

潤滑剤塗布技術の確立

Establishment of lubricant spreading technology

武田 浩一，山下 俊朗

Hirokazu Takeda, Toshirou Yamashita

要 旨 近年，カーナビ，カーオーディオの操作ボタンの感触に優れ，消音を実現するために，潤滑剤を摺動面に塗布する傾向にある。安定した塗布品質を確保するためには，塗布位置の精度，定量塗布が必須である。現在手塗り塗布を行っているが，安定して塗布することが困難であるため自動機の導入が必要と考え，塗布方式，潤滑剤，塗布機の検討をした。

その結果，塗布方式には，塗布量の安定性などに優れているディスペンサ直接方式を，潤滑剤には低温流動性に優れているドライサーフを採用した。塗布機には，ディスペンサ方式で定量吐出に優れた直交3軸ロボットに基づいた自動機を導入した。

導入試験を行った結果，安定した定位置，定量塗布を実現し，手塗り工法に比べ，塗布時間を1/3に短縮した。

Summary In recent times, there is a tendency to spread lubricant on sliding surfaces of operation button in car navigation and car audio systems to achieve good feeling and muffling of operation noise.

It is important for spreading lubricant with stability to determine an accurate position on which to spread that and to maintain a constant amount over the entire surface.

In order to achieve the above-mentioned, it is necessary to introduce an automatic spreading machine because it is difficult to do the application by hand.

When the automatic spreading machine was introduced, we examined spreading methods, the characteristics of the lubricant, and the overall performance.

As a result, we adopted a spreading method in which lubricant is directly dispensed, which is able to maintain constancy in the amount of spreading lubricant. We selected "DRYSURF" which is a lubricant that has liquidity at low temperatures, and an automatic spreading machine, which is based on an orthogonalized three-axis robot, can control the amount of expelled lubricant with stability by using that method.

As a result of introducing this method into the production system, we observed that it gave accurate position of spreading and a constant amount of lubricant, and it required one third of the spreading time required of the hand painted case.

キーワード：ドライサーフ，チューピング式ディスペンサ，3軸ロボット，膨潤，ぬれ性

1. まえがき

製品への高品質，高機能のニーズは年々高まり，特にOEMモデルではその要求が著しい。カーナビ，カーオーディオの操作ボタンの感触，消音においても同様であり，従来の成型品そのままでは，要求を満足することができず，潤滑剤塗布の傾向が強まっている。

現状は手塗りで対応を行っているため品質維持に問題があり，工数も大きくなっている。

品質安定には定位置，定量塗布が不可欠であり，また製品単価低減も大きな課題であり，その実現には自動化が必須と考える。

本稿では，潤滑剤の自動塗布化を実現させるための設備開発について述べる。

2. 初期検討

2.1 塗布方式

はじめに塗布方式について検討した。検討した各種の塗布方法とその検討結果を表1に示す。定位置，定量塗布という観点，開発期間，設備コストの面を考慮して，ディスペンサ直接塗布方式が優れていると判断し，これを採用した。

2.2 ドライサーフ

今回の対象潤滑材は，(株)ハーベス社製の「ドライサーフ」で，電子・精密機器専用開発されたフッ素系コーティング剤である。本潤滑材は，低温流動性の良いフッ素オイル成分と超微粒子フッ素樹脂の組合せで，膜の剥離を防止し

ている。また溶剤にHFE(ハイドロフルオロエーテル)を使用し，オゾン破壊係数がゼロであり，温暖化係数も低く押えられた速乾性の潤滑剤である。

3. 塗布機の概要

塗布機は，前述したディスペンサ直接塗布方式に適するように，汎用ロボットを用いてディスペンサによる定量吐出を正確な塗布ポイントへ繰り返し行えるものを選定した。また，作業安全対策についても記述する。

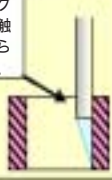
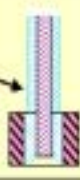

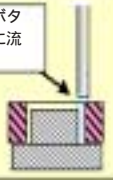
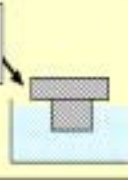
3.1 直交3軸ロボット

設備として必要な要素は，メンテナンス性，高信頼性である。そこで，汎用の直交3軸ロボットを導入した。図1に自動機の外観を示す。本機は低価格でありながら，小型，高速，高精度であり，動作プログラムも容易に作成で



図1 自動機全景

表1 塗布方法検討と判定結果

塗布方式	ディスペンサ 直接塗布方式	ディスペンサ 多軸プローブ方式	スプレー方式	ボタン ASS'Y 後 ディスペンサ塗布方式	ボタン浸込方式
概略図	ノズルをグリルに接触させてから塗布する。 	針の外側に溶剤を流し、表面張力でグリルへ塗布する。 	上部から噴射。 	グリルとボタンの隙間に流し込む。 	撻動面のギリギリまでつける。 
判定		x	x	x	
状況	満遍なく塗られていた。	片方の壁にしか塗られていなかった。	短時間で詰まる。	クリアランスの小さい溝は塗られていなかった。	満遍なく塗られているが、導光板へ転写する可能性がある。

きるなどの特長がある。通常の塗布では4軸を必要とするが、今回、3軸で塗布可能な塗布方法を考え出した。詳細は後述する。

また、ワークの取付け部については、ワークの繰り返し位置出しができるクランプ機構を設けた。

ニードルの取付け機構は、頻繁に取付け取外しを行うことを想定して、ワンタッチで着脱ができ、ニードル先端の繰り返し位置精度が高くなる機能を盛り込んだ。図2にニードル取り付け機構の様子を示す。

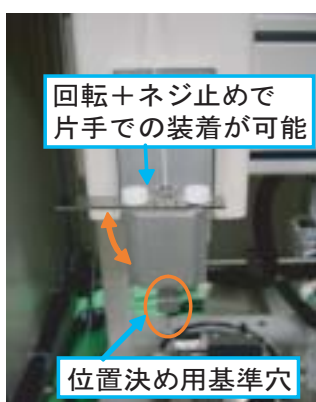


図2 ニードル取り付け機構

3.2 チューピング式ディスペンサ

ディスペンサは定量塗布装置である。また今回の潤滑剤「ドライサーフ」は主剤と溶剤の混合液で構成されている。

ディスペンサで一般的に使われているのは、エアーの圧力で押し出す方式である。この場合、粘度が低い溶剤のため、垂れを防止するために機械的な弁を設ける必要がある。しかし、ドライサーフの主剤は固形分のため、弁に詰まりが発生して、短時間で塗布ができなくなる。従って、チューピング方式を選択することにした。チューピング方式の概要を図3に示す。チューピング方式はポンプ内の押し圧ローラーを回転させてチューブをしごくことによって液体を吐出、吸入する方式である。このため、液体は一本のチューブ内のみを通過するため外部

の影響を受けにくく、安定した吐出が行える。今回のように、固形分が含まれている混合液の場合では特に最適であると思われる。

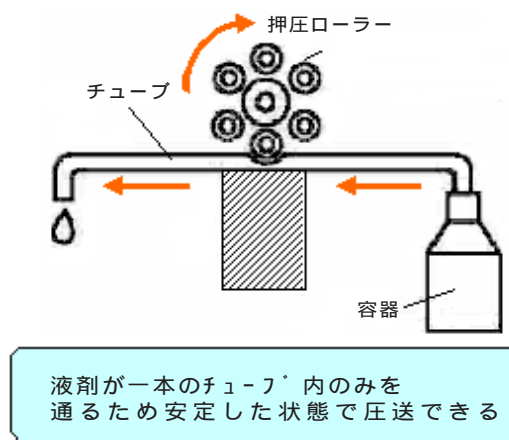


図3 チューピング式ディスペンサ概要

3.3 安全対策

ロボットの軸は高速移動をすることと、塗布位置を高精度に維持する必要性から、動作の有無に関わらず、作業者のロボットへの接触は最小限にしなければならない。安全面を考慮して、図4に示すように、動作中作業者が手を触れないように安全カバーにリミットスイッチ付の正面扉と、またカバー開口部にはエアセンサーを設けた。また、グリルが正常にセットされていることを確認するため、図5に示すセンサーも取付けた。



図4 安全装備



図5 グリルセット確認用センサ

4. 導入検討

4.1 塗布方法

4.1.1 ぬれ性

ドライサーフの特性としてぬれ性の良さがある。ドライサーフの大半を占めるフッ素系溶剤 HFE の表面張力は約 13[mN/m] と低い。例えば、水の表面張力(73[mN/m])と比べても非常に低いことが分かる。このため、ドライサーフは樹脂・金属へのぬれ性が非常に良いので広範囲への溶剤の拡散が期待できる。

4.1.2 ニードル接触方法

初期検討時の塗布方式の選定から、塗布ポイントへ正確に定量塗布を行う場合、ニードルが塗布ポイントへ接触している必要があることが

分かっている。それは、ぬれ性が良いために少量塗布において非接触ではニードルから離れようとしないうためである。

通常、グリスのような粘度が高い潤滑剤を塗布する場合は、図6(b)に示す4軸直交ロボット(X,Y,Z軸とニードルヘッドの回転)を用いてニードル先端を塗布ポイントへ接触させる必要があった。一方、ドライサーフのような粘度が低く、ぬれ性が良い潤滑剤は、周囲へ拡散する性質をもつため、ポイントを摺動面上部に配置しても、下部へ広がるため、ニードルの先端は塗布面上部に接触していれば、定量塗布は可能であることが分かっている。そのため、ニードルと摺動面が垂直に立っている場合、ニードルの回転は必要なくなり、図6(a)に示すような3軸の直交ロボットの導入が可能となった。

しかし実際には、ワーク自体の寸法精度、ワーク取付け精度、ロボットの繰り返し位置決め精度、ニードルの取付け精度によって、ニードルの先端を常にワークに接触させるためには、図7に示すように、誤差分をワーク塗布面に押し付け、ニードルを撓ませることで吸収する方法を採用した。そこでニードル先端は、塗布面へ接触することはほぼなくなる状態となった。

しかし、ドライサーフのぬれ性の良さから、

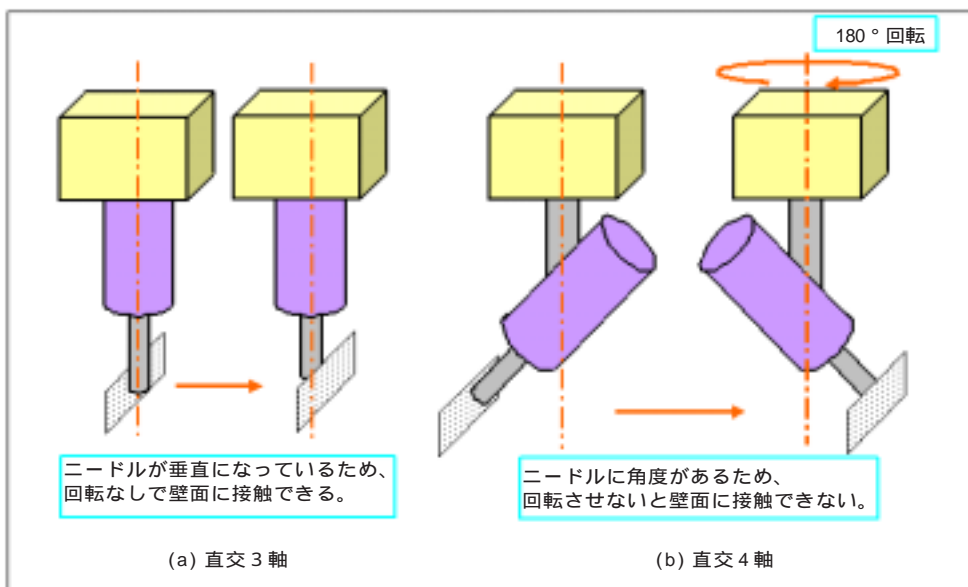


図6 3軸, 4軸ロボットの動き

図8から分かるようにニードル先端は塗布ポイントへ接触しなくても、ニードル外周面を伝い、ワークとニードルが接している点から塗布面へ流れ、塗布ポイント全域への塗布が可能となった。

上述したように、ニードル先端は塗布面に接触している必要はなく、先端付近が接触していれば良い。組合せ誤差精度分の座標値を押し付ける方向へオフセットすることで塗布が可能になった。また、ニードルが撓むことからニードルの耐久性、変形に対して十分な強度があることを確認した。

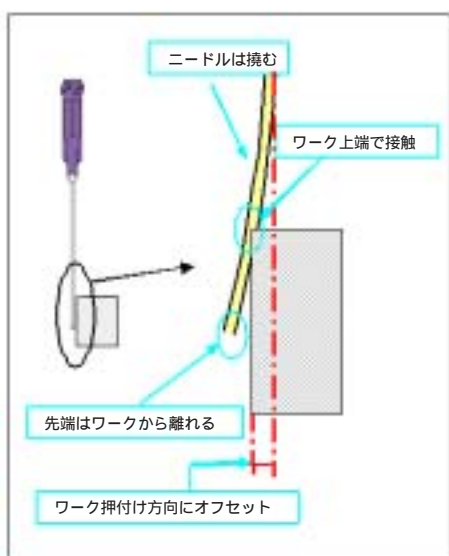


図7 ニードル接触概要

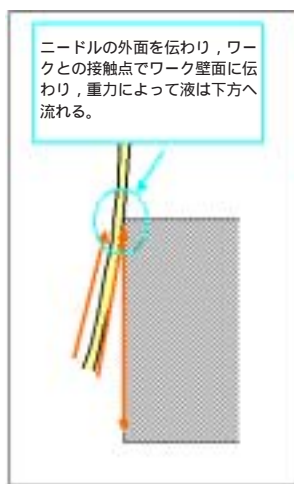


図8 潤滑剤の流れ概要

4.1.3 しずく

ニードルの先端から溶剤を吐出するとき、物体に接触をしていない場合、一定量のしずくが自由落下する。しずくの量はニードル先端の直径に依存し、直径が大きくなるほどしずくが大きくなる。また速乾性の溶剤を使用しているため、表面積が大きくなるほど蒸発しやすい。この2点から、しずくは小さい方が定量性はよいこと、塗布ポイント間を移動するとき、しずくが大きいことで塗布面以外で落下しやすいこと、表面積が大きいくほど蒸発する量が大きく塗布量がばらつくことから、ニードル内外径は、小さい方が良い。しかし、ドライサーフの主成分は固形分であるため、ニードルの詰まりがない程度の内径を確保する必要がある。

4.2 定量塗布

定量塗布を行うにあたり、塗布量の管理方法を時間あたりの吐出量とした。塗布方法としてポイント塗布とライン塗布の2パターンを用いた。ポイント塗布は、塗布ポイントにてニードルの移動を一定時間停止させ、その停止時間時に溶剤の吐出を行う。

ライン塗布は、塗布ポイント（エリア）が広範囲な面が対象となり、ニードルを移動させながら溶剤の吐出を行う。

ライン塗布の場合、移動距離によって速度を決め、単位移動量あたりの塗布量を決定した。

4.3 塗布位置精度

定位置塗布を実現するために不可欠な要素として塗布位置の繰り返し精度が上げられる。塗布機として繰り返し精度を決める要素は、ワークの取付け精度とニードルの取付け精度である。

通常、ワーク上の精度のよい孔2箇所を利用して、治具側に位置決めピンを2本立てて置き、そこへワークを嵌めることで精度のよい取付け精度を実現する。しかし、この場合のデメリットは、高精度を求めるほどクリアランスが小さくなり、治具への取付け取外し時の抵抗が強くなる。特にワーク側の孔を後工程で使用する場合や部品が入る場合、または外装部であった場

合は、キズを付けることができないため、取扱いが難しくなる。

今回は、基準孔を1ヶ所と精度の出ている部位にピンを押し当てる構造とした。治具の構造が若干複雑になるが、取付け、取外し性を優先した。また、ワークの浮き防止のため、Z軸方向のクランプ機構を設けた。この結果取付け位置精度は、今回の塗布条件に十分な高精度を実現できた。

また、ニードルの位置決めはニードル外径を基準とする保持方法を採用しているため高い取付け精度を実現した。

4.4 その他検討内容

4.4.1 外観付着

ドライサーフは粘度が低く、ぬれ性が良いため、拡散しやすいことは前述した。このことから、重力によって塗布面下部に溶剤がたまりやすい。このため、ワークを治具へ取付ける方向は塗装面に拡散する恐れがあるため、上面にワーク外観面(製品外観に露出する面)にする必要がある。しかし、この場合でもデメリットはあり、ニードルは外観の上を高速で移動することになるため、少しでもニードル先端にドライサーフのしずくが残っていた場合、しずくが外観面に落下する。

このため、外観の上を移動する直前にニードル先端からしずくを取り払うため、ニードルを高速で上下動させニードルのしずくを予め振り落とす動作を追加した。図9に外観付着対策の概要を示す。また、垂れた液を受けるため、受け板を敷いた。検討段階では、かなりの量の外

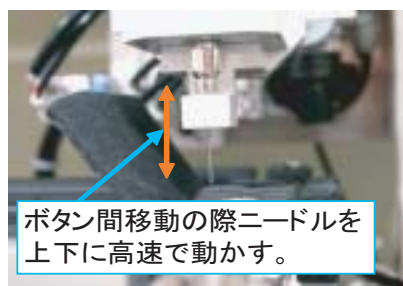


図9 外観付着対策

観付着不良が発生していたが、対策後は不良が皆無になった。

4.4.2 チューブの膨潤

検討も最終段階に入ったところで、大きな課題に直面した。新品チューブに交換後、吐出量が大幅に減ることがあった。チューピング式のディスペンサを使うに当たり、チューブの選定は非常に重要となる。チューブは、耐薬品性、耐候性優れたPTFE(四フッ化エチレン)チューブを選定した。しかしこのPTFEチューブは、ドライサーフの希釈剤であるHFEに対して膨潤を起こすことが判明した。膨潤によって、チューブが軟化しているため、チューブの内外径が拡大し、流量の増加と圧送ローラーの部分での押し潰れ量が増えていたことが分かった。しかし、新品に交換することでこの現象が起これないため、吐出量が減少したと考えられる。

他材種への変更を検討したが、一般的なチューピング式ディスペンサ用のチューブでは、フッ素系のチューブの他、シリコン、軟質塩ビ、ポリエチレンなどがあるが、検討したすべての材質で膨潤、または溶解が見られた。膨潤という現象は避けられない状況であった。またフッ素系以外の材質は、可塑剤を含んでいるものが多く、チューブから溶剤への溶出があり、汚染につながることも分かった。よって使用方法を工夫することでPTFEチューブの使用を検討した。

膨潤に対する対策として、常に膨潤した状態でチューブを使用することを考えた。膨潤が飽和するまでドライサーフまたは溶剤(HFE)に浸けて置くことで、吐出量の安定化を図った。今回使用しているPTFEチューブでは約3日間浸け置きすることによって、膨潤が飽和状態になることが分かった。この関係を図10に示す。

また、チューブを大気中に放置した場合、チューブ中の溶剤が蒸発してしまい、膨潤状態が解けてしまい吐出量が減少してしまう。このため、長期で塗布を行わない場合は溶剤内に浸けて保管する必要がある。

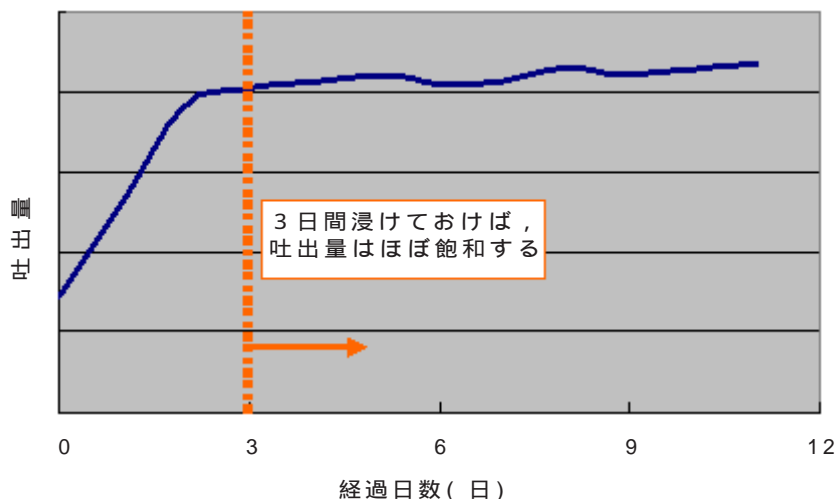


図 10 溶剤へ浸けた日数による吐出量

以上より、チューブの管理方法は以下のようにした。

- ・新品のチューブは溶剤内に3日以上浸けてから使用する。
- ・作業終了後はチューブを溶剤内で保管する。

5. 導入効果

これらの検討から安定した定位置、定量塗布を実現することができた。現状の手塗り工法との塗布時間、人工数の比較を図11, 12に示す。機種により差はあるが、塗布時間は最大1/3, 人工数は最大1/5に削減することができた。次に塗布工賃を図13に示す。こちらでは手塗り工法と比べて最大1/3に削減することができた。設備費用に関しては、同様の塗布機口ポート(スカラー式)に対して1/3に押えることができた。

また、自動化によって塗布忘れ、塗布位置ミスがなくなり品質の安定、および修理工数の削減にもつながる。

6. 今後の取り組み

ドライサーフのような潤滑剤をグリルのボタン摺動面に塗布が必要な製品は、厳しい品質要求により今後も増えていくと思われる。現状の手塗り対応では、品質面では限界があり、今回

開発した塗布機のニーズはより一層高まっていくと思われる。ただし、すべてに対応できるわけではないため、製品設計初期段階からの検討が必要となり、そのためにも、潤滑剤塗布の標準化を図り、設計部門への展開が必要であると考えている。また、潤滑剤を使用しない別の工法の開発も進めていく必要があると考える。例えば、グリルとボタンの材質検討、潤滑塗装、摺動部の形状最適化などの検討も進めていく必要があると考える。

7. まとめ

グリル操作ボタンの感触、消音の品質要求は今後も高水準を求められ、摺動部への潤滑剤の塗布の需要は大きくなる。品質面、コストの面でも自動化を行うことは効果的である。また、製品設計の初期段階から潤滑剤の塗布を念頭において設計を行うことで製品設計の効率化につながると考える。今後も当社にてこの技術の展開を考えている。

8. 謝辞

ドライサーフ自動塗布機を開発・導入するにあたり、ご協力頂いた導入先メーカーに深く感謝致します。また川越事業所OEM設計部、部品技術部、およびプロキュアメントセンターの関係各位の協力に感謝します。

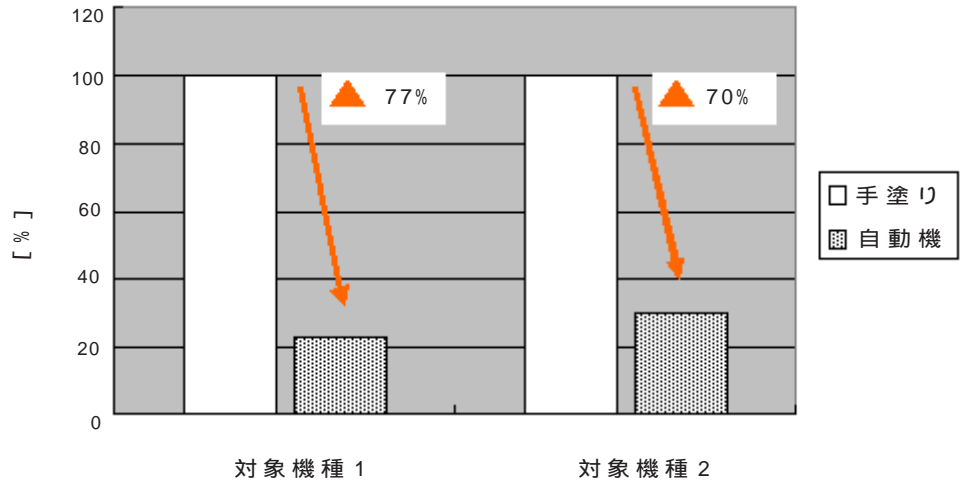


図 11 人工数比較

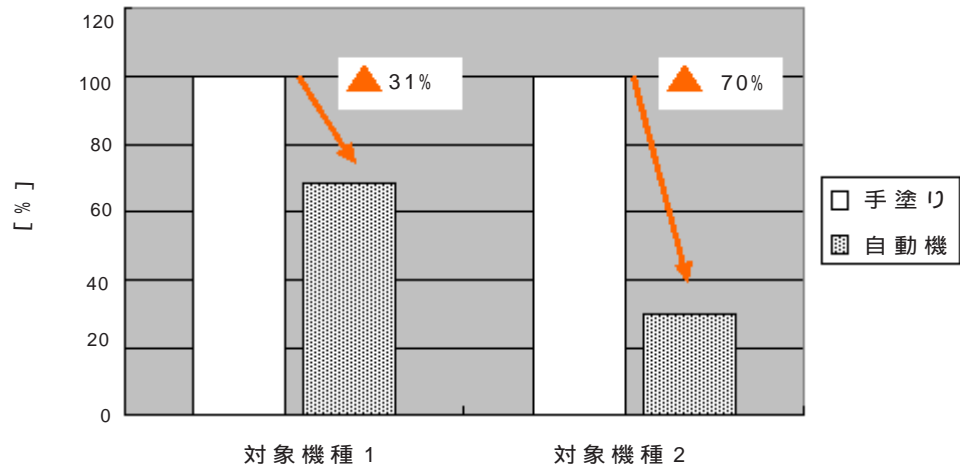
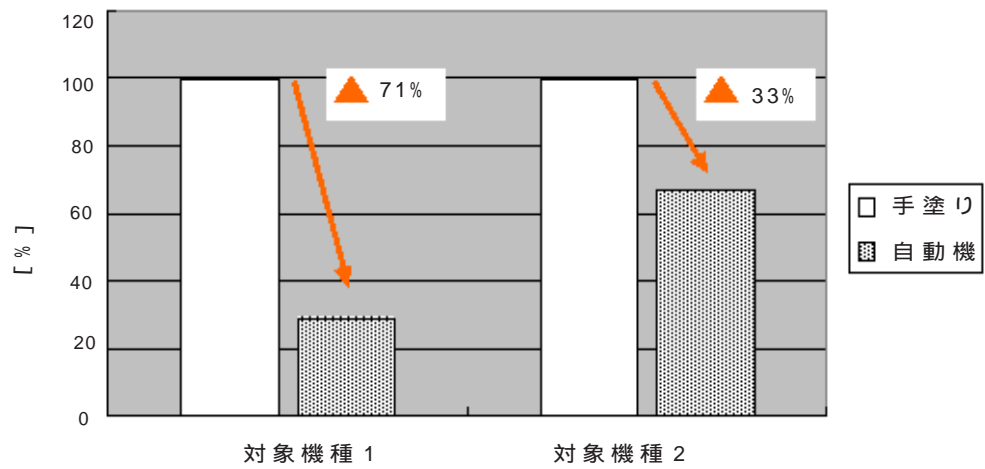


図 12 塗布時間比較



自動機の原価償却は3年として計算

図 13 塗布工数比較

筆 者 紹 介

武 田 浩 一 (たけだ ひろかず)

M E C 川越事業所 生産技術部
生産設備開発に従事。

山 下 俊 朗 (やました としろう)

M E C 川越事業所 生産技術部
車載用CD, DVD プレーヤメカ開発, MD, DVD
ピックアップ開発, 生産設備開発に従事。