

衝突事故を 減らすための 停止性能基準

運動性能研究グループ
上野道雄

船の事故を減らすための方策

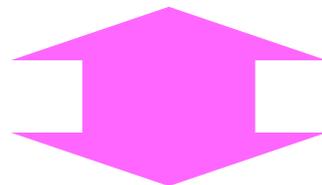
データ収集

- ・ レーダー, 電子海図
- ・ 自走船舶識別装置(AIS, Automatic Identification System)

データ解析

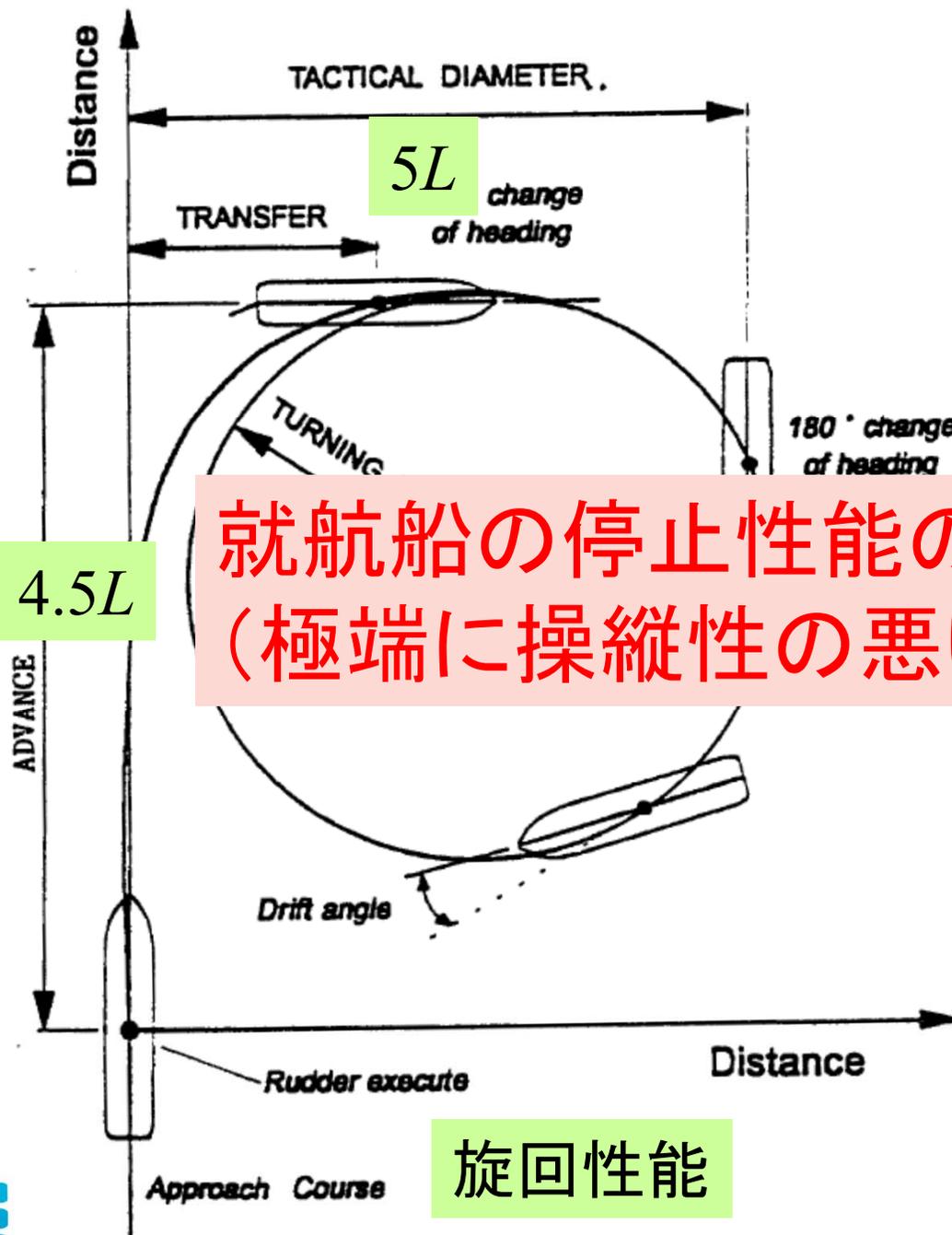
- ・ 自動衝突予防援助装置(ARPA, Auto. Radar Plotting Aids)
- ・ 最接近距離(DCPA, dist. of closest point of approach)
- ・ 最接近時間(TCPA, time to closest point of approach)
- ・ 予測危険範囲(PAD, predicted area of danger)

人為的過失を防ぐための方策

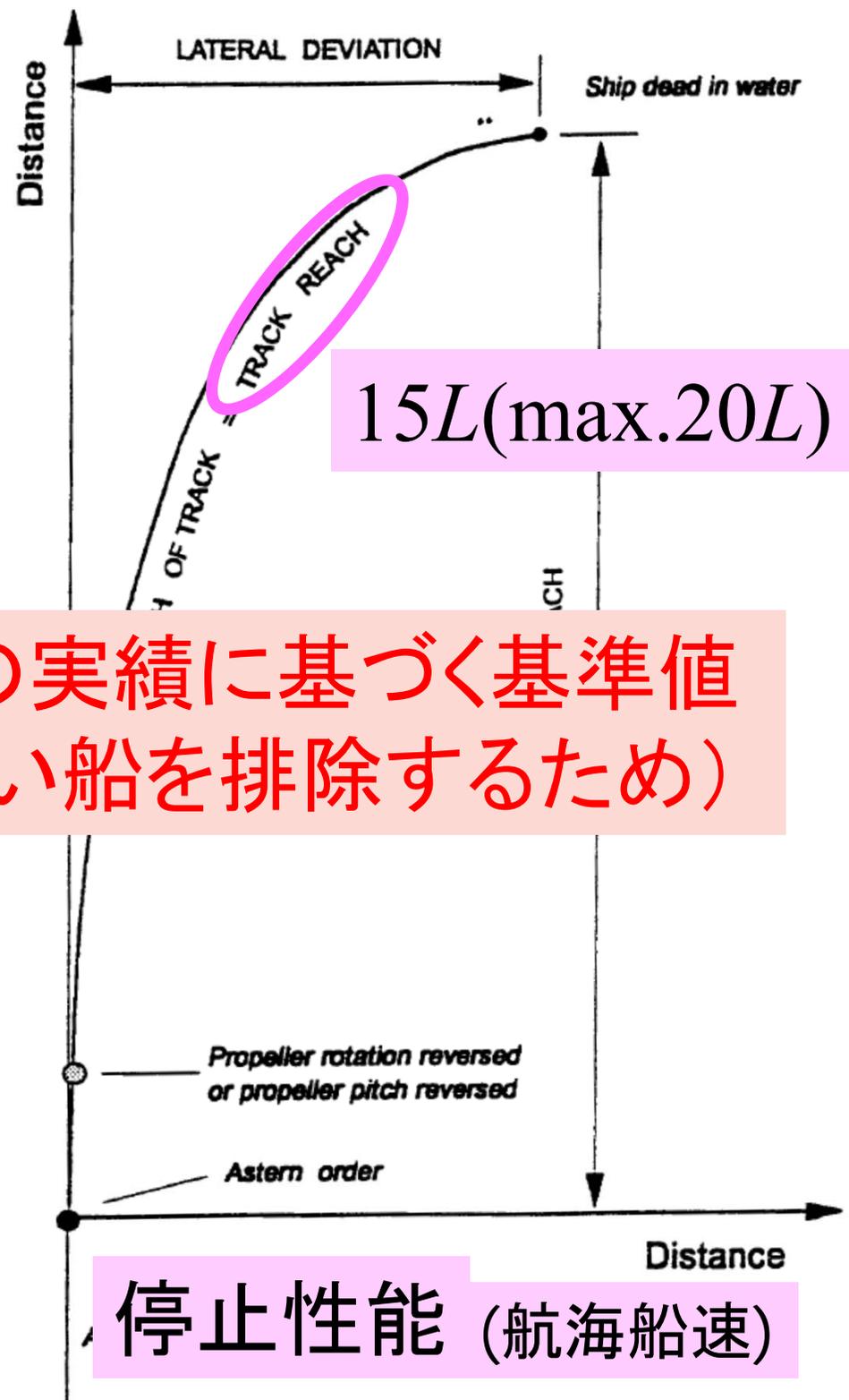


船の性能の観点からの方策?

IMO操縦性基準(2002)

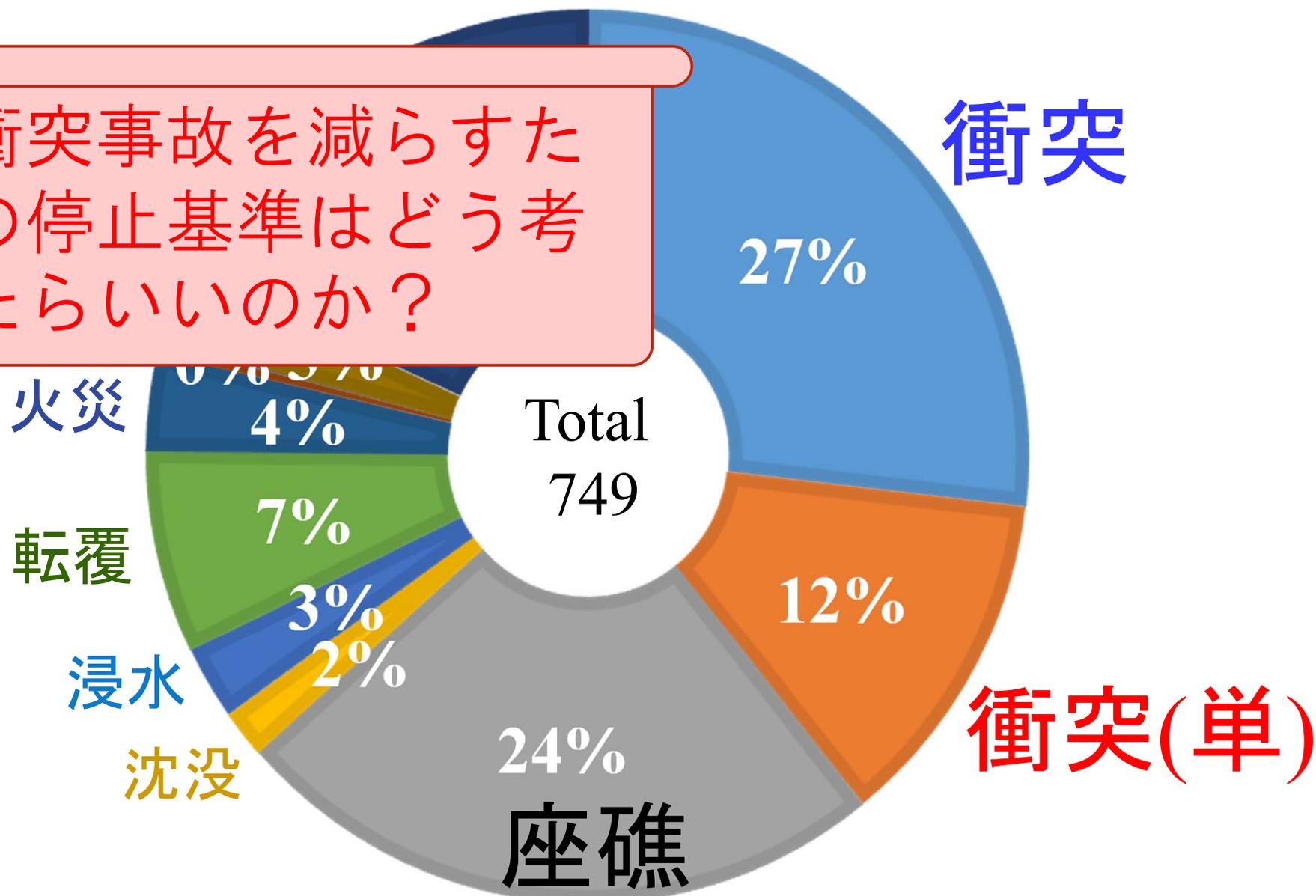


就航船の停止性能の実績に基づく基準値
(極端に操縦性の悪い船を排除するため)



船の衝突・座礁事故

衝突事故を減らすための停止基準はどう考えた方がいいのか？



事故分析の対象

● 運輸安全委員会の船舶事故報告書

- ・ 事故等種類：重大
- ・ 事故区分：衝突
- ・ 船舶種類：旅客船・貨物船・タンカー
- ・ 事故の発生期間：2008年4月から2016年8月まで

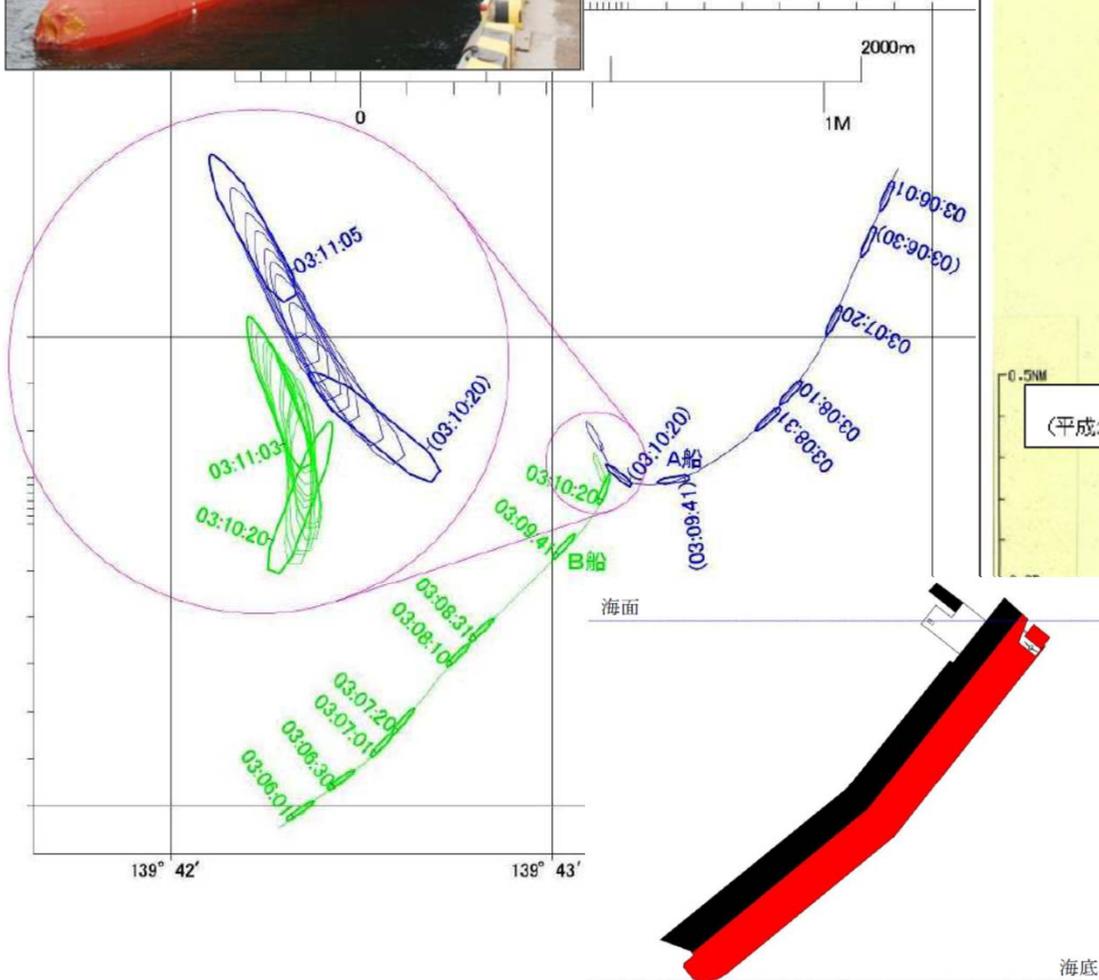
全52件：旅客船38, 貨物船4, タンカー10(重複を含む)

- ・ 漁船・遊覧船・プレジャーボート・ヨット等を除く
- ・ 押船/台船, タグ付き船各1隻を除く
- ・ 2回(3隻)の衝突事故ははじめの事故を対象とする

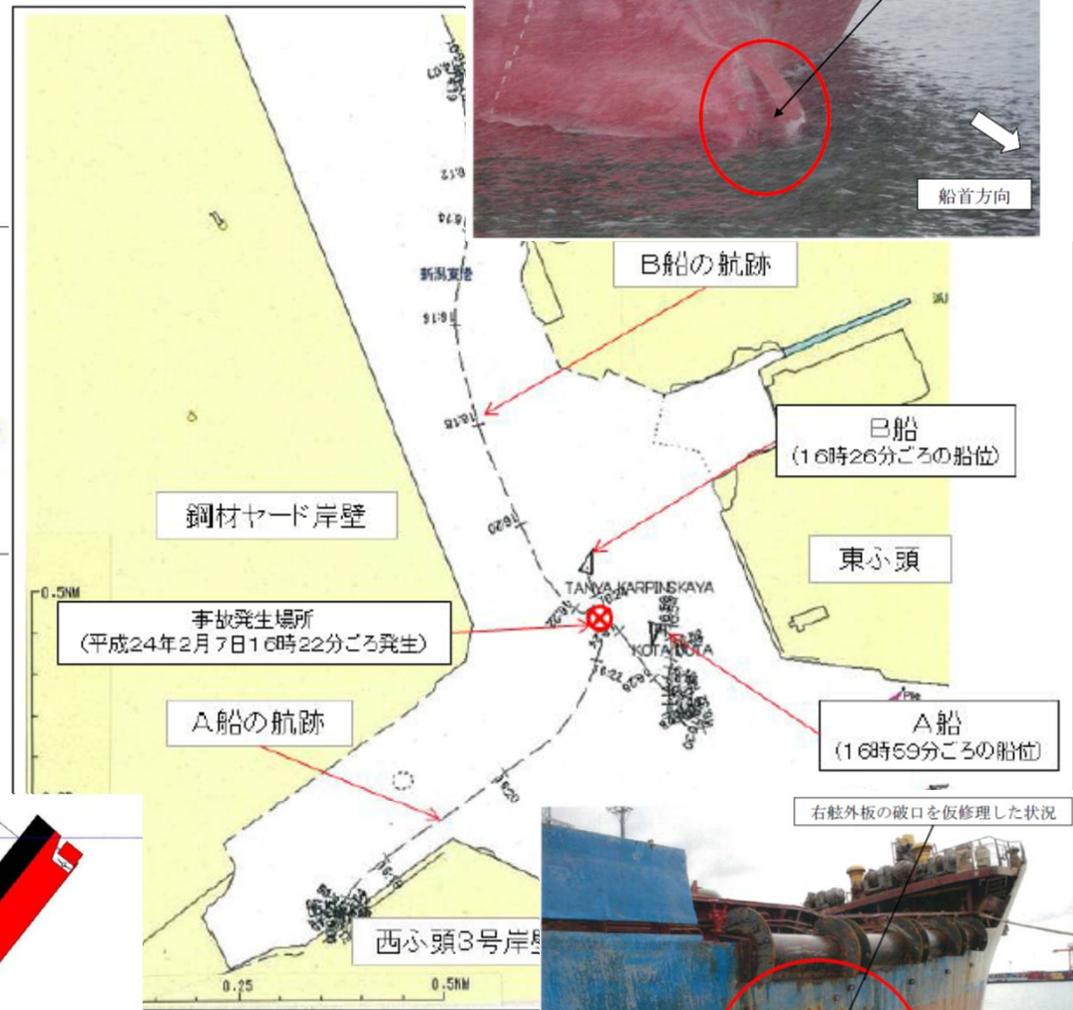
24件48隻

- ・ 追い越し6, 横切り7, 行き合い11
- ・ 18件が航路・港湾内の事故
- ・ 8隻がプロペラ逆転発令

事故データ例



貨物船とコンテナ船の衝突
(2014.3.18.三浦半島沖)



位置を示す。AIS記録



コンテナ船と貨物船の衝突
(2012.2.7.新潟港)

対象船と衝突の状況

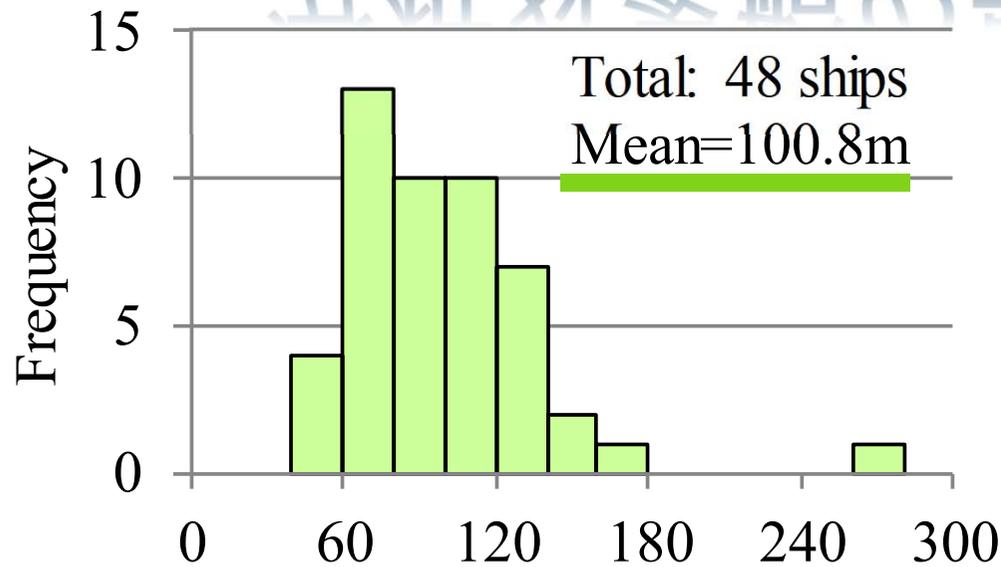
対象船の主要目

	Data numb.	Max.	Min.	Mean	St. dev.
Ship length, L (m)	48	276.0	50.0	100.8	38.6
Breadth (m)	48	43.4	8.3	16.1	5.9
Depth (m)	48	25.5	4.5	8.9	3.8
Gross tonnage (t)	48	94446	170	5600	13530
MCR (kW)	48	51485	404	4609	8370
Nav. full speed (kn)	22	24.7	10.5	15.0	3.9

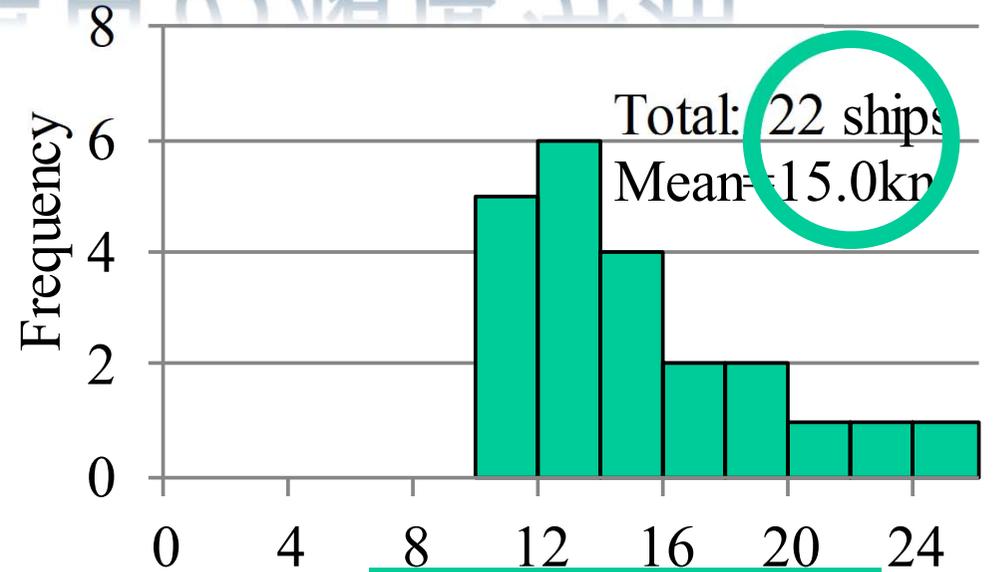
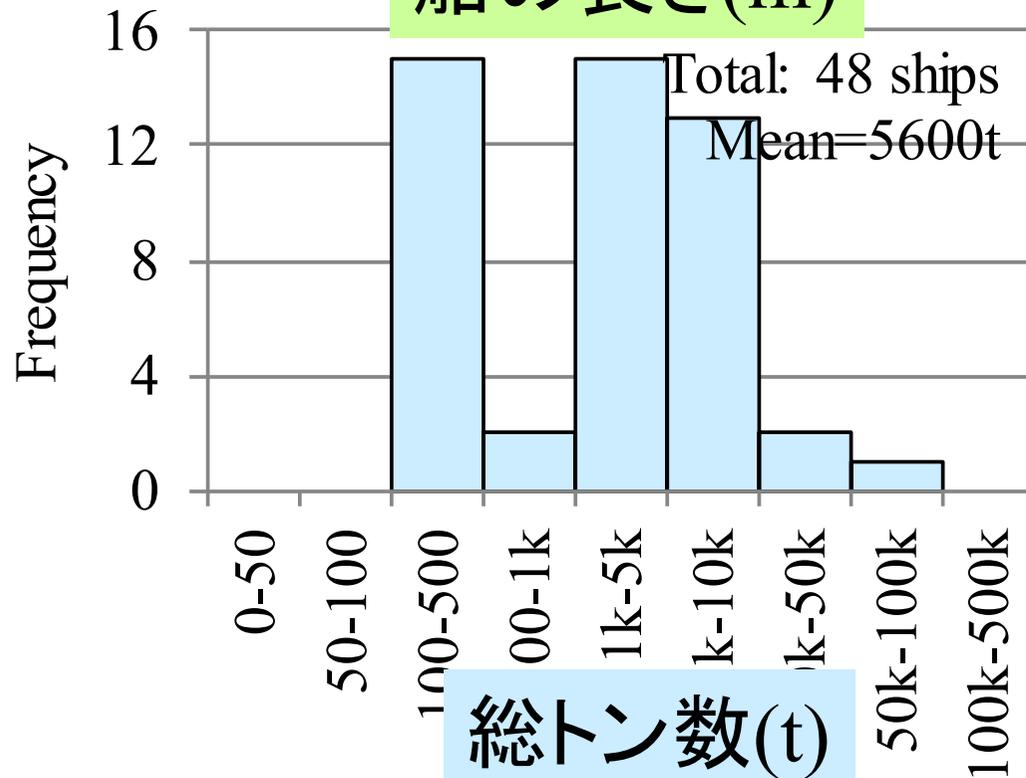
初期船速等の衝突状況

	Data numb.	Max.	Min.	Mean	St. dev.
Initial speed (kn)	36	18.0	4.1	11.2	3.4
Collision speed (kn)	48	18.0	2.3	10.2	3.5
Speed decrease (kn)	36	6.2	-1.0	0.9	1.5
Time to collision (h:m:s)	48	0:03:27	0:00:00	0:00:38	0:00:42
Estimated dist. to collision point, D_S (L)	48	7.1	0.0	1.9	2.0
Normalized distance at 12 kn, $D_{S[12]}$ (L)	48	12.2	0.0	2.6	3.0

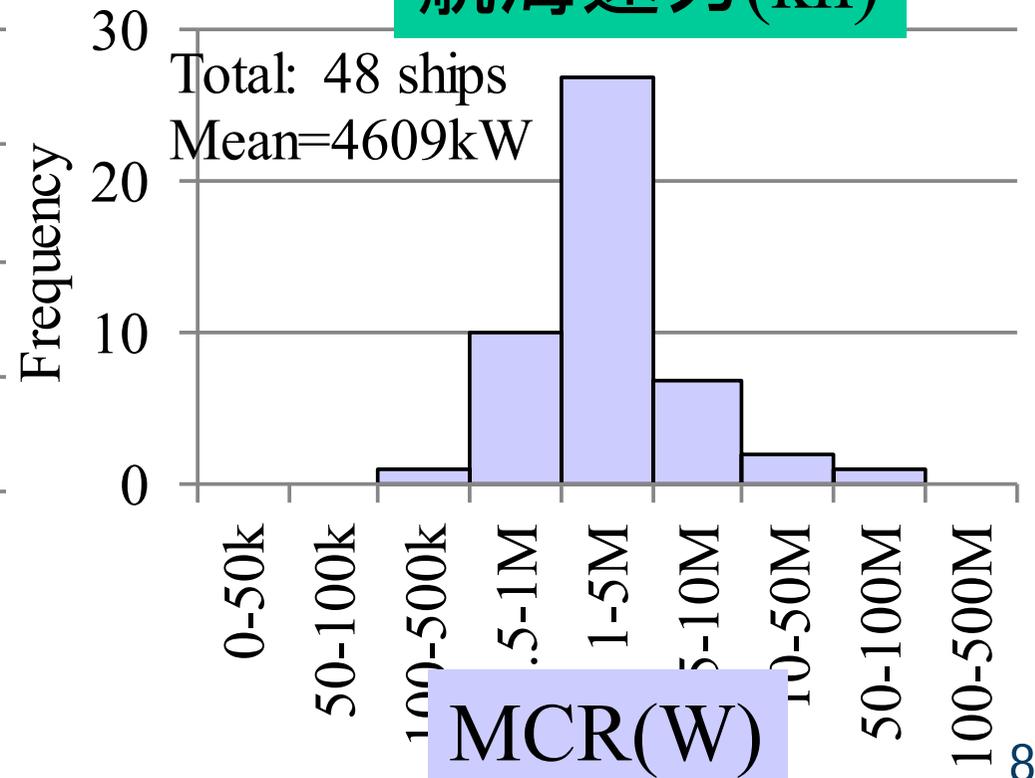
分析対象船の要目の頻度分布



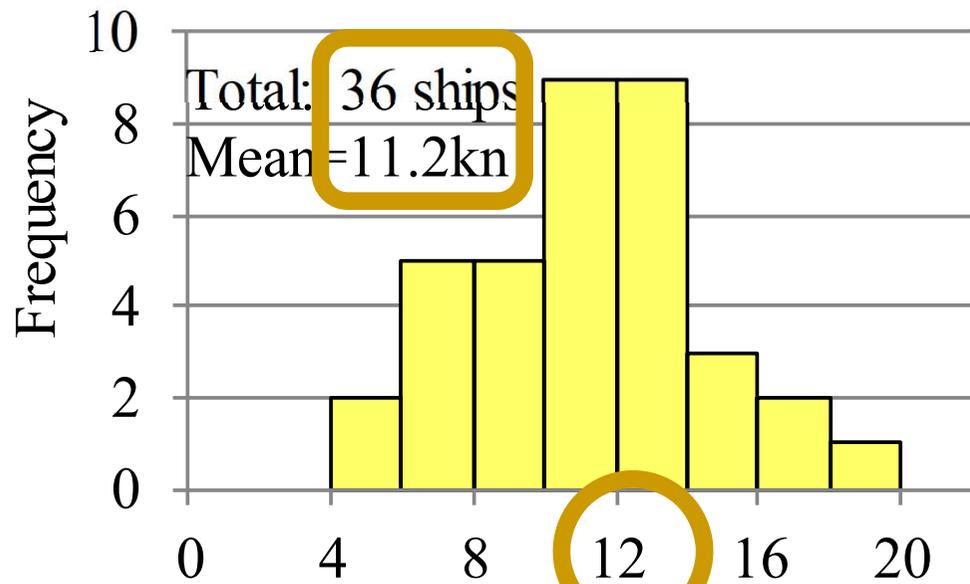
船の長さ(m)



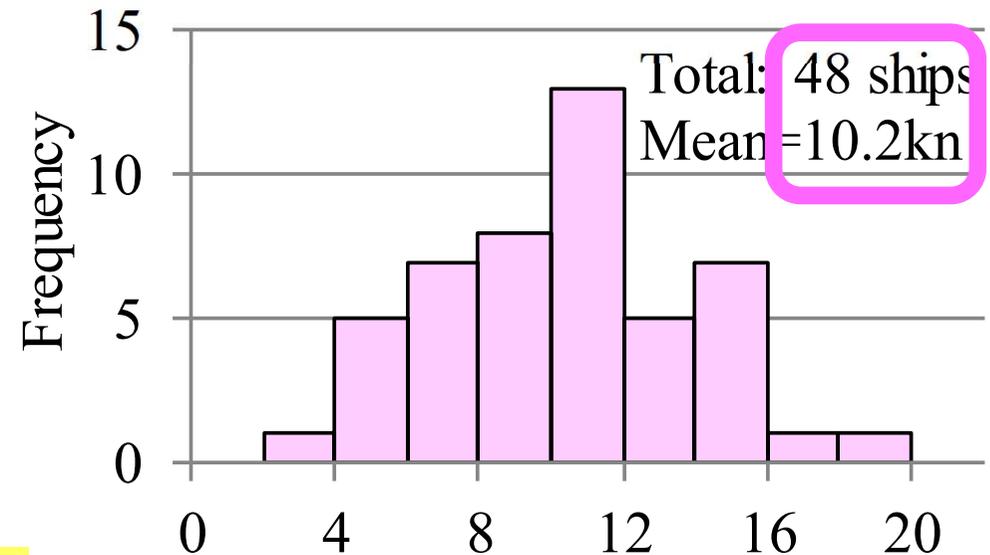
航海速度(kn)



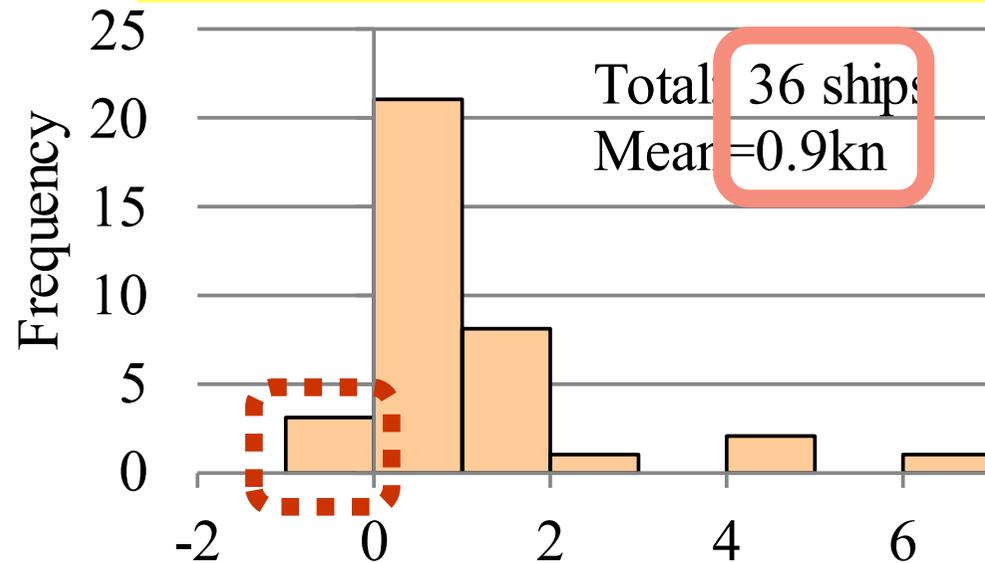
衝突までの船速の変化(頻度分布)



危険認識時の船速 V_i (kn)



衝突時の船速 V_c (kn)



Sp 減速量(kn)

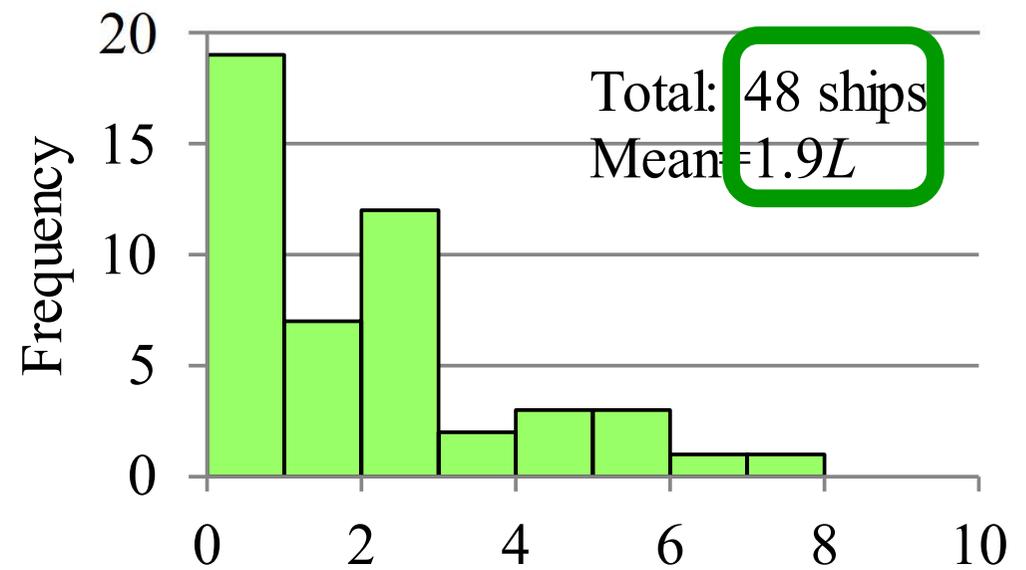
「危険認識時」;
差し迫る危険の中で明
確で大きな衝突回避行
動を最初にとった時点

V_i 不明の場合: $V_i = V_c$

危険認識から衝突までの時間と距離



衝突までの時間 t_a (min)



衝突までの距離 D_S (L)

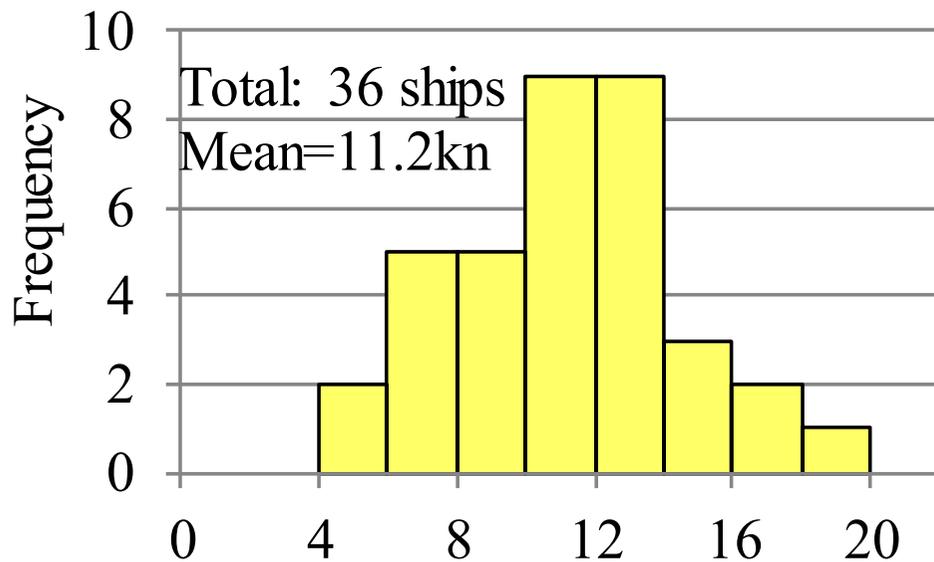
$$D_S = \frac{(V_i + V_c)}{2} t_a$$

D_S : 衝突までの距離
 V_i : 危険認識時の船速
 V_c : 衝突時の船速
 t_a : 衝突までの時間

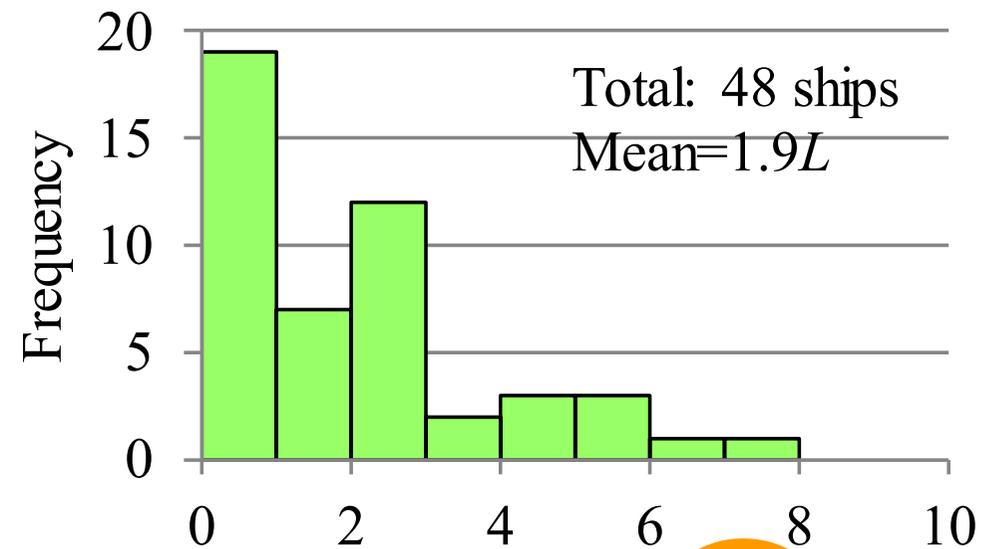
- 船体運動に関する仮定
危険認識から衝突までは単調で直線的な運動

衝突回避に必要な停止性能

★危険認識時に直ちにプロペラ逆転を発令して衝突地点までに停止できれば衝突回避の可能性がある。



危険認識時の船速 V_i (kn)



衝突までの距離 D_S (L)

●衝突点前での停止に必要なとなる**停止性能**
「危険認識時の船速」と「衝突までの距離」から求める。

衝突回避のための停止性能

停止距離 D_S (船速 V_i に依存)

停止性能

● 初速12knにおける停止距離 $D_{S[12]}$ に規格化

★ 仮定： 船速 \ll 逆転プロペラ回転数
(逆転プロペラ回転数は十分大きい)

緊急停止

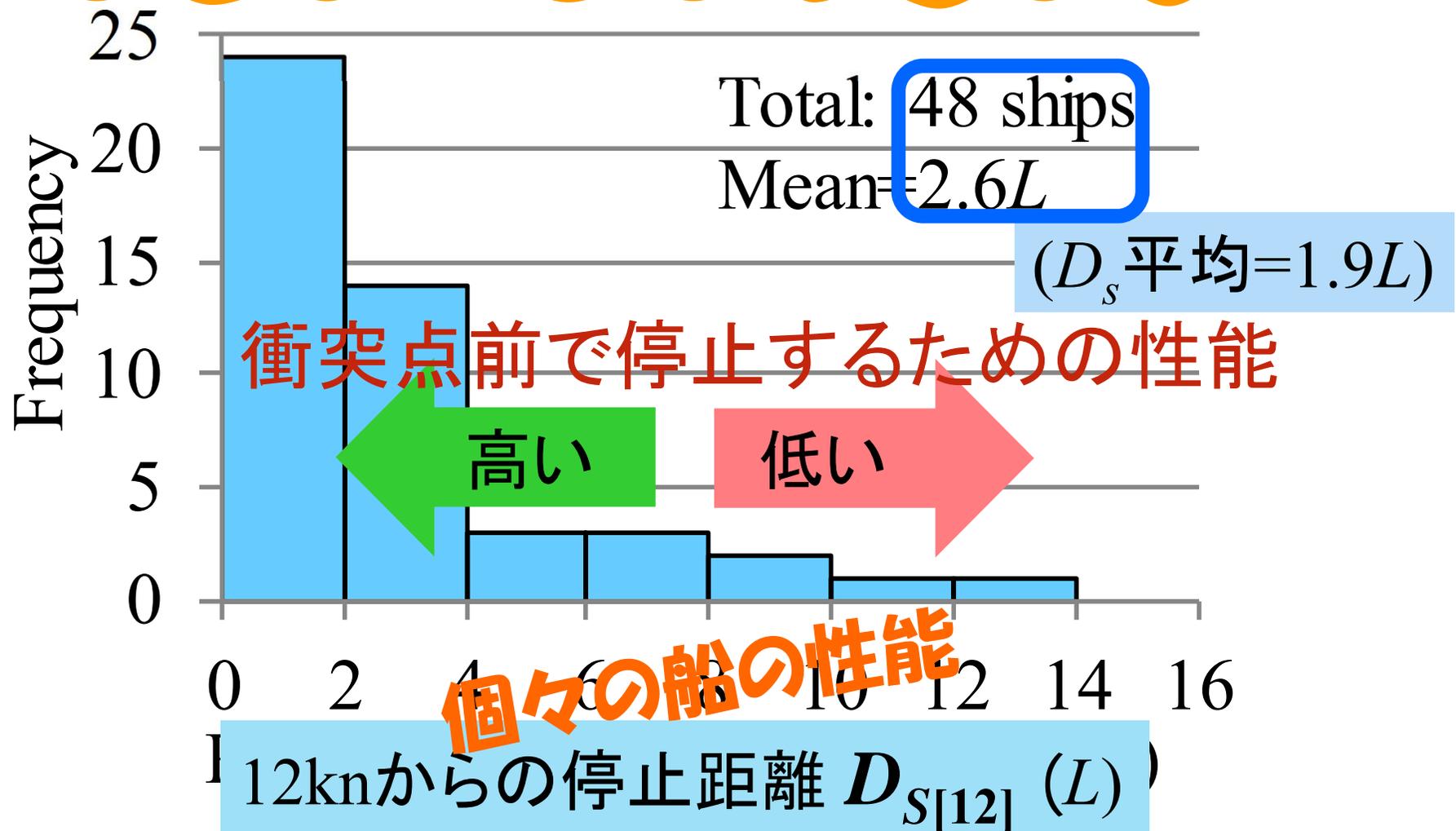
- ★ 停止運動は直線的 (斜航・回頭は小さい)*
- ★ 停止距離は初速の2乗に概略比例する**

$$D_{s[12]} = D_s \left(\frac{12}{V_i} \right)^2$$

$D_{S[12]}$: 規格化された停止距離 (初速12kn時の停止距離)
 V_i : 事故時の初速
 D_S : 事故時の衝突までの距離

★ 逆転発令から逆転開始までの時間を考慮しない

衝突点前の停止に必要な性能 $D_{S[12]}$

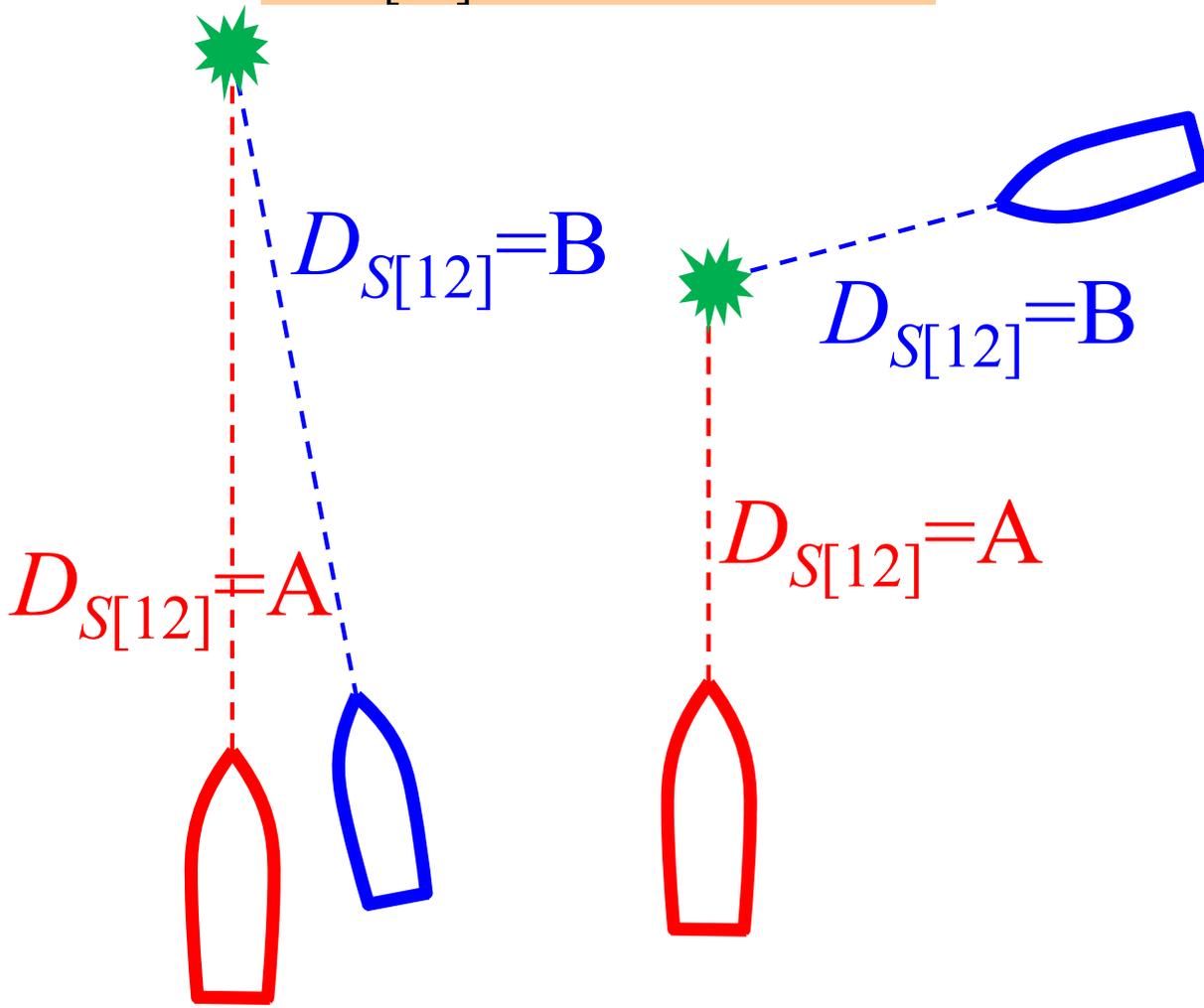


衝突回避に必要な性能: 停止基準

衝突回避のための停止基準 $D_{S[12]c}$

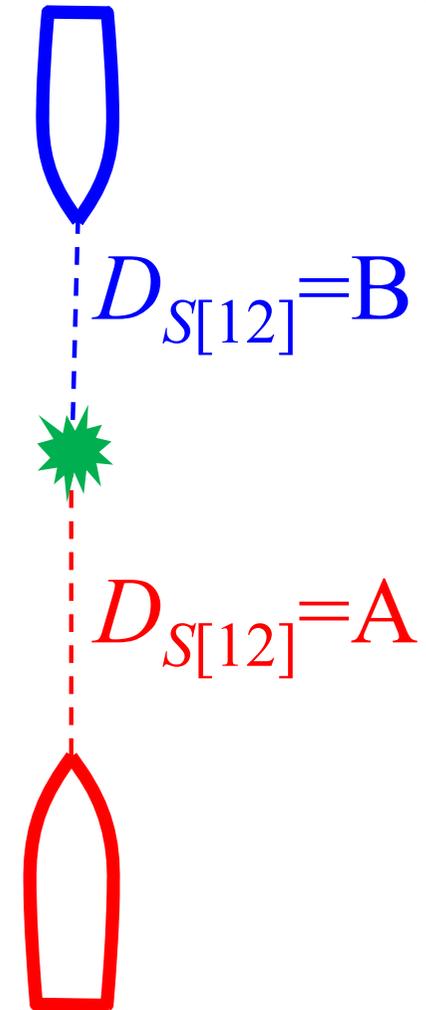
$$D_{S[12]c} = \max(A, B)$$

$$D_{S[12]c} = \min(A, B)$$



追いつし

横切り

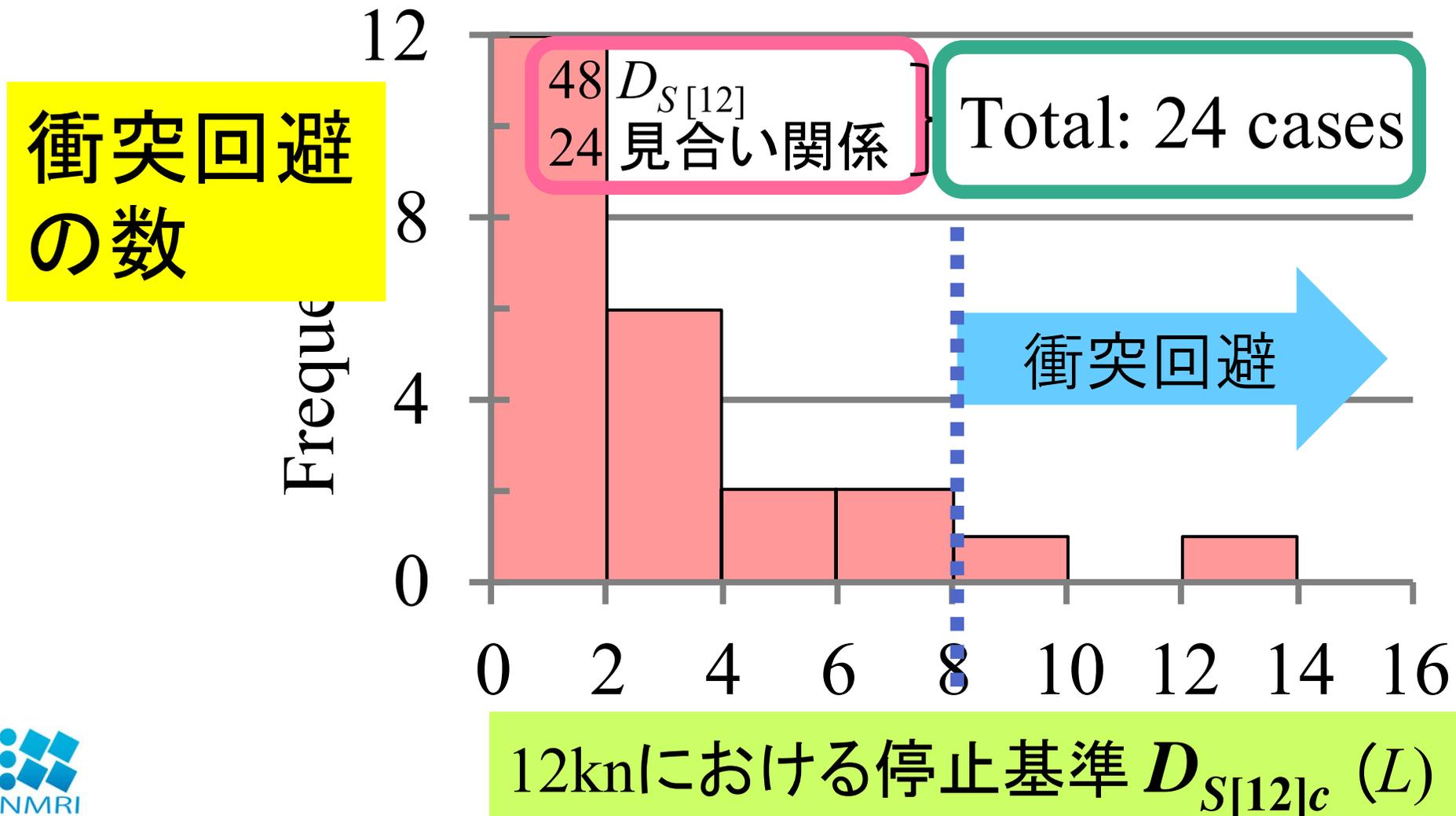


行き合い

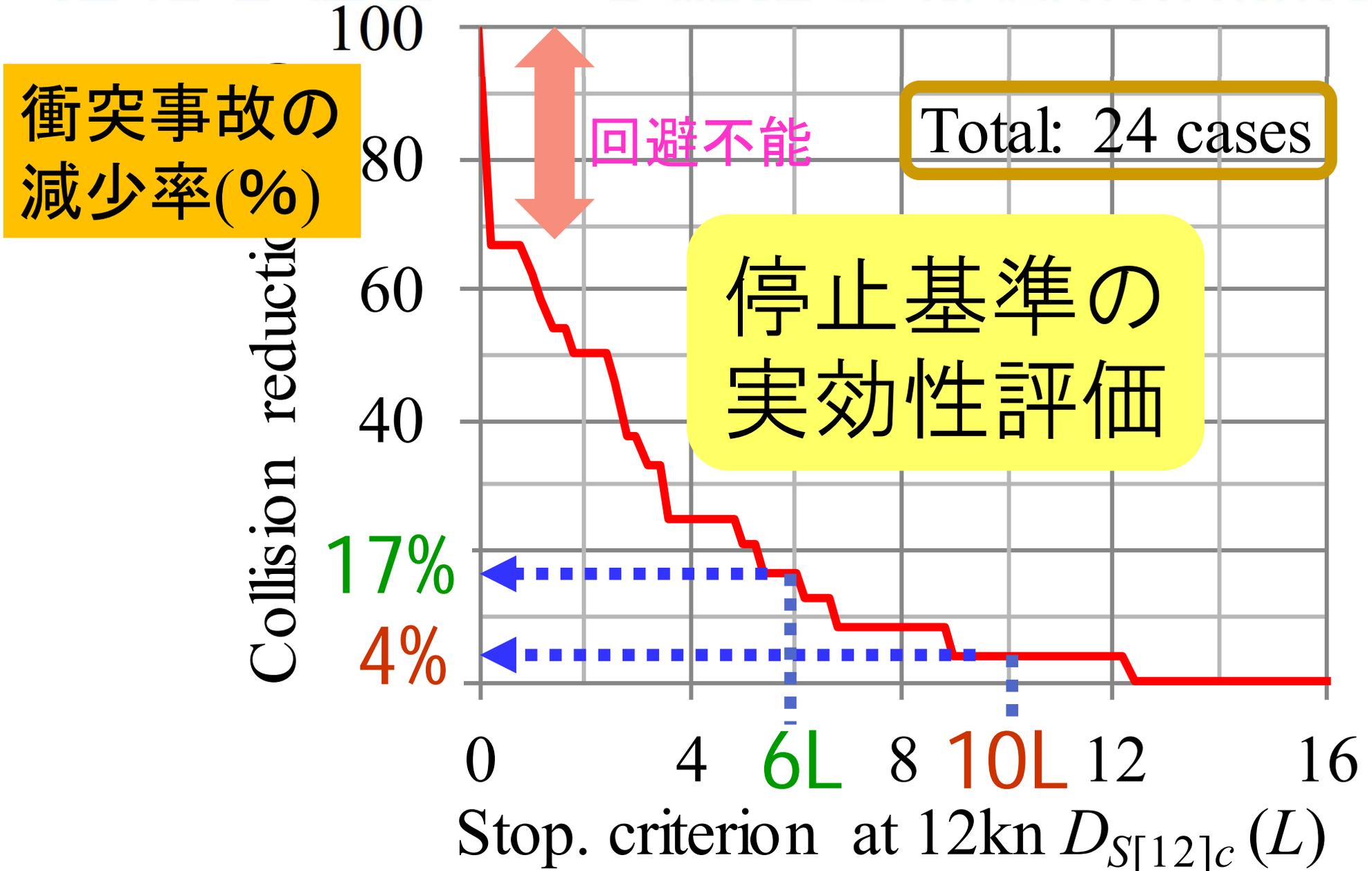
停止基準 $D_{S[12]c}$ と衝突回避の可能性

★衝突回避の条件：衝突点に至る前に

- ・行き合い：2船とも停止
- ・横切り・追い越し：少なくともどちらか1船が停止



停止基準 $D_{S[12]c}$ と衝突事故減少の関係



12knにおける停止基準値 $D_{S[12]c}$ (L)

停止性能向上のための船の対策

● 新たな停止性能基準への対応策

- ・ 緊急停止装置の開発;
スプイラー, 水中パラシュート, ...

- ・ 停止性能向上のための主機出力増加

★ 新しい基準 $D_{S[12]c}$ に必要な主機出力?

- ・ IMO 基準船: (V_{NF} : 航海船速)

$$MCR_0, D_S = 15L \text{ at } V_{NF}$$



- ・ $D_{S[12]c}$ 基準船:

$$MCR, D_S = D_{S[12]c} \text{ at } 12\text{kn}$$

$$\frac{MCR}{MCR_0} ?$$

主機出力と停止距離の関係

・MCR と D_S との関係*

$$\frac{D_S}{L} \propto \frac{\Delta}{MCR} V_{MCR} F_{ni}^2$$

Δ : 排水量

V_{MCR} : MCRでの船速

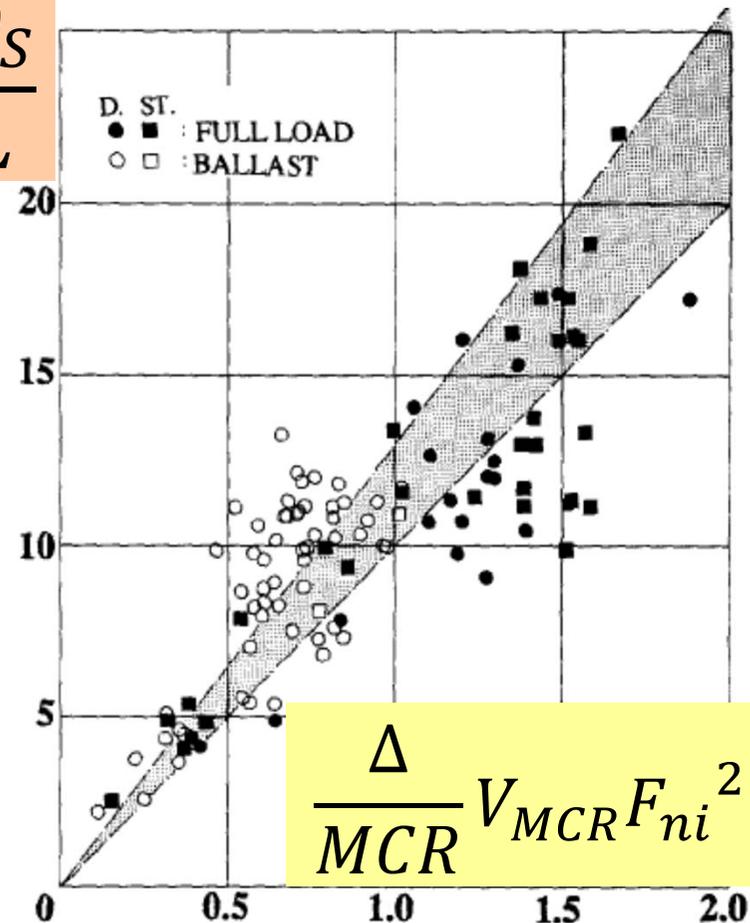
F_{ni} : 初期フルード数

$$MCR \propto V_{MCR}^3$$

$$\frac{D_S}{L} \propto MCR^{-\frac{2}{3}} V_i^2$$

$$\frac{MCR}{MCR_0} = \left\{ \frac{D_S[12]c}{15} \left(\frac{V_{NF}}{12} \right)^2 \right\}^{-\frac{3}{2}}$$

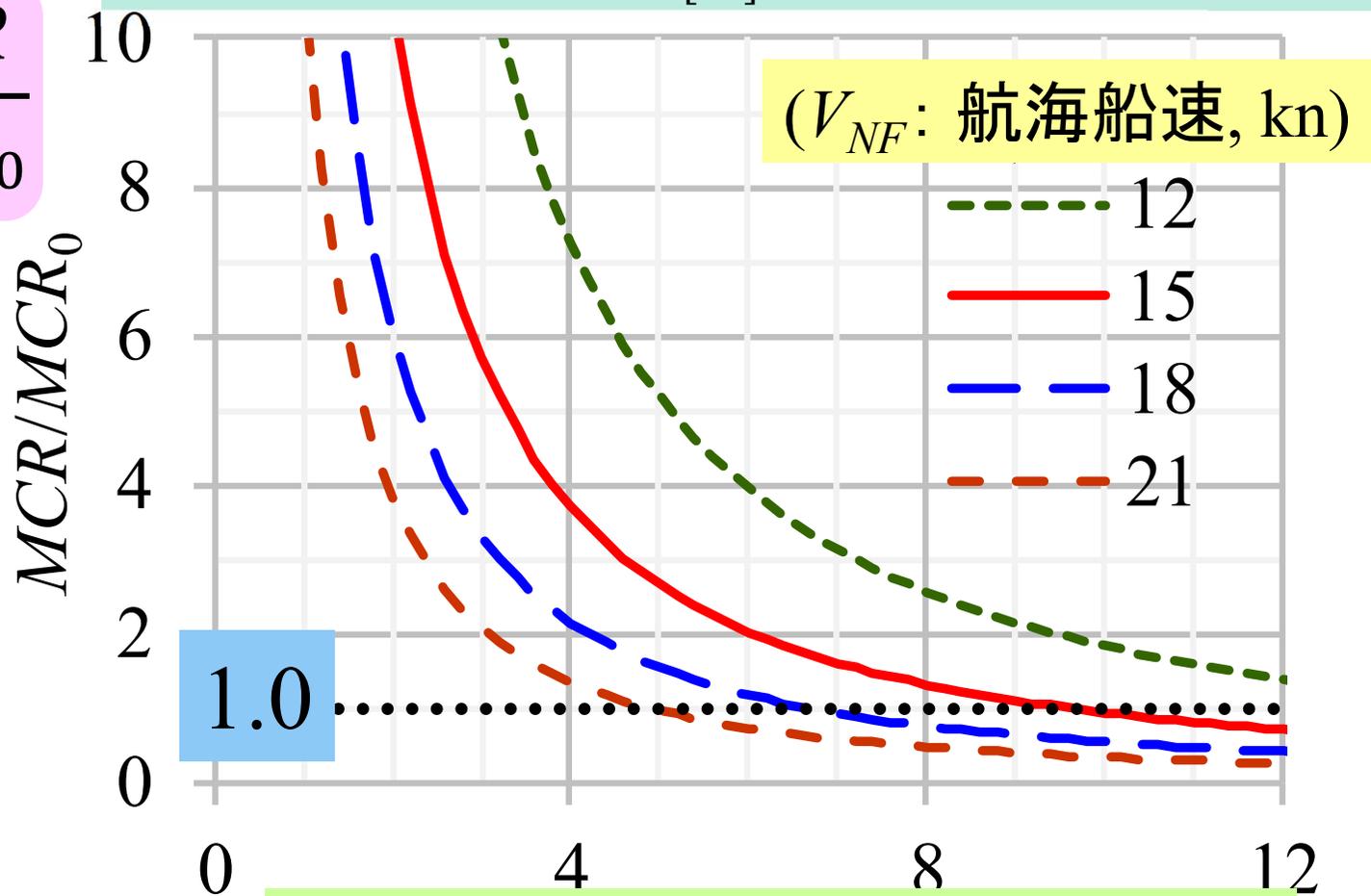
$\frac{D_S}{L}$



停止基準と主機出力

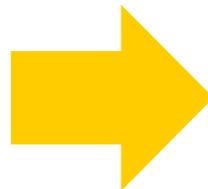
「IMO基準船」と「 $D_{S[12]c}$ 基準船」の主機出力比

$$\frac{MCR}{MCR_0}$$



12knにおける停止基準 $D_{S[12]c}$ (L)

MCR 増加なしに
基準値 $D_{S[12]c}$ を
満足する方策？



緊急停止のための新しい
技術開発/実用化の研究

まとめ

- ・ 旅客船・貨物船・タンカーの重大衝突事故24件48隻のデータ(約8年分)を分析しました。
- ・ 事故分析結果を基に衝突事故を減らすための停止基準の考え方を提案しました。
- ・ 新しい考え方に基づく停止基準値と衝突事故減少の関係を明らかにしました。
- ・ 停止基準値を満たすために必要な主機出力の増加率を推定しました。

