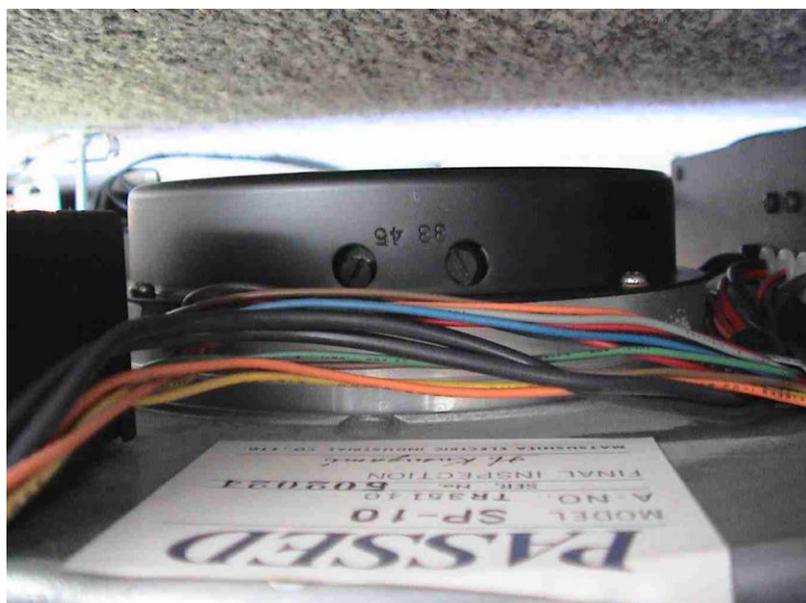


## あこがれの名機 SP-10 が来た！

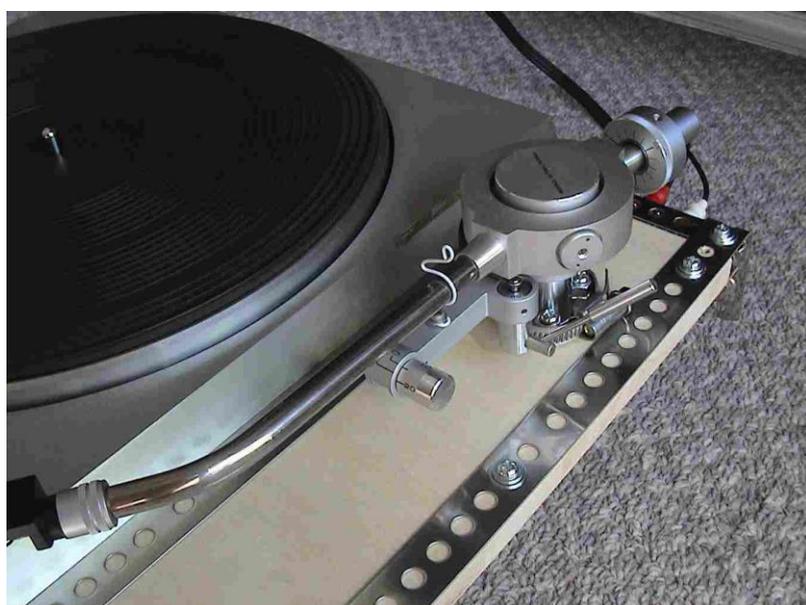
1970 年発売のテクニクスの DD ターンテーブル、SP-10 をついに入手！ はじめてオークションに参加し、落札しましたが、吊り上がってゆく値段にドキドキもんでした。奥さんからは白三角の目で見られるし。でもどーしても欲しかった。1970 年と言えば、大阪の万博の年です。小生はまだ小学生。このころ少しずつ電子工作などに目が向きはじめたころです。金田明彦氏の「オーディオ DC アンプシステム」上巻にも紹介されていますが、手巻きの 60 極コイルで構成された丁寧な造りのダイレクトドライブモータが魅力です。今日の日本の製造業ではおそらく二度と再現されないんだろうなあ。



まずはともかく音を聴いてみたい、ということで同じくオークションでみつけた格安のマイクロ製トーンアーム(ジャンク扱い)とコンビにしてバラックのプレーヤに組み上げました。何せ、ターンテーブルモータ本体を入手するので大半の資金を使ってしまった。本式のプレーヤボード、ターンテーブル、DC ドライブアンプ／制御回路と積み上げるには、根気／時間／資金が足りん！このバラックセットをみたら金田先生はブっ飛ぶだろうなあ。邪道もいいところです。モーターベースを支えるため、5mmφ x 10cm の頼り無いビス4本を足に利用。アームベースの付けようがないので、このビスにもたせる格好でステンレスベルトをひん曲げて足場とし、そこへ1cm 厚の合板でできたアームベースを固定。「スケルトンプレーヤー」になってしまいました。しかし、そこから出てくる音にはびっくり。低音のハリがまるで違います。もとの DD プレーヤでは何となく歪みっぽく聴こえていた内周側の曲も底力が増した様です。

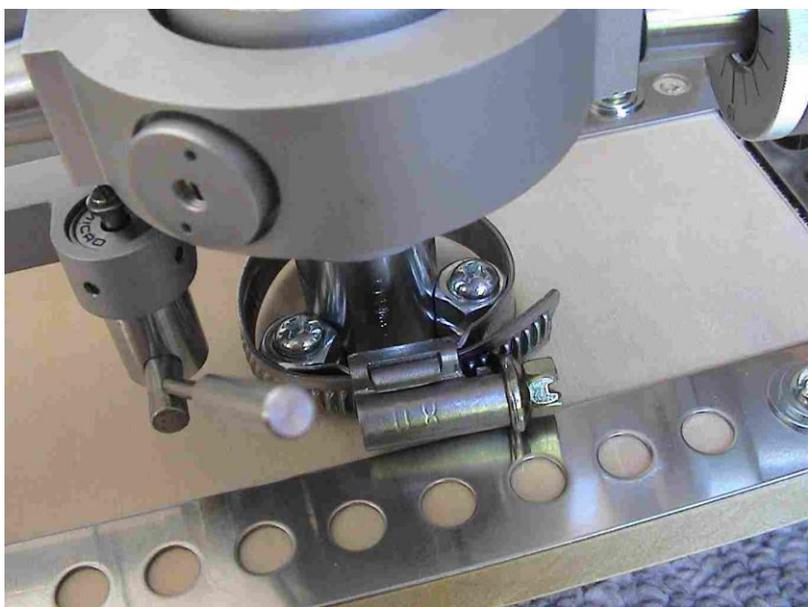


DD モーター御本尊です。モーターベース表面にある速度調節つまみ(ストロボを見ながら調整する)が高速がわに回し切っており、それでもストロボが低速側に流れるので、「これは困った、年季が入りすぎてドライブ回路がヘタっているのかな？」と心配になり、裏側を色々調べていたら、モーター本体にも調整つまみがあるのを発見！写真中央、黒いカバーに空いた二つの穴がそうです。「33」、「45」という表示があります。しめた、これだ、と思い、調整したところ、図に当たりました。良かった良かった。後々、ドライブ回路をすべてDC化するとき、このカバーの中にある回路基板は全て要らなくなってしまうのですが、万が一、後戻りできるように温存しておかなければ。

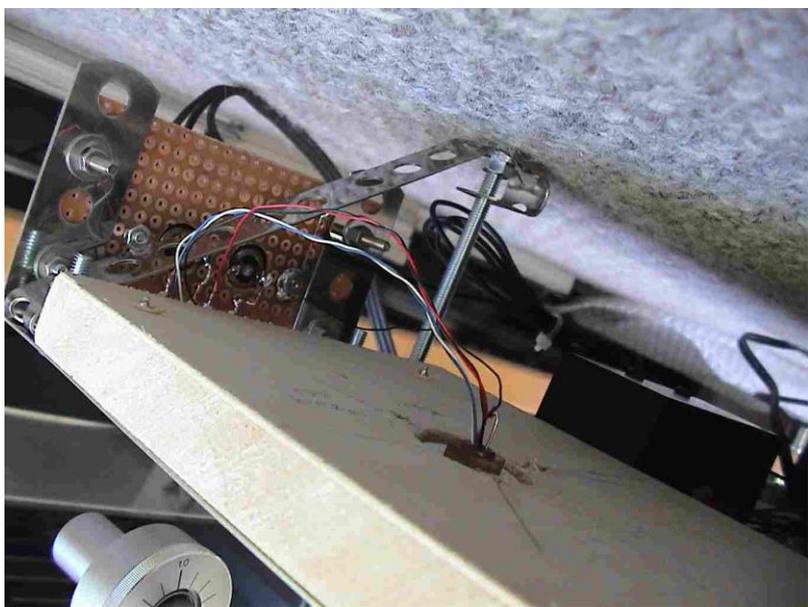


これが別途入手した「ジャンク」のアーム。でも腐ってもマイクロ製です。見栄えはしっかりしています。持ち主さんの話では、「アームベースは付属せず、トーンアーム内部のケーブルが一本短すぎ、インサイドフォースキャンセラは壊れているみたい、アームレストは折れちゃってます」とのこと。一丁やってみるか。。。で、回復した姿がコレです。まずは、アーム先端のシェル取り付けコネクタ。接点をみたら、相当劣化していたので、いっそのこと取り払ってしまえ、ということで、ドリルを突っ込んでガリガリ。。。接点ピンやら、固定用プラスチックやら、粉々になって出てきました。でも、あれ。。。肝心のケーブルが出てこない。。。そこでさらに荒技を展開。何と、アームパイプの途中に穴をあけ、ケーブルを引っ張り出す蛮行に出まし

た。苦労の末、古い内部ケーブルを全て新品に交換。「細くて柔らかいアーム用ケーブル」は、秋葉原のオヤイデ電気にあります。ケーブルを直接、シェルの接点にハンダ付けして完成。接点も減ったし、これも音質改善に効果あった様です。さて、インサイドフォースキャンセラですが、これはキャンセラ調整つまみでテグス糸を巻取り、中にある小さなスプリングで軸回りにテンションをかける方式です。良く見たら、この細いテグスが切れているではありませんか。これも絹糸で修復。細かい作業で目も疲れたし、肩も凝った凝った。



一番苦労したのが、アーム取り付け用のベースです。アーム軸は 20mmφの精密な仕上げです。これを仕込むシリンダとフランジがあれば、ボードに対して垂直もできるし、アーム高さ調整も精密にできるのですが、そんなに都合の良いものはなかなかチマタに売っていない。色々頭をひねった末、考えたのは、長いナット3本をビスでベース板に垂直に固定。ちょうど 20mmφの軸を囲むように配置するのです。外側から、ガスホースを口金に固定する金属バンドで締め上げるという方法。横着してベースに柔らかい木材を使ったのがちょっと誤算でした。固定はできますが、なんとなくナットが傾いで垂直が出ないのです。しかたなく目分量で垂直を出しました。



固定されたアームの裏側。細いケーブルが引き出されています。アーム本体のアースを取るため、弾力のあるV字型の金具が仕込まれていました。これにアースリードが配線されていました。これを流用して新しくアースリードを設置。左右チャンネルのホットとグラウンドは別々に撚りあわせて引き出しました。



プレーヤ出力は直のケーブルとせず RCA ジャック出力としました。アンプへの配線が楽なのと、後日いろいろ他のケーブルを試してみたいという考えからです。



ともかく一刻も早く SP-10 の音が聴いてみたい！ ということで、丸きりの仮住まいみたいな姿のプレーヤになりましたが、このままで何となく愛着が湧いてしまいそうで恐い。取りあえず今は大変良い音色を聴かせてくれています。次の資金ができるまで、ともかくこれで色々なソフトを試しに聴いてみよう。最近「ビニール」の新譜もチラホラ売り出されているみたいだし。次なる一手は、やはり DC ドライブ回路でしょう！ でも、一部の部品が製造中止で大変だと言うウワサで、幾人かの先達諸子がウェブ上で御意見されている様子。心配な部品だけはとりあえず手を付けておこう、ということで、秋葉原はラジオ会館4階のとある半導体素子売り場へ。左の3つはゲインコントロールアンプ。(間違えて三つ買ってしまいました) 右上がプログラマブルディバイダ、右下がフェーズコンパレータです。一応、心配なこの3種類は揃いました。ついで

に、今どきの CPU のスピードからして、タイムベースとなるクリスタルで 1MHz なんて滅多に使わないのでしょか、わざわざ取り寄せになるし、しかも高い！あとでじっくりラジオセンターの中をさがしたら、表面実装タイプの小型のクリスタルで 1MHz 用の物が見つかりました。チナミに、もはや「見当たらない」というもっぱらのウワサのタカスの IC 基板もセンター内で発見！秋葉原のガード下との付き合いもかれこれ 30 年近くになりますが、買い物している時はいまだにココロがときめきます。大人気ないと言うかなんというか、いやはや。

いつの日か完成させるぞ！究極の DC ターンテーブル。まっくれよアナログオーディオ！（Part 6 の終わり：2002.11.03）

## SP-10 ターンテーブルをちょっと改造

SP-10 のバラック／スケルトンプレーヤを使い始めて2週間。ちょっと手を加えました。



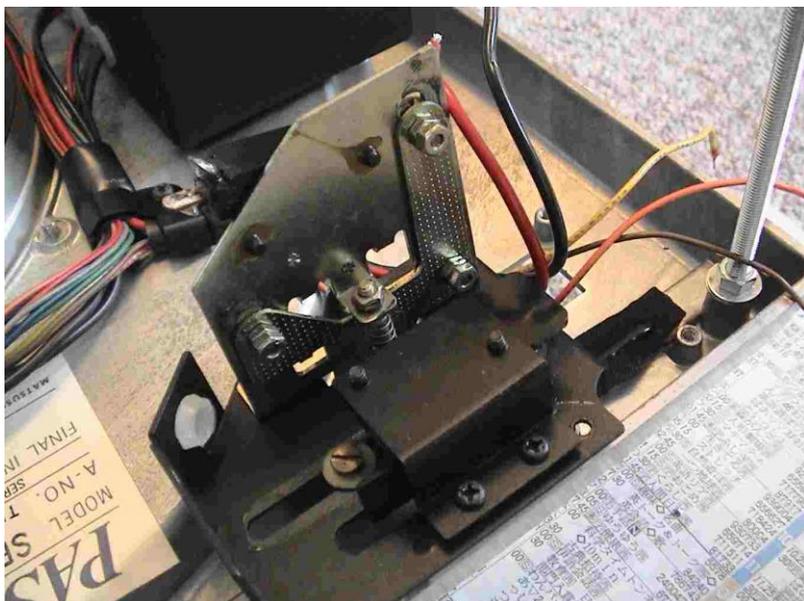
最近はなんとなく歪みっぽい音質で、お気に入りのレコードも聴き込み過ぎでついにすりきれてしまったものと諦めていたのですが、さにあらず。新しいプレーヤで色々レコードを聴き直しましたが、昔感動した音が戻ってきました。また、低音の豊かさ、様々な楽器の細部などについては、おそらく前のプレーヤよりも改善されているように思えます。しかし、さすがに 30 年もの歳月を通して、ヘタっているところはヘタっているようでした。どうもパワースイッチの動作が変です。オンはできるが、オフはできない。何回かしつこくスイッチを押して、やっと停止するという有り様でした。従って、スイッチボックスに手を入れ、手術と相成りました。結果は、上記の写真のとおり、スイッチボックスの完全切除、です。



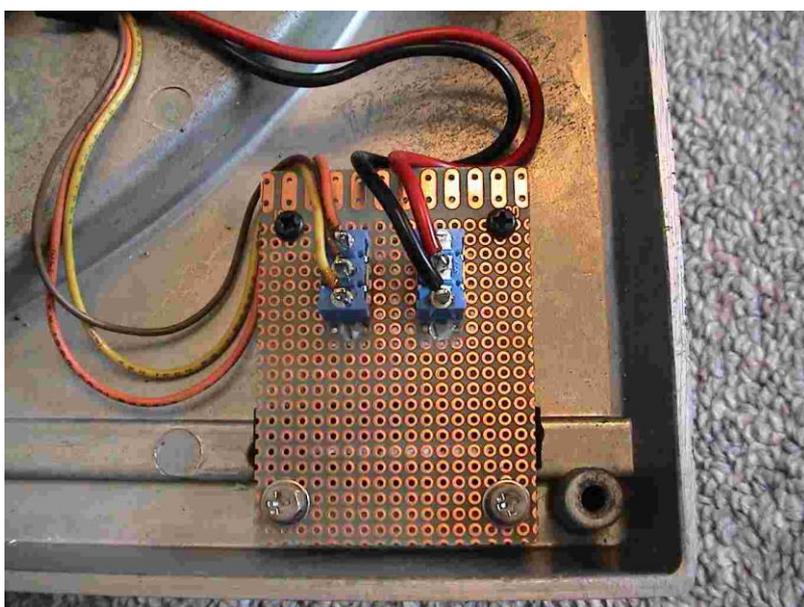
このボックスの中には、電源スイッチ(四角いボタンによるプッシュオン/プッシュオフ動作)と、33回転/45回転切り替えスイッチ(丸いツマミ)が入っています。良く考えてみると、30年前はさほどスイッチなど電子パーツのバラエティもなかったのでしょうか。上の写真のように、中身はマイクロスイッチを流用した芸術品に仕上がってます。ボタンを押す度にこの写真中央に見える金属片が左右にフリップ/フロップし、マイクロスイッチのタブを押し込んだり、解除したりします。金属片の動きはおかしくないのですが、どうやらマイクロスイッチ内部の問題のようです。分解前の動作中、この部分から「ジー」というノイズも出ており、微妙にターンテーブルに振動を伝えているように思えました。



別なアングルから撮った電源スイッチ部分です。



速度切り替えスイッチ部分のクローズアップ。丸いツマミのついたレバーを左右に動かすと、金属片が動いて、やはりマイクロスイッチのタブを押し込んだり、解除したりします。



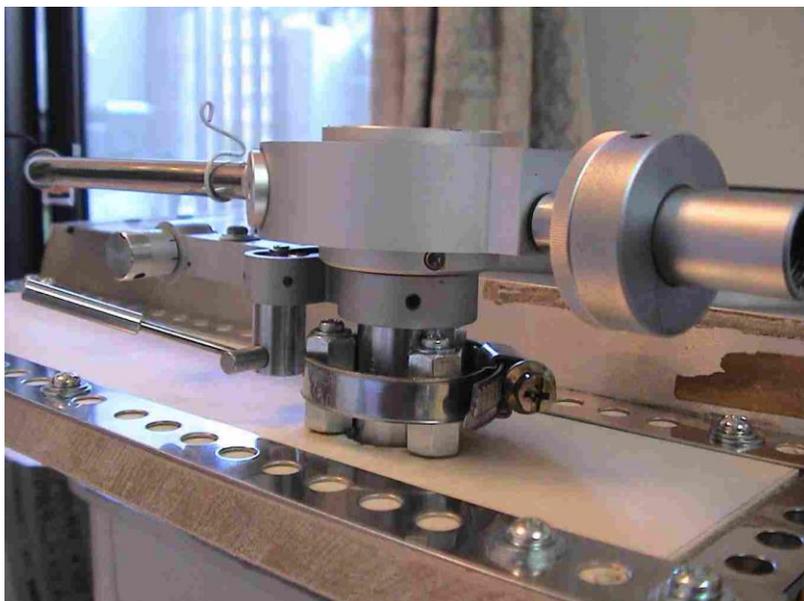
デザインの問題を除けば、もっと動作確実なスイッチで代用できるはずですが、そこで、ごく普通のトグルスイッチ2個で置き換えることにしました。



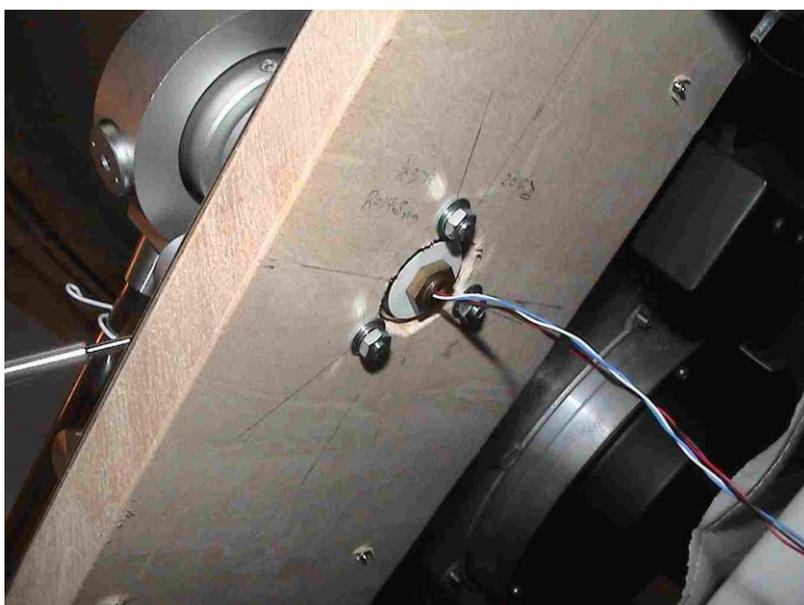
スイッチボックスをまるきり入れ替えた後の SP-10 裏側です。中心の黒い円形のカバーが、モーター本体です。左上の小さな箱の中身は、3個のパワートランジスタか、あるいはサイリスタのようなものでした。3組のコイルに3相の駆動電流を流す素子ではないかと思えます。右上の細長くて大きめのボックスは、スプリングで釣り下げられており、重量もあります。きっと電源トランスが入っているのでしょう。左下の三角のボックスには、ネオンランプとミラーを使ったストロボ式速度確認機構と、速度調整ポリウムが入っています。



仕上がりの様子。お世辞にも格好は良くないですが、操作性はこっちの方がグーです。電源が入っているのかいないのか、トグルの向きでわかります。もっとも、きちんと動作していれば、ターンテーブルが回っているか、いないかで、もちろんハッキリするわけですが。。。。



ついでに、トーンアームの取り付け部分も改良。もっと長いボルトを3本立てました。



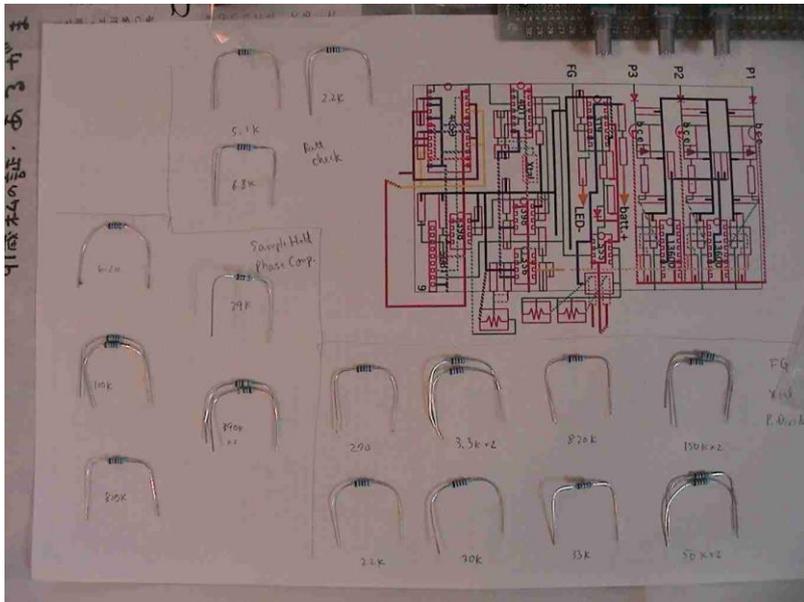
アームベース裏側。長ボルトは木ネジによる固定でなく、3mmφのビスでしっかり締め付けました。ベース板は軟らかめのラワン材なので、ネジを通す穴にアロンアルファを染み込ませて木材を固めました。

何だかんだでいじり出すと終わりませんねえ。肝心のDC化は何時になることやら。(Part 6.1の終わり:  
2002.11.17)

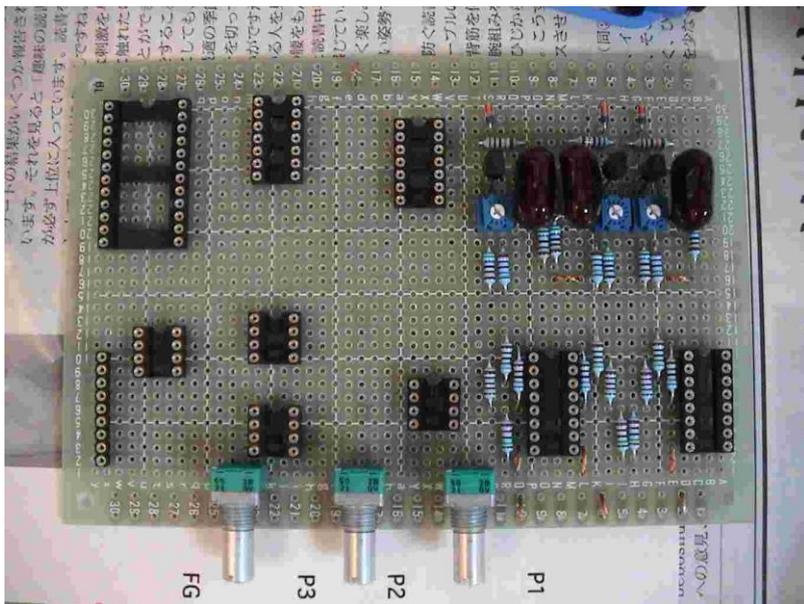
## DC化へ至ル道猶遠シ、ノ巻

DC化猶遠シ。

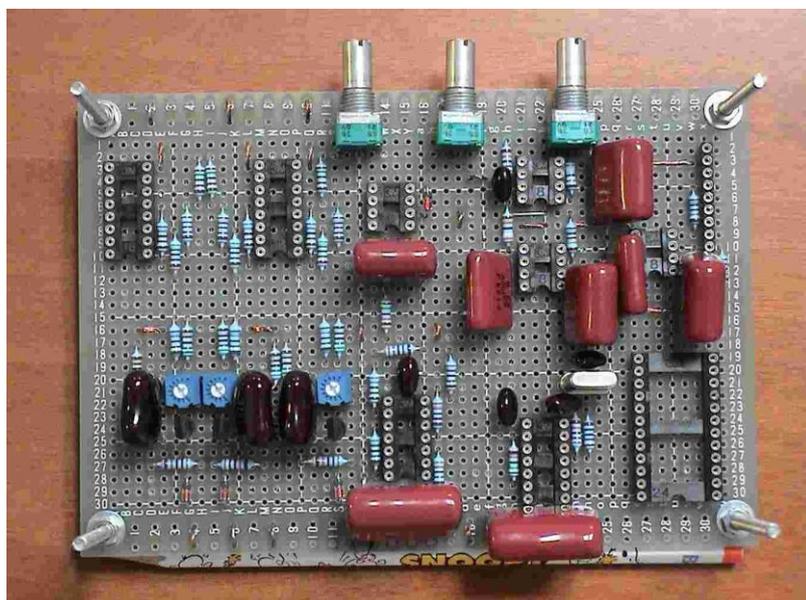




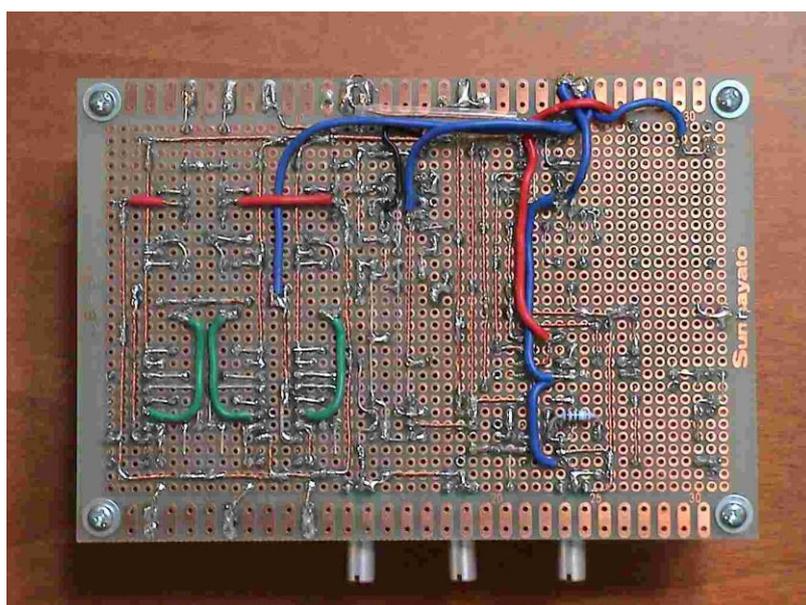
それでは配線にとりかかりましょう。部品点数／実装密度とも、「とおるさん家」始まって以来の難易度です。抵抗はフィリップスの金属皮膜。小型で使いやすく、在庫も豊富。ラジオデパートは2FのK神無線で扱ってます。念のため一本一本テスタで抵抗値を確認し、台紙に張り付けておきます。コンデンサはV2Aなどもとより入手不能なので、ポリエステルフィルムコンで代用、SEではなくフツのディップマイカも活用しました。全ては、ローコストにDC化を実現するため。



まずは手始めに、3回路のゲインコントロールアンプ部分を仕上げにかかります。実際の基板上のレイアウトがはっきりわかるように、ICソケットだけは先に配置してしまいます。配線図には基板と同じマス目を引いておき、穴の位置、裏打ち配線の列／行位置を間違えないようにしておきます。



FG 入力部分とコンパレータ、モノステーブルマルチ、1MHz クロックオシレータ、サンプルパルスオシレータ、加算アンプ、サンプルホールド。。。と組み上げたのが上図です。CD4059A まわりの配線はまだ行っていません。分周プログラムの内容を理解してから、と思い、手つかずです。



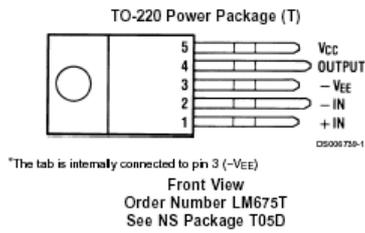
基板ウラの配線の様子。できるだけスマートに、と思いつつ、でもやっぱりジャンパー線が縦横に交差してしまいます。要するにあとで見ても信号の流れや、電源ラインの位置がはっきり分かるようにすることで、が、そうは問屋がおろさないみたい。難しいや、コレは。

嗚呼！猶道遠シ！半バニシテ止ンヌル哉！光陰矢ノ如クシテ学成リ難シ。何ちて、来年に望みを託すとおるさんでした。。。 (Part 6.2 の終わり:2002.12.29)

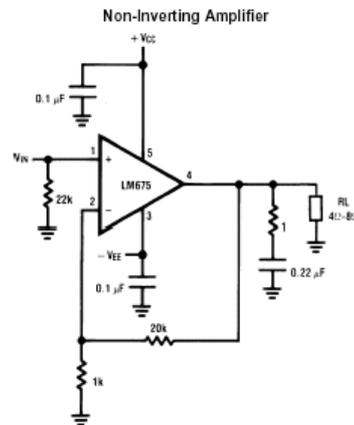
# 簡易型ドライブアンプの巻

禁断のパワーオペアンプを採用。

## Connection Diagram

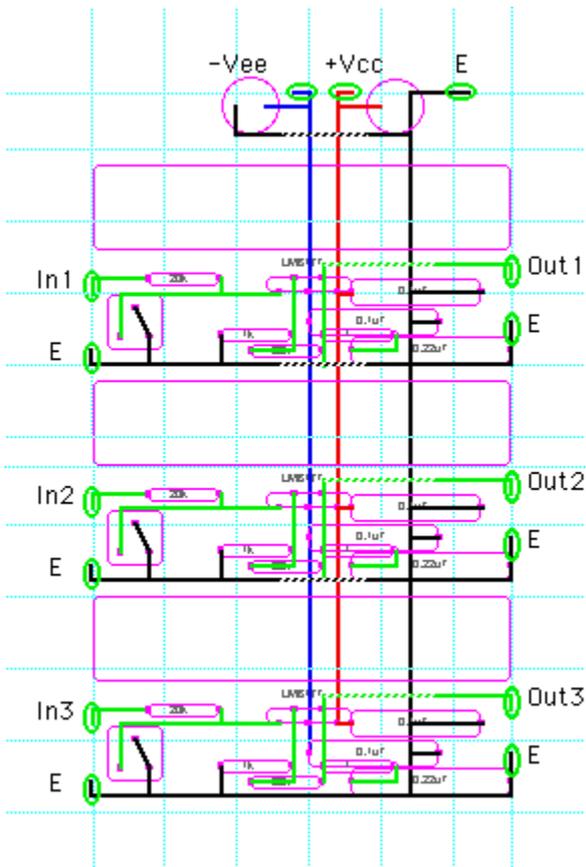


## Typical Applications

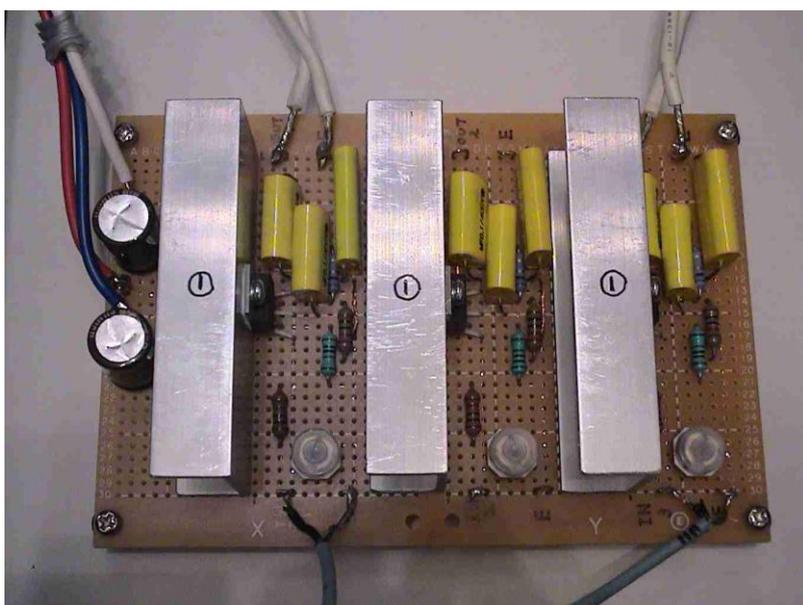


金田氏設計の純正 DC アンプを、モータドライバに使いたいのは山々です。しかし、そこに立ちはだかるパーツ入手難、およびコスト、組立時間。コツコツやりたいところですが、何時までたってもはかどりません。特に、メタルキャン型のトランジスタは高いし、大体思いつきり廃品種です。何より一番の大敵は、忘年会／新年会の嵐でちっとも資金が貯まらないこと。とうとう業を煮やして禁断の一手に出ました。教祖様ご免なさい。今回は NS 製のパワーオペアンプを使うことに決めました！ともかく、まずは簡易型 IC アンプを利用して DC ターンテーブルの基本動作を確認し、後々ゆっくりとドライブアンプを純 DC 化することにしようとの遠大な(?)計画です。

さて、ナショナルセミコンダクタのウェブサイトには数種類のパワーオペアンプがあります。一番ポピュラーなのは、80W の高出力キャパのある LM12 ですが、これはアイドル電流、定格駆動電圧ともに、バッテリー駆動の目的に適いません。色々さがすと、あったあった！ LM675T なら、電源電圧は $\pm 8V$  から $\pm 30V$  までに設定されています。スペックシートにある測定データを見ると、電源電圧が $\pm 6V$  程度まで低下しても動作可能なようです。おまけに、アイドル電流は Typical 値で 18mA、と極小です。これなら、電圧利用効率最大、アイドル電流最小、にチューニングした GOA アンプと同じように使えそうです。LM675T の想定用途としては、オーディオアンプの他、サーボモータのドライバ、などが挙げてありました。LM675T は、トラ技の広告などで見ると 1 個 1000 円以下で売られています。小生はサ◇一電気で仕入れました。余談ですが、30 年程も前、uPC20C という NEC 製のパワー IC を使って初めて IC アンプをこしらえた時、自転車でこのお店に出かけていった記憶があります。もうつぶれちゃったか(失礼!)と想像していたら、今でもちゃんと頑張っているじゃありませんか。吃驚しました。秋葉原に出かけていなくてもすむぞ。

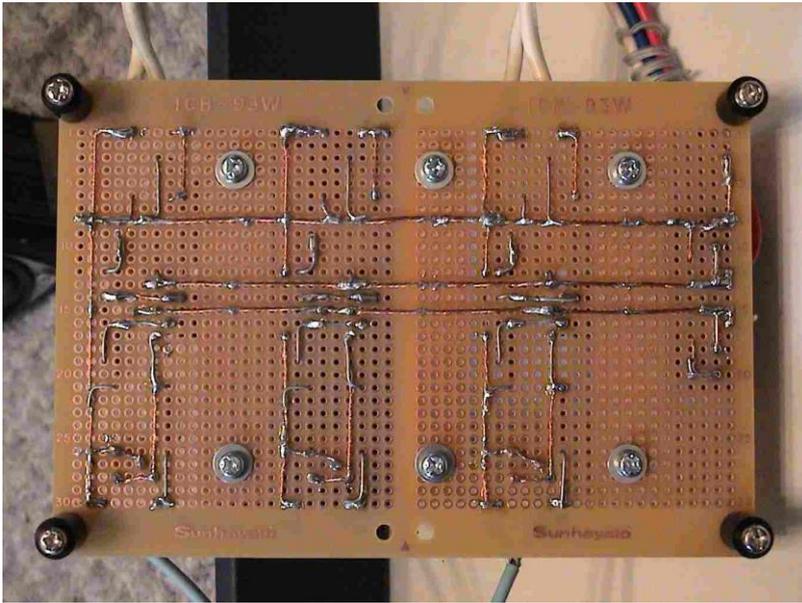


例によって基板配線図をアップルワークスでこしらえました。この程度の実装密度ならわざわざ図面を起こすまでもないかと思ったのですが、部品を並べてみると意外に窮屈です。それでも、ドライブアンプ3つ分をヒートシンク含めて9X14センチの基板に全て納めることができました。個々のアンプの電源には0.1uFのフィルムコンをバイパスとしてぶら下げ、基板の+/-電源入力部分には100uF/50WVのケミコンをそれぞれ配置しました。アンプ間の干渉を少なくするのに効果があるかもしれません。サイズもコンパクトですが、このドライブアンプ3台分の部品コスト総額も、純DCアンプのおそらく1/3以下と、超コンパクトです。



実装が全て終わった状態。アルミアングルを加工し、簡易型ヒートシンクとしました。パワーオペアンプのフランジは電源のマイナス側(3番ピン)と内部で導通しています。今回は絶縁を取らずに直接フランジを

ネジ止めしましたので、このヒートシンクにはマイナス電源が出ています。アースリードなどとショートさせない様、要注意です。後で電源(片側 9V)を接続し、動作させましたが、このヒートシンクは殆ど温まりません。アイドル電流約 20mA、電源電圧トータル 18V で、チャンネルあたり 360mW 程度の消費電力です。



基板裏側。チープなアンプですが、電源回り含めて配線だけはしっかりしたものにすべき、と考え、7本より線で配線です。ICピッチの基板配線、昔は楽勝でしたが、最近心なしか細かいところが見えにくい。トホホ。。。

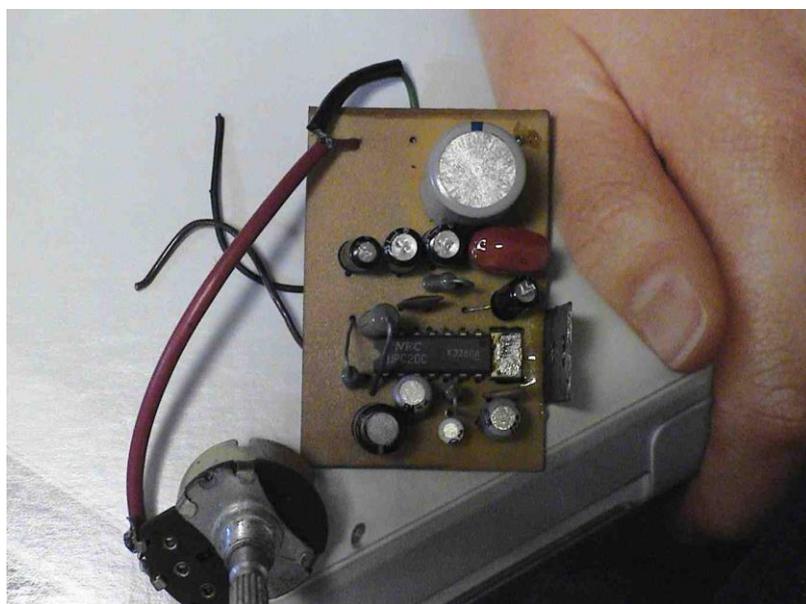


はて？モータードライブアンプとしての性能はどうやって見極めるのだろうか？一応、全ての配線などチェックが済んだ基板を前にしてしばしば考え込んだ。んで、安易ですが、ポータブルのCDプレーヤと、モニター用のスピーカを接続し、サイモン・ラトルさん指揮のマーラー5番の試聴と相成りました。このモニタスピーカは、アンプの改造／試作のたびにこれまで幾度となく使用してきたものです。口径は7.5cmと小さいですが、8Ωで30Wの耐入力があり、しっかりしたマグネットと磁気回路を持っています。普段は、寝室にある自作のFMレシーバに繋がっているのですが、ちょっと失敬して。。。プチッとスイッチオンしました。ポコ音もせず、サーっというノイズも出てこないの、ありゃ？と思っているうち、CDがスタートしました。おもむろ

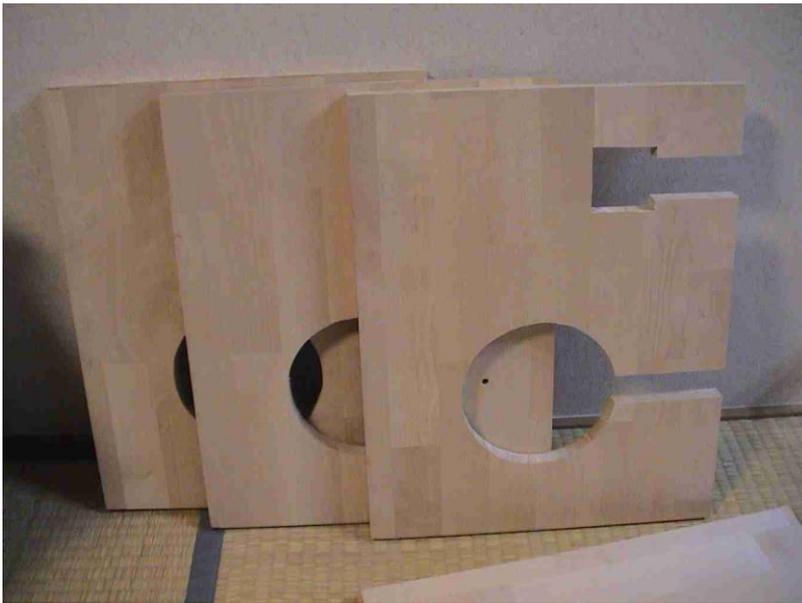
に入力回路のボリュームを回すと、ちゃんと音楽が鳴りはじめました。音質には全く期待していなかったのですが、驚くなかれ、結構躍動感もあり、同時に緻密な音色です。御覧の通り、スピーカの箱は、横着してダンボールの元箱をくりぬいた小さなものです。バツル効果も、バスレフ効果も、何もあったものではありません。低音の量感が得られないのは無理ありませんが、出てくるサウンドは決して非力ではありません。コーン紙に触れてみると、ビシビシと力強い振動も伝わってきます。思わずメインスピーカにつないでみたくなりましたがやめときました。もしこちらの方が優れていると言うような結論が出てしまったら空しいと思い。。。それにしても、アルカリ乾電池(単2型 12本)の電源から得られるエネルギーとも思えん。しばし感動しつつ音楽に聞き入ってしまいました。将来、純 DC アンプと交代させたら、寝室用システムに栄転を命じてあげようっと。

DC ターンテーブルの完成まで、なおも遠い道のりを残していますが、今回の「仮」ドライブアンプと合わせて、 $\pm 5V$  の3端子レギュレータ、位置信号発振器、SP-10 の速度検出用フォトセンサの部品も「サ◇ー電気」さんで仕入れました。ようやくゴールが見えてきた思いです。あとは、ターンテーブルとモータを固定するプレーヤボードの設計／製作が次のヤマです。今までと趣きを変えて、今度は木工中心に大工さんに成り切らないといけません。何が楽しいって、とりあえず道具と材料相手に背中丸めて没頭している間はシアワセそのものだ。オクさんにも、ムスメにも、この気持ちは分かるまい。(Part 6.3 の終わり: 2003.02.02)

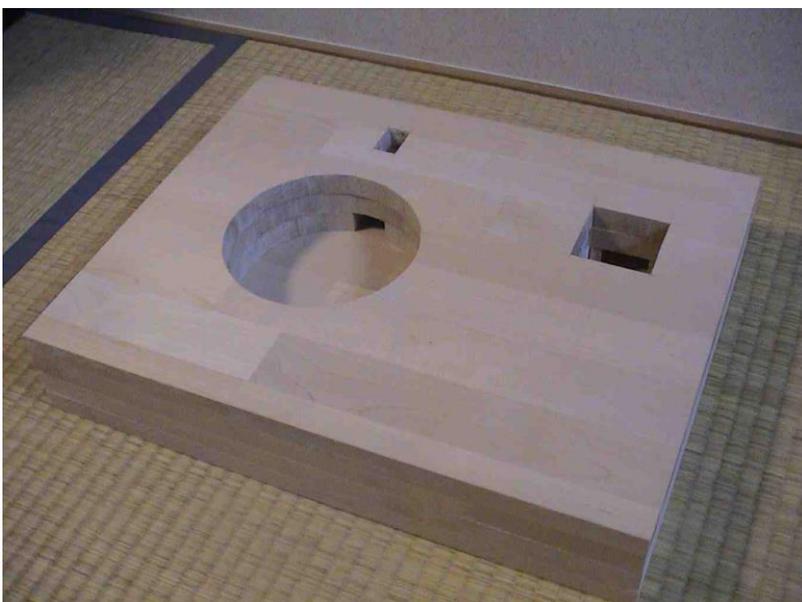
番外編: 前述の uPC20C。懐かしいので下記に写真を載せちゃいます。高周波1石 AM ラジオをつないでスピーカを鳴らしたり、FM ラジオの電力増幅部に使ったりしていました。この IC で遊んだ人、小生の他にもいるんじゃないかなあ。。。。



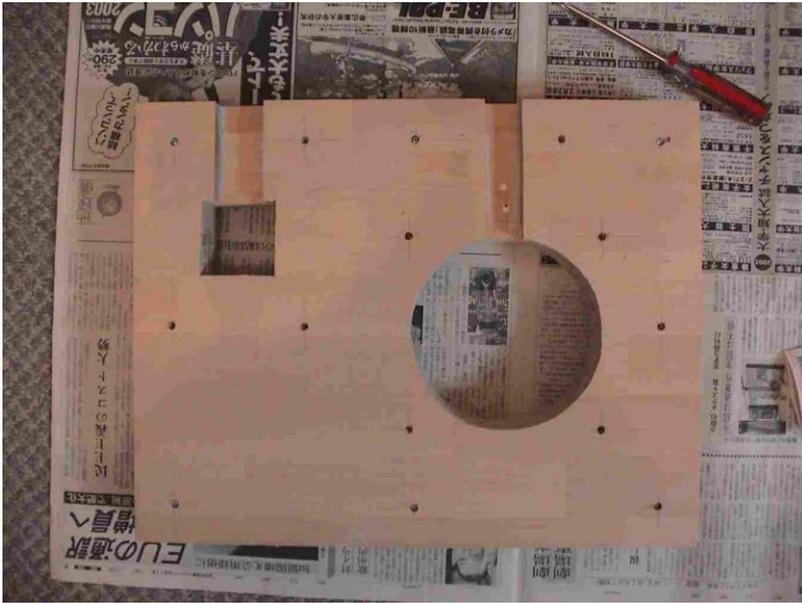
## ターンテーブルボード工事中！！



DC ターンテーブルの製作は亀の歩みのごとく進行中。ようやく、ターンテーブルボードの準備にとりかかりました。悩んだのは、適切な木材の選択と、入手です。横浜の東急ハンズに何度となく足を運びましたが、コレという素材が見当たりません。K 先生によれば、ラワン合板などもってのほか、パーティクルボードもだめ。かといって、お勧めの桜材なんてどこにも見当たらない。天然の丸太をそのままスライスしたような粋な素材はありますが、高価で勿体ない感じです。フト日曜大工店に立ち寄ったところ、「ヨーロッパバーチ」の集成材が目にとまりました。パイン材よりもさらに目が詰んで、ズッシリとした重みがあります。厚さ 20 ミリ x910x400mm という板材を2枚、購入しました。この板材から、横幅 450mmx 奥行き 350mm のパーツを4枚切り出し、うち3枚には SP-10 のモータ本体が納まる丸穴 (R=76mm) と、トーンアーム用角穴 (60mm□) を加工してもらいました。これらの加工は全て、お店に有料でお願いしました。木工用の工具が手元にないのと、ウデに自信がないのと、ナイナイづくしです。もっとも、ジグソーでの丸穴加工には、お店のおじさんも相当苦労していました。



一番下の板は何も加工なし。都合4枚の板を重ねて仮組した状態です。厚み 80 ミリのどっしりしたプレーヤボードになります。これぐらい重量感があると、出てくる音も違いそうだ。仮住まいの「スケルトンプレーヤ」との比較が楽しみです。



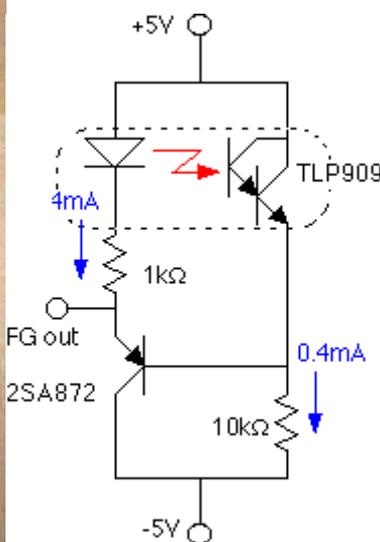
その4枚の板を木ネジで本組みしている様子です。一番上面の板材を裏返しておき、2枚目の板材にネジ穴を約 10 数箇所明けます。板の周囲だけでなく、モータの丸穴や、トーンアームの角穴の周りにもネジ穴を配置します。両方の板の接着面にまんべんなく木工ボンドを塗り、木ネジをネジ込みました。同じく3枚目、4枚目と順次重ねて接着、ネジ止めをしました。都合、50 本近くの木ネジを締め付けたので、手にマメができました。やはり小生のウデが悪いのか、よくよく見ると、木口のところで板材と板材の間に少しスキ間ができてしまい、がっかりしました。ネジ穴をバカ穴にしておかないと、締め付け具合で板が多少反ったり、歪んだりしてしまうようです。やり直す気力はなかったので、まずは接着剤の乾くのを待ち、木口のスキ間には、木の削りカスと木工ボンドとを練り合わせた自家製パテを埋めることにしました。パテが乾いた後、サンドペーパーで磨いたところ、スキ間は目立たなくなりました。



さらに悩んだのが、モータコントローラとドライブアンプを納めたボックスの形状と、配置方法です。結局上の写真にあるように、400x300mm のアルミ板をシャシとし、補強アングルと、残りの板材を使って、簡易ケースを仕上げました。ヨーロッパの側板の強度が十分なので、このコントローラボックスの上にターンテーブルボードを乗せても大丈夫そうです。いかんせん、プレーヤを置くスペースが限られているので、工夫が要ります。

さて、ここからが最大山場じゃ。モータをボードに設置、速度検出用のフォトインタラプタを埋め込み、コントローラとの配線、調整、トーンアームの設置、とトントン拍子に行けば良いのですが、これまでの諸先輩はそれなりに苦労しているようだ。もしコントローラ基板の配線ミスがあったら、こちらにはオシロもないので、トラブルの原因を探り当てるには相当根気が要りそうだ。どうなることやら。(Part 6.4 の終わり: 2003.03.06)

## SP-10 の DC 化ついに完了！！



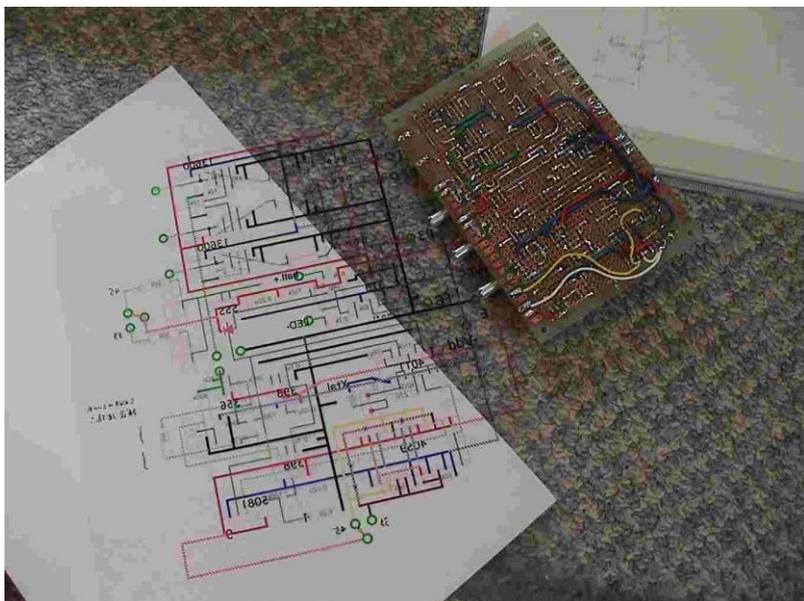
DC ターンテーブルの仕上げは一気に進行しました。この間、毎週末の徹夜続き。月曜は仕事だっちゃんのに日曜の深夜に及ぶ突貫工事を数回繰り返しました。まずは、「入口ページ」にありましたようにプレーヤボードは、ウレタン系ニス Sprey にて4回ほど塗り重ねました。本当はクリヤに仕上げたかったのですが、間違えて「つや消し」を買ってしまいました。こちらのほうが落ち着きがあって結果オーライとなりました。上の写真は、そのあと東芝製フォトセンサ TLP909 を埋め込んだところです。K 先生のオリジナル回路のようにフォトランジスタと可視(赤)LED の組合せるのは大変なので、何か便利な素子はないものかとインターネットを検索しました。このフォトセンサはフォトランジスタと赤外(見えない)LED とがひとつのパッケージに納められた大変便利なものです。インターネットで調べた時、マイコンロボットコンテスト用のマシンにラインセンサとして組んだ例を良く見かけました。反射体の最適距離は2ないし5ミリ、とあります。受光用トランジスタはダーリントン型なので、コレクタ電流は普通のフォトトラよりも大きめですので、右上の回路図のように定数を設定しなおしました。SP-10 のターンテーブルの裏側にあるストロボパターンの白黒に応じ、FG-out 端子の電圧は0Vを中心に $\pm 2V$ ほど振れます。FGアンプや微分回路は不要で、ダイレクトにコンパレータ(LM319N)に入力してもきちんと動作します。ちなみにコンパレータのヒステリシスレベルの設定は0.5V としました。



上の写真はいよいよ心臓移植手術前夜の SP-10 オリジナルと、新しいボードを並べたもの。結構この「スケルトンプレーヤ」の音も気に入っていたので、ちょっと名残惜しいし、もし手術に失敗したらどーなるんだろう。結構緊張しました。実はこのあとモータ本体を新しいボードにはめ込もうとしたところ、穴径がほんの少しだけ小さく、ヤスリでゴリゴリと微調整する羽目になりました。このヨーロッパアンバーチ、ほんとに固い。金属用ヤスリの日も詰まってしまって全然削れないので、モータがピタッと収まるまで2時間程も費やしました。



左上の写真は、SP-10 モータの裏側にマウントされているオリジナルの制御回路基板です。四角いコイルが見えますが、位置信号用の発振器部分でしょうか？右側が、この回路基板を切り離して、モータ本体から出ている配線の中継するために新しくユニバーサル基板を配置したところです。DC 制御に使わない配線もこの中継基板にハンダ付けし、プラプラ遊ばないようにしておきます。モータとターンテーブルを乗せ、さきほど説明したように光学 FG が動作するかどうかチェックしました。



本格的に制御回路基板を実装／接続する前に、もういちど配線パターンのチェックです。K先生の教本に従わず自分で起こした基板なので、念入りに調べなければ。でも、正直に言わせてもらえば、回路図にできるだけ忠実な配置／配線の方が、チェックしやすい。「ヴァーチャル配線」の過程で起こした基板接続図をOHPにプリントアウトし、実物の配線済み基板のウラ／オモテとも対照しやすくなりました。なかなか良いアイデアでしょ？この後、以下の順番で配線／チェック／組立が進行。

1) 制御回路基板の+電源／グランド／-電源間の抵抗を実測。ICはまだ挿さない。+電源とグランドの間は約39k $\Omega$ ですが、コンパレータのヒステリシスループに入っている抵抗値の総和に相等します。-電源とグランド間は約4k $\Omega$ 。位置信号検波後のレベルシフト回路3つ分の並列抵抗に相等します。これを確認した後+/-5Vの定電圧電源を配線し、各ICソケットの+V<sub>cc</sub>／-V<sub>ee</sub>ピンをテスタで能って、正しい電圧が掛かっているかどうかをチェックします。

2) コンパレータIC(LM319N)を挿入し、光学FG(TLP909)の出力を接続。ターンテーブルをゆっくり回し、コンパレータの入力レベル／出力レベルをテスタで調べます。ターンテーブルの回転に伴い、コンパレータの出力は+4.7Vと、-4.7Vとを交互に出力します。

3) モータに高周波信号を入力する前に、位置信号発振器の動作をチェック。制御回路基板の3つの位置信号検波ダイオードのうち、一つの入力にダイレクトに位置信号発振器の出力(出力コンデンサを介さず、エミッタフォロウの出力からそのまま)を接続し、ダイオードの後ろのタンクコンデンサ(5100pF)のDC電圧をテスタで当たります。発振回路の半固定抵抗を回すと、ある位置からテスタが振れはじめます。DCでピークで5V程度まで上がり、あとはかえって減少します。半固定抵抗の位置はピークの手前に戻しておきます。最初、出力コンデンサを通して検波回路に入力していたのですが、全くDC電圧が出てこないで悩みました。

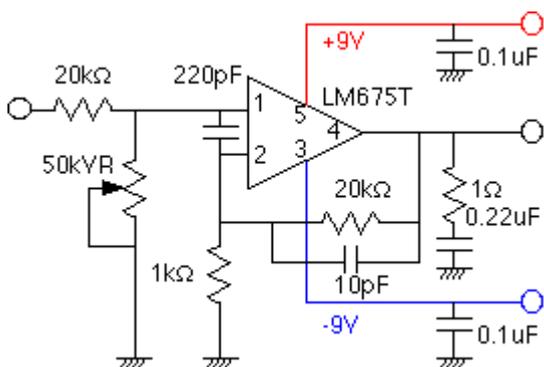
4) 今度は発振器の出力をモータに接続。さらに、モータから出ている3チャンネルの位置信号出力を制御基板に配線し、制御基板にはゲインコントロールIC(LM13600N)を挿入します。電源をオンし、ターンテーブルを手で回すと、LM13600Nのそれぞれの出力は+/-0.5V程度の範囲で増減します。K先生の記事にあるように、ゲインコントロール電圧はグランドに固定しておかないと、この測定はうまく行かないかも知れません。さらに、ドライブアンプを接続し、その出力が3チャンネルそろって+/-6V程度となるよう、ドライブアンプのゲインを調整します。この段階までは、テスター丁で確認できるし、比較的ラクです。

5) ここから先は、もはや基板配線に間違いのないことを祈るのみです。加算用LF356N、モノステーブルタイマIC(NE555P)、サンプルパルス発生用MC14011B、速度制御用サンプルホールドLF398Nを挿入して、いよいよ速度制御のチェックです。

LM13600N の出力をドライブアンプに配線。ゲインコントロール入力は LF356N に接続。しばしためらいましたが、エイッとスイッチ投入。。。。回った！ターンテーブルはおもむろに回転をはじめました。速度スイッチを切り替えると、どうやら早くなったり(45rpm)遅くなったり(33.3rpm)するようです。ターンテーブルにはストロボスコープが乗せてあるので、速度調整 VR をひねくって様子を見てみました。VR を回転すると、ストロボのパターンが微妙に加減速し、おもわず、「よっしゃあ！」と叫びました。しかし、待てよ？バッテリーチェック用 LED がチカチカ点滅しとる！おかしいなあ、アルカリ電池は新品のはず。即座に電池の出力電圧を当たると、9V のはずが 7.2V 近くまでドロップしています。過大電流か？ふとドライブアンプのヒートシンクを触ると、結構熱くなっている。事前にオーディオアンプとしてチェックした時もこれほど熱くはなっていませんでした。「すわ、ドライブアンプの発振か？」

6)一度電源を落とし、+電源配線の途中に電流計を接続して再びスイッチを投入したところ、何と1アンペア以上も流れています。ドライブアンプの LM675T のアイドル電流は正常なら 20mA 弱で、全電流合計でもせいぜい 150mA 程度のはずです。発振の疑いがあるため、ドライブアンプのゲインを一度最低に絞り込んでからスイッチを再投入してみました。当然ながらモータは回りません。3つのドライブアンプの調整用 VR を少しずつ回してゲインを増やすと、ゆっくりとモータは回りはじめました。この時点で、電源電流はほぼ正常値の 150mA 内外です。もう少しづつゲインを増やすと、あるところから急に消費電流が増加し、さきほどのように1アンペア近くまで増えてしまいます。どうやら本当にドライブアンプが発振しているみたいです。気を取り直して、アンプが発振する手前にゲイン調整用 VR を戻しておき、4)まで戻って、3つのチャンネルの出力振幅が等しくなるよう、再調整しました。ただし、ドライブアンプが発振しないよう、出力振幅は 2.5V 程度に抑えました。

7)ここでもう一度ドライブアンプの出力をモータへ接続し、ターンテーブルの回転を見ます。ドライブアンプのゲインが不足しているので、当然定速回転には達しません。いかにもノロノロと動いています。そこで、業を煮やしたと言うか、エイヤというか、一度スイッチをオフにしたところで残りの IC を全て実装。つまりこの際位相制御までかけてしまおうと判断しました。で、再度スイッチオン。位相制御(PLL)用 VR を右に回してゆくと、あるところからピタッとストロボスコープの縞が明瞭に停まって見えるではありませんか！おおっ！とりあえず定速回転しとるぞ！45rpm/33.3rpm の速度調整用の2つの VR と、PLL 用 VR を微妙に合わせ込めば、まずは調整完了です。翌日、翌々日とドライブアンプに手を入れ、NFB 抵抗に並列に 10pF、+入力端子とグランド間に 220pF のセラミックコンデンサを入れたところ発振はピタリと止まりました。ゲイン最大にしても、消費電流は安定です。



8)上記が、位相補正などを手当てしたドライブアンプ1ch 分の回路図です。発振は嘘のようにおさまりましたが、アンプの増幅帯域は狭まっているはず。オペアンプ IC の限界でしょう。やはりお金をかけて、ゆくゆくは GOA 式の DC アンプに切り替えたいところです。ともあれ、この状態で、4)まで戻ってもう一度念入りに3つのチャンネルのバランスを取りました。ターンテーブルを回した時、全てのチャンネルの DC 電圧の振れ幅が $\pm 6V$ 程度となるように各入力回路の 50kΩ の半固定抵抗をセットしました。

9)このあと、LM13600N と LF356N との間の配線を元に戻し、ドライブアンプの出力をモータに結線。スイッチを入れ、ターンテーブルの回転数をストロボで見ます。ドライブアンプのゲインを絞っていた時よりはマシですが、PLL の制御ゼロの状態では、速度調整 VR を回し切ってもストロボパターンは静止しません。「オーディオ DC アンプシステム」に掲載のパラメータでは調整範

囲がカバーしきれないのかも知れません。しかし最終的には、PLL 制御 VR を少し回せば、定速回転に合わせ込むことができました。まずはめでたしめでたし、です。



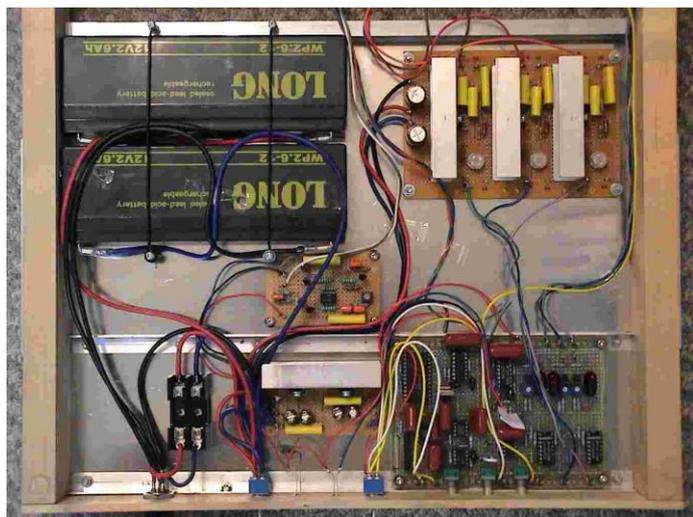
ターンテーブルの定速回転動作はとりあえず確認できました。音を聴いてみたい！ってんで、早速トーンアームを実装しました。左がトーンアームを実装して完成した DC 制御 SP-10 プレーヤの全景です。アームの固定方法は、スケルトンプレーヤ時代に編出した「ガスホースバンド方式」。ただし、今回はあくまで「木」にこだわりました。トーンアームの支柱(20mmφ)を囲むようにサクラ材製 15mmφ / 10mm 厚の「コマ」(ハンズで見つけた。中心に 3mmφ の穴が明いている)を3つ、5mm 厚の紫檀の板にネジで固定。これを支えにしてアーム支柱の垂直出しをします。あとは、ホースバンドで、コマ3つごと支柱を締め上げればできあがり。思いのほかがちりと仕上がりました。できあがったこのアームボードを、プレーヤボードにネジ止めし、後側の RCA ジャック端子にカートリッジの出力を接続しました。(右上写真参照)

さて、肝心の音。もともとのモーターとターンテーブルがやはり名器、ということなののでしょうか？ DC 制御回路の使用前 / 使用後の比較は、そんなに容易ではありません。さきほどまで現役だったスケルトンプレーヤは、心臓をルーキーに託して部屋の隅にひっそりとうずくまっています。今は、代わりにそのルーキーが産声をあげています。生まれたてで、荒々しいところがありますが、DC 制御とバッテリー駆動で、楽曲の行間に異次元の静寂があります。(大袈裟！?) 低音にはより力強さが増した様です。最近聴きはじめてマラーの1番(バーンスタイン指揮)を、この新生プレーヤに奏でさせました。生演奏を知らない小生の脳みそにも、コンサートホールの奥行きを彷彿とさせてくれます。(Part 6.5 の終わり: 2003.03.21)

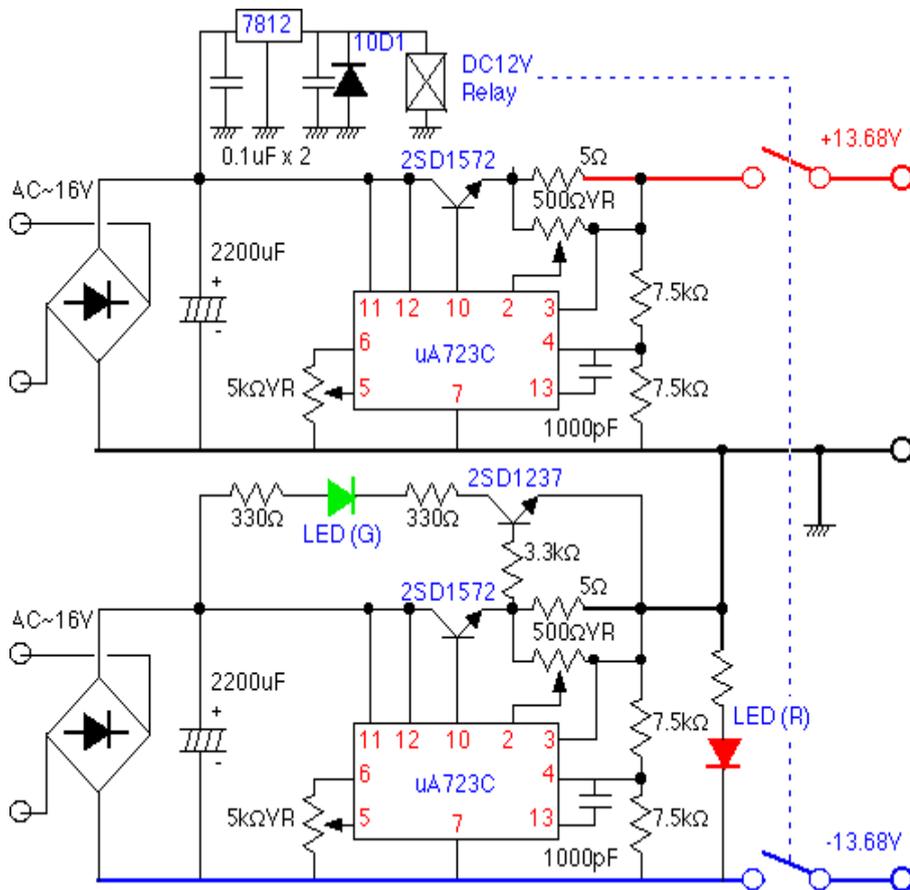
## 鉛蓄電池搭載の巻



ターンテーブルの DC 化が完了してのち、早くも2ヶ月近く経ちました。この間、ほぼ毎週末レコードびたりです。土日で6時間くらいは聴いているかもしれない。新品のアルカリ乾電池(単2型を12本)は、約4週目で果ててしまいます。ある時などは、レコードを聴きながら眠りこけてしまって、覚めたらモーターが停止していました。当然バッテリーチェックの LED も消えていました。新たに乾電池交換、ということで、ちまたの量販店でできるだけ安いものを探しましたが、結局 CD が一枚買ってしまう程の出費になります。どうにも勿体無いし、環境にも優しくない。さらには、例によって凝った造りにしたおかげで、電池交換の時はターンテーブルごとエイヤと抱え上げ、蝶番で固定されている制御回路部分を折り返して開けないとダメです。大変だし、コシに悪い。と、いうわけで、上の写真のように、12V の完全シール型の鉛蓄電池に乗せかえ、そのまま充電できるようにしました。

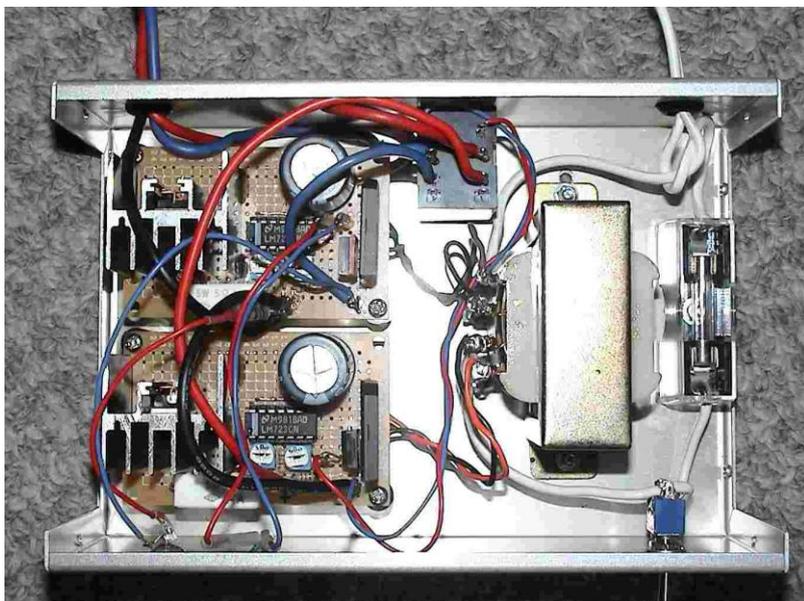


鉛蓄電池を搭載した制御回路シャシを真上から見た様子です。バッテリーのサイズは、12V 2.6Ah／／178X34X60mm／1.05kg、です。秋◇電子で充電キットと一緒にそれぞれ2セットずつ購入しました。モーター回路 On/Off 用の 6p トグルスイッチをそのまま活用し、OFF 側回路の端子から充電電圧供給用のコネクタへ配線を導き、モーターの OFF 時に充電回路が接続されるようにしました。しかし、あとで気がついたのですが、充電電圧供給用のコネクタに誤って金属片を突っ込んだりするとそのままバッテリーがショートし、内部で破裂などする危険があります。そこで、1アンペアのヒューズを+/-回線にそれぞれ挿入しました。また、充電器を接続しない時はこのコネクタにゴムキャップをかぶせて保護するようにしました。鉛バッテリーのショートは恐ろしい、と聞きます。用心に越したことはないでしょう。



上記は、秋◇から買った充電キットのオリジナル回路に手を加えたものです。最初、充電器の電源を OFF したまま、満充電された電池を抜き差ししたら動作なくなっていました。てっきり外付けの制御トランジスタがぶっ飛んだのかと思い、外してテストで当たったところ生きていました。昇天していたのは uA723C の方でした。幸い、uA723C は安い IC だし、ソケットを使っていたので、交換は簡単に済みました。しかし原因不明で死んでしまったのはどうも合点が行かない。ウェブで 723C を検索したら、良くしたもので、充電回路の On/Off に応じて出力端子と電池とををリレーで切り離す工夫をされている方がいました。多謝！早速見習わせていただきました。IC が動作していない状態で、電池から電流を逆流させると、内部の基準電圧ダイオードか何かを壊してしまうようです。また、満充電状態に近付いたかどうかが分かりにくいので、電流検出用の 5 オームの両端の電圧を利用して、緑色の LED を光らせる簡単な回路を付加しました。小生なりに工夫してみましたが、うまく行きました。

調整方法： 1) まず電池を接続しないで、無負荷の状態 で 723C の 5-6 番ピンに入っている 5k の可変抵抗を回し(6 番ピンに内部基準電圧が出ている)、出力電圧を 13.68V に設定する。またこの時、2-3 番ピン間の可変抵抗値は最大の 500 オームとしておく。 2) 次に、ほぼ空になった電池を接続して負荷をかける。500 オームの可変抵抗を調整し、電流検出抵抗(5 オーム)の両端電圧を所望の値とする。小生の場合は、2.6Ah の電池を使ったので、充電時の最大電流は 0.26A(電池容量の 10 分の 1)、従って 5 オームの両端電圧は 1.3V となる。充電電流が減って、この抵抗の両端電圧が 0.5V 程度まで下がると、2SD1237 のベース電流がオフ状態となって緑色 LED が暗くなり、充電完了が近いことを知らせる。



できあがった充電器の中身です。写真の中央上寄りにリレーが見えます。これで電池からの配線を On/Off します。写真右側のパワートランスですが、 $18V (AC, RMS) \times 0.3A$  の巻き線が2系統出ています。整流／平滑後、無負荷で  $25V$  ですが、充電電流  $260mA$  を負荷にすると、 $19V$  弱までドロップします。プラス側回路にはリレーのコイル電流  $70mA$  も加わるので、さらに  $18V$  前半までドロップします。満充電電圧は  $13.68V$  ですが、制御用パワートランジスタの  $V_{ce}$  と電流検出抵抗の両端電圧など含めて、入出力間電位は  $3V$  以上ないと定電圧制御が不安定になります。しかし、入力電圧をあまり高くし過ぎるとパワートランジスタがカンカンに発熱しますので要注意。

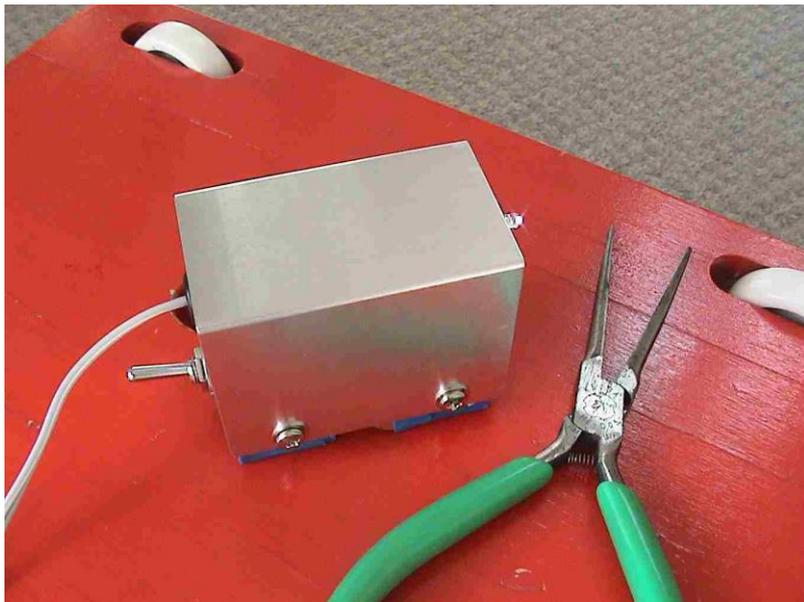


充電中の様子。ターンテーブルのフロントパネルの充電入力コネクタにケーブルを接続。バッテリーが空になっていれば緑色のランプが点灯します。ターンテーブル動作中の電流は  $160-170mA$  程度ですから、充電電流を  $260mA$  とすれば、1時間のレコード演奏あたり、40分ほど充電して補う、という使い方になるのでしょうか。。。

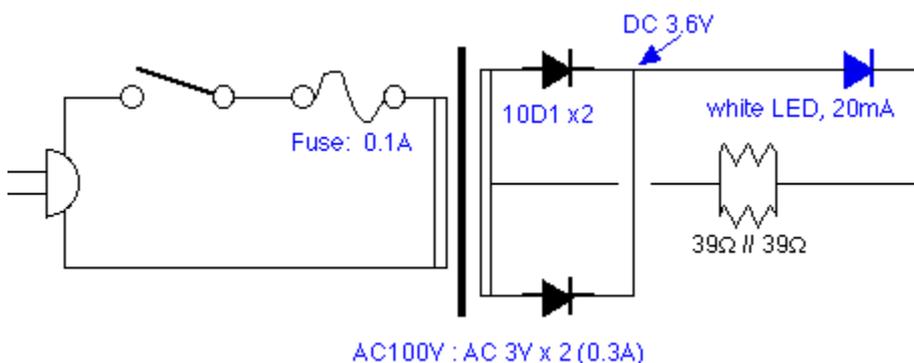
これでどうやら、レコード演奏中に居眠りしても大丈夫。充電器と電池の初期投資はバカになりませんが、毎月1回のペースでアルカリ乾電池を交換することを考えるとあつというまに元が取れてしまいます。と、

というような説明をオク様に納得してもらいました。さて、K 先生曰く「鉛蓄電池の情報密度はニッカドに劣る」とのことですが、アルカリ乾電池との比較は正直言って良く分かりません。強いて言えば、鉛バッテリーのほうが低域に重心が下がって、高域のフォーカスがやや甘めになったかな、という印象。途中で、ソニーのカートリッジ(XL15)と、オーディオテクニカの AT12G/E とを交換したりしているのでごっちゃになってしまいました。しかし、電池もさることながら、邪道のまま使用しているパワーオペアンプを純正 DC-GOA アンプに変えてみたい。果たしてその日はいつやってくるのでしょうか？(Part 6.6 の終わり:2003.05.10)

## 高輝度 LED を用いたストロボ光源 (2003.12.31)

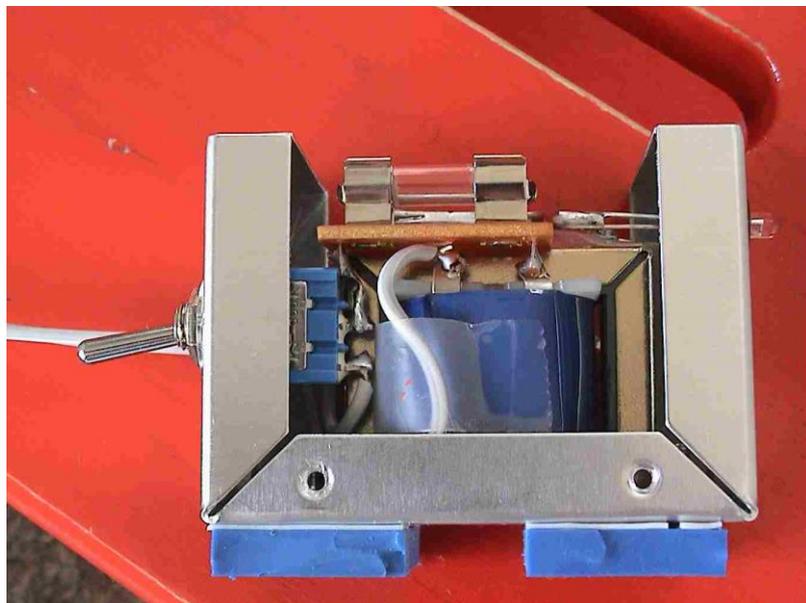


ターンテーブルの PLL 回路が急に故障、というケースは考えにくいのですが、回転数の定期的チェックを手軽に行えるようにしたいと思い、50Hz で点滅する小型光源を作ることになりました。最近の家庭の電灯は、インバータ方式などの採用で省電力化／進化したのは大いに結構ですが、左記の用途には不都合です。しかも、とおるさん家のオーディオラックの都合上、ターンテーブルは部屋の照明の当たりにくい場所に引っ込んでいます。そこで、最近 DIY ショップなどでも手軽に入手できるようになった白色 LED ランプを使って写真のような小型ランプを作りました。



至極簡単な回路ですが、LED ランプの定格電流(たまたま見つけたダイオードは 20mA のもの)を超えないように電源電圧と直列抵抗を選びます。秋葉原を歩いていたら、rms3V で2回路の2次巻き線をもつ、おあつらえ向きの小型トランスを見つけました。これを両波整流すると、ダイオードの電圧ロスをして、

ピークで3.5V強のDC電圧が出ます。白色LEDはおよそ3.6Vの順電圧を必要とするので、平滑コンデンサを入れなければ、ちょうど整流波形のピークに同期して、50Hz(両波整流の場合は100Hzかな?)で点滅することになります。念のため、LEDの定格電流を超えないように、約20Ωの抵抗を直列に入れました。後で抵抗の両端のドロップ電圧を測定したら0.3V(DC)だったので、平均15mA程度の電流が流れていました。すこぶる輝度が高く、ガラガラと光ります。真正面から見ると目を痛めそうなくらい強烈な光です。



内部の様子。回路全体を3.5 x 4.5 x 6cmの小さなアルミケースにおさめたので、単純な回路のわりには配置に苦労しました。ヒューズホルダはトランスのラグ端子に直付け。



別な角度から。整流ダイオード2本と、直列抵抗(39Ω2本並列)を空中配線し、白色LEDの足に接続します。白色LEDはゴムブッシュにはめ込んであります。



実際に使用しているところ。ターンテーブルボードの端にLEDランプユニットを寄せ、ストロボパターンを照らします。実際にターンテーブルを回し、33rpmと45rpmを切り替えて様子を見ます。今まではターンテーブル本体をラックから引き出し、天井についた蛍光灯の真下に置いて回転数のチェックをしていたのですが、これなら世話いらすです。しかも、至近距離から照らすので、ストロボの像が滲まず、視認しやすくなりました。肝心の回転数ですが、ストロボパターンがくっきり／ぴったり静止し、PLL動作が劣化していないことが確認できました。33から45への切り替えもスムーズかつ迅速。良かった良かった。

まるで子供の工作みたいですが、こんな手遊びが意外と楽しい。ふだんデスクワークばかりしていると、しびれが切れるというか、ムシが疼くというか、何ともはや他愛も無いことです。(Part6.7のおしまい：2004年1月1日)

## 名器 WE308 登場！



最近のSP-10の調子ですが、突如ワウフラッターの乱調に見舞われました。マーラーの4番、第3楽章に針を落とした時です。冒頭の妙なるストリングスが、「ほええええ～あららら～」という具合に、一介のリスナーとして、プロの演奏者ではなくともすぐ分かるような乱れ方をいたしました。ターンテーブルアンプの

パネルにある、速度調整およびフェーズロックのバリオームを調整すると元に戻りましたが、こりゃだめだ。最近思っていたのですが、どうも内蔵の鉛蓄電池の減りが早い。レコード2枚程でバッテリーの電圧インジケータがチカチカと点滅し出してしまいます。思いきってバッテリーの新品交換をすることにしました。

この際だ、ということで、モーターの軸受け油も点検だ。プラッターを外し、インナープラッターをそーつと軸受けから抜き出します。ピストンのシリンダーよろしく「すぽっ」と抜けてきました。油が固まっていることを想像したのですが、存外綺麗なもんです。若干黄ばんでいる感じだったので、慎重にふきとり、スクアランオイルを垂らしました。このオイルは、じつはオク様が化粧品のお試しでもらっていたもので、ちょこっと失敬しました。透明・サラサラの「ピュア・スクアランオイル」で、いかにも滑りが良さそう。



せっかく重いターンテーブルをラックから降ろしたので、この際サボっていた改造もやっぴまおう。。。というわけで、取りい出しましたる伝家の宝刀。。。ならぬサエクのアーム、WE308Nです。ご同好のよしみをいただいている直入さんから1年も前に譲っていただいたものです。遠い昔の青春時代にはついにお目にもかかれず、雑誌や広告を見てため息をつくばかりの、その名器が今日の前に。



今さら追加の説明も必要ありません。いまなお各方面のサイトで語られる、サエクのアーム。日本人がもっとも職人気質を発揮した、オーディオ全盛期の逸品です。ボードに装着するには若干の手入れが必要でした。まずは、アームパイプ内の配線。これは、SP-10を復活させた時に買ってあったオオイデ電気の超やわらか・極細リード線の余りを用いて処理。



次に、アーム固定用の台座(プレート)です。これには、厚さ5ミリの黒壇の板を用いました。固定リングの入る径は30ミリですが、この穴明けに手間取った。お嬢の学校用彫刻刀も動員して、苦勞の末加工完了。ターンテーブルのセンタースピンドルからの距離を慎重に測りつつ、最後はエイヤで穴の位置を決めてしまいました。台座の下には分厚く大きな固定ナットがありますが、このナットがボードの座ぐり穴一杯になり、当たってしまうのです。詰めが甘いというか、あいかわらずアバウトなおるさんですな。。。それでも、針先の位置は、指定のオーバーハング距離に大体あわせることができました。メデタシメデタシ。



この瞬間が待ち切れない。いそいそとDL-103を装着の上、針圧、ラテラルバランス、インサイドフォースキャンセラなどを調整し、レコード演奏へ。むむむむ……なるほど、低音の出具合が違ふ。もしかしたらバッテリーを新調したからかも知れないが、それにしてもどしっと落ち着くこの感触。良いような気がする。

久々のレコード演奏に、とお茶の水で仕入れた、ショルティ指揮・ベートーヴェン7番と、ワルター指揮のマーラー4番。どちらも相当年代物の盤面ですが、暴れず騒がず落ち付いてトレースしてくれます。調子に乗って、地元のハードオフで仕入れた、懐かしの「幻想飛行(ボストン)」もかけてみましたが、びしっとまとめてくれました。



これまで、約4年間お世話になったマイクロ(と伝う)製トーンアーム。ようやく現役引退でお疲れ様でした。1000円ちょっとで仕入れたジャンク品とはいえ、なかなかの音質ではありました。代わって WE308 は早速お気に入りのレコードを次から次へ演奏始めておりますが、一言でいえばやはり低音の出方が一番の改善点です。ただし、古いものですので、自慢のダブルナイフエッジの部分は新品の時のその性能を保っているというわけには行かないでしょう。アームケーブルを入れなおすときに、とおるさんの慣れない手付きでエッジを受けから外すようなこともしています。。ともかく丁寧に扱うことにいたしましょう。(Part 6.8の終わり:2007.02.11)

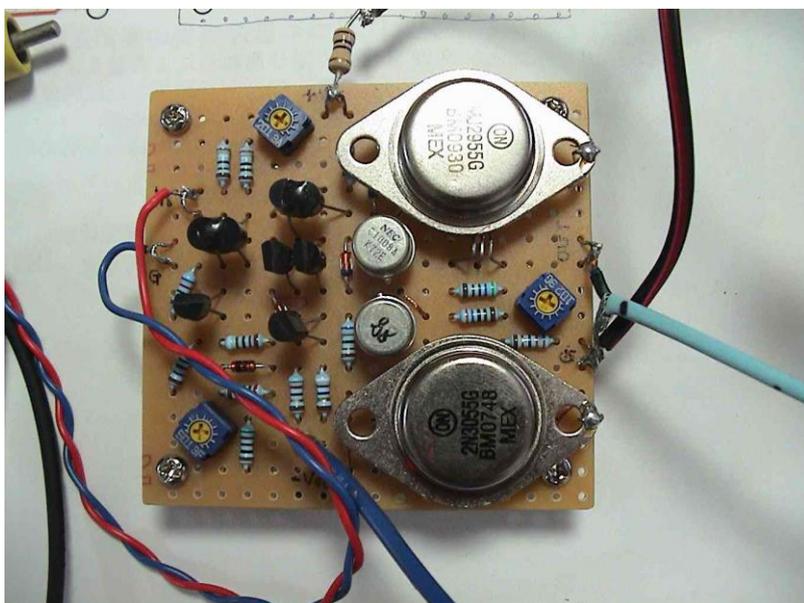
## やっとこさ GOA

SP-10を回して足掛け7年。今回ついにドライブアンプをGOA化しました。なぜこんなに年月を経ってしまったかと言うと、1)途中でDACに浮気してしまった 2)毎晩居眠りしながら音楽を聴く癖がついてしまったので、LPから遠ざかった 3)キャントランジスタの入手に躊躇した=資金が飲み代に消えてしまった 4)せっかく良好に動作しているLM675Tアンプを交換する勇気がなかった など、理由は一杯あります。よーするに、とおるさんが億劫だったということですね。

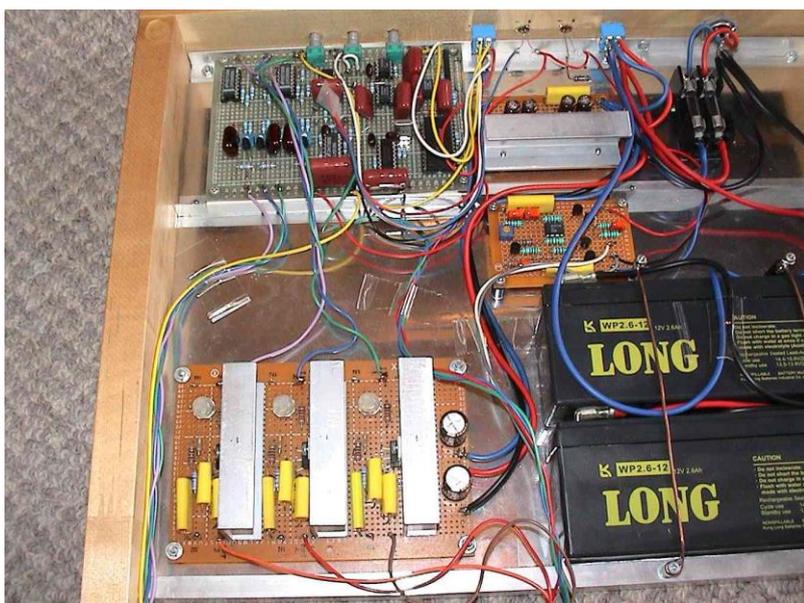
モータードライブアンプにはいくつかのバリエーションがあります。

K先生による最新回路は、pnpトランジスタによる対称出力段を採用しています。手軽に改造したかったので、鉛蓄電池+充電器による電源インフラをそのまま流用。となると、アイドリング電流の小さな、いにしへのGOA回路を踏襲、ということになります。



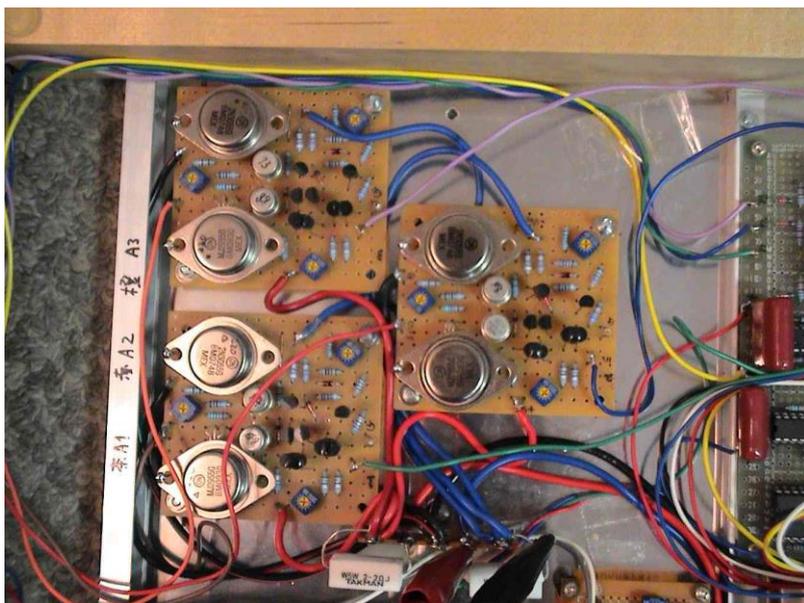


下の写真は、7年間働いたパワーオペアンプトリオ(LM675T x 3)です。作りっぱなしでは発振したので、正負の差動入力間と、帰還抵抗に、小容量のセラミックコンデンサをパラってあります。今回、純正 GOA アンプは発振せずにすんなり動作してくれるのでしょうか？



とおるさんにとっては、初 GOA アンプです。まずは1台を組み上げ、動作確認しました。DC バランス調整は、初段 2SK30A のドレイン抵抗(3.9k オーム)の間に繋いだ 200 オームの半固定抵抗を回して行いましたが、200 オームでは調整し切れませんでした。2本の 3.9k オームのうちどちらかに、30k オーム程度の高抵抗をパラ接続し、何とか追い込みました。基板上に3つある半固定抵抗は、それぞれ、DC バランス、ゲイン、アイドル電流、調整用途です。これらの調整をすませ、動作確認のため、スピーカーと信号源、ボリュームを接続し、音楽を鳴らしてみました。スピーカーは貧弱なもので、エンクロージャーも無しですが、単三乾電池 12 本(+/-9V)を電源とした GOA アンプのドライブ力は大したもの。歪みも無く、すっきりとつつも芯の通った音色が聴けました。うむ、これが伝説のバッテリー駆動 DC アンプの音であるか……

これに気を良くして、残り2台の基板を組み立て、モータ制御回路用シャーシ内に3台のGOAアンプを配置しました。まずは、アンプの入力部分に、制御回路から来る3系統(3相)の制御信号を接続。制御回路上のゲインコントロール端子はグランドに落とし、速度制御信号や、位相制御信号はカットします。3台のGOAアンプの出力と、モーターコイルとは、ひとまず接続しないまま、スイッチを入れます。3台のGOAアンプの正負電源と、鉛バッテリーとの間には1オーム程度の抵抗を挟み、GOAアンプ3台トータル消費電流を見れるようにしておきます。アンプが正常に動作していれば、60mAないし80mA程度の電流となりますが、これがとんでもなく大きな値になっていたり、さらに不安定に変動したりしている場合は、ドライブアンプが発振している可能性があります。幸い、とおるさんのドライブアンプは3台とも、静かに落ち着いている様子。



この状態で、ターンテーブルを手で回してやると、ドライブアンプの出力電圧が $\pm 10V$ 程度の振幅で周期的に動きます。ターンテーブルの回転角度位置を検出した信号が、GOAアンプで10倍程度に増幅されたということです。それぞれのGOAアンプの帰還抵抗(半固定抵抗)を回し、3つの出力振幅がほぼ等しくなるように調整しました。下記、これら一連の調整をやっている様子です。

