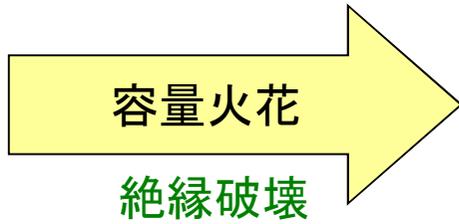
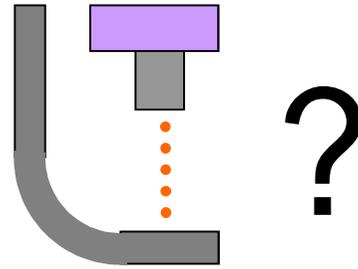

ストリーマ放電及び活性種生成の 3次元シミュレーション

株式会社ウェーブフロント



ストリーマ放電

アーク放電

活性種生成



ナノ秒



マイクロ秒



ミリ秒

本発表で行うこと

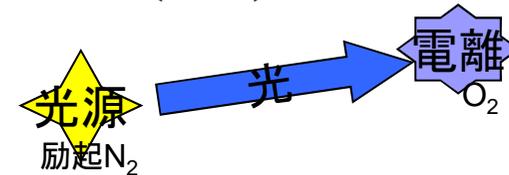
- ストリーマ放電

- 化学反応

のシミュレーションソフト,
作成と動作検証

- 電離 $\alpha = A \cdot p \cdot \exp\left(\frac{-B}{E/p}\right)$

- 光電離



- その他化学反応

$$(\text{レート}) \propto A_i \cdot \exp\left(\frac{-B_i}{E/p}\right)$$

- 電場

$$E = -\nabla \phi$$

$$-\epsilon \nabla^2 \phi = (\text{電荷密度})$$

- 電子の運動

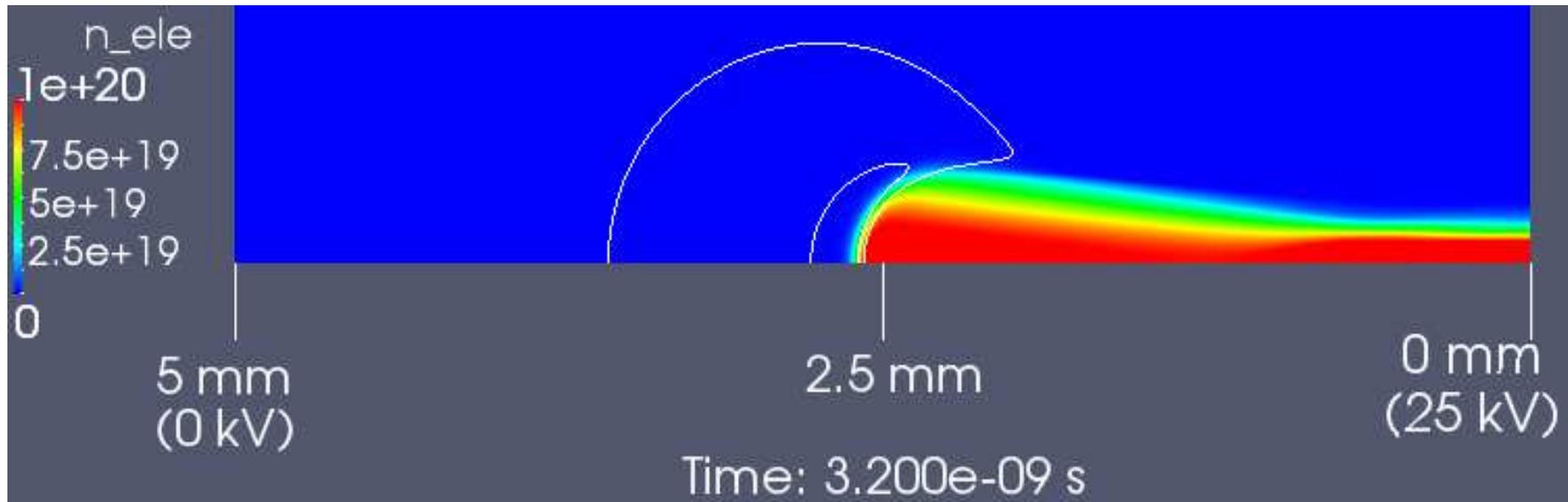
$$(\text{flux}) = -D \nabla n_e - \mu n_e E$$

- イオン, その他分子

平板電極間

まず軸対称形状で計算し、
既存研究と比較する。

色: 電子密度 ($0 \sim 10^{20} \text{ m}^{-3}$)
等値線: 換算電場 250, 500, 750 Td



状況設定は A.A.Kilikovsky, J. Phys. D: Appl. Phys. 28, 2483 (1995)と同様:

陽極も陰極も平板。電極間距離 5mm, 電位差 25 kV。

気体: N_2 (99.5%), O_2 (0.5%), 1気圧

電子のモビリティ $\mu=0.03815 \text{ m}^2/(\text{V s})$

電子の拡散定数: $D=0.18 \text{ m}^2/\text{s}$

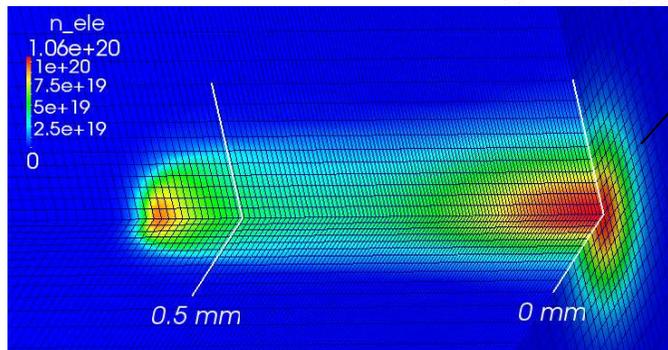
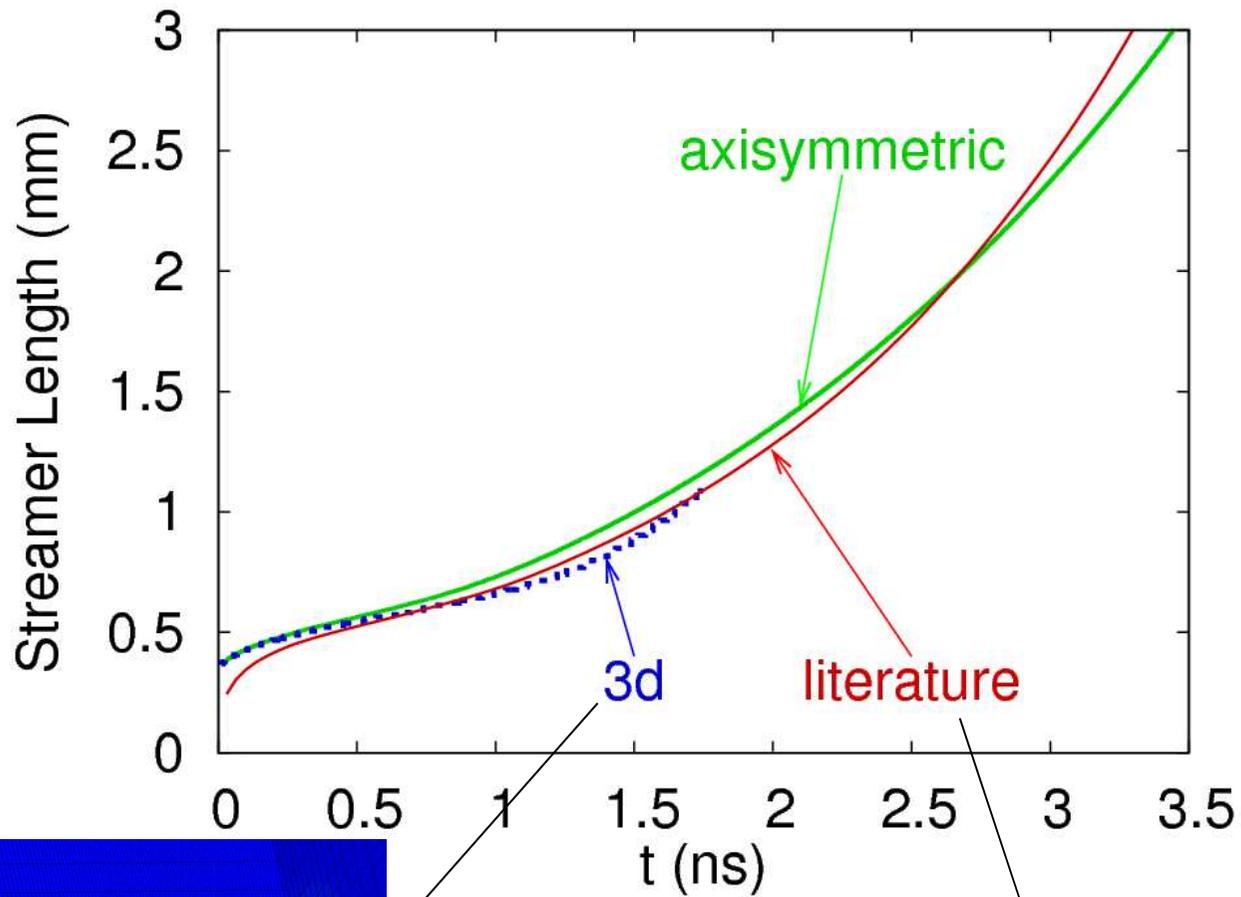
電離 ($\text{N}_2 \rightarrow \text{N}_2^+ + \text{e}$) の係数

$$\alpha[\text{cm}^{-1}] = N \times 1.61 \times 10^{-16} \exp\left(\frac{-735}{E'[\text{Td}]}\right)$$

計算領域 5mm x 5mm

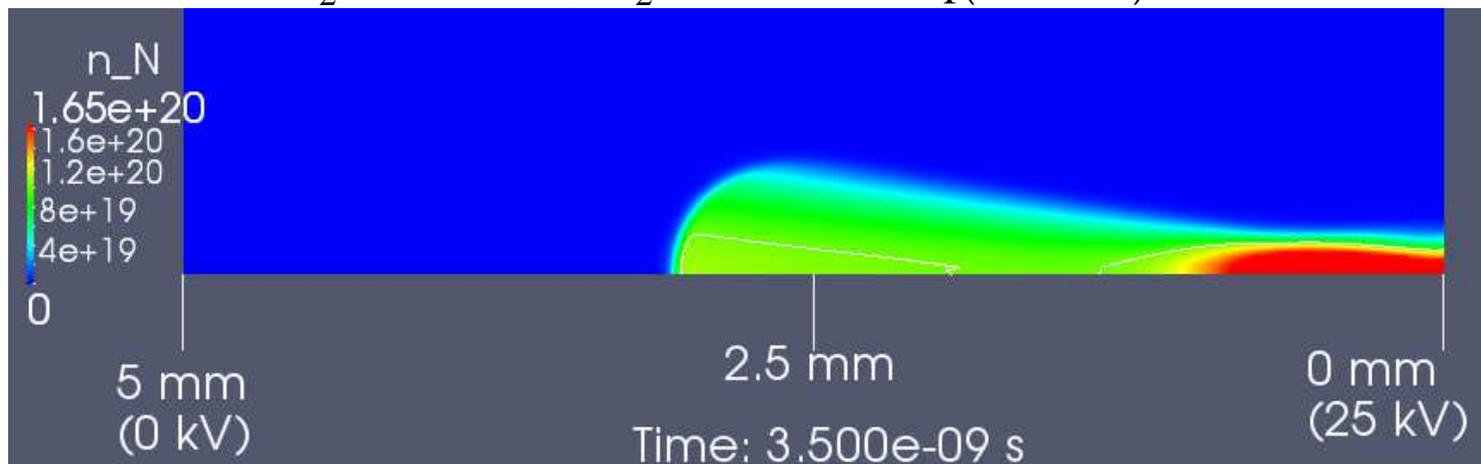
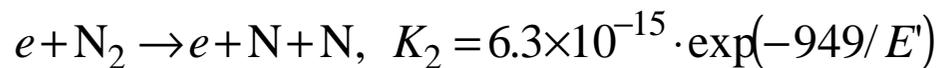
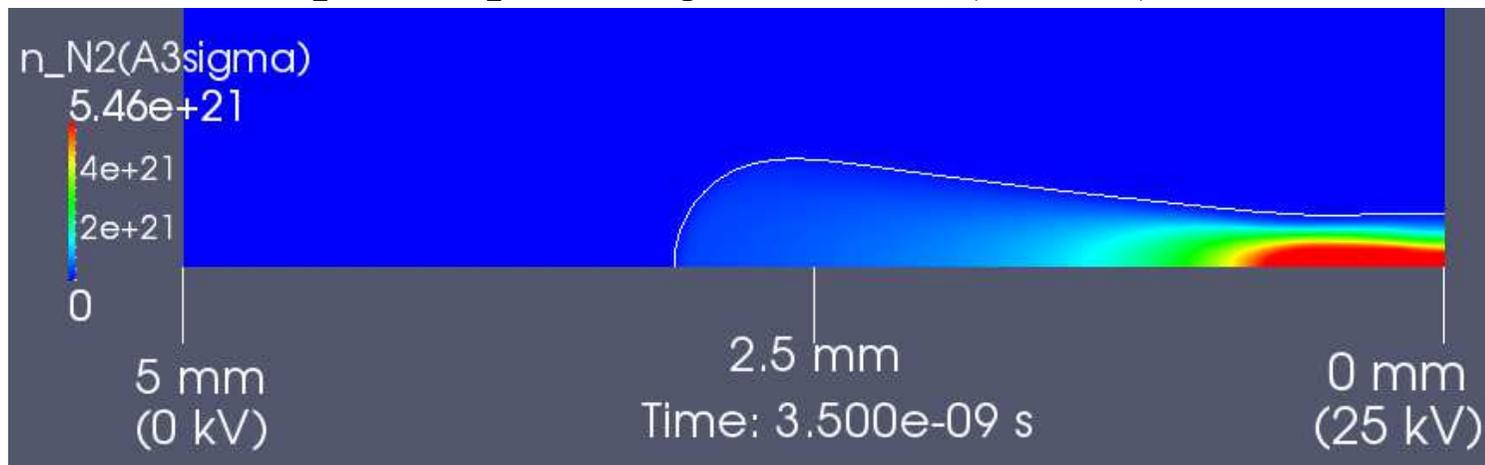
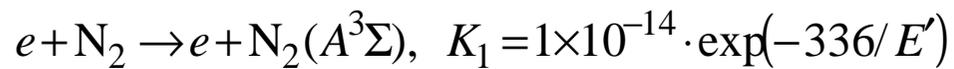
計算格子数 1310 x 118=154580セル

ストリーマ速度の比較

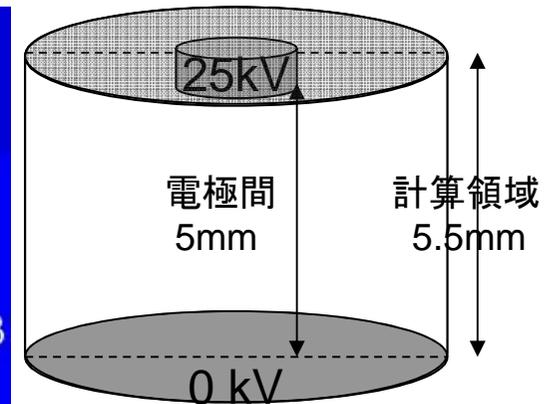
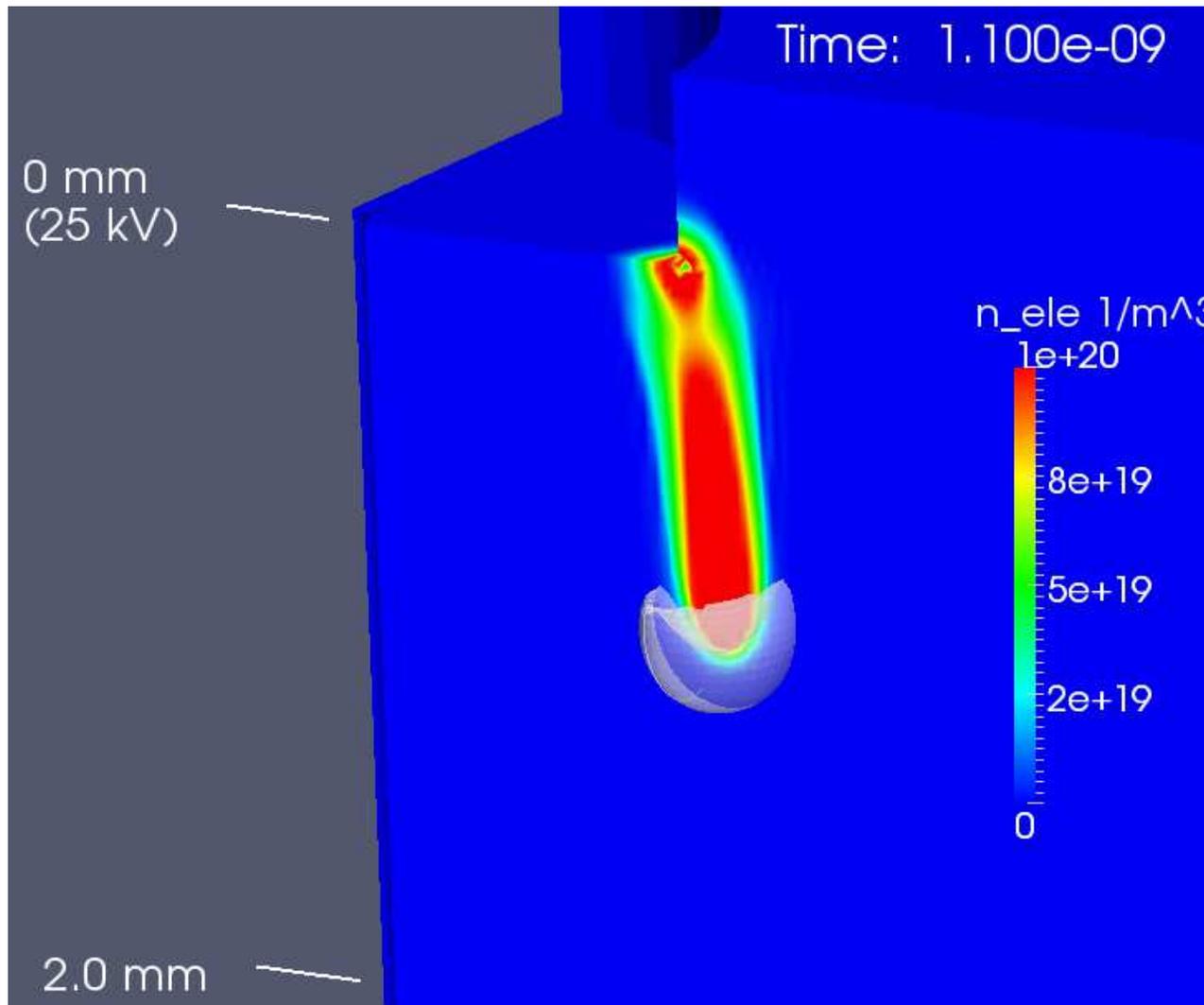


A.A.Kilikovsky,
J. Phys. D: Appl. Phys. 28, 2483 (1995)

化学反応



3次元計算



色: 平面上の電子密度

曲面: 電場 400 Tdの等値面

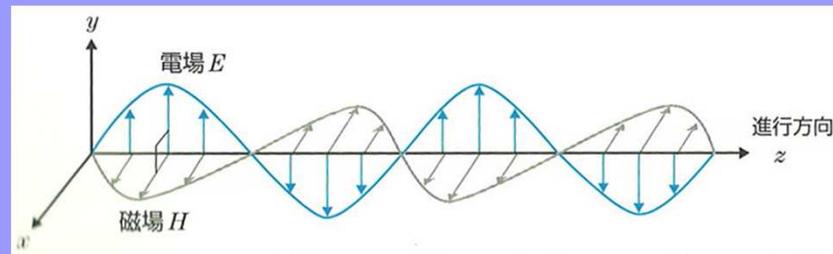
セル数: 784,762

電磁波

- 電場 $E = -\nabla\phi$
 $-\epsilon\nabla^2\phi = (\text{電荷密度})$
- 電子の運動 (flux) $= -D\nabla n_e - \mu n_e E$

電磁波

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\mu \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t}$$
$$\nabla \times \mathbf{H} = \epsilon \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} + (\text{電流})$$

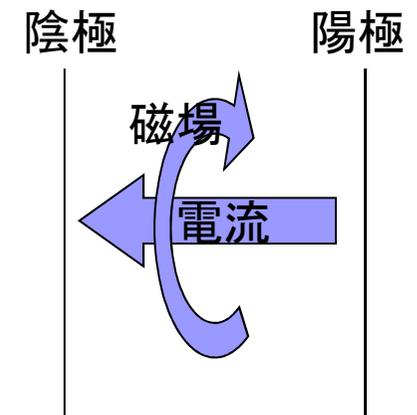
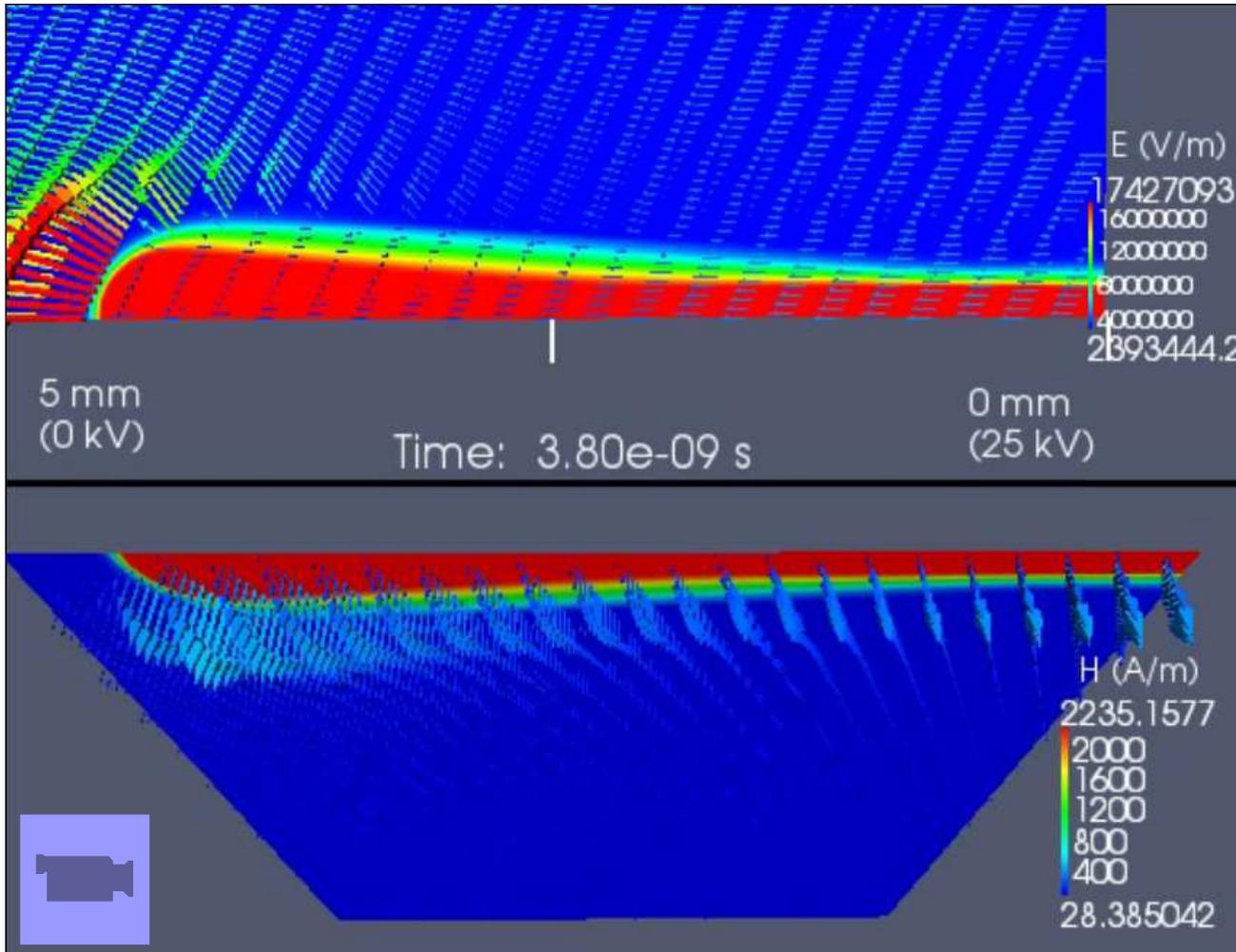


ローレンツ力

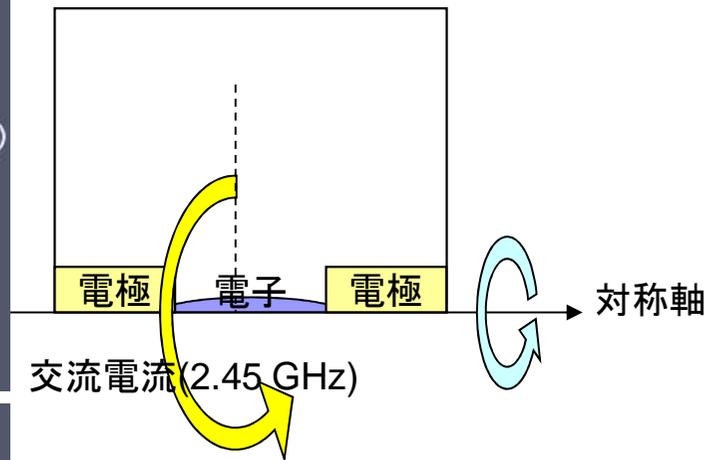
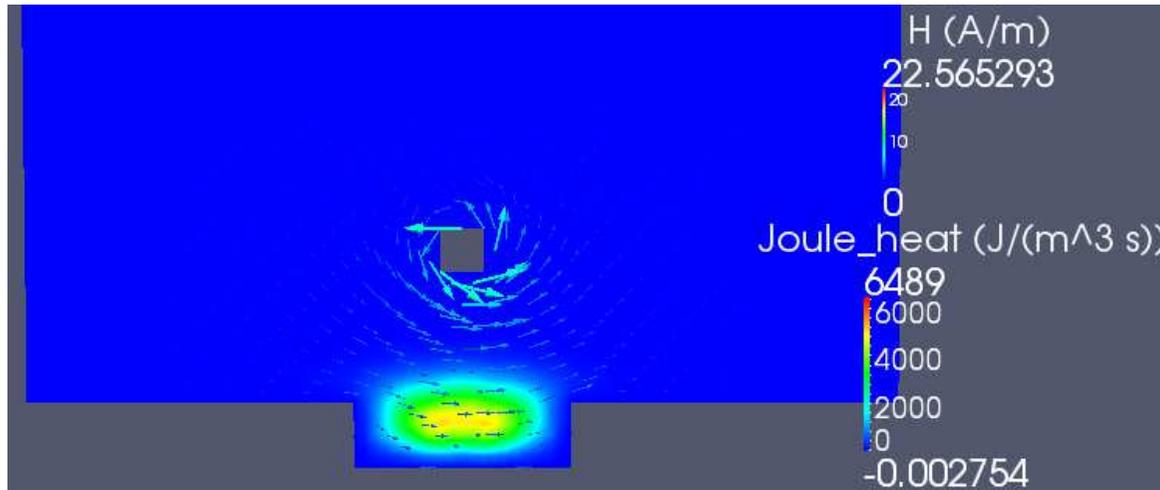
$$\mathbf{F} = q(\mathbf{v}_e \times \mathbf{B})$$

電磁波の図:
図解入門 よくわかる
光学とレーザーの基本と仕組み / 秀和システム

電場と磁場



コイル



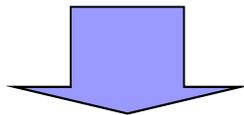
電極間に電子があることを仮定
(ピーク密度 10^{20} m^{-3})
↓
電子の集団の表面が加熱されている

まとめ

ストリーマ進展, および化学反応をシミュレートする
ソフトウェアを開発した

任意形状(軸対称及び3次元形状)に対応

電磁波の伝播や電子による吸収を考慮できる



電極配置, コイルの配置や周波数の検討に
適用していく予定

株式会社ウェーブフロント
www.wavefront.co.jp