

- 有效的視覺掃描（視覺 瞭望）
- 從儀器收集信息的能力（RADAR 瞭望）
- 建立交通情況的內心畫面 建立程序（碰撞點線面）
- 發展“優良船藝”分割程序（操船點線面）



用注意力瞭望：最重要的是，要知道映入眼簾的東西，易受變幻莫測心思影響。

- 我們可以‘看到’ 並確 認，只在心中允許我們看到的時，才有可能。
- 注意力是有其限制，任何人只要專心十分鐘以後，就會開始分心。（因為人腦是需要刺激，才會工作）
- 所以不是我們要不要注意？而是如何保持注意力不中斷。
- 保持注意力不中斷，就是把人腦當作電腦，是不可能的事。任何電腦都會有 IDLE 程式，放空的時候。
- 把人腦當作電腦，也是要有適當的調劑，注意觀測 3 分鐘，然後去做其他的工作，或是使用目測與雷達交互確認。
- 注意力不是要不要？而是一種習慣，是需要培養的。
- 如何培養注意力？當然要有知識，有足夠的知識，才會有感覺。
- 有感覺，才會有注意力。不錯，注意力就是感覺，一種危機感。
- 有危機感，才會有焦慮有想法，要去做某些事。
- 有危機感時，應該是注意 7 分鐘，然後去做些其他的工作，檢查船位，檢查不可抗力，聯絡其他單位，或是使用目測與雷達交互確認。
- 要把所有已知的變數，做一個重新檢驗，以便在警急的時候，消除任何的不確定性，能夠專注於最重要的變數。

（這位小姐，可能是最好的瞭望。因為她還注意到，你的反應，警覺到環境的變數。）

處境想要

- 有效的視覺掃描（視覺 瞭望）
- 從儀器收集信息的能力（RADAR 瞭望）
- 建立交通情況的內心畫面 建立程序（碰撞點線面）
- 發展“優良船藝”分割程序（操船點線面）

空洞化：當眼睛沒有可以聚焦的物體，發在濃霧，下大雨，大雪，沒有明顯的地平線時，人會經驗到被稱為，“空場近視”的現象，就算有船進入視野。也會而不見。



當人的眼睛，沒有辦法在外在的環境，找到刺激，就會把注意力轉向腦海裡面，就好像潛水艇的聲納員，長時間聆聽水中的動靜，沒有聽到任何聲音，就會覺得無聊。無聊就去聽音樂，聽音樂就聽不到來船的聲音。

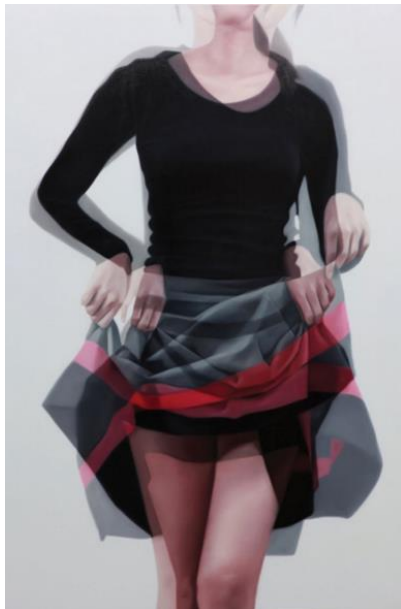
要配合人為因素來瞭望，如果有兩個人在瞭望，就每個人分配 5 分鐘瞭望，5 分鐘休息，不能超過 10 分鐘。而不是兩個人一起望，然後禱告總有一個人會看到。這樣，不論何時，都會有一個人專心在瞭望。

如果只有一個人在瞭望，就分配 7 分鐘目視瞭望，3 分鐘雷達瞭望，如果你的工作就是瞭望。否則 2 分鐘目視瞭望，3 分鐘雷達瞭望，其他 5 分鐘做其他的工作。總之，就是感覺到無聊，就要重新安排一下工作順序。

處境想要

- 有效的視覺掃描（視覺 瞭望）
- 從儀器收集信息的能力（RADAR 瞭望）
- 建立交通情況的內心畫面 建立程序（碰撞點線面）
- 發展“優良船藝”分割程序（操船點線面）

雙眼並用：要接受我們所看到的東西，需要從兩隻眼睛（雙視力）獲得線索。如果一個目標，只有一隻眼睛可見的，但另一隻眼睛被擋風玻璃，柱仔或其他障礙物遮住，總圖像會是模糊不定，而且不一定會被大腦接受。

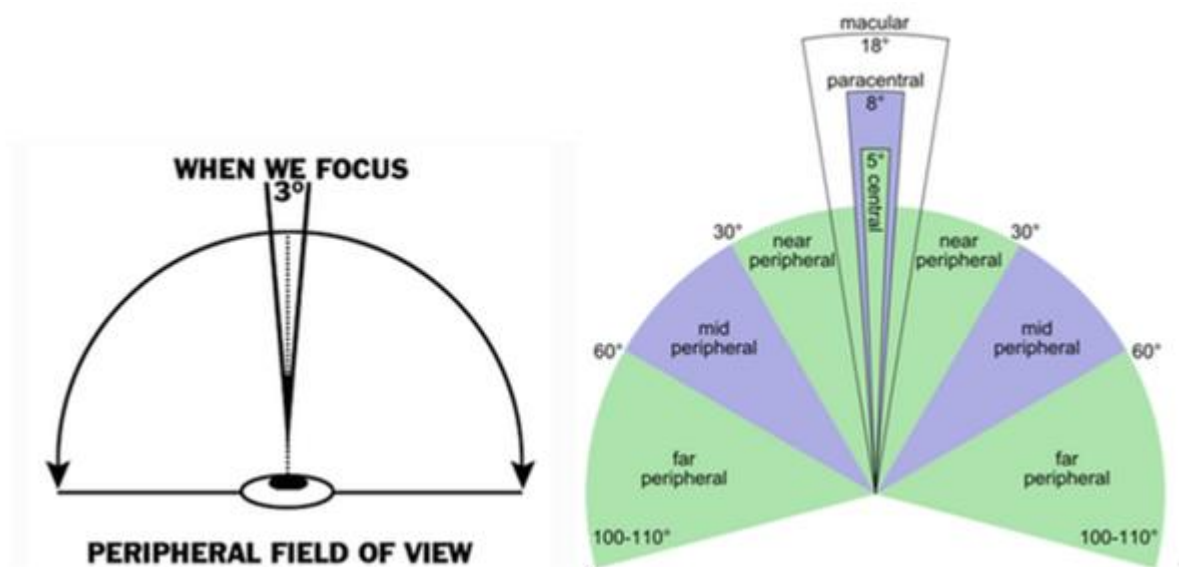


大腦由收到的視覺刺激，自行決定要不要接受，也就是要不要有感覺。或者是視而不見。除了要有不受遮閉的視線，也要經常變換觀測位置，因為就在視線死角裡的目標，就是會碰撞的目標。

處境想要

- 有效的視覺掃描（視覺 瞭望）
- 從儀器收集信息的能力（RADAR 瞭望）
- 建立交通情況的內心畫面 建立程序（碰撞點線面）
- 發展“優良船藝”分割程序（操船點線面）

正向確認：雖然我們的眼睛可從近 200 ° 的圓弧接受光線，但僅限於一個相對狹窄區域（約 10 - 15 °）內，我們能夠專注和分辨物體。任何外圍感知道的东西，必須被識別時，要帶入狹窄視域，才能作用。



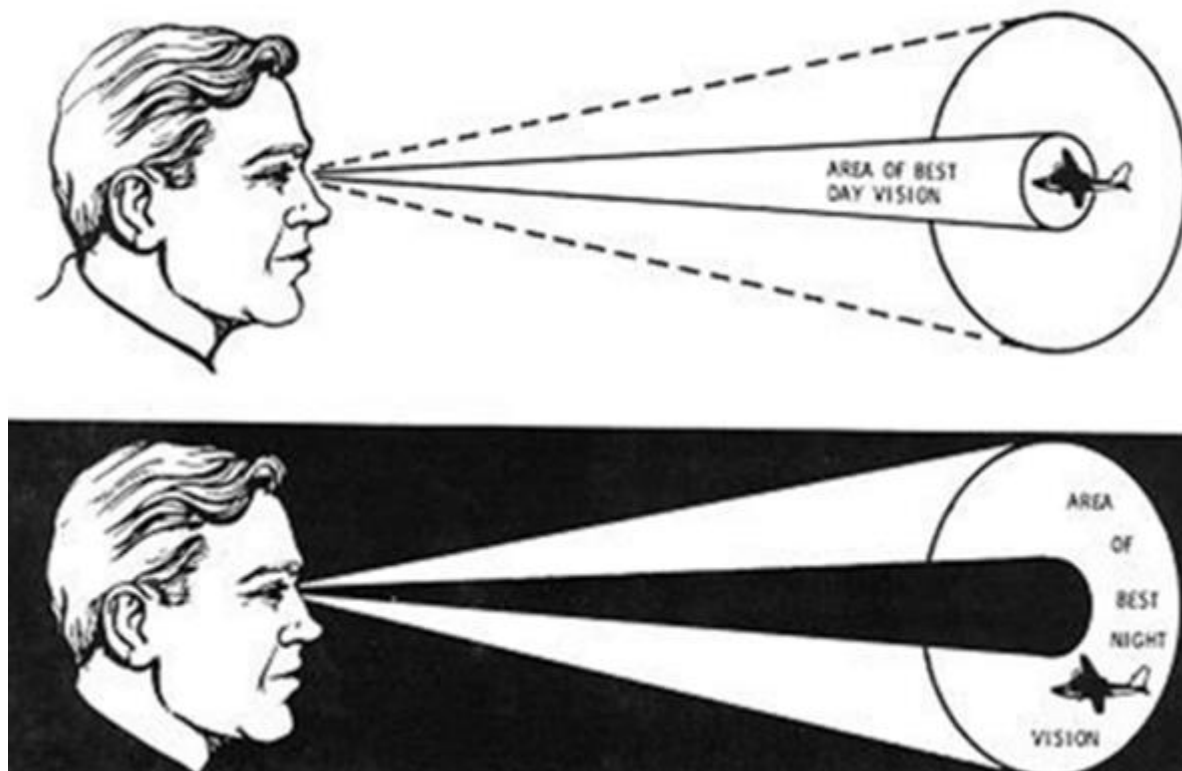
人眼的缺點與限制

人眼睛的構造，是由兩種感光細胞共同工作。一種是椎形體，可以很有效的偵測物體的紋理、顏色、或者是目標的微小動作。這種椎形的感光細胞，需要高強度光源的環境，才能夠正常的工作。另外一種是柱狀的感光細胞，這種細胞對於光線與陰影強弱較為敏感。這兩種感光細胞，在白天光源充足的時候，共同工作。錐形細胞，用於較精細的工作。柱狀細胞，對於任何物體的移動較為敏銳。舉例來說，白天的時候，有錐狀感光細胞的作用，我們看到的世界是彩色的：所以可以很容易的做出判斷。在晚上，沒有錐狀細胞的作用，我們看到的世界是黑白的。在黑白的世界裡，只有光影模糊的移動，但是因為我們還清楚的監測到它的移動：以致於我們的大腦，會做出誤判。

處境想要

- 有效的視覺掃描（視覺 瞭望）
- 從儀器收集信息的能力（RADAR 瞭望）
- 建立交通情況的內心畫面 建立程序（ 碰撞點線面 ）
- 發展“優良船藝” 分割程序（操船點線面 ）

不動的更危險：人眼需要運動或對比才能吸引眼睛的注意力，視域限制會加劇，事實是在某距離上一動不動的目標，就叫碰撞危機，可能出現碰撞。它船保持在看似靜止位置，沒有出現移動或影像擴大。在相當長的一段時間後，會突然綻放成個巨大物體，這叫影象開花，花開效應。這在航空的碰撞，只有 10 秒鐘沒看到，就會撞上。



在夜間時，我們人類的椎狀感光細胞，就不能正常的工作(光源強度不夠)，夜間大部份時候，我們都只能使用，眼睛裡面的柱狀細胞來工作。**椎狀目標能夠正確運作的角度範圍，不超過正前方 10 度。**人的視角如果有 180 度，則其他的 170 度，都是由柱狀細胞負責的。在光源不充分的環境下，人的眼睛，只有柱狀細胞能夠正常的工作。也就是，我們只能感覺到物體的移動，跟大致的動作。至於**實際物體**的判斷，經常會出現錯誤，這是人天生的限制，也是我們可能的錯誤來源。在夜間的瞭望，一個適任的當值船副，應該使用望遠鏡幫助。利用望遠鏡的放大與集光作用，來正確的識別目標的動向與形狀，而不可只用肉眼大致看看。

處境想要

- 有效的視覺掃描（視覺 瞭望）
- 從儀器收集信息的能力（RADAR 瞭望）
- 建立交通情況的內心畫面 建立程序（ 碰撞點線面 ）
- 發展“優良船藝” 分割程序（操船點線面 ）

你看外面越多，碰撞的風險越少。

展望未來天氣，注意一下雷陣雨的動向，雷陣雨裡，或後面可能會藏有目標船，因為雷達波無法穿透大雨。

當班前，檢查預定的航線，是否有可能與他船的航線交叉，可以及早預測何時會有船穿越，尤其是在渡輪出沒的地區，這可以幫助提高瞭望需要的注意力，提醒渡輪出沒，以前是船長的事，會在夜令簿上重申。

需要同時執行其他任務，可能很容易分心，疲勞，厭倦，疾病，焦慮或分神。事實發現，眼球如果沒有運動，當大得出奇的變化生成時，可能無法被觀察注意到。

在夜間我們向著窗外瞭望，事實上，我們的椎狀感官細胞，並沒有在工作，因為光源不夠強。但是經由我們的柱狀感光細胞的作用，我們仍然可以感覺得到，目標物的光線正在移動。

恰恰是在這個時候，我們可能會認為，我們仍然保持的良好的瞭望習慣。

但是我們並不知道，我們面對的是什麼樣的危險？因為我們的椎狀感光細胞，並沒有在用。小的目標可能會被誤認為遠距離的大目標，因為航行燈的位置分佈，看起來好像一條大船的艏燈，或者是一條大船的艏燈，會被誤認為小型目標的桅燈。



這樣子的誤判，也有可能是來自，過去我們成功操作的經驗，或我們對自己的判斷過份自信，或者是自滿。

自滿的情緒，會降低我們的風險意識。所以我們的警覺性降低，最終會導致重大的災難。

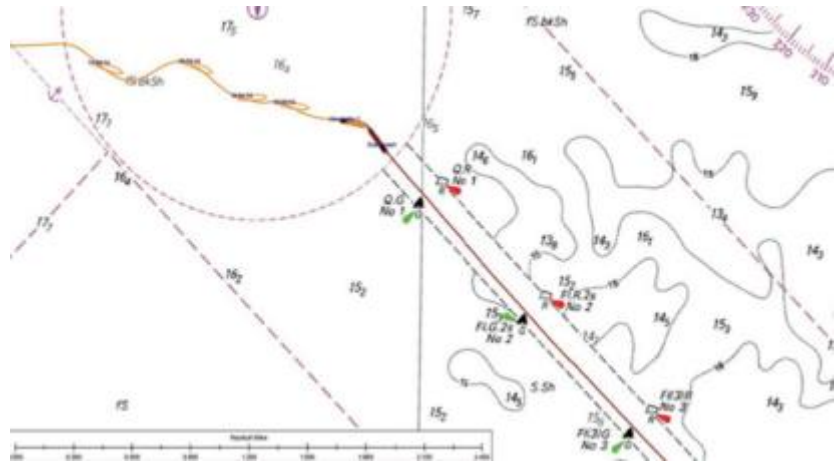
要解決這樣的問題，就是多利用望遠鏡來確認目標的真實情況，並與雷達觀測的目標資料，相互比較確認。

處境想要

- 有效的視覺掃描（視覺 瞭望）
- 從儀器收集信息的能力（RADAR 瞭望）
- 建立交通情況的內心畫面 建立程序（碰撞點線面）
- 發展“優良船藝”分割程序（操船點線面）

Change blindness 視而不見 :對變化盲目 是一種現象，當發生變化時，當值者忽視的原因，包括視野障礙，觀測地點變化，或缺乏注意。

因為柱狀感光細胞的特性，對移動的物體比較容易偵測發現，**夜間有時有些慢速船，或者是在海面上停車的船隻**，或是在領港站附近停車，**等待領港的船隻(亞歷山大輪)，因為低速，或者是停止狀態，這時很容易被眼睛的柱狀感光細胞忽略(長慧輪)**。因為柱狀感光細胞的作用，視角非常廣闊，已經**超過人類的工作記憶，可以處理的情況**。一般對於在水面上沒有移動的目標，往往沒有別的提醒辦法，引起我們的注意，造成嚴重的失誤。



The Alexandra was slowly approaching the channel entrance, having drifted closer over the half hour she'd waited for the pilot, and her captain noticed that the Ever Smart was not changing course at the Number 1 entrance buoy as he had expected. An earlier call from port control to another vessel had given him the false impression that Ever Smart would turn to port.

亞歷山大輪慢慢接近航道入口，已經漂流了半個多小時，她正等著上領港，她的船長注意到，長慧輪未能在1號入口浮標改變航線。從港口控制台較早與另一條船的連絡，給他一個錯誤印象，長慧輪會向左轉向。

As the two vessels closed, the port control VTSO, the pilot, and the master of the Alexandra 1 all called on the Ever Smart to turn to starboard. Alexandra 1 went to full astern and her trackline suggests that her bridge crew cycled her rudder in an attempt to take off speed. She was operating with her AIS switched off, and the bridge team of the Ever Smart was not aware of her presence until moments before the collision.

當兩艘船開始接近，港口控制台 VTSO，領港和亞歷山德拉的船長，都呼叫長慧輪轉向右舷。亞歷山德拉輪全速倒車，和她航跡表明，她的船員用了循環舵，試圖減速。她的 AIS 沒開，長慧輪的駕駛台團隊不知道亞歷山大輪的存在，直到碰撞前的瞬間。

處境想要

- 有效的視覺掃描（視覺 瞭望）
- 從儀器收集信息的能力（RADAR 瞭望）
- 建立交通情況的內心畫面 建立程序（碰撞點線面）
- 發展“優良船藝”分割程序（操船點線面）

瀏覽，到處移動你的眼睛，而沒有停下來，專注於任何事情。幾乎是無用。這是一種狀態，幾乎是在無意識下的動作，常常是在晃神之後，意識不清，不知道要做甚麼？才會**瀏覽**，讓**大腦去產生反應。如果沒有看到關鍵性的東西，還是一樣沒用。**

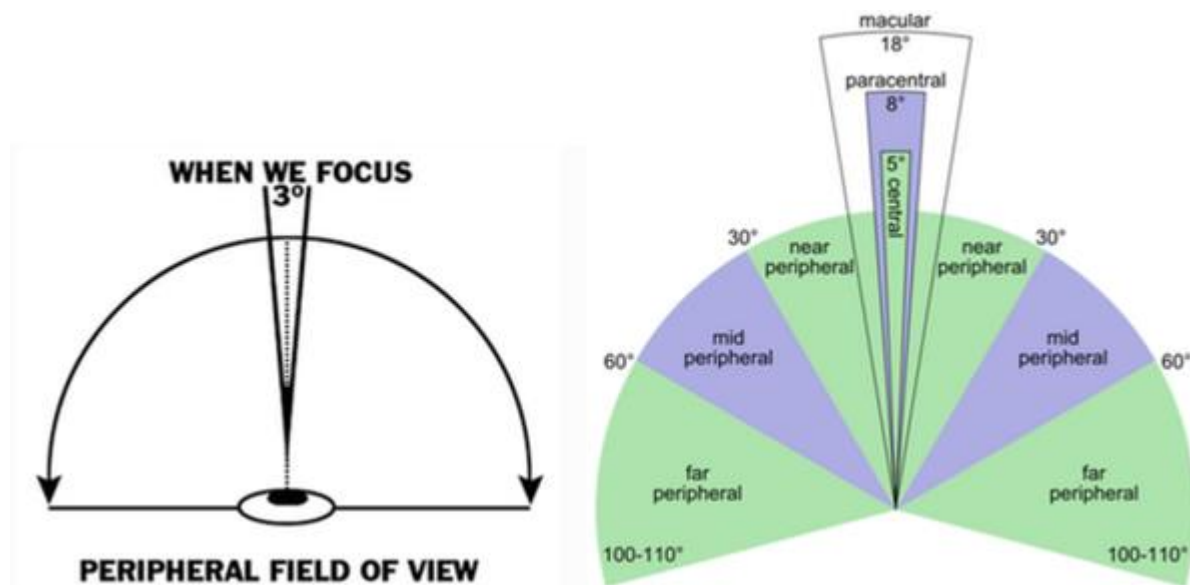
所以應該長時間盯著一個點，並仔細看。這個當然很好，但是他並沒有了解，**瀏覽與晃神，都不是我們主觀的意願。**有瀏覽現象的人，就是有晃神現象的人，這不是胡蘿菠加棒子，就可以解決。



<http://blog.roodo.com/dipolefish>

處境想要

- 有效的視覺掃描（視覺 瞭望）
- 從儀器收集信息的能力（RADAR 瞭望）
- 建立交通情況的內心畫面 建立程序（碰撞點線面）
- 發展“優良船藝”分割程序（操船點線面）



effective scanning 有效掃描：

是通過一系列定期，短間隔眼球運動，把大海各區域，先後帶入視野中央。

每一次視線移動不應超過 10 °，和每個區域至少應觀察一秒鐘，以便能夠檢測。

掃描時，準備專注出現在你周邊視力的任何運動。但要記住最大威脅。

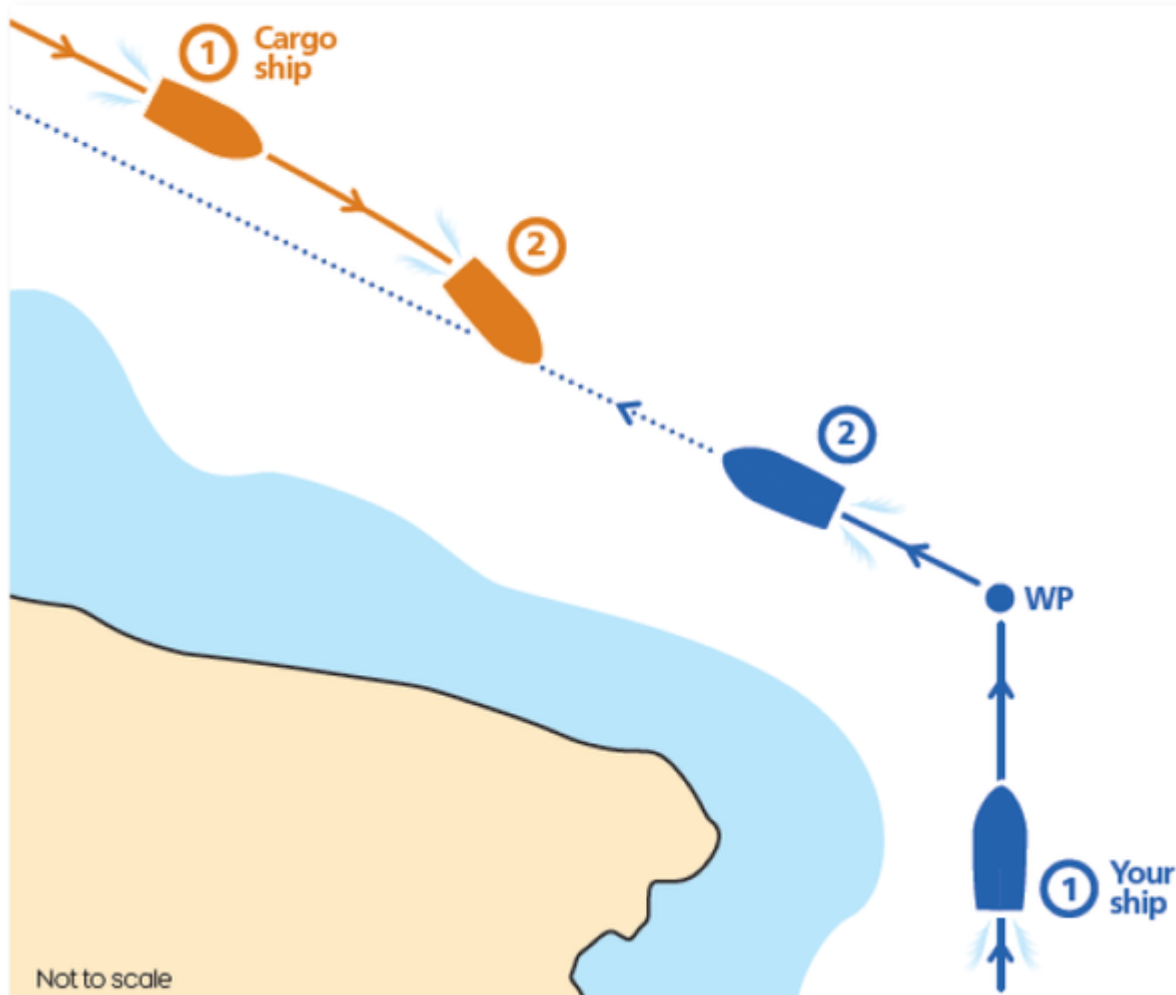
如果另一個目標顯示在擋風玻璃上，但沒有水平運動，大小卻在不斷增加，應立即採取行動，以確定其動向。

(US DOT Flight Training Handbook)

因此鬆散的戒心，導致災難發生。解決之道，提高夜視效果：

1. 讓眼睛適應黑暗，夜間避免暴露在明亮的光線，以幫助避免致盲效果，人眼約需 30 分鐘的調整，達到眼睛最大效率。
2. 閉上一隻眼，先用一隻眼睛瞭望。
3. 將目光緩慢移動，以便觀察。
4. 如果視線變得模糊，就眨一眨眼睛
5. 專注於看到的物體。
6. 利用偏離眼睛中心區觀測，可以更容易偵測到物體的移動。
7. 保持良好的身體狀況。
8. 避免吸煙，飲酒和用藥，這可能是有害的。
9. 使用望眼鏡，觀察眼睛中心區目標船的狀態。

WHO STARTED THIS?



情景

- 你的船是繞過岬角，接近一個向左的轉向點。
- 一艘貨船從另一邊的岬角方向接近。
- 船舶現在的位置 1 時，貨船看到你的航向，改變航向向右舷‘讓路’。
- 你不知道它的改變，保持你的航行計劃。向左轉向，在位置 2。

QUESTIONS

1. What action should you have taken at position 1?
2. What action should you take now, at position 2 ?

這個 case 的原因，就是因為航線畫錯。

如果遇到來船，每條船都要向右轉。本船的航線，就應該在航道的外側，而不是在航道的內側。

當然，如果你是一條小型船，你可以靠近岸邊一點航行，以免外海的風浪過大，一般小型船，150 米的小船，你的船應該是，保持離岸邊三海浬，大型船應該要保持，離岸邊 5 海浬。

知道航線畫錯了，又遇到來船，該如何？當然是延遲轉向，等到本船到來船的外側時，在轉向。

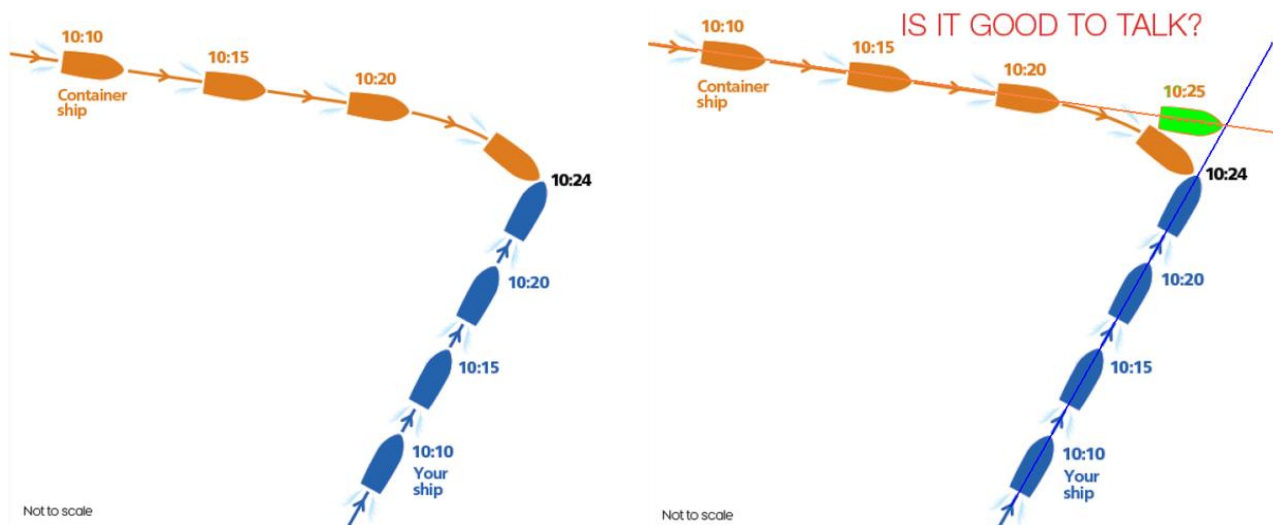
情景

散裝貨船(藍色) 的航向東北，船速 8 海浬。左舷 5 海浬是一條貨櫃船，速度 18.5 節。

CPA 預計在船頭 0.3 海浬通過。

- 在 3 海浬遠，你用 VHF 呼叫貨櫃船，詢問其意圖？
- 貨櫃船說，他將超越船頭，
- 但你要求他改變航向，向右舷轉並通過船尾。
- 兩分鐘後，你再次在 VHF 呼叫，堅持其要向右舷改變航向，並通過船尾。
- 該船的當值船副改變主意，並開始改變航向，向右舷轉。

二分鐘後船舶碰撞。

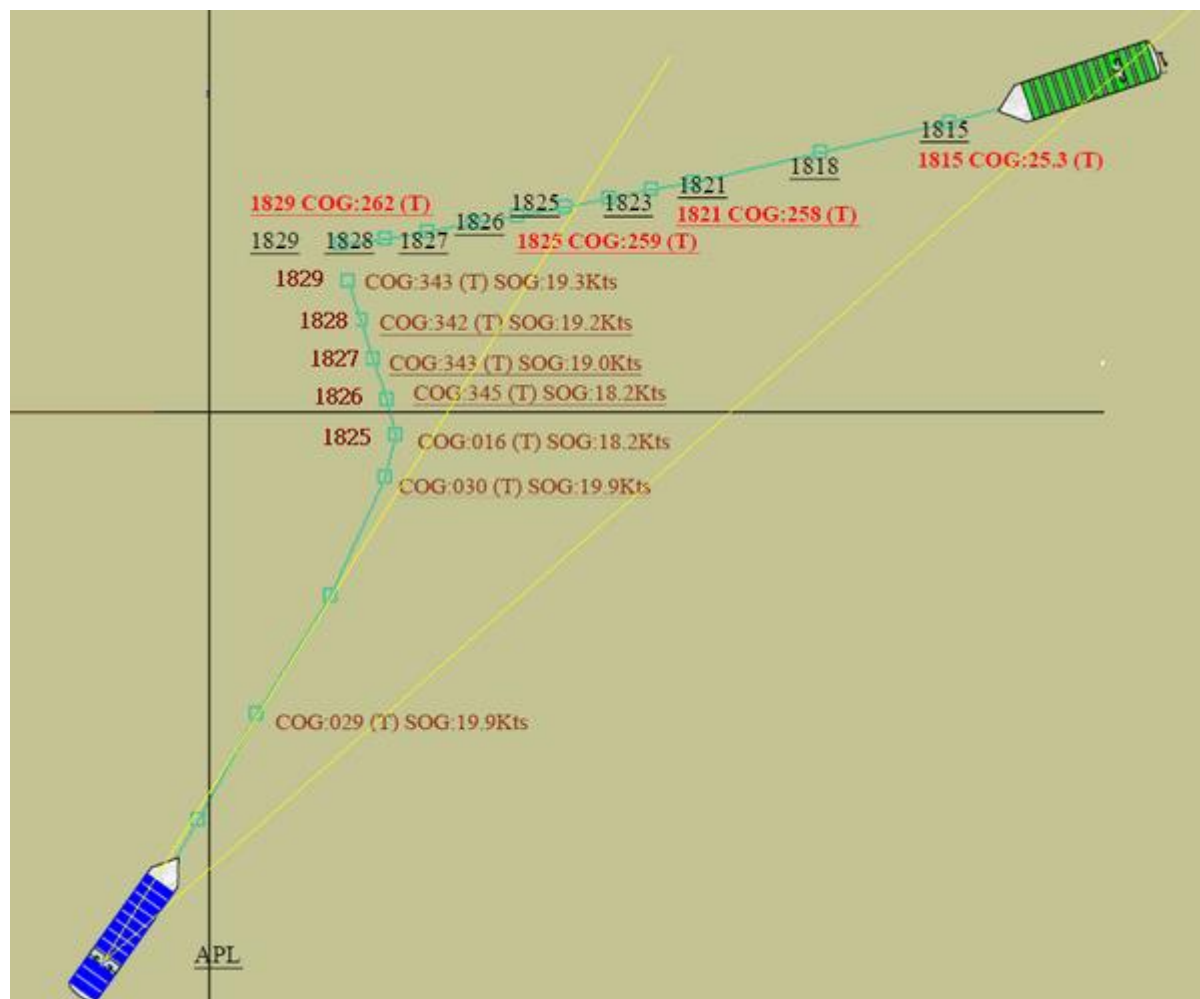


題目不清不楚， CPA 預計在船頭 0.3 海浬通過。

- 在 3 海浬遠，你用 VHF 呼叫貨櫃船，詢問其意圖？ **錯**
- 貨櫃船說，他將超越船頭。 **對**
- 但你要求他改變航向，向右舷轉並通過船尾。 **也可以**
- 兩分鐘後，你再次在 VHF 呼叫，堅持其要向右舷改變航向，並通過船尾。 **這是碰撞前兩分鐘**
- 該船的當值船副改變主意，並開始改變航向，向右舷轉。 **太晚了，二分鐘後船舶碰撞。**

這是對船隻的迴轉慣性不了解， **碰撞前兩分鐘就是 TCPA=2 Min**，

- **要完成迴轉需要 6 倍船長的進距= 3 分鐘的金箍棒**
- **要完成迴轉需要 6 倍船長的進距，需要 3 分鐘**
- **3 分鐘的金箍棒 = 迴轉半徑**
- **等操船點線面再說**



像這種 case，只有一種可能，瞭望不當，沒有看到來船。

如果 APL 沒有向左轉，可以從他船船尾通過，再不濟，也可以向右轉。

黃色線為相對方位線，很明顯，相對方位減少為零，他船過本船船頭。

WHAT WERE THEY THINKING?

貨櫃船航向東南，
船速24海浬

散裝船航向西北船速16海浬

情景

在開闊的水域一艘散裝船和貨櫃船在全速接近。（CPA）為 0.45 海裡，綠對綠。這是位置 1。

在 4.5 海浬遠，貨櫃船轉向 6° 到右舷。此後不久，散裝船改變 5° 到左舷。這是位置 2。

貨櫃船 2.3 海浬，轉向 5° 到右舷與散裝船改變 10° 左舷。這是位置 “3”。

碰撞前的貨櫃船轉向右舷 18° 和散裝船轉向左舷 55°。這是第 4 位。

首先，這兩條船的操縱特性，有很大的差異，

棕船迴轉性能是啟動慢，迴轉慢，是船體尖的船，吃水淺，降速快，橫向 90 度，水下體積小。尖船的特性，就是船隻的迴轉速率增加慢，迴轉速率減少快，換句話說，容易控制船艏向，但是不容易轉向，要兩倍船長才會開始動，是方向穩定船隻。

藍船迴轉性能是啟動快，迴轉快，是船體圓的船，吃水深，降速慢，橫向 90 度，水下體積大。圓船的特性，就是船隻的迴轉速率增加快，迴轉速率減少慢，換句話說，船艏向容易失控，但是容易轉向，只要一倍船長就會開始動，不容易減速，是方向不穩定船。

要知道本船是尖船？還是圓船？只要看尾跡就知道，問舵工也可以，最好自己操一下舵，感受一下。

紫色圓圈代表碰撞點。

- 隨著兩條船的轉向，碰撞點也就跟著船頭方向移動，也就是指到哪裡，撞到哪裡？
- 船頭向左轉，就是準備右舷碰撞。

- 轉向的越多，碰撞點也就跟著移動越多。

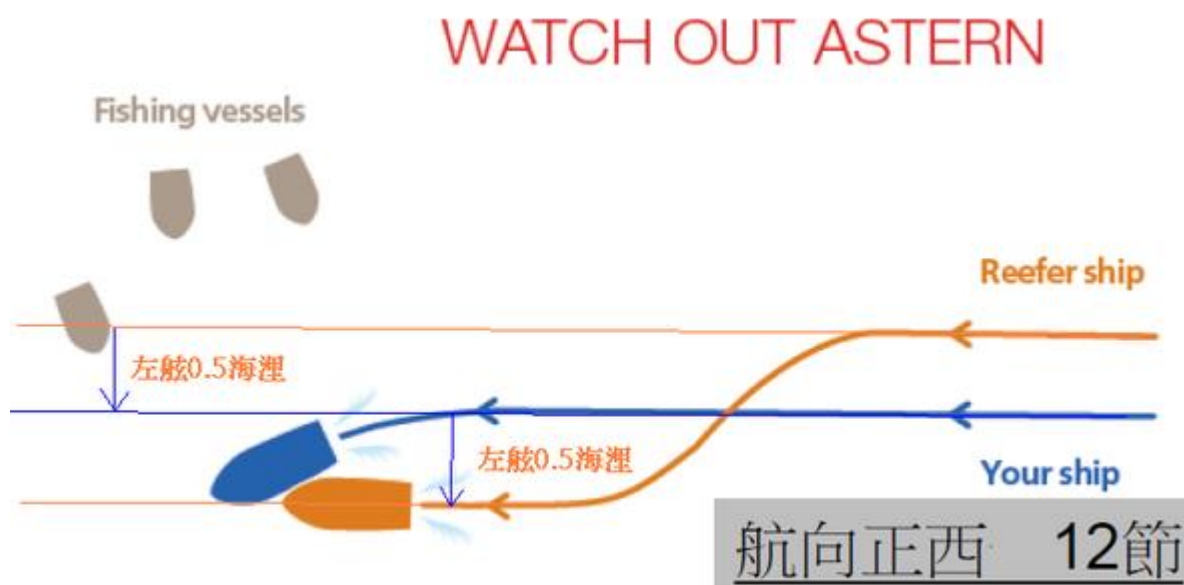
- 非撞不可時，最好是船頭對船頭。

您保持密切注視右舷的一組漁船。(本船藍色)

你沒有看到一冷凍船從左舷超越，(CPA) 左舷 0.5 海裡。

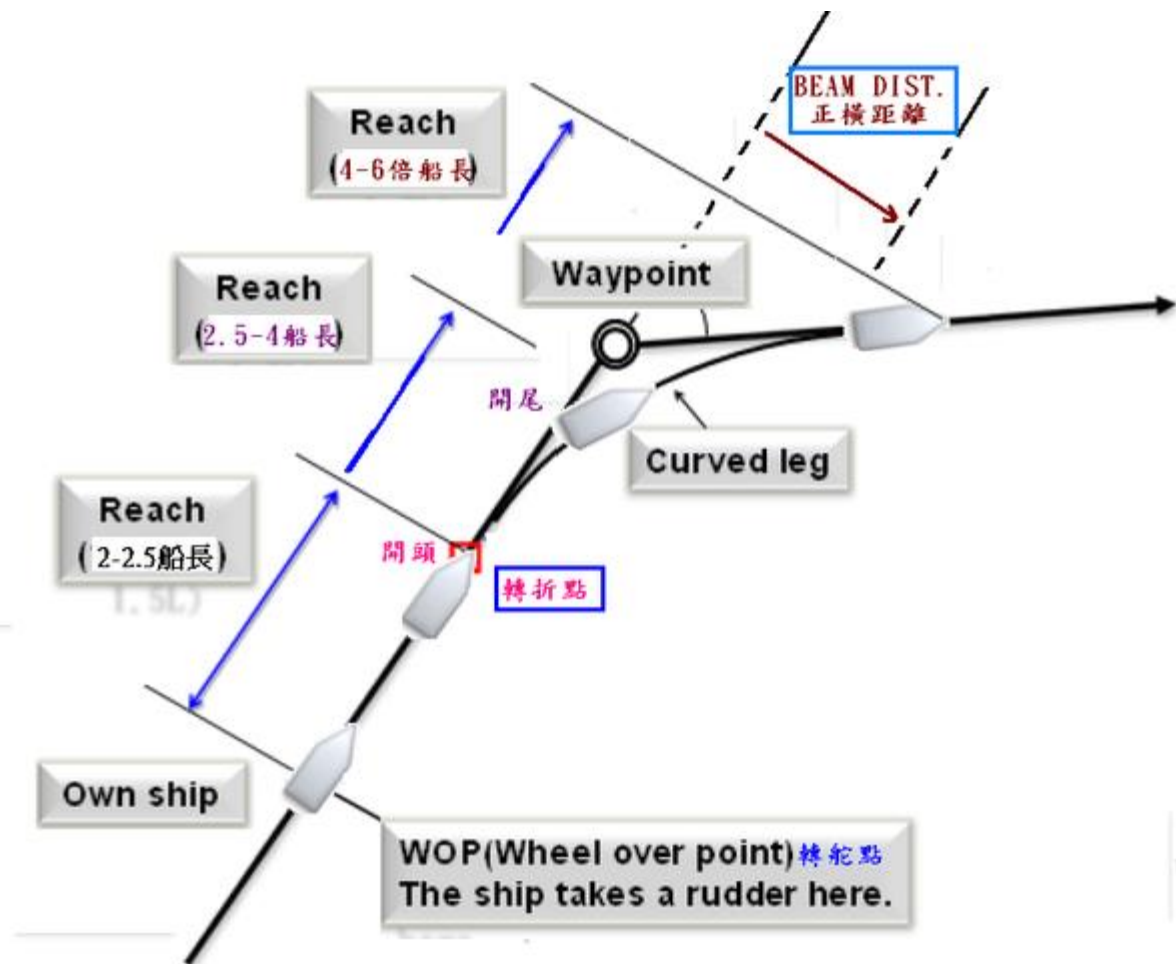
你向左舷改變航向，增加與漁船的 CPA。

冷凍船沒有注意到你的改變，直到為時已晚，和發生碰撞。



QUESTIONS

1. Which is the stand-on vessel ? 沒有，因為多船相遇。不錯，漁船也是船。
2. What should the stand-on vessel have done ? 回頭看看，通知對方。
3. What should the other vessel have done? **KEEP A WIDE BERTH**
4. Would your answers be different if the incident occurred within a traffic separation scheme? 一樣。



有了這個圖解，我們再來看看它代表的迴轉距離與時間，尤其是在避碰的時候。

在 2.5 個船長之內的最初迴轉(不會開頭)

在這個階段是，不論我們使用了多少舵角，去改變方向，船隻運動與迴旋支點的軌跡，幾乎是相同的。請注意，這代表船體的運動，事實上是，從船頭到船尾，在這個階段，都是在原來的航線上。在這個階段，想要用任何舵角的操作來避碰，都是無效的。不能開頭，碰撞擱淺時，就會撞到船頭。

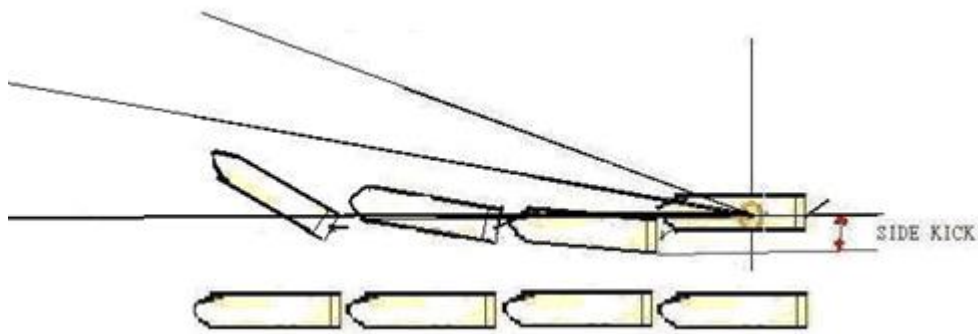
不會開頭:就是等死。不錯。這就是我們的死角。撞入者死。2.5 倍船長的距離內

以一條 300 米的船，船速 20 節， $(300 \times 2.5 = 750 \text{ 米距離})$ ， $750 \text{ 米距離} / \text{船速 } 20 \text{ 節} = 1.2 \text{ 分鐘}$

在 2 到 4 倍船長的前進距離中（開頭不開尾）

船首向的改變有多少？在這第二階段，迴轉就會開始加速，至於在這兩倍船長的前進距離中，船首向的改變多少？是受很多因素的影響，例如：使用多大的舵角、舵板的面積大小、船隻的吃水、俯仰差、水深、風力、水流或者是水底的高低不同而不同。所有的這些因素，對於船身不同部位，所受到的壓力場是有不同的作用，我們在這邊，是不做討論。重點是我們需要這麼多的距離，才會開尾。不能開尾，碰撞擱淺時，就會撞到船尾。

300 米的船，船速 20 節， $(300 \times 4 = 1200 \text{ 米距離})$ ， $1200 \text{ 米距離} / \text{船速 } 20 \text{ 節} = 1.94 \text{ 分鐘}$



船舶在 6 倍船長前進距離後（近 1 海浬），正橫距離？

不論用多大的舵角（最小 5 度），幾乎都能有足夠的橫向距離以離開危險。

在這個距離上，我們主要關切的事，重要的觀察點是，六倍船長的前進距離，我們可以創造出多少的正橫距離？這個前進距離是不是足夠，現在這個舵角的使用之下，可以避開危險的碰撞區域。

300 米的船，船速 20 節， $(300 \times 6 = 1800 \text{ 米距離})$ ， $1800 \text{ 米距離} / \text{船速 } 20 \text{ 節} = 2.91 \text{ 分鐘}$

總結一句，在大海上，3 分鐘的金箍棒來避碰是不夠的。

碰撞前 1 分鐘轉向，撞頭。

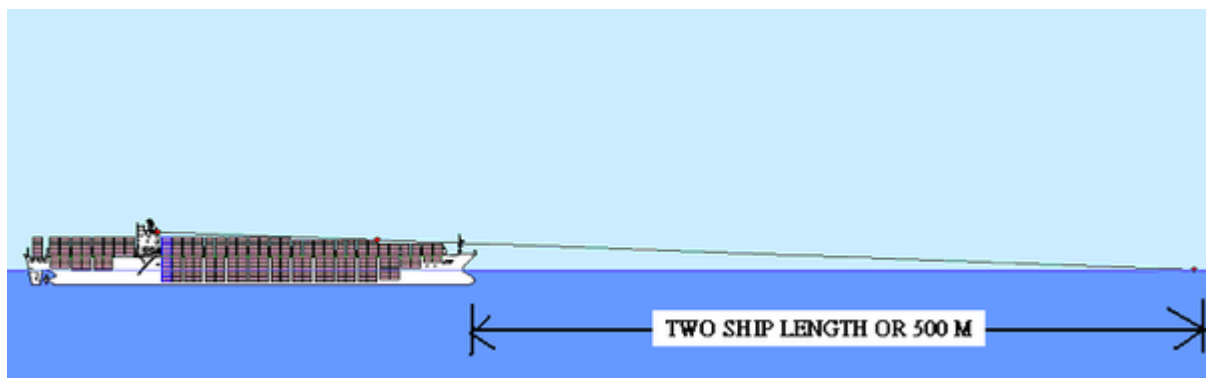
碰撞前 2 分鐘轉向，撞尾。

碰撞前 3 分鐘轉向，撞船。

IMO 盲區

IMO 決議視線的需求，是從駕駛台往船頭前方看，盲區不應超過的距離是，兩倍的船長或 500 米中的較少者。從以上的討論來看，原因很清楚，船舶在這個前進範圍內，無法用任何手段，製造任何空間去避碰。

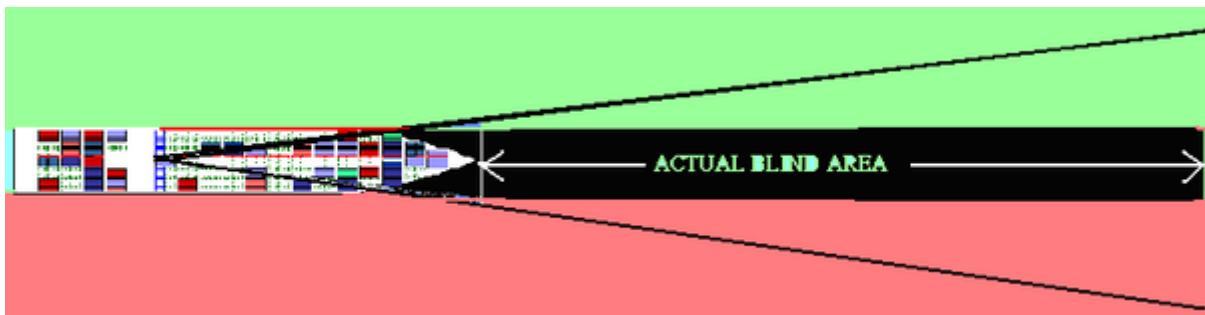
我們要看看實際的距離計算，從優良船藝的角度來講，把危險的目標保持在我們的視線之內（不要讓它進入盲區），不論我們是從事任何的船隻操縱，或者是其他的操船需求，都是一個很保險的做法。我們船頭之前的盲區，就是超乎船隻操縱者的控制之外。所以我們在船隻離開碼頭的時候，如果能明確估計本船的盲區距離，這樣我們才會了解，我們操船的弱點是在哪裡？



（兩倍船長或 500 公尺盲區長度圖）

如果目標在駕駛台中間的操船位置看不到，並不表示在駕駛台的兩邊也會看不到。如果船長能夠改變他在駕駛台觀測的位置的話，從中間移到本船的兩舷，就像船隻在靠碼頭的時候一樣。那麼船隻的可見距離，就會從船邊改變。在右舷的盲區，跟在船舳的盲區是不一樣的。如果船長轉到左舷來觀測的話，事實上，船長站在船舷邊觀測，盲區是變大了。但是在他所站立的這一側，可以說是沒有盲區的。因為他沒有受到船頭的結構，跟船上裝載貨物的阻礙。這就是為什麼？我們在避碰操作時候，需要左右兩舷來回的跑，以觀測我們用舵之後的船隻迴轉，我們要避碰在左舷的目標或在右舷的目標，是不是已經轉向了？或者是在最後避碰的時候，它船主機已經停車了？

我們可以把這個左右觀測的任務，分配給在駕駛台的其他船副幫忙，檢查我們視線所不能及的範圍。只要我們能夠從駕駛台的兩舷，去觀測我們的目標的話。那我們實際上的盲區，就會相對的縮小。請參見下圖，真正的盲區是黑色的區域，並不是我們在駕駛台中間，所看出去放射到貨物的兩邊，包括紅色與綠色的部份。通過駕駛台兩邊的核實，實際的盲區將被減少。



TCPA 的妙用

使用 TCPA 有兩個主要的目的，

第一是 瞭解甚麼時候，是太晚採取行動？

第二是 當讓路船沒及時讓路時，提供本船必須採取避碰行動的底線。

例如 1：使用 TCPA 去創造安全距離。

（這個練習的焦點是碰撞距離 DTC，而不是的他船的距離 RANGE）。

如果目標在擁擠水域裡，避讓一條直航船，當碰撞點還有四海浬的時候，要產生兩倍船長的正橫距離，需要轉多少航向？（本船是 300 公尺長，航速二十節）

答：DTC 碰撞距離 x SIN（ θ ：多少轉向角度）= （兩倍船長的正橫距離）

四海浬 x SIN θ （多少轉向角度）= 600 公尺（兩倍船長的正橫距離）

SIN θ （多少轉向角度）= 600 / (4 x 1852) => θ （需要轉向角度為）= 5

。

現在這個例子，可以換成 DTC 碰撞距離或者是 Time to DTC 碰撞時間或者是 TCPA 到最近距離點的時間。

到碰撞點的距離是四海浬，也就是四海浬的碰撞距離，本船的船速是 20 節，

Time to POC = 4 nm ; 60 mins x 4 nm / 20 nm = 12 minutes

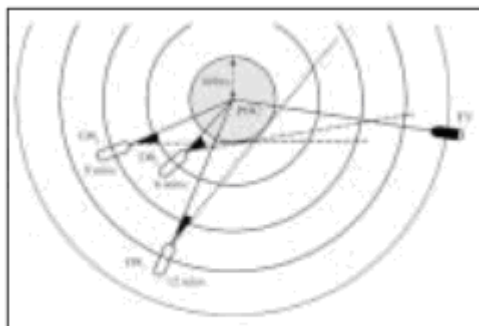
距離碰撞點的時間就等於 12 分鐘。

現在就可以使用，我們所關心避碰的底線，來回答這個問題。

- 在 12 分鐘的碰撞危機中，我們只需要改變航向五度，就能保證本船能夠有 600 米的安全通過距離，也就是本船兩倍船長的正橫通過距離。
- 同理可證，如果碰撞危機是在 6 分鐘之後發生，就需要改變航向 10 度以上，才能保證本船能有六百米的安全通過距離。
- 如果碰撞危機只剩下 3 分鐘的時候，我們需要改變航向 20 度以上，以保證本船能有六百米的安全通過距離。

如果本船希望，以兩倍船長的正橫距離，通過一個目標船，我們的底線是 12 分鐘會到碰撞點，9 分鐘，6 分鐘跟三分鐘，又是多少航向的改變才足夠？

本船的長度是 300 米，航速是 20 節。



▲ Figure 3 The closer vessels come to a collision point, the more they must alter course

答：TCPA 是 12 分鐘時，需要改變航向五度

TCPA 是 9 分鐘時，需要改變航向七度

TCPA 是 6 分鐘時，需要改變航向十度

TCPA 是 3 分鐘時，需要改變航向 20 度

這一個練習，為我們顯示了，以前的說法。”越晚採取行動去避碰，就會造成越大的困難”。

避碰的底線？

來回答這個問題。本船的長度是 300 米，航速是 20 節。

在一個 (DTC = 7 倍船長的前進距離) 的碰撞危機中，我們需要改變航向？度，

去保證本船能夠有 600 米的安全通過距離，也就是本船兩倍船長的正橫通過距離。

答； DTC (7 倍船長碰撞距離) $\times \sin(\theta : \text{多少轉向角度}) = (\text{兩倍船長的正橫距離})$

$\Rightarrow 7 \times \sin\theta = 2 \Rightarrow \theta$ 轉向角度顯然為一常數 等於 16.6 度

如果我們將迴轉的第一階段(2 倍船長的前進距離)，船隻不做動，列入考量，則

DTC (5 倍船長碰撞距離) $\times \sin(\theta : \text{多少轉向角度}) = (\text{兩倍船長的正橫距離})$

- $5 \times \sin\theta = 2 \Rightarrow \theta$ 轉向角度為一常數 等於 23.6 度
- 不論任何船隻，在最小 DTC 碰撞距離下(7 倍船長前進距離)，避碰的底線是 24 度的轉向角度。
- 最小 DTC 碰撞距離，每條船不一樣，與該船的船長有關。

每條船的船副，都應該有最基本的觀念，既是本船的巡航速度與船長，跟 TCPA 的關係。

就好像我們的例子裡面說的，本船是三百公尺長，航速 20 節。這時如果在雷達上面，看到目標的 TCPA 是 9 分鐘時，**我們需要至少轉 7 度以上。**

忘記了嗎？關鍵是碰撞距離，還有多少海浬？ 答： 航速 20 節，TCPA=9 分鐘，碰撞距離是 3 海浬。

當碰撞點還有三海浬的時候，要產生兩倍船長的正橫距離，需要轉多少航向 COURSE？

DTC 碰撞距離 $\times \sin(\theta)$ （ θ ：多少轉向角度）=（兩倍船長的正橫距離）

我們需要至少轉 7 度以上。

換成是 180 公尺長船隻，航速是 15 節時，如果 TCPA 是 9 分鐘，這時候我們需要改變的航向是多少？才能有 2 倍船長的正橫距離，安全通過。（答 5 度）

如果 TCPA 是 6 分鐘，這時候我們需要改變的航向是多少？（答 7.5 度）

（引用 Managing Collision Avoidance at Sea by Captain Gilbert Lee MNI and Julian Parker OBE, FNI）

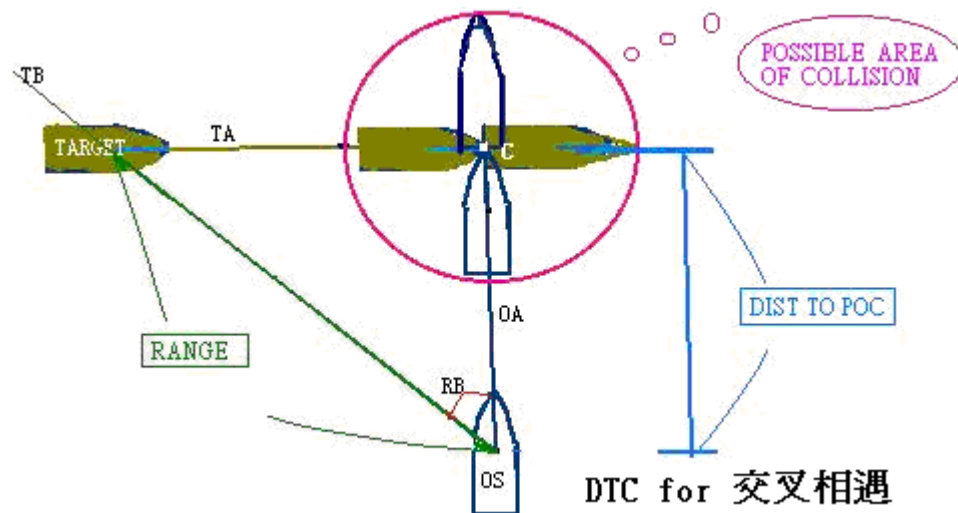
必須採取行動的距離

直航船舶，當發現應讓路船舶顯然未依本規則採取適當措施時，亦可單獨採取措施，運轉本船以避免碰撞。

二、不論任何原因，應保持航向及航速之船舶，發現本船已逼近至僅賴讓路船之單獨措施，不能避免碰撞時，應採取最有助於避免碰撞之措施。

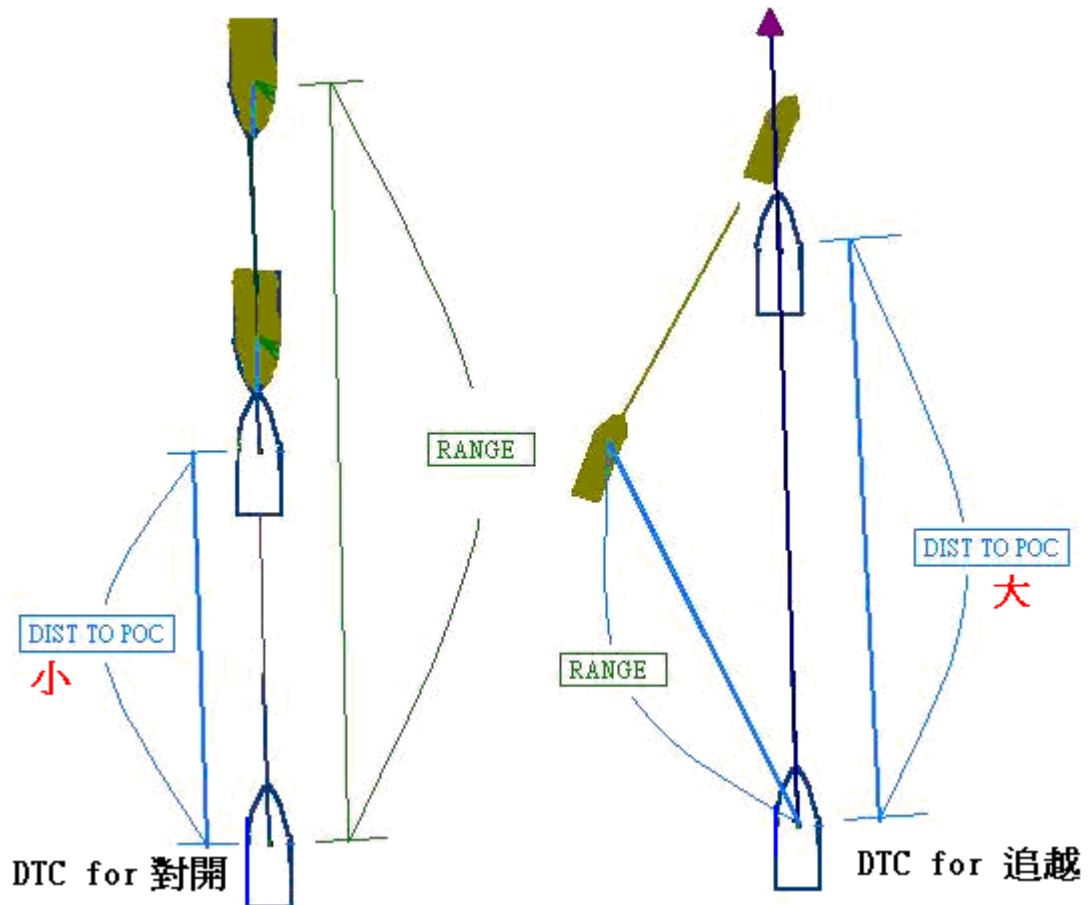
這裡指的是，經常提及的直航船最後階段的行動，應該採取最佳避碰操作，建議的適當距離在英國海事局(MARITIME and COASTGUARD AGENCY)推薦的是 3 海浬，大連海事大學研究的建議是 2 海浬。這裡的距離指的是，兩條船船之間的相對距離，同樣的距離，在不同的相遇情況之下，會有不同的碰撞距離。

- 對一個追越船來講(OVERTAKING)，如果兩條船的船速，只有 2 到 3 節的差距，那 2 到 3 海浬的距離，就會需要半到一個小時的時間，才會到達可能的碰撞區域。
- 對於對開的船隻來說(END-ON)，如果兩條船有三十節的相對速度，那這兩三海浬的距離，只能有 6 到 4 分鐘的時間，就會到達碰撞區。
- 在前面追越的情況裡，本船的行動，如果在可能的碰撞時間前半個鐘頭，似乎也太早了一些。
- 但是對於後面對開的情況來講，在碰撞前 6 到 10 分鐘，才要採取行動，又顯然是太晚。



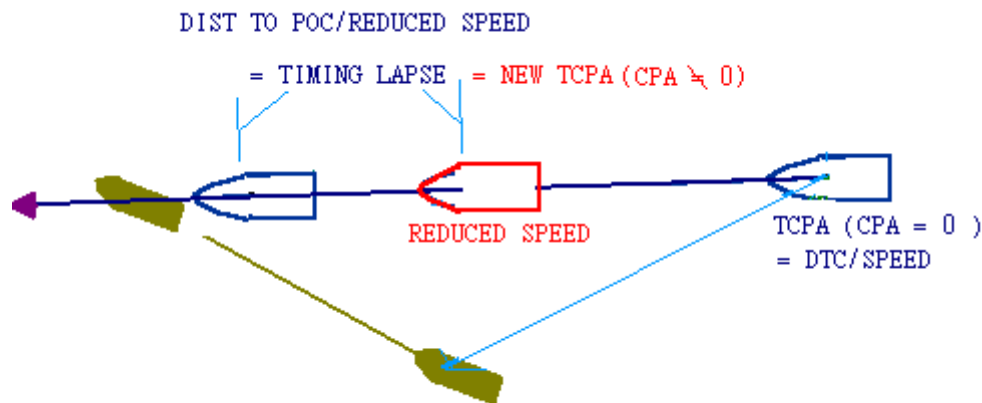
所以我們應該了解，這裡他們所推薦的兩到三海浬的距離，作為最後必須採取行動的距離，指的應該是交叉相遇的情況。

碰撞距離代表的是，本船會前進到碰撞點 POC(POINT of COLLISION)的距離。這個距離就是本船，能夠用以操縱最佳的避碰行動，增加與他船的最近距離。相較起來，相對距離 DISTANCE or RANGE 就比較無關緊要。



碰撞距離 DTC 除以自身的船速就是 TCPA，通常我們得到的 TCPA 是從兩船的距離除以相對的速度。既然碰撞距離 DTC 不能從 ARPA 資料中得到，我們不得不利用 TCPA 的時間，讓我們可以考慮安全操船的因素。

例如：下圖為兩船具有碰撞危機，將同時達碰撞點。



本船長是 285 米，7 倍的船長是 1955 米。如果本船速度為 20 節，1955 米的距離，它需要航行 3.17 分鐘。如果用 7 倍的船長，作為最小碰撞距離 DTC，這 3.17 分便是我們避碰時，操舵所需要的最小時間 TCPA。本船應在 TCPA 大於 3.17 分鐘前，採取操舵避碰的行動。

如果本船使用減速到 10 節的船速，便需要 6.34 分鐘，才能行進 7 倍船長的距離，因此到達可能碰撞區的時間，會增加為原始速度的雙倍。

如果他船保持原航向和速度，將會以原來的 3.17 分鐘，到達可能碰撞區。

本船到達可能碰撞區的時間，將延後為 6.34 分，目標船已經清爽可能碰撞區。

這就是避免碰撞的時間差觀念。

同時到達碰撞點(藍船)，有碰撞危機 => 不同時間到達碰撞點(紅船)，無碰撞危機

碰撞危機的處理習慣

如果我們有一位當值船副，在專心負責 ARPA 畫面的觀測及目標的確認，對操船的人來講，將是一個很大的幫助。因為 ARPA 觀測需要對 ARPA 系統有相當的經驗，才能掌握顯示幕上面

的畫面與資料，同時他又必須能夠，在資料區做出正確的設定，剛剛好顯示出我們要的資料。抬頭看看上面的 ARPA 資料區，顯示的資訊就不只 7 個，超出我們理性的工作記憶甚多，很多功能都是用電腦程式設計的軟體開關，需要有長期記憶支援操作，本來的瞭望操作是雷達螢幕提供電子畫面，與窗外的目視畫面，交互確認。現在的瞭望操作變成雷達螢幕電子畫面與 ARPA 資料區的資料，交叉比對確認，窗外就留給藍天吧。

當值的年輕船副，如果會操作 ARPA，那當然很好，但是另一件隱憂又出現了，這個優秀的年輕人，可能永遠也學不會目測瞭望，如果沒有另外的培訓計畫，這不是對管理階層的勸告，這是新的時代，新的危機預案，換句話說，船公司的管理階層要開始挫的等了，事實上，太過依賴 ARPA 已經發生過，目標進入盲區，以至於造成碰撞的案例。提醒年輕船副，你不是不夠好，也不是態度不佳，只是你也會受到天生的限制，必須有所突破。



年輕的船副，也很可能在駕駛台上面，被其他的事務所分心。此時，船長必須一個人負起瞭望與操船的所有任務，其困難可想而知，船長可以依賴的，就是目測瞭望。不幸的是，這 10 年中，新一代的船長，也是 ARPA 世代，對 ARPA 也是依賴甚深，如果當值船副對 ARPA 操作不熟，對不起，船長現在也沒時間教你，況且船長自己要用 ARPA 來瞭望，變成船長在雷達

螢幕區與 ARPA 資料區，交互確認，船副靠邊站，這是另一件隱憂，目測瞭望是甚麼？只能心有餘而力不足。

這 10 年中，新一代的船長，也是 ARPA 世代，對 ARPA 也是依賴甚深，如果當值船副對 ARPA 操作不熟，對不起，船長現在也沒時間教你，況且船長自己要用 ARPA 來瞭望，變成船長在雷達螢幕區與 ARPA 資料區，交互確認，船副靠邊站，這是另一件隱憂，目測瞭望是甚麼？只能心有餘而力不足。



碰撞危機的處境想要

解決的辦法，就是要增加人氣，派兩位船副一起當班，互相合作配合船長觀測目標的需求來操船。大部分的時候，船上兩位船副的資歷都不整齊，一個資深一個資淺，船長還要從旁協助指導。我們可以想像即使是海軍，也會打下他們自己的飛機，不管有多少人在 CIC 戰情室裏面，幫忙當值瞭望，也不管有多少電子識別儀，在幫助他們工作。不管我們會不會，我們需要一些目視的技能，來幫助我們克服這些儀器的畫面限制，ARPA 提供速成資料的誘惑，並且能夠預測正確的行動，以避免最危險的目標。凡是需要人類感官，如眼睛來發現危險，協同我們的知識，經驗與慣性來認知，預測與正確操作的技藝，最終都會變成我們的潛意識，

一種內化的能力，也就是我們的處境想要。內化的原因是，因為我們的理性受到工作記憶的限制，所以把需要處理的東西，變成我們習慣的一部份，以免遺漏。

請見上圖，到可能碰撞區域的距離與兩條船之間的相對距離，是不一樣的。經由我們所討論的船隻迴轉特性裡面，我們可以了解到，我們需要的最少的 DTC 碰撞距離，是本船的 7 倍船長。這七倍船長，可以用來作為，產生有效的正橫距離(從原航向線上，7 倍船長的前進距離，用於在實際使用的舵角下，產生有效的一倍船長橫向距離)。

從初始航向線上，到可能碰撞區域的距離越大，我們能用來避免碰撞的時間就越長。