GPS 衛星の時間の進み方

相対性理論を使わないとＧＰＳ位置情報が１日で１１ｋｍもずれてしまう？
本当かどうか自分で計算してみました。

１．特殊相対性理論
特殊相対性理論によれば、慣性系からみて運動している物体の時間は遅れます。
慣性系の時間を ｔ、運動している物体の時間を τ とすると、次のようになります。

$$\Delta\tau = \Delta t\sqrt{1-(v/c)^2} \fallingdotseq \Delta t\,\left(1-(v/c)^2/2\right) \quad \cdots \quad (1)$$

ｖ：GPS 衛星の速度
ｃ：光(電波)の速度（3.00×10^+5ｋｍ／秒）
GPS 衛星の高度は 20,200ｋｍなので、地球の半径 6,360ｋｍを足すと、軌道半径は
26､560ｋｍ、ＧＰＳ衛星の公転周期は１２時間なので、ＧＰＳ衛星の速度は
ｖ=2π×26､560／12／60／60＝3.86ｋｍ／秒です。
従って、
(ｖ／ｃ) ^2／2＝(3.86／3.00) ^2／2×10^-10＝0.828×10^-10

２．一般相対性理論
一般相対性理論によれば、重力ポテンシャルの浅い所では深い所より時間が進みます。
重力ポテンシャルゼロの場所での時間を ｔ、重力ポテンシャルのある場所での時間を τ
とすると、次のようになります。

$$\Delta\tau = \Delta t\sqrt{1-2GM/c^2 r} \fallingdotseq \Delta t\,\left(1-GM/c^2 r\right) \quad \cdots \quad (2)$$

Ｇ：万有引力定数（6.67×10^-20ｋｍ^3／ｋｇ秒^2）
Ｍ：地球の質量（5.97 ×10^+24ｋｇ）
ｃ：光(電波)の速度（3.00×10^+5ｋｍ／秒）
１／ｒ1－１／ｒ2＝(１／2.656－１／0.636) ×10^-4ｋｍ^-1＝－1.196×10^-4ｋｍ^-1
従って、
ＧＭ／ｃ^2ｒ＝6.67×5.97×(－1.196)／3.00 ^2×10^-10＝－5.291×10^-10

３．相対性理論の影響
(0.828－5.291) ×10^-10＝－4.463×10^-10
従って、GPS 衛星にアインシュタインの相対性理論を使わないと、
１日で 4.46×10^-10×24×60×60=3.853×10^-5 秒だけ時間が進む。
１日で 3.853×10^-5 秒×3.00×10^+5ｋｍ／秒=11.6ｋｍだけ距離がずれる。