

GPS観測による座標値の誤差量とその応用*

2W-7

星 仰 堀 勝也 佐藤 裕之†

茨城大学‡

1 はじめに

GPS (Global Positioning System: 汎地球測位システム) は、地球上のほぼ全地域で、全天候下で連続的に3次元測位させることができるため、船舶、航空機など幅広い分野で利用されている。そのため、その利用目的を満足させる精度が必要となる。しかし、GPSには意図的に精度を低下させている誤差や、それ以外にも様々な要因で誤差を生じる。本研究では、主に意図的に与えられた誤差の時間的変化についての分析を行う。

2 誤差の要因

GPSの実際の測位に至るには、様々な誤差が影響してくる。第一にGDOP (Geometric Dilution Of Precision) と呼ばれる受信機から見た衛星の配置のずれである。GDOPは、PDOP (Position DOP) とTDOP (Time DOP) の2つに分けられる。

$$GDOP = \sqrt{(PDOP)^2 + (TDOP)^2} \quad (1)$$

この他に、衛星から受信機に電波を送る際に生じるレンジエラーがある。レンジエラーは、SA (Selective Availability) を除けばほぼ補正が可能であり、おおよそ表1のようになる。

表1 レンジエラーに対する補正

誤差源	誤差補正前	誤差補正後
衛星の時計の誤差	0-300km	1m
衛星の軌道の誤差	1-5m	4m
電離層	0-30m	4m
対流圏	0-30m	0.5m
受信機の雑音	0.4m	0.5m
マルチパス	0.5m	0.5m
SA	30m	30m

3 地形情報の収集

GPSによる観測値は座標系によって変わってくるため、あらかじめ基準とする座標系を定めておく必要がある。そこで、座標系間の偏位をGPS観測値から導き出す実験を行った。この実験には、GPSが内蔵されているカメラLand Master (コニカ) を用いる。このG

PSカメラは、フィルムにGPSの観測値が記載されるので、現地調査の簡素化が期待できる。GPSカメラには、以下の4つのモードが利用できる。

1. Mode G: WGS84を基準にした座標系で選定する場合である。
2. Mode J: 日本の地図の基準に現在用いられているベッセルの座標系を基準にしている。
3. Mode M: 各国でそれぞれの地図座標系があるので、その国の座標系に合わせられる。
4. Mode -: 計測した座標を記録する必要がないときに用いるモードである。

ここではMode GとMode Jを用いて実験を行う。

3.1 Mode G, J座標系の偏位算出

GPSカメラのMode G, Jの偏位を算出するために以下の条件で観測を行った。

日時 1996年10月2日

場所 茨城大学工学部情報工学科棟屋上

計測方法 固定点・単測位

観測データを10測定し、その平均値を求めた。その観測結果を表2に示す。この観測結果から偏位の平均を求めると、Mode Gを基準にしたとき、Mode Jは北西に約462.8m偏位していることが求められた。

表2 Mode GからのJの偏位

No.	緯度差 [sec]	経度差 [sec]
1	18.9	-20.0
2	19.1	-20.0
3	18.9	-20.2
4	19.1	-20.0
5	18.9	-20.2
6	19.0	-20.1
7	19.1	-20.0
8	19.0	-19.9

3.2 ベッセル座標系への変換

茨城県の土浦地区 (図1の◎印) において、緯度、経度をGPSカメラ (Mode G) より算出して、縮尺: 1/50,000の地形図と照らし合わせてその偏位を求めてみた。偏位量は、Mode Gを基準とすると緯度においては±2.47[sec]、経度においては±3.78[sec]となり、GPSのC/Aコードの単測位誤差に十分入っている。また、2座標間の偏位は463.9mという値を得た。

*"Error of coordinate value using GPS and its application"

†Takashi Hoshi and Katsuya Hori and Hiroyuki Satou

‡Ibaraki University

4-12-1 Naka-narusawa, Hitachi, Ibaraki 316, Japan

4 wavelet解析

民間で使用できるC/AコードのGPS観測値には、SAによる不規則な誤差が生じる。SAの解説は不可能とされており、また、解説を試みると罰せられてしまう。そこで、wavelet法を用いて離散的な誤差データを時間的に連続な関数に近似し、その関数の周期性を見つけ出すことで不規則な誤差を補正することができる。GPSの観測は、次のような条件で行った。

日時 1996年10月24,29,30日,11月7日
 場所 茨城大学工学部情報工学科棟屋上
 受信機 GPS Antenna MODEL GX-80(SONY)
 8チャンネル、固定点・単測位

まず、3次B-spline近似を行い離散的な誤差データ E_i を時間的に連続な関数 $S(t)$ で近似する(式(2))。

$$S(t) = \sum_{j=1}^{2^k+3} c_j deb_j(t) \quad (2)$$

E_i の時間間隔を Δt とすると、 $n\Delta t$ を 2^k 区間に分割すると(この1区間を1knot)3次B-splineは4knotで時間の関数 $deb_j(t)$ となる。次に、その近似された関数 $S(t)$ に対してwavelet解析を行う。 t の関数 $\phi_m(t)$ を次のように定義する。

$$\phi_m(t) = \frac{1}{(m-1)!} \sum_{p=0}^m \binom{m}{p} (-1)^p (t-p\Delta\tau)^{m-1} \quad (3)$$

ここで、 $m-1$ はB-splineにおける次数であるので、 $m=4$ を代入すると $\Delta\tau$ が1knotとなり、関数 $\phi_m(t)$ が関数 $deb_j(t)$ と $k=K$ のとき一致する。

$$S_k(t) = \sum_{l=0}^{2^k-1} c_{k,j} \phi_m(t) \left(\frac{2^k}{2^k} t - j\Delta\tau \right) \quad (4)$$

式(4)の係数、 $c_{k,j}$ を下図のように分解することで $S_k(t)$ を k 個の波に分解することができる。

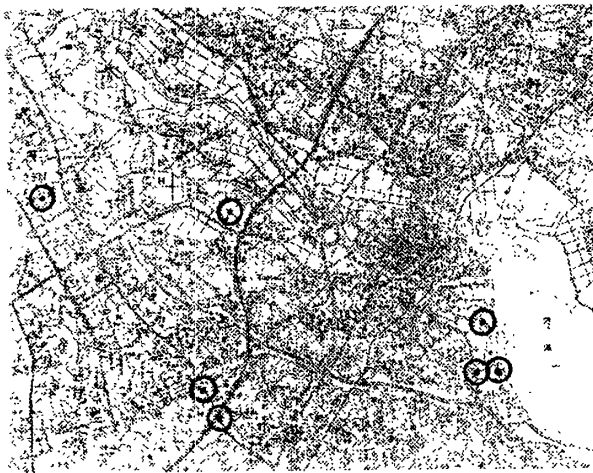
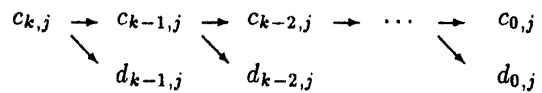


図1 土浦地区



5 結論及び考察

3章の実験から、茨城大学測点とグランドトゥールズ測点の2つの座標系の偏位は約462~464mと求めたが、この値は文献[1]の470mにほぼ一致する値である。このことから、単測位のGPSカメラは、グランドトゥールズの現地調査において十分適応できる精度であることが分かる。

6 おわりに

本研究でのwavelet解析は、比較的短時間での単測位によるGPS観測値を用いた。今後は、SAの影響が少ないとされるDGPS(Differential GPS)や、KGPS(Kinematic GPS)観測データに対するwavelet解析の適用性、並びに単測位によるGPSとの比較研究が必要であろう。また、長時間におけるwavelet解析を実施する予定である。

参考文献

- [1] 星 仰: "リモートセンシング工学の基礎"、森北出版、pp.168-169,1984.
- [2] 星 仰、崔 文秀、趙 炳辰、佐藤 裕之: "GPS写真によるグランドトゥールズ情報の収集"、1996年度秋期シンポジウム・研究発表会要旨集、pp.52-53,1996.10.
- [3] 堀 勝也、星 仰: "GPSのチャンネル数の相違による測定偏差"、土木学会関東支部技術研究発表会、IV-13,pp.556-557,1996.

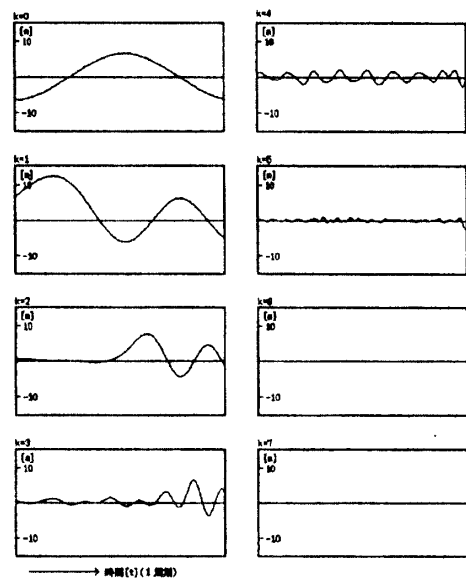


図3 wavelet解析実行結果