



変速機用ゴムベルトの 構造解析シミュレーション

研究・開発機関 : 三ツ星ベルト(株)
 利用施設 : (公財)計算科学振興財団 FOCUSスパコン
 計算規模 : 最大4ノード使用
 利用ソフトウェア : 有限要素法構造解析ソフトウェア (MSC.Marc)

Before

- ゴムベルトの寿命時間の予測に、構造解析シミュレーションが有効であることは分かっていましたが、ベルト全体での「丸ごと」解析は多大な時間が必要になるため、製品の一部分だけを切り出して計算するケースがほとんどでした。
- 計算時間の短縮を優先した場合、有限要素法の要素分割を粗くせざるを得ず、精度が十分ではありませんでした。

After

- FOCUSスパコンを活用した並列計算により、計算速度が最大で従来の10倍程度まで高速化されました。
- 要素分割の微細化による精度向上で計算規模が大きくなった場合においても、実用的な時間で計算できるようになり、精度確保と計算時間短縮の両立が可能になりました。

■ 背景と目的

スクーター等の無段階変速機に用いられているゴムベルトは、曲げやすくするため、円弧状の凹みを連ねた形をしています(図1)。使用中はこの凹み(山と山の間谷)の部分は何度も屈伸されるため、この部分から亀裂が入り、それが進展して最終的に破断に至るのが一般的な寿命形態です(注)。この亀裂発生時間をなるべく遅くして長寿命化を図ることが製品開発におけるポイントの一つとなります。



図1. ゴムベルトの形状

(注) 実際は十分な安全率を確保した設計をしており、適切なメンテナンスをしていれば走行中に破断する事はありません。

図2は、亀裂の発生状況と有限要素法による構造解析シミュレーションの比較です。シミュレーションにおいて赤色で示されている部分が応力の高いところで、実際の亀裂発生位置と一致しています。これまでの検討により、シミュレーションによって計算した応力値を用いて、亀裂による破断寿命を予測する事が可能となりました(図3)。このようなシミュレーションは、

より実際に近い結果を得るために「ベルト丸ごと」かつ「精度の良い微細なモデル化」で行うのが理想的ですが、単体CPUのパソコンでは計算能力が足りず、計算時間と精度のどちらの面も不十分でした。

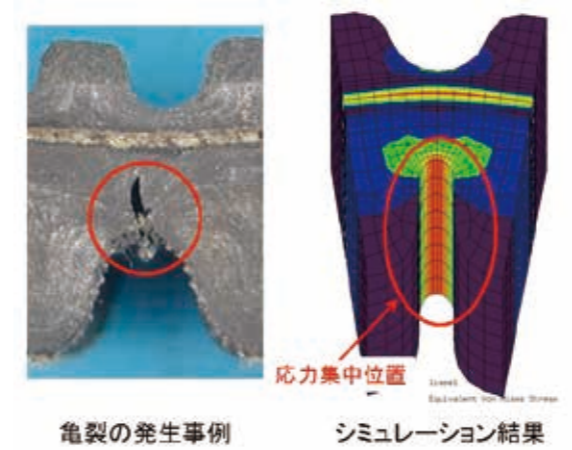


図2. 亀裂発生状況とシミュレーションの比較

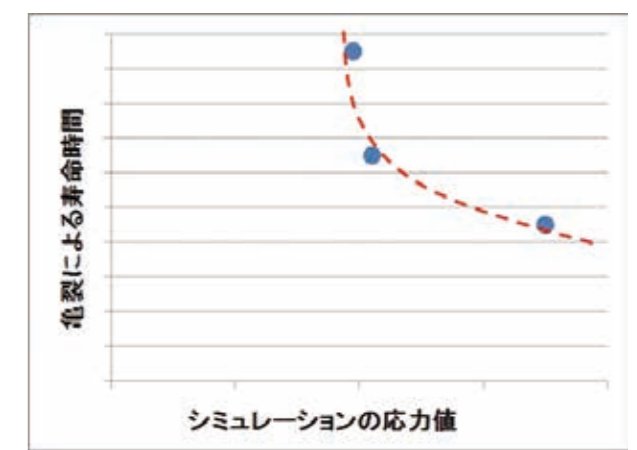


図3. シミュレーションによる応力値と亀裂による実測の寿命時間の関係

■ 利用成果

そこでFOCUSスパコンを活用した並列計算による、シミュレーションの高速化と大規模化による精度向上に取り組みました。図4は、「ベルト丸ごと」のシミュレーション結果の一例です。応力で色を塗り分けており、赤い個所が応力の高い部分です。図2の部分的なモデルに比べて複雑な応力分布状態が計算されている事が分かります。従来、このような「丸ごと」解析は、実用的な時間で計算するために粗いモデル化を行い、精度については妥協する必要がありましたが、これは精度を落とすことなく計算できました。

図5は並列計算による計算速度向上の結果です。最大16並列まで試行しましたが、およそ10倍という高速化を実現できました。これは従来丸5日(120時間)かかっていた計算が一晩(12時間)で完了できる速さであり、近年ますますスピードアップが求められる製品開発において、強力なツールとなり得ます。

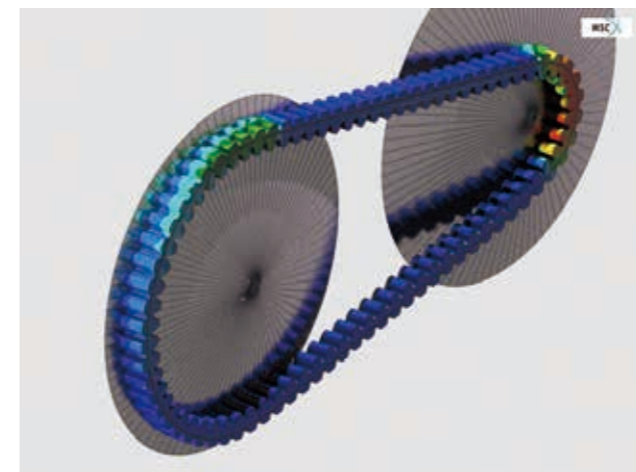


図4. 「ベルト丸ごと」のシミュレーション結果

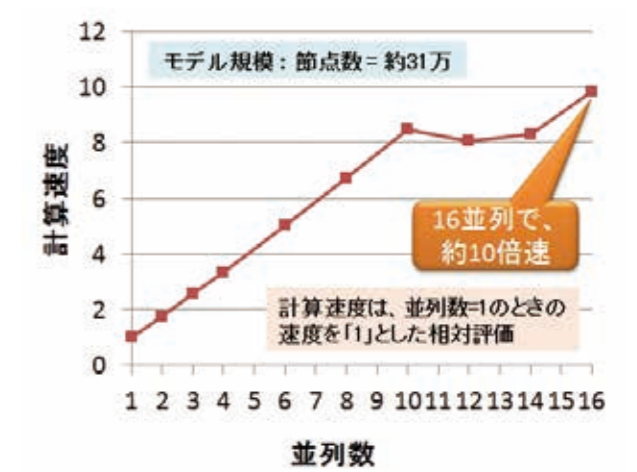


図5. 並列計算による計算速度向上