

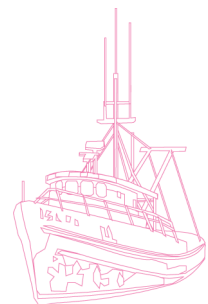
第一章 緒論

船舶為海上之運輸工具，海上安全為其首要目標。研究海上安全的學者，對於船舶的行為列為海上交通工程之重要探討項目。美國海岸防衛隊海軍中將 Price，更將船舶的操縱能力歸納為海上交通工程整體構成的首要組成部分。無論船舶行為或船舶操縱能力都與船舶的特性及操縱性能有關。因此，學習船舶操縱相關知識並善於運用，是航海駕駛人員不可或缺的能力。

船舶從甲地航行至乙地的整個航行過程中，根據不同之操船環境，船舶操縱的任務大致可分成三個階段，即大洋中操船、沿岸操船、狹窄水道及港域操船。大洋航行時，船舶沿預定航線進行保向操縱，其主要問題是遇到大風浪時，船舶應根據本船在風浪中的操縱性能和風浪強度，採取妥善適當的操船措施，減輕船舶搖蕩運動，防止船舶過大橫搖而引起貨物移位甚或導致船舶傾覆。

沿岸航行時，來往船舶較多，需經常進行改向避讓操縱。駕駛人員應根據海上環境及本船操縱性能區別不同情況實施避讓操縱。尤其在緊急情況或其他特殊情況下，如能見度不良等，應考慮是用減速避讓、滿舵避讓還是俾舵結合避讓，更應思考哪種方法更為有效，更適合當時的環境。

狹窄水道、港內航行及繫離泊操縱時，由於水域寬度受限、水深較淺、船舶密度大，給船舶操縱與避讓帶來一定困難。尤其對於大型船舶，航行時易出現淺水效應、岸壁效應、船舶間相互作用及浪損，船速越高，這些現象越為明顯。為了安全起見，船舶應減速航行，包括船舶在接近泊地時，均應及早停俾淌航。但船舶在低速狀態下，舵效變差，受風流影響大，尤其在風流較強時，可能無法控制船舶。因此，船舶在狹水道或港內航行時，應借助俾、舵、錨、纜、側推器以及拖船，充分考慮外界環境對操船的影響，作出正確操船方案決策。



CH1 緒論

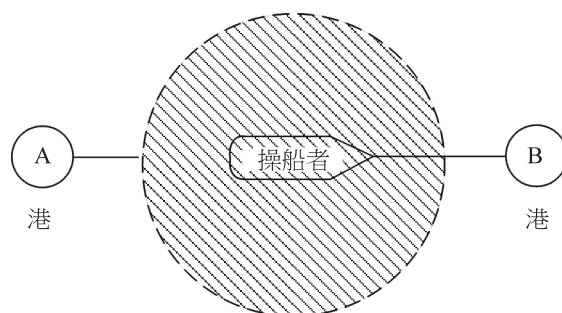


圖 1-1 人／船／環境系統

在如圖 1-1 所示的操船系統示意圖中，船舶操縱系統由人、船舶和操船環境三個子系統組成。在人／船／環境系統中，操船者在一定外界環境條件下，利用船舶本身或其他手段如俥、舵、錨、纜、拖船等，以保持或改變船舶運動狀態為目的而進行的必要觀察、分析、判斷、指揮、實施等，總稱為船舶操縱（Ship Maneuvring or Ship Handling）。

船舶駕駛人員作為人／船／環境系統的主要組成部分，必須通過大量資訊的掌握和處理，向船舶輸入指令，保持或改變船舶運動狀態以達到預定的操縱目的。因此，在這個系統中掌握資訊對操船極其重要。從船舶操縱過程來看，駕駛人員所需的資訊如圖 1-2 所示。

這些資訊包括以下內容：

資訊 A：本船的運動：狀態（當時的船位、航向、航速、轉速及其變化趨勢等）。

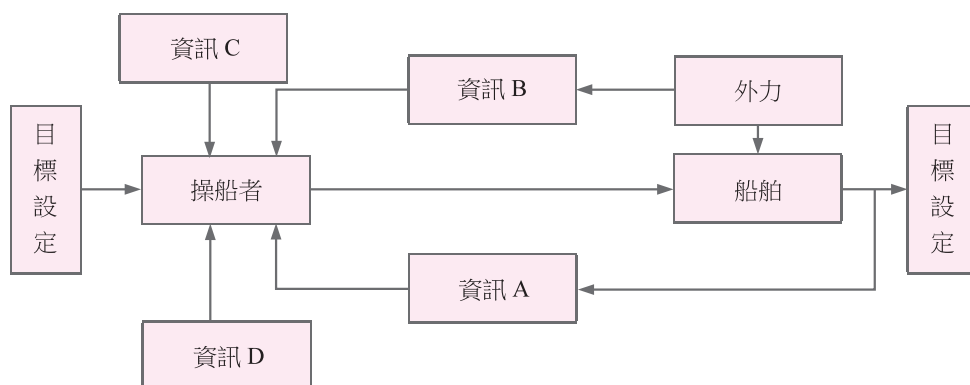


圖 1-2 船舶操縱資訊

資訊B：自然環境（風、流、浪湧等情況）。

資訊C：航行環境（包括交通環境如他船動態、大小、密度等；航道環境如航道的水深、可航寬度、礙航物以及助航設施、航行支援系統等）。

資訊D：操船手冊（包括本船的操縱性能、有關法規等）。

操縱船舶需要足夠資訊，但有了足夠資訊後能否正確操船，尚需駕駛人員對資訊進行分析和處理。處理資訊的流程如圖 1-3 所示。

在設定操船目標（如靠離泊、錨泊、航行等具體操船任務）之後，操船者應根據船舶操縱的學理知識，結合自己多年經驗所得，制定適合本船和當時環境情況較為合理的操船方案，然後對所得到的資訊與制定的方案進行比較，若有不符，對方案進行修訂，接著再繼續預測下一步的情況，並將最有效的資訊放在最優先的位置，然後再根據此一資訊對船舶發出適當的指令。

船舶操縱屬應用科學，是船藝的精華部份，更是科學與藝術的具體呈現。早期的操船者，憑藉經驗的傳承，對於船舶的運動控制現象在於知其然，面對船舶科技之發展，現代的航海駕駛人員更應知其所以然，如此方能確切掌握船舶的操控，應付錯綜複雜的操船環境。

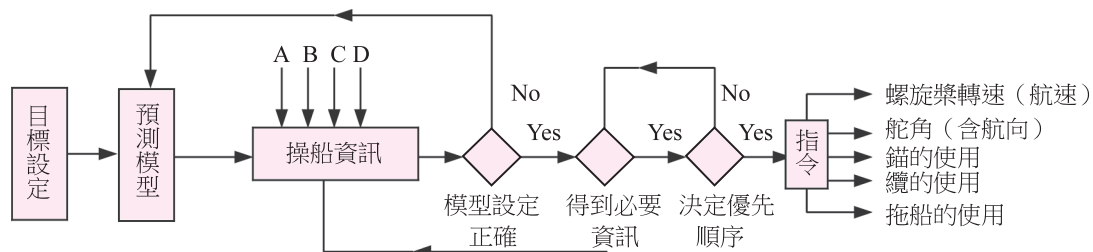
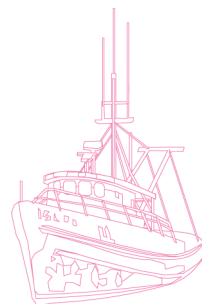
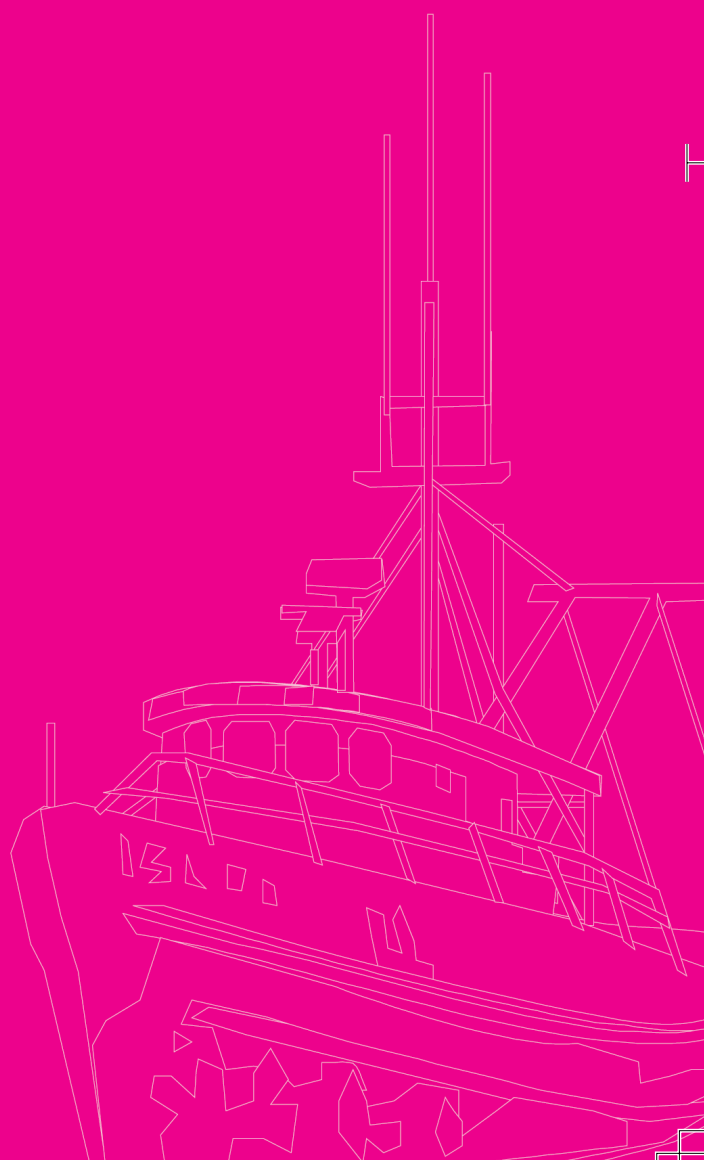


圖 1-3 操縱資訊處理流程



004



第二章 船舶操縱特性

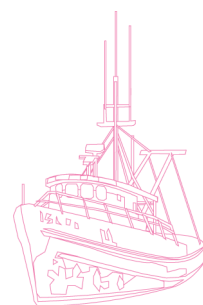
船舶操縱性是指船、螺旋槳、舵在水中運動所產生的水動力，使船舶保持和改變其運動狀態的性能。船舶操縱性能可分為固有操縱性和控制操縱性兩種。一般所指的船舶操縱性能是狹義的固有操縱性，包括船舶追隨性、船舶定常迴轉性和船舶航向穩定性。廣義的固有操縱性則包括船舶控速性能。控制操縱性則包括船舶改向性、船舶迴旋性和船舶保向性。

005

第一節 船體之自由度 (Freedom of Motion)

船舶為一剛體 (Rigid Body)，其浮揚於水中在受外力影響情形下，產生的運動方式，如圖 2-1 所示，在固定座標系統中，分兩大系統，即平行 (Translatory) 及旋轉 (Rotation)。並依相對軸系 (X,Y,Z) 之不同，而有前後 (Surge)、左右 (Sway)、上下 (Heave) 之平行運動及橫搖 (Roll)、俯仰 (Pitch)、迴轉 (Yaw) 之旋轉運動，上述六種運動型態稱之為船體運動之六個自由度 (Six Degree of Freedom)。因此，船舶在水中受外力影響之運動可分為橫搖 (Rolling)、橫移 (Swaying)、垂盪 (Heaving)、浮仰 (Pitching)、艏搖 (Yawing) 及縱移 (Surging) 等六種運動現象。

1. 橫搖 (Rolling)：浮體繞縱軸 (X 軸)，向左右舷方向，作週期運動之現象。
2. 浮仰 (Pitching)：浮體繞橫軸 (Y 軸)，前升後降或前降後升之運動現象。
3. 艏搖 (Yawing)：浮體繞垂直軸 (Z 軸)，艏艉向左右迴擺之運動現象。
4. 橫移 (Swaying)：浮體沿橫軸 (Y 軸) 方向左右移動之運動現象。
5. 垂盪 (Heaving)：浮體沿垂直軸 (Z 軸)，上下移動之現象。
6. 縱移 (Surging)：浮體沿縱軸 (X 軸)，前後移動之運動現象。



CH2 船舶操縱特性

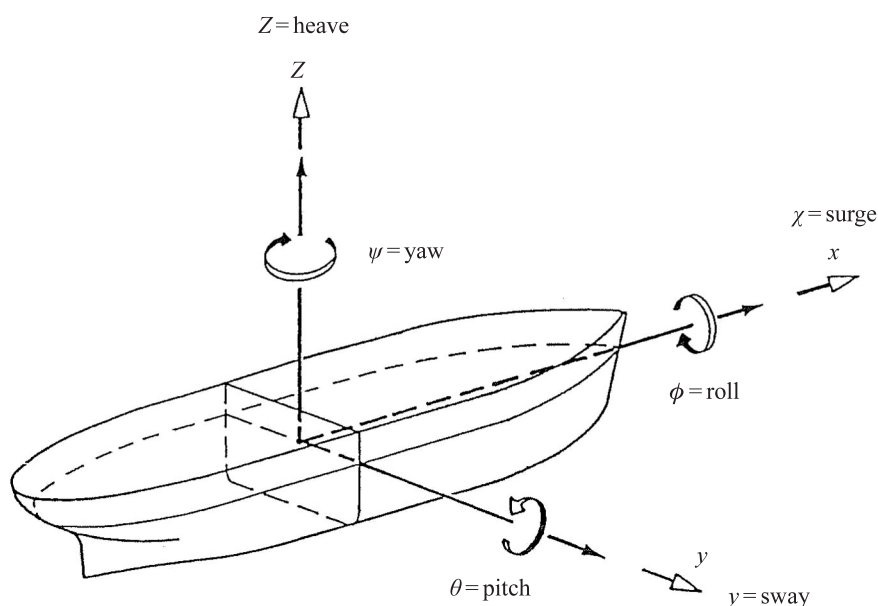


圖 2-1 船體六種自由度

第二節 船舶操縱性能概述

近年來由於船舶尺度越來越大、航速越來越高，以及運輸量的增加，船舶的航行安全性越來越受關注。從近期發生的海上碰撞事故來看，缺乏操縱性資料，操縱引起的誤差是產生碰撞的主要原因。為此國際海事組織正式建議，船上必須具備操縱性和制動性資料，並於 1971 年規定所有船舶必須提供統一的操縱性手冊。繼國際海事組織以後，各國海事部門紛紛響應，其中美國海岸防衛隊最為積極。美國海岸防衛隊規定，在美國水域中航行的所有船舶（包括外國船），均應隨船備有操縱性能的資料。1980 年美國造船協會操縱性專業組建議了如下三種型式的隨船資料：

1. 領航資料卡：包括本船的主尺度、操縱裝置性能以及船在不同載重，主機在不同轉速下的航速，其格式內容如圖 2-2 所示。
2. 船舶操縱性圖：包括深水和淺水（ $H/T=1.2$ ），滿載和壓載情況下船舶的迴旋軌跡及制動性能。

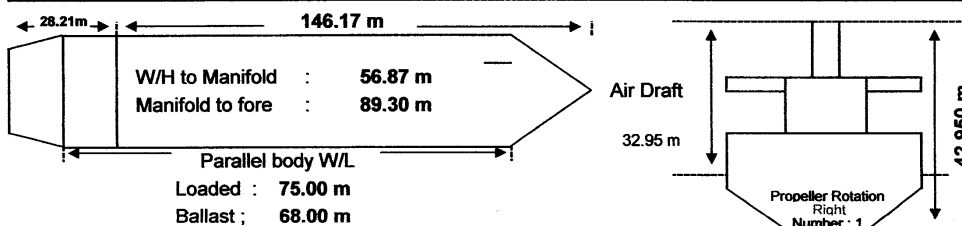
3. 船舶操縱性手冊：是美國很多海事部門協助下制定的一份詳細的有關操縱性能和法規的小冊子。

PILOT CARD

Name of Vessel : **M.T CHEMROAD** Port : **KOAHSIUNG**
 Voy. No. : **009** Date : **20 th. May.2007**
 Draft Fore : **9.60 m** After : **10.00 m** Mid : **9.80 m** LOA : **174.38** BEAM: **27.70**

Call Sign : 3 EGK	Flag : PANAMA
Kind of Ship : CHEMICAL TANKER	Port of Registry : PANAMA
Plying Limit : OCEAN GOING	Official No. : 32002-06
Year Built : 2006	IMO No. : 9325855

Present Displacement : 36,729	Present Dead Weight : 28,807
Gross Tonnage : 20117 t L.O.A : 174.380 m	Keel Laid : 14 th.Dec.2004
Net Tonnage : 9182 t L.B.P : 167.000 m	launching : 11 th.May.2006
Light ship : 7922 t Breadth : 27.700 m	Builder : SHIN KURUSHIMA DOCKYARD
Displacement : 41771 t Depth : 16.000 m	JAPAN.
Dead Weight : 33849 t Draft : 11.023 m	Bulbous Bow : Yes

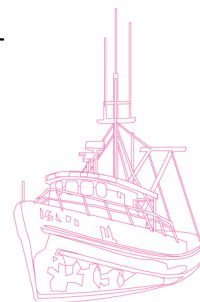


Type of Engine: KOBE DIESEL 6 UEC 52 LS			Maximum power : 7980 KW (10850 PS) X 120 RPM					
Manoeuvring Engine Order		RPM	Speed (knots)					
			Loaded	Squat	UKC	Ballast	Squat	UKC
Ahead	Full at Sea	117.0 RPM	15.00 knots	3.49	1.35	16.0 Kts	3.97	1.40
	Full	83.0 RPM	10.60 knots	1.74	1.17	11.8 Kts	2.16	1.22
	Half	55.0 RPM	7.40 knots	0.85	1.08	8.4 Kts	1.09	1.11
	Slow	48.0 RPM	6.50 knots	0.66	1.07	7.4 Kts	0.85	1.08
	Dead Slow	38.0 RPM	5.20 knots	0.42	1.04	6.0 Kts	0.56	1.06
Astern	Dead Slow	38.0 RPM	Full ahead to full astern : 13 min. 16 sec					
	Slow	48.0 RPM	Engine Critical RPM : 58 - 71 RPM					
	Half	55.0 RPM	Time Limit Astern : NIL					
	Full	83.0 RPM	Max. no. of consecutive starts : 24					
Port Anchor : 11 Shackles Stbd Anchor : 11 Shackles			Minimum Steerage : 3.0 Kts					
Enlarged closed chock: SWL 102T – Bollards: SWL 64T / Closed chock: SWL 62T – Bollard: 52T								


PILOT


Master

圖 2-2 領航資料卡



CH2 船舶操縱特性

SHIP PARTICULARS

Ship Name	A & L CF MARCH (5) LIMITED		Official No.	910630
Owner	U. K.		Port of Registry	London
Nationality	FLUSH DECKER		Callsign	MKKZ7
Type	423500848		Inmarsat ID. No. F	
Inmarsat ID. No. C	235009850		Tel:	764547512
IMSI No.	9306398			764547515
IMO No.			Fax:	764547513
LR Class No.	9300398		Deck Plan	1
LR Class Notation	LRS+100A1, Container Ship, ShipRight (SDA, FDA, CM), *IWS, LI, EP, *LMC, UMS		Bulkhead	10
Built Keel Laid	22nd March 2005		Holds	8
Launched	6th July 2005		Hatch Covers	78
Delivered	14th November 2005		Cranes (Provisions)	112.8/19.6KN x 7/14M/MIN x 1 SET
Builder	MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.		Derricks/Winch	NIL
Material	STEEL		Main Engine Type	MITSUBISHI SULZER
Special Survey	2010		Engine Maker	10RTA96C
	Designed	Registered	Engine Placed	MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD
Length O.A.	abt. 300M		HP x RPM	SEMI-AFT
Length B.P.	285.00M	285.65M		MCR: 54,900 kw x 100 min-1 (74,700PS x 100RPM)
Breadth MLD.	42.80M	42.80M	Consumption	NOR: 49,410 kw x 96.5 min-1 (67,180PS x 96.5RPM)
Depth MLD.	24.20M	20.14M		at Port A/C 33.3t/DAY
Draft Designed	14.20M			at Sea A/C 245.9t/DAY
Summer	14.20M		Bow Thruster	TCT-200 (Techno Nakashima)
Gross Tonnage	75,246		KW x RPM	1,150kw x 1,180rpm x 2
Net Tonnage	39,564		Aux. Boiler Type	VERTICAL,
DeadWeight	78,636 t			WATER TUBE BOILER
Displacement	107,537 t		Boiler maker	MHI Nagasaki
Light Displacement	28,901 t		Boiler Working Pressure	0.69MPa (7kg/cm2)
Speed Sea Trial	27.88 knots		Gen. Eng.	MAN B&W HOLEBY 7L32/40
Service Speed	25.3 knots			LINDENBERG D2866TE
Container	6 Tiers	6,480 TEU	Gen. Capacity	3,625.0KVA, AC450V 4SETS
	6 & 7 Tiers	6,820 TEU	Wireless	218.8 KVA, AC450V 1SET
	6, 7 & 8 Tiers	7,024 TEU (REF. 839RECEP.)		MF/HF INSTALLATION 800W
				INMARSAT-C
Fuel Oil "C"	8,847.9CUB.M		Nav. Equipments	GC, ES, DS, GPS, FAX
	(incl. Over flow TK)		Special Equipments	INMARSAT-F
"A"	587.0CUB.M		Hatch Cover	
Fresh Water	587.4CUB.M		NO. 1 H.C.	Cover Sizes(m): Way Sizes (m):
Ballast Water	27,348.5CUB.M		NO. 2 H.C.	12.965 x 13.260 (C) 12.72 x 13.04
Panama Tonnage	-			12.965 x 7.628 (C) 12.72 x 23.25
Suez Tonnage G/T	G/T 79,198.37 ton		NO. 3 H.C.	12.965 x 7.893 (C P&S)
	N/T 67,415.02 ton			12.965 x 7.628 (C) 12.72 x 33.45
Canadian Tonnage	G/T -			12.965 x 7.628 (C P&S)
	N/T -		NO. 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10,	12.965 x 5.342 (P&S)
			11, 12, 13, 15, 16, 17 H.C.	12.965 x 7.628 (C) 12.72 x 38.64
				12.965 x 7.628 (C P&S)
				12.965 x 7.937 (P&S)
			NO. 14	12.965 x 5.342 (C P&S) 12.72 x 13.09
				12.965 x 7.937 (P&S)

圖 2-3 船舶規格明細表

以上這些說明近年來對操縱性的重視，以法律形式加以肯定，將推動操縱性標準的發展，要求拿出最科學、合理的標準來，以保證操縱的安全性。這些標準即為操縱性指標。船舶操縱性指標是指以定量的數據來評量船舶操縱性能優劣之依據。

第十五屆「國際船模試驗會議（International Towing Tank Conference; ITTC）」操縱性委員會上，將船舶操縱性分為固有操縱性和控制操縱性兩種概念。前者指船舶在開放條件下，不依賴於外界環境條件（如風、浪、流外擾動及航道），

和駕駛員（或自動駕駛儀）的品質而自身固有的操縱特性，後者則指在封閉條件下，考慮外界條件及駕駛員品質時的操縱性能。

船舶固有操縱性指標，可分為兩類，一類稱為「直接的指標」，它是由自由自航試驗（Free Running Test）直接測定的參數。通常有：迴旋試驗的縱距、橫距、戰術直徑、穩定迴旋直徑等；Z試驗的時間滯後和超越角；螺旋或逆螺旋試驗遲滯迴線的環寬和環高等。另一類稱為間接的（或分析）指標，如野本（Nomoto）的 K 、 T 指數，諾賓（Norrbín）的 p 指數等。由於船舶固有的操縱性指標與船舶的使用有關係，因此一般都對自由自航船舶操縱性的試驗項目有規定，如第十四屆ITTC操縱性委員會規定了八種試驗方法來測定船舶的固有操縱性，即：迴旋試驗、回舵試驗、零速啟動迴旋試驗、Z試驗、螺旋與逆螺旋試驗、航向改變試驗、制動試驗和側向推進裝置試驗。

船舶操縱性（Ship Manoeuvrability or Ship Manoeuvring Characteristics）是指船體、螺旋槳和舵在水中運動所產生的水動力，使船舶保持和改變其運動狀態的性能，或者說船舶對駕駛人員實施操縱的響應能力。

一、船舶操縱性的分類

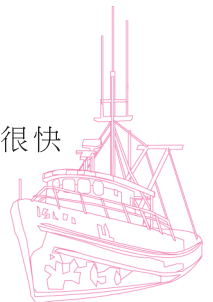
船舶操縱性可分為固有操縱性和控制操縱性兩種概念。固有操縱性是指船舶不考慮外界環境條件、操舵裝置性能、駕駛人員的技術水準等之差異所表現的自身固有的操縱性。控制操縱性則是考慮了上述因素的船舶，在具體操船環境下實操時所表現的操縱性能。一般所指的船舶操縱性是狹義的固有操縱性，包含船舶追隨性、船舶定常迴轉性和船舶航向穩定性三個性能。廣義的固有操縱性則包括船舶控速性能。

二、船舶固有的操縱性能

駕駛人員操縱時要求船舶具有良好的操縱性。通常要求施舵後舵效好以及正舵時幾乎能直線航行。

（一）船舶追隨性（Yaw Quick Responsibility）

船舶追隨性是指當船舶施舵後，船首是否能很快轉頭以及回舵時是否很快



CH2 船舶操縱特性

轉入直航狀態的性能。它表示船舶追隨操舵而進行轉頭的快慢程度。

（二）船舶定常迴轉性（Steady Turning Ability）

船舶定常迴轉性是指當船舶向左（右）操舵後，船舶進入定常迴旋時是否具有較小的迴旋圈，是否較快地進行迴旋的性能。它表示船舶在一定舵角下迴旋的強度。

（三）船舶航向穩定性（Course Stability）

航向穩定性是指船舶在受到外力的瞬時干擾作用，船首發生偏轉，當干擾消失後在船舶保持正舵的條件下，船舶轉頭運動將如何變化的性質。航向穩定性亦稱方向穩定性。追隨性好的船其航向穩定性也好。

這三個性能是隨著船舶水線下形狀、作用於船體的水動力及迴轉力矩的變化而變化的，三者不是一致的。具體而言，船舶是根據實際需要選擇各性能的優劣的。總言之，方形係數 C_b 小的船如貨櫃船，其追隨性和航向穩定性較優，而迴旋性較差。 C_b 大的船如油輪尤其是超大型油輪，其迴旋性較好，但追隨性和航向穩定性則較差。

三、船舶控制操縱性能

在不同外界環境條件下，根據實際操船需要，船舶應具有良好的控制航向性能，它與上述固有操縱性能密切相關，但又不是完全相同的概念。

（一）船舶改向性（Course Changing Ability）

船舶改向性表示船舶改向靈活的程度。通常由船舶改向試驗時從原航向改駛到新航向的距離來表示改向性的優劣。

（二）船舶迴旋性（Turning Ability）

船舶迴旋性不僅包括前面所述的定常迴轉性，也包括定常迴旋前的加速迴旋的過程。