

メンテ講座 2015 電気の基礎知識

岡野

1. 電気の公式

$$E \text{ (電圧)} = I \text{ (電流)} R \text{ (抵抗)}$$

$$W \text{ (消費電力)} = E \text{ (電圧)} I \text{ (電流)}$$

水が流れるイメージ。落差が電圧、流れる量が電流
ダムが抵抗。抵抗が多いと流れは少なくなる。

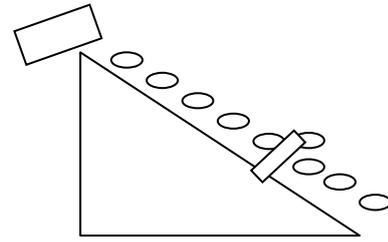


図1 電圧のイメージ

電流は電圧の高いところから低いところに流れる。
抵抗はあらゆるところに存在する。バッテリーの中にも、スイッチにも導線にも抵抗は有る。

2. 電線に流せる電流値

電線（芯線）によって流せる電流値が決まっている。
目安として電線の断面積 mm^2 に10倍したと
覚えておくとよい。 2mm^2 なら大体 20A は流せる。
(右の表では 2.0mm^2 の許容電流は 33A)

本当は束ねたときとか埋設したときなど
条件がいろいろあるのだが・・・

上段：標準仕上外径（約mm）			
下段：許容電流（A） 参考値で保証値ではありません。			
600V H-IV (燃線)	線心数	600V H-IV (単線)	線心数
公称断面積 (mm ²)		サイズ (mm)	1
0.9	2.8 20	1.0	2.6 20
1.25	3.0 23	1.6	3.2 33
2.0	3.4 33	2.0	3.6 42
3.5	4.0 45		
5.5	5.0 59		

図2 電線線径と電流

3. ヘッドライトが暗いとき

ヘッドライトの回路は図3のようになっています。

想定される不具合箇所

- バッテリーが弱い（内部抵抗の増加）
- 電線の劣化（抵抗値増加）
- スイッチ劣化（接点の抵抗値増加）
- ヒューズ接点の劣化
- ライトの劣化

など。

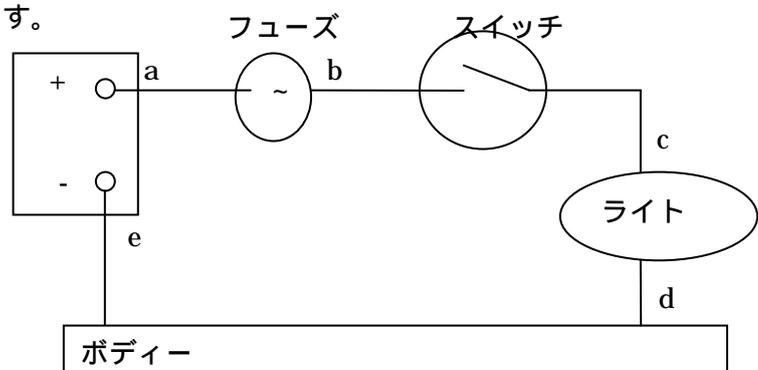


図3 ライトの回路

つまりどこかで抵抗が増えていることが原因なので、それがどこかを探ることが必要。

しかし、 55W のヘッドライトの抵抗は $W = EI = E^2 / R$ ですから

$$R = E^2 / W = 12^2 / 55 = 2.6 \text{ (オーム)}$$

通常の感覚からいうと2.6なんてほとんど抵抗がない（つまり導通）に等しい。

それをテスターで測ろうとしても測定誤差で測れない。

そこで電圧を測る。ライトをつけた状態で c-d 間（ヘッドライト両端）、a-c 間（バッテリー ヘッドライト間）、a-e 間（バッテリー電圧）などを測定することで、どこに電圧がかかっているかがわかる。

a-e 間（バッテリー電圧）の電圧が低いとき（ 12V 以下）バッテリーの充電不足かバッテリー寿命

c-d 間（ヘッドライト両端）の電圧がバッテリー電圧にほぼ等しいとき ライト不良（W数確認）

a-c 間に電圧があるとき（ 0.1V 以上）スイッチかヒューズ不良・接点を磨くか交換

4. ヘッドライトにリレー追加（暗いヘッドライトの対策）

古い車でよく聞くのがリレー追加だ。スイッチ類やハーネス（電線類）を交換となるとなかなか大変なので、一つの手としてリレー追加がある。回路は下図のようになる。太線が追加箇所。

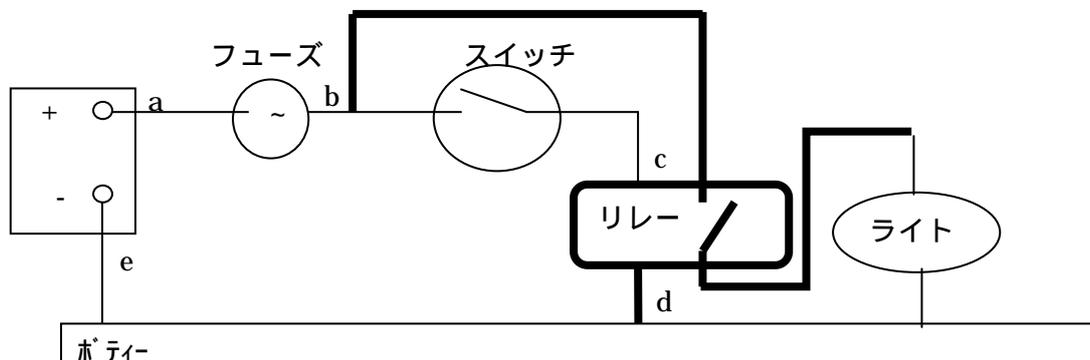


図4 リレー追加

もともとライトがあったところにリレーを入れて、二次側にヒューズから直接線を追加して、ライトに供給する。

メリットは

スイッチが古くなって抵抗が増えたとき、ライトの電流（55Wのヘッドライト×2個、合計110Wだとすると10A程度）によるスイッチの電圧降下が少なく、ヘッドライトが明るくなる。

スイッチに大きな電流が流れないので（リレーだと0.1A以下、テールランプや室内のメータなどの電燈含めてもスイッチに流れる電流は2A以下）スイッチの発熱が少なくなり、スイッチの寿命が延びる。

スイッチからヘッドライトまでのメインハーネスの交換が不要。

5. テスターの使い方

テスターは直流電圧、交流電圧、直流電流、抵抗が測れるものが一般的。中には交流電流が測れるものもある。電流については車で使用している0.5～20A（12Vなら5W～24W）を測定できるものが出ているので確認して機種を選定するのがよい。

デジタルとアナログ：人為的な読み間違いも含めて、デジタルの方が測定精度は高いと思う。ただし半導体（ダイオードなど）などの測定は測定器側の特性を理解しておかないと、とんだ誤診につながる。感覚的にはアナログ（針式）がわかりやすいし、車の修理では有効数字 桁といった測定をすることは少ないので、アナログでも十分役に立つ。電圧がかかっているかは電球を灯するのが一番かもしれない。

測定レンジ	アナログ	デジタル
直流電圧	端子を逆につなぐとメータは逆に触れるため、間違えると壊れることがある。	接続を間違ってもマイナス値の電圧で表示されるだけ。
直流電流	同上（測定範囲が小さいく、1A以下）	同上（測定範囲が広い 10A程度測れるものがある）
抵抗値	+端子は0V、-端子に+電圧が発生するのでダイオードなどの導通を測るとき注意必要。測定電圧は1.5Vが多いので、半導体（ダイオード）を測定するときはわかりやすい。	テスターによりどちらが+かわからない。取説をよく読むこと。電圧は0.5V以下のあることがあり、抵抗のレンジで半導体（ダイオード）を測ると間違えることがある。半導体測定レンジがあるものが多い。
コンデンサ	コンデンサ測定は抵抗レンジで一瞬振れてからもとに戻ることで生きているか一つの判断になる。	抵抗はパルス電圧で測る機種があるのでアナログのような診断はできない場合がある。
どちらがいいか	一長一短なので両方あるといいが、今から買うなら直流電流20A程度が測定できるもの（デジタル）がおすすめ。	

半導体（ダイオード）は 0.5 V以下では抵抗値が大きく、それ以上では導通するので 1.5 V程度をかけて電流値を測らないとアノード/カソード（+/-）の区別がつかない。

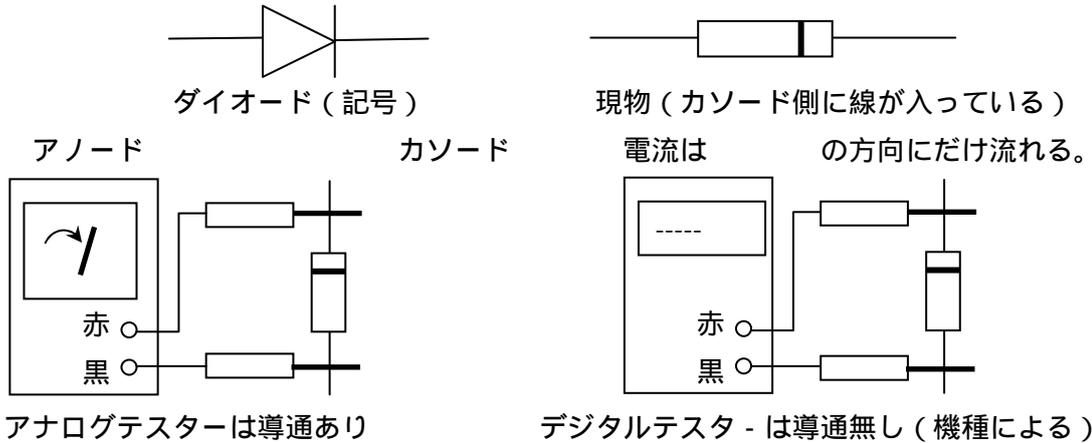


図5 抵抗レンジでのテスターの極性

テスターで有る物を計るときは、「 くらいになるはず」と言うのを想定してから計ること。1.2 Vあるとか、0 Vしかない とか言ってもそれが正常か否かは、どういう回路になっているかによる。

6. 電圧の測定方法

電圧を測ると 1.2 Vあるのに、ランプが暗い/つかない、ワイパーの動きが悪い、セルが回りにくい、といった経験をすることがある。それは負荷を繋がないで電圧を測定するからである。負荷をつないだ状態（ランプを点灯するとか、セルを回す、スイッチをONにした状態）で電圧を測定すると、バッテリーが弱っているならバッテリー電圧が落ちているし、スイッチや接点が劣化しているならバッテリー電圧が 1.2 Vでもランプなどの近くでは電圧が落ちてはるはず。

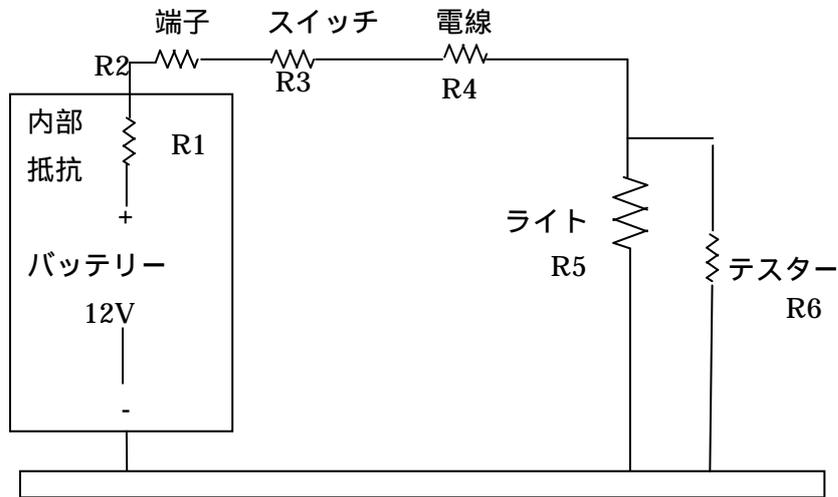


図6 ライトの回路

ライトにかかる電圧は $12V \times R5 / (R1+R2+R3+R4+R5)$

普段は R5 に比べ R1~R4 は小さいのでほぼ 1.2 Vとなるが、もともと R5 は 2 程度しかないので、スイッチの抵抗が 1 にもなると電圧はいきなり 8V程度になる。

一方 ライトを外すと テスタにかかる電圧は $12V \times R6 / (R1+R2+R3+R4+R6)$ となり

R6 は非常に大きいので（数k ~ 数M ）スイッチなどに多少抵抗があっても 電圧は 1.2 Vとなる。

7. 電流の測定方法

測りたい電流レンジのないテスターで電流を測りたいときは回路に抵抗を入れて、その電圧を測定し $E = IR$ $I = E / R$ から電流値を計算することもできる。(この抵抗をシャント抵抗と呼ぶ)たとえば前出の55Wヘッドライトには $I = W / E = 55 / 12 = 5A$ 程度流れるはず。0.01の抵抗を入れて電圧を測ると $E = IR = 5 \times 0.01 = 0.05V$ の電圧が抵抗にかかるはず。0.05V = 50mVならテスターで十分測定できるし、0.05Vの電圧降下は十分無視できる。50Aの電流でも電圧降下は0.5Vなので大したことはない。ただしW数は $0.5V \times 50A = 25W$ となり結構熱くなります。0.01 10W程度の抵抗が一つあると結構使える。

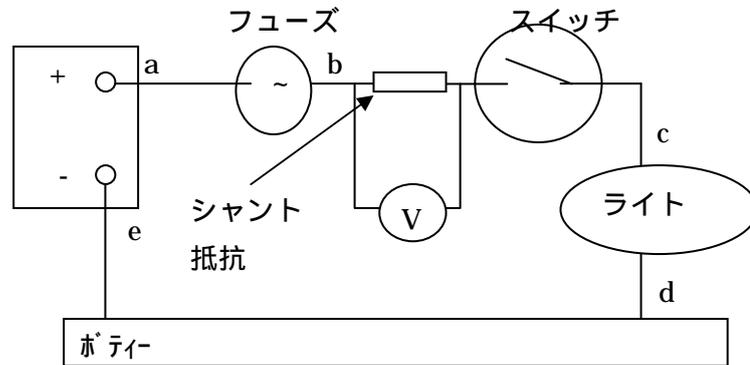


図7 ライトの電流値測定方法

8. 抵抗の測定方法

抵抗を測る原理はテスターの内部にある電池から測定物に電流を流して、抵抗値を算出し表示する。測定物にテスター以外から電圧がかかっていると、流れる電流も変わるので抵抗は測定できない。また電圧がかかっていなくとも別の回路が形成されているとテスターから流れた電流は、測定物以外を通っているかもしれないので、この場合も測定値を信用できない。つまり抵抗測定時は回路を切る・・・つまり測定物の片側だけでも外すことが必要。

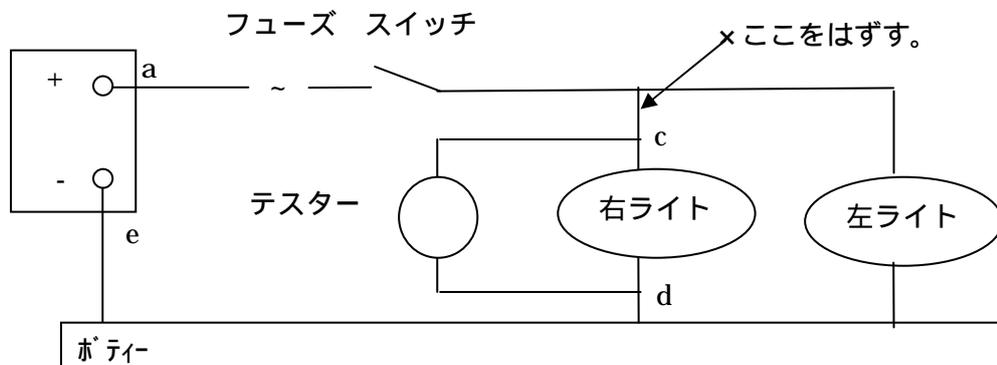


図8 ライトの抵抗値測定方法

右ライトの抵抗を測っているつもりでも、左ライトと一緒に測ったのではだめ。

9. ヒューズ

ヒューズは過大な電流が流れると発熱して溶けることで、断線して電線などを保護するもの。20Aのヒューズだからと言ってぴったり20Aでは切れないし、雰囲気温度でも切れる電流値は変わる。当然流している時間でも変わる。もともとの目的が電線などを守るためなので、ヒューズの代替えがないからと言って電線でショートするのはだめ。電流値の違うヒューズ(電流値が大きくても小さくても良い)でも代替えはある程度効くはず。

実際の車の回路では5Aしか流れないところでも20Aのヒューズが入っていることが往々にしてある。そこに30Aのヒューズを入れると、確かに25Aでは保護できなくなるが、致命的の不具合がショートだとすると、もっと流れるはずなので30Aのヒューズでも役に立つはず。当然15AのヒューズでもOK。

ヒューズが飛んだ時は、正規のヒューズに入れ替え様子を見る。それでも切れるのならショートしている可能性のある部品をすべて外してから、一つ一つ繋いでいけば問題の部品がわかる。でも束ねているハーネス内でショートしているなら厄介だが、外部から鋭い物で押さえているなどのことが無い限りほとんど無い。根気よく回路図を片手に可能性をつぶしていくしかない。

10. 測定用の便利グッズ

ワニ口クリップ・・・両ワニの1m位の電線を2本作っておくと便利。

針（必殺技）・・・測定したいところに針を刺す。切るよりまし。

スミチューブ・・・ドライヤーで暖めると縮んで被覆になる。ビニールテープだと後にべたべたする。各種端子・・・英車の丸形端子は日本で売っている端子と規格が違う。少し大きいので注意。

11. バッテリー

規格は JIS規格、DIN規格（欧州）、BCI規格（アメリカ）がある。

電流容量は A・hr 蓄電することができる電流と時間の積

JIS規格 例 40B19R

40：Ah容量、B：バッテリー短側面、端子の大きさ、19：長さcm、R：極性の向き

JISは5時間率なので放電電流は $40Ah = 8A \times 5時間$ となる。

DIN規格 例 SMF57018

SMF：シールドメンテナンスフリー 5：100Ahまでの容量のもの

70：Ah容量 ただし20時間率なので $70 = 3.5A \times 20時間$ となる。18：本体寸法

他の車のバッテリーと接続するときはネガティブアースの車同士なら+から接続し、外すときは-から。-から接続すると、+を接続しようとしたとき、端子が誤ってボディーに触るとショートし、ボディーに穴があくかも。

12. プラグ

BPR5ES（NGKの場合）メーカーHPに詳しいことが掲載されている。

B：ねじ部の大きさ 14mm

P：絶縁体突き出し部の形状

R：抵抗入り（R付きがラジオ、TVなどにノイズが乗りにくい）

5：熱価 数字の大きい方が熱価が高い＝高温型（冷え型）

プラグが焼けているときは番手を上げる。

（メーカーによって番手は統一されていないので注意、互換表確認要）

E：ねじ部長 あまり長いものにするるとピストンにあたる。

逆に短いと着火しにくくなり、不完全燃焼になる。流用せずに指定品（互換品）を使うこと。

XPAGのエンジンはベッドの厚みが薄いものがある、Eではピストンと干渉することがあるので、Hを使うのがいい。MMMもHを使用する。また、18mmを14mmに変換するアダプターがあるので、AB6以外の色々なプラグが使えるようになる・・・とは西尾氏の弁。

S：標準

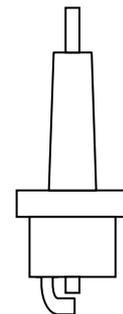


図9 プラグ

プラグが黒くなるからと言って安易に番手を調整するのではなく、キャブのセッティングやタペットクリアランス、水温などを先に調整すること。もともと空燃比が悪くてはいくらプラグを変えてもだめ。大きくチューニングをしていない限り、まずは標準のプラグできれいに燃えるようにして、最後にプラグの番手を調整する。せいぜい冬に一番落とすか、夏に1番上げる程度。

イリジウムIXプラグ：BRR5EIX

点火の端子が細くなって着火性が向上している。値段は1本1500円程度。使用したイメージでは熱価の幅が広いように思う。回転を上げると調子がいいが、渋滞にはまるとかぶる・・・といったとき等に有効。火力も強くてパワーも上がり燃費も改善と書いているが1%程度だから分からないかも。

白金プラグもあるがMGに使っている人がいるのか？

プラグメーカーの互換性はNGKのHPに詳しく書かれている。

13. カットアウト/レギュレーター（コントロールボックス）の調整

カットアウトの機能はダイナモが発電した電圧により、充電するか否かをコントロールしている。発電量が少ない時には切断（発電量が少なくなるとバッテリーと接続するとバッテリーから逆に流れて放電してしまう）発電量が増えて充電できるようになると接続する。

レギュレーターは電圧が低いときはD（ダイナモの出力）とF（フィールドコイル）を直結し、出来るだけ電流をフィールドコイルに流してたくさん発電させる。回転数が上がり十分電圧が出るとリレーがオープンになりフィールドコイルに流す電流が減り、発電量を抑制する。

RB106の基本的な回路はこんな感じ。

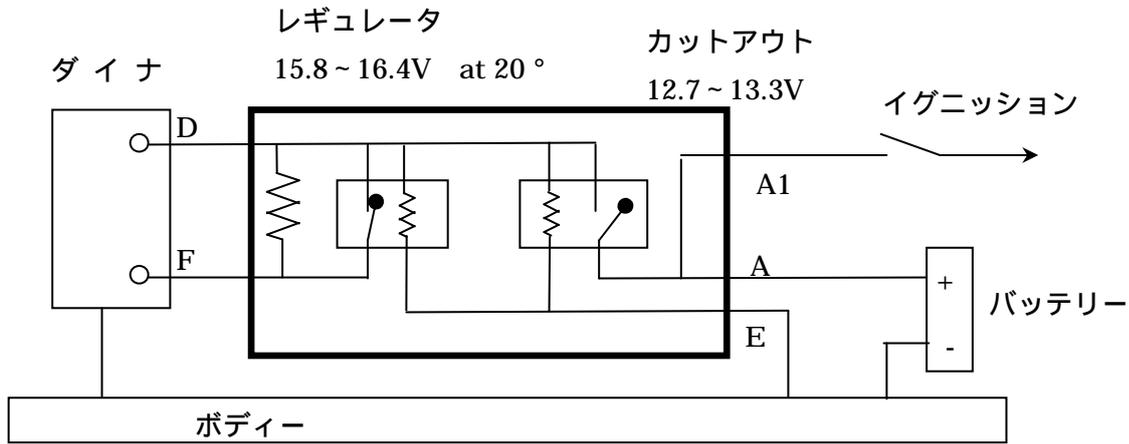


図10 コントロールボックスの回路

マニュアルには調整方法として「ダイナモの出力を電圧計で測りながらエンジンの回転を上げて設定電圧を調整しろ」と書いてあるが、たぶんむづかしいと思う。そこで、調整用のジグを作成する。可変電圧源は最近性能のいいDC-DCコンバータが出来ている。（ヤフオクで700円（送料込み）くらいで入手した）

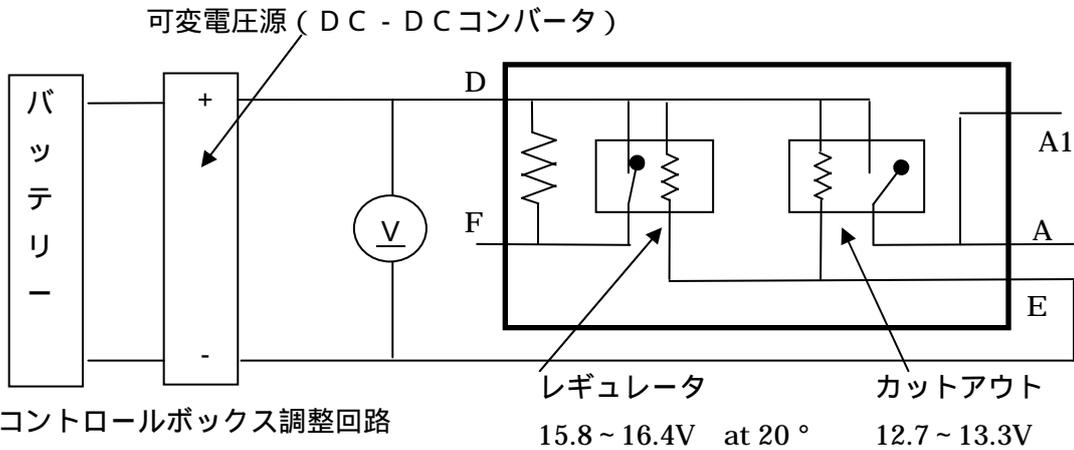


図11 コントロールボックス調整回路

電圧計で電圧をモニターしながら可変電圧源の電圧を徐々に上げていき、それぞれのリレーが作動する電圧を調整する。リレーが一旦作動すると、有る程度電圧を落とさないで復帰しないので、「調整しては電圧を落とし、徐々に上げて作動点を見つける」を繰り返す。

一旦作動電圧を高電圧側に設定し、電圧を設定したい電圧に調整し、作動電圧を落としていくのがいいかも。

しかし、充電量が少ない（バッテリーが上がりやすい）と思ったら、レギュレーターを調整するよりも、まず発電量（ブラシ）や不要な漏れ電流がないか調べるのが先決である。

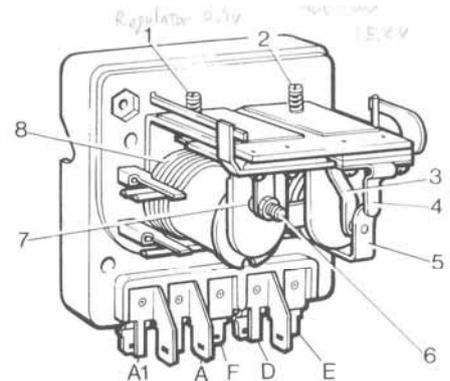


Fig. 10.6 The early (RB106/2) type control box (Sec 24)

- | | |
|------------------------------|--------------------------------------|
| 1 Regulator adjustment screw | 5 Armature tongue and moving contact |
| 2 Cut-out adjustment screw | 6 Regulator fixed contact screw |
| 3 Fixed contact blade | 7 Regulator moving contact |
| 4 Stop arm | 8 Regulator series windings |

不要な漏れ電流はバッテリーとボディーをつないでいるところに電流計をつないで、イグニッションON/OFF、各スイッチON/OFF時作動している負荷のW数から電流値を計算し、測定値と比較する。

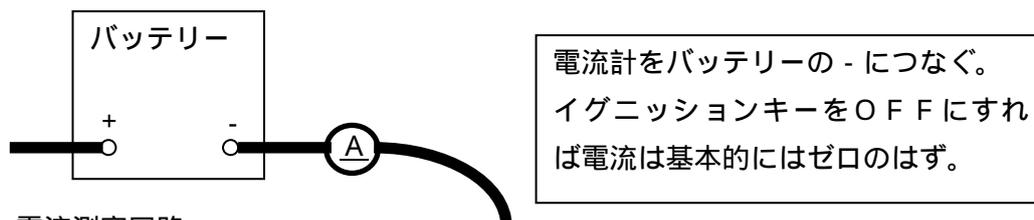


図 1 2 電流測定回路

チャージランプがつきっぱなしでバッテリーが充電しない場合
チャージランプはダイナモの出力Dとイグニッションの間に入っている。

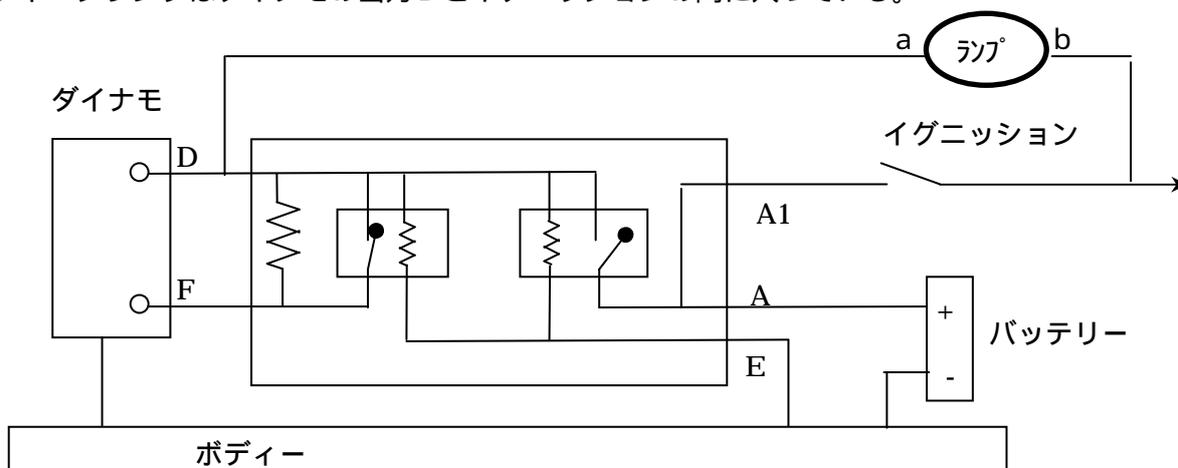


図 1 3 チャージランプの回路

イグニッションをONにするとバッテリーの電圧がランプ^o bにかかる。a端子はダイナモを通してボディーにつながっているのでランプ^o が点く。エンジンが掛かってダイナモが発電を始めるとD端子の電圧が上がってくるので、ランプ^o 両端 a - b間の電圧差がなくなり、ランプ^o が消える。

エンジンが掛かっていて、チャージランプが消えないということは発電をしていないので、点検するのはダイナモを駆動しているベルト、ダイナモ内のブラシなど。A1とAの線を抜いてショートさせ(コントロールボックスのA1、Aにはなにもつながない)、エンジンを掛けて、D端子の電圧を測ってみるとどの程度発電しているか分かる。(注意 電圧計を見ながら、少しずつエンジン回転を上げる。あまり長時間しないこと。)

エンジン停止中でイグニッションをONにしているときにチャージランプが点かないのはランプ切れと思われる。ランプを交換すること。

14. ポイント

ポイントはONからOFFになるときに、コイルの一次側に流れていた電流を遮断する。そのことでコイルにたまっていたエネルギーが行き場を失って、大きな電圧を発生させ、プラグを点火させる。そのためポイントは点火タイミングを設定するだけと考えがちだが、コイルに電流を流してエネルギーを蓄える役割とプラグに電気を流す時間を確保する役割をしている。

つまりONの時間が短い（ギャップが大きい）とコイルにエネルギーがたまる時間が短くなり、ひいてはプラグの点火は弱くなる。逆にONの時間が長い（ギャップが小さい）と点火している時間が短くなり、これもまた点火を弱くしてしまう。つまり規定値（参考 midget1500 4気筒の場合：0.35～0.40 mm）がベストと言うこと。

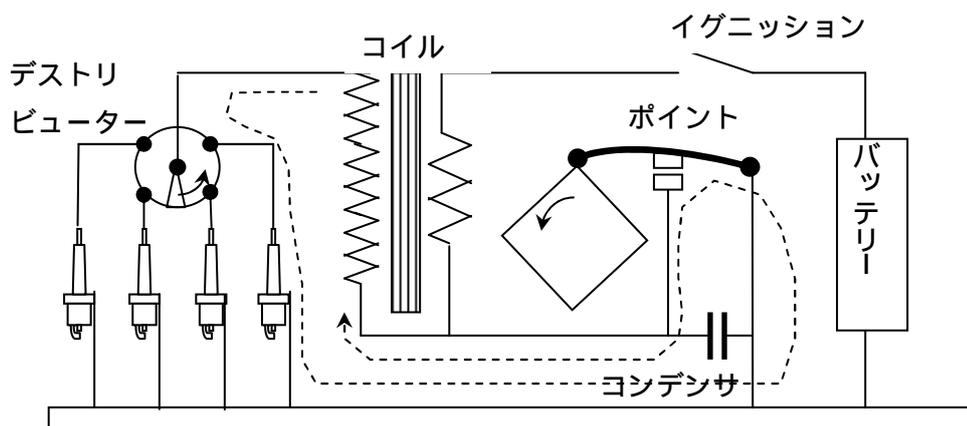


図14 点火回路

15. コンデンサ

上の図でコンデンサが無い場合を考えてみる。ポイントがOFFになるとプラグが点火するが、電気的にはコイル デストリビューター プラグ ボディー ポイント コイルと回路が形成している（点線）。ところがポイントはオープンになっているわけで、プラグと同様ポイント間でも火花が飛んでしまう。コイルのエネルギーがプラグとポイントに分散され、プラグの火花は弱くなるしポイントの劣化が早くなる。

コンデンサは直流は流さないが、交流（変化する電流）なら電気が流れる。コイルで発生する電流は一定のまじりはないので、コンデンサを通じて電流が流れ、ポイントには電流が流れず、プラグの火も強くなる。

コンデンサの不具合はショート、容量抜け（オープン）がある。テスターではショートの確認が出来る。容量抜けについては正確には出来ないがテスターの抵抗レンジで交互に端子を入れ替えると、一瞬抵抗値が変わるのを確認することで良否の目安になる。

16. コイル

12Vの電圧を数千ボルトに昇圧し、プラグを点火する電圧をつくる。1次側に12Vをかけて、一定時間（数ミリ秒）経つとコイルにエネルギーがためられて、その時ポイントで電流を遮断すると、2次側に大きな電圧が発生する。

コイルの不具合は断線とショートがある。断線はテスターで計れば分かる（1次側は数k、2次側は数千k）が、ショートはチェックできないので、実際火が飛ぶかどうかを確認する。

1次側に流れる電流は2A程度。フル充電の40B19Lバッテリーだと $40Ah \div 2A = 20$ 時間くらいは発電できなくても走れるかも。但し、ブレーキ踏んだり、ウインカー出すとさらに短くなる・・・と思う。