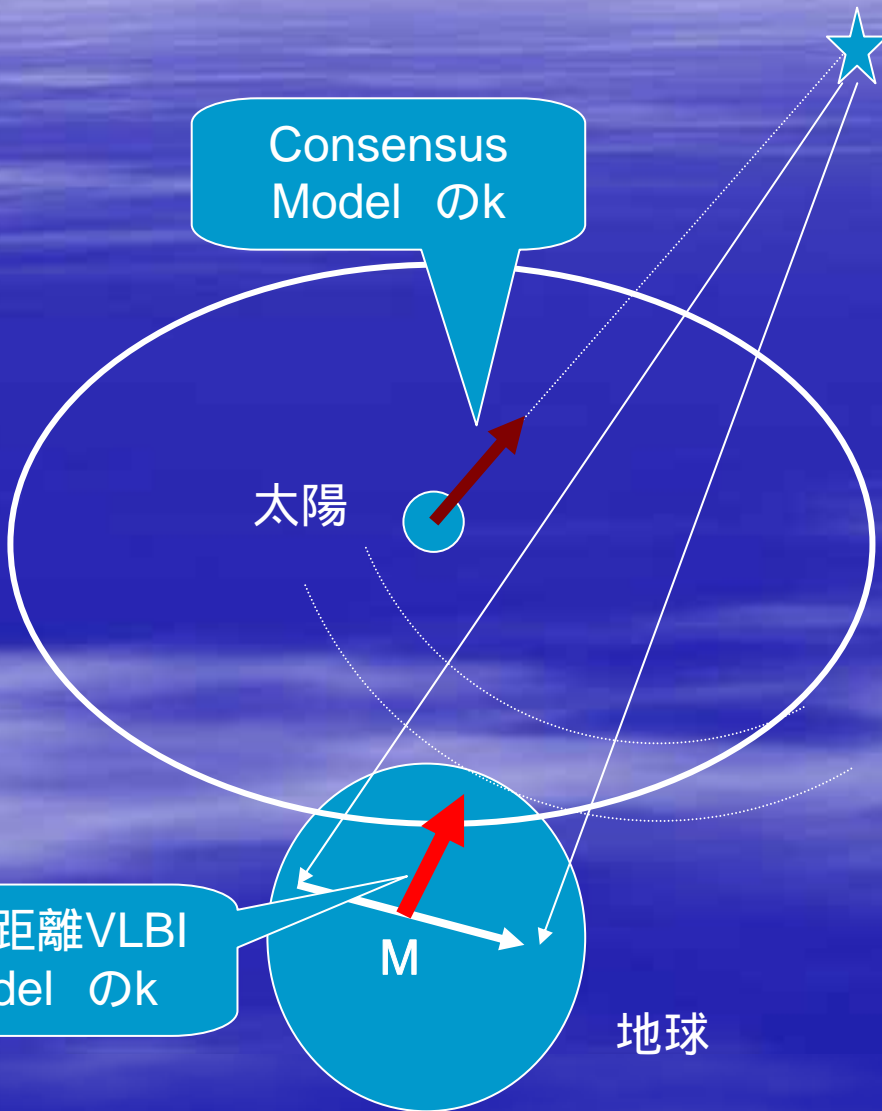


# 銀河系天体を観測する際の有 限距離効果について

関戸 衛 (NICT)

福島登志夫 (天文台)

# 通常 (無限遠点) と有限距離電波源の VLBI観測方程式の比較

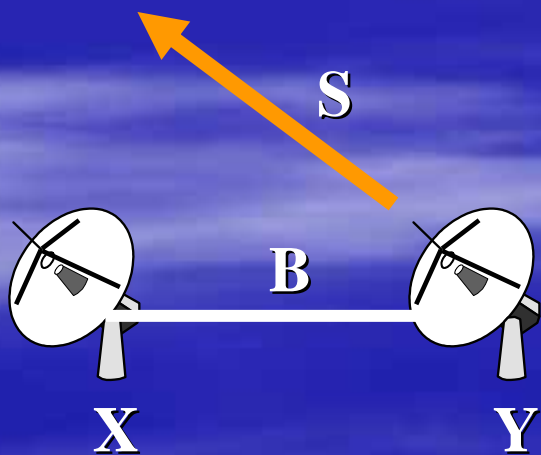


## 球面波の効果=> 方向ベクトルの違い

- Consensus Model:
  - SSBからの単位ベクトル
- 有限距離のモデル:
  - 基線の中点から電波源への擬似単位ベクトル

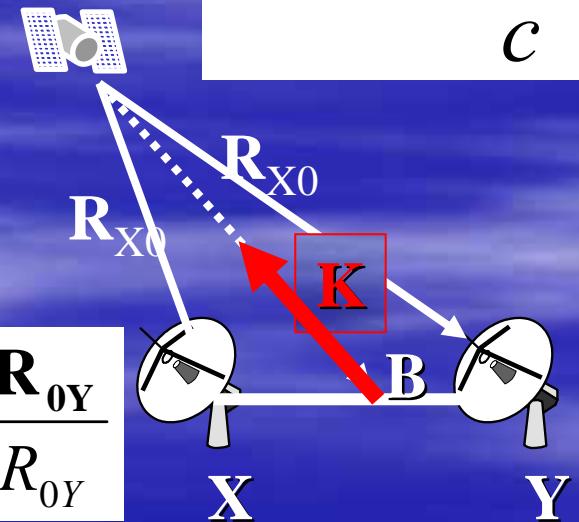
# 有限距離の電波源に対するVLBI 遅延モデル

## 通常のVLBI



$$\mathbf{B} = \mathbf{X} - \mathbf{Y}$$
$$\tau = -\frac{\mathbf{B} \cdot \mathbf{S}}{c}$$

## 有限距離電波源 に対するVLBI



$$\tau = -\frac{\mathbf{B} \cdot \mathbf{K}}{c}$$

$$\mathbf{K} = \frac{\mathbf{R}_{0X} + \mathbf{R}_{0Y}}{R_{0X} + R_{0Y}}$$

(Fukushima 1993 A&A)

# 有限距離電波現に対する VLBI遅延モデル

## コンセンサス モデル (M.Eubanks 1991)

$$\tau_2 - \tau_1 = \frac{\Delta t_g - \frac{\vec{S} \cdot \vec{b}}{c} \left[ 1 - (1 + \gamma)U - \frac{V_e^2 + 2\vec{V}_e \cdot \vec{w}_2}{2c^2} \right] - \frac{\vec{V}_e \cdot \vec{b}}{c^2} \left( 1 + \frac{\vec{S} \cdot \vec{V}_e}{2c} \right)}{1 + \frac{\vec{S} \cdot (\vec{V}_e + \vec{w}_2)}{c}}$$

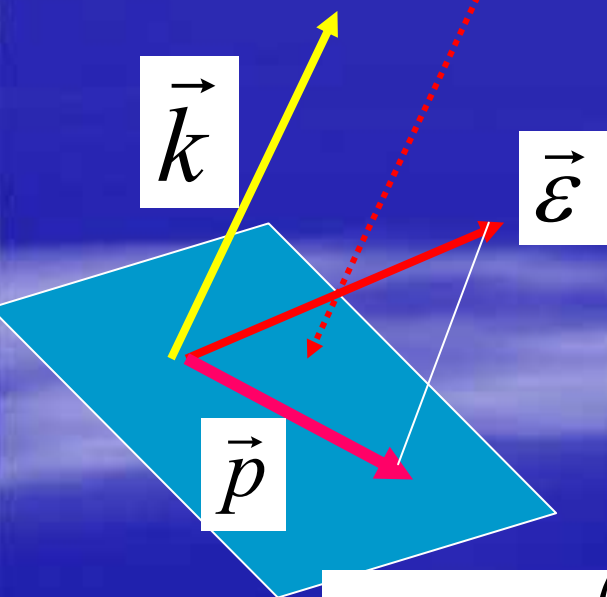
## 有限距離 VLBIモデル (Sekido & Fukushima 2004)

$$\tau_2 - \tau_1 = \frac{\Delta t_g - \frac{\vec{K} \cdot \vec{b}}{c} \left[ 1 - (1 + \gamma)U - \frac{V_e^2 + 2\vec{V}_e \cdot \vec{w}_2}{2c^2} \right] - \frac{\vec{V}_e \cdot \vec{b}}{c^2} \left( 1 + \hat{\mathbf{R}}_{02} \cdot \frac{\vec{V}_2}{c} - \frac{\vec{K} \cdot (\vec{V}_e + 2\vec{w}_2)}{2c} \right)}{\left( 1 + \hat{\mathbf{R}}_{02} \cdot \frac{\vec{V}_2}{c} \right) \left[ 1 + \frac{\vec{K} \cdot \vec{B} (\beta_2^2 - \beta_{02}^2)}{2R_{02} (1 + \beta_{02})^2} \right]}$$

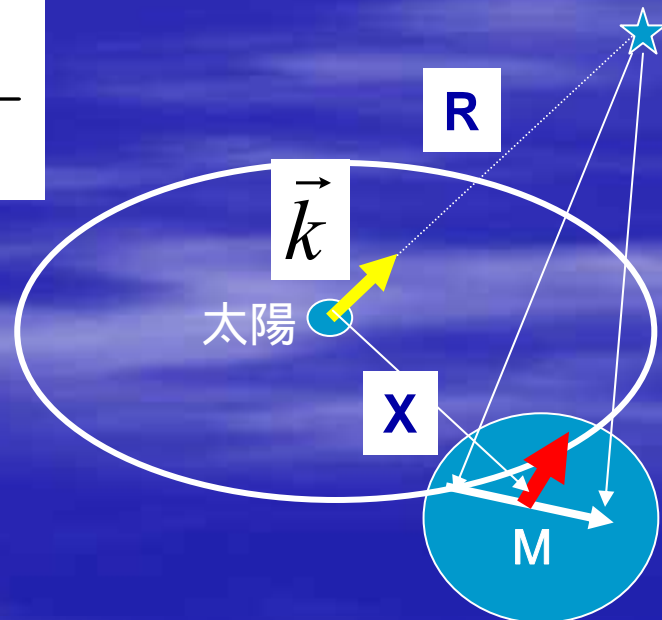
# 有限距離モデル—Consensus

距離 10 pc

$$\Delta\tau = \frac{\vec{b}}{c} \cdot \vec{p} + \frac{\vec{b} \cdot \vec{k}}{c} \left\{ -[\vec{p} + \vec{k}] \cdot \frac{\vec{V}_2}{c} + \frac{|\vec{V}_2 \times \vec{k}|^2}{2c^2 R_{02}} (\vec{b} \cdot \vec{k}) \right\}$$



$$\vec{\varepsilon} = \frac{\vec{X}}{R}$$



視差ベクトル  $\vec{p} \equiv \vec{\varepsilon} - (\vec{\varepsilon} \cdot \vec{k}) \vec{k}$

地球

# 有限距離モデル—Consensus

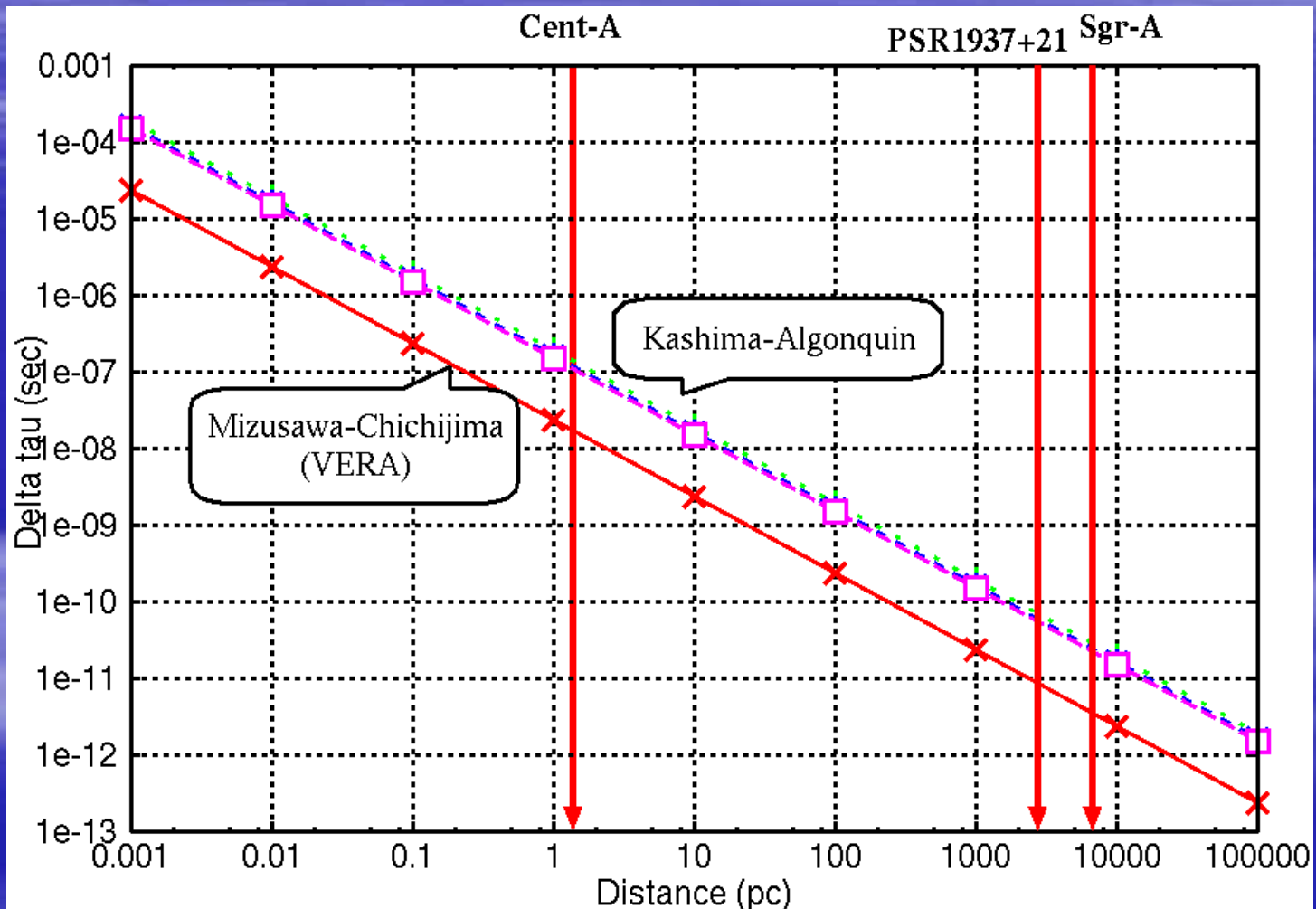
距離  $< 10 \text{ pc}$

$$\Delta\tau = -\frac{\vec{b} \cdot \Delta\vec{k} + (h_1 - h_2)(\vec{b} \cdot \vec{k})/c + (\vec{V}_E \cdot \vec{k})(V_2 \cdot \Delta\vec{k})/c^2}{(1 + \vec{k} \cdot V_2/c)}$$

距離  $> 10 \text{ pc}$   
の項

距離が  $10 \text{ pc}$  より近い場合には、精度  $1 \text{ ps}$  を要求すると（月なら  $1/60$ ）が大きくなり、遅延の差は数値的に評価する他ない。

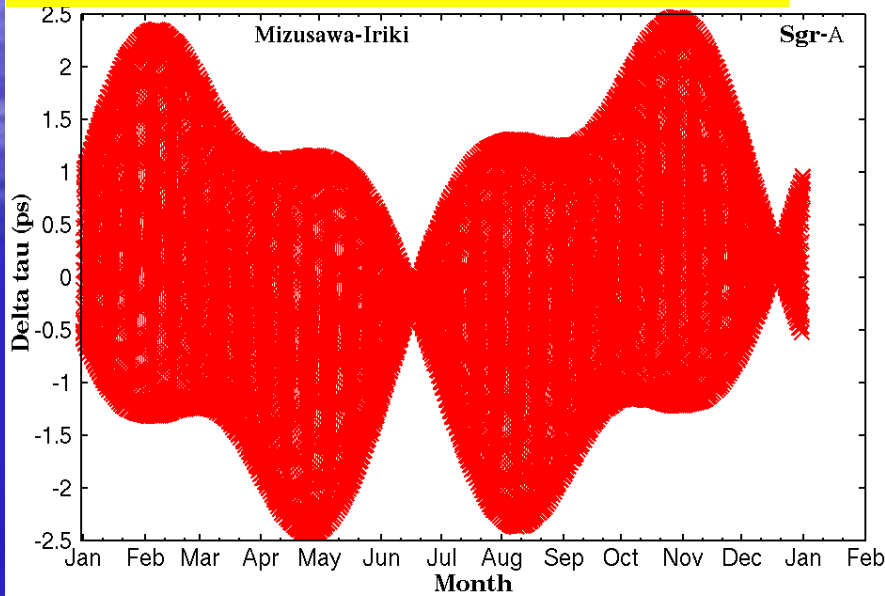
# 電波源距離：年周視差に相当する項



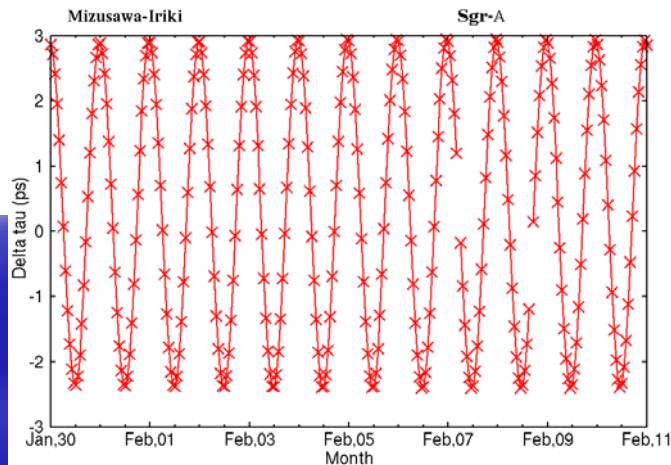
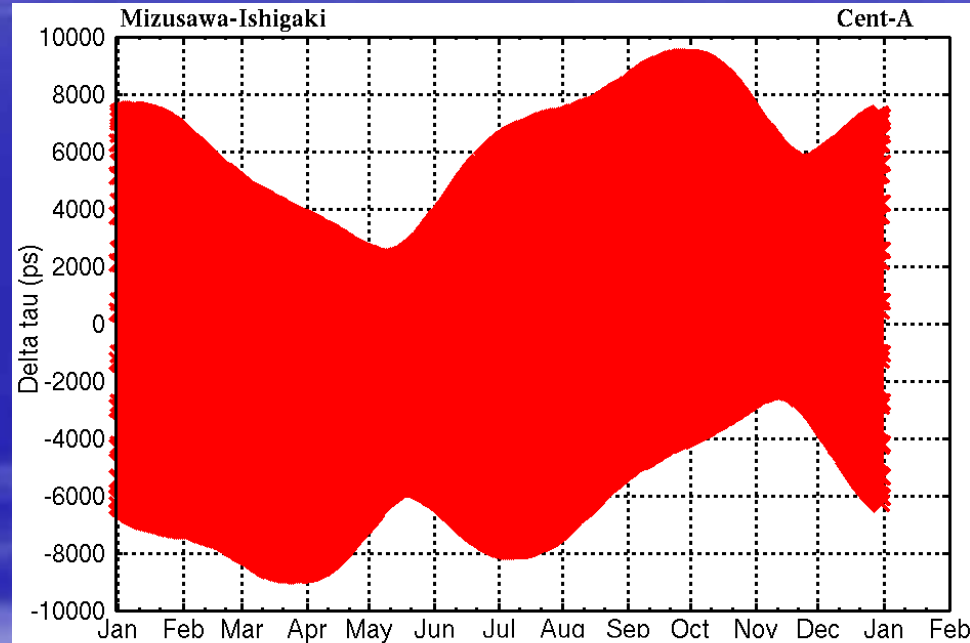


# 電波源距離:年周視差

水沢一入来 銀河中心

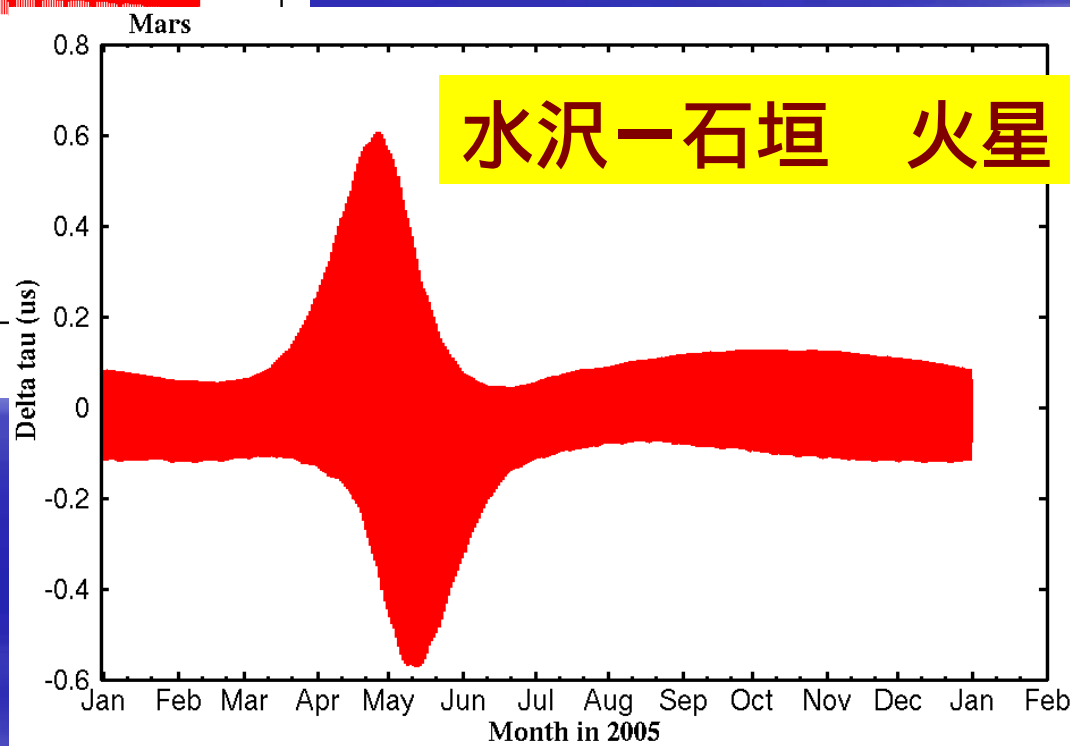
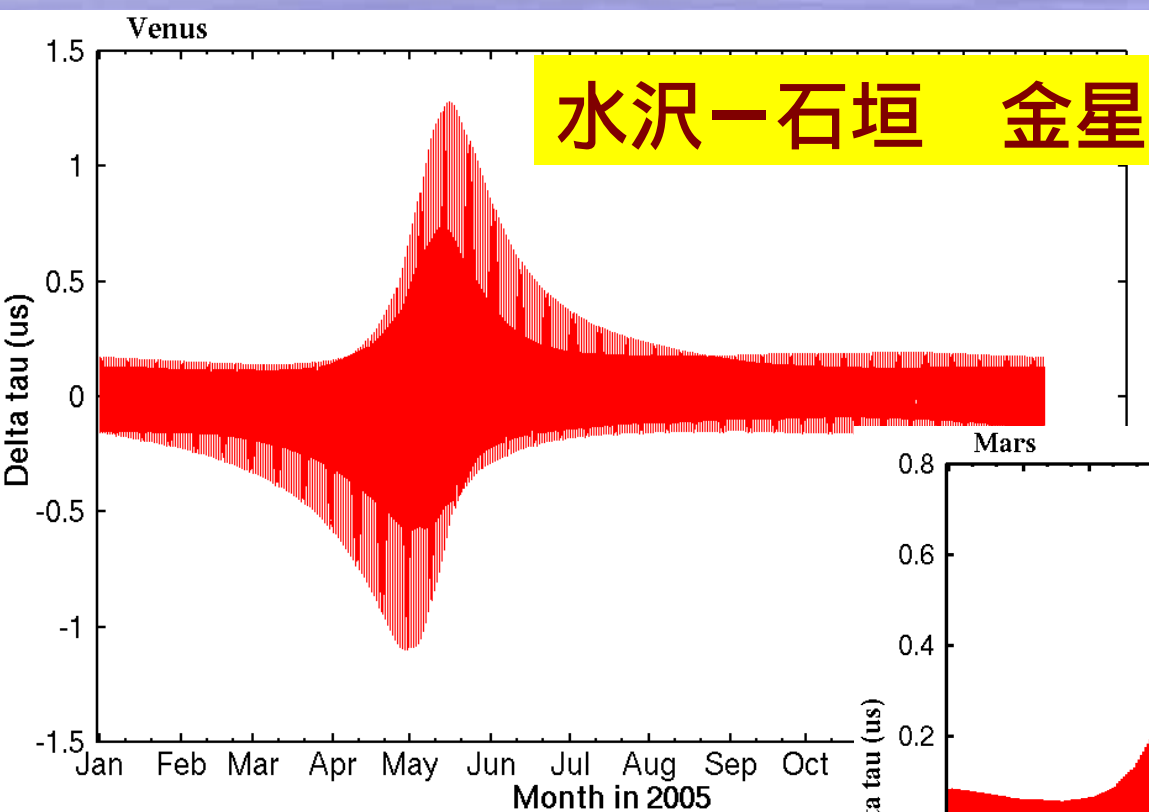


水沢一石垣 Cent-A

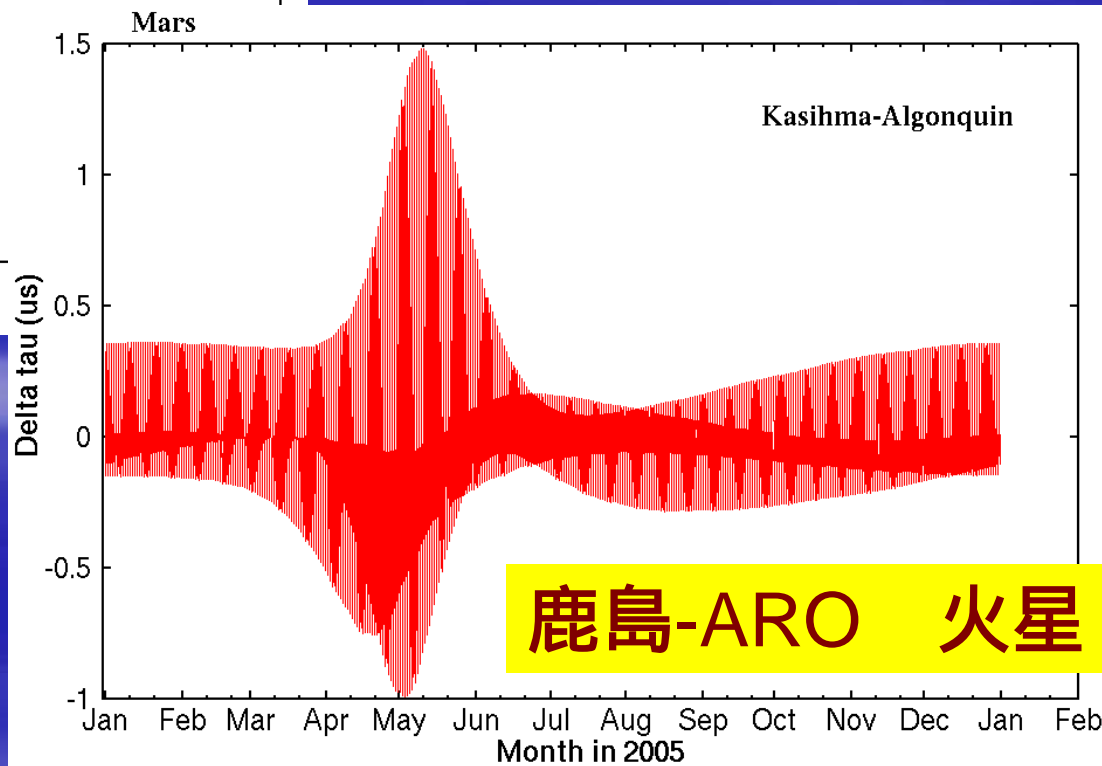
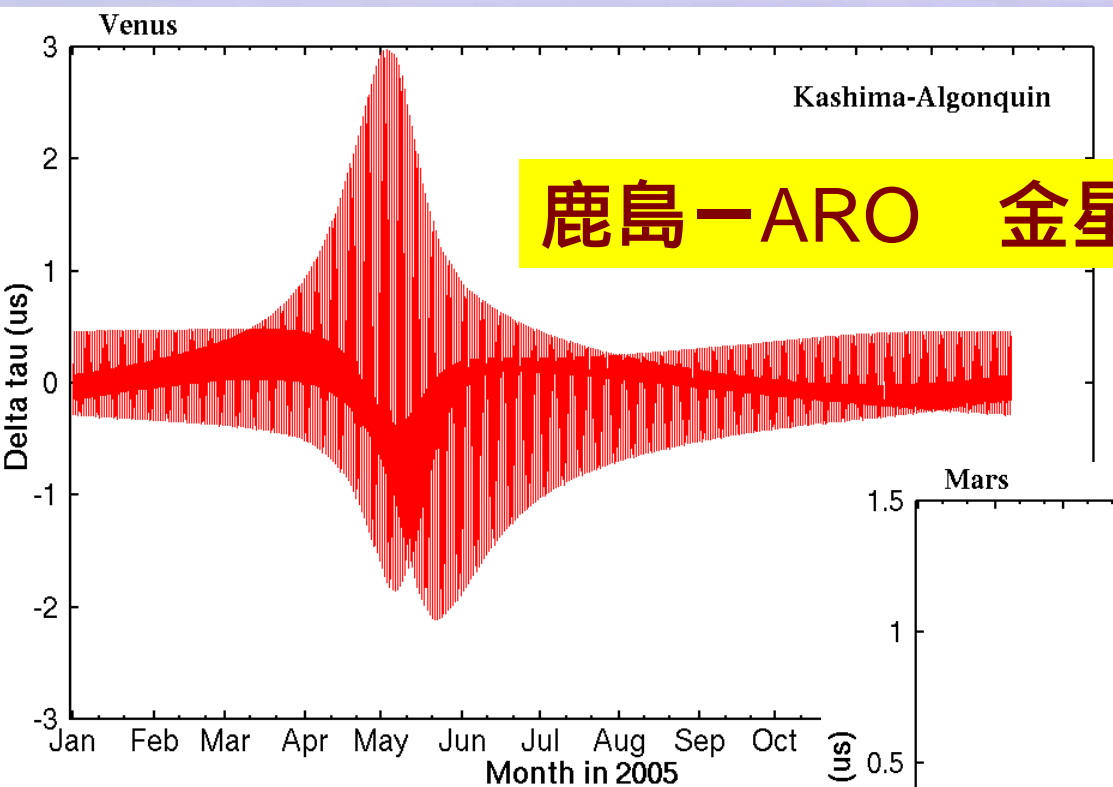




# 地平視差：太陽系內



# 地平視差：太陽系內



# まとめ

- 有限距離のVLBIモデルを導出した
- 距離 10 pc のときは、Consensusモデルとの遅延の差は視差ベクトルの関数に書けて、観測量から直接推定できる
- 年周視差遅延は銀河中心で数ps、Cen-Aで数ナノ秒
- 太陽系内の電波源では地平視差の遅延  
~ マイクロ秒