

MY BOOK MARK

～本当に使いやすい製品がこの中に～

File No. 74

医療法人大輪会 大橋・谷整形外科 放射線部
中屋善行

はじめに

大橋・谷整形外科は整形外科専門の有床診療所として2011年5月に開設され、人工関節置換術（股関節・膝関節）・関節リウマチ・骨粗鬆症を三本柱に治療を進めてきた。その中でも人工関節置換術は股関節、膝関節、毎年それぞれ約150件近くもの手術を行ってきている。当初MRI装置は日立製1.5T ECHELON Vegaを使用し、主に股関節、膝関節、脊椎などの整形外科領域を中心に検査を行ってきた。その後2024年5月に富士フィルムメディカル製1.5T ECHELON Synergy（図1a）に更新しAI技術を活用した機能、技術により検査ワークフローの効率化と検査時間短縮が可能となった。

本稿では、ECHELON Synergy導入から約半年が経過した使用経験にもとづき特にオススメしたい装置の特徴、性能について紹介する。

ワイドボア

今回導入したECHELON Synergyは開口幅が前機種と比べ10cm大きくなっています。ガントリ内部の空間が広がったことで軀幹部から離れた部位（肩から上肢など）を比較的容易に磁場中心へ配置できるようになった。痛みが強い患者に対しても側臥位、深屈曲位など比較的楽な姿勢での検査が可能となった。また過去に閉所恐怖症で検査が困難であった患者からは「圧迫感も少なくてこれなら大丈夫だった」という言葉をいただいている。

患者さんと技師にやさしい MRI装置 1.5Tワイドボア ECHELON Synergy

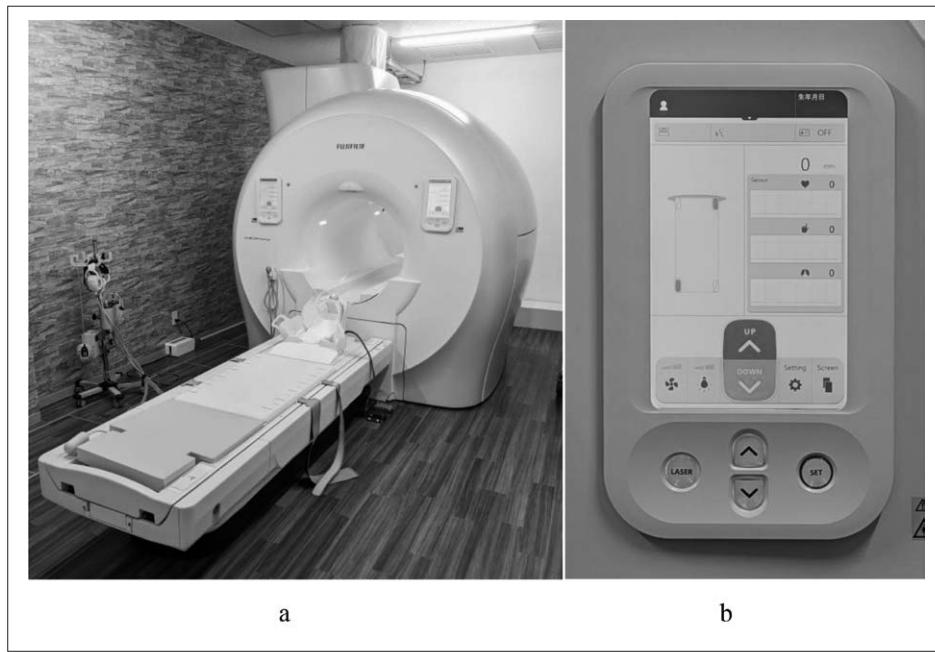


図1 富士フィルムメディカル製1.5T ECHELON Synergy

a 本体外観
b ガントリ両側に搭載されたタッチパネルディスプレイモニター

a | b

ワンタップポジショニング

ワンタップポジショニングとは事前に検査を行う患者情報の登録を済ませておき、コイルを装着した後でガントリモニタのSTARTボタンを1回タップすると、検査部位を自動でガントリ中心に移動でき、検査室の扉を閉めるだけで最初のスキャンが開始されるものである。従来は撮影部位のポジショニング時に撮影部位を磁場中心に送るためにガントリ開口部でレーザーマーカーに合わせる必要があったが、このワンタップポジショニングによって撮影部位とレーザーマーカーの位置合わせが不要になり、準備時間の短縮と操作時のストレス軽減に寄与している（図1b）。



高画質・短時間撮影

ECHELON Synergyには間引き撮像と繰り返し処理を組み合わせることで画質を維持しながら高速撮像を実現するIP-RAPIDと深層畳み込みNeural Networkを用いたDLR Plusが搭載されている。

1. IP-RAPID

IP-RAPIDは、アンダーサンプリングで高速化することによって発生するノイズや折り返しアーチファクトを繰り返し再構成することで低減する技術である。従来のパラレルイメージング機能ではジオメトリファクタの影響で得られる画像に少なからずノイズが空間的に不均一に分布するという特徴があったが、ECHELON SynergyにはIP-RAPIDのiRCM再構成法が搭載され、k空間上で入力画像との整合性評価などの処理を繰り返し行うことが可能となった。これによりジオメトリファクタによるノイズ増加の影響を受けない画像を出力できるようになったため、ECHELON Vegaの頃よりも高いRAPID factorを設定することが可能となっている。

2. DLR Plus

DLR PlusにはDLR RiseとDLR Clearがあり、DLR RiseはDeep Convolution Neural Network (DCNN) を画像再構成に組み込んだ技術で高い精度でノイズを除去することができる。また、DLR Clearでは画像の鮮鋭度を向上させ超解像化をすることができ、さらにこれらの技術は撮像終了後であってもIQ-Retouch機能を使用すれば調整可能なため、再撮像の割合を減らすことができスマートなMRI検査が可能となっている。

IP-RAPID、DLR Rise、DLR Clearを組み合わせることで非常に

高画質な画像を提供できるようになった。とりわけ、これらのAIを活用した技術が2Dでも3Dでも、シーケンスの制限が少なく、ほぼすべてのシーケンスで使えることが非常に助かっている(図2a、b)。

Flexibleコイル

ECHELON Synergyに使用されているFlexibleコイルには様々な形状のコイルがあり、当院では頭部や頸椎などの撮影にFlex Fit Neuroコイル、股関節や体幹部の撮影にFlex Fit Wideコイル、肩関節、膝関節などの四肢関節にFlex Fit Mコイルを使用している。その名の通り柔軟性があり、様々なシーンで汎用性の高さを感じさせてくれるコイルで、自由度の高い撮影体位が可能なワイドボアのMRIとの相性も抜群である。

頸椎を撮影する際、特に円背が強い患者に対してMRI撮影者はポジショニングに苦労した経験を誰しもがおもちであると思う。Flex Fit Neuroコイルでは、コイルの角度を斜めにできる機構をもっており、さらにはコイルをオープンにした状態でも撮影が可能となっているためポジショニングも容易に行うことができる(図3a)。また、Flex Fit Wideコイルは布団のように被せることができ、痛みが強く仰臥位が困難な場合に側臥位での撮影を可能してくれる(図3b)。Flex Fit Mコイルは大きさも適度で、使い方も多様で巻く、広げて被せる、敷くなど様々な撮影方法が可能である(図3c、d、e)。

また、一般的にMRIの受信コイルは検査対象に近いほど高感度受信が可能である。従来の専用コイルは体格の大きな患者でも撮像できるように大きめに作られていたが、Flexibleコイルは巻きつけることで患者の体に密着して固定できるため、従来の受信コイル以上に高感度受信が可能である

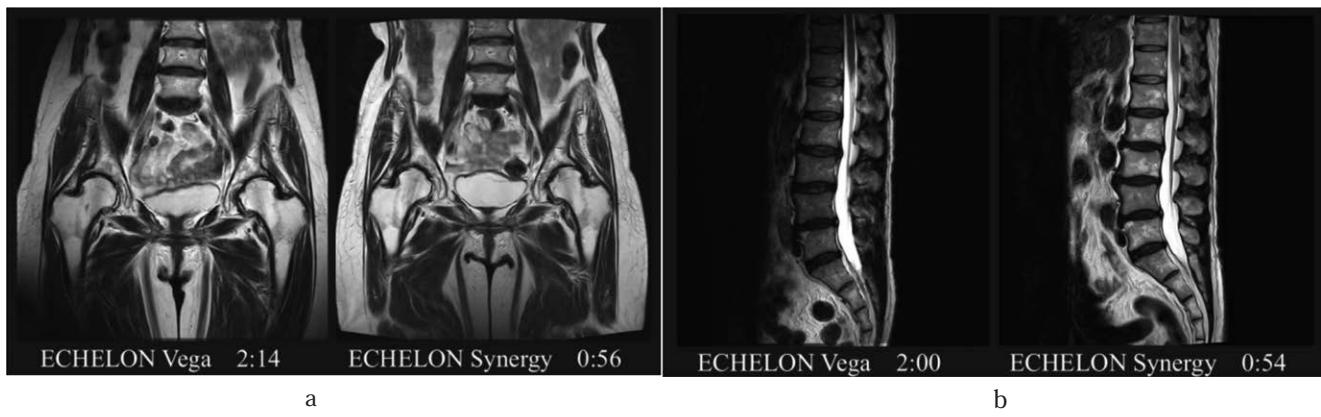


図2 ECHELON VegaとECHELON Synergyの画像対比

- a 股関節MRI画像
- b 腰椎MRI画像

a | b

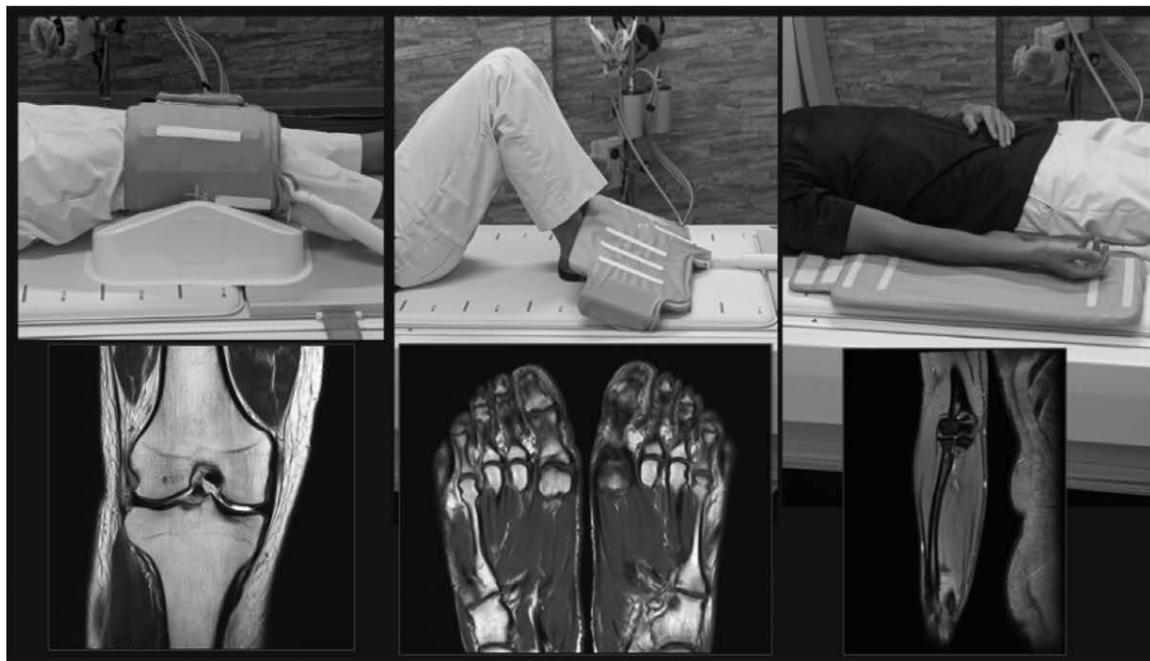
MY BOOK MARK

~本当に使いやすい製品がこの中に~



a

b



c

d

e

図3 Flexibleコイル

- a Flex Fit Neuroコイル 傾斜をつけてopen状態での頸椎撮影
- b Flex Fit Wideコイル 側臥位での腰椎撮影
- c Flex Fit Mコイル 膝関節撮影
- d Flex Fit Mコイル spineコイルと組み合わせての両足同時撮影
- e Flex Fit Mコイル open状態での肘関節～前腕部の撮影

a | b
c | d | e

CT Like Image (Bone Image)

当院ではGradient Echo法でinphaseのエコーを複数収集し、これを加算することで近年話題となっているCT Like Imageを得ている。ECHELON SynergyにはADAGEというマルチエコー画像の加算合成処理機能があり、CT Like Imageの収集においてもこの機能を使用しているため特別な後処理も必要ない。またADAGEの機能であるEcho Skipを用いることでk空間軌跡を同一方向に揃えることができるため、ケミカルシフトの影響が低減したシャープな画像を得ることができる。主にCTでの確認が必要であった骨折、頸椎後縦靭帯骨化症（OPLL）や腰椎分離症などの描出に活用している（図4a、b）。

また、靭帯に対して非常に高いコントラストがつくことから我々は足関節の靭帶観察にも有用性があるのではないかと考え現在、靭帶損傷例に対して関節エコーを併用しながら検討しているところである（図5）。

HiMAR

当院では人工関節の周囲の観察目的にMRIを使用するケースもあったが従来の方法では金属アーチファクトの影響で評価が困難なことが多かった。

HiMARは照射及び受信周波数をシフトした画像（スペクトルビン画像）を複数取得し、これを合成して画像を出力することで、スライス面内の信号欠損を回避する技術である。HiMARは富士フィルムの高速3D FSEシーケンス「isoFSE」がベースとなってい

るため、短時間で3D撮像が可能となっている。さらにHiMAR Plusにおいてはスラブ選択傾斜磁場を印加している。スペクトルビンごとに異なる位置で励起されるため、RAPID併用時に1つのスペクトルビン内におけるRAPIDの折り返し量が低減するため高速化と共にSNRが向上する。

当院で使用している人工股関節の中で最もよく使われている材質ではチタン合金が多いが従来の撮影では特にカップ周囲が歪んでしまい観察が困難であったがHiMARを使用することでカップおよびステムの輪郭がはっきりし診断に有用な画像が得られるようになった（図6a）。またさらにアーチファクトが大きいコバルトクロム合金においてもある程度歪みを抑えることが可能となった。

また人工膝関節に関しても、従来の撮影ではアーチファクトの影響が大きすぎるため観察がほとんどできず検査対象からは外れていたがHiMARを使用することで、観察が可能となった。実際に人工膝関節術後、転倒した患者に対してXP検査で診断困難であった膝蓋骨骨折を描出することができた（図6b、c）。

おわりに

本稿では、当院に導入された富士フィルムメディカル製1.5T ECHELON Synergyについて紹介した。まだ半年程度の使用ではあるが機器更新によって得られた新たなAIを活用した技術や画質、機能は期待以上のものであった。また、検査の幅が広がったことで今までCTが選択されてきた症例に対してもMRIが第一選択となり被ばくの低減へと繋がっていくことが予想される。当院の放射線部の基本方針である「速い」「上手い」「安全に」を提供できるまさにピッタリの装置である。

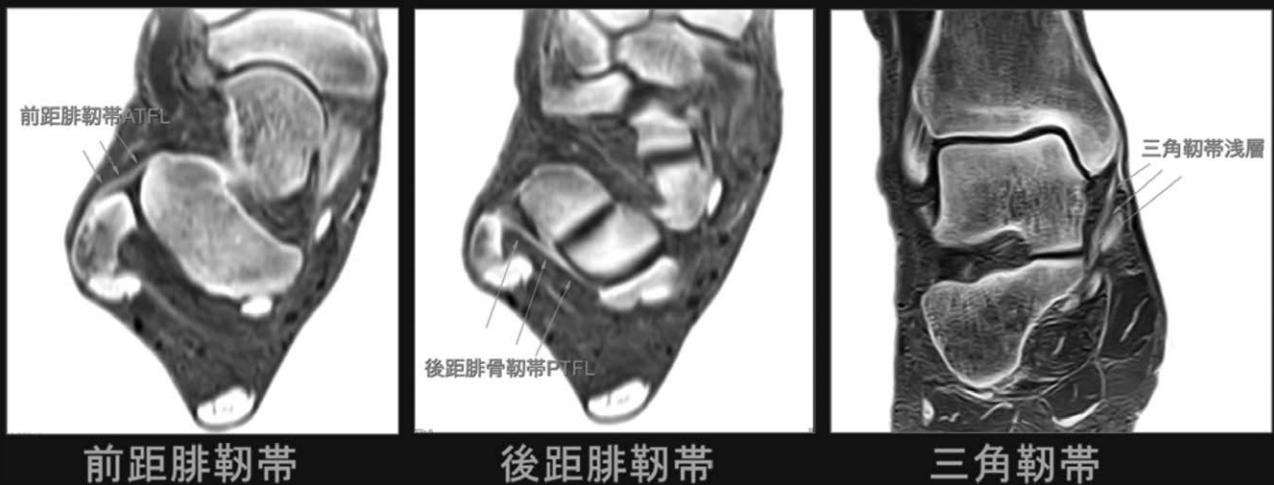


図4

a 頸椎後縦靭帯骨化症（OPLL）や腰椎分離症 CT Like Image画像
b 足関節のCT画像とCT Like Image画像

a | b

CT Like Imageによる靭帯の観察



CT Like Imageでみる靭帯損傷

走行が不鮮明

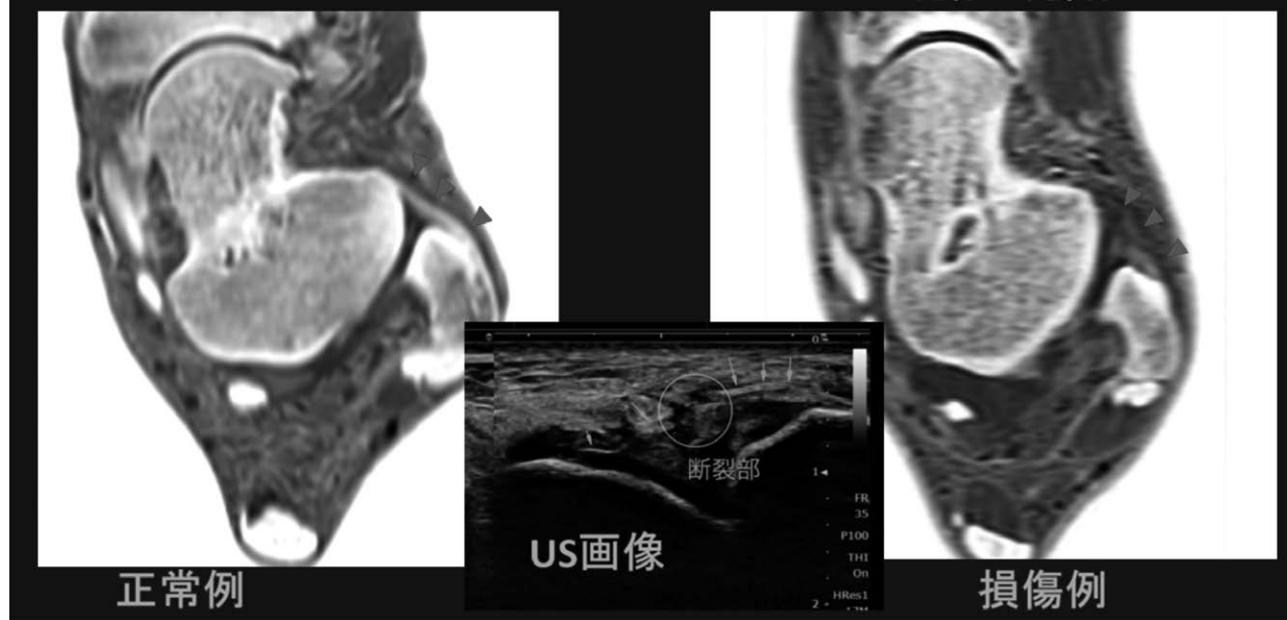


図5 CT Like Image画像でみる足関節の靭帯および前距腓靭帯損傷例

また他院からの紹介検査も増えてきており継続的に依頼してもらうためには紹介元の医師に満足していただける画像を提供していくことが重要である。今後もこのECHELON Synergyの良さを近隣の開業医の医師にも知っていただき診断能向上に繋がる画像を提供していくことで新規紹介検査の開拓にも繋げていきたいと考えている。

ECHELON Synergyはポテンシャルが非常に高く、まだ装置の限界点を見れていない。今後の展望としては装置の性能を引き出し画質は保つつつ、さらなる検査時間の短縮化を目指している。そのためには装置の進歩に負けないように私自身も進歩できるよう日々研鑽を積んでいきたい。今回の紹介が装置導入を検討している方たちの参考になれば幸いである。

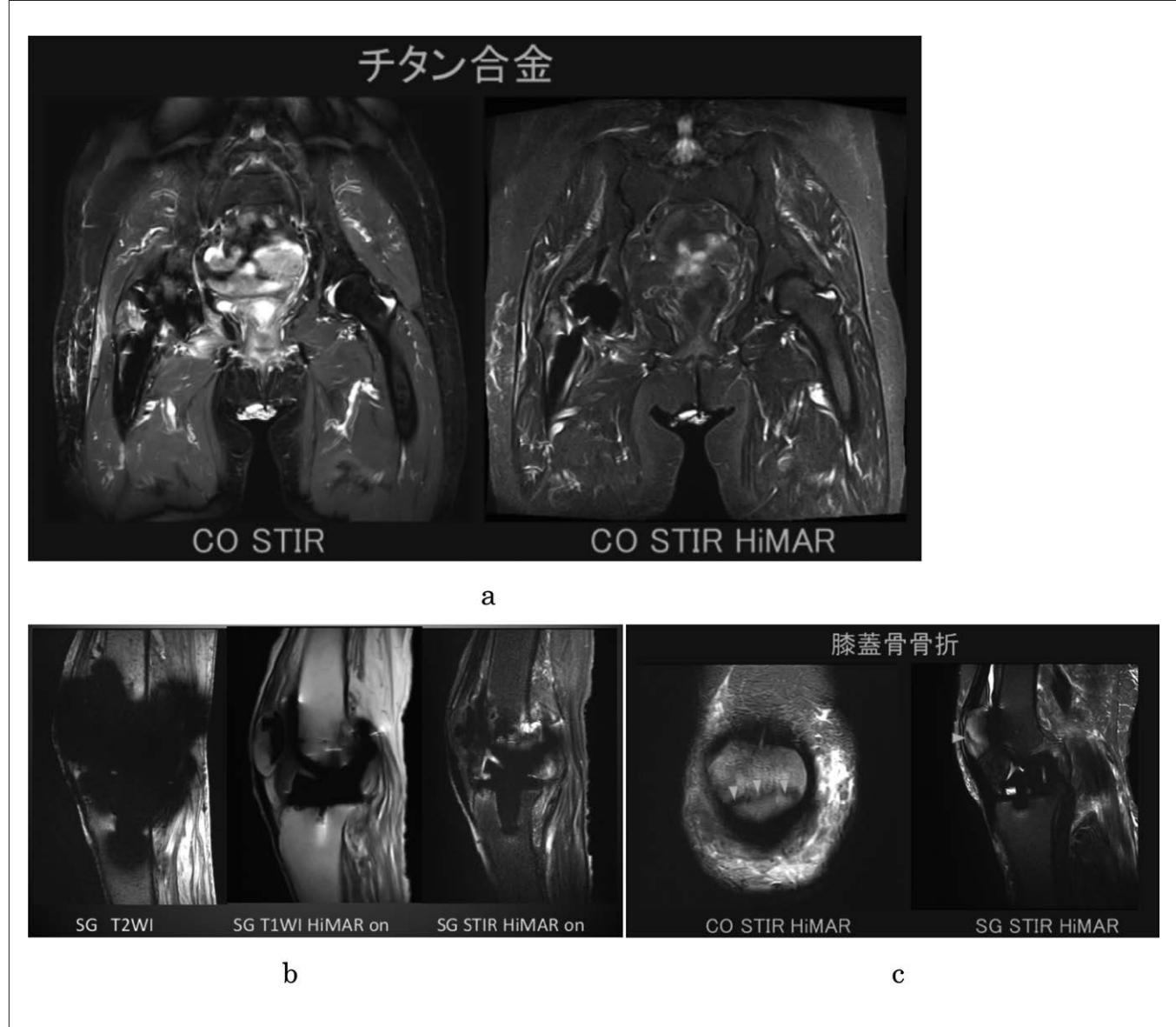


図6

- a 人工股関節HiMAR画像（チタン合金）
- b 人工膝関節HiMAR画像
- c 人工膝関節HiMAR画像（膝蓋骨骨折例）

$$\frac{a}{b \mid c}$$