



$$\begin{aligned}\rho_r^s(t) &= \left| \mathbf{r}^s(t-dt_r(t-dt_r(t))-\tau) - \mathbf{r}_r(t-dt_r(t-dt_r(t))) \right| \\ &\approx \left| \mathbf{r}^s(t-dt_r(t) - \rho_r^s(t)/c) - \mathbf{U}(t-dt_r(t))^T \mathbf{r}_r \right| \\ &\approx \left| \mathbf{r}^s(t-dt_r(t) - \rho_r^s(t)/c) - \mathbf{U}(t)^T \mathbf{R}_Z(dt_r(t)\omega) \mathbf{r}_r \right|\end{aligned}$$

$$\rho_r^{s(0)}(t) = 0, \quad \rho_r^{s(i+1)}(t) = \left| \mathbf{r}^s(t-dt_r(t) - \rho_r^{s(i)}(t)/c) - \mathbf{U}(t)^T \mathbf{R}_Z(dt_r(t)\omega) \mathbf{r}_r \right|, \quad \rho_r^{s(i)}(t) \rightarrow \rho_r^s(t)$$

$$\Delta t = dt_r(t) + \rho_r^s(t)/c$$

$$\frac{\partial \rho_r^s(t)}{\partial \mathbf{r}^s(t-\Delta t)} = \frac{\left( \mathbf{r}^s(t-\Delta t) - \mathbf{U}(t)^T \mathbf{R}_Z(dt_r(t)\omega) \mathbf{r}_r \right)^T}{\rho_r^s(t)}$$

$$\frac{\partial \rho_r^s(t)}{\partial \mathbf{r}^s(t)} = \frac{\partial \rho_r^s(t)}{\partial \mathbf{r}^s(t-\Delta t)} \Phi_{rr}^s(t-\Delta t, t)$$

$$\frac{\partial \rho_r^s(t)}{\partial \mathbf{v}^s(t)} = \frac{\partial \rho_r^s(t)}{\partial \mathbf{r}^s(t-\Delta t)} \Phi_{rv}^s(t-\Delta t, t)$$

衛星位置速度 (地心慣性座標)  $\mathbf{r}^s(t)$  (m),  $\mathbf{v}^s(t)$  (m/sec)

観測局座標 (地球固定座標)  $\mathbf{r}_r'$  (m)

慣性座標→地球固定座標変換行列  $\mathbf{U}(t)$

受信機時計誤差  $dt_r(t)$  (sec)

## 衛星位置及近似計算

衛星位置  $\mathbf{r}^s(t - \Delta t)$  は以下二体問題の 2 次近似により求める。

$$\mathbf{r}(t - \Delta t) \approx \mathbf{r}(t) \left( 1 - \frac{GM_e}{2r^3} \Delta t^2 \right) - \mathbf{v}(t) \Delta t$$

## 遷移行列近似計算

遷移行列  $\Phi_{rr}^s(t - \Delta t, t)$ ,  $\Phi_{rv}^s(t - \Delta t, t)$  は以下二体問題の 2 次近似により求める。

$$\Phi_{rr}^s(t - \Delta t, t) \approx \mathbf{I}_{3 \times 3} - \frac{GM_e}{2r^3} \left( \mathbf{I}_{3 \times 3} - \frac{3\mathbf{r}\mathbf{r}^T}{r^2} \right) \Delta t^2 = \frac{GM_e}{2r^5} \begin{pmatrix} 3x^2 - r^2 & 3xy & 3xz \\ 3yx & 3y^2 - r^2 & 3yz \\ 3zx & 3zy & 3z^2 - r^2 \end{pmatrix} \Delta t^2$$

$$\Phi_{rv}^s(t - \Delta t, t) \approx -\mathbf{I}_{3 \times 3} \Delta t$$