

図6.5 樹脂含浸率による比較(140V)

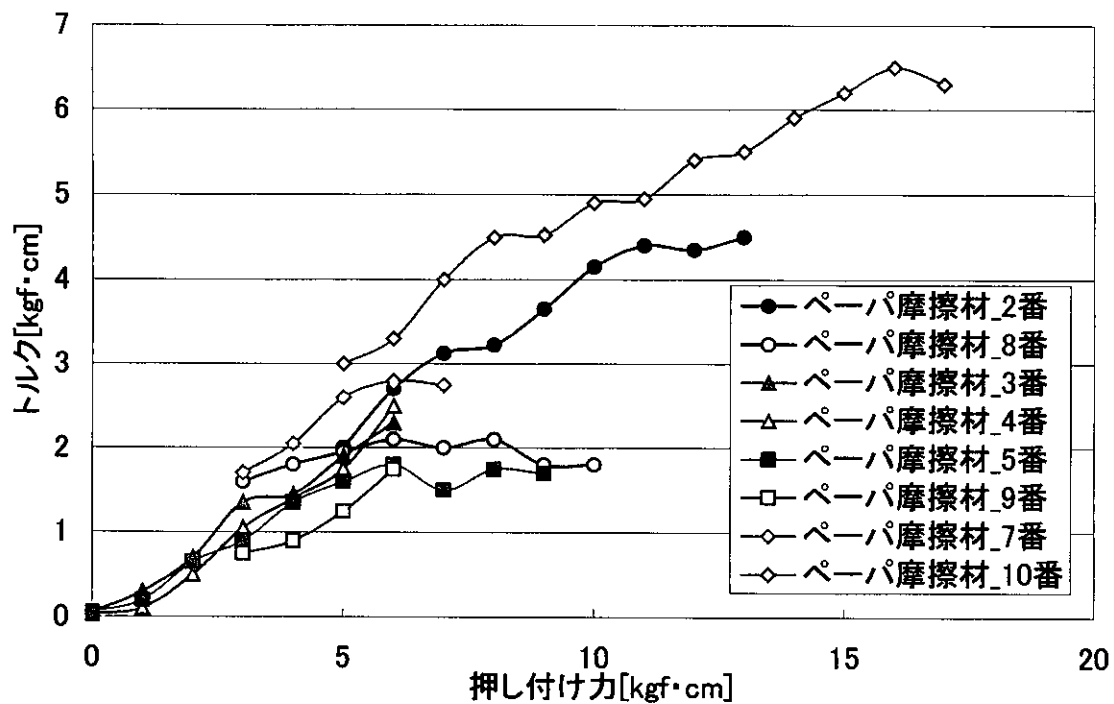


図6.6 樹脂分布による比較(140V)

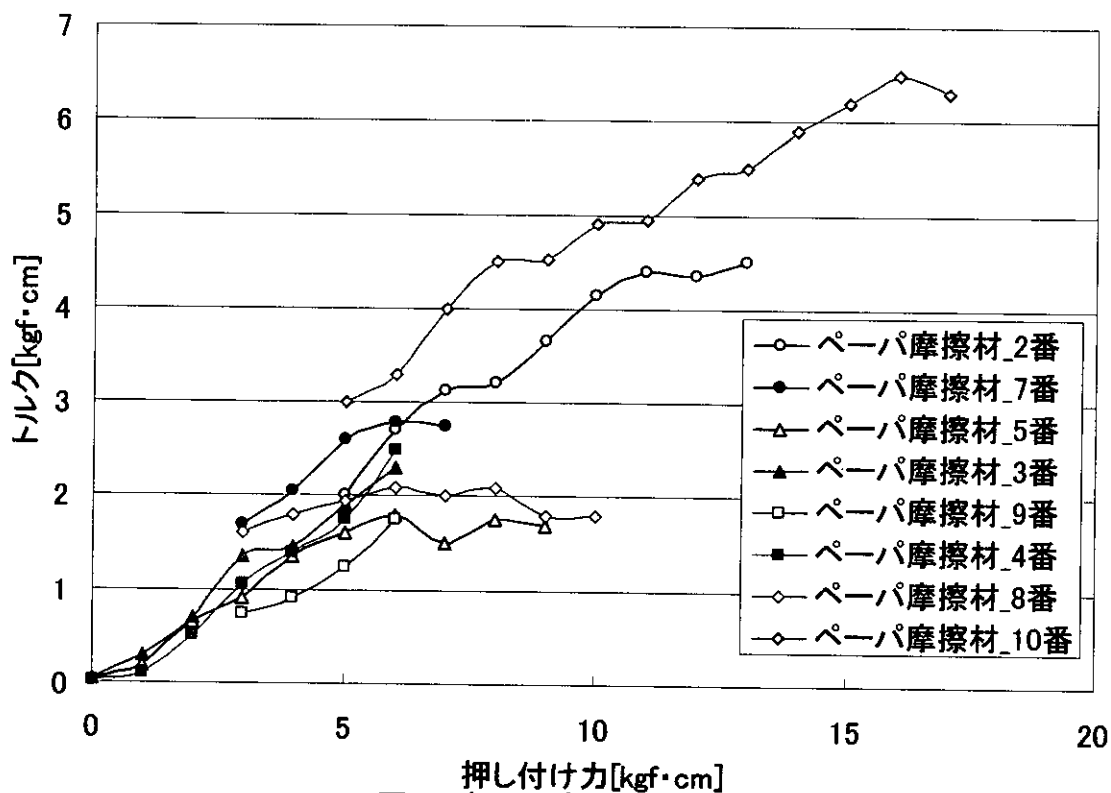


図6.7 表面研磨有無による比較(140V)

7 トルク変動試験について

方法

今回の実験で摩擦材として用いた CFRP とペーパ摩擦材の時間経過によるトルク変動について検討する。これにより摩擦材の寿命トルクの安定度を確認する。ただし、ペーパ摩擦材は 10 種類の中で高トルクを示した 6 番と 10 番の摩擦材を使用し、電圧 140[V], 押し付け力 10[kgf] の下で 2 時間ごとのトルクを測定する。ロータは S45C を使用する。

結果

実験の摩擦材の試料として無しの場合と CFRP また高トルクを示し

た 6 番と 10 番のペーパー摩擦材,計 4 種類を選択した.これらを 2 時間ごとにトルク試験を行い,合計 32 時間までのトルク変動を観察した.その結果を図 7.1 に示す.

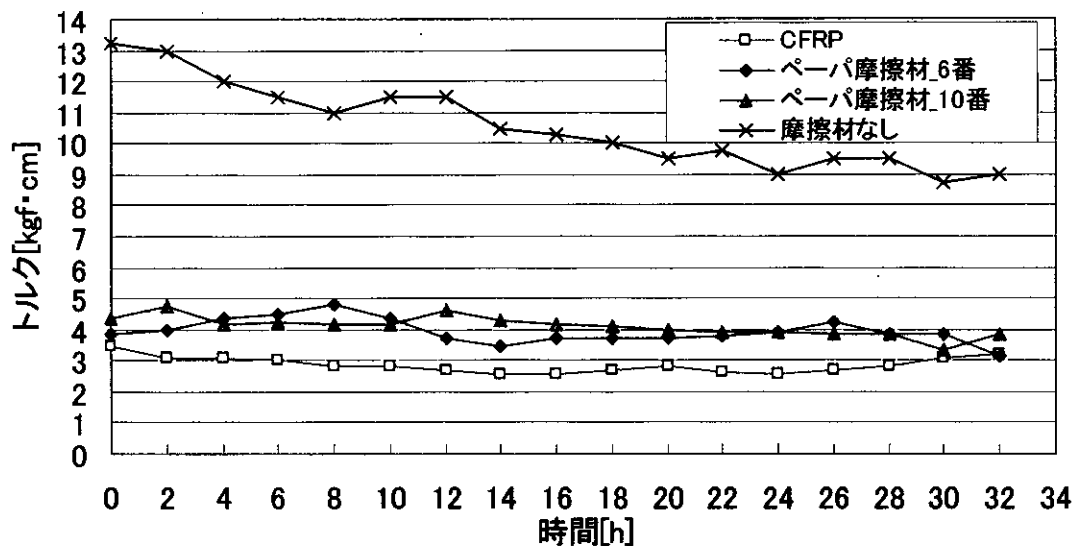


図.7.1 時間経過によるトルクの関係
(10kgf, 140V)

考察

図 7.1 より摩擦材なしの場合,トルクの減少傾向が大きくトルクの安定度が低いことが見てとれる.しかも S45C の表面が削れ多くの摩擦粉が排出され,また,32 時間後には S45C の厚さが 0.01mm 薄くなっていた.CFRP,ペーパー摩擦材(6番,10番)は共に 32 時間中に 100g~200g のトルク変動であった.表面状態は光学顕微鏡で観察すると傷跡が何箇所かで見られるがトルクには大きな影響を及ぼさなかった.また摩擦粉も検出されなかった.

S45C のみ摩擦粉が排出する原因は,ステータの材質にステンレス鋼を使用しているので S45C との親和性が大きく金属原子が剥ぎ取られやすく摩擦する.また, S45C の傾きは時間経過に伴って小さくなりトルクの値が飽和状態に近づいている.これは摩擦によりステータと

の接触面が不均一になり,また摩耗粉によるアグレシブ摩耗が要因となりトルクが減少したと考えられる.その後はステータとの接触面積が限定されるようになり飽和状態に近づく傾向にある.

摩擦材が CFRP のときにトルク変動が小さい要因として,CFRP はプリプレグといわれる液状の樹脂を浸潤させた炭素繊維の綾織布なので材質が金属であるステータとの親和性は小さく,また,樹脂が 3次元網目構造を形成しているため機械強度が増し,摩耗による劣化を抑えていると考えられる.

摩擦材がペーパー摩擦材のときにトルク変動が小さい要因として,ペーパー摩擦材は湿式で使用し摩耗を防いでいる.また,潤滑油を摩擦材内部に含むことが可能なので長時間摩耗による劣化を防ぎトルク変動が小さいと考えられる.また,潤滑油の流動性を利用し熱の逃げ道となり焼き付きやかじりを防止していると考えられる.

E. 結論

本研究ではロータの表面にペーパー摩擦材を貼り付けることで時間経過によるトルクの変動を小さくすることと、ペーパー摩擦材に含有するフェノール樹脂の特長を生かし硬さを変化することでトルクを高める条件を検討した。以下に得られた結果についてまとめる。

1. 湿式状態においても乾式時と同様の超音波モータの押し付け力に対するトルク特性を得ることができる。
2. ペーパー摩擦材は繊維で生成されているので、潤滑油を蓄積することが可能である。そのため、摩耗による劣化を長時間防ぐことでトルクの変動を小さくできた。

次にトルクを高める条件を以下に示す。

1. 進行波の振幅は数マイクロンなので摩擦材の表面状態の影響を受けやすい。よって、表面研磨を施すことで接触面積を均一にして伝達トルクを高める。
2. ペーパー摩擦材自体は標準(充填率 10%)よりも全体を硬くする。また、硬さ分布はステータとの接触面に近いほど硬くする。
3. 摩擦材の材質をステータの材質と親和性の大きいものを使用し、高温状態時に発生する凝着現象を利用して摩擦係数を大きくする。しかし摩擦材は耐摩耗性に優れている必要がある。
4. ステータ表面と非接触体であるロータは慣性の大きいロータを使用する。

厚生科学研究補助金（長寿科学総合研究所）

分担研究報告書

小型アンプの開発

研究者 エコ プルワント 東京農工大学工学部助手

研究要旨

従来の超音波モータ用のドライバは汎用の部品が多く用いられており、それが基板サイズの肥大化と製作コストの増加を招いている。

パワーアシストスーツは高齢者の日常生活を支援する技術であり、一般家庭へ広く普及することが望まれるが、従来のドライバでは設置スペースの面から一般家庭において使用するのには望ましくない。

そこで、本研究ではドライバサイズの小型化を図り、最終的にはパワーアシストスーツに搭載可能なサイズにまですることを目的としている。

本年度は、専用基板の作成やデジタル回路部をワンチップ化することで、ドライバを小型弁当箱大まで小さくすることができた。今後さらなる改良を加えることで、最終的にパワーアシストスーツ本体にドライバを搭載できるサイズまで小型化が可能である。

A. 研究目的

従来の超音波モータ用のドライバは汎用の部品が多く用いられており、それが基板サイズの肥大化と製作コストの増加を招いている。

パワーアシストスーツは高齢者の日常生活を支援する技術であり、一般家庭へ広く普及することが望まれるが、従来のドライバでは設置スペースの面から一般家庭において使用するのには望ましくない。

そこで、本研究ではドライバサイズの小型化を図り、最終的にはパワーアシストスーツに搭載可能なサイズにまですることを目的とする。

B. 研究方法

ドライバの駆動原理

進行波型超音波モータは、位相の異なる 2 つの正弦波形を持つ交流電圧を印加することで駆動する。この位相により、モータの速さ、正転・逆転が決定されるため、位相差を自由に設定できるようにしなければならない。

共振周波数追従回路で生成された電圧を VCO に印加することで、VCO はその電圧に比例した周波数のクロックを発生する。

このクロックを基準として、HC40103, HC193, HC279 が基準クロックの $1/60$ の周波数を持つデューティ比 $1/6$ の信号を 1 ステータにつき 4 本出力する。この 4 本の信号の位相差は、 0deg , 180deg , αdeg , $\alpha+180\text{deg}$ となっており、位相角 α は 5bit のデジタル信号で与えられる。

この 4 本の信号を FET (Field Effect Transistor) にて増幅し、さらにトランスで昇圧することで、位相が α ずれた 2 相の正弦波を生成する。

セパレート化

従来のドライバは、モータへ印加する電圧波形を生成する波形派生部、波形発生部で生成した電圧波形を増幅する増幅部、センサからの信号を扱うセンシング部、PCとの通信を行う通信部を1つの筐体に収めていた。これらの内、増幅部はモータサイズにより大きく異なるが、その他の部分に関しては共通の部分が多い。そこで、増幅部とそれ以外とで筐体を分離することで、制作コストの削減と省スペース化を図った。

図1にセパレート化の試作機を示す。

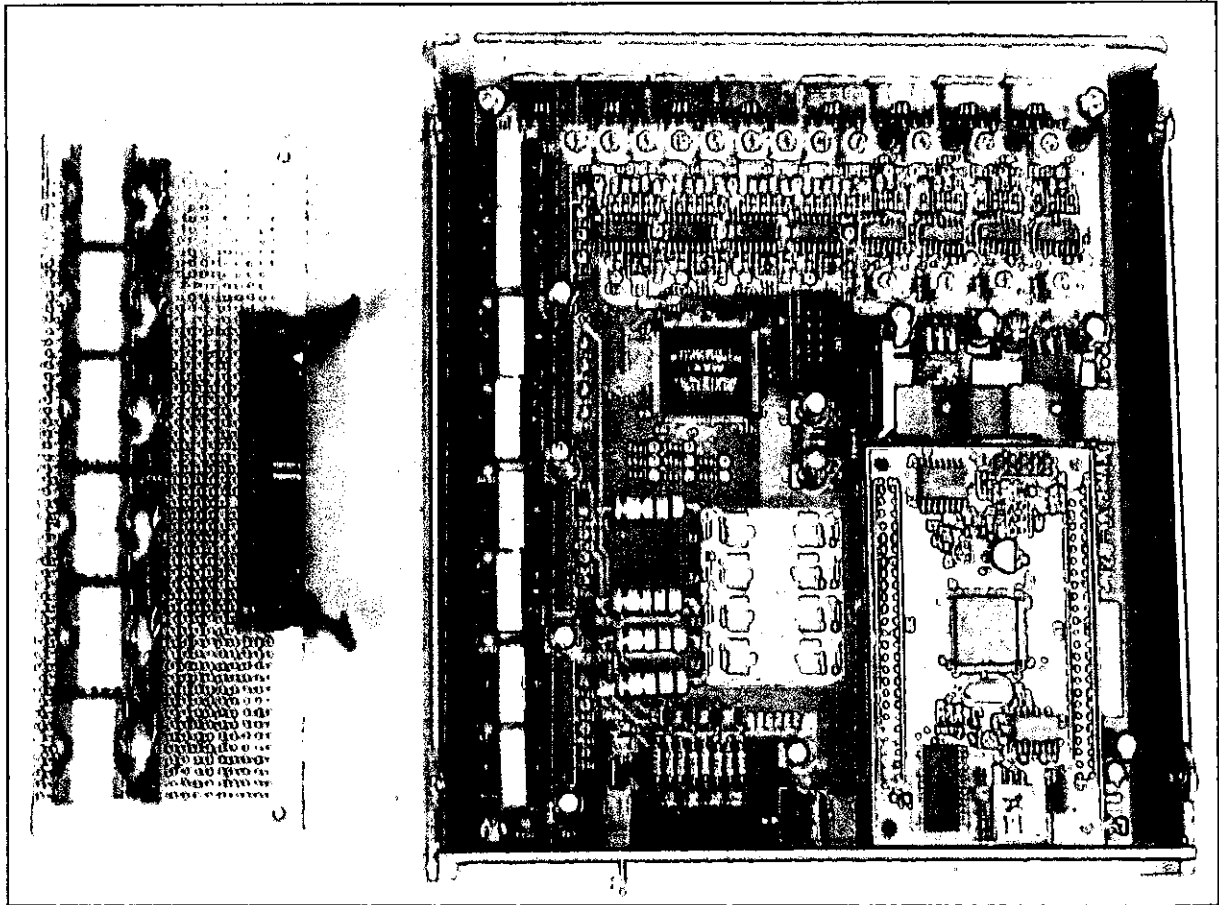
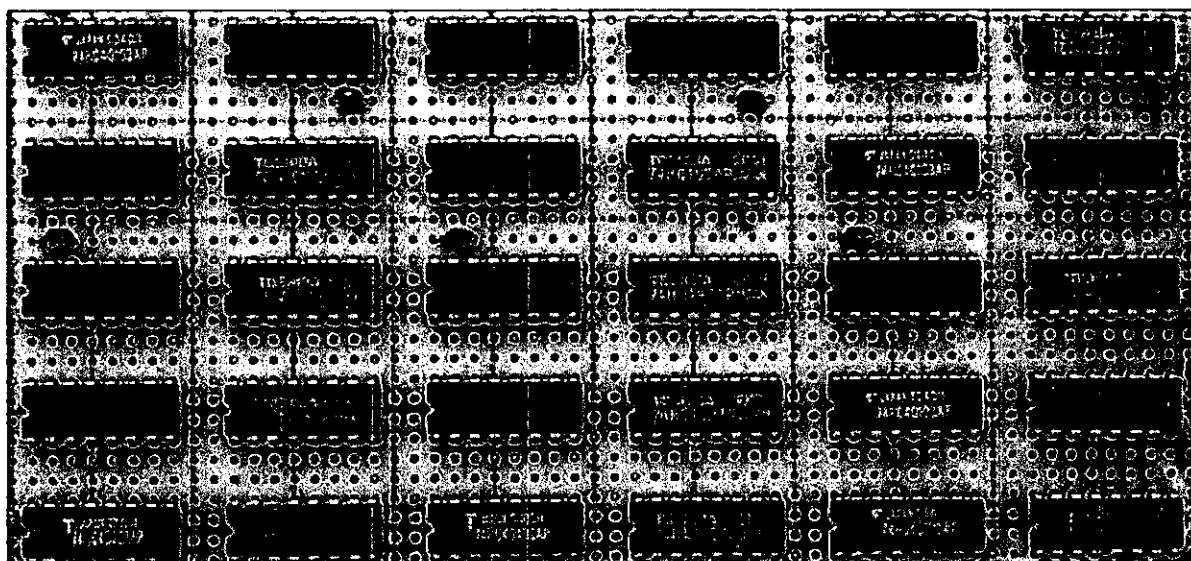


図 1. ドライバセパレート化試作

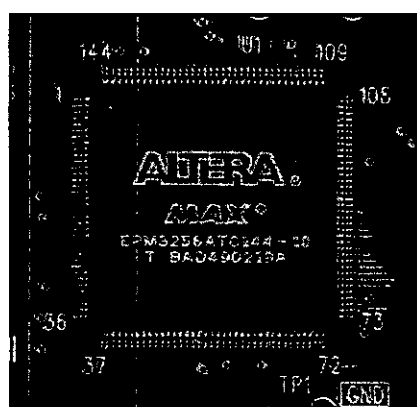
波形発生部のワンチップ化

従来のドライバでは、波形発生部に汎用 IC を多数組み合わせて使用していたため、基板サイズの面でも実装コストの面でも不利であった。そこで、Altera 社製の PLD を採用することで、大幅な小型化と省コスト化を実現するとともに、プログラムを書き換えるだけで容易に回路の動作を決定できるというメンテナンス性も向上させることに成功した。

図 2 に新旧ドライバの波形発生部を示す、同一の機能を実現するのに旧ドライバでは 30 個の IC を必要としていたが、小型ドライバではワンチップに収まっている。



(a) 旧ドライバ



(b) 小型ドライバ

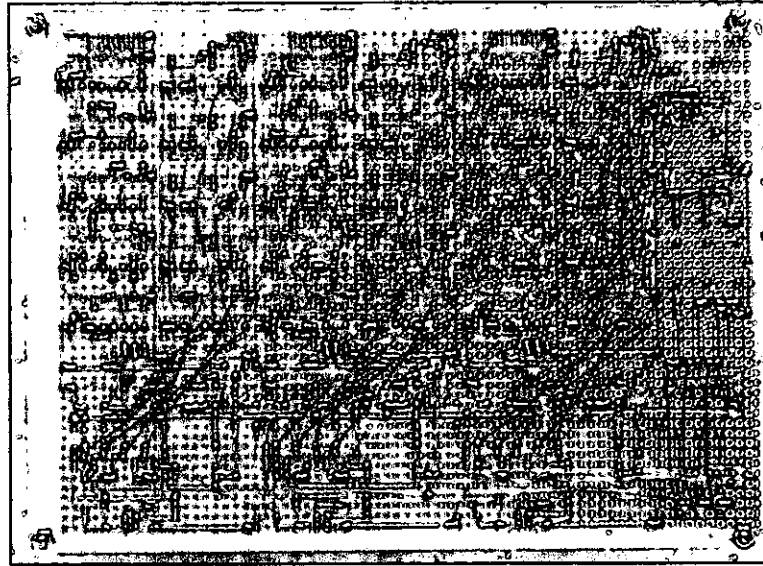
図 2 . 波形発生部ワンチップ化

専用プリント基板の作成

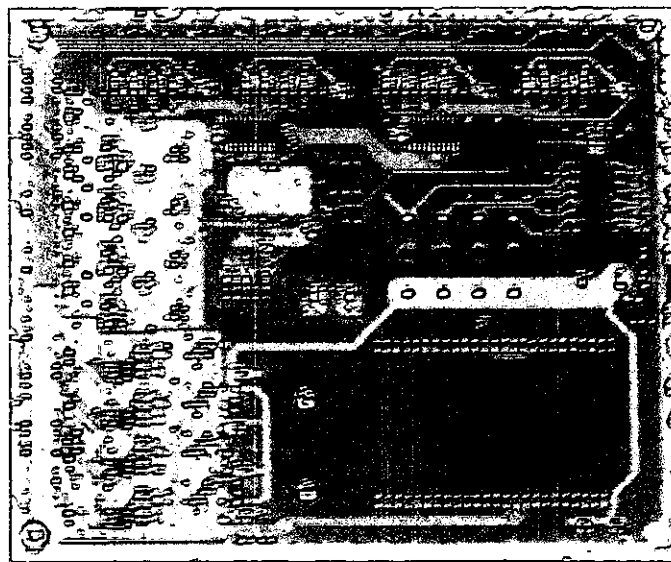
従来のドライバは、ユニバーサル基板を用いていたために実装密度が低い上、配線が繁雑となり実装コストがかかり配線ミスも少なくなかった。そこで、今回は専用プリント基板を作成した。

今後は、部品を両面実装とすることで更なる小型化を図ることが出来ると考えられる。

図 3 に新旧ドライバの裏面の様子を示す。旧ドライバでは非常に繁雑な配線となっているが、小型ドライバではそれが解消されている。



(a) 旧ドライバ



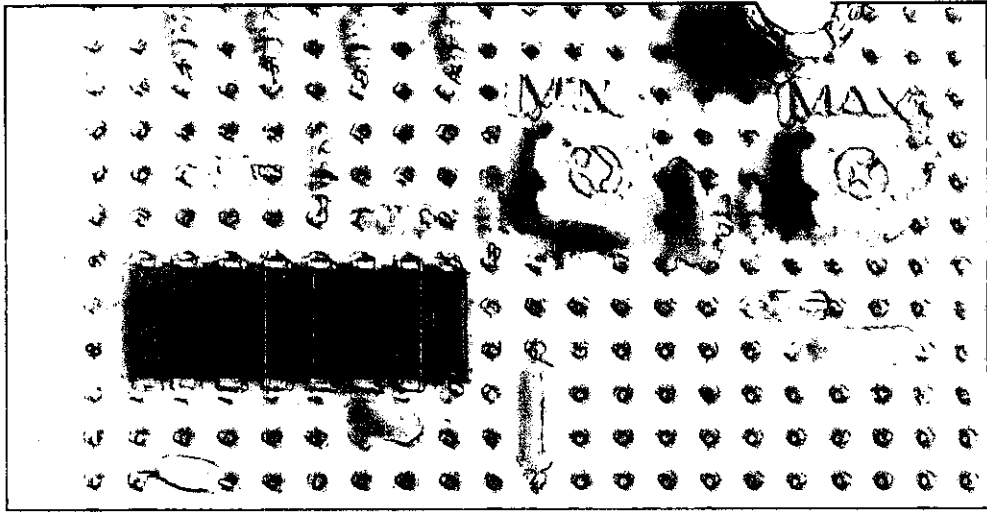
(b) 小型ドライバ

図 3. 専用プリント基板の作成

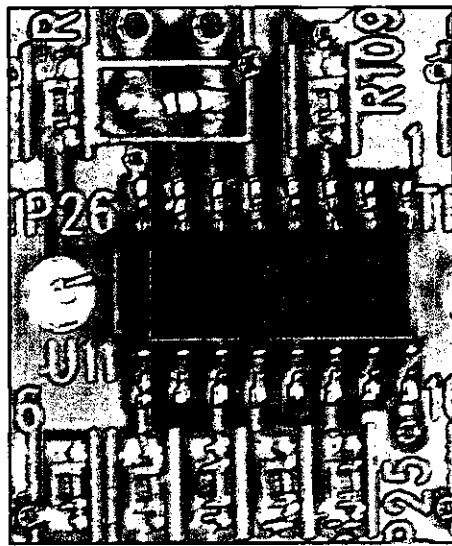
部品の最適化

従来のドライバでは、手作業での実装を行っていたため、抵抗やコンデンサも大型のものを用いていたため、実装面積が大きくなっていた。しかし今回は、プリント基板を用いた結果、実装面積の小さいチップ抵抗やチップコンデンサを用いることが出来、小型化に大きく貢献した。

図4は基準クロック発生部であるが、同一機能が高密度に実装できていることが分かる。



(a) 旧ドライバ



(b) 小型ドライバ

図 4. 部品の最適化

周波数追従機能の実装

モータのトルク・回転数は、ステータの共振周波数と印加電圧の周波数が一致した時最大となる。ステータの共振周波数はステータ・ロータ間の押付け力の大きさや温度により変動するため、モータの性能を十分引き出し安定した出力を得るためには、印加電圧周波数を共振周波数に一致させる事が重要である。

そこで、圧電素子上に設けたフィードバック電極の出力電圧より印加電圧の周波数を決定し、ステータの共振周波数に印加電圧周波数が追従するように制御を行う研究を行った。

この研究で得られた知見を元に、周波数自動追従機能のドライバへの組み込みを試みた。

C. 研究結果

本年度試作したドライバでは，図 5 の様にドライバの大幅な小型化が実現できた。

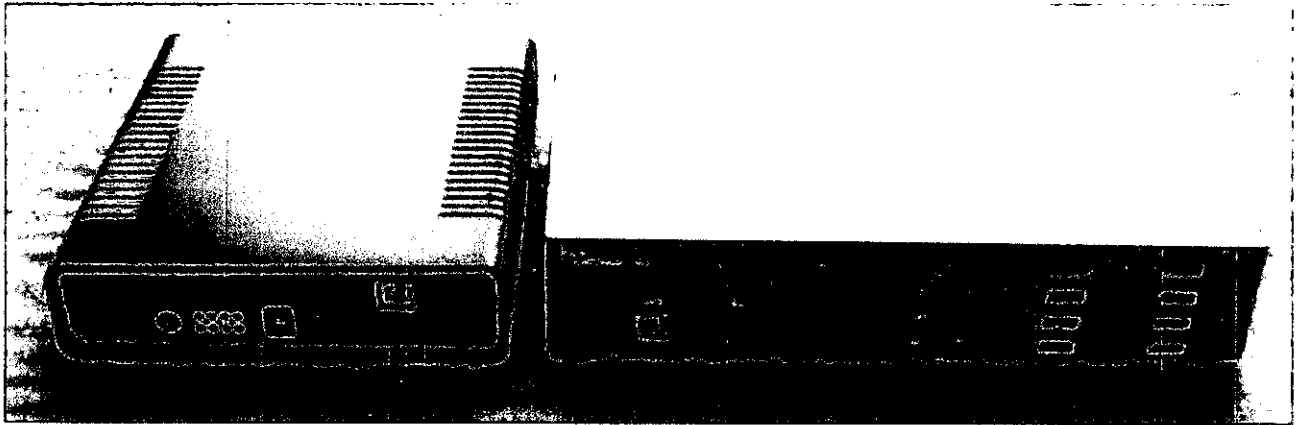


図 5 新旧ドライブサイズの比較
(左：小型ドライブ，右：旧ドライブ)

D. 考察

今後の展望としては、H8 マイコンの基板への直接実装など更なる小型化を図るとともに、小型化が難しい増幅部についても検討を重ねていかなければならない。