

超並列有限要素解析による アルミニウム鋳造合金の疲労き裂発生過程の解明



研究の背景と目的

高輝度放射光(図1)に代表される可視化技術の飛躍的な進歩により、ミクロな物理現象を3Dあるいは4D(時系列3D)で観察できるようになった。金属材料の強度は金属組織で決まる。金属組織と強度の関係を定量的に評価するにはシミュレーションしかない。金属組織と強度の関係が定量的に(数式で)明らかになれば、金属組織の最適化による強度の最大化が可能となる。その基盤技術として放射光CTとスパコンを併用した大規模疲労解析に挑戦している。

計算モデルと解析方法

金属組織の異なる4種類(A,B,G,I)のアルミニウム鋳造合金AC4CH-T6の疲労試験その場CT観察(図2)の結果を使用する。試験部断面(図3)が0.7mm×0.6mmの砂時計型平板試験片を用いた。金属組織を図4に示す。き裂発生起点を含む1/4断面の画像を切り抜き、ボクセル要素(1画素=1要素)で全体を解析する(図5 a,b)。更に局所の注目領域100³voxelを切り抜き(図5 c,d)、4面体2次要素で精密な解析を実施する。ただし全体モデルは緩衝領域で挟んで一様応力を掛け(図5 e)、局所モデルは全境界に全体解析で得られた変位を強制変位で与える(ズーム解析)。これにより10サイクルの疲労負荷を解析する。有限要素解析にはFrontISTRを使用し、領域分割法により並列計算する。計算資源には九州大学ITO:サブシステムA、共有32ノードを使用する。

研究計画

全体解析は既にスパコン「京」(hp170188)で実施した。また疲労き裂発生起点近傍でのズーム解析は九州大学ITO (hp180096)で実施した(図6)。本課題では更に破損しなかった介在物粒子を含め、各材料につき4カ所程度(計16ケース)のズーム解析を九州大学ITOで追加実施する。それらの結果を比較検討することにより、疲労負荷により介在物粒子に作用する応力が漸増し、粒子破損に至る条件を明らかにする。

期待される成果

全体解析から、粒子の応力は疲労負荷により増減するが、粒子群のマクロな配置に依存して、増減に偏りがあることが明らかとなった。ズーム解析で正確な応力の増減を評価することにより、き裂発生メカニズムに関する知見が得られる。

利用者: 桑水流理、寺西正輝、櫻井美和子、長尾拓弥、両角聡祥(福井大)
共同研究者: 戸田裕之(九州大)、小林正和(豊橋技科大)



図1 大型放射光施設SPring-8

図2 疲労試験機

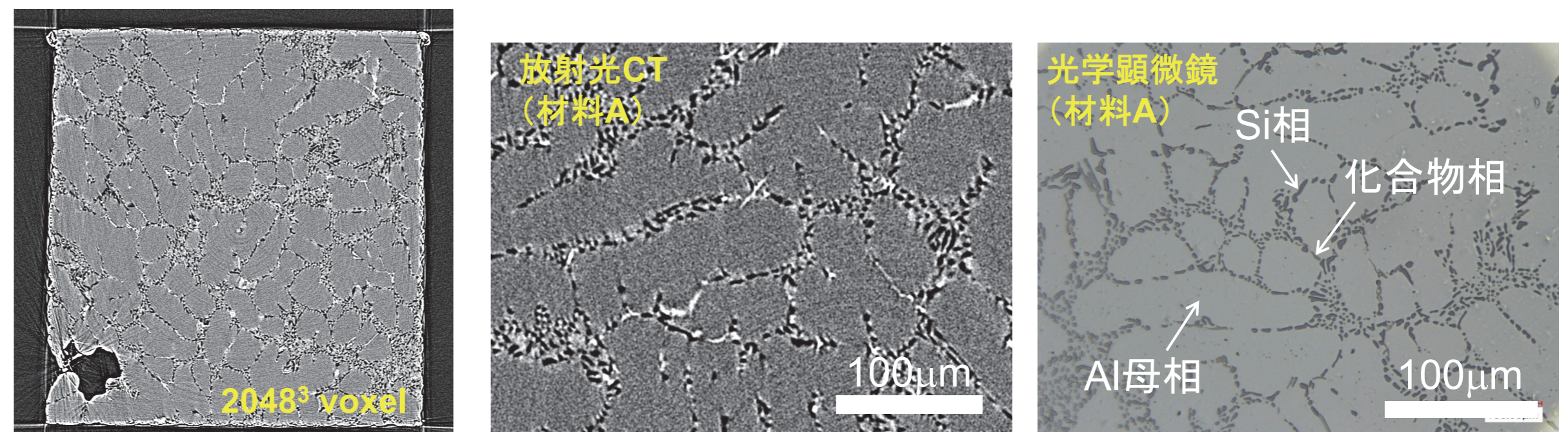


図3 放射光CT画像

図4 AC4CH-T6の金属組織

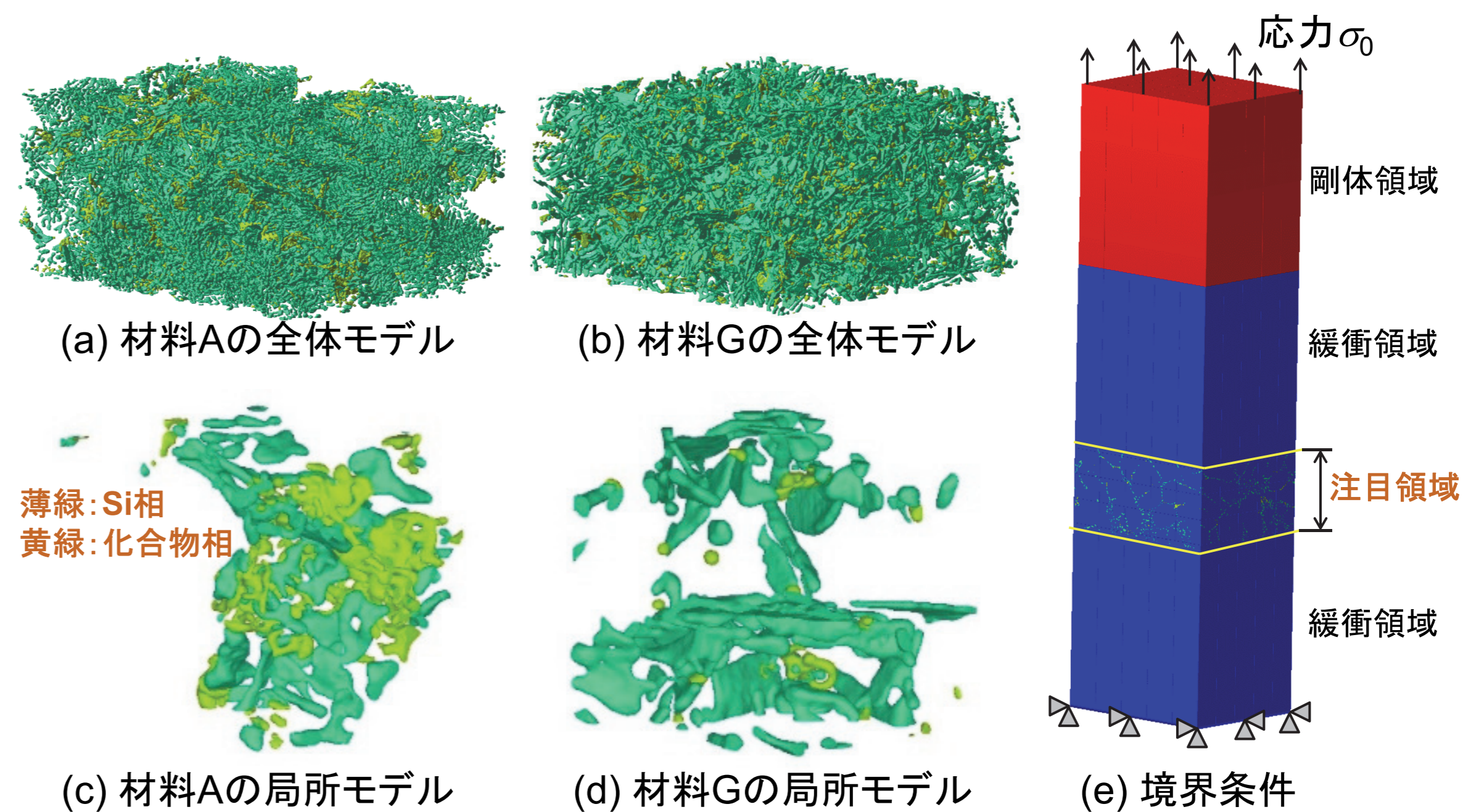


図5 使用する解析モデルの例(介在物粒子のみ表示)

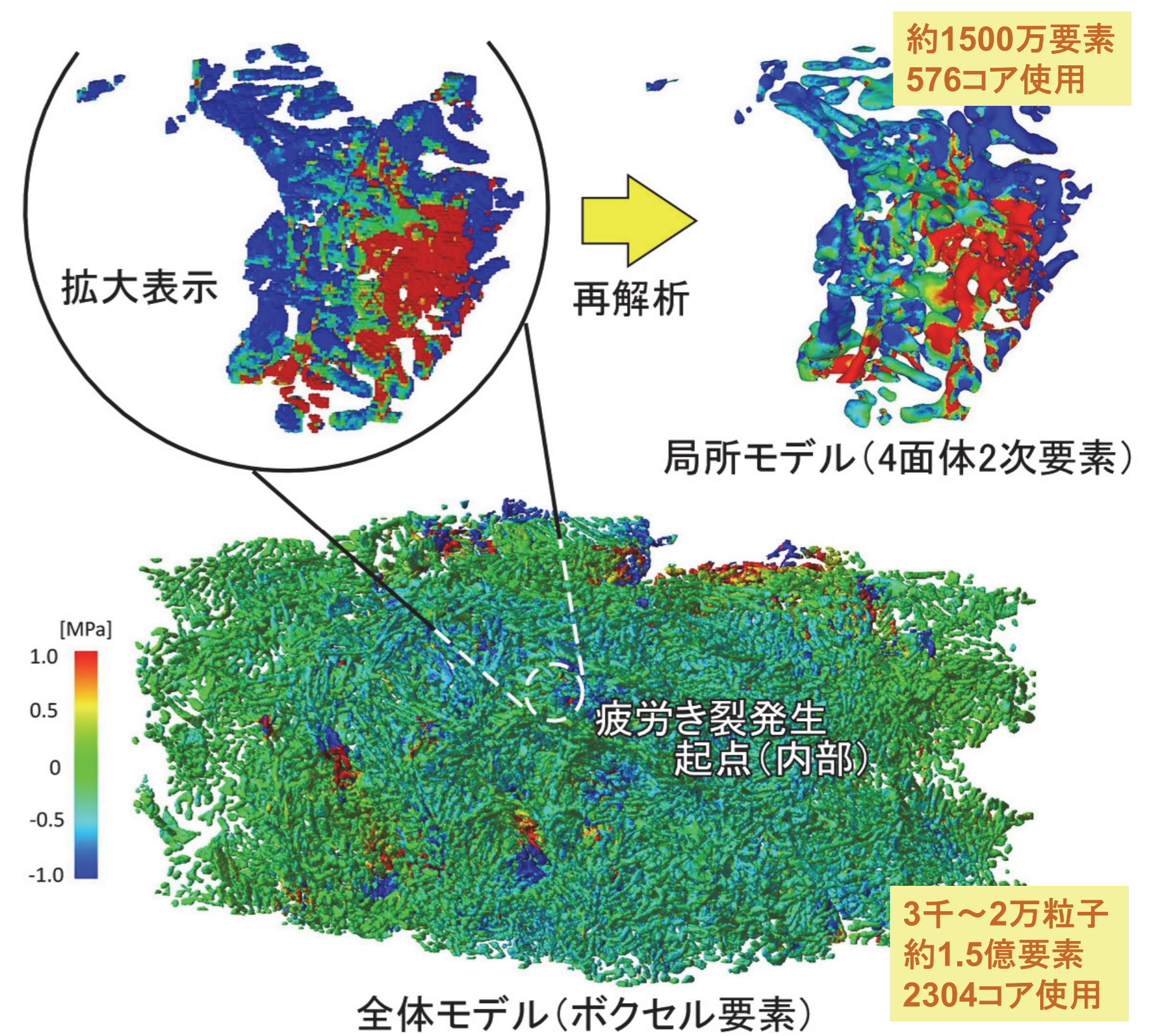


図6 ズーム解析の概念
(カラーコンターは10サイクルでの第1主応力増加量)