

ヤスデの歩行解析

宮城県仙台第三高等学校

02班



歩行の際に全体的な脚の運動が波に見える
特徴的



疑問

波を伴う歩行はどのように制御される？

広義の波ってそもそも何？

複数の物体が
隣同士でタイミングの差を生じて
同じ運動をする現象



広義の波ってそもそも何？

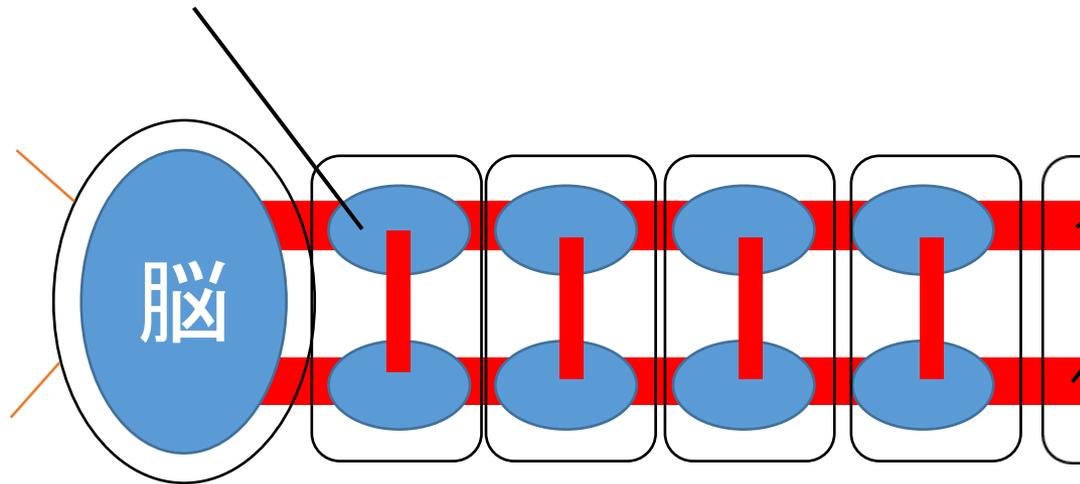
複数の物体が
隣同士でタイミングの差を生じて
同じ運動をする現象



背景

神経構造：梯子型神経系

神経節：神経線維のまとまり



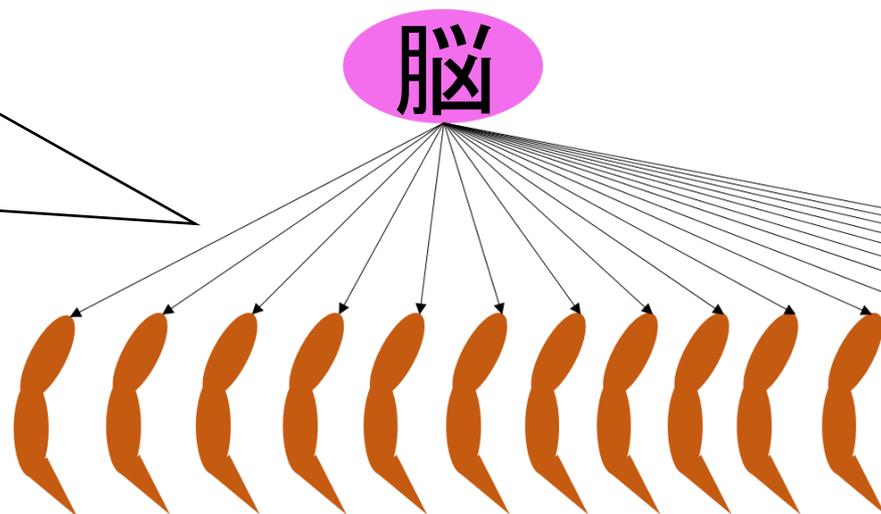
神経索：
からだ全体を
走る中枢神経

簡単な制御ならば体節ごとに可能である

脳のみによる個別の脚の制御

第一関節を〇〇秒間動かす
第二関節を〇〇秒間動かす
第三関節を〇〇秒間動かす
⋮

↑
2 4 6本の脚ごとに異なる



歩行制御だけでも脳の情報処理が膨大

歩行以外の情報処理
が難しく

- ・ 天敵の認識と逃走
- ・ 餌の探索

非適応的

体節ごとの脚の制御

第一関節を〇〇秒間動かす
第二関節を〇〇秒間動かす
第三関節を〇〇秒間動かす
⋮

↑
4本分だけ
制御すればよい

脳

脳からの制御

() m/sで歩行
() °でカーブ

脳の扱うべき情報量が抑えられる

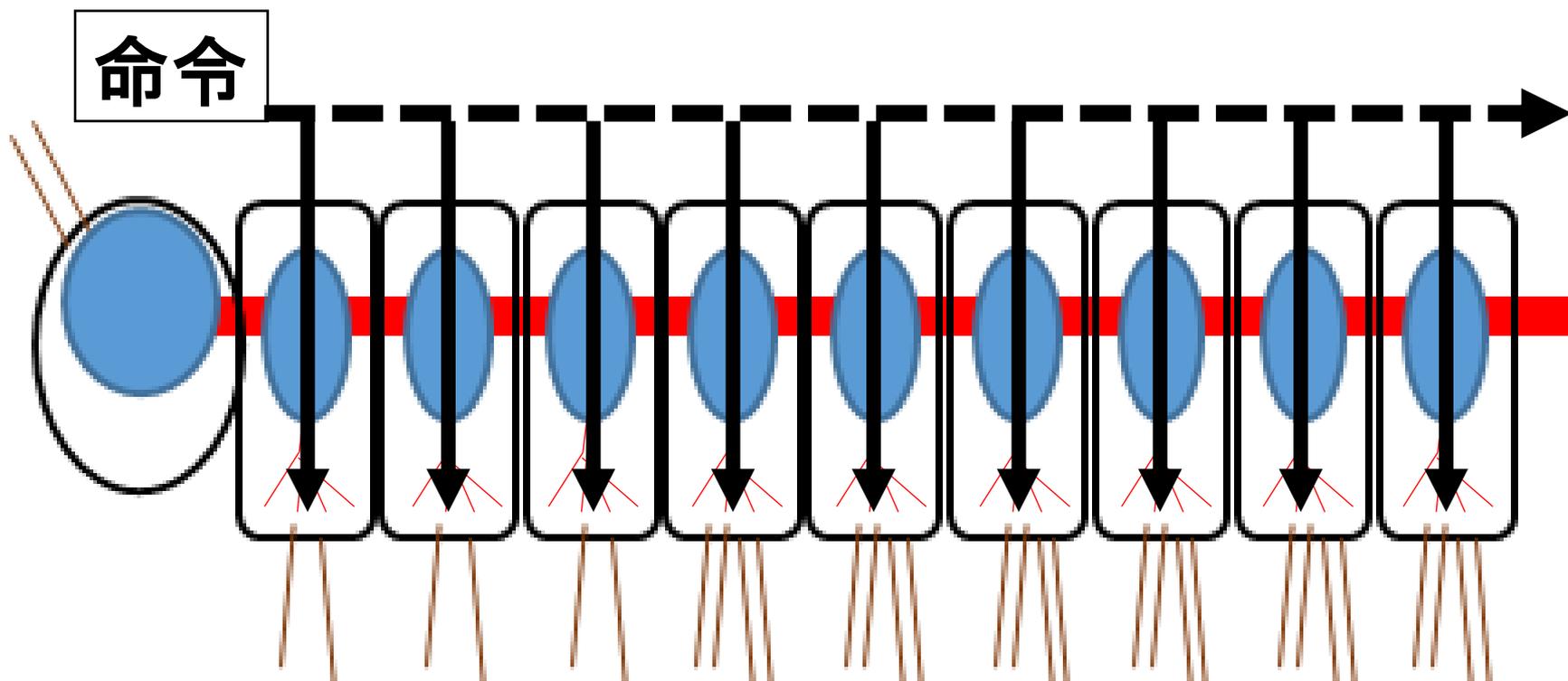
歩行と同時に別の情報を処理可能

適応的

先行研究：分散制御説

「ヤスデなどの節足動物は歩行の際に体節ごとに脚を制御することで制御を簡単にしている」

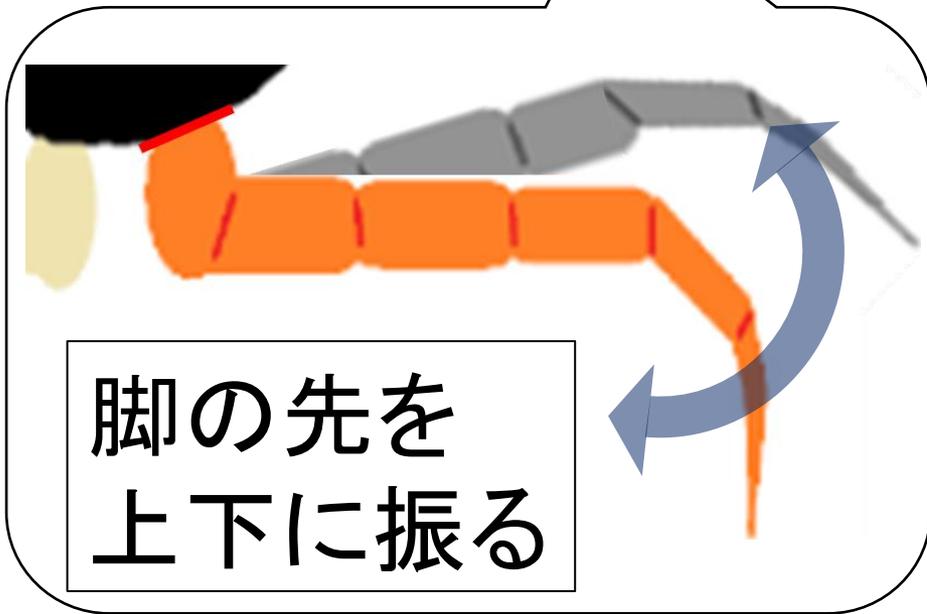
東北大学や茨城大学の研究室ではヤスデやムカデの歩行が分散制御によるという見解で研究が実施



目的

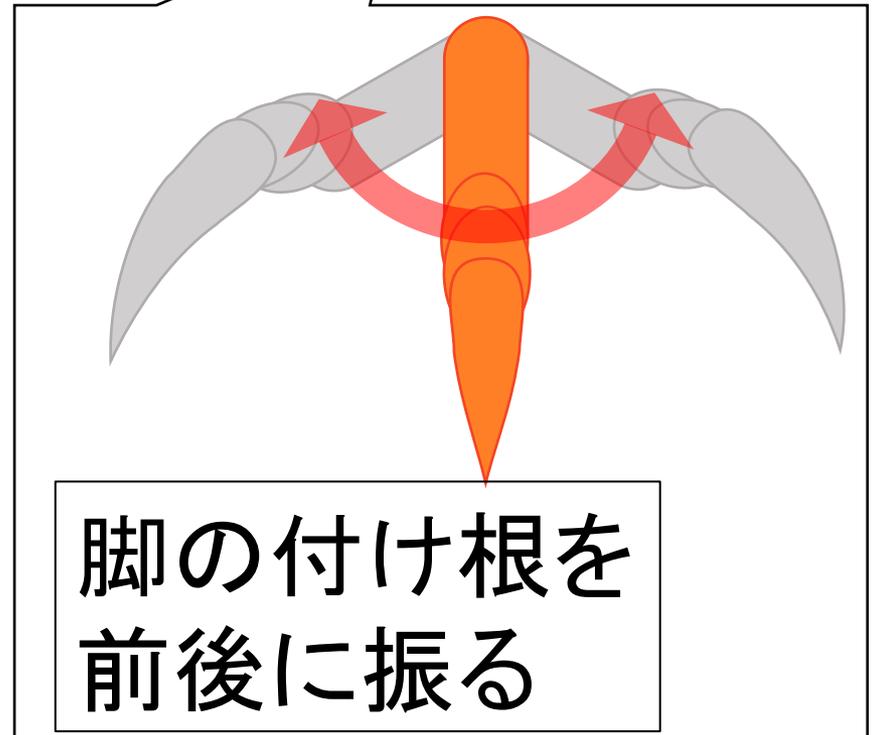
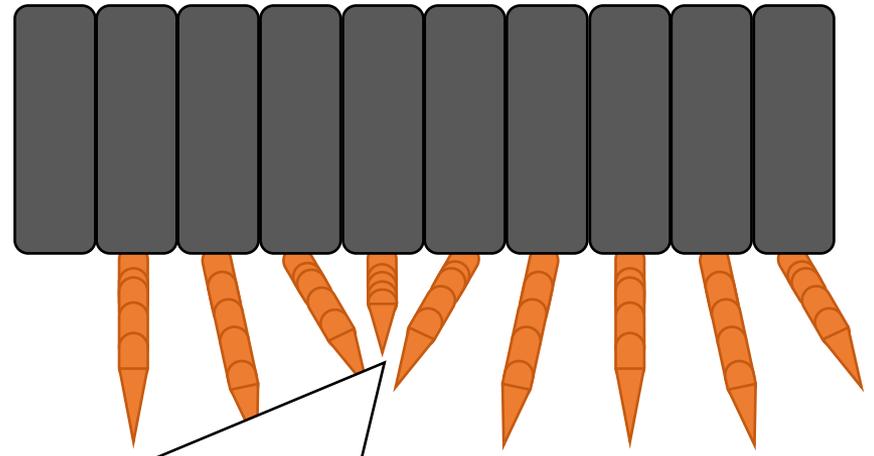
ヤスデの歩行がどのように制御されているか理解するために
ヤスデの
最も基本的な歩行モデルを作成する

予備観察



二つの組み合わせ

← 進行方向





体の進行方向

タイミングのずれによって

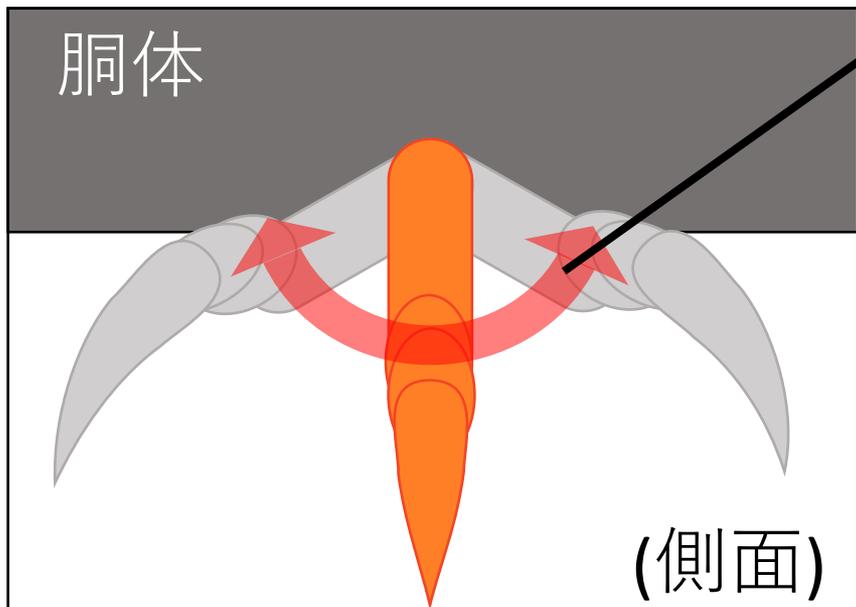
脚の**前進波**が形成

前の脚のタイミングが遅れる

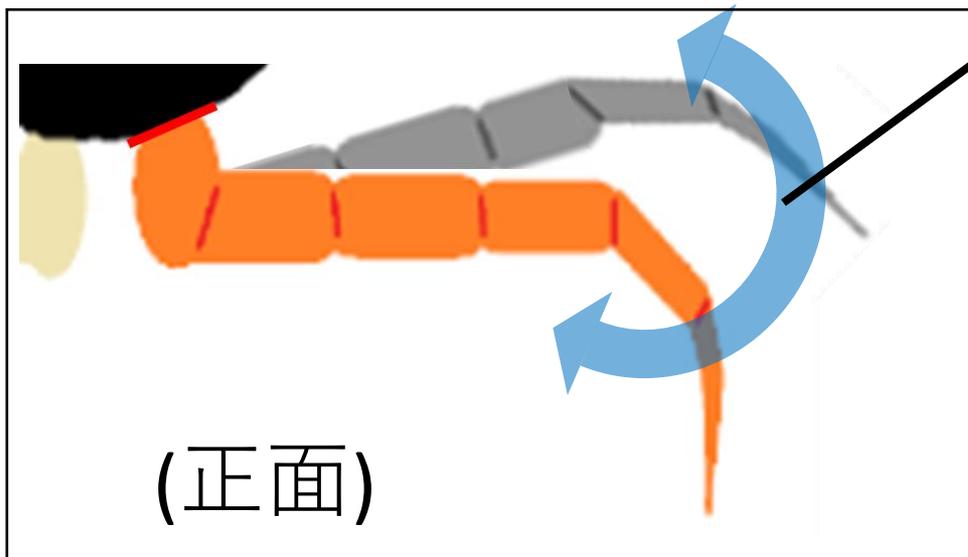
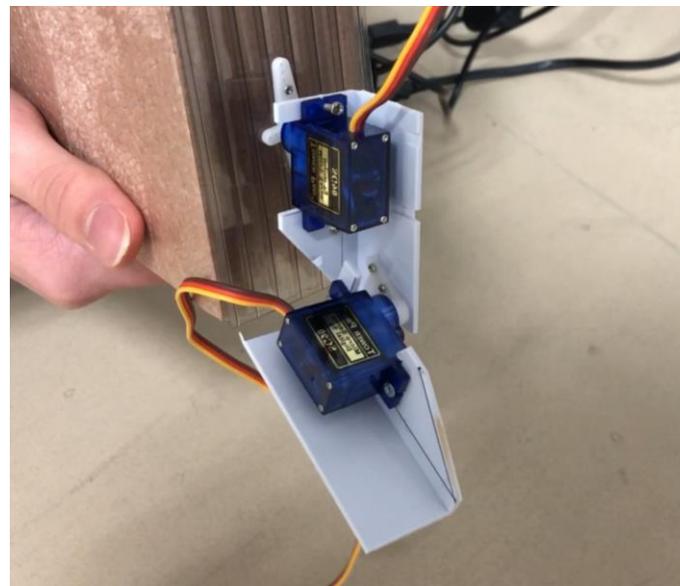
仮説

すべての脚に同じ周期的な運動をさせて隣り合う脚で一定のタイミングのずれを作ることによってヤスデの基本的な歩行をモデル化できる

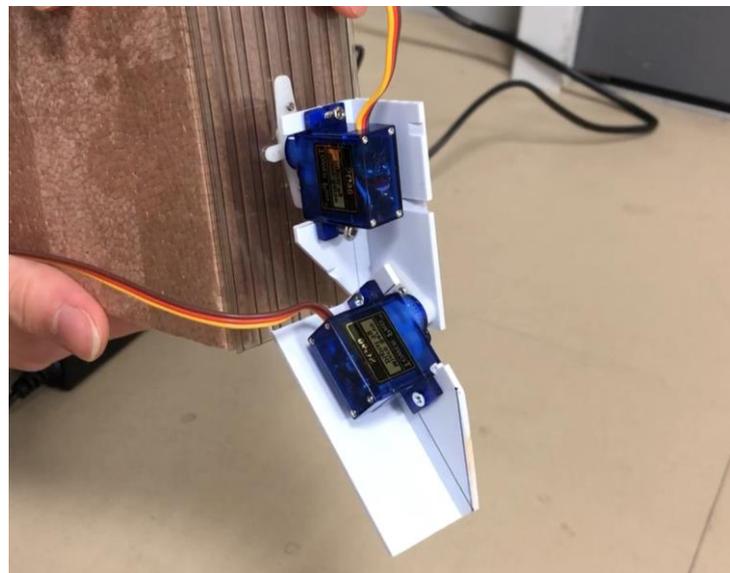
脚の動作のモデル化



モータ1と対応



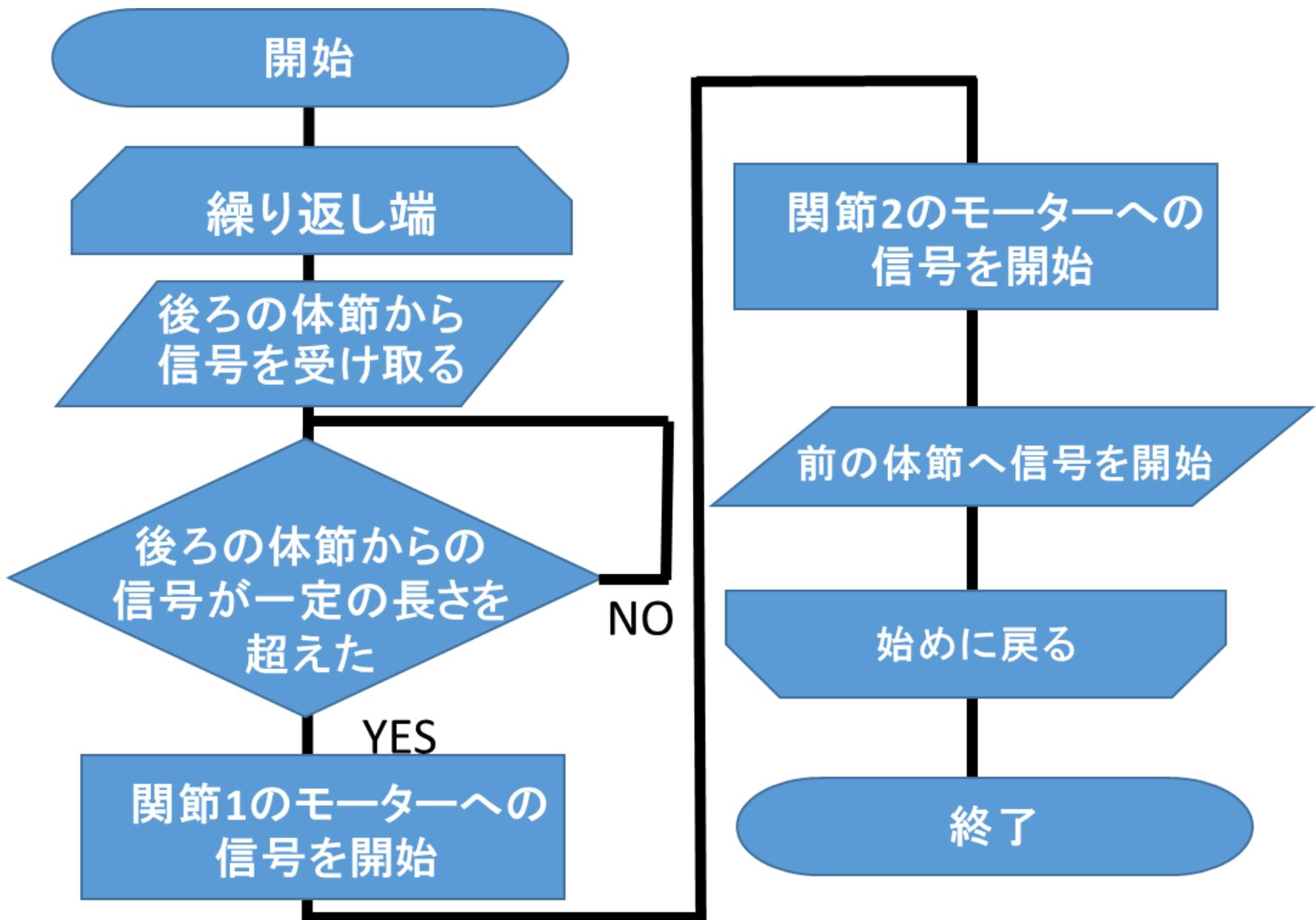
モータ2と対応



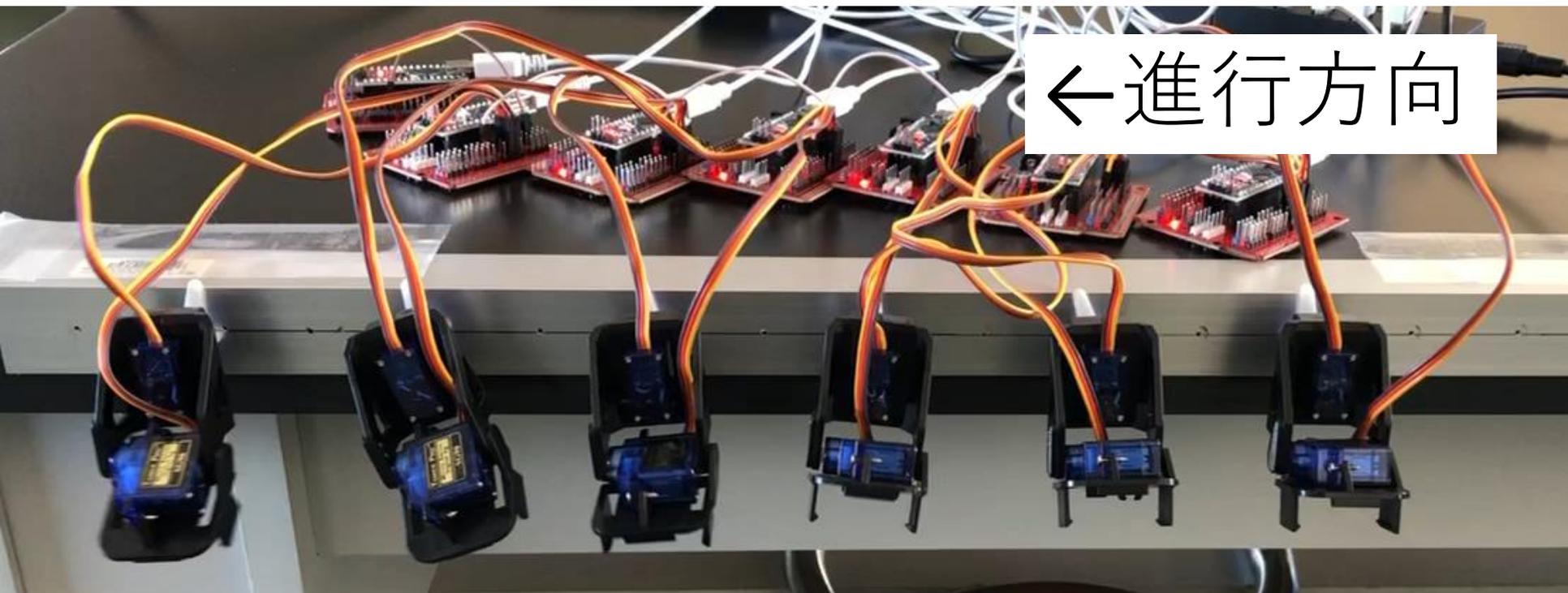
モデル化

実際のヤスデ	モデル
梯子型神経系により 体節ごとの制御が可能	1つの体節に1つのマイコン 1つの体節に一對の脚
すべての脚が同様に 周期的に動作	すべてのマイコンに 同じ動作をプログラム それを繰り返す
後ろから前の脚への タイミングのずれ	前方の体節に信号を送る 受信時にタイミングをずらす
前後に動かす「関節1」 上下に動かす「関節2」	前後に動かすモーター1 上下に動かすモーター2

ヤスデ歩行モデルのアルゴリズム



現段階のヤステ歩行モデル

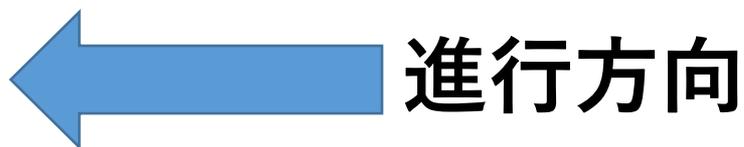


ヤステの歩行をモデル化できた！

展望

ムカデの一種は脚の波が進行方向と逆向き

ムカデ



ヤスデ

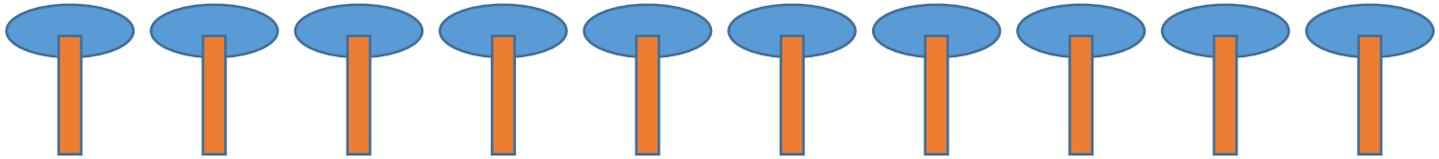


展望

波の進む向きはずらす順番によって決まる？

ムカデ型：前から後ろへずらす

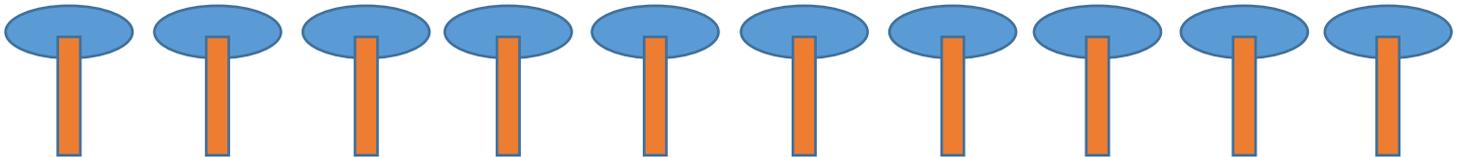
← からだの進行方向



↑ 後進波

ヤスデ型：後ろから前へずらす

← からだの進行方向

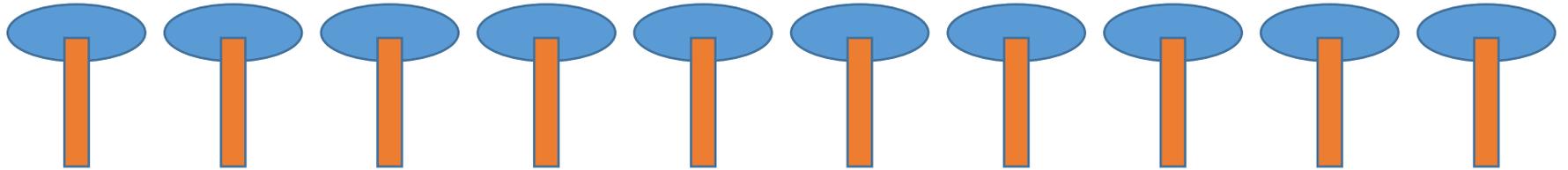


↑ 前進波

展望

ヤスデ型

← からだの進行方向



大きくずらすことで

前から後ろにずらしているにもかかわらず
からだの進行方向に進む波になる

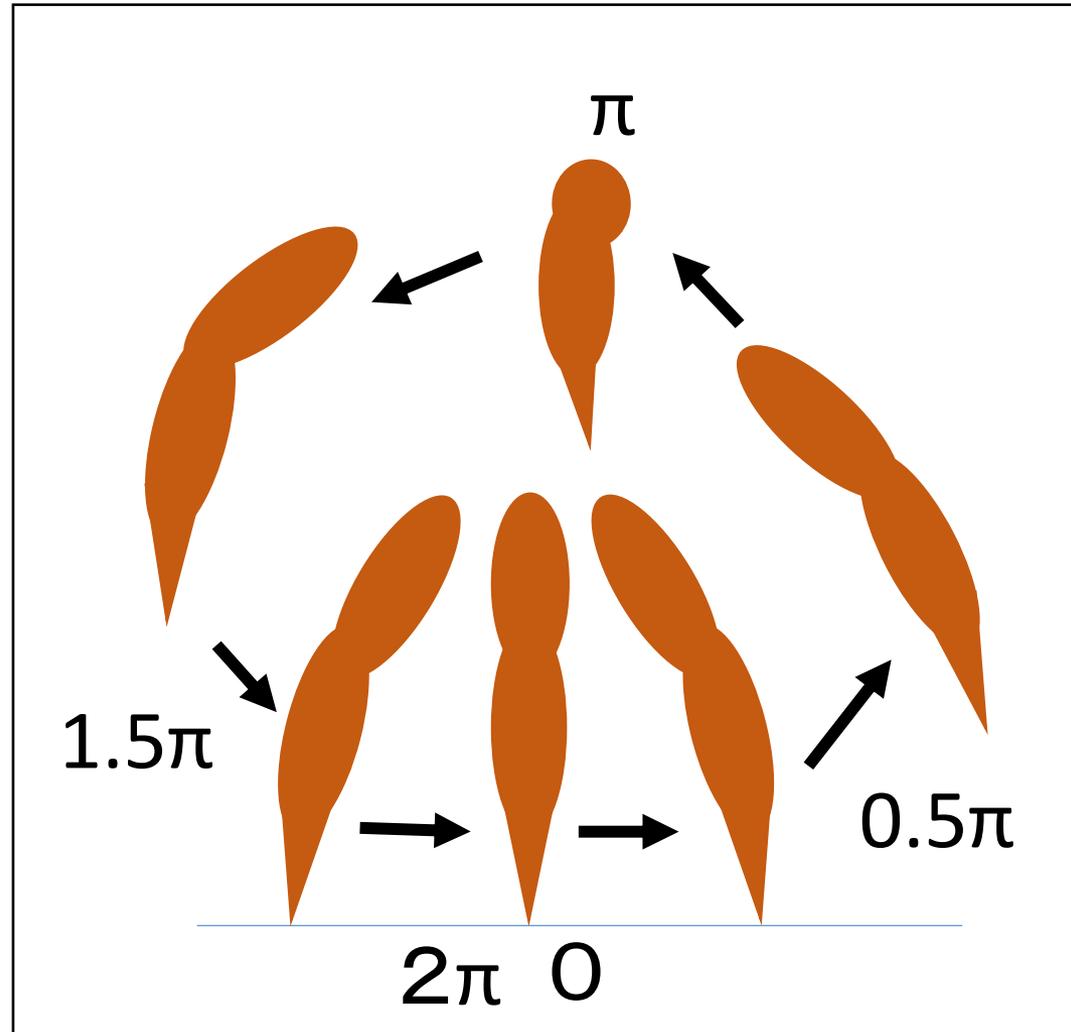
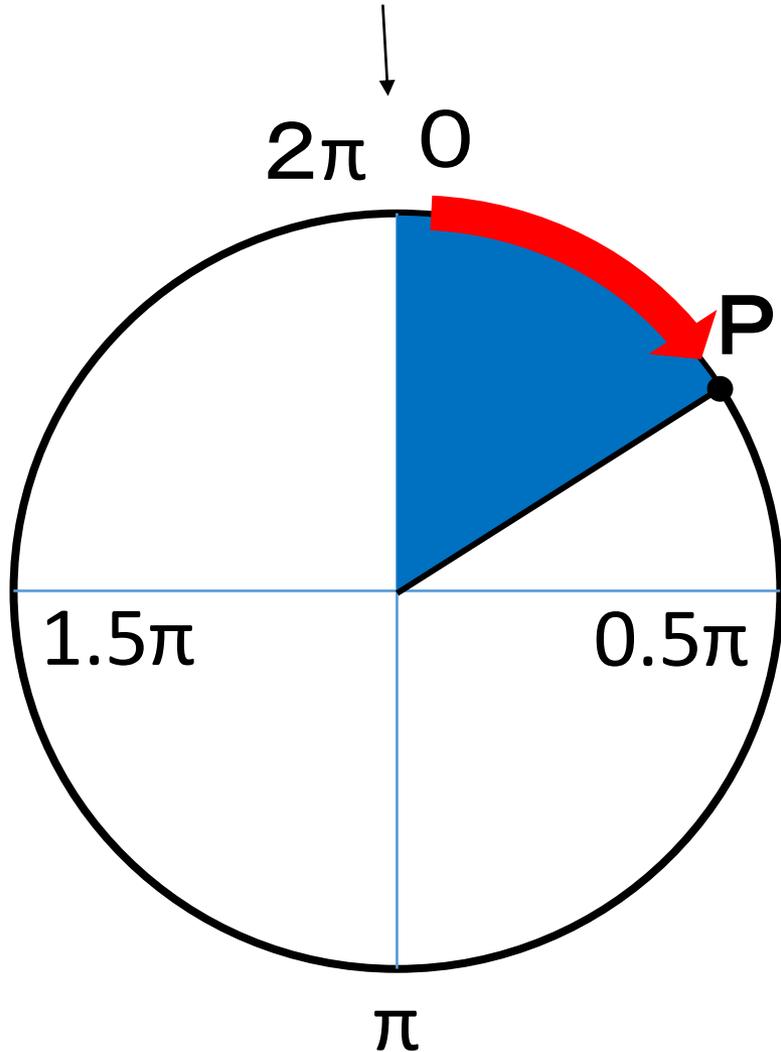
「脚の運動が周期的に繰り返す」
という性質に起因？

展望

P : 脚の周期的な運動の段階(位相)

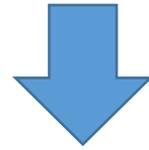
$$(0 \leq P < 2\pi)$$

一周すると0に戻る



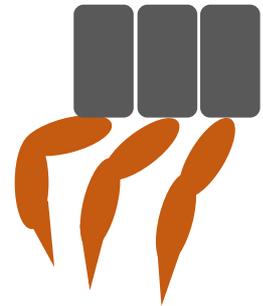
展望

脚の先端の座標を位相 P の関数として記述



タイミングのずれ(位相のずれ)を含めて
隣の脚との位置関係を記述可能

波のもとになる
タイミングのずらしは
隣の脚との干渉を避ける効果？



後進波と前進波に分かれる原理に迫る

参考文献

- 1) ヤスデの歩行パターン調節に関する実験的および構成論的検討
—茨城大学

https://www.jstage.jst.go.jp/article/pscjspe/2016A/0/2016A_345/_pdf

- 2) 陸上と水中を自在に動き回るムカデから学ぶ柔軟な「身のこなし方」
—東北大学

<https://www.tohoku.ac.jp/japanese/2019/12/press20191203-01-mukade.html>

ご清聴ありがとうございました