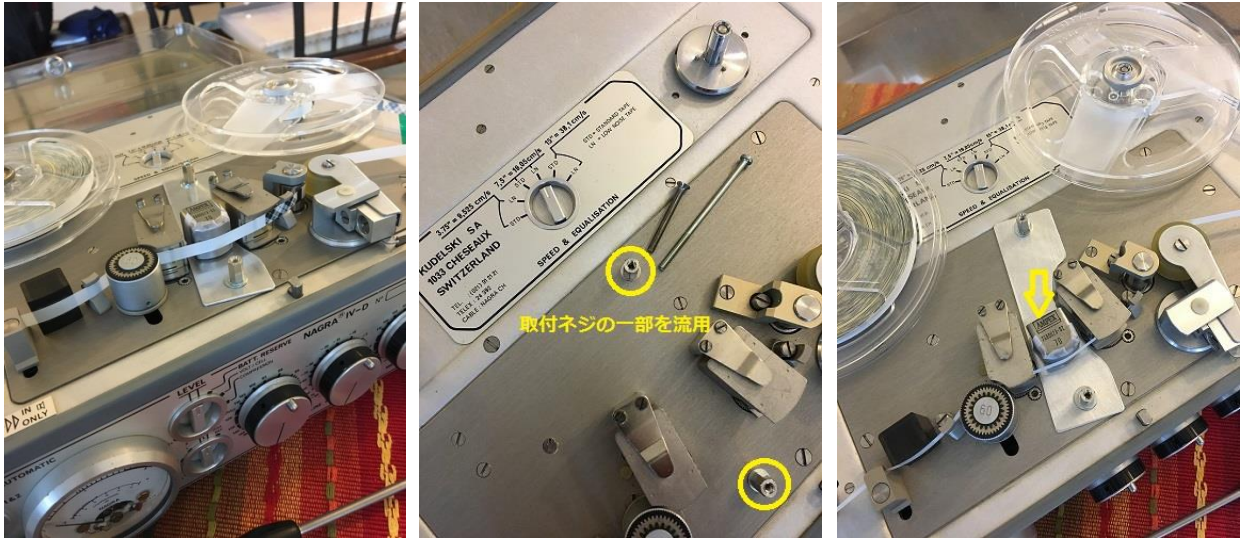


Nagra IV-D を4トラック再生デッキに改造の巻。

さてさて、今回のとおるさん家におけるプロジェクトは、上記のお題目になりました。Nagra 兄弟のステレオ機は既に「2トラサンパチスーツ」を着込んで活躍中です。もう片方の Nagra IV-D、すなわちモノラル機の出番はあまり無い。モノラル録音再生の魅力は捨てがたいのですが、何か立派な演説とか素晴らしい歌声とかを録音するわざわざモノラルで収録する場面というのもそうそうお目にかかれません。

と、ということで、オープンリールデッキの修復改造で有名な方のサイトを参考に、とおるさん流の改造を施すことにしました。下記、その改造の様子。



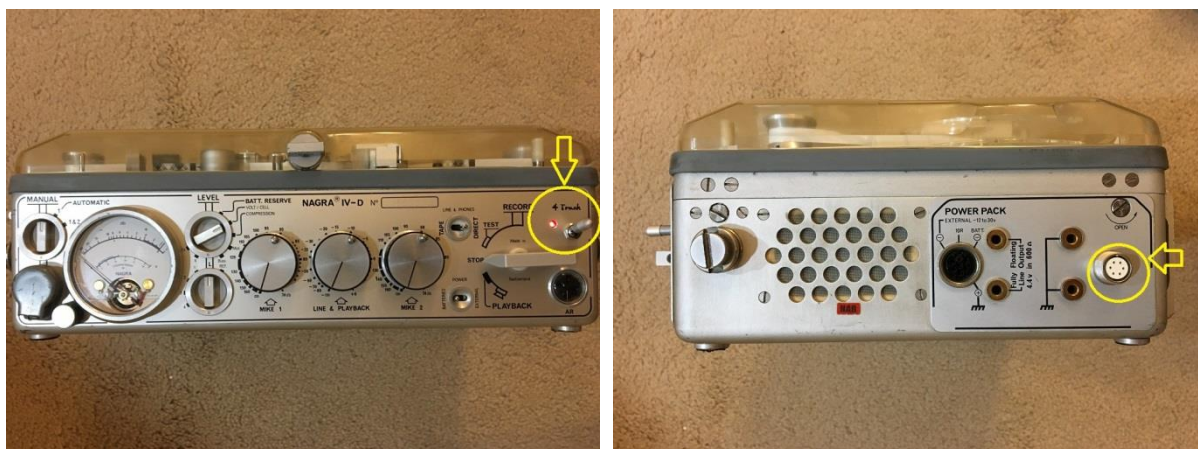
Nagra IV-D には、いわゆる「パイロット録音ヘッド」がありません。左のフルトラック録音ヘッドと、右側の再生ヘッドの真ん中に空地があり、ここへ eBay で入手した AMPEX の4トラック再生ヘッドを設置しようという試みです。パイロットヘッドの付いている機種なら、パイロットヘッドと4トラックヘッドとを交換すればよいので簡単ですが、本機の場合はその足場がどこにもありません。テープトランスポート機構が組まれているパネルは、どうやら堅いステンレス材料のように見えます。新しいネジ穴を追加するのはなかなか難しそうなので、このパネルを固定しているネジ2か所（上記写真中央、黄色い○）を流用し、1mm厚のアルミ板を固定できるようにしました。AMPEX のヘッドの底部には一箇所だけネジ穴が明いており、これを用いて上記のアルミ板へ固定しました。皿ビスの頭がアルミ板の板厚(1mm)に埋まるように加工するのは多少骨が折れました。

半透明のテープを当ててみると、ヘッドのトラックに対し、テープを正確に平行に位置決めできたので、細かなアジマス調整は必要なかろう、と判断しました。トラックの上下方向の高さは、AMPEX ヘッドの底部に何枚かアルミホイルを敷き、目視で合わせてあります。もし将来、細かなアジマス調整が必要なら、アルミホイルの座布団の厚みを左右前後に（不均等に）変えてやればよいか、と考えました。

これで、肝心のヘッド取り付け方法を工夫できたので、次は Nagra 本体内部へ、ヘッドからの信号配線を引込むことと、イコライザ回路基板を内蔵設置する作業です。イコライザ回路への電源スイッチ、イコライザ出力を引き出すコネクタなども、筐体に取り付け孔を追加する必要があります。

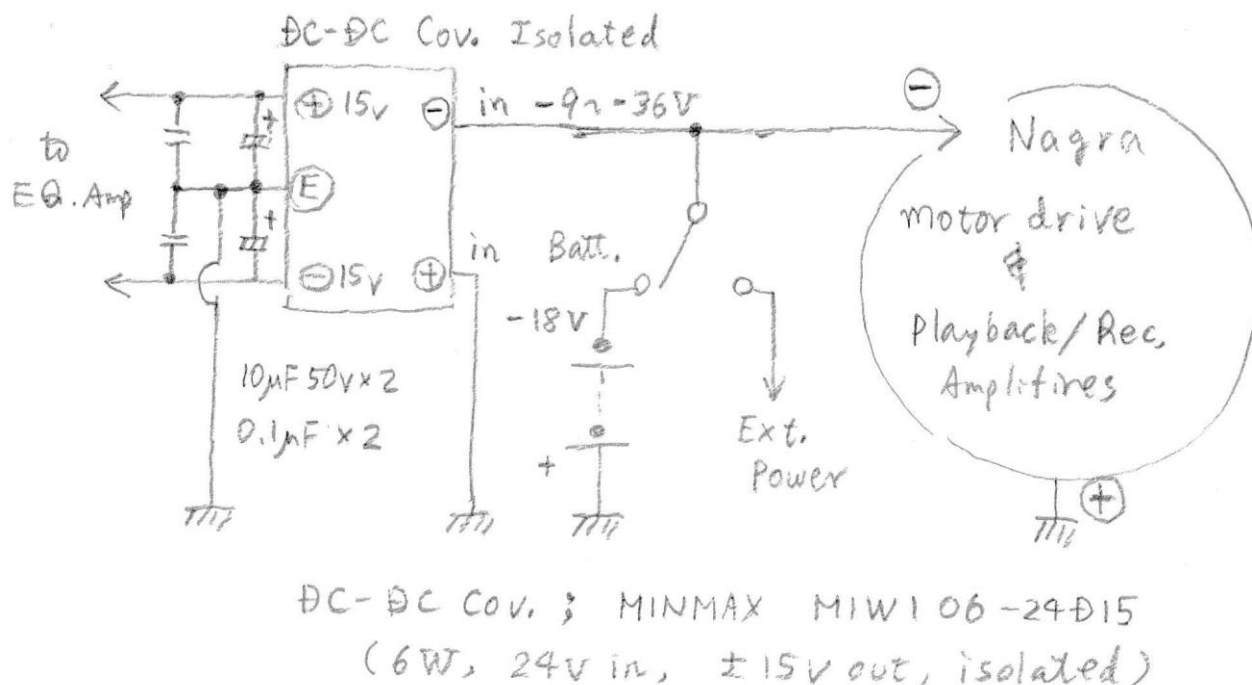
テープトランスポートのパネルの周囲は、幸いにも比較的柔らかなアルミ合金なので、ここにヘッド

からの信号線を通す小さな穴を明けることにしました。電源スイッチとパイロットランプは、正面パネル右上で操作レバーの隣に都合の良いスペースを、出力用 6P コネクタの穴は筐体の右側面におあつらえ向きの場所を見つけました。



さて、お次はイコライザ回路のアイデアです。Nagra の内蔵電源は、単一乾電池 12 本（お、重い）で、モーターの回転制御や、モノラル録音再生回路を稼働させます。すなわち 12V ないし 18V で新しいイコライザ回路も稼働させなければいけません。なお、1960 年代のトランジスタの都合なのか、普通とは逆で、プラス側が回路の接地基準に、マイナス側が回路の供給電圧になっています。一方、追加のイコライザ回路を現代風に OP アンプで構成するとすれば、接地に対しプラスとマイナスの 2 極電源が必要です。以上の込み入った事情から、小型の DC-DC コンバーターを使うことにしました。

下図は、Nagra の元回路と、今回追加の電源回路との関係をイラストしたものです。

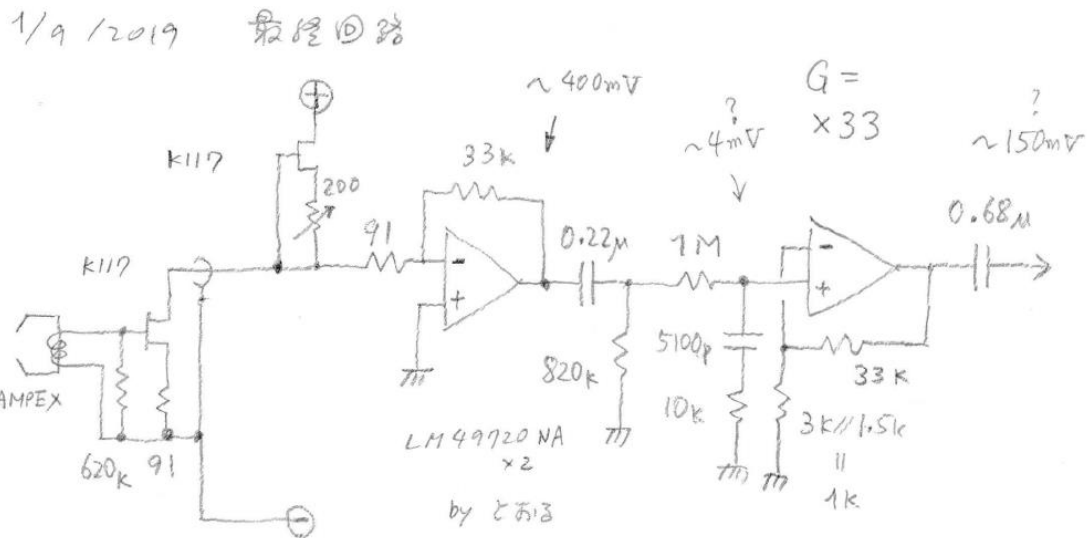


用いた DC-DC コンバーターは、秋月電商のサイト内の「6W 級絶縁型」で見つけました。ここまでのところ雑音や動作の点で、特に不具合も無く安定しているように思います。

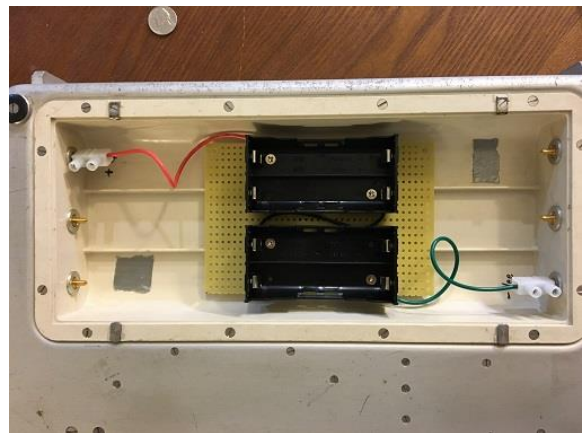
続いて、イコライザ回路を示します。完成形になるまで紆余曲折ありましたが、のち程備忘録にまと

めるとして、設計の要点は次のようなものです。

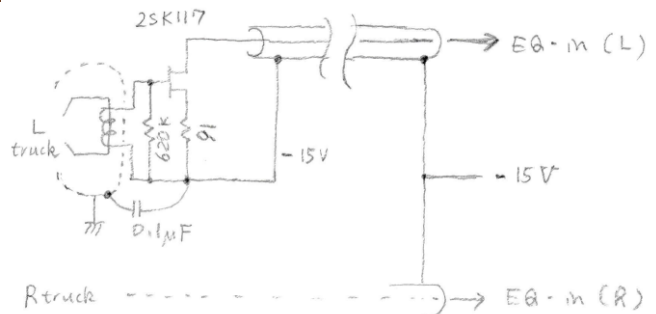
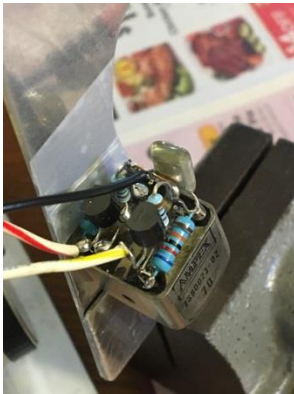
- * ヘッド入力回路はFET (2SK117) を用いました。ピックアップコイルからの信号電圧を電流に変換。
- * イコライザ回路の入力部分に設けた同 FET による定電流源との差分を取り出し、LM49720 の反転増幅 (トランスインピーダンス) 回路に導く。トランスインピーダンスは、カットアンドトライにより 33kΩ を選択しましたが、100kΩ 位に増やしても良いかもしれません。高域の大振幅が入って来ると、兼ね合いがあると思います。(けだし、LM49720 は高音質で安定、感心します)
- * 0.22 μF で直流分をカットしたあと、NAB 相当の CR フィルタ回路を通す。いわゆる「CR 型」イコライザ回路です。ちなみに、0.22 μF の直後にある、820kΩ のダンピング抵抗が無いと、系が発振します。この CR イコライザ回路は、我々が金田明彦先生の DC アンプシリーズに LP 再生用回路として載っていたものを参考にしました。ちなみに、LP の RIAA カーブ用イコライザも、これと同様 LM49720 で組んでみましたが、なかなか良好な音質でした。
- * LM49720 の 2 段目で、出力レベルを 33 倍にアップします。測定したわけではありませんが、ボリュームの位置から判断した感覚では、1 段目出力で 400mV (1kHz に対し)、CR フィルタで 100 分の 1 くらいに減衰、2 段目で再び 33 倍に増幅復帰、最終的にはライン出力 120mV くらい、CD プレーヤーや FM チューナーの出力に比べて若干低めに思います。出力には DC 成分が出るので 0.68 μF でカット。



次の図は、DC-DC コンバーターとイコライザ回路を Nagra 筐体内に実装した様子 (左)。重い単一乾電池の代わりに 18650 型リチウムイオン電池 4 本を仕込めるよう、電池ボックス内を改造した様子 (右)。



一方、磁気ヘッド周りはちょっと工夫が必要でした。電流変換用の FET はヘッド直近に配置したほうが良からう、ということで、細かな空中配線を行いました。テープの通り道の邪魔にならないよう、配線を設置して筐体内に導くために、これまた一工夫。その様子が下記の写真です。



配線上さらに工夫を要したのはシールド線の扱いです。この回路の構成上、シールド外皮は、イコライザ回路のマイナス電源 (-15V) となります。一方、ヘッドのシールドケースと Nagra の筐体はグラウンドアースですから、ヘッドの近傍に小容量のコンデンサを付けて、-15V ラインとアースとを交流的にショートすることにしました。また、筐体内はシールド線を用いるのが必須です。最初、シールド線を用いずイコライザ回路へ配線したところ、テープ駆動用の DC モーターから発生するノイズを盛大に拾ってしまいました。以上の手段を講じたら、雑音がピタリと収まりました。

さて、このようにしてようやく 4 トラックテープを再生できるようになりました。なかなかの音質です。AMPEX ヘッドの実力は不明でしたが、音質から判断する限り優秀な部類に入るといえるでしょう。CR 回路は正確な NAB カーブでなく、低域 ($1M\Omega$) は 50Hz 以下も若干多めにレベルが持ち上がっています。逆に、7.5 ips (19cm/s) 再生時には通常、10kHz 以上を若干持ち上げるようなカーブにするらしいのですが、本回路ではそこまで気を遣っていません。そのためか、すこし高域の伸びが大人しい印象です。

しかし、驚いたのは左右の分離特性です。これも、測定したわけではなく、先輩格の AKAI : X-200D や TEAK : A-2300SX と比較しての話です。

こうしてしばらく 4 トラックテープを取っかえ引っかえ再生して楽しんでおりましたが、肝心の Nagra メカデッキから発生する、機械的な騒音が気になりました。大枚はたいて入手してあったサービスマニュアルをよくよく見たり、ネットで探ったりすると・・・

- * 右側テイクアップリール軸受先端 (筐体内部) の微小ベアリングボールを適宜グリスアップ。
- * キャプスタン軸受 (上側・筐体外側) にベアリングボールがあるかどうか確認。
- * 「触るな」とある、キャプスタン軸受支柱 (筐体外側) の芯出し機構を調整。

など、これには苦労しました。特に 3 つめの「芯出し機構」は驚きです。小さなビスの先端が若干エキセントリックになって (センターが外れて) いて、これを回すとキャプスタン軸が前後左右に少しだけ傾けられるようになっている。ビスの角度によって騒音の大きさが変わるので、しつこく追い込んでみたのですが、完ぺきではない。さらに調べると・・・なんと、モーターの集電ブラシの辺りに秘密がありそうということが分かってきました。そこで、下図。



左側は、ご本尊・DC モーターのカバーを外して、整流子をむき出しにしたところ（左図）。集電ブラシ（右図）の先端にあるカーボンの電極が、整流子の金属部分に当たって、モーター巻線へ電流を受け渡します。良く見ると、この金属表面が黒く汚れています。

ということで、モーターを回転させながらイソプロピルアルコールを含めた綿棒で整流子表面を拭き取ると、いままで何となく軋んだような雑音を発していたモーターが急に静かになります。「これだ」ということで、よくよく掃除した上でしばらく使ってみました。

しかし、数時間稼働させているとやはり音が大きくなって来る。そこで、また色々ネット調べていると、「Nagra はⅢ型からⅣ型に移行する際、2組あった集電ブラシ（プラスマイナス合計4本）を1組に減らしている、ということがわかりました。2組のブラシは、角度を変えて、集電するタイミングを前後に若干ずらし、電流の乗り移りをスムーズにする意図でもあったのでしょうか？ しかし、後継機ではそれを廃して1組になっているということは、その方が良いということでしょう。よくよく我が NagraⅣ-D を見てみると、なんと集電ブラシは2組あるではないですか。また、整流子が汚れかたも、2組のうち片方が当たっている場所に限って黒いものが付着しているようです。ということで、汚れを招いている方の集電ブラシを1組(2個)取り除いてみました。上記右側の写真は、そうやって取り外された方のブラシです。 **結果→騒音は雲散霧消！** 極めて静かになりました。Nagra はこうでなくっちゃ！

事実、弟分のステレオ機（Nagra IV-S）は、非常に静かに動作しています。

ここに至るまで、ほかにも試行錯誤しました。もともとこの Nagra を入手した時、ピンチローラーが付いていませんでした。またしても「とおるさんの」な細工をし、市販の 20mm 径ローラー（Misumi で見つけた）を用いて、とりあえず役に立てていました（右図・上）。やはり純正品じゃないといけないのかな？と疑い、e-Bay をポチリ。純正品は 18mm 径です（右図・下）。テープやキャプスタン軸への当たり方が違うかもしれませんが、これはノイズ低減には全然効果ありませんでした。。。



ちなみに、この自作ローラー、涙ぐましい工夫のカタマリです。ぴったりと寸法を合わせたボールベアリング、その位置を上下に決めるカラー、ピンチローラーを浮かせるためのワッシャを細い銅線で作成・・・

自作品は 2000 円くらい、純正品は 1 万円近く。しかも、滅多に見つからない。

これからも、Nagra と付き合い続けてゆくためには、特殊な純正部品が長生きしてくれることを祈るのみで

す。さっきの集電ブラシなんて、一体だれが作ったんだろう。スイスだけに、時計職人をかき集めて設計・作製したのかな。ものすごい精度と細かさです。今回のような経緯で、分解したり、細部を点検したりしていると、驚きの連続です。2020年も間近の現在、こんな精巧な機械を用いずとも、最新のデジタル機器を使えば、結構高音質の録音再生が出来てしまう。

ともあれ、貴重な古代4トラック音楽テープを再生する環境がもう一つ増えた。据置機に比べ、小型軽量で扱いやすいのは間違いない。

右の写真は、「改造 Nagra IV-D・4 トラテープを演奏す」の図。

まずはメデタシで一巻の終わり。

(2019年1月末記す)



=== 以下備忘録 ===

巷で評判の「電流電送」を目論んで、最初は右の回路構成からスタートしましたが、大間違いの連続でした。

その1: FETの定電流源。調整用の抵抗はソース側に入るべきです。

その2: トランスインピーダンスの2kΩが小さすぎた。

その3: CRフィルタの入れ方がおかしい。これでは2段階アンプの入カインピーダンスに大きく左右されてしまいます。この回路では全く低音域が出て来ませんでした。

結局、あっちへこっちへ試行錯誤の末、「金田式電流電送アンプ」にはならず、オーソドックスな電圧型CRイコライザに仕上がった次第。

以上、備忘録終了!

