

## ねじの箱詰め用強化型ロボットハンドの軽量化

平尾 友二\*1, 大家 好太郎\*2

### 抄 録

生地ねじの箱詰め作業を行うロボットのハンドは、限られた可搬重量およびモーメント荷重に収まる軽量性と、ロボットの旋回時にワークを振り落とすことなく安定して把持し続けられる強度の相反する命題を両立させる必要がある。平成 18 年に開発した生地ねじ用強化型ハンドは、この命題を両立させたハンドであるが、その分、可動部爪の重量が重くなり、開閉時間が従来の 2 倍となってしまった。

本研究では、平成 22 年に開発したメッキねじ用軽量型ハンドに用いた軽量化の研究成果を活用して、現有の生地ねじ用強化型ハンドの強度を維持しつつ、軽量化することによりシリンダの開閉速度を改善し、作業効率を向上させたので報告する。

### 1 はじめに

平成 4 年に開発した「ねじの箱詰めシステム」は、以来、様々な改良が加えられてきた。

平成 18 年には、老朽化したロボットの更新に合わせて、可搬重量を 2 倍の 20kgf に変更し、ハンド部材のたわみ強度を強化した生地ねじ専用の強化型ハンド(図 1 中)を開発して、ロボット旋回時のワーク振り落とし問題を解決した。その結果、強度は約 30 倍、ハンド重量は約 2 倍となった。

平成 22 年には、ハンドの軽量化研究を行い、可搬重量 10kgf のメッキねじ専用の箱詰めラインに対応したメッキねじ専用の軽量型ハンド(図 1 右)を開発した。重量は強化型ハンドの約半分(初期型と同程度)となったが、強度は初期型に比べ約 26 倍、強化型に比べて約 12%低下したため、生地ねじでは、緩

衝ゴムの摩耗などに伴い、ロボットの旋回時にワークを希に振り落とすことが判明し、生地ねじ用としては使用できなかった。

一方で、両者の作業時間は、同サイズのワークにおいて、生地ねじ専用の方が遅い。その原因は、強化型ハンドの可動部爪重量が、軽量型に比べ重く、シリンダの開閉時間が 2 倍程掛かっているためである。

本研究の目的は、現行の生地ねじ専用の強化型ハンドを、強度を維持しつつ、軽量化することによりシリンダの開閉速度を改善し、作業効率を向上させることである。

なお、本研究は平成 28 年度技術シーズ創出調査事業において、(株)ヒラノファステックと共同で実施したものである。

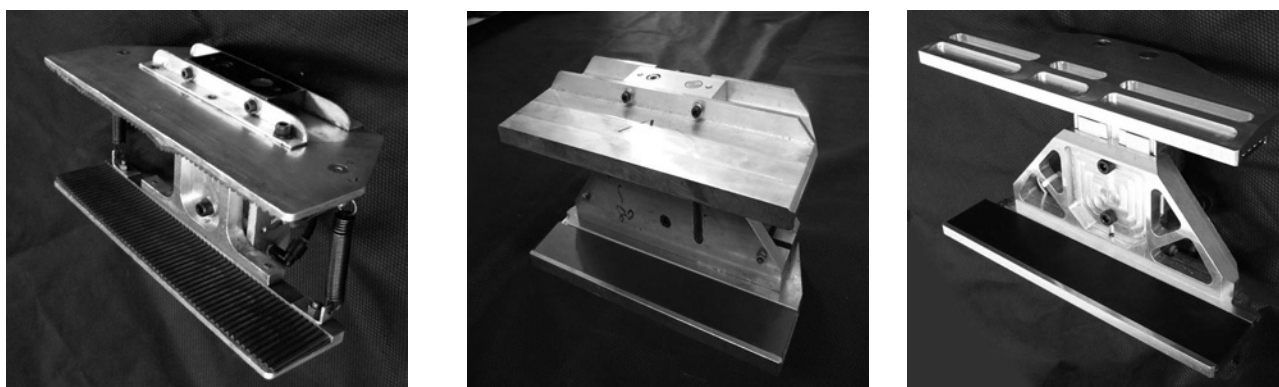


図 1 ハンド(タイプA)の外観(左:初期型, 中:強化型, 右:軽量型)

\*1 電子技術担当, \*2 (株)ヒラノファステック

## 2 方法

### 2・1 軽量化の方策

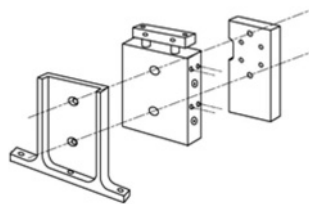
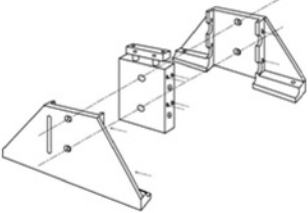
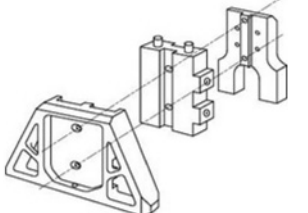
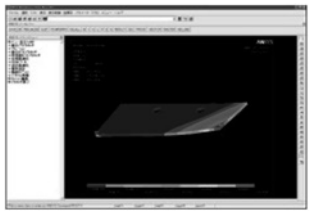
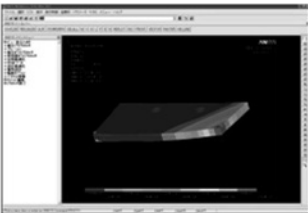
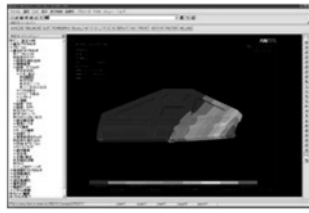
強化型ハンドの開発においては、主にハンドを構成する素材とその板厚について、簡略化したハンドモデルを用いた構造解析シミュレーションの結果と試作品による実証試験から、素材をアルミ 2017 (A2017)、爪部の板厚を初期型の約 3 倍の 15mm とした。前部・後部爪取り付け部材は、初期型の T 字形から台形形状へと変更し、前後からシリンダを包みこむ構造とした。この時の簡略化したハンドモデルを用いた構造解析シミュレーションの結果は、表 1 のとおり可動部爪先端部での最大歪みが初期型の 2.96mm から、強化型では 0.123mm となった。また、試作した強化型ハンドでの実証試験の結果から、シミュレーション結果が実証結果に近似しており、強度評価に十分有用なことも確認した。

次に行った軽量型ハンドの開発では、実モデルに近いハンド形状での構造解析シミュレーションを用いて軽量化の方策を探索した。また、部材の軽量化

加工のみならず、図 2 のように組構造やシリンダの軽量化加工まで、徹底的に行うことで、重量を強化型ハンドの 1/2(初期型並み)にすることが出来た(表 3 参照)。一方、構造解析シミュレーションの結果は、強度が約 12%の低下、最大歪みは 0.237mm であった。メッキねじによる実証試験の結果、箱詰め作業時の最大歪みは 0.19mm で、緩衝ゴムの摩耗が進んだ状態でもロボット旋回時の振り回しにおけるワークの振り落としは確認されず、開発目標を達成できた。最大歪みの値がシミュレーション結果と実作業での実測値とで差異があるのは、シミュレーションで課した点応力負荷が実作業時にハンド爪部に掛かる応力負荷分布と異なるためである。

これらの経緯から、今回の軽量化においては、強度低下を 6%以内、最大歪みを同条件の構造解析シミュレーションで 0.168mm 以内となるように許容値目標を設定した。

表 1 ハンドの特徴比較表

ハンドの比較 (タイプB)			
	初期型 (旧)	強化型ハンド	軽量型ハンド
シリンダ 取り付け構造			
特徴	<ol style="list-style-type: none"> <li>シリンダを前後から挟む</li> <li>前部の爪取り付け部形状が T 字型</li> <li>基本板厚 5mm, 爪部 5mm</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>凹型で前後からシリンダを包み込む</li> <li>前部・後部共に爪取り付け部形状が台形型</li> <li>基本板厚 10mm, 爪部 15mm</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>凹凸型で前後からシリンダにはまり込む (中央にキー溝)</li> <li>前部の爪取り付け部のみ台形型</li> <li>基本板厚 8mm, 爪部柱 15mm</li> <li>シリンダも贅肉カットで軽量化</li> <li>凹型骨柱構造で軽量化</li> </ol>
端点荷重歪み シミュレーション			
端点歪み量	2.96mm	0.123mm	0.237mm
最終の強度比	1 倍	約 30 倍	約 26 倍
全重量 (比率)	3.11kg (1 倍)	6.59kg (2.11 倍)	3.40kg (1.09 倍)

## 2・2 爪部の軽量化

強度を保った軽量化の基本は、言うまでもなく、柱となる骨格部をどのような形で残し、それ以外の部分をどれだけ削り落とすかである。先の軽量型ハンドの開発において、構造解析シミュレーションの結果、外周に柱を有し内部に1/3の厚みの壁を残す場合、両端部に下方向から中央部に上方向からの荷重を掛けた時のたわみ(歪み)量は、壁が上部にある時が最も小さく、中央にある時が最も大きかった。このことから、爪部の構造は、外周と中央部に柱が形成できるように内面から切削溝加工するとともに、先端に向けて板厚を漸減する設計とした。また、爪部の外側外周は、R面取り加工することにより突起をなくし、軽量化と後述する作業性の改善を図った。

強化型ハンドの可動部爪のシリンダロッドへの取り付け構造は、図1中のようにロッドに付属したブロック材を挟むように取り付けている。軽量型ハンドでは、このブロック材を外して、図2のように可動部爪が直接ロッドに取り付く構造としたが、今回の軽量化では、現有ハンド部材をそのまま使い、軽量化することから、取り付け構造には変更を掛けず、強度に影響のないブロックに接していない柱部分を削り落とした。

最も大きな応力たわみを生じるタイプBのハンドの可動部爪の設計データを用いて、たわみ(歪み)量と応力分布の構造解析シミュレーションを行った。中央部の2つのロッド取り付け位置に+300Nずつを、把持部両端のねじ把持位置付近に-300Nずつを印可した時の結果は、簡略化した強化型ハンドモデルに比べ強度が3%の低下、最大たわみ(歪み)量は、0.142mmであった。

## 2・3 胴体部と固定部爪の軽量化

メッキねじが段ボール箱内に直接整列箱詰めされるのに対し、生地ねじでは潤滑油が付着しているため、箱内にはポリエチレン袋があらかじめ被せられている。これは、段ボール箱が潤滑油を吸収して強度低下や汚濁を生じてしまうのを防ぐためである。

このため、現行の生地ねじ用強化型ハンドを使った整列箱詰め作業では、爪部のエッジなどで袋を切り裂いてしまうなどの問題があった。そこで、今回の軽量化では、爪部の外側外周は、R面取り加工し

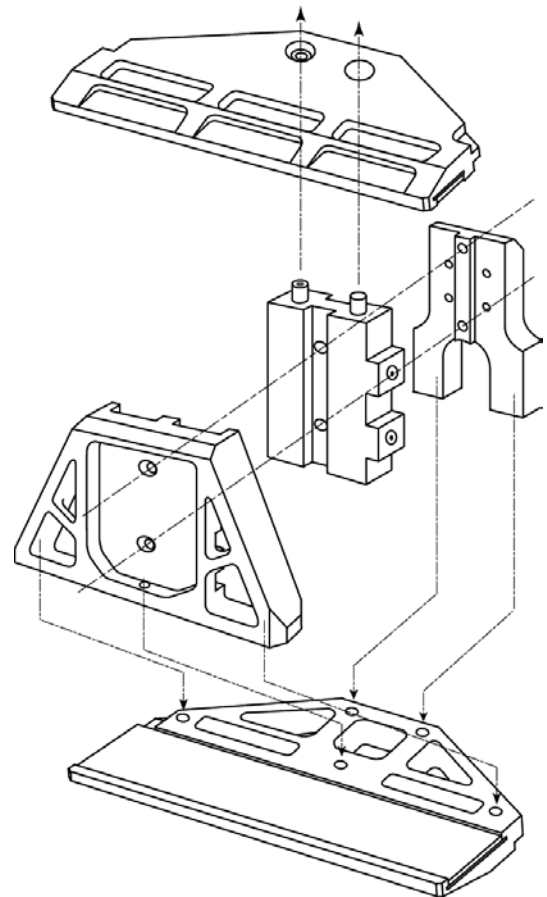


図2 軽量型ハンドBの組み構造図

て突起部をなくすことで、軽量化と作業性の改善を図った。

可動部爪以外の軽量化は、ロボットの可搬重量に余裕があるため、本来必要が無い上、本研究の目的にもそぐわないが、一連の軽量化加工の手に合わせて、これまでの研究ノウハウを活かして、強度を落とすことなく軽量化を図ることとした。前述の通り、今回の軽量化では、現有ハンド部材をそのまま使うことから、爪部同様、取り付け構造の変更やシリンダの軽量化加工等は行っていない。

## 3 結果

大物ねじの箱詰めシステムは、呼び径 M10~24、首下長さ 75~200mm の六角ボルトを対象とした整列箱詰めシステムで、生地ねじ専用機とメッキねじ専用機がある。前述の通り、生地ねじ専用機は 20kgf 可搬のロボットと強化型ハンドの組み合わせで、メッキねじ専用機は 10kgf 可搬のロボットと軽量型ハンドの組み合わせで使用している。共に把持間隔の異なる A~F の 6 種類のハンドをオートツールチェ

ンジャ（ATC）で使い分けている。図3に今回軽量化した6種類のハンドの外観を、表3に総重量と軽量化率を示した。また、参考までに先に開発した軽量型ハンドと初期型ハンドの総重量も示した。なお、過去の資料と比較重量の値が異なる箇所があるが、今回の重量は、エアチューブ、カプラ、センサや緩衝ゴムプレートと言った付属物を含む総重量での比較値であることを明記しておく。

軽量化の結果、表2のように、比較的重いA, B, E, Fの可動部爪で30%以上の軽量化を実現した。ハンドの総重量は表3のように全てのハンドが4kg台となった。一方で、構造解析シミュレーションの結果、強度は約3%の低下、最大歪みは0.146mmに抑えることが出来た。

生地ねじでの実証テストの結果、箱詰め作業時の最大歪みは0.13mmで、緩衝ゴムの摩耗が進んだ状態でもロボット旋回時の振り回しによるワークの振り落とし等は確認されなかった。また、ハンドの開閉時間は2.8秒（開時間2.1秒）から1.6秒（開時間0.9秒）と1秒以上速くなり、軽量型ハンドとほぼ同じ速度となった。

#### 4 まとめ

生地ねじ専用のハンドは、ねじに付着した潤滑油の影響で、メッキねじに比べて滑りやすく、ねじの取りこぼしや振り跳ばしなどの問題を生じやすい。その可否は、ハンドの爪部の先端部分のたわみ量に依存する。

そこで、本研究では、構造解析シミュレーションを用いた軽量化の許容目標値を強度低下6%以内、最大歪み0.168mm以内と設定した。そして、現有の強化型ハンドを基に、余分な部分のみを削り落とす

表2 新旧ハンドの重量比較表

可動部爪の重量比較			
タイプ	軽量化前重量	軽量化後重	軽量化率
A	1200g	758g	36.8%
B	1253g	790g	37.0%
C	765g	693g	9.4%
D	873g	795g	8.9%
E	1704g	1097g	35.6%
F	1421g	958g	32.6%

ことで、強度低下約3%、最大歪み0.142mm、ハンド可動部爪重量は比較的重い4種類で30%以上、という軽量化を実現できた。

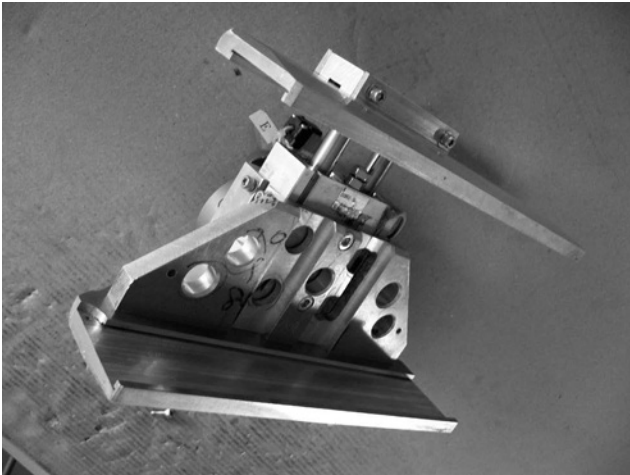
また、実証テストによる最大歪みは0.13mmで、ねじの振り落としもなく、目的であった開閉時間もメッキねじ専用ハンドと同じ程度の1.6秒（開時間0.9秒）に改善できた。これにより、最も時間の掛かる箱詰め作業では、作業時間を20分程度短縮することができた。

#### 参考文献

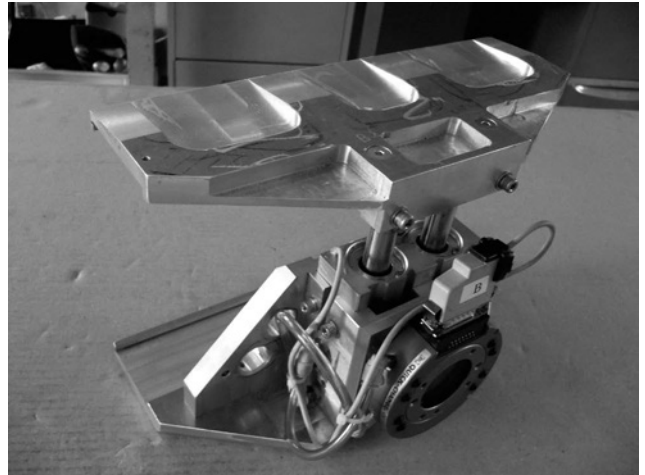
- 1) 平尾友二, 大家好太郎. ネジの箱詰めシステムの開発. 徳島県立工業技術センター研究報告. 1993, vol2, pp69-73.
- 2) 平尾友二, 大家好太郎. ねじの箱詰め新型ロボットシステムの開発. 徳島県立工業技術センター研究報告. 2007, vol6, pp41-45.
- 3) 平尾友二, 田野貴志, 大家好太郎. ねじの箱詰め用ロボットハンドの軽量化. 徳島県立工業技術センター研究報告, 2011, vol. 20, pp25-28.

表3 ハンドの総重量比較表

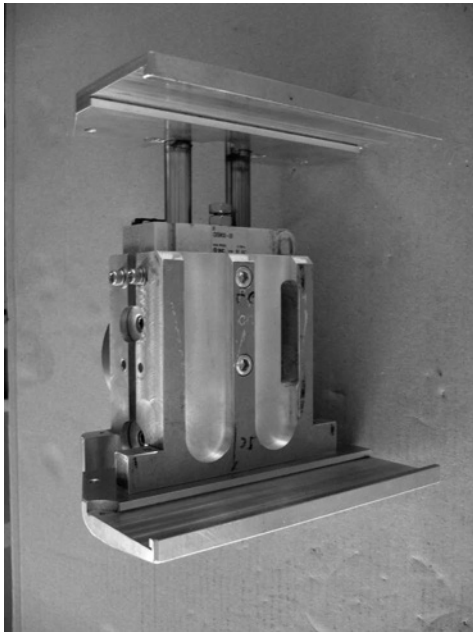
タイプ	ハンドの重量比較と軽量化率			参考重量比較	
	強化型ハンド	軽量化後	軽量化率	軽量化ハンド	初期型
A	6.62kg	4.45kg	32.8%	3.37kg	3.01kg
B	6.59kg	4.45kg	32.5%	3.40kg	3.11kg
C	5.22kg	4.63kg	11.3%	2.91kg	2.90kg
D	5.32kg	4.71kg	11.5%	3.14kg	3.45kg
E	6.98kg	4.76kg	31.8%	4.05kg	3.71kg
F	6.77kg	4.62kg	31.8%	3.51kg	3.35kg



タイプ A (開口 : 112~147mm)



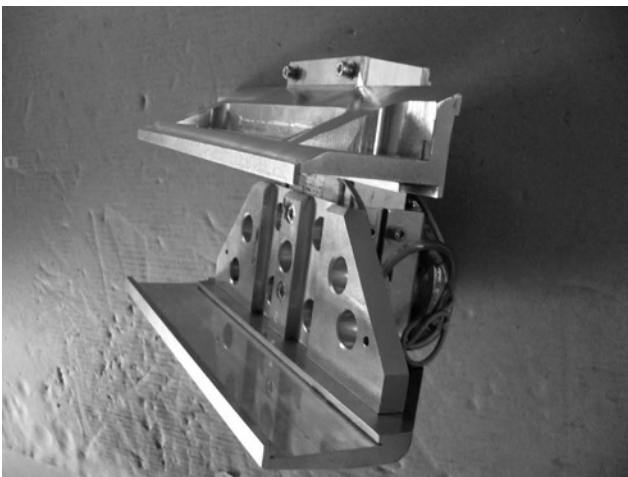
タイプ B (開口 : 132~162mm)



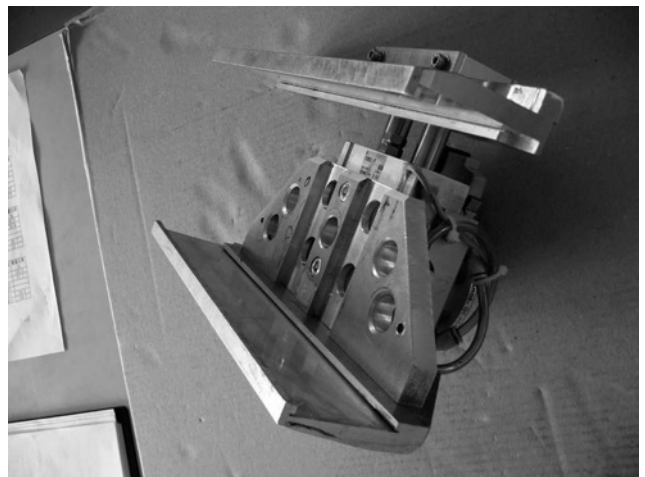
タイプ C (開口 : 141~191mm)



タイプ D (開口 : 172~222mm)



タイプ E (開口 : 72~107mm)



タイプ F (開口 : 92~127mm)

図3 軽量化した生地ねじ用ロボットハンド