

《研究ノート》

自動車塗装の最前線

——日産自動車九州工場の事例——

平 賀 龍 太

1 本稿の課題

本稿の目的は、特定の自動化技術に焦点を当て、その自動化技術と、自動化の対象となっている作業に要求される熟練との関係を明らかにすることにある。特定の作業を自動化する場合に、その作業に要求される熟練がどのような働きをするのか、そして、自動化が行われた後に、その熟練がどのような形で継承されなければならないのか—この点に注目して議論を進めていきたい。今回は、自動化の対象となる作業として自動車の塗装作業を取り上げた。具体的に言えば、日産自動車の九州工場の事例を取り扱う。日産九州は、サイドボディの塗装を全面的にロボットによって自動化しており、我々にとっては、非常に興味深い事例である。従来、サイドボディの塗装にはレシプロケータという自動機が使用されてきたが、日産九州の第2塗装館では、サイドボディの塗装に全面的にロボットが採用されている。したがって、我々は、塗装の熟練と塗装作業の自動化の間関係に焦点を当てて議論を進めていきたい。

2 周辺状況

我々は、まず、ロボット導入の動機やロボットの使われ方など、ロボット塗装を巡る周辺状況について確認しておきたい。まず、ロボット塗装によって、レシプロ時代には人間が前補正を掛けていた部分もロボットによって対処できることとなった。例えば、フロントのフェンダ、フードの先端部分、トランクの縦面、サッシュなどの塗装がロボットによって自動化されることとなった。現在では、9割方補正が不要になっている。第2塗装館では、中塗りのラインが1本、上塗りのラインが

3本あるが、そのうちの上塗りラインの場合、1ラインに対して6台のロボットがベースを、4台のロボットがクリアを担当する形となっている。ロボット塗装に使用されているロボットは、すべてK社製のKRE430であるが、現段階では、ロボットのメンテナンスに関するK社への依存度はゼロとなっている。現在、第2塗装館は月産2万台のフル稼働状態となっており、そのために、ロボットは限られたタクトタイムの中で非常に激しい動きを要求されている。ガンスピードを速くして、多く重ね塗りをすることにより、良い仕上がりの塗装面ができる。したがって、ロボットにかかる負担は、非常に大きなものとなっている。第2塗装館においてレシプロではなくロボットが採用された理由は以下の通りである。1) 多車種に対する対応可能性を確保するため。2) 品質確保を確実にするため。3) 塗料使用量の削減、節約のため。ロボット導入当時は、人手やノウハウの面でロボットメーカーへの依存度が高かった。数十台のロボット、しかも数車種数車型に対するティーチングを日産のスタッフだけで行うことは困難であった。4年前の立ち上げの際には、日産のスタッフは、CADティーチの可能性を含めて、ロボットメーカーK社とタイアップしていた。ティーチングに関して言えば、現在、日産の中に究極のティーチングができる人材はいない。いまだ初歩の段階といえる。ティーチングの機会というのは、モデルチェンジの際のみである。その間に、前にティーチングした際のことを忘れてしまう。したがって、ティーチングマンは、一定レベルまで到達すると足踏み状態となってしまう。

ここで、レシプロに対するロボットの強みについて若干補足しておこう。まず第1に、ロボットは、自分自身の動きでカラーの汚れから逃れることができる。レシプロの場合には、カラーの汚れが塗物となって飛ぶことがある。第2に、ロボットは、ボディ形状に合わせてきっちりと吹くことができる。そのため、オーバースプレーが少なく、塗料を節約することができる。少ない塗料で目一杯の塗着効率を稼ぐことができるのである。

ここで塗料の稀釈条件について言うと、シンナの蒸発スピードが早すぎると塗料が止まってしまう、ゴツゴツした肌になる。逆に蒸発スピードが遅すぎると、塗料が垂れてしまう。したがって、塗料の乾き易さを使って肌を作り込んでいくということになる。

ボディに塗られる塗料には大きく分けて2種類のものがある。それらは、ソリッ

ド系の塗料とメタリック塗料である。ソリッド系塗料の場合には、樹脂に顔料が練りこんであるのみで、膜厚さえ稼げていれば色が出る。それに対して、メタリック塗料の場合には、アルミ片とマイカと顔料が含まれている。そして、メタリック塗装の場合には、アルミ片の配向性が一番の問題となる。その場合、アルミ片が極力寝るようにすることが重要である。ブース温度が低すぎたりして乾きが遅すぎると、アルミ片の配向が崩れる。また、シェイピングエアの圧力を大きくするとアルミ片が寝る。

いずれにしても、現段階では、机上の理論値だけでは塗り方を決められない。最終的には、トライアルという形で塗り込んでみて、その数値の実績から最終的な塗り方を判断している。一般に、塗装作業というのは、塗料特性など不確実な部分が多い。こうにもなればああにもなるという世界である。したがって、人間の技能や経験に負うところが大きい。

現段階でのロボットティーチプログラムの作られ方は以下の通りである。まず、先端速度、先端角度、レシプロ幅、レシプロ間隔を指定してプログラムをつくる。そのデータが出来上がった段階で最終的な調整を行う。結果的には、数回重ね塗りする形で上塗りを仕上げる。有効パターン幅と塗り重ね回数からピッチが決定される。

現段階では、まだ、ロボットが手吹きやレシプロの塗り方を見習っている状態である。ロボットだけで、ロボット特有の塗り方で100点のレベルに到達できるという状況ではない。ロボットとしてもっと無駄のない動き方で、不具合を出さずにきっちり塗るという領域にまでは踏み込んでいない。

現在、ロボットによるボディ塗装は、3つのモジュールに分けて行われている。その3つのモジュールとは、フロントフェンダ、ドア、リヤフェンダである。一対のロボットがこの3つのモジュールの全体を塗装する。そして、モジュールは、ロボットのティーチングの節目となっている。それぞれのモジュールの中で時間的な余裕が生じた場合には、ロボットは作業を止めて待機する。

塗装をする場合、色見本板といわれるものが存在する。これは、特定の塗料の最終的な仕上がり肌の目標を示したもので、いわば、塗装の見本とでも呼ぶべきものである。そして、ロボット塗装でその色を出すようにティーチング作業を進めている。色見本板で指定された色を実際のボディ面で忠実に再現することが要求される。

現在、外板表面の塗装については、もはや熟練工による試し吹きは行われていない。いきなりロボットで色味を再現するという方法を採用している。ロボットのティーチングは、塗料吹き付けなしで実施され、最終確認の際に塗料吹き付けが行われている。その場合、ロボットの動きは、横方向のレシプロ運動とはなっていない。縦方向のレシプロ運動となっている。付帯装置のオン/オフのタイミングにばらつきがあるため、横方向に塗っていたのでは、継ぎ目の部分がなかなかきっちりと教示できないという状況にある。そのため、縦方向に吹いて、ボディの端を過ぎるところまで塗料を出して、塗りそこねがないように対応しているのである。横方向のティーチングをやっていたのでは、1年経ってもティーチプログラムが仕上がらないとあるティーチングマンは語っている。塗料のオン/オフのタイミングが機械なのでどうしてもばらつく。自動機やロボットの出すオン/オフの信号の精度は高いのだが、塗料のオン/オフのタイミングが長く使用しているとずれてくる。付帯装置の精度が問題となるのである。

手吹きとロボット塗装の唯一の、そして最後の接点は、仕上がりを見る目である。仕上がりを見る目を持っていれば、ロボットでも手吹きでも一定の仕上がりを得ることは出来る。

ロボットや自動機の場合に困るのは、最終検査工程で不良が見付かるまで、不良品が作られ続けるという点である。検査工程まで来てようやくフィードバックが掛かるのである。それに対して、人間の場合には、1台1台フィードバックを掛けて良い品質に仕上げることができる。過去の実績で、5台/10台というレベルの不具合はあった。しかし、工長が巡回しているので、20台/30台という不具合が出ることはない。

ロボットメーカーにティーチングを依頼するという場合、日産が全面的にティーチングを依存しているということではない。K社が作成するプログラムは、車1台塗れるプログラムであっても、10万台塗れるプログラムではない。ロボットの場合、塗装結果に対するフィードバックが掛かっていないので、長期間使用すると、どうしても劣化が生じ、ティーチデータの修正が必要になってしまう。それだけ長期間使用しても耐えられるだけの不具合の出にくいティーチングが必要となる。現在、上塗りの3ラインのうちの1ラインは止まっている。残りの2ラインに2車種4車種をランダムに流している。車の種類の内訳としては、サニー2ドア10%、サ

ニ-4ドア/パルサー-3ドア/パルサー-4ドアが各30%となっている。

カラーの汚れに関していえば、一対のロボットが塗料を浴びせ合わないよう、そしてそれぞれのロボット自身が吹き出す塗料の跳ね返りを避けるように塗料の飛散する方向をずらすというティーチングを行っている。

さて、旧工場である第1塗装館ではレシプロがエアガンを持っている。それに対して、第2塗装館のロボットはベルガンを持っている。しかし、第2塗装館のロボットも、立ち上げの際にはエアガンを持って、パターンを寝かせて縦塗りを行っていた。長い目で見た場合、横塗りではどうしても継ぎ目にばらつきが出てしまうということで、横塗りは無理だと判断された。第2塗装館では、最初の3年間はエアガンを用い、その後の3年間はベルガンを使った塗装をしていた。エアガンを捨ててベルガンにもちかえた最大の理由は、塗着効率の違いにある。塗着効率で見た場合、ベルガンの方がエアガンより遥かに高い。最初の3年間にエアガンを使っていたのは、その当時、ロボットがもてるような小型で軽量のベルガンがなかったという事情によるものであった。因みに第1塗装館では、ボディサイドのベース塗装にレシプロを使用して、エア霧化静電ガンを持たせている。同じくクリアの場合には、レシプロケータにベルガンを持たせている。第2塗装館では、ボディサイドのベースの塗装にロボットを使用し、そのロボットにベルガンを持たせており、同じくクリアにもベルガンを持ったロボットを採用している。

さて、第2塗装館でレシプロではなくロボットが採用された最大の理由は以下の点にあった。第2塗装館が始動しようとしているときに、直前まで塗装する車種が決定されていなかった。そこで、どの車種でも塗れるラインにすることで、ロボットの採用が決定されたのだという。ロボットであれば、車幅の変化にも直ぐに対応できる。これがロボットを採用した最大の理由であった。さらにロボットを導入した理由として、湾曲したボディに対して常にガン距離を一定に保てるという点があった。レシプロでは、軌跡が車の横面に旨く沿わないのである。

ここで、中塗りの目的について触れておこう。中塗りの目的は以下の諸点にある。

1) ボディをピカピカにする。2) 耐チッピング性をつける。3) 色を出す。そして色見本板には、上塗りのほかに中塗りの指定もある(膜厚を含めて)。現在、中塗りの色の種類は4種類であり、それらは、白/黒/灰色/濃い灰色である。

ティーチングの際には、垂れや透けといった不具合の発生をあらかじめ考慮して

ロボットを教示する。塗料が流れたりしないように、塗装のノウハウを盛り込んでティーチングする。

最後に、コンベヤスピードについて確認すると、塗装ブースのコンベヤスピードは、オープンのコンベヤスピードに制約される。オープンのコンベヤと塗装のコンベヤは同期している。現在のコンベヤスピードのマックスは X m/min で、実際には Y m/min となっている。ただし Y は X よりもわずかに遅い速度である。機械のばらつきを考えるとほぼフル稼働状態に近い。このコンベヤスピードの上限をコンベヤが超えるようなことになると、ロボットが動作範囲を超えて動作エラーを起こす。その場合には、ティーチングをやり直すしかない。

3 技能

第2塗装館において、かつて中塗りロボットが1基潰れたことがあった。その際、人間がロボットに代わって中塗り作業を行ったが、仕上がりは、ロボットによる塗装に劣っていた。塗装スピード、仕上がりという点で人間がロボットに追い付けないなくなっていることを示す事例であった。現在、車1台を丸ごと手吹きで塗装できる、つまり丸吹きできる人材は、九州工場全体で2/3人しかいなくなっている。ロボットに塗装を依存していると、当然の事ながらスプレー技能は衰える。現時点で、外板全体、或いは外板の一部を手吹きできるという人材はほとんどいなくなっている。さらに、上塗りの外観をきちんと見極められるプロフェッショナルな人材も、限られた人数になってしまっている。

ロボットのティーチングマンは、全員手吹きの技能を持っている。中塗り、上塗りの技能を持っている人間をティーチングスタッフにしている。まったくの新人をティーチングマンにするということには行っていない。手吹きをまず経験させるという形を採っている。ティーチングスタッフの要件として以下の点があげられる。1) アクション後の品質結果の予知能力。2) 上等、中等以上の吹き付け技能を有する。3) 透けなどの不具合の予知能力を持っている。

ドアの内板の補正吹きなどができる人間は、どの位塗ればどの位の膜厚が得られるか、どう塗れば成膜化したときに色味的に問題なく仕上がるか、ボディ全体を見てどこが塗り薄になりそうか、どこが厳しいかということを知っている。この様な技能を持った人間ならば、自分で考えながらティーチングを進めることができる。

現在、九州日産には、実際に塗料を吹かなくてもロボットのティーチングができる人材がいる。その様な人間は、不具合経験も豊富である。実際にボディを塗らなくてもどういうティーチングをすれば問題なく仕上がるか分かっているプロフェッショナルな人間がプロジェクトチームを形成している。

塗装作業の場合、実際のところ、塗料特性などを考えると、やはり人間の経験や技能に依存する部分が多い。なかなか定量化できない部分が多く、こうすればこうにしなければならないという形に持っていくことは困難である。ただし、まったく理論値が通用しないということはない。塗着効率を考慮してボディに対するガン距離を設定し、そのガン距離より有効パターン幅を算出する。さらに、その有効パターン幅から、塗り重ね回数を確保するためのレシプロピッチ幅を求める。これらの作業は、塗装作業の中でも定量化されている部分であるということができる。

現在、九州工場で残されている手吹き職場というところ、内板の形状の複雑な部分やエンジンルームの中、フードの内面、トランク内面の塗装などがある。ドアについても、外板は自動化されているが、内板は人間が手吹きを行っている。ピラーも、外面はロボットが塗っているが、内面は人間が塗装を行っている。

人間には、ロボットにはないフィードバック能力がある。これは、塗装結果に対するフィードバック能力のことである。したがって、塗った結果を見ながら塗り重ねをするということが人間にはできる。ロボットには、結果を見ながら塗装するということはできない。このフィードバック能力があるからこそ、人間ならば横方向の塗装をすることができるのである。それに対して、ロボット塗装の場合には、付帯装置のオン/オフのタイミングがばらつくために、横方向に塗った場合に継ぎ目の仕上がりが安定しない。したがって、多少塗料のロスが出て、縦吹きで吹き流しをしている。また、手吹きの時代に襷掛けという技が存在していたということに関して質問したところ、旨い職人であれば、フィードバックの能力を生かしながら、横方向だけで塗ってしまえるはずだという答えが返ってきた。薄い部分だけを修正しながら横方向だけで塗ってしまうはずだという。

日産九州では、塗装の仕上がりの目を持たせるために、新人に4/5年の手吹き経験を持たせている。その間、手吹きによる訓練は、エア霧化静電ガンを使って行われている。手吹きの場合には、車体を2分割または3分割して水平方向に塗る。本物の職人の世界では、上下方向の塗装というものは考えられない。水平方向に塗り

重ねていって、薄い部分だけを補正してやれば十分な塗装品質がえられる。そうして、数年間の手吹きを体験させた上で、ロボットのティーチングのノウハウを上乘せしていく。

さて、プロフェッショナルなティーチングマンとは、不具合を実際に出す前に、それを予見してティーチングできる者のことをいう。ティーチングに要する時間は、日産九州では抑制時間と呼ばれているが、熟練工のノウハウを盛り込むと、この抑制時間を非常に短くできる。不具合を最初から予見して潰せるのが熟練工である。熟練を持たない者よりも、熟練を持つ者の方が、はるかに潰せる不具合の数が多い。

現在、日産九州では、ティーチングプロジェクトチームの規模が6人プラスアルファ4/5人となっている。中核となる6名の内訳は、アンダーコート/シーリング/サイドシル担当が2名、中塗り担当が2名、上塗り担当が2名となっている。この合計6名で、ロボットのティーチングを行っている。

手吹き訓練の際に、ロボット同様にベルガンを持たせるという構想もあるが、現段階では5kgもあるベルガンを人間に持たせることは出来ない。5kgのガンでは、一日1時間の作業が限度である。しかし、日産側の見解としては、エアガンを持たせた場合とベルガンを持たせた場合とで、学習効果にそれ程大きな違いはないということであった。

ここで、コンベヤ同期方式について確認しておきたい。まず、コンベヤスピードの下方修正に対する対応であるが、この場合には、塗装時間を変えず、吐出量も変えないので、余裕時間ができたときには、ロボットはウェイティングする。逆にコンベヤスピードの上方修正の場合には、現在Mm/minの速度に対して、将来の可能性としてNm/minまでスピードが上がることを想定してティーチングを行い、その範囲内であれば自動的にロボットが距離同期方式で適応することとなっている。

日産側の見解としては、下塗り、中塗り、上塗りの経験がなければティーチングは出来ないという。もちろん、塗装の経験がまったくない者でも、とにかく塗れるというレベルのティーチングプログラムは理論的数値に基づいて作り上げることができる。しかし、その様にして作られたプログラムは、何万台も塗れるプログラムにはならない。機械の劣化への対応能力、不具合対応能力が備わっていなければ、本当の意味で生産できるプログラムを作ることは到底かなわない。この内、不具合対応能力としては、垂れやすいところ、透けやすいところを考慮してスプレーをカ

ットしたりガン距離を変更したりする技能が要求される。万一塗装の経験がまったく無い人材をティーチングに回した場合には、潰し切れないほどに不具合が出ると思われる。日産九州には、近い将来手吹き経験のない者をロボットのティーチングに回すという構想はない。

さて、具体的にどの様なところでティーチングマンの技量が発揮されるかという点を見ると、いかに滑らかに手首を動かすかという点に集約される。ここが、ティーチングマンの腕の見せ所である。最初の基礎データ通りに教示すると、滑らかでない箇所が多く出てくる。その基礎データを無視して滑らかに動かそうという場合が多々ある。ロボットの側のバックラッシュが長い目で見て出ないように滑らかに教示するのも、ティーチングマンの一つの技量である。最初に与えられたデータ通りに教示すると、100%近く滑らかに動かない。見た目におかしい動きになってしまう。また、最初の教示データ通りに教示すると、劣化が早まる場合がある。そこで、塗装の仕上がりから見ると完璧ではないのだけれども、ガン距離などを無視して、多少ごまかして切り抜け、長く使えるプログラムにするという場合もある。ただし、この場合、決して塗装の仕上がりは良くない。

4 人材育成

日産九州は、人材育成方針として、まず、新人を手吹きの上塗りに回すということを行っている。ドアの内板など、ロボットで塗れないところに新人を配属する。そして、早い者だと5年程度の経験で一定の技能をマスターできる。それから、その人材をロボットのティーチングの方へ持ってくる。典型的なケースとしては、18歳で入社して、23/24歳ぐらいで手吹きからロボットへと職場移動させるという形を採る。上塗りや補正吹きの実験があってロボットを知らない人間をプロフェッショナルな人間にぶつけてやる。そこで、ロボットティーチングに必要なコツをマスターさせる(盗ませる)。ロボットの動きを見せながら、各パラメータの関係を盗ませる。現在日産九州には、上塗りのプロフェッショナルが1名いる..

塗装の場合、塗料特性など不確実な部分が多い。こうにもなればああにもなるという世界である。したがって、塗装作業の場合には、人間の経験や技能に負うところが大きい。

人材育成のパターンとしては、まず、塗装も分かっていてティーチングもきち

りできるというプロフェッショナルな人間を置いてしまう。その人材に対して、ある程度手吹きや補正吹きができ、上塗り工程も一通り見てきているような人材をぶつけていく。もちろん、ぶつけられる側の人材は、仕上がりを見る目も持っている。そして、その新人がロボットティーチングをマスターすれば、また一人プロフェッショナルな人材が増えるという形になる。そして、新人ティーチングマンには、ロボットによる塗装を見せながら、各パラメータと塗装結果との因果関係を習得させていく。ただし、ここである程度手吹き時代の訓練内容とロボット塗装の在り方の間にギャップがある。すなわち、手吹き時代はエア霧化静電ガンを持っていたのに対して、ロボットはペルガンを持っている。また、手吹きは横塗りであったのに対して、ロボット塗装は縦塗りである。

ここで、ティーチングマンを養成するに当たり、一つ困った問題がある。それは、ティーチングの学習機会が非常に限られているという点である。ティーチングの場面に接することができるのは、モデルチェンジの際に他工場からの生産移転の場合だけである。したがって、プロフェッショナルな人間の手となり足となって働ける人材がなかなか育たないという問題が生じる。年に1回、或いは5年に1回のロボットティーチングでは、なかなか豊富な知識や経験が得られず、一度習得された知識や技能が忘れ去られてしまうことにもなる。九州日産では、手吹き職場がいわゆる3K職場であることから、これから、手吹き職場はどんどん減少していくであろうという見方をしている。その様な状況になったときに、どうやって新人に手吹きを経験させるかということが一つの大きな課題となってくる。九州日産としては、その様な状況が発生した場合、ボディを吹かなくても、訓練所を作って、パターンのパネルを吹くというような形で訓練をすることが必要になるのではないかという見方をしている。現在、日産九州では、内板の手吹きを行っているが、将来は、その様な手吹き職場もなくなっていく傾向にある。内板ロボット化構想は、構想としてはすでにあるが、その時期はまだ明らかではない。現場の人間の声を聞くと、手吹き職場がなくなったときには、特設の訓練所で手吹きの訓練をやることになろうとの答えが返ってきた。ロボット塗装の不具合だけに触れた者よりも、手吹きの経験を持つ者の方が、得られる経験は遥かに豊富である。手吹きは、身になる知識として残るのである。

ティーチングのためにラインを止めるということは出来ないので、例えば、季節

によって塗料条件が変化する際には、ティーチングデータ以外の何かを変えていい意味でごまかすことができるようであればプロフェッショナルなティーチングマンとはいえない。本格的なロボット時代になれば、ロボット操作ができなければスプレーマンにはなれないということになる。ロボット操作ができない者は、スプレーができて淘汰されてしまうという状況が予測される。そういった意味では、ロボットについての習熟も一方では非常に重要なものなのであるが、ロボット塗装の基礎になっている塗装技能の温存がもう一つ重要なテーマとなってくる。ロボット操作を知っているだけのティーチングマンは有り得ないと日産の現場の人間は語っている。そういう者がティーチングを行うと、いつか対応できないときがやってくる。不具合や劣化が次々と生じて悩むことになる。ロボット職場になると、手吹き経験は減少する。そこで、日産としても、何等かの形で手吹きの機会を作ることが必要になってくる。日産のティーチングプロジェクトチームの見解によれば、手吹き経験がなければロボット職場は動かない。あくまで手吹き経験を積んだ者でなければティーチングマンにはなれないということである。

今回の調査の際に使用されていたK社製のロボットは、PTPリモート教示方式のロボットであったが、ロボットのティーチングに携わっている者の声を聞くと、やはり、最初は、手吹きからPTPリモートに変わる段階で、ある程度違和感を感じたという。PTPリモート教示の場合には、ミリ単位の精密なティーチングを行うことが要求される。人間の勘に頼った定量化されていない世界から、ミリ単位で定量化された世界に移行する際に、ある程度の違和感があったものと推測される。しかし、その一方で、CPダイレクトティーチングにも、スプレーマンの目から見るとある程度の違和感があった。調査に参加してくれたA氏の発言によれば、15年ほど前に、K社製のフレキシアームを使ったロボットでバンパ塗装を行った経験があるという。その際の経験についてA氏は次のように語ってくれた。一言で言ってしまうと、はっきりいってやってもらえないという代物であったという。自分の従来の作業通りに教示しようと思っても、ロボット全体が重くて自由が効かず、付帯設備の部分も自分の思い通りに作動してくれなかったという。その様にロボットが言うことを聞いてくれなかったために、「だまし」という部分が必要になった。あるパラメータが変化すると、他のパラメータを修正して結果を出すという苦肉の策を採っていた。バンパの場合には本体が非常に小さいものであるために、ロボッ

トの手首を動かす頻度が多くなる。ロボットが小刻みな動きを要求されるのである。この点も、A氏にとっては、一つ厄介な問題点であったようである。ロボットなりの塗り方で、それなりの品質を確保したということであった。そういう意味では、CPダイレクトにはCPダイレクトなりの違和感があったということができるであろう。A氏は、PTPリモートの方が、むしろ取り扱い易いのではないかという見方をしている。また、CPダイレクトは、バンパではなく、ボディに対して使用した方が良かったのではないかということも、A氏は語ってくれた。

〈今回の調査に協力していただいた方々〉(敬称略)

九州工場	第2製造部	第2塗装課	課長	米本	良行
九州工場	第2製造部	第2塗装課		浅野	桂一郎
		同		上村	勝
		同		平野	敏明
		同		大濱	貴志
		同		大谷	博文
		同		出口	楢治
九州工場	工務部	第1技術課	技師	小林	洋一
		同		森川	豊
第三技術部	塗装技術課			佐藤	紀之

(一橋大学専任講師)