荒 天 錨 泊 に 関 す る 研 究

——錨泊中の実船における錨鎖張力の測定について——

斎藤 重信*・横須賀勇一**

A Study on Anchoring in Stormy Weather

——On the Measurement of Ship's Cable Tension at Anchor——

Shigenobu SAITOH and Yuichi YOKOSUKA

Abstract

A vessel anchoring at single anchor in stormy weather will often sheer violently tacking back and forth across the wind repeatedly, and in the worst case, there is a possibility of dragging her anchor.

The study of the remedies against dragging the anchor under stormy weather requires the elucidation of shock load of the anchor cable.

From this point of view, we would like to report our newly devised cable tension meter and some knowledges we have acquired using this on the experiments on board.

The results of our experiments are as follows:

1. Newly devised cable tension meter can be put to practical use in due consideration of easy handling, cheapness and speed etc.
2. Impulsive cable tension in yawing motion occurs not at the time when her heading coincides with the cable direction as has ever been known but much later when the cable direction stands at about 50° to her heading.
3. The cause of one occurrence of impulsive cable tension in yawing motion should be considered not only in terms of ship motion but also in terms of 'the snapping phenomenon of the cable in the sea' which is caused by ship motion. In this sense, impulsive cable tension is to be called 'snap load' instead of 'shock load'.

1. は じ め に

「荒天錨泊に関する研究」というテーマの歴史は長く、文献(1)による谷の理論解析に始まり、これまでに多くの研究が積み重ねられ、ある程度の走錨監視方策が立てられつつある。

しかしながら、近年、VLCCやPCCが出現し、船型の大型化・多様化に伴って、船舶の走錨事故が単に本船のみの損失に止らず、大きな二次災害を引き起こすこととなってきた。これらの船舶の錨泊の安全については、技術革新が高度に進んでいる現状にありながら、錨泊状態を検知するセンサーはほとんどなく、専ら運航者の労力と経験に頼っている状態であるが、在来船の経験則のみでは対応しきれない問題が生じてきている。その原因は特殊な船型にもとづく船体挙動に起因するものと考えられるが、実態は未だ把握されていない。

在来船も含めて、現在の「船舶の荒天錨泊時における走錨監視方策の重要な課題」は、次の4点である。

- ① 錨泊方法についてのアドバイス態勢の確立
- ② 海底底質と把駐力の関係の解明

* 正会員 東京商船大学（東京都江東区越中島2-1-6）

** 正会員 航海訓練所（東京都千代田区霞ヶ関2-1-3）

③ 錨鎖張力と振れ回り運動との関連の解明

④ 実船における錨鎖張力の測定方法の開発

①については、文献 (5) (19) (21) (23) が提言を試み、②については、文献 (14) (15) (19) その他により徐々に解明されてきている。③については、文献 (1) (17) その他で理論解析、(4) (6) ~ (10) (19) (24) ~ (26) その他で模型実験が行われているが、実船実験の例は少なく、文献 (2) ~ (4) (11) ~ (13) (18) (20) ~ (22) (27) (28) に見る程度である。④については、文献(11)~(15)のウィンドラスの油圧測定という方法によるもの、(16)の錨鎖長の測定という方法によるもののみで、その他の実船実験は全てロードセルによる方法である。

従って、「荒天錨泊に関する研究」の要諦は「実船における錨鎖張力の測定」にあるとの見地から、本研究では④の「実船における錨鎖張力の測定方法の開発」ということに主眼をおいて、張力計の開発に努めてきたが、張力計にある程度の有効性が確認されたので報告する。

また、張力計の有効性確認のための実船実験の中で得られた若干の知見があるので、合わせて報告する。

2. 張力計の開発

実船における錨鎖張力の測定方法は、ロードセルによる方法が一般的である。ロードセルによる方法は、較正をしっかりと行い、舷外に取り付けることができれば、かなり正確なデータが得られるが、錨鎖間への取り付け作業に多大の労力と時間をかけねばならず、危急の場合の対処に問題がある。まして、総トン数1万トンを超える大型船では取り付けること自体到底不可能であろう。

また、ウィンドラスの油圧測定による方法は、ロードセルによる方法の利点と欠点がうらはらであり、ウィンドラスの構造は油圧でなければならず、左右舷別個に測定することはできない。

今回考案した張力計は、ロードセルによる方法とウィンドラスの油圧測定による方法の利点を合わせもち、安価であること、短時間に着脱可能であること、船の大きさ・種類を問わないこと、左右舷別個に測定できること等を念頭に設計した。

2.1 張力計について

張力計の有効性確認のための実船実験に使用した試供船は、航海訓練所練習船「大成丸」と東京商船大学練習船「汐路丸」であり、その要目等を表1・表2に示す。

表1 大成丸 要目等

総トン数	5,875.32	ton
全 長	124.84	m
垂線間長	115.00	m
幅	17.00	m
深さ	10.50	m
主機関	7,000	PS× 1 (タービン)
錨の重量(JNR TYPE)	3,455	kg× 2
錨の材質	SC 42	(ビーン S45C)
錨鎖の径(JIS GRADE2)	56	mm
保有錨鎖	250	m× 2
錨鎖の重量(1 節目)	1,789.3	kg(71.572kg/m)
(2 節目~10 節目)	1,745.5	kg(69.82 kg/m)
(「ジョイント」ジャックル)	30.3	kg
(アンカー ジャックル)	49.5	kg
錨鎖の材質	SBC 50	(ビーン SUS 304)

表2 汐路丸 要目等

総トン数	331.37	ton
全 長	41.40	m
垂線間長	37.00	m
幅	8.00	m
深さ	3.70	m
主機関	300	PS× 2 (ディーゼル)
錨の重量(JIS TYPE)	460	kg× 2
錨の材質		
錨鎖の径(JIS GRADE1)	25	mm
保有錨鎖	150	m× 2
錨鎖の重量(1 節目)	138	kg/m
錨鎖の材質		

張力計の測定原理は、錨鎖張力に対する錨鎖エンドリンク部のひずみ測定という形をとった。参考までに、ひずみ ε と引張り荷重 P 、試料の断面積 A 、そのヤング率 E との関係式を下記に示す。

$$\varepsilon = P/EA$$

張力計の構成は、錨鎖エンドリンクに取り付けるための取付金具(2組)と、取付金具間の錨鎖エンドリンクの表面ひずみを測定するためのセンサー(2個)からなる。取付金具の材質は、錨鎖の材質に近いSS-41 ユニクロメッキとし、センサーは、耐水性を考えプラスチックでモールドしたひずみゲージ式ひずみ計を使用した。

取付金具の間隔を定めるには、ひずみ計の計器長に合った治具 (JIG), あるいは模擬ひずみ計を使用する。

張力計の着脱に要する時間は、約10分程度である。

張力計の概観を図1・図2に、張力計の実船での取付状況を写真1に、ひずみ計の仕様を表3に示す。

大成丸用張力計と汐路丸用張力計は多少外観を異にするが、ひずみ計の外形寸法に左右されたためである。錨鎖径にもよるが、小型船では汐路丸型、大型船では大成丸型の張力計が適当であろう。

図1 張力計概観 (大成丸用)

図2 張力計概観 (汐路丸用)

写真1 張力計の実船での取付状況 (汐路丸)

表3 ひずみ計の仕様

外形寸法	68mm × 30mm × 10mm
歪測定範囲	-2000×10^{-6} ST ~ $+2000 \times 10^{-6}$ ST
計器長	40mm
出力電圧感度	1 mV / V (2000×10^{-6} ST)
初期不平衡	$\pm 2000 \times 10^{-6}$ ST以下
入出力抵抗	350 $\Omega \pm 3\%$
絶縁抵抗	500 M Ω / 25V D.C. 以上
許容温度範囲	-10℃ ~ +80℃
0点温度影響	0.1 % F.S. / °C

2. 2 張力計の校正

張力計の校正は、引張試験機 (東京商船大学 横型索引張試験機) により行った。引張試験荷重は、大成丸用錨鎖エンドリンクでは 0.1 ton ~ 10.0 ton, 汐路丸用錨鎖エンドリンクでは 0.1 ton ~ 8.5 ton であり、張力計と共に錨鎖エンドリンクに直接ひずみゲージを貼ったもの (4ゲージ法) のデータも記録した。

図3・図4に引張試験結果を示す。

回帰直線を見ると、ゲージ直接貼付 (4 GAGES) は計算値 (CALCULATED STRAIN) とよく一致している。また、張力計 (MOLD TYPE) は指示値は小さいが線形であり、有効性が確かめられた。

張力計の指示値が小さい理由についてはいろいろ考えられるが、はっきりとした原因は不明であり、今後検討の必要がある。ただし、ゲージと張力計の比が十数回に及ぶ引張試験で同様な結果を得ているので、実用上は問題がないと思われる。

図3 引張試験結果 (大成丸用張力計)

図4 引張試験結果 (汐路丸用張力計)

2. 3 張力計の温度影響

張力計の温度影響については、急激な温度変化がある場合に顕著である。また、ゲージ直接貼付によるものは、ほとんど温度影響は認められなかった。

実験は、張力計を錨鎖エンドリンクに取り付けた状態で無荷重のまま、引張試験機室を暖房あるいはドア開放という方法により温度差をつけ、張力計及びゲージの指示値を記録した。

図5に張力計の温度影響を示す。図5における温度 (TEMP.) 0°C は、動ひずみ測定器のゼロバランスをとった時の室温である。

図5を見るかぎり、決して少ない温度影響ではないが、実船において温度影響が大きくなることが予想される場合には、ゼロバランスをとり直すことにより対処できよう。

図5 張力計の温度影響

3. 実 船 実 験

実船実験は十数回行ったが、ここでは「汐路丸における主機関使用による強制走錨実験」と「大成丸における振れ回り測定実験」について述べる。

3. 1 走錨時の錨鎖張力の測定

図6に「汐路丸における主機関使用による強制走錨実験結果」を、表4にその実験諸元を示す。

汐路丸は可変ピッチプロペラ装備船であるが、実験はピッチ角 (一は後進ピッチ角を示す) -3° 、 -5° 、 -7° 、 -10° 、 -12.5° について行い、各ピッチ角を設定する前にピッチ角 0° として、錨鎖をホースパイプ真下にもたらした。図6の張力の変化は、

表4 汐路丸における強制走錨実験諸元

日	時	1985.7.24 (1518-1558)
場	所	館山湾 (水深 12 m 底質 v.so.M.Cy.)
気	象	風 South 5 m/sec 天候 b
海	象	うねり South 0.1 m 波高 0.1 m
喫	水	F:2.07 m A:3.49 m M:2.78 m
排水量		477.2 ton
正面受風面積		65 m ²
正横受風面積		195 m ²
使用錨・錨鎖		左舷錨 4 節 (+3m 短鎖) ON DECK

ピッチ角 -7° ・ -10° ・ -12.5° における張力計による錨鎖張力の生データである。

ピッチ角 -7° ・ -10° において、錨鎖張力は周期的な変動を示すが、ピッチ角 -7° 後進スラスト 1.0 ton では錨鎖張力は約 1.2 ton に、ピッチ角 -10° 後進スラスト 1.7 ton では錨鎖張力は約 1.7 ton に徐々に収束して行くのがわかる。

ところが、ピッチ角 -12.5° 後進スラスト 1.9 ton をかけた後の錨鎖張力の変化傾向は、ピッチ角 -7° ・ -10° の場合と比べ、かなり異なった“のこぎり刃状態”を示しており、あきらかに錨が転倒し海底を移動している走錨現象をとらえていると言える。走錨は、アンカーブイの移動とログスピード（走錨速度最大 4.2ノット）で確認した。また、走錨現象を示す錨鎖張力の中で見られる小さな二つの山は、転倒した錨が元に戻ろうとする様子を表わしているようである。

これまで、張力計の動特性の説明が不十分であったが、図6を見る限り十分に動的な反応を示しており、今後の走錨監視方策の一助となりうる可能性があることがわかった。

3. 2 振れ回り運動の中の錨鎖張力

図7(a)(b)(c)・図8(a)(b)(c)に「大成丸における振れ回り測定実験結果」を、表5にその実験諸元を示す。

図7(a)・図8(a)は、大成丸に装備してある、ドップラーソナー及び船体運動軌跡記録装置(FURUNO FM-110-NAV)によるデータから、船体振れ回り運動の1周期分を解析・作図したものであり、船体の長さは垂線間長を示し、重心位置はコンディション計算によった。また、錨鎖張力ベクトルの大きさはゲージ張力、錨鎖方位はダムカードによる目視観測によって得た。

図7(b)・図8(b)は、船首方位・錨鎖方位・錨鎖角速度・ゲージ張力及び張力計の張力を時間ベースで示してある。錨鎖角速度は、錨鎖方位の変化に船首方位の変化を加えたもので、錨鎖が船体に対して右方向に移動する場合を正(+)とした。ゲージ張力及び張力計の張力は生データである。

図7(c)・図8(c)は、ポテンショ風向計(MAKINO VR036)と光電風速計(MAKINO 750S)を船首部に取り付けて得た、風向・風速の生データである。

以上の資料により検討してみると、次のことが言える。

- (1) 図7(a)(b)の0905, 0912付近、及び図8(a)(b)の1340, 1347付近で衝撃的な錨鎖張力が発生しているが、模型実験等で得られた「錨鎖に大きな衝撃力が発生する時機は、船が風に立ってのち反対舷に落とされて行く途中の錨鎖と船首尾線がほぼ一線になる付近」という説と異なり、その時の錨鎖方位は、船首方位に対して 30° ・ 70° となっている。また、振れ回りの中での船首方位の変化は 70° ・ 80° であるが、錨鎖方位の変化は倍以上の 180° ・ 190° である。これらの現象は、我々の知見にないことであり理解に苦しむところであるが、衝撃的な錨鎖張力を shock load ととらえるより、むしろ snap load としてとらえ“錨鎖が海中でムチのようになっている”との仮説の上にとれば納得できる。
- (2) 錨使用舷で衝撃的な錨鎖張力が発生する場合には、錨鎖の動きが一旦止まる。また、衝撃的な錨鎖張力の後には、必ず第2あるいは第3の山が現われる。
- (3) 張力計の動特性については、ゲージ張力が正しい錨鎖張力を示しているとすれば、張力計の張力はゲージ張力の動きをよくとらえていると言える。
- (4) 風速の変化傾向は、錨鎖張力の変動の様子とよく似ていて、なんらかの因果関係があると思われる。
- (5) 大成丸では、通常の衝撃的な錨鎖張力は、平均風速と同じ値(ton)で表わすことができ(正面風圧の約3

図6 汐路丸における主機関使用による強制走錨実験結果

図7(a) 船体軌跡

図7(b) 船首方位・錨鎖方位・錨鎖角速度・ゲージ張力・張力計張力

図7(c) 風向・風速

図7 大成丸における振れ回り測定実験結果—1

図8 (a) 船体軌跡

図8 (b) 船首方位・錨鎖方位・錨鎖角速度・ゲージ張力・張力計張力

図8 (c) 風向・風速

図8 大成丸における振れ回り測定実験結果—2

倍), ときおりその 1.5 倍程度の錨鎖張力がかかる
(正面風圧の約 5 倍)。

4. 考 察

今回の, 実船における錨鎖張力の測定に関する一連の実験結果から, 次のことが言える。

- (1) 今回考案した張力計は, まだ若干の問題はあるにしても, 安価, 短時間の着脱, 操作性, 船の大きさ・種類を問わない等を考慮すると十分実用に供することができ, 荒天錨泊時の走錨監視方策の一助となりうる。
- (2) 実船実験で, 張力計は十分に動的な反応を示し, 海底・海中での錨・錨鎖の様子がある程度推察できることから, 今後の荒天錨泊に関する研究での利用価値は大きい。
- (3) 強制走錨実験は, 海底底質と把駐力の関係の解明という点から見ても, 今後, 数多く行われるべきである。
- (4) 振れ回りの中での衝撃的な錨鎖張力の発生時機は, 今までの知見「船首尾線と錨鎖方位の一致したところ」と異なり, もっと遅れた時機, すなわち「船首方位に対して錨鎖方位が 50° 前後となるところ」である。
- (5) 振れ回りの中での衝撃的な錨鎖張力の発生原因は, 船体運動によるものだけでなく, 船体運動に起因する「海中での錨鎖のしなり現象」を考えなければならない。その意味では, 衝撃的な錨鎖張力を shock load と呼ぶより, むしろ snap load と呼ぶべきであろう。

5. むすびと謝辞

「荒天錨泊に関する研究」というテーマを考えてみると, 錨泊中の船舶を, 海上にある船体, 海中にある錨鎖, 海底にある錨・錨鎖という一つの係留系としてとらえることができ, 次の三つのサブテーマに分けることができる。

- (1) 海底底質と錨・錨鎖の把駐力との関係の解明に関する研究
- (2) 海中における錨鎖の挙動に関する研究
- (3) 海上の船体運動に関する研究

各々のサブテーマに密接に関連しているものは錨鎖張力であり, 実船における錨鎖張力の測定が一つの鍵を握っていると言っても過言ではない。今回考案した張力計がその一助となれば幸いである。

また, これまでの実船実験で得られた新しい知見については, さらに実験検討を加えなければならないことは言うまでもないが, 今後得られるであろう知見のためにも, 有識者のご意見をうかがえれば幸いである。

今回の実験に際しては, 大成丸の黒田不二夫・望月二郎両船長, 有田彰男一等航海士をはじめ乗組員の方々, 汐路丸の佐藤修臣・鶴田三郎両船長をはじめ乗組員の方々の惜しみない協力を得て, 十数回にも及ぶ実船実験を行うことができた。ここに深甚なる謝意を表する次第です。

また, 航海訓練所橋本進教授には的確な御助言をいただき, 塩崎雅敏教授・八木健之教授・矢吹英雄助教授には共同研究遂行にあたり御尽力を仰ぎ, 鞠谷宏士学長をはじめとする東京商船大学水槽懇談会のメンバーの方々には実験結果について御討論いただいたことを付記します。

最後に, 本研究を行うにあたり種々有益な御助言をいただいた, 東京商船大学久々宮久教授に深く感謝いたします。

参 考 文 献

- (1) 谷 初蔵: 荒天錨泊法に関する一, 二の問題, 海務学院研究報告, 第4号, 昭25年3月
- (2) 橋本 進: 黒潮丸の振れ廻りと錨鎖張力, 航海訓練所調査研究時報, 第1号, 昭26年1月
- (3) 橋本 進: ある時の黒潮丸の振れ廻り(振れ廻りの再考察), 航海訓練所調査研究時報, 第6号, 昭27年5月
- (4) 橋本 進・市原義三: 単錨泊中の船の振れ廻りについて, 航海訓練所調査研究時報, 第11号, 昭29年3月

表5 大成丸における振れ回り測定実験諸元

日	時	1985.4.4 (0851-0930, 1311-1400)	
場	所	館山湾 (水深 27 m 底質 so.M.Cy.)	
気	象	風 SSE 12 ~ 16 m/sec	天候 r
海	象	うねり South 1 ~ 1.5 m	波高 0.3 ~ 0.5 m
喫	水	F: 4.35 m	A: 5.93 m M: 5.14 m
		TRIM: 1.58 m B/S	
排	水	量 5945.8 ton (CG 2.49 m)	
正	面	受風面積 267 m ²	
正	横	受風面積 1315 m ²	
使用	錨・錨鎖	右舷錨 8 節 ON DECK	

- (5) 日本航海学会：東京湾の台風対策について，航海，第12号，昭35年9月
- (6) 米田謹次郎・野原・岡田・鞠谷他2名：荒天錨泊法に関する実験研究（第1報）—三島型貨物船について—東京商船大学研究報告，第11号，昭35年9月
- (7) 米田謹次郎・野原・岡田・鞠谷他2名：荒天錨泊法に関する実験研究（第2報）—船尾機関船橋船および油槽船について—，東京商船大学研究報告，第12号，昭36年9月
- (8) 米田謹次郎・野原・谷・鞠谷他4名：荒天錨泊法に関する実験研究—風浪中の錨泊について—，東京商船大学研究報告，第17号，昭41年9月
- (9) 岩井 聰・矢島澄夫：係泊船に働く風圧力について，日本航海学会誌，第26号，昭36年12月
- (10) 岩井 聰・川島富雄：係泊船に働く風圧力について II，日本航海学会誌，第30号，昭38年12月
- (11) 池田 勲・藤井春三：練習船進徳丸の錨鎖張力の測定について（その1），航海訓練所調査研究時報，第32号，昭40年3月
- (12) 白沢高康・加藤昭三・軍司吉樹：練習船進徳丸の錨鎖張力の測定について（その2），航海訓練所調査研究時報，第39号，昭43年1月
- (13) 白沢高康・軍司吉樹・山崎重勝：練習船進徳丸の錨鎖張力の測定について（その3），航海訓練所調査研究時報，第41号，昭44年3月
- (14) 佐藤修臣・小倉重雄：錨かきに関する実船実験（第1報），航海訓練所調査研究時報，第38号，昭42年6月
- (15) 佐藤修臣・小倉重雄：錨かきに関する実船実験（第2報），航海訓練所調査研究時報，第40号，昭43年6月
- (16) 三川清人・鈴木三郎：錨鎖長による錨鎖の張力測定について，航海訓練所調査研究時報，第42号，昭44年9月
- (17) 志波久光：船の振れ回りと錨鎖張力，日本海事協会技術研究所報告，Vol.1，昭45年12月
- (18) 川島富雄：練習船大島丸単錨泊中のふれまわり運動について，商船高等専門学校紀要，第5号，昭48年3月
- (19) 日本海難防止協会：大型専用船の錨泊の安全に関する調査研究，完了報告書，昭51年3月
- (20) 藤井照久・橋本・大本・松原他3名：錨泊中の実船の振れ回り軌跡について，日本航海学会論文集，第62号，昭55年1月
- (21) 橋本 進・山田豊三郎・斎藤重信：東京湾における台風避難対策について，航海訓練所調査研究時報，第59号，昭58年9月
- (22) 橋本 進・山田豊三郎・矢野吉治：荒天錨泊中の振れ回り運動の抑止策について，日本航海学会論文集，第69号，昭58年9月
- (23) 日本海難防止協会：主要港湾における台風対策，海と安全，昭55年9・10・11月，昭56年8・10月
- (24) 井上欣三：単錨泊船の振れ回り運動中に生じる錨鎖張力の緩和に関する研究—I—錨鎖張力の大きさに影響を及ぼす要因の分析—，日本航海学会論文集，第65号，昭56年10月
- (25) 井上欣三：単錨泊船の振れ回り運動中に生じる錨鎖張力の緩和に関する研究-II—バウスラスターを利用した錨鎖張力の緩和—，日本航海学会論文集，第66号，昭57年2月
- (26) 井上欣三：荒天中錨泊の安全性向上に関する研究，航海，第84号，昭60年6月
- (27) 嶋村照夫・本間一平：錨泊中の振れまわりに関する研究，東京商船大学卒業論文，昭51年4月
- (28) 板垣一視：一点係留時の汐路丸のふれまわりについて，東京商船大学卒業論文，昭54年6月
- (29) 渡辺 理：ひずみゲージとその応用，日刊工業新聞社
- (30) 岩井 聰：新訂操船論，海文堂

質 疑 応 答

井上欣三（神戸商船大学）：実船実験の貴重なデータを示していただき、ありがたく思います。

衝撃的な錨鎖張力の発生場所が、船首尾線と錨鎖方位の一致したところと若干異なるという知見につきましては、私共の実験でも同様の結果を得ており、風圧中心が前方にあり、振れ回りが激しい船ではむしろ当然ではないかと考えます。

- (1) 実船実験に使用された錨の種類とその要目を示して下さい。

- (2) 強制走錨実験の結果で、錨鎖張力値が周期的に波打っている様子が見られますが、この時海底の錨はどのような挙動をしていると推察されますか。
- (3) この研究における走錨の定義を教えてください。そして、計測によって得られる張力値とここで定義された走錨とを、どのように関連付けようとしているのかお考えをお示し下さい。

斎藤重信：御討論ありがとうございます。

- (1) 大成丸の錨は JNR 型で、汐路丸の錨は JIS 型です。詳しい要目につきましては表 1 (大成丸要目等) と表 2 (汐路丸要目等) の通りです。
- (2) 海底の錨の挙動につきましては、推察の域をでないのですが、図 6 のピッチ角 $-7^{\circ} \sim -10^{\circ}$ における錨鎖張力の周期的変動は、船体の振れ回り運動によるものと考えます。
- (3) 走錨の定義は、海底における錨の移動と考えます。また、錨鎖張力と走錨との関連につきましては、図 7・図 8 の衝撃的な張力の発生する場所での錨鎖方位を考えますと、錨鎖が海中においてムチのようにになっている等の現象が考えられます。従いまして、この衝撃的な張力がどのようにして起こるのかということの解明が先決だと考えます。

及川 清 (東京商船大学)：錨鎖方位の測定精度はどの程度でしょうか。

斎藤重信：錨鎖方位については、何か適当なセンサーがないかと思っていますが、今のところありません。やはり、慣れた航海士あるいは乗組員が、ダムカード等を使用して計測するのが現時点では最良と考えます。従って、風が吹き雨が降る状況の中での計測では、錨鎖の伏角によっては 10° あるいは 20° 程度の観測誤差が出る可能性もあります。