

落ちる矢と重力

昭和四十一年卒 原 宣一

京都にある三十三間堂の通し矢は一度は挑戦してみたい射技である。毎年新春恒例行事として「三十三間堂の通し矢」が行われている。この行事は、正式名称「大次全国大会」であつて、飛距離60mの速的競技に過ぎない。挑戦したいのは本来の通し矢である。本堂西の縁先南端から120m離れた北端まで矢を天井の軒に当てないように届かすものである。

通し矢の様子を示す歌川豊春の絵を見ると、射手は左足の膝を床につけて弓を引いている。低い位置から矢を放つた方が床に落ちるまでの時間を長くとれて有利だからであろう。

三十三間堂の縁先は床から軒下まで5.5mある。この床に立ってボールを真上に軒下すれすれまで投げ上げ、床に落ちるまでの時間を測れば、2秒くらいであろう。通し矢の矢はこの2秒の間に120m先まで飛んでいかなければならない。従つて弓から放たれた矢は少なくとも秒速60mの平均速度を持つていなければならぬことになる。空気抵抗で減速することを考慮すれば、初速は秒速70m程度は必要であろう。そうでないと向こうの壁に届くまでに矢は逢えなく床に落ちてしまう。

矢に大きな初速を与えるには、強弓で軽い矢が良い。ただし、軽い矢は、抵抗が同じであれば、減速も大きい。また、引き絞つた弓の弾性エネルギーを軽い矢では効率よく吸収させることが難しいであろう。つまり適切な矢の重さは経験的に見つける必要がある。

本来の通し矢は、一人の射手が1日で射通せる矢数を競う競技

である。和佐大八郎の記録が永久記録として残っている。1万3千53本中、8133本通したもので信じられないほどの数である。この記録に挑戦することは及びもつかない。私が学生時代に使つていた弓具では一本も通せないだろう。

弱い弓で放たれた矢はなぜ落ちてしまうのであろうか。

もちろん、地球の重力が強いからである。重力が全く無ければどんなに弱い弓で放たれた矢でも的まで届く。真つすぐの中央を狙えば良い。

手に持った物体は手を離せば落ちる。誰もが子供のころから経験する、極めて身近な普遍的な現象である。当たり前のこととして誰も不思議に思はない。それでも歴史上多くの科学者によつて考察がなされた。物体が落ちる現象、またはその原因をGravityといふ。

Gravityを重力と訳すのは力の先入観を与えるので適切でなかった。しかし、長年の習慣でもあるので、Gravityの訳語として、以下は重力を使う。人々は重力とは何か、なぜ重力があるのか、を考え てきた。

ギリシャ時代のアリストテレスは、物体にはそれぞれ収まる場所が決まつていてそこに向かう性質があるから、だとした。重力はすべての物体が保有する性質である、と考えたのである。

ガリレオは斜面を使つてボールが転がり落ちる時間を計り、重力は物体によらず一定の加速度を与えることを発見した。ガリレ

オは重力が力であるとは言っていない。

ピサの斜塔から軽い玉と重い玉を同時に落とす実験をしたとの話は有名である。ただしこの記録は100年後の人の手によるもので伝説に過ぎないとの説もある。しかし、実際にピサの斜塔に上った人は物を落とすたくなる衝動に駆られるそうである。

重力を一種の力であるとしたのはニュートンである。ニュートンはガリレオが亡くなった1642年に生まれた。ニュートンは万有引力を発見して、重力は地球の万有引力に自転による遠心力などを加味した力であるとした。

ニュートンは、重力がなぜ存在するのかについては、仮設も立てなかった。万有引力という力が働くと考えることで天体の動きを鮮やかに説明することができた。このため重力が力であるという認識は230年間変わらなかった。力であるとは実証されていないのに、科学理論として残っていた。

ところが、アインシュタインは1907年にある事実が気がついた。重力の作用に抵抗せず、自由落下する物体には重力が消えている、ということである。本人が生涯最高のアイデアと語っている。

アインシュタインは天使に吊り下げられたエレベータを頭に描いてこの事実が気がついた。自由落下するエレベータには何も力が加わっていないのである。現在であれば宇宙ステーションの中で活動する宇宙飛行士を見て判ることである。宇宙ステーションは秒速8km近くの水平方向の速度があるために、常時落ちていながらも関わらず地表に到達しない。自由落下であることに変わりはない。

天使が手を離して自由落下するエレベータの中にいる人は、エレベータが重力のない空間に運ばれても同じ状態である。同じ状態とは自由落下する空間で成立するすべての物理法則が無重力空間での物理法則と区別がつかないことを意味する。証明はできないので

等価原理とされている。

力は必ず釣り合い状態にある。そうでなければ「暖簾に腕押し糠に釘」で、力はかからない。一般的には、ひとつの力は常に慣性力と釣り合う。

自由落下で重力が消えるということは、重力が力でない証拠である。重力は力であるとしたニュートンの説は否定される。

高度400kmの重力は、地上の重力の95%程度の大きさである。この高度の周回軌道を回る宇宙ステーションが無重力状態になっているのは、重力と遠心力(慣性力)が釣り合っている、つまり力と力の釣り合い状態にあるからと説明するのがニュートン力学である。

しかし、自由落下にある無重力状態が力の釣り合いであることは実証できない。海中に潜ったダイバーはほぼ中性浮力の状態にある。この状態は無重力状態に近いが、力の釣り合い状態である。このことは圧力センサーを付ければ直ちに判る。

アインシュタインは重力が力でないことに気がつき、これを元に一般相対性理論を確立した。この結果、重力は時空のひずみによって生じるとされた。時空のひずみもたらず作用にはいくつかがあるが、昔から誰にでも認識されたのは重力だけである。物が落ちるといふ現象である重力に対する認識はニュートンにより力とされたが、加速度であるとするのが正しい。有名なニュートンの万有引力の式は「見かけの力」の式に過ぎない。

三十三間堂の通し矢で、初速が足らなければ逢えなく落ちてしまう原因は重力である。その重力は力でなく加速度である。

