

共同住宅の震災デジタルツインによる 強レジリエント社会実現

研究開発代表者：梶原浩一（防災科研）

主たる共同研究メンバー：

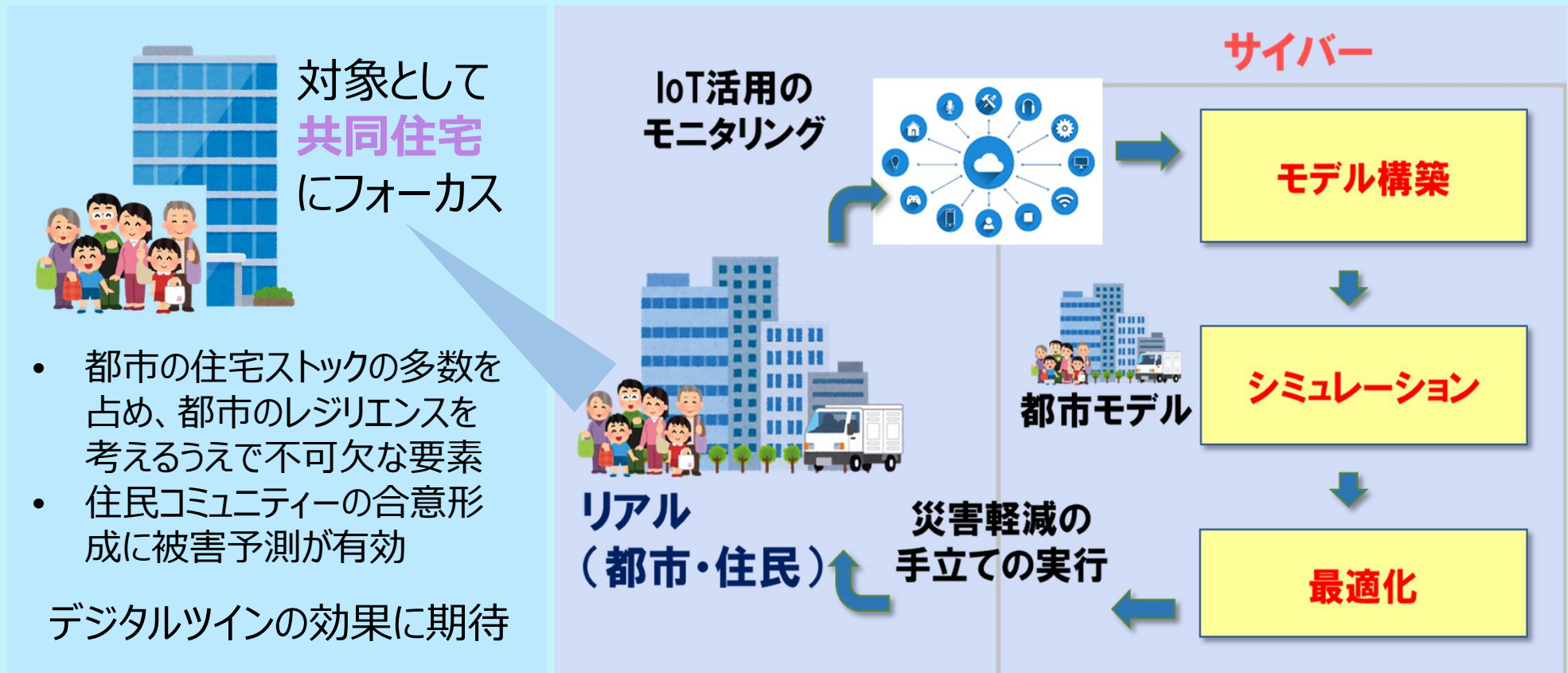
関本義秀（東京大学）、小泉秀樹（東京大学）、藤田聡（東京電機大学）
皆川佳祐（埼玉工業大学）

協力・研究機関：

一般社団法人武蔵小杉エリアマネジメント、株式会社長谷工コーポレーション、
I-レジリエンス株式会社

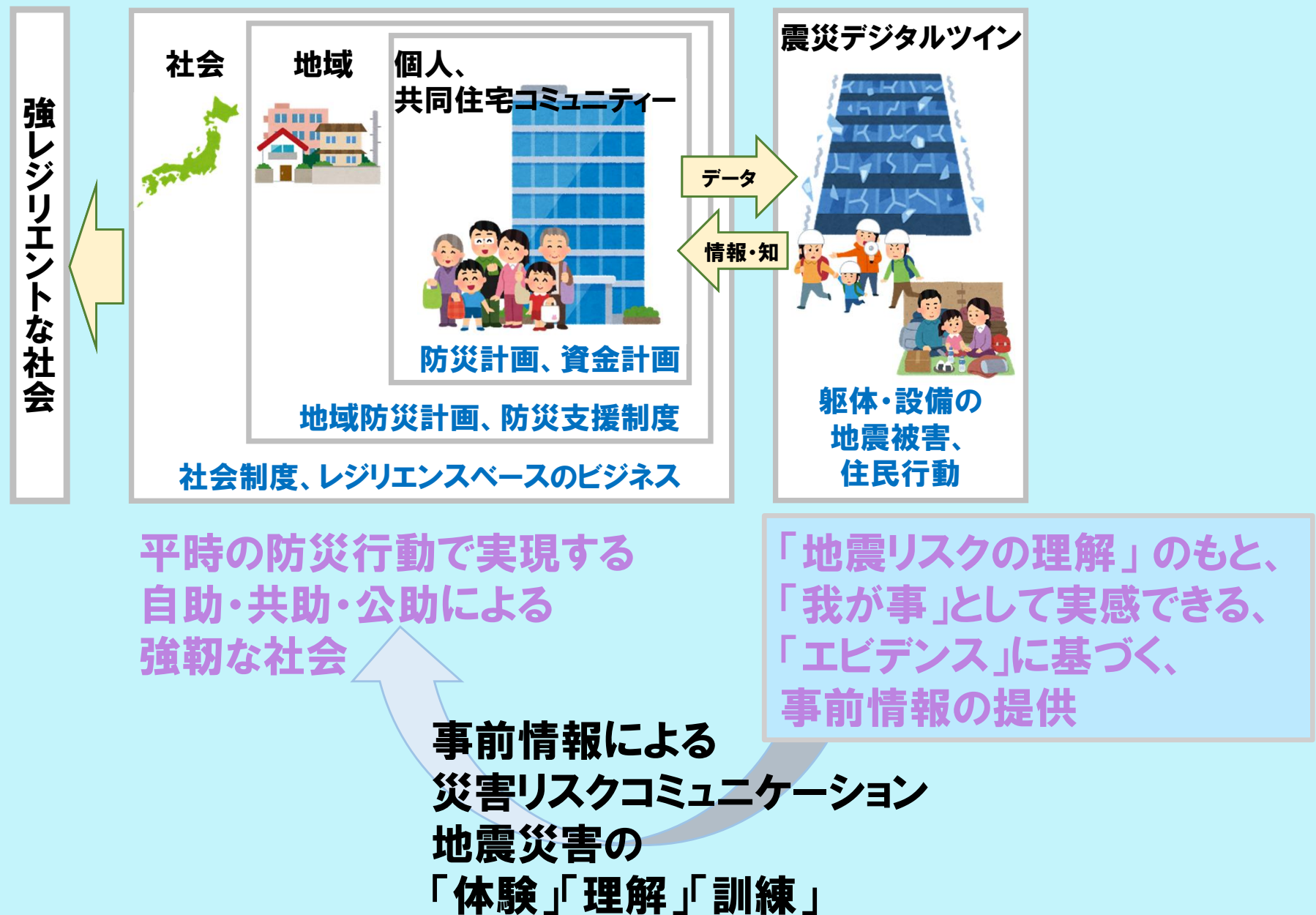
研究の目的

都市を構成し持続的な住環境を提供する共同住宅を対象に、地震被害と住民行動を評価するデジタルツイン（震災デジタルツイン）を構築し、人々の生活と経済活動を維持・継続できる強レジリエントな社会を実現する。



都市のデジタルツインへの展開

震災デジタルツインの目指す未来社会



研究概要

- **震災デジタルツインの構築**

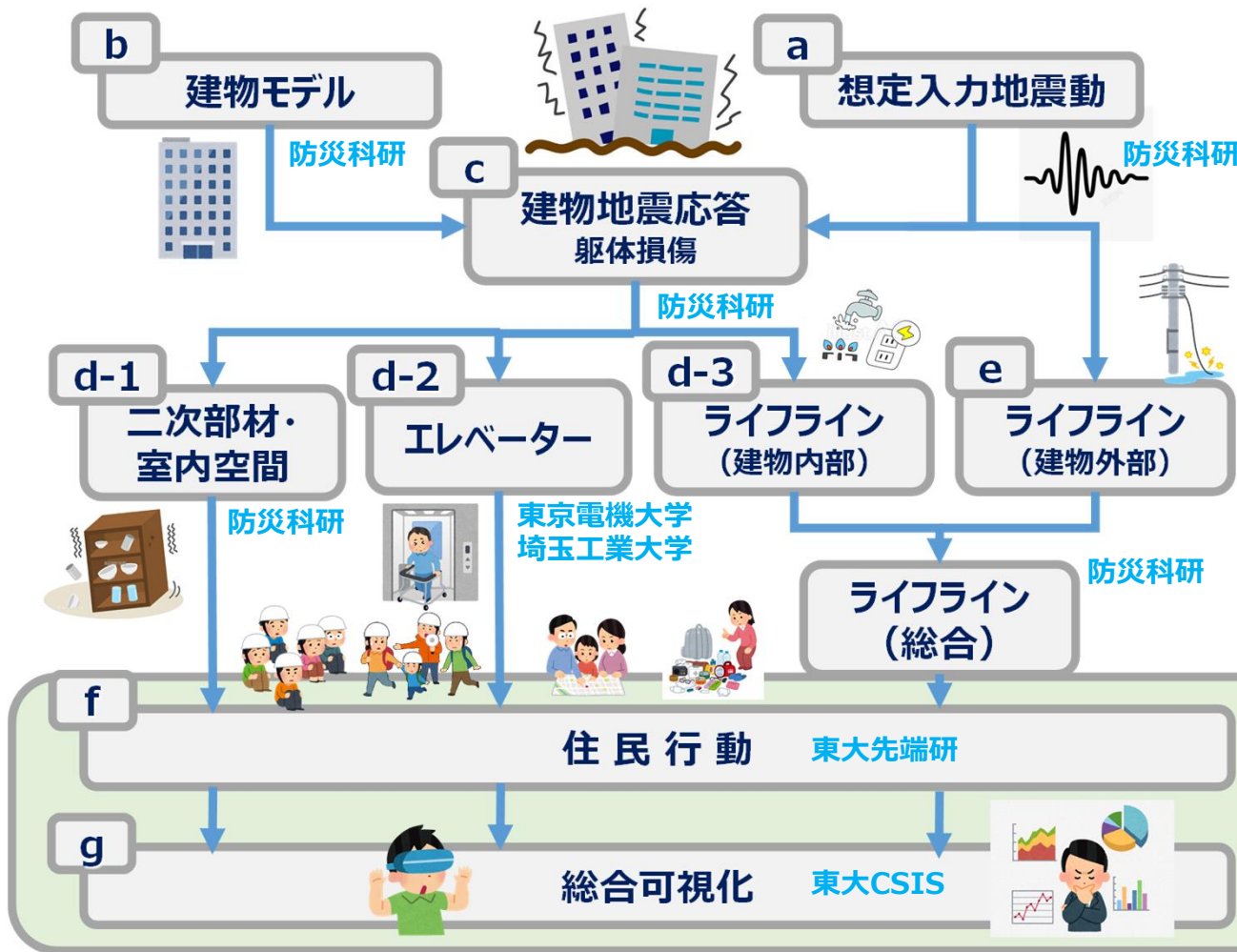
都市の大規模データの収集・活用と機械学習等による分析・処理により、地震動予測から共同住宅建物の地震応答評価を経て、住宅機能評価および住民行動予測に至るデジタルツインを実現し、その結果を統合的に可視化する

- **震災デジタルツインによる都市のレジリエント化手法の構築**

共同住宅居住者の行動選択・把握を踏まえ震災デジタルツインを活用した住民と関係者同士のリスク・コミュニケーション手法および意思決定手法を構築する

実施体制と研究課題

(1)-1 震災デジタルツインの機能ブロック 基本技術開発



統合

(1)-2 プロトタイプ構築と試行

とりまとめ 防災科研
全研究担当者

利用

(2) 震災デジタルツインを活用したサービスの創出

(2)-1 震災デジタルツイン活用による社会の強レジリエント化の仮説立案
東大先端研 防災科研

(2)-2 震災デジタルツインによる最適施策の導出
防災科研

反映

震災デジタルツインの構築とレジリエント化手法の検討

研究課題について

探索研究の終了時点の目標

計画書記載内容「震災デジタルツインを構成する**ブロック間をつなぐデータ構造を整理しプロトタイプを整備**、および、試行用データ作成し、**震災デジタルツインプロトタイプを試行**する。ブロック間のデータ引渡しはファイルによるバッチ方式とする。」

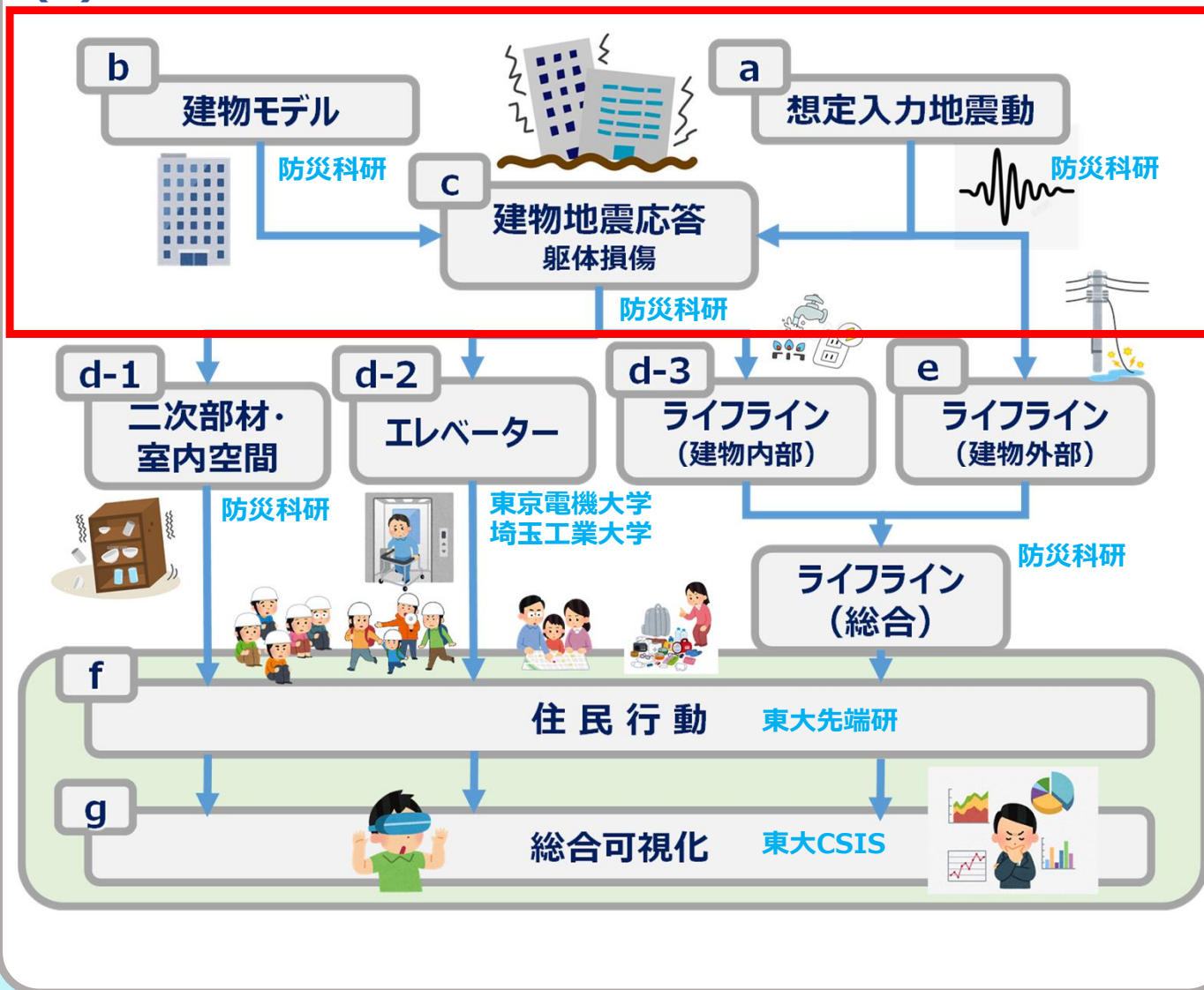
*「ブロック間のデータ間をつなぐデータ構造の整理」

2023年度末に、各ブロックを担当するチーム個別に、現時点で計画しているブロックの機能と、想定している入出力について打合せ。上流ブロックに期待する入力データを確認。今後、試行に向けて各ブロック間のすり合わせを実施

* ブロック間のデータを連動したシステム構築については本格研究での課題

構成ブロックについて

(1)-1 震災デジタルツインの機能ブロック 基本技術開発



統合

(1)-2 プロトタイプ構築と試行

とりまとめ 防災科研
全研究担当者

利用

(2) 震災デジタルツインを活用したサービスの創出

(2)-1 震災デジタルツイン活用による社会の強レジリエント化の仮説立案

東大先端研 防災科研

(2)-2 震災デジタルツインによる最適施策の導出

防災科研

反映

想定入力地震動((1)-1a)

機能：

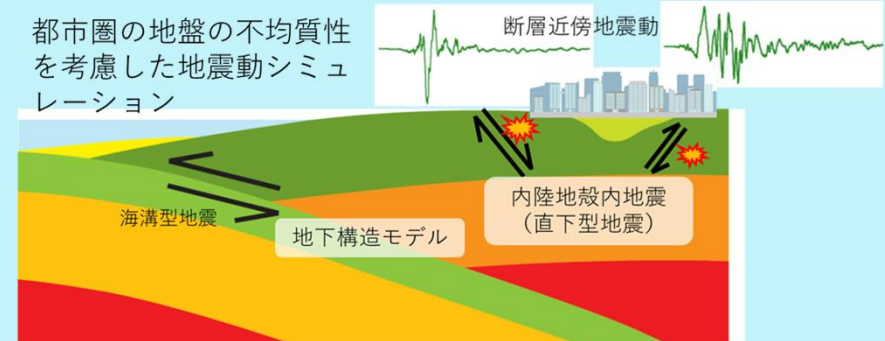
断層位置・地震規模・破壊様式など、様々な不確定性を考慮し、想定しうるケースを網羅した想定入力地震動群を作成する

入力：

- ・ 震源位置、シナリオ数ケース（断層・地下構造モデル）
- ・ 評価地点（地震動を生成する場所）：緯度、経度
- ・ 評価地点の地盤モデル

出力：

- ・ 評価地点の水平 2 方向、上下方向の加速度／速度の時刻歴波形
- ・ 一つの震源に対して数百ケースほどの地震動
- ・ 「建物応答・躯体損傷」「ライフライン（外部）」の入力となる



既存地震動波形データ集合から時間・周波数領域の特徴を引き継ぐ**新たな地震動波形群を作成する手法を開発**

ステップ 1

地震発生シナリオに基づき地震動波形生成

ステップ 2

Wavelet Packet変換（WP変換、特徴量抽出）

ステップ 3

WP変換結果をオートエンコーダで次元圧縮し潜在変数作成

ステップ 4

潜在変数の確率分布推定

ステップ 5

逆WP変換で地震動波形群を作成

概要：共同住宅の地震被害評価のための多様な地震動波形群を作成

- ・ **2023年度に開発した手法（入力地震動波形群の多様性確保のため**多数の震源シナリオの地震動シミュレーションを少ない計算コストで実現**）**に基づき、プログラムを作成し、数値計算を実施
- ・ 防災科研公開の地盤データにより、震災デジタルツイン試行サイト（川崎市）の地盤構造モデルを作成し入力地震動波形群作成の数値計算を実施

建物モデル((1)-1b)

機能：

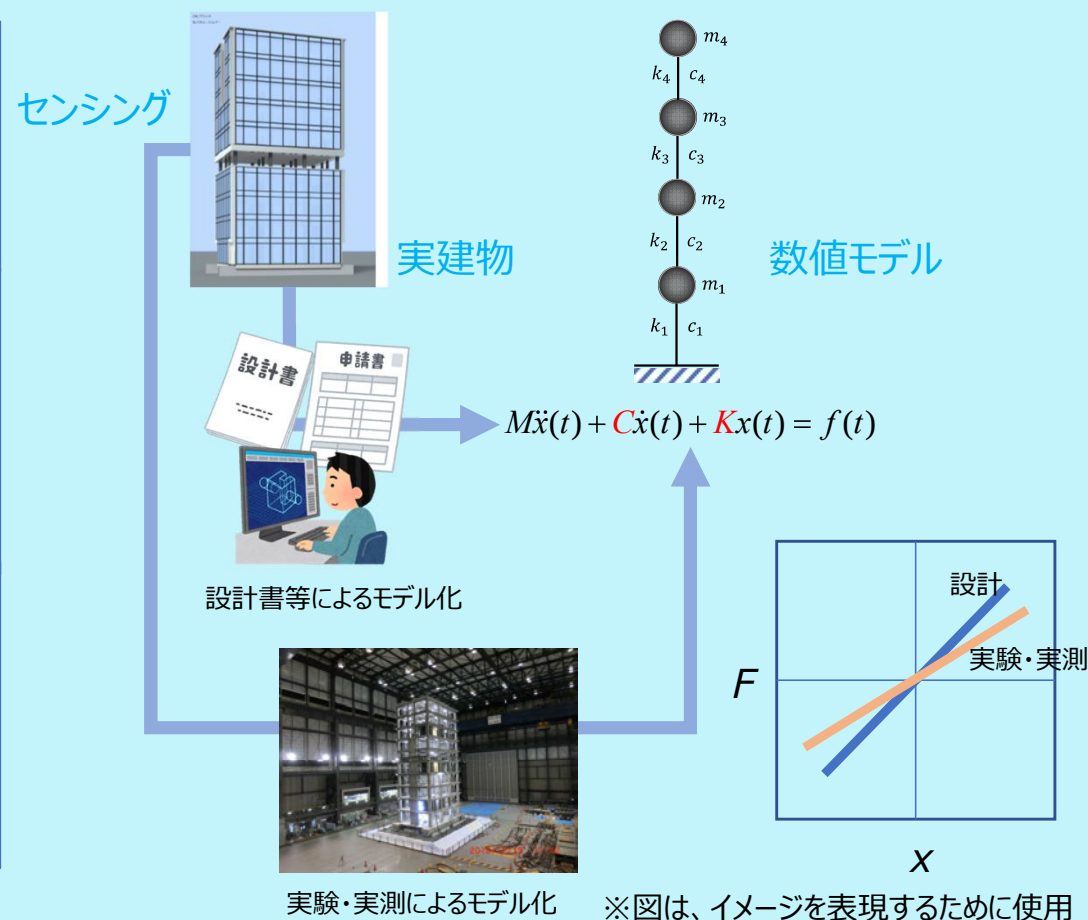
社会で供用されている建物の地震における応答特性を表現するパラメータを、建物振動計測データにより取得・更新する

入力：

- 建物データ（構造形式（鉄骨、RCなど）、階数、各階の質量 M ）
- 建物応答データ（基礎に加わる加速度（地震動）と、それに対する各階の応答加速度）

出力：

- 建物数値モデルの減衰マトリクス C
- 建物数値モデルの剛性マトリクス K
- （将来的には）、 C と K の時間変化
- 「建物応答・躯体損傷」の入力となる



概要：実建物の情報を得るため、検証用実験データを用い建物モデル同定手法を開発・検証

- 入力地震動と建物各層の地震応答の関係からシステムを逆解析し建物振動特性パラメータ（剛性、減衰）の時間変動を取得する手法を開発
- 非線形範囲への拡張のため非線形増分解析による逆解析の計算処理安定化を検討。本年度も継続

建物モデル((1)-1b)

10階建てオフィスビル建物試験体

2023年2月の実験でデータ計測（予算活用）

■ 寸法

- 幅12m，奥行8m，高さ27m
- 階数：10
- 重量：700トン

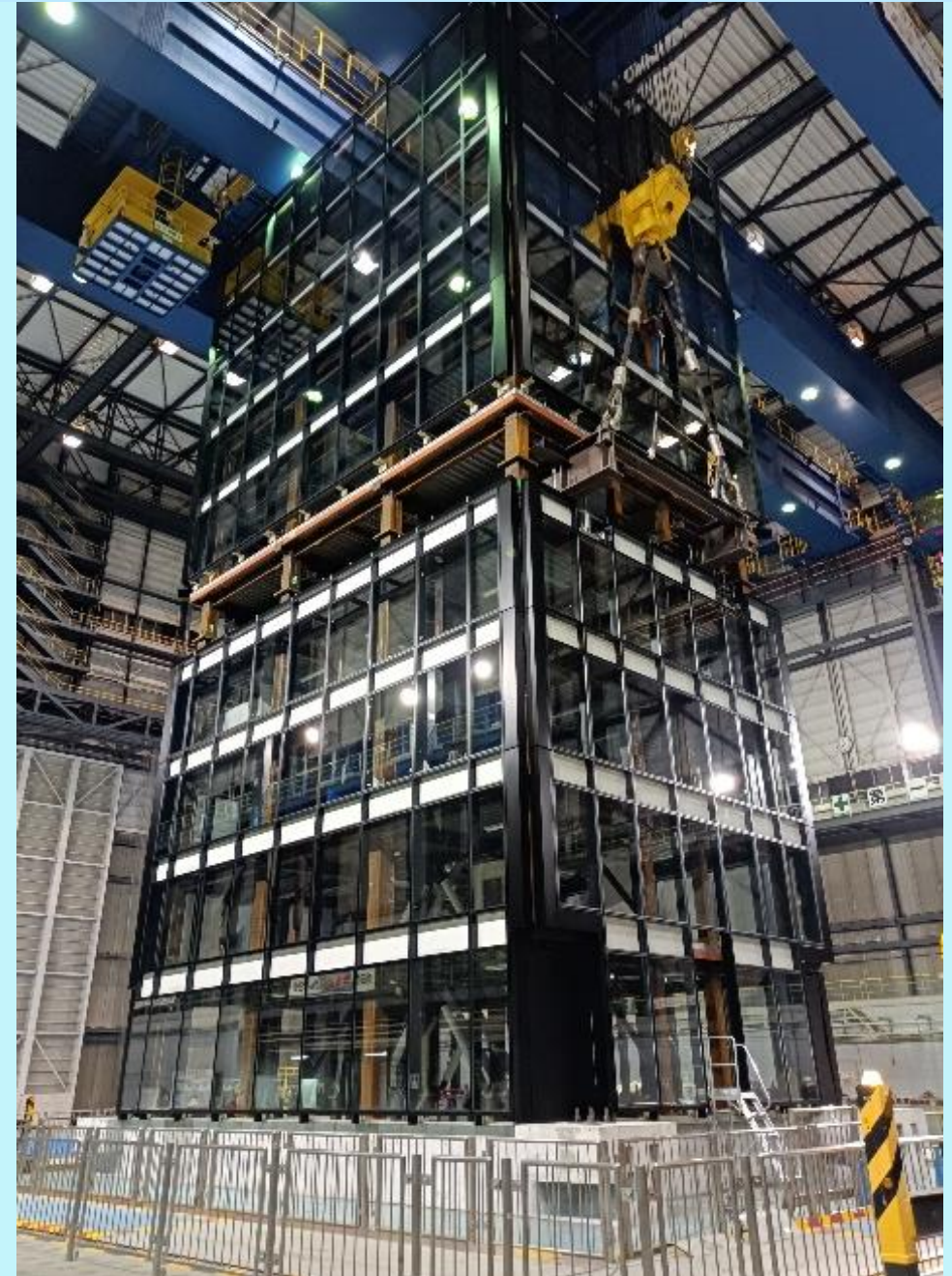
■ 試験体の設計

- 現行の建築基準法
- 一般的なオフィスビルを想定

■ 試験体の構造：鉄骨造

- 長辺：筋交いあり
- 短辺：筋交いなし

■ 頻発地震を想定した中小地震加振



建物モデル((1)-1b)



建物地震応答・躯体損傷((1)-1c)

機能：

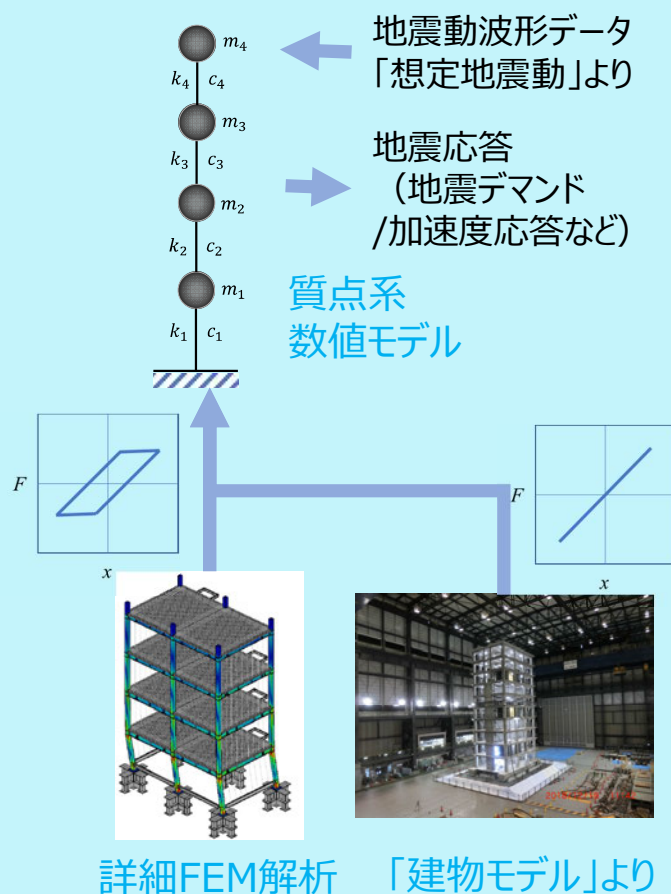
設定した建物モデルに、地震加速度が加わった際の地震デマンドの応答を算出する
一定数の地震応答シミュレーションのサンプルから、シミュレーションと等価な応答曲面を生成する

入力：

- 建物モデル（質点系数数値モデル）：詳細FEMモデル、もしくは、「建物モデル」より
- 地震動波形データ：機械学習のために数十～数百ケース、被害関数生成のために数千ケース：「想定地震動」より

出力：

- 地震デマンドの時刻歴解析結果（床応答加速度、層間変形角など）：ステップ1
- 地震デマンドの応答曲面：ステップ2
- 地震デマンド被害関数（ fragility ）：ステップ3



ステップ1

非線形数値シミュレーションによる地震デマンド算出

ステップ2

地震動パラメータに対する地震デマンドの応答曲面作成（機械学習）

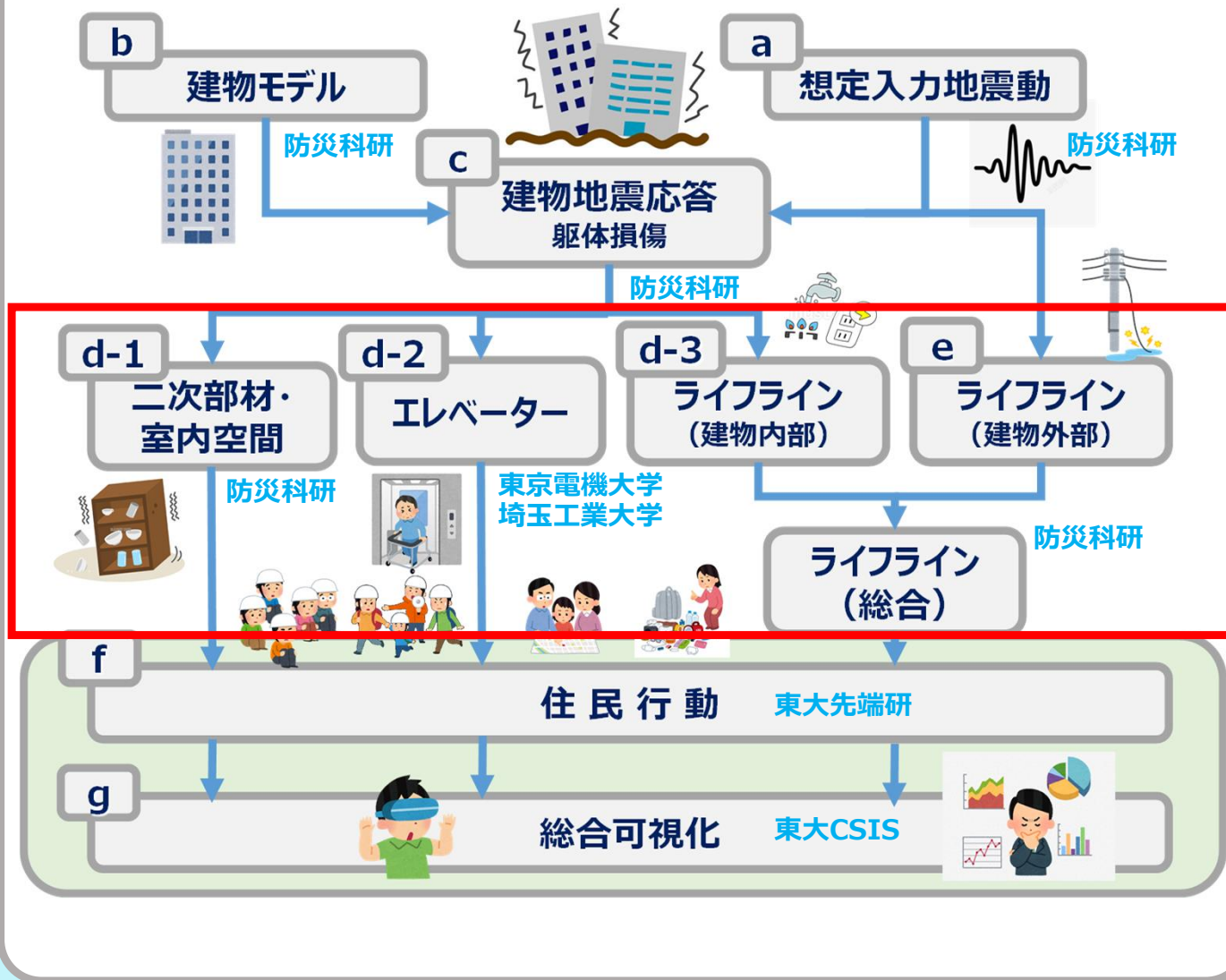
ステップ3

応答曲面を使った被害関数の作成

概要：地震で発生可能性のある事象を網羅的に示すため、**地震リスク評価指標（地震デマンド：例えば、最大層間変形角など）を、地震動入力を説明変数として示す被害関数を構築**
・開発の手法で生じる波形再現誤差を階層型オートエンコーダ導入で改善。手法効果検証のため、10種の地震デマンド応答曲面、および、3種類の地震動強さを説明変数とした**地震デマンド応答曲面を作成**

構成ブロックについて

(1)-1 震災デジタルツインの機能ブロック 基本技術開発



統合

(1)-2 プロトタイプ構築と試行

とりまとめ 防災科研
全研究担当者

利用

(2) 震災デジタルツインを活用したサービスの創出

(2)-1 震災デジタルツイン活用による社会の強レジリエント化の仮説立案

東大先端研 防災科研

(2)-2 震災デジタルツインによる最適施策の導出

防災科研

二次部材・室内空間((1)-1d-1)

機能：

室内空間および二次部材に関する地震被害を定量的に評価する

入力：

- 入力地震動：「想定地震動」より
- 各層の床応答加速度と層間変形角：「建物応答・躯体損傷」より
- 建物損傷データ（ひび割れ、ほか）：3Dアニメーション：「建物応答・躯体損傷」より
- 建物被害度評価（応急危険度判定など）：「建物応答・躯体損傷」より
- 室内空間・二次部材の応答：家具什器の移動量の時刻歴と3Dアニメーション：「建物応答・躯体損傷」より

出力：

- 室内空間の被害度（例：大、中、小、無）
- 家具個別の被害度（動きベクトルの利用）
- 非構造部材の被害度（画像解析の利用）



室内空間(地震前)



室内空間(地震後)



室内空間被害の定量的評価の検討

- 被害度判断の必要項目選定と、画像解析による室内空間被害の定量的評価技術の開発の検討
- 「地震前画像」と「被害度」の関係の機械学習による室内空間危険度判定の検討

被害評価サンプル取得方法の検討

- 三次元数値解析シミュレーションによる室内被害映像の検討
- シミュレーション被害映像による学習データの充実化の検討

概要：地震時の家具転倒などは住民の避難行動に影響するため、住民の地震時行動の基礎となる**室内被害度の定量化のため**、被害度基準策定、および、**動画画像を利用した判定法開発を推進**
・室内被害画像から被害度を判定する技術開発を推進。**撮影動画画像からオブジェクトごとの直線成分を算出し被害度を評価する手法を提案し、動画画像解析プログラムを構築**

研究実施者（敬称略）：防災科研 地震減災実験研究部門 佐藤栄児 福井弘之 小松佑人 阿部弘

エレベーター((1)-1d-2)

機能：

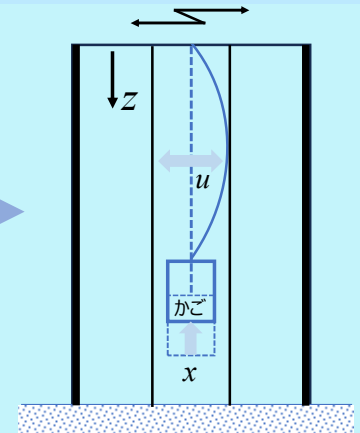
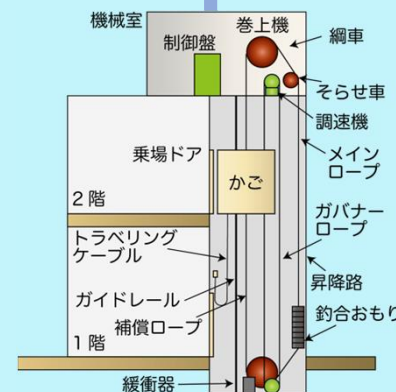
エレベーターの地震後の運行可否を評価するためのエレベーターロープの地震応答とエレベーター機器の耐震性を評価する

入力：

- ・ 建屋（各層）の応答変位：「建物応答・躯体損傷」より
- ・ 建屋（各層）の層間変形角（レール等の評価）：「建物応答・躯体損傷」より
- ・ 建屋（各層、地面）の応答加速度（制御盤等の評価）：「建物応答・躯体損傷」より
- ・ 周辺エリアの最大加速度分布（保守員の参集）：「想定地震動」より

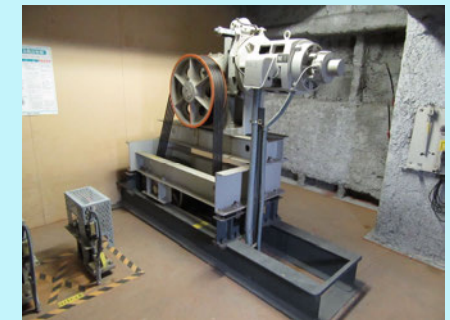
出力：

- ・ エレベーターロープの応答変位
- ・ エレベーター機器の損傷確率
- ・ かご位置により応答が変わるので、確率変数として表記することも検討



$$\rho A \left(\frac{\partial}{\partial t} - V \frac{\partial}{\partial z} \right)^2 u + C \left(\frac{\partial}{\partial t} - V \frac{\partial}{\partial z} \right) u - \frac{\partial}{\partial z} \left(T(x, z) \frac{\partial u}{\partial z} \right) = 0$$

ロープの振動解析



機器類の地震強度

概要：エレベータの地震被害評価環境を構築する。地震時に課題となるエレベーターロープ類引掛りの評価のため、**ロープの水平方向地震応答解析プログラムを開発・改良（高精度化）**

- ・ 震災デジタルツイン試行対象の15階建て建物設置のエレベーターロープの地震応答解析を試行
- ・ 最終年度に、エレベーター機器の耐震強度向上策について**リスク評価手法を用いて検討**

研究メンバー（敬称略）：東京電機大学 工学部 藤田聡 埼玉工業大学 工学部 皆川佳祐

ライフライン(建物内部)((1)-1d-3)

機能：

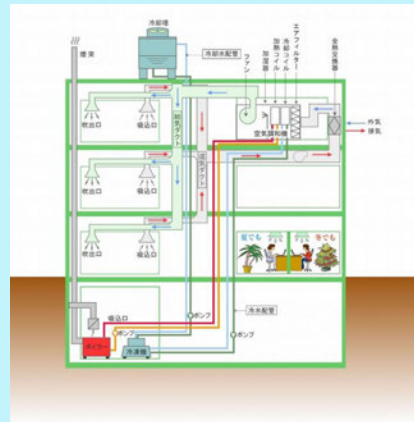
外部から供給されるライフライン（電力、水道、ガス等）の、建物内に設置された機器の地震被害の影響を評価する

入力：

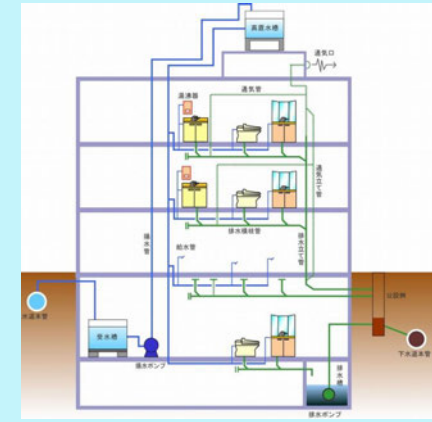
- 建物の基礎の地震加速度：「**想定地震動**」より
- 設備が設置された場所における地震デマンド（最大床応答加速度、震度、層間変形角など）：**「建物応答・躯体損傷」**より

出力：

- 地震デマンドに対する設備の損傷確率
- 関数として表記されるため、地震デマンドの確率分布が与えられると、設備の損傷確率の分布の算出が可能



空気調和換気設備の例



給排水衛生設備の例

参考：一般社団法人 日本空調衛生工事業協会HPより
<https://www.nikkuei.or.jp/>

対象

例えば、電力：受変電設備、自家発電装置、水道：受水槽、高置水槽、ポンプ、配管、など

表現

設備*i*の損失確率（ fragility ） LF_i

$$LF_i = f_i(a)$$

*a*は設備が設置されている場所の地震デマンド（最大加速度など）

概要：共同住宅の生活維持に必要なライフライン（電力、水道など）の地震時供給への建物内部設備の影響（内部）、および、供給網の影響（外部）を評価するため、既往研究を活用。昨年度に引き続き**ライフラインの被害関数設定のための文献調査と分析を実施**

・ライフラインには外部と内部それぞれの被害関数が提案されており、これらから建物へのライフライン供給停止確率を算出できる。調査文献から震災デジタルツイン組込に適切な候補を選択。最終年度は、使用するライフライン被害関数を設定し震災デジタルツイン試行に適用予定。

ライフライン(外部)((1)-1e)

機能：

対象とする建物に対するライフライン（電力、水道、ガス等）供給の地震の影響を評価する

入力：

- ・ ライフライン供給に関わるエリアの地震動（最大加速度、震度等）の分布：「想定地震動」より
- ・ ネットワークを構成するリンク、ノードの脆弱性

出力：

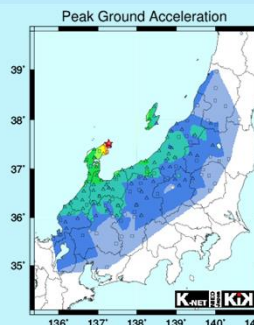
- ・ 対象とする建物へ供給されるライフラインの供給確率

コンセプト

- ・ ライフライン・ネットワークを構成するリンク（例えば送電線）やノード（例えば、変電所）の脆弱性関数を用意
- ・ 最大加速度分布から各リンク、ノードの損傷確率を求め、ネットワーク全体の損傷確率を算出する

概要：共同住宅の生活維持に必要なライフライン（電力、水道など）の地震時供給への建物内部設備の影響（内部）、および、供給網の影響（外部）を評価するため、既往研究を活用。昨年度に引き続き**ライフラインの被害関数設定のための文献調査と分析を実施**

・ ライフラインには外部と内部それぞれの被害関数が提案されており、これらから建物へのライフライン供給停止確率を算出できる。調査文献から震災デジタルツイン組込に適切な候補を選択。最終年度は、使用するライフライン被害関数を設定し震災デジタルツイン試行に適用予定。



2022年06月19日 石川県能登地方の地震による強震動（震度6弱）

<https://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/topics/html20220619150718/>

参考



2024年01月12日 石川県能登地方の地震による断水状況

https://news.tv-asahi.co.jp/news_society/

参考



日本の水道管の老朽化状況

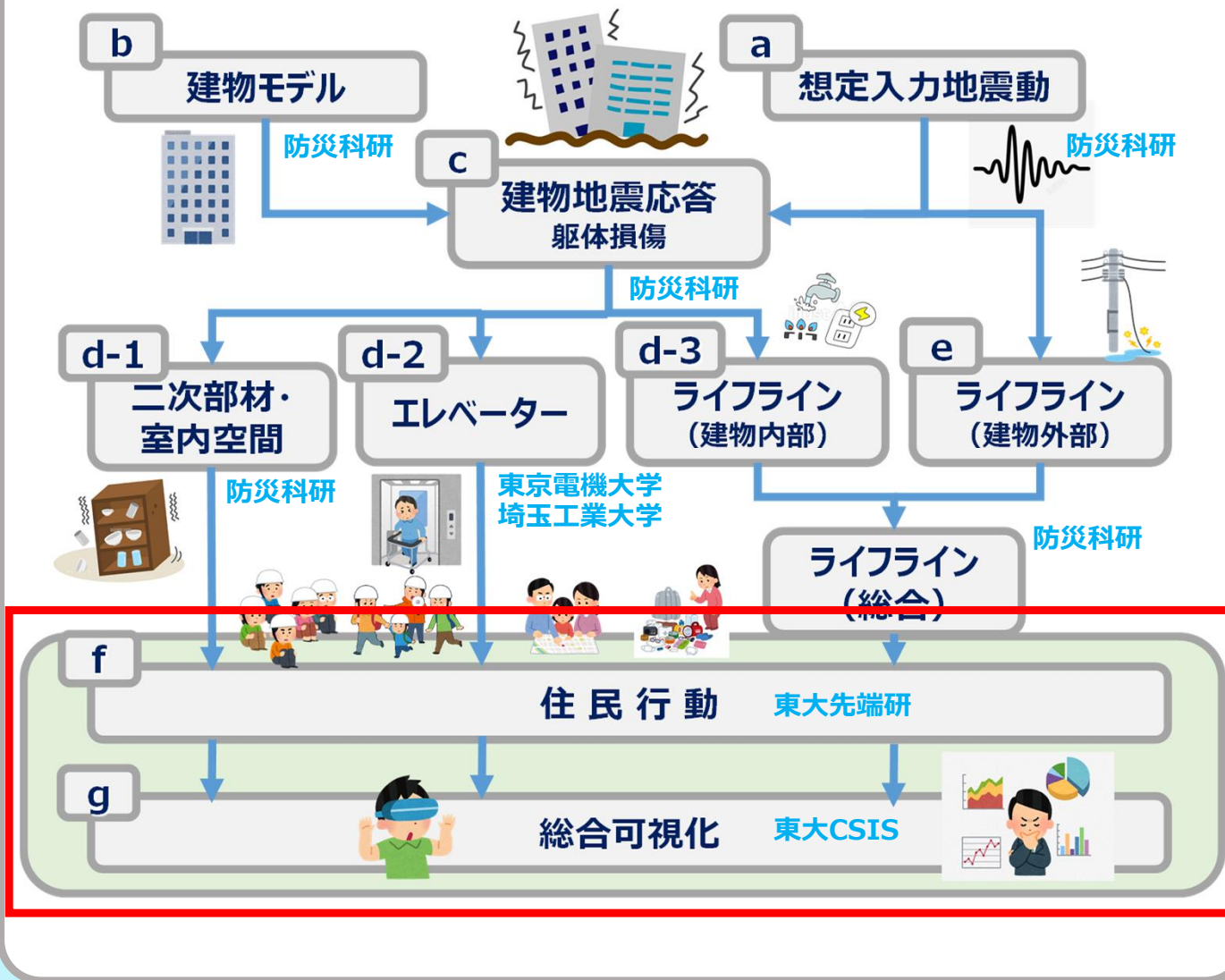
NHKクローズアップ現代：日本の水道管はおよそ72万キロ（地球の18.5周分）、そのうち16万キロは耐用年数40年を経過

上下水道データ：水道統計（日本水道協会）
行政区域データ：国土数値情報（国土交通省）

<https://www.nhk.or.jp/gendai/articles/4893/>

構成ブロックについて

(1)-1 震災デジタルツインの機能ブロック 基本技術開発



統合

(1)-2 プロトタイプ構築と試行

とりまとめ 防災科研
全研究担当者

利用

(2) 震災デジタルツインを活用したサービスの創出

(2)-1 震災デジタルツイン活用による社会の強レジリエント化の仮説立案

東大先端研 防災科研

(2)-2 震災デジタルツインによる最適施策の導出

防災科研

反映

住民行動((1)-1f)

機能：

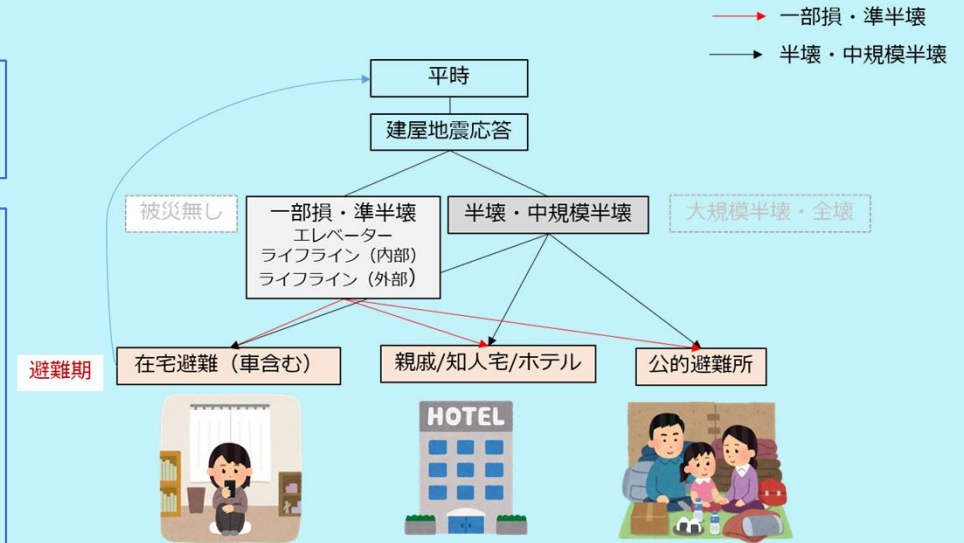
共同住宅住民が地震に被災した場合にとる避難行動を予測する

入力：

- エレベーターの被害（停止日数、復旧コスト）：「エレベーター」より
- ライフラインの被害（停止日数、復旧コスト）：「ライフライン（建物内部、および、外部）」より
- 建物の被災度（応急危険度判定、あるいは、罹災証明）：「建物応答・躯体損傷」より
- 周辺エリアの地震強度分布（もし、あれば）：「想定地震動」より

出力：

- 共同住宅住民の避難先別世帯数
- 避難先からの帰宅可能日数

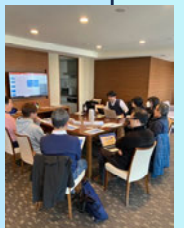


構想

- 建物の被災区分（被災無し、一部損、準半壊、半壊、中規模半壊、大規模半壊、全壊）により行動様式を分類
- 被災無し、大規模半壊・全壊は行動様式にバリエーションがないため、検討から除外
- 避難所運営情報を提示するために、入力データとして各種条件の日単位の変動が必要

概要：発災、即時対応、復旧にいたる避難を含む**中長期の住民行動の予測**を目指す。高層マンション管理組合アンケート、熊本市被災マンションヒアリング、神戸市開示情報の分析から、**共同住宅住民の行動モデル変数候補を選択**

・川崎市高津区・宮前区で直下型地震での分散避難に関するWeb調査、武蔵小杉地区高層マンション管理組合（9件）へのアンケート調査、熊本地震で大規模半壊の罹災証明書を受けたマンション管理組合（8件）のヒアリング調査、神戸市開示マンション実態情報の分析を実施

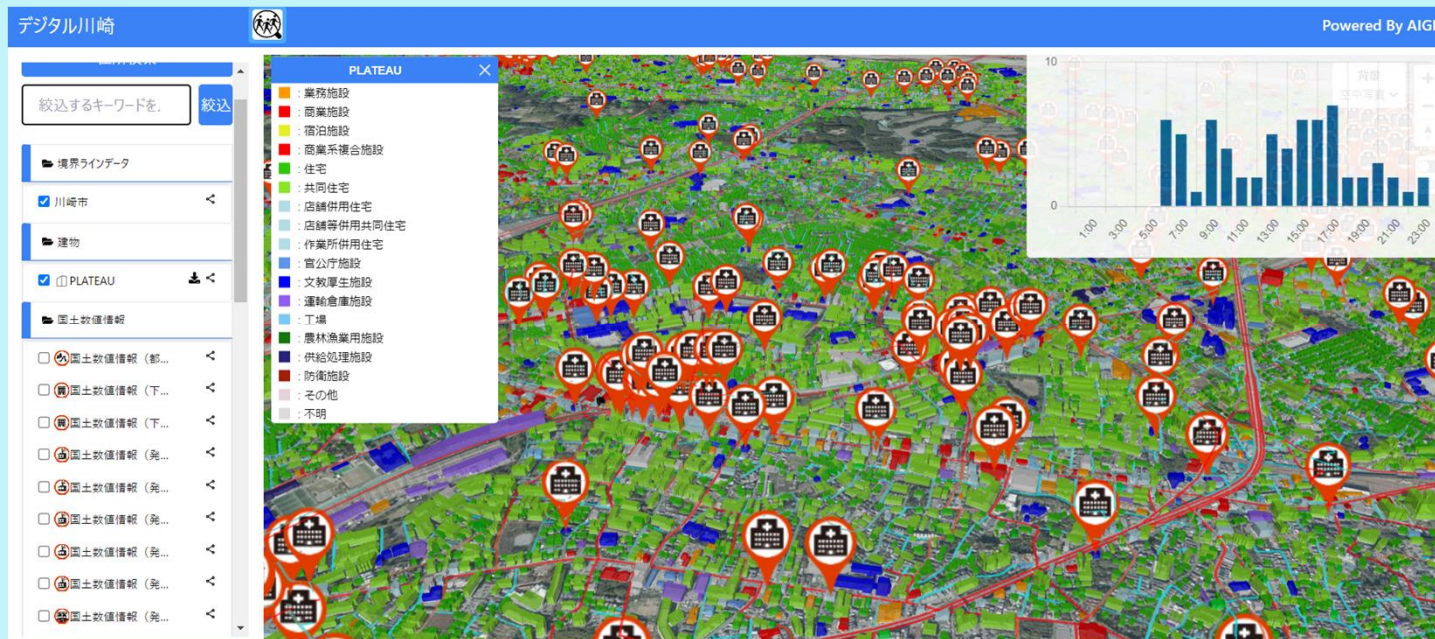


管理組合ヒアリングの様子

統合的可視化((1)-1g)

概要：震災デジタルツインによる意思決定支援のため、都市レベルの三次元建物、複数の三次元点群、時系列等の多様なデータのWebGISでのシームレス高速レンダリング表示技術を開発する。震災デジタルツイン試行対象の川崎市に適用

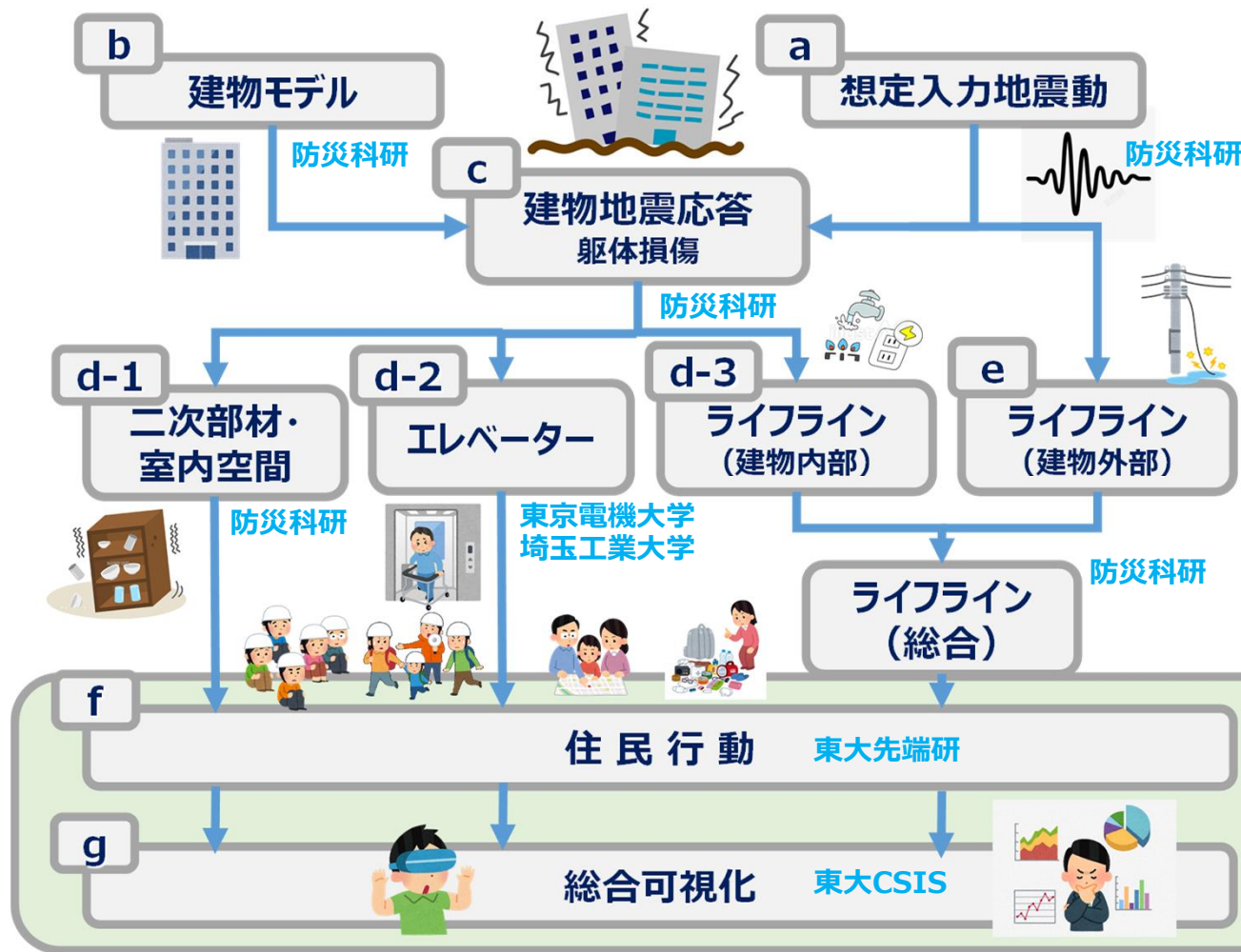
システム開発と適用：都市レベルの広域三次元建物データ（PLATEAU）、避難所などの各種施設データ、人流の時系列データなど、都市に関わる多様なデータ37種をWebGISで統合的可視化できるシステムを構築。多様なシミュレーション結果も可視化できる。三次元都市空間における異種データがWeb上でスムーズに可視化される。時系列データや点群データは初期表示で4～7秒、レイヤー表示は5秒以内に完了し実業務での動作支障がない。



開発した統合的可視化システム

レジリエント化手法の検討

(1)-1 震災デジタルツインの機能ブロック 基本技術開発



統合

(1)-2 プロトタイプ構築と試行

とりまとめ 防災科研
全研究担当者

利用

(2) 震災デジタルツインを活用したサービスの創出

(2)-1 震災デジタルツイン活用による社会の強レジリエント化の仮説立案

東大先端研 防災科研

(2)-2 震災デジタルツインによる最適施策の導出

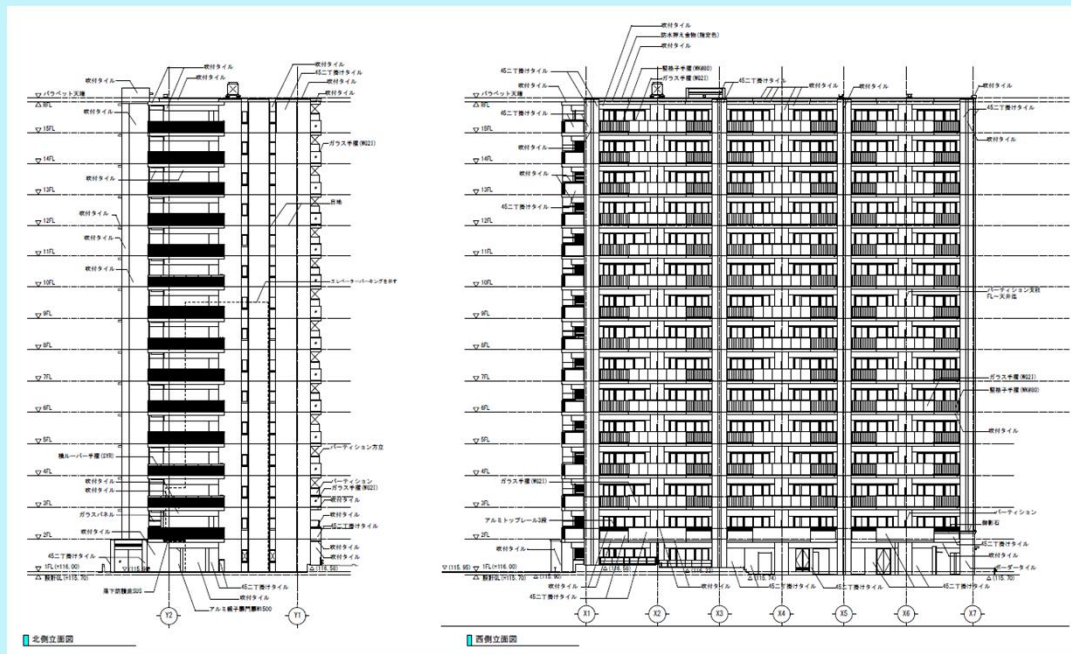
防災科研

反映

プロトタイプ構築と試行((1)-2)

概要：震災デジタルツインプロトタイプの試行（構成要素（ブロック）をデータファイル引き渡しで連結し一連のシミュレーションを実行）を予定。2023年度は試行対象の「例題」を確定。また、ブロックの入出力を明確にし、次年度実施する試行のスケジュールを定めた。

内容：震災デジタルツイン試行対象の「例題」を、川崎市中原区武蔵小杉地区の一地点に仮想的に立地する**15階建鉄筋コンクリート造マンション**（別地点実在建物データを利用）に設定。各ブロック開発が進展し、上流ブロック出力と下流ブロック入力の整合性確認。住民行動((1)-1f)の必要入力の実施の調査で決定後に上流ブロックの機能に反映する。

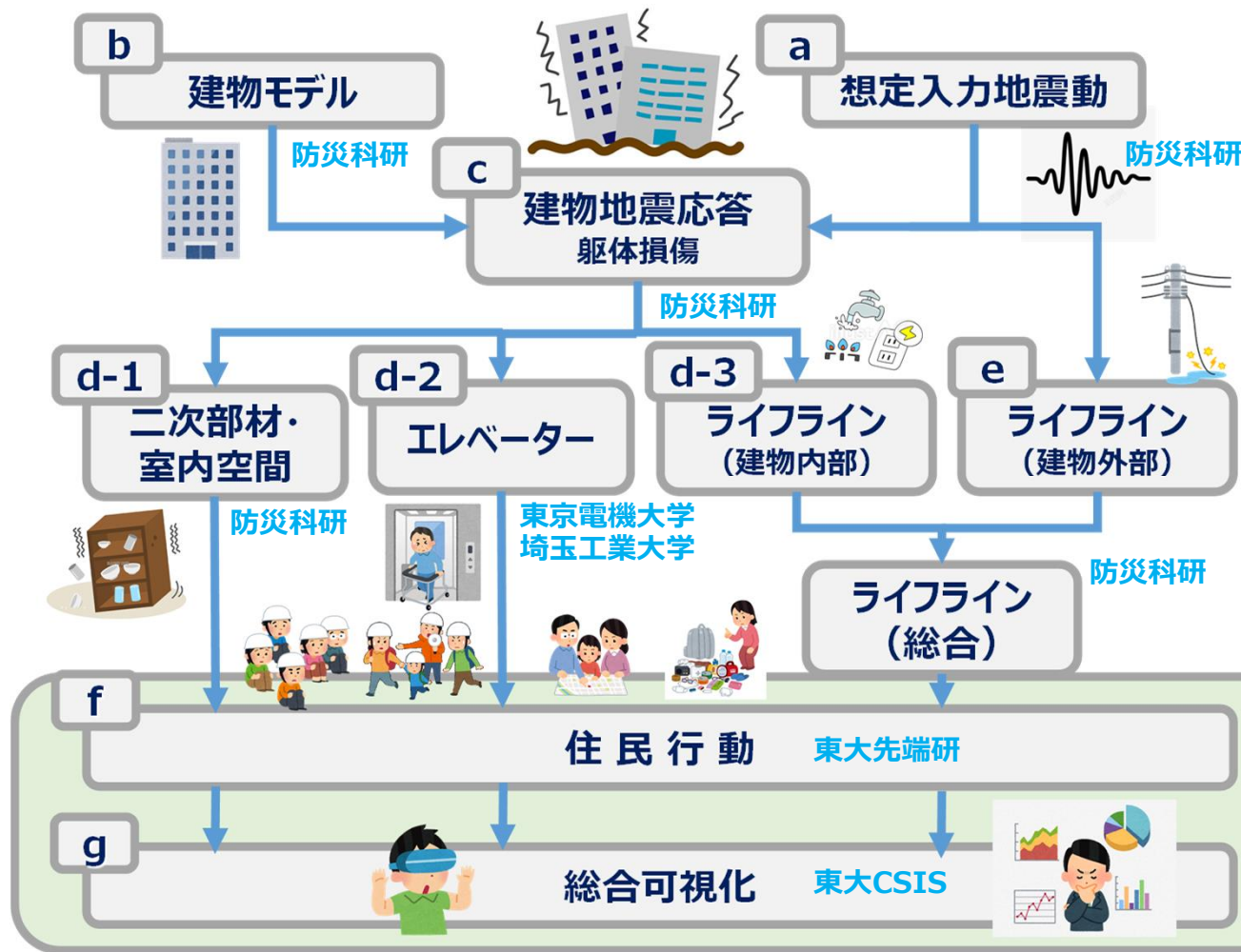


例題に使用する建物モデルと想定立地場所

研究メンバー：防災科研 全研究担当者

レジリエント化手法の検討

(1)-1 震災デジタルツインの機能ブロック 基本技術開発



統合

(1)-2 プロトタイプ構築と試行

とりまとめ 防災科研
全研究担当者

利用

(2) 震災デジタルツインを活用したサービスの創出

(2)-1 震災デジタルツイン活用による社会の強レジリエント化の仮説立案

東大先端研 防災科研

(2)-2 震災デジタルツインによる最適施策の導出

防災科研

反映

震災デジタルツイン活用による社会の強レジリエント化の仮説立案((2)-1)

概要：震災デジタルツイン活用の防災行動の判断と評価を含む関係者のリスクコミュニケーション手法、および、意思決定手法の理論フレームの構築

内容：震災デジタルツインを用いた防災行動の評価や判断方法、そして意思決定手法の枠組みを構築。2023年には、高層マンション管理組合に対する調査を通じて、マンション防災の現状や課題を明らかにし、「住民行動」調査を通じて評価すべき事象を抽出。さらに、震災デジタルツインを活用した共同住宅の地震防災に関する具体的な仮説立案を実施

武蔵小杉エリマネ傘下の管理組合より調査ご協力：秘密保持差入書によりマンション名非公開



一般社団法人
武蔵小杉エリアマネジメント
General Incorporated Association MUSASHIKOSUGI Area Management

ホーム 団体概要 主な活動 アクセス・お問い合わせ
HOME Access / Contact us

エリマネに加入する「マンション理事会会員」は
現在13棟、総戸数7210戸

MUSASHIKOSUGI
Nakahara Ward,
Kawasaki City,
Kanagawa Prefecture

研究メンバー（敬称略）：

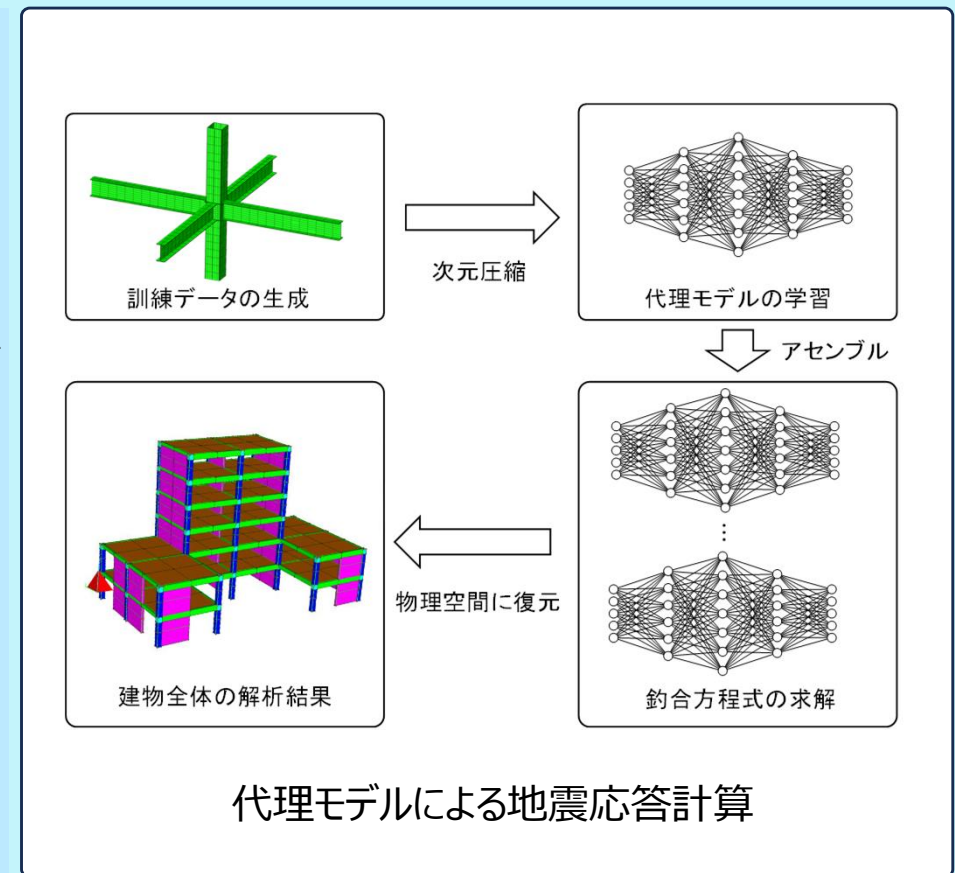
防災科研 災害過程研究部門 李泰榮 松川杏寧 東京大学 先端研 小泉秀樹 廣井悠 大津山賢介

震災デジタルツインによる最適施策の導出((2)-2)

概要：防災・減災には、多数選択肢からの施策選択が必要。「建物地震応答・躯体損傷」ブロック((1)-1c)のシミュレーション高速化のため代理モデルを構築する。2023年度検討した部材ユニットの代理モデル生成アルゴリズムによるプログラムを開発し、その活用手法を検討

手法とプログラム開発：柱、梁、接合部等で構成する部材ユニットの詳細FEMによる繰り返し载荷解析結果を訓練データとし、NN(Neural Network)で代理モデルを作成手法を開発。再帰型NNで履歴を考慮できる入出力を定義し（入力データ：部材端の変位または荷重履歴、出力データ：変位場、ひずみ場、応力場の履歴）、部材ユニットの変位場、ひずみ場、応力場を固有直交分解し、出力変数である固有直交分解係数を次元圧縮し、詳細FEMでは数万次元のモデルを低次元化。2023年度は、本手法をプログラム化し、約1000分の1の計算自由度で同程度の計算精度が得られることを確認。

部材ユニット代理モデルから建物全体モデルを構築する手法の検討に着手し、2024年度に代理モデルによる建物全体の地震応答計算を予定



大規模地震災害発生時の震災デジタルツインの貢献検討

「令和6年能登半島地震」のような大規模地震災害が発生した際にも次のような貢献が期待される

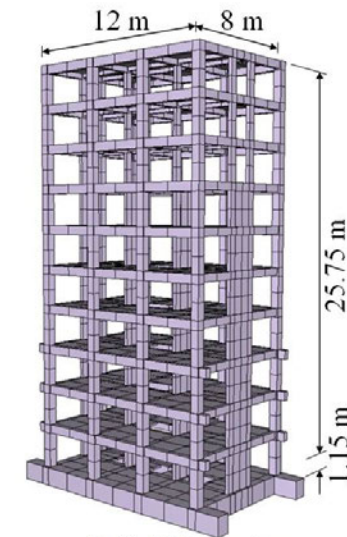
- 記録された地震動を使用し、被災した共同住宅の地震応答シミュレーションにより被害要因の推定、および、汎用的な対応策の導出、データベース化
- 記録された地震動を使用し、個別の共同住宅の地震応答シミュレーション※により当該住宅における防災対策の妥当性の確認や改善策の提示
- 上記を踏まえた、共同住宅地震防災に関する新たな知見の創出と普及

※別研究であるが、震災デジタルツインの一部を構成する「数値震動台」により能登半島地震の建物シミュレーション（上部構造のみ）を実施した事例あり

備考：震災デジタルツインに、基礎、杭、地盤の挙動を組み込むこともできるが、これら実測データが少ないため、地盤挙動については今後の研究が必要



実験試験体



構造解析モデル

参考：Eーディフェンスで実施した10 層RC 建物
実験の試験体

震災デジタルツインの効果の定量化検討

➤ 定量化の考え方

- 震災デジタルツインの経済的効果を、その導入による「被害の低減」「補修費用の減少」の形で記述。地震発生場所・強度が特定できないため、事例に対して、一定の仮定のもとで地震災害削減効果の定量化を試みる。

➤ 方法

- 多数のマンション被害が記録されている「平成28年熊本地震」を対象にマンション地震被害金額を推定
- 同レベルの地震被害が東京都のマンションで発生した時の被害金額推定
- 被害金額の、震災デジタルツインによる削減効果を算出。震災デジタルツインの活用による耐震補修により、(1)「倒壊」が「大規模半壊」に留まる、(2)「大規模半壊」の補修費用が50%に削減と仮定。効果算出では、事前の耐震補修支出も考慮

➤ 検討結果

	被害金額 (導入なし) (A)	被害金額 (導入あり) (B)	事前の耐震補 修コスト(C)	効果 (A)-(B)-(C)
熊本地震	125億円	10億円	4億円	111億円
東京都	6,950億円	725億円	290億円	5,935億円

まとめ

研究開発の目標はほぼ達成しており、以下を課題とし、**探索研究最終年度の対応**を進める。

（１）ユースケース仮説の検証：**震災デジタルツインの具体的な活用イメージの仮説を策定**した。この仮説を(2)に示す試行結果とともに共同住宅住民に提示しフィードバックを得ることにより更新する。

（２）震災デジタルツインの試行：**震災デジタルツイン・ブロック間のデータ引き渡しについて整理**した。試行は2023年度に確定した「例題」を対象に試行する計画である。研究者間で合意したスケジュールに基づき研究を推進する。

（３）外部公表：2022年度の発表に加え、2023年度は原著論文2件、口頭発表7件を公表した。研究成果へのフィードバックを得るため、知財取得に留意しつつ**引き続き外部公表**をすすめる。

本格研究の目標

本格研究では、POCの主眼を、活用サービスにフォーカスする。

以下の実現可能性を示す

- ・住民行動に係る機能ブロックの技術的課題解決と機能評価（実験含む）
- ・活用サービスによる地震に対して強レジリエントな社会実現の可能性

活用サービスの設定

- ・実在する共同住宅の防災計画（避難行動）の評価と更新
- ・レジリエンス指標による経済的メリットの評価
（例えば、強レジリエンスマンション、保険料率の設定等）

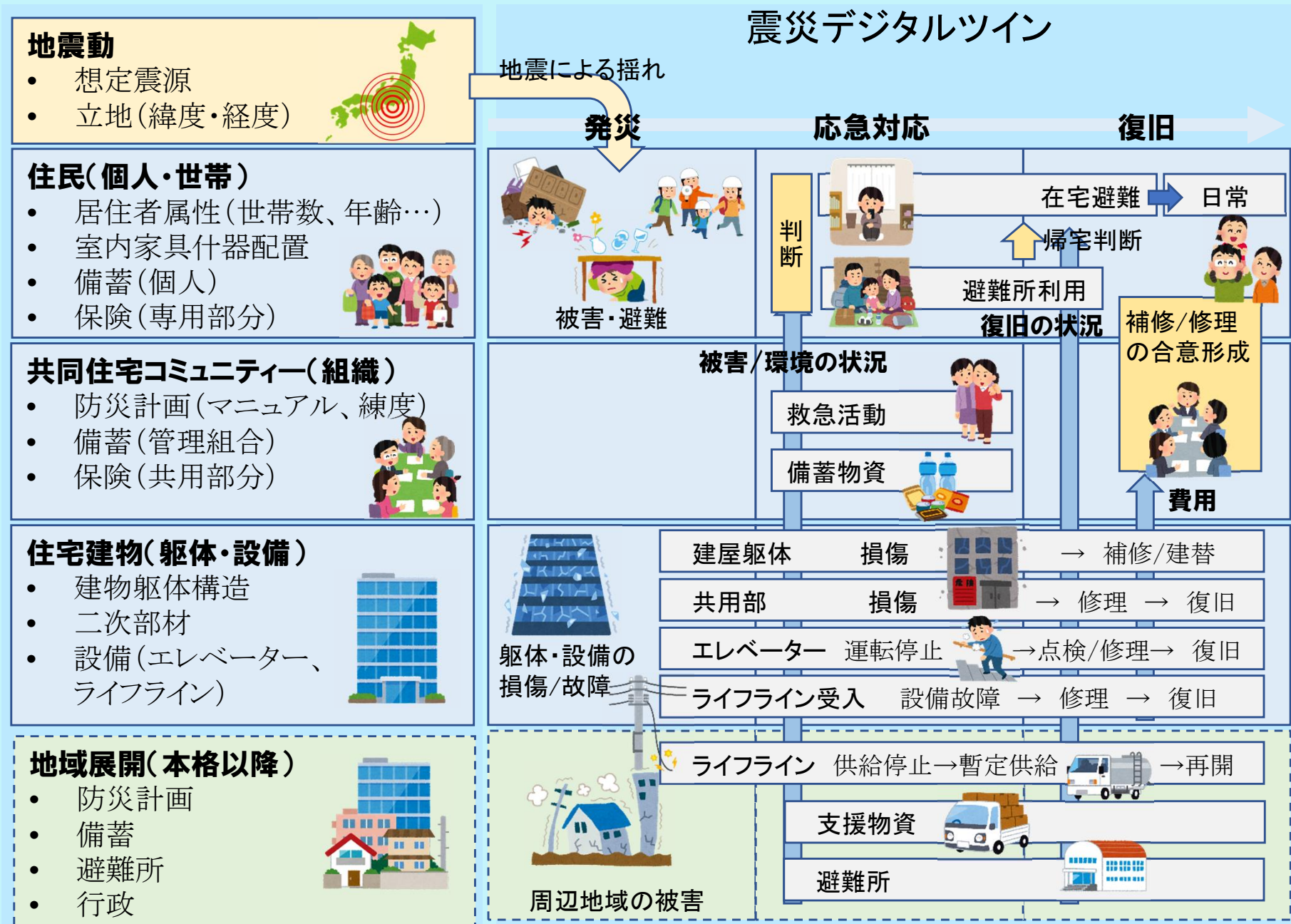


イメージ：共同住宅の評価

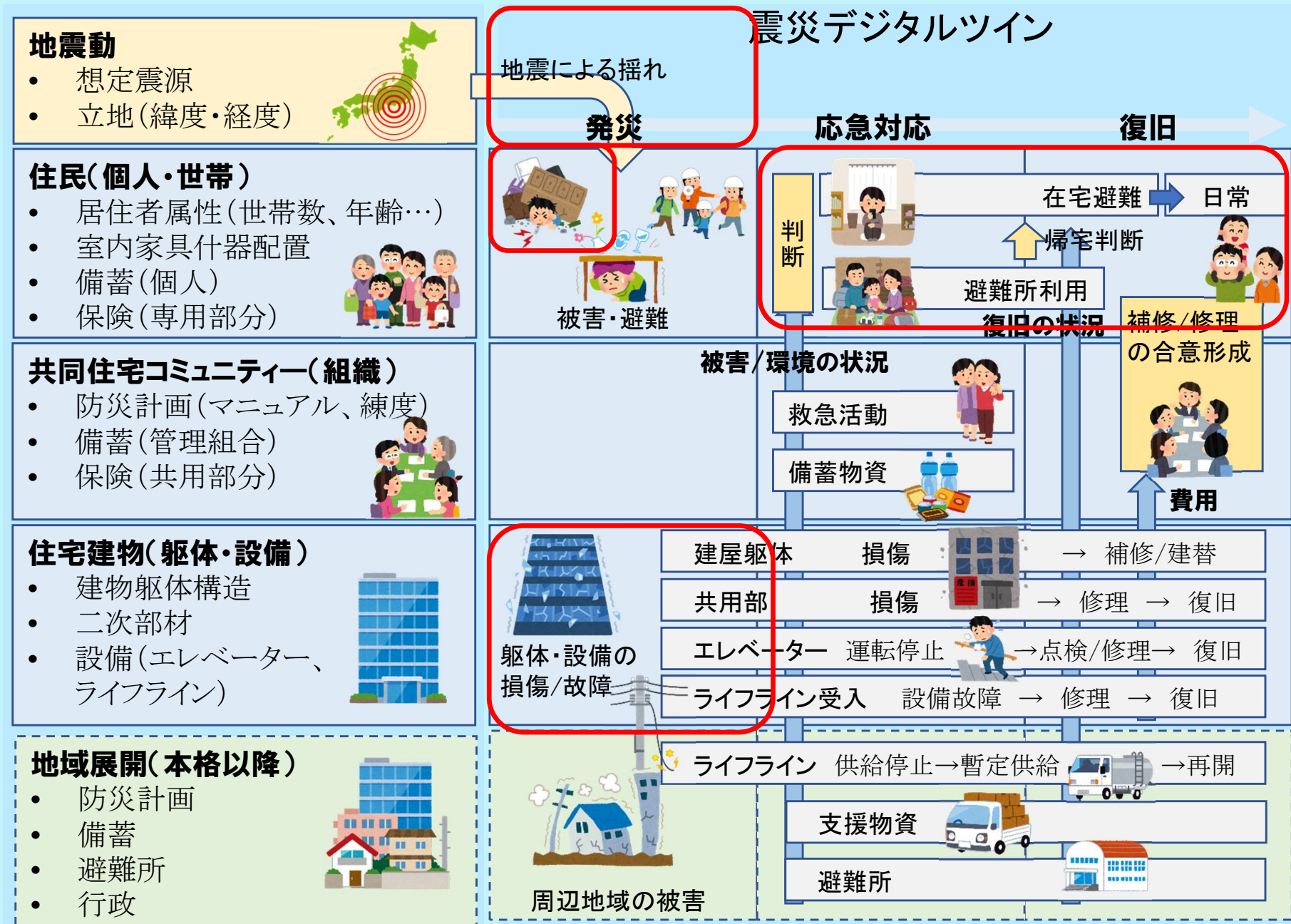
サービスの実施：震災デジタルツイン引き渡しの想定機関が、

- ・共同住宅の地震時応答とレジリエンス指標を評価⇒レジリエンス向上施策を導出
- ・想定ユーザーに対し震災デジタルツインの活用効果を具体例とともに提示

震災デジタルツインの機能（本格研究含む）



震災デジタルツインの機能（探索研究で着手）



おわりに

未来には自然災害（巨大地震）が必ずあるので、
人々を守るためには
「今から手を打たないといけない！」となる、科学的根
拠に基づくシナリオ、
人々への意識啓発と
自らの行動選択が不可欠

物理システムと人の行動選択をつなぐデジタルツイン

■ 目指す将来像

共同住宅の住民行動を含むデジタルツインシステムを活用し地震対策の円滑な意思決定が行える社会実現を目指す。

管理組合を始め、自治体、国による活用を見据える。



■ 研究の特徴、従来研究との比較

【技術面】

- ・従来技術の問題点であった、膨大な想定入力地震と建物の詳細解析における計算負荷を、深層学習を用いることで大きく低減することに成功した。
- ・住民の中長期の避難行動に関わる想定をするため、従来に無い、建物構造の地震応答に加え、エレベータと非構造部材を含むシミュレーションを融合するデジタルツインシステムとした。

【研究全体】

- ・本技術の適用により、シミュレーションの自由度を低減できるため、計算コストが1/1000程度まで削減されることが期待される。
- ・本研究の特徴は住民の意思決定への活用であり、従来研究の物理現象再現と人をつなぐ震災デジタルツインの構築を目指す。

■ 研究推進における課題

【技術面の課題】

- ・実用化に向けて、各ブロック間の入出力データの円滑な連結技術を確立する必要がある。
- ・今後、共同住宅のエレベータと非構造部材を含む実験データを取得し、システムのV&Vの検証が必要。

【社会実装に向けた課題】

- ・現在、既知な地盤での想定地震、建物挙動の解析は可能な段階にあるが、これらの地盤、建物の情報の利用についての合意形成の手順が必要である。
- ・実装に向けたシステムのスタンダード化に向け、有識者や関係機関による協調・連携が必要である。

■ 期待する共同研究・事業連携先

- ・地域住民団体、集合住宅管理組合、防災行政機関、研究機関（大学など）、建設会社・設備機器会社、保険業界、情報通信技術企業、ソフト開発・地震シミュレーション技術企業などの参画を期待。
- ・技術調査、特許調査を進めており、システムのスタンダード化を検討・推進できる有識者・機関の参加も期待する。
- ・運用に関しては、防災関連の機関、法人等を想定

■ お問い合わせ先

kaji@bosai.go.jp