

科學圖書大庫

航海

譯者 邱垂錫

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

航 海

譯者 邱垂錫

徐氏基金會出版

我們的工作目標

文明的進步，因素很多，而科學居其首。科學知識與技術的傳播，是提高工業生產、改善生活環境的主動力。在整個社會長期發展上，乃對人類未來世代的投資。從事科學研究與科學教育者，自應各就專長，竭智盡力，發揮偉大功能，共使科學飛躍進展，同將人類的生活，帶進更幸福、更完善之境界。

近三十年來，科學急遽發展之收穫，已超越以往多年累積之成果。昔之認為若幻想者，今多已成爲事實。人類一再親履月球，是各種科學綜合建樹與科學家精誠合作的貢獻，誠令人無限興奮！時代日新又新，如何推動科學教育，有效造就科學人才，促進科學研究與發展，尤爲社會、國家的基本使命。培養人才，起自中學階段，此時學生對基礎科學，如物理、數學、生物、化學，已有接觸。及至大專院校專科教育開始後，則有賴於師資與圖書的指導啓發，始能爲蔚爲大器。而從事科學研究與科學教育的學者，志在貢獻研究成果與啓導後學，旨趣崇高，彌足欽佩！

本基金會係由徐銘信氏捐資創辦；旨在協助國家發展科學知識與技術，促進民生樂利，民國四十五年四月成立於美國紐約。初由旅美學人胡適博士、程其保博士等，甄選國內大學理工科優秀畢業生出國深造，前後達四十人，惜學成返國服務者十不得一。另曾贈送國內數所大學儀器設備，輔助教學，尚有微效；然審情度理，仍嫌未能普及，遂再邀請國內外權威學者，設置科學圖書編譯委員會，主持「科學圖書大庫」編譯事宜。以主任委員徐銘信氏爲監修人，編譯委員王洪鑑氏爲編輯人，各編譯委員擔任分組審查及校閱工作。「科學圖書大庫」首期擬定二千種，凡四億言。門分類別，細大不捐；分爲叢書，合則大庫。爲欲達成此一目標，除編譯委員外，本會另聘從事

翻譯之學者五百餘位，於英、德、法、日文出版物中精選最近出版之基本或實用科技名著，譯成中文，供給各級學校在校學生及社會大眾閱讀，內容嚴求深入淺出，圖文並茂。幸賴各學科之專家學者，於公私兩忙中，慨然撥冗贊助，譯著圖書，感人至深。其旅居國外者，亦有感於爲國人譯著，助益青年求知，遠勝於短期返國講學，遂不計稿酬多寡，費時又多，迢迢乎千萬里，書稿郵航交遞，其報國熱忱，思源固本，至足欽仰！

今科學圖書大庫已出版一千餘種，都二億八千餘萬言；尚在排印中者，約數百種，本會自當依照原訂目標，廣續進行，以達成科學報國之宏願。

本會出版之書籍，除質量並重外，並致力於時效之爭取，舉凡國外科學名著，初版發行半年之內，本會即擬參酌國內需要，選擇一部份譯成中文本發行，惟欲實現此目標，端賴各方面之大力贊助，始克有濟。

茲特掬誠呼籲：

自由中國大專院校之教授，研究機構之專家、學者，與從事工業建設之工程師；

旅居海外從事教育與研究之學人、留學生；

大專院校及研究機構退休之教授、專家、學者

主動地精選最新、最佳外文科學名著，或個別參與譯校，或就多年研究成果，分科撰著成書，公之於世。本基金會自當運用基金，並藉優良發行系統，善任傳播科學種子之媒介。尚祈各界專家學人，共襄盛舉是禱！

徐氏基金會 敬啓

中華民國六十四年九月

譯 序

本書是日本著名海事學校教授，集體執筆與審議編輯而成，經日本文部省審定，於民國五十八年初版，六十四年發行再訂版，供海事學校做為教科書或有志海事人士進修應考之用。

航海學所牽涉的學科很多，如天文、氣象、電學、數學、地學……等等。本書主要是介紹初學者，航海入門知識，深入淺出，書中所涉獵的計算題，祇要具有國中程度的簡易數學常識，即可求得解答。

本書內容豐富實用，章節分明，編排緊湊，圖表簡明精緻，更附有例題和習題，使讀者極易獲得清晰的航海概念。

譯者才學有限，紕繆訛誤在所難免，尚祈海內先進，不吝賜教是幸。

譯述中承葉基光先生協助審閱，內子校勘，謹此一并致謝。

原序

本書是供高等學校漁撈科及其預備學科使用的教科書。後因昭和卅八年（民國四十二年）課程標準更改，將「航海學」和「航海儀器」分科，昭和卅九年（民國四十三年）又准許水產高等學校畢業生，具有參加國家海士技術人員考試乙種一等航海士和乙種二等航海士筆試之機會，乃又考慮及此等國家考試之內容細節，而編輯成本書（改訂版）。

閱讀本書，請先瞭解下列數點：

- (1) 編輯之順序：第一篇地文航法，第二篇天文航法，第三篇電儀航法
- (2) 在地文航法中，推測航法之對數計算及換算表，僅使用天測計算表
- (3) 天文航法僅使用天測計算表及天測曆，所舉例題為記載於書末之昭和四十一年（民國五十五年）的部分日曆，利用這些即可學習。
- (4) 乙種一等航海士考試，祇要學習太陽子午線高緯度法，及以無線電測定船位即可。對於即將服務於漁船而活躍於海上的學生，也有學習諸如：以天測決定船位，以雷達、羅遠等之電儀航法……的必要。在學習電儀航法時，和「航海儀器」相關連者，可避免重複。

編輯本教科書之執筆或審議者，有下列諸位先生。此外尚有多位先生提供各方面的援助。

一九七五年二月

編輯者

（日文五十音順序）

岩手縣立宮古水產高等學校教諭

赤田年己

岩手縣立宮古水產高等學校教諭

天野信文

岩手縣立宮古水產高等學校教諭

坂尾 清

岩手縣立宮古水產高等學校校長

佐藤新一

運輸省東北海運局海技試驗官

田內正章

岩手縣立宮古水產高等學校教頭

花岡 弘

（職稱，乃編輯當時之頭銜）

目 錄

原序		航向有關用語	42
譯序		第二節 羅經卡與繪製法	49
第一篇 地文航法		第三節 基礎算法	49
第一章 航路標識	2	第六章 航程線航法(推算航法)	60
第一節 夜標	2	第一節 中分緯度航法	60
第二節 晝標	7	第二節 漸長緯度航法	74
第三節 霧信號	8	第三節 計流航法	78
第四節 特殊信號	9	第四節 日誌算法	85
第五節 無線電方位信號	13	第七章 航海計劃	90
第六節 其他附屬裝置	14	航路之選定	90
第二章 水路圖誌	15	第二篇 天文航法	93
第一節 海圖之繪法	15	第八章 天文術語和天球	94
第二節 海圖之種類及用途	17	第一節 天體之種類	94
第三節 海圖之圖例	18	第二節 天球	98
第四節 海圖之使用	22	第九章 時和時法	106
第五節 水路書誌	24	第一節 時	106
第三章 海流與潮汐	27	第二節 時法	108
第一節 海流	27	第十章 天體諸元算法	114
第二節 潮汐	29	第一節 曆	114
第四章 沿岸航法	33	第二節 E及d和其他要素的求法	114
第一節 位置線之種類	33	第三節 天體時角之求法	119
第二節 航位測定法	34	第四節 天體高度之訂正	122
第三節 船位之推定	40	第十一章 緯度算法	128
第五章 推測航法之術語解釋和基礎算法	42	第一節 太陽之子午線正中時的求法	128
第一節 地球上之位置與方位及			

第二節	子午線高度緯度法	130	第五節	大圈方位(無線電方位) 之訂正	138
第三節	太陽傍子午線高度緯度 法	135	第六節	無線電方位測定之優點 與使用	189
第四節	北極星緯度法	137	第七節	決定無線電方位測定之 位置	190
第十二章	以天測決定船位法	140	第八節	旋轉無線電標桿	192
第一節	位置線	140	第九節	無線電測向儀之誤差	193
第二節	位置線之求法	141	第十七章	雷達航法	195
第三節	船位測定法	151	第一節	雷達的原理	195
第四節	選定觀測時機	165	第二節	雷達所使用的電波和雷 達的性能	195
第十三章	日出沒時間和晨昏朦影		第三節	雷達方位線和位置圖	196
第一節	日出沒時間	167	第四節	雷達海圖	197
第二節	晨昏朦影	170	第五節	以雷達決定位置	197
第十四章	以天體測定自差法	172	第六節	雷達之誤差	199
第一節	太陽出沒方位角法	172	第七節	其他注意事項	199
第二節	時針方位角法	174	第八節	雷達防護	199
第三節	北極星方位角法	177	第十八章	羅遠航法	202
第四節	觀測方位法	180	第一節	羅遠的原理	202
第三篇	電儀航法	181	第二節	羅遠之優點和使用	206
第十五章	關於電波	182	第三節	羅遠之位置線	207
第一節	電波之特性和電波之傳 播	182	第四節	羅遠圖	208
第二節	電波之波長和週率	182	第五節	羅遠表	209
第三節	電波之種類	183	第六節	決定羅遠位置	209
第四節	電離和電波	184	第七節	羅遠之誤差	213
第五節	取決於電波波長之傳播 狀態	184	第八節	其他注意事項	213
第六節	電儀航法之分類	185	第九節	羅遠電台之配置和有效 範圍	213
第十六章	以無線電方位測定船位	186	第十節	關於羅遠C	215
第一節	垂直天線和環型天線之 特性	186	第十九章	以迪凱測定船位	218
第二節	測定方位原理	186	第一節	迪凱之原理	218
第三節	無線電測定方位法	187	第二節	迪凱之優點和使用	219
第四節	子午線之集合差	187			

X

第三節 廸凱位置線.....	220	附表 6	241
第四節 廸凱之海圖.....	220	附表 7	247
第五節 廸凱位置之決定.....	222	附表 8	249
第六節 廸凱之誤差.....	223	附表 9	251
第七節 其他注意事項.....	223		
附 表.....	225	附 圖.....	253
附表 1	225	附圖 1	253
附表 2	233	附圖 2	254
附表 3	236	附圖 3	255
附表 4	237	索 引.....	256
附表 5	239		

第一篇 地文航法

航海術是確定船行在海上的位置，安全又經濟地由一地航行至另一地的技術。

通常航海術可分爲：地文航法（Geo-Navigation），天文航法（Celestial Navigation）電儀航法（Electronic-Navigation）等三部份。

地文航法是推算航法（Dead reckoning navigation）和沿岸航法（Coastal navigation）並列推算基本要素的總稱。

天文航法是利用天體，即太陽、月亮、行星及恒星來測定航位，或測定羅經誤差的方法。

電儀航法是利用各種電子儀器，例如無線電測向儀（Radiodirection finder）雷達（Radar）羅遠（Loran）等展開沿岸航法。——電儀航法單獨成爲一篇在最後敘述。

第一章 航路標識

航路標識是使用燈光、形象、色彩、音響及電波等維持船舶交通之安全和誘導水路爲目的所做的設施。大部份的航路標識歸海上保安廳管理（日本），一部份隸屬地方公共團體。

航路標識大致區分爲夜標、晝標、霧信號、特殊信號及無線電方位信號等。

第一節 夜 標

夜標是以燈光表示其位置，做爲夜間船隻航行的目標。其形狀、大小、色澤等在白天多半具有同樣效力。除了特定事務外，夜標之點燈時間多在日沒至翌晨日出間。

第一 夜標的種類

1 依構造分類

(1)燈塔 (Light house : L! HQ) 是航路標識中最重要的一種。有做遠距離之目標者，有供沿岸航行船隻標識者。前者規模大、堅固，建於較高處，其光達距離亦遠；後者無論在規模或光達距離上，都較前者差。

(2)燈桿 (Light staff) 在鐵桿、木桿、或水泥桿之上部掛上燈器而成。設置在光達距離不必太遠的港口或港內。

(3)燈船 (Light vessel ; Light ship : L! ves.) 爲了表示從陸地分離的淺海或是航路附近之淺灘，在停置之船型構造物上裝置發光器。多設置在無法使用其他航路標識的位置上。

(4)燈標 (Light beacon : L! B!) 設置在礁、堆、淺洲上，預防船舶之觸礁，也兼做航路指導。

(5)燈浮標 (Light buoy : L! B!) 爲了指示對船舶有危險的暗礁或是航道而設置。是固定在海底下而浮在海面上的一種發出燈光的構造物。

2 依使用目的分類

(1)導燈 (Leading light : L^d L^{ts}) 指示通航困難之水道或狹小灣口的航道。在延長的航路上前後設置二個或二個以上的燈光，用以導引船隻安全航行。

(2)副燈 (Auxiliary light) 在燈塔、燈桿附近，照明特定方向所有的危險區域而設置的，光度最大，其燈光的顏色與主燈塔不同。

(3)臨時燈 (Occasional light) 船隻進出並不頻繁的港灣或河川，於船隻進出季節，臨時點燈者。一般光力較弱，光達距離也短。

(4)暫設燈 (Temporary light or Provisional light) 燈塔改築工程進行中，暫時設置的。其構造多半簡單，性能也不及本燈。

第二 燈 質 (characteristics of light)

航路標識之燈光與一般燈光應容易區別，同時也要避免誤認在附近的其他航路標識之燈光，因而發射某種特定狀態的燈光，稱為燈質。有下述種類〔參考彩色版(1)〕。

(1)不動光 (Fixed : F.) 持續發一定的光度，不熄滅。

(2)閃光 (Flashing : Fl.) 在一定間隔的時間內發出一種光暗時比亮時要長。

(3)明暗光 (Occulting : Occ.) 燈光的光度一定，隔一定的時間，即突然全部熄滅，亮時比暗時長，也有時間一樣長的。

(4)互光 (Alternating : Alt.) 交互發出不同顏色的光，而不熄滅。

(5)群閃光 (Group flashing : Gp. Fl.) 在一個周期內按一定間隔連續發出二個以上的光，暗時時間之和往往比亮時時間之和要長。

(6)急閃光 (Quick flashing : Qk. Fl.) 每分鐘連續發出 60 次閃光。

(7)斷續急閃光 (Interrupted quick flashing : I. Qk. Fl.) 每分鐘超過 60 次之比率，連續發出群閃光。

(8)群明暗光 (Group occulting : Gp. Occ.) 一定光度的光，在一定的間隔內，突然顯示二次以上之全熄，而亮時時間之和比暗時時間之和要長，或者是一樣長。

(9)連成不動閃光 (Fixed and flashing : F. Fl.) 在不動光中，以一定間隔發出明亮的閃光。

4 航 海

(10)連成不動群閃光 (Fixed and group flashing : F. Gp. Fl.)

與前者相同，發出交互的群閃光。

(11)連成不動明暗光 (Fixed and Occulting : F. Occ.) 在不動光中，以一定的間隔發出明亮的明暗光。

(12)閃互光 (Alternating flashing : Al. Fl.) 以閃光交互地發出不同的色光。

(13)群閃互光 (Alternating group flashing : Al. Gp. Fl.) 以群光交互地發出不同的色光。

(14)明暗互光 (Alternating occulting : Al. Occ.) 以明暗光交互地發出不同的色光。

(15)群明暗互光 (Alternating group occulting : Al. Gp. Occ.) 以群明暗光交互地發出不同的色光。

(16)連成不動閃互光 (Alternating fixed and flashing : Al. F. Fl.) 以連成不動閃光交互地發出不同的色光。

(17)連成不動群閃互光 (Alternating fixed and group flashing : Al. F. Gp. Fl.) 以連成不動群閃光交互地發出不同的色光。

(18)莫士電碼光 (Morse code : M. C.) 發出莫士電碼的光。

第三 燈之等級 (Magnitude of light)

燈之等級，以透鏡的大小來區分，與光度的大小無關。透鏡之焦距、厚度區分如 1 - 1 表：

名 稱 \ 等 級	1 等	2 等	3 等		4 等	5 等	6 等	無 等
			大	小				
焦距 (cm)	92	70	50	37.5	25	18.75	15	15 以下
厚度 (cm)	259	206.8	157.6	125	72.2	54.1	43.3	26.4 以下

1 - 1 表 燈之等級

第四 燈之光度 (Lighting power)

燈之光度，以透鏡外側量得之米燭光數，或與其相當的米燭光數來表示。一米燭光 (cd) 等於白金凝固點時光源面積 1 cm^2 的平坦表面之垂直方向的 $\frac{1}{60}$ 光度。1 米燭光相當於 0.9933 燭光。

第五 照光度 (Lens apparatus)

做為光源的燈光，以放射狀發散，就以裸光發射時其光力是微弱的，故於光源之周圍裝置集光鏡發射水平平行光線，即可達到遠處。

第六 燈光之周期 (Period of light)

不動燈光以外的燈光，從一位相開始到下一次同一位相開始之間的時間，稱為燈光之周期。若為閃光燈時，在二個閃光之間，將互光燈、明暗燈及群閃光燈等之全體變化在同一位相時間內發出者，稱為燈光之周期。

有關燈質應注意：

①刊載在燈塔表上的周期：閃光、明暗光等存續時間，是存在於一般計畫上，經過精密的調整；惟實際上多少會有少許誤差。

②閃光的存續時間：在遠距離觀察時，由於煙霧等的升起，比實際觀察的距離要短得多。

③閃光：在天氣晴朗的夜晚，做近距離觀察時，有時也會看成淡淡的連續光。

④實測周期：可用碼錶，一般手錶的秒音也可測定。

第七 燈高與光達距離 (燈光能見距)

(1)燈高 像燈塔一類夜標的高度，是以建築物之基礎到燈光中心的高度，及平均水面上到燈光中心的高度。一般僅說燈高，是指後者。燈高是計算光達距離所必要的。

(2)燈光之光達距離 燈塔燈光之光達距離，其燈光到達之極限，因地球之彎曲，燈之光力，氣層中對光線之吸收、曲折，以及大氣狀況、潮汐等之影響而不同。欲得正確的光達距離較困難，一般燈塔表、海圖等所示光達距離，有以下二種：

(a)高度光達距離 (地理光距) 具有強光力的燈光，也因地球表面之彎曲，而不能到達一定的距離，但觀測者所站位置要是高的話，實際光達距離可以增大。燈塔表及海圖所示的光達距離，是在天氣晴朗的夜晚，基準很高 (平均水面上 5 m) 之處辨認的。如下式即知：

$$D = 2.072 (\sqrt{H} + \sqrt{5})$$

H ：燈高 (m) (平均水面上之高度)

D ：測者在基準高處辨認燈光之距離 (海里)

因此，在任何眼高處對光達距離，可依下式求得：

$$D' = 2.072 (\sqrt{H} + \sqrt{h})$$

h : 測者眼高

D : 位於任何眼高處，認燈光之距離（海里）

(b) 依光力所得光達距離（光學的光達距離） 燈塔表所記載的光達距離比前述依高度所得光達距離小時，則其光力較微弱。此種光達距離是依一定的公式，或實驗所得的結果，並不十分正確。比方說，煙霧升起時，必須考慮當時各種大氣狀況，並留意找尋燈光。地理的或是光學的光達距離，均應記載在燈塔表內。

有關光達距離應注意：

① 光力較弱之燈光的光達距離，遠比以燈高之基準眼高推算出來的要小得多。

② 光達距離是以國際可視度規程之傳播係數 0.85（視程約 24 海里時）之大氣狀況為基準。

③ 大氣狀況（如霧、雲等）對光達距離有相當大的影響。

④ 燈高很高的燈光，可能被雲遮住，不可忽略。

⑤ 無法直接辨認燈光時，僅認明光芒，俟接近後辨認燈光亦可。

第八 明弧及分弧 (Sector)

明弧是燈光照射的範圍，分弧是就中發射異色燈光之部分。分弧多半是指示礁、堆等的危險區域。在日本所採用的燈色有紅、白及綠等三色，而較常用的是紅色。燈光的方位則以真方位（ $0 \sim 360^\circ$ ）來表示。

有關明弧應注意：

① 明弧和暗弧並無明顯的界限，特別是在近距離觀察時，因在暗弧之界限的附近多少存有餘光。

② 在明弧內，因附近的陸岸、山、岬角遮住燈光，雖然海圖及燈塔表記有此界限。但此界限，在航路標識的距離卻不一樣。例如，在近距離見不到，但在越過地上物之後的遠距離，反而看得見。

第九 有關夜標應注意的事項

(1) 非常駐員工之航路標桿所應注意事項

① 燈光熄滅或其他事故發生時，復舊需要時日。

② 冬季會結冰的地方，燈樓被冰雪所封，色光成為白色。此外，光度也可能減弱，光達距離也就減短。

③ 就大氣狀況而言，白色燈會見為紅色燈，又白光與紅光之間，或白光

與綠光之間的界限兩側，有色光不明顯的部分。因此，具有分弧的燈塔，不僅是依靠光色，還要測定燈光之方位，才能確定位置。

(2)對於燈浮標 (Light buoy) 應注意：

- ①波浪、潮流、出水口等因，其位置會有變動，且停泊在水深之處，因錨鎖長，停泊位置均會有些許移動。
- ②波浪或其他因素的影響，也可能有熄燈情事。
- ③受波浪影響，燈質也會起變化。

第二節 畫 標

畫標是畫間船舶航行的目標物，並沒有點燈的裝置。畫標有下列數種：

第一 構造上的分類

- 1 立 標(Beacon) 指示對航行有危險之暗礁等所設置的構造物。並不發光，相當於夜標中的燈標。
- 2 浮 標(Buoy) 指示危險的暗礁或航路所設置，以錨鏈固定在海底，而浮在海面上的構造物。並不發光，相當於夜標中的燈浮標。
- 3 陸 標(Landmark) 指示陸上某特定位置而不發光的構造物。

第二 用途上的分類

- 1 導 標(Leading mark) 為指示特定的一路線所設置，二基以上成對的構造物，並不發光，相當於夜標中的導燈。
- 2 竿 標(Perches) 以竹、木等簡單形狀的物體，在海中或河川中指導船舶的航路，謂竿標。

第三 立標式與浮標式

立標式與浮標式，是表示危險的礁或指导航路而廣泛設置的。立標式浮標的樣式參考彩色圖(2)。

所謂立標式、浮標式之左舷及右舷，是指河口或海口向水源方向之左側及右側而言；而洲的上端是水源，洲的下端是河口或是海口。因此從河口或海口向水源方向航行的船舶，見到左舷障礙立標及右舷浮標，那麼右側是安全的；若見到右舷障礙立標及右舷浮標，那麼左側是安全的；又水路中央立標及水路中央浮標，是表示水路中央是安全的。

在日本之瀨戶內海、關門海峽等可在表 1—2 上查認是海口或水源。

在國外所使用之立標或浮標，有不同於我國之式樣者，出入國外之港灣必須詳查他們的水路誌及燈塔表。

浮標的標號是順著海口或河口向水源方向編定的。而港口防波堤上的燈塔，由海口望之，在右側的防波堤端的燈塔是塗紅色，而發紅色的光；在左側的防波堤端的燈塔是塗綠色，而發白色或綠色的光。

表 1—2 海口及水源之例

海 域 名	海 口	水 源
瀨戶內海		神 戶
關門海峽	西 口	東 口
島 原 灣		大 訖 間 島
八 代 海	長島海峽	三 角 港

第四 對塗色所應注意的：

- ①冬季結水的地方，燈塔被冰雪覆蓋，有呈現白色的可能。
- ②立標及浮標的一部分，不能依據立標式或浮標式。
- ③燈標、燈浮標及燈塔的一部分，以立標式及浮標式為基準塗色。

第三節 霧信號

第一 霧信號

霧信號是因霧、雪或其他因素而使視界不良，見不到陸影或燈光時，發出音響表示其位置，使航行於附近的船舶注意。無論晝夜，其信號並無區別。在日本，視界經常不良的東北、北海道等地，多半均有設置。發出音響的機械有下列數種：

- (1)氣笛 (Air siren) 以壓縮空氣為動力，使笛吹鳴。
- (2)電笛 (Motor siren) 以馬達為動力，使笛吹鳴。
- (3)振笛 (Diaphone) 以壓縮空氣為動力，使發音瓣振動而吹鳴。
- (4)磁笛 (Diaphragm hone) 以電磁力使發音板振動而吹鳴。
- (5)霧鐘 (Fog bell) 以瓦斯的壓力，敲打鐘而發出鳴聲。

以上諸信號音，經由空氣傳播，故又稱為空中音信號 (Airsound Signal)。