数値解析と形状・構造最適設計

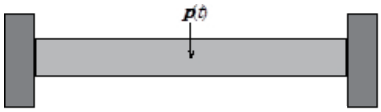
関連するSDGsの国際目標

工学部　機械システム工学科　　教授　　呉　志強
研究分野　：振動工学、計算工学
研究室ＨＰ:http://www.mech.usp.ac.jp/~hnw/index.html

機械の高速化や軽量化に伴い、部品・構造の強度や剛性の不足、振動などのさまざまな問題が発生しやすくなっています。このような問題に対処するために、CAEを活用し、数値解析と最適化理論を組み合わせることで、部品・構造の形状最適化を行います。これにより、開発時間の短縮やコストの削減も期待できます。

■振動問題における形状最適設計に関する研究

回転や往復運動する機械を設計する際に、共振の回避、振動や騒音レベルの低減が重要な課題です。本研究では実際の振動現象の分析に基づき数値モデルを作成し、数値解析および最適化理論を適用することにより、固有振動数を変更したり、剛性を高める設計を行っています。右の上図は両端固定の梁状平板の中央に周波数350Hzの振動を加えるときの解析モデルです。目的関数を平均コンプライアンス、制約条件を構造の体積として最適化解析を行いました。右の下図は解析結果です。目的関数が約70%減少したことが確認できました。



周波数応答解析モデル

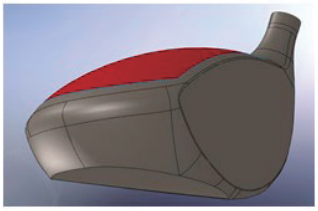


最適化された形状

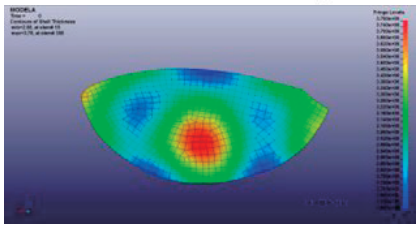
■衝撃問題における形状最適設計に関する研究

ゴルフ、テニスなどの打撃スポーツ用具の設計においては、打撃によって一方から他方へのエネルギを伝達効率を向上することが主要な目的です。物体の形状は衝突性能に大きく関与するため、スポーツ用具の高性能化を実現するために、衝撃現象における物体の最適形状を見出す手法の研究は重要です。

右図はゴルフクラブの最適設計に関する研究です。クラブの板厚分布、ロフト角および後ろに設置するおもりの重さを設計変数として、反発性能と固有振動数の関係を利用し設計を行いました。結果としてボールの飛距離が従来の設計より伸びました。



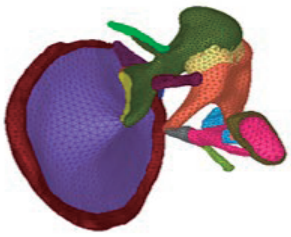
ゴルフクラブのCAD図面



最適化したフェースの板厚分布

■中耳の振動特性の数値解析（鼓膜形成手術の最適化に向けて）

中耳は耳の構造の一部であり、外部から伝わった音の振動を鼓膜でキャッチし、耳小骨で増幅してさらに内側に伝える役割をしています。しかし、事故や病気などにより鼓膜が破れることがあり、場合によって鼓膜形成手術が必要です。本研究は、最適な手術計画の立案に援用することを目的として、中耳の振動特性の数値解析を行います。 まず、有限要素法（FEM）を利用して中耳の数値モデル（右図）を作成し、音が伝わるときの中耳の振動の様子をコンピュータで解析します。 そして、作成したモデルを利用して、鼓膜形成手術の際のシミュレーションを行い、手術の最適化を目指します。 また、コンピューターシミュレーションは中耳の挙動を可視化できるため、医療現場での教育に役立つと考えています。



中耳の有限要素モデル