

磁場測定ことはじめ

2019/1/15 KAGRA PEM meeting

KEKポスドク 鷺見貴生
(Washimi@post.kek.jp)

坑内の磁場勾配計測 #65 (koji-n)

koji-n commented 23 days ago

Member



目的／目標

<https://github.com/gw-pem/kagra-pem/issues/65>

(もともとの担当者(KNとTS)はもう忙しくてできないので別の人をお願いします。)

KAGRA坑内の環境磁場勾配変動を計測する。

KAGRAで問題となる磁場勾配としては、環境磁場がそもそも持っている勾配と、一様な環境磁場が真空槽やフレーム等で歪められて生じる勾配とが考えられるが、このうち前者を測りたい（いずれは後者も）。

地震研から

Metronix ADU-07(口ガー) + MFS-06 or MFS-07e

を借りれるかも。

計測方法は、4つの磁束計を配置（原点に1つとXYZ軸上に1つずつ）し、各軸に沿った差を見れば良い。最低2つの磁束計があれば計測は可能（配置を変えて複数回行う）。

おおまかな計測方法

- 計測対象周波数：1-100Hz (容易に可能なら1kHz程度まで)
- 計測場所（候補）
 - ・ 坑外（電磁場の散乱体が無い場所）→環境磁場自身の勾配
 - ・ センターエリア2階等（真空槽・ダクトのない場所）→トンネルや電線による散乱も含めた坑内磁場勾配

磁場雑音評価の現状

私が把握できた情報は以下

- ビームスプリッターにおける磁場雑音の計算 (下田智文, 2015年 12月 7日, [link](#))
 - ・ 磁場・磁場勾配から変位雑音への計算
 - ・ データとしては、2013年10月23日に坑内(のどこ?)で測定された磁場スペクトルのみを使用。([link](#))
 - ・ 磁場勾配は $\uparrow$ を典型的なスケール(1m)で割った値で代用
- 真空ダクト・磁束計による磁場散乱の影響 ([link](#))
 - ・ 手計算による見積もり
- IXCブース内の磁場測定 (田中宏樹, 先週のCRY meeting, [link](#))
 - ・ 2次元平面内、およそ100カ所
 - ・ 30Hz と 50Hz のピークが大きい。特にブースの端
 - ・ 「ミラーのある場所の磁場は弱いと考えられる」と主張

手持ちの磁束計

- MFS-06

- 6個 (地震研からレンタル, 長野君管理)
- サイズ : 1140 mm × $\Phi 75$ mm
- 周波数レンジ : 0.0001 Hz $\sim$ 10 kHz
- センサーノイズ@1Hz : 1.1×10^{-4} nT/√Hz

- Mag-13 MCL100

- 5個 (うち2個故障), 横澤さん管理@坑内
- サイズ : 225 mm × $\Phi 25$ mm
- 周波数レンジ : DC $\sim$ 3 kHz
- センサーノイズ@1Hz : $< 6 \times 10^{-3}$ nT/√Hz



有限要素解析ソフトを用いた 環境ノイズの理解 #96



TatsukiWashimi commented 19 hours ago

Member



背景

PEMでは様々な環境ノイズを測定している(していく)が、直接測定が難しい場所における環境ノイズの推定や、ノイズ源の特定・ノイズ削減のためには、有限要素解析ソフトを用いたシミュレーションが有効であると考えられる。

(乱数を振っているわけではないので正確にはシミュレーションではないが、ここでは便宜上シミュレーションと呼ぶ。)

提案

ムラタソフトウェア株式会社のFemtet®というソフトを紹介する。

これは私がANKOKでTPC開発をするときに電場計算や熱収縮計算をするのに使っていたが、他にも磁場解析、電磁場解析、音波解析など、PEMで役立ちそうな機能がそろっている。

#64や#65のstudyを、単に測定するだけではなく、シミュレーションも合わせて行うのはどうでしょうか。

ただし、priorityは要議論。

課題

Femtetはwindowsでしか動かせない。

3次元解析をまともに行うには、結構いいスペックのPCが必要になる

十分そうなスペックをもつ
windows PCが大阪市立大
から送られてくる

Femtet

<https://www.murata-software.com/>

アカデミック版ライセンス料 2万円/年
(対象は、大学・高等専門学校・高等学校)

Femtet®は7つの解析機能はもちろん、モデル作成から結果表示まで全て行えるオールインワンのCAEソフトです。

さらに、充実したチュートリアル・例題集をご用意しております。

ここではそれぞれの解析機能について簡単にご説明いたします。

モデル作成 / 結果表示



電場解析



磁場解析



電磁波解析



応力解析



熱伝導解析



圧電解析



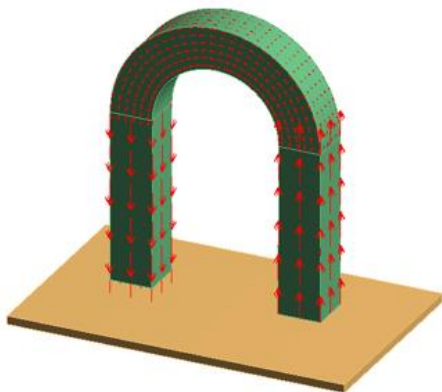
音波解析



マクロ



チュートリアル / 例題集



事例33

U字磁石を近づけた磁性体に働く力

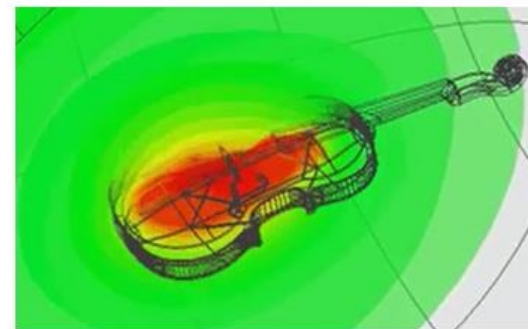
磁場解析



事例1

モジュールの電磁波解析（ノイズ解析）

電磁波解析



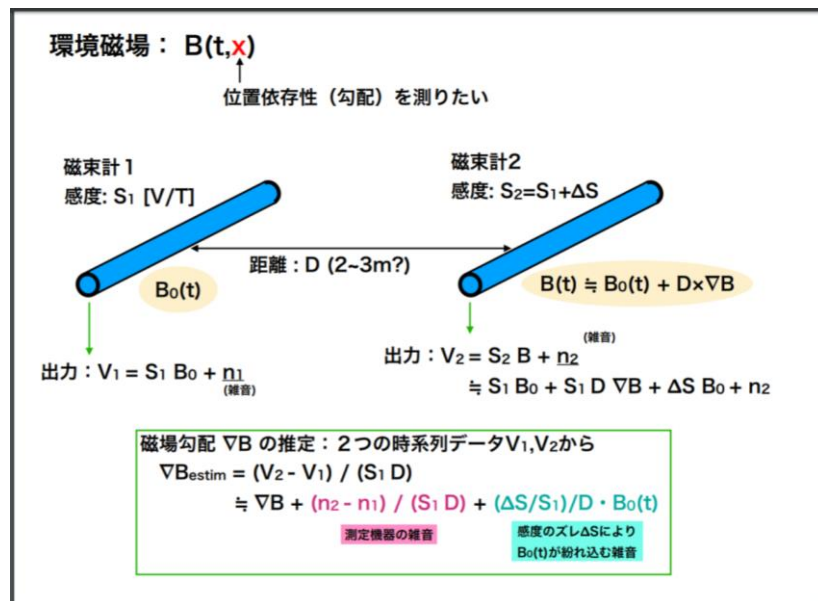
事例26

【動画事例】バイオリンの音波指向性解析

音波解析

今後の方針

- 構造物の少ないところ(神岡officeの回路室 or ゲストルーム or キッチン / 坑内の物置テント前など?)でMag-13を動かしてみる
 - ・ センサー雑音の測定、・磁束計応答 (V/T) の較正
 - ・ 取得データを出力し、plotしてみる→データ解析環境構築
 - 簡単なジオメトリで磁場勾配測定
 - ・ 長野君考案→
 - Femtet環境が整い次第、↑のセットアップにおける磁場計算
 - ・ 実測と整合性があるか確認
- 低温懸架系冷却予定
- ・ 2/11 (X-front, Y-front)
 - ・ 2/25 (Y-end)
 - ・ 3/25 (X-end)



冷凍機 on/off におけるチェンバー
付近の磁場環境比較

backup

周波数レンジ	0.0001 Hz ~ 10 kHz
周波数帯	0.0001 Hz ~ 500 Hz (チョッパオン) 10 Hz ~ 10 kHz (チョッパオフ)
センサーノイズ	1.1*10 ⁻² nT/√Hz @ 0.01 Hz 1.1*10 ⁻⁴ nT/√Hz @ 1 Hz 1.0*10 ⁻⁶ nT/√Hz @ 1000 Hz (チョッパオフ)
出力感度	0.2 V/(nT*Hz) f << 4 Hz 0.8 V/nT f >> 4 Hz 正確な値は各製品に添付されたキャリブレーションファイルをご覧ください。
出力電圧レンジ	± 10 V
機能	フィードバック機能付き誘導コイル
コネクタ	ODU G32KON-T10QJ00-000 (コイルソケット) ODU S22KON-T10MJG0-7000 (ケーブルプラグ)
キャリブレーション入力感度	4 nT / V
フィードバックカットオフ周波数	4 Hz
電源電圧	±12 V ~ ±15 V フィルタリングされた安定化電源
電源電流	±25 mA
外装	高耐久、防水タイプ
重量	約 8.0 kg
外形寸法	全長 1140 mm、直径 75 mm
動作温度範囲	-25°C ~ +70°C

MFS-06

https://geo-metronix.de/mtxgeo/images/web/brochures/FlyerMFS-06e_jap_v35.pdf

Mag-13 MCL100

<https://www.rockgateco.com/product/mag-13/>

センサ

測定範囲	±60μT(標準、Lノイズレベル) ±70μT(標準、Lノイズレベル) ±100μT(標準、Lノイズレベル) ±500μT(標準ノイズレベルのみ) ±1000μT(標準ノイズレベルのみ)
ノイズレベル	スタンダード 6-10pTrms/√Hz(@1Hz) ローノイズ(L) <6pTrms/√Hz(@1Hz)
帯域幅	DC - 3kHz (-3dB)
リニアリティエラー	0.0015%
直交度エラー	<±0.1°
スケーリングエラー	±0.5%

Mag-13MC (円筒型)

サイズ	25(Φ) x 225(l) mm
重量	83g
エンクロージャ材質	アセタール
コネクタ	Fisher DEU1031 A010-SR-11-11-G-12

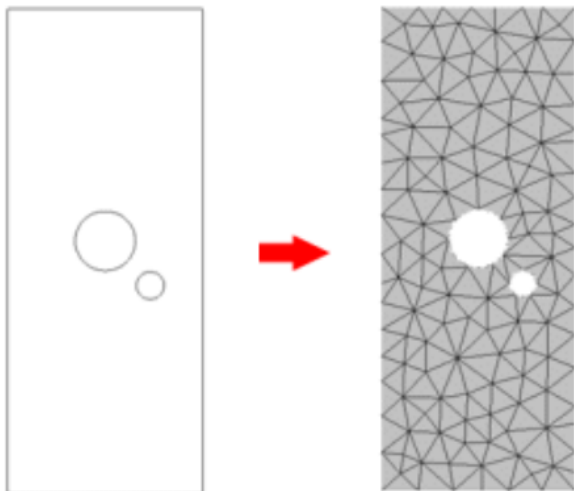
有限要素法(Finite Element Method)

「有限要素法」とは、構造物を複数の有限個の要素（以下、メッシュという）に分割して数値解析を行うことです。

つまり、有限要素法とは **「解析できるように形状を分ける」** ということです。

正しく解析するためには、分け方を知る必要があります。

例えば、下図のように複数の三角形のメッシュに分割します。



<http://d-engineer.com/cae/fem.html>