォート型です。

注2)

GSM(Global System for Mobile) デジタル携帯電話に使われている無線通信方式の一つ。ヨーロッパやアジアを中心に 100 ヶ国以上で利用されており、デジタル携帯電話の事実上の世界標準。800MHz の周波数帯を利用。1.8GHz の周波数帯を利用するように修正したものを DCS1800 といいます。

注3)

SMS(Short Message Service) 携帯電話同士で短い文字メッセージを送受信できるサービス。

注4)

GPS(Global Positioning System) 人工衛星を利用して自分が地球上のどこにいるのかを正確に割り出すシステム。高度 20000km の 6 つの円軌道に 4 つずつ配された米国防総省が管理する GPS 衛星からの電波を利用し、緯度、経度、高度などを数十メートルの精度で割り出すことができます。1997年以降に打ち上げられた衛星通信システムの端末機にはGPS機能を搭載することが義務づけられています。

注5)

バッテリーの容量は、温度や使用頻度によって大きく異なります。

演者のプロフィール

芳野赳夫（よしの・たけお）

昭和28年 電気通信大学電波工学科卒業、同助手

昭和31年 日本山岳会会員

昭和33年～35年 第3次日本南極地域観測隊越冬隊員

昭和41年 電気通信大学助教授

昭和47年 マカルー2峰登山隊総隊長

昭和48年 電気通信大学教授

昭和50年～52年 第17次日本南極地域観測隊隊長兼越冬隊長

平成3年 学習院チョウオユー登山隊総隊長

現在 電気通信大学名誉教授兼歴史資料館 学術調査員

富澤一郎（とみざわ・いちろう）

昭和52年 電気通信大学大学院電気通信学研究科修了

同年 電気通信大学菅平宇宙電波観測所助手（芳野研）

平成8年 電気通信大学助教授

専門：電磁環境工学、地球電磁気学、技術史、ものづくり教育

所属：菅平宇宙電波観測所

他の仕事：歴史資料館館員、広報室員、特色GP運営委員

古野淳（ふるの・きよし）

高校・大学時代は山岳部に在籍。84年からヒマラヤ、北米等登攀。86年ヒマルチュリ（7,893メートル）南稜初登攀、95年エヴェレスト北東稜初登攀、朝日スポーツ賞受賞。95年（株）ウエックトレック創設。海外トレッキングリーダー他、マッキンリー、アコンカグア等で公募隊を率いる。02年日赤アフガニスタン緊急救援活動に参加。衛星端末を利用したモバイル通信を得意とする。日本山岳会理事〔海外登山基金委員会委員長、海外委員会委員、指導委員会委員〕、桜門山岳会〔理事長〕、総合旅行業務取扱管理者。