

2.8.

GPSによる天測精度判定

Analysis of Training the Astronomical fixed Position from GPS position

林敏史 高須康介 栗田嘉宥 濱田浩明 高橋恵子 萩田隆一¹⁾

¹⁾ 東京水産大学練習船

1.はじめに

天測における位置の誤差は、航海士の日常の業務において統計的に 1.07 μ 前後と推定されている。この値には、測定誤差、水平線の不良、表計算の誤差、高度改正の誤差等の全ての誤差が含まれている。近年、GPSの発達によって洋上における船舶の位置は、簡単に求められるようになり汎世界的なシステムとして海上陸上を問わず利用されている。しかし、船舶設備規定では六分儀の設置が、現在でも義務づけられておりその使用方法は古今変わるものではない。また、六分儀を使用した天体高度測定による球面三角法等による位置計算方法（以下天測と称する）、特に六分儀での天体の高度測定は、様々な状況での経験が必要とされることから天測実習には多くの時間を必要としている。ここで天測の精度を効果的に向上させるため、GPSの位置情報を利用した有効な天測実習を模索することを目的として実習を行い、若干の知見を得たのでここに報告する。

2.方法

天測の誤差には、計算誤差、位置の線転移誤差、位置記入図への記入誤差等があるが、今回は、六分儀の個人誤差を指標とするため、子午線正中時高度緯度法（この方法は子午線正中時に最も高く上がった太陽の高度を測定することにより現在の緯度を知り得る最も簡易的な方法として現在でも多くの船舶が利用している方法である。）の緯度誤差を天測実習の効果の指標とした。実測緯度は、GPSからの位置情報の緯度を基準とした。測定は、航海中太陽を視認できない曇の日を除き毎日行い、測定前には六分儀本体の誤差修正および器差修正を行った。

実習効果向上の試みとして、測定結果を個人誤差表として掲示（表1）し、個人の測定誤差を確認させ精度の向上を促した。また37航海乗船学生には、固定点において太陽高度変化の感覚および六分儀の傾きやマイクロメータの読みとりミスによる誤差の確認を個別に行い、全般的な説明のみ行った34航海乗船学生の航海中の誤差結果と37時航海乗船学生の誤差結果を比較した。

3.結果

図1に34航海及び37航海の実習全期間の天測誤差を示す。航海日数はどちらも約50日間、航路（各報告書1.3.航跡図参照）もほぼ同じコースであったが、天候不良のため天測実施日数は34航海で16日、37航海では26日であった。全体的に実習を開始してから急激に精度が上昇するが、前半の測定誤差340~440 μ の値は、業務上全く使用できないものであった。また図2に誤差別人数の割合を示す。誤差の範囲を0.57 μ 以内、0.6~17 μ 以内、1.1~27 μ 以内、2.1~37 μ 以内、3.1~47 μ 以内、4.1~57 μ 以内及び5.17 μ 以上の7つの枠に設定し、また実習期間を寄港地毎の前期、中期、後期の3つ区分し統計的処理を行った。この結果、誤差が57 μ 以内において34航海においては38%から59%、79%と実習を重ねることに精度が向上し、また37航海では同様に56%から76%、82%と向上した。固定点で行った誤差修正の結果の一部を図3に示す。

表1 個人誤差一覧表（37次航海後期）

学生	3月4日	3月5日	3月6日	3月7日	3月8日	3月9日	3月10日	3月11日	3月12日	3月13日	平均	標準偏差	
A1	-0.48	0.52		-0.34	-2.43		-0.71				-0.69	1.08	
A2	6.32	-3.08	20.86	-10.04	-12.33						-8.00	10.22	
A3	-0.68	0.02			-2.63	0.68					-0.65	1.43	
A4	-0.58	0.88		-2.54	7.47		0.79				0.85	3.99	
A5	1.32			0.86	0.17		0.59	-0.29			0.53	0.62	
A6	-1.98			-0.44	6.27		-2.71				0.29	4.10	
A7	3.02		1.54		-0.93		0.69				1.08	1.85	
A8	43.05		-46.91		-8.40		-15.98				-7.06	37.33	
A9	-1.68				-0.63		-2.21	-3.39		-2.67	-2.11	1.04	
A10				-3.16	-0.03		0.79				-0.80	2.09	
A11	0.42			0.84	-0.73						0.18	0.81	
A12	-0.48		-0.46		-2.23		-1.01			-1.17	-1.07	0.72	
A13	0.42	4.72		0.16				-27.69	3.82	3.82	-2.46	12.51	
A14		0.56	0.43	0.50				0.51	0.32	0.32	0.44	0.10	
A15		-0.14	0.03	-6.10	-0.13		0.29	-1.09		0.63	-0.80	2.36	
A16	2.12			-0.54	19.27		-2.91	-7.79			2.03	10.30	
A17	1.22	2.92		0.26	1.57	-0.73	1.19	-1.39			0.72	1.46	
A18	-1.17	9.62	-2.56	0.94		8.33	-3.51	11.49			3.22	6.38	
A19	-6.28	2.12	-4.46	-7.04	-15.23		-5.11				-9.17	-6.45	5.23
A20				0.95	4.07						-5.17	-0.05	4.70
A21		-1.08		-9.44		0.08		7.59		1.46	-0.28	6.12	
A22		-4.08		-3.64		-0.23		-1.29			-2.31	1.85	
A23		1.32		0.11		2.73		-0.59			0.89	1.45	
平均	2.75	0.97	-7.56	-2.27	-0.40	1.81	-2.13	-2.18	2.07	-1.47	-0.98	3.93	
off	0.62	-1.32	0.64	0.46	0.07	0.38	0.19	-0.59	0.72	-0.17	0.36	0.53	
GPSlat	9-16.07	8-22.17	8-54.16	12-21.61	15-26.21	19-45.02	23-31.81	27-31.38	30-55.27	33-28.36			

学生(A1~A23)及び航海士(Off)の測定誤差一覧表の例
 誤差(μ)=GPSのLat(緯度)-個人測定Lat(緯度)
 -の数値は実際の高度よりも高く測定し、+の数値は実際の高度よりも低く測定していることを示す。
 上記の一覧表は入港毎に掲示した。

学生(A1)の測定した高度と算出した太陽の高度との曲線から、初回は太陽高度を低く測定し、後半は腕が下がったために高く測定したことが判明した。このように個別に誤差を調査し提示した。また数秒で大きく太陽高度が変化すること、六分儀の目盛り読みとり方を確認することなど基本認識を高めることにより全体の精度が向上した。特に34次航海と37次航海の各前期において57名以内の誤差精度を比較すると38%から56%と37次航海乗船学生の割合が1.5倍が増加した。

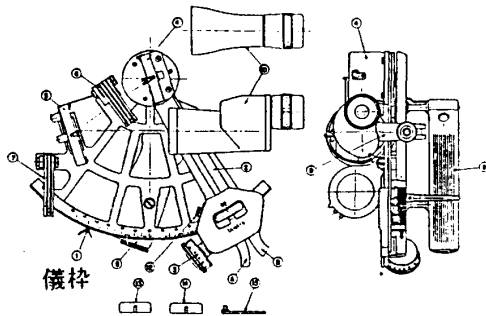


図4 六分儀の構成図

4. 考察

初期段階における桁外れの誤差要因は、六分儀(図4)の儀枠上の角度度数の読み取り誤差、船体動揺による垂直方向の誤差及び六分儀を傾けての測定による誤差、視野と水平線の不良による誤差、計算表及び天測暦の読みとり誤差等であり、これらの誤差を少なくするため、固定点での基本動作の確認と個人誤差の指摘が有効であった。

初期段階から中期にかけて、個人的に誤差に対する改善を模索する結果、回数を重ねることに誤差が徐々に小さくなっている。この曲線から天測実習の必要期間考慮すると、約50%の学生が誤差17名以内になることを目標におくと、約1週間毎の誤差表を掲示を条件として3週間以上の実習期間が必要であると思われる。ここでは気象海象については省略したが、誤差平均値の上下の揺れとの関係を考慮したい。今後も天測実習と最新航海計器とに相関をもたせ、効率のよい実習を考慮していきたい。

参考文献

船位誤差論 I 広田実 日本航海学会誌 41(1969)
 太陽観測による正午位置決定に就いて 平岩節 日本航海学会誌 6(1952)

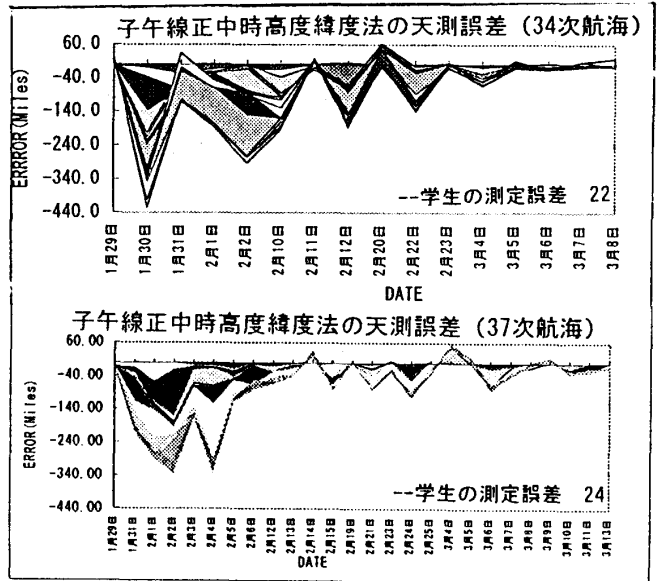
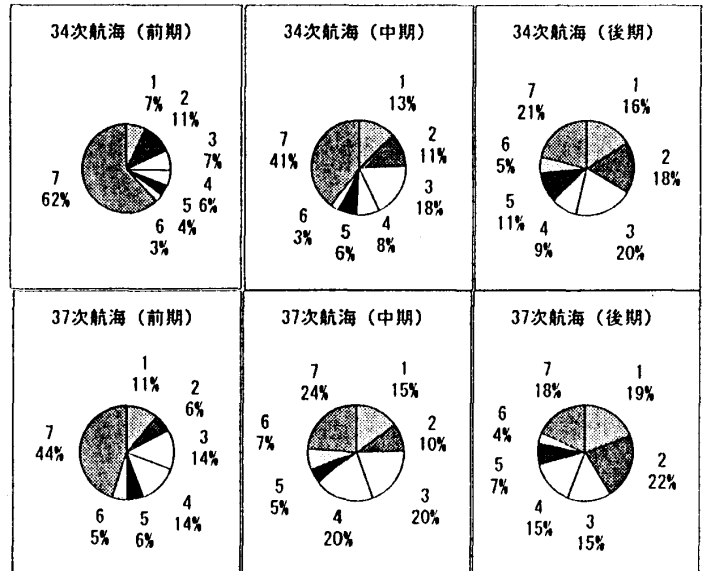


図1 34及び37次航海全期間での天測実習における誤差の状況



1: 誤差0.57分以内 2: 誤差0.5~1.07分 3: 誤差1.1~2.07分 4: 2.1~3.07分
 5: 誤差3.1~4.07分 6: 誤差4.1~5.07分 7: 誤差5.17分以上

図2 子午線正中時高度緯度法による六分儀測定誤差の人数の割合

上段 34次航海乗船学生22名の前期、中期、後期の各誤差の人数の割合
 下段 37次航海乗船学生24名の前期、中期、後期の各誤差の人数の割合

*前期: 出港してから最初の寄港地まで

*中期: 最初の寄港地から2つめの寄港地まで 但し船延縄操業実習中は除く

*後期: 2つめの寄港地から帰港するまで

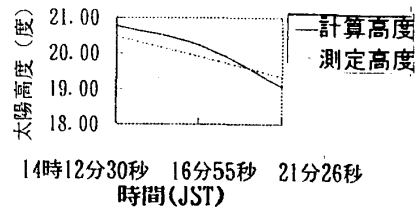


図3 太陽の計算高度と個人の測定高度(例として学生 A1)位置が正確にわかっている固定点(停泊中)にて太陽高度の短時間連続測定を行い個人誤差を検出する。