

(*6) ガリレオのピサの斜塔での落下実験

ここではガリレオのピサの斜塔での落下実験について検討してみましょう。

ガリレオはピサの斜塔で重さ違う砲弾を同時に手離してどちらが早く地上に落下するか実験をしてみました。何度やっても同時に着地しました。なぜでしょうか。

例えば、10倍重い物には10倍大きな重力がかかります。これを重力質量と言います。すると落下実験では重い物の方が早く着地するはずなのに、重い物と軽い物が同時に着地するのは何故でしょうか。

よく考えてみると静止している物を動かす時、10倍重い物を動かすには軽い物よりも10倍の力が必要になります。これを慣性質量と言います。重い物と軽い物の落下時間が同じであるということは、慣性質量と重力質量の値が等しいことを意味します。

ではなぜ両者の数値は同じなのでしょう。

この点に関しては、物質のもつ本来の量である慣性質量とその物に働く天体重力場の量（重力質量）が同じである必要性はないのではないかと疑問も湧きます。

この疑問に答えて解答を出したのはアインシュタインでした。

アインシュタインは、エレベータの思考実験で「(窓のない)エレベータが落下した場合には、中にいる人は(自由落下することにより)自分の重さを感じないに違いない。」と考えました。つまり、「エレベータの中にいる人は自由落下しているのか、無重力の宇宙空間にいるのか判別がつかないと。」考えたのでした。

ここにおいて彼は、加速度運動をすることで重力を消したり、つくり出したりすることができるということは、重力のある系と加速する系の二つの効果は区別できない等価のものであることに気がついたのでした。(等価原理-アクティブラーニング)

エレベータの実験はあくまでも思考実験です。エレベータを吊るロープを切断して実際に実験するような無謀なことは絶対にしないで下さい。

彼はこの時のことを「我が生涯で最高のひらめき」と自讃しました。

アインシュタインは、このように日常的な出来事の中にひそむ宇宙の重大真理に気が付き、それを理論化しました(アクティブラーニング)

重い物も軽い物も落下時間が等しいことは重力質量と慣性質量とが等価であるというアインシュタインの等価原理から導かれるのです。かくして等価原理は一般相対性理論の柱となったのです。

アインシュタインの凄いところは更に深く考えて重力を時空の歪みと考えたことでした。(ディープラーニング)

◎空間の歪みについて

例えばある星(A星とします)の前に太陽が来るとA星は太陽の背後に隠れてその光は我々の目に届きません。

光には直進する性質があるからです。しかし太陽の周りの空間は大質量の太陽の重力の影響で歪んでいます。

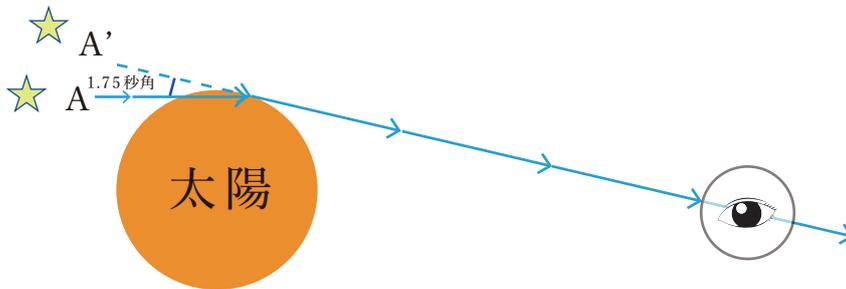
光は歪んだ空間の中では空間の歪みに沿って進みます。(光はまっすぐに進んでいるつもりでも歪んだ空間に沿って曲がって進んでしまいます。それが光にとっての最短距離になるからです。)

そこでA星の位置が太陽表面の1.75秒角以内(図参照)にあれば歪んだ空間に沿って進む光は私達の目に見えるはずですが。

ただ星の光は太陽光に比べて弱すぎる為に(皆既日食以外の時には)私達の目には見えません。

皆既日食の時には太陽の周囲の空も暗くなるので、A星の弱い光でも私達の目で見る事が出来るのです。

(A'の位置に見えます。)この現象はエディントンが他英国の天文学者によって皆既日食の時に天体望遠鏡によって観測され確かめられました。観測値は一般相対性理論の予言する値と誤差の範囲内でした。



◎時間の歪みについて

カーナビに電波信号を送るGPS搭載の人工衛星は地上2万Km上空にあります。これと地上を走るカーナビ搭載車に流れる時間を比べてみると、地上の重力の方が強い為に車に流れる時間が遅くなります。(一般相対論的效果)

しかし、他方で時速1万Km以上の高速で地球上を周回するGPS人工衛星に流れる時間は特殊相対論的效果によって、カーナビに流れる時間よりも遅れます。両者の時間の流れを比較し差分計算をするとGPS人工衛星にながれる時間が1秒間に100億分の4.45秒だけ早くなる事がわかります。そこでGPS人工衛星に搭載する原子時計は1秒間に100億分の4.45秒だけ遅れるように設計され、地上のカーナビ車に電波信号を送り、車の正確な位置情報を伝えることによって、カーナビ車を正確にナビゲートしているのです。

何も考えずにただ実験をするのではなく、しっかりアクティブラーニング、ディープラーニングしながら(実験)を行ってください。

何か発見があるかも知れません。

アインシュタインの先立つこと200年余りニュートンはリンゴが木から離れて地面に落ちるのを見て、引力を発見しました。(アクティブラーニング)

更にニュートンの凄いところは地球がリンゴに引力を及ぼしているだけでなくリンゴも地球に対して(わずかですが)引力を及ぼして互いに引き合っていると考えたことでした。(万有引力の法則-ディープラーニング)

(因みにニュートンのリンゴの木は東大理学部附属小石川植物園に行けば見ることができます。ニュートンのリンゴの木の枝を継木したのですが、植物学的にニュートンのリンゴの木と言えるそうです。)