

ラテアート機開発



Project History

はじまり…

技術とは常に変化をし続けている。自動車業界においてもそれは例外ではない。100年以上自動車シーンの主役であったガソリン車に変わり、電気自動車が普及してきたり、自動運転といったメカトロニクス分野の発展が目覚ましいものである。このような時代の変化に対応するために、当社のような開発専門企業に求められるものは、「時代の変化に即した高い技術力」である。

メカトロニクス分野への第一歩・制御ノウハウの蓄積として、2014年2月、当時ブームとなっていた”ラテアート”を題材に、社内プロジェクトをスタート。

1985年の会社設立より培ってきた技術力を活かし、新たな分野への挑戦を始める。

零号機構想

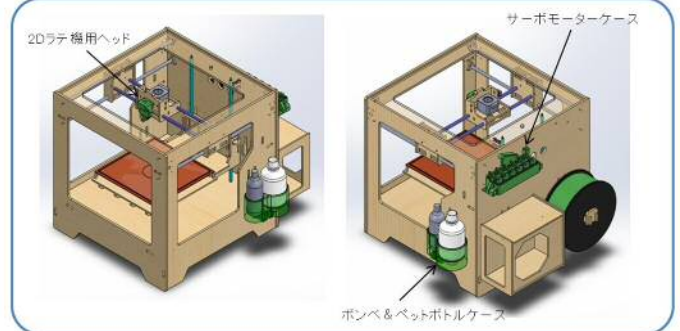
2014年2月、プロジェクト始動と共に、まずは社内から設計コンセプトを募り、全体構想に入った。「絵の精度・自由度」「作成速度」「開発コスト」「操作性」。様々な条件を高レベルで成立させていくことは容易ではない。新しい分野であれば、それは尚更である。

同年5月、社内から抽出した案の中から、特に「絵の精度・自由度」「操作性」を重視した最初の試作機の構想が出来上がった。

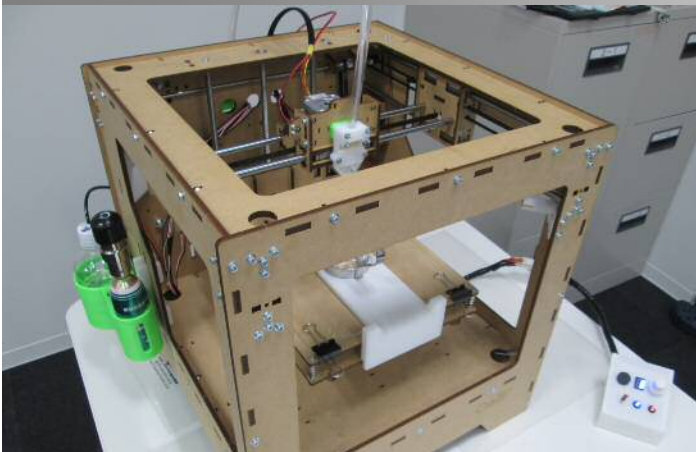
コンセプトは「自分で描いて楽しいラテアート」。

メンバーは、早速それぞれの部品の仕様検討・設計に取り掛かった。

2Dラテアート機 構想図



零号機完成



制御においては、ノウハウも全くない状態からのスタートであった。そのため、まずは組立式3Dプリンターを使い、駆動制御の知識の習得とヘッド構造の理解をしていくと共に、ラテアート機への改造検討も同時に進めていった。

2014年11月、3Dプリンターを流用した零号機が完成。

一からという点で懸念されていた制御プログラムであったが、一筆描き、6点塗布、両プログラムにおいて、絵を描くことはできた。しかし、目指すは「自分で描いて楽しい」というコンセプト。その実現には、まだ及んでいない。

製品開発における基本は、設計⇒試作⇒評価のサイクルを繰り返し、精度の高いものへと昇華させていく事。浮かび上がってきた課題をもとに改善案の検討へと移った。

改善への取り組み ～画質の向上～

今回のラテアート機開発において、制御プログラムは、一筆描きと6点塗布の2つのプログラムを検討していた。零号機において、どちらも絵を描くことはできていたが、同時に、それぞれのプログラムにおける課題も浮かび上がってきた。

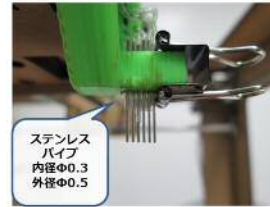
まずは6点塗布。

6点塗布での一番の課題は、画質であった。現状の零号機のノズルでは吐出量が多く、滴が大きくて絵が粗くなってしまっていた。そこで、ノズル径の縮小を施行。ノズル径の内径を現行のΦ0.3からΦ0.2まで縮小し、吐出量の調整を行った。さらに、ノズル径だけではなく、サーボの開閉時間も調整。量を見ながら最適化を行うことで、吐出量が多くなりすぎることがなくなり、画質が改善。また、サーボの開閉時間を最適化することにより、塗布時間をも短縮。タクトタイムの短縮時間にも繋がった。

次に一筆描き。

一筆描きにおいても、画質の問題はあった。6点塗布に比べると、精度良く描けていたが、水圧で泡を削り描いていたため、どうしてもにじみが発生してしまっていた。そこで、エアレギュレータを追加し、エア圧の調整を行い検討。今回検討する部分は、絵のにじみのため数値で表す事は出来ない。地道にエア圧を調整しながら、最適解を見つけていくしかなかった。0.05MPaずつ圧を調整しては検証、調整しては検証の繰り返し。

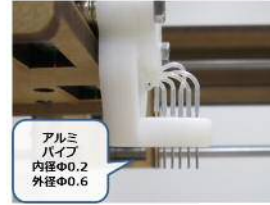
実に30パターンに及ぶ検証の末、ようやく最適解を導き出すことができた。



ステンレス
パイプ
内径Φ0.3
外径Φ0.5

ノズル改善

サーボ開閉時間(6点塗布) 合計: 72msec
サーボ開タイマー時間(塗布時間): 24[msec]
サーボ閉タイマー時間: 24[msec]
X軸移動後タイマー時間: 24[msec]



アルミ
パイプ
内径Φ0.2
外径Φ0.6

サーボ開閉時間(6点塗布) 合計: 46msec
サーボ開タイマー時間(塗布時間): 20[msec]
サーボ閉タイマー時間: 13[msec]
X軸移動後タイマー時間: 13[msec]

エア圧調整



エア圧: 0.1MPa



エア圧: 0.15MPa



エア圧: 0.2MPa



エア圧: 0.3MPa
泡厚め



エア圧: 0.3MPa
泡薄め

改善への取り組み ～タクトタイム改善～

パルス周期短縮



作成時間: 29s



作成時間: 22s



作成時間: 31s



作成時間: 26s

一筆描きにおける課題は、絵のにじみもあったが、一番はタクトタイムであった。

一筆描きという性質上、描くものが複雑化するほど、ヘッドの移動時間が長くなり、タクトタイムも長くなってしまふ。そこで、まず取り組んだのがソフト部分、プログラムの変更である。制御信号のパルス周期は、周期が短いほどレスポンスは良くなるが、あまり短い周期のパルスを入力すると、ステッピングモータ内部の回路が信号に追従できなくなってしまふ。そのため、ここでもトライ&エラーの繰り返しだ。試験⇒評価を繰り返しながら、夢の実現へと近づけていく。結果、狙い通り、パルス周期の短縮により、5~7秒のタクトタイム短縮に繋げることができた。

ハード部分でも変更を加えている。XY軸においてはパルス周期の短縮により十分なスピードアップが望めたが、Z軸では移動時に重力の影響をかなり受けるために、それだけでは難しかった。スムーズな移動を実現していく為に、パルス周期の変更に加え、Z軸におけるねじピッチも変更。これまでのM8ねじ(ピッチ1.25mm)からピッチ幅の広い4条ねじ(ピッチ3mm)にすることで、1パルス当たりの移動量を増加。速度にして約27.4倍のスピードアップを実現することができた。

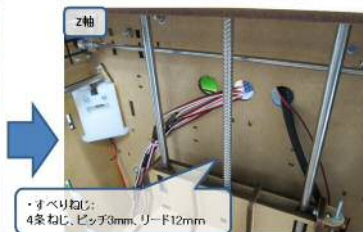
しかし、ここで新たな問題が発生。パルス周期やZ軸のねじピッチ、分割ステップの変更により、各軸での移動速度は格段に上げる事ができた。だがその分、モーターノイズ・振動が大きくなってしまったのだ。

ひと山越えたら、またひと山。なかなか簡単には乗り越えさせてはもらえない。しかし歩みを止めることはない。「必ず実現していく」そう胸に誓い、開発メンバーは新たな課題に挑戦していく。

ねじピッチの調整



・Z軸移動量
ステッピングモータ: ステップ角1.8°
モータードライバーにて16分割マイクロステップ(1.8÷16=0.1125°)に設定
M8ねじ: ピッチ1.25mm
1パルスあたりの移動量
1.25 × 0.1125° / 360° = 0.390625 μm
1パルスの周期: 300 μsec
速度: 1.302mm/sec



・Z軸移動量
ステッピングモータ: ステップ角1.8°
モータードライバーにて8分割マイクロステップ(1.8÷8=0.225°)に設定
4条ねじ: ピッチ3mm、リード12mm
1パルスあたりの移動量
12 × 0.225° / 360° = 7.5 μm
1パルスの周期: 210 μsec
速度: 35.714mm/sec

零号機改

検証の末、モーターノイズ・振動の大きさは、どうやらモーターの稼働時間が大きな要因としてあることがわかった。

今回、駆動座標方法（XY方向）は、ヘッドの支持強度、移動速度の観点から、極座標方式ではなく、直交座標方式を採用。

最初のプログラム上では、目標座標への移動を目標座標のX、Yの最大公約数を取り、それを繰り返すようにプログラミングしていた。

具体的には、原点 (0,0) から目標座標 (290, 55) に移動しようとした場合、最大公約数 (58, 11) を5回繰り返し移動するといった形だ。しかし、これだけではまだ1回の移動量が大きく、その分モーターの稼働時間が長くなり、それに伴ってノイズ、及び振動が大きくなってしまっていた。

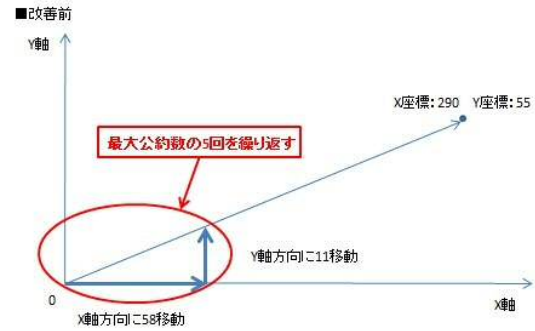
そのため、XY各軸への移動をさらに細かくすることにより、それぞれのモーターの稼働時間を短く修正。具体的には、先程と同じ座標 (290, 55) に移動する場合には、最大公約数 (58, 11) をさらに細分化を行った。

結果、XY軸のそれぞれの移動量を抑えることにより、タクトタイムを保ちつつ、モーターノイズ・振動を抑えることに成功。

実工数1875時間。ようやく、メンバーの顔に安堵の様子が伺えた。

●具体例: 原点(X座標:0 Y座標:0)からX座標:290 Y座標:55まで移動する

	移動量	移動割合
X	290	58
Y	55	11

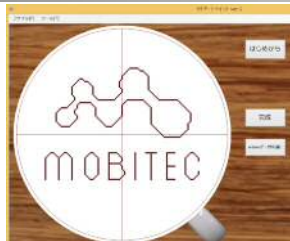


最大公約数	移動割合の多い方を少ない方で割った数	余り
5	5.272727273	3



実現「自分で描いて楽しい」

無線通信モジュール
をマイコンに実装



2Dラテアート



OUTPUT

2015年8月、全体構想からおよそ1年半の歳月を経て、ついにラテアート機“LA-001”が出来上がった。

零号機作成の中で得た知識を用いて、機構から回路・制御に至るまで、自分たちで一から設計し創り上げた。制御プログラムは、絵の精度・画質、そして安定性から一筆書きプログラムを採用した。さらに、趣向性を高めるために、描画ソフトも開発。タブレット端末とラテアート機を無線通信で連動させることにより、フリーハンドによるラテアートをも可能にした。ここに、モビテックオリジナルの「自分で描いて楽しい」ラテアート機が完成した。

技術力は、知識を得れば高まっていくものでもない。

モノづくりという実体験を通じて、豊かな想像力と経験を育んでいかなければならない。今回のプロジェクトで実現できたもの、また残念ながら実現できなかったものも存在している。しかし、そのどちらの経験もが、明日の技術力をつくり上げていく。