

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} R g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu} \quad \dots \text{(アインシュタインが宇宙項を導入する以前の重力場方程式)}$$

上記数式はニュートンの万有引力(=重力)を時空の曲がりとしてとらえています。

アインシュタインは観測者が速度運動する場合や物体に重力が働く場合には、時空が曲がっていると考えて、

曲がった空間での幾何学を扱うリーマン(サラリーマンのことではありません。)幾何学を使って特殊相対性理論を普遍的一般的なものに作りあげたのです。

(一般相対性理論)

たった一行の(上記)数式で時間と空間(時空)を含めた宇宙のダイナミズムを記述できる不可思議...

しかもその数式はとても美しいものです。(この美しさがわかる人は数学・物理学のセンスがあると評価できます。)

しかし他方で彼は宇宙は制止しており不変である(静止宇宙モデル)という信念を持っていました。

ところが彼の上記重力場方程式を一見すると宇宙は静止することが出来なくなり、収縮してしまうように見えます。

静止宇宙モデルを信じる彼は、この方程式に収縮しないような変更を加えるかどうか悩みました。

ここにおいて自己の方程式を変更せずにそのままにして美しさを保つか、自己の信念に従って重力場方程式に変更を加えるか二者択一を迫られました。

結局彼は自己の方程式に変更を加えました。即ち静止宇宙モデルを考えて宇宙が収縮してしまわないように彼はこの方程式に

宇宙斥力を表す宇宙項($\Lambda g_{\mu\nu}$)を書き加えたのでした。

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} R g_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$$

けれどもその後ハッブルによって宇宙が膨張していることが観測され、膨張宇宙モデルが通説となりました。

結局、アインシュタインも膨張宇宙モデルを認めざるを得ず、「宇宙項の導入は我が生涯の不覚であった。」と

認めました。(Introduction of cosmological constant is the biggest blunder in my life.)

このあたりに試行錯誤するアインシュタインの苦悩が見られます。

しかし、果たしてアインシュタインは本当に誤っていたのでしょうか。

数式を展開して考えてみましょう。

宇宙の膨張を表す式は $\left(\frac{\dot{R}}{R}\right)^2 = \left(\frac{8\pi G\rho}{3}\right) = \left(\frac{8\pi G\rho\mu}{3}\right) + \left(\frac{8\pi G\rho m}{3}\right)$ で表されます。

ここでRは宇宙の大きさ、Rの上に付いている・は時間、Gはニュートンの万有引力定数、 ρ はエネルギー密度を表します。

宇宙にエネルギーがあるとすれば、

真空エネルギー $\frac{8\pi G\rho\mu}{3}$ と物質エネルギー $\frac{8\pi G\rho m}{3}$ の合計になります。

ところが真空のエネルギー $\frac{8\pi G\rho\mu}{3}$ の $\rho\mu$ は時間経過にも一定でGも定数です。

よって $\frac{8\pi G\rho\mu}{3}$ は定数 Λ に置き代えることができます。即ち真空のエネルギー $\frac{8\pi G\rho\mu}{3}$ は

アインシュタインの宇宙定数 Λ にみごとに対応するのです。(ここで宇宙項がないことを前提に宇宙の膨張を、方程式で解くとちゃんと

宇宙定数(宇宙項)が現れるのです。即ちこの方程式は宇宙の始めから宇宙項があったことを証明しているのです。)

とすれば、宇宙項の導入はアインシュタインの生涯の不覚などではなく、宇宙物理学から今では賞賛されるようになっています。

宇宙インフレーション理論の提唱者の1人である佐藤彦東大教授によれば、宇宙項は生まれた直後でかつビックバンを起こす以前におきた

宇宙インフレーション(指数関数的急激膨張)や現在でも加速度的に膨張し続ける宇宙に斥力として働く真空のエネルギーとして現れています。

また、米航空宇宙局(NASA)の宇宙や電波、光等の観測により宇宙項が存在することは確実にになりました。

(宇宙項の正体である真空のエネルギーはダークエネルギーとして一宇宙全体の物質エネルギー総和の中に約73%の割合を

占めていることが判明しました。他にダークマター(暗黒物質)は約23%、残りわずか4%程度が我々の目に見えて実感できる物質とエネルギー

であることも判明。)

☆ただ、アインシュタインが宇宙項を導入した当時は静止宇宙で重力と宇宙項による斥力の釣り合いを考えたのに対して、

現在考えられている宇宙項は宇宙の加速膨張を説明する為に使われています。