

ClassNK

R & D P R O J E C T

ライザー設計におけるVIV評価手法 の構築と知見の拡充

一般財団法人 日本海事協会
東京大学
独立行政法人 海洋研究開発機構
三菱重工業株式会社

2012 07 10

三菱重工業株式会社
技術統括本部 長崎研究所 流体研究室

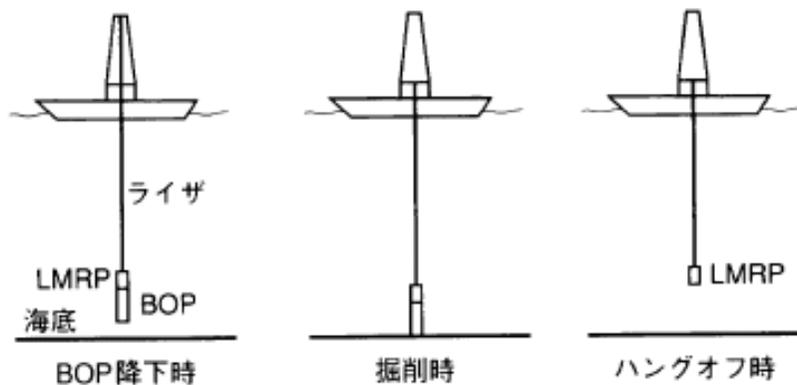
1. 研究の背景
2. VIV評価技術
3. 研究の目的
4. 研究の概要
5. 研究体制
6. 今後の予定

研究対象:ライザー(海底から海面上の設備まで物質を上げるためのパイプ)

<用途>

- 海底油田、ガス田開発用
- JAMSTEC 地球深部探査船‘ちきゅう’
⇒ 統合国際深海掘削計画(IODP)の主力船として地球探査
- 海洋基本法では、石油・天然ガス、メタンハイドレート、海底鉱物資源を探査・開発の対象とし、必要な政策資源が集中的に投入される ⇒ ライザー利用のニーズ大

<ライザーの構造特性>

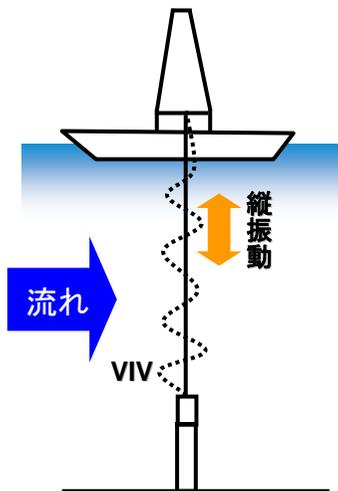


- ライザーは、その直径に対して長さが非常に長い線状構造物
- 弾性的な応答が顕著
- 模型試験での挙動再現が困難
⇒ 挙動予測はシミュレーションに頼らざるを得ない

ライザーの概要図

出典: 地球深部探査船の掘削ライザについて, 三菱重工技報, Vol.37, No.5 (2000-9)

ライザーの力学的挙動における課題と本研究で対象とする現象



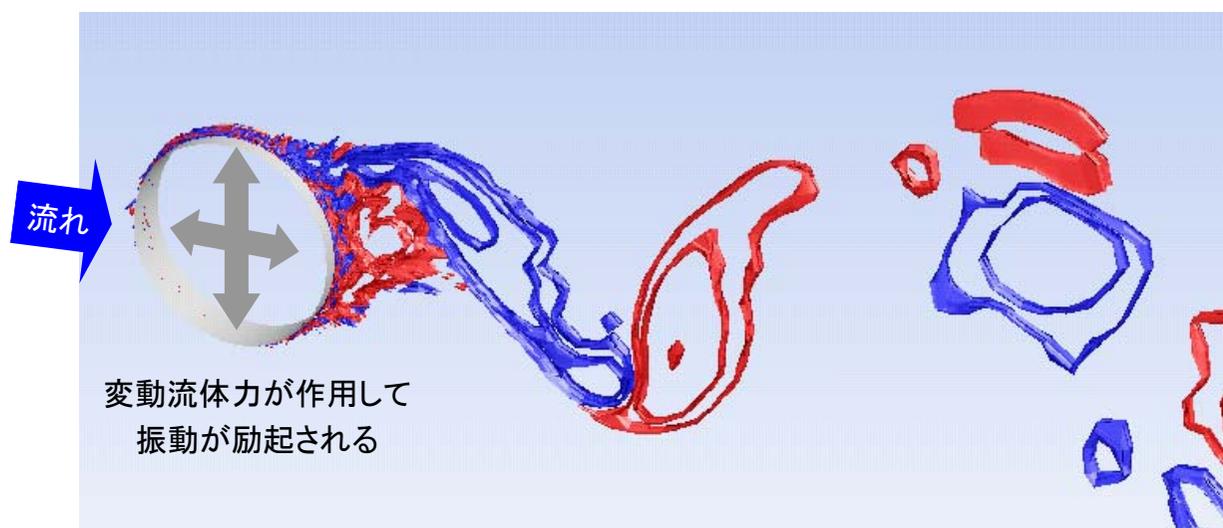
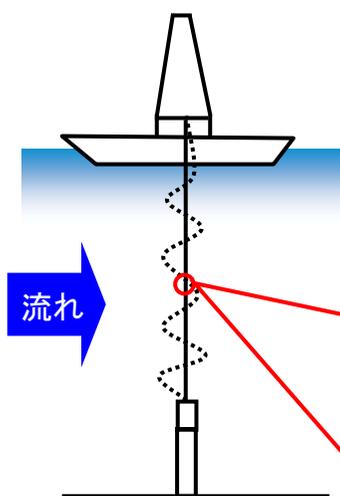
縦振動による 圧縮力の回避	ライザー自重、波浪中の船体運動による 変動張力
縦振動による 共振回避	ライザー材質選択の重要なファクター
ライザ上下端部 での傾角 コントロール	波浪、潮流中での船体の前後並びに左右 揺れに対して、掘削が問題がなく行えるか どうかは課題。主にライザ上下端部での 傾角がその目安になる。
渦励振 (VIV) の 回避 (VIV: Vortex Induced Vibration)	潮流・海流等に起因し、 比較的高い周波数の応力変動が発生 ⇒ 変動の繰返し回数が多い (10^9 回/20年オーダー) ※ ただし、応力振幅 (応答振幅) の評価は 技術的な課題 ※ これまでは、流れの影響が小さい地域 が対象となっており、検討の重要性が 低かった

本研究で対象
とする現象
⇒ VIVは
疲労に影響

VIV(渦励振: Vortex Induced Vibration)とは

流れによって物体の周囲や背後に生じた渦に起因する振動

⇒ 潮流・海流等によってライザー周囲にも渦が生じて振動が励起される

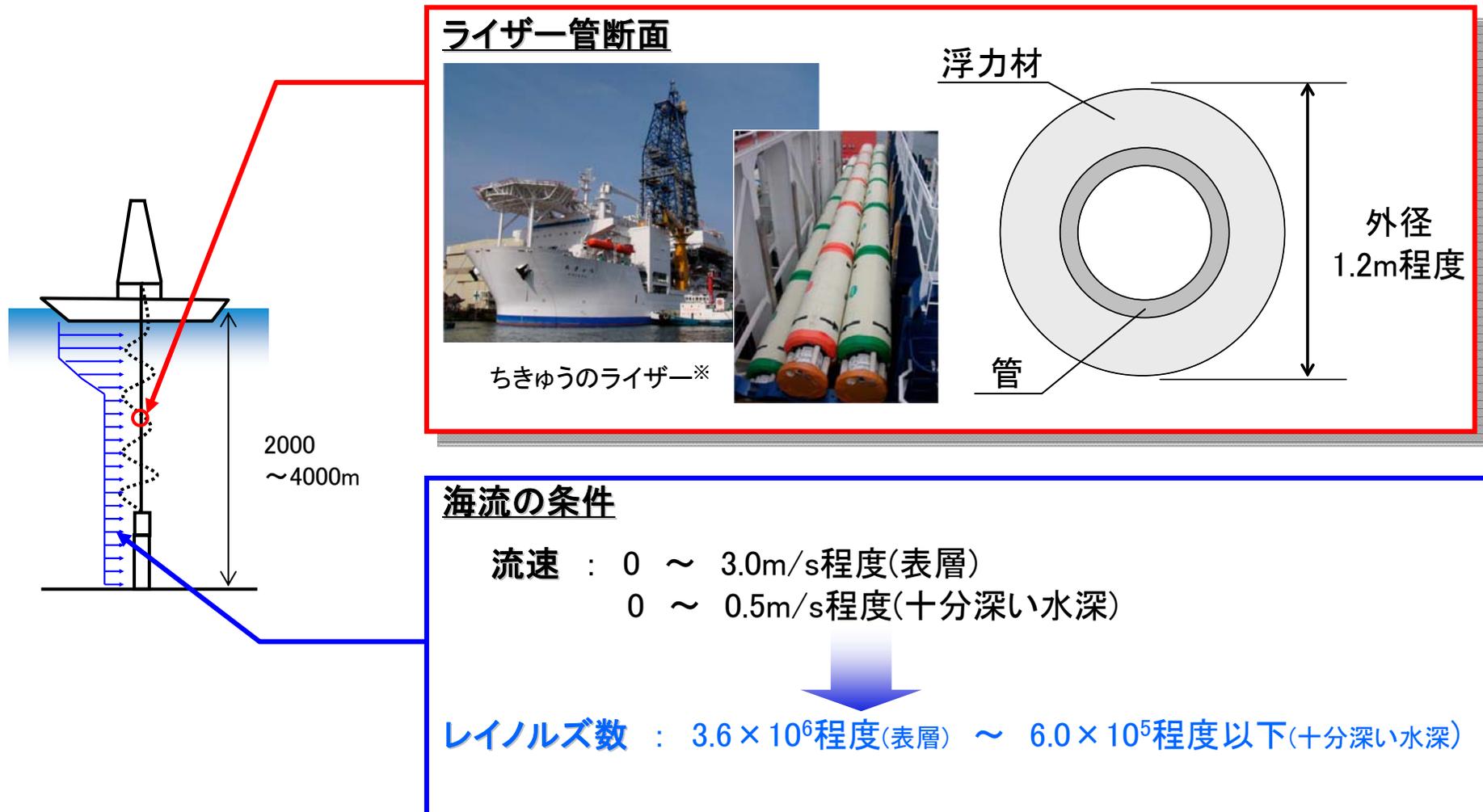


円柱周りに生じる渦

(高レイノルズ数条件における弊社CFD事例 渦度コンター: 左回り赤、右回り青)

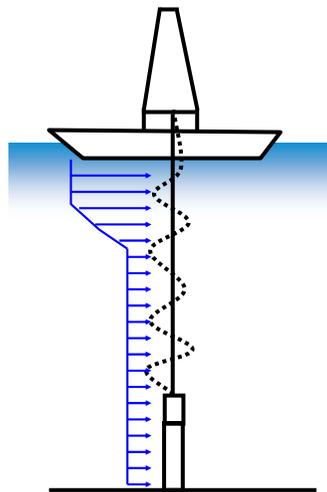
1. 研究の背景

ライザーのVIV評価における条件



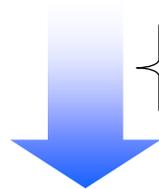
※出典: 平野朝彦:巨大地震発生帯への掘削―「ちきゅう」の挑戦―,全地連「技術e-フォーラム2008」高知,2008年10月16日
<http://www.zenchiren.or.jp/e-forum/2008/pdf/forum01.pdf>

ライザーのVIVにおける現象の特徴



変動流体力の周波数

ストローハル数※ $\Rightarrow 0.2 \sim 0.5$ (Re数 : $6.0 \times 10^5 \sim 3.6 \times 10^6$ 程度)



ライザー直径: 1.2m
流速: 0.5~3.0m/s

周波数 $\Rightarrow 0.08 \sim 1.25\text{Hz}$

※ストローハル数: $\frac{(\text{渦発生周波数}) \times (\text{円柱直径})}{(\text{流速})}$

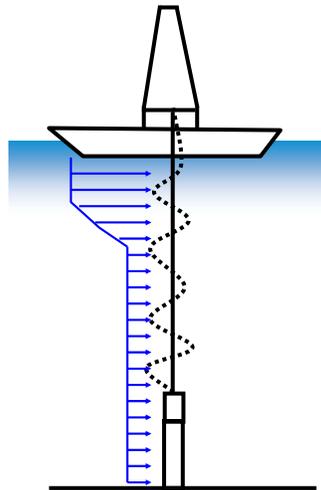
ライザー管固有モード

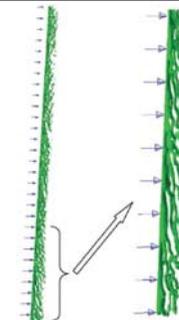
ライザーのVIVでは、評価対象となるモードが幅広い
(例えば、10次~100次程度のオーダー)

ライザーのVIVを評価するには上記特徴を再現する解析手法が必要

2. VIV評価技術

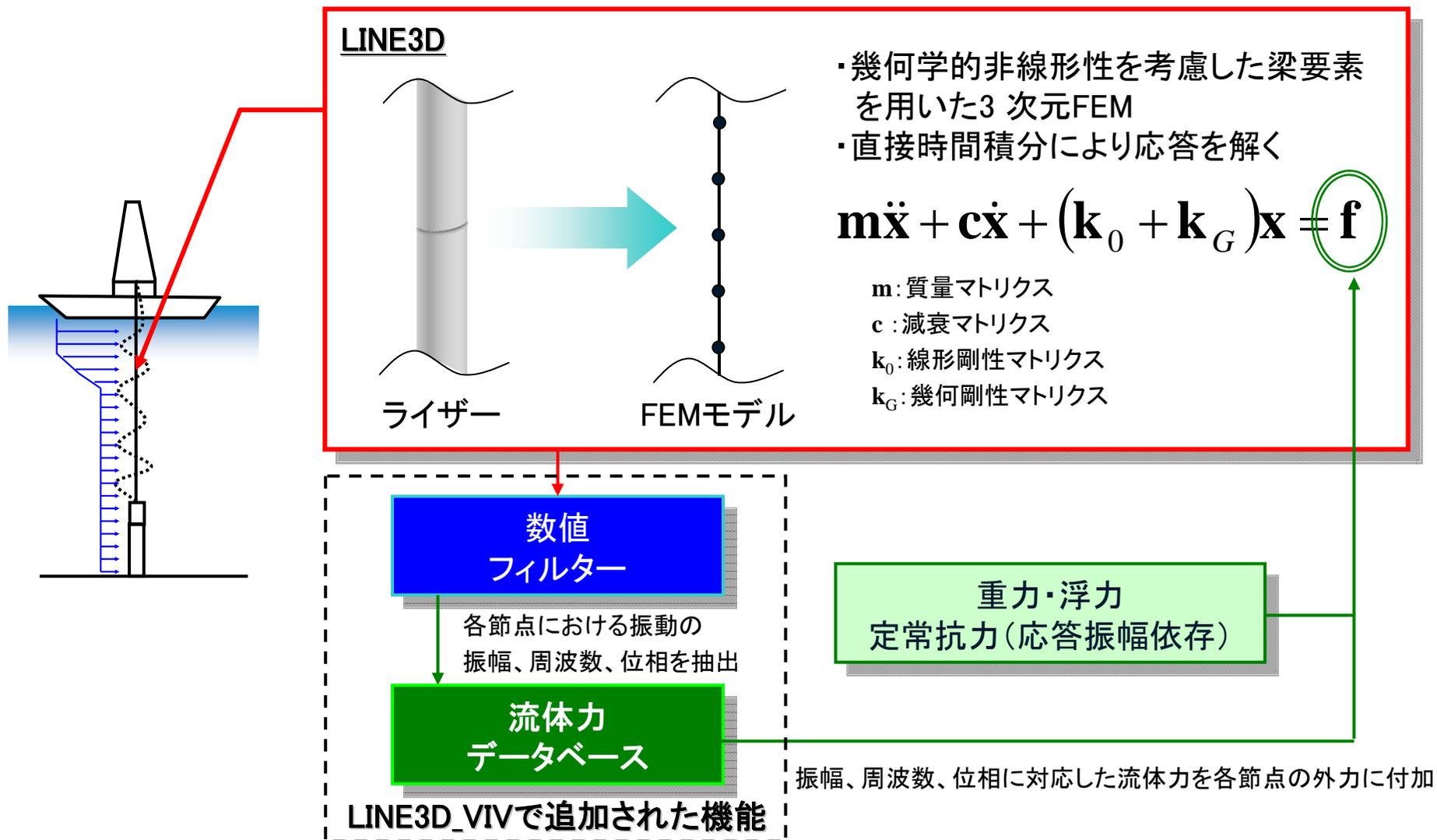
ライザーのVIV評価手法について



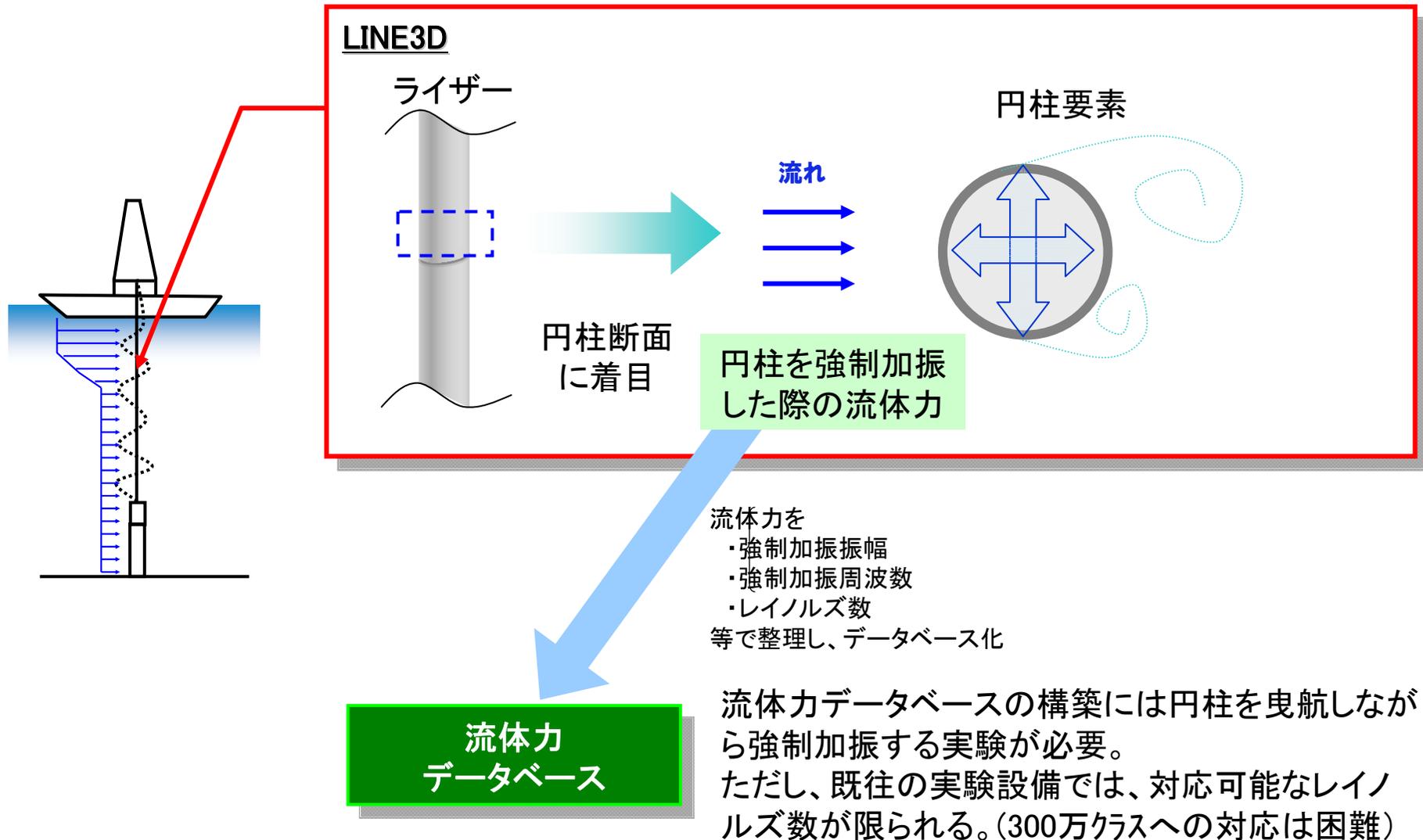
手法	流体力	イメージ・事例
直接解法 (3D-CFD+構造応答)	3D-CFDとの 連成計算によって 流体力を考慮	 <p>ライザー周りの渦</p> <p>出典: Yiannis Constantinides, Owen H. Oakley, Jr.: Numerical prediction of VIV and comparison with field experiments, OMAE2008, June 15-20, 2008, Estoril, Portugal.</p>
2Dスプリット法 (2D-CFD+構造応答)	各節点毎の 水平面における 2D-CFDによって 流体力を考慮	 <p>ライザー周りの渦</p> <p>出典: C. Le Cunff1, F. Biolley, E. Fontaine, S. Étienne and M.L. Facchinetti, „Vortex-Induced Vibrations of Risers: Theoretical, Numerical and Experimental Investigation, Oil & Gas Science and Technology – Rev. IFP, Vol. 57 (2002), No. 1, pp. 59-69</p>
実験-揚力モデル法 ⇒ 実験データベースを 整備しておけば、 短時間で検討可能	VIV流体力を 実験 データベース 等から参照	VIVA (MIT)、 LINE3D-VIV (東大鈴木研究室) ⇒ 設計に適した計算手法

2. VIV評価技術

LINE3D_VIV※について ※東大鈴木研究室で開発されたVIV解析コード

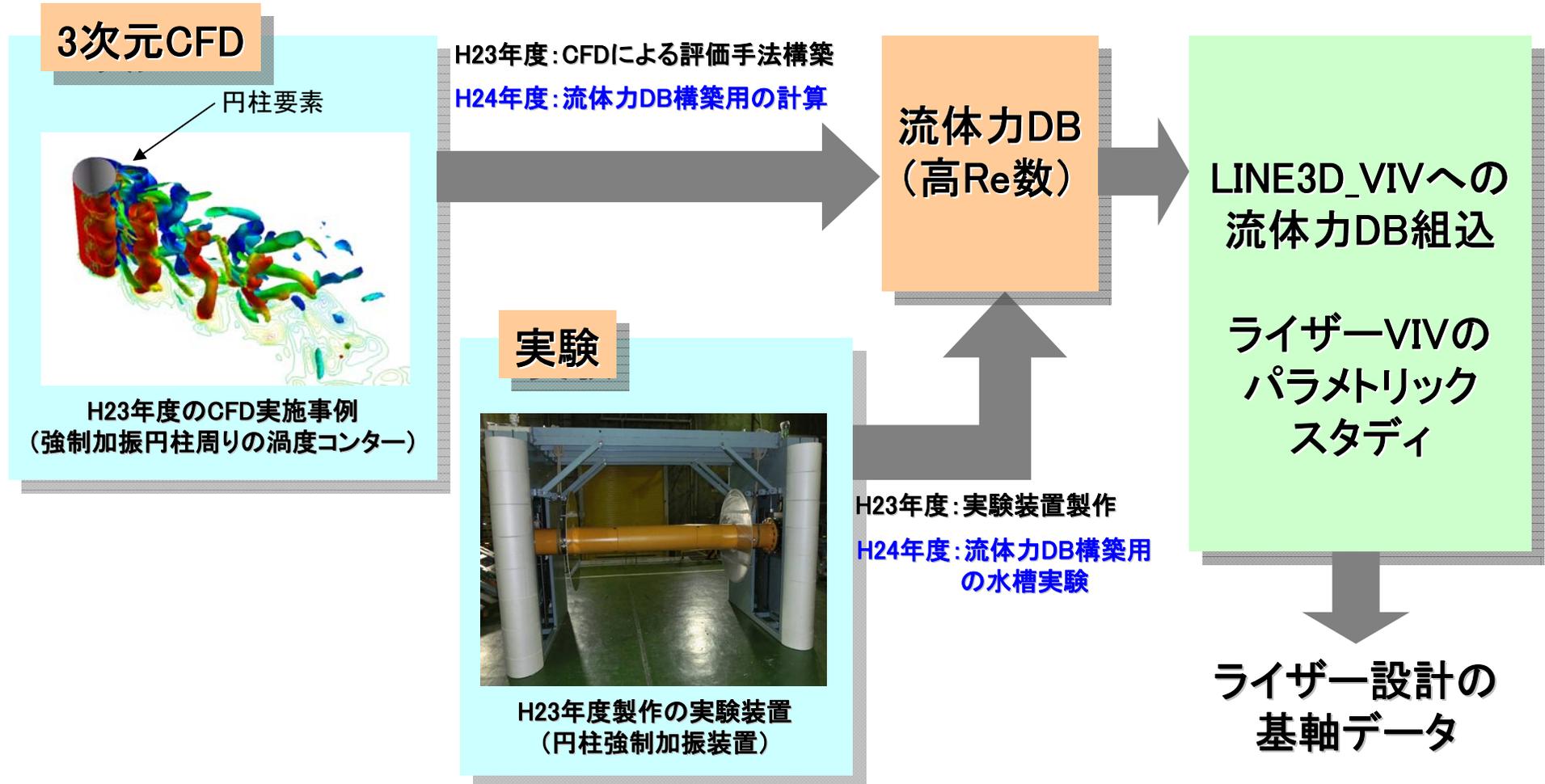


ライザーのVIV評価に用いる流体力データベース



- 実験が難しい高いレイノルズ数領域にも対応可能な3次元CFDによる流体力評価手法を検討。
- 水槽実験と3次元CFDを併用し、流れ方向の振動を考慮した流体力データベースを構築。
- 上記流体力データベースをLine-3D_VIVに導入して、ライザーのパラメトリックスタディを実施し、ライザー設計の基軸データを得る。

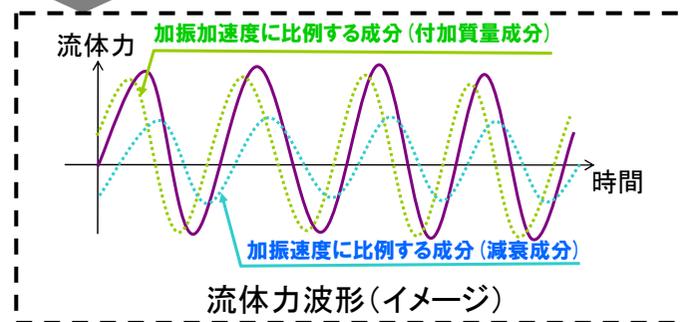
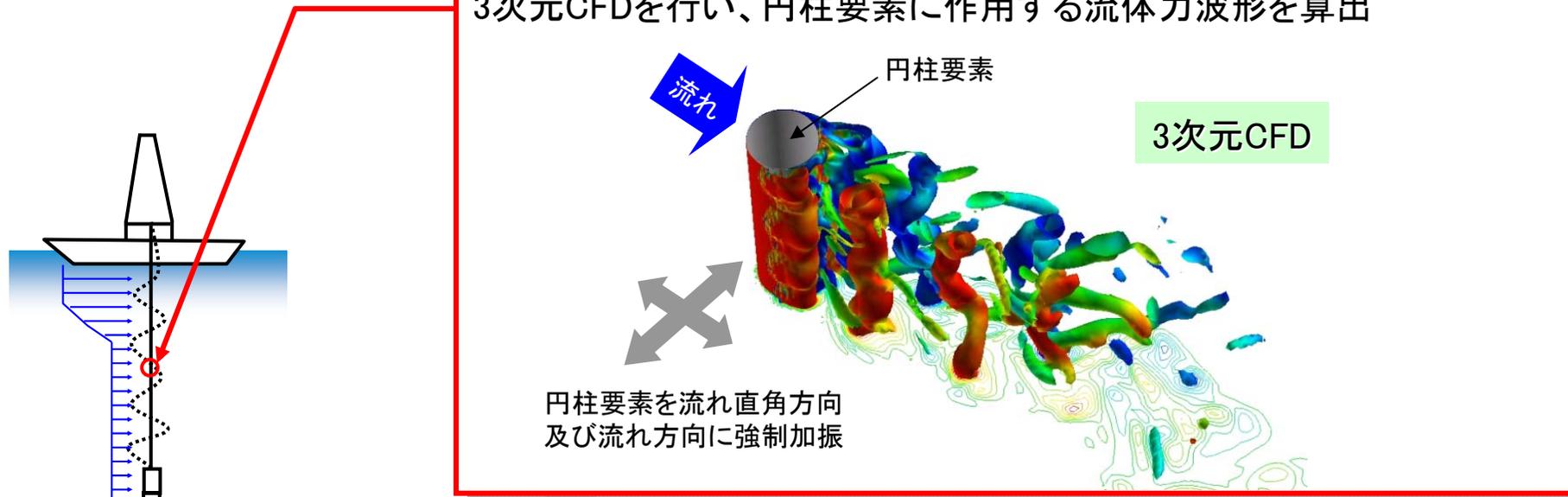
4. 研究の概要



4. 研究の概要

3次元CFDによる流体力評価

ライザー管を模した円柱要素モデル(剛体)を強制加振する条件で3次元CFDを行い、円柱要素に作用する流体力波形を算出



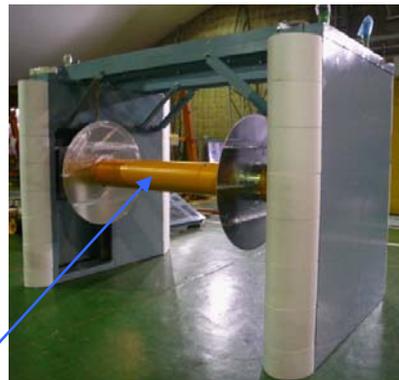
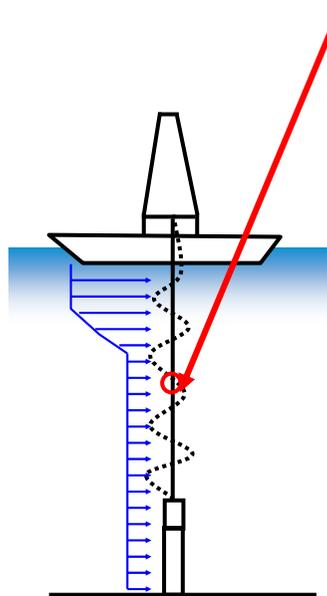
流体力DB

※実験が難しい
Re数領域に適用

4. 研究の概要

実験による流体力評価

ライザー管を模した円柱要素模型を曳航しながら強制加振する水槽試験を行い、円柱要素に作用する流体力を計測



円柱模型 (径0.3m程度) 実験装置・模型

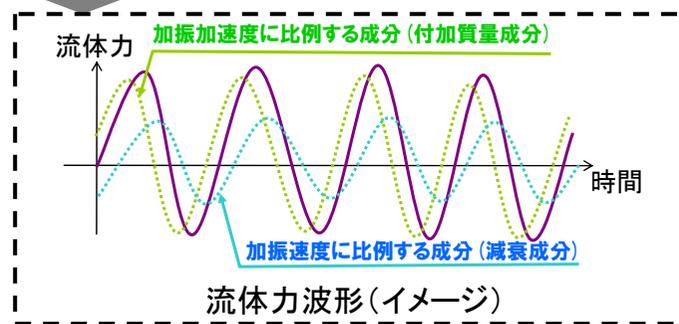


実験の様子※

※三菱重工業株式会社 技術統括部 長崎研究所 耐航性能水槽にて実施



実験水槽: 耐航性能水槽
三菱重工業(株)技術本統括部長崎研究所

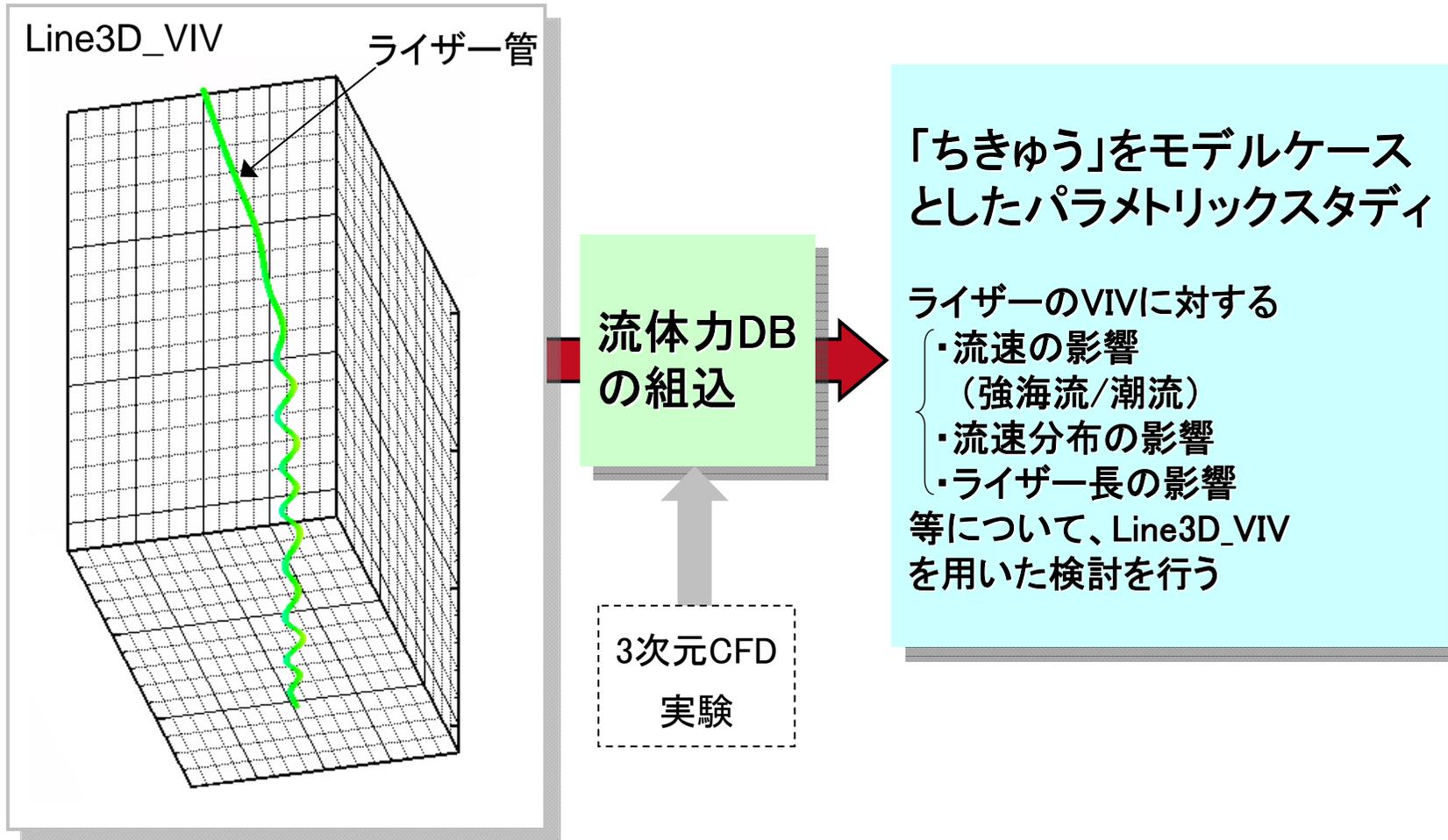


流体力DB

※実験実施の上限となる Re数領域に適用

CFD検証データ

LINE3D_VIVへの流体力DB組込 ・ ライザーVIVのパラメトリックスタディ



【研究体制】

本研究開発は、

- 東京大学
- 独立行政法人海洋研究開発機構 (JAMSTEC)
- 日本海事協会
- 三菱重工工業株式会社

の共同研究体制により実施しています。

また、日本海事協会の「業界要望による共同研究」のスキームにより同協会の支援を受けて研究を行っています。

- 流体力DBの構築とLine3D_VIVへの組込
(～H24年度中盤)
- 「ちきゅう」をモデルケースとしたLine3D_VIVの解析モデル構築
(～H24年度中盤)
- 「ちきゅう」をモデルケースとしたLine3D_VIVによるパラメトリックスタディの実施,
及びライザー設計の基軸データ取得。
(～H24年度末)

本研究は、一般財団法人 日本海事協会の「業界要望による共同研究スキーム」による支援を受けて実施しました。



この星に、たしかな未来を