水準測量データの年周変動に関する研究（第１年次）

実施期間　平成１５年度～平成１７年度
地理地殻活動研究センター地殻変動研究室 今給黎哲郎

１．研究の背景と概要

掛川の水準点 140-1 から御前崎検潮所までの路線では、1970 年代後半以降、年１回以上の頻度で水準測量が行われている。特に、掛川、浜岡の水準点 2595 の区間では、1981 年から国土地理院が年４回の水準測量を行っている。この測量結果は御前崎の長期的沈下傾向を示し､東海地震震源域周辺の地殻変動を議論する上での基本的データとなっている。しかし、その沈下のトレンドには年周的な変動が乗っていることが知られているが、その原因については有力な原因が見つからずにいる。

年周変動の原因については、潮汐、海洋加重、鉛直線の変動、地下水位、視準線の屈折等さまざまな仮説が立てられてきたが、振幅１ｃｍに達するような大きな年周成分を定量的に十分説明できたものはなかった。一方、GPS によるこの地域の地殻変動観測は観測期間が水準測量より短いが、ほとんど上下成分に年周が見られないため、水準測量の観測方法に固有のバイアスがかかっている可能性がある。水準測量に固有のバイアスとして最も疑わしいものは視準線の屈折であるが、定量的に説明することはこれまでの研究でも成功していない。

プレート間カップリングに起因する沈下を議論する上ではノイズとなっているこの年周変動の原因を解明し、可能ならば補正を行う手法を検討する。

２．区間別の変動の特徴

先行研究の多くは、掛川 140-1 から見た浜岡 2595 の水準測量による上下変動を対象に解析を行っているが、本研究では区間毎に上下変動成分を抽出し、観測条件との対照により年周変動を屈折補正で説明することが可能であるかを検討した。具体的には、掛川 140-1 から浜岡 2595 を経て、相良 SF1354 に至る 13 鎖部について、各区間毎に掛川側（北西側）の観測点から見た御前崎側（南東）の観測点の上下変動を、時間に対してリニアなトレンドをまず線形回帰で推定し、そこからの残差を年周成分と考えて１年周期の三角関数で近似することを行った。なお、直線回帰の際には、水準点の異常とみられるような飛びは前後の関係から判断してゲタを補正してつないだ。

その結果得られた年周変動の特徴を表１にまとめた。AIC によるモデルの適合度を検定したところ、全 13 区間のうち、８区間で年周変動を仮定したモデルが適当であり、５区間では年周が明瞭でない、あるいは年周が見られないという判定となった。その上で、以下のような特徴が確認された。

1)年周変動の位相は全ての区間において冬季に先端側が下がり、夏季に先端側が上がる周期であり、その区間が登りか下りかには左右されない。

2)年周変動の振幅は比高の絶対値と相関を持たない

これらの特徴は、原因を大気屈折に求めた場合に予想される定性的な傾向とは明らかに一致しない。すなわち、原因が大気屈折なら登りの区間と下りの区間で位相が反転することが予想されるし、振幅は比高が大きければそれだけ大きくなるはずである。

表１　掛川(140-1)－相良(SF1354)間の区間別上下変動・トレンドと年周

自	至	比高[m]	傾斜[mm/yr]	一次AIC	振幅[mm]	最大日	年周AIC	年周
140-1	2605	25.4235	-0.0606	32.3790	0.3786	8月17日	31.9463	?
2605	2604	-19.9609	-0.8496	69.9876	1.0816	8月2日	43.8342	O
2604	2603	-14.2647	-0.8545	112.3245	1.1712	6月30日	92.9717	O
2603	2602-1	-1.8033	-0.8754	26.0840	0.7216	6月16日	5.1343	O
2602-1	2601	-7.3662	-0.4467	51.6801	0.9121	6月24日	26.4805	O
2601	2600	-3.2811	-0.3176	43.0336	0.4394	6月19日	53.2325	!
2600	2599	1.8104	-0.4302	13.7851	0.4022	6月22日	5.3940	O
2599	2598	5.4423	-1.6270	68.5867	1.0136	7月18日	45.7031	O
2598	2597	5.6849	0.4204	139.7759	0.5851	4月29日	64.3740	O
2597	2596	-6.1149	-0.2787	1.3511	0.2824	7月5日	0.9661	?
2596	2595	14.4502	-0.3902	54.1260	0.2247	8月24日	-12.4831	O
2595	2594	-12.7839	-0.2696	10.7261	0.1254	4月9日	14.1156	!
2594	SF1354	-8.5169	0.2462	-3.8311	0.0827	4月24日	-0.1536	!

（AIC の判定により○の区間は年周あり、？の区間は不明瞭、！の区間は年周なし）

また、140-1 を固定して 2605 から 2595 までの各点の年周変動の振幅を見た場合、振幅は先へ進むにつれて単調に増大していくが、半島の先端部に近い 2595～SF1354 の区間では、かえって年周の振幅が現象していくことが見られた。140-1 から 2595 に至る水準路線は、ほぼ北西～南東に進んで行くが、2595 以降はほぼ西～東わずかに東南東方向に進むという条件も考慮し、南北の標尺の温度差が季節によって異なることが原因ではないか、という仮説を提示した。

３．南北標尺の温度差

水準標尺が南から日射を受けることにより前視と後視の標尺の温度差が生じ、膨張量が異なることを年周の原因と考えた場合、この効果は往復観測でも消去されないので、路線が南北方向に進む場合には単調に累積する。これは、今回の検討で得られた特徴と一致する。また、標尺の温度差は、標尺面に当たる角度が直角に近い冬の方が、上から浅い角度で当たる夏よりも大きいと予想されるが、その場合は冬に南下がりの傾向を示す年周のパターンと一致する。さらに、年周変動の振幅が 2000 年頃から小さくなっていることが指摘されているが、これは、1999 年７月に作業規程が変更となって、１点あたりの観測時間が明らかに短くなっている時期と重なっている。観測時間が短くなると、標尺の温度差があまり大きくなる前に観測が終了するので、年周の変動は小さくなると予想され、これも予想と事実が整合する。

４．今後の課題

一方、定量的に考えた場合、標尺の温度膨張係数と南北標尺の温度差、観測回数を標準的な値で試算した場合、予想される振幅は実際の１／４程度である点は、まだ仮説に不十分な点があることを思わせる。標尺の温度差は南北で８℃近くになるという実験例もあるが、実測により季節毎の温度差の違いを検討することが必要である。それとともに、観測時間帯や日射の状況を手簿から集計して線形回帰からの残差に相関があるかを今後は検討していく予定である。