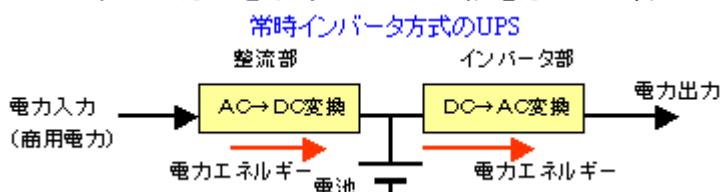


## 常時インバータ方式とパラレルプロセッシング方式（インバータ並列処理方式）の比較

### 【1. 概要】

現在までコンピュータ電源などに使用されている常時インバータ方式の無停電電源装置（UPS）は電力会社からの電力エネルギーを直流へ変換し、再びインバータで交流に変換して負荷へ供給する方式です（下図）。

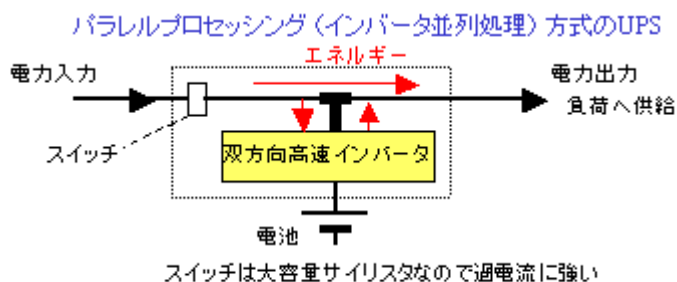
この方式は電力エネルギーの変換を2度行うため電力損失が発生しますが、停電・電圧低下・サージノイズ到来があっても品質の良い電力を出力できます。出力電力の継続性と品質の点でこの方式に勝る方式が長年開発されなかったため、昭和40年頃から現在まで広く使用されてきました。この方式を常時インバータ給電方式とも言います。



一方、LSI (Digital Signal Processor 等) のめざましい進歩により10年ほど前に**パラレルプロセッシング（インバータ並列処理方式）**のUPSが実用化されました。この方式は下図のように双方向インバータを常に並列状態で動作させる方式です。並列状態の双方向インバータが電力波形を監視し、異常波形を高速で処理します。これにより停電・瞬低・ノイズがある場合でも高品質の電力を出力します。

この方式は電力変換器が1つであること、平常時の変換量が少ないことから電力損失が極めて少なく、かつ、双方向インバータが商用電力と並列冗長運転のような動作をするため、給電の信頼性が高い特徴があります。

前者の常時インバータ方式では電力エネルギーの全てが整流部とインバータ部の半導体 (IGBT) を串刺しに通過しますが、後者の方式は平常時に電力エネルギーがインバータ部の半導体 (IGBT) を通過しないため、通過経路上の半導体故障等によるトラブルが少ない特徴があります。



この方式の略図(上図)が下図の**常時商用方式**UPSと似ていることから、入力側へノイズが到来すると出力側へノイズが通過するのではと危惧する方がいますが、前述のように常に並列運転状態の双方向インバータがノイズを高速で処理するため、出力側へ通過しません(4kv サージノイズ実験で検証済み)。

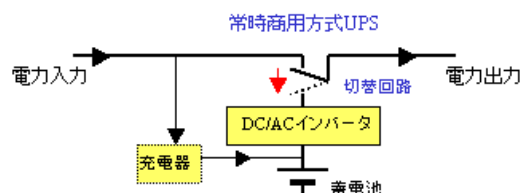
機能的には「エネルギーは商用電力から品質はインバータから」と商用電力と連係して動作をする方式です。即ち、一般的な常時商用方式UPSとは「似て非なる方式」なのです。

双方向インバータが常に処理しているか、否か、が常時商用方式との差です。

言うまでも無く、停電時には完全無瞬断で、かつ、歪のない電力を出力します。この方式のUPSは平常時の運転効率が97%（AC400V型では98%）と極めて高く、電力料金の削減ができます（CO2削減にも貢献）。発熱が少ないため空調機電力の低減も図れます。

前述のように、平常時、電力エネルギーが半導体（IGBT）を通過しない方式のため、突入電流に強い特性があります。情報通信・大型コンピュータ分野のみならず変圧器や動力機器などが混在する半導体製造装置・精密工作機械などの分野でも数多く使用されています。

参考：一般的な常時商用方式とは、平常時は電力入力を未処理のまま出力させ、停電時には切替回路を動作させインバータから電力を出力する方式です（下図）。



常時商用方式はインバータ側への切替に4~10m秒の瞬断が発生すること、また、停電が発生するまでの数ヶ月~数年に渡って待機状態となるインバータ部の動作補償に懸念が残ること等から、品質・信頼性が要求される用途には積極的に採用されません（本資料では比較対象から除外しています）。

## 【2. 出力電力の品質の比較】

### (2.1) 常時インバータ方式の品質

既に述べたように、常時インバータ方式はインバータで交流電力を再び作るため、入力電圧が変動しても出力電圧を一定に保つことができます。出力波形も歪みの少ない品質で出力できます。周波数は商用電力に位相を合わせた運転（商用同期運転）のため商用電力と同等の品質です。周波数が変動する簡易型発電機などからの入力時は非同期運転に切替えて出力周波数を一定に保ちます。

この方式は以上のように優れた品質の電力を出力できますが、商用電力の品質が良好な時にも電力変換を2度行うため電力損失が多くなる欠点があります。

### (2.2) Parallel Processing方式（以下、インバータ並列処理方式と言う）の品質

インバータ並列処理方式は商用電力（入力）の電圧・周波数が正常な範囲の時には電力エネルギーの変換をせず、常時並列に接続されている双方向インバータでノイズ除去などの波形処理を行って品質の良い電力を出力します。

正常とする範囲はUPSの検出設定で自由に決定できます。設定幅は定格電圧の±1~10%の範囲で可能です。電圧・周波数が設定値の範囲か否かをUPS内部の基準波形と常時比較し、設定範囲を超えた時点で双方向インバータから電力を出力します。この設定幅を狭くすると双方向インバータ側からの給電回数と時間が増えます。

初期のコンピュータには磁気ドラムなど交流電圧・周波数の精度を求める構成部品が使用されていましたが、現在のコンピュータやサーバ等にはそのような構成部品は無くなりました。更に、現在ではUL・CE・ANSI（欧米規格）やJISに適合する設計がされ、定格電圧±10%の範囲での動作保証がされています。これらのことからUPSの出力電圧は一定の幅を満

足すれば十分となりました。

UPS メーカーの営業は「常時インバータ方式の UPS は高い精度の電圧を出力できる」とアピールしますが、実際の現場では UPS から負荷機器までの電力配線による電圧低下があるため、負荷機器ごとに電圧は一定でない状態となります。

即ち、常時インバータ方式であれ、インバータ並列処理方式であれ、負荷側の情報通信機器等が安定して動作できる電力品質であれば十分なのです。

実際にインバータ並列処理方式の出力電圧許容幅を +10%、-8% に設定し、国内外において 2002 年から 2009 年まで運転した結果（20~300Kva 約 400 台）、負荷機器側を含め問題は皆無でした。

周波数の精度については、前者も後者も平常時は商用電力に位相を合わせた同期運転のため商用電力と同品質であり、両者に差はありません。

今後の UPS 選定にあたっては伝統的な常時インバータ方式一辺倒でなく、現代の情報通信装置等の動作条件を考慮した「リエンジニアリング」に取組み、電力損失（電力料金）の低減等を含めた全体最適化にも配慮をする必要があると考えます。

### 【3. ノイズ通過の比較】

#### (3.1) 常時インバータ方式におけるノイズ通過

この方式は交流を直流に変換し再び交流を作るため、UPS 入力へノイズが到来しても出力へは全くノイズが現れないと考えている方がおられますが、この点は入力ノイズがノーマルモード型かコモンモード型で異なります。

ノーマルモードノイズとは交流電圧と同様に電力線の上に重畳して到来します。  
このノイズは、例えば、高圧受電部の進相コンデンサの切換などで発生します。  
コモンモードノイズとは落雷などによって電力線と大地との間に生ずるもので、各電力線に同相（コモンモード）で重畳して到来します。

前者のノーマルモードノイズは常時インバータ UPS を通過しませんが、後者のコモンモードノイズは同方式でも通過します。常時インバータ UPS を等価回路へ置き換えると整流器部の半導体 (IGBT) もインバータ部の半導体 (IGBT) もコンデンサとなります。即ち、コンデンサが 2 個直列になっている状態なのでコモンモードノイズの高周波成分は通過するのです。蓄電池は高周波的にはインピーダンスが高く、高周波ノイズ成分を吸収することができません。

コモンモードノイズは UPS 入力側の避雷器で阻止しますが、避雷器のクランプ電圧（約 600V）以下のノイズは阻止できません。これを阻止するには UPS の入力側へ変圧器を設置します。実際はビル受電を変圧器で受ける場合が多く、そのような場合は受電変圧器が同ノイズ阻止の役割を果たすため、変圧器の設置は必ずしも必要とは言えません。但し、ビル内の配線が複雑な大型ビルにおいては同ノイズの到来経路が特定できない場合があるため、UPS の入力側へ変圧器を設置する例があります。

#### (3.2) インバータ並列処理方式（Parallel Processing 方式）のノイズ通過

前述のように、この方式は入力側のノイズがそのまま出力側へ通過するようになりますが、ノーマルモードノイズは常時並列となっている双方向インバータが高速処理をするため出力側へ通過しません。

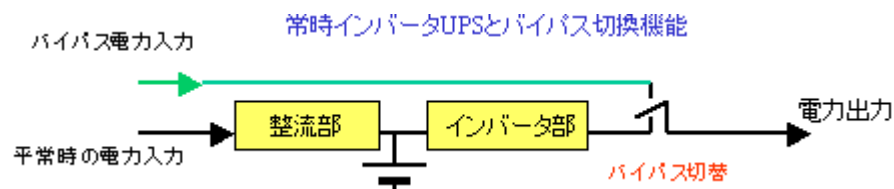
コモンモードノイズは常時インバータ方式と同様に避雷器のクランプ電圧以下のものが通過します。この方式の AC スイッチ部は高周波等価回路ではコンデンサとなるため、コモンモードノイズの高周波成分は通過します。この阻止は常時インバータ方式と同様に変圧器の設置で可能です。

以上、ノイズの通過において両方式の差は認められないことが実験で確認されています（4kV サージ印加実験で検証済み）。

## 【4. 信頼性の比較】

### (4.1) 常時インバータ方式の信頼性

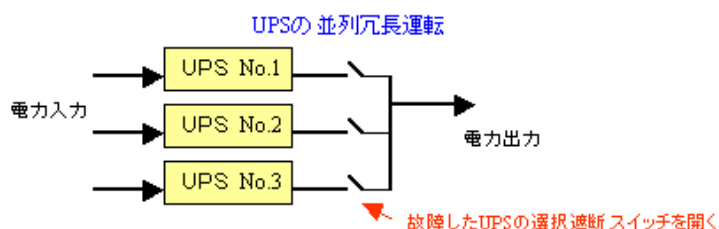
前述のように、この方式は整流部とインバータ部に電力エネルギーを通過させて負荷へ出力します。即ち、電力通過経路上に半導体 (IGBT) が存在するため、半導体の故障や過電流が発生するとインバータ部が停止します。このような事態が発生しても出力を継続させるためにインバータの出力側へ「バイパス切換」を設けています（下図）。



常時インバータ方式においては、バイパス切換部の動作の確実性が信頼性のネックとなります。この確実性を定期的に確認することが重要ですが、運転状態に入ると、この確認試験の実施について負荷側ユーザーからの了承が得にくく、殆どの現場で実施されていないのが実態です。その結果、バイパス切換部の潜在障害が事前に把握できず、UPS 故障時にバイパス側へ 0.2~0.5ms の瞬断切換や出力停止をするケースが稀に見られます。

同方式の信頼性を高めるために大型コンピュータ用電源等では UPS を複数並列に接続した並列冗長運転構成をとります。

並列冗長運転では平常時、全ての UPS を並列運転させ、故障が発生した時点で故障 UPS を切り離し、残りの UPS で必要な電力出力を維持します（下図）。

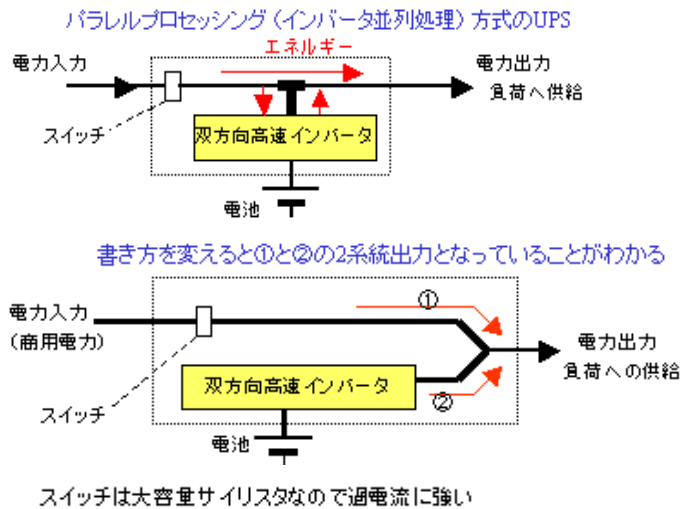


並列冗長運転では相互の UPS の電圧と波形の同期を正確にとる必要があります。この並列冗長運転時の制御方式の良し悪しが信頼性に大きく影響します。この制御を 1 つの共通回路で行わず、UPS 毎に個別制御とすることで信頼性の低下を防ぎます。

### (4.1) インバータ並列処理方式 (Parallel Processing 方式) の信頼性

既に述べたように、常時インバータ方式は電力エネルギーの通過経路上に過電流に弱い半導体 (IGBT) が存在しますが、インバータ並列処理方式では通過しないこと、構成部品数も少ないことなどから、前者に比べて故障発生率が小さい特徴があります。また、商用電力

と双方向インバータが並列冗長運転のような動作をしていること、ネックとなるバイパス切替部が存在しないこと等から信頼性が高くなります。



常時インバータ方式では故障時に「切替える」動作をするのに対して、インバータ並列処理方式では故障部を「切り離す」動作をします。切替えると切り離すでは、後者が動作としてシンプルであり確実性に差があります。

また、インバータ並列処理方式では商用電力から入力を止めない状態で双方向インバータから電力を出力させる「インバータ正常性確認機能」を有しています。この機能が定期的に自動動作し正常性を確認するため停電時動作の確実性が維持されます。実際の現場でのUPSの信頼性確保は方式や構成の優劣よりも、停電時の動作試験が定期的に行われているか否かに大きく左右されます。

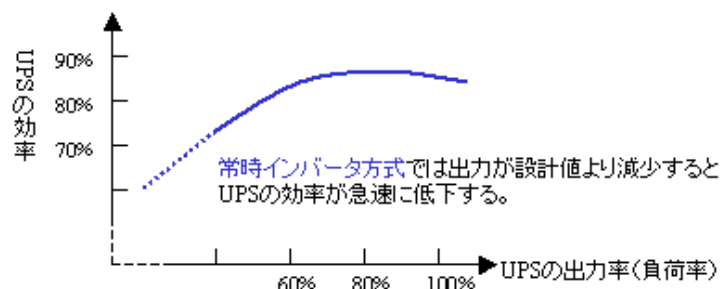
更に信頼性を求める場合は、常時インバータ方式と同様に並列冗長構成で運転します。

なお、商用電源の電圧が頻繁に変動するような電力事情の悪い条件下でインバータ並列処理方式UPSを使用する場合は、インバータ側からの電力出力を行う時間が多くなるため、蓄電池の容量の増量について検討する必要があります。

## 【5. 運転効率の比較】

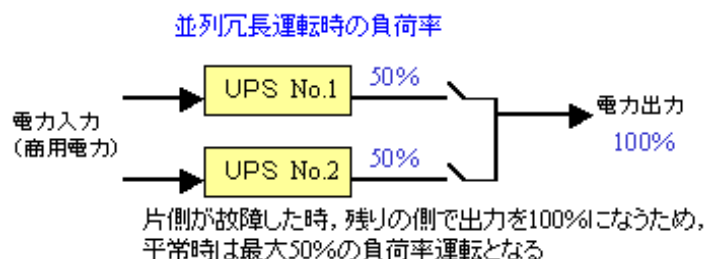
### (5.1) 常時インバータ方式の運転効率

既に述べた通り、常時インバータ方式は電力変換を2回行うため、最新設計のものでも運転効率は92~93%が限界です。この値は電力出力が定格負荷の80~90%時のベスト数値です。この負荷率が60%、50%と下がると運転効率が急速に低下します（下図）。



信頼性向上のために並列冗長運転をさせると、下図の例では、各UPSの負荷率は50%以下で運転させねばなりません。その理由は片側のUPSで故障が発生した時に残る片側で負荷

への電力の 100%をまかなう必要があるからです。

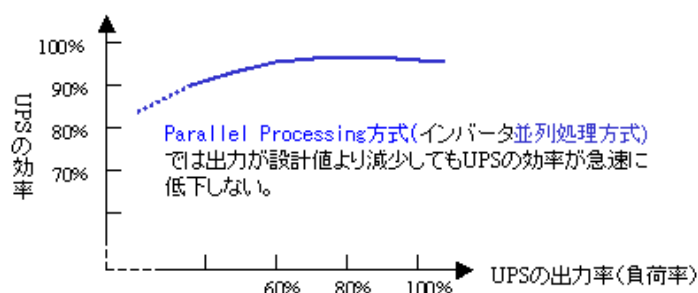


並列冗長構成とすることで信頼性は向上しますが、運転効率が大幅に低下し大きな電力損失が発生します。この損失を小さくするには2台程度での並列冗長構成とせず、3~4台などによる並列冗長運転とし、それぞれのUPSの負荷率を高めます。

### (5.1) インバータ並列処理方式 (Parallel Processing) の運転効率

この方式は商用電力が正常な時（平常時）には電力変換を行わないため電力変換ロスが発生しません。常にフロート状態で並列運転している双方向インバータは平常時には波形処理や蓄電池への補充充電動作をする程度なので電力消費は非常に小さい状態です。この結果、この方式のUPSの運転効率は97~98%と極めて高い値となります。

この方式のUPSは変換ロスが無いいためUPSの負荷率が60%、50%と下がっても運転効率が大きく低下しない特性があります。従って、UPSを並列冗長構成にした場合も運転効率の低下（電力ロスの増大）が少ない特徴があります。



## 【6. まとめ】

無停電電源装置（UPS）は字のごとく「無停電」の機能が第一です。即ち、停電時の確実な電力供給（給電の信頼性）が何よりも最優先の条件です。

常時インバータ方式のUPSはCVCF性能がある、即ち、電圧や周波数の精度をアピールする方がいますが、商用同期運転なので商用電力の周波数より精度が高いことはありません。電圧品質も日本においては電力会社の「供給規定」の品質で問題は発生しません。

UPSの第一の目的は「停電時の確実な電力供給」です。電圧・周波数調整装置ではありません。

「停電時の確実な電力供給」はUPSが更改されるまで維持されねばなりません。そのためには蓄電池の機能を含めての停電動作試験を定期的に行うことが肝要です。これが実施されない場合はUPSの方式論を論じて「第一の条件：無停電」を長期にわたって維持できません。インバータ並列処理方式では定期的な停電動作試験が自動で確実にされるため長期にわたって信頼性が維持されるのです。

長年にわたって常時インバータ方式にかかわってきた人達の中に「UPS は常時インバータ方式」と決めつけている方が多くみられます。これらの方々はインバータ並列処理方式 (Parallel Processing) について十分に勉強していただいていないのだろうと思います。

くどいようですが、常時インバータ方式が開発された時代に比べると日本の商用電力の品質は安定しています。即ち、UPS の運転時間の大部分は停電も電圧低下も生じていません。商用電力の品質が良好な時間にも電力変換を2度行う常時インバータ UPS を設置し、損失を発生させるのは好ましいとは言えません。

常時インバータ方式は頻繁に電圧や周波数変動が発生し、その時間が長く続く地域では有効な方式です。どのような電源事情の地域で使用するかに合わせて UPS の方式を選ぶことが大切です (電源事情が悪い地域のため参考(6)のUPSも準備しています)。

残念なのは、インバータ並列処理方式による20kva未満の小型UPSが開発されていません。今後、この領域(単相交流)における同方式UPSの開発が期待されます

地球環境保護が急務の時代です。負荷側の機器の発展に合わせてリエンジニアリングに取組み、損失を含めた全体最適化を図ることが必要です。多くの方にインバータ並列処理方式 (Parallel Processing) UPS について検討いただければ幸いです。昭和40年代から常時インバータ方式のUPSを開発してきた専門メーカーの立場からお勧めする方式です。

インバータ並列処理方式のUPSは2002年の導入から7年経過しました。20~300KVA規模のもの数百台が稼働中です。信頼性は常時インバータ方式を上回る結果が得られています。用途としてはサーバなどIT機器などのほか、瞬間過負荷に強いことから変圧器や誘導負荷が混在する精密工場などでも多く使用されています。世界標準の三相4線に対応できるモデルは上海の「Shanghai World Financial Center」の大型コンピュータ用として稼働しています (SANUPS-E33A 並列冗長運転 300KVA)。

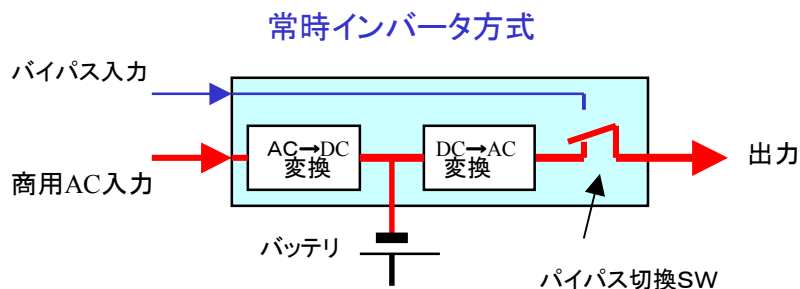
山洋工業株式会社/山洋電気グループ

次は参考文献等です。

- (1) 中容量UPS「SANUPS E」の開発  
山洋電気テクニカルレポート No.14, Nov. 2002  
<http://db.sanyodenki.co.jp/techrepo/14j/h.pdf>
- (2) オンリー・ワンの製品づくり～省エネ時代のハイブリッド型UPS「SANUPS E23A」  
山洋電気テクニカルレポートNo.24, pp6-10 (2007)  
<http://db.sanyodenki.co.jp/techrepo/24j/c.pdf>
- (3) 省エネルギー・高品質・高信頼の大容量無停電電源装置「SANUPS E33A」の開発  
山洋電気テクニカルレポート No.26 Nov. 2008  
<http://db.sanyodenki.co.jp/techrepo/26j/f.pdf>
- (5) Y.Okui, S.ohta, N Nakamura, H.Hirata and M. Yanagisawa, “Development of Line Interactive type UPS using a Novel Control System”, Proceedings of IEEE International Telecommunications Energy Conference (INTELEC’ 03), pp.796-801, 2003.
- (6) 電力が不安定な地域のITシステムを支えるUPS「SANUPS A11H」の開発  
山洋電気テクニカルレポート No.24, Nov. 2007  
入力電圧55~150V, 周波数40~120Hzの変動地域でも使用. UL規格/FCC規格適合品.  
<http://db.sanyodenki.co.jp/techrepo/24j/g.pdf>

次のページに「別紙1: 常時インバータUPSとパラレルプロセッシングUPSの比較図」「別紙2: DC48V方式とパラレルプロセッシング方式の比較図」があります。

伝統的な常時インバータUPSは、インバータを直列に使用する **インバータ直列処理方式** と言えます。  
(Series Processing)

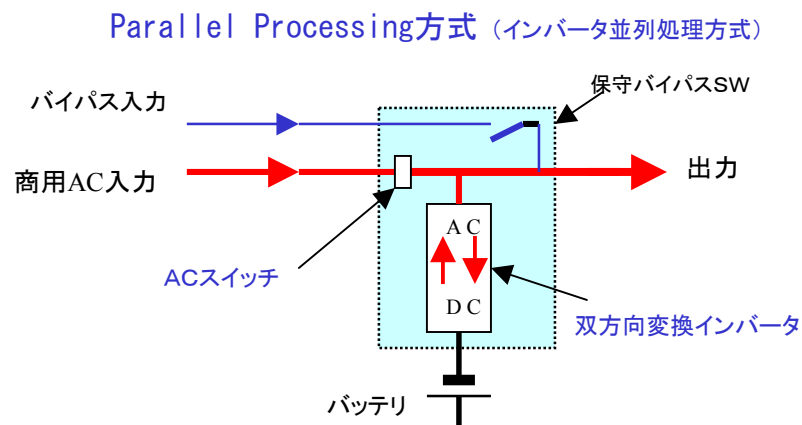


- 長所** (1) 出力電圧の精度を高くすることができる。(周波数精度は商用入力と同じ)  
(2) 入力の変動幅が一定範囲内の時はバッテリー運転としない(電池の放電が少ない)

- 難点** (1) エネルギー変換を2度行うため、効率に限界がある。  
(2) 負荷率が下がると効率が大きく低下する。  
(3) 瞬間的でも過負荷に耐えられない。  
(4) 出力がインバーター側かバイパス側かの二者択一。  
(5) バイパス経路への切替SW部の信頼性がネックになる。

Fit数的比較 : エネルギー通過経路に変換回路が2つ串刺しに存在する。

平行プロセッシングUPSは、インバータを並列に使用する **インバータ並列処理方式** です。  
(Parallel Processing)



- 長所** (1) 平常時、エネルギー変換をしないため、効率が非常に高い(97~98%)。  
(2) 負荷率が下がっても効率は大きく低下しない。  
(3) 瞬間的な過負荷に耐える(800%)。  
(4) 出力が商用入力側とインバータ側の二経路。(給電の信頼性が高い)。  
(5) 故障時は「切離す」のみであり、切替部が存在しない。

- 難点** 出力電圧の許容幅を狭くすると、バッテリー運転となる回数が増える。  
入力の電圧・周波数が頻繁に大きく変動する地域では、バッテリー充電器を併設する(日本では不要)。

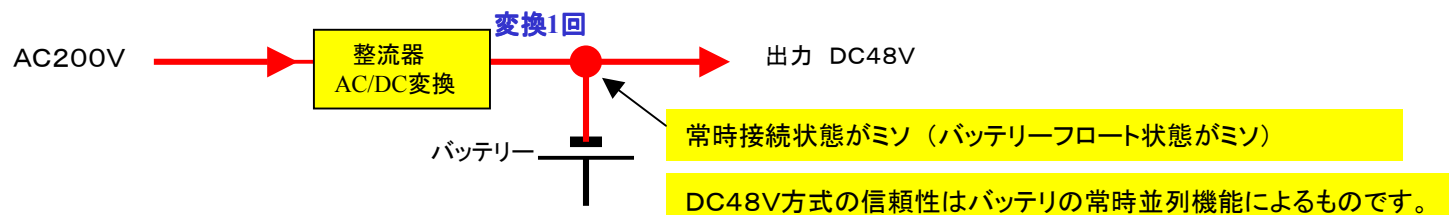
Fit数的比較 : エネルギー通過経路に変換回路が存在しない(故障率が低い)。

**出力側へのノイズの通過** : 実験の結果、両者に差は見られなかった。ノーマルモードノイズは両者とも出力側へ全く通過しない。  
コモンモードノイズは両者とも同じレベルのノイズが出力側へ通過する(入力側へ変圧器を挿入すればコモンモードノイズも通過しない)。

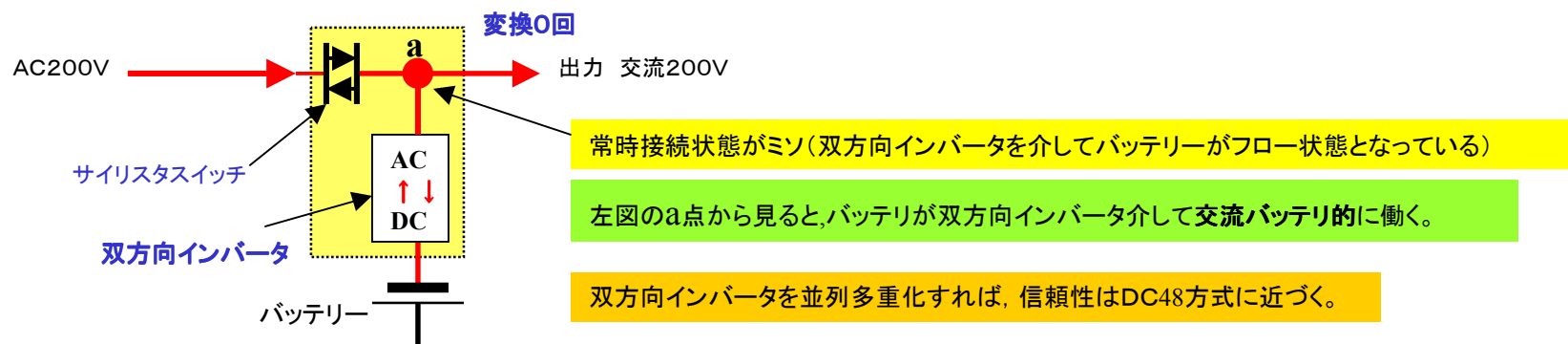


## DC48V方式と平行プロセッシング方式の比較

(1) DC48V方式は、整流器の出力へバッテリーを常時並列(フロート)接続した方式です。



(2) 平行プロセッシング方式(インバータ並列処理方式)は、**バッテリーを交流的に常時並列接続(フロート)**した方式です。



(3) **損失:** DC48V方式では電力変換回数が1回, 平行プロセッシング方式ではゼロ回なので, 後者が損失が少ない。

(4) **その他:** 平行プロセッシング方式のスイッチがサイリスタのため瞬間的な過電流に強くなる。

(変圧器など誘導負荷への突入電流に耐えられる。サイリスタ容量を大きくすると瞬間短絡にも耐えられる可能性あり。)