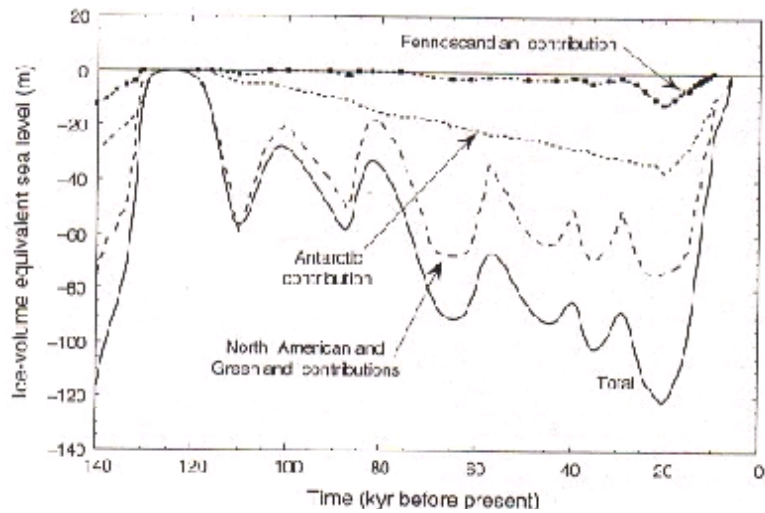


長期地球自轉變動

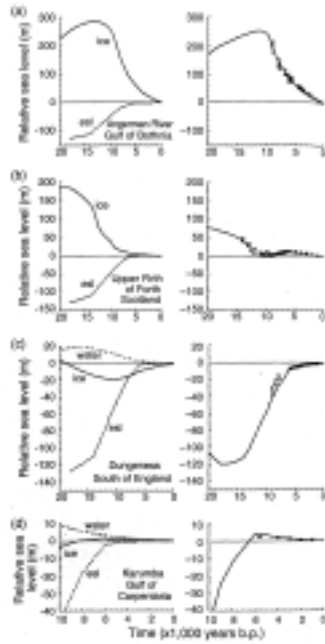
河鱒公昭 (名古屋大学名誉教授)

2004/3/1

1 石器時代海面変化 (WMO Climate Change 2001 による)



2 縄文時代海面変化 (WMO Climate Change 2001 による)



低緯度 (d 図)では 6000 年前に海面最高。海面は現在の海面より 2.5~3.5 m 上。

3 潮汐効果 (Kant 1754)

- ・潮汐効果による地球自転速度の減少
- ・角運動量の保存により月の公転運動の角運動量が増加
- 月が遠ざかる



n : 月の公転角速度

r : 月の平均距離

ケプラーの第三法則

$$n^2 r^3 = \text{const.}$$

上式を時間微分

$$\frac{\dot{r}}{r} = -\frac{2\dot{n}}{3n}$$

$r = 3.83 \times 10^8 \text{m}$, $n = 1.732 \times 10^9 \text{arcsec/cy}$ を代入すると

$$\dot{r} = 0.148 \dot{n} r / \text{cy.}$$

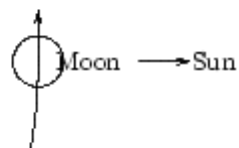
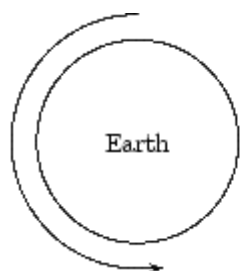
$$\dot{n} = -26''/\text{cy}^2 = 2 \times \text{潮汐項}$$

を代入すると

$$\dot{r} = 3.86 \text{m/cy}$$

4 日食のパラメータ

- ・19 世紀末まで：両者の差のみ
- 地球回転の減速（月黄経の永年加速）
- ・太陽黄経の対恒星永年加速（Hansen 1857）
- ・Cowell（1906） 月黄経の潮汐加速（負）
- ・太陽の対恒星永年加速
- 地球回転の減速による（Fotheringham 1920）
- 月黄経の永年加速=地球回転減速+潮汐加速
- 地球の角運動量と慣性能率の変動
- 暦表時（1952）



5 Fotheringham (1920)

$$\text{月黄経の永年加速} = 10''.8/\text{cy}^2 \quad (1)$$

$$\text{太陽黄経の永年加速} = 1''.5/\text{cy}^2 \quad (2)$$

$$\text{惑星摂動による月黄経の永年加速} = 6''.0/\text{cy}^2 \quad (3)$$

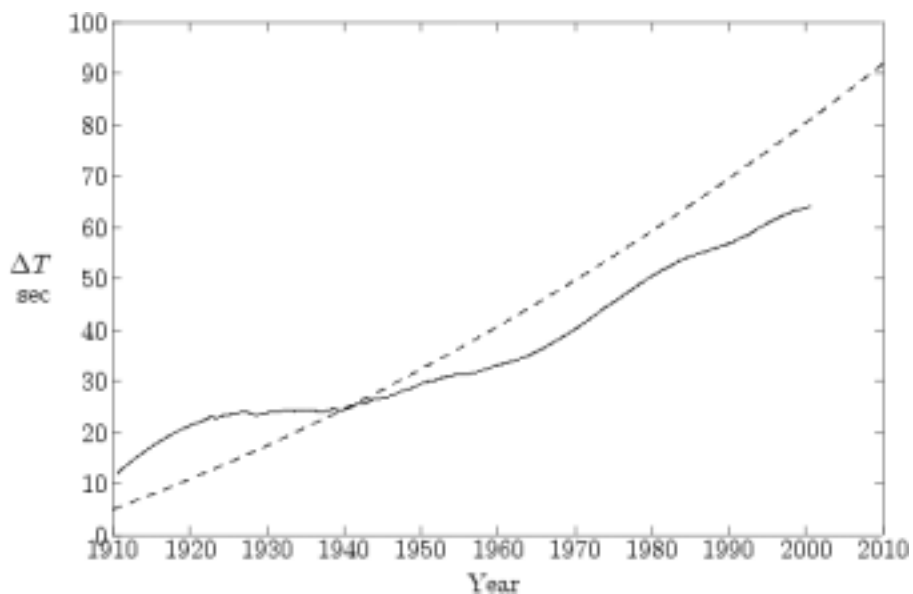
$$\begin{aligned} \text{月黄経永年加速理論値} &= 13.4 \times (2) + (3) \\ &= 20''.1 + 6''.0/\text{cy}^2 \\ &= 26''.1/\text{cy}^2 \quad (4) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{潮汐項} &= (1) - (4) \\ &= 10''.8 - 26''.1/\text{cy}^2 \\ &= -15''.3/\text{cy}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{潮汐加速} &= 2 \times \text{潮汐項} \\ &= -30''.6/\text{cy}^2 \end{aligned}$$

13.4 = 恒星年/恒星月

6 暦表時採択 (1952) 以降の日月食・掩蔽の計算は $\Delta T = TT - UT$ と潮汐項による



7. 我々の研究成果のまとめ

(詳細は谷川のポスター)

・解析方法

- ΔT は個別観測記録から
- ΔT は急には変化しないことを利用
 - ・複数記録の整合性でチェック

・日本の記録

-日本書紀

- ・観測結果: 推古・舒明・天武
- ・予測: 持統

-続日本紀 予測による

-平安初期 (11世紀初頭まで)

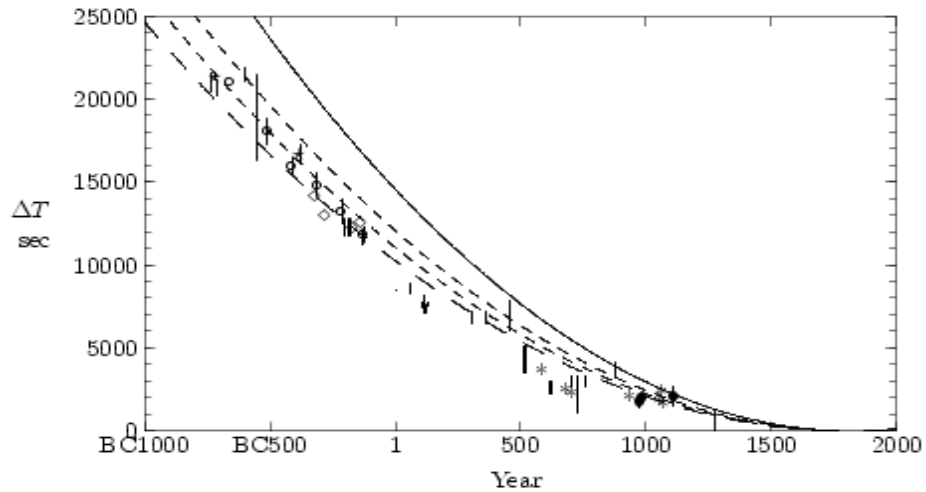
観測記録: 記録が詳しいものは正しい

簡単な記録は確認出来ない

予測値は京都の値: 三代実録・朝野群載・小右記

予測値は洛陽の値: 左経記

8 $\Delta T = TT - UT$



実線：潮汐加速による成分（19 世紀中頃の地球慣性能率を仮定）

短破線：海面変化にともなった地球慣性能率の変化を考慮した場合の潮汐加速による成分

海面の変化を 6000 年で 2.5 m とした場合と 3.5 m とした場合の 2 例

長破線：観測値を放物線で近似した場合（Stephenson 1997 による）

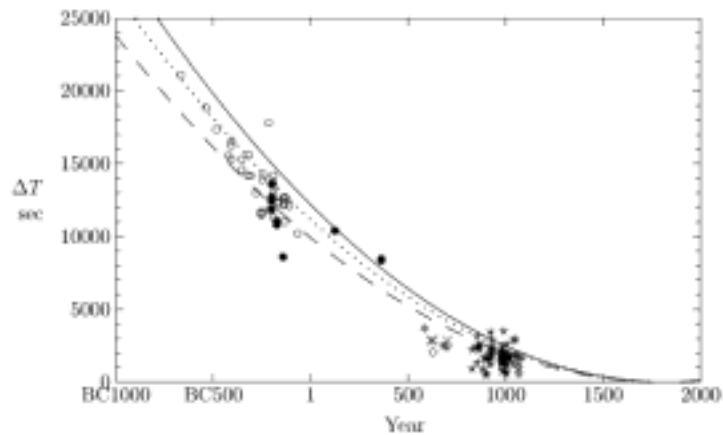
9 安南の日食記録（渡辺・斉藤小沢に記載なし）

Ho Peng-Yoke 1964（大橋由紀夫氏より）

-147 11 20 TD - UT = 12700.0 sec
Corr. to tidal time 0.20 "/y²



10 過去の国内研究に於ける仮定値



青藤・小沢 (1992): 実線, ET (1952): 破線, Schoch (1926): 点線, Fotheringham (1920): 実線.
 ○: バビロニア, ●: ギリシヤ, * : アラブ ×: 中国,
 ⊗: 谷川・相馬 (2001), ⊗: Kawabata, Tanikawa and Soma (2003).

11 十月之交（詩經小雅の詩）

・十月之交。朔日辛卯。日有食之。亦孔之醜。彼月而微。此日而微。今此下民。亦孔之哀。

・日月告凶。不用其行。四國無政。不用其良。彼月而食。則維其常。此日而食。于何不臧。

.....

・皇父卿士。...豔妻煽方處。

.....

・皇父孔聖。作都于向。擇三有事。亶侯多藏。不憚遺一老。俾守我王。擇有車馬。以居徂向

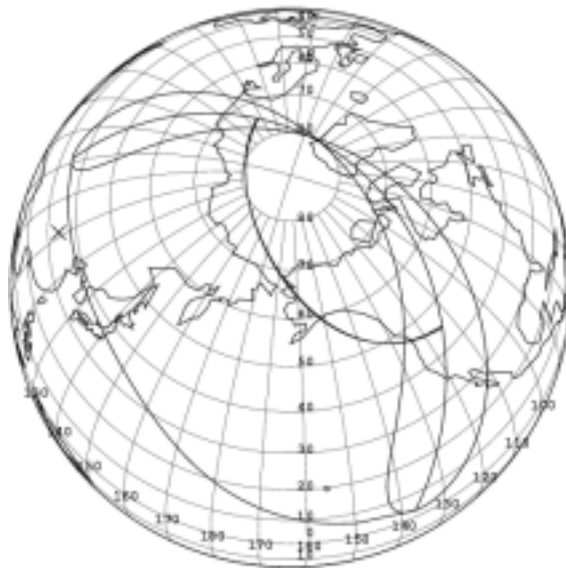
.....

12 幽王六年十月朔日辛卯 (BC 736 Sep 6)

詩経には月と日干支のみが記載され、年を記載無し。

梁の太史令 虞**裕**が「幽王六年」と推定。大衍暦・授時暦でこの日に日食が有った事が確認され 19 世紀末まで信じられてきた。

Johnson が周の領域では食にならないことを示したことが Chambers に引用されているが、Chambers には文献引用が無い。Hirayama and Ogura (1915) は鎬京 (×印) では食にならない事示した。

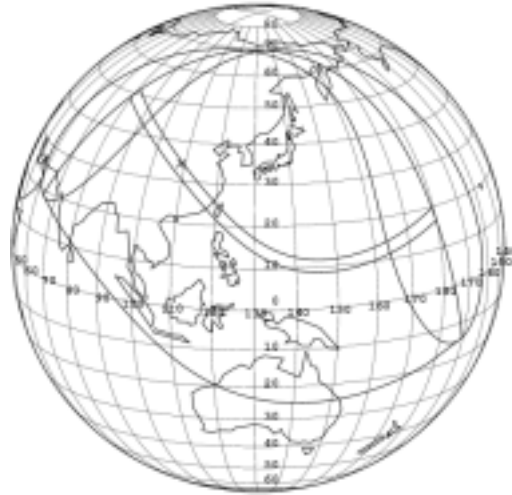


13 十月之交 平山・小倉説と斎藤説

・平山・小倉説

・Tokyo Sugaku -Buturigakkai Kizi (1915)

・BC 735 Nov 30 (平王三十六年)



・平王の時代になると食分が大きい日食が相次いでいる。この月食の直前に皆既月食が何回も起っている。金環食。多くの点で詩及び竹書紀年の記述と合致する。

斎藤説

・古天文学の散歩道 (1992)

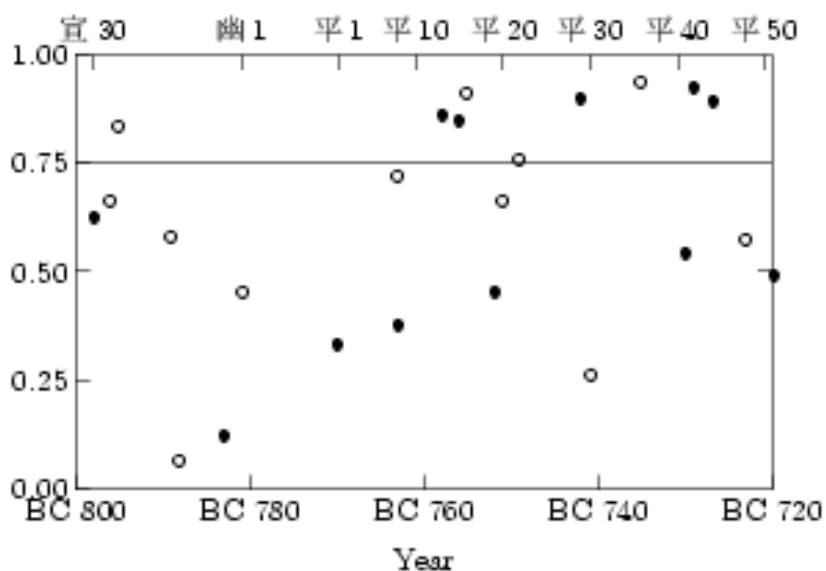
・BC 781 Jun 3 (幽王元年)



食分が小さい。前に月食が無いなど詩の記述と合わない。日付が竹書紀年の冬十月と合わない。梁以降に創られた話に基づいているなどの難点がある。

14 竹書記年

- ・幽王 三年王嬖褒姒 冬大震電
- ・五年王世子宜臼出奔申 皇父作都于向
- ・六年王命伯士帥師伐六濟之戎王師敗逋 西戎滅 蓋冬十月辛卯朔日有食之
- ・八年王錫司徒鄭伯多父命 王立褒姒之子曰伯服為太子



縦軸が 0.75 に引かれた横線は Ginzel による日食認識の限界値。この線より食分の小さい縦軸は食分。黒丸は日の出・日の入り時の日食。

日食は日の出・日の入り時にかからない限り気付かれない。

15. BC 899 Apr 21 の日食 double sunrise

新発掘甲骨文に記載された日食 (Pang *et al.* 2002)

・Stephenson (放物線近似): $\Delta T=22900$ sec

-898 4 21 TD - UT = 22900.0 sec
Corr. to tidal term 0.00 "/day²



日の出は食尽後。

・ $\Delta T=20000$ sec

-898 4 21 TD - UT = 20000.0 sec
Corr. to tidal term 0.00 "/day²



ΔT を 20000 sec 以下に取ると、日の出後間もなく皆既になる。

16. 竹書紀年の日食 (平勢 2003)

・BC976 May 31

・昭王十九年天大暘雉兔皆震

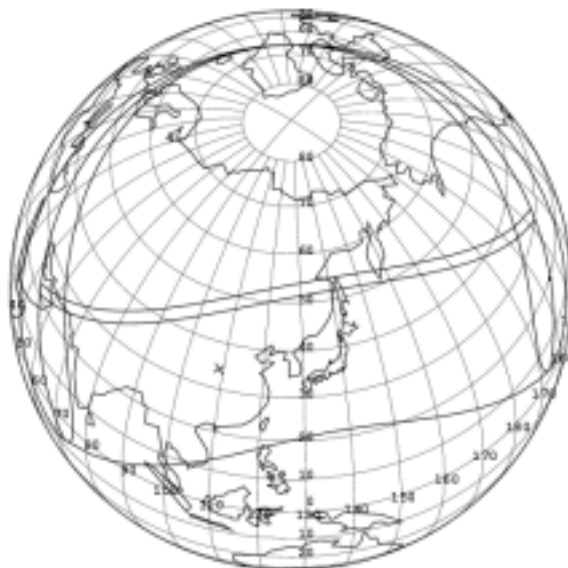
-975 5 31 TD - UT = 94200.0 sec
Corr. to tidal term 0.00 "/cy²



・BC 903 Jul 3

・懿王元年丙寅 天再旦

-902 7 3 TD - UT = 22950.0 sec
Corr. to tidal term 0.00 "/cy²



17. BC 1302 Jun 5 (Pang *et al.* 2002) 新発見甲骨文記載の皆既食
・放物線近似 (Stephenson 1997) $\Delta T=30200$ sec

-1301 6 5 TD - UT = 30200.0 sec
corr. to tidal term 1.90 "/cy²



・ $\Delta T=25000$ sec

-1301 6 5 TD - UT = 25000.0 sec
corr. to tidal term 1.00 "/cy²



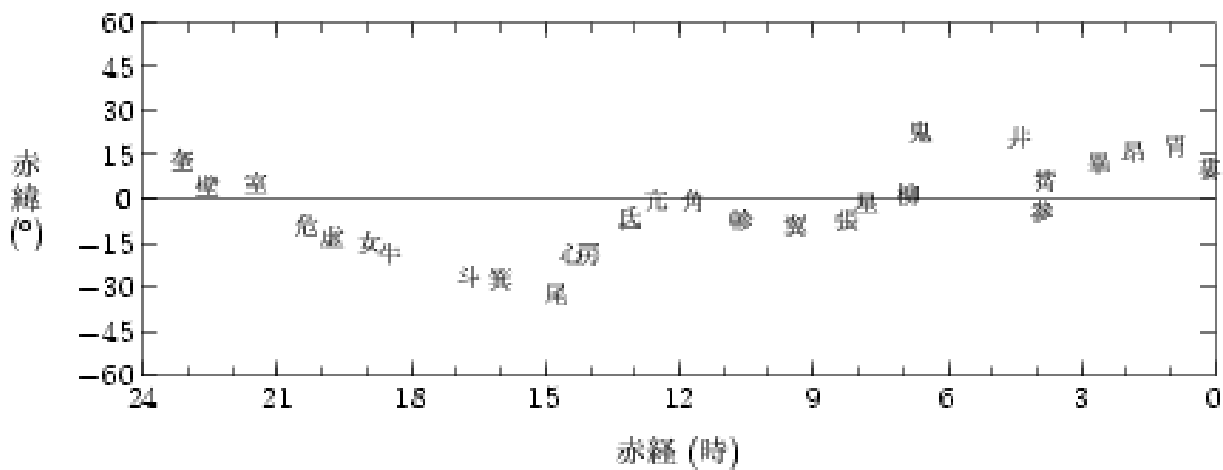
18. 中国最初の日食記録 尚書（書経）

・惟仲康、肇位四海、胤侯掌王六師、胤侯命掌六師、羲和廢厥職、酒荒于厥邑、胤侯承王命、徂征、

・乃季秋月朔、辰弗集于房、傳辰日月所會房所舍之次集合也、不合即日食可知、瞽奏鼓、鼗夫馳、庶人走、傳凡日食天子伐鼓、

19. 二十八宿（西暦元年）

房：π Sco



20. 仲康の日食の大衍曆による予測 (僧一行 元史 授時曆)

・書胤征惟仲康肇位四海乃季秋月朔辰弗集于房

-今按大衍曆作仲康即位之五年癸巳距辛巳 (AD 1281) 三千四百八年 (BC 2128) 九月庚戌朔泛交二十六日五千四百二十一分入食限

-房: π Sco

・Hirayama and Ogura (1915)

-九月庚戌朔 Oct 13

-中国では食にならない

-下図 平山・小倉論文の図と合う。

・Newcomb (1912)

-曆表時の太陽黄経

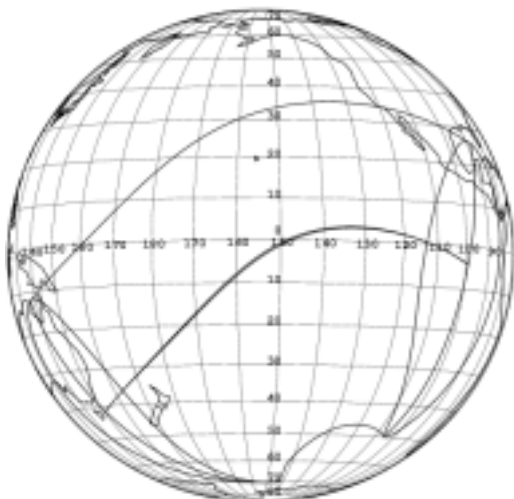
-2127 10 13 TD - UT = 48300.0 sec
 Corr. to tidal term 0.00 "/cy²



21. 竹書紀年の仲康五年 (BC 1888) の日食。中国では見えない。

-1887 6 3 TD - UT = 42600.0 sec
 Corr. to tidal term 0.08 "/cy²

-1887 11 28 TD - UT = 42600.0 sec
 Corr. to tidal term 0.08 "/cy²

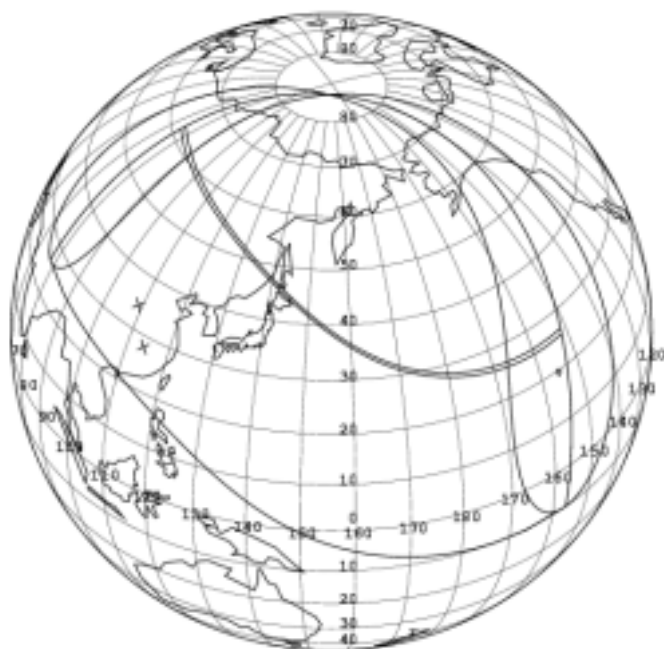


22. 新発見の甲骨文により竹書紀年の年を改訂

BC 1876 Oct 16

-1875 10 16 TD - UT = 42300.0 sec

corr. to tidal term 0.00 "/cy²



23. BC 1912 Sep 24

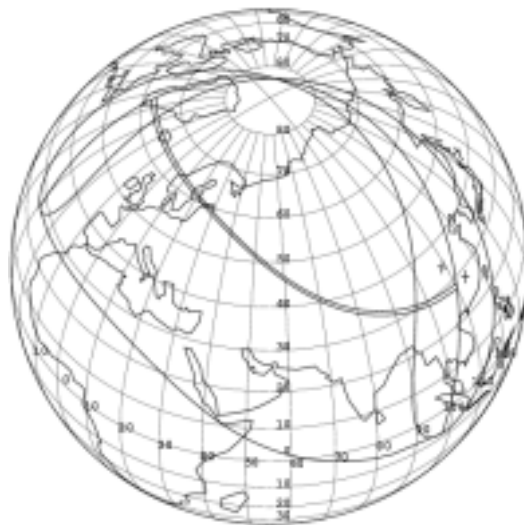
Pang et al (2002): 帝禹(竹書紀年他) double sunset over San Miao

齊藤・小沢 (長安で深食): 帝仲康の日食

・Tidal term= $-13.0''/\text{cy}^2$

・LLR による

-1911 9 24 TD - UT = 43100.0 sec
corr. to tidal term 8.00 ''/cy²



高緯度の×印が長安。低緯度の×印は Pang による観測地。

・Tidal term = $-15.3''/\text{cy}^2$

齊藤採用の数値

-1911 9 24 TD - UT = 43100.0 sec
corr. to tidal term -8.00 ''/cy²

-1911 9 24 TD - UT = 51200.0 sec
corr. to tidal term -8.00 ''/cy²

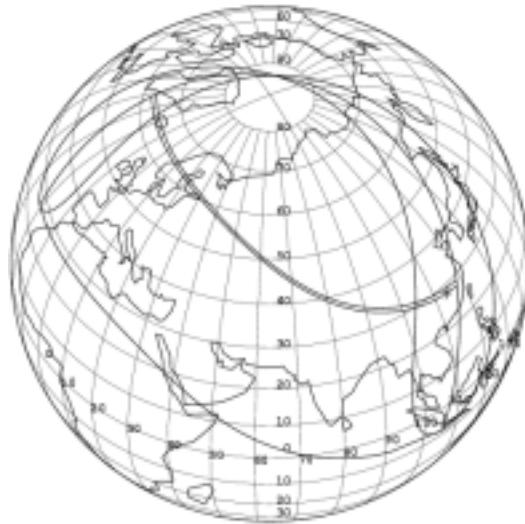


左図では上図と同じ ΔT 。長安では食の始まる前に日没。右図では齊藤・小沢の ΔT 。この場合日没前に食尽になる。齊藤の潮汐項の値では皆既食帯の緯度が大きく変わるので、 ΔT を変化させても正しい位置にはならない。

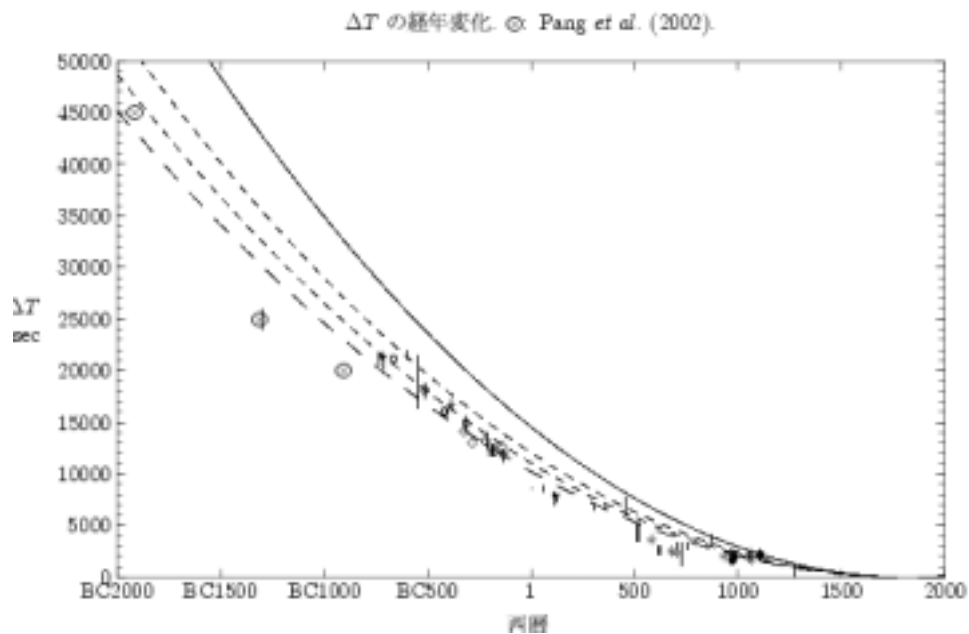
24. BC 1912 Sep 24

Pang et al. (2002): double sunset over San Miao

-1911 9 24 TD - UT = 45000.0 sec
corr. to tidal term 8.00 "/cy²



25. ΔT の長期変化



実線は 19 世紀中頃の地球慣性能率を仮定した場合の潮汐効果による ΔT 。

短破線は海面変動の効果を考慮した場合の上限並びに下限。

長破線は Stephenson (1997) の放物線近似。