

# Learning Agile Robotic Locomotion Skills by Imitating Animals

<https://arxiv.org/pdf/2004.00784>

## 0. Introduction

- 동물 수준의 agile locomotion 을 로봇에 구현하는 것은 어려운 문제.
- 기존 수작업 제어기는 개발 비용·전문성이 매우 높음.
- 강화학습은 자동화를 가능하게 하지만 reward 설계가 또 다른 난점을 유발함.
- 본 논문은 동물 모션을 imitation 학습으로 모방하는 시스템을 제안해 다양한 agile 동작을 자동 학습함.
- 단일 접근으로 여러 스킬을 합성하며, sample-efficient domain adaptation으로 sim-to-real 전환을 가속한다는 점이 차별점임.

## 1. Overview

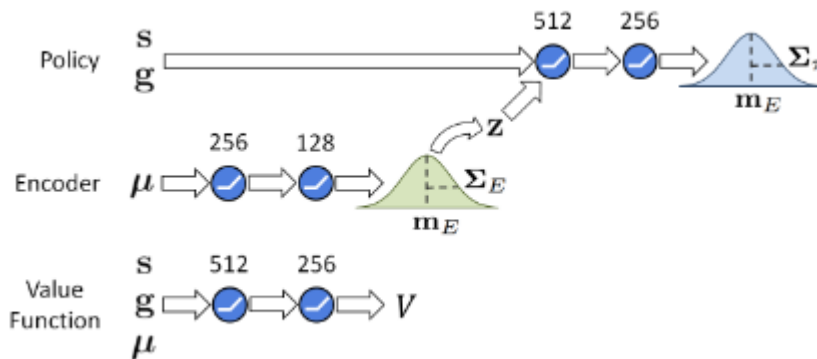
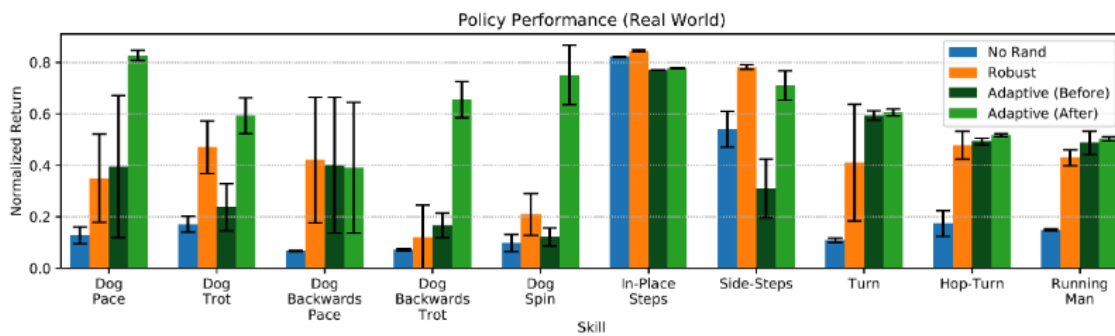
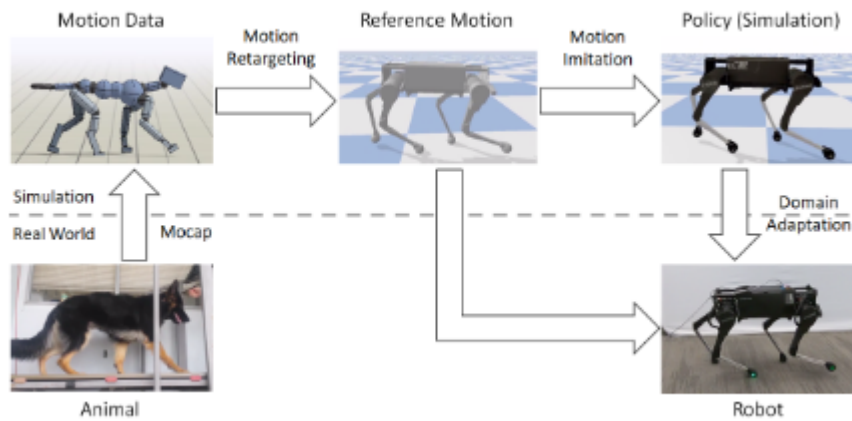
- 실제 동물 reference motion 을 imitation learning 으로 학습.
- 18-DoF quadruped 에 여러 locomotion gait, dynamic hop 등을 자동 생성함.
- 구성은 simulation 학습 → domain adaptation → real-world 배포의 흐름(세부 구조는 Abstract에 없어 **확실하지 않음**).
- 목표는 reward 설계 없이 고난도 locomotion 을 학습하는 것.

## 2. Challenges

- 스킬별 제어기 수작업 제작의 난이도.

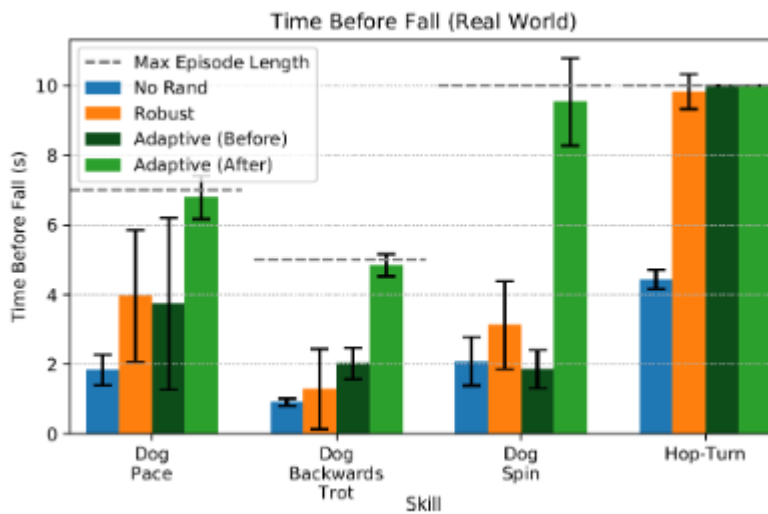
- 강화학습 reward 설계의 어려움.
- simulation 과 현실 간 차이(sim-to-real gap).
- 동물과 로봇의 관절 구조 차이로 인해 모션 매핑이 어려울 가능성

### 3. Method



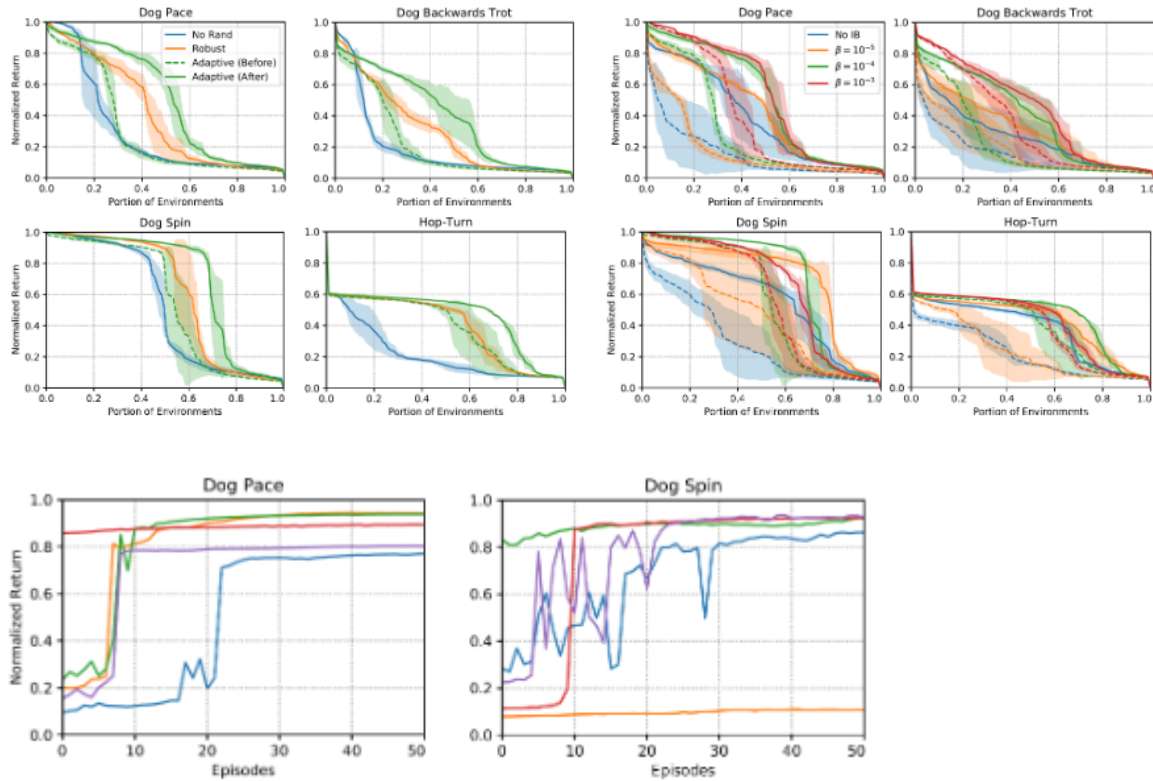
- **Imitation Learning:** reference 동물 모션을 imitation objective 로 학습.
- **Domain Adaptation:** simulation policy 를 현실 로봇에 빠르게 이식.
- 네트워크 구조·파라미터 등은 Abstract에 없어 **알 수 없음**.
- 로봇은 18-DoF quadruped 사용.

## 4. Experiments



- 실제 동물 모션 데이터 기반. (데이터 수나 종류는 **확실하지 않음**)
- simulation 사전 학습 후 실제 환경 실험 진행.

## 5. Results



- 다양한 agile locomotion 을 성공적으로 수행.
- 여러 gait, dynamic hop 가능.
- sim-to-real 전환 성공.
- 정량적 수치는 Abstract에 없어 확실하지 않음.

## 6. Insight

- imitation 기반 학습은 reward engineering 의 어려움을 크게 줄임.
- 단일 정책으로 여러 agile 스킬을 합성한 것은 실용적 진전.
- sim-to-real 성과는 simulation-first 접근의 가능성을 보여줌.
- 모션 데이터 품질과 도메인 적응 기법에 성능이 좌우될 가능성 있음(추측입니다).