

JAPANESE  
SOCIETY  
OF  
RADIOLOGICAL  
TECHNOLOGY

ISSN 2189-3071

*Apr. 2024*

# 撮影部会誌

Journal of The Subcommittee of Imaging Techniques and Research

## よりよい撮影技術を求めて

Pursuing Better Imaging Techniques in Radiology

Vol.32 No.1 通巻 82

### 第 82 回撮影部会

期日：2024年4月11日（木）～14日（日）  
[Hybrid 開催]

場所：パシフィコ横浜

## ■巻頭言

大阪公立大学医学部附属病院（撮影部会委員）高尾 由範（1）

## ■第82回撮影部会 2024年4月11日（木）～14日（日） パシフィコ横浜

### ■テーマA：一般分科会

司会：りんくう総合医療センター（撮影部会長）中前 光弘

教育講演 『三位一体のMRが目指す先：診療放射線技師の支援に関するMR医の本音』

講師：東北大学大学院 高瀬 圭（2）

ワークショップ 『血管撮影・MRで求められる放射線技術の再考：業務拡大の変化の中で』

座長：大阪公立大学医学部附属病院（撮影部会委員）高尾 由範（4）

川崎市立井田病院（撮影部会委員）三宅 博之

(1) 「MRでのタスクシフト/シェアの要点：撮影技術の観点から」

大阪公立大学医学部附属病院 市田 隆雄（5）

(2) 「JAPIRの調査結果から紐解くMRの支援の現状」

倉敷中央病院 大角 真司（9）

(3) 「タスクシフト/シェア時代に必要なMR撮影技術」

昭和大学病院 安田 光慶（12）

(4) 「支援技術の向上に向けた現場での取り組み」

倉敷中央病院 中川 忍（14）

(5) 「清潔野で求められる術者支援業務の技術と課題」

千葉西総合病院 齋藤 瑠那（16）

### ■テーマB：CT分科会

司会：岐阜大学医学部附属病院（撮影部会委員）三好 利治

教育講演 『新時代を見据えたCT検査の実践』

講師：岐阜大学医学部附属病院 野田 佳史（19）

ワークショップ 『Multi energy CTの臨床における有用性を探る』

座長：千葉市立海浜病院（撮影部会委員）高木 卓（22）

国立がん研究センター中央病院（撮影部会委員）瓜倉 厚志

(1) 「頭部領域におけるDECTの活用法」

秋田県立循環器・脳脊髄センター 大村 知己（23）

(2) 「腹部領域におけるDECTの活用法」

岐阜大学医学部附属病院（撮影部会委員）三好 利治（27）

(3) 「Photon counting CT技術の基礎」

名古屋市立大学医学部附属みどり市民病院 大橋 一也（29）

(4) 「Photon counting CTの臨床」

大阪大学医学部附属病院 川畑 秀一（32）

### ■テーマC：MR分科会

司会：熊本大学病院（撮影部会委員）森田 康祐

教育講演 『中枢神経領域の高速MRI撮像の臨床応用』

講師：熊本大学大学院 上谷 浩之（36）

ワークショップ 『MRIの高速撮像のあゆみ』

座長：新潟大学医歯学総合病院（撮影部会委員）金沢 勉（38）

徳島文理大学（撮影部会委員）山村 憲一郎

(1) 「k-spaceと撮像時間」

川崎幸病院 中 孝文（39）

(2) 「パラレルイメージングの光と影」

東海大学医学部附属病院 高野 晋（41）

(3) 「圧縮センシングの光と影」

東京大学医学部附属病院 上山 毅（44）

(4) 「高速撮像の最新技術」

熊本大学病院（撮影部会委員）森田 康祐（47）

## ■第81回撮影部会Q&A

テーマ：一般・CT・MR 合同分科会

『モダリティで埋める整形外科領域の溝！下肢編（骨盤～膝関節を中心に）』

高浜豊田病院（撮影部会委員）前田 佳彦（49）

テーマ：撮影部会（学術委員会共催）シンポジウム

『X線単純撮影における再撮影を考える ～その撮影、本当に必要ですか？～』

りんくう総合医療センター（撮影部会長）中前 光弘（51）

## ■2023年度撮影部会セミナー報告

(1)「第93・94・95回 乳房撮影ガイドライン・精度管理研修会」

聖路加国際病院（撮影部会委員）小山 智美（53）

(2)「第13回 デジタルマンモグラフィを基礎から学ぶセミナー」

福島県立医科大学（撮影部会委員）山品 博子（54）

(3)「第8回 CT 応用セミナー」

千葉市立海浜病院（撮影部会委員）高木 卓（59）

(4)「第5回 実地で学ぶMRI安全管理セミナー」

新潟大学医歯学総合病院（撮影部会委員）金沢 勉（61）

## ■事業報告・事業計画

りんくう総合医療センター（撮影部会長）中前 光弘（63）

## ■お知らせ・編集後記

## 『診療放射線技師における撮影，そして JRC2024 での見どころ』

大阪公立大学医学部附属病院（撮影部会委員）

高尾 由範

日進月歩は、日ごと、月ごとに絶え間なく進む様を示す様であり、医療や通信はこの言葉を代表する業界といわれます。折り返し地点にある私の職業人生を振り返っても、その言葉どおりに私たちが提供する医療は進歩という言葉の範疇を越えて変化してきました。私が診療放射線技師として働き始めて間もない 2000 年ごろでは、一般撮影でのフィルムから CR への移行、CT でのシングルヘリカルからマルチスライスへの移行、さらに多列化による心臓 CT の一般化、IVR でのイメージインテンシファイアから FPD への移行、PACS の導入などの目まぐるしい変化が面前で起こりました。医療技術の進歩を体感し、そして同時に与えられた新しいデバイスを十分に活用できない自身の無力さも痛烈に感じたことを昨日のように思い出し、そして撮影という技術への探求を継続することの大切さをあらためて感じるどころです。

こういった臨床での経験をもとに対象物を受像器でうつしとる『撮影』という行いを振り返ると、臨床における良質な画像の探求という醍醐味を①撮影装置、②撮影対象、③撮影者が提供する(求められる)技術の3要素で達成するという極めてシンプルなものであると気づき、そして思うほど簡単ではないということにも同時に気づきます。それは、『撮影』は、医療の進歩とともに、常にカタチを変え続ける『いきもの』であるため、このような変化に富む環境のもとで生じる理想と現実のギャップ、つまり問題の解決を私たち撮影者に求めるためです。こう考えると『撮影』という行いが常に魅力に溢れているのも納得です。

さて、ここからは JRC2024 での撮影部会企画(第 82 回撮影部会)の見どころをご紹介します。まず、一般分科会が企画するテーマ A は「血管撮影・IVR で求められる放射線技術の再考:業務拡大の変化の中で」と題し実施します。2022 年 9 月 30 日に厚生労働省が血管撮影・IVR における清潔業務(医師の補助に限る)が現行法令のもとで実施できる業務に該当するとの見解を示しました。これは、診療放射線技師業務のさらなる発展を意味すると考えています。医師の手技や視点を深く理解しなげればできない業務への携わりが撮影技術に及ぼす影響をこの企画を通じて肌を感じていただけるものと考えています。次に、CT 分科会が企画するテーマ B は「Multi Energy CT の臨床における有用性を探る」と題し実施します。フォトンカウンティング CT 時代の幕が開いた今日では、X 線のエネルギーを詳細に弁別することが当たり前となりつつあります。マルチエナジー画像について考える絶好の機会ではないでしょうか。これと併せて今大会では、CT 分科会の支援のもと日本循環器学会(JCS)との合同企画「CT による心臓評価の現在地」も企画しました。併せてお楽しみいただければ幸いです。最後に、MR 分科会が企画するテーマ C は「MRI の高速撮像のあゆみ」と題し実施します。MRI の歴史は高分解能化と高速化の歴史でもあります。現在地は高速撮像のひとつの終着点なのか、それともマイルストーンなのか？そしてディープラーニングリコンストラクションによる高速化の利点と欠点は……。そんな疑問に対する答えが見つかる企画です。

『撮影』は医療の進歩にあわせてカタチを変える『いきもの』です。そして、それに伴う技術もまた『いきもの』です。私たちは、これをどのように進歩させるか、あるいは、さらに発展させ進化させるかを技術学の研究を通して選択することができます。JRC2024の撮影部会企画を通じて、診療放射線技師における『撮影』の魅力に触れながら、その答えを探してみませんか？

教育講演

テーマ A (一般分科会):

## 『三位一体の IVR が目指す先: 診療放射線技師の支援に関する IVR 医の本音』

Beyond the trinity IVR

: True feelings of IVRists regarding the support by radiological technologists

東北大学大学院医学系研究科

高瀬 圭

### 1. 概要

診療放射線技師と放射線診断医は、従来から密接に協力しながら安全で有効な IVR の施行に努めてきたが、協力の方法や種類は施設間で様々であった。タスクシフト/シェアの時代が本格的に到来し、医療関係職種がより専門性を生かせるよう各職種の業務範囲の拡大が法改正を伴ってより明確となり、より踏み込んだ多職種協調が可能になると考える。自験を元に、日常臨床や臨床研究、医師主導治験、IVR 機器開発等における診療放射線技師の支援について、三位一体の IVR を体感している IVR 医としての見解を述べさせていただく。

### 2. 放射線技師に期待する「IVR 支援」

診療放射線技師の IVR 支援は、直接的に IVR の成功率に関わると考えている。実は、「IVR の支援」という言葉には違和感があり、IVR に携わる多職種は共に IVR を施行する戦友のようなものであると感じているが、その「支援」の主なものと IVR 医の本音を述べると下記が挙げられる。

#### 1) IVR 中の適切な参照画像の提示とアドバイス

血管塞栓術時には、手技概要と目的血管までのルートを放射線技師とブリーフィングし、血管分岐部での望ましい透視角度を術前 3DCT 参照下に確認しておく。カテーテル操作の各段階において、術者の操作参考となる画像提示(例えば大動脈主要分枝挿入時には椎体レベルと血管の位置関係を示す VR で、細血管挿入時には slab MIP や MPR の paging) がされることで、迅速で適切なカテーテル挿入が可能となる。「腹腔動脈 Th12 下部で大動脈左前から右下方向に出ています。」的なアドバイスで進む。

#### 2) カテーテル操作のダブルチェック

「目的血管の 1 つ末梢の細い枝に入っています。マイクロを 5mm 位引いて上後ろに向けてください。」と、いってダブルチェックがあると誤操作を防げるので、空振りを恐れずに口出しして欲しい。

#### 3) 撮影と画像表示条件の適正化

体格や肺・腸管の空気位置によって透視範囲の絞り設定により操作快適性が大きく異なってくる。医師から指示するよりも見たい場所と範囲を知らせてお任せしたほうが上手くいく印象がある。カテーテルがループ状になっている場合には、カテーテルの反跳のコントロールを考慮して、ループ頂点をさりげなく透視範囲に入れてくれると、術者への思いやりと理解にモチベーションが激上がりする。

#### 4) 患者配慮と適切なポジショニング

CTガイド下穿刺では、特に仰臥位でない体位の場合は患者快適度や術後の関節・神経障害を防止しながらアーチファクトが出にくく、かつ、穿刺に適したポジショニングから IVR は始まっている。時には麻酔科と協力して、多くの医療機器の配置まで考えた設定を多職種で設定することになる。

#### 5) 画像解釈、IVR プラニング支援

理想の穿刺プランを医師一技師で相談し、放射線技師は穿刺経路上の穿刺針と周辺臓器(特に血管)

および標的が明瞭に表示されるように寝台位置と表示条件を調整し、また、術前造影画像との対比で避けるべき血管との関係を術中に解釈してデバイス位置を把握する。位置確認の3DCT撮影時には最小限の撮影範囲と被曝で術中確認を行うことで、治療成績向上と手技時間短縮が図れる。

#### 6) 臨床研究, 医師主導治験に必要なデータ収集

IVR 関連臨床研究, 特に医療機器の医師主導治験では, 他施設で施行したことの無い新しい IVR を行うことになる。時には, First-in-human の治療を行うこともある。IVR 医, 放射線技師は元より, 放射線部看護師, 主科医師, 麻酔科医, 病棟看護師, CRC, 企業を交えて, IVR のミーティングやシミュレーションを入念に行い, 治療記録ポイントの打合せを行うが, 治験機器操作と放射線機器と治験機器配置の整合性, 機器位置把握のためのイメージングは放射線技師が中心的役割を担うことになる。

#### 7) IVR 医療機器開発の共同研究者

アカデミア発の医療機器開発では, 試行錯誤しながら, 実際の IVR 機器での実験が必須となる。技師の立場からの機器改良のアイデアを出したり, 特有の撮像工夫を考えたりと共同研究者としての活躍を期待する。

### 3. 三位一体のIVRの実際

原発性アルドステロン症の RFA 治験症例を紹介する。治験開始前には, 看護師を含んだ多職種にて治験手順書の読み合わせと体位保持シミュレーションを行い, 治験独特の詳細記録に遺漏のないように記録打合せも行う(図1左)。治験機器のセッティングと操作までも行う放射線技師には医療機器治験においてはかなりの負担をかけていると感じる。実際の治験治療においては, 穿刺体位(この症例では左副腎腺腫なので左下側臥位:図1右)をそれぞれの職種の目で調整し, 穿刺方法と経路を全員で理解する。術者は検査室内で穿刺に専念するため, 操作室で冷静にCT透視画像の撮影および表示条件操作を行うのも放射線技師である。RFA 針からのアーチファクトが目立たず, しかも単純 CT での臓器把握のできる条件で CT 透視を調整し, 術中のヘリカル CT は最小限の頭尾方向範囲で針位置確認や焼灼範囲確認を行う。治療後には, 多職種で振り返りミーティングを行い, 治験治療が保険収載となった後の治療手順標準化に役立てることとなる。

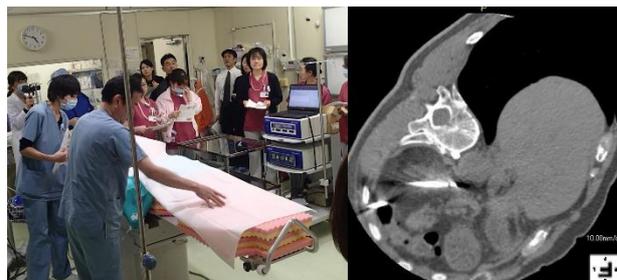


図1.副腎 RFA 治験前の多職種シミュレーションにより, 治験手順, 機器操作, 体位固定法の検討を行い, 新しい治療法開発にチームとして準備する。左下側臥位 CT 透視にて腺腫を穿刺して, 治験治療が成功した。

#### 4. まとめ

IVR は放射線部内においてチーム医療を強く実感する分野である。医師, 放射線技師, 看護師は, 単なる手技施行者, 撮影者, 介助者の関係ではなく, 三位一体となったチーム医療で日々の臨床と IVR の進歩を担っていくことが理想である。

#### 参考文献

1. Oguro S, Morimoto R, Takase K. et.al Safety and feasibility of radiofrequency ablation using bipolar electrodes for aldosterone-producing adenoma: a multicentric prospective clinical study. Sci Rep. 2022 18;12:
2. Oguro S, Ota H, Takase K. et.al Transvenous Radiofrequency Catheter Ablation for an Aldosterone-Producing Tumor of the Left Adrenal Gland: A First in Human Case Report. Cardiovasc Intervent Radiol. 2023 Dec;46:1666-1673.

『血管撮影・IVR で求められる放射線技術の再考：業務拡大の変化の中で』

Transformation of Interventional Radiologic Technology

in the Era of Task Shifting/ Sharing

座長：大阪公立大学医学部附属病院（撮影部会委員）高尾 由範

川崎市立井田病院（撮影部会委員）三宅 博之

1. はじめに

『装置管理・被ばく管理・リアルタイムな画像支援（ナビゲーション）を軸とした手技支援であり、画像に関する支援と放射線防護に関する支援を実践しながら適切に IVR を支援できる体制を構築することである』。これは、『三位一体の IVR』に始まり、履歴を積み重ね、2017 年に日本 IVR 学会より『IVR の手技施行に関する診療体制についての提言』にまとめられた血管撮影・IVR における診療放射線技師の役割を示す言葉である。そして 2021 年、診療放射線技師の業務は、医政発 0709 第 7 号「臨床検査技師等に関する法律施行令の一部を改正する政令等の公布について」の発出、つまり、医師の働き方改革におけるタスクシフト/ シェアによりさらに大きく変化し、そのもとで発出された医政発 0930 第 16 号（日本放射線技師会への通知は 17 号）では、現行制度のもとで実施できる業務として、血管撮影・IVR での体内でのカテーテル操作を除く清潔業務が診療放射線技師の業務であることが、あらためて示された。告示研修には、ドレープの取り扱いや滅菌手袋の装着を含むガウンテクニック、シース・カテーテルを使用できるようにする準備、インジェクターとの接続や造影手技も含まれ、これまでにない血管撮影・IVR での業務の変化を感じることができる。この変化については様々な意見もあろうが、診療放射線技師の働き方が変わったことで血管撮影・IVR への関わり、そのもとで提供される撮影技術への視座も大きく変化したことは疑う余地もない。

今回、一般分科会テーマ A は『血管撮影・IVR で求められる放射線技術の再考：業務拡大の変化の中で』と題し開催する。これからの時代に血管撮影・IVR で提供すべき放射線技術をアツク語る時間としたい。

2. 教育講演

- ・ 三位一体の IVR が目指す先：診療放射線技師の支援に関する IVR 医の本音（東北大学大学院 医学系研究科 放射線診断学分野 高瀬 圭）

3. ワークショップ

- ・ IVR でのタスクシフト/シェアの要点：撮影技術の観点から（大阪公立大学医学部附属病院 中央放射線部 市田隆雄）
- ・ JAPIR の調査結果から紐解く IVR の支援の現状（倉敷中央病院 医療技術部門 放射線技術部 大角真司）
- ・ タスクシフト/シェア時代に必要な IVR 撮影技術（昭和大学病院 放射線技術部 安田光慶）
- ・ 支援技術の向上に向けた現場での取り組み（倉敷中央病院 医療技術部門 放射線技術部 中川忍）
- ・ 清潔野で求められる術者支援業務の技術と課題（千葉西総合病院 放射線科 齋藤 瑠那）

4. ディスカッション

## 『IVRでのタスクシフト/シェアの要点：撮影技術の観点から』

Key Points of Task Shifting/ Sharing: From Perspective of  
Interventional Radiologic Technology

大阪公立大学医学部附属病院

市田 隆雄

### 1. はじめに

ワークショップでは1 演者としてタイトルの通り撮影技術の観点からの論証をするが、本抄録ではその前提条件となる業界背景の解説に務めたい。その理由は、“働き方改革”の背景を正確に掌握した下で JSRT（日本放射線技術学会）としての検討にかかることが重要であり、仮にそれに不具合が生じると医行為への誤ったアプローチになる危険性があるためである。“働き方改革”に伴ったタスクシフト/シェアは、医行為、或いは医行為に類するタスクについてのシフト/シェアである。法令等の遵守が絶対であることを冒頭で明らかにしておく。そして、是非とも成功を演出するツールとして血管撮影・IVRでの関わりをしていただきたいとの期待をもつ (Fig. 1)。

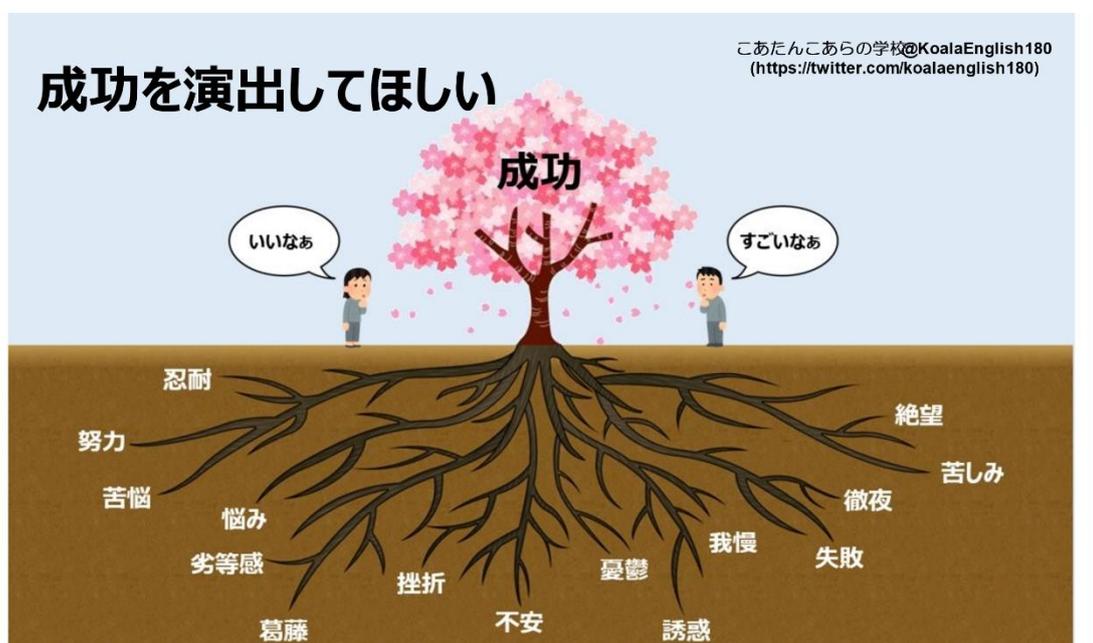


Fig.1 成功を演出するツールとしてのタスクシフト/シェア

### 2. JSRT の立ち位置について

ここ2 年来で“働き方改革”に関する放射線技術業務の仕分けが明文化され、それを如何様に着手すべきかの議論が始まっている。ところで、臨床現場での放射線技術業務に視座をおき考察をしてみると、その業務の執り行いについて指導的立場にある団体が JART（日本診療放射線技師会）と JSRT である。前者が職能団体とされ、後者が学術団体とされている。今回ワークショップのテーマは JSRT における学術的な見識の明示である。JART は診療放射線技師（以下、技師）の職能についての定義付けを、厚生労働省や JRS（日本医学放射線学会）と連携しながら行っている。そのような活動の積み重ねの下、

医療法施行規則の改正，各種の厚生労働省医政局通知の発出が成されている。そうした延長上で，技術的な観点から検討すべき立ち位置が JSRT である。

### 3. タスクシフト/シェア，その本質に対する正確な認識

今日までの経緯を洗い出すこととする。過去を振り返れば 2010 年の厚生労働省医政局長通知 0430 第 1 号「医療スタッフの協働・連携によるチーム医療の推進について」（以下，医政局長通知）が，“働き方改革”のわれわれにおける kick off のトリガーになったと回想できる。それまでの法令等では放射線業務は医師指示の下で執り行われることが言及されており，われわれ自らが熟考しての携わりの定義付けではなかった。しかしながら，JSRT では当時既に 70 年近く放射線技術学を探求してきた歴史があり，実勢では技師として医師目線を熟考しての放射線業務への携わりが臨床現場としての事実であった。つまり法令等での正確な解釈と，臨床現場での実勢の真相が乖離していた。国政的には医行為の類を代行する立場ではなかったわれわれであったが，医政局長通知によって突如一転することになったのが，この 2010 年である。

医政局長通知では読影の補助とインフォームドコンセントの実施が推奨され，医行為を意識しての放射線技術業務への携わりが肯定されることになった。それまで乖離していた側面が実勢と同調することとなり，政策的にも医行為に類することの代行についての検討が可能になったと理解できた。但し，そのすべてについては，医師指示の下での代行（医師の承認下）であり，技師自らの勝手な判断や拡大解釈をしてはならない。そこで，速やかに JART での検討が着手され，2010 年の同年から『読影の補助分科会』が組成されて，筆者は西日本側委員を務めることになった。

国政では，更に 2012 年にチーム医療推進の観点から業務拡大・見直しが行われた。その後の厚生労働省が開催している「医師の働き方改革を進めるためのタスクシフト/シェアの推進に関する検討会」においても，静脈路の確保，動脈路からの造影剤注入，CT コロノグラフィ検査・上部消化管造影検査における造影剤注入等の検討がされて今日を辿っている（Fig.2）。そして，JART の『読影の補助分科会』は 12 年の活動の積み上げで昇華を果たし，2022 年から『STAT 画像報告分科会』との発展的な変化を遂げ，

## 様々な検討を経て辿り着いたひとつの結果

2009.8.28-2010.3.23	チーム医療の推進に関する検討会
2010年4月30日	医政発第0430第1号 医療スタッフの協働・連携によるチーム医療の推進について ①読影補助における読影の補完を行うこと。 ②放射線検査時一時的な受託・増強を行うこと。
2010.5.12-2013.10.29	チーム医療推進会議
2010.10.4-2015.12.16	チーム医療推進方策検討ワーキンググループ
2014年6月25日	医政発0625第1号 「地域における医療及び介護の総合的な確保を推進するための関係法律の整備等に関する法律」の一部施行について
	医政発0625第6号 診療放射線技師法の一部改正等の施行について 多数の県の読影士と一時的に併用する意向において、腹部エックス線検査の予約制の電子ポルト実用化の工数削減を有するエックス線撮影施設には、医師又は補完研修の持ち合いがなくても実施できるものとしたこと。
2015年2月17日	医政発0625第8号 診療放射線技師法の一部を改正する政令の施行について 読影の補助として読影士が読影業務を診療放射線技師の業務に追加すること。
	医政発0217第10号 診療放射線技師法施行規則及び臨床検査技師等に関する法律施行規則の一部を改正する省令の公布について ① 読影補助に読影士が読影業務を遂行する行為。② 読影業務を遂行するために当該読影士が読影業務に従事する行為。③ 当該読影業務に従事する行為。④ 当該読影業務に従事する行為。⑤ 当該読影業務に従事する行為。⑥ 当該読影業務に従事する行為。⑦ 当該読影業務に従事する行為。⑧ 当該読影業務に従事する行為。⑨ 当該読影業務に従事する行為。⑩ 当該読影業務に従事する行為。
2017.8.2-2019.3.28	医師の働き方改革に関する検討会
2019.10.23-2020.12.11	医師の働き方改革を進めるためのタスク・シフト/シェアの推進に関する検討会
2021年7月9日	医政発0709第9号 臨床検査技師等に関する法律施行令の一部を改正する政令等の公布について ① 業務の拡大について 放射線検査の業務を人体内に挿入して行う放射線の体に対する照射が免除されたこと ② 業務の拡大に伴う業務の委託 業務の委託を受ける行為 ③ 業務の拡大に伴う業務の委託 業務の委託を受ける行為 ④ 業務の拡大に伴う業務の委託 業務の委託を受ける行為 ⑤ 業務の拡大に伴う業務の委託 業務の委託を受ける行為 ⑥ 業務の拡大に伴う業務の委託 業務の委託を受ける行為 ⑦ 業務の拡大に伴う業務の委託 業務の委託を受ける行為 ⑧ 業務の拡大に伴う業務の委託 業務の委託を受ける行為 ⑨ 業務の拡大に伴う業務の委託 業務の委託を受ける行為 ⑩ 業務の拡大に伴う業務の委託 業務の委託を受ける行為
	① 業務の拡大に伴う業務の委託 業務の委託を受ける行為 ② 業務の拡大に伴う業務の委託 業務の委託を受ける行為 ③ 業務の拡大に伴う業務の委託 業務の委託を受ける行為 ④ 業務の拡大に伴う業務の委託 業務の委託を受ける行為 ⑤ 業務の拡大に伴う業務の委託 業務の委託を受ける行為 ⑥ 業務の拡大に伴う業務の委託 業務の委託を受ける行為 ⑦ 業務の拡大に伴う業務の委託 業務の委託を受ける行為 ⑧ 業務の拡大に伴う業務の委託 業務の委託を受ける行為 ⑨ 業務の拡大に伴う業務の委託 業務の委託を受ける行為 ⑩ 業務の拡大に伴う業務の委託 業務の委託を受ける行為
2021年9月30日	医政発0930第16号 現行制度の下で実施可能なタスクシフト/シェアについて

Fig.2 タスクシフト/シェアに関する様々な歩み

筆者は引き続き委員を務めた。今回 JSRT 立場での論述であるが、JART 立場で初動からの深い関わりがあり、今日までの育みに接してきた履歴をご紹介しておく。尚、その後、業界の若手育成のためにも JART における委員担務は勇退して、次世代の育みを少し後ろから見守っているのが、2024 年時点での筆者の立場になっている。

#### 4. 今日の動向

現在「働き方改革」に関係した放射線技術業務の仕分けがされて、6つの分野でタスクシフト/シェアの推進をスムーズに進めるべくガイドラインが発出される予定である（2024年2月発出の見込み）。今迄、医療機関の個々での独自性が尊重されながら遂行されてきた様相が、業界一丸となって具体的な取り組みを始動させるタイミングになったといえる。この具体的な取り組みを、初めて放射線技術学として探求するのが本ワークショップとなる。

本抄録の執筆は2024年1月であったが、2月以降のガイドライン発出の様子、更には放射線診療4団体連絡協議会（JRS、日本放射線科専門医会・医会、JART、JSRT）のリアルタイムの動きも含めて、4月のJRC2024時のワークショップ内で解説したい。筆者は、前記協議会にも関わっているのので、放射線科医の思考を含めて考察をする心積りである。放射線診療の力が結集して、このタスクシフト/シェアが All Japan Radiology としての形になっていると確信している（Fig.3）。



Fig.3 All Japan Radiology として形付けられたタスクシフト/シェア

#### 5. まとめ

ここからが本題である。「働き方改革」に伴ったわれわれの行いが、従前から成立している安全で最適な医療実施へ不足を与えてはならない。今回ワークショップの対象となる血管撮影・IVRでもまったく同じである。2000年頃よりチーム医療が叫ばれていたが、IVR学会では1990年代から三位一体のIVRとして医師・看護師・診療放射線技師のチーム医療が実践されてきた。2017年には『IVR手技施行に関

する診療体制についての提言』が公表され<sup>1)</sup>，その中で，技師における，画像に関する支援と放射線防護に関する支援の必要性が言及されている．また更に進化しようと，前記の提言はガイドラインとして IVR 学会で発出しようとする準備も始まっている．血管撮影・IVR では，いずれの分野よりも先行した動きがあることを申し添える．

ワークショップでは，これら一連をクリアカットに解説し，JSRT としてのタスクシフト/シェアへの関わり方の「あらし」を明瞭にしたい．血管撮影・IVR でタスクシフト/シェアを手中に収められる技師が，臨床現場でいつも振り返って，問い掛けがされて，信頼の寄せられる存在になれるのだと信じている．JRC2024 の参加者と共に，その具現化をスムーズに検討する始まりを迎えたいと考えている (Fig. 4)．

## 医師は必要な情報は取りに来る！

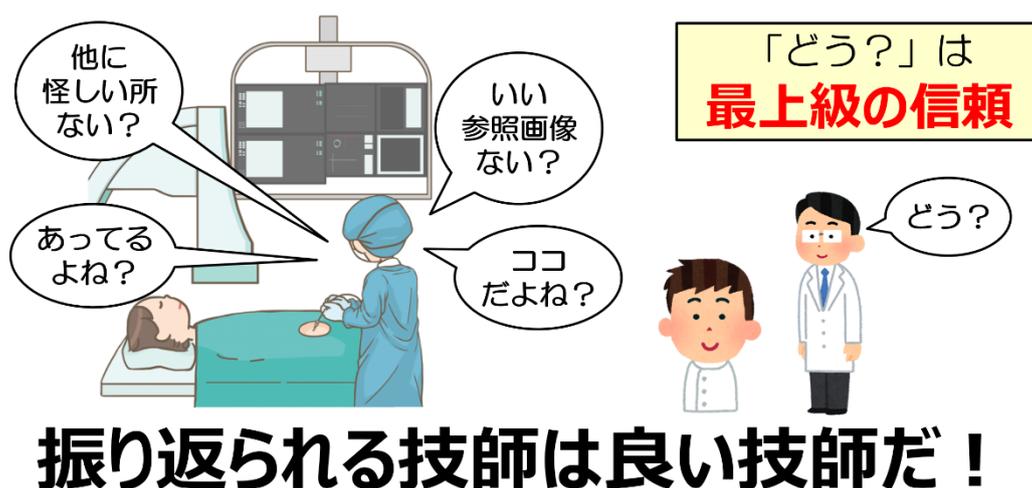


Fig. 4 臨床現場で振り返って，問い掛けられ，信頼される技師像

### 参考文献

- 1) 米虫敦，市田隆雄，井上政則，他：IVR 手技施行に関する診療体制についての提言，日本 IVR 学会編，2017. Web アドレス，[jsir.or.jp/about/guide\\_line/ivr\\_syugiteigen/](http://jsir.or.jp/about/guide_line/ivr_syugiteigen/)

## 『JAPIR の調査結果から紐解く IVR の支援の現状』

The Current State of IVR Support Revealed from JAPIR Survey Results

公益財団法人 大原記念倉敷中央病院機構 倉敷中央病院

大角 真司

### 1. はじめに

令和6年4月から医師の時間外労働の上限規制が適用されることに伴い、令和3年9月30日付で「現行制度の下で実施可能な範囲におけるタスク・シフト/シェアの推進について」厚生労働省医政局長より各都道府県知事宛に通知された。血管造影・IVR 領域においては現行制度の下で、医師の指示により診療放射線技師の可能な業務として以下が示された。

- 1) 動脈路に造影剤注入装置を接続する行為
- 2) 放射線造影検査時の造影剤の投与
- 3) 血管造影・画像下治療(IVR)における補助行為

そこで良質かつ適切な医療を高いレベルで提供する体制の確保を推進するため、日本血管撮影・インターベンション専門放射線技師認定機構(以下、JAPIR)では、血管造影室における業務内容についてアンケート調査を実施した。

医師から診療放射線技師へのタスク・シフト/シェアを進めるに当たっては、各医療機関の体制や状況、医師との信頼関係等を踏まえつつ、他の医療関連職種との協力、連携、補完が重要であると考えます。

この調査結果にもとづき、血管造影・IVR 領域における診療放射線技師の業務現状を報告し、今後本格的に進むと考えられる医師のタスク・シフト/シェアにおける業務支援・働き方について、これらを考慮して再考したい。

### 2. アンケート調査

本調査は、「良質かつ適切な医療を効率的に提供する体制の確保を推進するための医療法等の一部を改正する法律」が施行され、医師のタスクシフト・タスクシェアが進むことに伴い、『血管造影室の診療放射線技師における現状の業務内容および今後の展開』について調査した。

調査対象は JAPIR 専門技師の所属するすべての施設 (528 施設) であり、全 73 問、1 施設 1 回答で回答を頂き、回答数は 260 施設 (49.2%) であった。

今回は血管造影・IVR 領域での現行制度の下で、医師の指示により診療放射線技師が可能な業務 1)～3) について報告する。

### 3. アンケート調査結果

アンケート調査の回答を得た施設の所在地は JAPIR 専門技師が最も多く在籍する関東地域が 98 施設と最も多く、続いて近畿地域の 47 施設、中部地域の 42 施設であった (Fig.1)。また病院の規模を表す病床数は中規模である 300~600 床が 119 施設と最も多く、続いて大学病院をはじめとする大規模病院である 600 床以上が 99 施設であった (Fig.2)。

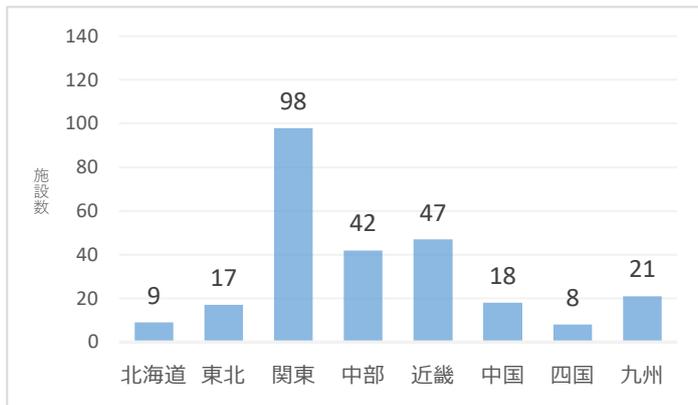


Fig.1 施設の所在地域

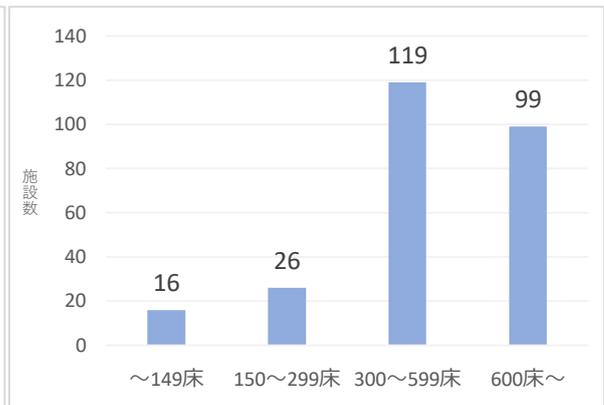


Fig.2 施設の病床数

### 1) 動脈路に造影剤注入装置を接続する行為

動脈路に造影剤注入装置を接続する行為とは、われわれ診療放射線技師がカテーテルとインジェクターを清潔操作下にて接続する行為であり、結果を Fig.3 に示す。

実施している施設は 11% (29 施設)、一部実施している施設は 8% (22 施設) であり、実施していない施設は 79% (205 施設) で圧倒的に多かった。

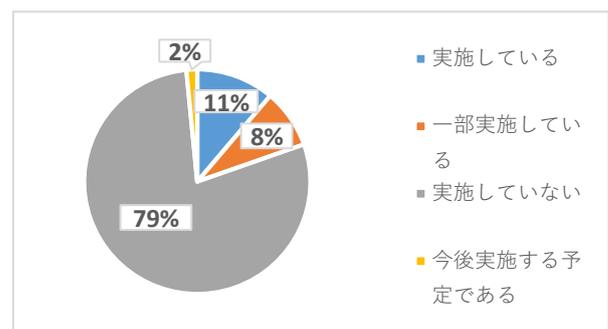


Fig.3 動脈路に造影剤注入装置を接続する行為

### 2) 放射線造影検査時の造影剤の投与

放射線造影検査時の造影剤の投与とは、動脈に造影剤注入装置を接続する行為（動脈路確保のためのものを除く）、動脈に造影剤を投与するために造影剤注入装置を操作する行為であり、結果を Fig.4 に示す。

実施している施設は 25% (65 施設)、一部実施している施設は 13% (33 施設) であり、実施していない施設は 61% (160 施設) であった。

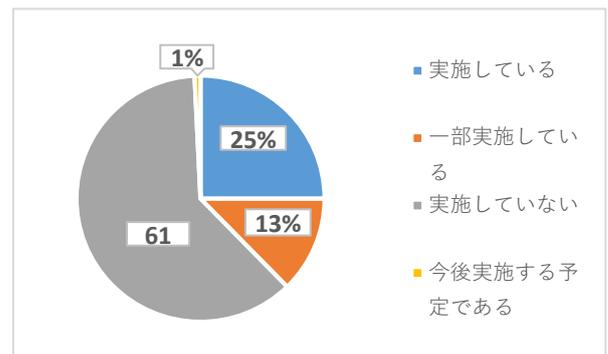


Fig.4 放射線造影検査時の造影剤の投与

### 3) 血管造影・画像下治療(IVR)における補助行為

血管造影・画像下治療(IVR)における補助行為については以下の4項目について Fig.5 に示す。

- ① カテーテルやガイドワイヤー等を使用できる状態にする準備
- ② 医師へのカテーテルやガイドワイヤー等の手渡し
- ③ カテーテル及びガイドワイヤー等の保持
- ④ 医師が体内から抜去したカテーテル及びガイドワイヤー等の清潔トレイ内への安全な格納

血管造影・画像下治療(IVR)における補助行為には4項目とも20%程度であった。なかでも最も低かったのは③カテーテル及びガイドワイヤー等の保持する行為であり、実施している施設は6%(16施設)一部実施している施設は9%(23施設)であった。

また④医師が体内から抜去したカテーテル及びガイドワイヤー等の清潔トレイ内への安全な格納する行為は実施している施設は7%(18施設)、一部実施している施設は10%(26施設)であった。

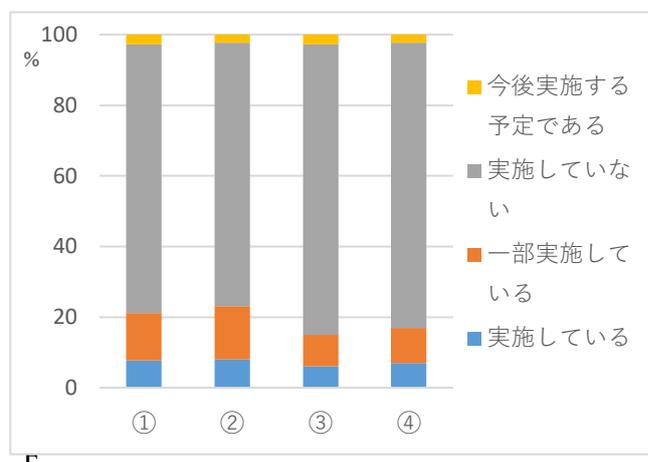


Fig.5 血管造影・画像下治療における補助行為

#### 4. まとめ

診療放射線技師が得意とする撮影技術は血管造影やIVRの手技をスムーズに施行するために最も重要であり、我々は低被ばくで最高の画像を提供することを疎かにしてはならない。そのため、タスク・シフト/シェアを進めるにあたり診療放射線技師の余力は必要であると考えます。

また、血管造影・IVRにおいてタスク・シフト/シェアを進めるためには、医師をはじめ医療スタッフの理解と協力が不可欠であり、我々は診療放射線技師法の範囲内で医行為に該当しない補助行為を行うために知識・技術を習得しなければならない。しかし施設によってタスク・シフト/シェアの見解が様々であり、ベーシックからハイレベルまでの教育体制の構築は一筋縄ではいかないのが現状であるが、ベーシックな知識・技術が習得できる教育体制から構築する必要である。

今後、診療放射線技師が得意とする撮影技術の向上はもちろん、清潔操作等のニーズに対応し、それらの知識・技術向上がこれからの血管造影・IVR領域における放射線技術と考える。

#### 参考文献

- 1) 医政発 0930 第 16 号 厚生労働省医政局長通知「現行制度の下で実施可能な範囲におけるタスク・シフト/シェアの推進について」
- 2) 厚生労働省:医師の働き方改革を進めるためのタスク・シフト/シェアの推進に関する検討会 議論の整理 2020

## 『タスク・シフト/シェア時代に必要な IVR 撮影技術』

### Interventional Radiology Imaging Techniques Required for Task Shifting and Sharing

昭和大学病院

安田 光慶

#### 1. はじめに

タスク・シフト/シェア推進により、血管撮影領域においても「動脈路に造影剤注入装置を接続する行為（動脈路確保のためのものを除く）」が新たな業務として通知された。また、カテーテル及びガイドワイヤー等を保持する行為について、現行制度の下で実施可能な業務であることが確認された。これらにより、今まで以上に医師の近くで患者や臨床業務に携わることとなり、密度の濃い作業や提言を行うことが予想される。今回は、これからの臨床業務に必要な IVR 撮影技術について ①IVR における放射線被ばくを、患者に説明するための知識 ②デバイス保持など、術者に近い場所で業務を行うため、より迅速に照射線量をコントロールし、状況に応じた適切な画像を提供する技術 ③動脈路に造影剤注入装置を接続することに関連し、シーンに応じた最適な造影剤注入条件の提案を行うための知識を取り上げ、診療放射線技師(技師)の血管撮影業務についてディスカッションができればと考える。

#### 2. IVR における放射線被ばくを、患者に説明するための知識

単純 X 線検査と比べ、患者皮膚被ばく線量が高い血管造影領域においては、とくに技師による患者説明が必要と考える。血管撮影業務においては、目的とする部位や治療方法によりワーキングアングル(アングル)が決定される。これは頭部、腹部、心臓すべての領域で共通する事で、決められたアングルによって局所被ばく線量が高くなり、脱毛や皮膚障害を引き起こす可能性がある。そのため、技師は予定する治療部位や方法からアングルを想定し、局所被ばく線量が起こりうる部位や最大線量をあらかじめ予想できる知識を必要とする。更に経皮的冠動脈インターベンション(PCI)では、治療部位によって異なるアングルを選択できることがあり、局所被ばくを低減できるため、そのような技術を理解しておく必要がある。

#### 3. デバイス保持など術者に近い場所で業務を行うため、より迅速に照射線量をコントロールし、状況に応じた適切な画像を提供する技術

清潔野でデバイスの保持を行うことにより、よりリアルタイムに診断および治療の流れを把握することが可能となる。血管撮影業務の治療においては、シース挿入から始まり、ガイドワイヤーを先行させ、親カテの挿入からマイクロカテーテル、治療部位への薬剤投与や治療デバイスのデリバリと、より細かく、難易度の高い作業に移行していく。そのため、それぞれのシーンに応じた画質設定が必要となり、技師はリアルタイムに照射線量を調整することで、検査、治療単位での被ばく適正管理を実施しなければならない。

#### 4. 動脈路に造影剤注入装置を接続することに関連し、シーンに応じた最適な造影剤注入条件の提案を行うための知識

血管造影検査、治療における適切な造影剤注入条件の決定は、非常に重要である。低浸透圧造影剤で、頭部の外頸動脈や下肢末梢血管を行う際には等浸透圧造影剤を用いたり、希釈造影剤を用いたりすることで、患者の熱感や疼痛を軽減することが出来るとされている。近年では、血管造影装置の性能が向上したことで、希釈造影剤でも比較的良好なコントラストを得ることが出来る。

また、脳血管や肝動脈血管のコーンビームCT撮影では、血管の詳細な3D画像を得ることが出来たり、病変と治療デバイスの位置関係や腫瘍への薬剤分布を可視化したりすることが可能である。それらの画質は、造影剤の注入条件やデータ収集後の再構成条件によって大きく左右される。シーンに応じた造影剤注入条件を施行医に提案し、適切な指示につなげてもらえるようにすることも、技師の役目であると考ええる。

#### 5. まとめ

技師は、放射線線量・被ばく管理や放射線機器操作・管理、画像作成のプロフェッショナルである。タスク・シフト/シェアにより、医師と技師の持つ専門性を今まで以上に強く連携できる機会を得たと考える。多職種との協働により、技師がこれまで実践してきた技術を、より患者に見える形で提供できればと思う。

#### 参考文献

- 1) 厚生労働省. 医師の働き方改革を進めるためのタスク・シフト/シェアの推進に関する検討会.  
<https://www.mhlw.go.jp/content/10801000/000737079.pdf> (2023.12.25)
- 2) Bor D, Olğar T, Toklu T, et al. Patient doses and dosimetric evaluations in interventional cardiology. *Phys Med.* 25(1):31-42
- 3) Mitsuyoshi Y, Shinichiro S, Noritaka S, et al. Optimal dilution of contrast material for three-dimensional cone-beam computed tomography of the hepatic artery. *JSIR.* 33(4):390-397
- 4) Shogo Y, Yusuke H, Satoru K, et al. Fundamental Study on the Evaluation of the Vascular Lumen after Carotid Artery Stenting Using 3D-rotational Angiography with Diluted Contrast Medium. *Journal of Neuroendovascular Therapy.* 12(1):20-28

## 『支援技術の向上に向けた現場での取り組み』

The Approach for Improvement of Assistive Techniques in IVR

倉敷中央病院

中川 忍

### 1. はじめに

2021年9月30日付 医政発0930第16号 厚生労働省医政局長通知「現行制度の下で実施可能な範囲におけるタスクシフト・シェアの推進について」において、動脈路に造影剤注入装置を接続する行為、放射線造影検査時の造影剤の投与、血管造影・画像下治療（IVR）における補助行為が血管造影・IVR領域での現行制度の下で、医師の指示により診療放射線技師が可能な業務として通知された。また、厚生労働科学研究成果データベースの医療専門職の実態把握に関する研究データより、今後の医療技術職は人員過剰となる事が示唆されており、医師の働き方改革におけるタスクシフトの業務拡大は可能と考えられると結論付けている。当院の医療技術部門では業務を明確化し、拡大すべき業務は拡大し自部署の仕事をしっかり確保しておく必要があるとの考えを共有している。

### 2. 背景

当院の血管造影検査室では2009年頃より、循環器内科施行の心カテにおいて診療放射線技師の現場参入を撤退していた経緯を持つ。しかし、2023年5月より医師のタスクシフト・シェアの試みでPCIにおいて清潔野でのアシスト業務を開始した。

### 3. 目的

新たにPCIの清潔野アシスト業務を行うにあたり、現場教育における取組みと課題、支援技術の向上などの効果を報告する。

### 4. 方法・報告

当院では従来、PCIの清潔野補助業務を医師の人員不足時に臨床検査技師や臨床工学技士の上席が担って来た。診療放射線技師も参入するにあたり、担当を血管造影検査室専属技師4名と中期ローテーター2名として研修をスタートさせた。他職種と業務をシェアする為に意見交換、問題の解決・改善を検討するミーティングを定期的に行っている。そこでは、清潔野アシスト業務を行うのは中堅医師がメインオペレーターの定期的なPCIに限り、血行動態等が不安定な緊急PCIは行わない事。各医師によりデバイス準備の作法が異なる為に統一を求める事。業務マニュアルや独り立ちの目安となる力量評価表を作成して後進の育成に努める事などが取り決められている。診療放射線技師が清潔野アシスト業務を習得する為に要する時間は、日常より心カテ検査・PCIを行う血管造影検査室内に身を置く他職種に比べ、普段は現場にいない我々は圧倒的に長期間に及ぶと考えられる。多くのデバイスの準備、操作方法を観察し深く理解し得る機会に乏しい為である。出来る限り多くの時間を検査室内で清潔野アシスト業務習得に費やしたいが積極的な動きをとれていないのが現状である。定期的なPCI件数の減少も要因の一つに挙げられるが、最大の要因は人員不足にある。昨今の感染症による放射線技術部全体での人員不足。カテ記録システムの更新、脳神経外科と小児科が主に使用するHBORの新規稼働、放射線技術部内の部署移動である短期及び中期ローテーションの時期が重なり日常業務の指導に人員を割かれるなど他業務

の習得が急がれた為である。また習得に時間を要する一因として6名の担当技師を1週間交代でローテーションさせて業務習得を目指している事も挙げられる。やっと覚えた業務内容も次回の担当週にはすっかり忘れていたような事も起こる。1~2名の少人数を集中して教育する事も考えはしたが、後の教育現場に指導担当の放射線技師と習いの放射線技師2名を配置する人間的な余裕はなく、教育は医師をはじめ他職種の上席技師に頼る他ない。このような状況を克服し、新たな業務であるPCIの清潔野アシストをより迅速に習得するためには動画マニュアルの作成と練習用の不潔デバイスの調達が最も有用だと考えている。時間を見つけては動画マニュアルを鑑賞し、スタッフ間で作業内容を確認し合う。疑問点があれば他職種に回答を求める同僚の姿を目にすると頼もしい限りである。また、少しハードルの低い手技である下肢動脈PTAや腎臓内科医師施行のシャントPTAから清潔物品の取り扱いに慣れる事も有用だと思われる。現状、診療放射線技師の清潔野アシスト業務の教育は医師をはじめ他職種の負担を強いて成立している。他職種に面倒を掛けているが造影剤の注入等で重宝される事もある。その様な小さな良事を糧に早くチーム医療に貢献できるように努めたい。

## 5.効果

以前より心カテ画像のquantitative coronary angiography (QCA)を行ってきたが、検査室内で治療に、より積極的に参加する事で術者の戦略をより理解した上でQCA業務を行える様になった。また、冠動脈狭窄の機能的重症度視標である冠血流予備量比(FFR: Fractional flow reserve)の測定経験は、今までも解析業務を担当してきたFFR-CTやFFR-ANGIOの解析結果を安心して提供できる有用な裏付けともなる。検査室内では放射線防護に関する支援はもとより、今まで他職種では行えていなかったX線装置のアプリケーションの有効活用が可能となる。医師の求める画像をCTやMRI画像の他モダリティからも選別し、術中に検査室内の大型モニターに提示するなどの画像支援や過去画像を参考にしたワーキングアングルの提言なども積極的に行える様になる。心カテで培ったIVUS・OCT等の血管内イメージングの操作、診断が出来る事で、小児・脳外・心外科がIVR時に施行する際も現場に貢献出来る様になると考える。

## 6.まとめ

現状、清潔野アシスト業務を担当する血管造影検査室専属の技師4名は50歳以上である。次世代の後進の育成が急務であり、それには完成度の高いマニュアル作りをはじめとする環境整備が必要である。また、新人にとって多職種でのチーム医療の現場に足を踏み入れる事は敷居が高く、容易な事ではない。まずはカテ室で働く多職種の良好な関係性を築く事が重要である。出来るだけ敷居を低くし、信頼のおける仲間と担うチーム医療の現場を確保する。そして、魅力的な部署である事を放射線技術部内に発信し、血管造影検査室で業務したいと思う若い技師を増やす努力が必要である。今後は志を高く持った若い診療放射線技師が検査室内で活躍する将来を早期に現実のものにすべく布石を打ちたい。

## 参考文献

- 1) 医政発0930第16号 厚生労働省医政局長通知「現行制度の下で実施可能な範囲におけるタスクシフト・シェアの推進について」
- 2) 厚生労働科学研究成果データベース 令和4年度厚生労働行政推進調査事業費補助金(地域医療基盤開発推進研究事業) 統括研究報告書「医療専門職の実態把握に関する研究データ」研究代表者 小野孝二(東京医療保健大学 教授)

『清潔野で求められる術者支援業務の技術と課題』

Techniques and Issues for Operator Support Work Required in Sterilize Area

千葉西総合病院

齋藤 瑠那

1. はじめに

診療放射線技師法施行規則第15条2の改正により、医師の指示のもと、診療放射線技師が動脈路に造影剤注入装置を接続および操作する行為が可能になった。医師から診療放射線技師へのタスクシフトを経て、これから診療放射線技師全体の更なる知識およびスキルアップが求められるだろう。当院では、タスクシフト/シェア時代以前から術者支援業務(セカンド業務)を行ってきた。本公演では、実際の術者支援業務内容の提示と、清潔野に立つ若手技師としての心構えや課題の共有を目的とする。

2. 千葉西総合病院カテーテルセンター

当院は日本一の「心カテーテル治療数」を誇り、日々数多くの冠動脈造影(CAG)や経皮的冠動脈形成術(PTCA)を実施している。カテーテルセンターには6台のバイブレーション血管撮影装置があり、心臓カテーテルの他にも、埋め込みデバイスやアブレーション、頭頸部、腹部、四肢など様々な部位の検査・治療に対応している。診療放射線技師は主に循環器内科施行の手技において清潔野でセカンド業務を行っている。

3. セカンド業務の実際

現在、医師から診療放射線技師のタスクシフトに焦点が当てられているが、診療放射線技師は清潔にならずに、造影剤注入器の準備や管球操作を行なっているイメージがまだまだ強い。当院のカテーテル室では、診療放射線技師が清潔になり、医師の隣でセカンド業務を行う(Fig.1)。

心臓診断カテーテル検査での具体的な業務を示す。機械台の準備、消毒・清潔野展開、穿刺のため寝台高さ調整、ワイヤー追従、左右冠動脈の診断角度にフレミング、位置合わせ、造影剤注入速度・量の設定、血管走行に合わせたパンニングなどである。治療時には、病変部位にあったワーキングアングルの提案や、IVUS・OCTなどのデバイスの準備、バルーンとインデフレーターとの接続など多岐にわたる業務が追加される。

清潔野ではメモをとることはできないため、その場で頭と体に叩き込むしかない。検査や治療についての知識と清潔野での実践的な動きは全くの別物である。知識と技術を一致させていくまでが大変で、大半が苦勞することであると考え。そのため、当院のCAG・PTCAのセカンド業務の習得には約一年要する。習得に要する時間は、検査・治療数やモダリティの兼任など、施設ごとに環境が異なるため一概には言えないが、長く険しい道のりであると考えていただきたい。



Fig.1 清潔野の様子

#### 4. 診療放射線技師がセカンド業務を行う利点

診療放射線技師が清潔野でセカンド業務を行う利点は多く挙げられる。一手技に対する医師の数を減らせるため部屋数を展開できること、管球や寝台の細かい動作を省くことができるため医師が手技に集中できること、被ばく線量低減のための工夫（パネル―患者間距離短縮，不必要な透視・撮影の防止，放射線防護シールドの使用を促すなど）が容易になることなどである。

物品の準備などの手技補助業務は，他職種でもできる。診療放射線技師がセカンド業務を行う真の利点は，手技の補助業務をしながら透視線量や造影剤量低減に勤め，手技に使える時間を長く確保できることであると考える。

#### 5. 術者支援業務の心構え

当院では，医師，診療放射線技師，看護師，臨床工学技士が一つのチームとなり，それぞれの業種がプロフェッショナルとしての自覚を持って症例に向かっている。手技中の医師とコ・メディカルの意見交換は，手技を安全且つ円滑に進めるために重要である。実際に，コ・メディカルの意見や指摘から手技が良い方向に転換したことを数多く経験し，意見交換の重要性を痛感している。

私は普段，医師が手技に集中できる心地よい環境を作ることを意識している。常に医師が必要とすることにアンテナを張り，医師の言葉や手技から汲み取って，痒いところに手が届くような動きをすることを心がけている。医師から「ありがとう」と言われた時は非常に嬉しく，やりがいに繋がる。

医師によって，手技に十人十色な特徴がある。例えば，穿刺する時の寝台の高さ，手技のスピード，カニキュレーション時の透視画面のインチサイズ，ワーキングアングルの組み合わせなど数多く挙げられる。先に述べた心地よい環境を作るため，自分が医師の手技スタイルに柔軟に対応することが大切である。

#### 6. 当院循環器内科医が考えるタスクシフトの利点と欠点

これまでは診療放射線技師目線の意見を述べてきたが，実際に隣で手技している医師目線の意見を聞くことで，今後の課題が見えてくるのではないかと考えた。そこで，当院の循環器内科医に，診療放射線技師がセカンド業務に就くことの利点と欠点を聞いた。

利点を二つ挙げる。一つ目は，血管撮影装置のプロトコルやアプリケーションについての知識を手技に反映することができ，医師の安全且つ正確な手技の一助となること。

二つ目は，冠動脈造影 CT (VR・CPR) についての知識があるため，治療部位による手技の見通しを立て易いこと。当院では，検査・治療前に冠動脈造影 CT (VR・CPR) の画像を手技に入るチームで共有している。手技の流れをチームで把握することで，円滑に進めることができている。

欠点として，若手医師がオペレーターを務める際，個々の血管走行によるワーキングアングルの検討など，診療放射線技師任せにしてしまう分野が多くなっていることが挙げられた。管球角度と描出血管のイメージは，実際に装置に触れることで養われていく。今後，医師が血管撮影装置を操作する機会が減るということは，これまで装置に触れることで身につけていた感覚や知識を得づらくなってしまおうという問題が出てくるであろう。

#### 7. おわりに

清潔野でセカンド業務を行う診療放射線技師に求められていることは，手技を円滑に進めるための正確な手

技補助業務を行うことに加え、血管撮影装置や造影剤注入装置などについての専門的な知識を手技に反映させ、医師をアシストすることである。

血管撮影・IVR における診療放射線技師の需要が高まることで、より近くにカテーテル検査・治療を感じられる。負担や責任も多いが、何より「やりがい」を持って働くことができる。血管撮影・IVR のセカンド業務を通し、診療放射線技師のプロフェッショナルとしての意識の向上が見込まれ、質の高い医療の提供に繋がる。

本公演が、これからセカンド業務に挑戦する方々が、「私にもできそう、やってみたい」と思う一助となれば幸いである。

## 8. 参考文献

- 1) 手術数でわかるいい病院 2023. 朝日新聞出版, 2023, 532p. p292-299

## 『新時代を見据えた CT 検査の実践』

A Far-sighted Practice of CT Exams

岐阜大学 放射線科

野田 佳史

### 1. はじめに

CT 装置の進化はハード面、ソフト面双方でとどまることを知らず、数年前の画質にはもう戻れないのでは、とさえ思わせる。特に deep-learning image reconstruction (DLIR) の登場は日常臨床に大きなインパクトを与えた。若手の医局員は、DLIR で再構成を行っていない画像はすべて“きたない”画像である印象を抱く。なんとも贅沢な話だが、ここ数年でそれほどまでに画質が向上しているのだ。

とりわけ、Dual-energy CT 撮像の自由度が大きく変化している。日常臨床では基本的に仮想単色 X 線画像を読影するわけだが、Dual-energy CT のポテンシャルを引き出すためには、やはり 40 keV 等のいわゆる低 keV 画像を使用したい。低 keV 画像では、造影コントラストが増強することはよく知られた話であるが、一方でノイズの上昇が臨床での実践に待ったをかけていた。しかし、DLIR の登場により、臆することなく 40 keV 画像を臨床で使用することができるようになってきている。その他、造影コントラストの増強を逆手に取った造影剤減量プロトコルや、造影剤量据え置きで診断能・確診度向上を期待する、といった使い道等、様々な用途・目的に応じた検査の実践ができる時代に突入している。

近い将来必ずやってくる Photon-counting CT 時代は、この Dual-energy CT 時代に順応していないといきなり使いこなすことは困難であると感じている。本稿では当院での経験をもとに Dual-energy CT 検査の実践について概説する。なお、症例画像は著作権の関係上掲載していないため、参考文献から参照していただくと幸いである。

### 2. 造影剤減量

Single-energy CT の 120 kVp 画像と比較して、40 keV 画像では約 3.5 倍の造影増強効果を得ることができる。従って、ほぼ同じ CT 値を得るためには、40 keV では 70% 程度の造影剤減量が可能になる計算だ。中でも最も実践しやすいのは大動脈 CT angiography (CTA) である。40 keV 画像を使用することで 200 mgI/kg の造影剤量で問題なく大動脈 CTA を撮像できる<sup>[1]</sup>。

躯幹部造影 CT においては、少量の造影剤量ではさすがに腹部実質臓器濃染に影響が出るため、300 mgI/kg を限度に造影剤減量が可能と考えている。また、DLIR により造影剤のみならず、被ばくまで低減する“Double low-dose”プロトコルの実践も可能となった。Table 1 にそのパラメータを示す<sup>[2]</sup>。前述の通り造影剤量は 300 mgI/kg とし、noise index を 12.0 HU とすることで、従来の半分弱程度の被ばくとなるよう調節した。結果、CTDI<sub>vol</sub> は中央値で 10 mGy が 4mGy に、造影剤量は 115 mL から 68 mL まで減量できている。肝心の画質についても日常臨床では影響のない画質が達成できていると考える。

また、Dual-energy では Single-energy と比較してビームハードニング補正が効果的に働くため、その分造影効果が持ち上がる。一般的に門脈相における肝臓の濃染は単純 CT から 50 HU 以上上昇することが求められる。

そのため当院では Single-energy CT 時代 (120 kVp), 600 mgI/kg を使用造影剤量としていた。しかし、これと同様の濃染, 画質を求める場合, 120 kVp 相当とされる 65–70 keV 画像ではそれぞれ 400 mgI/kg, 500 mgI/kg で十分である<sup>13)</sup>。この様に, 積極的に造影剤減量を行う意思がなくとも, 造影剤を多少減量しておいた方が“見慣れた”画像になっている可能性すら示唆される。

Parameter	Standard-dose single-energy CT	Low-dose dual-energy CT
Tube voltage (kVp)	120	80/140
Noise index (HU)	7.0 for ASiR-V 40%	12.0 for ASiR-V 40%
Tube current (mA)	3D mA modulation	Variable (GSI Assist)
Beam collimation (mm)	0.625 mm × 128	0.625 mm × 128
Rotation time (s)	0.5	0.5
Pitch	0.508:1	0.984:1
Scan field-of-view (cm)	50	50
Display field-of-view (cm)	38	38
Reconstruction	ASiR-V 40% @ 120 kVp	DLIR-H @ 40 keV
Iodine dose (mgI/kg)	600	300

Table 1 : Standard-dose single energy CT と Double low-dose dual energy CT プロトコル (文献 2 より改変)

### 3. 診断能・確診度向上

低 keV 画像の使い道は造影剤減量のみではない。これまで同様, 600 mgI/kg のヨードを負荷して病変の視認性や診断能, 診断確診度を向上できる可能性がある。70 keV 画像と比較して 40 keV 画像では膵癌の視認性が向上したと報告されている<sup>14)</sup>。当時はまだ DLIR を使用できない時代であったが, それでも 40 keV が Best CNR を示していた。従って, DLIR を使用できる現在では, よりノイズ感のないきれいな 40 keV 画像を臨床使用できることになる。病変の視認性が向上すると, 診断能向上も期待できる。自験例では, 70 keV と比較して 40 keV 画像での膵癌診断能が正診率で 81%から 85%に向上している。特に経験年数の少ない, 若い放射線科医ではその効果が顕著であった。エキスパートの読影医に関しては診断能の向上までは至らなかったものの, 診断確診度の向上が確認された。

### 4. まとめ

このように, 日常臨床で使用してこそ Dual-energy CT の恩恵を受けることができると考えているため, 当院では基本的に (100 kg を超える高体重患者や小児を含む低体重患者を除く) 躯幹部造影 CT は Dual-energy で撮像している。今回は仮想単色 X 線画像, 特に低 keV 画像で可能となる事柄を中心に述べたが, 物質弁別画像等, まだまだ Dual-energy CT にはポテンシャルを感じている。来る Photon-counting CT 時代に向けて, Dual-energy CT 時代に様々な検討をやり尽くしていきたい。

### 参考文献

1. Noda Y, Nakamura F, Kawamura T, et al. Deep-learning image-reconstruction algorithm for dual-energy CT angiography with reduced iodine dose: preliminary results. *Clin Radiol* 2022; 77:e138-e146
2. Noda Y, Kawai N, Kawamura T, et al. Radiation and iodine dose reduced thoraco-abdomino-pelvic dual-energy CT at 40 keV reconstructed with deep learning image reconstruction. *Br J Radiol* 2022; 95:20211163
3. Noda Y, Goshima S, Nakashima Y, et al. Iodine dose optimization in portal venous phase virtual monochromatic images of the abdomen: Prospective study on rapid kVp switching dual energy CT. *Eur J Radiol* 2020; 122:108746

4. Noda Y, Goshima S, Kaga T, et al. Virtual monochromatic image at lower energy level for assessing pancreatic ductal adenocarcinoma in fast kV-switching dual-energy CT. *Clin Radiol* 2020; 75:320 e317-320 e323

## 『Multi energy CT の臨床における有用性を探る』

### Exploration of the Clinical Utility of Multi-energy CT

座長：千葉市立海浜病院（撮影部会委員）高木 卓

国立がん研究センター中央病院（撮影部会委員）瓜倉 厚志

#### 1. はじめに

Dual energy CT (DECT) に代表される multi energy CT は、2006 年に DECT が臨床導入されてから、本学会においても多くの研究発表が行われ、装置の性能評価及び臨床における有用性について報告が行われてきた。また、2022 年には photon counting CT (PCCT) が臨床導入され、multi energy CT の臨床利用が今後より進むことが予想される。一方、臨床導入から 17 年以上経過した現状においても、適応疾患の選択や解析手法、撮像プロトコルを含めた標準化が進んでいないのが現状である。

#### 2. DECT の臨床利用

DECT では、異なる X 線エネルギーによって得られる物質固有の減弱係数の変化を利用して物質の弁別を可能とする技術であり、virtual monoenergetic / monochromatic imaging, effective atomic number map, electron density map, material decomposition, virtual non-contrast imaging, virtual non-calcium imaging など様々な画像の作成が可能である<sup>1)</sup>。全身のあらゆる部位で有用性が報告されているが、日常臨床への広範な導入は進んでいないのが現状である。その要因として、装置導入に伴うスイッチングコストや、DECT から作成される膨大な画像の発生、定量に対する信頼の問題、画質や被ばく線量など様々な課題が報告されている<sup>2)</sup>。今年 1 月に発刊された本学会監修の「X 線 CT 撮像ガイドライン～GALACTIC～改訂 3 版」においても、DECT の標準化を目指して様々な議論を行ったが、標準化とするエビデンスが十分ではなく、「DECT の有用性」を追加記載するに留まっているのが現状である。

#### 3. ワークショップの構成

今回のワークショップでは、DECT の臨床における有用性を整理するとともに、部位、疾患毎により有効かつ効率的な運用方法について議論を深めるとともに、PCCT の臨床における有用性についても取り上げていく予定である。ワークショップに先立ち、岐阜大学医学部附属病院の野田佳史先生より「新時代を見据えた CT 検査の実践」についてご講演を頂き、ワークショップでは「頭部」、「腹部」領域における DECT の活用法に関する講演と、最新の PCCT の技術の解説と臨床について講演を予定している。

#### 4. ワークショップへの期待

今回のワークショップを通じて、multi energy CT の臨床における有用性について会場の皆様とのディスカッションを行うことで multi energy CT の現在地を整理し、装置を保有する施設、もしくは装置導入を検討している施設で臨床導入に向けた検討を始める機会となることを期待する。

#### 参考文献

1)高木卓 編. X 線 CT 撮像ガイドライン～GALACTIC～改訂 3 版:オーム社, 東京, 2024

2) Megibow AJ. Clinical abdominal dual-energy CT: 15 years later. *Abdom Radiol*;2020(45):1198–201.

追記:JSRT-JCS 合同企画「CT による心臓評価の現在地」(13 日 16:00～17:30)においても、PCCT に関する講演が予定されていますので、ご参加をよろしくお願ひします。

## 『頭部領域における DECT の活用法』

Clinical Application of DECT in Neuro Images

秋田県立循環器・脳脊髄センター

大村 知己

### 1. 緒言

Dual Energy CT (DECT) は臨床的有用性について多くの論文で報告されるが、導入施設において日常診療の多くの場面で活用されているとは言い難く感じる。その理由は、診療の場において臨床的有用性が必ずしもメリットとして捉えられていない現状があるのではないかと考える。つまり、研究として有用性は示されながらも、診断や治療で本当に必要と感じるかは施設間で大きな差があるのではないかと考える。これまで DECT 技術に頼らずとも診断可能であった領域でも、現状の業務環境・ワークバランスを良くすることに重きを置いてみるのも一案であり、その結果、使い勝手の良さと認識され広くに活用につながる可能性もある。また、臨床的有用性は様々な診療目的において見出せる中、予後予測は重要な要素であり、DECT 技術の臨床応用においては現実的な活用方法と考える。ここでは、DECT の物質弁別技術において造影剤であるヨードやカルシウム成分を基準物質に、頭蓋内で高吸収を呈する血腫の表示・検出について活用を考えてみたい。

### 2. 骨除去技術の活用による血腫表示

画像診断ガイドラインでは、急性期の頭部外傷において、頭蓋内出血、脳挫傷、骨折の評価には CT 検査が有用とされる<sup>1)</sup>。中でも、硬膜下血腫は外傷で起きやすい疾患であり、受傷後の CT 検査において診断目的となる。急性硬膜下血腫では外傷後数分から数時間で症状が現れるため、画像所見も比較的検出しやすいと考える。一方、亜急性以降は数時間・数日かけて症状が現れるため、受傷後の CT 検査では少量の血腫が画像所見として捉えづらい場合も推察される。その理由として、硬膜下血腫では血腫が頭蓋骨に沿って分布し、少量の血腫では頭蓋骨との境界が判別できず、画像所見として検出しづらくなる。このため、硬膜下血腫の検出においては、ウィンドウ幅を広げて頭蓋骨と血腫のコントラスト差により検出することが一般的である。

このような状況において、ウィンドウ設定に頼ることなく骨除去技術 (bone removal; BR) を活用して血腫を観察しやすくすることが可能である。当施設で運用する 2 管球搭載型 CT 装置 (dual source CT; DSCT) では、高/低管電圧による基準物質の CT 値変化をもとに弁別が行われる。物質弁別において、2-material decomposition 法は 2 種類の基準物質を用い、主にヨードと骨・石灰化との分離に用いられる。骨とヨードでは、横軸に高/低管電圧による CT 値、縦軸に低管電圧による CT 値をとった座標上で、骨とヨードそれぞれの高/低管電圧の CT 値をプロットすると、濃度や密度による一定の傾きを持った分布を示す。これらの分布の境界に分離線を作成することで、骨・石灰化とヨードとの弁別が可能となる。

頭蓋内出血の可視化改善について、外傷患者の頭部 CT で DE BR アルゴリズムの有効性を評価した検証では、硬膜外/硬膜下出血 (28 症例) において BR CT は 28/28 (100%)、従来 CT は 17/28 (61%) の検出であった。BR CT は微小出血可視化に役立ち、特に骨に隣接する小さな頭蓋内出血の検出を改善しうると結論づけられている<sup>2)</sup>。BR CT を外傷の脳内血腫の検出において、従来画像の補助的な役割で活用することは日常診療において高いアドバンテージを持つと言える (Fig.1)。

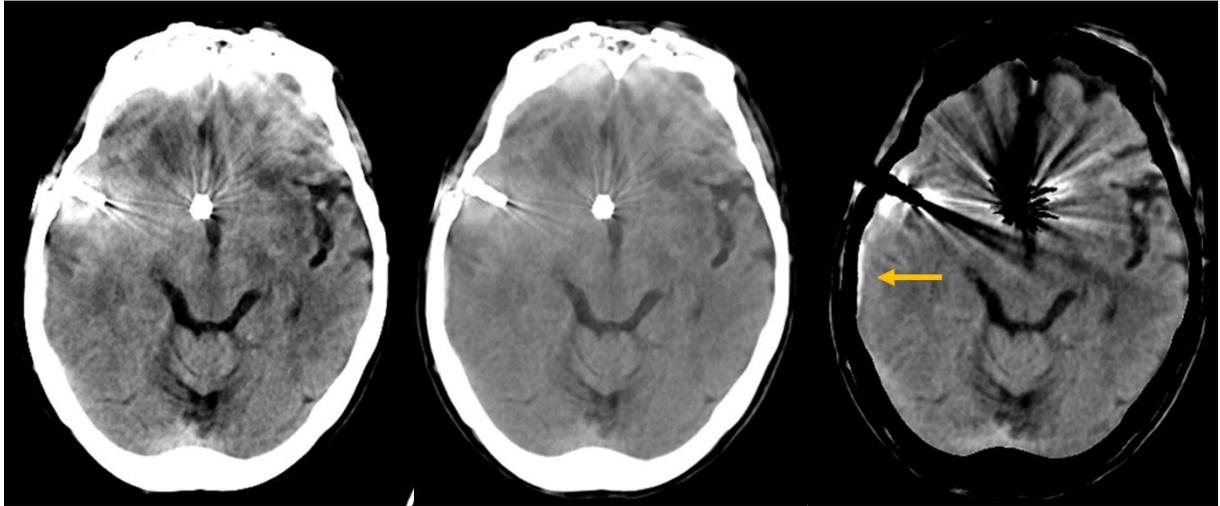


Fig.1 頭部外傷のBRCTによる血腫検出  
 左:120 kVp 相当画像(WW: 60), 中:120 kVp 相当画像(WW: 120), 右:BRCT

### 3. 心原性脳塞栓症の診断・予後予測における仮想非石灰化/非造影画像の活用

脳梗塞の診断では、MRI の拡散強調画像は梗塞巣の検出において高い感度を持ち<sup>3)</sup>、MRA では造影剤を用いずに閉塞血管の同定が可能である。画像診断ガイドラインでは、急性期脳梗塞患者に対する再灌流療法の適応決定において強く推奨される<sup>1)</sup>。一方で、頭部 CT 検査も同様に推奨され、ASPECTS を指標に早期虚血変化の領域を定量的に評価する手法が用いられる<sup>4)</sup>。心原性脳塞栓症は心腔内で形成された赤色血栓が、脳主幹動脈の閉塞をきたす疾患である。頭部 CT 検査では早期虚血変化の他に、高吸収化した血管内血栓が hyperdense artery sign (HAS) として観察される場合がある。HAS は脳主幹動脈の閉塞を診断するための重要な画像的指標であるが、動脈硬化による血管の石灰化が HAS の同定を困難にしていることもある。特に内頸動脈は頭蓋内血管の中では石灰化が多い領域であり<sup>5)</sup>、心原性脳塞栓症における脳主幹動脈閉塞部位の同定において、HAS と石灰化を明確に鑑別できることは治療方針の決定に有用な情報と考える。

DECT 技術において、3-material decomposition 法は 3 つの基準物質を設定して物質弁別を行う。DSCT では 2-material decomposition 法と同様に、高/低管電圧による基準物質の CT 値をもとに弁別が行われる。2 つの基準物質の管電圧変化による関係性に対して、ターゲットとする物質が持つ管電圧特性を規定し、その関係の強弱を仮想的にターゲットとする物質の CT 値変化として表示する。3-material decomposition 法において、ターゲットとする物質には軟部組織に対して高コントラストであり、かつ血腫との弁別に臨床的意義がある物質が用いられやすく、多くの有用性が報告される<sup>6,7)</sup>。HAS の同定においては、仮想非石灰化画像 (virtual non-calcium image; VNCA) が有用である。脳脊髄液と血腫の管電圧変化による関係性に対して石灰化の関係を量で表し、石灰化の実測が弱まり脳脊髄液と血腫の関係に最も近い画像が VNCA となる。VNCA は文字どおり、石灰化が仮想的ではあるが除去された画像であり、血栓の範囲、つまりは閉塞血管の同定が可能となる (Fig.2, 3)。

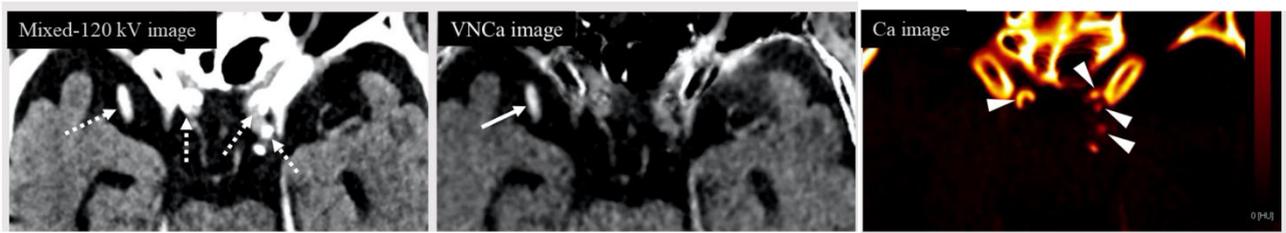


Fig.2 右中大脳動脈閉塞の VNCa 画像  
左:120 kVp 相当画像, 中:VNCa 画像, 右:Ca image

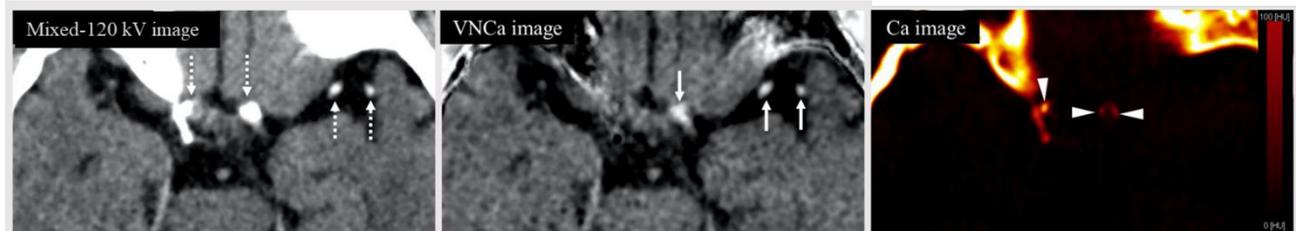


Fig.3 左内頸動脈閉塞の VNCa 画像  
左:120 kVp 相当画像, 中:VNCa 画像, 右:Ca image

心原性脳塞栓症では、適応がある患者には血栓回収療法が行われる。治療の詳細は割愛するが、血栓までステント型デバイス運び、ステントを展開・吸引も併せながら血栓を除去し、再開通を得る治療法である。心原性脳塞栓症において、血栓溶解剤の投薬のみ治療の患者群と比較して良好な予後が得られ有効性のある治療法であることが多施設共同研究で報告され、本邦でも関係ガイドラインで推奨される<sup>8)</sup>。一方で合併症としては、ガイドワイヤーなどでの血管穿孔によるくも膜下出血や脳出血、また、血栓溶解剤の併用・抗凝固薬の使用により血液の線溶系が亢進し、出血リスクが高まるとされる。術後に血管撮影装置で cone beam CT や頭部単純 CT を撮影すると高吸収域が見られ、この場合は出血領域の拡大を予見しながら周術期管理が行われる。一方で、高吸収域は血液脳関門の破綻によると推察される造影剤の血管外漏出である場合もあり、出血との鑑別が重要となる。

出血による血腫と造影剤の鑑別は、VNCa と同様に 3-material decomposition 法において可能となる (Fig.4)。造影剤を仮想的に除去した仮想非造影画像 (virtual non-contrast image; VNC) は、ターゲットの物質を Iodine とした 3-material decomposition 法であり、Iodine の定量化も可能である。術後 CT において、高吸収域は血腫・造影剤いずれかの場合もあるが、両者が混在した状況もあり得る。この場合、ヨードの定量値は出血の有無においてカットオフ値として用いることが可能であり、定量値の高さは出血発症・増大の予後予測を可能にするとされる<sup>9)</sup>。

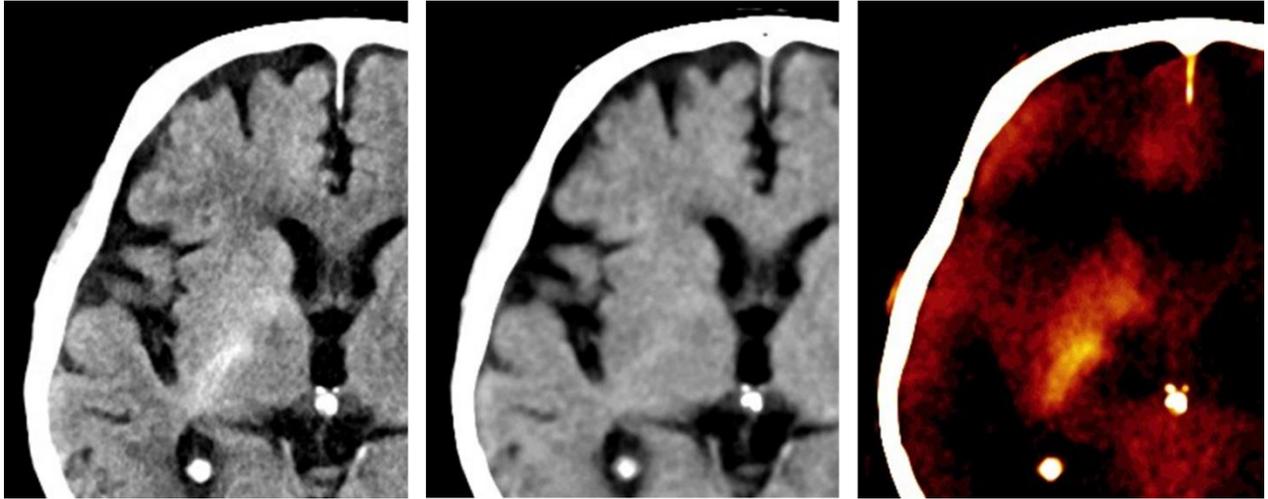


Fig.4 右中大脳動脈閉塞の血栓回収療法後の DECT 画像  
 左:120 kVp 相当画像, 中:VNC 画像, 右:Iodine map 画像

#### 4.まとめ

頭部領域における DECT の活用について, Iodine や骨・石灰化を基準物質に血腫の表示・検出について活用を解説した. DECT をストレスなく活用するためには, データ保管など運用面での問題も付きまとう. また, 収集方式の違いによる装置間の精度差は, 定量性に差を生じさせる. こうした問題は, まずは院内運用においてクリアするところから始め, 各施設の成功体験・取り組み・研究成果の集結により, 標準的な CT 技術として発展できると考える. 本稿が頭部領域での活用において, 少しでも役立つものになれば幸いである.

#### 参考文献

- 1) 画像診断ガイドライン 2021 版. 金原出版. 2021
- 2) Naruto N, et al. Emerg Radiol. 2018; 25(1): 29-33.
- 3) González RG, et al. Radiology. 1999; 210(1): 155-162.
- 4) Pexman JH, et al. AJNR Am J Neuroradiol.2001; 22(8): 1534-1542.
- 5) Savy LE, et al. Br J Radiol. 1996; 69(821): 394-401.
- 6) Hu R, et al. Radiology. 2016; 280(1): 177-183.
- 7) Naruto N, et al. Jpn J Radiol. 2018; 36(2): 69-80.
- 8) 経皮経管的脳血栓回収用機器適正使用指針第 4 版. 日本脳卒中学会, 日本脳神経外科学会, 日本脳神経血管内治療学会. 2020
- 9) Bonatti M. AJNR Am J Neuroradiol. 2018; 39(3): 441-447.

## 『腹部領域における DECT の活用法』

Take Advantage of DECT for Abdominal Images

岐阜大学医学部附属病院

三好 利治

### 1. はじめに

Dual energy CT (DECT) は臨床導入から 17 年以上経過し、基礎検討から臨床活用まで数多くの報告が世界的になされてきた。腹部領域の CT 検査においては、仮想単色 X 線画像 (Virtual Monoenergetic Imaging: VMI) を用いた、造影剤の減量や、診断能の向上の報告、物質弁別技術 (Material Decomposition: MD) を用いた報告では実質臓器や病変の組成解析など、CT の再構成画像に幅広い選択肢が診断するツールとして与えられた。今回、それらの腹部領域における活用法について当院で得られた研究データなどを元に紹介させていただきます。

### 2. 仮想単色 X 線画像 (Virtual Monoenergetic Imaging: VMI) の活用法

VMI は、装置の性能にもよるが、撮像した X 線のエネルギーを 40keV~200keV まで 1keV 刻みで変化させることが可能であり、腹部領域では低いエネルギー領域を活用する報告が多くされている。低いエネルギーになれば原子番号の高い物質である造影剤と、原子番号の低い物質である組織とのコントラストが上昇し、造影剤により濃染した組織と病変のコントラストが高くなり、経験の浅い診断医の病変描出能が上がるという報告がある。また従来同様のコントラストの画像を提供するのであれば、造影剤の減量が可能となり、40keV であれば 50% 以上の造影剤減量が可能という報告もある。このように 40keV の画像利点が多いように思えるが、実際には画像ノイズが上昇するという欠点も存在する。その影響を受けやすい骨盤部や大きい被写体では CNR が低下してしまうため、体格が大きい患者を対象とした海外論文では 50~55keV が多用されているのが現状である。現在は逐次近似や深層学習を用いた画像再構成が導入され始めており、臨床で用いることが可能な画質は担保されているため、日本人の体格であれば、40keV の画像が臨床に通常使用可能なレベルまで機器の発達が進んでいる。しかしながら、DECT 装置であっても装置のスペックによって画質に大きな差が出てしまっていることが問題点として残っており、DECT 普及の妨げの一因と言わざるを得ない。VMI においては、このような特徴を知ったうえで、造影剤をしっかりと投与して病変描出能の高い精査を行うか、造影剤の減量を行い患者さんの負担を軽減するのかを判断するという選択肢が発生してしまうことも事実で、DECT を活用するには私たち技術側が VMI の特徴をよく把握し臨床応用する必要がある。

### 3. 物質弁別技術 (Material Decomposition: MD) の活用法

DECT では、物質密度画像、実効原子番号画像、電子密度画像、仮想単純画像など、一回の Scan データから多種多様な MD 画像が作成可能である。この MD 画像が腹部領域で有用性が高いと言われる特徴は、全ての画像が同じ Scan データから作成されているということである。作成された多種多様な MD 画像は同じ Scan データであるため、画像間でのミスレジストレーションが生じない。患者さんの息止めが必須である腹部領域は、たとえ数秒の違いであっても、Scan が違えばミスレジストレーションが生じる可能性はある、同一 Scan データで多彩な情報や画像が取得できるのであれば、大袈裟に言えば違う種類の MD 画像の同じピクセルでの情報比較が可能ということになる。臨床活用としては病変と疑わしい部分の物質密度値、実効原子番号、電子密度な

ど計測することで、腫瘍の悪性度診断や、脂肪肝などの組織変化を捉えることが可能であるという報告が数多くされている。また、これらの計測方法についても、従来の関心領域内の平均値や標準偏差のみの計測値ではなく、関心領域内の記述統計量を算出し利用したり、RadiomicsのようにCTだけでなく多様な情報を統合的に解析し病変の正常を把握したりする手法も数多く報告されている。このような撮像技術や解析技術が早く臨床に普及し、患者さんの正確な病変情報が画像上で取得できるようになることが望まれる。

#### 4. まとめ

今回紹介させていただいたように DECT は腹部領域において有用性の高い技術を多く持っている装置ではあるが、国内ではその導入は進んでいないのが現状である。DECTを使用している施設としては、導入すれば何も問題のない装置であると感じているが、従来のCT装置から大きく変化する部分が多いため、使用する人の画像への理解不足や、漠然とした被ばく増加という考えが導入への足枷になっていると考える。「X線CT撮像ガイドライン～GALACTIC～改訂3版」においても、標準化とするまでには至らず、「DECTの有用性」を追加記載するに留まっているのが現状であるが、すでにPhoton Counting CT (PCCT)が臨床導入されCTの時代は次のステップへ進み始めており、今後のCT装置ではVMIやMDに対する理解を深めることが必須になっていくことが予想される。未来に向けてDECTでこれらの画像の知識を身につけ、臨床活用していくことで、PCCTが普及した時代になるまでCT画像の変化に対応していくことが可能であると考えられる。

#### 参考文献

- 1) Sharon Z Adam. et al. Spectral CT of the abdomen: Where are we now? Insights Imaging. 2021 Sep 27;12(1):138.
- 2) Noda Y. et al. Advantages and disadvantages of single-source dual-energy whole-body CT angiography with 50% reduced iodine dose at 40 keV reconstruction. Br J Radiol. 2021 May 1; 94(1121): 20201276.
- 3) William P Shuman. et al. Prospective comparison of dual-energy CT aortography using 70% reduced iodine dose versus single-energy CT aortography using standard iodine dose in the same patient. Abdom Radiol (NY). 2017 Mar;42(3):759-765.
- 4) Achille Mileto. et al. Dual-energy multidetector CT for the characterization of incidental adrenal nodules: diagnostic performance of contrast-enhanced material density analysis. Radiology. 2015 Feb;274(2):445-54.
- 5) Noda Y. et al. Assessing Chemotherapeutic Response in Pancreatic Ductal Adenocarcinoma: Histogram Analysis of Iodine Concentration and CT Number in Single-Source Dual-Energy CT. Am J Roentgenol. 2018 Dec;211(6):1221-1226.
- 6) 高木卓 編. X線CT撮像ガイドライン～GALACTIC～改訂3版:オーム社, 東京, 2024

## 『Photon counting CT 技術の基礎』

Basics of Photon Counting CT Technology

名古屋市立大学医学部附属みどり市民病院

大橋 一也

### 1. はじめに

コンピュータ断層撮影(CT)は、1970年代に始まり、絶え間ない技術開発を経て、今日では放射線診断の基幹となった成熟した放射線画像診断法です。そのスピードと正確な解剖学的表現力により、CTは高い評価を受けています。この発展の過程で、CTは純粋な形態学的画像診断技術から、組織灌流などの様々な機能的パラメータも含むように徐々に拡大してきました。デュアルエネルギーCTは、形態だけでなく機能情報も提供することで、臨床的価値を高め、さまざまな臨床応用をもたらしました。

現在のCTは成熟したモダリティですが、いくつかの制限も存在します。例えば、限られた空間分解能は冠状動脈などの小血管のCT血管造影(CTA)検査を妨げることがあり、血管内の石灰化プラークは実際よりも大きく見え、冠状動脈の狭窄が過大評価されることもあります。

フォトンカウンティング検出器は、非常に高い空間分解能でスペクトラル情報を持ったCTデータを提供することで、現在のCT検出器の制限を克服する可能性を秘めた新しいテクノロジーです。本ワークショップでは、フォトンカウンティング検出器CTの基本原則と、ファントム撮影で得られた基本性能について概説します。

### 2. 現在の固体シンチレーション検出器の特性

フォトンカウンティング検出器の特性を理解するためには、最初に現在のすべての臨床用CTスキャナーで使用されている固体シンチレーション検出器の特性を理解することが重要です。固体シンチレーション検出器は、裏面にフォトダイオードが取り付けられたシンチレータ(酸化ガドリニウムやオキシ硫化ガドリニウム GOS など)で作られ、一辺の長さが0.8~1 mmの個々の検出器セルで構成されます<sup>1)</sup>。

X線はシンチレータで可視光を発生させ、フォトダイオードによって検出され、電流に変換されます。その後、一定時間の積分を経て計測データが収集されます。このため、エネルギー積分型検出器(Energy integrating detector: EID)と呼ばれています。個々の検出器セルは、光学的クロストークを防ぐために光学的に不透明なリフレクタによって分離されています。これらの層は約0.1 mmの最小幅を持ち、検出器の幾何学的線量効率を低下させます。シンチレータのサイズを大幅に縮小して空間分解能を高めると、シンチレータに対するリフレクタの割合が多くなり、その結果、幾何学的効率がさらに低下します。したがって、固体シンチレーション検出器の空間分解能を現在のパフォーマンスレベルを超えて向上させることには課題があります。

### 3. フォトンカウンティング検出器の特性

フォトンカウンティング検出器は、テルル化カドミウム(CdTe)、テルル化カドミウム亜鉛(CZT)、シリコン(Si)などの半導体で構成されています。材料によって異なりますが、検出器は1.4~30 mmの厚さの半導体層で構成されています。CdTeベースおよびCZTベースのCT検出器は、原子番号が高いため薄層でも十分です。一方、Siは原子番号が低く、医療用CTにおけるX線エネルギー範囲での吸収効率が低いため、厚い層が必要です。

このレビューでは、臨床用として初のフォトンカウンティング CT であるシーメンス社製 NAEOTOM Alpha に搭載されている CdTe ベースのフォトンカウンティング検出器について解説します。

半導体層の上部には陰極があり、下部にはピクセル化された陽極電極が配置され、その間に高電圧(800～1000 V)が印加されます。X 線が吸収されると、結晶内で荷電雲(チャージクラウド)が発生します。このチャージクラウドには、入射 X 線のエネルギーに比例した数の正孔と電子が含まれており、電界によってアノード電極に掃引された電子のチャージクラウドをパルス電流として検出します<sup>2)</sup>。これらのパルスを電圧のパルスとして計測することで、それぞれの X 線フォトンが保持していたエネルギーを測定できます。シーメンス社製 NAEOTOM Alpha では、このパルスを 4 つの閾値のエネルギー bin として測定しています。また、25 keV 未満のエネルギー領域には電気ノイズなど不要な情報が含まれるため、電気系のノイズを除去するために最低閾値を 20～25 keV に設定することで電気ノイズの除去が可能です<sup>1)</sup>。

#### 4. フォトンカウンティング検出器の課題

境界の近くで吸収された X 線によって生成された電流パルスは、隣接する検出器セル間で分割されます(チャージシェアリング)。これにより、高エネルギー X 線フォトンが、誤った低エネルギーカウントとして計測されることがあります<sup>3)</sup>。

Cd と Te の K エッジはそれぞれ 26.7 と 31.8 keV であり、高エネルギー X 線フォトンが入射した場合には特性 X 線が放出されます。この特性 X 線が再吸収され、検出器セル自体または隣接する検出器セルでカウントされることがあります。その結果、高エネルギー X 線フォトンが再び誤って低エネルギーカウントとして計測され、スペクトル分離と空間分解能が低下します(K エスケープ)<sup>1)</sup>。

検出器ピクセルのサイズを大きくすると、スペクトル分離が改善されます<sup>1)</sup>。これは、チャージシェアリングや K エスケープなどの境界効果が検出器信号全体に与える影響が少なくなるためです。ただし、検出器のピクセルが大きすぎると、多くの X 線フォトンが一度に入射し個別にカウントされなくなります。これにより、重なり合うパルスが高いエネルギーでのみ 1 回のヒットとしてカウントされ、パルスパイルアップが生じます<sup>1)</sup>。この現象は非線形の検出器カウント率を引き起こし、最終的には検出器の飽和につながります<sup>4)</sup>。パルスパイルアップ、チャージシェアリング、および K エスケープのバランスを取るための最適な検出器セルサイズを見つけることは、フォトンカウンティング検出器の設計において最も困難な作業の 1 つとされています。

#### 5. まとめ

本ワークショップでは、分解能、スペクトラルイメージング、パルスパイルアップについての実験結果を基に解説したが、臨床利用する上で問題となるような制限はなく、高いパフォーマンスを示した。

フォトンカウンティング CT を臨床に広く定着させるためには、その技術的能力を示すだけではなく、診断精度と診断の信頼性に影響を与え、理想的には患者の臨床管理を変えることを示す必要がある。われわれは、さらなる研究によって、その真の可能性が明らかになるであろう発展のたった始まりに過ぎないと考えます。

#### 参考文献

- 1) Flohr T, Petersilka M, Henning A, et al. Photon-counting CT review. *Phys Med.* 2020;79:126-136.
- 2) Flohr T, Schmidt B. Technical Basics and Clinical Benefits of Photon-Counting CT. *Invest Radiol.* 2023;58(7):441-450.

- 3) Tao A, Huang R, Tao S, et al. Dual-source photon counting detector CT with a tin filter: a phantom study on iodine quantification performance. *Phys Med Biol.* 2019;64(11):115019.
- 4) Willemink MJ, Grist TM. Counting Photons: The Next Era for CT Imaging?. *Radiology.* 2022;303(1):139-140.

## 『Photon counting CT の臨床』

Photon Counting CT in Clinical Practice

大阪大学医学部附属病院

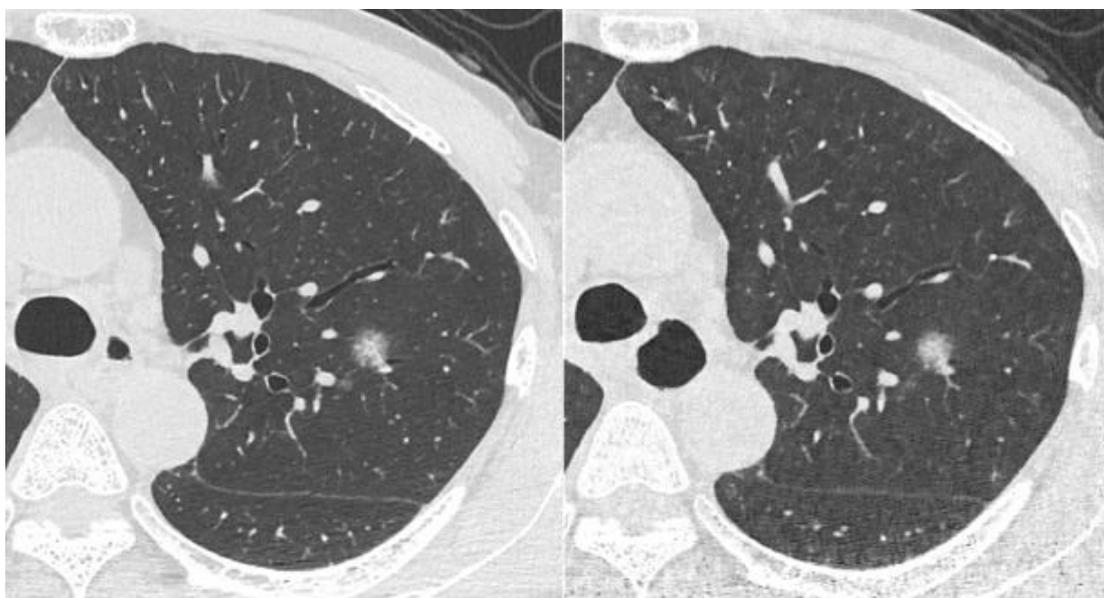
川畑 秀一

### 1. はじめに

PID-CT (Photon counting detector-CT) は検出器に亜鉛テルル化カドミウム(CdTe)を素子として用いる事で、従来のEID-CT (Energy integrating detector-CT) で必要としていた隔壁構造を不要とし、高分解能撮影が可能となった。さらに、X線光子を直接電気信号に変換する事で電気ノイズが除去されSNRの向上も実現している。また、PCD-CTでは失われていたX線光子が保持するエネルギーを波高パルスとして計測し、個々に光子をカウントすることで、撮影画像よりスペクトル解析 (Monoenergetic PlusやQuantum PURE Lumen, PURE Calcium, Iodine map) 画像の作成が可能になっている。従来のEID-CTでも、高精細CTやDual-energy CTは臨床において様々な恩恵を与えてくれたが、シーメンス社製「NAEOTOM Alpha」は高分解能とスペクトラルの二つの撮影を同時に達成できる唯一の臨床機として登場した。今回、『Photon counting CTの臨床』とテーマについて高分解能撮影とスペクトラル撮影を臨床撮影にどのように力を発揮するか検討したい。

### 2. 高速撮影

高分解能を実施する上では、もちろん微小な病変や血管の末梢構造を描出する事が重要であり、「NAEOTOM Alpha」は、通常の0.4mmの512×512のマトリクスサイズでの撮影 Standard Resolution モード (SR)と体軸方向の最小スライス厚0.2mm、面内分解能が0.11 mmを可能とした高分解能な撮影モード Ultra-High Resolution モード (UHR) があり、画像マトリクスサイズも1024×1024再構成を可能としている。臨床症例においては、肺野のすりガラス影や微小な肺結節などの診断においては高分解能な画像は必須である。当院でも、



A

Fig.1 撮影モードの違い  
(A: UHR モード B:SR モード)

EID-CT による高精細撮影を行ってきたが、薄いスライス厚で撮影する為撮影時間が延長しやすくなり、重度の肺疾患や高齢の患者では呼吸停止が困難でその良さを発揮できない場面もあった。しかし、「NAEOTOM Alpha」は 2 管球撮影搭載型のフotonカウンティング CT であり、特に 2 管球を使った高ピッチの Flash 撮影では高分解能かつ短時間撮影を可能としている。当院での胸部撮影はこの高ピッチ Flash スキャンを積極的に行っており、Flash 撮影モードにも高分解能な UHR と SR のスキャンモードによる画像の比較を示す。(Fig.1)

UHR は肺野病変並びに末梢気管支までもボケの影響を少なくできているとともに、画像ノイズも低減できている。さらには、チャージシェアリングの影響により SNR の向上も考えられる。

### 3. 高分解能撮影

大前根動脈(The Artery of Adamkiewicz : AKA)は肋間動脈脊髄枝である前根髄動脈のうち、胸腹部領域の脊髄神経の主要な影響血管である。「大動脈瘤・大動脈解離診療ガイドライン(2020 年改訂版)」では胸部下行大動脈瘤(Thoracic Aortic Aneurysm: TAA)および腹部大動脈瘤(Abdominal Aortic Aneurysm: AAA)の手術後における脊髄虚血の合併症の発生率は 4%と報告されている。AKA の同定は術前の planning に重要である。造影 CT や MRI などの画像検査は非侵襲的に AKA の同定が可能なモダリティとして有効である。しかし、CT における問題点として、AKA は X 線吸収の高い椎体の骨近傍を走行する事から Contrast-to-Noise-Ratio(CNR)の低下や太さとしては 1 mm以下の血管径から高い造影効果を求められ高圧での造影剤注入条件が必須となる。しかし、経静脈造影では、体内の血液と循環によって造影効果にも限界があるこれまで AKA の hairpin turn において高い描出を報告した事例はいくつかあるが、血管の連続性を確認するには困難を要する。

当院でも AKA の同定を検査目的とした依頼もあるが、これといったプロトコールは決まっていなかった。患者背景としても比較的高齢な患者も多く、そもそも末梢血管のルート確保も困難な症例や高圧での注入ができない患者もおおい。「NAEOTOM Alpha」は、UHR モードでこれまでの EID-CT より非常に高精細な画像を取得できるとともにノイズの影響も低減できるため、AKA の描出と非常に相性の良い CT 装置である。当院での撮影症例を提示する。この症例では、大動脈瘤の術前 CT を依頼され体幹部の血管評価を行った症例である。再構成条件(スライス:0.2 mm/0.1 mm, Kernel:Qr80, QIR:4, T3D, matrix size:1024×1024)での画像をお示しする(Fig.2)。前脊椎動脈との合流するところで hairpin turn が明瞭に描出されてた画像であり、肋間動脈への連続性も確認できた。このようにフotonカウンティング CT では、1 mm以下の血管も MIP 画像を使用せずとも十分観察でき、これまでの CT よりも十分診断能が向上している事がわかる。

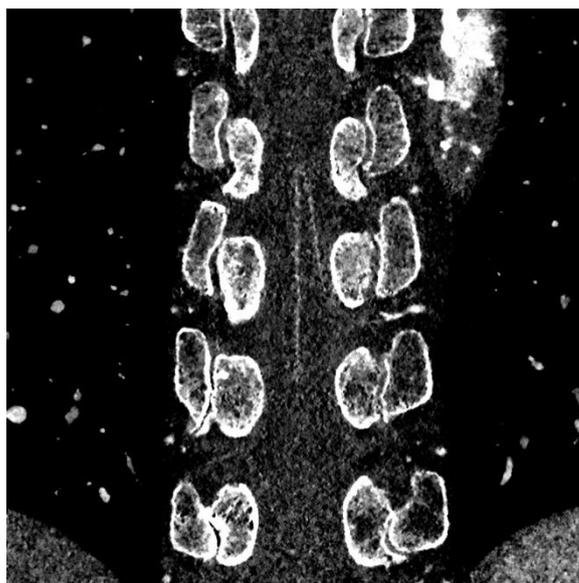


Fig.2 UHR 画像における AKA の評価  
(Kernel:Qr80 QIR:4)

また、血管以外においても整形領域などの四肢撮影なども、これまでのEID-CTと比べ分解能が大きく向上している。骨の評価においては、可能な限り空間分解能を向上させるためにも、焦点サイズを小焦点での撮影を行う事でよりボケの影響を少なくできる。「NAEOTOM Alpha」は、「3種類の焦点サイズを使用しており、X線管球に

おける消費電力のワット数でS焦点(0.4mm×0.4mm), M焦点(0.6mm×0.7mm), L焦点(0.8mm×1.1mm)と変化する. UHRでの撮影を行う事で, S焦点またはM焦点が選択されるようになっている.

より高分解能な撮影を求めれば, S焦点をうまく活用する事でわずかな骨折の診断においても骨折線や関節面の粉砕の程度, 骨片の転移, 骨梁の状態において大きく視認性の向上が期待できる. また, UHRを使って撮影する事で, 使用できる再構成においても高分解能なKernelを使用できるようになり, Kernelの選択1つでも骨の見え方が変化する事がわかる(Fig.3).



Fig.3 再構成 Kernel の違い  
(A: Kernel Br84 B: Kernel Br72 )

#### 4. スペクトラル撮影

従来, 仮想単色 X 線画像を用いるには, もちろん Dual-energy モードでの撮影を選択して行うのが必須であり, 心臓などの同期を必要とする撮影部位での制限や小児撮影では, 被ばく線量の兼ね合いから Dual-energy 撮影よりも低管電圧撮影の方が用いられやすいとされる. フォトンカウンティング CT では, 撮影部位の制限なく, また小児検査においてもスペクトラル画像の取得が可能である.

肺塞栓症の診断では, Dual-energy 撮影によるヨードマップを用いる事で塞栓部位を示すとともに肺の血流低下領域を高い精度で画像化でき, 初期診断に役立つが, これまで肺尖部の領域においては, 肩や鎖骨下静脈の造影ムラによりストリークアーチファクトの影響を受け, 正しくヨードマップを反映させるのが苦手とされていたが, フォトンカウンティング CT では肺尖部においても高い精度でヨードマップを算出できる(Fig.4).

また, 小児検査においても Flash 撮影を用いる事で呼吸や体動の影響を減らし, Monoenergetic plus 画像により低 keV 画像を作成する事で少ない造影剤量でも十分コントラストを得る事ができる.

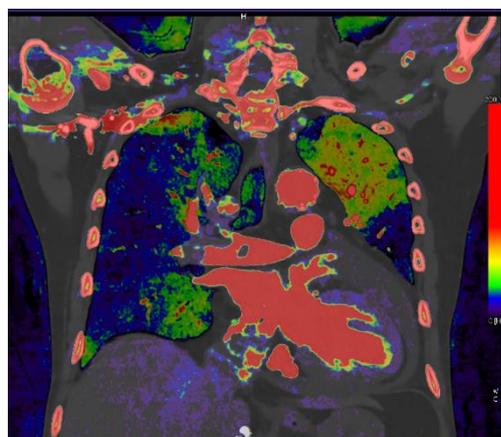


Fig.4 肺塞栓症患者におけるヨードマップ

#### 4. おわりに

我々フロンティア CT ユーザーは、今度の CT 検査がどのように発展するか考慮し、新たなビジョンをもちながらフロンティア CT の特性をよく理解した上でその技術をさらなる臨床に生かしていく必要があると考える。今回、様々な症例を供覧させていただいたが、フロンティア CT の可能性をさらに広げ知見を見い出す必要がある。

#### 参考文献

1)2020 年改訂版 大動脈瘤・大動脈解離診療ガイドライン

## 『中枢神経領域の高速 MRI 撮像の臨床応用』

Clinical Application of Fast Imaging Sequences for CNS

熊本大学大学院生命科学研究部

上谷 浩之

## 1. はじめに

近年、医学の進歩と共に脳腫瘍や脳血管障害、脱髄性疾患、認知症などの中枢神経系の診断に対する期待が高まり、その中で MRI は非侵襲的で詳細な観察が可能な重要なツールとなっている。診断能向上に寄与するような先進的な撮像法も開発されているが、撮像時間延長が問題となっており、適切なシーケンスを選択する必要がある。Parallel imaging や compressed sensing などの技術により高速撮像が可能となり、Deep learning-based reconstruction (DLR) を併用することで、画像ノイズを低減して signal-to-noise ratio (SNR) を向上させ、画質を保ったまま撮像時間短縮が可能となっている。しかし、高速撮像技術には SNR 低下や blur 出現に伴う微細構造の不明瞭化などのデメリットもあるため、検査目的に応じて使い分ける必要がある。そのため、検査をオーダーする臨床医や診療放射線技師、画像診断医が連携して、MRI 撮像の最適化を図ることが重要である。本セッションでは、中枢神経領域の疾患に焦点を当て、最新の MRI 高速撮像法による技術の進展と当院での臨床応用について報告する。

## 2. Fast 3D モードと DLR

Time-of-flight (TOF) MRA は脳血管障害などでルーチン撮影としている施設が多いと思われるが、比較的撮像時間が長いシーケンスである。Fast 3D は k-space の充填方法を工夫して高速撮像を行う技術で、MRA には k-space の中心から車軸状に信号収集を行う wheel mode が適している。Fast 3D を併用することで撮像時間を半分程度短縮することが可能であり、さらに DLR を併用することで SNR を低下させることなく、時間延長なく高空間分解能な画像を取得することも可能である。この技術は Arterial spin labeling 技術を用いた非造影 4D MRA にも応用が可能であり、動静脈奇形や硬膜動静脈瘻の診断にも積極的に活用している。最近では空間分解能向上とノイズ低減可能な高分解能 DLR (SR-DLR) も開発されており、併用することでトレードオフの関係にあった高空間分解能化と高速撮像化の両方が実現可能となった<sup>2)</sup>。Fast 3D には ITR 毎に 2 スライスエンコードを行う手法の multiple mode もあり、DLR や SR-DLR との併用が可能である。3D FLAIR や高分解能 T2WI に適しており、脱髄性疾患や脳腫瘍術後の経過観察、小脳橋角部腫瘍の経過観察などで使用している。

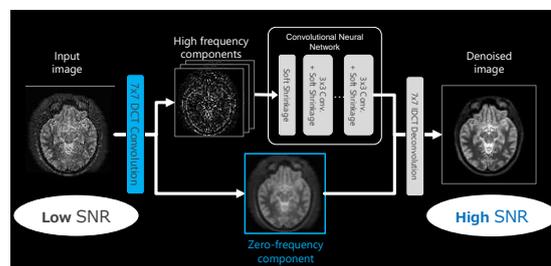


Fig.1 DLR (AiCE) のアーキテクチャー

## 3. compressed sensing と spiral シーケンス

compressed sensing は近年では多くのベンダーで使用が可能となっており、アンダーサンプリングと Wavelet 変換を用いることで高速撮像が可能となる。TOF-MRA や 3D FLAIR, double inversion recovery

(DIR), 高分解能 T2WI などの 3D 撮像に適しており, 脳血管障害や脳血管閉塞性疾患の経過観察, 脱髄性疾患, 脳腫瘍経過観察などで幅広く使用している. spiral 技術はらせん状にデータを収集することで体動に強く, SNR や空間分解能低下は compressed sensing や parallel imaging より少なく時間短縮が可能である. 磁化率アーチファクトの影響を受けやすいが, compressed sensing と併用することで TOF-MRA を 1/3 程度の時間で撮像することが可能であり, 末梢血管の描出に優れるという特性がある<sup>3)</sup>.

#### 4. Simultaneous multi-slice (SMS), Wave-CAIPINHA(Wave-CAIPI)

多断面同時励法である SMS は 2D 画像の撮像時間短縮で用いられることが多いが, 当院では脳腫瘍術前の神経路評価目的の Diffusion tensor imaging や, 複数の b 値で多軸の motion probing gradient が必要で撮像時間が長い Neurite Orientation Dispersion and Density Imaging 用の拡散強調画像でも使用している. Wave-CAIPI は parallel imaging の一種であり, CAIPINHA の応用版である. 周波数方向を corkscrew 状にサンプリングすることで g-factor の上昇を抑え, 画質劣化が少なく, 高速撮像が可能となる. TOF-MRA や磁化率強調像, 転移性脳腫瘍評価目的の 3DT1WI で有用性が報告されているが<sup>4)</sup>, 当院では 3D FLAIR で使用している.

#### 参考文献

1. Kidoh M, Shinoda K, Kitajima M, et al. Deep Learning Based Noise Reduction for Brain MR Imaging: Tests on Phantoms and Healthy Volunteers. *Magnetic resonance in medical sciences : MRMS : an official journal of Japan Society of Magnetic Resonance in Medicine* 2020;19:195-206
2. Hokamura M, Uetani H, Nakaura T, et al. Exploring the impact of super-resolution deep learning on MR angiography image quality. *Neuroradiology* 2024;66:217-226
3. Morita K, Uetani H, Nakaura T, et al. Accelerating TOF-MRA: The impact of the combined use of compressed sensitivity encoding and spiral imaging. *Magn Reson Imaging* 2023;103:28-36
4. Chung MS, Lee EJ, Kim S, et al. Wave-CAIPI susceptibility-weighted imaging achieves diagnostic performance comparable to conventional susceptibility-weighted imaging in half the scan time. *Eur Radiol* 2020;30:2182-2190

## 『MRIの高速撮像のあゆみ』

### Foot Step of High Speed MR Imaging

座長：新潟大学医歯学総合病院（撮影部会委員）金沢 勉

徳島文理大学（撮影部会委員）山村憲一郎

#### 1. はじめに

本邦でMRIが臨床応用されて40年が経過した。MRIの発展の歴史は、撮像時間の短縮と共にあゆんできたと言っても過言ではない。ハードウェア面で言えば、高感度な受信コイルの開発が行われ、より高い信号対雑音比(SNR)を得ることで撮像時間の短縮につながっている。また高磁場のMRIの登場により、やはり高いSNRを得ることで、同様に撮像時間の短縮につながっている。ソフトウェア面では、一度の励起パルスで複数の信号を収集するFast Spin Echo(FSE)法を初めとしたシーケンスの発展、またパラレルイメージングや圧縮センシングを用いた方法なども挙げられるが、いずれもk-spaceの埋め方を利用したものである。近年では、Deep Learning Reconstruction(DLR)を用いてノイズを除去する事で高いSNRの画像を取得し、結果的に撮像時間の短縮を得る方法が脚光を浴び始めている。本ワークショップでは、撮像時間の短縮技術の従来法から最新法を取り上げ、どのように技術が活用され、臨床利用されてきているかを議論する。

#### 2. ワークショップの構成

撮像時間の短縮を議論する前に、まずはk-spaceと撮像時間の短縮について基本的な知識の整理をしたうえで、今回は、「パラレルイメージング」「圧縮センシング」「DLR」について取り上げて議論をしていく。またワークショップに先駆けて高速撮像の応用により、臨床に与えるインパクトについて熊本大学病院の上谷浩之先生に講演を頂き、ワークショップにて「MRIの高速撮像のあゆみ」を紐解いていく。

##### ・教育講演

上谷 浩之	熊本大学病院	高速撮像の臨床応用
-------	--------	-----------

##### ・ワークショップ

中 孝文	川崎幸病院	k-spaceと撮像時間
高野 晋	東海大学医学部附属病院	パラレルイメージングの光と影
上山 毅	東京大学医学部附属病院	圧縮センシングの光と影
森田 康祐	熊本大学病院	高速撮像の最新技術

#### 3. ワークショップへの期待

今回、高速撮像のあゆみをテーマとしたが、MRIの歴史を知る事で現在の技術の理解が深まると考えている。なぜなら、新しい撮像技術のアイデアは必ず、従来の方法の問題点を基本として、問題点の改良や新たな視点で生まれてくるものである。臨床現場の診療放射線技師は、この問題点を認識する最前線におり、それこそが研究のテーマになってくるのではないかと考える。会場の皆様と活発な議論をすることで、より理解が深まることを期待している。また、新たな技術の問題点についても切り込みたいと考える

## 『k-space と撮像時間』

### Relationship Between K-space and Acquisition Time

川崎幸病院

中 孝文

#### 1. はじめに

MRI が臨床の現場に導入されたのは約 45 年前であり、その歴史は比較的浅く今もなお技術革新が日進月歩で進んでおり、毎年のように新たな技術が各装置メーカーより発表されている。MRI の特徴としてその最たるものは優れたコントラスト分解能である。例として脳の白質と灰白質、正常組織と病変などを高いコントラストで描出することが可能である。一方、MRI の弱点として撮像時間が長いことが挙げられる。CT では数秒から数十秒で撮影できる範囲が MRI では数分から数十分かかってしまう。この撮像時間が長いという弱点を克服するために、高速撮像技術が開発されてきており、MRI の歴史は高速撮像技術の歴史と言っても過言ではないと思われる。

ここでは k-space の成り立ちおよびアンダーサンプリングを中心とした高速撮像技術について記述する。

#### 2. k-space の成り立ち

k-space とは傾斜磁場パルスを用いて位相エンコードと周波数エンコードによって収集された MRI 信号を配列する空間のことであり、「k」は kayser (カイザー) の頭文字に由来する。k-space を二次元逆フーリエ変換すると MRI 画像となる。k-space には中心部分の低周波領域と外側部分の高周波領域があり、低周波領域は画像のコントラストを高周波領域は画像の輪郭に寄与する。また、k-space における信号充填方法はさまざまであり、はじめに低周波領域をその後に高周波領域に信号を充填する centric 法、高周波領域から低周波領域そして反対側の高周波領域へと信号を充填する sequential 法などが挙げられ、撮像目的により使い分けがされる。さらに k-space には周波数方向と位相方向があり、周波数方向に信号を充填するのは数ミリ秒であるのに対し、位相方向への信号充填には「位相エンコード数×TR」時間と数分となる。

#### 3. 撮像時間

最も基本的な MRI の撮像時間は「位相エンコード数×TR×加算回数」で表される。また高速撮像技術の一つである FSE 法では「(位相エンコード数×TR×加算回数)÷ETL」で表される。つまり位相エンコード数を少なく、TR を短く、加算回数を少なく、ETL を多くすることにより撮像時間の短縮が実現される。しかし、それらにはトレードオフが存在するため、患者さんの状態や撮像部位や検査時間などを考慮した落としどころの撮像条件とすることが重要である。

#### 4. 高速撮像技術

高速撮像技術は「パルスシーケンス型」「アンダーサンプリング型」「その他特殊型」に分けられる。なかでも「アンダーサンプリング型」による撮像の高速化は多岐に渡り、非常に有用な手法であると考えられる。代表的な「アンダーサンプリング型」には「ハーフフーリエ法」「長方形 FOV」「keyhole imaging」「parallel imaging」「圧縮センシング」「Deep learning」などが挙げられる。それぞれの手法を端的に解説すると、ハーフフーリエ法はエルミート対

称を利用して k-space の位相エンコード数を約半分とすることで高速化を実現する。長方形 FOV は位相方向の FOV を小さくすることで位相エンコード数を減少させ撮像時間を短縮する。Keyhole imaging は dynamic MRI などにおいて k-space を分割し、ある時相で充填した高周波成分をビューシェアリングし、低周波成分のみ充填することで撮像時間を短縮する。Parallel imaging は位相エンコードを間引くことによりアンダーサンプリングとし撮像時間を短縮する技術である。圧縮センシングは arallel imaging と異なり k-space の信号充填をランダムにサンプリングすることでアンダーサンプリングを実現し撮像時間を短縮する技術であり、近年では臨床応用に積極的に用いられている。Deep learning を利用した撮像ではアンダーサンプリングにより抜けているデータを deep learning 技術を用いて補完することで撮像時間を短縮する。

## 5. まとめ

MRI における技術革新の歴史にとって高速撮像技術は非常に大きなインパクトをもたらしており、高速化と高画質化の両立が実現可能となっている。高速撮像により、被験者の負担軽減、ワークフローの改善、画質の向上などが可能となり、画像診断に関わる全ての人にとって有益となる。今後のさらなる技術革新が期待される。

## 6. 参考文献

- 1) 荒木力. 決定版 MRI 完全解説. 秀潤社. 2008
- 2) 荒木力. MRI の基本 パワーテキスト. メディカル・サイエンス・インターナショナル. 2004
- 3) 荒木力. MRI 再入門 臨床からみた基本原理. 南江堂. 2005

## 『パラレルイメージングの光と影』

### Features of Parallel Imaging

#### 1. はじめに

パラレルイメージング (parallel imaging) はフェイズドアレイコイルを使用して画像を再構成し、位相エンコードステップ数を減らすことで撮像時間を短縮させる高速撮像技術である。パラレルイメージングの基本的な概念は、1997 年に Sodickson らが SMASH (simultaneous acquisition of spatial harmonics) 法として報告<sup>1)</sup>され、より洗練された技術として SENSE (sensitivity encoding) 法と GRAPPA (generalized auto calibrating partially parallel acquisition) 法が今日の臨床に広く利用されている。この技術の利点は汎用性の高さであり、スピニングエコー法・グラジエントエコー法・エコープラナー法等、撮像法の制限がなく、2D・3D 両者のシークエンスに組み込むことができる。本稿は、パラレルイメージングのアルゴリズム概要を説明し、この技術の利点と欠点にスポットを当て記述する。

#### 2. パラレルイメージングのアルゴリズム概要

仮に撮像時間を半分にする場合、位相エンコードステップ数を 1/2 に間引く必要があるため、パラレルイメージングの Reduction factor (Rf) を 2 に設定する。しかし、このまま k-space をフーリエ変換すると FOV が 1/2 となり折り返しアーチファクトが生じてしまう。そこで、各フェイズドアレイコイルの空間感度差を利用し、折り返しを戻すための後処理操作を行う。6 チャンネルコイルのフェイズドアレイコイルから得られた空間感度を Fig.1 に示す。コイルに近い部分の信号は強く、遠い部分の信号は弱くなる。この基本情報を使って、正しい位置の信号と FOV が 1/2 になったことにより折り返された信号を区別する。

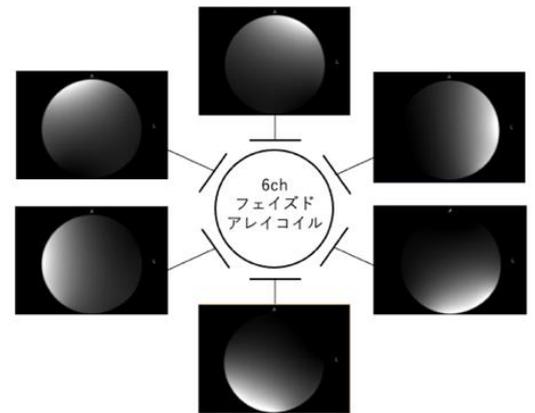


Fig.1 各コイルの空間感度

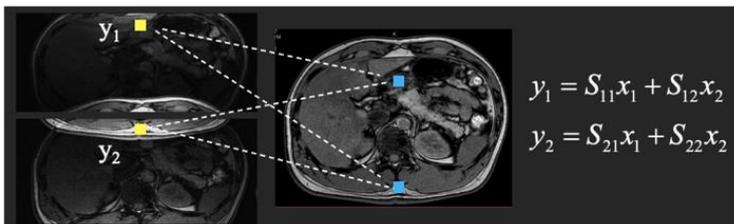


Fig.2 SENSE 法の展開処理

SENSE 法は各コイルの感度測定のためにリファレンススキャンを施行する。単純化するため 2 チャンネルコイルで行う展開処理の過程を Fig.2 に示す。折り返し画像のピクセル信号  $y_1$  は感度差で重み付けされている元の信号と折り返し信号の加算となる。位置 1 の被写体ピ

クセルを  $x_1$ 、位置 2 の被写体ピクセルを  $x_2$ 、コイル 1 の位置 1 における感度を  $S_{11}$ 、コイル 1 の位置 2 における感度を  $S_{12}$  とすると、折り返し画像のピクセル信号は  $y_1 = S_{11}x_1 + S_{12}x_2$  と表せる。コイル 2 の折り返し画像においても同様の式が成り立つため、これらの連立一次方程式を解くことによって各ピクセルの信号強度が算出される。この過程が全てのピクセルで繰り返され、折り返しのない展開画像が得られる。

一方、GRAPPA 法はコイルの感度に関する情報を k-space 中心部のデータを間引かないキャリブレーションデータ (autocalibration signal ; ACS) で得る。この ACS を利用して取得していない位相エンコードデータを k-space にある周囲から算出する。k-space に充填した ACS に隣接する行のデータから、線形関数として近似できるデータを特定する。この操作はコイルごとに行われ、間引いたデータを最小誤差で近似する係数を決定する。一度係数を決定してしまえば、全ての間引いたデータは周囲のデータから算出されることになり、最終的には各コイルの k-space が充填されることとなり、フーリエ変換することで折り返しのない実画像が得られる<sup>2)</sup>。

### 3. パラレルイメージングの光と影

パラレルイメージングの光として台頭に立つのは、やはり撮像の高速化ではなかろうか。この恩恵は、検査時間の短縮による術者と患者双方の負担軽減だけではなく、単一シーケンスの撮像時間短縮によるモーションアーチファクトの低減や心臓やエンテログラフィーなどのシネ MRI においては時間分解能の向上に繋げることができる。また、シングルショット TSE 撮像では、位相エンコードを間引くことによりブラーリングを低減することができ、DWI を代表とする EPI 撮像では、高い Rf で位相エンコード数を少なくし blip の面積を増加させることにより、画像の歪みを改善することも可能である<sup>3)</sup>。Fig.3 に 3.0T-MRI 装置で撮像した冠状断 DWIBS (Diffusion-weighted Whole body Imaging with Background body signal) における Rf の違いによる歪みの変化を示す。脊髄に注目すると、Rf: 5 の DWIBS は Rf:3 の DWIBS と比べ歪みが改善されている。上記のように、パラレルイメージングには撮像時間短縮・モーションアーチファクト低減・時間分解能向上・ブラーリング低減・歪みの改善など様々なメリットがある。

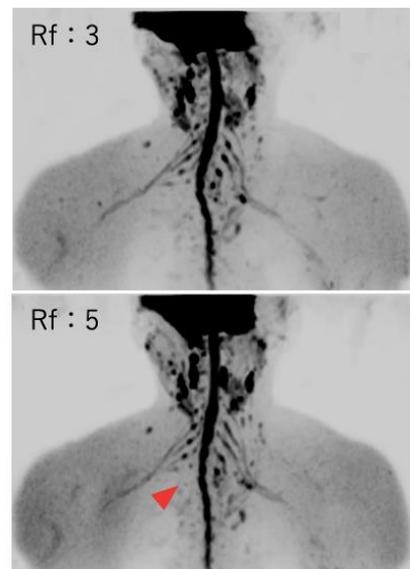


Fig.3 EPI における歪みの改善

しかし、光と影は表裏一体であり、メリットを得るために高い Rf 設定を行うと画質においてデメリットも目立ってしまう。そのデメリットの代表格が、画像信号雑音比 (SNR) の低下である。パラレルイメージングの  $SNR_{parallel}$  は、次式により表せられる。

$$SNR_{parallel} = SNR_{full} / g\sqrt{Rf}$$

ここで、 $SNR_{full}$  はパラレルイメージングを使用しないときの SNR、 $g$  は  $g$  値 (geometry factor) である。 $g$  値はコイルの特性と展開アルゴリズムに関係する値であり、小さいほど計算精度が高くなる。 $g$  値は画像上の位置によって異なり、Fig.4 の geometry map に示す通り Rf が高くなるほど画像中心部で  $g$  値の上昇がみられノイズの増加が確認できる。 $g$  値を下げるためには、位相方向の FOV 外に被写体ははみ出さないように適切な位相方向を選択し、被写体の大きさに合った適切な大きさのコイルを選択することが重要である。また、位相方向の FOV を被写体よりも小さく設定した場合、折り返しアーチファクトが画像の中心付近に生じてしまう。このアーチファクトは唇に似た形状をすることがありリップアーチファクトと呼ばれる<sup>4)</sup>。Fig.5 は頭部 MRA において FOV の外にある左耳朶が小脳に折り返してしまい小脳出血のように見えてしまう症例である。このように、パラレルイメージング特有のアーチファクトが疑似病変様を呈してしまうこともあるため、十分なオーバーサンプリングを設定し未然に防ぐ必要がある。

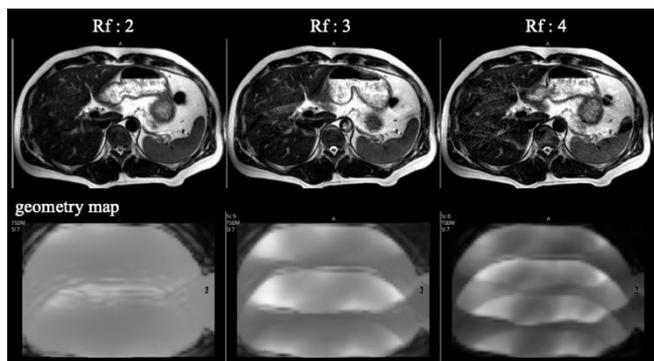


Fig.4 Reduction factor と geometry map の関係性

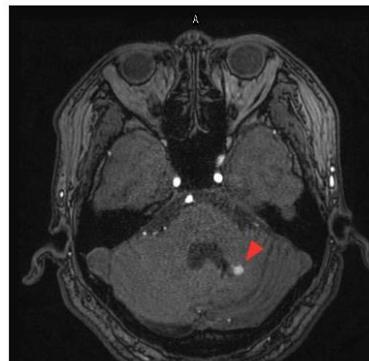


Fig.5 左耳の折り返しアーチファクト

#### 4. まとめ

パラレルイメージングは撮像時間短縮・モーションアーチファクト低減・時間分解能向上・ブラーリング低減・歪みの改善などの様々な利点がある。その一方で、ノイズの増加やリップアーチファクトの発生が生じることがある。これらを低減するために、適切なコイル選択や Rf・位相方向・オーバーサンプリングの設定が重要となる。

#### 参考文献

- 1) D K Sodickson, W J Manning, et al. Simultaneous acquisition of spatial harmonics (SMASH) : fast imaging with radiofrequency coil arrays. Magn Reson Med ; 1997 38(4): 591-603
- 2) 荒木力. MRI の基本パワーテキスト 第4版; メディカルサイエンスインターナショナル. 2019: 305-310
- 3) 室伊三男, 神谷陽, 本田真俊, 他. EPI における画像の歪みに影響する撮像パラメータの検討. 日放技; 2007(64):91-96
- 4) 高原太郎, 扇和之. 改訂版 MRI 応用自在; メディカルビュー社. 2004: 2-9

## 『圧縮センシングの光と影』

Features of Compression Sensing

東京大学医学部附属病院

上山 毅

### 1. はじめに

本講演では圧縮センシングの基本について Lustig 氏が発表した“Sparse MRI<sup>1)</sup>”という論文を紐解くことで光と影に迫りたいと考えている。この論文で扱われるスパースモデリングは式の数より解の未知数が多くても、スパース解（圧倒的多数の解が0である）と仮定できるなら答えを算出できるモデルである。MRIにおいては、式の数とは収集するエコー数のことである。収集するエコー数が少なくても、ある程度正しいような答え（MR画像）を計算で求められるということである。ただしこの論文はスパースモデリングに関する数学の記述が多いため以下に注釈を添えた。（※これらは機械学習などにも応用されているのでとても重要である）

#### ① 再構成される MRI 画像は「圧縮画像」である

圧縮画像でも視覚的に遜色のない画質が得られるならば、圧縮画像を再構成のゴールとする（光が高速撮像ならば、影は圧縮された情報といえる）

#### ② 画像圧縮にはスパース変換が便利

ウェーブレット変換などのスパース変換は画像圧縮可能なツールであり、JPEG2000 等に応用されている。圧縮の程度にもよるが、実際に JPEG2000 圧縮の画像を見分けることは難しい。

#### ③ 数学を理解するためのノルムという言葉の説明

L1 ノルム：全ピクセルの絶対値をとり、全ピクセルを足し算

L2 ノルム：全ピクセルを二乗し、全ピクセルを足し算して平方根

#### ④ L2 ノルムの便利な表現 $\|X - Y\|_2$

2枚の画像（ $X$ と $Y$  2つの行列）差分し二乗して、全ピクセルを足して平方根をとる。つまり2枚の画像の誤差の指標である。RMSE(root mean square error)ともいえる。

#### ⑤ 計算のアルゴリズムの概念 “観測データを大事にしながら、画像を圧縮する”

あとに説明する⑥と⑦を同時に満たす最適解をもとめる

#### ⑥ $\|F_u m - y\|_2$ を小さくする

取得した  $k$  空間( $y$ )と再構成される  $k$  空間( $F_u m$ )の誤差 (RSME) を小さくするという事。観測データを大事にするということ（言い換えれば観測データとの整合性を保つこと）

※ $F_u$  : フーリエ変換演算子

#### ⑦ $\|\psi m\|_1$ を小さくする

画像を圧縮するといくこと。数学的に言い換えればスパース画像( $\psi m$ )の L1 ノルムを小さくすること。この作業により画像圧縮につながる。

※ $\psi$  : ウェーブレット変換演算子

⑧  $\lambda$ (L1 ノルム正則化係数) ※ここが光と影のポイント

観測データ重視 or 画像圧縮の重視のバランスを決めるパラメータ。

$\lambda$  が小さい→観測データ重視

$\lambda$  が大きい→画像圧縮の重視

⑨ 圧縮センシングの数学

$\|F_0 m - y\|_2 + \lambda \| \psi m \|_1$  を最小化する  $m$  を求めること。この式に尽きる。

この数式の形はラグランジュの未定乗数法と呼ばれる。高校数学でも扱わないので、とても難しく感じるが、一般的には最適化数学 (L1 ノルム最小化問題) を解くという表現になる。右の L1 ノルムの項 “ $\|X\|_1$ ” がスパースであれば、解は収束する仕組みである。ただし、 $\lambda$  によって様々な解が存在することに注意が必要である

2. 圧縮センシングの特性に関わる 4 要素

上記の⑨の式の値が最小になる  $m$  (MR 画像) を求めることになるのだから、⑨の式を眺めると、4つのポイントに絞られる。

2-1. 観測データ量 (高速化の係数 reduction factor や acceleration factor みたいなもの)

MRI にとってはエコー収集の数、つまり撮像時間につながる。上記の数式で  $y$  に相当する。エコー収集の数があまり少なすぎると上手く再構成されない。

2-2. サンプルングパターン

低周波成分を残したランダムなアンダーサンプリングである必要がある。周期的にアンダーサンプリングした場合、初期条件にエイリアシングが発生する。スパース画像 ( $\psi m$ ) にもエイリアシングが残ることになり、 $\| \psi m \|_1$  を最小化してもエイリアシングが保存されることになり上手く再構成できない。アンダーサンプリングによって引き起こる画質低下はノイズ様のアーチファクトである必要がある。つまり、ランダムサンプリングが必要となる。ノイズ様のアーチファクトであれば  $\| \psi m \|_1$  の最小化により低減される。そしてよりランダムサンプリングに向くのは 2D より 3D であり、cartesian より non-cartesian である。また低周波成分は画像の大まかな構造とコントラストを決定するため、必ず取得しなければならない。

2-3. L1 ノルム正則化係数 (光と影のバランスかもしれない)

“ $\lambda$  が大きい” 画像圧縮重視 ⇔ ノイズが低減する傾向。

“ $\lambda$  が小さい” 観測データ重視 ⇔ アーチファクト残る傾向。

最適な  $\lambda$  が存在していると考えられるが、観測データのノイズ (アーチファクト) 量がポイントになる可能性は高い。観測データが少なく初期条件にノイズが多い場合 (つまり高速撮像の場合) は  $\lambda$  を大きくする必要があるとする論文もある。また、画像圧縮において、“ノイズ低減 ⇔ データ欠損” ともいえるため、画質の解釈には注意が必要である

2-4. スパース表現の種類

スパース変換にはウェーブレット変換だけでなく、有限差分法や離散コサイン変換など様々な存在する。また組み合わせられて用いられることもある。どのスパース表現でも圧縮センシングは可能であるが、それぞれのスパース表現によって圧縮される情報は何かということ考察することが画質を考察する上で必要である。

3. 最後に

臨床機で扱われるパラメータは高速化の係数だけかもしれない。実際にはどんな圧縮手法を用い

ているのか、また  $\lambda$  はどのように設定しているのかはブラックボックスであるかもしれない。これは影の側面である。しかし、一方で高速化することでしか得られない情報もあるので、大きな光をあてることもできるはずである。

#### 参考文献

- 1) Lustig et al. Sparse MRI: the application of compressed sensing for rapid MR imaging. Magn Reson Med.2007;58:1182-1195

## 『高速撮像の最新技術』

### Latest Fast MR Sequence Technique

熊本大学病院

森田 康祐

#### 1. はじめに

MRI の高速撮像のあゆみは現在に至るまで SENSE, SMASH, Compressed Sensing など時代に応じて非常にセンセーショナルな手法として登場してきた。近年では、人工知能の急激な発展を背景があり MRI 分野で深層学習(Deep Learning)の適応は必然であった。その Deep Learning の MRI への応用を高速撮像技術と定義することは悩ましいが、撮像時間(検査時間)短縮へ貢献していることは言うまでもない。その効果は非常に高インパクトであり、画像の低ノイズ化や高解像度化が可能となっている。しかしながら、Deep Learning のアルゴリズムからは真値に収束するかは不透明であることが懸念される。以上のことから SENSE, SMASH, Compressed Sensing を経た MR 分野の高速撮像の技術を、現在の臨床レベルでどのように使用していけるのかを当院で使用している MRI ベンダーでの経験を含めて紹介する。

#### 2. CANON の「高速撮像の最新技術」

Fast 3D モード. k-space ベースの高速撮像技術. Fast 3D モードには 2 種類あり, Fast 3D Multiple は, 1TR 毎に 2 スライスエンコードを行う手法である. Fast 3D Wheel は k-space 中心から高周波側へジグザグにエンコードする手法である. Radial 収集のため高周波部分はエンコードしないため撮像時間短縮が可能となる. 組織コントラストが高い撮像に有用であり, 特に Time of Flight (TOF)や MRCP と相性が良い.

Precise IQ Engine (PIQE). Deep Learning Reconstruction を denoising と Up-sampling の 2 つのネットワークで構成している. 2 つの Deep learning のネットワークによって, 高解像度と高コントラストを得ることが可能となった. 従来のパラレルイメージングや Compressed Sensing とも併用可能であるため汎用性が高い<sup>1)</sup>.

CG-Recon. この手法は主に Ultra-short TE (uTE) に応用される技術である. CG (Conjugate Gradient) は, 共役勾配法を利用した再構成法であり, Radial 収集から Cartesian 座標へ変換する(グリidding)の精度を向上させる. この CG-Recon では画像の解像度およびコントラストが改善する効果が得られる.

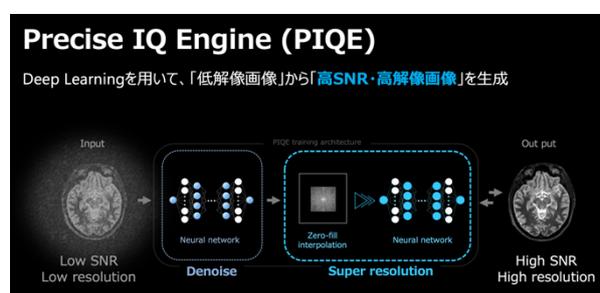


Fig.1 PIQE のアルゴリズム

#### 3. SIEMENS の「高速撮像の最新技術」

SMS (Simultaneous Multi-Slice). 多断面同時励起法. スライス方向に対してのパラレルイメージングの応用である. 現在では blipped CAIPIRINHA で g-factor や blurring は改善し, variable-rate selective excitation (VERSE)パルスの適応により SAR の上昇を抑えている.

Deep Resolve. 従来の Deep Learning 技術と違い, 1 回の Network を介した処理ではなく, Compressed

Sensing の繰り返し計算のように、繰り返し Deep Neural Network を介して、パラレルイメージングの展開エラーとノイズの除去を行っている。各 Step では元の Raw データとの比較を行い、Data consistency を高めながらノイズ除去を行っている。また、教師画像には、4 倍速以上のパラレルイメージングあり(GRAPPA=4)、なしのデータを使用しているため、高倍速なパラレルイメージングにおいても展開エラーを少なく再構成することが可能となっている (Deep Resolve Boost)。

Wave-CAIPIRINHA (Wave-CAIPI)<sup>2)</sup>. GRAPPA のサンプリングパターンが等間隔なのに対し、Wave-CAIPI は CAIPIRINHA と同様にサンプリングポイントをシフトする。Wave-CAIPI の大きな特長は、周波数方向の Trajectory が大きく異なる。図 3 のように、周波数方向に Corkscrew 状にサンプリングする。そうすることで、GRAPPA や CAIPIRINHA と比較して、g-factor の上昇を大幅に押さえている。Wave-CAIPI の特徴は、Readout 時に Corkscrew gradient を印加しており、Acceleration factor に関わらず、低い g-factor を維持することが可能である点である。よって高いパラレルイメージングファクターでも画質が劣化しにくいとされている。

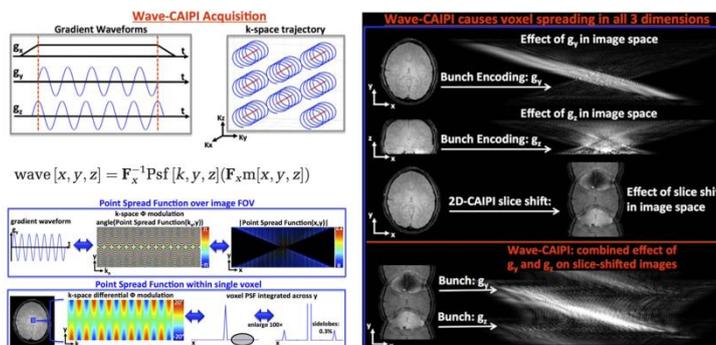


Fig.2 Wave-CAIPI のアルゴリズム. 文献 3 から引用。

#### 4. Philips の「高速撮像の最新技術」

SmartSpeed. Compressed SENSE の One-Go 方式を利用し、wavelet 変換に代わり Adaptive-CS-Net と呼ばれる AI を統合している。Adaptive-CS-Net は 2019 年に開催された fastMRI チャレンジで優勝した AI で、70 万以上の様々な MRI 画像を教師データとして訓練しノイズパターンを学習している。そして、AI が統合されたこの再構成ループを何度も繰り返すことで、画質を段階的に改善していく<sup>3)</sup>。

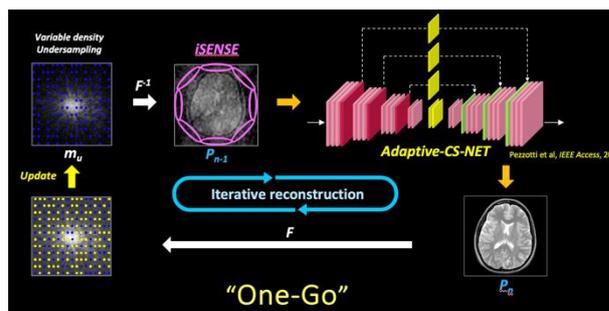


Fig.3 SmartSpeed AI のアルゴリズム

#### 参考文献

- 1) Kensei Matsuo, Takeshi Nakaura, Kosuke Morita, et al. Feasibility study of super-resolution deep learning-based reconstruction using k-space data in brain diffusion-weighted images. *Neuroradiology* (2023) 65:1619–1629.
- 2) Berkin Bilgic, Borjan A Gagoski, Stephen F Cauley, et al. Wave-CAIPI for highly accelerated 3D imaging. *Magn Reson Med*. 2015 Jun;73(6):2152-62. doi: 10.1002/mrm.25347. Epub 2014 Jul 1.
- 3) Noriyuki Fujima, Junichi Nakagawa, Hiroyuki Kameda, et al. Improvement of image quality in diffusion-weighted imaging with model-based deep learning reconstruction for evaluations of the head and neck. *MAGMA*. 2023 Nov 21. doi: 10.1007/s10334-023-01129-4.

## ワークショップ

テーマ：一般・CT・MR 合同分科会

### 『モダリティで埋める整形外科領域の溝！下肢編（骨盤～膝関節を中心に）』

座長：高浜豊田病院（撮影部会委員）前田 佳彦

川崎市立井田病院（撮影部会委員）三宅 博之

---

#### 1. はじめに

一般撮影, CT, MRI は, 整形外科領域において 3 種の神器であり診療の質向上に貢献してきました. 近年では, そこに超音波が参入しパラダイムシフトが起きています. 一つのモダリティで診断ができればそれに越したことはありません. しかし, 実際は病態や病期に応じてモダリティは選択され, 撮影を行う技師も同様, 複数モダリティを担当することも日常的に行われています. まさに, たすき掛けの如く各モダリティが診療の隙間を埋めるように位置付けられています.

#### 2. ワークショップの流れ

本企画では, 下肢(骨盤から膝関節まで)に焦点を当て各モダリティの特性を学び, 撮影技術や撮影条件のエビデンスを紹介しながら病態, 診断学, 解剖学の知識を深めてゆくことを目指しました. 各演者の施設毎に特徴があるため疾患は特定せずに, 各モダリティと施設の強みを存分にアピールして, また, 弱いところにもふれながら, 会場の皆様とともに診療に役立つ情報を学びました.

#### 3. 企画構成と内容

##### 教育講演

小児期の股関節・膝関節の超音波診断 藤原 憲太(土居整形外科)

##### ワークショップ

##### ①CTで診る新たな画像と手術支援～整形下肢領域～

中島 広貴(手稲溪仁会病院)

キーワード: 股関節, Dual-Energy CT, 不顕性骨折, GALACTIC, 手術支援,

##### ②股関節MRIにおける撮像技術と臨床応用

竹森 大智(大阪公立大学医学部附属病院)

キーワード: 股関節, シーケンス選択のエビデンス,

##### ③荷重撮影ができる一般撮影～下肢領域編～

山寄 雅史(北里大学病院)

キーワード: 荷重位, 膝立位, 股関節立位, 動態, 補助具, 長尺の再現性,

##### ④下肢関節診療における超音波検査の役割～骨盤から膝関節～

宮下 高雄(やわたメディカルセンター)

キーワード: 膝関節, 半月板, 大腿部の筋損傷, ER で有用な症例,

教育講演とワークショップの構成になっています. 教育講演は, 診療に超音波を常態的に利用する整形外科医師の講演です. 教育講演の後, CT, MR, 一般撮影, 超音波の各演者より, 下肢関節をテーマに撮影に関するエビデンスの紹介, 症例提示などを行いました. 最後に, 医師も交えた全体討論をしました.

#### 4.Q&A(抜粋)

##### ①外傷患者のポジショニングで工夫している点

(CT)外傷時は、理想的なポジショニングを目指すあまり、無理をしすぎて状態を悪化させないようにしている。患者さんが動かないようにしっかりと固定する。

(MRI)撮像時間が長いので、無理をしないようにしている。ルーティンよりも範囲を広く撮像している。

(一般)無理に動かさない。経験の浅い技師が対応するケースでは、無理に動かそうとする傾向があるため注意している。動かす際は、医師に協力を仰ぎ医師立ち合いで撮影する。

(US)CT の寝台に寝たまま、車いすのまま施行するなど検査の場所を問わないが、圧迫しすぎないようにしている。モニタに集中しすぎないように注意している。

(医師)撮影部位をしっかりと特定してからオーダーすることが大事。モダリティにもよるが、左右対称で撮影していただくと医師は診断しやすい。所見があった場合、健側を追加撮影する必要があるのか、医師と技師間でコミュニケーションをとってもらえると良い。

##### ②各モダリティの強みと弱み

(CT)骨折の範囲、折れ方など全体像がわかることにより、デバイスを決める際に役立つ情報を提供できる。治療戦略を考えるうえで効果的である。MRI が撮れないケースでは、特に Dual Energy CT を活用すると良い。但し、CT でとらえきれない疾患もある。

(MRI)放射線被ばくが無い、組織間のコントラストが良い。大腿骨頭の浮腫は、初期でも信号変化をとらえることができる点は強み。T2\*強調画像は、関節唇の評価に有用である。エコーでも関節唇が非常にきれいに評価できるため、驚いた一方で脅威と感じた。

(一般)荷重撮影ができる。荷重関節の評価ができる。簡便に痛いところを見れる点が強み。それで診断がつかなければ、他の画像診断を検討する位置づけ。弱いところは、痛いけど骨折所見を認めない場合、骨挫傷、微細な骨折が描出できない点は弱み。

(US)みたいところにプローブを当てると何らかの反射があるため所見を拾える点は強み。客観性に乏しい、全体像を把握しづらい点は弱み。医師からも「この画像はどの部位？」という問い合わせもある。

(医師)第一選択は、単純X線、次にUS、CT、MRIの順。単純X線は転位の有無、股関節炎は、US。症例によっては、入院してMRIというケースもあるため、Dual Energy CTがあればMRIのために入院が必要なケースを減らせる可能性があるため良いと感じた。

#### 5. まとめ

臨床では、高い専門性が求められスペシャリティの考え方は市民権を得ていますが、サブスペシャリティやジェネラルな対応が必要とされる職場は多いと聞きます。医師に提供する画像の質に影響を与える要因として、使用装置のスペック、患者さんの様態など挙げられますが、撮影した診療放射線技師が患者さんに対してどのような戦略(思考)で撮影に臨んだか、その姿勢もまた大きく影響を与えるものと本セッションを終えて感じました。良質な判断にはエビデンスが必要です。今回得たエビデンスが、聴講していただいた方の診療にお役に立てたのなら大変嬉しく思います。



Fig.1 ワークショップの様子

## 『X線単純撮影における再撮影を考える

### ～その撮影、本当に必要ですか？～』

座長：りんくう総合医療センター（撮影部会長）中前 光弘

金沢大学（学術委員会委員長）松原 孝祐

---

単純 X 線撮影の「再撮影」に関して、多角的な観点から会員と意見交換を行い、正しい方向性を模索する機会を設けた。まずは、「シンポジウムの概要」を中前が説明し、7名の講師からの講演を聞いた後に、参加者と有益な質疑応答を行った。学術委員長の松原先生から「再撮影」を取り巻く合格基準の考え方や再撮影低減の実践としてのプレシヨット撮影の意義、防護の正当性と最適化の考え方を中心とした質問が投げかけられ、多くの参加者と活発な意見交換が実現できた。

#### 1. 再撮影低減の実践について

再撮影率については、小野先生が 5.5%、叶屋が 16.8%と報告し、施設間での違いが明らかとなった。会場の参加者に「自施設での再撮影率を把握できているか？」と質問されたが、半数程度の参加者から挙手があった。まずは、現状を知ることが重要だと認識した。

また、再撮影カンファレンスで“本人の気づき”についてアドバイスすること、教育・補助ツールや基準の明確化するなどの取り組みで、再撮影率が低減したと報告した。

#### 2. 再撮影に関するモラルについて

関先生は、入職当時の先輩に聞かれた質問「再撮影は何回まで OK と思うか？」を、新人には必ず聞いていると紹介した。「プロなら1回でもダメ」と認識を持たせ、ティーチングファイルの作成やインシデントレポートを提出していることで、再撮影が減少したと報告した。

また、森田先生は、1回の撮影に対する重みについて意識付けをするための教育やアドバイスできる環境について紹介し、1曝射入魂の意識を強調した。

#### 3. 画像処理による再撮影判定支援、ポジショニング支援について

大田先生は、統計では再撮影率が20～30%あることを紹介し、再撮影を判定するための画像処理やポジショニングを支援することで、再撮影数の減少や患者の負担軽減と診療放射線業務の効率化に寄与することを活用例にて紹介した。

また、AI 技術を使用したツールによる判定と技師の判断が異なった場合の対応について、質問があった。AI 技術はあくまでも具体的な指標を提示して支援するものであり、最終的な判断をするのは技師であると回答し、今後は、施設毎でソフトを学習させる機能が付与されれば、自施設での特徴を加味して改善できる可能性があるとして紹介した。

#### 4. プレシヨットについて

再撮影は減るが、長時間体位を保持する必要があるため患者の負担が増えないか？との質問があった。森田先生は、プレシヨットは再撮影低減手段のひとつであり、まずは安定した体位保持など十分検討して導入していると回答した。また、患者さんへの説明はどのようにしているか？との質問についても、医師が再撮影について、説明と同意を得ている。撮影者は、患者にプレ曝射や本撮影があることは伝えていない。倫理面についても、病院でのコンセンサスが必要だと回答した。

広藤先生から、防護の観点で意見すると、現状として単純撮影の被ばく線量そのものは、人体に影響を与える

ほど大きな線量では無いが、無駄な再撮影などの不必要な被ばくは避けるべきである。検出器が大きくなっているため、照射野を不必要に広げて撮影されている。適切な大きさに絞ることも被ばく低減に効果がある。との貴重な発言があった。

#### 5. 再撮影の判断基準について

関先生は、アンケート結果から再撮影の判断基準が、施設によって異なっていることを指摘した。

基準となる QC プログラムの必要性とその取り組みを紹介した。肩関節について、名称と撮影方法の統一について質問があった。ご指摘の点については、その重要性を認識しており、2024 年 10 月に開催される第1回日本放射線医療技術学術大会(沖縄)にて JART との合同シンポジウムで取り上げる案も紹介された。

#### 6. 防護の最適化について

AEC を使用している場合、照射野を絞ることで皮膚線量が増えるのではないかとこの質問に対して、一般撮影では照射野を絞ることにより、AEC の制御下で mAs 値が増加する可能性があるものの、全体の散乱線量が減少することにより皮膚への線量が低下し、結果として臓器への線量も低下するため、照射野を絞ることには意義があるとの説明があった。一方で照射野を絞ることで、再撮影率が増えてしまうという懸念も示された。ALARA の原則に基づき、防護の最適化を進めていくことの重要性を改めて確認した。

#### 7. 医療情報システムにおける再撮影の反映について

上野先生からは医療情報の観点から、検像システム独自でミスショット(再撮影)を判断することは難しく、何らかの方法でフラグを立てる必要があるとの発言があった。運用上は、上位である RIS での制御が必要であるため、特に検像システムを経由する場合に再撮影をどのように反映させるのかという問題が存在している。再撮影を自動反映させるのは、X 線発生装置と検出器が連動したもの(一体型)でなければ難しく、メーカー側の対応が必要との見解が示された。

#### まとめ

X 線単純撮影における再撮影については、50 年も昔から問題視されているが、改善できていないのが現状である。撮影部会では、10 年後を目標に撮影技術の標準化を目指している。再撮影を安易に考えている技師はいないか？再撮影も管理されるべき時代は、すぐそこに来ている自覚が必要との問題提起をして、質疑応答を終了した。

## 第93・94・95回 乳房撮影ガイドライン・精度管理研修会

聖路加国際病院（撮影部会委員）小山 智美

---

### 2023年度 乳房撮影ガイドライン・精度管理研修会報告

- ① 第1回(第93回)乳房撮影ガイドライン・精度管理研修会  
中部支部(担当:西出裕子)  
日時:2023年8月19・20日  
会場:名古屋医療センター  
参加者:48名(会員18名,非会員30名)
- ② 第2回(第94回)乳房撮影ガイドライン・精度管理研修会  
近畿支部(担当:新藤陽子)  
日時:2023年9月16・17日  
会場:川崎医療福祉大学  
参加者:49名(会員30名,非会員19名)
- ③ 第3回(第95回)乳房撮影ガイドライン・精度管理研修会  
東北支部(担当:宮田真理子)  
日時:2024年1月6・7日  
会場:国際医療福祉大学 成田キャンパス  
参加者:46名(会員13名,非会員33名)

- ・研修会は、精中機構の推奨する感染対策を講じた方針により研修会の運営を行った。
- ・講義については e-learning による事前学習を取り入れ、研修会当日は、実習および認定試験の1日半スケジュールで行った。
- ・受講生からのアンケートでは、対面でなければできないポジショニングや品質管理実習の満足度が高かった。ポジショニングに関しては、時間が足りないとの意見もあった。

## 第 13 回デジタルマンモグラフィを基礎から学ぶセミナー

福島県立医科大学（撮影部会委員）山品 博子

### 1. デジタルマンモグラフィを基礎から学ぶセミナー

2021 年度からオンライン開催に移行しました本セミナーも 3 回目を迎え、構成と内容を見直しお届けいたしました。2023 年度はオンデマンド動画講座を 2023 年 9 月 1 日(金)～30 日(土)の期間公開し(表 1)、2022 年 9 月 23 日の生配信セミナーでは、オンデマンド講義の補足と解説に加え、ポジショニング技術に関してアンケート機能を用いた参加型レクチャーを実施しました(表 2)。

表1. オンデマンド講義テーマと講師ご紹介(敬称略)

講義テーマ	担当部会	講師
マンモグラフィの品質管理 – 叢書(39)改訂のポイント–	撮影	斎 政博
2D・3D 画像処理と保存 – デジタル画像の基礎と評価–	画像	篠原 範充
マンモグラフィ画像の保管と管理	医療情報	坂本 博
マンモグラフィの線量測定を改めて基礎から学ぶ	計測	紀太 千恵子

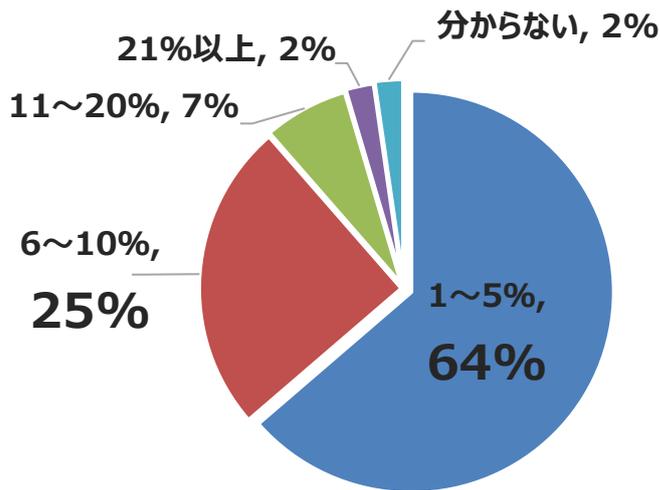
表2. 生配信セミナー概要

10:00-10:05	開催挨拶(中前撮影部会長)
10:10-12:00	講義 I 部: みんな実際どうしてるの? ポジショニングのあれやこれ (撮影部会) 山品 博子 II 部: オンデマンド講義の補足と解説(講師は表 1 同様) 講義 1) マンモグラフィの品質管理 講義 2) 2D・3D 画像処理と保存 講義 3) デジタルマンモグラフィの保存と管理 講義 4) マンモグラフィの線量測定を改めて基礎から学ぶ
12:00-12:05	質疑応答
12:05-12:10	閉会挨拶 三宅博之 先生

### 2. 『みんな実際どうしてるの? ポジショニングのあれやこれ』

本セミナーでは、ポジショニング技術の講義は再撮影に焦点を当てました。また、講義の中でアンケートを実施しました。通信の不具合で回答数が少ない項目もありますが、読者の皆さんも是非、日常の振り返りと今後の撮影に活用していただけたら嬉しいです。

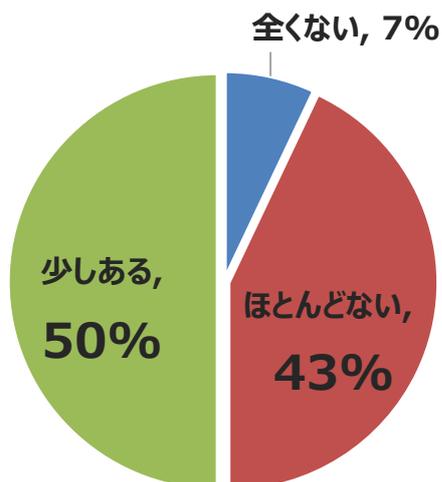
① (過去3か月を振り返って)再撮影率はどのくらいですか(回答者数:44)



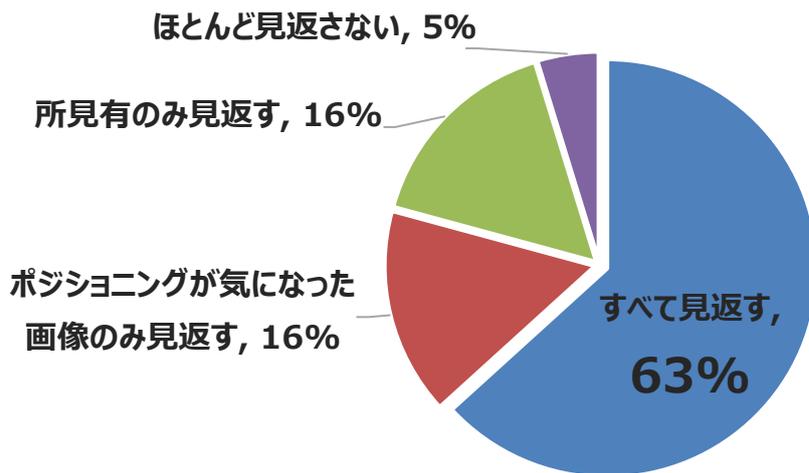
② 再撮影の主な理由(複数回答)

理由(順位)	回答者数/全回答者(割合)
1位 アーチファクト(手, 髪, あご など)	22/43 (51%)
2位 大胸筋の入り方	20/43 (47%)
3位 乳腺内のシワ	11/43 (26%)
4位 乳頭プロファイル	10/43 (23%)
5位 アーチファクト(体動)	8/43 (19%)
6位 乳腺の伸展具合	7/43 (16%)
7位 その他	5/43 (12%)
8位 腹部の脂肪組織の重なり	4/43 ( 9%)
9位 圧迫不良	0/43 ( 0%)

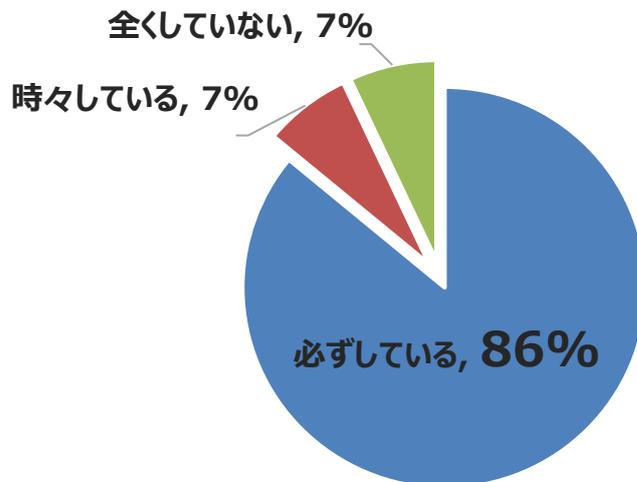
③ 再撮影後に, 写損画像を選びなおしたことはありますか(回答者数:42)



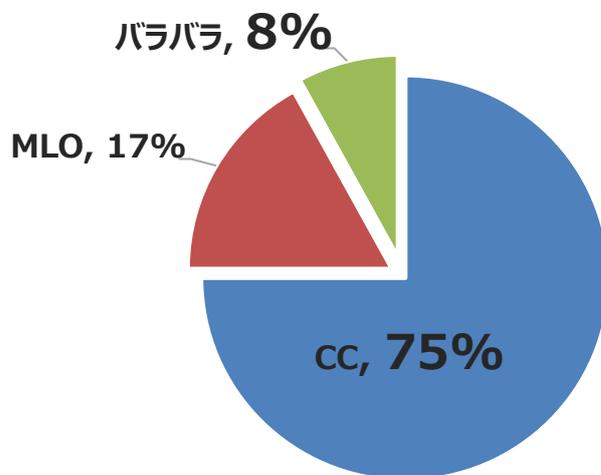
④ その日一日に撮影した画像を見返していますか(回答者数:42)



⑤ 過去画像を閲覧してから再撮影している(回答者数:14)



⑥ 2方向撮影の際、何撮影から始めていますか(回答者数:12)

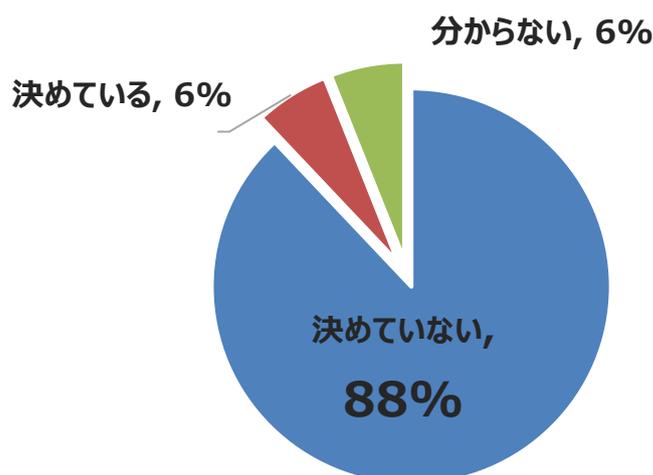


これは再考すべきポイントではないでしょうか？

回答数が少ないのも一因ですが、2方向撮影の際、CCから撮影を始めている、順番は決めていない、という方は、もう一度、MLOとCCの撮影範囲や目的を確認してみてください。



⑦ 自施設にて再撮影の基準を決めていますか(回答者数:48)



### 3. 参加者さんからの声

97名に参加登録いただき、60名の方が生配信セミナーにもご参加下さいました。実施後のアンケート(回答者数48名)では、期待以上の内容だった29.2%、期待通りの内容だった70.8%でした。また、たくさんのコメントを頂きましたので、その一部ご紹介いたします。

・ トモシンセシスの精度管理について具体的にしてほしい。
・ いつも貴重な機会を提供してくださり有難うございました。大変勉強になりました。今回ポジショニングについてご教示頂けて大変楽しかったです。次回も是非お願いしたいです。
・ オンデマンド以外の内容(ポジショニング)なども聞けて良かったです。
・ オンデマンドの講義に加え、Liveでの講義も行っていただき有意義なセミナーでした。オンデマンドの配信期間がもう少し長く設けていただけると嬉しく思います。
・ 再撮影について、不要な再撮影の検討も必要ということ、共感できました。合格基準が明確で浸透しているために不要な再撮影も増えている気がします。
・ ガイドラインが更新されるごとに画像処理や装置管理が難しくなっており、自施設で測定を行うのもノウハウがないと難しいと感じます。なので、画像部会のDRセミナーや臨床画像セミナーのMG版のようなセミナーがあれば参加したいです。
・ 防護の話も今回なかったので、やはりあるとありがたかったです。
・ 基礎から学ぶセミナー、だけでなく各部会の最新側の話がまとめて聞けるセミナーもあると面白いかな、と思いました。
・ 今回も学びあるセミナー、ありがとうございました！
・ 撮影部会ですがマンモに特化した物理特性の計測方法を講義していただけるとうれしいです。DRセミナーなどは一泊研修なので、子どもがいるとなかなか参加できません。よろしく願いいたします。
・ 追加撮影法のポジショニング解説を希望
・ いつも基本から教えていただきありがとうございます。今後も宜しくお願い致します。ポジショニングも再度考察したいと思っています。
・ 今回も大変勉強になりました。同じ内容でもまた視聴したいと毎回思います。ありがとうございました。
・ マンモグラフィのポジショニングについて、新人への指導法について悩んでいる。撮影しているところを見せるにも患者に負担をかけるのではないかと思うし、トレーニング用のベストもないので難しい。他施設ではどうしているのか知りたいし、講習会があれば参加させたい。情報が欲しい。(認定の講習会ではポジショニングの仕方を教えてもらえるがそれとは別)



## 第8回 CT 応用セミナー

千葉市立海浜病院（撮影部会委員）高木 卓

2023年9月16日(土), 17日(日)に, 教育委員会ならびに中国四国支部に共催頂き, 広島大学病院霞キャンパスにて4年ぶりに第8回CT応用セミナーを対面で開催しました. セミナーではCT画像計測の理解と計測手法の習得を目標に, CT画像の画質評価の基礎から最新の評価方法とCT画像の画質評価の手順と注意点について講義を行い, 実際にPCを使用した計測演習を行いました. 画質計測演習は task transfer function (TTF), noise power spectrum (NPS), system performance (SP)に加え, 今回から Detectability index (d') の計測演習も行いました. 更に, CT検査被ばくに関する最新動向, プレゼンテーション技術論, 論文化に向けた方法論の講義もを行い, 学術発表から論文化を行うための方法についても理解を深めることが出来ました.

4年ぶりに対面で行った今回のセミナーでは, 参加者から多くの質問を頂き, 講師とディスカッションの時間も十分に取ることが出来ました. 受講後のアンケート調査でも8割以上の方から「期待以上の内容であった」とご意見を頂き, 受講生だけでなく, 講師, チューターも含め大変充実したセミナーを開催出来ました. 参加者の皆様, 中国四国支部の関係者の皆様, 講師の皆様に深く感謝申し上げます.

2024年度は, 東北支部にご協力いただき, 9月21日(土), 22日(日)に開催を予定しています. 基礎から最新情報までをしっかりと学ぶことが出来るセミナーであり, 対面開催の良さである講師や受講生同士の情報交換は, 皆様の知識の向上と学術研究に必ず役立つものと確信しております.

多くの皆様のご参加をお待ちしています. (参加申し込みの開始は, 6月末を予定しています.)

第8回CT応用セミナープログラムと, 受講生から頂いた主な質問内容, アンケート調査の結果をご紹介します.

### ○プログラム

#### 1日目

13:00 ~ 13:10 開講式・オリエンテーション

13:10 ~ 14:30 CT画像の画質評価【Basic】線形画像の評価 北海道科学大学 佐藤 和宏

14:40 ~ 16:00 CT画像の画質評価【Advance】非線形画像の評価 北海道科学大学 佐藤 和宏

16:10 ~ 17:00 CT画像の画質評価の手順と注意点 (含む, Photon-counting CT)

金沢大学 市川 勝弘

17:10 ~ 17:50 CT検査被ばくに関する最新動向 千葉市立海浜病院 高木 卓

17:50 ~ 18:00 本日のまとめ

#### 2日目

9:00 ~ 10:30 画質評価演習 (PCを用いた計測演習)

10:40 ~ 11:20 プレゼンテーション技術論 金沢大学 市川 勝弘

11:20 ~ 12:00 CT研究論文における方法論 国立がん研究センター中央病院 瓜倉 厚志

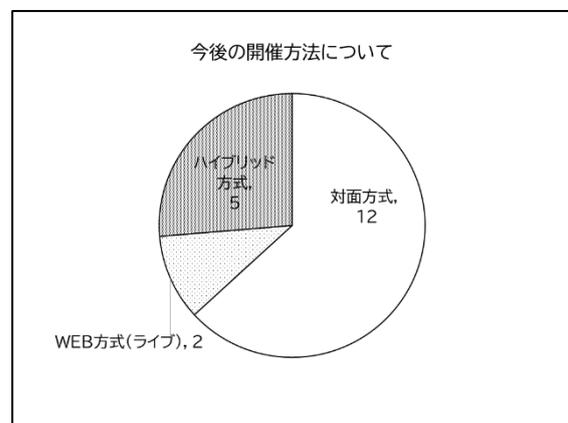
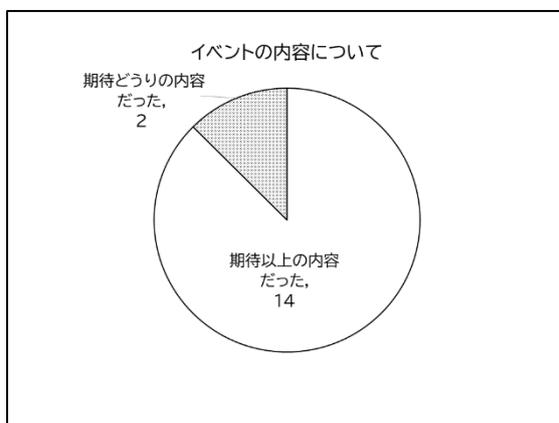
12:00 ~ 13:00 総合討論

13:00 ~ 13:15 閉講式

○受講生からの主な質問

- ・ 空間分解能の視覚評価を行う際の画像表示条件について
- ・ 空間周波数の求め方について
- ・ 臨床においてノイズ評価を行う場所について線形画像と非線形画像の見分け方は
- ・ TTF のグラフがきれいな曲線にならない原因？
- ・ TTF の概念を知りたい
- ・ MTF と TTF の違いは
- ・ 加算平均の回数で TTF の形状は変わらないのか
- ・ 最新の CT 装置は最新の IEC 規格の CTDIvol が表示されているのか
- ・ グラフ作成をするのに EXCEL 以外でよいソフトウェアはあるか
- ・ 論文を執筆する時の順番は？ purpose, method, abstract からか
- ・ Detectability index の参考文献はあるか

○アンケート結果(抜粋)



- ・ 2 日間におけるセミナーありがとうございました。なかなか難しく取り掛かりにくい物理評価に関して学ぶことができ大変嬉しく思います。今後もこのようなセミナーに積極的に参加していきたいと思います。
- ・ 勉強不足でわからない部分が多くありましたが、丁寧に説明して頂けたセミナーでしたので理解がしやすかったです。教えていただいた計測方法で測定をしようと思います。2 日間ありがとうございました。

セミナーの様子



## 第5回 実地で学ぶMRI安全管理セミナー

新潟大学医歯学総合病院（撮影部会委員）金沢 勉

2023年12月17日(日)に第5回実地で学ぶMRI安全管理セミナーを教育委員会ならびに中国四国支部に共催頂き、徳島文理大学香川キャンパスにて対面で開催しました。対面では4年ぶりの対面開催でしたが、実機を使つての安全性の実験から座学まで大変充実したセミナーを開催することができました。ご参加頂きました皆様ありがとうございました。

冒頭に西丸中四国支部長にご挨拶をいただきセミナーを開始し、27名の参加者にて座学と実機を使った実験を効率的に行うために2班に分けて行いました。発熱実験では、徳島文理大学からサーモグラフィーをお借りし、アルミニウムを支持体とし他薬剤を想定した自作のファントムを用いて発熱観察実験を行いました。予備実験と比べてファントムの温度は上昇しませんが、マグネットボア内の側面が温度上昇しているところに注目をして発熱に対する注意喚起を行いました。変位力・トルク実験では、複数のインプラントやデバイスを素材として変位力測定の実験を行いました。普段はほとんど行わない検証でしたので参加者全員が初めての体験であり、また、埋め込み型のリードレスのペースメーカーや心電図測定機器を手にとることができたのも良い経験になったと思います。



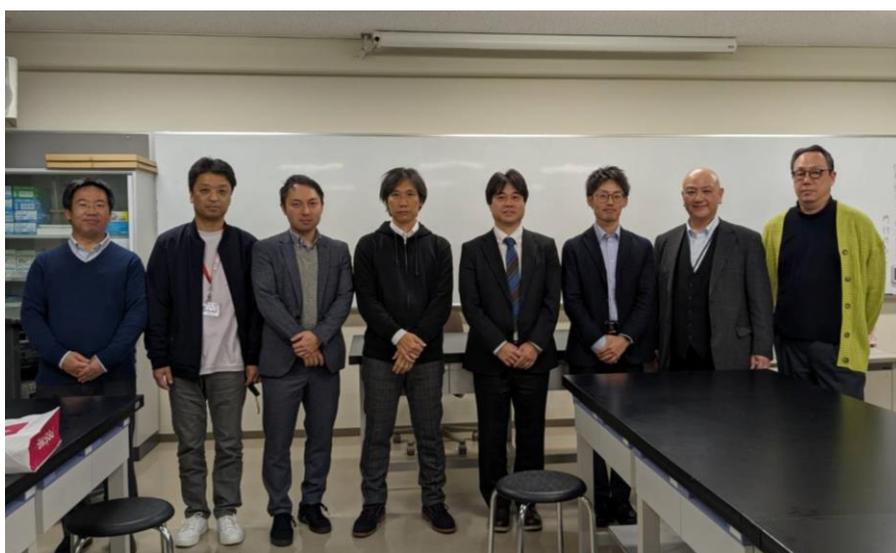
座学の一つ目は「MRI装置のハードウェアと体内デバイスの安全性について」を香川大学医学部附属病院の小島先生に講演いただきました。MRI装置の基本的な構造から体内金属に対する考え方を丁寧に説明いただきました。

二つ目は「臨床現場での安全管理に関する話題～この課題、あなたならどうしますか?～」を虎の門病院の福澤先生に講演いただきました。MRI安全管理を通して他職種間の連携の重要性やトラブルから得られる情報共有の大切さを講演いただきました。



「参加者による Q&A」では各セッションでの小括を含め、本セミナーの振り返りを行い参加者の理解を深める内容で締めくくられました。参加いただいた皆様、講師を務めていただいた先生方、会場の準備をいただいた徳島文理大学の先生方には感謝を申し上げます。1日お疲れ様でした。

来年度は、関東支部との共催で、富士フイルムヘルスケア株式会社様の柏工場にて、工場見学を含め実機を使った安全管理セミナーを行う予定です。また新しい知見を得ることができると思います。参加をお待ちしております。



以上

報告者: 金沢 勉 (撮影部会 MR 分科会長)

# (公社) 日本放射線技術学会 撮影部会 2023 年度事業報告

## 1. 第 80 回撮影部会(第 79 回総会学術大会)を開催した.

会期：令和 5 年 4 月 13 日（木）～16 日（日）

会場：パシフィコ横浜（横浜市）

### (1) テーマ A(一般分科会)

開催日：4 月 15 日(土) 14:30～17:30 (F201+F203)

教育講演 『救急治療戦略における情報収集と画像検査』

講師：藤田医科大学病院 船曳知弘

司会：りんくう総合医療センター 中前光弘

ワークショップ 『技術でつなげ！救急医療 プレホスピタルから撮影・治療まで』

座長：りんくう総合医療センター 西池成章,

神奈川県済生会横浜市東部病院 稲垣直之

① 『命をつなぐための観察アルゴリズム』 国士舘大学大学院 張替喜世一

② 『PSLS(Prehospital Stroke Life Support)・PCEC(Prehospital Coma Evaluation & Care) から考える画像検査と撮影技術』 一宮市立市民病院 山田晃弘

③ 『PEMEC (Prehospital Emergency Medical Evaluation and Care) から考える画像検査と撮影技術』 国立病院機構水戸医療センター 田中善啓

④ 『JPTEC(Japan Prehospital Trauma Evaluation and Care) から考える画像検査と撮影技術』 神戸赤十字病院 宮安孝行

### (2) テーマ B(CT 分科会)

開催日：4 月 14 日(金) 9:00～12:00 (F201+F202)

教育講演 『CT に関する基礎知識と最近の CT 装置の特性』

講師：北海道科学大学 佐藤和宏

司会：国立がん研究センター中央病院 瓜倉厚志

ワークショップ 『X線 CT ガイドライン Appendix の改訂と解説』

座長：千葉市立海浜病院 高木 卓, 国立がん研究センター東病院 野村 恵一

① 『逐次近似再構成』 藤田医科大学病院 後藤 光範

② 『管電圧設定』 国立がん研究センター中央病院 瓜倉 厚志

③ 『Dual-energy CT』 東北大学病院 茅野 伸吾

④ 『Metal Artifact Reduction』 山形大学医学部附属病院 保吉 和貴

⑤ 『線量管理』 国立がん研究センター東病院 野村 恵一

### (3) テーマ C (MR 分科会)

開催日：4 月 16 日(日) 9:00～12:00 (F201+F202)

教育講演 『腹部 MRI における新たな潮流と臨床応用』

講師：信州大学医学部 藤永康成

司会：信州大学医学部附属病院 木藤善浩

ワークショップ 『上腹部の呼吸制御について考える』

座長：徳島文理大学 山村 憲一郎，新潟大学医歯学総合病院 金沢 勉

- ① 『息止めによる呼吸制御』 兵庫医科大学病院 城本 航
- ② 『呼吸同期による呼吸制御』 岡山大学病院 松下 利
- ③ 『シーケンスによる呼吸制御』 虎ノ門病院 福澤 圭
- ④ 『深層学習を併用した高速撮像による呼吸制御』 信州大学医学部附属病院 木藤善浩

(4) JSRT-JCS 合同企画シンポジウム

開催日：4月15日(土) 10:10～11:40 (501)

「画像検査による心機能解析 -撮影技術・解析技術を中心に-

座長：大阪公立大学医学部附属病院 高尾由範 (JSRT)，滋賀医科大学 中川 義久 (JCS)

- ① 循環器診療における画像による心機能解析の意義  
京都大学医学部附属病院 加藤 貴雄 (JCS)
- ② 超音波検査での心機能解析 - “再現性が悪い” は言い訳にならない！ 定量的評価を目指して -  
藤枝市立総合病院 北川 敬康 (JSRT)
- ③ 心プール SPECT による心機能解析 -自動解析技術による高い再現性-  
榊原記念病院 鈴木 康裕 (JSRT)
- ④ MR 検査での心機能解析 -ここまでできる！ -  
徳島文理大学 山村 憲一郎 (JSRT)
- ⑤ CT 検査での心機能解析 -心臓全部をアイソトロピックに-  
鈴鹿医療科学大学 永澤 直樹 (JSRT)

## 2. 第 81 回撮影部会(第 51 回秋季学術大会)を開催した.

会期：令和 5 年 10 月 13 日 (木) ～ 16 日 (日)

会場：名古屋国際会議場 (名古屋市)

1) 第 81 回撮影部会 A (学術委員会)

10 月 28 日 (土) 14:40～17:40 (第 1 会場\_白鳥ホール (北))

シンポジウム：

座長：金沢大学 松原孝祐 (学術委員長)，りんくう総合医療センター 中前光弘 (撮影部会長)

「X線単純撮影における再撮影を考える ～その撮影，本当に必要ですか？～」

- ① X線単純撮影における再撮影を考える～シンポジウムの概要～  
りんくう総合医療センター 中前光弘
- ② 亀田総合病院における現状の分析と対策例 亀田総合病院 小野 雄一朗
- ③ 山口大学医学部附属病院における現状の分析と対策例  
山口大学医学部附属病院 叶屋 苑
- ④ 再撮影の判断基準 北里大学病院 関 将志
- ⑤ 再撮影判定のための画像評価 広島国際大学 太田雪乃
- ⑥ 再撮影を含めた検査総線量低減の取り組み～プレシヨットの実際～  
東京女子医科大学病院 森田康介

⑦放射線防護の観点から見た再撮影 福島県立医科大学 広藤喜章

⑧線量管理から見た再撮影 福岡大学病院 上野 登喜生

2) 第 81 回撮影部会 B (分科会合同)

10月29日(日) 8:40~9:40 (第3会場 国際会議室)

教育講演 「小児期の股関節・膝関節の超音波診断」

司会 高浜豊田病院 前田佳彦

講師 土居整形外科 藤原憲太

10月29日(日) 9:40~11:40 (第3会場 国際会議室)

シンポジウム

座長:川崎市立井田病院 三宅博之, 高浜豊田病院 前田佳彦

「モダリティで埋める整形外科領域の溝! 下肢編(骨盤~膝関節を中心に)」

①CTで診る新たな画像と手術支援~整形下肢領域~ 手稲溪仁会病院 中島広貴

②股関節MRIにおける撮像技術と臨床応用 大阪公立大学医学部附属病院 竹森大智

③荷重撮影ができる一般撮影~下肢領域編~ 北里大学病院 山寄雅史

④下肢関節診療における超音波検査の役割 ~骨盤から膝関節~

やわたメディカルセンター 宮下高雄

3) 専門部会講座

入門編5

10月28日(土) 8:40~9:30 (第2会場 白鳥ホール(南))

撮影部会(CT撮影) 座長 国立がん研究センター中央病院 瓜倉厚志

「胸部CT検査における低線量化技術の進歩と線量管理」 聖隷三方原病院 鈴木千晶

入門編6

10月28日(土) 8:40~9:30 (第4会場 会議室431+432)

撮影部会(MR撮影) 座長 徳島文理大学 山村 憲一郎

「臨床でよく見るMRIアーチファクトとその対処法」 高知大学医学部附属病院 八百川 心

入門編10

10月29日(日) 13:40~14:30 (第5会場 会議室234)

撮影部会(一般撮影) 座長 城北病院 坂倉正樹

「上肢関節の臨床技術-関節エコーの基礎と実践-」 高浜豊田病院 前田佳彦

3. 2023年度 市民公開シンポジウムを開催した。(広報・渉外委員会, 近畿支部): 科研費申請.

「医療画像の向こう側 ~ドラマのようになぜ病気がわかるのか?~」

開催日:2023年10月8日(日) 13時~17時

参加者数:33名

オンデマンド配信:10月24日~11月30日

視聴回数:970回(11月30日現在)

会場:ハートピア京都(京都市中京区竹屋町通烏丸東入る清水町375番地)

総合司会:徳島文理大学 山村憲一郎

司会：りんくう総合医療センター 中前光弘，川崎市立川崎病院 三宅博之

World 1：実は身近な放射線と診療放射線技師の仕事 -知られざる世界の扉を開く-

講師：福島県立医科大学 山品博子

World 2：どう撮れば病気がわかる？レントゲン撮影の世界

講師：北里大学病院 関 将志

(休憩)

World 3：体が輪切りに!? CT, MRI による 3 次元イメージングの世界

講師：千葉市立海浜病院 高木 卓

World 4：体の内側から病気を治す！血管内治療 (IVR) の世界

講師：大阪公立大学医学部附属病院 高尾由範

フリートーク -疑問にお答えします-

#### 4. セミナーを開催した。(教育委員会, 各地方支部共催).

(1) 乳房撮影ガイドライン・精度管理研修会の開催

(教育委員会, 撮影部会・地方支部・日本乳がん検診精度管理中央機構共催)

① 第 93 回 乳房撮影ガイドライン・精度管理研修会(中部支部)

開催日:2023 年 8 月 19 日(土)20 日(日)

会場:名古屋医療センター(名古屋市)

申し込み者:65 名 会員:19 名・非会員:31 名, キャンセル 2 名 (受講:47 名・認定:33 名)

② 第 94 回 乳房撮影ガイドライン・精度管理研修会(中四国支部)

開催日:2023 年 9 月 16 日(土)17 日(日)

会場:川崎医療福祉大学(岡山県倉敷市)

申し込み者:118 名 会員:31 名・非会員:19 名 (受講:49 名・認定:39 名)

③ 第 95 回 乳房撮影ガイドライン・精度管理研修会(関東支部)

開催日:2024 年 1 月 6 日(土)・7 日(日)

会場:国際医療福祉大学成田キャンパス(千葉県成田市)

申し込み者:89 名 会員:16 名・非会員:34 名 (受講:46 名・認定: 名)

(2) デジタルマンモグラフィを基礎から学ぶセミナーの開催(オンラインセミナー)

第 13 回デジタルマンモグラフィを基礎から学ぶセミナー

開催日:

オンデマンド配信:2023 年 9 月 1 日(金)~ 9 月 30 日(土) 参加者:97 名

LIVE 配信:2023 年 9 月 23 日(祝・土) 10:00~12:00 参加者:58 名

(3) CT 応用セミナーの開催(中四国支部)

第 8 回 CT 応用セミナー

開催日:2023 年 9 月 16 日(土)・17 日(日)

会場:広島大学 霞キャンパス(広島市)

参加者数:会員 15 名・非会員 1 名・欠席者 1 名(会員)

(4) 実地で学ぶ MRI 安全管理セミナーの開催(中四国支部)

第5回実地で学ぶ MRI 安全管理セミナー

開催日:2023年12月17日(日)14:00~17:00

会場:徳島文理大学香川キャンパス(香川県さぬき市)

申し込み者:29名 会員:24名・非会員:5名

**5. 部会誌(電子版)を発行した.**

春4月と秋10月の2回, 学術大会に合わせて発行した.

内容:部会プログラムに合わせた教育講演, ワークショップのなどの予稿技術資料, 前回のワークショップの報告 Q&A, ラジオグラフィの広場など最新の撮影技術を掲載し, 部会員にとって有益な情報雑誌となった.

**6. 撮影部会会員専用のメールマガジンを発信した.**

撮影部会主催のセミナー募集やイベント開催案内など, 最新情報を提供した.

2023.06.07 内容:2023年度乳房撮影ガイドライン・精度管理研修会の案内

2023.08.01 内容:第8回CT応用セミナーの案内

2023.08.02 内容:第51回秋季学術大会 ハンズオンセミナーの案内

2023.10.03 内容:2023年度市民公開シンポジウムの案内

2023.10.31 内容:2023年度乳房撮影ガイドライン・精度管理研修会の案内

2023.11.06 内容:2023年度市民公開シンポジウム オンデマンド配信の案内

2023.11.06 内容:第5回実地で学ぶMRI安全管理セミナー(香川県対面開催)の案内

**7. 研究奨励賞を選考した.(表彰委員会)**

一般分科会, CT分科会, MR分科会からそれぞれの専門領域に関する学術論文ならびに学術大会, 撮影部会における発表の中から担当委員が審査を行い, 高い得点を得た優れた内容の研究を技術奨励賞, 技術新人賞の候補者として複数名を選考し, 表彰委員会に推薦した.

**8. 梅谷賞を推薦した.(表彰委員会)**

教育, 著作, 発明および考案に著しい業績を挙げたグループや個人を表彰委員会へ推薦した.

**9. 宿題報告ならびにシンポジウムの推薦(学術委員会)**

第81回総会シンポジウムのテーマおよび座長, 第82回総会宿題報告者を各分科会から学術委員会へ推薦した.

**10. 部会委員会を開催した.(4回)**

第1回:4月13日(木) パシフィコ横浜(横浜市)

第2回:8月4日(金) web会議

第3回:10月26日(木) 名古屋国際会議場(名古屋市)

第4回:1月31日(水) web会議

1 1. 第 88 回日本循環器学会学術集会（JCS2024）へのサポート.

日本循環器学会の選考方法が変更になったため、JSRT（撮影部会）から企画案の提案は無かった.

1 2. 市民からの質問に回答した。（広報渉外委員会）

会員や一般市民からの問い合わせに対して、回答案を広報渉外委員長へ答申した.

1 3. 専門技師・技術者の認定に関する各種組織や団体と情報共有し、円滑な協力体制を維持した.

## 2024 年度事業計画

### 1. 第 82 回撮影部会(第 80 回総会学術大会)を開催する.

1) テーマ A (一般分科会) : 2024 年 4 月 12 日 (金) 午前

教育講演「三位一体の IVR が目指す先：診療放射線技師の支援に関する IVR 医の本音」

司会 りんくう総合医療センター 中前光弘

講師 東北大学病院 高瀬 圭

ワークショップ：「血管撮影・IVR で求められる放射線技術の再考：業務拡大の変化の中で」

座長：大阪公立大学医学部附属病院 高尾由範，川崎市立井田病院 三宅博之

①「IVR でのタスクシフティング/シェアリングの要点：撮影技術の観点から」

大阪公立大学医学部附属病院 市田隆雄

②「JAPIR の調査結果から紐解く IVR の支援の現状」倉敷中央病院 大角真司

③「タスクシフティング/シェア時代に必要な撮影技術」昭和大学病院 安田光慶

④「支援技術の向上に向けた現場での取り組み」倉敷中央病院 中川 忍

⑤「清潔野で求められる術者支援業務の技術と課題」千葉西総合病院 齋藤瑠那

2) テーマ B (CT) : 2024 年 4 月 13 日 (土) 午前

教育講演：「新時代を見据えた CT 検査の実践」

司会 岐阜大学医学部附属病院 三好利治

講師 岐阜大学医学部附属病院 野田佳史

ワークショップ：「Multi energy CT の臨床における有用性を探る」

座長 千葉市立海浜病院 高木 卓，国立がん研究センター中央病院 瓜倉厚志

①「頭部領域における DECT の活用法」秋田県立循環器・脳脊髄センター 大村知己

②「腹部領域における DECT の活用法」岐阜大学医学部附属病院 三好利治

③「Photon counting CT 技術の基礎」名古屋市立大学医学部附属みどり市民病院 大橋一也

④「Photon counting CT の臨床」大阪大学医学部附属病院 川畑秀一

3) テーマ C (MR) : 2024 年 4 月 14 日 (日) 午前

教育講演：「中枢神経領域の高速 MRI 撮像の臨床応用」

司会 熊本大学病院 森田康祐

講師 熊本大学大学院 上谷浩之

ワークショップ：「MRI の高速撮像のあゆみ」

座長 新潟大学医歯学総合病院 金沢 勉，徳島文理大学 山村 憲一郎

①「k-space と撮像時間」川崎幸病院 中 孝文

②「パラレルイメージングの光と影」東海大学医学部附属病院 高野 晋

③「圧縮センシングの光と影」東京大学医学部附属病院 上山 毅

④「高速撮像の最新技術」熊本大学病院 森田康祐

4) 専門部会講座

○ 一般 (入門編) : 乳房撮影・撮影技術Ⅱ : 2024 年 4 月 12 日 (金) 午前

司会：福島県立医科大学 山品博子

「デジタルブレストトモシンセシスの撮影技術と品質管理」

聖マリアンナ医科大学附属研究所ブレスト&イメージング先端医療センター附属クリニック

後藤由香

○ CT（専門編）：CT・画像再構成法：2024年4月13日（土） 午前

司会：岐阜大学医学部附属病院 三好利治

「画像再構成法の理解」

広島大学病院 横町和志

○ MR（入門編）：MRI・MRI 撮像技術：2024年4月14日（日） 午前

司会：新潟大学医歯学総合病院 金沢 勉

「シーケンスを理解する～基本的な特徴と臨床応用～」

福島県立医科大学附属病院 石川寛延

5) JSRT-JCS 合同シンポジウム：2024年4月13日（土）午後

「CTによる心臓評価の現在地」

座長：大阪公立大学医学部附属病院 高尾由範（JSRT），滋賀医科大学 中川義久（JCS）

①「心疾患に対するCT検査の活用：循環器内科医が求める理想の心臓CTとは」

三井記念病院 田邊健吾（JCS）

②「CTによる冠状動脈評価の現在地」広島大学病院 藤岡知加子（JSRT）

③「CTによる心筋評価の現在地」国立循環器病研究センター 櫻井将喜（JSRT）

④「フォトンカウンティングCTによる心臓評価の現在地」東海大学医学部附属病院 片山拓人（JSRT）

## 2. 第83回撮影部会（第52回秋季学術大会：第1回日本放射線医療技術学術大会）を開催する.

1) 撮影部会A：一般分科会（画像部会，JART 骨関節撮影分科会 共催）

テーマ「X線単純撮影の標準化を考える（仮）」

2) 撮影部会B：分科会合同（JART 画像等手術支援分科会 共催）

テーマ「臨床に役立つ手術支援画像とは（仮）」

3) 撮影部会C：分科会合同（JART・STAT 画像報告分科会，JSRT 学術委員会・教育委員会 共催）

テーマ「診療放射線技師によるSTAT画像報告（仮）」

## 3. セミナーを開催する。（教育委員会，各地方支部）

1) 乳房撮影ガイドライン・精度管理研修会の開催

（教育委員会，撮影部会・地方支部・日本乳がん検診精度管理中央機構共催）

(イ) 第96回 乳房撮影ガイドライン・精度管理研修会（中部支部）

開催日：未定

会場：名古屋医療センター（名古屋市）

定員：48名

(ロ) 第97回 乳房撮影ガイドライン・精度管理研修会（東北支部）

開催日：未定

会 場：東北大学病院（仙台市）または、新潟大学医歯学総合病院（新潟市）

定 員：48 名

2)第 14 回デジタルマンモグラフィを基礎から学ぶセミナー

オンデマンド配信：未定

L I V E 配信：未定

定 員：100 名

3) 第 9 回 C T 応用セミナー（東北支部）

開催日：2024 年 9 月 21 日(土)・22 日(日)

会場：未定

定員：30 名

4) 第 6 回実地で学ぶ M R I 安全管理セミナー（関東支部）

開催日：未定

会 場：富士フィルムメディカル ヘルスケアフォーラム柏（旧 日立製作所 柏工場）

定 員：30 名

5) 第 1 回単純 X 線撮影標準化セミナー（仮）

オンデマンド配信：未定

L I V E 配信：未定

定 員：100 名

5. 部会誌(電子版)を発行する.

春 4 月と秋 10 月の 2 回 学術大会に合わせて発行する. 内容:部会プログラムに合わせた教育講演ワークショップのなどの予稿技術資料, 前回のワークショップやセミナーの報告, Q & A, ラジオグラフィの広場など最新の撮影技術を掲載し, 部会員にとって有益な情報雑誌とする.

6. 撮影部会会員専用のメールマガジンを発信する.

撮影部会主催のセミナー募集やイベント開催案内など, 最新情報を提供する.

7. 研究奨励賞を選考する. (表彰委員会)

一般分科会, C T 分科会, M R 分科会からそれぞれの専門領域に関する学術論文ならびに学術大会, 撮影部会における 発表の中から担当委員が審査を行い, 高い得点を得た優れた内容の研究を技術奨励賞, 技術新人賞の候補者として複数名を選考し, 表彰委員会に推薦する.

8. 梅谷賞を推薦する. (表彰委員会)

教育, 著作, 発明および考案に著しい業績を挙げたグループや個人を表彰委員会へ推薦する.

9. 宿題報告ならびにシンポジウムの推薦をする. (学術委員会)

第 82 回総会シンポジウムのテーマおよび座長, 第 83 回総会宿題報告者を各分科会で選考し, 学術委員会へ推薦する.

10. 部会委員会を開催する。(6回)

第1回 3月(未定)web会議(一般分科会)

第2回 4月11日(木)：パシフィコ横浜(横浜市)

第3回 7月(未定)web会議

第4回 9月(未定)web会議(一般分科会)

第5回 10月30日(水)：沖縄コンベンションセンター(沖縄県宜野湾市)

第6回 2024年1月(未定)web会議

11. 市民からの質問に回答する。(広報渉外委員会)

会員や一般市民からの問い合わせに対して、回答案を広報渉外委員長へ答申する。

12. 専門技師・技術者の認定に関する各種組織や団体と情報共有し、円滑な協力体制を維持する。

## ■ 第 83 回撮影部会の予定

日時：2024 年 10 月 31 日（木）～11 月 3 日（日）

会場：沖縄コンベンションセンター

テーマ A：一般分科会（画像部会、JART 骨関節撮影分科会 共催）

「X 線撮影の標準化を考える」

テーマ B：CT・MR 分科会合同（JART 画像等手術支援分科会 共催）

「臨床に役立つ手術支援画像とは」

## ■ Q&A コーナー ・ 広 場 について

撮影部会では、1989 年より【Q&A コーナー】として会員の皆様の質問に答えるコーナーを設けています。専門的、技術的問題のみならず、どんな内容でもご質問下さい。部会委員および経験豊かな会員が責任を持ってお答えします。

【広場】には、会員の皆さんに紹介したい話題を掲載しています。あなたの身の回りの話題や意見などありましたらご連絡下さい。

連絡先 〒600-8107 京都市下京区五条通新町東入東鋸屋町 167

ビューフォート五条烏丸 3 階

TEL：075-354-8989, FAX：075-352-2556（もしくは部会委員まで）

## ■ 撮影部会委員

会長： 中前 光弘（りんくう総合医療センター）

委員： 東 丈雄（大阪大学医学部附属病院）

金沢 勉（新潟大学医歯学総合病院）

関 将志（北里大学病院）

高木 卓（千葉市立海浜病院）

三好 利治（岐阜大学医学部附属病院）

山品 博子（福島県立医科大学）

三宅 博之（川崎市立井田病院）

瓜倉 厚志（国立がん研究センター中央病院）

小山 智美（聖路加国際病院）

高尾 由範（大阪公立大学医学部附属病院）

前田 佳彦（高浜豊田病院 健診センター）

森田 康祐（熊本大学医学部附属病院）

山村憲一郎（徳島文理大学）

## ● 編集後記 ●

会員の皆様、パシフィコ横浜における秋季学術大会に向けお忙しい日々をお過ごしのことと存じます。

テーマ A[一般分科会]ではテーマを IVR について取り上げました。教育講演では東北大学大学院 高瀬圭 先生に、『三位一体の IVR が目指す先：診療放射線技師の支援に関する IVR 医の本音』と題してご講演していただきます。ワークショップでは「血管撮影・IVR で求められる放射線技術の再考：業務拡大の変化の中で」と題して、5 名の先生方にご講演していただきます。テーマ B[CT 分科会]ではテーマを DECT について取り上げました。教育講演では岐阜大学医学部附属病院 野田佳史 先生に、『新時代を見据えた CT 検査の実践』と題してご講演していただきます。ワークショップでは「Multi energy CT の臨床における有用性を探る」と題して、4 名の先生方にご講演していただきます。テーマ C[MR 分科会]ではテーマを高速撮像について取り上げました。教育講演では熊本大学大学院 上谷浩之 先生に、『中枢神経領域の高速 MRI 撮像の臨床応用』と題してご講演していただきます。ワークショップでは「MRI の高速撮像のあゆみ」と題して、4 名の先生方にご講演していただきます。

撮影部会を会員皆様にとって有意義な企画となるように、皆様の活発なディスカッションを期待しています。撮影部会はよりよい撮影技術を求めて会員皆様に情報提供していきたいと考えています。

記：三宅

撮影部会誌 よりよい撮影技術を求めて Vol.32 No.1 通巻82 2024年4月 発行

発行人：中前 光弘

発行所：公益社団法人 日本放射線技術学会

〒600-8107 京都市下京区五条通新町東入東鋸屋町167ビューフォート五条烏丸3階

TEL：075-354-8989 FAX：075-352-2556

電子メールアドレス [office@jsrt.or.jp](mailto:office@jsrt.or.jp)

ホームページアドレス <http://www.jsrt.or.jp>