

ECU 仕様書

作成者：古田昂志

作成日：2014/10/29

目次

1. 概要	2
2. コネクタ配置図	2
3. 回路概略	3
3.1. 電源回路	3
3.2. 増幅回路	3
3.3. スイッチング回路	6
3.4. デジタル信号の処理回路	7
4. ECUver3.2 について	8
4.1. タブ 1(噴射時間タブ)について	9
4.2. タブ 3(補正值 2 タブ)について	9
4.3. タブ 4(その他タブ)について	10
4.4. タブ 5(モニタタブ)について	12
4.5. タブ 6(その他タブ)について	13
5. 過去に起こったバグとその対策	14

1. 概要

stradale に搭載されている回路である。PC とシリアル通信を行い、各種センサー情報のモニタリング、燃料噴射マップや補正值のパラメータを設定する。設定した燃料噴射マップや補正值に基づいてインジェクタに燃料噴射信号を出力することでインジェクション制御を行う。

2. コネクタ配置図

ECU のコネクタ配置図を図 2.1 に示す。この配置図はコネクタ側から見た図である。また、各コネクタの接続先を表 2.1 に示す。

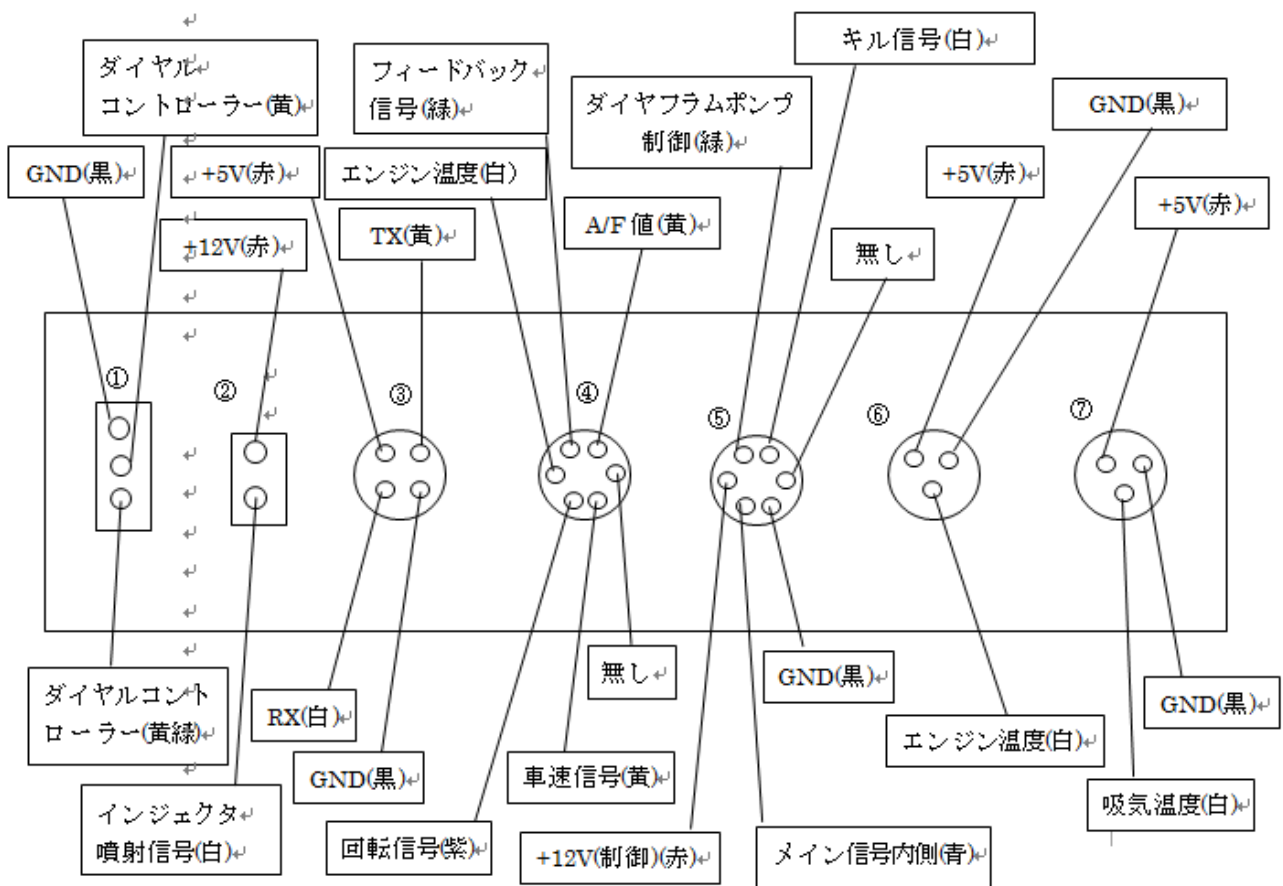


図 2.1 コネクタ配置図

表 2.1 コネクタの接続先

①	ダイヤルコントローラ
②	インジェクタ
③	USB変換機
④	配電
⑤	配電
⑥	温度測定回路
⑦	吸気温度センサー

3. 回路概略

図 3.1 に ECU の全体図を示す. ECU の回路は大きく分けると電源回路, OP アンプによる増幅回路, フォトカプラ, MOS-FET によるスイッチング回路, デジタル信号の処理回路の 4 つに分かれる.

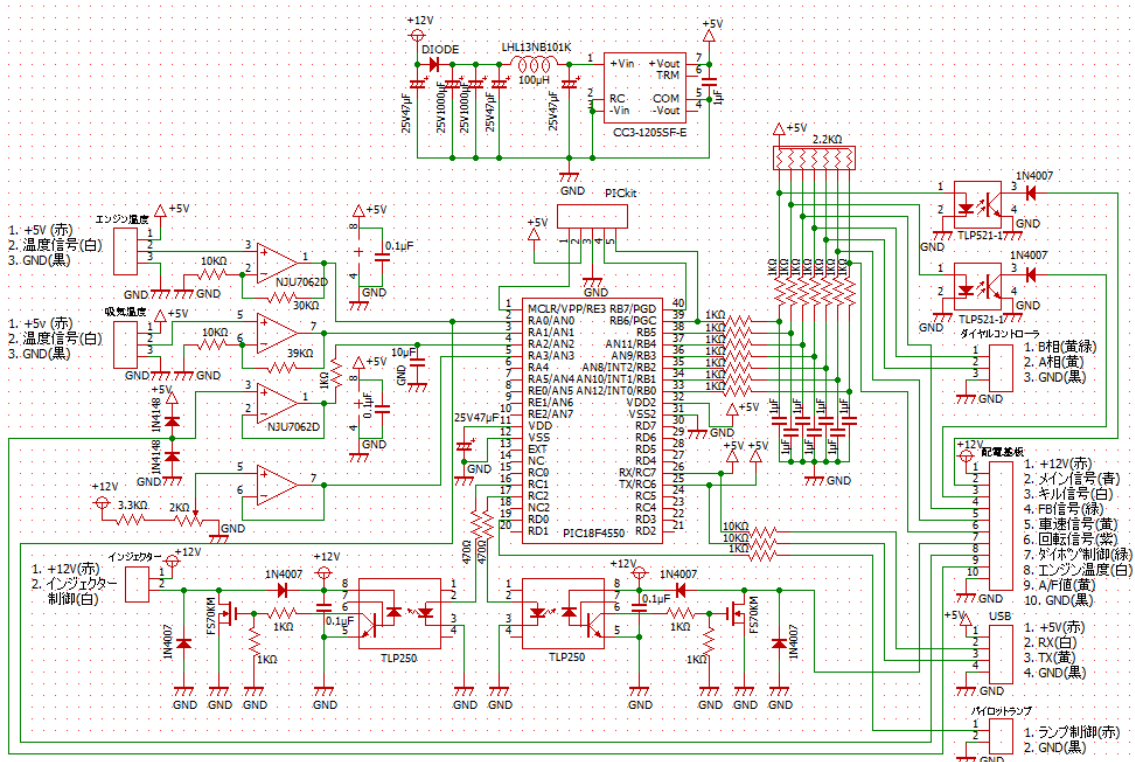


図 3.1 回路全体図

3.1. 電源回路

電源回路はバッテリー電圧(約 12V)から 5V へ電圧を変換する役割を持つ. 電圧の変換には, ノイズ対策, 出力電圧が正確であるという点から DCDC コンバータ(CC3-1205SF-E)を使用している. また, DCDC コンバータへの入力の前にはノイズ対策としてリード型パワーインダクター(RTP8010-101M)が設置されている.

3.2. 増幅回路

増幅回路では, 温度信号(吸気温度, エンジン温度), A/F 値, 制御バッテリー電圧を A/D 変換する際, 測定したい最大値に対応する電圧を A/D 変換入力最大電圧(V_{ref+})に合わせるためオペアンプで電圧の増幅を行う回路である.

吸気温度の電圧増幅回路部分を図 3.2.1 に示す

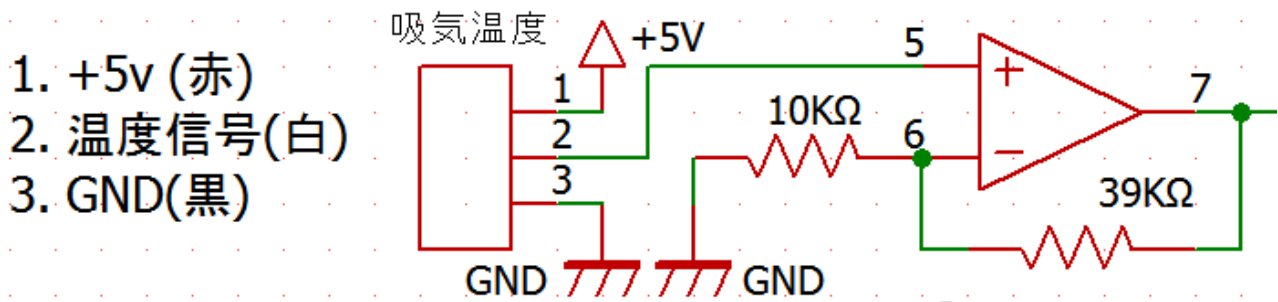


図 3.2.1 吸気温度の電圧増幅回路

吸気温度は、温度センサに LM35DZ を使用している。このセンサは 0°C で 0V 、 100°C で 1V というように温度に比例した電圧を出力する($10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$: 温度係数)。それに対し、吸気温度測定部へ 100°C で 5V を入力されるようにしたい。そのため、オペアンプを用い電圧を 5 倍する必要がある。温度センサの出力電圧と温度の関係を図 3.2.1 に示す。また、オペアンプ増幅後の出力電圧と温度の関係を図 3.2.2 に示す。

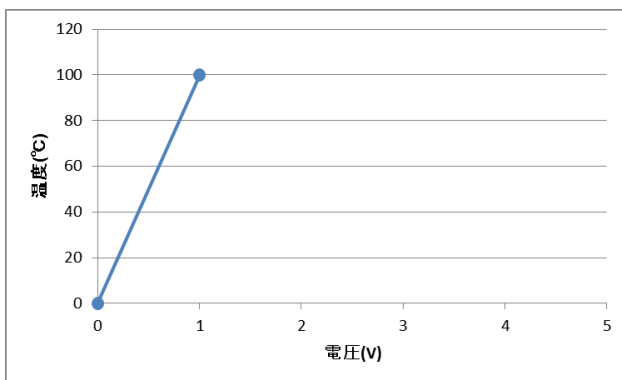


図 3.2.2 温度センサの出力電圧

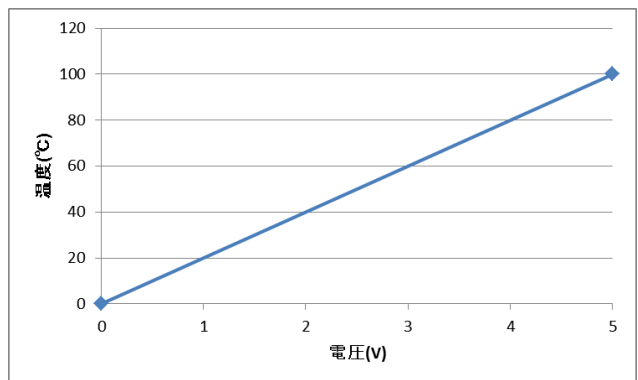


図 3.2.3 オペアンプ増幅後の出力電圧

エンジン温度の電圧増幅回路を図 3.2.4 に示す。

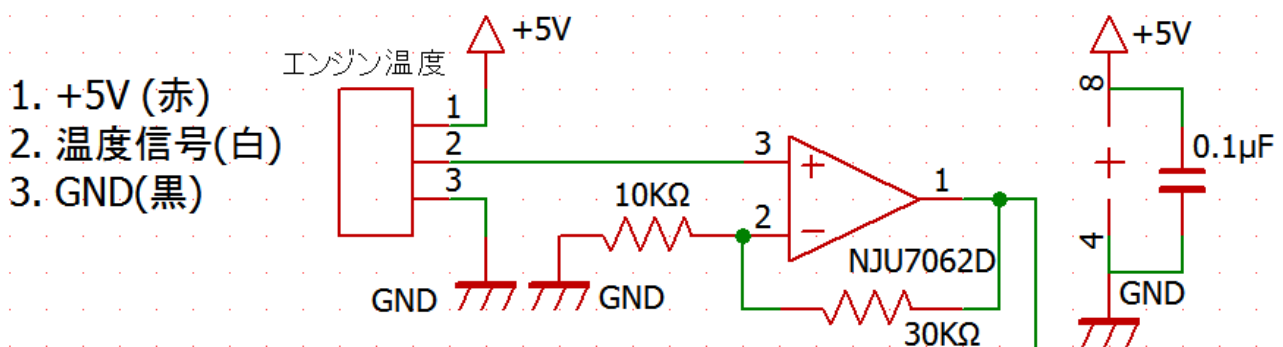


図 3.2.4 エンジン温度の電圧増幅回路

エンジン温度は、K 型熱電対を用い、温度を測定している。また、K 型熱電対は測定範囲が広く、温度係数が $40.7 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ と小さいため、温度測定回路で電圧を増幅した状態で ECU 回路内へ入力される。温度測定回路では、 1°C あたり 10mV の出力となるように電圧を増幅する。それに対し、エンジン温度測定部へ 125°C で 5V が入力されるようにしたい。そのため、オペアンプを用い電圧を 4 倍している。

A/F 値の電圧処理回路を図 3.2.5 に示す。また、A/F 計からの出力電圧と A/F 値の関係を図 3.2.6 に示す。

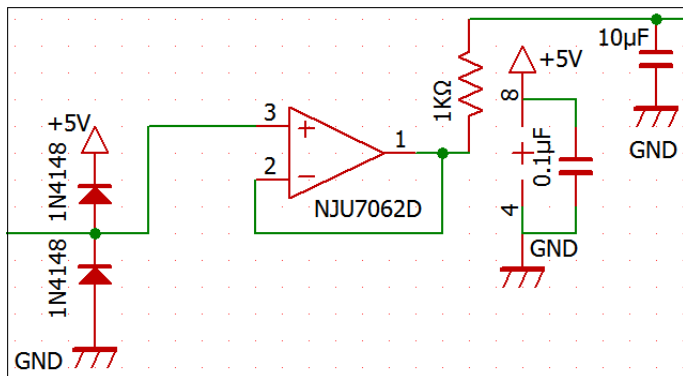


図 3.2.5 A/F 値の電圧処理回路

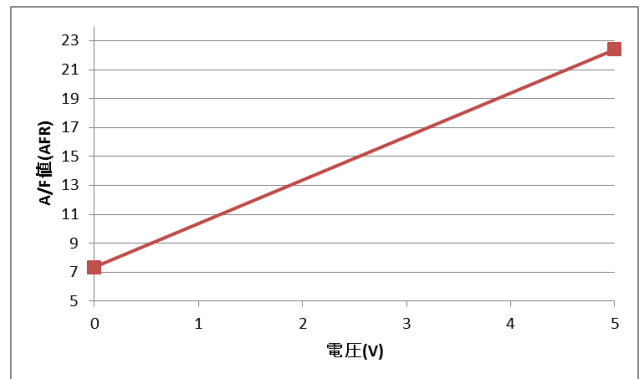


図 3.2.6 A/F 計からの出力電圧

現在使用している空燃比計 (INNOVATE 社製 LC-1) はアンプを内蔵しており、アナログ出力の設定が可能である。現在は 7.35AFR の時 0V 、 22.39 の時 5V を出力する設定とし、図 3.2.6 のようなグラフ上の対応関係にある。そのため、A/F 計の電圧に対しては電圧の増幅は行われておらず、オペアンプはボルテージフォロアのために使用されている。また、オペアンプの保護として、オペアンプへの入力電圧に対してスイッチングダイオードによる保護回路が組まれている。

図 3.2.7 に制御バッテリー電圧に対しての電圧の処理回路を示す。

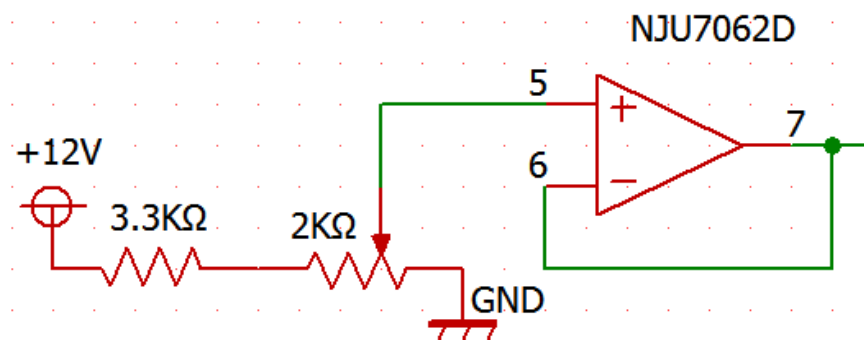


図 3.2.7 制御バッテリー電圧の処理回路

制御バッテリー電圧は半固定抵抗による分圧によって処理されている。また、オペアンプは A/F 値の処理と同じようにボルテージフォロアのために使用されている。

3.3. スイッチング回路

スイッチング回路はインジェクタ制御とダイヤフラムポンプの制御に使用されている．図 3.2 にインジェクタ制御の回路詳細を示す．

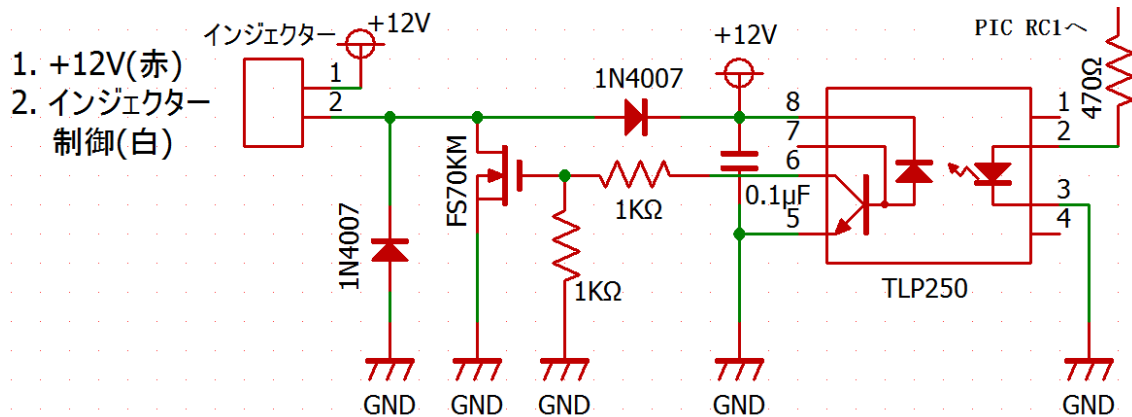


図 3.3.1 インジェクタ制御の回路詳細

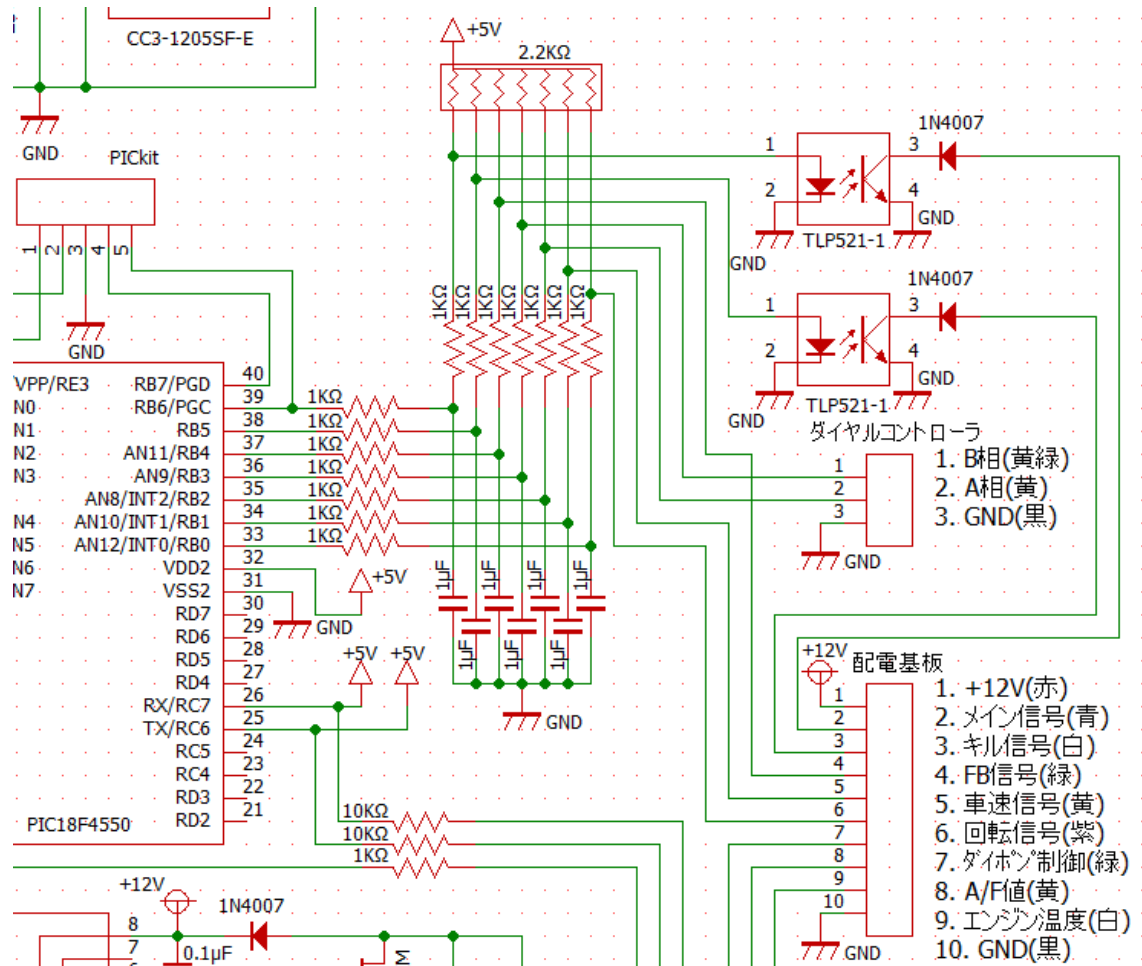
燃料噴射は、インジェクタの+側に常に 12V の電圧を流しておき、グラウンドをインジェクタの一侧に接地させることによって行っている．燃料噴射の際は、PIC の RC1 ピンから燃料噴射信号が出力され、TLP250 の 2 番ピンに入力される．それにより、TLP250 の 6 番ピンに 12V の電圧が流れ、同時に FS70KM のゲートに 12V の電圧が入力される．ゲートに 12V の電圧が入力されたことにより FS70KM のドレイン・ソース間が接続され、インジェクタの一侧がグラウンドに接地される．

また、FS70KM の周りに接続されている 1N4007 は回路保護用のダイオードである．

ダイヤフラムポンプの制御も PIC の出力ピンが RC2 に変わっただけで同様の仕組みである．

3.4. デジタル信号の処理回路

デジタル信号の処理回路は、スイッチ入力、ダイヤルコントローラの信号、A/F フィードバック、車速信号、点火回路から回転信号が正常に inputs 出来るようにするための回路である。図 3.4.1 に回路詳細を示す。



どの信号にも $2.2\text{k}\Omega$ のプルアップ抵抗とバンドパスフィルタが接続されている。なお、 $2.2\text{k}\Omega$ の抵抗は基板サイズ縮小のために抵抗アレイを使用している。

4. ECUver3.2 について

ECUver3.2 は、PIC18F4550 とシリアル通信を行い、エンジン、車体の情報の表示や主に燃料噴射についての設定を変更する役割を持つ。通信を行うためには FT232RL のドライバーを PC にインストールしておく必要がある。図 4.1 に接続時の画面を示す。

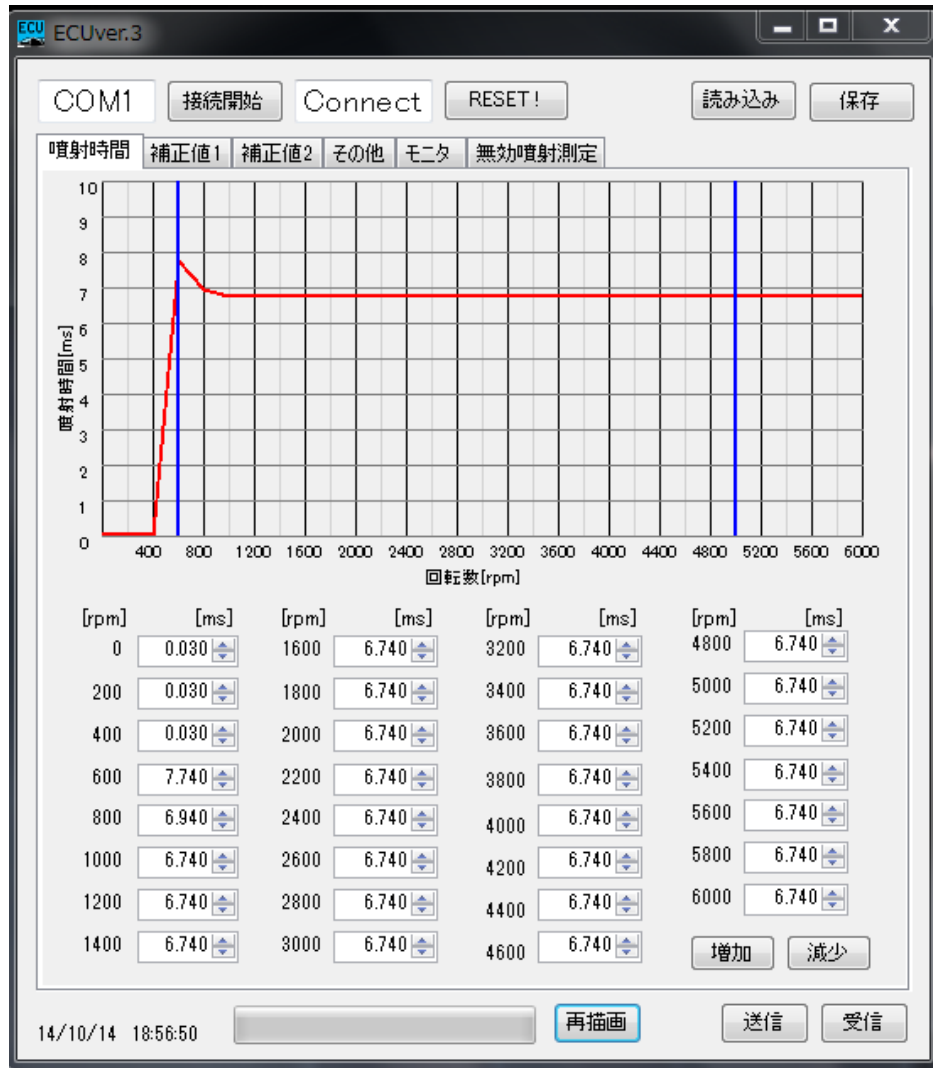


図 4.1 接続図

PIC との接続が成功し、データを受信すると PIC18F4550 の EEPROM 内にある前回の設定が読み込まれる。ECUver3.2 には噴射時間、補正值 1、補正值 2、その他、モニタ、無効噴射時間の 6 つのタブが用意されている。その内、補正值 1(エンジン温度補正と吸気温度補正)は現在使用されていないため説明を省く。

4.1. タブ 1(噴射時間タブ)について

図 4.1 に示したのが噴射時間のタブである。図 4.1 の下部で回転数ごとの燃料噴射時間を設定し，上部のグラフ(燃料噴射マップ)に赤い線で表示する。また，燃料噴射マップ内の青い線は噴射開始回転数と噴射停止回転数を表し，青い線の間だけ燃料を噴射する仕様となっている。

4.2. タブ 3(補正值 2 タブ)について

図 4.2.1 に補正值 2 のタブの画面を示す。

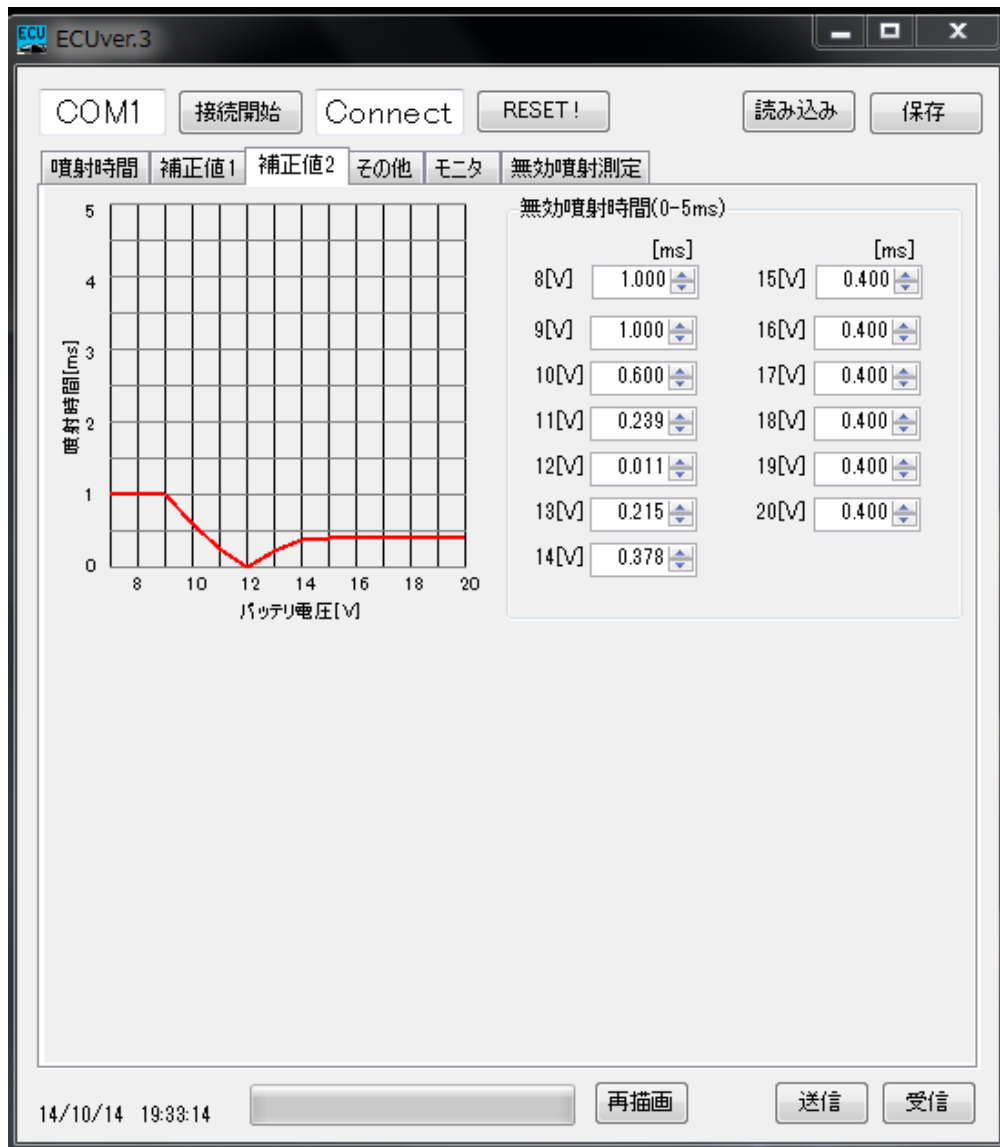


図 4.2.1 補正值 2 タブの画面

補正值 2 タブはバッテリー電圧に対しての無効噴射時間の設定を行うことが出来る。無効噴射時間とは，ECU が燃料噴射信号を出してからソレノイドバルブが動き出すまでの時間のことで，バッテリー電圧やインジェクタのコイルの熱によって変化する。例えばバッテリー電圧 13V の時無効噴射時間は 0.215ms なので，燃料噴射マップ上での燃料噴射時間が 2ms だとしても実際の燃料噴射時間は 1.785ms である。

そのため燃料噴射マップ上の噴射時間に無効噴射時間を加算する補正をし、燃料噴射マップと同じ時間だけ燃料噴射をする設定を行うのが補正値 2 タブの役割である。

現在は 2 年前に行った無効噴射試験での結果をもとに設定した値を使用している。そのため、インジェクタを変更した場合や、新しい電装品を製作した時にこの値を変更する必要がある。

4.3. タブ 4(その他タブ)について

図 4.3.1 にその他タブの画面を示す。



図 4.2.1 その他タブの画面

その他タブでは各設定の変更を行うことが出来る。設定は回転数制御、燃料加圧制御、補正 ON/OFF、インジェクタ噴射量、車輪 1 周の長さ、A/F フィードバックの 6 つがある。

回転数制御は、図 4.1 で示した噴射開始回転数と噴射停止回転数の変更を行うことが出来る。噴射開始回転数は低く設定すればその分燃料を節約出来るが、始動性が悪くなる。現在のセルモータでは

900rpm 程度しかエンジンを回すことが出来ないため、セルモータを変更した時に設定を変えるとよい。噴射停止回転数はエンジンを保護するために設定する。現在のオリジナルエンジンは 5000rpm で数秒間回すことが出来る設計のため、現在は 5000rpm に設定してある。今後、新しいエンジンを製作した時や減速比を変更した時に設定を変えるとよい。

燃料加圧制御は燃料加圧の方法を設定出来る。シャシローラ、試走、広島大会ではエア加圧のため設定する必要がないが、茂木大会ではインジェクション制御のチームはダイヤフラムポンプの使用が義務付けられているため、ダイヤフラムポンプを使用する設定にする必要にすることがある。また、燃料ポンプはダイヤフラムポンプを使用する前に使用していたが、現在は使用していないため ON にしてはならない。

補正 ON/OFF は各補正を使用するかしないかを設定出来る。図 5.2.14 に示すように、現在使用しているのはダイヤルコントローラ、無効噴射時間、A/F フィードバックの 3 つである。ダイヤルコントローラとは、燃料噴射マップの倍率を変化させるために使用するロータリーエンコーダである。1 クリック毎にクリック感があり、1 クリックで 0.5% の倍率を変化させることが出来る。ダイヤルコントローラによる倍率補正は 55% から 150% である。

インジェクタ噴射量は 1 分間に噴射する燃料噴射量を設定出来る。タブ 1 で燃料噴射時間を設定するが、燃料噴射時間を 10ms に設定しても A/F 値が高かった場合は値を大きく、1ms 以下にしても A/F 値が低い場合は値を小さく設定し直す必要がある。(使用頻度は低い。このような状態になった場合はハード面に問題がある可能性が高い)

車輪 1 周の長さはその名の通り車輪 1 周の長さを設定出来る。現在は 20 インチのホイールの長さを設定している。ホイールサイズを変更する際に計測して設定し直す必要がある。

A/F フィードバックは、A/F フィードバックの目標空燃比、開始回転数、各ゲインを設定することが出来る。A/F フィードバックとは、A/F 計からの A/F 値の情報を受け取り、その値を目標とする空燃比に近づけるために次の燃料噴射時間を補正する機能であり、燃料噴射マップに対して 10% から 200% まで補正をすることが出来る。A/F フィードバックを使用することにより、マップを精密に合わせなくても理想空燃比へと補正してくれるため、マップのセッティングの時間を減らすことが出来ることや走行中の A/F 値の変動が少なくなるなどの利点がある。

今年度の茂木大会では A/F17.0 で走行した。だが、A/F17.0 だとエンジンの始動性が悪かったためフィードバック開始回転数を 2000rpm とし、燃料噴射マップを少し濃い目に設定することで、エンジン始動時は濃い目でトルクを確保しつつ、主な使用回転領域である 2000rpm から 3000rpm の間はトルクよりも bsfc を重視したセッティングとした。今後ベンチ試験を繰り返す中で最適な空燃比を見つける必要がある。

A/F フィードバックは PID 制御という制御方式を用いている。PID 制御とは P 制御 (proportionality: 比例), I 制御 (integral: 積分), D 制御 (differential: 微分) の 3 つの制御方式を組み合わせた制御で、入力値への制御を出力値と目標値との偏差、積分、微分の 3 つの要素を用いて行う方法である。PID 制御の具体的な説明は省くが、どのゲインも値を大きくすればするほど反応が敏感となるが、P ゲイン、I ゲインを大きくし過ぎると補正をしすぎて目標空燃比を通り過ぎてしまう。D ゲインを大きくし過ぎると値の収

束が遅くなり、A/F 値の安定が遅くなる。また、A/F フィードバックは使用しすぎるとインジェクタ制御の MOS-FET が劣化し、燃料噴射が上手く動作しなくなるため使用は最小限にするべきである。

4.4. タブ 5(モニタタブ)について

図 4.4.1 にモニタタブの画面を示す。

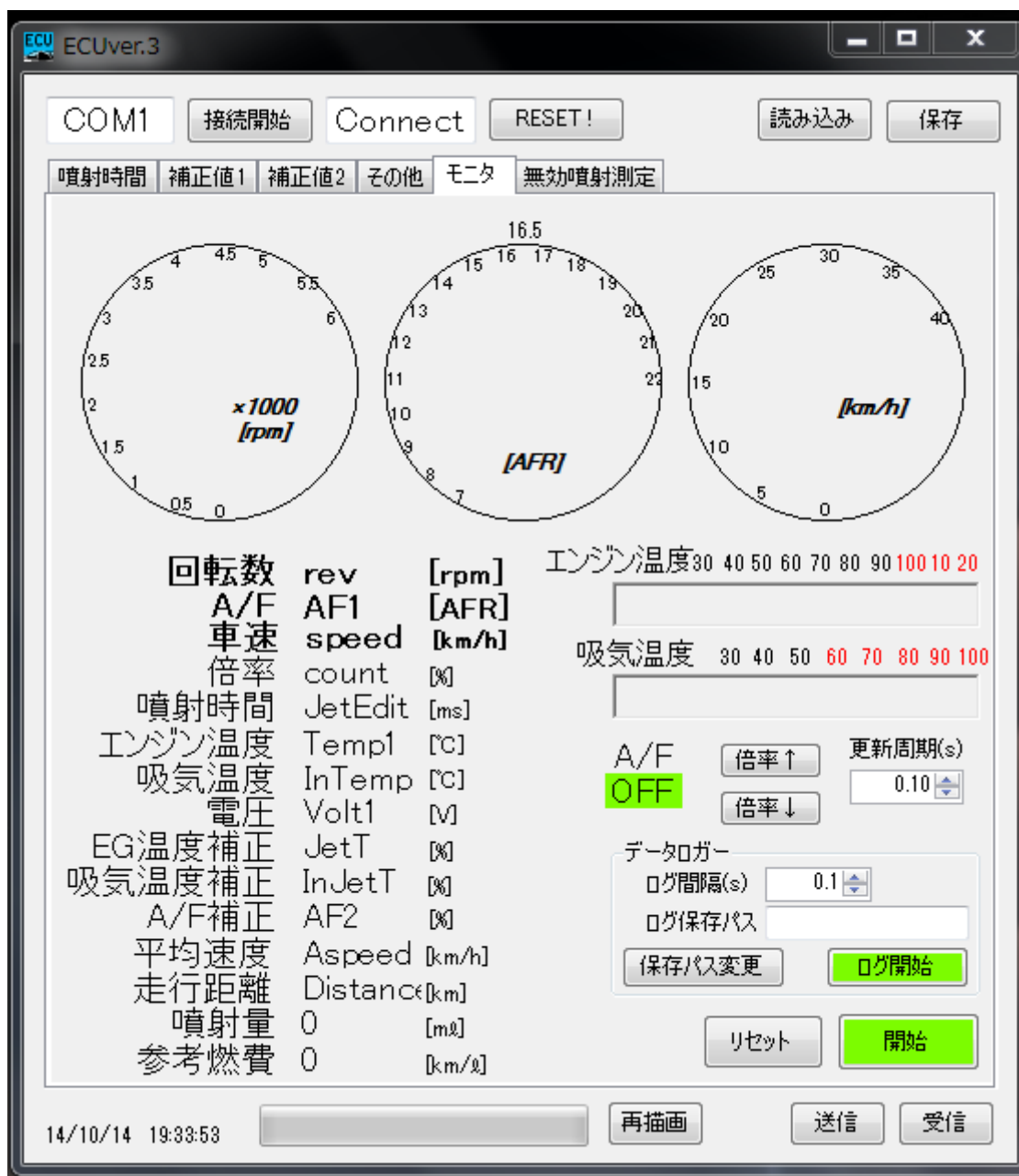


図 4.4.1 モニタタブの画面

モニタタブは、エンジン、車体の状態を知ることが出来る。また、保存パスを設定しログを取ることが出来る。シャシローラではこのタブと噴射時間タブを使用し、空燃比を合わせる。

4.5. タブ 6(その他タブ)について

図 4.5.1 に無効噴射測定タブの画面を示す.



図 4.5.1 無効噴射測定タブの画面

無効噴射測定タブでは、エンジンの状態に関係なく、燃料噴射を行うことが出来る。主に無効噴射試験時やシャシローラ前のエア抜きの際に使用する。

5. 過去に起こったバグとその対策

- ① 同じ燃料噴射時間で燃料噴射量が変動する
⇒劣化により MOS-FET のゲート・ソース間電圧に対して出力されるドレイン電流が変化し、インジェクタへ入力される電流が変化するためである。MOS-FET を交換すれば良い。
- ② シャシローラ時に燃料噴射を行わなくなり、エンジンが停止する。
⇒PC と通信を行いながら燃料噴射をしているため、PIC の処理限界を超えてしまい、燃料噴射信号を出力できていない可能性がある。PIC18F4550 よりも高性能なマイコンを使用すれば解決する。
- ③ ECU のソフトウェアが誤動作を起こし、エンジンが停止、または暴走する。
⇒PC と PIC の送受信のタイミングが合っていないために起こる問題である。
- ④ 燃料噴射マップの送受信の際、エラーが起こる。
⇒緊急停止スイッチで全回路をリセットすれば良い。