

# 研究室の理念 - われわれの時代認識

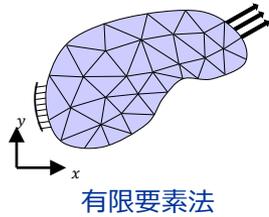
有限な時空間における人-人工物-自然調和系の創成



社会・環境は、**人間/人工物/自然が相互に深く関連する複雑系**である。その諸課題の根本的解決には、それぞれの複雑系ダイナミクスの理解とモデリング、それに基づく**予測の高精度化**が必須である。

研究室では ①個別問題の特徴を十分に吟味し、②**多様な手法を総合化**することによる、③問題に適した**シミュレーションの構築**と、④**問題解決を指向した応用研究**を進めている。

# 知的シミュレーションと バーチャル実証試験・バーチャル社会実験



有限要素法

知的シミュレーション

計算力学

総合化

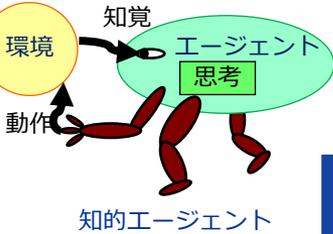
知的情報処理

高速計算技術



<http://www.nsc.riken.jp/>

スーパーコンピュータ「京」・  
スーパーコンピュータ「富岳」

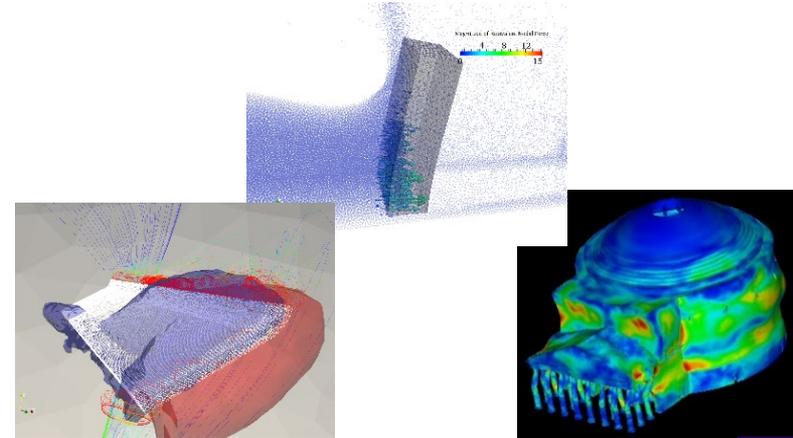
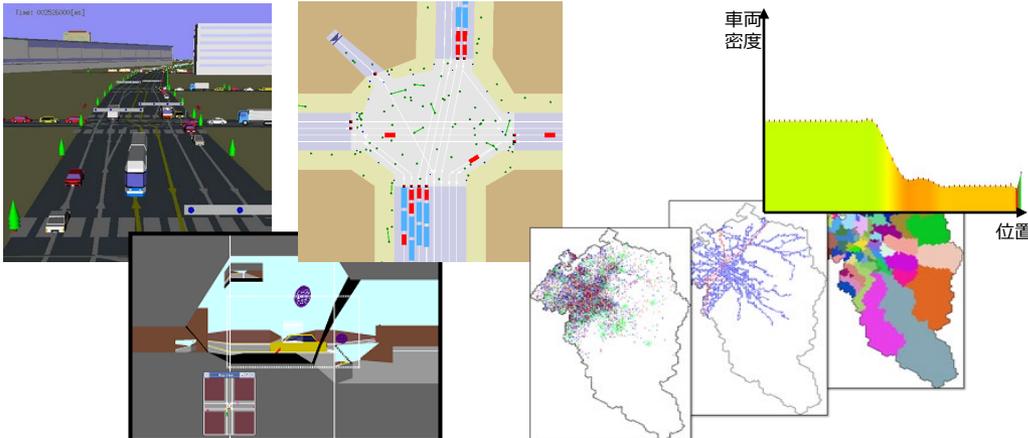


知的エージェント

人間・人工物・自然が相互に深く関係する複雑系の  
大規模高精度シミュレーション

次世代社会シミュレーションによる  
バーチャル社会実験

次世代CAEによる  
人工物のバーチャル実証試験



# 研究指導体制



**教授 吉村 忍** Prof. Yoshimura, Shinobu  
[yoshi@sys.t.u-tokyo.ac.jp](mailto:yoshi@sys.t.u-tokyo.ac.jp)

東京大学工学部原子力工学科卒業。同大学院工学系研究科原子力工学専攻博士課程修了。工学博士。東京大学大学院工学系研究科講師，助教等を経て，現在はシステム創成学専攻教授。東京大学副学長。国際計算力学連合理事・副会長，アジア太平洋計算力学連合理事・事務局長，日本計算力学連合・日本機械学会・日本原子力学会フェロー等。



**准教授 藤井 秀樹** Assoc. Prof. Fujii, Hideki  
[fujii@sys.t.u-tokyo.ac.jp](mailto:fujii@sys.t.u-tokyo.ac.jp)

2009年東京大学大学院新領域創成科学研究科人間環境学専攻博士後期課程修了。東京大学人工物工学研究センター特任助教等を経て，現在，システム創成学専攻准教授。博士(環境学)。人工知能学会・情報処理学会・日本シミュレーション学会・交通工学研究会・日本機械学会・World Conference on Transport Research Society等会員。

**助教 金子 栄樹** Assist. Prof. Kaneko, Shigeki

吉村と藤井が協力して全員の学生の指導を担当する。教員の専門分野は互いに異なるため、必要に応じて  
主指導教員以外からアドバイスを受けることもある。

# 研究環境

## 居室

吉村教授室	工学部8号館229室
藤井講師室	工学部8号館431室
スタッフルーム	工学部8号館408室
研究室 (学生居室など)	工学部8号館422室
	工学部8号館423室
	工学部8号館525室



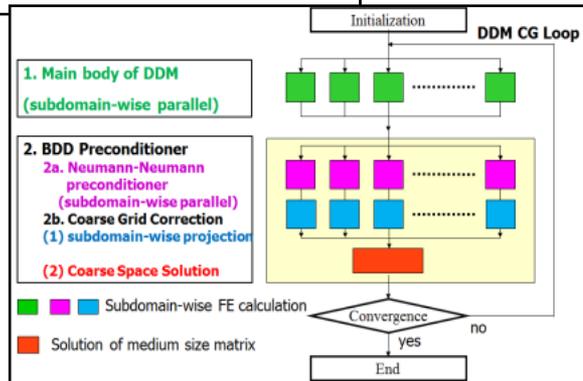
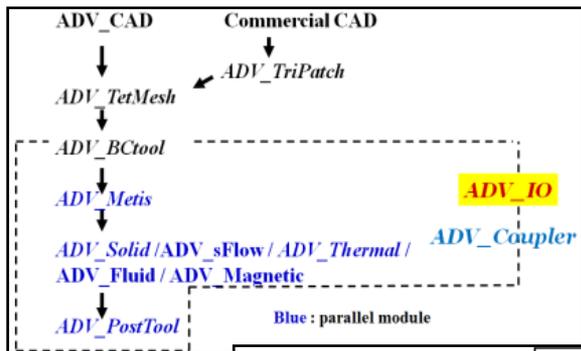
研究室で所有するPCクラスタ

学生には1人1台のデスクトップPCが貸与される。基本的なプログラミングや論文執筆は貸与されたPCでおこない、より高い計算処理能力が必要な場合はPCクラスタ等の並列計算機を利用する。

# 設計用大規模計算力学システム開発プロジェクト ADVENTURE プロジェクト

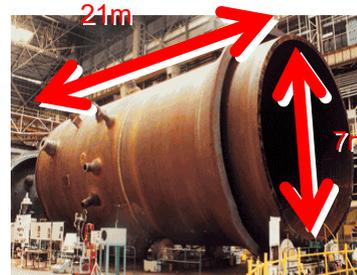
地球環境問題、地震などの自然災害、巨大人工物の事故、福祉向上に役立つ独創的な人工物の設計など、人類の課題は大規模化・複雑化の一途をたどっている。このような課題を正確に理解し、適切に対処していくためには、**自然や人工物の振る舞いを定量的に予測する計算機シミュレーションの精度と速度を飛躍的に向上させる研究開発が不可欠である。**

## ADVENTUREシステム — モジュールベースのシステム設計



先進並列計算アルゴリズムの開発と実装

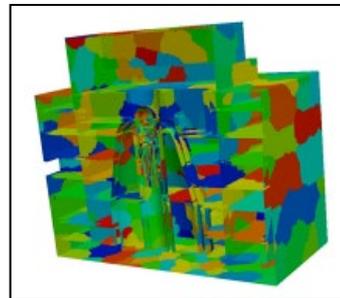
## 原子力発電施設全体の詳細耐震シミュレーション



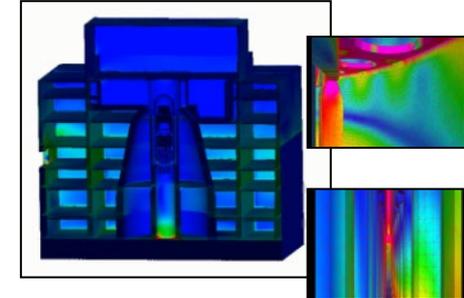
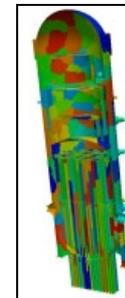
A Real Component in Nuclear Facilities (Pressure Vessel)



200 Million DOFs Tetrahedral Mesh (ADV\_TriPatch & Tetmesh)



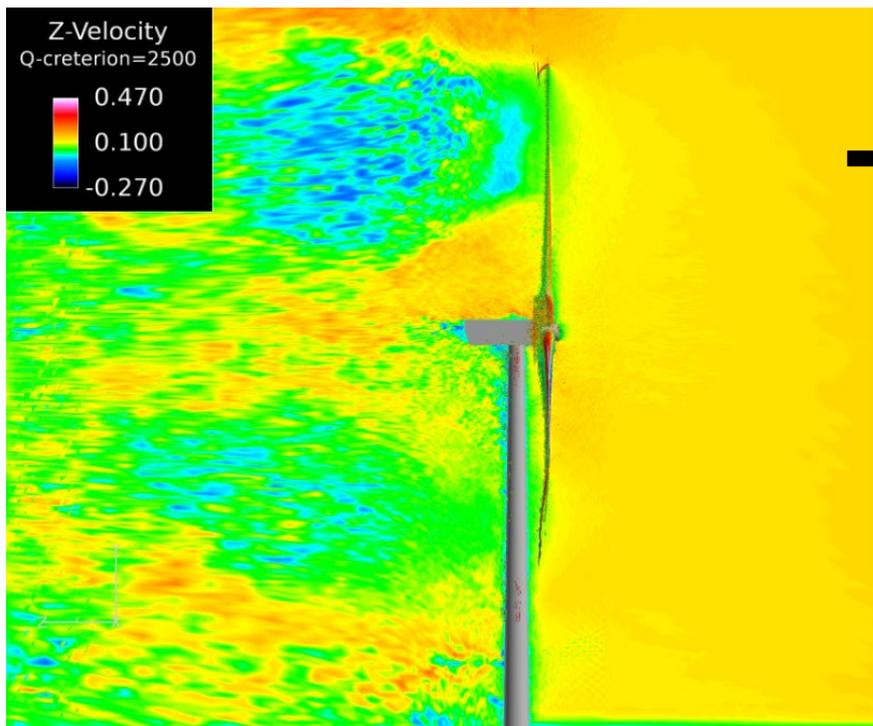
Part Decomposition (1,024 Parts, ADV\_Metis ver. 2.0)



Visualization & Walkthrough System (ADV\_PostTool)

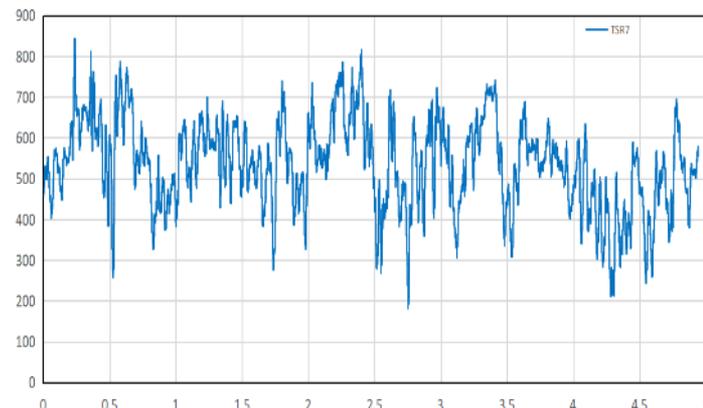
# 大型洋上風車の大規模並列シミュレーション

近年、再生可能エネルギーとして風力が注目を集めており、直径数百メートルにも及ぶ大型洋上風車の設計が世界的に進められている。発電効率や振動による風車ブレードの損傷を詳細に予測するために、構造物と周囲流体の連成現象の理解が必要である。運用が開始されたスーパーコンピュータ「富岳」を用いて、超大規模自由度を有するマルチフィジックスシミュレーションを行い、現象の解明に取り組んでいる。

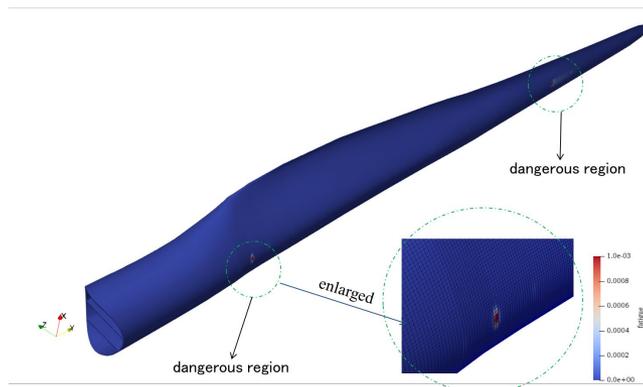


主流方向の流れ場の様子

流体力の抽出



ブレード先端での流体力の時刻歴応答



振動解析 & 疲労解析

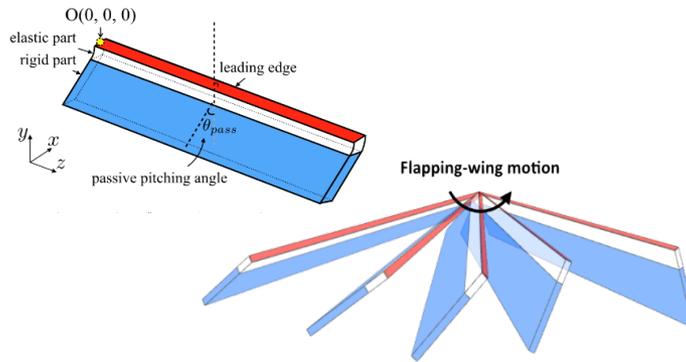
ブレードにおける累積疲労の可視化

# 生物メカニズムによる革新的人工物創成 羽ばたき型MAVの多目的設計

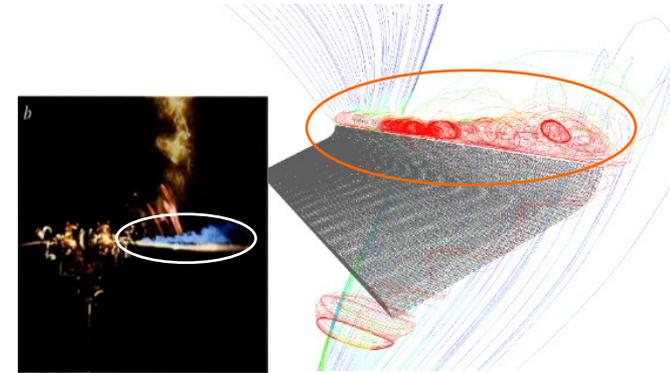
災害現場等の狭窄地で調査・観測を行う小型飛行ロボットとして、Micro Air Vehicle (MAV) が注目されている。MAVは固定翼・回転翼では高い飛行性能が出せないスケールのロボットであり、**生物の飛行を模した羽ばたき型飛行**が有効であるとされている。**流体解析と構造解析を組み合わせた連成解析**によって**羽ばたき型飛行ロボットの設計**に資するシミュレーションを実現する。

## シミュレーションによる

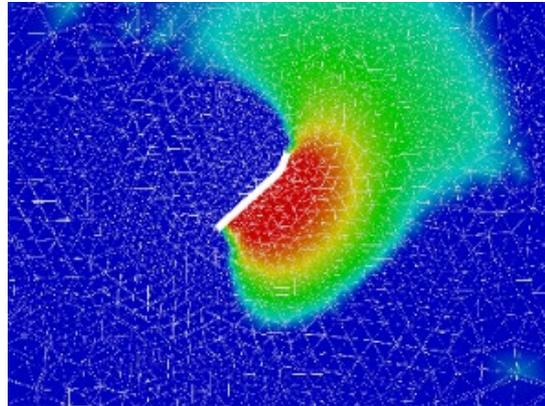
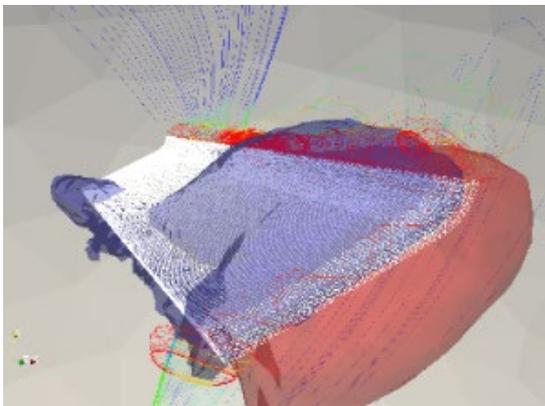
- ▶ 羽ばたき現象の再現
- ▶ 分析・解明
- ▶ 性能評価
- ▶ 最適設計の探索



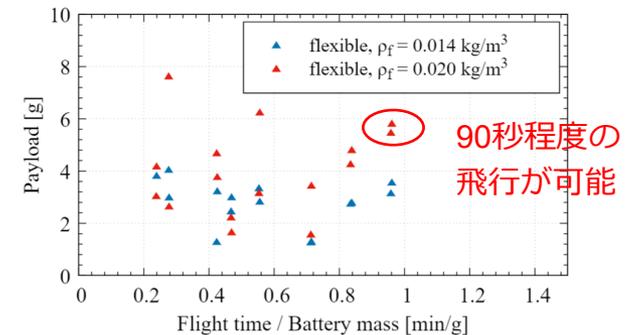
羽ばたき翼と羽ばたき運動の設計



流体構造連成解析による前縁渦現象の再現



多目的可視化 (渦度・圧力分布)

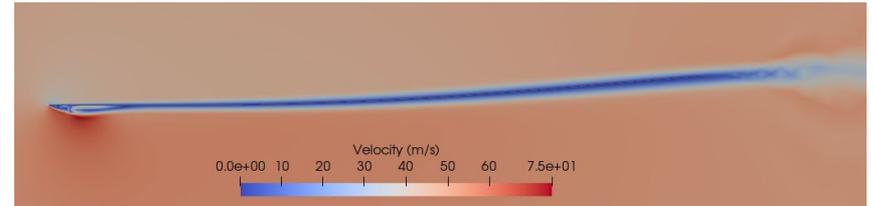
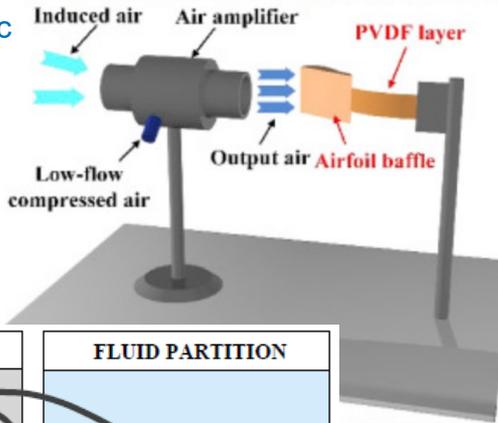


火星環境下でのMAV設計

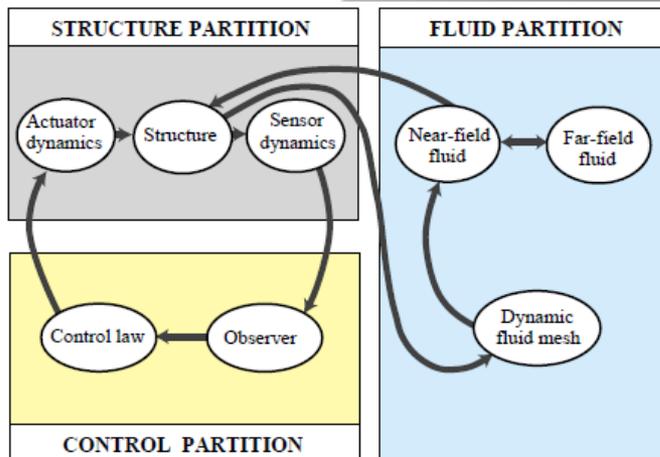
# 流体-構造-圧電現象のマルチフィジックスシミュレーション

橋梁や航空機翼のフラッタ抑制や、MAVの飛行・操縦のために、適切な制御系を導入することが必要である。また、ある程度の流体励起振動を許容し、その振動エネルギーから発電することも検討されている。これらを実現するデバイスとして圧電素子が注目されている。数値的な評価を可能にするために、**流体、構造、圧電現象（場合によっては制御系、電気回路系も考慮する）**を連成させた、複雑なマルチフィジックスシミュレーションに取り組んでいる。

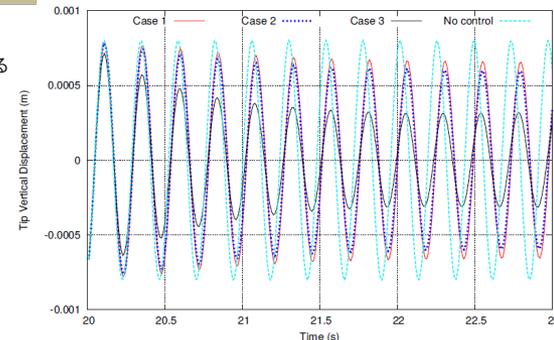
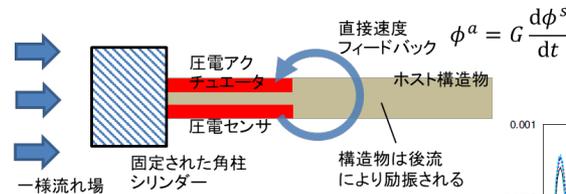
Flow-driven piezoelectric energy harvester



圧電エネルギーハーベスタ付きプレートのリミットサイクル振動



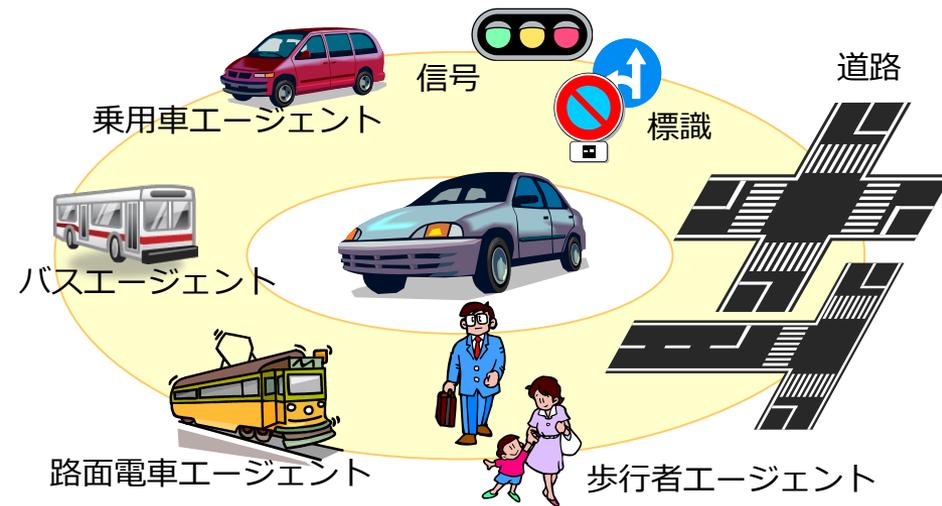
流体-構造-制御連成問題



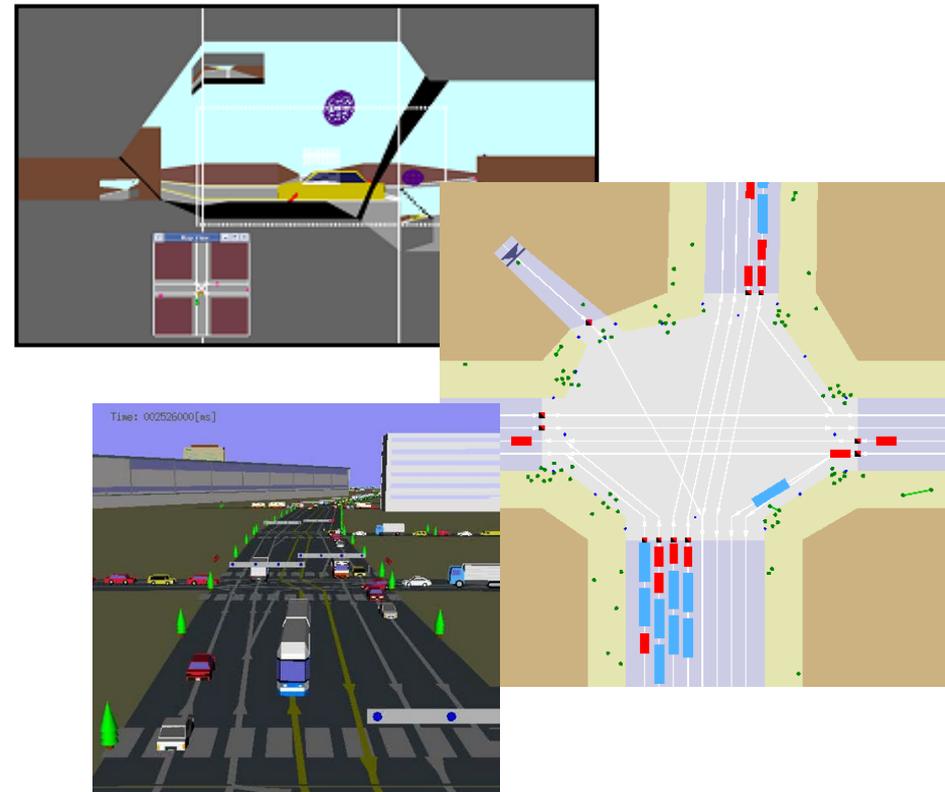
圧電素子によるvortex-induced vibrationの速度フィードバック制御

# 知的マルチエージェント交通流シミュレータ ADVENTURE\_Mates

大規模性と精緻性を兼ね備え、交通現象の多面的な解析・予測に展開可能な知的マルチエージェント交通流シミュレータADVENTURE\_Mates (MATES: Multi-Agent-based Traffic and Environment Simulator)の開発を行っている。交通工学だけでなく、情報処理や人工知能、高性能計算技術等の知識を活用し、交通現象を過度に単純化することなく、人間の知的な振る舞いをモデル化するのがADVENTURE\_Matesの特徴である。



交通流シミュレーションに登場する知的エージェントと  
エージェントをとりまく環境

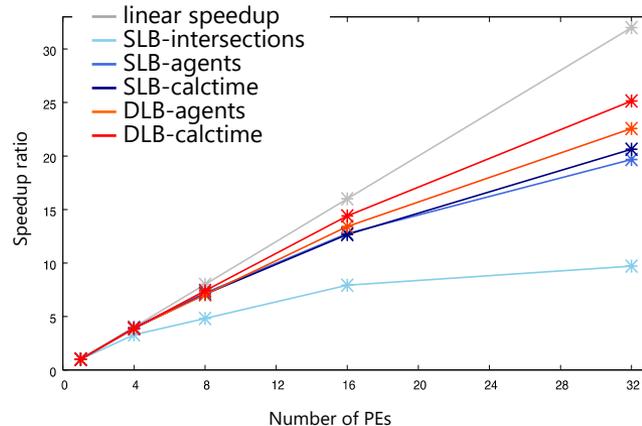


ADVENTURE\_Matesを用いたシミュレーション

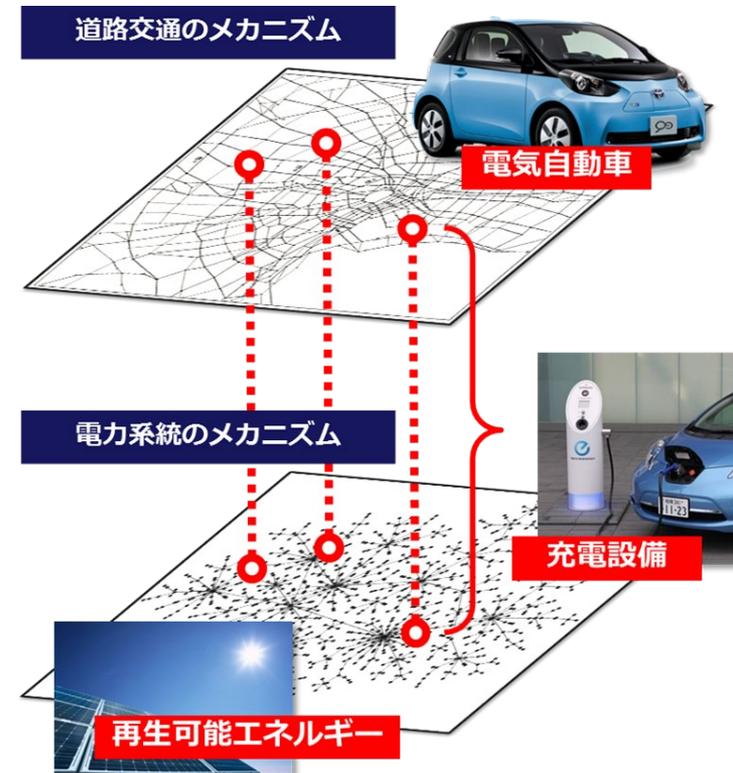
# 大規模交通流シミュレーションと複合システム

近年は大規模な交通施策の評価・シナリオ分析や交通システムを取り巻く物理・社会システムとの連携などの目的で大規模な交通流シミュレーションの必要性が高まっているが、大規模なシミュレーションを実行するには計算時間が大きな問題となる。この問題に対処するため、ADVENTURE\_Matesの並列化や複数の解像度を持つ高速な交通流シミュレータの研究を行っている。

東京都心部の主要道路のグラフ分割（8分割の例）



並列シミュレーションの加速率（32並列まで）と負荷分散アルゴリズムの関係



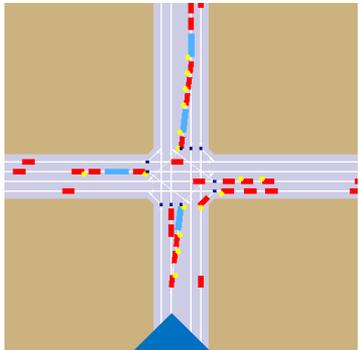
道路交通網と電力網の相互作用

# 都市動態シミュレーション

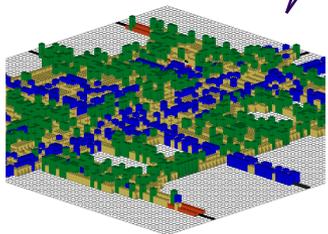
都市は**交通（短期的な人の移動）**と**移住（長期的な人の移動）**の相互作用によって形成される。都市の動態を理解するためにセルオートマトンやマルチエージェントシステムを応用した新たな都市シミュレータを構築し、都市計画の定量的な評価にむすびつける。

## 交通流シミュレーション

自動車の集中→渋滞→迂回...



相互作用



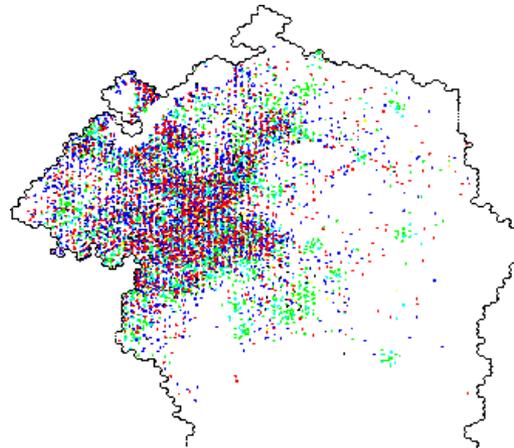
都市動態シミュレーション

## セルオートマトンによるモデル化

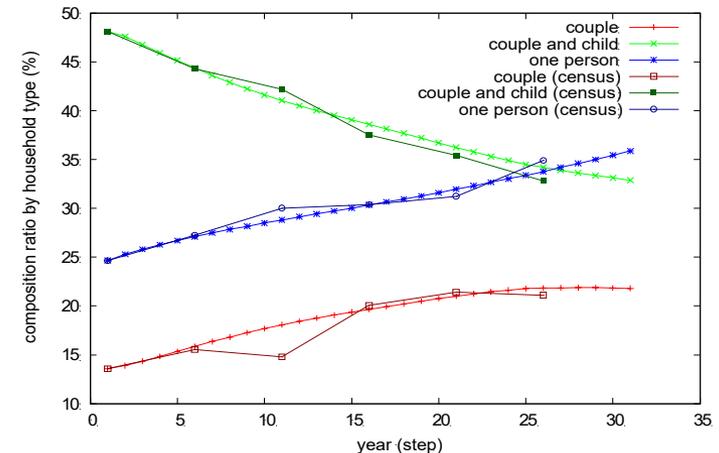
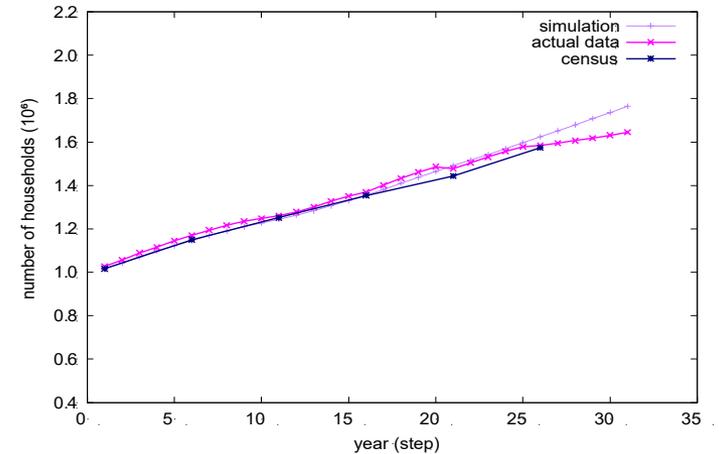
土地の状態：  
施設の配置，地価，利便性...

## マルチエージェントシステムによるモデル化

住民の挙動：  
出産・死亡，就学・就職・退職，  
結婚，引越し...



居住地分布シミュレーション



都市に居住する世帯数の変化(上)と  
世帯種類別の構成割合の変化(下)

# バーチャル社会と実社会の双方向デザインに向けて 入力データ推定と合意形成支援

計測情報を用いて信頼できる入力情報の推定を行い、反復的にバーチャル社会を再構成することによってシミュレーションの信頼性の向上をはかるとともに、得られた定量的な結果を社会問題の利害関係者に対し提示し合意形成を支援する。

