

~~[取扱注意] 特許論文用基礎資料~~

機密解除済み 2012/8/28

# 直動伸縮機構を有するロボットアーム

2008年11月1日

株式会社 川渕機械技術研究所

代表取締役, 博士(工学)

川渕 一郎

(info@kawabuchi-lab.com)

# 1 緒言

高齢者や障害者の生活の質を維持・発展させるために、ロボットアームを日常生活の介助用に活用することが急務の課題である。ここでは、その福祉用に適するロボットアームを考察する。ただし、結論として得られたロボットアームの原理が、福祉用以外の用途に活用されることを無視するものではない。また、アームとは、エンドエフェクタの位置や姿勢を自由に決めるための、基部とエンドエフェクタ間に配置された機械装置の部分だけと定義する。

従来のほぼ全てのロボットアームは、図 P01 a) に示すように、回転関節が直列接続された形態を持つ。その理由は、モータ、減速機、ベアリングなどが回転運動に適する機械要素だからであろう。しかしながら、本形態は短く縮めた状態において次のような欠点を現わす。基部とエンドエフェクタを結ぶ直線から見て横に出っ張る量が多いので、周囲のものへ接触・衝突する危険性が高い。さらに、腕節間に周囲のものを挟み込む危険性も高い。従って、日常生活環境で使われる福祉用ロボットアームの形態としては、本形態は適さないと考える。

周囲のものへ接触したり、周囲のものを挟み込んだりする恐れが最も少ないロボットアームの形態とは、エンドエフェクタと基部間を直線的に結ぶ細い棒状のものである。アームの占有空間が最小限となるので、目障りの程度が最小限となる利点もある。棒状的な形態が使用できない場合は、基部とエンドエフェクタの間に障害物があって、アームの途中を曲げてそれを回避することが必要な場合のみである。先述した回転関節が直列接続された形態では、図 P01 b) に示す様にそれが可能である。ただし、この回避運動の機能は装置的にも制御アルゴリズム的にも実装のコストが高いので、障害物を一時的に取除いたり、回避運動をしなくても済む位置へ基部を移動したりする対処で済ませることが一般的である。さらに、人間と共存するためにロボットアームが持つべき構造的な安全性と比すれば、その対処の手間は問題にならないであろう。以上より、福祉用ロボットアームの形態は、伸縮する細い棒状が望ましい。

図 P02 に、エンドエフェクタと基部間を直線的に結ぶ形態の、4 種類の伸縮ロボットアームを示す。1 番目のものは、SF 映画や漫画などに描かれる様な、細くて理想的な伸縮アームである。2 番目から 4 番目の三つは、実現されている伸縮アームである。ところがこれら三つにおいては、十分な剛性を持たせるためには短く縮めた状態の機構を意外と太くしなくてはならず、1 番目の理想的なアームから見た目が大きくかけ離れてしまう。言い換えれば、不恰好なまでに大きなものになってしまう。

太くなる原因を一般化すれば次のようになる。十分な剛性を持つためには、アームの太さも十分でなくてはならない。また、十分な作業空間を持つためには、伸びた状態と縮んだ状態の長さの差も十分でなくてはならない。よって、縮んだ状態で不要になる部分のアーム構造(以後、アームの不要部分と呼ぶ)が持つ容積(=太さと長さの積)はかなりのかさばりとなり、その収納に必要な容積が基部近傍を太くさせる。

そこで次章では、出来るかぎり基部近傍を太くさせない位置へアームの不要部分を収納する方法を考察する。

## 2 ブロック連続体型アーム

図 P02 b)~d)が示したとおり，従来の伸縮ロボットアームにおいては，伸縮の過程においてアームを構成する部品同士のつながりが維持されている．そしてこの構造が，アームの不要部分の収納位置を，基部とアームとの接続部近傍に限定させ，そこを太くさせた主因である．そこで，アームの不要部分を最も都合の良い位置へ移動させるために，棒状のアームを小さなブロックへ分割し，不要なブロックを大きく移動できるようにしたアームの構造を提案する．そのモデル図を図 P03 に示す．邪魔にならず比較的目立たない位置に不要ブロックの収納空間を設けることで，見かけ上は，理想的な細い伸縮アームを実現できる．

しかしながら，個々のブロックを移動させたり，ブロック間を固定・分離させたりする機能を，スムーズかつ確実に行う機構の開発が新たな困難として現れる．そこで，ブロックを完全にバラバラにするのではなくて，連続するブロック間を回転対偶などの可動連結機構によって連結することで，つながり方向に対しては一体に動かせることができるブロック連続体を採用する．そのモデル図を図 P04 に示す．連続するブロック同士が可動連結的に拘束されているので，その間を固定する機能を単純なラッチ機構で実現できる．ラッチの開閉制御アルゴリズムも同図中に記述したとおり単純なので，その開閉制御機構も単純で済み，高速でスムーズなアームの伸縮へ追従が期待できる．

不要なブロックを個々に移動させることが出来た場合と比較すると，アームの不要部分を収納する空間の選択肢は狭いが，図 P05 に示すような工夫次第で，実用的な収納策が期待できる．

ブロック連続体の可撓(かとう)性を生かせば，図 P06 や図 P07 に示すとおり，基部よりアームが出る方向を変化させたり，アームの途中を屈曲させたりすることが自在である．

さらに，ブロック連続体をつながり方向に対して一体に動かせる性質を生かして，アーム伸縮の駆動機構も単純に構築できる．すなわち，図 P08 に示すとおり，全体としてラック歯車に見立てられる様な凹凸形状を各ブロック上に設けて，それらの一部と勘合する駆動歯車を回してアームを伸縮させる．

以上より，伸縮ロボットアームの構造として，ラッチを有するブロック連続体が十分な実用性を持つと考える．

なお，ラッチ機構に代わってブロック間を固定する方法もいくつか考えられるので，図 P09 に示しておく．

### 3 実用的伸縮ロボットアームの構造

ここでは、前章で提案したラッチを有するブロック連続体による伸縮ロボットアームについて、現実的かつ実用的な構造を考察する。

実用的機構を設計する際の要件として、その製造コストを下げたり、信頼性を上げたりすべき点がある。この点において、個々のブロックにラッチをつける方法は小さな部品点数が多いから不利である。さらに、機構のガタや着脱時の騒音が生じ易い恐れもある。そこで、ブロックを可動連結した工夫を拡張して、ラッチも可撓状の連続体とする。さらに、それに転用できる既製品として歯付きベルト(タイミングベルト)を提案する。

実用的機構の構造を、具体例を用いて説明する。構造断面図を図 P11 に、要素のみを取り出した見取り図を図 P12 に示す。各ブロックの上面に、歯付きベルトと噛合う勘合用形状が設けられている。ブロック連続体を硬直させる際は、ブロックを直列状態にし、それらの勘合用形状へ歯付きベルトを当てる。逆に、可撓状態に戻す際は、歯付きベルトを剥がす。硬直化したロボットアームにいかなる外力が加わっても、歯付きベルトに働く力は長手方向の引張力のみであるから、その途中部分が剥がれる恐れは無い。付け加えれば、歯付きベルトを当てたり引き剥がしたりできる位置は、硬直区間の端のみである。歯付きベルトを当てたり剥がしたりする操作は非常に単純なものである。図 P11 に示すとおり、前者の操作を担う上部ガイドローラと、後者の操作を担うスクレーパを設置しておき、ブロック連続体をつながり方向へ滑らせるだけで実現できる。操作のスムーズさと確実性も十分に期待できる。既製品の歯付きベルトは、高負荷に耐えるための高い強度を持ち、歯と歯の間のピッチ距離は精度良く作られており、さらに安価である。以上より、既製品の歯付きベルトを活用した本機構は、極めて実用的であると考えられる。

アーム伸縮の駆動機構についても、実用的な提案がある。一般的にアーム伸縮のための推力は大きなものが必要であるから、大きな駆動モータや、大きな減速比を有する減速機の具備が必要となる。それらをコンパクトに内蔵するために、ウオーム歯車とラック歯車の組合せによる減速機を採用する。ウオーム歯車減速機は、一般的な平歯車のみを用いた減速機と比較してかなり少ない、わずか数個の歯車数で大きな減速比を実現できるから、非常にコンパクトな減速機となる。ウオーム歯車の推力発生方向は、その回転軸の方向と同一だから、図 P11 や図 P12 に示したように、その回転軸がアームの長手方向と一致するように配置される。必然的に、ウオーム歯車を駆動するモータの回転軸もアームの長手方向となるから、大きな駆動モータを、アームの側面から出張らせずに、コンパクトかつ格好良く収納することも容易となる。

ブロック間の可動連結機構についても、実用的な提案がある。その機構を回転対偶で実現する方法は、部品点数の多さや連結部のガタの発生などが問題となる恐れがある。そこで、ブロック間をベルトやロープなどの柔軟体で連結する。図 P12 に示した実用例では、2本の長いロープの上に全ブロックを固定している。ブロックの直列状態においてロープにわずかな張力が発生する様に張れば、結合部のガタを無くせる。ロープのみではブロック間の横ズレを防げないので、互いに勘合してそれを防止する凹凸を付加する。

さらに、ブロックの形状についての提案も追記しておく。ブロック連続体の中央を貫通する空間を設ければ、その内部は電気配線を保護しつつ通すのに最適な空間として活用できる。

## 4 特許請求の要点

最後のまとめとして、特許請求の要点を記す。

1. 基部とエンドエフェクタを直線的に結ぶ形態のロボットアームについて、棒状アーム部を小さなブロックに分割し、ブロックを結合したり分離したりすることでアームの伸縮を実現する工夫。
2. 個々のブロック間が可動連結されていて、全体として可撓性を有するブロック連続体に、隣り合うブロック間を必要に応じて固定と可動に切り替えられるラッチ機構を加えたものを、ロボットアームの構造体として用いる工夫。
3. ブロック連続体を全体としてラック歯車に見立てられるような凹凸形状を各ブロック上に設けて、それらの一部と勘合する駆動歯車を回してアームを伸縮させる工夫。
4. 上記ラッチ機構の機能を、長い歯付きベルトと、各ブロック上に設けられた勘合用凹凸形状との、勘合と剥離の切り替えにより実現する工夫。さらに、その勘合と剥離の操作を、単純なガイドローラとスクレーパの配置で実現する工夫。
5. 上記アーム伸縮機構における駆動歯車を、各ブロック上に設けられたラック歯車へ勘合するウオーム歯車とする工夫。
6. 上記ブロック間の可動連結機能を、ブロック間をベルトやロープなどの柔軟体で連結することで実現する工夫。

---

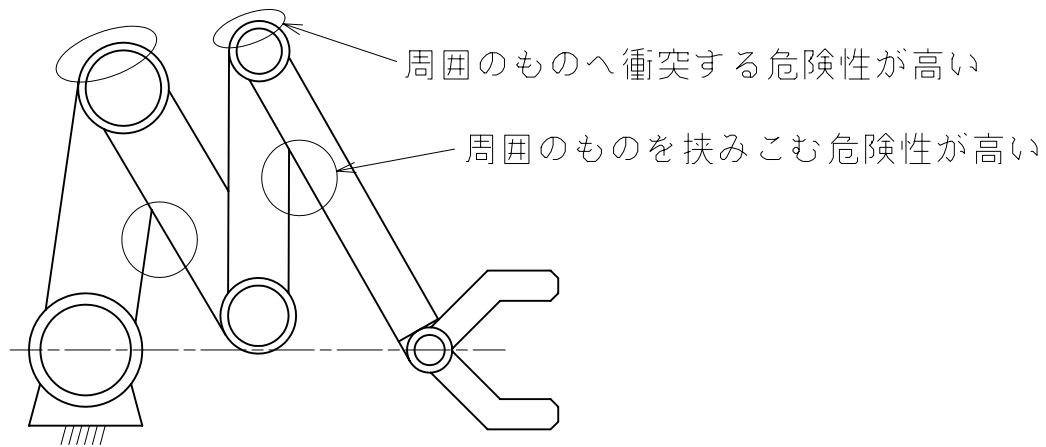
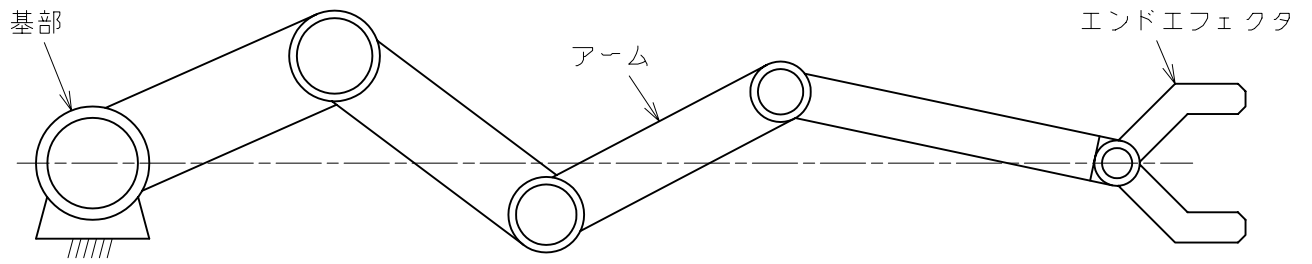
### 株式会社 川淵機械技術研究所

東京都大田区蒲田 2-10-1 大田区産学連携施設 205 号室

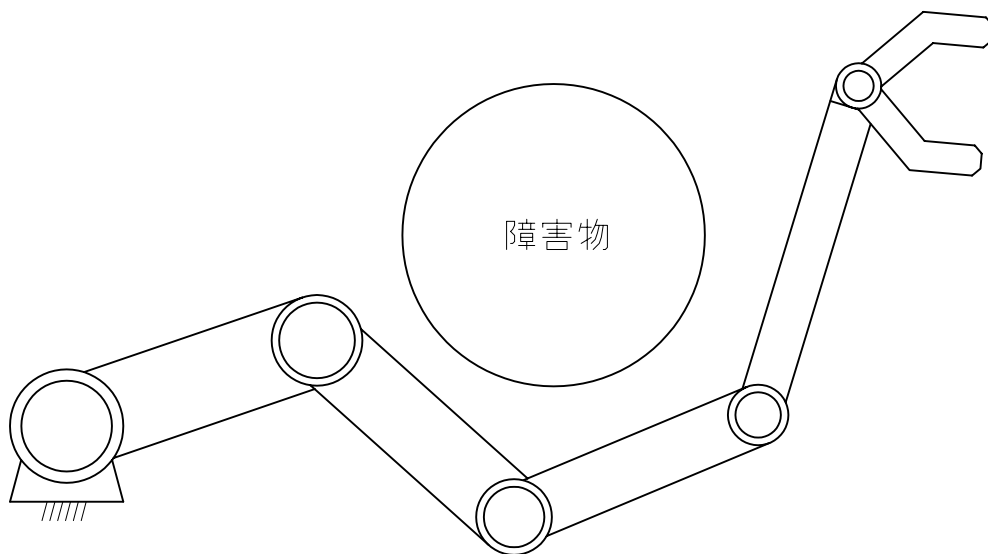
Tel : 03-6421-5317, Fax : 03-6421-5318

URL : <http://www.kawabuchi-lab.com/>

E-mail : [info@kawabuchi-lab.com](mailto:info@kawabuchi-lab.com)



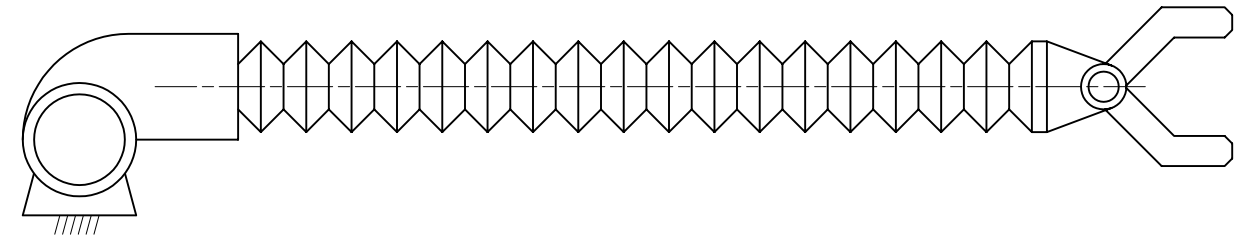
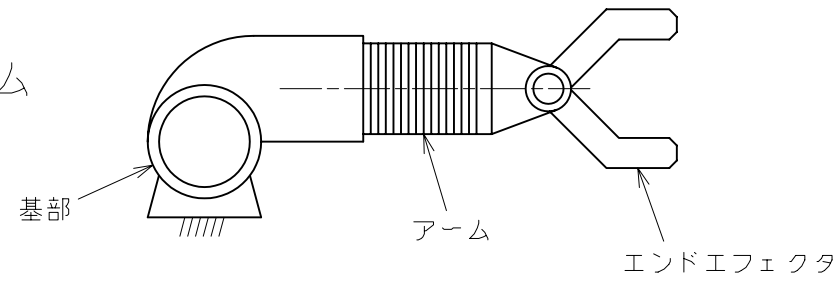
a) 回転関節が直列連続されたロボットアーム



b) 障害物の回避運動

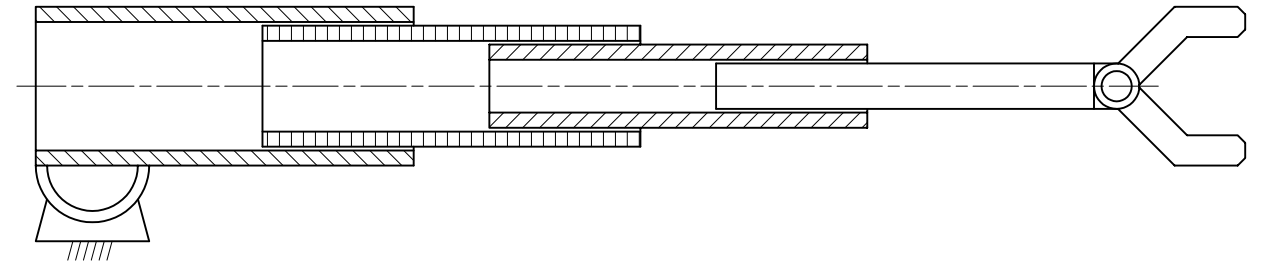
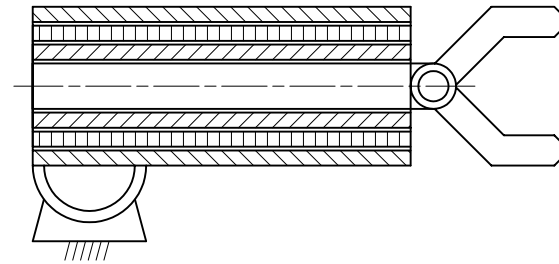
Designed by	川渕一郎	Scale (A3印刷時)	-/-	Title	一般的ロボットアーム
	<i>TEXART</i>	Date	10/31/08	No.	Aist_01-P01

a) 細くて理想的な伸縮アーム

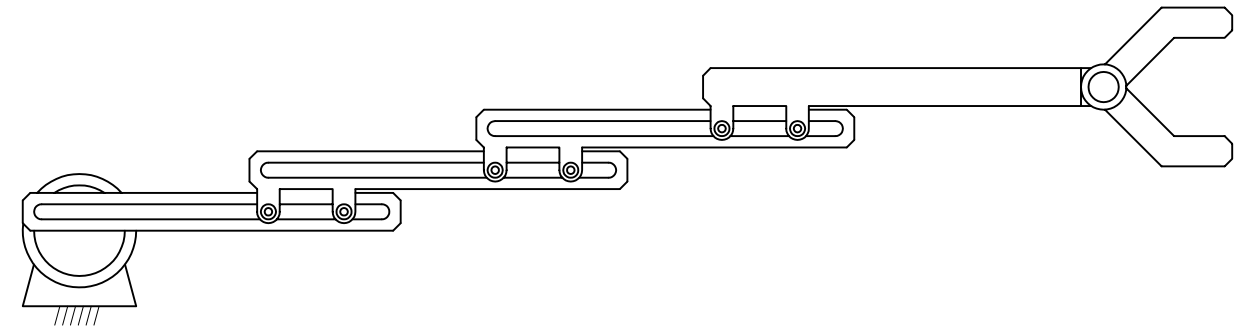
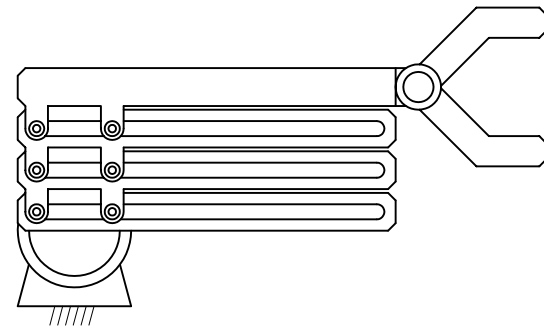


b) 望遠鏡型直動機構による伸縮アーム

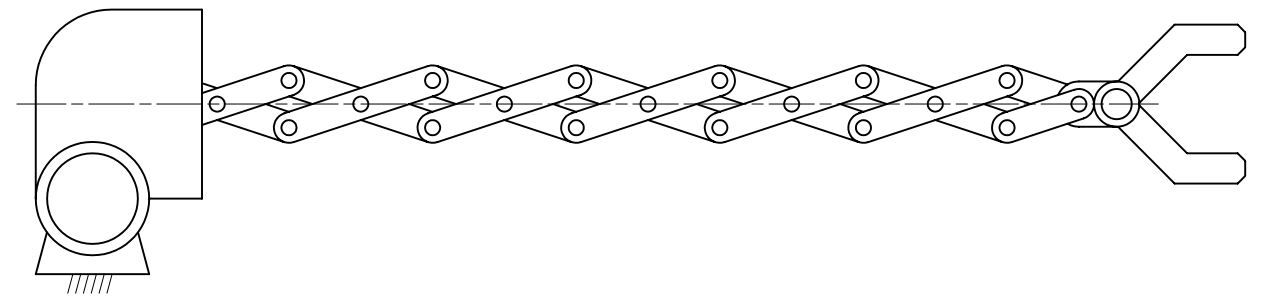
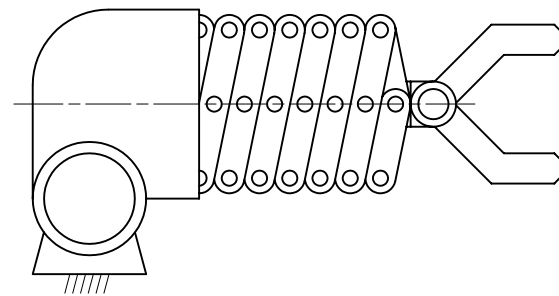
[注] Telescopic arm と呼ばれる



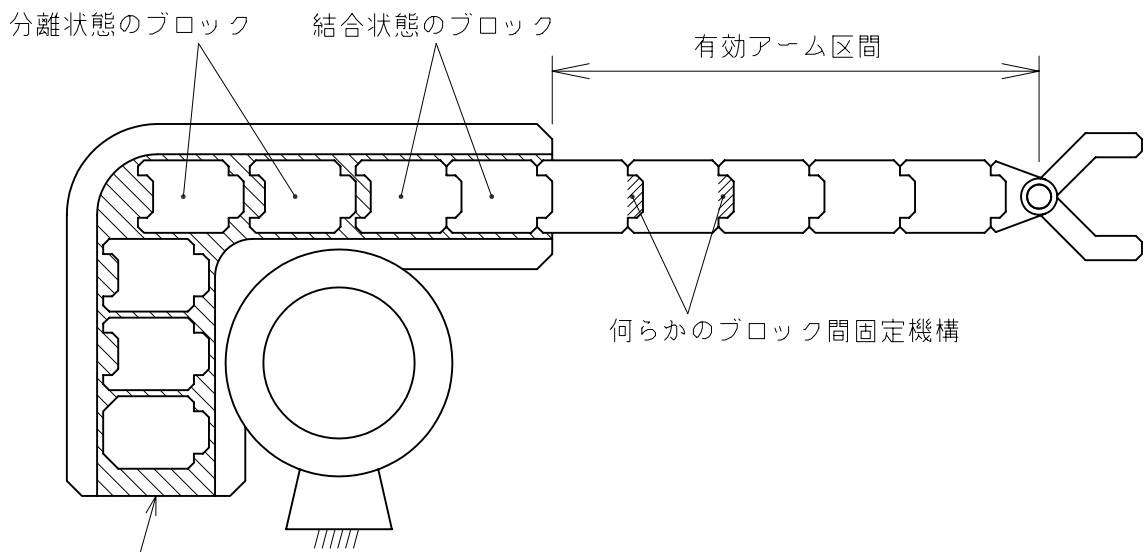
c) 直動ガイドレールによる伸縮アーム



d) パンタグラフ機構による伸縮アーム




Designed by	川渕一郎	Scale (A3印刷時)	-/-	Title	伸縮ロボットアーム
	TEXART	Date	10/31/08	No.	Aist_01-P02



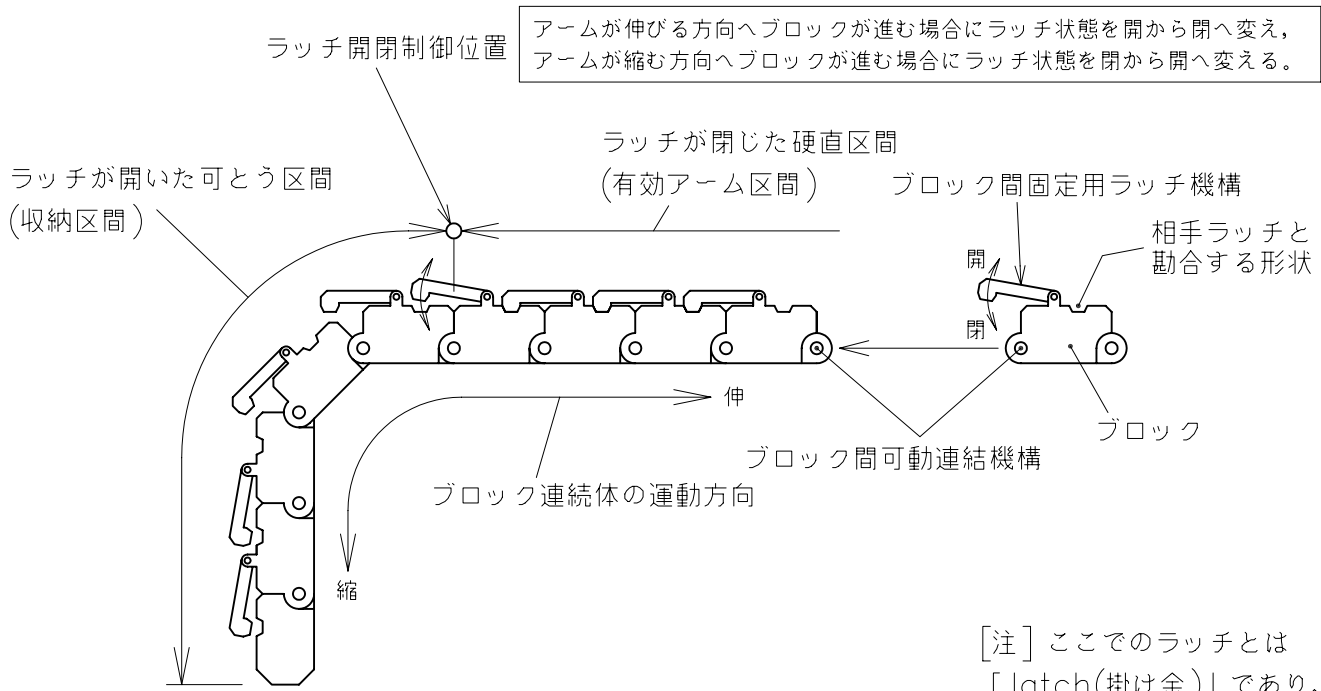
邪魔にならず比較的目立たない  
位置に設けられた収納空間

不要なブロックを収納に都合の良い空間へ移動させて  
極力コンパクトに収納する

有効アーム区間の太さが変化しないので、  
見かけ上は、理想的な細い伸縮アームとなる

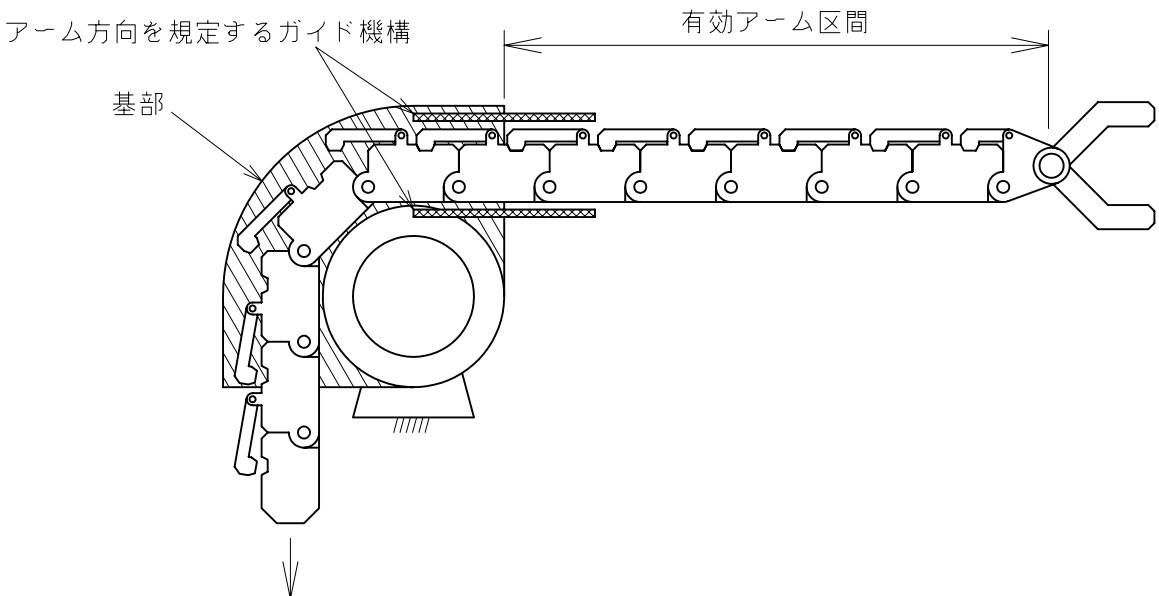
Designed by <b>川渕一郎</b>	Scale (A3印刷時) ー/ー	Title ブロック分離型アーム
	Date 10/31/08	No. Aist_01-P03





[注] ここでのラッチとは「latch(掛け金)」であり、「ratch(歯止め)」ではない。

a) ラッチを有するブロック連続体

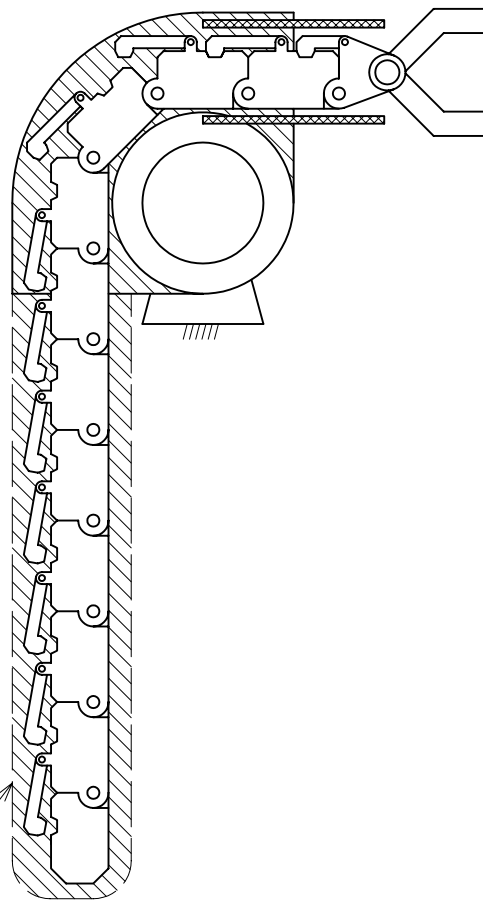


不要ブロックを邪魔にならない空間へ出す

b) ロボットアームとして組み込まれた状態

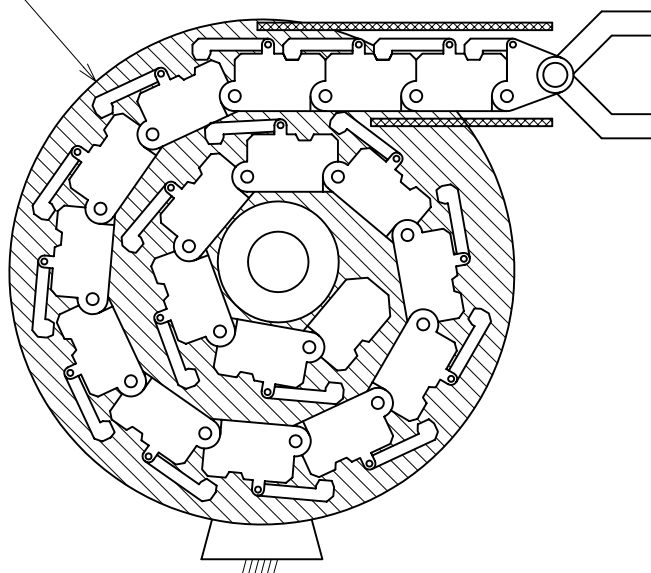
Designed by	川淵一郎	Scale (A3印刷時)	-/-	Title	ブロック連続体型アーム
	<i>TEXART</i>	Date	10/31/08	No.	Aist_01-P04

a) 縦型収納法



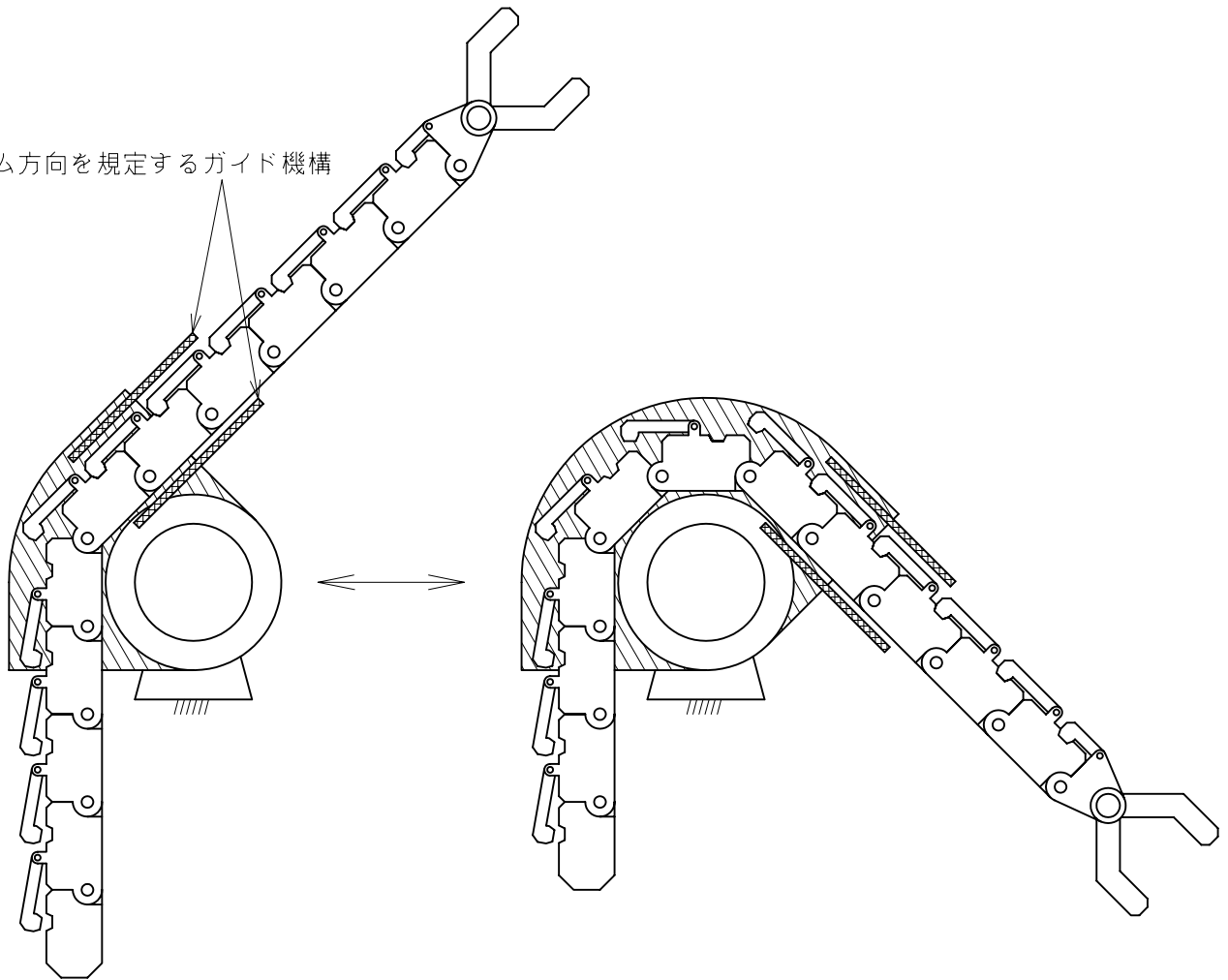
邪魔にならず比較的目立たない  
位置に設けられた収納空間

b) 渦巻型収納法



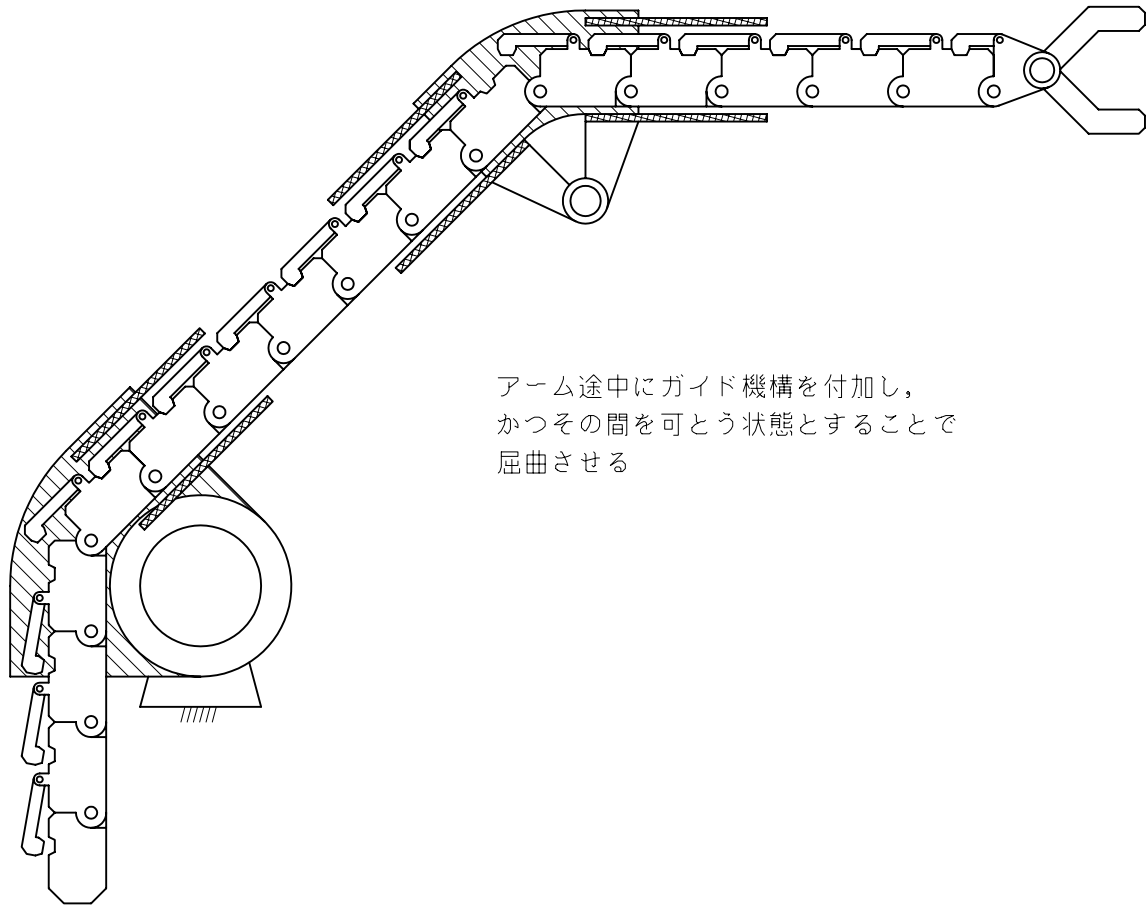
Designed by <b>川渕一郎</b>	Scale (A3印刷時) -/-	Title 不要ブロックの収納法
<b>TEXART</b>	Date 10/31/08	No. Aist_01-P05

アーム方向を規定するガイド機構




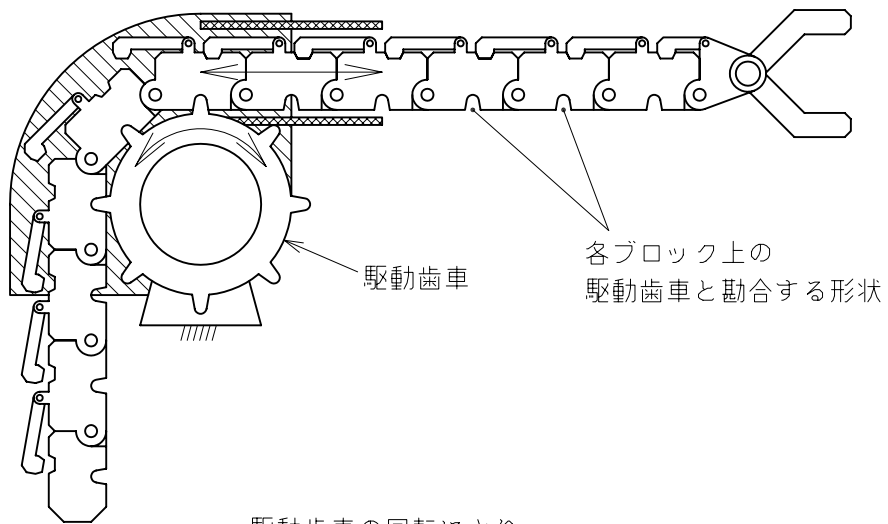
ガイド機構を動かして、アーム方向を変化させる。  
可とう区間は受動的に曲がってその変化へ追従する。

Designed by 川瀬一郎 TEXART	Scale (A3印刷時) -/-	Title アームが出る方向の変化法
	Date 10/31/08	No. Aist_01-P06




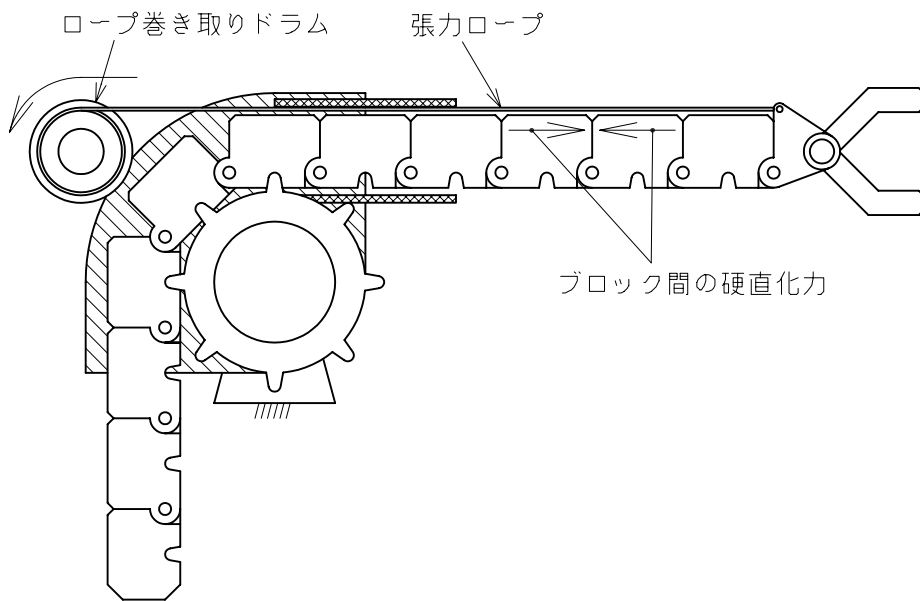
アーム途中にガイド機構を付加し、  
かつその間を可とう状態とすることで  
屈曲させる

Designed by	川瀬一郎	Scale (A3印刷時)	-/-	Title	アーム途中の屈曲法
		Date	10/31/08	No.	Aist_01-P07

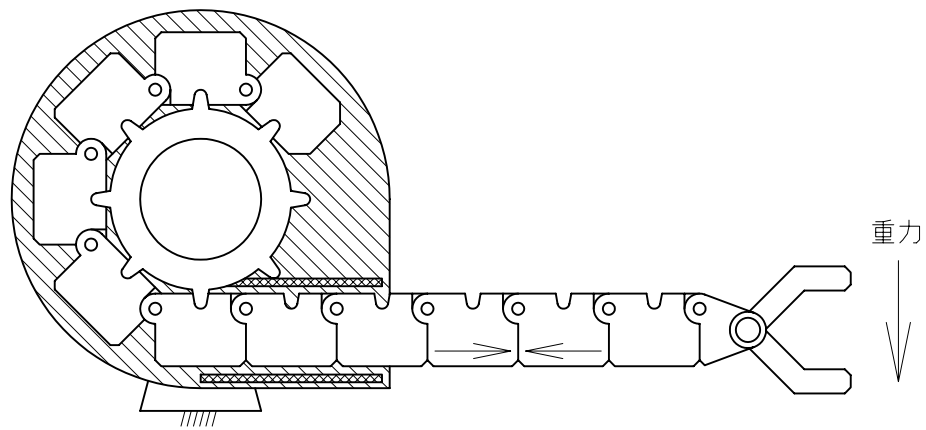


駆動歯車の回転により  
ブロック連続体を伸縮方向に動かす

Designed by <b>川渕一郎</b>	Scale (A3印刷時) — / —	Title アーム伸縮駆動法
	Date 10/31/08	No. Aist_01-P08



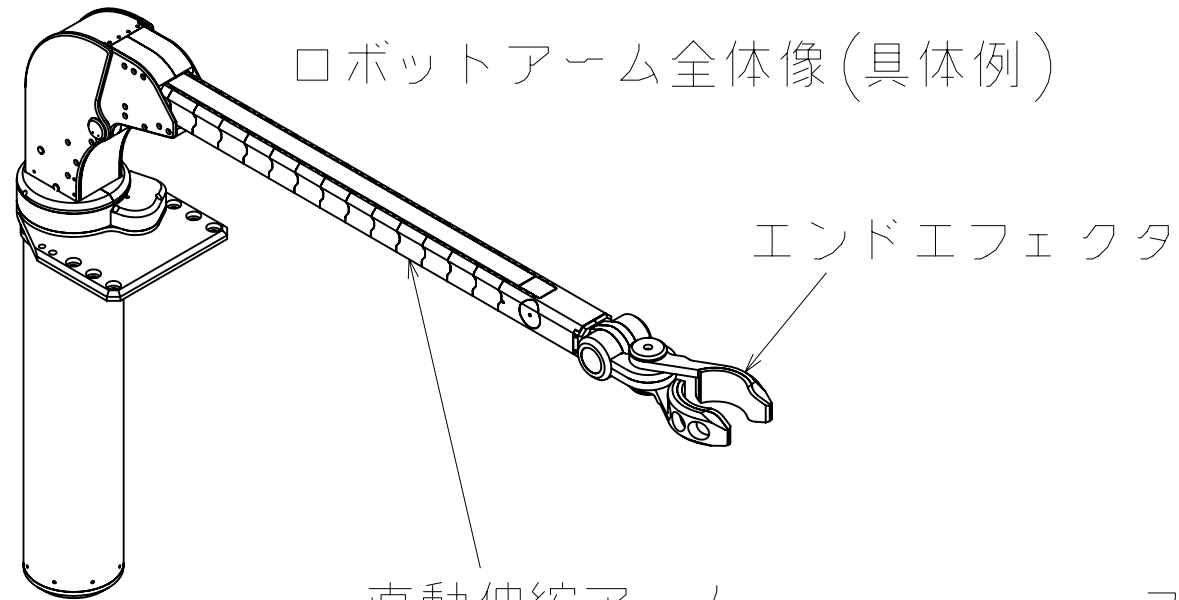
a) 張力ロープによる硬直化力付与法



b) 重力による硬直化力付与法

Designed by	川瀬一郎	Scale (A3印刷時)	-/-	Title	別の硬直化法
	<i>TEXART</i>	Date	10/31/08	No.	Aist_01-P09

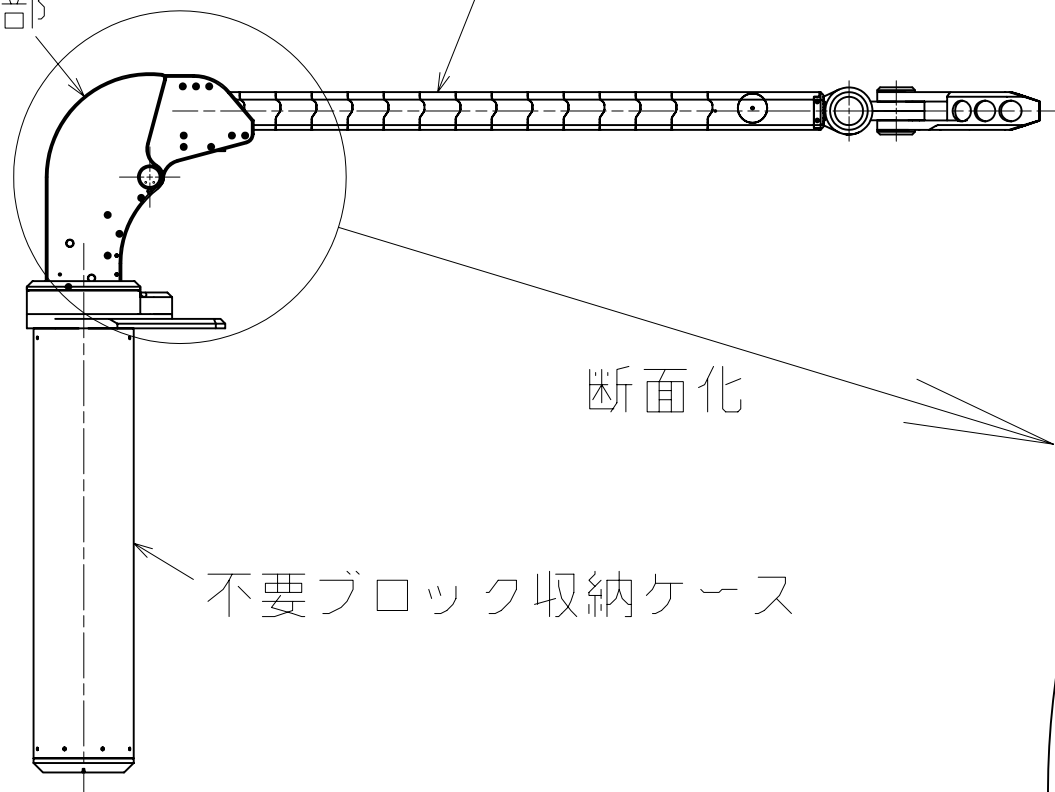
ロボットアーム全体像 (具体例)



エンドエフェクタ

直動伸縮アーム

基部



断面化

不要ブロック収納ケース

ブロック上のベルト 勘合用形状

上部ガイドローラ  
(ベルト 勘合機能)

下部ガイドローラ

歯付きベルト

スクレーパ  
(ベルト 剥離機能)

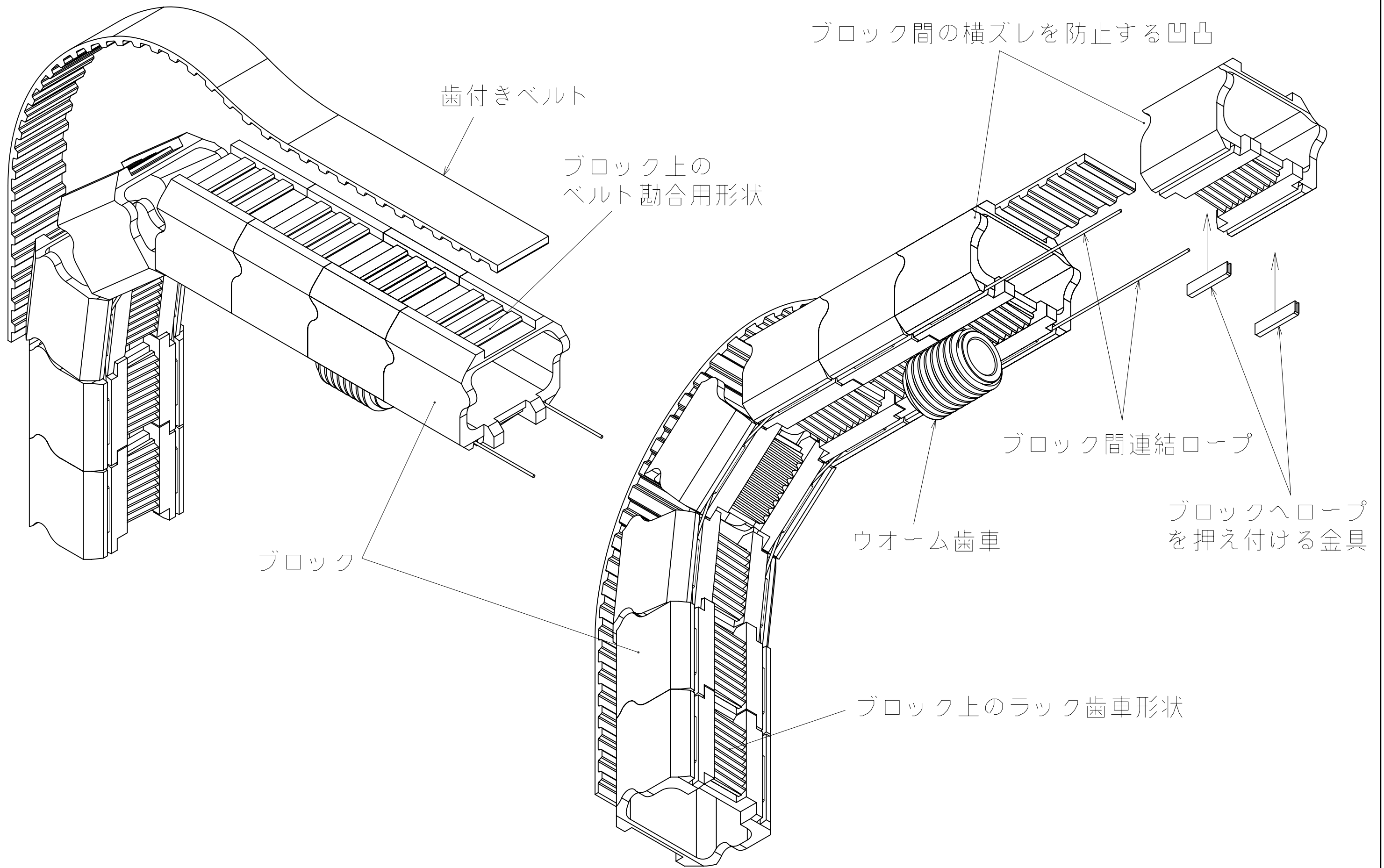
ブロック連続体の運動方向

ウォーム歯車

伸縮駆動モータ

ブロック上のラック歯車形状

Designed by	川渕一郎	Scale (A3印刷時)	1/1	Title	実用的機構の断面
	TEXART	Date	10/31/08	No.	Aist_01-P11



ブロック

歯付きベルト

ブロック上の  
ベルト 適合用形状

ブロック間の横ズレを防止する凹凸

ブロック間連結ロープ

ウォーム歯車

ブロックへロープ  
を押し付ける金具

ブロック上のラック歯車形状

Designed by	川瀬一郎	Scale (A3印刷時)	1/1	Title	実用的機構の要素
	TEXART	Date	10/31/08	No.	Aist_01-P12