

1. 研究背景・目標・内容

人には力学方程式を解かずとも物体の状態をシミュレートし次どうなるか予測する「**視覚的想像力**」が備わっている。

ロボットに「人間らしい片付け」をさせるには物体同士がどのような配置であれば安定してるかロバストな判断をさせる必要がある

研究内容:

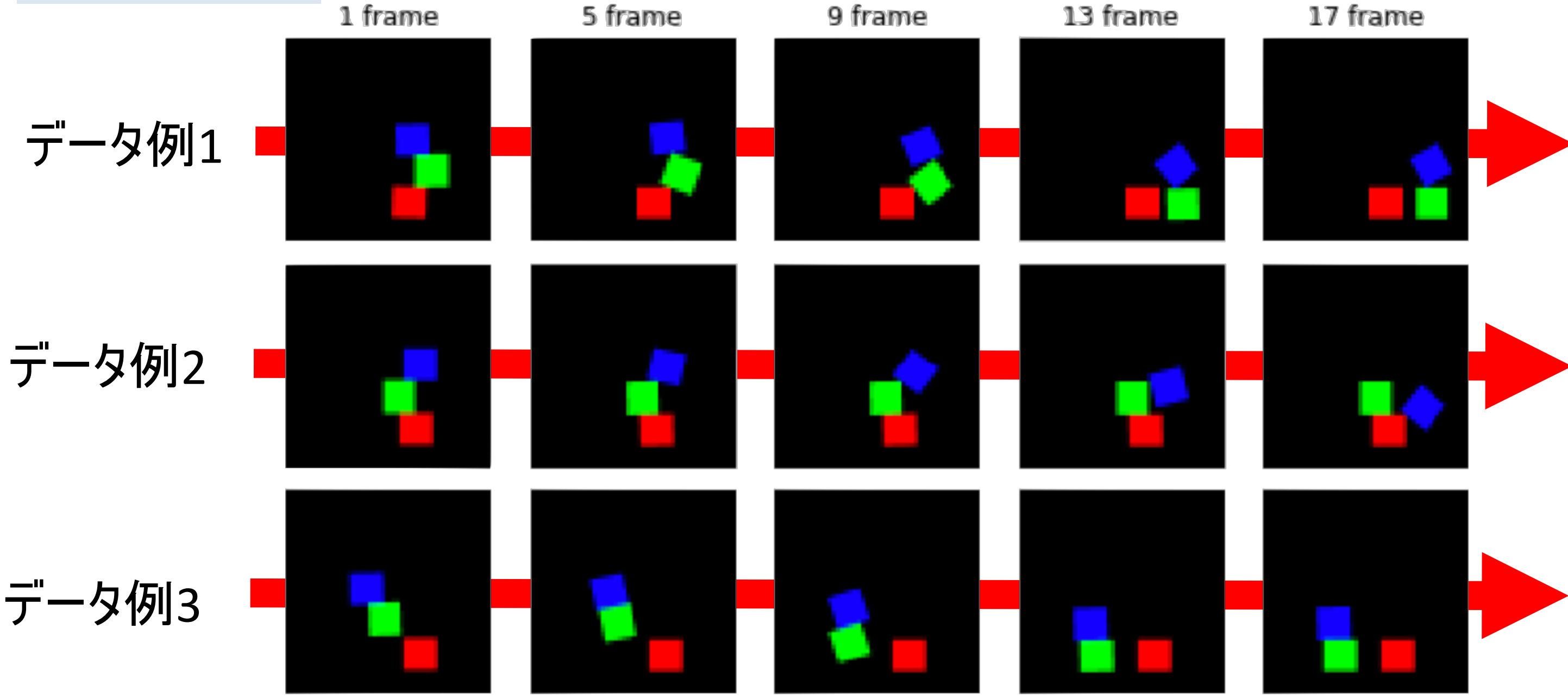
本研究では**剛体の画像内運動**をモデリングするために運動を予測するための枠組みを提案し予測した結果に対して剛体の静力学的安定箇所評価を行う

実験概要:

- 剛体の見えの変遷モデル学習実験
- 剛体の静力学的構造安定性評価

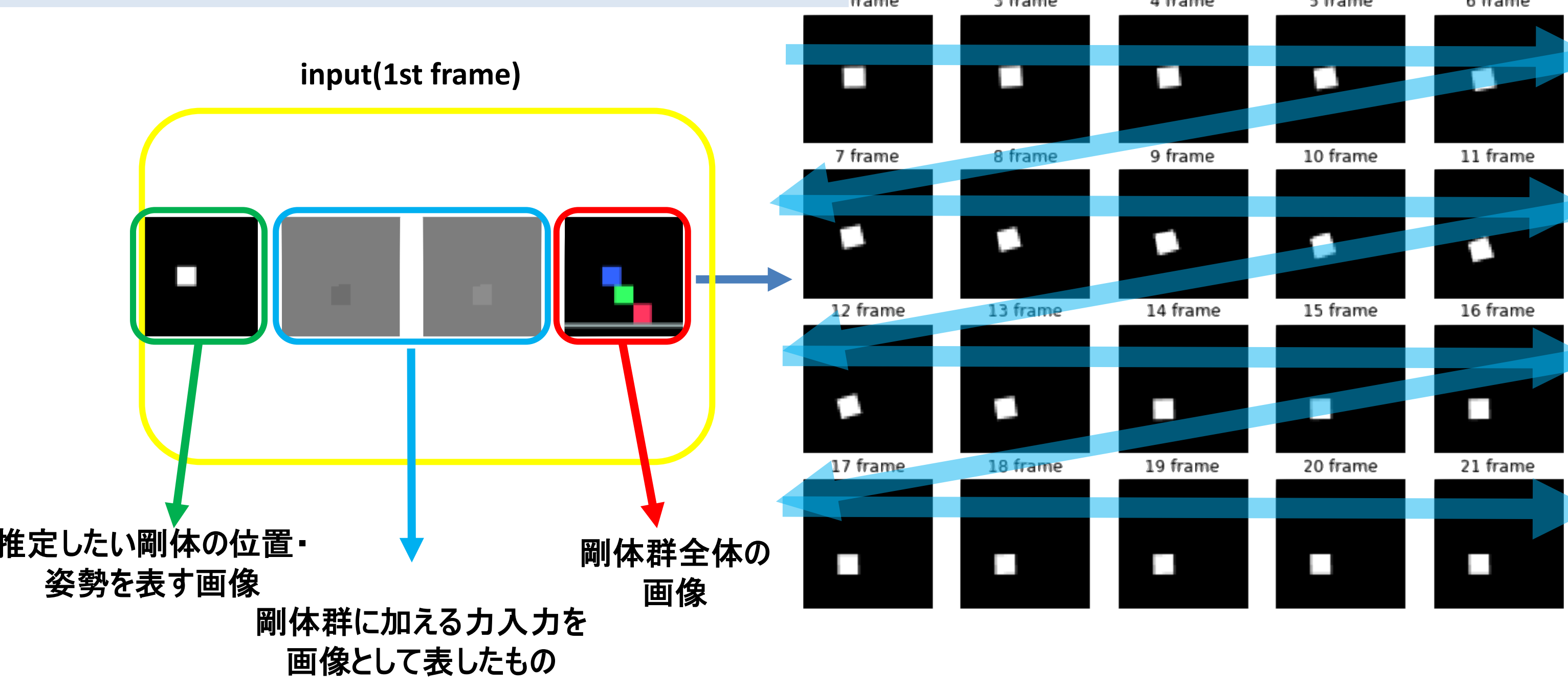
2. 本研究で扱う問題設定・データについて

扱うデータ:



- 実験対象とする動画は背景が黒で正方形のブロックが1つから3つ重ならないように配置した画像が1フレーム目となるような動画
- 画像内に存在するブロックは画像サイズ480pxに対し、一辺75px
- ブロックのx方向の位置は左端から140px, 165px, 190px, 215px, 240px, 265px, 290px, 315px, 340pxの8点いずれかに配置
- y方向の位置は下端から92px, 167px, 242pxの3点いずれかに配置
- 重力を模倣した一様な下向きの力 (-900px/s²) を加える
- 画像下部にある灰色の線は地面を模したものでブロックはこれを通過して下に落ちることはできない。

深層学習モデルの入力と教師データ



- 入力には動画の1フレーム目の、RGB画像と推定したい剛体の位置・姿勢を表す画像・剛体群に加える力入力を画像として表したものの計6channel

- 教師データには2~20frame目の推定したい剛体の位置・姿勢を表す画像

力入力は1枚目をx方向, 2枚目をy方向として表している。力の成分が正の値であれば色が薄くなり負の値であれば色が濃く描画される。

5. まとめと今後の課題

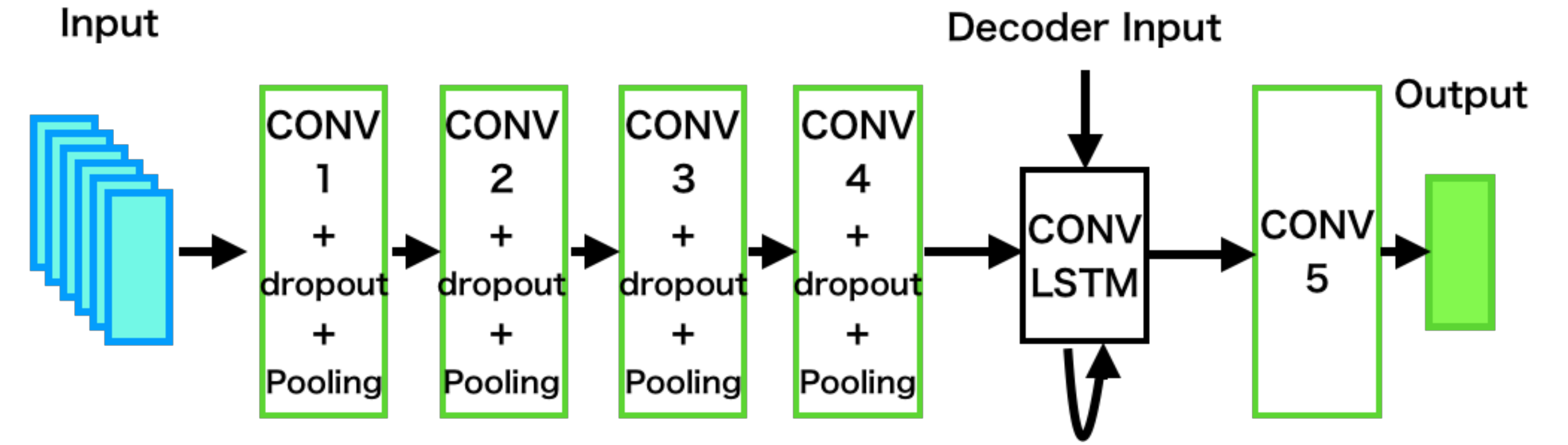
- 2D物理シミュレーションを用いて作成した剛体群に対し、画像内での見えの変遷を予測する手法を提案した
 - また、それを用いて剛体群の静力学的構造安定性評価を行った
- 今後は

- 学習モデルの精度向上
- 今回は2Dでシミュレーションを行ったが3Dのモデルを用いて実世界を写した画像入力でも対応できるようなモデル構築
- 剛体のみならず変形を伴う運動や摩擦や弾力など複雑なパラメータを扱うことができるモデル構築

3. 剛体の見えの変遷モデル学習実験

静止した状態の1フレーム目から外力を加えられた剛体群がどのような動きをするのかを予測した。

モデルの構造:

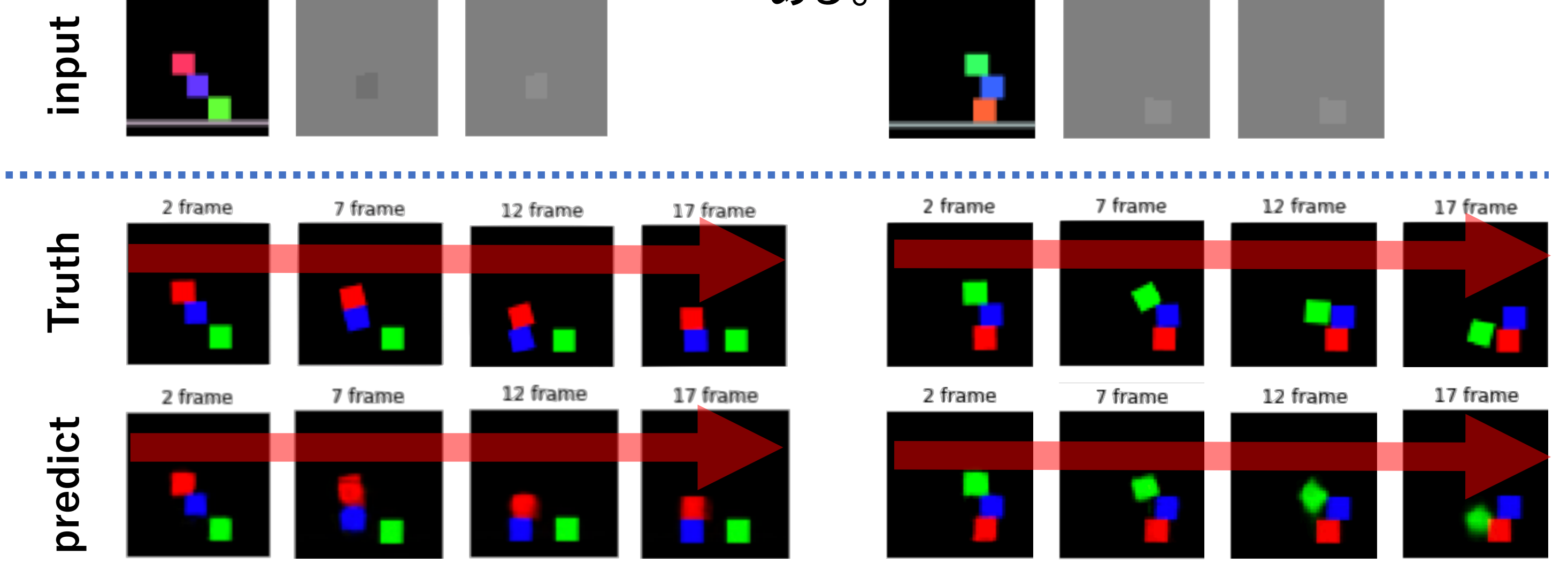


動画の1フレーム目のRGB画像と予測したい剛体の位置・姿勢を表す白黒画像, シーン中のブロックに与えられた外力を表す白黒画像を学習データとし, 未来20フレームの剛体の位置・姿勢を表す白黒画像を教師とする深層学習モデルを作成した。

このモデルでは入力された画像から畳み込み層を用いて特徴マップを作成し, それを畳み込みLSTMの内部状態に設定する構造になっている。

剛体群のテストデータに対する変遷予測結果

以下の結果は画像中の物体全てに対して見えの変遷を予測し合成したものである。



4. 剛体の静力学的構造安定性評価

3で作成した深層学習モデルを用いて剛体群の静力学的構造安定性の評価

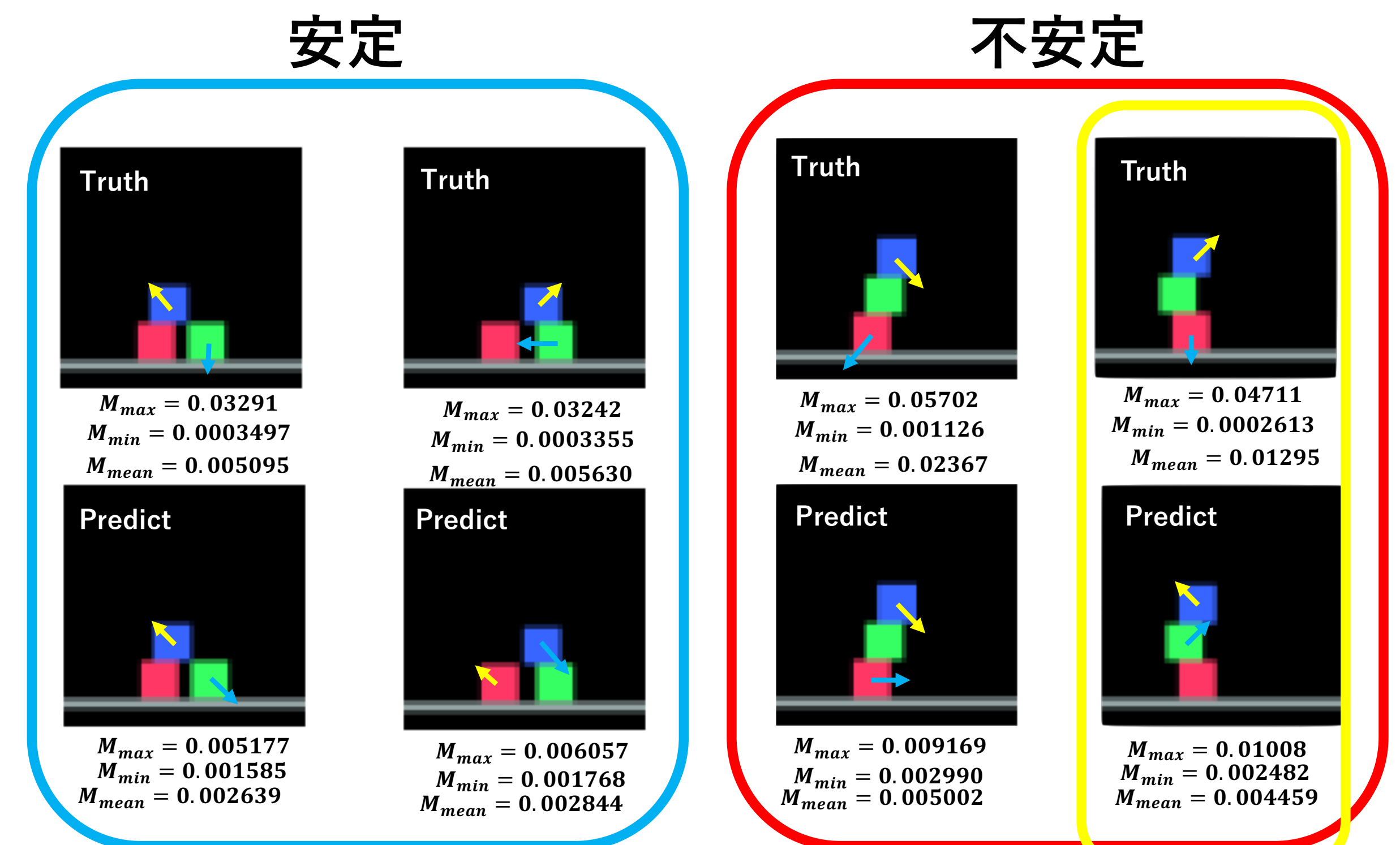
静力学的構造安定性の定義

それぞれの剛体に対しての衝撃の加え方の組み合わせの中で、剛体の運動を表す見えを予測できることを利用し、画像内変動 $M_{k_{pattern}}$ を以下の式で定義しこの最大値 M_{max} , 最小値 M_{min} を用いることで安定・不安定な箇所を指摘する方法を提案する。 $k_{pattern}$ は剛体kに与える外力の方向を表している。この式はある剛体kに対し外力 $pattern$ を与えた時の画像内全ての剛体の変動の合計を表している。

$$M_{k_{pattern}} = \frac{1}{mn} \sum_{f=1}^{l-1} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} [I_f(i, j) - I_{f+1}(i, j)]^2$$

$k_{pattern}$ は1枚のRGB画像あたり力の加え方8方向と力を加える物体3種類から24パターン存在する。

テストデータに対する適用結果



変動が最小となる力の加え方に対する推定が間違っている

- 結果画像中の黄色い矢印が不安定な力の加え方、青い矢印が安定な力の加え方を表している。
- 図中右端の列は推定結果がTruthとPredictで異なっているが、安定とされた力の加え方がどのような変動をしているかを見ると正しく推定できていなかった。