

## 世界の日食頻度

上田暁俊、相馬充、谷川清隆（国立天文台）

### 背景及び目的

我々は、古い日食記録を利用し、過去に遡り地球の  $\Delta T$  を求める事を行っている。 $\Delta T$  の変化は地球環境の変化による所も大きく、地球の過去を読み解く上で、良い資料となりうる。過去の日食記録は、しばしば不完全な物、伝聞、伝承時の間違い等を含む。そこで、多くの記録が残っている地点の抽出を行い、日食が起こりうる  $\Delta T$  の範囲や日食が特定地点で起こりうる確率を精査する事により、史料の信頼度について検討を行う必要があり、計算を進めていた。この過程で、先人が行ってきた日食頻度計算の結果に疑問を持つようになった<sup>1-3</sup>。そこで、全球での日食発生日数を計算し精査した。

### 計算について

全球に渡り、表 1 に示される法則に則り格子点を配置した。格子点を日食帯が通るかどうかを計算により判別している。4 点の隣接する格子点で囲まれる面積が、どの場所でもほぼ同じに成るようになっている。これは、面積で規格化した日食発生日数を示している事になる。

Latitude	COS $\theta$	36 $\times$ COS $\theta$	Number of Grid points
90	-	Pole=1	1
80	0.173648178	6.251334396	6
70	0.342020143	12.31272516	12
60	0.5	18	18
50	0.64278761	23.14035395	24
40	0.766044443	27.57759995	30
30	0.866025404	31.17691454	30
20	0.939692621	33.82893435	36
10	0.984807753	35.45307911	36
0	1	36	36

表 1 全球上の格子点配置方法。

計算を行った期間は、紀元前 2000 年～紀元後 3000 年の間に、この格子点を横切る日食帯の数を数えた。日食は、皆既、金環、部分に分けて計算している。

計算に用いた  $\Delta T$  は Stephenson (1997)<sup>4</sup>、Stephenson and Houlden (1986)<sup>5</sup>、西暦 2000 年～3000 年は、 $\Delta T$  の予測値であり、両方の  $\Delta T$  モデルに対して同じ値を用いた。異なる

$\Delta T$  による計算を行う事により、 $\Delta T$  モデルが計算結果に影響を与えるかどうかを検証している。それぞれの  $\Delta T$  モデルは、図 1 に示される。

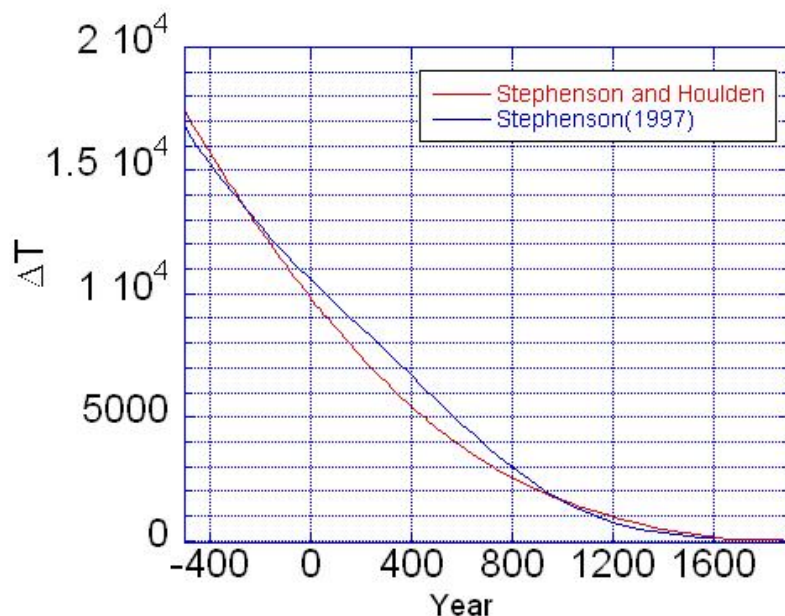


図 1 Stephenson (1997)、Stephenson and Houlden (1986)の  $\Delta T$ 。

結果については、紀元前 2000 より 1000 年ずつの周期で平均を出した。それぞれの周期に対して、平均を出し、順次西暦 3000 年まで加算した。グラフ中の x 軸は下記法則に従って書かれている。

Year			
From	To	Period	X scale
-2000	-1000	First	1000
-999	0	Second	2000
1	1000	Third	3000
1001	2000	Forth	4000
2001	3000	Fifth	5000

### 計算結果

計算結果を図 2～図 1 3 に示す。図中の Deg. は緯度を示している。

1000 年間に統計的に十分な期間であれば、5000 年間の日食回数は一次関数的に増加する。南半球、北半球、いずれの  $\Delta T$  モデルの場合においても、極方向へ向かうにつれ格子点を横切る頻度は増加している。これは、極方向では投影される陰が楕円となり面積が大きくなるためであり、直感的に良く理解できる。しかし、例外が一点確認された。南半球の皆既日食 (図 3, 図 9) については、いずれの  $\Delta T$  モデルでも、極方向へ向かうにつれその頻度

が減少している。

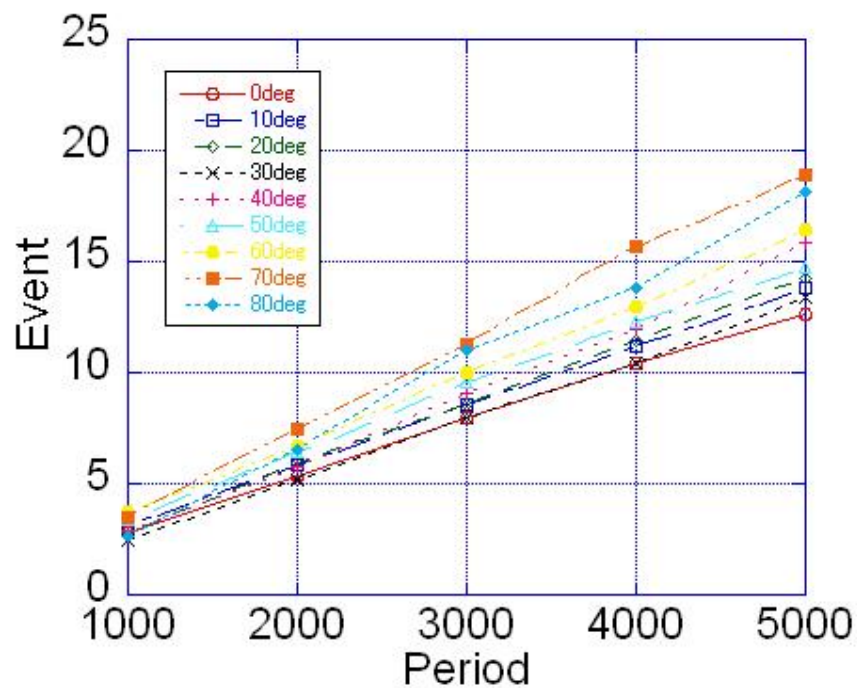


図 2 北半球の皆既日食回数。  $\Delta T = \text{Stephenson and Houlden}$ .

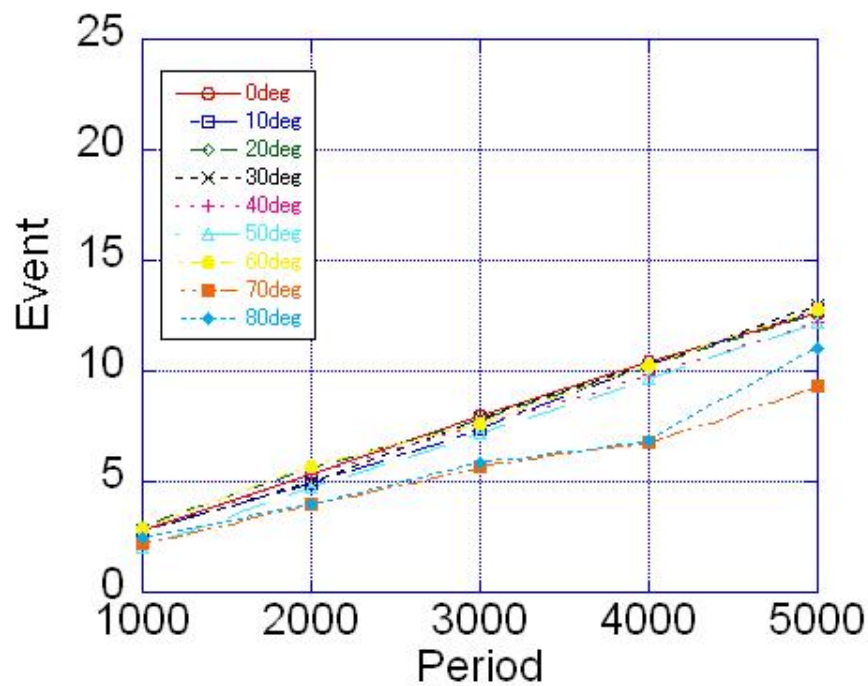


図 3 南半球の皆既日食回数。  $\Delta T = \text{Stephenson and Houlden}$ .

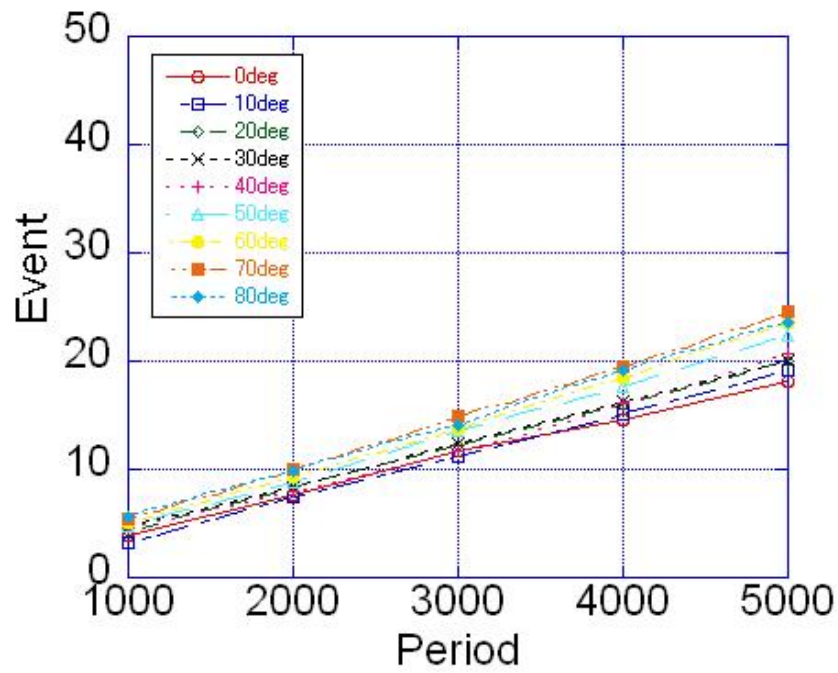


図 4 北半球の金環日食回数。  $\Delta T = \text{Stephenson and Houlden}$ .

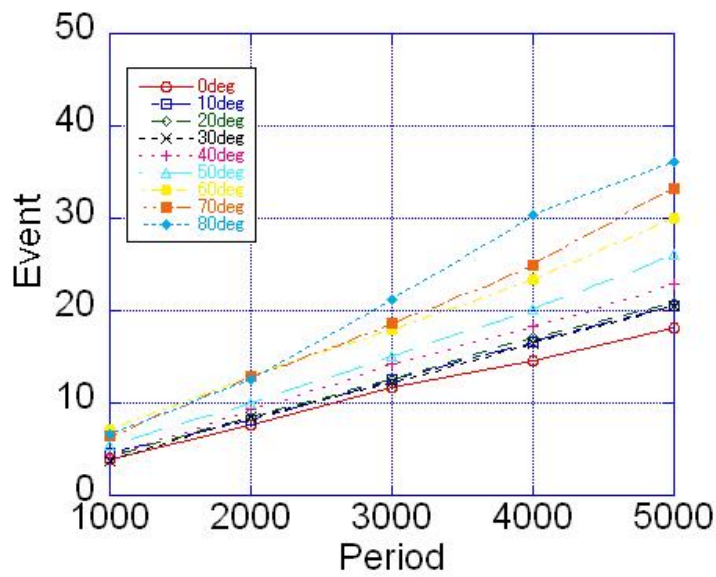


図 5 南半球の金環日食回数。  $\Delta T = \text{Stephenson and Houlden}$ .

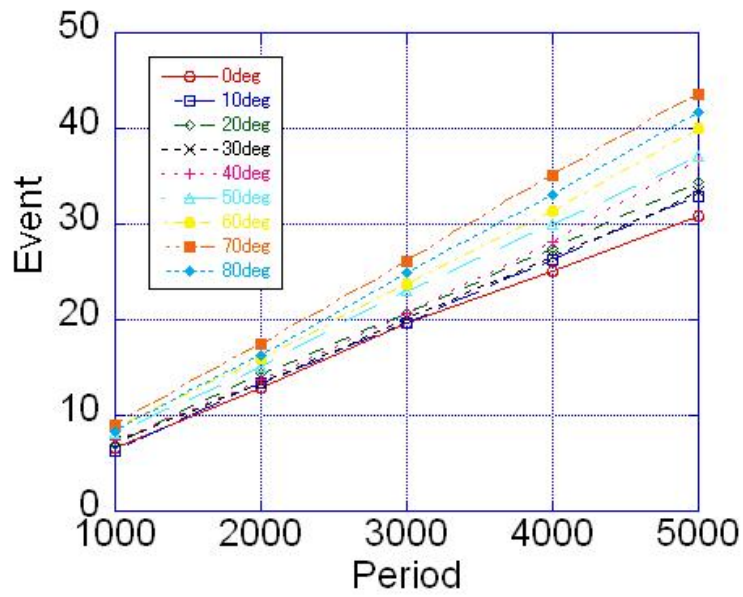


図 6 北半球の皆既+金環日食。  $\Delta T = \text{Stephenson and Houlden}$ .

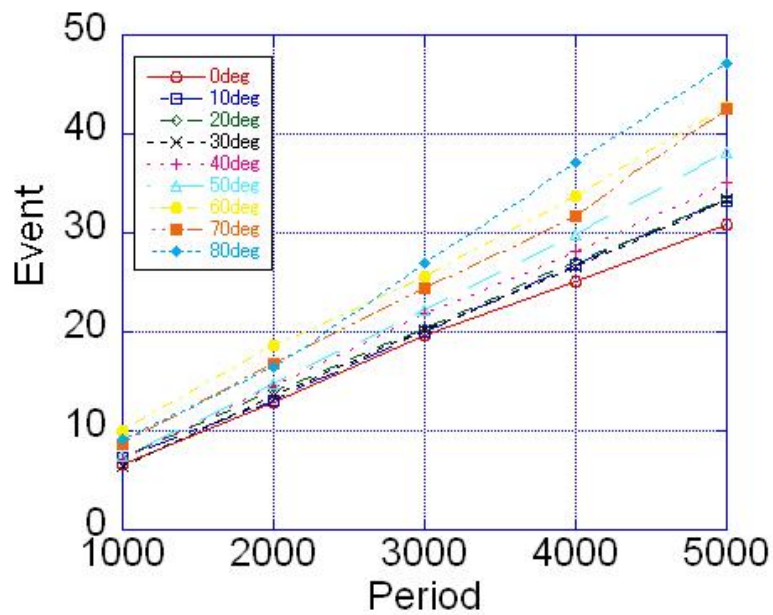


図 7 南半球の金環+皆既回数。  $\Delta T = \text{Stephenson and Houlden}$ .

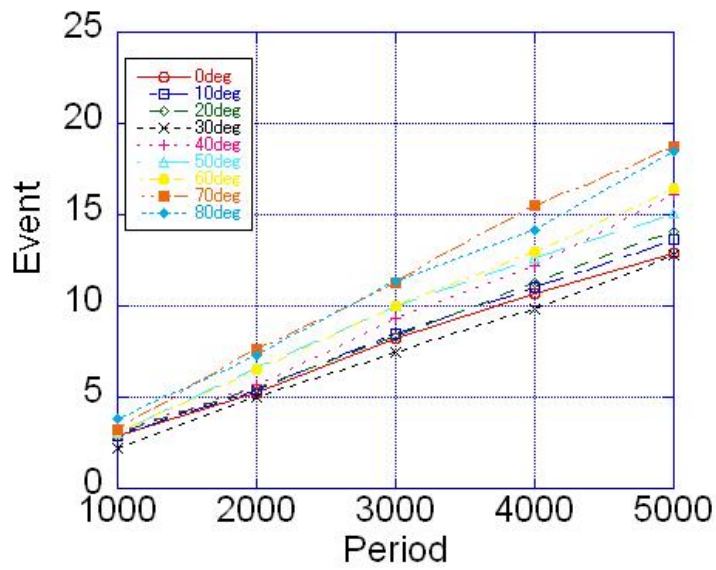


図 8 北半球の皆既日食回数。  $\Delta T = \text{Stephenson}$ .

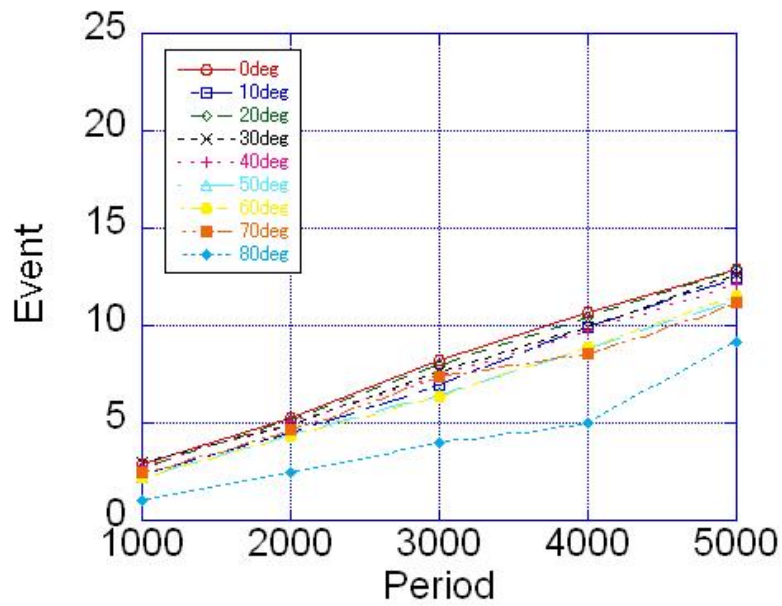


図 9 南半球の皆既日食回数。  $\Delta T = \text{Stephenson}$ .

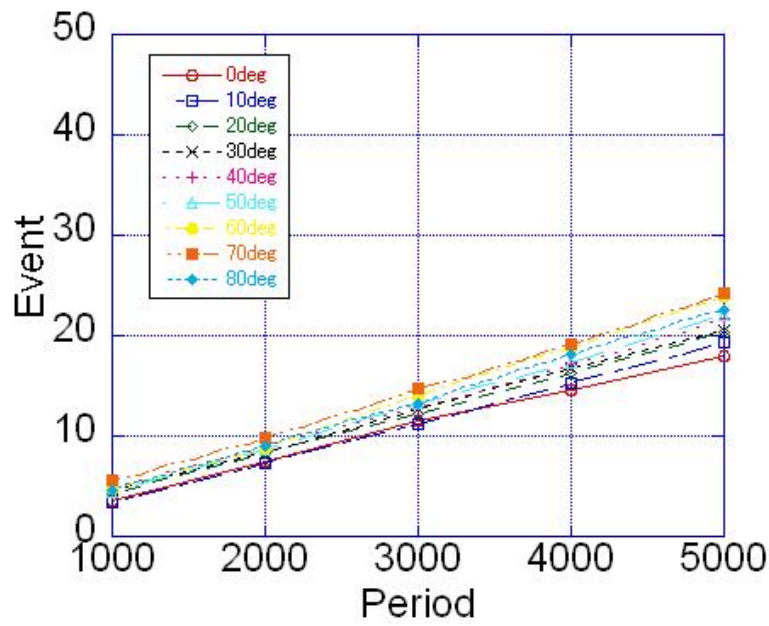


図 10 北半球の金環日食回数。  $\Delta T = \text{Stephenson}$ .

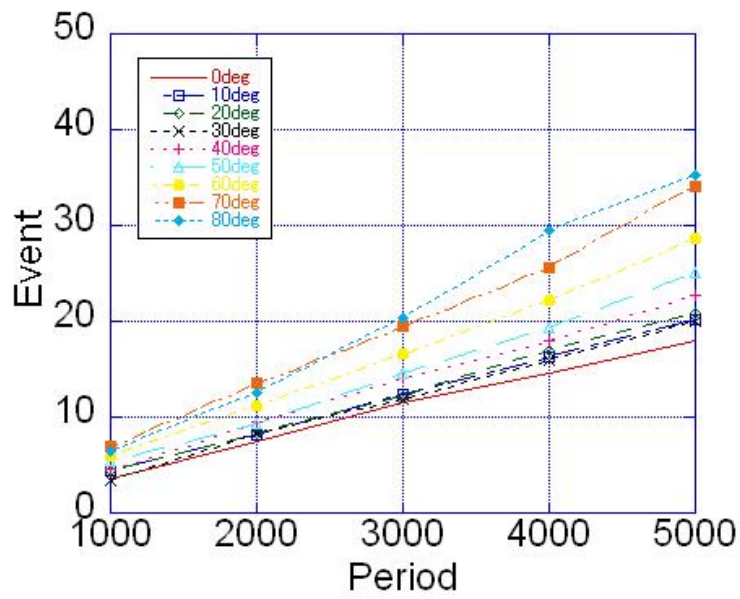


図 11 南半球の金環日食回数。  $\Delta T = \text{Stephenson}$ .

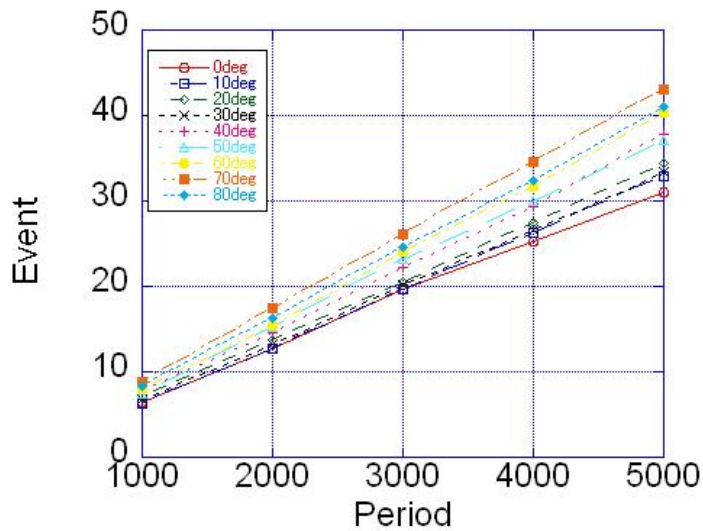


図 12 北半球の皆既+金環日食回数。  $\Delta T = \text{Stephenson}$ .

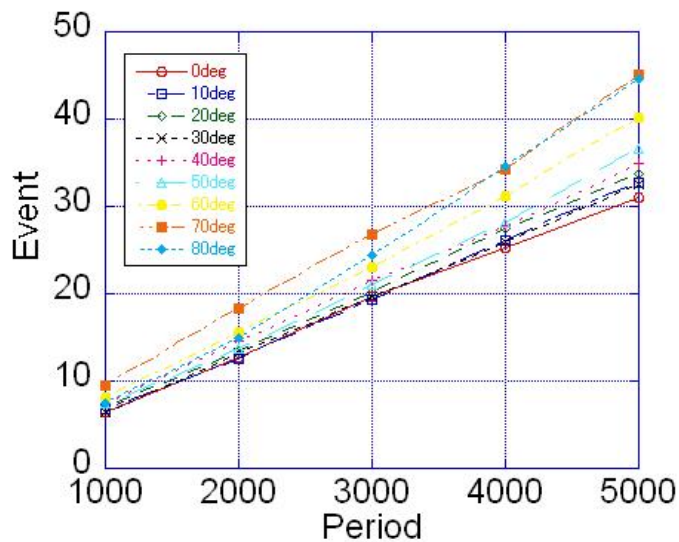


図 13 南半球の皆既+金環日食。  $\Delta T = \text{Stephenson}$ .

#### 近日点と月別日食頻度について

南半球の皆既日食が、極方向へ向かうにつれその頻度が減少している理由を理解するために、2つの事を行った。一つは、緯度と月をパラメータとした日食頻度の計算。もう一つは5000年間通して、月別の日食発生頻度を計算した。

図14～19より、北半球、南半球共に、夏の方が日食の発生度数は高い。また、極方向でその度数は増加する。しかし、日食の種類によりその変化の度合いは異なっている。



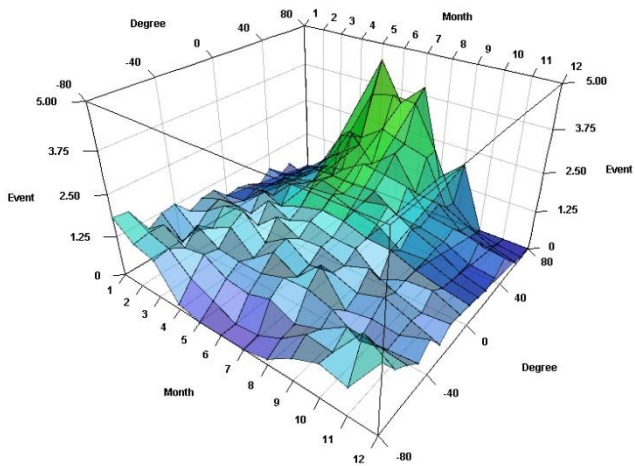


図 1 皆既日食の月-緯度別発生度数。  $\Delta T = \text{Stephenson}$ .

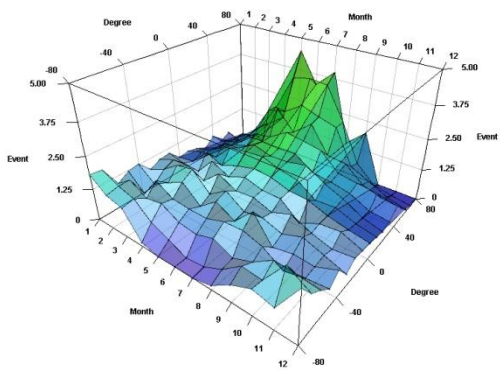


図 2 皆既日食の月-緯度別発生度数。  $\Delta T = \text{Stephenson and Houlden}$ .

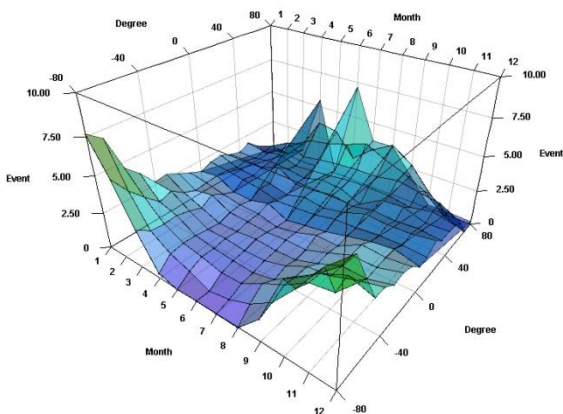


図 3 金環日食の月-緯度別発生度数。  $\Delta T = \text{Stephenson}$ .

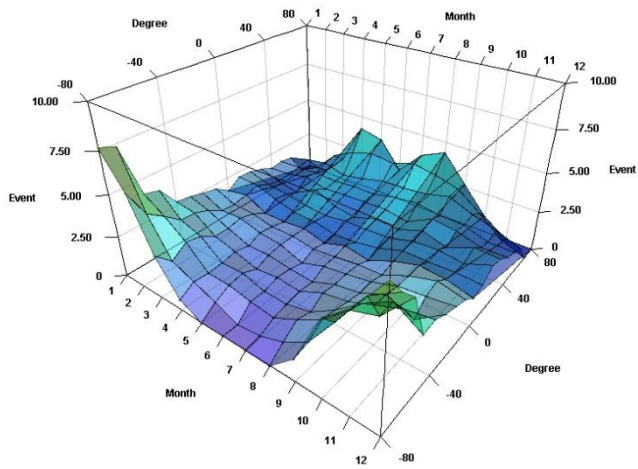


図 4 金環日食の月・緯度別発生度数。  $\Delta T$ =Stephenson and Houlden.

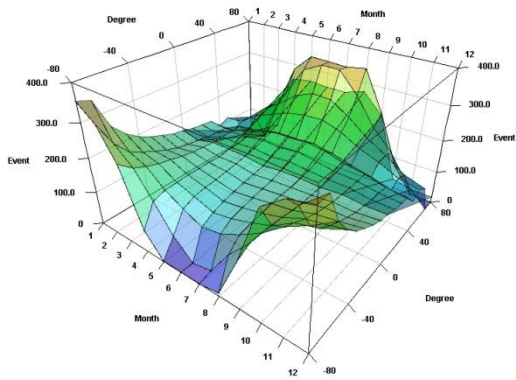


図 5 部分日食の月・緯度別発生度数。  $\Delta T$ =Stephenson.

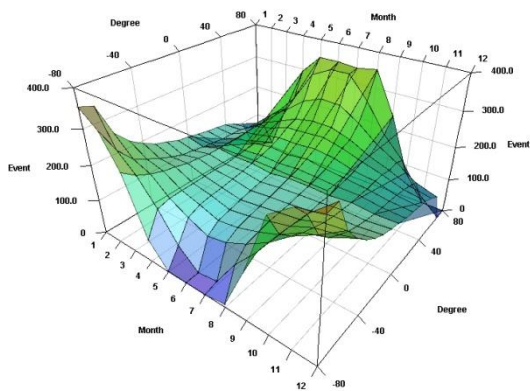


図 6 部分日食の月・緯度別発生度数。  $\Delta T$ =Stephenson and Houlden.

図20～図23には、それぞれの日食について、5000年間の月別発生度数を示した。図中の Average は5000年間の平均値を示している。図21、図23より、部分日食とハイブリッド日食の発生度数は月に依存していない。一方、図20と図22より、皆既日食の極大度数は6月であり、皆既日食と金環日食は月別度数でみると逆相関を示している。しかし、その相関係数は-1ではない。南半球の皆既日食が、極方向へ向かうにつれ、その頻度が減少しているのは、近日点の影響であると考えられる。

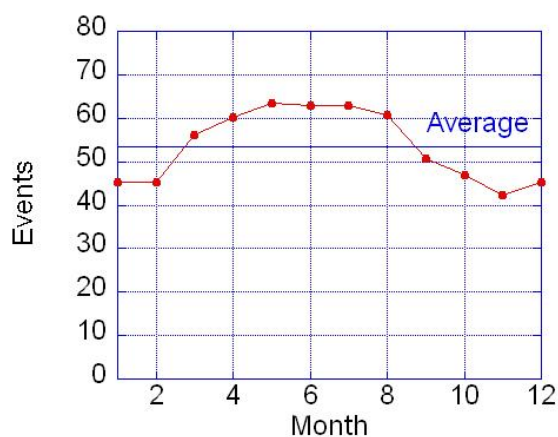


図 20 皆既日食の全球での発生度数。Average は5000年間の平均。プロットは5000年間の月別平均値。

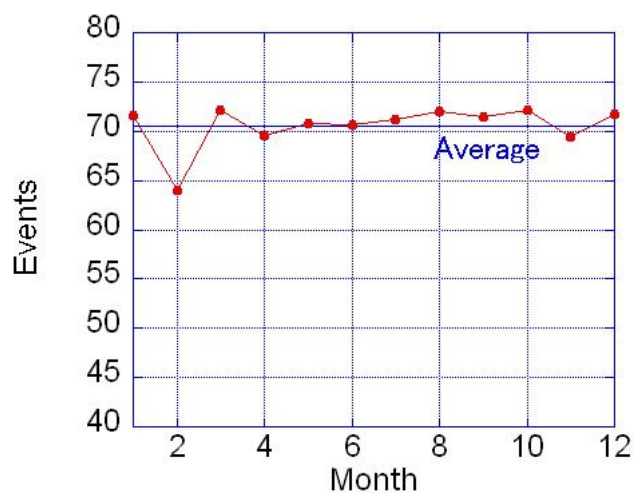


図 7 部分日食の全球での発生度数。

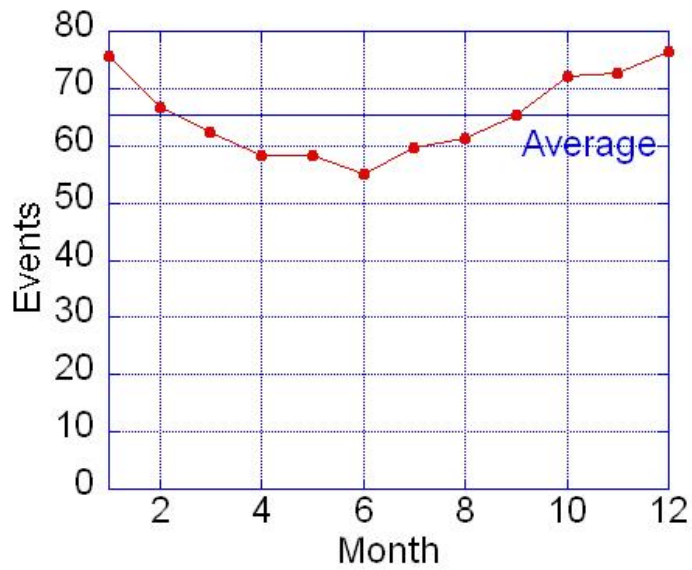


図 8 金環日食の全球での発生度数。



図 9 ハイブリッド日食の全球での発生度数。

まとめ

5000年間に地球で生じる日食度数を計算により求めた。  
 日食度数は計算期間に比例して増加をし、 $\Delta T$ モデルによる影響は見られなかった。  
 発生頻度は、月と緯度に強い依存性を持つ。  
 長期的周期で見た各種日食の発生頻度や、緯度-月別発生頻度等、日食頻度に関し詳細な知見を得た。  
 近日点による日食頻度の影響について可視化した。

先行研究において、日食頻度について色々な数値が言われていたが、この研究により、厳密かつ詳細な数値を得る事が出来た。

#### 参考文献

1. 邪馬台国、古代日食を巡って、斎藤国治、P 5 4—P 6 6、1 9 9 5。
2. Mathematical Astronomy MORSELS,P88-P92.
3. NASA/TP2009-214174
4. “Historical Eclipses AND Earth’s Rotation” F Richard Stephenson, Cambridge Univ. Press.
5. “Atlas Historical eclipse maps East Asia 1500BC-AD1900” F. R. Stephenson and M. A. Houlden, Cambridge Univ. Press.