

地学教材としての「ノモグラム」再考

A nomogram as an exercise tool for
geosciences

岡本 義雄

Yoshio OKAMOTO

大阪教育大学・附属高校天王寺校舎(非常勤講師)

Osaka Kyoiku University

ここに、
昔なつかしい縁日の芸を
復活させたYouTube動画
「やまがらのおみくじ芸」
の紹介が入ります

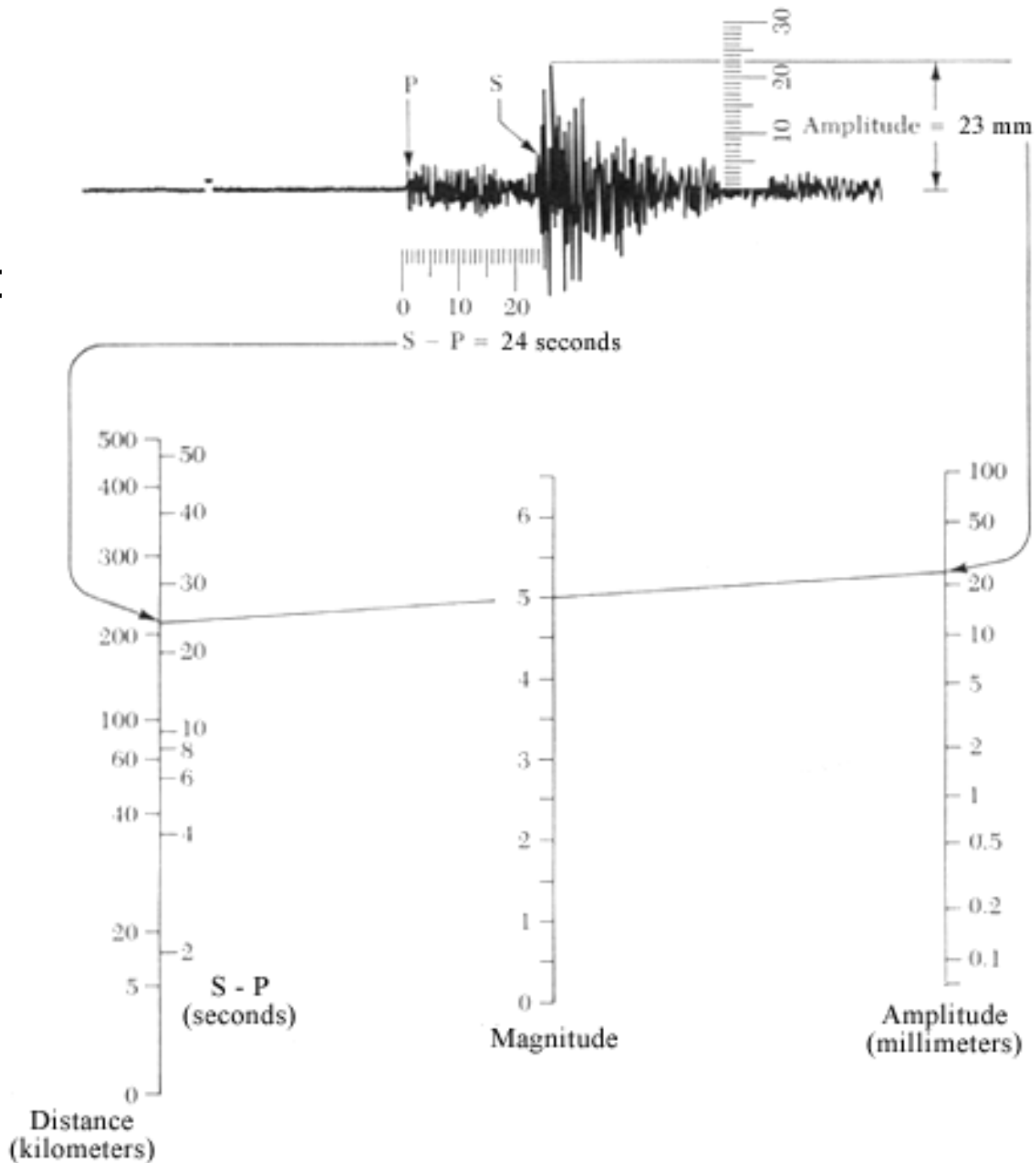
1. ローテク&アナログ教材の復権！

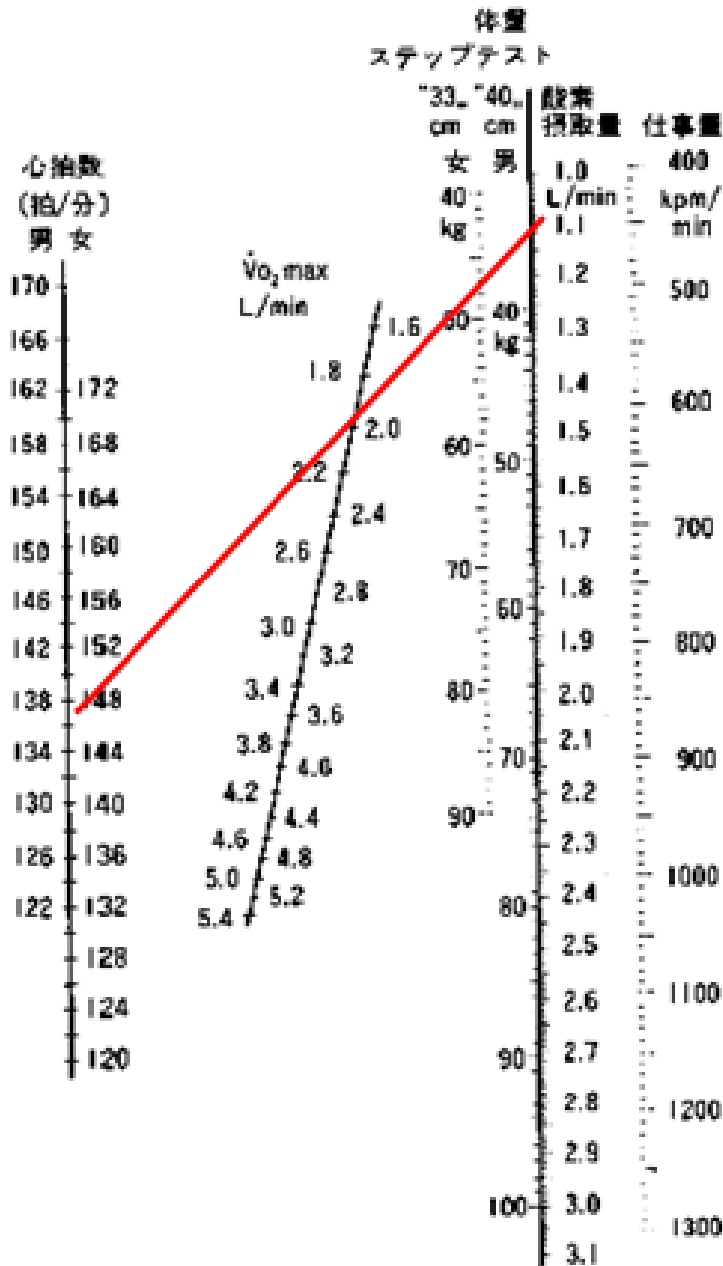
- 本当にハイテク&デジタル教材は教育の場に有効なのか
- もちろんその有効性は否定しない！
- しかしローテク&アナログを捨て去るにはあまりにも忍びない！ ⇒ **時代遅れの何が悪い！**
- **昔がよかったとは口がさけても言わないが**
- そこで計算尺の復権！と行きたいけど、もう誰も使わない。工場も潰れた。
- そこで「ノモグラム」の復権！

2. ノモグラムとは？

- 紙に書かれた簡易計算尺
- 通常3変数: 2変数を知ってもう一つを求める
- しばしば対数尺を用いる
- 典型的なのは地震のMを求める尺(米国の地震学の教科書(Bruce Bolt著にあり))
- 昔から使われている例: 乾湿計から湿度を求めるものなど

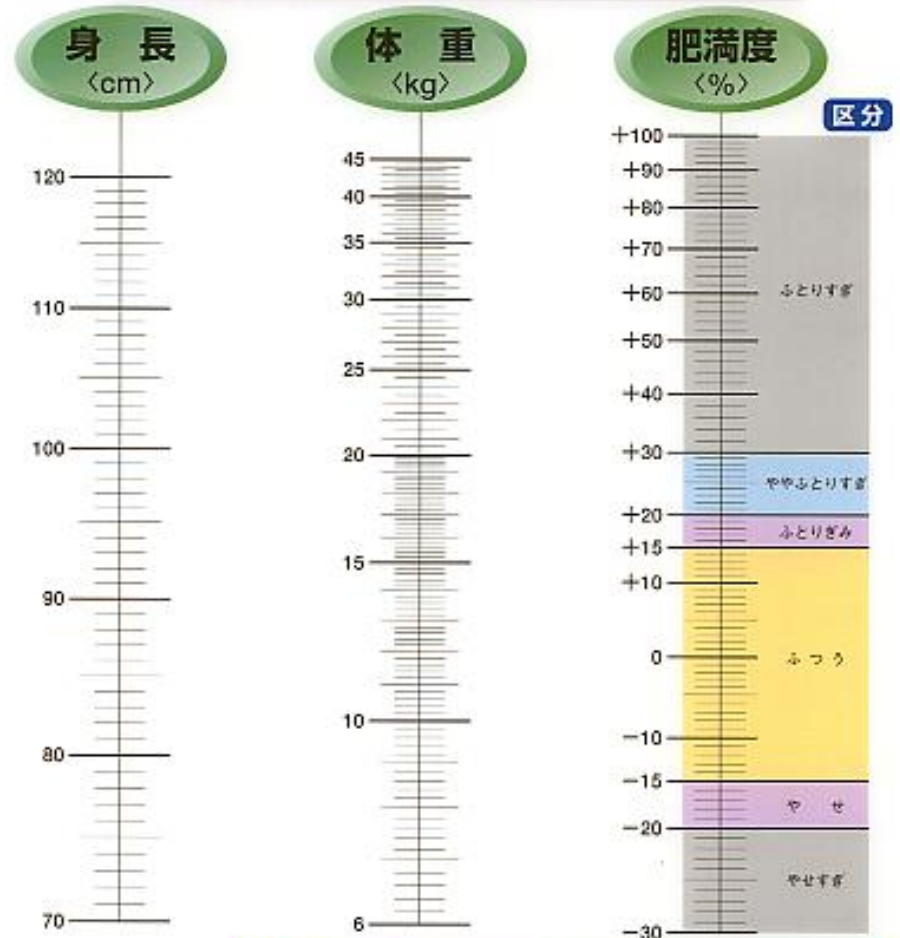
- Boltの教科書のMを求めるノモグラム





幼児用肥満度ノモグラム

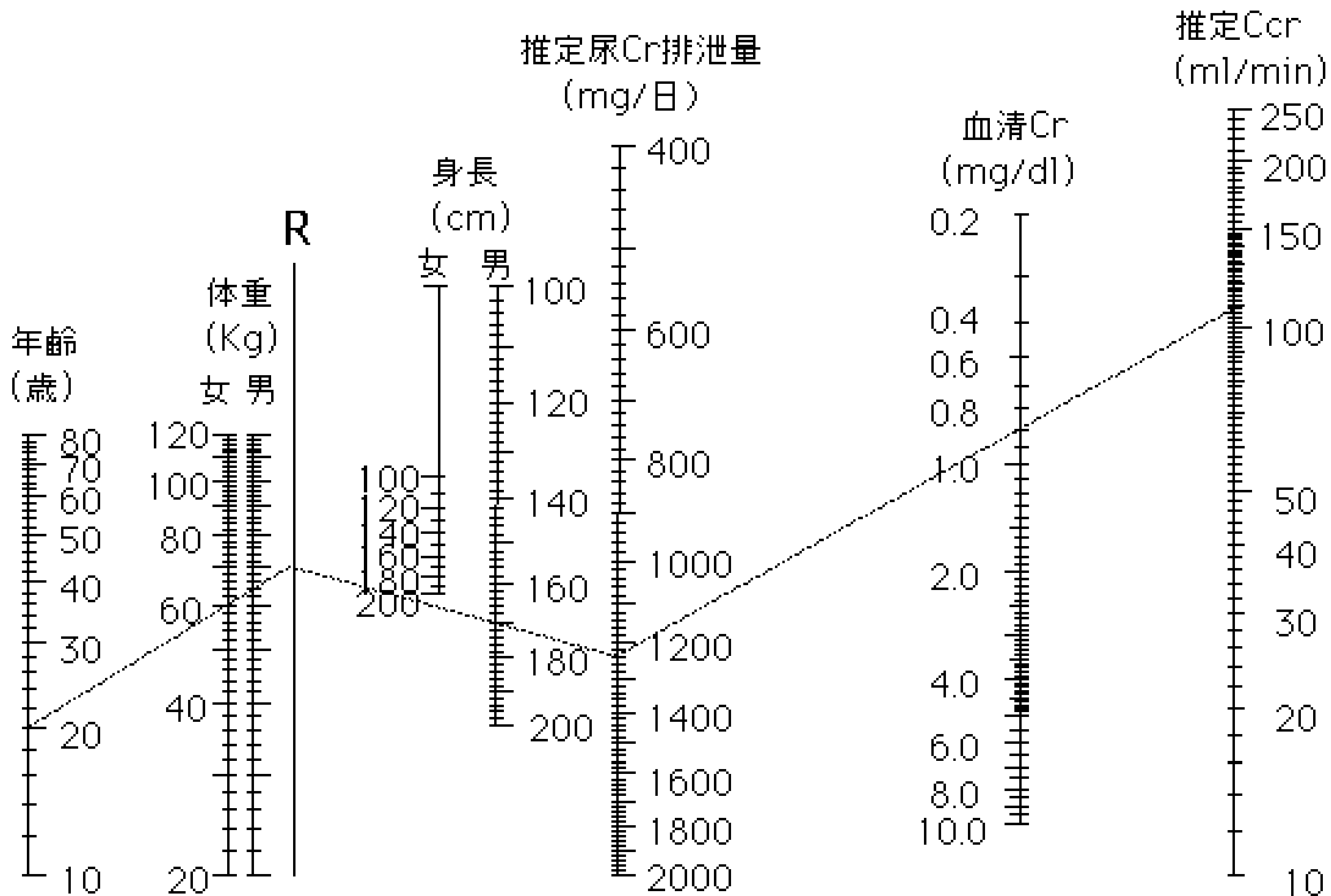
〔男児〕



ノモグラムの使い方

肥満度ノモグラムは三つの直線で構成されます。すなわち身長、体重と肥満度を表す直線です。それぞれの直線には数値の刻みが入っており、任意の2点を結べば残りの値が求められるように作られています。実測身長と実測体重を結んだ線が肥満度の直線と交わるところが求める肥満度とその区分になり、また肥満度0%と実測身長を結んだ線が体重の直線と交わるところがその身長における平均体重(標準体重)を表します。標準体重は各身長の実理想体重を表すものではありません。あくまでも目安として指導に用いて下さい。





(少ない文献)

The Lost Art of Nomography 457

On Jargon

The Lost Art of Nomography

Ron Doerfler

Naperville, IL

<http://www.myreckonings.com>

rondoerfler@myreckonings.com

Introduction

Nomography, truly a forgotten art, is the graphical representation of mathematical relationships or laws (the Greek word for law is *nomos*). These graphs are variously called nomograms (the term used here), nomographs, alignment charts, and abacs. This area of practical and theoretical mathematics was invented in 1880 by Maurice d'Ocagne (1862–1938) and used extensively into the 1970s to provide engineers with fast graphical calculations of complicated formulas to a practical precision.

ノモグラムによる

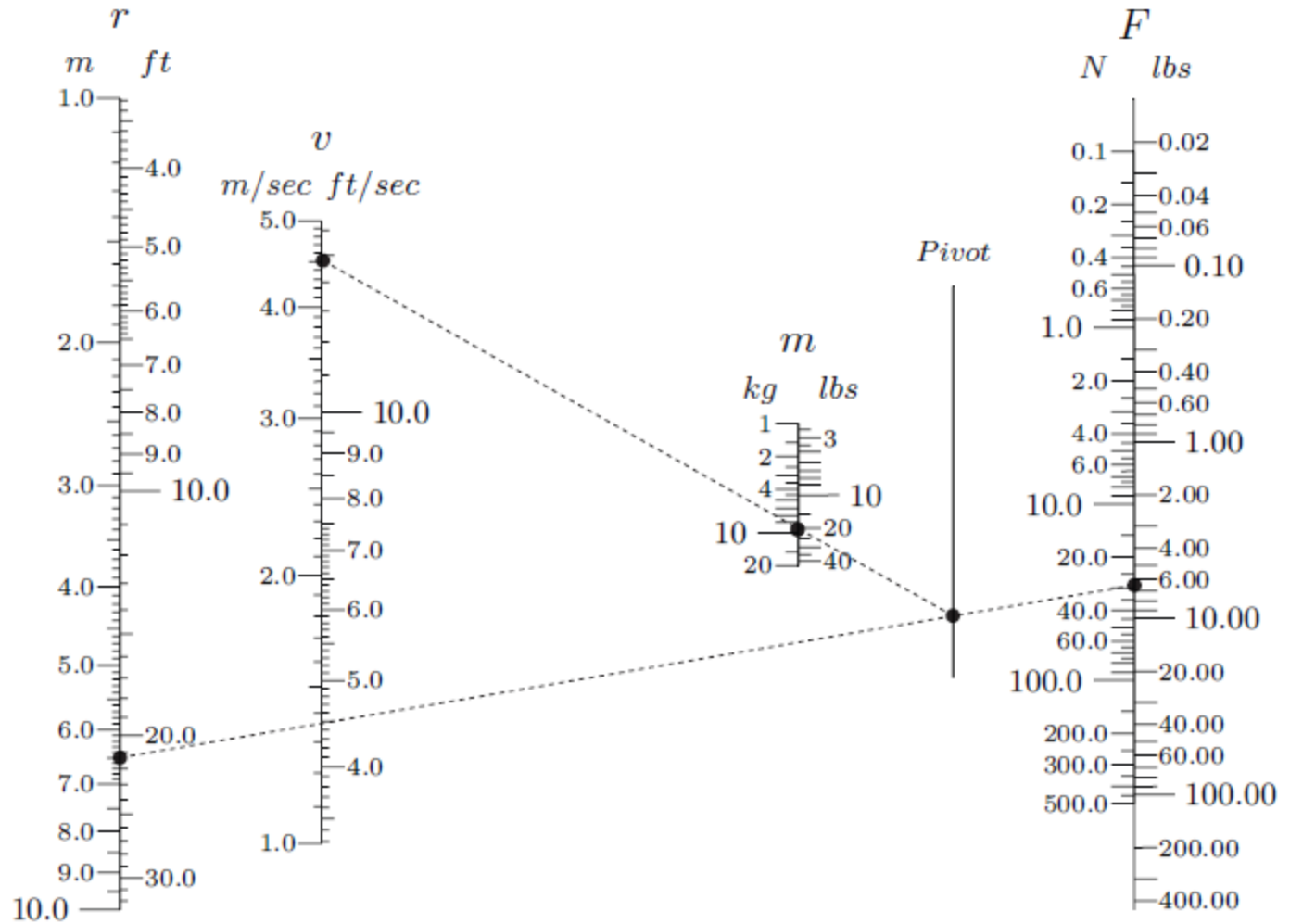
鉄筋コンクリートの計算

柴田直光著

理工図書

4変数のノモグラム

The_Lost_Art_of_Nomography.pdfより



$$\text{Centripetal Force: } F = mv^2/r$$

Figure 11. A compound parallel-scale nomogram for centripetal force.

Projectile Trajectory Without Air Friction

$$Y = X \tan A - gX^2 / (2V_0^2 \cos^2 A)$$

The_Lost_Art_of_Nomography.pdfより

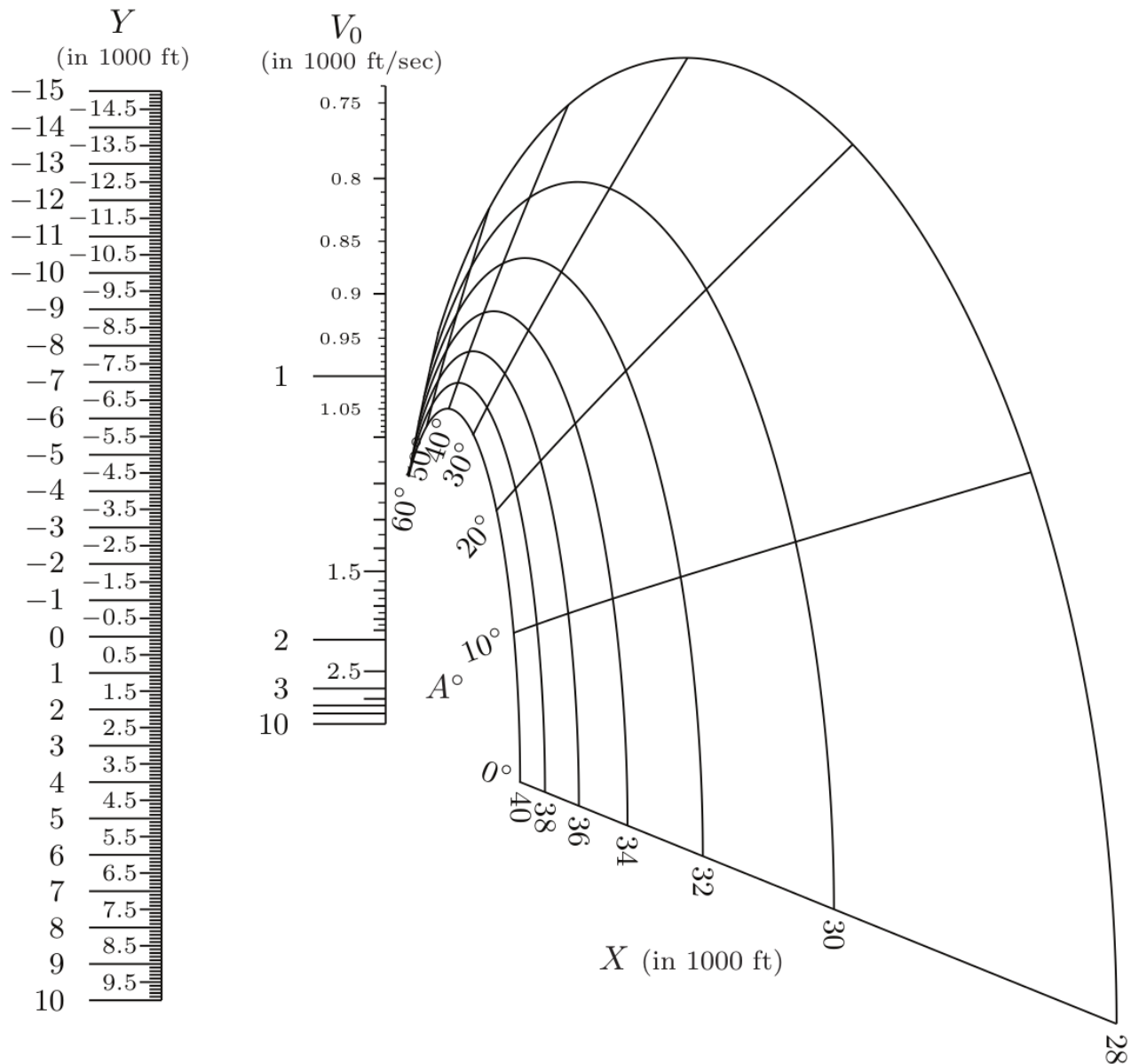


Figure 27. A portion of the projectile trajectory nomogram in **Figure 23** after projection through the point (2,0.5,-1), providing greater accuracy for longer distances X.

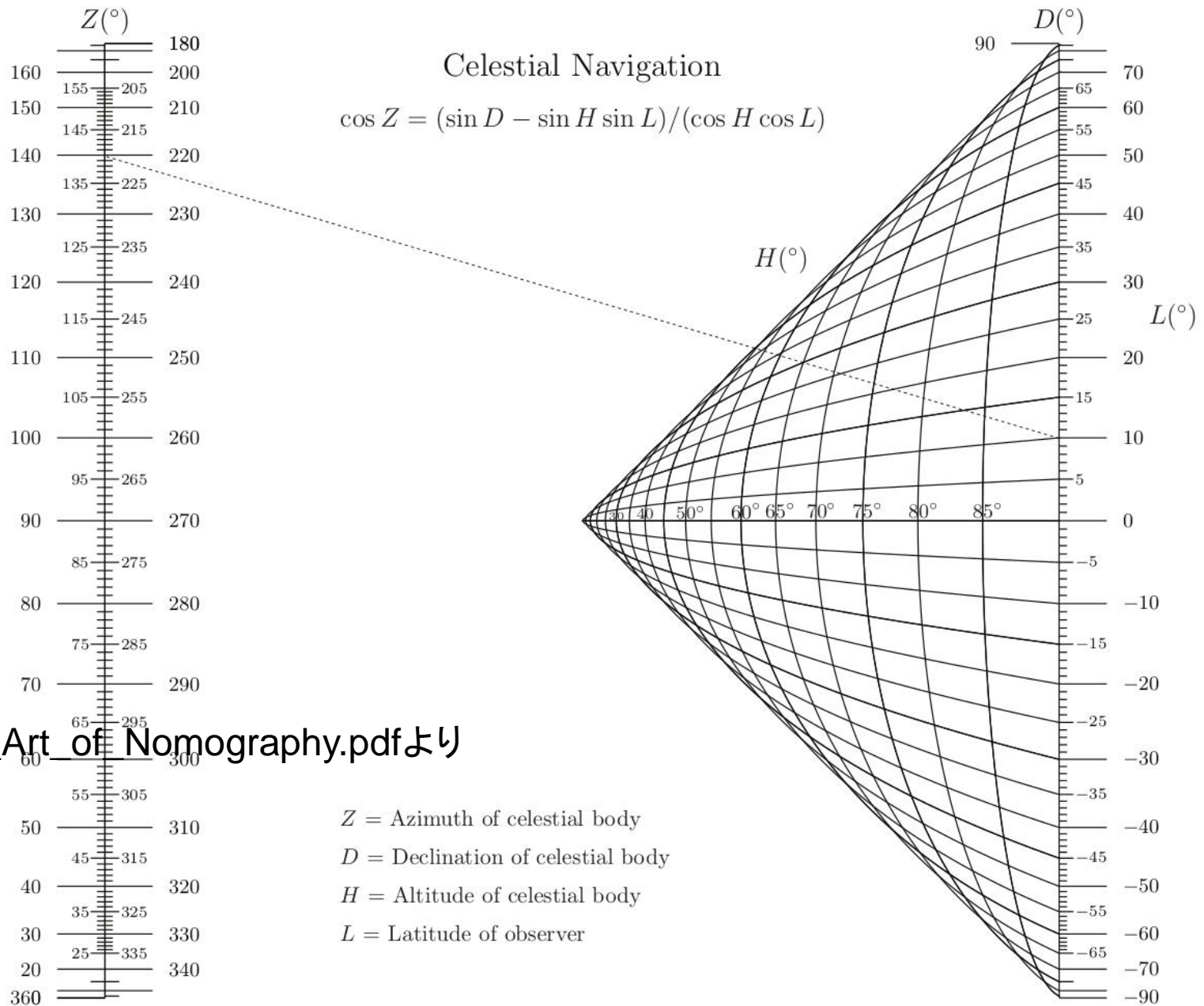


Figure 22. A grid nomogram for celestial navigation (after Adams [1964], d’Ocagne [1899], and Roschier and Makkonen [2009]).

The_Lost_Art_of_Nomography.pdfより

3. ノモグラムの原理

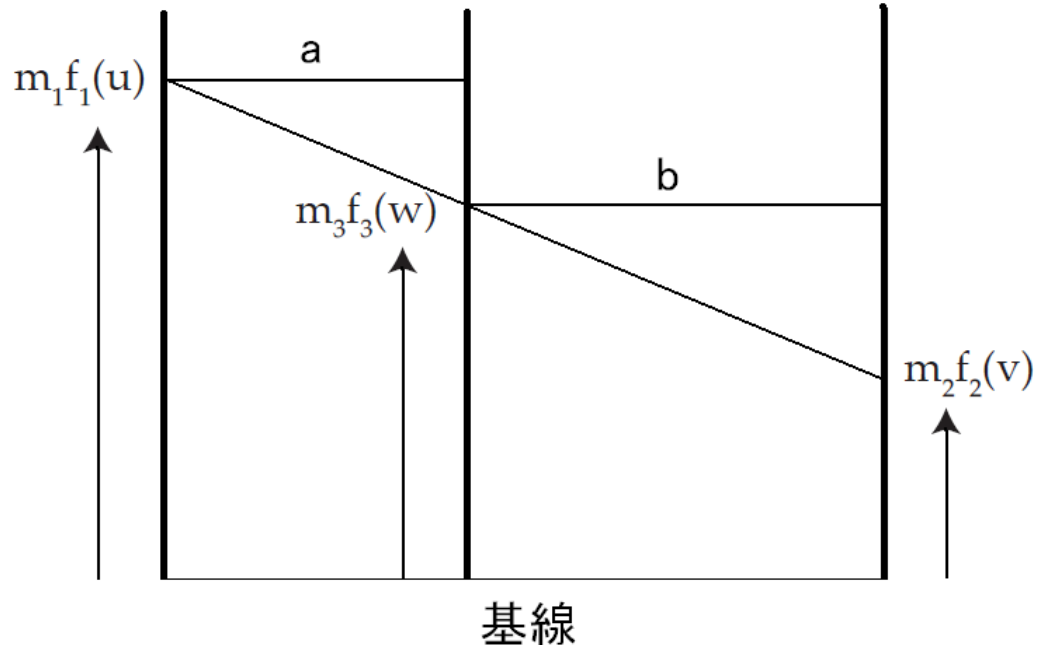
- このノモグラムを表す式は変数を u, v, w として $f_1(u) + f_2(v) = f_3(w)$

- 相似三角比より

$$\frac{m_1 f_1(u) - m_3 f_3(w)}{a} = \frac{m_3 f_3(w) - m_2 f_2(v)}{b}$$

- これより右の式が求まる.

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{a}{b}, \quad m_3 = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}.$$



4. Mを求める尺の設計

- 気象庁のM決定の式(坪井の式, $h < 60\text{km}$)は
 $\log A + 1.73 \log D = M + 0.83$

$f_1(u)$ $f_2(v)$ $f_3(w)$ を割り当て.

- 尺の長さパラメータ(両側の尺の長さを20cmとすると)

$$m_1 = 20 / (\log 100 - \log 10) = 20$$

$$m_2 = 20 / (1.73 * (\log 100 - \log 10)) = 11.6$$

$$m_3 = m_1 m_2 / (m_1 + m_2) = 7.33$$

- 尺の目盛りの刻み(基線からの距離)

$$f_1 \text{尺}: 20 \times (\log A - \log 10)$$

$$f_2 \text{尺}: 11.6 \times 1.73 (\log D - \log 10)$$

$$f_3 \text{尺}: 7.33 \times (M - (\log 10 + 1.73 \log 10 - 0.83))$$

5. 尺の計算

- 表計算ソフトで行う方法

⇒計算は簡単であるが、尺の図を書くのが結構、難しい。

⇒計算だけやらせて、尺は物差しを使ってプロットする方法もある。

- フリーソフト(PyNomo)を用いる方法

⇒Python言語の取り扱いにある程度慣れている必要があるが、精緻で見事なpdf画像の尺が短時間で作成できる。

Creating Nomograms with the *PyNomo* Software

Version 1.1 for PyNomo Release 0.2.2

Ron Doerfler

<http://www.myreckonings.com/wordpress>

October 19, 2009

PYNOMO IS A POWERFUL, FREE SOFTWARE PACKAGE FOR DRAWING PRECISION NOMOGRAMS. It is written by Leif Roschier, and it provides a solution to one of the most vexing of problems in nomography: actually drawing the nomogram once the mathematical layout is derived. The output is in vector form in a PDF or EPS file, so it can be enlarged for printing and still retain its sharpness. If additional artwork is desired, the vector file can be edited in vector form in, say, Adobe Illustrator, Microsoft Visio or LaTeX. PyNomo directly supports nine basic types of nomograms based simply on the format of the equation, so for these types there is no need to convert the equation to the standard nomographic determinant or use geometric relations. But it also supports more complicated equations that have been cast into general determinant form, so it can produce output for any equation that can be plotted as a nomogram. In fact, PyNomo is an excellent tool for experimenting with parameters to get the best nomogram for the problem at hand. This essay discusses the use of PyNomo for creating a variety of sophisticated types of nomograms.¹

```
JMA_Mag_type1.py
```

This program is brought by modifying the following script.

I thank to the following script's author. 2nd.-
Mar.2013 Copyright (C) 2013 Yoshio
Okamoto

```
ex_dubois.py
```

Body Surface Area (BSA) according to
Du Bois & Du Bois, Arch Intern Med
1916;17:863:

Body Surface Area = $0.007184 * (\text{Weight}(\text{kg})^{0.425} * (\text{Height}(\text{cm})^{0.725})$
Copyright (C) 2007-2009 Leif Roschier

```
"""
```

```
from pynomo.nomographer import *
```

```
Mag_params={
    'u_min':2.0,
    'u_max':7.0,
    'function':lambda u:-u,
    'title':r'$Mag.$',
    'tick_levels':3,
    'tick_side':'left',
    'tick_text_levels':3,
    'scale_type':'linear smart',
}
```

```
Amp_params={
    'tag':'Amp.[mm]',
    'u_min':10.0,
    'u_max':500.0,
    'function':lambda u:log10(u),
    'title':r'$Amp.[\mu m]$',
    'tick_levels':3,
    'tick_text_levels':3,
    'scale_type':'linear smart',
    'title_x_shift':1.0,
}
```

```
D_params={
    'tag':'PS-time',
    'u_min':10.0,
    'u_max':1200.0,
    'function':lambda u:1.73*log10(u)-0.83,
    'title':r'$D[km]$',
    'tick_levels':4,
    'tick_text_levels':3,
    'tick_side':'left',
    'title_x_shift':-0.8,
    'scale_type':'linear smart',
}
```

```
block_1_params={
    'block_type':'type_1',
    'width':15.0,
    'height':25.0,
    'f1_params':Amp_params,
    'f2_params':Mag_params,
    'f3_params':D_params,
    # 'isopleth_values':[[300,'x',100]]
}
```

```
Amp59_params={
    'tag':'Amp.[mm]',
    'u_min':10.0/10.0,
    'u_max':500.0/10.0,
    'function':lambda u:log(u/10.0),
    'title':r'$59type[mm]$',
    'tick_levels':4,
    'align_func':lambda u:u*10.0,
    'tick_text_levels':4,
    'tick_side':'left',
    'scale_type':'linear smart',
    'title_x_shift':-1.0,
}
```

```
block_2_params={
    'block_type':'type_8',
    'f_params':Amp59_params,
    # 'isopleth_values':[['x']]
}
```

```
PS_time_params={
    'tag':'PS-time',
    'u_min':10.0/8.23,
    'u_max':1200.0/8.23,
    'function':lambda u:1.73*log10(u/8.23)-0.83,
    'title':r'$PS-time[sec]$',
    'tick_levels':4,
    'align_func':lambda u:u*8.23,
    'tick_text_levels':4,
    'tick_side':'right',
    'scale_type':'linear smart',
    'title_x_shift':1.2,
}
```

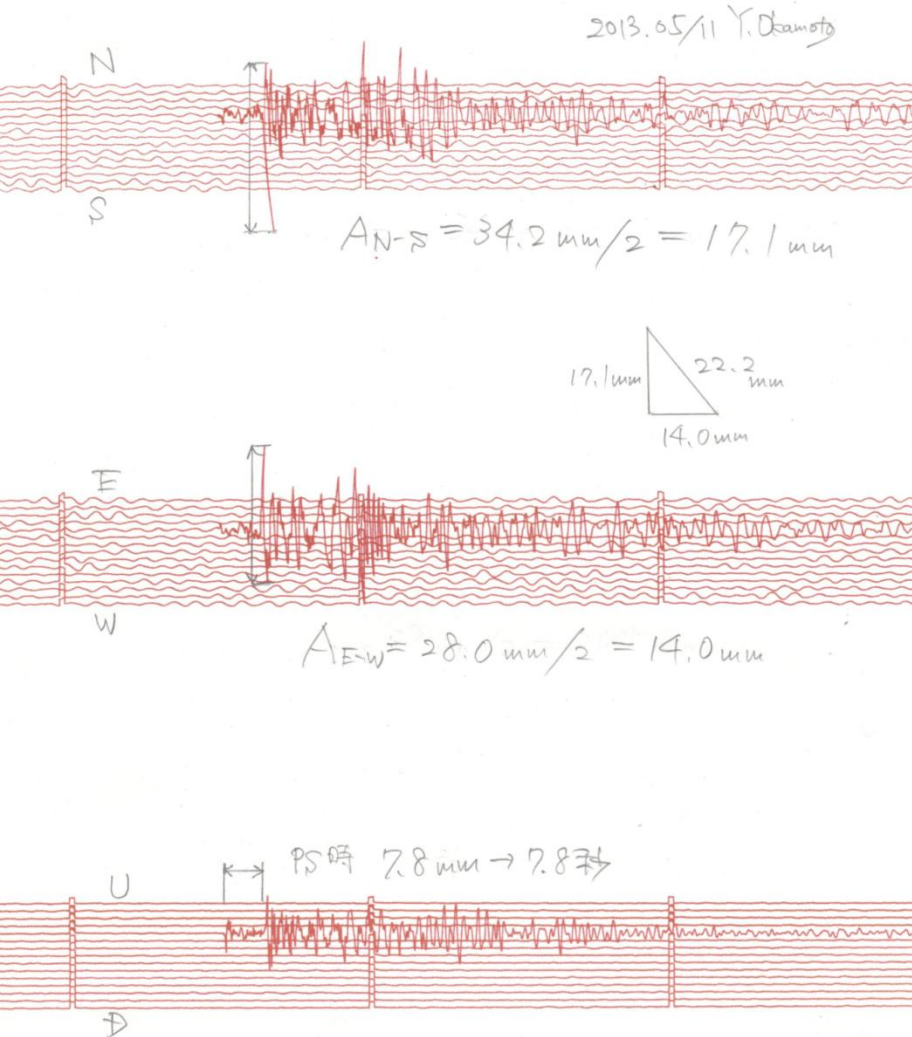
```
block_3_params={
    'block_type':'type_8',
    'f_params':PS_time_params,
    # 'isopleth_values':[['x']]
}
```

```
main_params={
    'filename':'JMA_Mag_type2_823.pdf',
    'paper_height':25.0,
    'paper_width':15.0,
    'block_params':
    [block_1_params,block_2_params,block_3_params
    ],
    # 'transformations':[('rotate',0.0),('scale
    paper',)],
    'transformations':[('rotate',0.01),
    ('polygon',),('scale paper',)],
    'title_str':r'\large $M=\log(A)+1.73*\log(D)-0.83$',
    'title_x': 7.5,
    'title_y': 25.0,
    'title_box_width': 8
}
```

```
Nomographer(main_params)
```


作成した尺と使用法

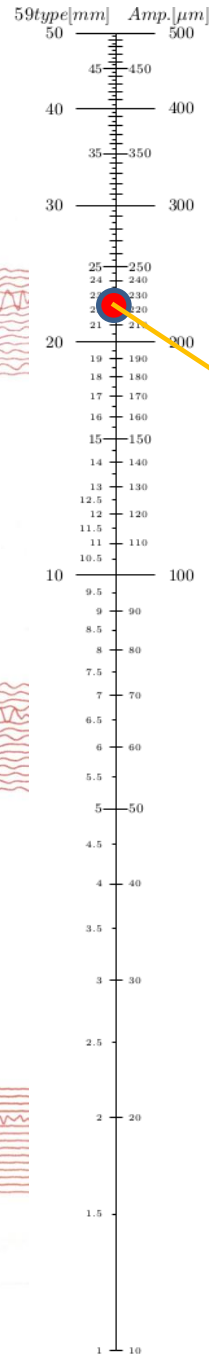
波形記録は大阪管区气象台提供



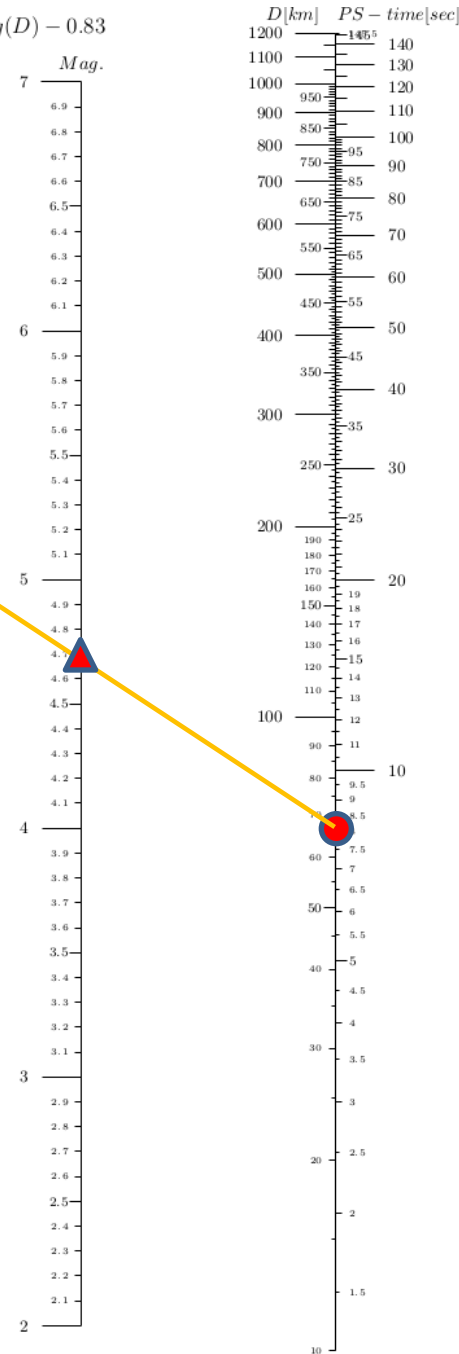
地震年報より

2007年7月16日17時24分19秒 北緯34.16 東経135.57 深さ48.6km M_j 4.7 奈良県南部

J2007071617241911 006 341568 015 1355684 019 486905347D46V5113 5193SOUTHERN NARA PREF 32K



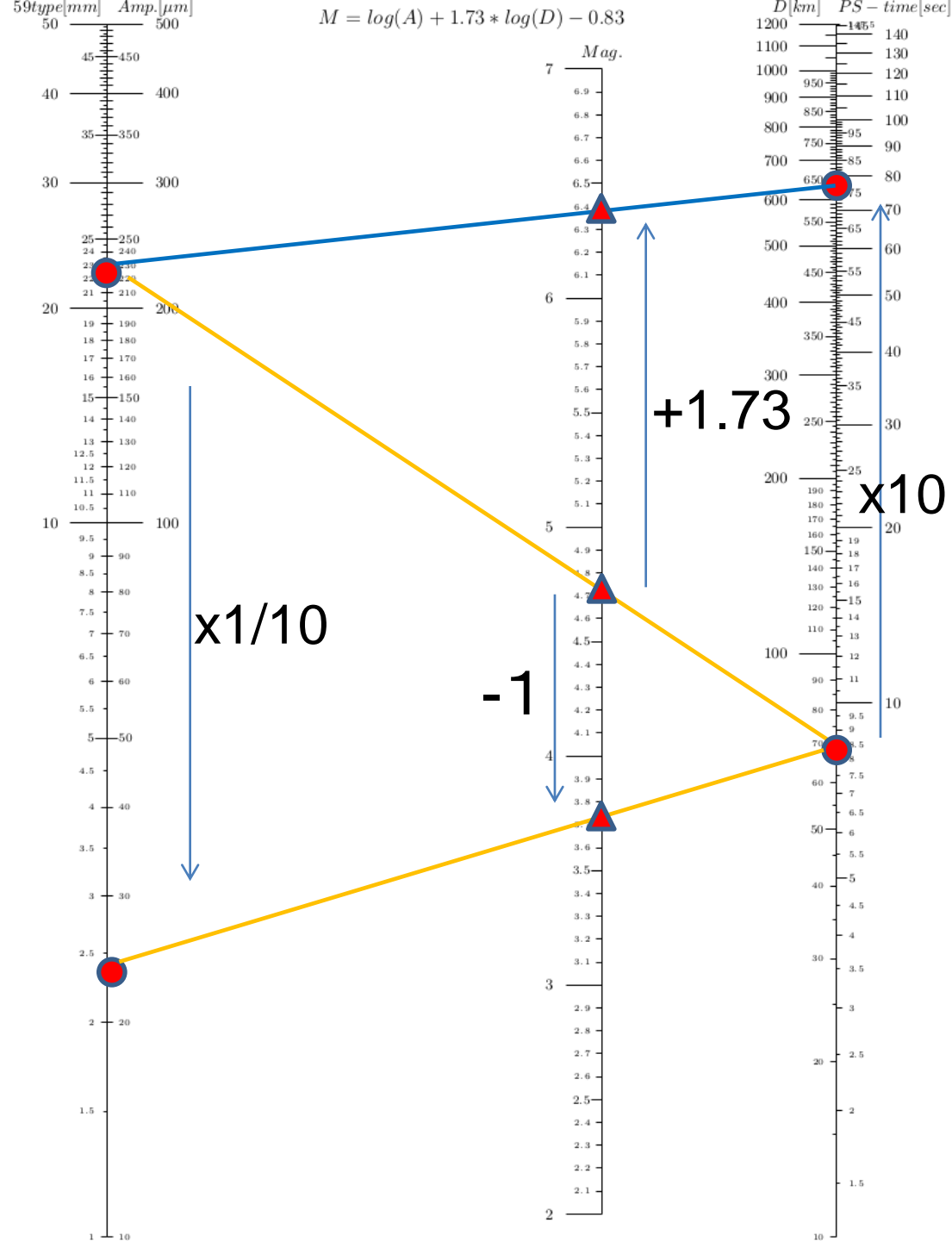
$$M = \log(A) + 1.73 * \log(D) - 0.83$$



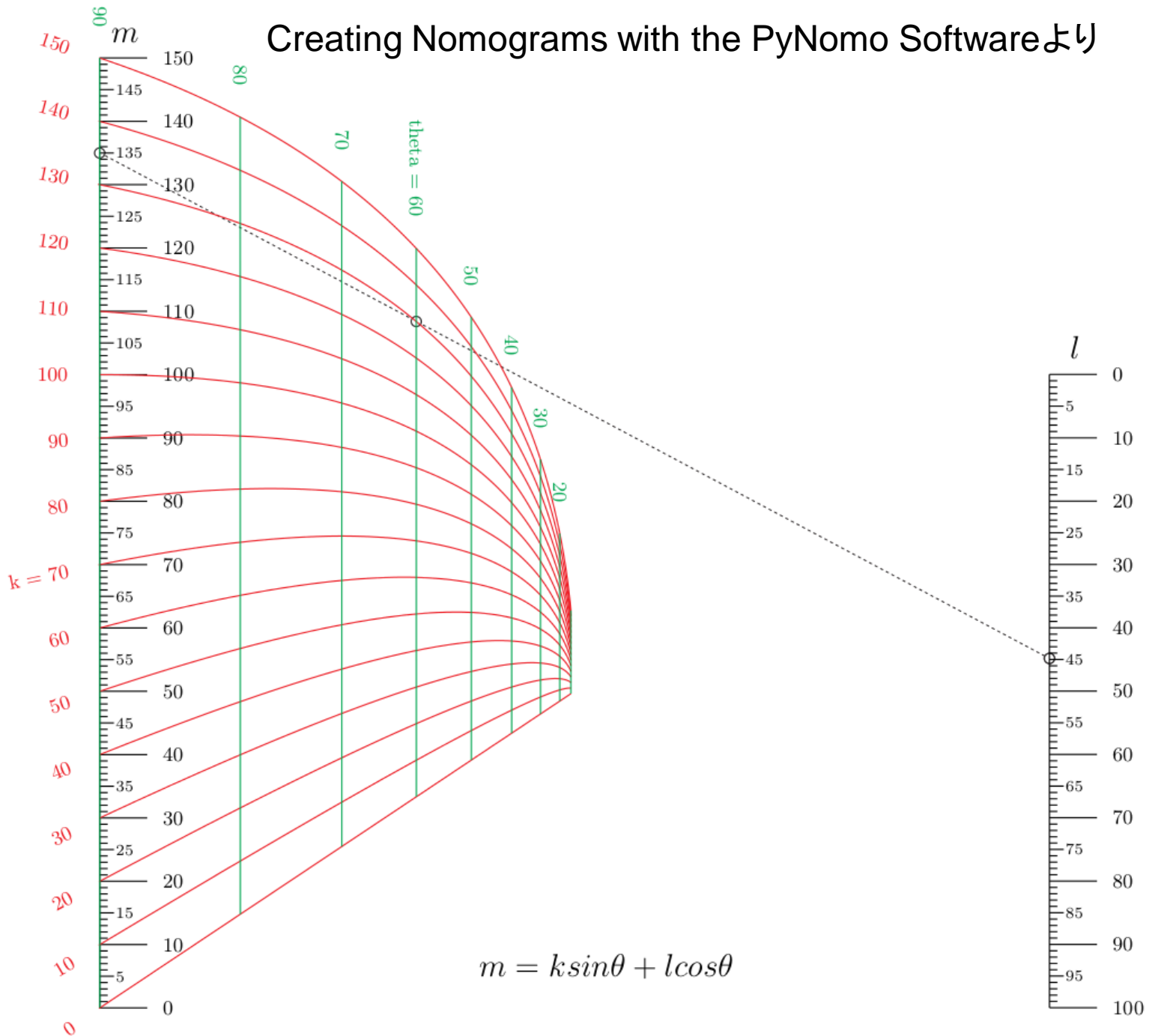
ノモグラムの意外な使用法

- 対数の性質を図示できる

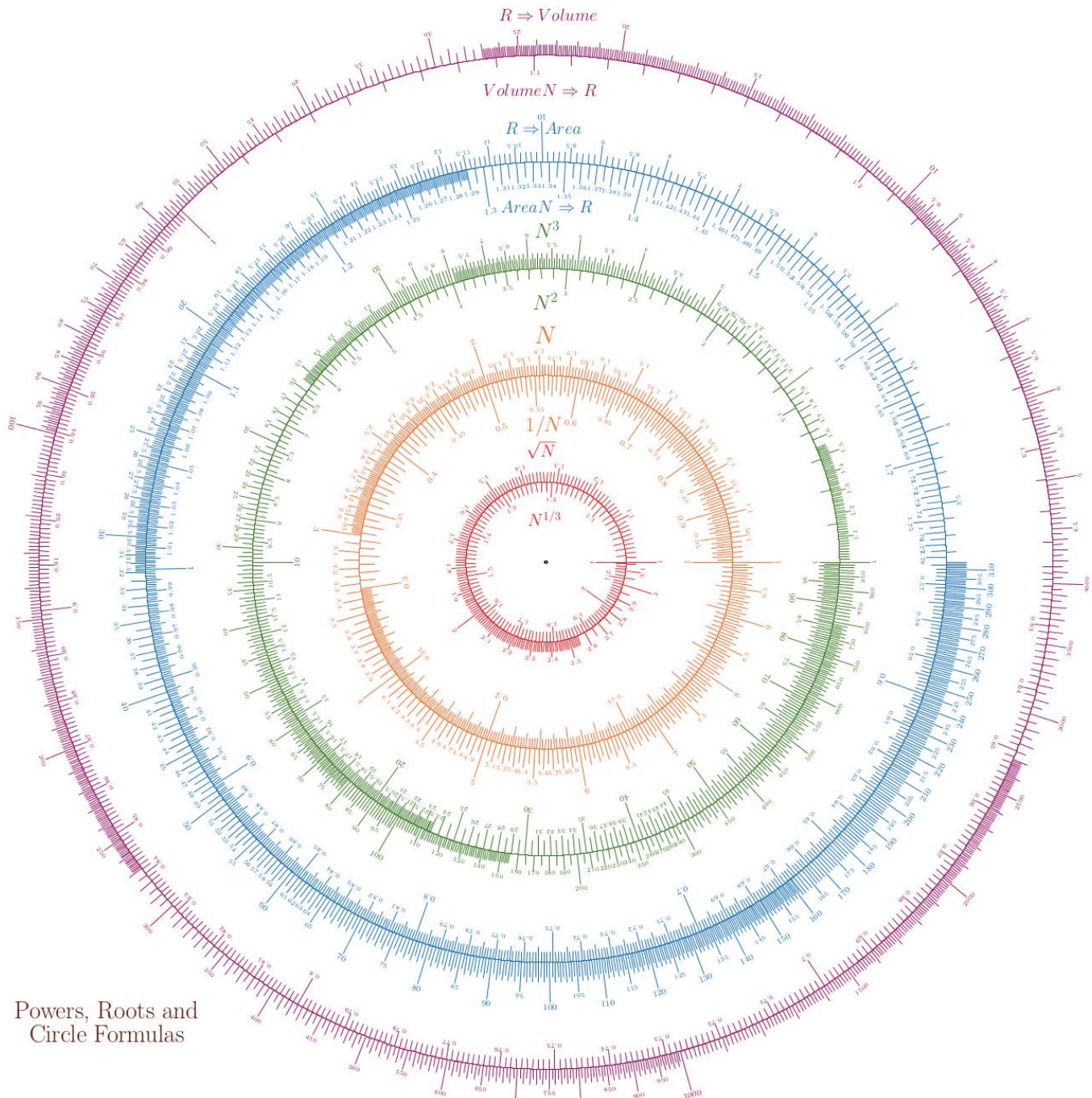
掛け算・割り算
⇒ 足し算・引き算



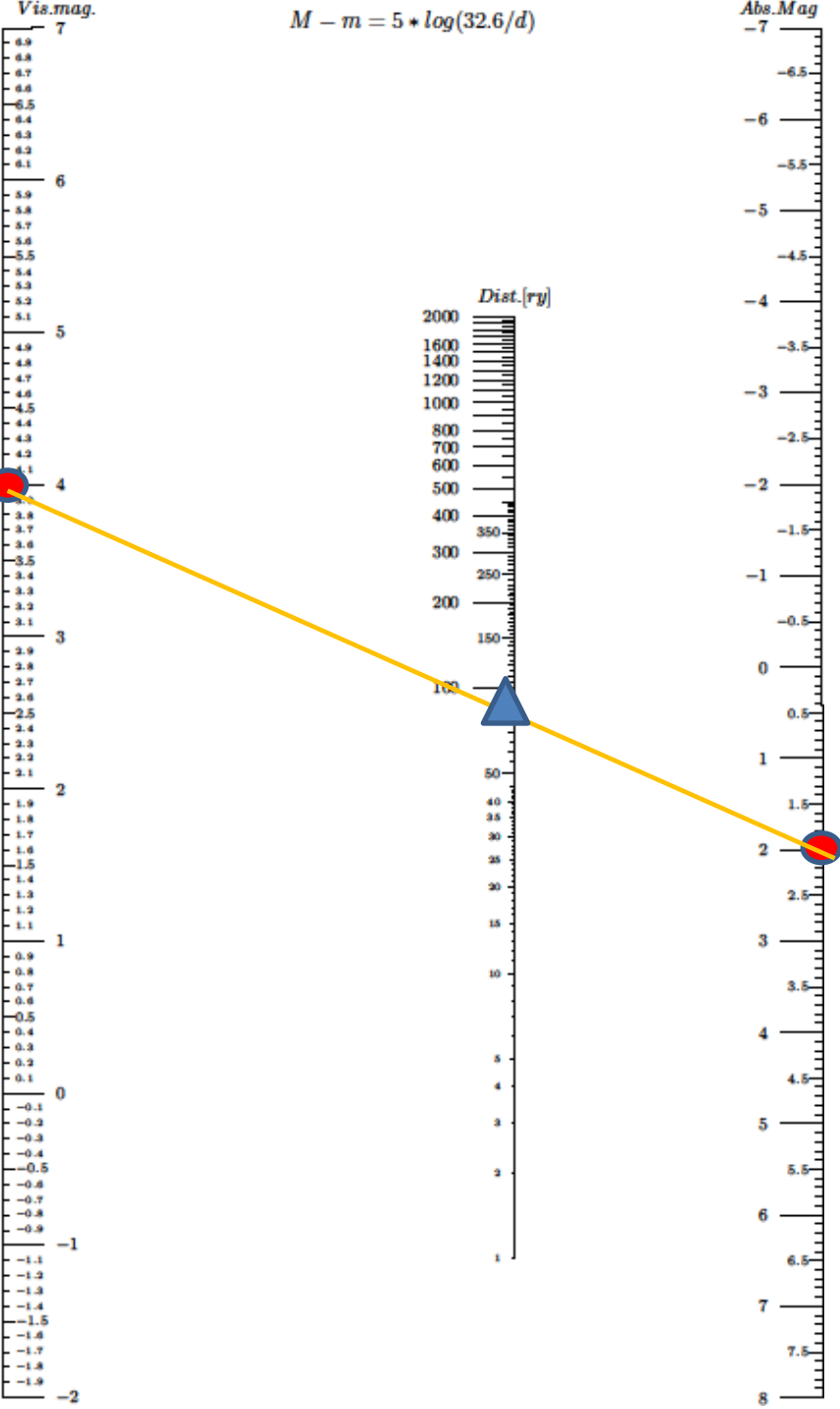
Creating Nomograms with the PyNomo Softwareより



Creating Nomograms with the PyNomo Softwareより



Powers, Roots and Circle Formulas



恒星の距離を求める

- $m - M = 5 \log_{10} r - 5$
- M : 絶対等級
- m : 実視等級
- d : 星の距離 (光年)

ノモグラムを作成するときの問題点

- 日本語の資料がほとんど廃刊
- 原理は意外とやっかい.
- 表計算で簡単にできる計算
- きちんとした尺は表計算では難しい
- かと言ってPythonもなかなか手ごわい
- 結局作成するときにはかなりの根性が必要
- 上記に費やす時間と手間を考えると
⇒費用対効果がそれほどあるのか？

ノモグラムのごりやく

- 関数電卓にはない味わい！
- 目先を変える意外性
- 難しい対数計算を図で原理から示すことができる。
- 対数尺の不思議な性質を体験することができる。
- 中学生，小学生でも使える。
- アナログの素晴らしさを体験できる？！
- Python言語に親しむことができた(筆者の場合)

地震のMを求める実際例

- ポスター会場で,
- 古田佐代子・廣田伸之(大阪管区気象台)・
岡本義雄(大阪教育大学)

による,

P-5 「気象庁59型地震計波形記録を用いた
学校教材の開発(実践編)」

をぜひご覧ください！！

参考文献 & 謝辞

- Ron Doerfler: The Lost Art of Nomography, 2009
- Ron Doerfler: Creating Nomograms with the PyNomo Software, 2009

<http://www.myreckonings.com>

⇒ 近日中に主要部の翻訳(私家版)を完成予定.

- 大阪管区気象台地震火山課古田佐代子氏には貴重な地震波形の提供を受けたほか, 数多くの示唆をいただいた. 大阪教育大学附属高等学校2年生佐藤雄亮君には, M を求める尺を使った実習を行い, 数多くの有益な助言をいただいた. 感謝します.
- 本研究には科研費基盤(C)No.25350200の補助をいただいています.