

可視化の世界

計算科学が拓く世界

2017年4月26日（水）

学術情報メディアセンター

小山田耕二

内容

- 可視化について
- 可視化事例
- 因果推論技術
- 課題

本日のテーマと目的

- 可視化は、計算機や計測装置等から生成される膨大な数値データから気付きを得るための基盤技術として重要になっている。本講義では、計算科学と密接な関係にある可視化技術の基礎と応用について説明する。

映画にみる人工知能（AI）のもたらす終末期

- ターミネータ
- バイオハザード

Hot Robot Wants To Destroy Humans

- Robotics is finally reaching the mainstream and androids - humanlike robots - are everywhere at SWSX



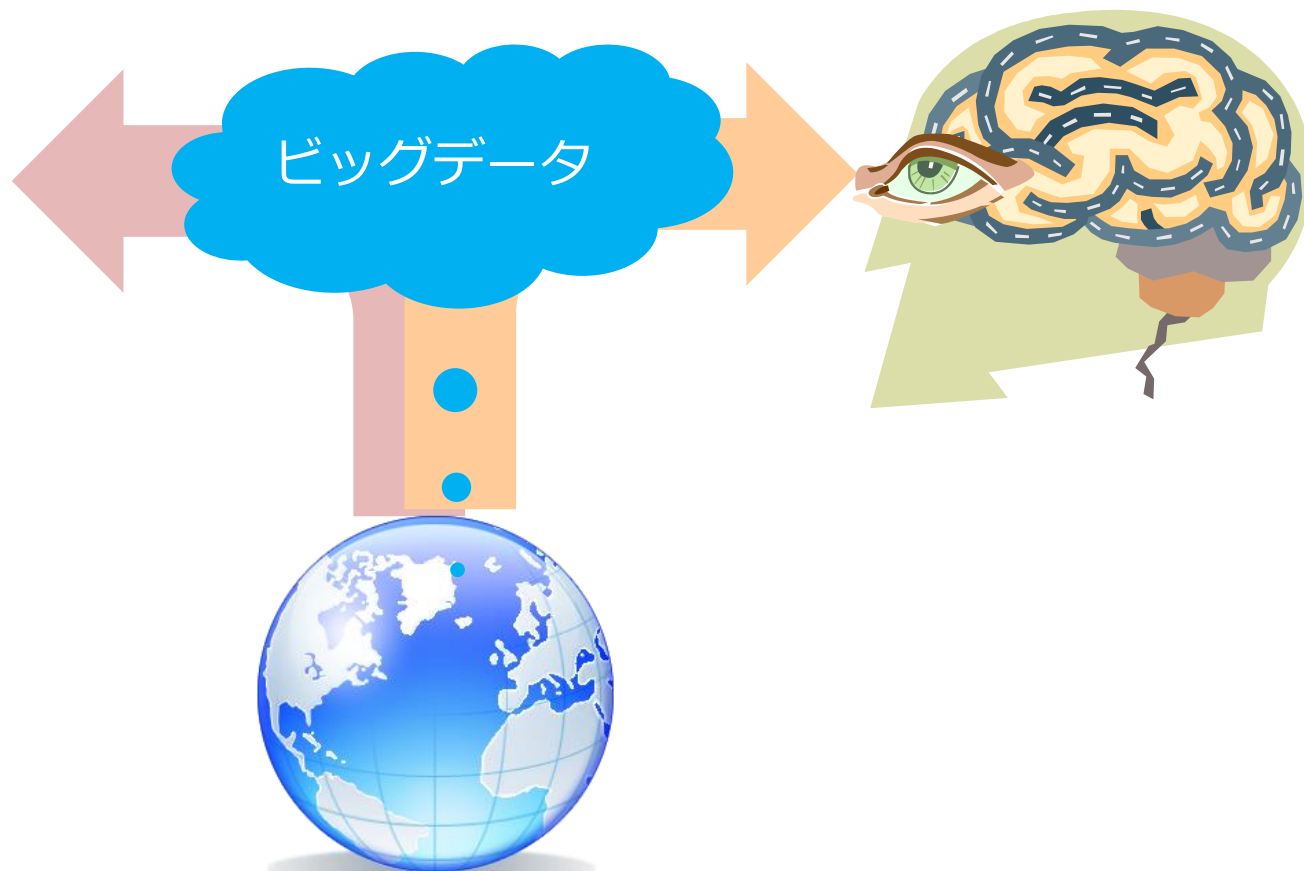
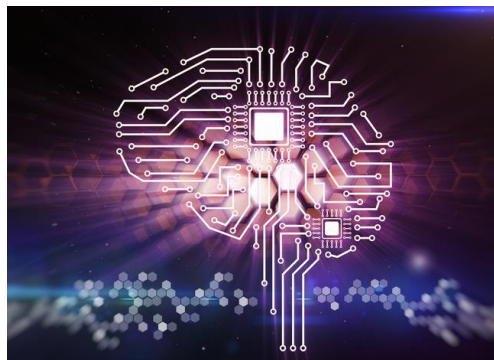
機械に奪われそうな仕事

<http://blog.btrax.com/jp/2016/01/18/ai-skills/>

- プログラマー: **48.1%**
- ソフトウェアエンジニア: **4.2%**
- 家政婦: **68.8%**
- ウェイター/ウェイトレス: **93.7%**
- バーテン: **76.8%**
- 調理師: **96.3%**
- シェフ: **10.1%**
- 経理: **97.6%**
- 経理部長: **6.9%**

知性増幅(IA)と可視化

- AIは、ビッグデータを使って機械に学習させるのに役立つ
- ビッグデータを使ってヒトに学習させるのに役立つのは？



科学的方法習得の低年齢化

https://www.youtube.com/watch?v=KIFz_-KzURY

Scientific Method Song Video



Make an observation



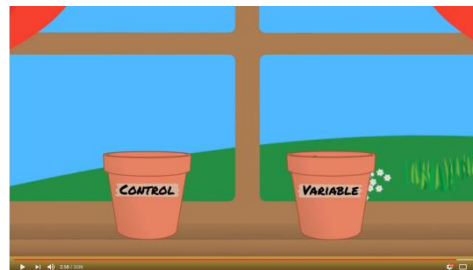
Ask a question



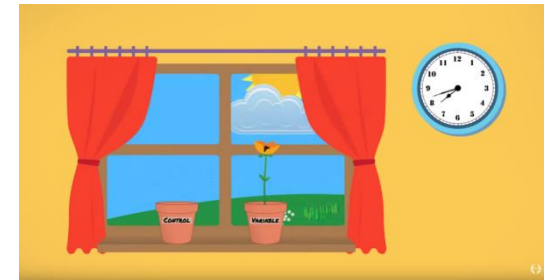
Form a hypothesis



Make a prediction



Do a test or experimentation



Analyze data and draw a conclusion

可視化：ビッグデータ時代の科学を拓く

可視化について

ビッグデータ時代の科学を支える素養



Source: IDC's Digital Universe Study, sponsored by EMC, June 2011

計算科学が拓く世

1.8 zeta bytes in 2011

データと情報

データ

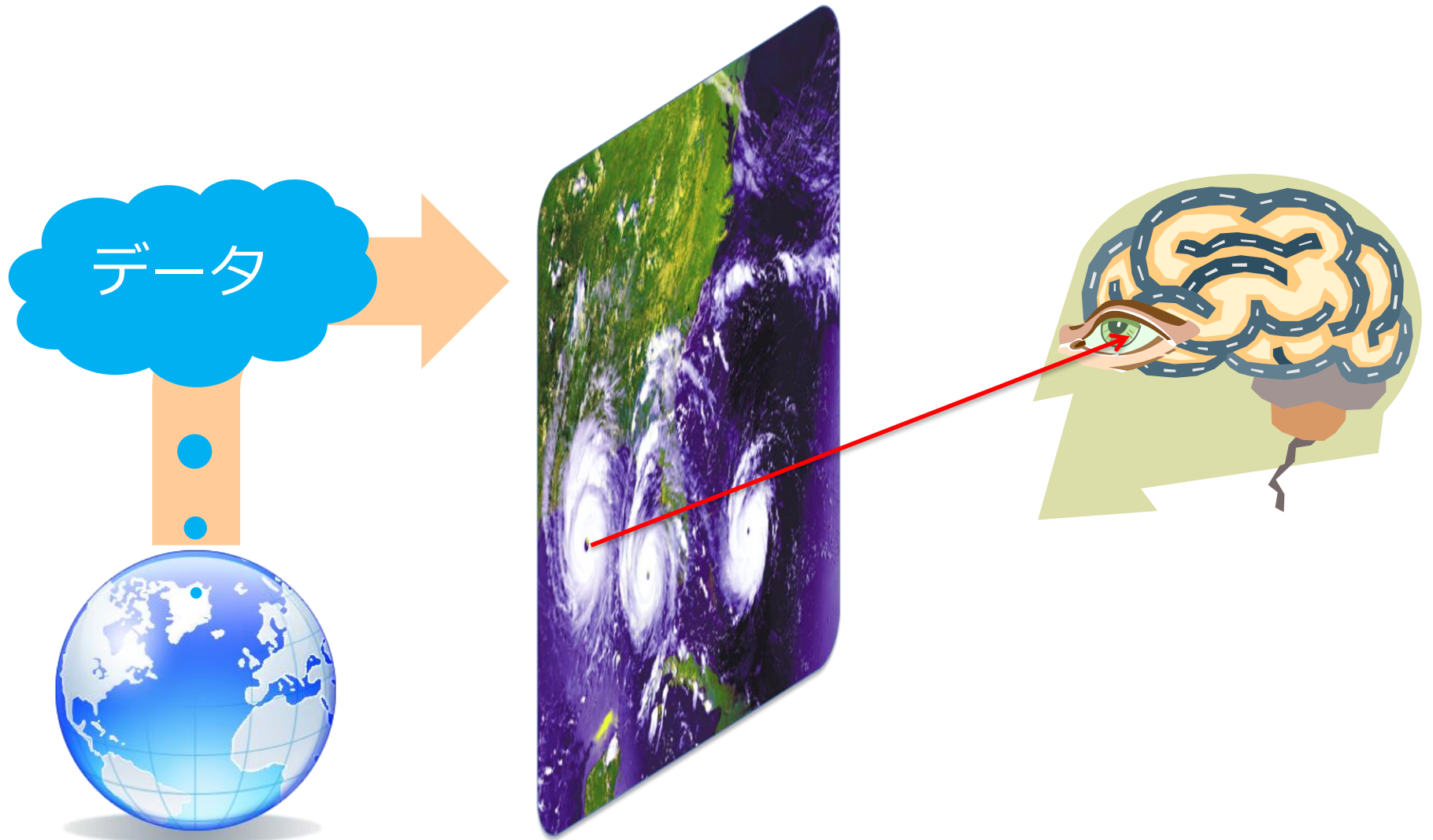
何かを符号で表現したもの

可視化

情報

人間が認識したデータ

可視化：データと脳をつなぐ



可視化研究と性能評価

医・理・工学

計測・計算

データ



どんな現象をデータ化
できたか？

情報科学

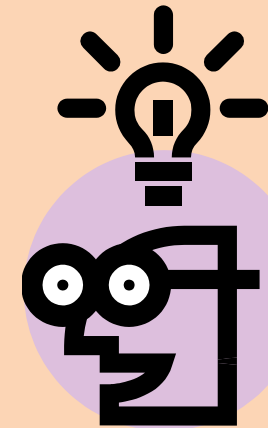
画像化



どれほど効率よく画像
化できたか？

認知科学

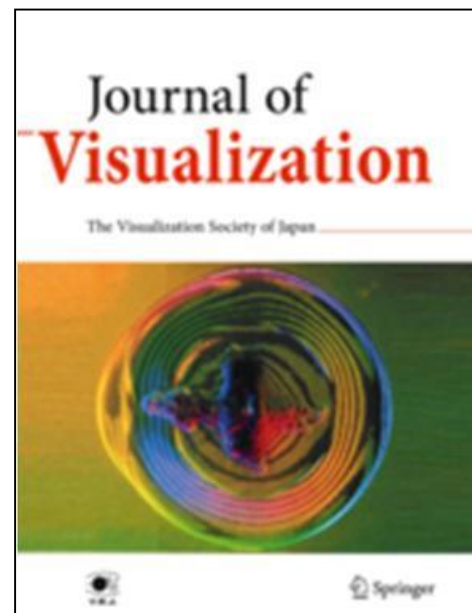
認識



どれほどの気づきを得
たか、どんな行動変容
に結び付いたか？

Journal of Visualization

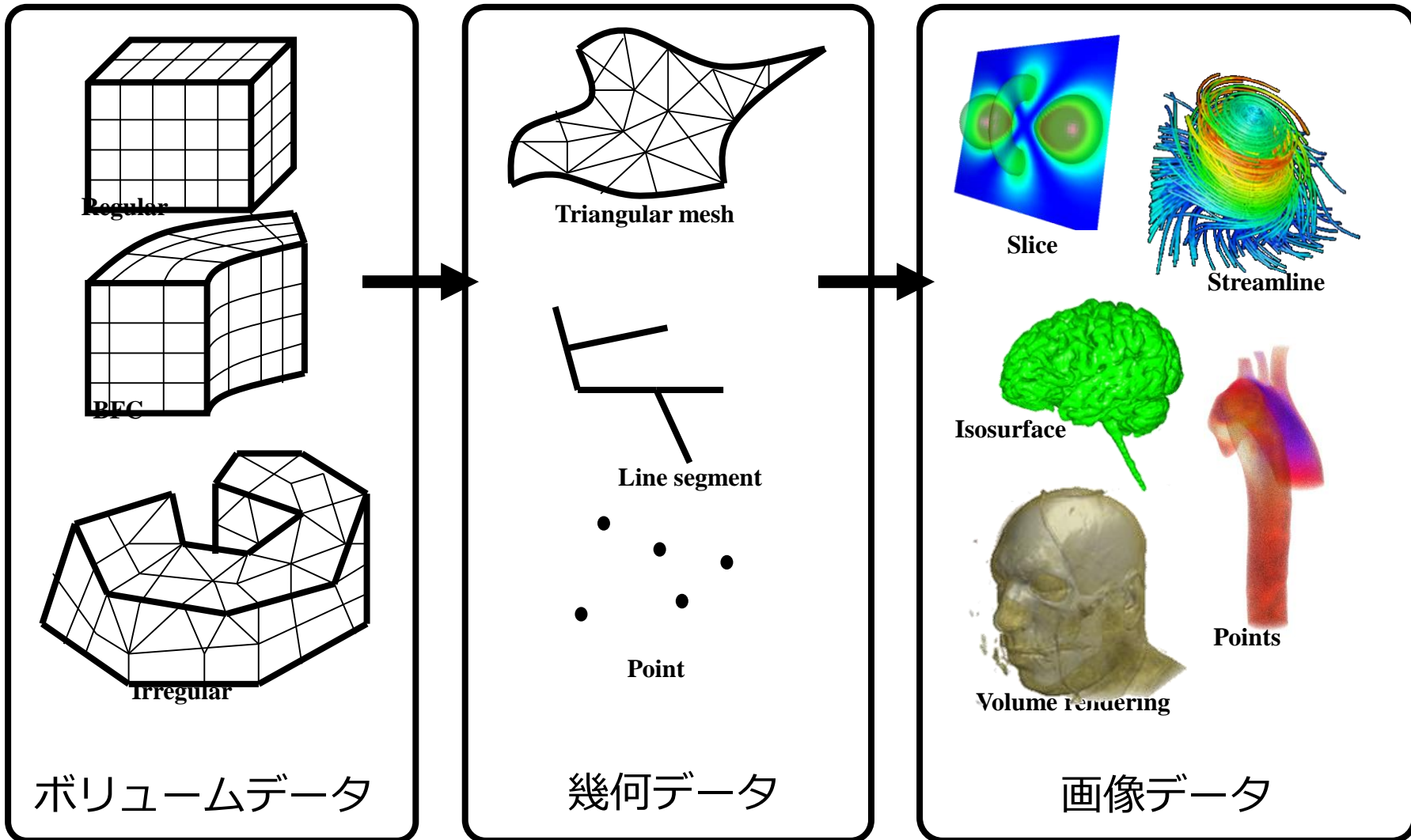
- History
 - Springer Vol.1(1998)-
- Editors-in-Chief:
 - K. Koyamada
 - K.C. Kim
- Scope
 - Visualization is an interdisciplinary imaging science devoted to making the invisible visible through the techniques of experimental visualization and computer-aided visualization.



データ可視化技術

Visual analytics ビジュアル分析

データ可視化パイプライン



可視化：ビッグデータ時代の科学を拓く

いろいろな可視化

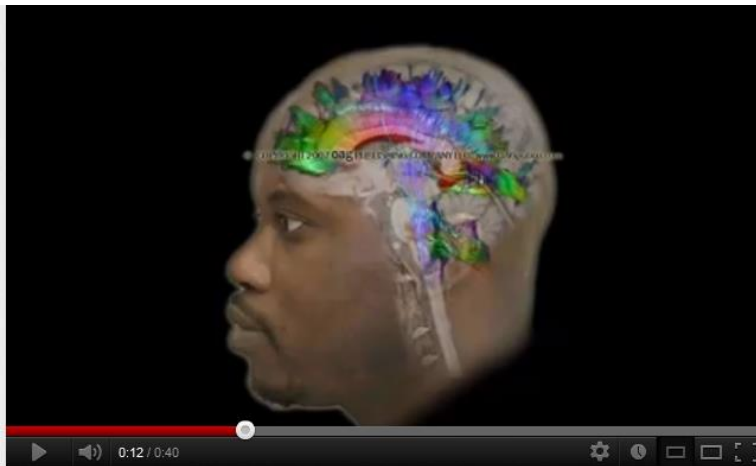
計測データの可視化



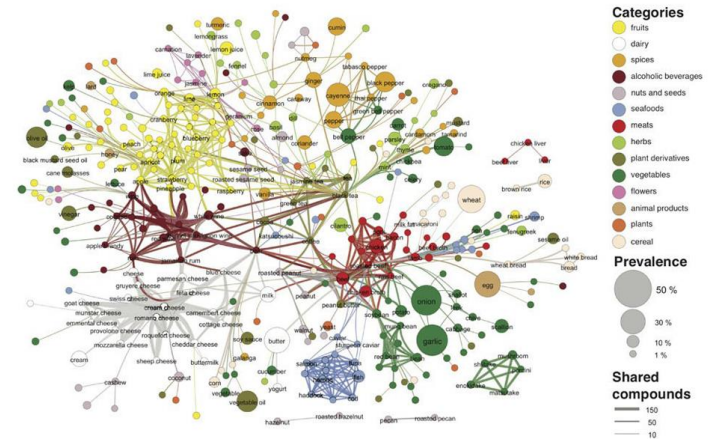
流れの可視化
(データ提供：Gustavo R.S. Assi)



船舳の可視化
(データ提供：田中先生@立命館大学)

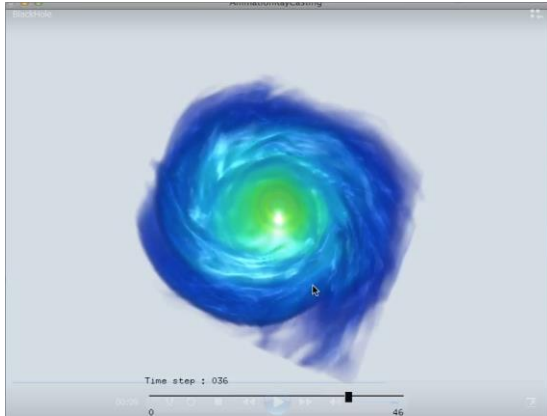


医療データの可視化
(データ提供：www.oagpubco.com)



Yong-Yeol Ahn, et. al,
Flavor network and the principles of food pairing, Nature

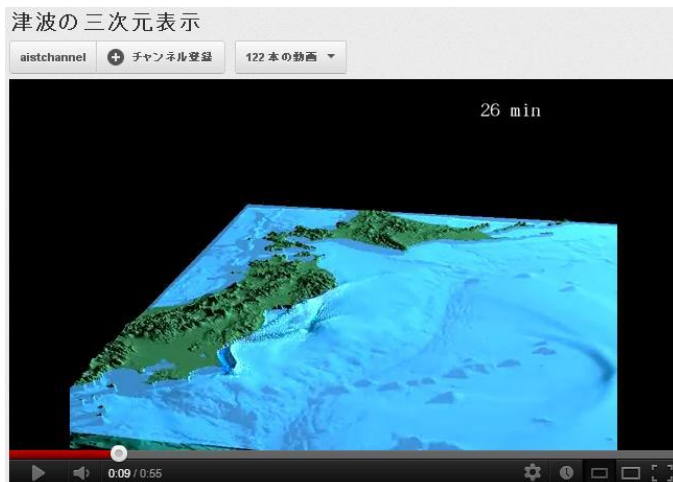
シミュレーション結果の可視化



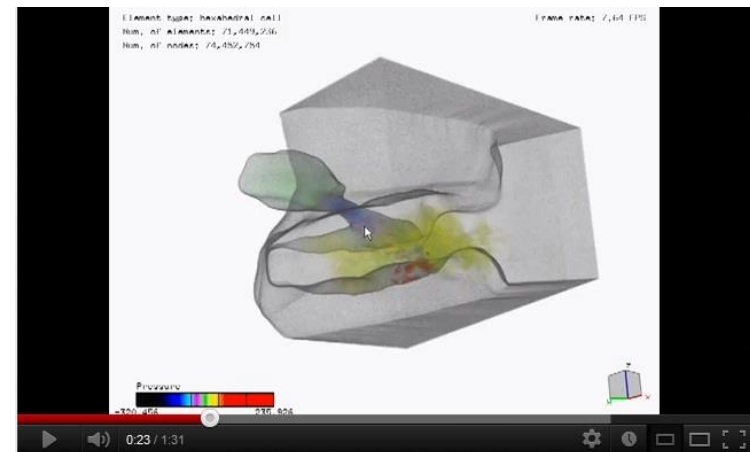
ブラックホールシミュレーション
(木内先生@京都大学)



自動車衝突解析(LOCTITE sitio Web www.loctite.com)

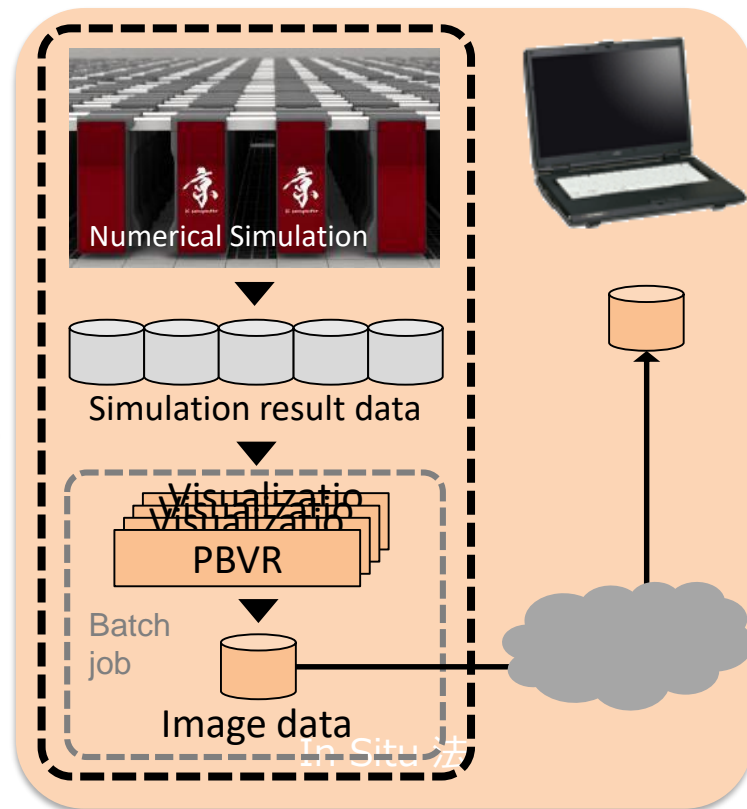
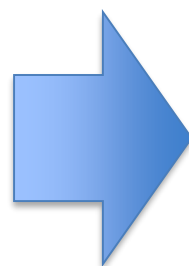
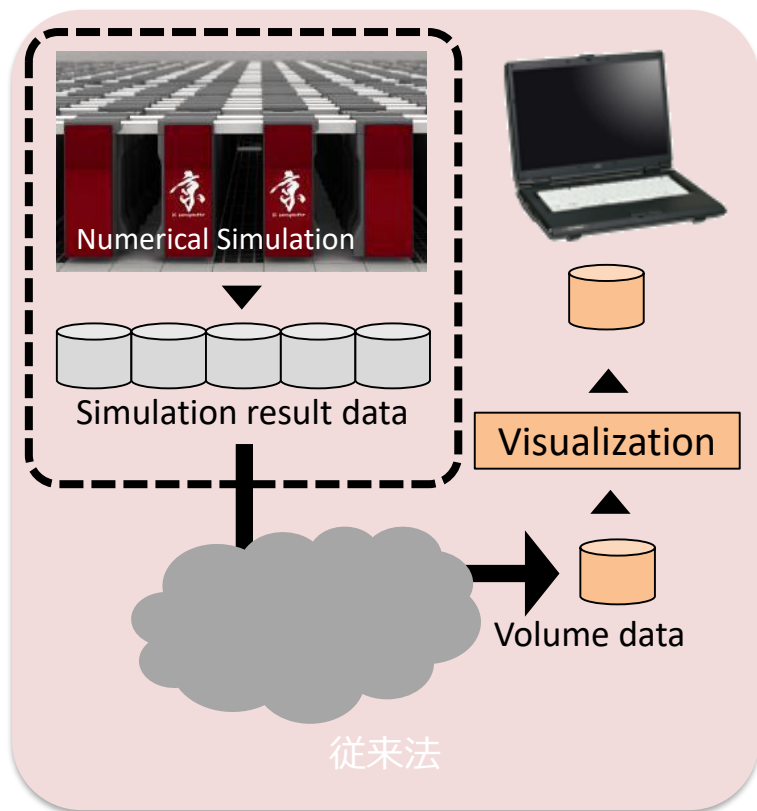


津波シミュレーション (産総研)



大規模口腔流体解析結果 (野崎先生@大阪大学)

In-situ Visualization on K computer



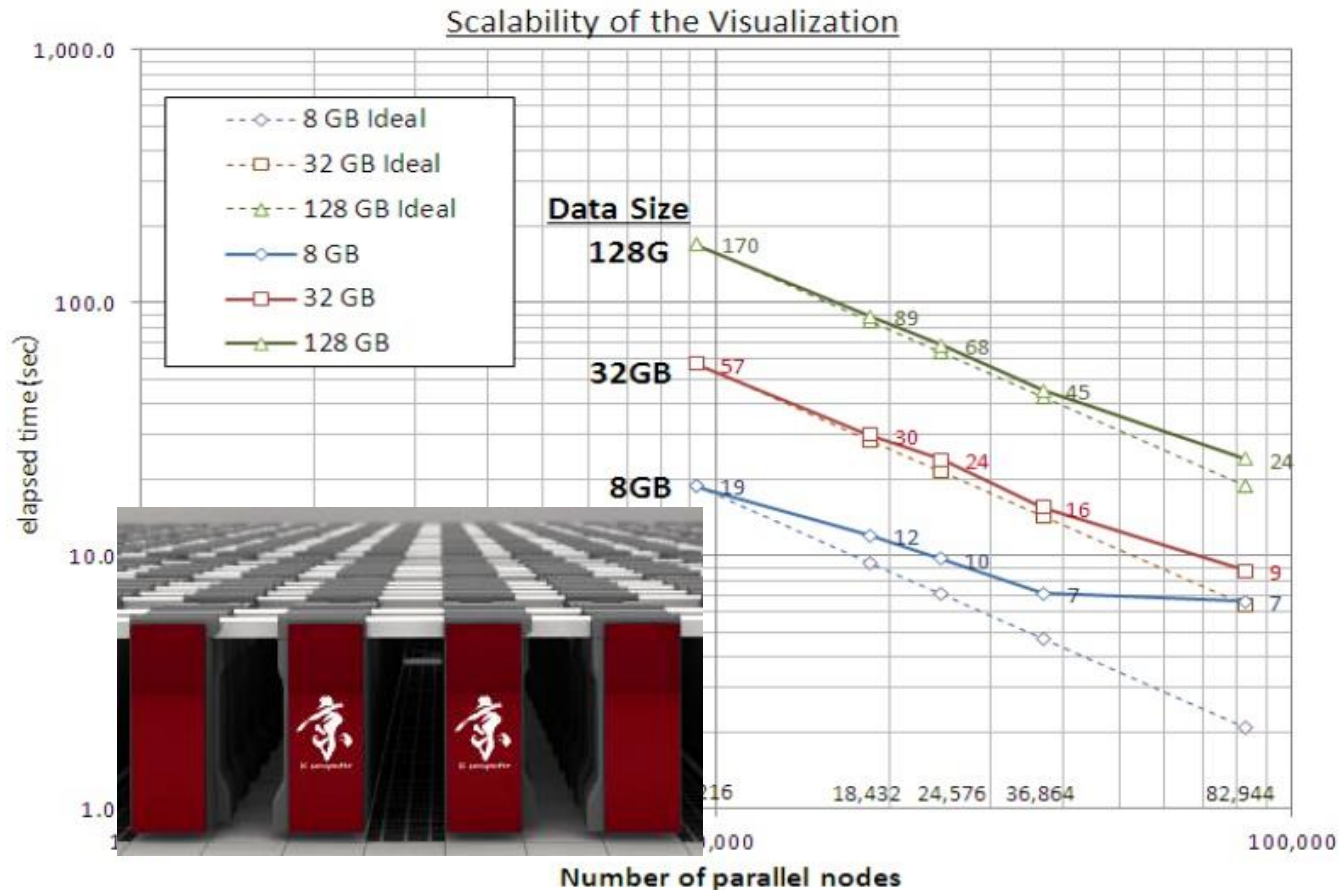
経過時間：1時間以上



経過時間：10秒程度

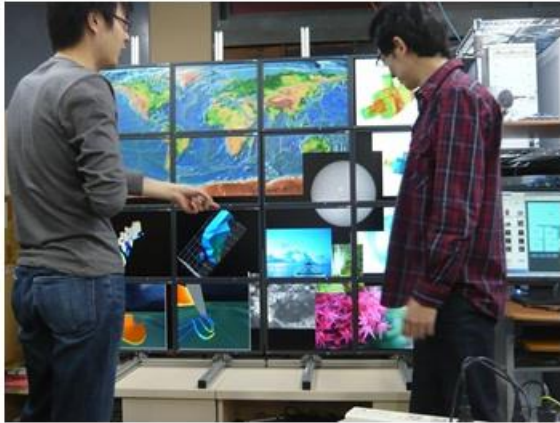
Ogasa et al., "Visualization technology for the K computer", Fujitsu Scientific & Technical Journal, Vol.48, No.3, 2012.
計算科学が拓く世界

Visualization in K-computer system



Ogasa, A; Maesaka, H; Sakamoto, K; Otagiri, S, "Visualization Technology for the K computer,"
Fujitsu Sci. Tech. Journal, Vol.38 No.4, 2012

大型表示装置を使った可視化



複数アプリケーションの表示例



星間物質の乱流シミュレーション結果
(村主先生@白眉プロジェクト)



立体映像提示 (アナグリフ方式)
(キッズサイエンススクール)



N体シミュレーション結果 (暗黒物質)
(矢作先生@京大メディアセンター)



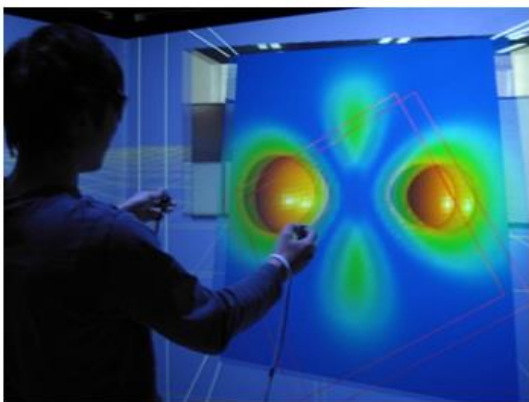
大規模ポンプの構造解析結果
(奥田先生@東京大学)



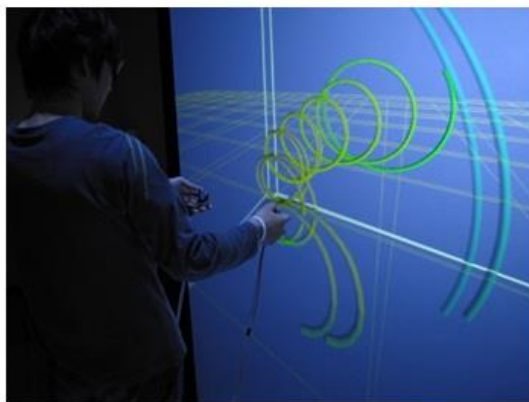
PC x 11
NIC: 1Gbps
LCD: 40

システム構成

没入表示装置を使った可視化



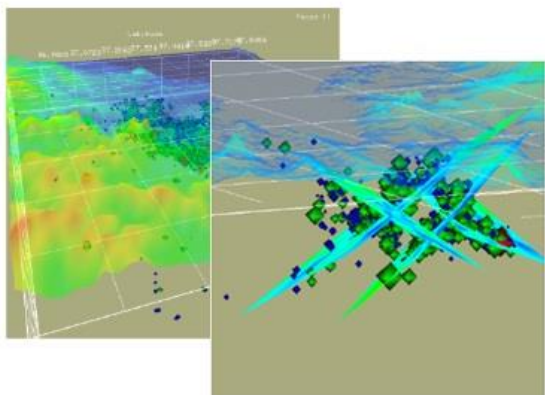
任意断面可視化



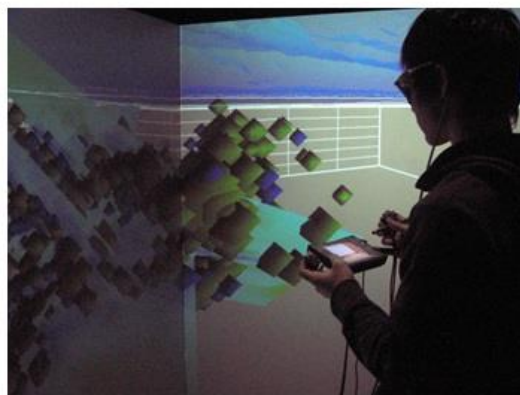
流線可視化



没入仮想空間提示



新潟中越地震の震源分布（断層面の推定）
（片尾先生@京大防災研）



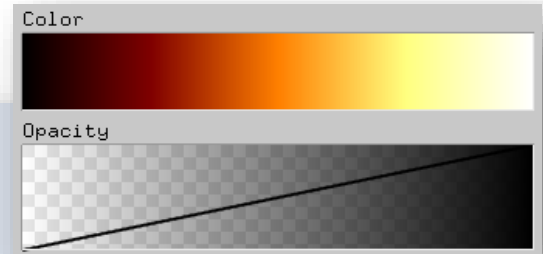
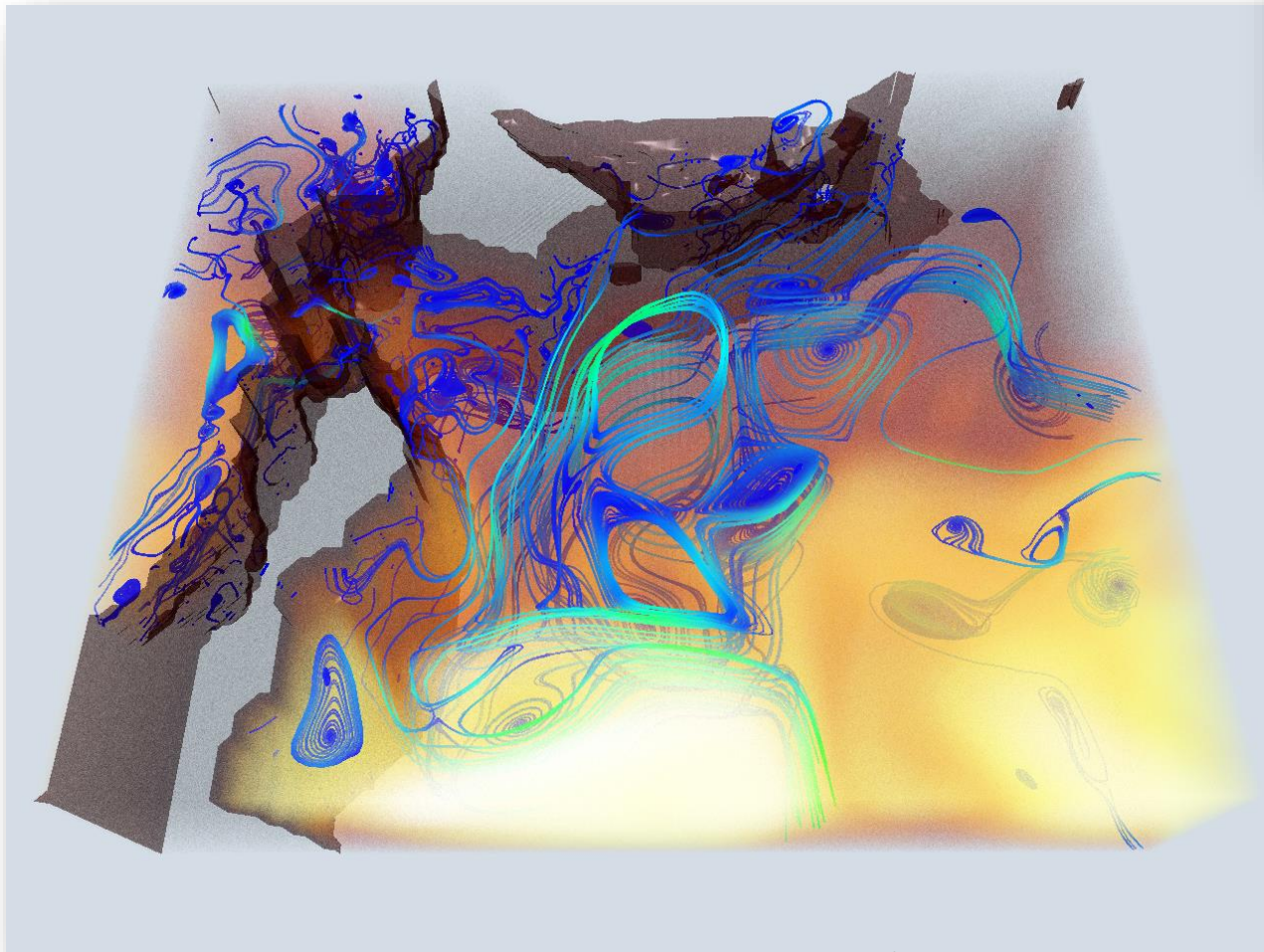
システム構成



- PC x 4
- 磁気装置
- 偏光メガネ
- 操作デバイス

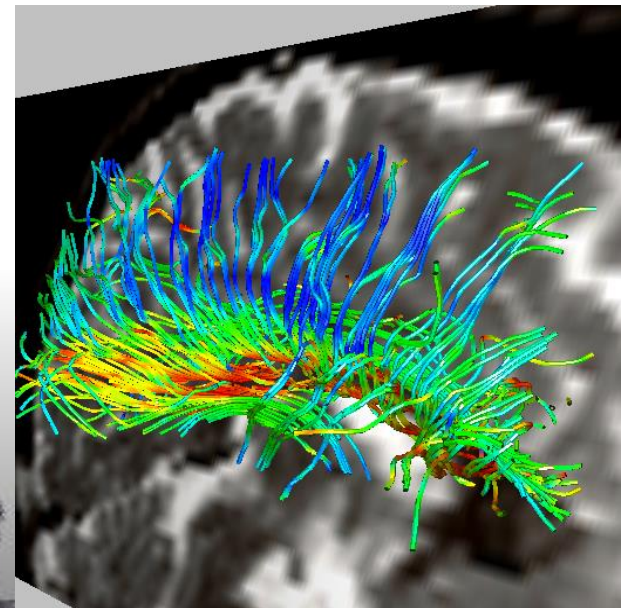
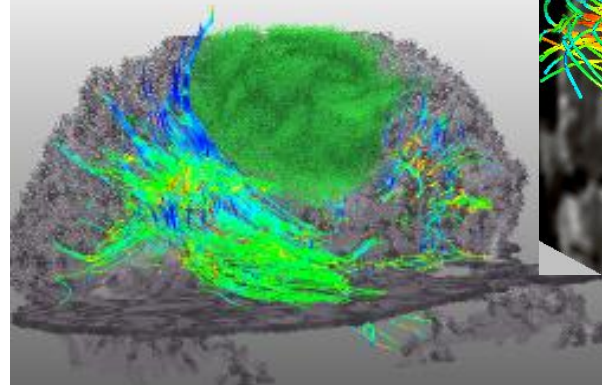
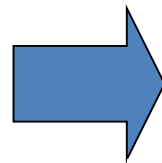
青森沖海流解析結果

(石川先生@京大)



脳白質神経線維可視化技術

DT-MRIデータはテンソルデータ的一种である。テンソルの最大固有値とその固有ベクトルから、神経線維の方向を計算し、流線可視化手法を適用することで、神経の流れを表現できる。



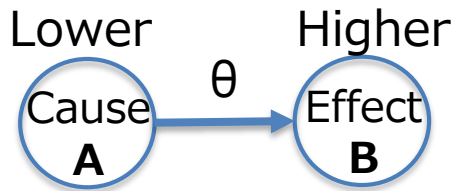
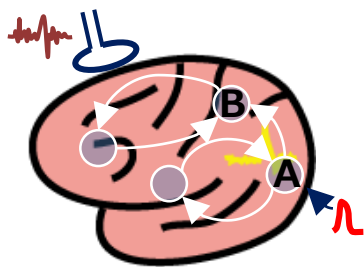
脳機能ネットワークの視覚的分析

神経科学：「いつ」「どこで」脳が活動するか！



部位間の結合性、因果関係は未知な領域

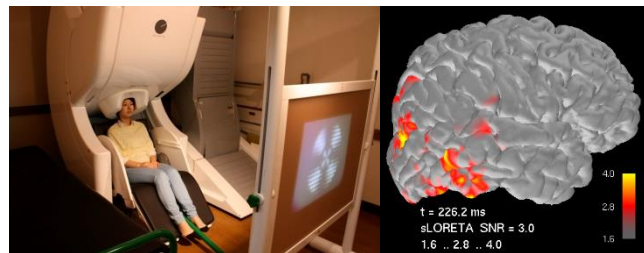
脳はどのような、向きの有る結合 (Network) を形成し、動的なシステムとして働くか？



適切な可視化技術、複雑な解析手法に対して解析者への適切な推論を促すビジュアル分析を用いて、脳機能ネットワークを調べる

行動や認知に現れる疾患特異的な変化を脳神経ネットワークの変化として捉える

計算科学が拓く世界

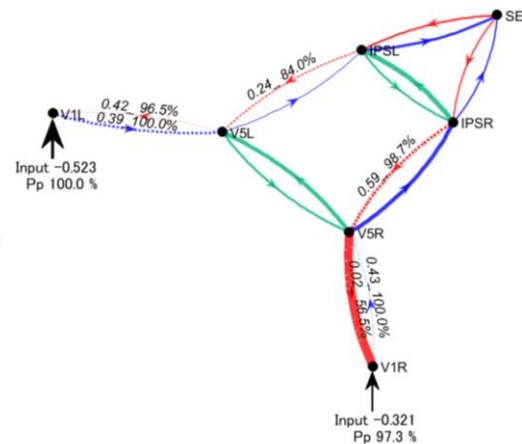
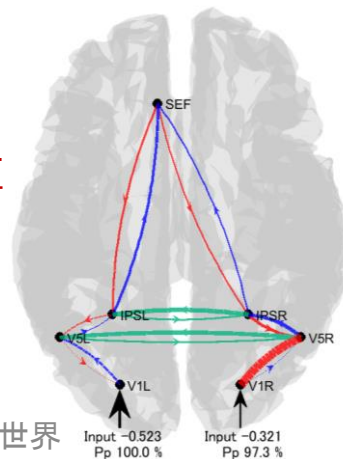


MEGシステム

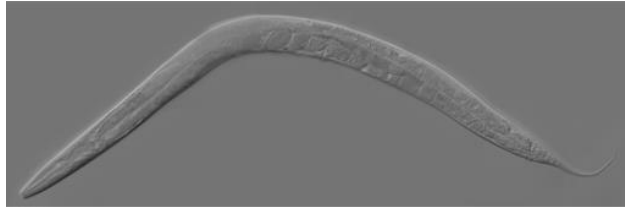
脳機能
イメージング

最新の因果推論技術と

Granger Causality
Convergent Cross Mapping
Dynamical Causal Modeling

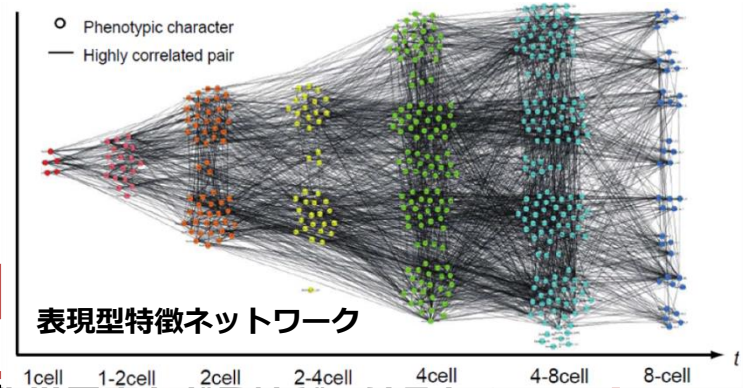


生命科学の視覚的分析



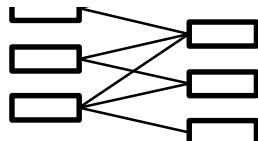
C. elegansの微分干渉顕微鏡像
(<https://ja.wikipedia.org/wiki/カエノラブディティス・エレガンス>)

バイオイメージ
インフォマティクス

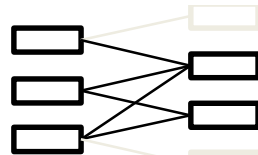


研究的問い：表現型特徴ネットワークと既知の生化学反応をどう結びつけるか？
仮説：ネットワークには陽的に表現されない潜在因子が存在する

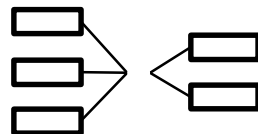
バイクラスタリング
によるアプローチ



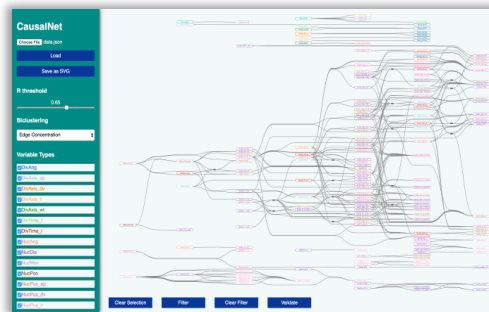
バイクラスタリング



潜在因子候補の抽出

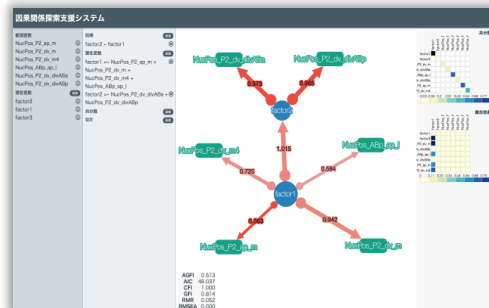


実装



仮説構築 - CausalNet

- 杉山フレームワーク、Edge Concentrationを用いた表現型特徴ネットワークの可視化
- バイクラスタリングによる潜在因子候補の抽出



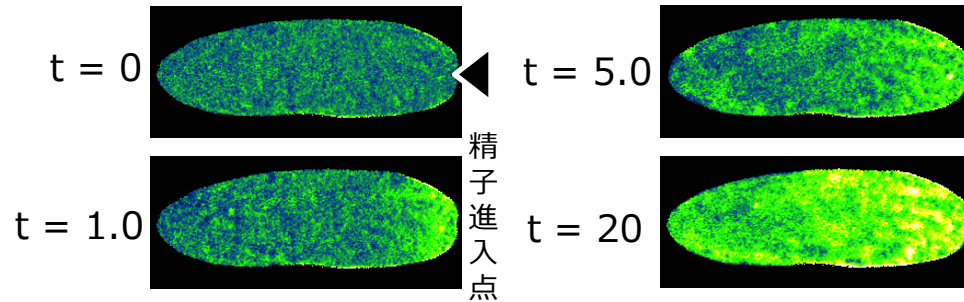
仮説検証 - iSEM

- 構造方程式モデリングを用いた因果関係、潜在変数の検証
- 対話的な統計モデル構築
- 統合的な統計モデル可視化

計算科学が拓く世界

demo: <https://youtu.be/Jltmd3zIQOE>

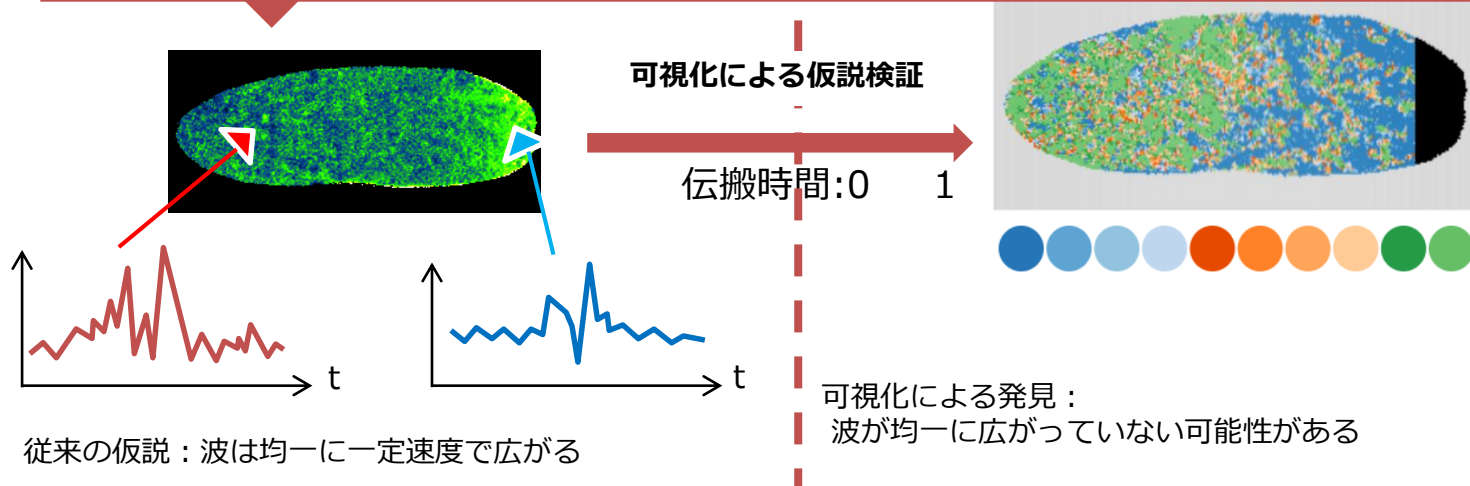
生命科学の視覚的分析



- 受精カルシウム波は生命共通の現象
- 線虫での解析手法の確立によって、ヒトの受精卵の理解に繋がる

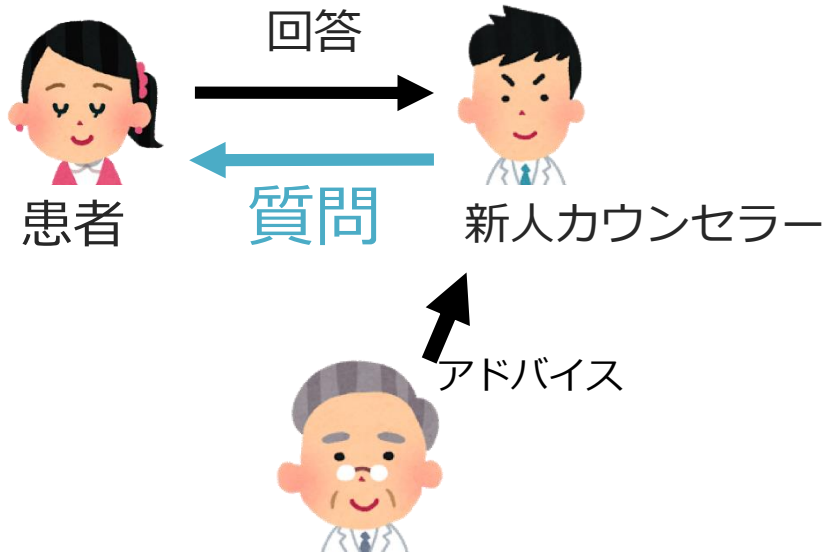
研究的問い：遺伝子から一意に表現型が決まらないのはなぜ？

仮説：カルシウム波が表現型に影響を及ぼしている



会話の視覚的分析

背景：心療カウンセリング



熟練カウンセラーが後日、質問内容に関してアドバイス。

現状では、熟練カウンセラーが書き起こし文書を読んでから、口頭でアドバイス。

仮説：カウンセリングの会話の流れを可視化すれば、より効率的にアドバイスできるのではないか

手法：

書き起こしテキストを入力

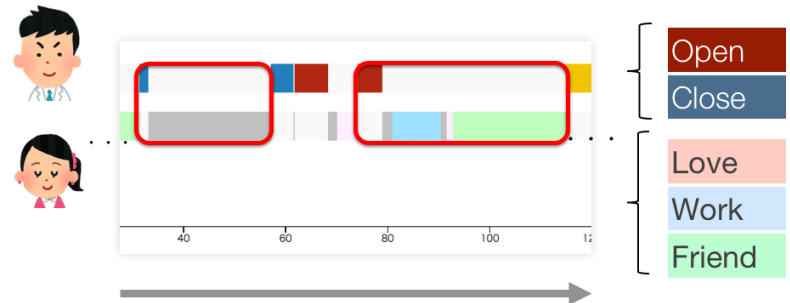
自然言語処理により発言を各カテゴリに分類

結果：

時系列に沿って可視化



Ex: どのような質問からどのような回答が出たかわかりやすい→効率的アドバイス



学習科学の視覚的分析

- ◆ Active Learning への効果的な支援が可能か？
 - ◆ 教材コンテンツ、発表資料提示
 - ◆ ビデオ会議システムと連携した遠隔授業への対応



- ◆ 現場の要求に対応した ユーザインタフェース技術が利用可能になれば、授業の円滑な進行を支援できる
- ◆ 授業での実践的活用を通じた学習効果に関する評価・分析

可視化：ビッグデータ時代の科学を拓く

科学的可視化

子供の科学

原田三夫, “この雑誌の役目”, 1924年10月号

・・・しかしこの雑誌の一番大切な目的は、ほんとうの**科学**というものが、どういうものであるかを、皆さんに知っていただくことであります。ちかごろは「**科学科学**」とやかましくいいますが、ほんとうに**科学**というものを知っている人はたくさんないようです。人は生まれながら美しいものを好む心を持っていますが、それと同じように自然の物事について詳しく知り、深くきわめようとする欲があります。昔からその欲の強い人が調べた結果自然の物事の間には、たくさんの定まった規則のあることがわかりました。**科学**ということは、この規則を明らかにすることです。多くの人が**科学**と言っているのは、たいていはその応用にすぎません。この規則を知ることによって人間は自然にしたがって無理のないように生き、楽しく暮らすことができ、これを応用して世が文明におもむくのです。

科学とは、物事の間因果関係を明らかにすること



科学する心

小林秀雄, “科学する心”, 岩波書店講演集CD, 1970年

・・・それは、まあこの環境を知る一種の**科学**論だなあ。**科学**論てものはねえ、とてももう面倒なものなんです。で、ただ、科学ってものはだなあ、ものがその、ものをこの本当にものをするのが**科学**ではない。あれはものの法則を知るんです。いいですか、そこはねえ、あのよおく考え貰わないといけないんだよ。つまりだなあ、えー、**科学**ってものはいつでも法則をめぐっているんです。ほんとに僕らの経験ってものを、ほんとの生きる経験ってものは**科学**はいらないんです。生きていなくてもいいんです。生きている人間ってものは、科学は、そんなものは認めないんです。いつでも、**科学**はねえ、その、規則をめぐらせるんです。ものともものはどういう関係にあるかってことを、因果関係だね、一口に言えば因果関係ってものは、自然はどういうふう動いているかって、いうその因果関係っていうものを目指しているんです・・・



科学は因果関係を目指す

科学教育

biology letters doi:10.1098/rsbl.2010.1010
Published online 25 December 2010

Blackawton bees

P. S. Blackawton¹, S. Akpan², A. Allen¹, S. Baker¹, A. Barrows¹, C. Blay¹, M. Chourah¹, J. Cohen¹, N. F. J. Cummings¹, L. Faguel¹, C. Hackford¹, A. Hinton-Milner¹, M. Hutchinson¹, B. Inghs¹, D. Janssen¹, A. Littlejohns¹, G. M. Littlejohns¹, M. Lott¹, J. Mackenzie¹, A. O'Neil¹, N. Richards¹, J. Robinson¹, A. Spring¹, A. Wilby¹, T. Woodhead¹, D. Woodhead¹ and R. B. Lott^{1,2*}

¹*Blackawton Nature Study, Blackawton, Devon, UK*
²*Centre for Biodiversity Science and Conservation, 11th Floor, 100 Brook Road, London SE11 5NF, UK*
 *Author for correspondence (l.lott@bbsci.org.uk)

Background: Real science has the potential to not only amuse, but also transform the way one thinks of the world and oneself. This is because the process of science is little different from the deeply resonant, natural processes of play. Play involves humans and other animals in discrete (and often) relationships and patterns. When one adds rules to play, a game is created. This is science: the process of playing with rules that enables one to reveal previously unseen patterns of relationships that extend our collective understanding of nature and human nature. When thought of in this way, science education becomes a more enlightening and instructive process of asking questions and devising games to address those questions. Here, because the outcomes of all game-playing is unpredictable, supporting this 'messiness', which is the engine of scientific progress to good science education (and indeed creative education generally). Indeed, we have learned that doing 'real' science in public places can, against all odds, transform an individual and adults in understanding the processes by which we make sense of the world. The present study (on the vision of honeybees) goes even further, since it was not only performed outside our laboratory (in a village church in the southwest of England), but the 'game' more than held its own in the hands of children with 21 to 10-year-old children. They asked the questions, hypothesized the answers, designed the game (in other words, the experiment) to test their hypotheses and analysed the data. They also drew the figures (in coloured pencil) and wrote the paper. Their headteacher (Dave Stradwick) and I devised the experimental protocol, but children did the work. The present study followed a similar pattern: we have been and transferred the children's science into text (which was done with smaller groups of children at the school's local village church) and consequently in a novel study (scientifically and conceptually) to past literature, which is a challenge. Although the historical context of any study is of course important, including references in this instance would be inappropriate for two reasons. First, given the way scientific data are naturally reported, the relevant information is simply

Available 9 November 2010
 Accepted 16 November 2010

Colour and spatial relationships in bees P. S. Blackawton et al. 171

(a)

(b)

	Corrects	Wrong
1	11	11
2	11	11
3	11	11
4	11	11
5	11	11
6	11	11
7	11	11
8	11	11
9	11	11
10	11	11
11	11	11
12	11	11
13	11	11
14	11	11
15	11	11
16	11	11
17	11	11
18	11	11
19	11	11
20	11	11

Figure 3. Candidates and responses to test 1. (a) The pattern of colours that the bees were tested on in their third test (see text for explanation). (b) A table showing the preferences of each bee during test 1 (see text for explanation).

Figure 2b shows a table of the choices made by the bees during this test. In total, the bees went to the green middle flowers only 34 times, and to the middle blue and yellow flowers 76 times (see text in figure 2b). So, out of 110 attempted forages, 30.9 per cent went to the middle flowers. If the bees were generally going to the middle flowers, they should have selected the green flowers 23 per cent of the time, which is very close to 30 per cent. We conclude that the bees did not solve test 1 by only going to the middle flowers of each quadrant (Cah-dah-blah-blah). However, two of the bees (labelled B/O and B/I) went more often to the green, middle flowers. So they seemed to have learned a different rule to the other three bees.

(c) Test 3 (the second experiment)
 In the third test, instead of having large squares of yellow and blue around the outside of each panel, and a smaller square of yellow and blue on the inside of each panel, we took the four inside flowers and put them in the corners of each panel. See figure 1 for a hand drawing of what this test looked like. We did this because we wanted to see if the bees solved test 1 by learning during training to go to the colours of each panel that were flowers in number. We could also see if they still preferred to go only to the middle

Elementary school students, "Blackawton bees," Biology Letters (2011) 7, 168–172

flowers. If the bees had learned to go to flowers that were fewer in each panel, then they should go to the flowers in the corners.

The table in figure 1b shows where all five bees went during the test. You can see that the bees as a group went to the corner flowers 95 times, and to the 'non-corners' 80 times (see 'non' in figure 1b). So, out of 145 attempted forages, 65.5 per cent went to the corners. This is very different from what they did in test 1. When the same flowers were in the corners but in the middle as in test 1, they selected them 90.6 per cent of the time, which is 2.2 times more often. We think that the bees in test 1 selected the flowers randomly, and conclude that the bees did not learn to go to the flowers that had the fewer colours in each panel. Also, this time, the B and O bees did not prefer the middle flowers in each panel. This means that in test 1 they must have used the large square of blue and yellow flowers to decide to forage from the middle green flowers.

4. DISCUSSION
 This experiment is important, because, as far as we know, no one in history (including adults) has done this experiment before. It asks us that bees can learn to solve puzzles (and if we are lucky we will be able to get them to see 'habdada' as a couple of my 'sons'). In this experiment, we trained bees to solve a particular puzzle. The puzzle was to go to blue if surrounded by yellow, but yellow if surrounded by blue.

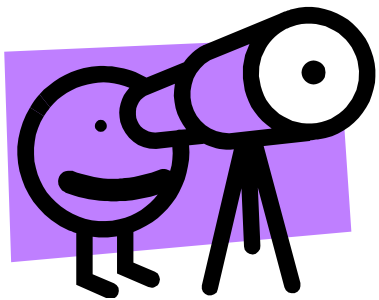
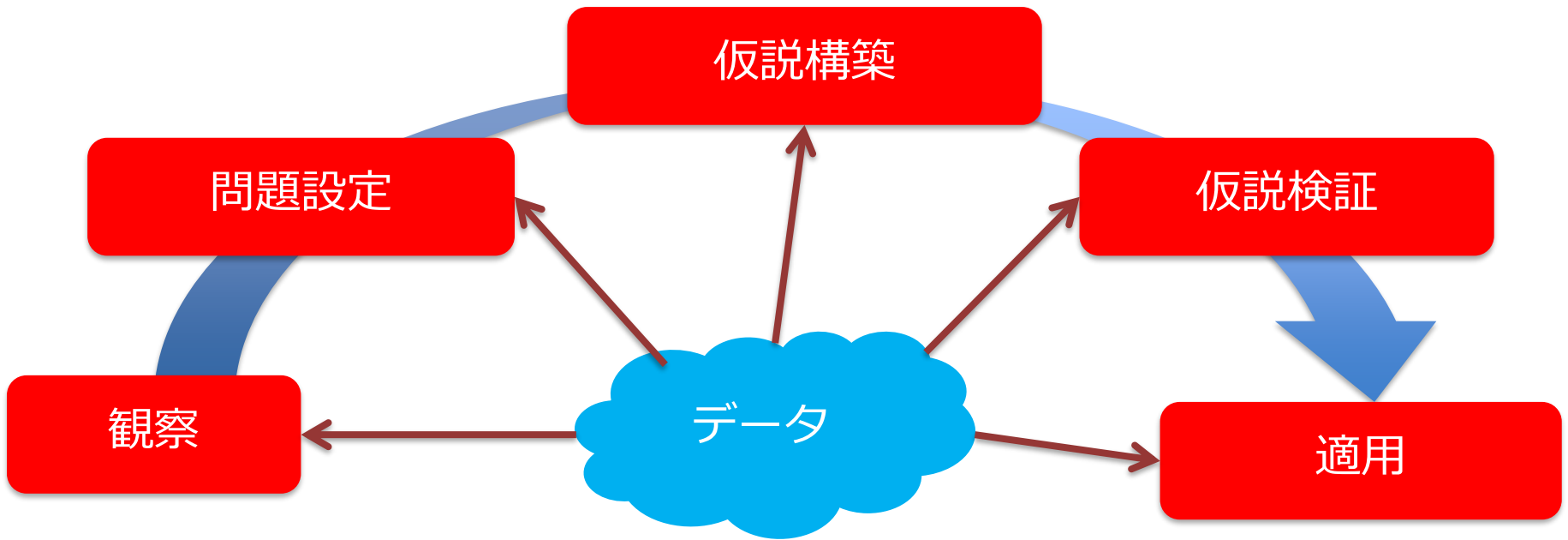
Test 1 showed that the bees learned to solve this puzzle. We know this because the test results showed that they mostly went to the flowers that they were supposed to go to, because those were the ones that had contained a sugar reward before. However, we also noticed that the bees solved the puzzle in different ways, and that some were more clever than others. Two bees preferred yellow and one others preferred blue flowers. The B bee was best at understanding the patterns in the first test, because it had the most correct answers compared to incorrect answers. It also went both to correct yellow and correct blue flowers, although it preferred the blue flowers.

What is important about this puzzle is that there is more than one strategy the bees could use to solve it. This strategy could be to see two rules: (1) go to the middle four flowers in each panel, and (2) after the first test, go to yellow if surrounded by blue or blue if surrounded by yellow. They could also learn to avoid the surrounding flowers, and as a result only go to the middle flowers. Or they could go to the fewest number of coloured flowers in each panel (4 correct answers) and have chosen randomly, and they might get them right or they might get them wrong. Or they could have just gone to a colour, but then they would not have solved the puzzle until half of it.

Test 2 tested whether the bees had learned to go to the middle of each panel and ignored the colour. If this was true then they should have gone to the green flowers. If they had learned to go to only middle blue and yellow flowers, then they should have gone either to the surrounding blue and yellow flowers or no flowers at all. The results tell us that three of the bees preferred

- USやEUでは、小学校で科学的方法が教育されている
- 日本では、大学や大学院で卒論や修論を通じて暗黙的に伝えられる
- 日本では科目試験（正解がひとつ）に極端にこだわる
- ほとんどの日本人学生は科学的方法をキチンと学ばない

科学的方法の流れ



科学的方法

https://www.youtube.com/watch?v=KIFz_-KzURY

Scientific Method Song Video



Make an observation



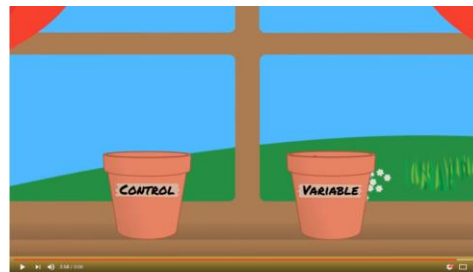
Ask a question



Form a hypothesis



Make a prediction



Do a test or experimentation



Analyze data and draw a conclusion

「科学的方法」を一緒に体験してみよう！

- 前提

- 花の成長に興味がある
- 花の成長の指標として、花の重さを考える
- 花の成長を説明する変数として、養分量、日照時間、水の量を考える

- 質問

- 花の成長を説明するためにどのような実験を行うのがよいか？

実験を計画しよう

- 測ろう(被説明変数): 花の重さ
- 変化させよう(説明変数): 与えた水の量
- 同じようにしておこう(制御変数): 日照時間、養分量

鉢番号	水の量	花の重さ
1	46	16
2	69	24
3	90	28
4	13	8
5	54	19
6	46	15
7	53	19
8	35	12

実験を計画しよう

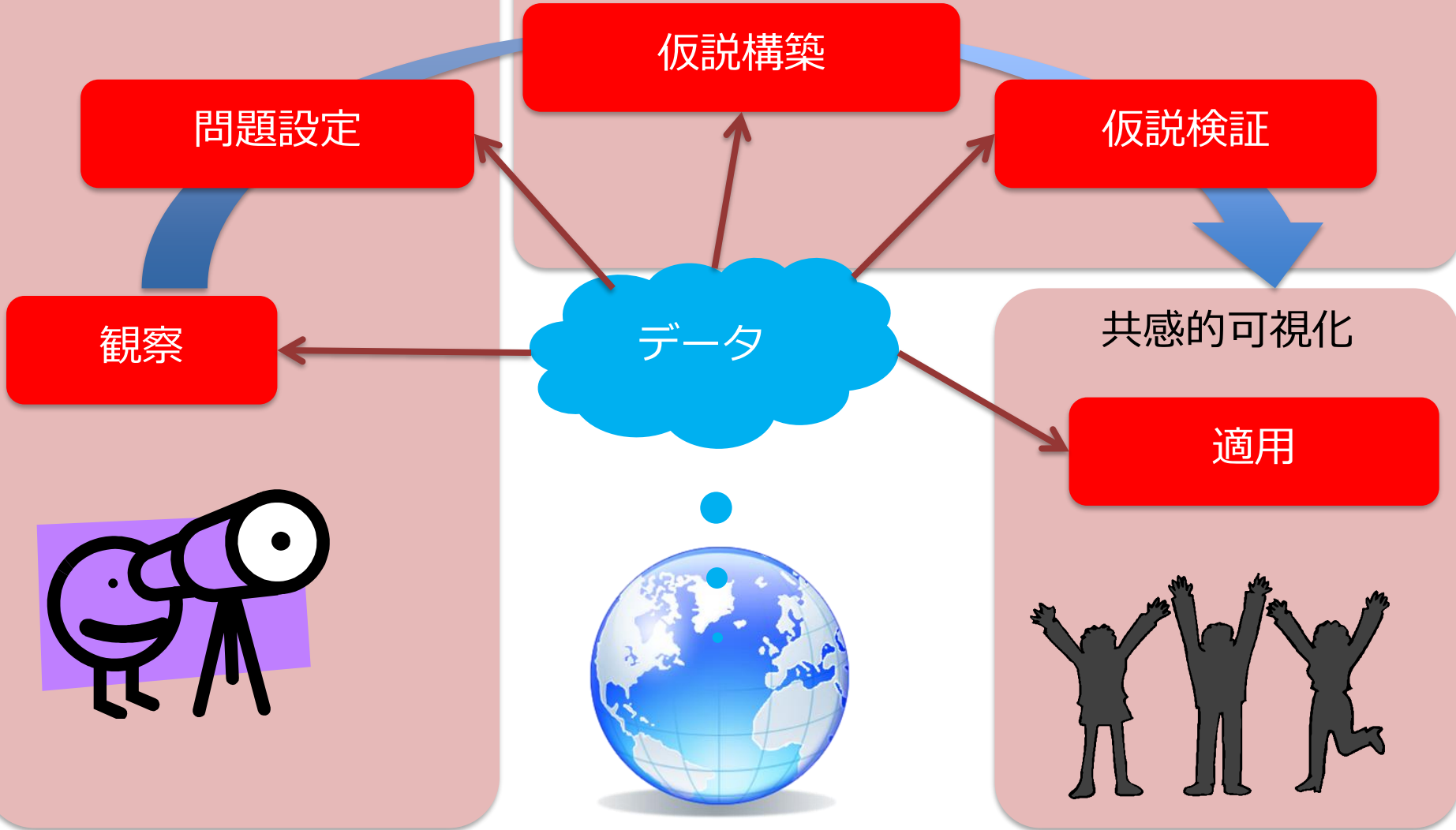
- 被説明変数(従属変数とも): 花の重さ
- 変化させよう(独立変数とも): 与えた水の量
- 同じようにしておこう(制御変数): 日照時間、養分量

鉢番号	養分量	水の量	花の重さ
1	2	3	19
2	4	1	40
3	1	2	10
4	2	1	19
5	4	3	32
6	4	2	40
7	2	4	13
8	4	2	34

科学的方法と可視化

俯瞰的可視化

対話的可視化



可視化：ビッグデータ時代の科学を拓く

科学と因果発見技術

仮説



- ふたつの変数間のある方向をもった仮の関係
- その関係は、観測データによって検証される
- 「もしXならばY」のような因果関係によって記述される

因果関係発見は、科学における本質である

因果発見技術

M. Chen, et al., "From data analysis and visualization to causality discovery," IEEE Computer , 44(10):84-87,

四つの挑戦


- 因果推論を促進するためのインフラ整備
- 可視化活用への能力の飛躍的向上
- 継続的なデータ洪水の対話的処理における負荷の軽減
- 推論過程における不確からしさの評価・可視化への対応

INVISIBLE COMPUTING

From Data Analysis and Visualization to Causality Discovery

Min Chen, Anne Trefethen, René Bañares-Alcántara, Marina Jirotko, and Bob Coecke
University of Oxford, UK

Thomas Ertl and Albrecht Schmidt
University of Stuttgart, Germany



As data becomes invisible, emerging technologies can help human analysts and decision makers understand, model, and visualize causal relationships.

Nowadays the public, and even most decision makers, rarely see raw data. People are used to statistical results and visualized data presented by scientists, data analysts, or news readers. As computers disappear into the background, raw data is also becoming invisible.

The reliance on data analysis and visualization to improve the usability of information and communications technology echoes Mark Weiser's vision of ubiquitous computing: "... only when things disappear in this way are we freed to use them without thinking and so to focus beyond

CAUSALITY REASONING

Causality is the fabric of our dynamic world. We all frequently attempt to reason about the causes of everyday events—for example, why do I have a headache, or what has upset Alice?—in order to better manage them. We also seek to understand the origins of numerous complex phenomena such as social divisions, economic crises, global warming, and terrorism. Some of the greatest scientific discoveries, from Newton's laws of motion to Darwin's theory of natural selection, involve causality.

Causality has been studied in

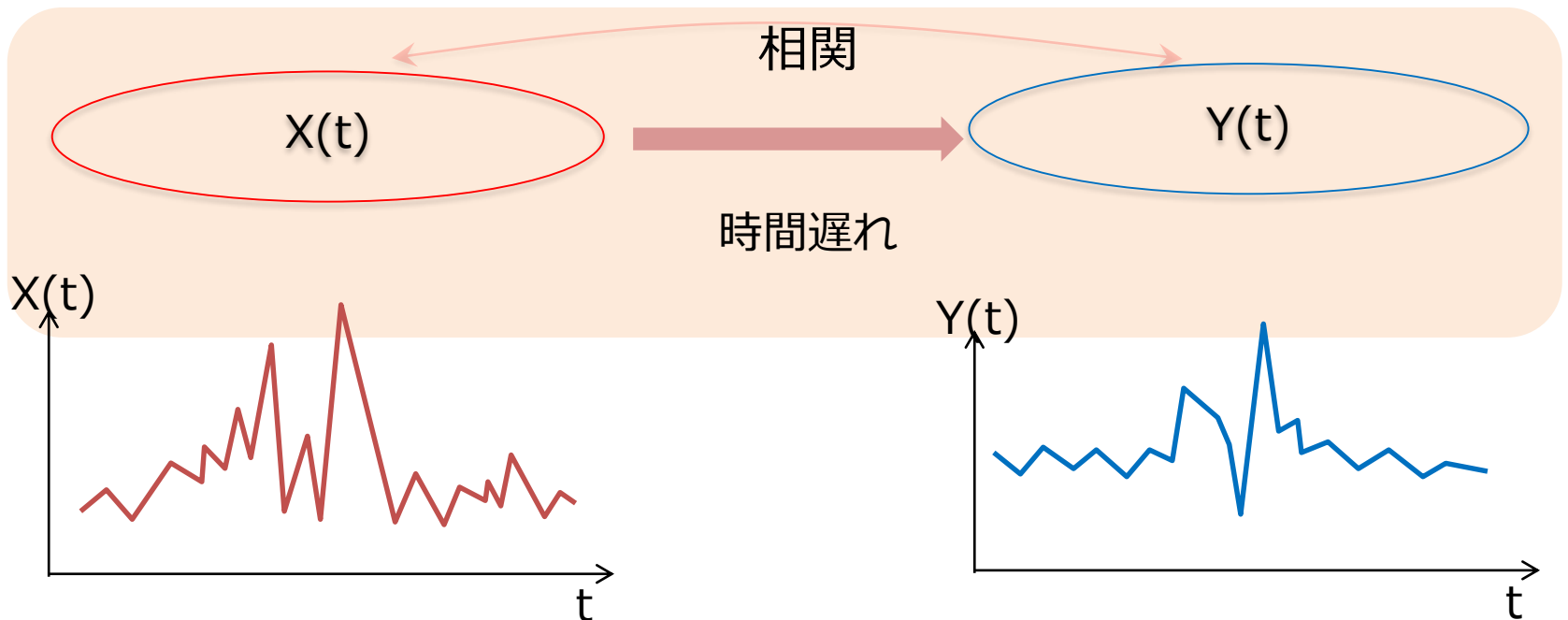
(Natural Philosophy of Cause and Chance, 1949).

Figure 1 illustrates Born's four levels of causality reasoning and the transitions between them. *Probabilistic causation* is a form of preliminary reasoning based on statistical correlation. "Overwhelming evidence" abstracts probabilistic causation to *logical causation*. When there is a scientific understanding of causality, *quantitative laws* of nature describe the functional relationship between measurable attributes of various events. According to Born, quantum mechanics offers the *fundamental understanding* of causation in physics.

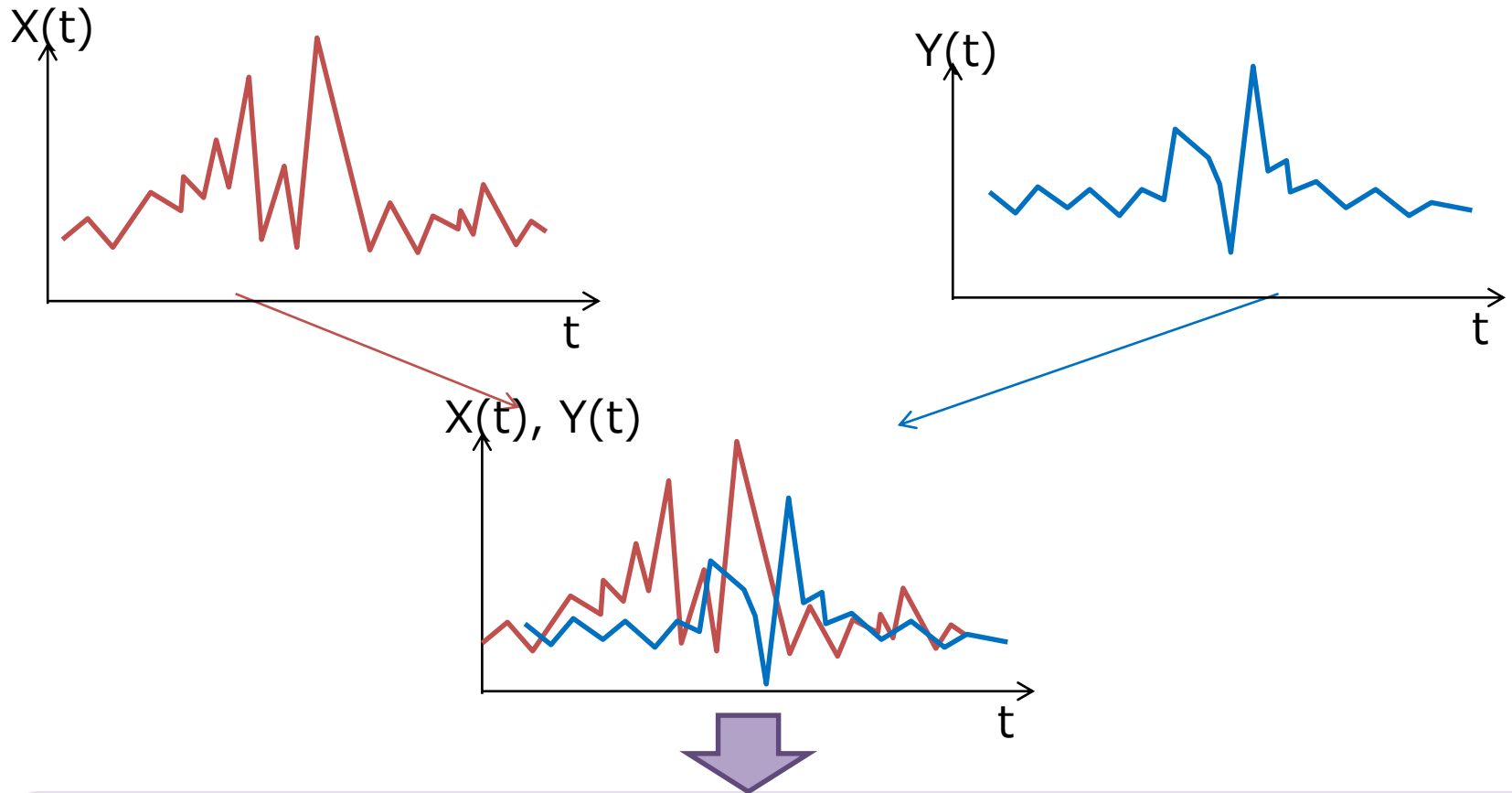
よりよい理解に向けて

時系列データ向け因果発見

- 因果関係は、あるプロセスともう一つのプロセスとの間の関係を表す
- 最初のプロセスは、二番目のプロセスに対して、部分的に関与する。
- 統一された定義はないものの、さまざまな因果発見技術が報告され、実際に活用されている。



因果発見のための統計的検証法

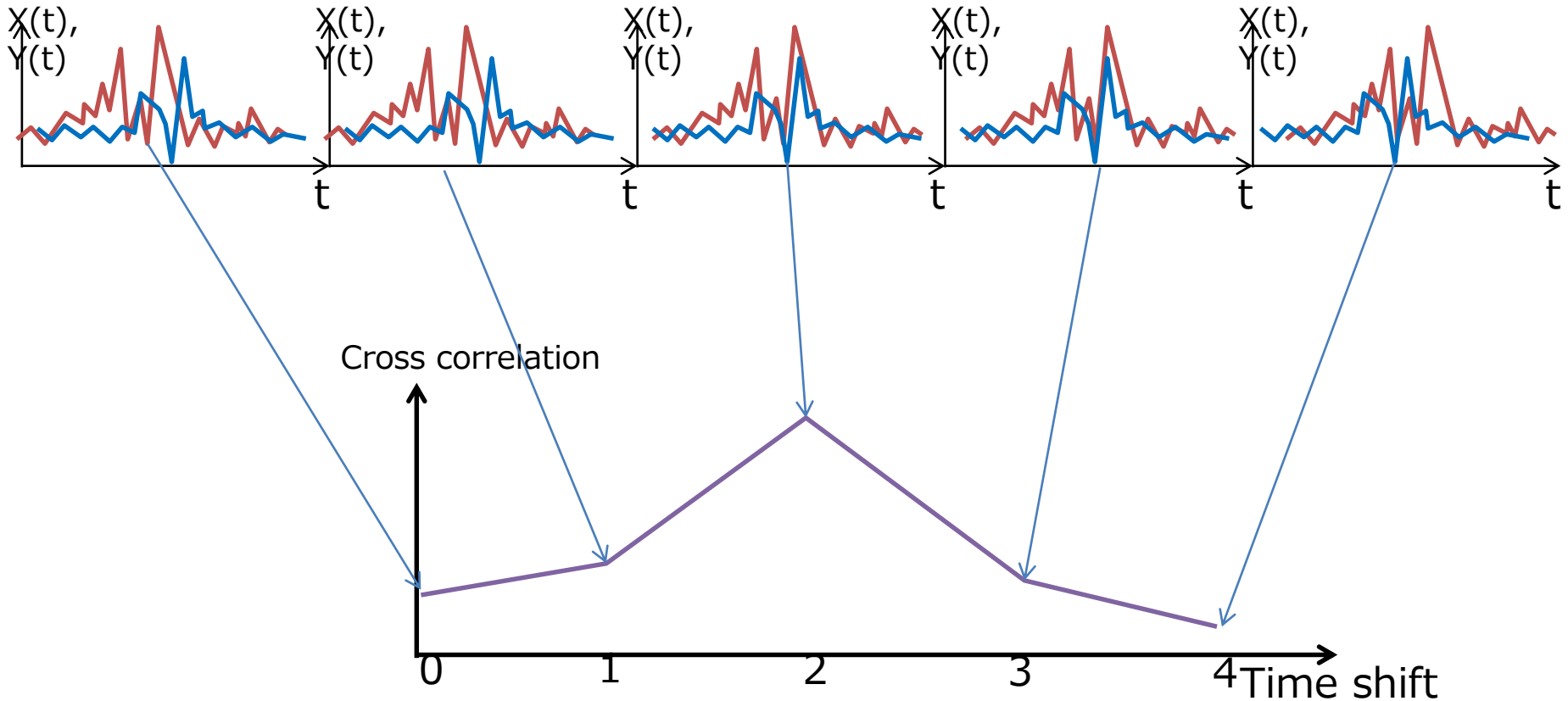


- 相互相関
- グレンジャー因果
- 収束的交差写像

因果確率

相互相関

time shift = 0 time shift = 1 time shift = 2 time shift = 3 time shift = 4



グレンジャー因果(GC : Granger Causality)

Granger, C. W. J. "Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-spectral Methods". *Econometrica* 37 (3): 424–438 (1969)

It is a statistical test for a cause-and-effect relationship between two time series variables

We perform two vector auto-regressions as follows:

$$Y(t) = \sum_{l=1}^L a_l Y(t-l) + \epsilon_1 \quad (1)$$

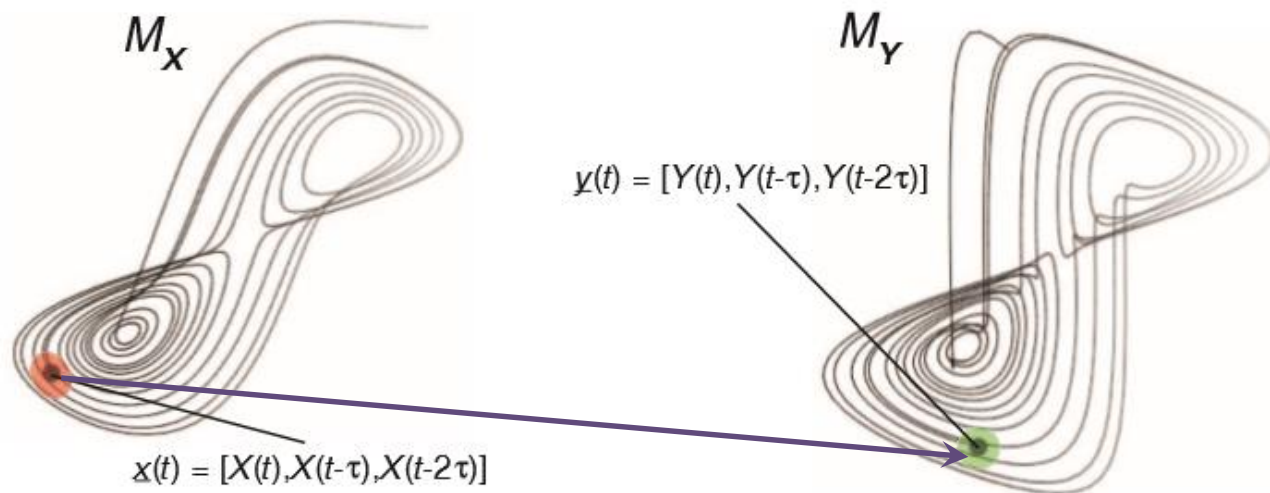
$$Y(t) = \sum_{l=1}^L a'_l Y(t-l) + \sum_{l=1}^L b'_l X(t-l) + \epsilon_2, \quad (2)$$

where L is the maximal time lag. We say X causes Y if eq (2) is statistically significantly better than eq (1).

収束的交差写像(CCM: Convergent Cross Mapping)

Sugihara, George; et al., "Detecting Causality in Complex Ecosystems," Science 338 (6106) pp. 496–500 (2012)

- It is a statistical test for a cause-and-effect relationship between two time series variables
- It constructs two shadow manifolds, M_X and M_Y using lagged-coordinate embedding X and Y , respectively
- If X forces Y uni-directionally, variable Y will contain information about X , but not vice versa.

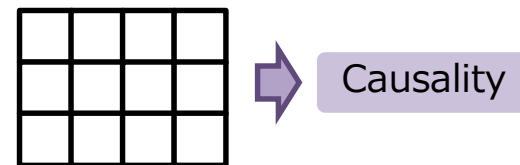


GC と CCM 使い分け

- どちらも相関は必ずしも因果を意味しないという問題を解決しようとする
- GCは、二つの変数の影響がお互いに独立で分離可能であるような確率的システムに適する
- CCMは、動的システム理論に基づき、二つの変数が相乗効果をもつようなシステムに適する

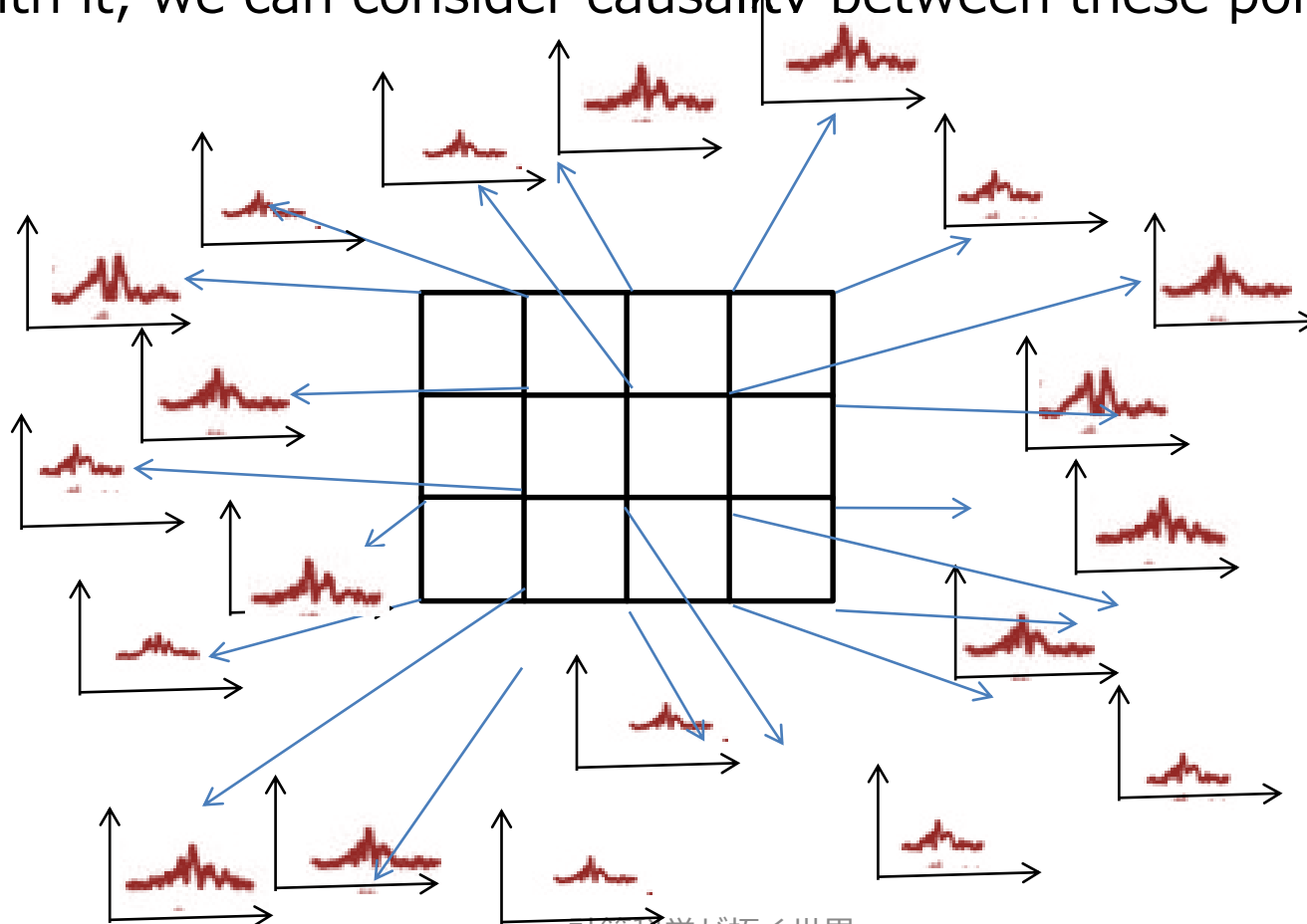
可視化：ビッグデータ時代の科学を拓く

時系列ボリュームデータにおける因果関係

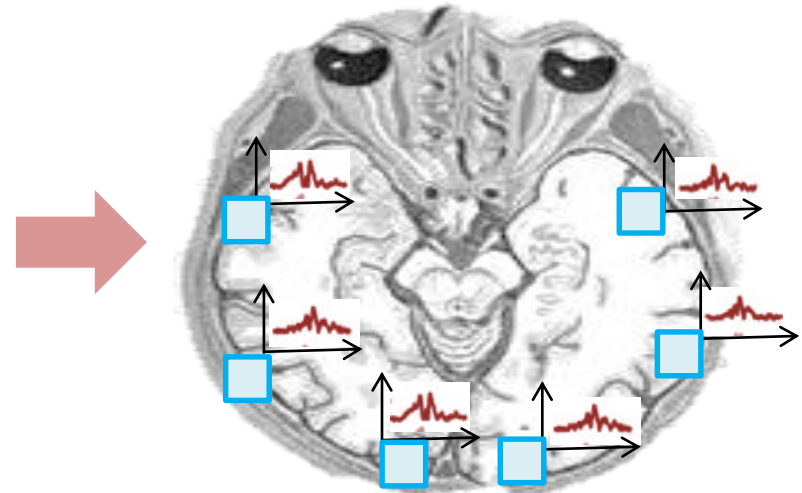


単一変数の時系列ボリュームデータ

- It defines univariate time series data defined at each grid point
- With it, we can consider causality between these points



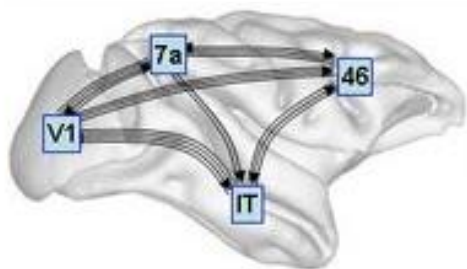
脳磁図(MEG: Magnetoencephalography)



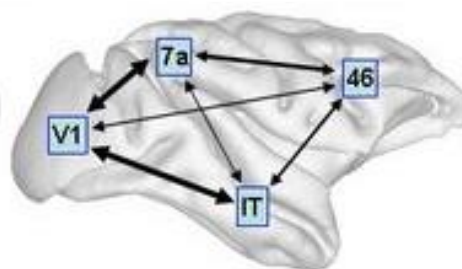
- It records magnetic fields produced by electrical currents occurring naturally in the brain, using very sensitive magnetometers.
- Its applications include basic research into perceptual and cognitive brain processes, localizing regions affected by pathology before surgical removal, determining the function of various parts of the brain, and neurofeedback.

結合解析

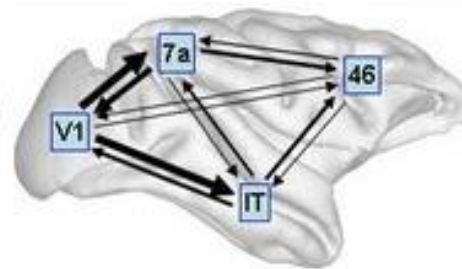
structural connectivity



functional connectivity



effective connectivity

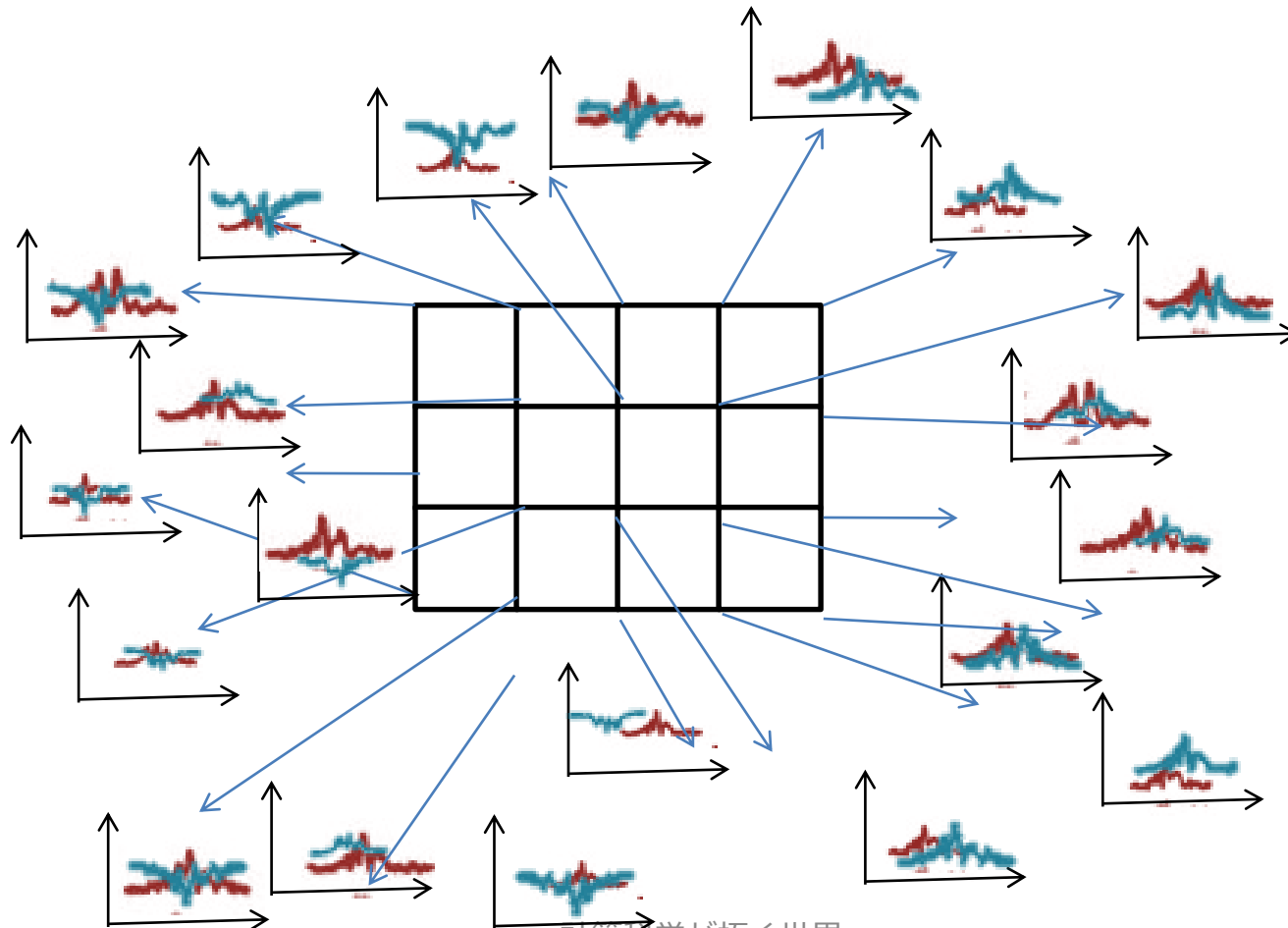


O. Sporns 2007, *Scholarpedia*

- Evaluation of structural connectivity (anatomical) using MR-DTI and Fiber-Tracking
- Confirmation of functional connectivity between activated areas using correlation
- Analysis of effective connectivity in neuronal groups using causation

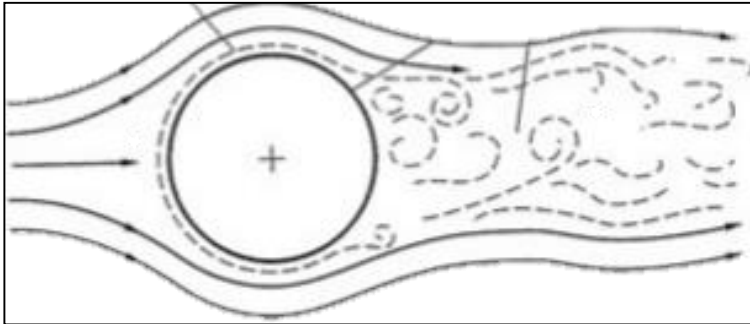
二変数の時系列ボリュームデータ

- It defines bivariate time series data defined at each grid point
- With it, we can consider causality at the point

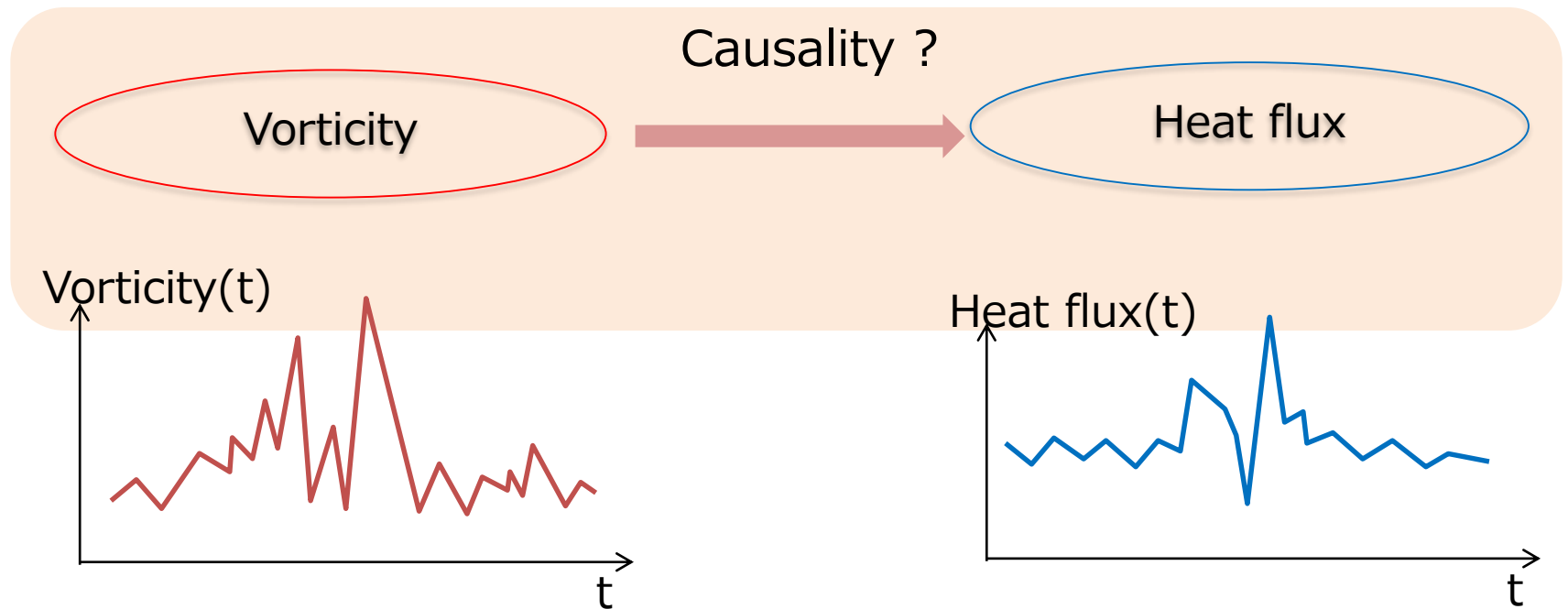


洗濯効果

K. Suzuki, "UNSTEADY HEAT TRANSFER IN A CHANNEL OBSTRUCTED BY AN IMMERSED BODY", 1994



The vortex flow contributes to the enhancement of the heat transfer

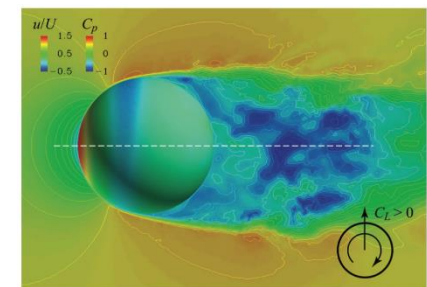
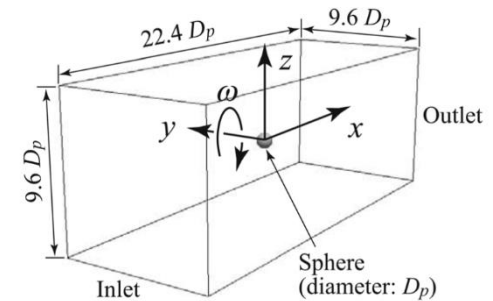


熱球周りの流体解析

Confirmation of the washing effect in the separated flow in the wake behind a sphere

- Model description

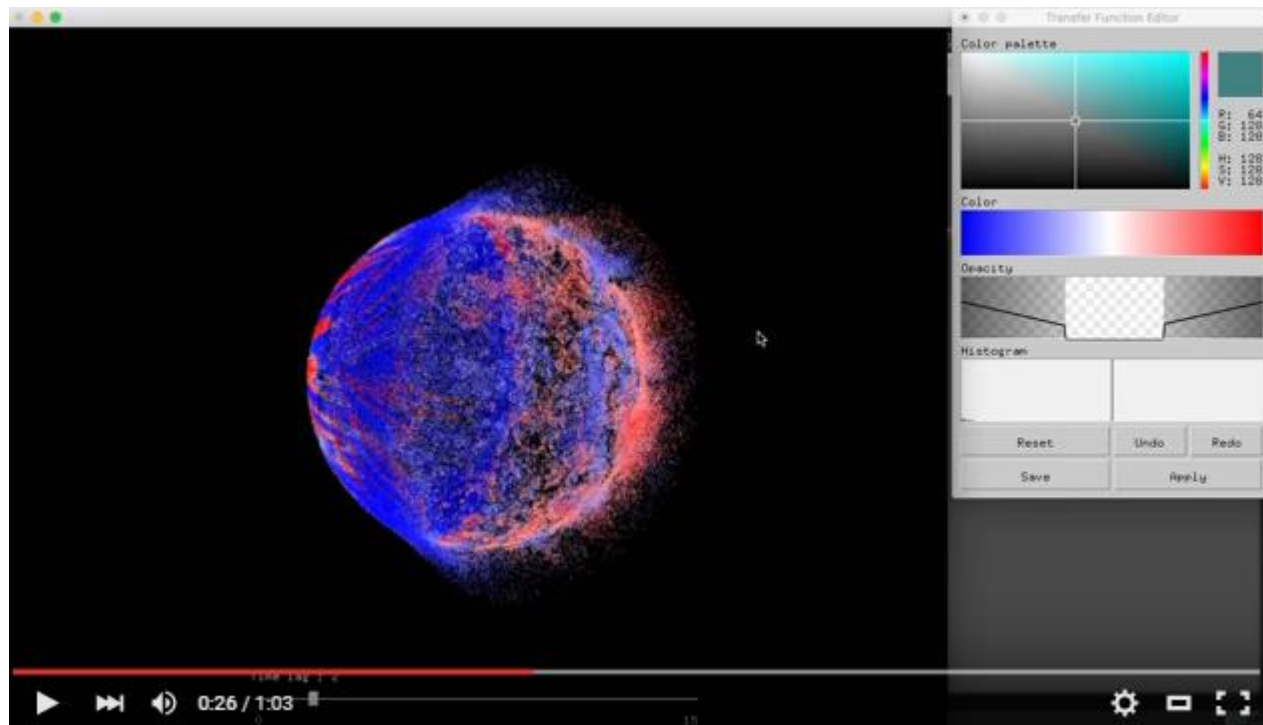
- Number of nodes : 15,321,546
- Number of cells : 18,917,887 (prism)
27,545,304 (tet)
- Number of time steps : 198
- File size : 3.5GB per step



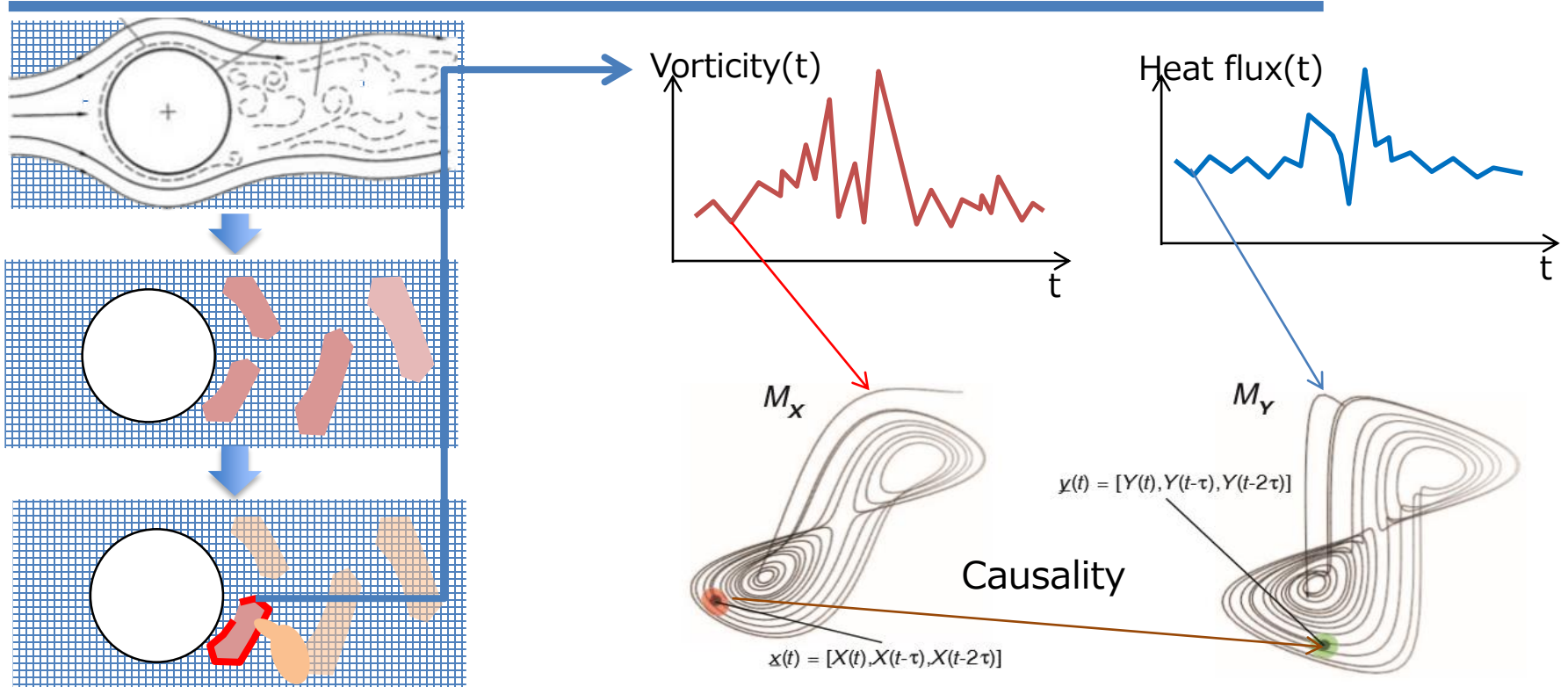
Negative Magnus lift on a rotating sphere at around the critical Reynolds number
Muto, Tsubokura, Oshima, Physics of Fluids, 24, 014102 (2012)

因果関係ボリュームデータ

- Calculation of cross correlation at each grid point by changing the shift time
- Creation of a time-varying volume with 16 shift time steps



因果関係発見に向けて



1. 融合可視化
2. 因果ボリュームデータの可視化
3. 興味領域の特定
4. 特定された領域での因果関係発見

可視化：ビッグデータ時代の科学を拓く

可視化の性能評価

可視化研究と性能評価

医・理・工学

計測・計算

データ



どんな現象をデータ化
できたか？

情報科学

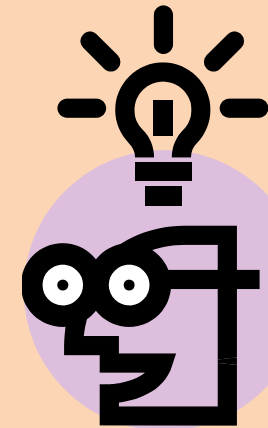
画像化



どれほど効率よく画像
化できたか？

認知科学

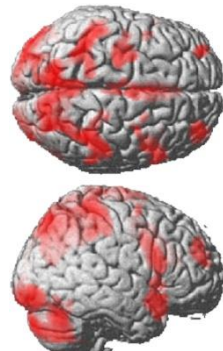
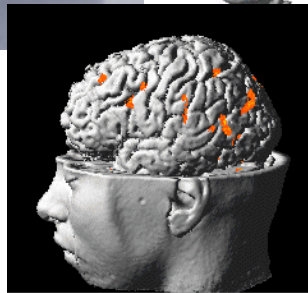
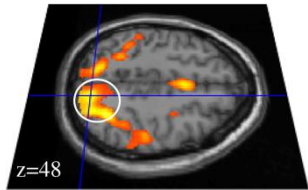
認識



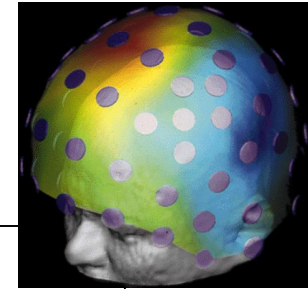
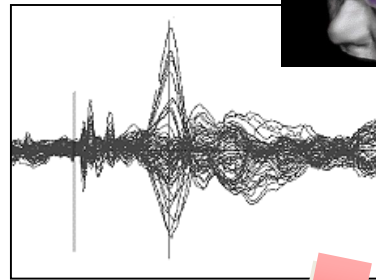
どれほどの気付きを得
たか、どんな行動変容
に結び付いたか？

脳機能計測装置による気づきの測定

MRI



MEG



EEG

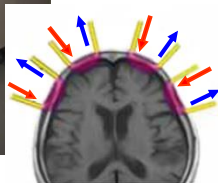
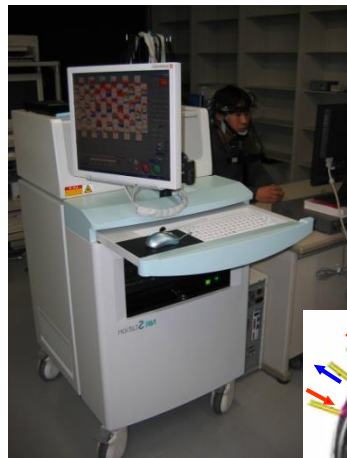


統合

時空間解像度

視覚的気づきの探索

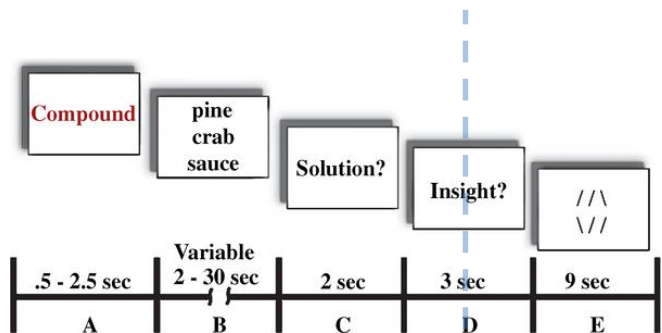
計算科学が拓く世界



NIRS

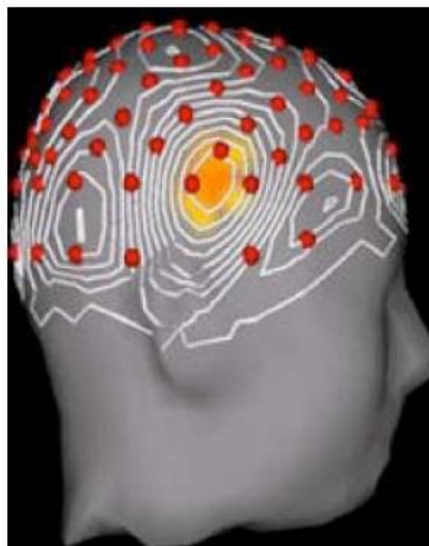
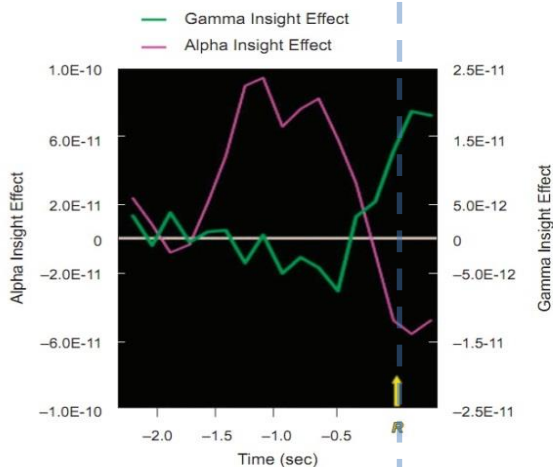
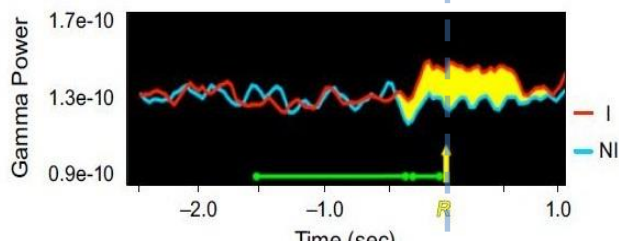
アハ体験についての研究

Kounios, J, Beeman, M, "The Aha! Moment-The Cognitive Neuroscience of Insight," 2009



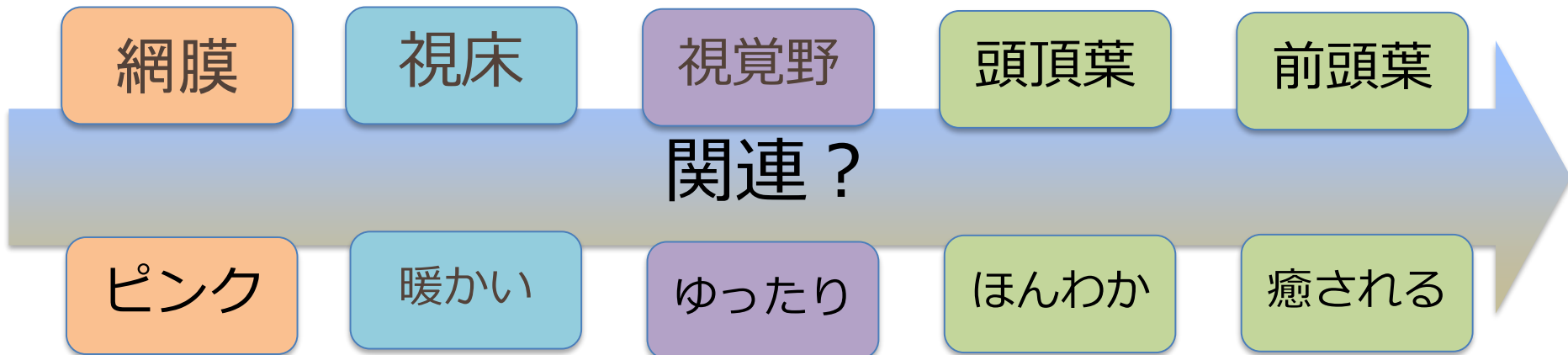
複合的遠隔性連想問題によるアハ体験

- ガンマ波 (約 40 ヘルツ) EEG 信号
- アルファ波 (約 10 ヘルツ) EEG 信号
- ひらめき時のガンマ波の組織的分布
- ひらめき時の機能的MRI分布



まとめ

- 科学的方法において重要な役割を果たす可視化研究
 - 粒子を用いた超拡張性可視化
 - 可視化による因果関係気付きの支援
 - 脳科学と連携する認知構造可視化



演習

- 指定された[TEDコンテンツ](https://www.ted.com/)を視聴し、「科学に問えるが、科学が答えられないもの」について回答せよ。
 - 以下サイトにアクセスして、200字程度で記述せよ

<https://goo.gl/6BgPxx>

