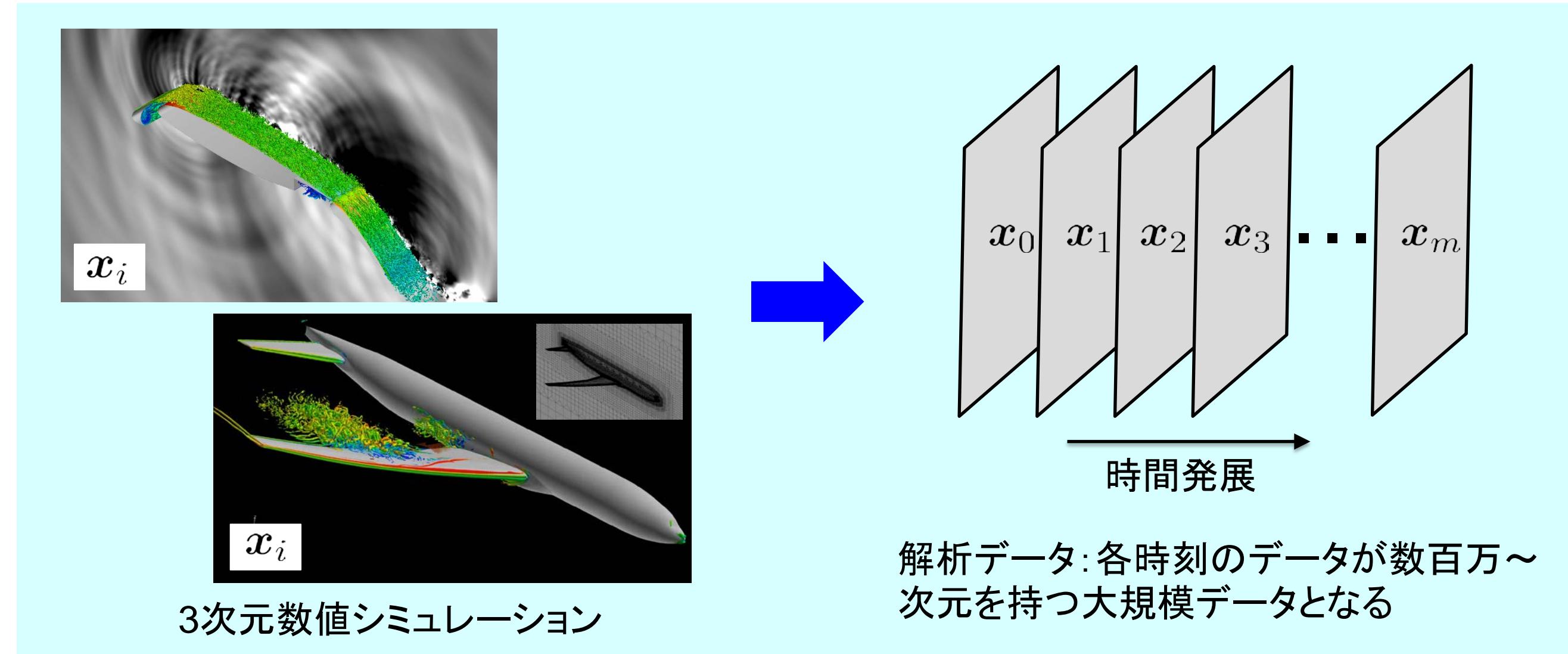


モード解析によるデータマイニングツールFBasis

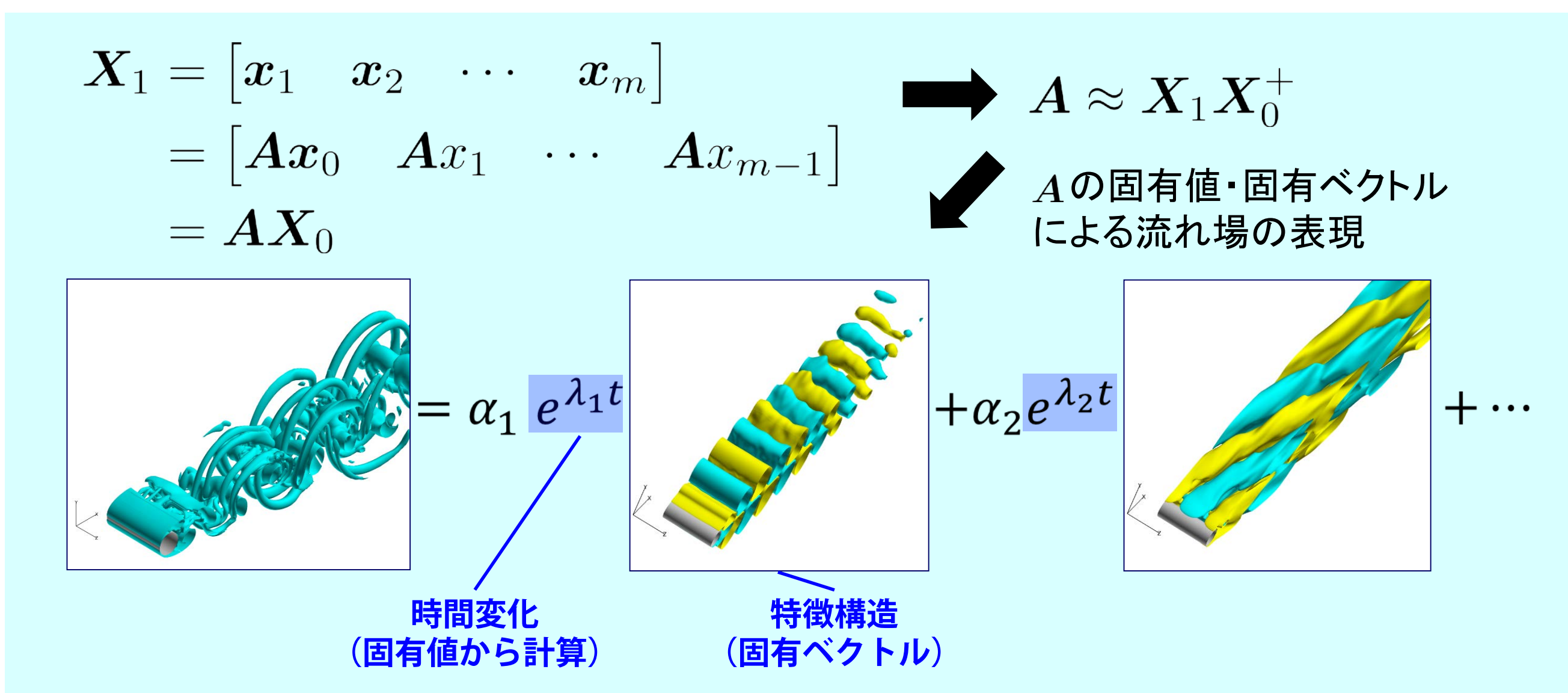
研究背景と目的

- 数値シミュレーションや実験技術の発展に伴い、大規模な時系列データが得られるようになったが、大規模データから現象解明や空力・制御等の設計開発に役立つ有益な知見を取り出すことは困難
- モード分解に基づくデータ解析法が盛んに研究されているものの大規模・複雑な流れ場へ適用するには更なる研究開発が必要
- 今後の航空宇宙工学の研究開発を加速していくために、大規模データから知見を簡単に・素早く得るための技術を開発する



動的モード分解 (Dynamic Mode Decomposition, DMD)

- 流れ場に潜在する特徴構造 (空間パターン) とその時間変化を抽出
- 各データ間の時間成長を線形の関係で表現

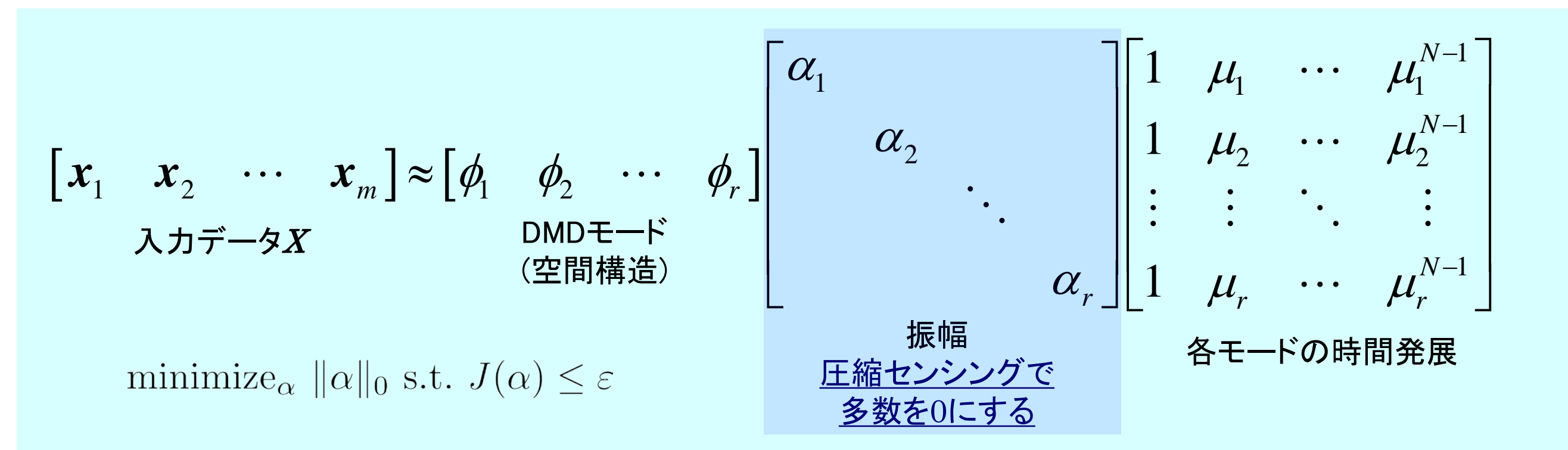


逐次型固有直交分解 (Incremental POD)

- 固有直交分解 (POD): データセットの特徴構造を直交基底として抽出
- 逐次処理: すべてのデータセットを一度に用いずに、データを少しずつ逐次的に解析していく。消費メモリ量が小さいため大規模データセットにも適用可能

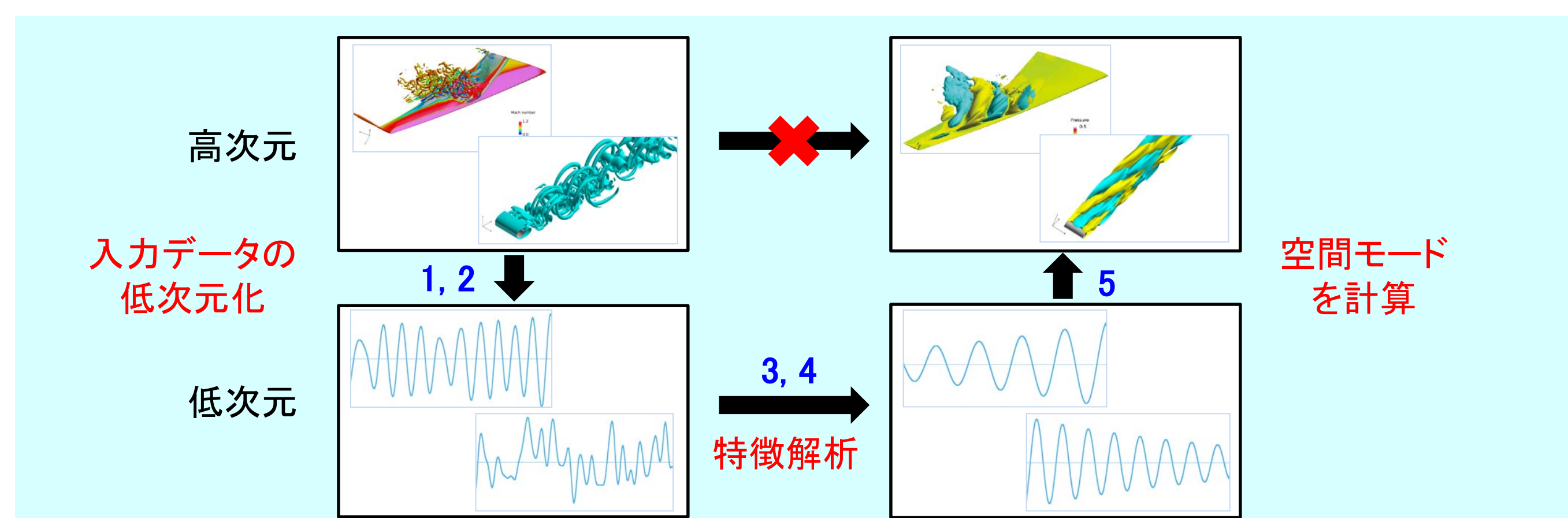
圧縮センシング

- DMDの欠点の1つは、得られたDMDモードの中から物理的に重要なモードを選択する方法が自明ではないこと
- 圧縮センシングの考えに基づくことで重要なモードを特定可能とする



大規模データのモード解析フレームワーク

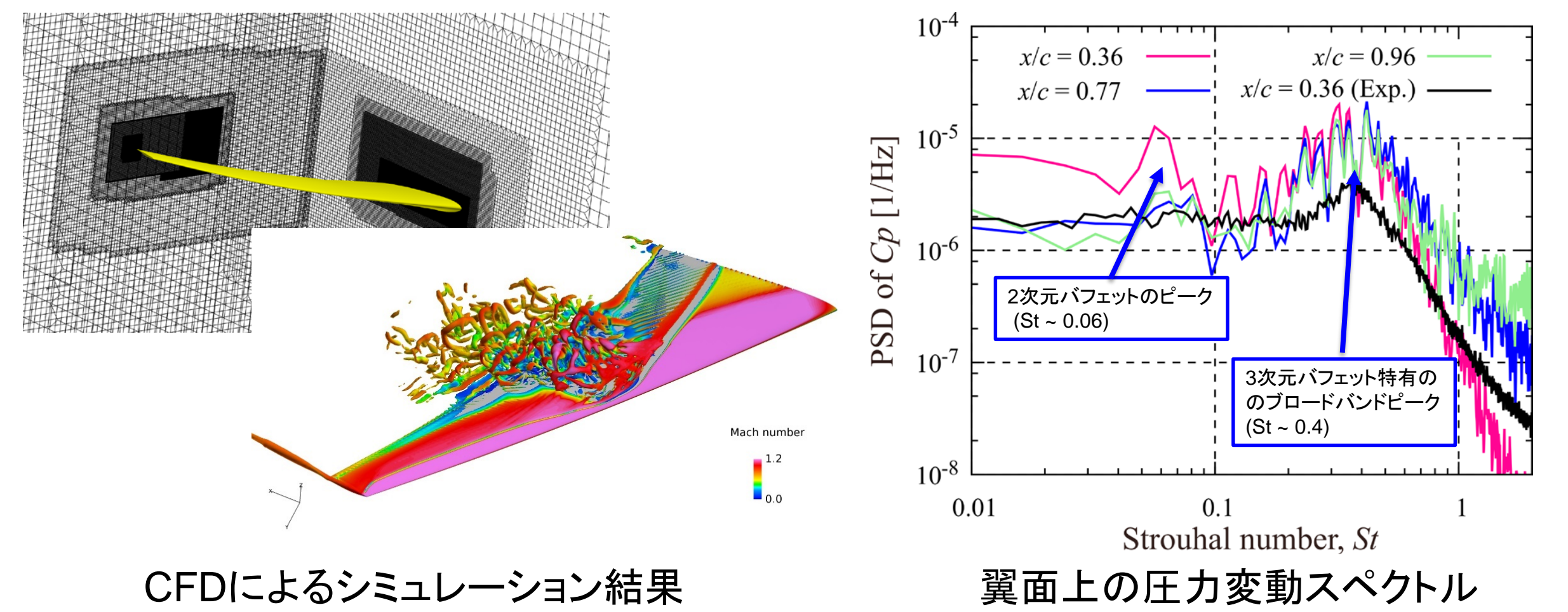
1. Incremental POD: 逐次型手法による省メモリ計算でPODモードを算出
2. 入力データの低次元化: PODモードを用いてデータを低次元化
3. DMD: 低次元データに対してDMDを実施
4. 圧縮センシング: 重要なDMDモードを特定
5. DMDモードの復元: 低次元DMD結果から空間モードを計算



3次元高速バフェット解析

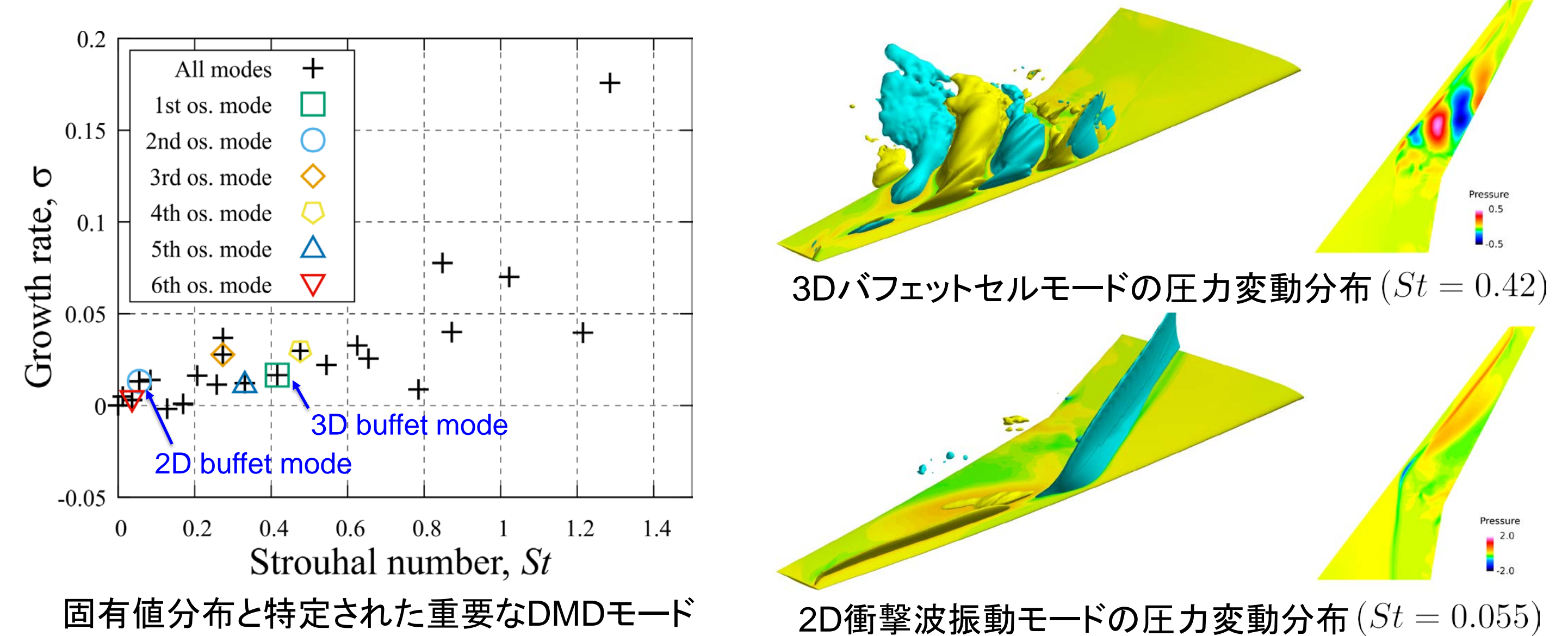
バフェット現象

- 遷音速飛行時に翼面上で境界層と衝撃波が干渉することによって衝撃波が振動する現象。飛行の安全に関わる重要な現象
- 後退翼上の高速バフェット現象では、よく知られる2次元バフェット現象とは異なる特徴を持つことが指摘されているが、その構造やメカニズムは未解明



後退翼上の高速バフェット現象の流体構造を解明

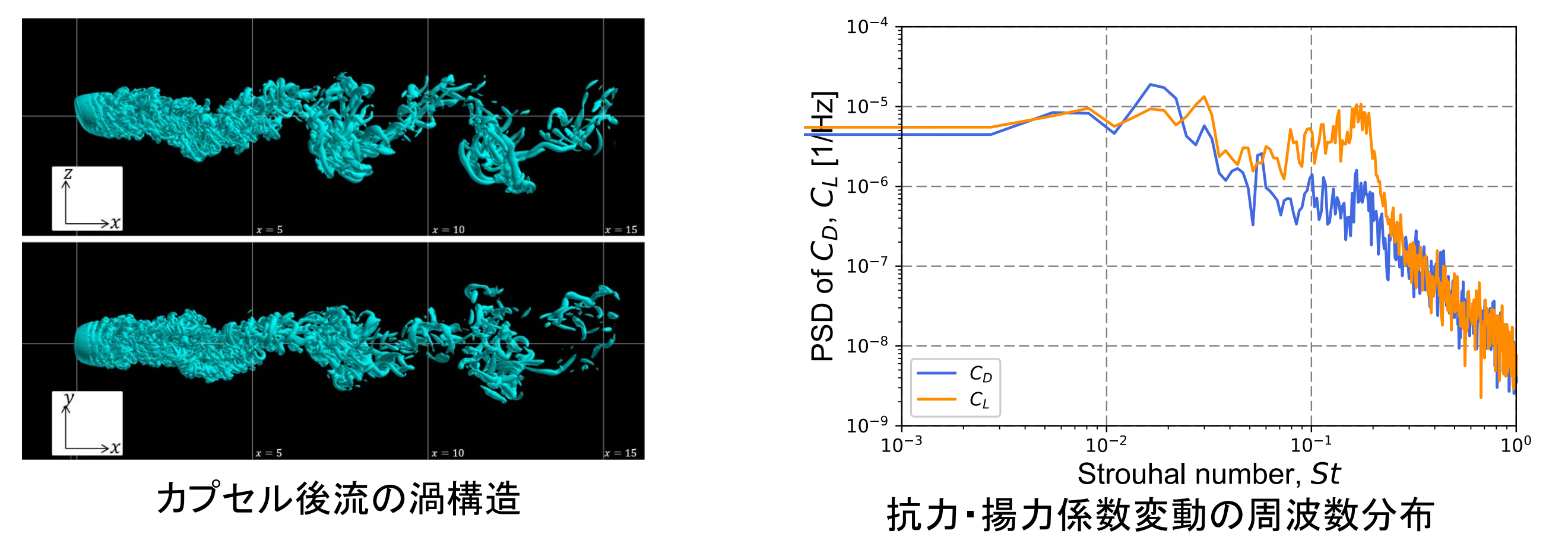
- DMDと圧縮センシング解析により後退翼上の高速バフェット現象を構成する流体構造が初めて明らかとなった
- 2次元モード: 衝撃波の前後方向振動
- 3次元モード: 周期的空間構造の翼端方向への伝播。後退翼に特有の現象



大気突入カプセル後流解析

大気突入カプセル周りの流れと動不安定

- 大気突入カプセル後流の3次元流体構造は非常に複雑
- 大気突入カプセルは飛行時に動不安定を生じやすいことが知られているがメカニズムははっきりと理解されていない。動不安定の周波数は非常に小さく同程度の時間スケールを持つ流体現象は知られていない



時間スケールの大きな流体現象を発見

- 大気突入カプセル後流の流体構造は主に $St \sim 0.2$ の渦放出現象と、 $St \sim 0(0.01)$ の主流方向の流体構造を持った現象により構成されることを解明
- 特に大気突入カプセルの動不安定周波数に近い時間スケールを持つ現象の存在を初めて明らかに
- それぞれの流体現象がカプセルに及ぼす空気力を算出し、発見された現象が大気突入カプセルの抗力係数の時間変化を支配する重要な現象であることがわかった

