

物理と地球物理の違い --- データの面から ---

荒木 徹

元 京都大学理学研究科 地球物理学教室

[IUGONET Workshop 2016.10.18-20, NIPR]

データ感覚の違い：物理と地球物理

物理側の感覚

そんなに多くのデータを溜め込んでどうするの？

10年も観測すれば充分判るでしょう

理学部にデータセンターが必要なの？

データは正確だ

その熱伝導係数は、物理定数表でわかる。

自然現象の複雑さの無理解

ICS**U** (International Council of Science

← International Congress of Scientific **U**nions)

CODATA 物理定数・化学構造式・ゲノム・・・

WDC-Panel 地球物理・太陽データ(時間・空間の函数)

: むしろ特殊 → 説明・理解促進が必要

物理学のパラダイムシフト

1. 実験物理 (実験室実験)

2. 理論物理

* 理論構築 力学・電磁気学・量子力学・素粒子論等

* 理論解析 実験事実の理論的解釈

数値計算：算盤・対数表・計算尺・手動/電動/リレー計算機



電子計算機：メモリー・計算速度の飛躍的増大

3. 計算科学 (大規模計算機シミュレーション)

：量の変化 → 質の変化

4. データ中心科学 ← Big data/通信回線 + 情報科学

物理学と地球物理学の比較

物理

1. 実験：実験室現象 →
(人為発生：随時)

2. 理論

理論構築

理論解析

数値計算

なし*

地球物理

観測：自然現象
(自然発生 → 待受観測)

なし

→ 理論解析 例: 太陽風理論

数値計算

← データ解析 (他者取得データ)

3.

計算科学

4.

データ中心科学

地球物理現象の特徴：時間(t)と空間(r)の函数

現象：背景場(r, t)の中で生起.

背景場(t)：46億年間の地球進化過程

背景場(r)：非一様・不均質・複雑形の系(複雑複合系)

非再現：同一現象なし

異なる時間スケール重畳：目的現象の分離必要

e.g.. 地磁気Sq (太陽日変化)：ユニークな決め方なし

空間依存性：源からの距離・方向＋複雑系による変形

発生：制御・予測不能：多点常時連続待受観測必要.

観測点分布：理想的ではない：地理学的・予算的制約

測定環境：人工的整備不可(ノイズも込み)

現象：複雑複合系の中で変形. 観測：多くの制約.

必要十分なデータ：得られない → 解析に工夫

物理の実験室実験

現象： 再現出来る普遍的現象（個性無し）

発生： 人為的（制御可能）

測定環境： 実験者が整備

- * 高精度データが取れるよう工夫可能

- * 繰り返し実験可能

結果： 実験場所・時間に依らない.

地球物理固有の制約が無く, 高精度データが取れる.
→ データ感覚の違い

2. 地球物理学における「データ解析」とデータの重要性

地球物理学の分野では、「観測(実験)」と「理論」の間で実施される「**データ解析**」がとりわけ重要な意味を持っている。これは、物理学や化学の実験が、実験室内の整えられた環境下で再現可能な普遍的現象を人為的に発生させて研究するのに対し、地球物理学は、地球とその周辺空間という**広大な領域**で、46億年におよぶ**進化の過程**で起こる**予測困難**で厳密な意味では**再現しない**現象の集積を研究対象とすることによる。この場合、目的とする現象の発生時刻と場所を予め知る事は出来ないから、出来るだけ**多くの点での連続観測**が必要になる。得られたデータは、予期しない現象を記録している事もあり、また、長いタイムスケールで変化する**進化の過程の記録**でもあるので、後の研究に使うため、原則として**すべて保存**されなければならない。研究者は、過去から現在までに多くの人達によって蓄積されたデータを使って自分のアイデアを確かめるのであり、これが、「**データ解析**」という特有の手法が存在する理由である。

近代的観測が始まって約100年にしかならず、また、観測の精密化と観測領域の拡大が、ごく最近になって進み始めたこと、さらに新しい観測が追加されつつあることを考えると、地球環境を理解するのに**必要なデータの蓄積は始まったばかり**であると言える。この意味で、可能な限りのデータを収集保存し**人類共通の財産**として残すことが極めて重要である。

地球電磁気学・太陽地球系物理学(STP)の特徴 (地球物理他分野と比べて)

広領域 : 太陽—地球

異質空間 : 組成・密度・温度・速度

(地球内部・中間圏・電離圏・磁気圏・惑星間空間・太陽面)

太陽からのエネルギー流 : STP→気象→海洋→固体地球

多種観測

飛翔体現場観測 : 測地・海洋・気象 : 宇宙から地球を見る

ミクロ観測 : 分布函数

政府機関(気象庁等)の観測・データ支援 : 少

研究者自身による観測・データ解析

国際共同観測, 世界資料センター : STP主導

IUGONETも

17世紀のBig Data

1590-1699の偏角測定点

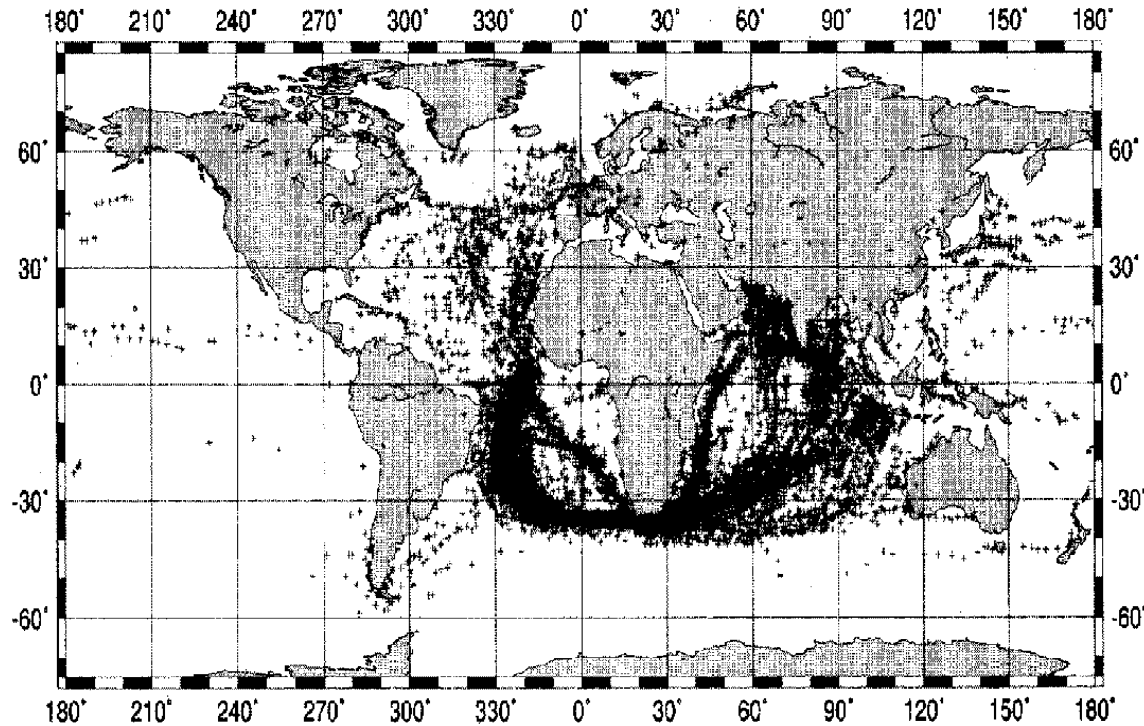
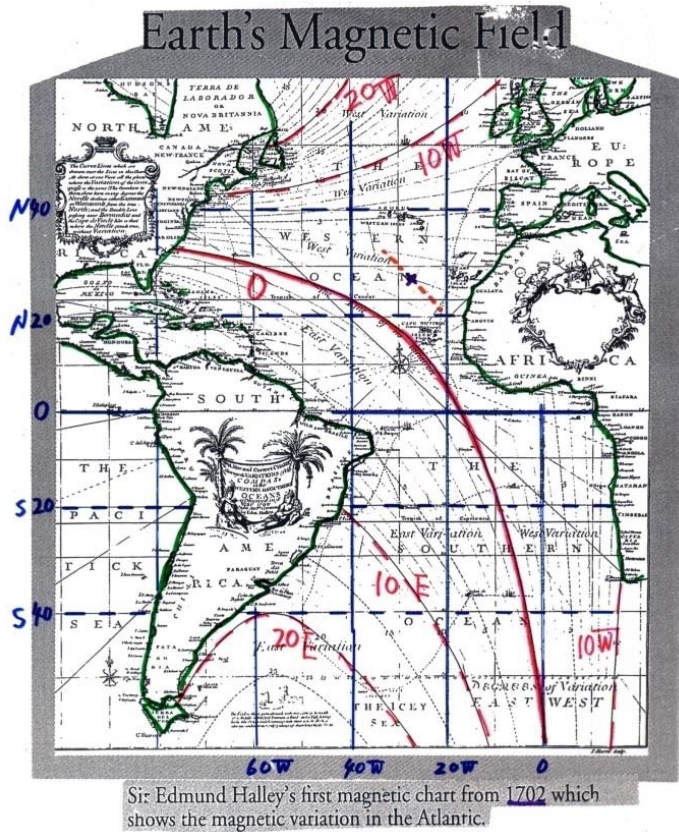


Figure 9. Geographical data distribution of declination observations made in 1590–1699. Here $n = 12,001$; some points may overlap; projection is cylindrical equidistant.

[Jonkers et al., 2003]



等偏角図

Halley 1702
英海軍の依頼
により作成

地球物理学の国際観測事業

1882.8-1883.8 第1回国際極年計画：参加国11
北極12点, 中緯度約30点 気象・地磁気・極光
工部省用地(東京赤坂今井町42)で地磁気毎時観測開始

1932.8-1933.8 第2回国際極年計画：44国
110点(半数が極地域) 気象・地磁気・極光・電離層
富士山頂気象観測所開設, 豊原(樺太)/阿蘇/仙台に地磁気観測所

1957.7-1958.12 国際地球観測年(IGY) 66国、約4000点
気象・地磁気・極光・電離層・大気光・太陽活動・
宇宙線・ロケット・人工衛星・緯度・経度・氷河・
・海洋・地震・重力・大気放射能

1957.10.4 Sputnik shock, Space age の幕開け

1957 ICSU-World Data Center発足：IGYデータの保存・利用

世界資料センター(WDC:1957-)の実質的スタート

IUGG(国際測地学・地球物理学連合) -

IATME (国際地球電磁気学協会；今のIAGA)

総会 (1939.9, Washington D.C.) 勧告

「海上・陸上におけるすべての磁気測量結果は2ヶ所の中央局 (Danish Meteorological Institute (DMI) at Copenhagen と Department of Terrestrial Magnetism (DTM) of the Carnegie Institution of Washington (CIW)) に送付、研究者への資料提供の便宜を図る」

STP分野の国際共同観測計画 (IGY以降)

1957-58 IGY : International Geophysical Year

1964-65 IQSY : International Quiet Sun Year

1969-71 IASY : International Active Sun Year

1976-79 IMS : International Magnetospheric Study

1982-85 MAP : Middle Atmosphere Program

1990-95 STEP : Solar Terrestrial Energy Program
(初めてデータが予算項目に)

データ解析ネットワーク

1970年代 : **SOLTERTRON** → **SOPP** (Soltertron Pilot Plant:IMS)

先進的、客観状勢熟さず

1987.9. : **SPAN** (NASA) -- 公衆回線Venus-P – 京大地磁気センター

1990年代 : **STEPNET**

学術情報センター回線(384kbps)の特定目的回線(48 kbps)

UNIX計算機(導入初期)をX.25パケット通信網でつなぐ

(他に医療情報・大学図書館・高エネ研ネットワーク)

1992.4. : 学術情報センターTCP/IP回線 (SIネット) 公開

→インターネット普及

1995-99 **GOIN** (Global Observation Information Network) **NOAA** + **NASDA**

1993 宮沢－クリントン会談 :地球観測データの流通を促進

2009-2015 : **IUGONET**



**Tiger calculator
(虎印計算機)**

**Monroe
calculator**



Transistor calculator



Relay calculator



Slide ruler

計算尺

計算尺は掛け算を足し算の形で出来る
という対数を利用しています。



電卓が現れる以前、経理の計算機は
そろばんでしたが、設計の計算機は計算尺でした。

$$\log A + \log B = \log AB$$

