第一種永久機関の歴史

S. Yamauchi

2016 年 8 月 9 日

目次

1 はじめに

人々が様々な道具や機械を工夫するうちに、当時の博識な多くの人たちが、永久に動き続ける (動き続けて仕事をする) うまい仕掛けが作れないものか、と考えてきた。この種の仕掛け (機械、機関) は永久機関 (perpetual motion, perpetual engine) と呼ばれる。そのほとんどは、エネルギー保存則に反するものであり、第一種永久機関とよばれる。

永久機関のような「うまい話があるはずがない」という漠然とした考えと、力学におけるエネルギー保存則に加えて熱と仕事とが等価であるという新たな認識をもとにしてエネルギー保存則 (熱力学第一法則) が一般的に成り立つ法則として確立されたのである。

過去の人々が夢見てきた永久機関の例をいくつか示す [1]。

初期の頃のものは知識の不足に基くものも多くあり、ある場合は真面目に追求され、ある場合は人を煙に巻くために考案された。まれに、科学的な法則を導くための手段として用いられたものもあった。

2 不均衡車輪

重力差により回転する車輪で、回転するにつれて重心が移動する工夫を施したもの。

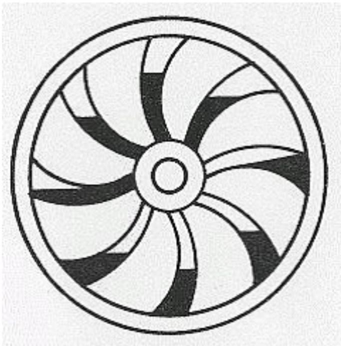

Fig. 1 水銀を用いた不均衡車輪

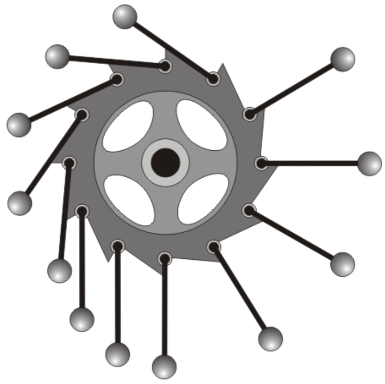

Fig. 2 スイングハンマーによる不均衡車輪

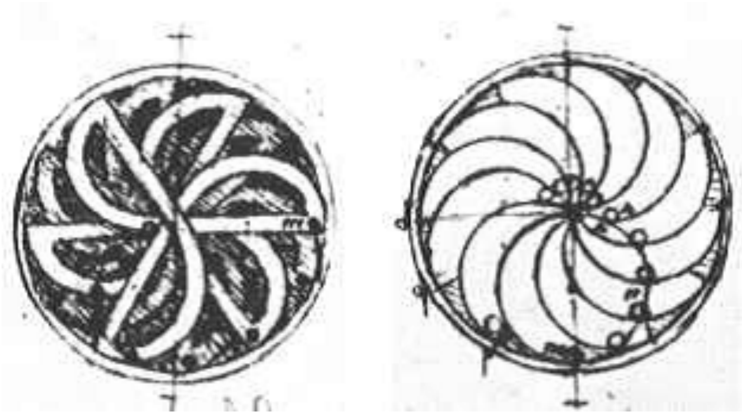

Fig. 3 レオナルド・ダ・ヴィンチの不均衡車輪スケッチ

これに類するものには、次のようなタイプのものがある。

(1) 車輪に取り付けた容器内で液体 (水銀) が移動するもの。たとえば、弓状の中空リム内に水銀を入れると、重力により左右が非対称となる。右半分の水銀が左半分の水銀より常に外側に来るようにリムの形を工夫すれば、永久に回転を続ける。
1159 年頃、インドの数学者バースカラ (Bhaskara) が最初の記述を残している。イタリアのアゴスティーノ・ラメッリの 1588 年の著書にも見られ、アラビアを介して伝わり、当時はペルシャン水車などとして知られていた。

(2) 車輪に可動式ハンマーを取り付けたもの。図 2 の右半分ではハンマーは半径方向に張り出されるが、左半分では半径方向に対してある角度をなして張り出されるので、重力により右方向へ回転する。車輪の上へ来たときにハンマーは左に倒れているが、これが早く右へ倒れるように、歯の形を調整する。
1225〜1250 年頃フランス北部に住んでいたヴィラール・ド・オヌクールのスケッチブックの 250 枚の図面の中に同じ原理のものが描かれている。他に、イタリアのマリアーノ・ジ・ヤコポ (またはタッコラ、1382-1458?)、レオナルド・ダ・ヴィンチ (1452-1519) なども類似の記述を残している。

(3) 車輪リム内で球形重りが移動するもの。水銀と同様であるが、水銀の代わりに球形の重りを使用する。レオナルド・ダ・ヴィンチやエドワード・サマセット (ウースター侯；1601-1667) も類似の記述を残している。ダ・ヴィンチは (2) や (3) については動かないと考えており、動かない理由を説明しようと試

みた図も残している。エネルギー保存則を用いずに、これらが動作しないことを示すのは、大変骨の折れることである。

3 逆動作をする二つの機械の組み合わせ

ポンプと水車のように、逆の動作をする二つの機械を組み合わせると、永久運動を実現できるかもしれない。

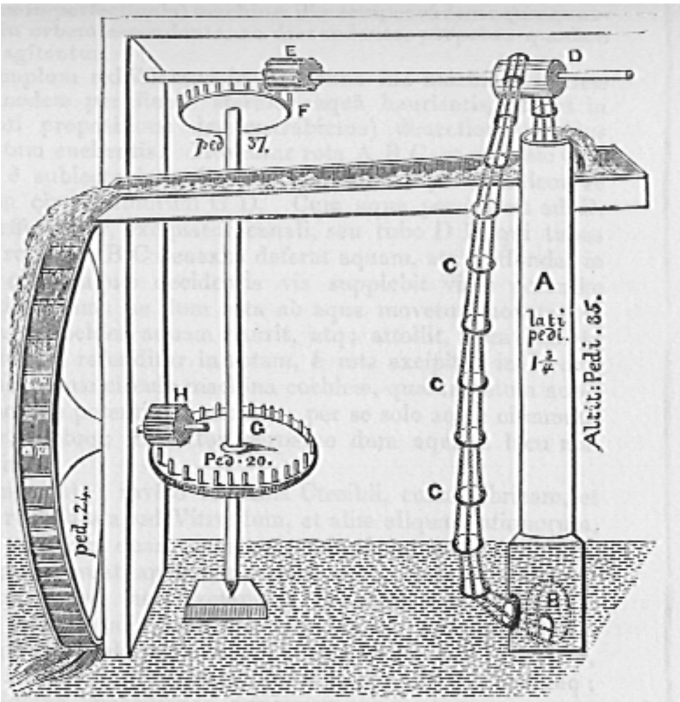

Fig. 4 ポンプと水車

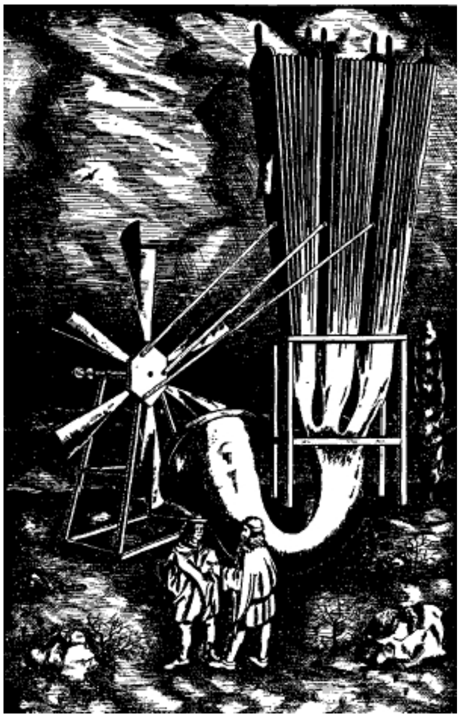

Fig. 5 ズィマーラの風車

これに類するタイプとしては、

(1) ポンプと水車の組み合わせ。レオナルド・ダ・ヴィンチは、アルキメデスポンプ (らせん式) で水を汲み上げて水車の上に落とし、その水車でポンプのらせんを回転する循環水車を描いている。かれはこの水車が動かないと言ってはいない。17 世紀頃までは、水力学にかんする誤解が多く残っており、一般には、水が自分で運動する力または「水自身の生命力」を持っていると考えられていた。
図 4 はイギリスのロバート・フラッド (1574-1637) によるもので、当時広く用いられていた鎖ポンプと水車を組み合わせている。

(2) ふいごと風車の組み合わせ。イタリアの医師であったマルクアントニオ・ズィマーラ (1475 -1535) は、1518 年の著述のなかで、ふいごと風車を組み合わせた永久機関を記述している。かれは図を描いておらず、図 5 は後世の画家が想像して描いたものである。

さしずめ、現代であれば発電機とモーター、太陽電池と電灯、などもこの種類に入る。

4　流体関連原理

力学の他の分野に比べて水力学 (水理学) は確立されたのが遅く、ポンプと水車以外にも流体関連の永久機関もどきものが多々ある。

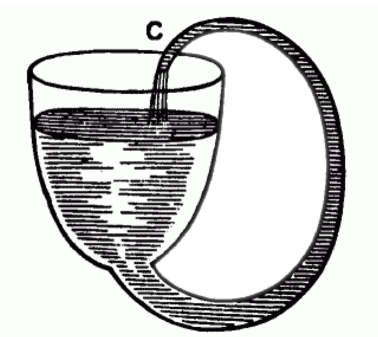

Fig. 6　ボイルのフラスコ

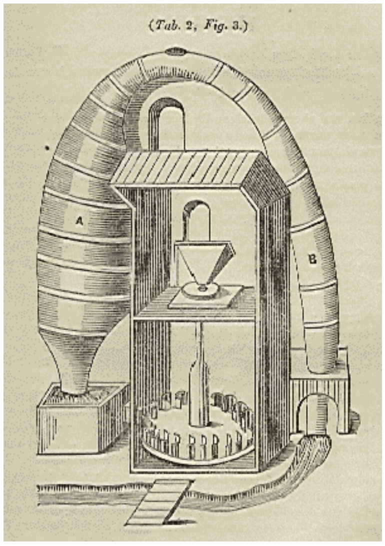

Fig. 7　ゾンカの水車

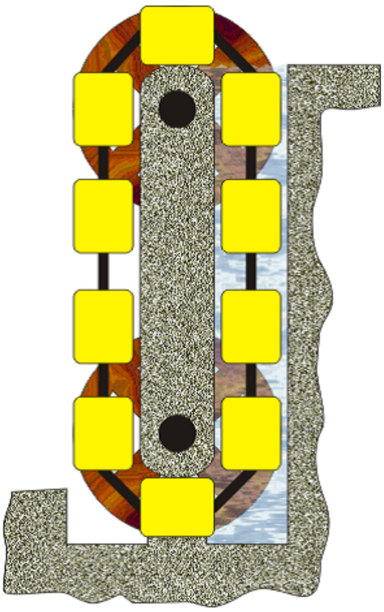

Fig. 8　フロートベルト

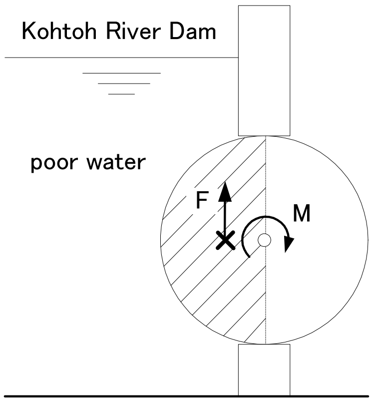

Fig. 9　半水没円筒

毛細管原理　図 6 のように、容器の液体を毛管現象を利用して液面以上の高さに吸い上げて、開放口より落下させると、永久に流れ続ける。イギリスのロバート・ボイル (1627-1691) の実験を手伝っていたドニ・

パパン (1647-1716) がボイルのフラスコ (Boyle's Self-flowing Flask) として記述している。

サイフォン原理　サイフォンは逆さ U 字管の左右液体の重さがつりあう状態で流れなくなる。だとするならば、U 字管の左側だけを太くすれば、右側の水を吸い上げて左側へ流すことができる。図 7 は、イタリアのヴィットリオ・ゾンカ (1568-1602) 考案によるもので、左側大きな管の水は底部の水平タービンに入り、穀物を挽くための車輪を回す。始動時には頂上部から管に水を満たして水封するように作られている。

浮力原理　図 8 のように、多数の浮きをベルトでつないで、右半分の浮きだけを水中に入れる。下部の隙間から水が漏れない程度に浮きの間隔を狭くすれば、水を漏らすことなく浮きに働く浮力でベルトを反時計回りに永久に回転できる (Wikipedea)。

また、図 9 のようにダムの壁面に大きな円筒を取り付けて、左半分だけ水中に入れて中心軸を支える。排除した水の重さに等しい浮力が、排除した水の重心位置に上向きに作用するので、中心軸まわりに力のモーメントが生じて、水をほとんど漏らさずに、円柱は永久に回転して動力を取り出すことができる (某大学編入問題)。

5　オルフィレウスの車輪

18 世紀のはじめ、精巧な永久機関を実際に製作したとして有名になった人物がいる。ドイツのザクセン地

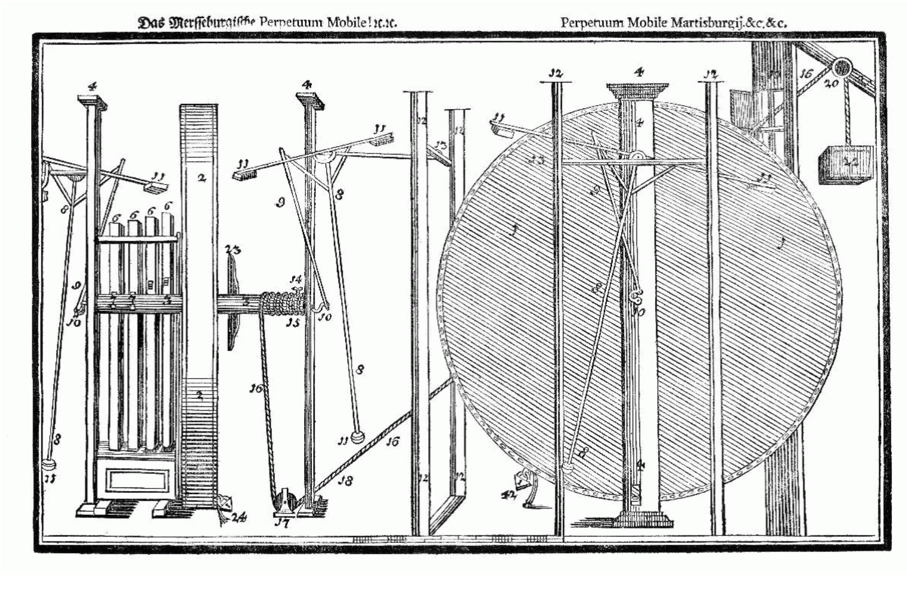

Fig. 10　オルフィレウスの自動輪

方で生まれたオルフィレウス (本名ヨハン・エルンスト・イライアス・ベスラー ; 1680-1745) は、ゲラの町で、直径 90cm 程度の最初の自動輪を公開した。当時は人々の信用を得ることができず、何度か作り変えて見世物興行をしながらドイツ各地を転々とした。そのうち彼の評判を聞きつけたヘッセン=カッセル方伯に招かれ、その支援を受けた。1717 年に彼の作った最大の自動輪は、直径 3.6 m 厚さ 35cm で、何度か公開実験され、無人の室内で数ヶ月動作していたとされる。構造の詳細は不明であるが、車輪の回転に合わせててこと重りが移動して、常に重心が動いて回転力を生み出していたとされている。

6　磁力応用

イギリスの王立協会設立の中心人物で初代秘書を務めたジョン・ウィルキンズ主教 (1614-1672) は、1648 年の Mathematical Magick のなかで、図 11 のような永久運動を記述している。

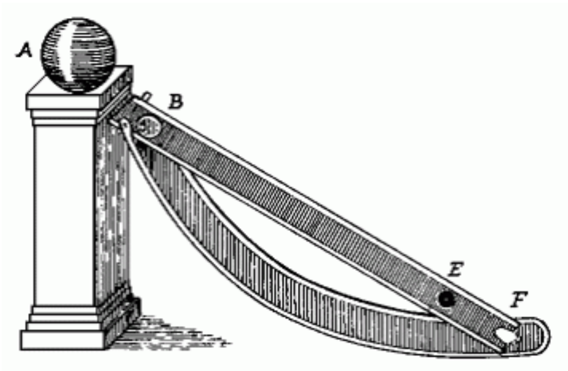

Fig. 11 ウィルキンズ主教の磁力永久運動

鉄の球とそれが通る二つの傾斜した通路および頂上に取り付けた磁石で構成されている。頂上の強力な磁石 A が直線の通路に沿って球 E を上へ引き上げると、球が上に来たとき、上方の穴 B から下側の曲がった通路へ落下して転がり落ち、下方の穴 F を通って外の直線の通路へ出て、再び上へ向いて引き上げられる、というものであった。

ウィルキンズは詳細に検討した結果、弾丸であれば穴に落ちずに磁石まで引き寄せられるであろうと述べているが、同時に、まだ未知の磁力の実験から永久運動が可能になるかもしれないとも述べている。

7　ステヴィンの斜面の法則

16 世紀の北ヨーロッパ最大の科学者と言われるシモン・ステヴィン (1548-1620) は，永久運動 (永久機関) はあり得ないと考えて，「斜面の法則」を見出した。

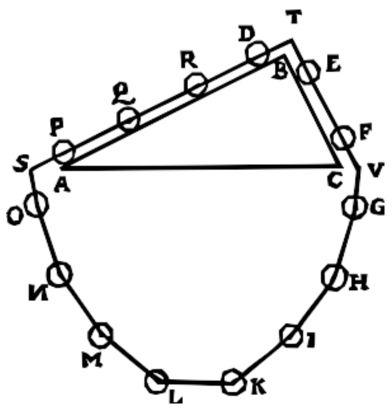

Fig. 12 ステヴィンによる斜面の法則

(1) 水平面上に置いた斜面に，等間隔に球を紐で結んだ輪 (数珠) を掛ける。
(2) もし球の輪がどちらかへ動くとすると，永久に動き続けることになるので，球の輪は動くはずがない。
(3) 斜面より下方の部分は左右対称であるから，除外して考えることができる。
(4) 左側斜面の 4 個の球と右側斜面の 2 個の球はつりあっていることになるので，次の関係が成り立つ。

$$(\text{左側各球に働く力}) : (\text{右側各球に働く力}) = 1/AB : 1/BC$$

(5) 右側斜面が鉛直 $\overline{BH}$ である場合を考えると，次の「斜面の法則」が得られる。

$$(\text{左側各球に働く力}) = (\text{右側各球に働く力}) \times \frac{BC}{AB} = (\text{重力}) \times \frac{\text{斜面の高さ}}{\text{斜面の長さ}}$$

参考文献

[1] Web Page、"https://www.lhup.edu/~dsimanek/museum/people/people.htm"、(2015.03.15).