

原著

頸動脈のCTAにおける造影剤濃度
(300 mgI/mLと370 mgI/mL)の比較検討

天神 美穂・土屋 一洋・立石 秀勝・吉田 真衣子・大原 有紗・似鳥 俊明

杏林大学医学部 放射線医学教室

Comparative study of difference in concentration of contrast medium
(300 mgI/mL vs. 370 mgI/mL) in CT angiography of the carotid arteryMiho Amagami, M.D., Kazuhiro Tsuchiya, M.D., Hidekatsu Tateishi, M.D., Maiko Yoshida, M.D.,
Arissa Ohara, M.D., Toshiaki Nitatori, M.D.

Department of Radiology, Kyorin University School of Medicine

抄録

【目的】頸動脈のCTAでは頸動脈と脊椎および内頸静脈との重なりがしばしば障害となるが、これらの重なりをより少なくするためには頸動脈自体の吸収値を高くし、また動静脈相互の吸収値の差を大きくすることが有効と考えられ、我々はこれらの点で従来一般に用いられている300 mgI/mLの造影剤に比し370 mgI/mLが有利と推論しこれを検証した。

【対象・方法】頸動脈の狭窄性病変の評価のためCTAを依頼された計18名の患者(58-83歳、平均67.6歳、男性12名、女性6名)において300 mgI/mLと370 mgI/mLを交互に各9名で用いた。CTAは16列のMDCTにてヘリカルピッチ15、0.5 mm厚、再構成間隔0.3 mmとし、大動脈弓に関心領域を置き閾値130 H.U.に設定してスキャンを開始するReal Prep法を用いた。造影剤は自動注入器で計100 mlを全例右肘静脈から注入した。得られた元画像で、左右の頸動脈分岐直下の総頸動脈と内頸静脈に関心領域を設定して吸収値を計測した。また視覚的に最終画像で内頸静脈の描出の点数化(最低0～最良3)を行った。

【結果】総頸動脈の吸収値(H.U.)は300 mgI/mLと370 mgI/mLで右側328と488、左側331と488でありいずれも有意($P<0.01$)に370 mgI/mLが高値であった。両側での総頸動脈と内頸静脈の吸収値の差(H.U.)は300 mgI/mLと370 mgI/mLで169と306で、370 mgI/mLにおいて有意($P<0.01$)に大きかった。CTA画像の視覚評価は300 mgI/mLと370 mgI/mLで1.72と2.17で、後者で内頸静脈との重なりが軽度であった。

【結論】内頸静脈の重なりを軽度にした良好な頸部CTAを得るには、370 mgI/mLの造影剤が300 mgI/mLに比して優れている。

Abstract

【Purpose】In CT angiography (CTA) of the carotid artery (CA), the CA is not infrequently overlapped by the internal jugular vein (IJV). We hypothesized that higher iodine concentration in contrast material would raise the attenuation value of CA and increase a difference in attenuation value between the CA and the IJV resulting in decrease of the overlap of the two vessels. In this regard, we supposed that contrast material of 370 mgI/mL was more advantageous than that of 300 mgI/mL which we had used.

【Objects and Methods】We employed contrast material of 300 mgI/mL and 370 mgI/mL in 18 patients referred for CTA of the CA. They were alternately assigned to one of two patient groups that received

contrast material of higher (370 mgI/mL, nine patients, group A) or standard (300 mgI/mL, nine patients, group B) iodine concentration. CT angiography was performed using a 16-detector row helical system with scanning parameters as follows: pitch, 15; collimation, 0.5 mm; and reconstruction interval, 0.3 mm.

We started scanning when the attenuation of a region of interest (ROI) placed in the aortic arch reached 130 H.U. We injected contrast material of 100mL in total in the right antecubital vein using a power injector at a speed 3 mL/sec. On source images, we placed an ROI in the common CA and the IJV of both sides just below the carotid bifurcation and measured the attenuation values of the ROIs. In addition, on final images, we visually evaluated the degree of demonstration of the internal jugular vein. (worst, 0 to best, 3).

【Results】 Attenuation of the common CA, which is directly correlated with visualization of the CA and its branches, was significantly higher in group A than in group B on both sides. The difference in attenuation between the common CA and IJV, which greatly affects how easily and well the IJV is deleted in postprocessing, was significantly larger in group A than in group B again on both sides. On visual assessment, the IJV overlapped less the CCA in group A than in group B.

【Conclusion】 Higher iodine concentration (370 mgI/mL) yields better image quality than standard concentration (300 mgI/mL) in cervical CT angiography.

Key words : CT angiography, carotid artery, concentration, contrast medium

【緒言】

ヘリカルCTスキンの出現によりボリュームデータが得られるようになったことで、1990年頃より頭頸部血管構造の3次元画像化への応用が試みられるようになった^{1) 2) 3) 4)}。

頸動脈分岐部病変が増加している今日、超音波検査やMR angiography (MRA) によるスクリーニング後の精査としてCT angiography (CTA) は今や必要不可欠の検査となっている⁵⁾。

しかし頭頸部領域では隣接する脊椎との重なりのほか、頭蓋内からの静脈還流が早いためにおこる併走する頸静脈との重なりが3次元画像での観察の妨げとなることがある。最近のmulti-detector row CT (MDCT) の出現により高速撮影が可能となったことで、頸動脈・頸静脈相互の重なりは軽度となる傾向はあるが、依然として両者の重なりは頸動脈の評価に際ししばしば読影の障害となっている。CTAのように閾値設定が周囲の構造物から血管のみを抽出する切削に関与する重要な因子である場合、これらの重なりをより少なくするためには頸動脈自体の吸収値を高くし、動静脈相互の吸収値の差を大きくすることが有効と考えられ、我々はこれらの点で従来一般に広く用いられている300 mgI/mLの造影剤に比しより高濃度の370

mgI/mLが有利であると推論し検証を行った。

【方法】

1) 対象

頸動脈の狭窄性病変評価の目的でCTAを依頼された連続する計18例(男性12名、女性6名、58～83歳、平均67.6歳)を対象とした。当院でCT検査に用いている通常濃度の造影剤を通常投与量の範囲で使用しており、特に本検討については倫理委員会の認可および患者の同意は得ていない。

2) 撮影法

使用装置は東芝メディカルシステムズ製の16列の検出器を搭載したMDCT (Aquilion16) である。撮影条件は120 kVp、300 mA、スライス厚0.5 mm、スキャンピッチ15、テーブル移動は7.5 mm/回転とし、大動脈弓に関心領域を置き閾値130 H.U.に設定し、これをスキャン開始のトリガーとするボーラストラッキング法 (Real Prep法) にて撮影を行った。

画像はtrue cone-beam tomography (TCOT) にて画像再構成関数ファンクション10、再構成間隔0.3 mmの元画像を得た。CTAはvolume rendering (VR) 法、ならびにmaximum intensity projection (MIP) 法にて再構成を行った。

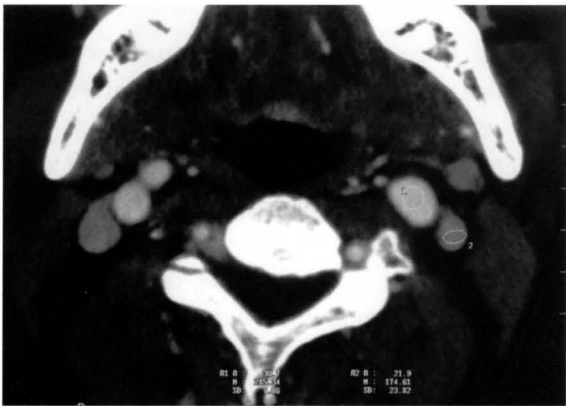


図1. 吸収値計測法

元画像で両側とも頸動脈分岐直下の総頸動脈と内頸静脈内部の吸収値を計測。いずれも計3回計測し平均値を算出した。

表1. 最終画像における内頸静脈描出の視覚評価法

点 数	内頸静脈の描出範囲
0	頸動脈分岐部下方まで描出あり
1	頸動脈分岐部付近までの描出
2	頸動脈分岐部上方にとどまる
3	全く描出されない

造影剤は上記18例に対し非イオン性造影剤イオパミロン(日本シュERING社製)300 mgI/mLと370 mgI/mLを交互に用いた。注入法は自動注入器(オートエンハンス60、根本杏林堂)で計100 mLを3 mL/secで全例右肘静脈より注入した。

3)評価法

得られた元画像で左右とも頸動脈分岐直下の同一レベルで総頸動脈と内頸静脈内部に関心領域を設定し吸収値を計測した(図1)。左右それぞれにおける総頸動脈の吸収値(H.U.)、および総頸動脈と内頸静脈の吸収値の差をそれぞれ3箇所で計測し平均値を算出した。

またCTAの視覚評価法として内頸静脈の描出程度の点数化を行った。これは、頸動脈分岐部を目安とし、これより下方まで描出されているものを0点、分岐部付近までの描出を1点、分岐部上方にとどまるものを2点、全く描出のないものを3点とするものである(表1)(図2)。これは、2名の放射線科医がまず別々に判定し、相違があった場合は合議にて最終決定を行った。

以上の評価法につき、造影剤300 mgI/mLと370



図2. 最終画像における内頸静脈描出の視覚評価

A：内頸静脈が頸動脈分岐部付近まで描出されており1点とした症例

B：内頸静脈の描出が頸動脈分岐部上方にとどまっております2点とした症例

C：内頸静脈の描出がなく3点とした症例

今回の結果からは頸動脈分岐部下方まで描出されているものはなかった。

表2. 吸収値の計測結果

造影剤濃度	300 mgI/mL	370 mgI/mL	t 検定	Wilcoxon検定
右総頸動脈吸収値	327.6±77.8	487.6±97.5	0.0014	0.0054
右内頸静脈吸収値	172.7±88.2	199.3±102.3	0.5620	0.6272
右側A-V吸収値	154.9±83.9	288.2±85.7	0.0042	0.0041
左総頸動脈吸収値	330.9±72.2	488.1±100.3	0.0015	0.0054
左内頸静脈吸収値	147.8±75.1	163.9±109.6	0.7207	0.9648
左側A-V吸収値	183.1±68.9	324.2±100.2	0.0031	0.0054
両側平均A-V吸収値	169.0±73.5	306.2±87.6	0.0024	0.0041

表3. 内頸静脈描出の視覚評価結果

造影剤濃度	300 mgI/mL	370 mgI/mL
右 (平均点)	1.67	2.11
左 (平均点)	1.78	2.22

mgI/mLとで比較を行った。

4) 統計処理

2群間の差の検定にはt検定を用いた。数値は平均値±標準偏差で表示した。また、母集団の差の検定にはWilcoxon検定を用いた。いずれも $P<0.05$ を有意差ありとした。

【結果】

1) 総頸動脈の吸収値

300 mgI/mL、370 mgI/mLそれぞれ右側 328 H.U.、488 H.U.、左側331 H.U.、488 H.U.と左右ともに370 mgI/mLで有意に($P<0.01$) 総頸動脈の吸収値は高値となった。(表2)

2) 総頸動脈と内頸静脈の吸収値の差

300 mgI/mL、370 mgI/mLそれぞれ右側 155 H.U.、288 H.U.、左側183 H.U.、324 H.U.と左右ともに370 mgI/mLにおいて有意に($P<0.01$) 吸収値の差が大きかった。(表2)

3) CTA画像の視覚評価

300 mgI/mL、370 mgI/mLそれぞれ右側1.67、2.11左側1.78、2.22と左右とも370 mgI/mLで内頸静脈の描出が少なく、総頸動脈と内頸静脈との重なるの少ない画像が得られた。(表3)

300 mgI/mLと370 mgI/mLをそれぞれ用いた1症例のMIPおよびVR像を(図3、4)に示す。

【考察】

近年、MRAや超音波のpower Doppler 法の画像解析精度は著しく進歩している。本邦でも頸動脈分岐

部病変が増加している今日、これら非侵襲的検査が虚血性脳血管障害のスクリーニングに果たす役割は大きくなりつつある。特に頸動脈狭窄病変は脳卒中の原因として注目されるようになってきており⁶⁾、North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial (NASCET)⁷⁾やEuropean Carotid Surgery Trial (ECST)⁸⁾では内科的治療よりも外科的治療の脳梗塞に対する予防効果が証明されている。Asymptomatic Carotid Atherosclerosis Study (ACAS)⁹⁾のcontrolled studyでは無症候性の60%以上の血管狭窄にも外科的治療の有用性が証明された。したがって頸動脈狭窄病変をより安全に正確に評価することが重要であると考えるが、超音波は狭窄の程度を過大に評価する傾向があり、血管壁の石灰化を伴う症例ではこの部分が高輝度を呈しfalse positiveになりやすい。またMRAも乱流の影響により狭窄の程度を過大評価することが多い⁵⁾。

従来よりgold standardとして通常の血管撮影digital subtraction angiography (DSA)が施行されてきたが、合併症の危険性および侵襲やコストの問題がありスクリーニング検査としては適していない。これに対し、CTAは病変部の狭窄の強さに関わらずDSAと同様の評価が低侵襲で可能である¹⁰⁾。また、CTAは病変を明確に描出することができ、インフォームドコンセントに重要な役割を果たすほか、狭窄の範囲や形状、血管壁の石灰化や潰瘍形成などの点で術前精査として重要な情報を得ることができる。

しかし、CTAがDSAと同様の評価が低侵襲で可能であっても、頸動脈と頸静脈との重なる目立つCTA画像では、病変をより正確に把握することが困難なこともあり、また、特に頸動脈分岐部においては任意の方向からの観察が出来ず、治療方針決定において十分な情報を得ることができない他、患者および家族への説明の際にも、病変を一目瞭然にとらえることが難



A | B

図3. 300 mgI/mLにおける1症例 68歳男性
A: MIP像 B: VR像

300 mgI/mLでもこのケースでは内腔の評価は
かなり可能ではあるが、内頸静脈が頸動脈分岐
下部までみられ1点とした症例である。

しい場合も考えられる。よって、頸動脈と頸静脈との
重なりが少ないCTA画像を得るということは臨床的意
義のあることであると思われる。

近年、CTの高分解能をいかしたワークステーション上の血管計測用アプリケーションソフトが開発されたことで、CTのデータを用いて血管の径や屈曲した血管の長さなどの自動計測も可能となり、より正確な情報を得られるようになったが、全体像の把握や病変の範囲、形状などの評価はCTAが優れている。このようなソフトは、まだ一般に広くどの施設にも普及しているわけではないが、今回検討したような従来からのCTAの画像と併せればより詳細な情報を得ることができるであろう^{11) 12)}。

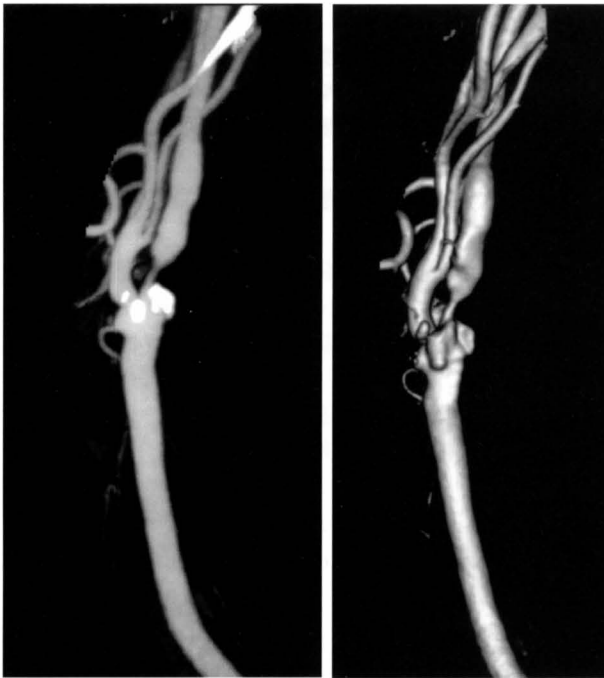
また、石灰化の程度の強い病変に関しては、CTA画像だけでなく、元画像やMPR画像とあわせて判断することで、より詳細な評価が可能となるとと思われる。

確かにCTAは造影剤を急速静注するため疼痛や熱感、さらに造影剤投与による一般的な副作用を生じる可能性はある。しかし、300 mgI/mLと370 mgI/mLでは造影剤注入時の熱感は370 mgI/mLで有意に高いものの、疼痛やその他の自覚および他覚症状から認識できる副作用は使用する造影剤の濃度、投与量に依存しないと報告がある^{13) 14)}。今回対象とした18例では、他覚症状としての副作用は300 mgI/mL、370 mgI/mLのいずれにおいてもみられ

なかったが、熱感や疼痛およびその他の自覚症状についての調査は系統的には行っていないため、これらのある程度の定量的な評価を含めて今後検討していきたいと考えている。

今回の結果から、頸動脈のCTAにおいては従来用いてきた造影剤濃度300 mgI/mLより370 mgI/mLの高濃度造影剤を用いることで、頸動脈自体の吸収値を高くすることが出来ることが証明された。径の小さい冠動脈のCTAでも高濃度造影剤を有用とする同様の報告¹⁵⁾があるが、比較的太い頸動脈でもそれ自体の吸収値が上昇し周囲の構造との吸収値の差が大きくなることは有効であると考えられ、病変の範囲や形状のより正確な把握が可能となりCTA診断の精密度の向上につながるものと考えられる。目的血管の吸収値をより高くすることの有用性の指摘は、冠動脈の他、頸動脈に関しても既に報告がなされている。真壁らは、高濃度造影剤は粘調度・浸透圧ともに高く周囲組織への染み出しが少ないため、周囲の組織との吸収値の差を大きくすることができ、しきい値分離に良い結果をもたらすと述べている¹⁶⁾。これは今回の検討でも同様と思われた。

なお、血管内腔の吸収値上昇でプラークの石灰化の同定に困難が生じる可能性があるが、今回の症例ではMIP法での画像や、検討対象には含めなかった元画像において石灰化病変の識別は問題なく可能で



A | B

図4. 370 mgI/mLにおける1症例 76歳男性
A: MIP像 B: VR像
内頸静脈の描出はみられず3点とした症例である。

あった。

また、肘静脈からの造影剤投与の際、頸静脈への逆流が動脈の描出を妨げることがあるが、今回の結果からは特に問題は認められなかった。これには右肘静脈からの注入を行ったことが寄与した可能性が考えやすい。

今回、高濃度造影剤を用いることで総頸動脈と内頸静脈との吸収値の差を大きくすることが出来るとの仮説が証明され、後処理で頸動脈と内頸静脈との分離が容易にできることがわかった。具体的には、モニター上で手動的な切削による頸動脈の内頸静脈からの分離を容易にし、頸動脈のみを取り出してあらゆる方向からの観察が可能となる。このような手動的な方法によらず、特定の物体を選択して半自動的に頸動脈の切り出しを行う際にも内頸静脈が連続してしまうことが避けられる。こうして得られる頸動脈のみを取り出した画像は狭窄性病変の正確な範囲ならびに治療方針決定に有用な情報を提供すると考えられる。加えて総頸動脈と内頸静脈との吸収値の差が大きくなることは、主観的判断に左右されやすいCTA画像の作成において、作成者によらない再現性がより優れたCTA画像の作成にも寄与するものと考ええる。調べ得た範囲では、このことに関する頸動脈のCTAにおける造影剤選択に関する報告はみられなかった。

今回は症例の体重との相関は十分に調査できなかったこともあり、検討には含めていない。この点も本検討の問題として残る。

また、肘静脈から投与した造影剤は上腕静脈や鎖骨下静脈、上大静脈に停滞するが、生理食塩水で後押しすることで、これらの停滞している造影剤を有効利用し造影剤投与量を減量することが可能となる¹⁷⁾。今回、生理食塩水での後押しは行っていないが、これにより良好な画像が得られれば造影剤の投与量減少をはかることができ、患者およびコスト面両者に対し非常に有益であると考ええる。

また、造影剤の注入速度をあげ、注入時間を短縮することで頸静脈への還流の影響が少ない早い段階での撮像も可能と考えられる。しかし最適な造影剤投与量および注入速度のほか、患者側の因子である心機能や循環血液量など、頸動脈のCTAにおける造影剤投与法の最適化にはさらに多くの課題がある。CT装置や画像処理装置の急速な進歩に対し、ややこれらの評価は遅れ気味との印象があり、我々の施設でもさらに検討を続けていく予定である。

【結論】

頸動脈自体の吸収値を高くし、かつ内頸静脈との重なりを軽度にした良質な頸部のCTA画像を得るた

めには300 mgI/mLに比し370 mgI/mLのヨード造影剤が有効である。

参考文献

1. 小倉祐子, 片田和廣, 辻岡勝美, 他: ヘリカルCTによる3次元血管造影法の頭部領域における臨床応用. 吉井信夫編. 神経放射線学の進歩 4: 37-44, 日本医学館, 東京, 1992.
2. Dillon EH, van Leewen MS, Fernandez MA, et al: Spiral CT angiography. Am J Roentgenol 160: 1273-1278, 1993.
3. 今北哲: ヘリカルCTによる3次元血管造影. 臨床神経 35: 1572-1574, 1995.
4. 佐久間潤, 松本正人, 佐藤正憲, 他: 脳血管障害に対する造影Helical CT scan の臨床応用. CI研究 15: 243-249, 1993.
5. 西原毅, 山本篤, 五十棲孝裕, 他: 頸部内頸動脈狭窄症における頸動脈エコー, 3D-CTA, MRA, DSAの比較検討. 京都医学会雑誌 46: 105 - 108, 1999.
6. Nagano T, Sadashima S, Ibayashi S, et al.: Increase in extracranial atherosclerotic carotid lesions in patients with brain ischemia in Japan: An angiographic study. Stroke 25: 766-770, 1994.
7. North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators. Beneficial effect of carotid endarterectomy in symptomatic patients with high-grade carotid stenosis. N Eng J Med. 325: 445-453, 1991.
8. European Carotid Surgery Trialists 7 Collaborative Group. MRC European Carotid Surgery Trial: interim results for symptomatic patients with severe (70-90%) or mild (0-29%) carotid stenosis. Lancet 337: 1235-1243, 1991.
9. Executive Committee for the Asymptomatic Carotid Atherosclerosis Study. Endarterectomy for asymptomatic carotid artery stenosis. JAMA 273: 1421-1428, 1995.
10. 秋山義典, 今北哲, 鈴木進, 他: ヘリカルCT scanによる頸部頸動脈狭窄病変の検索. 脳神経外科ジャーナル 6: 382 - 387, 1997.
11. 松本一宏, 陣崎雅弘, 佐藤浩三, 他: マルチスライスCTによる非侵襲的血管計測 ファントム実験による基礎的研究. 脈管学 43: 35 - 39, 2003.
12. 安陪等思, 広畑優, 谷川仁, 他: 三次元画像計測ソフト (Advanced Vessel Analysis) の精度の検討と初期経験. CI研究 24: 215 - 220, 2002.
13. 長基雅司, 五味達哉, 中嶋倫子, 他: CTにおける高濃度造影剤の安全性に関する検討. 日本医放会雑誌 64: 258, 2004.
14. Masui T, Katayama M, Kobayashi S, et al.: Intravenous injection of high and medium concentrations of computed tomography contrast media and related heat sensation, local pain, and adverse reactions. J Comput Assist Tomogr 29: 704 - 708, 2005.
15. Cademartiri F, et al: Intravenous contrast material administration at helical 16 detector row CT coronary angiography: effect of iodine concentration on vascular attenuation. Radiology 236: 661 - 665, 2005.
16. 真壁武司, 丹波潤, 三上仁, 他: 高濃度造影剤を使用した頸動脈狭窄症の3次元CT angiography. 函館医学誌 27: 48 - 51, 2003
17. 佐藤裕, 山崎圭三, 林真人, 他: 高濃度低容量造影剤による頭部3DCTAの実際. 映像情報Medical 37: 770 - 775, 2005.

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