

第34回 機械式腕時計の発展とばね

セイコーインスツル(株) 重城 幸一郎

1 はじめに

人類が最初に作った機械といわれる時計と、そこに使われている様々なばねの関係は、あまり知られていない。しかし、時計の開発の歴史において、ばねの果たした役割は非常に大きく、エポックメイキングと呼ぶにふさわしい開発には、必ずばねが存在している。そして、現在も時計において、ばねは非常に重要な部品となっている。

本稿では、時計の発展に寄与したばねについて、歴史をたどりながら、紹介する。

2 動力ぜんまい

初めての機械式時計は、早ければ10世紀末から、遅くとも13世紀末までに誕生したといわれるが、現存する最古の機械式時計は塔時計として用いられたものである。これは、塔の上にある時計本体から、ひもによって吊り下げられた錘が、重力により下がる力をその動力源としていた。このため、錘が巻き上げられてから降りるまでしか時計は駆動できず、ひもの長さ、すなわち塔の高さが時計の持続時間を決めていたため、持ち運べる大きさにはならなかった。



図1 初期の塔時計

機械式時計が持ち運べるようになるには、ぜんまいの登場を待たねばならなかった。少ないスペースに多くのエネルギーを蓄積できるぜんまいにより、錘が降下するために必要なスペースをなくすことができたようになったため、置き時計とはいえ、時計を持ち運べるようになった。

さらに、動力ぜんまいの材料は、当初、鉄でできていたが、使用中の「錆による破断」「へたり」などの課題があり、現在では、コバルトが主成分となっている非常に耐食性の強い材料へと進化している。最新の開発例としては、当社が東北大学金属材料研究所の指導の下、開発したSPRON530がある。

では、現在の製品を例に、動力ぜんまいの具体的な使われ方を解説していく。

動力ぜんまいは、香箱車と呼ばれる円筒状の歯車の中にあり、中央にある軸が回転することで、ぜんまいが巻き締められ、材料の内部にひずみエネルギーを蓄積する。蓄えられたひずみエネルギーは、香箱車が非常にゆっくりと回転しながら、徐々に解放される。またその形状は、香箱車という少ないスペースの中で、最大限のひずみエネルギーを蓄えるため、S字状の曲線形状をしており、これにより動力ぜんまいの全長にわたり、均一で大きなひずみエネルギーを保持している。

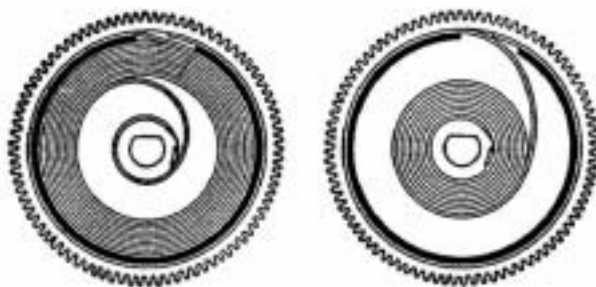


図2 香箱車中の動力ぜんまい

左：巻きほどけ状態

右：巻き締め状態



図3 動力ぜんまい

3 ひげぜんまい

動力ぜんまいの発明により、小型化に成功した機械式時計だが、次の飛躍は、ひげぜんまいにより精度の大幅な向上としてもたらされた。これも動力ぜんまい同様、形状と材料の2つの開発がその背景にあった。

最初の発展については、ばねに携わっている人ならば必ず知っているフックの法則を発見したロバート・フックその人が関係者である。ひげぜんまい発明以前の時計は、和時計にも多く用いられたバージュ脱進機とフォリオ(平衡輪)と呼ばれる機構を用いていた。この構造は、中心を支持されたものさしのような棒の両端におもりを下げたフォリオが左右に往復しながら、バージュと呼ばれる歯車を少しずつ回転させていく。しかし、フォリオは振動の途中でバージュに当たり、自由振動ができず、その周期が一定ではない。このため、精度が非常に悪く、一日数分～数十分の誤差を生じるので、当時の時計には、時針一本しかない場合があった。

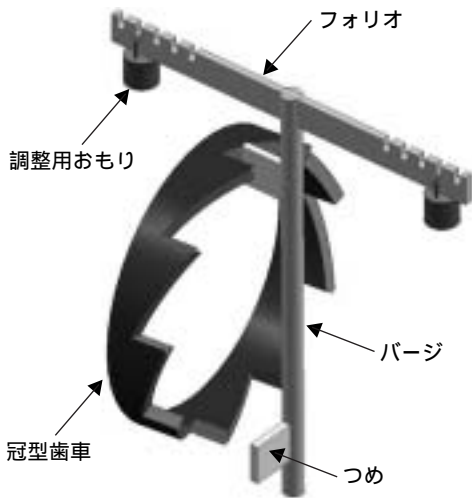


図4 バージ脱進機とフォリオ

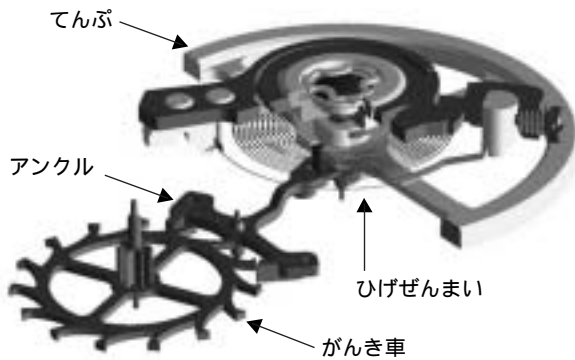


図5 現在の脱進機とひげぜんまい付きてんぶ

フックは、このバージ脱進機とフォリオの代わりに、ばねの単振動を利用した脱進機およびてんぶを初めて考案したとして、ニュートンのライバルとしても知られるホイヘンスとその特許を争った。その結果、フックのものは不完全だということで、ホイヘンスがひげぜんまいを持つてんぶを発明した荣誉を勝ち得た。

ひげぜんまいにより、てんぶは自由振動を得たため、一定周期の往復運動を繰り返すようになり、精度は飛躍的に向上することになった。その後、さらなる工夫により分針が取り付けられるに至った。

もう一方の発明が、ノーベル賞を受賞したギョーム博士が発明した恒弾性材料が、ひげぜんまいの材料に用いられたことである。当初、ひげぜんまいは鉄でできていたが、気温により精度が変化するため、一日あたり数十秒～数百秒の誤差をもっていた。この原因は鉄のヤング率の温度変化による。これに着目したギョーム博士は、温度によらずヤング率が一定の材料、すなわち恒弾性材料エリンパーを発明した。この発明により時計の精度は、現在とほぼ同等の日差数秒から数十秒になった。

現在、当社の製品では、このエリンパーと同じ恒弾性材料ながら、さらに特性を改良したSPRON610やSPRON200(コエリンパー)を使用し、より高い性能を実現している。

4 耐振軸受用ばね

動力ぜんまい、ひげぜんまい、さらには、部品加工技術により小型化が達成されると、ついに時計は腕に装着されるようになる。すなわち、腕時計の完成である。すでに、時を計る道具としては実用域に達していた腕時計だが、思わぬ課題に遭遇することとなる。それが衝撃である。置き時計や柱時計、さらには懐中時計ではさらされることのなかった過酷な衝撃が腕時計をおそった。このため、てんぶの大きさに対して不釣り合いなほど細い軸(0.08mm)が些細な衝撃で軒並み折れることになった。

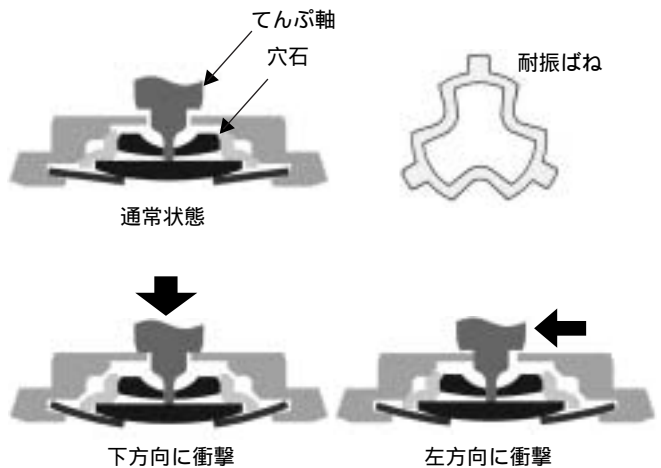


図6 耐振軸受と作動

この危機を救ったのがばねであり、正確にいうならば耐振軸受に使用された耐振ばねである。

耐振軸受は、すり鉢状の枠の中に、てんぶの軸を支える穴石と呼ばれる部品があり耐振ばねのばね力により保持される。外部から時計に衝撃が加えられた場合、瞬間的に耐振ばねがたわみ、軸の太い部分で加えられた衝撃を受け、細いてんぶの軸が折れないように作用する。

この耐振軸受は、およそ半世紀前に開発され、現在も機械式腕時計に使用されている。

5 終わりに

今回は、機械式腕時計の発展に寄与したばねについて焦点を絞り解説を行った。しかし、腕時計の中には、日付を表示するディスクの位置決め用ばねや瞬間的に針を移動させるばねなど、さらに多くの種類のばねが使われている。これらについては、時計専門誌などに記載があるので、興味があればそちらを参照してもらいたい。