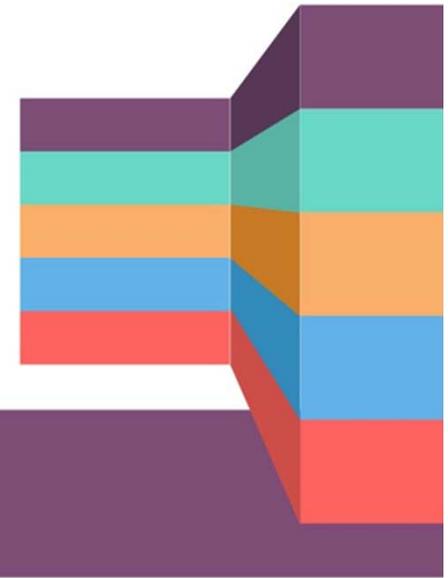


ICSC IDAJ CAE Solution Conference **2013**
New Value in CAE & CFD Industry



多学科耦合工具MpCCI产品最新功能介绍和 案例展示

IDAJ
技术部

目录

- MpCCI简介
- MpCCI 4.3新版本介绍
- 新应用介绍

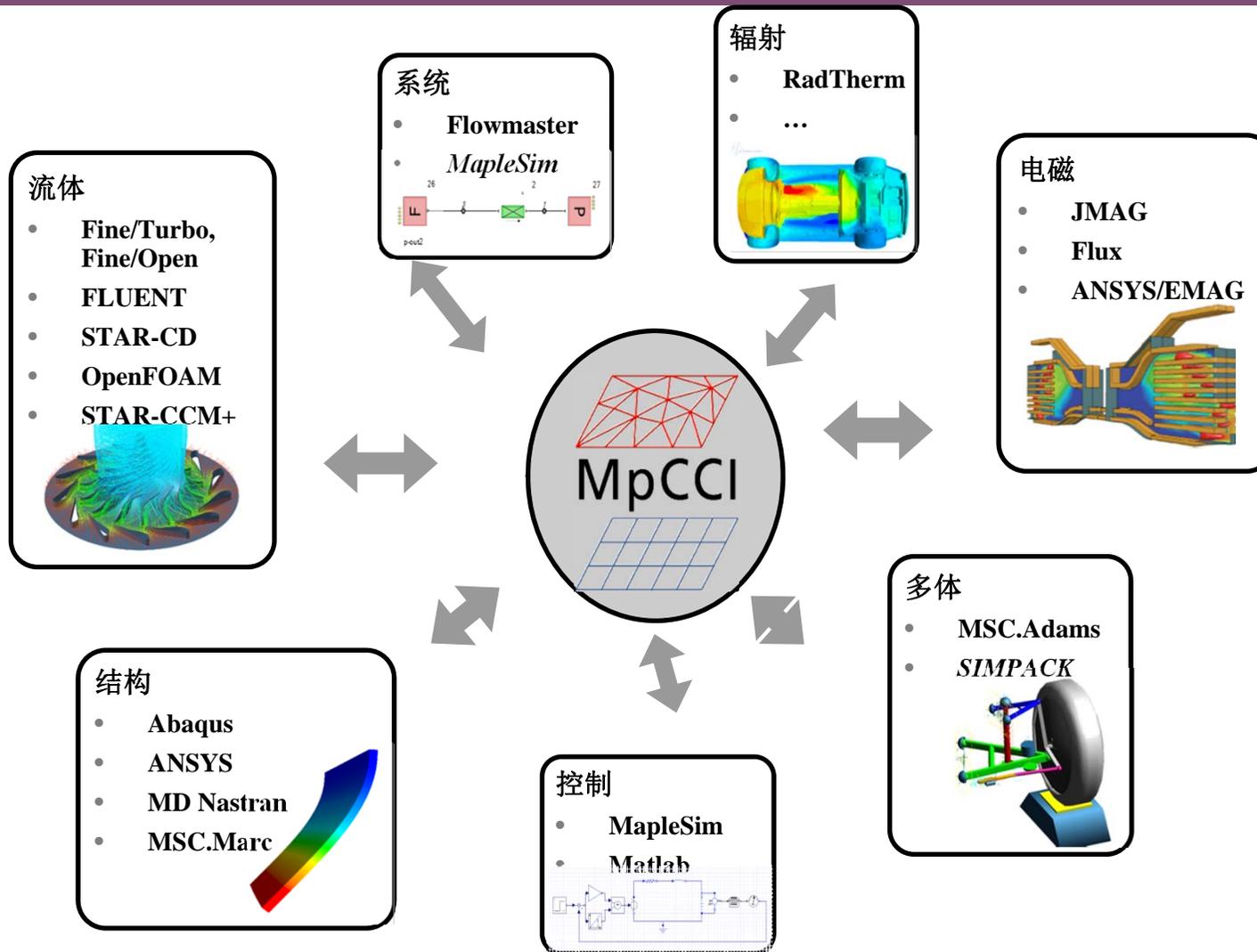
多物理场耦合工具MpCCI

- 基于网格的交互式耦合程序；
- 可以动态即时地在不同代码间交换数据；
- 中性接口，支持大部分主流商业仿真软件；
- 提供API接口，支持用户开发程序的耦合；
- 支持多种模式耦合（包括流固耦合换热、流固力/变形耦合、电磁流体耦合、热辐射耦合、一维/三维流场耦合、多体系统与结构耦合等）；
- 支持三个或更多软件之间的耦合；
- 支持跨平台计算、并行计算、时间异步技术、非完全匹配几何映射等多种耦合技术；
- 当今世界使用最广的耦合软件；

新软件架构

- 整合后的软件平台统一名字为“MpCCI”，包括四个模块部分：
 - 原来的MpCCI，现在叫做MpCCI耦合环境（MpCCI CouplingEnvironment）；
 - 基于文件的流固耦合映射功能模块，叫做MpCCI FSIMapper；
 - 基于文件的金属加工流映射功能模块，原名SCAIMapper，现在叫做MpCCI MetalMapper；
 - 可用于用户代码添加耦合功能的C++耦合库，叫做MpCCI MapLib；

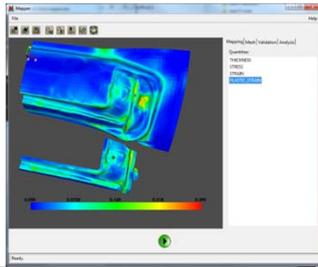
MpCCI 4.3耦合环境



MpCCI 4.3 MetalMapper

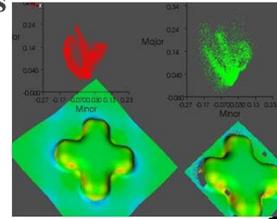
加工仿真

- AutoForm
- FORGE
- INDEED
- LS-Dyna
- PamSTAMP
- SYSWELD



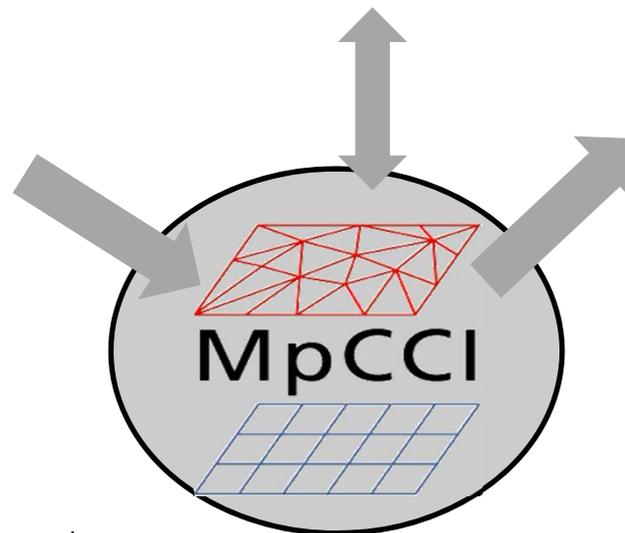
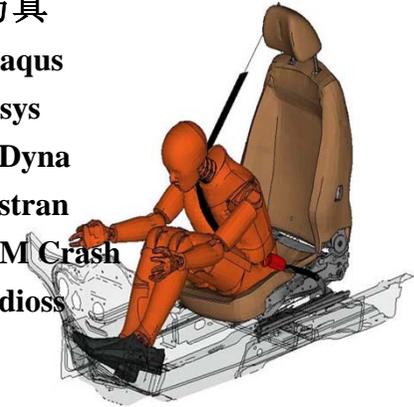
测量数据

- AutoGrid
- Argus / Aramis
- Atos



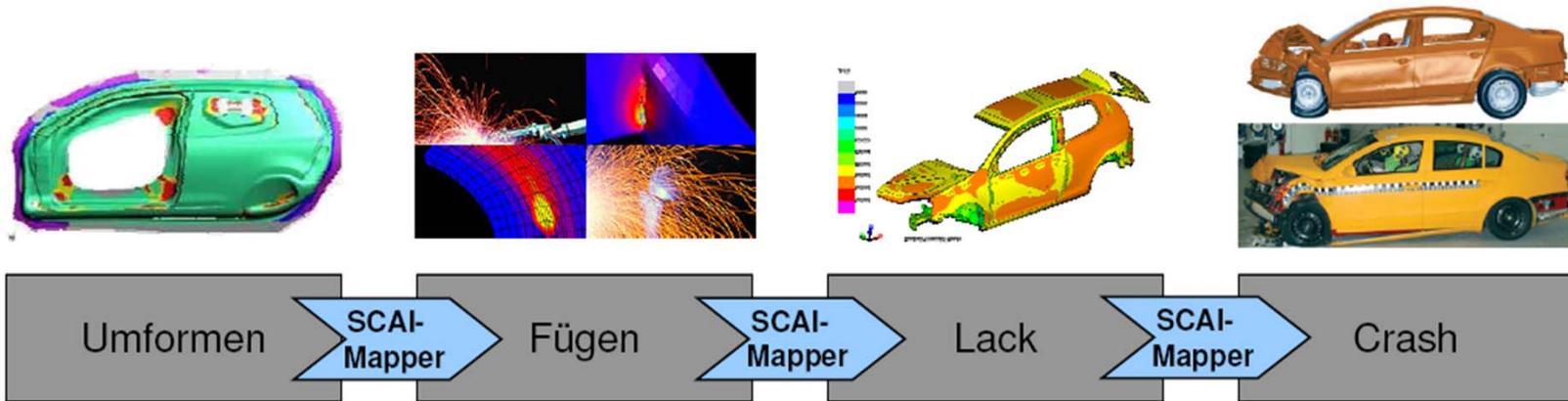
产品仿真

- Abaqus
- Ansys
- LSDyna
- Nastran
- PAM Crash
- Radioss



汽车制造过程链

VIPROF – 可视化汽车制造加工过程链



Institut für
Produktionstechnik
Fachbereich Maschinenbau



Fachhochschule
Braunschweig/Wolfenbüttel



ESI GROUP
THE VIRTUAL TRY-OUT SPACE® COMPANY



CADFEM

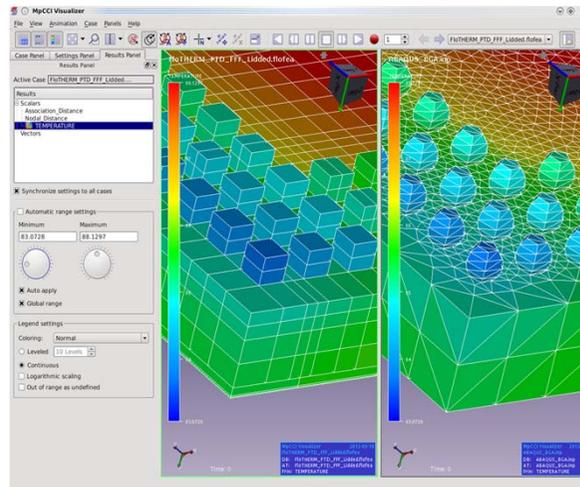


已在VW和Daimler等国外汽车厂商中得到应用并获得好评

MpCCI 4.3 FSIMapper

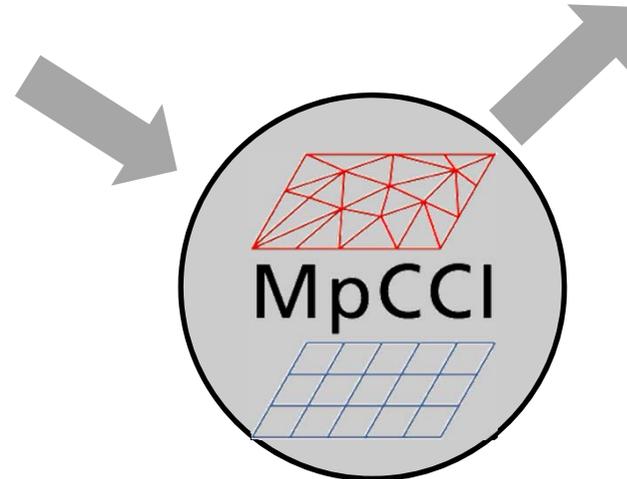
流体仿真

- FloEFD 13
- FloTHERM 10
- Ansys/Fluent
- EnSight Gold
- All CFD-codes supported by Eniight PostProcessor



结构应力分析

- Abaqus
- Ansys
- Nastran



MpCCI 4.3主要特征

新的耦合特征

- 隐式耦合，可用于流固耦合及系统软件耦合
- 时间和迭代的内插值
- 用户界面改进
- MSC.Adams耦合接口
- Matlab耦合接口

新的映射特征

- FSIMapper – 可将FloTHERM/FloEFD的结果映射给结构有限元软件
- MetalMapper – 将大型成型软件结果传递给碰撞模型

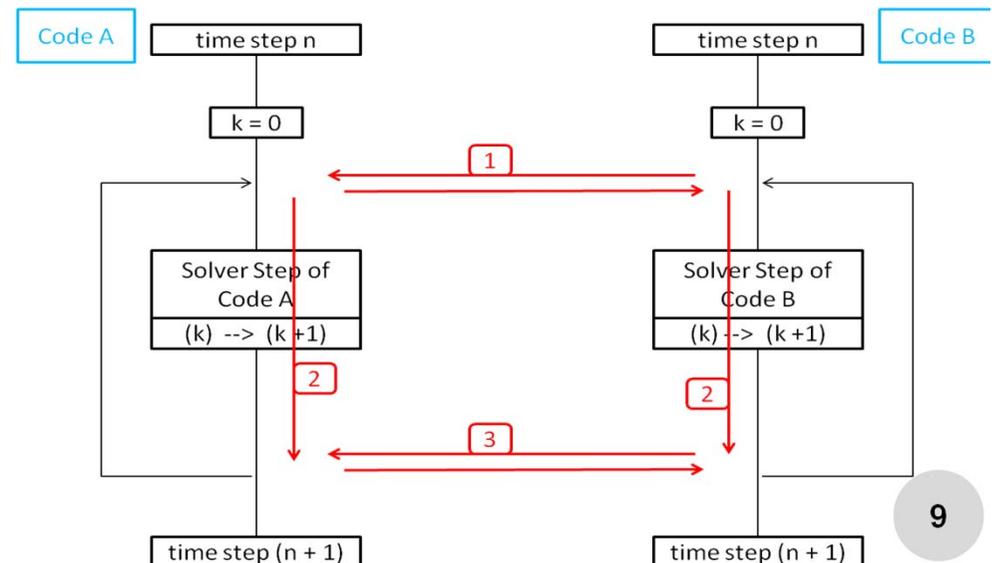
MpCCI 4.3 – 隱式耦合

新的“隱式/迭代”耦合模式可以在一个时间步之内进行多次数据交换。

- 流固迭代耦合可以在以下软件中使用：OpenFOAM, MSC.NASTRAN及FLUENT
- 1D-3D迭代耦合可用于MSC.Adams /MATLAB和三维软件的耦合

迭代耦合的特征

- 对于流体和固体间具有强烈相互作用的情况（例如不可压流体和薄壁之间），可以得到稳定解
- 有利于增大时间步长
- 有利于减少CPU计算时间
- 可用于并行/串行模式
- 收敛性检查



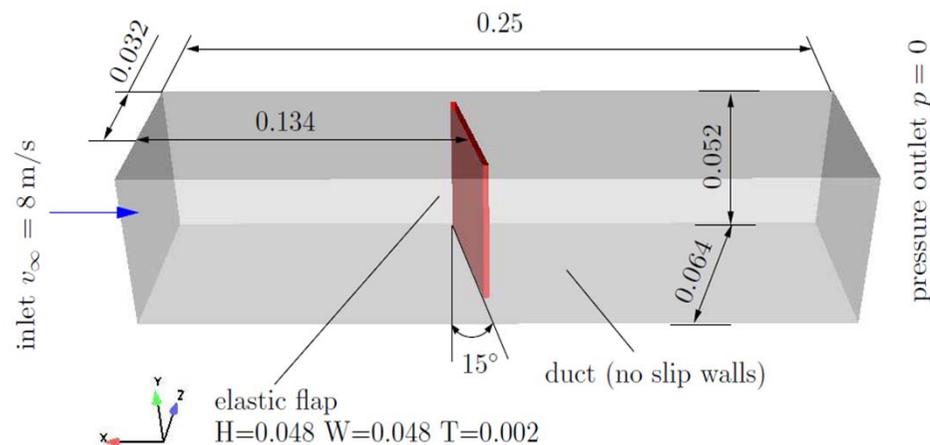
MpCCI 4.3 – 迭代耦合(水中弹性板)

下面的算例具有以下特点:

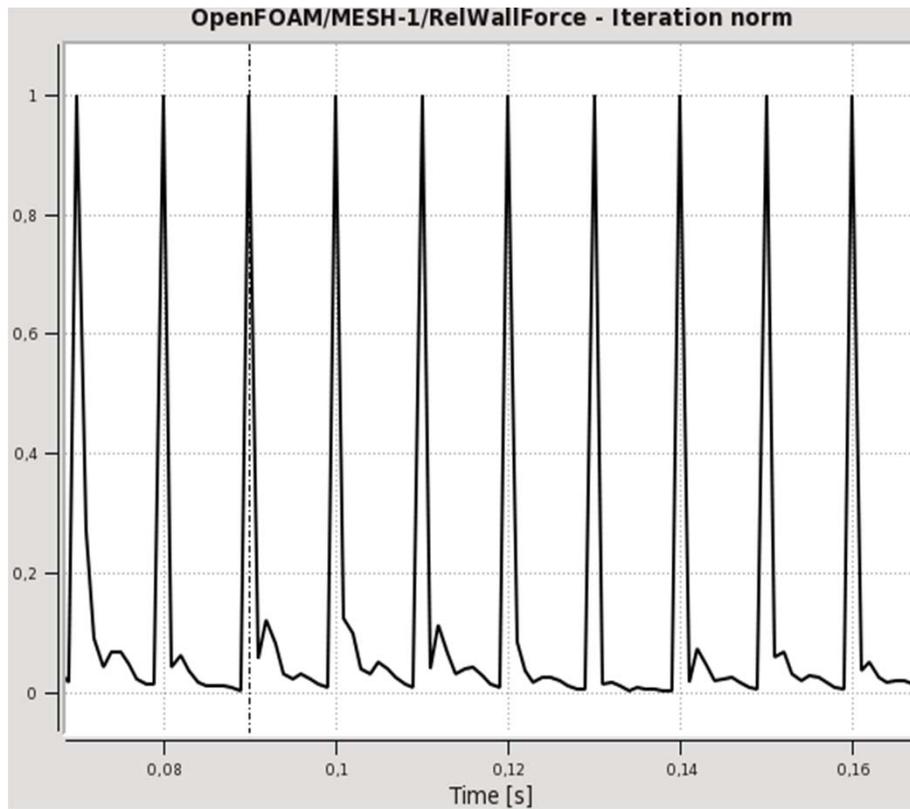
- 迭代瞬态耦合
- 流固耦合
- 在OpenFOAM中使用MpCCI自带的Grid Morpher
- 三维模型

该算例使用的软件是:

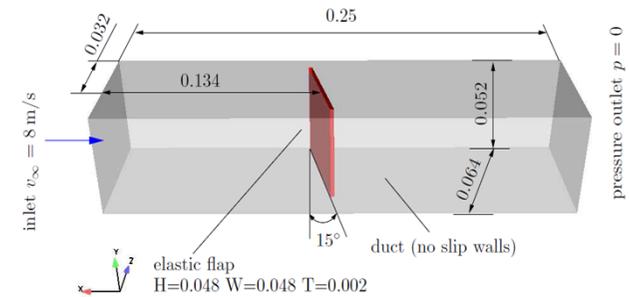
- 结构软件: MD NASTRAN 2010.1 or higher
- 流体软件: FLUENT 12.0.16 or higher, OpenFOAM 1.7 or higher



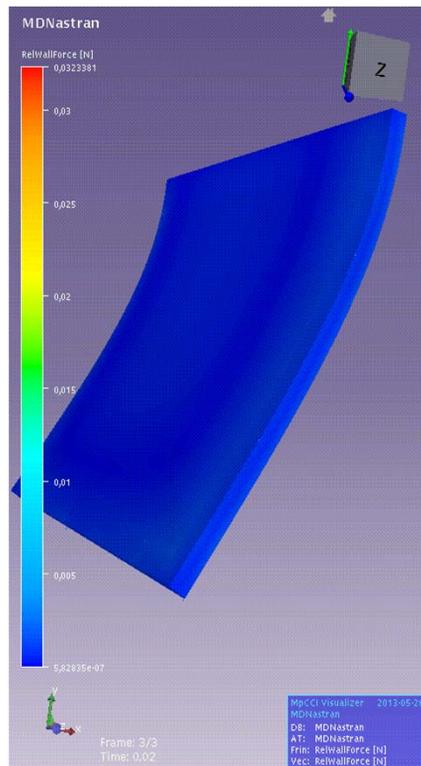
MpCCI 4.3 – 迭代耦合(水中弹性板)



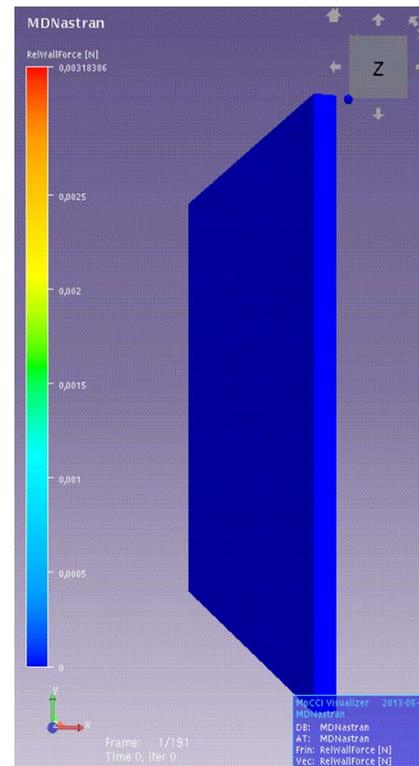
时间步内收敛过程



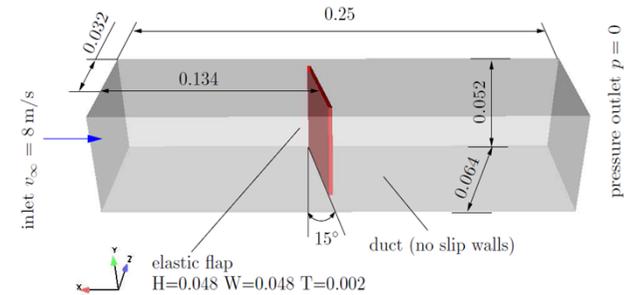
MpCCI 4.3 – 迭代耦合(水中弹性板)



显式耦合 ☹️



隐式耦合 😊

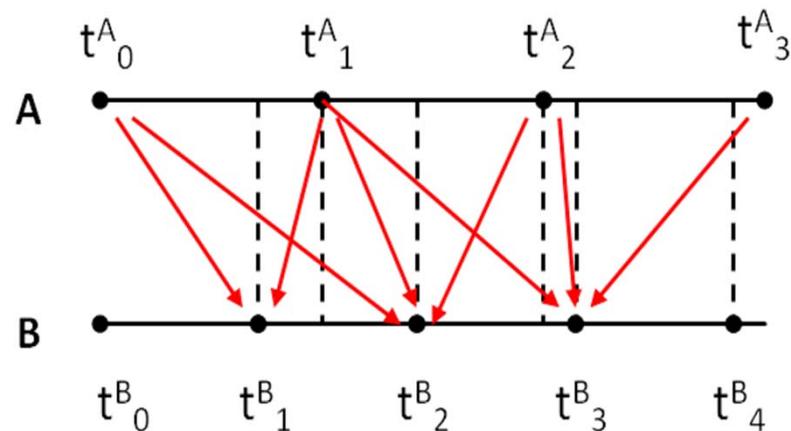


MD Nastran中的流体作用力

MpCCI 4.3 – 时间内插值

非匹配时间步长

- 耦合代码可以使用自身的时间步长；
- MpCCI内插值得到目标时间步长的耦合变量值；
- 用户可以指定插值方式：常数、线性或更高幂次。

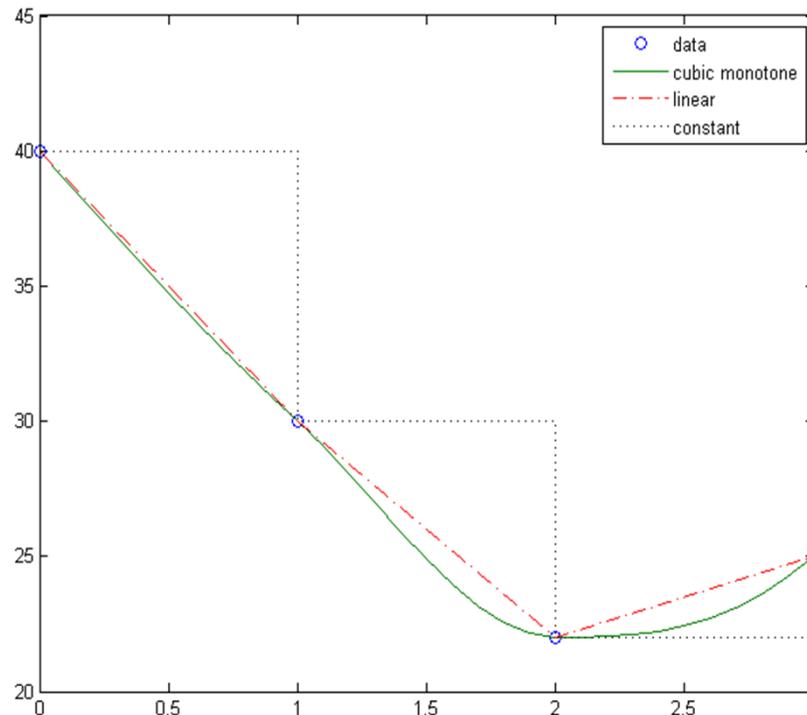


非匹配时间步长。红色箭头显示了代码A使用了哪些值进行插值（使用“高幂次”插值）

MpCCI 4.3 – 时间内插值

非匹配时间步长

- 耦合代码可以使用自身的时间步长；
- MpCCI内插值得到目标时间步长的耦合变量值；
- 用户可以指定插值方式：常数、线性或更高幂次。



三种不同的插值方法：
分段单调三次Hermite样
条曲线，线性插值和四
个数据点常数插值。

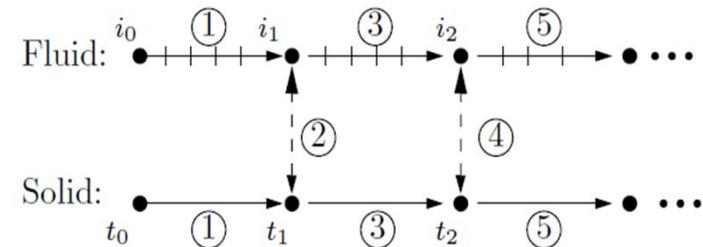
MpCCI 4.3 – 混合类型耦合

通常来说，耦合中每个仿真代码使用同样的计算模式，不过某些情况下显式——瞬态耦合或者显式——稳态耦合是必要的或者有益的。

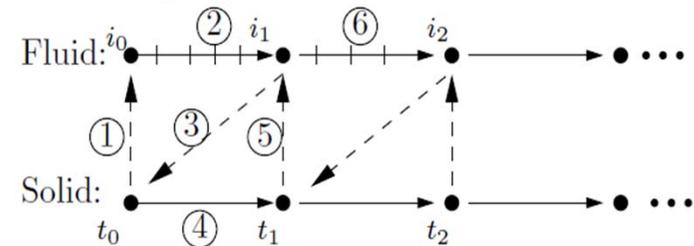
瞬态表面热传递:

- 在这种耦合过程中，耦合间隔应该至少等于固体的时间步长。流体中的解被取为一系列的稳态解，而在固体计算中完全用瞬态计算。
- 温度（Temperature或WallTemp）以及热流（WallHeatFlux）的交换在一个固体时间步及一个流体稳态计算步之后进行，在流体计算中可以在传递热流前进行一些子循环迭代。

Parallel coupling scheme:



Serial coupling scheme:

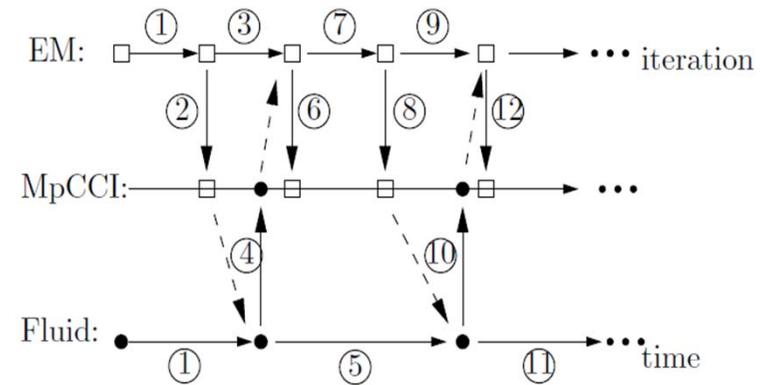


MpCCI 4.3 – 混合类型耦合

通常来说，耦合中每个仿真代码使用同样的计算模式，不过某些情况下显式——瞬态耦合或者显式——稳态耦合是必要的或者有益的。

耦合需求:

- 为了进行这种耦合模型，需要在Receive模式选项中选择下列选项之一：
- **available** 从server接受可用数据而不做任何等待；
- **any** 如果至少有一项数据可用时接受所有数据，否则跳过接受数据动作；
- **complete** 只有所有数据可用时才接受数据，否则跳过接受数据动作；

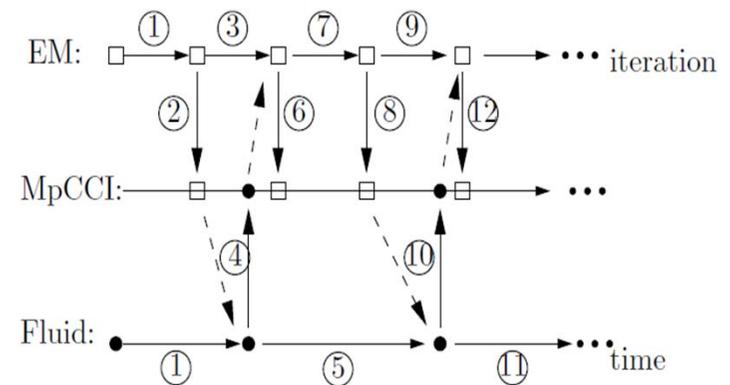


MpCCI 4.3 – 混合类型耦合

通常来说，耦合中每个仿真代码使用同样的计算模式，不过某些情况下显式——瞬态耦合或者显式——稳态耦合是必要的或者有益的。

电热分析案例 - 电弧模拟:

- 在这个应用中，你可以取电磁现象的计算为稳态计算，因为电磁现象的速度远快于气体动力学。麦克斯韦方程组将取为一系列稳态解，而流体中的纳维-斯托克斯方程则完全动态求解。由于电磁现象求解比气体动力更快，可以采用异步耦合方案。电磁软件可以从流体软件中得到可用的温度结果来更新其边界条件。



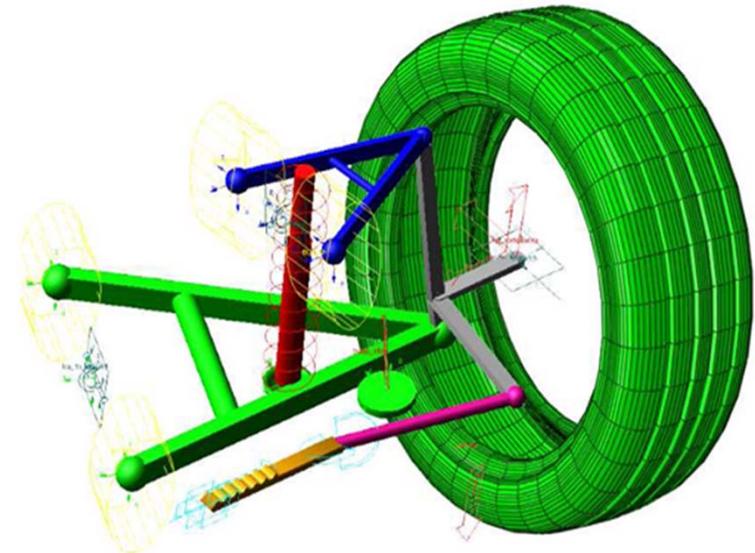
MpCCI 4.3 – MSC.Adams接口

MSC Adams是一个被广泛使用的多体动力学仿真软件。通过MpCCI, MSC Adams的多体仿真可以和系统仿真代码, 象MATLAB或者FEA/CFD仿真代码如 MD NASTRAN、ABAQUS、FLUENT、STAR-CCM+进行耦合。MSC Adams支持各种耦合方案。除了显式和隐式耦合算法, MSC ADAMS还可用于一种所谓的半隐式耦合。此外, 在半隐式耦合中还可以使用耦合量的偏导数, 以得到更稳定的解。

MSC Adams模型中必须含有耦合组件的定义。

可以是以下元素之一:

- **GFORCE**
- **MARKER**
- **MOTION**
- **VARIABLE**



MpCCI 4.3 – MSC.Adams接口

MSC Adams接口支持以下耦合变量的传递:

Quantity	Dim.	Default Value	Integration Type	Coupling Dimension	Location	Send Option	Receive Option
Acceleration	Vector	0.0 m/s ²	field	Point	Node	Direct	Usermemory
AngularAcceleration	Vector	0.0 rad/s ²	field	Point	Node	Direct	Usermemory
AngularCoordinate	Vector	0.0 rad	mesh coordinate	Point	Node	Direct	Usermemory
AngularVelocity	Vector	0.0 rad/s	field	Point	Node	Direct	Usermemory
DeltaTime	Scalar	1.0 s	g-max	Global	global	Direct	Usermemory
Force	Vector	0.0 N	flux integral	Point	Node	Direct	Usermemory
PointPosition	Vector	0.0 m	mesh coordinate	Point	Node	Direct	Usermemory
RealFlag	Scalar	0.0	g-max	Global	global	Direct	Usermemory
Torque	Vector	0.0 N m	flux integral	Point	Node	Direct	Usermemory
Velocity	Vector	0.0 m/s	field	Point	Node	Direct	Usermemory

MpCCI 4.3 – MSC.Adams接口

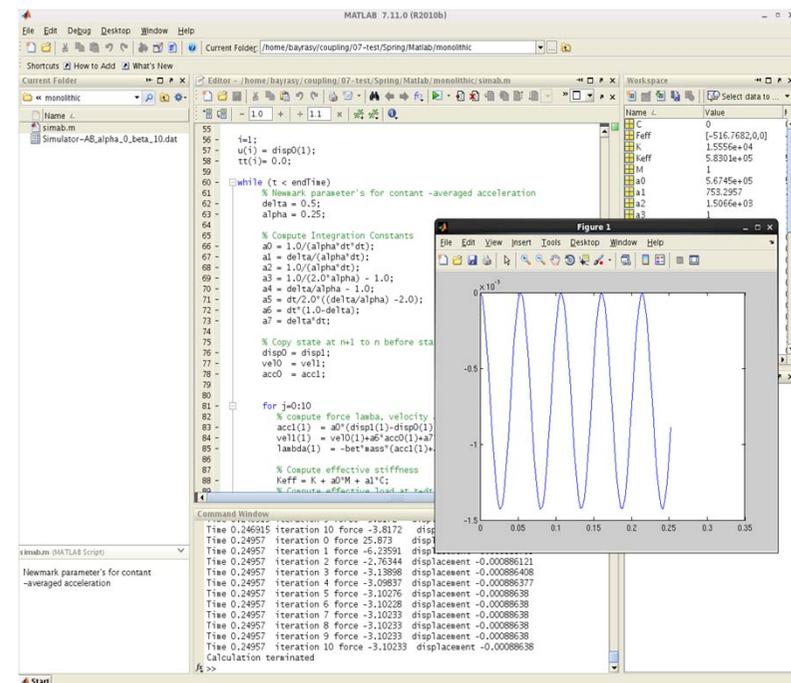
在MSC Adams中使用预测-校正方法（参见MSC Adams的文档）来求解运动方程。在校正的迭代中考虑一个非线性方程组构成的系统。为此MSC Adams使用比如牛顿法。该算法利用广义坐标的偏导数来求解非线性方程组。

MSC Adams接口可以提供输入变量相对于输出变量的偏导数。为了做到这一点用户必须选择提供偏导数的选项（只在【半】隐式模式中适用）。

MpCCI 4.3 – Matlab接口

MATLAB是一种非常灵活的代码，可用于许多不同的工程应用。MpCCI提供MATLAB的接口用于多体问题的仿真，通常通过求解（普通型）的微分方程来进行。此外，MATLAB PDE也可用于耦合仿真。MpCCI可以读取和使用三角形或四边形组成的表面网格。

用户可以用MATLAB来创建自己的求解算法。很容易对特定问题编写出特定的求解器来。MATLAB通过m-文件脚本来运行，所以可以使用各种耦合算法。



MpCCI 4.3 – Matlab接口

为了让MpCCI能识别出耦合中所使用的变量，用户需要在主“model.m”脚本中声明所有耦合中用到的变量。用户应当指定每一个耦合变量的类型。MpCCI支持以下变量类型：

- **global:** 全局变量表示代码相关的信息如物理时间，时间步长等等。
- **ipoint:** ipoint变量表示积分点上的信息。这些变量通常连接到一个网格interface上。
- **cpoint:** cpoint变量由空间具体点上的信息组成，通常和同样维度上的其它点变量进行交换。
- **surface:** 表面变量由网格实体如单元或节点上的值组成。

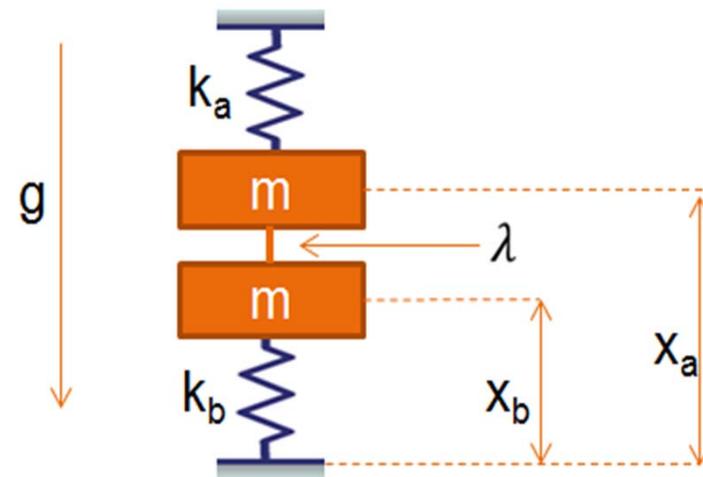
MpCCI 4.3 – 双弹簧—质量算例

本算例具有以下特点：

- 迭代耦合
- 非匹配时间步耦合
- 验证模型

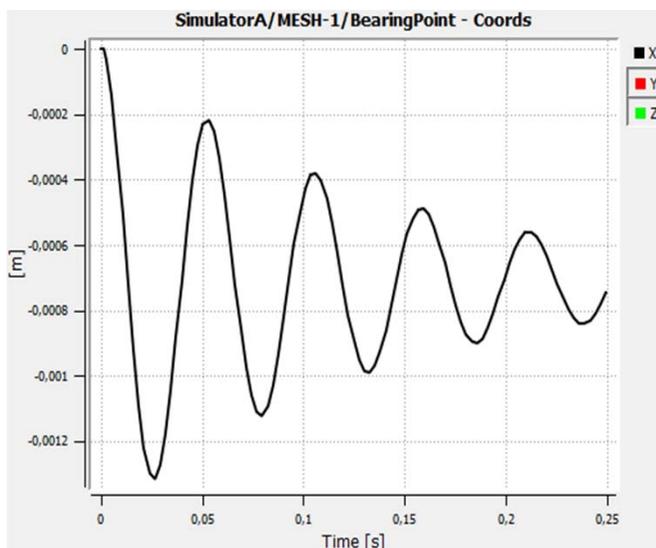
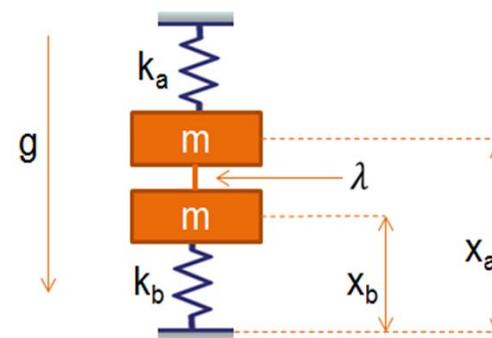
仿真代码

- 模拟器A, 模拟器B (针对弹簧—质量算例的简单的C语言执行程序)
- Abaqus 6.12
- MATLAB
- MSC Adams 2012

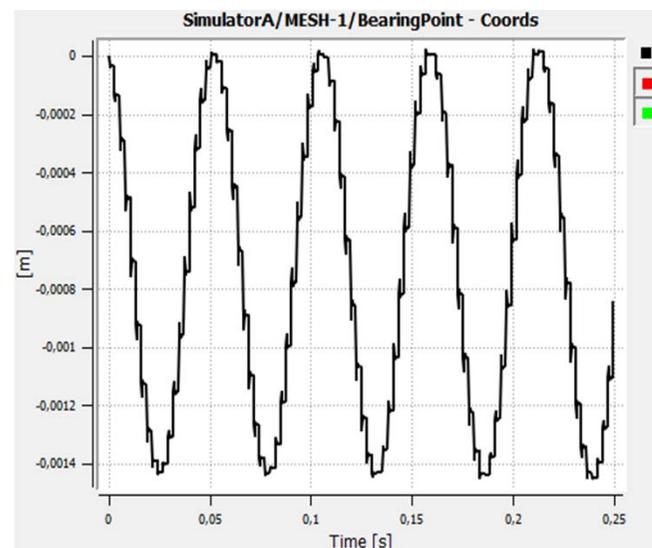


MpCCI 4.3 – 双弹簧—质量算例

显式耦合与隐式耦合对比



显式算法



隐式算法

MpCCI 4.3接口列表

Abaqus 6.12-1 - 6.13

ANSYS 12 - 14.5

ANSYS ICEPAK 13.0 – 14.5.7

FINE/Hexa 2.10-4

FINE/Open 2.11-1 – 2.12-3

FINE/Turbo 8.9-1 – 8.10-3

Flowmaster 7.6 – 9.0

Fluent 12.0.6 – 14.5.7

FLUX 10.2 – 10.3

JMAG 11.0 – 12.0

MATLAB 2010 – 2012

MD Nastran 2010 – 2013

MSC.Adams 2010 – 2013

MSC.Marc 2010 – 2013

OpenFOAM 1.5 – 2.1

RadTherm 10 – 11

STAR-CCM+ 7.04 – 8.02

STAR-CD 4.06 – 4.16

MpCCI 4.3 FSIMapper映射FloTHERM和FloEFD

FloTHERM® (MentorGraphics)

- 是一个功能强大的三维CFD软件，可以预测电子设备内和周围的流动以及传热，从元件和电路板直到完整的系统。FLOTHERM使工程师能够创建电子设备的虚拟模型，进行热分析，在建立任何物理样机之前快速并且轻松地对设计的修改进行测试。

FloEFD® (MentorGraphics)

- 是一个嵌入主流MCAD系统的计算流体动力学分析工具，这些系统包括Pro/ENGINEER，CATIA，Siemens NX和SolidWorks，和Inventor以及SolidEdge紧密集成。FloEFD是一个全功能的三维流动、传热分析软件包，易于学习和使用，因为它没有传统高端CFD软件的复杂算法和网格开销。

MpCCI 4.3 FSIMapper映射FloTHERM和FloEFD

通过和MentorGraphics合作，Fraunhofer SCAI将其MpCCI FSIMapper升级为可支持FloTHERM v10以及FloEFD v13的数据映射输出。FSIMapper可以用于将CFD的仿真结果传递给对应的Ansys、Abaqus或者MSC.Nastran模型，即使双方的网格含有不匹配部分。

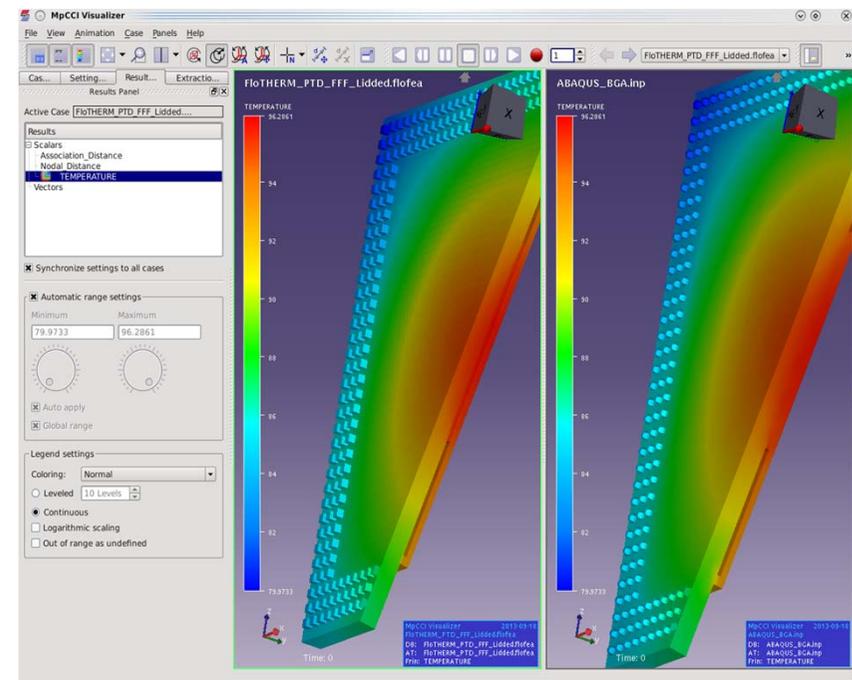
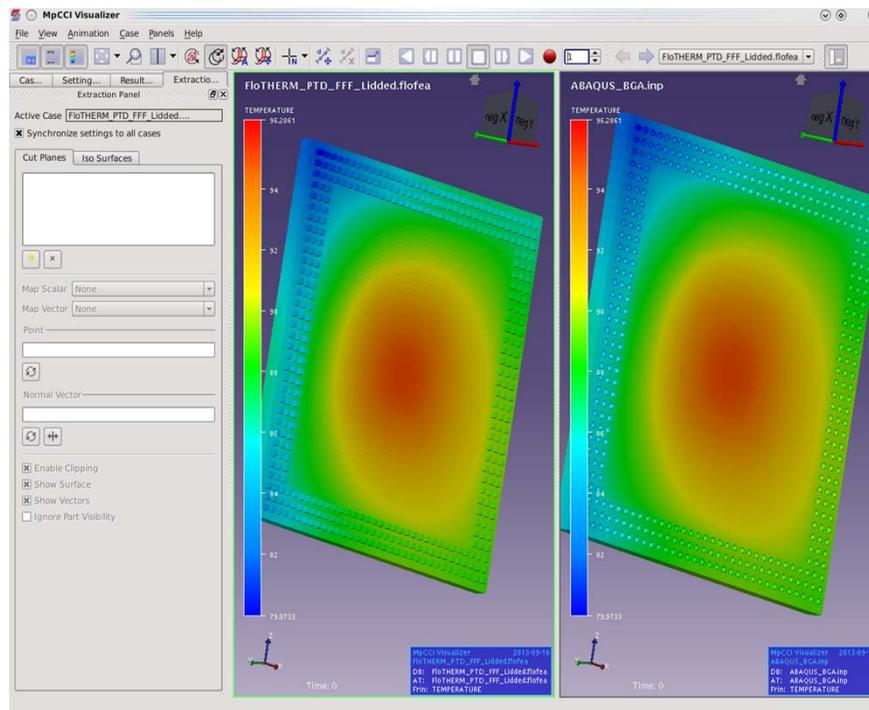
支持文件类型:

- 源文件: FloTHERM v10和FloEFD v13 [新的二进制格式 .flofea和.efdfea]
- 目标文件: Ansys *cdb/*db, Abaqus *inp, Nastran *bdf, EnSight Case Gold

耦合变量:

- Temperature
- HTC
- Heat Flux
- Pressure

MpCCI 4.3 FSIMapper映射FloTHERM和FloEFD



新应用案例——非线性轮胎变形和悬架系统

MpCCI耦合模式

刚体系统的快速计算(MSC.Adams)

组件的有限元详细计算(Abaqus)

耦合仿真更为现实

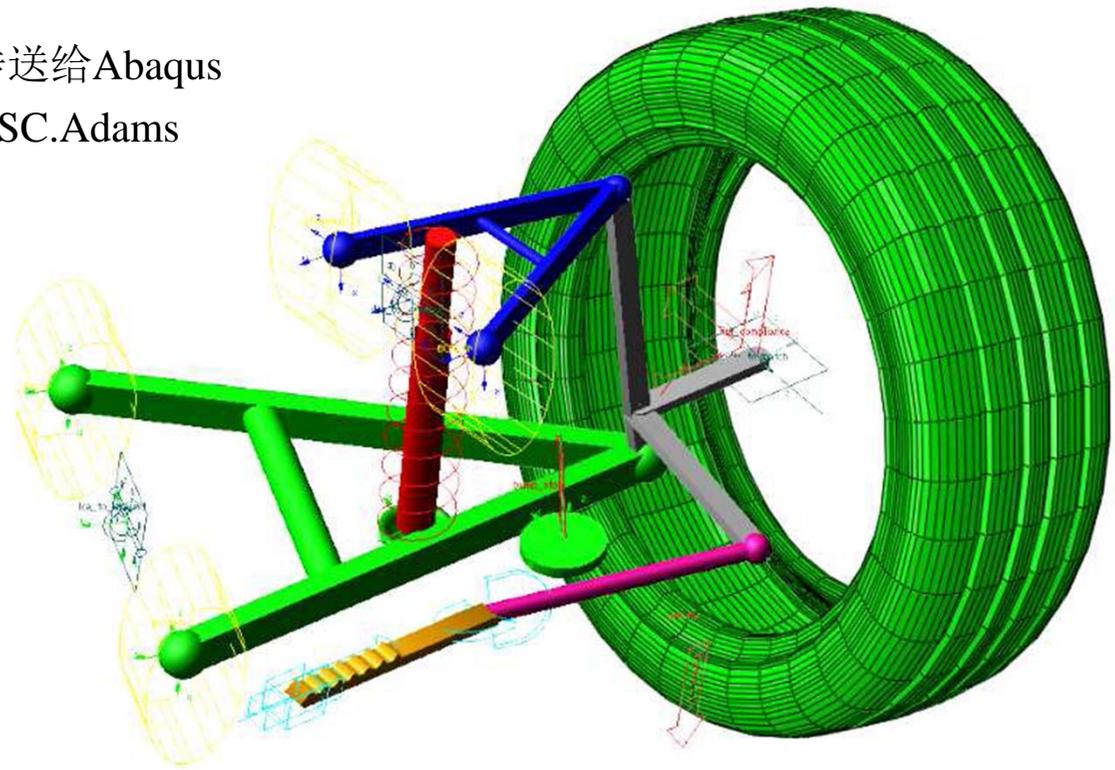
可利用现有模型

非线性轮胎变形和悬架系统

MpCCI耦合模式

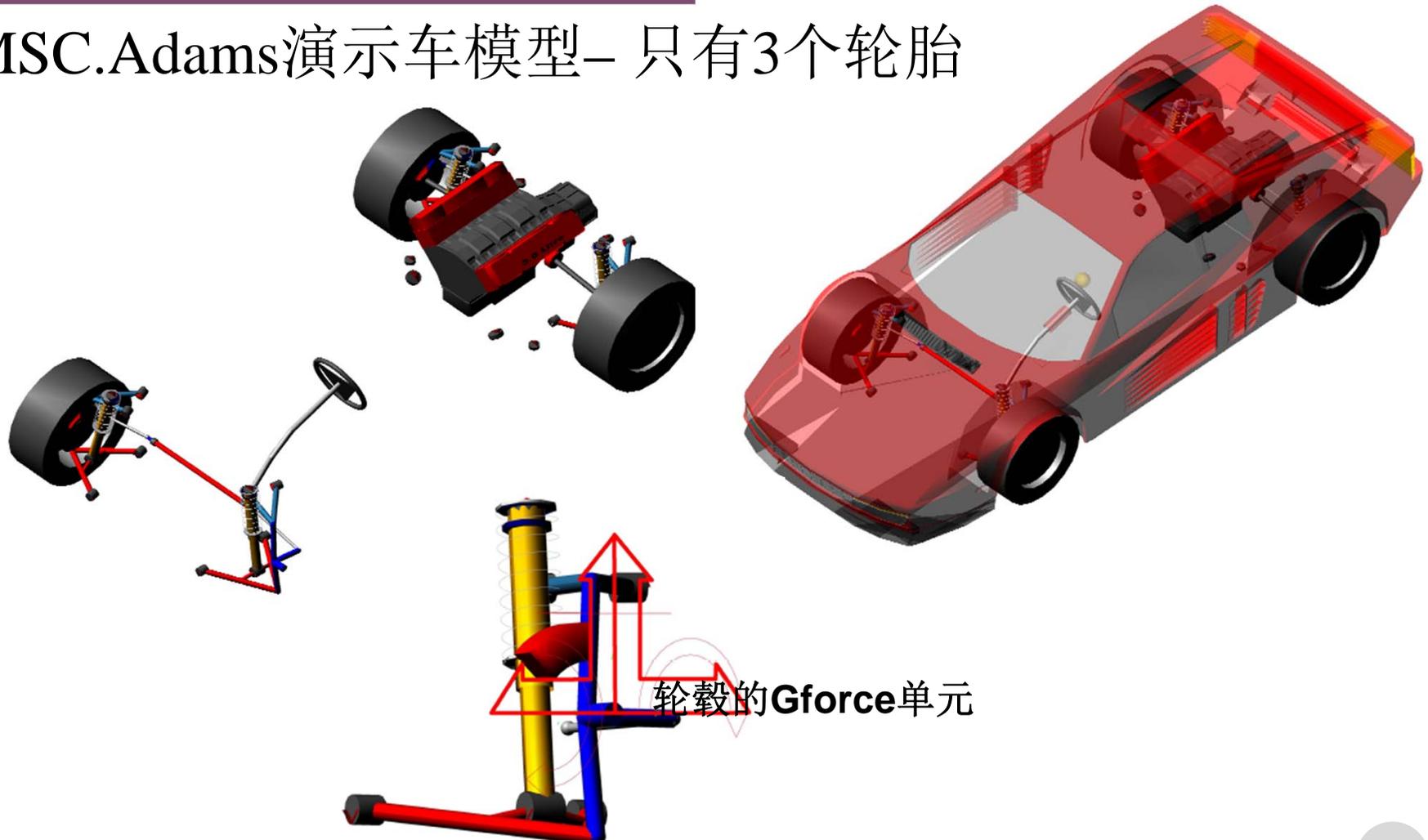
交换数据

- MSC.Adams将轮毂的位置传送给Abaqus
- Abaqus将轮毂反力传递给MSC.Adams



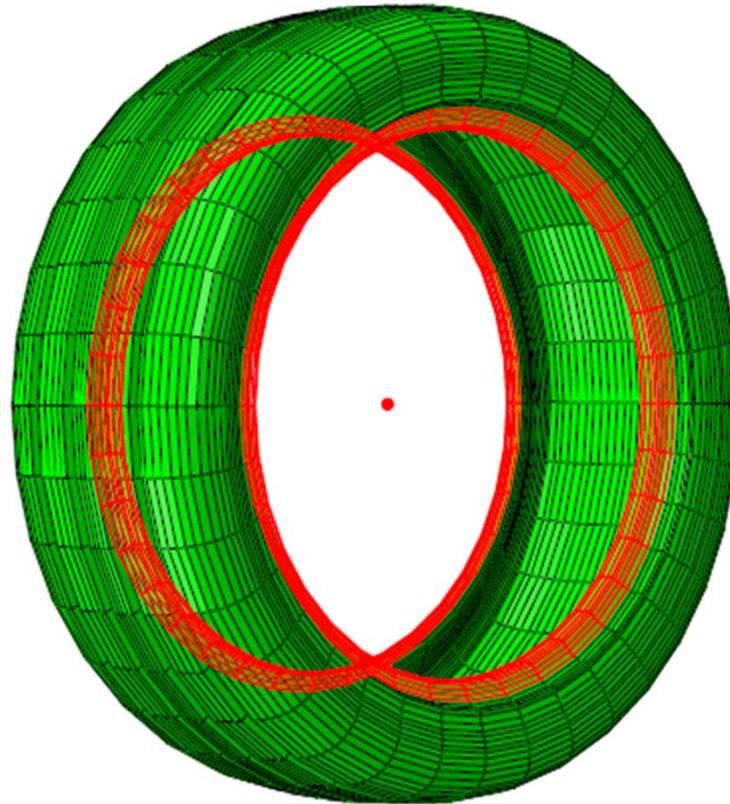
非线性轮胎变形和悬架系统

MSC.Adams演示车模型- 只有3个轮胎



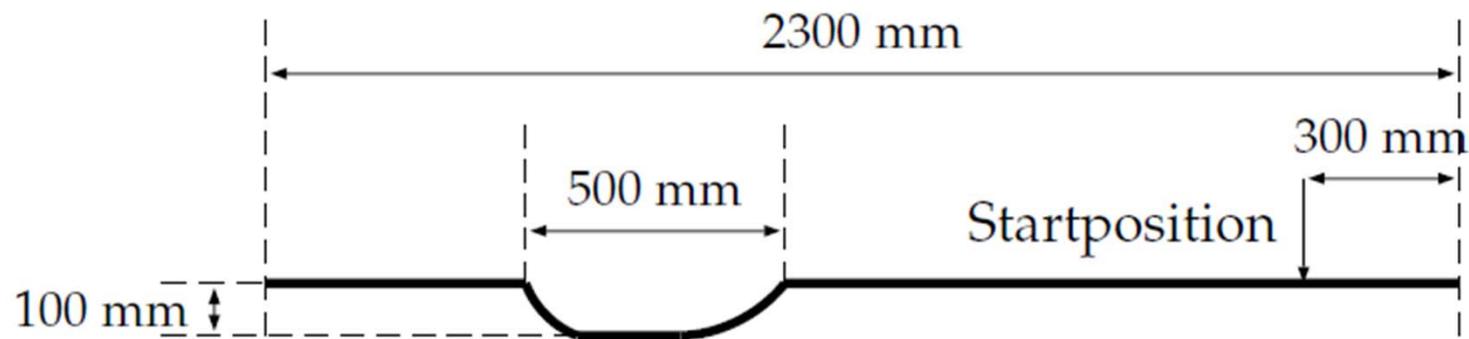
非线性轮胎变形和悬架系统

Abaqus轮胎有限元模型 (~12,000单元)



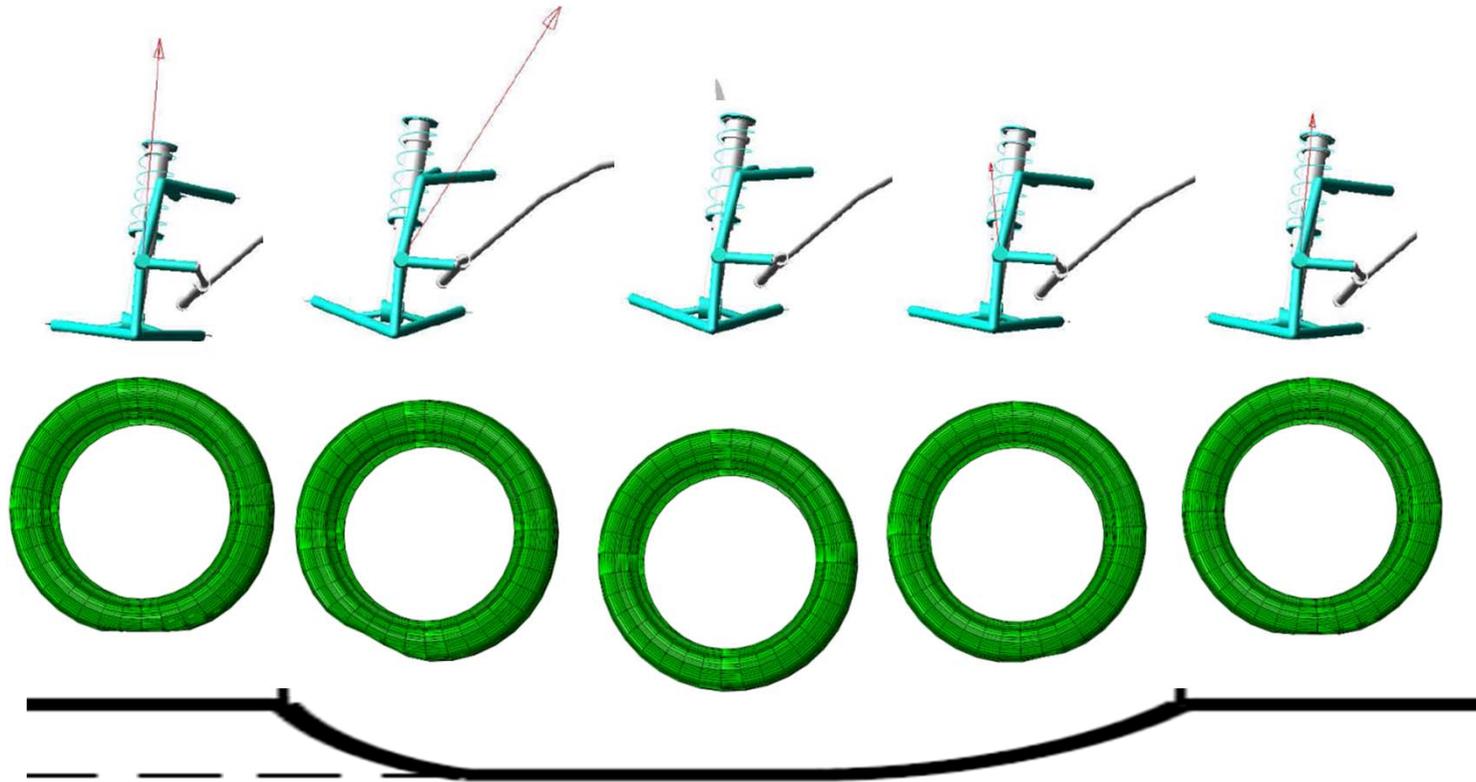
非线性轮胎变形和悬架系统

行驶通过路上的一个陷坑



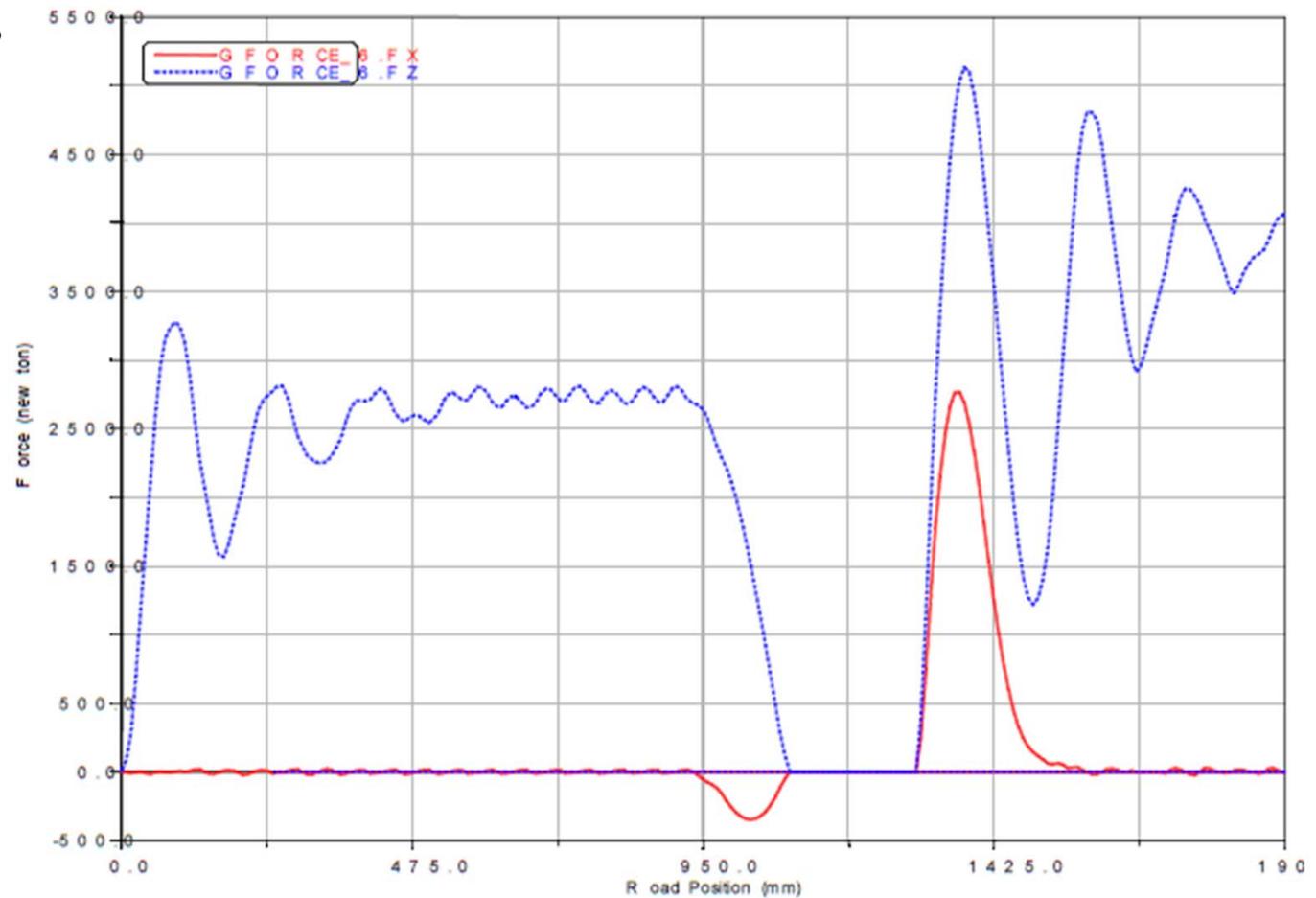
非线性轮胎变形和悬架系统

行驶通过陷坑



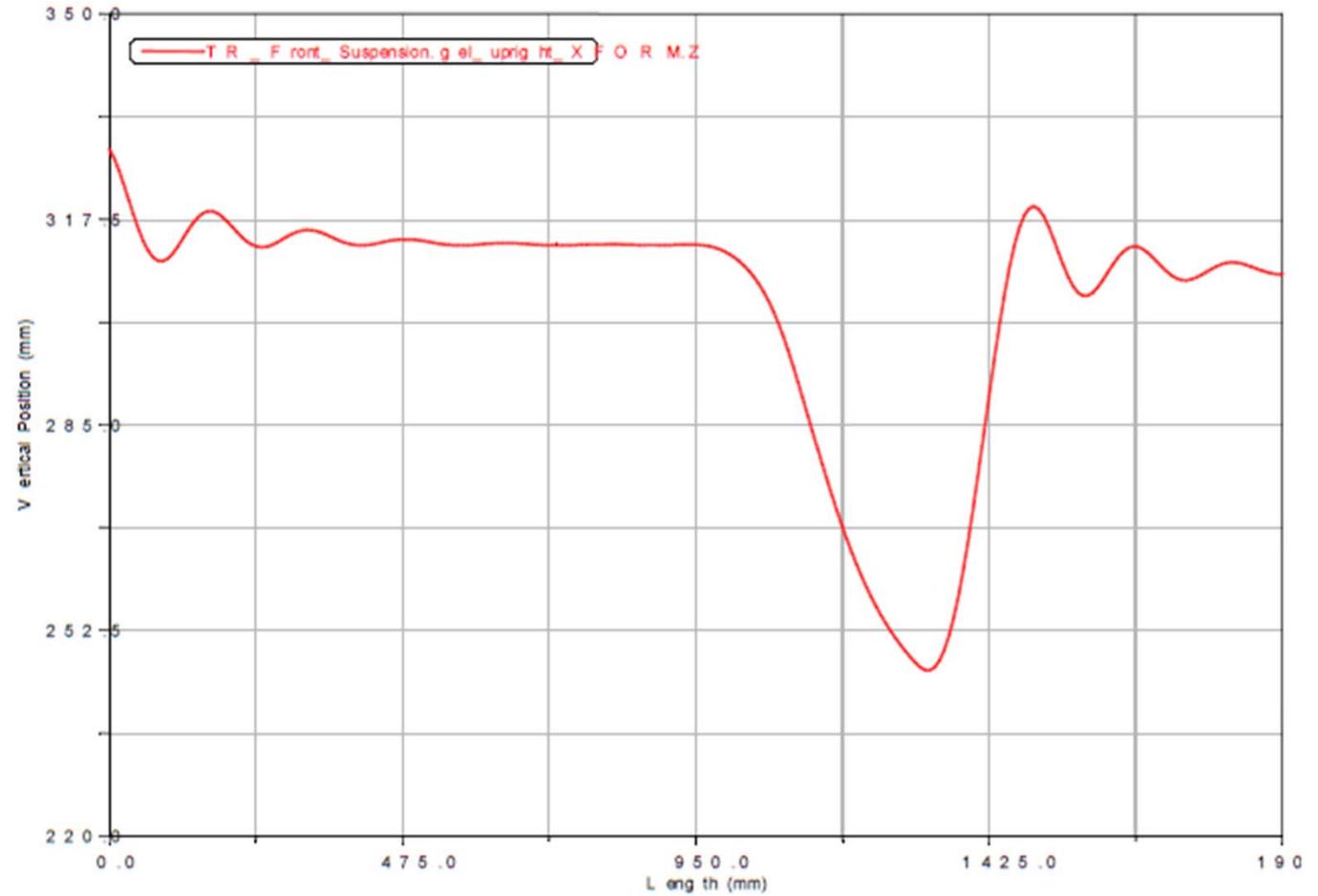
非线性轮胎变形和悬架系统

MSC.Adams
中轮毂上的
力



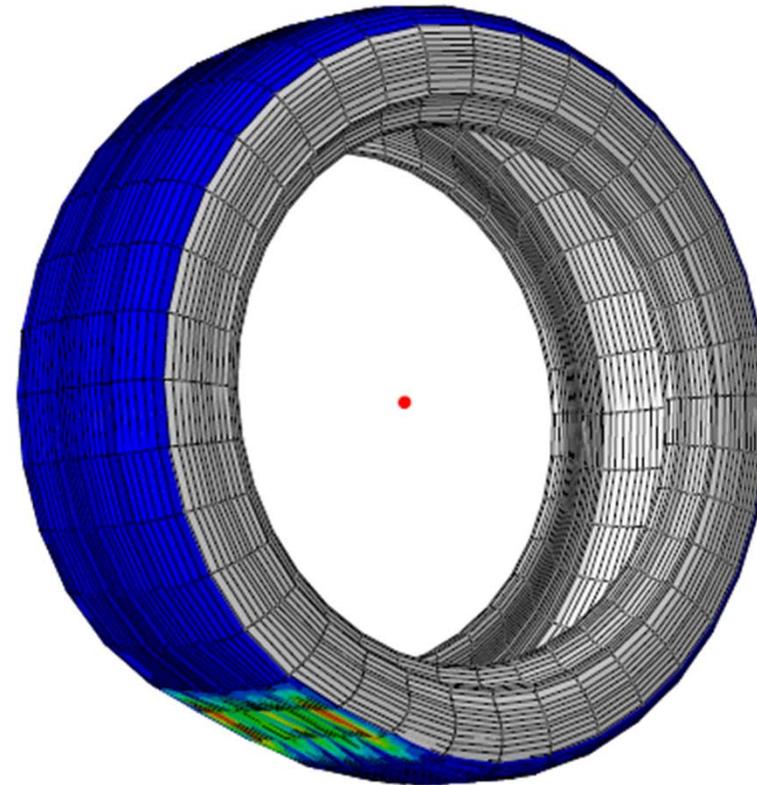
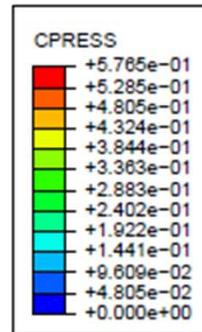
非线性轮胎变形和悬架系统

MSC.Adams
中轮毂垂向
位置



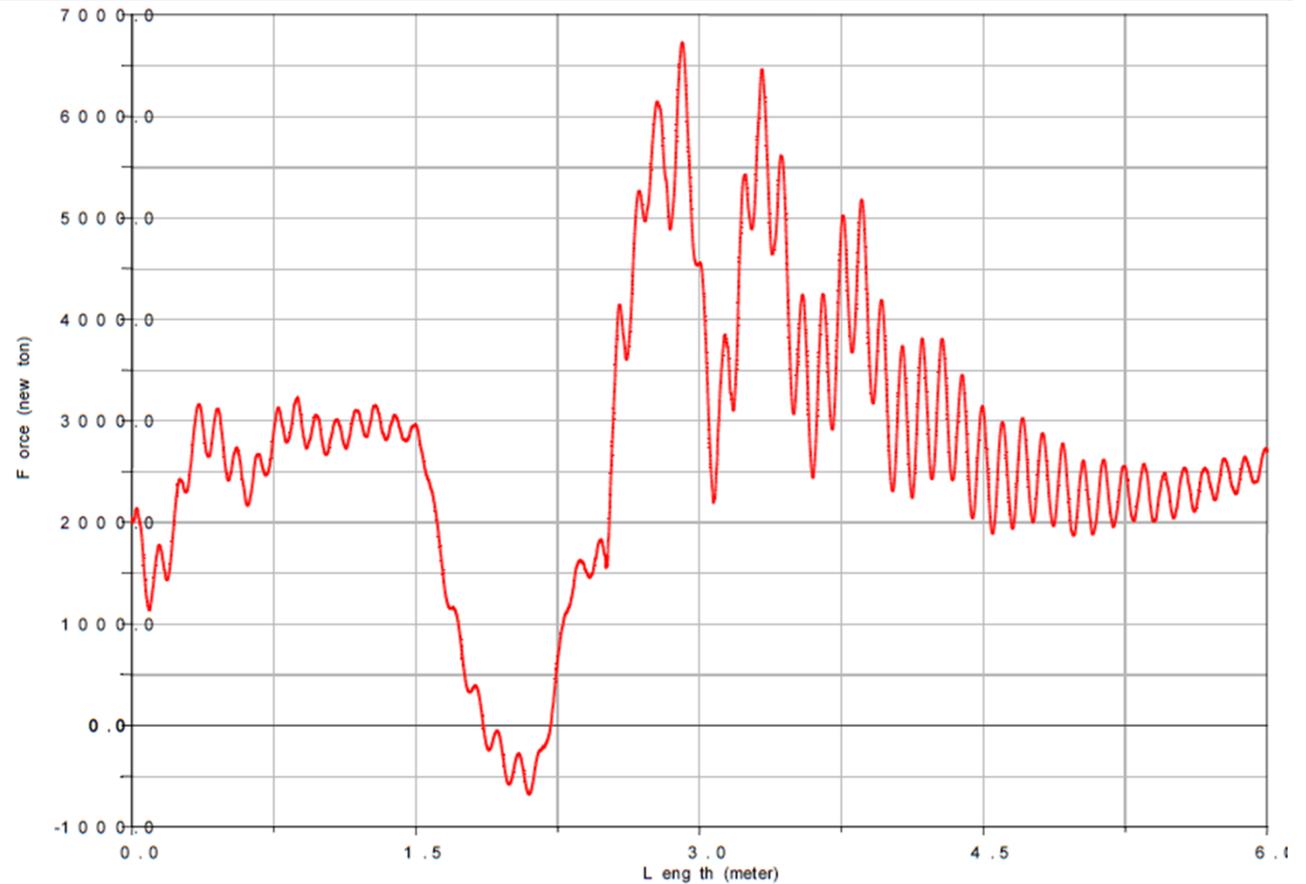
非线性轮胎变形和悬架系统

Abaqus中轮胎
胎压力分布



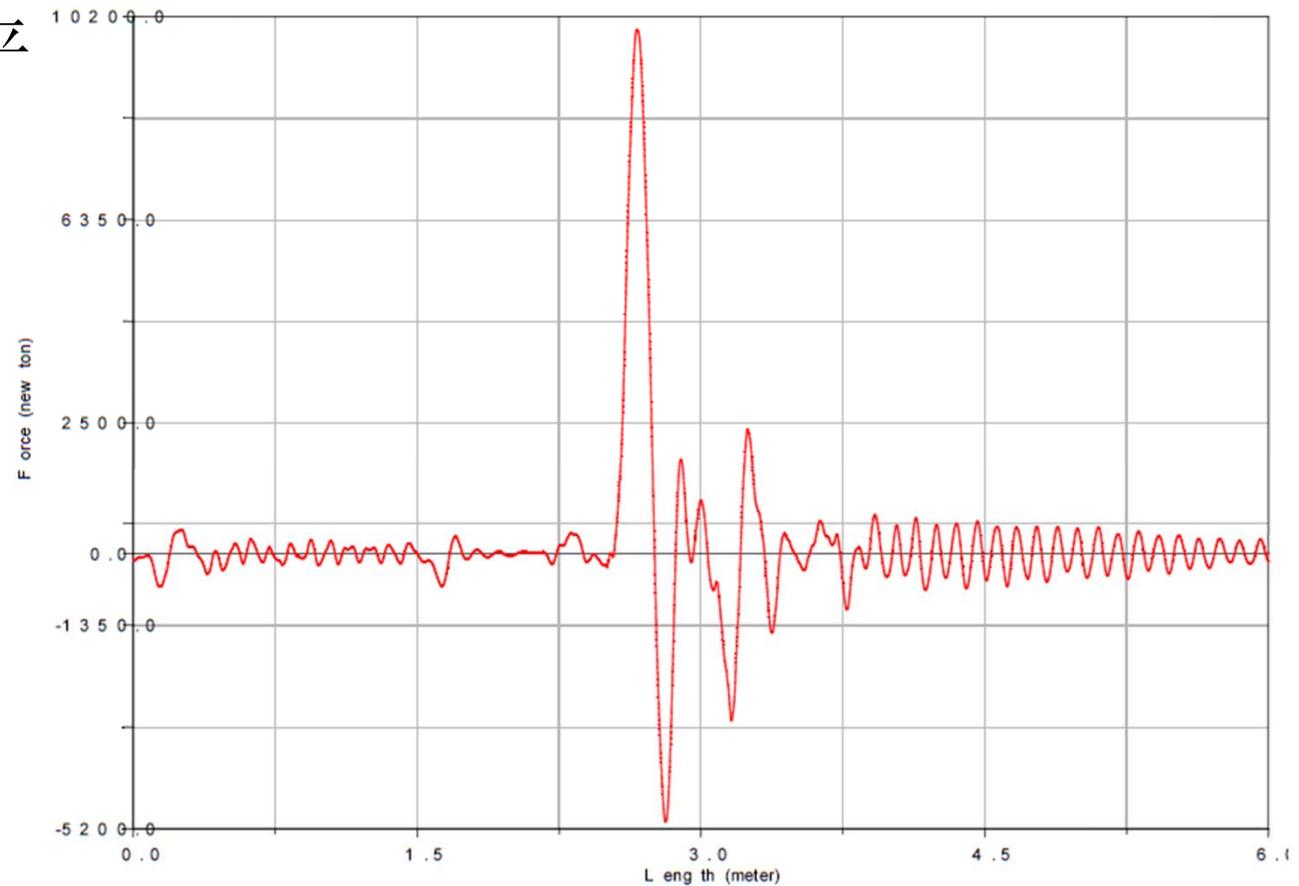
非线性轮胎变形和悬架系统

Abaqus中垂
向力变化



非线性轮胎变形和悬架系统

Abaqus中水平
力变化



非线性轮胎变形和悬架系统

为什么使用MpCCI耦合？

可利用已有的通过验证的多体模型

更灵活的轮胎建模(相比于多体系统中的缩减有限元模型)

可以扩展增加控制系统的耦合

(例如Abaqus-Adams-Matlab的三代码耦合)

➔ 更多的应用方向(例如涉水越野车的流体-多体耦合)；

感谢您的关注

