

「IoT活用によるものづくりのための基礎セミナー」 第1回

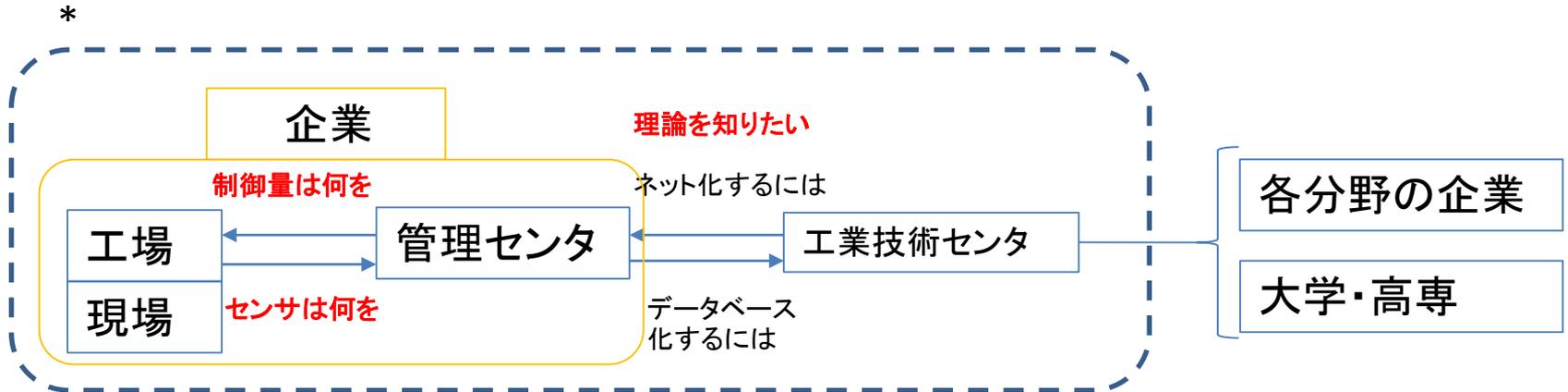
2016年11月16日(水) 13:00-16:50
電気通信大学創立80周年記念会館「リサーチ」3階

<主催>

計測エンジニアリングシステム株式会社
(COMSOL Multiphysics® 国内販売総代理店)
〒101-0047 東京都千代田区内神田1-9-5
TEL. 03-5282-7040
<http://www.kesco.co.jp/>
<https://www.comsol.jp/>

ご挨拶

インターネット利用のものづくり(IoT: Internet of Things)は、産業革命に例えられるように大きな希望と利益をもたらしてくれると期待されています。現状では、センサはいろいろなものがすでに開発され、利用可能な状況にあります。一方でセンサそのものと測定される現象を知る必要があります。本セミナーは新時代を勝ち抜いていくために必要な基礎理論と、数値計算による実現方法を解説します。数値計算手法としてセル・オートマトン(CA)と有限要素解析(FEM)を紹介します。



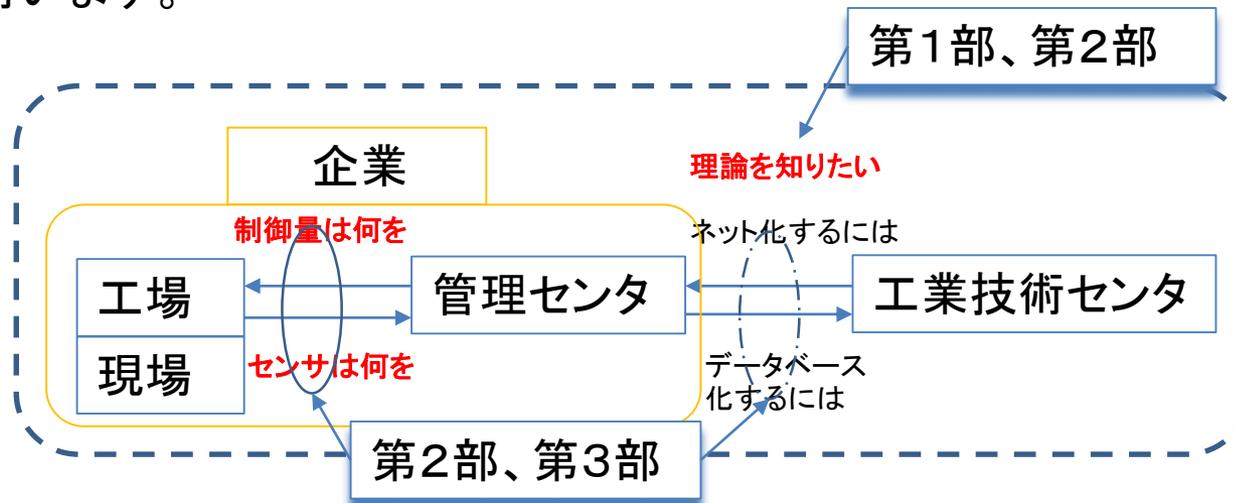
*破線内は企業グループで置き換えることもできる。
工業技術センタは研究開発センタとも考えられる。

今回の内容

第1部「エンジニアのための電気化学入門」では電気化学に関する理論とCA(セル・オートマトン)について、林茂雄先生(電気通信大学名誉教授)から解説していただきます。電気化学は、ナノマイクロセンサのめっき、微細加工、発電、蓄電、といったことと深く関係しています。

第2部「電気化学・構造・伝熱の計算入門」では数値計算法として有限要素解析をつかった拡散、センサに生じる変形・温度分布といったことを解説します。

第3部「電気めっき・腐食の計算入門」では有限要素解析をつかった回転電極、ガルバニ腐食について解説します。ここでは、COMSOL Multiphysicsによって、センサの適切な選択とインターネットによる制御・管理・データ収集の可能性についても解説を行います。



今回の内容とIoTで必要な技術の関連

IoTで注目のセンサ技術

1. 社会インフラ/環境/防災/農業モニタリング
2. スマートヘルスケア/ウェアラブルシステム
3. コネクテッドカー/UAV&ロボット
4. 産業/製造業/エネルギーシステム

第3部

共通項目

電気めっき: 回転電極センサ
腐食: 現場のモニタリング

見る: 光センサ、赤外線センサ
聞く: 超音波センサ、マイクロフォン
嗅ぐ: ガス検知センサ
味わう: イオンセンサ、バイオセンサ
感覚: 温度/湿度センサ、圧力センサ
触覚: 触覚センサ、歪センサ

電気化学

固体力学

伝熱

音響

電磁気

第1部、第2部

センサ普及の鍵

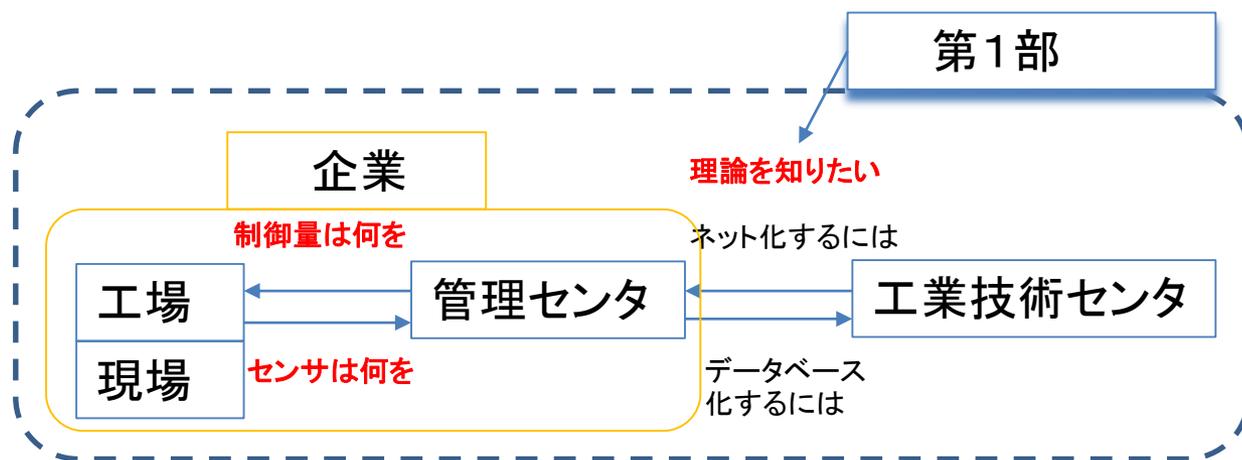
小型・低価格センサデバイス:
MEMS型、印刷型

低消費電力長距離ワイヤレス:
LPWA型WPAN
Low Power Wide Area
Wireless Personal Area Network

小型・低価格エネルギーハーベスト:
高効率振動発電

参考:ものづくり技術交流会@神奈川県産業センタ 2016 10.28
トリリオンIoT- センサが創るIoTの将来社会- 木下泰三(日立製作所)

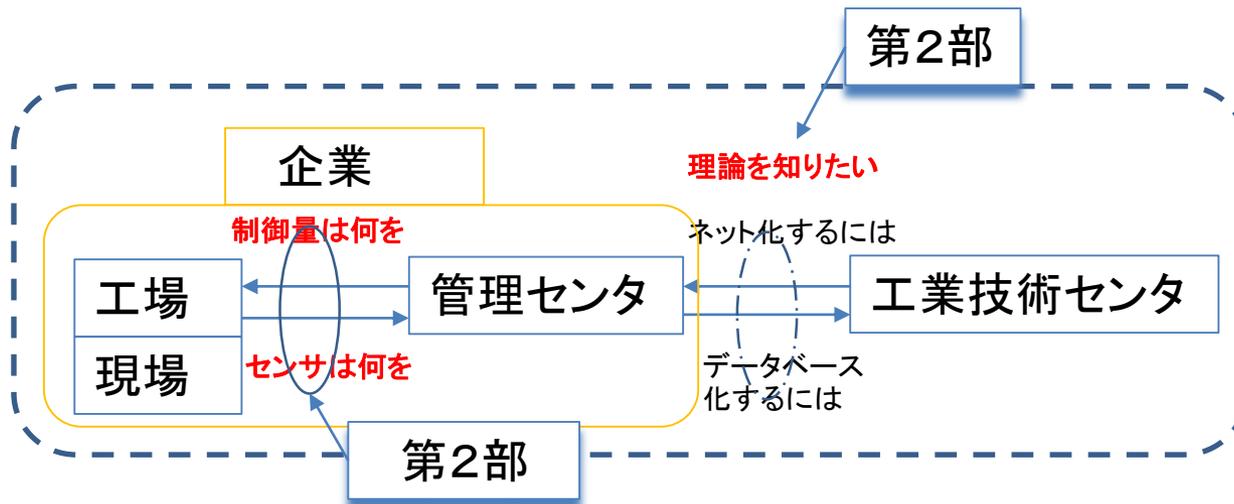
第1部「エンジニアのための電気化学入門」



林先生のご講義内容

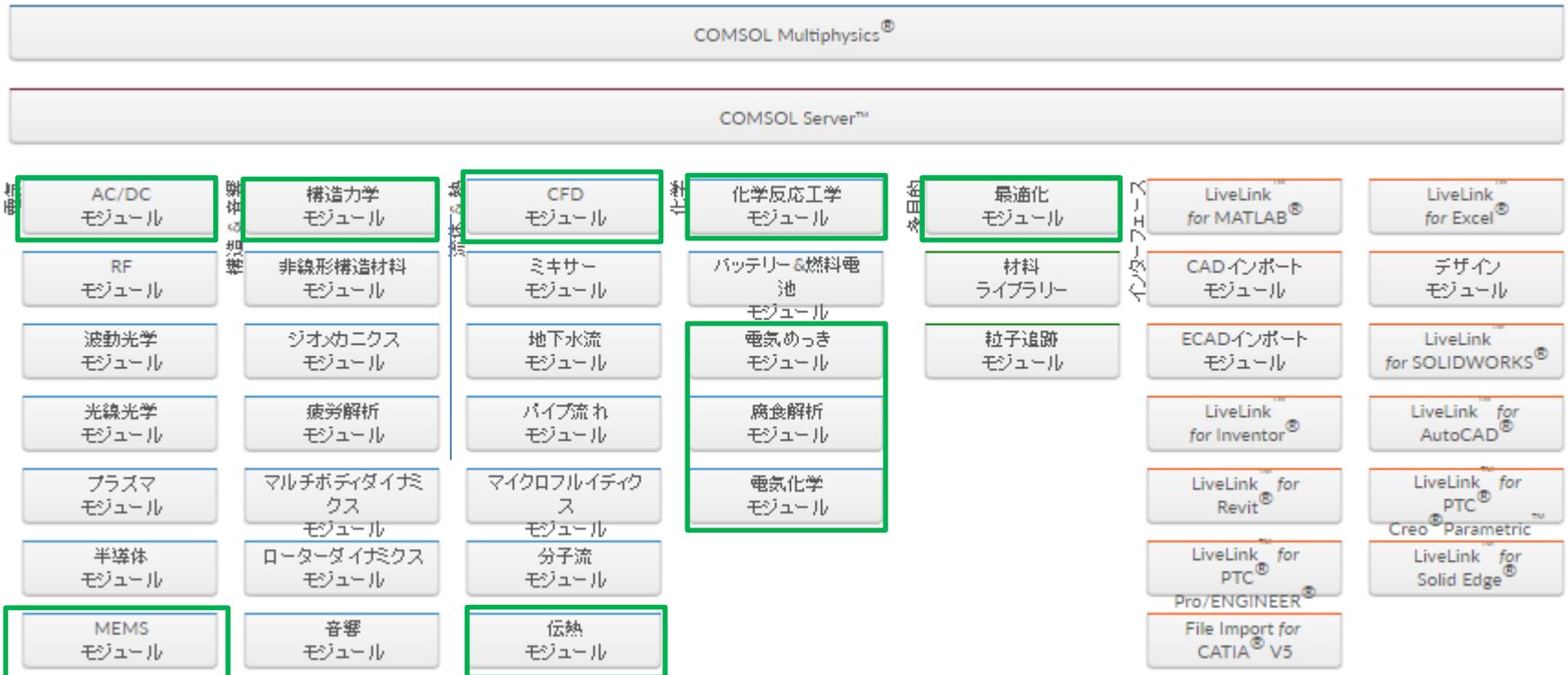
休憩(10分)

第2部「電気化学・構造・伝熱の計算入門」



COMSOL Multiphysics

製品群



COMSOL Multiphysics® Ver.5.2a

有限要素解析(偏微分方程式、常微分方程式、代数方程式、最適化、粒子追跡含む)

COMSOL Desktop®

GUI メニュー: コンテキスト/リボン
入力: マウス、キーボード

モデルビルダ/アプリケーションビルダ

シーケンス: 追加、削除、並べ替え

形状定義、物理、メッシュ、計算、可視化

データインポート/エクスポート

COMSOL Server®

アプリケーションビルダで作成されたシミュレーションアプリの配布、管理、実行

外部ファイル: 実験値、計算値**
メッシュ、ジオメトリ、STL

**異種メッシュ上のデータ入力可

フィジックス/材料/最適化/LiveLink/CAD

COMSOL Multiphysics®(基本)

専門モジュール

材料ライブラリ、粒子追跡、最適化

LiveLink for: MATLAB®, Excel®, CAD*

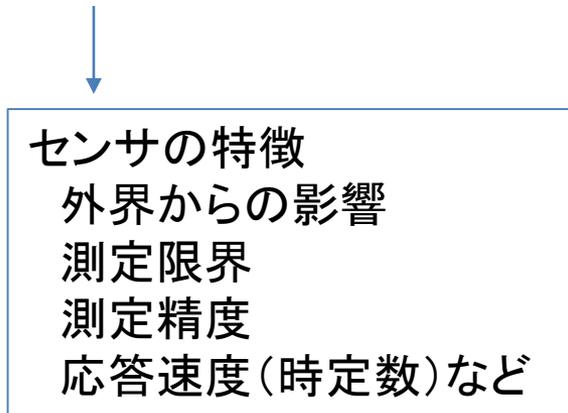
モジュール: CAD/ECAD インポート、デザイン

MATLAB®, Excel®

*SOLID Works®他

センサーと被測定系を「共に知る」ことの重要性

センサの測定原理＝物理 → 理論を知る必要がある。



の原理的な理解が可能となり、適切なセンサ選択につながる。

センサの**選択**＝被測定物の状況に左右される

センサの**配置**＝被測定物の状況に左右される

センサの動作原理を知る

理論：拡散

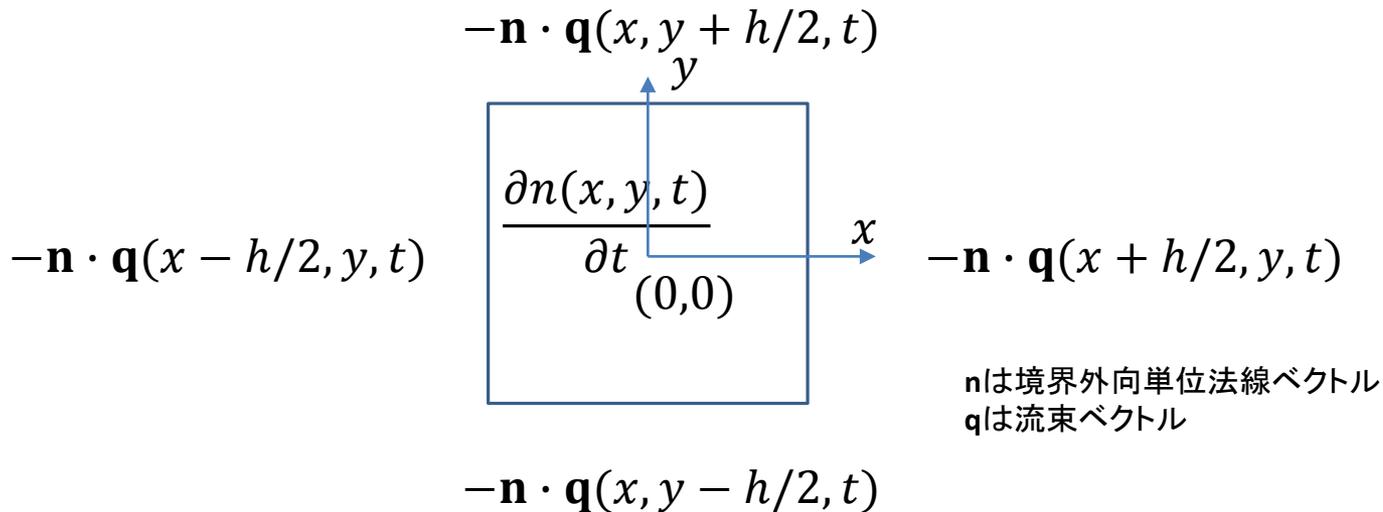
辺長hの正方形領域の境界から流入する流束(flux)の総和が領域内の物理量の時間変化率を決める。

フィックの拡散則 $\mathbf{q} = -D\nabla n = -D \begin{pmatrix} n_x \\ n_y \end{pmatrix}$ ↑ 拡散係数

$$\iint \frac{\partial n}{\partial t} dx dy = \oint (-\mathbf{n} \cdot \mathbf{q}) ds \rightarrow \frac{\partial n}{\partial t} = -\left(\frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y}\right) (= -\nabla \cdot \mathbf{q}) \rightarrow \frac{\partial n}{\partial t} = D \left(\frac{\partial^2 n}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 n}{\partial y^2}\right)$$

$$\frac{\partial n}{\partial t} h^2 = -q_x \left(x + \frac{h}{2}, y, t\right) * h + q_x \left(x - \frac{h}{2}, y, t\right) * h - q_y \left(x, y + \frac{h}{2}, t\right) * h + q_y \left(x, y - \frac{h}{2}, t\right) * h$$

$$= -\left(\frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y}\right) h^2 \quad \text{テーラー展開後、式を整理する.}$$



理論：移流のある熱伝導

移流のある熱伝導方程式

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} + \rho C_p \mathbf{u} \cdot \nabla T + \nabla \cdot \mathbf{q} = Q$$

フーリエの法則 $\mathbf{q} = -k \nabla T$

移動速度の影響

熱伝導係数kが一定とすると

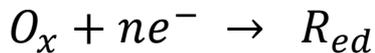
$$\nabla \cdot \mathbf{q} = -k \nabla^2 T$$

右辺に移項すれば
拡散項と同じ形になる。

偏微分方程式による記述は他分野への応用が容易である。

ただし、CAと違って、分野ごとに時間刻み・空間メッシュ幅への解の依存性が異なる場合があるので物理を理解しながら計算を行う必要である。

理論：偏微分方程式による電気化学



支配方程式
(ある仮定のもとでの表現)

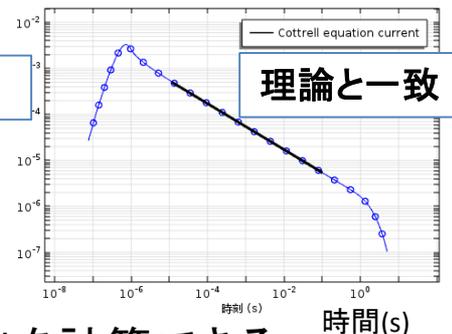
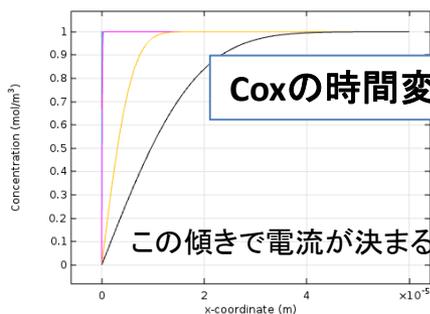
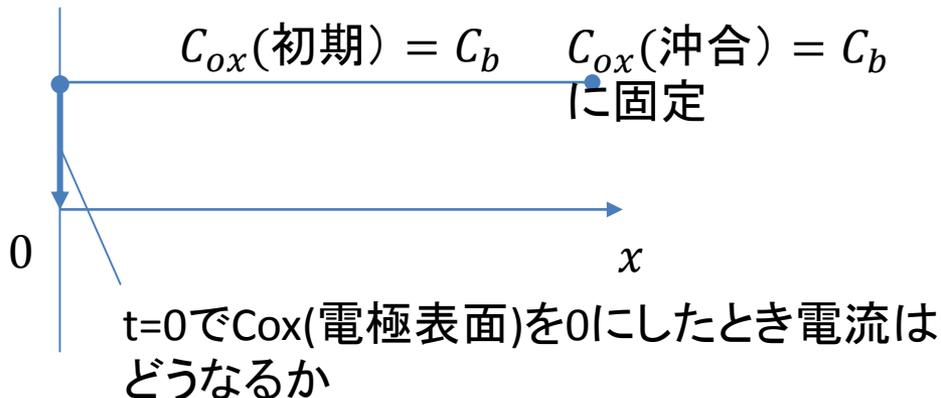
$$\frac{\partial C_{ox}}{\partial t} = D_{ox} \frac{\partial^2 C_{ox}}{\partial x^2}$$

$$J_{Ox}(\text{壁}) = D_{ox} \frac{\partial C_{ox}}{\partial x}(\text{壁})$$

$$i = nFA (-J_{Ox}(\text{壁}))$$

関与電子数

ファラデー定数



電極表面での電流 (A)を計算できる。

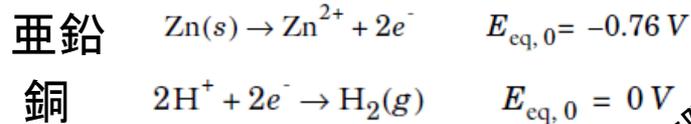
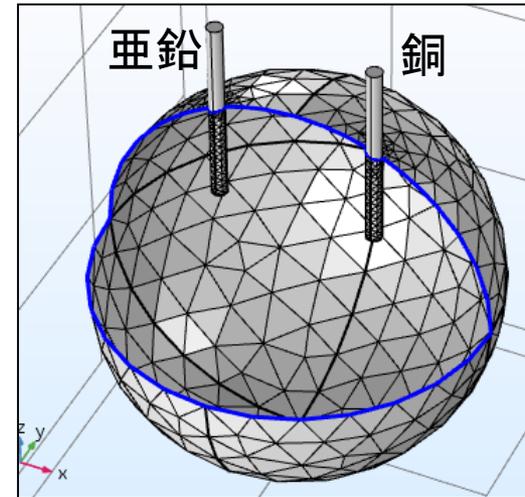
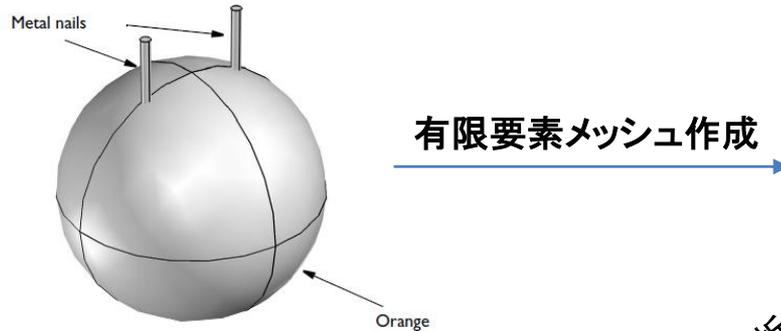
▼ 変数		
名前	式	単位
i_el	$-F_const * A_el * elan.tflux_cx$	A

参考 林茂雄著「エンジニアのための電気化学」

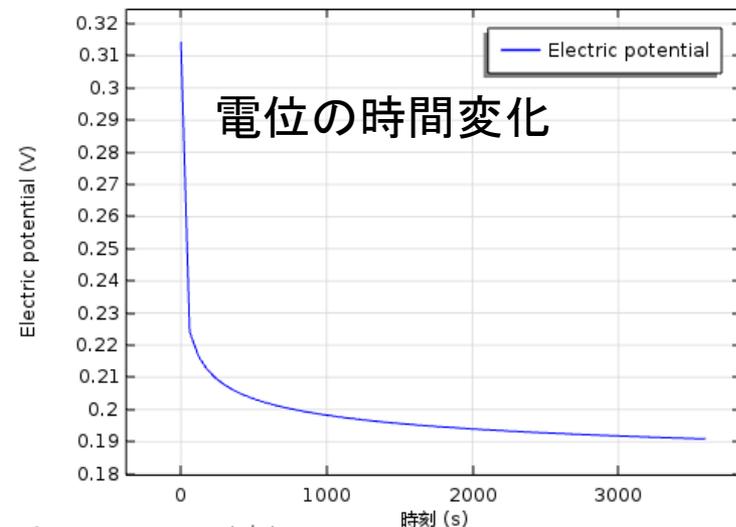
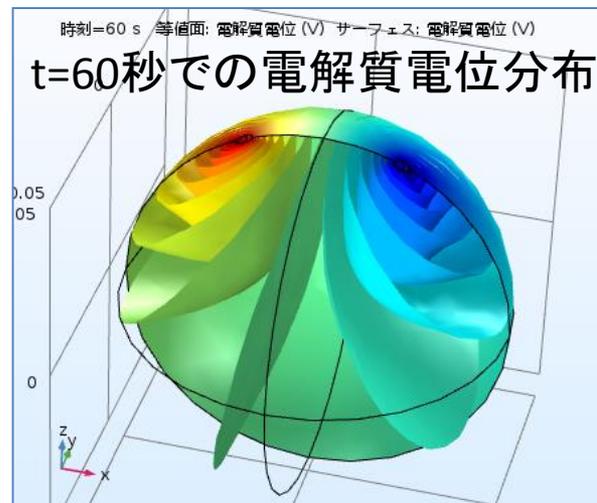
IoT活用モノづくりセミナー 2016 11.16(水)

高次元への拡張が容易

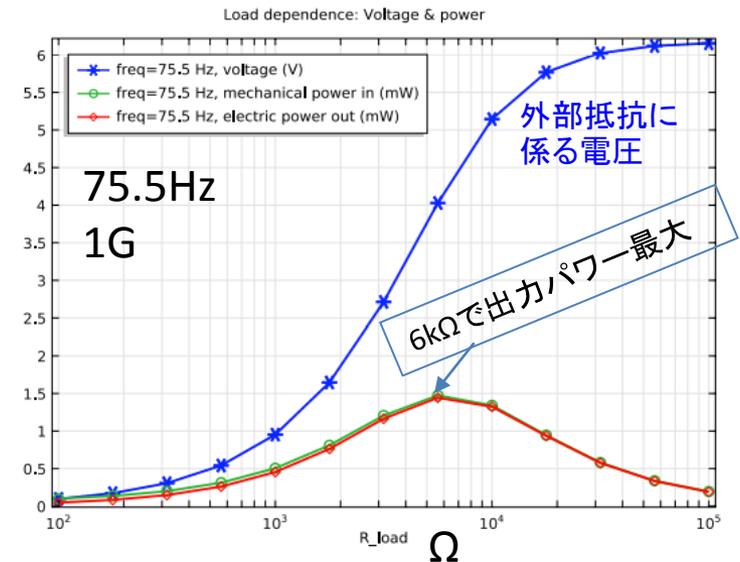
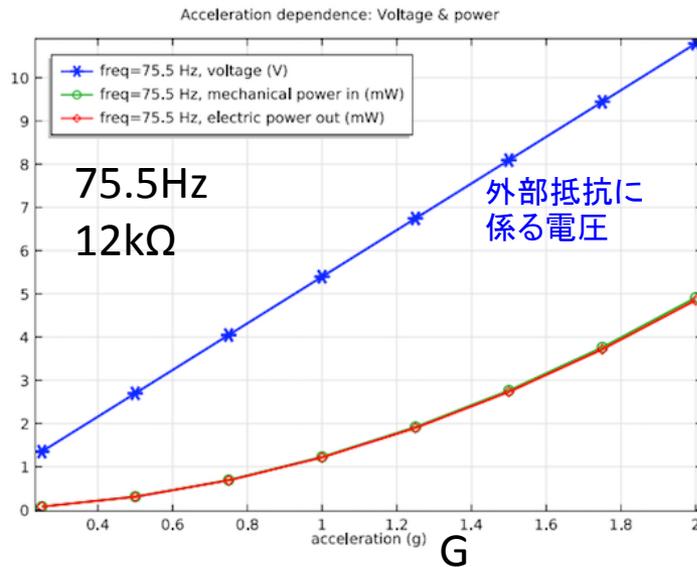
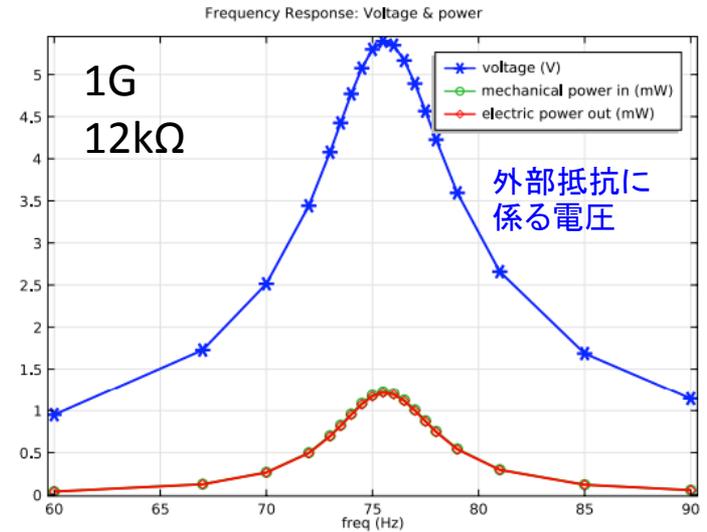
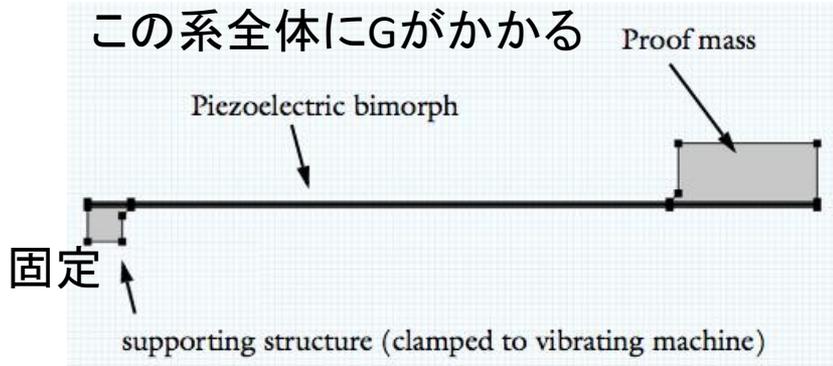
形状作成



有限要素法で解析



エネルギーハーベスト: 圧電体の振動



理論：圧電構造の変形

固体力学
弾性体
圧電体

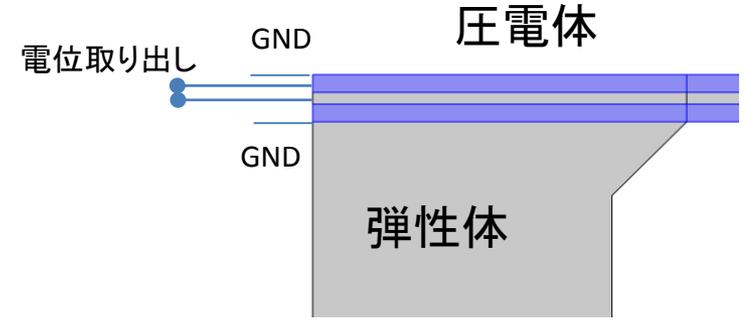
$$S = S_{ad} + C : \epsilon_{el}$$

$$S = S_0 + c_E : \epsilon_{el} - e^T E$$

弾性行列 C 電場 E の影響を受ける。

$$D = \boxed{D_r + e \epsilon_{el}} + \epsilon_{0,vac} \epsilon_{rs} E$$

カップリング行列 e 比誘電率



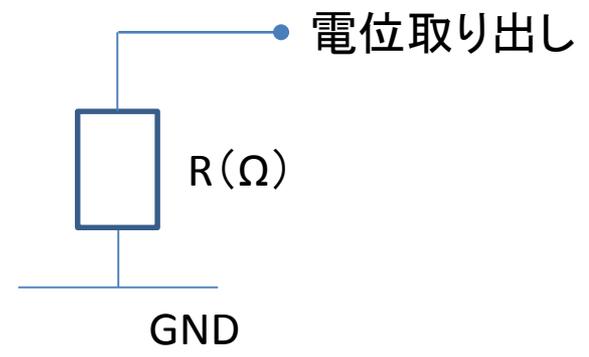
静電場

$$\nabla \cdot D = \rho_v$$

$$E = -\nabla V$$

外部回路 (ACDCモジュール付属)

- Electrical Circuit (cir)
 - Ground Node 1
 - Resistor 1
 - External I-Terminal 1



エネルギーハーベスト: 空気流の影響考慮

シーメンスの例: タイヤの振動を利用してタイヤ内圧センサ用のエネルギー取得

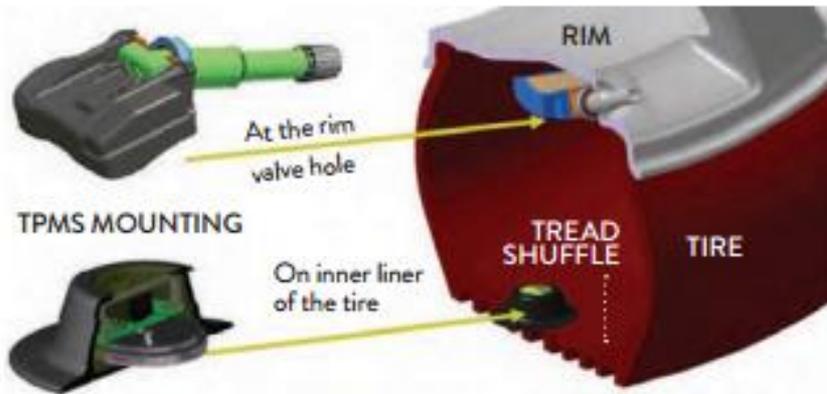
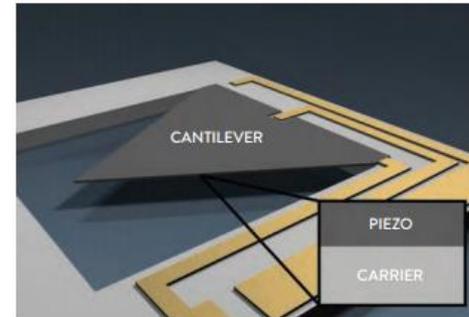


FIGURE 1: Two TPMS mounting options: on the rim or on the inner lining of the tire.



COMSOLで
三角板周囲の
空気流解析

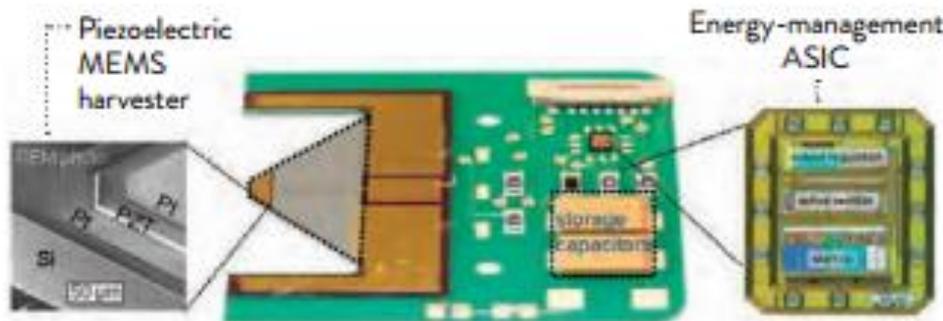


FIGURE 7: Prototype of a piezoelectric MEMS energy-harvesting module and the surrounding system.

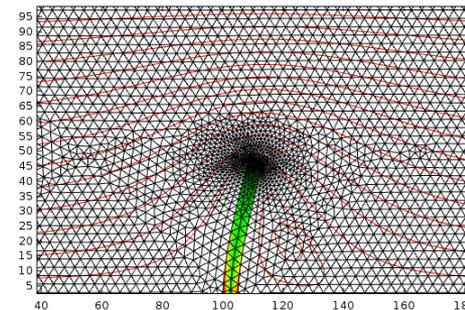
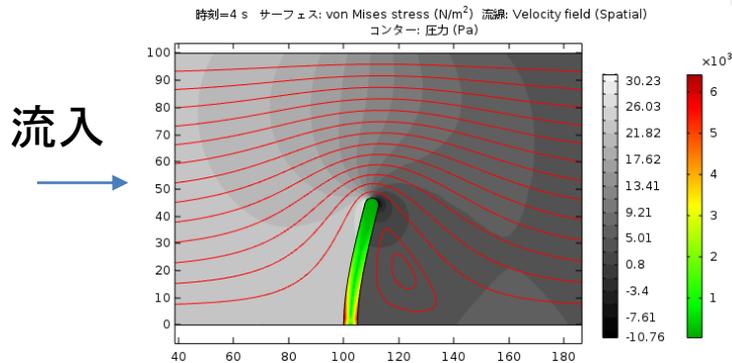
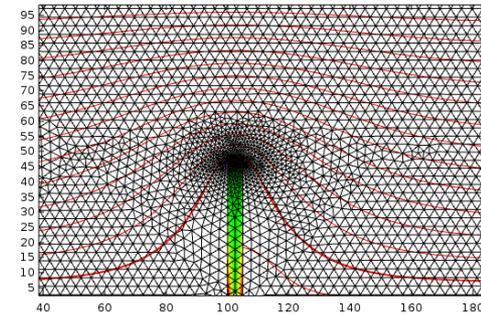
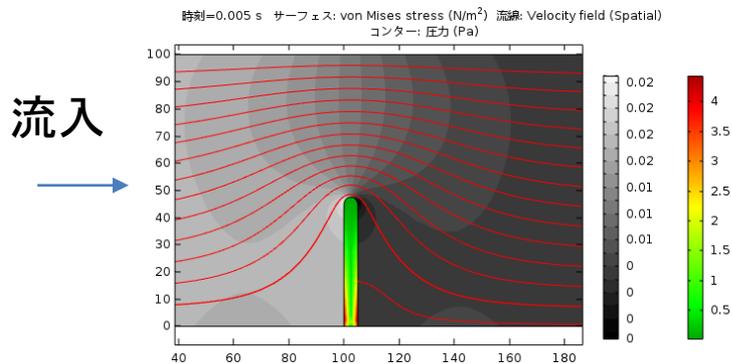
ASIC:
application specific integrated circuit、特定用途向け集積回路

理論：流体-構造連成

弾性体の固体力学：固体-流体の境界荷重から変位を計算

流体力学：固体境界の変形速度を境界条件として、固体外側の流体運動と境界面での応力を計算

移動メッシュ：固体変形によるメッシュ変形、境界形状の変形に基づいた流体空間メッシュの変形



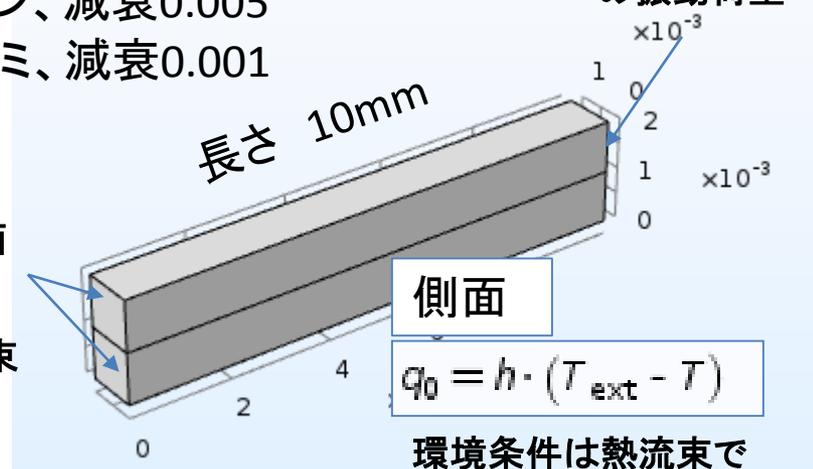
振動体による熱発生と温度分布

構造-伝熱の連成解析で、まさつ熱による温度上昇を計算できる。

7767Hz
周波数領域の固体力学
弾性体 2個
いずれも減衰あり

上:チタン、減衰0.005
下:アルミ、減衰0.001

z方向に振幅1.7(Mpa)の振動荷重



$$-\rho \omega^2 \mathbf{u} = \nabla \cdot \mathbf{S} + \mathbf{F} \ve e^{i\phi}$$

$$\mathbf{S} = \mathbf{S}_{\text{ad}} + \mathbf{C} : \boldsymbol{\epsilon}_{\text{el}}$$

$$\mathbf{C} \rightarrow (1 + i\eta_s) \mathbf{C}$$

減衰のモデル

まさつ熱

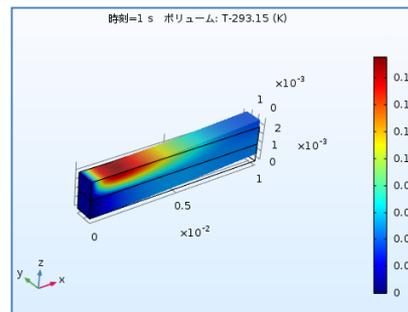
固体に外部から力を加えたときに、弾性変形が伝わる過程で各部分間の運動摩擦によって外から加えた力学的エネルギーの一部が熱エネルギーに変化する現象のモデル化

時間依存の熱伝導方程式

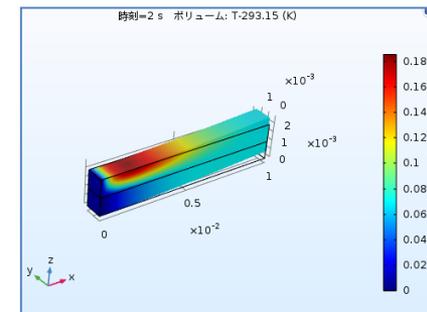
$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} + \rho C_p \mathbf{u} \cdot \nabla T + \nabla \cdot \mathbf{q} = Q$$

$$\mathbf{q} = -k \nabla T$$

温度上昇 1秒後



2秒後



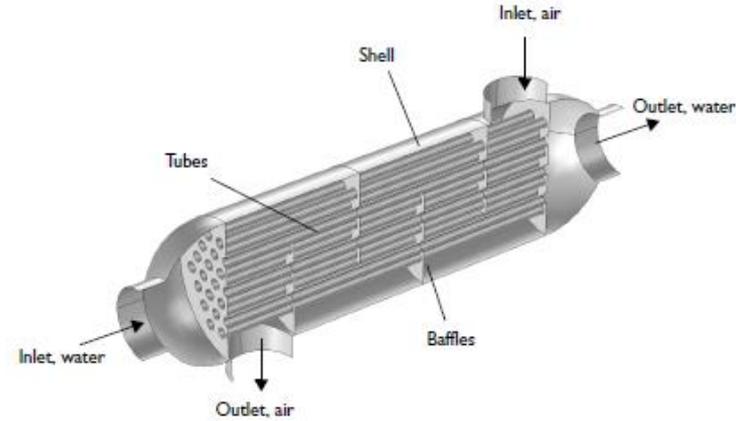
センサーはどの種類を、何個、どこに
設置すればいいの

センサの配置の検討に必要な被測定物の詳細分布を 計算で求める

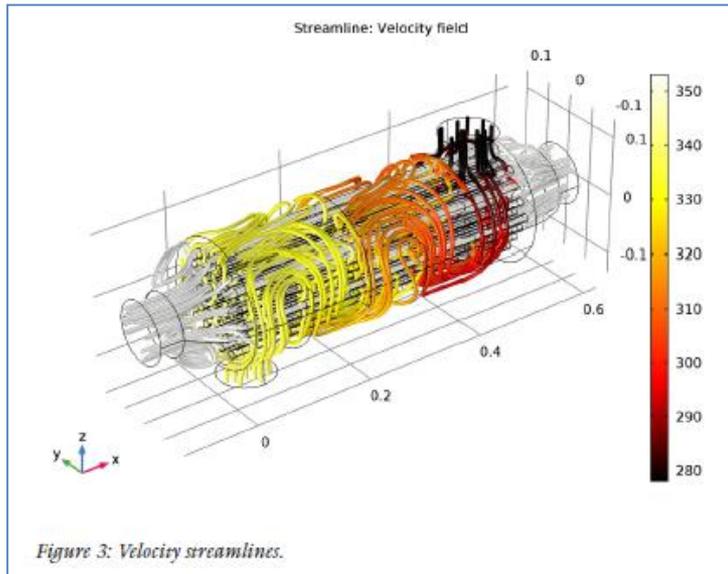
流体力学：速度場 u,v,w と圧力 p を算出

移流のある熱伝導：温度 T を算出

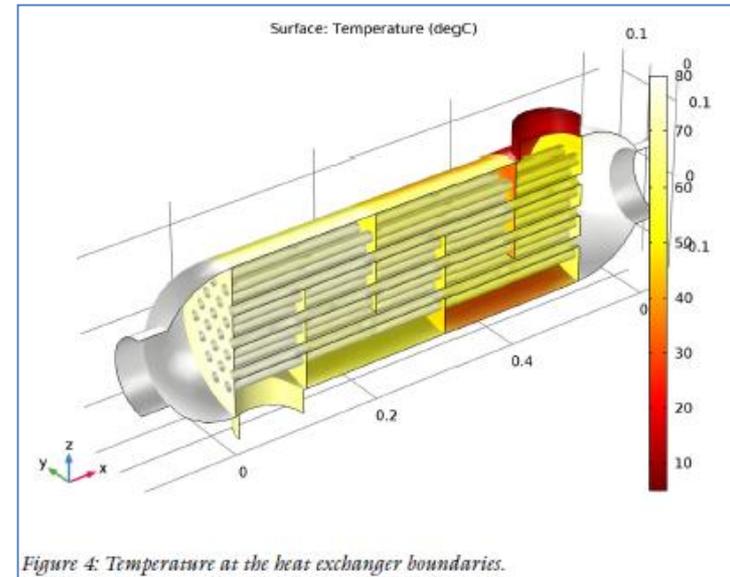
複雑なものは計算で分布を確かめれば、どの位置で何を測定すれば良いかが容易に検討できる。
温度のようなスカラー量は方向をもたないが、流れはベクトル量であるので事前知識の有無が成否を分ける。



流速分布



温度分布



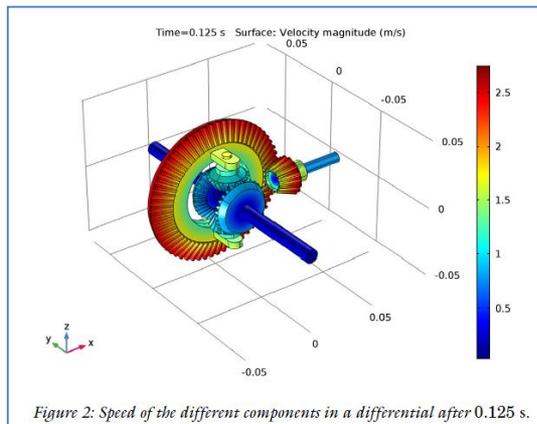
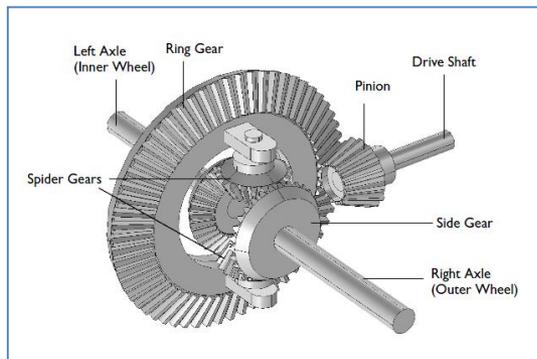
使用環境でのセンサの動作を 検討するには

環境シミュレーションも数値計算で行おう

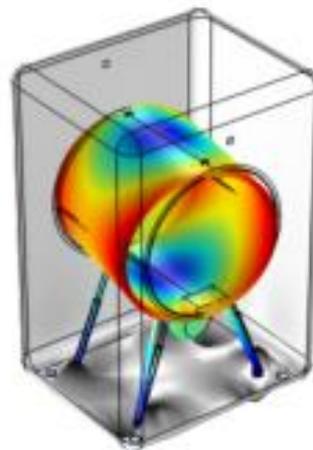
マルチボディダイナミクスモジュールが活用できる。

例えば、速度センサを開発したとして、そのフィールドテストが問題となる。マルチボディダイナミクスを利用することで使用環境も計算で検討できる。

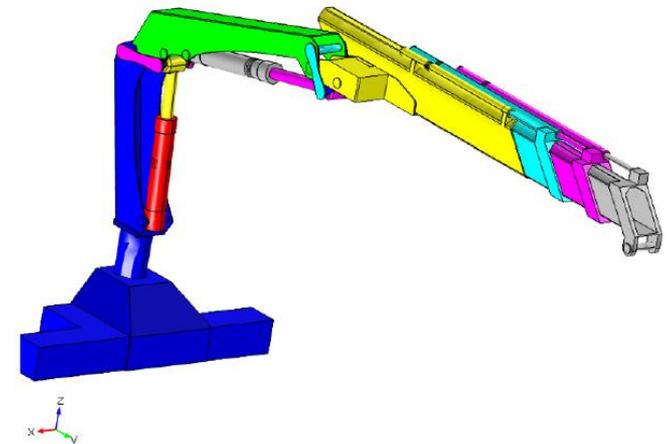
ディファレンシャルギア



回転ドラム洗濯機



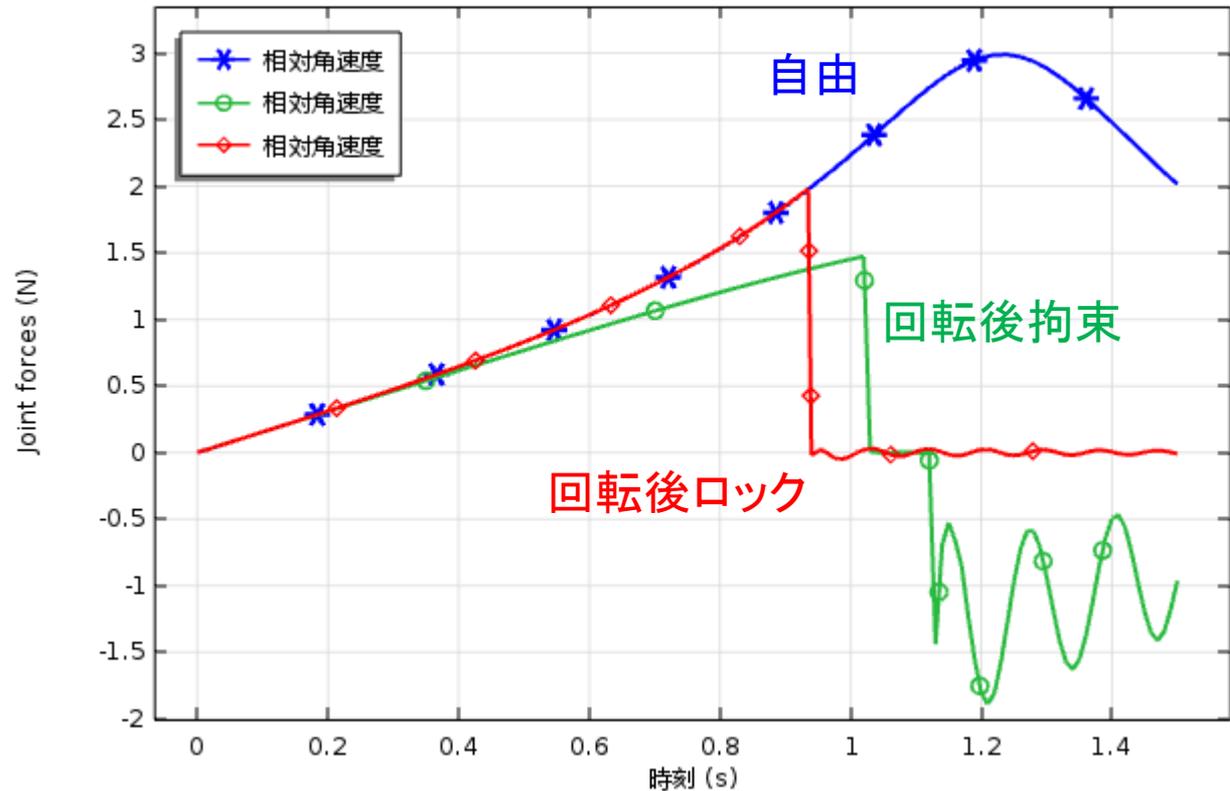
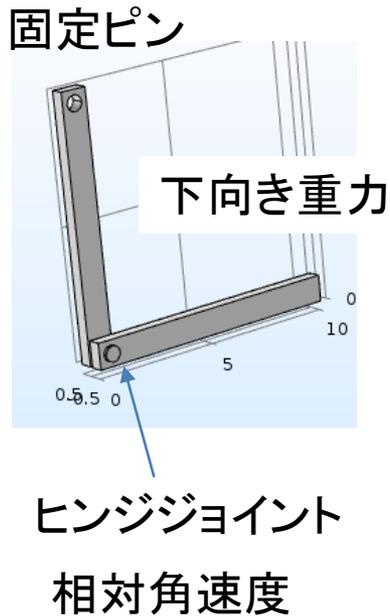
建設機械



二重振り子での仮想実験

ヒンジの条件を変更し、例えば角速度を机上検討できる。

この時間波形を使って、センサの応答を連成計算することも可能。
センサに必要とされる測定範囲の検討も可能。



長期間かかる現象を短時間で予測

腐食解析モジュールを活用できる。

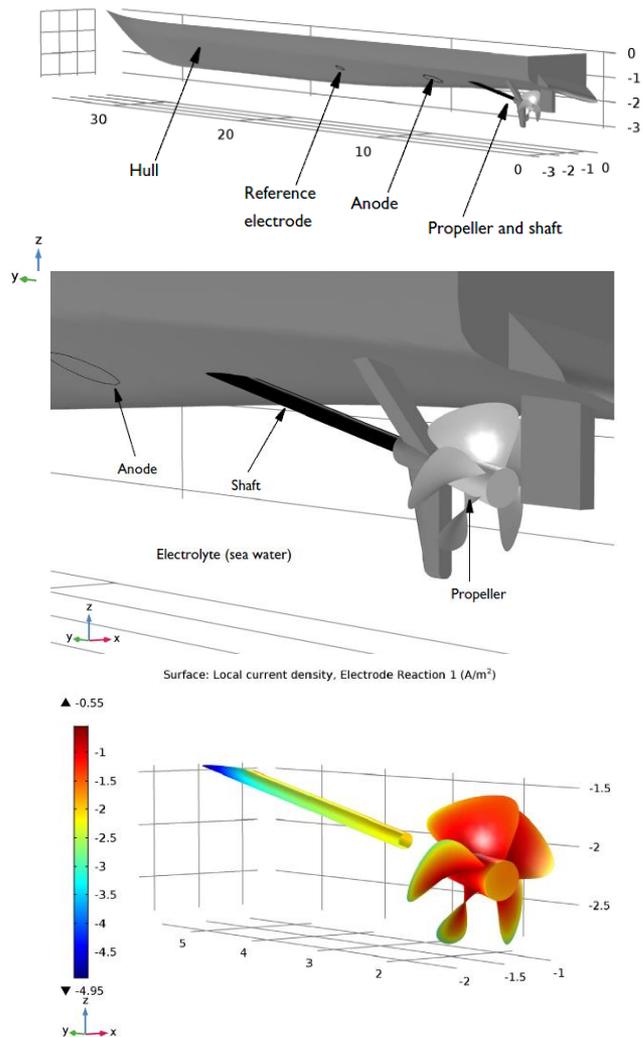
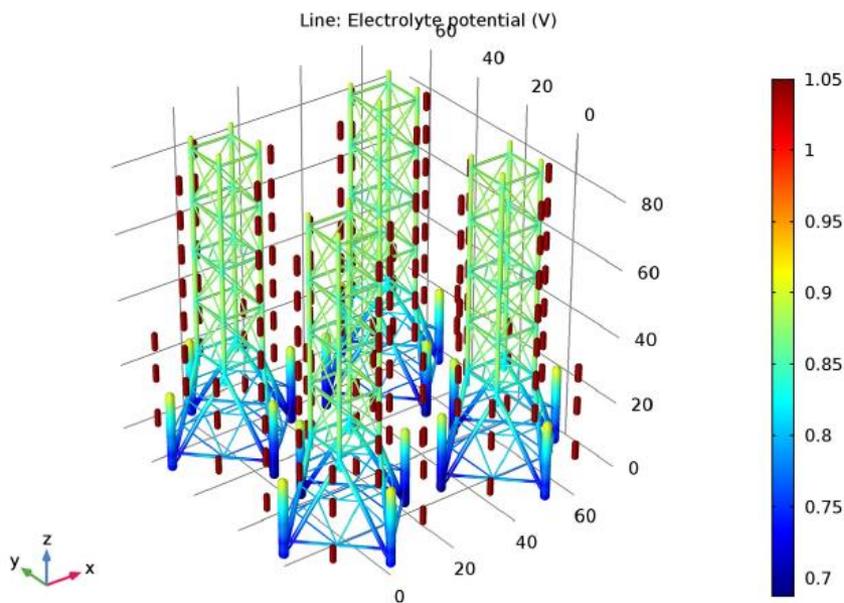
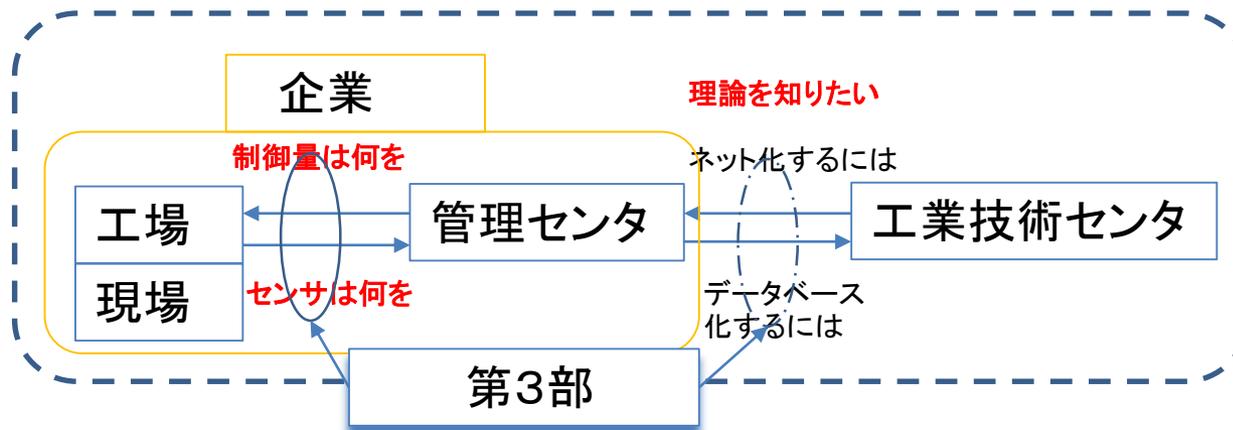


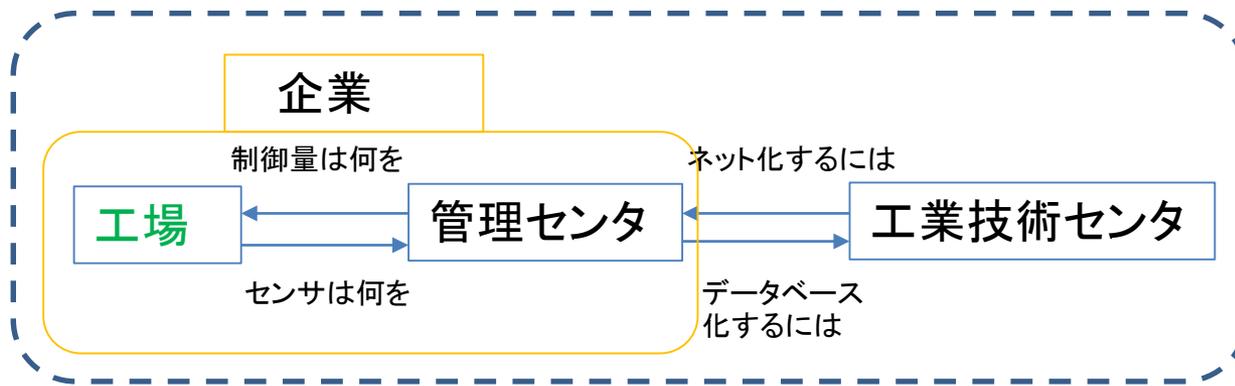
Figure 3: Potential distribution for multiple platforms.

休憩(10分)

第3部「電気めっき・腐食の計算入門」



回転電極：めっき液の診断センサ



目次

1. 回転電極について
解析モデル概要、モデル定義
2. 物理設定について
ジオメトリ、材料、物理条件及びパラメータ、
メッシュ
3. 解析結果
4. 参考文献

利用事例資料のダウンロードリンク:

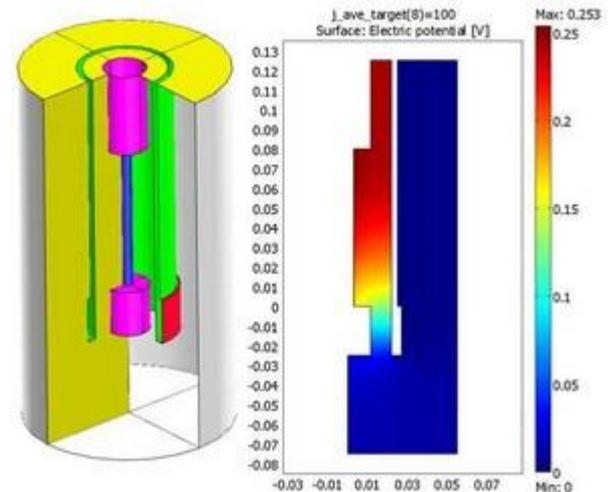
<https://www.comsol.jp/model/rotating-cylinder-hull-cell-7578>

めっき液の診断一回転電極

モデル概要:

Rotating cylinder Hull cellsはめっきや電着における重要な実験方法になります。Nonuniform current distributionや、mass transport、throwing power of plating bathsなどの測定によく使われています。

本モデルは参考文献[1]に記述されている「commercially available cell (RotaHull(R))」を対象としている。具体的には、電極表面の一次、二次及び三次電流分布と、カソード附近の拡散層内の銅イオンの拡散を計算した。



Rotating cylinder Hull cell

めっき液の診断一回転電極

モデル定義:

① ジオメトリ: 2次元軸対称;

② 材料:

バルク電解液——導電率設定

電極附近: イオン濃度境界条件設定

③ 物理設定: 三次電流分布

二次電流分布——電極反応を考慮

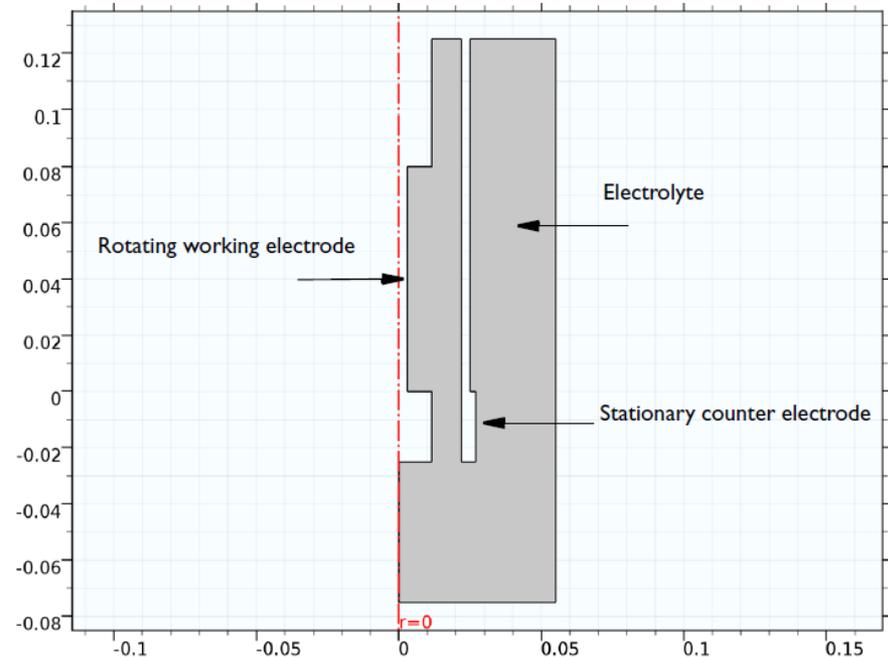
イオン濃度分布計算

④ メッシング

自動メッシング; 手動コントロール

⑤ 計算

計測し難い分布などの情報が出せる



回転電極解析の2D軸対称モデル

めっき液の診断一回転電極

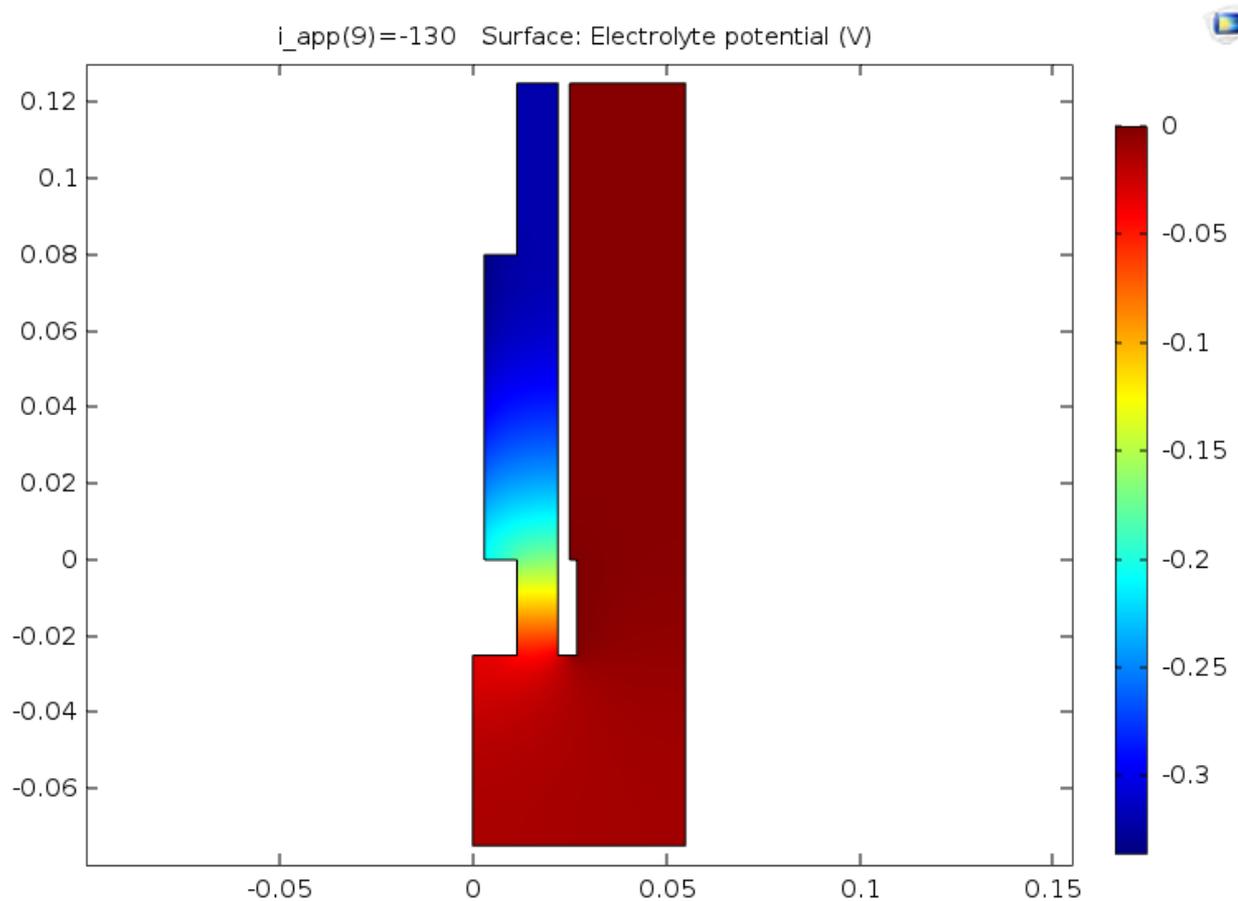
使いやすいGUI:

The screenshot displays the COMSOL Multiphysics software interface, divided into three main panels:

- モデルビルダ (Model Builder):** Shows a hierarchical tree of model components. The selected component is "電極反応: Electrode Reaction 1" under "電極表面: Electrode Surface 1".
- 設定 特性 (Settings):** Displays configuration options for the selected component. Key settings include:
 - 温度 (Temperature): $T = 293.15$ [K]
 - 平衡電位 (Equilibrium Potential): $E_{eq} = 0$ [V]
 - 平衡電位温度微分 (Equilibrium Potential Temperature Derivative): $dE_{eq}/dT = 0$ [V/K]
 - 電極速度論 (Electrode Kinetics):
 - 速度論式タイプ (Kinetics Type): カソードターフェル式 (Cathodic Tafel)
 - 交換電流密度 (Exchange Current Density): $i_0 = i_0^*(c/c_b)$ [A/m²]
 - カソードターフェル勾配 (<0): A_c [V]
 - Local current: $i_{loc} = -i_0 \times 10^{n/A_c}$
- グラフィックス (Graphics):** Shows a plot of the electrode potential distribution. The y-axis ranges from -0.08 to 0.14 V, and the x-axis ranges from 0 to 0.05. A vertical dashed red line at $r=0$ indicates the electrode surface. The plot shows a step-like potential profile with a sharp drop at the electrode surface.

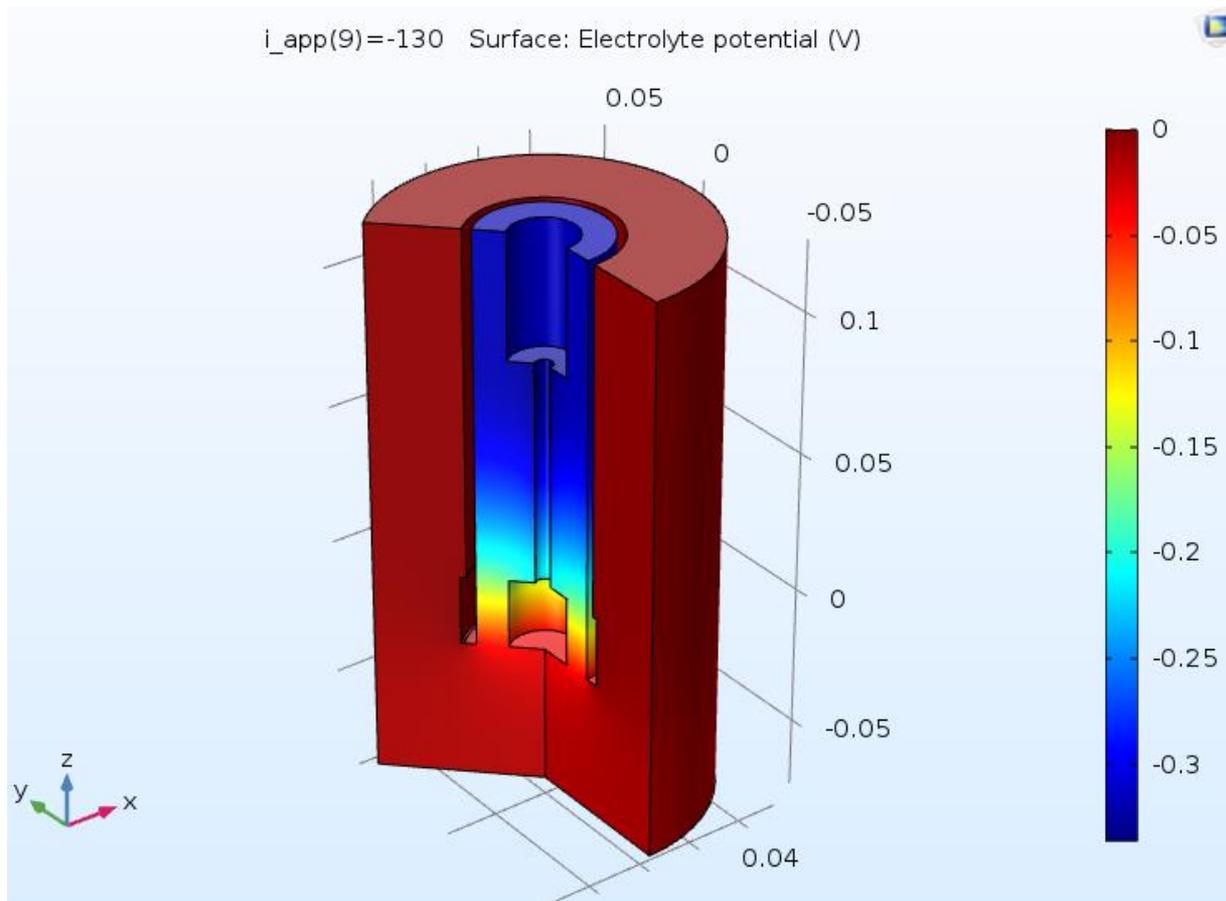
めっき液の診断一回転電極

電位分布——2D断面:



めっき液の診断一回転電極

電位分布——3D:



めっき液の診断一回転電極

回転電極表面の過電圧分布:

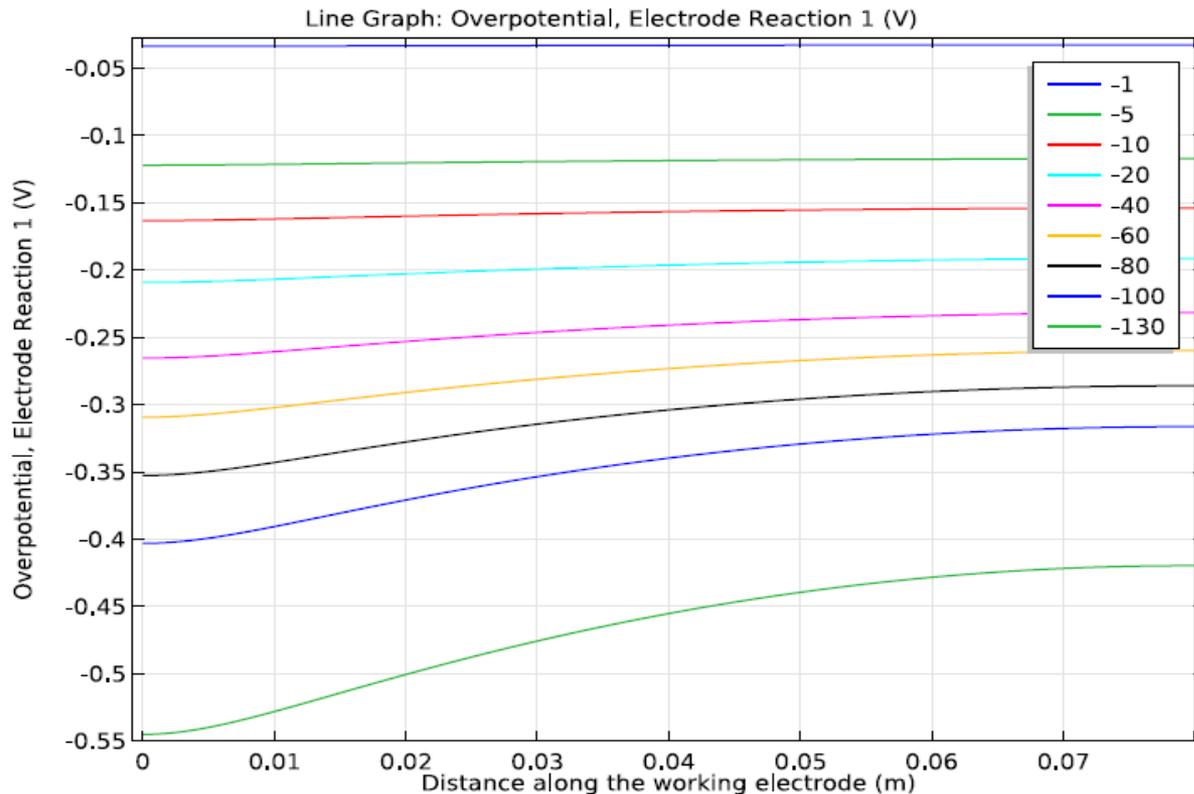


Figure : Overpotential variation for the varied applied current densities in the case of tertiary current distribution.

めっき液の診断一回転電極

回転電極表面の電流密度分布：

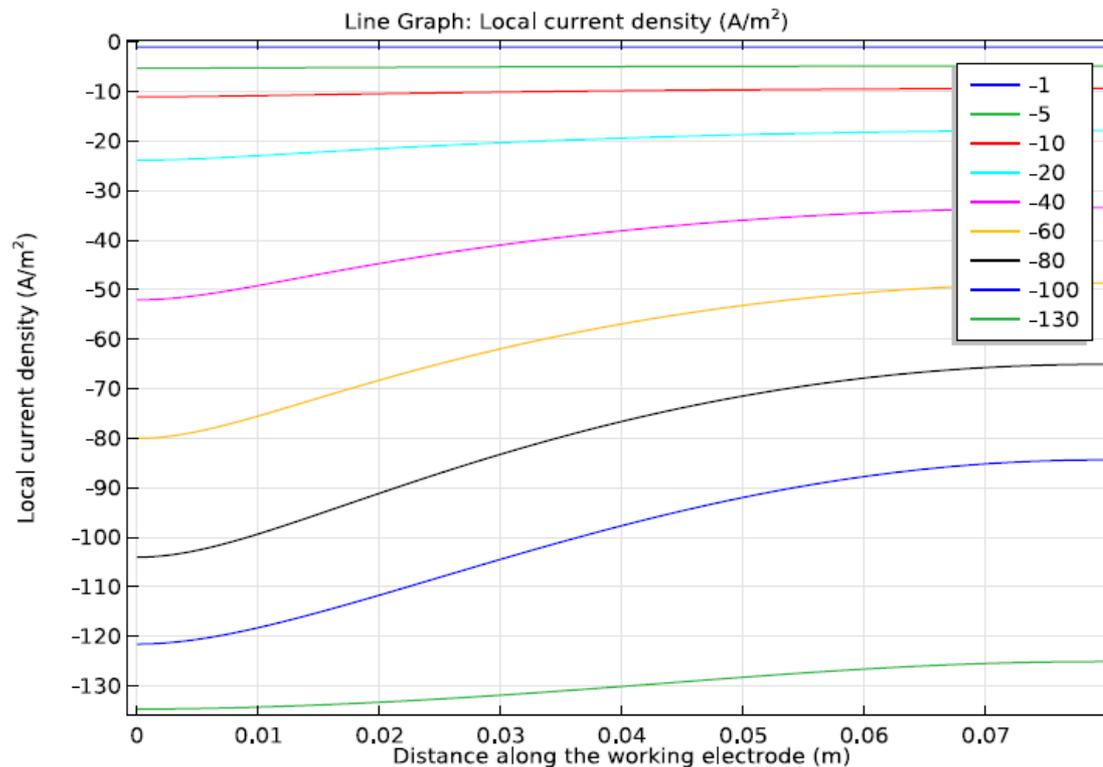


Figure : Local current density variation for the varied applied current densities in the case of tertiary current distribution.

めっき液の診断一回転電極

回転電極表面のイオン濃度分布:

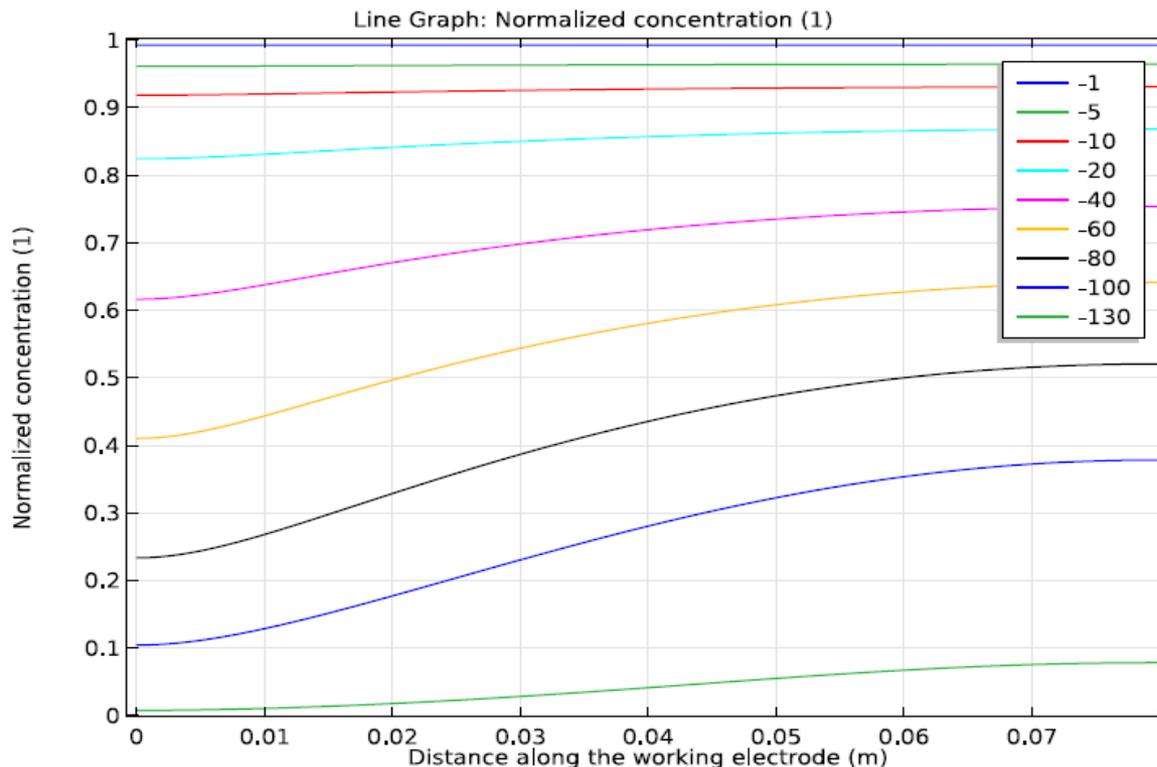
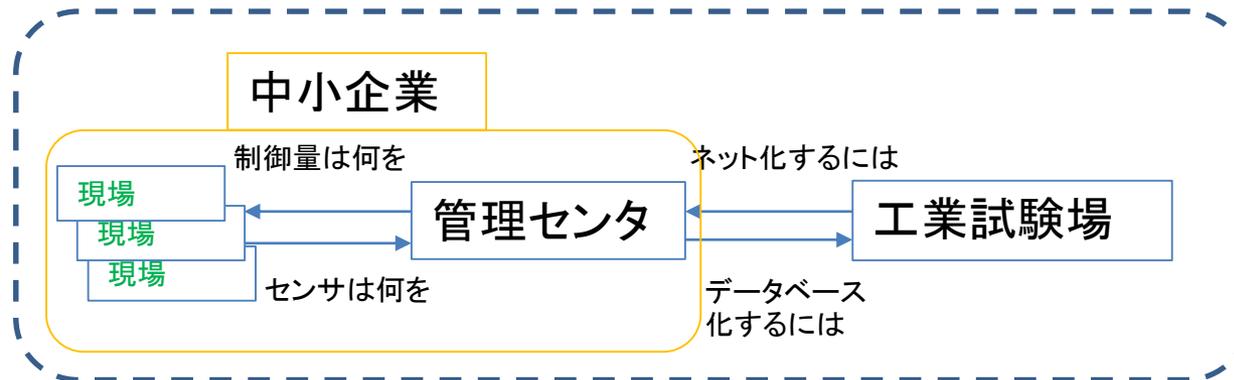


Figure : Normalized concentration variation for varied applied current densities in the case of tertiary current distribution.

参考文献：

1. C.T.J. Low, E.P.L. Roberts, and F.C. Walsh, “Numerical simulation of the current, potential and concentration distributions along the cathode of a rotating cylinder Hull cell,” *Electrochimica Acta*, vol. 52, pp 3831–3840, 2007.

腐食：フィールドでの診断



目次

1. 腐食による変形解析
解析モデル概要及びジオメトリ
2. モデル設定について
ジオメトリ、材料物性、物理条件、メッシュ
3. 解析結果
4. 参考文献

利用事例資料のダウンロードリンク:

<https://www.comsol.jp/model/galvanic-corrosion-with-electrode-deformation-12423>

腐食解析

モデル概要:

① ジオメトリ: 2次元モデル;

② 材料:

バルク電解液——salt water

アノード: magnesium alloy

カソード: mild steel

③ 物理設定:

電気化学反応——二次電流分布

腐食での形状変化——変形ジオメトリ

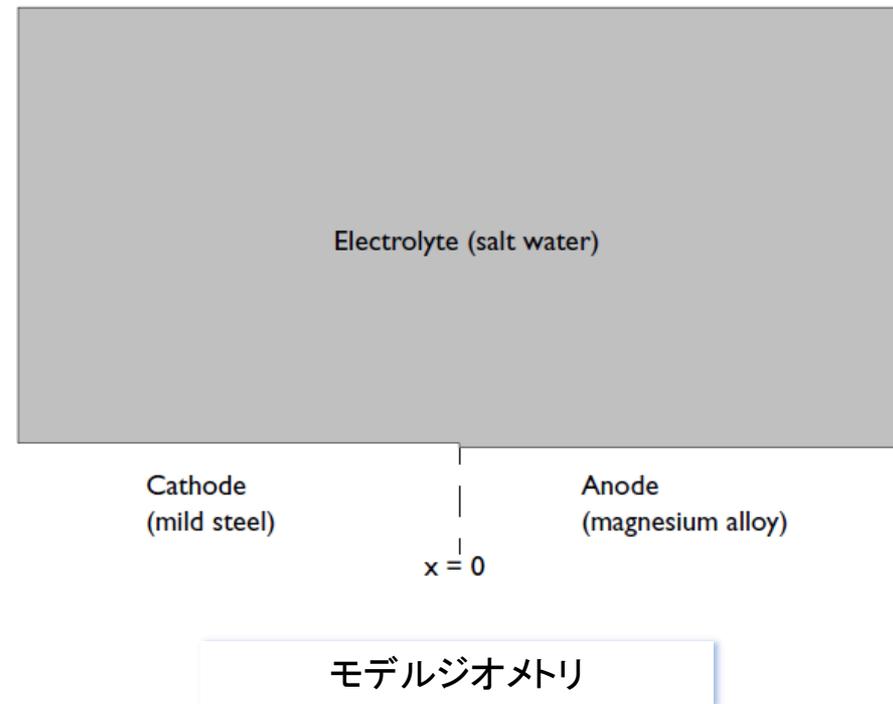
④ メッシング:

自動メッシング; 手動コントロール

⑤ 計算:

短時間で長期にわたる腐食現象を計算;

計測し難い分布などの情報が出せる



腐食解析

使いやすいGUI:

The screenshot displays the COMSOL Multiphysics software interface for corrosion analysis. The left pane shows the 'Model Builder' (モデルビルダ) with a tree view of the model components, including 'Electrode Surface 1' and 'Electrode Reaction 1'. The central pane shows the 'Settings' (設定) for the selected 'Electrode Reaction 1', with tabs for 'Properties' (特性) and 'Equation View' (方程式ビュー). The 'Equation View' is active, showing the following parameters:

- 平衡電位 (Equilibrium Potential):**
 - 平衡電位: E_{eq} (ユーザー定義)
 - Eqq_an (V)
 - 平衡電位温度微分: dE_{eq}/dT (ユーザー定義)
 - 0 (V/K)
- 電極速度論 (Electrode Kinetics):**
 - 速度論式タイプ: アノードターフェル式
 - 交換電流密度: i_0 (i0_an A/m²)
 - アノードターフェル勾配 (>0): A_a (A_an V)
 - 限界電流密度: $i_{lim} = i_0 \times 10^{n/A_a}$
 - 限界電流密度
 - i_{lim} (ilim_an A/m²)
 - 関係式: $i_{loc} = \frac{i_{lim} i_{exp}}{i_{lim} + |i_{exp}|}$
- 化学量論係数 (Stoichiometric Coefficient):**
 - 関与電子数: n (2)
 - 溶解-沈着化学種の化学量論係数

The right pane shows the 'Graphics' (グラフィックス) window with a plot area. The y-axis ranges from -0.012 to 0.022, and the x-axis ranges from -0.01 to 0.005. A blue line is plotted at $y = 0$. Below the plot are buttons for 'Message' (メッセージ), 'Progress' (進捗), 'Log' (ログ), and 'Table' (テーブル).

腐食解析

アノードとカソード表面の電流密度分布:

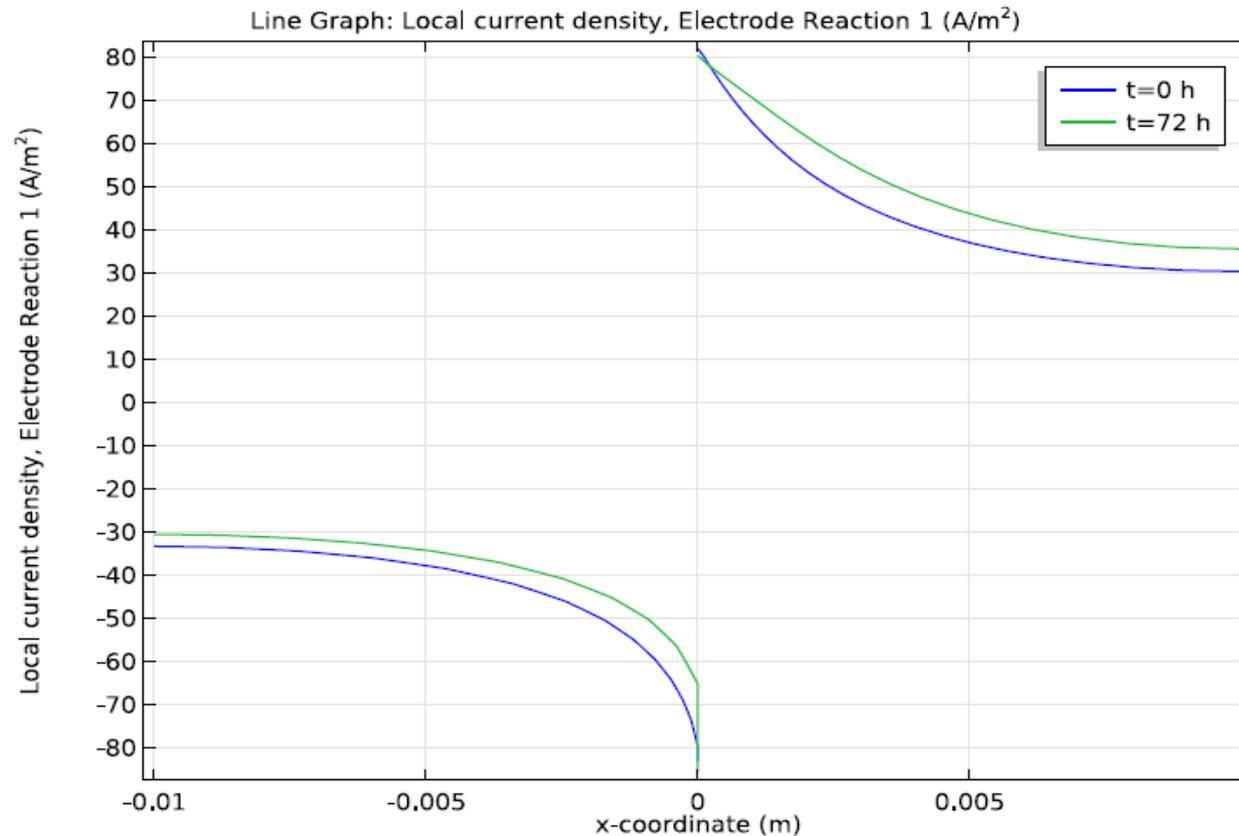


Figure : Electrode current densities at $t = 0$ and $t = 72$ h.

腐食解析

初期状態の形状、電位及び電流密度分布:

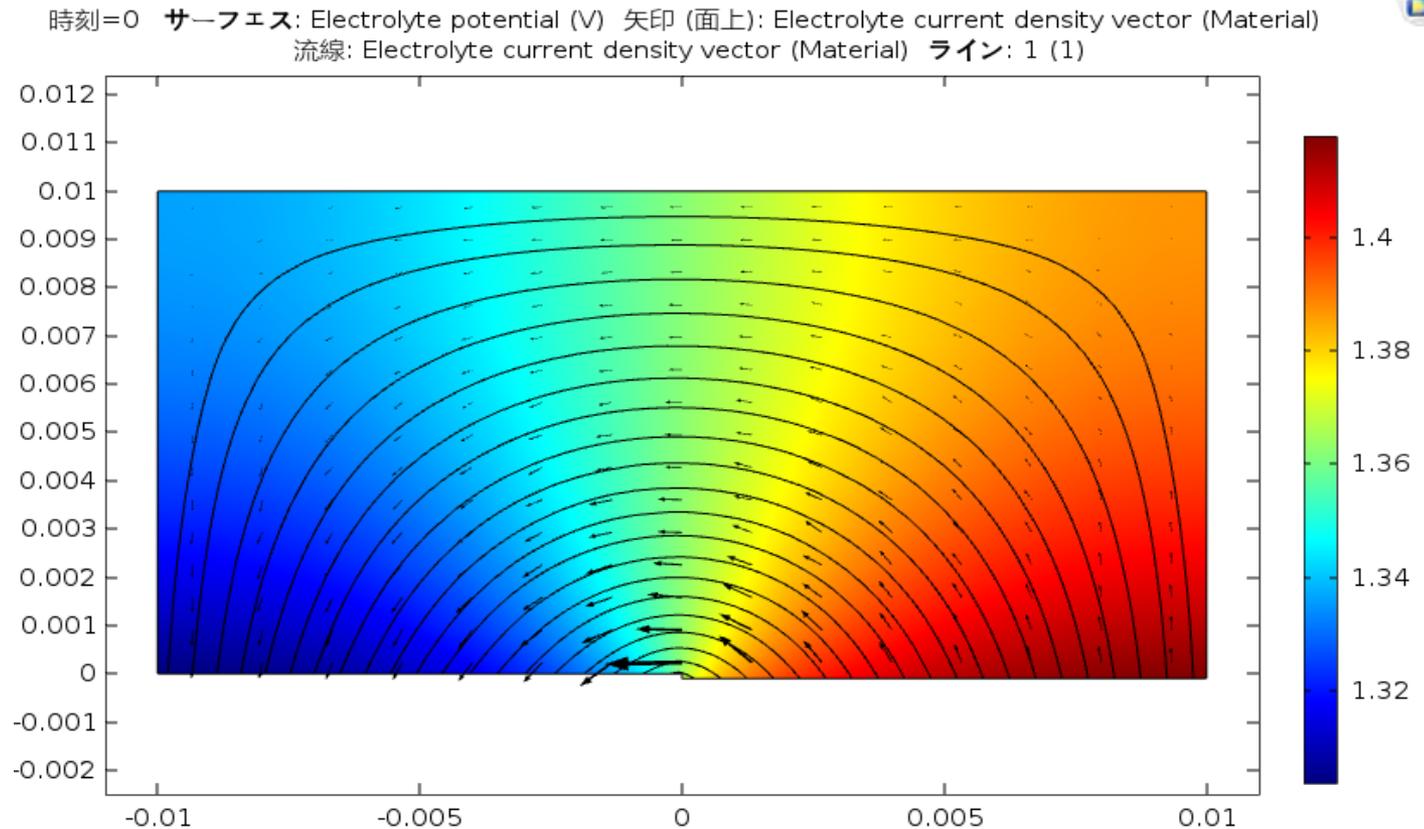


Figure 1: Model geometry, electrolyte potential, and current densities at $t = 0$.

腐食解析

72時間後の形状、電位及び電流密度分布(計算時間:約30秒):

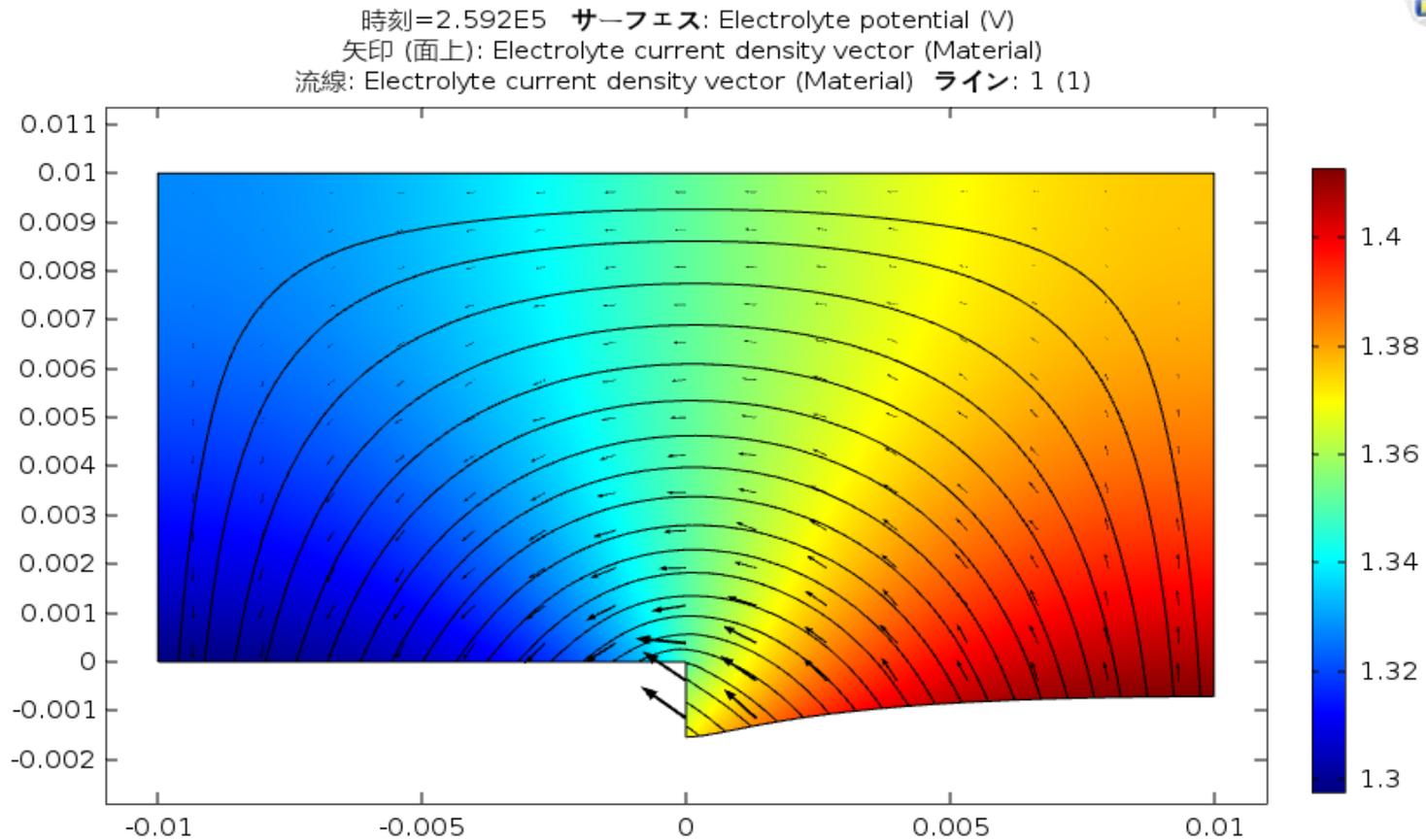


Figure : Model geometry, electrolyte potential, and current densities after 72 h.

参考文献：

1. K.B. Deshpande, “Validated numerical modelling of galvanic corrosion for couples: Magnesium alloy (AE44)-mild steel and AE44-aluminium alloy (AA6063) in brine solution,” *Corrosion Science*, vol. 52, pp 3514–3522, 2010.

まとめ

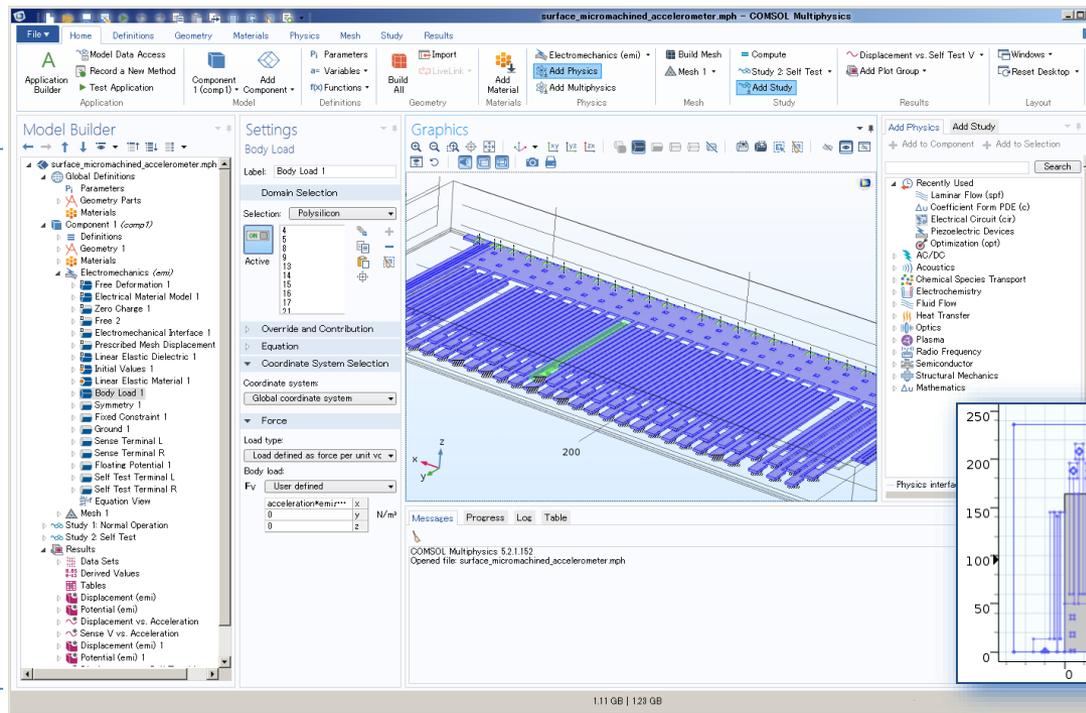
COMSOL Multiphysics®

マルチフィジックス解析を実行

オブジェクト指向設計に基づく使いやすい解析環境

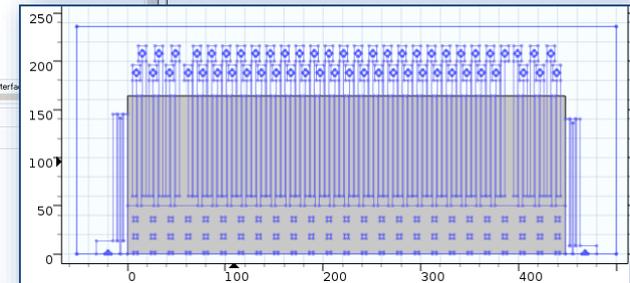
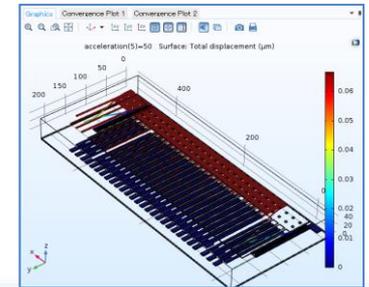
どのフィジックスも同じルック&フィールで操作

COMSOL Desktop® 内でプリ・メッシュ・マルチフィジックス・ソルバ・ポストの操作



プリから
ポストまで

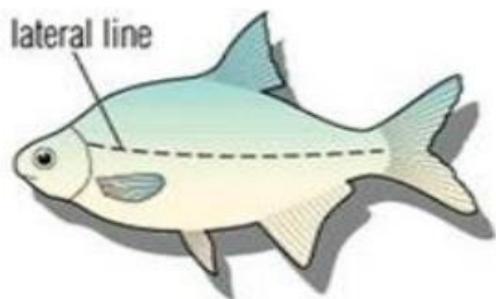
微細加工による
容量型加速度計
の3D解析



COMSOL Multiphysics®

新しいアイデアを試すことができる

体表面の圧力をモニターし、機敏に動く



Development of MEMS-based Pressure Sensor for Underwater Applications

Aarathi E[1], Pon Janani S[1], Vaidevi S[1], Meenakshi Sundaram N [1], Chandra Devi K[1]
[1]PSG College of Technology, Coimbatore, Tamil Nadu, India

2013 BOSTON Conf.

Figure 1: Blind cave fish

MEMS圧力センサ

圧電抵抗利用

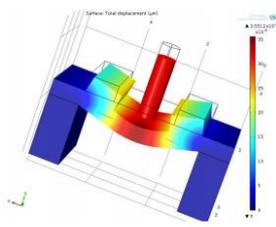


Figure 3.: Displacement of diaphragm

$\Delta R / R = (7.22 \cdot 10^{-27})P$
where, P is the pressure difference across the diaphragm, ΔR is the change in resistance and R is the resistance.

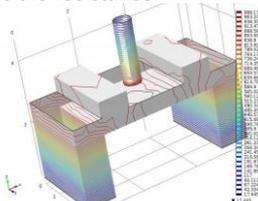
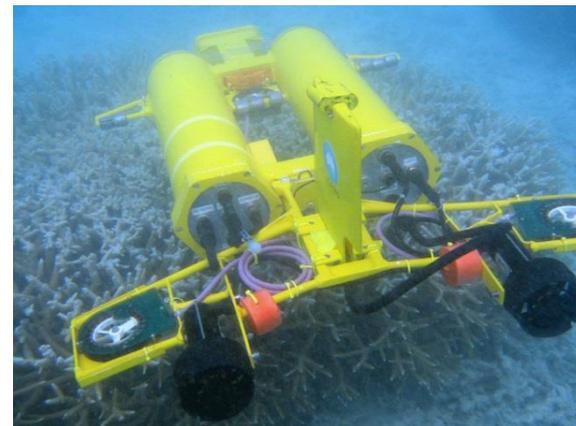


Figure 4. Pressure distribution over the sensor

Autonomous Underwater Vehicles
AUVへ応用可能



COMSOL Multiphysics®

ロバストな設計・開発に結び付く

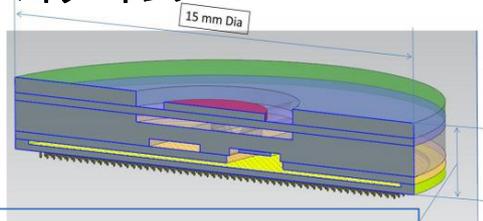
構造解析、流体解析、圧電解析を容易に連成
実現象に忠実な解析を実現

インシュリン注入

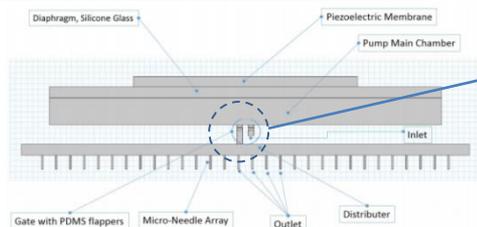


痛い!

マイクロニードルアレイ付
マイクロポンプ



痛みなしを目指す



液体の流れ

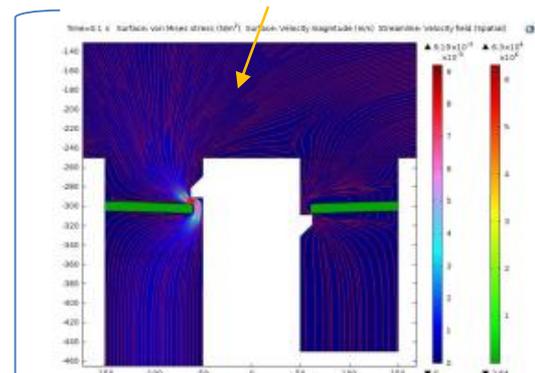


Figure 6. Von Mises Stress and Velocity Magnitude @ 110 Volt and 1 Hz in flapper check valves.

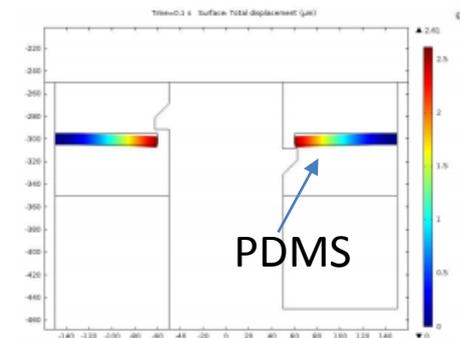


Figure 8. Check Valve Flappers deflection @ 110 Volt and 1 Hz.

Design and Simulation of MEMS Based Piezoelectric Insulin Micro-Pump

2015 BOSTON Conf.

Farshid. Meshkinfam¹, Ghaus. Rizvi¹,

¹University of Ontario Institute of Technology, Oshawa, Ontario, Canada.

*Corresponding author: University of Ontario Institute of Technology, Oshawa, Ontario, Canada.

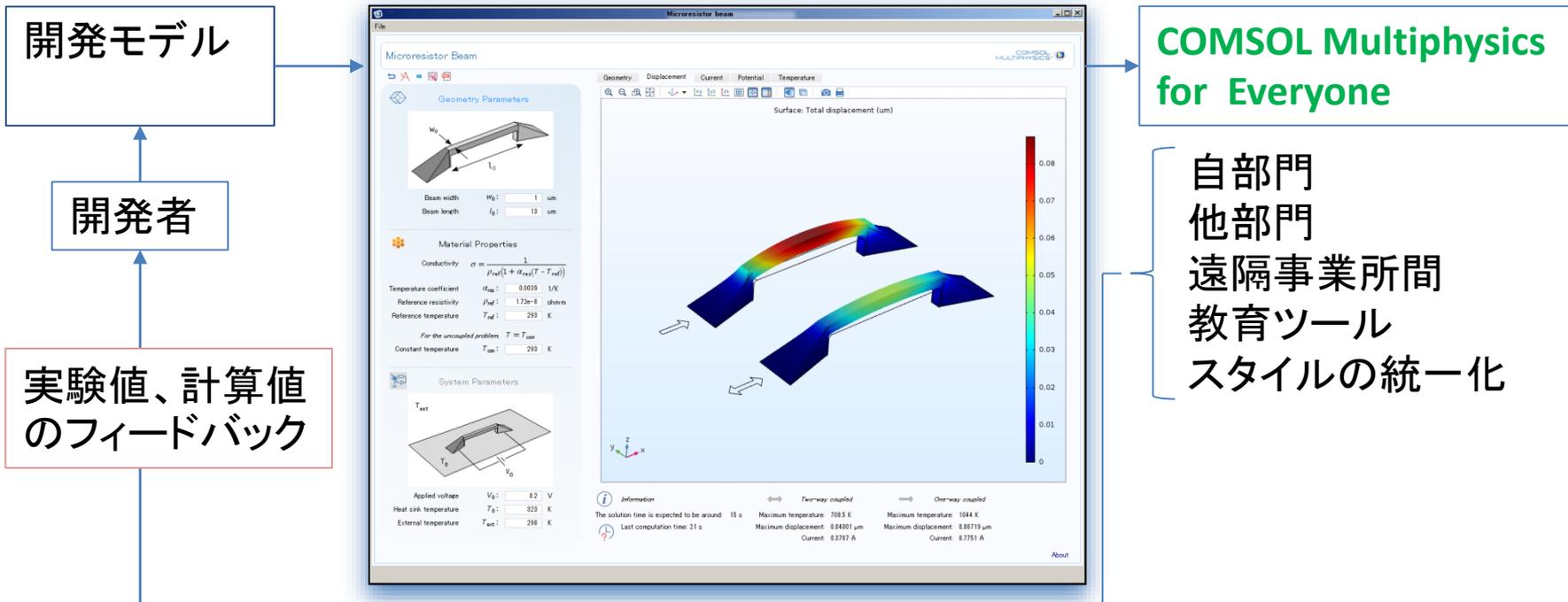
farshid.meshkinfam@uoit.ca, farshid.meshkinfam@gmail.com

COMSOL Multiphysics®

アプリケーションビルダで解析人員を拡大

COMSOL Desktop上で作成

アプリケーション



日本語訳

http://www.kesco.co.jp/comsol/download/IntroductionToApplicationBuilder_52_rev2_j.pdf

定期セミナー開催

KESCO

英語版

<http://cdn.comsol.com/documentation/5.2.1.199/IntroductionToApplicationBuilder.pdf>

HPから申し込み

豊富な例題（編集可能、説明書付）

アプリケーションライブラリ

リフレッシュ COMSOL アプリケーションライブラリ

- Acoustics Module
 - Applications
 - absorptive muffler designer**
 - acoustic reflection analyzer
 - one family house analyzer
 - organ pipe design
 - small concert hall analyzer
 - Aeroacoustics and Noise
 - flow duct
 - jet pipe
 - Automotive
 - absorptive muffler
 - acoustics particulate filter
 - eigenmodes in muffler
 - perforated muffler
 - Building and Room Acoustics
 - porous absorber
 - Electroacoustic Transducers
 - bk 4134 microphone

アプリケーションを実行 開く

PDF ドキュメントを開く

作成済みのアプリケーション実行

Geometrical Dimensions

Liner thickness:	(D)	15 mm
Inlet and outlet radius:	(R ₀)	40 mm
Inlet and outlet length:	(L ₀)	150 mm
Muffler length:	(L)	600 mm
Muffler height:	(H)	150 mm
Muffler width:	(W)	300 mm

Physics Settings

Ambient temperature:	20 °C
Ambient pressure:	1 atm
Mean fiber diameter:	(d _m) 10 um
Apparent density:	(ρ _{ap}) 12 kg/m ³
Flow resistivity:	1424.21 kg/(m ³ ·s)

Calculate from physical data

$$R_f = \frac{3.18 \cdot 10^{-9} \frac{N_s^2}{m^2} \cdot \rho_{ap}^{1.53}}{d_m^2}$$

Porous matrix constant:

Results

Plotted frequency: 50 Hz

データセット=Liner effect freq(1)=50 Hz
サーフェス: Absolute pressure (Pa)

mphファイルの参照・編集・実行

説明書（問題説明、結果、操作手順、参考文献）

各種チュートリアル

<http://www.kesco.co.jp/comsol/download/manual.html>

Introduction To COMSOL Multiphysicsバージョン日本語版

* COMSOL英文ドキュメントの弊社による和訳版です。

Introduction To COMSOL Multiphysics日本語版([バージョン5.0](#))([バージョン4.4](#))

Introduction To Application Builder日本語版

* COMSOL英文ドキュメントの弊社による和訳版です。

Introduction To Application Builder日本語版([バージョン5.2](#))

COMSOL Server Manual日本語版

* COMSOL英文ドキュメントの弊社による和訳版です。

COMSOL Server Manual日本語版([バージョン5.2a](#))([バージョン5.2](#))

COMSOL Multiphysicsクイックインストールガイド

* 弊社作成のCOMSOL Multiphysicsインストールマニュアルです。

COMSOL Multiphysicsクイックインストールガイド([バージョン5.2](#))([バージョン5.0/5.1](#))([バージョン4.4](#))

COMSOL Multiphysicsチュートリアル

* 弊社作成のCOMSOL Multiphysicsに関するチュートリアルです。

はじめてのCOMSOL Multiphysics([バージョン5.1](#))

ジオメトリメッシュ作成・ポスト処理([バージョン5.1](#))

モジュールごとのチュートリアル

AC/DCモジュールイントロダクション([バージョン5.2](#))

RFモジュールイントロダクション([バージョン5.2](#))

波動工学モジュールイントロダクション([バージョン5.2](#))

MEMSモジュールイントロダクション([バージョン5.2](#))

Webinar



The image shows a browser window with the URL <https://www.comsol.jp>. The main content of the page is a promotional banner for a webinar. The banner features the text "Design and develop better products, faster." in white on a dark grey background. Below this, there is an orange button with the text "Learn How with the Application Builder". Underneath the button, there are four stylized blue figures sitting at desks with computers, representing users or designers. At the bottom of the banner, there are two navigation options: "お問い合わせ" (Contact Us) with a speech bubble icon and "オンラインセミナー" (Online Seminar) with a person icon. To the right of these options, there is a link to a blog post: "BLOG: How to Automate Winding Design in Electrical Machines with an App".

COMSOL Multiphysics® M X

← → ↻ <https://www.comsol.jp> ☆

Design and develop better products, faster.

Learn How with the Application Builder

お問い合わせ オンラインセミナー

BLOG: How to Automate Winding Design in Electrical Machines with an App

COMSOL News

2015 Oil & Gas 特集

防食の解析例



COMSOL

SIMULATING CORROSION PROTECTION OF AN OIL PLATFORM

Corrosion is the unrelenting enemy of steel structures, costing the U.S. alone an estimated \$170 billion a year. The oil and gas industry, with many complex components constructed to withstand harsh environmental effects, takes on a sizeable share of these costs.

by ANNETTE MEINERS

From production platforms to oil production strings, corrosion begins the day the steel is cast, necessitating that a protection strategy be implemented from the start. Offshore structures immersed in seawater can be guarded against corrosion using cathodic protection. Structures such as oil platforms, which exist both in and out of the water due

reduction takes place at the surface of the steel structure.

An example geometry of an oil platform structure is shown in Figure 1, where 40 cylindrical sacrificial anodes have been placed relatively close around the oil platform.

The polarization of the anodes and the oxygen reduction reactions occurring are

Figure 1. 40 cylindrical sacrificial anodes surround an oil platform structure immersed in seawater to protect the structure from corrosion.

Figure 4. Left: Electrolyte potential on the sacrificial anodes and on the platform. Right: Electrolyte potential on one of the legs of the platform structure.

Figure 5. Polarization curves showing Current, I versus Potential, V. The graph illustrates the polarization curves for metal dissolution, iron dissolution, oxygen reduction, and hydrogen evolution. The corrosion potential (E_{corr}) is indicated on the x-axis.

各種セミナー

<https://www.kesco.co.jp/seminar/comsol/>

  **セミナー情報**

開催コース一覧

計測エンジニアリングシステム株式会社では、汎用工学シミュレーションソフトウェア「COMSOL Multiphysics」を効果的にご利用いただくための各種セミナーを開催しております。

下記のコースから、お客様の習熟度に合わせてご希望のコースをお選びください。

開催日程はお申し込み画面から選択できます。

【お知らせ】
定期セミナーはたまたま2016年12月までの日程公開中です。

COMSOL Multiphysics セミナー コース一覧	
定期セミナー一覧表 ダウンロードのご案内	定期セミナー一覧表のダウンロードはこちら 
定期セミナー (東京会場)	入門から初級、中級、専門分野コースまで、COMSOL Multiphysicsの使い方を徹底的に解説します。 Application Builderハンズオンセミナーも含まれます。 受講対象: 専門分野コースは国内のサブスクリプション契約済みのユーザーに限定します。 スケジュールとお申し込みはこちらをクリック 東京開催はこちら
定期セミナー (中部/関西会場)	中部圏、近畿圏のお客様向けに、入門、初級、中級、レップトライの4コースをおおむね4半期10回のペースで開催しております。 スケジュールとお申し込みはこちらをクリック 中部・関西開催はこちら
特別セミナー	特定の分野のより深い知識を事例としてご紹介する技術セミナーです。 不定期開催ですので、弊社Webおよびメルマガにて開催告知をいたします。

COMSOL Conference

SHANGHAI 発表募集 TRAINING KEYNOTES マイコンファレンス 参加登録

ボストン
10月9日(水)~7日(金)
CONFERENCE HAS ENDED

ミュンヘン
10月12日(水)~14日(金)
CONFERENCE HAS ENDED

バンガロール
10月20日(木)~21日(金)
参加受付中

上海
11月3日(木)~4日(金)
参加受付中

台北
11月11日(金)
参加受付中

ソウル
11月25日(金)
参加受付中

東京
12月9日(金)

東京
秋葉原UDX
2016 12.9 無料

www.kesco.co.jp/conference/

Q & A

懇親会(15:30-16:50)にご参加の方は、終了後、会場へご案内します。