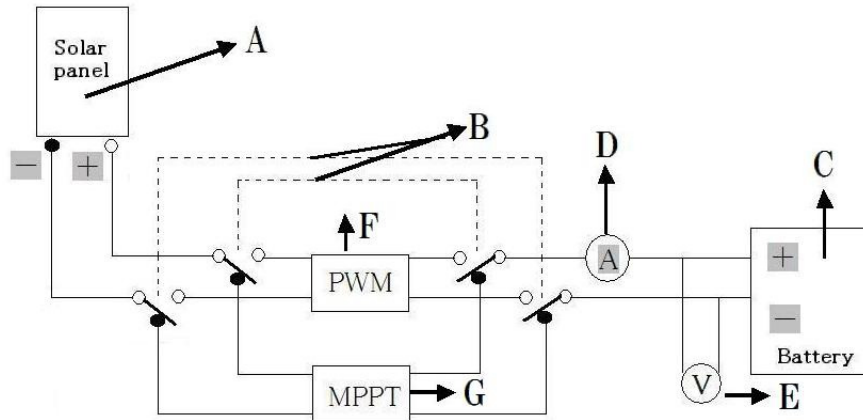


## MPPT 制御器と PWM 制御器での 充電効率 比較試験 (計 4 回)

試験日、試験場所: 平成 23 年 4 月 10 日 {日曜日} 富山県 砺波平野、農家の庭先

天候: 朝 10-14 時 快晴 正午気温 17°C {時々強めの風が通り過ぎる}

試験回路:



試験目的:

独立電源として利用されている、ソーラーパネルと蓄電池システムでの、PWM 制御器と MPPT 制御器では、その **充電効率** に、どの程度の差が出るのかを実験してみました。上記回路図での重要ポイントは、どちらの制御器を使用するにしても、電源としての、ソーラーパネル(A)と蓄電池(C)は同一条件を適応し、効率を正確に比較するようにしました。実験は充電器作動切替器(B)のみを瞬時に入れ替え、時間差の出ない工夫をしました。

(A)ソーラーパネル



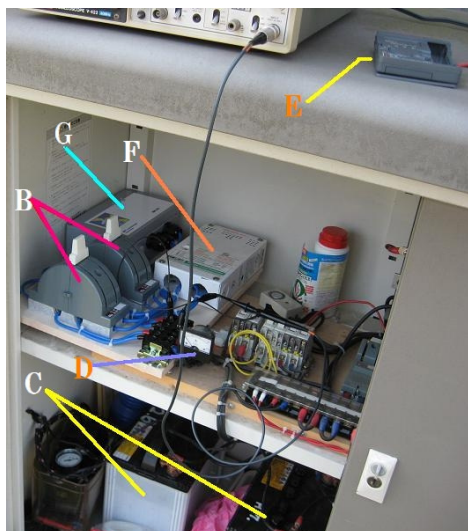
(1)2001 年スペイン製パネル。この農地で 10 年間戸外放置、冬季は 3 ヶ月間以上雪の下に置かれるものの、(2)本日の **開放試験\*\*** では 10%劣化となっている。(3)赤い矢印の先に温度計を置き、パネル温度を見る。外気温 17 度、ガラス温度 40 度。(4)2001 年当時の詳細仕様は不明ですが、当時の購入時の仕様書には以下が書かれています。

\*モノクリスタルタイプ、15cmx15cm セル 36 枚

\*最大発電電圧 16.2V, \*最大発電電流 6.7A, 110W (25°C)  
開放電圧 20.5V このパネル 2 枚をパラレル結合し、使用してきました。

\*\* **開放試験**:仕様書 20.5V, 実験では 18.85V

(B)切替スイッチ周り



(赤い線 B)MPPT と PWM の手動切替スイッチ  
(青線 G)=MPPT 、(オレンジ F)=PWM  
(黄色 E)=デジタルテスター {蓄電池電圧確認用}  
(黄色 C)=12V 蓄電池 2 個(並列結合)  
(灰色線 D)=アナログ電流計

なおこの蓄電池ボックス部屋の温度は 15 度

一方 MPPT の温度設定は 20 度(午前)

昼間温度センサーを MPPT に取り付け試験するも同じ結果でした。この早春の気候では 15 度と 20 度の差は充電効率に影響はありませんでした。

### 午前中の試験:

(a)太陽の昇る角度で発電量が変化するか? 午後 1 時最終試験まで変化なし。午後 1 時ほぼ直角。{本当の直角は8月を基準にパネル角度を決定} 場所は農地の真っ只中でさえぎるものなし。さえぎる雲のない、また、急激な温度変化もなし。(b)パネルガラス温度も上昇無し (C)突然の曇りを作る為。黒い雨傘で両方のパネル面積 1/3 を覆う工夫実験。又、作業開始時、蓄電池を消耗させ、電圧を 12V 程度に低下させ、充電を受け入れやすくする状態を確認。

午後 1 時全てが安定している状態で、データ入手。

### 最終試験データ:

	PWM			MPPT			MPPT 効率アップ
	A	V	(A×V 値)	A	V	(A×V 値)	
快晴時	10	13.04	130.4	10	14.10	141	8%
1/3 を傘で覆う	2	12	24	2	16.8	33.6	40%

\* 快晴下、どちらも充電パワーの差は無い様に見えるが、PWM は蓄電池電圧に引っ張られている事が解る。もし蓄電池電圧が 11V から開始すれば、PWM は 12V 程度から、MPPT は 14V 変らずと予想。

\* 曇った時、MPPT は蓄電池電圧に左右されず、最大発生可能電圧を得て、充電する、メリットは大。

今回の試験は単純ですが、日本は一年中晴れではありません。曇った日、曇りなど、MPPTは 8 秒に一回最適条件を探しています。今後も試験を重ね実証してゆきたいと思います。

### 天候の考え方:

日本海側では、古くからの諺に、“弁当忘れても傘忘れるな”が伝えられ、天候不順の環境は知られています。MPPT はその様な、天候不順に最適な制御器といえます。反対に太平洋側は快晴が多いと感じてでしょうが、興味深い統計が、各市町村で得ることが出来ます。例えば、横浜市、金沢区の 2010 年一年の間のデータでは。快晴 199 日、曇り 107 日、雨 59 日: 晴れ:天候不順の比率は 54%: 46%です。46%の効率アップはメリットがあります。(http://www2s.biglobe.ne.jp/~isomichi/frontpage.htm)

茨城県日立市のデータ: 1953 年開始 2010 年間の統計

(http://www.jsdi.or.jp/~hctenso/MetData/Statist/st\_weat.htm)

70%を越える晴れ日数 105 日、少々晴れ 19 日、曇り 56 日、雨 13 日{計 180 日}残り 185 日は常に天気に変化し統計に入れられない。この日立市の統計方法は、例えば、4 月 10 日は過去から見て、47%曇り、40%晴れ、13%雨: 日立市の人々は 4 月 10 日 傘なしで OK と判断しています。でもこの日は曇りが優勢です。この様に晴れが多いと思われる太平洋側でも、MPPT のメリットはあるといえます。

### PWM, MPPT それとも制御器不要論:

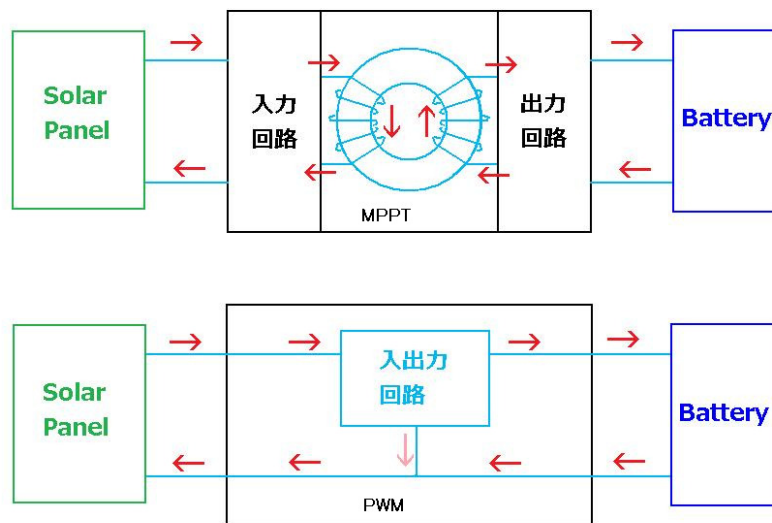
MPPT の設計は DC 制御基盤 2 枚が最低必要です。一枚目はパネルの発電量を最大に取り込む役目、もう一枚は蓄電池の健康状態から、最大に電力を送り込む役目です。ですから、価格は PWM より高価です。このコストアップがユーザーにとってメリットが見出せないのであれば PWM が選ばれます。又低電流の場合、一定の電流を継続して、単純に送り込むのであれば、PWM が最適です。MPPT のメリットは温度が温暖で又北国のように低い地域で有利です。南国ではほぼ一定条件で使用できますので PWM で満足されます。しかしどのような場合でも、12,24,48 と変化される場合 MPPT が便利ですし、パネルを直列結合で高電圧にされる場合も MPPT しか使用されません。一方、蓄電池の容量が大で、消費が少ない場合、(電波の中継塔など)、MPPT より安価な PWM で済みますし、もしかすれば制御器無しでも構わない場合もある訳で、御自分の目的に応じ、選定下さい。

試験日: 4月15/16日

試験目的: 4月10日の昼頃の比較試験で、MPPTもPWMも快晴下では、その差は僅かで、メリットの差があまり見えない状況でしたが、パネルに傘をさすと、大幅な差が出ました。感じられた理由は、パネルは最大発電状態で、制御器は制御する必要が無い状況かも知れないと感じ、早朝、パネル温度が低い時間帯でデータを取りました。最初発表した回路の変更後、パネルからの出力を測定しました、結果は以下の通りです。

PWMとMPPTの発電量比較データ: パネルの出力測定:									
				MPPT			PWM		
				パネル			パネル		
測定回数	測定日	測定時間	天候状況	電圧	出力電流	ワット	電圧	出力電流	ワット
1回目	4月15日	7:10	晴れ	16.5 V	2.5 A	41.3 W	12.8 V	1.0 A	12.8 W
2回目	"	7:20		16.5 V	2.5 A	41.3 W	12.8 V	1.2 A	15.4 W
1回目	4月16日	7:40	曇り	17.5 V	0.5 A	8.8 W	12.8 V	1.2 A	15.4 W
2回目	"	7:50		13.6 V	1.2 A	16.3 W	12.8 V	1.2 A	15.4 W

このデータより、MPPTは蓄電池の電圧に左右されないが、PWMでは蓄電池電圧に影響されている事実が証明されています。16日一回目のMPPTデータの電流は事実として少なくなっています。理由としては人間の目に見える同じような太陽光線でも曇りでは連続に変化している様です。しかし、このデータから、MPPTは蓄電池電圧に影響されない事が証明されています。もし、蓄電池電圧が相当低下した状態で充電すると仮定すると、その効率の差は更に開くと思います。参考迄にMPPTとPWMの回路の差を、イメージとして下記に示します。



この結果より、真昼以外での朝や午後の少量発電の時間帯でも、MPPTが有利と考えられます。

試験日: 4月17日

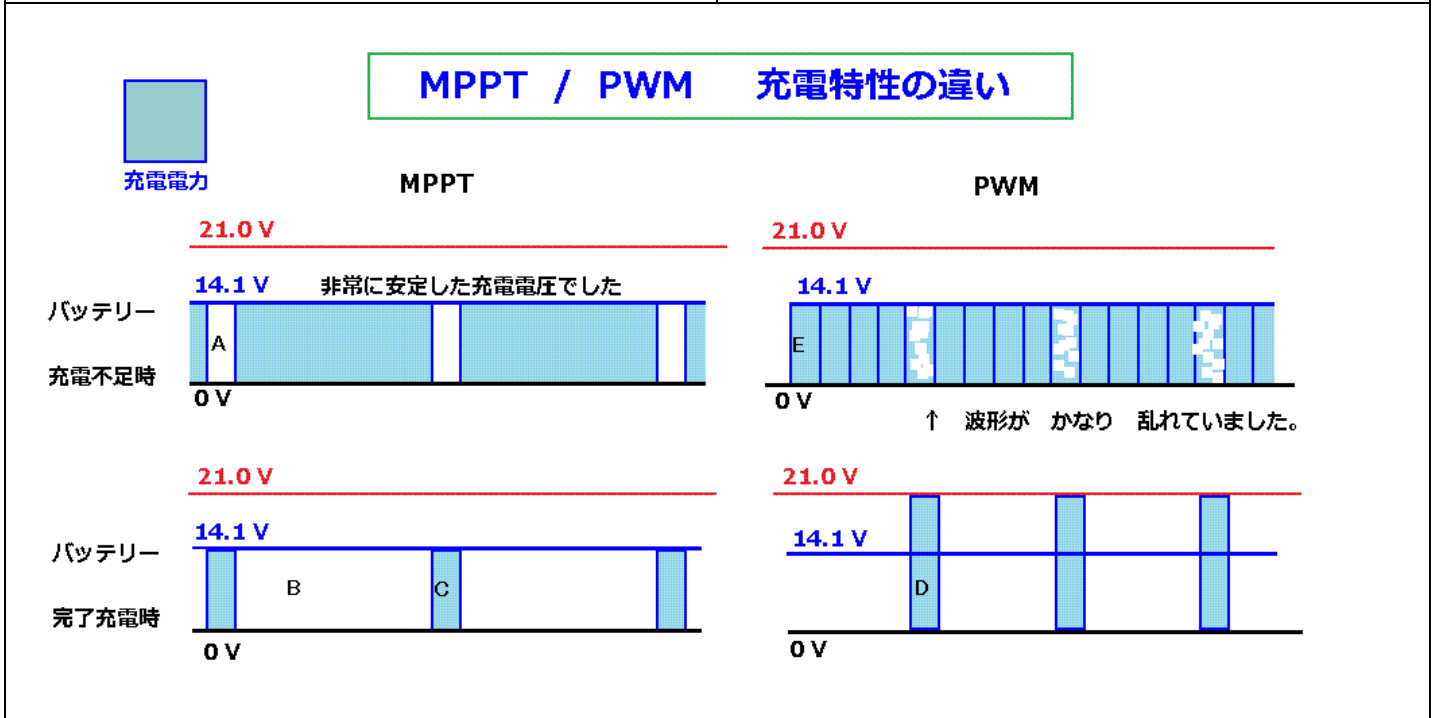
試験目的: 上述の試験で、制御器による発電量の差(効率の差)は存在し、その理由は明確です。しかし、使用されているパネルは既に10年経過し、蓄電池も5年以上経ち、更なる効率の差をこのシステムから追い求めるのは限界があります。従って直流安定電源とオシロスコープを使い、発電量が同じで、その得られる充電電流の波形から、MPPTとPWMの働きを観察する事にしました。10年前の技術と異なり、最近ではパネルも22V, 35V, 42V等が製作され、MPPTでは12V近辺のパネルに制限されず、高電圧型に接続が出来ますので、以下のような試験を行いました。結果は、効率以上に、MPPTは機器にやさしい制御器である新発見を得ることが出来ました。簡単な説明は以下の通りです。

MPPTの場合	PWMの場合
ストレスを与えない回路	ストレス発生は避けられない回路

この発見は、電圧計や電流計を観察している状況では見えません。この業界の殆どの方で、実際試験された方の表現は MPPT も PWM もあまり変わらないじゃないか！ どれだけ差があるのか、解らなかった。。。。

つまり、私達の 4 月 10 日昼 快晴下の差 8%が同じ表現です。たった 8%しか違わない。。。。(8%の差でも実際は大きいのですが、数値として低く評価される) しかしオシロスコープで ミリセカンド単位での挙動観察から驚くべき現象が見えます。

MPPT (21VDC を与える)	PWM (21VDC を与える)
<p>1 次回路(太陽パネル側)と 2 次回路(バッテリー側)は独立した回路になっていて 1 次回路は太陽パネルに無理をかけないようにになっています。</p> <p>バッテリーが 完了充電後でも バッテリーにかかる 2 次側電圧はこの MPPT プログラム設定での 14.1V で バッテリーに無理をかけないようにしていました。</p> <p>太陽パネル、バッテリーにストレスがかからず、長く使えるような設計になっています。ちなみに 1 次回路(太陽パネル側)に 35V まで電圧を上げてても 変化せず 2 次回路(バッテリー側)は 14.1V でした。充電パルス間隔は 21V の時と同じです。</p>	<p>設定電圧 14.1V になるまで太陽パネルはバッテリーに直結した回路が構成されているので、バッテリーが 14.1V 到達後 今度は 直結時間を短くするだけです。</p> <p>要は バッテリーが完了充電した後も太陽パネルの発電電圧が、そのままかかるという事で、無理した充電方法しか取れません。</p> <p>この様な PWM の欠点を改良する為に MPPT が生み出されたと考えられます。</p>



<p>MPPT で充電不足時 14.1V で綺麗な直線でのオシロ波形が見えます。</p> <p>“A”の意味はトラッキングの為、1秒停止。その後 8 秒充電。充電完了時の“B”の意味は充電停止状態、“C”で充電。結論は波形は綺麗で、制御はバッテリーに無理を与えない。</p> <p>この動きは電流計や電圧計を目視で見ている限り、把握できない制御の動きです。</p>	<p>PWM にも同じ直流電圧 21V を与える。設定電圧 14.1V がバッテリーに与えられるが、太陽パネルをバッテリーに直結した回路になっている為 PWM の元来のパルス充電の影響で、“E”のパルスがオシロで観察出来るが、綺麗なパルスと汚いパルスが混在している。パルス On 時間 4 に対し Off 時間 1 で 20%の損失。バッテリーが 14.1V に達し、満充電下では“D”での充電モードに変化しますが、14.1V でなく、太陽パネルの発電電圧{この実験での 21V} が、そのまま与えられています。これではバッテリーに負担を強いる事になります。</p> <p>実験で、このパルスの周波数は 20MHz 近辺で直流電源 17V 近辺では On-Off の切替は 50%:50%。21V 到達時 Off-On の比率は Off が 80%になり、絞っている事が理解できます。</p>
--	--

試験日: 4月24日 真昼

試験目的: 今迄の試験中 特に4月10日真昼の実験での差が8%程度だった為、多種の実験を試みましたが、仮説として、もし、蓄電池が満充電状態に近い場合、MPPTもPWM制御器も、その充電の差が近接しているのではないかと疑問でした。4月24日午前中、DC-ACインバーターをフルに使用し、充電を止め、放電率70%(残存率30%)近辺まで、蓄電池を使用し、12時、日光が一番安定した位置でMPPTとPWMを比較しました。仮説の通り、急激な充電効果が見られMPPTの効率はPWMに比較し15.5%余分に充電している様子が確認されました。

PWMとMPPTの発電量比較データー 300W 負荷通電試験

DC/ACインバーターに300W電球を通電してから3時間後(バッテリー155Ah×2台)						MPPT			PWM				
測定回数	測定日	天気状況	気温	開放電圧	測定時間	2次回路側(バッテリー)			2次回路側(バッテリー)				
						出力電圧	出力電流	ワット	出力電圧	出力電流	ワット		
1回目	4月24日	晴れ時々曇り	14.0℃	測定前・後	12:00	10.85V	6.40A	69.4W	11.07V	4.40A	48.7W	300W 負荷通電中	
2回目					11.24V		10.74V	7.80A	83.8W	10.79V	7.50A		80.9W
3回目							10.38V	8.80A	91.3W	10.35V	5.80A		60.0W
平均						10.66V	7.67A	81.5W	10.74V	5.90A	63.2W		
1回目	4月24日	晴れ時々曇り	14.0℃	測定前・後		10.70V	7.90A	84.5W	10.72V	6.90A	74.0W	インバーター出力遮断になった為無負荷に戻す	
2回目							13.00V	10.30A	133.9W	13.00V	9.40A		122.2W
3回目							13.36V	13.90A	185.7W	13.35V	11.20A		149.5W
平均						12.35V	10.70A	134.7W	12.36V	9.17A	115.2W		
1回目	4月24日	晴れ時々曇り	14.0℃	測定前・後		13.32V	12.50A	166.5W	13.32V	11.30A	150.5W	インバーター出力遮断になった為無負荷に戻す	
2回目							13.35V	13.50A	180.2W	13.35V	11.20A		149.5W
3回目							13.12V	6.00A	78.7W	12.88V	4.00A		51.5W
平均						13.26V	10.67A	141.8W	13.18V	8.83A	117.2W		
1回目	4月24日	晴れ時々曇り	14.0℃	測定前・後		13.31V	10.20A	135.8W	13.23V	8.60A	113.8W	インバーター出力遮断になった為無負荷に戻す	
2回目					12:30		13.23V	9.40A	124.4W	13.32V	9.00A		119.9W
平均						13.27V	9.80A	130.1W	13.28V	8.80A	116.8W		

電圧・電流表示部で黄色に塗った意味は両者共電圧はほぼ同じだがMPPTでは遥かにアンペアが高いことを意味しています。

	122.02675	103.1161667
平均電力	122W	103W
余剰電力	115.50%	100%

この試験に到達する以前には下記の各種実験を行い、実験方法を模索しました。

早期;午後3時以降の晴れた日;日光角度の変化の為、安定した光源が得られないのデーターが安定しない

少々の雨;発電は見出せるが、やはり環境が安定しない。

曇りの昼間; 同じく、雲の微妙な濃淡変化で人間の目では感じられない日光量の変化が激しい。

4/17日での安定電源使用の試験は、光源の安定状態を作り出した訳で、今回は蓄電池電圧を低下させ、受け入れがどう変化するか実験を行った訳です。今迄世間で言われた、PWMもMPPTも充電効率の差があまり見えないと言われる所以は、今回の試験で明確になったように、試験方法を確立し、光源が同じ(日光の状態が安定)で、蓄電池が充電を待つ状態にすれば、充電率の差が明確に見えてきます。と言うことは、この実験環境から、今迄以上に発電を取りこめるメリットから、この場所では蓄電池の増設がMPPTでは可能になると言える事です。

以上