

# 刷毛から被塗装材に加えられる力の測定について

岡村吉永

Measurement of the Force Added to the Surface  
of the Coating Materials by the Brush.

(Received December 1, 1997)

Yoshihisa OKAMURA

キーワード：塗装指導の効率化、刷毛塗り、塗り方向の力、波形の分類

## 1. はじめに

技術・家庭科の木材加工領域の学習では、一般に製作品の仕上げに塗装が実施される。通常この塗装は刷毛による塗装、いわゆる刷毛塗りによって行われるが、良好な仕上がりを得るためには、刷毛の使い方や塗料の選択等習熟が必要であり、初心者には難しい作業となっている。加えて塗装は、工程が複雑で塗膜の乾燥硬化に時間を要する、気温や湿度の影響を受けやすい、火災や中毒等の危険があるなど困難な点も多く、授業での実施は容易ではない。

この一方で、塗装は木材製品の保護および美化の面では特に有効な方法の一つであり、学習効果の面からみても、作品の完成度を高めることで学習者により強い達成感や満足感を与え、作る喜びを味わわせることができる。木製品の表面処理を体験させることで、木への親しみを増し、同時にその特徴や使用方法についての実践的な知識を得させることができるなど、優れた教材としての特徴を有しており、指導割合も高い<sup>1)</sup>。

本研究は、塗装指導をより合理的かつ効率的に行うための資料を得ることを目的として、まず、授業で行う主要な塗装方法である刷毛塗りを取り上げ、塗装時に刷毛から被塗装材面に加えられる力の測定とその分類を試みた。

## 2. 測定装置

### 2.1 取り出す力

塗装時に刷毛から被塗装材表面に加えられる力は、一般に図1のような刷毛の進行方向と平行かつ被塗装材面と平行な塗り方向の力、刷毛の進行方向と直交し被塗装材面と平行な横方向の力、および刷毛を被塗装材面に押しつけることによる垂直方向の力に大別でき

\*岡村吉永 山口大学教育学部

る。本研究では、この内最も塗装技能による差がでやすいと考えられる塗り方向の力についてのみ検討することとした。

## 2.2 装置の構造および構成

試作した装置本体の構造を図2に示す。検出部は、厚さ1.5mmのステンレス板にひずみゲージ<sup>2)</sup>を貼り付けたもので、ステンレス板のたわみに比例した電圧を出力する。ステンレス板は下部を装置フレームに固定し、上部は天板の一端に設けたスリットに差し込んで固定した。天板の另一端は円柱状のローラー上に載せてある。塗り方向には自由に動けるため、被塗装材に力が加えられると、天板はその方向に押され検出部ステンレス板にたわみを生じる。天板上に固定する被塗装材の大きさは、長さ250mm、幅100~200mmとした。

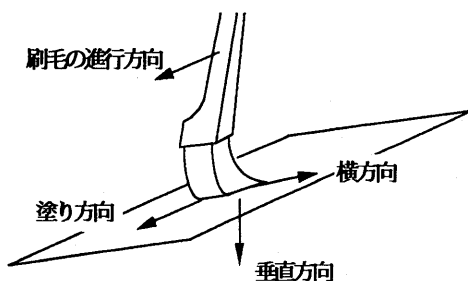


図1 刷毛から加わる力の向き

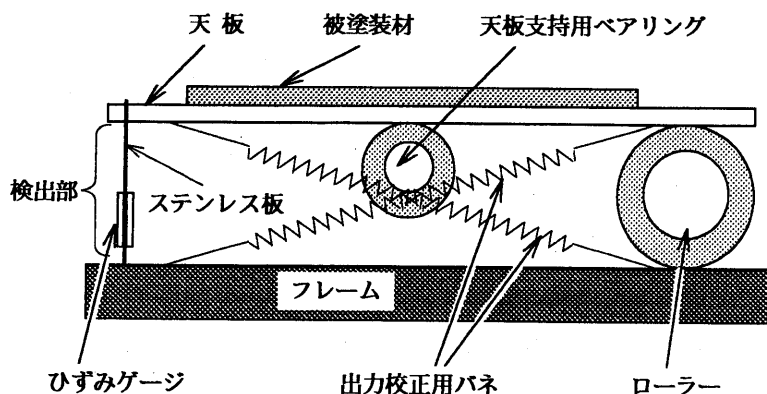


図2 装置本体の構造

装置中央部の天板支持用ベアリングは、測定の際に刷毛から加えられる垂直方向の力で天板が湾曲し、検出部にモーメントが加わって検出誤差となるのを防ぐためのものである。

天板とフレームの間に交差するように取り付けられたバネは、検出される力の大きさが天板上の位置によって変わらないようにする校正用で、ローラーの両端部でかつローラーの軸と直交する平面に1組ずつ計4本を取り付けてある。校正後の結果は、図3のように、荷重が300gfを越えるとセンサー側の出力がローラー側よりもやや大きくなる傾向が見られるが、両側とも左右のばらつきは小さく直線性も良かった。今回測定した刷毛塗り時の力は、最大でも251.85gfであり、装置は実用上十分な性能を有していると考えられる。

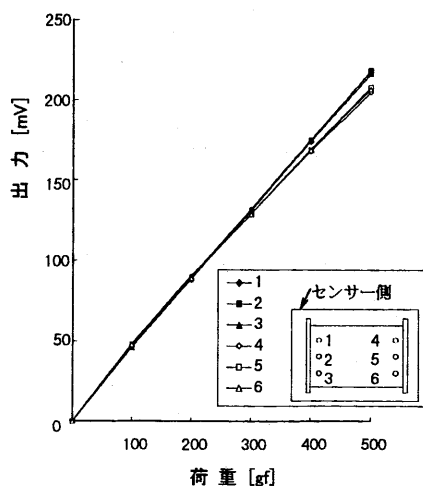


図3 装置の校正結果

なお、装置本体から得られた刷毛塗り時の力は、A/D変換器を通してパソコンに取り

込み、処理および波形（力の変化）の表示は全てパソコンで行うようにした。

## 2.3 測定条件

### 被塗装材

被塗装材は、ラワン普通合板（厚さ5.5mm、幅100mm、長さ250mm）を使用した。被塗装材の長さ方向および塗装する最上層の繊維方向は、塗り方向と一致するようにした。

### 刷毛

すじかい刷毛（白毛ニス用、穂幅：約50mm、穂長：約30mm、穂の厚さ：約15mm）。学校等で標準的に使用され、一般にも入手しやすいタイプ。

### 塗料

塗料は、水性のエマルジョン塗料の代用としてポリビニールアルコール系の水のりを使用した。一対比較法<sup>3)</sup>による塗り易さの比較では、図4のように水のりとエマルジョン塗料との距離は非常に接近しており、検定の結果も有意な差は認められなかった。これより、本研究においては、水のりを代用することに特に問題はないと考える。むしろ、安全面（洗濯のりとして使用されている）や室内に放置して溶剤の揮発（水）による粘度の変化を調べた結果（図5参照）を考慮すると、水のりの方がやや有利であった。

塗料粘度は、水で希釈することにより3種類（160、490、900mPa・s）に調整した。使用粘度計は、RION VISCOTESTER VT-04である。

### サンプリング

A/D変換器は、1kHzでサンプリングし、不要な高周波成分を取り除くため、プログラム処理による低域フィルター（37Hz）<sup>4)</sup>を使用した。

### 被験者

成人35名。この内、塗装経験者は17名（男性17）、未経験者は18名（男性15、女性3）であった。

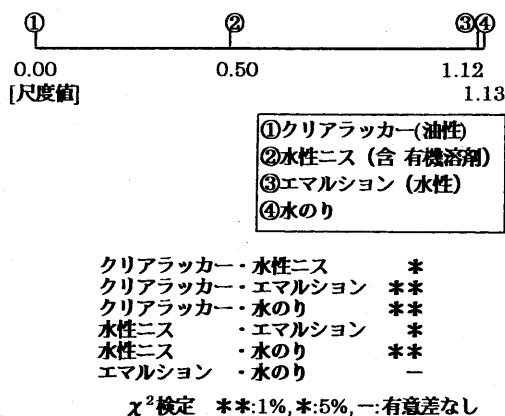


図4 塗料の塗り易さの尺度値と有意差検定（サーストンのケースVを用いて尺度化、塗料粘度：100mPa・s）

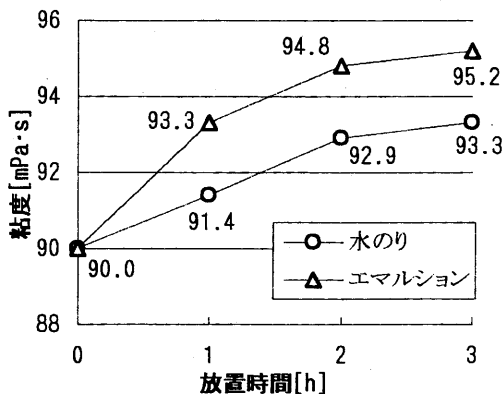


図5 溶剤の揮発による塗料の粘度変化（上部が開いた円缶に塗料150ccを入れて室内に放置。気温20℃、湿度50%）

### 3. 結果および考察

測定例を図6に示す。刷毛塗り作業は、横軸を時間軸として左から右へ進行し、縦軸の塗り方向の力は、右向きを正、左向きを負で示している。

研究では、この力の波形を、一方向に継続して力が加えられている期間（一塗り）中の変化（立ち上がり・立ち下がり形状、力一定の区間の有無）や時間、一塗り中の最大の力（力のピーク）などに注目して分類を行った。

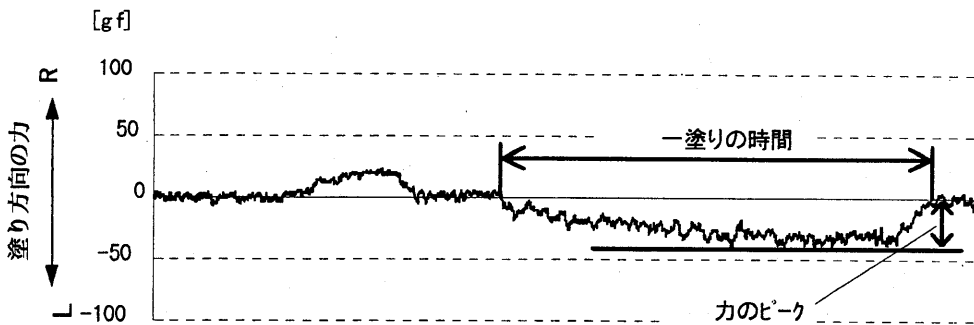


図6 測定例（粘度490mPa・s、経験者）

#### 3.1 波形の分類

結果を図7に示す。図は、塗料粘度が160mPa・sのときのもので、上から釣り鐘型、緩急型、微弱型、平行型および分類不能型とし、5タイプに分類した。各型の特徴は以下の通りである。

**釣り鐘型**：一塗りの中央あたりに力のピークがあり、その点を中心として波形がほぼ対称である。

**緩急型**：緩やかに力が増加し、ピークを過ぎると比較的速やかに力が減少する。

**微弱型**：波形は釣り鐘型あるいは緩急型に似ているが、全体的に加わる力が小さい。

**平行型**：緩急型に似ているが、力のピークが長く継続し、平行に近い部分が見られる。

**分類不能型**：刷毛から加えられる力が小さく、波形に規則性が見られない。上記の4型のどれにも分類できないもの。

以上について、力のピークおよび一塗りの時間に着目して、分散分析<sup>5) 6)</sup>を行った結果は、力のピーク ( $F=7.65$ ;  $df=4,213$ ;  $p<0.01$ )、一塗りの時間 ( $F=13.11$ ;  $df=4,213$ ;  $p<0.01$ )とも全体での有意な差が認められた。さらにLSD法によって各波形ごとの検定を行った結果は、表1のように力のピークについては、緩急型と釣り鐘型との間および微弱型、平行型、分類不能型の3タイプ間を除く組み合わせで有意な差がみられ、一塗りの時間については、表2のように釣り鐘型、微弱型および分類不能型の3タイプ間を除いて有意な差が認められた。全体としてみると、今回の分類はかなり上手くいっていると判断できるが、微弱型と分類不能型間のように力のピークと一塗りの時間のいずれによっても差が認められないものもあり、さらに検討が必要である。

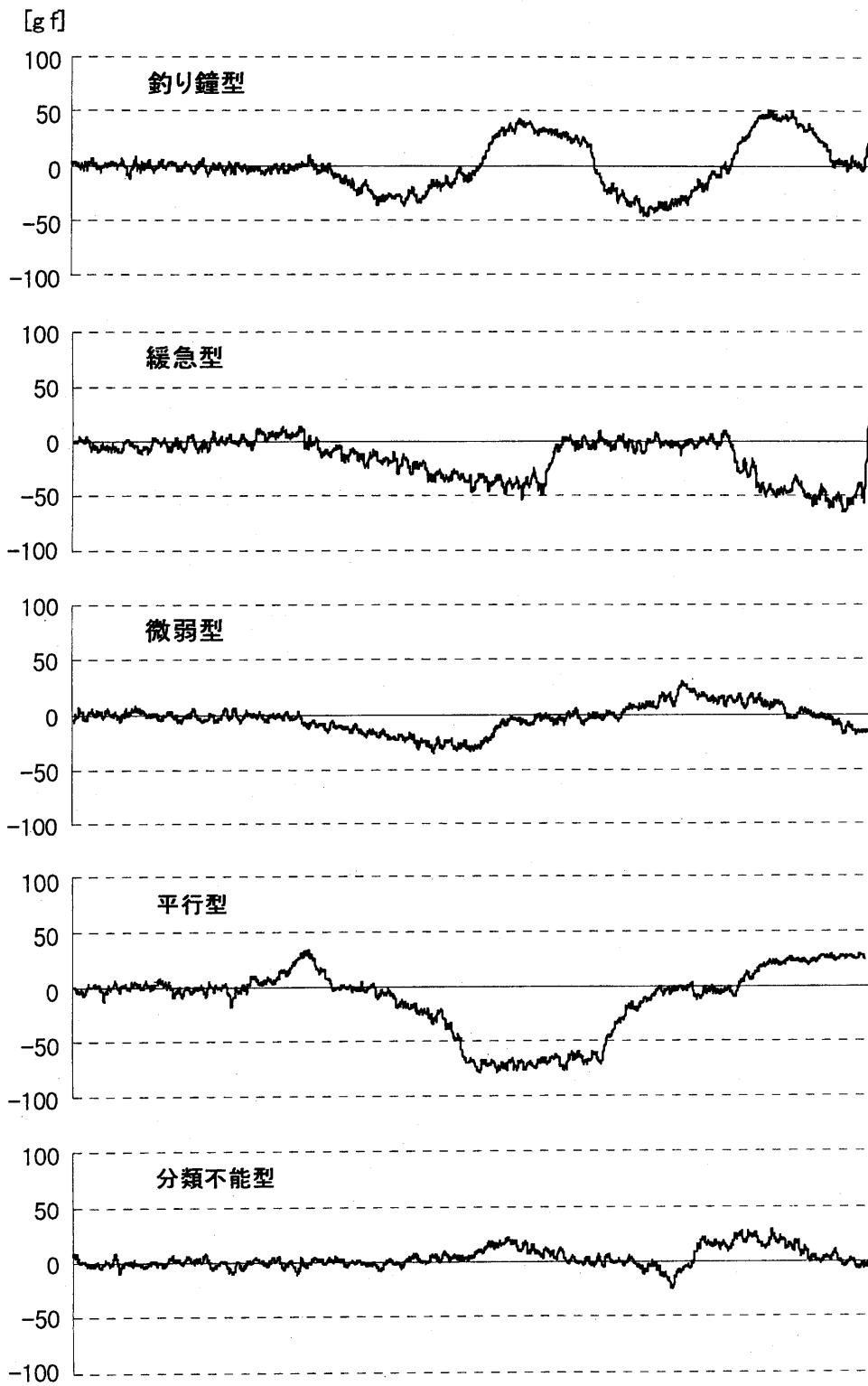










図7 波形の分類 (粘度: 160mPa·s)

表1 波形タイプ間の検定（力のピーク）

釣り鐘型 				
緩急型 	—			
微弱型 	**	**		
平行型 	**	**	—	
分類不能型	*	**	—	—
	釣り鐘型	緩急型	微弱型	平行型

LSD \*\* : 1%, \* : 5%, — : 有意差なし

表2 波形タイプ間の検定（一塗りの時間）

釣り鐘型 				
緩急型 	**			
微弱型 	—	*		
平行型 	**	*	**	
分類不能型	—	*	—	**
	釣り鐘型	緩急型	微弱型	平行型

LSD \*\* : 1%, \* : 5%, — : 有意差なし

### 3.2 波形のタイプと頻度

波形タイプごとの頻度を経験別および粘度別に表3、表4に示す。まず経験別では、塗装経験の有無による頻度の差は認められなかった。しかしながら、経験者群では平行型が45.1%と半分近い割合を占め、これは未経験者に比べて約10%も高い割合であった。逆に緩急型は、未経験者群が14%程度高く、経験が増すにつれて緩急型から平行型に移行する傾向が有るのではないかと推察される。さらに検討が必要である。

つぎに粘度別の結果については、160mPa・sと900mPa・s間 ( $\chi^2 = 5.99$ ;  $df = 2$ ;  $p < 0.05$ ) および490mPa・sと900mPa・s間 ( $\chi^2 = 7.24$ ;  $df = 2$ ;  $p < 0.05$ ) に有意な差がみられた。900mPa・sでは、他の2種の粘度に比べて、平行型が減少し緩急型が増していることから、粘度が増すと力のピークを保持する事が困難である、あるいは力のピークに達した後これを保持するには今回の試験片（被塗装材）長が不足であったといったことが要因として考えられる。いずれにしても、緩急型と平行型とは関係が深いと推察されることから、さらに検討が必要である。

表3 波形のタイプと頻度（経験別）

	釣り鐘型	緩急型	微弱型	平行型	分類不能型	計
経験者	15 (29.41)	9 (17.65)	4 (7.84)	23 (45.10)	0 (0.00)	51 (100.00)
未経験者	14 (25.93)	17 (31.48)	1 (1.85)	19 (35.19)	3 (5.56)	54 (100.00)
全体	29 (27.62)	26 (24.76)	5 (4.76)	42 (40.00)	3 (2.86)	105 (100.00)

表4 波形のタイプと頻度（粘度別）

	釣り鐘型	緩急型	微弱型	平行型	分類不能型	計
160 mPa·s	7 (20.00)	8 (22.86)	3 (8.57)	16 (45.71)	1 (2.86)	35 (100.00)
490 mPa·s	9 (25.71)	6 (17.14)	2 (5.71)	17 (48.57)	1 (2.86)	35 (100.00)
900 mPa·s	10 (28.57)	15 (42.86)	0 (0.00)	9 (25.71)	1 (2.86)	35 (100.00)

### 3.3 力のピークと一塗りの時間

力のピークの平均は、表5のように緩急型が最も大きく78.17gfで、つづいて釣り鐘型、平行型、分類不能型の順で、最も平均の力が小さい微弱型では緩急型の半分以下の28.76gfとなった。標準偏差は各タイプとも非常に大きい。これは、今回の分類が波形の形状を基準としており、刷毛から加えられる力について、必要以上に大きいもの、逆に微弱型程ではないが過小なものを区別しなかったことが主因と考えられる。力が過大あるいは過小なものをどう分類するか、またその際の基準となる値がどの位であるのかについて、今後の検討が必要である。粘度別は、表6の様に粘度が増す程力のピーク、ばらつきとも大きくなる傾向がみられた。

波形タイプごとの一塗りの時間の平均は、表7に示すように平行型がもっとも長く、微弱型および分類不能型では平行型の約半分以下の時間となった。力のピークを保持するため、平行型では他のタイプに比べて刷毛をゆっくりと動かしていることが伺われる。被塗装材面に必要量の塗料を塗布するには、どの程度の速度で刷毛を動かすのが適切であるのかを含め今後の検討が必要である。粘度別にみた場合は、表8のように、平均や標準偏差等について、粘度による差はほとんどみられなかった。一塗りに要する時間は、波形タイプとの関連が強く、粘度による影響は少ないと考えられる。

表5 波形タイプ別 力のピーク (gf)

	全体	釣り鐘型	緩急型	微弱型	並行型	分類不能型
平均	62.37	66.62	78.17	28.76	48.44	34.05
標準偏差	40.90	43.53	39.11	8.26	35.01	12.03
最大値	251.85	251.85	219.75	41.98	206.67	49.38
最小値	13.52	22.22	25.93	19.14	13.52	20.37

表6 粘度別 力のピーク (gf)

	160	490	900 (mpa·s)
平均	48.45	56.00	80.47
標準偏差	22.77	38.48	49.68
最大値	116.67	219.75	251.85
最小値	17.78	17.22	13.52

表7 波形タイプ別 一塗りの時間 (sec)

	全体	釣り鐘型	緩急型	微弱型	並行型	分類不能型
平均	0.87	0.70	0.93	0.67	1.13	0.64
標準偏差	0.41	0.32	0.43	0.29	0.38	0.18
最大値	2.54	2.54	2.17	1.20	2.54	0.81
最小値	0.24	0.24	0.36	0.28	0.53	0.32

表8 粘度別 一塗りの時間 (sec)

	160	490	900 (mpa·s)
平均	0.87	0.86	0.87
標準偏差	0.31	0.42	0.41
最大値	2.54	2.54	2.17
最小値	0.32	0.28	0.24

#### 4. おわりに

刷毛から被塗装材面に加えられる塗り方向の力に着目し、これを測定するための装置を試作した。検討の結果、塗り方向の力は最大でも250gf程度であり、試作した装置は研究上十分な性能を有していた。

試作した装置を用いて測定した塗り方向の力の波形は、その立ち上がりやピーク時の形状等によって、釣り鐘型、緩急型、微弱型、平行型および分類不能型の5種類にタイプ分けができ、検定の結果もほぼ満足の行くものであった。しかしながら、有意差がみられない



分類や同じタイプの波形でも力のピークや一塗りの時間にかかなりのばらつきがあるなど不十分な点もあり、さらに検討が必要である。特に、必要以上に力が大きいものや逆に過小なものについては、再分類化も含め早めに検討を行いたい。

塗装技能と波形との関係については、今回、塗装経験と波形タイプの頻度との間に統計的な差は認められなかった。しかしながら、経験者群で平行型が半数近い割合を占めるなど、傾向性はみられており、さらに資料を増やすことや波形の再分類等によって関連が見いだせるものと考ええる。また、今回測定した経験者群は、単に経験があるだけで技能は高いとはいえ、より高度な技能保有者のデータを収集することも必要である。さらに、塗装技能については、今回対象とした塗り方向の力だけでなく、他の方向の力や刷毛に含ませる塗料の量、刷毛を動かす速度等についても検討が必要であり今後の課題とする。

最後に本研究を遂行するにあたり、装置の製作や測定にご協力頂いた中野貴信君、塩本美緒子君、多田哲也君、加本弘紀君に対し、心よりお礼申し上げます。

## 文 献

- 1) 小林、岡村、米延、尾崎、谷口：木材加工領域の指導に対する技術科担当教師の難易意識、技術科教育の研究、日本産業技術教育学会教科教育分科会、Vol.1、No.1、pp.33-36、1995
- 2) 渡辺理：ひずみゲージとその応用（改訂版）、日刊工業新聞社、1977
- 3) ギルホードJ.P. 秋重義治（監訳）：精神測定法、培風館、pp.189-218、1959
- 4) 相田、江端、河野、釘澤：電子計測、培風館、pp.83-84、1989
- 6) 武藤眞介：統計解析ハンドブック、朝倉書店、pp.242-247、1995
- 6) 森田優三、久次智雄、新統計概論 改訂版、日本評論社、pp.315-322、1993