

論文の作成見本

論文

[上余白 25mm]

[左余白 20mm]

本文のフォントは断りのない限り MS P 明朝、
英数字用は Times New Roman も可。
[] は書式・フォント指定。
句読点は「 , 」 「 . 」を使用。

本文は2段組み、1段 26 字。
9 ポイント、行間固定 14 ポイント。
(式が入る行については行間1行としてもよい。)

GPS 技術の展望

測位 翔太* a), 航法 さくら**
The Aspect of GPS Technology
Shota SOKUI*, Sakura Kouho**

和英表題, 和英著者名はセンタリング。

和表題 16 ポイント,
英表題, 和英著者名は 12 ポイント。

[MS P ゴシック, 8 ポイント, 太字] [一行あける]

一字下げ **あらまし** GPS は 1970 年代に米軍により開発が開始され、1993 年に完成した衛星測位システムである。世界中どこでもいつでも実時間の高精度測位が可能となり、それ以来 10 年足らずの間に、各種の航法のみならず、膨大な分野での応用開発が進行中で、今やこのシステムなしでは、日常生活もままならぬほどの展開を見せている。一見、オールマイティで今更研究の余地が残されているのかと思われがちであるが、まだ解決すべき多くの課題を抱えている。本論文では、GPS システムの概要を示すとともに、GPS に関わる諸般の技術の展望を述べる。 [MS P 明朝, 8 ポイント, 行間 12 ポイント固定]

一字下げ **Abstract** GPS was begun developing by the U.S. military in the 1970's, and completed in 1993. A real-time, highly accurate measurement became possible all over the world anywhere always in less than ten years since then. It has a lot of problems that should still be solved. In this thesis, the view of various technologies that are both related to GPS by showing the outline of the GPS system is described. [MS P 明朝, 8 ポイント, 行間 12 ポイント固定]

一字下げ **キーワード** GPS, DGPS, RTK-GPS, 誤差要因 [MS P 明朝, 8 ポイント] ["あらまし", "Abstract", "キーワード", "keyword" は一字下げ, MSP ゴシック, 8 ポイント, 太字とし、以下一字あけて 8 ポイントで書く。]

一字下げ **Keyword** GPS, DGPS, RTK-GPS, error factor [MS P 明朝, 8 ポイント] [一行あける]

1. まえがき [MS P ゴシック, 10 ポイント, 太字]

2. 測位原理

一字下げ 古来、地理上の目標物が得られない移動体における測位は自然の星を用いて行なわれていた。電波の実用化以降、ロラン等の電波測位システムの展開を経て、全地球をサービスエリアとする衛星航法システムが実現した。これらは無線工学、電子工学、宇宙工学の進歩に負うところが大きい。1967 年には米軍により開発された NNSS の民間使用が認められた。これは数機の極軌道衛星で、誤差が数百 m 程度の測位ができるようになった。一方、戦闘機用に実時間の連続測位システムを模索していた米空軍と、次世代の測位システムについて検討を始めていた海軍が互いに協力して、1973 年に新しい測位システム GPS の開発に着手した。1989 年から本衛星ブロック II の打ち上げが開始され、26 機衛星を地上 2 万 km の軌道上に配置した。1993 年 12 月、正式に GPS の運用開始が宣言された。このときから地球上どこでもいつでも連続的に誤差が水平方向で 100m 以内の高精度測位が保障されるようになった。2000 年 5 月にはそれまで実施されていた SA と呼ばれる精度劣化操作が解除され、現在では単独測位でも誤差が数 m 程度の位置精度が得られるようになっている。

コードを用いた測位では衛星から発射された電波が受信機に到達するまでの時間を測定し、光速 c を乗ずることにより、衛星までの距離を測定する。衛星はルビジウムやセシウムなどを用いた原子時計を搭載しているが、利用者はそのような高価で大きかりなものを用意することは困難である。したがって、通常の利用者では正確な距離を求めることができない。すなわち、利用者時計の誤差に相当する距離誤差がすべての衛星に対して付加される。その誤差を含んだ衛星までの見掛けの距離を擬似距離と呼ぶ。

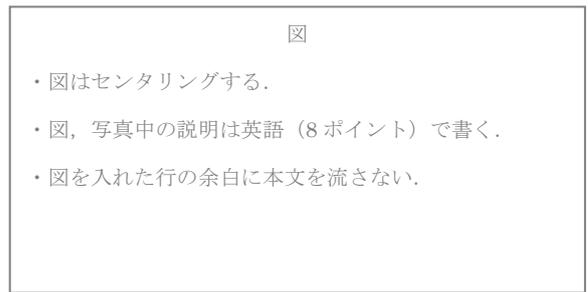


図1 擬似距離測位の仕組み [9 ポイント]

Fig. 1 Mechanism of range measurement. [9 ポイント]

[一行あける]

未知数は3次元の位置と受信機時計のずれ量の四つなので、これらを求めるためには四つの方程式、すなわち4衛星までの擬似距離が必要となる。演算結果として、3次元位置と同時に利用者時計のずれが求められる。

GPS の測位精度を表現する重要な概念として DOP がある。これは精度劣化係数を呼ばれるもので、測位精度劣化の程度

*東京海洋大学 先端技術研究センタ
〒135-8533 東京都江東区越中島 2-1-6
Research Center for Advanced Science and Technology, 2-1-6,
Etchujima, Koto-ku, Tokyo, 135-8533
a) info-trans@gnss-pnt.org.jp (代表者はメールアドレス記入)
**東京海洋大学大学院
〒135-8533 東京都江東区越中島 2-1-6
Faculty of Marine Technology 2-1-6, Etchujima, Koto-ku,
Tokyo, 135-8533

[下余白 25mm]

[右余白 20mm]

[上余白 25mm]

[左余白 20mm]

を表す指標である。正確には、測位点から見た各衛星に対する方向余弦から求めた、重み係数行列の対角要素の和の平方根として求められる。擬似距離の測定誤差がわかれば、DOPを掛けることにより測位誤差が推定できることになる。

GPS 受信機を定点に設置して連続受信するとき、ランダムな測距誤差により測位点は散らばる。それらの平均位置までの距離を2乗して平方根をとったものがdrmsである。

[一行あける]

表1 相関器のパラメータ [9 ポイント]

Table 1 Parameters of second-order continuoustime bandpass delta-sigma modulator. [9 ポイント]

表
<ul style="list-style-type: none"> ・表はセンタリングする。 ・表中の文字は8ポイントで書く。 ・表中文字は英語(8ポイント)で書く。

[一行あける]

drmsは測距誤差の1σのHDOPを掛けたものにほぼ等しく、その2倍、すなわち2drmsが測位誤差の目安とされている。平均値を中心として、これを半径とする円内におよそ95%の測位点が入る。

[一行あける]

3. DGPS

DGPSは位置がわかっている定点に基準局を設置する。そこから各衛星までの距離は計算で正確に求められるので、その地点でGPSの信号で測位を行なうと、その値との間に差異を生じる。これを通信回線を用いて利用者に知らせれば、利用者は測定した擬似距離に補正を適用して、より正確な位置を求めることができる。

[MS Pゴシック, 9ポイント, 太字]

3.1 補正データの転送 GPSは移動体での利用が原則となるので、補正データの伝送は無線で行なわれなければならない。船舶航行用に運用されている中波ビーコン電波に重畳して、日本列島沿岸全域をサービスエリアとするDGPS補正データ網が完成している。

$$M = E - e \sin E$$

[式の行間は一行]

$$\ddot{\vec{r}} = -\frac{GM}{r^3} \vec{r}$$

(1)

3.2 LAASと擬似衛星 LAASは航空機用進入着陸システムであり、空港周辺に設置された基準局から擬似距離補正值などを伝送し、航空機上でDGPS測位を行なうシステムである。また基準局は同時に測距離信号を流し、擬似衛星として測位の高精度化、高インテグリティ化に付与する。ICAOはこのLAASの国際基準であるGBASの標準化作業を継続中である。これらの地上システムでは、複数基準局方式が採用され

ている。これはDGPSの基準局を、空港周辺の適当に配置された2~4台の受信機および受信アンテナで構成し、各受信機で生成される補正值などの誤差が基準を超えた場合、その衛星を排除し、残りの受信機の平均で補正值を生成する機能、対流圏や電離層による誤差や受信機が作成する補正值自体の誤差情報を放送する機能、測位誤差が要求値を超えた場合に、航空機側で警報を発生する機能をもつ。一方、高層ビルの建ち並ぶ市街地や地下街など、GPSを直接受信できない場所での測位のために小電力の擬似衛星を配置し、カーナビ用測位の補強や歩行者の位置情報サービスに役立てようという試みも始まっている。

[一行あける]

4. むすび

GPSは今や種々の航法のみならず、通信や測量、地震予知、気象予報、土木作業等非常に広範囲な分野で計り知れないほどの応用の拡大が予想される。また、既に多くの分野でなくてはならないインフラストラクチャの一つに数えられるにまで至っている。本文で述べたように、GPSは様々な環境下の応用において、測位精度向上を含めて、解決すべき多くの課題を抱えている。ロシアのGLONASS、欧州のGALILEO、また、わが国においても準天頂衛星システムの開発が進められ、世界の測位環境は大幅に改善されることが期待される。より正確で使いやすい多様な測位サービスに向けて不断の努力に期待したい。

(平成22年2月1日受付, 3月31日再受付)

[一行あける]

[文献 8ポイント]

文献

[MS Pゴシック, 10ポイント, 太字]

- [1] B. Parkinson, J. Spilker, P. Axelrad and P. Enge (Eds.), "Global Positioning System: Theory and Applications vol. I," American Institute of Aeronautics and Astronautics, pp. 209-244. 1990.
- [2] Elliott D. Kaplan (Ed.), "Understanding GPS Principles and Applications," Artech House, pp. 209-236, 1993.
- [3] Ziemer, R.E. and W.H. Tranter, "Principles of Communications: Systems, Modulation, and Noise, 4th Edition, John Wiley & Sons. 1995.
- [4] G. Raghavan, J. F. Jensen, J. Laskowski, M. Kardos, M. G. Case, M. Sokolich, and S. Thomas III, "Architecture, design, and test of continuous-time tunable intermediate-frequency bandpass delta-sigma modulators," IEEE J. Solid-State Circuits, vol.36, no.1, pp.5-13, Jan. 2001.

[一行あける]

[MS Pゴシック, 9ポイント,

太字]

著者紹介

[MS Pゴシック, 10ポイント, 太字]

測位 翔太 (正員) 昭48 東船大院博士課程了。同年測位電機(株)入社。平8年海洋大准教授。現在、東京海洋大学先端科学技術研究センタ教授。主として衛星測位に関する研究に従事。 [著者紹介 9ポイント]

[一行あける]

航法 さくら (学生員) 平18 海洋大院博士前期課程了。現在、東京海洋大学大学院博士後期課程在学中。衛星測位技術、RTK、搬送波位相高精度測位に関する研究に従事。

[右余白 20mm]

[下余白 25mm]