

総説

骨折の画像診断

川原 康弘 上谷 雅孝

長崎大学医学部放射線科

Imaging diagnosis of bone fractures

Yasuhiro Kawahara, Masataka Uetani

Department of Radiology, Nagasaki University School of Medicine

抄 録

骨折の画像診断は単純写真が基本であるが、単純写真のみでは診断困難な場合がしばしばある。本稿ではまず骨折におけるCT、MRI、核医学検査の役割について述べ、その後に単純写真で見逃しやすいまたは描出できない骨折、診断を間違えやすい骨折について概説する。

Abstract

Most bone fractures are diagnosed based on conventional radiography. Conventional radiography, however, may not be sufficient in some cases and additional other modalities are required for the diagnosis.

In this section, we describe the efficacy of CT, MRI, and scintigraphy for the diagnosis of bone fractures. Special types of bone fractures, which can be subtle or misinterpreted on conventional radiography, are also mentioned

Key words: bone fractures, CT, MRI, scintigraphy

はじめに

骨折は日常の画像診断において最も遭遇することが多い病変の一つである。基本は単純写真であることは言うまでもないが、これのみでは診断困難なことがあり、他のmodalityが必要とされる場合もしばしばある。

本稿では、まず総論として骨折におけるCT、MRI、核医学検査の役割について述べ、その後に各論として単純写真で見逃しやすいまたは描出できない骨折、診断を間違えやすい骨折について概説する。

1. CT、MRI、核医学検査の役割

骨折の診断におけるCTの役割は、以下のような事項が挙げられる。①骨折線の描出、②骨折の関節内、関節面への進展の有無、程度の評価、③骨片の描出や偏位の有無、程度の評価、④関節面の状態(陥没、骨軟骨骨折の有無、程度など)の評価。骨折線の描出に関しては、脊椎、骨盤、手足など単純写真で骨折線が十分描出できない複雑な骨において有用性が高い。最近普及しているヘリカルまたは多検出器列CTでは再構成画像や3D画像を容易に得ることができ、これらを追加することで骨折の評価はより容易となる(図1)。血腫、内臓や脳神経損傷などの合併症の評価にもCTは有用である。

MRIの役割はCTと類似している点も多いが、最も大

きな違いは骨折による骨髄の浮腫・出血を描出できることである。これは通常、T1強調像で低信号、脂肪抑制T2強調像、STIR像で高信号に描出される(図2)。T2強調像では等～やや高信号に描出され、時に不明瞭なこともある。骨折線はT2強調像、脂肪抑制T2強調像、STIR像で骨梁圧縮を反映して低信号を示すことが多いが(図2)、離開した骨折線は液体貯留により高信号を示すこともある。また必ずしも描出できるとは限らない。骨片は低信号または低信号に脂肪髄の信号を含む構造として見られるが、小さなものは描出できないことがある。骨折線、骨片の描出はCTの方が優れる。関節面においては、CTでは評価困難な関節軟骨の評価が可能である。軟部組織や靭帯、腱、半月板の損傷、骨壊死、脊髄損傷などの合併症の評価にもMRIは有用である。

骨シンチグラフィは骨折の診断において高い感度を示し、受傷後24時間以内には80%、72時間以内には95%で異常集積として描出できると報告されている¹⁾。偽陰性の頻度は低いが、高齢者では集積不良な場合がある。また、所見は非特異的で他の骨疾患や陳旧性骨折との鑑別は困難である。そのため、CT、MRIが優先されることが多い。

骨折の診断においてCT、MRIのどちらを選択すべきかについては、多少異論のあるところである。MRIで



図1: 41歳女性 腓骨頭、脛骨の顆間隆起、内顆の骨折
 A: 右膝関節単純写真真正面像 腓骨頭と脛骨顆間隆起の骨折は明らかである(矢印)。脛骨内顆間には硬化像が見られるが、骨折は明瞭ではない(矢頭)。
 B: 右膝関節CT MPR冠状断像 脛骨内顆の陥没骨折が明らかである(矢印)。

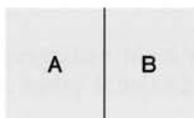
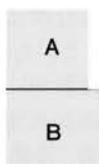


図2: 21歳女性 右大腿骨頸部骨折
 A: 右股関節単純写真真正面像 大腿骨頸部の内側に骨膜反応(矢印)と帯状硬化像(矢頭)を認める。
 B: 両股関節MRI STIR冠状断像 (TR/TE/TI=3000/20.9/160) 右大腿骨頸部に浮腫・出血を示唆する高信号が見られる(矢印)。骨折線は帯状低信号を示している(矢頭)。



ある、骨皮質の情報が得られにくいなど、いくつかの欠点がある。これらの長短所や評価すべき合併症などを考慮し、CTかMRIかを選択すればよいと思われる。

2. 単純写真で見逃しやすいまたは描出できない骨折、診断を間違えやすい骨折

このような骨折には以下のようなものが挙げられる。
 ①複雑な骨に生じたもの、②偏位が少ない/見られないもの、③骨片が小さいもの、④外傷歴が明らかでないもの。ここでは成長板損傷、潜在骨折・骨挫傷(偏位が少ない/見られない)、剥離骨折(骨片が小さい)、ストレス骨折(外傷歴が明らかでない)について述べる。

1) 成長板損傷

成長板癒合のまだ十分でない小児、若年者に起こる骨損傷である。好発部位は橈骨遠位端、上腕骨遠位端、腓骨遠位端、脛骨遠位端、尺骨遠位端などが挙げられる^{2, 3)}。発育障害の起こる場合があることを知っておく必要がある。成長板は骨端側より杯細胞層(静止層、杯牙層)、増殖層、肥大層、石灰化層から構成されているが、特に杯細胞層の障害がある場合には発育障害が起こる可能性が高い。

単純写真の所見は成長板の開大や不整像、それと連続する骨折線、成長板を横切る骨折線が挙げられる。成長板の離開を見るには、両側を比較することが重要である。MRIでは骨髄の浮腫・出血による異常信

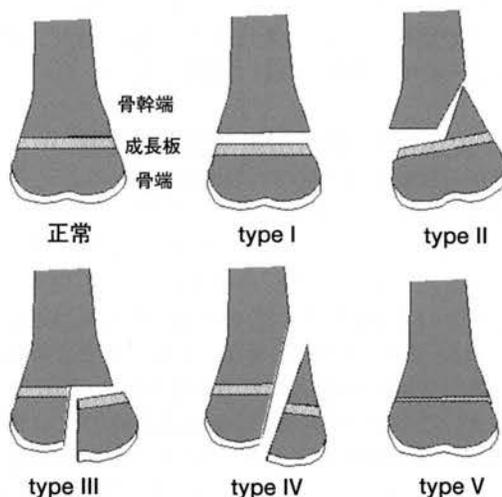


図3: Salter-Harris分類

type I = 成長板の離開。骨膜の断裂はなく骨端の偏位がほとんどない。Type II = 成長板の離開とそれと連続する骨端の骨折。Type III = 成長板の離開とそれと連続する骨端の骨折。Type IV = 骨幹端より成長板を横切り骨端、さらに関節面に及ぶ縦走骨折。Type V = 成長板の圧迫骨折。

は骨髄の浮腫・出血の描出が主体でCTにて描出困難な骨挫傷の描出も可能であるが、骨折線や骨片の描出はCTの方が優れる。また、MRIでは、撮像時間が長い、体内に磁性体物質を有する患者では撮像できない場合がある、全身状態の悪い患者では検査困難で



図4:12歳男性 左脛骨近位端Salter-Harris type II骨折
A:左膝関節単純写真側面像 左脛骨近位端の前部成長板の開大が見られ、これと連続して斜走する骨折線を認める(矢印)。
B:左膝関節MRI T2強調冠状断像 (TR/TE=3000/110)
単純写真と同様に左脛骨近位端の前部成長板の開大が見られ、これと連続した骨折線は高信号に描出されている(矢印)。

A

B



図5:13歳男性 左上腕骨野球肩
A:右肩関節正面像、B:左肩関節正面像 左上腕骨近位成長板の開大が見られる(矢印)。右側と比較すると病変がわかりやすい。

A

B



図6:48歳女性 左膝関節の大腿骨外顆辺縁と膝蓋骨内側の骨挫傷

A:左膝関節MRI STIR横断像 (TR/TE/TI =3000/12/160)
大腿骨外顆辺縁と膝蓋骨内側に浮腫・出血を示唆する高信号を認める(矢印)。膝蓋骨内側関節面の軟骨、内側膝蓋支帯からその周囲の脂肪組織にも高信号が見られ、損傷があることがわかる(矢頭)。これらの所見から膝蓋骨の外側脱臼があったと予測できる。

号は軽度のみで、診断が難しい。

Salter-Harrisの分類(図3)がよく用いられているが、この分類は治療法の選択や予後の予測において重要である。type Iは6%、type II(図4)は75%、type IIIは8%、type IVは10%、type Vは1%で頻度が最も高い

のはtype II、最も低いのはtype Vである³⁾。発育障害はtype Vでは必発、type III、IVでもしばしば見られ、type I、IIは予後良好である。診断の際にはこのtypeまで言及しておくことが望ましい。大腿骨頭すべり症、野球肩(図5)はtype I 損傷の特殊型である。

2) 潜在骨折・骨挫傷

MRIにより出現した概念で、MRIで骨髄の浮腫・出血として初めて発見されるものである。骨折線は明らかでなく、単純写真やCTでは診断困難である。打撲や骨同士の衝突により生じ、時に関節軟骨の損傷、骨軟骨骨折を認める(図6)。

病変部が外傷機序を反映する場合もある。膝蓋骨の外側脱臼では大腿骨外顆外側部の骨挫傷と膝蓋骨内側関節面の骨軟骨骨折がよく見られる(図6)。脱臼した膝蓋骨が本来の位置にもどる際に、大腿骨外顆辺縁と膝蓋骨内側関節面が衝突して生じる。逆にこれらの骨挫傷がある場合には膝蓋骨の外側脱臼があったと推測できる。靭帯損傷などの随伴損傷を示唆することもある。膝関節では前十字靭帯断裂に大腿骨外顆下面、脛骨外顆後部の骨坐傷を合併することが多い。外傷の際の骨同士の衝突により生じる。これらの骨挫傷がある場合には、ほとんどの場合に前十字靭帯断裂を認める。

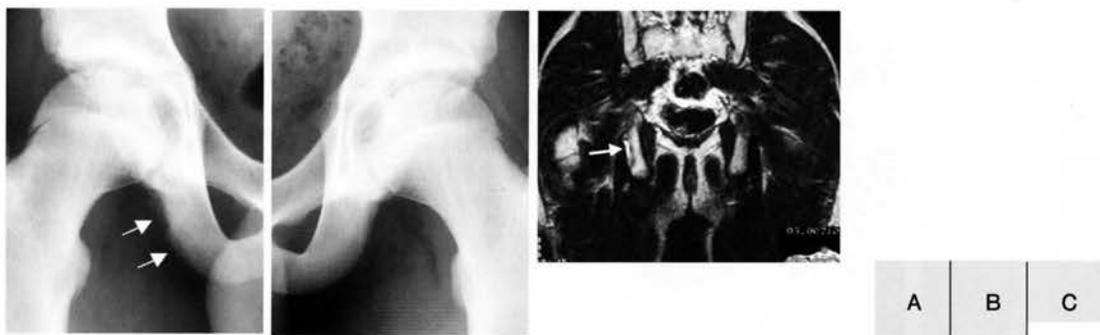


図7:7歳女児 右坐骨結節の剥離骨折

A:右坐骨正面像、B:左坐骨正面像 右坐骨結節の不整を認める(矢印)。剥離骨片は見えない。左側と比較しなければ見落とし易い微細な所見である。
C:骨盤MRI T2強調冠状断像(TR/TE =3000/110) 右坐骨結節の剥離、骨片と母床骨の間の液体貯留と思われる高信号が見られる(矢印)。骨片には大腿屈筋腱が付着している。骨髓の浮腫・出血の所見はあまり見られない。

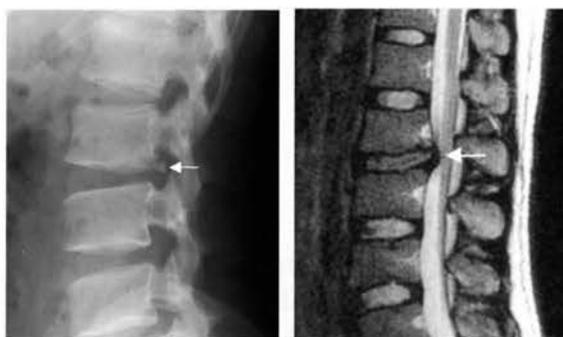


図8:27歳男性 第2腰椎骨端輪の剥離骨折

A:腰椎単純写真側面像 第2腰椎後下部骨端輪の剥離骨片が見られる(矢印)。
B:腰椎MRI T2強調矢状断像(TR/TE =3000/110)第2/3椎間板の後上方へのヘルニアを認める(矢印)。
骨片はわかりにくい。

3) 剥離骨折

靭帯、腱の付着部である二次骨端核に生じる骨損傷である。小児、若年者では二次骨端核と母床骨間に成長軟骨があるため、剥離骨折が生じ易い。単純写真では骨片は小さいかもしくは見えない。骨皮質の不整像のみが描出される場合もある(図7)。治療過程の化骨形成により、時に腫瘍性病変と紛らわしい像を示すこともある。CTでは剥離、偏位した骨片が明瞭に描出される。MRIでは骨髓の浮腫・出血による信号変化は軽度のことが多く(図7、8)、時に描出困難である。

剥離骨折は多くの部位できたしうが、骨盤骨が最も多く、腸骨稜(腹筋付着部)、上前腸骨棘(縫

工筋、大腿筋膜張筋付着部)、下前腸骨棘(大腿直筋付着部)、坐骨結節(大腿屈筋付着部)(図7)、恥骨(内転筋付着部)などで見られる。膝関節では脛骨顆間隆起(前十字靭帯付着部)、脛骨顆間隆起の後部(後十字靭帯付着部)、脛骨外顆外側辺縁(関節包靭帯付着部、Gerdy 結節(腸脛靭帯付着部)、腓骨頭(大腿二頭筋、外側側副靭帯付着部)、大腿骨内顆(内側側副靭帯付着部)に、脊椎では骨端輪(椎間板線維輪付着部)(図8)に見られる。脛骨外顆外側辺縁の骨折はSegond 骨折とも呼ばれる。ほぼ100%で前十字靭帯断裂または脛骨顆間隆起の剥離骨折の合併が見られ、これらの二次的所見として重要である。骨端輪の剥離骨折は腰椎に多く、隅角解離とも呼ばれる。90%で隣接椎間板のヘルニアおよびその骨端輪剥離部への入り込みを合併するが、この状態は“limbus vertebrae”と呼ばれる(図8)。

4) ストレス骨折

骨に反復して加わるストレスが原因で起こる骨折で、疲労骨折(fatigue fracture)と不全骨骨折(insufficiency fracture)に大別される。疲労骨折は正常な強度の骨にスポーツなどによる異常な外力が加わり起こる骨折である。不全骨骨折は骨粗鬆症や放射線治療などにより強度の低下した骨、いわゆる不全骨に生理的外力が加わり起こる骨折である。この骨折を不完全骨折と混同してはならない。広義の病的骨折の範疇にも含められる。

ストレス骨折は小児、若年者に多く見られるが、小児では明らかな運動歴がなくても起こることがあり、時に腫瘍性病変や骨髓炎などの鑑別が問題となる。脛骨の近位骨幹で最も多いが、その他、腓骨、足根骨(踵

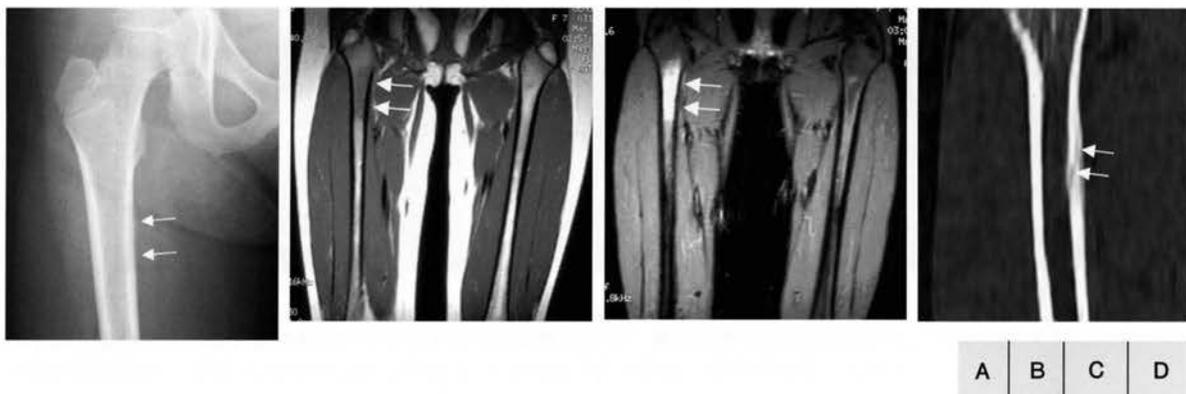


図9:7歳女性 右大腿骨骨幹のストレス骨折

A:右大腿骨単純写真正面像 右大腿骨の近位骨幹の内側にわずかな骨膜反応が見られる(矢印)。骨折線は明らかでない。

B:両側大腿MRI T1強調冠状断像 (TR/TE =350/14)、C:同MRI STIR冠状断像 (TR/TE/TI=3000/10.4/160) 右大腿骨の近位骨幹の骨髓にT1強調像で淡い低信号、STIR像で高信号を示す病変を認める(矢印)。

D:右大腿骨CT MPR冠状断像 内側の骨皮質に縦走する骨折線が明瞭に描出されている(矢印)。



図10:不全骨骨折の好発部位

骨盤骨単純写真正面像 不全骨骨折の好発部位を線で示している。

骨や舟状骨)、中足骨、大腿骨(頸部や骨幹)、肋骨、骨盤骨(仙骨や恥骨)、脊椎など種々の部位で見られる。単純写真では異常所見のないものから骨膜反応のみ認めるもの、帯状硬化像を示すもの、不完全な骨折線を認めるもの、完全骨折をきたすものまである。管状骨の骨折線は横走することが多いが、稀に縦走することがある^{4,5)}(図9)。縦走骨折では病変範囲、骨膜反応が長軸方向に長いため、単純写真では腫瘍性病変と紛らわしいことがある。生検による組織診断も腫瘍性病変と誤診されることがあり、病歴や症状、画像で確実に診断しなければならない。特にCTは骨折線の描出に有用である。

不全骨骨折は高齢者に多く、骨盤骨や大腿骨近位部に好発する(図10、11)。多発性に起こることも

多い。外傷歴がなく腫瘍性病変との鑑別が困難な場合があるが、基盤疾患に骨粗鬆症などの不全骨があることや病変部位、骨折線の同定、腫瘍形成がないことなどから診断できる。骨折線の同定には、前にも述べたように特にCTが有用である。仙骨の骨折は、両側仙骨翼の仙腸関節と平行な縦走成分と横走成分がよく見られ、これらが揃うと特徴的な“H型”を示す⁶⁾(図11)。恥骨結合近傍の両側または片側の恥骨骨折を合併することが多い。

おわりに

種々のmodalityが発展してきた現在においても骨折の画像診断の基本は単純写真であるが、症例によっては他のmodalityをそれぞれの長短所を考慮しながら追加する必要がある。

各論については限られた分野のみしか述べることができなかったが、日常診療の際の一助となれば幸いである。

参考文献

1. Matin P: The appearance of bone scans following fractures, including immediate and long-term studies. J Nucl Med, 20: 1227-31, 1979.
2. Neer CS II, Horwitz BS: Fractures of the proximal humeral epiphysial plate. Clin Orthop, 41: 24-31, 1965.

特集：骨軟部画像診断のポイント

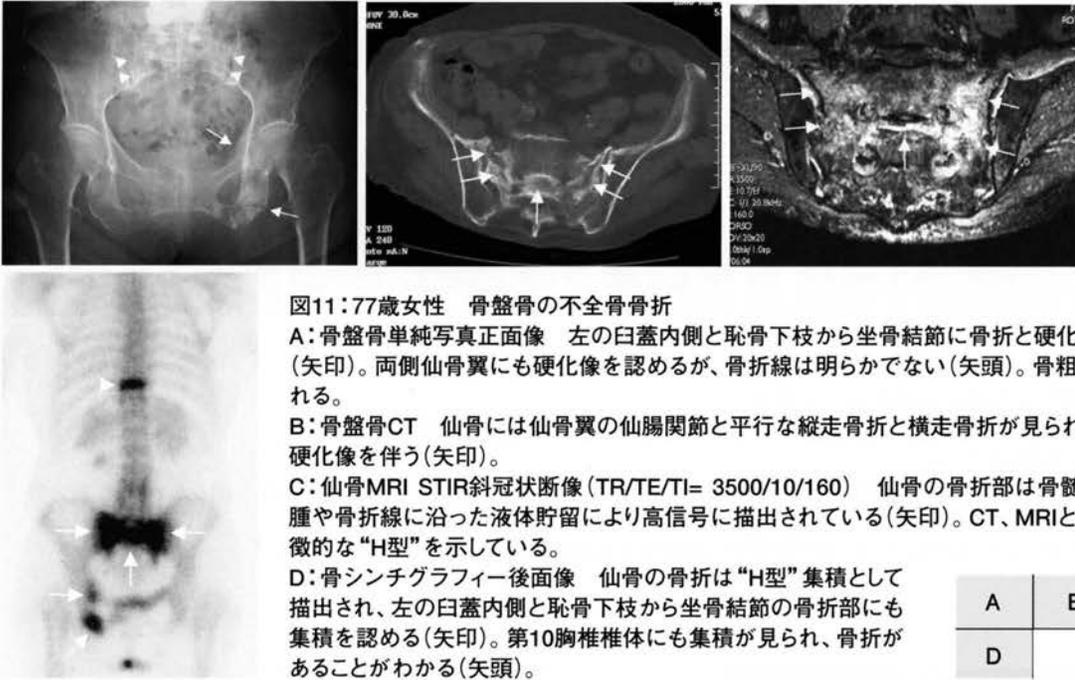


図11：77歳女性 骨盤骨の不全骨骨折

A：骨盤骨単純写真正面像 左の臼蓋内側と恥骨下枝から坐骨結節に骨折と硬化像を認める(矢印)。両側仙骨翼にも硬化像を認めるが、骨折線は明らかでない(矢頭)。骨粗鬆症も見られる。

B：骨盤骨CT 仙骨には仙骨翼の仙腸関節と平行な縦走骨折と横走骨折が見られ、周囲の骨硬化像を伴う(矢印)。

C：仙骨MRI STIR斜冠状断像 (TR/TE/TI= 3500/10/160) 仙骨の骨折部は骨髓の出血・浮腫や骨折線に沿った液体貯留により高信号に描出されている(矢印)。CT、MRIとも骨折は特徴的な“H型”を示している。

D：骨シンチグラフィ後面像 仙骨の骨折は“H型”集積として描出され、左の臼蓋内側と恥骨下枝から坐骨結節の骨折部にも集積を認める(矢印)。第10胸椎椎体にも集積が見られ、骨折があることがわかる(矢頭)。

A	B	C
D		

- Rogers LF: The radiography of epiphyseal injuries. Radiology, 96: 289-99, 1970.
- Williams M, Laredo JD, Setbon S, et al: Unusual longitudinal stress fractures of the femoral diaphysis: report of five cases. Skeletal Radiol, 28: 81-5, 1999.
- Shearman CM, Brandser EA, Parman LM, et al: Longitudinal tibial stress fractures: a report of eight cases and review of the literature. J Comput Assist Tomogr, 22: 265-9, 1998.
- Peh WC, Khong PL, Yin Y, et al: Imaging of pelvic insufficiency fractures. Radiographics, 16: 335-48, 1996.

ダウンロードされた論文は私的利用のみが許諾されています。公衆への再配布については下記をご覧ください。

複写をご希望の方へ

断層映像研究会は、本誌掲載著作物の複写に関する権利を一般社団法人学術著作権協会に委託しております。

本誌に掲載された著作物の複写をご希望の方は、(社)学術著作権協会より許諾を受けて下さい。但し、企業等法人による社内利用目的の複写については、当該企業等法人が社団法人日本複写権センター（(社)学術著作権協会が社内利用目的複写に関する権利を再委託している団体）と包括複写許諾契約を締結している場合にあっては、その必要はございません（社外頒布目的の複写については、許諾が必要です）。

権利委託先 一般社団法人学術著作権協会

〒107-0052 東京都港区赤坂 9-6-41 乃木坂ビル 3F FAX：03-3475-5619 E-mail：info@jaacc.jp

複写以外の許諾（著作物の引用、転載、翻訳等）に関しては、(社)学術著作権協会に委託致しておりません。

直接、断層映像研究会へお問い合わせください

Reprographic Reproduction outside Japan

One of the following procedures is required to copy this work.

1. If you apply for license for copying in a country or region in which JAACC has concluded a bilateral agreement with an RRO (Reproduction Rights Organisation), please apply for the license to the RRO.

Please visit the following URL for the countries and regions in which JAACC has concluded bilateral agreements.

<http://www.jaacc.org/>

2. If you apply for license for copying in a country or region in which JAACC has no bilateral agreement, please apply for the license to JAACC.

For the license for citation, reprint, and/or translation, etc., please contact the right holder directly.

JAACC (Japan Academic Association for Copyright Clearance) is an official member RRO of the IFRRO (International Federation of Reproduction Rights Organisations).

Japan Academic Association for Copyright Clearance (JAACC)

Address 9-6-41 Akasaka, Minato-ku, Tokyo 107-0052 Japan

E-mail info@jaacc.jp Fax: +81-33475-5619