

流体振動型流量計について

日本技術士会機械部会2002年8月例会

笛木学

横河電機(株)

略歴

- 1991年3月 東京工業大学大学院 機械物理工学修了
- 1991年4月 横河電機株式会社入社
 - 1991年～1993年 空調用渦流量計の研究開発
 - 1993年～1995年 エッジトーン流量計の研究開発
 - 1995年～2000年 多相流流量計の研究開発
 - 2000年～現在 小型リニアモータの開発

測定する物理量による流量計の分類(1)

- 体積測定
 - 容積式流量計
- 運動エネルギー測定
 - 絞り流量計
 - 面積式流量計
 - タービン流量計
- 平均流速測定
 - 電磁流量計
 - 超音波流量計

物体の移動

- コリオリ式流量計
- 熱式流量計

測定する物理量による流量計の分類(2)

- 流体の不安程度（流体自励振動）
 - 渦流量計
 - 歳差式流量計
 - フルイディック流量計
 - エッジトーン流量計

特徴

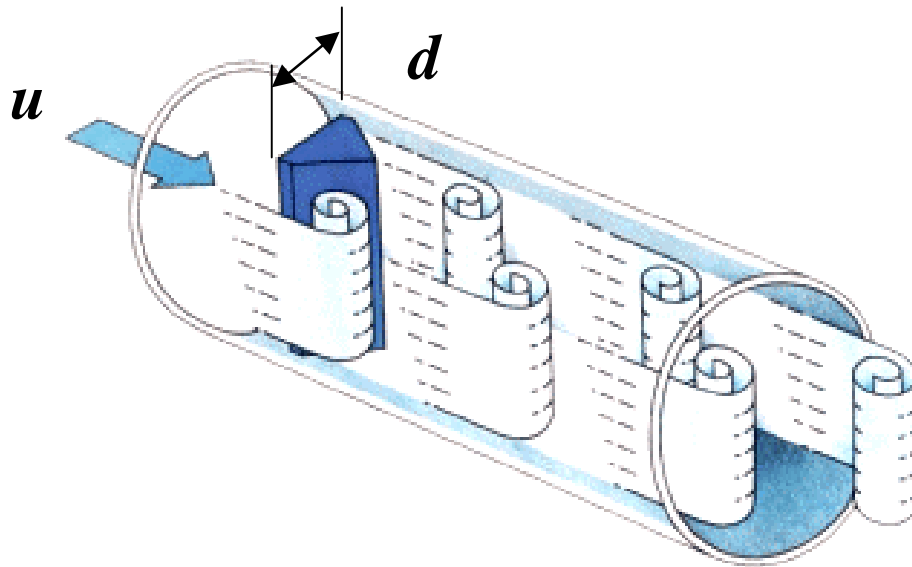
- ①直接、流量に比例した周波数出力が得られる。
- ②機械的可動部がない。
- ③気体、液体いずれも測定できる。

流体自励振動の利用例

- 流体自励振動は流体機械や自動車等さまざまな分野で振動、騒音源となるため嫌われている。
- 流体自励振動を積極的に利用したもの
 - 楽器
 - 流量計

渦流量計について

- 柱状物体の後方にできるカルマン渦の周波数を測定する。
- ある流速範囲で渦周波数 f が流速 u に比例することを利用し、流速、流量を測定する。



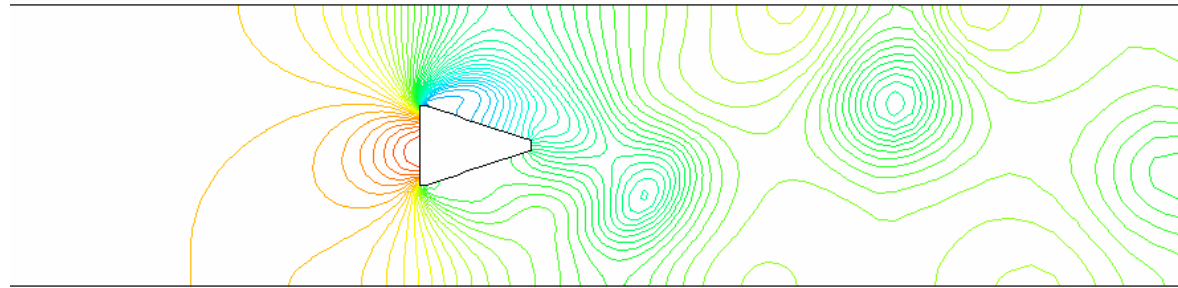
ストローハル数

$$St = \frac{fd}{u}$$

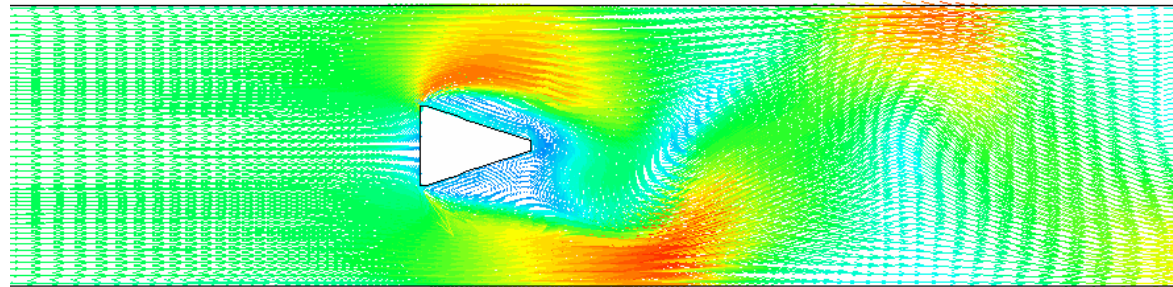
渦流量計内部の流れ

渦発生体周りの流れ（二次元解析）

流体：水 流速：1 m/s 口径：50A



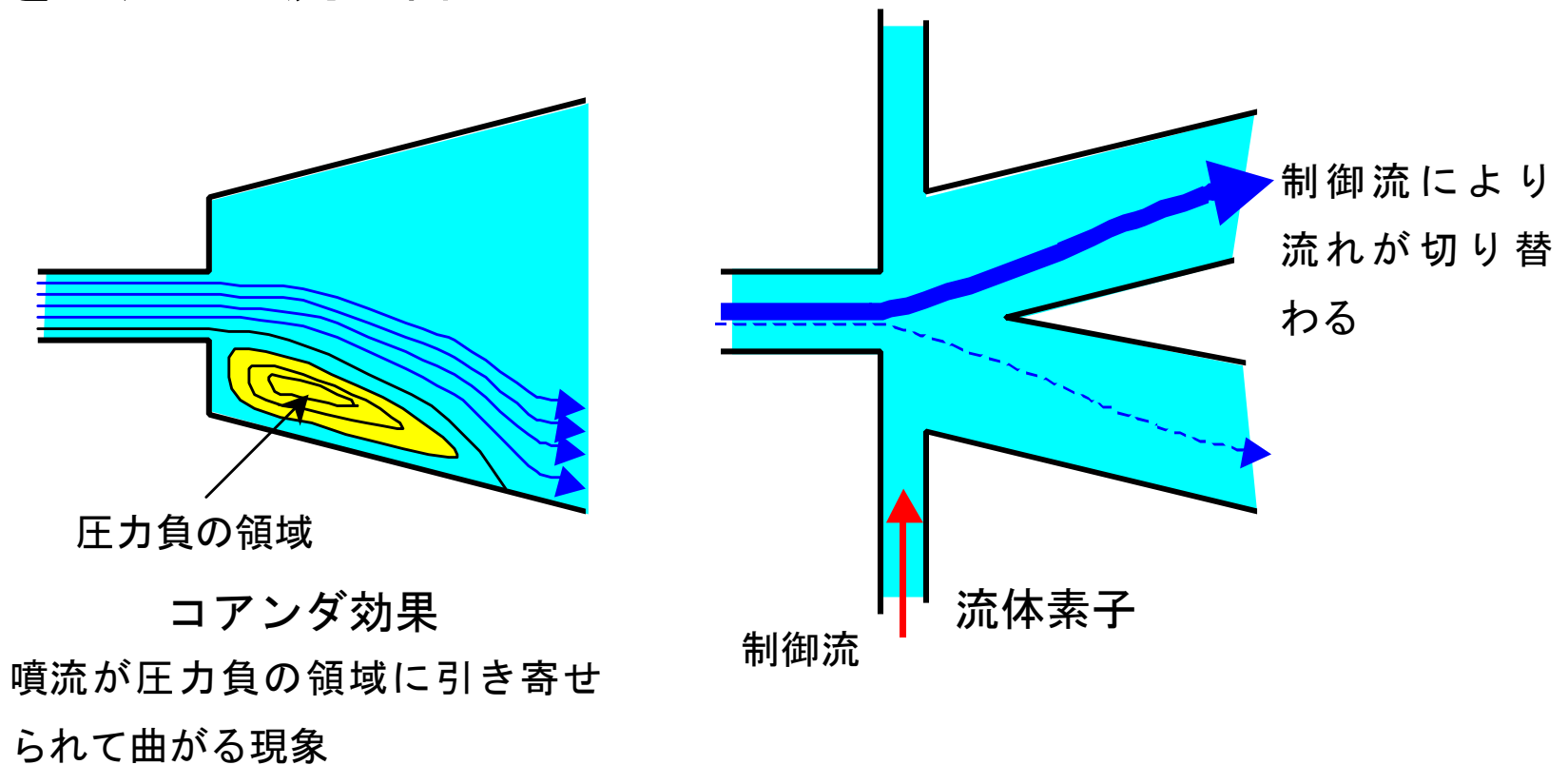
等圧力線図（渦中心では圧力が低くなるため、カルマン渦が観察できる。）



速度ベクトル図（ベクトルの色と大きさは速度を表す。）

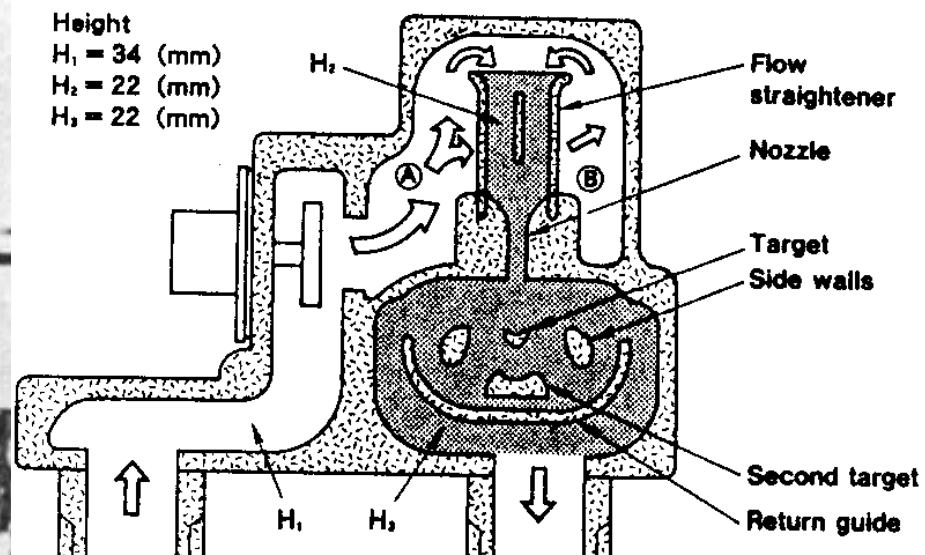
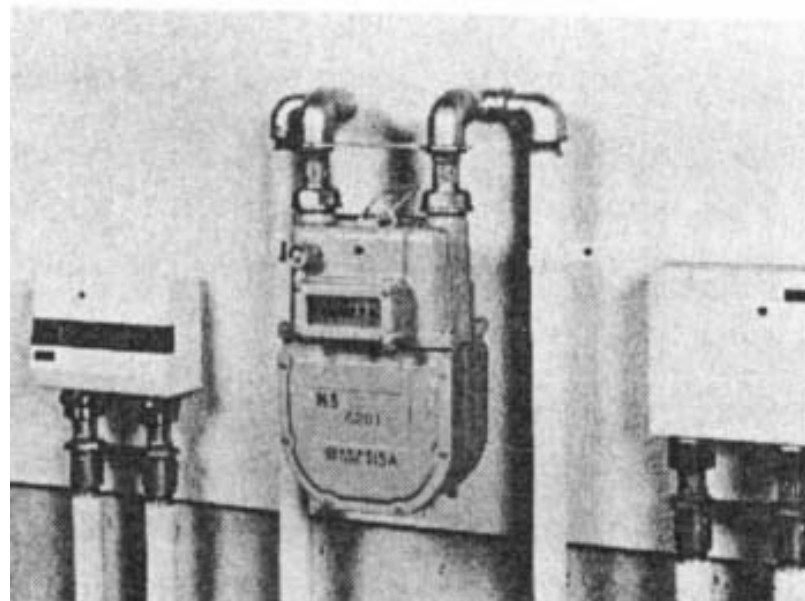
フルイディック流量計

- コアンダ効果と流体のフィードバックを利用した流体素子
を応用した流量計



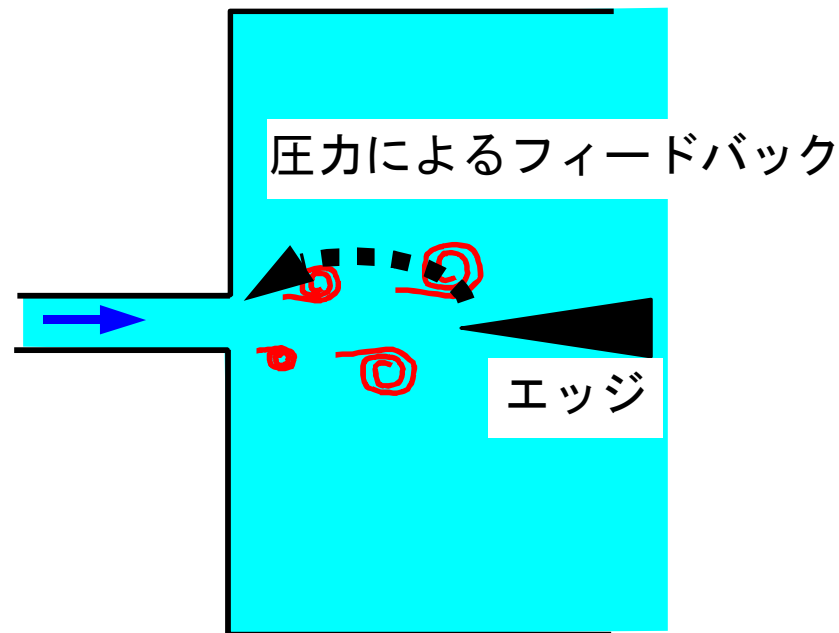
フルイディック流量計のガスメータへの適用

- 従来の膜式ガスメータに代わる新しいガスメータに利用されている



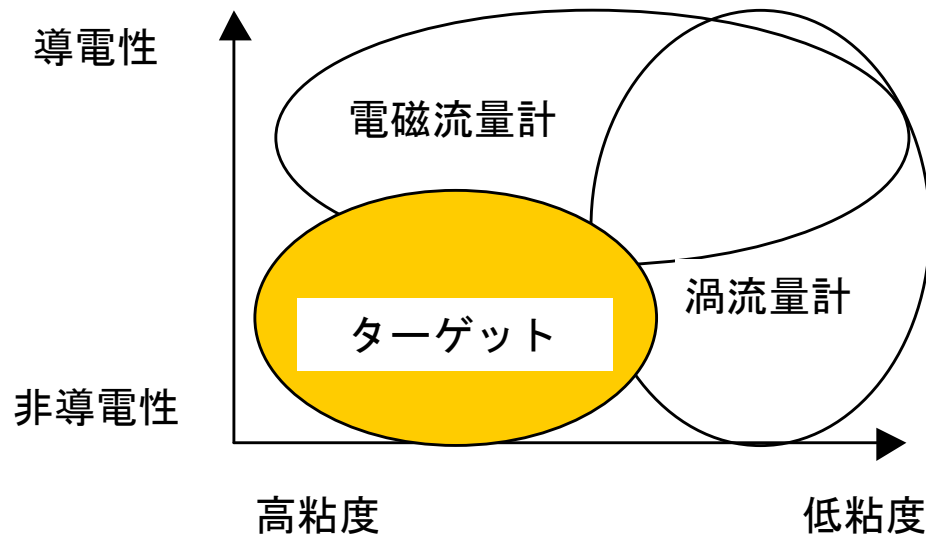
エッジトーンの原理

- 噴流両側の渦により噴流は自励振動を起こすが、噴流がエッジに衝突することにより、圧力によるフィードバックが噴出口に作用し、安定した自励振動が持続する。



エッジトーン流量計開発の背景

- アクティブな流体自励振動を利用した流量計を用いて、高粘度(低流速時にRe数100程度)、非導電性流体を高精度(精度0.2%以下)で計測することを実現する。



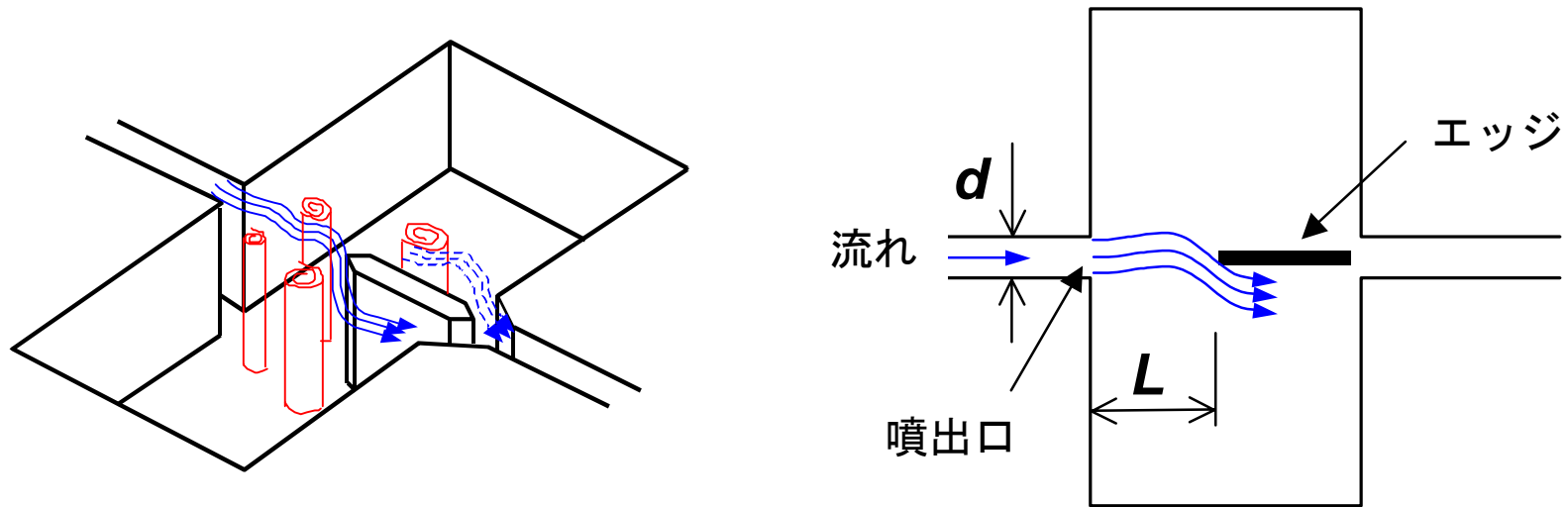
絞り流量計、超音波流量計は測定精度が低い。

容積式流量計、タービン流量計は可動部を持つ

エッジトーン流量計の差別化要因

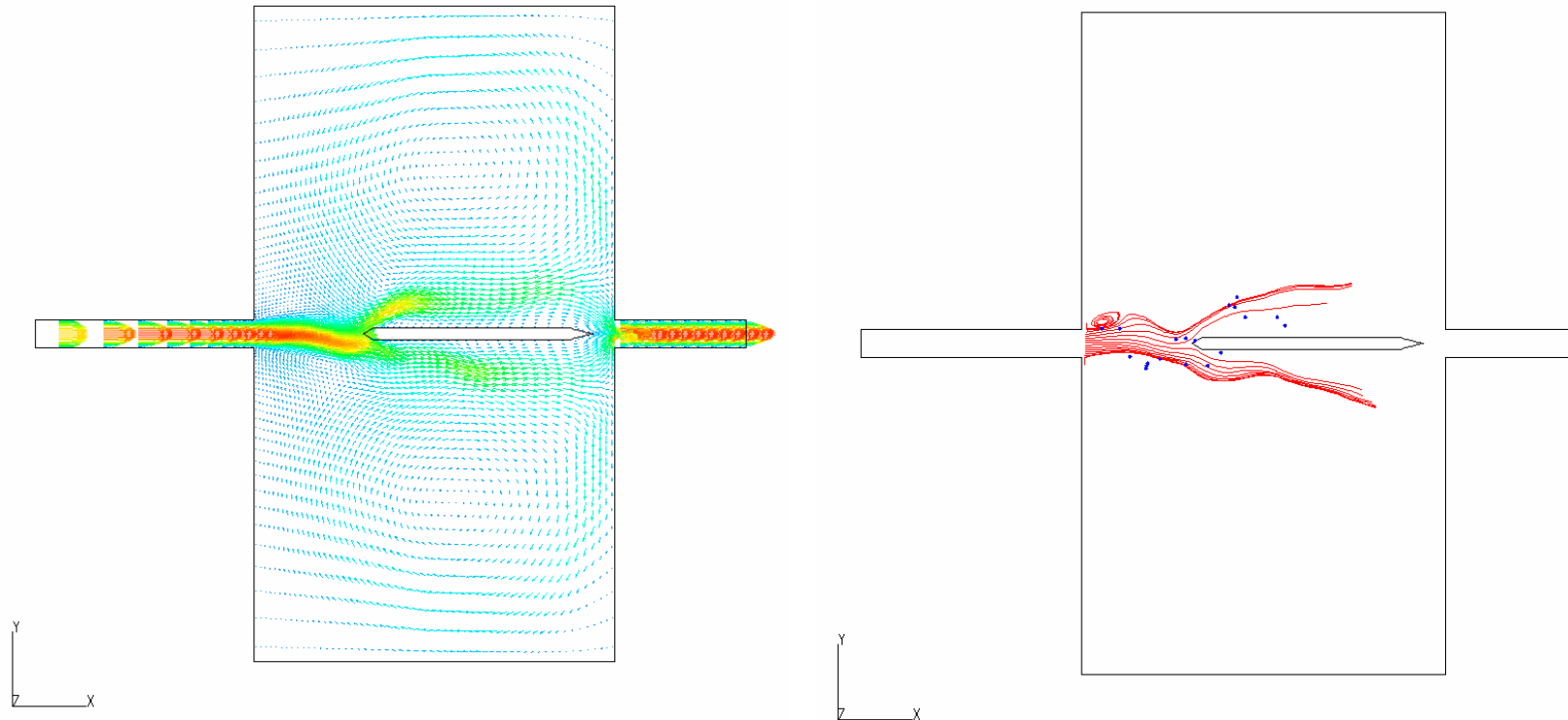
- 差別化要因
 - 平板型エッジトーンによる安定な流体自励振動
 - Re-St補正で高精度、高レンジアビリティ実現

エッジトーン流量計の構造



- 流路を二次元流路にして噴出口からの二次元噴流にする。
- 噴流の正面にエッジを設置する。
- 噴流の左右に生じる渦による圧力低下部分を圧力センサあるいはエッジにかかる揚力として検出して流体振動の周波数を計測する。

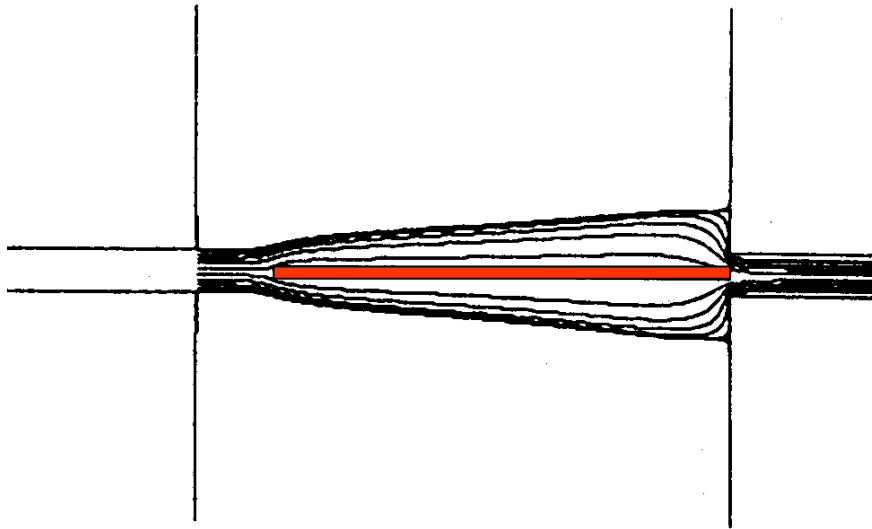
エッジトーン流量計の数値シミュレーション



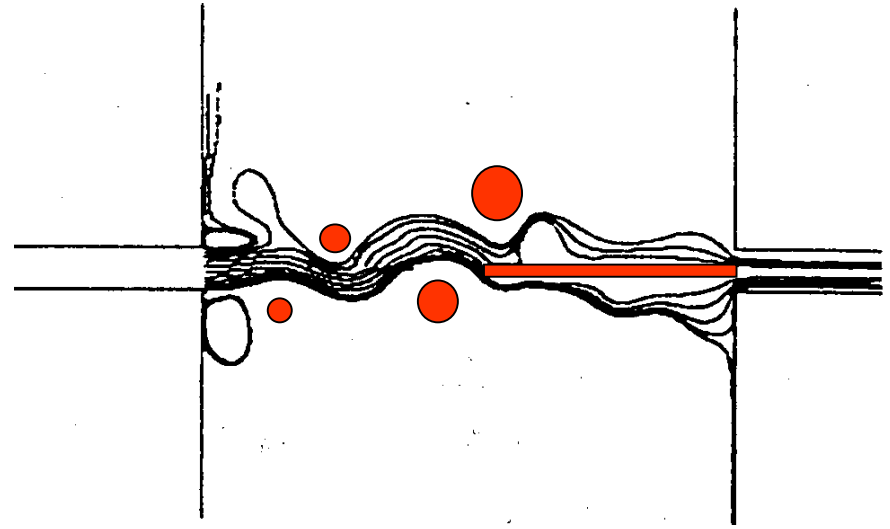
- 左図が速度ベクトル(赤が流速が速く、青が遅い領域を示し、右図は流跡線を示す。)
- 流体:水 噴出口平均流速:1m/s 噴出口幅:5mm

エッジの位置による発振の違い

噴出口からエッジまでの距離を変えた数値計算例(流脈線)



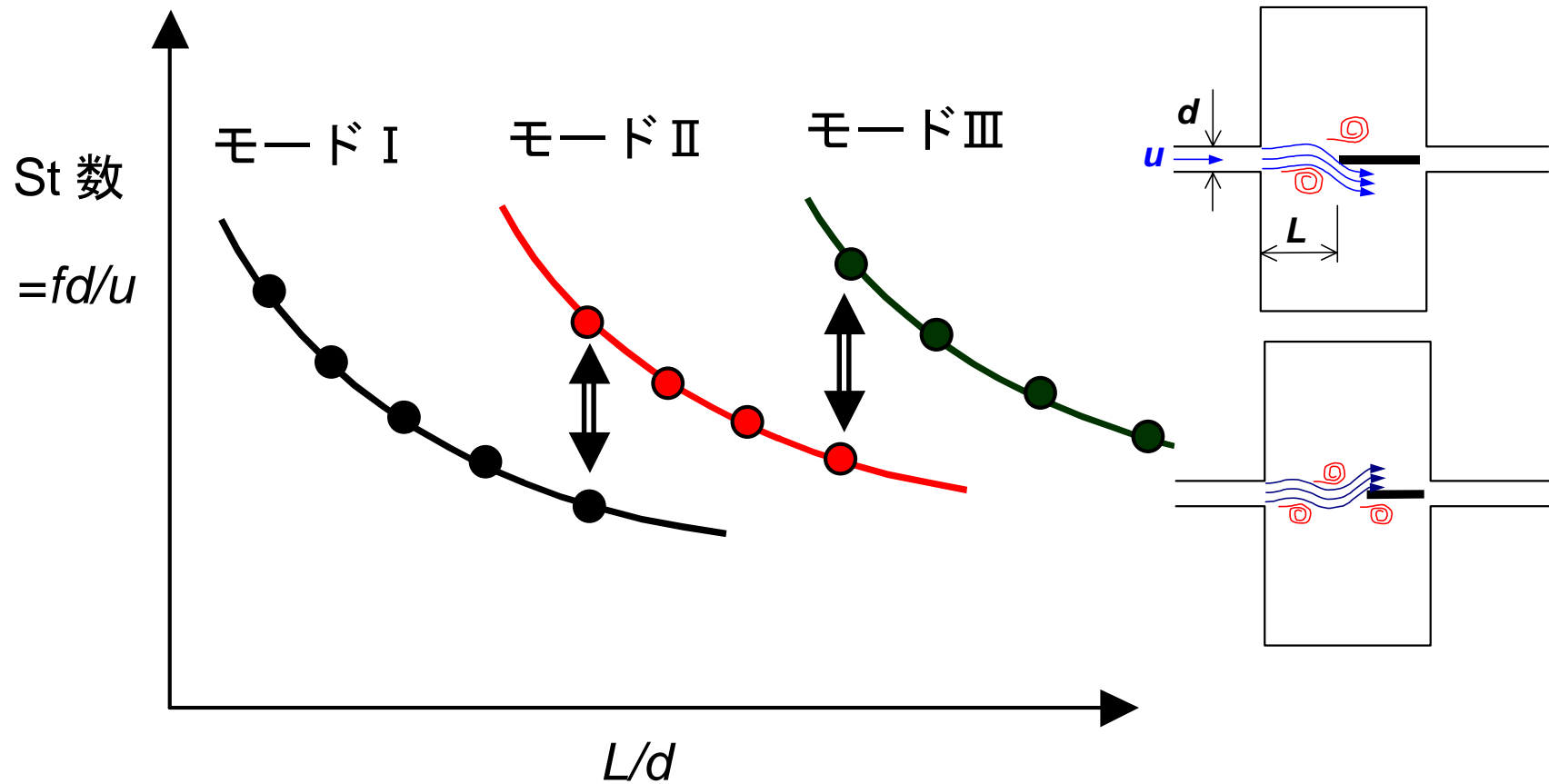
- 噴出口とエッジとの距離が短いと発振しない



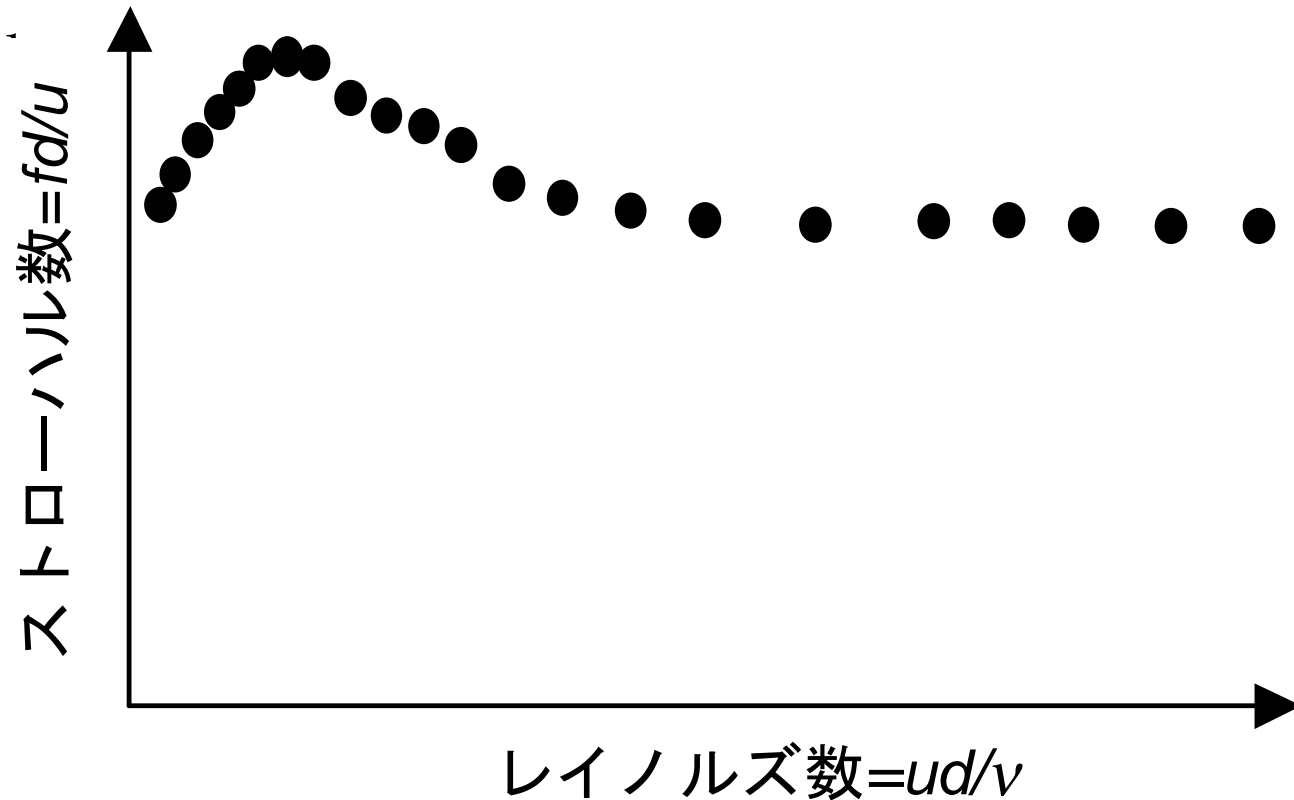
- 噴出口とエッジとの距離が長いとそれらの中に渦が2組存在する

振動モードの変化

- 形状パラメータ、レイノルズ数によって振動モードが変化する。



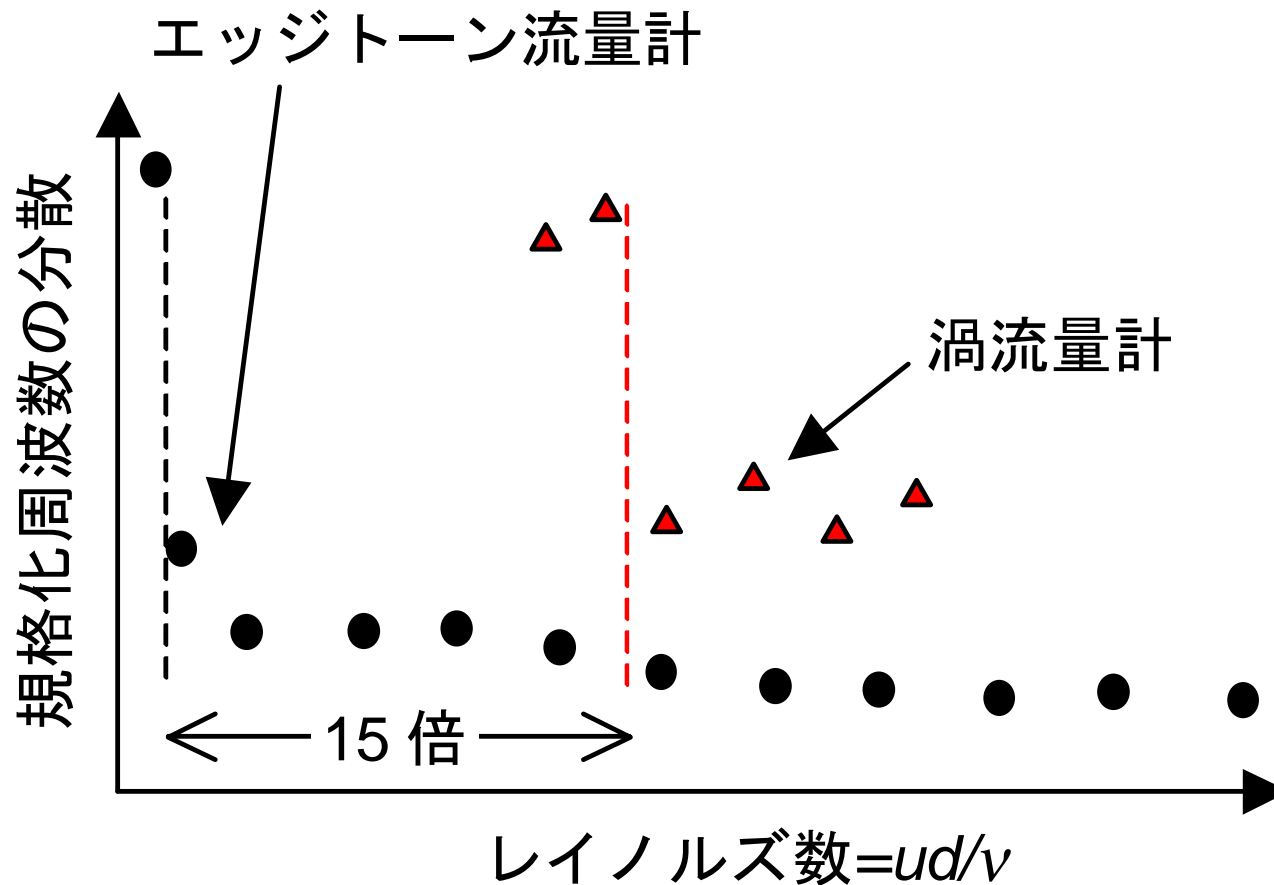
レイノルズ数—ストローハル数特性



- 最適な形状パラメータを検討し、実験においてレイノルズ数で80から8000までモードの跳躍がなく安定に発振することを確認した

周波数の安定性

- 測定周波数の安定度を周波数の分散と比較するとエッジトーン流量計は渦流量計の15分の1の低いレイノルズ数まで安定した周波数測定が可能であることがわかった



エッジトーン流量計の課題点と将来展望

- 課題点
 - 流路の拡大部分があるため、ごみなどの滞留対策が必要である。
 - Re - St 数補正式で動粘度を用いるが、動粘度計測の誤差が大きく、補正計算が収束しにくい領域がある。
- 将来展望
 - 圧力によるフィードバックを積極的に利用した流体自励振動により、低流速から安定した流量測定が可能であるため、プロセスオートメーションだけでなく様々な分野の少流量計測に適用される可能性がある。