

この新ドライバはセンサ情報取得と大きい超音波モータの駆動実験をするためのテスト基盤であり、まだ省スペース化はしていない。実際ドライバ回路の部品は全て最上層に詰まれており、4層の基盤となっている。またチェック用の端子も各場所より出している。これらをまとめることで制御基盤は今の3分の1程度にまで小型化できると考えている。ドライバ基盤はトランスなどどうしても小型化できない部分はあるもののスペースを詰めていくことで、これも一回り以上小さくすることができる。

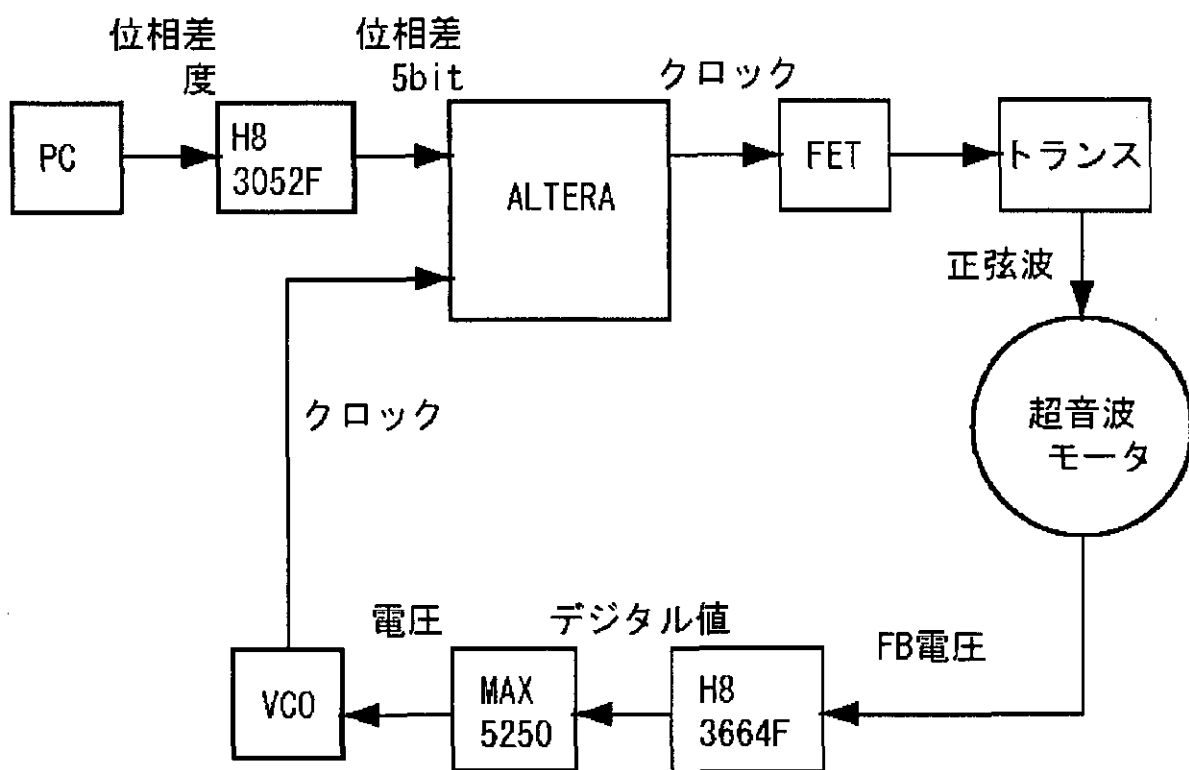


図 2.1 新ドライバブロック線図

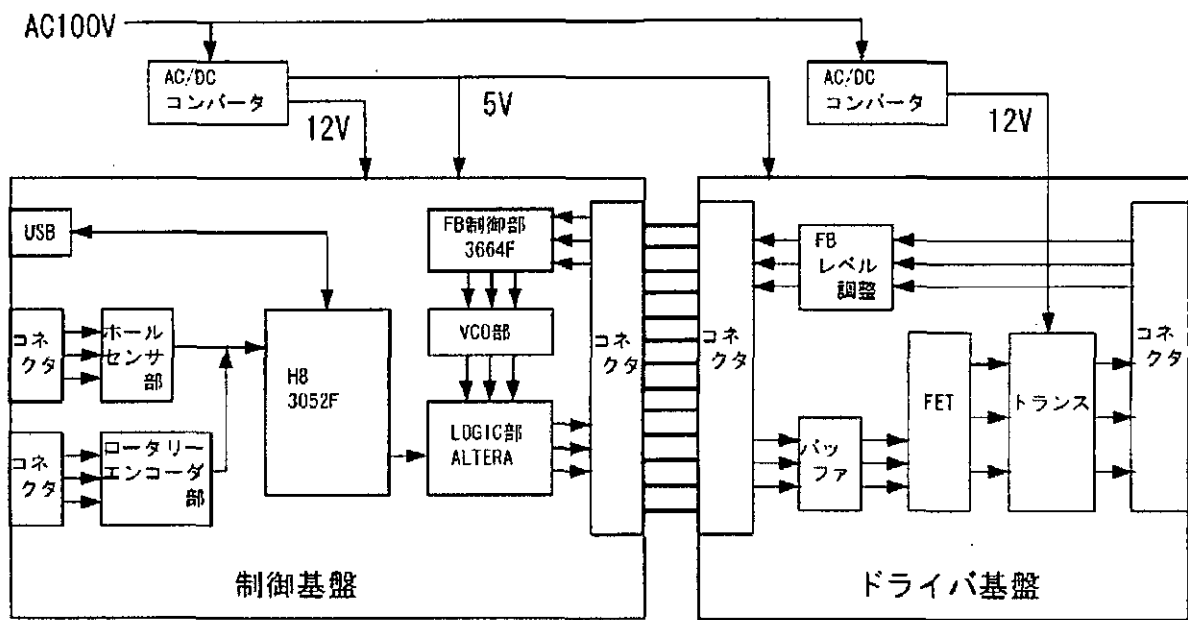


図 2.2 新ドライバ基盤仕様

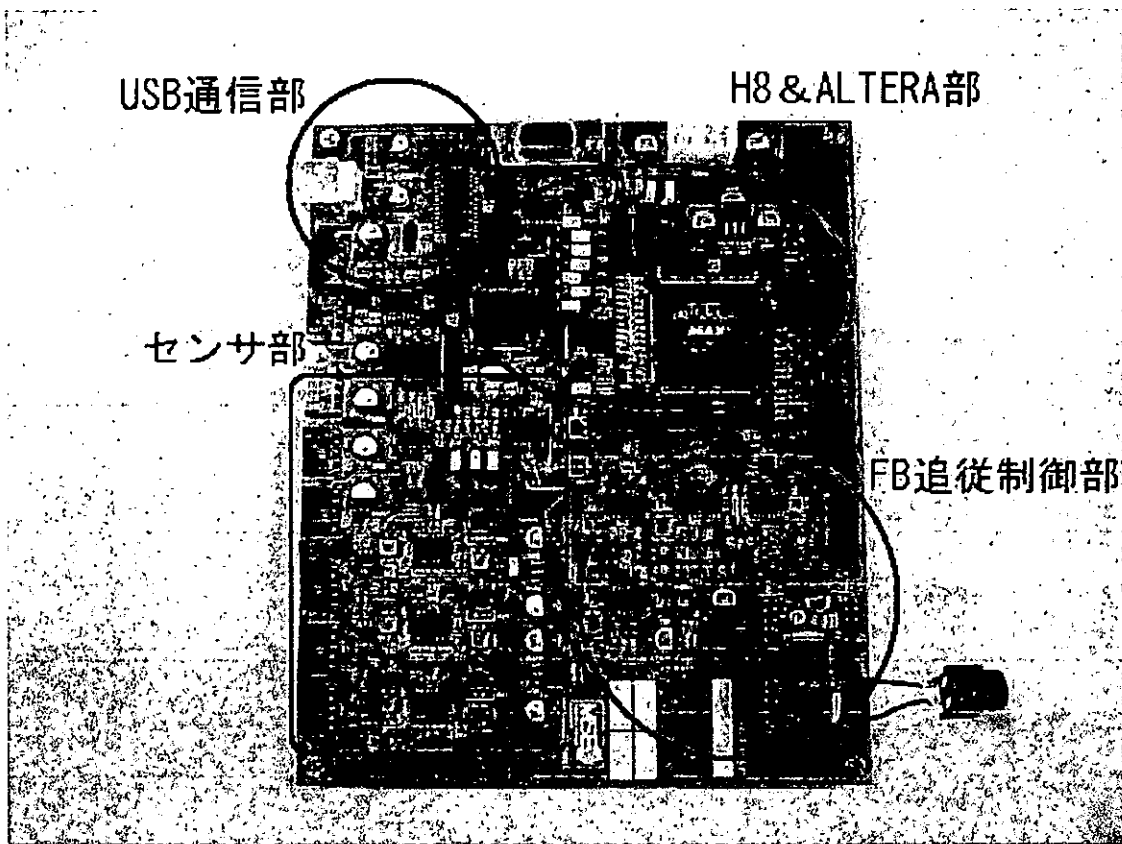


図 2.3 新ドライバ制御基盤

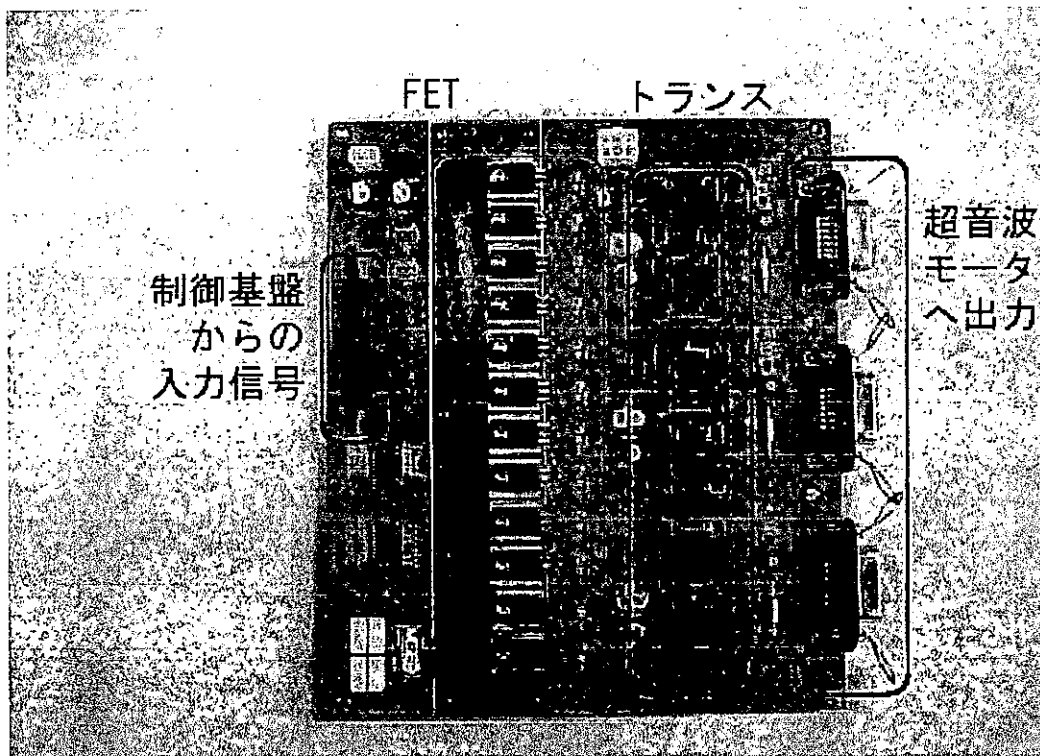


図 2.4 新ドライバドライバ基盤

重心判定システム

パワーアシストスーツを着用した装着者の足底に図 1 に示すようにロードセルを設置した。ロードセルの検出部上に硬い金属板を取り付け、その間にロードセルでのひずみを妨げない程度の弾性体の緩衝材を入れることでロードセルの検出部に垂直方向の力が負荷されるようにした。また、検出部の最上面にゴム板をつけたことでロードセルを装備した靴を履いた際に装着者の足裏にセンサが組み込まれて感じる違和感を覚えないように工夫した。このロードセルユニットを片足に付き 4 個、両足計 8 個を配置し、パワーアシストスーツを着用した装着者の床反力の相対値及び接地情報を測定した。このロードセルを設置した位置は、人間の足裏で最も力が負荷されるとされている部分である。

ロードセルから得られる力はアナログ電圧であるが、その電圧値が微小であるため増幅する必要があるためアンプを介し、A/D 変換して制御ユニットに入力し装着者の重心位置を算出した。

足底に配置した圧力センサの出力から装着者の重心位置を算出する方法は、様々な研究機関から数多く提案されている。その中から本研究では、介護動作はダイナミクスを持つため、慣性力と重力がつくるモーメントがゼロとなる ZMP 理論を用いることで装着者の重心位置を算出した。

図 2 に示すように足を真上から見た面に X・Y 座標系をとり、原点座標からその状態での重心までの距離をそれぞれ δ_x , δ_y とする。また各ロードセルの中心と原点座標間の距離をそれぞれ r_1 , r_2 , r_3 , r_4 とし、ロードセル 1, ロードセル 2 と X 軸の角度をそれぞれ θ_1 , θ_2 とした。圧力センサから検出された床反力をそれぞれ f_{N1} , f_{N2} , f_{N3} ,

f_{N4} とすると、床反力総和 F は式(1)となる。装着者の重心におけるモーメントの釣り合い式(2)、(3)から重心 M 点の XY 座標それぞれは、式(4)、(5)のようになる。このようにして床反力の検出データから重心位置を算出することが出来る。

$$F = F_{N1} + F_{N2} + F_{N3} + F_{N4} \quad (1)$$

X軸まわりのモーメントの釣り合い式

$$F_{N1}(r_1 \cos \theta_1 - \delta_x) - F_{N2}(r_2 \cos \theta_2 + \delta_x) - F_{N3}(r_3 + \delta_x) - F_{N4}\delta_x = 0 \quad (2)$$

X軸まわりのモーメントの釣り合い式

$$F_{N1}(r_1 \sin \theta_1 - \delta_y) + F_{N2}(r_2 \sin \theta_2 + \delta_y) - F_{N3}\delta_y - F_{N4}(r_4 + \delta_y) = 0 \quad (3)$$

$$\delta_x = \frac{F_{N1}r_1 \cos \theta_1 - F_{N2}r_2 \cos \theta_2 - F_{N3}r_3}{F_{N1} - F_{N2} - F_{N3} - F_{N4}} \quad (4)$$

$$\delta_y = \frac{F_{N1}r_1 \sin \theta_1 + F_{N2}r_2 \sin \theta_2 - F_{N4}r_4}{F_{N1} + F_{N2} - F_{N3} - F_{N4}} \quad (5)$$

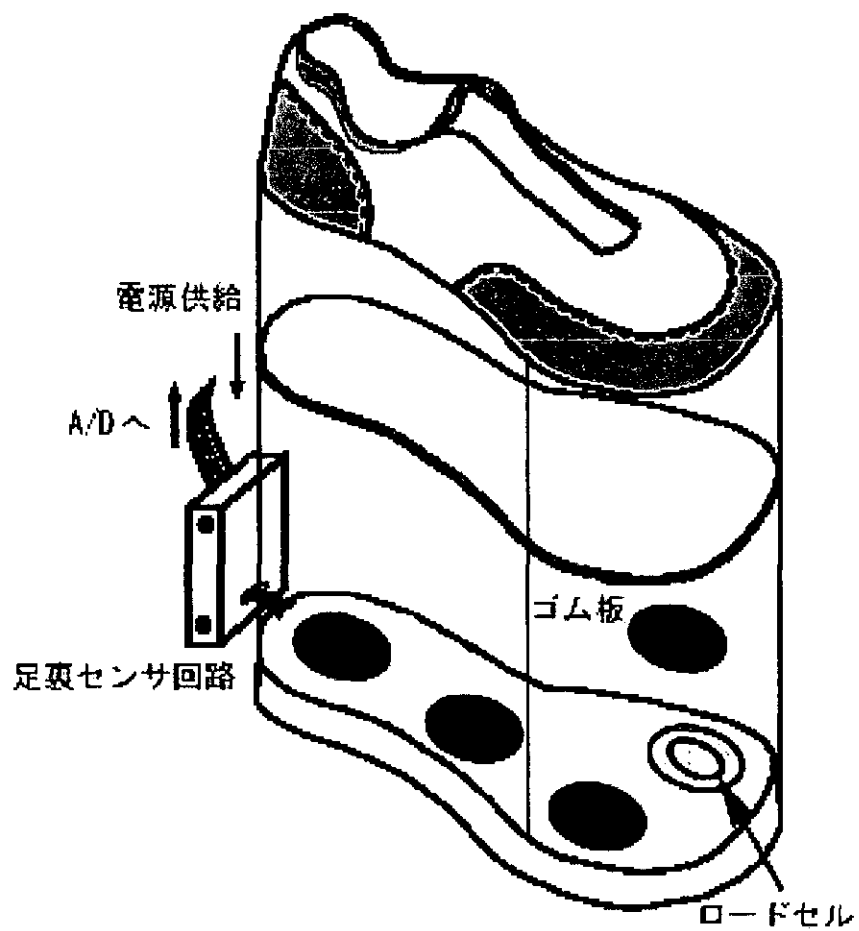


図1 足裏センサ

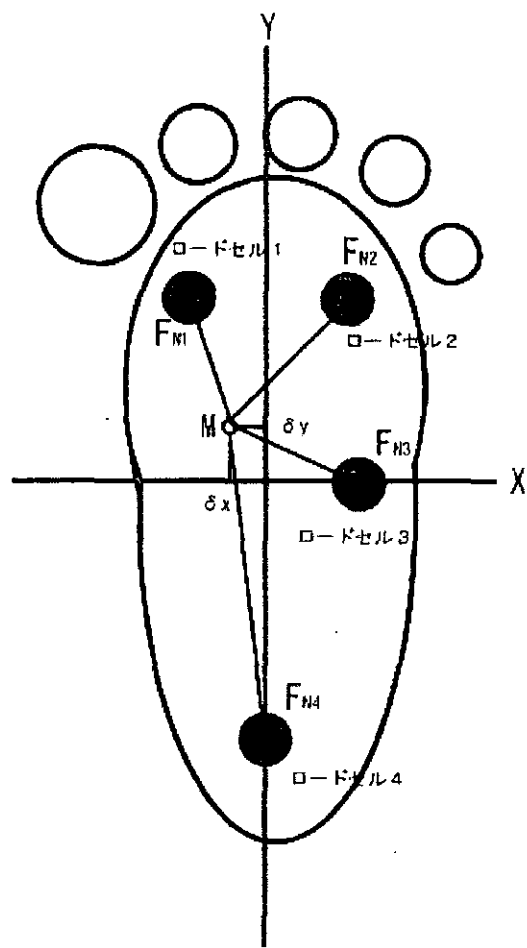


図2 足裏部 XY座標系

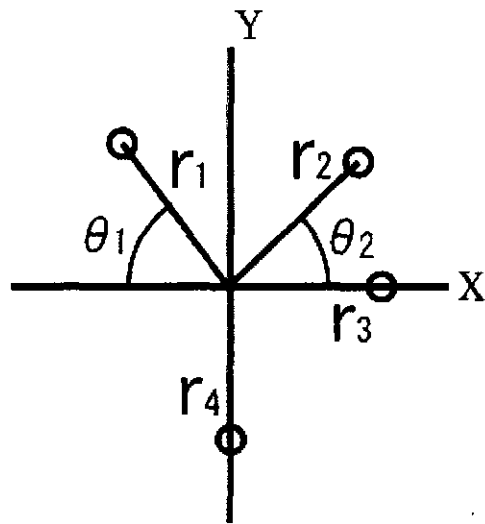


图3 座標系

C. 研究結果

3.3 新ドライバ駆動実験

3.3.1 超音波モータ駆動実験結果

今回の新ドライバにおいて駆動実験を行った。まずは安全のために流れる電流量の少ないφ30超音波モータの駆動実験から行った。φ30の超音波モータに関しては安定して駆動させることができ、また共振状態の追従もしっかりと行うことができた。そのFB電圧追従の様子を図2.5から図2.6に示す。まず印加初期状態である周波数の電圧を印加する。このときまだ共振周波数は取れていない。ここからリセットスイッチを押すことで周波数の低いところから徐々に周波数を上げていき、FB電圧が最大となる場所を探す。これをスイープという。共振周波数の時、FB電圧が最大になり、そこを通り過ぎるとまたFB電圧は下がっていく。そしてある程度の周波数までスイープをかけ終わると、それまでに一番大きなFB電圧を返した周波数を出すようにドライバではプログラムが組まれている。これによりφ30超音波モータは安定して駆動させることができた。

3.3.2 新ドライバの問題

φ60 について駆動実験を行った時、ドライバ回路のトランスへの電源供給の箇所にいれたヒューズがとんでしまった。これはトランスに過剰な電流が流れようとしているためであり、このままでは FET・トランスにダメージを与えてしまい超音波モータを駆動することができない。この原因を追究するためにデジタルオシロスコープにより波形を見ることにした。安全のために供給電圧を下げて行ったが、電源ラインの波形に大きなノイズがのっている。また制御回路に搭載した FB 追従用スイッチを入れたときに一時的に大電流が流れてしまうことがわかった。これは φ80 以降の大型超音波モータを駆動したときにも確実に生じる問題であり、大型超音波モータ駆動のためには解決しなければならない問題である。

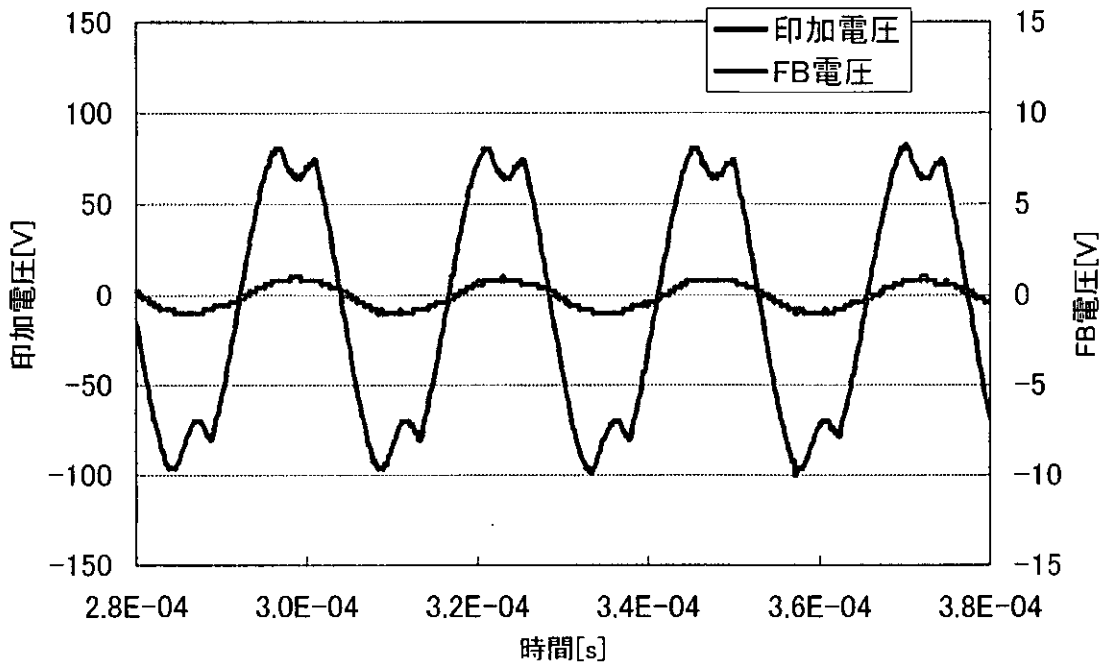


図 2.5 印加初期状態・・・45 k Hz

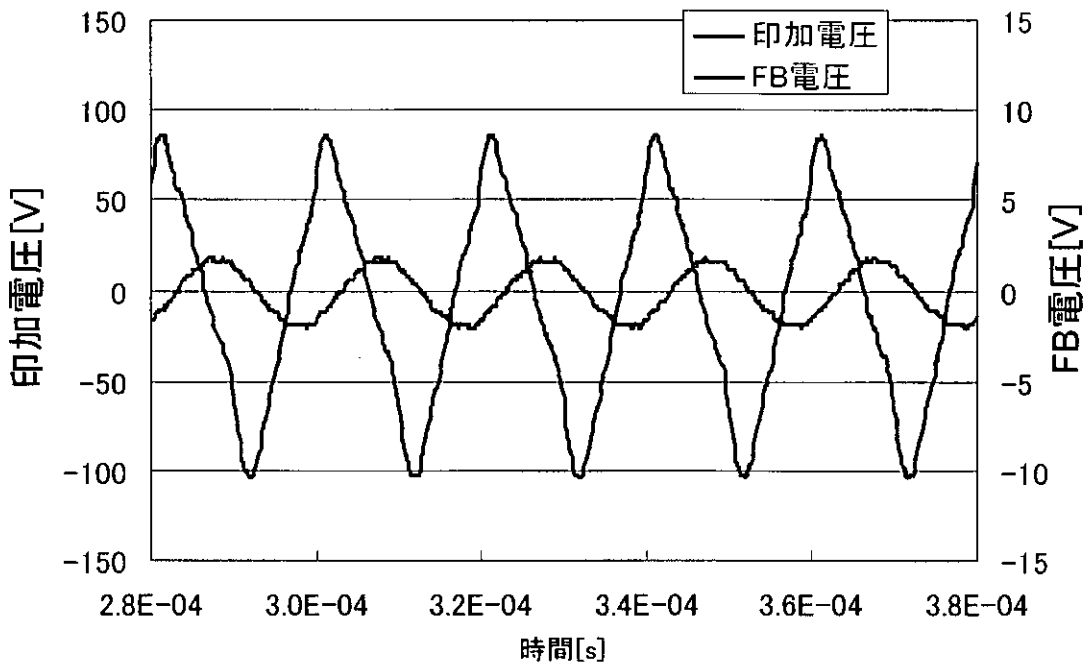


図 2.6 スイープ中・・・共振前状態・・・47 k Hz

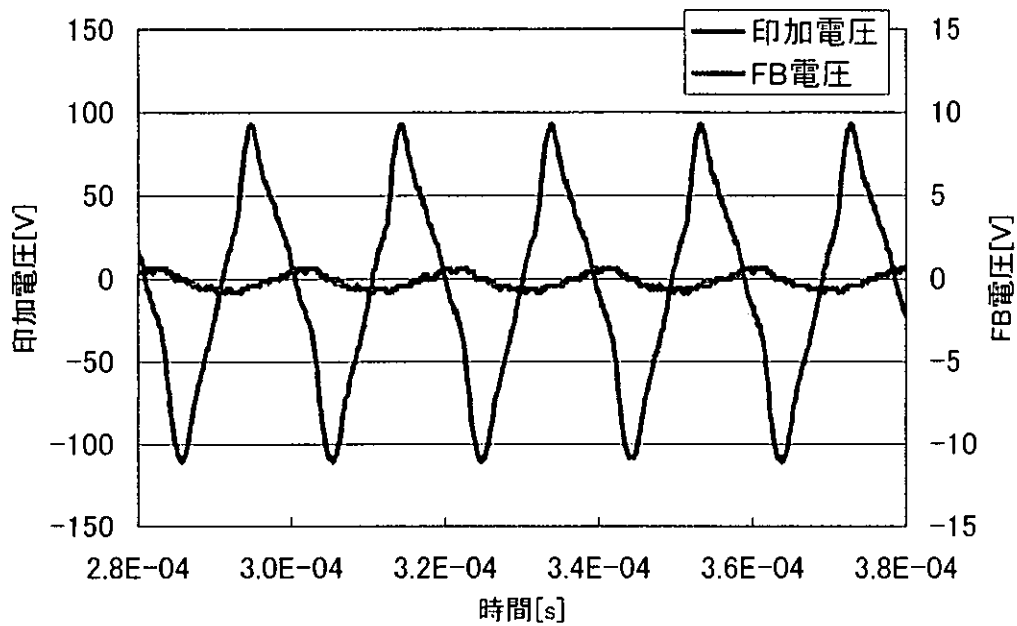


図 2.7 スweep中・・・共振後状態・・・53 k Hz

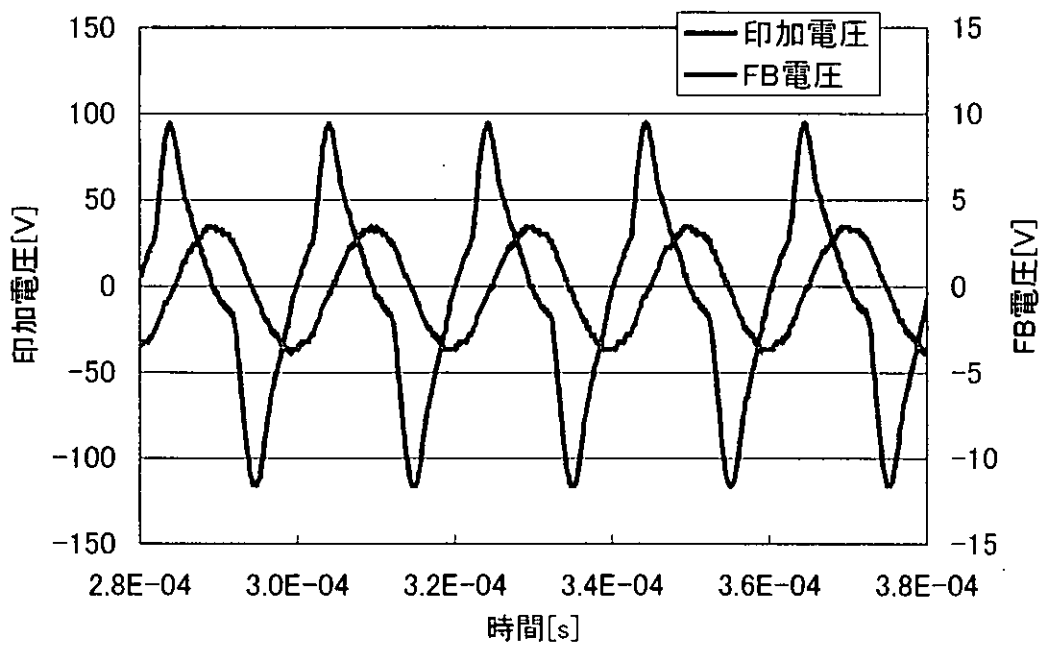


図 2.8 共振状態追従状態・・・50 k Hz

3.3.3 ノイズ問題対策

電源を入れた時にトランスの一次側に大きなノイズがはいってしまった。これはトランスの誘導起電圧が電源の 12V にのってしまうために発生したノイズと考えられる。これを防ぐために当初、アルミ電解コンデンサ(C2)とセラミックコンデンサ(C3)が搭載されていた。当初の回路図を図 2.9 に示す。アルミ電解コンデンサは主に低い周波数(数 100 kHz)のものを除去している。またセラミックコンデンサは高い周波数(数 MHz)のものを除去している。しかしノイズが大きく、この電解コンデンサの容量をうわまわる電流が流れたため電解コンデンサが爆発してしまった。このため大電流の流すことが可能な低インピーダンスのコンデンサと変えることで解決した。

また FET からの出力波形をなまらせるため、いったんコンデンサに充電してから放電するスナバ回路を入れることにした。その箇所を図 2.10 に示す。

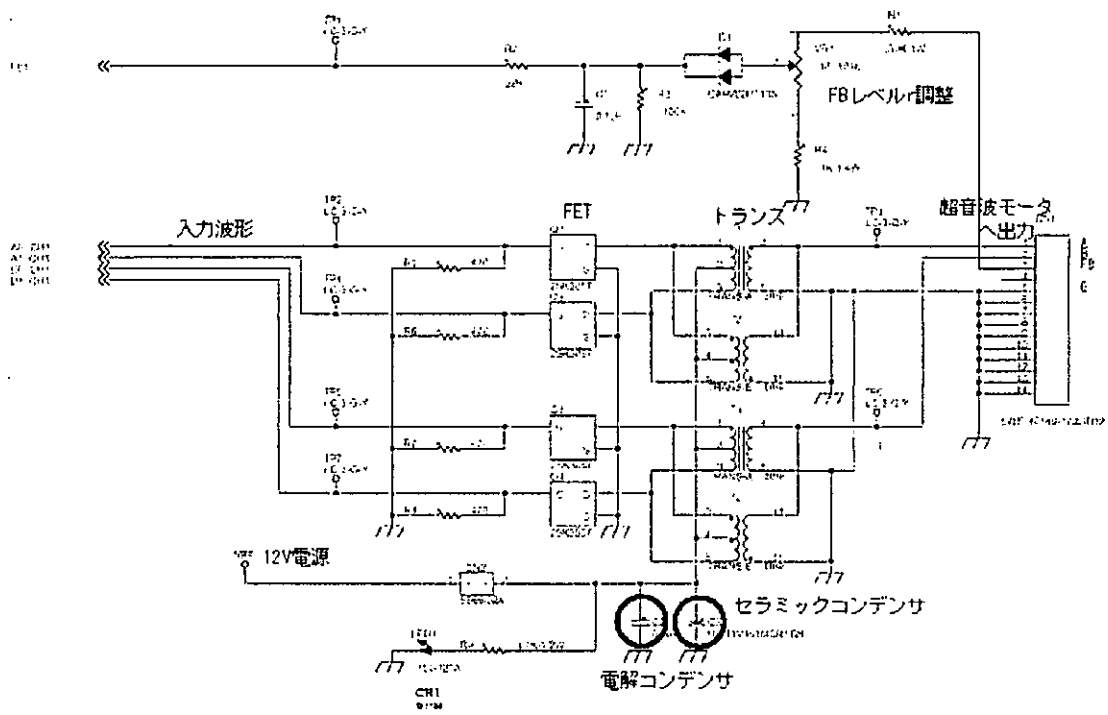


図 2.9 ドライバ部回路

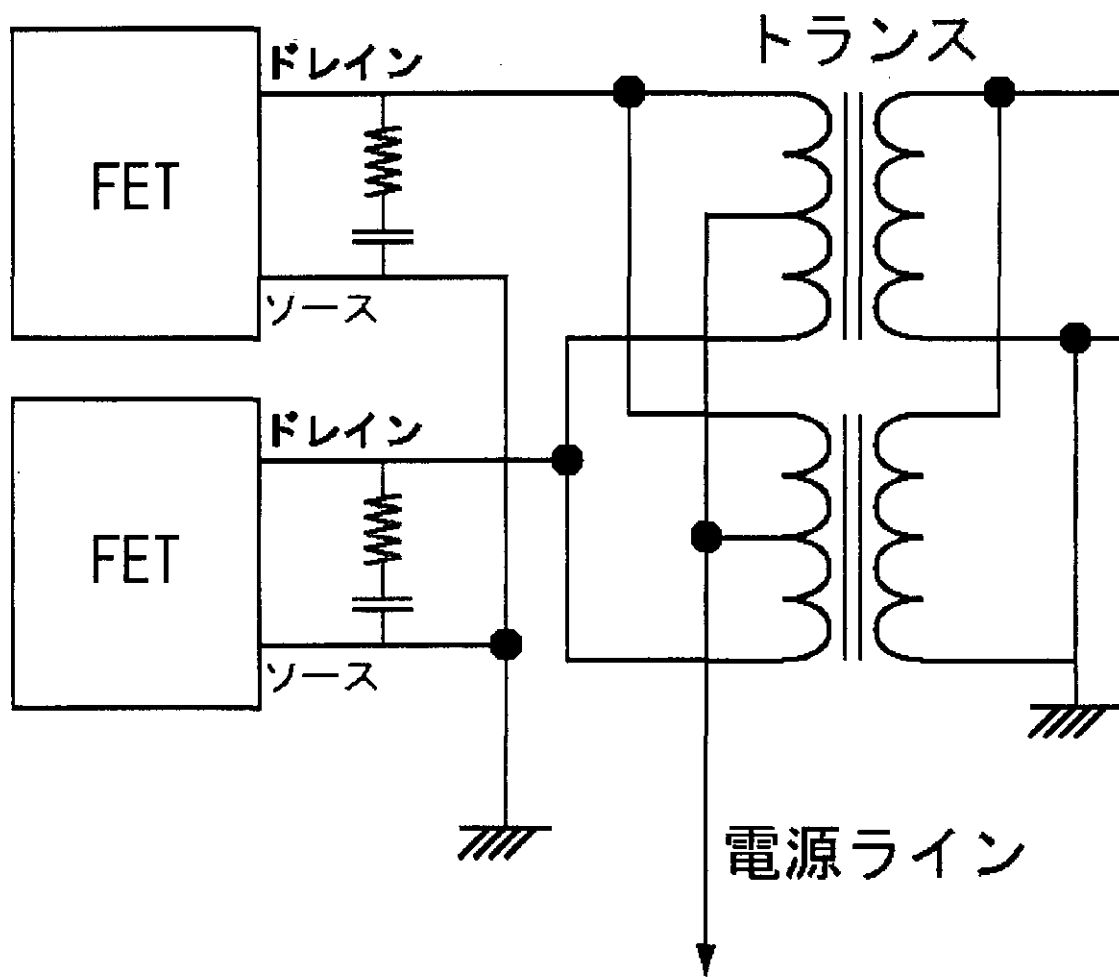


図 2.10 スナバ回路

3.3.4 大電流問題対策その 1

現在，FB 追従を行うときに最初リセットスイッチを一度押し，低い周波数から徐々に周波数をあげ，FB 電圧が最大になるところを探している．このため，出力側では FET が動作中にスイッチが押された瞬間，FET には全て H となった波形が入力されてしまう．この瞬間図 2.11 に示すように FET とトランスに大電流が流れてしまっている．これにより FET・トランス・電源にダメージが出てしまう．

これを防ぐために，FB 追従をリセットボタンによらず，割込みにより特定の周波数の出力を維持したまま FB 追従をリスタートするという形をとる．この流れを図 2.12 に示す．

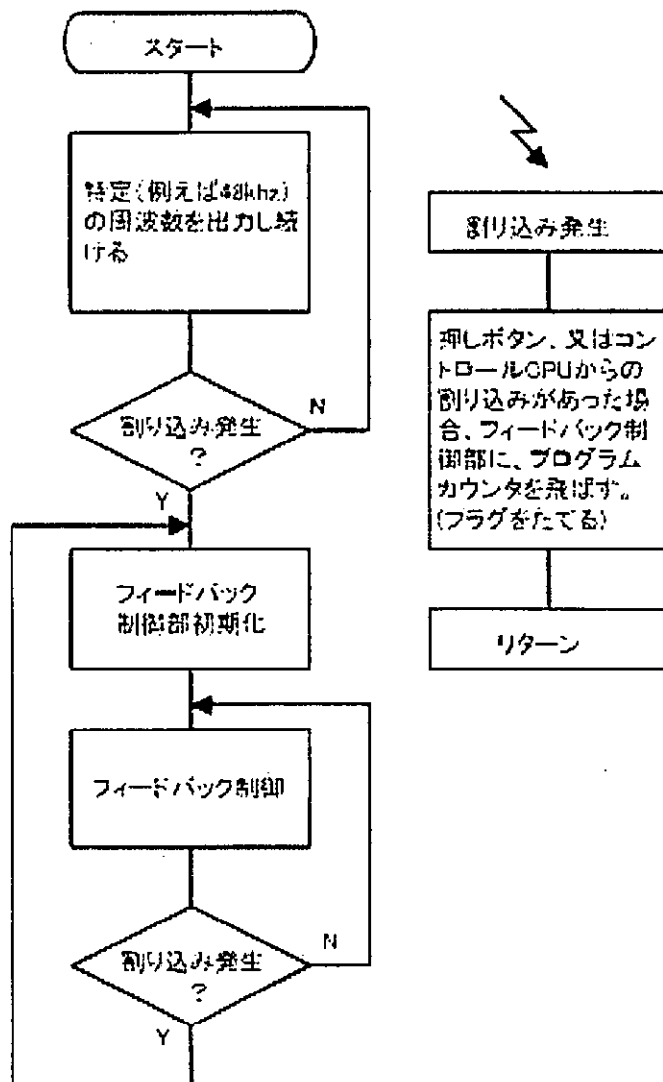


図 2.12 FB 追従プログラム割り込み部フローチャート