

弘前大学フーコー振り子による 日食効果の検証

Observation of “*Eclipse Effect*” by Foucault Pendulum
at Hirosaki University

弘前大学物理科学科
チームフーコー
& 宮永崇史
(株) 長谷川鉄工 製作

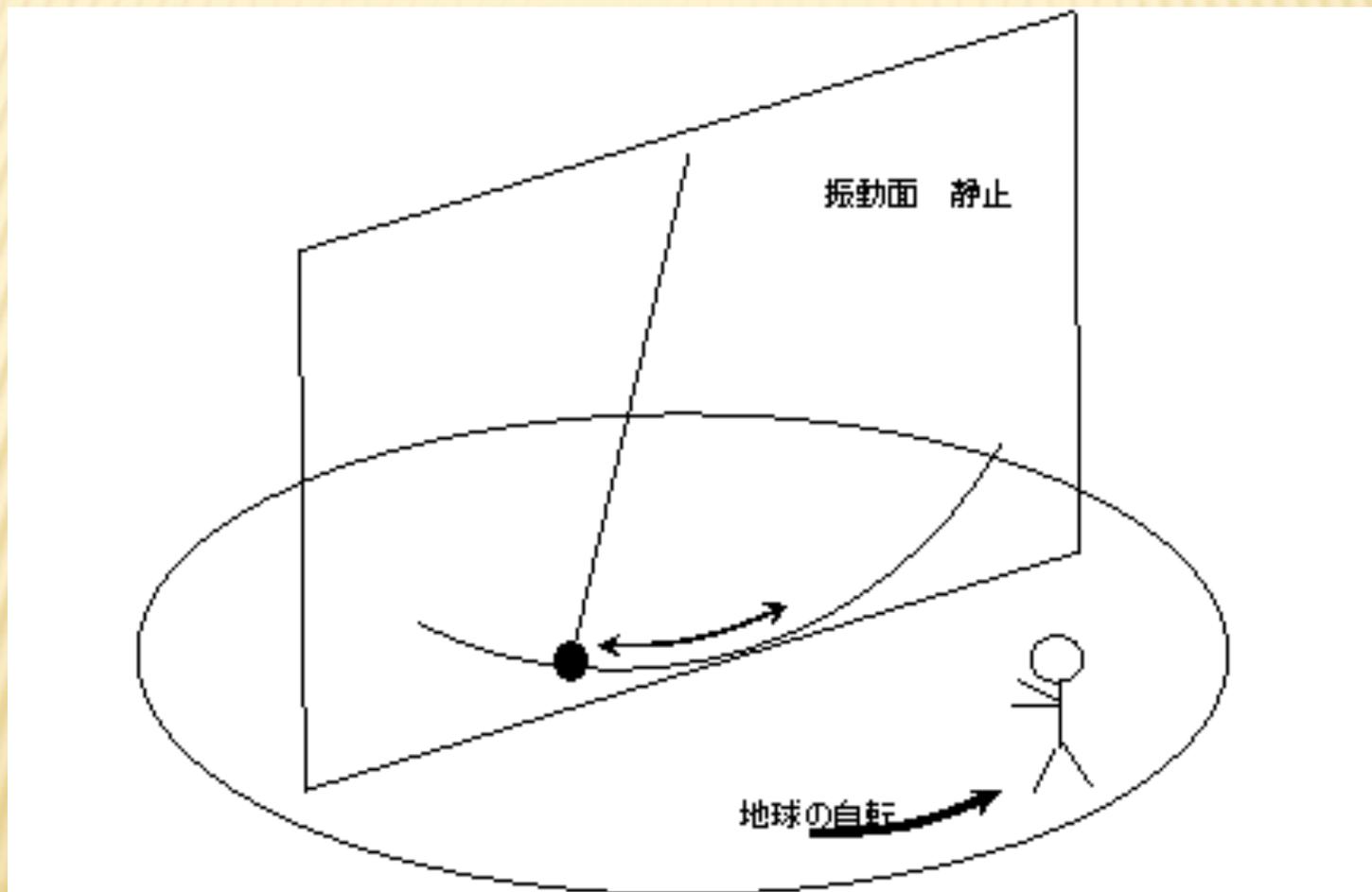
フーコーの振り子とは

- × 150年前の1851年、フランス人のフーコーは振り子を振らせ、一般の人々の前で地球は回っていることを証明しました。このとき使ったのは、長さ67mの大振り子。時の皇帝ナポレオン3世からパリのパンテオン寺院を借りての大実験で大評判となり、人気があったため1855年の万博でも同様に公開されました。

なぜ地球が回っていることの証明になるのか？

- ✕ 何十メートルもの長さの丈夫な糸に何十キロもの重さの鉄球を結びつけて振り子を作ると、ゆっくり動き、なかなか止まらない振り子が出る。
- ✕ 振り子は「**角運動量保存則**」に従って宇宙空間に対して一定の軌道を前後して振動する。
- ✕ 宇宙空間から見ると振り子の軌道は変わらないが、地球が回るので、それに載っている人間からすれば、振り子の軌道がずれていくように見える。

フーコーの振り子の原理



なぜ重い錘と長い振り子が必要なのか

重い錘を使うと、慣性が大きく、減衰しにくい。
気流などでふらつき難い。長い振り子であると、
周期が長く、錘の速度が遅い（60 cm/s）ので
空気抵抗が小さく減衰し難い。

- + 世界最長の振り子はロシアの寺院 91m
- + 日本最長は 常設でないものでは核融合科学研究所で31m
- + 千葉大、九州大のものも30数メートルある。
- + 常設ではソニー厚木第二テクノロジーセンター 30m
- + 常時公開では 長崎市福濟寺長崎観音の中 25.1m

弘前大学工学部フーコーの振り子

- × 採光用吹き抜けは高さ **45.6m**
回りが囲われているので気流の乱れがない。
- × 振り子の長さ **45m (日本一)**
- × 振り子の周期 **13.46秒**
- × 振り子の軌道の移動角度

弘前市の緯度 40.5度なので、地球の自転により振り子が
1回転する時間は、 $132673\text{秒} (86164/\sin 40.5) =$
36.85時間

- × 従って移動角度は (理論上)

1時間で9.8度

1秒で0.0027度 = 0.000047rad

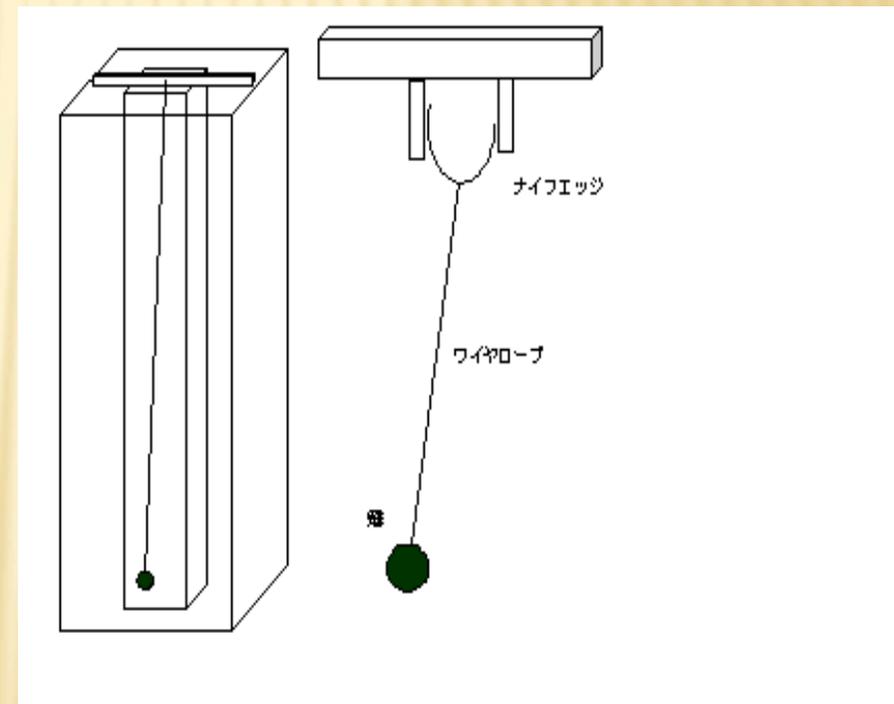
13.46秒で 0.00062rad

- × 振り子の重さ 50kg
- × 錘の直径 23cm

2008.3.20 一般公開開始



2008.3.20 陸奥新報



理工学部2号館吹き抜け

弘前大学オリジナルナイフエッジ



考案：南條、宮永
製作：長谷川鉄工



第1次チームフォーメンバー

- × 五戸嵩大 (隊長)
- × 村田典子
- × 山口由佳子
- × 泉 洸次
- × 秋山 唯
- × 中川伸一
- × 臼井友洋
- × 入沢倫広
- × 佐藤龍一
- × 安藤 賢
- × 藤寄里美



第2次チームフーコーメンバー

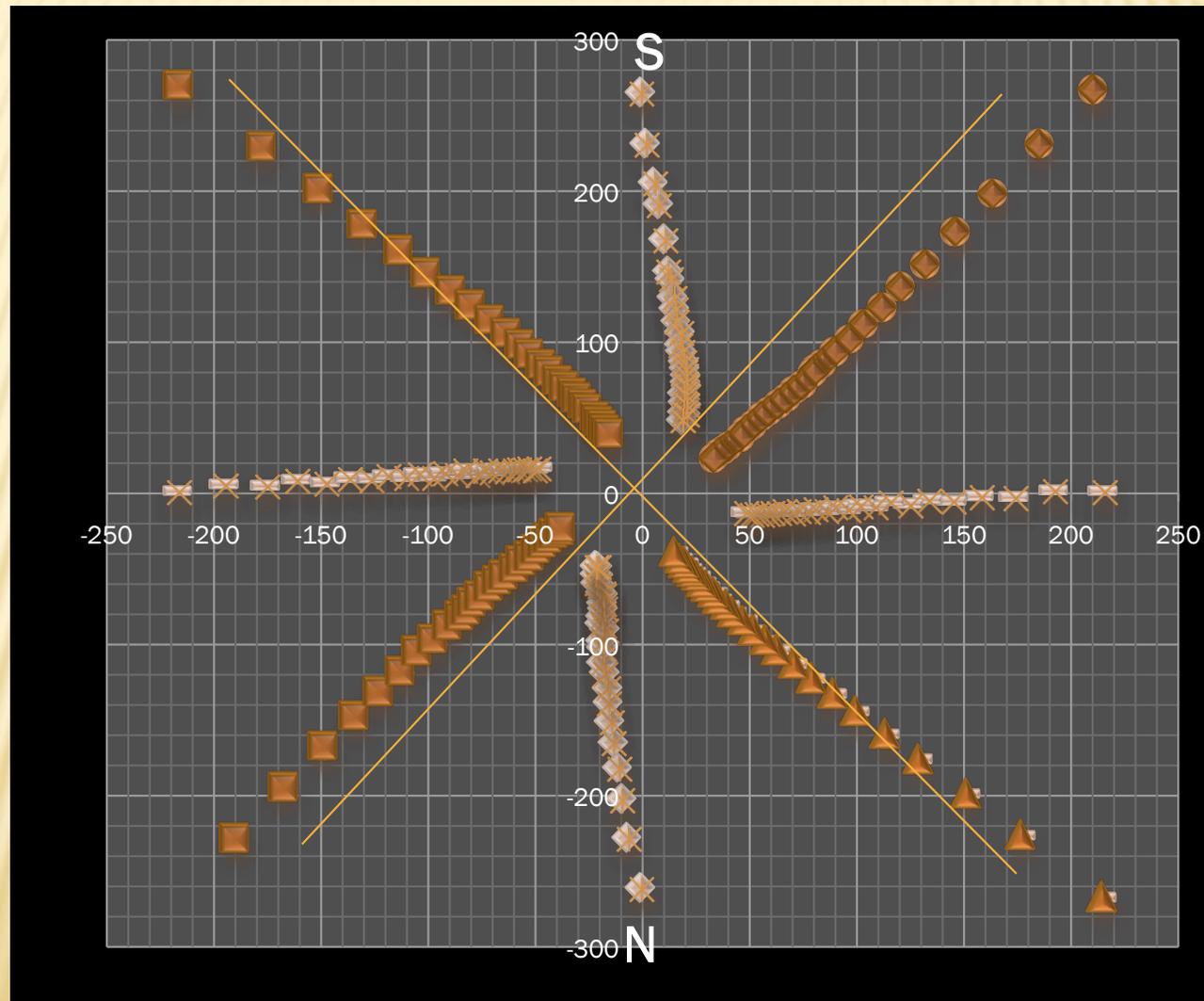
- × 橋本雄三 (隊長)
- × 小川可乃
- × 北川香澄
- × 高橋南輝
- × 田口雅人
- × 岩見裕俊
- × 佐藤卓也
- × 對馬康太
- × 安藤 賢
- × 藤寄里美



実験結果I (5分おきの振り子の振幅の射影)

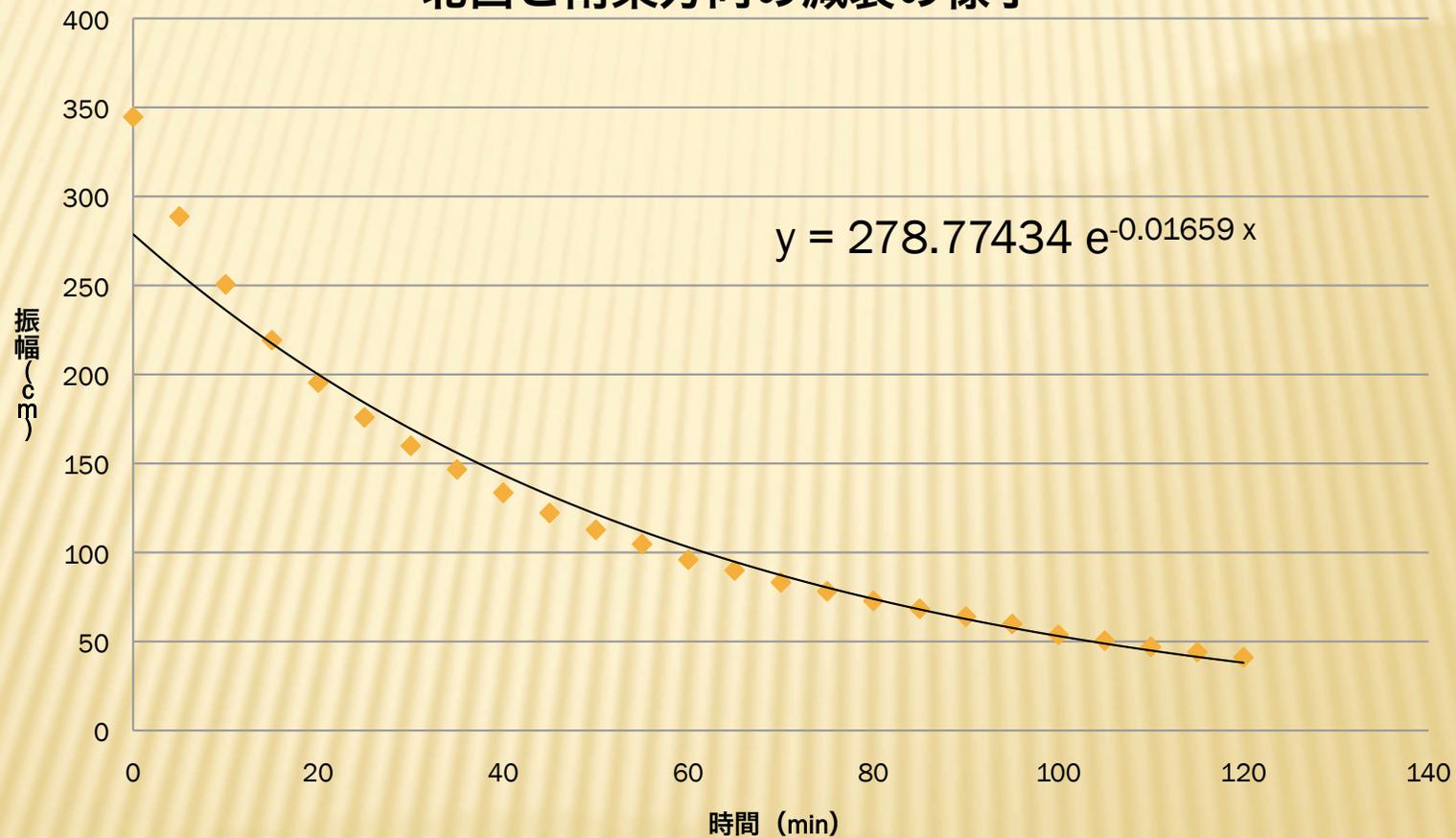


実験結果II(5分おきの振り子の振幅の射影図)



振り子の減衰に関する実験

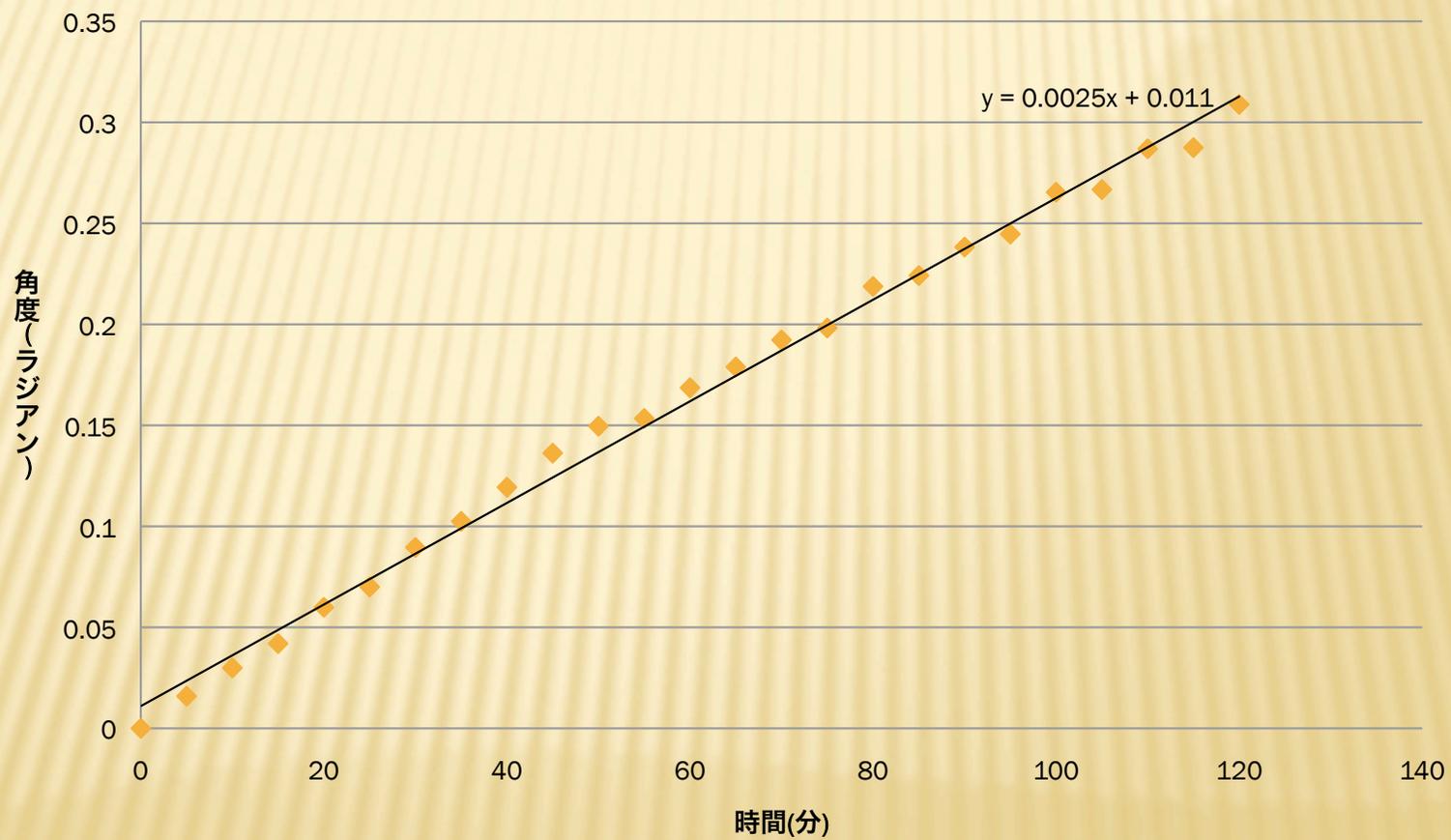
北西と南東方向の減衰の様子



振り子の寿命は3時間程度

地球の自転に対する振り子の回転

角度の時間変化(北西・南東)



弘前大学フーコー振り子の特性まとめ

1. 振り子の減衰

振り子の寿命は3時間程度

2. 振り子の周期

13.41s (ワイヤーの長さ44.7m)に対応

2. 振り子の回転

地球の自転に合わせた振り子の回転

理論値： $4.7 \times 10^{-5} \text{ rad / s}$

実測値： $4.8 \times 10^{-5} \text{ rad / s} (\pm 0.8 \times 10^{-5})$

第2次隊の改良点

× 減衰を小さくする

原因：

- 1) ナイフエッジの摩擦
→ DLCコーティングで対応
- 2) ワイヤーの剛性
→ ピアノ線に改良
- 3) 空気抵抗
→ これは難しい、鉄球にはかなりの空気抵抗が働く

× 測定方法の改良

- 1) 視覚化
- 2) 精密化

ナイフエッジのDLC(ダイヤモンドライクカーボン)コーティングの例



成膜前



成膜後

うまく成膜されている！→いよいよ本番

日食効果の検証



日食とフーコーの振り子の関係は？

THE ALLAIS ECLIPSE EFFECT



それは1通のE-MAILから始まった・・・

Dear Professor Miyanaga:

I understand from the internet that you have a large operating Foucault pendulum at your institution.

You may be aware that, **on 22 July 2009, a spectacular total solar eclipse will pass quite near mainland Japan to the south, over Tokara-retto and Iwo-jima.**

In the past there have been several reports of pendulums undergoing unexplained deviations during solar eclipses, and several of these have been long Foucault pendulums. The matter is controversial, but the reports are persistent. At one stage NASA investigated this matter, but the research came to nothing because the director left to work in industry.

My colleagues and I would like to urge you, for some time spanning the period of the eclipse, to observe the motion of your Foucault pendulum minutely, and to record it by some objective means such as a video camera

I can furnish you with more information, and some background, if you are interested.

Thomas Goodey

THERE IS EXCELLENT REASON TO BELIEVE THAT PECULIAR DYNAMIC EFFECTS OCCUR DURING TOTAL SOLAR ECLIPSES:

- ✘ the observations by Maurice Allais in Paris in 1954 and 1959
- ✘ the experiment of Jeverdan, Rusu, and Antonescu in Romania in 1961
- ✘ the observations by Saxl and Allen of Harvard in 1970

Three independent observations should be enough to convince anyone that something is going on!

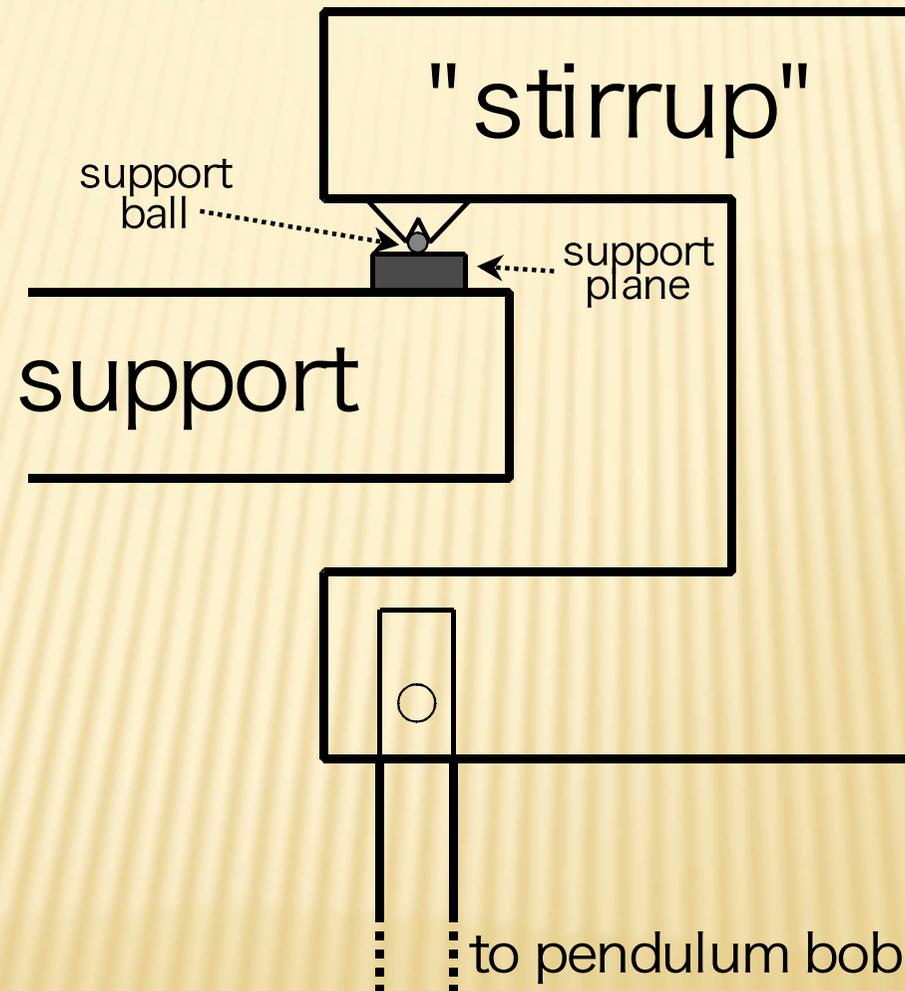
MAURICE ALLAIS AT THE TIME OF HIS EXPERIMENTS



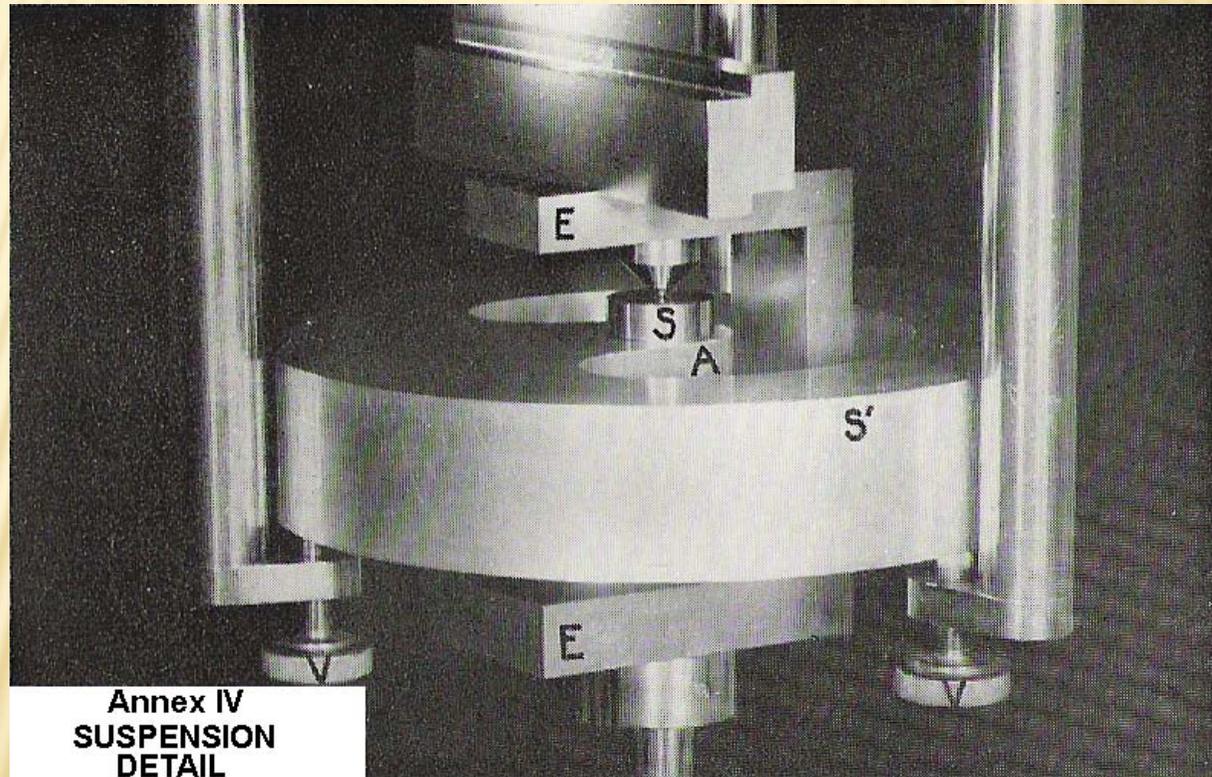
Maurice Allais
ノーベル経済学賞受賞者



A PLAN OF THE SUSPENSION OF ALLAIS'S PARACONICAL PENDULUM



A PHOTOGRAPH OF THE PARACONICAL PENDULUM SUSPENSION

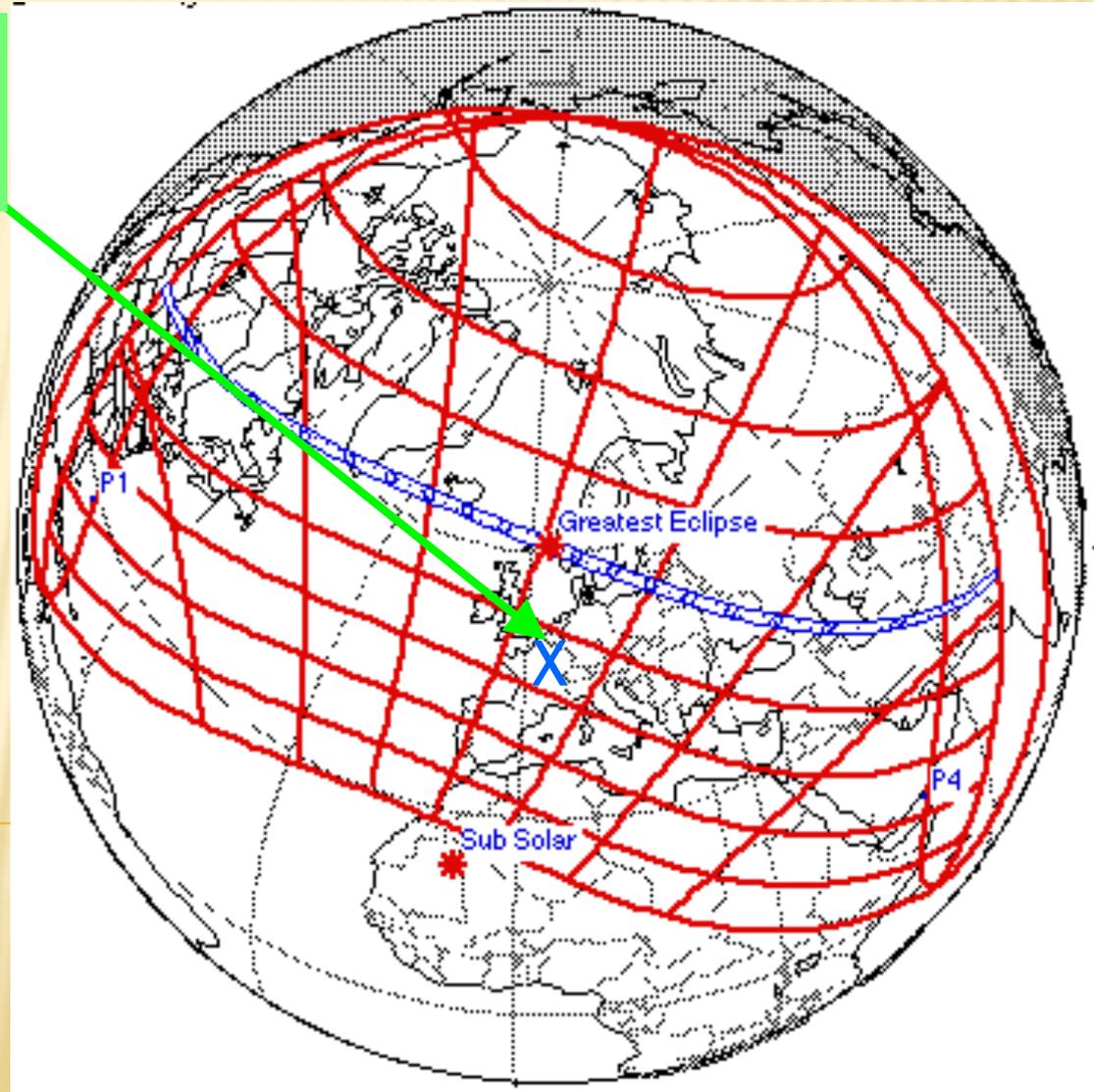


Annex IV
SUSPENSION
DETAIL

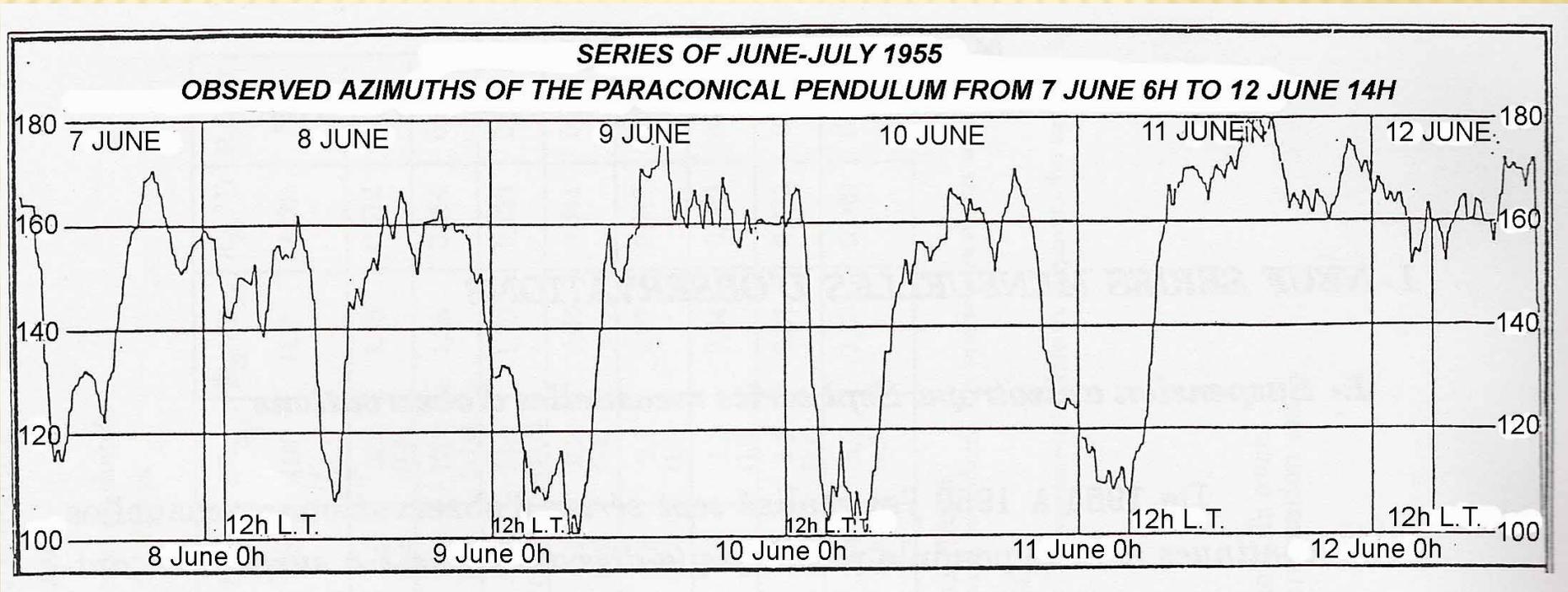
30 JUNE 1954 – THE FIRST ALLAIS ECLIPSE

Allais's
location
in Paris

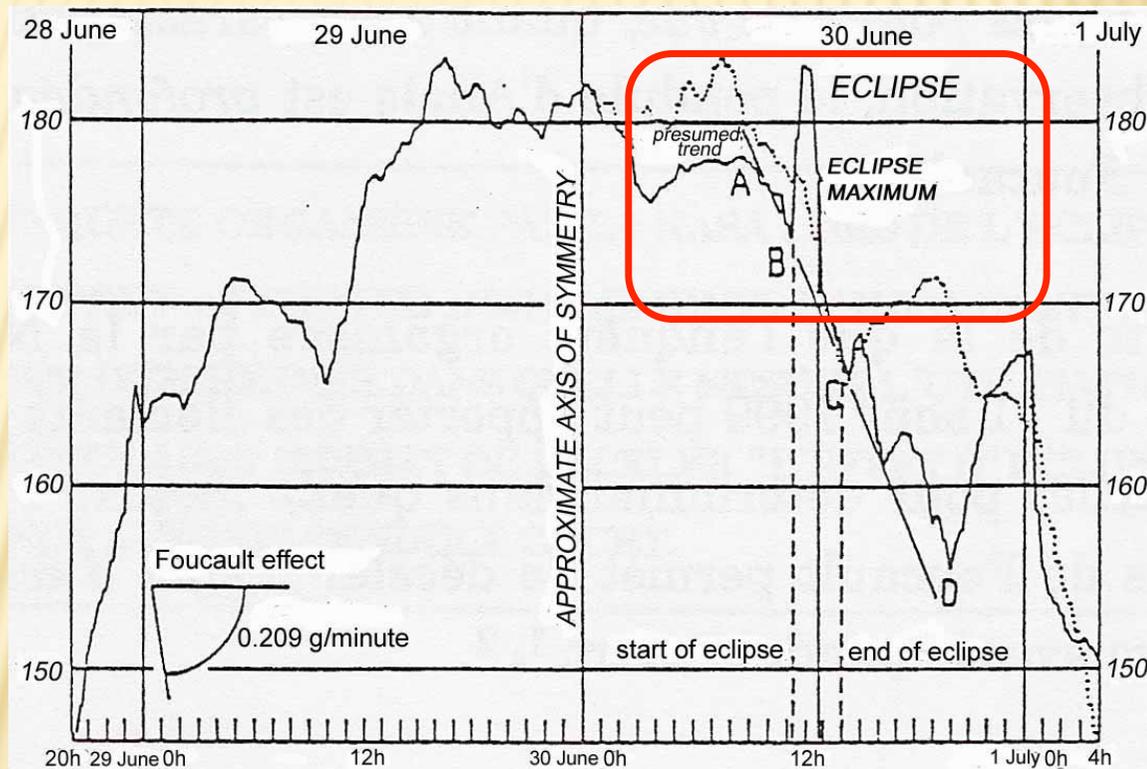
Note that, quite fortuitously, the experimental location was between the point of greatest eclipse and the sub-solar point at that instant.



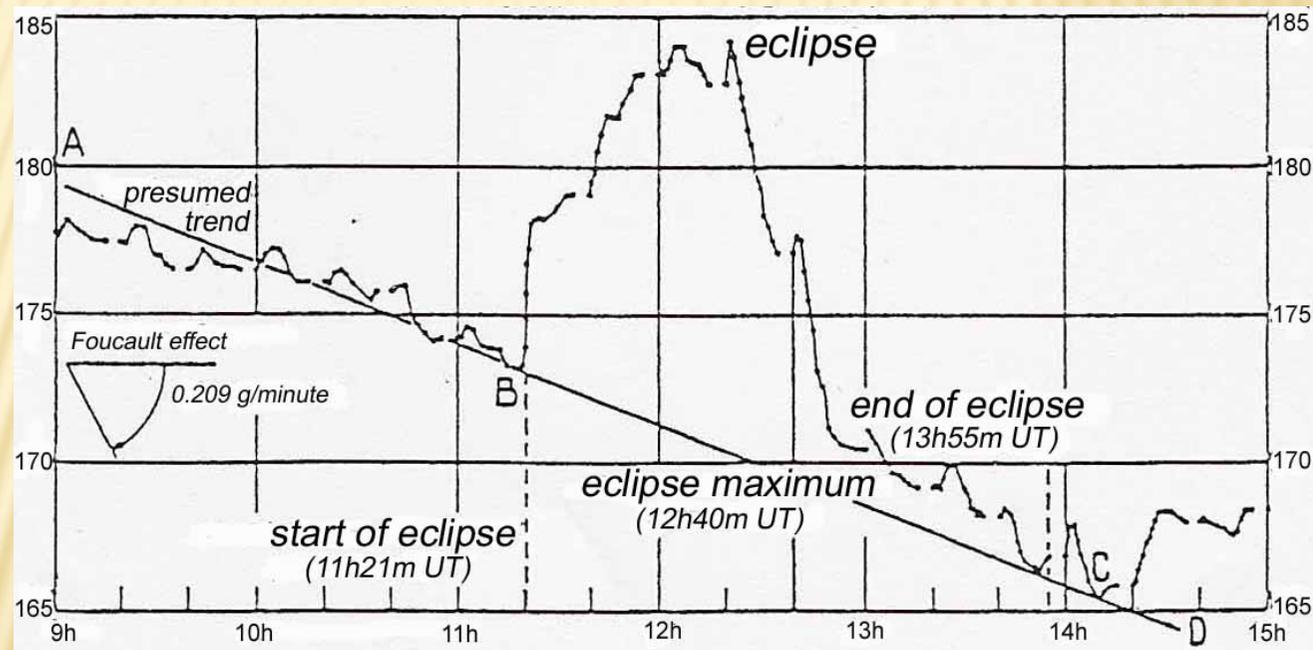
AN EXAMPLE OF THE PERIODIC BEHAVIOR OF THE PARACONICAL PENDULUM OVER 6 DAYS



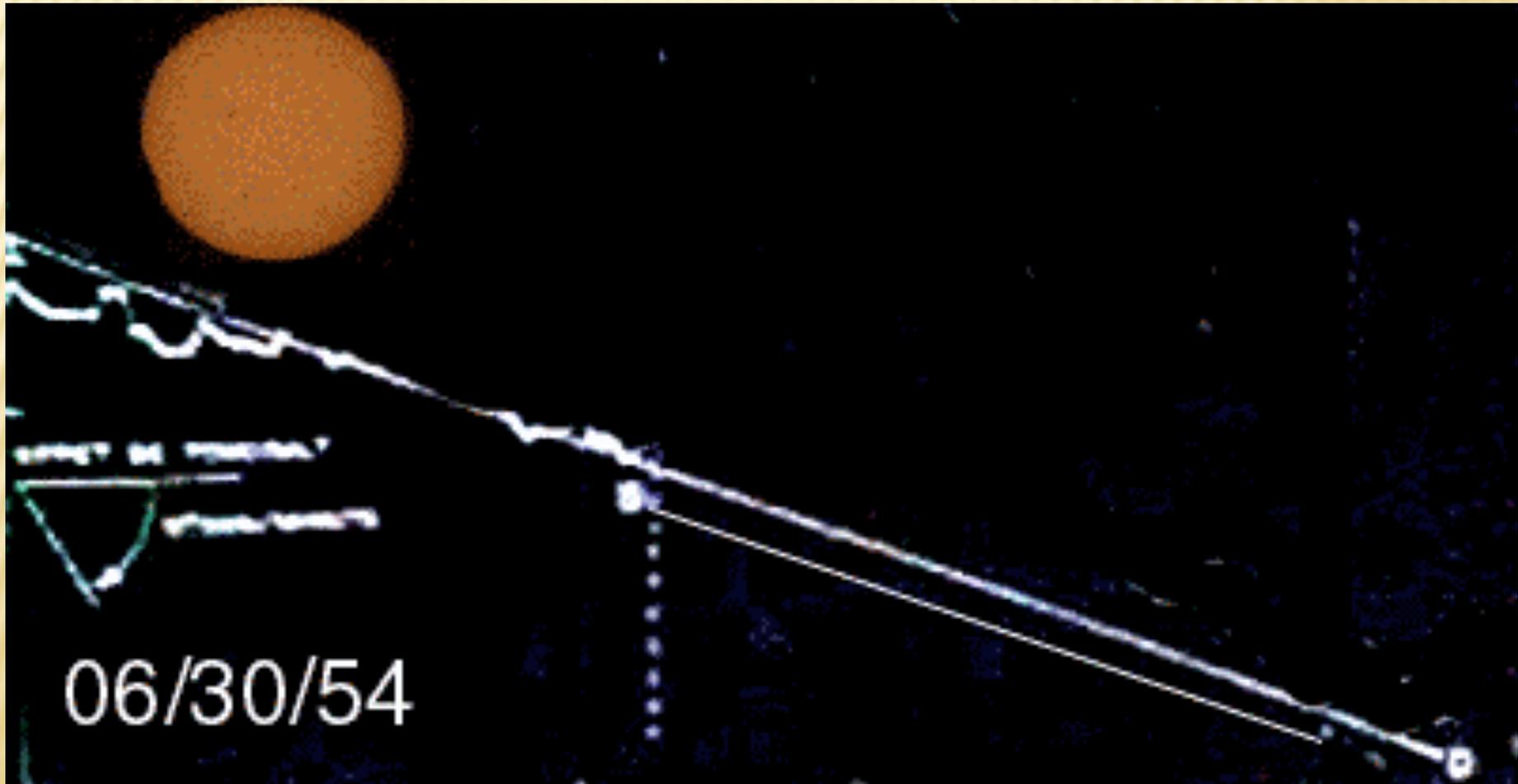
BEHAVIOR OF THE PENDULUM AROUND THE SOLAR ECLIPSE



AT THE BEGINNING OF THE ECLIPSE THE PLANE OF SWING OF THE PARACONICAL PENDULUM EXECUTED A SUDDEN SWERVE, AND LATER IT RETURNED TO ITS ORIGINAL ORIENTATION

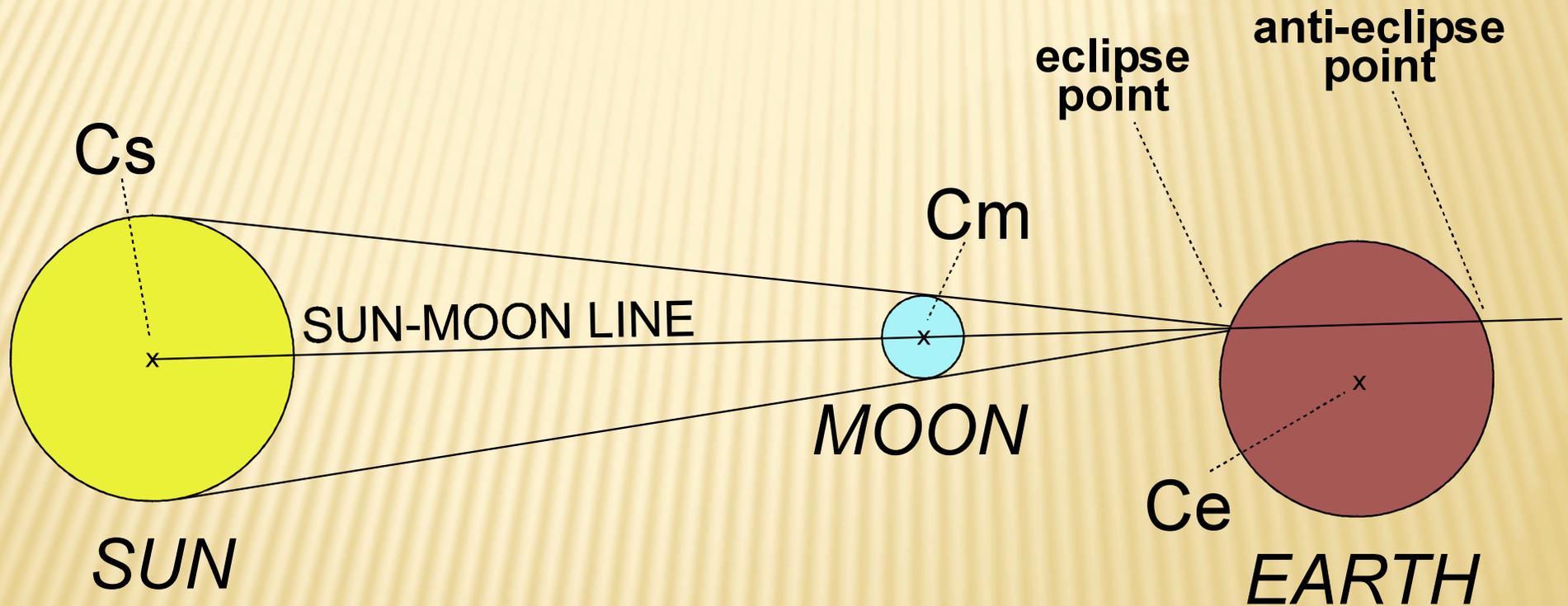


ANIMATION OF THE ECLIPSE EFFECT



ONE SUPPOSES THAT THESE STRANGE EFFECTS ARE BASICALLY DUE TO THE OBSERVER'S PROXIMITY TO THE LINE JOINING THE CENTERS OF THE SUN AND THE MOON.

THEREFORE, DURING A SOLAR ECLIPSE, PERHAPS ALLAIS-JRA-SA EFFECTS APPEAR AT THE ANTI-ECLIPSE POINT, JUST AS AT THE ECLIPSE POINT.



A SOLAR ECLIPSE

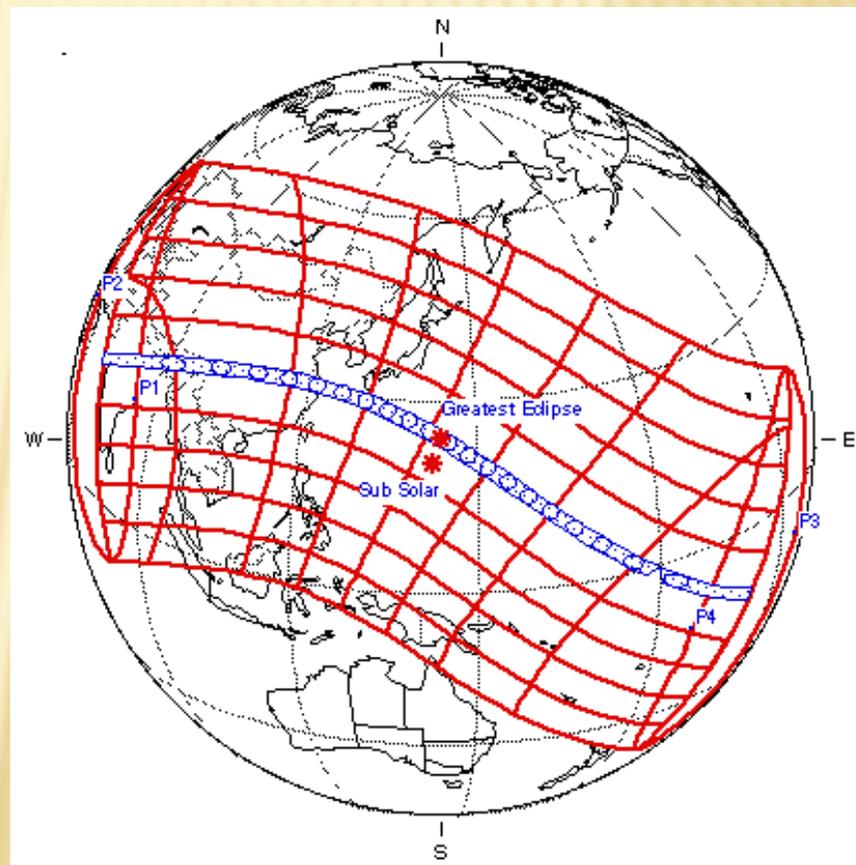
OUR PROACTIVE POLICY:

*Go to the eclipse; don't
expect the eclipse to
come to you!*

22 July 2009

日本で観測！

This total solar eclipse will almost certainly be seen by more people than any previous eclipse in history, because it will pass over northern India and the most populated part of China. This is a perfect example of the central case, because the Sun-Moon line will pass about 450 km from the center of the Earth. The ideal observational location will be Iwo-jima south of Tokyo, or a more southerly island, Minami Iwo-jima

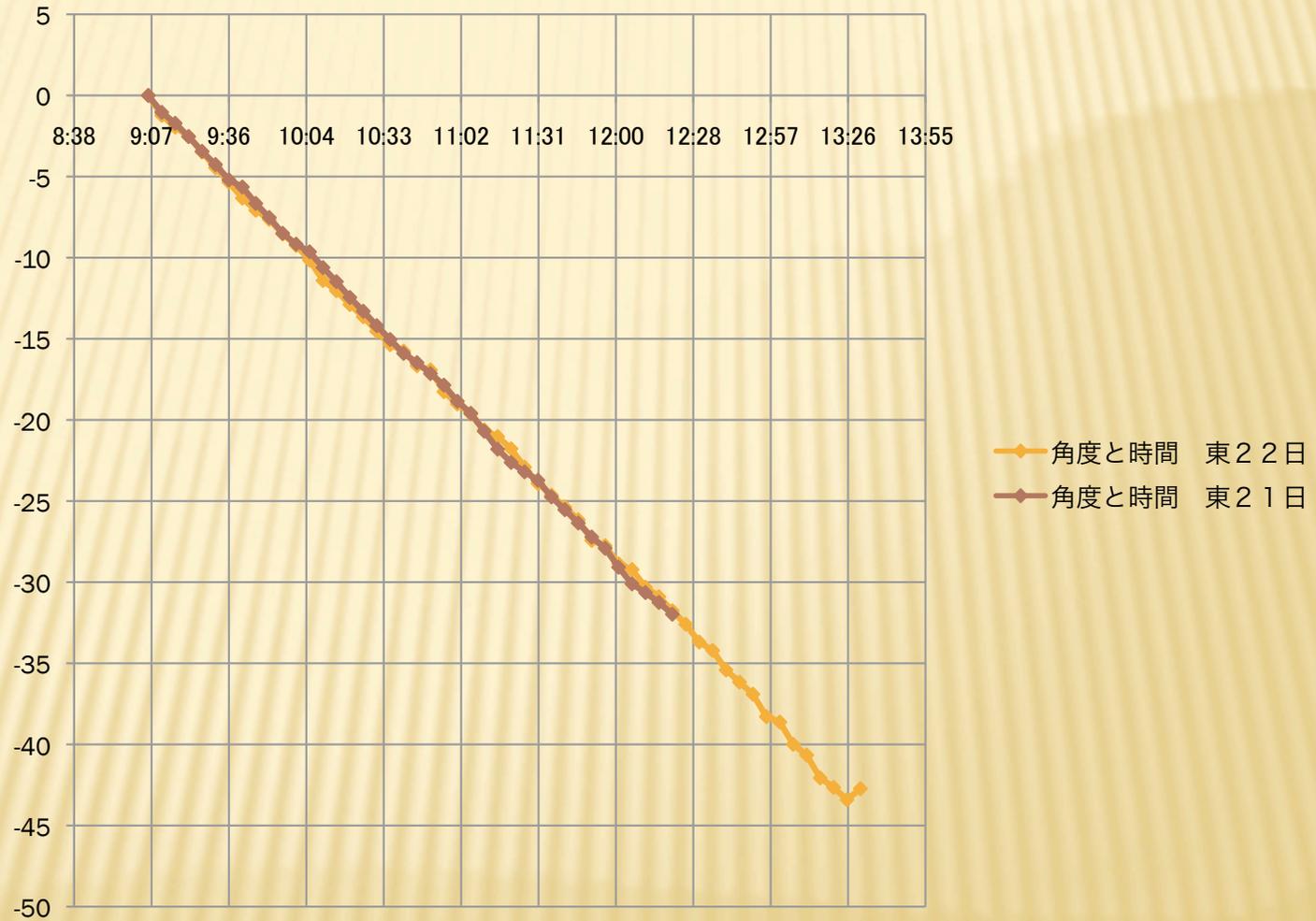


7月22日

日食効果検証実験

- × 実験場所：弘前大学理工学部2号館
- × 実験開始時間：9:00
- × 日食開始時間：10:00
- × 最大日食：11:03
- × 日食終了：12:10
- × 振り子方向：東西方向

実験結果（振り子面の角度の時間変化）



まとめ

- ✖ 振り子の精度は非常に高かった。
- ✖ 今回の実験条件では、フーコー振り子の日食効果は検出できなかった。
- ✖ 振り子の振り出し方向、弘前の位置関係などをほかの地域の結果と比較して検討。
- ✖ 今回の実験結果をT.Goodeyプロジェクトに報告し、世界的見地で考察する。
- ✖ 今後も、この振り子を使って面白い実験を行いたい。

Thank you for your attention

**TIME AND TIDE WAIT FOR NO MAN...
AND NEITHER DO ECLIPSES!**



JOIN OUR HISTORICAL PROJECT !

- ✕ この実験の遂行のためのチームフーコーのメンバー募集中！

あなたも歴史的な証言者になろう！