

【茨城大学】 産学連携事例

小型薬液供給ポンプ (ベローズポンプ) の開発

- シグマテクノロジー株式会社
代表取締役 橘 良昭
- 茨城大学 工学部 機械工学科
教授 田中伸厚

開発の概要

●概 略



ベロースポンプにおいて、従来不可能と言われていた連結シャフトを無くす方法を発明するとともに、支援機関による支援、助成金獲得、茨城大学との共同研究を通じて、従来のベロースポンプに対し、4割の部品点数削減、3割小型化、さらには脈動を抑えた製品の開発に成功。

展示会への出展により、業界にインパクトを与え、今年からサンプル出荷を開始している。

●連携体制と役割

- | | |
|--------------------------|------------------|
| 1. シグマテクノロジー有限公司 | : 小型ベロースポンプの製品開発 |
| 2. 茨城大学 工学部 田中研究室 | : ポンプ内の流動解析 |
| 3. 茨城大学 産学官連携イノベーション創成機構 | : コーディネーター |
| 4. 株式会社ひたちなかテクノセンター | : コーディネーター |

企業のかかわり（１）

●会社概要：

- シグマテクノロジー有限会社は、機械の受託設計を行う会社として
2014年2月設立
- 当初は、大阪大学、奈良先端大学などへ研究用のインクジェット技術などの
技術を利用した微細粒子発生装置を開発供給していた。
- ベローズポンプの共同開発設計（日本インテグリス社）
- 日本インテグリス社へ、ベローズポンプの設計図面を売却
- 自社ベローズポンプの開発に着手
- その他受託設計
（イヤホン設計、バルブ設計、
核融合用超電導配管溶接部内面計測カメラシステム、
トンネルカメラ、半導体設備設計などの設計開発。）

企業のかかわり（2）

●ベローズポンプとは？

●本開発のベローズポンプは、主に半導体の製造装置に使用

●薬液を輸送（薬液は、強酸、強アルカリなど）

●薬液との接液部は、全てテフロンを使用

●薬液は、ときに180℃まで温度を上げたものを使用

●ポンプは、圧縮空気または窒素ガスで駆動

企業のかかわり（3）

●従来のベローズポンプの課題

- 1: 従来のベローズポンプは、ベローズが2個配置されていて両方のベローズは、機械的に連結部材があり、慣性モーメントが大
ポンプ構造部材が多くなるのとポンプ重量が増加する問題がある。
- 2: ベローズポンプが動作し、ベローズが切り替わるときに吐出液の脈動が発生するという欠点がある。
- 3: 脈動を抑えるためダンパーを追加するなどの装置の組み込みが必要
(ダンパーの設置面積の増大、コストがかかる)

企業のかかわり (3)

●従来のベローズポンプの課題

4: ベローズの切り替えのときに発生する振動が欠点

(ベローズを切り替えるとき慣性モーメントが大きいので振動が大きい。
振動が大きいと半導体の製造装置がコンパクトになるので振動が
いろいろな装置に影響を与える)

5: ベローズの切り替えタイミングを近接センサーやバルブで行っている
ので、センサーやバルブの信頼性が必要になるが強酸や強アルカリ
などの過酷な環境での信頼性不足

企業のかかわり (4)－1

●開発経過

①アイデア

- ベローズを連結しないでシリンダーのようにＯーリングで蛇腹の部屋と吐出部屋に分け、蛇腹の部屋に圧縮空気を入れて液を吸い込み、吐出部屋に圧縮空気を入れてベローズ内の液を吐出する。
- 従来この方式のアイデア特許は、出ていたが圧縮空気を蛇腹の部屋に入れたとき、蛇腹が開かないので特許成立しなかった。

【当社特許】

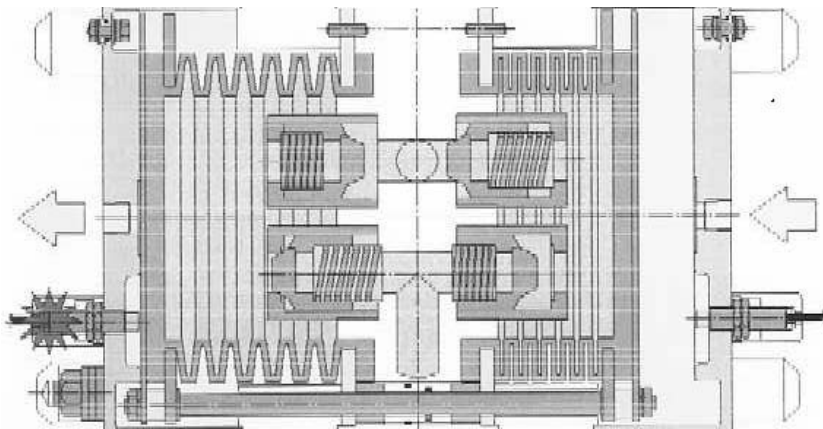
蛇腹の部屋に圧縮空気が入ったときに開かせるために**小穴**を開けることで圧縮空気が入ったときのショックを圧縮空気**の小穴**からの流れによって和らげ、蛇腹がスムーズに開きポンプとしてコントロールできた。

※特許の紹介

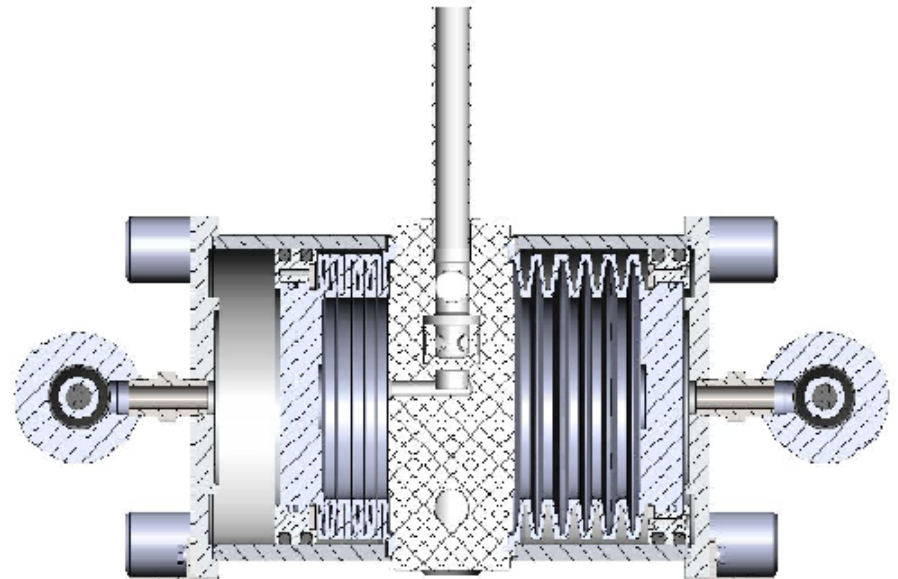
特許第 4547451 号と申請中の特許2件

従来ベローズポンプと 当社ベローズシリンダーポンプ

従来他社ベローズポンプ



当社ベローズシリンダーポンプ



企業のかかわり (4)－2

●開発経過

②設計段階(高効率ポンプ開発)

- 1: 設計にあたり、ポンプ内部の流動解析が必須条件
(後発メーカーなので高効率ポンプ設計を要求される)
- 2: ポンプ内部の流動解析で得られる知見がポンプ設計の基礎になる
- 3: 高効率のポンプ技術を自社技術にして従来のベローズポンプより優れた性能を実現する

競合するポンプより高効率ポンプ技術を構築

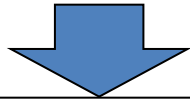
コンピュータシミュレーションによる ベローズポンプ内の流動解析

茨城大学工学部機械工学科
田中伸厚

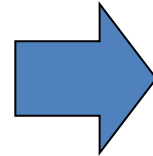
コンピュータシミュレーション

コンピュータ上に空間や物質をバーチャルに創り出し「もの」の動きを予測・評価

計算機上に物・空間
を設定



計算機上で「もの」の
動きを支配する法則
を評価



ものの動きを評価し
設計に利用

「もの」が流体の場合

ナビエ・ストークス方程式

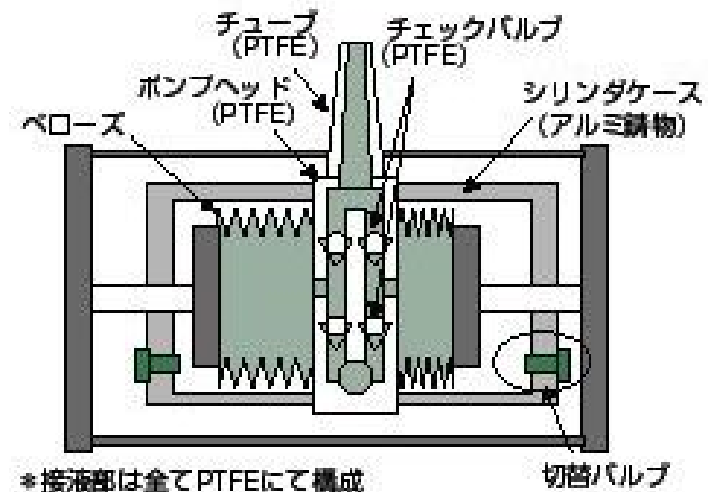
ミレニアム懸賞
(100万ドル)

- ⇒ 非線形
- ⇒ 理論的にはお手上げ
- ⇒ 従来は実験的アプローチ中心
- ⇒ コンピュータで解く(CFD)

シミュレーションの目的



図3 ベロースポンプの概要図

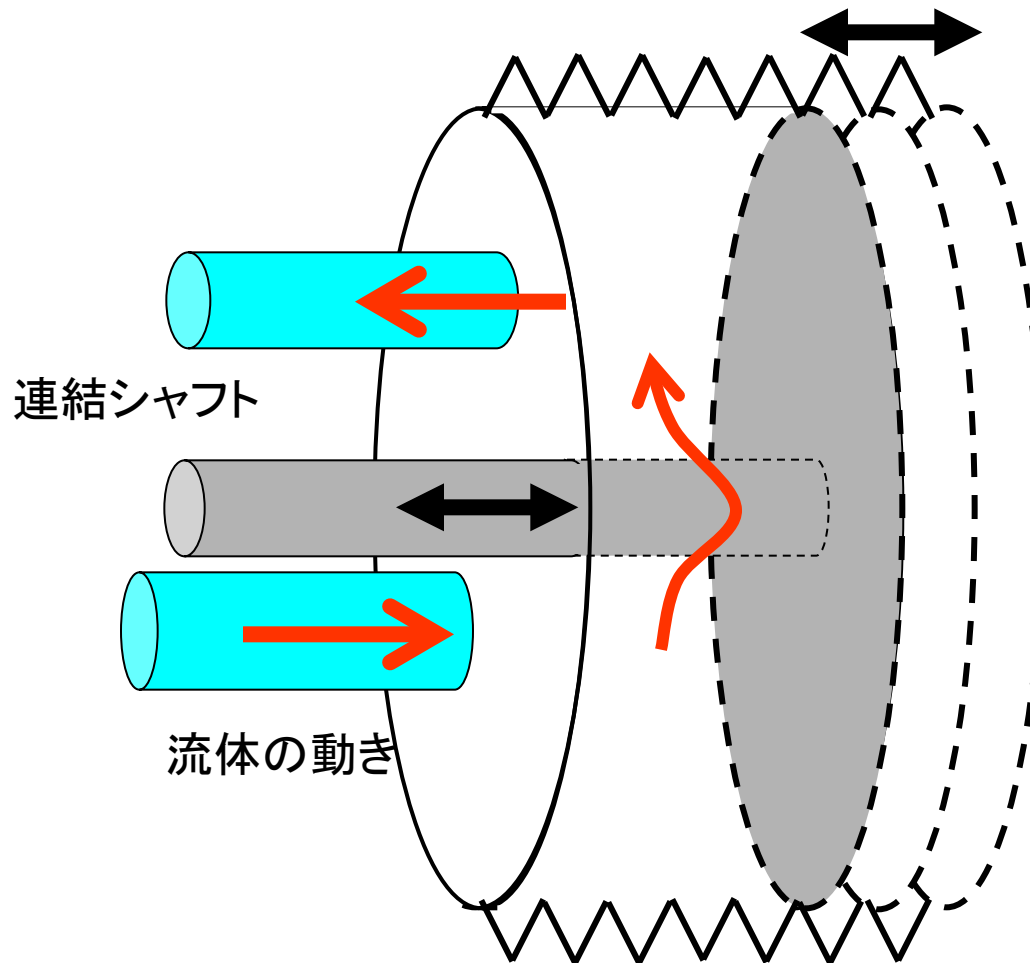


解決したいこと： 部品数の削減、小型化

⇒連結シャフトに注目し、その流れに与える影響を評価

⇒連結シャフトをなくすことにより、**部品数の削減・小型化**と**内部流動の改善**を目指す

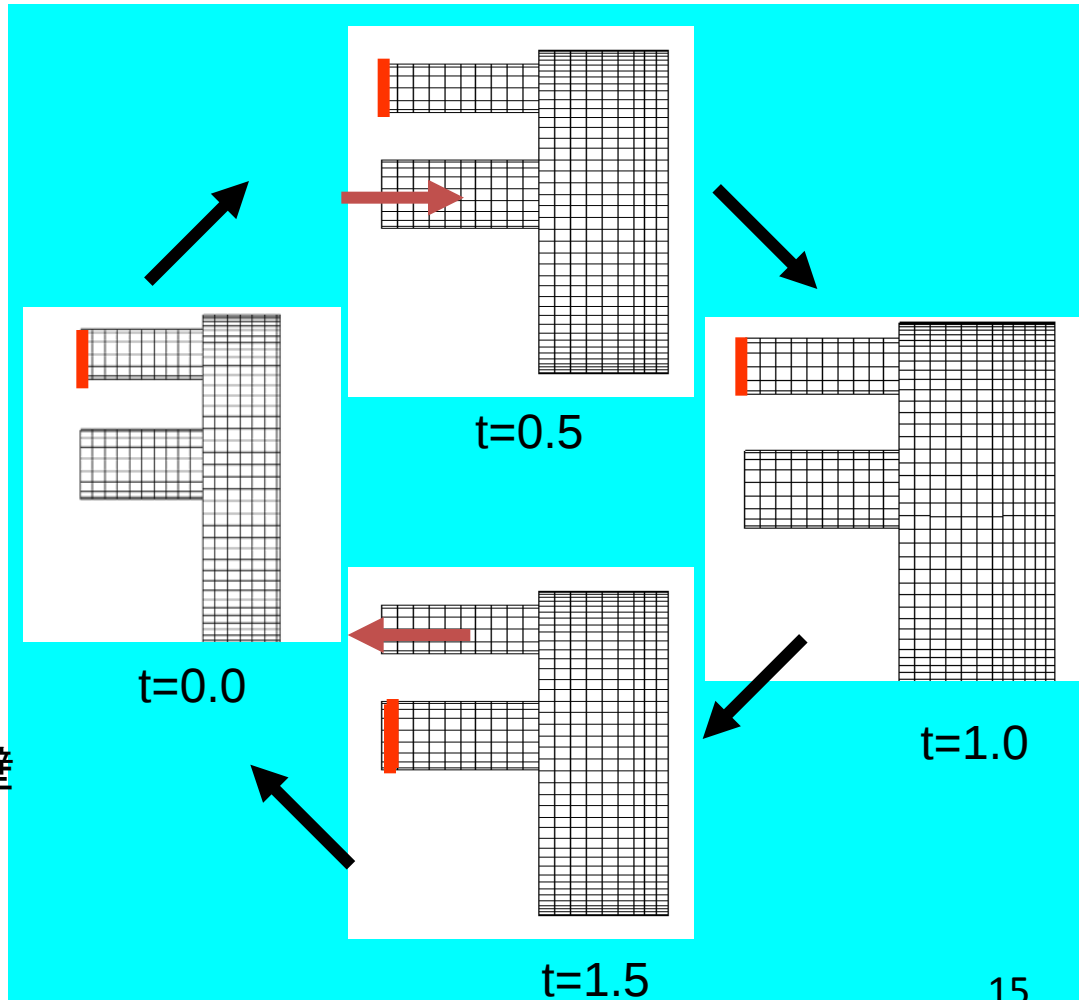
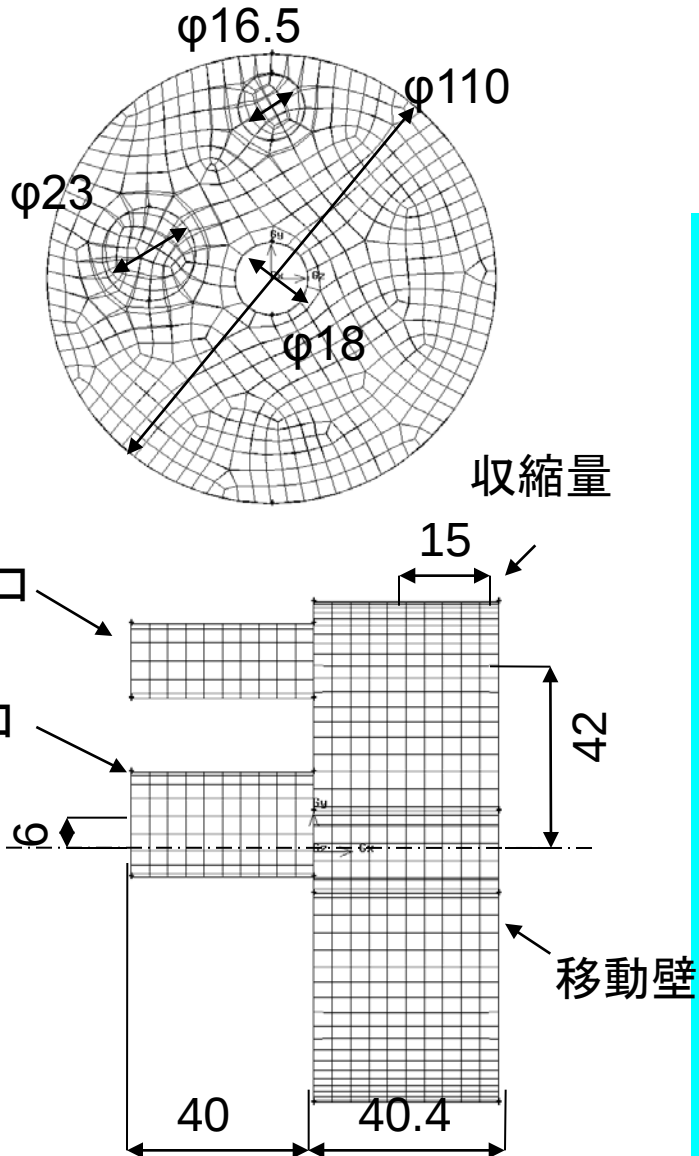
ベローズポンプ内の流動



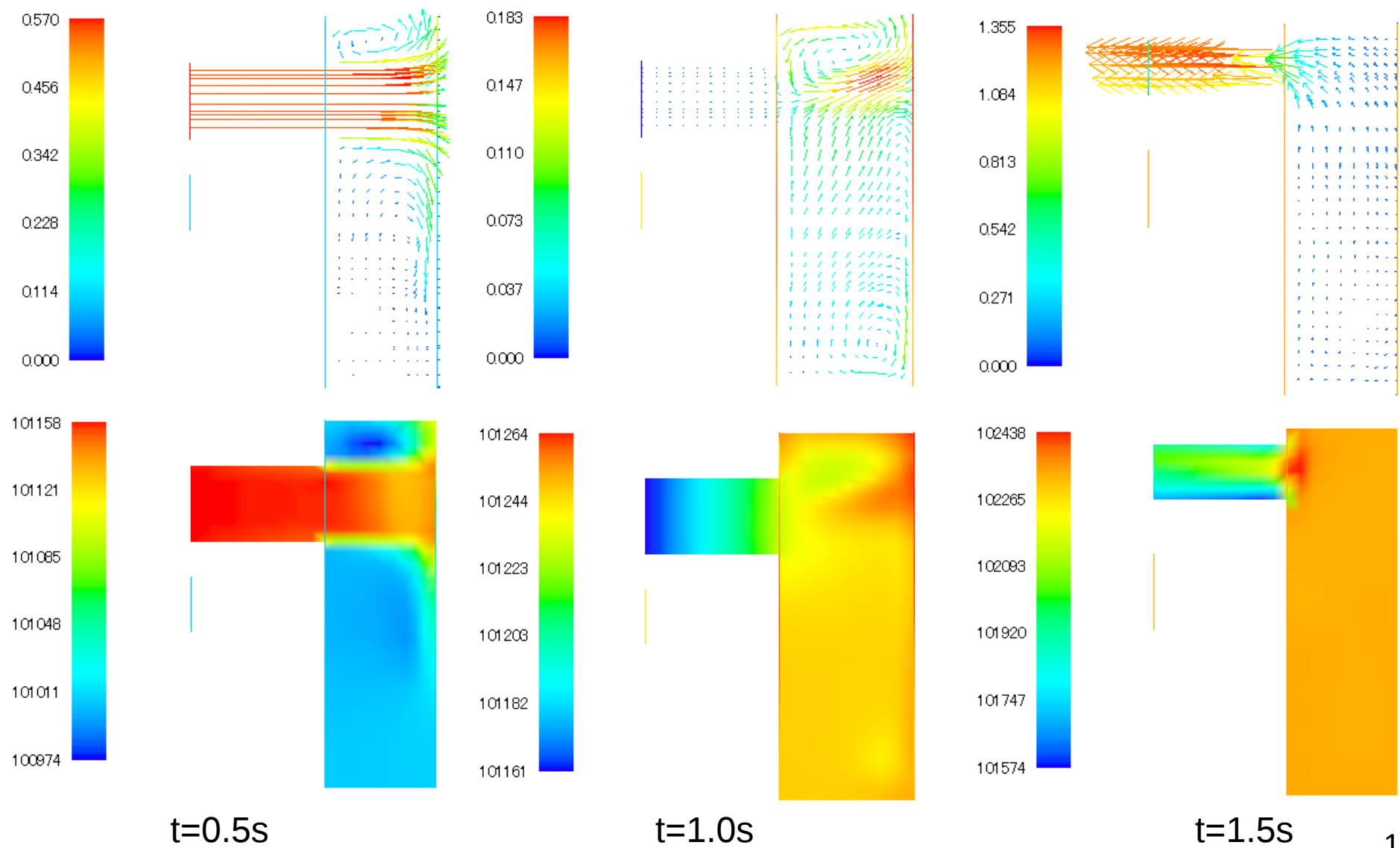
ベローズポンプ内の流動をシミュレーションする場合
の困難さ: 流体の占める領域が時間とともに変化⇒
移動境界問題⇒研究的要素

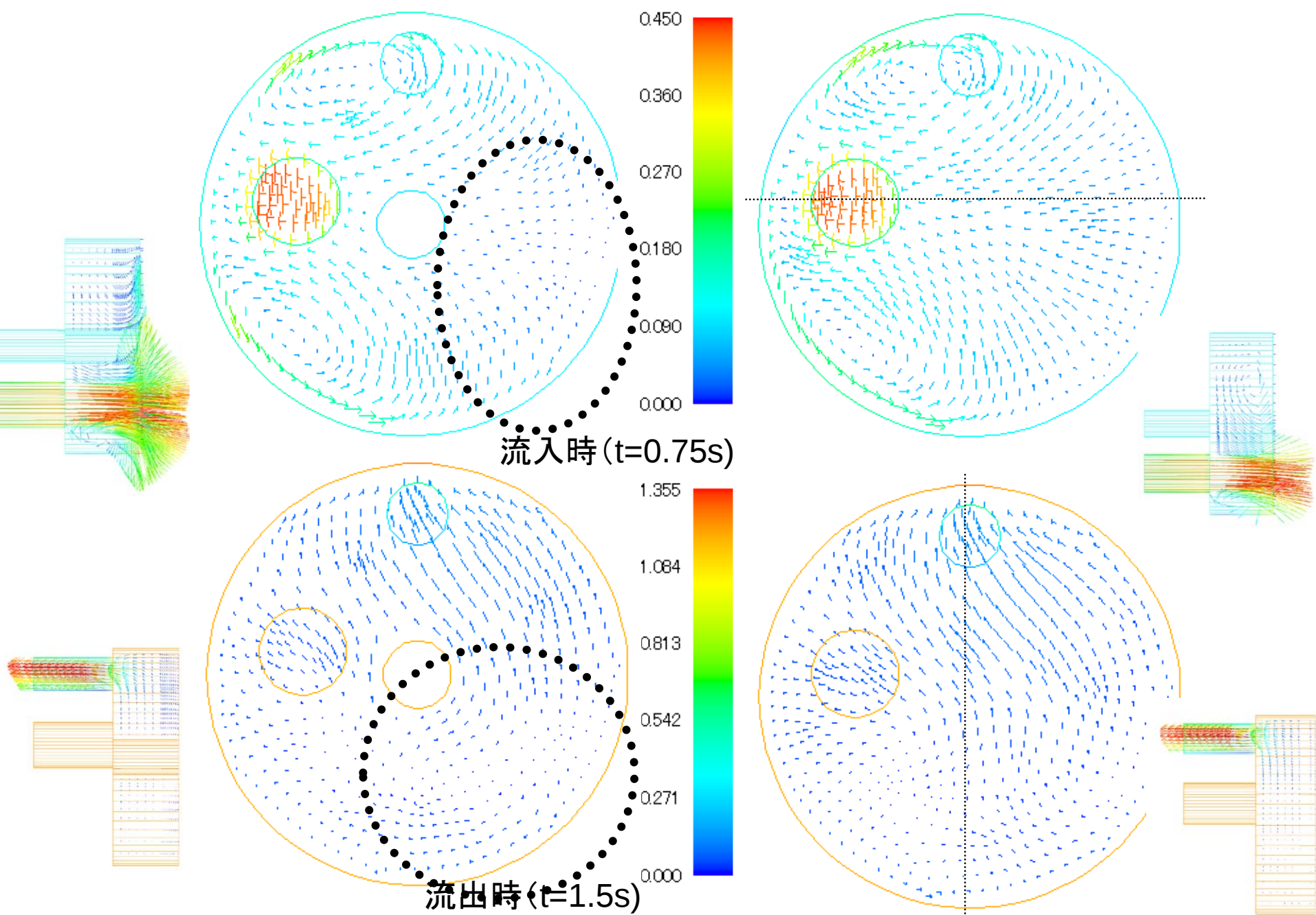
解析体系とメッシュ分割

- ・体系の単位: mm
- ・計算時間: 2.00sec
- ・内部流体: 水



内部流動の時間変化





連結シャフトにより、流入時、流出時によども領域が発生

共同研究を通じて

教育（・研究）と共同研究の両立の困難さ

- 教育的効果
- 研究・開発のレベルの違い
- 時間の感覚の違い
- 学生の意識の問題

企業のかかわり (4)－3

●開発経過

③試作段階

- 1: 試作では、先行他社が行っている弁の構造が横型でベローズの内部にスプリングと一緒に入っている構造の従来他社のベローズポンプと当社計画の自重弁との比較
- 2: 田中教授の流動解析結果、ベローズ内部に弁構造を入れるものは、流体ロスが大きいことが明らか
- 3: ベローズ内に弁を配置しない構造のポンプに仕上げた結果効率の良いポンプになった

企業のかかわり (5)

●製品紹介

・特徴(動作動画等)

1: ポンプ動作は、タイマーで圧縮空気のバルブ動作を制御すれば流量コントロールが簡単にできる。

・市場での反応(プロモーション)

1: 市場の反応は、当社の発明に関してどのようなポンプが市場投入されるの
かを見守っている

(理由: 最初に使用する場合に実績を非常に重要視する日本市場に
おける評価を見てから採用するということによると考えられます。)

2: 市場に投入するまで当社内で4年間実験を続けた実績をもって参入します。

・今後の展開

1: ポンプの実販売を9月から開始し、大型60L／分、120L／分の
ポンプの開発を行い、市場に確固たる地盤を作ります

成功のポイント

- 茨城大学 田中教授の流動解析は、妥当
- 試作品と流動解析したポンプ性能が一致し
ポンプ性能は、希望したものになった
- 今後大型のベローズシリンダポンプ開発
に向け応用できる**基礎技術が確立**できた

お問い合わせ先

- 製品に関する問い合わせ

シグマテクノロジー（有）

<http://www.sigma-technology.co.jp/>

- 流体解析に関する問い合わせ

茨城大学 工学部 機械工学科 田中研究室

E-mail: ntanaka@mx.ibaraki.ac.jp

- 茨城大学の産学官連携窓口

産学官連携イノベーション創成機構

<http://www.rd.ibaraki.ac.jp/>

TEL: 0294-38-5005 E-mail: ccrd-iu@mx.ibaraki.ac.jp