



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

2013 03 29
三菱重工業株式会社
技術統括本部

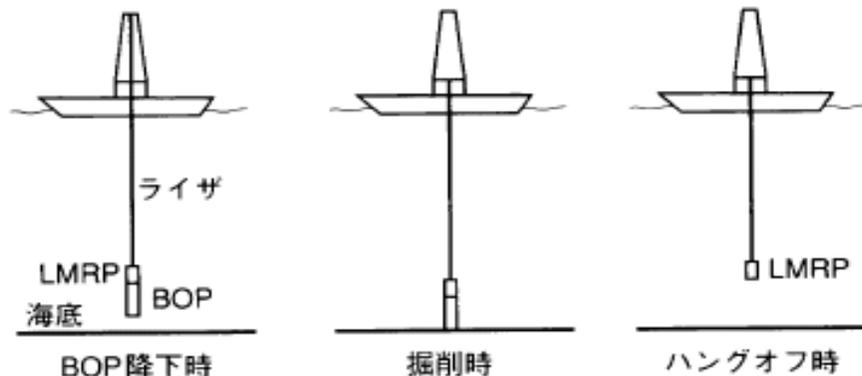
1. 研究の背景
2. VIV評価技術
3. 研究の目的
4. 研究の概要・成果
5. 研究体制
6. 成果

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>

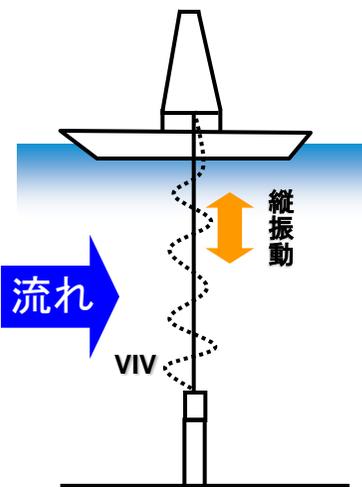


- ライザーは、その直径に対して長さが非常に長い線状構造物
- 弾性的な応答が顕著
- 模型試験での挙動再現が困難
⇒ 挙動予測はシミュレーションに頼らざるを得ない

ライザーの概要図

出典:地球深部探査船の掘削ライザーについて, 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

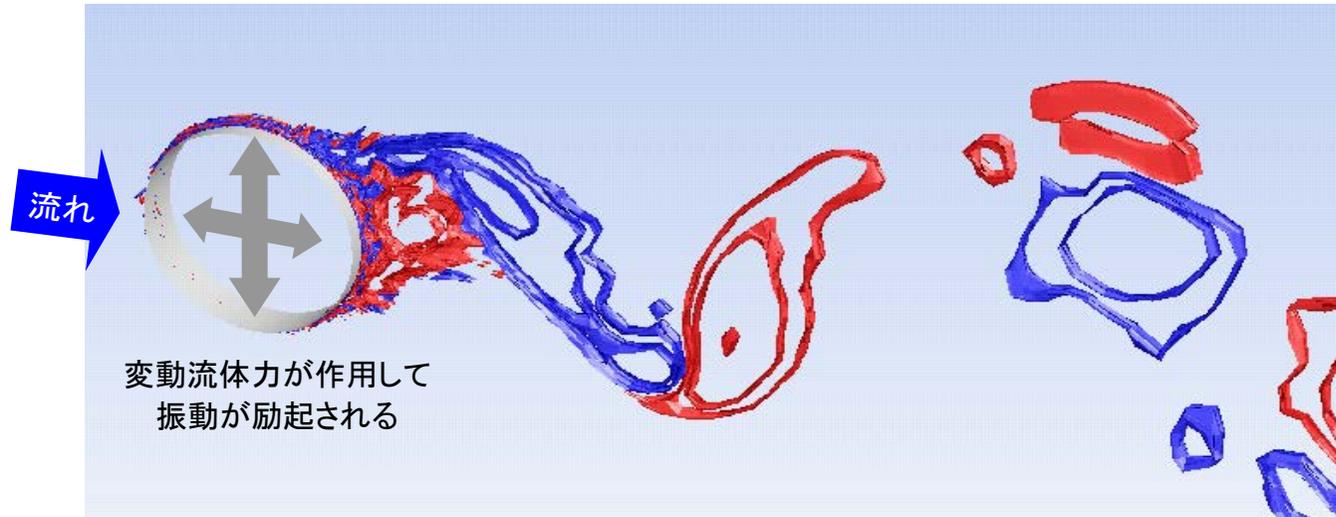
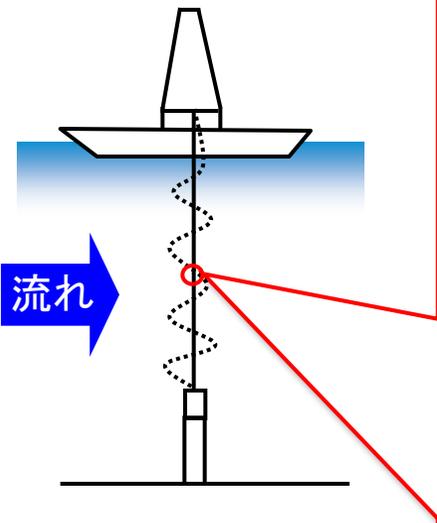


縦振動による 圧縮力の回避	ライザー自重、波浪中の船体運動による変動 張力
縦振動による 共振回避	ライザー材質選択の重要なファクター
ライザ上下端部 での傾角 コントロール	波浪、潮流中での船体の前後並びに左右揺 れに対して、掘削が問題なく行えるかどう かが課題。主にライザ上下端部での傾角がそ の目安になる。
渦励振 (VIV) の 回避 (VIV: Vortex Induced Vibration)	潮流・海流等に起因し、 比較的高い周波数の応力変動が発生 ⇒ 変動の繰返し回数が多い (10^9 回/20年オーダー) ※ ただし、応力振幅(応答振幅)の評価は 技術的な課題 ※ これまでは、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

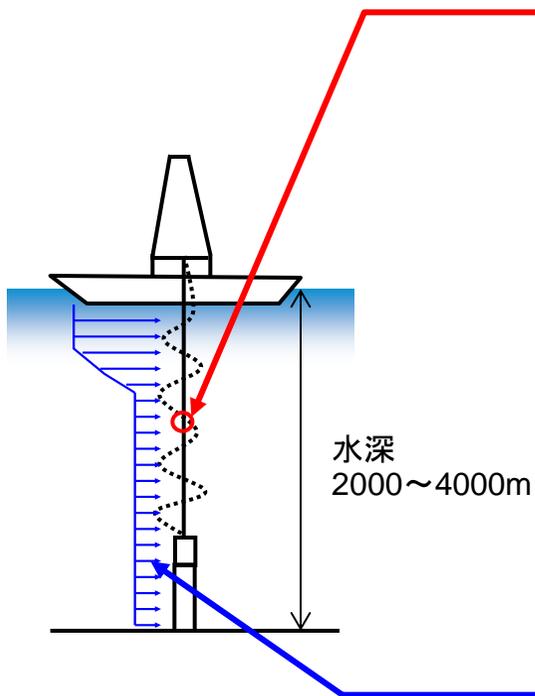
流れによって物体の周囲や背後に生じた渦に起因する振動
⇒ 潮流・海流等によってライザー周囲にも渦が生じて振動が励起される



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)

ライザーのVIV評価における条件



水深
2000~4000m

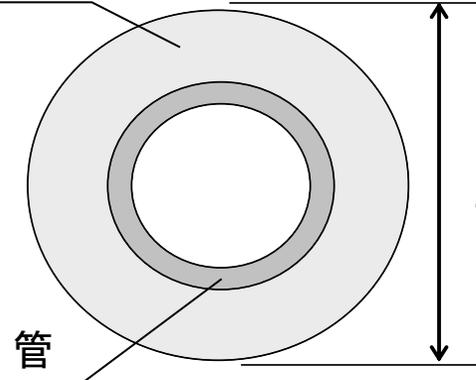
ライザー管断面



ちきゅうのライザー※



浮力材



外径
1.2m程度

管

海流の条件

流速 : 0 ~ 3.0m/s程度(表層)
0 ~ 0.5m/s程度(十分深い水深)



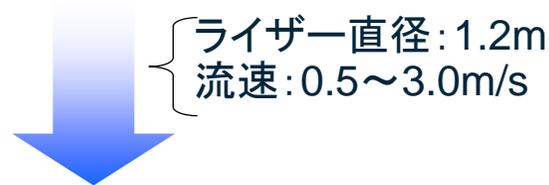
レイノルズ数 : 3.6×10^6 程度(表層) ~ 6.0×10^5 程度以下(十分深い水深)

※出典: 平 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>

ライザーにおけるVIV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)



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

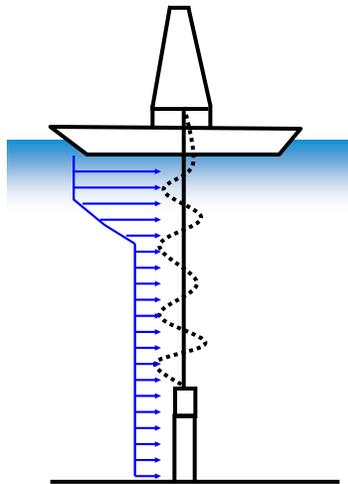
※ストローハル数 = $\frac{(\text{渦発生周波数}) \times (\text{円柱直径})}{(\text{流速})}$

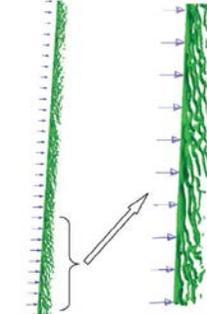
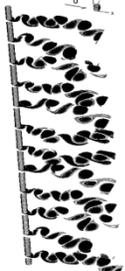
ライザー管固有モード

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

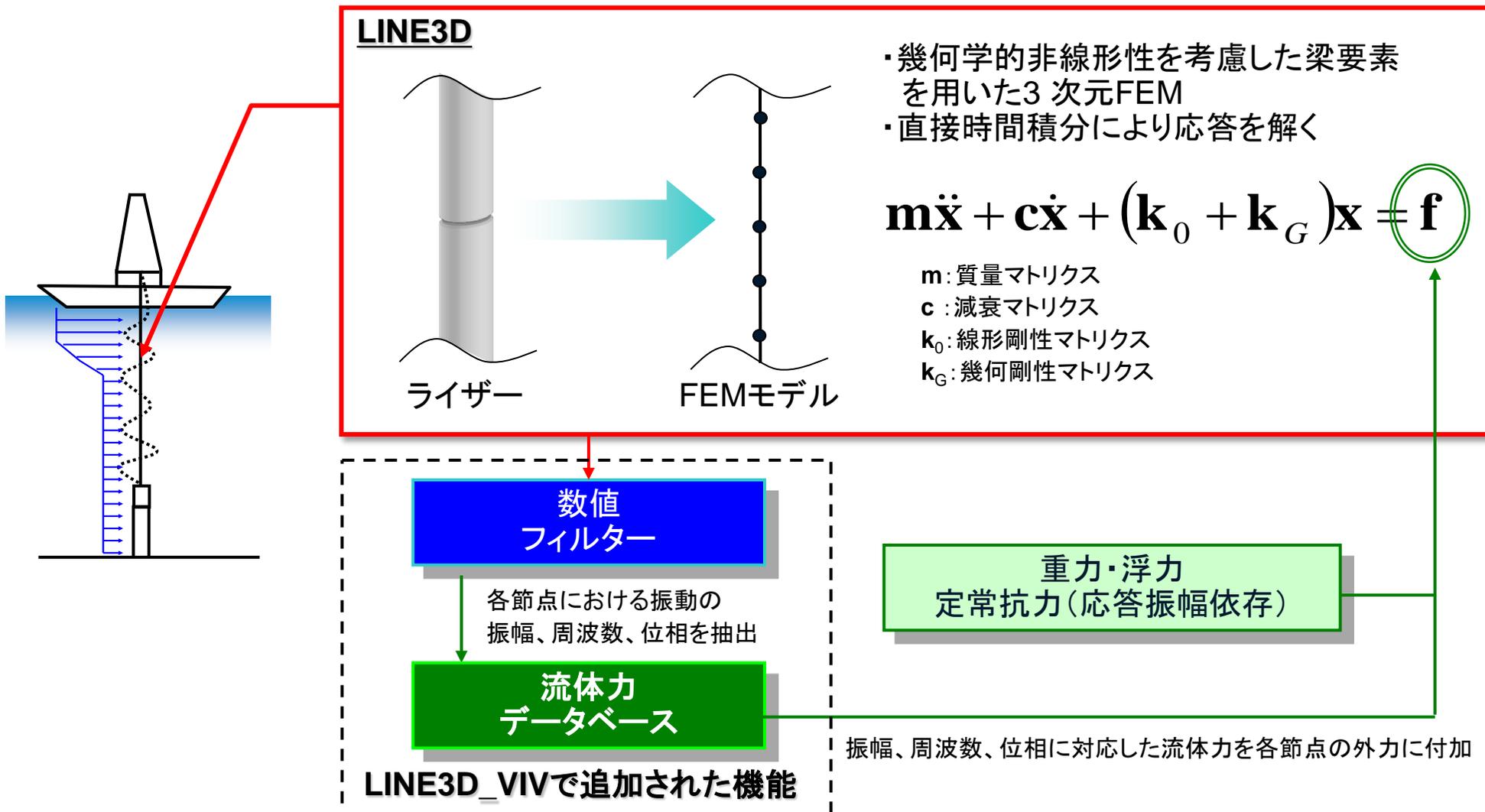
ライザーのVIV評価手法について



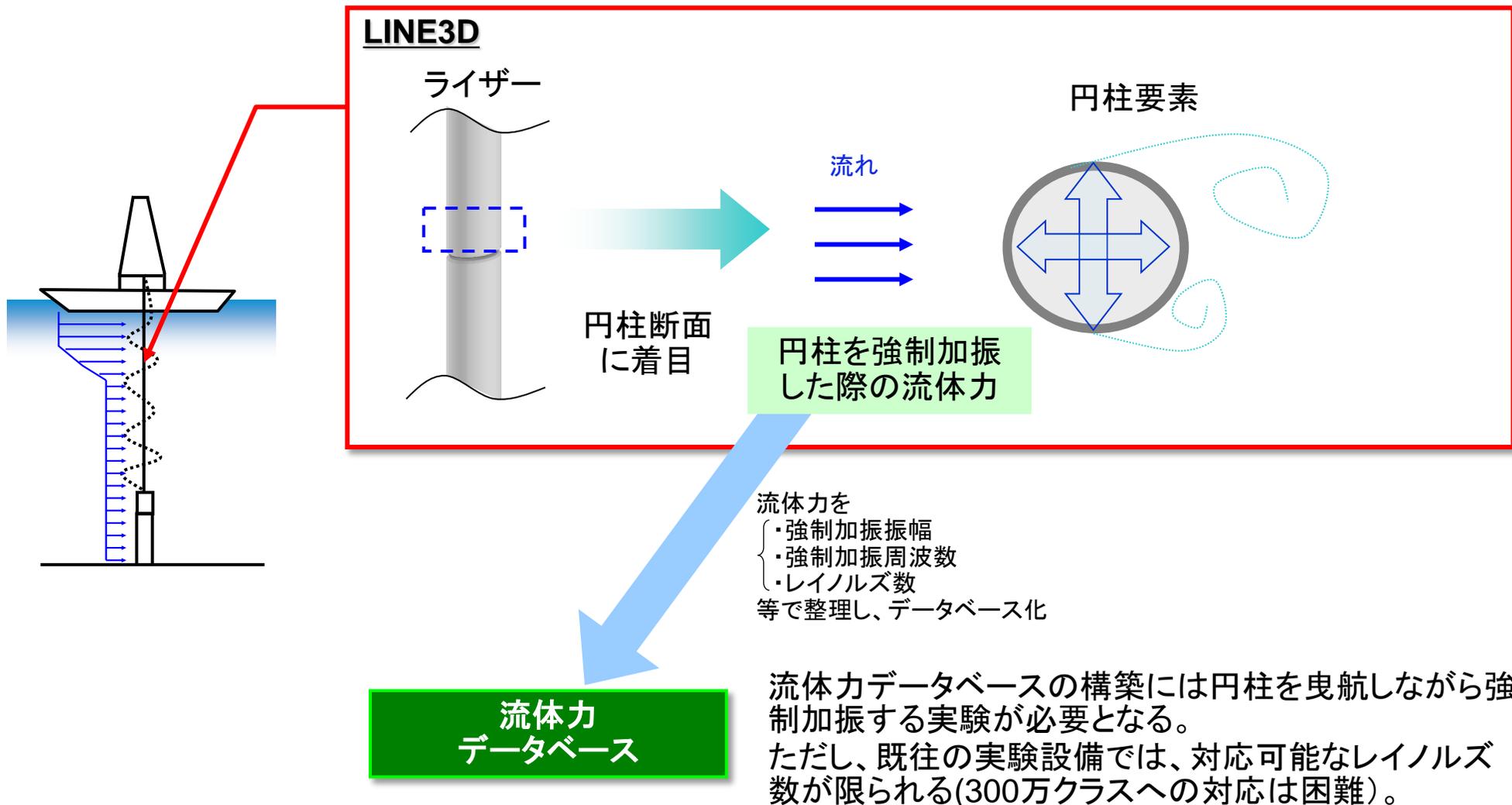
手法	流体力	イメージ・事例
直接解法 (3D-CFD+構造応答)	3D-CFDとの 連成計算によって 流体力を考慮	 <p>ライザー周りの渦</p> <p>出典: Yiannis Constantinides, Owen H. Oakley, Jr.: Numerical prediction of VIV and comparison with field experiments, OMAE2008, June 15-20, 2008, Estoril, Portugal.</p>
2Dストリップ法 (2D-CFD+構造応答)	2D-CFDによって 各節点毎の 水平面における 流体力を考慮	 <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

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



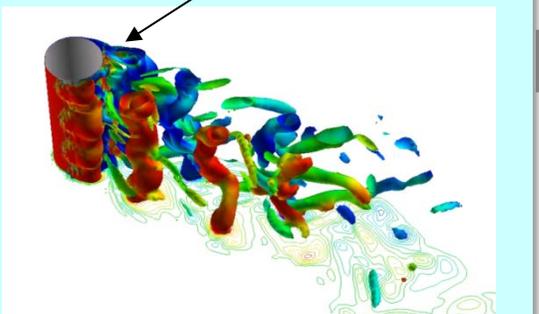
ライザーのVIV評価に用いる流体力データベース



- 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する。
- 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する。
- 上記流体力データベースをLINE3D_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。

3次元CFD

円柱要素



CFD実施事例
(強制加振円柱周りの渦度コンター)

CFDによる評価手法構築
流体力DB構築用の計算

流体力DB
(高Re数)

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

実験



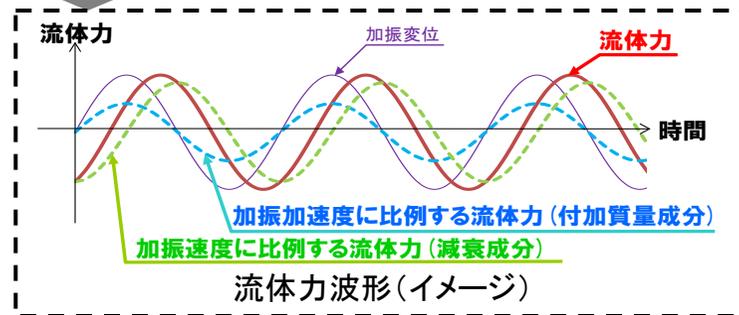
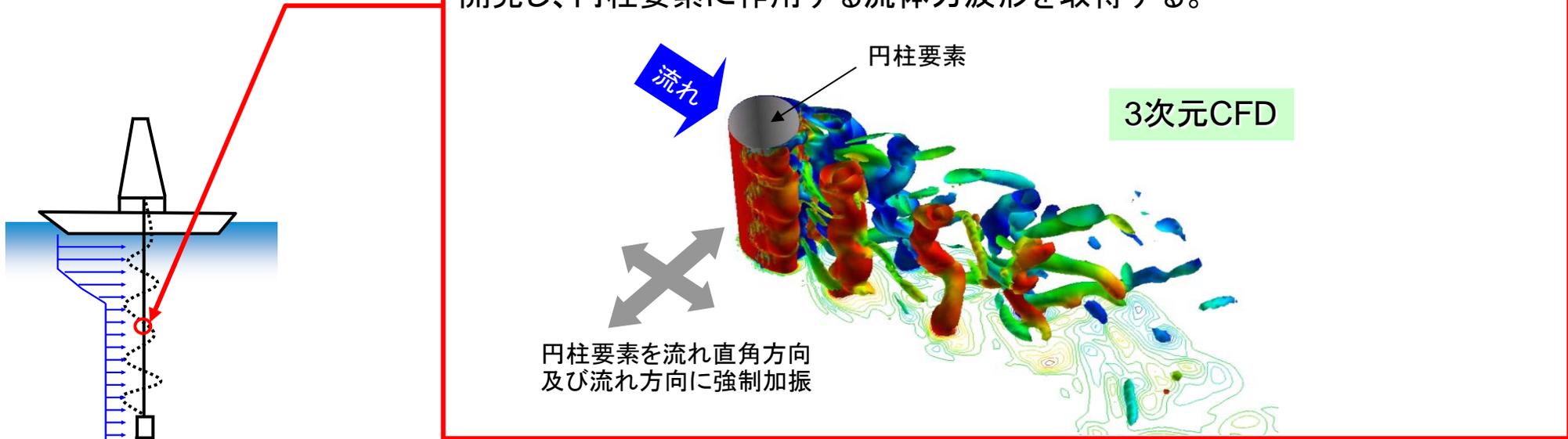
本研究で製作した実験装置
(円柱強制加振装置)

実験装置製作
流体力DB構築用の
水槽実験

ライザー設計
における
知見の拡充

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3次元CFD手法を開発し、円柱要素に作用する流体力波形を取得する。

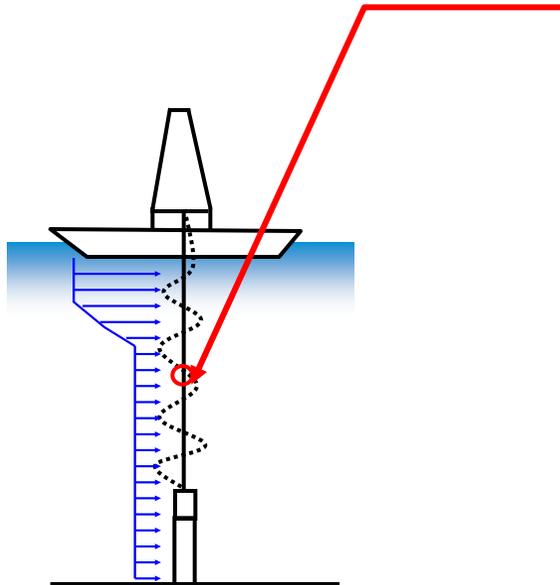


流体力DB

※実験が難しい
Re数領域に適用

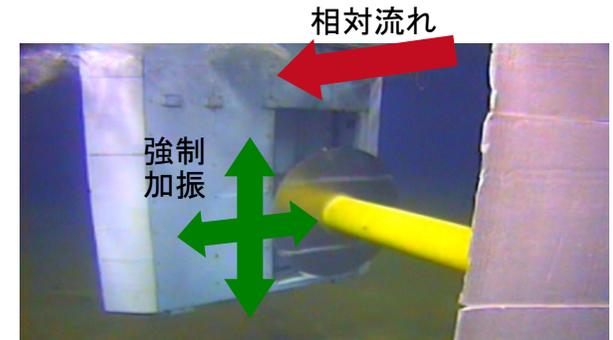
実験による流体力評価

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波形を計測する。



円柱模型
(径0.3m程度)

実験装置・模型

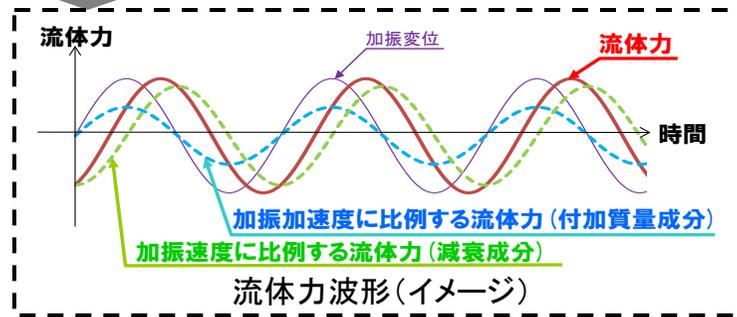


実験の様子

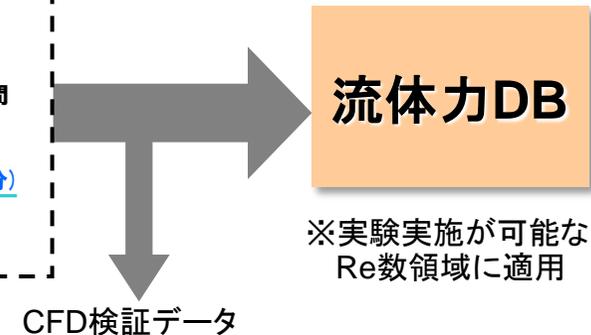


実験水槽: 耐航性能水槽

三菱重工業(株) 技術本統括本部 長崎研究所



流体力波形(イメージ)

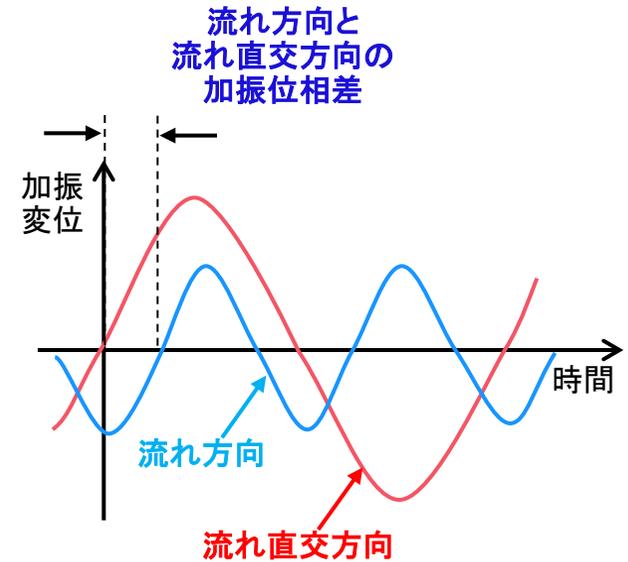
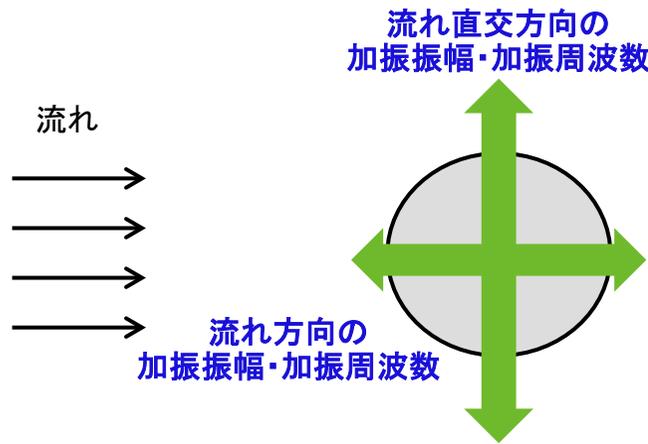
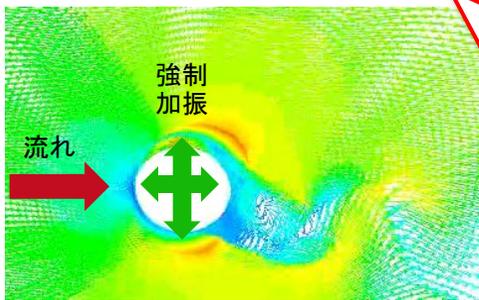
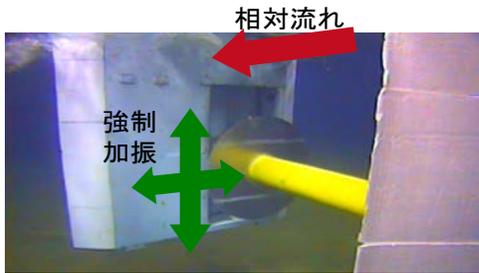


流体力DB

※実験実施が可能な
Re数領域に適用

CFD検証データ

流体力データベースの構築



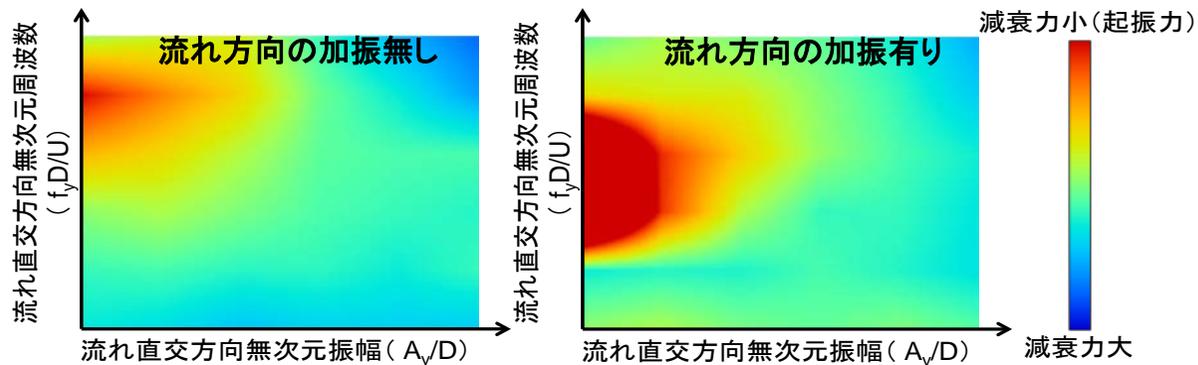
実験・CFDでRe数50万、300万の流体力データを取得し
上記パラメータ(青字)と流体力特性(付加質量成分及び減衰成分)
の関係を整理して、データベース化した。

流体力データベースの事例及び得られた知見

流れ方向の振幅や、加振位相差等によって流体力特性が大きく変化する等、新たな知見を得た。

流れ方向加振の影響

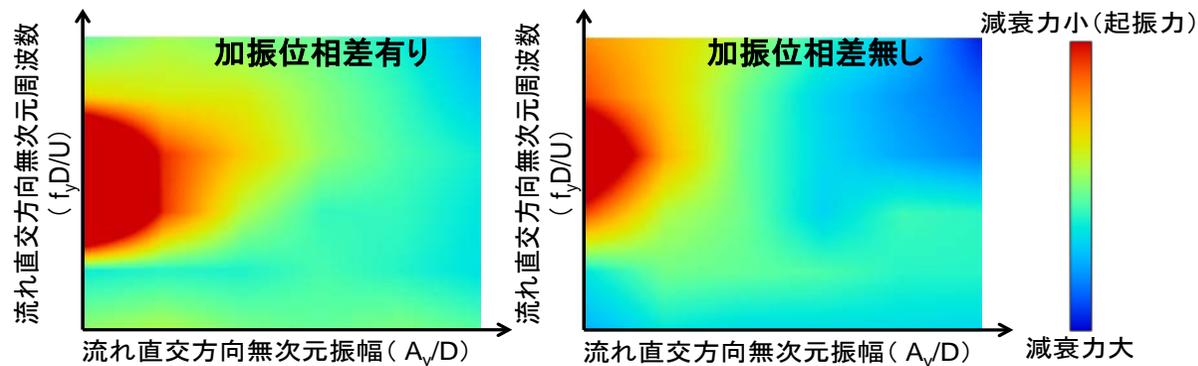
流れ直交方向の加振に
流れ方向の加振を加えると
流れ直交方向の起振力が大きくなる。



流れ直交方向の流体力特性

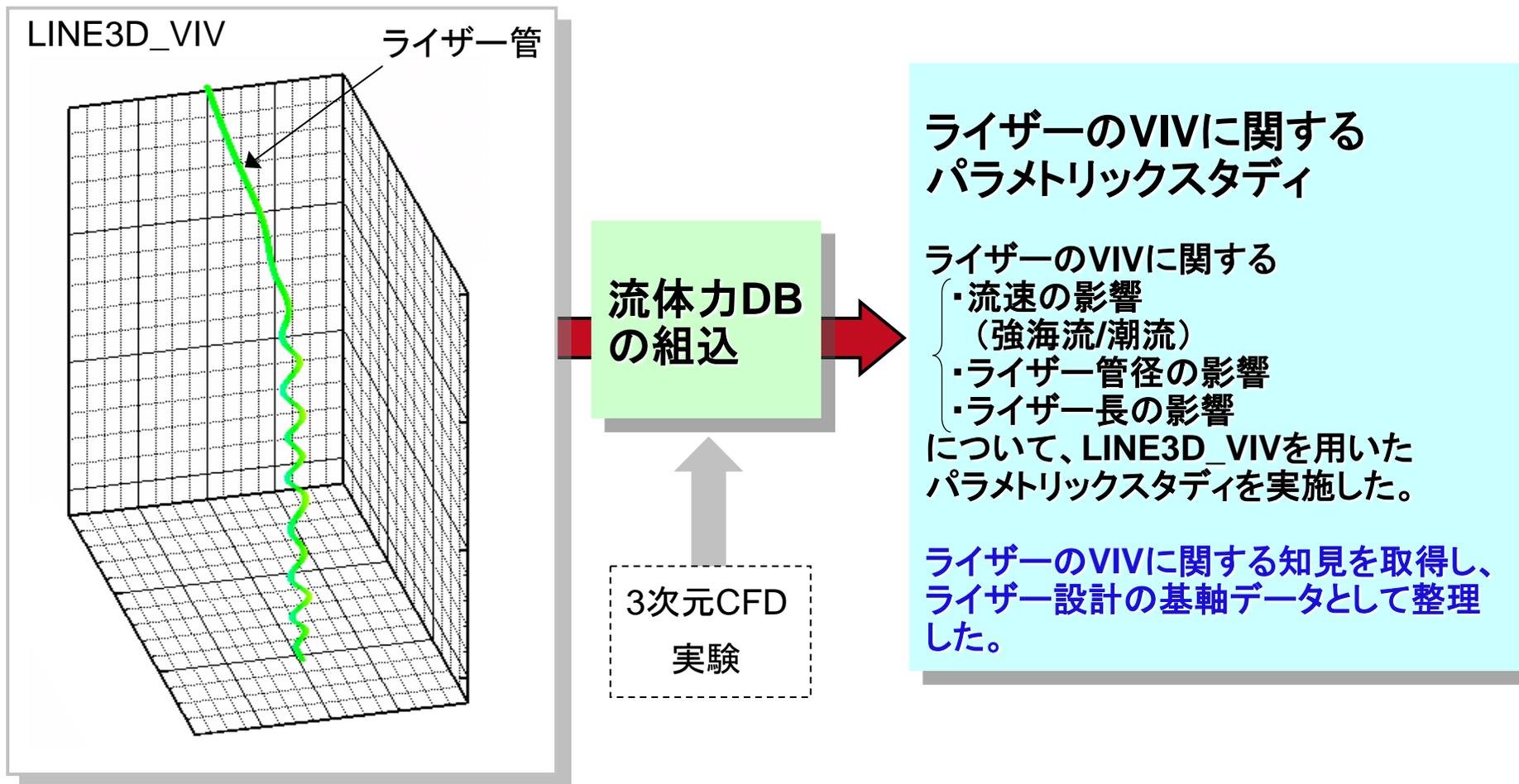
加振位相差の影響

流れ直交方向と流れ方向の加振に
加振位相差を与えると
流れ直交方向の流体力特性が変化する。



流れ直交方向の流体力特性

東大鈴木研究室が開発したLINE3D_VIVへ流体力DBを組み込みライザーのVIVに関するパラメトリックスタディを実施した



【研究体制】

本研究開発は、
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 (JAMSTEC)
三菱重工業株式会社
の共同研究体制により実施しました。

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実施しました。

- 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開発した。
- 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した。
(強潮流／海流域を対象としたRe数(50万～300万))
- 上記流体力データベースをLINE3D_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た。



この星に、たしかな未来を

A thick red brushstroke underline that starts under the first character and extends to the right, ending in a pointed arrowhead.