

M - GPSの製作

- 実時間での測地精度の向上を目指して -

金野茂男

1. 初めに

GPS (Global Positioning System) は、現在、カーナビや携帯電話などでも広く使用されるようになって来ている。GPS 受信器から得られる測地データを、ハードディスクなどに保存されている地図データと合体させれば、リアルタイムで、表示器に自分の現在地を地図の中に描写してくれる。種々の機能を持たせたGPS 受信器、処理ソフトが提供されているのは御存知のことである。

ところで、かつてはGPS から得られる測地データには、システムの衛星を提供しているアメリカの軍事上の意図があり、測地精度をわざと落とすためのスクランブル信号化が行われていた。そのため、受信器から得られるデータ精度は、 $\pm 100\text{m}$ 以上にもなり、測位値が隣の道路も飛び越してしまうような場合があった。しかし、 $\pm 100\text{m}$ の精度では使い物にはならないと思っはいけない。市街地などでは、上述したことなどから、少し無理がある。が、使用環境次第である。このような”荒い”精度でも、原生林、砂漠、山岳地帯、海洋で使用するならば、非常に役に立つことは明らかである。

しかし、現在では、このスクランブル信号化は停止され、測定精度は $\pm 10\text{m}$ に約90%の確立で納まるようになってきている。この程度の精度ならば、カーナビで使用中には、隣の道路には飛び出すことはないであろうが、対向車の車線には確実に飛び出す。歩行者が使用しているならば、道路を歩いている、隣のビルの中に入ってしまうであろう。現在、市販のカーナビゲーション等では、このような欠点を、地図データを持っているソフト上で旨い具合に処理をしているようである。

この $\pm 10\text{m}$ 程度の誤差値の原因の1つとして、受信器自身による誤差がある。もう1つとして、GPS 衛星と受信器との間の空気、電離層の存在による誤差がある。受信器が正常に測地動作をするためには、受信器は天空を飛行している4台以上のGPS 衛星からの電波を受信する必要がある。各衛星と受信器との間の電波の伝搬速度(即ち光速)は、その間にある伝搬媒質である空気及び電離層の状態に依存する。光速度は伝搬媒質の濃度が高いほど遅くなる。途中濃度の揺らぎがあれば当然、光速度にも揺らぎを引き起こす。従って、どうしても測定誤差が避けられないというわけである。

この $\pm 10\text{m}$ の誤差を更に小さくするシステムは、提案及び提供されている。D - GPS というものである。ここでのDはDifferentialの頭文字である。参考文献(1)、(2)が詳しい。図1に、D - GPSの概略図を示している。地表に固定局と移動局の2つの測地点を設定する。固定局は文字通り、固定しておく。移動局が動き回る。このシステムでは、固定局に対する移動局の座標値を、高精度で確定させることができる。前者の誤差、即ち受信器自身による誤差は、同じ受信器を2台使用すれば、相殺できる。残った後者の誤差は、以下の方法で除去する。

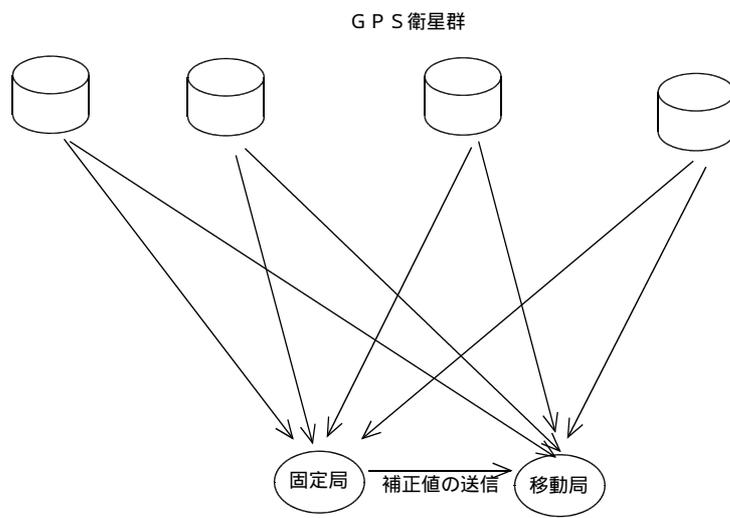


図1 D - GPSの概略図

固定局も移動局も同じ衛星4つ以上からの電波を受信する。とすれば、前述の電波の伝搬速度の変

位置は、両方の局で同じであると見なせる。即ち、電波の伝搬速度の変動による測地精度のズレは、両局で同じとなる。固定局の座標が確定していれば、このズレのデータと、固定局の確定している緯度、経度、高度のデータなどを、固定局から移動局に送信し、移動局側でこのデータ群を基に、自分の測地データを換算すれば、精度ある測地データを得ることができる。

このシステムは既に実用化されている。固定局を営業している業者と契約し、移動局用の受信器を購入すればよい。しかし、この受信器は数十万円以上である。また、業者に情報使用料金を定期的に納めなければならないのかもしれない。結構費用がかかるので、一般利用はまだまだなようである。

なを、D - GPSの精度を、より高めたシステムを用いて、地震後の地殻の移動量をmm単位で測定する方法も実用化されている。但し、このシステムでリアルタイムではなく、電波の位相も測定する必要があるので、長時間にわたる解析時間が必要とされている。かつ極めて高価な装置である。

実用化されているD - GPSの精度には及ばないであろうが、測地精度の高いD - GPSを低費用で、かつ簡易に実現したいと考えた。が、試験製作を行っている途中で、現在入手できる小型で安価なGPS受信器では、D - GPSの再現は無理であると結論した。理由は簡単であった。天空には幾つものGPS衛星が飛行している。D - GPSでは固定局と移動局で同じ衛星の電波を受信し、それを解析することで、誤差を打ち消している。従って、"受信すべき衛星が選択できない"受信器はD - GPSには適用できない。受信する衛星を個々に選択できる受信器は多分、値が張るであろう。

が、その製作過程で、D - GPS方式でなくても、実時間で、受信器1個の場合と比較して、より測地精度の高い装置を構築することが出来ることに気が付いた。多数個の受信器を使用する方法である。「多数」なので、この装置をM (many) - GPSと呼称することにした。受信器1個での測地精度は通常で±10m以内である。本論文で紹介するM - GPSならば、測定環境に大きく依存するが、状況が良ければ、継続した1時間程度の測定においても、誤差は±数十cm以内に納まる。大きくても±1m以内である。歩いている人に適用しても、誤差が身長以下なので、この装置ならば、歩道からはみ出ることがないであろう。しかし、測定時間が数時間以上となると、ドリフト等の影響が出てくる。が、それでも誤差は、±2m以内なりに納まる。これらの結果は、後半に実測結果を提示しているので、理解が行こう。以下に中途ではあるが、今までの製作研究過程を含めて成果を報告する。

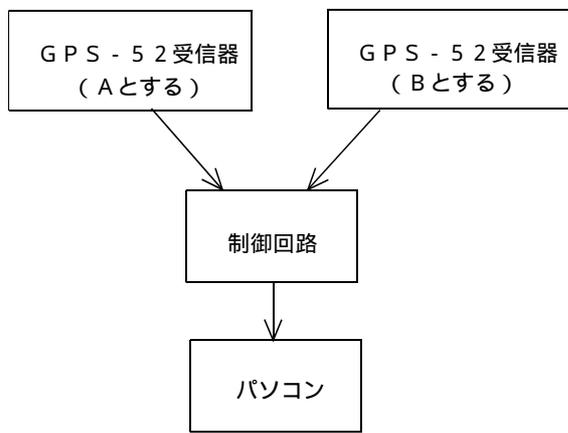


図2 2台のGPS-52による測定値の誤差試験測定ブロック図

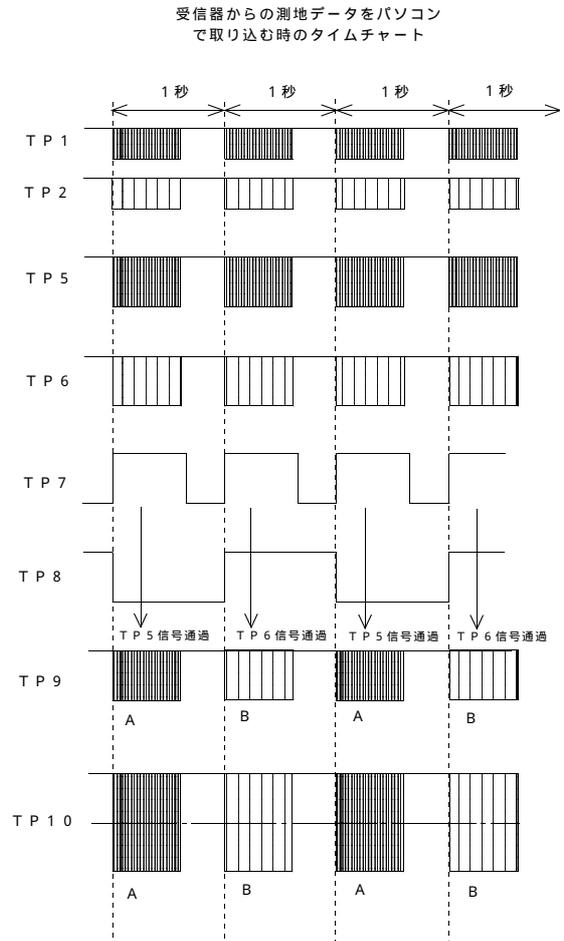


図3 タイムチャート

2. 製作 - その1

この章は失敗した製作についてである。読み飛ばしても良い。

まず、2台の受信器を使用した試験装置の製作を試みた。受信器が2台となるので、出来るだけ安価の受信器を選択した（実は、これが失敗の原因の一つであった）。

本研究で、最初に使用を予定した受信器はGPS-52（ポジション社製）である。東京秋葉原にある秋月電子通商でGPSキットとして、4500円ほどで販売しているキットから抜き出したものである。この受信器は1秒間隔で測地データ群を送出する仕様になっている。まず、2台を近傍に配置して、2つの受信器が出力する測地データの誤差程度を調べることにした。図2に、この試験方法のブロック図を示している。2台の受信器（AとBとする）からの出力データを制御部で同時に受け入れる。ゲート回路を用いて、A受信器のデータとB受信器のデータを交互にゲート回路を通過させ、パソコン側に出力させる。このようにすれば、1秒毎にパソコンには、Aから、Bから、Aから、Bから、、、の測地データがパソコンに送られる。処理プログラム（Visual Basic V.6で作成）を実行中のパソコンでは、受け取ったデータを解析し、各種数値に変換し、経度を横軸に、緯度を縦軸にしたグラフ上に、測定点を描写させ続ける、というものである。

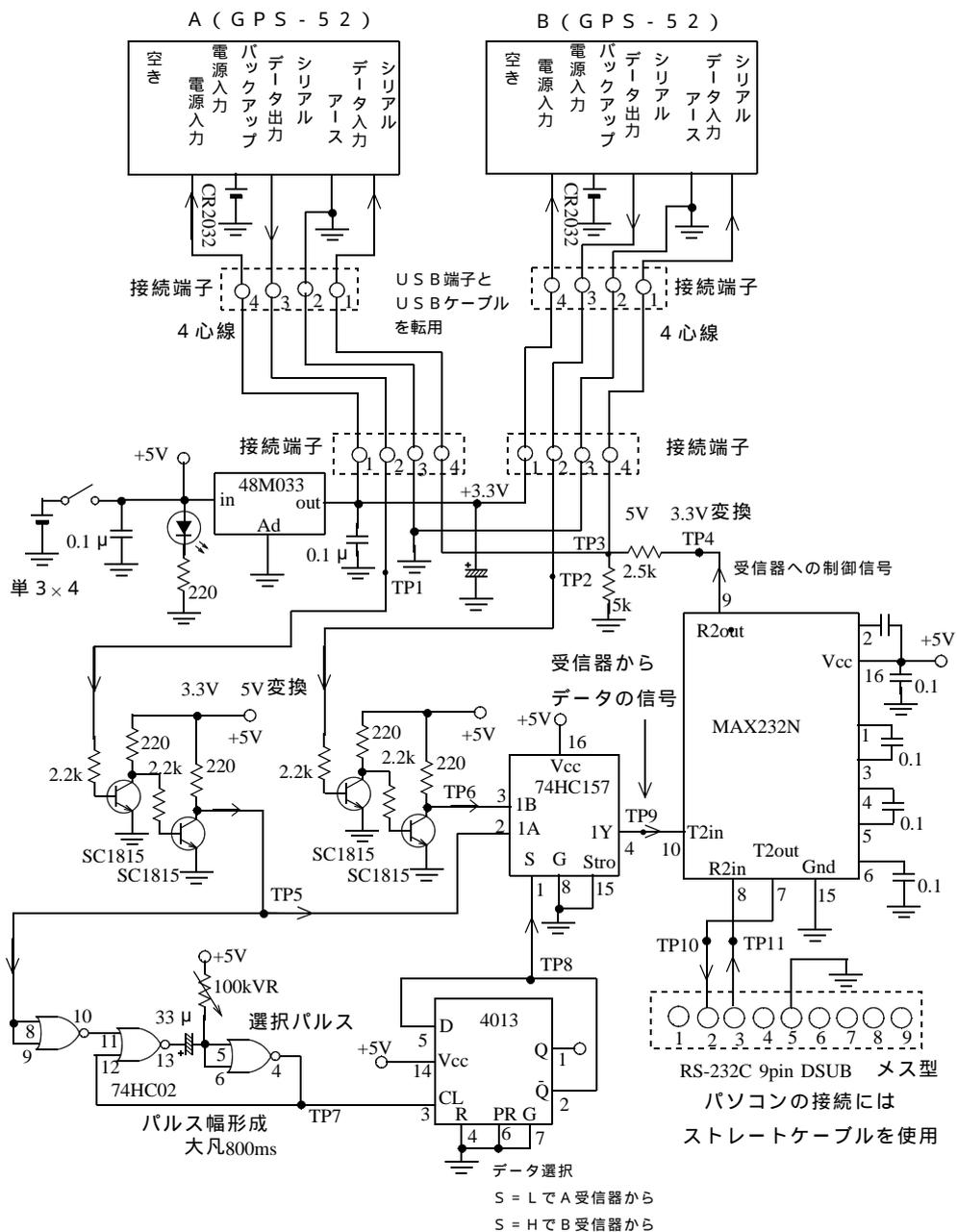


図4 制御部の回路

図3に、測地データの処理のタイムチャートを示している。このタイムチャートを基に、制御部分の回路を設計した。それが図4である。しかし、この方法は失敗であった。と言うのは、受信器A、Bから、データは共に1秒間隔で送出されてはいるが、それらの送出の開始時刻は、世界時刻の0.00秒に限定されているものではない。簡単に言えば送出開始時刻は任意なのであった。その様子を、図5のタイムチャートに示している。その後は、1秒間隔で送出し続けるが、時折、測地に失敗した場合であろうが、こけることもあった。実はこのことは、2つのGPS-52に電源を供給し、出力を2入力のおしロスコープで観察すれば、直ぐにわかることでもあった。やれやれ、このような場合は偶にはある。正確な世界時刻を秒以下の正確さで刻んでいるGPSならば、データの送出時刻の開始は0.00秒に設定することなど造作もないことであろうと考えてしまっていたのである。

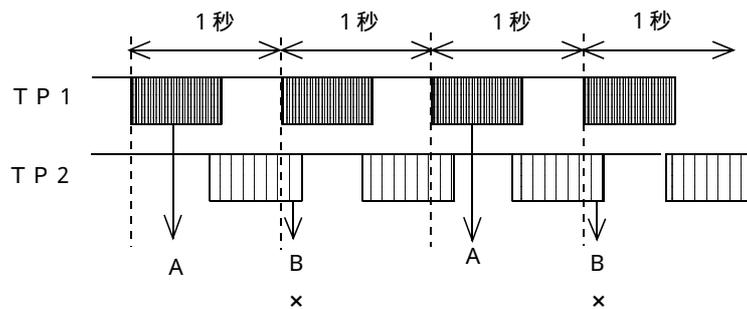


図5 2つの受信器から送信されてくるタイミングチャート

3. 製作 - その2

前述のシステムは失敗であった。新たなシステムを考えた。そのブロック図を図6に示す。2台の受信器GPS-52をパソコンのインターフェイスに別々に接続する。これを機に、インターフェイス端子はUSB端子を使用する。近年RS-232C端子を持つパソコンは少なくなり、USB端子に切り替わってきている。また、ノートパソコンやモバイルパソコンは、現在ではI/Oポートとして、RS-232C端子はなくUSB端子が殆どであるからである。GPS-52の出力データはRS-232Cに準拠したシリアル出力である。従って、シリアル-USB変換回路が必要である。そのための専用ICは簡単に入手できる(例えば、FT232BMなど)。

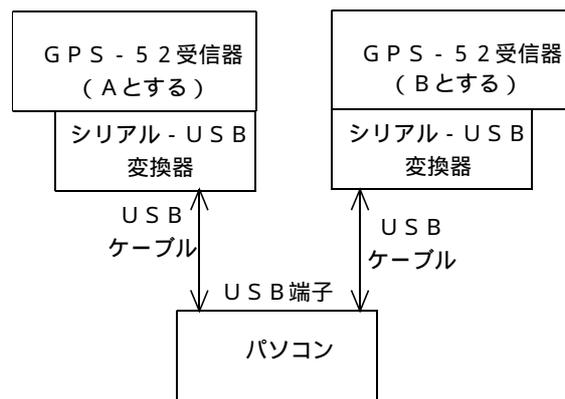


図6 新たな測地誤差測定システムのブロック図

受信器A、B部には著者の参考文献(3)で紹介している回路をそのまま用いることにした。図7にその回路を転載している。GPS-52のTTLレベル信号 USB変換専用ICであるFT232BM USB端子A型オスで信号が流れる。

図7の回路を2台製作し、図6のようにパソコンと結線した。動作試験として、秋月電子通商で販売している「GPSキット」に付属していた応用ソフト「GPSVP」動作させてみた。パソコンの画面に表示される実行画面例を、図8に示している。表示画面中の各欄の説明はGPSVPのユーザーズマニュアルに譲る。受信器A、B毎に、GPSVPを独立に動作させ、画面にA受信器の測定状

況と、B受信器の測定状況をリアルタイムで見ることができるようにした。

2つの受信器の間隔を、10cm程度とした時の測地データの1例を表1に示す。測地は1秒毎に行われているはずであるが、得られる測定値は数分以上同じ値が提示され続け、変動はしない。時には、数時間以上も測定出力値が変動しない場合もあった。時には変動する場合もあるが、希であった。

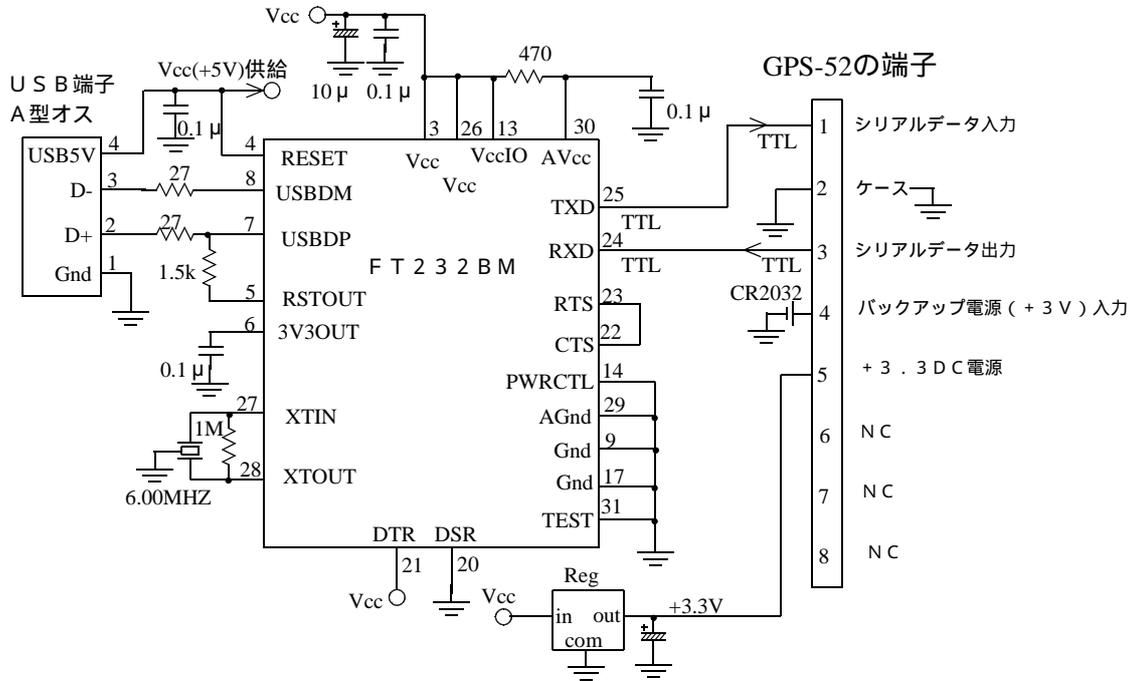


図7 GPS-52使用の受信器部の回路

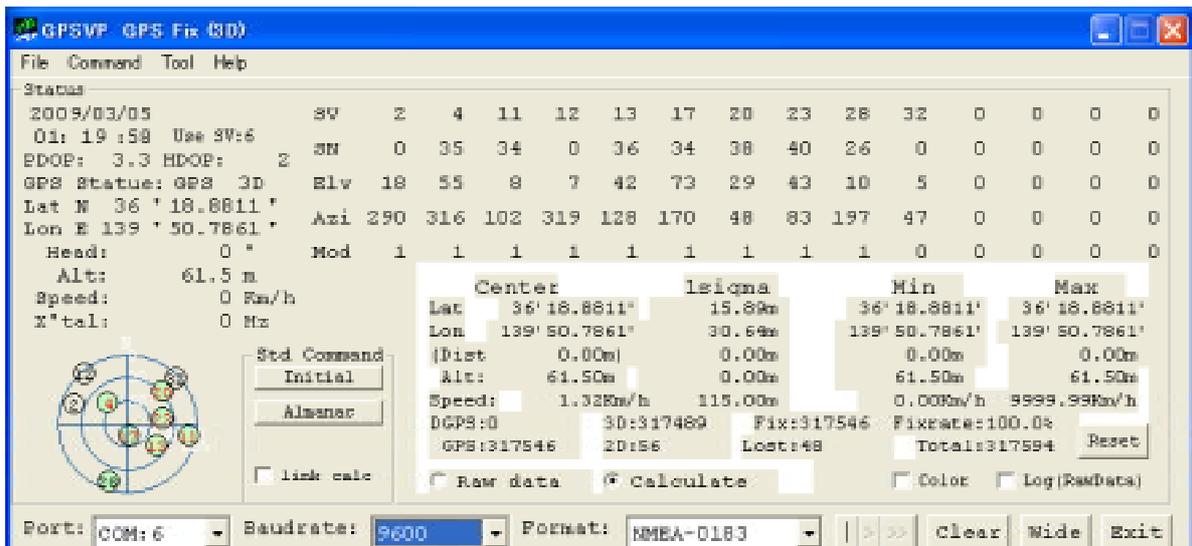


図8 GPSVPの実行画面例

	緯度	経度	高度
12月5日10時10分			
A受信器	北緯36度18.9039分	東経139度50.7922分	63.3m
	使用衛星 3, 6, 7, 16, 19, 25, 27		
B受信器	北緯36度18.8970分	東経139度50.7890分	60.3m
	使用衛星 3, 6, 7, 16, 19, 25, 27		
13時27分			
A受信器	北緯36度18.9039分	東経139度50.7922分	63.3m
	使用衛星 11, 17, 19, 28		
B受信器	北緯36度18.8937分	東経139度50.7888分	65.3m
	使用衛星 11, 17, 19, 28		
16時40分			
A受信器	北緯36度18.8958分	東経139度50.7964分	59.4m
	使用衛星 2, 4, 12, 13, 23		
B受信器	北緯36度18.8979分	東経139度50.7932分	71.8m
	使用衛星 2, 4, 12, 13, 17, 23		
17時16分			
A受信器	北緯36度18.8958分	東経139度50.7964分	59.4m
	使用衛星 2, 4, 12, 13, 23		
B受信器	北緯36度18.8922分	東経139度50.7897分	75.8m
	使用衛星 2, 4, 12, 13, 23		

表1 A, B受信器からの測定値の時間依存の例

GPS受信器のGeminiでは、リアルタイムで測地数値に変動が見られたが、GPS-52では、安定すると、長時間にわたって、同じ数値を表示続ける傾向がある。仕様書には明示されていないが、多分、安定化等のためにフィルター等がかかっている、測地数値に大きな差が出ない場合は、原値を出力させ続けているものと考えた。実際、このシステムを移動させながら測地を継続すると、移動開始から大分遅れて、測定値が変化し、移動を停止しても、測定値は変化し続け、やはり大分遅れて、一定値に安定する。

同じGPS-52を、2台同じ位置で使用しても、上記データからわかるように、6桁の分単位数値のうち、下位2桁の数値に、結構な差異が見られる。どちらも真値ではないであろう。その上に、出力される測定値が極めて安定（正確値ではないのに）であるということは、構築しようとしている高精度GPSの受信器として使用するには無理と考えた。その様なわけで、これらGPS-52の受信器の替わりに、元（著者がかつて使用していたという意味で）の受信器SPA社のGeminiシリーズを使用することに方針を変更した。図9がその回路図である。図7の回路からの変更点は数点ある。GPS-52との接続端子をGemini552との接続端子に変更した。もう一つの変更点は次である。仕様書によれば、Gemini552の電源電圧は+3.3V、FT232BMの電源電圧は+5.0Vである。安定動作かつ安心動作を保証するため、3.3V 5.0Vの論理レベル電圧変更回路の付加である。

Gemini受信器は納品時のデフォルト値を変更し、受信器からホストコンピュータに出力されてくるデータ情報を変更できる機能を有している。GPS-52には無かった結構な機能である。それ故、値段も高いのであろう。バックアップ電源（ボタン電池CR2032）を取り付けていなくても、受信器は正常に動作する。が、このバックアップ電源がないと、主電源を切った時、Geminiはデフォルトモードに戻ってしまう。バックアップ電源があれば、デフォルトから変更した指令情報は保持され続ける。電源を切って、その後、再動作を開始した時、変更したデータ情報を送信してくれる。工場出荷でのデフォルトモードでは、Geminiからは経度、緯度、高度は単精度で送信される。本装置では、デフォルトモードを変更し、倍精度モードの設定で使用している。衛星の仰角指定なども出来る。Geminiのデフォルトモードの変更方法、変更内容等については後述する。

図9のハード回路を2台製作し、受信データの処理、及びデータの表示ソフトをVisual Basicで書き上げた。最終的に受信器は8台準備したので、表示ソフトも1台~8台に対応するようにした。このソフトで、2台の受信器だけを使用した場合の受信データの表示の様子を図10に示す。画面の詳細な説明は後述する。各々の受信器で得た（経度、緯度）を（x, y）座標グラフに、

赤点と黒点で表示させている。中心からの2本の赤線長は、各々経度、緯度方向の距離長10mである。

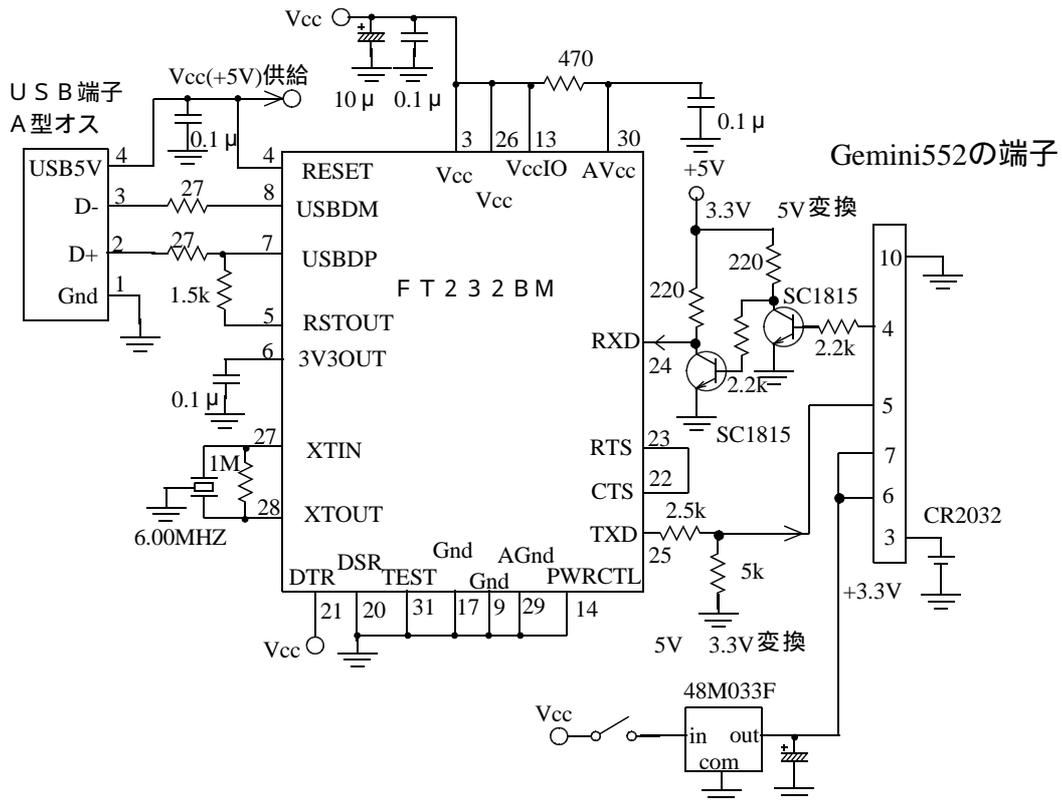


図9 Gemini552を用いた受信器部の回路

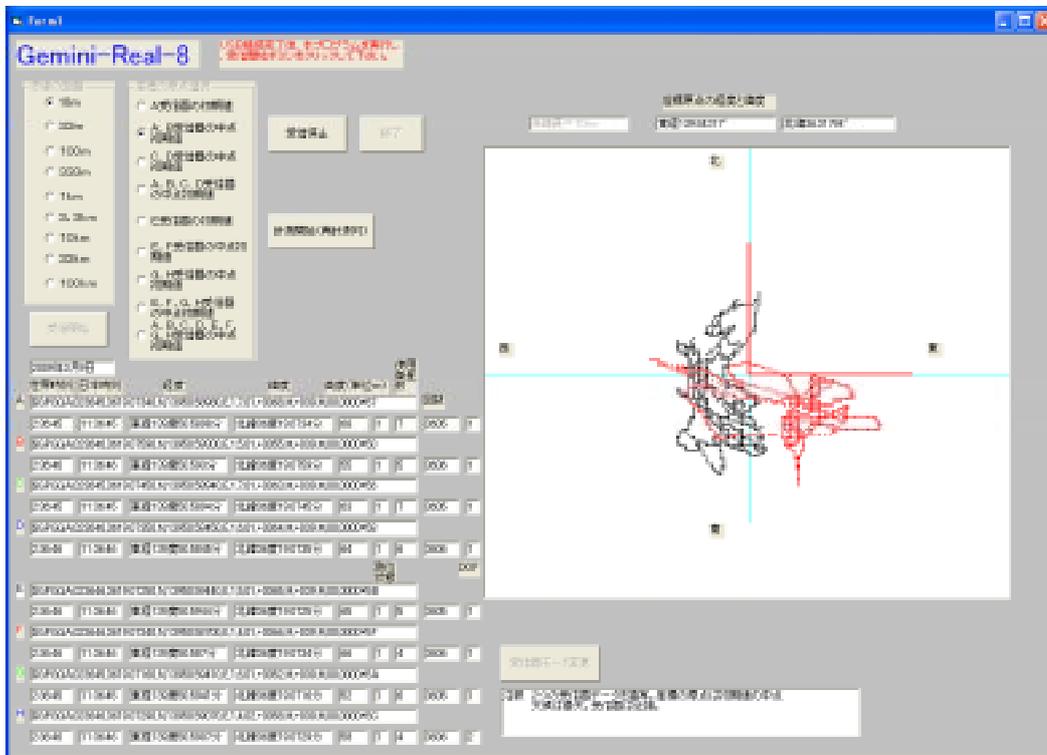


図10 実測ソフト画面 - その1
2台のGemini受信器を使用した場合

図 1 1 には、A , B 2 台の受信器による測地データ（黒点と赤点）と共に、2 組のデータの中心値（= 平均値）も描写（灰点）させている様子を例示している。明らかに、A , B の測地データの変動に比較すれば、それらの中心値の変動小さくなっている。各々の Gemini の測定値にランダムのはらつきがあるならば、真値はその平均に近いはずである。2 台の Gemini によって好結果が得られたので、より多数の Gemini 受信器を使用すれば、より測地精度を向上させることが出来ると確信した。

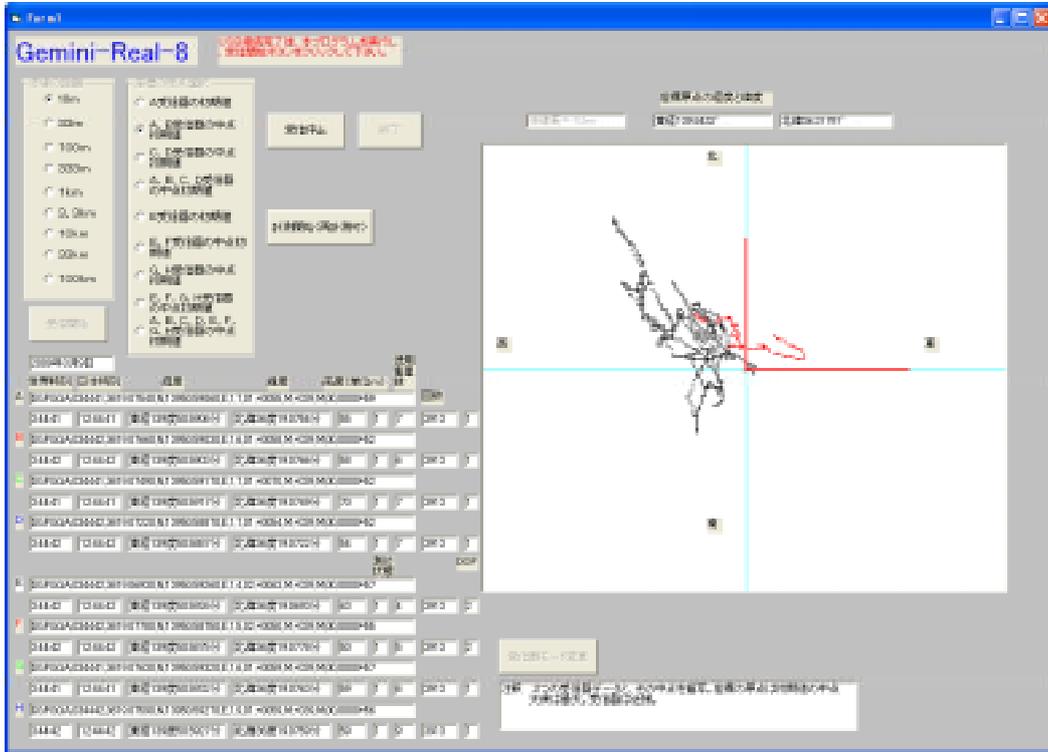


図 1 1 実測ソフト画面 - その 2

が、その時、気になったのは、パソコンの USB ポート数である。最近では USB ポート数はパソコンに複数個以上設置されているが、1 つはマウス、1 つはキーボード、1 つはプリンター等に占有されており、自由に使用できる USB ポート数はそれほど多くはない。USB ポート数の多いパソコンを購入したつもりであったが、空き USB ポートは 4 個だけであった。しかし、年々好都合となってきている。最近のパソコンでは、ハード的に 1 2 8 個の USB ポートを接続できるそうである（学生に教えられた）。また、「USB ハブ」も販売されている。パソコンの 1 つの USB 端子に接続すると、LAN のハブ同様、USB 端子が拡張できる。これで、USB ポート端子の個数での問題は解決した。

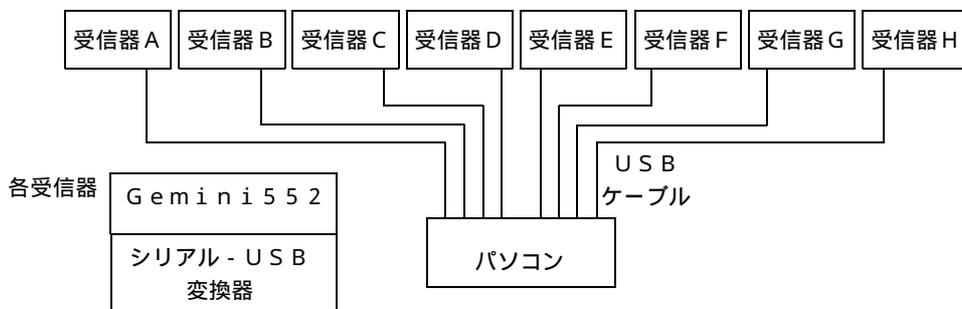


図 1 2 8 台の Gemini 受信器を使用した M - GPS のブロック図

2 台から、4 台、そして 8 台の Gemini 受信器を使用した M - GPS とした。図 1 2 に、そのブロック図を示している。

4 . M - G P Sとしての動作とその特性

Gemini受信器1個からVisual Basicで処理・表示プログラムを書き上げ始めた。正常に動作することを確認し、順々にGeminiの台数を増やし、8個のGemini受信器に対応するプログラムを書き上げた。装置の特性試験を容易にするために、8個の受信器に対応させたプログラムでも、1個、その他の個数での計測試験が出来るようにプログラムを作っている。先の、図10，図11はその様に設定を変更をして実行させて得られたソフトからの出力画面である。従って、以下での説明は、最終的に書き上げた受信器8個に対応しているプログラムを用いての説明となる。このソフト名を「Gemini-Real-8 (=GR8)」と呼称する。

試験中の装置の概観を写真で示そう。写真1に、ホストのパソコン、液晶表示器、8台の受信器群、それとパソコンを接続する2台のUSBハブを示している。Gemini受信器群を接写したのが写真2である。1段4台の2段重ねとなっている。Gemini受信器とアンテナは6mほどのケーブルで接続されている。8本を束ねて、一応スタンドに仮取り付けした様子を写真3に示している。スタンドの1台の天盤に、Geminiの8個のアンテナを、隣のもう1台のスタンドにはGPS-52受信器を取り付けている。これについては後述する。Geminiの8個のアンテナは、写真4に示しているように放射状に取り付けている。

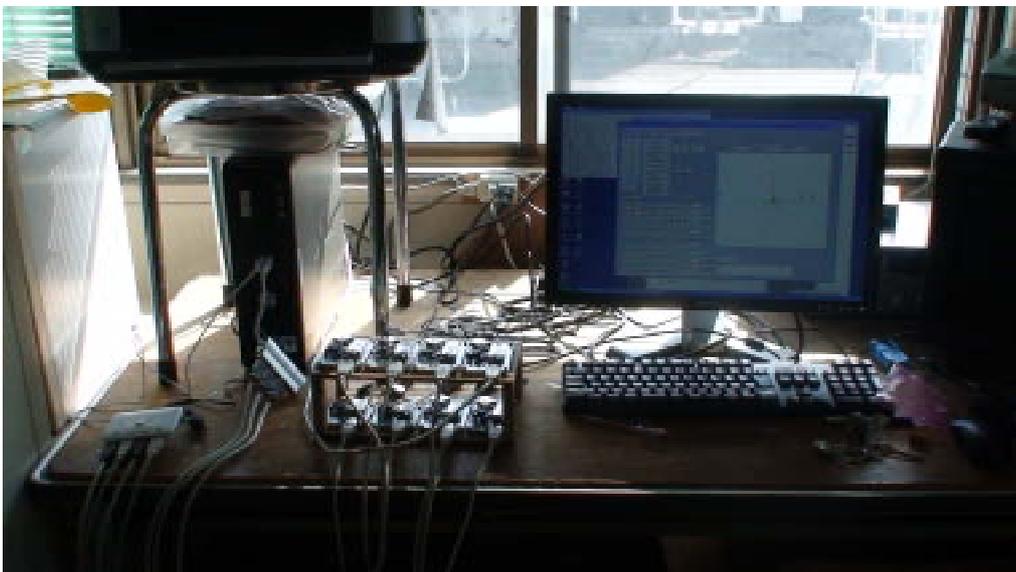


写真1 ホストパソコン+表示器+受信機器盤群+USBハブ



写真2 8個のGemini受信器群



写真3 スタンドに取り付けたアンテナ群



写真4 8個のアンテナの配置の様子

試験測定は電子制御工学科棟の屋上で行っている（現在進行形）。アンテナは外に出し、パソコン類は電波観測室内においた。写真5, 6からわかるように、屋上であるが、アンテナの周りには、レーダー用支柱、避雷針、テレビのアンテナ群、衛星放送受信用パラボラアンテナ、その他に、5mのカセグレン電波アンテナ、ハム用21MHzアンテナなどがある。周りの見晴らしは結構良いが、決してGPS受信として好条件ではない。校庭やグラウンドで行えばよいのであろうが、100V電源が必要なので、当面この環境で試験をすることにした。



写真5 試験測定的环境 - その1 南から北を見る



写真6 試験測定的环境 - その2 北から南を見る

図13に計測表示画面を示している。フォームの左下半分に、8台のGeminiから送信されてきた測地データ類が8組分表示される。最上段に測定時の年月日。2行目以下は、2行で1つの衛星情報となっている。Geminiからの生データが上段に、それを解析し、世界時間、日本時間、経度、緯度、高度、測位状態、使用衛星数、測定回数（これはほぼ測定秒数に等しい）、DOP（測位精度に関係した量であり、小さい値ほど精度がよい）の欄にデータ値を表示している。フォーム画面の左上には、データのグラフ表示のスケール選択ができる「赤線の距離」フレームがある。フォーム画面の右半分のピクチャー内に座標が描画されている。経度をx軸、緯度をy軸とした2次元平面座標系である。高度データは使用しない。x軸上の赤線、y軸上の赤線の長さが、このフレーム内で選択した距離数値長となっている。従って、このフレーム内の選択でグラフの表示倍率を選択できる。試験測定では、殆ど10mスケールしか使用していないが、後々のことを考えて、多種のスケール値を準備している。図の例では赤線長は10mである。「赤線の距離」フレームの右隣に、グラフの座標の原点を、幾つの経度、幾つの緯度、に設定するかを選択できるフレームがある。受信器A、Bで得られた値の midpoint を原点としたければ、その指定のボタンをクリックする。その後、「計測開始」ボタンを押した時、その時点での受信器A、Bの midpoint が原点と設定される。この原点値は座標原点の経度と緯度として、ピクチャー画面の真上に表示される。図の例では東経139.84318°、北緯36.31791°が表示されている。

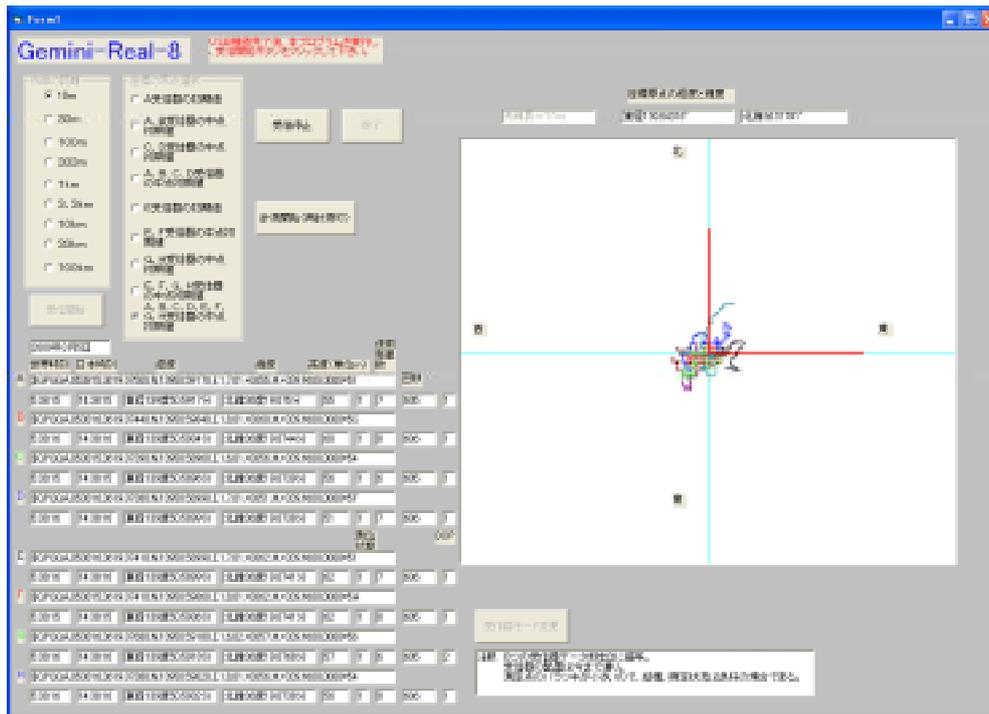


図 1 3 計測表示画面 - その 1

以下に、測定例を解説していく。なを、Geminiのデータ設定変更は、デフォルトでの単精度を倍精度に変更した点だけである。様々なデータ設定変更が出来るが、変更しすぎると説明に混乱を来すので、1点だけの変更の場合で解説を行う。例示においては、好ましい結果となった例を多く掲載する。が、実際の所、天候やその他の状況で芳しくない結果もあったことを付言しておく。図14は、アンテナ群を一定位置に置き、約10分間における計測結果である。各色8つの小さい点が、8つの受信器からの測位値である。中心当たりの少し太めの黒は、8個のデータの中央値である。8個のデータは適当に分散しているが、それらの中央値の変動量は小さい。±0.5m以内である。

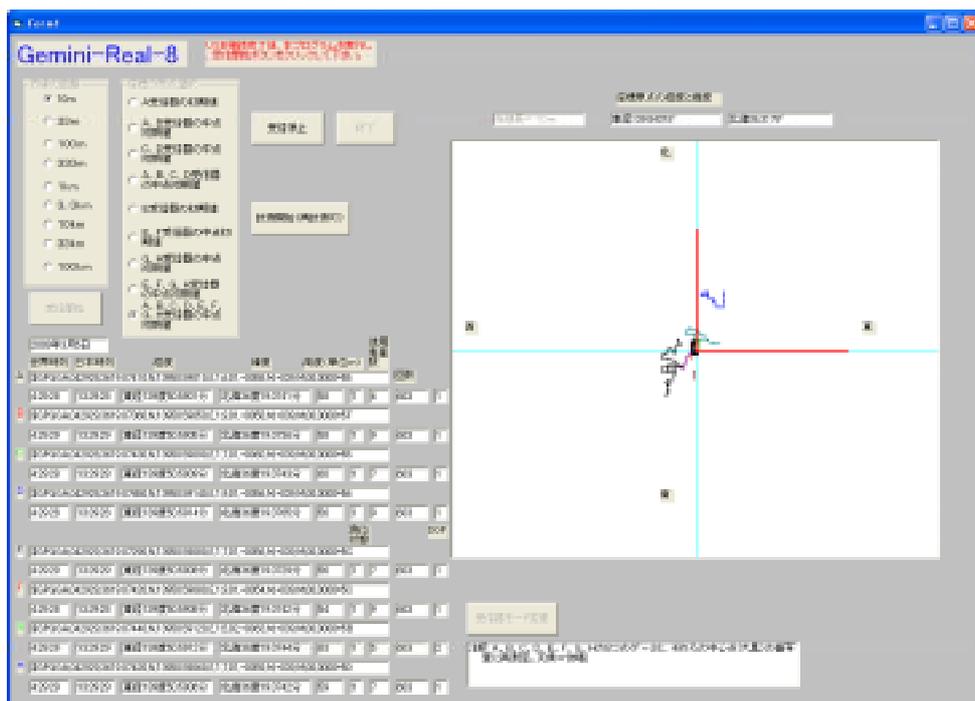


図 1 4 測定例 - その 1 10分間の計測

図15は、約1時間での計測結果である。8種のデータ点は結構動き回っている。つまりばらついてはいるが、中心付近のそれらの中央値の変動量は1時間においても小さい。±1.0m以内である。図15は、午前9時頃に測定を開始し、10時頃に終了している。図14はそれから約3時間後の同日の午後1時半頃の測定結果である。座標の原点の(経度、緯度)は図15では(東経139.84317°、北緯36.31791°)、図14では(東経139.84318°、北緯36.31790°)であり、ほぼ一致している。非常に良い測定結果である。

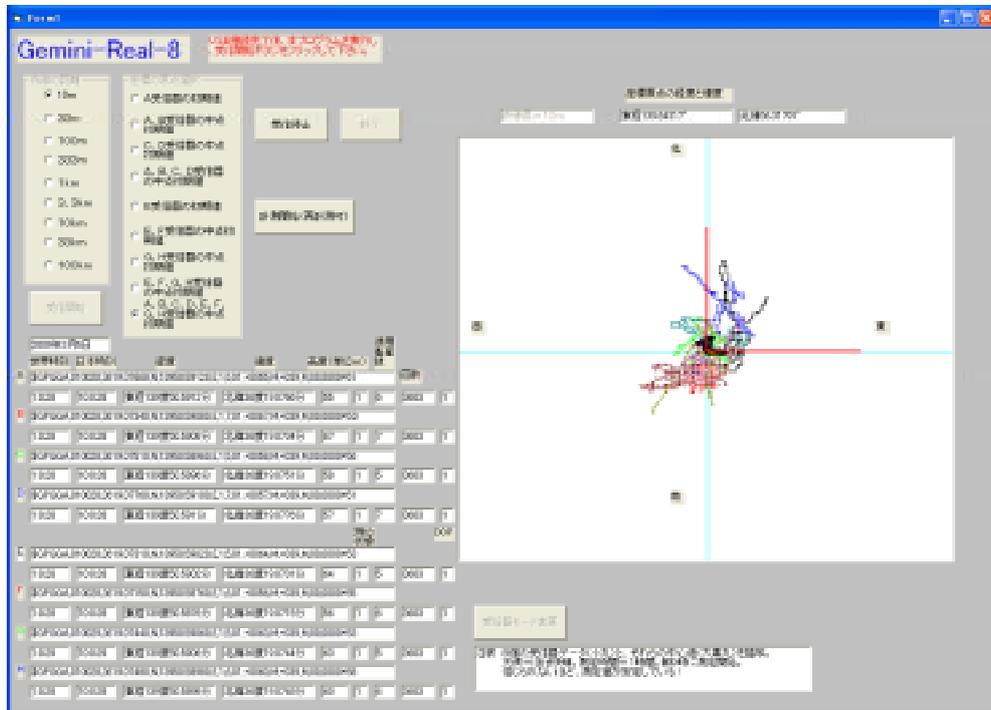


図15 測定例 - その2 1時間の計測

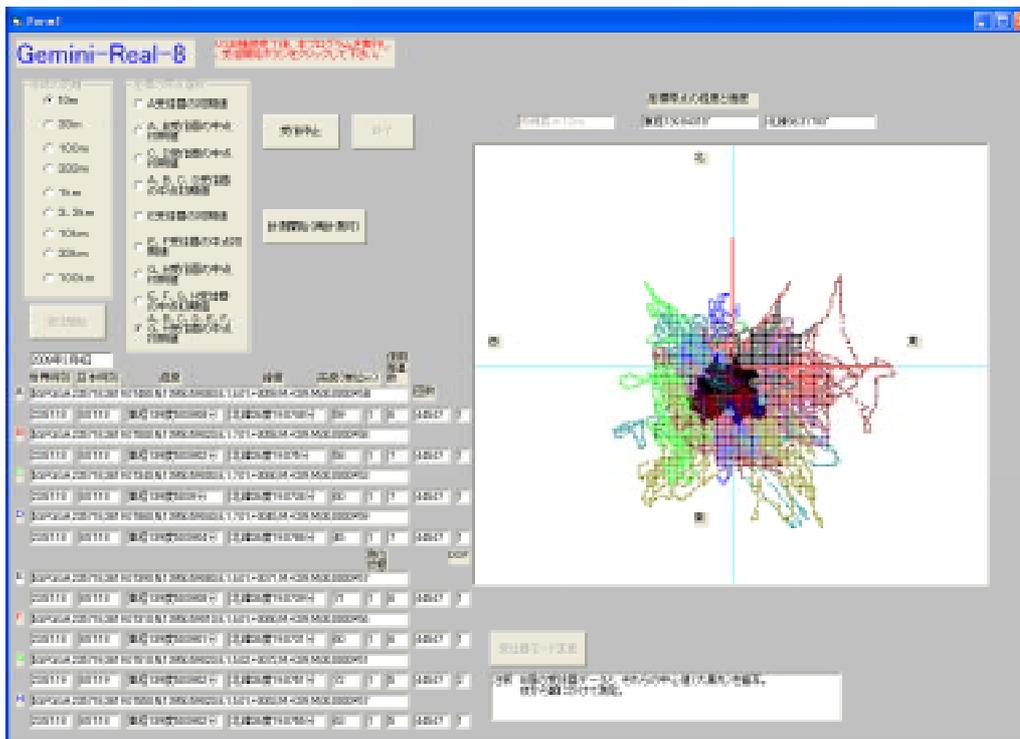


図16 測定例 - その3 1日以上計測

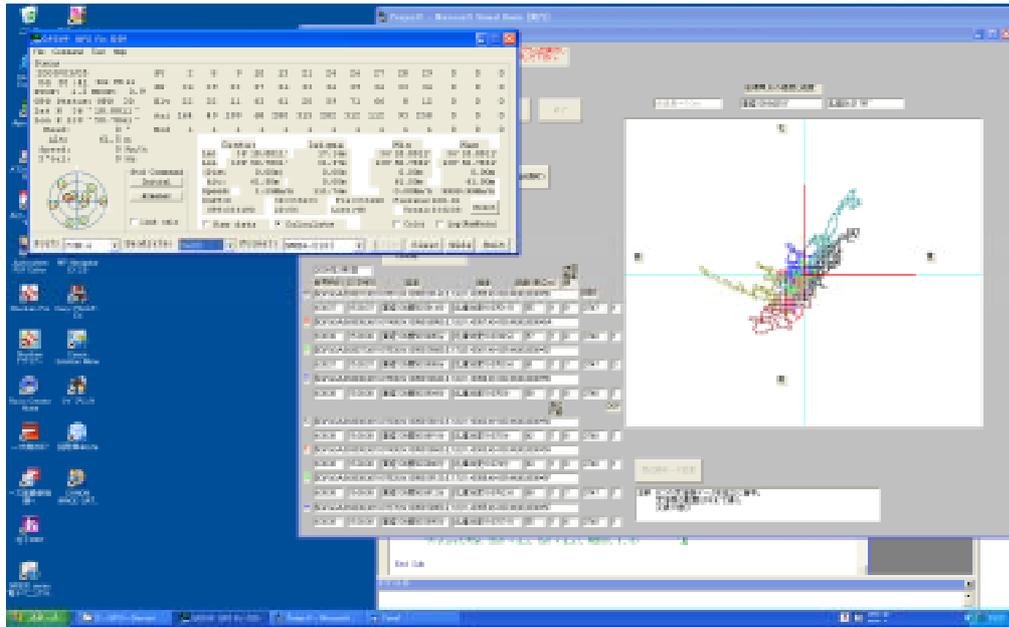


図 1 8 計測表示画面 - その 2

アンテナを移動させた時の試験測定の結果を例示しよう。屋上の 1 地点を原点とし、この原点から西 3 m の所と、北北東 3 m の所をマーカー点とした。図 1 9 に経路図面を示している。気持ちとしてはもっと距離を大きくしたかったが、アンテナコード長で制限されているだけである。長い距離についての計測は、装置が移動できるようにしてからの仕事となる。

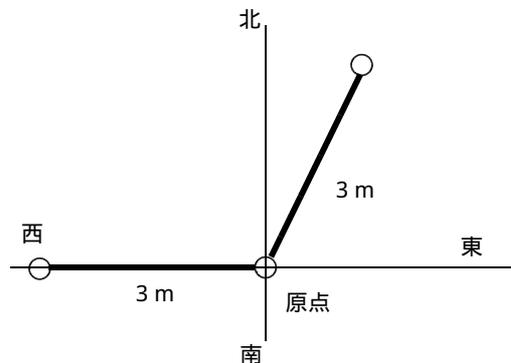


図 1 9 アンテナ移動時の測定のための経路図面

図 2 0、図 2 1 に、実測結果の例を示す。グラフ中の各色の点は、8 個の Gemini のデータ点、黒太連続点はそれらの中央点である。図 2 0 では、アンテナ群を、原点 西 3 m 原点 北北東 3 m 原点と移動させた。図 2 1 では逆経路とした。各位置には、約 1 分間ほど静止させた。この測定において気が付いたことがある。Gemini の応答が遅いのである。応答に 1 分以上もかかるのである。図 1 9 で示した原点にアンテナ群を置き、測定を開始させる。原点から西 3 m のマーカー一点にアンテナ群を手で運んで移動させる。これには数秒で事足りる。が、ピクチャー画面中の中央データ点の移動が鈍いのである。Gemini の説明書を読んで、平滑化レベルの程度(位置と速度に各々弱、中、強の 3 レベルがある)の変更も行って見た。が、今のところ目立って応答速度に変化があるようには見えなかった。説明書の受信器モード設定の項に、固定点モード設定の有効/無効がある。が、DGPS の場合であるようだ。が、注釈を見るとそうでも無さそう。今後これらについては試行していくつもりである。現時点での試験測定では、デフォルト値の変更は、単精度を倍精度にすること以外はしないことにしている。当面、時間応答が遅い状態での試験測定を続行する。

グラフの軌跡は図 1 9 の経路図面から、ずれているように思える。が、精度を ± 1 m と考えるならば、図 2 0、図 2 1 は好結果を与えていると考えている。時間応答が鈍い点を別にすればだが。

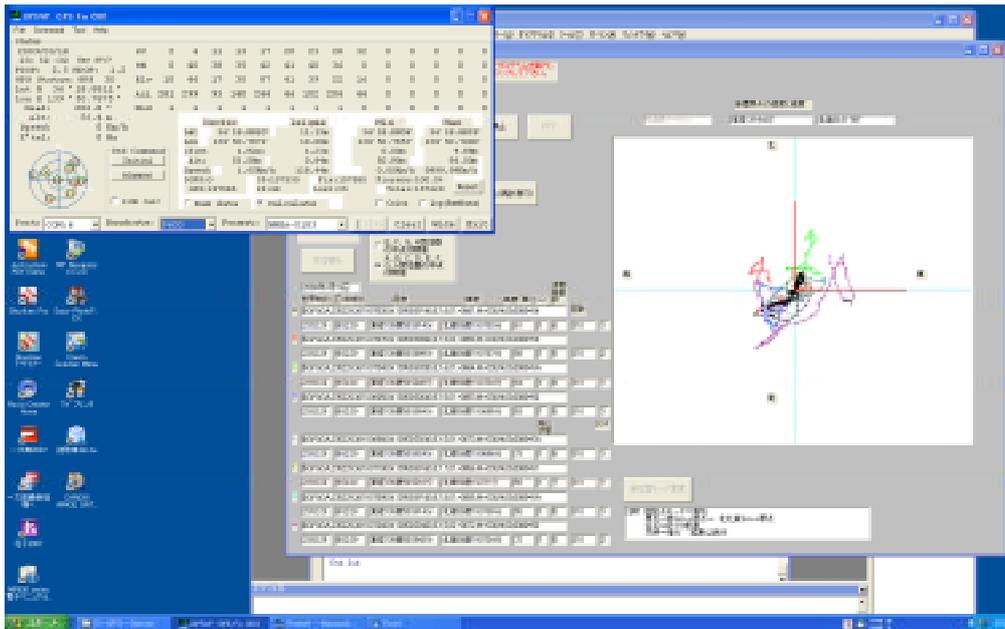


図 2 0 移動時の実測結果 - その 1 原点 西 原点 北北東 原点への移動

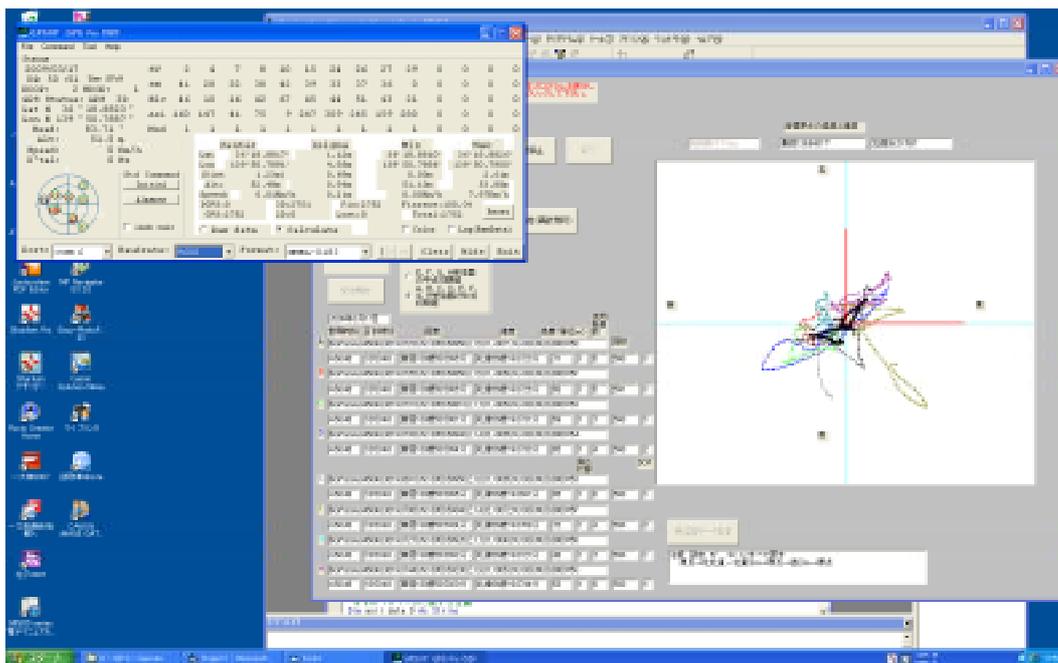


図 2 1 移動時の実測結果 - その 2 原点 北北東 原点 西 原点への移動

更にもう一つを例示しよう。 図 2 2 は、原点 西 4 m 原点と移動した結果である。悪い結果ではない。

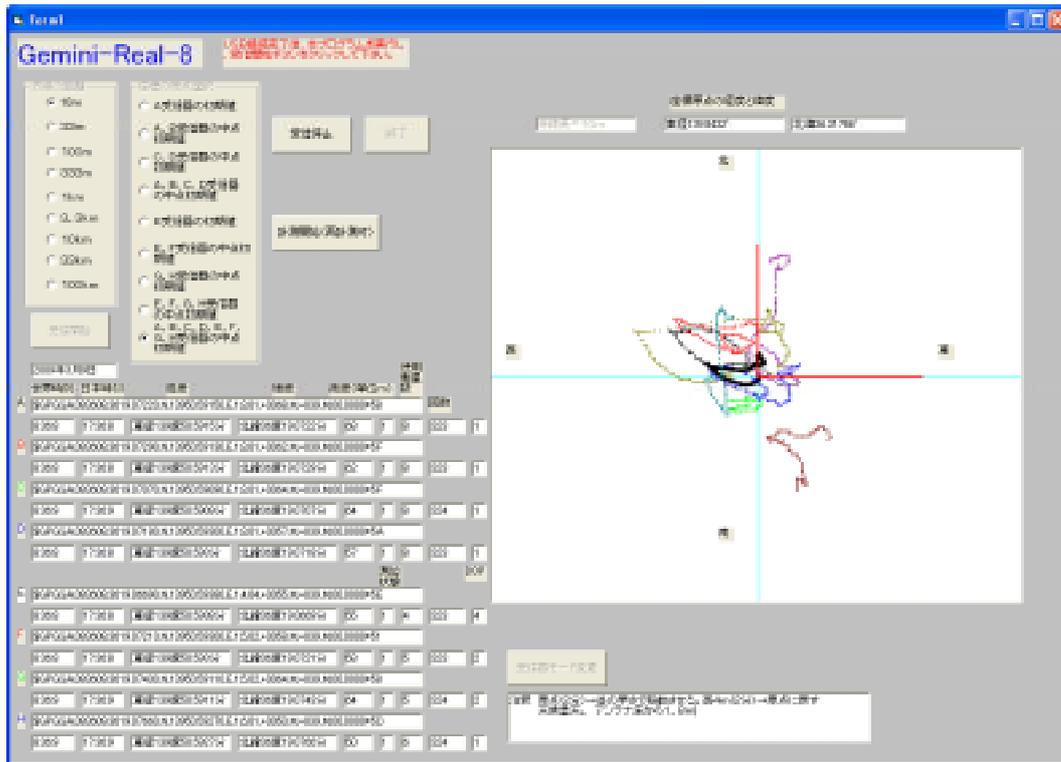


図 2 2 移動時の実測結果 - その 3 原点 西 原点

5 . 製作環境及び各部分の仕様

以下に本装置の開発環境を書き下す。

- (1) GPS 受信器 SPA 社製 Gemini 5 5 2 8 台 (価格 1 台 当 たり 約 1 万 4 千 円)
主 受 信 器 として 使用
- (2) GPS 受信器 ポジション社製 GPS - 5 2 1 台 (販 売 キ ャ ッ ト (価 格 4 5 0 0 円) から
の 転 用)
GPS 衛 星 情 報 等 モ ニ タ ー として 使用
- (3) パ ソ コ ン Dell 4 2 0 0
- (4) 4 端 子 USB ハ ブ 2 個
- (4) Visual Basic 6 . 0 プ ロ フ ェ ッ シ ョ ナ ル エ デ ィ シ ョ ン

6 . プ ロ グ ラ ム について

Visual Basic で 書 いた プ ロ グ ラ ム は 2 つ で あ る 。 1 つ は 、 Gemini の デ フ ェ ル ト 値 を 変 更 す る た め の プ ロ グ ラ ム 、 も う 1 つ は 実 測 の た め の プ ロ グ ラ ム で あ る 。 2 つ を 合 体 し て 1 つ と す る こ と も 考 え た が 、 USB ポ ー ト の 管 理 な ど で 複 雑 さ が 増 す と 思 い 、 独 立 さ せ た 。

前 者 の プ ロ グ ラ ム を 「 設 定 変 更 」 プ ロ グ ラ ム と 呼 称 す る 。 後 者 は 「 GR 8 」 プ ロ グ ラ ム で あ る 。 Gemini は 納 品 時 、 デ フ ェ ル ト 値 に 設 定 さ れ て い る 。 出 力 さ れ る 経 度 値 、 緯 度 値 が 単 精 度 で あ る 。 こ れ を 倍 精 度 と す る と 、 出 力 さ れ る 経 度 値 、 緯 度 値 の 出 力 桁 数 が 2 桁 上 が る 。 が 、 精 度 は 1 桁 上 が る 。 こ れ ら の 事 情 は 、 取 り 扱 い 説 明 書 に 譲 る 。 ハ ー ド 部 が 完 成 し 、 装 置 の 接 続 が 完 了 し 、 GR 8 プ ロ グ ラ ム を 実 行 し た な ら ば 、 Gemini が デ フ ェ ル ト 値 の ま ま で も 本 装 置 は 正 常 に 作 動 す る で あ る べ し 。 但 し こ の 時 注 意 し な け れ ば な ら ない の は 、 USB ポ ー ト 番 号 で あ る 。 割 り 当 て ら れ る ポ ー ト 番 号 を 、 8 台 の Gemini に 割 り 当 て な く て は な ら ない 。 windows の 画 面 スタート マイ コンピ ュ ー タ シ ス テ ム 情 報 を 表 示 す る ハ ー ド ウ ェ ア デ バ イ ス マ ネ ー ジ ャ ポ ー ト (COM と LPT) と 順 を 追 っ て USB ポ ー ト を 調 べ て い く と 、 新 し く 割 り 当 て ら れ た 8 個 の ポ ー ト 番 号 を 視 認 す る こ と が 出 来 る 。 こ の ポ ー ト 番 号 を 書 き 留 め て お き 、 GR 8 プ ロ グ ラ ム で ポ ー ト 番 号 を 割 り 当 て て い る 箇 所 の 数

値を書き留めている番号に変更する必要がある。なを、著者の場合8台のGemini(A~H)に対して(10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 7)を割り当てている。

USBのポート番号の割り当ては、「設定変更」プログラムにおいても同じ対応をする必要がある。このプログラムの実行画面を図23に示している。Gemini受信器のデフォルト値の変更は次の手順で行える。

- (1) コンボボックスで設定変更を希望するGemini受信器の接続しているUSBポート番号をクリックする。
- (2) 処理選択フレームで「設定を変更したい」オプションボタンをクリックする。
- (3) 「受信開始」コマンドボタンをクリックする。
- (4) 受信が開始されると、フォーム画面下部のテキスト欄に、指定したGeminiから送られてきたデータ群が表示され続ける。
- (5) 「設定変更」フレームが使用可となる。初期設定ではオプションボタンはデフォルト値の設定モードとなっている。各項目を希望する設定に変更する。変更するたびに、Gemini受信器にホストのパソコンから送出される設定変更のためのセンテンス内容の文字列が書き換わることが視認できる。
- (6) 設定変更が終了したら、このフレーム内の「決定」コマンドボタンをクリックする。
- (7) 「設定変更文の出力」コマンドボタンをクリックする。Gemini受信器が、入力文字データ列を受け取り、書き換えに成功すれば、同じ文字列をエコーバックしてくれる。書き換えに成功するまでに、数秒から数十秒かかる。成功すれば、フォーム画面の左上に、エコーバック文字列が表示される。エコーバックされる表示文字列が、2, 3行となる場合がある。が、問題はない。
- (8) 他の受信器も変更したければ、コンボボックス中のそのGemini受信器に対応しているUSB番号を選択する。そして、右にある「設定変更継続」のコマンドボタンをクリックする。
- (9) 「受信開始」コマンドボタンをクリックする。
- (10) 後は、上の手順と同じである。

万一、設定変更継続において、実行時エラーが発生した場合には、プログラムを終了し、プログラムを再実行する。希望のポート番号として、以上のことを繰り返せば良いであろう。



図 2 3 設定変更プログラムの実行画面

実測を開始するには、GR 8プログラムを実行する。図24の画面が表示される。以下の手順で測定が行える。

- (1) 「赤線の距離」フレームで、データが表示されるグラフのスケールを設定できる。希望するオプションボタンをクリックする。
- (2) 「受信開始」コマンドボタンをクリックする。左下のテキスト欄に、受信データ及び解析した各種数値などが表示される。少し時間がかかるかもしれない。8台のデータが1秒ごとに正常に更新されるようになる。
- (3) 「座標の原点選択」フレームで、座標の原点値としたいデータ点を選択する。以降各種データ点が座標面に描写され続ける。
- (4) 「計測開始(再計測可)」コマンドボタンをクリックする。ピクチャー画面に座標系が表示され、同時に Gemini からのデータの取り込みが開始される。
- (5) 計測を停止したければ、「受信停止」コマンドボタンをクリックする。
- (6) 終了したければ、「終了」コマンドボタンをクリックする。
- (7) 再計測をしたければ、「計測開始(再計測可)」コマンドボタンをクリックする。

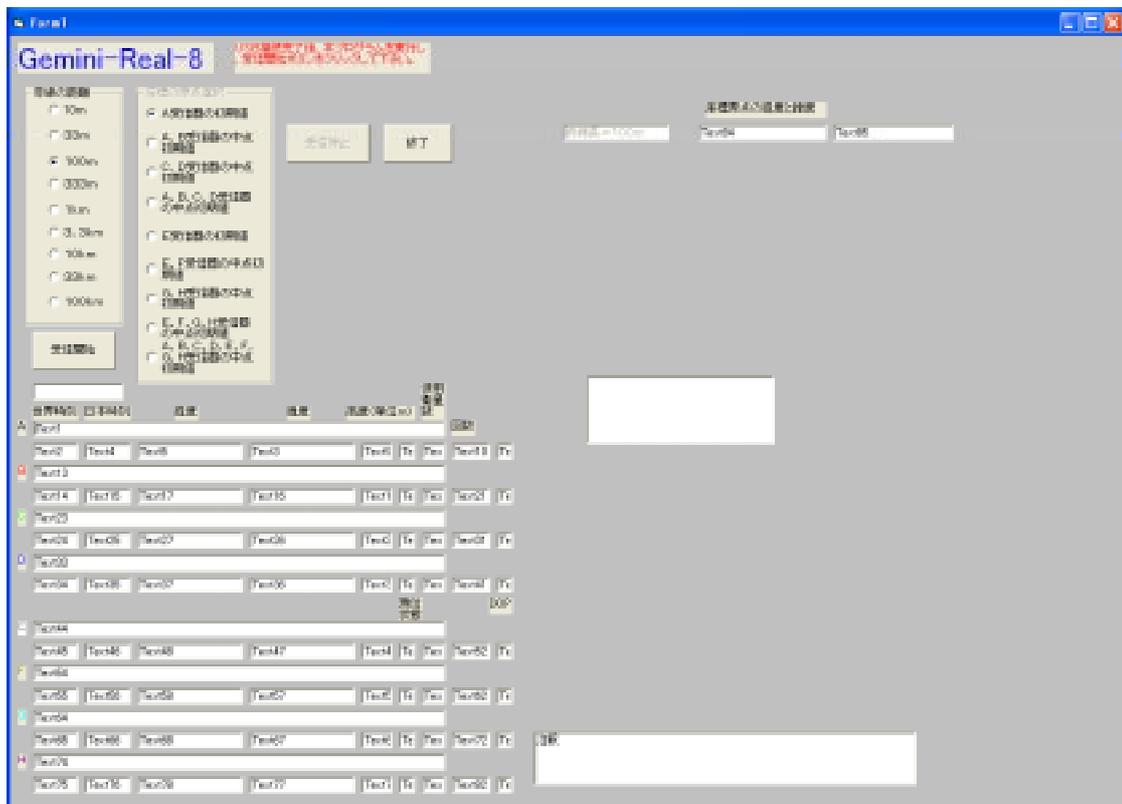


図24 GR 8の実行画面

グラフに描写されるデータ点として、各 Gemini (A~H) から得られた8個の(経度、緯度)点、AとBの midpoint、CとDの midpoint、EとFの midpoint、GとHの midpoint、AとBとCとDの midpoint、EとFとGとHの midpoint、A~Hの8個の midpoint が描写できる。GR 8のプログラムの最後部分が、データ点を描写する部分になっている。描写したくないデータの命令文は、行の先頭に"'"印を付けて、注釈行としている。描写したいデータ点の命令文からは"'"印を削除して、実行文にしている。どのデータを描写し、どのデータは描写しないかは、自由に選択できよう。

7. 本装置の使用方法

簡潔に述べよう

- (1) 図9の回路を8台準備する。8台とも Gemini のスイッチはオフとしておく。
- (2) ホストのパソコンに、提供している2つのプログラムをインストールする。
なを、ホストパソコンには、Visual Basic が前もってインストールされているものとする。

- (3) ホストパソコンは、デバイスマネージャーでUSBポートを監視できる状態にしておく。
- (4) ホストパソコンのUSB端子に、USBハブを接続する。USBハブの1つの端子と、Gemini基板のUSB端子を接続する。パソコンが接続を認識し、そのポートに番号を自動的に割り振ってくれる。番号を記録しておく。
- (5) (4)を繰り返していき、8台分行く。8個のポート番号が手に入る。
- (6) 2つのプログラムとも、USBポートの番号を設定している箇所が、各々1カ所ある。「設定変更」プログラムでは、コンボボックス中の数値列を、得られた番号数値列に書き換える。「GR8」プログラムでは、注釈行「*****」で挟まれた部分である。この番号を、上で得られた番号に変更する。もし番号が正しく設定できなければ、実行時エラーとなるので、間違いに気が付くが。
- (7) Geminiのスイッチをオンとする。
- (8) デフォルト値を変更したければ、「設定変更」プログラムを実行する。やらなくても、単精度でプログラムは実行するであろう。
- (9) 「GR8」プログラムを実行する。

8. Geminiの設定変更とその対応

Geminiから幾つかのデータ列群が送信されてくる。それらの中で、現在利用しているデータ群GGGAデータ列のデフォルトで、本装置で利用できそうなデータ設定の幾つかを列記すると次の通りである。

(1) 経度値、緯度値

	デフォルト値 単精度	変更可能値 倍精度
経度	xxx度xx.x'xx"分	xxx度xx.x'xx'xx"分
緯度	yy度yy.y'yy"分	yy度yy.y'yy'yy"分

当然ながら、単精度より倍精度を使用すべきである。

(2) 選択衛星仰角マスク

デフォルト値	変更可能値
5°	1° ~ 89°

受信した衛星でも、設定した仰角度以下の衛星は使用しない。地平線に近い衛星からの電波は大気中をより長く通過しているため、誤差への寄与分が大きいからである。天頂近傍に多数の衛星が配置しているならば、低い仰角位置にある衛星は計算から除外し、大きい仰角度値だけの衛星を使用すれば、測地精度の向上が一応図れよう。

現時点では行っていないが、GPS-52を実行し、得られる仰角データ一覧を視認しながら、仰角値を設定する方法が考えられる。

(3) 平滑化レベル

位置	デフォルト値 中(2秒)	変更可能値 弱(0秒) 強(5秒)
速度	デフォルト値 中(2秒)	変更可能値 弱(0秒) 強(5秒)

1秒ごとに受信器位置の測位値が出力されるが、それらの値に当然ばらつきがある。平滑化の程度を選択できる。実は、受信器の移動速度も出力され設定も可能である。この速度にも平滑化レベルを適用することができる。

現時点では詳しく行っていないが、平滑レベルの弱、中、強の組み合わせによるデータの時間応答性を調べる必要がある。

(4) 固定点モード設定

説明書には「固定点モードは、主に車載をターゲットにおき、停車時に測位位置のふらつきを抑圧するフィルターです。船、人、カートなど低速走行が長く継続する用途で使用する場合には、無効に

設定して下さい」の足しが記がある。

この設定箇所は、D G P Sの通信速度と連結した設定方法となっている。D G P Sを使用しない場合には設定変更が機能するのか、しないのかははっきりしない。

これも現時点では詳しく調べていないが、調べてみる必要がある。

以上のように、G e m i n iのデフォルト値の変更の仕方には各種の組み合わせがある。今後、変更による実測結果を収集・分析していきたい。それらに関する結果報告は、次の論文で行いたい。

9 . 終わりに

現研究は進行中である。M - G P Sの今後の課題などを列記する。

(1) 測定環境による影響。広いグラウンドに本装置を運び出して、電波環境を良くしての試験は必須である。

(2) それに伴い、装置を携帯化する必要もあるであろう。

(3) 天候による影響もしっかりと確認したい。

(4) 移動に伴う応答時間が1分近くでは、遅すぎるような気がする。使用目的にもよるが、デフォルト値の変更で早くすることができることに越したことはない。

(5) プログラムでの算術アルゴリズムの考察も精度向上に役に立つであろう。

(6) 測定値をグラフ上で実時間で視認していると、特定の衛星のデータ点が、原点近傍などから大きく動き出し、そして戻ってくる現象がよく見られる。このようなデータは明らかに誤差の大きな原因となる。視認できるので、プログラムで自動的にこのようなデータを排除すれば、極めて測地精度の向上が望めよう。

(7) 使用するG e m i n iの台数を限定するならば、図9に示している回路を1枚の基板に落とす方が良いであろう。バックアップ電源は1つ、スイッチも1つで済む。U S B端子も使用予定のU S Bハブの端子幅に合わせれば、接続用のU S Bケーブルも不用となろう。極めて簡易の装置として作り上げられよう。

(8) 本装置は移動型としてその本領を発揮できるものである。従って、A C 1 0 0 V電源ではなくバッテリーなどのD C電源とする必要がある。U S BハブもD C電源で使用できるものとするべきである。バッテリー1個でノートパソコン、U S Bハブを駆動できればよい。G e m i n iの電源はU S Bハブからもらえばよいので。

参考文献

(1) 「G P S技術入門」、坂井丈泰、東京電機大学出版、2 0 0 3年。

(2) 「G P Sのための実用プログラミング」同上、2 0 0 7年。

(3) 「G P S - 8号」、金野茂男、小山高専電子制御工学科、2 0 0 8年7月、著者のU R Lで公開済み。

2 0 0 9年 3月30日