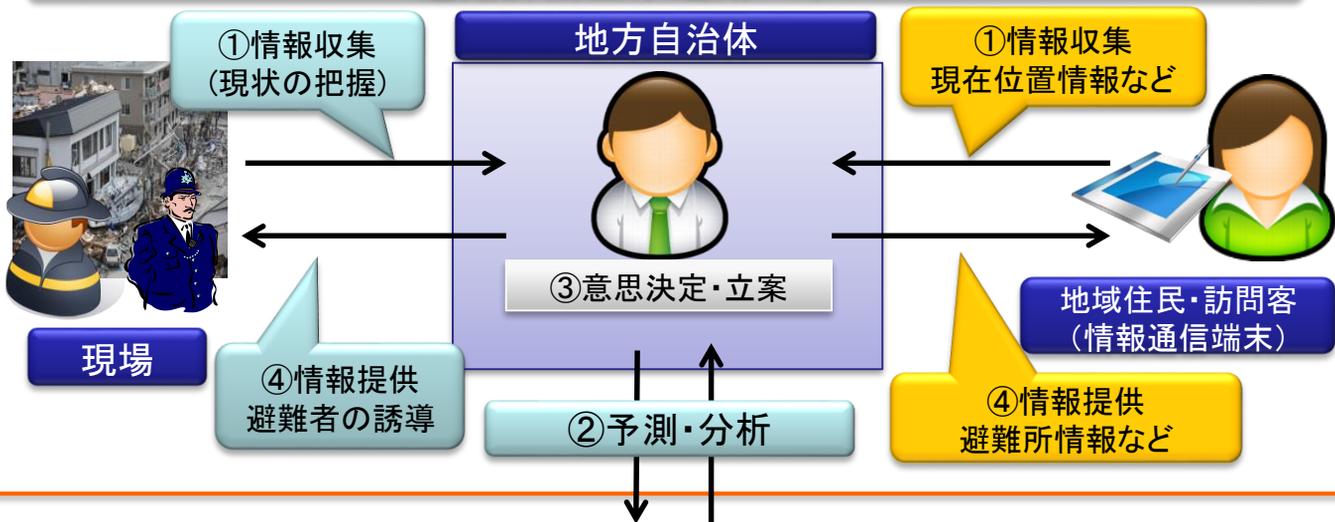




防災減災のためのシミュレーションとIoTセンサによるリアルタイム計画立案, 仮想現実の活用

マルチエージェントシミュレーションによる防災計画の立案支援

避難計画立案運用スキーム



広域災害避難シミュレーション



研究者名

管理工学科/開放環境科学専攻 飯島研究室

専任講師 飯島 正

& 【広域災害避難】研究チーム (奥村 拓海、尾崎 俊輔)

お問合せ先

メール: iijima@ae.keio.ac.jp

WWW: <http://www.iijima.ae.keio.ac.jp/pub/ktm/2018/>



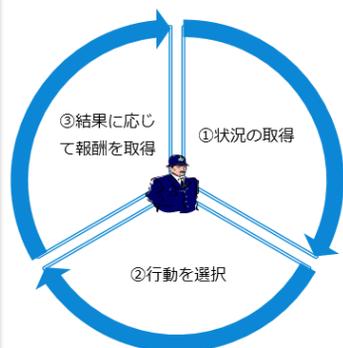


防災減災のためのシミュレーションとIoTセンサによるリアルタイム計画立案, 仮想現実の活用

多目的強化学習による誘導員の協調的な誘導行動の獲得

強化学習を用いた誘導行動の学習

誘導員単体の学習



- ①災害状況、避難状況を取得。
- ②危険地域へ向かう、避難所へ向かう等の行動を選択。
- ③住民への避難勧告、誘導行動に対して報酬を与える。

誘導員がどのように行動すれば、より多くの住民に避難勧告出来るかを学習

→ Q-Learningを利用

誘導員全体の学習



避難者全体の避難率に応じた報酬を分配することにより、各誘導員をどのように行動させれば全体の避難率が上がるかを学習

→ Profit Sharingを利用

多目的最適化による問題解決

・避難完了率の向上と誘導員の安全確保の2つの目的を同時に達成させる

スカラー化による目的関数の集約

・時間ごとに評価関数を切り替える

$t <$ 津波警戒時間:

避難完了率を向上させる行動に多くの報酬を与える

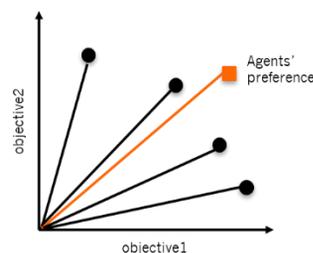
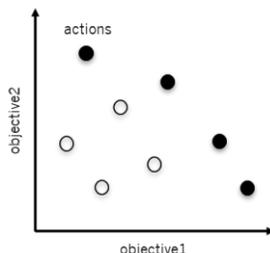
$t >$ 津波警戒時間:

誘導員の安全を確保する行動に多くの報酬を与える

重みベクトルによる行動の選択

行動を2目的平面にプロットし Parate Frontを選出

エージェントの重みベクトルに最も近い行動を選択



研究者名

管理工学科/開放環境科学専攻 飯島研究室

専任講師 飯島 正

& 【広域災害避難】研究チーム(奥村 拓海、尾崎 俊輔)

お問合せ先

メール: iijima@ae.keio.ac.jp

WWW: <http://www.iijima.ae.keio.ac.jp/pub/ktm/2018/>

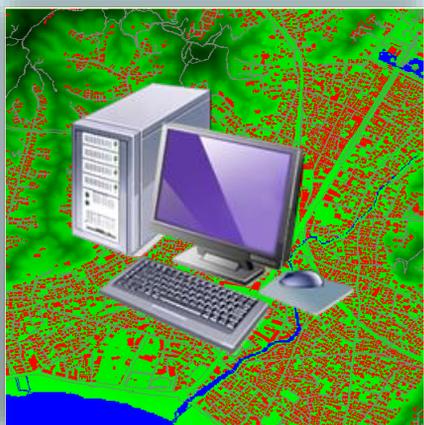




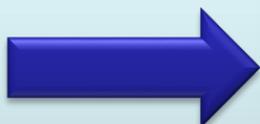
防災減災のためのシミュレーションとIoTセンサによるリアルタイム計画立案, 仮想現実の活用

Simulationの高速化 並列分散環境の構築

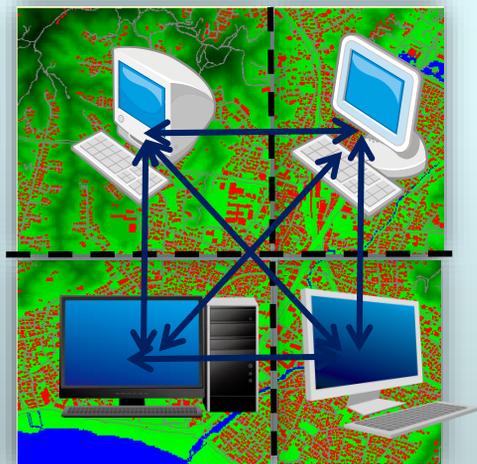
Simulationの並列分散処理化と高速化のための工夫



Simulation空間を分割



各領域に対しPCを割当



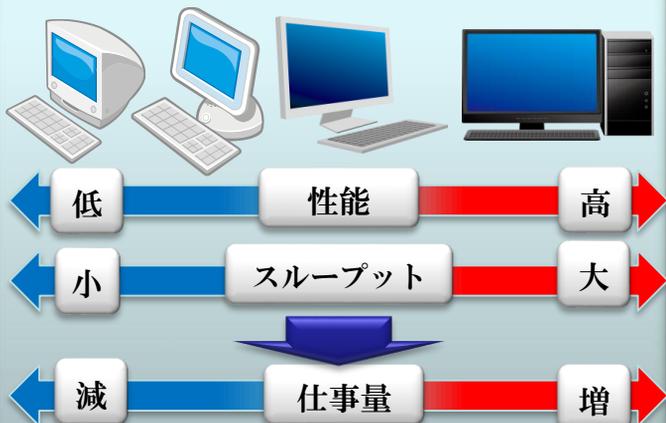
1 隣接した領域とのみ通信

2 各PCに応分の負荷を付与

3 進行途中での負荷の再配分

4 避難者の可動範囲の制約を活用 (道路Networkモデルを仮定)

負荷の適切な分散化



実行時の様子



設定: 鎌倉市相模湾沿岸, 住民が広域避難指定場所へ避難統計情報に応じて避難者(住民)の属性と配置を決定

研究者名

管理工学科/開放環境科学専攻 飯島研究室

専任講師 飯島 正

& 【広域災害避難】研究チーム (奥村 拓海、尾崎 俊輔)

お問合せ先

メール: iijima@ae.keio.ac.jp

WWW: <http://www.iijima.ae.keio.ac.jp/pub/ktm/2018/>





防災減災のためのシミュレーションとIoTセンサによるリアルタイム計画立案, 仮想現実の活用

津波災害シミュレーション

津波モデル

粒子法を利用

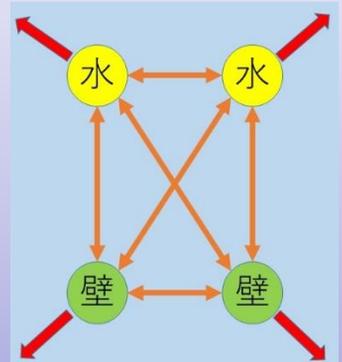
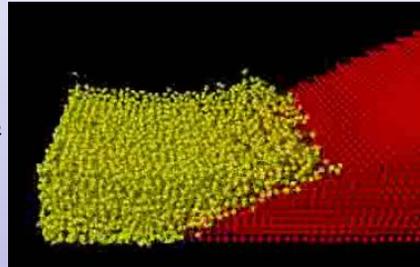
1. 粒子の集合で地形や建物を表現.
2. 粒子間の相互作用を計算.
3. 各粒子の位置や速度を更新.

メリット

- ・粒子の集合で物体を表現するので細かい水飛沫や建物の崩壊の様子まで再現できる.

デメリット

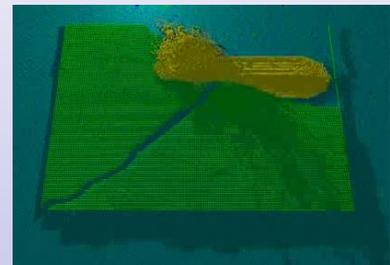
- ・大規模のシミュレーションを行うとそれだけ粒子の数が多くなり計算量が増えかなりの時間がかかる.



現実の地形を再現

国土地理院発行の基盤地理情報から地形を生成
基盤地理情報があるところは再現可能

鎌倉市由比ヶ浜付近



研究者名

管理工学科/開放環境科学専攻 飯島研究室
専任講師 飯島 正

& 【広域災害避難】研究チーム(奥村 拓海、尾崎 俊輔)

お問合せ先

メール: iijima@ae.keio.ac.jp

WWW: <http://www.iijima.ae.keio.ac.jp/pub/ktm/2018/>





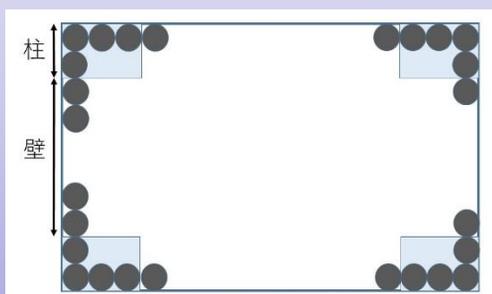
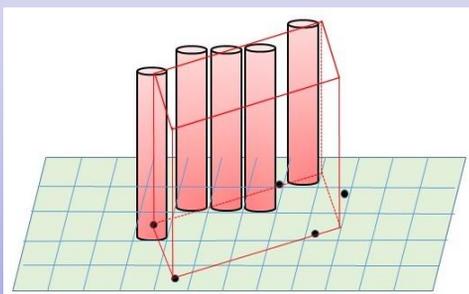
防災減災のためのシミュレーションとIoTセンサによるリアルタイム計画立案, 仮想現実の活用

津波災害シミュレーション

建物モデル

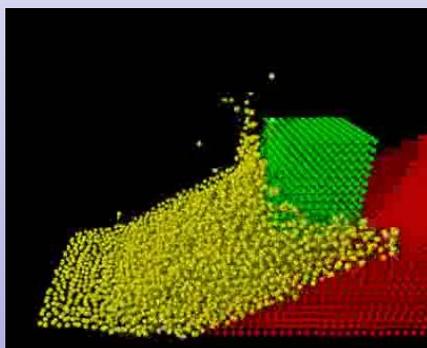
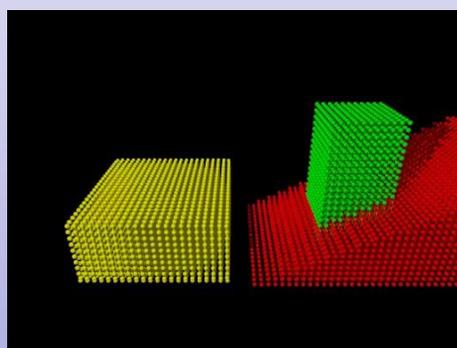
建物の設計

- ・国土地理院発行の基盤地理情報から建物の外周点を読み込む。
- ・外周点に相当するメッシュを選択し, 粒子を配置していく。
- ・柱, 壁, 窓などは粒子同士の結びつきの強さの違いで強度を変える。



建物のシミュレーション

- ・簡易的な建物でシミュレーションを行い各粒子のパラメータ設定。
- ・地形のシミュレーションに建物情報を上乗せし街規模でシミュレーションを行う。
- ・津波の浸水状態や建物の被害情報を避難シミュレーションに渡す。



研究者名

管理工学科/開放環境科学専攻 飯島研究室
専任講師 飯島 正

& 【広域災害避難】研究チーム(奥村 拓海、尾崎 俊輔)

お問合せ先

メール: iijima@ae.keio.ac.jp

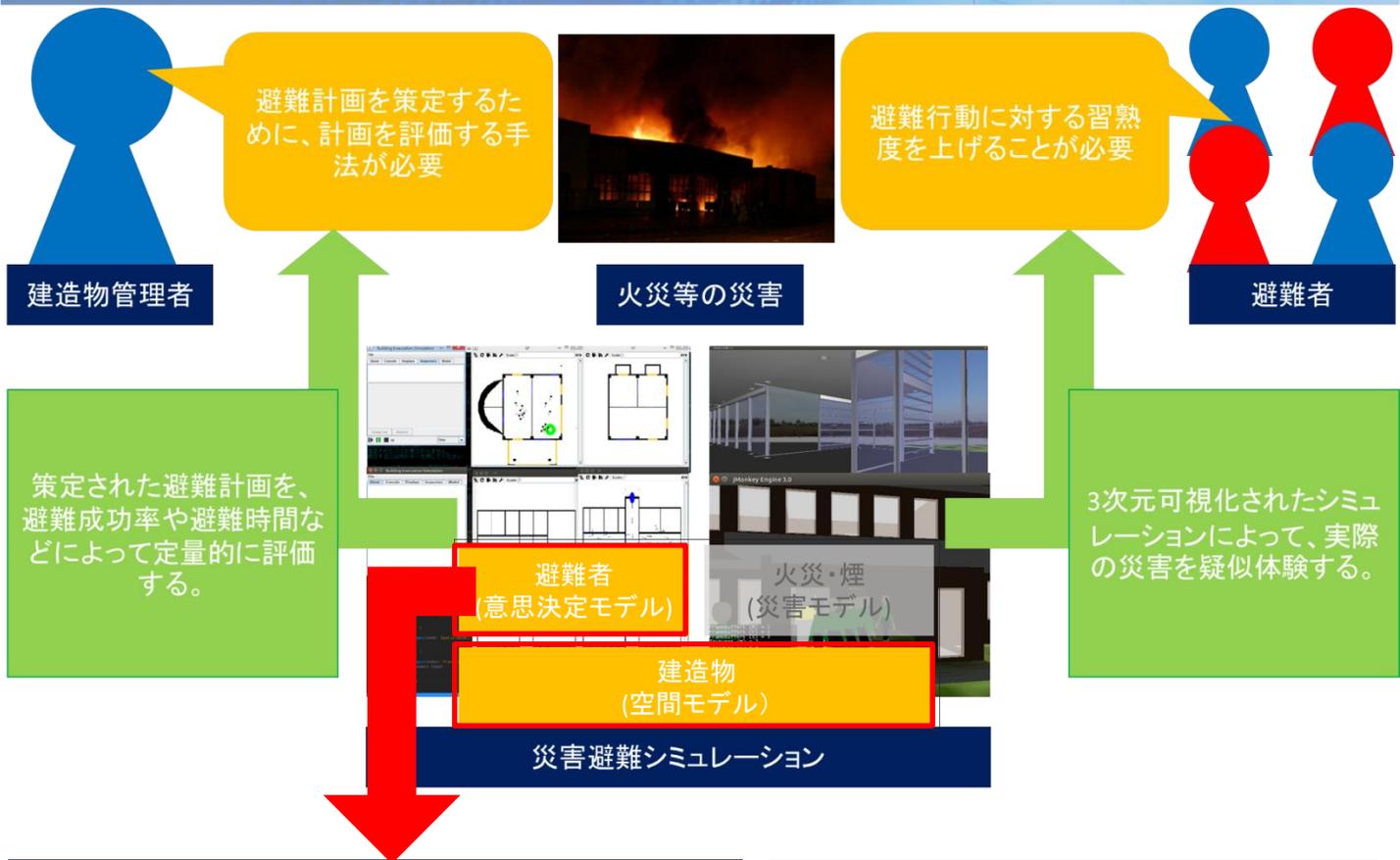
WWW: <http://www.iijima.ae.keio.ac.jp/pub/ktm/2018/>



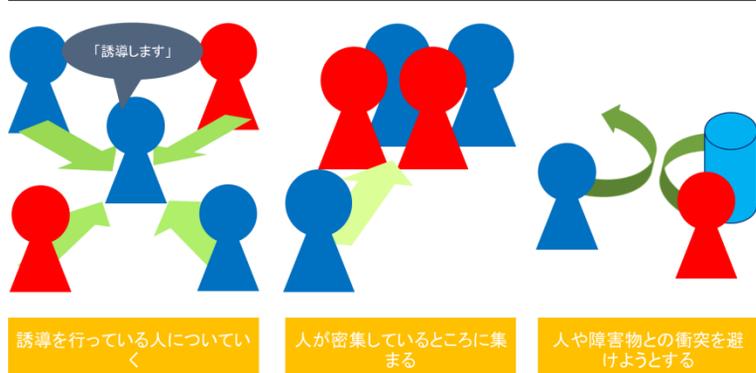


防災減災のためのシミュレーションとIoTセンサによるリアルタイム計画立案, 仮想現実の活用

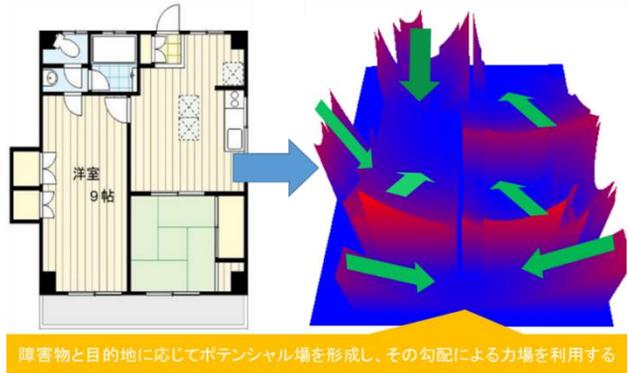
屋内避難シミュレーションの概要



避難者の行動の特徴



Artificial Potential Field



研究者名 管理工学科/開放環境科学専攻 飯島研究室

専任講師 飯島 正
& 【データ駆動・避難シミュレーション】研究チーム(森 文哉)

お問合せ先 メール: iijima@ae.keio.ac.jp
WWW: <http://www.iijima.ae.keio.ac.jp/pub/ktm/2018/>

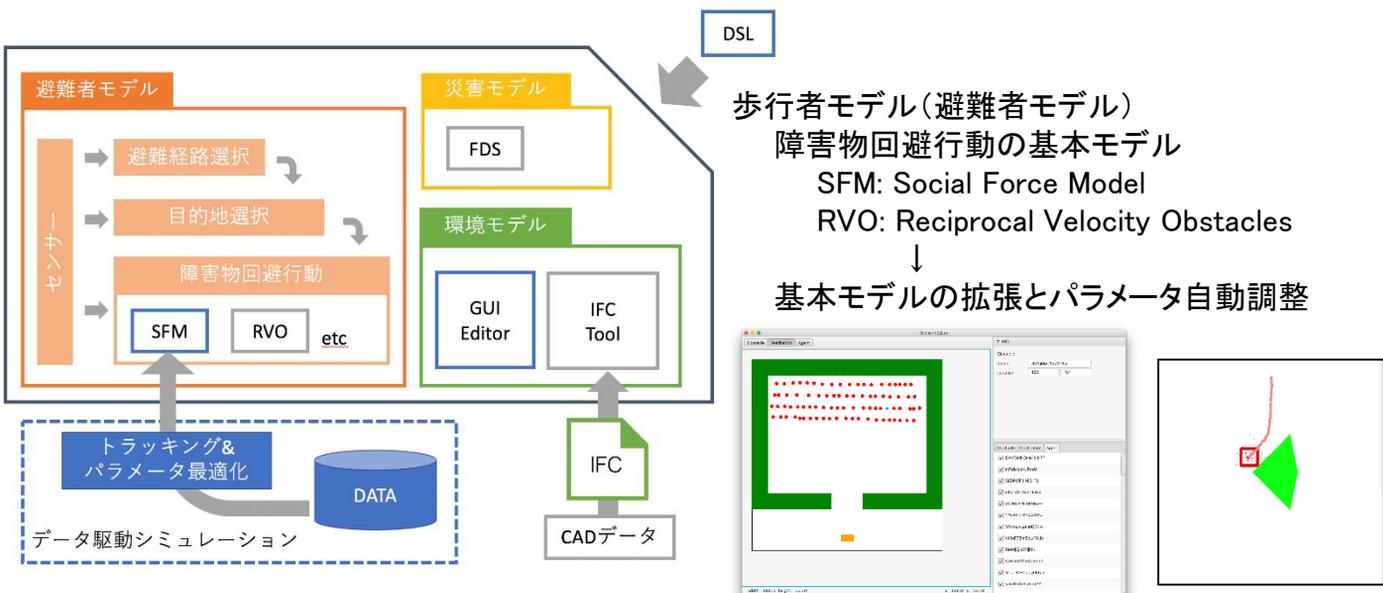




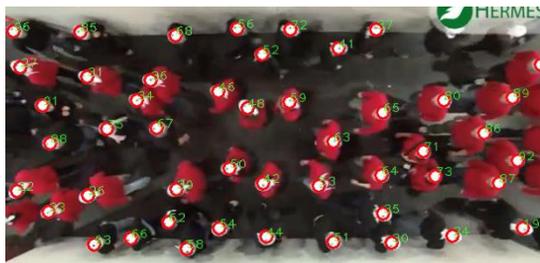
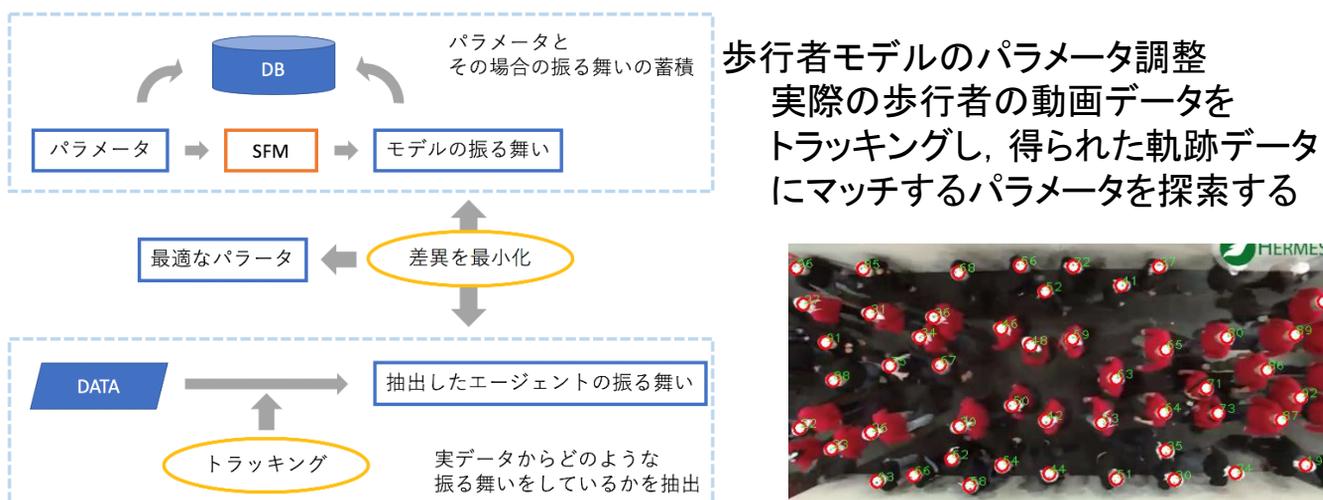
防災減災のためのシミュレーションとIoTセンサによるリアルタイム計画立案, 仮想現実の活用

データ駆動シミュレーションによるパラメータの最適化

シミュレーションの全体像



実データを元にしたパラメータ最適化



研究者名

管理工学科/開放環境科学専攻 飯島研究室

専任講師 飯島 正

& 【データ駆動・避難シミュレーション】研究チーム(森 文哉)

お問合せ先

メール: iijima@ae.keio.ac.jp

WWW: <http://www.iijima.ae.keio.ac.jp/pub/ktm/2018/>





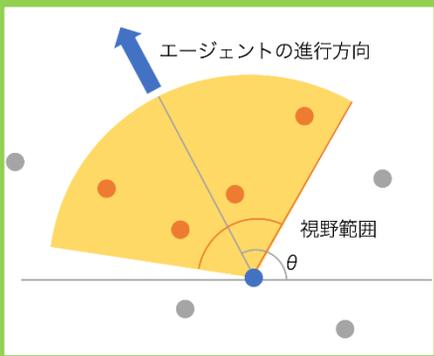
防災減災のためのシミュレーションとIoTセンサによるリアルタイム計画立案, 仮想現実の活用

Social Force Modelの拡張とシナリオ記述言語の設計

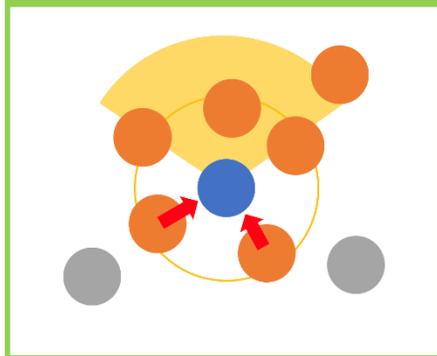
Social Force Modelの拡張

シミュレーションモデルの一つであるSocial Force Modelに 視野の導入、周囲の把握、追従行動、煙への反応、摂動の導入などを追加し拡張

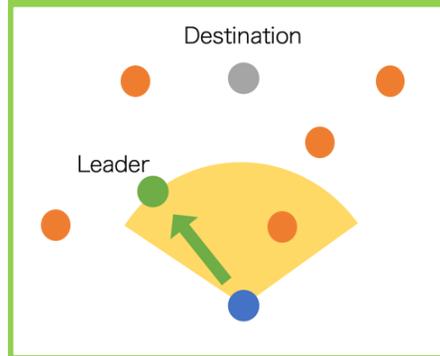
視野の導入



周囲のエージェントの把握



追従行動



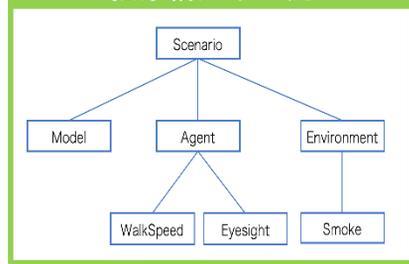
シナリオ記述言語の設計

- ・様々なシミュレーションモデルを切り替え、オプションの着脱を可能にする
- ・同一プラットフォーム上で実行し、モデルを比較可能にする

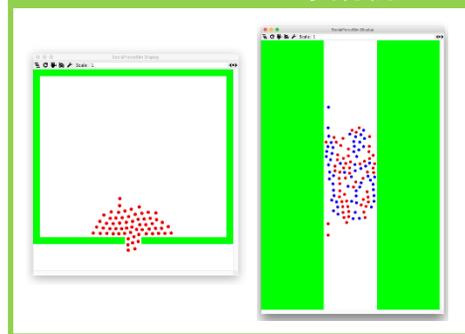
シナリオ記述の例

```
シナリオ {
  モデル {
    SocialForceModel
  }
  避難者 {
    歩行速度は、ゆっくり。
    視野は、狭い。
  }
  環境 {
    煙は、薄い。
  }
}
```

抽象構文木の例



シミュレーションの実行例



シナリオ記述言語

構文定義

構文解析器

JavaCC
JJTree

抽象構文木

Javaコード

Mason
simulation

研究者名

管理工学科/開放環境科学専攻 飯島研究室

専任講師 飯島 正

& 【データ駆動・避難シミュレーション】研究チーム(森 文哉)

お問合せ先

メール: iijima@ae.keio.ac.jp

WWW: <http://www.iijima.ae.keio.ac.jp/pub/ktm/2018/>





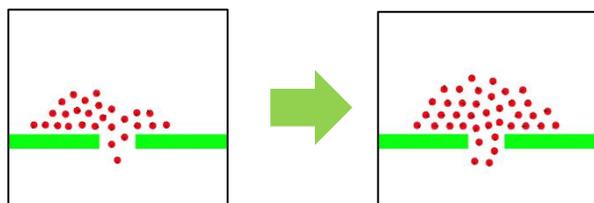
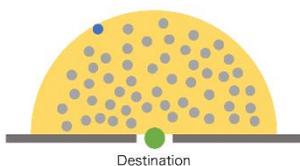
防災減災のためのシミュレーションとIoTセンサによるリアルタイム計画立案, 仮想現実の活用

Social Force Modelの拡張と群衆行動の再現

SFMの拡張前後における一般的な群衆行動の再現と比較

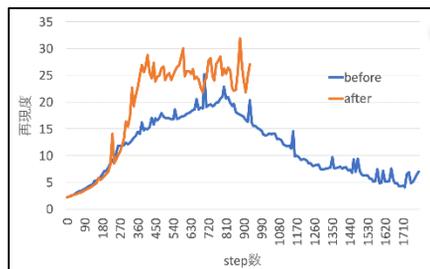
出口付近でのアーチ状の滞留の再現

出口に人が殺到したときに起きるアーチ状の滞留をシミュレーションで再現し、その結果を比較する。



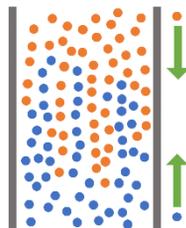
before

after

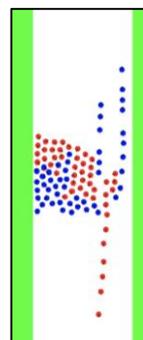
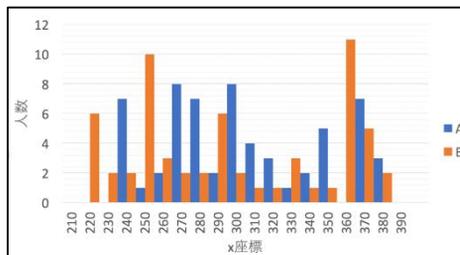


対面交差時のレーン形成の再現

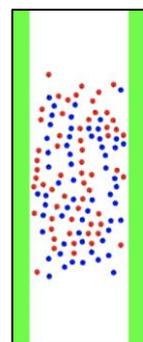
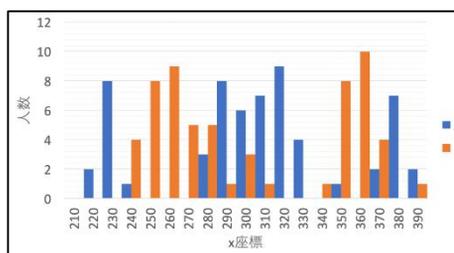
群衆同士が対面交差したときに見られる歩行者がレーン状に連なる現象を再現し、その結果を比較する。



before



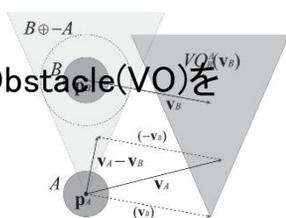
after



拡張前は交差時に滞留を起こしてしまっていたが、拡張後は滞留がなくなり、レーンを形成しスムーズな交差を再現できた。

Reciprocal Velocity Obstacles(RVO)

A, Bが衝突するBに対するAの相対速度Velocity Obstacle(VO)を定義し、お互いがVO外の速度を選択し衝突を回避するモデルをRVOといい下式で表される。



$$RVO_B^A(v_B, v_A) = \{v_{A'} \mid 2v_{A'} - v_A \in VO_B^A(v_B)\}$$

研究者名

管理工学科/開放環境科学専攻 飯島研究室

専任講師 飯島 正

& 【データ駆動・避難シミュレーション】研究チーム(森 文哉)

お問合せ先

メール: iijima@ae.keio.ac.jp

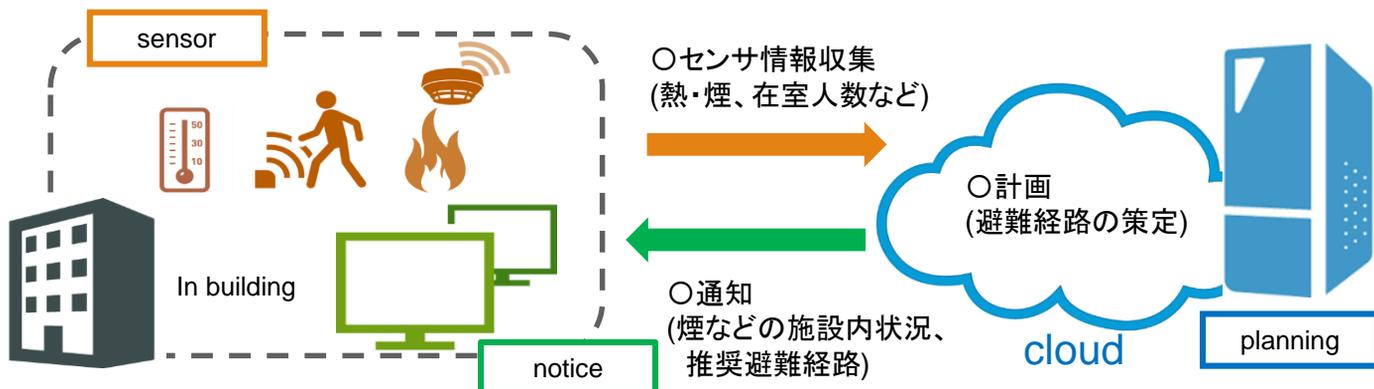
WWW: <http://www.iijima.ae.keio.ac.jp/pub/ktm/2018/>



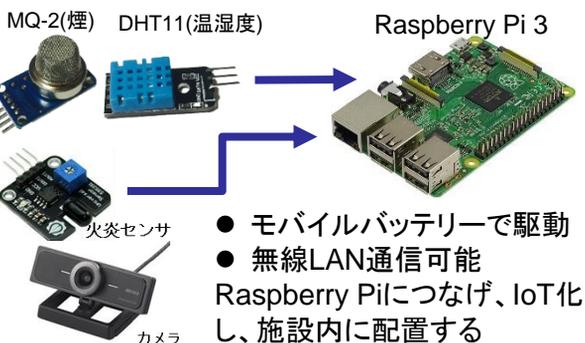


防災減災のためのシミュレーションとIoTセンサーによるリアルタイム計画立案, 仮想現実の活用

IoTセンサーを用いたリアルタイム避難計画立案



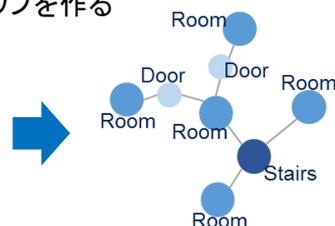
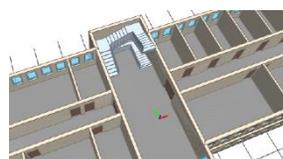
IoTセンサ



リアルタイム避難計画策定

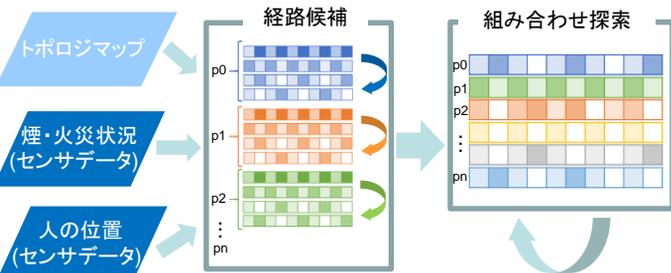
経路探索のためのトポロジマップ生成

IFCデータに含まれるドアや階段などのオブジェクトデータを抽出し、トポロジマップを作る



避難計画策定

各地点からの経路候補を列挙し、混雑を回避した組み合わせを探索. センサ情報から避難までの離散型Simを行い、避難者全員の平均所要時間を評価値とし、メタヒューリスティクスを用い、準最適解を求める



被災者への通知

IFCデータ JSON形式 施設内見取り図



施設内のディスプレイに

- 被災状況(煙・炎)
- 状況に応じた推奨避難経路を表示する

研究者名

管理工学科/開放環境科学専攻 飯島研究室

専任講師 飯島 正

& 【IoTセンサ活用(リアルタイム避難計画)】研究チーム(安藤 慧)

お問合せ先

メール: iijima@ae.keio.ac.jp

WWW: <http://www.iijima.ae.keio.ac.jp/pub/ktm/2018/>





防災減災のためのシミュレーションとIoTセンサによるリアルタイム計画立案, 仮想現実の活用

避難行動パターンを仮想現実空間で活用するためのシナリオ記述

背景①



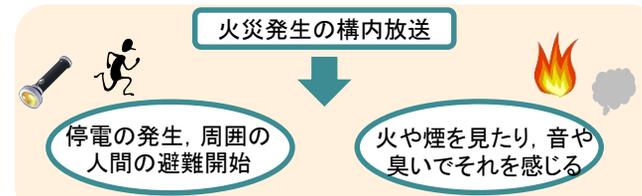
1年間当たり
約45,000件の火災
約1,700人の死者

50%は
逃げ遅れが原因

- 災害が起きた際には、起こってしまった災害からどう避難するかが重要になってくる。
- 避難訓練が避難スキルの向上に有効であることは、よく知られている。

背景②

・屋内火災が発生した時、火災発生時の放送があっても被災者はすぐに避難行動を開始せず、様子見の姿勢をとることが多い。



- その避難行動は人によって異なる
- 当研究室では、以前に机上でのアンケートで行動選択データを収集した。

問題点①

・本格的な避難実験は殆ど行われることがない。
小学校や中学校で行われる避難訓練は、教室から整列して移動し、校庭にあつまただけ、といったものばかりである。

- 実際の避難の状況とかけ離れていて、あまり役に立たない
- いろいろな場所、
いろいろな状況
- 臨場感のある避難

問題点②

・紙のアンケートだと伝わりづらい部分がある。
想定されている被災状況を説明し、理解してもらうことが容易ではなく、実際の行動選択と一致しないことも考えられる。

例) 一方の出口には人が殺到して混雑していますが、他方は空いています。あなたは建物の外へ行きたいときあなたがと思った行動を選んでください。

解決策

仮想現実空間(VR)において屋内火災を体験させ、多様な状況設定での避難訓練を実施する。

- 総合的で現実的な避難スキルの向上を図る。

仮想現実空間内で行動データを収集

- 紙のアンケートとの結果を比較する。
- ※その際には生体情報も収集し、データ取得時の被験者の情報をより詳細に把握する

提案

体験型避難訓練、行動選択データの収集 ← 様々な状況での火災(シナリオ)を体験してもらう



- 状況ごとに一から手作業で実装するには手間がかかる。
- シナリオ設計を想定している、防災の専門家がプログラミングの知識を併せ持つことは、必ずしも期待できない。
- 誰もがシナリオを簡単に設計できるシナリオ記述言語の提案

研究者名

管理工学科/開放環境科学専攻 飯島研究室
専任講師 飯島 正
& センサー研究チーム

お問合せ先

メール: iijima@ae.keio.ac.jp
WWW: <http://www.iijima.ae.keio.ac.jp/pub/ktm/2018/>





防災減災のためのシミュレーションとIoTセンサによるリアルタイム計画立案, 仮想現実の活用

避難行動パターンを仮想現実空間で活用するためのシナリオ記述

VR空間の構築

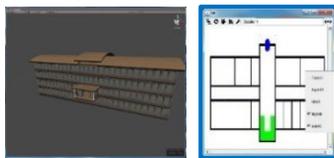
■ Unity

- Unity Technologiesによって開発されたゲームエンジンおよび統合開発環境
- 主にゲーム製作のための、さまざまなアセット(部品)が用意されている。
- 本研究ではC#言語を用いる。



■ BIMによる建設物表現方法

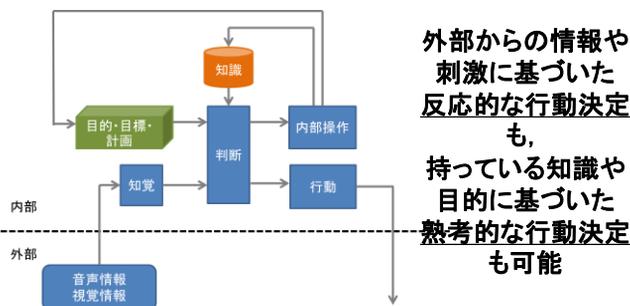
- IFC形式の三次元CADの設計図データから建造物の構造情報を取得し、VR空間の構築と避難シミュレーションに利用



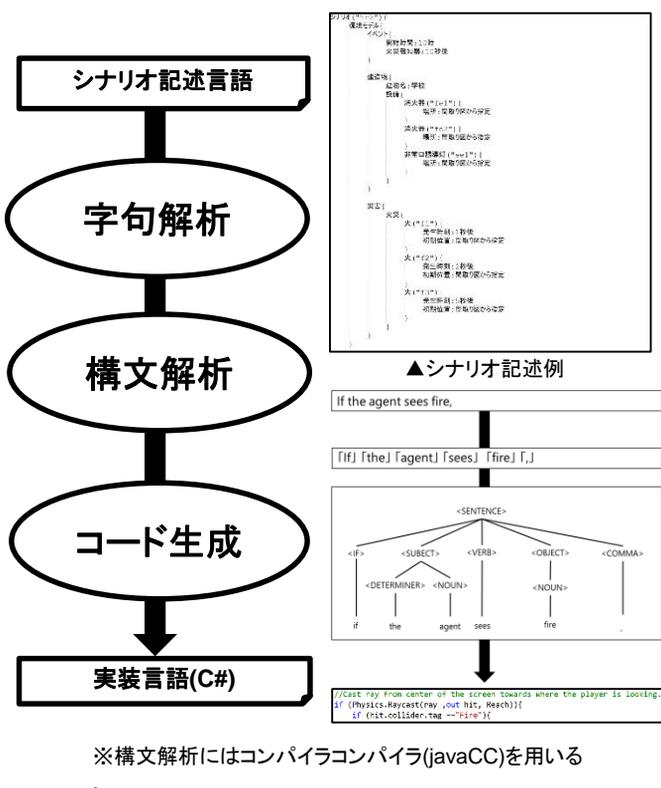
▲VR空間における建造物 ▲位置情報入力ツール

避難行動決定モデル

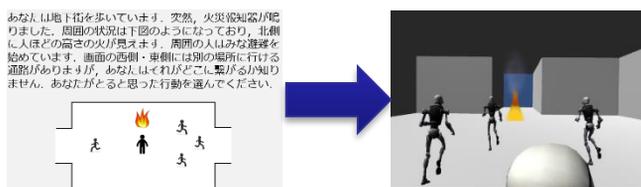
・各エージェントが外部からの刺激をもとにどのような行動をするかの目標リストを持ち、エージェントごとにどの行動をとるか判断する。



シナリオ記述言語から実装言語への変換

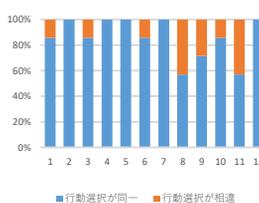


行動選択データの収集



▲紙のアンケート

▲VRでの映像

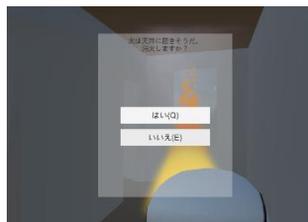


紙とVRで被験者の行動選択の違いが生じるか調べたところ、左図のように、複数のシナリオで行動選択が変わった

- ・VRで見ると、想像したよりも火が大きかった
- ・紙では分からなかったが、VRだと狭い出口に人が密集しているのがよく分かった など

→避難時の行動データの精度が向上した

避難トレーニング



- ・VR内で質問に答えながら、避難スキルを身につけてもらう
- ・より直感的な操作方法でトレーニングができるように、デバイスを一新して開発中

研究者名

管理工学科/開放環境科学専攻 飯島研究室
専任講師 飯島 正
& センサー研究チーム

お問合せ先

メール: iijima@ae.keio.ac.jp
WWW: <http://www.iijima.ae.keio.ac.jp/pub/ktm/2018/>

