

ICSC 2019

Core Competence Enhanced by MBD



IDAJ CAE Solution Conference

基于JMAG和第三方软件的多物理场耦合

IDAJ中国—电磁技术部 陈天赠

概要

目的

- 加深JMAGの联合仿真机理的理解，扩大使用范围。
- 介绍与其他软件的联合仿真。

联合仿真的概要

联合仿真的构成

联合仿真是

- “考虑了不同的支配方程之间相互影响的解析”。
- 简单的说，是多个物理场的解析进行相互组和。

联合仿真的分类

- 强耦合 · 弱耦合
- 双方向 · 单方向
- 空间的映射 · 时间的映射

耦合解析和联合仿真

- 没有明确的定义区别。我们会将不同软件的组合进行的联合仿真叫做耦合解析

強耦合和弱耦合

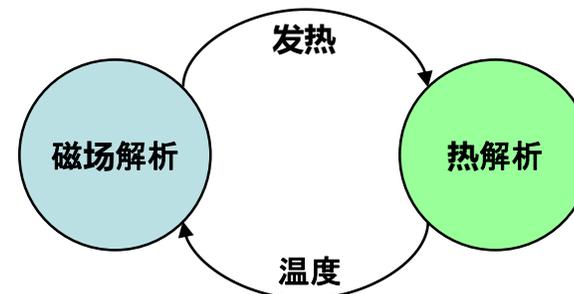
是否需要同时求解不同的方程组？求解多个方程组时，是否不允许错开求解时间？

- 是的话就是強耦合。例：JMAG的磁场解析和电路解析
- 否的话就是弱耦合。例：一般的联合仿真多为弱耦合

	強耦合	弱耦合
时间流	相同	不同
支配方程	不同的支配方程式进行连立，求解一个连立微分方程组	独立求解，一个的输出为另一个的输入
特征	设定十分简单，但是软件很难实现这种解析机能	解析模型的关联性设定较为复杂，但是各个解析独立计算的情况，模型的自由度会较高。



強耦合

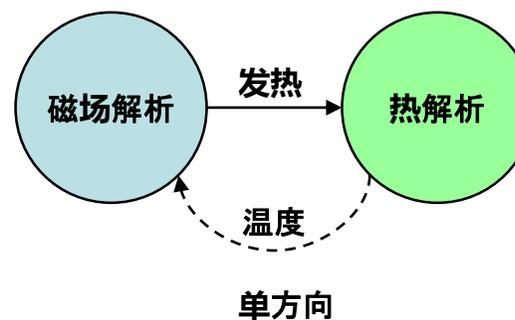
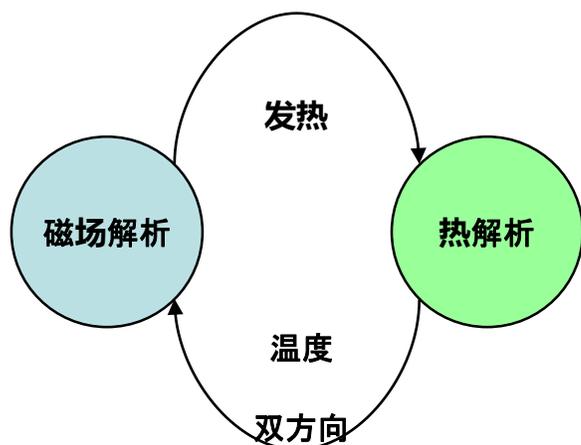


弱耦合

单方向和双方向

弱耦合的情况下、不同的解析的各个物理量会根据输入输出的变化而改变。
实际上相互影响的参数，可以忽略将影响程度较小的参数，来降低计算成本。

	双方向	单方向
思路	不同解析间的材料特性或条件，会根据一方的输出结果而改变的情况下，使用双方向	可以忽略一个物理量的变化的情况下，可以使用单方向(只是减少计算成本的一个方法)
特征	解析会交替进行	各个解析只进行一次



映射

- ✓ 弱耦合时，需要进行各个不同解析模型之间的物理量传输（映射）。
- ✓ 解析(物理现象)不同的话，需要的时间·空间的离散度不同。

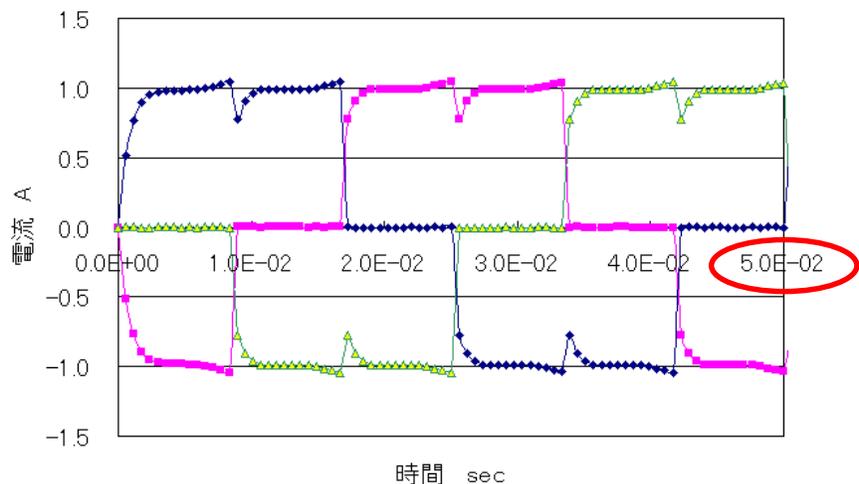
映射有2种

- 不同的时间轴的映射⇒时间映射
- 不同的空间模型·维度的映射⇒空间映射

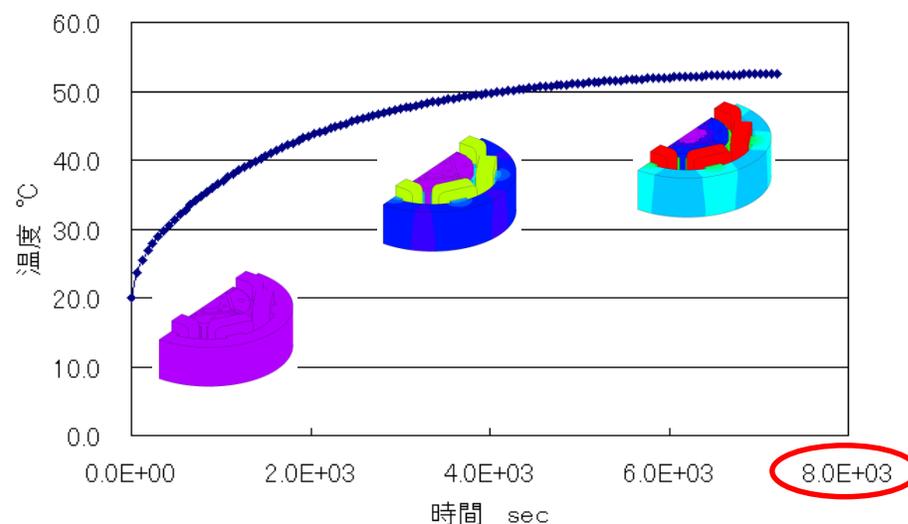
时间映射

磁场解析和热解析相比，热解析会有更长的时间轴，计算次数也更多。

例：电机的磁场-热联合仿真



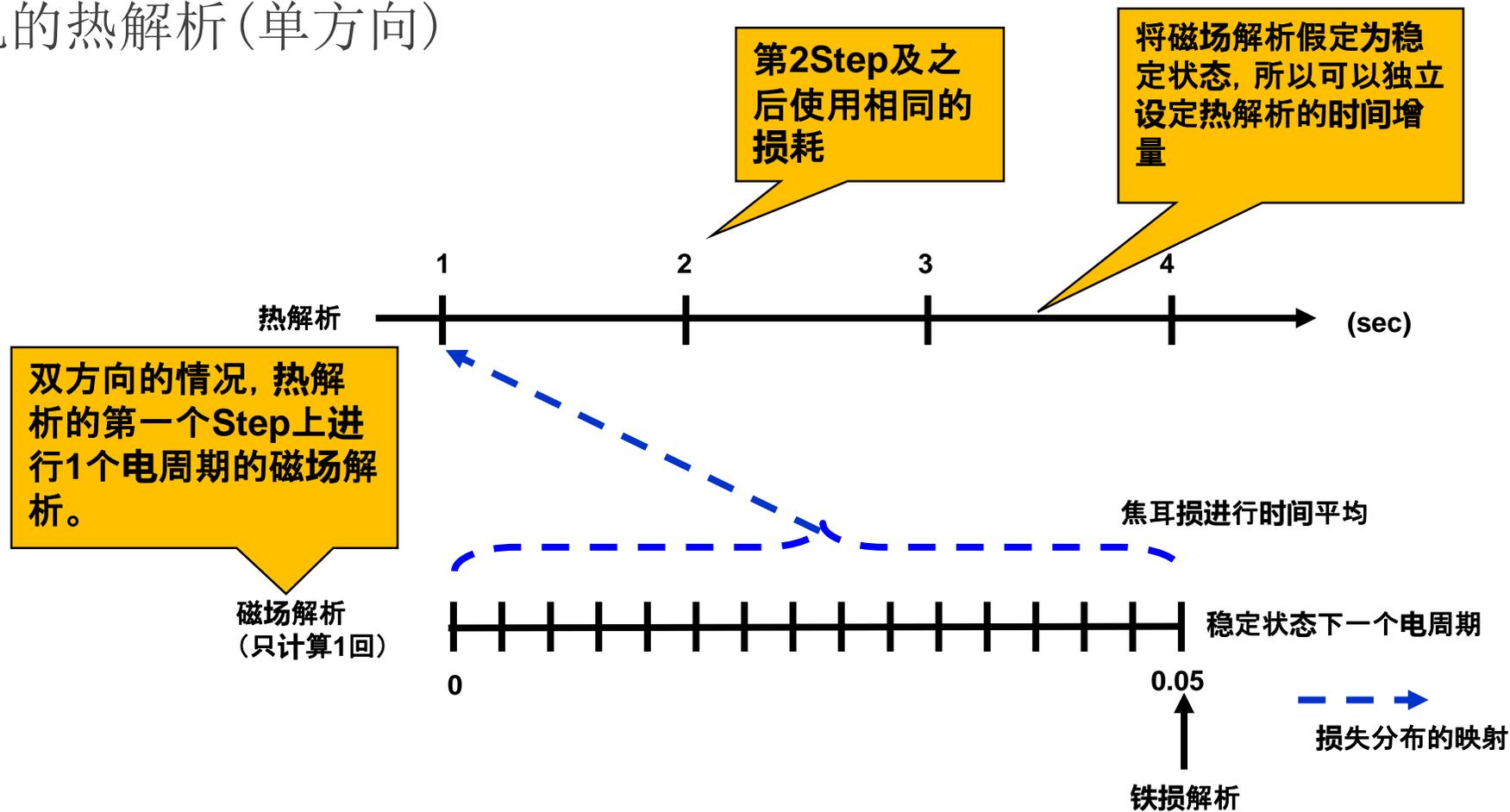
磁场解析的电角度 1 个周期为 1.0×10^{-2} (sec) 级



热解析的温度变化为 10 ~ 1000 (sec) 级

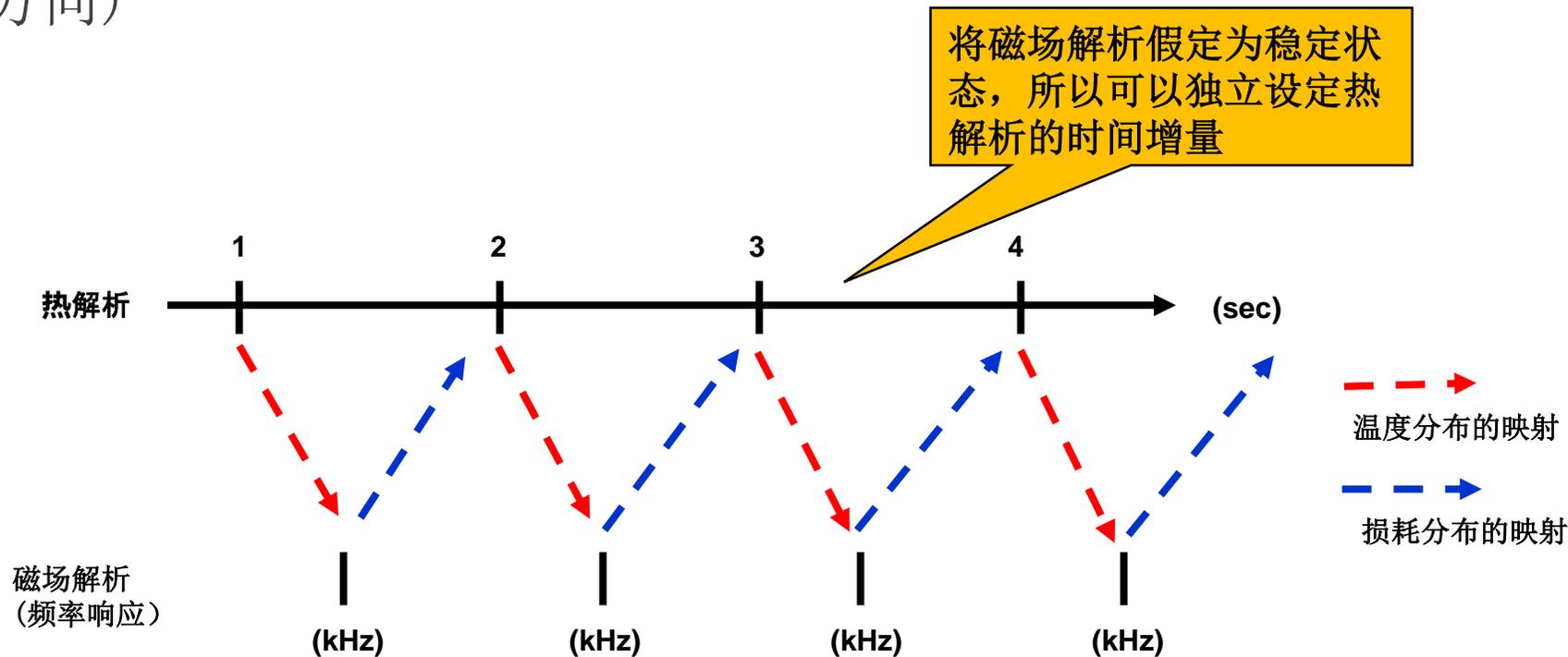
时间平均映射

电机的热解析(单方向)



时间平均映射

感应加热(双方向)



不同空间规模的映射

各个解析的解析对象所包含的部件不同。
各个解析的维度也不同。

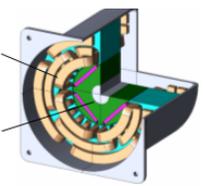
JMAG

部品の削除

磁场解析不需要对非磁性材料建模，但是热·结构解析常常将其作为解析对象。

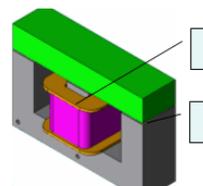
- 非磁性材料的删减
 - 不需要考虑非磁路的部件形状
 - 删除的部件相当于空气

线圈树脂膜



非磁性轴承

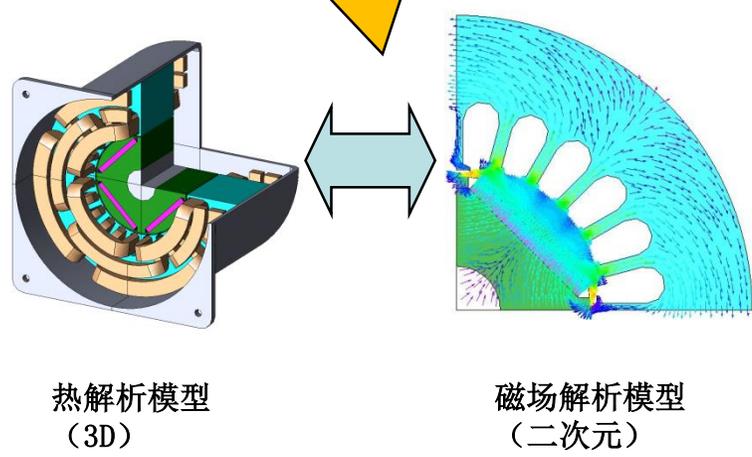
树脂材料



缓冲材料

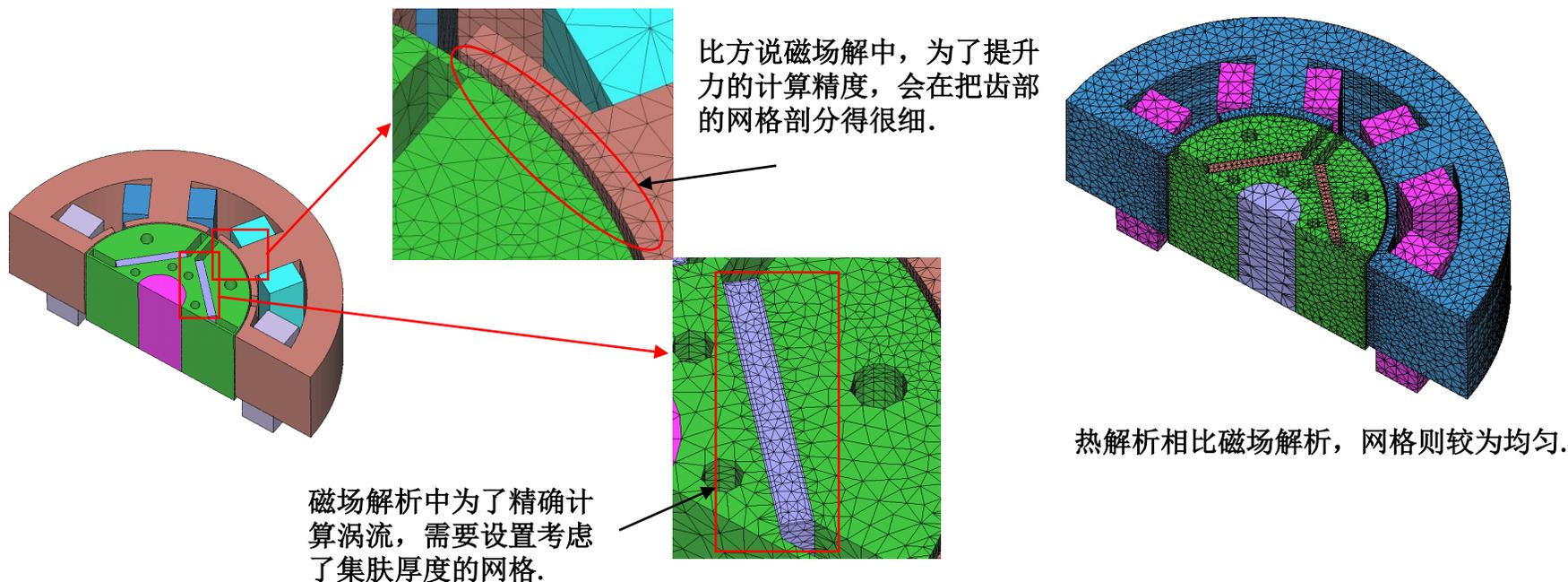
图3.1.7: 应该去除的非磁性部件

通常电机的磁场解析使用2D模型，但是热解析需要考虑外壳等3D模型。



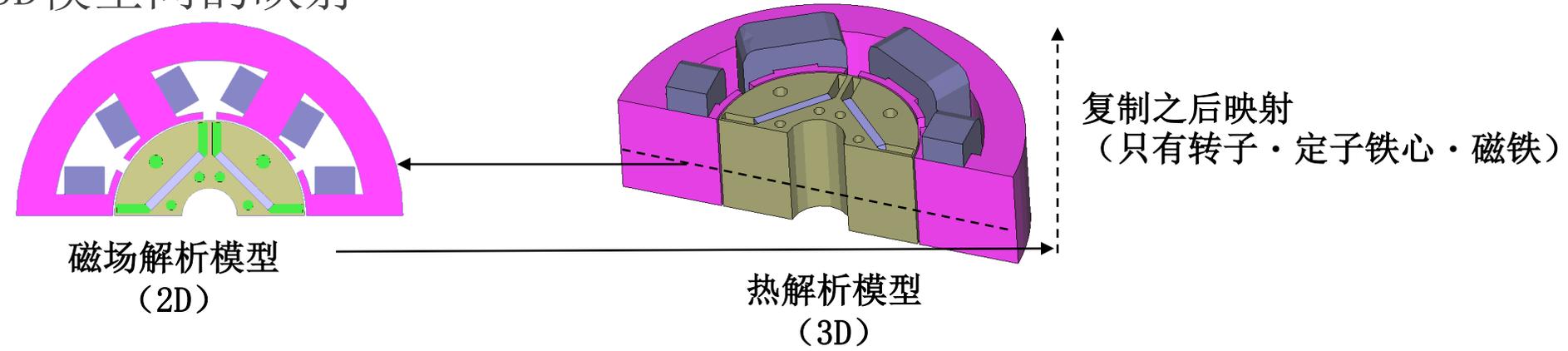
空间映射(分布量)

不同的解析类型会根据评价目标的不同，设定的网格不同。即便是不同的网格模型，也能够进行映射。

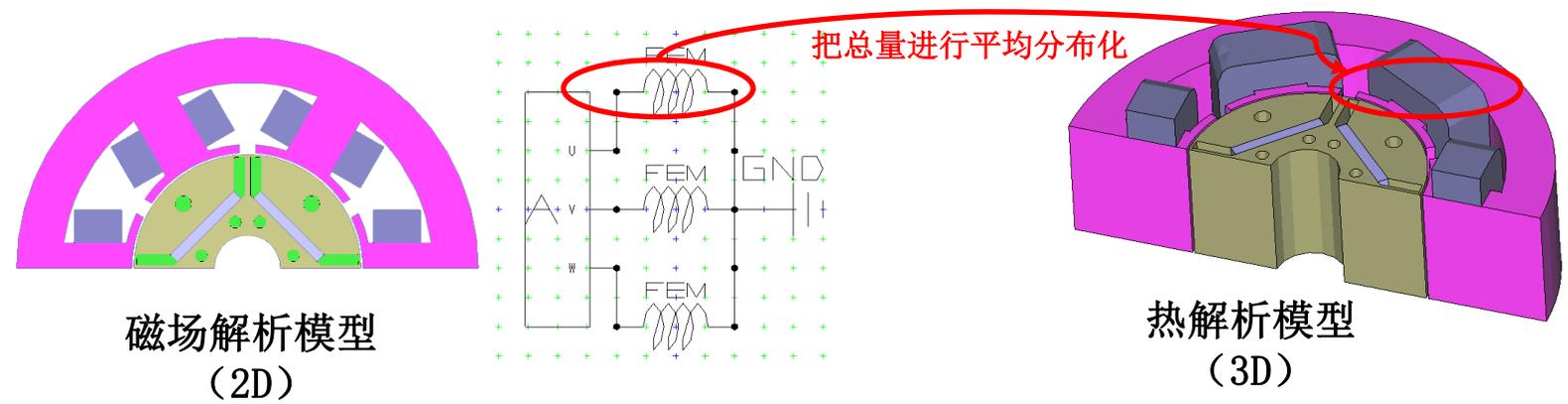


空间映射 (不同维度)

分布量的2D·3D模型间的映射

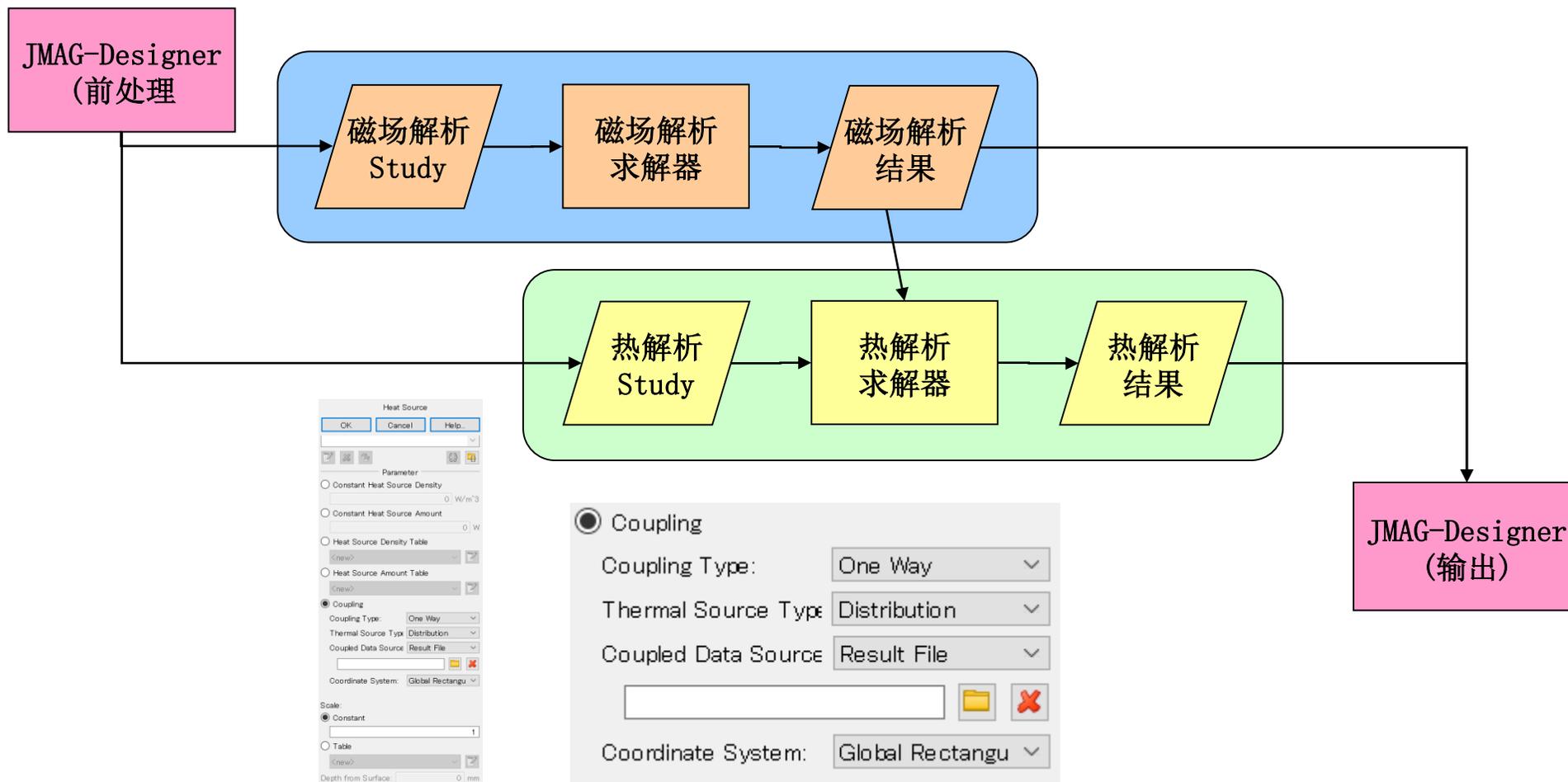


电路元件和部件之间映射物理量



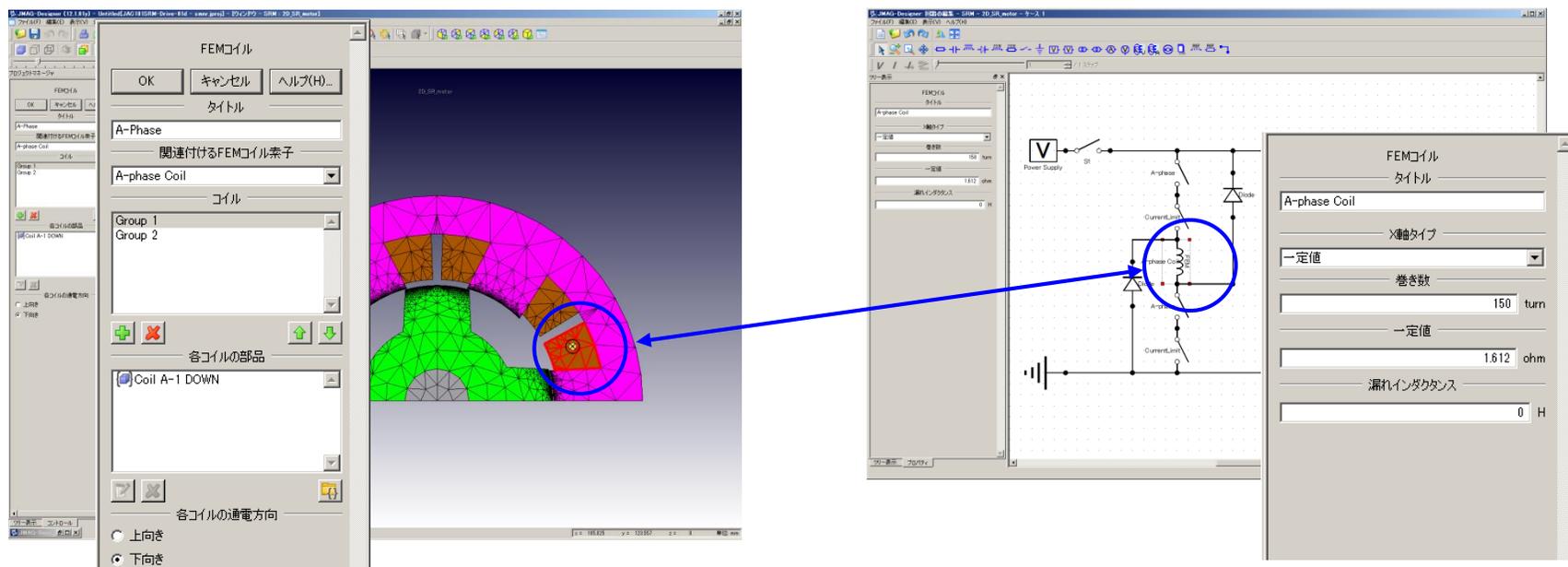
JMAG-Designer的联合仿真实实现流程

磁场-热的单方向联合仿真(使用磁场的发热分布进行瞬态热解析)



JMAG-Designer 联合仿真的实施

磁场-电路（电压方程）是强耦合分析



磁场-运动方程的强耦合分析

联合仿真的根本问题

对于磁场解析(JMAG)的经验者而言,联合仿真时最大的问题是缺乏:

热解析(热力学)、结构解析(材料力学)的知识

为了提高联合仿真的技术,需要学习热力学/材料力学的知识作为准备。

JMAG的磁场-热联合仿真

磁场-热联合仿真的目的

为了同时做好电磁设计和热路设计

- 实现按照设计者所构思的磁路、抑制损失、并且满足热规范的设计。

提升磁场解析、热解析的精度

- 考虑受热影响的磁场特性，因此需要提高磁场解析的精度。
- 计算精确的热量产生以提高热分析的准确性。

磁场-热联合仿真

单方向联合仿真

- 磁场→热
 - 磁场解析得到的损耗分布作为发热源进行热解析。由于温度升高而产生的热量变化必须忽略不计。
 - 例：电机的温升特性。
- 热→磁场
 - 基于热解析的温度分布进行磁场解析。假设在磁场分析期间温度没有变化。
 - 例：电动机特性随工作温度的变化。

双方向联合仿真

- 磁场、热交互计算。但是，两者的时间量级不同，所以需要调整计算Step间隔。

磁场-热联合仿真的经验

大部分情况，与磁场现象的时间相比，热现象的时间明显更长。

- 磁场现象为10~10 (kHz)的时间间隔
- 热现象为0.01~1 (Hz)的时间间隔

磁铁的BH特性、铜线的电导容易受温度影响。

- Nd-Fe-B的磁铁的Br温度系数-0.1 (%/°C) → 100 (°C)上升会引起10%恶化
- 铜的电阻率的温度系数0.68 (%/°C) → 100 (°C)上升会引起68%增加

经常会有发热处为局部的情况

- 感应淬火时，由于集肤效应，会存在几微米的范围内发热的情况。

特别是高温时需要考虑辐射(温度四次方)的影响和材料的居里温度。

JMAG的磁场和结构的联合仿真

磁场-结构联合仿真的目的

寻找同时满足磁场设计和结构设计要求的方案

- 实现按照设计者所构思的磁路、抑制损耗、满足机械强度或重量等要求。

磁场解析、结构解析的精度提升

- 考虑应力对磁性的依赖性，因此需要提高磁场分析的准确性。
- 通过计算精确的电磁力来提高结构分析的精度。

电气设备的振动·噪音特性的仿真

- 为了抑制振动·噪音进行单方向耦合。

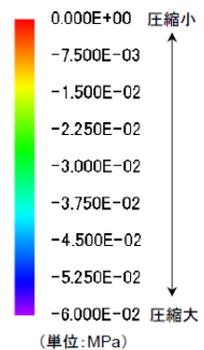
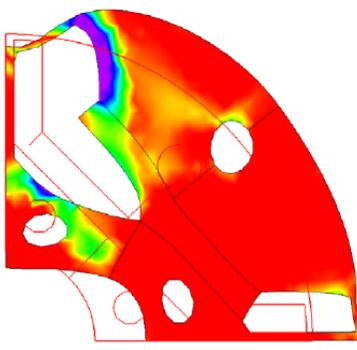
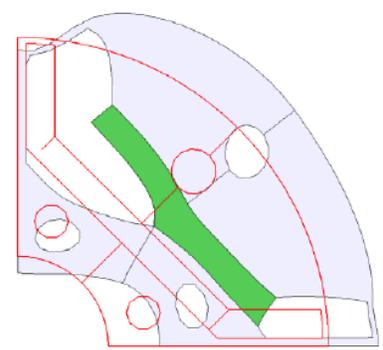
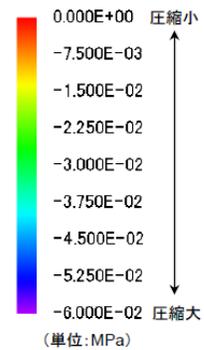
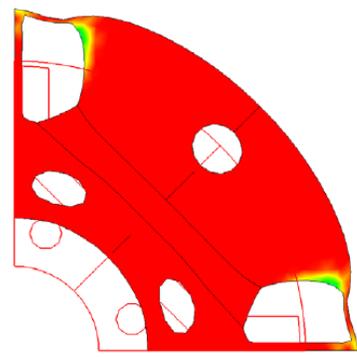
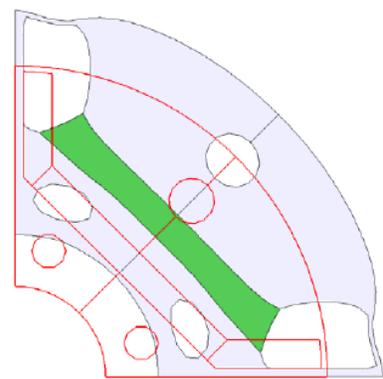
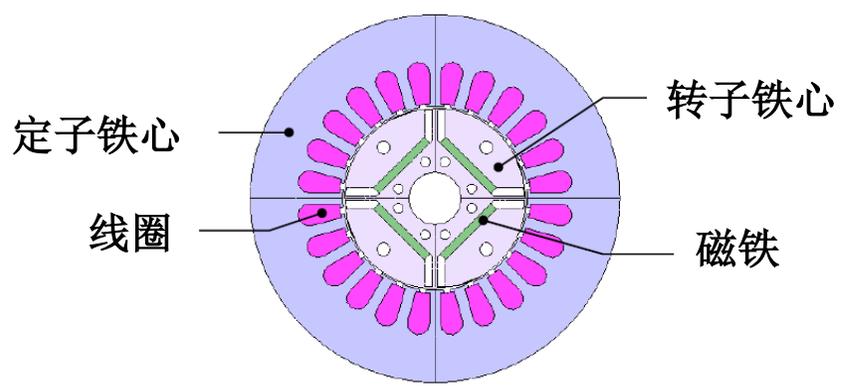
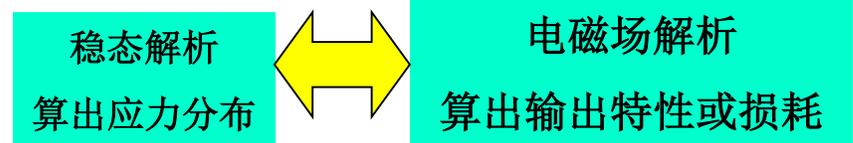
为了计算结构变形和磁特性的变化

- 像电磁成形技术一样，考虑结构变形对磁路的变化，进行双方向耦合。

同时考虑磁路和机械结构

确认IPM电机的磁桥形状

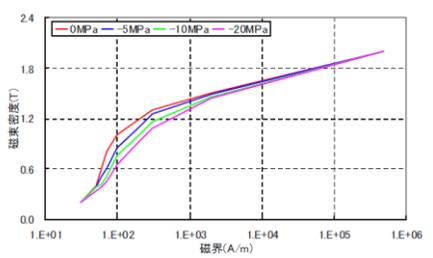
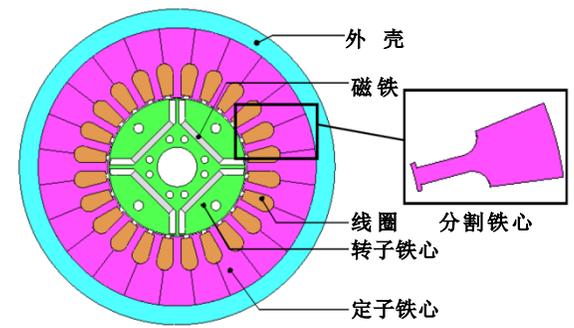
- 从磁场分析，需要抑制漏磁。
- 从结构强度分析，需要确保高转速时的机械强度。



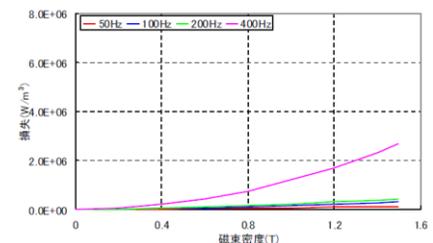
磁场解析的精度提升

热套时过盈量设计

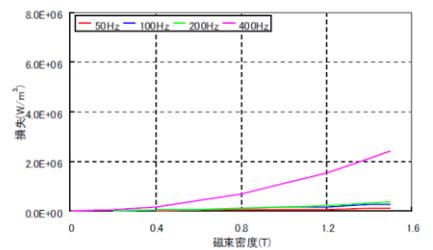
- 由于热套引起的磁特性劣化



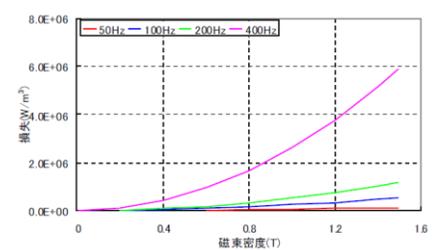
各个应力条件下的BH曲线 (定子铁心)



定子铁心的损耗特性 (应力: 5MPa)

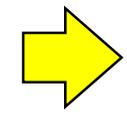


定子铁心的损耗特性 (应力: 0MPa)

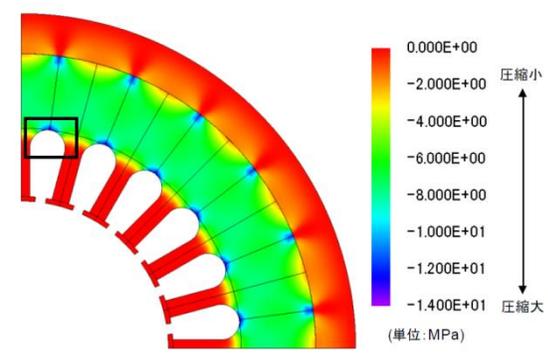


定子铁心的损耗特性 (应力: 10MPa)

稳态解析
算出应力分布



电磁场解析
算出电磁力的模式



最小主应力分布

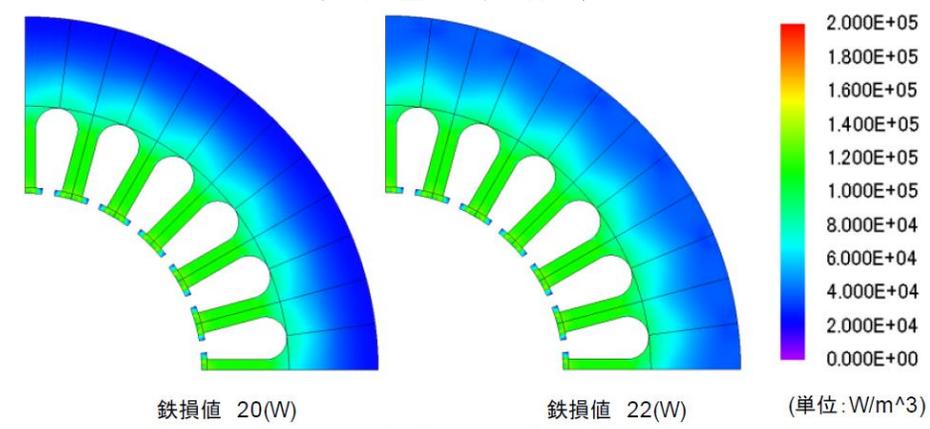
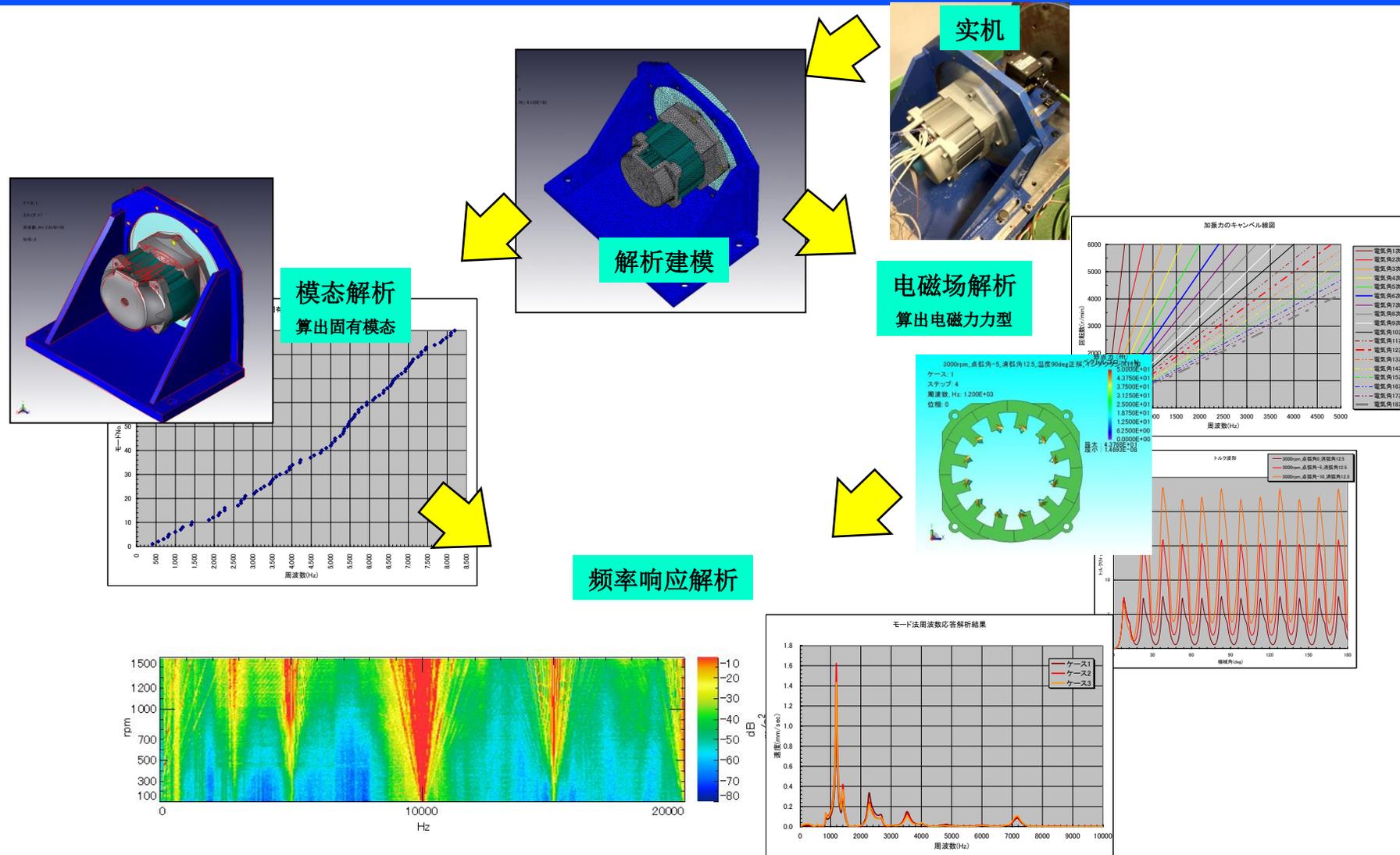


图 4-2 铁损密度分布

(左: 不考虑应力, 右: 考虑应力)

磁场-振动联合仿真的流程



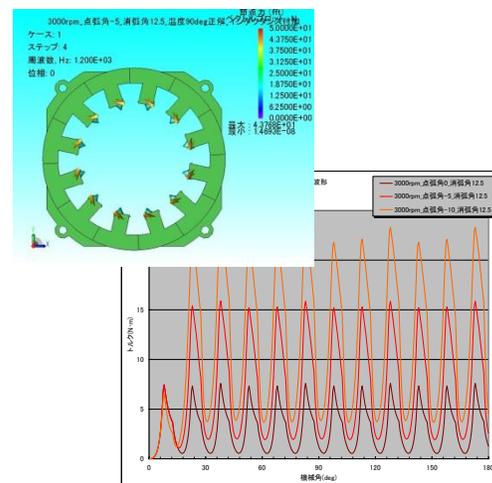
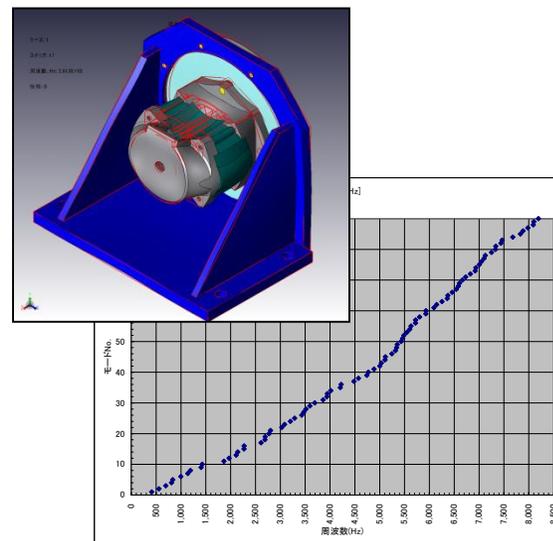
模态解析、磁场解析

模态解析

- 算出对象的固有频率、振型
- 课题
 - 需要使用必要方法来提高分析准确性
 - 材料特性；硅钢片、线圈、漆
 - 零件之间的连接；压入、配件、BRG（轴承）

磁场解析

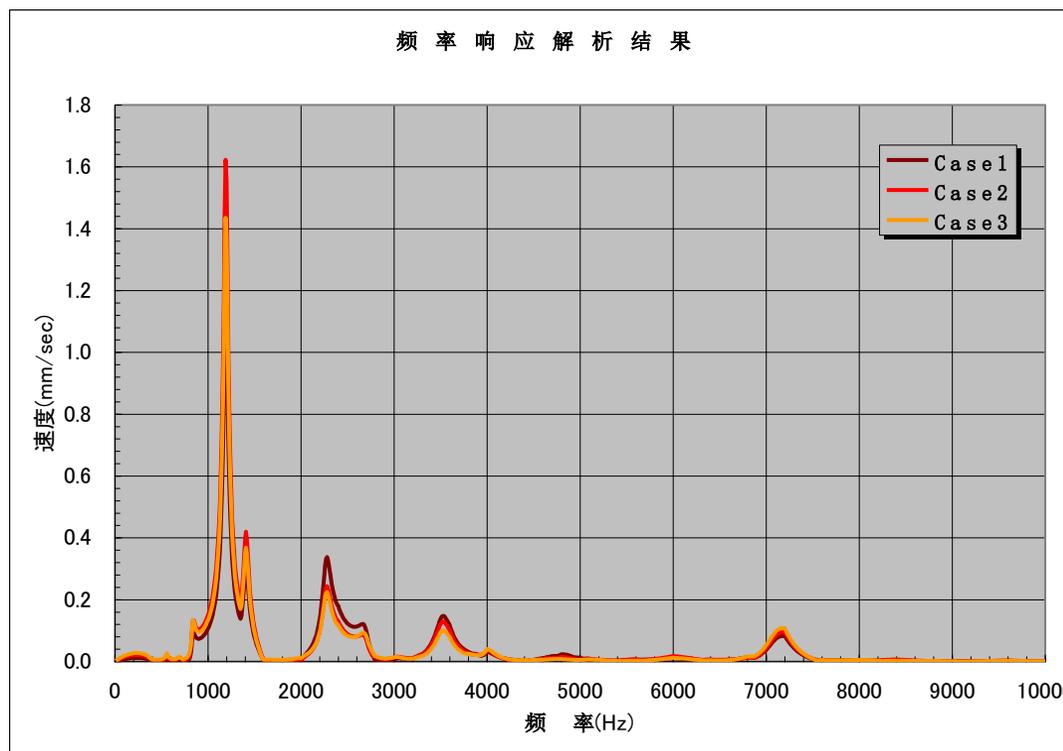
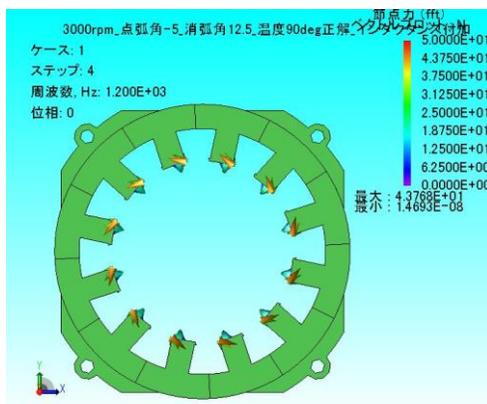
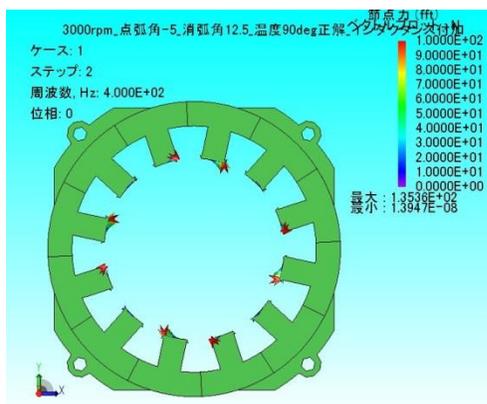
- 计算作为激励的电磁激振力。
- 课题
 - 需要有精度足够高的电流波形
 - PWM高次谐波或空间谐波
 - 偏心或推力的评价需要很大规模的计算
 - 计算时间和物理量的映射很困难



频率响应解析

固有频率解析(结构)和电磁力分布(电磁场)的结果相结合进行频率响应解析, 进行综合的振动评价

- 固有模态和电磁力型相吻合引起共振



电机结构解析的经验

如何处理叠片钢板的铁芯

- 因为没法一层一层的建模，所以作为各向异性材料考虑。叠片分析的杨氏模量通常会降低10~30%。

线圈的处理

- 由于线圈为线束构造，因此衰减是如此之大，以至于低频谐振不太可能发生，因此通常可以简化。

机械结合

- 基于实测进行模型调整。有刚性连接的情况，也有夹杂了弹簧要素建模的情况。

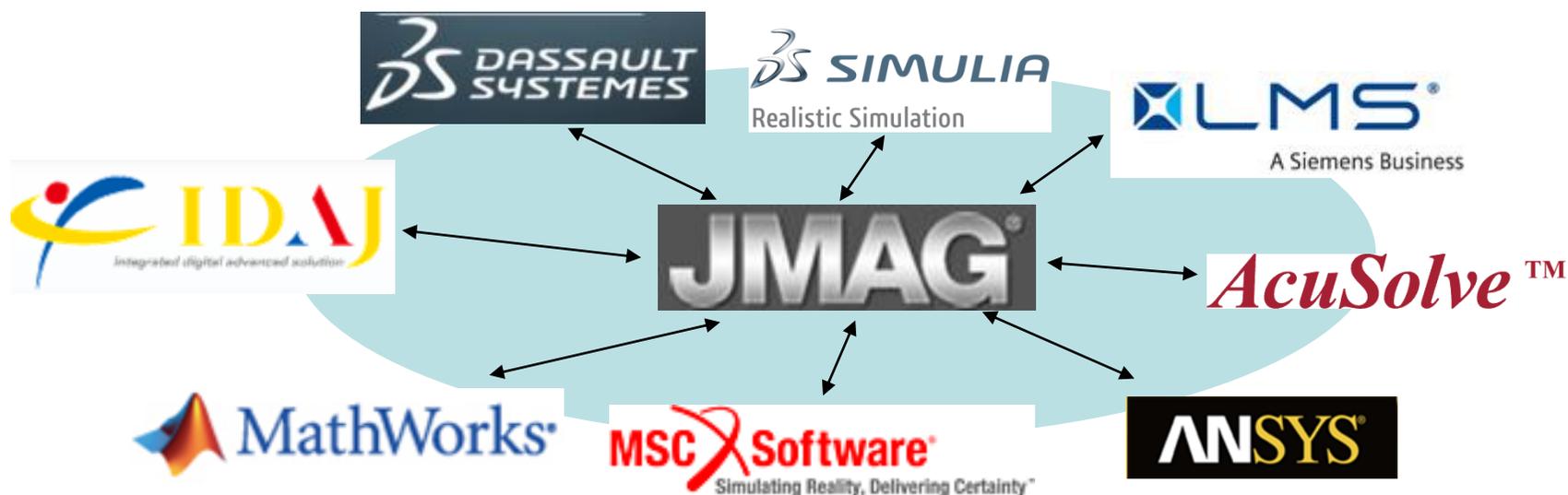
其他公司软件的联合仿真

联合仿真

使用多个的软件进行联合仿真

联合仿真能活用各个软件的优势，实现高精度解析

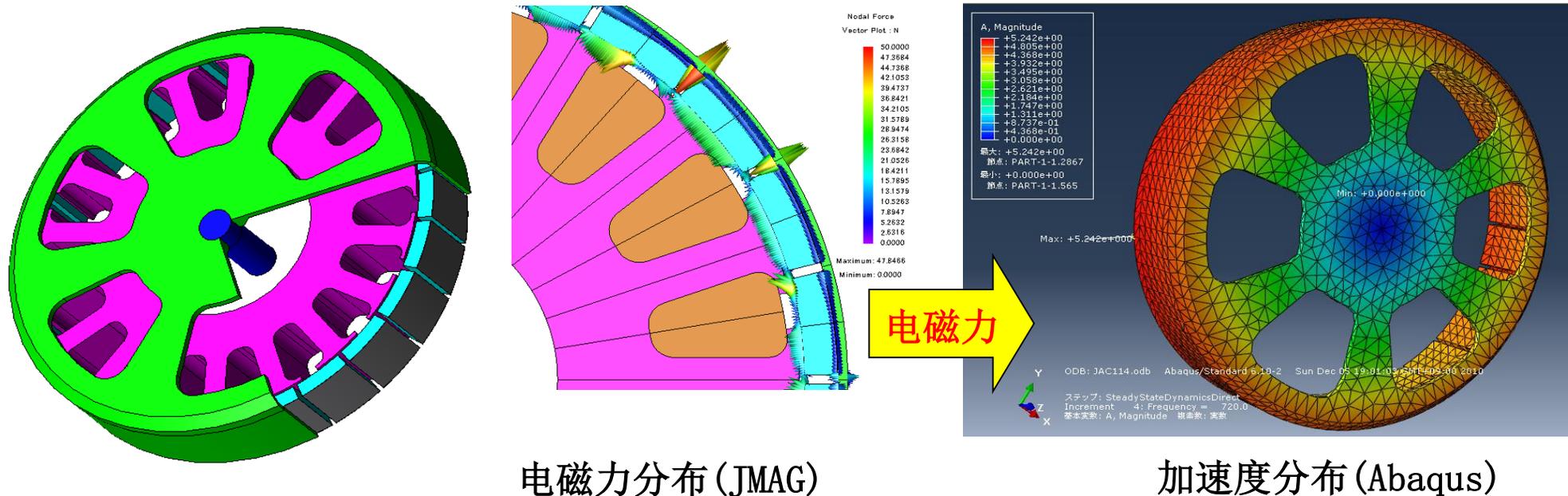
JMAG=电磁场、Abaqus=结构、LMS=声场...



与Abaqus的联合仿真案例

Abaqus耦合 ~电机的振动~

运行中的电机除了产生驱动力以外，还会产生引起振动噪音的电磁力

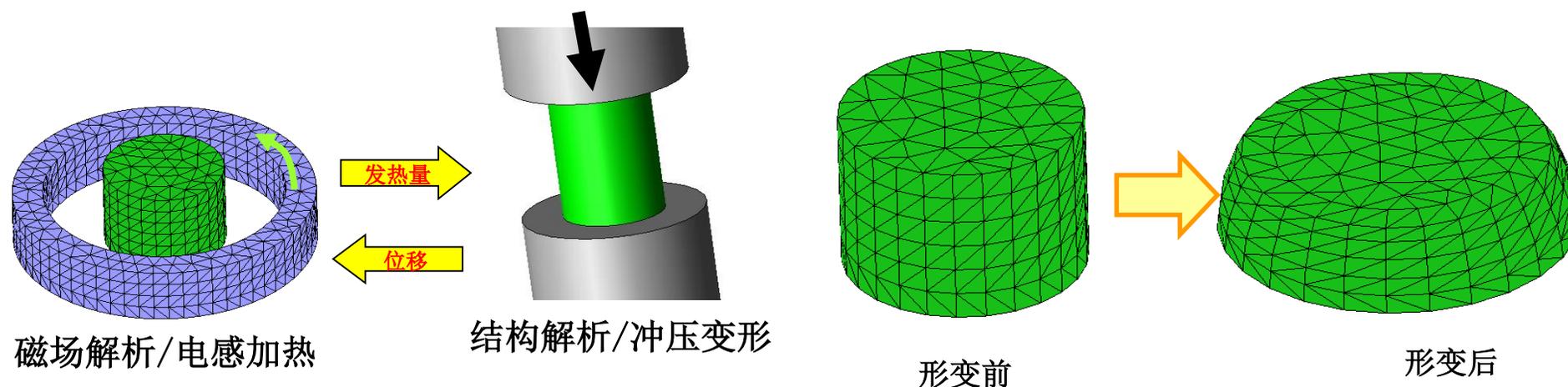


Abaqus根据JMAG获得的详细电磁力执行使用模态叠加法进行频率响应解析

Abaqus耦合 ~考虑形变的解析~

一边对工件进行电感加热，一边施加压力进行加工

- 形状变化将引起工件与线圈的相对位置发生变化→影响发热量
- 温度分布引起材料特性发生变化→影响形变量



JMAG的磁场解析计算发热量通过和Abaqus的瞬态结构解析交互求得形变

JMAG和Abaqus的单方向耦合

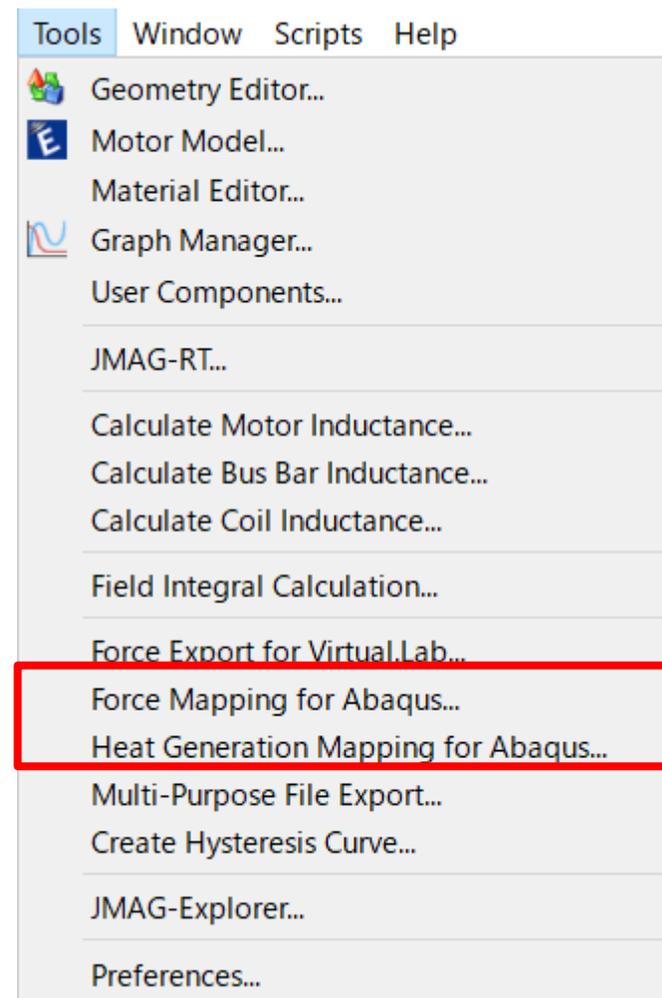
需要JMAG-Abaqus耦合用的license (Abaqus I/F; 收费)

JMAG → Abaqus 耦合

- 传递的物理量：损耗密度、
电磁力(节点力、洛伦茨力、磁致伸缩)
- 映射到Abaqus的输入文件 (*.inp)

Abaqus → JMAG 耦合

- 传递的物理量：应力
- 将Abaqus的输出文件 (*.odb) 进行映射



JMAG和Abaqus的双方向耦合1

使用JMAG-Scheduler

- JMAG的JMAG-Scheduler来进行控制
- JMAG来进行映射
- 需要JMAG-Abaqus耦合用的License (AbaqusI/F; 收费)

双方向耦合有以下两种例子

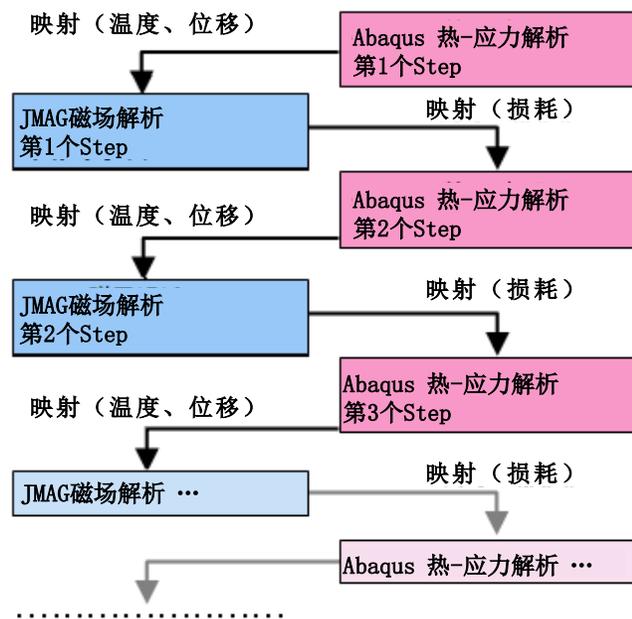
- JMAG磁场 \Leftrightarrow Abaqus热和应力的联合仿真
- JMAG磁场 \Leftrightarrow Abaqus动力学解析

JMAG和Abaqus的双方向耦合1

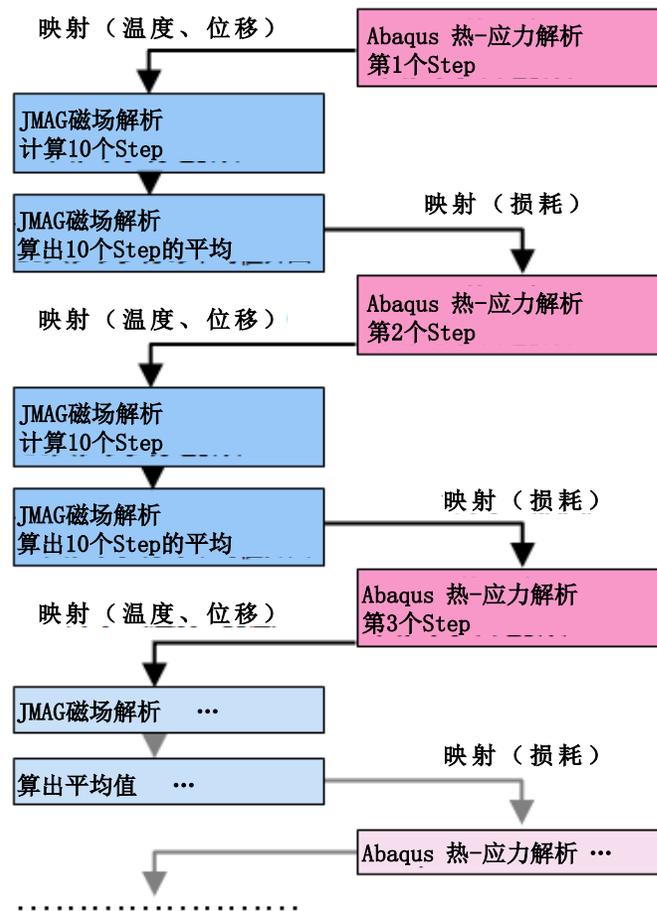
JMAG磁场 ↔ Abaqus热和应力的联合仿真

- JMAG输出焦耳损耗密度
- Abaqus输出位移和温度

例1 JMAG磁场稳态解析/频率响应解析和Abaqus热-应力解析的耦合



例2 JMAG磁场瞬态解析和Abaqus热-应力解析的耦合

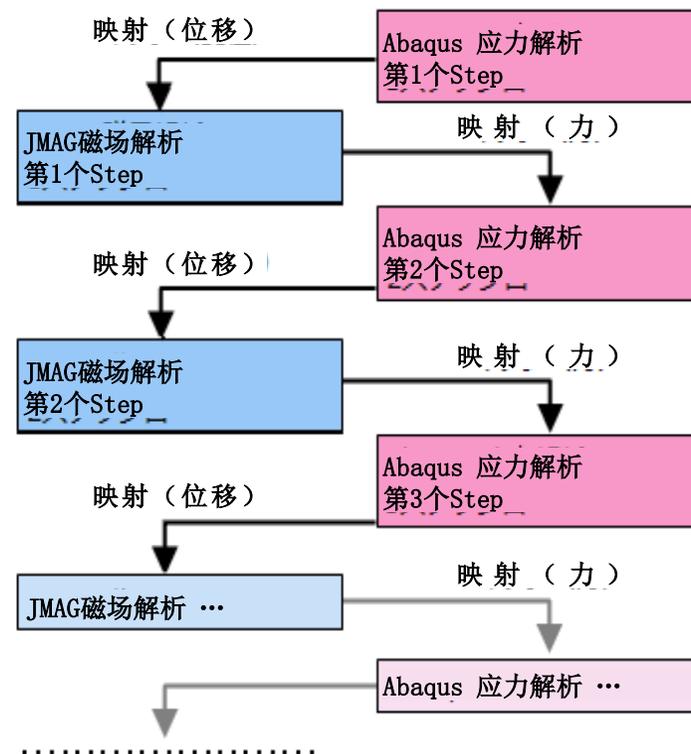


JMAG和Abaqus的双方向耦合 1

JMAG磁场 ↔ Abaqus运动解析

- JMAG输出力
- Abaqus输出位移

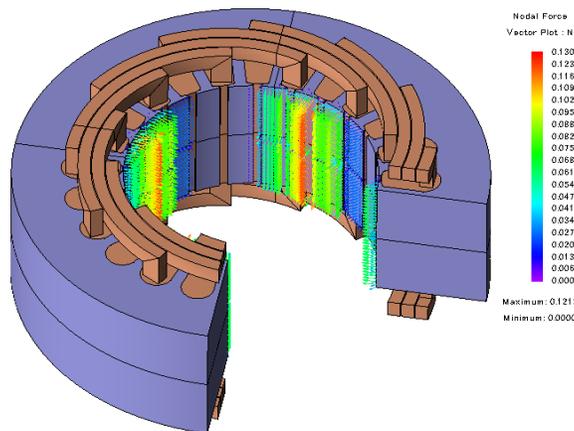
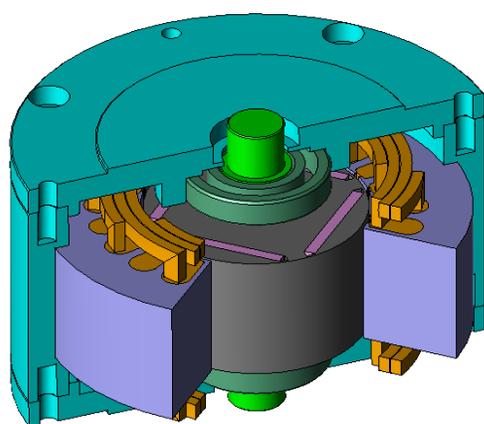
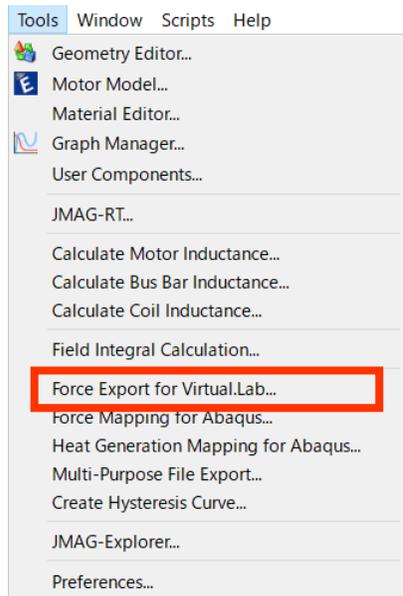
例 JMAG磁场瞬态解析和Abaqus运动解析的耦合



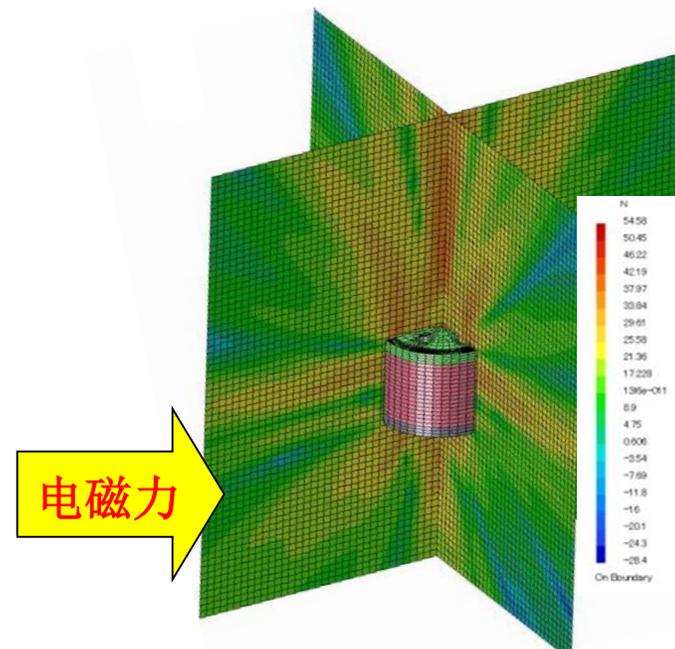
LMS-Virtual.Lab的联合仿真案例

LMS耦合 ~电机的振动·声场~

运行中的电机除了产生驱动力以外，还会产生引起振动噪音的电磁力



电磁力分布 (JMAG)



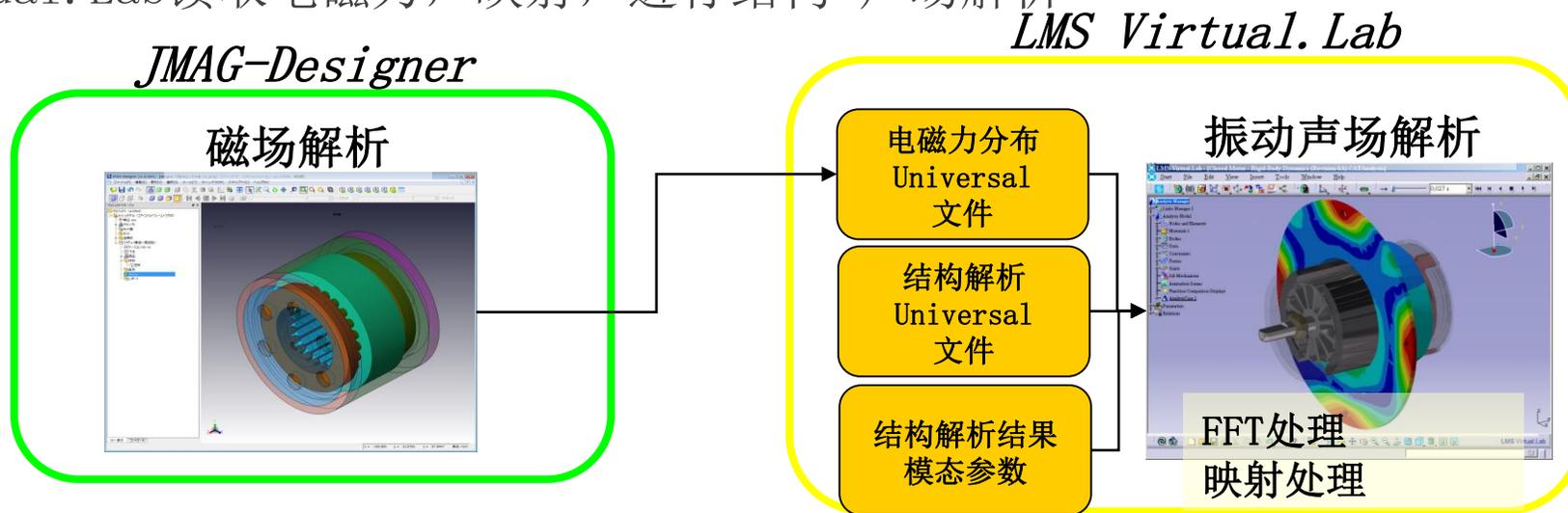
声压级 (LMS)

LMS Virtual.Lab的声场解析中使用JMAG求得的详细电磁力

电机的振动噪音解析

进行方法

- JMAG输出电磁力的分布(瞬态解析)
- LMS-Virtual.Lab读取电磁力, 映射, 进行结构·声场解析



必要的环境、License

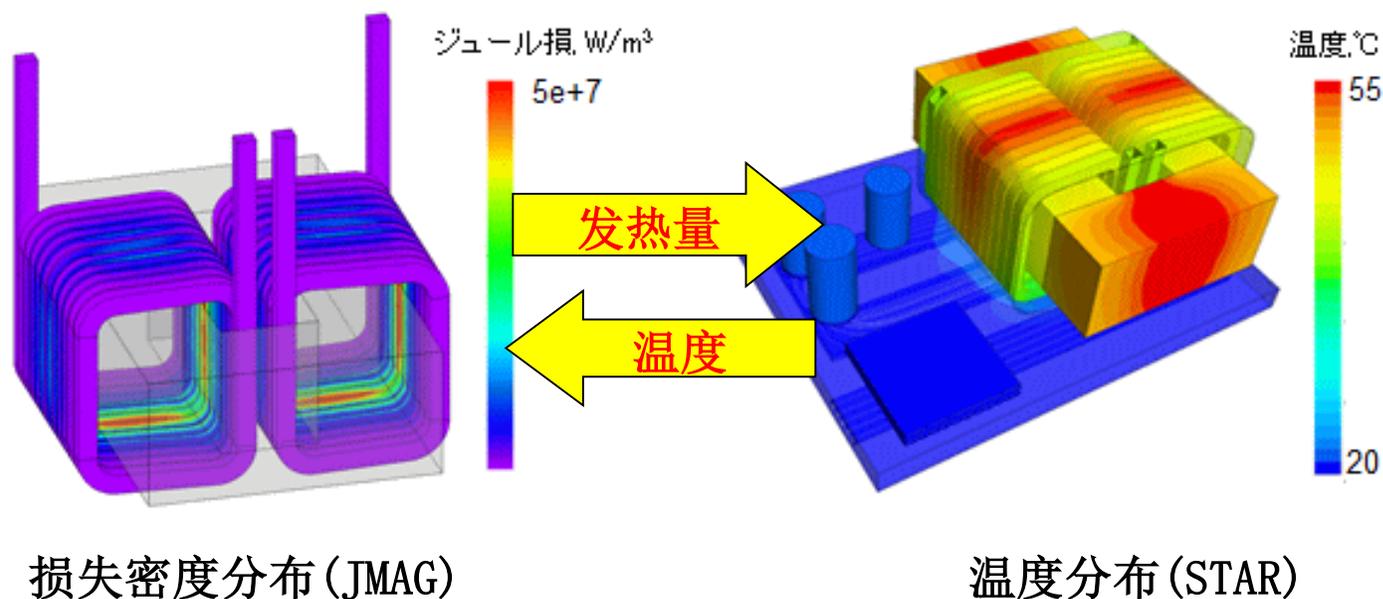
- 只需要JMAG、LMS-VL各自的License
- 能够输出模态参数的结构解析求解器

STAR-CCM+的联合仿真案例

STAR-CCM+耦合 ～电感的冷却～

电感的发热和水冷

- 磁场解析求得电感的铁损、铜损分布
- 热流体解析计算水冷



JMAG求得の发热量、STAR-CCM+求得温度进行双方向耦合

JMAG和STAR-CCM+的双方向耦合

STAR-CCM+进行映射

JMAG、STAR-CCM+分别使用各自的License

在JMAG的[外部求解器链接]条件下设置和STAR-CCM+耦合的设定。

双方向耦合解析有以下2个案例

- JMAG磁场（损耗） \Leftrightarrow STAR-CCM+显式法/稳态耦合（温度）
- JMAG磁场（力） \Leftrightarrow STAR-CCM+显式法/稳态耦合（位移）

计算的实施在STAR-CCM+中进行

Ansys Fluent的联合仿真案例

综述

在计算电机散热CHT问题时，通常需要在模型中加载热源（即铜损、铁损，以下统称损耗），ANSYS Fluent具有多种灵活的热源定义方式：

➤ 直接输入：用户通过UI方式设定体积热源(Source)

➤ 通过耦合接口：

通过System Coupling

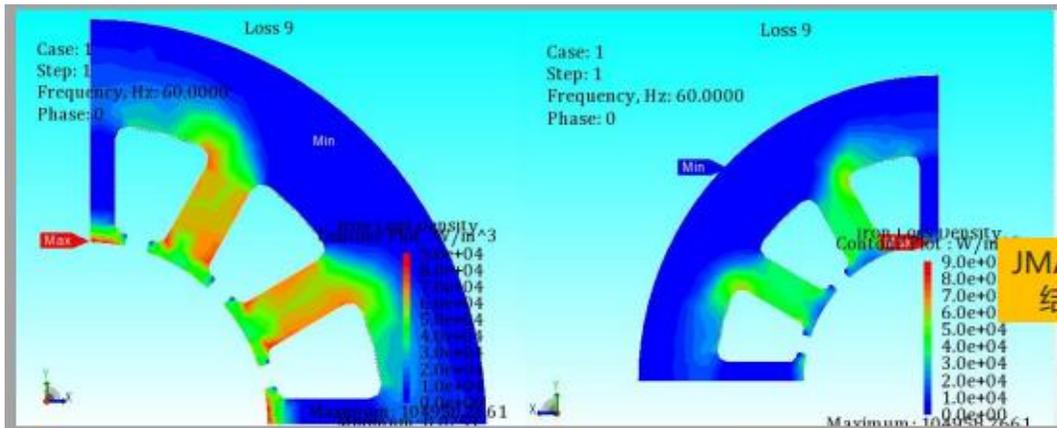
通过MpCCI

➤ 直接读取第三方数据：

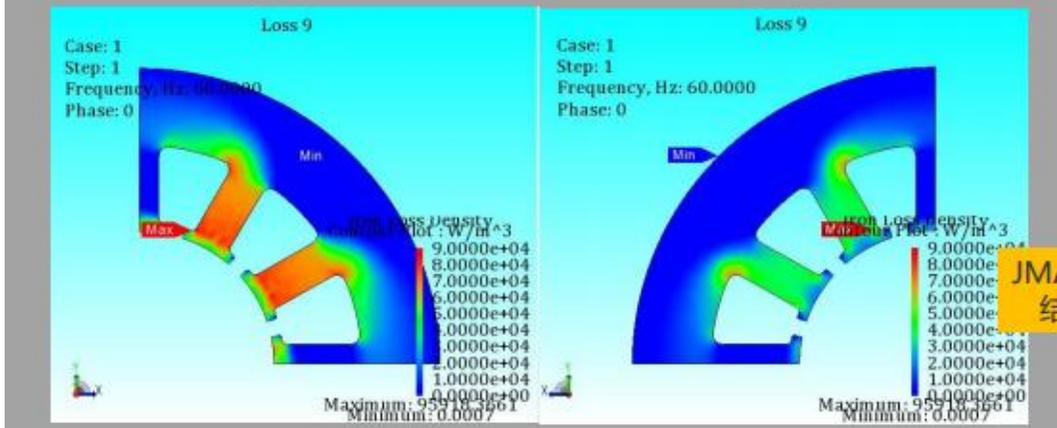
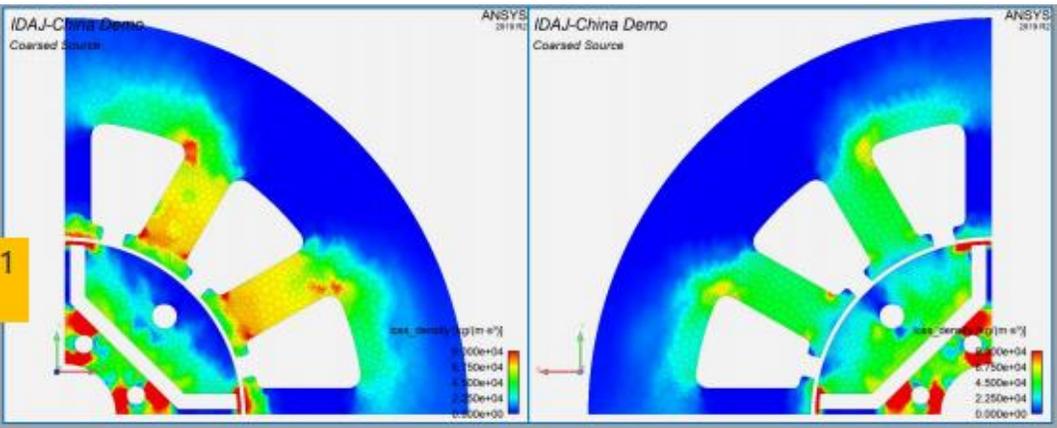
如电磁分析软件JMAG计算获得的损耗密度（本案例）

映射精度

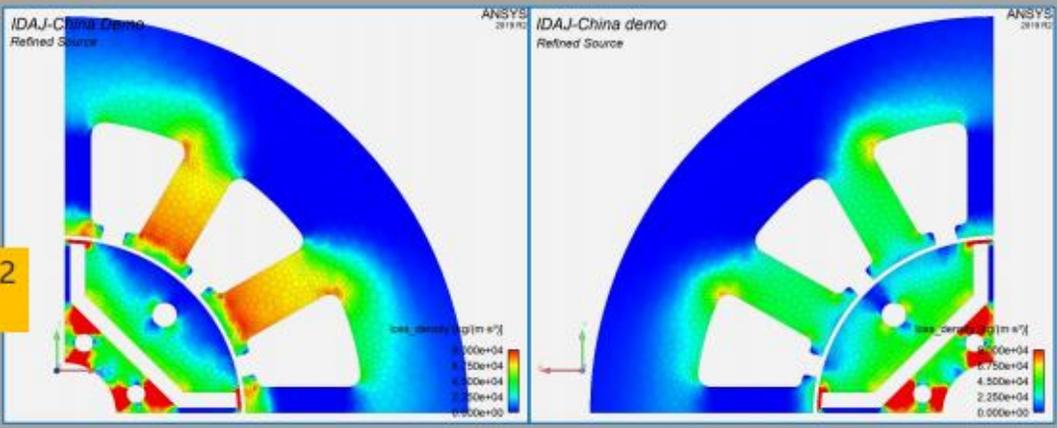
		JMAG Export Loss	Fluent Mapped Loss	相对偏差
		W	W	
JMAG网格1	rotor	0.330	0.323	2.28%
	stator	0.399	0.401	0.55%
JMAG网格2	rotor	0.316	0.315	0.35%
	stator	0.390	0.390	0.16%



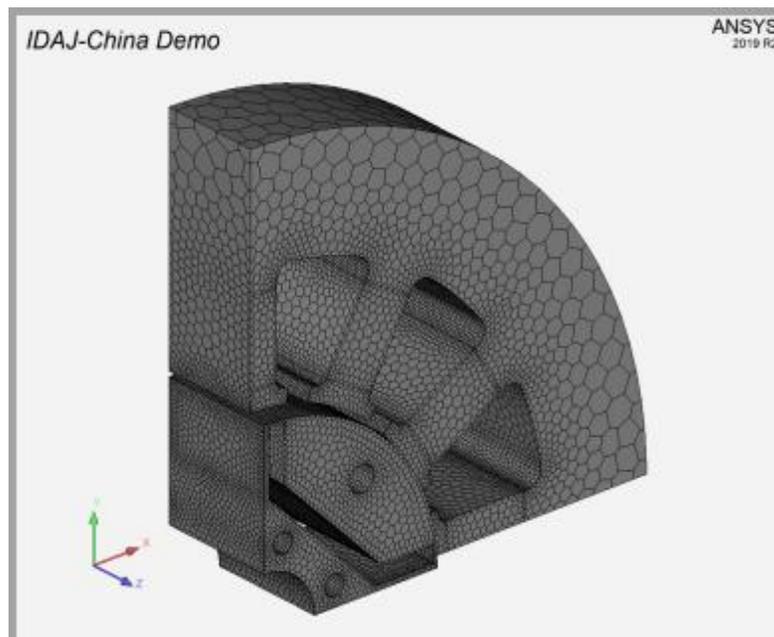
JMAG 网格1
结果映射



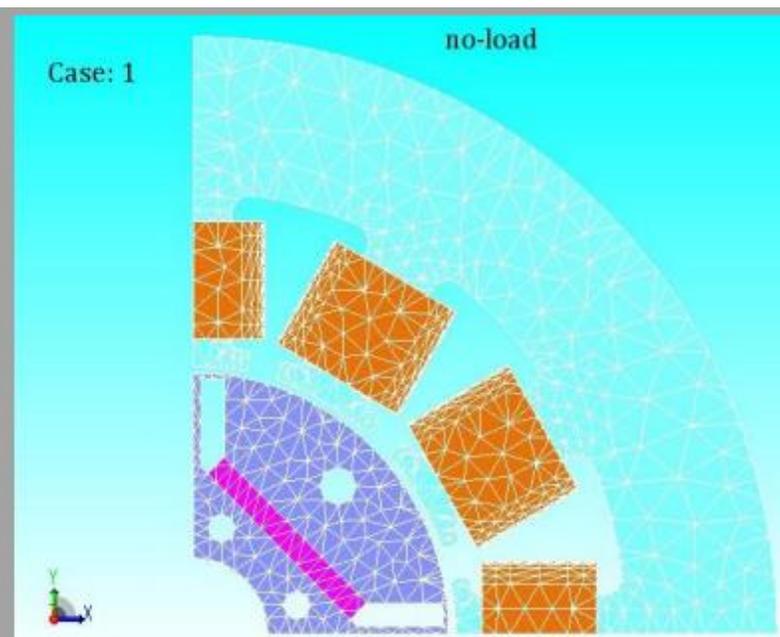
JMAG 网格2
结果映射



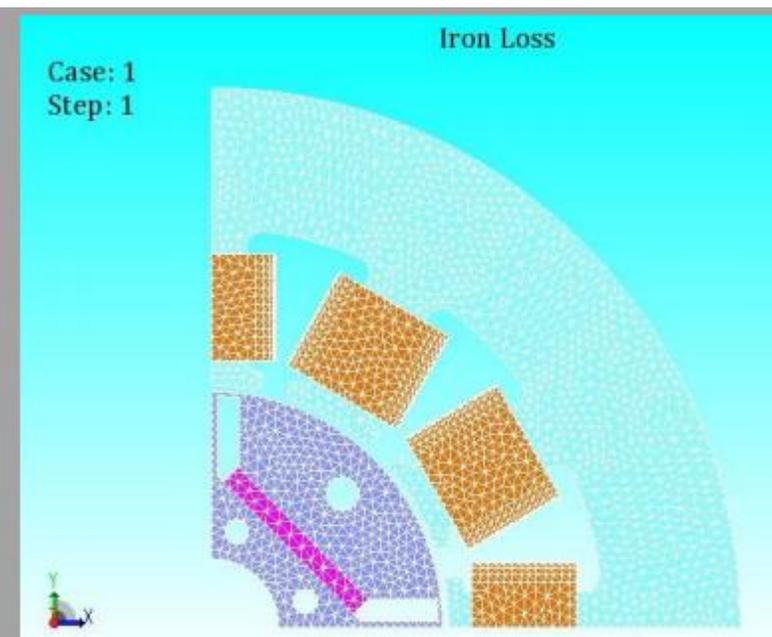
网格对比



Fluent 模型网格尺寸(0.5~4mm)



JMAG网格1



JMAG网格2

通过MpCCI的耦合解析介绍

MpCCI对应的软件

- 流体解析用ソフト： STAR-CCM+, STAR-CD, ANSYS Fluent, OpenFOAM, FINE/Hexa, FINE/Open, FINE/Turbo
- 構造解析用ソフト： Abaqus, ANSYS, MSC.Marc, MD Nastran, PERMAS
- 熱、電磁界解析用ソフト： JMAG, FLUX, ANSYS Icepak, RadTherm
- 1次元解析用ソフト： Flowmaster

注)これら以外の汎用CAEソフトウェアについても順次開発予定となっているものがございます。

また、MpCCI Coupling Environmentのバージョンによって対応するソフトが異なります。詳細はお問い合わせください。

- 引用自 (http://www.idaj.co.jp/product/t00001/sub006/090000/s01000/post_123.html)

通过MpCCI的JMAG和Fluent的双方向耦合解析

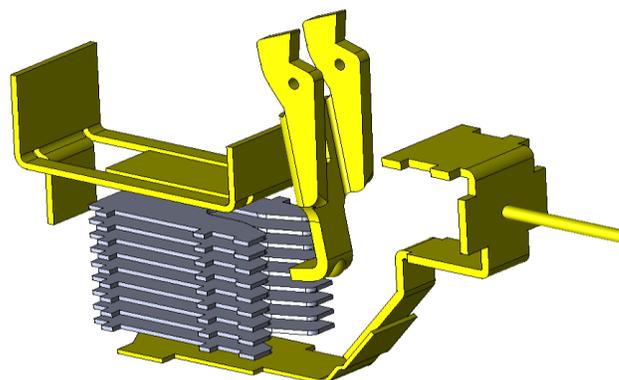
- JMAG计算气体的洛伦茨力，通过MpCCI输入到Fluent中。
- Fluent求得气体的位移和温度，通过MpCCI输入到JMAG中。

断路器的电弧放电解析

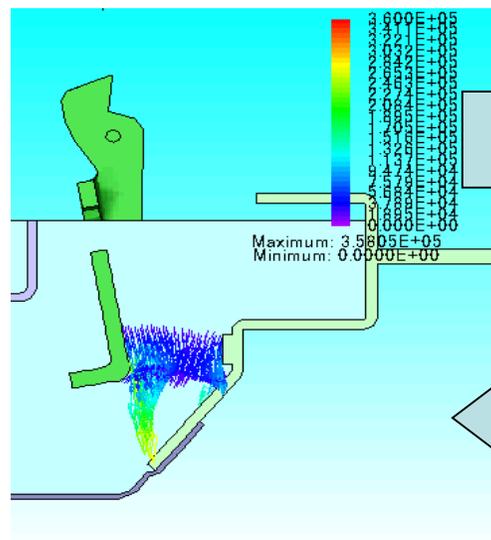
解析动机和期待的结果

- 开关断开时，接点处的电弧放电解析
- 通过设计适合的磁路，评价洛伦茨力来实现减少电弧放电的设计。

解析结果



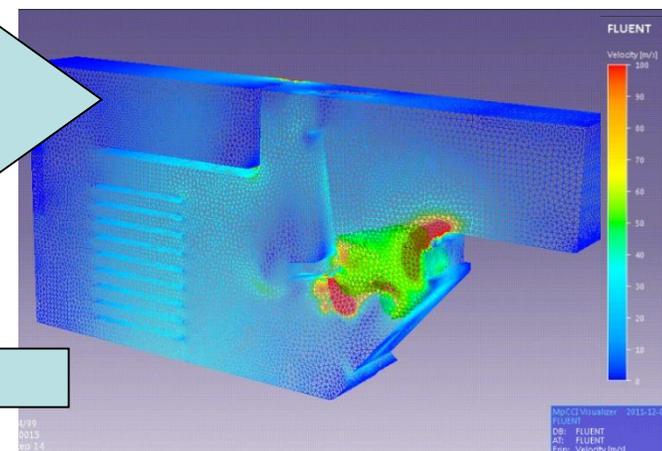
解析对象



洛伦茨力密度分布 (JMAG)

洛伦茨力
发热

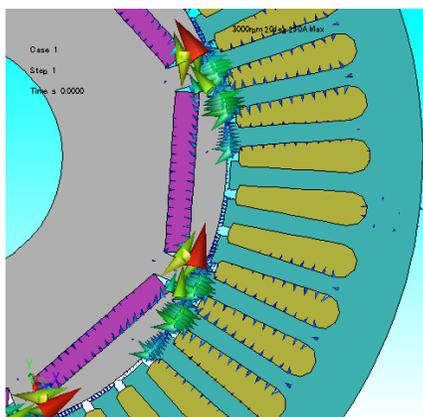
温度



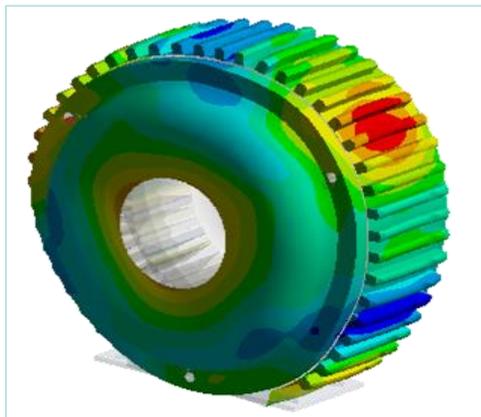
流速分布 (FLUENT)

基于Jmag+Ansys Mechanical的NVH分析流程介绍

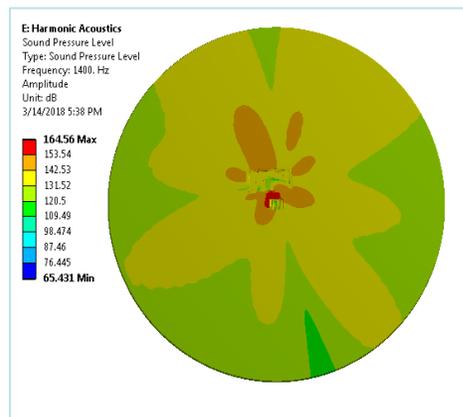
1. Magnetic Field Solution



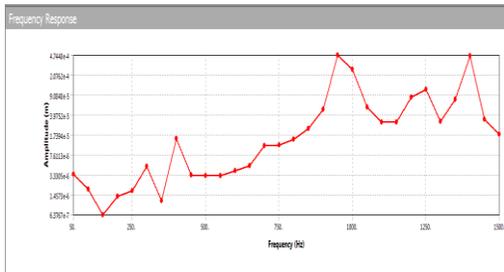
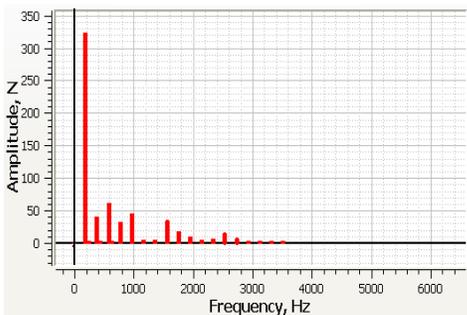
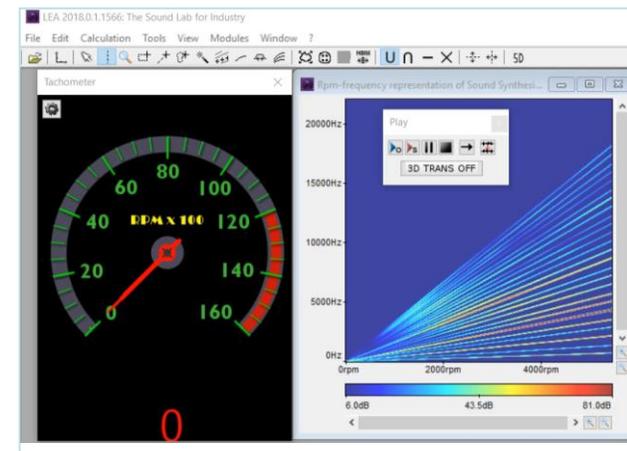
2. Modal and Vibration



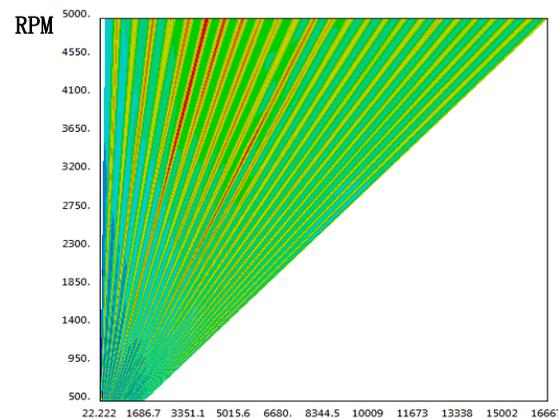
3. Acoustic



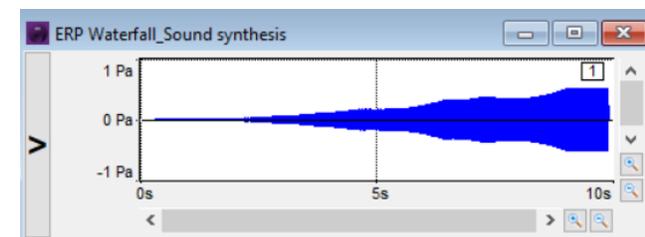
4. Sound Experience



Frequency [Hz]



Frequency [Hz]



Jmag软件输出的电磁力文件 (.CSV格式)

表格是Jmag软件在某个转速下的电磁力，并且已通过FFT转换成了频域形式的载荷。

14511	all_nodal_force_face_complex								
1	0.00E+00	3	1	1					
5760							Fix	Fiy	Fiz
1	2.80E+01	1.11E-01	3.00E+00	-1.72E+05	-6.06E+02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
2	2.80E+01	3.33E-01	3.00E+00	-1.67E+05	-2.34E+03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
3	2.80E+01	5.55E-01	3.00E+00	-1.63E+05	-3.56E+03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
...
5760	...	...	...	...	...	...	...	...	...
14511	all_nodal_force_face_complex								
2	6.03E+01	3	1	1					
5760									
1	2.80E+01	1.11E-01	3.00E+00	-1.08E+03	-3.07E+00	0.00E+00	-1.46E+03	-5.13E+00	0.00E+00
2	2.80E+01	3.33E-01	3.00E+00	-1.12E+03	-1.74E+01	0.00E+00	-1.40E+03	-2.06E+01	0.00E+00
3	2.80E+01	5.55E-01	3.00E+00	-1.21E+03	-2.83E+01	0.00E+00	-1.35E+03	-3.05E+01	0.00E+00
...
5760	...	...	...	...	...	...	...	...	...
14511	all_nodal_force_face_complex								
3	1.21E+02	3	1	1					
5760									
1	2.80E+01	1.11E-01	3.00E+00	1.84E+04	-2.00E+00	0.00E+00	1.88E+05	5.67E+02	0.00E+00
2	2.80E+01	3.33E-01	3.00E+00	2.41E+04	3.05E+02	0.00E+00	1.82E+05	2.81E+03	0.00E+00
3	2.80E+01	5.55E-01	3.00E+00	2.93E+04	5.89E+02	0.00E+00	1.78E+05	4.11E+03	0.00E+00
...
5760	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...									
...									
14511	all_nodal_force_face_complex								
128	7.66E+03	3	1	1					
5760									
1	2.80E+01	1.11E-01	3.00E+00	2.08E+01	1.21E-01	0.00E+00	9.39E+00	7.32E-02	0.00E+00
2	2.80E+01	3.33E-01	3.00E+00	-7.69E+01	-9.18E-01	0.00E+00	-6.20E+00	-2.74E-03	0.00E+00
3	2.80E+01	5.55E-01	3.00E+00	-1.53E+02	-3.44E+00	0.00E+00	-1.79E+01	-4.06E-01	0.00E+00
...
5760	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Jmag电磁力文件内容说明

电磁力是复数形式的，因此有实部和虚部

14511	all_nodal_force_face_complex								
1	0.00E+00	3	1	1					
5760							Fix	Fiy	Fiz
1	2.80E+01	1.11E-01	3.00E+00	-1.72E+05	-6.06E+02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
2	2.80E+01	3.33E-01	3.00E+00	-1.67E+05	-2.34E+03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
3	2.80E+01	5.55E-01	3.00E+00	-1.63E+05	-3.56E+03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
...
5760	...	...	...	...	...	...	...	...	...

节点
编号

该节点的
X,Y,Z坐标

该节点的电磁力实
部在X,Y,Z方向的分
量

该节点的电磁力虚
部在X,Y,Z方向的分
量

Ansys Mechanical振动扫频需要导入的载荷格式

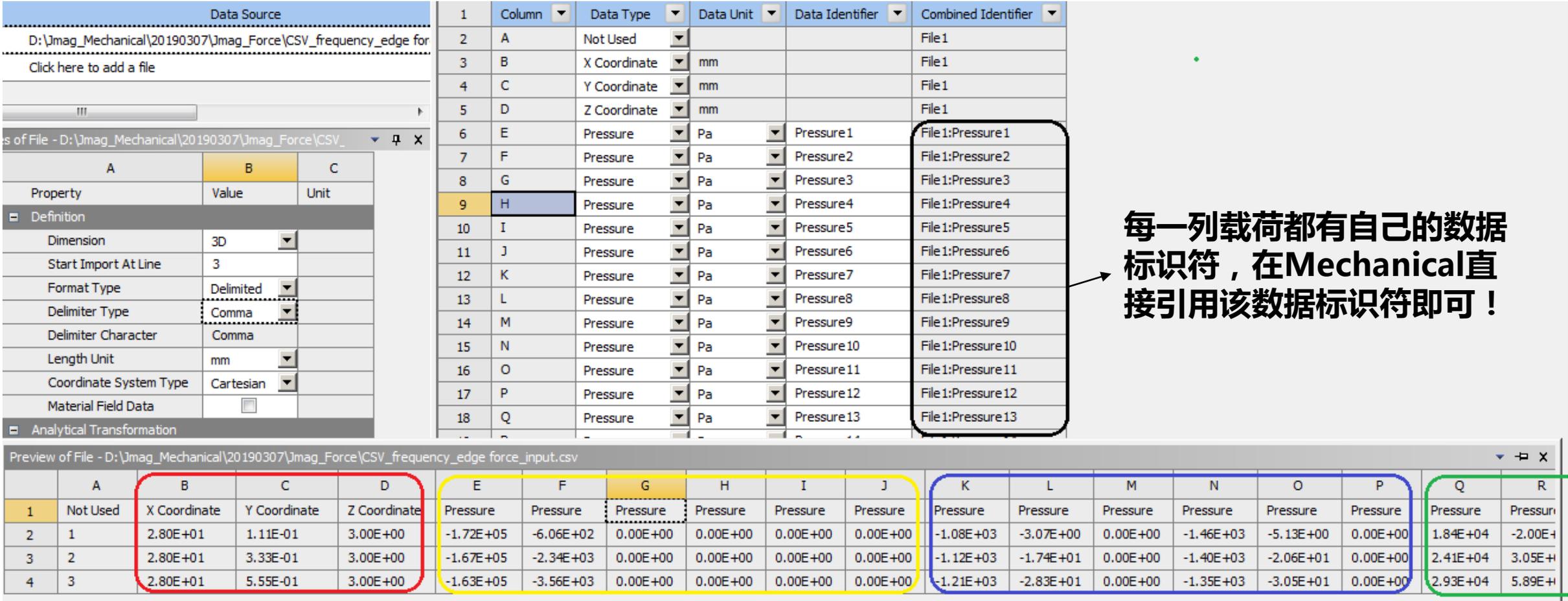
- Ansys Mechanical进行结构振动扫频分析(Harmonic Analysis)时，希望外部导入的载荷形式为如下表所示，故需要将Jmag直接输出的电磁力文件进行编辑转换，以便输入后形成如下格式。
- 故我们开发了一个小插件data_converter.sh，可以非常方便地对Jmag电磁力文件进行编辑转变。

频率点				0 HZ						60.3 HZ						121 HZ						...
节点编号	X坐标	Y坐标	Z坐标	FX实部	FY实部	FZ实部	FX虚部	FY虚部	FZ虚部	FX实部	FY实部	FZ实部	FX虚部	FY虚部	FZ虚部	FX实部	FY实部	FZ实部	FX虚部	FY虚部	FZ虚部	...
1	2.80E+01	1.11E-01	3.00E+00	-1.72E+05	-6.06E+02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-1.08E+03	-3.07E+00	0.00E+00	-1.46E+03	-5.13E+00	0.00E+00	1.84E+04	-2.00E+00	0.00E+00	1.88E+05	5.67E+02	0.00E+00	...
2	2.80E+01	3.33E-01	3.00E+00	-1.67E+05	-2.34E+03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-1.12E+03	-1.74E+01	0.00E+00	-1.40E+03	-2.06E+01	0.00E+00	2.41E+04	3.05E+02	0.00E+00	1.82E+05	2.81E+03	0.00E+00	...
3	2.80E+01	5.55E-01	3.00E+00	-1.63E+05	-3.56E+03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-1.21E+03	-2.83E+01	0.00E+00	-1.35E+03	-3.05E+01	0.00E+00	2.93E+04	5.89E+02	0.00E+00	1.78E+05	4.11E+03	0.00E+00	...
...
5760	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Ansys Mechanical振动扫频需要导入的载荷格式

导入到Ansys Mechanical中电磁力

➤ 通过插件转换后的电磁力文件输入Ansys中，如下图所示：可用于后续的振动分析。



1	Column	Data Type	Data Unit	Data Identifier	Combined Identifier
2	A	Not Used			File 1
3	B	X Coordinate	mm		File 1
4	C	Y Coordinate	mm		File 1
5	D	Z Coordinate	mm		File 1
6	E	Pressure	Pa	Pressure 1	File 1:Pressure 1
7	F	Pressure	Pa	Pressure 2	File 1:Pressure 2
8	G	Pressure	Pa	Pressure 3	File 1:Pressure 3
9	H	Pressure	Pa	Pressure 4	File 1:Pressure 4
10	I	Pressure	Pa	Pressure 5	File 1:Pressure 5
11	J	Pressure	Pa	Pressure 6	File 1:Pressure 6
12	K	Pressure	Pa	Pressure 7	File 1:Pressure 7
13	L	Pressure	Pa	Pressure 8	File 1:Pressure 8
14	M	Pressure	Pa	Pressure 9	File 1:Pressure 9
15	N	Pressure	Pa	Pressure 10	File 1:Pressure 10
16	O	Pressure	Pa	Pressure 11	File 1:Pressure 11
17	P	Pressure	Pa	Pressure 12	File 1:Pressure 12
18	Q	Pressure	Pa	Pressure 13	File 1:Pressure 13

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	Not Used	X Coordinate	Y Coordinate	Z Coordinate	Pressure	Pressure	Pressure	Pressure	Pressure	Pressure	Pressure	Pressure	Pressure	Pressure	Pressure	Pressure	Pressure	Pressure
2	1	2.80E+01	1.11E-01	3.00E+00	-1.72E+05	-6.06E+02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-1.08E+03	-3.07E+00	0.00E+00	-1.46E+03	-5.13E+00	0.00E+00	1.84E+04	-2.00E+04
3	2	2.80E+01	3.33E-01	3.00E+00	-1.67E+05	-2.34E+03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-1.12E+03	-1.74E+01	0.00E+00	-1.40E+03	-2.06E+01	0.00E+00	2.41E+04	3.05E+04
4	3	2.80E+01	5.55E-01	3.00E+00	-1.63E+05	-3.56E+03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-1.21E+03	-2.83E+01	0.00E+00	-1.35E+03	-3.05E+01	0.00E+00	2.93E+04	5.89E+04

0 Hz载荷

60.3 Hz载荷

120.6 Hz载荷

艾迪捷信息科技有限公司(上海)有限公司



联系我们

——软件试用/报价/技术培训/专题活动

- 网站: <https://www.idaj.cn/>
- 邮箱: idaj.marketing@idaj.cn
- 电话: 021-50588290; 010-65881497

扫一扫, 关注艾迪捷
第一时间获得更多产品介绍/成功案例/市场活动