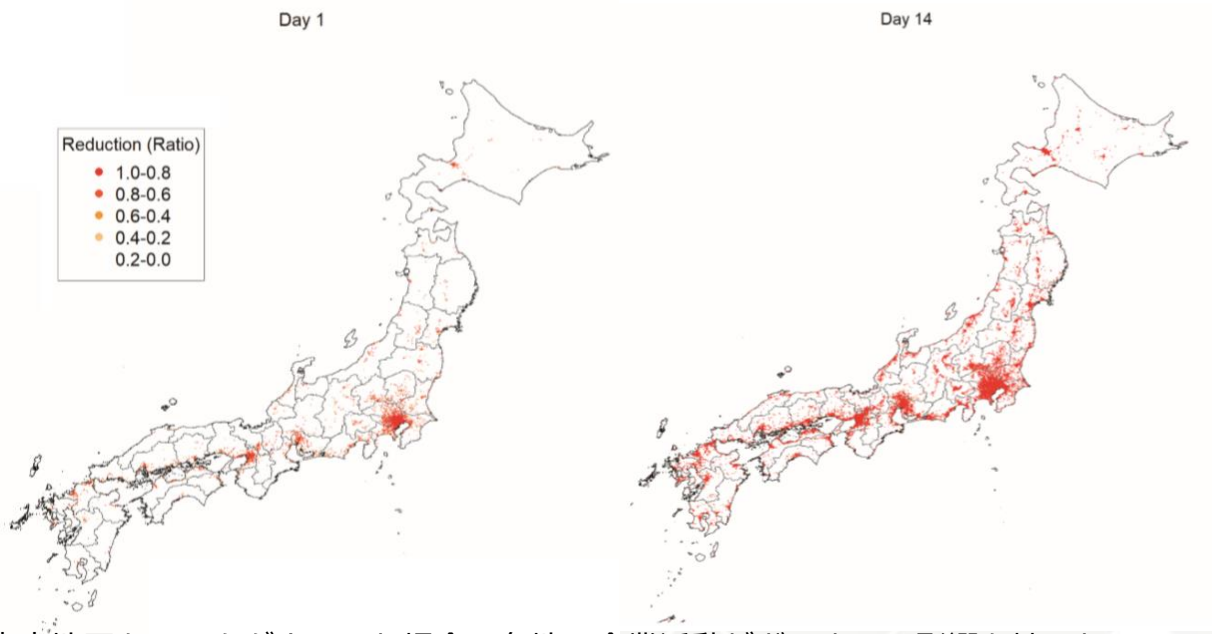
2020年5月15日

パンデミック現象および対策のシミュレーション解析

理化学研究所　伊藤 伸泰

実施内容：
今回の新型コロナウイルスの感染伝播に伴い、社会経済への影響が広がっている。その様子を可視化し、影響を分析するビッグデータマイニングが試みられている。これらに加えて本研究では、「富岳」はじめとするスーパーコンピュータを活用し、今後生じうる社会経済活動への影響を評価し、収束シナリオとその実現方法を探る。あわせてウイルスの変異などにより感染・発病の経過が変化した場合に起こりうる事象への対応を立案する。そのために、**感染シミュレーション**・**SNSテキストマイニング**・**企業活動シミュレーション**を、産業技術総合研究所・筑波大学・東京工業大学・京都大学・兵庫県立大学・琉球大学とともに進める。

期待される成果：
・今後の感染、社会・企業活動、マクロ経済への影響を左右する行動・施策を探り、悪化を招く因子および改善に導く因子の候補を明らかとすることが期待される。
・首都圏・関西圏など、地域ごとの感染・社会経済の状況を反映し、複合的な効果を考慮した施策の立案に助することが期待される。
・今回の新型コロナウイルスの感染伝播に限らず、大規模な災害・事故とその影響の伝搬を制御し、被害を抑える施策にもつながる。



東京地区をロックダウンした場合に各地の企業活動がどのような影響を被るかについて、予備的なシミュレーション結果。左が１日目、右が14日目の様子。井上（兵庫県立大）による。本研究では、「富岳」を使って全面的なロックアップに限らず、部分的な制約を多様に探索する。

研究現況：

・感染シミュレーション

新型コロナウイルスの感染・発症の臨床データに基づくエージェントモデルを開発し、感染伝播の様子をシミュレートした。特に今後、非常事態を解除した後の感染拡大を抑えるための感染クラスター発生の抑止に対して、コンタクトトレースアプリケーションの普及が有効であることを確認した。

※理化学研究所・伊藤伸泰と吉岡直樹が担当。北海道大学・遠藤晃、駒沢病院・黒川真理子の協力の下。

・経済シミュレーション

感染拡大・対策下での経済活動の変化・抑止による企業間取引・売り上げへの影響・被害を、企業間取引データおよびそのモデルを使って推定する方法の開発を進め、またマクロ経済への影響推定を進めている。

※東京工業大学・高安美佐子と尾崎順一、兵庫県立大学・井上寛康、早稲田大学・戸堂康之、理化学研究所・村瀬洋介が担当。

・社会センチメント分析

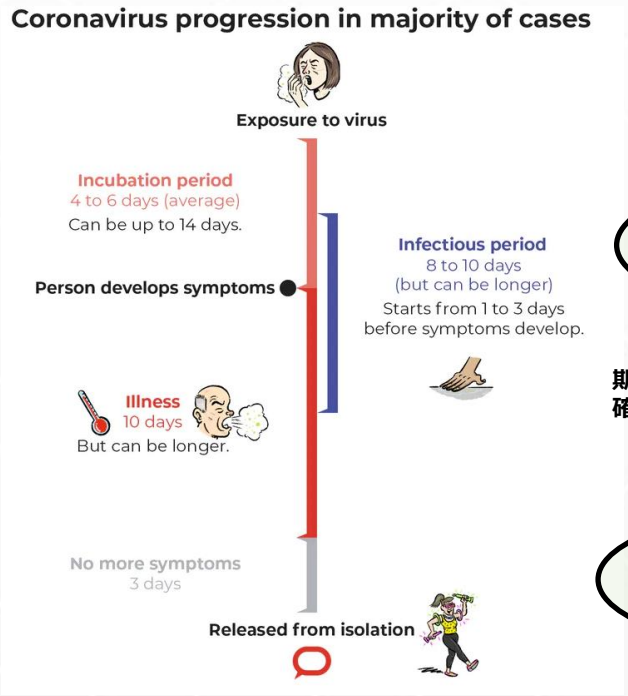
SNSテキストの分析により、新型コロナの感染状況下の人々がどのような思いをもち、どのような情報が広まっているのかを分析する手法の確立（社会センチメントの指標の開発）を目指している。現在、そのためのデータの用意を進めている。

※筑波大学佐野幸恵・琉球大学山田健太、東京工業大学高安美佐子、理化学研究所伊藤伸泰が担当。

感染シミュレーション
開発した新型コロナの感染モデル（エージェントベースモデル）

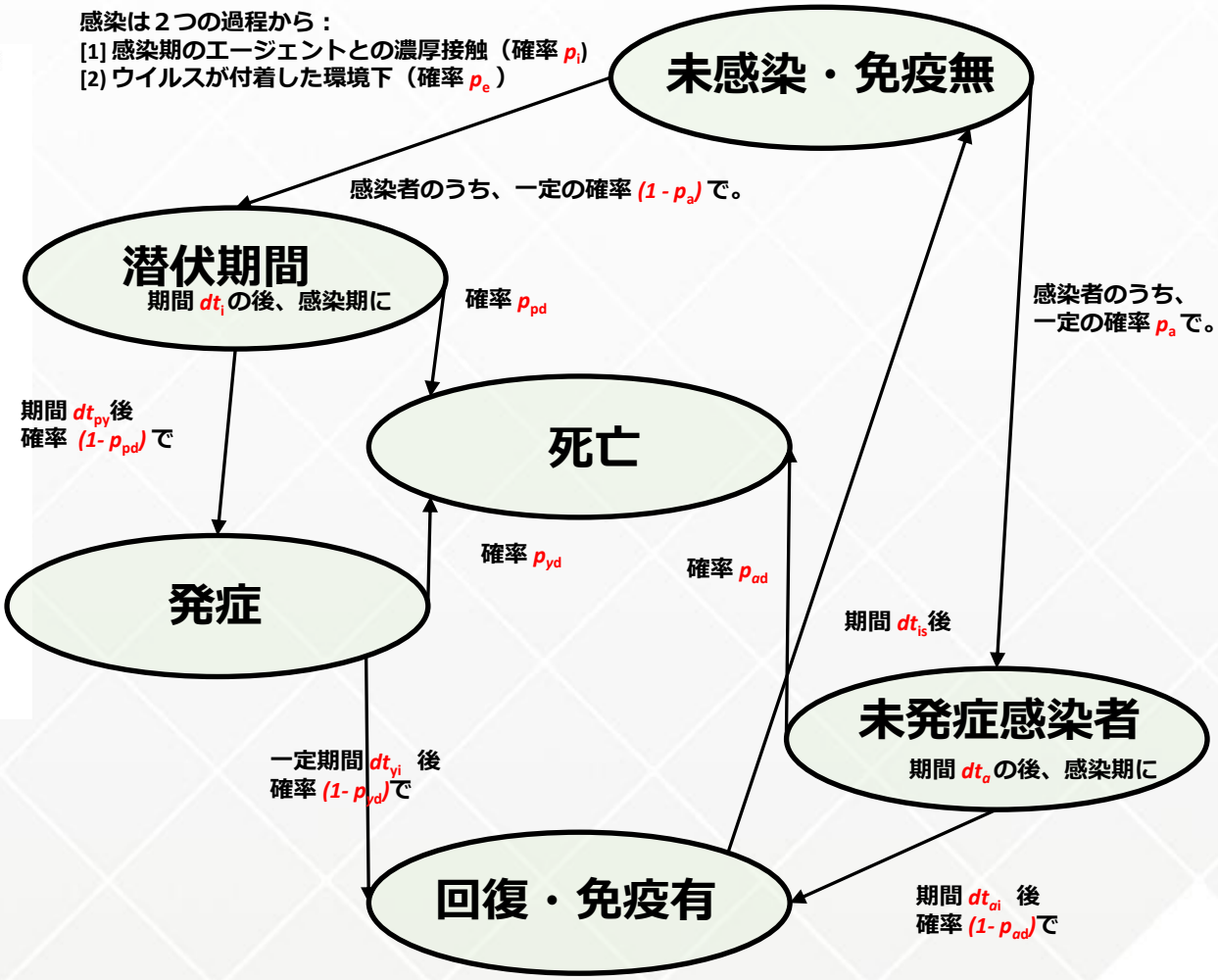
個々人の感染とその後の経緯をモデル化したエージェント
このエージェント集団内での感染の様子を計算機でシミュレートする。

感染後の経緯



上図https://theconversation.com/how-long-are-you-infectious-when-you-have-coronavirus-135295
より。

感染は２つの過程から：
[1] 感染期のエージェントとの濃厚接触（確率 p_i）
[2] ウイルスが付着した環境下（確率 p_e ）



「富岳」の性能を活用したモデルパラメータの選択と評価

臨床データ例

https://docs.google.com/document/d/1mRICZMjPbrqN0MDSvX6J3ZuehZO9cvU0COgicnzk4N8/edit　より

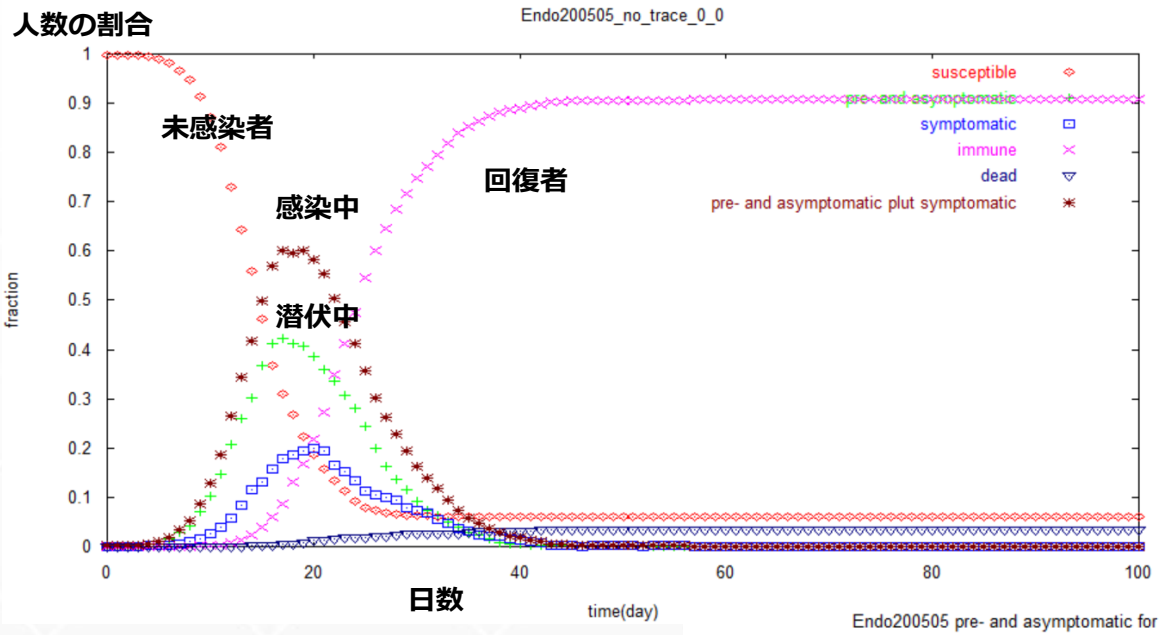
Epidemiological characteristics of COVID (NB: this file is to be shared with third party)

Characteristics	Distribution	Reference
Incubation period	Lognormal distribution with right-truncation Mean: 5.6 days SD: 3.9 days [R code] plnorm(t, meanlog=1.525, sdlog=0.629)	Linton, Natalie M., et al. "Incubation period and other epidemiological characteristics of 2019 novel coronavirus infections with right truncation: a statistical analysis of publicly available case data." *Journal of clinical medicine* 9.2 (2020): 538.
Serial interval	Lognormal distribution with right-truncation Median: 4.0 days Mean: 4.7 days SD: 2.9 days [R code] plnorm(t, meanlog=1.387, sdlog=0.568)	Nishiura, Hiroshi, Natalie M. Linton, and Andrei R. Akhmetzhanov. "Serial interval of novel coronavirus (COVID-19) infections." *International journal of infectious diseases* (2020).
Delay distribution in reporting (date of illness onset - date of reporting)	Weibull distribution with right-truncation Mean: 7.9 days (95%CI 6.9-9.0) SD: 4.2 days (3.3-5.2) [R code] pweibull(t, shape=1.96, scale=8.91)	Akmetzhanov et al. 2020 (will soon be available on medRxiv)
Proportion of asymptomatic among infected individuals	Diamond Princess: 17.9% (95%CrI: 15.5–20.2%) Japanese evacuation flight from Wuhan: 31% (95% CI: 7.7% to 54%)	Kenji Mizumoto, et al. 2020 doi:10.2807/1560-7917.ES.2020.25.10.2000180 Hiroshi Nishiura et al 2020. doi:10.1016/j.ijid.2020.03.020

・新型ウイルスであり、未知のパラメータが多い。→多様なケースを想定してシミュレートし、結果への影響の大小を分析する。
・パラメータセット１つあたり、100から1,000,000シミュレーション、「富岳」の１ノードで数分から１日程度の計算。
・パラメータ１つあたり、数種類程度を割り振ると、数万通り程度で、「富岳」のノード数程度。

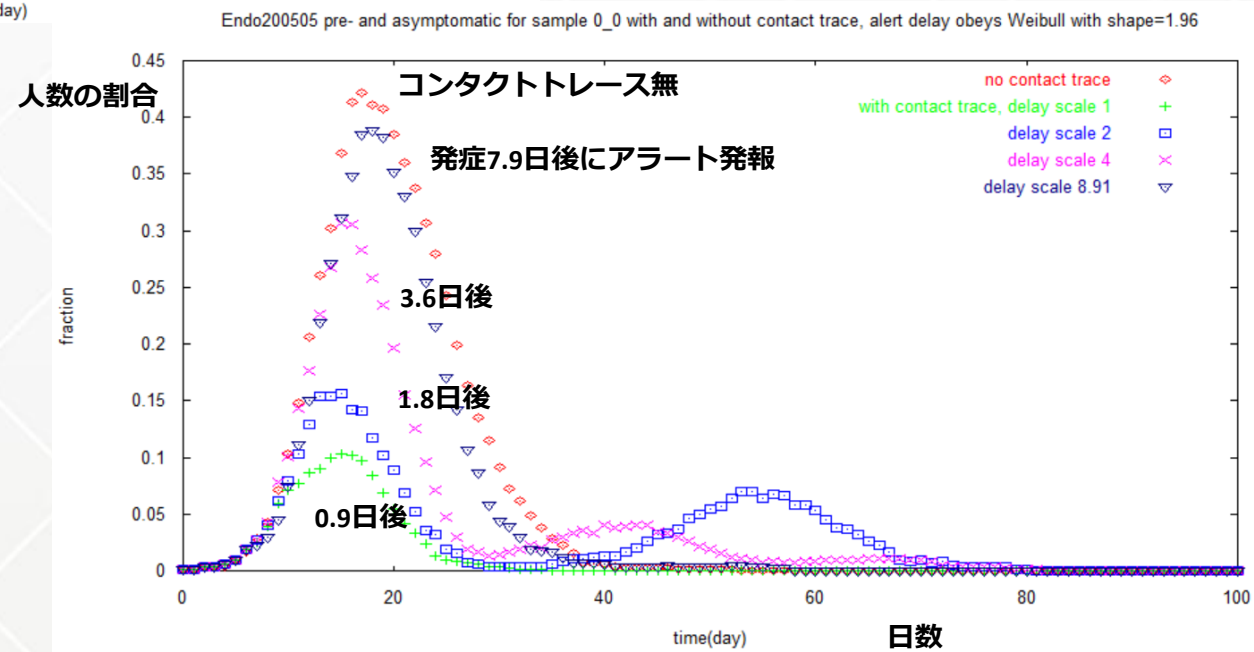
加えて、人々の離散集合・接触のモデルシナリオとパラメータを設定してシミュレートする。

コンタクトアラートアプリケーションの効果
集団内での感染クラスター発生とその抑止の１例



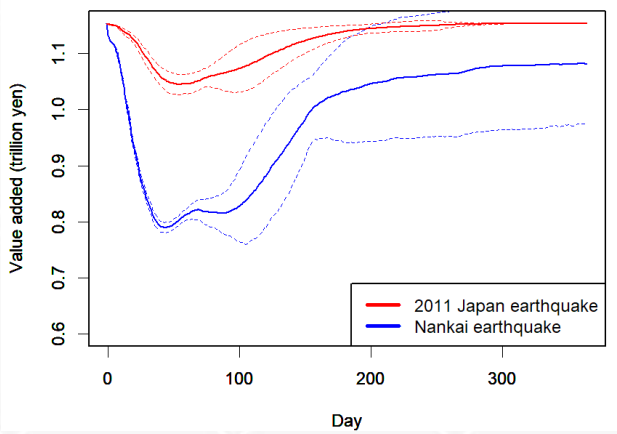
・1,000人の集団内で、１日に４回程度、発症していない人と濃厚接触をする。
・０日目には感染した直後の１人と免疫のない未感染者999人とする。
・基本再生産数を 2.5 とする。

・コンタクトトレースアプリケーションによる感染リスクアラートにより、潜伏中の人数の割合が抑止される例。
・発症後、アラートを発報するまでの日数（発報遅れ）による感染ピークの様子を示す。
・発報から２週間以内に接触した人にアラートを送る。
・アラートを受けた人は、ほかの人との接触を14日間止める。
・いずれの場合も感染ピークの逓減の効果があることがわかる。

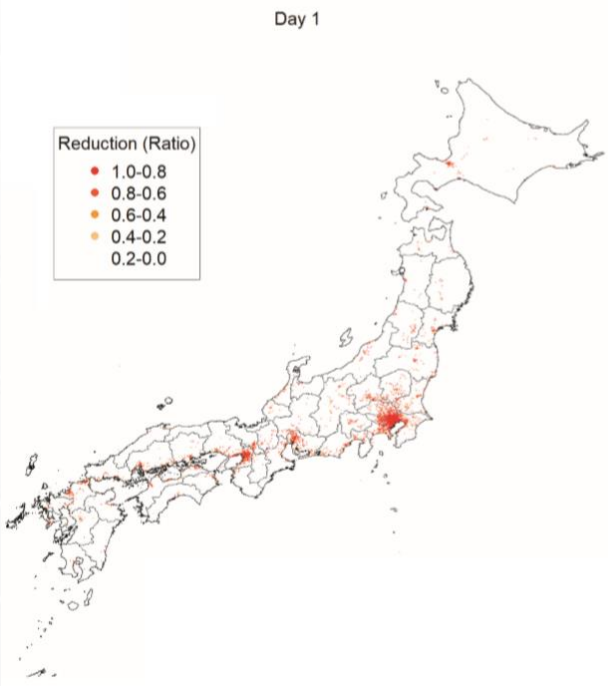


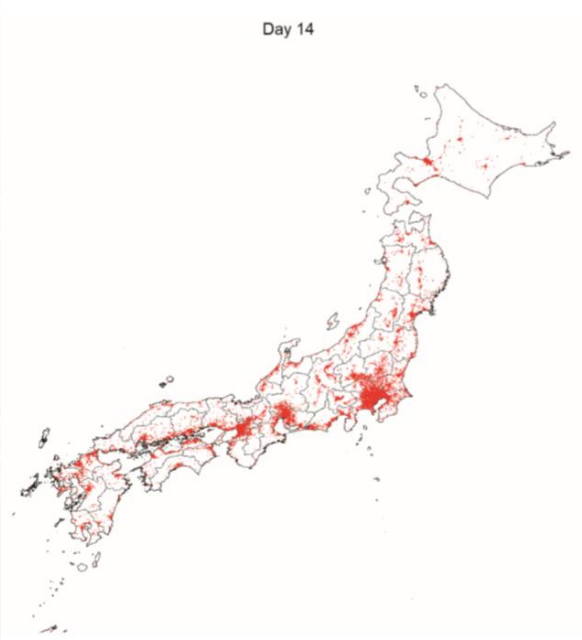
経済シミュレーション

国内の企業間取引ネットワークに基づき、取引金額を推定し、特定の企業が活動を停止、あるいは低減させたときにその影響がどのように広がるかをシミュレートする。



東日本大震災（赤）および想定されている南海地震（青）後のGDPの被害の経過を企業間取引ネットワークシミュレーションにより推定した結果（井上による）。





東京地区をロックダウンした場合に各地の企業活動がどのような影響を被るかについて、予備的なシミュレーション結果。左が１日目、右が14日目の様子。井上（兵庫県立大）による。本研究では、「富岳」を使って全面的なロックアップに限らず、部分的な制約を多様に探索する。

新型コロナ対策・企業活動自粛のマクロ経済への影響推定の例

・本研究では，実際のサプライチェーンデータとエージェントベースモデルを用いて，企業の活動に基づく時間的・空間的な推計方法を確立する

・緊急事態宣言に伴う事業自粛は日本経済全体にどのような影響を与えるか推計する

・具体的には2週間，１カ月，２カ月の期間

特定警戒都道府県・その他都道府県に対してそれぞれ異なる強度の自粛（現行に対して100%,80%,60%,40%,20%）

産業分類ごとに現在行われている自粛の効果（娯楽産業においては活動低下が100%，テレワークが導入されている産業10%など）

本項目は兵庫県立大学・井上寛康准教授、早稲田大学・戸堂康之による

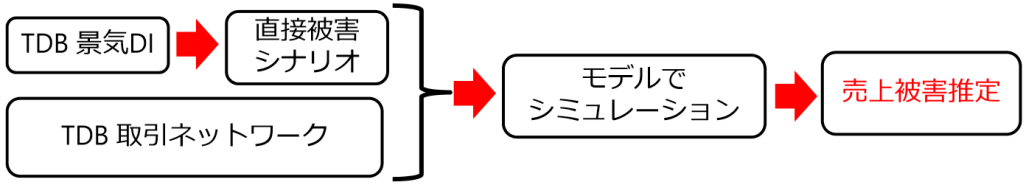
新型コロナ対策・企業活動への影響推定の例

- Covid-19の企業活動への影響

1. 企業活動・消費活動の自粛
2. オフィス・工場の閉鎖
3. 国内のサプライチェーンの影響

拡張GIMPモデルによる推定

これらの影響をすべて取り入れた場合の業種・地域ごと、
そして日本全国の売上減少額・GDP減少額の推定を行う。



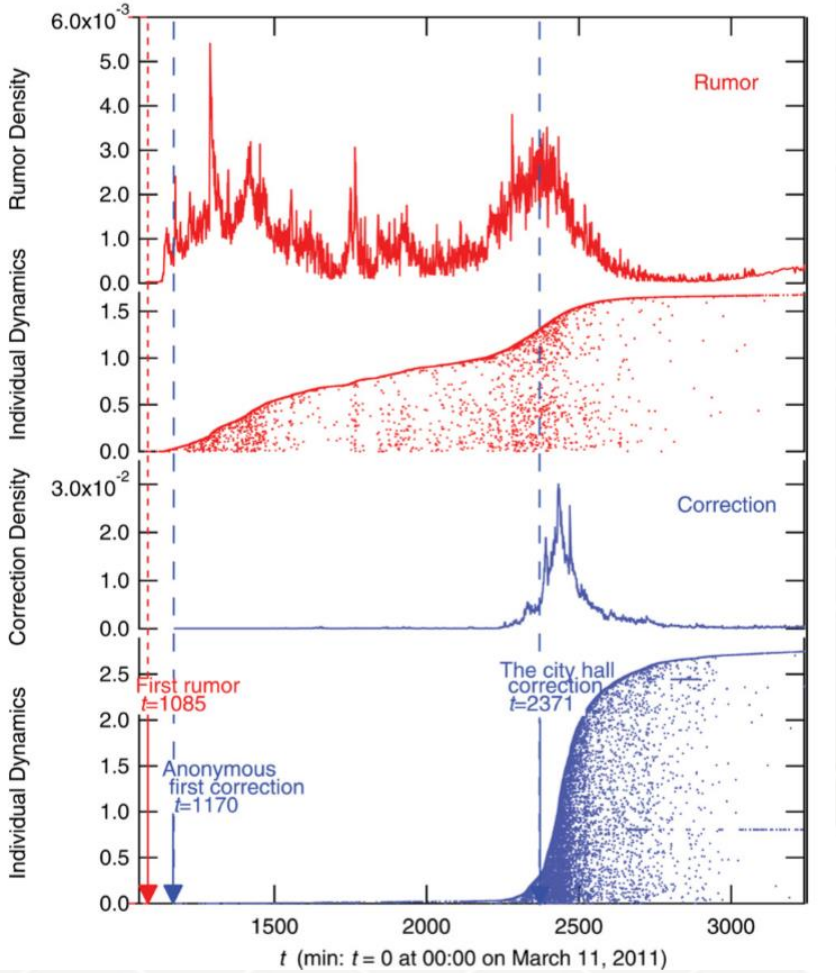
本項目は東京工業大学・高安美佐子教授、尾崎順一助教による

社会センチメント分析

新型コロナ感染下、SNSやblog他インターネット上を行き交うテキストから、発信者のさまざまな思い・感情・狙いを特徴付ける文や語を抽出し、社会のセンチメントをリアルタイムで推定したり、先行して予測する指標を開発する。

↓

感染増大を招く可能性の高い行動の兆候や、感染下でのストレスの高まり、広まった噂・憶測、不安や困窮の様を検出し、感染抑止に活用。



東日本大震災の際の噂の発生と伝播を解明したテキストマイニングの結果（M.Takayasu, K. Sato, Y. Sano, K. Yamada, W. Miura, and H. Takayasu,PLOS ONE 10(4): e0121443(2015)より）。