

Comparison of the new laws of motion with the traditional Newtonian laws of motion

運動の法則は、相対性原理の下に成立し、観測者に対して静止している物体が相対速度を獲得する瞬間に対して適用される。その内容は、以下のようにまとめられる。

1) 静止慣性の法則：観測者に対して静止している物体は、力の作用がなければ、その静止状態を保持し続けるという静止慣性を有する。静止慣性の大きさは、静止慣性質量をもって計られる。

2) 力の作用・反作用の法則：観測者が静止物体に力を作用させるとき、その物体は同じ大きさで逆向きに力を返す。作用と反作用の一体性は力の性質である。

3) 観測者が物体に力を作用させるとき、両者間には相対速度が発生する。このとき、発生した微小相対速度 dv は、作用力の大きさ f と力の微小作用時間 dt とに比例し、静止慣性質量 m に逆比例する。すなわち、次なる運動方程式が成立する。

$$mdv=fdt$$

一定速度で運動する物体に対しては、ガリレイの相対性理論が成立し、次のように静止物体に対する運動法則が適用される。

1) ガリレイ変換によって、静止系の観測者から運動系の観測者の立場へ移ることができる。

2) ガリレイ変換によって、一定速度で運動している運動物体は、観測者に対して静止している物体と化す。

3) 運動系の時間及び座標を用いて、観測者に対して静止している物体に新たな運動法則を適用し、両者間に発生する相対速度が求められる。

4) ガリレイ変換の逆変換を適用して、運動系の観測者から元の静止系の観測者の立場へ戻ることができる。

5) ガリレイの相対性理論に基づく速度合成則によって、運動物体の速度変化及び合成速度が確定する。

6) ガリレイ変換は、次のように与えられる。

$$t'=t \quad x'=x-vt$$

これらの式の右辺に示す変数は、運動物体を観測している観測者の測る物理量を表し、左辺に示すプライムの付く変数は、運動物体に設定される物理量を表す。それらの中で、 v は両者間の相対速度を表す。 t 及び x は、それぞれ観測者の測る時間及び物体の運動方向に取った x 座標（空間座標）を表す。一方、 t' 及び x' は、それぞれ観測されている物体に付随した時間及び x' 座標を表す。 x 座標と x' 座標とは同一線上にあり、同じ方向を向いている。

7) ガリレイ変換に基づく速度合成則は、次のように与えられる。

$$u = v+v'$$

ここに、 $u = dx/dt$ 、 $v' = dx'/dt'$ であり、 u は合成速度、 v は運動物体の相対速度、 v' はガリレイ変換を適用して観測される運動物体の静止状態から獲得した微小速度 v' を表す。

以上の説明は、相対性原理の要請を満たす。

一方、従来のニュートンの運動法則は、観測者に対して静止している物体及び一定速度で運

動している物体に対して、次のようにまとめられる。

1) 慣性の法則：物体は力が作用しないかぎり、静止しているものは静止し続け、一定速度で運動しているものはその運動状態を保つ。

2) 運動の法則（運動方程式）：物体に力が作用するとき、その物体の質量 m 、加速度 a 、作用力 f との間には

$$ma=f$$

なる関係式が成立する。

3) 作用・反作用の法則：物体に力が作用するとき、その物体は作用力に対して、同じ大きさで逆向きの反作用力を及ぼす。

ニュートンの運動の法則は、観測者に対して物体が静止している場合と、一定速度で運動している場合とを、一緒くたに取り扱っているため、物体の運動の解析に特段ガリレイ変換を必要としない。その結果、速度合成則などガリレイの相対性理論を特段必要としない。また、相対性原理を法則成立のための基本原理としていないため、1) 運動物体の速度が絶対速度の存在を示唆させる内容となっている、2) 慣性質量の定義が明示されていない、3) 力の作用・反作用の法則の必然性が不明確となっている。

仲座栄三

参考文献：仲座栄三、新相対性理論（物理的思考編）、ポードーインク、363p.、2023.

本資料を参考・引用の際には、出所を明確に付記してください。