T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	ラムダ型リンクを用いたブロック運搬組立ロボットの開発
Title	
著者(和文)	野田 幸矢, 本多 慶人, 遠藤 玄, 福島 文彦
Authors	Satsuya Noda, Yoshito Honda, Gen Endo, EDWARDO FUMIHIKO FUKUSHIMA
出典 / Citation	日本ロボット学会学術講演会, , , 2R2-04
Citation(English)	, , , 2R2-04
発行日 / Pub. date	2013, 9
権利情報 / Copyright	本著作物の著作権は日本ロボット学会に帰属します。 Copyright (c) 2013 The Robotics Society of Japan.

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

ラムダ型リンクを用いたブロック運搬組立ロボットの開発

○野田幸矢　本多慶人　遠藤玄　福島 E.文彦(東京工業大学)

1. はじめに

NHK 大学ロボコン 2010[1]では，エジプトのギザの三大ピラミッドをモチーフとしたオブジェクトをロボットが建設するという競技であった．競技は“クフ王のピラミッド”の第一フェーズ，“カフラー王のピラミッド”の第二フェーズ，“メンカウラー王のピラミッド”の第三フェーズに分類される．本稿では特に第二フェーズで，Maquinista[2]がピラミッド組み立てに用いた七つのブロックを運搬するロボットの設計について述べる．

2. 競技の概要

この年の大会のルールは NHK 大学ロボコンホームページ[1]に具体的に記載されている．ルールブックは十数ページに及ぶルール本文と数ページに及ぶ補足より構成されるがここに要点を示す．

- 競技は二チームによる対戦形式
- マシンはコントローラで操作できる手動機とスタートスイッチを押したら自動で動く自動機に分類される．
- ピラミッドにはあらかじめ土台となるプレフィックスブロックなるものが競技場に固定されている
- 大会では 4 台までマシンを使用してよい
- マシンの初期サイズ制限（自動機）は 1000[mm]×1000[mm]×1500[mm]に収まっていること
- マシンの質量の合計値は 50[kg]以下
- “カフラー王のピラミッド”は三つの層と頂上より構成され一層目に三つ，二層目に三つ，三層目に一つ，頂上にゴールデンブロックを一つ配置する．
- 頂上のブロックは一チームしか置けない
- 自動機はあらかじめ組み立てに必要なブロックを搭載してよい．
- 自動ロボットのスタート地点と“カフラー王のピラミッドの土台”までは約 3[m]の距離がある．
- 下の層よりブロックを積まなければならない
- 下の層のブロックを積んでいるとき上の層のブロックは下の層のブロックと面接地してはならない
- ブロックは規定の位置より誤差 25[mm]以内に置かれていなければならない
- 競技で使用する各ブロック(計 18 個)の重量は 750[g]，大きさは 500[mm]×500[mm]×300[mm]で両方の側面にφ60[mm]の貫通穴がある
- ブロックの設置完了時マシンとブロックは接地してはならない．

図 1. マシンの概観図

3. 設計コンセプト

3.1 基本戦略

第二フェーズの“カフラー王”のピラミッドを二台使用して建設するにあたり問題となるのは頂上のゴールデンブロックを置く際に，相手チームと陣地の争奪戦が起こることが予想された．

そこで，Maquinista[2]の作戦は第二フェーズ開始とともに頂上のブロックを置く専用マシンいつでも置ける体制を作ることになった．本マシンは専用マシンが頂上のポジションを待機している間に七つのブロックピラミッドを下から順に積み上げる．

3.2 設計方針

例年の質量制限“マシン三台の合計質量が 50[kg]以内”である．この年ほとんどのチームはマシンを四台使用するので，質量制限は例年のものと比較すると厳しい．さらに，ロボコンで扱うオブジェクトも例年使用しているものと比較しても大きく重い．そこで，設計方針として以下の三つに留意した．

1. 本番での信頼性向上のために，動作させる機構をなるべく必要最小限にとどめる．
2. 構造をなるべくシンプルな形にして，強度を維持し軽量化する．
3. 正確にブロックを置くために機構で対応するのでなく動作手順を工夫することで対処する．

4. 機構設計

4.1 独立二輪型足回り

近年，NHK ロボコンではタスクが複雑なため全方向移動車両を使うチームが多い．しかし，全方向移動車両の欠点として重心が車体の中心にないと制御

しづらい点があげられる．今回，後述するラムダ型リンクにより重心が車体前方に移動するため全方位移動車両を使うと移動性能が落ちると考えられる．そこで，足回りには前輪駆動型の独立二輪を用いた．

4.2 ラムダ型リンクを用いた起き上がり機構

今回ブロックを倒した状態から起こす動作に図 2 に示すようなラムダ型のリンク機構を用いた．送りネジによりリンクの一端を青矢印のように押し出すことで，ブロックを積んだ部分を回転・展開させる．この機構を用いる理由は主に以下の三つである．

1 大きな力を出力できる
2 トルク円盤やウォームギヤを使用するときと比べ，コンパクトに収納でき初期サイズ制限に収めることができる
3 展開中の動作を途中で止めることが容易

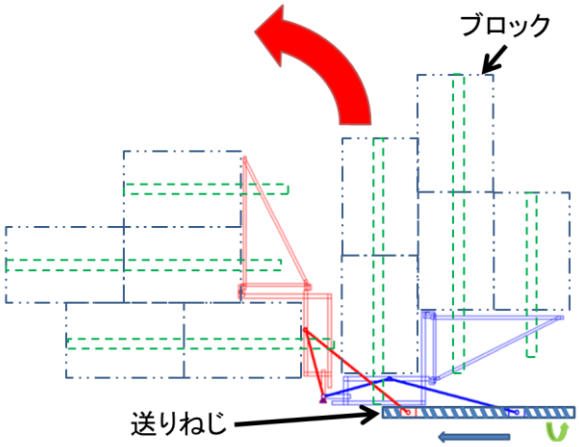

図 2．ラムダ型リンク機構

4.3 吸盤型吸引機構

前項の機構を用いてブロックを倒すと，重心が前輪より前に移動するため転倒する．実際に動作試験を行うと，ブロックを起こすと機体が転倒した．マシン転倒時に，姿勢を維持するために必要な力を計測した結果最大で約 5[kgf]必要であった．

簡易的な解決策は重りを載せることであるが，マシンの重量制限が厳しいのでマシンに重りを載せることはなるべく避けなければならない．そこで，図 3 に示すような吸引機構を車体後部に取り付け競技フィールドとマシンを取り付けマシンの転倒を防いだ．吸盤の直径は約 ϕ150[mm]である．（吸引機構の詳細については長岡技術科学大学ロボコンプロジェクト[2]を参照のこと．）

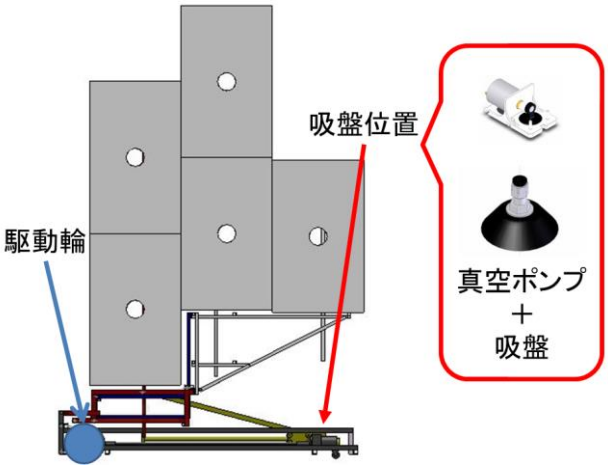

図 3．吸引機構概要と取り付け位置

4.4 棒の引き抜き機構

ブロック運搬のため各チームは棒状のものをあらかじめブロックの穴に差し込んでよいが，ピラミッド完成時にはマシンとブロックは接触していてはならない．

そこで，ブロックからの棒の引き抜き機構を図 4 に示す．棒自体にラックを貼っておき，ピニオンを回すことで棒をブロックから引き抜く．ブロックの引き抜きを支えるために平行リンクが取り付けられおり，棒が完全に引き抜かれると平行リンクが下がり，マシンとブロックは接触しなくなる．

引き抜き棒は，図 4 に示すようにラックとピニオンで駆動する．ラックがブロックに当たりブロックを壊さないようにチャンネル材の内側にラックを張り付けている．

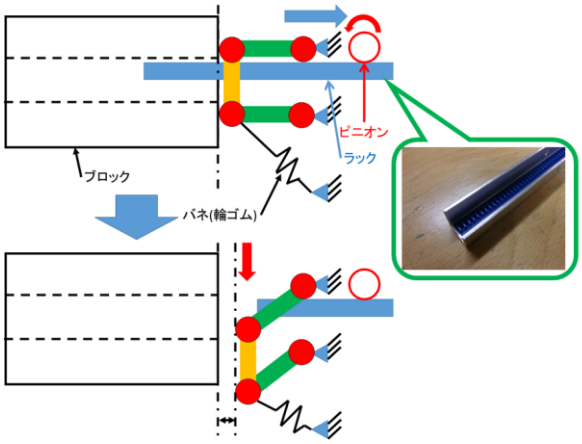

図 4．棒の引き抜き機構

4.5 ロープを用いた上下機構

層間のブロックの面接触を避けるため，図 5 に示すようなロープと巻き胴を用いた直動上下機構を使用した．巻き胴にかかるトルクを減らすため，動滑車を使用している．

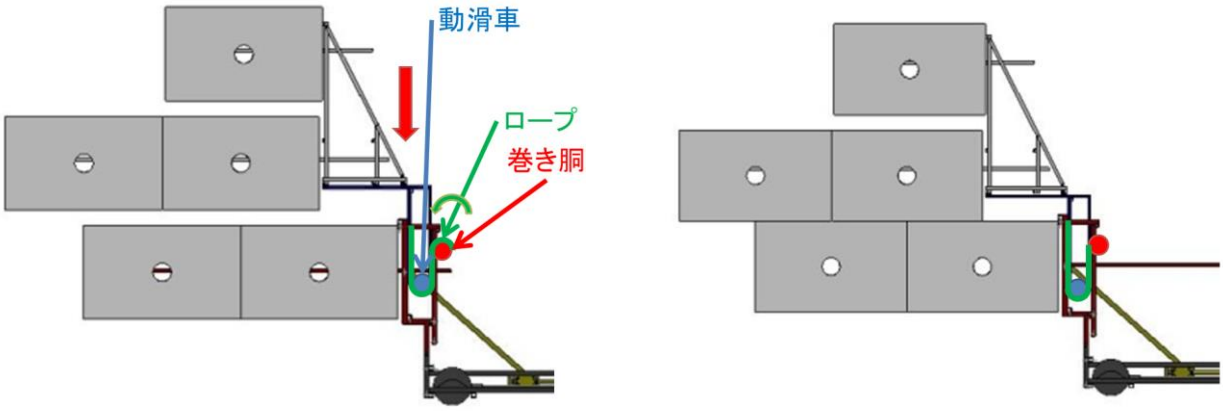

図 5. 上下機構の図

5. 製作したマシンの概要

マシンのサイズと重量を表 1 に，概観を図 6，7 に示す．マシンは基本的にアルミアングル 15[mm]×15[mm](厚さ 1.5[mm])とアルミ角パイプ 10[mm]×10[mm](厚さ 1[mm])のものを主に使用し，ロボット中央には 15[mm]×15[mm]（厚さ 1.5[mm]）の角パイプを使用し強度と剛性を確保している．他大学では，軽量化と強度・剛性保持のため CFRP パイプを使用しているチームもあるが，本チームでは CFRP パイプが高価であるので，アルミアングルを採用した．

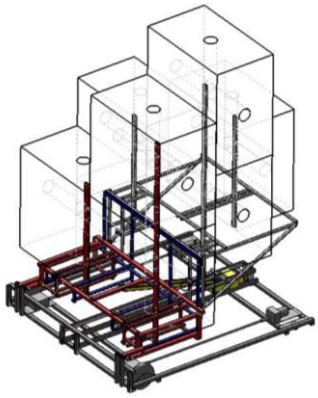

図 6. 展開前のマシンの概観図

6. ブロックの展開・積む動作手順

正確に積むには多少の誤差があってもそれを回避するための動作シーケンスを考案しなければいけない．そこで，当チームでは以下の動作手順でブロックの展開を行った．

1 マシンがピラミッド土台に接触して停止する
2 プレフィックスブロックがある側のタイヤをマシンの回転軸としてマシンを 15[deg]程度土台に対して傾ける
3 ブロックをラムダ機構で展開すると同時に吸引機構を使用し転倒防止させる．第一層目のブロックが約 15deg 程度地面に対して傾けた状態で展開動作を止め吸引動作を中止する
4 第一層目のブロックが約 15[deg]程度地面に対して傾けた状態で展開動作を止め吸引動作を中止する
5 一層目ブロックに刺さっているバーを引き抜く
6 ラムダ機構を 90[deg]展開し，二層目ブロックと三層目ブロックを上下動機構で下げる
7 二層目ブロックと三層目ブロックを横にスライドさせ，二層目ブロックから棒を引き抜き，二層目ブロックを入れる
8 三層目ブロックをスライド機構で押し下げ，三層目ブロックを入れる
9 マシン全体が下がる

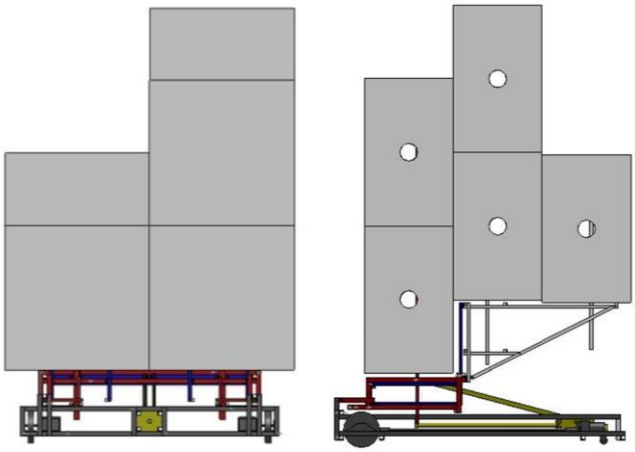

図 7. 展開前のマシン正面図と右側面図

表 1 諸元

サイズ（初期状態）[mm]	990×990×1490
質量[kg](ブロック含まず)	17.0
自由度	9
最大展開サイズ[mm]	2100×1500×1300

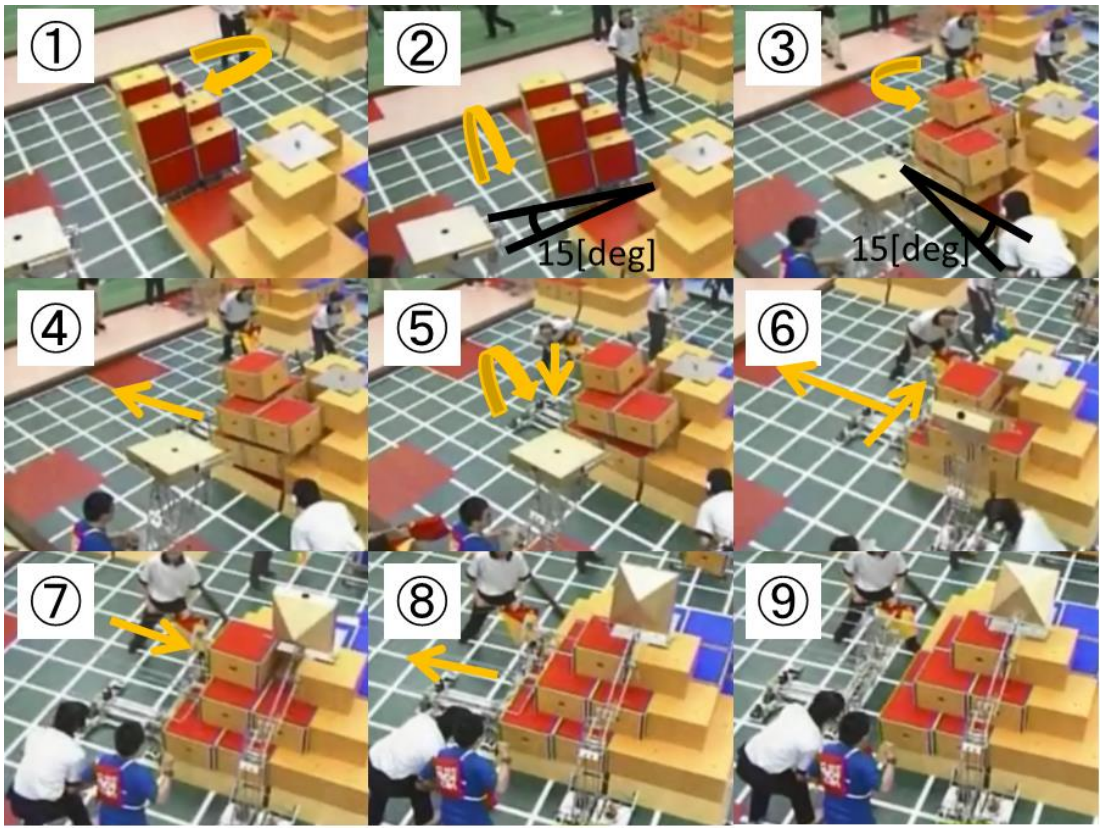

図 8. ピラミッド建設の動作手順

7. ロボットの性能

学内練習において，7 つのブロックを 19[s]で設置することに成功し，“カフラー王のピラミッド”を 21[s]で建設することができた．

2010NHK 大学ロボコン本番においてこのフェーズで完全得点を挙げられたチームは Maquinista[2]を含め三チームしか存在せず，さらに三層同時にブロックを大会で置くことをコンセプトとして開発したチームは Maquinista[2]しかいなかった．

しかし，ブロックを置く精度が 25mm 以内におさまらないことが大会でしばしばあり，精度をいかに高めるかが今後の課題である．また，練習を積み重ねるうちに，最初にピラミッドの頂上を占めるという作戦は放棄され，下から順に積み上げるという方針に転換した．よって，マシンコンセプトも作戦の変更とともに最適なものへの変更も今後の課題である．

8. 終わりに

他のマシンの活躍もあり，この年 Maquinista[2]はベスト 4 と技術賞をいただいた．しかし，本番中このマシンが完全に得点を稼げたのはたったの 1 回であった．

このマシンの開発において，最も難しかったのはマシンの構造を決めるところであった．いかに剛性と強度を保ちつつ，軽量化をするかという観点から構造力学がいかに重要であるのか改めて認識した．

このマシンが，大会一週間前に完成し動かせるようになったのは Maquinista[2]のメンバーとその他関係者の叱咤激励と多くの助言や協力によるものが大きい．最後まで協力してくれた Maquinista[2]メンバー，ロボット技術研究会[4]の関係者に深く感謝を申し上げる．

参 考 文 献

[1] “NHK 大学ロボコン 2010 ウェブサイト”, http://www.official-robocon.com/jp/daigaku/daigaku2010/

[2] “東京工業大学 Maquinista ウェブサイト”, http://rogiken.org/simon/

[3] “長岡技術科学大学ロボコンプロジェクトウェブサイト”, http://mcweb.nagaokaut.ac.jp/robocon/

[4] “東京工業大学ロボット技術研究会ウェブサイト”, http://rogiken.org/