

# 磁気浮遊装置の制作 - その2

金野茂男

## 1. はじめに

磁気浮遊装置の構築については既報<sup>(1)</sup>である。既報システムを第1号と呼称しよう。既報論文では、この1号の改良を指向することも述べていた。その後、若干の改良などを行ったので、今回の論文でそれらについて報告をする。

改良としては、ソレノイドコイルの大型化、それに伴う定電流回路の許容電流量の増大化、回路のマイナス電源の供給方法の変更を行ってみた。1号ではマイナス電源を供給するために、DC/DC変換専用ICであるMAX635を使用していた。今回は、この専用ICに代えて、極ありふれた、低価格のロジックICを転用したDC/DC変換回路を用いてマイナス電源を供給させてみた。

以下で順にそれらについて報告する

## 2. ソレノイドコイルの大型化

写真1に、2つのソレノイドコイルが示されている。右側が1号で使用しているソレノイドコイルである。使用しているコイル線は0.25mm、ウレタン線、30g、抵抗値60前後。コイルの作り方、その他は参考文献(1)が詳しい。左側が、コイルの大型化を試みて作成した今回のソレノイドコイルである。コアとなっている軟鉄ボルトは右側のものと同型である。0.25mm、ウレタン線、30gのコイル線を3組用意し、3本を1束としてボルトに巻き上げて作成した。作り方は右のコイルの場合と同じである。従って、コイル抵抗は20前後である。

この新コイルを1号の装置に取り付けて、動作試験を行った。空中浮遊は容易にかつ確実に実現できた。が、回路の消費電流は予想外に大きい。コイル抵抗値を60から20としたので当然であるが、定電流回路のトランジスタの発熱が大きい。トランジスタを電流量の大きなものに代えることとした。図1にその回路を示している。1号との主な相違点は、トランジスタをSC2120(コレクタ最大電流 $I_c = 0.8A$ 、コレクタ最大損失 $P_c = 0.6W$ )からSC4350( $I_c = 1.0A$ 、 $P_c = 1.5W$ )に変更した点である。

この変更を機会に、装置に安全機構であるスイッチを取り付けることにした。1号では、浮遊物体が安定している場合には、回路の消費電流は百数十mA。平衡状態が崩れて、浮遊物体がソレノイドコイルに吸着した状態の時には、数十mAと電流は小さくなる。が、浮遊物体が落下した場合は、ホールセンサの検出する磁界強度は極端に小さくなるので、回路はコイルに最大電流を流す仕様になっていた。電力の無駄使いである。今回の回路でも同じである。浮遊物体が落下した場合、それを検知し、回路の電源をオフとする部分を1号共々付加することにした。落下を検知すればよいので、マイクロスイッチを用いることにした。現在のところぶら下げる物体は棒状のボルトを使用している。ごくありふれたペットボトルの頭部を利用することにした。写真2に、基台に取り付けたマイクロスイッチの様子を示している。栓にマイクロスイッチを取り付け、基台に固定している。それに、ペットボトルから切り出した頭部をねじ込む(写真3)。1円玉は落下した浮遊物とマイクロスイッチの接触弁との相性を良くするために乗せている。写真4に、浮遊物が落下した状況を示している。マイクロスイッチが作動するであろうことがわかった。

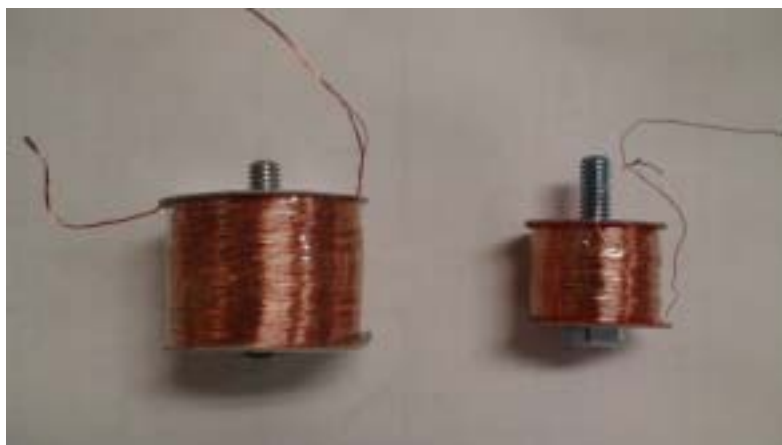


写真1 2つのソレノイドコイル、右は1号、左は今回のもの

## 2号回路

## 磁場測定部

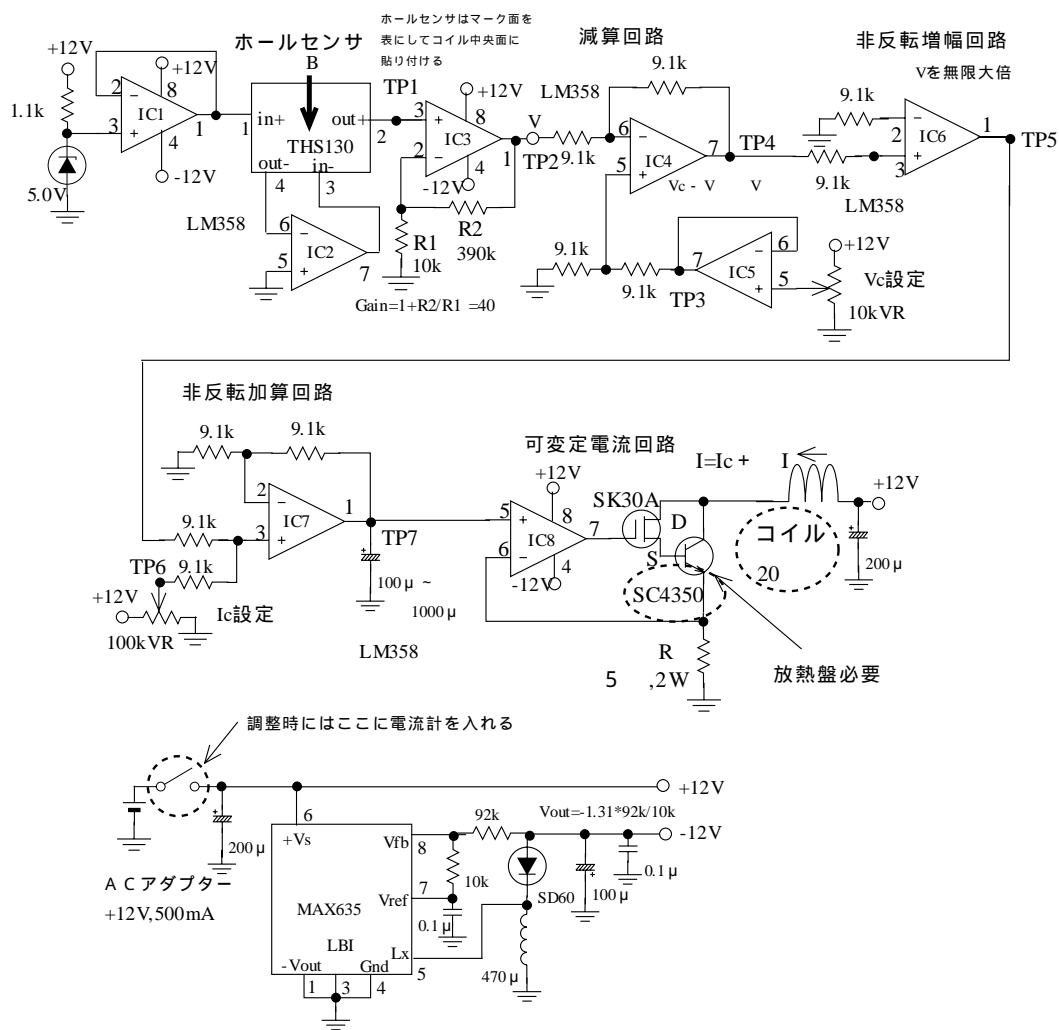


図1 20 ソレノイドコイル用制御電子回路



写真2 安全スイッチ機構 その1



写真3 安全スイッチ機構 その2



写真4 安全スイッチ機構 その3



写真5 大きなソレノイドを用いての空中浮遊

写真5に、今回作成した大型のソレノイドコイルを装着した装置での空中浮遊の展示を示している。1号と較べると、比較的容易に、かつより安定して空中浮遊が実現できているようである。安全スイッチ部の受け皿形状はボルト状の浮遊物体を用いた例としている。それぞれの浮遊物体の形状に合わせて、ここで紹介した例を参考にして作れば良いであろう。

### 3．マイナス電源の変更

制御電子回路に必要なDC - 12V電圧は、1号では専用DC/DC変換ICのMAX635を使用していた。この素子は1個3千円当たりしていたと思っていたが、最近ネットで調べたら、千円前後でネット販売をしていた。従って、日本全国何処からでも自由に購入できよう。が、もっと安く作りたい方向けに、- 電圧をありふれたロジックICで供給するDC/DC変換回路を用いた新たな制御電子回路をここで紹介しよう。図2にそれを示す。

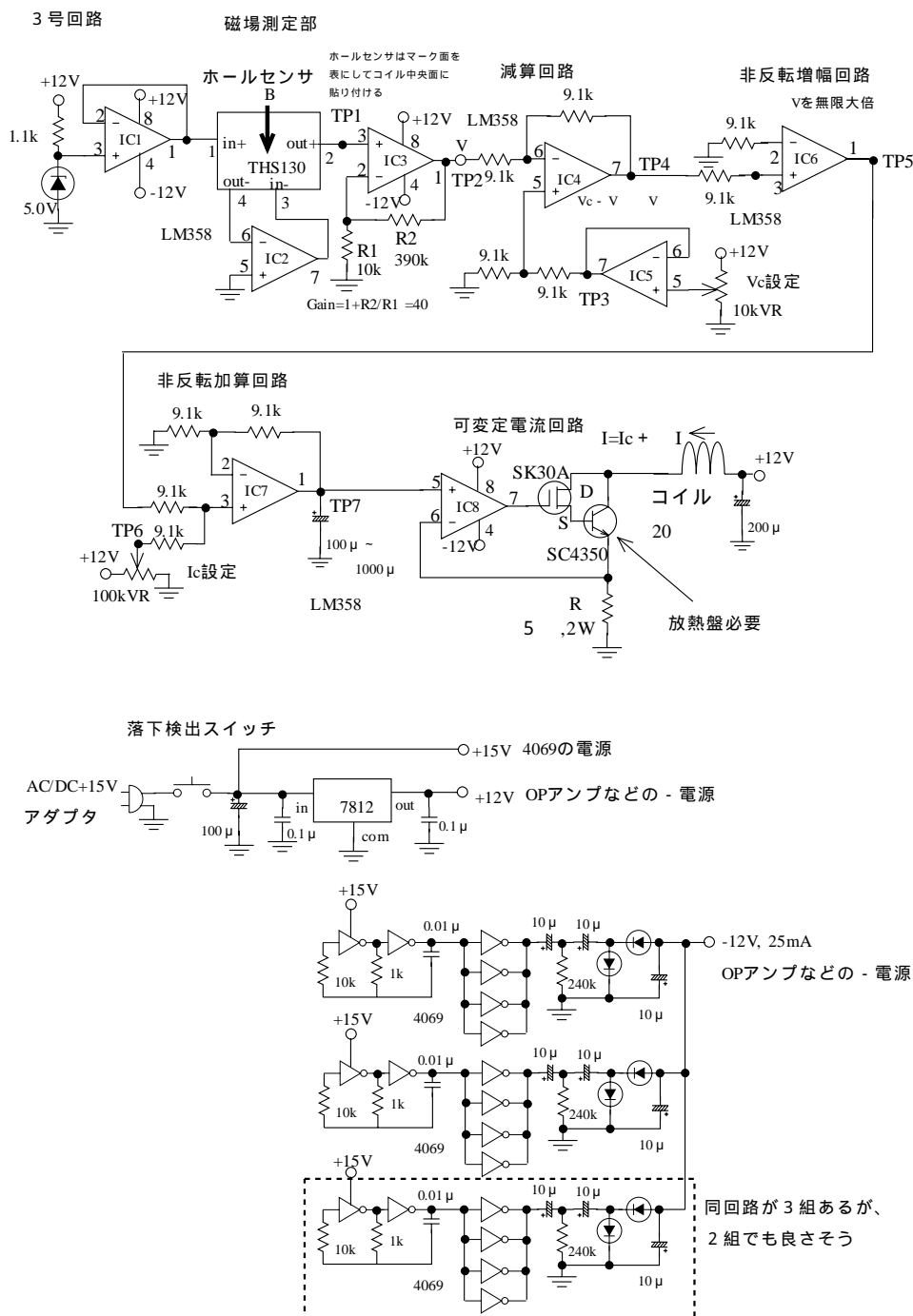


図2 ロジックICを転用しマイナス電圧を供給するという新たな制御電子回路図

1号ではAC/DCアダプタはDC + 12V出力のものを使用していたが、今回の回路ではDC + 15V出力のものを使用する。マイナス電源の供給能力を少しでも上げたいためである。OPアンプなどの電源として、+15Vから+12Vを3端子レギュレータ7812を用いて供給している。1号では、直接+12Vを供給しているので、1号ではいらなかった素子である。回路図の下に、4000シリーズ・ロジックIC4069を使用したDC/DC変換回路が示されている。

4000シリーズは電源電圧として15V以上をかけることができる高電圧動作可能ロジックICである。しかしながら、元々はロジック専用ICなので、素子から取り出せる或いは素子に流し込める電流量は基本的に大きくはない。これを電圧・電流源としたいのであるから、少し工夫が必要である。4069にはインバータが6個収まっている。インバータ2つから無安定バイブレータを作る。その出力で、並列接続した4個のインバータを駆動させる。少しでも駆動電流量を大きくしたいがための工夫である。その出力を直流カットすることで、疑似交流を作り出す。後はこの交流を2倍圧整流回路を通過させ、マイナス電圧を取り出す。出力がオープン、つまり負荷を取り付けない状態では、電流は流れないので、-12V以上までの電圧が取り出せる。しかし負荷を取り付け、電流が供給されるようにすると、負荷抵抗が小さくなればなるほど、供給電圧値が低下する。これをカバーするために、同じ回路を3組準備した。これにより、-12V、25mA程度までは取り出せるようにした。

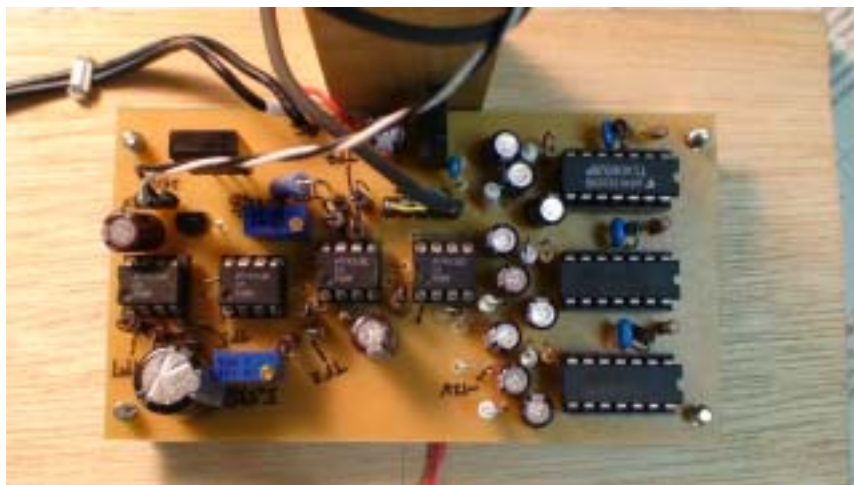


写真5 図2の回路図から作り上げた基板



写真6 展示試験の様子

必要な素子数が多くなってはいるが、4069は数十円、小信号ダイオードは十円もしないかもしれない、コンデンサも安いものである。MAX635が千円当たりで簡単に入手できるならば、回路的にも、見た目からしても、その方がお勧めである。安くしたければ、4069を使用したら良いで



あろう。

4069を使用したDC/DC変換回路は、実は重宝な回路である。消費電流が小さければ、コッククロフト回路（倍圧回路）を必要な段数連続させれば、数十Vの直流電源を容易に供給できるからである。ただし、必要な供給電流が大きくなるに従って、供給電圧が急激に降下することに留意しておく必要がある。簡単に言えば、電圧源としては重宝な回路である。

写真5が図2の回路図から作り上げた基板の外観である。見て右側の部分に、ロジックIC4069を使用したDC/DC変換回路が3組配置されている。

写真6には、写真5の基板に抵抗値60Ωのソレノイドコイルを取り付けての空中浮遊実演の様子が示されている。

#### 4．動作状況など

1号では、定電流回路にSC2120のトランジスタを使用していた。回路に使用できるトランジスタは何もこれに限定はされない。幾らでも相当品はある。トランジスタ規格表を参考にして適当なものを使用すれば良いであろう。今回は、少し大きめのSC4350を用いている。手持ちのトランジスタである。このSC4350の互換品も幾らでもある。1号のトランジスタを大きなものに変更すれば、抵抗値の小さいコイルの駆動も行えるようになるであろう。

前回もそうであったが、今回もソレノイドコイルは幾つかの種類を制作した。1号、及び今回の装置に取り付けたソレノイドコイルは一応適当なものをして取り付けている。制作中に気が付いたソレノイドに関する知見の幾つかを紹介しよう。

（1）コアとなるボルトは細すぎでは動作不良となる。

（2）コアとなるボルトは太すぎても動作不良となる。

（3）ボルトの頭を切り取ったソレノイドコイルとしたが、頭が着いているソレノイドコイルと動作状況に相違はほとんど見られなかった。切り取るだけ、無駄労力であった。

（4）コイルの巻き数を増やせば、磁力の増加が期待されるが、その一方で、当然ながらコイル長が長くなるので、コイル抵抗が大きくなり、そのままでは、コイル電流が小さくなる。結局は相殺し合い、磁力の増大は期待薄である。巻き数を増やしたければ、コイル直径の大きな線を選択して行う必要がある。

（5）コイル直径を大きくしたソレノイドコイルを用いるならば、それに対応して、大きなコイル電流を流す必要がある。定電流回路では、OPアンプをコンパレータとして使用している。このOPアンプは流れる電流が大きいと、結構発熱する。従って、紹介している回路で、より大きな電流を流す場合には、このOPアンプの冷却を頭に入れておいた方がよい。

#### 5．おわりに

参考文献（1）、そして本論文を参考にすれば、読者も容易に本装置を復元できるであろう。著者としては、今後、より大きな浮遊装置を制作してみたい。そのためには、大きなソレノイドコイルと、許容電流の大きな定電圧回路が必要である。ソレノイドコイルとして適当な代用品が見つければ、試してみたいと思っている。電磁バルブなどに使用されているソレノイドなどが手に入ればと考えている。それが見つかったら、紹介しているコイル駆動回路では不十分であろうから、コイル駆動回路を模索してみたい。

実は、マイナス電源を使用しない回路も試験してみた。紹介している制御電子回路の最終段階の定電圧回路はマイナス電源がないと、期待通りの動作をしきれなかった。そのため、一応断念した。電圧入力で、コイル電流を制御できる他の回路が見いだせたならば、再度試してみたいと考えている。マイナス電源がないだけ、装置が簡単となるからでもある。

#### 参考文献

（1）「磁気浮遊装置の制作」、金野茂男、小山高専、2006年9月。

2006年10月25日