

音叉の共鳴と同期

サイ理学研究所 齋藤嘉夫

東北学院大学工学部 鈴木仁志

On the Synchronism in Resonance Phenomenon between Tuning Forks

Sai Institute of Physics Yoshio Saito

Tohoku-Gakuin Univ. Hitoshi Suzuki

並列に配置した2つの音叉の一方をゴムハンマーで叩くと、両者の固有振動数が同じ場合、叩かれなかった音叉も振動するが、これを音叉の共鳴と呼ぶ。これは中学や高校の教卓で演示されるが、そのメカニズムの説明は簡単すぎるか、場合によっては説明されない。ここでは共鳴現象には同期という大切な要素が隠されていることを示し、そのメカニズムを明らかにする。

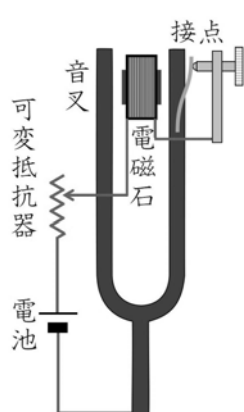


図1: 音叉の励起

メルデの装置は縦波と横波を実感できる学生実験装置であるが、波の発生に音叉の振動が用いられる。音叉は腕がハサミのように挟み振動をする。メルデは図1の様に腕の間に電磁石を配置し、腕を内側に同時に大きく変位させた。腕が電磁石に引かれると接点が切れて励磁電流が遮断し、腕は自らの弾性で反対方向に大きく振れて接点が回復して励磁電流が流れ、再度腕は内側に湾曲する。これが繰り返されて振動が持続する。

しかし、励磁電流の遮断時に接点で火花が飛び接点を消耗させ、電流の断続が一定せず、安定した励振ができなくなる。このため装置の整備や経済的な負担が増える。それ等を軽減するために発信器の矩形波で音叉を振動させる無接点の新しい方法が工藤と毛塚により開発された¹⁾。

矩形波の前の半周期の間、すなわち励磁電流が流れている間は腕が電磁石に引きつけられてそこに保持され、後の半周期で電磁石の励磁が切れると腕の弾性で反対方向にそれがはじかれる。これを繰り返せば連続して振動が持続することとなる。これは一種の共鳴現象であるから矩形波の周波数がぴったり音叉の固有周波数と一致しなければ共鳴は起こらず振動が乱れ、うなりが生じることになる。発信器の安定度はそれほどよくはなく特に温度変化には弱い。したがって、安定度の高い特別な発信器を作らないと正弦波での無接点励振器としての機能は発揮されない。

矩形波で音叉をその固有振動数で振動させるには両者の周波数を一致させるのは当然であるが、矩形波が音叉に同期しなければこのシステムは実現できない。そのためには腕の動きを検出して、それに同期させて励磁電流を流さなければならない。腕の動きの検出には磁気や光を用いる方法もあるが、メルデは接点を用いる方法でそれを達成した。工藤と毛塚はこの同期を見逃して無接点のアイデアを無にしまった。

小学4年生(?)の一休さんは人差し指一本で一休さんよりも大きな釣鐘を大きく揺らして大人を驚かせた。釣鐘が音叉に、一休さんの指が矩形波にそれぞれ対応するが、一休さんは鐘の動きを観察してその動きに矩形波の立ち上がりを同期させていた。現在ではチョコちゃんもやるかもしれない。音叉の共鳴は強制振動であるが、振動源が共鳴する側に同期しなければ共鳴は起こらないことを学生に説明することは大切である。

1) 工藤光弘, 毛塚博史, 応用物理教育, 24-2 (2000) pp.83-84.