

### ゴルフクラブ打球音予測システムの開発

IWAHARA, Mitsuho / 岩原, 光男

---

(出版者 / Publisher)

社団法人日本機械学会

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

日本機械学会誌

(号 / Number)

1057

(開始ページ / Start Page)

995

(終了ページ / End Page)

995

(発行年 / Year)

2006-12-05

# ゴルフクラブ打球音予測システムの開発

## 1. はじめに

良いゴルフクラブかどうかを決める要因に打球音がありそうなので予測計算システムを考えて欲しい、という話があり、学生さんと共に作ってみた。固体からの放射音予測であれば、有限要素法で表面振動を計算し、その結果から境界要素法で放射音を予測すればよい、と通常は考える。しかし、市販の有限要素法<sup>(1)</sup>で表面の全接点の振動速度を計算するにはなぜか膨大なハードディスク容量が必要になり、大変な作業になる。また、境界要素法により放射音を周波数領域で一応計算できるが、せいぜい数十個の周波数点を計算するのがやっとである。

可聴領域である20KHzまでの成分を含む実際の音を0.4秒程度作成するには、周波数領域で約8000点の計算を行う必要がある。上記問題を解決し、人が聞くことができる打球音を計算で作成することに挑戦する。

## 2. 計算・実験対象

本来は薄肉殻構造のドライバーでの要求であったが、中実構造のアイアンクラブで試行した。有限要素モデルを図1に示す。アイソパラメトリック4面体2次要素で25080個、32046接点である。実物も同時に入手し実験を行う。

## 3. 計算手法と結果

流れ図を図2に示す。市販の有限要素法で固有値解析を行い、出力結果を保存する。計算時間は570秒でテキスト形式の出力結果は約42Mバイトである。実験周波数応答関数から当研究室で開発した非線形最適化法<sup>(2)</sup>でモード減衰比を同定する。モード特性から表面振動速度を算出し<sup>(3)</sup>、各表面要素の面積、方向余弦を算出して、速度ポテンシャルを算出する。各要素からの速度ポテンシャルを重ね合わせて時間微分して空気密度を掛ければ音圧を得る。ここでは、各要素を点音源と仮定している。放射音予測手法としての速度ポテンシャル法は境界要素法と比較して精度は劣るがほぼ同程度の結果を得ることができると言われている<sup>(4)</sup>。この部分は、フォーTRANでほとんど学生さんが作成した。計算時間

は、通常のパソコンで約10分程度である。

図3に表面速度の計算と実験の比較を示す。12KHzまで計算と実験がよく一致している。12~20KHzまでの領域ではあまり一致していない。図4に音圧の実験と計算を示す。表面速度と同様の傾向である。実験データに雑音が混入しており、精度良い設備が欲しいところである。

周波数領域で20KHzまで8192点の計算を行い、負の周波数領域のデータを共役複素数にして作製・付属して16384点の逆フーリエ変換を行えば、約0.4秒間の実時間データを得る。計算に必要な時間は数秒である。得られた実時間データをスピーカで聞くことができる。この計算による音と実物を打撃ハンマーで加振した音を交互に聞いた学生さんの反応は、よく似ていた。

## 4. おわりに

市販の有限要素法による固有値解析の結果と実験からの同定結果より、人が聞くことができる音を、研究室でのパソコンにより実用的な計算時間で作成できた。

現時点での最大の問題点は、表面速度の精度である。アイアンクラブを何種類も試行したが、表面速度が実験と合えば、計算音は実際の音とよく似た音になる。放射音の測定を精度よく行うことができ、放射音予測手法として採用した速度ポテンシャル法の欠点が明確になれば、改良を考えることができる。

本システムを使用してみると、固有振動数などのモード特性を途中で変更すれば、構造変更を行うことなくいろいろな打球音を作成できることが判明した。人に心地よい音と打球性能が解明できれば、構造最適化によりゴルフクラブを試作できそうである。

(原稿受付 2006年8月31日)

〔岩原光男 法政大学〕

### ●文 献

- (1) MSC Nastran 2001 日本語オンラインマニュアル, (2001), MSC Software.
- (2) 岩原光男, モード特性同定の性能向上に関する研究, 東京工業大学博士論文, (1996).
- (3) 長松昭男, モード解析入門, (2001), 118-

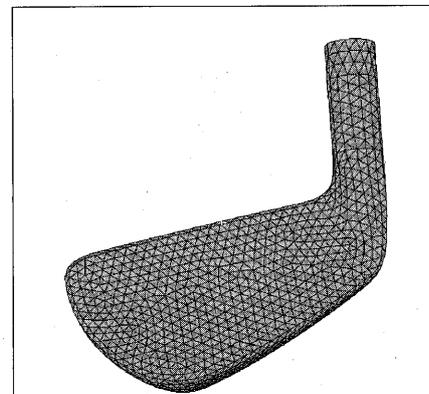


図1 対象の有限要素モデル

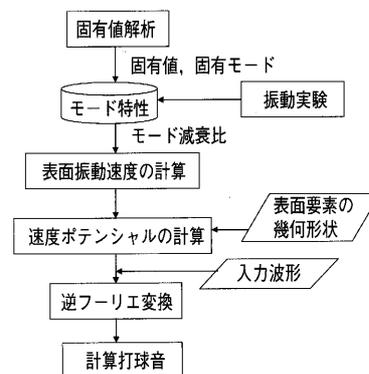


図2 放射音予測システムの流れ図

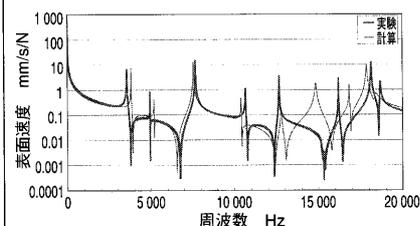


図3 表面振動の実験と計算

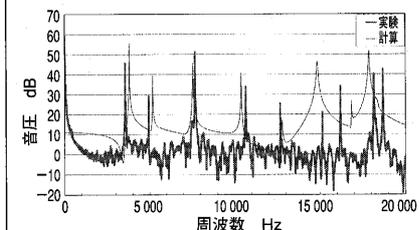


図4 音圧の実験と計算

130, コロナ社.

- (4) 長池 勝・長松昭男・雉本信哉, 内燃機関の振動と騒音に関する基礎的研究—第3報, シリンダブロック・クランク軸結合系の音響解析—, 日本機械学会論文集, 52-476, C (1986), 1240-1247.