

深江丸の航海計器

船橋・操舵室

GPS コンパス

磁気コンパス

伝声管



レーダ ARPA
(Xバンド)

エンジン
テレグラフ

舵輪

レピータ
コンパス
(ジャイロコンパス)

スラスト
ダイヤル

レーダ ARPA
(Sバンド)

前面窓上のメータ類

Stern Bow

スラスト翼角指示器

主軸回転計

CPP 翼角

舵角指示器

EM ロク^{*} 速度計

風速計

風向計

時計



1. スラスト翼角指示器 (Bow : 船首, Stern : 船尾)

サイドスラスト (横移動装置) の可変ピッチプロペラの翼角を示す。船首・船尾の喫水線下にあるトンネル内にスクリーブプロペラが横向きについている。その軸はモータ (電動機) で回転させるが、翼は可変ピッチプロペラになっており油圧によりピッチ角を変える。メータはその翼角 (ピッチ角) を指示している。スラストは Bow, Stern それぞれ左または右に水流を出すことにより、離着岸時等に船を横方向に移動させたりその場で回転させたりするために用いられる。

スラストの操作は、操舵スタンド右側のダイヤルで行う。



Port Sterboard
スタン

Port Sterboard
バウ



バウ

スタン



バウスラスト



船首部

船尾部



スタンスラスト



スクリーブプロペラ (主軸)

舵

2. 主軸回転計

船を進めるための船尾のスクリュープロペラがついている軸（主軸：Main Shaft）の分あたりの回転数（r.p.m. = Revolutin per minutes）を示す。深江丸では、Stand by で 225rpm，Ring Up で 305rpm である。

なお，主軸は減速されているため，主機関の回転数は主軸回転数より高い（Stand by で 500rpm，Ring Up で 673rpm 程度）。主機関回転数はNCCに回転計がある。



主軸回転計

3. CPP 翼角

深江丸の船尾のスクリュープロペラは可変ピッチ（CPP）であり，そのピッチ角（翼角）を示している。前進・後進とも軸の回転方向は変わらず（深江丸は左回り），後ろ向きまたは前向きに水流を出すように翼のピッチ角を変えることで前後進を変える。また，速度を制御する際にも主軸の回転数は一定で，ピッチ角を変えることで行う。深江丸のピッチ角は下記のとおり。



なお，深江丸では機関停止（前後いずれにも推力を生じない状態）は0度ではなく - 1度である。

プロペラピッチ角は，操舵スタンド左側のエンジンテレグラフで操作する。



Astern Ahead
CPP 翼角指示器

Full Ahead（全速前進）：20度， Half Ahead（半速前進）：15度，
Slow Ahead（微速前進）：10度， Dead Slow Ahead（極微速前進）：7度，
Stop Engine（機関停止）：- 1度，
Dead Slow Astern（極微速後進）：- 7度， Slow Astern（微速後進）：- 9度，
Half Astern（半速後進）：- 12度， Full Astern（全速後進）：- 15度



CPP：+ 20度



CPP：0度



CPP：- 15度

舵角指示器

4. 舵角指示器

操舵スタンドの舵輪（Wheel）を回すと電気信号により操舵機へ舵角の指示が送られ，油圧の力により舵が動く。その舵の動き（舵の角度）を示す。深江丸は一般的な舵の形式で，左右とも約 35度まで切ることができる。

舵輪の手もとの目盛りは目安であり，実際の舵



舵輪と目盛り



Port Starboard

の動きは舵角指示器が示している。舵輪自体は簡単に動くが、実際に舵が指示どおりの角度まで動くには若干時間がかかり、大きな舵を切ったときには遅れが顕著となる。

5. EM ログ (電磁ログ)

EM (Electro Magnetic = 電磁) ログによる速力を示す。EM ログはその原理から対水速力を測定する。フレミングの右手の法則に基づき、磁界中を導体が運動すると、その導体に電流が発生する。船底の EM ログ受感部には電磁石 (コイル) により磁界がかけられていて、そこを海水 (導体) が移動することにより、船底に出た電極間に電流が発生する。その電流は導体である海水の移動速度に比例して発生するため、これを増幅して電流計に適切に目盛りをつけておけば速度計となる。なお、ログとは速力ではなく航行した距離の意味もあるが、速力に時間を掛ければ距離になるし、航行した距離を時間で割れば速力になるので、ログは速力と航行距離の両方を計る計器を意味する。



船体側

海底側

EM ログ受感部 (カットモデル)

6. 風速計

本船に対する相対的な風速を示す。単位は外側が m/s, 内側がノット (kts)。気象を観測して記録する際の風向, 風速は、その地点において静止している状態での風 (真風向, 真風速) なので、船が動いている場合、風向計, 風速計の値はいずれも船の動きが加わったものが計測される。従って、真風向, 真風速は、計測した相対風向, 相対風速から、船の移動ベクトル (真針路: COG, 対地速力: SOG) により補正した後、船首方位を加減して風向を東西南北 (16 方向) に補正しなければならない。

7. 風向計

本船に対する相対的な風向を角度で示す。正船首が 0 度で、左舷側, 右舷側それぞれ 180 度まで。

8. 時計

船内時刻を示す時計。航海に用いるあらゆる時間はこの時計による (個人の腕時計等は使用しない)。



EM ログ・速力指示器



風速計



風向計



時計

船橋前面の右舷側（天井から吊り下げ）

9．ドップラーログ

超音波を用い、ドップラー効果により速力を計る。移動体から発せられた音を固定地点で観測すると、近づいてくる時には元の音より高く、遠ざかっていくときには低くなり、その変化は速度の関数となるというのがドップラー効果である。船底から超音波を海底にむけ送信し、海底面から反射してもどってきたのを受信して周波数を測定すれば、送信周波数と比較することによりドップラー効果の原理式から速度が算出できる。これにより求めた速力を表示する。また計測した速力に時間を掛けることで、一定時間ごとの航行距離を算出して積算し距離計としての数値も表示できる。深江丸のドップラーログは、前後方向と左右方向の速力がそれぞれ別に測定できるので、それらの値をもとにベクトル計算することで、風や潮流の影響により船がどれだけ左右に流されているか（船首方位と真針路のずれ）も測定できる。



ドップラーログ指示器

操舵スタンドの上（天井から下がっている筒状のもの）

10．磁気コンパス

磁石により方位を測定するもの。磁石を糸でつるすと地磁気によりN極が北（磁北）を、S極が南を指すという原理により方角を測るもので、実際には磁石をつけたコンパスカードを液体（アルコールと蒸留水の混合液）に浮かせてある。磁北は真北（北極点）からはずれているため、磁気コンパスで測った方位（磁北を0とする磁針方位）は、真方位（真北を0度とする方位）からはずれている。これを偏差といい、その大きさおよび向き（西向きにずれるか東向きにずれるか）は地域によって異なる。日本付近では6～7度程度西にずれる。このため、大型船では、磁気コンパスを航海に用いることはほとんどなく、真方位が測定できるジャイロコンパスを用いるが、磁気コンパスは構造が簡単で原理的には電源を必要としないため、通常はジャイロコンパスを用いる大型船でもバックアップとして磁気コンパスを装備する船がほとんどである。



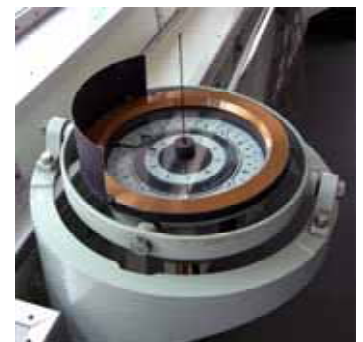
磁気コンパス

船橋前面中央（コマンダーコンパス）・両舷ウイング・操舵スタンド（レピータコンパス）

11．ジャイロコンパス

コマを高速で回転させ続けると、常に一定の方向を向き続け、コマの軸を動かしてももとに戻ろうとする、という性質を利用し、コマをモータで回転させて最初に北を向けておけば、北を指し続けるという原理により方位を測定する計器である。ただし、宇宙空間における一定の方向を示すので、コンパスとしては、地球の自転に合わせてコマを回転させる工夫が必要である。

しかし、ジャイロコンパスは磁気コンパスと違って、真北（北極点）を指すので、真方位を測定することができるので、小型の漁船やモーターボート



コマンダ・コンパス

等を除いて船舶の運航に一般的に用いられる方位測定のための計器である。ただし、コマ（実際には円盤）が安定して一定方向を指すようになるまで通常2～3時間程度を要し、電源を入れてから使用できるようになるまで相当の時間がかかる。なお、原理によりジャイロコンパスは、アンシューツ系とスペリー系に大別される。

このコマを有するジャイロコンパス本体は、深江丸の重心近くでなるべく船体動揺の影響を受けにくい、上甲板・船体中心付近の機器室（データ処理室の後ろ側）に1台設置されていて（マスターコンパス）、船橋にあるジャイロコンパスはすべてマスターコンパスからの電気信号により駆動されている表示器である。これをレピータコンパスという。そのうち、船橋前面の航海士が主に使うものをとくにコマングダ・コンパスということがある。



レピータ・コンパス
(船橋ウイング)



ジャイロコンパス本体
(機器室)



ジャイロ(コマ)のカットモデル



レピータ・コンパス
(操舵スタンド)

操舵スタンド後ろの壁

12. 音響測深機

船底から超音波を海底方向に向けて発信し、海底または物体に反射して戻ってくるまでの時間を計測することで、水中のどの深さに反射するものがあるかを図にして示す装置である。時間とともに水深がグラフで示されるので、船が通った場所の海底の形状を知ることができる。測深機として水深を測る場合には、超音波を反射する物体は海底となるが、海底より浅いところでも超音波を反射するものがあれば、図中で像となって現れる。それは魚群の可能性があり、音響測深器と魚群探知機は同じ原理のものである。商船では水深を測るために用い、漁船では魚群を探すために用いる。水深は、投錨操船の際に必要なデータである。また、水深から概ねの位置を測定することができる場合もある。深江丸の音響測深器は旧式で、感熱式の記録紙に表示する形式だが、最近は液晶ディスプレイにカラーで表示されるものが主流となっている。



音響測深機

船橋後部

13. GPS

地球の周り，上空約 20,000km で赤道面に対して約 55 度傾いた極軌道（全部で6つ）に4個ずつ計24個の衛星が，約11時間58分（= 0.5 恒星日）の周期で周回しており，それらの衛星から送信されてくる時報信号を受信して，電波が到達するのに要した時間により衛星までの距離を計算し，3つ以上の衛星までの距離がわかれば各衛星を中心とする球面（空間中の等距離の点の集まり）の交点を受信点として決定される．その位置の緯度経度を正確に計算して表示するのが GPS 受信機である．3個以上の衛星からの電波を受信すれば地球上の位置（緯度経度）が測定でき（2次元測位），4個以上の衛星から受信できれば高度も含めた3次元測位が可能である．緯度経度については，通常でも誤差数メートル以下の高精度で測定できるが，高度については，あまり精度は高くない．船舶の運航においては2次元測位が正確であれば高度は必要ないので問題ない．しかし，近年電子海図等と合わせて利用する場合に岸壁への着岸などでは，緯度経度について誤差数メートルでは問題となる状況も出てきた．また，誤差の要因には電離層の影響等もある上，以前はGPS衛星を運用している米国が意図的に誤差を入れて時報情報を送信するようにしていた（SA=Selective Availability）時代もあり，そのような中で精度を高める方法として，地球上の位置が正確にわかっている地点でGPS測位を行い，その結果と既知の緯度経度を比較して，その差の情報のみ（ディファレンシャル情報）を別の通信経路で付近に放送し，GPS受信機で補正データとして用いるD-GPS（ディファレンシャルGPS）がある．日本沿岸では，海上保安庁がディファレンシャル情報を中波帯の専用の電波を使って放送している．深江丸はD-GPS受信機2台とGPS受信機1台を搭載している．GPSのアンテナにはキノコのような外観をしたヘリカルアンテナを用いる．

なお，GPS衛星は，寿命があまり長くなく（10年未満），毎年新たに打ち上げられていて古い衛星と取り替える作業を続けている．2006年現在，実際には30個近くの衛星が存在している．

操舵スタンドのななめ左上（天井から吊り下げ）

14. GPSコンパス

GPSは位置を測定するものであるが，2組のGPS受信機を用いて衛星からの電波を受信し，その位相差を計測すれば，地球上での方位（真方位）が分かる．この原理を用いて船首方位（真方位）を測定して表示する．ジャイロコンパスに比べ起動時間が著しく短く，電源を入れてから数分以内で測定が可能となる．

深江丸のGPSコンパスは3組のGPS受信機を用いる方式のものであり，アンテナも3組のヘリカルアンテナが配置されたものとなっている．



D-GPS 受信機



D-GPS 受信機(予備)



GPS 受信機

GPS アンテナ
(マスト上部)



GPS コンパス表示器



アンテナ

15. レーダ

非常に高い周波数の電波（マイクロ波，Sバンド：3050MHz=3GHz帯・波長約10cm / Xバンド：9450MHz=9GHz帯・波長約3cm）を用いて，周囲の船舶や陸地までの方位，距離を計測する．金属や大地などの導体は電波をよく反射するので，パルス状のマイクロ波を送信してから，反射し戻ってきて受信されるまでの時間を計測すれば，反射物体までの距離が分かる．（電波が空気中を進む速度は約 3×10^8 [m/s]．時間をかければ距離になる）また，レーダ用のアンテナは，スロットアレイアンテナという鋭い指向性（非常に狭い幅の範囲のみに電波を送受信できる：通常水平面で2～3度）をもったもので，船の周囲を走査するように360度回転し続けている．アンテナがある方向に向いた瞬間に電波が反射して戻ってくればその方向に物体があることが分かる．このように自船の周囲にある電波を反射する物体までの方位・距離を測定する．鋼鉄でできた船やブイ，陸岸，コンクリートの護岸などは電波をよく反射するので，レーダ像としてとらえやすい．

最近のレーダには ARPA (Automatic Radar Plotting Aids：衝突予防援助装置) の機能も内蔵しているものが多い．レーダ像はその瞬間だけでは物標の方位・距離しか分からないが，同一物標の像について時間経過に従って本船に対する相対の方位・距離の変化を追跡すれば，その物標（相手船）の動向（針路・速力）が算出でき，その数値を物標ごとに表示できる．さらに自船の針路・速力と物標の針路・速力からベクトル計算をすれば，その物標の最接近距離(CPA

：Closest Point Approach)と最接近までの時間(TCPA：Time to Closest Point Approach)も分かり，数値で表示される．なお，どの像が船等の追跡するべき物標であるかは通常，手動で指示する必要がある（Acquire Target），その指示後，約1分以内で概略の，5分以内には精密な動向を算出するようになっている．

最新のレーダでは，電子海図（ENC：航海用電子海図または ERC：電子参考図）の上にレーダ像を重ね合わせて表示する機能をもったものもある．

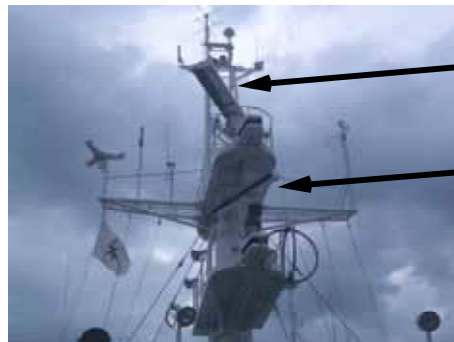
深江丸は，LCD（液晶ディスプレイ）パネルを表示に使い，ERC（電子参考図）上への重畳表示機能を持った最新型のレーダを2台（Xバンド，Sバンド）搭載している．また，AISによる物標のデータもレーダ画面上に描画し，AISデータの詳細をテキストで表示する機能も有している．



Xバンドレーダ(左舷側)
9,450MHz=9.45GHz



Sバンドレーダ(右舷側)
3,050MHz=3.05GHz



レーダのアンテナ（スキャナ）
スロットアレイアンテナ

Sバンド

Xバンド



レーダ画面表示の例

16. AIS

レーダは、自船側からマイクロ波を発して周囲の状況を調べるのに対して、AIS は相手船から送信されてくる情報を受信して操船に利用するものである。

AIS により送信される情報には、その船舶の位置（緯度・経度）、対地速力（SOG）、対地針路（COG）、船首方位等の時々刻々変化する動的情報の他、船名、MMSI（Maritime Mobile Ship Identification：各船に割り当てられた9桁の数字）や、全長、全幅、喫水などの静的情報、さらに各航海の行き先および到着予定時刻（ETA）まで、レーダのみでは得られない様々な情報が含まれる。また、相手船の位置と自船位置から、方位および距離が算出でき、さらに相手船の SOG、COG と自船の針路、速力を用いれば CPA、TCPA も計算できるので、レーダ APRA と同様の操船情報が得られる。

逆に自船からは、GPS やジャイロコンパスで測定した位置、速力、船首方位などの動的情報や、予め設定した船名、喫水、行き先、到着予定時刻等々のデータを周期的（最短2秒ごとから6分ごと：航海状態により自動的に周期は変わる）に送信し続ける。従って、AIS 装置はデータの送受信を行うものである。AIS の情報は、国際 VHF の 87B、88B チャネル（150MHz 帯）の電波を用いてデジタル信号として送信される。通常、周囲10～20海里程度の範囲にデータが到達する。また、マイクロ波を用いているレーダと異なり VHF 電波が届けば情報が得られるので、レーダでは見えない島影や半島の向こうに隠れた船舶についても AIS 情報は受信できることがある。

AIS はすべての船舶が搭載しているわけではなく、2008年までに300トン以上の国際航海をする船舶と、500トン以上の非国際船のすべてに搭載することが義務づけられている。

17. ECDIS

一言で言えば、カーナビ（カーナビゲーションシステム）の船版。航海用電子海図（ENC=Electronic Navigational Chart）画面の上に GPS で測位した自船位置をプロットし、どちらに向かえばよいかを航海士が判断するための様々な情報を与える。予め計画した航路を入力しておけば（航路計画）、それに従って、航海中、どちらに向かえばよいか自動的に情報を出力する機能（航路監視）もある。すなわち、コンピュータ技術を駆使した総合的なナビゲーションシステムである。

ECDIS へは、GPS 船位以外にも船首方位（ジャイロコンパス）やレーダの ARPA ターゲットデータ、AIS データなども信号が入力されており、電子海図画面上にすべての情報を重ね合わせて表示することが可能である。

深江丸には、市販の ECDIS を1台搭載しているほか、同様の機能をもった、統合化航海情報処理・表示システムである開発名「XNavi」システムを研究テーマの一つとして開発し、実験運用と改良を続けている。それには、錨泊監視をはじめとする様々な独創的機能を有し、先進的なナビゲーションシステムの提案を行っている。



AIS 本体



AIS アンテナ



ECDIS 装置外観



XNavi 表示画面