

6月11日開催
「最適化ツールおよび解析事例紹介」
オンラインセミナー

はじめに

■ お願い事項

- 皆様にスムーズに受講していただくため、ビデオオフ／音声オフでお願い致します。



- 質疑応答

アンケート or メール

目次

- 会社案内

- 最適化について

- 事例紹介

- ストリーマー放電：目的変数2つの場合
- ストリーマー放電：目的変数3つの場合
- プラズマジェット：トレードオフの関係

- 終わりに

会社概要

株式会社ウェーブフロント

設立：1990年3月

所在地：横浜市西区みなとみらい2-3-3

クイーンズタワーB12階

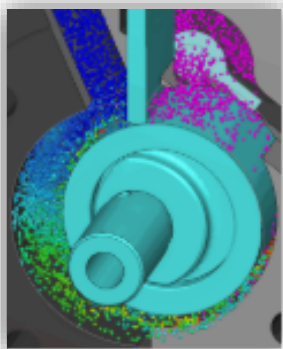


企業理念

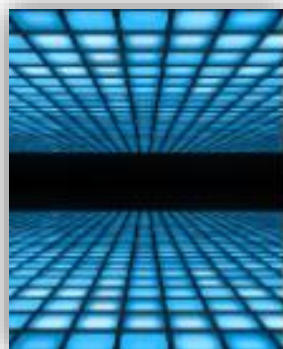
日本の製造業における研究開発から設計・製造・メンテナンスまでの企業活動を強力にサポートするソフトウェアの提供を通じて、企業活動の高度化と効率化に寄与する。

主な事業分野

CAEソリューション
(流体解析)



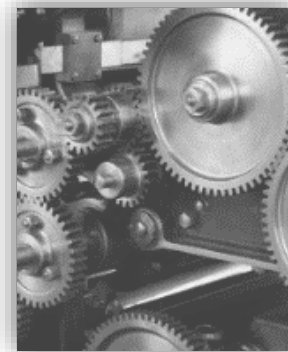
信頼性・安全性・
可用性・保全性評価



IoT/Big Data解析
機械学習



設備資産管理
システム



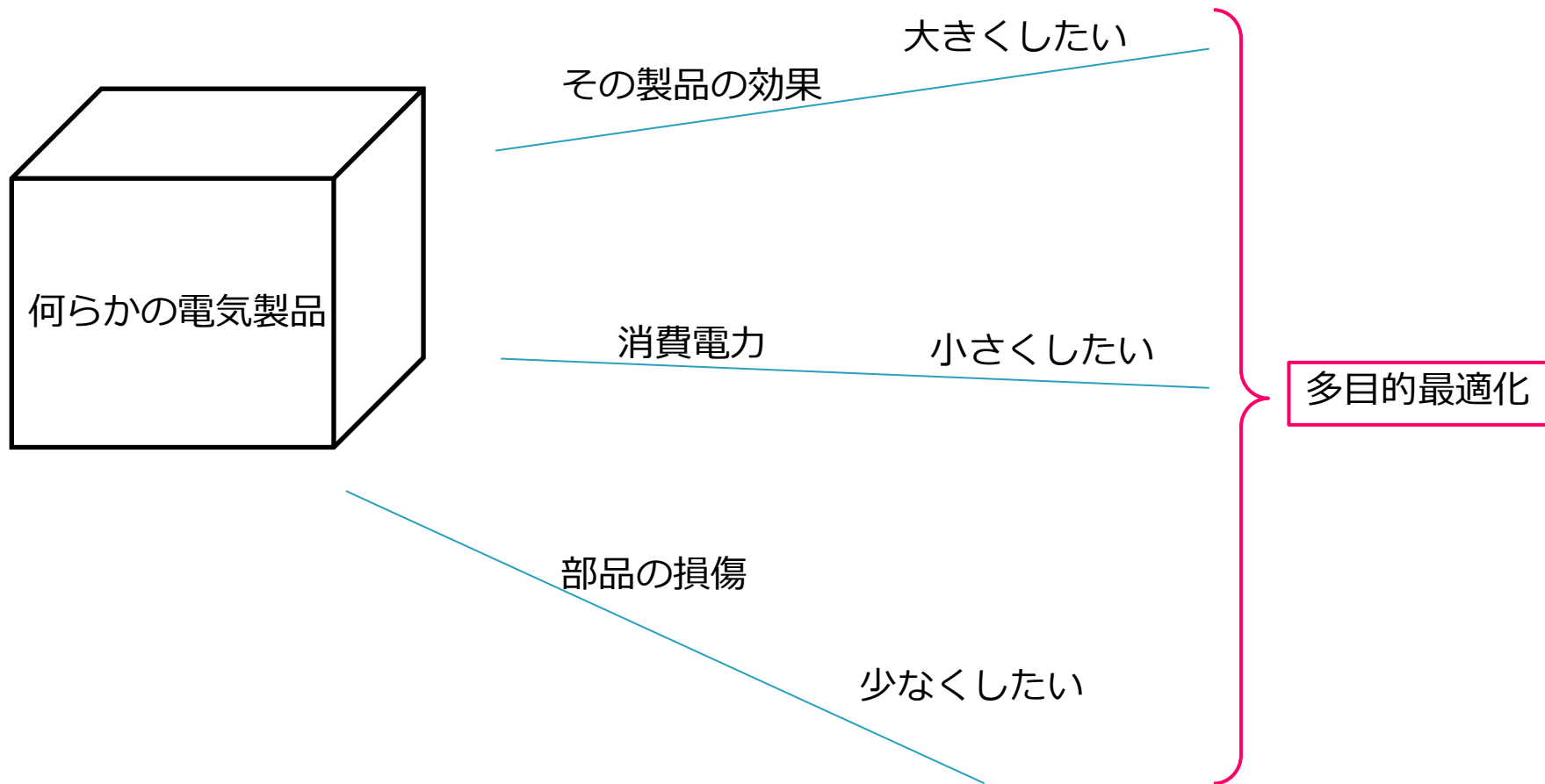
最適化ツールおよび解析事例紹介オンラインセミナー

解析事例紹介

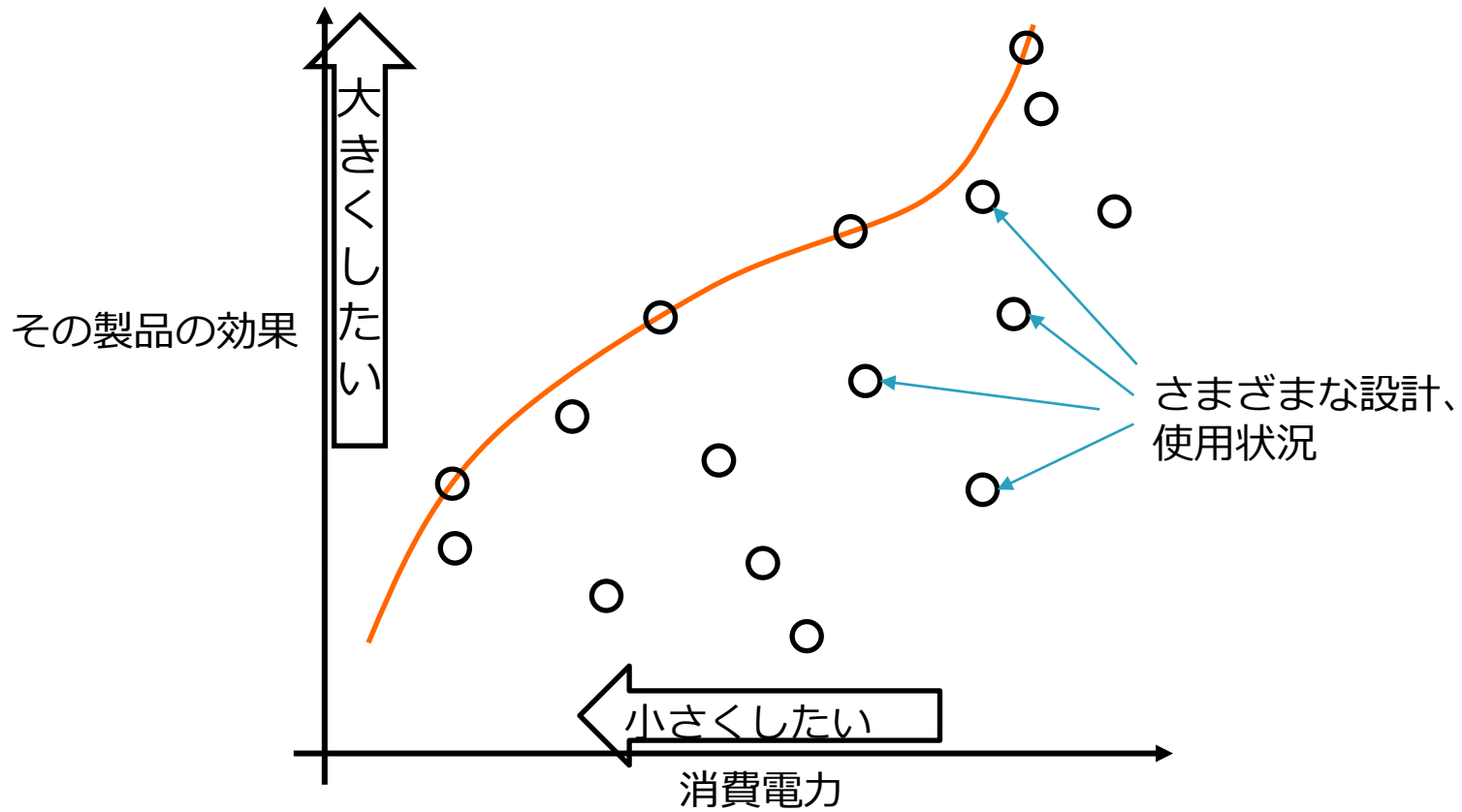
- 最適化？
- 解析事例
 - A) 目的変数2つの場合
 - B) 目的変数3つの場合
 - C) トレードオフの関係

* 恐れ入りますが、ビデオオフ／音声オフをお願い致します。

最適化？



多目的最適化



事例

多目的最適化とシミュレーションを組み合わせる例として、
プラズマ装置の動作条件の探索を行います。
プラズマ装置のシミュレーションには、
弊社取り扱いソフト
VizGlow (<http://www.wavefront.co.jp/CAE/VizGlow/>)と
VizSpark (<http://www.wavefront.co.jp/CAE/VizArc/>)
を用います。

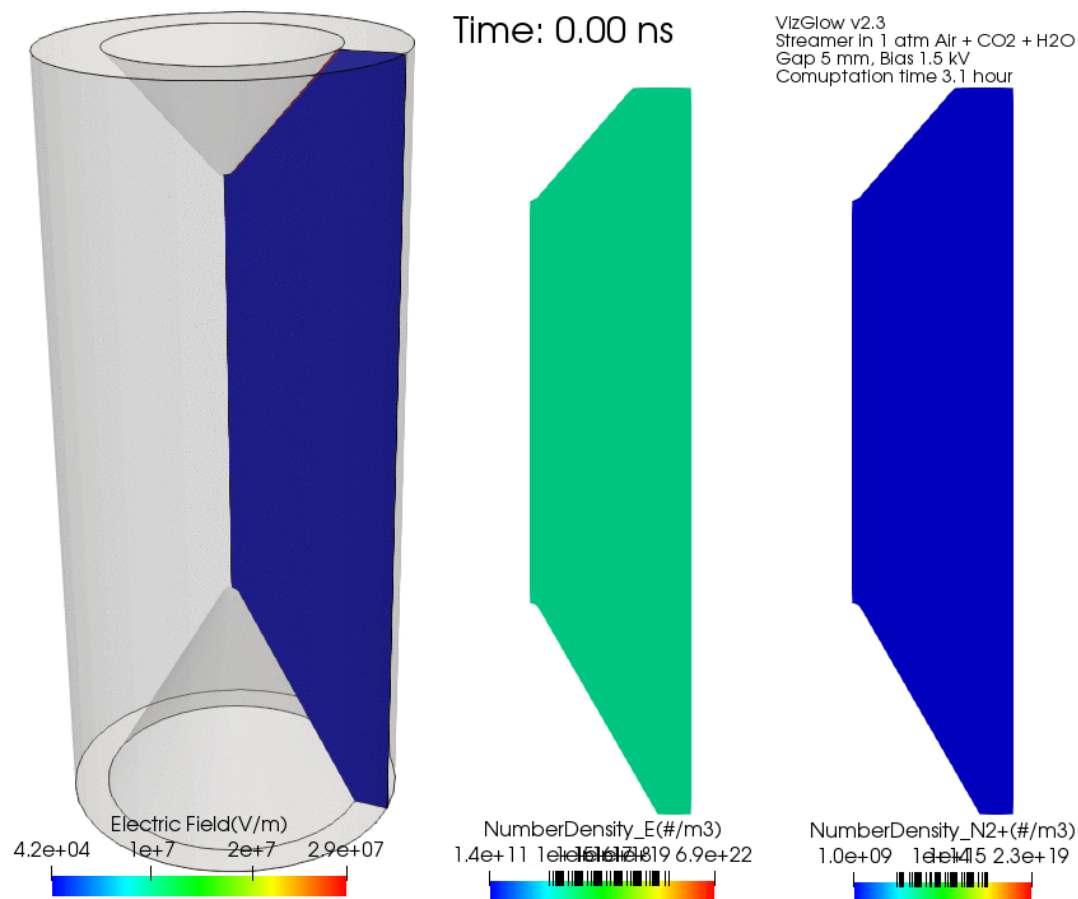
実例

- A) ストリーマー放電：目的変数2つの場合
- B) ストリーマー放電：目的変数3つの場合
- C) プラズマジェット：トレードオフの関係

ストリーマー放電計算

最適化の対象とするシミュレーションは、電極間のストリーマー放電です。
5 mm 離れた、円錐型の電極間に高電圧をかけると、
瞬間的に（数ナノ秒）電流が発生します。

弊社ホームページの動画



A-1) 説明変数と目的変数

目的

- ・電流を大きく、かつ、
- ・ N_2^+ イオンの電極への到達数を少なくするような放電条件を探す。

説明変数：

電極間の電位差、
 CO_2 および H_2O のモル分率

変数の値をxとして、
組成は

N_2 $(1-2x)*0.79$

O_2 $(1-2x)*0.21$

H_2O x

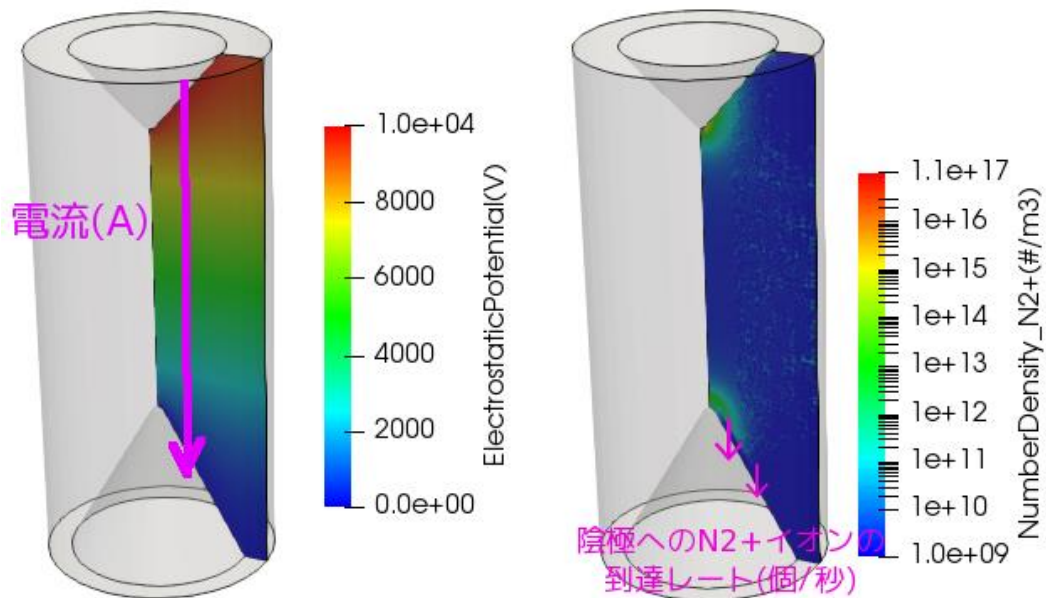
CO_2 x

とする。

この組成は、
空気と、排気ガスとを
混合した気体を、
簡略化して想定している。

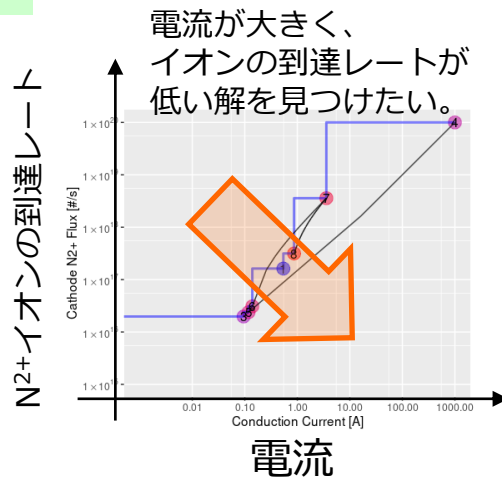
目的変数：

電流（アンペア）、
 N_2^+ イオンの電極への到達レート（個/秒）

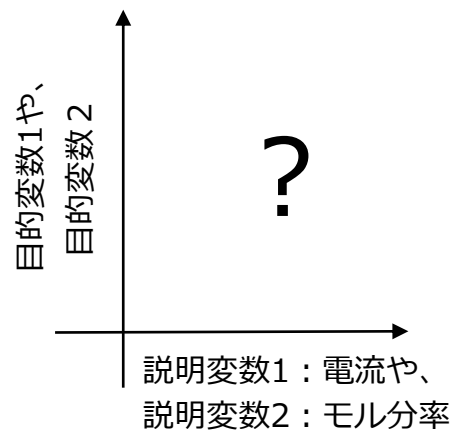


A-2) 多目的最適化の目的

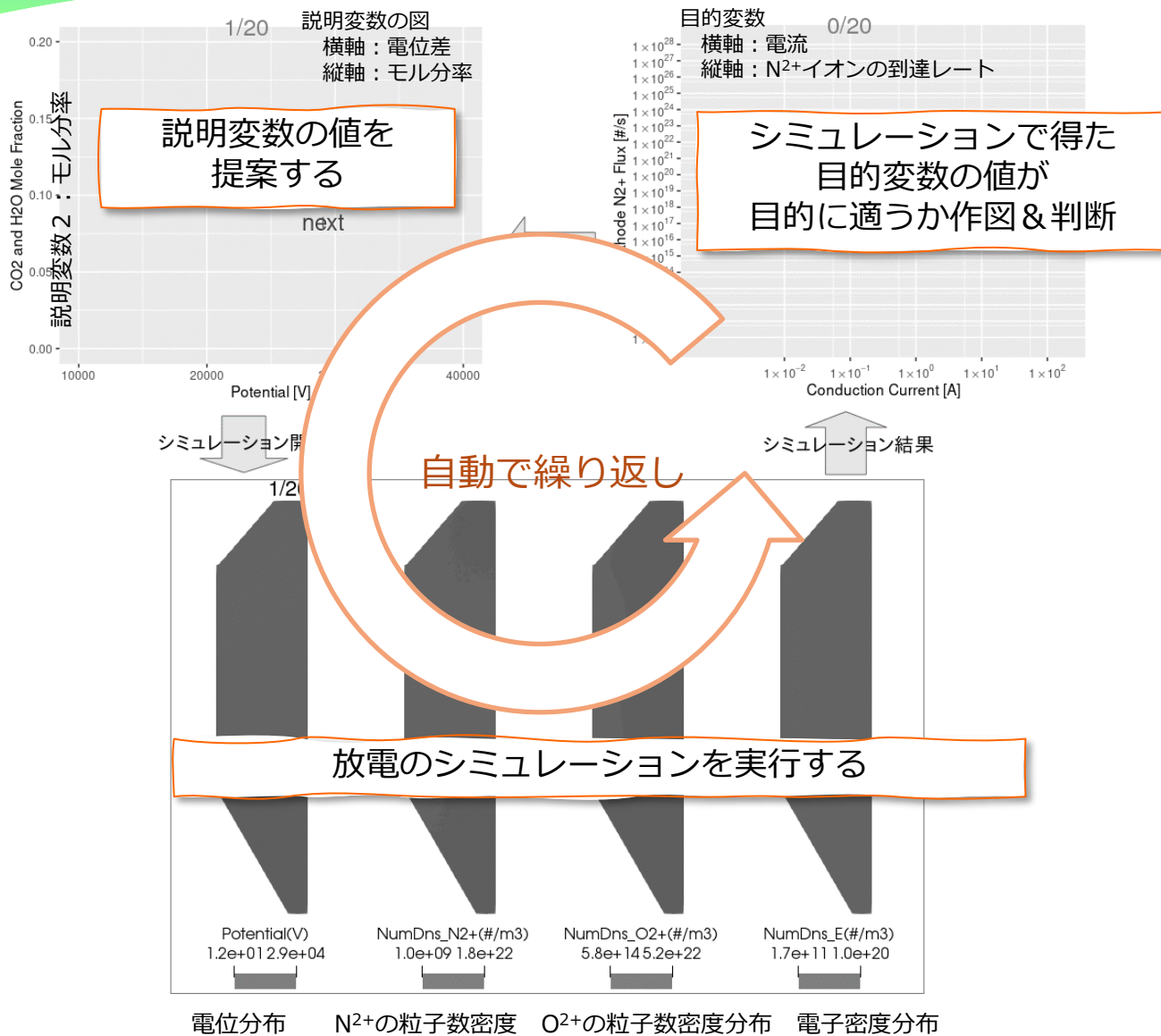
今回の目的



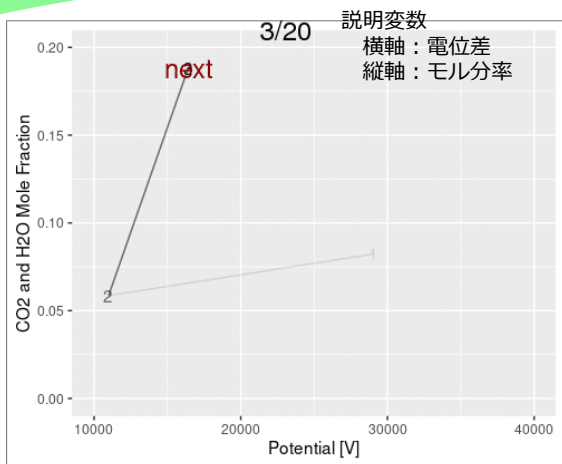
説明変数と目的変数の関係を知りたい。



A-3)最適化の過程 (概要)



A-3)最適化の過程 (動画)

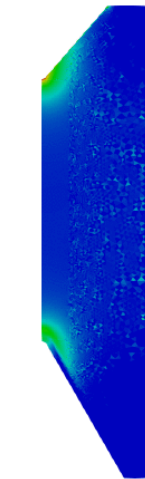


シミュレーション開始

2/20



電位分布



N₂⁺の粒子数密度分布

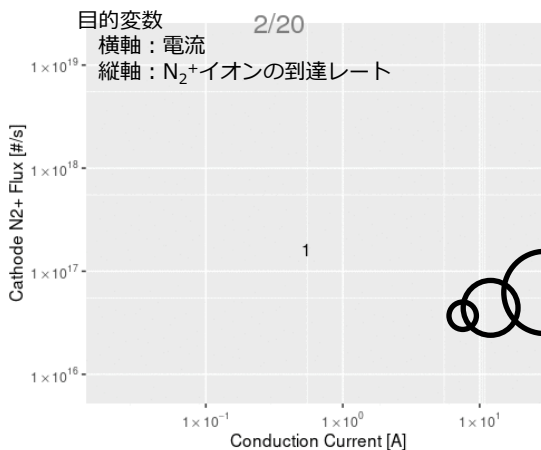


O₂⁺の粒子数密度分布



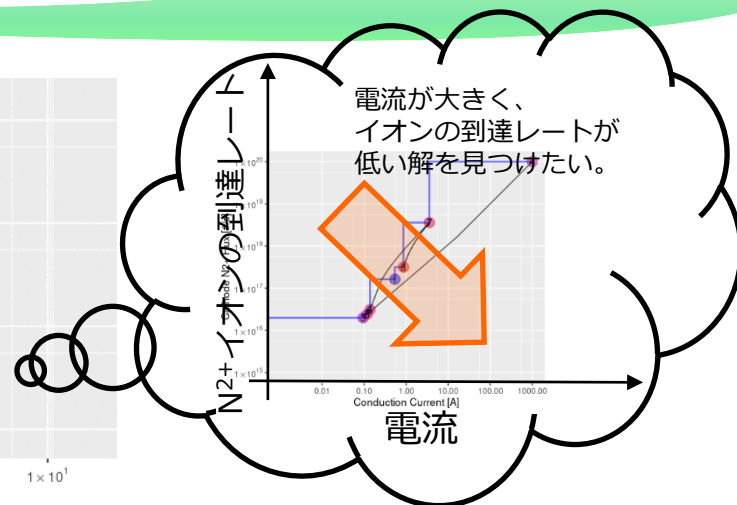
電子密度分布

次の提案



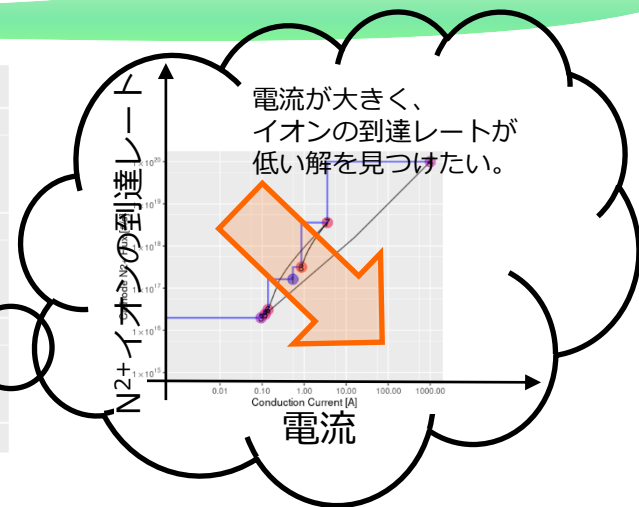
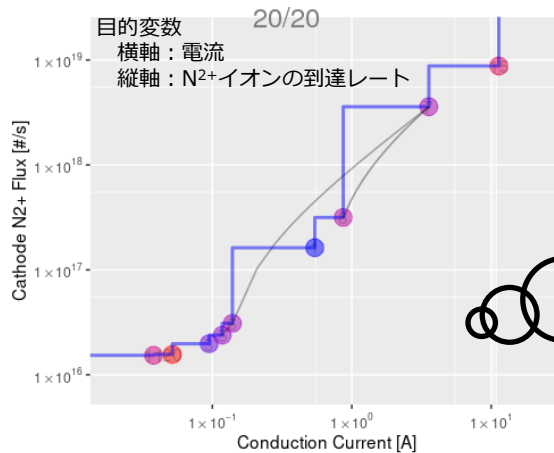
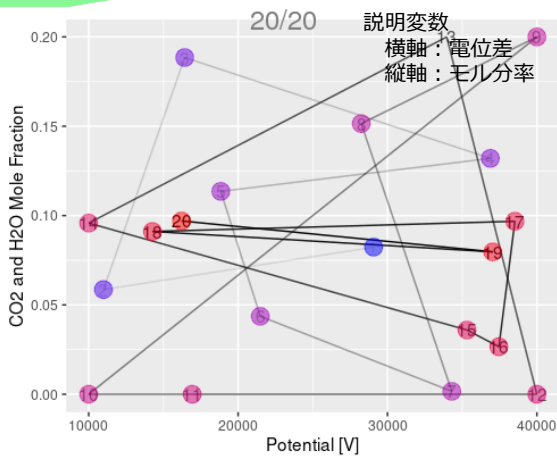
シミュレーション結果

放電が起こった場合は図に追加



このページの動画は、
処理の流れの説明のため
作成したものです。
プラズマのシミュレーション
には、一回ごとに、
計算の規模に応じて時間が掛かります。

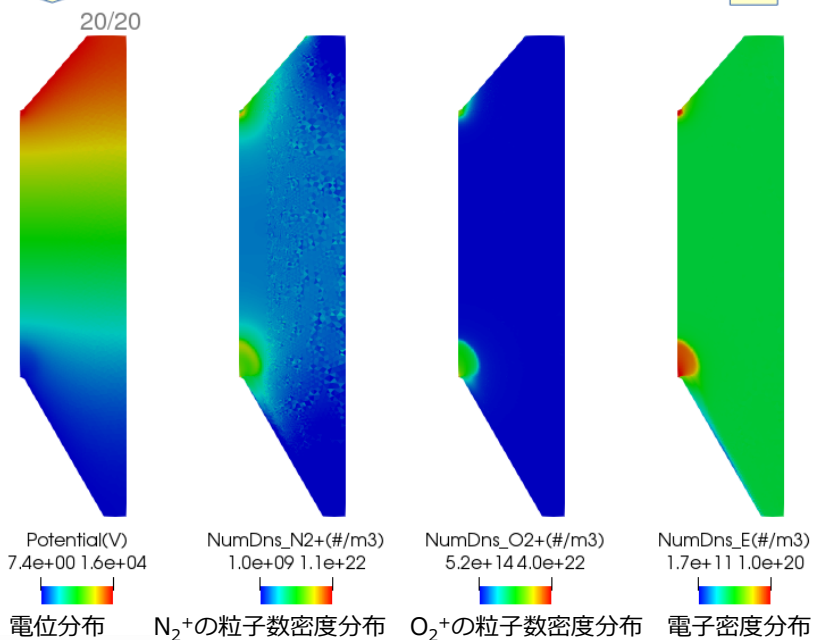
A-3) 最適化の過程 (20ステップ目)



次の提案

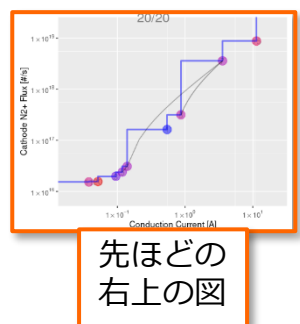
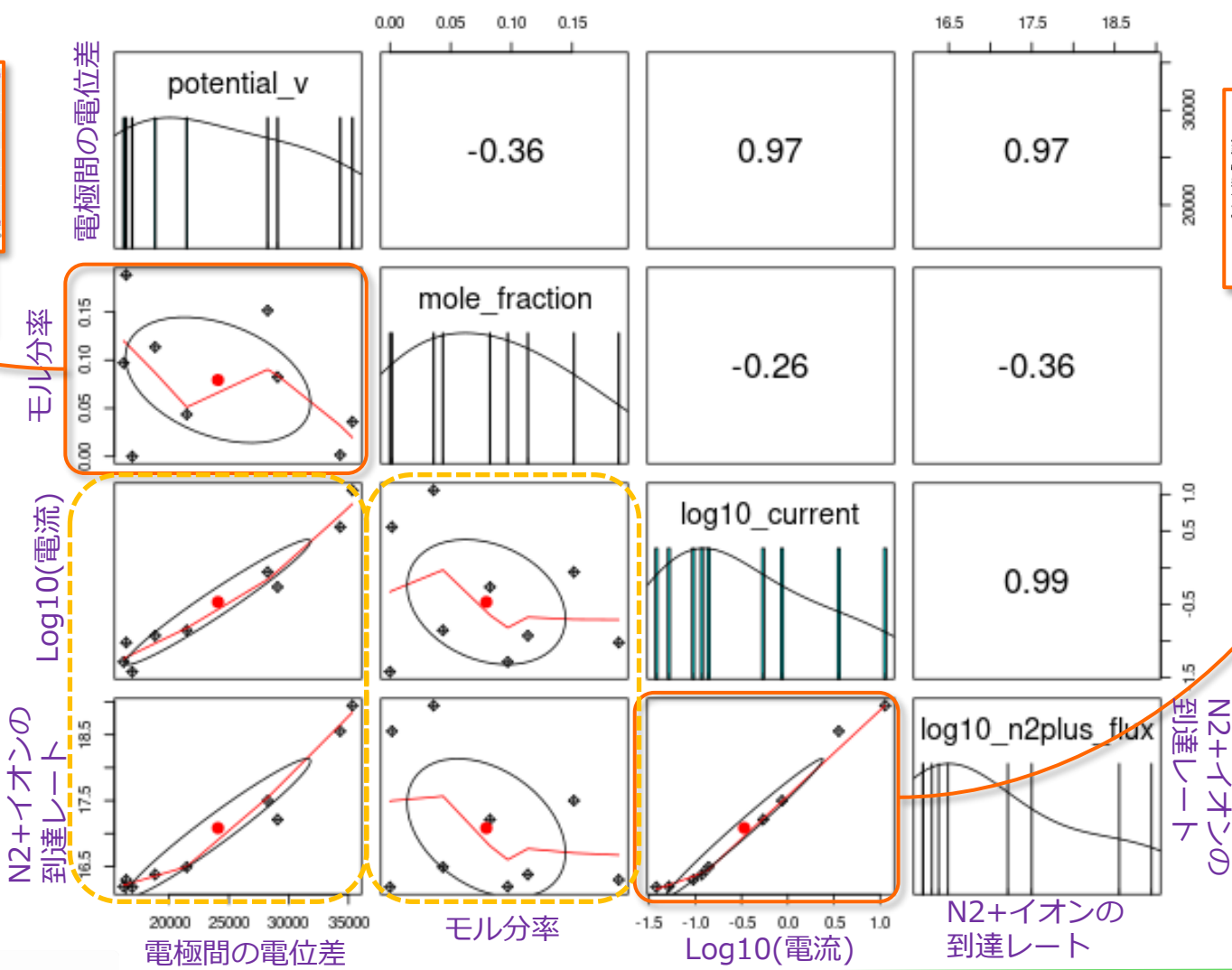
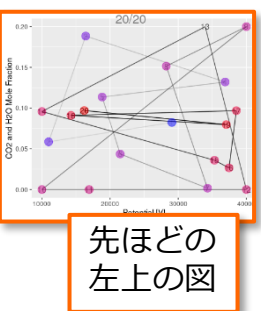
シミュレーション開始

シミュレーション結果



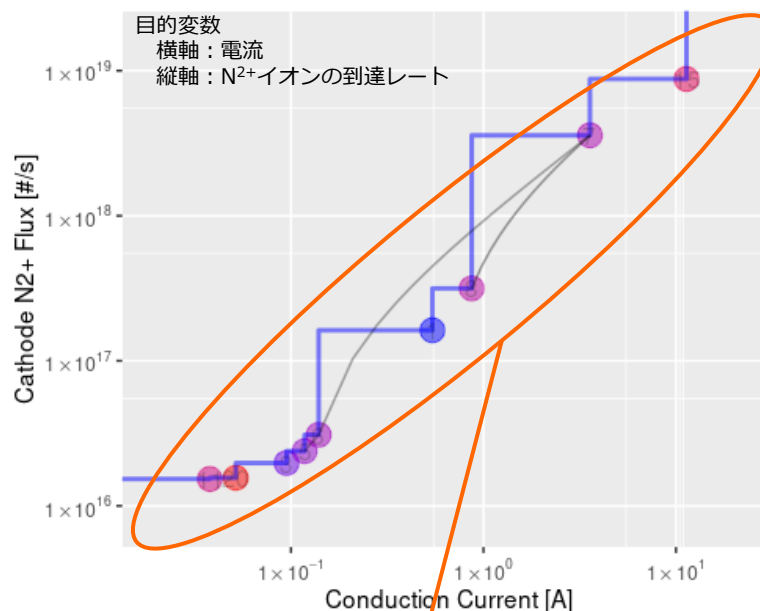
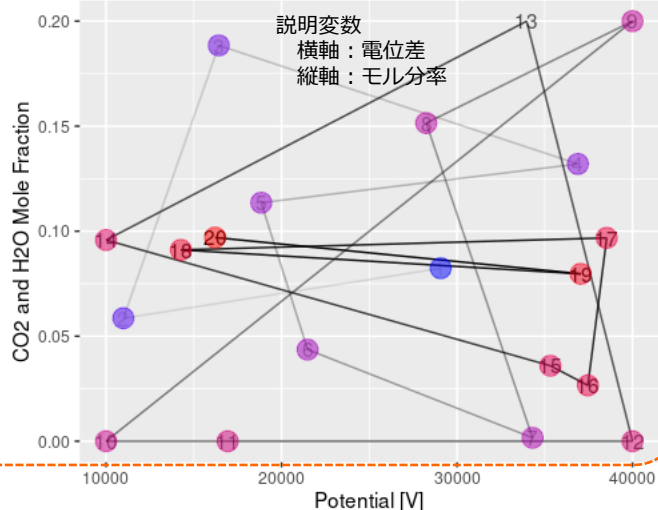
A-4) 散布図行列

先ほどの動画の右上と左上に散布図が含まれていました。
 目的変数2つと説明変数2つ、全部の組み合わせについての散布図を示します。



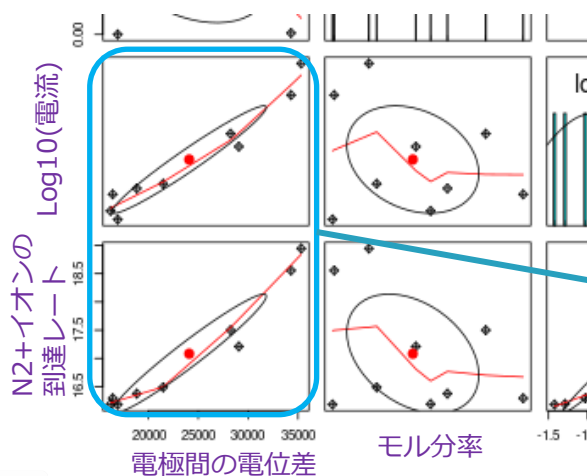
A-5) この例の結論

広い説明変数の範囲を効率的に探索した。



2つの目的変数は、片方が大きくなればもう片方が大きくなる…という単純な関係になっている。

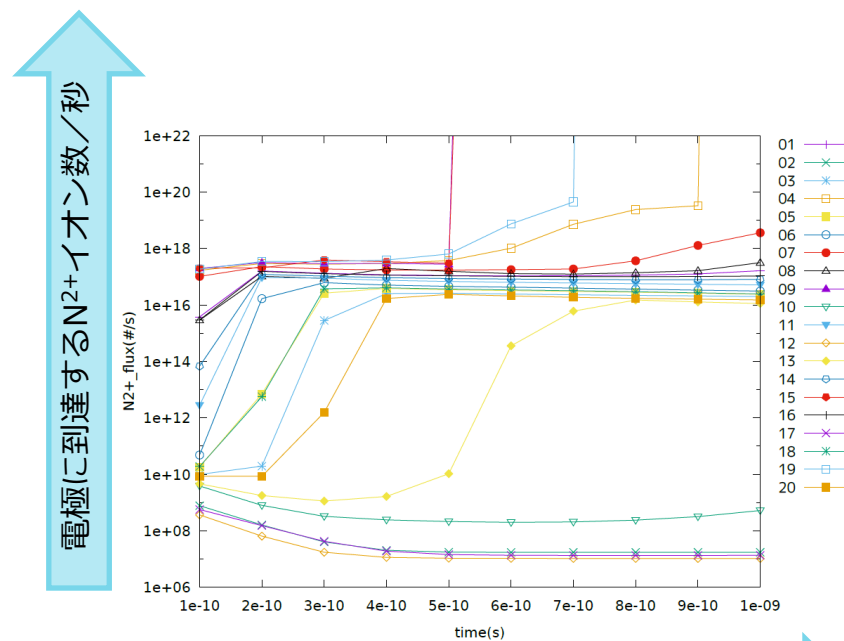
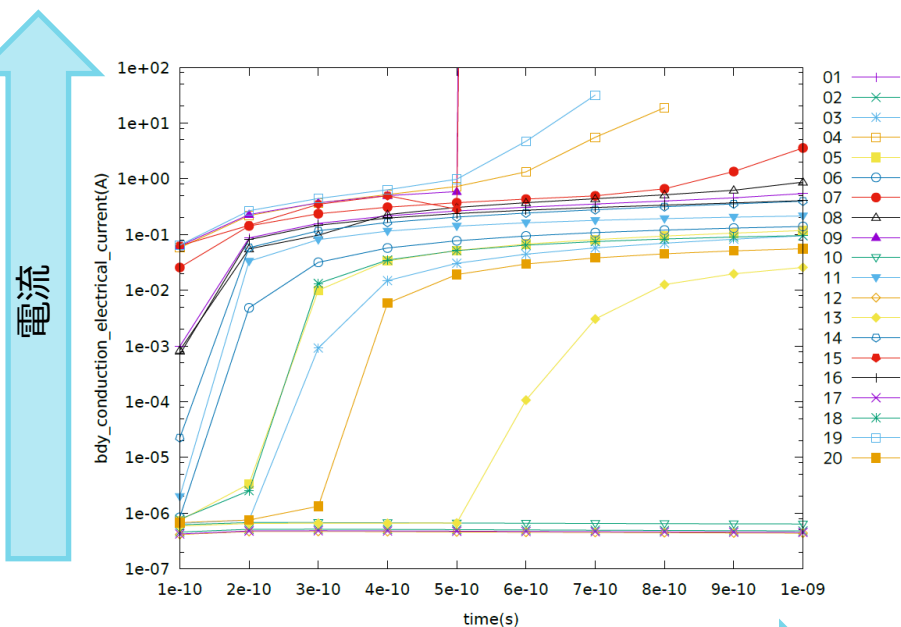
電極間の電位差が、両方の目的変数に影響している。



A-6) 何を目的変数にするか？

一般に：解こうとする問題の性質を考慮して、何を目的変数にするか、決める必要があります。

今回は、1 ns 時点の電流やイオンの到達レートを目的変数としました。それらの量の時間変化が 1 ns あたりでおおむね落ち着くため（下図）。

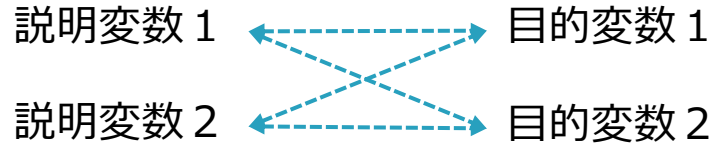


その他、電極の損傷に関する目的変数の例：

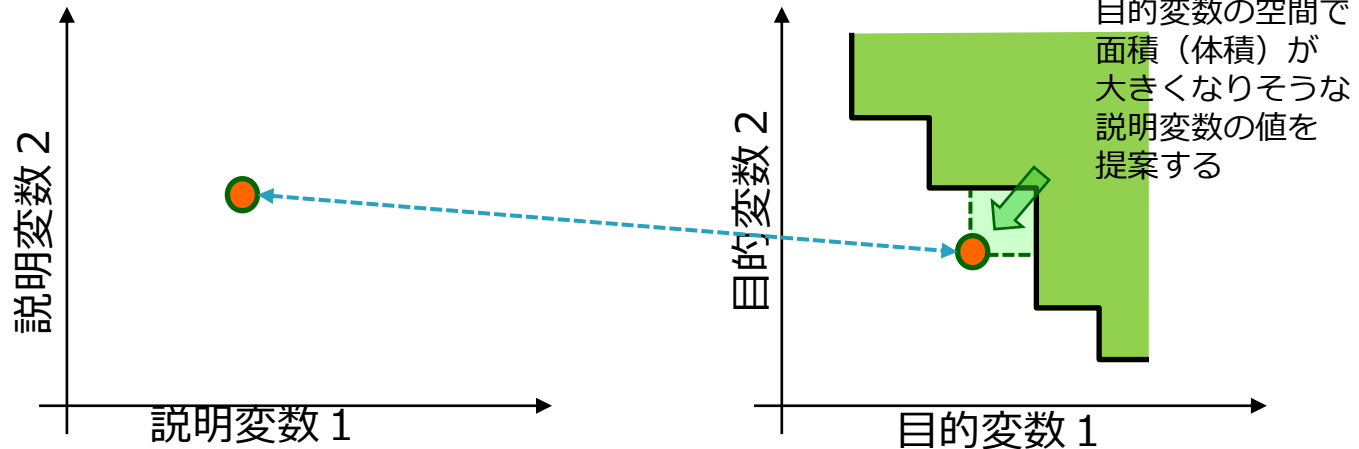
イオンや電子の電極面や絶縁体面への入射数（瞬間値、最大値、積算値）、入射エネルギー、電極表面の温度（高温プラズマの場合） など…

A-7) 説明変数の値の提案について

目的変数それぞれに、ガウス過程回帰を適用



目的変数が作る空間（2個なら2次元空間）を考慮して、次の説明変数の値を提案



提案するとき、過去に計算した説明変数の組み合わせと近いところは避ける

B-1) 目的変数3つの場合

電流を大きく、かつ、 N_2^+ イオンや O_2^+ イオンの電極への到達数を少なくするような放電条件を探す。

説明変数：

電極間の電位差（ボルト）、
 CO_2 および H_2O のモル分率

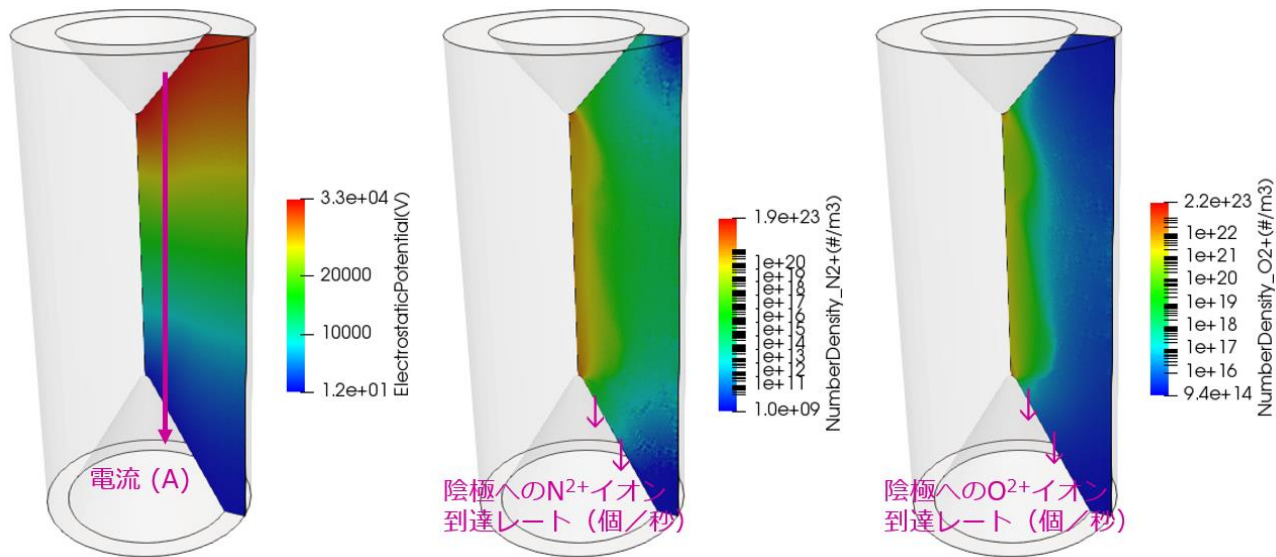
目的変数：

電流（アンペア）、
 N_2^+ イオンの電極への到達レート（個/秒）
 O_2^+ イオンの電極への到達レート（個/秒）

先ほどと同様。
変数の値をxとして、
組成は

N_2 $(1-2x)*0.79$
 O_2 $(1-2x)*0.21$
 H_2O x
 CO_2 x
とする。

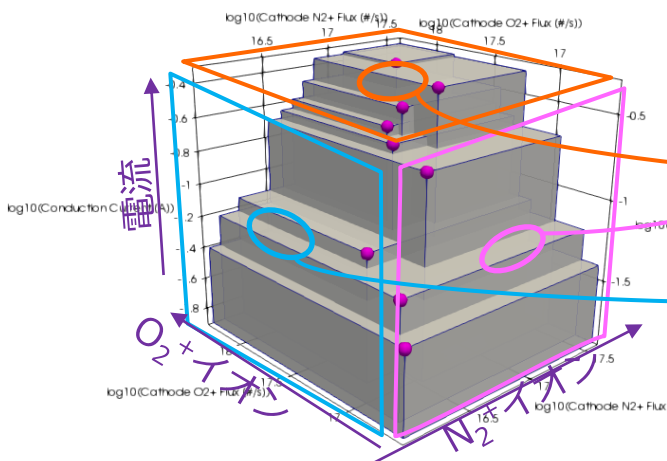
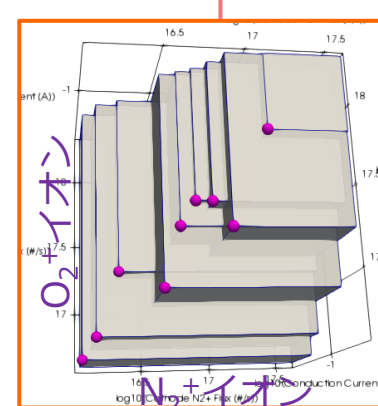
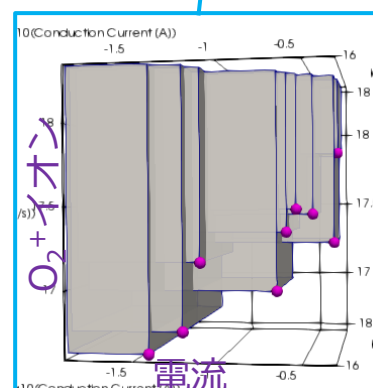
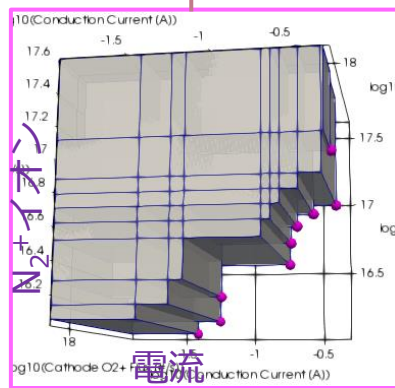
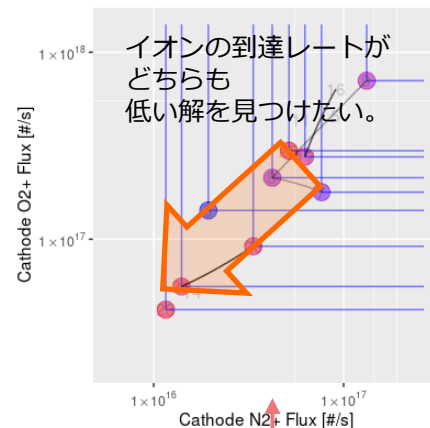
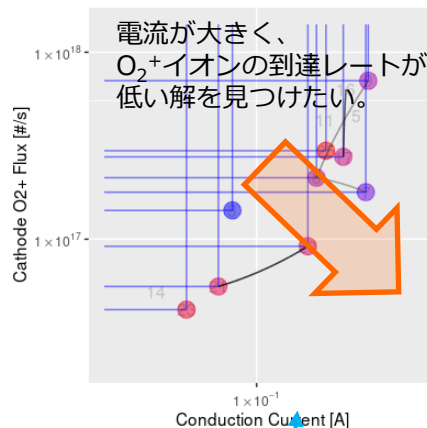
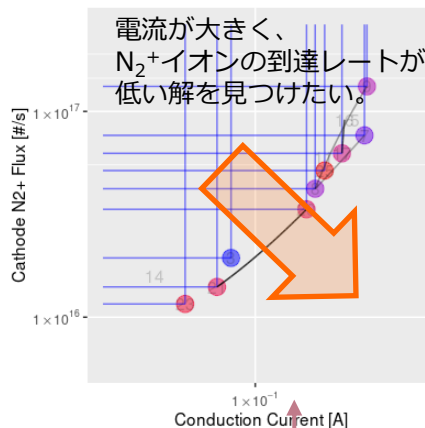
この組成は、
空気と、排気ガスを
混合した気体を、
簡略化して想定している。



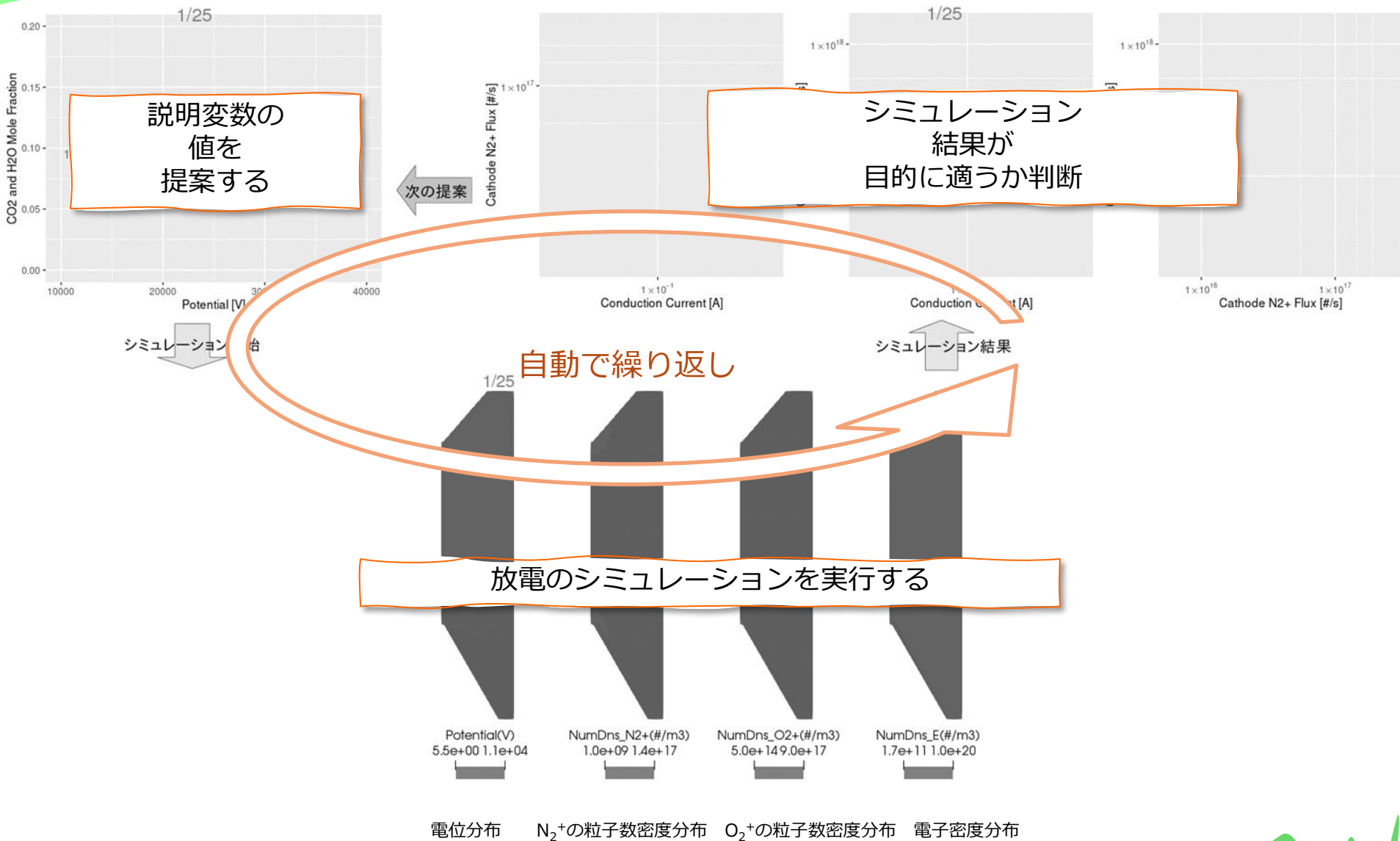
B-3) 目的変数の図の見方

目的変数が3つなので、目的変数の図は、本来は3次元になります。

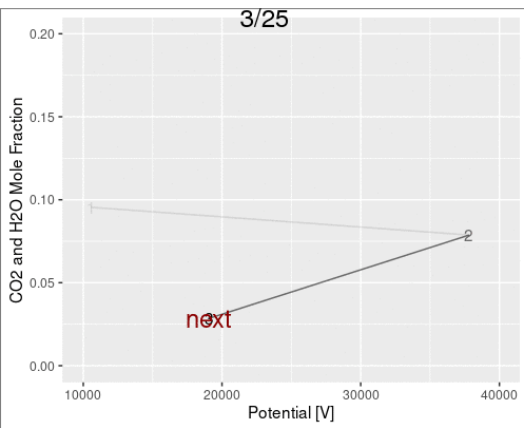
次ページの動画では、この3次元図を、2次元図を3枚で表示します。



B-2) 最適化の過程 (概要)

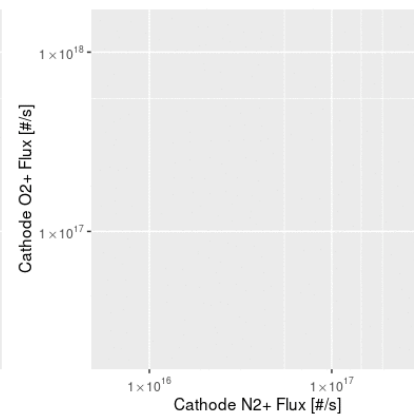
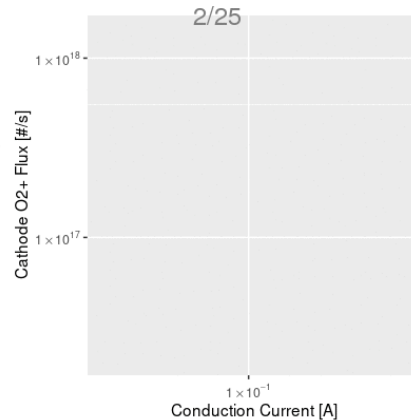
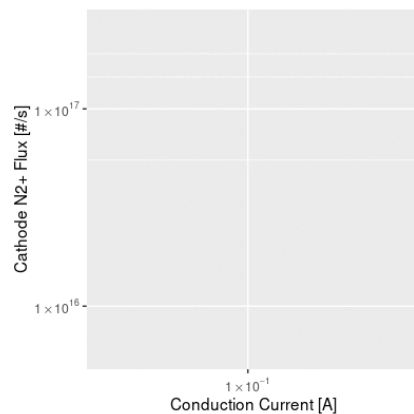


B-2) 最適化の過程 (動画)

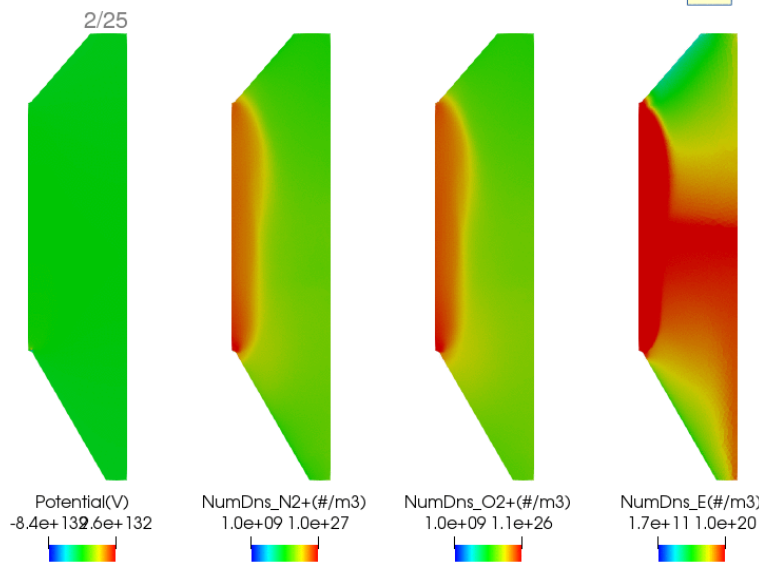


シミュレーション開始

次の提案



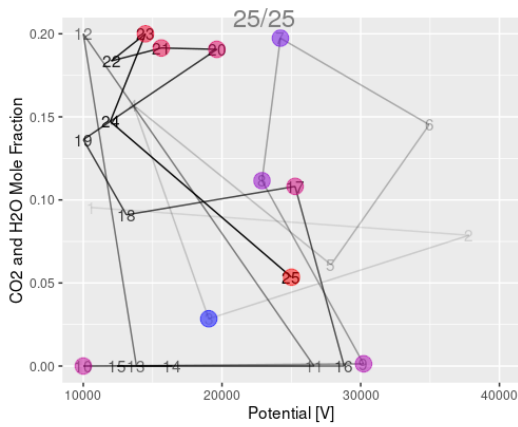
シミュレーション結果 放電が起こった場合は図に追加



電位分布 N_2^+ の粒子数密度分布 O_2^+ の粒子数密度分布 電子密度分布

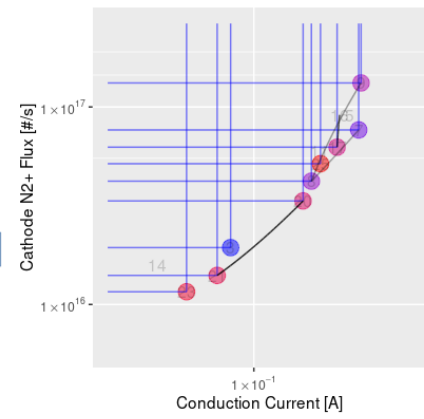
このページの動画は、
処理の流れの説明のため
作成したものです。
プラズマのシミュレーション
には、一回ごとに、
計算の規模に応じて時間が掛かります。

B-2) 最適化の過程 (25ステップ目)

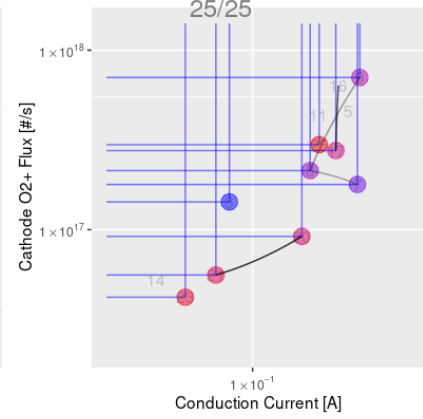


シミュレーション開始

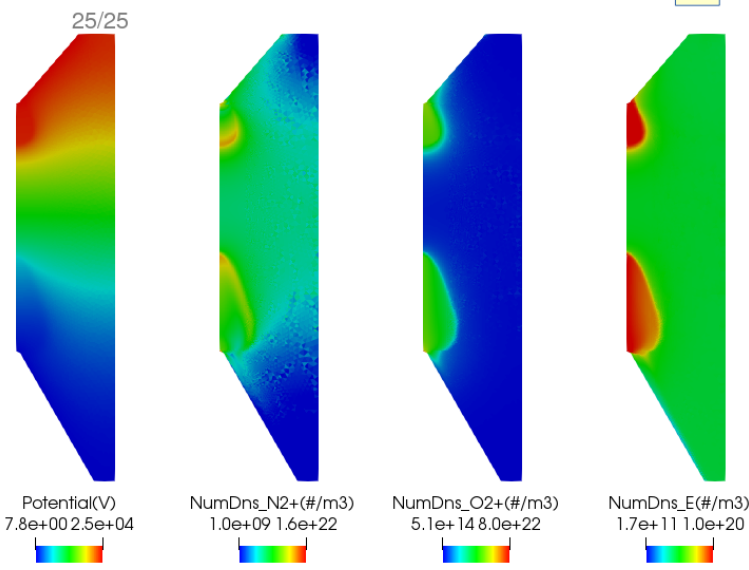
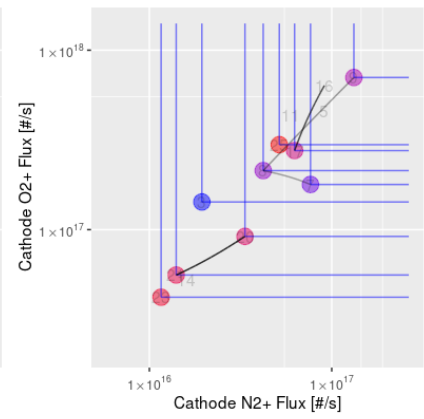
次の提案



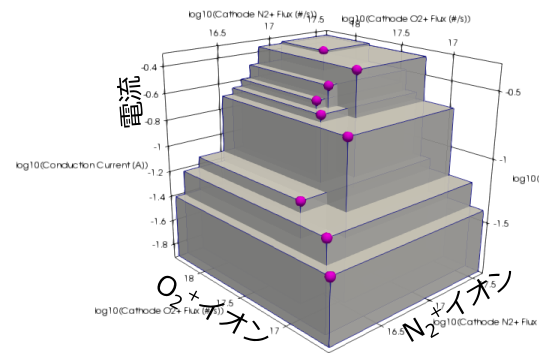
シミュレーション結果



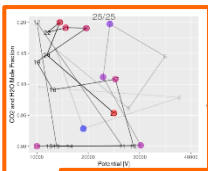
放電が起こった場合を作図



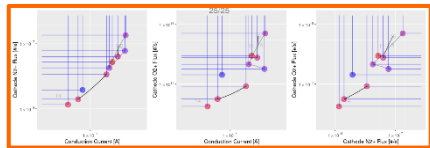
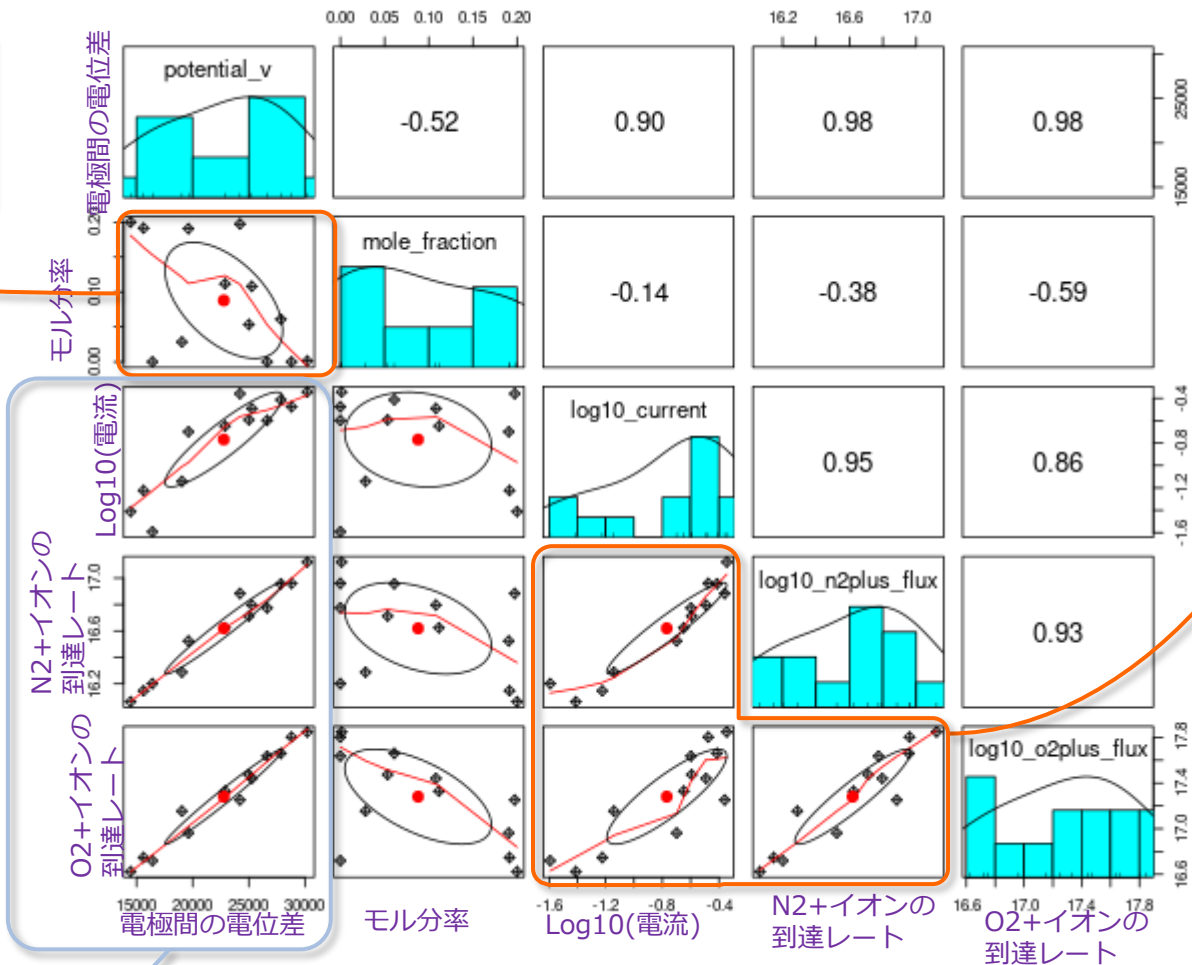
電位分布 N_2^+ の粒子数密度分布 O_2^+ の粒子数密度分布 電子密度分布



散布図行列



動画の
左上の図



動画の
右上の図3枚

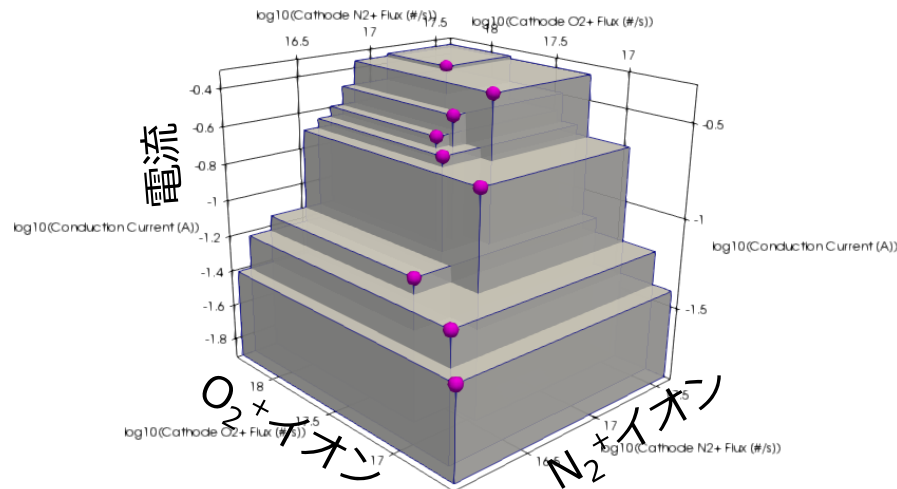
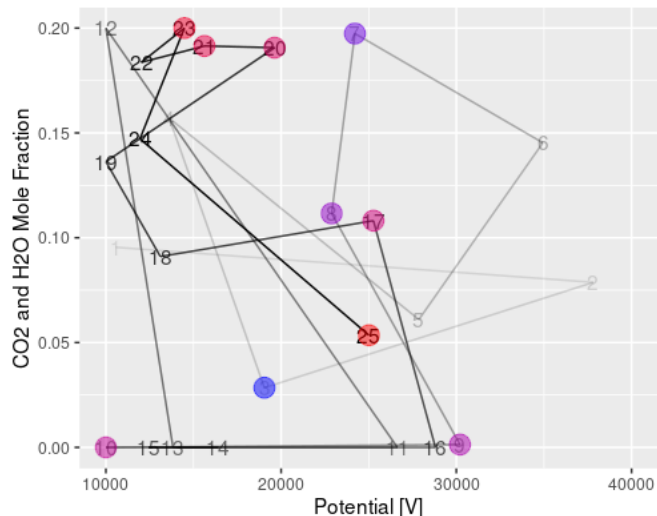
電極間の電位差
モル分率

Log10(電流)
N2+イオンの
到達レート
O2+イオンの
到達レート

電極間の電位差 モル分率 Log10(電流) N2+イオンの
到達レート O2+イオンの
到達レート

電位差が増えると、目的変数3つはすべて増える
という関係が読み取れる。

B-4) 結論



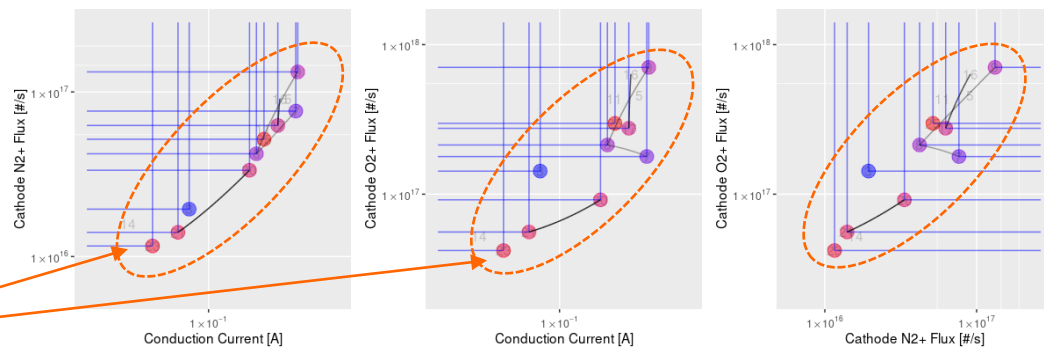
広い説明変数の範囲を効率的に探索した。

電流が流れない、あるいは電流値が発散する例を除くと、

目的変数3つが互いに、一方が増えればもう一方も増える、といった関係になっていて、

トレードオフの関係にはなっていない。

前頁の「電位差が増えると、目的変数3つはすべて増えるという関係」も併せると設計者は、説明変数の一つ、電位差に注目すればよいことがわかる。



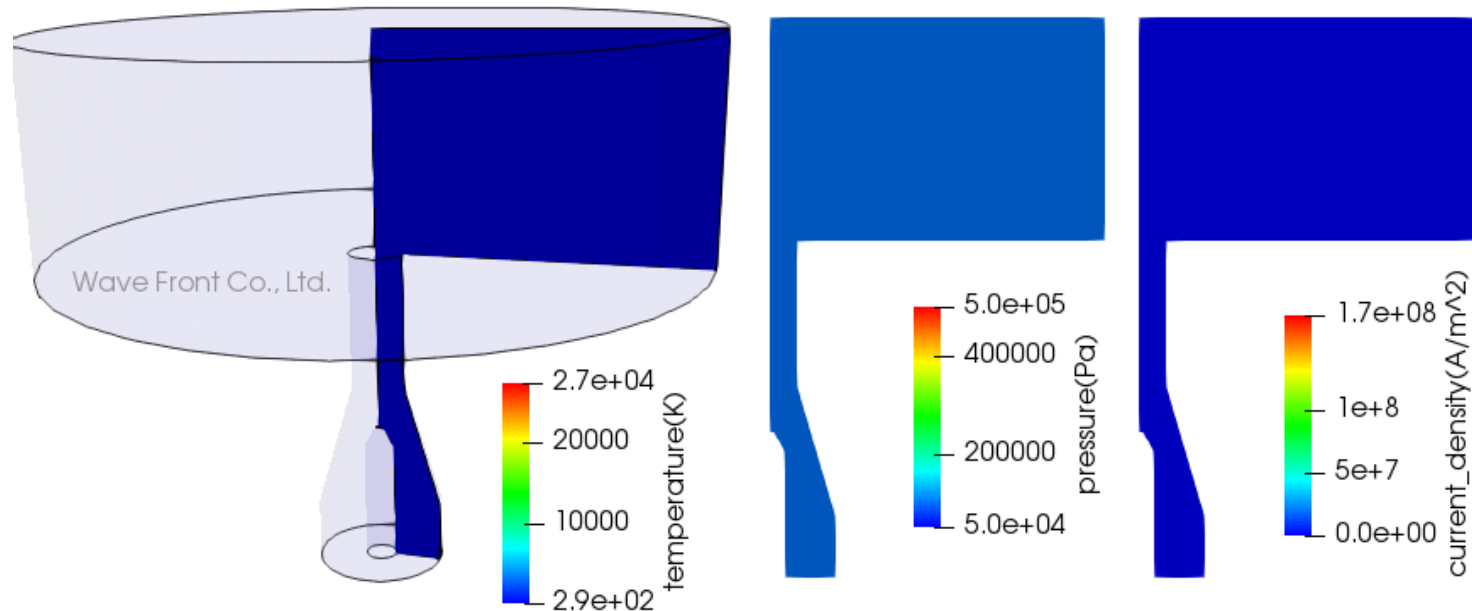
C-1) 目的変数がトレードオフの関係になる例

高温プラズマの計算例（使用ソフト：VizSpark）を紹介する。
最適化の対象とするシミュレーションは、プラズマトーチである。
電極間に電流を流して熱プラズマを発生させるとともに、
気体に圧力をかけて噴出させる。

（図の下端から高圧の気体が流入する。気体が装置内で加熱されて、
高温、高速になった気体が上に噴出している）

弊社ホームページの動画

Time: 0.00 ms



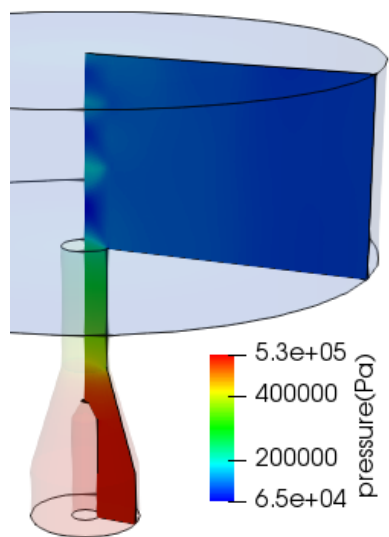
C-2) 説明変数と目的変数

温度が高く、流速が早く、かつ、ジュール熱（≒消費電力）が小さい放電条件を探す。

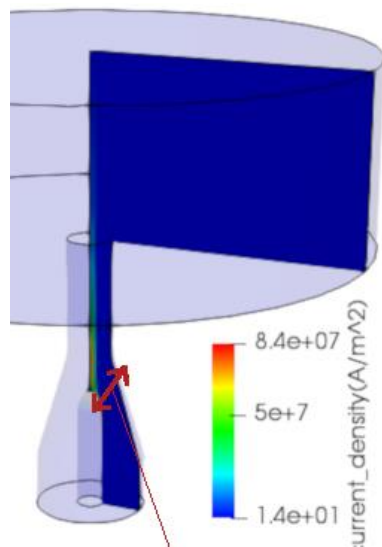
説明変数：

流入口の気体の圧力 (Pa)

電流 (A)



流入口の
気体の圧力



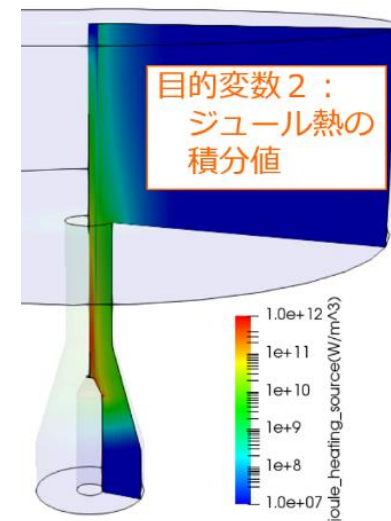
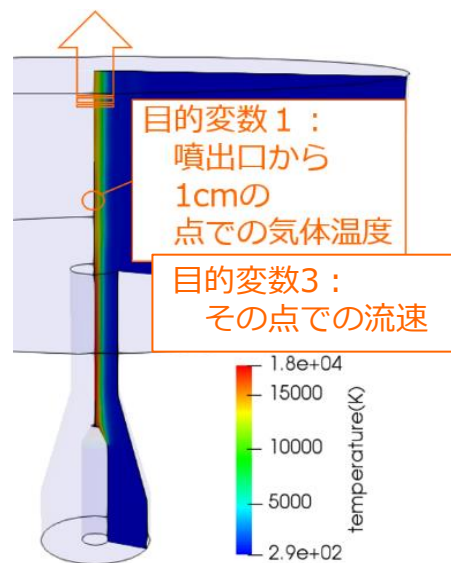
電極間の電流

目的変数：

噴出口から1 cm の点での温度 (K)

噴出口から1 cm の点での流速 (m/s)

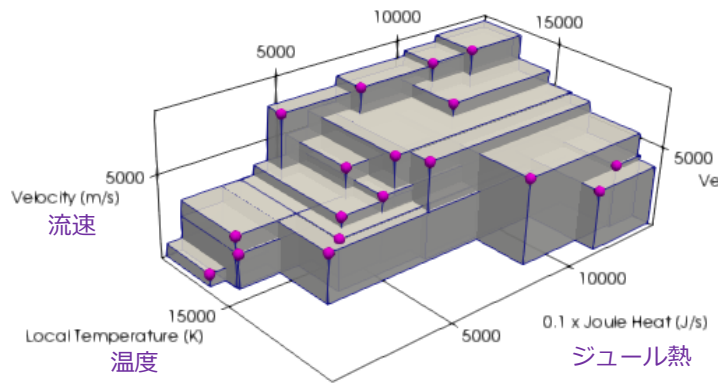
気体全体のジュール熱 (J)



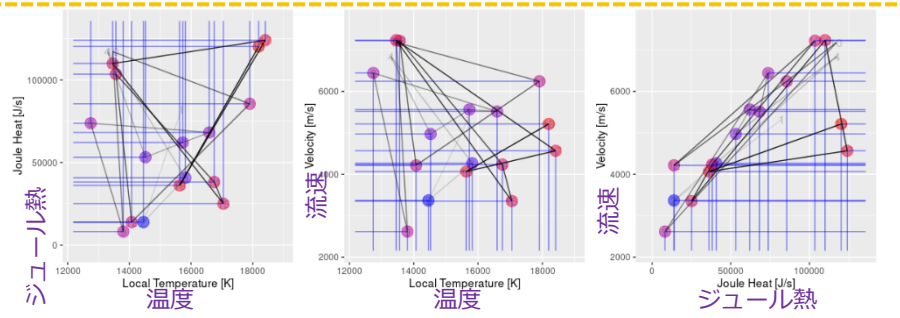
目的変数2：
ジュール熱の
積分値

C-3)結果 (目的変数の図、 散布図行列)

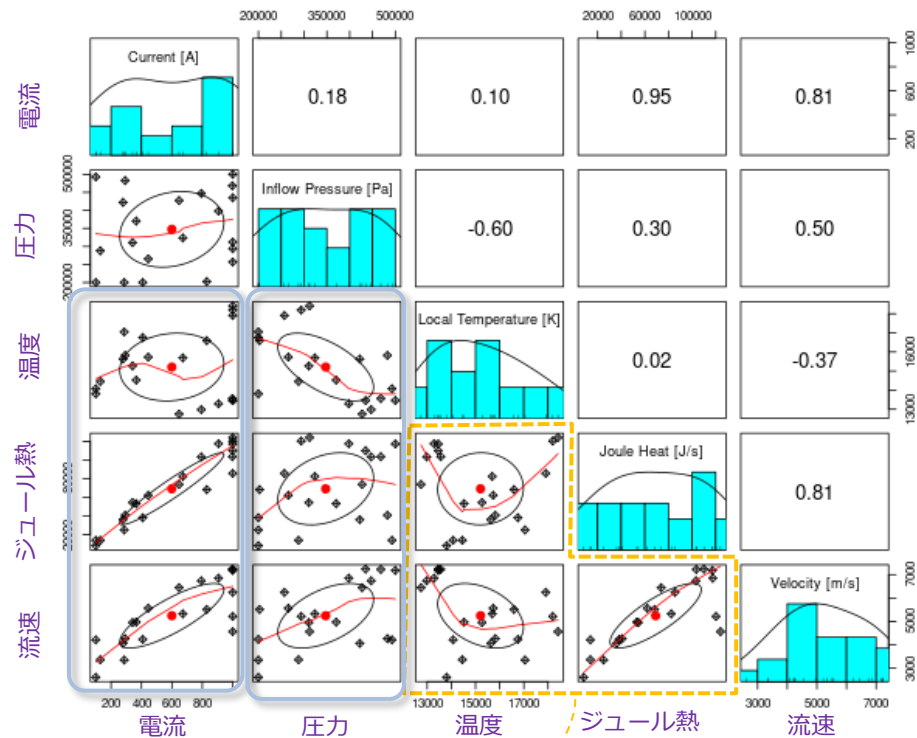
目的変数の3次元図



目的変数の2次元図



説明変数2つ、目的変数3つの 散布図行列



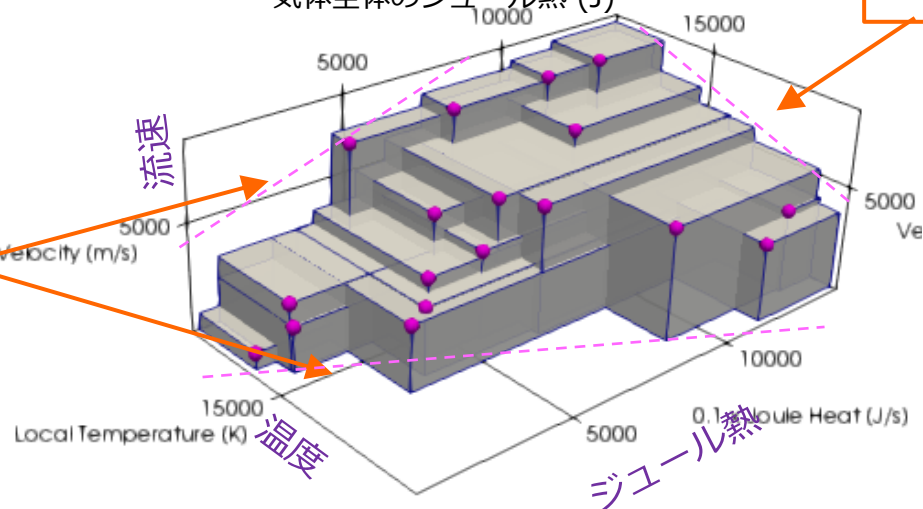
C-4)目的変数の関係

目的変数の間の関係を3次元で図示した。
この例では、トレードオフがある。

目的変数：
噴出口から1 cm の点での温度 (K)
噴出口から1 cm の点での流速 (m/s)
気体全体のジュール熱 (J)

ジェットの流速を
上げようとする、
温度が下がってしまう

温度や流速を
上げようと
すると、
消費電力
(ジュール熱) が
増えてしまう



この図によって、設計上のトレードオフの存在と、その詳細
例えば、
温度を *** K 以上、流速を *** m/s 以上にしようとする
ジュール熱は *** 以上になる、電流と圧力をどうすればよいか…など
が理解できる。

conclusion

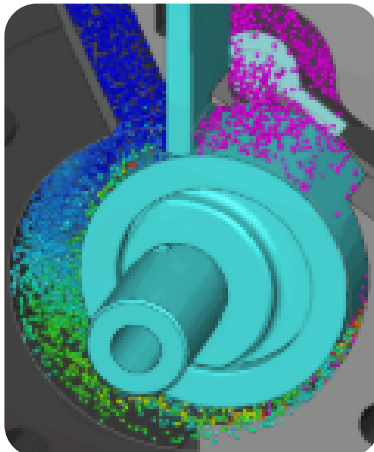
目的が複数ある場合の最適化について、
シミュレーションソフトを用いた例を紹介しました。

- ✓ 広い説明変数の範囲を効率的に探索
- ✓ 説明変数同士、目的変数同士の関係が見える
- ✓ 目的どうしがトレードオフの関係か？が見える

弊社取り扱いソフト (VizGlow, VizSpark)
とオープンソースソフトを組み合わせたソリューション

最適化ツールのご紹介

CAEソリューション (流体解析)



プラズマ解析ソフトウェア

- VizGlow / VizSpark / Particle-PLUS / DSMC-Neutrals

材料開発統合シミュレーション

- Materials Studio

ターボ機械設計支援システム

- Cfturbo

ポンプ・バルブ専用熱流体解析

- Simerics MP+

<https://www.wavefront.co.jp/>

終わりに

- セミナー終了後、アンケートにご協力をお願いします。
* ご質問ご要望がございましたら、お気軽にご連絡ください。
- 本日の解析事例資料をご提供いたします。

ご参加ありがとうございました