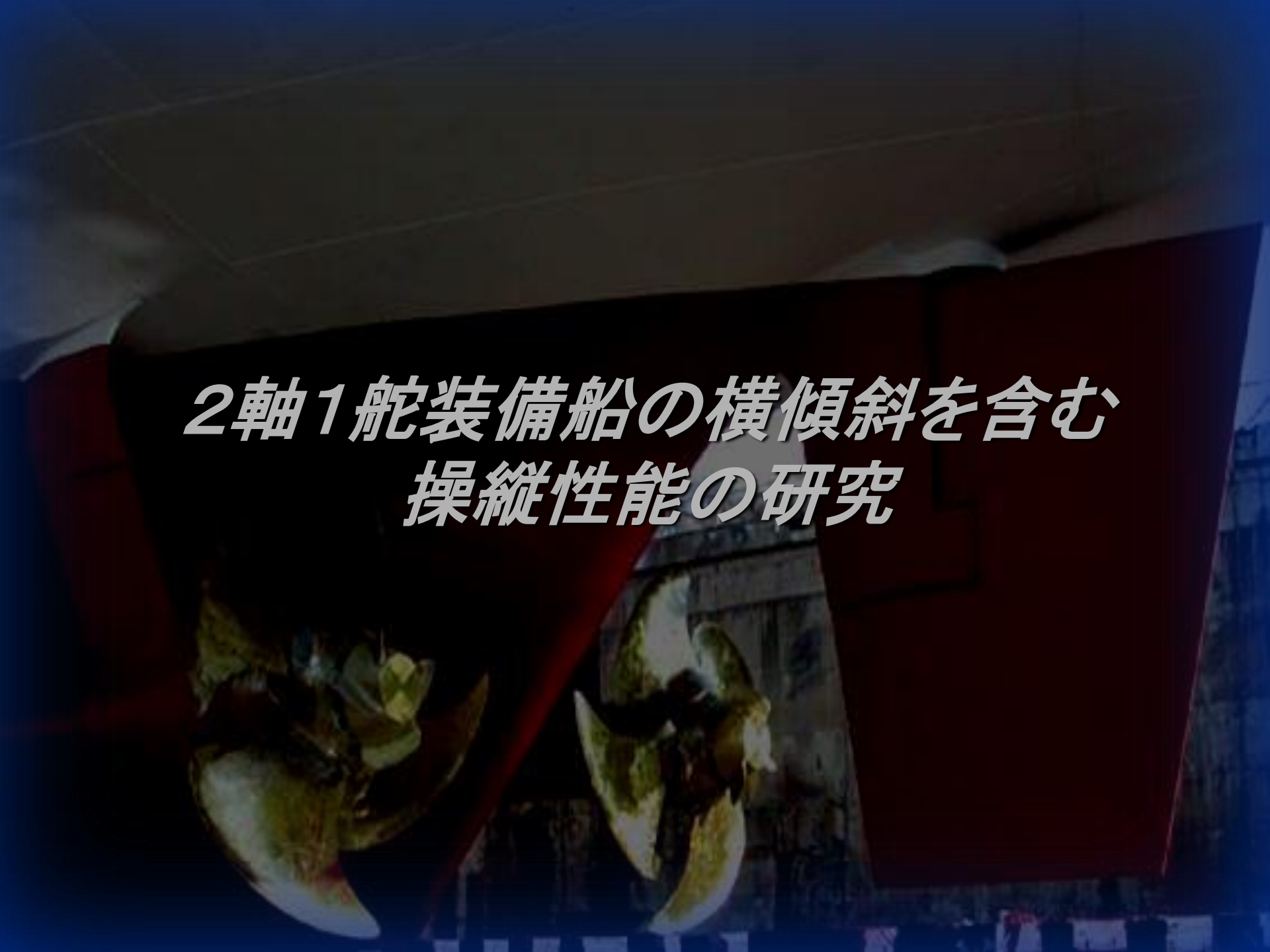




2軸1舵装備船の横傾斜を含む 操縦性能の研究

1. 研究背景

船舶の航海速力

・ ・ ・ 目的で異なる

艦船 ・ ・ ・ 30knots～
コンテナ船 ≒ 25knots



大きな推力が必要



2枚の小型プロペラを有する船
＝2軸船



1. 研究背景

漁船・・・全速航行

⇔ 1軸船

エンジン馬力

プロペラ



1) 操業中の低速運転 ⇒ ▲ 燃費

2) 船尾喫水が深い船型 ⇒ 船体抵抗

1. 研究背景

2軸の漁船への採用のメリット

➡ 船型を最適化しやすい
安全性 ↑

低速域で片軸運転が可能

操縦性が推定しにくい

推進性能

2軸2舵 △

2軸1舵 ○



1. 研究背景



2軸1舵船の操縦性
モデルを検討



操縦シミュレーション



操縦性を実験的に
調べた結果と比較



モデルの妥当性を確認

供試船：2軸1舵フェリー

L_{pp} 2.3m

排水量 44kg

操縦流体力を
特定する必要

2. 拘束模型試験

模型船を固定
→ 曳引電車で曳航、
流体力を計測
回転数は左右同じにした



2. 拘束模型試験

操縦流体力はMMGモデルで解析

流体力=船体・
プロペラ・舵単独に働く力
+相互の干渉力
I軸I舵のモデル

十分な知見
+広く利用

$$K_{T(S)} = T_S / (\rho D_P^4 n^2) \rightarrow \tilde{K}_T = (T_S + T_P) / \left(\rho (\sqrt{2} D_P)^4 \left(\frac{1}{\sqrt{2}} n \right)^2 \right)$$

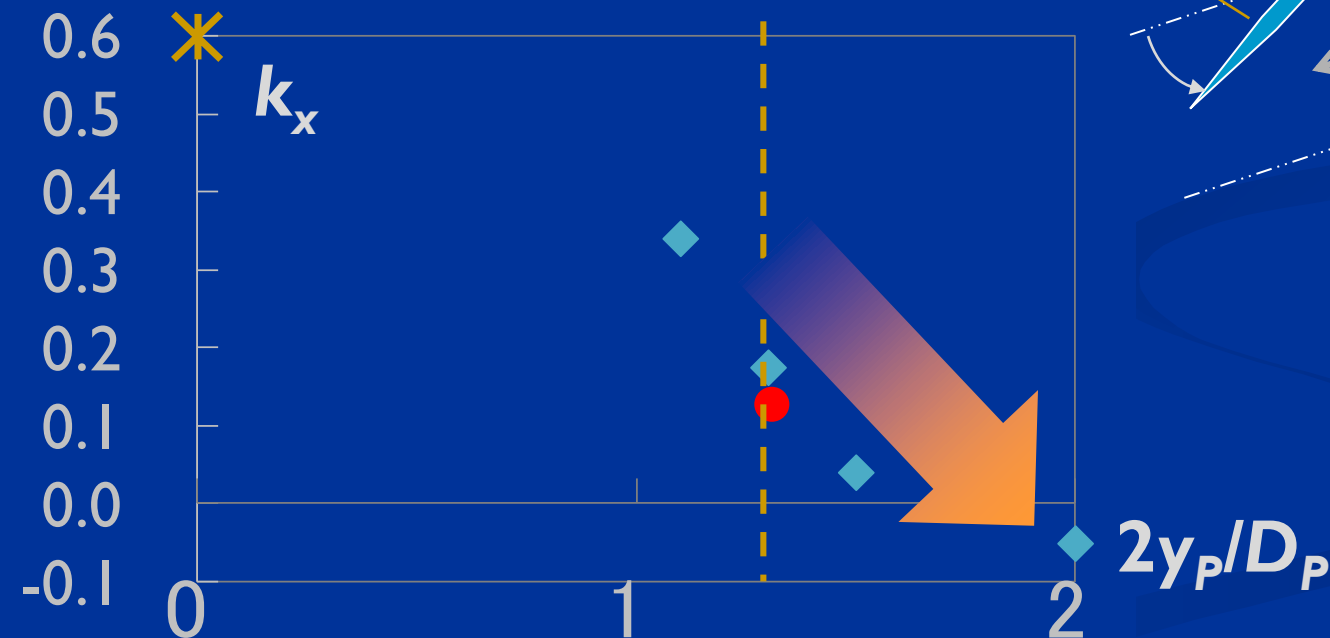
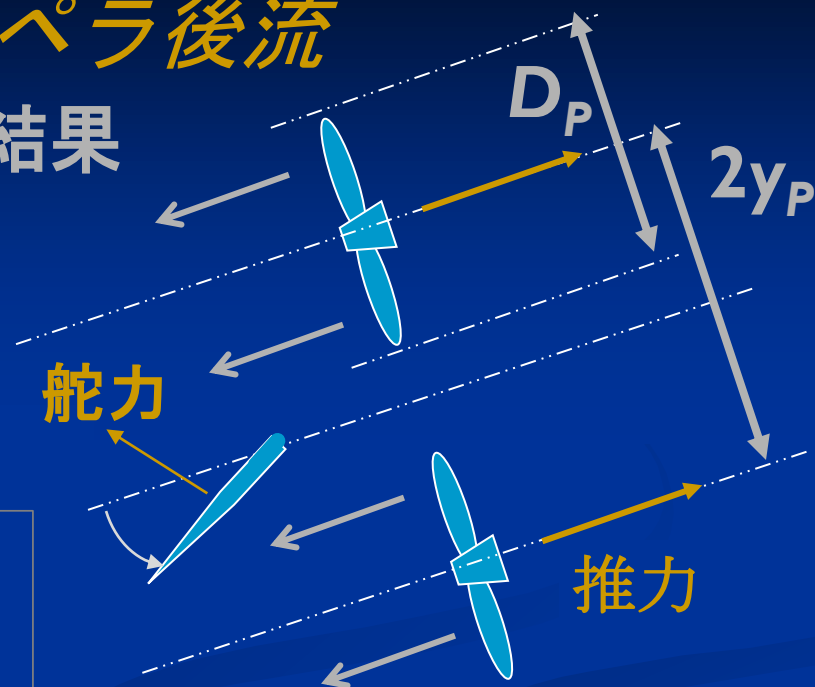
$$\tilde{K}_T = \frac{K_{T(S)} + K_{T(P)}}{2}$$

3. 舵力に及ぼすプロペラ後流

◆ 2軸の y_P を変えた舵角試験結果

✱ 1軸1舵船

● 供試船($2y_P/D_P=1.31$)



4. 操縦シミュレーション

流体力は船体・プロペラ・舵の力に分離

$$(m+m_x)\dot{u}_G - (m+m_y)v_G r_G = \frac{\rho}{2} L d U^2 (\underline{X'_H} + \underline{X'_P} + \underline{X'_R}) \quad \text{前後}$$

$$(m+m_y)\dot{v}_G + (m+m_x)u_G r_G = \frac{\rho}{2} L d U^2 (\underline{Y'_H} + \underline{Y'_R}) \quad \text{横}$$

$$(I_{zz} + J_{zz})\dot{r}_G = \frac{\rho}{2} L^2 d U^2 \{ \underline{N'_H} + \underline{N'_R} - x'_G (\underline{Y'_H} + \underline{Y'_R}) \} \quad \text{回頭}$$

$$\boxed{X'_P = \rho(1-t)\tilde{K}_T D_P^{*4} n^{*2} / \left(\frac{\rho}{2} L d U^2 \right)} \quad \begin{aligned} n^* &= n / \sqrt{2} \\ D_P^* &= \sqrt{2} D_P \end{aligned}$$

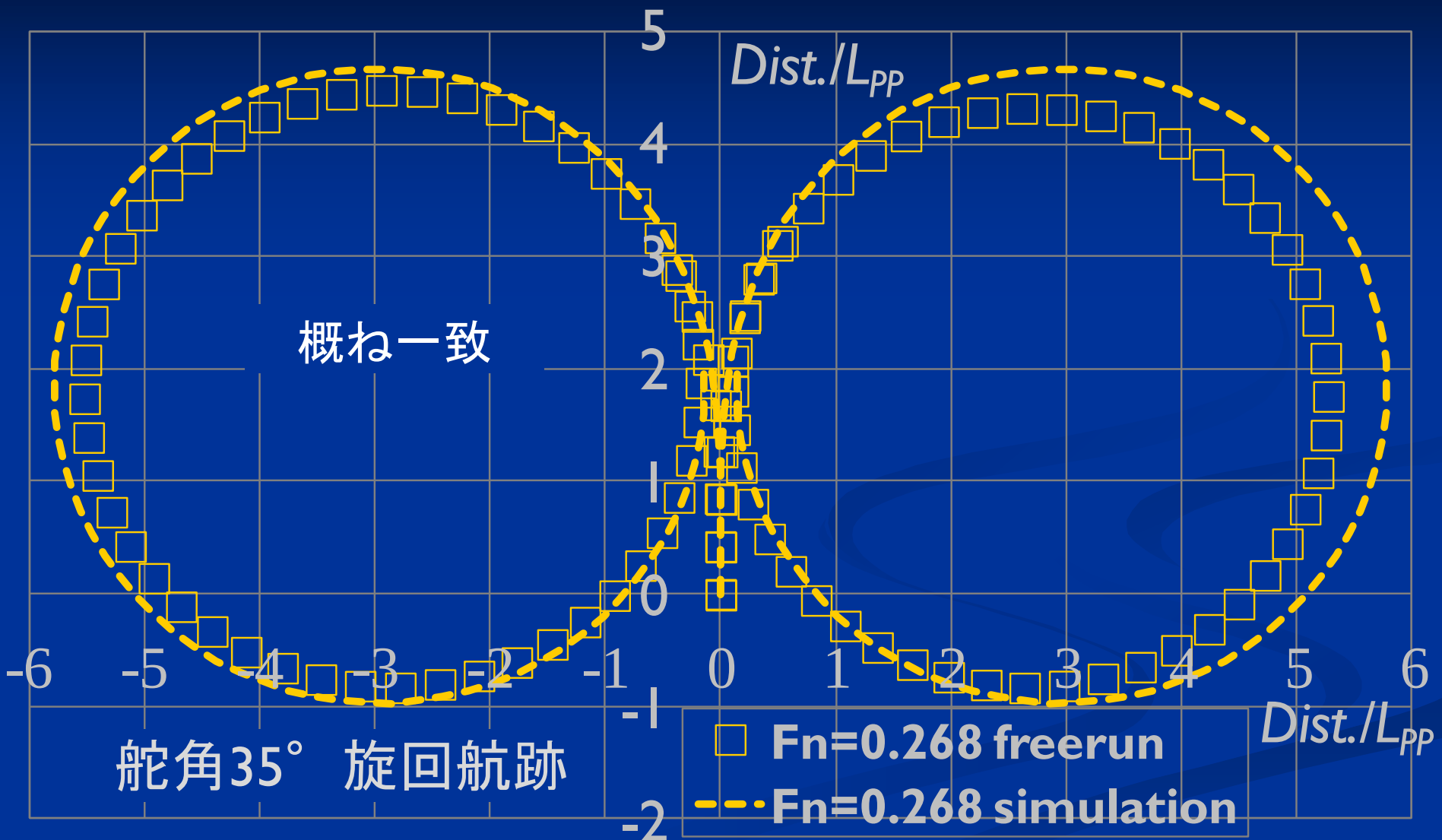
I 軸とみなしてシミュレーション可能か
実験的に調べた結果と比較

4.2 自由航走模型試験

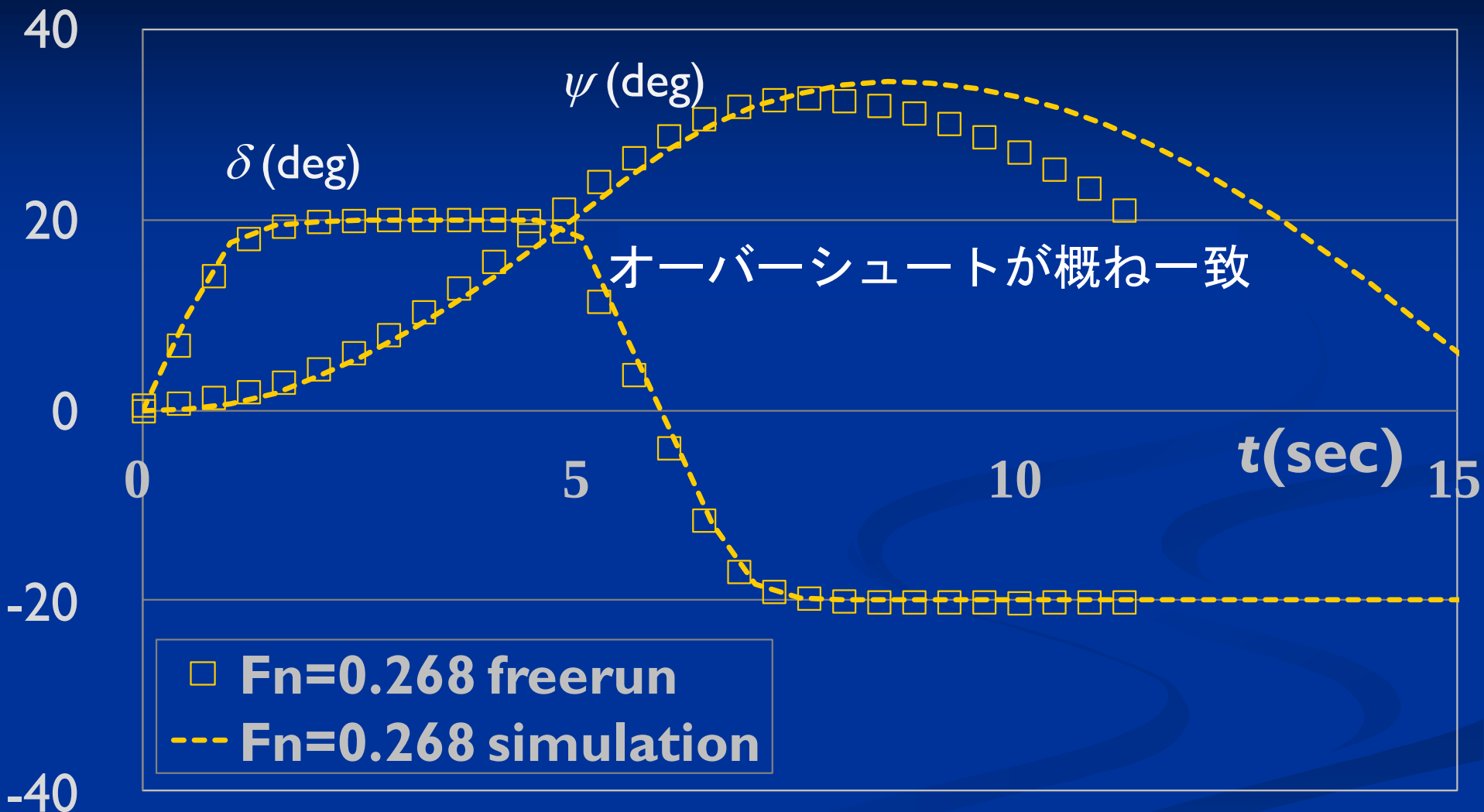
模型船を広い水域で自由に航走させ、操縦性を実験的に把握



4.3 シミュレーションと自走模型試験の比較



4.3 シミュレーションと自走模型試験の比較



20° Z 試験の時系列

4.3 シミュレーションと自走模型試験の比較

操縦シミュレーション結果

- ・ ・ ・ 操縦性を実験的に調べた結果と概ね一致



横傾斜した時の操縦性

- ・ ・ ・ 高速で航行する船舶では把握が必要

5. 横傾斜を含む操縦シミュレーション

横傾斜を付けた拘束摸型試験



MMGモデルをベースに
横傾斜を考慮したシミュレーション



5.1 横傾斜を付けた拘束模型試験

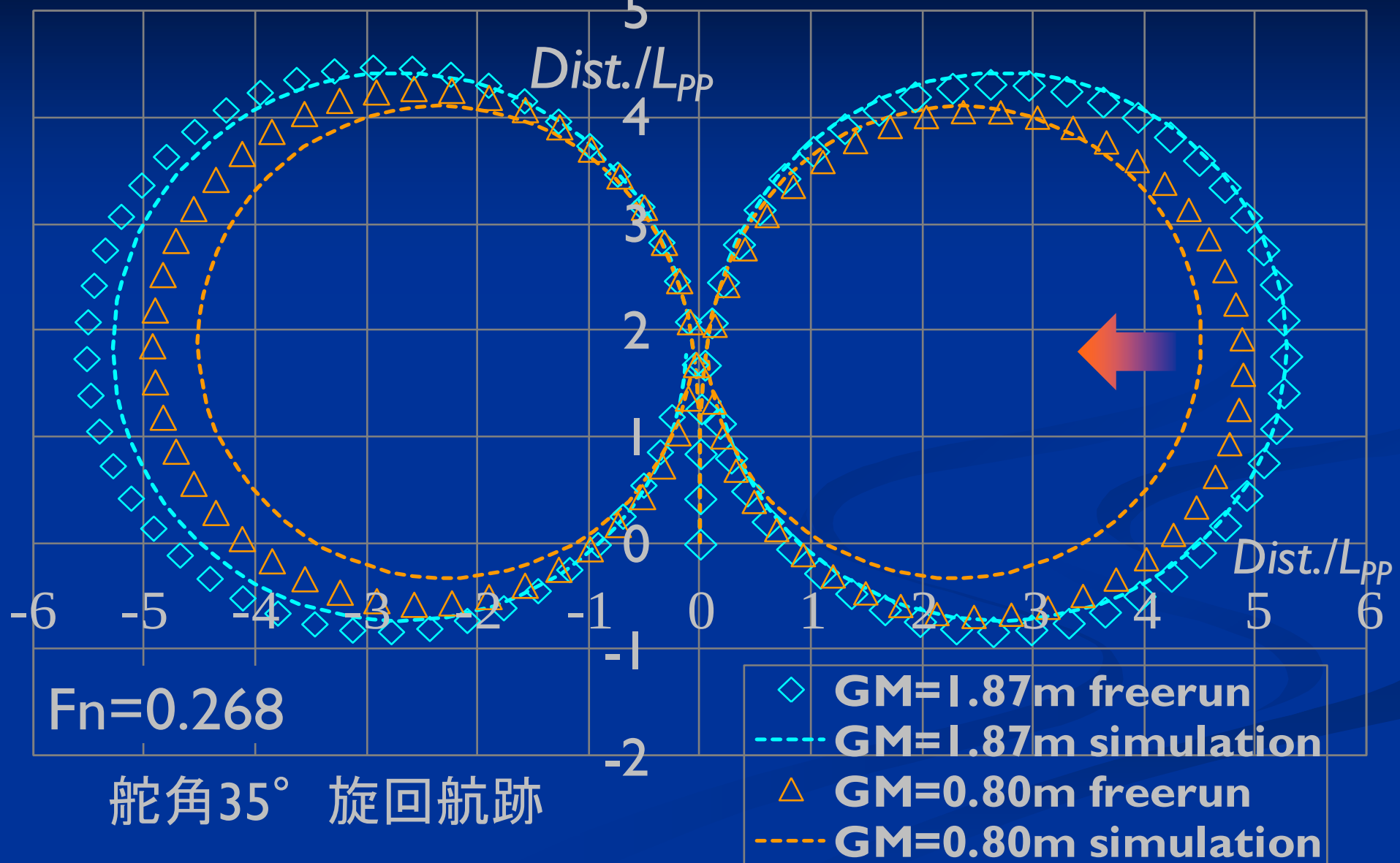
k_x は横傾斜しても
一定値であることを
確認



5.2 横傾斜を与えた自由航走模型試験

横傾斜を含む操縦シミュレーション結果も比較
実験はGMを変えて実施
GMが小さいと横傾斜しやすい

5.3 シミュレーションと自走模型試験の比較



6. まとめ

2軸1舵船の操縦性能をMMGモデルで解析・計算

→実験結果と概ね一致

→
$$\tilde{K}_T = (T_S + T_P) / \left(\rho (\sqrt{2} D_P)^4 \left(\frac{1}{\sqrt{2}} n \right)^2 \right)$$

2軸1舵の操縦性
モデルとして有効

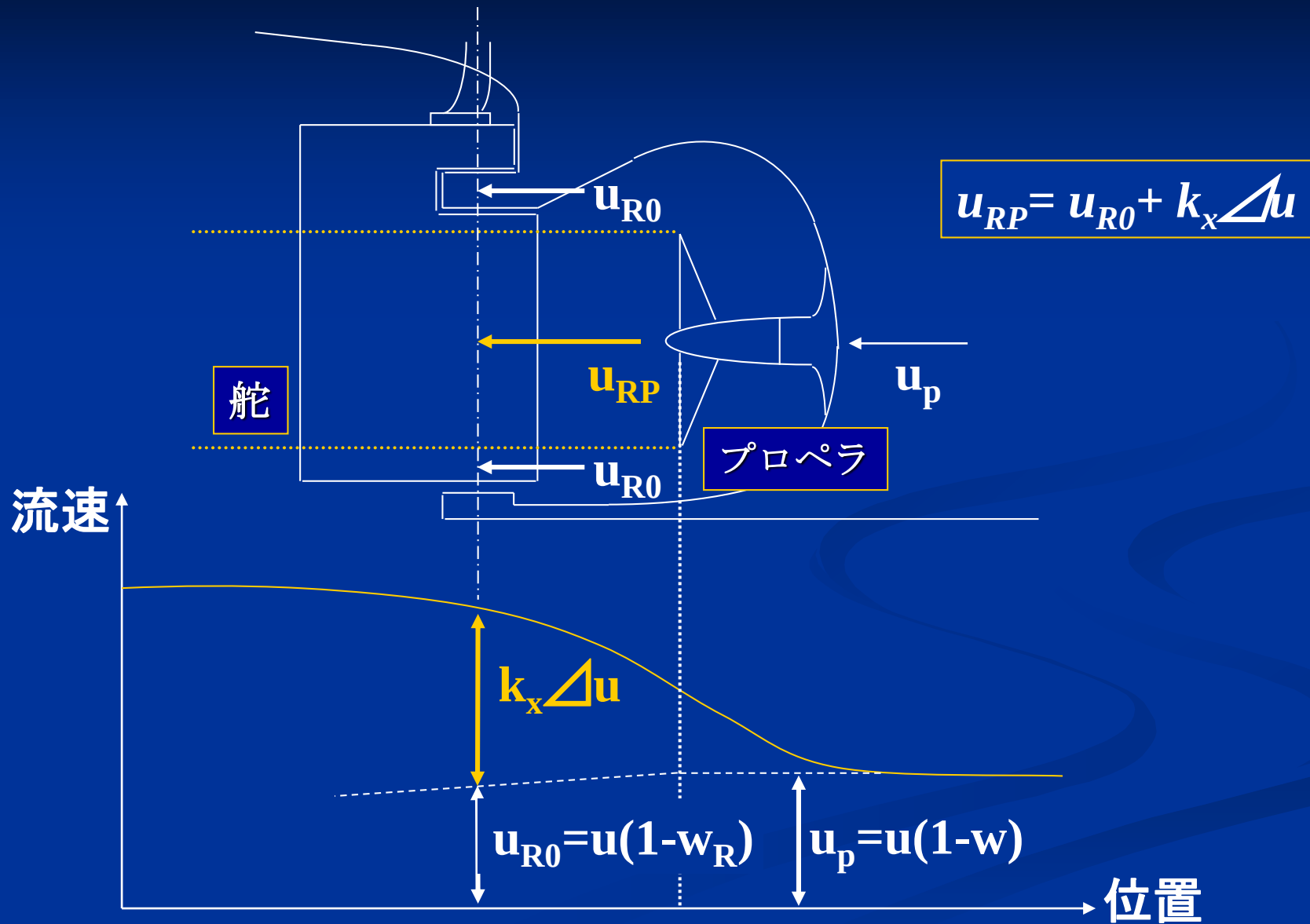
2軸1舵の軸間距離を大きくすると k_x が低下

y_P/D_P が2倍近くになると $k_x \div 0$

高速で航行する船舶の操縦性・・・横傾斜によって
回頭運動が発達 → 旋回性能が強まる

$$\left. \begin{aligned}
 X'_H &= X'_0 + X'_{\beta\beta} \beta^2 + (X'_{\beta r} - m'_y) \beta r' + X'_{rr} r'^2 + X'_{\beta\beta\beta\beta} \beta^4 \\
 Y'_H &= Y'_\beta \beta + (Y'_r - m'_x) r' + Y'_{\beta\beta\beta} \beta^3 \\
 &\quad + Y'_{\beta\beta r} \beta^2 r' + Y'_{\beta rr} \beta r'^2 + Y'_{rrr} r'^3 \\
 N'_H &= N'_\beta \beta + N'_r r' + N'_{\beta\beta\beta} \beta^3 \\
 &\quad + N'_{\beta\beta r} \beta^2 r' + N'_{\beta rr} \beta r'^2 + N'_{rrr} r'^3
 \end{aligned} \right\}$$

3. プロペラ・舵の干渉係数

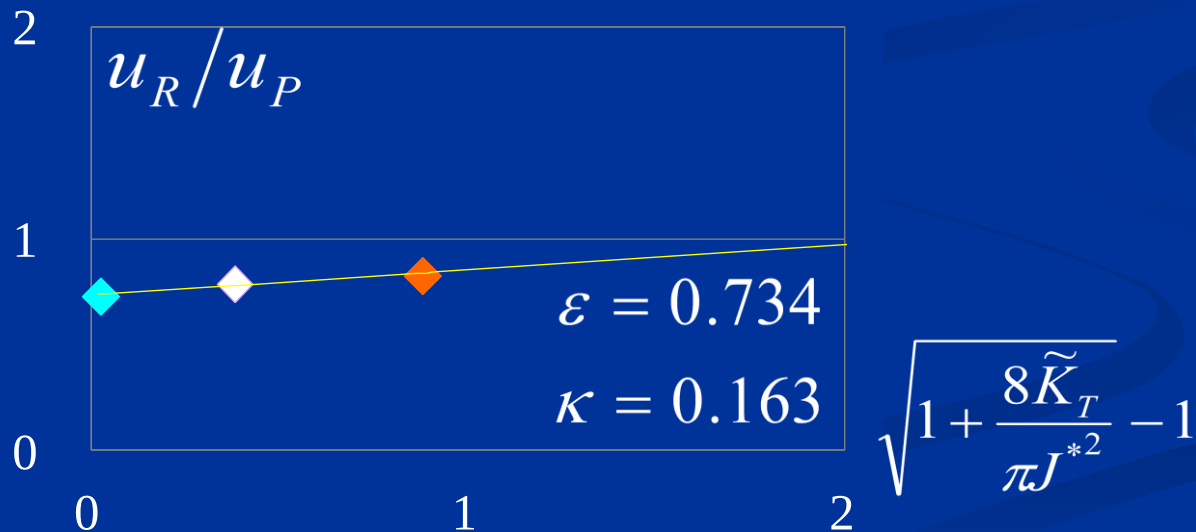


3. プロペラ・舵の干渉係数

$$u'_R = \varepsilon(1-w) \sqrt{\eta \left\{ 1 + \kappa \left(\sqrt{1 + 8\tilde{K}_T / (\pi J^{*2})} - 1 \right) \right\}^2 + (1-\eta)}$$

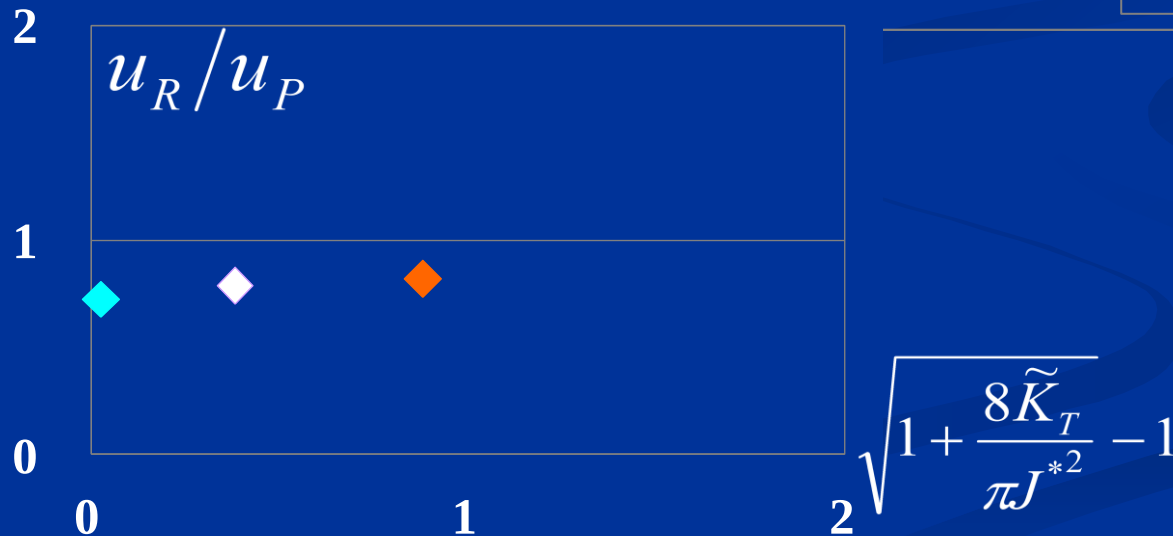
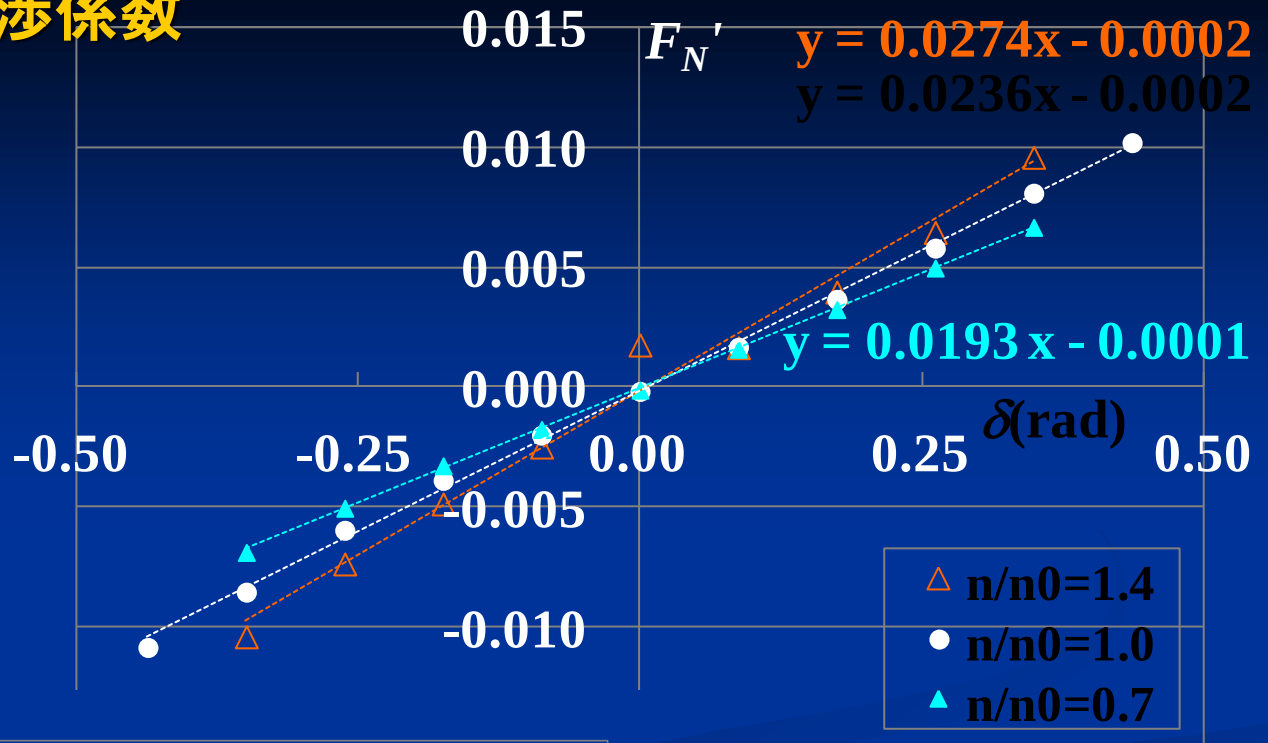
$$\varepsilon = u_{R0} / u_P \qquad \eta = D_P / (\text{舵高さ})$$

$$\kappa = k_x / \varepsilon$$

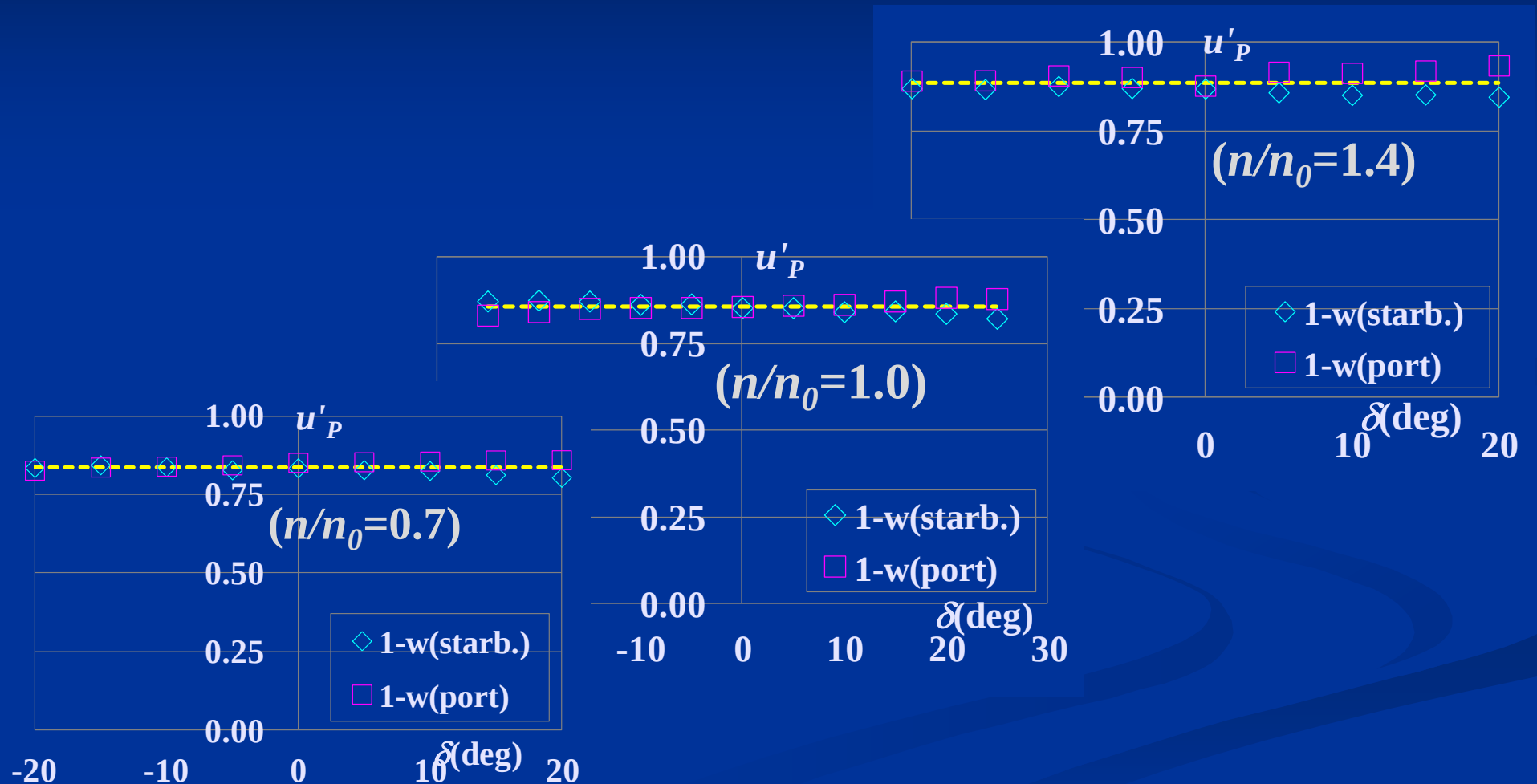


3. プロペラ・舵の干渉係数

$$u'_R = \sqrt{\frac{(dF'_N/d\delta)}{(A_R/Ld)f_\alpha}}$$



3. プロペラ・舵の干渉係数

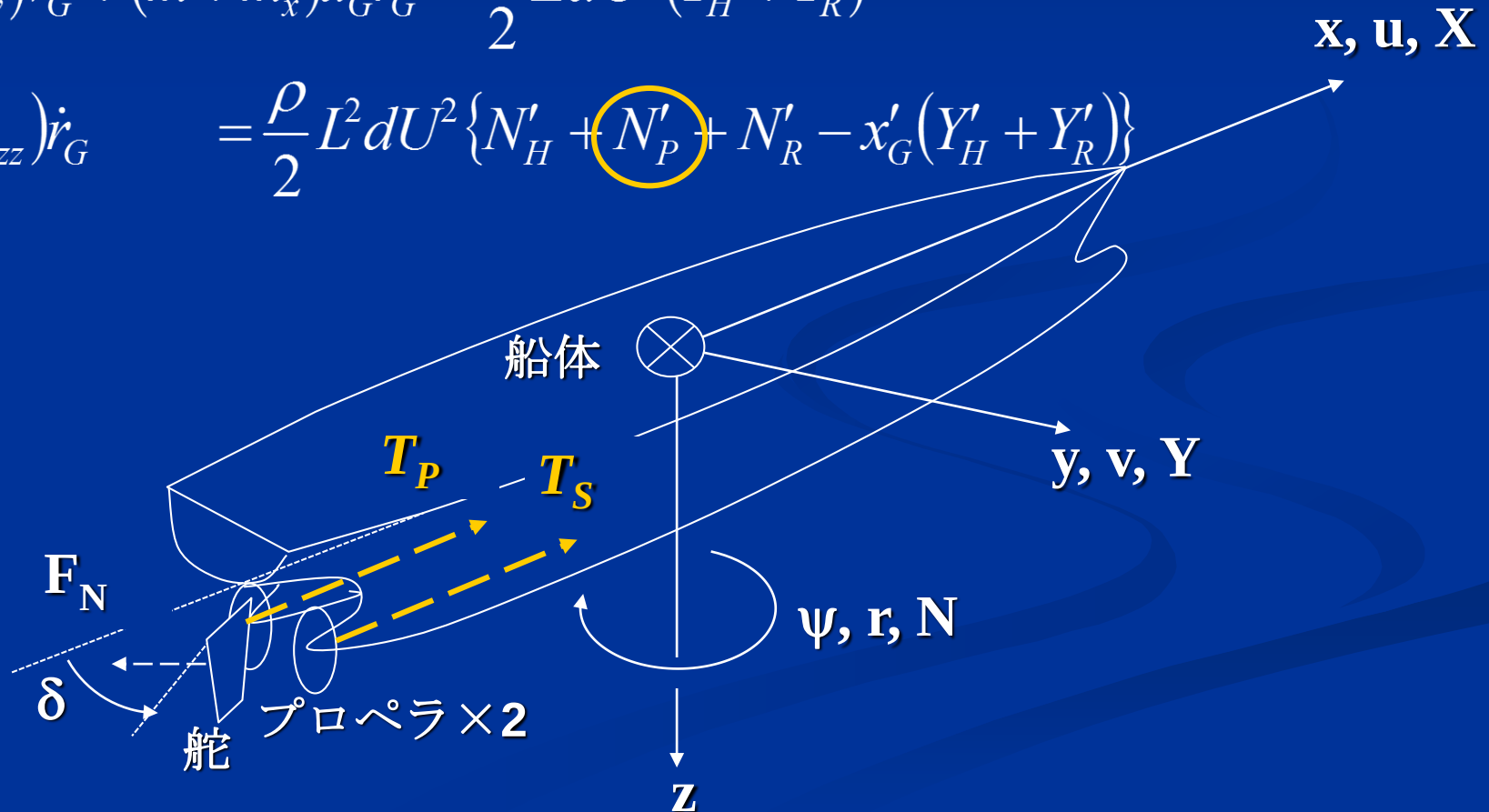


4. 操縦運動シミュレーションモデル

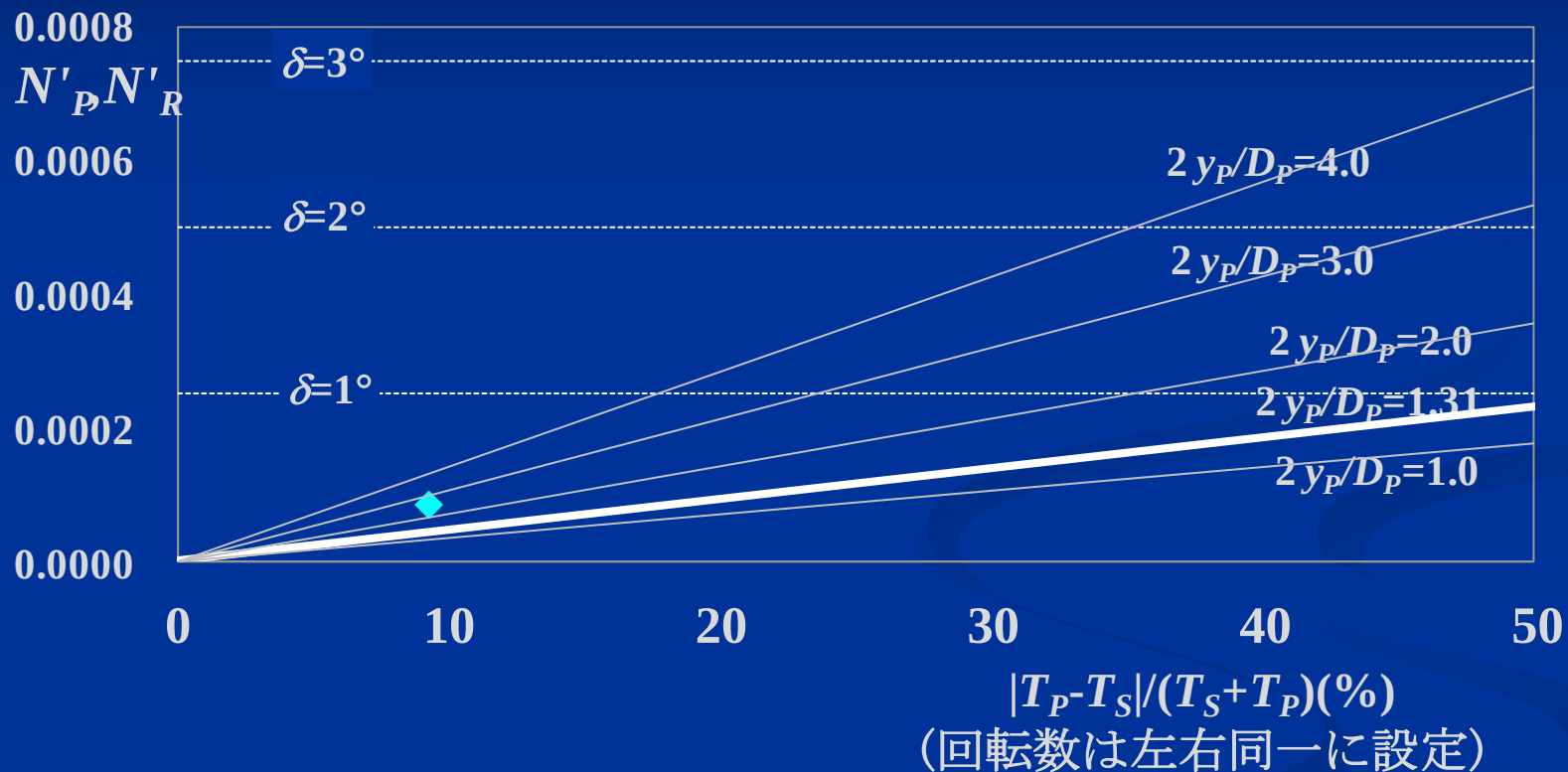
$$(m + m_x)\dot{u}_G - (m + m_y)v_G r_G = \frac{\rho}{2} L d U^2 (X'_H + X'_P + X'_R)$$

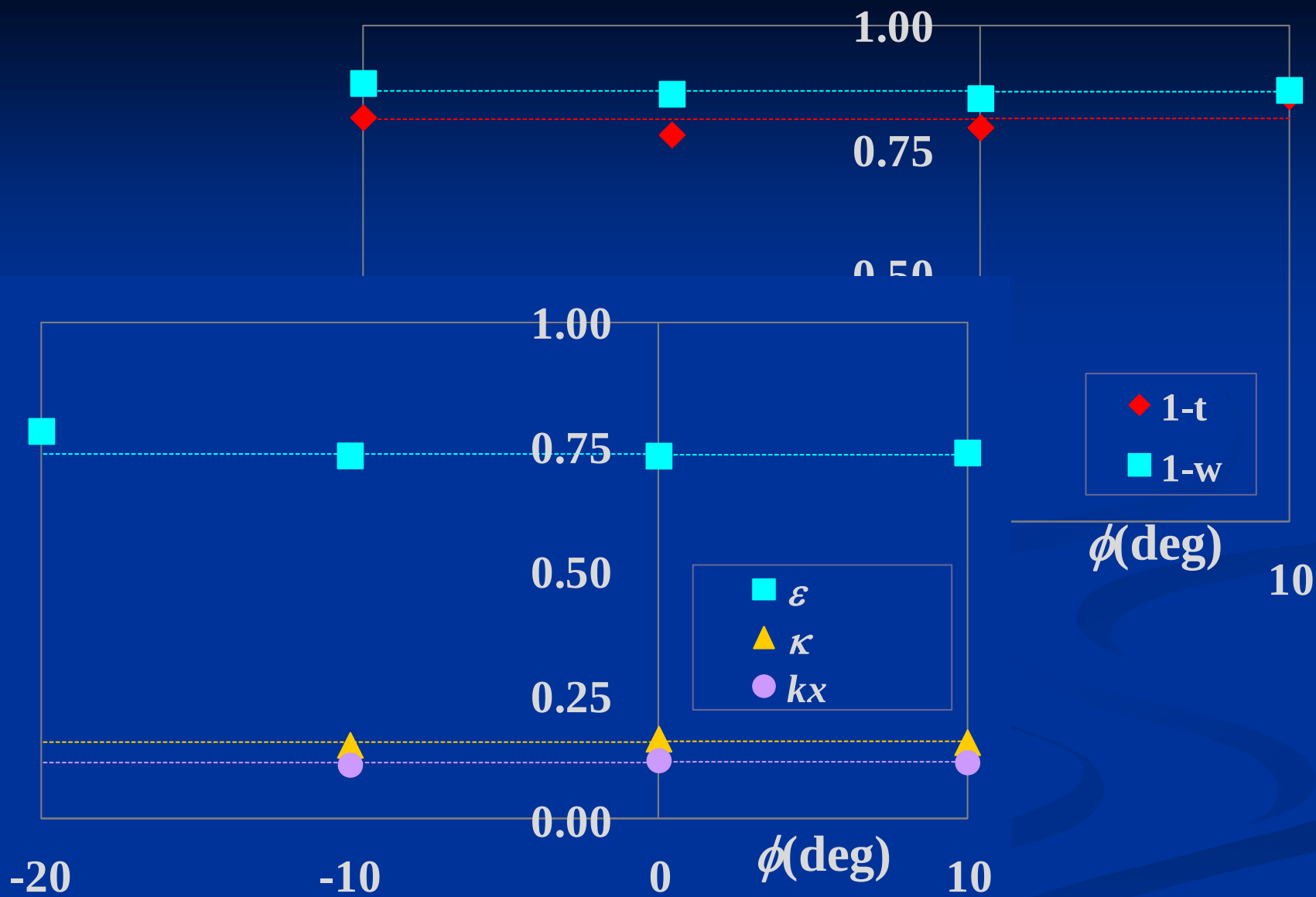
$$(m + m_y)\dot{v}_G + (m + m_x)u_G r_G = \frac{\rho}{2} L d U^2 (Y'_H + Y'_R)$$

$$(I_{zz} + J_{zz})\dot{r}_G = \frac{\rho}{2} L^2 d U^2 \{N'_H + \textcircled{N'_P} + N'_R - x'_G(Y'_H + Y'_R)\}$$

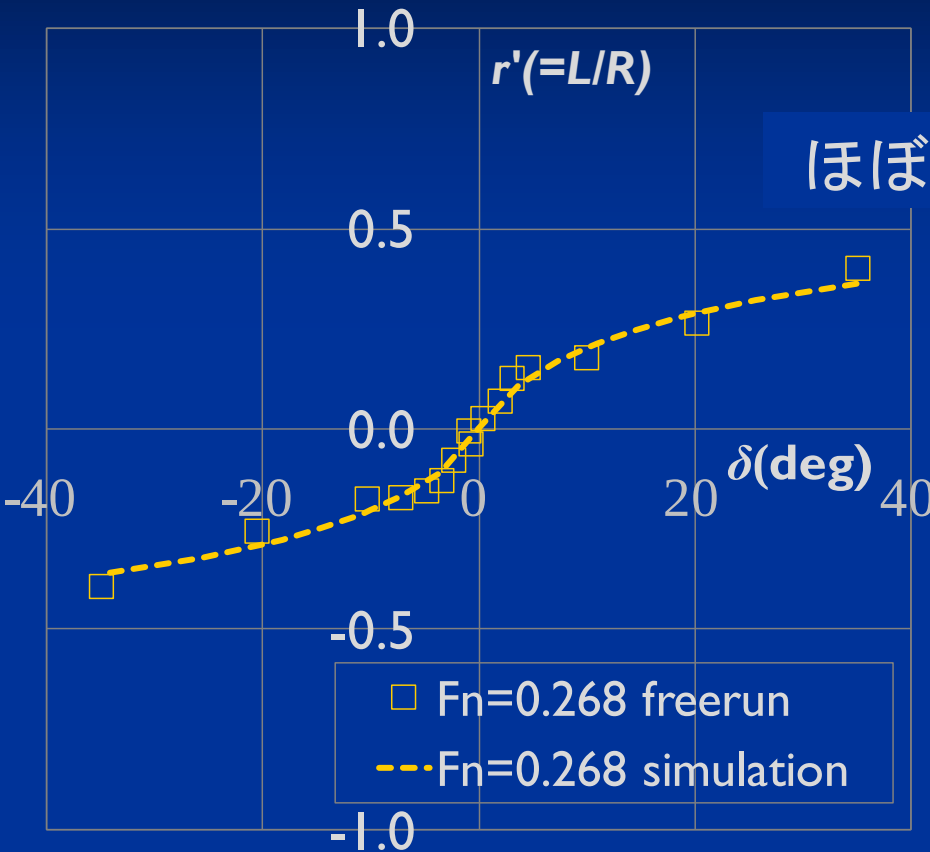


4. 操縦運動シミュレーション

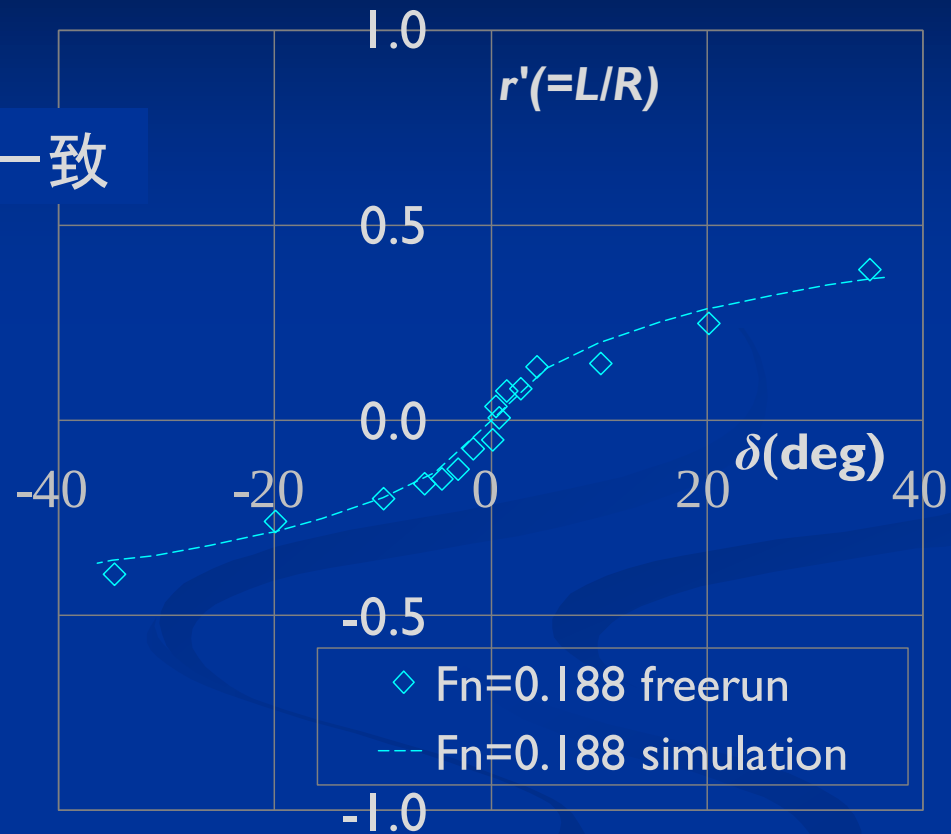




4.3 シミュレーションと自走模型試験の比較

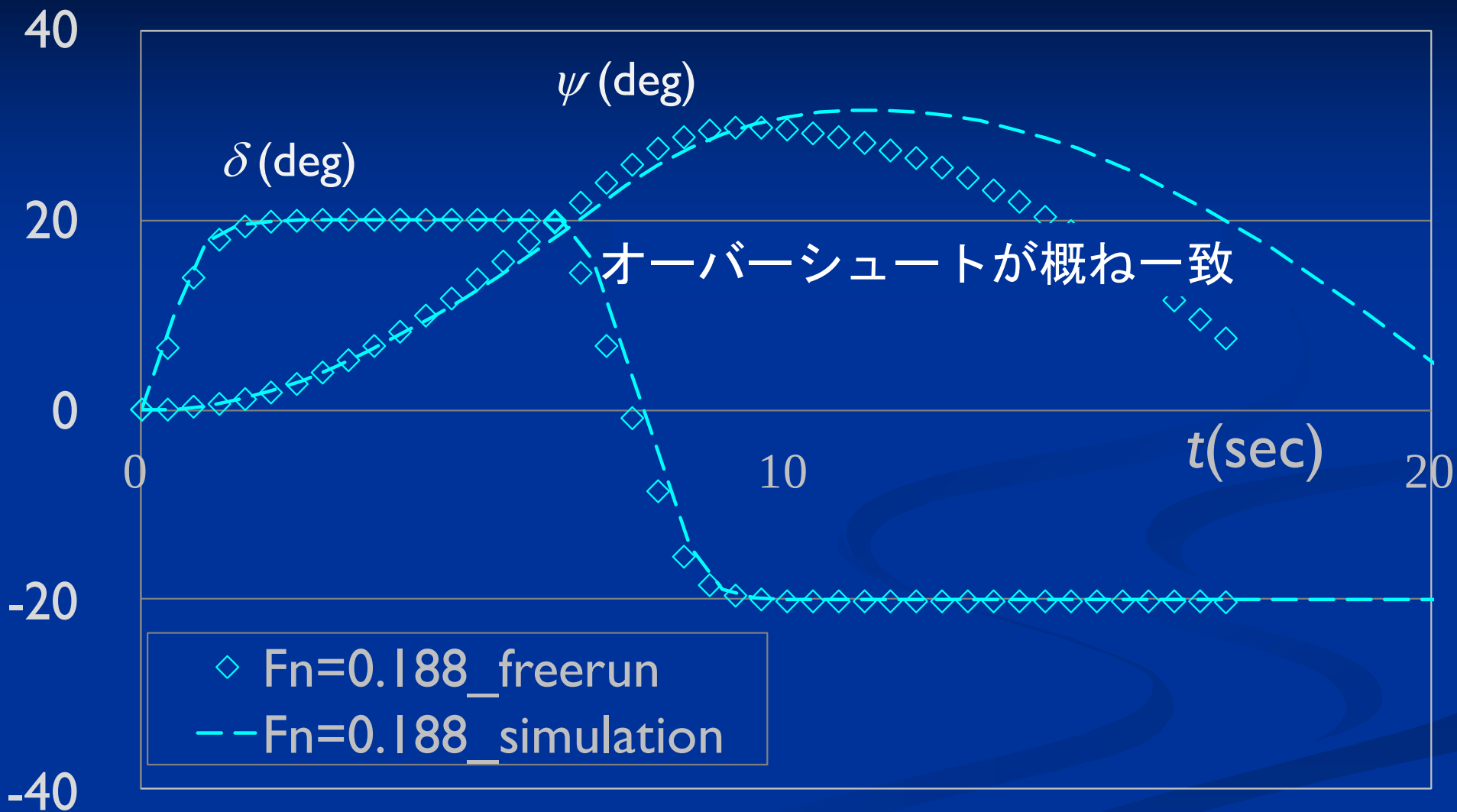


ほぼ一致



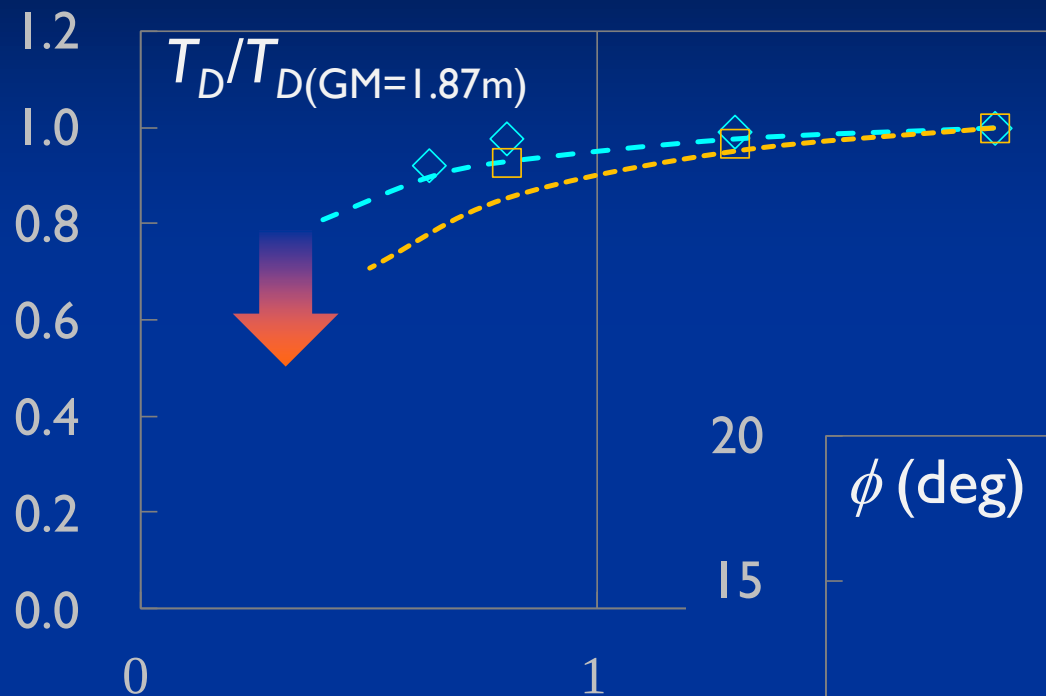
スパイラル特性

4.3 シミュレーションと自走模型試験の比較

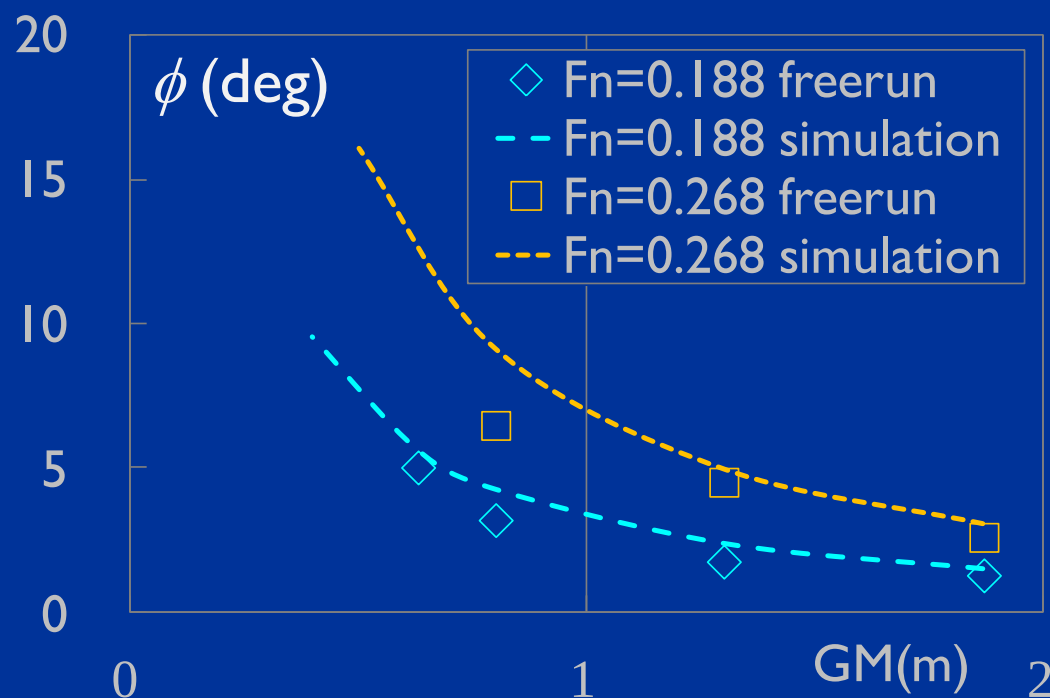


20° Z 試験の時系列

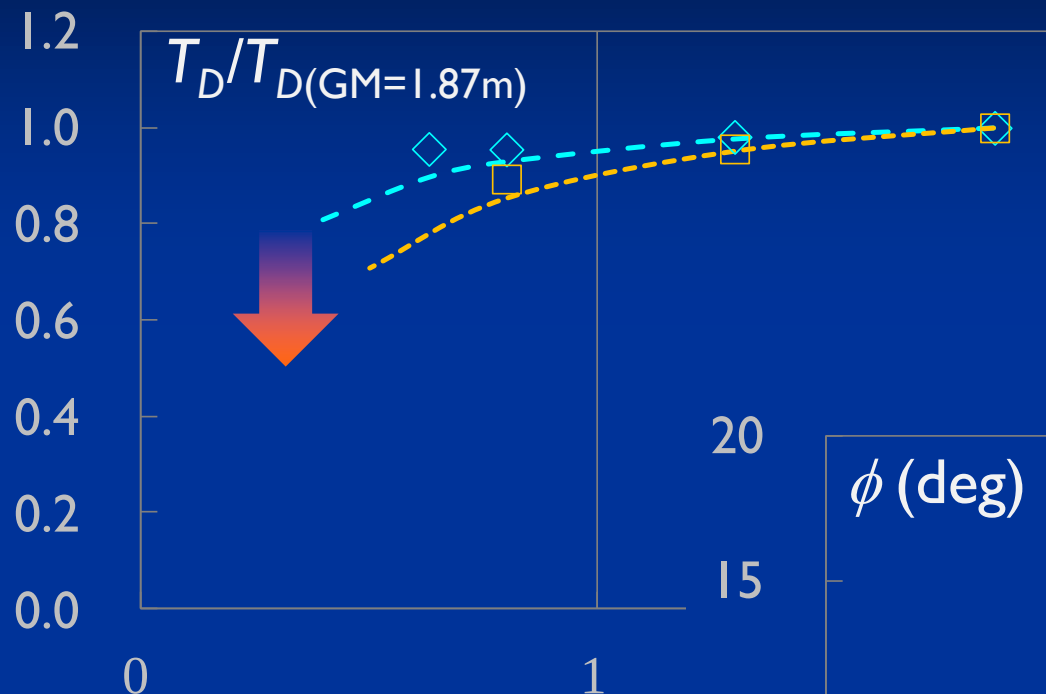
5.3 シミュレーションと自走模型試験の比較



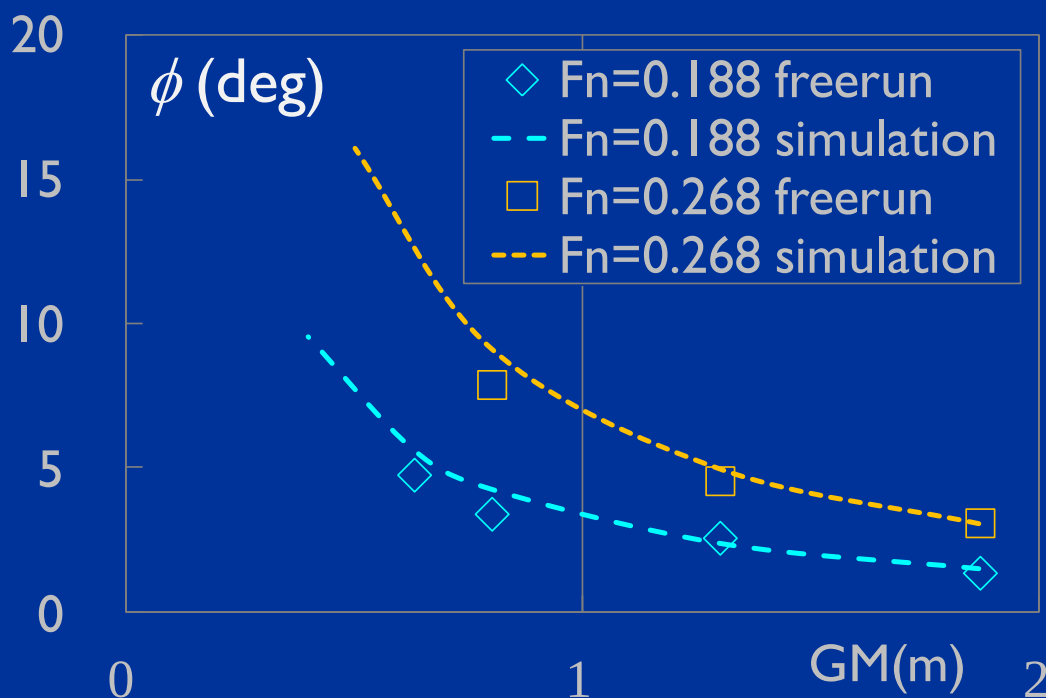
舵角+35° 旋回
の旋回半径と横傾斜



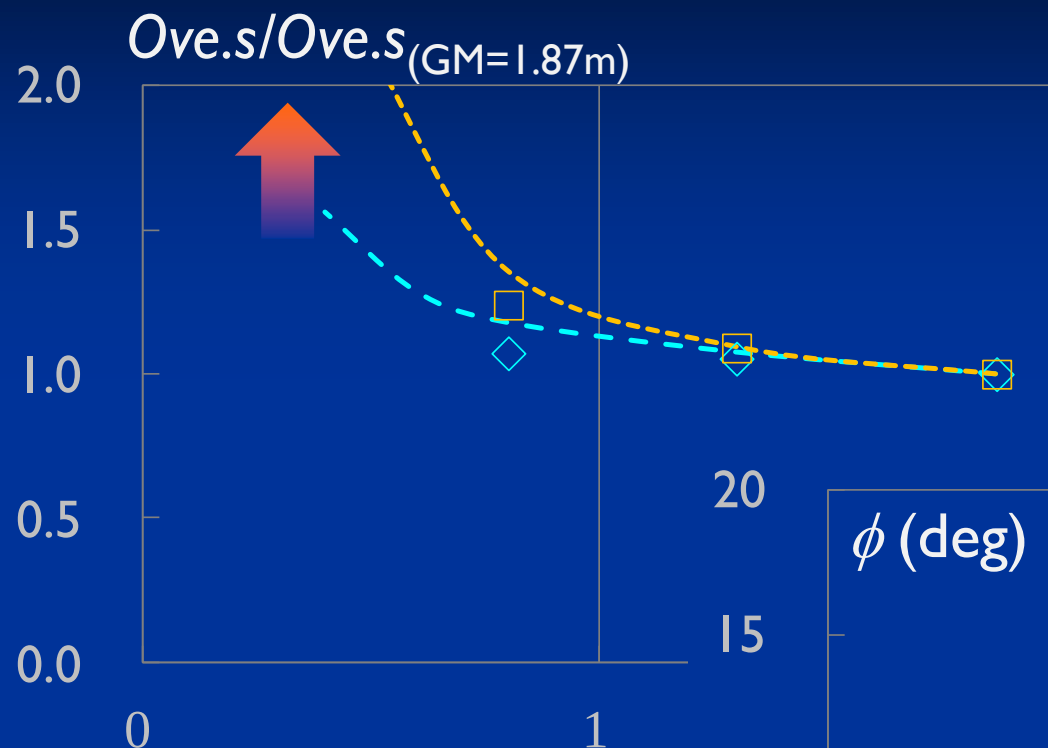
5.3 シミュレーションと自走模型試験の比較



舵角-35° 旋回
の旋回半径と横傾斜



5.3 シミュレーションと自走模型試験の比較



20° Z試験の
Over shootと横傾斜

