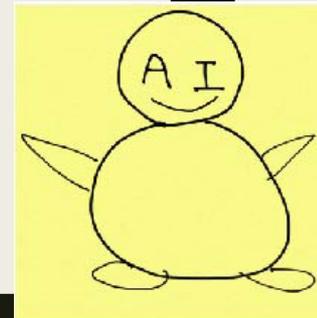


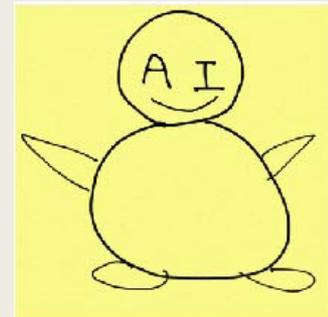
# コロナウイルス感染も 予測できる 人工知能の秘密

日本大学生産工学部 電気電子工学科 原一之  
マネジメント工学科 大前佑斗



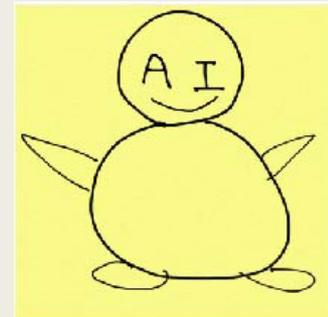
# 今日の内容

- 人工知能について
- 生産工学、日本大学の人工知能への取り組み
- コロナウイルス感染症も予測できる人工知能の秘密
- まとめ



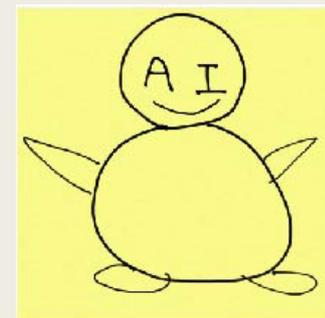
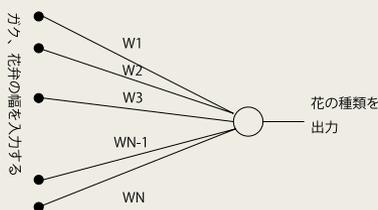
# 今日の内容

- 人工知能について
  - 生産工学、日本大学の人工知能への取り組み
  - コロナウイルス感染症も予測できる人工知能の秘密
- まとめ

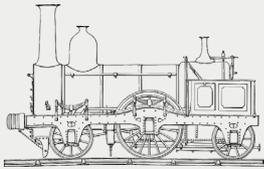
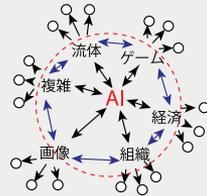


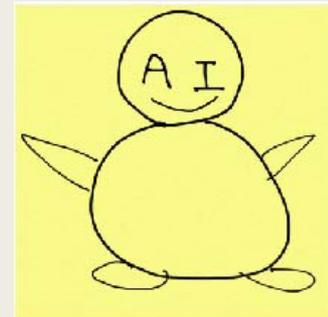
# 自己紹介（原 一之）

- 所属：日本大学生産工学部電気電子工学科 専攻主任
- 生産工学部人工知能リサーチセンター 代表
- 日本大学人工知能ソサエティ NUAIS 代表
  
- 職歴：日本電気ホームエレクトロニクス PC技術部  
雇用促進事業団 富山職業能力開発短期大学校 講師  
東京都立産業技術高等専門学校 教授  
日本大学生産工学部 電気電子工学科 教授（現職）
  
- 研究分野：ニューラルネットワークの理論研究（統計力学的解析）  
CNNによる立体視に関する研究（シミュレーション）



# 人工知能・ビッグデータ解析は 第4次産業革命

	第1次 産業革命	第2次 産業革命	第3次 産業革命	第4次 産業革命
年代	18世紀	20世紀初頭	20世紀後半	2010年以降
発明・発展	蒸気・水力  Click-Free-Vector-ImagesによるPixaBayからの画像	電球  <a href="https://sozai-cafe.com/437/">https://sozai-cafe.com/437/</a>	コンピュータ,IT  <a href="https://tsukatte.com/pc-laptop/">https://tsukatte.com/pc-laptop/</a>	IoT,人工知能、 ビッグデータ 



社会のあり方を根本的・革命的に変え得る

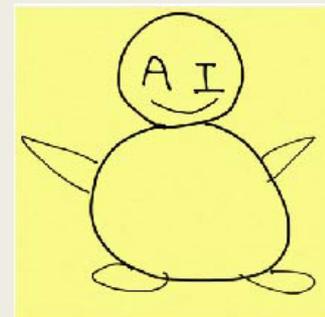
# 世の中の移り変わり

昔は人が  テクテク歩いていて旅をしていました。とても大変！！

今は人は  や  で旅行ができるので楽ちん！

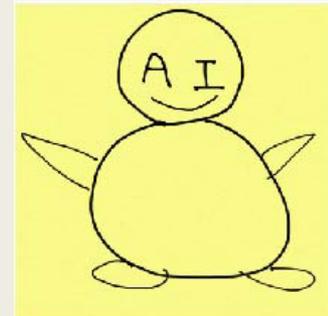
昔は手紙を  に投函して、しばらくして受け取っていたけど

今は **スマホ** ですぐに受け取れる

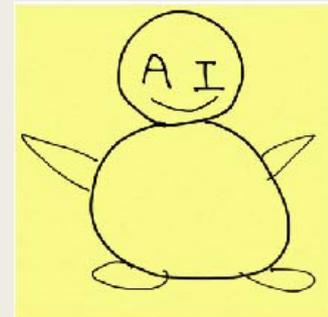


# なんでこんなに便利になったの？

- 科学技術が暮らしやすい生活を作った
- 人より早く走り、人より強く、人にはできない空まで飛べ、計算も早い
- でも人間のように賢くない？



- 人工知能 = 人間のように賢い機械
  - 人間の代わりに仕事をしたり、人間を助けてくれる
  - もっと暮らしやすい社会を作る
- 身の回りで活躍している人工知能にはどんなものがあるか  
見てみましょう！



# あなたの身近にあるAI

## iRobot Japan ルンバ

- 部屋の地図を自動作成
- 使う人の好みに合わせた掃除を実現
- ゴミの多いところは集中的に掃除
- 障害物を避けて掃除
- 段差を乗り越える
- 落下を防止
- スマートスピーカーと連携

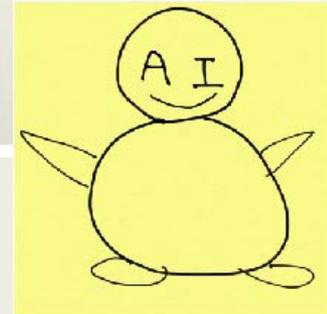
これらの機能を実現するためにAIを利用

段差を感知し、  
落下を自動回避<sup>※5</sup>

走行中、センサーが段差を感知すると、ルートを変更して落下を自動的に回避します。



出典：<https://www.irobot-jp.com/roomba/>



# あなたの身近にあるAI

## Siri (iPhone)

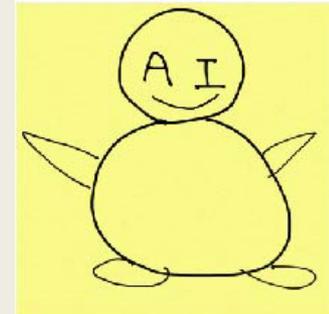


- いろいろなものを調べてくれる
- タイマーを設定してくれる
- 簡単な計算をしてくれる

その他いろいろなことをしてくれます

Siri以外にもAlexa(アマゾン)などがある

音声を認識したら、検索や計算を行い、結果を再び音声に置き換える。何をしたらいいかの判断にAIが使われている



# あなたの身近にあるAI

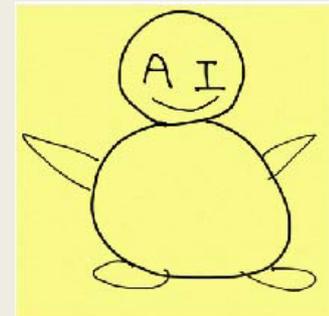
## 見守りロボット

出典：<https://www.youtube.com/watch?v=CmH8JcEoxIE>

- ・人とコミュニケーションを取ることができる
- ・人との触れ合いによって行動が変化する
- ・言葉は話さない
- ・話し相手になることができる



出典：[https://lovot.life/lp/lovot\\_202004/](https://lovot.life/lp/lovot_202004/)

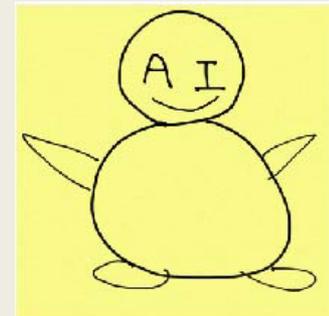


# あなたの身近にあるAI



The screenshot shows a Google search for "ジョージア" (Georgia). The search bar contains "ジョージア" and the search button is visible. Below the search bar, there are navigation options: "すべて", "地図", "ニュース", "画像", "動画", and "もっと見る". The search results show approximately 22,900,000 items in 0.53 seconds. The first result is from "https://www.georgia.jp" with the title "ジョージア" and a description: "コーヒープランド ジョージアの公式サイト。製品情報、TVCM、キャンペーン情報ほか、楽しいスペシャルコンテンツを公開中！". The second result is from "https://twitter.com/GEORGIA\_JAPAN" with the title "ジョージア (@GEORGIA\_JAPAN) · Twitter" and a description: "あなたは知っていますか？ 世界人口の15%が、何かの障がいを抱えていることを。#チームコカコーラは #WeThe15 キャンペーンに賛同しています。 Here's a little-known fact: 15% of the world's population lives with a disability. #TeamCocaCola #WeThe15 pic.twitter.com/hkMWBJM...". The third result is from "https://www.mofa.go.jp" with the title "ジョージア | 外務省 - Ministry of Foreign Affairs of Japan" and a description: "(注) 「ジョージア」の国名呼称は、平成27年4月22日以降「グルジア」から「ジョージア」へ変更しています。但し、同変更以前に掲載された情報については、掲載時の呼称で...". The fourth result is from "https://ja.wikipedia.org" with the title "ジョージア (国) - Wikipedia". On the right side, there is a knowledge panel for "ジョージア" (Georgia) with a red cross flag and a map. The panel includes the text: "ジョージア 国", "グルジアはヨーロッパとアジアの境にある旧ソビエト連邦の構成国だった国で、コーカサス山脈の村落や黒海のビーチで知られています。12世紀にさかのぼる広大な洞窟修道院があるヴァルジアや、古来からワインの生産地として知られるカヘティ州で有名です。首都のトビリシは、多様な建築や迷路のような旧市街の石畳の通りで知られています。 — Google", "首都: ティビリシ", "大統領: サロメ・ズラビシュヴィリ", "人口: 372万 (2019年) 世界銀行", and "通貨: ラリ".

検索する人の癖や興味に合わせて検索結果を並び替えるのにAIが使われている



# あなたの近くにあるAI

## 自動運転

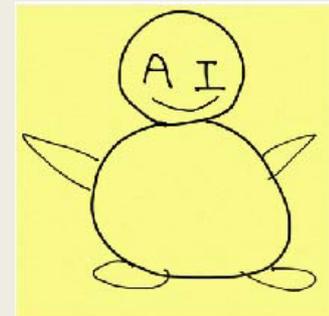
自動運転は

- ・自動操舵
- ・ナビゲーション
- ・音声認識
- ・音声検索

などを組み合わせた複合機能のAI



<https://www.nissan.co.jp/BRAND/DRIVING/>

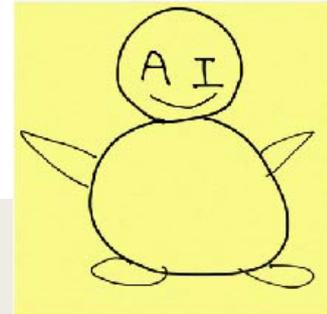


# 人工知能はどんなところで使われているか

カメラで顔を写すことによって、本人であることを認証できる「顔認証システム」。空港の入国審査や、スマホのセキュリティ、警察の犯罪捜査などですでに使われています。



出典：<https://la-vie.jp/ai/>

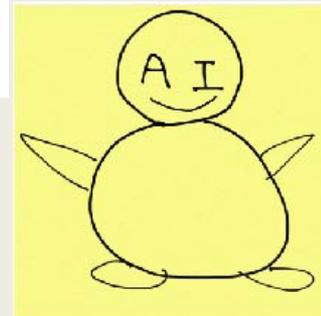


# 人工知能はどんなところで使われているか

天気予報でも画像認識AIが使われています。人工衛星がとらえた雨雲の画像をAIに学習させることで、天気予報の精度が上がります。



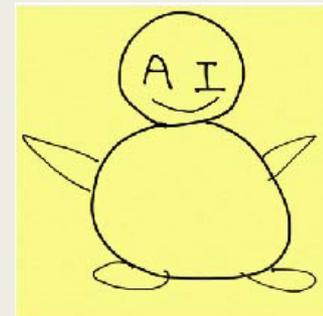
出典 : <https://la-vie.jp/ai/>



# 人工知能はどんなところで使われているか

病気の原因となるタンパク質と薬の化合物は、カギとカギ穴のような関係になっています。通常、カギを見つけ出すのには膨大な時間がかかります。

そこで、過去の実験データをもとに、ぴったりとはまるようなカギを提案してくれるようなAIの開発が進められています。



日本大学生産工学部 公開講座

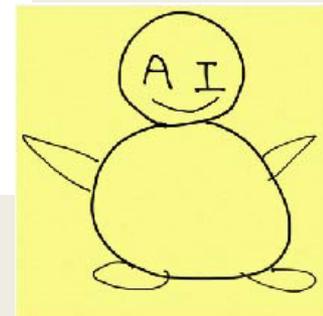
出典：<https://la-vie.jp/ai/>

# 人工知能はどんなところで使われているか

患者さんから採取した組織の標本を顕微鏡で観察して、がん細胞の有無をAIが診断する研究が進められています。画像解析はAIが最も得意とする分野のひとつです。



出典：<https://la-vie.jp/ai/>



音声認識  
画像認識  
不動産鑑定  
顔認証  
自動選別  
野菜自動選別  
不正検知  
異常検知

認識

最適化

最適店舗配置  
推奨システム  
最適家探し  
在庫の最適化  
入出庫時間最適化

人工知能・  
ビッグデータ解析

予測 法則の抽出

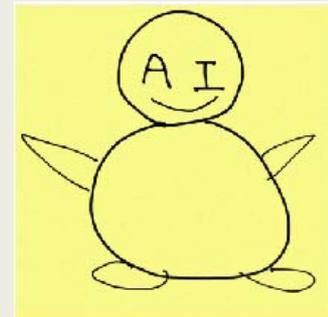
需要予測 創薬  
株価予想  
漁獲量の予測  
降雨量予測

無人店舗  
対人対応  
賢い家電  
チャボット  
ゲーム対戦

自動化

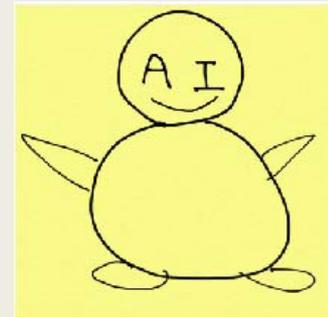
自動餌やり  
自動作詞  
自動計数  
自動作曲  
自動編曲  
自動翻訳  
議事録作成  
自動操縦

・便利な生活  
・科学の発展  
に大きく寄与



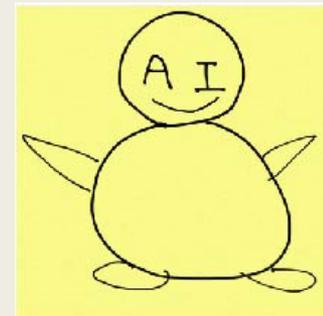
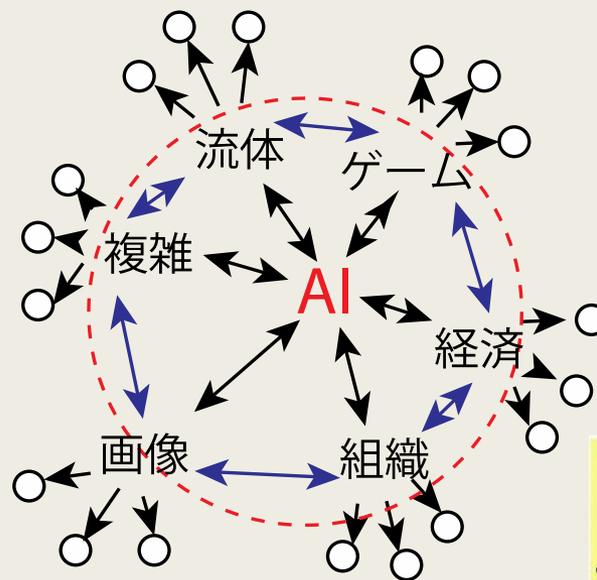
# 今日の内容

- 人工知能について
- 生産工学、日本大学の人工知能への取り組み
- コロナウイルス感染症も予測できる人工知能の秘密
- まとめ



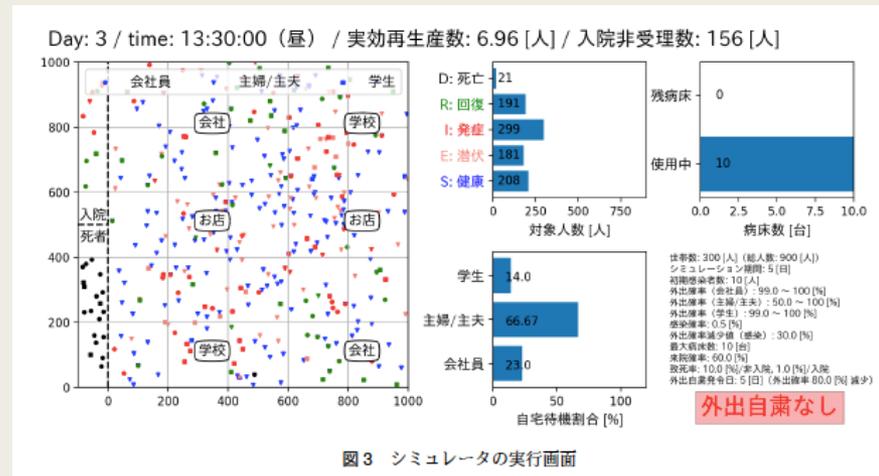
# 生産工学部の人工知能研究

- 人工知能リサーチセンター
- AIの応用研究の拠点です
- AIをいろいろな分野に適用する方法を研究します
- 電気電子、応用分子化学  
マネジメント、数理情報  
環境安全、教養・基礎科学  
系が参加しています
- AIについての講習や相談にも  
活用いただけます。



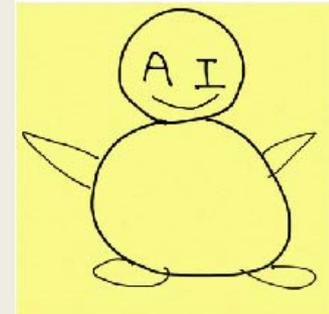
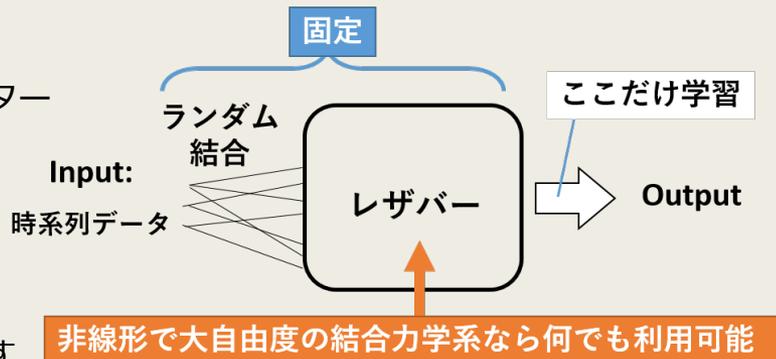
生産工学部  
 マネジメント工学科  
 大前研究室  
 生産工学部人工知能リサーチセンター

行動シミュレーション  
 コロナウイルスの感染を  
 シミュレーションで検証する。  
 Cocoa の効果、病床数制約の  
 影響、外出自粛の効果を検証した。



数理情報工学科  
 浦上研究室  
 生産工学部人工知能リサーチセンター

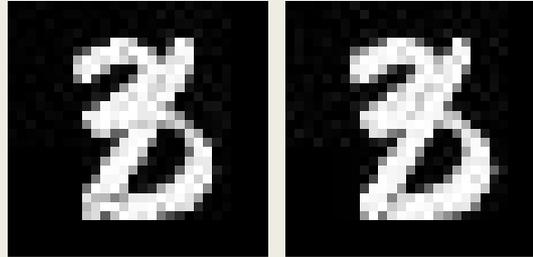
レザバー計算  
 特徴は、非線形で大規模な結合  
 力学系（これをレザバーと呼びます）  
 を計算資源として活用することで、  
 学習の計算が高速で安定になることです



電気電子工学科  
原研究室  
生産工学部人工知能リサーチセンター

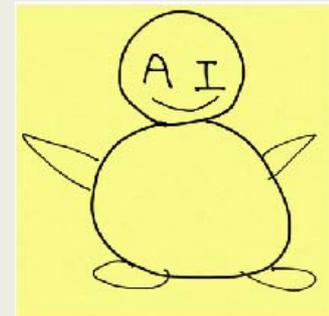
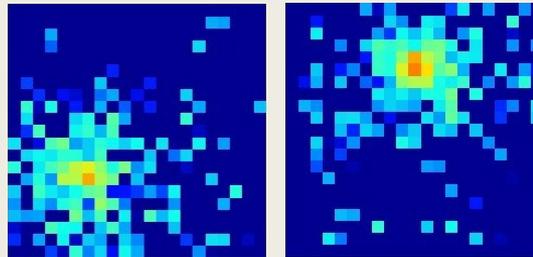
### 隠れた画像の認識

右の2つの図の左は3の下に1が、右は3の上に1がある図である。このようなものを認識するためには立体視が必要である。CNNを用いて0から9の1文字を学習したのちに、学習せずに2個の識別させたところ、45%程度で認識率となった。



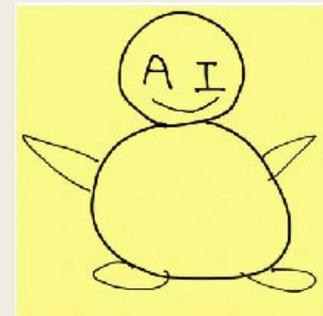
教養・基礎科学系  
准教授 塩見昌司  
生産工学部人工知能リサーチセンター

チベット高原に設置された空気シャワー観測装置の地上検出器の内の441台の応答を想定したフルモンテカルロシミュレーションデータを右の図に示す。左はガンマ線由来のデータであり、右はハドロン由来のデータである。VGG16の学習済みネットワークを用いて転移学習したところ60%程度の弁別性能となった



# 日本の人工知能研究とNUAIS

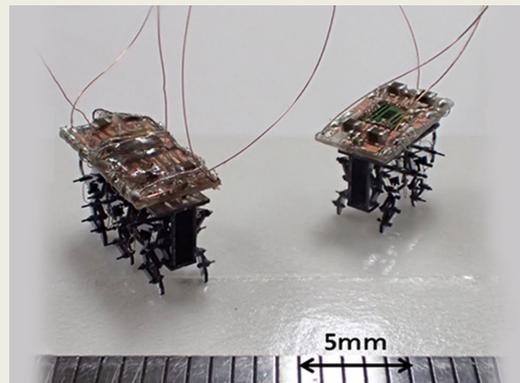
- 令和元年6月に決定された「AI戦略2019-人・産業・地域・政府全てにAI-」では、**日本におけるAI戦略**が示されている。
- 理化学研究所の革新知能統合研究センター（AIP）、産業技術総合研究所の人工知能研究センター（AIRC）、情報通信研究機構（NICT）によりAI関連中核センター群を核とした研究開発ネットワークとして、**人工知能研究開発ネットワーク**（AI Japan R&D Network）構築された。
- **本学も人工知能研究開発ネットワークに参加**しており、今回のシンポジウムの参加者は本学からAI Japan R&D Networkに参加したメンバーを中心に構成され、本学におけるAI研究を牽引する組織としての**日本大学人工知能ソサエティ**（【NUAIS】ナイス）を形成すべく活動してする。



# 日本大学における人工知能の応用研究

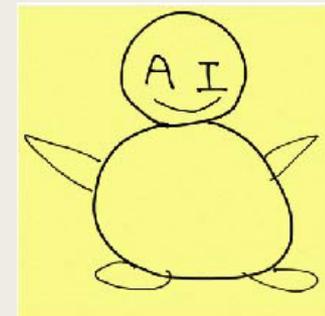
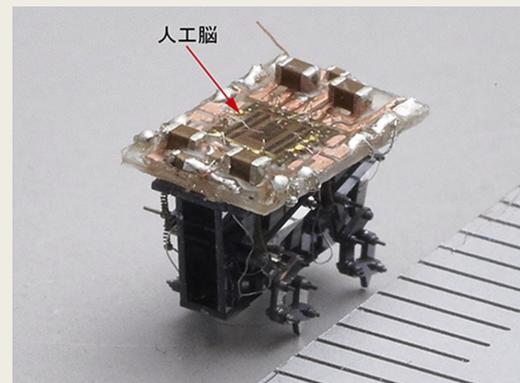
理工学部精密機械工学科  
内木場・金子研究室

マイクロデザイン研究室では昆虫サイズのロボット「マイクロロボット」の研究開発を行っています。6本脚をもつミリメートルサイズのロボットは微細加工技術により部品を作製し、組み立てることで形成します。



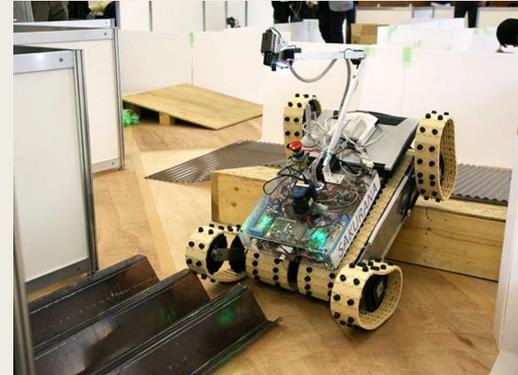
斎藤研究室

ニューロロボティクス研究室では、生物の脳を構成するニューロンに学び、電気的な信号を生成する電子回路を作製し、コンピュータプログラムが不要な「人工脳」を研究しています。現在までに「人工脳」をロボットに搭載し、馬のような4足歩行、蟻のような6足歩行を実現しました



理工学部精密機械工学科  
羽多野研究室

自ら発することを「創発」と呼び、その行動が知的なふるまいであることを目指し、「知的」な「創発」能力を有したロボットの研究を行っています。



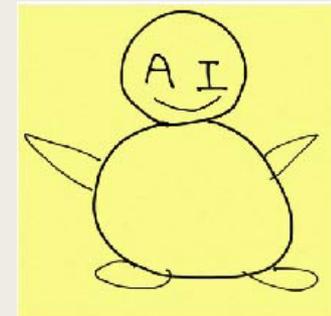
探索型レスキューロボット

入江研究室

ロボットが生活空間で作業するには段差や階段が有っても移動できる必要があります。そのための移動機構として展開車輪を考案し実用化を目指しています。また、障害物を判断し移動するための環境認識や移動経路生成に人工知能的な手法を用いて制御を行う研究や動作やモーションキャプチャして遠隔地の人とコミュニケーションを取れるロボットの実現に向けて研究にも取り組んでいます。



展開車輪ロボットの階段昇降



文理学部 情報科学科  
大澤研究室

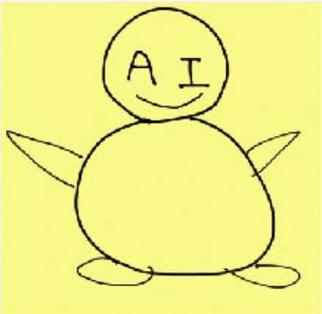
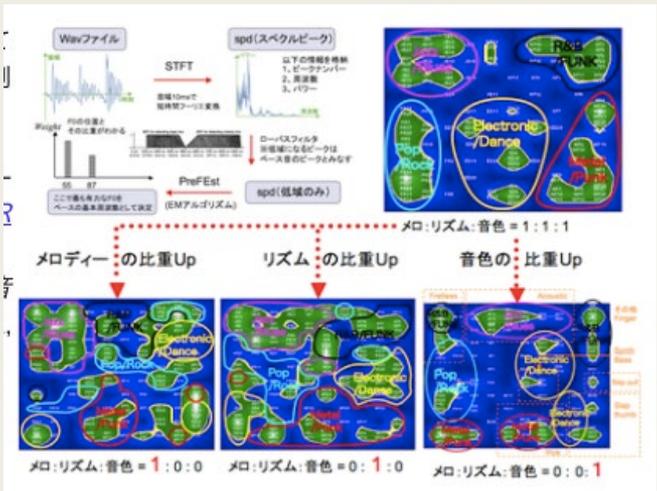
ゴミを拾う課題を実行するロボットゴミを  
拾おうとしてなかなか拾えないロボット。  
人が見て代わりに拾う、という行動を誘発  
させる

全脳アーキテクチャ  
人間のような汎用人工知能を目指した研究



北原研究室  
現在の音楽情報検索研究の多くは、スペクトル  
包絡などの低次の特徴量を用いており、演奏  
の内容を適切にとらえているとは言えない。

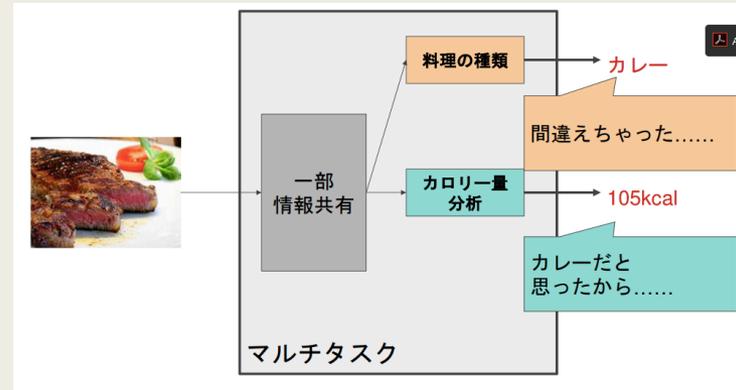
音楽の三大要素のうち2つであるリズム  
とハーモニーの双方において重要な役割を  
担う「ベースパート」に着目し、ベース  
ラインからの特徴抽出とその音楽情報検索  
への応用に取り組んでいる。



文理学部 情報科学科  
尾崎研究室

マルチタスク学習

1つの画像から複数の情報を抽出することにより、検出精度を向上させる研究。複数のタスクの結果が協調して判断するため、性能が向上する。

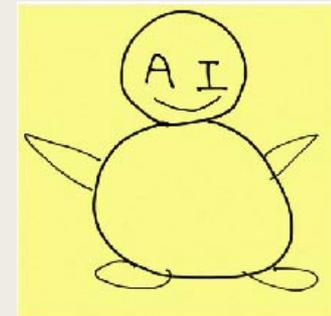
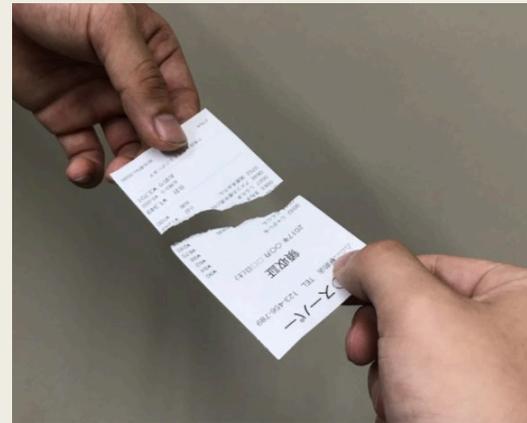


宮田研究室

情報検索技術

情報交換をするとき、一枚の紙を破き、お互いに交換する。送信者は片方の紙の写真を登録し、受信者も他方の紙の写真を登録する。送信者が写真などを置いておくと、受信者が受け取りたいときに受け取ることができるアプリ (Tornedge) を製作。

この他にも本の一部を写真に撮ると、どの本のページにあるかがわかるKappanというあぷりを製作した。



薬学部  
辻研究室

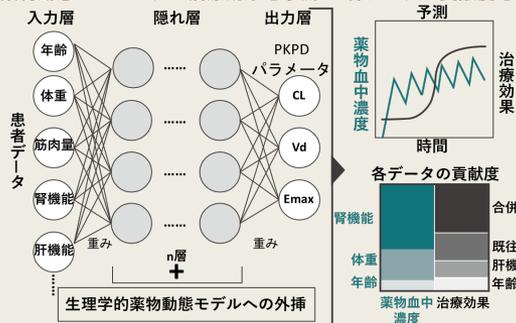
薬物治療への貢献を目的とした人工ニューラルネットワーク-薬物動態モデルの開発

AIM  
01  
AIM  
02

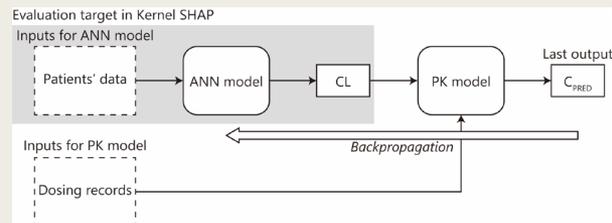
NNを経時的な薬物動態の予測に応用する手法を開発し、有用性を評価する

SHAPを応用することで、生理学的な妥当性を評価可能なモデルを開発する

ニューラルネットワークを応用して薬物動態パラメータ・治療効果を予測  
予測結果に対する各データの貢献度を可視化



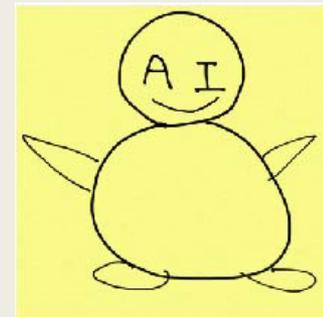
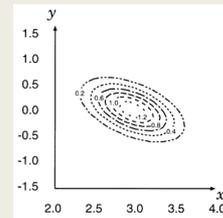
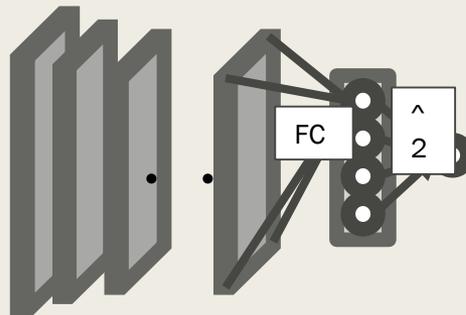
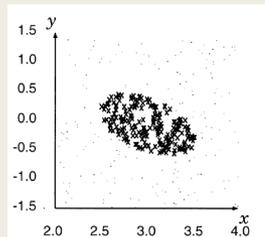
SHAPによるパラメータ (CL) の出力に対する各入力値の貢献度



工学部  
情報工学科  
和泉研究室

パターン認識の高精度化  
ニューロン間の伝達信号を2乗する結合を導入

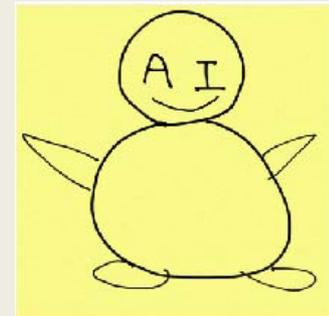
- ・ ガウス型発火領域の生成。
- ・ 局所反応を実現し、誤発火を抑制



# 医工連携プロジェクト

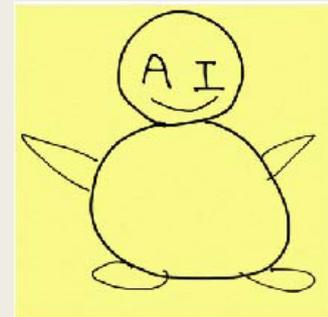
医学部とNUAIS（日本大学人工知能ソサエティ）、NUROS（日本大学ロボティクスソサエティ）、法学部、危機管理学部、芸術学部、歯学部、松戸歯学部、薬学部、工学部、理工学部、生産工学部の研究者により構成される全学的プロジェクトです。

日本大学では人工知能を多くの分野に応用して、より便利な社会の実現を目指します。



# 今日の内容

- 人工知能について
- 生産工学、日本大学の人工知能への取り組み
- **コロナウイルス感染症も予測できる人工知能の秘密**
- まとめ



# コロナウイルス感染も予想できる 人工知能の秘密

○大前佑斗<sup>1, 3</sup>, 原一之<sup>2, 3</sup>

1: 日本大学生産工学部 マネジメント工学科

2: 日本大学生産工学部 電気電子工学科

3: 人工知能リサーチセンター



# AIフロンティア

## 学習・認識・予測：

AI用の教材（問題と答えのセット）を用意し、それにより学習させ、予測に足る知識を獲得させる技術

- ・レントゲン画像から心臓の異常状態を検出する
- ・工作機械の振動状態から、故障かどうかを判定する

## 発見・探索・創造

データサイエンス

転移学習

エキスパートシステム

因果推論

要約

概念学習

常識推論

オントロジー

意味理解

法律 AI

情報検索

グラフ理論

ゲーム理論

プランニング

スケジューリング

ビッグデータ解析

データマイニング

データベース

機械学習工学

知識グラフ

知識ベース

定理証明

知識発見

敵対的生成ネットワーク (GAN)

ウェブマイニング

## 学習・認識・予測

クラスタリング

ニューラルネットワーク

例外（異常）検出

セグメンテーション

予測

パターン認識

画像認識

脳科学

計算論的神経科学

顔見・味見・嗅覚認識

コンピュータビジョン

強化学習

音声認識

ジェスチャー認識

AI 信頼性

シンギュラリティ

汎用人工知能

AI 公平性

AIフロンティア

説明可能性

AI 倫理

AI 評価・検証

創作 AI

メディア合成

オペレーションズリサーチ

人工生命

進化計算

数理最適化

包摂的アーキテクチャ

遺伝的アルゴリズム

シミュレーション

マルチエージェント

群知能

## 進化・生命・成長

## 進化・生命・成長（の、特にマルチエージェント・郡知能）：

コンピュータ上に自律的な個体を用意し、行動させ、全体としてどのような現象が創発されるのか検証する技術

- ・災害時の避難シミュレーション
- ・COVID-19の感染伝播シミュレーション

行動

ヒューマンインタフェース

行動経済学

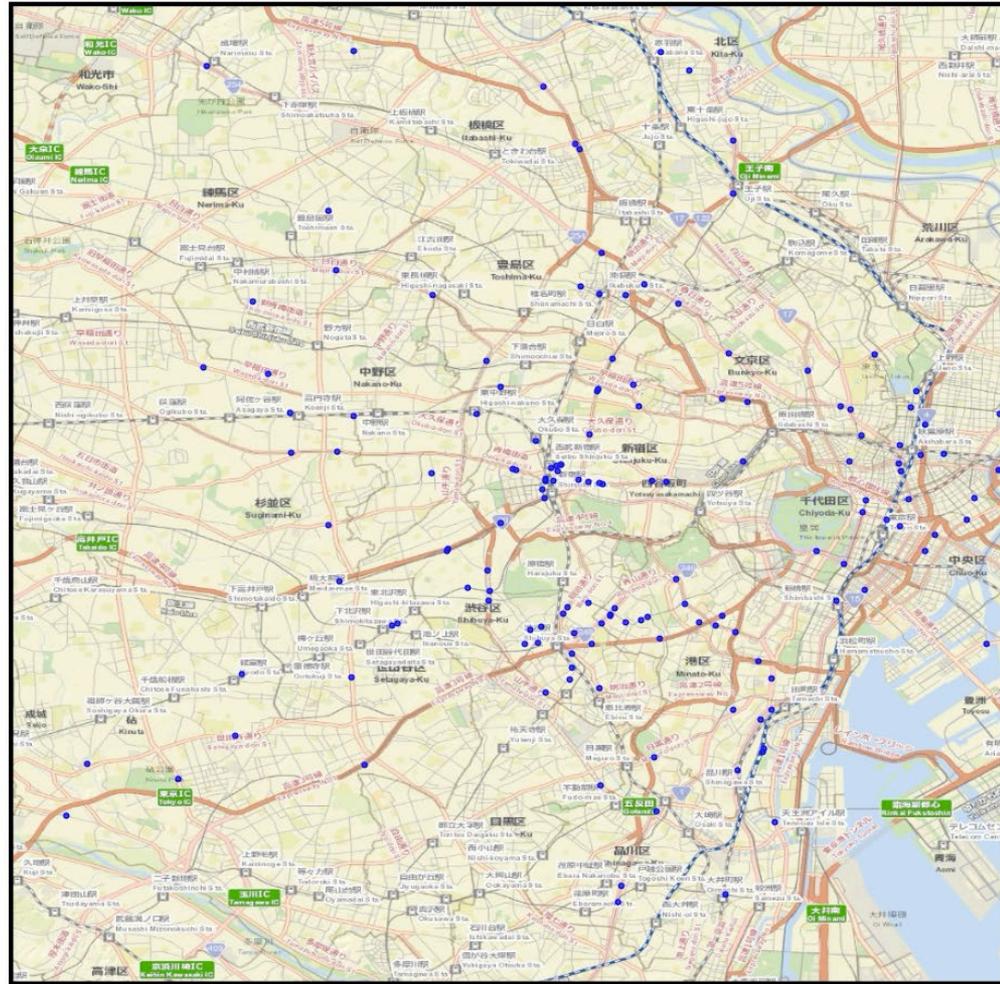
# COVID-19のシミュレーション

# 仮想社会でのシミュレーション



パソコンの中に  
仮想的な社会を構築

そこで色々な実験を  
行うことで、何が起  
こるのかを検証



# 仮想社会のメリット

1. 実際の社会では行うことができない実験を行うことができる。

- 緊急事態宣言やワクチン接種を、あえてまったく行わなかった場合は？
- 海外旅行者をバンバン受け入れていたら？
- GoTo トラベルを（実際には途中でやめたが）継続していたら？

2. 時間を巻き戻すことができる。

- あのときはあの対策をしたけど、もしも別の対策を行っていたら？

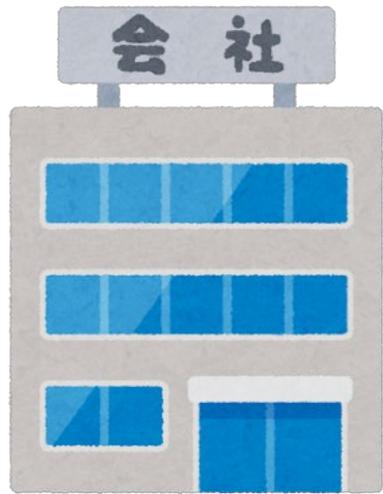
3. 単一の対策の本質的な効果を評価できる。

- 現実の社会では、感染者を増やす影響、減らす影響がぐちゃぐちゃに混ざり合っているので、感染者が減ったとしても、どの対策の影響が大きかったのか、評価することができない（仮定をととてもたくさんおいて、やる場合もある）。
- でも、仮想社会では、他の影響を止めることができるので、1つの対策が有する本質的な影響を評価できる。

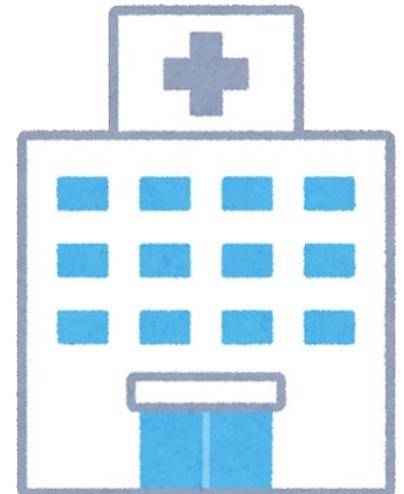
とはいえ、もちろんデメリットも：

- 現実を忠実に再現することは困難（というよりも、してはいけない理由がある）

# 仮想社会に存在する施設



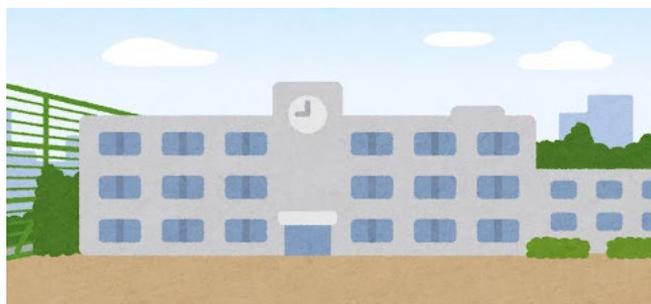
会社



病院



自宅



学校



スーパー



# 仮想社会での人々の動き

会社員



- 出勤時間になれば、自宅から会社へ移動
- 会社に着いたら、仕事を開始
- 帰宅時間になれば、会社から自宅へ移動

主婦/主夫



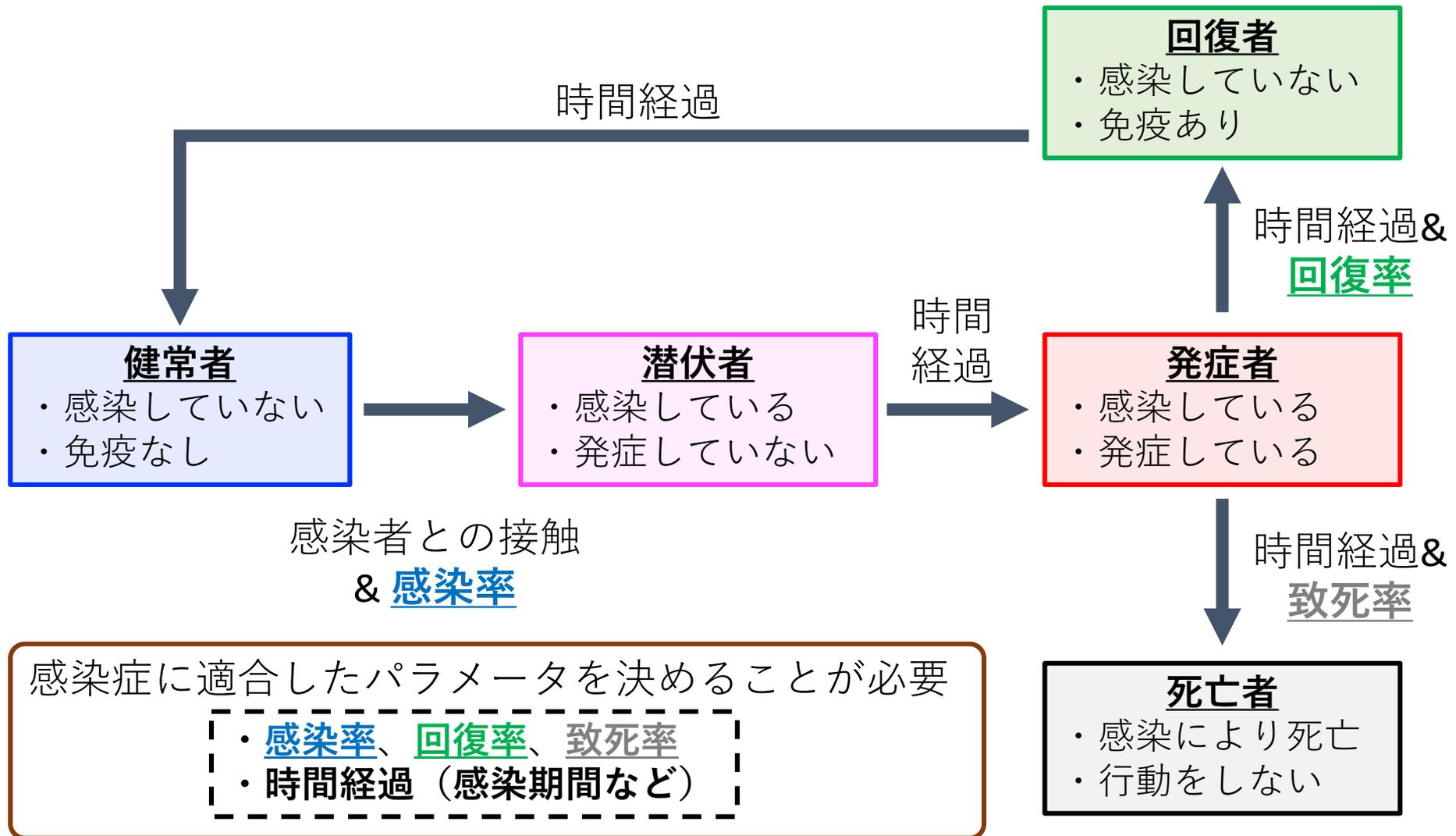
- ある時間になれば、自宅からスーパーへ移動
- スーパーに着いたら、買い物を開始
- 帰宅時間になれば、スーパーから自宅へ移動

学生



- 通学時間になれば、自宅から学校へ移動
- 学校に着いたら、授業を受ける
- 帰宅時間になれば、学校から自宅へ移動

# 仮想社会でのウイルス感染



※ 正確さよりもわかりやすさを重視した説明をしています。実際はもう少し複雑です。

# 仮想社会での緊急事態宣言



## 緊急事態宣言の開始：

- ・現在の感染者数をチェック
- ・指定人数以上であれば、緊急事態宣言を発令



## 緊急事態宣言の解除：

- ・現在の感染者数をチェック
- ・指定人数未満であれば、緊急事態宣言を解除



## 人々の行動：

- ・緊急事態宣言が発令中か否かチェック
- ・発令中ならば、外出確率を下げる
- ・解除ならば、外出確率を元に戻す

# 仮想社会での病院・治療



## 感染者の行動：

- ・感染者が、一定確率で入院を要求
- ・感染に気がつかず、普通に生活する場合も
- ・確率はシミュレーションしたい値で実施



## 病院側の判断：

- ・感染症病床に空きがあれば、入院させる
- ・空きがなければ、入院を拒否
- ・病床数はシミュレーションしたい値で実施

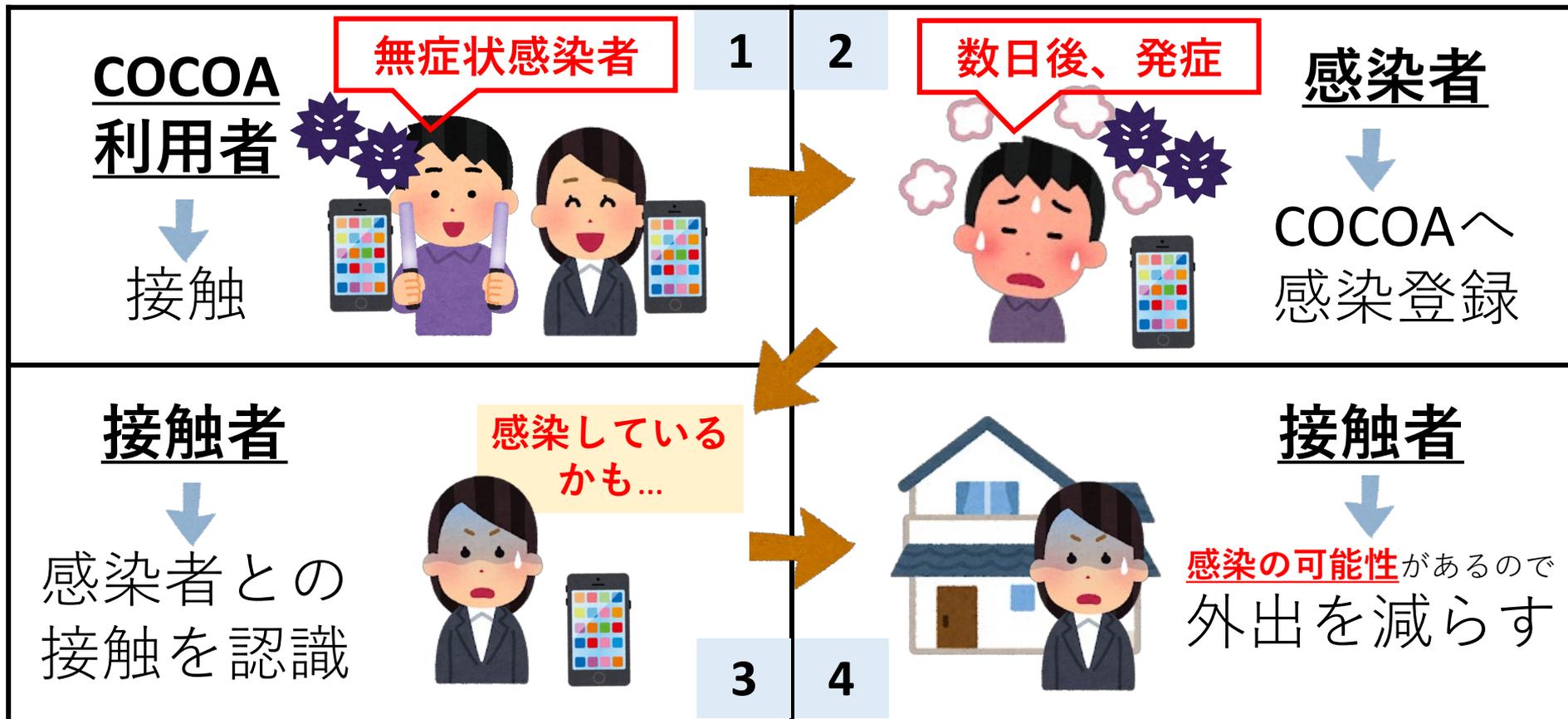


## 入院の効果：

- ・致死率を低減する。
- ・回復しやすくなる（死亡しにくい）。
- ・医療崩壊のシミュレーションが可能

※ 正確さよりもわかりやすさを重視した説明をしています。実際はもう少し複雑です。

# 仮想社会での接触確認アプリ COCOA

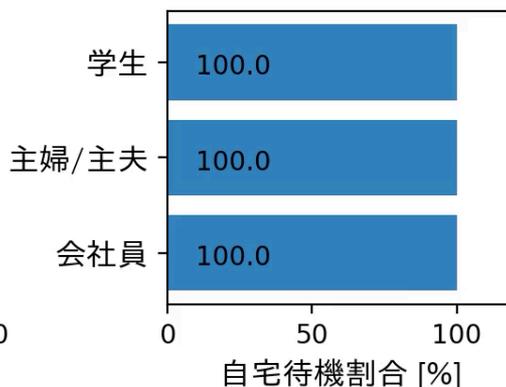
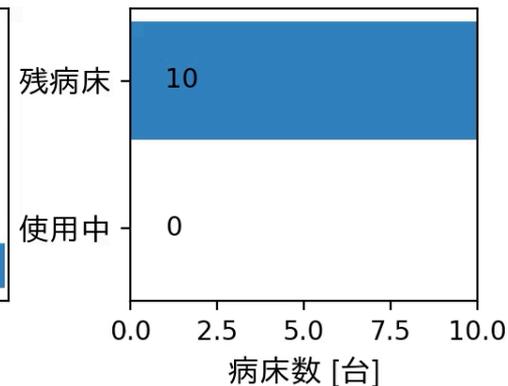
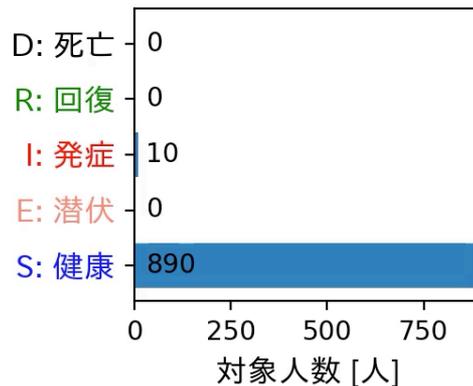
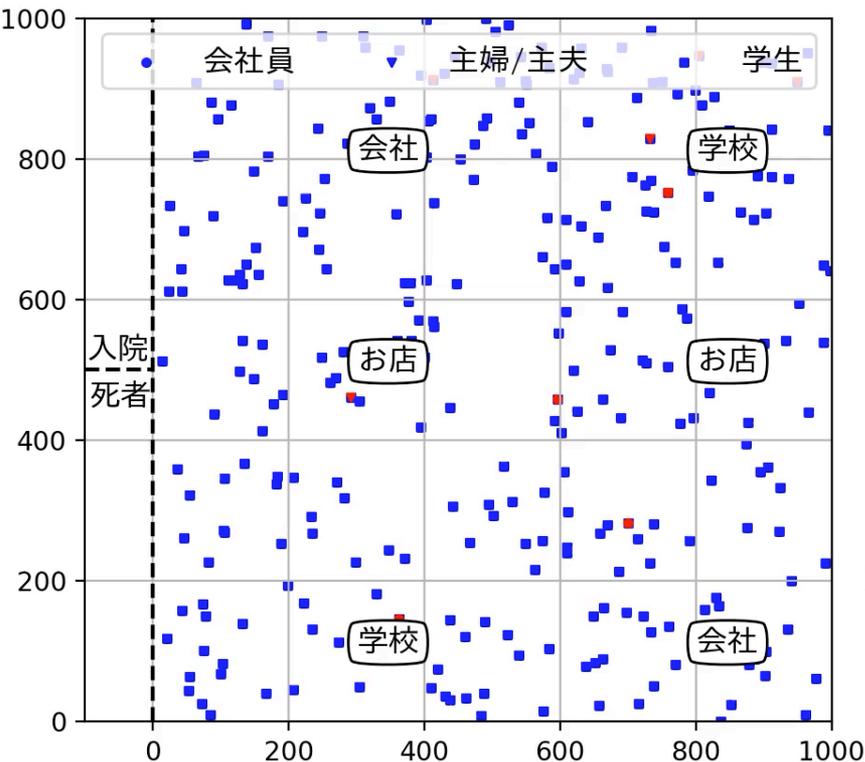


## COCOAを表現するパラメータ：

- ・ **利用率**：全人口のうち、どれくらいが利用しているか？
- ・ **感染登録率**：感染者が、感染者であるという事実を登録するか？
- ・ **外出自粛率**：接触通知を受けた人が、外出を控えるか？

# シミュレーション動画

Day: 0 / time: 0:00:00 (深夜) / 実効再生産数: 0 [人] / 入院非受理数: 0 [人]



世帯数: 300 [人] (総人数: 900 [人])  
 シミュレーション期間: 5 [日]  
 初期感染者数: 10 [人]  
 外出確率 (会社員): 99.0 ~ 100 [%]  
 外出確率 (主婦/主夫): 50.0 ~ 100 [%]  
 外出確率 (学生): 99.0 ~ 100 [%]  
 感染確率: 0.5 [%]  
 外出確率減少値 (感染): 30.0 [%]  
 最大病床数: 10 [台]  
 来院確率: 60.0 [%]  
 致死率: 10.0 [%]/非入院, 1.0 [%]/入院  
 外出自粛発令日: 5 [日] (外出確率 80.0 [%] 減少)

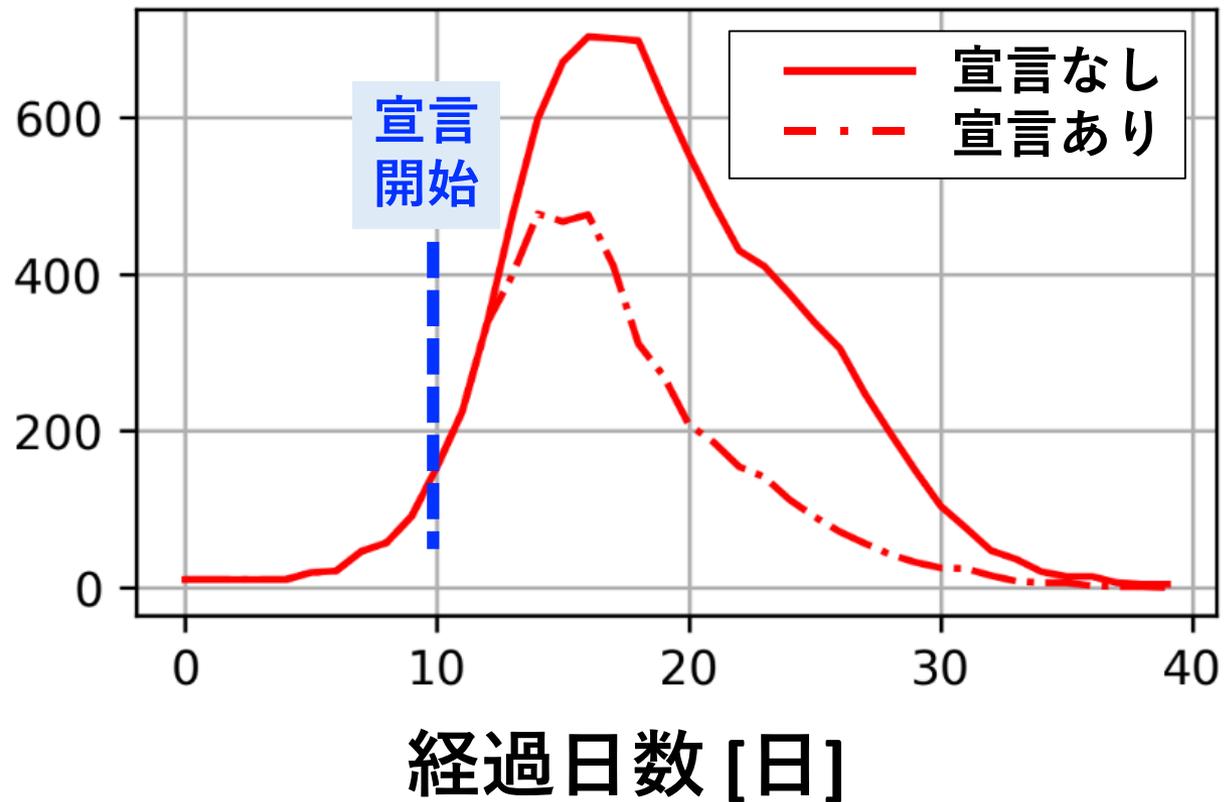
**外出自粛なし**

※ デモ用なので、とても高い感染力にしています。  
 COVID-19を想定したものではありません。

# 緊急事態宣言の効果（一例）



発症者数



読み取れること：

- ・ 宣言開始後、数日遅れてから発症者が減少する。
- ・ 発症者数の最大値が減少する。
- ・ ピークがわずかに早くなる。

# COVID-19のシミュレーション研究

## COVID-19感染者とのコンタクトトレーシングの効果検証:

- [Y. Omae et al. 2021] SIR model-based verification of effect of COVID-19 Contact-Confirming Application (COCOA) on reducing infectors in Japan, *Mathematical Biosciences and Engineering*, vol.18, issue 5, 2021.
- [Y. Omae et al. 2021] Effectiveness of the COVID-19 Contact-Confirming Application (COCOA) Based on a Multi-Agent Simulation, *Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics*, vol.25, no.6, 2021.

## 緊急事態宣言の適切な解除戦略を検討するもの:

- [Y. Omae et al. 2021] Impact of removal strategies of stay-at-home orders on the number of COVID-19 infectors and people leaving their homes, *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*, vol.17, no.3, pp.1055-1065, 2021.

## 日本国内におけるワクチン接種の効果を検証するもの:

- [Y. Omae et al. 2021] SIRVVD model-based verification of the effect of first and second doses of COVID-19/SARS-CoV-2 vaccination in Japan, *Mathematical Biosciences and Engineering*, 2021 (accepted).

少しだけ専門的なお話  
～ 複雑さ と 安定性 ～

# 1回シミュレーションするだけではダメ

確率の要素を導入したシミュレーションは、結果が毎回異なる。

↑ 感染率、致死率、外出確率など。偶然による偏りが発生

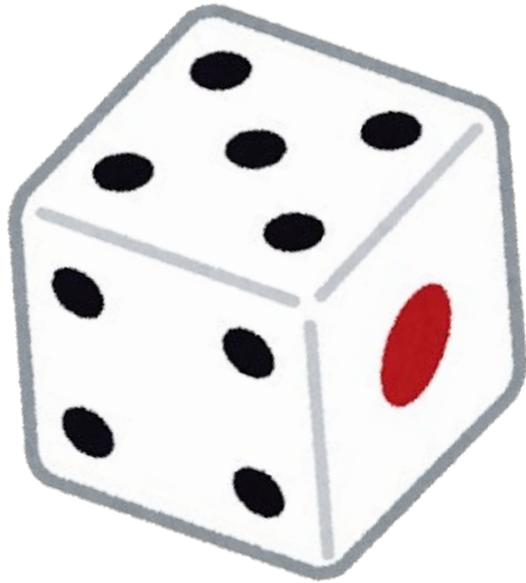
緊急事態宣言の効果を検証するためのシミュレーション結果: 数字は感染者数

		1回目	2回目	3回目	...	300回目	平均
緊急事態 宣言が...	ある	300人	150人	480人	...	240人	280人
	ない	200人	350人	490人	...	530人	430人

個々のシミュレーションに注目すると、緊急事態宣言をやるほうが感染者が多くなるという結果も現れる。

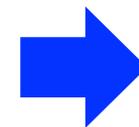
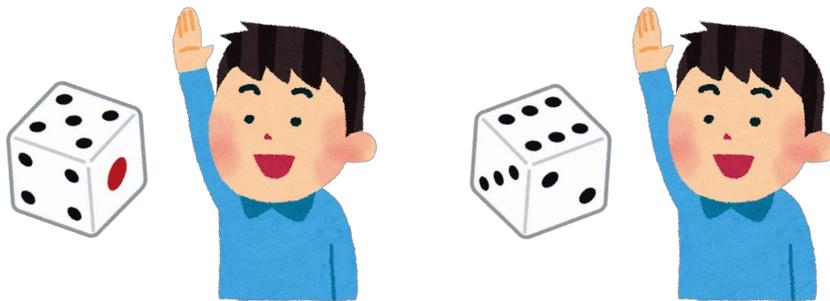
シミュレーションを何度も実施し、平均化することで確率の偏りに乱されない結果が現れる。

# サイコロ・平均・偏り



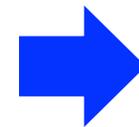
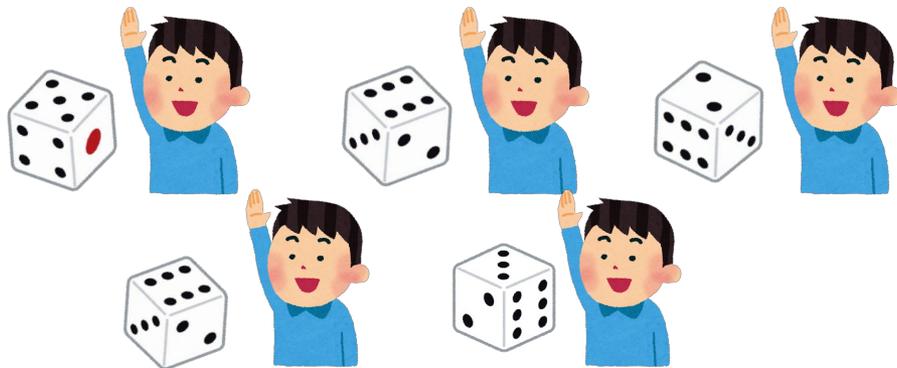
# サイコロ・平均・偏り

2回  
振る



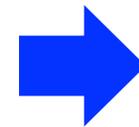
平均:  
5.5

5回  
振る



平均:  
4.4

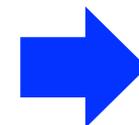
10回  
振る



平均:  
4.7

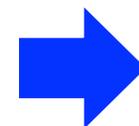
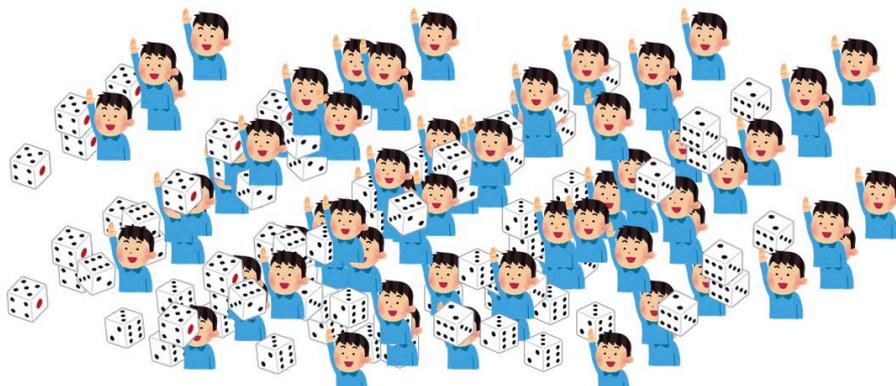
# サイコロ・平均・偏り

50回  
振る



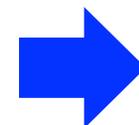
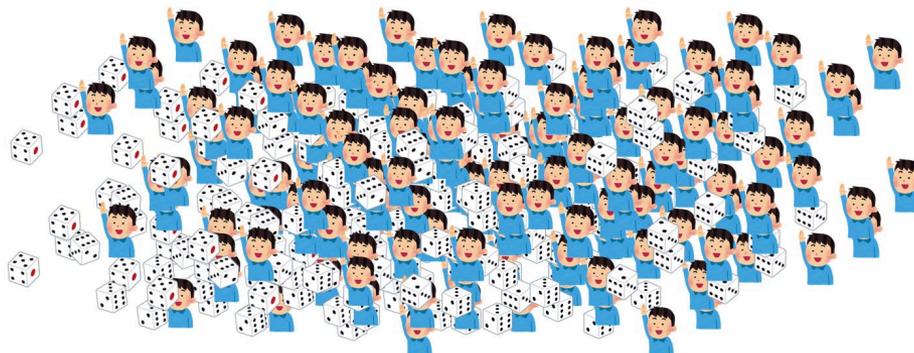
平均:  
3.2

100回  
振る



平均:  
3.4

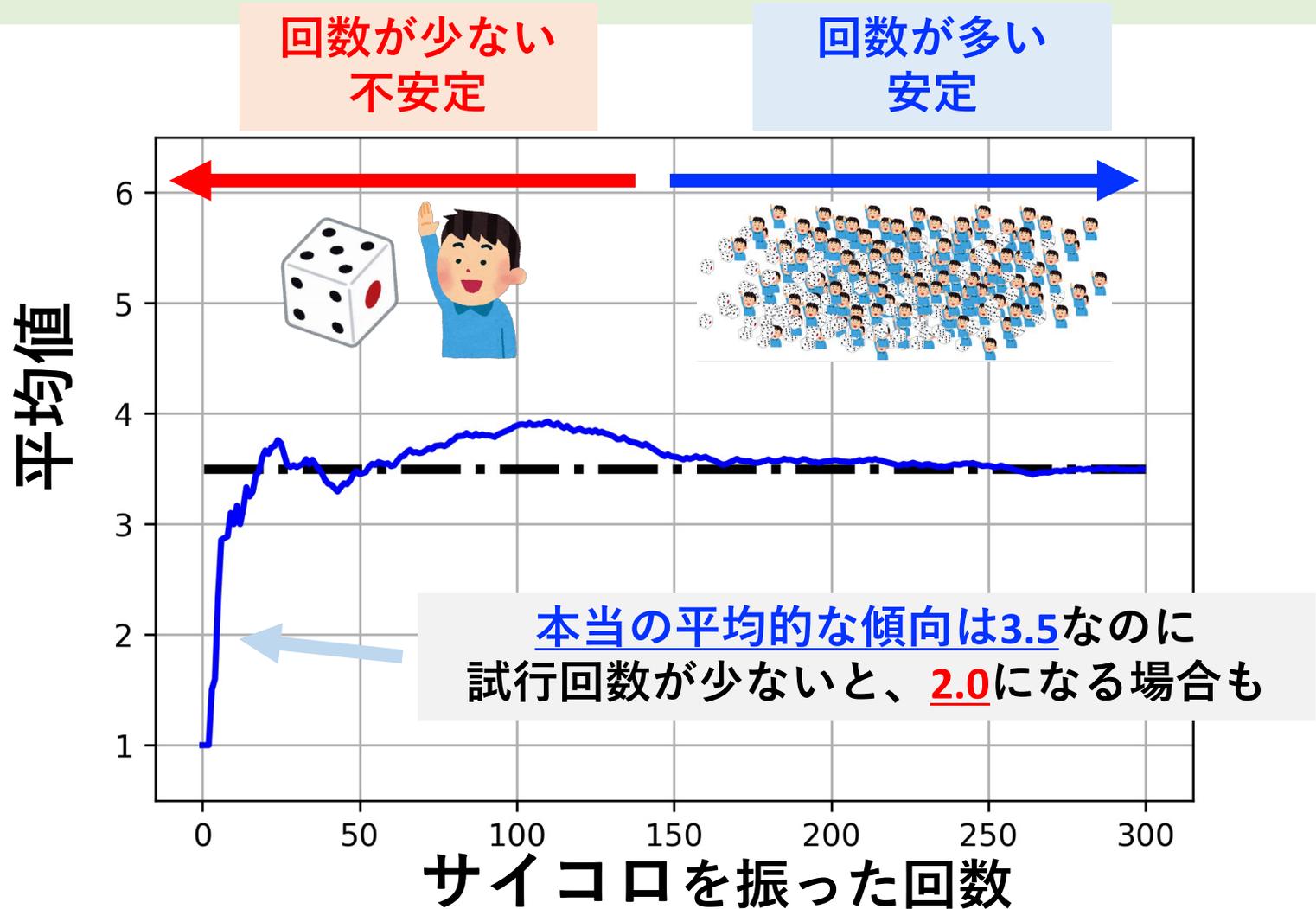
300回  
振る



平均:  
3.5

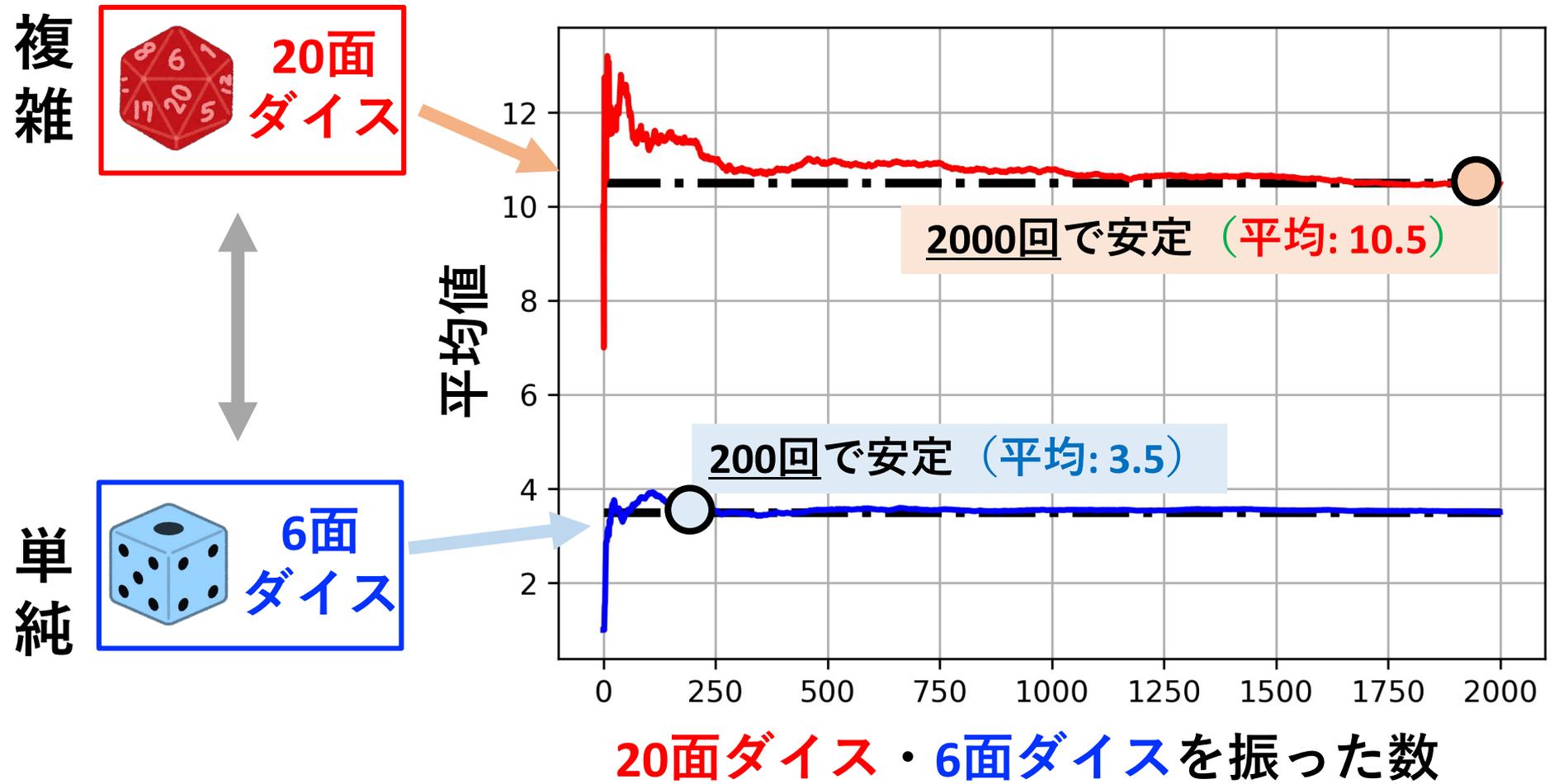
これが**真実**  
 $(1+2+3+4+5+6)/6 = 3.5$

# サイコロ・平均・偏り (300回)



- 乱数に依存する事象は、たくさん試して、平均化すること必要
- 少ない試行では、真実にたどり着くことができない

# 複雑さと安定性



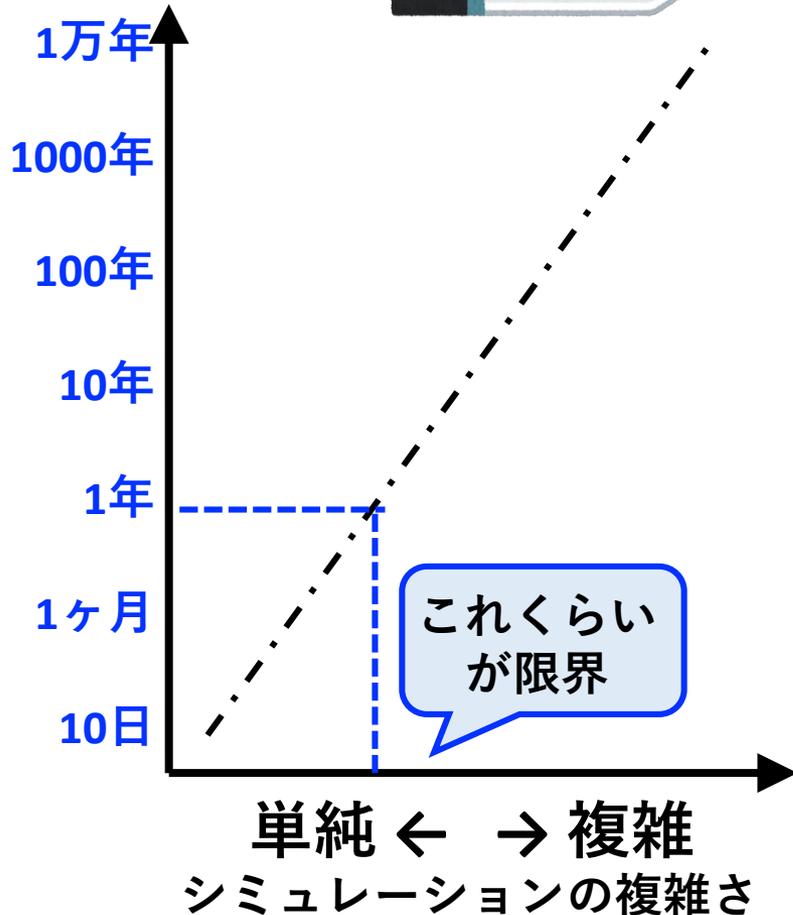
事象を複雑にすればするほど  
正しい結論を得るための試行回数が増大

# 複雑さとパソコンの計算時間

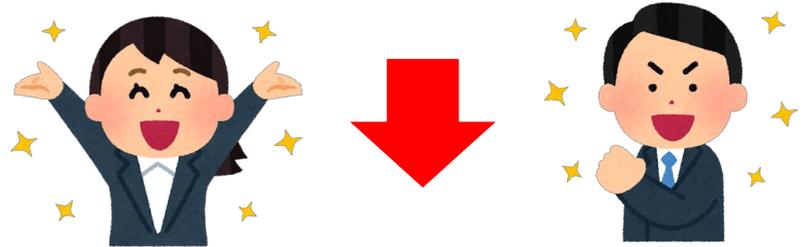
普通の  
パソコン



誤った結論を出さないために  
要求される計算時間を



- 複雑さはシミュレーション時間を爆発的に増加させる。
- ある水準を超えると、人の寿命でも足りないくらいに...



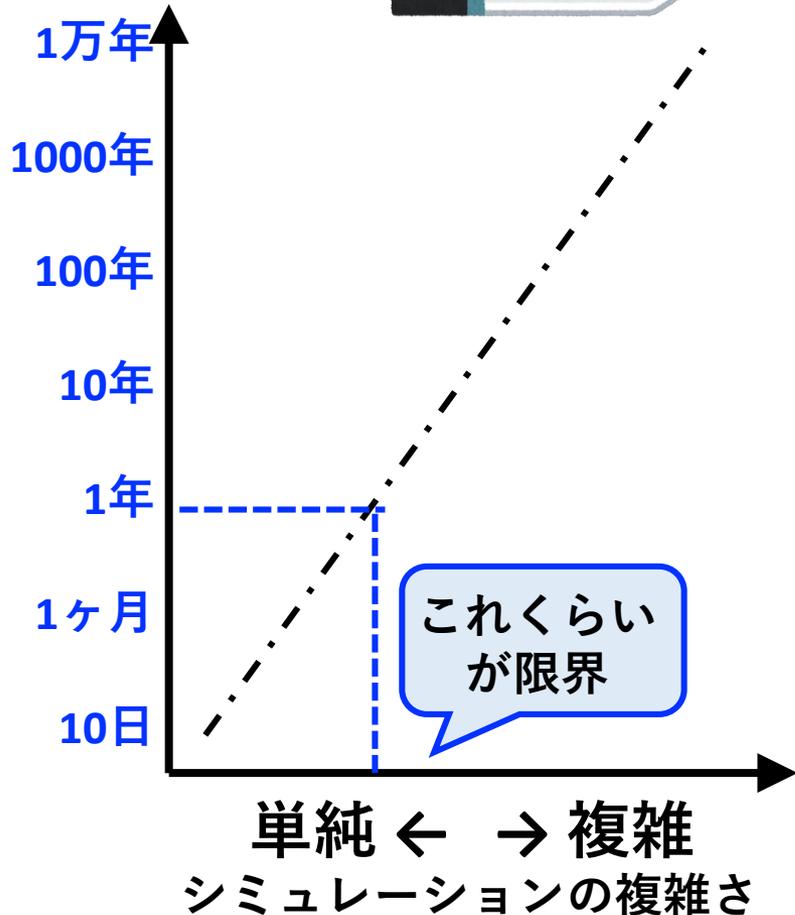
- 超高性能パソコンがなんとかしてくれるのでは？

# ハードウェアの進展は、 クリティカルな改善策にはならない (なりにくい)

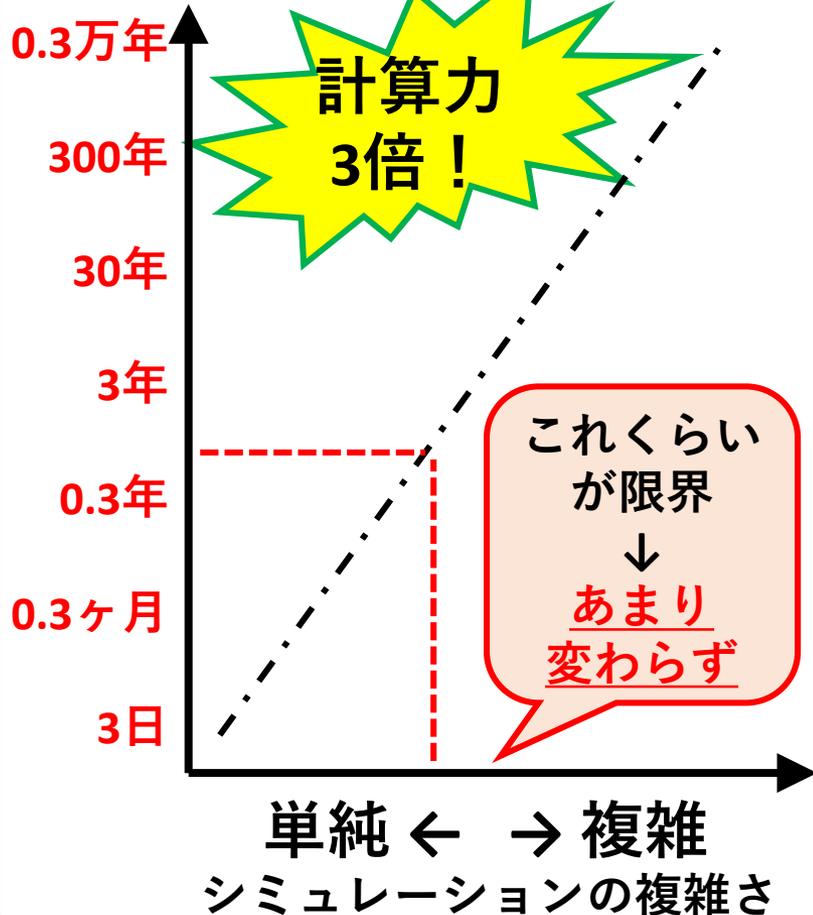
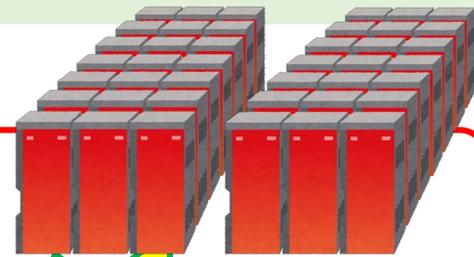
普通の  
パソコン



誤った結論を出さないために  
要求される計算時間



超高性能  
パソコン



# よくある格言

- **KISSの原則** (C. L. Johnson, 1910 ~ 1990)
- **オッカムの剃刀** (Ockham, 1285 ~ 1347)
- **次元の呪い** (R. E. Bellman, 1920 ~ 1984)

→ 使われる分野や意味は異なるが、基本的には、

単純なものでなければ、本質的な結果は得られない

という趣旨。複雑なものほど良い、複雑にすべきと思いつく  
初学者に対して、情報科学などの領域ではよく使用される言葉

とはいえ、、、：

- 最近では計算機や数学が発展しているので、多少の複雑さは許容される
- 一方、とても複雑なものは相変わらず扱えない。無限の複雑さ = 無限の時間
- 現代であれば、バランスが大事ともいえる

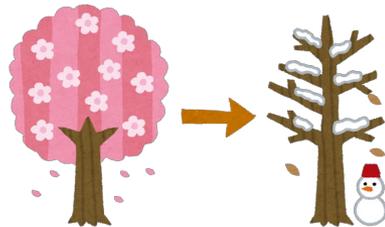
# 何を捨てるべきか？

COVID-19のシミュレーションも同様。細かい条件を入れすぎて複雑になってしまったシミュレーションは、解釈不能な状態に

- たくさんの条件 → 試行回数の増大 → 莫大な計算時間 (1万年?)
- 何を採用するかよりも、何を捨てて複雑さを下げるかが大事



換気



季節性



密集



マスク



入院



テレワーク



飲み会



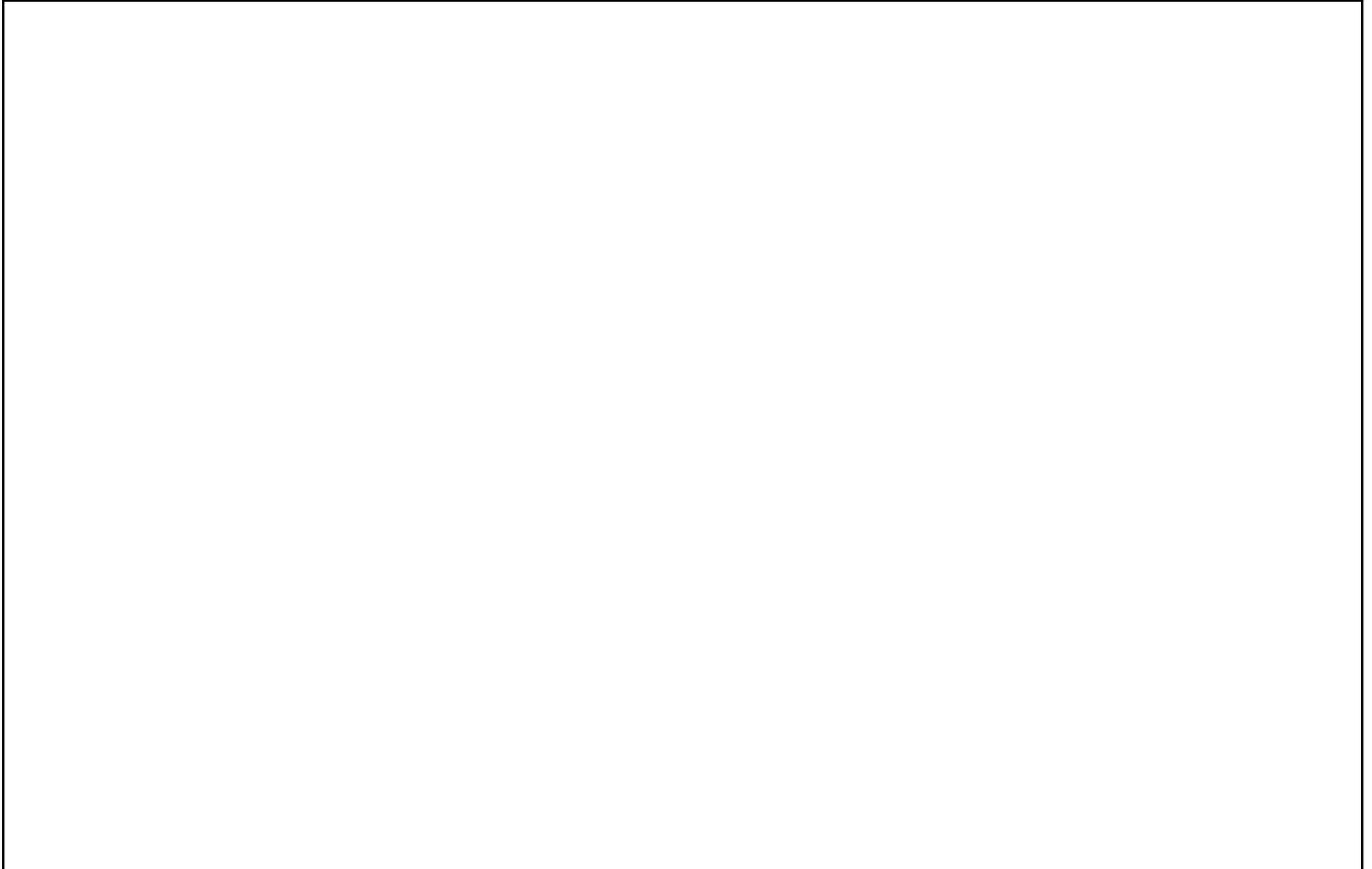
緊急事態宣言

... 実世界には、他にもたくさんの条件がある。何をシミュレータに実装すべきか？<sup>56</sup>



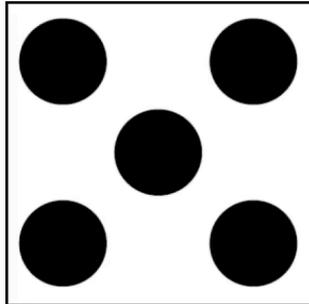
# これからの展望

- 習志野市の ホンモノの人流データ による 大規模シミュレータ
- 



# 本日はありがとうございました。

0回目だ！



平均値: 5.0

