

初版 2019 2・21()

時間論 論文集 についての 補足ノート

谷村 省吾

今後も 増補して 公開予定

説明と 補い、 電子的に 清書も 可なり可。

特殊相対論

$$\text{光速 } c = 30 \text{ 万 km/s} = 30 \times 10^4 \times 10^3 \text{ m/s} = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned} \text{地球の自転による赤道の速さ } v_{\text{自転}} &= \frac{4 \text{ 万 km}}{24 \text{ 時間}} = \frac{4 \times 10^4 \times 10^3 \text{ m}}{24 \times 60 \times 60 \text{ s}} = \frac{4 \times 10^7 \text{ m}}{2.4 \times 3.6 \times 10^4 \text{ s}} \\ &= 0.46 \times 10^3 \text{ m/s} = 460 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{地球の公転速度 } v_{\text{公転}} &= \frac{2\pi r}{T} = \frac{2 \times 3.14 \times 1.5 \text{ 億 km}}{\text{365 日} \times 24 \times 60 \times 60 \text{ s}} = \frac{2 \times 3.14 \times 1.5 \times 10^8 \times 10^3 \text{ m}}{365 \times 24 \times 60 \times 60 \text{ s}} \\ &= \frac{2 \times 3.14 \times 1.5 \times 10^{11} \text{ m}}{3.65 \times 2.4 \times 3.6 \times 10^{2+1+3} \text{ s}} = 0.299 \times 10^{11-6} \text{ m/s} \\ &= 3 \times 10^4 \text{ m/s} = 30 \text{ km/s} \end{aligned}$$

$$1 \text{ 日} = 24 \text{ 時間} = 24 \times 3600 \text{ 秒} = 86400 \text{ 秒}$$

$$1 \text{ 年} = 365 \text{ 日} = 31536000 \text{ 秒} = 3.15 \times 10^7 \text{ 秒}$$

CPU Intel Core i7(8086 K) 5 GHz

バッテリースマホの距離 $L = 650$ 光年

$$\left(\frac{v_{\text{自転}}}{c}\right)^2 = \left(\frac{460 \text{ m/s}}{3 \times 10^8 \text{ m/s}}\right)^2 = \left(\frac{460}{300 \times 10^6}\right)^2 = (1.53 \times 10^{-6})^2 = 2.35 \times 10^{-12}$$

$$\begin{aligned} 650 \text{ 年} \times \frac{1}{2} \times 2.35 \times 10^{-12} &= 764 \times 10^{-12} \text{ 年} = 764 \times 10^{-12} \times 3.15 \times 10^7 \text{ 秒} \\ &= 2400 \times 10^{-5} \text{ 秒} \\ &= 2.4 \times 10^{-2} \text{ 秒} \\ &= 0.024 \text{ 秒} \end{aligned}$$

$$\left(\frac{v_{\text{公転}}}{c}\right)^2 = \left(\frac{3 \times 10^4 \text{ m/s}}{3 \times 10^8 \text{ m/s}}\right)^2 = 10^{-8}$$

$$\begin{aligned} 650 \text{ 年} \times \frac{1}{2} \times 10^{-8} &= 325 \times 10^{-8} \text{ 年} = 325 \times 10^{-8} \times 3.15 \times 10^7 \text{ 秒} \\ &= 1024 \times 10^{-1} \text{ 秒} \\ &= 102 \text{ 秒} \end{aligned}$$

一般相対論

Φ は 2-トポポテンシャル

2-トン近似での時空計量

(Misner, Thorne, Wheeler; Gravitation, p.445 Eq (18.15c))

$$ds^2 = - \left(1 + \frac{2}{c^2} \Phi \right) (cdt)^2 + \left(1 - \frac{2}{c^2} \Phi \right) (dx^2 + dy^2 + dz^2)$$

$$\Delta\tau_1 = \sqrt{1 + \frac{2}{c^2} \Phi_1} \Delta t \qquad \Delta\tau_2 = \sqrt{1 + \frac{2}{c^2} \Phi_2} \Delta t$$

$$\doteq \left(1 + \frac{1}{c^2} \Phi_1 \right) \Delta t \qquad \doteq \left(1 + \frac{1}{c^2} \Phi_2 \right) \Delta t$$

$$\frac{\Delta\tau_2 - \Delta\tau_1}{\Delta\tau_1} = \frac{1}{c^2} (\Phi_2 - \Phi_1)$$

1 は 地球表面

2 は 人工衛星 地球

地球半径 $R = 6400 \text{ km}$

人工衛星の軌道半径 $R+h = 6400 \text{ km} + 20200 \text{ km} = 26600 \text{ km}$

$$\Phi(r) = - \frac{GM}{r}$$

$$\Phi_2 - \Phi_1 = - \frac{GM}{R+h} + \frac{GM}{R} = GM \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R+h} \right) = GM \frac{h}{R(R+h)}$$

$$= \frac{GM}{R^2} \frac{R \cdot h}{R+h} = g \frac{R \cdot h}{R+h} = 9.8 \text{ m/s}^2 \times \frac{6400 \times 20200 \text{ km}^2}{(6400+20200) \text{ km}}$$

$$= 9.8 \times 4860 \text{ (m/s}^2) \times \text{km}$$

$$= 9.8 \times 4.86 \times 10^3 \text{ (m/s}^2)$$

$$= 47.6 \times 10^6 \text{ (m/s}^2)$$

$$= \cancel{48 \times 10^6} \text{ (m/s}^2)$$

$$5.3 \times 10^{-10}$$

$$\frac{1}{c^2} (\Phi_2 - \Phi_1) = \left(\frac{1}{3 \times 10^8 \text{ m/s}} \right)^2 \times 48 \times 10^6 \text{ (m/s}^2) //$$