

今年の米国MAMの話題と日本の原発事故

複雑系

2011.7.22 第7回SGK懇話会

谷 克彦(SGK)

参考文献

「数学文化」, 2011, 16, 数学月間のページ

Cascading Failures: Extreme Properties of Large Blackouts in the Electric Grid

By Paul D.H. Hines, Benjamin O'Hara, Eduardo Cotilla-Sanchez, and Christopher M. Danforth

April 2011 統一テーマ
複雑系 Complex Systems

構造安定性
分岐理論
グラフ理論

.....



鳥・魚の群れ形成
ハリケーン

送電網
(事故のカスケード)
原子力発電

WWW
社会ネットワーク
経済活動

文化圏の相互作用
感染症の拡大

自己組織化
生体細胞. 形態形成
化学反応



米国Math Awareness Month (MAM)のテーマ

2011 - [Complex Systems](#)
2010 - [Sports](#)
2009 - [Climate](#)
2008 - [Voting](#)
2007 - [the Brain](#)
2006 - [Internet Security](#)
2005 - [the Cosmos](#)
2004 - [Networks](#)
2003 - [Art](#)
2002 - [the Genome](#)
2001 - [the Ocean](#)

2000 - [Math Spans All Dimensions](#)
1999 - [Mathematics and Biology](#)
1998 - [Mathematics and Imaging](#)
1997 - [Mathematics and the Internet](#)
1996 - [Mathematics and Decision Making](#)
1995 - [Mathematics and Symmetry](#)
1994 - [Mathematics and Medicine](#)
1993 - [Mathematics and Manufacturing](#)
1992 - [Mathematics and the Environment](#)
1991 - [Mathematics - IT'S Fundamental](#)
1990 - Communicating Mathematics
1989 - Discovering Patterns
1988 - 100 Years of American Mathematics
1987 - The Beauty and Challenge of Mathematics
1986 - Mathematics - The Foundation Discipline

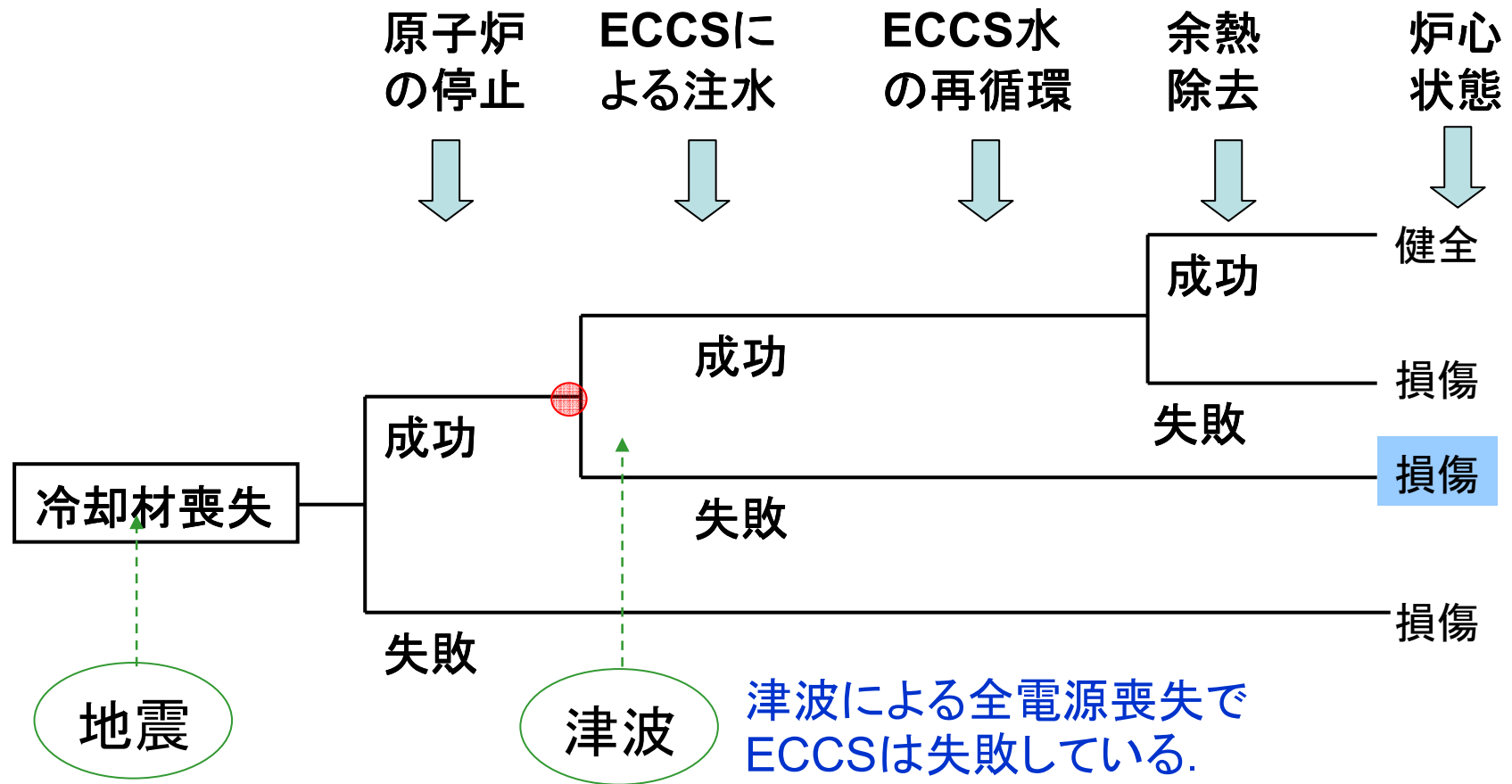
1985年. レーガン宣言によりMAMが始まった

日本の数学月間(SGK)も双方向型の活動を目指す！

数学(者)  社会

- ・社会が数学を知る
- ・数学(者)が社会を知る

原発事故のイベント・ツリー

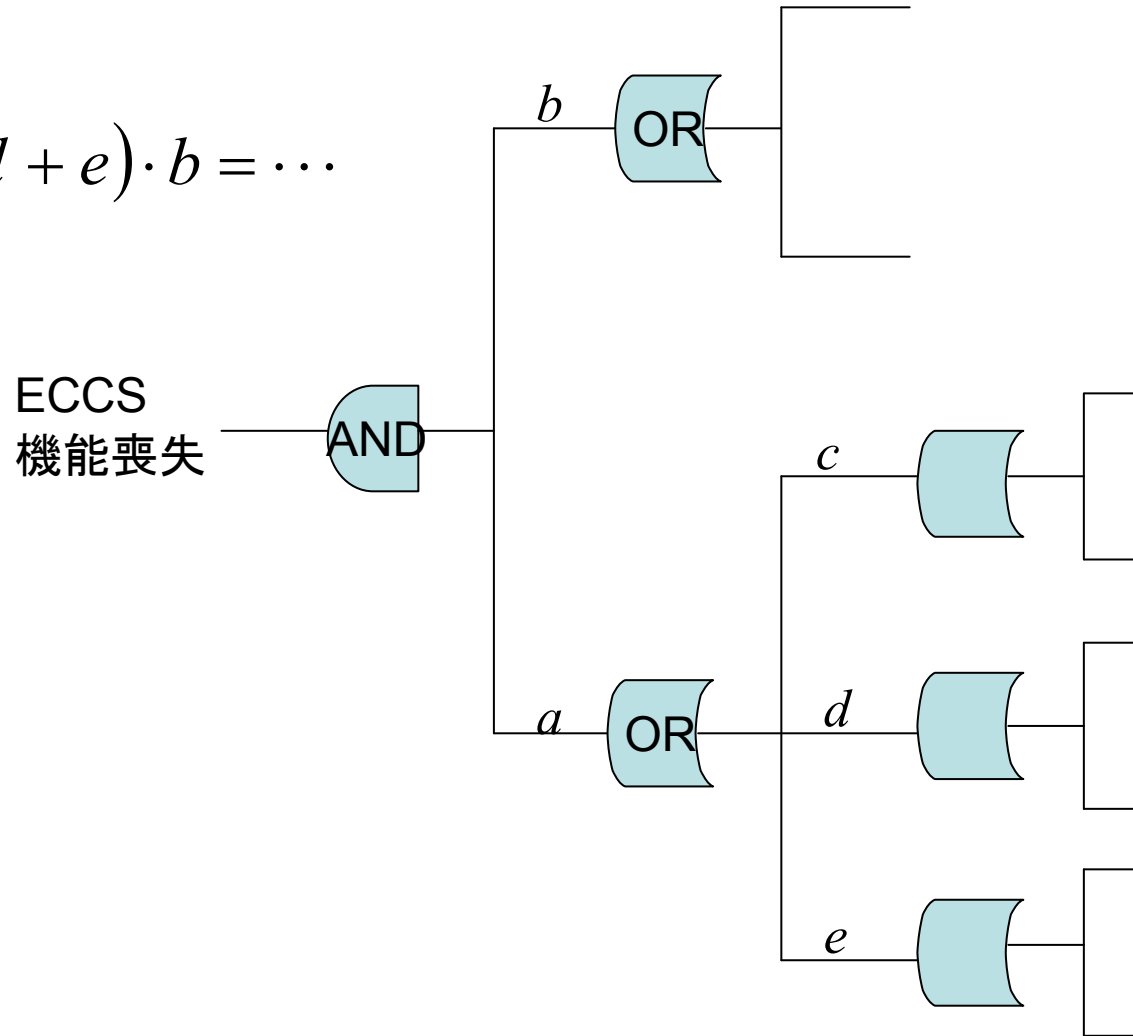


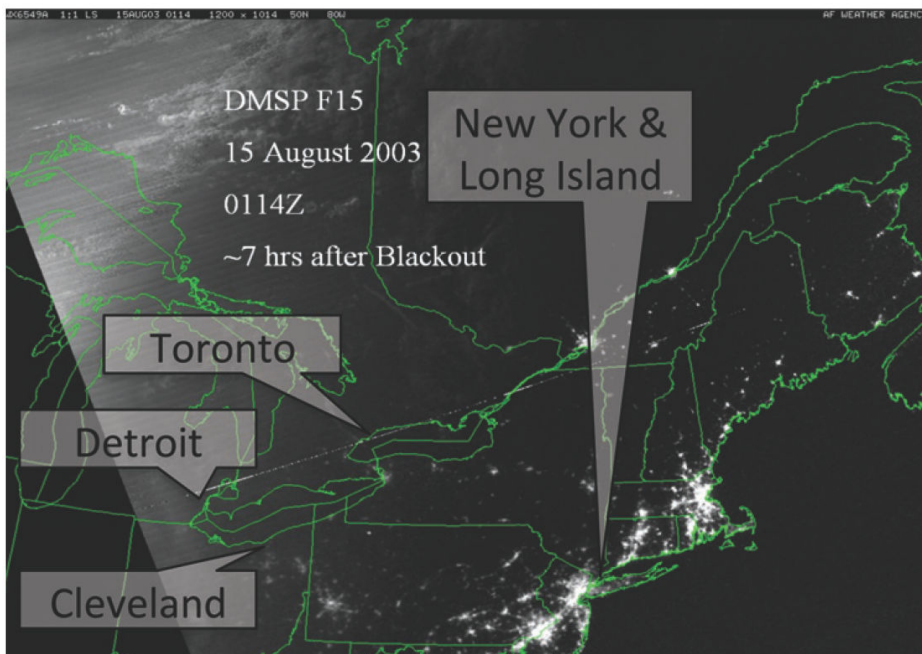
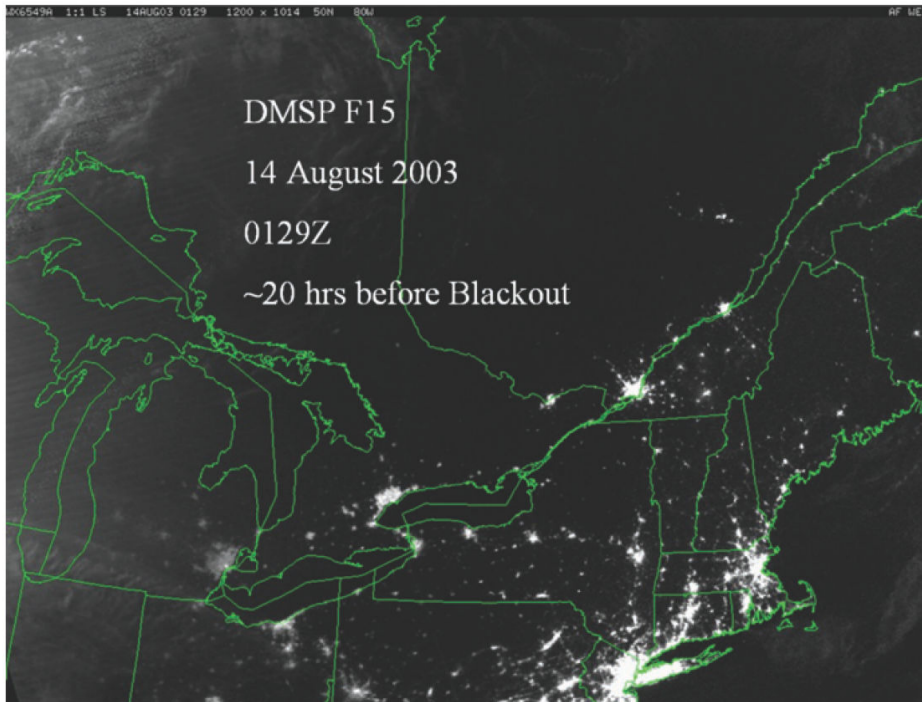
制御棒の挿入には成功したが、地震の一揺れで、再循環配管or圧力抑制プール周りにヒビが入り冷却材喪失が起きた形跡がある。

フォールト・ツリー

このように，事象の故障確率を，部品の故障確率にブレーク・ダウンして見積もる．しかしながら完全なフォールト・ツリーは作れない．

$$a \cdot b = (c + d + e) \cdot b = \dots$$





大規模停電(2003.8.14)
前後の衛星写真.

← 上: 停電前,

下: 停電後

この停電で5千万人が電力
を失った

その他の大停電例

ドイツ(2006.11.4)Ems川

日本(2006.8.14)江戸川

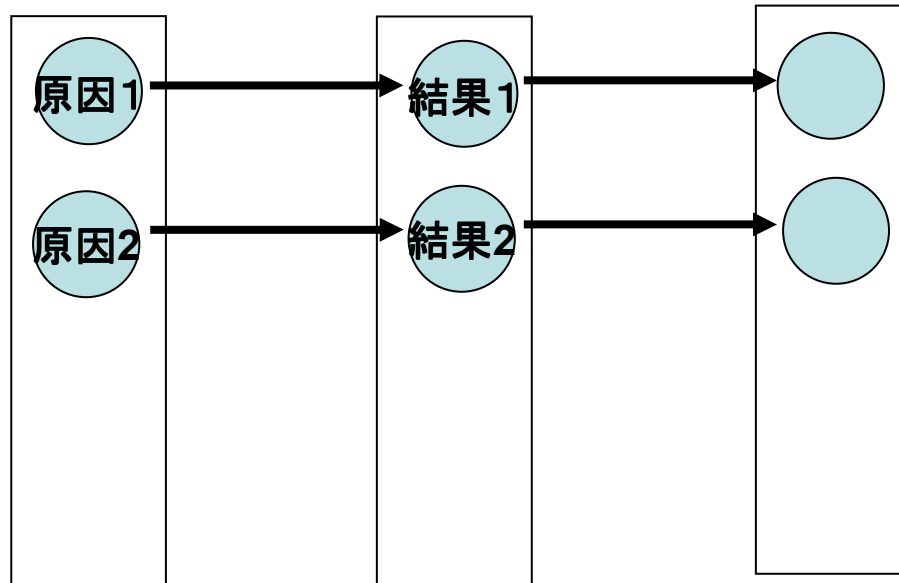
バタフライ・エフェクト

← 複雑系 ←

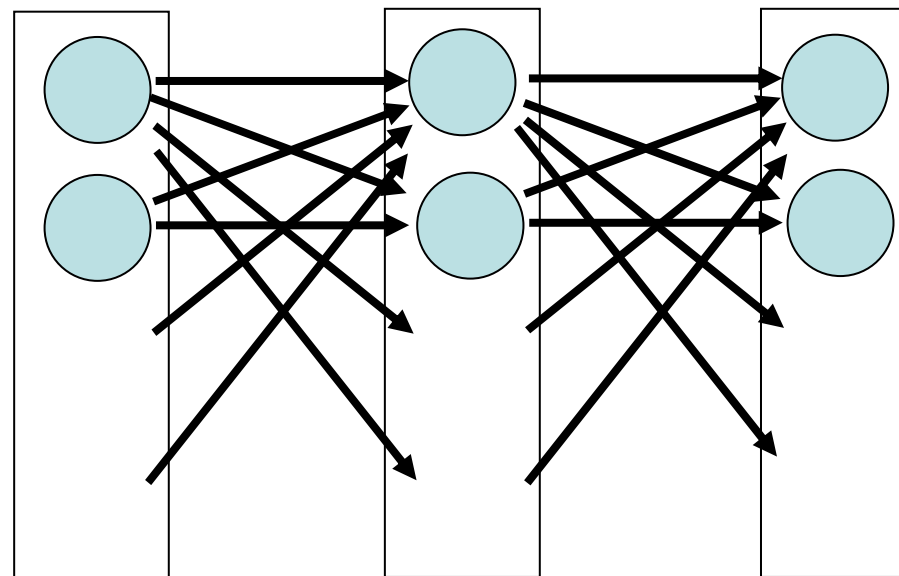


今日のアフリカ上空の蝶の羽ばたきが、
将来のハリケーンの進路に影響を与える
かもしれない。



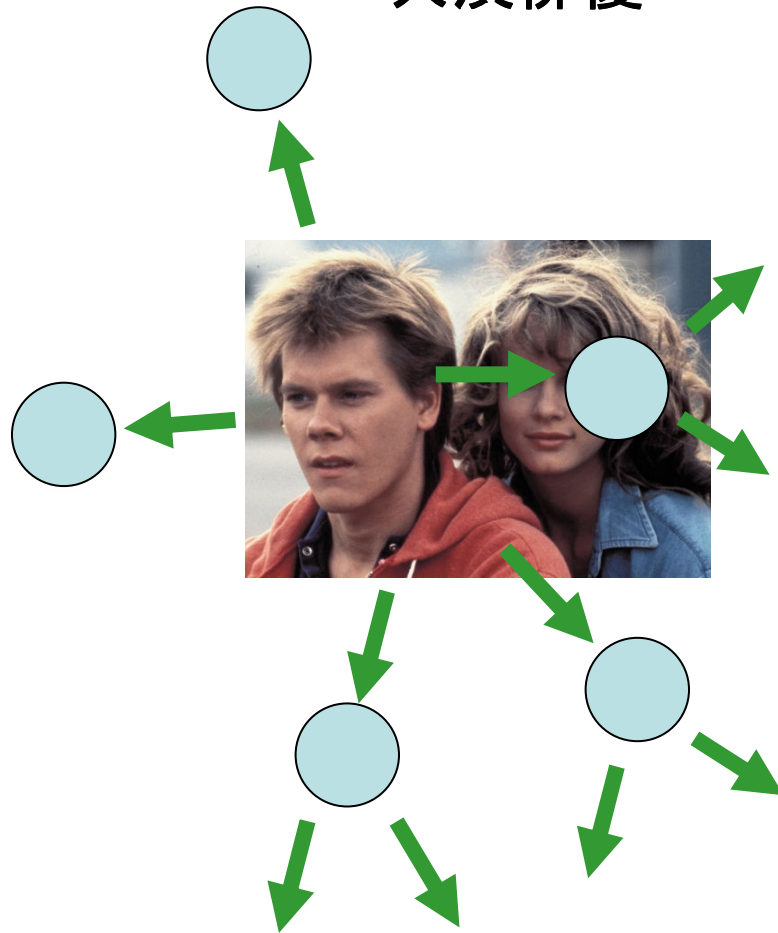


独立な因果列で
できている系

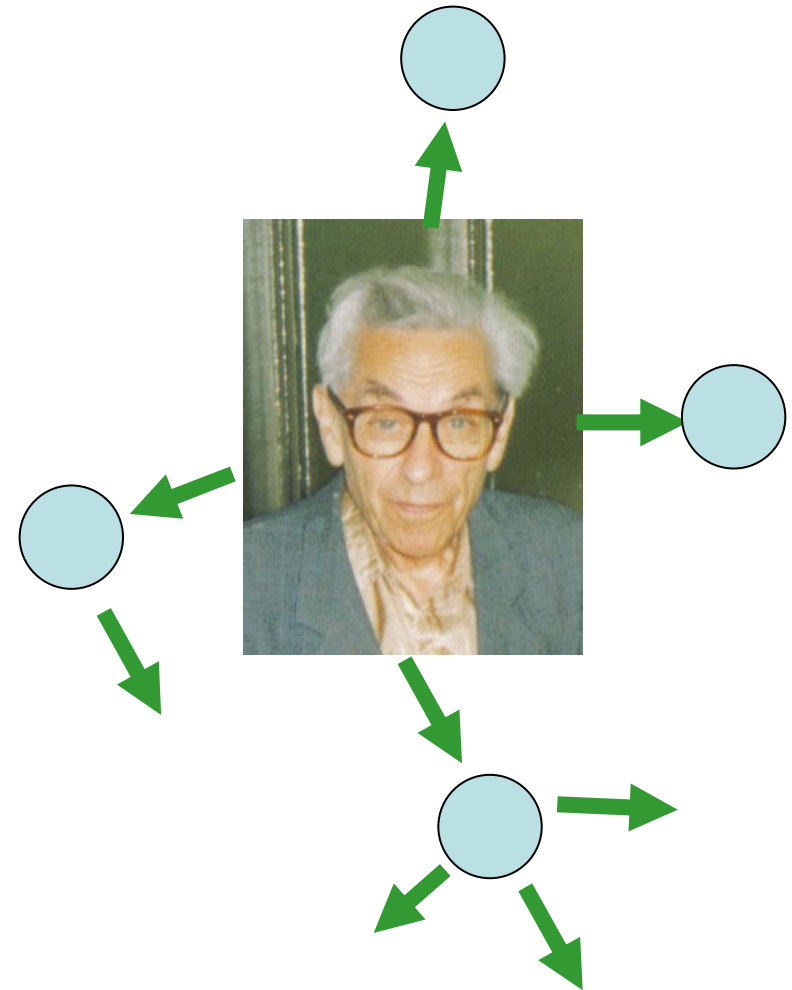


明日の予測には
今日のすべての
出来事を考慮せ
ねばならぬ系

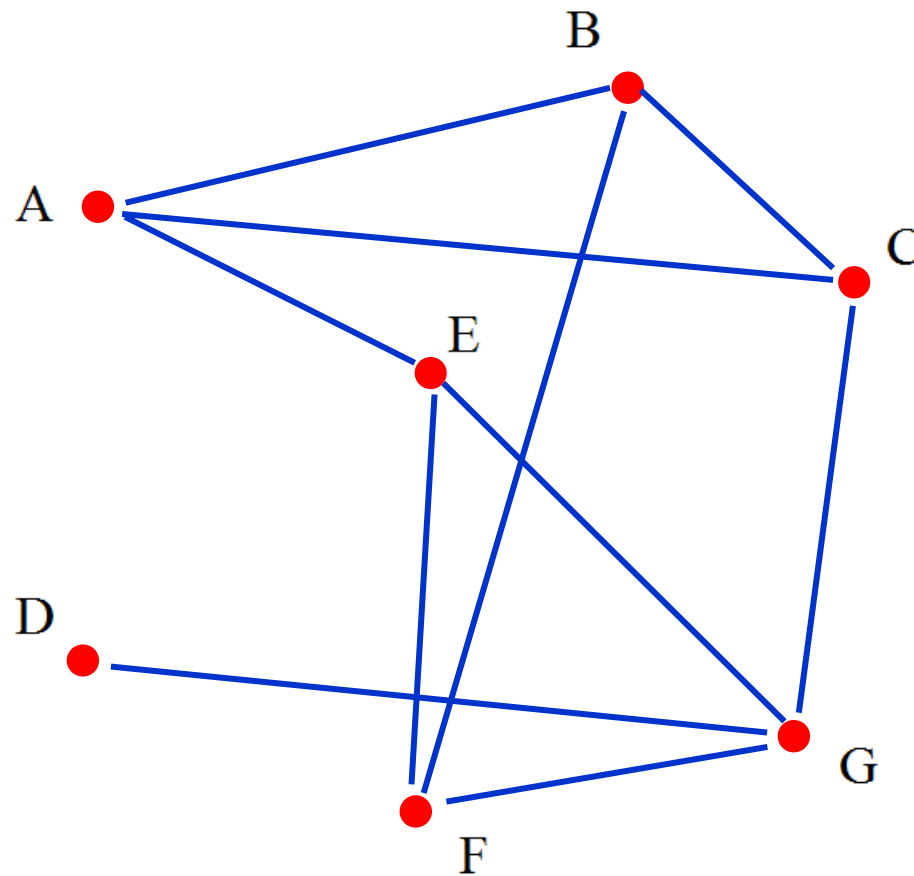
ベーコン数 共演俳優



エルデシュ数 論文共著者



友達の友達はまた友達だ



・node, link

・node間距離

・ネットワークの
平均node間距離 $\frac{34}{21} = 1.61\dots$

	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>
<i>A</i>		1	1	3	1	2	2
<i>B</i>			1	3	2	1	2
<i>C</i>				2	2	2	1
<i>D</i>					2	2	1
<i>E</i>						1	1
<i>F</i>							1
<i>G</i>							

・nodeの次数
(nodeが持つlink数)

・現実モデルの特徴(ランダム・ネットワークではない)

・Small world

(3角形クラスタを多数含む. link数~node数. 小さい平均距離)

・スケール・フリー

(node次数の分布:次数の高いnodeもある) ⇒ べき乗則分布

例 所得の分布. 株式所有高分布.
脳. 社会. 経済活動.
巨大地震の頻度分布. 伝染病の伝播.
送電網. 原発.

次数の高いnode(=ハブ)を攻撃されると弱い. ⇒カスケード故障.

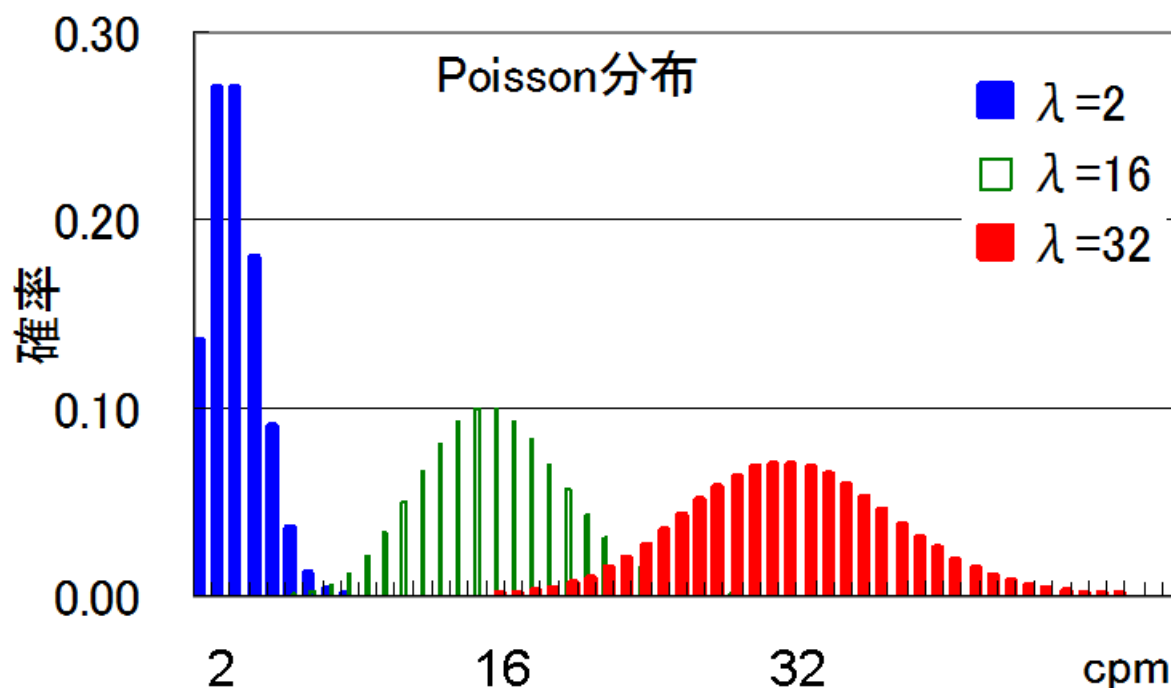
複雑系ネットワークの構成要素:

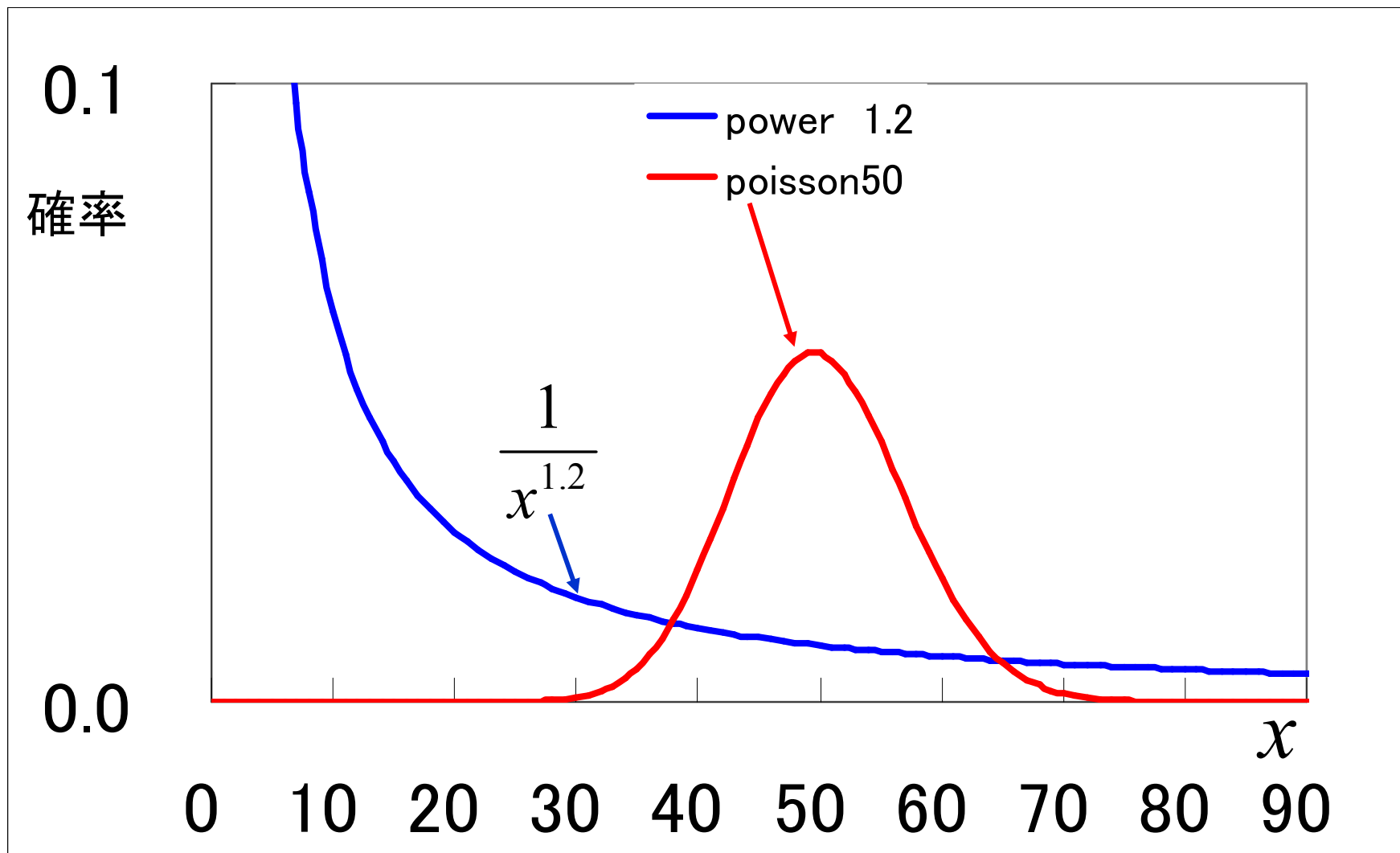
ハード+ソフト+オペレータ+組織

十分大きい時間 T_0 で n カウントであるとき,
 時間 $T \subset T_0$ に x カウントがある確率は, Poisson分布 (λ は分布の極大)

$$f(x) = \frac{n!}{x! (n-x)!} \left(\frac{T}{T_0}\right)^x \left(1 - \frac{T}{T_0}\right)^{n-x}$$

$\left(\frac{T}{T_0}\right) = \frac{\lambda}{n}$ が小さいとき, \longrightarrow $f(x) = \frac{\lambda^x}{x!} e^{-\lambda}$





Poisson分布とべき乗則分布

べき乗則の特徴

$$f(x) = ax^k$$

$$\log(f(x)) = \log a + k \log x$$

スケール不変性

$$f(cx) = a(cx)^k = c^k f(x)$$

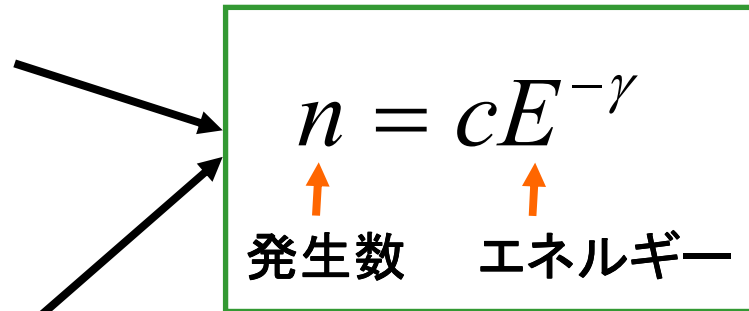
地震のべき乗則

ゲーテンベルク-リヒター則

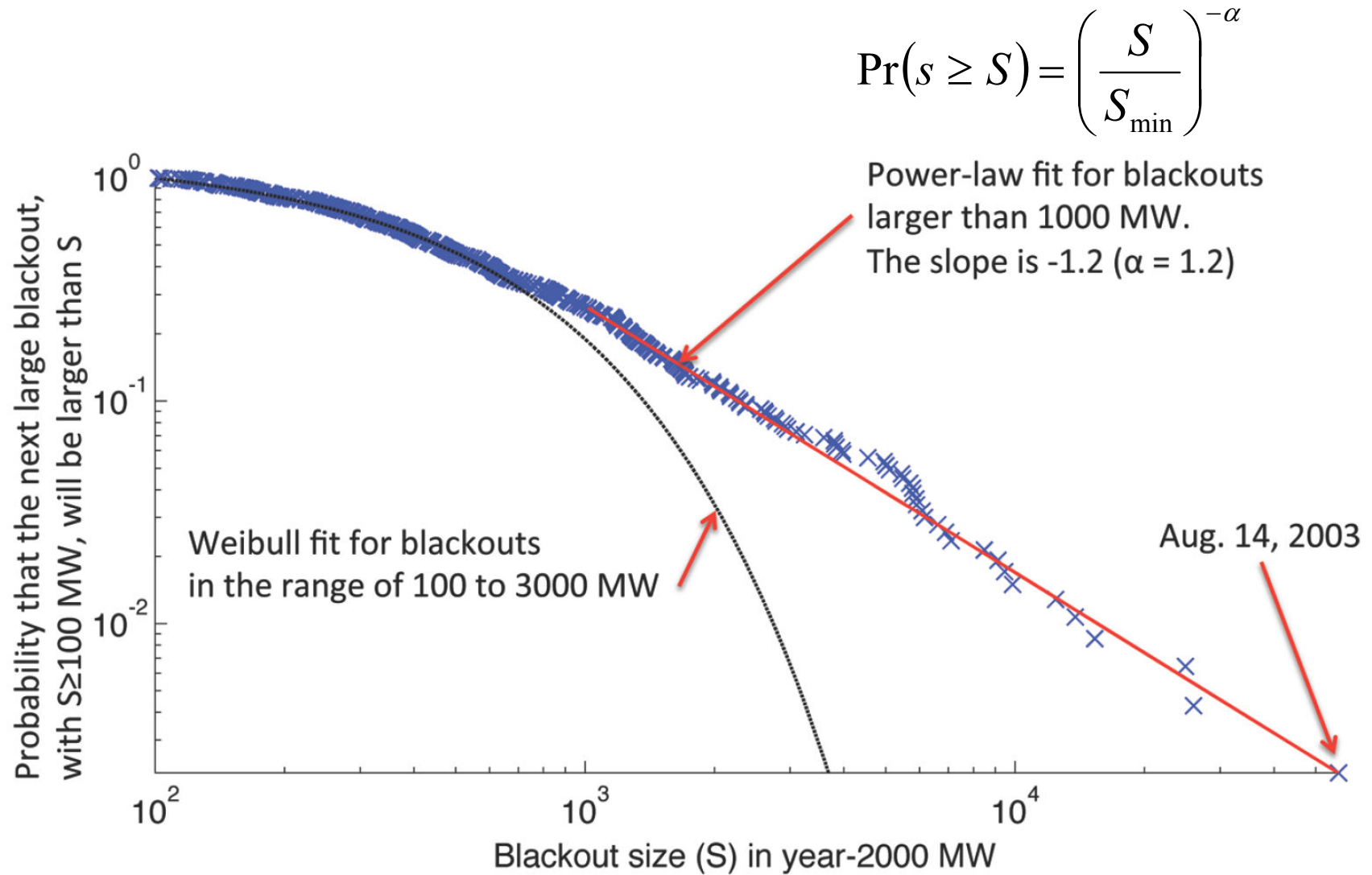
$$\log n = a - bM$$

マグニチュード定義

$$\log E = 4.8 + 15M$$


$$n = cE^{-\gamma}$$

↑ 発生数 ↑ エネルギー



停電規模 S 以上の停電が起こる確率はべき乗則にのる

事故のなだれ(カスケード)はべき乗則を作る

何らかの些細な原因

(木が送電線に触れてスパークする)

により, 局所的に停電する.



ネットワークの残りの部分が過負荷になり,
一部の電線が切れる.



次々に, あっという間に全体に停電が広がる.

小さい事故のなだれが, 大きな事故を生む



本書は、著者の二つの講演(第一話、第二話)と、結晶となる第三話から構成される。

第一話は「賢治をめぐる水の世界」。賢治作品の多くで、水が重要な役割を担っている。著者は注目する。それは、
▲クラムボーンが笑つたり死んだりする川の中、▲銀河や太陽、気圏などと呼ばれる世界の空から落ちた霊のひとわん、であったりする。最愛の妹トンは手の

高木 仁三郎著

宮澤賢治をめぐる冒険

届かない所へ行ってしまったけれど、トンは自分の宇宙の中でつながつているはずだ」という賢治の思想は、「銀河鉄道の夜」に結実している、と指摘する。地球は「水の惑星」と呼ばれ、水の存在こそが地球に生命をよこしたのだが、深層地下水の汚染、酸性雨等々、人間が生きるための環境が危ない、と叫ばれるまにもなつた。しかし、賢治にとっての水は環境以上のものだった。それは、▲一つの生命から次の生命につながる流れ、宇宙全体を結ぶ不変の時間の流れ、と著者は見受け、

「科学者の出発点」説く

私に賢治の地学にふれ、次のように書いたことがある。
▲霧の中を歩いてごらん、木の葉においがする。自分はその大気を吸い込む。自分の吸った空気を植物が吸い込む。自分と植物は同一の体と思えるでしょう。四次元宇宙の霧の中をよかよか舞い回しているすべての生き物、きりぎりす、めく、気圏上層の水素雲、岩石を舌むすべてが自分の体と思えてしかたがない」

第二話は「科学者としての賢治」。著者の高木仁三郎氏は原子力企業の研究員として開発に

わたしが、今は原発市民運動を手がける。冷たいプロの科学者の立場ではなく、一個の生命の立場からものを見る。科学者も、まず人間として涙を流し、オロオロ歩くところから出発しようと説く。高木氏は自分の科学者としての人生を、賢治の「羅須地人協会」へ投影し、賢治の心を解剖してみせる。私は、本書の視座に共感を覚える。科学を人間の立場に引き戻そうとした賢治の冒険「羅須地人協会」は、現在の多岐のフドリたちを受け継がれている。

谷 克彦・リコー高度計測研究センター 副所長
(社会思想社 二〇〇〇年)

原子力資料情報室 高木仁三郎
と
羅須地人協会 宮沢賢治

数学月間を普及し、皆が考えよう。
マスコミの科学音痴にはあきれられる。

- 原発は複雑系。
地震や津波の他にも予測できない事故原因がある。
- 原子力は人間のサイズに合わない
(巨大なエネルギーと時間スケール)
→フェイル・セーフが作れない技術。
- 処分のできない核燃料廃棄物がたまる一方
(トイレのないマンション)

原発は通常稼働でも放射能垂れ流しが避けられない。
特に、核燃料サイクル・再処理工場(六ヶ所村)が稼働すると、原発1年分の放射能垂れ流しを1日でする。