

# 数学・数理科学による課題解決事例

## 社会をスマート化するテクノロジー ～ 数学・数理科学 ～

- ◆ 数学・数理科学は、**社会を円滑・効率的に動かす力となる、社会をスマート化するキーテクノロジー**
- ◆ また、**複雑な出来事をモデル化・シミュレーションすることにより、直接には見えない現象等を可視化して理解し、事象を制御する技術等の開発に繋がる。**
- ◆ 数学・数理科学は、物流、製造業、医療、経済など様々な分野におけるあらゆる出来事を、数学的手法を用いその本質的な特徴を見抜き、法則性等を共有化することで、その扱いを容易にし、円滑・効率的にすることができる。

### 例1：数学的手法による交通渋滞の解消

(東京大学 先端科学技術研究センター 西成教授)

単純な数学モデルにより、車が渋滞を起こすメカニズムを解明し、その解消法を提唱、実際の高速道路での実証実験によりその有用性を証明した。その手法は、生物の挙動や、インターネットや携帯電話の通信、人間の体内の血流や神経細胞における様々な渋滞現象の仕組み解明に広がっている。



車による渋滞実験

高速道路における実証実験

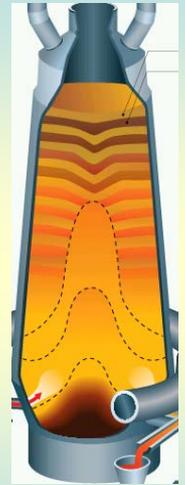


### 例2：製造業における最適化

(新日本製鐵株式会社)

数学的手法である逆問題を利用して、製鉄高炉における温度変化をモデル化し、実際の高炉中の温度変化を制御し最適化した。

これにより、運転時間等を最適化して無駄を無くすとともに、高炉の寿命も延びた。



製鉄高炉：  
約40Mの高さ、高炉内の変化を直接観察することはできない。

### 低炭素社会への貢献

渋滞の解消による物流等の効率化、製造業における操業の最適化等、数学・数理科学を用いて、

→ 二酸化炭素の排出削減に直結するイノベーションの創出が期待される！

# 数学・数理科学による課題解決(具体例)

## 数学・数理科学による課題の解決

### 製鉄高炉の温度管理

#### 【課題】

高炉内の温度の直接計測が困難なため、炉底の熱電対の温度挙動から炉内温度を推定。

ただし、「未知」である初期条件を「既知」として計算していたため、異常状態かどうか識別困難な状況が多く、炉の最適運転がなされていなかった。

#### 逆問題

計測された結果から、その原因を特定。

これにより、高炉における温度変化をモデル化し、実際の高炉中の温度変化を制御し最適化した。

高炉の運転時間等の最適化及び長寿命化！

・異常状態かどうか疑わしかったものも「異常」と判断していたが、数理モデルを使うことで、精度が飛躍的に向上し、最適な運転が可能となった。

#### 【応用例】

・赤外線サーモグラフィによる非破壊診断



### 自動車エンジンの最適制御

#### 【課題】

従来の自動車のエンジン制御では、目標トルクを達成するまでに時間がかかり、試行錯誤で制御を行っていたため、最適な走行がなされていなかった。

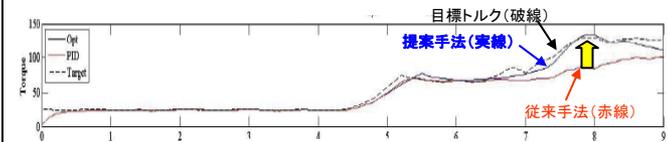
#### 回帰モデル

ある変数の動きが、他のどのような変数を原因としておこされるものであるかなどを、統計的手法を用いて数量的に解析。

これにより、エンジン制御のための非線形回帰モデルを構築し、対象となるトルクの数秒後の予測が高精度で可能となった。

自動車のエンジン制御による燃費の飛躍的な向上！

・数理モデルに基づくエンジン制御を行うことで、これまでよりも燃費効率が7%向上させることが可能となった。



### システムがん研究

#### 【課題】

がんの遺伝子ネットワークは非常に複雑なため、従来の手法では全容をとらえるのは困難。

実験から得られた膨大なデータをマネジメントし、生命をシステムとして捉えるための方法論とその応用技術が必要とされている。

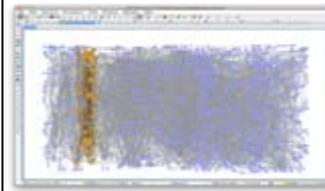
#### 統計学・モデリング

時系列遺伝子発現データからネットワークをとらえる数理モデルを構築。スパコンを使ってゲノム全体を巨視的に見渡し、生体分子の因果関係を網羅的に解析。

がん関連遺伝子のメタ解析が可能となり、ドラッグターゲット遺伝子の包括的、効率的な探索が可能となった！

#### 【応用例】

- ・薬効や再発の高精度予測
- ・がんマーカーの探索
- ・薬剤耐性の解明
- ・個別の治療法の選択



# 数学・数理科学による課題解決(具体例)

## 数学・数理科学による課題の解決

### 新材料の探索・創製

#### 【課題】

新たな材料開発には、実験や試行錯誤を重ね、長い年月を要し、効率のよい設計がなされていなかった。

#### 離散幾何学

調和写像や対称性に注目して、新たな物質構造(例: 第3の炭素結晶)を数学的に予測したり、要請される機能を持つナノ粒子の最適配置を数学的に計算

#### 新材料の開発プロセスが合理化・効率化!

・相反する物性を実現する最適構造の提案、改良限界の決定、物性の予測が可能になった。



### コンピュータ・グラフィックス(CG)技術

#### 【課題】

微分方程式の援用は、自然現象のCG表現のリアルさを保証する。しかし演出意図をうまく反映した制御が出来ず、パラメータ入力の膨大な手間と莫大な計算量を必要とした。

#### 微分方程式のフィードバック制御

雲の生成に関して、ナビエ・ストークス方程式(流体力学で用いる微分方程式)を援用してリアリティを保ち、かつパラメータのフィードバック制御を導入して利用者の意図が容易に反映できるCGモデルを構築する。

これにより、雲の輪郭を指定するだけで直感的に形状の制御ができるようになった。

#### 雲の生成に関する直感的な演出方法!

・方程式の多数のパラメータ調整に代わって、少ないパラメータと雲のアウトラインを簡単に指定するだけで、従来よりも多様で演出意図に沿った3次元の雲の生成が可能となった。



輪郭の線画(1次元)を入力

雲の発生過程

3次元の雲の最終形状

### CG技術によるセキュリティ対策

#### 【課題】

監視カメラによる防犯対策では、犯人の顔の情報は一方向のみのため、顔認証が困難であり、判断は人間の目に頼っている。

#### 逆問題、回帰モデル

データを統計的に処理し、二方向からの顔情報から任意の角度の顔を予測(再現)することが可能となった。

#### セキュリティ対策における顔認証技術の画期的な進展!

・任意の一方向からの顔の情報で、正面方向等の任意の角度の顔や異なる表情の顔を予測(再現)できることから、防犯カメラによる顔情報から個人の顔認証の精度が向上。

#### 【CGの応用例】

・エンターテインメント(映画、テレビ等)



# 数学・数理科学を通しての応用の広さについて(具体例)

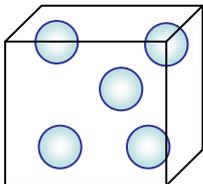
現象の解明による数学理論・数理科学的手法の確立

→ 多方面への応用

## 物理学

### ブラウン運動

流体中にあるコロイド粒子(直径がミクロン程度の粒子)が行う不規則運動。



解明

## 数学・数理科学

### 確率微分方程式

偶然性に支配される運動の連続的な軌跡を記述。

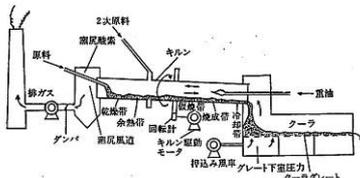
幅広い応用

自然や社会における偶然性をともなう現象の研究に画期的な進展!

- ・物理学
- ・遺伝学
- ・金融工学
- ...

## セメント製造プロセスの制御

従来のセメント製造プロセスに対する制御(物理・化学モデルに基づく制御)では、安定な制御が行えていなかった。



解決

## 数学・数理科学

### AIC(赤池情報量規準)

プロセスを統計的動的プロセスと捉え、適切な統計モデルを見つけ出し制御に成功(統計モデルの良さを評価するための指標AICを導入)。

幅広い応用

自然科学、社会科学、産業界等、統計モデルの良さの評価の実現!

- ・電力業界
- ・船舶業界
- ・医学
- ・経済
- ・地球科学
- ...

# 数学・数理科学の応用の広さについて(具体例)

現象の解明による数学理論・数理科学的手法の確立

➡ 多方面への応用

## 冶金学・材料科学

### 粒界の運動

金属を焼きなます際の粒界(異なる結晶構造の境目である曲面)の運動。



解明

## 数学・数理科学

### 曲率流方程式

必ずしも滑らかではない図形の変動を数学的に追跡。

幅広い応用

図形やパターンの複雑な挙動や性質を明らかにする研究への幅広い応用!

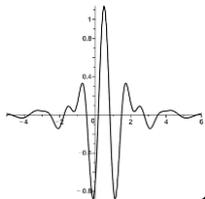
- ・画像処理
- ・結晶成長学
- ・流体力学
- ・ゲームの理論

...

## 石油探索

### 波動現象の解析

石油探索調査で得られた人工地震波の波動データの、高精度分析。



解明

## 数学・数理科学

### ウェーブレット展開

波動の、フーリエ展開だけではとらえにくい特徴を抽出。

幅広い応用

データの分析や抽出、圧縮などに幅広い応用!

- ・画像解析
- ・携帯電話技術
- ・知覚心理学
- ・医療工学

...