

地震発生を模する「2次元バネ ブロックモデル」アナログ教材 の製作と解析

An analog two-dimensional spring-block model for classrooms

岡本 義雄(大阪教育大学・附属高等学校
天王寺校舎, 非常勤)

Yoshio Okamoto (Osaka-Kyoiku University,
Tennoji-High School at OKU)

はじめに

- 地震の発生の仕方がG-R則に則って発生していることは、専門家にとっては自明のことであるが、一般の人々にその内容がよく理解されているようには見えない。
- 「想定外」とひとくりにされてしまう巨大災害への畏れと、様々な誤解のもとがここに強く根ざしていると筆者は考えてきた。
- そこで筆者はこのG-R則の内容や意味を中高生や一般の人にも理解するきっかけになる教材モデルとして碁石モデル(大塚, 1971)や砂山モデル(Bakほか, 1989)などのアナログないし実習教材を開発してきた(岡本, 1998など)。
- 今回元にしたのは、バネブロックモデルとして古典的なBurridge-Knopoffモデル(1967), および2次元機械モデル(大塚, 1971)である。1次元のアナログモデルの製作と解析はすでに加藤(2011)に詳しいので、ここではそれを2次元に拡張させたモデルを製作してみた。

Motivation

- The occurrence of earthquakes obeyed with the famous Gutenberg-Richter's law is quite essential for earthquake experts, however few people could understand the details.
- The misunderstanding and awe for disastrous disasters are caused from this point.
- Therefore, we developed some educational tools for understanding the G-R law; Go-game model(Otsuka, 1971), sand-pile model (Bak et.al,1989).
- Kato(2011) described his one-dimensional Burridge-Knopoff model as an educational tool.
- We introduced here a two dimensional spring-block model extended from the Kato's model.

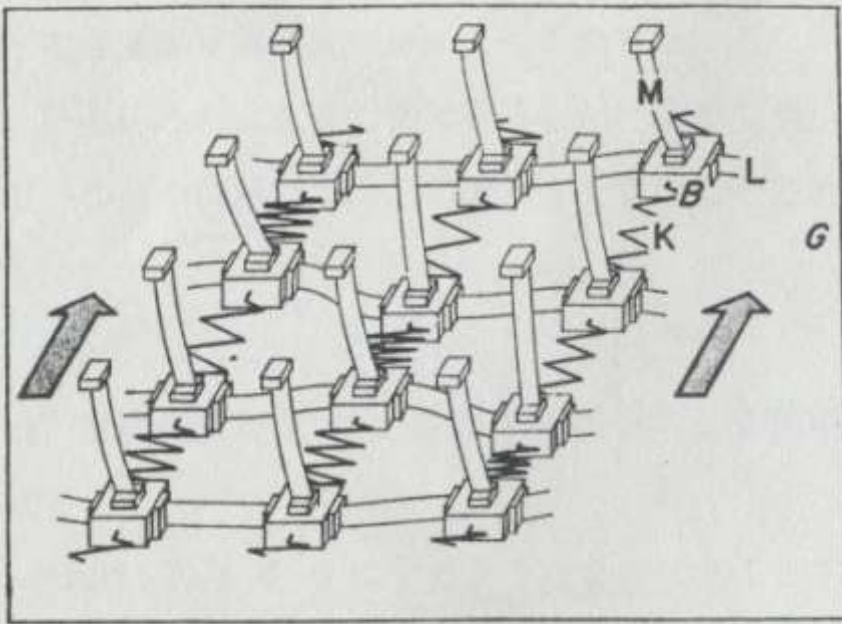


Fig. 1. A sketch of a portion of the simulator.

大塚道男(1971): 地震の起こり方のシミュレーション 第一部 一つの機械的モデル より

Stefan Hergarten(2002): Self-Organized Criticality in Earth Systems より

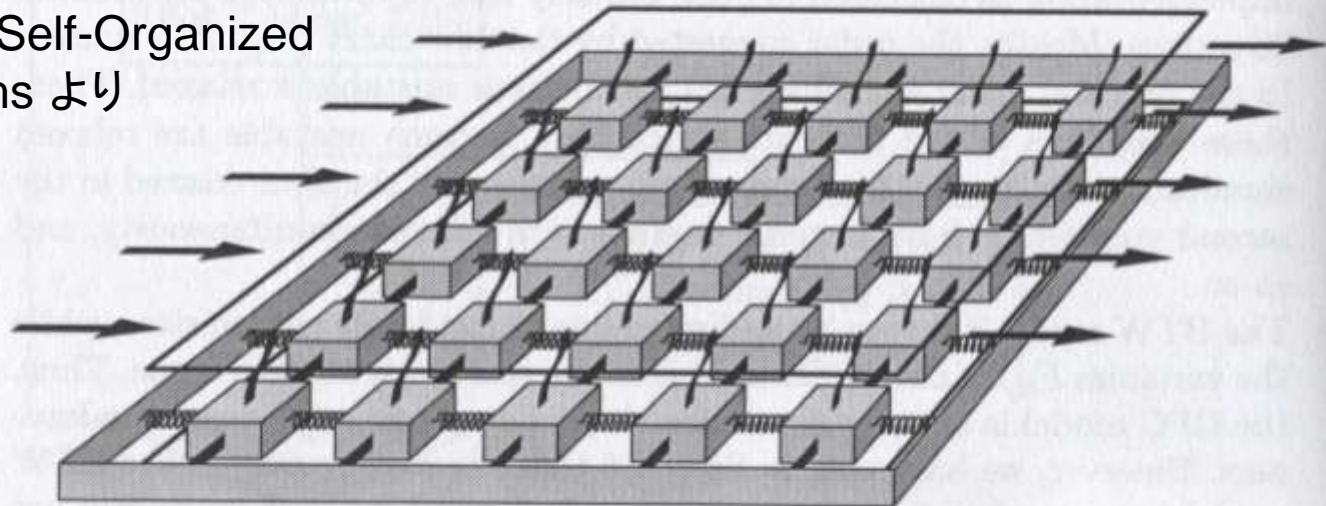


Fig. 7.8. Rigid-frame boundary conditions in the two-dimensional OFC model.



Wooden rim and blocks joint each other

Color rubber bands and pull-tags



実験装置の概要：

Outline of apparatus：

- ブロック：厚鉄板（60mm四方，12mm厚）を鉄バー素材から切り出して整形，周囲4面に？字真鍮フック

Iron block: 60mm square, 12mm thick cut from a SS400

iron bar with 4 brass ? shaped hocks

- バネ：市販の細いカラーゴム．各ブロックは周囲4面に？型のフックがネジ止め．フック同士を四方に輪ゴムを用いて接続

Spring: color rubber bands. Each iron plate has four brass hock on its sides, and are connected their nearest neighbors by rubber bands.

- 木枠でブロック全体を駆動．

→リジッドな境界を持つ“修正B-Kモデル”という概観

The system is driven by a wooden square rim with connecting rubber bands at the inner edge, a modified 2-dimensional B-K model.

上部プレートからの板バネは考慮しない．

The system is somewhat modified, elastic springs attached to the upper plate are neglected.



Our first one dimensional model

Cutting Iron Blocks by a “cheap” Band Saw





MILLING MACHINE
MILWAUKEE
#4

MINI BENCH LATHE
MILWAUKEE
#15

#4

#4

#15

Shaving surface by a milling machine



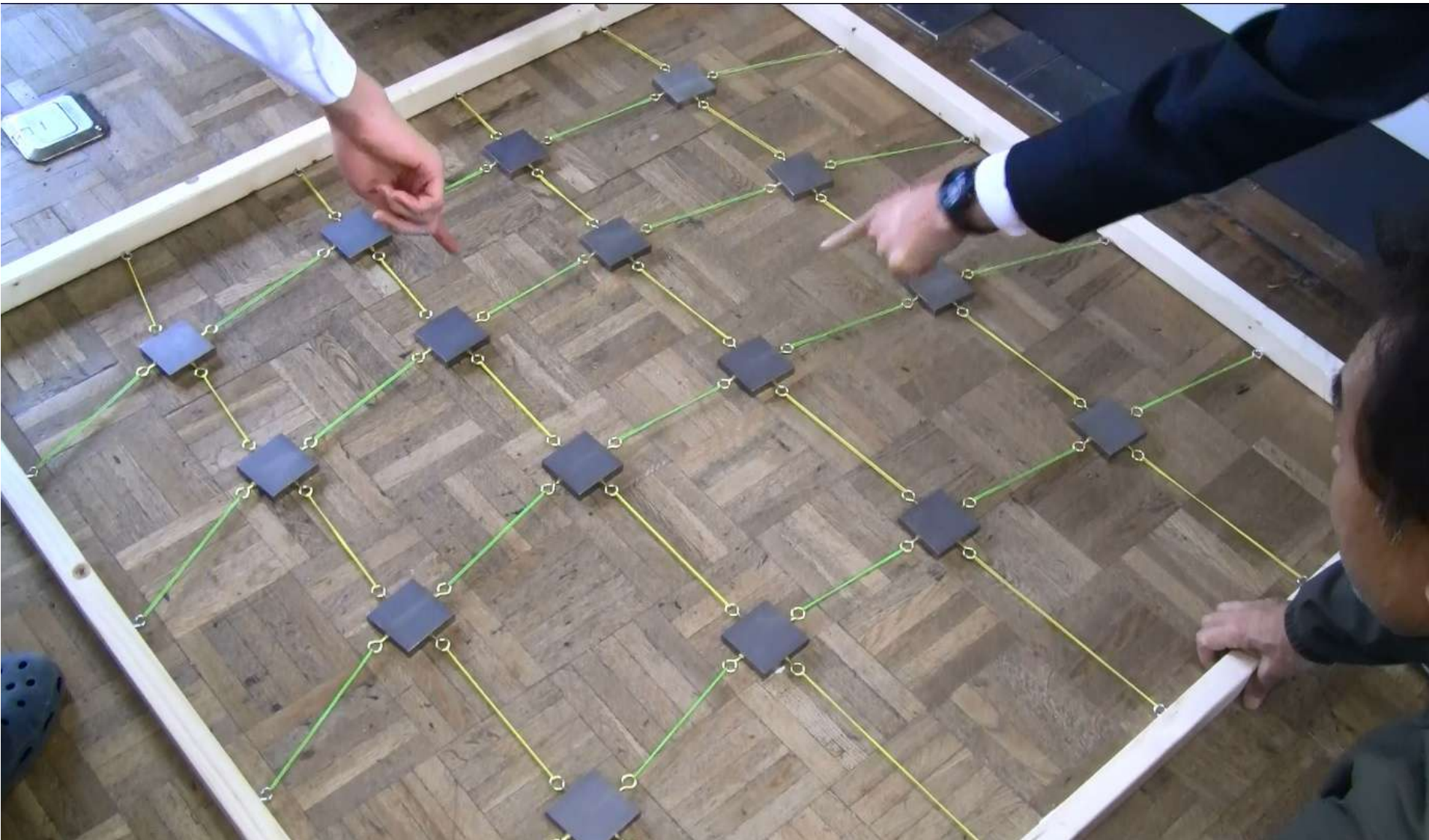
Four pull-tags are attached

実験の概要

Outline of classroom exercise

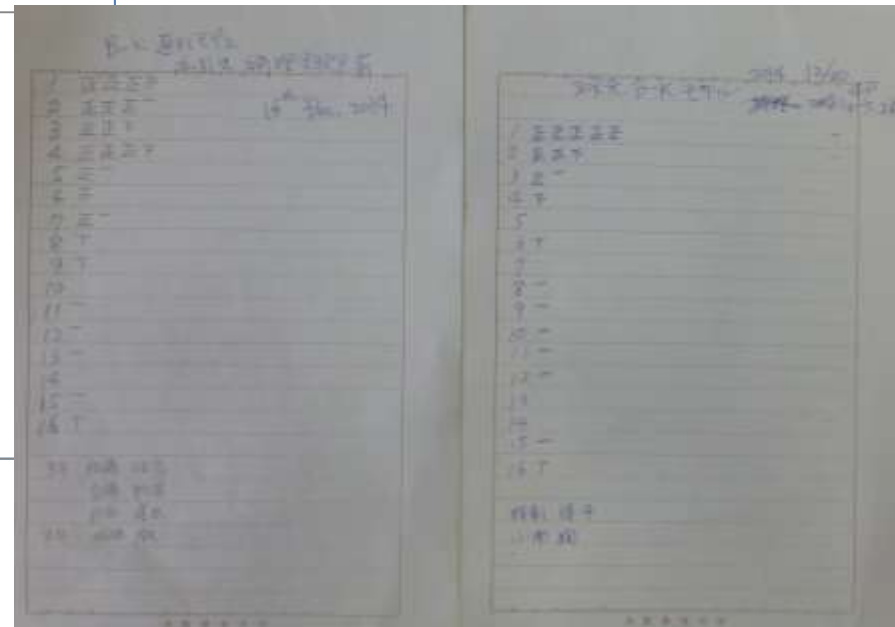
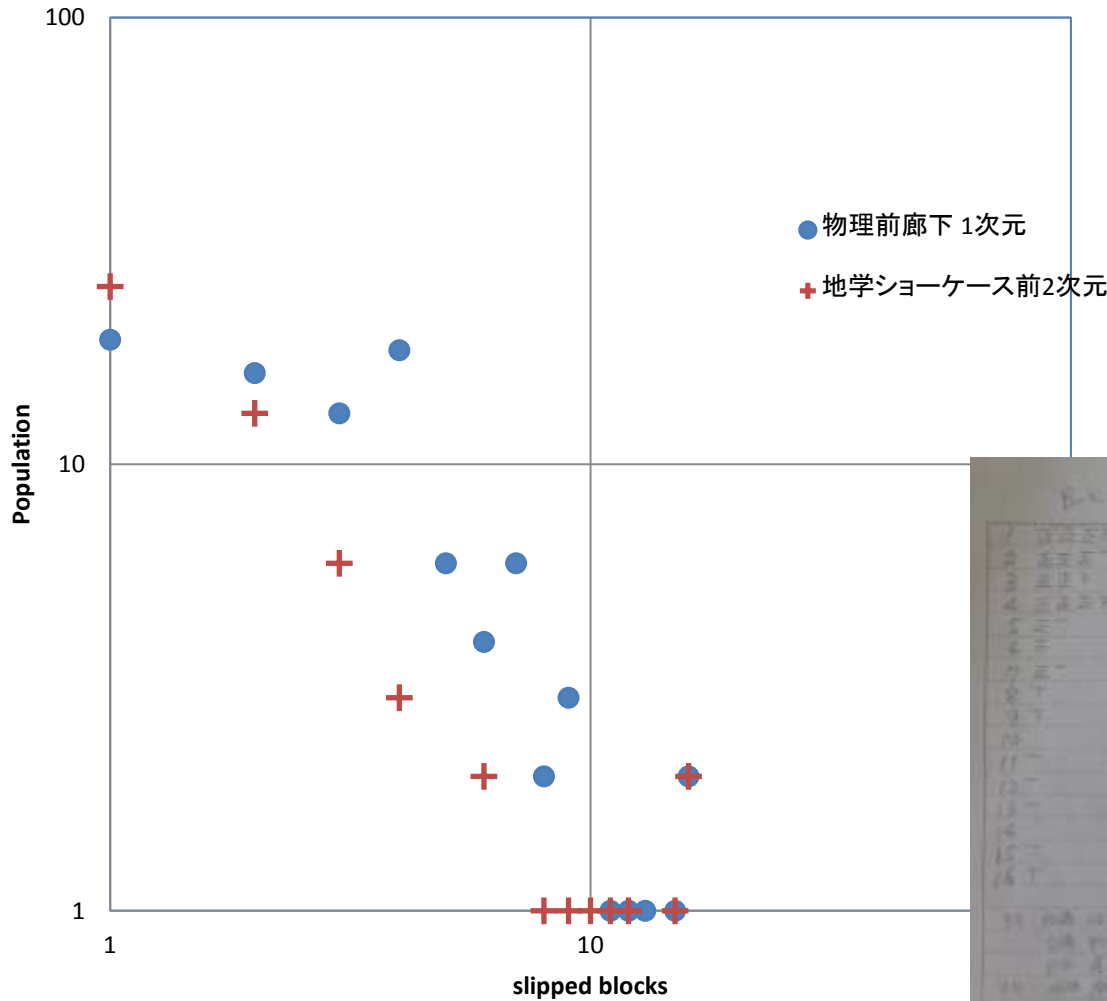
- 木枠を床に置いて、ゆっくりと1方向に移動させ、どれかのブロックが滑った時点で木枠移動を止め、短時間に連続的に滑ったブロック数を数える。即座にメモを取り、終了後統計を取る。ブロック数だけが問題。滑り量は考慮せず。
- 移動させブロックの移動を監視する部分は高校生でも充分興味を持って取り組める。装置がプレート(断層)の動きを模擬していることにすぐに気づく。
- 装置の組み立ても大変簡単で短時間でできる。教室の床に置いて生徒とわいわい言いながら実習ができる
- The exercise is carried out on the class room floor, students watch and count the slips of each blocks enjoyable (occurrence of earthquakes)
- Only slipped block number is concerned unless slip quantity.
- The wooden rim is driving slowly to one direction (a mimic of plate and/or fault motion).

Let's count slipped blocks!



Preliminary counts

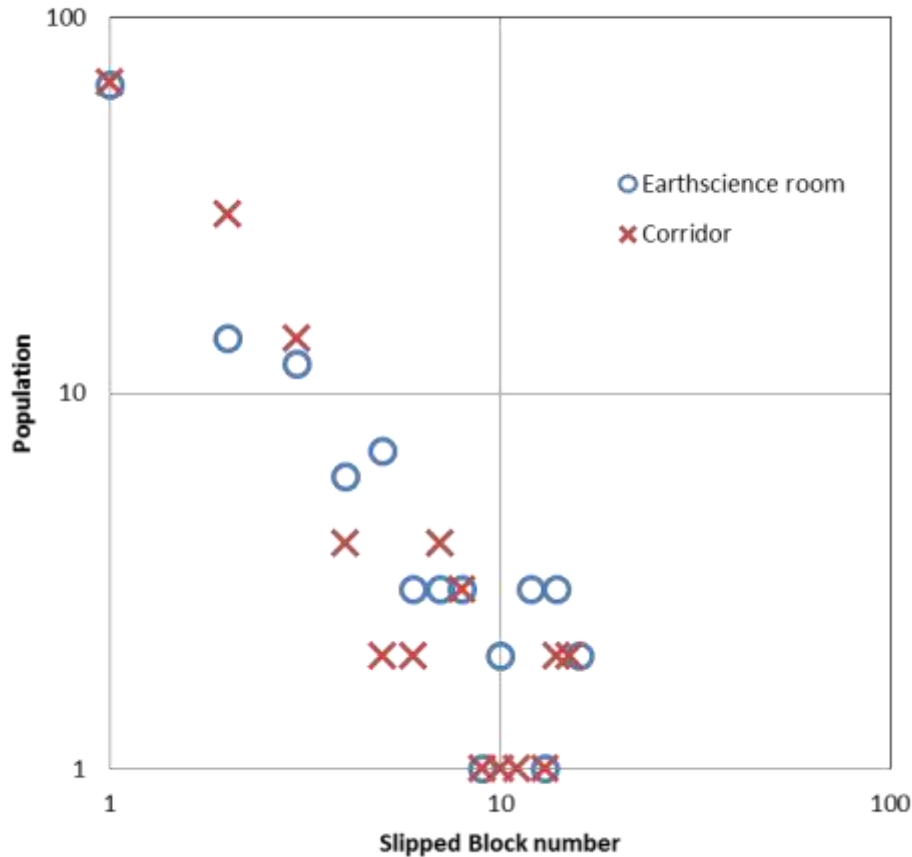
Preliminary counts



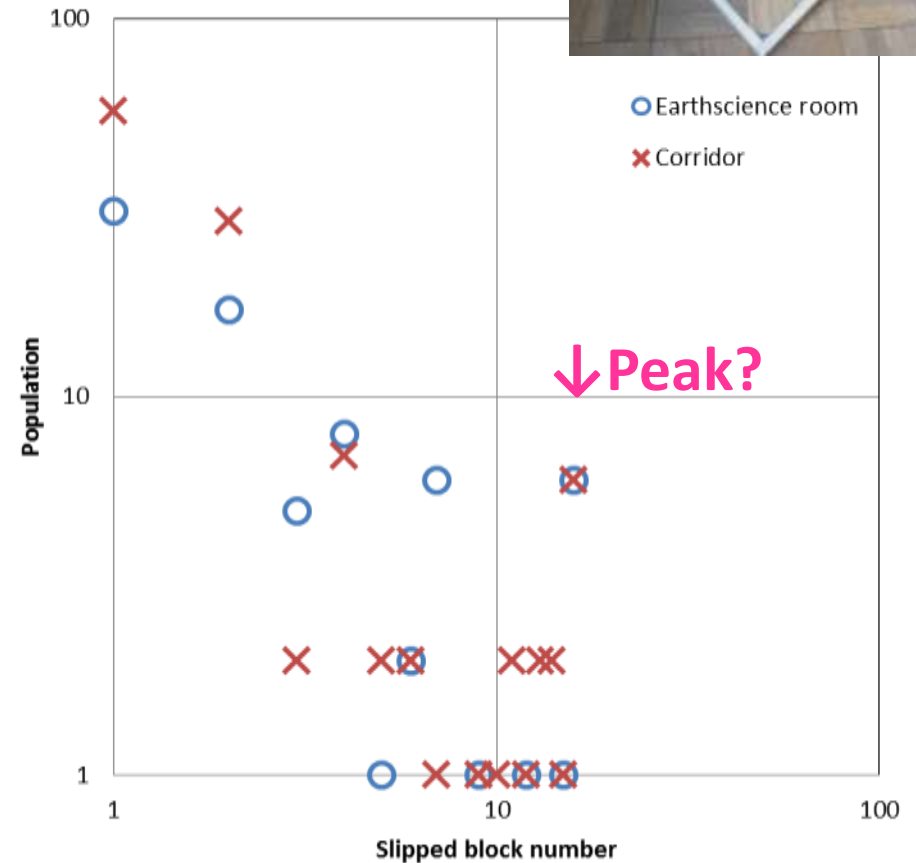
Slipped blocks and frequency



Longitudinal Pulling



Diagonal Pulling



結果と議論

Results and Discussion

- 棒を縦に平行に引く実験 (longitudinal) と、対角線方向に引く実験を (diagonal) を行った.
- いずれも“べき乗則”めいた結果が出た.
- 解析結果もすぐ出せるため、生徒も楽しめる.
- G-R則に代表される地震発生の統計的傾向を模する教材としては簡単に実施でき、なおかつ興味深い.
- 材料の製作にやや手間取るのが問題点
- Longitudinal and diagonal pulling experiments are carried out.
- Both results exhibit a “power law” behavior.
- The students can be strongly inspired of this exercise and so that they can study the relation between earthquakes and the G-R law.
- Making iron blocks is somewhat a tough job!



We thank to Ms. Jun Kominami,
Mr. Tohru Johgaki,
Koushi Takatsu
and Syuhei Kayawari.
Tennoji High School attached to
Osaka Kyoiku University 17th Feb. 2015

A photograph of three people standing in a laboratory hallway. On the left, a large window with a grid pattern allows natural light into the room. In the center, a rectangular wooden frame is placed on the floor, containing a grid of small, dark, square sensors connected by thin yellow wires. To the right, there are metal shelving units and a glass display case containing various items. The three individuals, two men in white shirts and black trousers, and one woman in a grey cardigan and black pants, are looking towards the camera.

Also, we thank to Ms. Yuri Imura,
Mr. Takuto Fukunishi
Tennoji High School attached to
Osaka Kyoiku University 16th May, 2015

文献

- Burridge, R, and Knopoff, L. (1967), Model and theoretical seismicity, Bull. Seism. Soc. Am., 57, 341-371.
 - 大塚道男(1971),地震の起こり方のシミュレーション 第一部 一つの機械的モデル, 地震第2輯,24,23-25
 - 加藤 護(2011): Burridge-Knopoff モデルのアナログ教材の開発,地震第2輯,63,243-246
 - Stefan Hergarten (2002), Self-Organized Criticality in Earth Systems, Springer, pp.272
- ※ 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.