

「平成19年度 地球シミュレータ産業戦略利用プログラム」

新幹線車両の 空力騒音シミュレーション

JR東日本研究開発センター



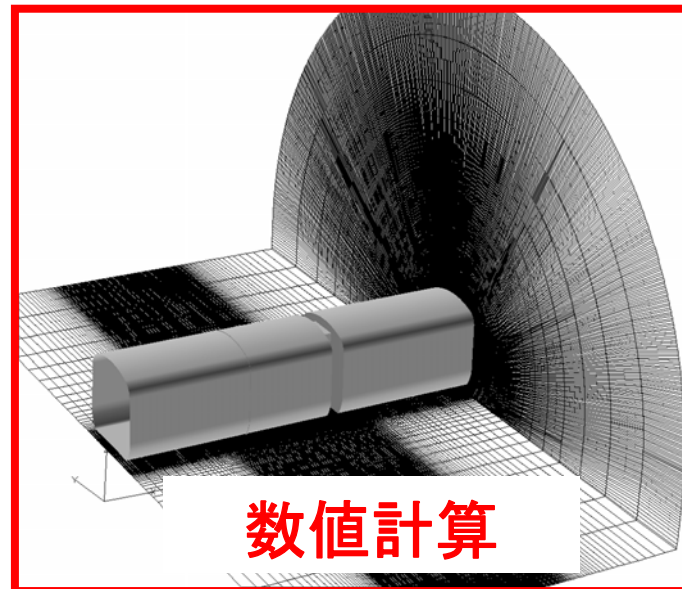
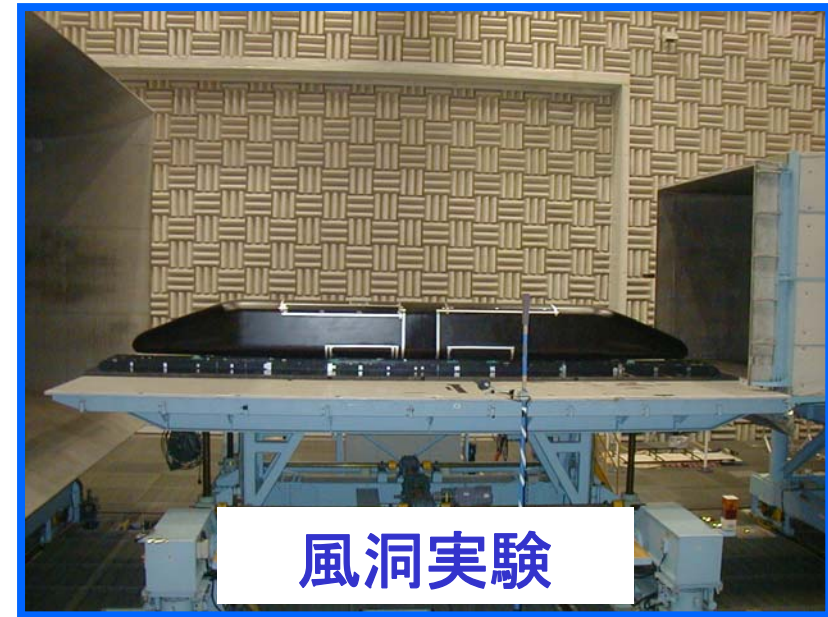
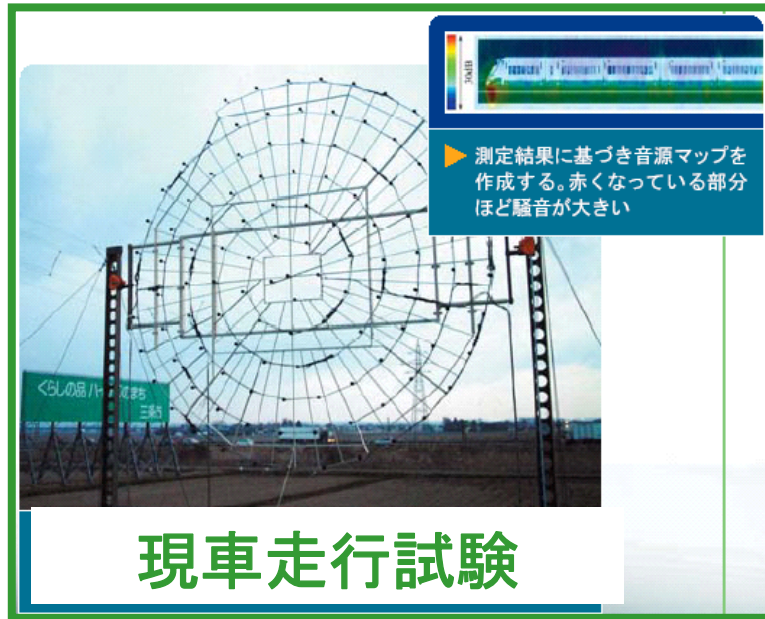
研究背景



沿線騒音低減が最大の課題

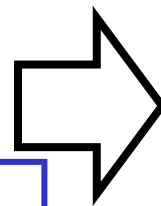
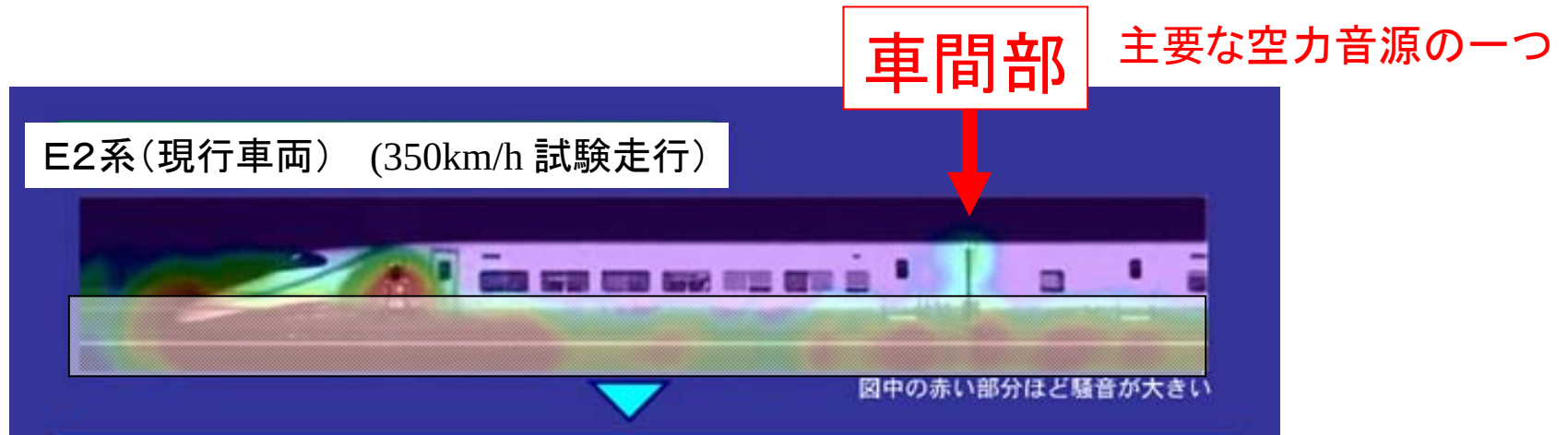
空力騒音 $\propto$ 速度の6乗

空力騒音の解析手法



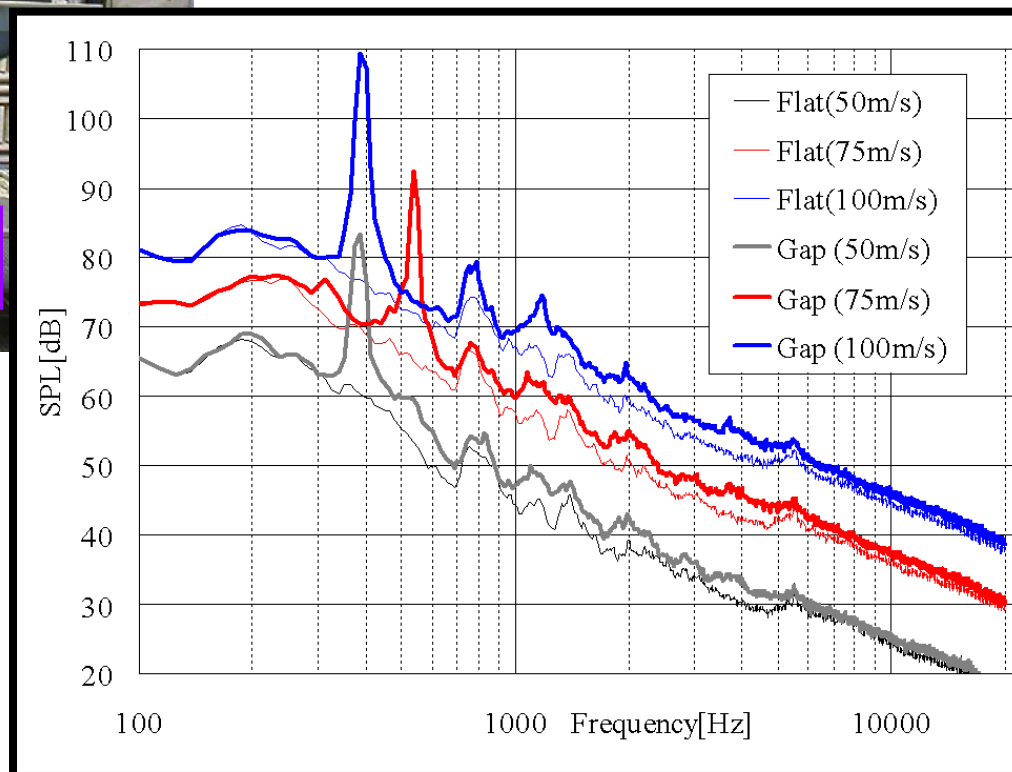
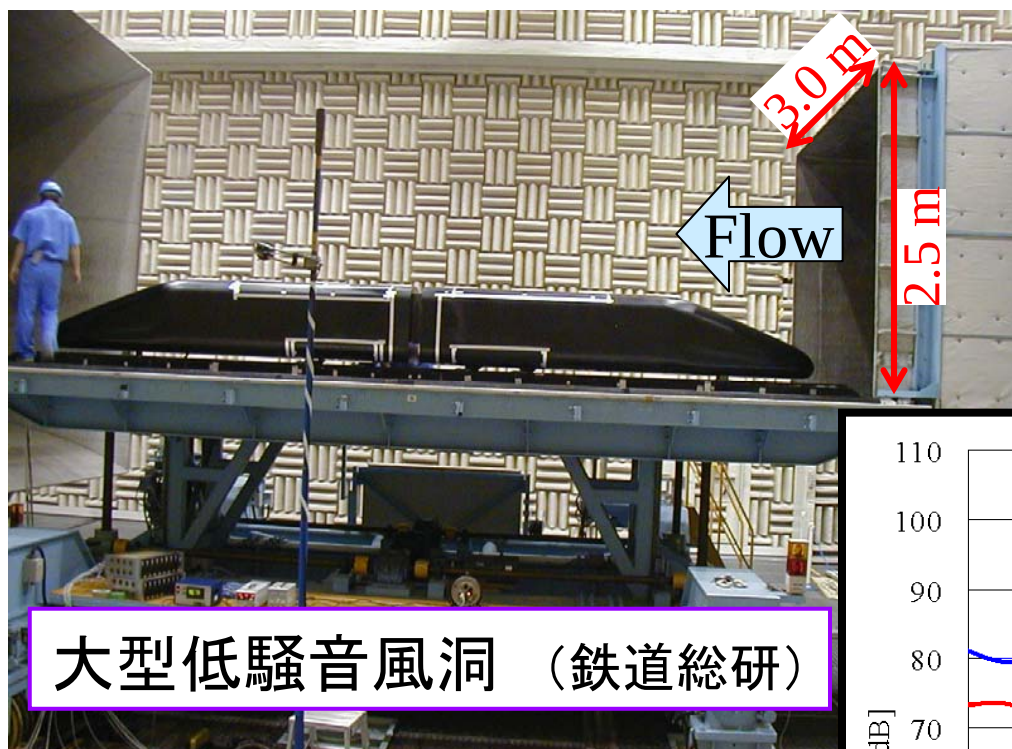
スーパーコンピュータ
を利用することで、
これまで困難だった
非定常流の解析が
可能に

解析対象

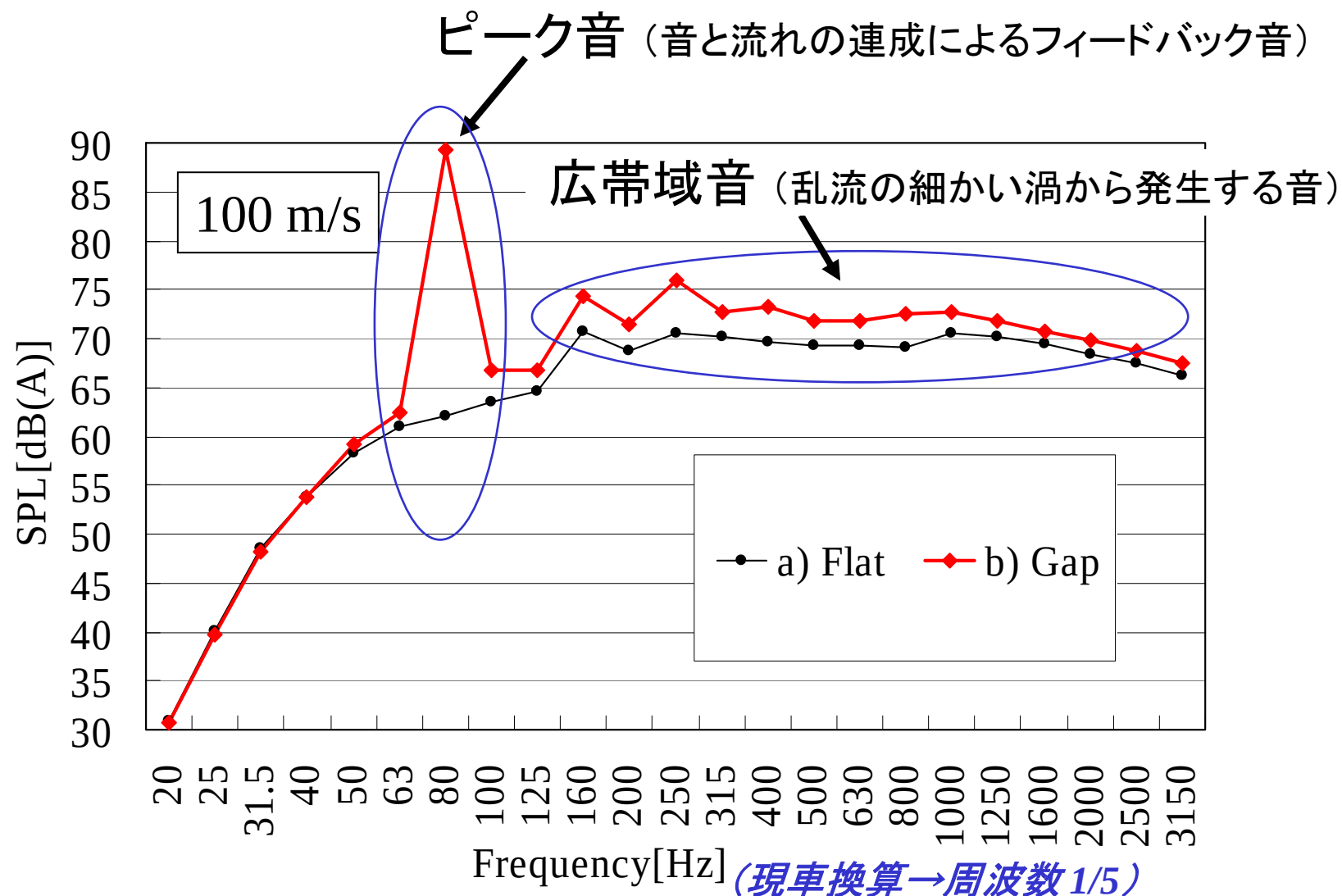


新たな騒音低減手法の開発
には、騒音発生メカニズムの
解明が必要

風洞実験と発生騒音の把握



騒音スペクトル(現車換算)



空力音の数値解析手法

(a). 直接計算 (DNS)
圧縮性のNS方程式を計算

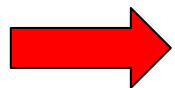
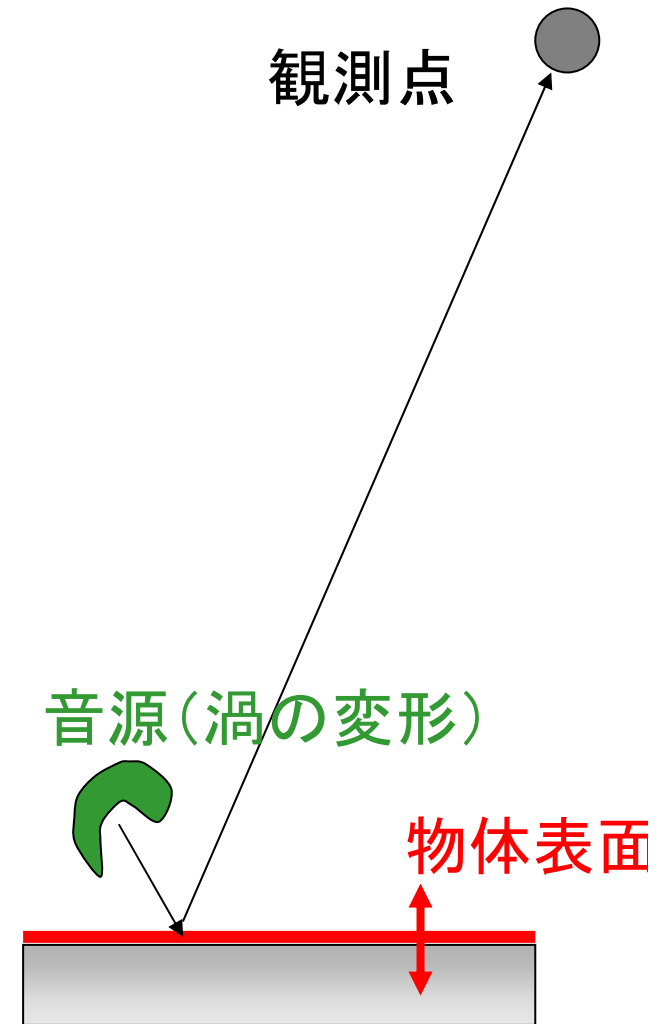
音波も流れも一つの式で解析

ただし、音と流れは、空間スケール・
変動スケールが大きく異なる

(b). 分離計算
流れ場の解析→音源→音響解析

流れと音の計算を別々に分けて行うことで
スケールの違いによる困難を回避

ただし、音波と流れの連成は解けない



目的に応じて、計算コードを使い分ける

(a) 音の直接数値計算(DNS)

圧縮性NS方程式を直接解く

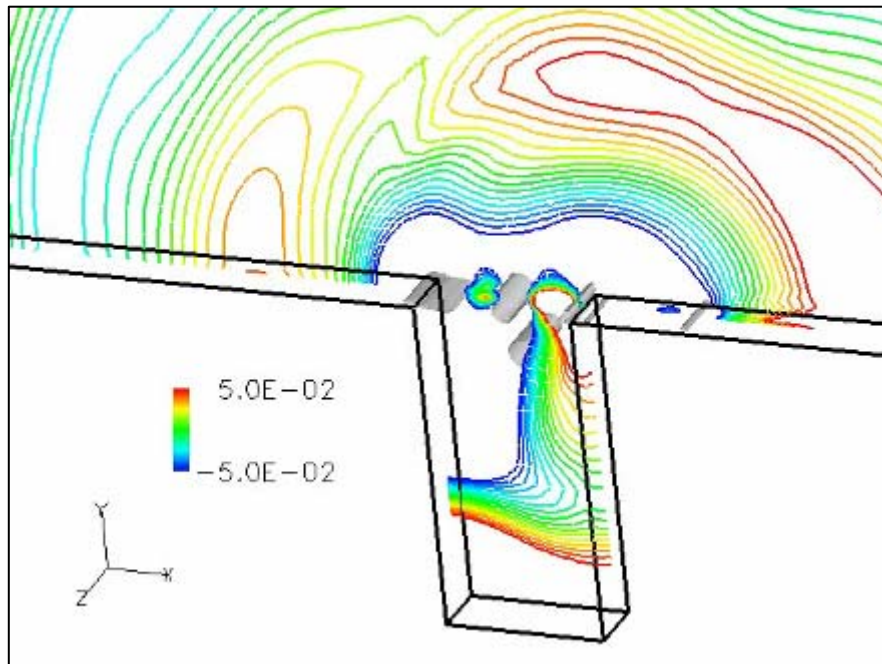
→音波も含めて非定常流体の解析が理論上は可能

ただし、音波は非常に微弱な圧力変動

ex) 大気圧: 100000 Pa $\leftrightarrow$ 音の変動 10 Pa



空間高次精度スキーム
小さいタイムステップ

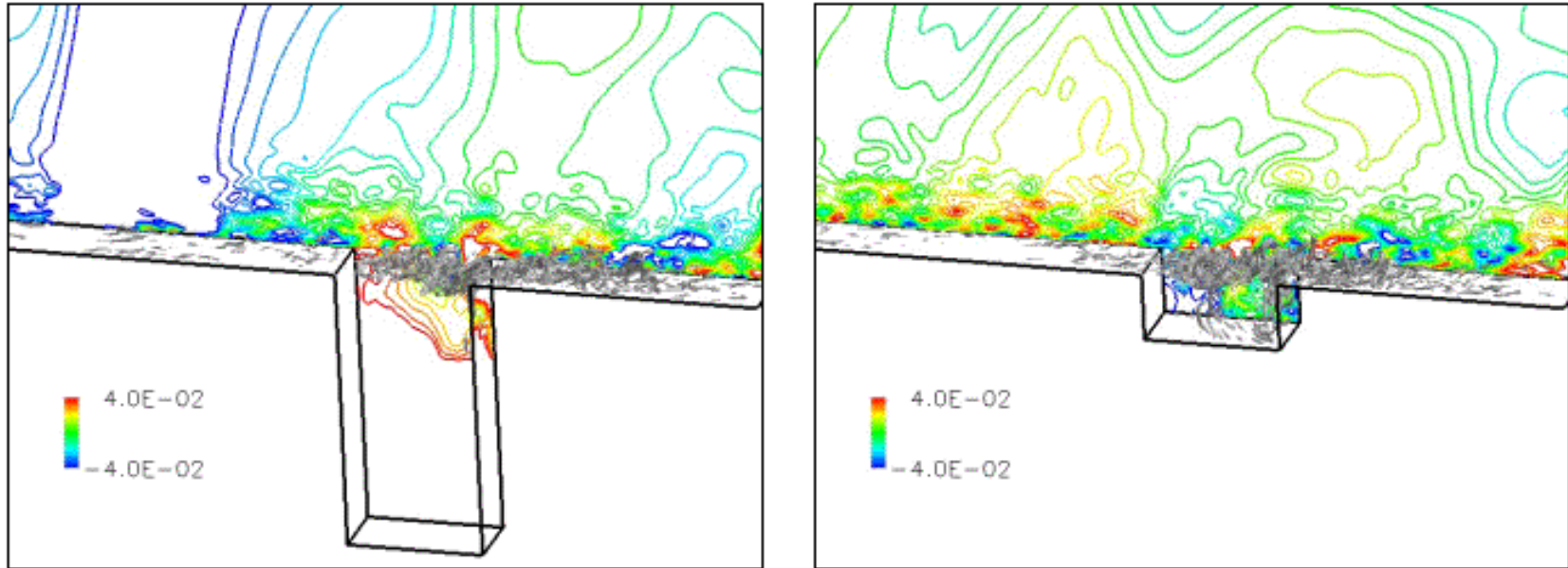


新幹線の場合、乱れた流れが流入
→ 一般にピーク音は発生しにくい

・・・しかし、発生する場合もある

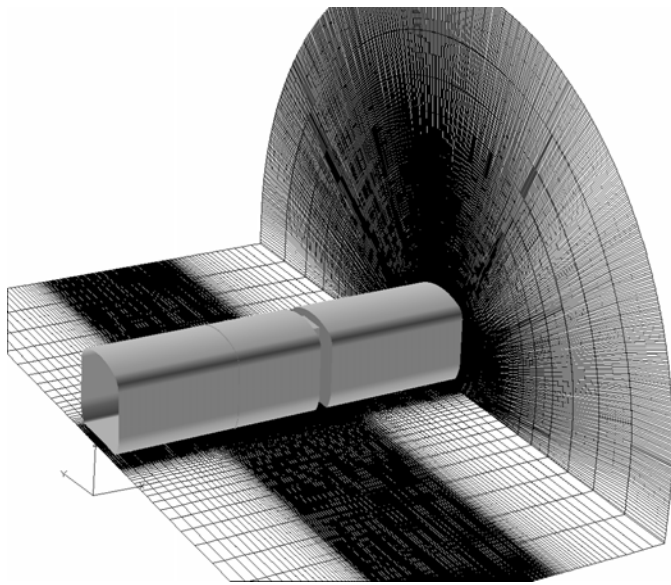
乱流が流入する条件での解析が必要

乱流が流入するキャビティ

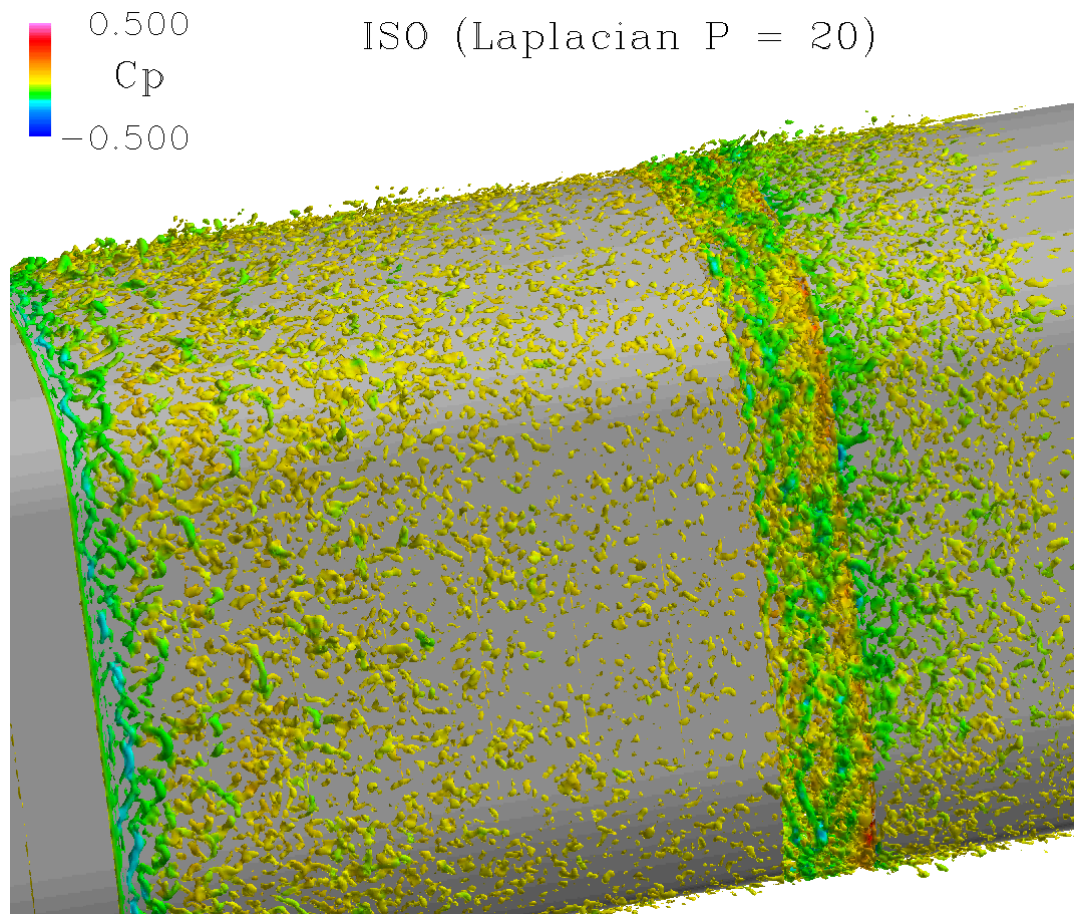


深いキャビティでは、深さ方向の音響モードと連成して強い音波が放射されることを解明

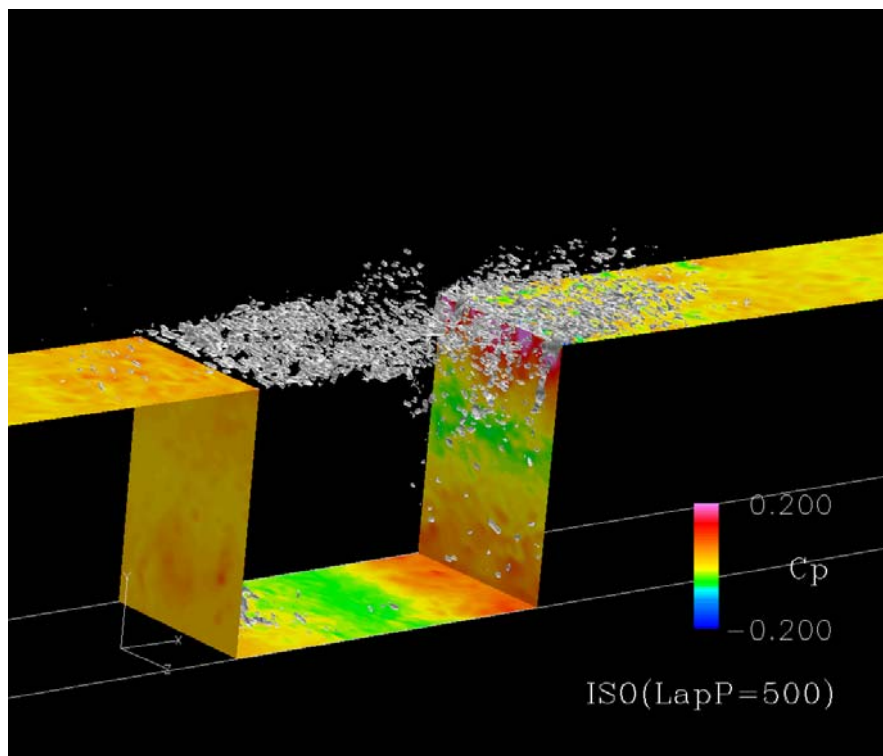
(b) 分離解法による乱流騒音の解析



新幹線の車間部
周りの流れ場

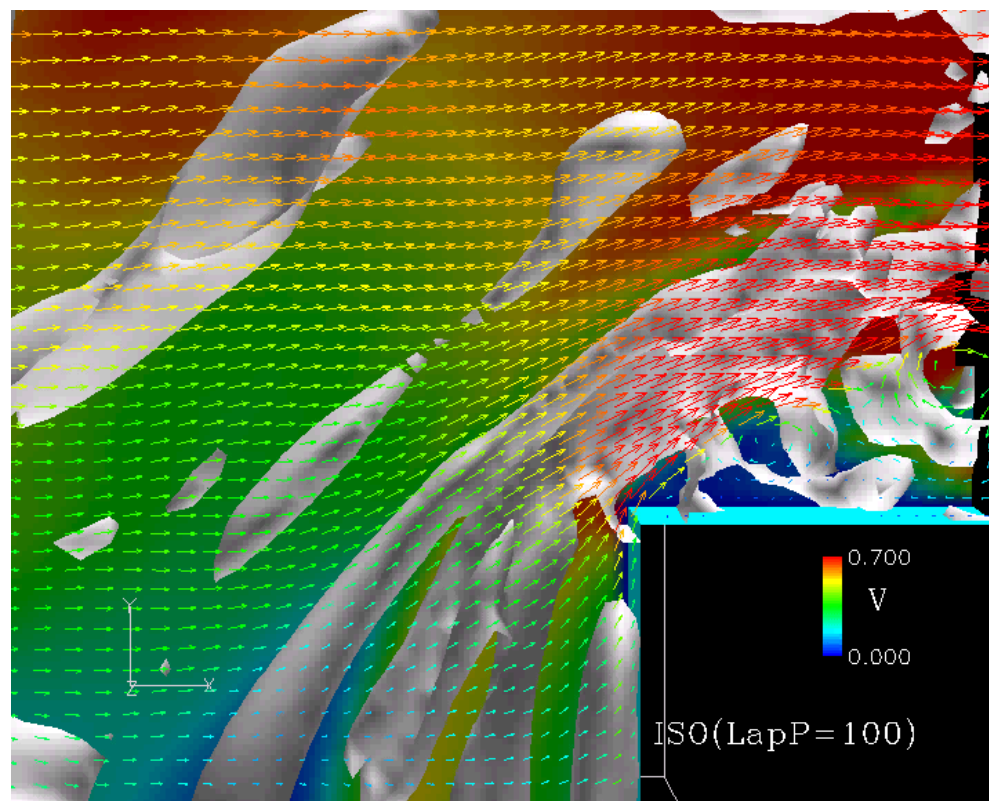


流れ場の解析



非圧縮LESによる
流れ場の解析

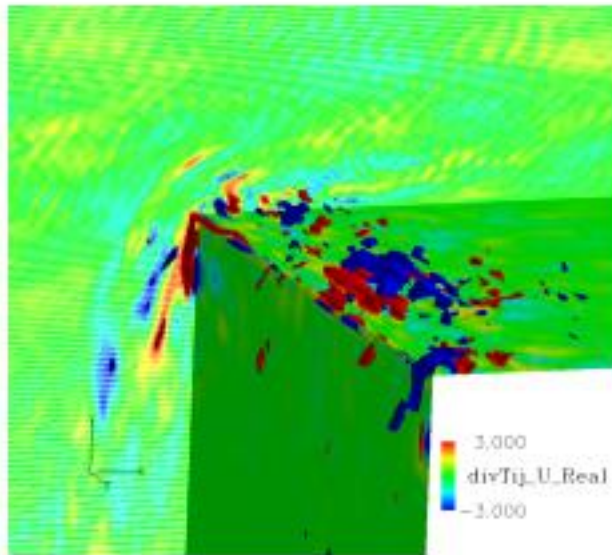
計算コード: FrontFlow/Blue



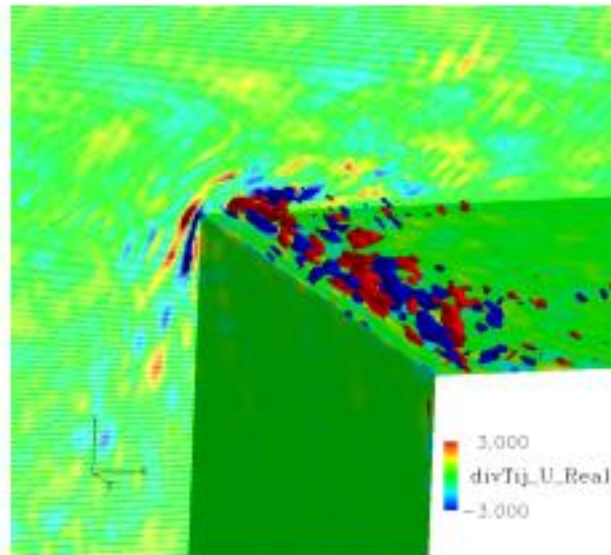
音源の解析

流れ場(時系列) → 音源の抽出 → FFT解析(周波数ごと)

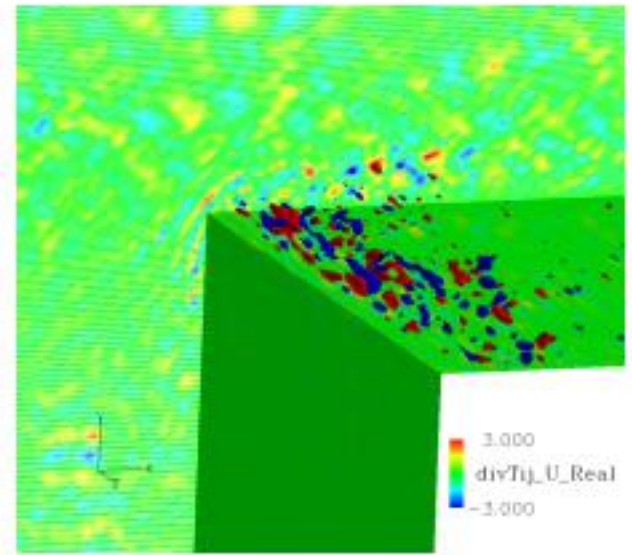
音源項 $\boxed{\text{div}(u_i u_j)}$



1200Hz



2400Hz

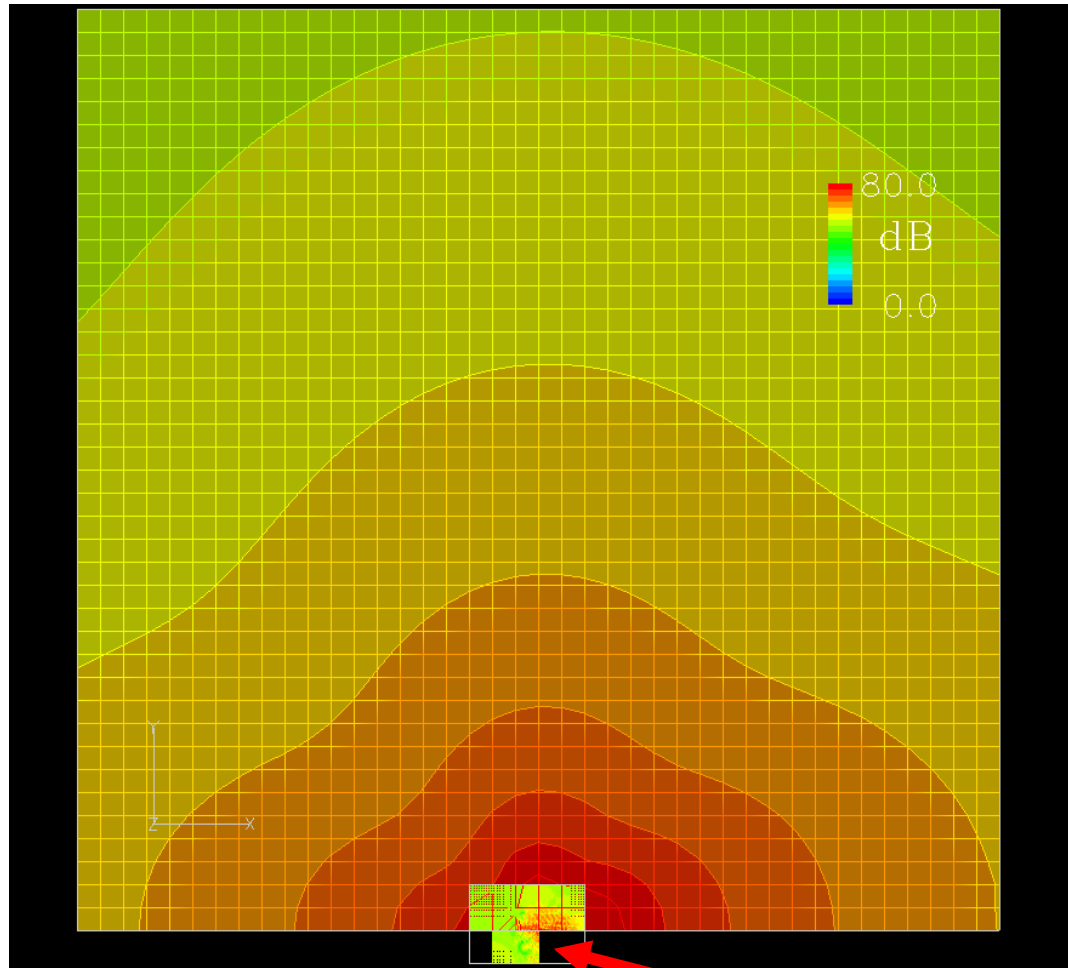


4800Hz

音響計算

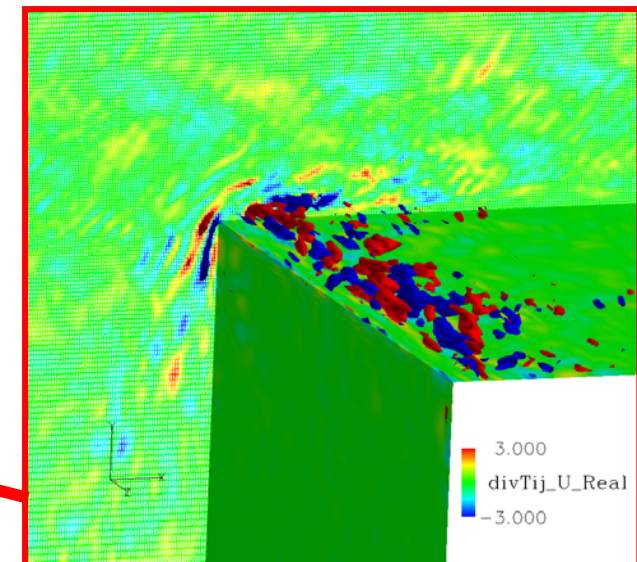
音響計算による
遠方音場の予測

計算コード: ACTRAN / LA



2400Hzの解析例

音源



まとめ

- ・非定常乱流の数値シミュレーションは、空力騒音の発生メカニズムを知ることができる、非常に有用なツール
- ・コンピュータの進歩により、これまでは困難だった、直接計算による音の計算や、細かい渦から発生する乱流騒音の数値解析の可能性が見えてきた
- ・より複雑な製品形状の解析や、騒音の定量予測の実現には、ソフトとハードのさらなる発展が期待される

