

## 原著論文

眼窩 Whitnall 靭帯の高分解能シネ MRI による  
画像化と機能評価

吉田大輔 森尾一夫 吉田祥二

高知医科大学放射線医学教室

Visualization and Functional Evaluation of Orbital Whitnall's Ligament using  
High-resolution Cine-mode MRI

Daisuke Yoshida, Kazuo Morio, Shouji Yoshida

Department of Radiology, Kochi Medical School, Kochi, Japan

## Abstract

In spite of the ophthalmological recognition about Whitnall's ligament, most of the radiologists have not exactly known the structure of that ligament on any radiological modalities. The number of literatures about Whitnall's ligament was few, and moreover the quality of the images was not enough to be applied on the clinical aspects. Our purpose of this study was to clarify the details of Whitnall's ligament on the high-resolution cine-MRI (five normal volunteers), and to estimate the kinematic function of Whitnall's ligament. We succeeded in establishing the way of recognizing the location of Whitnall's ligament on MRI (SE & efgre3d), and were able to check the anterior-to-posterior mobility of the ligament by up-to-down gazes (five steps). The scanning time was only 13 seconds, which was thought to be able to be easily applied clinically.

**Key words:** Whitnall's ligament, MRI

## はじめに

眼窩 Whitnall 靭帯は別名眼窩横靭帯とよばれ、眼窩領域の臨床現場では重要な構造であるにもかかわらず、殆どの放射線科医にとってはその名前すら認識されずにいるのが現状である。その理由の一つには眼科医からの Whitnall 靭帯の画像化に対する要望があまりなかったことがあげられる。また、我々放射線科医もその領域に関する詳細な画像診断をする機会がなかったことも理由として考えられる。しかし Whitnall 靭帯は臨床的には眼瞼下垂の手術治療などにおける重要な構造であり<sup>1-3)</sup>、その存在様式を画像的に明瞭にする価値は十分にある。既に過去の報告により<sup>4,6)</sup>、MRI を用いた検討がいくつかなされてきているが、画質的な点において十分ではなく、静的観察が主体であり、臨床応用性などにおいて問題も残されている。

今回の我々の目的は、MRI 診断装置を用いて空間分解能を向上させつつ、検査時間を短縮させること

によって患者の個体差に殆ど関係なく眼窩 Whitnall 靭帯を同定できるシステムを構築すると共に、正常者の Whitnall 靭帯に対する多段階撮影による動的観察を加えることによってその機能評価方法を確立することにある。

## 対象と方法

被験者は5名の正常ボランティア(26～30歳:男性3名、女性2名)とし、左眼窩を撮像対象とした。MRI装置はSigna Horizon 1.5 T(GE)、撮像用コイルは我々が臨床MR-microscopy用に作製した直径3cmのsurface-receiver coilを用いた。このコイルを被験者の眼前約1cmの距離に固定し、同時に被験者の頭部から顔面をテープ固定した。撮像には予め用意した上下5段階の注視目標器具を用い、最上視位から開始して速やかに順次下行させていった。撮像方法には以下の2つのsequenceを採用した。

1) efgre3d 法: FA 20, TR 7.2 msec, TE 1.7 msec,

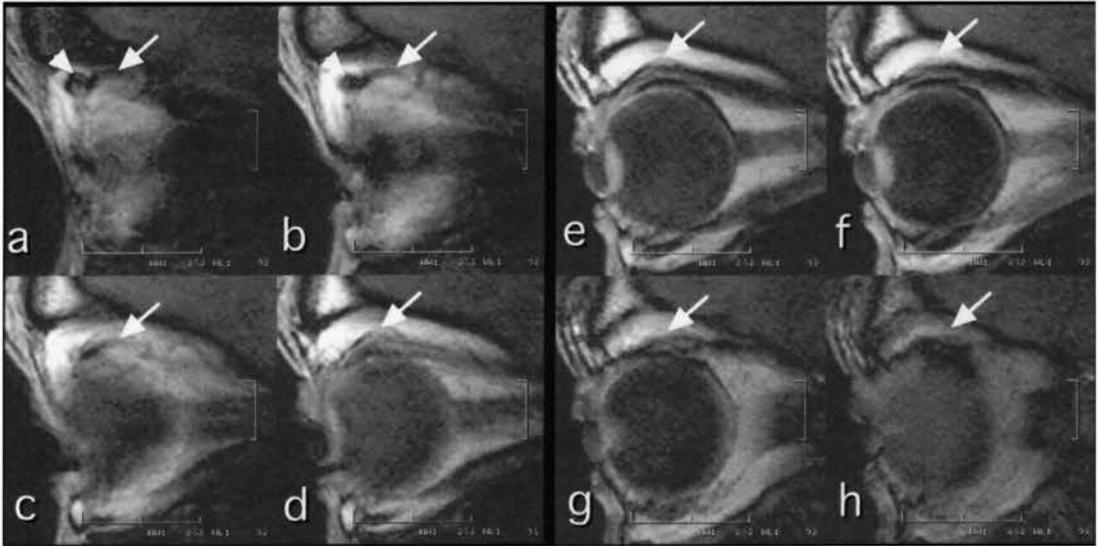


fig.1 被検者 1 (27 歳男性)：内側～外側 (efgre3d)

左上斜筋の滑車部分 (a, b 矢頭) を目安とし、その深部やや上方の低信号強度構造から連続性に追跡することにより Whitnall 靭帯 (a～h 矢印) が同定できた。前頭骨後下縁からやや斜下に位置し、上直筋から分離同定できる上眼瞼挙筋に近接し、この部位から上眼瞼挙筋は走向を下方へ変化させている。(a. (内側)～h. (外側))

FOV 8 cm, matrix 256×160, thickness 7 mm, gap 0 mm, Nex 1, slice 8 枚 (視神経に合わせた矢状断で眼窩内側から外側を撮像)、撮像時間 13 秒

(2) SE 法：TR 300 msec, TE 17.5 msec, FOV 8 cm, matrix 256×160, thickness 4 mm, gap 0 mm, Nex 1, slice 1 枚 (視神経に合わせた矢状断)、撮像時間 13 秒

得られた各々の画像をワークステーション (Advantage Windows ver. 2.0 (GE)) 上にシネ表示させ、画像上に適切な ROI を設定することにより signal-to-noise ratio (SNR) の測定を加えた。

## 結果

### (1) Whitnall 靭帯の同定

efgre3d 法により眼窩内側から外側までの観察が可能であるため、Whitnall 靭帯の走向の同定を行った。いずれの被験者においても正中矢状断像のみでは同靭帯の確定は困難であり、内側から外側への連続観察により位置の同定が可能であった (fig. 1)。主に既知の解剖学的知識により同定されたが、Whitnall 靭帯と眼窩上壁との間の連合線維像も参考にした。Whitnall 靭帯の矢状断面像には個人差があり、信号強度的には低信号強度であるものの、形態は楕円形のものと及び板状のものが認められた。連合線維にも眼窩

上壁附着部の位置や本数、太さなどに個人差があった。解剖学的に紛らわしい像としては上斜筋の横走部靭帯が眼球に附着する部分であるものと思われたが、これも内側の滑車からの連続観察にて除外できた。

### (2) 5 段階上下視による Whitnall 靭帯の動的観察

efgre3d 法及び SE 法によるシネ画像観察を行った。観察部位は眼球正中矢状断であり、Whitnall 靭帯の同定は先の efgre3d 法の結果を参考にしたが、眼窩上壁との間の脂肪織の量が少ない者では同定は容易ではなかった。上下視において Whitnall 靭帯はいずれの被験者も前後に動き、連合線維も脂肪織を有したまま前後に屈曲・伸展する像を呈した。(fig. 2～6)

### (3) 撮像 sequence の比較

efgre3d 法と SE 法の撮像時間は撮像時間的には十分に短く、開眼固視に関する被験者の苦痛の訴えはなかった。一方、画質的には差が認められ、一見して SE 法の方が SNR が高いと思われた。各々の画像にて測定した SNR から算出した平均値にて SNR (SE) / SNR (efgre3d) 比は 1.52 であった。efgre3d では腱組織や靭帯組織が強い低信号強度として明瞭になっていたものの、上直筋や上眼瞼挙筋の腹側部分周囲の境界線も低信号強度化し、むしろ腱と靭帯の区別が付き

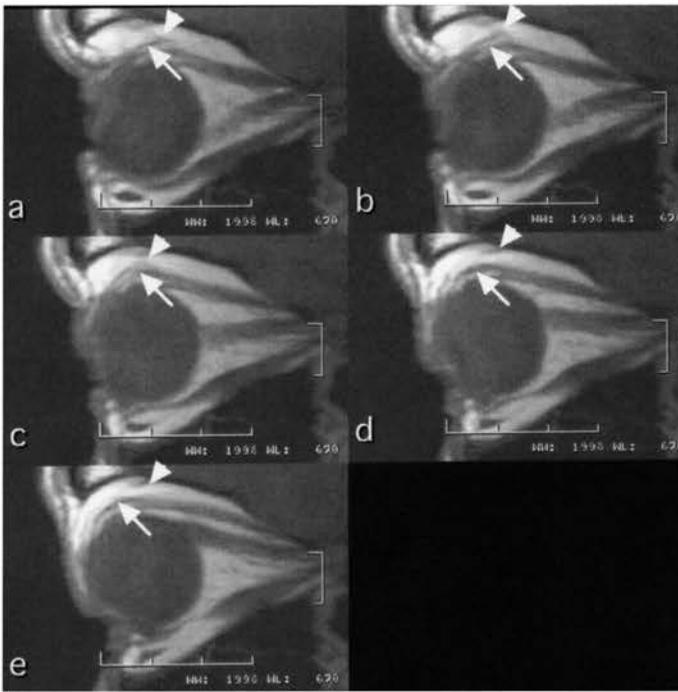


fig.2 被検者1(27歳男性):上下視シネ画像(SE)

最上視(a)ではWhitnall 靭帯(矢印)は小塊状形態となり、前頭骨後下方やや深部レベルにあり、下方視に向かうにつれて徐々に腹側へ偏位し、最下視(e)ではWhitnall 靭帯は前頭骨後下方より若干腹側の位置になるまで移動すると共に、形態上は平坦伸展化している。Whitnall 靭帯の上方面にて眼窩上縁との間に網状の連絡線維(矢頭)が確認され、Whitnall 靭帯の前後動に伴って前後に伸展・偏位していることがわかる。(a:最上視、b:上中視、c:正中視、d:下中視、e:最下視)

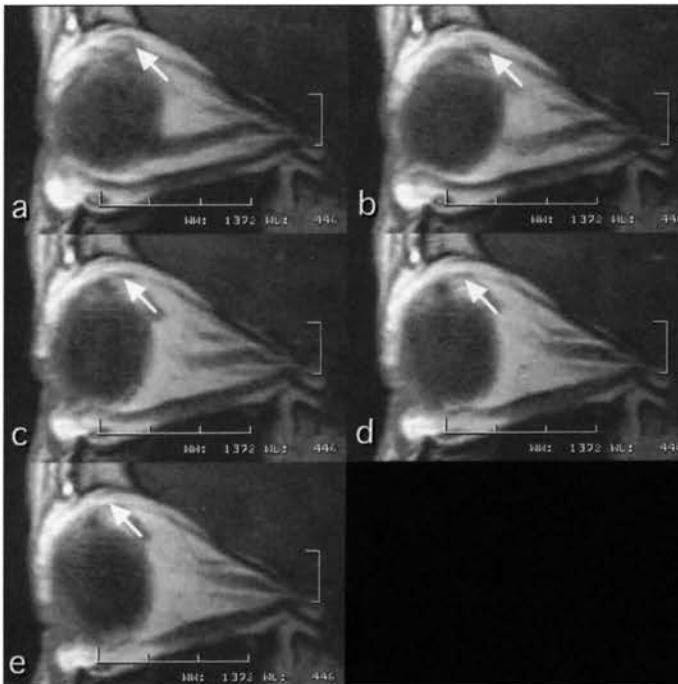


fig.3 被検者2(26歳男性):上下視シネ画像(SE)

前頭骨後下方レベルに最上視にて軽度厚みを増したWhitnall 靭帯(矢印)があり、下方視にむけて若干腹側偏位しつつ平坦化している。眼窩上壁との間の連絡線維ははっきりしない。(a:最上視、b:上中視、c:正中視、d:下中視、e:最下視)

にくい部分も認められた。(fig.7)

### 考察

Whitnall 靭帯は上眼瞼挙筋が上直筋から腹側で分離走向した直後にて上眼瞼挙筋の直上に存在し、眼瞼の開閉運動に連動して作用しているものとされてい

る<sup>7,8)</sup>。そのサイズは個人差があると共に非常に細く、意図的に空間分解能を向上させた画像でないとその存在および機能を評価することはできない。CT スキャンや超音波断層像では方法論的に不向きであり、これが従来から放射線科医がこの靭帯に不慣れであった原因とも考えられる。しかし MRI が臨床応用さ

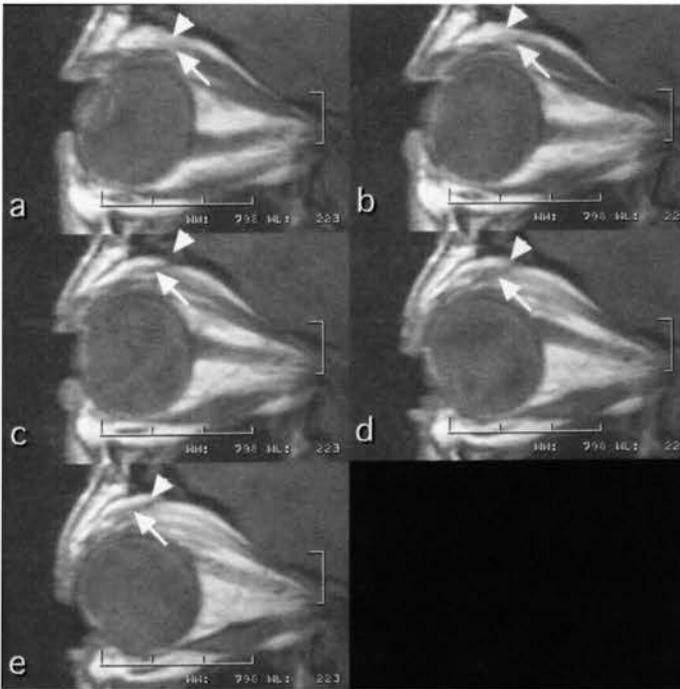


fig.4 被検者 3 (30 歳男性) : 上下視シネ画像 (SE)  
前頭骨後下方に最上視にて Whitnall 靭帯 (矢印) が見られ、下方視に従って前頭骨腹下方レベルにまで移動している。上眼窩壁との間には太い連絡線維 (矢頭) が認められる。(a: 最上視、b: 上中視、c: 正中視、d: 下中視、e: 最下視)

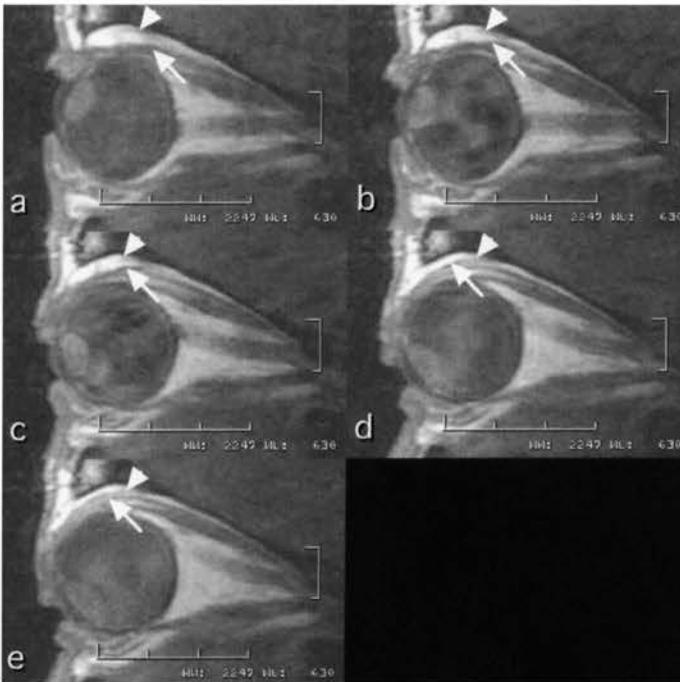


fig.5 被検者 4 (26 歳女性) : 上下視シネ画像 (SE)  
前頭骨後下方レベルから前頭骨下方にまで移動する Whitnall 靭帯 (矢印) が認められる。靭帯の厚さの変化は明らかではない。上眼窩壁との間には網状の連絡線維 (矢頭) が認められる。(a: 最上視、b: 上中視、c: 正中視、d: 下中視、e: 最下視)

れ、昨今のめざましい進歩に伴って空間分解能および時間分解能を飛躍的に向上させることができるようになったことが本法を実現可能な域までもってきている。放射線科医も Whitnall 靭帯の存在と画像検査方法について今後は周知していく必要性を強く感じる。

(1) 方法的観点

使用した径 3 cm のコイルは特注であるが、今回の目的には適しているものと思われる。Goldberg ら<sup>4)</sup>の極小コイルでは眼瞼の MR-microscopy には適しているものの、Whitnall 靭帯に関しては深部感度が少なすぎるために画像化が困難だったと考えられる。こ

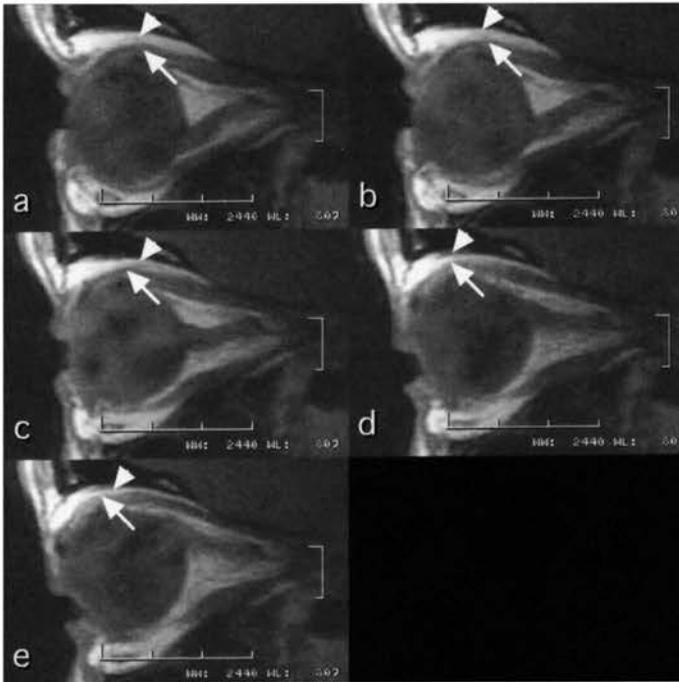


fig.6：被検者 5 (28 歳女性)：上下視シネ画像 (SE)

前頭骨後下方レベルから下縁にかけて移動する Whitnall 靭帯 (矢印) を認める。サイズは小さく、形態変化は明らかではない。連絡線維 (矢頭) はわずかに認められる。(a：最上視、b：上中視、c：正中視、d：下中視、e：最下視)

のコイルの使用により非常に SNR の良好な像を得ることが可能であり、結果的には空間分解能の向上に寄与した。過去の文献上の画像は必ずしも空間分解能的には良好ではなく<sup>4,7)</sup>、このような Whitnall 靭帯やその連絡線維を認識するには十分ではなかったものと思われる。また、本法は撮像時間の短縮にも寄与し、その結果として各視点における眼瞼固定位での撮像が連続的に短時間で行えるようになった。この程度の撮像時間であれば殆どの患者に耐えうる範囲であるものと思われ、臨床使用に応用可能である。

## (2) Whitnall 靭帯の描出力

Whitnall 靭帯はその太さにおいて個人差があるとされているが<sup>4,5)</sup>、我々の今回の検討でも正中矢状断のみでは識別できない場合もあった。我々の内側から外側へ連続観察する方法は有効な手段であり、さらにシネ表示を加えることによって現実性が向上しているものと思われる。

sequence 的には靭帯のコントラストは efgre3d が若干優れるものの、連絡線維の描出および画像 SNR に関しては SE 法が優れていた。efgre3d により Whitnall 靭帯の同定を行い、同靭帯と周囲構造との動的観察には SE 法を加えていくことが有効と考えられる。

Whitnall 靭帯の描出に関して文献的には一方向

の静止画で考察しているものが殆どであるが<sup>4,6)</sup>、一部に動的方法で行ったものもある<sup>5)</sup>。しかし、開・閉眼の2段階のみである点はシネ表示にてその動きを評価するには十分ではない。我々はさらに細かな5段階の視点設定をした上でシネ表示観察をしたが、ここまで細かな設定をした Whitnall 靭帯の観察報告はなく、現時点では本法が最も動的評価として優れているものとする。

## (3) 問題点

今回の我々の用いた方法は画質的に優れている点と臨床への応用性に優れている点が評価に値するものと思われるが、問題点としては実際には上眼瞼挙筋が運動している最中の真の動的観察ではなく、各位相毎の静止状態の連続ページング観察である点にある。根本ら<sup>5)</sup>のいうように上眼瞼挙筋の前後像に伴って動く補助的機構であるとする、実際に筋に負荷のかかった状態と静止状態ではおのずと Whitnall 靭帯の位置や連絡線維の容態に相違がある可能性は残る。また、MRI にて観察しているものが Whitnall 靭帯であるか否かの Golden Standard が無い点も問題であるが、これを非侵襲的に解決する方法は現時点では存在しないだろう。

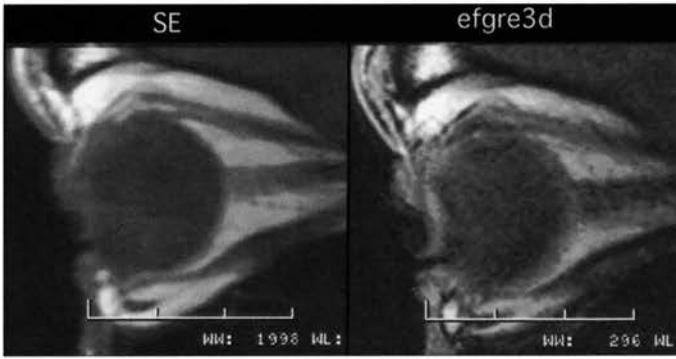


fig. 7 : SE 法と efgre3d 法の画質比較  
SNR は SE 法の方が優れている。靭帯組織の低信号化としての濃度分解能は efgre3d が優れているものの、筋組織周囲にも低信号帯が出るために靭帯同定には注意を要する。脂肪層内部の線維成分の描出には SE 法が若干優れているように見える。

## 結 論

従来報告されている Whitnall 靭帯の MRI 像をさらに高分解能化させつつ撮像時間を短縮させ、臨床応用可能な方法を開発した。本法による Whitnall 靭帯の同定は十分であり、多段階視点設定撮像によるシネ画像の観察により Whitnall 靭帯の詳細な動的観察も可能となった。

## 参考文献

1. Anderson RA, Jordan DR, Dutton JJ. Whitnall's Sling for Poor Function Ptosis. *Arch Ophthalmol.* 108:1628-1632, 1990
2. Anderson LA, Dixon RS. The Role of Whitnall's Ligament in Ptosis Surgery. *Arch Ophthalmol.* 97:705-707, 1979
3. Leibsohn JM. Whitnall's Ligament Eyelid Suspension for Severe Blepharoptosis. *Ophthalmic Surgery.* 18(4):286-287, 1987
4. Goldberg RA, Wu JC, Jesmanowicz A, et al. Eyelid Anatomy Revisited - dynamic high-resolution magnetic resonance images of Whitnall's ligament and upper eyelid structures with the use of a surface coil. *Arch Ophthalmol.* 110:1598-1600, 1992
5. 根本裕次, 坂上達志, 久保田伸枝. 磁気共鳴画像 (MRI) による開眼・閉眼時における眼瞼の観察. *日眼会誌.* 98(9):846-851, 1994
6. Lemke BN, Della Rocca RC. Orbital Anatomy and Surgery. In : *Surgery of the Eyelids and Orbit* (Ed). Prentice-Hall International Inc. Connecticut, USA, 222-233, 1990
7. Lukas JR, Priglinger S, Denk M, et al. Two Fibromuscular Transverse Ligaments Related to the Levator Palpebrae Superioris: Whitnall's Ligament and an Intermuscular Transverse Ligament. *The Anatomical Record.* 246:415-422, 1996
8. Codere F, Tucker NA, Renaldi B. The Anatomy of Whitnall's Ligament. *Ophthalmology.* 102(12):2016-2019, 1995

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