

# 連載企画 MRI



▶ MRIのアーチファクト  
ー折り返しアーチファクト編ー

埼玉医科大学病院  
中央放射線部 平野 雅弥



埼玉県放射線技師会  
編集・情報委員会

# MRIのアーチファクト ～折り返しアーチファクト編～

埼玉医科大学病院  
中央放射線部 平野 雅弥



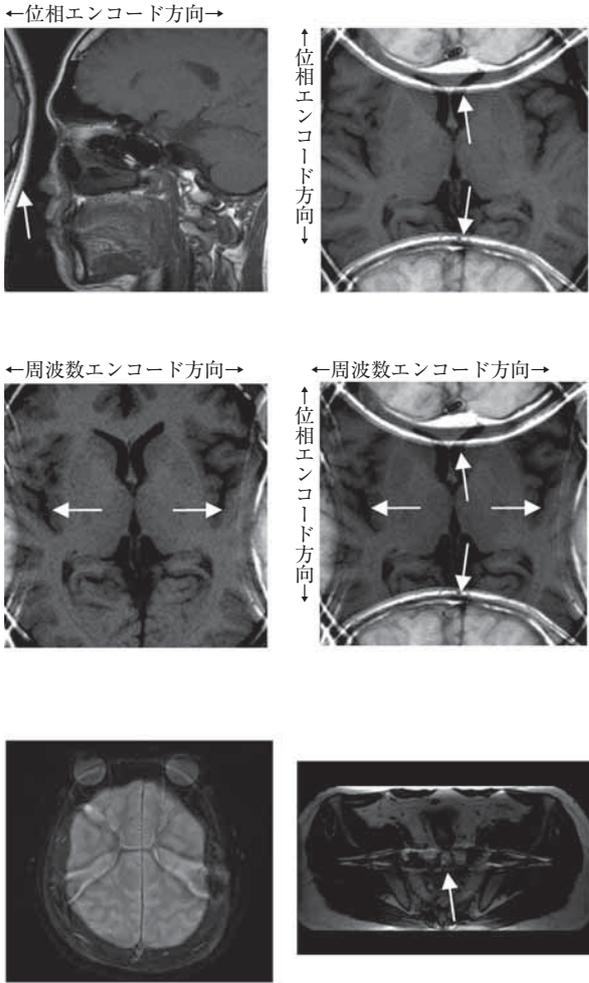
### 1. はじめに

今回は、MRIアーチファクトの折り返しアーチファクト (wraparound artifact) を取り上げます。このアーチファクトはFOV (field of view) が撮影対象よりも小さい場合やFOV外にも身体の一部がある場合に、撮像領域外の像が画像内に入り込み、あたかも画像上折り返ったような像として現れます (図1)。エイリアシングアーチファクト (aliasing artifact) などとも呼ばれ<sup>1,2)</sup>、日常の検査でもよくお目にかかることが多いアーチファクトです。

一般的には位相エンコード方向に顕著に現れますが、周波数エンコード方向にもスライス方向にも出現します。そのため、このアーチファクトは画像上どこにでも出現する可能性があるため、出現しないよう注意して撮像条件を設定することが重要になります。

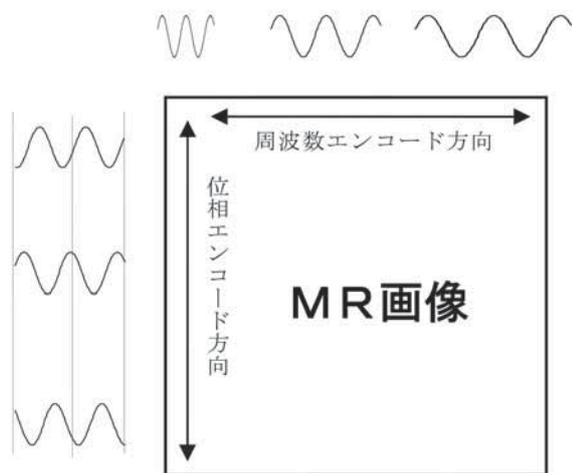
### 2. 折り返しアーチファクトの発生原因

折り返しの現象は、MR信号から画像を作成する際に、信号の発生位置を正しく認識していないために起こります。MR画像では、空間的な位置情報を把握するため、位相や周波数の差を利用し



- |   |   |
|---|---|
| a | b |
| c | d |
| e | f |
- (a) 位相エンコード方向の折り返し
  - (b) 位相エンコード方向の折り返し
  - (c) 周波数エンコード方向の折り返し
  - (d) 位相エンコードと周波数エンコード両方向の折り返し
  - (e) 3次元撮像でのスライス方向の折り返し
  - (f) パラレルイメージング 画像中央での折り返し

図1: 折り返しアーチファクト画像



周波数エンコード方向では周波数の差を利用して位置を認識  
位相エンコード方向では位相の差を利用して位置を認識

図2：位相方向と周波数方向

ていますが（図2）、それが正しく認識されないと誤った位置に画像として描かれます。そのため、本来撮像範囲にないものが画像内に出現してアーチファクトになります。

### 3. 位相エンコード方向での折り返し

位相エンコード方向は画像の中心より位相が何度シフトしているかにより位置を認識します。位相方向のズレの認識は画像の中心を $0^\circ$ にした場合、 $\pm 180^\circ$ 間の $360^\circ$ の範囲内しか正しく認識しないので、それより大きい位相のズレは正しい位置として認識されません。

例を図3に示します。図3aの被写体を黒枠で囲ったFOVで位相エンコード方向のmatrixを3として撮像しようとしています。そうすると、最小位相ステップ数は3になり各位相ステップの差は、 $360^\circ$ の範囲で分かち合うので $360^\circ/3=120^\circ$ になります（図3b）。また、FOV範囲よりも外側の $+240^\circ$ の位相差がある領域にも被写体の一部が存在し信号が発生しています。しかし、中心より $\pm 180^\circ$ の範囲内しか正しい位置を認識出来ないため、 $+240^\circ$ の

領域からの信号は位相ステップ $-120^\circ$ の領域にあるピクセルに描き出されてしまいます。これは図3bの波形を見ると位相ステップ $+240^\circ$ の位相差と位相ステップ $-120^\circ$ の位相差は、1周期違うだけで同じ位相をしています。そのため、位置を誤って認識し折り返しアーチファクトとして出現します（図3c）。位相ステップ $-240^\circ$ の位相差も位相ステップ $+120^\circ$ と同じ位相ですが位相ステップ $-240^\circ$ の領域には被写体が存在しないため信号がないので折り返しは起こりません。

折り返しの現象を避けるためには、過剰にサンプリングを行うことが有効です。これは位相ステップ数を先ほどの2倍の6にすると、各位相ステップの差は $360/6=60^\circ$ になります（図3d）。FOVより外側の $+120^\circ$ の領域からも信号は出ていますが、中心より $\pm 180^\circ$ の範囲内にあるため位置を正しく認識し、表示FOV内には描かれていません（図3e）。位相エンコード数を倍に増やすと撮像時間も2倍になるので、SNR（signal to noise ratio）との関係も考慮しながら設定には気を付けなければなりません。

### 4. 周波数エンコード方向での折り返し

現在のほとんどの装置では周波数エンコード方向に折り返しが出ないように設定されているので、画像上出現することは少ないですが、周波数エンコード方向にも折り返しは生じます（図1c,d）。

周波数エンコード方向の折り返しは、位相エンコード方向と基本的には同じで、データをサンプリングする際、サンプル数が少ないと正しく周波数が認識できないために生じます。そのためサンプル数を多くして、誤認識しないようサンプリングを行うことが重要です。

ナイキスト理論によると最大周波数の2倍以上でサンプリングを行えば、正しく周波数を認識できます<sup>3)</sup>。よって、最大周波数の1周期あたりに2回以上サンプリングを行えば（図4）、折り返し

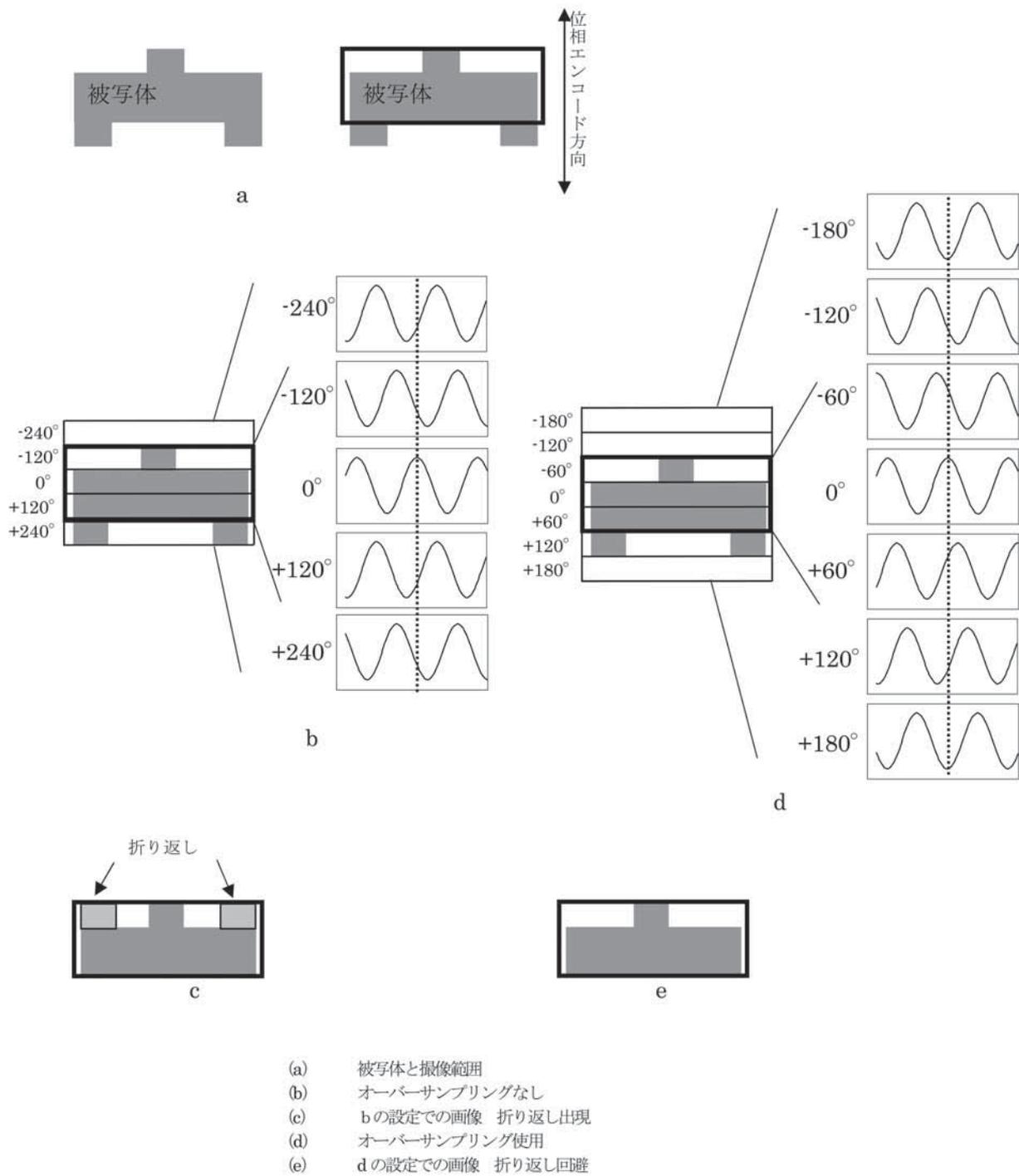
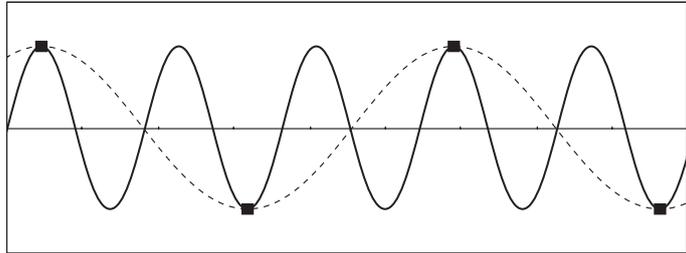


図3：位相エンコード方向の折り返し

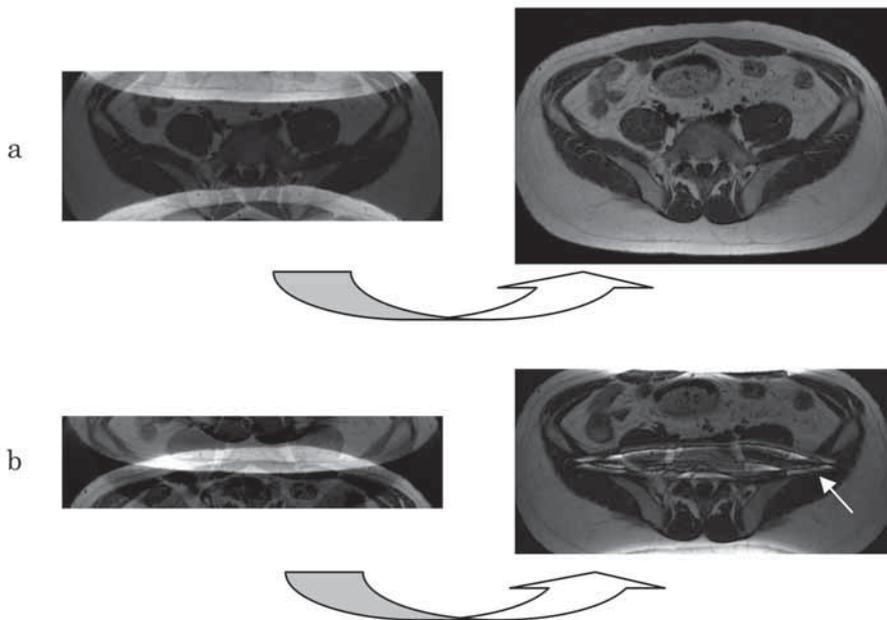
アーチファクトを防ぐことが可能です。周波数エンコード方向では過剰にサンプリングを行うオーバーサンプリングを行っても、多くの場合撮像時

間延長が起きないため、現在のほとんどの装置では自動的に折り返しを防ぐ数のサンプリングを行っています。



1周期に2つ以上サンプル数が必要  
それより少ないと周波数を正しく認識しない

図4：1周期につき2つ以上のサンプル



(a) 折り返しを展開して画像を作成  
(b) 折り返しを展開しきれず、画像の中央部に唇様のアーチファクトが出現 (lip like artifact)

図5：パラレルイメージングの折り返しアーチファクト

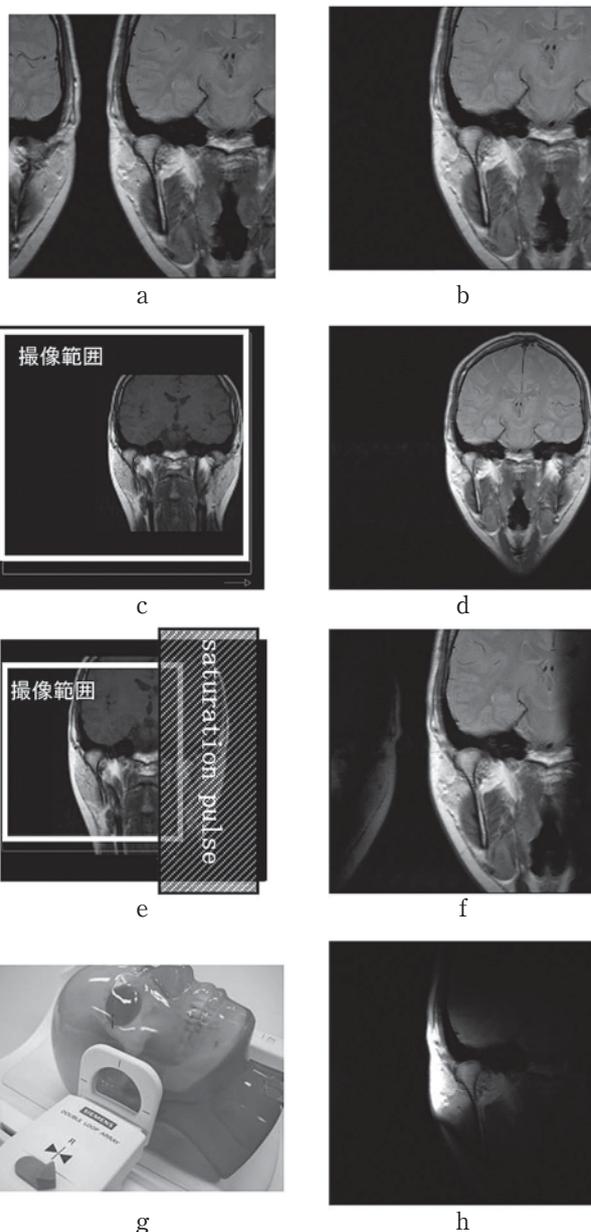
### 5. スライス方向での折り返し

3次元撮像する場合は、スライス方向にも位相エンコード（位相差を利用して位置を認識）をしているため、折り返しが発生します。これは、図1fの画像のように端側のスライス（眼窩レベルのスライス）に、反対端のスライス（頭頂レベルのスライス）が映り込み画像に現れます。他のスライスの信号が、スライスを超えて他のスライスに

出現するのでわかりづらく、特に注意が必要です<sup>4)</sup>。

### 6. パラレルイメージング

複数のコイルを用いて高速に撮像を行う手法のパラレルイメージングは、折り返し像をコイルの感度差を利用して展開し、画像を作成します<sup>5)</sup>。しかし、FOVを小さくし過ぎたり、位相エンコー



- (a) 折り返し画像
- (b) オーバーサンプリング100%使用
- (c) 被写体をカバーするように撮像範囲を設定
- (d) cの設定で撮像した画像
- (e) 左側頭部にsaturation pulse設定
- (f) eの設定で撮像した画像
- (g) 右顎関節にsurface coil使用しセッティング
- (h) gの設定で撮像した画像

図6：右顎関節折り返し対処例

ド数を減らし過ぎたりすると、折り返しが完全に展開できなくなり、画像の中央部に唇のような形をしたアーチファクト (lip like artifact) が現れることがあります (図5)。

### 7. 折り返しアーチファクトの対処法

折り返しアーチファクトは基本的に、サンプル

数を増やすか、撮像範囲外からの折り返しの源となる信号を減らす方法で抑制可能です。

位相エンコード方向での具体的な折り返しアーチファクトの抑制は、次の方法が一般的です (図6)。

- ① オーバーサンプリング (図6b)

- ②撮像範囲を大きくする（体の一部でも外側にはみ出ないように設定）（図6c,d）
- ③飽和パルス（saturation pulse）の使用（図6e,f）
- ④表面コイル（surface coil）の使用（図6g,h）

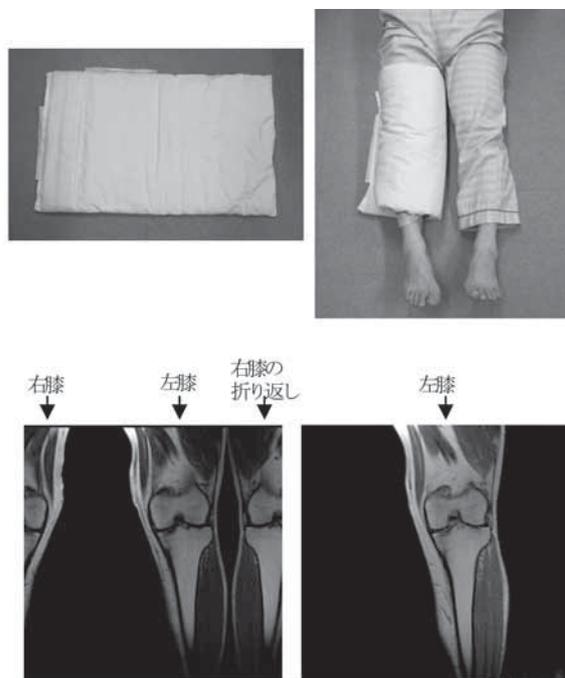
①のオーバーサンプリングは撮像時間が長くなりますが、過剰にサンプリングするとSNRがよくなるため、NEX（number of excitations：加算回数）や空間分解能を考慮して設定します<sup>6)</sup>。②のFOVを大きくする場合、ピクセルの大きさも大きくなるので注意が必要です。③の飽和パルス（saturation pulse）使用の際、単独では完全な折り返し回避は難しいので他の方法と組み合わせて用いるのが有効です。④の表面コイル（surface coil）を用いる際には、コイルの感度領域を考えて使用します。また、折り返しの出現方向によっては、位相エンコードと周波数エンコードの方向を入れ替えるのも一つの方法です。

その他に下肢などの撮像の際には、検査目的とは逆側にRF（radio frequency）をシールドする素材のブランケットを巻くと、目的外からの信号を防ぐことが可能で、折り返しを避けることができます（図7）。ブランケット使用の際には、毛布のように包んでいる部位の温度上昇を招く場合もあり注意が必要です。

また、3次元撮像法ではスライス方向にもオーバーサンプリングを設定することにより防ぐことが可能です。周波数エンコード方向の折り返しは装置側でローパスフィルタとオーバーサンプリングで自動的に折り返しが発生しないように設定してあるため、通常は問題にはなりません。

## 8. まとめ

MRIのアーチファクトは、今回と前回に取り上げた折り返しアーチファクトやケミカルシフトアーチファクトの他にもモーションアーチファク



(a)	ブランケット型のRFシールド	a	b
(b)	検査目的側の反対側（右膝）に巻き信号が出ないようにする	c	d
(c)	RFシールドなしで左膝中心に撮影 右膝の折り返しアーチファクト出現		
(d)	RFシールドありcと同条件で撮影 右膝の信号がなくなり折り返しアーチファクトが抑制される		

図7：ブランケット型のRFシールド

ト、磁化率アーチファクト、フローアーチファクト、ジッパーアーチファクト、マジックアングルアーチファクトなど多くの種類があり、それぞれが、単独に現れたり複合的に出現したりします。そのため、アーチファクト対策をしないと臨床の場で診断に支障をきたすこともあり注意が必要です。

また、アーチファクトを理解するには、自らアーチファクトを実験的に作成してみるのもひとつの方法です。さらにアーチファクトの発生機序を理解するとMRの原理の理解が深まり、実際の撮像条件設定に役立つと思います。

最後に、今回と前号の執筆に協力していただい

た埼玉医科大学病院中央放射線部のみなさんに感謝いたします。

### 参考文献

- 1) 山下康行 著：これで完璧！MRI. (株金原出版、(2000)
- 2) 荒木 力 監訳：MRI「超」講義第2版. (株メディカル・サイエンス・インターナショナル、(2006)
- 3) 荒木 力 監訳：MRIの基本パワーテキスト第3版. (株メディカル・サイエンス・インターナショナル、(2011)
- 4) 今西好正 徳原正則 小谷博子 著：MRI原理とMRS. (株医療科学社、(2009)
- 5) 蜂屋順一 監修、高原太郎 編集) MRI応用自在. (株メジカルビュー社、(2001)
- 6) 土橋俊男 : MRIのArtifact. 日放技学誌,59 (11) 1370-1377, (2003)

#### [執筆者紹介]

平野 雅弥 (ひらの まさや)  
技師歴21年。MR担当歴約7年。