

原著論文

マルチスライスCTの胸部大血管評価法
—肺動脈造影と肺静脈・大動脈造影分離撮影法—

橋本 直人 本莊 浩 宮崎 真 森谷 浩史 穴戸 文男

福島県立医科大学医学部放射線科

The method of large vessel in thoracic region using Multi-slice CT with
small dose contrast material
—study of scan method separated from pulmonary artery enhanced phase to
pulmonary vein-thoracic artery enhanced phase using bolus injection—

Naoto Hashimoto, Hiroshi Honjyou, Makoto Miyazaki, Hiroshi Moriya, Fumio Shishido

Department of Radiology, Fukushima Medical University

はじめに

当施設でヘリカルCT(シングルスライスCT: SSCT)が試行^{1,2)}されたのが、1989年になるが、その約10年後に、4DAS(data acquisition system)のマルチスライスCT(MSCT)が開発され、ほぼ同時に当施設に導入された。従来のヘリカルスキャン法は1断面(1DAS)撮影で、X線管球1回転も1秒という性能であったが、MSCTでは、X線管球1回転が0.5秒と高速化かつ4断面の撮影が可能であり、単純計算では1秒単位あたりで8倍の撮影能力を有することになる。実際のヘリカルスキャン撮影ではX線管球1回転あたりの寝台移動という因子(helical pitch:HP)を考慮する必要がある。また、SSCTとMSCTを比較した場合、同一範囲の撮影であれば、MSCTではより薄層でかつ短時間に撮影が終了でき、さらには同一時間内に2回の撮影を実施することも可能である。

目的

MSCTは高速撮影・薄層撮影能力を有するが、この性能に由来から施行され確立した検査法である経静脈的肺動脈造影(PAG)検査法³⁾を応用して、肺動脈・肺静脈・大動脈の一連の造影相を一回の少量の造影剤注入で撮影しようというのが今回の主目的である。当然PAGでは、連続的な撮影が可能であり、腕頭静脈-上大静脈-右房-右室-肺動脈-肺循環-肺静脈-左房-左室-上行・下行大動脈(さらには肺疾患で検討が時に必要な気管支動脈)の血流を評価することになるが、実際は肺静脈流入時より徐々に造影効果が減弱しているのが常であり、さらに通常の血管造影では投影画像となり、病変の評価には角度を多少かえた撮影を追加する必要もでてくる。一方従来型CT撮影では空間分解能はよいものの時間分解能がおとっていたわけだが、今回の

MSCTを利用した高速・薄層撮影で、上記血流動態に応じた撮影がどこまで可能かを検討することとした。

使用機種

X線CTは、東芝製マルチスライスCTスキャナー Aquilion(4DAS)を用いた。

造影剤注入は自動注入器(根本杏林堂)を用いた。

画像解析や画像再構成は、CT本体(ALATOVIEV)やX link(従来CTの独立診断コンソール)のほか、多種のWorkstation(ZIO・VITREA・INTAGE)を利用できる環境にはあるが、今回の検討では、画像観察や再構成処理はX link(3D表示はsurface rendering)で施行した。

対象

肺門部に病変を有し血管浸潤を疑う肺腫瘍症例・末梢肺腫瘍性病変症例・血痰や咯血など血管情報をえたい症例などを主たる対象とした。内訳は表1の通りであり、総数は40例である。

Table 1

Lung tumor	30
peripheral type	13
central type	17
Mediastinal tumor	1
Hemoptysis & Hemoptysis	6
venous anomaly	3

方法

血管確保は右側内側肘静脈を基本として18G留置針を用いた。造影剤が直線的に注入できるように三方活栓を

特集: マルチスライスCTの有用性

介して接続した。造影剤は患者体重にも依存するが、通常体重であれば350mgI製剤を、低体重症例には300mgI製剤を用いた。造影剤使用量40mlとし、秒間8mlで急速注入した。また造影剤注入後は生理食塩水約20mlを用手的(dualタイプの自動注入器に更新されるまで)に注入した。

造影剤投与と撮影プログラムであるが、肺動脈造影を目標とする第1回目の撮影は、注入開始後5秒-10秒で撮影し、肺静脈+大動脈造影を目標とする第2回目の撮影は、機械的な待ち時間に依存する形になるが、15秒-20秒時に撮影した。この間1回の深吸気位での息止め

で撮影を行った。撮影厚・HPの設定であるが、初期の例は3mm厚撮影で、HP3もしくは3.5とし、最近の例は2mm厚撮影で、HP5.5の設定としている。それぞれの撮影範囲は90mm(3mm:HP3)・105mm(3mm:HP3.5)・110mm(2mm:HP5.5)となる。病変部と肺門構造を含む領域を撮影範囲とした。尚、今回の検討の中には撮影範囲が上記で取まらないため、3mm厚・HP5.5で5秒間撮影

という設定で撮影した例も含まれる。

撮影のコンセプトとしては、5秒間の造影剤急速注入下に、約100mmの撮影範囲を5秒間2回の撮影で肺動脈造影相と肺静脈以降の造影相の撮影を行うというものである。

画像再構成は設定撮影厚=画像再構成厚とし、1mm間隔での画像再構成を施行した。3DやMPRなどの後処理用に適宜拡大再構成を行った。

結果

今回の造影剤少量(40ml)を急速注入(秒間8ml)する方式で5秒間ずつ2回の撮影を1回の息止め下に繰り返す撮影を施行した。撮影範囲は肺門構造と病変部を含める約100mmの範囲とした。

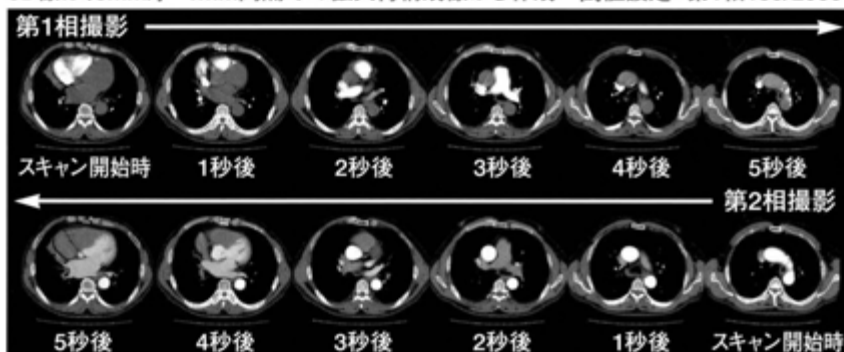
1) 症例呈示

図1aに実際の時間経過の横断面像を呈示する。第1相撮影で肺動脈相造影像が得られ、第2相撮影で肺静脈以降の造影像が得られている。今回検討した4DASでは第1相と第2相の往復スキャン間のwait timeは約5秒

図1 59歳 男性

撮影条件3mm厚・HP3 イマジニール350使用

3D像は、3mm厚・1mm間隔での拡大再構成像から作成 閾値設定: 第1相150/2000・第2相120/2000



喀血を主訴にした患者に急速静注併用下に施行した2相撮影。

第1相が、造影剤注入5秒後から10秒までの撮影で、第2相は、5秒の休止後から、再開した15秒から20秒までの撮影。

造影剤注入後に生理食塩水でflushを施行している。

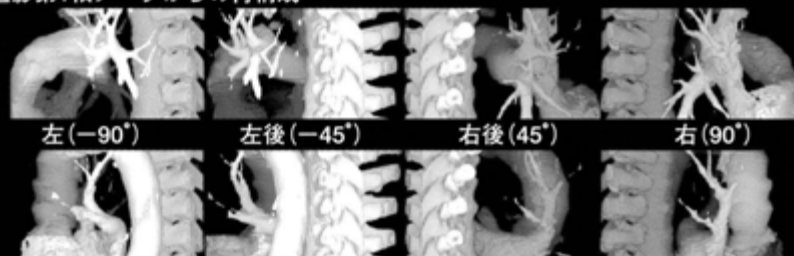
図1a: 第1相・第2相撮影での1秒ごとの画像を呈示する。

第1相では右心系、第2相は左心系と造影効果が分離できているが、第2相造影では、肺静脈の造影効果は大動脈より減じている。

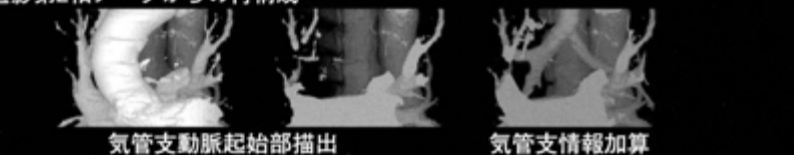
図1b: 上段に造影第1相、中段に造影第2相での角度をかえた3D像を呈示する。胸椎切削した後方からの観察が必要な場合も出てくる。

下段は、第2相撮影相画像からの3D像処理であるが、気管支動脈起始部の3D像、さらには気管・気管支情報(閾値-1200/-960)を加算した像を示す。

造影第1相データからの再構成



造影第2相データからの再構成



気管支動脈起始部描出

気管支情報加算

a

b

を必要としている。さらにそれぞれの画像を元にして作成した3D像が図1bである。第1相(上段)・第2相(中段)とも後方側を中心に角度を変え表示している。下段は第2相撮影データから作成したものであるが下行大動脈より分枝する気管支動脈を抽出している。さらに造影された血管情報に気管・気管支情報を追加することも可能である。この症例では胸椎を切削していないが第1造影相では容易に胸椎を切削できるが、第2造影相では胸椎沿いに蛇行しつつ走行する大動脈が造影されるため、胸椎だけを切削する処理は第1相撮影より煩雑となる。なお、今回の3D画像再構成は、X linkを用いたsurface rendering法であるが、CT実機を含め、volume renderingやfly through(virtual endoscopy)法など種々のworkstation機も装備されており、骨情報切除や種々の3D処理も手軽にできる環境にある。

図2aには、スキャン開始時・肺腫瘍部・終了時の3断面像を呈示しているが、第1造影相で腫瘍内に流入する肺動脈と第2造影相で気管支動脈の末梢側への走行が確認できる。図2bには後方側からみた3D再構築:胸椎切削後を呈示する。閾値を下げれば腫瘍自体の表示も可能であるが今回は造影された血管情報として抽出している。

図3は、肺門部リンパ節の左下肺動脈への進展を把握

することを目標に2相撮影を施行した例であるが、横断像での病変部と肺動脈との関係が、3D再構築にてより理解しやすい像を提供することができる。

図4は、肺門部病変の右上肺動脈への進展を把握することを目標に同撮影を施行した例であるが、右上肺動脈の起始部が確認できる。

今回症例呈示の閾値処理は、第1相=肺動脈相は、下限値:150~上限値:2000であり、第2相=肺静脈・大動脈相は、下限値:120~上限値:2000で3D像を作成している。さらに目標の部位に応じた閾値での3D処理も可能である。

2) 肺動脈・肺静脈・大動脈造影分離撮影について

表2に、第1造影相で肺動脈のみ造影された例/すでに大動脈まで造影された例、第2造影相で肺静脈・大動

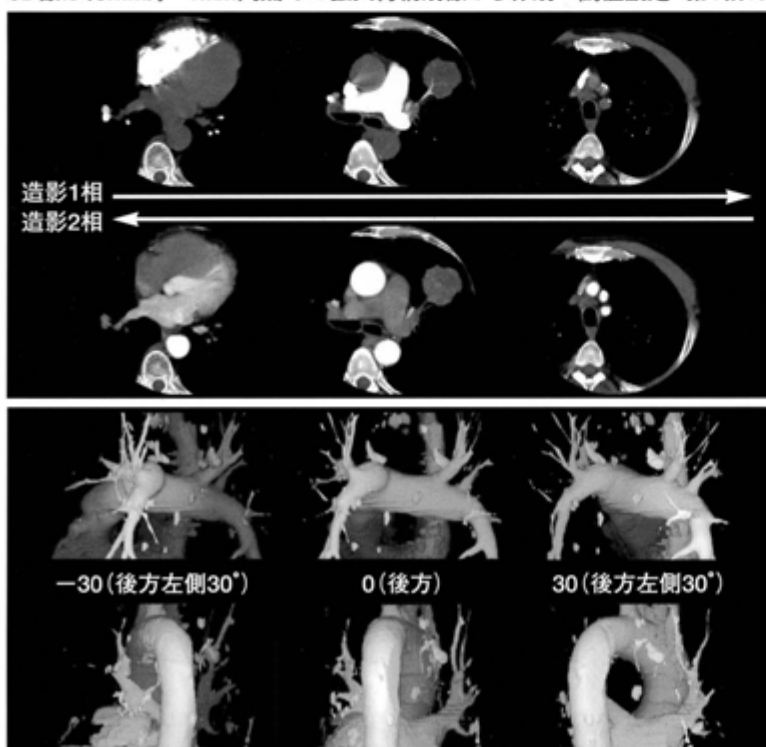
Table 2

1st scan phase	
only PA-graphy	23/40
with aortography	17/40
2nd scan phase	
only PV & aortography	28/40
BA separation	37/38
SVC flush effect	30/38
(2 cases out of scan range)	

図2 67歳 男性

撮影条件3mm厚・HP3.5 イオメロン350使用

3D像は、3mm厚・1mm間隔での拡大再構成像から作成 閾値設定:第1相150/2000・第2相120/2000



左肺上葉末梢型肺癌症例に急速静注下に2相撮影施行。

図2a: 第1相撮影を上段に呈示、第2相撮影を下段に呈示する。左側(撮影下端)と主病変部とから右側(撮影上端)を呈示。

第1相で腫瘍内に肺動脈が関与し、第2相撮影では気管支動脈末梢の走行が非連続的に確認できる。

図2b: 胸椎切削後の表示、上段が第1相からえた画像データから作成した3D像。下段は第2相からえた画像データから作成した3D像。縦隔内石灰化により血管構造以外の抽出も目立つ。

a

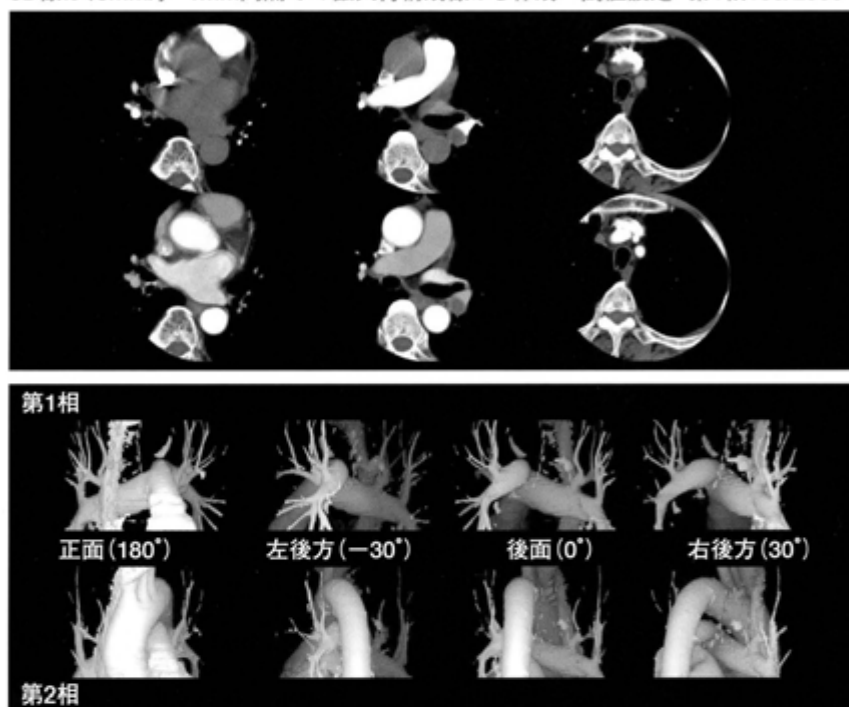
b

特集: マルチスライスCTの有用性

図3 70歳 男性

撮影条件3mm厚・HP3.5 オムニパーク350使用

3D像は、3mm厚・1mm間隔での拡大再構成像から作成 閾値設定: 第1相150/2000・第2相120/2000



左肺下葉肺癌症例に急速静注下に2相撮影施行。

左下肺動脈に接する腫瘍形成がみられ、肺動脈評価のための撮影。図3a: 第2相でのSVC内など1stパスの静脈系のflush効果が不十分で、肺動脈内のCE効果残存している。肺静脈や大動脈よりは造影効果は低い。

図3b: 胸椎切削後 第2相目でもSVC・肺動脈内の造影効果高く、右心系も3D像に加わっている。横断像のごとく、CT値に差はあるため、下限閾値の適正化により、左心系・大動脈のみの抽出も可能である。肺癌病変による左下肺動脈部の変形・圧排所見が理解できる。

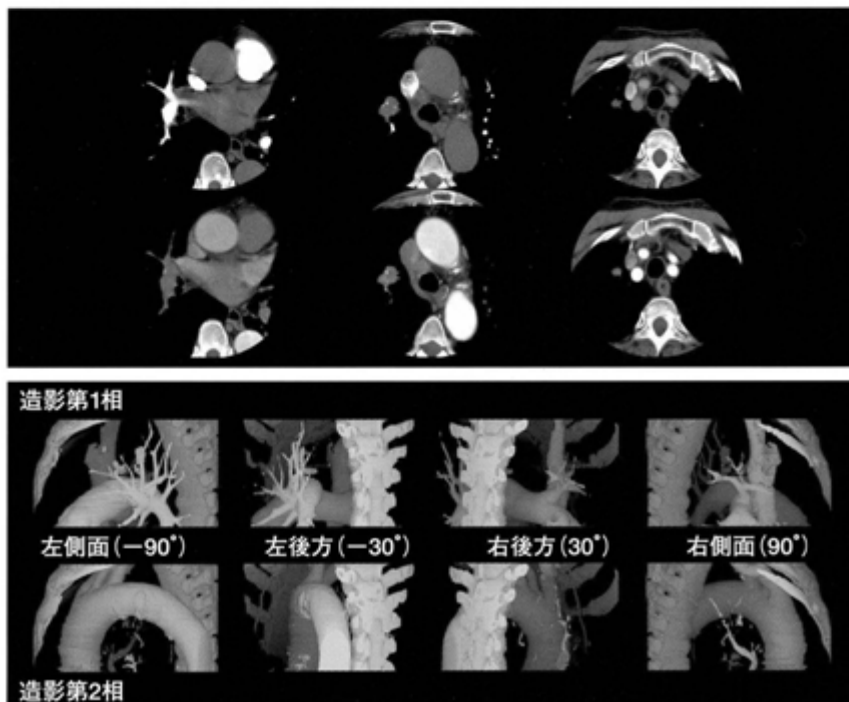
a

b

図4 72歳 男性

撮影条件3mm厚・HP3.5 オムニパーク350使用

3D像は、3mm厚・1mm間隔での拡大再構成像から作成 閾値設定: 第1相150/2000・第2相120/2000



右肺上葉肺癌症例:

右肺動脈起始部への癌浸潤評価のため2相撮影施行

図4a: 第1相撮影後期で大動脈の分枝に造影効果あり。

図4b: 造影第1相では、閾値処理にて大動脈情報は表示されない。右上肺動脈分岐が確認でき、右肺全摘は回避できると判断される。第1相後期で大動脈分枝に造影効果があるように循環時間が早いいためか、第2相撮影時の肺静脈情報が不足している。

a

b

脈のみ造影された例／気管支動脈起始部が確認できた例／SVCのflush効果が良好な例のごとく今回の検討項目を示した。

撮影自体のプロトコルは、静脈確保部位・造影剤使用量・注入速度・造影剤注入後のflush・撮影開始時間など一様にしているが、表2のごとく第1撮影相で肺静脈さらには大動脈まで造影される例がかなりみられた。第2撮影相ではflush効果のためか、右心系に造影効果が残存する例は少なかったが、心機能低下例・SVC狭小化例・1stパスの静脈路が直線的でない症例(確証はないが)などでは右心系造影効果が残存した。気管支動脈起始部に関しては大多数の例で確認できた。撮影する方向にも依存するが、第1造影相で肺動脈撮影を主目的とし、その時点で上部の大動脈造影が確認できることは、休止期間をおいた第2造影相での肺静脈の造影効果は肺動脈よりはるもの造影効果は減じている。

考察

ある程度の急速静注と薄層撮影を実施すれば、SSCTでも肺門部血管構造と病変部を区別することは可能である⁴⁾が、肺動脈と肺静脈を区別するには上下断面との連続性から読影する事が必要であり、病変の浸潤が強いほど血管の判断が困難になることがある。この点の改善としてPAGのごとき造影剤のボーラス注入とあわせ、目標とする血管造影相で撮影することにより解決できると考え、プロトコル上も造影剤40mlを秒間8ml注入とし、生理食塩水でのflushを併用した。このflushは造影剤の有効利用のほか、第2相撮影時の3D作成時にSVC内の造影効果が減じており、気管支動脈起始部の3D再構築などを簡易とした。

今回のstudyでは造影剤注入を5秒で行い、各相とも撮影時間5秒という設定にしたが、4DAS機種では往復スキャン間のwait timeに5秒を要するため、このようなプログラムとなっている。その後当施設で稼働している8DAS機種ではwait timeが約3.5秒に短縮しており、さらなる時間分解能の改善が期待される。2mm厚撮影でHP:11の設定にすると約110mmを2.5秒でカバーすることになり、5-7.5秒、12-14.5秒、19-21.5秒と3相撮影をプログラムする事もできる。今後DASのさらなる多列化により、撮影範囲の拡大、あるいはより薄層での撮影が可能となるだけでなく、時間分解能の改善を図ることも可能である(肺動脈相+肺静脈相+大動脈相をそれぞれ分離した撮影を行う)と思われる。

また、今回の撮影では使用量・注入速度・撮影時間について固定しているが、時間分解能が改善すれば患者年齢・心機能、SVC狭窄や無気肺(肺動脈-静脈短絡)など病態に応じた撮影が望まれる。さらに肘窩に確保する静脈もstraightなのか、吻合を形成しながらの走行なのかも検討に入れるべき要因である。

さらに、この撮影法の利点は血管評価だけではなく、胸部の腫瘍性病変の早期CE効果を少量の造影剤にて確認できるところにある。通常の半量以下の使用量のため、腎機能低下症例への適応もひろげられる。また、同様の造影剤注入方法で、寝台固定でのダイナミックスキャンを施行することにより、目標とする断面の経時的変化を評価することもできる⁵⁾。

結語

造影剤40mlを秒間8mlと急速注入し、5秒間ずつの2相撮影をすることで、第1撮影にての肺動脈情報に関しては十分なdataがえられ、第2相撮影での肺静脈情報に関しては難しい面もあるが、大動脈の評価は気管支動脈の起始部評価も含め十分な情報を得ることができた。

要約

目的：肺動脈と肺静脈+大動脈の分離造影を目的としたCT撮影を施行した。

使用機種：東芝製マルチスライスCT；Aquilion (4DAS)を用いた。

方法：造影剤40mlを秒間8mlで急速注入し、肺動脈造影相(注入5-10秒での撮影)と肺静脈+大動脈造影相(注入15-20秒での撮影)2回の撮影を一回の息止め下に施行した。

対象：肺腫瘍や血管病変を疑った40症例とした。

結果：肺動脈造影相において40例中23例で肺動脈のみ抽出可能で、肺静脈+大動脈造影相においては40例中28例で、分離撮影が可能であった。肺静脈造影相の抽出には難はあるものの、肺動脈や大動脈(気管支動脈起始部確認)の情報はおおむね良好に得られた。しかし種々の事由による循環時間の遅い例あるいは早い例の存在が分離撮影を困難にした。

結語：撮影目標を多くの例で果たすことができた。

参考文献

1. 片倉俊彦、他：CTの基礎的研究 第9報 一螺旋状スキャン(ヘリカルスキャン)の試み一；断映研会誌、p247-250.vol116.No3
2. 橋本直人、他：ヘリカルボリュームCT(HVCT)の臨床的応用 一肺野腫瘍性病変への有用性一；断映研会誌、p158-163.vol117.No2
3. 松岡昭治：経静脈性血管造影法；医歯薬出版株式会社(東京)、1994
4. 橋本直人、他：進行肺癌に対する造影ヘリカルCTの評価；肺癌、p795.vol135.No5
5. N.Hashimoto, et al: Half dose contrast material with ultra-fast injection method in thoracic disorder using MDCT; European Radiology p395. vol12. suppl 1.

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