

# ポール曲げ効果から観る棒高跳びにおける身体 - ポール協調動作

Body-Pole Coordinated Motion from the Pole Bending Perspective in Pole Vault

○福島俊彦, 西川鋭, 國吉康夫 (東大)

\*Toshihiko Fukushima, Satoshi Nishikawa, Yasuo Kuniyoshi (Univ. of Tokyo)



Intelligent Systems and Informatics Lab.  
http://www.isi.imi.i.u-tokyo.ac.jp/



東京大学  
THE UNIVERSITY OF TOKYO

## Introduction

■ 棒高跳び競技の身体-ポール協調動作

■ 跳躍高さの向上

■ 複雑動作, 解析困難

■ 動作をポール曲げ効果として解釈

■ ポールに対する曲げモーメント

■ 座屈モデルを拡張し解析

## Model & Simulation

### <遷移座屈モデル>

Euler座屈モデルを拡張し, 従来定数であった弾性係数 $C$ を入力曲げモーメント $u$ の関数 $C(u)$ として再定義

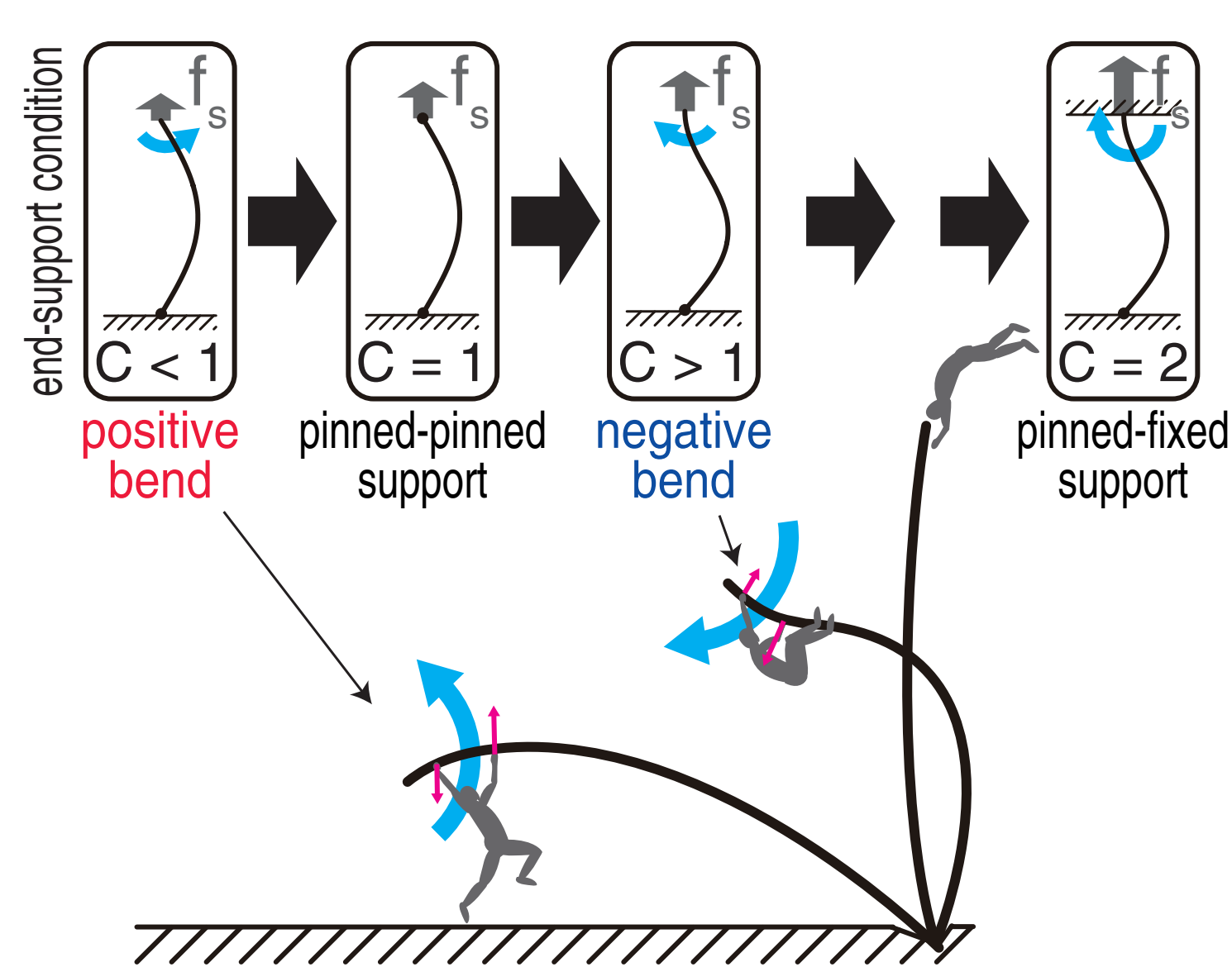


Fig.1 Transitional Buckling Model (TBM)

### ポール湾曲期

- ・たわみ増加方向に曲げ
- ・ポールの弾性係数小
- ・柔らかいポール

### ポール伸展期

- ・たわみ減少方向に曲げ
- ・ポールの弾性係数大
- ・硬いポール

### <シミュレーション結果>

$C(u)$ を小から大へ変化させて跳躍高さを計算

■ ポール曲げ効果により跳躍高さが向上

■ 最大たわみ時に素早く曲げ方向を切り替え

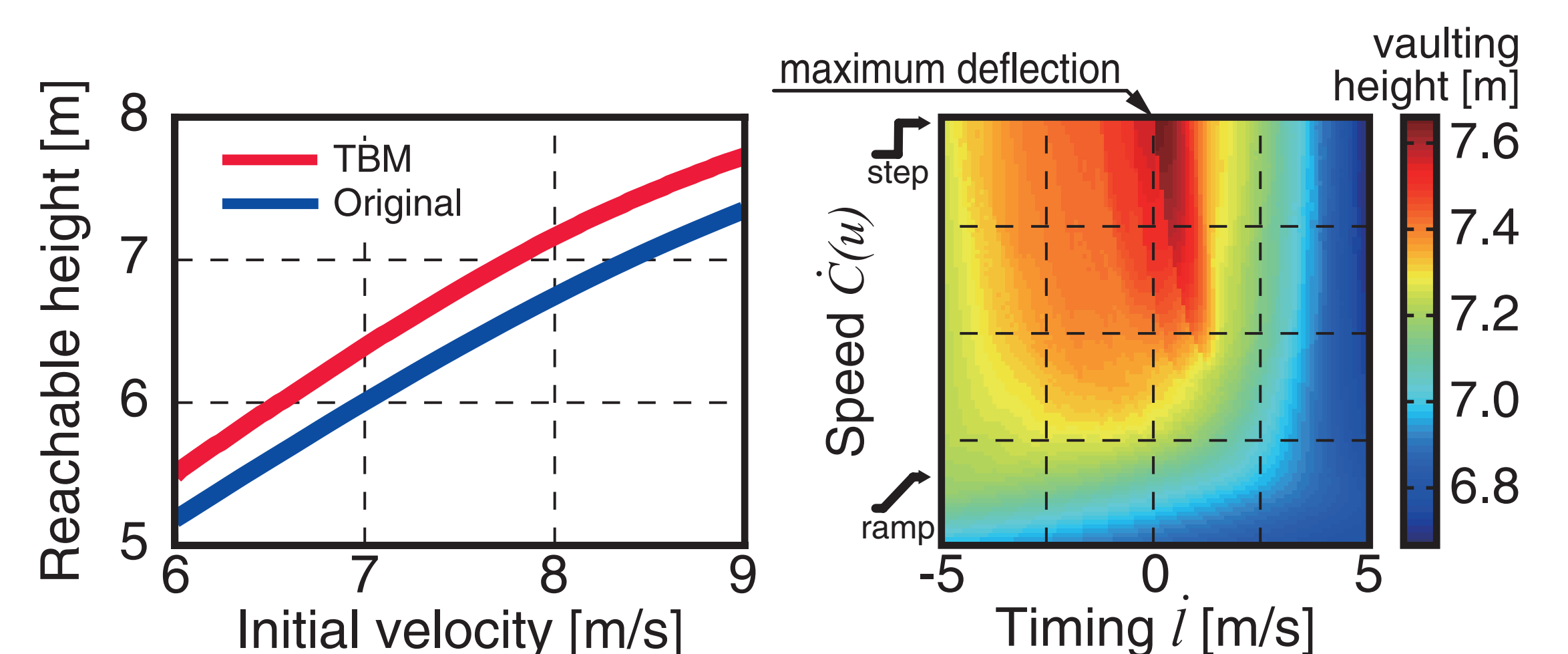
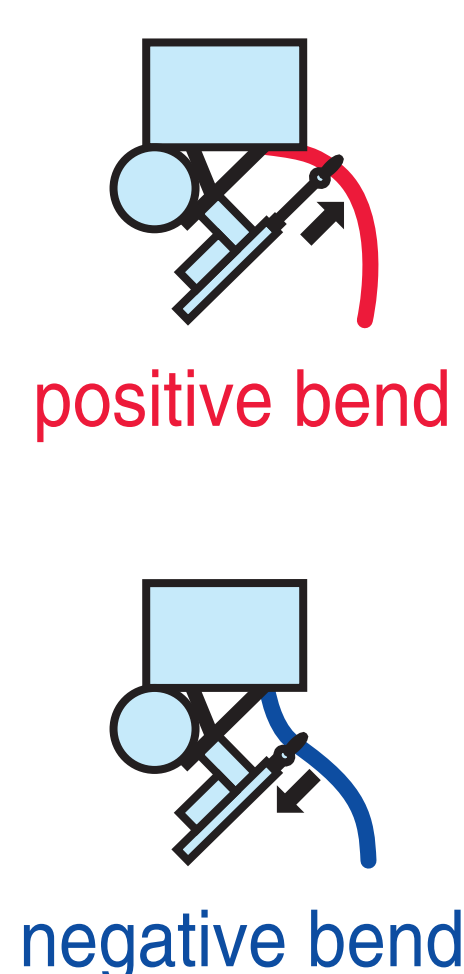
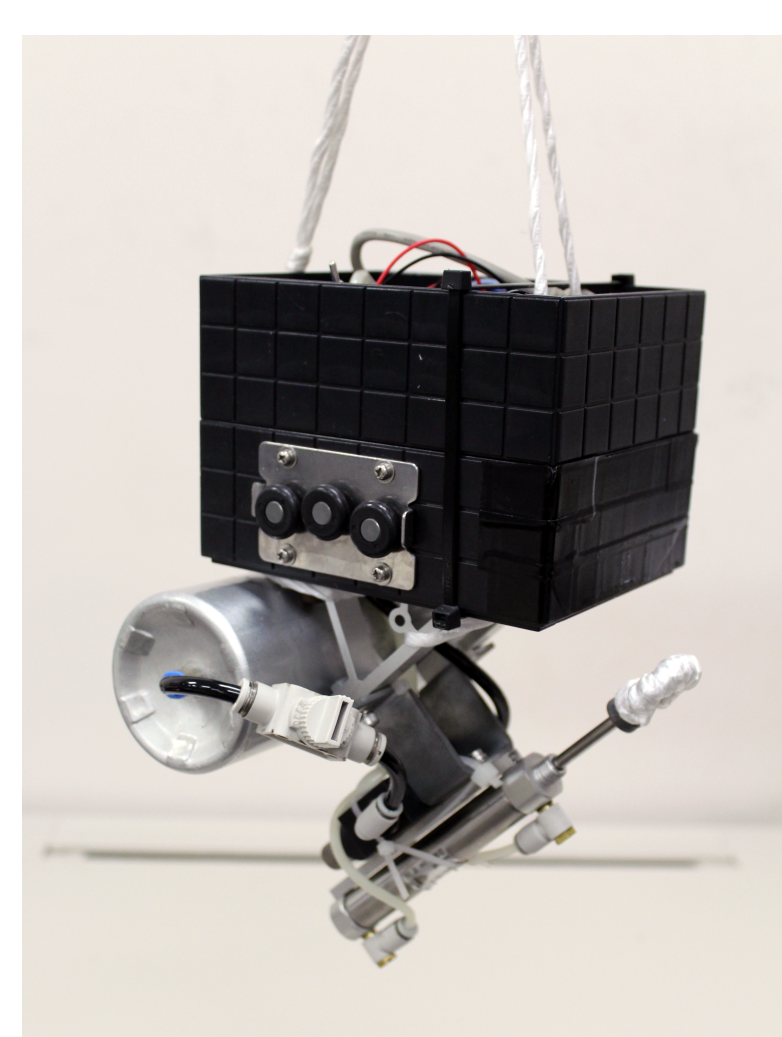


Fig.2 Simulation results.

## Robot Experiment

### <曲げ動作ロボット>



### 曲げモーメント

- ・シリンダ動作により生成

### 自立型

- ・電源, マイコン, タンク内蔵
- ・外的影響を最小限に抑制

Fig.3 Pole Active Bending Robot: PABRO.

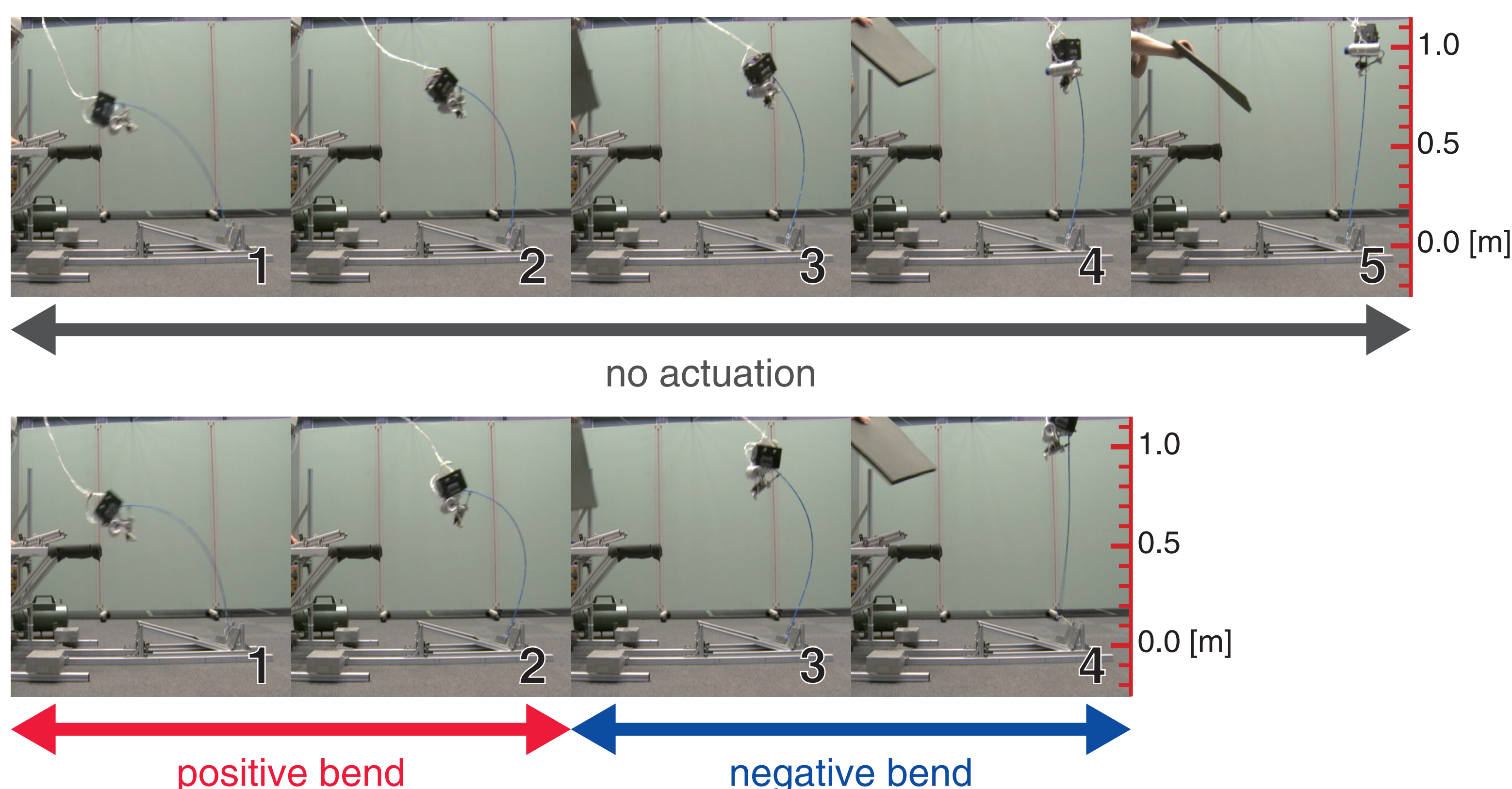


Fig.4 Pole vault experiment. Time step is 1/6 [s].

### <実験結果>

ポール曲げ効果を実世界で検証

positive → negative の順で曲げ動作

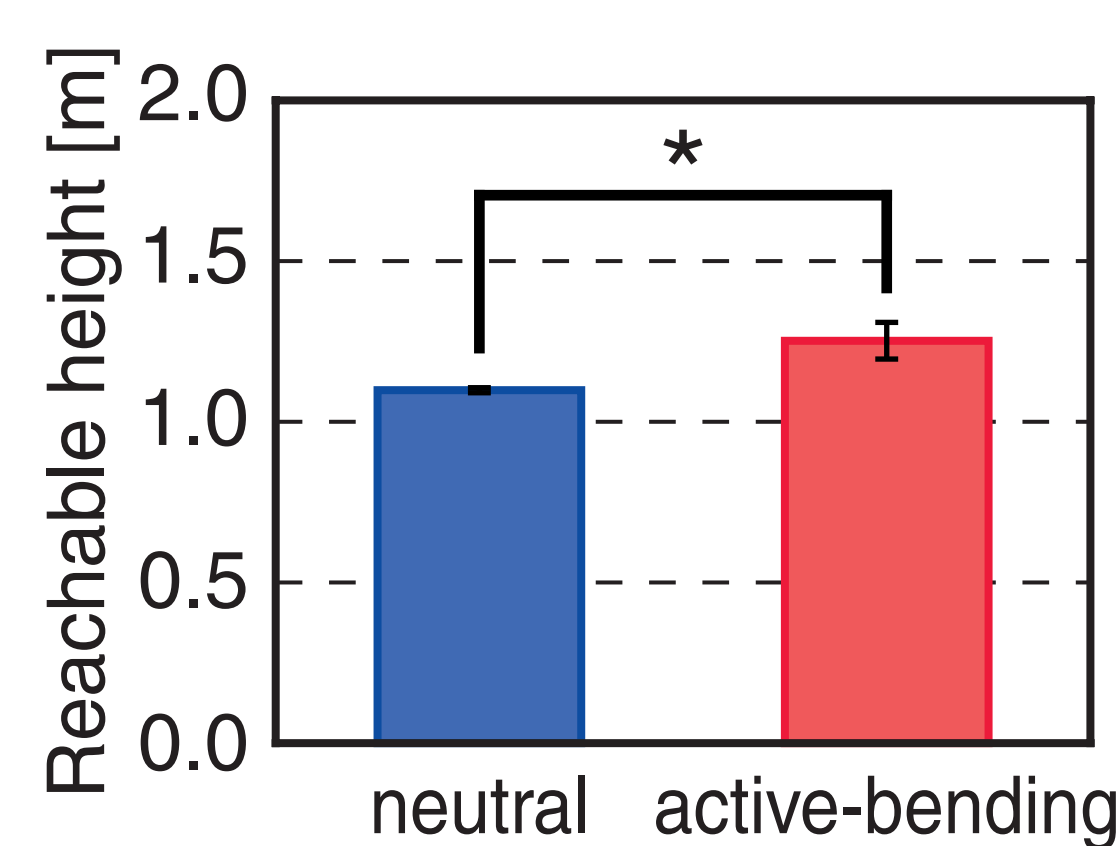


Fig.5 Effect of active bending.  
t-test( $p=9.1 \times 10^{-7} < 0.05$ ).

■ 最大たわみ直後に negative bend 開始

■ ポール振動と機体振動が協調し跳躍高さ向上

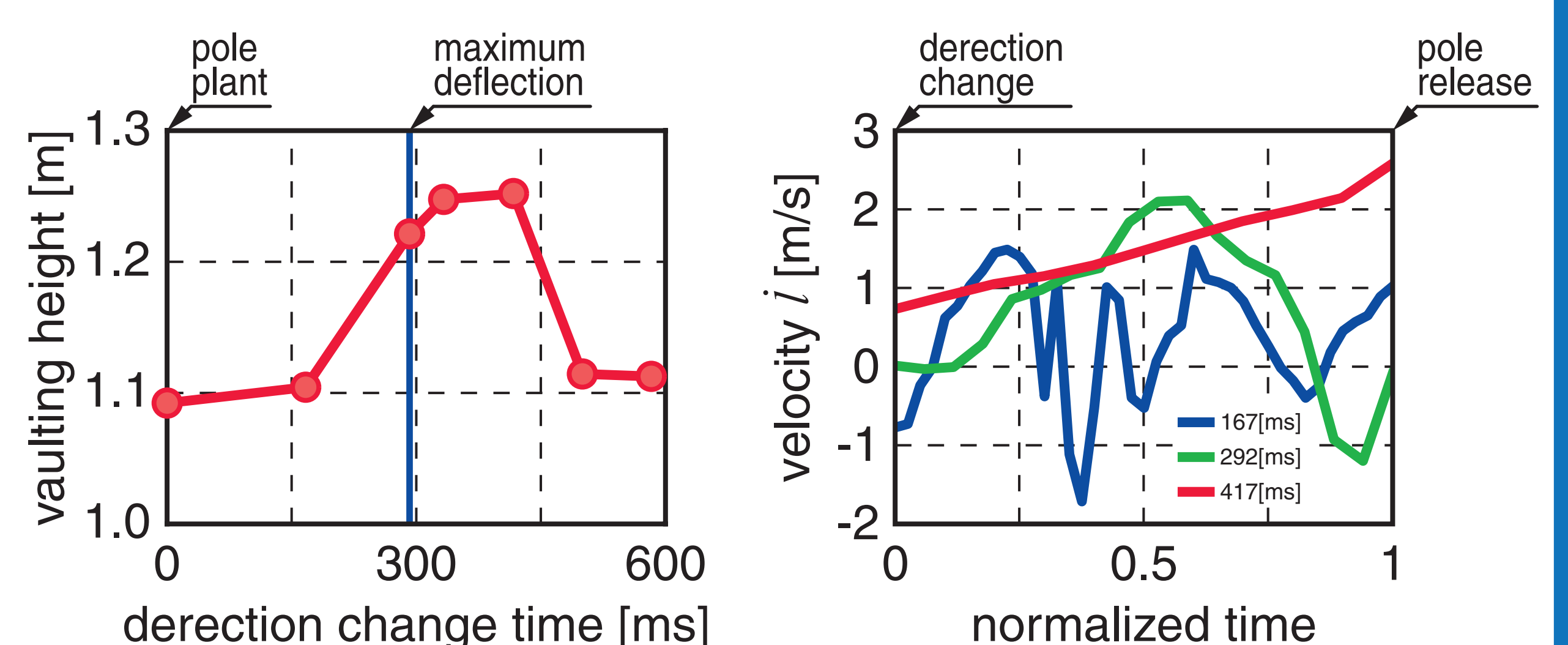


Fig.6 Timing of bending change.

## Conclusion

■ 棒高跳びの身体-ポール協調動作

→ ポール曲げ効果の意味において効果的

■ 適切な動作方向の切替タイミング

→ 振動が協調することでポールの物理特性を有効活用