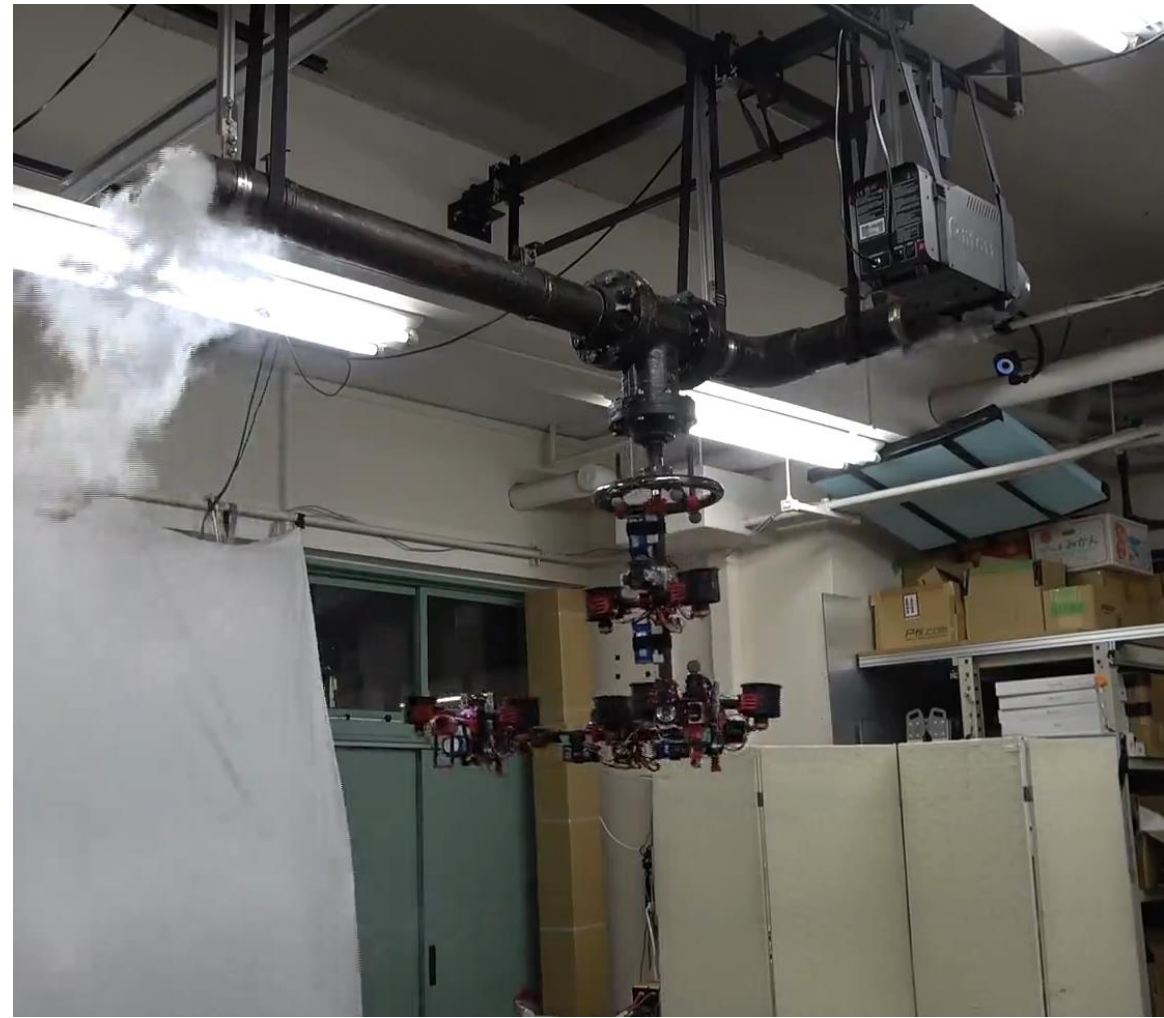
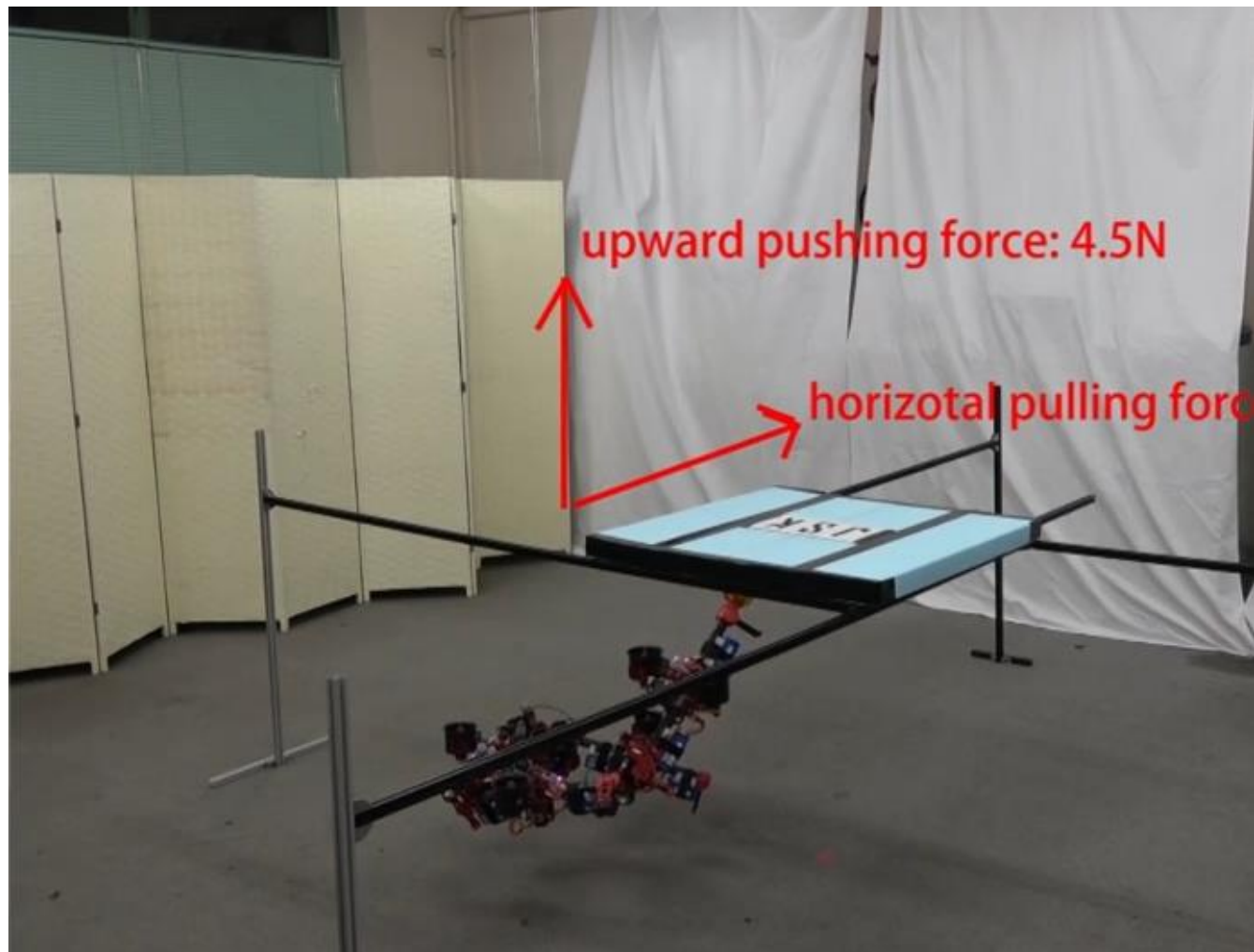


災害時の構造物センシングデータ収集に向けた 多リンク系ドローンの制御と環境認識

東京大学大学院 情報理工学系研究科 岡田 慧

東京大学大学院 工学系研究科 趙漠居

環境操作能力を有する多リンク系のドローンを用いて、構造物内部の被害状況を網羅的にセンシング



Moju Zhao, Fan Shi, Tomoki Anzai, Krishneel Chaudhary, Xiangyu Chen, Kei Okada, Masayuki Inaba. Flight Motion of Passing Through Small Opening by DRAGON: Transformable Multilinked Aerial Robot. 2018 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), 2018.

多リンク系ドローンによる構造物の三次元センシングと防災ネットワークSIP4Dとの連携

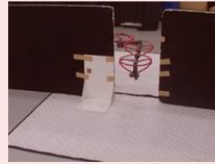
(A) 構造物センシングのための自律行動システムの構築

空中作業を伴う構造物内部での探索観測とデータ収集

高所作業による構造物内部での探索観測



扉・窓の開放



隙間のすり抜け



瓦礫押し退け



穴の潜り抜け

高所のデータ収集



IoTセンサ貼り付け



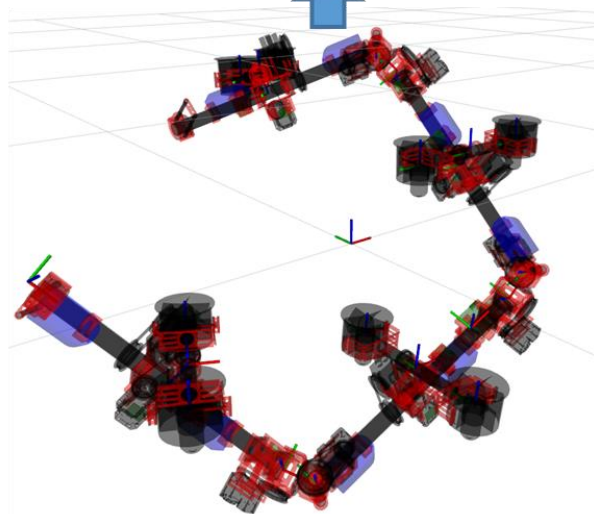
バルブ開閉確認



試料採取(ドリル開け)



内外壁塗装検査

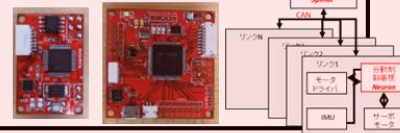


空中操作能力を持つ多リンク系ドローン

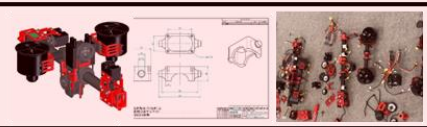
(B) ドローンプラットフォームのホワイトボックス化

ミドルウェア ロボット用標準プロトコル
ROS

ファームウェア



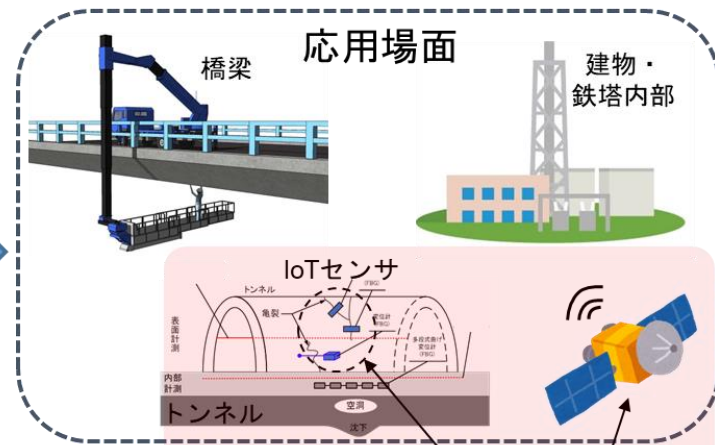
ハードウェア



外部通信

インターネット

(C) 防災ネットワークとの連携

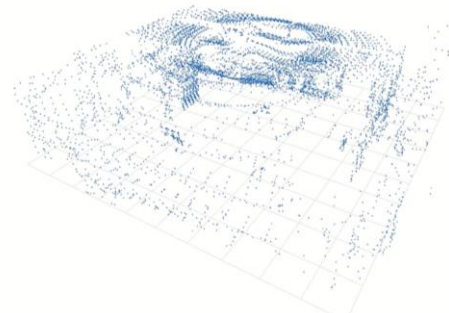


環境の三次元モデルの生成とドローン経路の自動生成

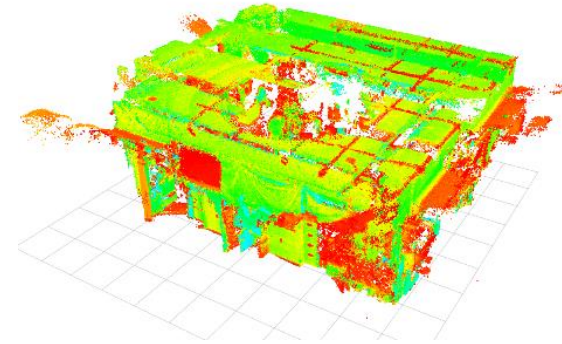
3D LiDARの実点群情報に基づく自律飛行の3次元動作計画法と標準化プログラムノード化



実環境で記録



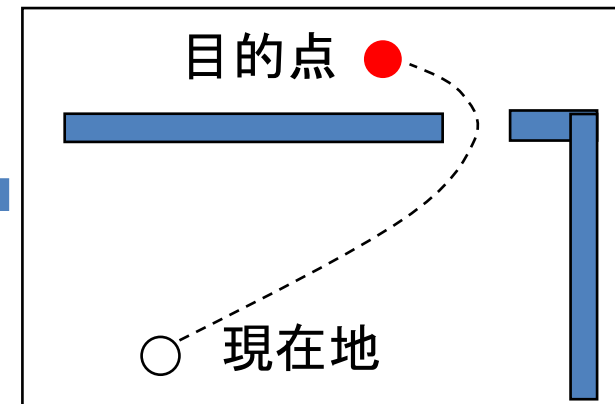
生の低密度点群データ
(10FPS)



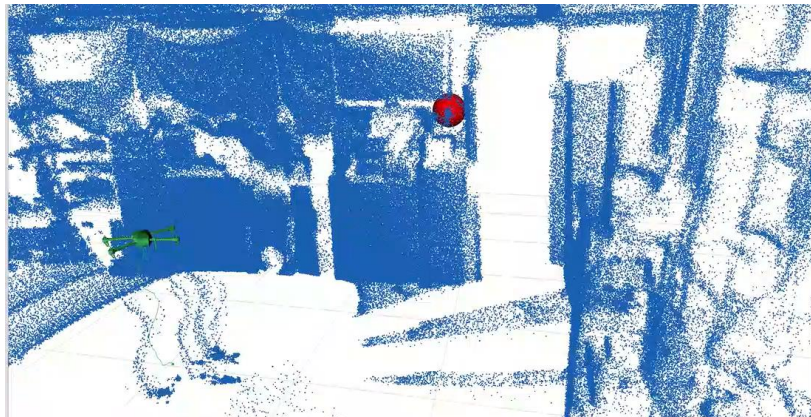
アセンブル点群
(2秒間で20フレーム)



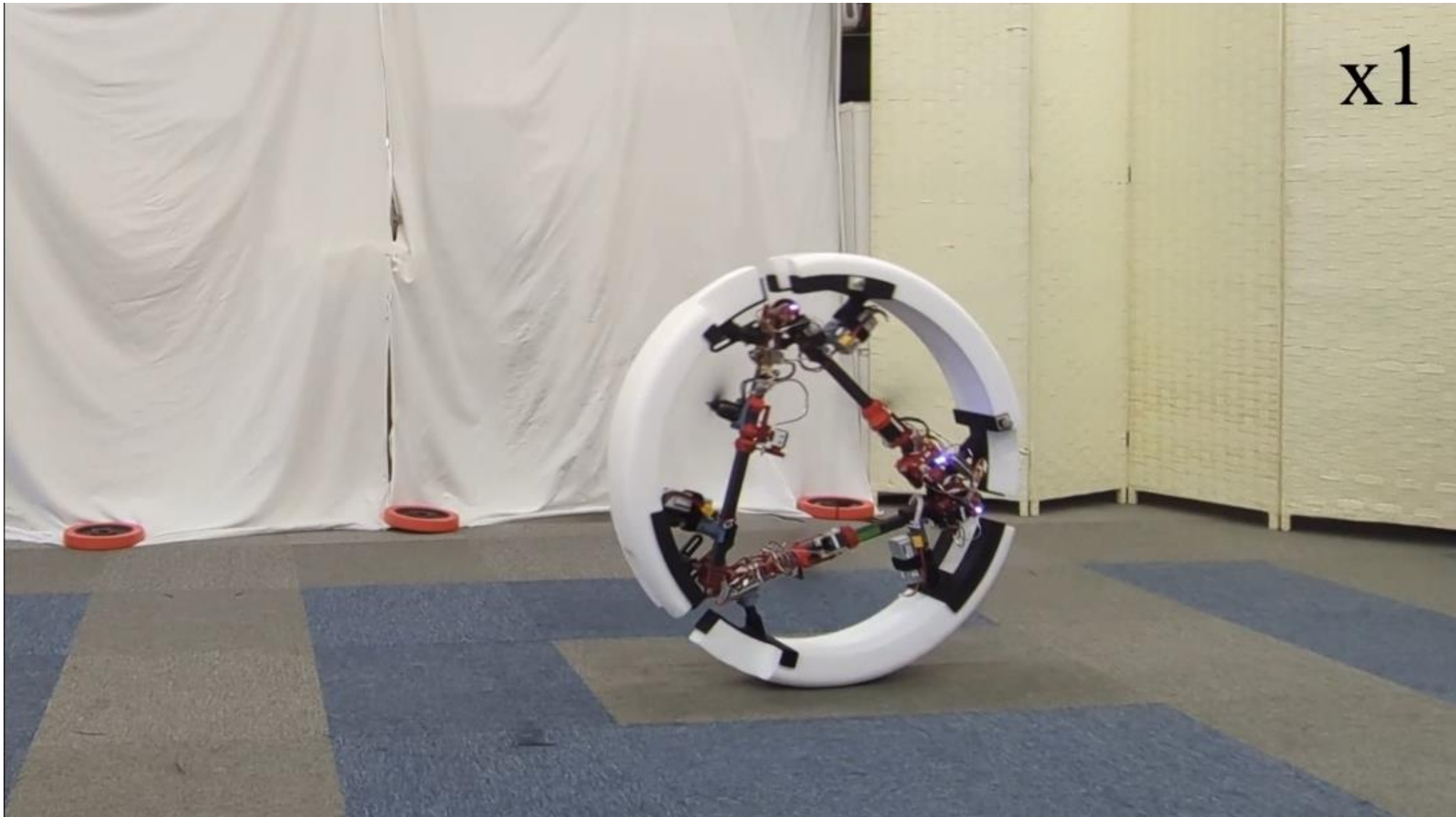
経路生成機能(最適経路計画)



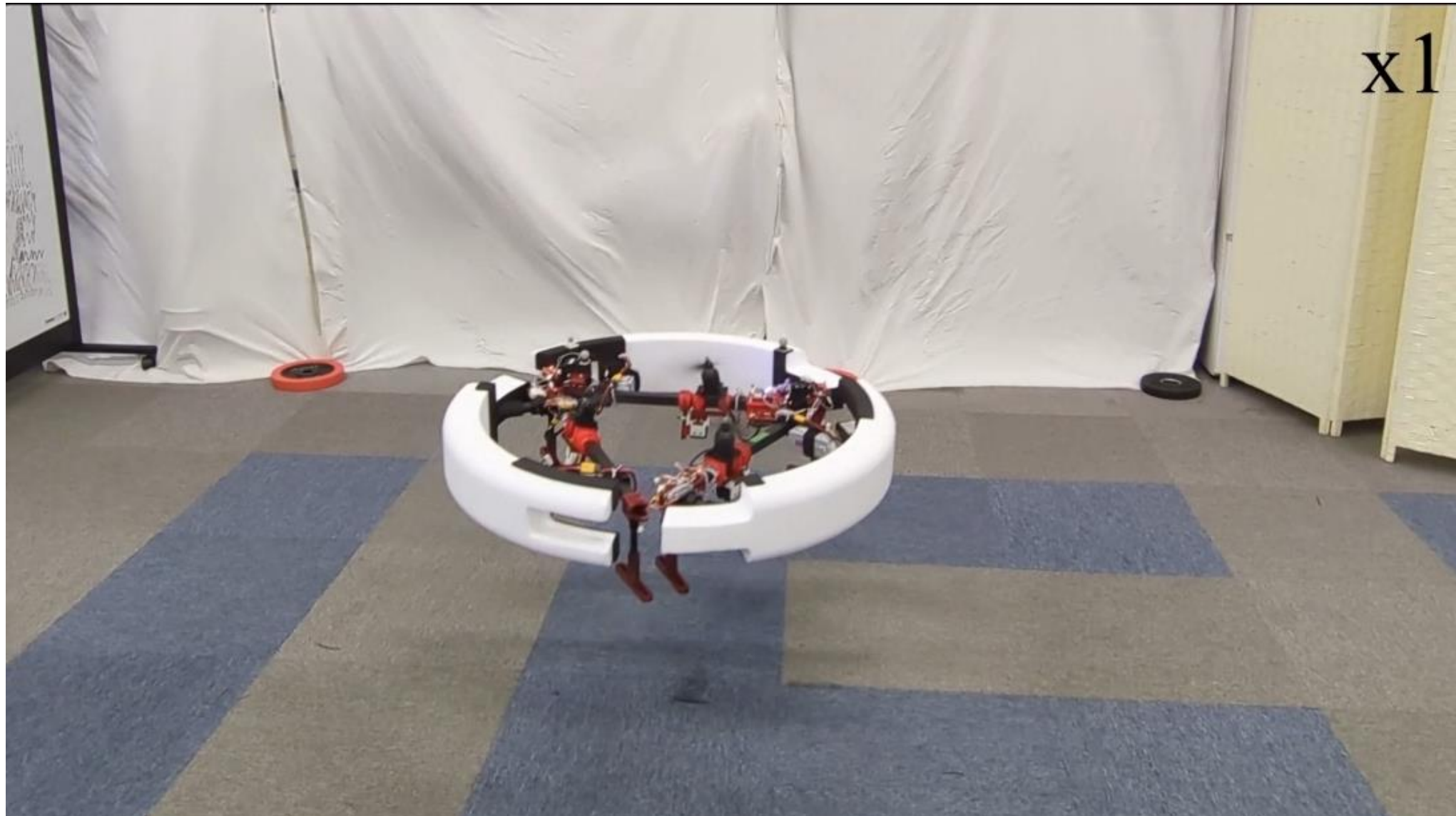
経路評価



飛行、転がり、操作可能な多リンク系ドローン : 転がり

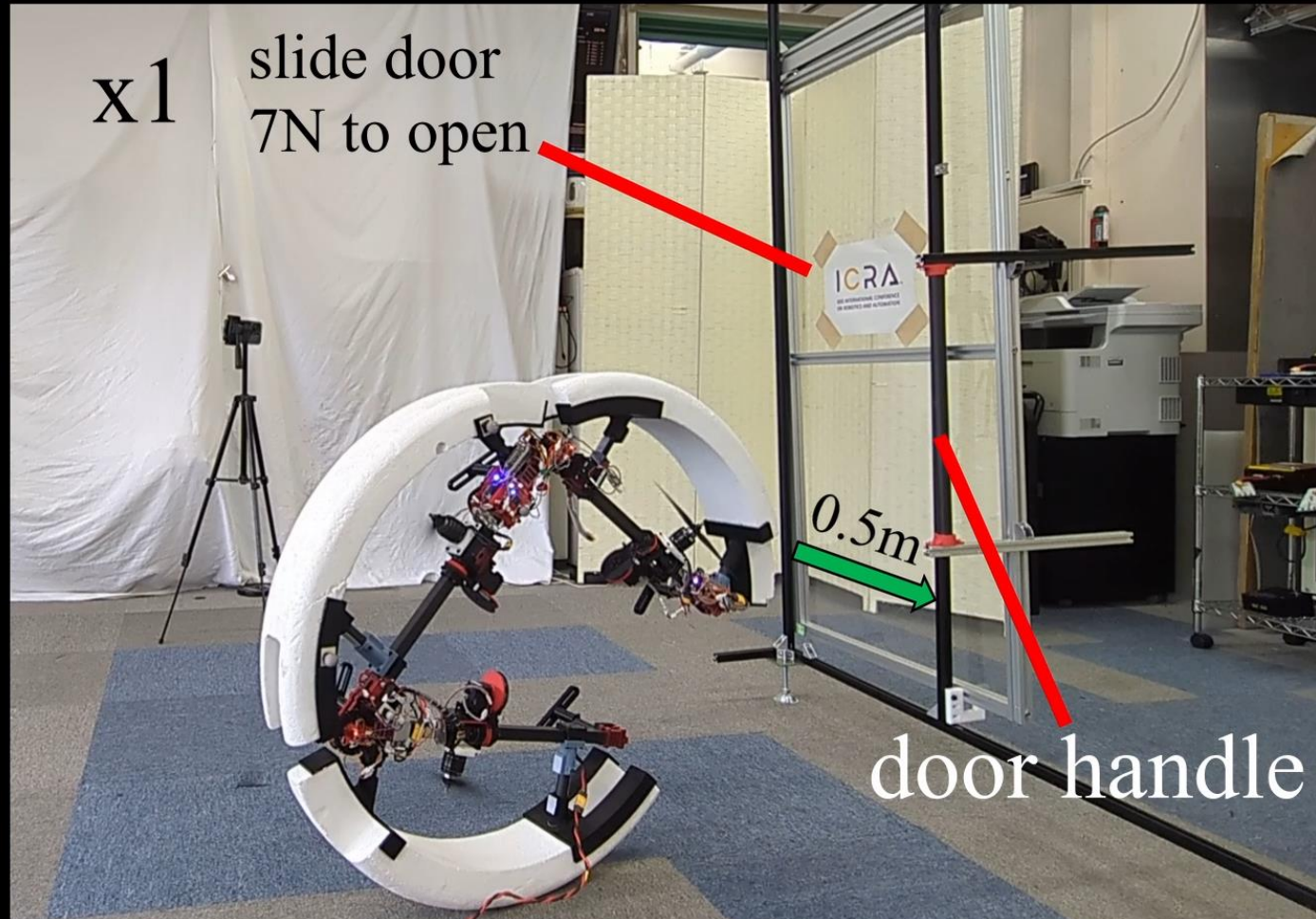


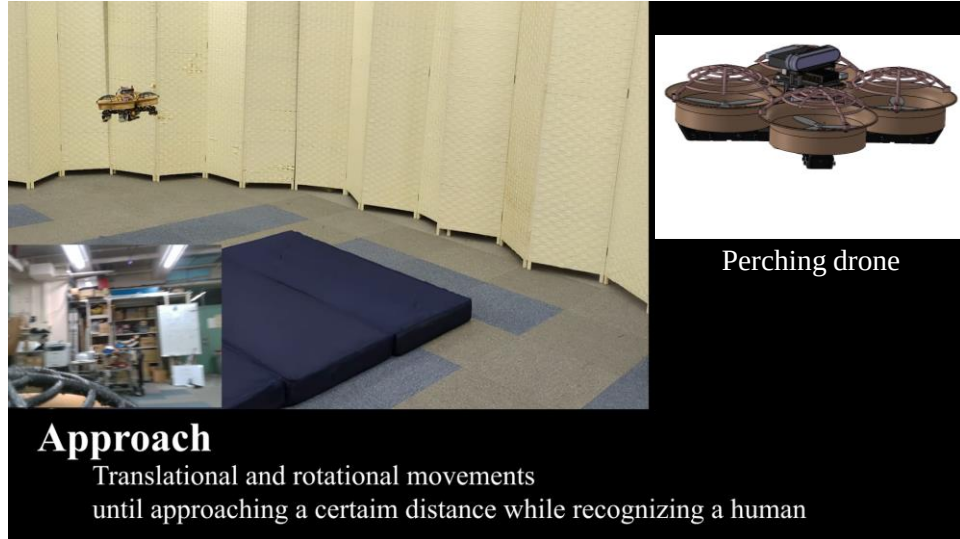
飛行、転がり、操作可能な多リンク系ドローン : 飛行+変形



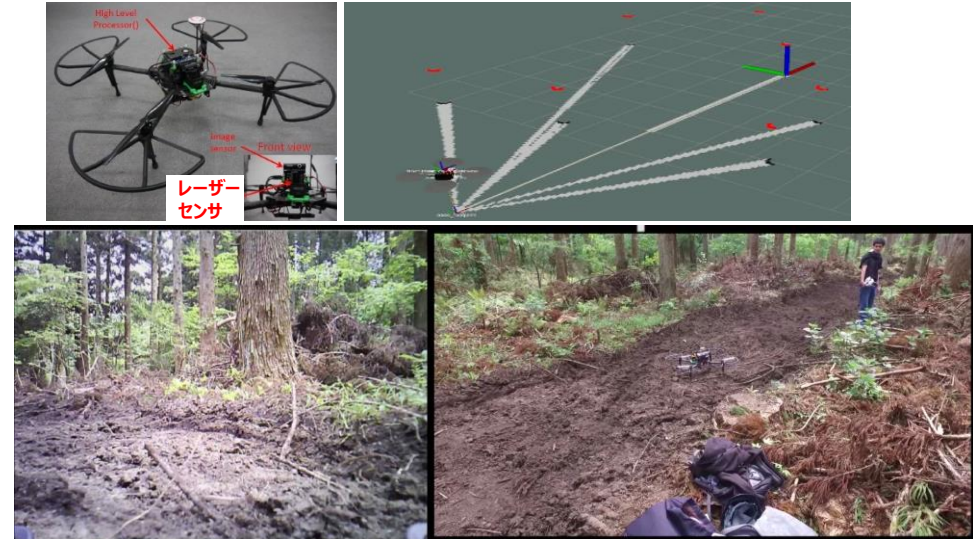
飛行、転がり、操作可能な多リンク系ドローン : 操作

Door opening experiment

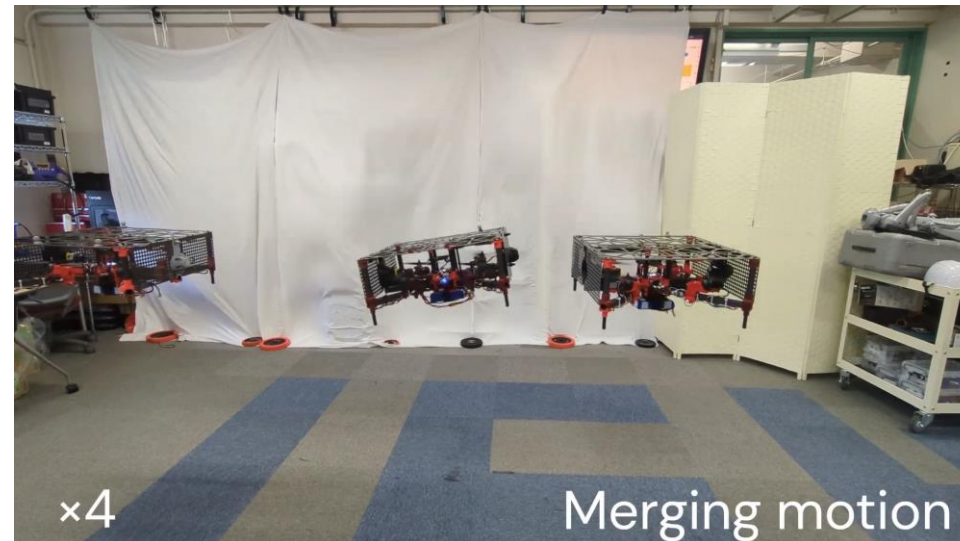




災害救助への応用のための人とのインタラクション



屋外での環境認識と林業への応用



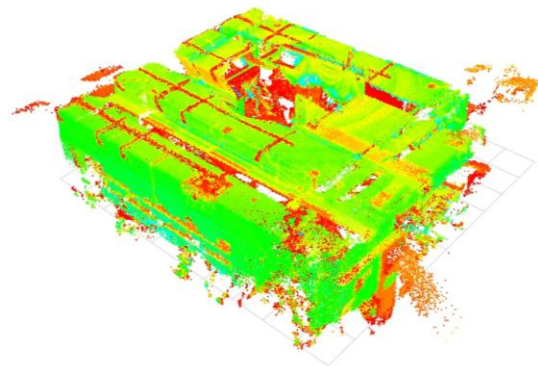
合体分離機能をもつモジュラードローン



地上歩行と空中飛行の統合

取得した環境三次元情報の防災ネットワークへの公開

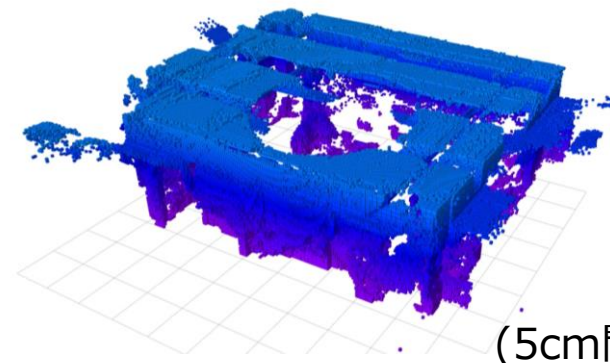
SIP4Dの Protocol に基づくロボット指令・センサ値・画像・点群データなど転送機能の拡張



圧縮前(生)の点群データ

- 点群密度不均等(過密)
- サイズ: **40MB**

Octomap化
による圧縮

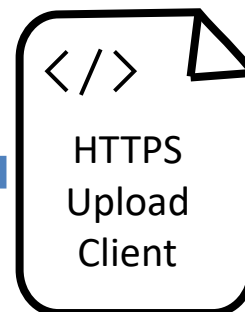


(5cm間隔)

圧縮後の点群データ

- 点群密度均等化・階層化
- サイズ: **200KB (1/100以下)**

.geojson
に埋め込む

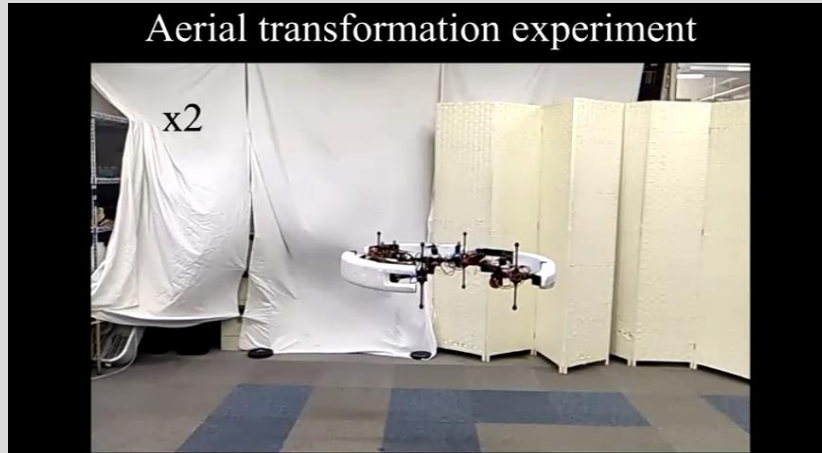


```
{
  "type": "FeatureCollection",
  "features": [
    {
      "type": "Feature",
      "properties": {
        "timestamp": "0001",
        "data_type": "octomap",
        "seg_num": 184,
        "encoded_data_seg0":
          "IyBPY3RvbWFWIE9JVHJIZSB1aW5hcnkgZm1sZQo jIChmZWVwIGZyZWUgdG8gYWRkIC8gY2hhbmdI!
          wADAAP//APAAMZMAMAAwAAIAAwAAZACAAATMzMDAAECAAMDMAIAACIBImyABICAiIjMzICiIiIiI
          QAERABVEFUA8PD/wPMAUVERROERQAABAAwAAEADBAUFNFQEEAEVQEVUAUPz/AFAAEAEABRRAP
          ACUGQEEQAMDABARUX//wAQAEVARQAABRAUUVBVFX//xAAAAEAFRBAlABSZgWIVBxwMIBVEAAQABE
          wMwBEABAQAAYgAPMAEFBVEFAA8ABVEBD//AzAEVQECACAAQAAzWBEAFBEVQwABAADzxEAEEAFERY
          BYBUAFY3VVRVYVUVFVFWoGT//5CgYKBZWoZalYVVEGpVWIX//B/UmAAUUVBiQFFmZfDwAEAEFFQA
          VFWVYVUQAQVlaVVFp/EAAREEBFREVOUFARBQT//wBQABAAFFUFUQAQZBAQBEX//wBAAFUQUERVVR
          gA//
          +ZaZZ1YVlaVVMqValJCVYJxw8ERQQAQABAD8AVQBKBQUA//9dY1mZYWZFXVZVUFRUVX1VQVVRVX
          ERQBARQFRRBFBMzAQEEBREFHP/wAEUUEEBABAUVUABFQV//8ERAEEQUUFFVUVVEABVQGEQ/////wBF
          UQUMPWaUQAEEUVEGYMD/AFAAUUVQFFVRYfx/AAQAVBBQEEQUVFUV9999EVQRQFQEEUEBEADXPBVV
          encoded_data_seg1:
          "z/8EAFFFAAAUUVBFQVUPD/UEFAREBvVVFQFVUB//8AEAQERFUQVVRVUFVUBFVF/38QUARQVRVL
          kVAQAPzPABQBAEBFgEgUoEUFf/9UVVFRFRVqIFiVapVmt//f9
          +JHFFVUVF1VQVRVH/PFUVVQVVEQEABAQAUN/fVBURUFBVVBRURQE//8VRABQUAUVVUFUSFmAAK
          A/wAEUBEAUAREMDAAUREQwM8ARAEEFFFBP/zREQQAQREVFUFFVUREwMAAwEBAwABAAS/MwMDAw
          "
      }
    }
  ]
}
```

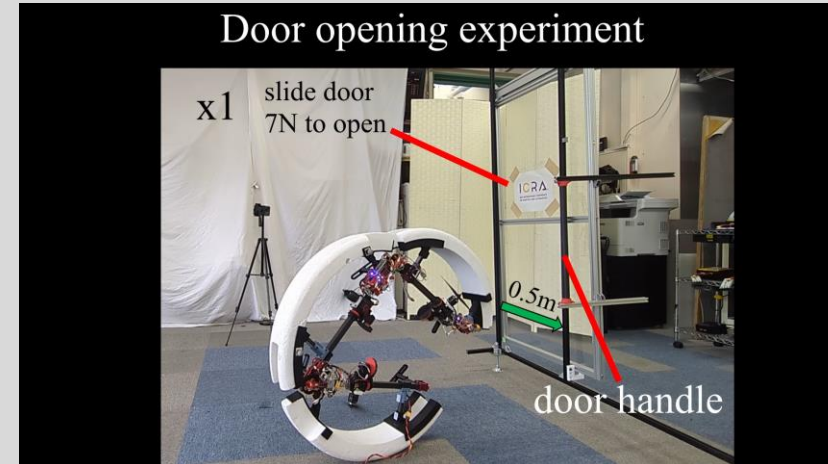
一般公開

https://api.sip-bousai.jp/SIP4D_ZIP/99-999-99/univ_tokyo_001

転がり、飛行、操作可能な多リンク系ドローン



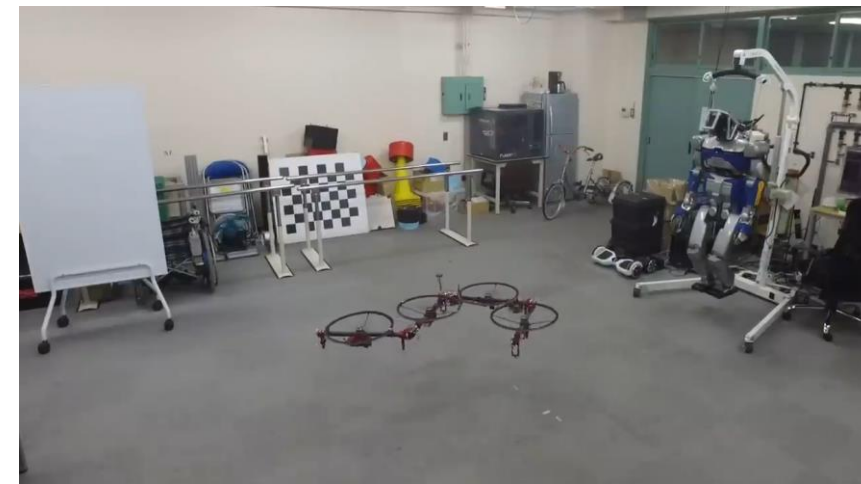
空中での飛行・変形



変形による物体操作



屋外環境での転がり移動



多リンクドローンの多自由度な変形