

# R1100S/R1150 Lambda Shifter 2.0 取扱説明書

2022/10/27

V2.0



凡例



**注意！**

車体やデバイスの損傷の可能性のある事項について記載する。



**情報**

デバイスの正常動作にかかる注意事項について記載する。

---

## 目次

<b>1. 特徴 .....</b>	<b>3</b>
<b>2. 仕様 .....</b>	<b>4</b>
<b>3. 取り付け方法 .....</b>	<b>5</b>
3.1 デバイス側.....	5
3.2 車体側.....	5
3.3 デバイスのケーブル色と接続先.....	5
<b>4. WiFi 接続方法 .....</b>	<b>7</b>
4.1 AP モード .....	7
4.2 クライアントモード.....	8
<b>5. デバイスの操作 .....</b>	<b>10</b>
5.1 Realtime Graph.....	10
5.2 Logging.....	11
5.3 Shift Votage.....	12
5.4 ECU MAP(オプション).....	13
5.5 WiFi Mode .....	13
5.6 Firm/File Version .....	14
<b>6. Appendix.....</b>	<b>15</b>
Appendix. デバイスの電源接続例.....	15
Appendix. コーディングプラグによるマップ切替 .....	17
Appendix. 動作チェックリスト .....	18
Appendix. O2 センサーの仕様と計測結果 .....	19
Appendix. 開発リソース/開発環境 .....	21
Appendix. よくある質問 .....	22
Appendix. 問い合わせ先 .....	23
Appendix. ライセンス情報 .....	24

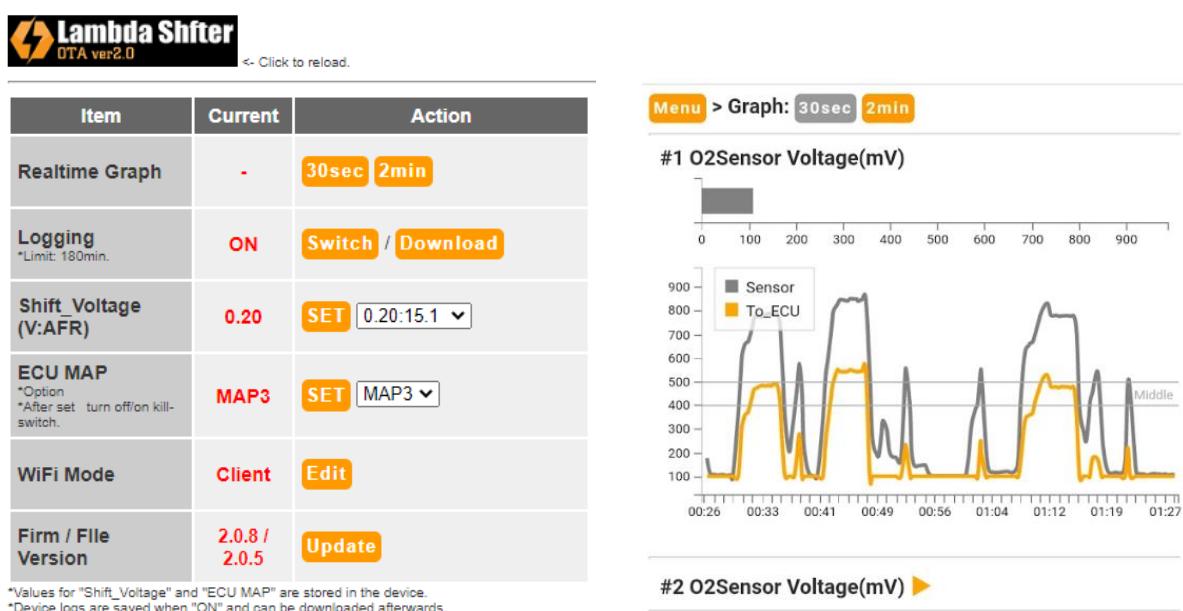
## 1. 特徴

このデバイスは、狭帯域 O2 センサーを備える Moronic2.4ECU 向けに、低中回転、低負荷域のクルーズ領域の燃料を調整し、運転特性の改善を目的としたものである。ストックの状態では、環境規制対応によりクローズドループの空燃比が 14.7 に固定されている。このデバイスにより、13.7 程度までリッチに設定できる。

リッチにすることによるメリットは以下の通り。

- ・ アイドリングの安定
- ・ 中低速トルクの向上
- ・ クルージング領域のスロットルレスポンスの改善
- ・ エンジン温度の低下

その他、デバイスの全ての機能をスマートフォンなどの無線 LAN に対応した機器で操作できる。



クローズドループとオープンループによる ECU の制御、および点火時期の調整は以下のドキュメントを参考のこと。

### 英語版

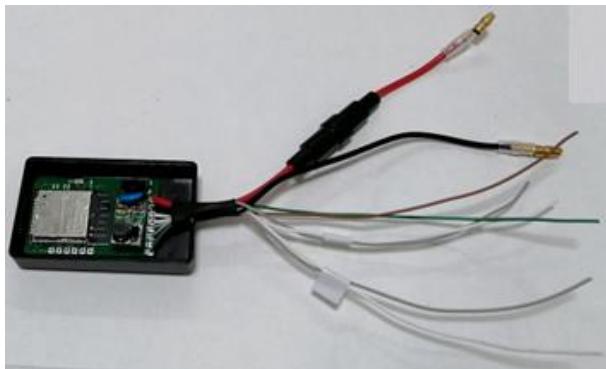
<https://drive.google.com/file/d/1yzwXpZE8MO3YYsV9nFuAE6dRmlb3xPf2/view?usp=sharing>

### 日本語版

<https://drive.google.com/file/d/17E6WIj0e4-W8HM2w7mWsXGhC5LxRpZlZ/view?usp=sharing>

本デバイスとソフトウェアは MIT ライセンスを前提に公開している。詳細は「Appendix. 開発リソース・開発環境」「Appendix. ライセンス情報」を参照のこと。

## 2. 仕様



デバイス内部



コネクタ等

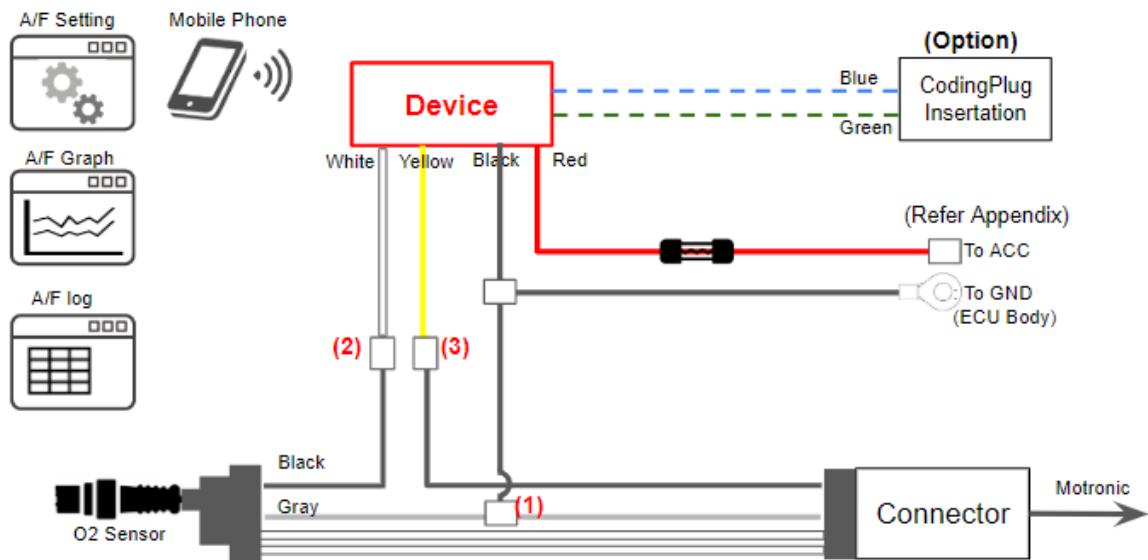
項目	内容
<b>サイズ(mm)</b>	58 × 36 × 16
<b>重量</b>	40g(ケーブル含む)
<b>電源電圧</b>	9v～20v
<b>使用温度範囲</b>	-20～80℃
<b>消費電力</b>	平均 80mA 最大 500mA(Wi-Fi 接続時)
<b>防水レベル</b>	生活防水
<b>入力センサー数</b>	2
<b>センサー入力範囲(誤差)</b>	100～1000mV(±1%)
<b>電圧出力範囲(誤差)</b>	100～900mV(±1%)
<b>Wi-Fi</b>	802.11 b/g/n (HT40)
<b>対応ブラウザ</b>	Google Chrome 56 以降
<b>推奨画面サイズ</b>	400px × 800px 以上

### 3. 取り付け方法

#### 3.1 デバイス側

配線図を参考に、O2 センサーと電源を接続し、デバイスを適切な場所に取り付ける。

コーディングプラグへの接続は、ECU チップ接続切替のためのオプション。



#### 3.2 車体側

- 配線図、Appendix を参考に、デバイスの電源(赤/黒)を接続する。
- センサーの灰ケーブルにエレクトロタップを接続し、デバイスの黒と接続する※(1)
- ストックの O2 センサーの黒のケーブルを切断し、O2 センサー側をデバイスの白に接続する。※(2)
- 車体側の黒のケーブルを、デバイスの黄のケーブルに接続する。※(3)
- コーディングプラグへの差し込みは平型(250 型)の端子を利用する。抜けないようケーブルを固定する。

#### 3.3 デバイスのケーブル色と接続先

デバイスのケーブル色	接続先	(参考)内部接続ピン
赤	12v(ACC)	2(VIN+)
黒:	車体のアース。バッテリーのマイナス端子を推奨	1(GND)
白	O2 センサーの黒ケーブル。センサー側	35
黄	O2 センサーの黒ケーブル。車体側	25
青	コーディングプラグの 86 番端子	18
緑	コーディングプラグの 87 番端子	19



## 注意！

- O2 センサーの近くで、かつ利用時の仕様を満たす場所に設置すること。  
ex) 雨が直接当たらない。エンジンの熱が直接伝わらない。
- 電源を逆に接続しないこと。ヒューズが飛ぶか、内部の電源パーツが損傷する。  
損傷した場合はデバイスを分解し、ヒューズ、レギュレーター、ダイオードのいずれかを交換する必要がある。
- 電源と、白/灰/茶/緑のケーブルをショートさせないこと。デバイス内部チップが破損する。  
発熱の可能性があるため、内部チップの破損の可能性がある場合は使用を取りやめ、デバイスを取り外す。
- 電源を ON にした状態で、デバイスのケーブル同士、車体の金属部分をショートさせないこと。

## 4. WiFi 接続方法

本デバイスは、2通りの Wi-Fi 接続方式を提供する。

### 4.1 AP モード

本デバイスの初期状態。デバイスをアクセスポイントにし、スマートフォン側から接続する。  
設定は本デバイスの表面に記載されている。本設定は変更できない。



※デバイスの WiFi 接続情報例、接続方向

- (1)車体の電源を ON にし、スマートフォン等でデバイスの SSID に接続する。
- (2)http://10.1.1.1/ の URL にアクセスする。本デバイスのメニュー画面が表示される。  
→接続できない場合はモバイル回線を OFF にすること。

Item	Current	Action
Realtime Graph	-	30sec   2min
Logging *Limit: 180min.	OFF	Switch / Download
Shift_Voltage (V:AFR)	Disable	SET Disable ▾
ECU MAP *Option *After set turn off/on kill-switch.	MAP1	SET MAP1 ▾
WiFi Mode	Client	Edit
Firm / File Version	2.0.8 / 2.0.5	Update

\*Values for "Shift\_Voltage" and "ECU MAP" are stored in the device.  
\*Device logs are saved when "ON" and can be downloaded afterwards.

デバイスを ON にするたび、Wi-Fi 再接続が必要となる。また、同時にモバイル回線を使えない機種が存在する。  
以下のクライアントモードを使用すると、WiFi 再接続不要、モバイル回線を同時利用可能となる。

## 4.2 クライアントモード

スマートフォンのテザリング機能を利用し、デバイス側からスマートフォンに接続する。



(1) AP モードでデバイスに接続する。

(2) メニューの「WiFi Mode」→「Edit」をクリックする。

Screenshot of the Lambda Shifter OTA ver2.0 software interface. The main menu shows various options like 'Realtime Graph', 'Logging', 'Shift\_Voltage', 'ECU MAP', 'WiFi Mode', and 'Firm / File Version'. The 'WiFi Mode' row is highlighted, and its 'Edit' button is selected, indicated by a red border.

Item	Current	Action
Realtime Graph	-	30sec 2min
Logging *Limit: 180min.	OFF	Switch / Download
Shift_Voltage (V:AFR)	Disable	SET Disable
ECU MAP *Option *After set turn off on kill-switch.	MAP1	SET MAP1
WiFi Mode	Client	Edit
Firm / File Version	2.0.8 / 2.0.5	Update

\*Values for "Shift\_Voltage" and "ECU MAP" are stored in the device.  
\*Device logs are saved when "ON" and can be downloaded afterwards.

(3) スマートフォンのテザリングの SSID、パスワード、IP アドレス、ゲートウェイを入力する

Screenshot of the WiFi Client settings screen in the Lambda Shifter software. The 'Contents' tab is selected. The 'SSID' field contains 'TEST-SSID001'. The 'Action' button at the bottom is labeled 'SET(Restart)'.

Item	Contents
Status	WiFi:OK / Gateway:OK / Internet:OK
SSID	TEST-SSID001
Password	Password1234 Hide
Device IP address	192.168.43.100
Subnet Mask	255.255.255.0
Gateway Address	192.168.43.1
Action	SET(Restart)

\*These settings are for connecting from a device to a mobile phone or other device.  
\*If you do not know the connection destination setting, DO NOT CHANGE.

Parameter	Android	iPhone
SSID	スマートフォンに合わせる	スマートフォンに合わせる
Password	スマートフォンに合わせる	スマートフォンに合わせる
IP	192.168.43.10	172.20.10.5
Subnet	255.255.255.0	255.255.255.240
Gateway	192.168.43.1	172.20.10.1

※設定例。機種によっては別途調査必要。

(4) 「Set(Restart)」ボタンをクリックし、イグニッションを OFF にする。

(5) スマートフォンのテザリングを有効にした後、イグニッションを ON にする。

---

(6) http://[デバイスに設定した ip]/にアクセスする。

→本デバイスのメニューが表示される

次回以降は(5)(6)のみ実施すれば接続できる。



## 情報

### メニューが表示されない場合

スマートフォンのテザリングを OFF にし、デバイスの電源を OFF/ON した後、AP モードで再度接続。

Wi-Fi Setting の Status を確認し、以下の通り設定を修正する。

Wi-Fi: **NG**

SSID かパスワードが誤っている。

Wi-Fi: **OK** Gateway: **NG**

IP かゲートウェイ設定が誤っている。

参考 : Wi-Fi: **OK** Gateway: **OK** Internet: **NG**

デバイスの接続は正常。スマートフォンがインターネットに接続されていない。

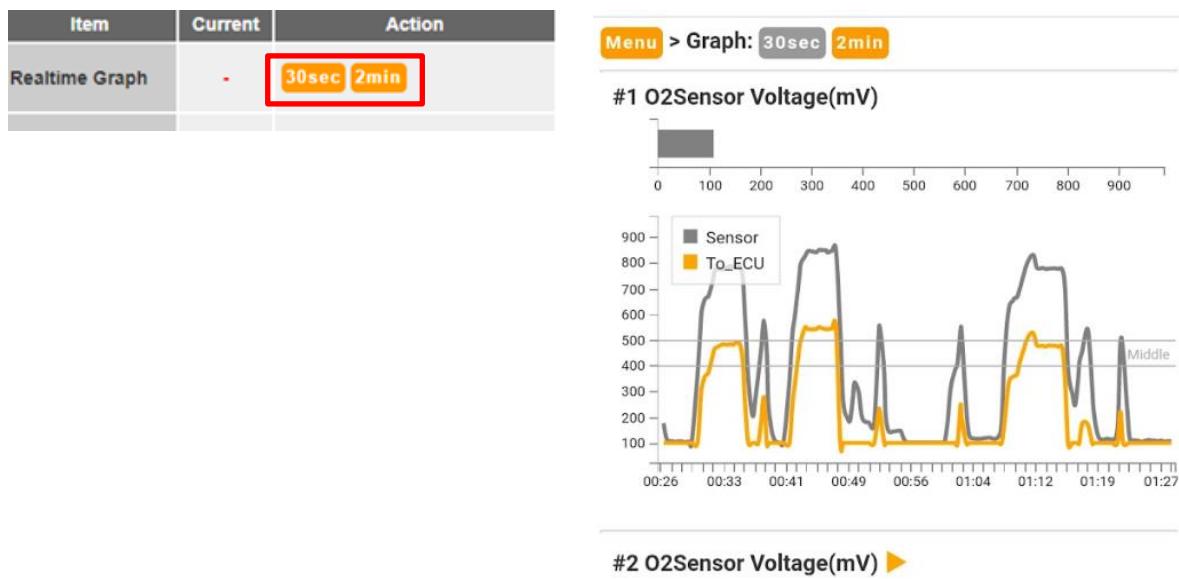
## 5. デバイスの操作

本デバイスは、全ての操作をスマートフォンや PC で行う。

操作方法は以下の通り。

### 5.1 Realtime Graph

メニューの Realtime Graph 行の「30sec」「2min」を選択すると、デバイスのセンサー電圧入出力をリアルタイムに確認できる。



灰色のバー、および線は O2 センサーの入力であり、オレンジの線は ECU への出力である。

オレンジの線が 400mv より下にある際は、ECU は燃料がリーンであると判断し、500mv より上にある場合、ECU はリッチであると判断する。

O2 センサーを二つ接続している場合は、「▼」を選択することで、2 番目のグラフを表示できる。

#### ① 情報

狭帯域 O2 センサーは、仕様により燃料のリッチ、リーン、中間のみを判定している。一般的な特性は以下の通り。

- ・常にリッチとリーンを行き来する状態が正常。詳細は「Appendix O2 センサーの仕様」を参照
- ・冷間時(油温/水温が 60°C 以下)は、濃い状態になる。
- ・アイドリング時、クルージング時は、濃い/薄い状態を行ったり来たりする。
- ・アクセルを大きく開けると濃い状態が継続する。
- ・2000rpm 以上でアクセルを閉じると、燃料カットオフにより、薄い状態になる。
- ・エンジン温間時も上記動作とならない場合は、「Appendix 動作チェックリスト」を参照して O2 センサーをチェックする。

## 5.2 Logging

Logging 行の「Switch」をタップすると、ステータスの ON と OFF が切り替わる。

「ON」の状態でログを記録し、適当なタイミングで「Download」をタップして CSV 形式のログをダウンロードする。

Item	Current	Action
Realtime Graph	-	30sec 2min
Logging *Limit: 180min.	ON	Switch / Download
Shift_Voltage	0.20	SET 0.20-15.1 ▾



### 情報

- イグニッションを OFF にする前にファイルをダウンロードすること。ログはデバイスの電源が OFF になると削除される。
- ログがデバイスの保存上限を超えた場合は、スマートフォンからアクセスが不可となる。

### 5.3 Shift Voltage

ECU に出力するセンサー電圧を変更し、燃料噴射量を調整する機能。デフォルトは 14.7。  
この設定値はデバイスに保存されるため、毎回設定画面を表示する必要はない。

「Shift Voltage」行で、シフト電圧(空燃比)を選択。「SET」をタップする。



#### 情報

「Disable」は、センサー入力とは関係なく ECU に 0.45V を出力し、クローズドループを OFF とするモードである。



#### 注意！

- 空燃比をリーンにする場合は、油温やプラグの焼けの状態を把握すること。加熱によるエンジンブローのリスクを伴う。
- 「-0.37(13.7)」「0.30(15.3)」を選択した場合、実際の空燃比との誤差が大きくなる可能性がある。ストックの狭帯域 O2 センサーは、14.7 の検出のみを目的としているため。
- Motronic2.4 にはクローズドループのトリムの結果をオープンループに反映する学習機能がある。反映は通常 200～300km 走行後に学習が完了する。

## 5.4 ECU MAP(オプション)

コーディングプラグの特定のピンと GND を接続し、ECU のマップを切り替える機能。  
この設定値はデバイスに保存されるため、毎回設定画面を表示する必要はない。

「ECU MAP」行で、マップを選択。「SET」をタップする。



### 注意！

- ・ 本機能は ECU のマップ書き換え、および BMW の出荷地域切替用コーディングプラグを前提とする。
- ・ マップ書き換えについては「Appendix1」を参照のこと。

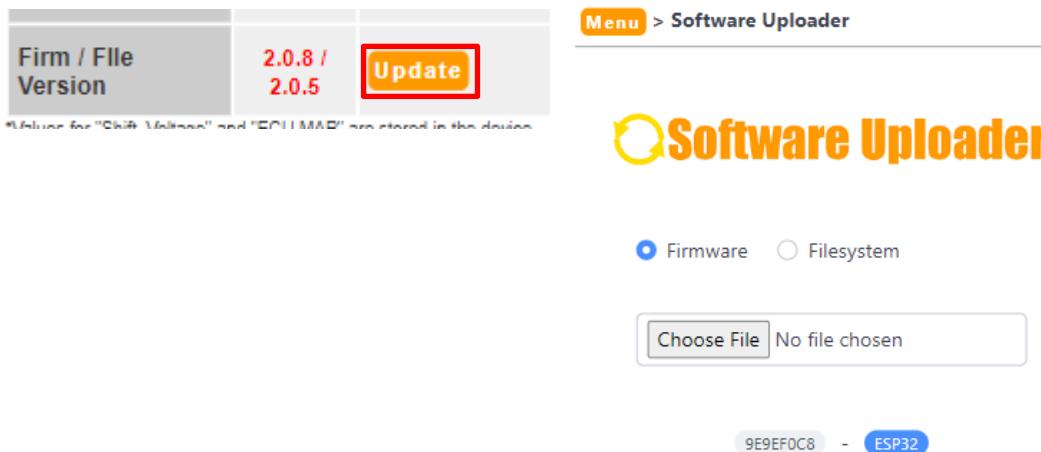
## 5.5 WiFi Mode

「4.WiFi 接続方法」を参照のこと。

## 5.6 Firm/File Version

現在のファームウェア、Web 画面のバージョンを表示する。「Update」をクリックすると、ファームウェア、ファイルのアップロード画面となる。本機能は、導入後のソフトウェアの修正、センサーのキャリブレーション、機能追加の際に利用する機能である。

「firmware.bin」をアップロードする際は「Firmware」、「spiffs.bin」をアップロードする際は「Filesystem」を選択する。



### 注意！

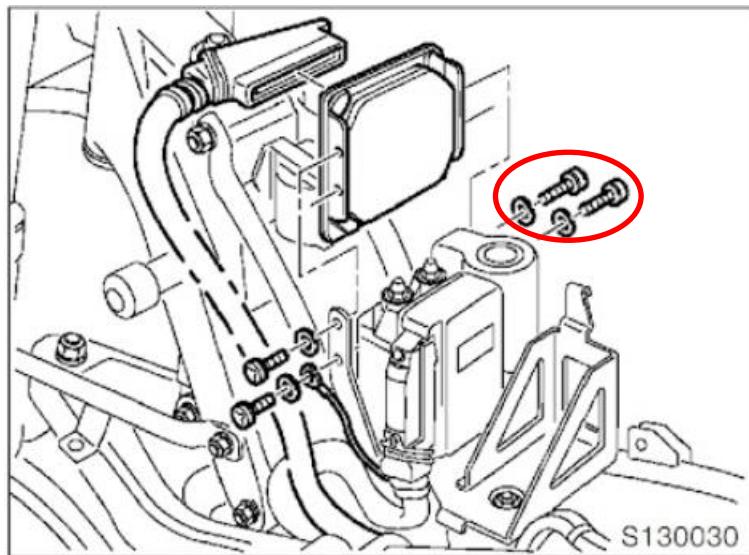
- ・アップロードは、問い合わせの結果、必要がある場合のみ行うこと。
- ・ファームウェア、ファイルシステムはデバイスごとに異なるため、他のデバイスのファイルを流用しないこと。
- ・Firmware と Filesystem を正しく選択すること。誤った場合、再度アップロードし直しが必要になる。

## 6. Appendix

### Appendix. デバイスの電源接続例

#### GND・センサー灰の接続

- デバイスの黒ケーブルは、車体の GND と O2 センサーの灰に接続する。
- 車体側は ECU(Motronic)マウント部のボルト/ネジに取り付けを推奨。



- O2 センサーの灰のケーブルに接続するためエレクトロタップを利用する。本項「エレクトロタップ接続例」を参照のこと

#### ACC 電源

デバイスの赤ケーブルを車体の ACC 電源に接続する。本項「エレクトロタップ接続例」を参照のこと  
以下は R1100S のブレーキスイッチのケーブル(黄)に割り込ませる例。



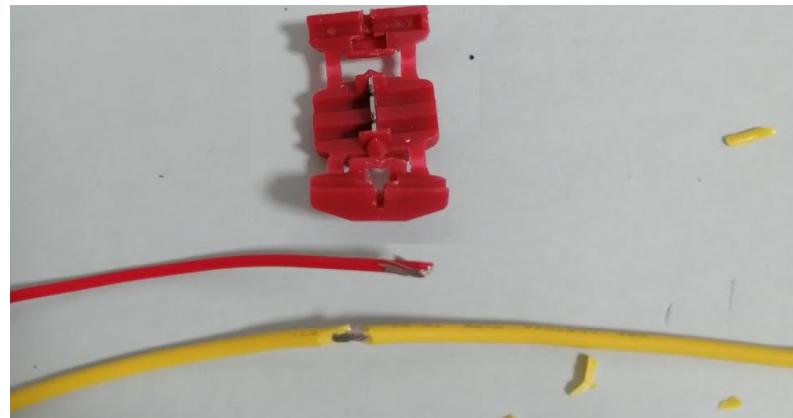
#### 注意！

- エレクトロタップは正しく利用すること。接触不良が発生し、デバイスが正しく動作しない恐れがある。
- GND、および ACC 電源を取る際は、事前にテスター等を利用して配線の状態を確認すること。  
配線の状態が正しくない場合、デバイスが正しく動作しない恐れがある。

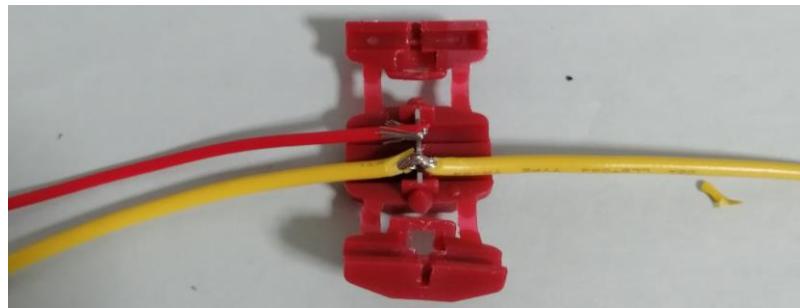
---

### エレクトロタップ接続例

接続先のケーブルの被覆をカッター等で削る。デバイス側のケーブルは先端の被覆を削った上で折り返す。



以下のように、電線部分がエレクトロタップ中央の金属部分に触れるよう配置する。



プライヤー等で、パチンと音がするまでエレクトロタップを挟み込む。

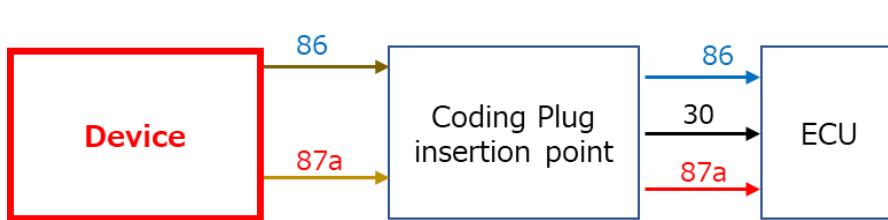


エレクトロタップは配線用ビニールテープ等でカバーする

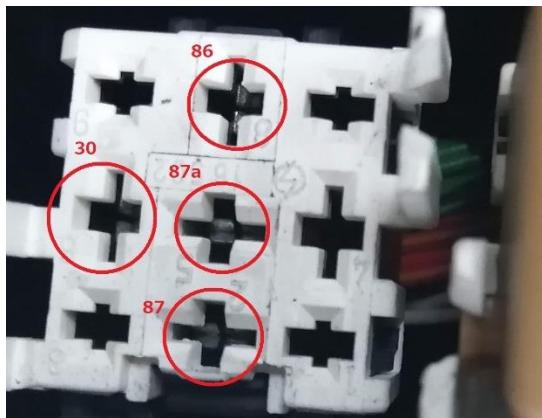


## Appendix. コーディングプラグによるマップ切替

デバイスの茶と緑のケーブルの先に平型端子を付け、車体のコーディングプラグ挿入口に接続し、ECU のマップ切替スイッチとして利用する。



Connection	Map
None	1
30-86	5
30-87a	3



### ① 情報

- ・ (重要)キルスイッチを OFF にした状態でイグニッションを ON にし、キルスイッチを ON にしてエンジン始動する。 マップを反映させるには ECU の再読み込みが必要なため。
- ・ ストックのマップは切り替えても大きな差異はないため、ECU の EEPROM チップ交換を推奨する。下記 URL の「5.2. ECU チップ交換」「Appendix3 コーディングプラグによるマップの切替」を参照のこと

#### 英語版

<https://drive.google.com/file/d/1yzwXpZE8MO3YYsV9nFuAE6dRmlb3xPf2/view?usp=sharing>

#### 日本語版

<https://drive.google.com/file/d/17E6WIj0e4-W8HM2w7mWsXGhC5LxRpZlZ/view?usp=sharing>

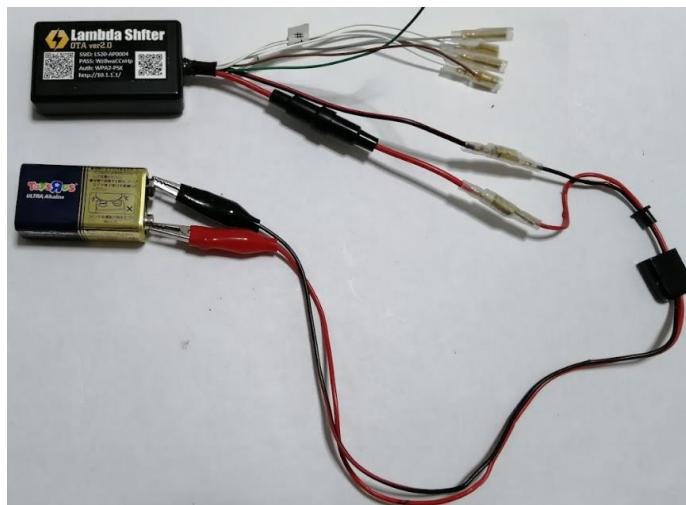
## Appendix. 動作チェックリスト

単体はデバイスと車体を切り離した状態、結合は取り付けが完了した状態。

カテゴリ	No		チェック	原因・備考
車体	1	GS911 等の ECU 診断ツールを利用し、エラーがないか		デバイス取り付け前にエラーを解消する
	2	02 センサーのコネクタを外し、車体側のピンに電圧計を付け、以下の電圧となるか。 黒→車体(GND) : 0.58v 前後 灰→車体(GND) : 0.14v 前後		電圧が基準から大きく外れる場合は、ECU の故障
	3	02 センサーをガスバーナー等で 800°Cまで熱し、黒と灰色のケーブル間の電圧が 0.1-0.15v 程度あるか。		正常動作しない場合、02 センサーの異常。
	4	イグニッションを ON にした際、燃料ポンプが 3 秒程度稼働して停止するか。		正常動作しない場合、車体の(切斷した)灰色ケーブルの接続(アース)不良。
デバイス	5	車体の電源を入れた際、デバイスの SSID が表示されるか。		表示されない場合、電源接続不良、もしくはデバイスの故障。
	6	デバイスのグラフを確認し、02 センサーの入力状態は正しいか		正常動作しない場合、デバイス内部の損傷か、プログラムの不具合。
	7	デバイスの空燃比設定を「disable」にした時、黒→灰間の電圧が 450mv(±1%)となるか		正常動作しない場合、デバイス内部の損傷か、プログラムの不具合。
	8	デバイスのマップを切り替えた際、ケーブル間の抵抗が以下の通りとなるか。 MAP2 : 茶-黒の間が 0Ω MAP3 : 緑-黒の間が 0Ω		正常動作しない場合、デバイス内部の損傷か、プログラムの不具合。

## TIPS

以下の図のように 9v の電池を接続することで、デバイス単体の動作確認ができる。(項番 5、7、8)



---

## Appendix. O2 センサーの仕様と計測結果

R1100S(R1150)のECUは、BOSCHのStep change(狭帯域)O2センサーを使用して燃料調整をしている。ECUの仕様は公開されていないが、BOSCH狭帯域O2センサーの仕様とECUの電圧測定結果を元に、このデバイスのECUへの出力を決定した。

参考にしたBOSCH O2センサーの資料は以下の通り。

[https://www.boschaftermarket.com/xrm/media/images/country\\_specific/sg/services\\_and\\_support\\_6/downloads\\_18/lambda\\_sensors.pdf](https://www.boschaftermarket.com/xrm/media/images/country_specific/sg/services_and_support_6/downloads_18/lambda_sensors.pdf)

-----引用-----

*Step-change sensors detect the “stoichiometric mixture” ( $\lambda = 1$ ) and compare the residual oxygen content of the exhaust gas with the oxygen content of the ambient air. They detect the transition from rich to lean air/fuel ratio and vice versa. Depending on the oxygen content of the exhaust gas, they generate a voltage of approx. 20 to 900 mV.*

*Check signal profile – step-change sensor:*

- *Control sensor signal oscillates between approx. 0.1 and 0.9 V*
- *The larger the control-sensor voltage boost, the better the signal*
- *The lower the voltage boost of the diagnostic sensor, the better the condition of the catalytic converter*
- *Frequency between 0.3 and 3 Hz*
- *Voltage < 0.4 V → lean mixture*
- *Voltage > 0.5 V → rich mixture*

*Check control unit:*

- *Is the reference voltage 450 mV?*

*Check the power supply of the lambda sensor heater*

*Check the actual values of the lambda sensor heater using a diagnostic tester.*

*There must be a constant power supply of 10.5 to 13.5 V. Is the power supply OK?*

---

---

## 測定結果

関係するセンサー、ECU 等の測定結果は以下であった。

- ECU 黒-GND : 0.59v 前後
- ECU 灰-GND : 0.14v 前後
- ECU 黒-灰 : 0.45v 前後
  - \*この値は、BOSH のリファレンス電圧と一致している。
- O2 センサー温間時 黒灰 : 0.14v 前後
  - \*O2 センサー単体をガスバーナーで炙り、1000°C程度まで熱する
- GSS911 O2 センサー冷間時 : 0.45v
- GSS911 O2 センサー温間時 : 0.14v
- LC-2 冷間時アナログ出力 : 0.45v
- LC-2 温間時アナログ出力 : 0.14v

## ECU の燃料調整ロジックの推測

- O2 センサーの故障を判定するために、黒と灰で 0.45v の電位差を計測している。
- ECU は、O2 センサーの  $\lambda=1$ (A/F14.7)を閾値に、濃い(0.4v 以下)、薄い(0.5v 以上)、中間(0.4v-0.5v)の三つの電圧を入力にしている。
- ECU に入力する電圧を適切にシフトすることにより、A/F をコントロールすることができる。

## 電圧シフト値と A/F の関係

ストック 98 年式 R1100S に LC-2(広帯域 O2 センサー付き空燃比ロガー)を用いて、狭帯域 O2 センサーの電圧シフト量と空燃比の関係を測定した

Shift Voltage	A/F
-0.30	15.3
-0.20	15.1
-0.10	14.9
0.00	14.7
0.10	14.5
0.20	14.3
0.30	14.0
0.37	13.7

ただし、この数値は概算であり、車体の個体差や、吸排気系等のカスタムにより変動する可能性がある。

また、シフト値が -0.4v – 0.4v を超えた場合、O2 センサーの動作範囲が著しく狭くなるため、空燃比の誤差が大きくなる。

---

## Appendix. 開発リソース/開発環境

### 開発リソース

<https://github.com/y23tanaka/LambdaShifter2.0/>

### 開発環境

- Windows10 / VSCode / PlatformIO
- Arduino(C++) / HTML5 / Javascript
- Design Spark

### DIYする際の注意

ESP32は、チップ単体でファーム、ファイルを導入すること。導入のためにUSBアダプタを備えた、ESP32マウント/取り外し可能な開発ボードを購入する必要がある。

---

## Appendix. よくある質問

- ・ **センサー入力値が 120mV を下回らないのはなぜですか。**  
デバイスの仕様です。動作に影響ありません。
- ・ **出力値が 900mV を超えない/100mV を下回らないのはなぜですか。**  
ECU 保護のためです。動作に影響はありません。
- ・ **同じデバイスを持っている人に操作されませんか。**  
非常に困難です。SSID とパスワードはデバイス毎に異なるため。
- ・ **ブラウザの通信が暗号化されていません。**  
仕様です。無線が暗号化されている限り傍受は非常に困難です。
- ・ **無線の電波が弱い**  
無線を受け取るスマートフォン等とデバイスの間に金属を挟まないよう設置位置を調整して下さい。
- ・ **ログ取得時間が 120 分を超えるとどうなりますか。**  
デバイスに Web アクセスできなくなることがあります。電圧調整機能は正常動作します。 イグニッションを一度切る等して、デバイスを再起動してください。 再起動した場合、ログファイルは失われます。
- ・ **デバイスにアクセスするための情報を紛失しました。**  
お問い合わせください。SSID(シリアル番号)か、購入者の情報が必要になります。
- ・ **火災等の危険はあるか**  
センサー用の弱い信号を取り扱っているため、可能性は非常に低いです。 電源の逆接続の際はヒューズが飛び、過電圧をかけるとデバイス内部の保護回路が壊れる設計です。 センサーに異常な電圧を加えた場合は、内部の IC が破損します。
- ・ **グラフのデザインを変えたい、機能を追加したい。**  
内容によります。原則有償で対応します。
- ・ **メニューの文字を大きく/小さくしてほしい**  
スマホや PC 等、複数の環境からのアクセスを想定しているため、困難です。 特定の環境向けの調整は、有償にて対応します。

---

## Appendix. 問い合わせ先

ハードウェア・ソフトウェア設計に関する問い合わせ

<https://github.com/y23tanaka/LambdaShifter2.0/>

利用方法、入手経路に関する問い合わせ

<https://www.facebook.com/yosuke.tanaka.169>

[y3tanaka@gmail.com](mailto:y3tanaka@gmail.com)

---

## Appendix. ライセンス情報

このドキュメント、ソフトウェア、ハードウェア、およびリンク先の作成物の著作権は田中 洋介に帰属します。  
取り扱いは以下の MIT ライセンス形態に準拠します。

-----License Term-----

Copyright 2022 Yosuke Tanaka

Permission is hereby granted, free of charge, to any person obtaining a copy of this software , hardware and associated documentation files (the "Device"), to deal in the Software without restriction, including without limitation the rights to use, copy, modify, merge, publish, distribute, sublicense, and/or sell copies of the Device, and to permit persons to whom the Device is furnished to do so, subject to the following conditions:

The above copyright notice and this permission notice shall be included in all copies or substantial portions of the Software.

**THE SOFTWARE IS PROVIDED "AS IS", WITHOUT WARRANTY OF ANY KIND, EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO THE WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE AND NONINFRINGEMENT. IN NO EVENT SHALL THE AUTHORS OR COPYRIGHT HOLDERS BE LIABLE FOR ANY CLAIM, DAMAGES OR OTHER LIABILITY, WHETHER IN AN ACTION OF CONTRACT, TORT OR OTHERWISE, ARISING FROM, OUT OF OR IN CONNECTION WITH THE DEVICE OR THE USE OR OTHER DEALINGS IN THE DEVICE.**

-----日本語訳-----

本ソフトウェア、ハードウェア、および関連文書ファイル（以下「本デバイス」といいます）の複製を入手する者に対し、本デバイスの使用、複製、変更、結合、出版、配布、サブライセンス、および/または複製物の販売権を含むがこれに限定されない、本デバイスを無制限に取引し、本デバイスを提供される者にこれを許可する権利を以下の条件の下で無償で許諾するものとします。

この場合、本デバイスは、以下の条件に従って使用することができます。

本デバイスは「現状のまま」提供され、商品性、特定目的への適合性および非侵害の保証を含むがこれに限定されない、明示または默示のいかなる種類の保証もない。本デバイスの使用またはその他の取引に起因する、契約上の行為、不法行為、その他の行為であるかを問わず、いかなる場合も著者または著作権所有者は、いかなるクレーム、損害、その他の責任についても責任を負いません。