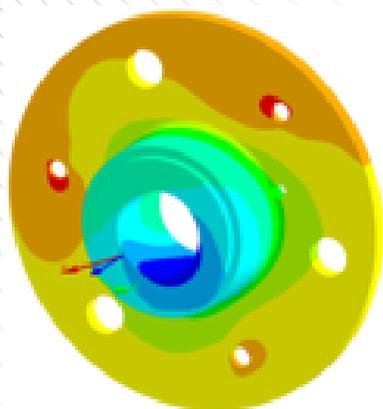




山形県工業技術センター

Yamagata Research Institute of Technology

ものづくりを変える シミュレーション活用事例集



1. 事例集のねらい

ものづくりの現場では、設計や試作に多くの時間とコストがかかります。CAE（Computer Aided Engineering）は、コンピュータ上で製品をシミュレーションし、設計や製造の課題を事前に把握するだけでなく、解決策の検討や最適化を行い、より良いものづくりを実現する技術です。

設計部門だけでなく、研究開発、品質管理、そして経営層にとっても、CAEは意思決定を支える強力なツールであり、構想段階での実現可能性の検討、設計の最適化、製品の性能評価、不具合原因の究明など、幅広い用途があります。

この事例集では、「CAEを活用したことがない方」や「CAEの新しい使い方や価値を知りたい方」に向けて、コンピュータシミュレーションの可能性について具体例を通じわかりやすく紹介しています。

CAEを活用することで、試作回数の削減や開発期間の短縮、品質の向上、コスト低減が可能になります。ものづくりのプロセスを変える第一歩として、この事例集をどうぞご利用ください。

2. 事例集の使い方

本事例集における用語について、次のとおりとしています。

・用途の分類

5つの用途（初期評価、設計検討、性能評価、原因究明、その他）ごとに整理しました。ご自身の業務に近いものからご参考ください。

用途	定義
初期評価	構想段階での実現性を確認する
設計検討	設計案を比較し、設計方針を検討する
性能評価	製品や部品の性能を評価する
原因究明	不具合や問題の原因を特定する
その他	いずれにも該当しないもの

・解析レベル

事例ごとに解析精度レベル（概略評価～高精度検証）を設定しました。CAE 活用目的に応じて選択できます。

		解釈精度レベル		
		低	中	高
評価項目	境界条件	簡略化	主要条件を再現	実測データを反映
	材料モデル	線形モデル、線形領域	簡易的な非線形モデル	実測に合う非線形モデル
	解析タイプ	静解析（定常解析）、簡易的な動解析、線形解析	時刻歴解析(非定常解析)、非線形解析、一方向連成解析	双方向連成解析、マルチフィジックス解析
	計算負荷	数分/解析	数十分～ 1時間以内/解析	数時間/解析
	解析検討期間	数時間～数日程度	1週間～数週間程度	数か月～1年程度
	精度目標	傾向把握レベル	設計判断に十分	実験値に近い

・ CAE の種類

構造解析（構造）	熱解析（熱）	流体解析（流体）
電磁場解析（電磁場）	回路解析（回路）	音響解析（音響）
振動解析（振動）	樹脂流動解析（樹脂流動）	湯流れ・凝固解析（湯流れ）
その他解析（その他）		

※事例集内で（）内の言葉で表記します。

・ 支援方法の種類

支援方法	内容
共同研究	企業と当センターと一緒に取り組み、企業の課題を解決するために、協力し研究開発を進める仕組みです。
トライアル共同研究	共同研究の中でも、特に短期間・スピード重視で課題解決に取り組む研究です。
研究開発	当センターが、企業のコア技術の創出を目指し、必要に応じて他の公設試験研究機関や大学などと連携しながら研究開発に取り組めます。
技術相談	新製品開発や不良原因究明、製造技術の改良など、企業の課題解決に向け相談対応を行います。
設備使用	設備使用は、センター・試験場に設置の設備・機器の一部を、有料でお使い頂くことができる制度です。
技術者養成	企業の技術者を養成するため、センター職員がマンツーマンで対応し、研究開発等に必要な専門技術の習得を目指す研修制度です。
その他	いずれにも該当しないもの

・ 活用のヒント

まずは簡単な解析から始めることをおすすめします。現実には難しかった物理現象の検証や、試作では再現が困難な条件の評価などの課題をお持ちでしたら、ぜひ当センターにご相談ください。本事例集が、皆さまのものづくりを変革する一助になれば幸いです。

- ・ 問い合わせ先

山形県工業技術センター

企業支援部

電話 023-644-3222

ホームページ <https://yrit.jp/inquiries-access/>

(『山形県工業技術センター 問合せ』で検索)

3. 目次

【初期評価】

- ・池内の流れ解析・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1
- ・ Q C M（水晶振動子マイクロバランス）センサの特性解析・・・・・・・・ 2
- ・樹脂・金属複合構造の熱伝導率調査・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 3
- ・ S i 振動子の共振特性解析・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 4
- ・水槽に作用する静水圧の解析・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 5
- ・抵抗溶接時の接触面発熱の解析・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 6
- ・電磁誘導型発電機の解析手法構築・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 7
- ・沸騰現象の解析・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 8
- ・プラズマ加工時の電界分布解析・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 9
- ・へん平試験に適した試験装置の検討・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 10
- ・レーザーによる表面処理時の伝熱解析・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 11

【設計特性】

- ・ A B S 樹脂の充填解析・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 12
- ・材料変更による部品強度の評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 13
- ・蒸着源の熱によるマスクの変形量解析・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 14
- ・蒸着用マスクの微小変形解析・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 15
- ・進行波を用いた超音波振動板の設計・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 16
- ・超音波定在波を用いた粒子整列技術・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 17
- ・伝導イミュニティ用 C D N の特性解析・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 18
- ・電波吸収体の性能解析・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 19
- ・ヒーター最適配置の検討・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 20
- ・微細な開口構造を持つ薄膜の均質化・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 21
- ・ロゴスキーコイル型電流センサの誘起電圧解析・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 22

【性能評価】

- ・カップリング部品のねじりバネ定数の解析・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 23

- ・保圧条件変更に伴う樹脂成形品の充填解析・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 24
- ・電鑄槽の電流密度分布解析・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 25
- ・冷却管を伴った成形金型における反り解析・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 26

【原因究明】

- ・金型加熱用インバータのエラー原因調査・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 27
- ・伝導ノイズの解析手法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 28
- ・バルブ部品の破損原因調査・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 29

【その他】

- ・金属材料学実習における3点曲げ試験の解析・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 30
- ・引け巣形態の評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 31
- ・溶湯流動性試験鑄型による流動性の解析・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 32

池内の流れ解析



背景

1. 目的

釣り堀などの池は温度を均一にするために定期的な攪拌が必要であるため、どの程度の攪拌条件にすべきか検討したい。

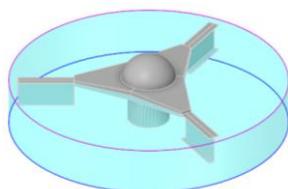
2. 課題

・プロペラ形状、配置、回転数と池内の温度分布、温度変化の定量的な評価

基本情報

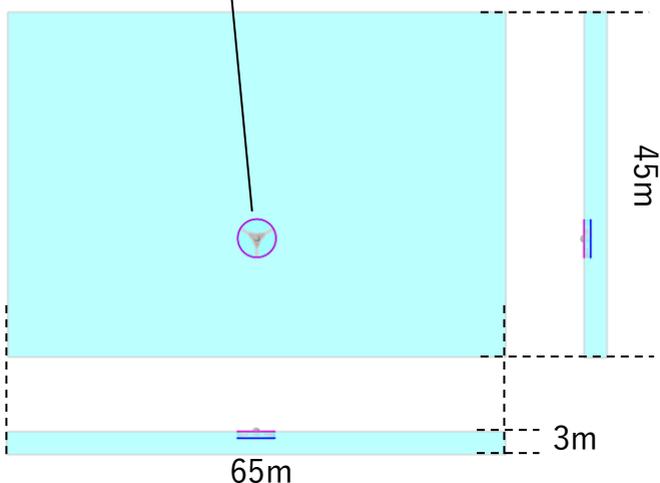
種類	流体
解析レベル	低
期間	1週間
支援方法	設備使用
ソフト	Ansys Fluent

解析モデル



回転数：3.3rpm

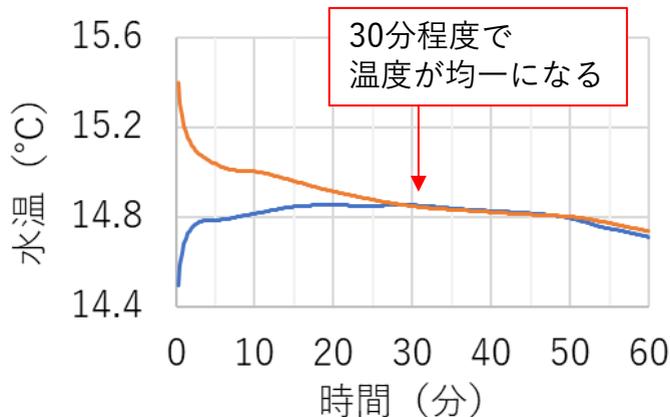
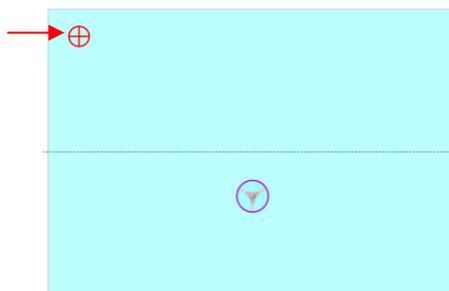
プロペラモデル拡大



解析モデル

解析結果

このポイントの底面付近と水面付近の水温変化を解析



※時間0でプロペラ回転開始

まとめ

・プロペラ形状や回転数、池内の配置によって、池の各部での温度差がなくなる様子が可視化できるようになった。

・これまで他社製のプロペラを購入していたが、自社製のプロペラでも攪拌能力があることが比較検証できたため、その設計にて実機評価を行うことができた。

QCM(水晶振動子マイクロバランス)センサの特性解析



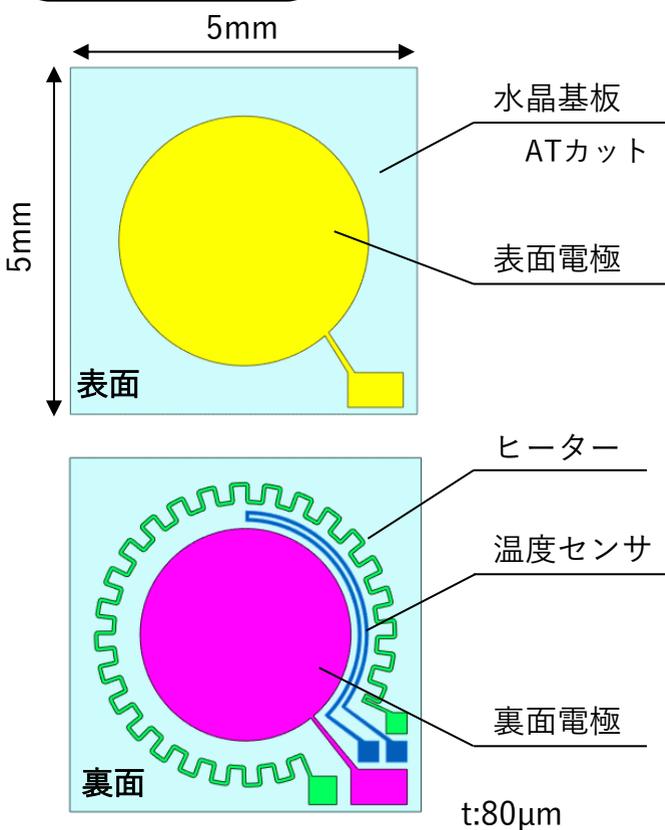
背景

1. 目的
マルチモーダルセンサに用いるQCM (Quartz Crystal Microbalance) の設計方針を検討したい。

2. 課題
- ・ 圧電振動の解析方法
 - ・ QCM裏面を加熱するヒーターの設計

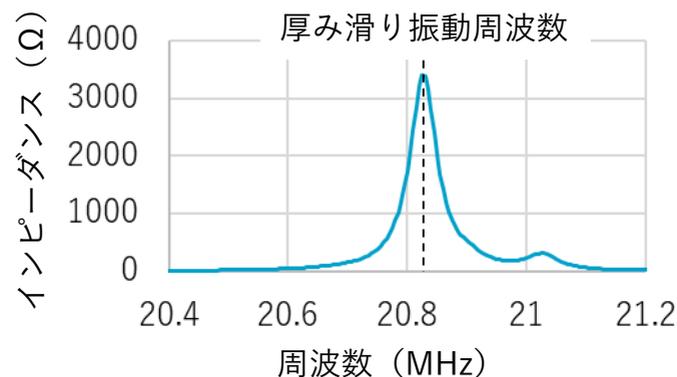
基本情報	
種類	構造
解析レベル	低
期間	1週間
支援方法	研究開発
ソフト	Ansys Mechanical

解析モデル

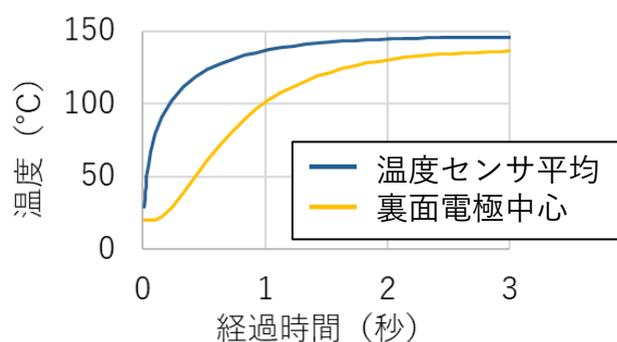


解析結果

○振動特性



○伝熱特性



まとめ

・ 一つの解析モデルにて、QCMの振動特性と加熱時の伝熱特性について評価可能な解析モデルを構築した。

・ 試作をする前に基本的な設計方針を立案することができた。

樹脂・金属複合構造の熱伝導率調査

背景

1. 目的

レジンボンド砥石内に金属柱を埋め込むことで、冷却性能を高めた砥石を考案。柱の本数・太さが冷却性能に与える影響を調査

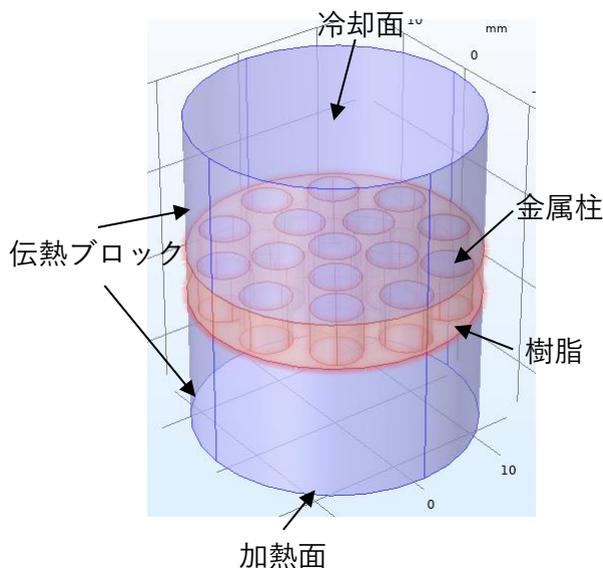
2. 課題

金属柱の影響を熱伝導率の計算式で評価ができない。
→熱伝導率評価用の実験装置を作製し、シミュレーションと実験装置を用いて調査した。

基本情報

種類	熱
解析レベル	高
期間	2年
支援方法	研究開発
ソフト	Ansys Fluent

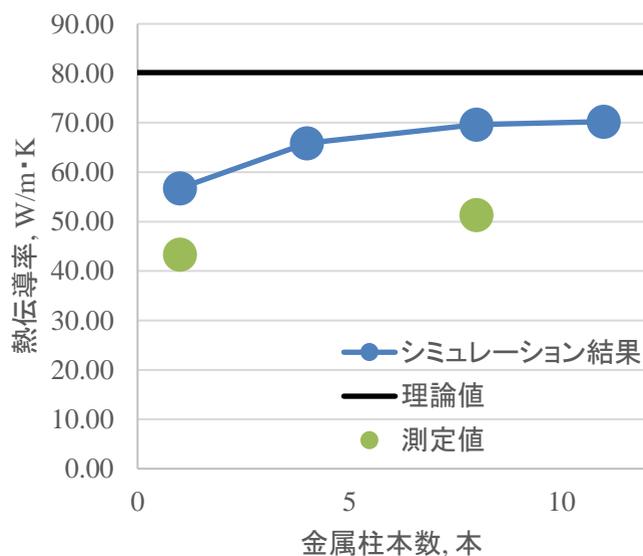
解析モデル



- 樹脂中に等間隔に金属柱を設置した構造を伝熱ブロック(無酸素銅)で挟み、熱伝導率を解析
- 金属・樹脂体積比を一定にし、本数を変化。実験装置は金属柱1本と8本を作製し測定

解析結果

シミュレーションにより、金属柱本数の増加により熱伝導率は増加し、計算式の値に近づく結果が得られた。また、実験装置による測定でも同様の結果が得られた。



まとめ

- レジンボンド砥石の設計について、方向性と理論的裏付けが得られた。
- 熱伝導率に大きく差がある複合構造の伝熱現象について知見が得られた。

Si振動子の共振特性解析

背景

1. 目的

環境発電用Siデバイスの振動特性を把握し、設計指針を得る。

2. 課題

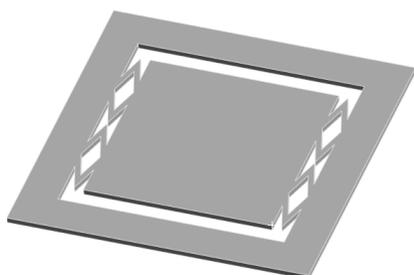
梁形状が複雑になるとバネ定数がわからず、一般的な解析式で固有振動数を求められない。

基本情報

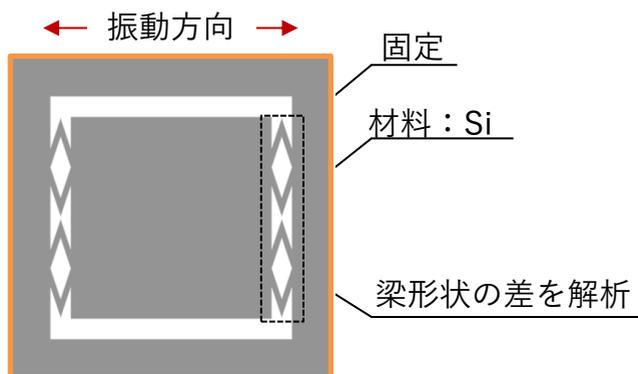
種類	構造
解析レベル	低
期間	1日
支援方法	研究開発
ソフト	Ansys Mechanical

解析モデル

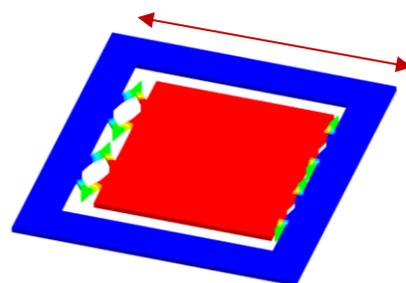
設計による振動特性の違いを解析した。



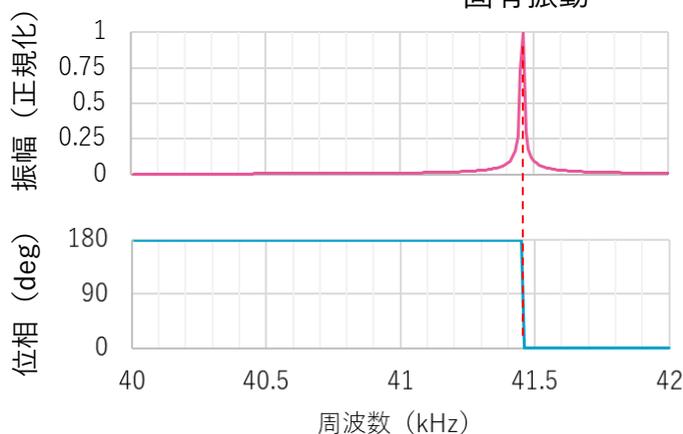
Si発電デバイス



解析結果



固有振動



周波数ごとの振動振幅

まとめ

- ・シミュレーションによって想定した振動モードにおける周波数を求めることができた。
- ・意図しない振動モードの存在を事前に把握することができた。
- ・表面に重りを乗せた場合の振動特性の変化も事前に把握することができた。

水槽に作用する静水圧の解析



背景

1. 目的
溶接で作製した容器が静水圧に耐えうるかを評価したい。
2. 課題
 - ・ 静水圧のモデル化方法

基本情報

基本情報	
種類	構造
解析レベル	低
期間	1日
支援方法	技術相談
ソフト	Ansys Mechanical

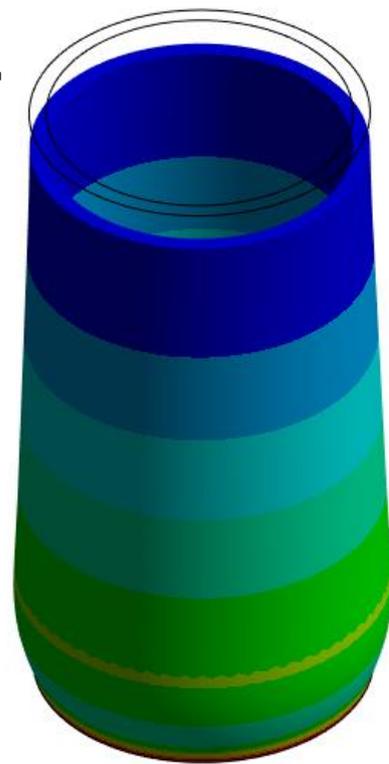
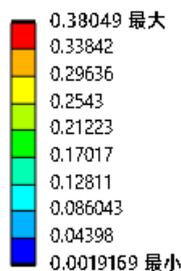
解析モデル

容器の内側壁面に対して静水圧を設定



解析結果

A: 静的構造
相当応力
タイプ: 相当応力 (von-Mises)
単位: MPa
時間: 1 s
2024/02/16 15:42



まとめ

- ・ 溶接個所に発生する応力を評価することができた。
- ・ 容器形状や、液体の種類（密度）による応力の差も定量的に評価することができた。

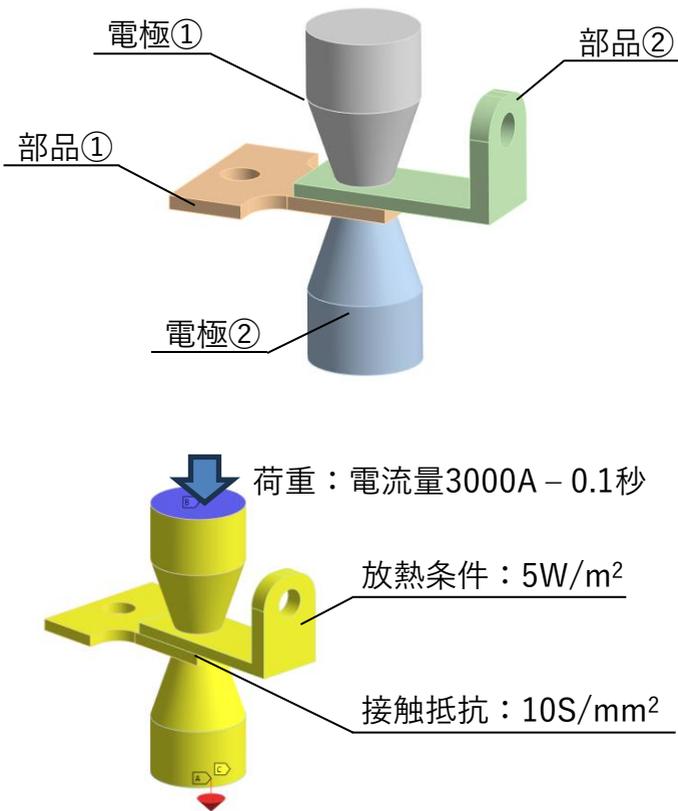
抵抗溶接時の接触面発熱の解析

背景

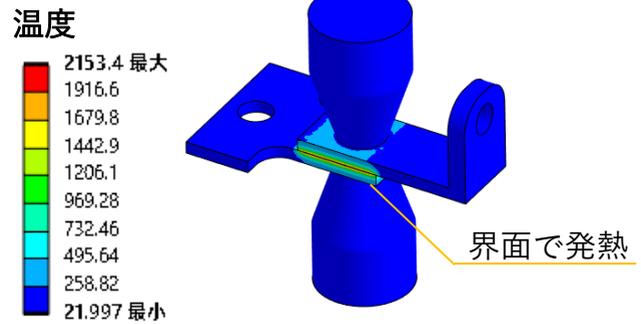
1. 目的
抵抗溶接の発熱量を見積もりたい。
2. 課題
・ 接触抵抗の見積もりと発熱量の解析方法

基本情報	
種類	熱
解析レベル	低
期間	数日
支援方法	設備使用
ソフト	Ansys Mechanical

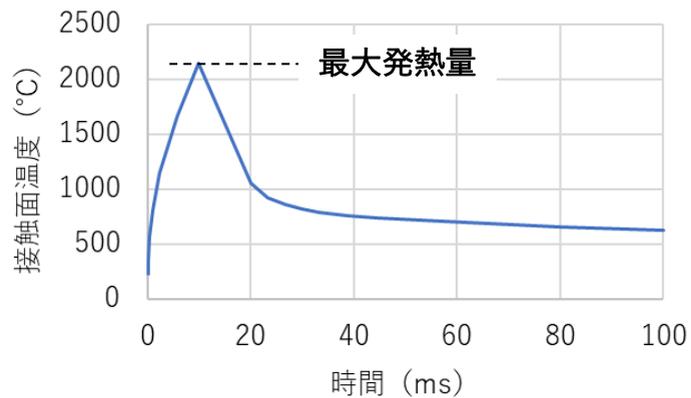
解析モデル



解析結果



最大発熱時の熱分布



まとめ

- ・ 接触抵抗は電極の押しつけ圧力によっても変化するため、実機の圧力と電流・電圧の関係から条件ごとに接触抵抗を求めた。
- ・ 接触抵抗を模擬した解析モデルを作成し、接触面（溶接面）に発生する発熱量を見積もることができた。

電磁誘導型発電機の解析手法構築

背景

1. 目的

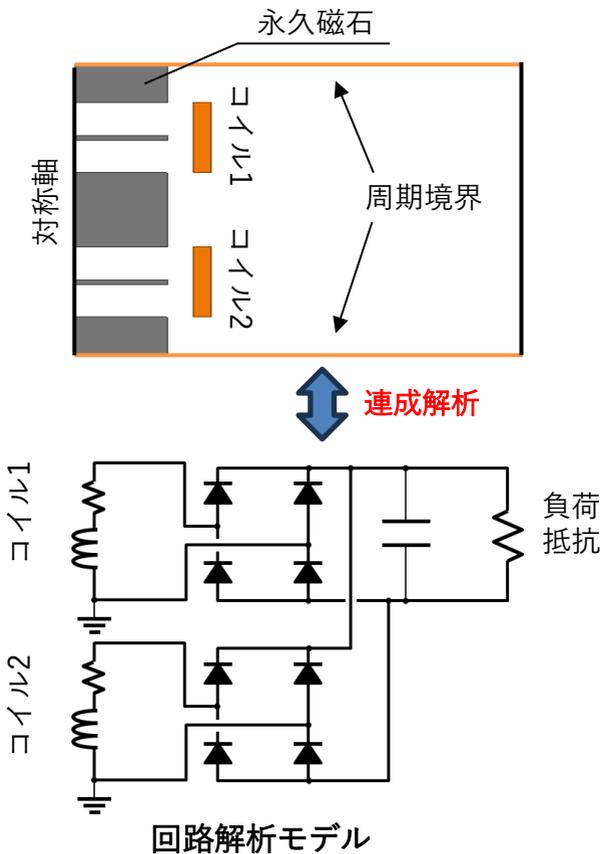
電磁誘導型発電機を設計するにあたり、解析によってコイル間隔や磁石サイズなどを事前検討したい。

2. 課題

- ・磁石が動くことで電磁誘導により発電する解析条件設定
- ・コイルと磁石による発電機と回路の連成解析

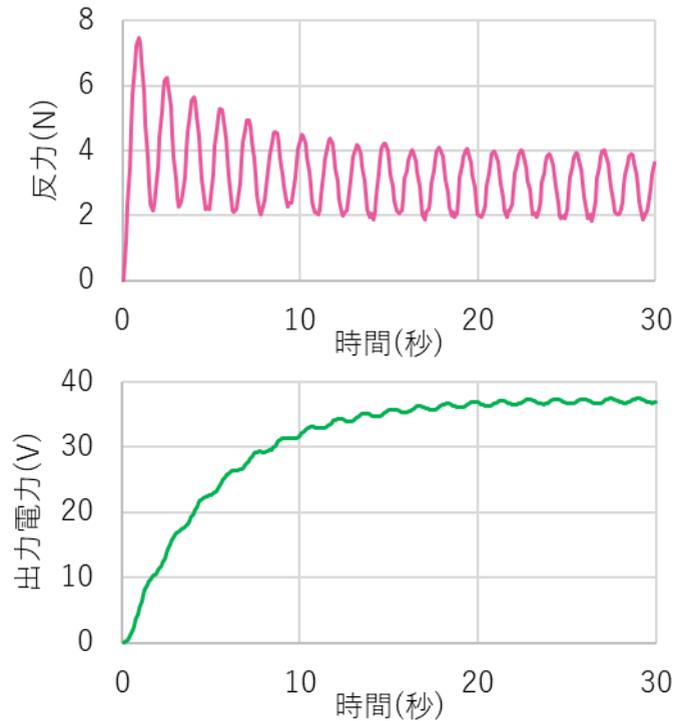
基本情報	
種類	電磁界、回路
解析レベル	低
期間	1週間
支援方法	技術相談
ソフト	Ansys Maxwell

解析モデル



解析結果

永久磁石が紙面上方向に向かって移動したときの負荷抵抗での出力電力と磁石に発生する逆方向の反力を解析した。



まとめ

- ・電磁界と回路の連成解析方法を確立し、磁石、コイル、回路定数の設計が可能となった。
- ・試作評価と並行してシミュレーションを実施するため、技術的根拠を示す有効な手段として外部審査における信頼性向上に寄与した。

沸騰現象の解析

背景

1. 目的

洗浄に用いる有機溶剤を回収する工程で、ヒーター部の焦げ付きが問題となった。そこで、ヒーターの到達温度を見積もれるか検討したい。

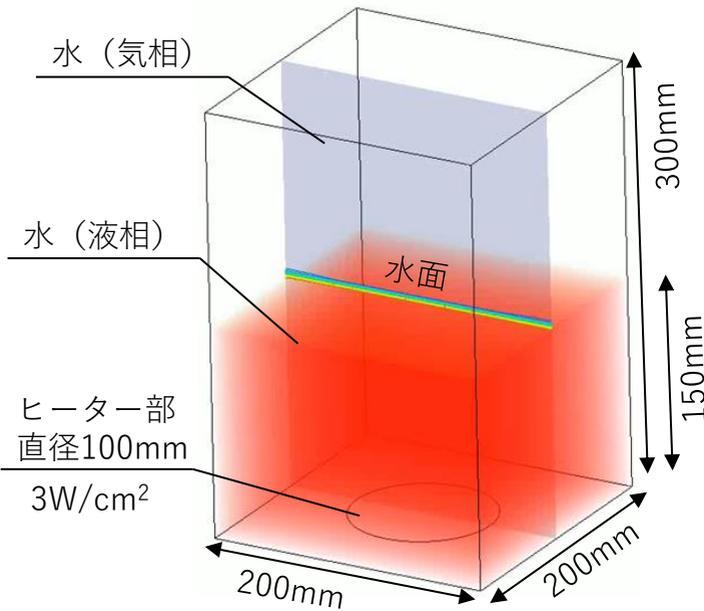
2. 課題

- ・ 沸騰現象の解析可否
- ・ ヒーターの温度の時間推移の解析

基本情報	
種類	流体
解析レベル	低
期間	1週間
支援方法	技術相談
ソフト	Ansys Fluent

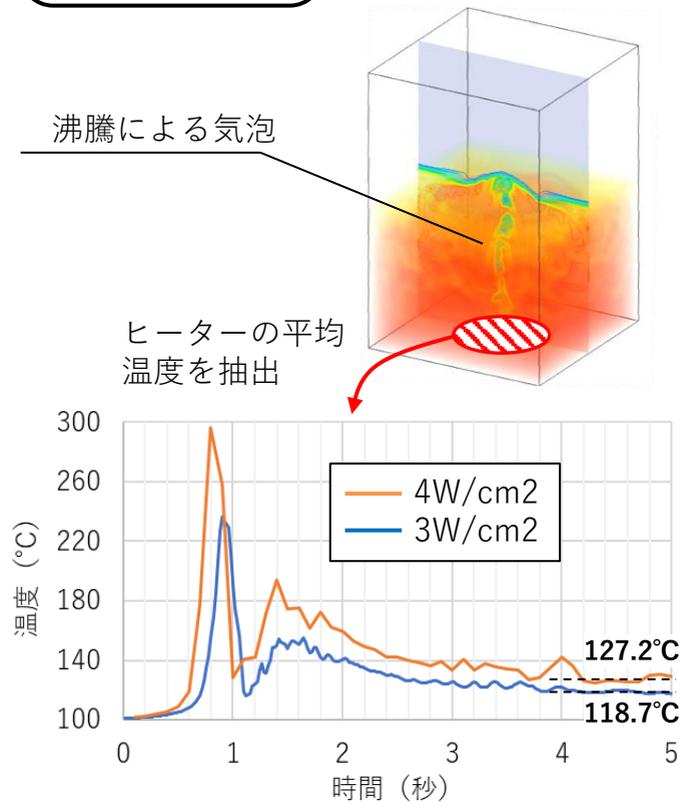
解析モデル

- ・ 解析条件：混相流
- ・ 材料定数：
水の標準的な定数+エンタルピー



検討モデル

解析結果



ヒーター部の温度推移

まとめ

- ・ 流体解析を用いて、水が沸騰した場合を想定した解析検討を実施した。槽内のヒーター温度は測定できないため、本検討によってヒーター温度の見積もりが可能であることが分かった。
- ・ 数秒分の解析に1週間程度の時間がかかることが分かったため、共同研究などの長期的な取り組みとすべきことが分かった

プラズマ加工時の電界分布解析



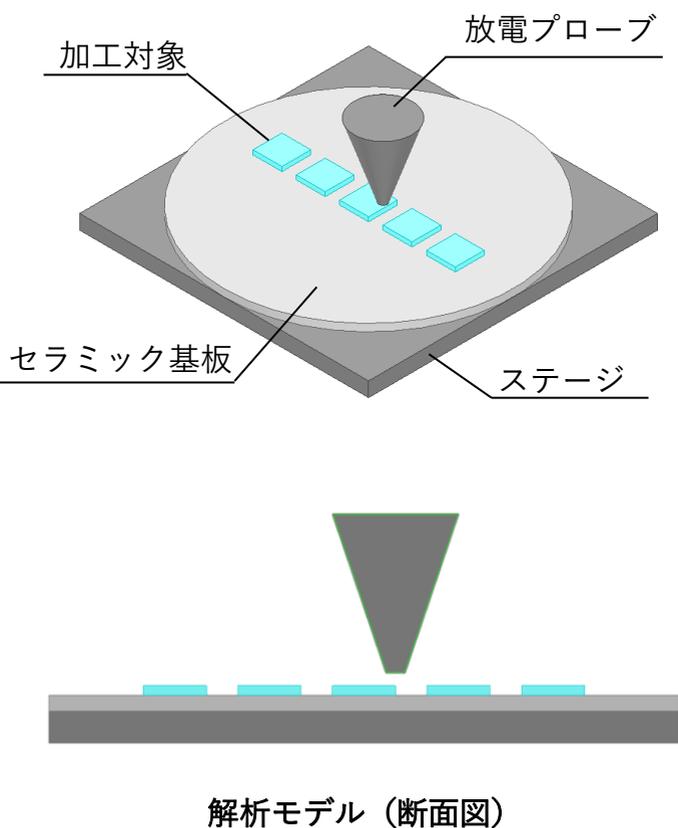
背景

1. 目的
プラズマ加工時の電界の偏りを可視化したい。
2. 課題
・プラズマの模擬

基本情報

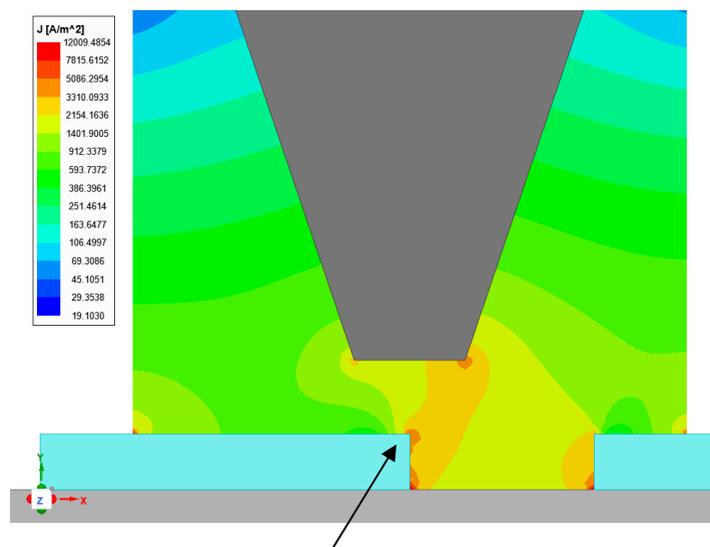
基本情報	
種類	電磁界
解析レベル	低
期間	1か月
支援方法	トライアル
ソフト	Ansys Maxwell

解析モデル



解析結果

放電プローブの周辺にプラズマを模擬した導体領域を設定し、その領域内の電流密度分布を評価した。



材料の角部で加工量が大きいという傾向が実機と同等であることが分かった

まとめ

- ・プラズマの専用解析ソフトではないため、プラズマを導体で模擬して解析を実施した。
→電流密度で評価したとき、実際の加工と同等の傾向が確認できたため、完全なモデル化ではないが傾向は把握できると判断した。

へん平試験に適した試験装置の検討

背景

1. 目的

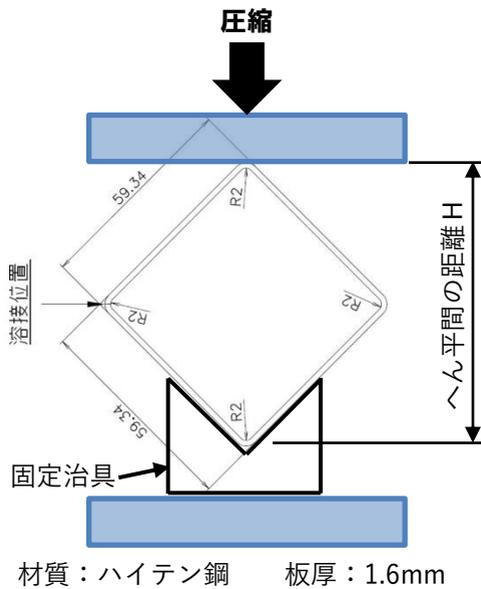
・中空パイプのへん平試験はJIS規格があるが、角パイプのコーナー溶接はJIS規格がないため、変形の様子を検討した。

2. 課題

・へん平試験用の試験装置が2種類（最大試験力100kN（機械式）と500kN（油圧式））あり、どちらが適しているか検討する。

基本情報	
種類	構造
解析レベル	低
期間	半月
支援方法	技術相談
ソフト	ANSYS Mechanical

解析モデル



【条件】

- ・固定治具なしで、へん平間の距離Hが7/8（約-10mm）になるまで圧縮する。
- ・上記の結果を元に、同じ試験力で固定治具が半分固定と全面固定について各々圧縮する。
- ・角パイプの奥行長さは試験機の板と同様に100mm

解析結果

	解析前	解析後（2D）	解析後（3D）
固定治具なし	圧縮 ↓ 角パイプ		<p>A: 静的構造 相当応力 タイプ: 相当応力 (von-Mises) 単位: MPa 精度: 1 s 2024/11/26 15:54</p> <p>2342.3 最大 2003.8 1825.4 1566.9 1305.5 1050.1 791.62 533.16 274.75 16.306 最小</p>
半分固定	圧縮 ↓ 角パイプ 固定治具		<p>A: 静的構造 相当応力 タイプ: 相当応力 (von-Mises) 単位: MPa 精度: 1 s 2024/11/26 15:52</p> <p>1925.6 最大 1711.6 1495.7 1283.7 1069.8 855.8 641.95 427.9 213.95 0 最小</p>
全面固定	圧縮 ↓ 角パイプ 固定治具		<p>A: 静的構造 相当応力 タイプ: 相当応力 (von-Mises) 単位: MPa 精度: 1 s 2024/11/26 15:56</p> <p>3019.25 最大 271.33 237.42 205.5 169.58 135.67 101.75 67.833 33.917 0 最小</p>

まとめ

- ・固定治具なしで、-10mmへん平する試験では、試験力は10.5kNのため、100kN（機械式）で試験可能。
- ・押しつぶすまで試験する場合は、500kN（油圧式）で対応予定。
- ・試験力や目的（どこまでへん平させるか）により、事前に適した試験装置が把握可能となった。

レーザーによる表面処理時の伝熱解析

背景

1. 目的

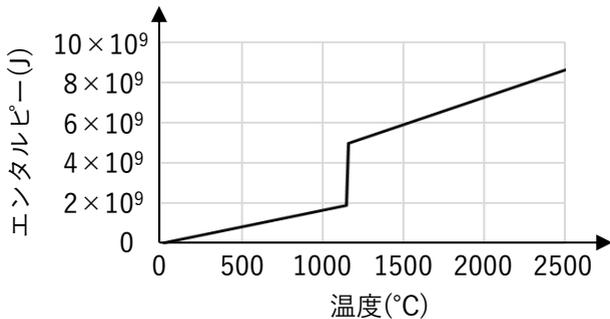
レーザーを用いた表面処理時に基材に伝わる熱履歴を調べるにあたり、まずは過去の論文データを解析できるか確認したい。

2. 課題

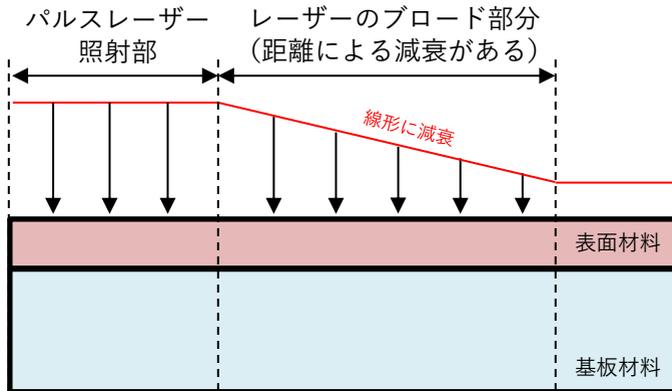
- ・ 溶融温度を超える材料定数の入力方法
- ・ 時間変化するレーザー出力と径方向の分布の再現

基本情報	
種類	熱
解析レベル	高
期間	1 か月
支援方法	設備使用
ソフト	Ansys Mechanical

解析モデル



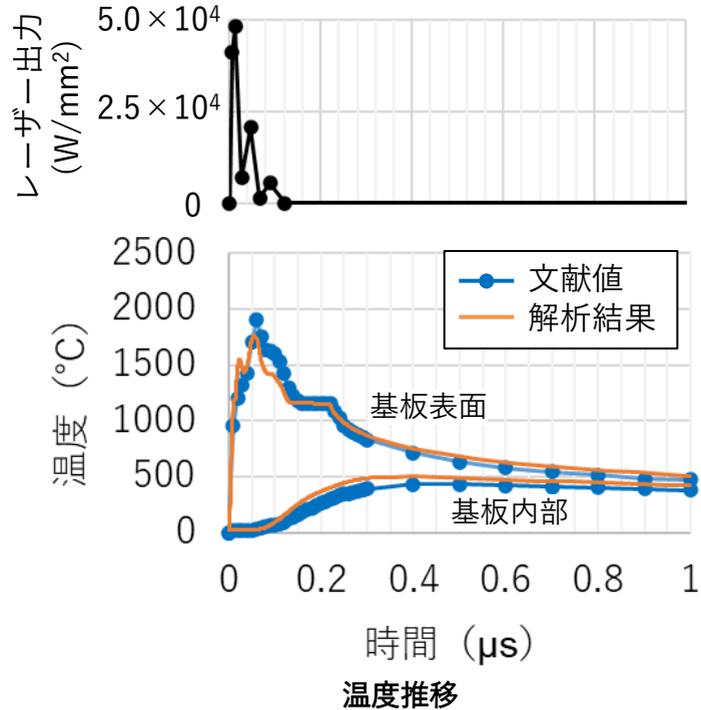
表面材料の物性 (エンタルピー)



解析モデルイメージ図

解析結果

溶融する表面材料のエンタルピーを定義
→ 文献値と同等の結果を得ることができた。



まとめ

・ 十年以上前の論文データを再現する解析条件検討を行い、測定が困難な微小エリア、微小時間かつ瞬間的な温度変化を解析することができた。

・ エンタルピーを定義することで溶融/凝固を解析できることが分かった。

・ 材料特性、レーザー特性、表面材料の厚さなどが変化した場合の熱履歴を実験なしで比較することができるため、短時間で初期検討を実施することができた。

ABS樹脂の充填解析



背景

1. 目的

単純形状のモデルを用いて、射出成型品における樹脂の充填状態を調査する。

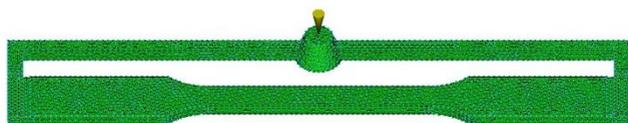
2. 課題

成形金型の設計や不具合の原因追及で重要な、樹脂の最終充填位置、ウエルド、エアトラップの位置を明らかにする。

基本情報

種類	樹脂流動解析
解析レベル	低
期間	数時間
支援方法	研究開発
ソフト	MOLDFLOW2013

解析モデル

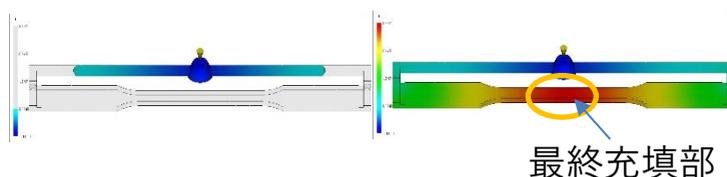


ダンベル試験片
(ISO7152-1)

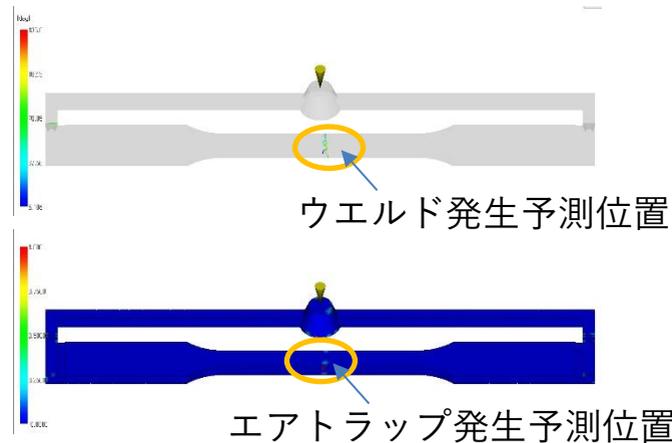
- ・材料：ABS
(Cevian-V 500 ダイセルポリマー)
- ・成形温度：230°C
- ・金型温度：50°C
- ・保圧：10sec, 最大射出圧の80%
- ・冷却時間：20sec
- ・成形機：デフォルト(180MPa)

解析結果

・最終充填部の確認



・ウエルドライン・エアトラップ評価



まとめ

・樹脂流動解析を用いて、ABS製のダンベル試験片を成形した際の最終充填、ウエルドライン、エアトラップ位置を評価した。

・本解析は、複雑形状の成形品の評価や、多点ゲートが採用された成形品の最終充填位置特定などに応用が可能。

材料変更による部品強度の評価



背景

1. 目的

金属製の部品の材料を樹脂系の材料に置き換えた際に使用環境下で性能を満足する見込みがあるか事前検討したい。

2. 課題

- ・樹脂材料の材料定数
- ・樹脂材料でも十分な安全率が確保できる構造、使用方法の検討

基本情報

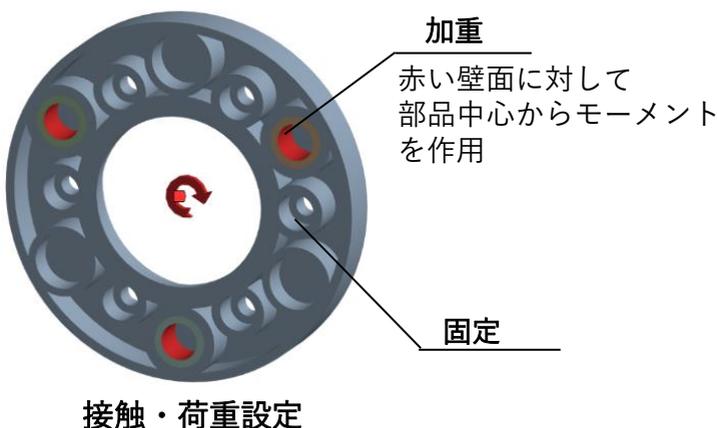
種類	構造
解析レベル	低
期間	1日
支援方法	設備使用
ソフト	Ansys Mechanical

解析モデル

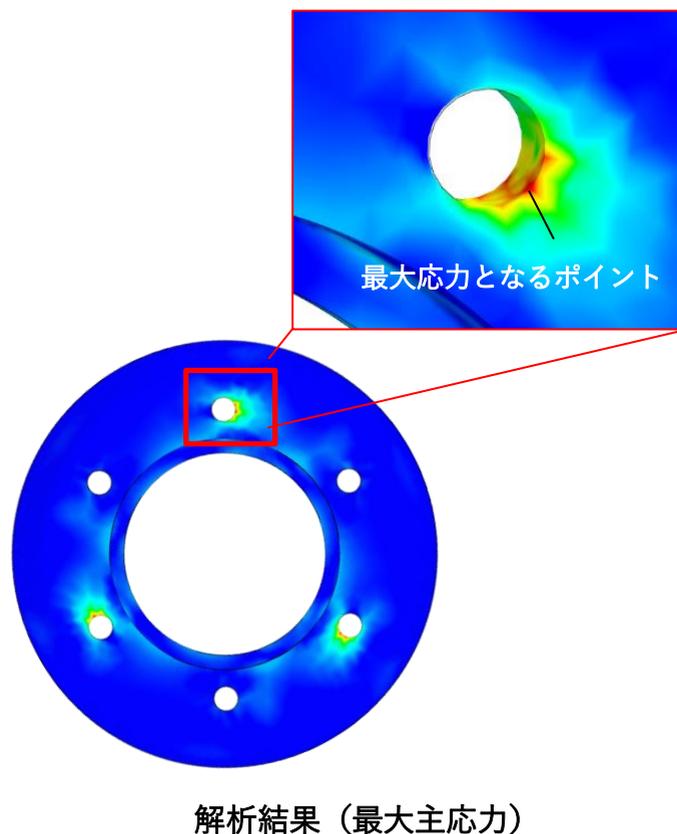
ガラスファイバー強化のPA66想定樹脂材料定数

温度	室温 (25°C)	60°C付近
密度 (g/cm ³)	1.52	1.52
ヤング率 (GPa)	9.1	5.46
ポアソン比	0.35	0.35
破断強度 (MPa)	203	122

参考：<https://www.cybernet.co.jp/ansys/product/lineup/granta/pa66propertylist.html>



解析結果



まとめ

- ・金属製の部品の樹脂置き換え可能性の初期検討ができた。
- ・部品の肉抜きや拘束条件を比較し、安全率を確保できる条件の検討をつけた。

蒸着源の熱によるマスクの変形量解析

背景

1. 目的

有機ELマスクの蒸着時には蒸着源によってマスク薄膜が局所的に加熱される。その加熱による変形量を推定したい。

2. 課題

- ・マスク薄膜とガラス基板間の摩擦力の推定
- ・蒸着源による加熱のモデル化

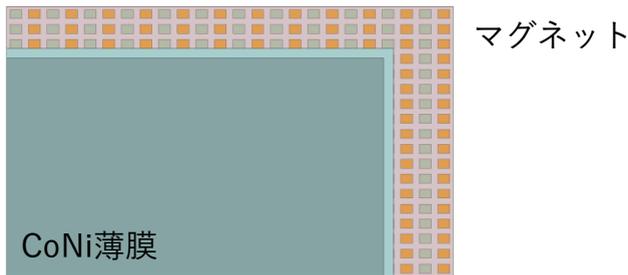
基本情報

種類	構造、熱
解析レベル	低
期間	1年
支援方法	共同研究
ソフト	Ansys Maxwell, Mechanical

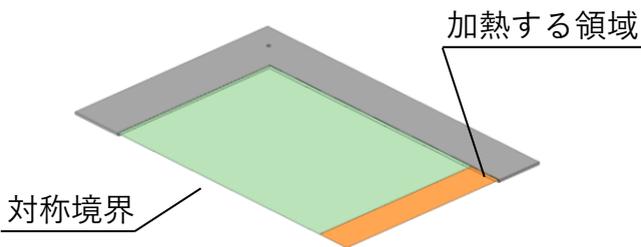
解析モデル

マスクは磁性を持つため、蒸着する際にはマグネットにより基板に吸着される。その状態で蒸着源から加熱された際の熱応力を解析した

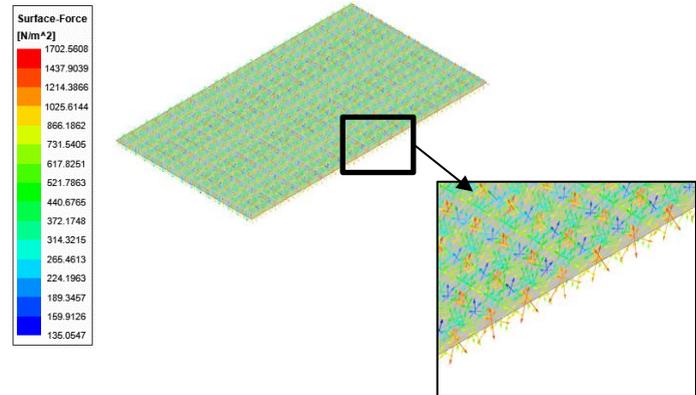
1. マスク薄膜に作用する吸着力の解析モデル



2. 蒸着源が熱応力の解析モデル

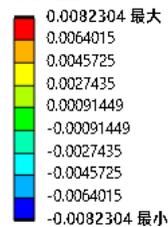


解析結果



吸着力解析結果

変形量



加熱による変形量の解析結果

まとめ

- ・蒸着中のマスクの変形量は測定することができないため、シミュレーションにより定量的な評価可能となった。
- ・摩擦を考慮することにより蒸着源による加熱ではほぼマスクは変形しないことが確認できた。

蒸着用マスクの微小変形解析

背景

1. 目的

有機ELディスプレイ製造用の蒸着マスクは微小な変形が画素形成に影響を及ぼすため、変形を抑制可能な設計が求められる。解析によって収縮量の予測と対策の立案を実施したい。

2. 課題

- ・薄膜形成時の残留応力のモデル化
- ・解析精度の検証

基本情報

種類	構造
解析レベル	高
期間	1年
支援方法	共同研究
ソフト	Ansys Mechanical

解析モデル

○解析条件

CAD：対称性があるため、1/4モデル
薄膜は2次元のシェルモデル

材料定数：

マスクフレーム：構造用鋼

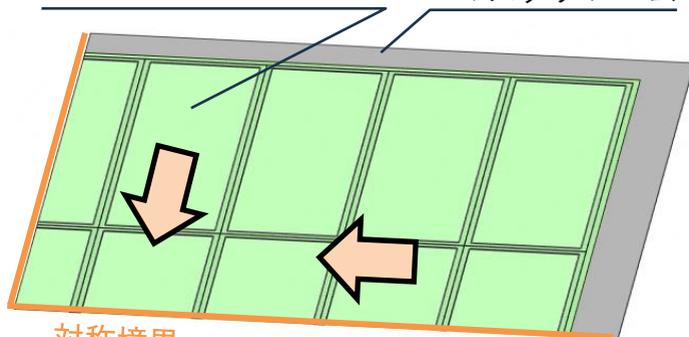
微細な開口を持つ薄膜：均質化した定数

荷重：①重力

②薄膜の残留応力（熱収縮で代替）

微細な開口を持つ薄膜

マスクフレーム



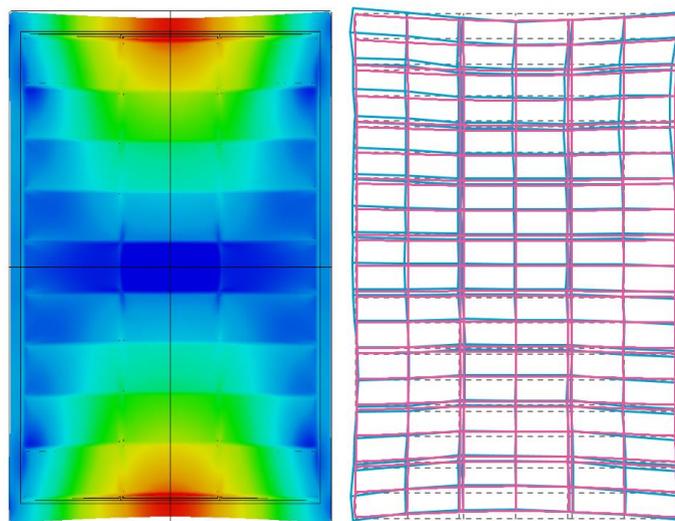
対称境界

解析モデル (1/4モデル)

解析結果

均質化した材料定数と1/4のモデルを用いた解析により、実機の変形量を再現できた。

— 実測値
— 解析値



変形量分布

実測-解析比較

解析結果 (2,000倍)

まとめ

・薄膜の残留応力を熱収縮力で代替し、材料定数は均質化手法により微細な開口構造を考慮した材料定数もちいることで実測の変形量をほぼ模擬することができる解析モデルを作製することができた。

・解析モデルを用いて、変形の要因分解、抑制方針の立案、顧客への説明を理論立てて実施することができるようになった。

進行波を用いた超音波振動板の設計



背景

1. 目的

大面積を振動させることのできる振動板を作製する。

2. 課題

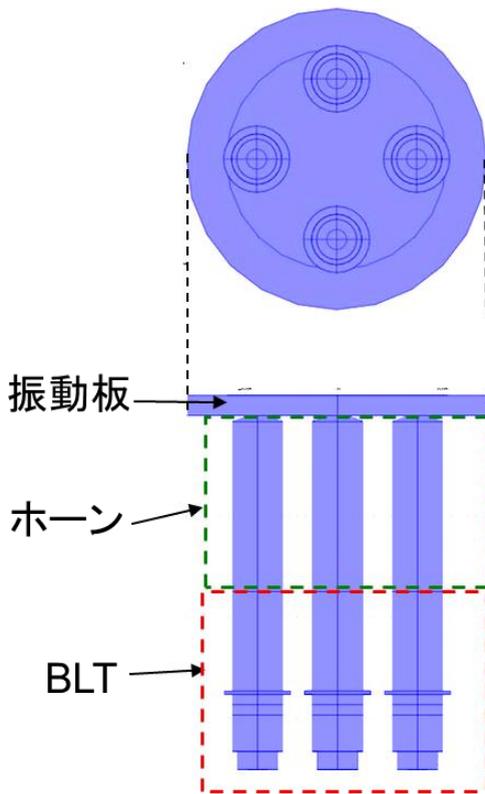
振動しない箇所が振動面に現れる。

→振動しない箇所（節）が移動する進行波モードの振動板を設計する。

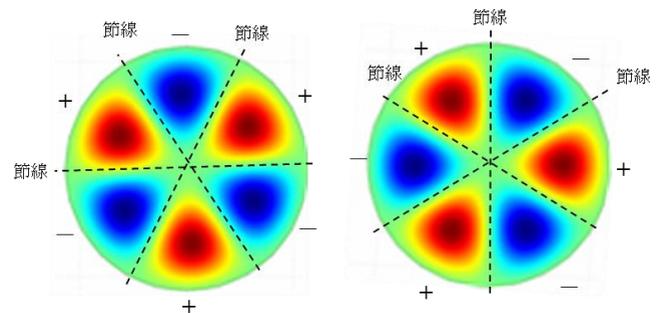
基本情報

種類	振動・音響
解析レベル	高
期間	1年
支援方法	研究開発
ソフト	Ansys Mechanical

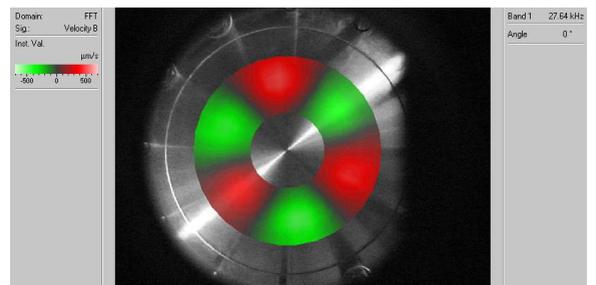
解析モデル



解析結果



4本のBLTで、位相が90°異なる2種類の振動モードを励起できる条件を発見
(交互に励起することで進行波を実現)



実機にて、振動モードが励起可能、かつ進行波モードで振動可能なことを確かめた。

まとめ

- ・振動板上に節を持たない振動板を設計することができた。
- ・振動板が進行波モードで振動する条件を明らかにすることができた。

超音波定在波を用いた粒子整列技術



背景

1. 目的

超音波を用いて粒子を整列させる技術を確立する。

2. 課題

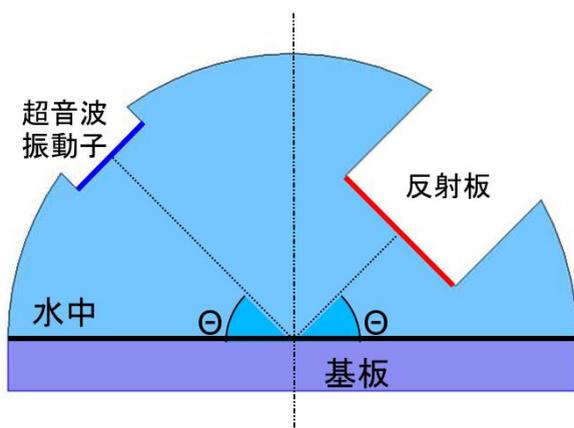
整列の制御因子が明らかでない。

→超音波の照射角度と整列間隔の関係を明らかにする。

基本情報

種類	振動・音響
解析レベル	高
期間	1年
支援方法	研究開発
ソフト	Ansys Mechanical

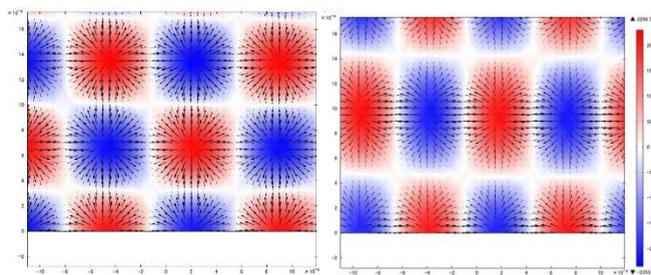
解析モデル



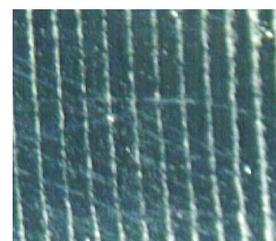
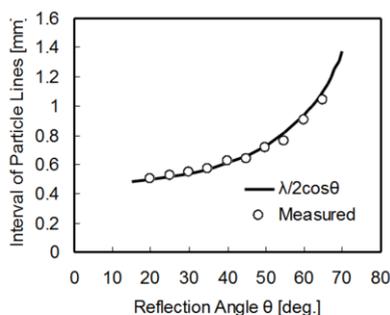
対向させた振動子と反射板の間で基板上に粒子を集める定在波を立てる。

超音波の入射角（と反射角）を変更して、定在波を形成する音場がどうなるか、粒子を集める力（音響放射力）が働くかシミュレーションで検討する。

解析結果



角度45°（左）と角度30°（右）の結果。角度の変化で音定在波が変形した。音響放射力（矢印）も節に向かって働いている。



角度と整列間隔の関係（左）、実際の整列（右）入射角の変更で整列させる間隔を制御できた。

まとめ

- ・超音波による定在波をシミュレーション空間上に再現することができた。
- ・シミュレーションと実験を比較し、整列間隔と入射角の関係を明らかにできた。
- ・超音波を用いた粒子配列技術を実現することができた。

伝導イミュニティ用CDNの特性解析

背景

1. 目的

伝導イミュニティ試験に用いるCDNは配線やコネクタごとに必要となる内部回路が異なる。個別的なニーズに柔軟に対応できるよう、CDNを設計可能な技術を構築したい。

2. 課題

- ・ CDN解析モデルの構築方法
- ・ 実機特性との比較による精度評価

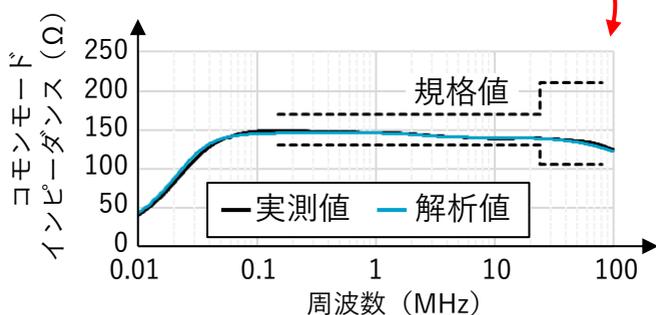
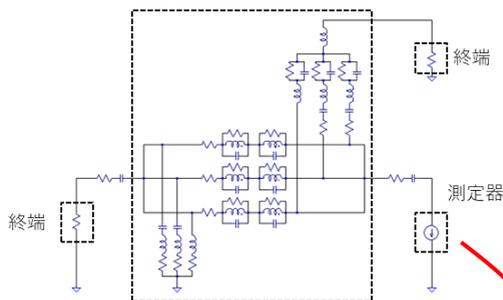
基本情報	
種類	回路
解析レベル	高
期間	2年
支援方法	研究開発
ソフト	LTspice

解析モデル

市販CDN特性を解析可能な解析モデルを構築

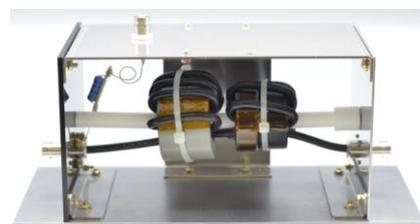
- ・ 回路は国際規格IEC61000-4-6に準拠した構成
- ・ 各部品は高周波の等価回路モデルで模擬
- ・ 実測環境を想定し終端器や測定器を模擬

CDN解析モデル

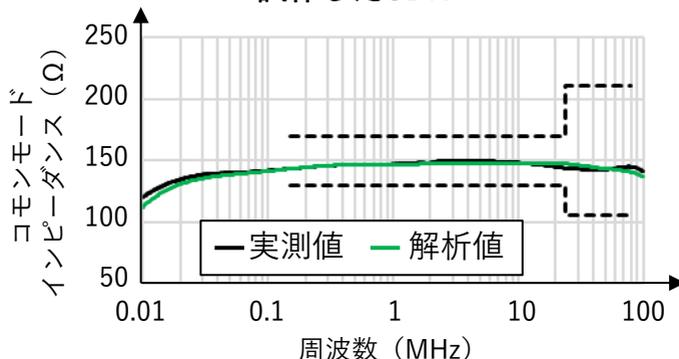


解析結果

市販CDNの解析モデルをベースとして、同軸線用CDNの解析モデルを構築して設計、試作、評価を行った。



試作したCDN



試作したCDNの特性と解析結果比較

まとめ

- ・ 80MHzまでの試験範囲であれば、本解析手法で設計が可能であることが分かった。
- ・ 国際規格IEC61000-4-6に準拠した回路構成で、かつ内部部品を高周波の等価回路モデルで構築したシミュレーションモデルにより高精度に実機特性を再現できることが分かった。
- ・ 当該モデルを応用して設計、試作したCDNは試作時の解析結果と同等の特性を持つことがわかった。

電波吸収体の性能解析

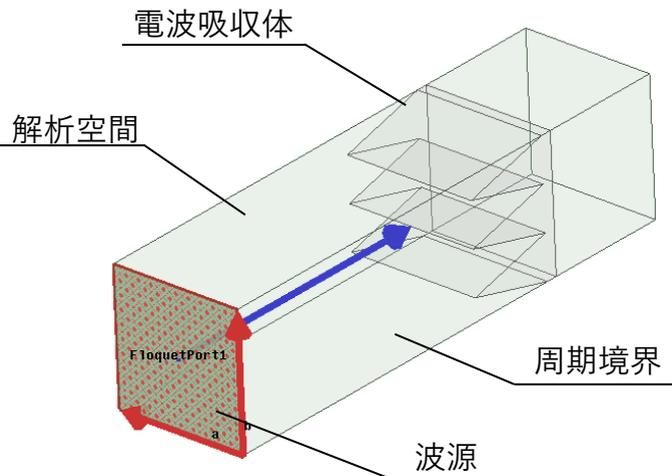
背景

1. 目的
電波吸収体の電気特性（誘電率、 $\tan \delta$ ）と形状から減衰率を見積もりたい。
2. 課題
・電磁波を平面波として入射する条件設定

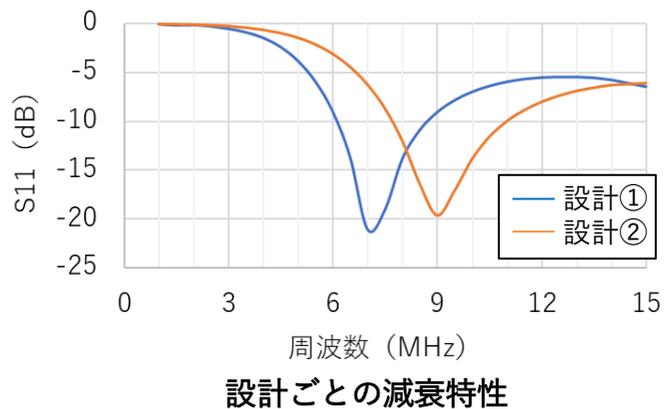
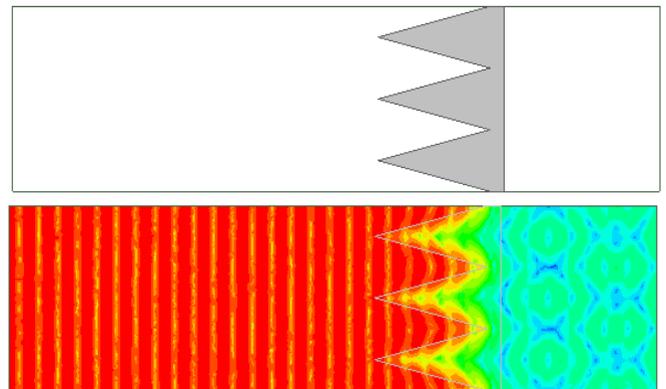
基本情報	
種類	電磁界
解析レベル	低
期間	数日
支援方法	設備使用
ソフト	Ansys HFSS

解析モデル

電波吸収体は入射する電波の角度によって吸収特性が変化する
→ 無限に連なるモデルの一部を抜きだしたという設定の解析モデルで評価を行う



解析結果



まとめ

- ・電波吸収体の電気特性や形状と減衰特性の関係を定量的に評価することができた。
- ・本解析を基に、手計算の理論式の妥当性を評価することができた。
- ・斜め方向から入射する電磁波に対する減衰特性も評価することができるようになった。

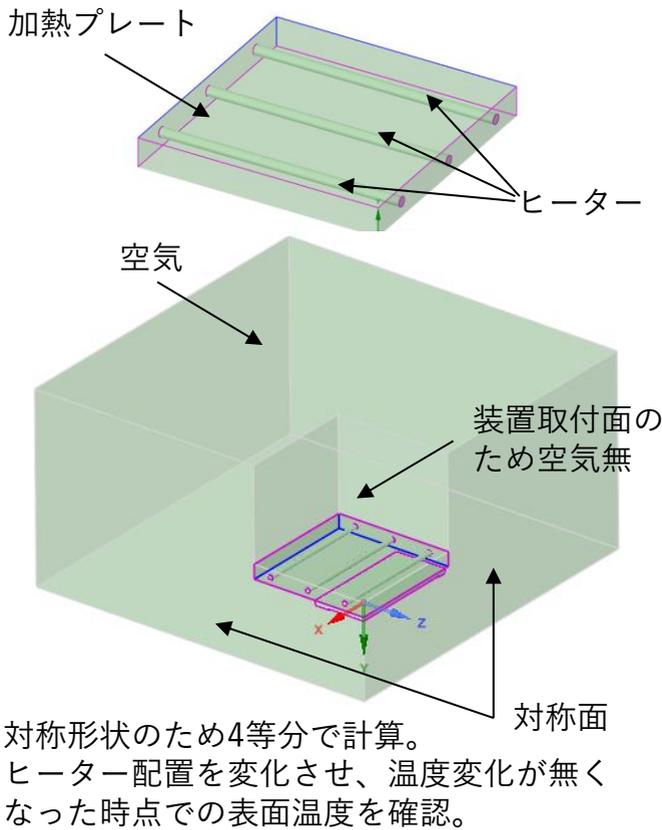
ヒーター最適配置の検討

背景

1. 目的
被加熱物を効率的に加熱するため、ヒーターの最適配置を検討する。
2. 課題
周囲の空気への熱伝達等の、境界条件が不明
→実験装置を作製し、実際の使用環境で温度測定を行い、境界条件を設定。シミュレーション上でヒーター配置を検討した。

基本情報	
種類	熱、流体
解析レベル	高
期間	1年
支援方法	共同研究
ソフト	Ansys Fluent

解析モデル

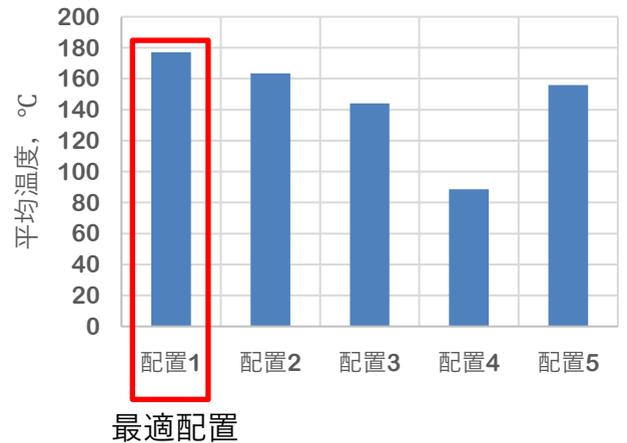


解析結果

実験で得られた加熱プレート温度とシミュレーション結果との比較により、境界条件を設定

上記条件でのシミュレーションにより、5通りのヒーター配置を検討。その結果、加熱プレート表面温度が最も高温になるヒーター配置 = 最適なヒーター配置を確認することができた。

ヒーター配置と平均温度



まとめ

- ・シミュレーションを用いることで、1回の装置試作のみで複数のヒーター配置を検討し、最適なヒーター配置を得ることができた。
- ・周囲の空気中への熱移動を含む現象について、今後の支援のための知見が得られた。

微細な開口構造を持つ薄膜の均質化

背景

1. 目的

微細な開口構造を大量に持つ薄膜を含む製品の応力解析がしたい。

2. 課題

- ・ 開口構造全体をCAD上で表現することができない
- ・ 微小な開口構造により元の材料の定数をそのまま使用して解析ができない

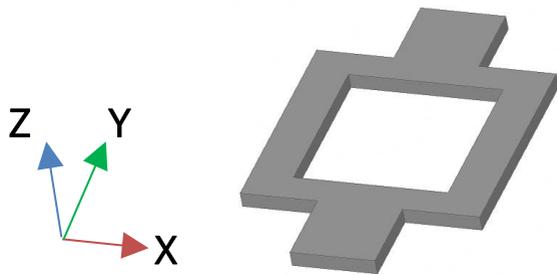
基本情報	
種類	構造
解析レベル	中
期間	2か月
支援方法	トライアル共同研究
ソフト	Ansys Mechanical

解析モデル

均質化手法により、開口構造を持つ薄膜の等価的な材料定数を定義する方針とした

バルク材料の材料定数（等方性）

パラメータ	値
密度 (g/cm ³)	8.5
ヤング率 (GPa)	180
ポアソン比	0.3
せん断弾性係数 (GPa)	50



開口構造を持つ薄膜の単位モデル

解析結果

元々等方的な材料定数であったが、開口構造を考慮した等価的な材料定数を定義することができた。

開口構造を持つ薄膜の材料定数（異方性）

パラメータ	値
密度 (g/cm ³)	2.0
ヤング率X方向 (GPa)	22.1
ヤング率Y方向 (GPa)	5.1
ヤング率Z方向 (GPa)	52.5
ポアソン比 XY	0.51
ポアソン比 YZ	0.03
ポアソン比 XZ	0.13
せん断弾性係数 XY (GPa)	2.7
せん断弾性係数 YZ (GPa)	9.7
せん断弾性係数 XZ (GPa)	9.7

まとめ

- ・ 均質化により開口構造を持つ薄膜の材料定数を推定することができた。
- ・ 等価的な材料定数により、微小な開口構造をモデル化することなく応力解析を実施することができるようになった。

ロゴスキーコイル型電流センサの誘起電圧解析



背景

1. 目的

ロゴスキーコイル型電流センサで検出する誘起電圧がセンサ構造によってどのように変わるか、設計指針を明確にしたい。

2. 課題

微小で回転対称ではないデバイス構造であるため、電流実測値と理論式による数値計算が合わない。

→電磁界解析により、デバイス構造による特性を解析

基本情報

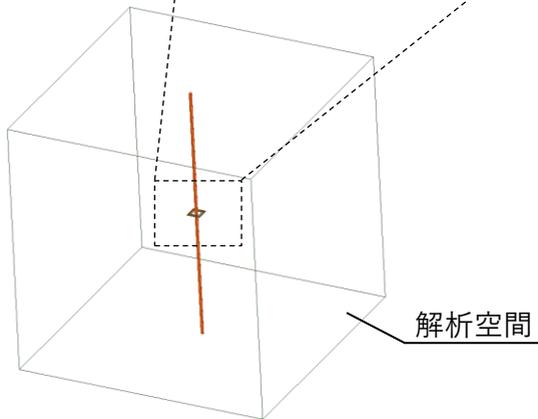
種類	電磁界
解析レベル	中
期間	数か月
支援方法	共同研究
ソフト	Ansys Maxwell

解析モデル

測定する電流

ロゴスキーコイル

パッド間の
誘起電圧を解析

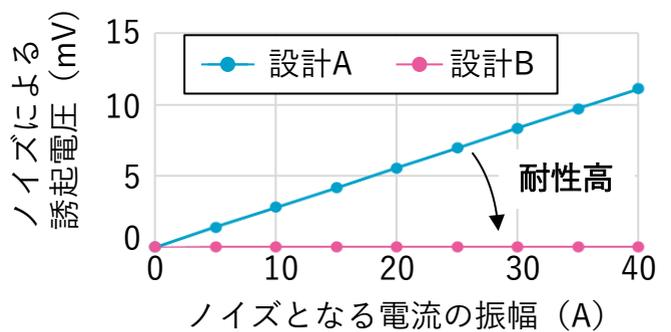
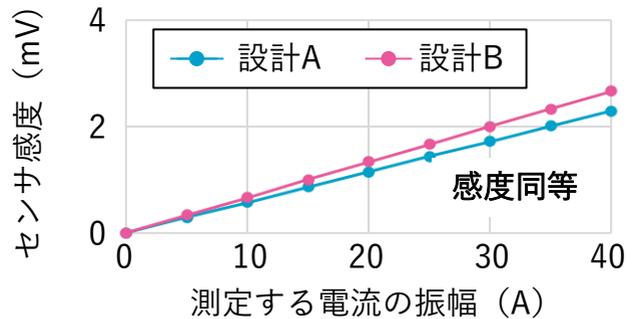


解析モデル

解析空間

解析結果

2種類の設計案の性能を解析で比較
→設計Bの方はセンサ感度とノイズ耐性が両立することが確認できた



まとめ

- ・試作前に性能を把握することができ、試作や設計の方向性を決定することができた。
- ・同一の解析モデルを用いて周辺デバイスの設計も実施することができた。
- ・実測結果を補足することもでき、学会などでの成果広報を支援できた。

カップリング部品のねじりバネ定数の解析



背景

1. 目的

新製品のカップリング部品のねじりバネ定数に関する問い合わせを顧客から受けており、実測に先立って早急に1次回答をしたい。

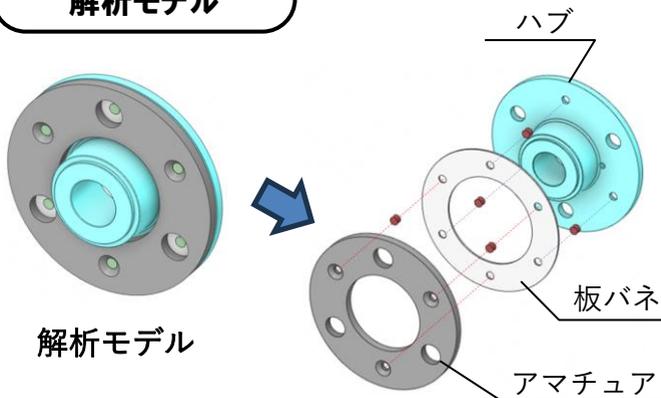
2. 課題

- ・厚みの薄い板バネのモデル化

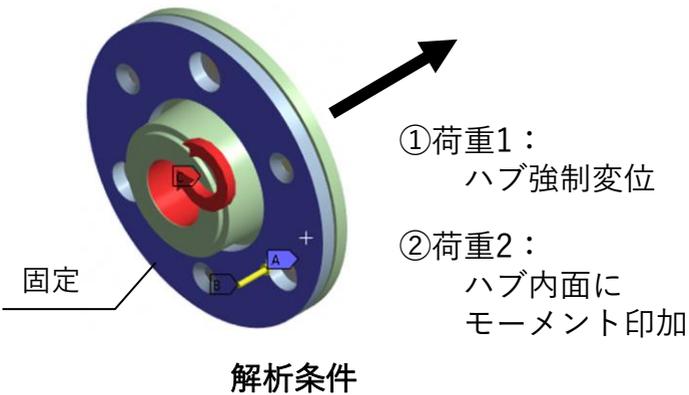
基本情報

種類	構造
解析レベル	中
期間	1週間
支援方法	設備使用
ソフト	Ansys Mechanical

解析モデル



解析モデル

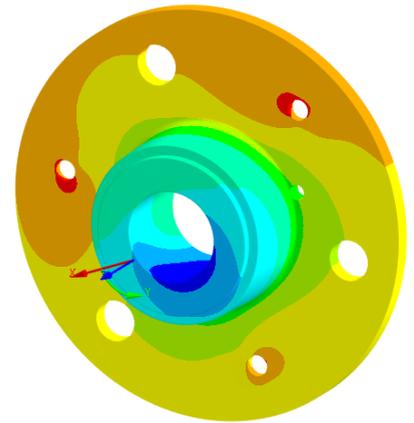
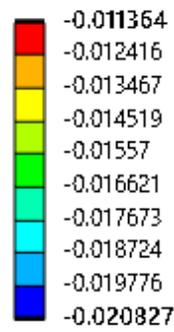


解析条件

解析結果

ハブの変位量ごとにねじりバネ定数を求めた。

回転角度



解析結果 (回転角度)

変位量 (mm)	角度 (rad)	ねじりバネ定数 (N・m/rad)
0.5	4.24×10^{-4}	350000
1.0	3.63×10^{-4}	400000

まとめ

- ・顧客に対して迅速に1次回答をすることができた。

保圧条件変更に伴う樹脂成形品の充填解析



背景

1. 目的

単純形状のモデルを用いて保圧条件を検討し、成形品の品質に及ぼす影響を調査する。

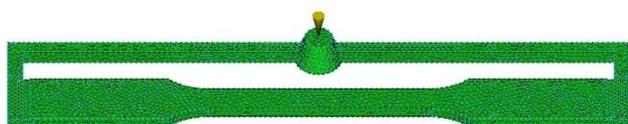
2. 課題

樹脂成形において、不良のない良品を安定して製造する上で、保圧条件の検討は必須となる。

基本情報

種類	樹脂流動解析
解析レベル	低
期間	数時間
支援方法	研究開発
ソフト	MOLDFLOW2013

解析モデル

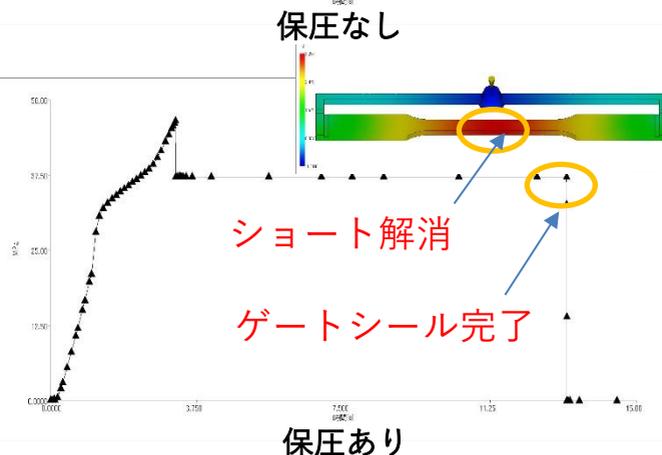
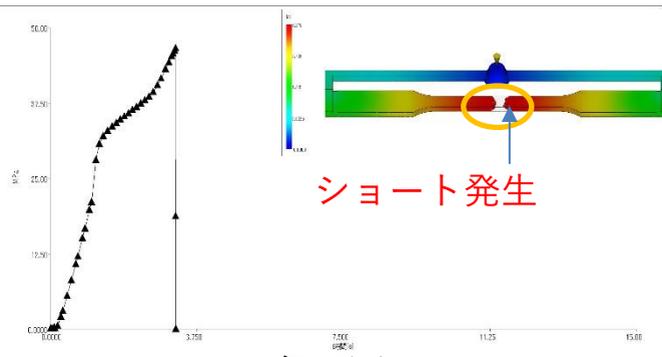


ダンベル試験片
(ISO7152-1)

- ・材料：ABS
(Cevian-V 500 ダイセルポリマー)
- ・成形温度：230°C
- ・金型温度：50°C
- ・保圧：保圧なし
保圧あり(10sec, 最大射出圧の80%)
- ・冷却時間：20sec
- ・成形機：デフォルト(180Mpa)

解析結果

・最終充填位置、射出位置の圧力



まとめ

・樹脂流動解析を用いて、ABS製のダンベル試験片を成形した際の、保圧条件(有・無)における成形品への影響を調査した。

・保圧なしではショートが見られたが、適切な保圧条件を設定することでショートが解消され、ゲートシールされることが予測された。

・成形条件として、成形温度、金型温度、冷却時間、保圧切り替え位置等が調整可能で、多様な条件でのシミュレーションが可能。

電鍍槽の電流密度分布解析

背景

1. 目的

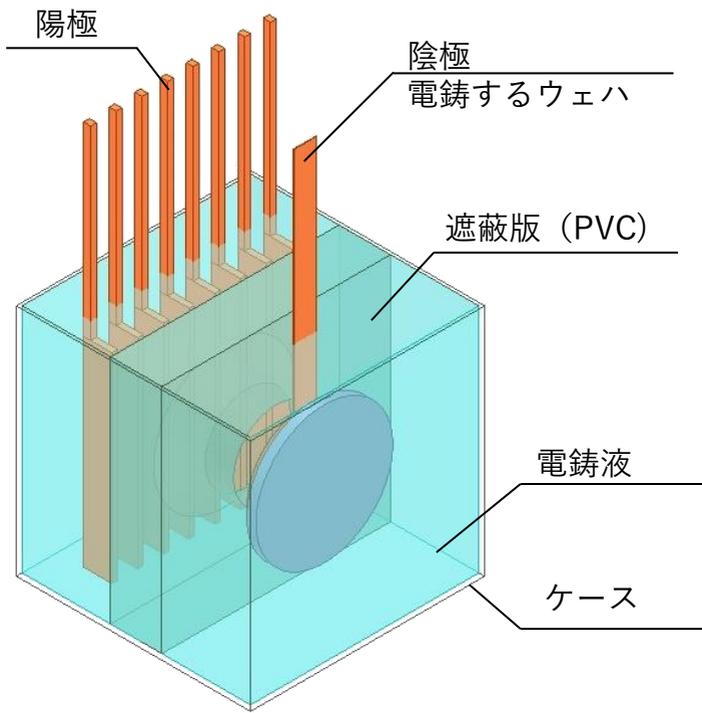
これまでの経験で実施してきた電鍍膜厚を平坦化する技術の技術的な裏付けが欲しい。

2. 課題

- ・陽極板の形状や遮蔽版の効果を実視化したい。
- ・経験的な改善方針の定量的な効果が見たい。

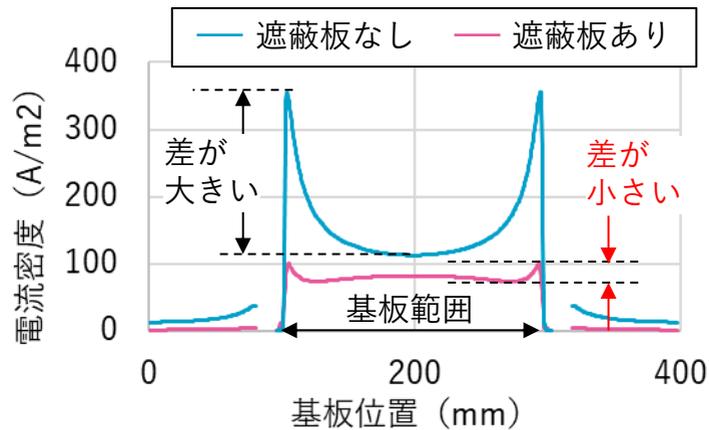
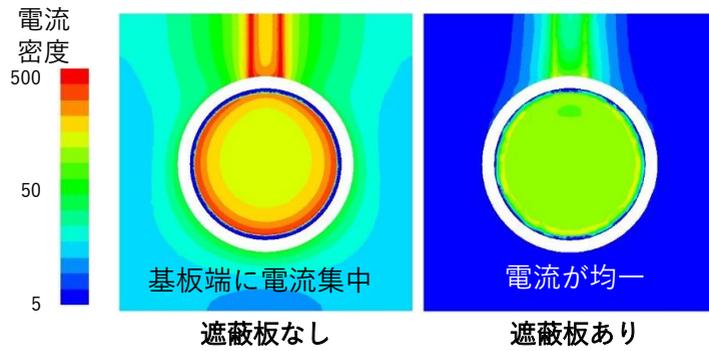
基本情報	
種類	電磁界
解析レベル	低
期間	数日
支援方法	共同研究
ソフト	Ansys Maxwell

解析モデル



解析モデル

解析結果



まとめ

- ・これまで感覚的に実施してきた電鍍の厚みを均一にする方法の効果を可視化して確認することができた。
- ・定量的なグラフにすることで、最適な設計を検討することができた。
- ・展示会で自社技術をアピールすることができた。

冷却管を伴った成形金型における反り解析



背景

1. 目的

金型中の冷却管をモデルに再現し、冷却環境の変化に伴う反り解析への影響を調査する。

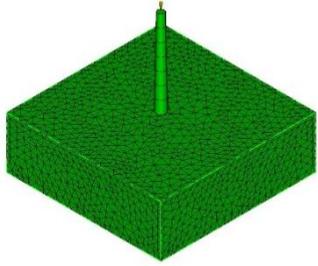
2. 課題

樹脂成形のシミュレーション精度を高めるため、成形品に関わる各種環境の再現が求められる。

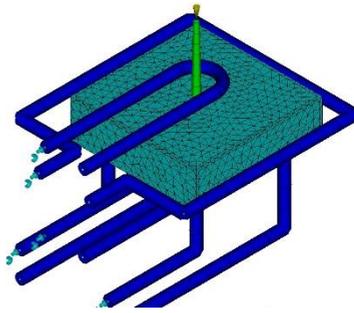
基本情報

種類	樹脂流動解析
解析レベル	低-中
期間	1週間
支援方法	研究開発
ソフト	MOLDFLOW2013

解析モデル



箱(中空)

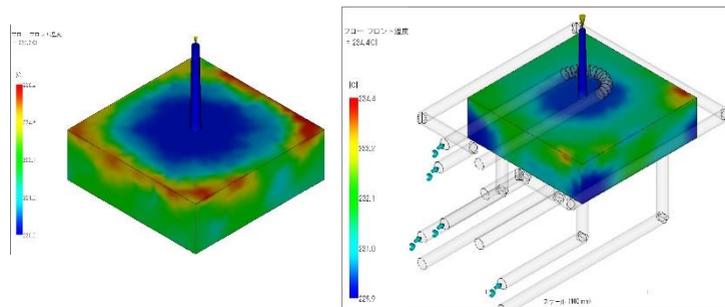


冷却管あり

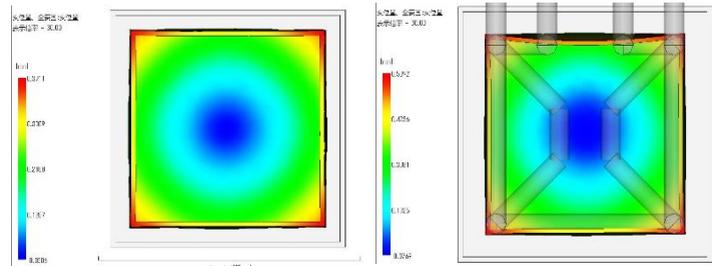
- ・材料：ABS
(Cevian-V 500 ダイセルポリマー)
- ・成形温度：230℃
- ・射出・保圧・冷却時間：20sec
- ・冷却管：有・無
- ・成形機：デフォルト(180Mpa)

解析結果

・フローフロント温度



・反り解析(変位量)



冷却管により成形時の温度分布が変化
→成形品のそりに変化が見られる

まとめ

- ・樹脂流動解析を用いて、ABS製の箱型サンプルを成形した際の、成形時の温度分布と、反り解析を実施した。
- ・冷却管無の成形品は周囲から均一に冷却されるため反りに分布が見られないが、冷却配管有では冷却管の配置に由来した形状変化が認められた。
- ・シミュレーションに冷却管を組み込むことで、より精度の高い解析が実行でき、成形サイクルと反りの状態を加味した冷却管設計に寄与することができる。

金型加熱用インバータのエラー原因調査



背景

1. 目的

・金型の昇温に用いるインバータが一定温度以上の設定にすると過電流エラーで停止するため、エラー原因の特定を行った。

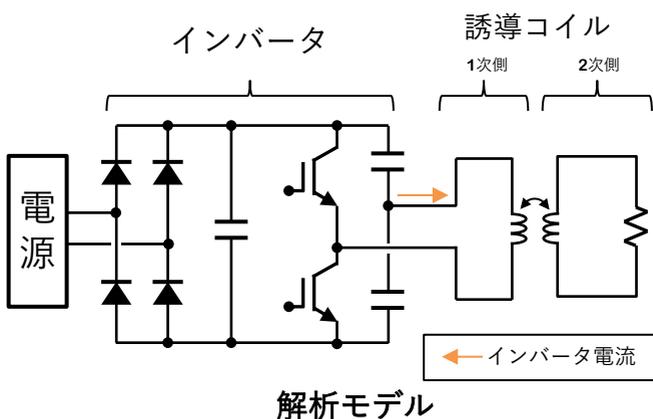
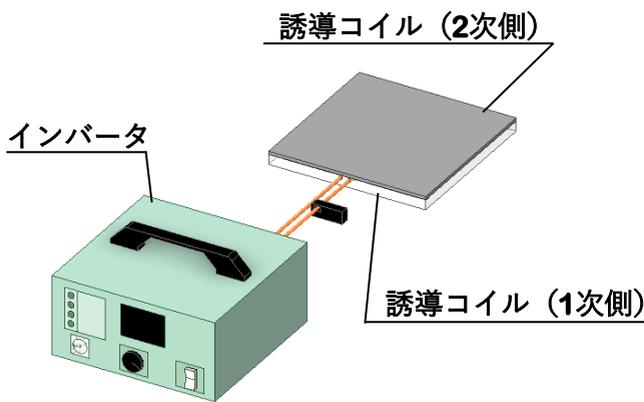
2. 課題

- ・誘導コイルを含むシステムのモデル化
- ・出力過電流エラー時の原因切り分けと解析による再現

基本情報

種類	回路
解析レベル	高
期間	1か月
支援方法	トライアル
ソフト	LTspice

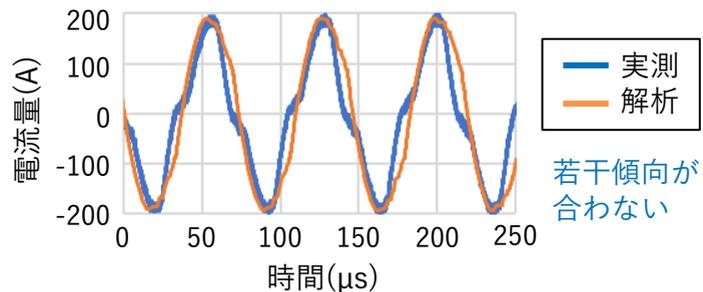
解析モデル



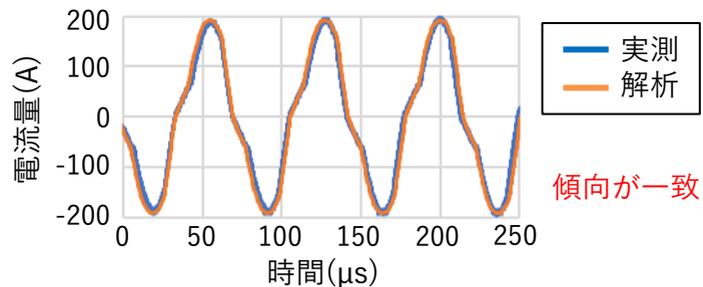
解析結果

インバータ電流の増加要因を解析で再現し、電流波形を比較した。

1. インバータの制御が原因の場合



2. コイル特性の変化が原因の場合



まとめ

- ・インバータの出力過電流は、コイル特性の変化が原因であることが分かった。
- ・コイル特性の変化（低下）は誘導コイルに用いている磁性体の温度特性によるものと考えられるため、装置メーカーと相談して高温で使用可能な磁性体の検討に進むことができた。

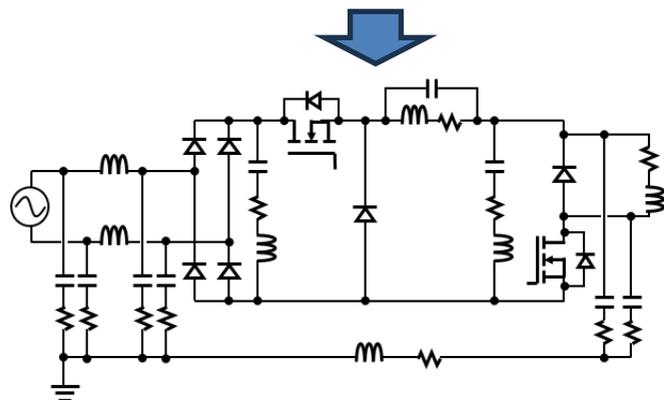
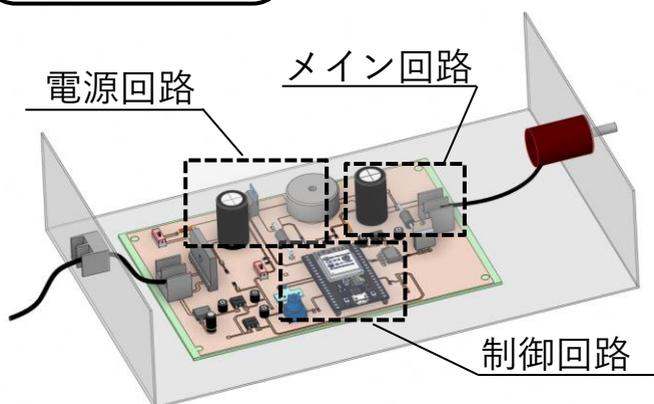
伝導ノイズの解析手法

背景

1. 目的
電気製品で発生する伝導ノイズを可視化し、対策の有効性を事前に検証したい。
2. 課題
・電気製品の回路シミュレーション手法構築

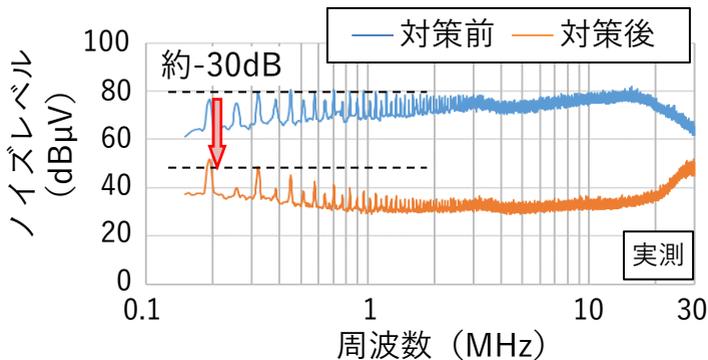
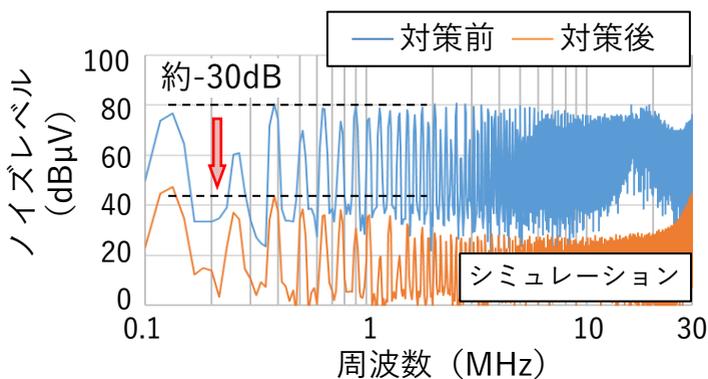
基本情報	
種類	回路
解析レベル	高
期間	2年
支援方法	研究開発
ソフト	LTspice

解析モデル



ノイズ解析モデル

解析結果



対策の効果を事前にシミュレーション可能

まとめ

- ・発生要因の特定や対策が難しいEMC分野の中で、伝導ノイズに関する解析手法を構築した。
- ・シミュレーションから、発生要因の特定、漏洩原理の特定ができ、効果的な対策立案が可能となった

バルブ部品の破損原因調査



背景

1. 目的

バルブ部品の一部が設計よりも短期間で破損した原因の調査

2. 課題

- ・流体-構造連成解析による実現象に近い負荷の再現
- ・実製品と設計CADの差の明確化

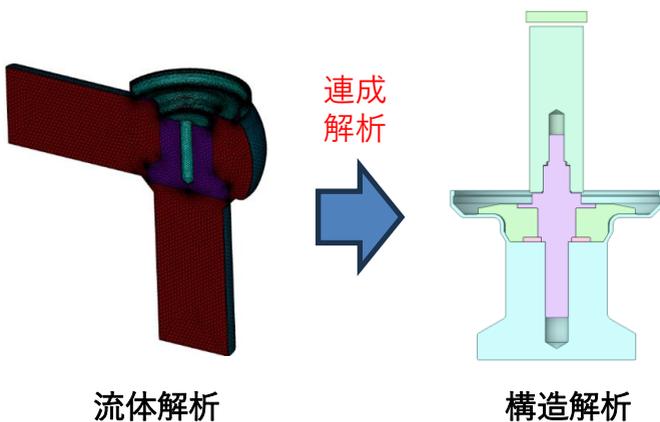
基本情報

基本情報	
種類	構造、流体
解析レベル	中
期間	1か月
支援方法	トライアル
ソフト	Ansys Fluent, Mechanical

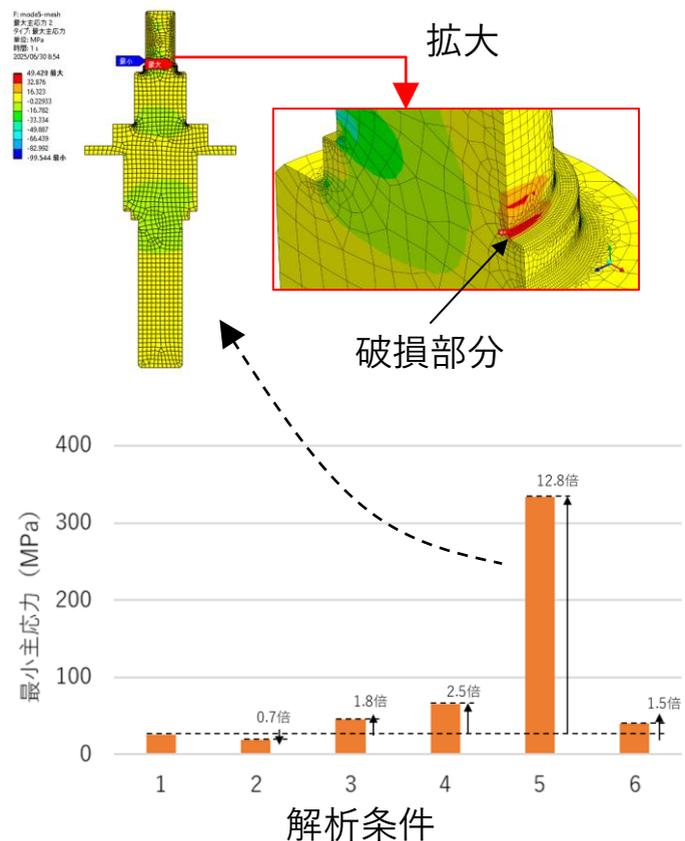
解析モデル

破損するバルブ部品は流体によって不均一な応力を受けているため、下記の手順で解析を実施した。

- ①流体解析でバルブ表面に作用する応力分布を解析
- ②構造解析で破損部分に作用する応力を解析



解析結果



まとめ

- ・CADの条件を変化させて比較したところ、実機の破損個所と同等の場所に過剰な負荷が発生する条件を見つけることができた。
- ・本結果をもとに設計改善を実施した。

金属材料学実習における3点曲げ試験の解析



背景

1. 目的

・当センターで実施した「製品設計・製造に役立つ金属材料学」の3点曲げ試験を比較する。

2. 課題

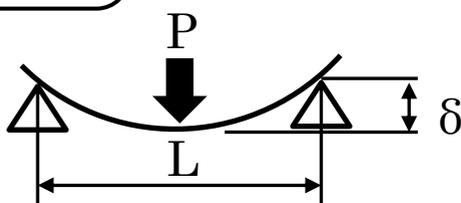
・理論計算とシミュレーション解析後に実習を行い、実習の測定結果をシミュレーション解析にフィードバックし検証する。

基本情報

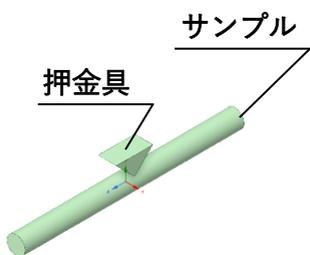
種類	構造
解析レベル	低
期間	半月
支援方法	なし
ソフト	Ansys Mechanical

解析モデル

○理論計算



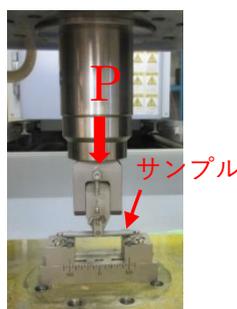
$$\text{たわみ } \delta = \frac{P \times L^3}{48E \times I} = 0.34(\text{mm})$$



設定変更項目	変更前	変更後
サンプルの径 (mm)	Φ5	Φ4.9013
支点間距離 L (mm)	60	50
ヤング率 E (N/mm ²)	200000	135737

解析結果

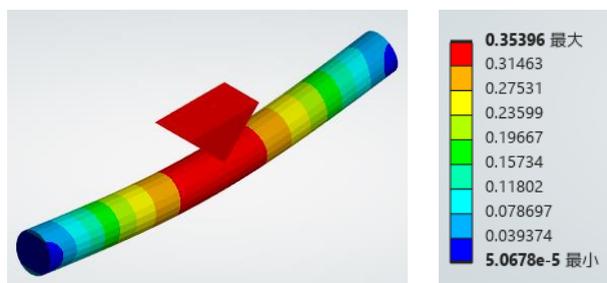
○実習



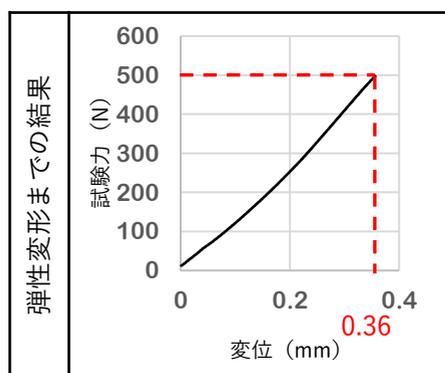
精密万能試験機
AG-100kNX

500N時のたわみ：0.36 (mm)

○シミュレーション解析



たわみ $\delta = 0.35$ (mm)



まとめ

・理論計算値と実習での数値とシミュレーション解析値の結果を比較し、フィードバックした結果、たわみの値に差がないことが分かった。

引け巣形態の評価

背景

1. 目的

鋳造用アルミニウム合金のうち代表的なAC4C（Al-Si-Mg系）とAC7A（Al-Mg系）の物性の違いによる凝固形態（引け巣の発生形態）の差を解析した。

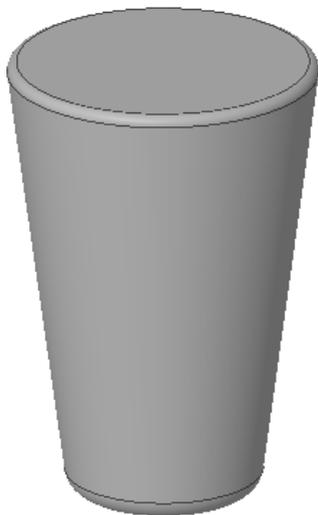
2. 課題

- ・解析の妥当性評価

基本情報	
種類	湯流れ
解析レベル	中
期間	1か月
支援方法	研究開発
ソフト	ADSTEFAN

解析モデル

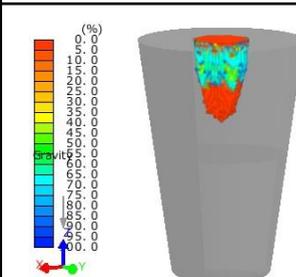
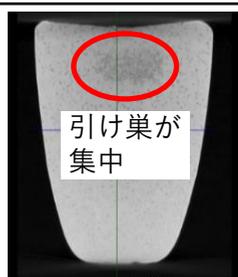
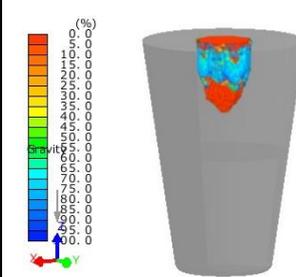
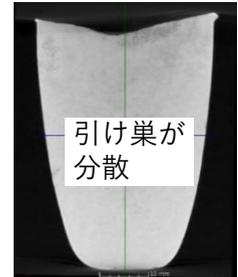
単純なカップ形状鋳型にて、合金の種類による引け巣形態の違いを解析した



【シミュレーションおよび実験条件】

- ・注湯温度：750°C
- ・鋳造材料：AC4C, AC7A
- ・鋳型：黒鉛るつぼ

解析結果

	シミュレーション結果 (健全度)	CT観察
AC4C		 <p>引け巣が集中</p>
AC7A		 <p>引け巣が分散</p>

- ・AC4Cの方が健全度が低いエリアが上部に集中しており、実験でも引け巣ができています
- ・細かい引け巣は実測では見えているものの解析では見えていない→課題

まとめ

- ・湯流れ解析を用いた引け巣の評価について実測を交えて実施した。
- ・大きい引け巣は実測、解析ともに安定して評価できたが、細かい引け巣は解析で評価が困難なことが分かった。

溶湯流動性試験鑄型による流動性の解析



背景

1. 目的

鑄造用アルミニウム合金のうち代表的なAC4CとAC7Aについて、溶湯流動性試験鑄型（シェル砂型）に鑄造した場合の湯流れ性の差を調査したい。

2. 課題

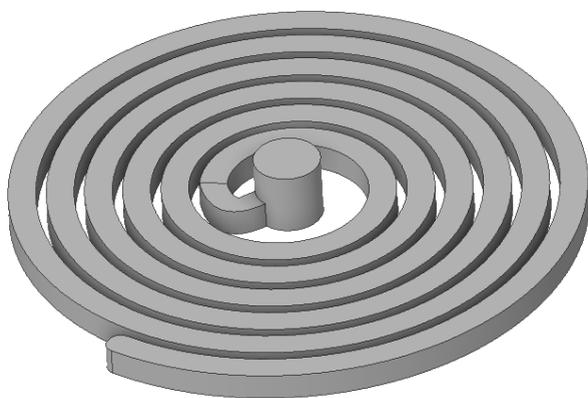
- ・型内部温度分布
- ・シミュレーション結果の妥当性評価

基本情報

種類	湯流れ
解析レベル	中
期間	1か月
支援方法	研究
ソフト	ADSTEFAN

解析モデル

中央部から材料を流し入れた際の流動長から流動性を評価する。



溶湯流動性試験鑄型

【シミュレーションおよび実験条件】

- ・注湯温度：750℃
- ・鑄造材料：AC4C, AC7A
- ・鑄型：溶湯流動性試験鑄型

解析結果

	シミュレーション結果	外観観察
AC4C		
AC7A		

AC7Aの方がAC4Cより流動長が長い（外観写真）シミュレーション結果からも、AC7Aの方が温度低下が起こりにくく溶湯温度と流動長に相関があることがわかる

まとめ

- ・材料間の流動性の違いをシミュレーションと実測から評価した。
- ・実際の流動長の違いを解析の温度分布の差により事前評価できることが示唆された。