GPS組み込み高精度衛星イーパブー I . —複合アンテナの構想とフィージビリティモデルの性能確認—

小塩 立吉*・村山 達也**・後藤 尚久**

A Precision Satellite EPIRB Using GPS Receiver— I . —An Integrated Antenna Concept and Performance of Its Feasibility Model—

Tatsukichi KOSHIO, Tatsuya MURAYAMA and Naohisa GOTO

Abstract

Most important factor to realize a precision satellite EPIRB (Emergency Position Indicating Radio Beacon) using GPS receiver is how to install a GPS antenna together with existing a two-frequency mono-pole antenna, a Xenon ramp, switches etc., without harmful interactions on the so limited upper space.

Authors have proposed an integrated antenna, which is based on a ring patch GPS antenna and a two-frequency mono-pole antenna is located and fed through at the center of the ring patch antenna.

Preliminary performance of a newly built feasibility model, shows quite less degradation of GPS positioning accuracy due to the mono-pole, compared with a combination of a small size GPS antenna and a two-frequency mono-pole for existing EPIRB standing at the side .

The integrated antenna will be very simple solution to realize to the precision satellite EPIRB, when a ring patch antenna of high permittivity material as large as 10 is used.

1. まえがき

衛星イーパブは、GMDSSの中核機器として今世紀中に大型船への搭載が計画され世界的に艤装が進んでおり、我が国においても製品化が報告^(1,2)されてきた。

衛星イーパブの測位方法は、イーパブが発射する救難電波を低高度極軌道衛星が受信する際のドップラー効果に着目し、地上局が衛星通過後に測位するものである。このシステムの欠点は、測位精度が1～数kmに止まること、衛星通過が間欠的で即時性に欠けることである。

一方、精度改良のためGPS測位データーを長データーフォーマットに乘せ伝送する方式が制定⁽³⁾され、我が国では、海上保安庁の横浜地域利用端局が本年度より長データーフォーマットの処理を開始した。また、即時性改善のため静止衛星を組み入れる構想がある。

GPS組み込み高精度衛星イーパブ設計上の難関は、いかにして、狭い衛星イーパブの上面に送信用121.5/406MHz二周波モノポール、GPSアンテナ、キセノンランプやスイッチなどを干渉なく配置させるかである。

そこで、筆者らは、GPSアンテナの中心に二周波モノポールを通す複合アンテナを検討してきたが、このほどフィージビリティモデルを試作し有用性を確認したので報告する。

* 正会員 拓殖大学工学部電子工学科 (〒193-8585 八王子市館町 815-1)

**非会員 拓殖大学工学部電子工学科 (〒193-8585 八王子市館町 815-1)

2. 衛星イーパブへのGPSアンテナ追加の困難さと解決策

図1(a)は、現在市販されている衛星イーパブの上面の見取り図の一例であり、上面の直径は10cmに満たない。この狭い上面にGPSアンテナを追加することは困難である。場所的制約のほか、下記の解決すべき課題がある。

- 1) 狭い衛星イーパブ上面に置きうるGPSアンテナを工夫する。
- 2) 二周波モノポールがGPS測位に与える影響を最小限に止める。
- 3) 406MHzの送信電力の回り込み干渉からGPS受信機を保護する。
- 4) 二周波モノポールを細くし、キセノンランプへの陰を狭める。

筆者らは、場所的制約からの解放と共に上記諸問題を解決する複合アンテナを考案した。本報告は、この複合アンテナのフィージビリティモデルの性能確認を行ったものである。

このモデルは、GPSアンテナが大きい、高誘電率基板で容易に小型化できるので、図1(b)に示すようにGPS組み込み高精度衛星イーパブが実現できる見込みが得られた。

図1 現行衛星イーパブの上面見取り図とGPSアンテナ追加の困難性

3. 複合アンテナの構成とフィージビリティモデル

複合アンテナの構成とフィージビリティモデルの写真を図2に示している。その基本は、GPSアンテナを円環パッチ⁽⁴⁾で構成し中心に二周波モノポールを通すことにある。

この複合アンテナは、GPS用円偏波成分が、パッチ面内で直交しその中心に立つ二周波モノポールの垂直偏波成分と直交しており、原理的には干渉のない構成である。すでに、パッチの放射パターンにモノポールがほとんど影響しないという基礎データが得られ⁽⁵⁾報告した。

そこで、今回フィージビリティモデルを試作し、先に掲げたGPS測位性能へのモノポールの影響が少ないこと、送信電力のGPS側への漏れの確認に加え、キセノンランプに対する陰の軽減を目指して細くて自己整合するモノポールの開発も並行して進めた。

本モデルの構造は図2に示すとおりで、円環パッチ部分は、試作の容易な誘電率2.55の基板を用い約68mmφの自己振動型右旋円偏波アンテナであり、中心にBNCコネクタが通る直径10数mmの穴を設けている。円環パッチの給電点は、中心から10数mm離れ独立し、送信電力のGPS側への漏れ込み干渉の抑圧に効果的である。

次に、二周波モノポールの動作原理を述べる。まず、406MHz放射部は、 $\lambda/4$ 折り返しモノポールであり、アースに向かう折り返し線直径を選ぶことにより単独に整合できる。次に121.5MHzの放射部は、この406MHz放射部の先端に406MHz用トラップコイルを置き上部の放射素子に接続して構成する。このトラップコイルは、121.5MHz用センターローディングコイルとしてはインダクタンスが不足する。そこで、上部放射素子の直径は406MHzと無関係に121.5MHzのため自由に選定できることに着目し、直径を約8mmに選び静電容量を増し、全長37cm(0.15 λ)で自己整合を達成した。

構造的に見ると、現行モノポールは、その基部が

図2 複合アンテナ構成とフィージビリティモデル

整合回路収容のため約20mmφと太く7cm程度と長い
のに対し、本モデルの基部はBNCコネクタの大きさ
である。実用衛星イーパブ用二周波モノポールは、
TNCコネクタねじ込みによる自立型が一般的である
が、これはBNC型とほぼ同寸法であり、キセノンラン
プに対するモノポールの陰を軽減する見込みも得
られた。今回採用した折り返し平行2線構造は、2
線を含む面と直交面とでは可撓性が違い耐振上不都
合なため、折り返し線を中程で約1.5回巻いて可撓性
を改善した。

本モデルを図2の中に示した簡易地板を用いて測
定したが、その結果えられた電気性能を表1に示し
た。406MHz→GPSへの漏れは28.8dBが得られ、普
及型GPS受信機を支障なく接続できる見込みが得られた。

表1 複合アンテナフィージビリティモデル
電気性能表

項 目	GPS 1575.4MHz	121.5MHz	406MHz
偏 波	右旋円偏波	垂直偏波	垂直偏波
軸 比	天頂で1dB以下	—	—
V S W R	1.22	1.15	1.19
帯域幅-3dB	10MHz以上	6MHz	20MHz
給電点間回り込み干渉			
1575.4MHz	—	37.2dB	
121.5MHz	38.0dB	—	
406 MHz	28.8dB	—	

4. フィージビリティモデルのGPS測位評価実験

本モデルとこれに対する比較系として、現行衛星イーパブのモノポールを小型GPSアンテナの傍らに立
てる構成を考えた。モノポールの有無による影響を、他の誤差要因からできるだけ分離するため、まずDGPS
によりSAの影響を除き、次に、同じアンテナ系に対しては同じ衛星配置で比較を行った。細部条件は次の
とおりである。

- 1) 複合アンテナモデル 本モデルとNF=2.5dB(NF: Noise Figure、雑音指数)のプリアンプ
- 2) 比較系
  - ・GPS用AU-10型アンテナ
(プリアンプ内蔵)(古野)
  - ・およびREB-23用モノポール(NEC)
間隔約30mm
- 3) GPS受信機 GN-74NNNC-N型(古野)
- 4) 誤差補正方式 中波ビーコン309kHz釧崎局による
DGPS、距離約64km
- 5) ビーコン受信機 FBX-2型 (古野販売)と
付属アクティブホイップアンテナ
- 6) 時間設定
  - ・データー間隔10秒
  - ・各場合につき約1日づつ実施した。
設定替欠測を除き12時間分を処理。
衛星配置は同系アンテナについて同じ。

図3は、複合アンテナモデルでGPS測位を行った結果を示す。

- a) 図3(a)はモノポールなしの場合であり、2drms=4.82mが得られた。
  - b) 図3(b)はモノポールがある複合アンテナの場合であり、2drms=5.09mが得られた。
- 複合アンテナでは、中心に立つモノポールによる精度の悪化は5.6%程度で少ない。

図4は、比較系による測位結果を示す。これは小型GPSアンテナの傍らに現行モノポールを立てたもの
である。

- a) 図4(a)はモノポールがなくGPSアンテナのみの状態であり、2drms=4.14mが得られ、複合アン
テナ用GPSパッチより2割程良かった。
- b) 図4(b)は傍らにモノポールを立てた状態であり、2drms=14.4mと大幅に精度が悪化し特に南北
方向に拡大する。

このように、複合アンテナでは測位精度へのモノポールの影響が軽微であるのに対し、傍らにモノポー
ルを立てた比較系では、明らかに精度が悪化する結果が得られた。

図3 複合アンテナ測位精度へのモノポールの影響

図4 小型GPSアンテナ測位精度へのモノポールへの影響

図5 複合アンテナ可視衛星数へのモノポールの影響

次に、同時に取得した可視衛星数のデーターについて考察する。図5は複合アンテナの場合を示している。

a) 図5(a)はモノポールなしの場合であり、平均値6.06個が得られた

b) 図5(b)はモノポールが中心にある場合であり、平均値6.01個とやや減少している。

複合アンテナの場合、可視衛星数へのモノポールの与える影響は少ない。

図6は、小型GPSアンテナによる比較系の場合を示している。

a) 図6(a)は小型GPSアンテナのみでの場合であり、平均値6.83個が得られた。

b) 図6(b)は傍らにモノポールがある場合であり、平均値5.2個と明らかに減少している。

複合アンテナ用と小型GPSアンテナのみで可視衛星に差が出たのは、使用したプリアンプのNFなどの差によるものと考えられる。

次に、モノポールの効果が著しい小型GPSアンテナの場合について、可視衛星個数の減少と精度の悪化の現象をさらに究明するため、図7に可視衛星配置図の比較を行った。

c) 図7(a)は小型GPSアンテナ単体の場合を示しており、ほぼ通過した衛星が順調に受信できていることを示している。

d) 図7(b)は、小型GPSアンテナの南南東の傍らに現行モノポールをおいた場合で、明らかに陰のため南側の可視衛星が大幅に減少していることが解る。このような衛星配置のため、ほぼ南北方向の精度が悪化した図4(b)の結果と符合している。

以上の結果から、今回試作した複合アンテナでは、細く改良した自己整合モノポールを中心に立てても

図6 小型GPSアンテナ可視衛星数へのモノポールの影響

測位に及ぼす影響は軽微であるが、小型GPSアンテナと現行モノポールの組み合わせでは測位精度が悪化し、今回提案した複合アンテナの有用性が示された。

5. 今後の展開

今回は、複合アンテナのフィージビリティモデルの試作と初期的データ取得に止まったが、今後、次の諸点に留意し実用化モデルの試作を行い、さらに綿密な評価を行いたいと考えている。

1) 複合アンテナ実用化モデルの試作

- ・円環パッチまたはGPSアンテナに多用される方形パッチにより高誘電率基板を用い約半分に小型化する。この場合モノポールの影響は相対的に増加する。

- ・406MHz送信給電点からGPS受信への回り込み干渉をさらに改善するとともに、406MHz送信バースト信号が測位に及ぼす影響を評価する。
- ・海上での動揺に対しGPS測位確率を高める垂直パターンの改善。
- ・自己整合型二周波モノポールアンテナの性能、特に能率の向上。

2) GPS比較測位データ収集方法の改善

- ・十分に時間を掛けて評価を行う。
- ・複合アンテナ用実用寸法のGPSパッチアンテナを基準に、単体、モノポールが中心または傍らに立つ場合を比較する。

図7 小型GPSアンテナ
可視衛星配置へのモノポールの影響

6. 謝 辞

本研究を実施するにあたり、パッチアンテナの実践的設計法をご教示いただいた埼玉大学の羽石操教授、ならびに中波ビーコンDGPSに関して情報を寄せていただいた東京商船大学の方々にお礼申し上げます。

参 考 文 献

- (1) 小塩立吉：短余熱時間高安定OCXOを用いた406MHz衛星系 イーパブとその測位精度について，日本航海学会論文集，vol.88，pp.269-277，1993.
- (2) 小塩立吉・有馬 甫：衛星平均受信電力を高めるアンテナを用いた衛星系イーパブ，日本航海学会論文集，vol.93，pp.11-18，1995.
- (3) SPECIFICATION FOR COSPAS/SARSAT 406MHz DISTRESS BEACONS C/T T.001 Issue 3 November, 1995.
- (4) 金田・安藤・後藤：円環パッチアンテナの特性，信学技報，AP85-62，1985
- (5) 村山・小塩・後藤：新衛星系イーパブ用複合アンテナ，電子情報通信総合大会1-B-52，1997.

質 疑 応 答

東福寺則保(電子航法研究所)：406MHzからGPS給電点への回り込み干渉が表1によると約29dBと言う結果が示されていますが、改善の目標はどの程度まで考えていますか。また、高誘電率化はそのような目的で考えているのでしょうか。

小塩立吉：安価なGPS受信機が楽に利用できるように10dB(一桁)程度は改善したいと考えています。高誘電率化は、GPSアンテナ部分の小型化が主目的で、小さくしても改善にはならず別の工夫が必要です。

安田昭生(東京商船大学)：可視衛星数について、モノポールなしの小型GPSアンテナの場合(発表時は大きかった)が一番良くなるように感ずるのですが、条件を揃えた評価でないとあまり意味がないように思いますが、いかがでしょうか。

小塩立吉：ご指摘いただきましたとおり、今回は、同じアンテナについてのモノポールの有無の比較において同じ衛星配置で行うに止まり、複合アンテナと小型GPSアンテナとの間では衛星配置の条件が異なり厳密性を欠きました。今後の展開の中でも述べましたように、時間を掛け全ての場合に条件を合わせて比較評価するようにします。

なお、購入アンテナの場合、放射パターン、雑音指数およびアンテナ自体の損失など合わせ切れない違いが残るので、むしろ、複合アンテナ用GPSアンテナを基準に、モノポールが真ん中にあるか傍らに立てるかを比較系として考えたいと考えます。

(後半は発表終了後の個別討議の結果を含みます。)以上