

## ① IVUS 使用時

山口敏和, 井上良和

IVUSは、血管内超音波 (intravascular ultrasound) の略称として用いられている。通常、超音波検査は非侵襲的な検査方法として知られているが、IVUSはカテーテルを使用して血管内から観察を行う侵襲的な検査方法である。術前に病変の形態や血管の径、長さなどの情報を得られ、手技をより正確に行うことができる。術中には解離や血腫などの合併症を発見することができるため、PCIの安全性を向上させることができる。術後においてはステントが適切に留置できたかどうかを評価することができるため、IVUSガイド下でのステント留置がPCI術後の再狭窄率を低下させるという報告もある。そのため、現在わが国で行われている多くのPCIでは、IVUSが活用されている。

### 1. IVUSの特徴と使用方法

IVUSカテーテルを使用するためには、PCIを行う際に用いられるシステムと同様にガイドングカテーテル、ガイドワイヤが必要となる。IVUSではカテーテル先端についた超音波探触子 (トランスデューサ) を血管内に挿入し、血管内から血管壁に向かって出された超音波信号の反射波を分析して画像化し、組織性状や形状を画像によって直接観察する。

冠動脈造影 (CAG) との違いは、血管内腔の影絵ではなく、血管の断面を観察することができる点にある。内腔ではなく、血管径を正確に計測 (定量的評価) することが可能で、画像の濃淡で動脈硬化、石灰化、粥種の性状の診断ができる。また、中膜と内膜の境界 (プラーク)、プラーク性状・分布、解離・血腫などの合併症、心外膜側・心筋側の方向、冠静脈、真腔・偽腔なども観察することができる。

血管造影では、造影剤が満たされる内腔のみの表示になるため、びまん性病変ではCAGで50%狭窄であってもIVUSでは血管の内側から観察することで90%狭窄となり、評価方法により異なった結果になることがある (図1)。

IVUSの利点として、正確な病変部の計測が可能、病変部のプラーク性状

の把握，治療デバイスの選択，および，より正確なサイズ選択，合併症の予測・評価，エンドポイントを決めやすい，などが挙げられる。

## 2. IVUSの原理

パルスエコー法画像診断として実用化されているほとんどの医用超音波画像診断法の基礎は，パルスエコー法である。圧電結晶によって電気エネルギーを超音波パルスに変換し，反射された超音波を振動子で検出する。振動子は超音波エネルギーを電気エネルギーに戻し，これを増幅，フィルター処理することで画像化する(図2)。

超音波は，近距離では平行発進したまま保ち続けるのでより良い画像を描出することができるが，遠距離ではしだいに分散されるので画像を描出でき

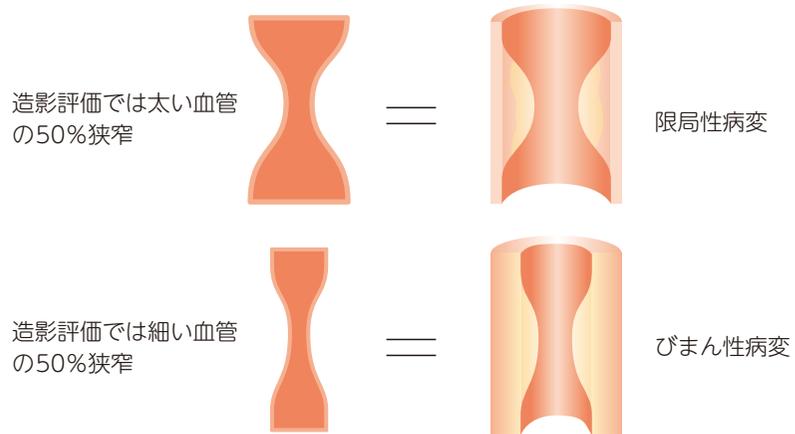


図1 ▶ IVUSとCAGの評価の違い

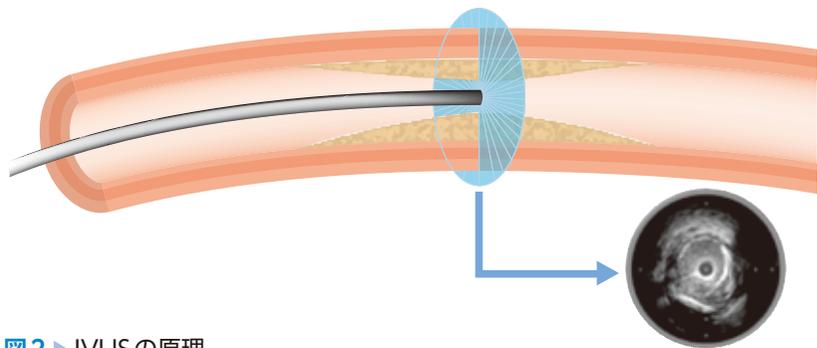


図2 ▶ IVUSの原理

超音波信号は血管壁に向かって送信され，血管壁にぶつかり反響し，その反射信号がシステムで受信される。システムは受信信号をグレースケールに変換し，画像構成する。遠いものは遠くに，近くものは近くに表示され，硬いものは高輝度(白く)に，軟らかいものは低輝度(黒く)に描出される。

# ① この病変には IVUS !

伊藤良明

冠動脈内イメージングデバイスにはIVUSやOCT/OFDI、そして内視鏡が使用可能である。ここでは、とりわけIVUSが病態把握や治療方針決定に有用である症例を紹介する。

IVUSとOCT/OFDIを施行する際の違いの1つは、OCT/OFDIでは血流遮断が必要であるということである。OCT/OFDIは血流遮断のフラッシュしている間のみ画像を観察できるという特性から、任意の部位を、手動で画像を見ながら観察をするということができない。血流の遮断が困難な冠動脈入口部病変や末梢病変への施行だけでなく、血管径が大きい場合にもフラッシュがしきれず画像描出には限界がある。病態で言うと、急性心筋梗塞や慢性完全閉塞など冠動脈が閉塞していてフラッシュができない状況下での使用は不可能である。また、短軸像での組織の深達限界がOCT/OFDIは1~2mm程度のため、血管径が大きいと血管全体の把握ができなくなってしまう点もIVUSとの大きな違いである。逆に言うと、上記のような特性からIVUSの有用な病変や病態を浮き彫りにすることが可能となる。ここでは、IVUSが特に臨床上有用であった症例を紹介する。

## 1. 急性心筋梗塞の発症機序解明

急性心筋梗塞は、通常冠動脈プラークの破綻により血栓性閉塞を生じ発症する。OCT/OFDIは血栓の検出には優れているものの、急性心筋梗塞の場合は冠動脈の順行性血流が低下または消失しているため血流の遮断が困難なことが多い。また、責任病変の多くは陽性リモデリングをきたしていることも多く、血管径の把握が難しいOCT/OFDIではプラーク量の評価を含め困難なことが多い。一方、IVUSでは、そのいずれの評価も可能であり有用性が高い。また頻度は稀であるが、梗塞がプラーク破綻以外の要因で発症することがあり、その鑑別にもIVUSはきわめて有用である(図1, 動画1~2)。

HTML版  
動画  
あります動画  
1~2

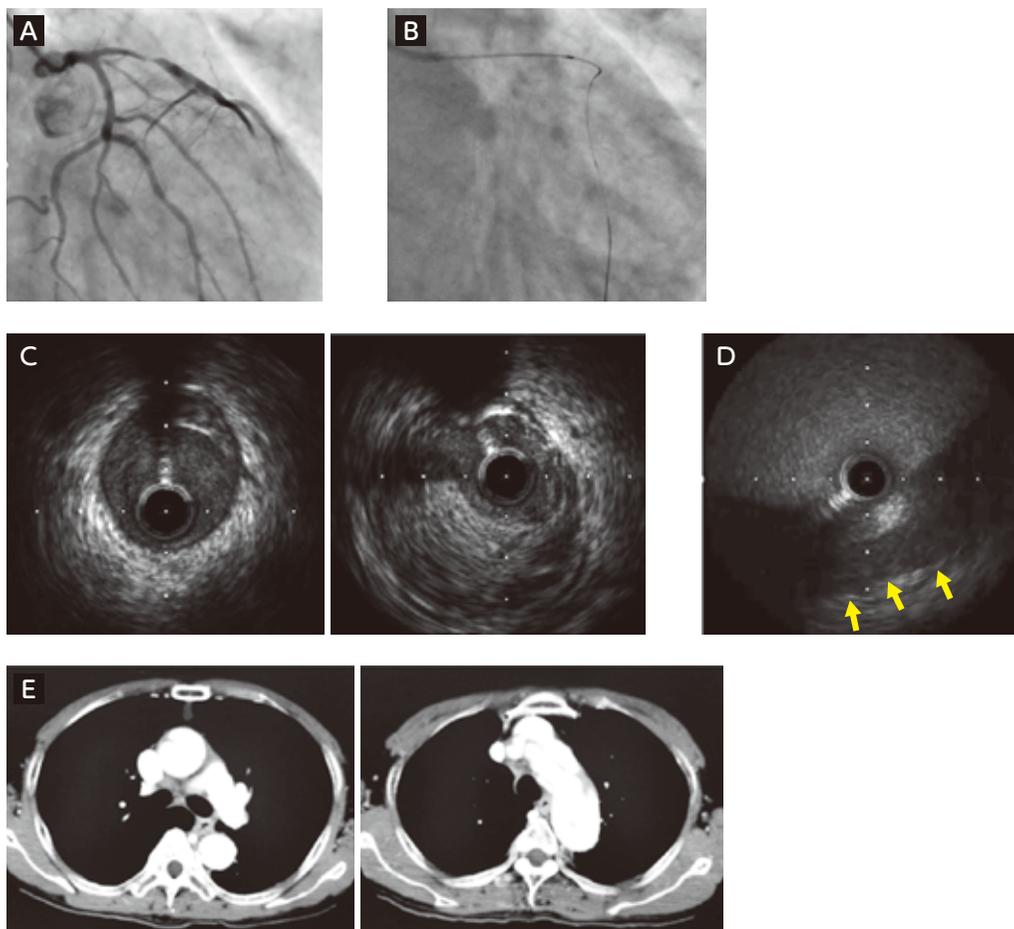


図1 ▶急性心筋梗塞発症機序解明に有用であった1例

- A: 突然の胸痛を発症し来院。心電図にてV<sub>1</sub>~V<sub>4</sub>のST上昇を認め、急性心筋梗塞と診断し緊急冠動脈造影を施行した。左前下行枝 (LAD) # 6で99%狭窄と造影遅延を認めた。
- B: ガイドワイヤを挿入しIVUSを施行した。
- C: 狭窄部のIVUS所見では血腫の形成を認め、真腔は血腫により圧迫されていた(▶▶動画1~2)。
- D: 自然冠動脈解離や大動脈解離などとの鑑別が必要であるが、左冠動脈入口部にIVUSを移動すると、大動脈にも解離腔と思われる所見を認めた。
- E: CTにてStanford A型の大動脈解離を認めた。本症例は左主幹部 (LMT) から前下行枝 (LAD) にかけてステントを留置後に緊急大動脈上行~弓部置換の手術を行い救命した。

## 2. 冠動脈血腫，らせん状解離

冠動脈血腫やらせん状解離は、自然冠動脈解離で発症する場合や治療のデバイスによる医原性のものを含め、突然順行性血流が低下し、時にショックに至ることもある。鑑別のためにはイメージングデバイスを施行することがきわめて有用である。しかし、OCT/OFDIを持ち込み、血流遮断のために造影剤をフラッシュすることは血腫の拡大や解離の進展を助長するリスクがあるため、禁忌と考えてよい。

## 5 適応

## ② この病変にはOCT/OFDI！

名越良治，志手淳也

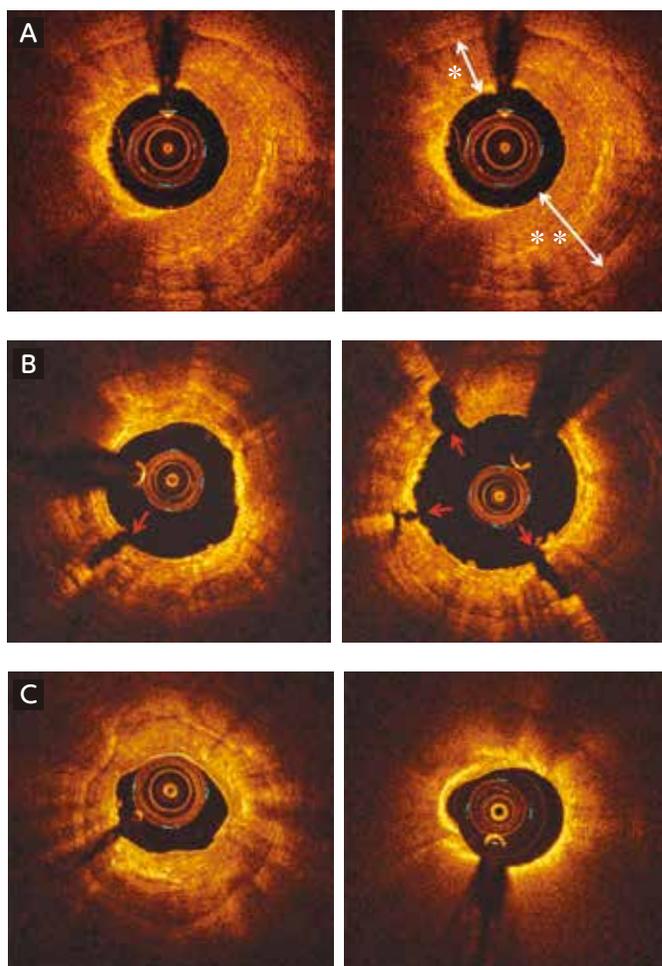
血管内イメージングモダリティであるIVUSとOCT/OFDIは、病変部の性状やステント留置後の拡張不良、圧着不良など、冠動脈造影のみでは判別できない多くの情報をもたらしてくれる。そのためPCIにおける血管内イメージングの持つ役割は非常に高く、現在のわが国においては、イメージングモダリティガイド下のPCIが一般的である。IVUS、OCT/OFDIはそれぞれに特徴があり、どちらが有用であるかは一概には論じられない。

現在使用されているものは、frequency domain type (FD-OCT)であり、アボット社のILUMIEN™ OPTIS™、およびテルモ社OFDIのLUNAWAVE®の2種類である。いずれも解像度の高い画像を短時間で描出可能であり、PCIをガイドするツールとして、ストレスなく使用可能である。OCT/OFDIはプラーク性状を考慮したステントランディングゾーンを選択を可能にし、ステント再狭窄病変の病変性状も描出しうる。また、超音波が通過しない石灰化病変の全姿を描出することが可能である。さらに、コンソールに3D画像の再構成機能を備えており、透視画像や2D画像からは判別困難である、ステント留置後に行う側枝方向へのガイドワイヤのリクロスポイントを判別可能である。

これらの特徴から、石灰化病変、分岐部病変およびステント再狭窄病変では、OCT/OFDIは特に有用であると考えられる。以下、それぞれの病変に応じた活用法を述べる。

## 1. 石灰化病変

OCT/OFDIでは、石灰化病変は境界明瞭な低輝度領域として描出され、その厚みの計測が可能であり、PCIでの治療戦略において有益な情報となる(図1A)。筆者らの施設(以下、当院)では、OCTにより石灰化の厚みを計測し、バルーンでの拡張が可能かどうかを判断する<sup>1, 2)</sup>。また、ロータブレーターを施行する際にはOCTカテーテルの近傍の病変が切除される場合が多く、ロータバーサイズ選択の参考としている。OCTはその高い解像



**図1 ▶ 石灰化病変**

A: 360° の石灰化病変。境界が明瞭であり, \* = 640 $\mu$ m, \*\* = 1100 $\mu$ mであった。  
 B: 360° 石灰化病変のバルーン拡張後, クラック (亀裂) が1箇所 (左), および3箇所 (右) 入っているのがわかる。  
 C: いずれも360° 石灰化病変。左は境界が明瞭であるのに対し, 右は境界が不明瞭。

度から, バルーン拡張後の石灰化のクラック (crack, 亀裂) が明瞭に観察され, その所見によってステントが十分拡張可能かどうかの判断が可能であり, 当院では基本的には石灰化のクラックの所見を確認後にステントを留置している (図1B)。

ただし, OCTで石灰化病変がすべて境界明瞭ではなく, 中には境界域が不明瞭なタイプの石灰化病変も存在しており, 注意が必要である (図1C)。

### ③ この病変には血管内視鏡！

松岡 宏

血管内視鏡は、血管内を肉眼的に直視できる唯一のイメージングデバイスである。超音波や近赤外線を解析して得られるIVUSやOCT/OFDIの虚像と違い、血管内視鏡で直視することにより得られる所見は実像である。“百聞は一見にしかず”という諺があるように、IVUSやOCT/OFDI所見のみで「これは何だろう？」とあれこれ悩んでいるよりも、血管内視鏡で一見すれば“一目瞭然”の診断ができることがある。OCT/OFDIやIVUSの有用性を否定するつもりは毛頭ない。それぞれのイメージング特性によって得意/不得意病変があるので、それを見きわめて、使用するイメージングを決めるべきだと思っている。

血管内視鏡で診るもの<sup>1)</sup>は、究極にはプラーク(血管内壁)の色調と血栓の2つであると言って過言ではない(図1)。筆者らが経験した症例で、この肉眼的、絶対的実像所見のうち、「これぞ、血管内視鏡！」と豪語できる病変を紹介し、血管内視鏡の臨床的有用性について述べたい。

#### 1. old SVGの評価

伏在静脈グラフト(SVG)は、術後数年経つと静脈グラフト病変(vein graft disease)と呼ばれるグラフトの劣化が生じ(old SVG)、術後10年以内に約半数が閉塞あるいは高度狭窄をきたすと言われている。また、その狭窄に対するインターベンションもノーフローやスローフローなどの合併症を生じやすく、難渋することが多い。old SVGを血管内視鏡で観察すると、狭窄部はもちろんであるが、狭窄のない場所でも至る所に脆弱な黄色調の強い不安定プラークや多くの血栓が存在する<sup>2)</sup>(図2)。このold SVGの悲惨さはIVUSではもちろんOCT/OFDIでも評価が不可能である(図3)。血管内視鏡は、old SVG内腔の重要な情報を提供してくれるため、old SVG狭窄に対するPCI時には、まず血管内視鏡でSVG内腔の情報をきちんと得てからストラテジーを考えるべきである。末梢保護デバイスを使用するから心配ないといっても、留置する場所が黄色の不安定プラークや血栓だらけで、留置すること

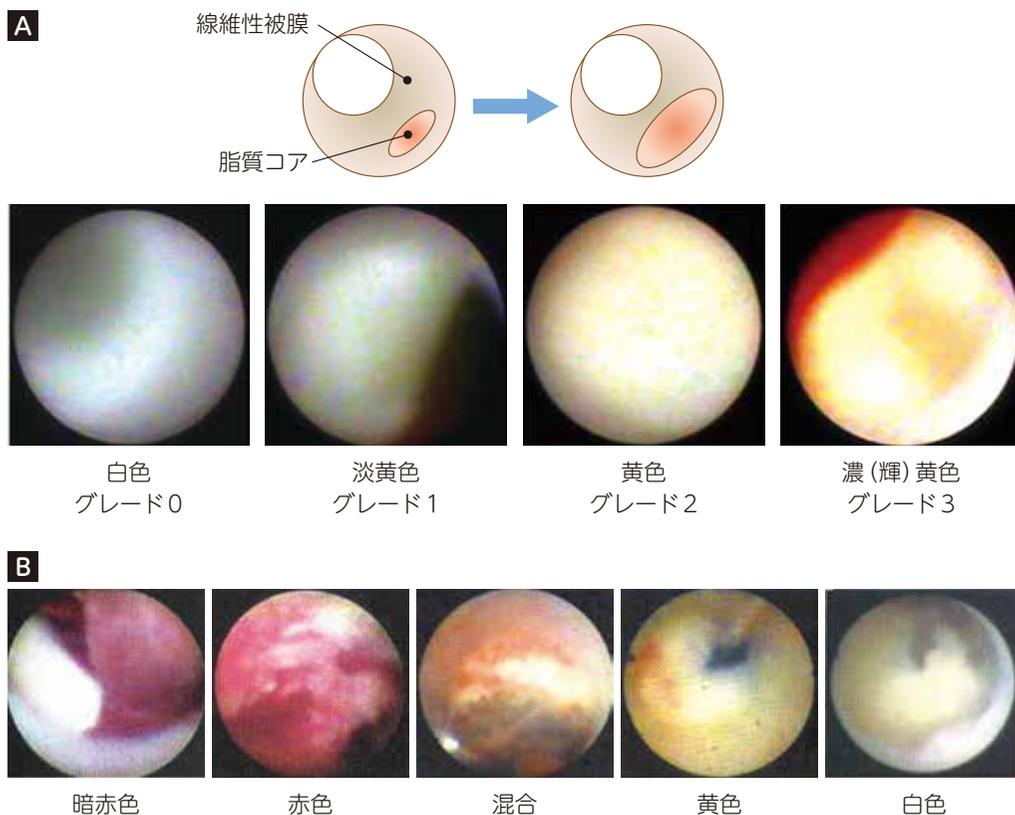


図1 ▶ 血管内視鏡で診るもの

血管内視鏡所見として重要なものに、プラークの色調と血栓がある。

A：プラーク（血管内壁）の色調。動脈硬化が進行して、脂質コアが増大し線維性被膜が菲薄化すればするほど、すなわちプラークが不安定化するほど黄色調が強くなるとされている。通常、血管内視鏡で観察される黄色度は、グレード0（白色）、グレード1（淡黄色）、グレード2（黄色）、グレード3（濃（輝）黄色）の4段階に分類される。

B：血栓。観察される色調等から、白色、赤色、混合色等に分類される。また形態から、突出型（塊状、吹流し状、クモの巣状、膜状）、非突出型（壁在）、綿飴状などと表現される。

でかえって末梢血栓を生じさせることになるかもしれない。old SVGにおける内腔の評価は血管内視鏡以外のイメージングでは絶対に困難である。

## 2. スtent血栓症の予測

PCIが薬剤溶出性stent（DES）時代となり、再狭窄という問題は解決された感はあるが、新たにstent血栓症という問題が浮上した。特に、遅発性（1カ月以上～1年未満）や超遅発性（1年以上）stent血栓症（VLST）はDES特有のものと考えられており、その予測や予防が重要視されている。

IVUSやOCT/OFDIでは、stentストラットの被覆状態については情報が得られるが、その被覆しているものが正常な新生内膜かどうかについて