

ISSN 2189-3071

Apr. 2025

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.33 No.1 通巻 84

第 84 回撮影部会

期日：2025 年 4 月 10 日（木）～4 月 13 日（日）

場所：パシフィコ横浜

公益社団法人 日本放射線技術学会 撮影部会

■巻頭言

りんくう総合医療センター（撮影部会長） 中前 光弘（1）

■第84回撮影部会 2025年4月10日（木）～4月13日（日） パシフィコ横浜

■テーマA：一般分科会

司会：福島県立医科大学（撮影部会委員） 山品 博子

教育講演 『これからの乳がん検診と精密検査』

講師：獨協医科大学 医学部・埼玉医療センター 久保田一徳（3）

ワークショップ 『マルチモダリティで考える乳がん検診と精密検査』

座長：福島県立医科大学（撮影部会委員） 山品 博子（7）

三河乳がんクリニック 渡辺 恵美

（1）「精度向上を目指したデジタル乳房トモシンセシスをを用いた乳がん検診」

東京都予防医学協会 富樫 聖子（8）

（2）「乳がん検診における超音波併用の有用性と人材育成」

日本医療大学 黒藤 邦夫（10）

（3）「MRIでの精密検査～押さえておく～」

市立四日市病院 林 藍花（11）

（4）「乳房専用PETの現状と将来の方向性」

京都大学医学部附属病院 板垣 孝治（14）

■テーマB：CT分科会

司会：国立がんセンター中央病院（撮影部会委員） 瓜倉 厚志

教育講演 『CT画像の高解像化－SNRから見るその効果－』

講師：金沢大学医薬保健研究域保健学系 市川 勝弘（17）

ワークショップ 『高精細なCT画像が診断に与えるインパクト』

座長：千葉市立海浜病院（撮影部会委員） 高木 卓（21）

岐阜大学医学部附属病院（撮影部会委員） 三好 利治

（1）「中枢神経領域における高精細CTの応用と展望」

東北大学病院 茅野 伸吾（22）

（2）「循環器領域の高精細CT」

名古屋市立大学病院 木寺 信夫（26）

（3）「胸部・肺における高精細CT画像の可能性」

大阪大学医学部附属病院 仲宗根 進也（30）

（4）「腹部領域の高精細CT」

国立がんセンター中央病院（撮影部会委員） 瓜倉 厚志（32）

（5）「高精細CTを用いた骨微細構造解析への可能性」

長崎大学病院 橋口 修卓（35）

■テーマC：MR分科会

司会：徳島文理大学（撮影部会委員） 山村 憲一郎

教育講演 『婦人科のMR撮像』

講師：大阪医科薬科大学 放射線医学教室 中井 豪（39）

ワークショップ 『婦人科MRI：疾患描出のポイント』

座長：熊本大学病院（撮影部会委員） 森田 康祐（42）

新潟大学医歯学総合病院（撮影部会委員） 金沢 勉

（1）「婦人科疾患描出のポイント：モーション対策のための検査前準備と体動補正シーケンス」

小樽市立病院 伊原 陸（43）

（2）「婦人科疾患描出のポイント：撮像オリエンテーションとMRIベーシックシーケンス」

広島大学病院 神岡 尚吾（46）

（3）「婦人科疾患描出のポイント：機能画像や3Dシーケンス」

東北大学病院 根本 整（49）

（4）「婦人科疾患描出のポイント：造影ダイナミックシーケンス」

神戸大学医学部附属病院 曾宮 雄一郎（53）

■第83回撮影部会Q&A

学術企画③ ワークショップ『X線撮影の標準化を考える』

りんくう総合医療センター（撮影部会長） 中前 光弘（56）

学術企画⑭ ワークショップ『手術支援画像作成のためにすべきことは』

新潟大学医歯学総合病院（撮影部会委員） 金沢 勉（58）

■2024 年度撮影部会セミナー報告

- | | | | |
|-----------------------------------|---------------------|-------|------|
| (1) 第 1 回単純 X 線撮影における品質管理セミナー | 北里大学病院（撮影部会委員） | 関 将志 | (60) |
| (2) 第 9 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 | (62) |
| (3) 第 6 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 | (64) |
| (4) 第 96 回・97 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 | (65) |
| (5) 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 | 福島県立医科大学（撮影部会委員） | 山品 博子 | (66) |

■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（72）

■編集後記

『専門部会再編に向けた撮影部会への期待！』

りんくう総合医療センター（撮影部会長）

中前 光弘

第 84 回撮影部会 (JRC2025・第 81 回総会学術大会) では、一般、CT、MR の各分科会で教育講演とワークショップを企画しています。司会や講師としてご登壇いただく多くの先生方に、この場を借りて感謝申し上げます。

撮影部会では、研究を推進する役割を担いながら、臨床現場での有益な情報(最新技術、注目度の高い関心事、基本的で忘れてはならない理論など)を提供するため、学術大会の企画やセミナーの企画・運営を行っています。

私は 2013 年(平成 25 年)に川本清澄先生(大阪大学医学部附属病院、当時)の後任として、撮影分科会(当時)の委員に就任しました。単純 X 線撮影に関するデジタル画像処理を専門に研究しており、一般分科会で活動してきました。そして 2019 年(平成 31 年)4 月に梁川範幸先生(つくば国際大学)から第 9 代撮影部会会長を引き継ぎました。平成は 2019 年 4 月 30 日で終わり、元号が「令和」となったため、「平成」最後かつ「令和」最初の部会長として、3 期 6 年の任期を務めてきましたが、第 84 回撮影部会が、撮影部会長としての最後の仕事となります。後進のために撮影部会長として取り組んできた役務を残しておきます。

最も印象的に残っているのは、撮影部会長として初めて臨んだ 2020 年 4 月の第 74 回撮影部会 (JRC2020・第 76 回総会学術大会:奥田保男大会長)でした。新型コロナウイルス感染症(COVID-19)の影響で、急遽横浜の現地開催を中止し、前例のないウェビナーのみの学術大会となりました。この時の対応は、非常に衝撃的であり、決して忘れられません。

しかし、2 年の歳月を経ても COVID-19 の余波は続き、政府が推進する感染対策を考慮した新しい生活様式(ニュー・ノーマル)を取り入れて、社会経済を動かさなくてはなりません。病院における診療も同様です。各種検査対応は今まで以上に感染防止対策が厳重に取られるようになり、学会の活動そのものにもウェブ会議の導入や、セミナーや学術大会の完全ウェビナー開催、対面とウェビナーを組み合わせたハイブリッド形式での開催が進められ、企画や運営に苦慮したことが蘇ってきます。

そんな中、2022 年 3 月から専門部会費の無償化が始まりました。専門部会未入会の会員も多くおられますが、学会の活動に大きな支障はなく、積極的な入会が期待されるものではありませんでした。そこで、学術委員会主催で第 78 回総会学術大会(2022 年 4 月)において、専門部会に入ろう！—入会無償化企画—「うちの部会に入って自分の専門分野を見つけましょう！」を開催し、多くの会員に専門部会に入会していただくような取り組みを行いました。また、和文誌では、専門部会長が一同に集い貴重な意見交換を行い 2023 年 1 月号で新春座談会「専門部会の使命と将来展望」として掲載しています¹⁾。

有償時の 2021 年 12 月の撮影部会の会員数は 2,333 人(学生会員:1,381 名含む)で、正会員は 1,000 人未満と低迷していましたが、2025 年 1 月では 3,635 人(学生会員:1,707 名含む)に増加し、正会員が 2,000 人近くまで増えましたが、会員数に比べて専門部会の入会率はまだまだ低迷しています。

また、私が学術委員長を務めていた 2021-2022 年には、学術委員会が中心となって専門部会の在り方について多くの時間を割いて議論しました。第 79 回総会学術大会(2023 年 4 月)では「専門部会の使命と在り方を考

える」シンポジウムを開催し、専門部会の事業運営の実態について多方面から考察し、今後の学術レベルの向上と魅力ある学会づくりに寄与するために和文誌 Vol.80(No.1)に開催報告を掲載して多くの会員にも報告しています²⁾。



写真 私（前列左から2番目）を支えていただいた撮影部会委員の先生方と共に

このような活動を通し新しい時代の流れを取り入れて、撮影部会を含む7つの専門部会は、2025年度の活動をもって、新しい専門部会に生まれ変わることが決定しました。専門分野の役割を“研究推進”とより明確化し、分野横断型研究の推進を加速することで、新たな放射線技術学を創造できる学会となるための基盤を支える専門部会へと生まれ変わります。現専門部会の解散について、総会での承認や規約の改訂、セミナー運営などの教育的活動や、今まで培ってきた専門性を目指す人材の育成を担う組織改変などの大きな試練が待ち受けています。しかし、本学会の未来を支える変革となるために、越えなければならない壁です。

新生“撮影部会”には、1年しか時間はありませんが、今までの実績と経験を元に新しい専門部会の中心的な存在となって牽引してくれることを確信しています。

参考文献

- 1) 篠原範充, 他; 新春座談会 専門部会の使命と将来展望, 日放技学誌, Vol.79(No.1), pp1-16, 2023
- 2) 中前光弘, 他; 第79回総会学術大会「シンポジウム2」講演報告, 専門部会の使命と在り方を考える, 日放技学誌, Vol.80(No.1), pp87-97, 2024

『これからの乳がん検診と精密検査』

Advances in Breast Cancer Screening and Diagnostics

獨協医科大学 医学部・埼玉医療センター

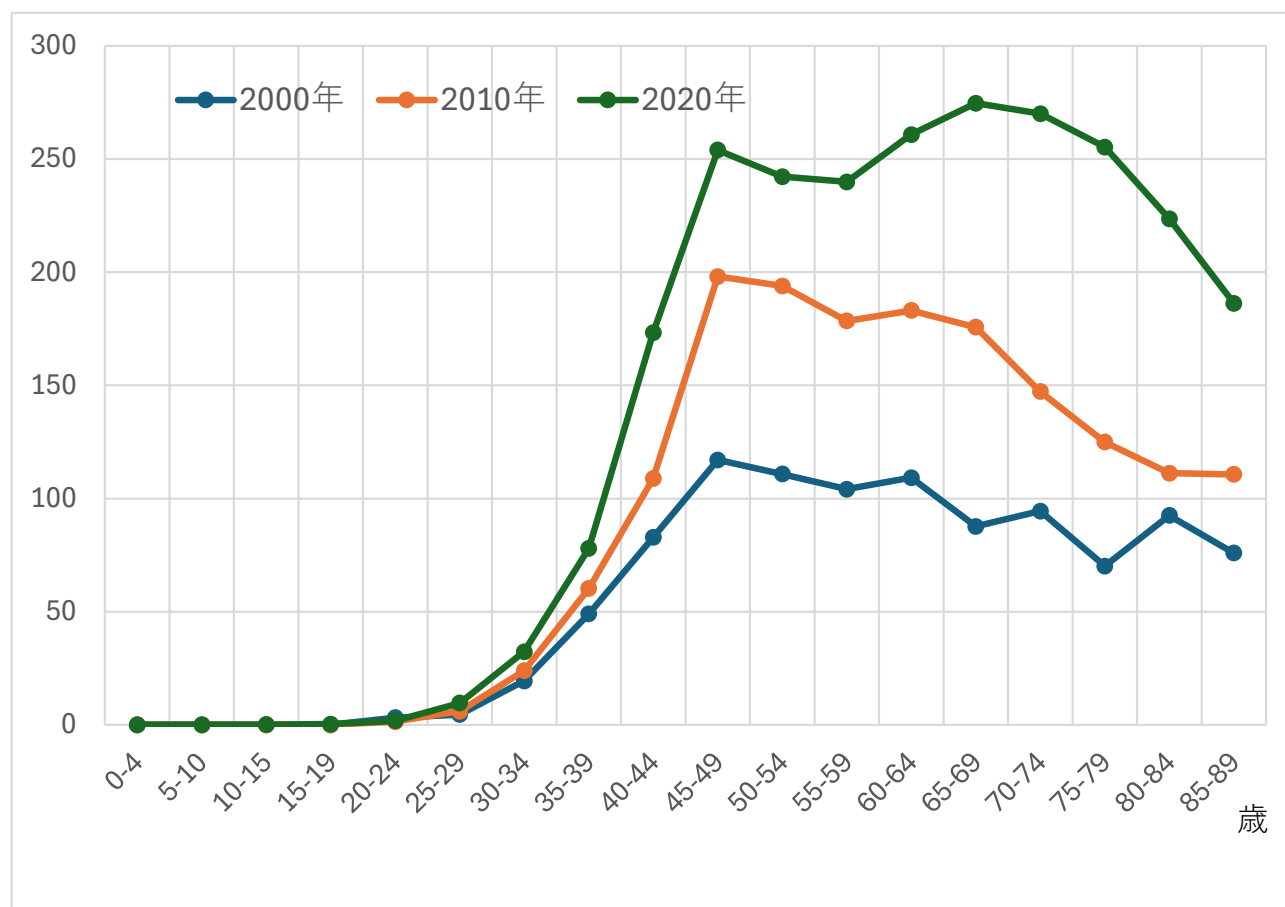
久保田 一徳

1. はじめに

乳癌罹患数・死亡数とも増加し、乳癌年齢が高齢化する中、若年性乳癌の重要性も増している。乳腺画像診断では各種のガイドライン¹⁾での検討が継続的に行われているが、対策を考えて早急に実施していく必要がある。乳腺領域においては、マンモグラフィ、超音波、MRIといった画像診断が検診においても精密検査(診断)においても用いられるため、検診と診断におけるこれらの使い方についても再度認識したうえで取り組んでいくことも大事であろう。

2. これからの乳がんの動向と乳がん検診を考える

日本では乳がんに対する対策型検診として 40 歳代以上の女性にマンモグラフィ検診が行われている。任意型検診としてはマンモグラフィに乳房超音波も加えて行われることが多いが、これらを合わせても乳がん検診の受診率が 47.4% (2022 年の国民生活基礎調査による)と、欧米の 70-90% 台と比べて圧倒的に低い。乳癌罹患数は 10 万人弱 (2019 年 97,812 例: 全国がん登録罹患データ)、死亡数は 1 万 5 千人程度 (2020 年 14,779 人:

Fig.1 年齢経級別乳癌罹患率 国立がんセンターがん情報サービス「がん登録・統計」²⁾より作成

人口動態統計死亡データ)とここ数年では横ばい～緩徐な増加があり、エビデンスがあるはずの死亡率低減効果が実際に得られていないのは検診受診率の低さによるものとも考えられる。

対策型検診が開始された頃の 2000 年と 2020 年を比較してみると、乳癌罹患のピークは高齢化しており、マンモグラフィでの検診が今後もさらに重要となってくると考えられる。乳癌を早期発見することで死亡率低減効果を期待するだけでなく、小さな病変で見つけることにより手術や薬物療法の侵襲を減らすことや治療費の軽減を図ることも一つの目的と考えると、ある程度の高齢者においても検診の意義は高いと考えられる。

一方で、若年者の乳癌も確実に増えている。マンモグラフィでは乳腺実質に腫瘍が埋もれて検出できない場合があり、若年者や高濃度乳房においては超音波を併用することで乳癌検出率を上げることが期待される。乳癌診療ガイドライン¹⁾においては、「マンモグラフィと超音波検査の併用検診は感度上昇、早期乳癌の発見に有用であり適切な精度管理が行われるならば、行うことを弱く推奨する」としており、対策型含めた今後の検診への導入も検討する必要がある。

3. マンモグラフィ:トモシンセシスとともに撮影方法を考える

乳房トモシンセシスは、通常のマンモグラフィを 2D 撮影というのに対して 3D 撮影とも呼ばれ、乳房を複数の方向から撮影することで断層画像を得るものである。3D 撮影によって乳腺の重なりで見えにくかった病変を検出できるようにすることで感度の向上が期待される。また、乳腺の重なりか腫瘍かわかりにくい FAD(局所的非対称性陰影)について、断層画像で確認することで正常乳腺組織と判断することが増え、要精密検査となる割合(recall rate)を低減することにも期待される¹⁾。

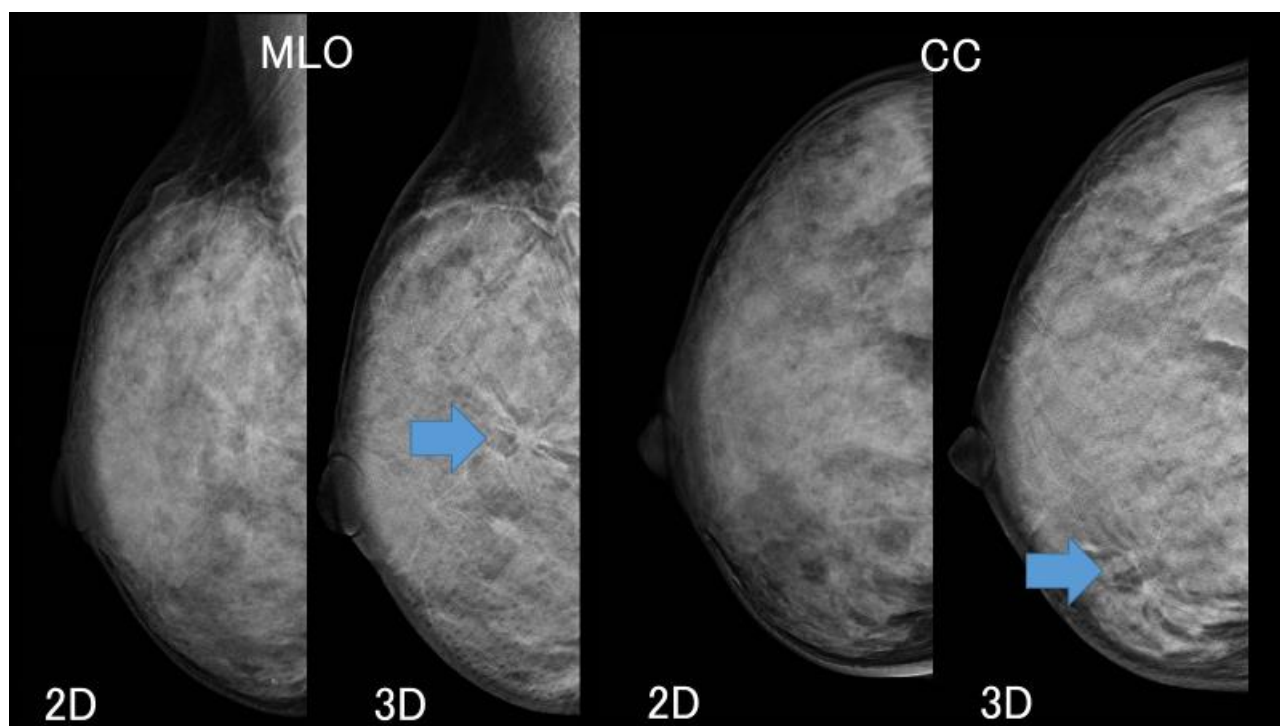


Fig.2 右乳癌. 2D (通常のマンモグラフィ) では病変の指摘が難しい. 3D (トモシンセシス) では不整形・境界不明瞭で spicula を伴う腫瘍が同定される (矢印).

欧米では大規模な研究が行われ、検診においてもすでに大規模にトモシンセシスが導入されている。日本では 2024 年から乳房トモシンセシスに診療報酬もつき、今後の検診への導入にも期待され、一部の任意型検

診での導入も行われている。ただし、対策型検診における導入についてはまだ議論が進んでおらず、そもそもいまだに 50 歳以上では内外斜位 (MLO) 1 方向の撮影が任意型検診の主流となっているような状況である。この分野において、各国から大きく後れを取っていることを認識しなければならない。

乳房トモシンセシスの撮影を、2D と合わせてどのように行うかについても、検討の余地がある。3D を組み合わせることで診断能は上がり、基本的に特異度の低下はきたさないと考えられる。一方で、追加の撮影がある分、被ばくは増加する。通常は 2D と同等の被ばくの範囲であり、昨今のデジタルマンモグラフィでは以前とくらべて被ばく低減していることを考慮すると大きな問題にはならない可能性はある。また、読影にかかる時間の増加や、大容量の画像保管の手間やコストも考えなければならない。検診においては、MLO のみ 3D を追加する、などというケースも多いようである。3D のデータから合成 2D を作成する機能を持つ装置も多く、これであれば被ばくの増加はない。合成 2D の画質も当初より改善されてきており、多くのケースでは通常の 2D がなくても問題がないようにも思われるが、実際の導入・2D 省略については今後もう少し検証していくことも必要だろう。

4. 乳房超音波

前述のように検診への導入も期待される乳房超音波であるが、その画質と診断能は確実に進歩している。これまでもドプラ法の血流評価に加えて造影超音波での血流評価も行われてきたが、近年では微細な血流を造影剤を使わずとも描出可能な技術が出てきている。また、硬さの評価＝エラストグラフィも超音波では重要となっており、画像の変化から硬さを評価することのできる strain elastography、せん断波を用いた shear wave elastography のどちらとも確実な評価ができるようになってきた。さらに、最近ではフルデジタル化された超音波において、B モード画像の画質向上が目覚ましい。フルデジタルフォーカスによって表在から深部まで明瞭な画像が得られることで、大きな病変だけでなく周囲や少し離れた部位の微細な病変まで同時に精細に評価することができるようになっている。このような基本的な画質が向上することにより、再現性が向上し、できるだけ術者依存の少ない検査となりつつあると言える。

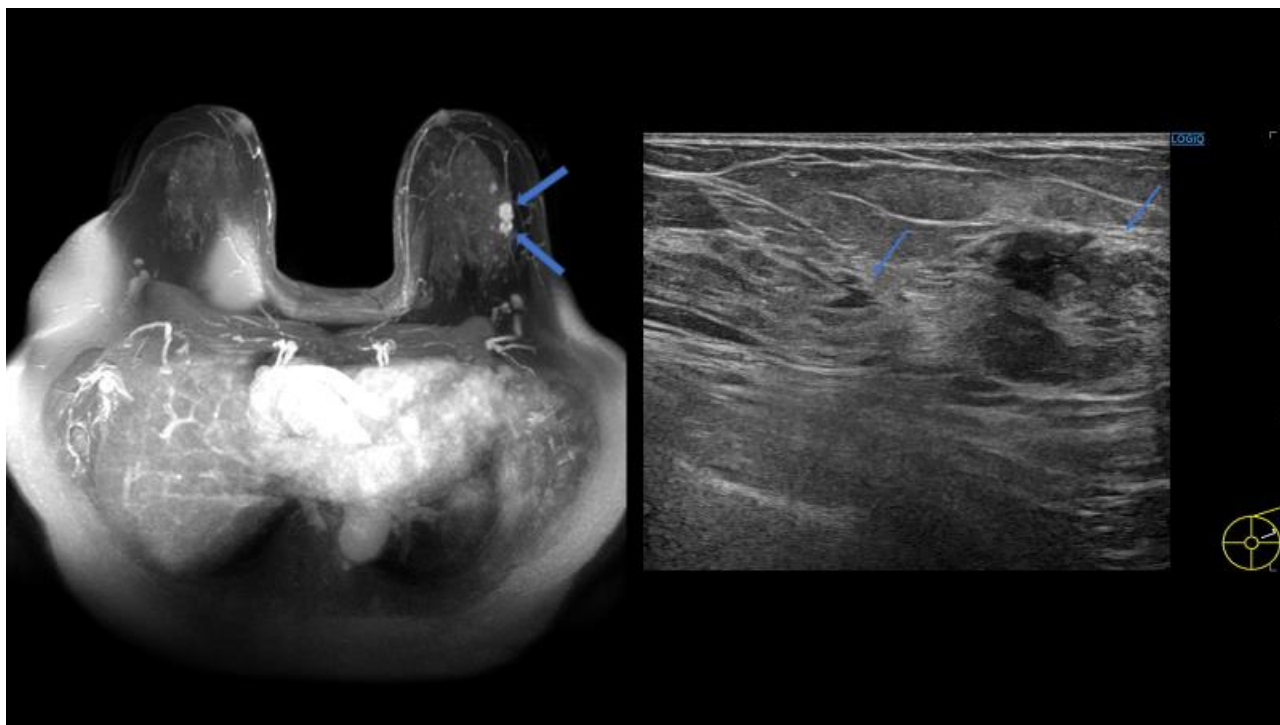


Fig.3 左乳癌と娘結節. MRI で描出された娘結節を超音波で確実に描出することができている。

5. MRI

乳房 MRI については圧倒的な診断能力の高さから、欧米ではかつてより乳癌のハイリスク群におけるスクリーニング・サーベイランスでの使用が行われてきた。日本でも *BRCA1/2* 病的バリエントを保持する HBOC (Hereditary Breast and Ovarian Cancer: 遺伝性乳癌卵巣がん症候群) において、造影 MRI によるサーベイランスが推奨され、既発症の乳癌あるいは卵巣癌患者に対しては保険適用でのサーベイランスが可能であり、これからますます乳房 MRI が増えていくことが考えられる。

また、術前の乳房 MRI 検査はもはやルーチンで施行されることが多くなっている。早期相の撮像を、造影剤投与から6秒以内のスキャンを繰り返す **ultrafast dynamic MRI** を施行する施設も増えてきている。これからは通常の撮影、拡散強調画像や **ultrafast dynamic** を含めて標準化を行っていくことがとても重要な課題であり、単にパラメータを合わせるだけではあく臨床的な観点から撮影方法のポイントのコンセンサスを得る取り組みも行われており³⁾、参考にして頂きたい。

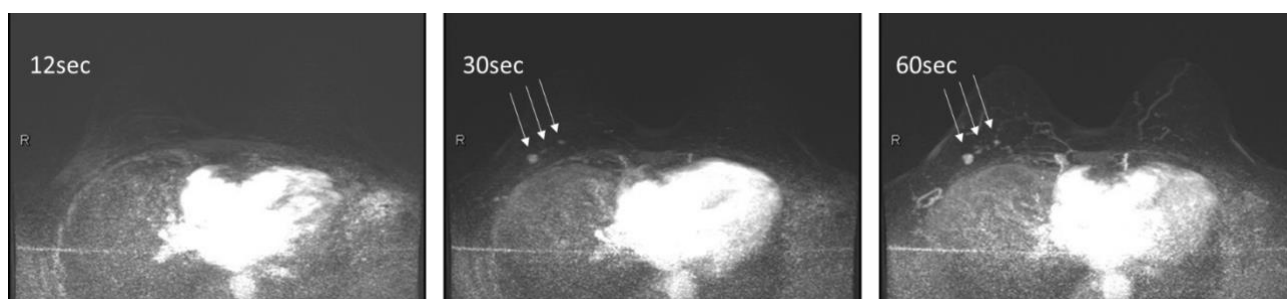


Fig.4 右乳癌左乳癌と娘結節. MRI で描出された娘結節を超音波で確実に描出することができている。

6. まとめ

近年の乳房画像診断の技術革新をうまく利用して、検診や診断に貢献できるようにしていきたい。そのためには検診や臨床で求められているニーズをしっかりと理解し、技術を適切に使用していくことが求められる。これからは AI(人工知能)を活用した病変検出や読影支援も導入されつつあり、新たなフェーズに突入した乳房画像診断において基本を大事にしながら最先端にも取り組んでいきたい。

参考文献

- 1) 日本乳癌学会編: 乳癌診療ガイドライン治療編 2022 年版, 東京, 金原出版, 2022.
- 2) がんセンターがん情報サービス「がん登録・統計」 <http://ganjoho.jp/>
- 3) 乳房 MRI における適切な画像を得るための撮影ポイント <https://radiology.bayer.jp/diagnostic-support/breastMRI/>

『マルチモダリティで考える乳がん検診と精密検査』

Multimodal Approaches to Breast Cancer Screening and Diagnostics

座長：福島県立医科大学（撮影部会委員）山品 博子

三河乳がんクリニック 渡辺 恵美

乳がん検診の目的は、乳がんを早期に発見し、適切な治療へと繋げることにあります。日本では、対策型検診としてマンモグラフィが標準的に実施されていますが、マンモグラフィのみでは限界があることも指摘されています。特に、高濃度乳腺（デンスブレスト）の女性では腫瘍の検出感度が低下する可能性があり、超音波検査や MRI などの補助的検査が重要な役割を果たします。このように、一つの検査法だけではすべての症例を的確に捉えることは難しく、複数の画像診断技術を組み合わせるマルチモダリティの視点が必要です。

マルチモダリティの概念は、検診における精度向上だけでなく、精密検査の場面でも重要です。マンモグラフィで異常が疑われた場合、追加検査として超音波、MRI、PET などが活用されます。超音波検査は被ばくを伴わずリアルタイムで観察が可能であり、特に乳腺密度の高い患者に有用とされています。MRI は高いコントラスト分解能を持ち、病変の広がり进行评估する際に有効です。また、PET 検査は代謝情報を提供し、悪性度の評価や遠隔転移の検索に役立ちます。これらの検査法を適切に使い分けることで、診断の精度が向上し、患者にとって最適な治療方針の決定が可能となります。

さらに、乳がん検診と精密検査をより効果的なものとするためには、医療従事者の連携が不可欠です。マンモグラフィを読影する放射線科医、超音波検査を施行する技師、診断を下す臨床医が互いに情報を共有し、総合的な判断を行うことが求められます。また、近年の人工知能（AI）技術の発展により、乳がんの画像診断における支援ツールが実用化されつつあり、これを適切に活用することで、診断の精度をさらに向上させることが期待されています。

本教育講演では、「繋ぐ」をテーマに、マンモグラフィ、超音波、MRI、PET などの各モダリティの役割とその最適な組み合わせについて議論を深めます。乳がんの診断において、単一の検査法に頼るのではなく、複数の検査法を適切に組み合わせることの意義を共有し、より効果的な乳がん検診と精密検査のあり方について考えていきます。

『精度向上を目指したディジタル乳房トモシンセシスを用いた乳がん検診』

Breast Cancer Screening Using Digital Breast Tomosynthesis for Improved Accuracy

公益財団法人東京都予防医学協会

富樫 聖子

1. はじめに

本会では 2017 年より、ディジタル乳房トモシンセシス(Digital Breast Tomosynthesis : DBT)を導入し、任意型検診の一部でディジタルマンモグラフィ(DM)に DBT を併用した乳がん検診を実施している。海外では DBT を使用した乳がん検診については多くの報告があり、通常の DM 単独の検診と比較して、がん発見率、要精検率、陽性反応的中度の向上がみられる^{1)~3)}。本会の DBT を用いた乳がん検診でもプロセス指標の向上が見られた⁴⁾。しかし、DBT を併用することは、被ばく線量や撮影時間の増加、読影時間の延長、画像データ量の増加などの問題があり、それを無視できない。今回、精度向上を目指した DBT を用いた乳がん検診の可能性について述べる。

2. DBT を併用した乳がん検診成績

本会の任意型検診で乳がん検診を受診した 17,094 名を対象にして、DBT の併用と DM のみの乳がん検診成績を比較した。内訳は DM に DBT を加えて受けた方(以下 DM+DBT 群)が 5,983 名、DM のみ受けた方(以下 DM 群)が 11,111 名である。撮影装置は Hologic 社製 Selenia Dimensions を用いた。DM+DBT 群と DM 群を比較すると、要精検率は DM+DBT 群 2.6%と DM 群 3.5%、癌発見率は 0.30%(18 例)と 0.17%(19 例)、陽性反応適中度は 11.6%と 4.9%であった。DM+DBT 群では要精検率の低下が見られ、癌発見率、陽性反応適中度の向上が認められた。また、発見時の所見を比較すると DBT では腫瘍、構築の乱れで発見される症例が多く、浸潤癌の発見が多かった。DBT を併用することで、腫瘍や構築の乱れなどの拾い上げが容易になり感度が上昇した。同時に乳腺の重なりで拾われることの多い FAD が減少し、要精検率も低下、特異度も上昇した。以上より、任意型検診において DBT は有用である可能性が高いと思われた。

3. 合成 2D 画像を用いた画像評価

DBT を併用することで要精検率、がん発見率、陽性反応適中度の向上が分かったが、被ばく線量や撮影時間が増加することが問題である。そこで、DBT 画像データから合成された合成 2D 画像(以下 S2D)を用いて、DM 撮影の省略が可能かどうか検討した⁵⁾。

2019 年 4 月～2020 年 12 月に DBT を併用した乳がん検診受診者 2,611 件、5,211 乳房(片側のみ含む)の判定を終了した画像を用いた。S2D+DBT(A 群)、DM+DBT(B 群)、DM のみの(C 群)を表示するように設定し、日本乳がん検診精度管理中央機構 A 判定以上の読影医 6 名が時期をずらして読影を行い、カテゴリー一致率、プロセス指標の違い、所見別カテゴリーの違いについて検討した。

カテゴリー判定の比較では、3 群間に有意差はなかった。プロセス指標では(A,B,C 群)、要精検率 7.1%、7.9%、9.2%、がん発見率 0.27%、0.23%、0.19%、陽性反応適中度 3.8%、2.9%、2.1%と A 群が良好な成績であ

った。乳がん症例所見別では、構築の乱れを A 群はより正確に判定することが分かった。合成 2D+DBT のみで読影した場合、従来の DM 検診よりもプロセス指標が良好であり、被ばく量の減少、撮影時間の短縮を考えると、今後は任意型検診においては用いられるべき方法になる可能性が示唆された。

4. DBT における 1 mm 厚と 6 mm 厚画像の読影比較検証

DBT のもう一つのデメリットは、読影時間延長、画像データ量増加である。そこで Hologic 社の新技術 (3DQuarum™) による 6 mm 厚の画像を用い、従来の 1 mm 厚と判定結果に差があるかを検討した⁶⁾。

2020 年 10 月～2021 年 3 月の乳腺外来患者で DM に DBT を加えて撮影を行った 443 件の画像を用いた。カテゴリ 3 以上の 474 乳房に対して、1 mm 厚と 6 mm 厚の 2 セット用意し、1 ヶ月以上の間隔をあけて、日本乳がん検診精度管理中央機構 A 評価以上の読影医 3 名が両者の判定を行った。

全症例のカテゴリ一致率は 77.5%、カテゴリ 2 以下とカテゴリ 3 以上で分けた判定一致率は 85.9%であり、1 mm 厚と 6 mm 厚において判定結果に差はなかった。癌症例のカテゴリ一致率は 75.0%、判定一致率は 90.5%であった。読影時間に関して 6 mm 厚は 1 mm 厚に比べて 20 症例で平均約 2.7 分短縮された。カテゴリ 2 以下とカテゴリ 3 以上の判定結果に大きな差はなく、読影時間の短縮や、データ容量の減少という点から、乳がん検診で用いることに限定すれば 6 mm 厚画像の使用は許容されることが示唆された。

5. 最後に

今回、本会で検討した結果を報告した。DBT を乳がん検診に導入することでプロセス指標の向上が期待できる。また、被ばく線量の増加に関しては、DM 撮影を省略した合成 2D+DBT で対応が可能であると思われる。6 mm 厚と 1 mm 厚画像の読影比較では、精検の要不要を決める判定の一致率が高く、検診においては 6mm 厚画像の使用が許容されることが示唆された。ただし、所見によっては認識しにくい場合があり、今後の更なる技術向上を求めたい。

課題はあるものの、DBT を用いた乳がん検診は有用性が高いと考えられる。今後は DBT の積極的な活用を検討していく必要があると思われた。

参考文献

- 1) Skaane,P.,Bandos,A.I.,Gullien, R., et al. Comparison of digital mammography alone and digital mammography plus tomosynthesis in a population-based screening program. Radiology;267(1):47-56,2013
- 2) Ciatto,S.,Houssami,N.,Bernard,D.,et al. Integration of 3D digital mammography with tomosynthesis for population breast-cancer screening(STORM):A prospective comparison study.Lancet Oncol.;14(7):583-589,2013
- 3) Friedewald,S.M.,Rafferty,E.A.,Rose,S.L.,et al.Breast Cancer Screening Using Tomosynthesis in Combination With Digital Mammography.JAMA;311(24):2499-2507,2014
- 4) Ban,K.,Tsunoda,H.,Togashi,S.,et al.Breast cancer screening using digital breast tomosynthesis compared to digital mammography alone for Japanese women.Breast Cancer;28(2):459-464,2021
- 5) 坂 佳奈子,細谷小百合,富樫聖子,他.トモシンセシスを用いた乳がん検診での2D 撮影省略の可能性.日本乳癌検診学会;31(1):75-80,2022
- 6) 坂 佳奈子,森本 恵,富樫聖子,他.乳房トモシンセシスにおける 1mm 厚断層画像と 6mm 厚合成画像の読影比較検証.日本乳癌検診学会誌;31(1):75-80,2022

『乳がん検診における超音波併用の有用性と人材育成』

Usefulness of Combined Ultrasound in Breast Cancer Screening and Human Resource Development

日本医療大学

黒藤 邦夫

他雑誌への投稿中のため抄録を掲載

現在、対策型乳がん検診における超音波併用検診が有用であるかに関しては、J-START にて検証が進められているが、札幌市では令和元年 8 月より、対策型乳がん検診を受診する 40 歳代の希望者に対し、費用の一部を負担する形でマンモグラフィに超音波検査を併用した検診（同時併用総合判定方式）を実施している。今回、札幌市にて行われている超音波検査を併用した乳がん検診の成績および実施体制と人材育成について報告する。

検診成績に関して要精検率では併用群および非併用群で差はみられず、がん発見率、陽性反応適中度においては併用群で高い結果となった。

今回の成績では比較的良好な結果を得られているが、これらの成績を維持するには、「同時併用総合判定方式」による超音波検査併用検診の体制維持が必要であり、そのためには実際に検査にあたる診療放射線技師および超音波検査技師等の専門的な技術者の育成が不可欠である。受診率向上に向けての専門的な技術者の育成を検討するため、現在、札幌市が行っている研修システムを紹介し現状と課題についても報告する。

『MRI での精密検査～押さえどころ～』

Essential Points for Detailed Breast MRI Examination

市立四日市病院

林 藍花

1. 乳房 MRI 検査の概要

乳房 MRI では、①術前広がり診断、②同時多発病変・対側乳房病変の検出、③術前化学療法の効果判定、④スクリーニング・サーベイランスが主な検査適応である¹⁾²⁾。特に本国においては、乳癌の広がり診断を目的とした乳房 MRI 検査が多く実施されている。この検査では、乳癌周囲の娘結節や乳管内癌の有無を確認し、手術の切除範囲を適切に決定する。このように、乳房 MRI は乳癌の精密検査において重要な役割を果たしている。さらに、乳房 MRI には「乳房 MRI 検査マニュアル³⁾」や「画像診断ガイドライン⁴⁾」で推奨される標準的な撮像方法が存在する。これらを正確に理解し、適切に運用することが高品質な診断画像の提供につながる。本稿では乳房 MRI の標準的な撮像方法について、当院の実際の検査と合わせて解説する。また、形成外科領域における乳房再建術後のシリコンインプラントのフォローアップ検査についても情報を共有する。

2. 乳房 MRI の標準的な撮像法^{3,5)}

乳房 MRI の撮像では、1.5T 以上の磁場強度を有する MRI 装置と専用コイルを使用し、高分解能かつ良好な脂肪抑制画像を取得することが推奨される。脂肪組織が豊富な乳房では、正常乳腺、脂肪組織、および乳癌との間で良好なコントラストを得るため、適切な脂肪抑制画像の取得が重要である。また、患者のポジショニングは腹臥位とし、乳房を専用コイル内に下垂させた状態で撮像を行う。この体位は、心拍動や呼吸動によるアーチファクトを軽減し、乳腺が重力で進展することで乳管内病変の評価を容易とする。一方で、腹臥位は仰臥位に比べ患者への身体的負担が大きくなる場合がある。そのため、診断に有用な画像を取得するためには、患者ができる限り快適に検査を受けられるようなポジショニングを工夫することが求められる。また、検査中の体動を少なくしてもらうための患者の協力も重要である。当院で撮像している乳房 MRI 撮像法を Fig.1 に示し、推奨されている撮像法について解説する。

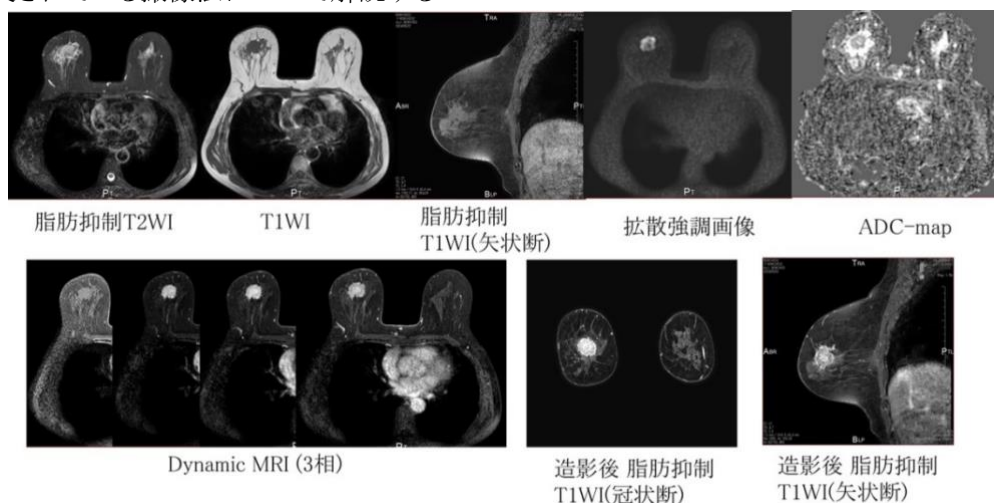


Fig.1 当院で撮像している乳房撮像プロトコール

脂肪抑制 T2 強調画像

T2 強調画像では、乳癌は乳腺組織と同等の信号を示す場合が多く、乳癌の検出には有用ではない。しかし、嚢胞や嚢胞内腫瘍に見られる水成分、粘液癌に見られる粘液成分、浮腫などは高信号を示し、繊維化や慢性期の出血などは比較的低信号となる。このため、病変部の性状を推測し、組織型を推定するのに役立つ。乳房は脂肪に富むため、脂肪抑制法はコントラストを改善する点で有効である。

T1 強調画像

脂肪抑制法を併用することが多い乳房 MRI では、脂肪抑制像のみでは病変内に脂肪成分を含むかどうか評価が難しい。そのため、T1 強調画像を併用することで、過誤腫などで見られる腫瘍内の脂肪の検出が容易となる。また、血性乳汁や嚢胞内出血なども高信号に描出され、これらの評価に役立つ。

拡散強調画像

乳癌は細胞密度が高く拡散制限されるため、拡散強調画像で高信号を示し、造影剤を使用せず病変の描出が可能である。また、感度が比較的高く、乳癌の検出に有用である。一方で、解像度は低く、歪みやアーチファクトが強いため、詳細な形態学的観察は困難である。また、ADC-map や ADC 値による良・悪性の鑑別情報が得られるが、ADC 値は撮像機種やパラメータ、b 値設定などによって変化するため厳密な比較は困難であることに留意する必要がある。

ダイナミック MRI

ダイナミック MRI は乳がんの診断において重要な撮像シーケンスである。近年では、機種性能の向上により 3D の高速撮像が可能となっている。乳癌における造影剤の増強効果のピークは、造影剤静注後 2 分以内に生じる。また、背景乳腺実質増強(Background parenchymal enhancement : BPE)は時間経過とともに増強するため、早期相を 1~2 分以内に撮像することが重要である。欧州のガイドラインでは 1 回の撮像時間を 60~120 秒の間に設定し、造影前、早期相、静注 5~7 分後の後期相の最低 3 相以上を撮像することが推奨されている。

さらに近年、高速 MRI の撮像技術の発展により、より多くの臨床機器で時間分解能が高い撮像が可能となってきた。この技術を活かし、従来のダイナミック MRI の早期相よりも早いタイミングである、静注後約 1 分未満で撮像を行う「Ultrafast dynamic contrast enhanced(UF-DCE)」の有用性が報告されている^{6,7)}。具体的には、BPE が強い症例における病変の同定、術前化学療法における残存病変の範囲診断、病理学的完全奏功(pCR)の予測に寄与する可能性が示唆されている。

3. 乳房 MRI の撮像アシスト機能

当院では「乳腺 MRI の撮像アシスト機能」を使用している。この機能は、予め設定されたスライス断面を装置が再現し、乳房形状に沿ったシミング、撮像、後処理を実行する操作アシスト機能である。ただし、この機能にはいくつかの留意点がある。患者の体動がある場合、乳房の辺縁の信号が消失することがあるため、検査中に動かないよう患者の協力が必要である。また、ダイナミック撮像など再撮影が困難なシーケンスの前には、再度シミングを行う場合もある。

4. シリコン強調画像の活用

日本オンコプラスチックサージャリー学会のガイドラインでは、MRI によるシリコン乳房インプラント(SBI)のスクリーニングについて、「約 2 年に 1 度は MRI 検査や超音波検査などの検査を行いインプラントの状態を確認する」ことを推奨している⁸⁾。MRI で乳房インプラントを評価する際には、シリコン強調画像が使用される。このシリコン強調画像の撮影を追加することで、インプラントの破損の有無をより明確に診断することが可能となる。

通常の T2 強調画像では水、脂肪、シリコンがいずれも高信号となるため、それぞれを分離する工夫が必要である。そこで、STIR 法を用いて脂肪を抑制し、周波数選択的に水を抑えることで、シリコンのみを強調した画像を得ることが可能である⁹⁾。

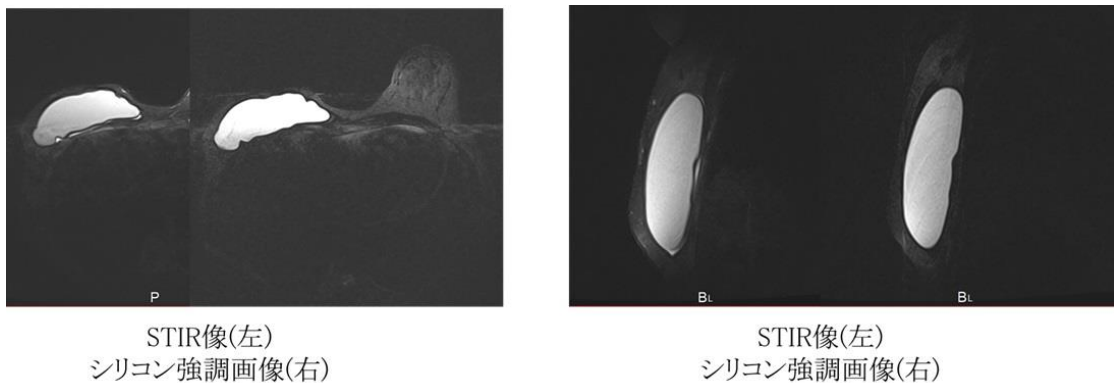


Fig.2 STIR 像とシリコン強調画像の比較

5. まとめ

本稿では、乳房 MRI の標準的な撮像方法について、撮像前のポジショニングや新たな撮像方法にも触れて解説した。また、非造影検査であるシリコン強調画像についても情報を共有し、それぞれの目的に応じた撮像法を紹介した。今後、乳房 MRI には新しい技術が導入されることが予想され、より患者に利益をもたらす診断画像を提供するためには、日々の知識共有が重要であると考えられる。

参考文献

- 1) 日本乳癌学会 一. 乳癌診療ガイドライン 2022 年版 2022 [Available from: <https://jbcs.xsrv.jp/guideline/2022/>].
- 2) 戸崎光宏. 乳房 MRI を極める!サーベイランスから MRI ガイド下生検まで: 株式会社インナービジョン; 2019.
- 3) 日本乳癌検診学会. 乳房 MRI 検査マニュアル: 金原出版; 2021.
- 4) 日本医学放射線学会. 画像診断ガイドライン 2021 年版. 東京: 金原出版; 2021.
- 5) 角田博子. 新 乳房画像診断の勘どころ. 東京: メジカルビュー社; 2016.
- 6) Kataoka M, Honda M, Ohashi A, Yamaguchi K, Mori N, Goto M, et al. Ultrafast Dynamic Contrast-enhanced MRI of the Breast: How Is It Used? Magn Reson Med Sci. 2022;21(1):83-94.
- 7) Kataoka M, Honda M, Sagawa H, Ohashi A, Sakaguchi R, Hashimoto H, et al. Ultrafast Dynamic Contrast-Enhanced MRI of the Breast: From Theory to Practice. J Magn Reson Imaging. 2024;60(2):401-16.
- 8) 日本乳房オンコプラスチックサージャリー学会. 乳癌及び乳腺腫瘍術後の乳房再建を目的としたゲル充填人工乳房および皮膚拡張器に関する使用要件基準 (2023 改訂第 4 版) 2023 [Available from: http://jopbs.umin.jp/medical/guideline/shiyokijun_futaijiko.html].
- 9) Monticciolo DL, Nelson RC, Dixon WT, Bostwick J, 3rd, Mukundan S, Hester TR. MR detection of leakage from silicone breast implants: value of a silicone-selective pulse sequence. AJR Am J Roentgenol. 1994;163(1):51-6.

『乳房専用PETの現状と将来の方向性』

Dedicated Breast PET: Current Status and Future Direction

京都大学医学部附属病院

板垣 孝治

1. 乳房専用 PET 装置の概要

乳房専用 PET 装置とは乳房と検出器を近接させることで感度と空間分解能が向上した PET 装置である。本邦では 2012 年 8 月から 2018 年 7 月現在までに、乳房専用 PET 装置 3 機種が薬事承認され、2013 年 7 月に乳房専用 PET 検査が保険収載された。現在、本邦で承認されている乳房専用 PET 装置には二つのタイプがある。1 つは、マンモグラフィのように 2 枚の検出器で乳房を挟む「対向型乳房専用 PET 装置」であり、2 枚の検出器に平行な断層画像を得ることができる。内外斜位方向と頭尾方向の撮像を行う。一方、円形に配置された検出器内に片側の乳房を下垂させる「リング型乳房専用 PET 装置」では PET/CT 装置と同様に横断像を得ることができる。また Standardized Uptake Value (SUV) の測定が可能であり、全身 PET 上の SUV とも関連することが報告されている¹⁾。

従来の全身用 PET 装置は陽電子飛程や装置固有の空間分解能、呼吸による動きが影響し、径 10mm 以下の小さな乳癌に対する感度は低いとされているが、乳房専用 PET 装置は乳房と検出器が近接する事で実現した高い空間分解能により、特に径 10mm 以下の腫瘍で検出感度が向上すると報告されている²⁾。腹臥位撮影による呼吸運動の抑制、乳腺が下垂伸展され乳管に沿って広がる病変の観察が容易となることも検出感度向上に寄与しているものと思われる。また高い空間分解能の画像が得られる乳房専用 PET では病変の微細構造の描出が可能であり、その特有の画像所見を標準化するためのレキシコンが報告され活用が広まっている³⁾。注意点としては、両装置とも撮像視野辺縁(胸壁および乳頭側)では画像ノイズが多くなること、胸壁付近がブラインドエリアになることが挙げられる。また、定量値である SUV は装置もしくは再構成条件により変化しうるため、多施設研究を行うためには全身用 PET/CT 装置と同様に「標準化」を行う必要があると考えられる。

現在の乳房専用 PET 検査の保険適応の条件は、乳がんの病期診断及び転移又は再発の診断を目的とし、他の FDG PET 検査と併せて同日に行った場合(4000 点)に限定されている。ちなみに、本邦において 18F-FDG PET 検査は、2002 年に乳癌を含む 12 疾患に対して保険適応が認可された。18F-FDG PET 検査の適応の条件としては、「他の検査又は画像診断により病期診断又は転移若しくは再発の診断が確定できない患者」とされている。さらに、乳房専用 PET の保険適応にあわせて、乳房専用 PET 検査がより安全で適正かつ円滑に進められるよう、2013 年 7 月に乳房専用 PET 診療ガイドラインの初版が作成され、2019 年には改訂版が発行されている。

2. 乳癌患者の PET 検査について

乳癌における PET 検査の役割はリンパ節転移や遠隔転移を検出する事であり、従来初期ステージング時において遠隔転移の徴候がない I・II 期の乳癌術前の患者に対する PET 検査は推奨されていなかった。しかし近年乳癌における PET 検査の位置づけが変化してきている。National Comprehensive Cancer Network (NCCN) や日本乳癌学会 (JBCS) のガイドラインから非推奨の文言が削除された。2024 年には欧州核医学会 (European

Association of Nuclear Medicine, EANM)のガイドラインが発表され⁴⁾, 早期乳癌患者の病期診断もしくは術前薬物療法後の治療効果判定にも 18F-FDG PET 検査が有用かもしれないという記載がされている。

このような乳がん患者における PET 検査の位置づけの変化の背景には, 薬物療法の進歩に伴い病理学的完全奏効 (pathological complete response, pCR)が得られることが増加しているという事実があるものと考えられる。pCR を達成した患者に比べ達成できなかった患者は予後が悪いとされており⁵⁾, 術前薬物療法の治療効果を見て術後に追加治療を行う「Residual disease-guided approach」が標準治療となっている。今後はより早期の治療効果予測, さらには手術省略時における治療効果判定が必要となるかもしれない。乳房専用 PET においても術前化学療法の治療効果判定は全身 PET よりも正診率が高いことが報告されており⁶⁾, 今後の臨床的有用性が期待される分野である。

3. 新しい PET 製剤について

乳癌の治療方針を決定する際, 腫瘍および転移巣のエストロゲン受容体 (estrogen receptor, ER)や HER2 の発現の有無が重要である。米国ではERに親和性を有するPET製剤である16 α -[18F]-fluoro-17 β -estradiol (FES) が 2020 年に Food and Drug Administration (FDA)の承認を得て, 臨床応用が始まっている。2023 年 3 月には, Society of Nuclear Medicine & Molecular Imaging Annual Meeting (SNMMI)から appropriate criteria が発表された。さらに NCCN のガイドラインにも, 転移性または再発乳癌患者を対象にした FES-PET 検査に関する記載が盛り込まれた。近年は抗 HER2 抗体を PET イメージング用核種で標識し HER2 の発現状態を評価する PET 製剤の研究開発も行われている。これらの新しい PET 製剤は[18F]FDG とは異なる生体内分布を示すことが多く, FES-PET 製剤では肝臓や胆嚢に強い集積を認める。この強い集積が原因で, PET 画像のノイズが増大もしくはアーチファクトが発生する可能性があり (Fig.1), われわれ放射線技師は PET 製剤毎にも撮像方法や撮像条件の最適化を行う必要がある。

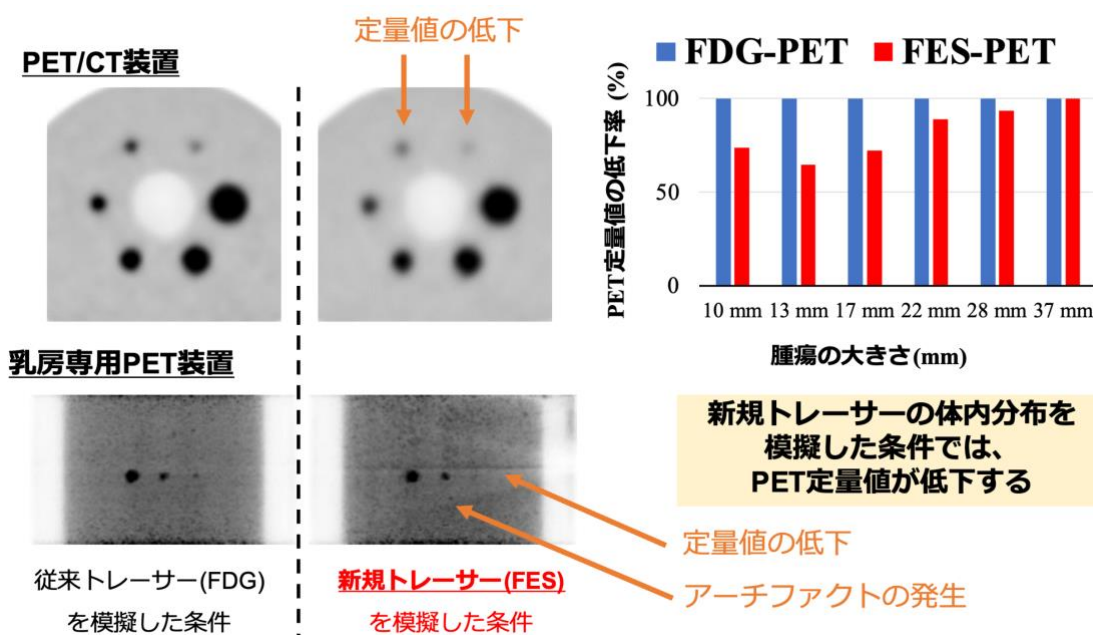


Fig.1 FES-PET 検査における SUV の変化およびアーチファクトの発生

参考文献

- 1) Nishimatsu K, Nakamoto Y, Miyake KK, et al. Higher breast cancer conspicuity on dbPET compared to WB-PET/CT. *Eur J Radiol.* 2017 May;90:138-145.
- 2) Sasada S, Kimura Y, Masumoto N, et al. Breast cancer detection by dedicated breast positron emission tomography according to the World Health Organization classification of breast tumors. *Eur J Surg Oncol.* 2021 Jul;47(7):1588-1592.
- 3) Miyake KK, Kataoka M, Ishimori T, et al. A Proposed Dedicated Breast PET Lexicon: Standardization of Description and Reporting of Radiotracer Uptake in the Breast. *Diagnostics (Basel).* 2021 Jul 15;11(7):1267.
- 4) Vaz SC, Woll JPP, Cardoso F, et al. Joint EANM-SNMMI guideline on the role of 2-[¹⁸F]FDG PET/CT in no special type breast cancer : (endorsed by the ACR, ESSO, ESTRO, EUSOBI/ESR, and EUSOMA). *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2024 Jul;51(9):2706-2732.
- 5) Cortazar P, Zhang L, Untch M, et al. Pathological complete response and long-term clinical benefit in breast cancer: the CTNeoBC pooled analysis. *Lancet.* 2014 Jul 12;384(9938):164-72.
- 6) Sasada S, Masumoto N, Goda N, et al. Dedicated breast PET for detecting residual disease after neoadjuvant chemotherapy in operable breast cancer: A prospective cohort study. *Eur J Surg Oncol.* 2018 Apr;44(4):444-448.

『CT 画像の高解像化 — SNR から見るその効果 —』

Increasing the Resolution of CT Images - The Impact Evaluated from the Perspective of SNR -

金沢大学医薬保健研究域保健学系 市川 勝弘

1. はじめに

X 線 computed tomography (CT) は、定量的な断面画像や 3 次元データが得られる撮像モダリティ(例えば, magnetic resonance imaging :MRI)に比べて(実用的撮像時間で)高解像度であるという特徴を有する. CT の解像度を繰り返しパターンファントム(高コントラスト分解能ファントムと過去に呼ばれた)などで測定した指標では, 仕様上は, 0.3~0.4 mm の結果が得られるが, 実際は, Fig. 1 のように 0.5~0.7 mm 程度であり^{1,2)}, 海綿骨の骨梁などの微細構造を描出するにはほど遠い. さらに, 識別可能かどうかを考慮すると信号と画像ノイズとの対比, すなわち signal-to-noise ratio (SNR) が重要であり, X 線被ばくとの関係から, 仕様の 0.3mm 程度を満足する画像を得るのは多くの臨床状況の中では困難であると言わざるを得ない. 近年, より高い解像度を実現するために, エネルギー積分型検出器(energy-integrated detector:EID) (これまでの通常の検出器)で 0.25 mm の素子サイズの装置やフォトンカウンティング検出器(photon-counting detector:PCD)で 0.2 mm の素子サイズの装置が臨床使用可能となっており, CT のさらなる高解像度化に注目が集まっているが³⁻⁵⁾, これらの装置についても SNR との関係を検討すべきである.

著者は, 2014 年の RSNA (北米放射線学会) annual meeting にて, 0.15 mm の FPD を用いた, 1.2 倍程度の低拡大率 CT の実験機について発表し, 0.1 mm に迫る極超高解像度の CT を実現できる可能性を示し, それを皮切りに, 着実に開発を進め, 2019 年に人体の手部を撮像可能で識別可能サイズが 0.14 mm に達する装置を完成させ, 2023 年には, 倫理申請承認を受け, 手の外科専門の整形外科医師らと共同で臨床研究を始めた.

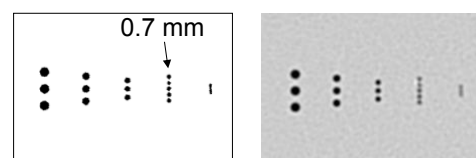
本稿では, CT の解像度と SNR に関する研究成果と, 臨床応用が可能な極超高解像度 CT 開発の経験を元に, CT の高解像度化に関する諸条件について解説する.

2. CT の高解像度化

CT の解像度を最もよく表す指標は, 広く知られている modulation transfer function (MTF) である. この 5%MTF (MTF 値が 0.05 となる空間周波数), $f_{5\%}$ を用いて, 最小識別径 d_{res} を $1/(2f_{5\%})$ で計算するという考え方がある²⁾. 0.5~0.6 mm の検出素子を用いた装置では, $f_{5\%}$ は, 1.0 mm^{-1} 程度, 0.25 mm 検出器素子の装置で, 2.0 mm^{-1} 程度であり, それぞれ, d_{reso} は, 0.5 及び 0.25 程度となる. そして, 著者の研究グループが開発した, 四肢専用機では, $f_{5\%}$ は, 4.25 mm^{-1} であり, d_{reso} は, 0.12 mm となっている. Fig. 2 は, それらの MTF の比較である.

前述したように, 実用的な解像度を論じるには SNR が考慮されるべきであり, d_{reso} は撮像条件によって生じるノイズとの関係で必ずしも臨床画像には反映されるわけではない. この SNR を評価するために, 有用な指標に

やや空間分解能の高い標準フィルタ関数



高解像度フィルタ関数

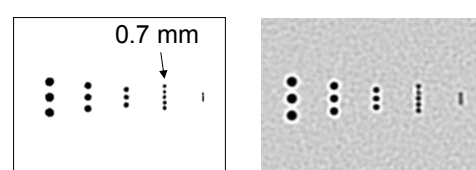


Fig. 1 臨床用 CT の解像度の実際

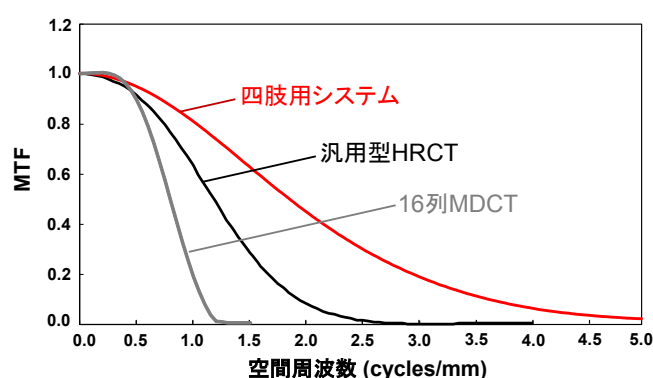


Fig. 2 汎用 CT, 汎用高解像度 CT, 四肢用 UHRCT の MTF 比較

system performance function (SPF)があり,

$$SPF(u) = MTF^2(u)/NPS(u) \quad (1)$$

で表される^{2,6)}. ここで, NPS は, ノイズ特性の指標である noise power spectrum であり, u は radial symmetry を前提とした, 一次元の空間周波数である. SPF を用いた興味深い研究結果を Fig. 3 に示す⁶⁾. ここで Detector-UHR は, 0.25 mm 素子の検出器の CT 装置, Comb-UHR は, 0.6 mm の素子の装置において, 楕形の遮蔽体を検出器前面に配置して素子開口幅を約 0.3 mm にする超高解像度モード, RS はその装置の通常モードである. Comb-UHR は, X 線検出効率を犠牲にしているので, 0.3 mm^{-1} 以下では, RS よりも劣るが, それより高空間周波数では勝り, 細かい構造の対称に有効である. しかし, SPF 値を比較すると興味深いことが見えてくる.

0.3 mm^{-1} の SPF 値を Comb-UHR と RS とともに 100 ぐらいと

すると, 1 mm^{-1} では, Comb-UHR では 12 程度, RS では 6 程度であり, 1 mm^{-1} で 0.3 mm^{-1} の SNR を得るためには, 10 倍近い線量が必要であることが分かる (SPF² は線量に比例). さらに驚くことに, Detector-UHR は, X 線検出効率が高くないがために (検出器素子間隔壁の占める割合が素子面積に対して多くなることが原因の一つと考えられる), RS よりも 1.2 mm^{-1} までは劣っている. このように, CT で 1 mm^{-1} 以上 (0.5 mm 以下) の描出を実現しようすることは非常に困難を極め, 従って,

A: 極めて高線量

B: または, 被写体が非常に高コントラスト

C: または, 被写体径が小さく, それに比して高線量 (線量自体は, 通常レベル)

という条件下でない限りは, 超高解像は実現が難しい. ここで A は, 論外であるので除外され, B は, 耳小骨などでの応用例があることから然りである. C は, 四肢などが該当し, それらが放射線感受性が低いことから, 実用可能性は高い.

以上のことから, もし CT 装置において「検出器素子が小さくなれば, 必ず高解像度が実現可能である」という思い込みがあるとするならば, それは是正すべきである. 特に体幹部への適用では, 高線量が必要であることから注意が必要であり, 元々 SNR が高い通常モードに対して, 本当に有効な画像が出力されているかの多方面の検証が必要である.

3. 四肢専用極超高解像度 CT 装置

著者の研究グループが研究開発してきた四肢専用の極超高解像度 CT 装置 (以下, 四肢用 UHRCT) 上記の C の条件を利用する装置である (Fig. 4). 汎用の CT では, Fig. 5 左に示すように, 体幹部スキャンを可能とするために 1.8 倍程度の拡大ジオメトリであり, 0.5 mm の小焦点を用いたとしても, 焦点の半影サイズは, $0.2 \sim 0.3 \text{ mm}$ となり, 検出素子サイズを $0.2 \sim 0.25 \text{ mm}$ としても, その解像度を半影が損なうこととなり, 結果的に解像度を上げること

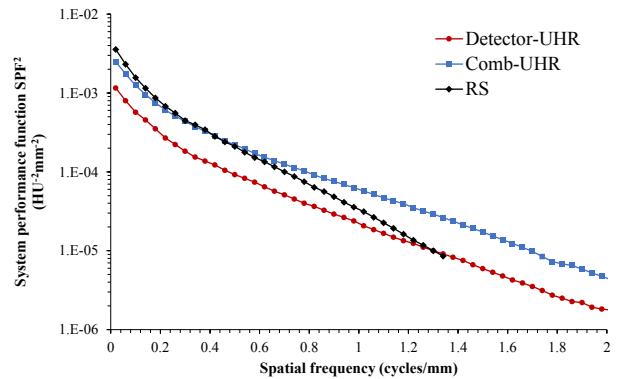


Fig. 3 汎用超高解像度 CT (モード) と通常 CT の SPF による比較

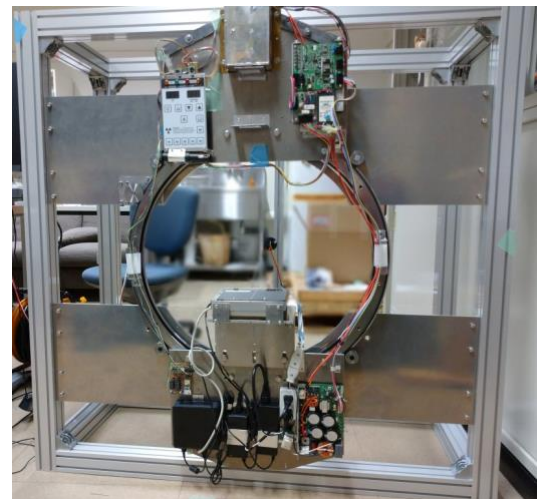


Fig. 4 四肢用 UHRCT の外観 (前面カバーなし)

は困難である。さらに重要なことは、「焦点の半影による解像度低下は、ノイズにはまったく影響しないがために、必ず SNR を悪くする要因となる」ことである。言い換えれば、「焦点の半影を極小化すれば、SNR を向上させることができ、線量を上げずに高解像度化が可能」となる。四肢用 UHRCT では、Fig. 5 右のように 1.2 倍程度の低拡大率によりまさにこれを具現化しており、半影サイズは 0.12 mm 程度となり、回転中心換算で 0.08 mm の素子サイズとなる CMOS 型 X 線検出器の性能を生かすことができる⁷⁾。Fig. 6 は、開発した装

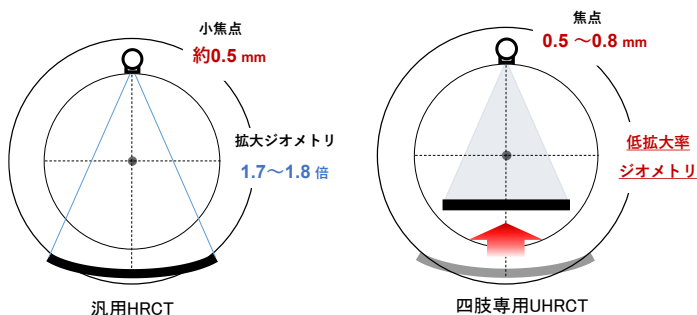
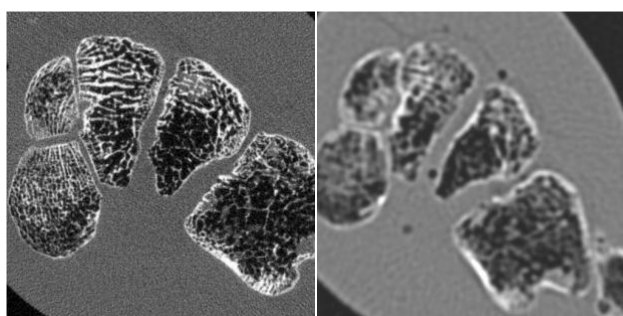
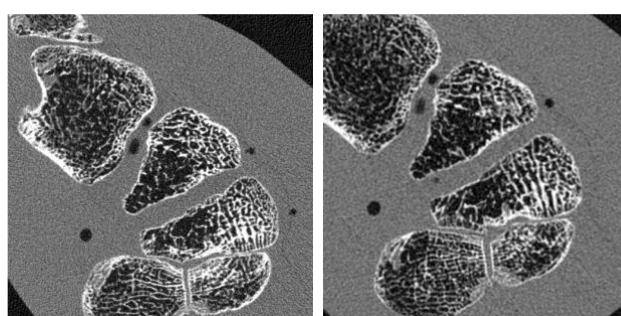


Fig. 5 汎用 CT と四肢用 UHRCT のジオメトリ



四肢用UHRCT 0.6mm MSCT
Fig. 6 汎用 CT と四肢用 UHRCT の画像比較



四肢用UHRCT PCDCT-UHRCTモード
Fig. 7 PCD-CT の超高解像度モードと四肢用 UHRCT の画像比較

置と 0.6 mm 素子の装置のファントム画像比較である

が、MTF の結果と同じく圧倒的な解像度の違いが見て取れ、さらに、ほぼ同一線量(8 mGy)にも関わらず、極めて良好な画像を呈していることから、低拡大率による半影の狭小化が、SNR に極めて有効であることが分かる。また Fig. 7 のように、0.2 mm 素子の PCD-CT 装置との比較においても有効性が示されており、現在のところ人体の四肢を撮像可能な装置としては、開発機は世界で最も高解像度な装置である。動物用マイクロ CT 装置を人に応用する研究成果が過去に発表されているが、撮像時間は1~3 分程度であり、実用には耐えない。

4. 極超高解像度 CT のさらなる応用

四肢用 UHRCT は、被写体が小さいことを利用して、低拡大率を実現し極超高解像度を高い SNR で実現できるが、他の領域への適用は困難であると開発当初は考えられていた。しかし、歯科用のコーンビーム CT への応用を考案中に、ハーフスキャンによる低拡大率の適用範囲拡大のアイデアに至った。Fig. 8 はそのスキャンの様

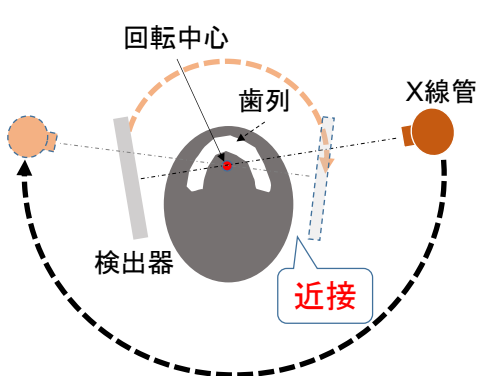
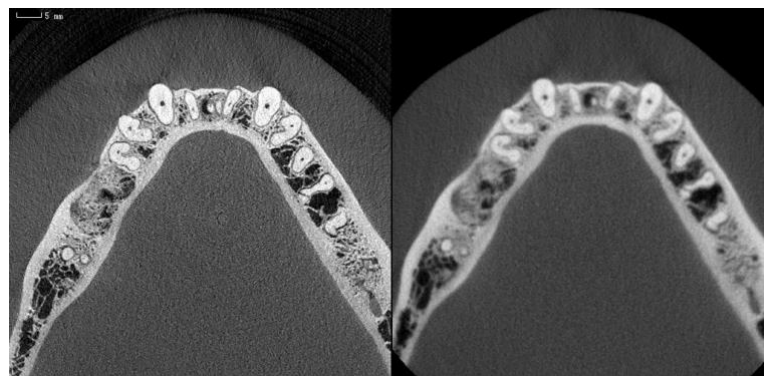


Fig. 8 ハーフスキャンによる極超高解像度 歯科用コーンビーム CT



開発した歯科用UHRCT 歯科用コーンビームCT臨床機
Fig. 9 頭部ファントムによる画像比較

子を示しており、歯列が頭部の前面に位置することを利用する。通常の360度スキャンでは、低拡大率ジオメトリでは、検出器が後頭部に衝突するため、スキャンができない。しかし、ハーフスキャンを適用することで、検出器は側面から前面を通り、反対側に移動するだけであり、低拡大率を維持した撮像が可能となる。既存のコンベームCTの5%MTFが、 1.5 mm^{-1} 程度であるが、この開発によって 4.0 mm^{-1} まで向上し、Fig. 9のファントム画像のように圧倒的な解像度向上が実現できた。

ハーフスキャンは胸部への適用も可能とし、Fig.10のように圧倒的な解像度の画像を提供可能であり、歯科用とともに臨床応用を計画している。

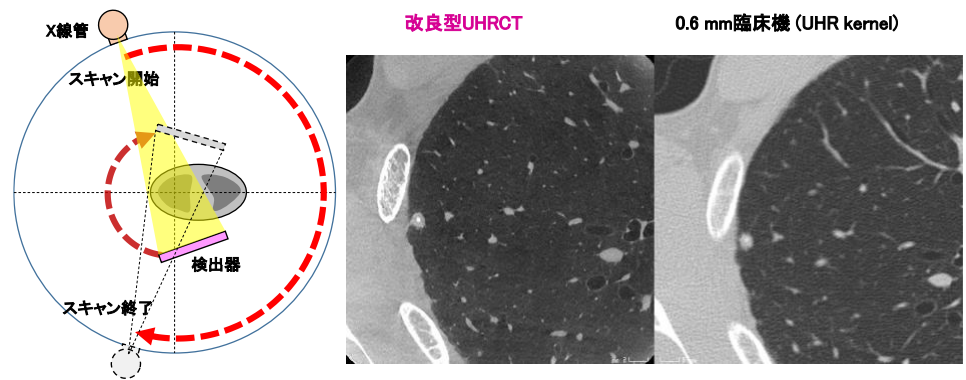


Fig. 10 人体肺に適用可能なハーフスキャンによる極超高解像度 CT のスキャン方式との CT 画像比較

4. おわりに

CTはX線被ばくを伴うことから、SNRとの関係から高解像度化は難しい。しかし、対象を絞り込み専用設計として、ジオメトリやスキャン方法を工夫することにより、超高解像度とされてきた $0.2\sim0.3\text{ mm}$ を超える 0.1 mm レベルの極超高解像度が実現できる。この方法により、四肢だけでなく、歯科や胸部領域へと応用が可能であり、今後の発展が期待できる。まだ臨床機開発には至っていないが、臨床試験を通じて医療のデマンドが確実となれば、それも夢ではない。CTの未来は、極超高解像度化という進化の道筋にもある...と信じる。

参考文献

- 1) 山口功, 市川勝弘, 辻岡勝美, 宮下宗治, 原田耕平 共編. CT 撮影技術学 改訂 3 版. オーム社. 2017: 2-3, 85.
- 2) 市川勝弘, 村松禎久. 標準 X 線 CT 画像計測 改訂 2 版. オーム社. 2018: 2, 26-28, 36-38, 78-84, 164-167.
- 3) Onishi H, Hori M, Ota T, et al. Phantom study of in-stent restenosis at high-spatial resolution CT. Radiology. 2018;289(1):255-260.
- 4) Leng S, Bruesewitz M, Tao S, et al. Photon-counting detector CT: System design and clinical applications of an emerging technology. Radiographics. 2019;39(3):729-743.
- 5) Flohr T, Petersilka M, Henning A, et al. Photon-counting CT review. Phys Med. 2020;79:126-136.
- 6) Kawashima H, Ichikawa K, et al. Performance comparison of ultra-high-resolution scan modes of two clinical computed tomography systems. Med Phys. 2020;47(2):488-497.
- 7) Hiroki Kawashima, Katsuhiro Ichikawa, A challenge for high-speed and high-resolution CT for extremities with clinical feasibility. Proceedings Volume 12925, Medical Imaging 2024: Physics of Medical Imaging; 129251W (2024)

『高精細な CT 画像が診断に与えるインパクト』

Impact of High-Resolution CT Imaging on Enhancing Diagnostic Accuracy

座長：千葉市立海浜病院（撮影部会委員）高木 卓
岐阜大学医学部附属病院（撮影部会委員）三好 利治

1. はじめに

CT 装置の発展は著しく、多種多様な新機能を臨床活用することで、従来の CT 画像とは異なるレベルでの臨床情報の提供が可能となってきた。その中でも「高精細 CT」や「フォトンカウンティング CT」で得られる「高解像 CT 画像」は、CT 画像の最小分解能を飛躍的に向上させ、最新技術として臨床での活用の幅を大きく広げている。

そこで、今回のワークショップは『高精細な CT 画像が診断に与えるインパクト』というテーマの下、5つの臨床分野で「高解像 CT 画像」を臨床活用されている会員の方々に、その有用性や活用手法についてご講演を賜ることとした。

2. 高精細 CT 画像の臨床利用

「高精細 CT」や「フォトンカウンティング CT」で得られる「高解像 CT 画像」は、CT 画像の Matrix 数を 1024 や 2048 に増やすことで、臨床での有用性が数多く見出されている。その反面、画像容量の増大に伴う、保存方法や表示方法等の取り扱いに問題が生じてしまっているのも、現状解決しなくてはならない課題として存在する。最小分解能の向上による臨床での有用性と、増大したデータに対するインフラ整備のバランスがとても大きな要素となってくるこの高精細 CT 画像について、今回のワークショップにて議論を深めていく予定である。

3. ワークショップの構成

今回のワークショップでは、「高解像 CT 画像」の臨床に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ていく予定である。ワークショップに先立ち、金沢大学の市川勝弘先生より「CT 画像の高解像化－SNR から見るその効果－」についてご講演を賜り、高解像化が、画質にどのような影響を及ぼすのかをご教授いただく。ワークショップでは高精細 CT もしくはフォトンカウンティング CT を保有しているご施設の中から、「中枢神経領域」、「循環器領域」、「胸部領域」、「腹部領域」、「整形領域」の 5 つの領域に対して積極的に臨床活用している会員に、「高解像 CT 画像」の活用方法に関する講演をいただき、それぞれの領域における有用性や、問題解決に関する議論を行う予定である。

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、「高解像 CT 画像」の臨床における活用方法について、会場の皆様とのディスカッションを行うことで高精細 CT・フォトンカウンティング CT の現在地を整理し、装置を保有する施設の臨床活用、もしくは装置導入を検討している施設に対する検討の一助となることを期待する。

『中枢神経領域における高精細 CT の応用と展望』

Applications and Future Perspectives of Ultra-High-Resolution CT in the Central Nervous System

東北大学病院

茅野 伸吾

1. はじめに

近年、医療画像技術は目覚ましい進歩を遂げ、特に高精細 CT は、その空間分解能の飛躍的な向上により、中枢神経領域の診断に革新的な変化をもたらしている。本稿では、高精細 CT が中枢神経領域の診断において、どのような具体的なインパクトをもたらしているのか、その臨床応用例とともに、今後の展望について考察する。

2. 高精細 CT の基本原理と技術特徴

キヤノンメディカルシステムズの Aquilion Precision は、CT 技術の限界を突破する高精細 CT 装置である。従来の CT では識別が困難であった微細構造を鮮明に描出し、診断精度の向上に貢献する。

この革新的な性能は、最先端技術によって支えられている。高精細 X 線検出器は 160 列 1792 チャンネルの情報を捉え、最小スライス厚 0.25 mm を実現。微細な病変も鮮明に描出する。高精細 X 線管球は、電子ビーム収束技術により焦点サイズを最小で 0.4 mm × 0.5 mm に絞り込み、より高精細な画像を取得。さらに、高精度寝台は振動を低減し、ブレの少ないクリアな画像を提供する。1024 × 1024 や 2048 × 2048 の高解像度マトリクスに対応した画像再構成技術は、従来の約 8 倍の情報量を処理し、詳細な画像表現を可能にしている。これらの技術により、Aquilion Precision は公称データとして 150 μm の空間分解能を実現している。心臓、脳、肺、骨など、様々な部位の微細な構造を詳細に観察できる。また、NR、HR、SHR の 3 種類のスキャンモードを搭載し、撮影目的に応じた柔軟な撮影が可能である。低被ばくを実現する画像再構成技術により、高画質を維持しながら、患者負担を軽減する。Aquilion Precision は、進化が停滞していた CT 技術に大きなブレークスルーをもたらした。この装置の登場は、「より詳細な診断」を可能とし、医療現場に変革をもたらしている。より精密な画像診断を通じて、早期病変の発見や適切な治療選択を支援し、患者の健康と Quality of Life (QOL) 向上に大きく貢献することが期待される。

3. 中枢神経領域における高精細 CT の臨床応用

3-1. 脳血管疾患

高精細 CT は、脳血管疾患の診断と治療計画において、以下のような具体的な貢献をしている。

3-1-1. 頸動脈ステント留置術 (CAS) 後の評価

コバルト合金などの金属製ステント留置後の再狭窄評価において、従来の CT ではアーチファクトの影響で困難であったステント内腔の評価を、高精細 CT では明瞭に行うことが可能である¹⁾。特に、model-based iterative reconstruction などの画像再構成技術を活用することで、アーチファクトの低減が可能となり、より正確な評価が可能となっている (Fig. 1)。これにより、侵襲的なデジタルサブトラクション血管造影 (DSA) の代替としての期待が高まっており、患者負担の軽減に貢献している。

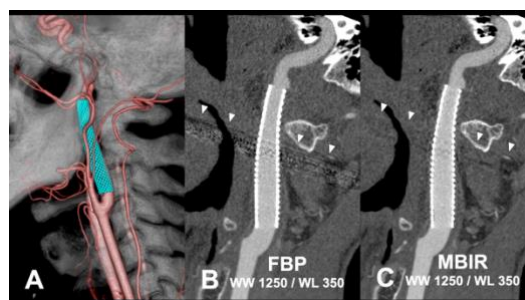


Fig. 1: 頸動脈ステント留置術 (CAS) 後のステント内腔評価における高精細 CT の有用性

3-1-2. 脳動脈瘤クリッピング術後のフォローアップ

チタン製クリップなどの金属製クリップによるアーチファクトを低減し、微小な残存動脈瘤の非侵襲的な検出を可能にしている²⁾。これにより、術後の経過観察において、残存動脈瘤の有無を正確に把握することが可能となり、DSA への依存を低減し、患者の負担軽減に貢献している(Fig. 2)。

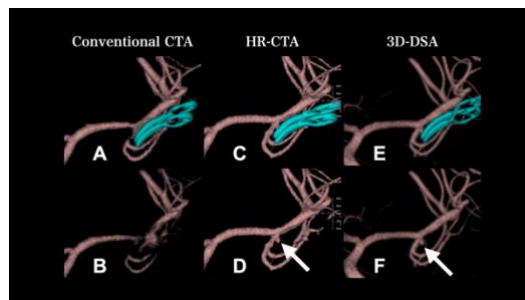


Fig. 2: 脳動脈瘤クリッピング術後のフォローアップにおける高精細 CT の有用性

3-1-3. 穿通枝動脈の描出

従来型 CT による CT angiography では描出評価が困難であった、subcallosal artery などの微小な穿通枝動脈を可視化している³⁾。脳外科手術における術前計画において、これらの微小血管の走行を正確に把握することで、術中合併症のリスクを低減させることが可能となり、術後予後の向上に寄与する(Fig. 3)。

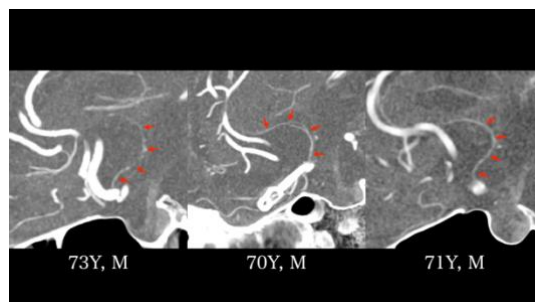


Fig. 3: 穿通枝動脈の可視化における高精細 CT の優位性

3-2. 脳腫瘍

当院では脳腫瘍、特に島-弁蓋部を発生母地とする神経膠腫の治療計画において高精細 CT が重要な役割を果たしている。

3-2-1. 経動脈的 CT angiography

高精細 CT による経動脈的 CT angiography (ultra-high-resolution intra-arterial computed tomography angiography: UHR-IA-CTA) は、高精細 CT の利点を最大限に活かした撮像法であり、特に、島-弁蓋部神経膠腫などの手術難易度が高い領域において、その有用性が注目されている⁴⁾。従来の CT では描出が困難であった、錐体路を栄養する lenticulostriate artery や、long insular artery, long medullary artery といった微小血管を可視化し、術前の緻密な手術計画や術中ナビゲーションに活用されている(Fig. 4)。また、術後合併症のリスク低減に貢献し、患者の QOL 向上に寄与する。

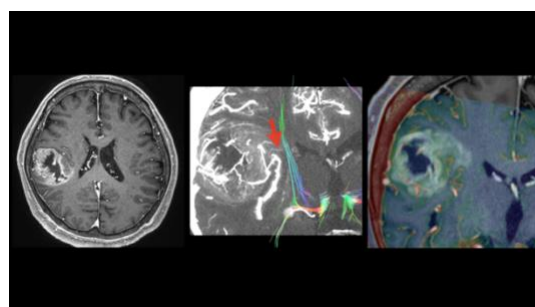


Fig. 4: 高精細 CT を用いた経動脈的 CT angiography (UHR-IA-CTA) による脳腫瘍手術支援

4. デザイン思考と患者中心の医療

高精細 CT の活用は、単なる技術的進歩にとどまらず、患者中心の医療の実現に貢献していると考えられる。高精細 CT 画像を活用したデザイン思考に基づく医療アプローチは、単に診断精度を向上させるだけでなく、患者の治療体験そのものを変革する可能性を秘めている。患者自身が三次元画像を通じて自身の病状を理解し、治療方針決定に参加することで、エンパワーメントを促進することが期待される。また、患者の生活背景や価値観を踏まえた、個別の治療計画の立案や、機能温存を重視した治療選択も可能となるであろう。高精細 CT がもたらす高画質画像は、患者と医療者が共同で治療目標を共有し、より主体的な患者中心の医療を実現するための重要なツールとなることを期待する。

4-1. 術前計画の高度化

高精度な 3D 画像は、腫瘍や血管の位置関係を詳細に可視化し、医師と患者のコミュニケーションツール

としても有用である。患者への丁寧な説明を通じて、治療に対する不安を軽減し、治療への積極的な参加を促す。

4-2. 術中ナビゲーションの進化

高精細 CT 画像とナビゲーションシステムを組み合わせることで、手術部位の正確な位置情報をリアルタイムで表示することが可能となる。これにより、手術中のナビゲーション精度が向上し、神経機能の温存や術後合併症の抑制に貢献する。

4-3. 術後合併症の抑制

術前情報の精度向上は、手術の安全性向上に繋がり、術後合併症のリスクを低減することが期待される。これにより、入院期間の短縮や早期社会復帰を支援し、患者の QOL 向上に寄与するものである。

5. 将来の展望

高精細 CT は、今後さらなる技術革新が期待される。

5-1. 人工知能 (artificial intelligence: AI) の活用

高精細 CT 画像における AI 活用の展望は、単なる画像解析や診断支援に留まらず、治療計画の最適化、予後予測、更には個別化医療への展開など、多岐にわたる可能性を秘めている。具体的には、ディープラーニングを用いた画像解析アルゴリズムの開発により、微小な病変の自動検出や、手術計画における血管走行の精密な把握が可能になることが期待される。さらに、患者の臨床情報と画像データを統合的に解析することで、AI が患者個別のリスク評価や最適な治療戦略を提案する未来も視野に入る。これらの進歩は、より効率的で効果的な医療の実現に貢献すると期待される。

5-2. ワークステーション性能の向上

より高速な画像処理や、3D 画像表示機能の向上により、臨床現場における高精細 CT の利便性向上が期待される。

5-3. 新たな撮像技術の開発

高精細 CT の臨床応用をさらに発展させるためには、低被ばくでありながら高画質な画像を提供する新たな撮像技術の開発が不可欠である。例えば、光子計数型検出器を用いた CT は、従来のエネルギー積分型検出器と比較して、より少ない X 線照射量で高画質な画像を取得できる可能性がある。さらに、multi-energy 技術を組み合わせることで、組織の組成情報や微小な血管の可視化を促進し、診断精度を一層向上させることが期待される。これらの技術開発は、患者負担の軽減と高精度な診断の両立を可能にし、医療の質の向上に貢献するであろう。

5-4. 多施設共同研究

高精細 CT の臨床応用における有用性を客観的に評価するためには、多施設共同研究が不可欠である。単一施設での研究では、患者背景や医療施設の特性により結果が偏る可能性がある。多施設共同研究により、大規模な患者データを収集し、高精細 CT の診断精度や治療効果を検証することで、その普遍性と有効性を確立できる。また、様々な専門分野の研究者が集まることで、新たな臨床応用や技術開発を促進することが期待できる。具体的には、標準化された撮影プロトコルや画像解析方法を策定し、質の高い研究データを共有する必要があるであろう。これらの取り組みは、高精細 CT のさらなる発展と、より質の高い医療の実現に繋がるといえる。

6. おわりに

高精細 CT は、中枢神経領域の診断において、単なる高精細画像の提供にとどまらず、診断精度の向上や治療方針決定の支援、患者の理解促進など、多岐にわたる影響をもたらしている。また、デザイン思考を取り入れることで、より患者中心の医療の実現に貢献している。今後の技術進歩と臨床応用の発展により、高精細 CT が中枢神経領域における診断・治療において、より重要な役割を担うことは間違いないと考える。

7. 参考文献

- 1) Kayano S, Ota H, Sato Y, et al. Carotid computed tomography angiography after cobalt-based alloy carotid artery stenting using ultra-high-resolution computed tomography with model-based iterative reconstruction. *Radiol Case Rep* 2021;16:3721–8.
- 2) Kayano S, Ito A, Endo T, et al. Efficacy of ultra-high-resolution computed tomographic angiography for postoperative evaluation of intracranial aneurysm after clipping surgery: A case report. *Surg Neurol Int* 2022;13:85.
- 3) Sato Y, Endo T, Kayano S, et al. Comparison between ultra-high-resolution computed tomographic angiography and conventional computed tomographic angiography in the visualization of the subcallosal artery. *Surg Neurol Int* 2021;12:528.
- 4) Osada Y, Kanamori M, Osawa S-I, et al. Visualization of the lenticulostriate arteries, long insular arteries, and long medullary arteries on intra-arterial computed tomography angiography with ultrahigh resolution in patients with glioma. *Acta Neurochir* 2023;165:4213–9.

『循環器領域における photon-counting detector CT を用いた 高分解能 CT の実力』

The Potential of High-Resolution Photon-Counting Detector CT in Cardiovascular Clinical Practice

名古屋市立大学病院

木寺 信夫

1. Photon-counting detector CT について

次世代検出器を搭載した Photon-counting detector CT (PCD-CT) が開発され、本邦でも 2022 年 1 月に製造販売認証が行われた。国内の導入施設も増加しており、最新の Topics として、RSNA2024 ではシーメンス社による PCD-CT の新たな臨床機の販売および 2040 年までにすべての CT 装置の販売を PCD-CT にするといったセンセーショナルな発表が行われた。PCD-CT は従来の Energy-integrating detector CT (EID-CT) と検出器の構造が異なる点が最大の特徴となる。EID-CT の固体シンチレーション検出器では X 線を光に変換したのちにフォトダイオードで電気信号に変換するが、フォトンカウンティング検出器では X 線が半導体に入射した際に発生する電子-正孔対をピクセル化した陽極で検出することにより、X 線を直接電気信号に変換する。上記の検出器原理の違いにより PCD-CT は EID-CT と比較し、線量利用効率を損なわない検出器構造の微細化、連続 X 線のスペクトラム情報の取得および電子ノイズの除去、低エネルギーレベルの量子に対する感度特性の向上などの利点を有する。臨床画像では空間分解能の向上、画像ノイズの低減、コントラストの向上などの画質向上効果や、常時 spectral data の取得、multi energy 処理、K-edge imaging などへの応用が期待される。本稿では「高精細な CT 画像が診断に与えるインパクト」というテーマのもと、PCD-CT の「空間分解能の向上」の部分を中心に循環器領域での臨床応用について記載させていただく。

2. PCD-CT の高分解能化および画質特性

PCD-CT の高分解能化の原理は 1 項で述べたように、検出器の微細化によって実現している。現在、臨床機として販売された PCD-CT では detector pixel size は $0.275 \times 0.322 \text{ mm}^2$ であり、最小検出器サイズと最小焦点サイズ ($0.4 \times 0.4 \text{ mm}^2$) の組み合わせで空間分解能 40 lp/cm、0.125 mm のスペックを有することが報告されている¹⁾。Figure 1 に EID-CT のステント用関数、PCD-CT の 0.4 mm collimation の標準モード (STD mode)、PCD-CT の 0.2 mm collimation の高精細モード (UHR mode) を使用して撮影された 3 mm 径の冠動脈ステントファントムの画像を示す。UHR mode の分解能の高さは一目瞭然であり、ステントストラットの視認性は実物の目視をも上回る印象を受けた。

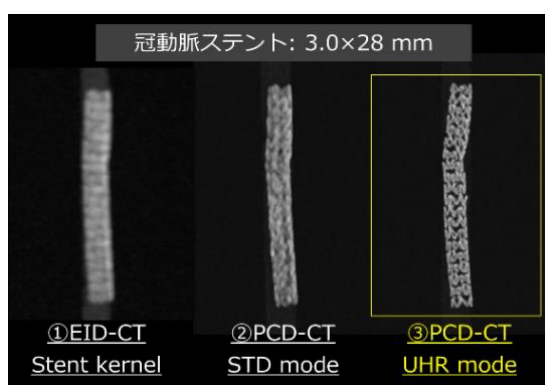


Fig.1 冠動脈ステントファントムの画像

次に CT の高分解能化について考えていきたい。CT の高分解能化は PCD-CT だけでなく EID-CT においても様々な手法が開発されており、検出器の性能向上に伴う view 数の増加を応用する手法や、微細化した検出器を使用する手法、検出器前面に楕および格子状のグリッドを配置する手法などが開発されている²⁻⁴⁾。しかし、

EID-CT の高分解能化技術は検出器原理により、検出器間の隔壁や検出器開口幅の狭小化により線量利用率を犠牲にする必要がある。PCD-CT では隔壁を要さない検出器構造の微細化が可能のため、EID-CT に比べ線量利用率を維持したまま高分解能化が可能となることが大きな利点となる⁵⁾。患者被ばく線量が高くなりやすい心臓 CT 検査などにおいても線量効率を維持した高分解能撮影は大きなアドバンテージとなり得る。また、今回販売された PCD-CT は再構成関数で空間分解能をコントロールする仕様となっており、UHR mode でも STD mode と共通する再構成関数を選択することが可能である。臨床的には最高空間分解能 40 lp/cm の条件を CTA などの臨床的タスクに利用することは SN 比の観点からも困難であり、最適な再構成条件を考える必要がある。Mergenらは冠動脈CTAにおけるUHR mode の最適な再構成条件の検討を行い、より高い関数設定はノイズおよび血管の解像度の上昇、Blooming artifact の抑制に有効であり、総合的な評価では Bv64, Bv72(ともに血管用高周波強調関数)が最適な条件であると報告している⁹⁾。これは EID-CT における空間分解能の限界に近い条件設定であり、骨用関数に類似した解像特性を有しており、実臨床での画像においても明らかにクオリティの異なる画像を取得することが可能である(Fig.2)。

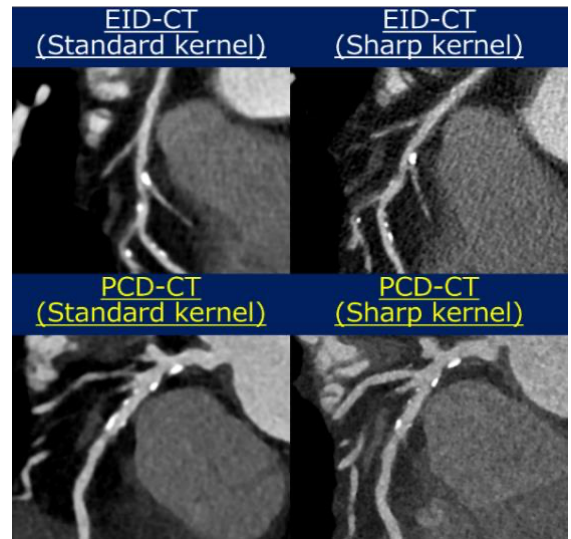


Fig.2 各再構成画像の比較

PCD-CT の利点である線量利用率を維持したまま高分解能化することにより冠動脈 CTA 検査のルーチンイメージの高分解能化が可能であり、冠動脈疾患のより詳細な情報の取得が期待される。また、我々は blooming artifact の抑制に着目し、血管内治療時に使用される血管内超音波 (IVUS: intravascular ultrasound) と光干渉断層法 (OCT: optical coherence tomography) との比較をファントムスタディにて行った。PCD-CT は侵襲的検査である冠動脈造影検査の OCT でしか得られない情報と類似した結果を非侵襲的に取得することが可能であり、さらに手技中ではなく治療計画時に詳細情報が得られることから、より安全で確実な治療戦略の立案に貢献できる可能性を報告した⁷⁾(Fig.3)。

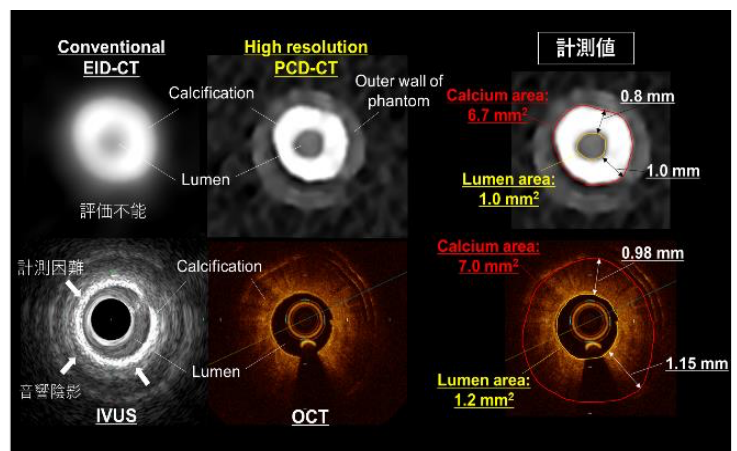


Fig.3 侵襲的検査(IVUS, OCT)と PCD-CT の比較

3. 高分解能 PCD-CT の臨床応用

世界初の臨床機として販売された PCD-CT は同時に dual source CT (DSCT) であり、機器スペックはフラッグシップ EID-DSCT と類似した性能を有している。EID-CT においては single source CT の U-HRCT を用いた先行研究の中で、高分解能化の利点は心拍数が 60 bpm 未満の場合であることが報告されている⁸⁾。PCD-CT も高分解能化の利点を得るには静止した画像を取得することが必須の条件となるが、DSCT の時間分解能を 2 倍にできるメリットは大きく、PCD-CT の高分解能化と DSCT の組み合わせは冠動脈 CTA 検査において非常に相性の良いシステムとなっている。PCD-CT は高分解能化と同時に spectral data の取得可能なことが利点であるが、

当院に実装されているソフトウェアのバージョンでは心電同期撮影は UHR mode を用いると spectral data の利用ができない仕様となっている。最新のソフトウェアのアップデートで上記の仕様は解消しており、当院でも本稿の執筆時は使用できないが、アップデートによる改善が決定しているため期待を寄せている。また、UHR mode は scan collimation が 0.2×120 mm の coverage が 24.0 mm であり、STD mode の 0.4×144 mm の 57.6 mm coverage よりも狭い仕様となっている。これにより UHR mode は STD mode と比較し、撮影時間の延長、それに伴う造影剤の増加、DSCT 特有の低線量かつ超高速撮影である ECG-triggered high-pitch spiral scan (Flash spiral cardio mode)の使用ができず、spiral scan もしくは step and shoot scan のみの選択肢となっている。当院では血管視認性の向上や石灰化の blooming artifact の抑制による診断能および確信度の向上を期待し、虚血性心疾患の症例には UHR mode を使用し、構造的な疾患等の症例には STD mode を用いた撮影を行っている。本稿では「空間分解能の向上」のテーマに即して、UHR mode を用いた臨床経験を紹介する。

最初に高分解能画像が従来画像と比較して有用であった症例を示す。臨床機の PCD-CT では 2 項でも述べたようにより高分解能な再構成関数を選択することによって、空間分解能の向上効果を得ることができるが、高分解能画像では通常画像よりノイズが増大するため、ルーチンイメージとしては従来相当の分解能の画像 (STD image) と高分解能画像 (UHR image) の両方を PACS の方に転送している。患者は労作時胸部症状を訴える狭心症疑いの患者であり、Fig.4 に得られた画像を示す。LAD の #6 に高度狭窄が疑われるが、STD image では狭窄の有無はわかるものの、狭窄の程度やその性状の情報は十分とは言えない。一方、UHR image の方では STD image に比べて狭窄の重症度も確信をもって評価することが可能である。また、プラークの性状についても STD image では不明瞭であった spotty calcification が UHR image で明瞭に視認することができ、病変のリスク評価に有用であった。後日行われた CAG でも UHR image と類似する狭窄率の評価を得られた。本症例の撮影時の心拍数は 90 bpm であり、DS-PCD-CT の高時間分解能と高分解能の利点を楽しむ結果となった。

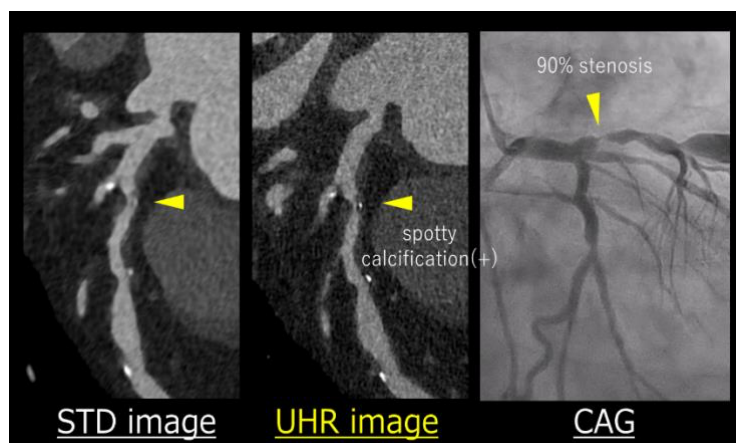


Fig.4 LAD #6 高度狭窄症例

ステント留置術後の撮影においても PCD-CT の高分解能化は期待される領域である。臨床における先行研究ではステント開存性の評価において PCD-CT と ICA の精度が比較評価され (18 人の患者における 44 本のステントが対象)、PCD-CT は $\text{ISR} \geq 50\%$ の存在に対する診断精度 88%、陰性的中率 100%の結果が得られ、ICA に代わる有望な非侵襲的代替法であることが報告された⁹⁾。一方で 2021 年に発表されたの AHA/ACC/ASE/CHEST/SAEM/SCCT/SCMR のガイドライン¹⁰⁾では、近位の大型ステント (≥ 3 mm)の開存性を評価する冠動脈 CT の推奨度はクラス 2b (中程度)で

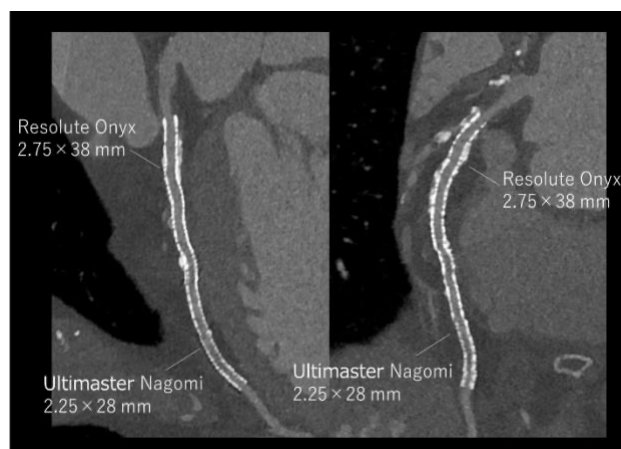


Fig.5 ステント留置術後症例

あり、臨床的にはさらに小型のステントの評価が可能な点かも重要な要因となる。PCD-CT の先行研究では 3 mm 以下のステントが約 30%しか含まれておらず、ステント径に関する解析も行われていないことから、小型ステントへの適応を考える際には注意が必要である。当院における実臨床でもステントの視認性は良好であることを経験し、3 mm 以下の小型ステントも視認できる症例を経験している。提示画像はあくまで症例ベースであり、普遍的な知見とは言い難い。3 mm 以下の小型ステントの視認性については、さらなるエビデンスの蓄積に期待したい。また、ステント外の石灰化の視認性も良好であり、高度石灰化病変に対するステントの開存性の評価にも有用と考える(Fig.5)。

4. 総括

次世代検出器を搭載した PCD-CT は比類なき性能を有した CT 装置であり、PCD の利点の一つである「高分解能化」は循環器領域の撮影においても非常に有用である。今後は PCD-CT の高画質化により循環器領域の画像診断にさらなる臨床的価値をもたらすこと、さらには既存の診断ストラテジーを変化させるような医学的知見が集約されることを期待する。

参考文献

- 1) Flohr T, Schmidt B. Technical basics and clinical benefits of photon-counting CT. *Invest Radiol.* 2023; 1;58(7):441-450.
- 2) Cruz-Bastida JP, Gomez-Cardona D, Li K, et al. Hi-Res scan mode in clinical MDCT systems: Experimental assessment of spatial resolution performance: MTF measurements of Hi-Res scan mode. *Med. Phys.* 2016; 43(5): 2399–2409.
- 3) Kakinuma R, Moriyama N, Muramatsu Y, et al. Ultra-high-resolution computed tomography of the lung: Image quality of a prototype scanner. *PLOS ONE* 2015; 10(9): e0137165.
- 4) Kawashima H, Ichikawa K, Takata T, et al. Technical Note: Performance comparison of ultrahigh-resolution scan modes of two clinical computed tomography systems. *Med. Phys.* 2020; 47(2): 488–497.
- 5) Flohr T, Petersilka M, Henning A, et al. Photon-counting CT review. *Phys Med.* 2020; 79: 126-136.
- 6) Mergen V, Sartoretti T, Baer-Beck M, et al. Ultra-high-resolution coronary CT angiography with photon-counting detector CT: Feasibility and image characterization. *Invest Radiol.* 2022;57(12):780-788.
- 7) Kitera N, Ohashi K, Matsui S, et al. Improved assessment of coronary artery calcium in photon-counting detector CT: A phantom study with various imaging modalities. *RSNA annual meeting 2023.*
- 8) Kojima T, Shirasaka T, Yamasaki Y, et al. Importance of the heart rate in ultra-high-resolution coronary CT angiography with 0.35 s gantry rotation time. *Jpn J Radiol.* 2022;40(8):781-790.
- 9) Hagar MT, Soschynski M, Saffar R, et al. Ultra-high-resolution photon-counting detector CT in evaluating coronary stent patency: a comparison to invasive coronary angiography. *Eur Radiol.* 2024 (7):4273-4283.
- 10) Gulati M, Levy PD, Mukherjee D, et al. 2021 AHA/ACC/ASE/CHEST/SAEM/SCCT/SCMR guideline for the evaluation and diagnosis of chest pain: A report of the american college of cardiology/american heart association joint committee on clinical practice guidelines. *Circulation.* 2021;144(22): e368-e454.

『胸部・肺における高精細 CT 画像の可能性』

Possibility of High-Resolution CT Imaging of the Chest and Lungs

大阪大学医学部附属病院

仲宗根 進也

1. はじめに

マルチスライス CT 装置の普及によって、高分解能・広範囲・高速撮影ができるようになったことから、呼吸系や循環系の動きの影響を受ける胸部領域では、CT 検査が非常に有用な画像診断法となっている。そのような中、高精細 CT の登場によって、正常解剖や病変の詳細な形態学的評価が可能となった。また近年では、新たにフォトンカウンティング CT が開発され、より高速化した撮影や低被ばくによる高精細画像も臨床応用されるようになってきている。今回、高精細 CT とフォトンカウンティング CT を使用して得られる胸部・肺における高精細 CT 画像の可能性について紹介する。

2. 高精細 CT による微細構造評価

従来のマルチスライス CT と比較して、キャノン社製の高精細 CT「Aquilion Precision」は同じ範囲を撮影する上で、従来の 2 分の 1 となる 0.25mm のスライス厚、従来の 2 倍のチャンネル数である 1792ch となり、体軸方向、面内方向ともに約 2 倍の空間分解能が得られるようになった。線量を増加させずに X 線 CT 画像の分解能を向上させると画像ノイズが上昇するが、高精細 CT 画像を用いた肺野領域における有用性として、画像ノイズが大きくなっても従来の CT 画像よりも画質が優れていることが報告されている¹⁾。このことから、画像ノイズの上昇より高分解能化による利点の方が上回り、肺癌などの病変部境界が明瞭になり、気管支や末梢血管の走行なども鮮明に描出可能となり、確信度の高い診断が可能となる。画像再構成においても、従来の 512×512 マトリクスの画像から、1024×1024、2048×2048 マトリクスの高解像度の画像再構成を行うことができる。当院の放射線科医による報告では、伸展固定肺の評価において 1024 マトリクスよりも 2048 マトリクスの画像のほうが、画質および病変部に対する描出が有意に優れていると示されている²⁾。またフォトンカウンティング CT でも、1024 マトリクスの画像再構成が可能であり、さらに画像ノイズを抑えた高精細画像を取得でき、診断能の向上が期待できる。

3. 高速撮影

現在、臨床使用されているフォトンカウンティング CT は、シーメンスヘルスケア社製の「NAEOTOM Alpha」である。このフォトンカウンティング CT は、高分解能化における最大装置スペックとして体軸方向のスライス厚が 0.2mm、面内の空間分解能が 0.11mm となっており、1024×1024 マトリクスの画像再構成も可能となっている。胸部領域において、高分解能画像が必須であることは言うまでもないが、呼吸や心臓の動きによる影響を最小限に抑えるために撮影時間を可能な限り短くすることも重要である。「NAEOTOM Alpha」は X 線管と検出器が 2 対搭載されたデュアルソース CT であり、最大 3.2 のスキャンピッチの高速撮影が可能である。photon-counting detector(PCD)であることから、高ピッチで撮影を行なっても画像ノイズの影響も少なく、当院の胸部撮影では積極的に高ピッチによる撮影を行なっている。また、呼吸停止が困難な患者や静止困難な小児患者においても、画質を担保したまま診断可能な撮影が可能となり、大きなアドバンテージとなっている。

4. 低線量撮影における高分解能画像

PCDでは入射X線フォトンエネルギー情報を取得できるため、しきい値を設定することで低エネルギー領域の電気ノイズを除去することができる。このことから低線量による撮影において、画像ノイズを低減した高分解能画像を取得可能となる³⁾。臨床応用の例として、小児撮影における低線量撮影において、被ばくを最小限としながら詳細な構造を描出することができる。また、体格の大きい患者において線量不足で画像ノイズが増加するといったことを防ぐことができたり、肩によるX線減弱が大きい肺尖部において画像ノイズの上昇、アーチファクトの発生を抑制できたりすることで、病変部の画像診断をより正確に行えることが期待できる⁴⁾。

5. まとめ

今回、高精細CTとフォトンカウンティングCTを用いた胸部・肺における高精細CT画像の可能性について、「微細構造の評価」「高速撮影」「低線量撮影における高分解能画像」の3点に焦点を当てて紹介した。従来のマルチスライスCTと比較して、高精細CTはより正確に微細構造の評価が可能な画像であり、さらにフォトンカウンティングCTを用いると高速撮影や低線量撮影を行っても高分解能画像を取得することができる。一方で、高精細CT画像が診断困難である病変を、必ずしも診断可能とするわけではないという課題も残っている。今回は触れなかったが、フォトンカウンティングCTにおいては常時スペクトラル解析をレトロスペクティブに実施できる特徴を有し、高精細CT画像と組み合わせることで新たな診断情報が得られるようになる可能性もある。今後も技術の発展を注視し、高精細CT画像のさらなる可能性を探っていく必要がある。

参考文献

- 1) Kakinuma R, et al. Ultra-High-Resolution Computed Tomography of the Lung: Image Quality of a Prototype Scanner. PLoS One 10: e0145357.
- 2) Hata A, et al. Effect of Matrix Size on the Image Quality of Ultra-high-resolution CT of the Lung: Comparison of 512×512, 1024×1024, and 2048×2048. Acad Radiol 2018; 869-76.
- 3) Rajendran K, et al. First Clinical Photon-counting Detector CT System: Technical Evaluation. Radiology 2022; 303: 130-38.
- 4) Symons R, et al. Low-dose lung cancer screening with photon-counting CT: a feasibility study. Phys Med Biol 2017; 62: 202-13.

『腹部領域の高精細 CT』

High-Resolution CT for Abdomen

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

腹部領域の CT は、X 線 CT 検査技術や装置の発展とともに診療において必要不可欠なものとなっている。CT 検査のタスクとしては、悪性腫瘍や炎症をはじめとした疾患において施行されるスクリーニングや精査のための単純あるいは造影 CT 検査、さらには外科手術や interventional radiology のためのマッピングとして施行される CT-angiography など、多種多様である。

2017 年に商用化された高精細 CT (Aquilon Precision, キヤノンメディカルシステムズ) や、2022 年に国内に導入された photon-counting detector CT (PCD-CT; NEOTOM Alpha, シーメンスヘルスケア) は、腹部領域においても従来の CT 検査に付加価値を与える技術として期待されている。腹部領域は、CT 検査を行う領域の中で最も被写体径が大きく、画質的要件が厳しい部位でもある。画像ノイズの問題については、逐次近似再構成や deep learning-based reconstruction (DLR) も画質改善に有効である。本稿では、腹部領域の高精細 CT について、先行研究をもとにその価値を解説する。

2. 高精細化と画像ノイズの問題

腹部領域のように被写体径が比較的大きい場合、高精細 CT を扱ううえでいくつかの懸念がある。ひとつは画像ノイズの問題である。基本的な再構成法 (filtered back projection: FBP) で取得した画像において、従来の 0.5 mm 程度の最小スライス厚を有する CT と比較した場合、面内および体軸方向の検出器幅が 1/2 である高精細 CT の画像ノイズ (CT 値の標準偏差: SD) はおよそ 2.5 倍になる¹⁾。高精細 CT と従来 CT では、画像ノイズの周波数特性が大きく異なるため、SD で単純に比較することは臨床画像上の検出能や診断能と乖離を生じる懸念があるが、画像ノイズの問題は腹部領域における高精細 CT 利用の問題のひとつであることにかわりない。我々は、高精細 CT の画像ノイズについて、FBP と DLR の比較を行い、DLR で再構成した画像は、高精細 CT の画像ノイズを大幅に低減することを明らかにした²⁾。DLR 画像は、低い空間周波数領域における画像ノイズを効果的に低減するため、低コントラスト結節等の検出能も改善することが示唆された。

3. 高精細化と腹部領域の空間分解能

腹部領域といっても診断の対象となる部位はさまざまであり、CT の回転中心付近からの距離が異なる。一般的に CT では、回転中心から離れた位置の空間分解能が低下することが知られている。これは CT の幾何学的構造に伴う特性であり、X 線管焦点

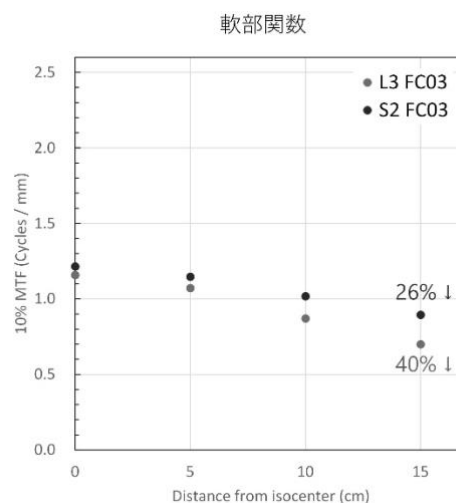


Fig. 1 軟部関数における回転中心からの距離と 10% TTF. L3: 大焦点, S2: 小焦点

サイズや検出器開口径によるが、高精細 CT では、高い空間分解能を有する反面、相対的な周辺部の低下は避けられない。

これらの問題は、より小径の焦点を有する X 線管の開発や flying focal spot³⁾ 等のデータ取得の工夫が必要である。また、現状の装置においては、回転中心からどの程度の位置でどの程度のボケが生じているかを認識しておくことが、撮像パラメータの決定に必要な情報である。Fig. 1 および 2 は、Aquilion Precision で取得した、回転中心からの距離に応じた 10% task transfer function (TTF) のグラフである。10% TTF 低下の程度は軟部関数と高精細関数で大きく異なる結果が示された。特に回転中心における空間分解能が高い高精細関数においては、小焦点と大焦点でそれぞれ 43%、および 59%の低下を示した。回転中心に対する相対的な TTF 低下は、腹壁のような周辺部において画像のボケとして認識しやすくなる。一方、Fig. 3 は DLR による再構成の結果である。DLR の TTF は被写体のコントラストによって差が生じるが、低いコントラストオブジェクトを用いた TTF においても、最大 20%程度の低下であり、腹部領域における周辺部のボケに対して有効である。また、上腹部領域において、高精細が求められる膵臓は、回転中心から 90 mm 程度までの位置にあり(Fig. 4)、焦点サイズに関わらず高精細画像を取得できることがわかる⁴⁾。

4. 腹部領域の先行研究について

腹部領域を対象とした高精細 CT の研究は肺、冠動脈、脳血管等に比して少ないが、CT-angiography や胃の粘膜構造、尿管結石などの研究がある。

乳癌患者の自家組織再建術において、深下腹壁動脈穿通枝 (deep inferior epigastric artery perforator: DIEP) 皮弁を用いた再建術のための CT-angiography では、従来 CT と比較して細径の動脈や穿通枝の CT 値が、高精細 CT で高値であり、血管描出能を改善した⁵⁾。

高精細 CT の高い解像特性を利用して胃壁構造の描出することを試みた研究では、粘膜層、粘膜下層、筋層以深の描出において、従来 CT よりも高い空間分解能が有効であったことが示された⁶⁾。

また、3 mm 以下の小径腎結石の検出における PCD-CT と従来 CT の比較を行った研究では、平均径が 2.8 ± 2.6 mm の結石に対する読影試験の感度が、PCD-CT において有意に高いことを示した⁷⁾。

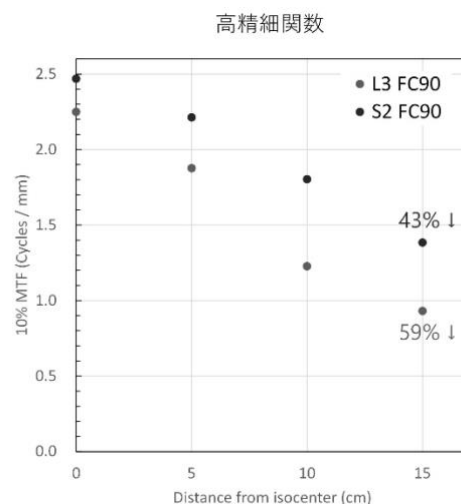


Fig. 2 高精細関数における回転中心からの距離と 10% TTF. L3: 大焦点, S2: 小焦点

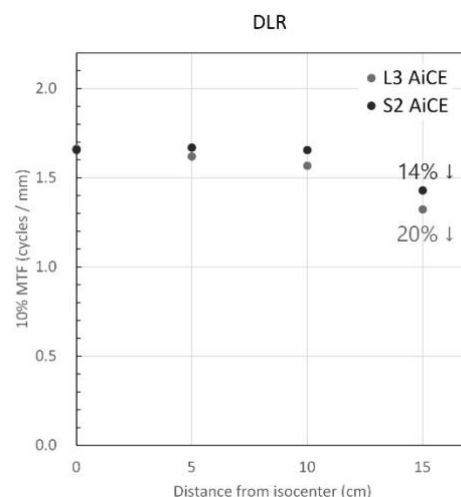


Fig. 3 DLR における回転中心からの距離と 10% TTF. L3: 大焦点, S2: 小焦点

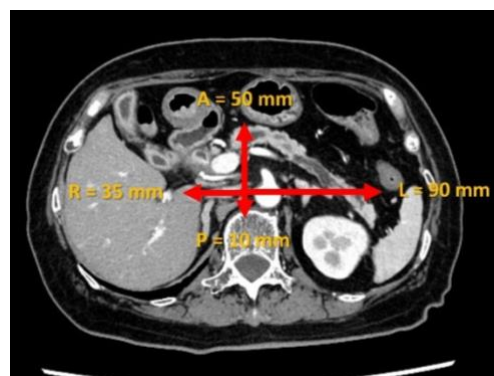


Fig. 4 膵臓の幾何学的位置

5. おわりに

腹部領域の高精細 CT について、問題点、現状の解決策、先行研究について解説した。高精細 CT の先行研究は今後さらに普及することが期待される PCD-CT のエビデンスとしても重要であり、高精細化技術の進歩は、今後の腹部 CT の発展においても重要な因子であり、我々はその有効性を示すことが求められる。

参考文献

- 1) Oostveen LJ, Boedeker KL, Brink M, et al. Physical evaluation of an ultra-high-resolution CT scanner. *Eur Radiol.* 2020;30(5):2552-2560.
- 2) Urikura A, Yoshida T, Nakaya Y, et al. Deep learning-based reconstruction in ultra-high-resolution computed tomography: Can image noise caused by high definition detector and the miniaturization of matrix element size be improved? *Phys Med.* 2021;81:121-129.
- 3) Grimes J, Duan X, Yu L, et al. The influence of focal spot blooming on high-contrast spatial resolution in CT imaging. *Med Phys.* 2015;42(10):6011-20.
- 4) 瓜倉厚志. 腹部領域における価値. *インナービジョン.* 37(10): 32-36. 2022.
- 5) Ide S, Urikura A, Yoshida T, Nakaya Y, et al. Ultrahigh-Resolution Computed Tomography Improves Preoperative Computed Tomography Angiography for Deep Inferior Epigastric Artery Perforator Flap Reconstruction. *J Comput Assist Tomogr.* 2022;46(1):29-33.
- 6) Onoda H, Tanabe M, Higashi M, et al. Assessment of gastric wall structure using ultra-high-resolution computed tomography. *Eur J Radiol.* 2022 Jan;146:110067.
- 7) Esquivel A, Potretzke T, Ferrero A, et al. Improved display and detection of small renal stones using photon-counting detector CT compared to conventional energy-integrating detector CT. *Abdom Radiol (NY).* 2025 Jan 27. Epub ahead of print.

『高精細 CT を用いた骨微細構造解析への可能性』

Possibility of Bone Microstructural Analysis with High Resolution CT

長崎大学病院

橋口 修卓

1. はじめに

骨粗鬆症は、主に脆弱性骨折の有無と骨密度によって診断される。特に、脆弱性を示す骨強度は骨密度が 70%, 骨質が 30%関係している。骨質は骨微細構造などで規定されるため¹⁾, 骨密度に加えて骨微細構造も解析できれば、骨折のリスク予測だけでなく、Dual Xray Absorptiometry (DXA) 法では十分に評価できない続発性骨粗鬆症の病態解析、デノスマブ等の薬剤効果判定も可能になることが期待される²⁾。現在、骨微細構造の解析には高解像度末梢骨用定量的 CT (High Resolution Peripheral Quantitative CT: HR-pQCT) が用いられるが、撮像部位に制限があることや撮像範囲が狭い等の課題がある。一方で全身用 X 線 CT 診断装置では、高精細 CT の出現により骨構造の描出能が飛躍的に向上した。当院では高精細 CT による骨微細構造の解析への可能性について、HR-pQCT と高精細 CT とを比較し報告している(第 18, 19 回九州放射線医療技術学会大会, 第 1 回日本放射線医療技術学会大会)。本稿では、これまでの報告内容をもとに、高精細 CT の可能性について紹介する。

2. HR-pQCT の特徴と骨微細構造の解析

HR-pQCT はスライス厚 0.06 mm 厚, 10% MTF < 58 μ m の高い解像度を有し、大きさが 1.5 m 程で末梢骨(前腕/手, 下腿/足)を対象とした 3 次元微細構造を定量解析でき、スライス厚 0.5 mm の CT 画像と比較しても、皮質骨や海綿骨の描出能が明らかに優れていることがわかる(Fig.1)。骨微細構造解析は、皮質骨(12), 海綿骨(16), 全骨(3)の計 31 パラメータが算出されるが、HR-pQCT による高解像度画像がこれらの計測および精度向上に寄与している(Fig.2)。特に海綿骨のパラメータは、加齢に伴う骨微細構造の変化として関係が見られ³⁾, 脆弱性骨折は海綿骨骨密度の減少や骨梁の変化に特徴があり、骨折予測の画像マーカーとしての可能性がある。また、デノスマブの効果による骨微細構造の変化を捉えられるとの報告もある²⁾。このように、HR-pQCT による骨微細構造の解析は、薬剤効果や代謝性骨疾患、骨折治癒について、現在もさらなる研究が期待されている。

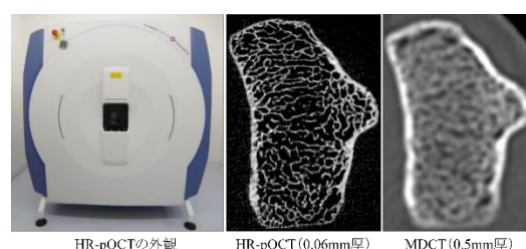


Fig.1 HR-pQCT の概要

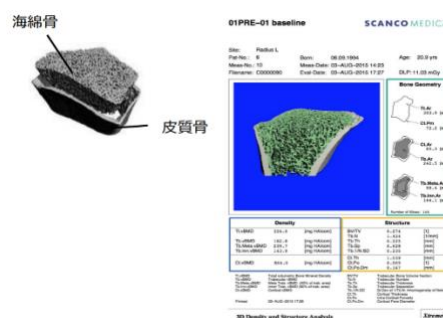


Fig.2 骨微細構造解析

3. 高精細 CT を用いた骨微細構造解析への可能性

当院は、HR-pQCT: XtremeCT II (SCANCO MEDICAL) と高精細 CT: Aquilion Precision (CANON MEDICAL SYSTEMS) とを比較し、高精細 CT による骨微細構造の解析への可能性について検討を行っている。なお、本研

究は所属機関の倫理審査委員会の承認を得ている(承認番号:21081603)。

3-1. 方法

対象は、変形性股関節症に対する人工股関節置換術で摘出された大腿骨頭(n=20, 67.8±9.0 歳 女性)とした。これを XtremeCT IIを用いて撮影した。次に、摘出した骨頭を水ファントム PH-17 胸・腹部用 X 線水ファントム WAC 型(京都科学)内へ挿入し、Aquilion Precision にて撮影した。撮影条件を Table1 に示す。Aquilion Precision は分解能を優先して焦点サイズ 0.4×0.5 mm (S2), 管電流 260 mA に固定し、回転時間 1.5 sec, Dynamic Volume Scan (5 回転)とした。画像再構成法は、再構成関数 FC30 にて FBP, AIDR 3D enhance-Mild (eAIDR), そして AiCE-Lung Mild (AiCE)とし、画像ノイズの影響を考慮するため加算平均 (Time Averaging: TA)を 1-5 回行い取得した。骨微細構造解析は、解析ソフト TRI/3D-BON-FCS64 (RATOC SYSTEM ENGINEERING)を用いて BMD 変換後に HR-pQCT 画像と CT 画像との位置照合を行い、海綿骨の中心部に関心領域 (1 cm³)を設定して行った (Fig.3)。解析結果のうち海綿骨パラメータである骨梁体積密度、骨梁幅、骨梁数、骨梁間距離に着目し (Fig.4)、XtremeCT IIと再構成条件による Aquilion Precision との相関関係を評価した。

Table1 撮影条件

	XtremeCT II	Aquilion Precision
管電圧 (kV)	68	120
管電流 (mA)	1.46	260
焦点サイズ (mm)	0.1 × 0.1 (60μm)	0.4 × 0.5mm
スライス厚/間隔 (mm)	0.06/0.06	0.25/0.125
回転時間 (sec)	126	1.5
スキャン方式	cone beam	Dynamic Volume Scan (1-5回)
再構成	-	FBP/eAIDR /AiCE
TA	1	1~5回
マトリクス	2304	1024
SFOV/DFOV (cm)	14	32/12.8
ボクセルサイズ (mm)	0.06 × 0.06 × 0.06	0.125 × 0.125 × 0.125
CTDI (mGy)	-	24.9 ~ 124.5
DLP (mGy・cm)	-	99.6 ~ 498

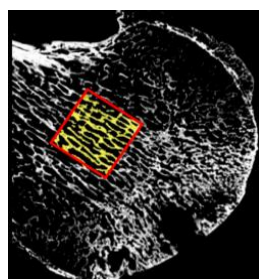


Fig.3 関心領域の設定

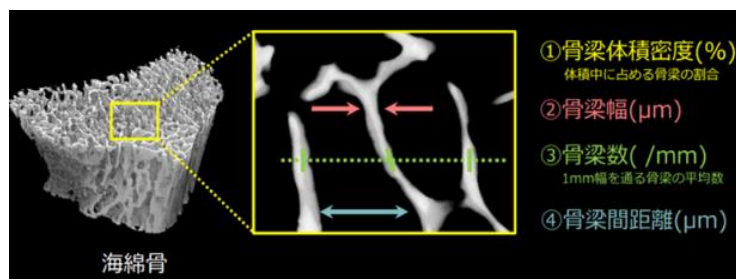
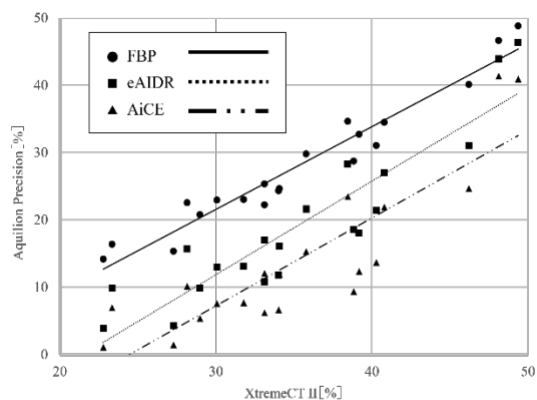


Fig.4 海綿骨-骨梁の骨微細構造の解析

3-2. 結果および考察

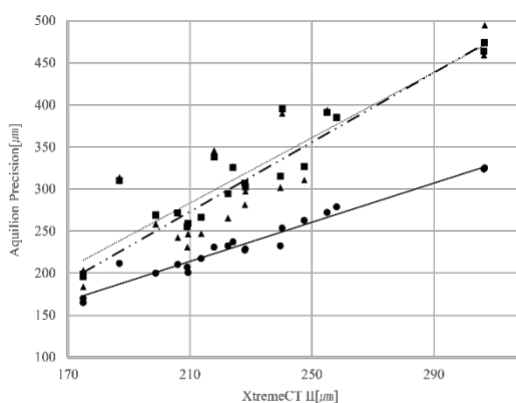
3-2-1. 画像再構成法の違いによる相関関係の比較

Fig.5-8 に画像再構成法の違いによる各解析結果の相関関係を示す。骨梁体積密度、骨梁幅においては、どの再構成法において強い相関を示すものの、骨梁数と骨梁間距離において、eAIDR, AiCE は FBP と比べて弱い相関を示した。一方で解析値を見ると、FBP と比べて eAIDR, AiCE で、XtremeCT IIとの差が大きくなる傾向を示し、FBP が相関関係ならびに解析値ともに最も優れる結果となった。ここで、Fig.9 に XtremeCT IIの画像と各再構成法による画像の比較を示す。FBP に比べて eAIDR, AiCE の画像ノイズは低減しているが、骨梁構造の欠損が見られる。これは、eAIDR, AiCE の画像再構成法の特徴に起因すると考えられる。非線形画像処理によって FBP よりもノイズ低減効果が強く、微細な骨梁構造の一部を画像ノイズとして除去してしまい高コントラスト分解能が低下したこと、さらに海綿骨 CT 値も変化してしまったことで BMD 変換による骨密度値算出にも影響し、XtremeCT IIによる解析値との乖離がより大きくなったと推察される。以上により、FBP が骨微細構造の解析に最も適した画像再構成法であると考えた。



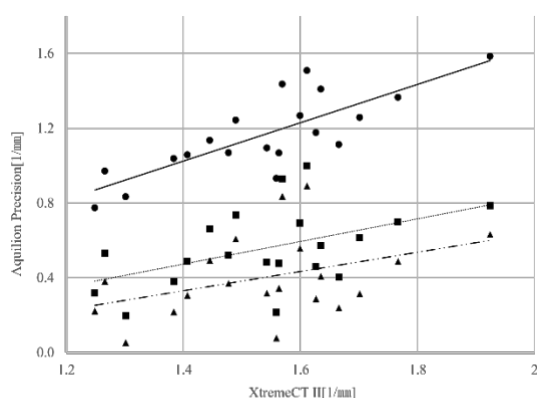
FBP : $r = 0.969$ ($p < 0.05$)、eAIDR : $r = 0.919$ ($p < 0.05$)
AiCE : $r = 0.866$ ($p < 0.05$)

Fig.5 骨梁体積密度



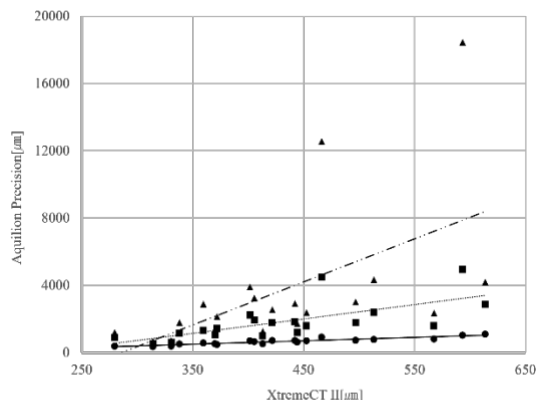
FBP : $r = 0.980$ ($p < 0.05$)、eAIDR : $r = 0.929$ ($p < 0.05$)
AiCE : $r = 0.900$ ($p < 0.05$)

Fig.6 骨梁幅



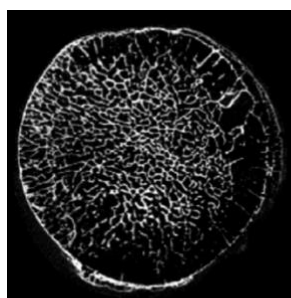
FBP : $r = 0.799$ ($p < 0.05$)、eAIDR : $r = 0.478$ ($p < 0.05$)
AiCE : $r = 0.350$ ($p = 0.13$)

Fig.7 骨梁数

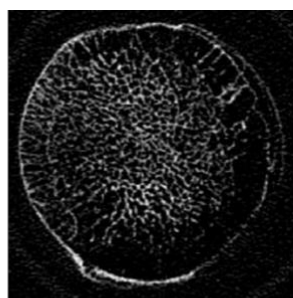


FBP : $r = 0.924$ ($p < 0.05$)、eAIDR : $r = 0.771$ ($p < 0.05$)
AiCE : $r = 0.714$ ($p < 0.05$)

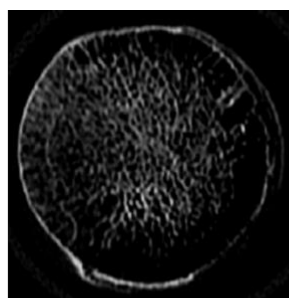
Fig.8 骨梁間距離



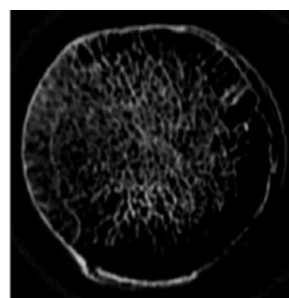
HR-pQCT



FBP



eAIDR



AiCE

Fig.9 画像再構成による違い

3-2-2. 撮影線量の違いによる相関関係の比較

撮影線量による解析結果の違いについて、1～5 回の加算平均画像を用いて評価した。ここでは、前述 3-2-1 を踏まえて、FBP の結果に絞って示す。加算回数によらず、どの解析パラメータにおいても XtremeCT IIとの強い相関が得られた。また、TA の回数と XtremeCT IIとの解析結果の差について、Fig.10 に示すように骨梁体積密度を例にみると、TA 1 回の誤差が優位に小さい結果を示した ($p < 0.05$)。一方で、TA 2 回以上は解析値の差が大きいが、加算回数が増すと誤差の推移に大きな変化は見られなくなった。ここで、Fig.11 に TA 回数による CT 画像 (1, 3, 5 回) の変化を示す。TA の回数を増加させることによって画像ノイズが低減している一方で、TA 1 回は画像ノイズが目立ち、特に微小な骨梁構造との判別が困難であることがわかる。したがって、TA 1 回では残存する画

像ノイズを骨梁として識別されたことによって、XtremeCT IIとの差が小さくなったと考える。特に TA3 回以上は、誤差に変化が少ないため、画像ノイズの影響を受けず、安定した解析結果を得られる撮影線量であると考えた。

Table2 加算平均による相関係数の比較

加算平均	骨梁体積密度	骨梁幅	骨梁数	骨梁間距離	p<0.05
1	0.976	0.988	0.844	0.933	
2	0.976	0.984	0.836	0.945	
3	0.973	0.980	0.815	0.935	
4	0.971	0.978	0.805	0.930	
5	0.969	0.980	0.799	0.924	

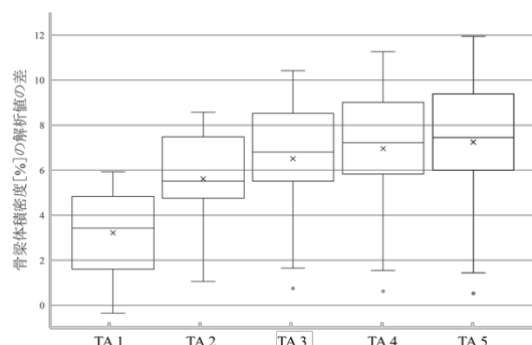


Fig.10 解析誤差の関係

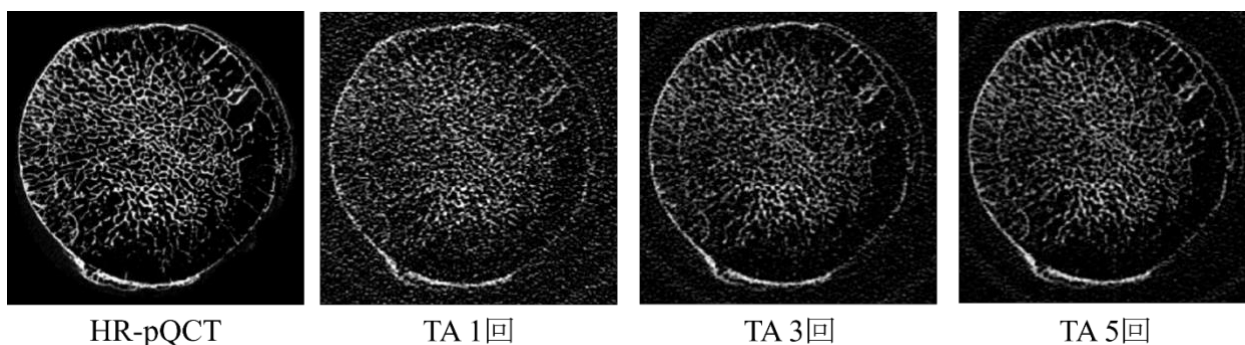


Fig.11 加算平均による画像の変化

4. まとめ

高精細 CT による骨微細構造解析は、HR-pQCT と強い相関が示され、高い精度で解析できる可能性がある。本研究で使用した水ファントムは 60 kg 相当の体型(横 30 cm, 厚さ 20 cm)であるため、体型、ノイズレベルに応じて加算回数を調整することで、腰椎や大腿骨骨頭など体幹部の骨構造を解析できることが示唆された。しかしながら、Fig.12 に示すように骨梁構造は、現在の高精細 CT の検出限界を超えてより微細である。今後、さらなる高精細化やフォトンカウンティング CT の利用による精度向上も期待され、CT 画像には病態の判別、薬剤の効果判定に利用できる画像マーカーとしてまだまだ大きな可能性を秘めている。

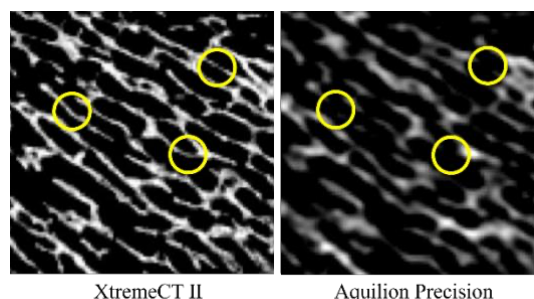


Fig.12 高精細 CT の検出限界

参考文献

- 1) 骨粗鬆症の 予防と治療ガイドライン 2015 年版. 日本骨粗鬆症学会
- 2) Ko Ciba, et al. Denosumab improves bone mineral density and microarchitecture in rheumatoid arthritis: randomized controlled trial by HR-pQCT. J BONE MINER METAB(2023) 41:797-806
- 3) Mitsuru Doi, et al. Bone microstructure in healthy men measured by HR-pQCT: Age-related changes and their relationships with DXA parameters and biochemical markers. J bone(2021) Nov 4.

『婦人科の MR 撮像』

MR Imaging in Gynecology

大阪医科薬科大学 放射線医学教室

中井 豪

はじめに

婦人科領域の MRI 撮影プロトコールは画像診断ガイドライン¹⁾に記載されており, それぞれの疾患の特徴やステージングに合わせて組まれている. その意味を理解するためには病気に関する知識が多少必要である. 本講演では比較的良好に遭遇する婦人科領域の疾患の解説とその MRI 画像について解説する.

1. 腫瘍とは？

「腫瘍ってなんですか？」と聞かれてさっと答えられる人は意外と少ないかもしれない. 「癌」とか「悪いできもの」と思っている方も多いかもしれませんが, イコールではない. 腫瘍とは「正常に機能している細胞制御機構と関係なく自律性にかつクローン性(単一の細胞由来)に過剰増殖する細胞塊」である. 従って”新生物 neoplasm”とも呼ばれ同義語である. 腫瘍は良性腫瘍と悪性腫瘍に分かれる. 良性は局所で腫瘤を形成し, 切除により治癒できるもの(通常命には関わらない), 悪性は病変周囲の組織を破壊, 浸潤し遠隔部位へと広がり患者に死をもたらすものである(Fig.1).

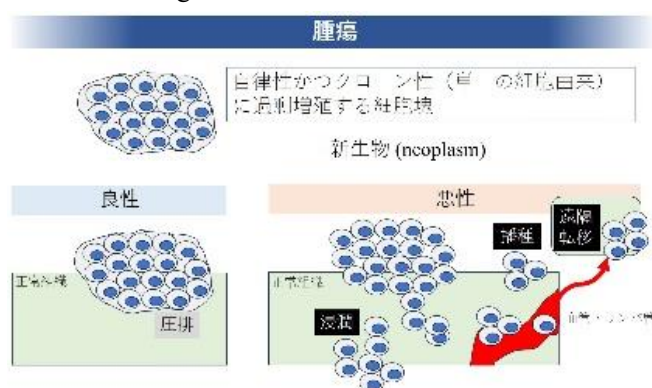


Fig. 1 腫瘍とは？(良性と悪性の違い)

良性腫瘍は通常由来する細胞の種類に接尾語の“腫”を付けることで命名される(子宮筋腫, 腺腫など). 悪性腫瘍は上皮(外界と体内を境界する細胞)由来のものを“癌腫”(例:子宮内膜癌, 胃癌, 大腸癌など), それ以外の間葉系細胞由来のものを“肉腫”と呼ぶ(例:平滑筋肉腫, 骨肉腫など).

2. 日常診療で比較的良好に遭遇する婦人科疾患とその画像所見

良性腫瘍で比較的高頻度に遭遇するものは子宮筋腫, 卵巣奇形腫, 卵巣嚢胞腺腫などが挙げられ悪性腫瘍では子宮内膜癌, 子宮頸癌, 卵巣癌が挙げられる.

子宮筋腫は典型的には境界明瞭で T2 強調像で低信号, 拡散強調像で低信号を示す(Fig. 2A→). しかし, 病理学的に子宮筋腫には 12 種類もの亜型が存在し²⁾, 多くが変性によるものである. 変性によって T2 強調像による信号は不均一に上昇し, 亜型によってはその細胞密度の高さから拡散強調像で高信号を示す(Fig. 2B→). 従って複雑な信号を示すものはまれに子宮筋層から発生する平滑筋肉腫との鑑別が必要となることもある.

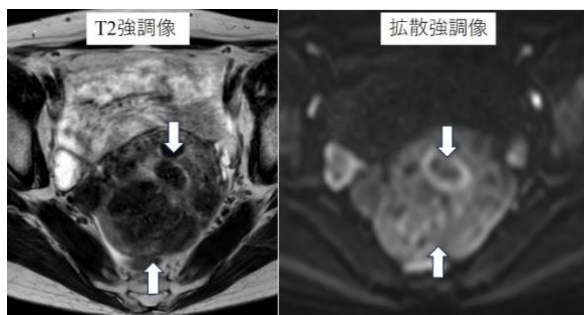


Fig. 2A 典型的子宮筋腫

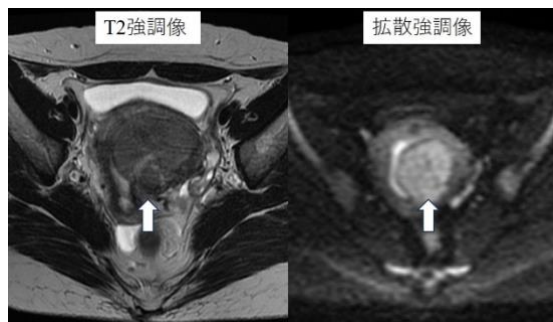


Fig. 2B 富細胞性筋腫

子宮頸部、体部内腔の病変は外来診察にて容易に直接細胞を採取することができるため、良性悪性の術前診断はそれができない卵巣病変に比べると容易である。従って子宮頸癌や体癌と臨床診断された症例に対するMRIの目的はその広がり进行评估(ステージング)することにある。一方卵巣腫瘍はその良悪の予想をMRI診断に求められることも多く、画像上悪性を疑う場合はそのステージングも行っている。それぞれの癌のステージは原発巣によって異なりそれを評価するために最適の撮影プロトコルが推奨されている。例えば頸癌であれば腫瘍の最大径(ⅠB期, ⅡA期の亜分類に関連)や頸部から外側に病変が及んでいるかを評価する必要がある(Ⅰ期とそれ以上の病期の境界)³⁾ためT2強調像は頸部の長軸に垂直な画像が要求され、体癌であれば体部筋層の浸潤の程度(1/2以下またはそれ以上;ⅠA期とそれ以上の病期の境界)を評価する必要があるため⁴⁾体部の長軸に垂直な断面が必要とされる。

卵巣腫瘍の良性悪性の判別は嚢胞内に脂肪(→)があればほとんどが成熟奇形腫であり、良性である(Fig. 3)。

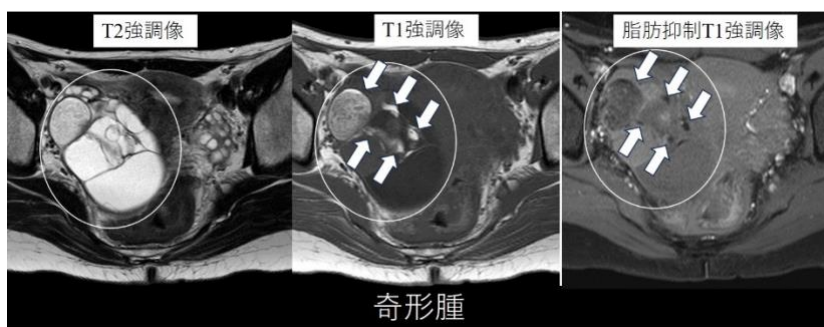


Fig. 3 成熟奇形腫

嚢胞内容が出血でなく壁の薄い嚢胞のみからなる卵巣腫瘍は嚢胞腺腫が疑われ良性と推定される(Fig. 4)。しかし、壁に充実性の結節(→)が存在する場合や、腫瘍全体が充実性である場合は悪性を考慮する(Fig. 5)。

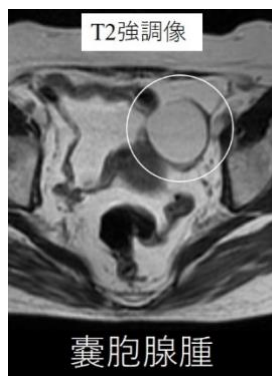


Fig. 4 漿液性嚢胞腺腫

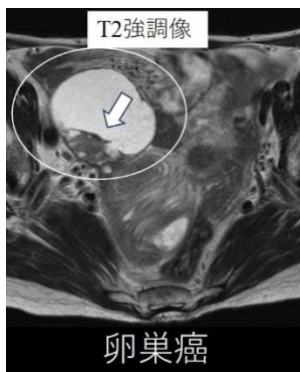


Fig. 5 卵巣癌

充実部は T2 強調像で中等度～高信号を示すことが多く、造影効果を伴い拡散強調像で高信号を示す。拡散強調像で高信号を示す腫瘍は悪性が多いものの、わずかながら良性の病変(線維腫や莢膜細胞腫)も含まれる。一方、拡散強調像で低信号である場合は良性腫瘍と考えられる。

3. 謎めいた病気「子宮内膜症」⁵⁾

子宮内膜症は生殖器女性の約 10%に存在するともいわれ、高頻度に遭遇する疾患である。子宮内膜症とは子宮内膜あるいはその類似組織が異所性に存在する疾患と定義されている。その原因は未だ明確にされていないが子宮内膜が逆流する月経血により腹腔内に至り生着したものという説が主に受け入れられている。生着した異所性内膜は月経周期に応じて正所性内膜と同様に出血を起こし、周囲に炎症を惹起するため、月経困難症や周囲癒着による不妊の原因となる。子宮内膜症の好発部位は卵巣に最も多く、次いでダグラス窩、仙骨子宮靱帯、骨盤内腹膜などである。卵巣に異所性内膜が存在すると病変からの出血が貯留し古い血液が貯留した嚢胞として認められるようになり内膜症性嚢胞と呼ばれる。内部の古い血液は肉眼的にチョコレート様なのでチョコレート嚢胞という別名もある。T1 強調像で嚢胞内容が脂肪と同じかそれ以上の高信号を示し、脂肪抑制 T1 強調像で抑制されないのが特徴とされている (Fig. 6)。

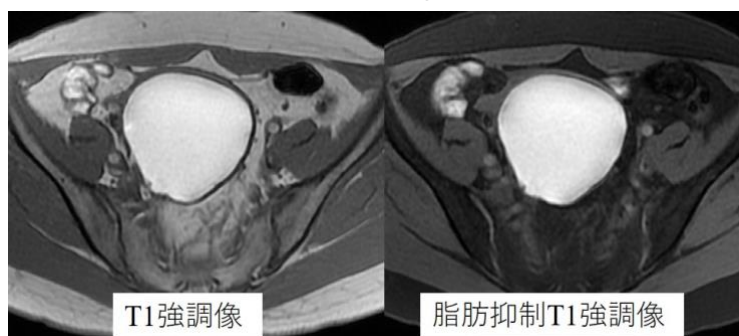


Fig. 6 内膜症性嚢胞

内膜症性嚢胞からは 1%未満であるが境界悪性腫瘍(漿液粘液性境界悪性腫瘍)や癌(類内膜癌や明細胞癌)が発生し、内膜症性嚢胞は卵巣“腫瘍”であるのか腫瘍でない“腫瘍様病変”(内膜症という病気に伴ってできる嚢胞)であるのか World Health Organization(WHO)分類においても版によって二転三転してきた。しかし、最新の 2020 年第 5 版²⁾では卵巣の項目から別に「子宮内膜症と関連疾患」という項目が追加されそこに分類されるようになり、子宮内膜症の謎めいた性質を反映している。

4. まとめ

比較的日常臨床で高頻度に遭遇する婦人科疾患およびその MRI 所見について解説した。それぞれの疾患について少し深い知識を得ることでその画像や撮影法に対する理解も深まれば幸いです。

参考文献

- 1) 画像診断ガイドライン 2021 年版 日本医学放射線学会 編. 金原出版
- 2) WHO Classification of Tumours, 5th ed., Vol.4 Female Genital Tumours. 2020.
- 3) 子宮頸癌取扱い規約 臨床編 第 4 版 2020.
- 4) 子宮体癌取扱い規約 病理編 第 5 版 2022.
- 5) 子宮内膜症取り扱い規約 第 2 部 診療編 2021.

『婦人科 MRI：疾患描出のポイント』

Gynecologic MRI: Key Points for Disease Detection

座長：熊本大学病院（撮影部会委員）森田 康祐
新潟大学医歯学総合病院（撮影部会委員）金沢 勉

1. はじめに

2018年に国際産科婦人科連合(FIGO)が子宮頸がんのステージング基準を改定し、MRIなどの画像検査を診断やステージングに取り入れた。これにより病理検査に依存せず、画像でリンパ節転移や腫瘍の拡がりを確認できるため、より正確で迅速なステージングが可能となっている。MRIは特に腫瘍のサイズ、リンパ節の状態、局所浸潤の有無を高い精度で評価できるため、治療の選択肢を決定する上で重要な役割を果たしている。

2. ワークショップの構成

近年、複数の撮像を組み合わせるマルチパラメトリックMRI(mpMRI)というキーワードがある。mpMRIは従来の構造的画像だけでなく、拡散強調画像(DWI)やダイナミック造影MRI(DCE-MRI)などの機能的画像を組み合わせることで、腫瘍をより正確に診断することが可能となっている。特にDWIは、子宮頸がんや子宮内膜がんの診断精度を向上させ、腫瘍の浸潤深度やリンパ節転移の検出に有用とされている。今回は、「婦人科疾患描出のポイント」をキーワードに、「モーション対策のための検査前準備と体動補正シーケンス」「撮像オリエンテーションとMRIベーシックシーケンス」「機能画像や3Dシーケンス」「造影ダイナミックシーケンス」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婦人科における疾患(子宮・付属器)について、どのように描出できれば診断が容易になるかなど、婦人科MRI検査に重要な撮像を含めた診断に関して大阪医科薬科大学 中井豪先生に講演を頂き、ワークショップにて「婦人科MRI:疾患描出のポイント」を紐解いていく。

・教育講演

中井 豪 大阪医科薬科大学 「婦人科のMR撮像」

・ワークショップ(婦人科MRI:疾患描出のポイント)

伊原 陸	小樽市立病院	「モーション対策のための検査前準備と体動補正シーケンス」
神岡 尚吾	広島大学病院	「撮像オリエンテーションとMRIベーシックシーケンス」
根本 整	東北大学病院	「機能画像や3Dシーケンス」
曾宮 雄一郎	神戸大学医学部附属病院	「造影ダイナミックシーケンス」

3. ワークショップへの期待

今回、婦人科MRI:疾患描出のポイントをテーマとしており、婦人科疾患におけるMRIの重要性の認識が深まると考えている。画像診断に必要な知識をもとに、検査前の準備や体動に対する対策、基本となるシーケンスからアドバンスドシーケンスまで幅広く網羅している。日進月歩で進化するMRI撮像技術の中でmpMRIに代表されるように様々な視点を持つことにより、疑問が生まれ、解決・改善に取り組むべき課題が現れ、研究のテーマとなってくる。会場の皆様と活発な議論ができることを期待している。

『婦人科疾患描出のポイント： モーション対策のための検査前準備と体動補正シーケンス』

Gynecologic MRI:

Key Points for Pre-examination Preparation for Motion Management and Motion Correction Sequences

小樽市立病院

伊原 陸

1. はじめに

MRI 検査では、Motion artifact の影響が診断精度を大きく左右する。婦人科領域での主な原因は、呼吸による腹壁の動きや消化管の蠕動である。対策としては、固定バンドや鎮痙剤の利用といった”患者側”への対策と体動補正シーケンスの活用といった”撮像者側”での対策に大別される。固定バンドは患者の呼吸による動きを抑制する目的で使用し、巻く際には大きな呼吸をしないよう声かけを行うことが重要である。一方、鎮痙剤は禁忌や副作用があるほか、自動車運転が制限される等の制約もあり、使用できない施設も少なくなく、”患者側”への対策としてはできることが限られる。そのため本稿では、”撮像者側”での対策に焦点を当て、Asymmetric ordering, PROPELLER 法, Single Shot Fast Spin Echo (SSFSE) 法の活用について解説する。

2. Asymmetric ordering

Asymmetric ordering は、非対称性を利用した撮像手法である。この手法では、k-space のエコー充填を非対称に行うことが可能なため、任意のエコーを k-space の中心に配置することができる。これにより、エコースペースの自由度が高まり、Motion artifact への対策が行いやすくなる¹⁾(Fig.1)。また、k-space の分割数が一般的な Linear ordering の 2 倍になるという特徴をもつ。これにより Motion artifact の間隔が広がり、artifact が目立たなくなる。一方で、バンド幅が広がるため他のパラメータの調整が必要になるが、Cartesian ordering なので、画質の低下は比較的少ない手法とされる。

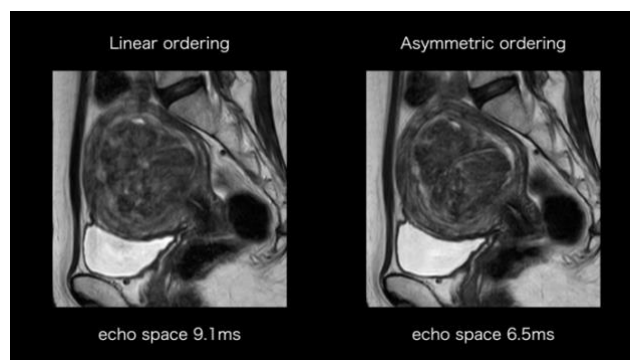


Fig. 1 Asymmetric ordering による対策

3. PROPELLER 法

PROPELLER 法は、一定の幅のデータグループ(ブレード) を k-space 中心に TR ごとに回転させながらデータ収集し、一連の運動補正技術を加えるため、Asymmetric ordering よりもさらに高い効果で Motion artifact を抑制する²⁾(Fig.2)。しかし、トレードオフとして撮像時間の延長や k-space 中心に複数のエコーが充填されることによるコントラストの低下が挙げられる。婦人科領域においては、子宮内膜、

Junctional zone, 子宮筋層の3層構造を明瞭に描出する必要があるため、Motion artifact 対策とのバランスにしばしば悩まされる。最近では、こうしたデメリットを補完する技術として PHILIPS 社で搭載された Motion Free シーケンスが注目されている。このシーケンスは、PROPELLER 系の k-space ordering と Compressed Sensing (CS) との併用を可能とすることによる SNR の向上、ブレードアーチファクト低減による撮像時間の短縮、充填エコー毎の重み付けの調整によるコントラストの改善を実現している。PHILIPS 装置を用いたファントム実験では、PROPELLER 法シーケンス (Multi Vane) と Motion Free を比較した結果、SNR と画像均一性の有意な向上が確認された(Fig.3)。今後、実臨床へのさらなる貢献が期待される技術である。

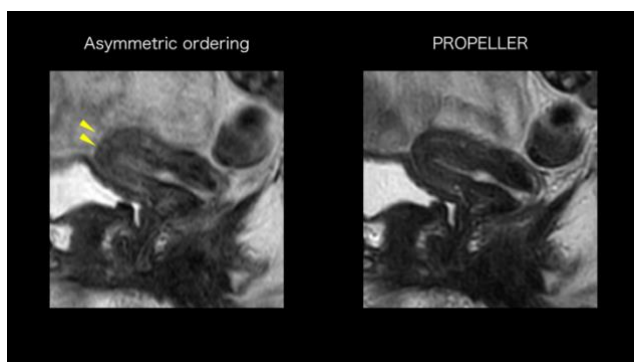


Fig.2 PROPELLER 法による対策

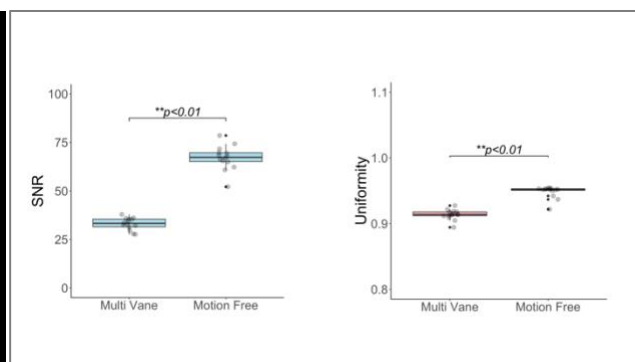


Fig.3 PROPELLER(Multi Vane)と Motion Free の比較

4. SSFSE

SSFSE 法は、一度の励起パルスで k-space 全体を充填する技術であり、1 スライス毎のデータ収集を行うため、短時間で動きに強い撮像法である。しかし、Echo Train Length(ETL) の増加に伴う Blurring, 空間分解能の低下やノイズ増加の課題が指摘されてきた。近年では、ディープラーニングを活用した画像再構成技術 (Deep Learning Reconstruction ; DLR) の導入により、これらの課題を克服することが可能となっている。DLR は高いノイズ除去 (Denoising 効果) と教師画像を用いた画像再構成により、鮮鋭度を維持しつつ画質の損失を抑えることが可能である。そのため高い Acceleration factor を選択しても、画質を損なわずに Blurring を低減できる (Fig.4)。

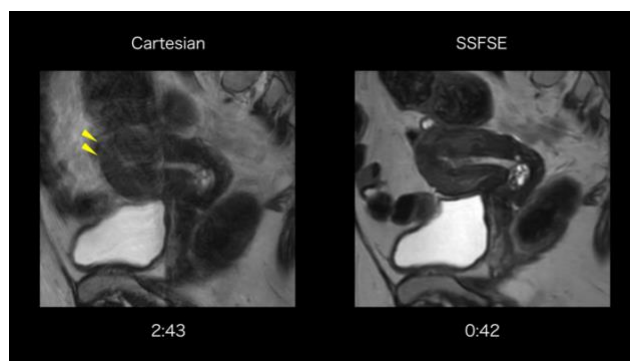


Fig.4 SSFSE 法による対策

婦人科領域では、急性腹症のように短時間での撮像が求められるケース、疾患によっては広範囲の撮像が必要となり Motion artifact の影響が大きくなることや、分割撮像により検査時間が延長してしまうケースがある。こうしたケースで SSFSE 法を活用できるように事前準備をしておくことが重要である。

5. 最後に

婦人科領域の MRI 検査における Motion artifact 対策は、診断精度を向上させるために不可欠である。本稿で紹介した Asymmetric ordering, PROPELLER 法, SSFSE 法を事前に準備しておくことで、臨機応変に患者の体動に合わせたシーケンスの選択ができ、検査の精度と効率を向上させることが可能となる。

参考文献

- 1) Inoue Y, Yoneyama M, Nakamura M, et al. Reduction of respiratory ghosting motion artifacts in conventional two-dimensional multi-slice Cartesian turbo spin-echo: which k-space filling order is the best? Radiol Phys Technol 2018;11(2):248-254
- 2) 高原太郎. 第4版 MRI 応用自在; メディカルビュー社. 2021: 84-89
- 3) Tsuboyama T, Onishi H, Nakamoto A, et al. Impact of Deep Learning Reconstruction Combined With a Sharpening Filter on Single-Shot Fast Spin-Echo T2-Weighted Magnetic Resonance Imaging of the Uterus. Invest Radiol 2022;57(6):379-386

『婦人科疾患描出のポイント： 撮像オリエンテーションと MRI ベーシックシーケンス』

Gynecologic MRI: Key Points for Scan Orientation and Basic Sequence

広島大学病院

神岡 尚吾

1. はじめに

婦人科領域における MRI の有用性は確立している。そのなかでも T1 強調像, T2 強調像は最もベーシックなシーケンスであり子宮・付属器病変の評価に必要不可欠である。T1 強調像は骨転移やリンパ節転移の評価, また脂肪抑制法を併用することで脂肪や出血の評価に有用とされる。T2 強調像は子宮の Zonal Anatomy を描出できるため子宮がんの局所進展評価に優れたシーケンスであり, 子宮軸に沿ったオリエンテーションで撮像することでより局所進展評価がしやすくなる。一方で子宮軸に沿ったオリエンテーションは子宮解剖を理解していなければしばしば難しいことがある。本稿では婦人科領域における T1 強調像, T2 強調像について解説すると共に子宮軸に沿った撮像オリエンテーションの目的とポイントについて記述する。

2. 婦人科ベーシックシーケンス(T1WI, T2WI)

婦人科領域における MRI 診断において, 脂肪と出血の正確な評価は重要であり特に付属器腫瘍の質的診断には必須である。T1 強調像および脂肪抑制 T1 強調像は脂肪と出血の検出に優れており, 内膜症性嚢胞などのメトヘモグロ빈を含む出血性病変は双方で高信号を呈し, 成熟嚢胞性奇形腫や脂肪平滑筋腫などの脂肪を含む病変は脂肪抑制 T1 強調像にて脂肪部分が低信号を呈する(Fig.1)。

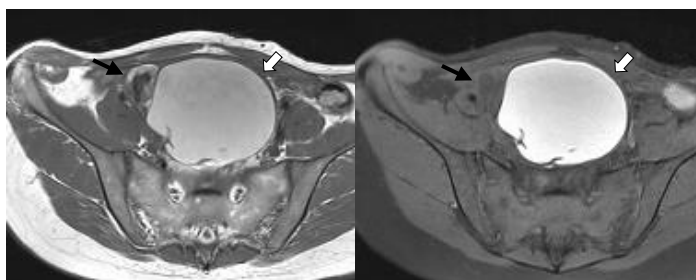


Fig.1 右成熟嚢胞奇形腫(↑)と右内膜症性嚢胞(⬇)

少量の脂肪成分を含む腫瘍の場合は Chemical Shift Imaging (In Phase 像と Opposed Phase 像)が有効であり, 画像診断ガイドライン 2021 では追加撮像することが望ましいと記載されている¹⁾。

T2 強調像は子宮がんの局所進展評価や, 付属器腫瘍の内部構造の評価・質的診断に重要な役割を果たす。子宮がんの精査においては子宮の 3 層構造の描出と病変部とのコントラスト分解能が求められ, FSE 法による T2 強調像は子宮の Zonal Anatomy の描出に優れている。SSFSE や HASTE, SSFP といった高速撮像法では組織コントラストが低下するため代用すべきではない¹⁾。T2 強調像による子宮がんの局所進展評価において, 脂肪抑制により子宮傍組織浸潤の評価が困難となることがあるため European Society of Urogenital Radiology (ESUR) ガイドラインでは脂肪抑制 T2 強調像は推奨されていない^{2,3)}。

3. 子宮画像解剖と撮像オリエンテーション

生殖可能年齢女性の子宮は, 前方約 2/3 を占める子宮体部, 後方約 1/3 を占める子宮頸部および, 両者の移

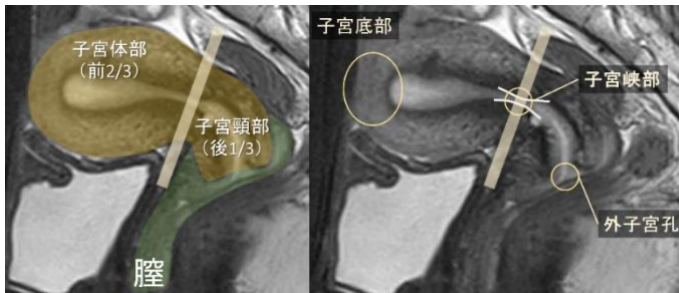


Fig.2 子宮画像解剖と基準点

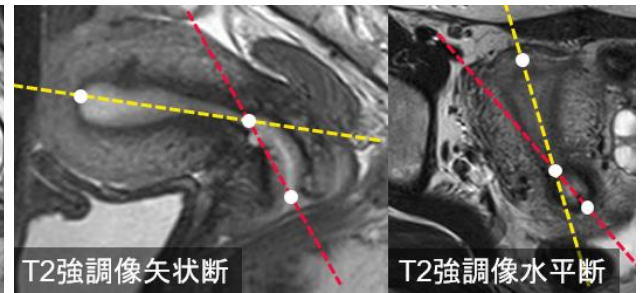


Fig.3 子宮軸オリエンテーション

行部である子宮峡部(解剖学的内子宮孔と組織学的内子宮孔の間に存在する長さ約 5mm の領域)に区別される(Fig.2). 子宮軸に合わせた撮像を行う上で覚えておくべき解剖は Fig.2 に示すように子宮底部, 子宮峡部および外子宮孔である. 子宮底部と外子宮孔は T2 強調像にて容易に認識できるが, 体部と頸部の移行部である子宮峡部はしばしば分かりにくいことがある. 子宮峡部は子宮内膜が最もくびれている部分を目安にすると簡便である. 子宮軸に合わせたオリエンテーションを Fig.3 に示す. 子宮体部軸に合わせたオリエンテーションを行う場合, T2 強調像矢状断および水平断にて子宮底部と子宮峡部を結ぶ線を基準として角度設定を行う. 同様に子宮頸部軸に合わせたオリエンテーションを行う場合は子宮峡部と外子宮孔を結ぶ線を基準として断面の設定を行う.

4. 子宮軸に沿った撮像オリエンテーションの意義

生殖可能年齢の子宮体部は T2 強調像における 3 層構造が特徴的であり中等度の信号を呈する深部筋層, 低信号の浅部筋層(Junctional Zone), 高信号の子宮内膜からなる(Fig.4). 子宮内膜癌(子宮体癌)は子宮内膜から発生し, 子宮体部の筋層や子宮頸部へ進展していく. 子宮内膜癌において筋層浸潤は最大の予後因子であり筋層浸潤の深さを正確に評価するためには, 前述の撮像オリエンテーションを理解し, 子宮体部の層構造に対して垂直な断面で撮像することが切要である⁴⁾. 一方で子宮頸部は T2 強調像において中等度の信号を呈する筋層, 低信号を呈する頸部間質, 中等度～高信号を呈する棕状ヒダ, 高信号を呈する頸管粘膜が観察される⁶⁾. 子宮頸癌の腫瘍径の評価や子宮傍組織浸潤の有無は子宮頸癌の病期診断において重要であり, 子宮頸部軸に直行した T2 強調像が有用であると報告されている⁷⁾. 子宮頸部軸に直行した T2 強調短軸像では頸部間質を示す低信号の環状構造がみられ, これを Stromal Ring と呼ぶ. 腫瘍により Stromal Ring が断裂し子宮傍組織への突出が認められる場合, 子宮傍組織浸潤陽性と判断される.

子宮軸に沿った撮像オリエンテーションは子宮の Zonal Anatomy と腫瘍との境界を明瞭に描出させるためのテクニックであり, 子宮画像解剖と目的を理解して撮像することが肝要である. 3D 撮像法による T2 強調像から再構成した画像を Fig.5 示す. 子



Fig.4 子宮の層構造

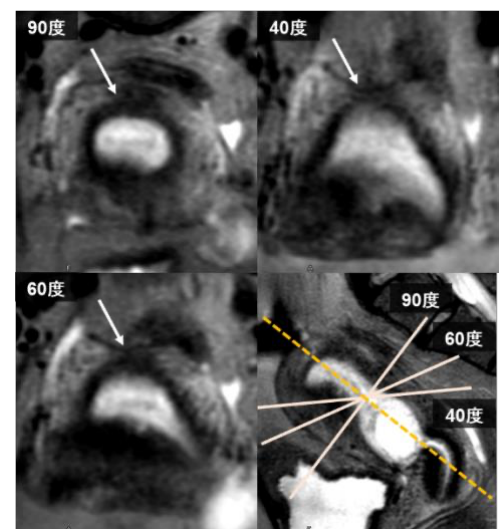


Fig.5 3DT2 強調像の多断面再構

宮体部軸に対して 90 度の角度で再構成した画像と比較すると、60 度と 40 度では子宮層構造の各境界がぼやけていることが分かる。再構成角度 40 度ではパーシャルボリューム効果により **Junctional Zone** が断裂しているように見える。適切な角度で撮像されていない場合はパーシャルボリューム効果により描出能を低下させる要因となるため注意が必要である。

参考文献

- 1) 公益社団法人日本医学放射線学会(編). 画像診断ガイドライン 2021 年版; 金原出版: 326-335
- 2) Balleyguier C, Sala E, Da Cunha T, et al. Staging of uterine cervical cancer with MRI: guidelines of the European Society of Urogenital Radiology. *European radiology*; 2011(21): 1102-1110
- 3) 楠本晶彦. 画像によるがんの病期診断. *画像診断*; 2022(42): 184-195
- 4) Andreano A, Rechichi G, Rebora P, et al. MR diffusion imaging for preoperative staging of myometrial invasion in patients with endometrial cancer: a systematic review and meta-analysis. *European radiology*; 2014(24): 1327-1338
- 5) Nougaret S, Horta M, Sala E, et al. Endometrial cancer MRI staging: updated guidelines of the European Society of Urogenital Radiology. *European radiology*; 2019(29): 792-805
- 6) Balcacer P, Arvind S, Babak L, et al. MRI of cervical cancer with a surgical perspective: staging, prognostic implications and pitfalls. *Abdominal Radiology*; 2019(44): 2557-2571
- 7) Otero-García M M, Mesa-Álvarez A, Nikolic O, et al. Role of MRI in staging and follow-up of endometrial and cervical cancer: pitfalls and mimickers. *Insights into imaging*; 2019(10): 1-22

『婦人科疾患描出のポイント：機能画像や 3D シーケンス』

Gynecologic MRI: Key Points for Functional Images and 3D Sequences

東北大学病院

根本 整

1. はじめに

婦人科疾患の画像診断においては超音波検査が第一選択であるが、疾患の詳細な検査には Magnetic resonance imaging (MRI) が用いられ、その有用性は確立している。MRI の役割は疾患によってさまざまであるが、主に局所進展の評価、腫瘍径の評価、質的診断、病期診断である。婦人科疾患の撮像の基本は 2D の T2 強調画像であり、付属器病変においては脂肪や出血の検出のために T1 強調画像が用いられ、高い精度の診断が可能となっている。他にも、組織の拡散や磁化率の変化といった機能画像や 3D シーケンスを用いた形態画像が取得可能で、MRI は婦人科疾患において無くてはならない診断ツールとなっている。

本稿では、婦人科疾患描出のポイントとして拡散強調画像 (diffusion weighted imaging: DWI) を中心に述べるが、T2*強調画像、3D シーケンスについても解説する。

2. DWI

DWI は、子宮体癌・頸癌の進展範囲診断における有用な撮像法として確立されている¹⁻³⁾。卵巣腫瘍では良悪性の鑑別⁴⁾、子宮筋腫と肉腫の鑑別⁵⁾などに有効との報告がある。そのため現在の婦人科領域において必須のシーケンスであることから、少なくとも 1 方向は撮像が必要である。

ここで本邦の画像診断ガイドライン 2021 年版⁶⁾に掲載されている撮像条件について紹介する。子宮病変においては、撮像断面は子宮の長軸に対して平行な矢状断もしくは短軸横断像が必須で、T2 強調画像とスライス角度をそろえる必要がある (Fig. 1 左, 中)。詳細評価のためには、必須で撮らなかった方向を追加する。また、撮像視野 (field of view: FOV) は一般的には 25~30 cm、スライス厚は 1.5 T 装置で 4~5 mm、3 T 装置で 3~4 mm、スライス間ギャップ 10~20% 程度が望ましいとされている。付属器病変においては、腫瘍全体を含む骨盤腔の範囲を横断もしくは矢状断で撮像する必要がある。b 値は 800~1500 s/mm² が推奨されており、みかけの拡散係数 (apparent diffusion coefficient: ADC) の計測が必須である (Fig. 1 右)。

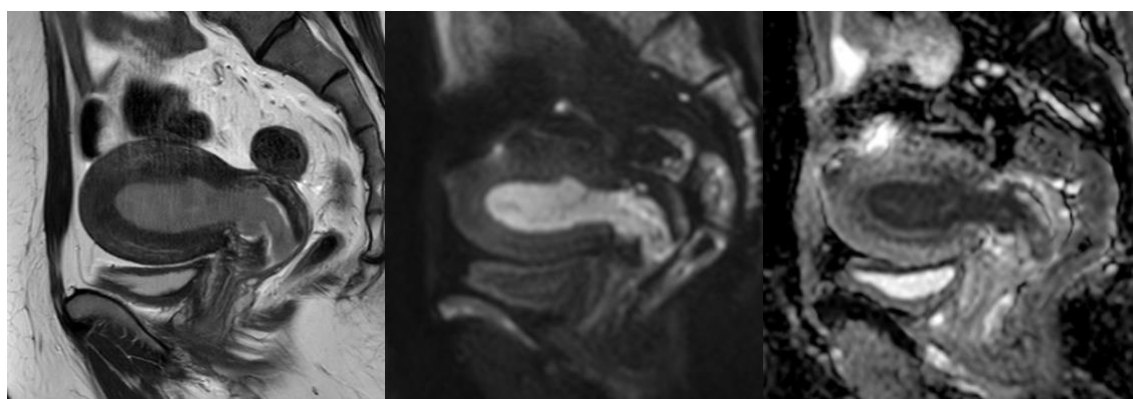


Fig.1. 子宮長軸矢状断(左:T2WI 中:DWI 右:ADC map)

一般的に DWI はエコープラナーイメージング (echo planer imaging: EPI) が使用されるが, EPI は幾何学的歪みが生じやすく空間分解能を上げることが難しい. また, 骨盤腔の撮像においては腸管ガスが画像歪みの原因となる. 従来の DWI では画像歪みを低減するために, 長方形 FOV やパラレルイメージングの reduction factor の調整によって画像歪みを最小限に抑えていた. 近年では DWI の発展が目覚ましく, データ収集を分割して k-space を充填する方法や, 局所励起法などがあり画像歪みのさらなる低減と高分解能化が可能となってきた. 以下に, 従来の DWI と発展型の DWI の画像を示す (Fig. 2).

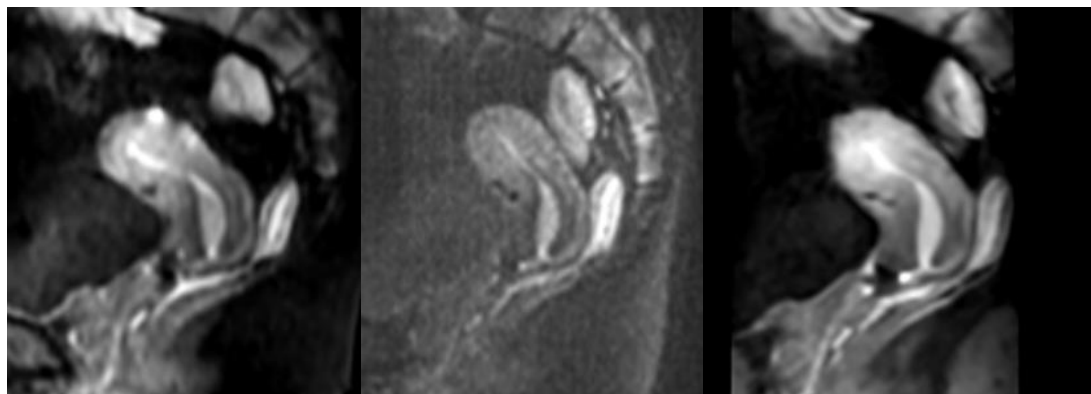


Fig.2. 同一症例における矢状断の DWI (左: 従来法 中: 分割法 右: 局所励起法)

3. T2*強調画像

子宮内膜症では, 異所性の子宮内膜によって引き起こされる出血がヘモジデリン化する. このヘモジデリンを T2*強調画像で検出することによって, 子宮内膜症の診断に役立つとの報告⁷⁾がある. また, 卵巣嚢胞/腫瘍周囲の癒着の検出に有用であるとの報告⁸⁾もあるが, 国際的なガイドラインには通常のプロトコルに含まれておらず, 現時点では評価中またはオプションとみなされている.

4. 3D シーケンス

子宮筋腫の診断においては、腺筋症との鑑別や大きさ、局在、個数が重要であり T2 強調画像が基本となる。また、子宮奇形が疑われる場合にも形態評価のために T2 強調画像が必須となっている。3D の T2 強調画像は撮像後に multi planar reconstruction (MPR) を作成することが可能なため、子宮とその周囲組織との位置関係を把握することが容易である。実際に当院で検査を行った重複子宮の症例を示す (Fig. 3)。複雑な形態をしていたが、MPR を作成することにより子宮体部・頸部の構造を容易に観察することができた。一方、子宮体癌・頸癌の局所進展の評価など治療方針に関わる場合は、コントラストは 2D の T2 強調画像に劣るため現状使用すべきではないとされている⁹⁾。

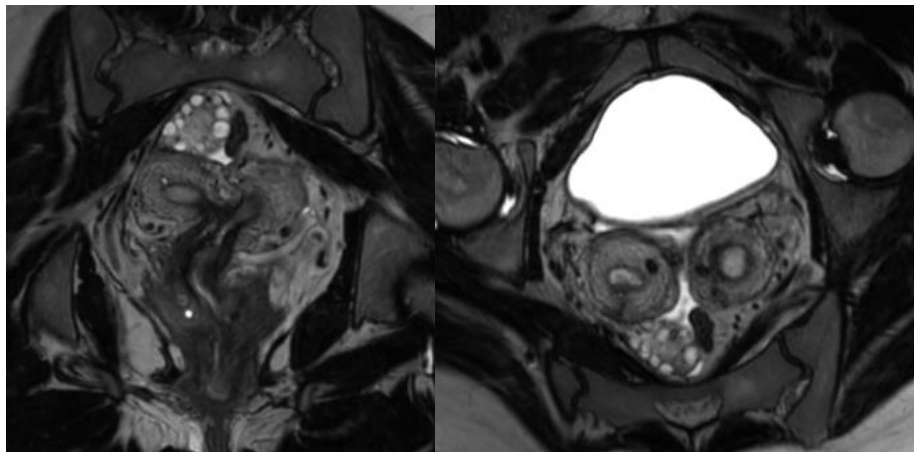


Fig.3. 3DT2WI の MPR (左:冠状断 右:軸位断)

5. おわりに

本稿では、DWI, T2*強調画像, 3D シーケンスについて解説した。今回は解説できなかったが、DWI の技術の一つで組織の灌流をとらえる intravoxel incoherent motion (IVIM) や磁化率強調シーケンスなど、機能画像はまだまだ多くある。

MRI は婦人科疾患において無くてはならないツールである。そのため日々の診療でどのような画像が求められているのかコミュニケーションをよくとり、知識をアップデートしていく必要がある。その中で、日々進出し続けている MR の撮像技術をうまく活用していくのが重要である。

参考文献

- 1) Andreano A, Rechichi G, Rebora P, et al. MR diffusion imaging for preoperative staging of myometrial invasion in patients with endometrial cancer: a systematic review and meta-analysis. Eur Radiol. 2014;24(6):1327-38.
- 2) Woo S, Suh CH, Kim SY, et al. Magnetic resonance imaging for detection of parametrial invasion in cervical cancer: An updated systematic review and meta-analysis of the literature between 2012 and 2016. Eur Radiol. 2018;28(2):530-541.
- 3) Mongula JE, Bakers FCH, Muhl C, et al. Assessment of parametrial invasion of cervical carcinoma, the role of T2-weighted MRI and diffusion weighted imaging with or without fusion. Clin Radiol. 2019;74(10):790-796.

- 4) Sala E, Rockall A, Rangarajan D, et al. The role of dynamic contrast-enhanced and diffusion weighted magnetic resonance imaging in the female pelvis. *Eur J Radiol.* 2010;76(3):367-85.
- 5) Lakhman Y, Veeraraghavan H, Chaim J, et al. Differentiation of Uterine Leiomyosarcoma from Atypical Leiomyoma: Diagnostic Accuracy of Qualitative MR Imaging Features and Feasibility of Texture Analysis. *Eur Radiol.* 2017;27(7):2903-2915.
- 6) 日本医学放射線学会 編. 画像診断ガイドライン 2021 年版. 金原出版. 2021:325-376.
- 7) M Raafat, SH Talaat, SM Abdelghaffar, et al. Can diffusion and T2 star-weighted magnetic resonance imaging aid in the diagnosis of ectopic endometrium?. *Egypt J Rad Nucl Med.* 2021;52:137.
- 8) Takahashi N, Yoshino O, Maeda E, et al. Usefulness of T2 star-weighted imaging in ovarian cysts and tumors. *J Obstet Gynaecol Res.* 2016;42(10):1336-1342.

『婦人科疾患描出のポイント：造影ダイナミックシーケンス』

Gynecologic MRI: Key Points for Contrast Enhanced Dynamic Sequence

神戸大学医学部附属病院

曾宮 雄一郎

1. はじめに

婦人科疾患の MRI 検査は、局所進展度や進行期分類、良悪性の鑑別診断において有用であることは周知の事実である。造影剤を使用することで情報量が増し、診断精度が向上することも多く報告されているが、中でも造影ダイナミックシーケンス(DCE)においては、子宮内膜癌(子宮体癌)や卵巣腫瘍での早期濃染パターンの評価ダイナミックカーブ解析により、腫瘍診断や鑑別診断に役立つと報告されている。しかしながら、撮像断面の設定や画像読影におけるピットフォールがあることには注意が必要である。本セッションでは DCE の有用性を再確認するとともに、撮像シーケンスや permeability 解析にも触れ、臨床における婦人科疾患描出のポイントについて説明する。

2. 子宮内膜癌(子宮体癌)

子宮内膜癌の予後は、腫瘍の組織型、異型度、進行期に依存し、MRI は主に進行期分類に用いられる。進行期分類を行うために必要な評価項目として筋層浸潤、頸部間質浸潤、子宮外病変の 3 つが挙げられる。

筋層浸潤は重要な予後因子であり、その診断には T2 強調画像(T2WI)、拡散強調画像(DWI)、造影脂肪抑制 T1 強調画像を用いることが基準とされている。また造影剤の投与を行うのであれば、情報量の多い DCE を追加することが望ましい。撮像シーケンスは GRE 系 3D にて時間分解能は 30 秒以下、最も腫瘍と筋層とのコントラストが高くなるタイミングの 90 秒から 120 秒を含めて最低 2 分後までは撮像する必要がある。多くの内膜癌は DCE 早期相では乏血性でわずかに造影される程度であり、内膜と筋層の間に subendometrial enhancement(SEE)と呼ばれる線状の造影効果が認められ、その途絶は筋層浸潤を評価する重要な所見となる。ただし SEE の解釈には peritumoral enhancement と呼ばれる造影効果を把握しておく必要があり、Type1 はポリープ状腫瘍の基部にて SEE が途絶し筋層浸潤と誤認される原因となることや、Type2 では深い筋層浸潤を伴う腫瘍の辺縁に造影効果が認められ、SEE と誤認し筋層浸潤なしと判断される原因となる。また早期相では浸潤の深さは評価できないこと、若年者の月経期では SEE が見られないことなど、その他のピットフォールも併せて認識しておく必要がある。後期相では腫瘍の造影効果は乏しく低信号で筋層は均一によく造影され高信号となり、腫瘍と筋層のコントラストが高く筋層浸潤の有無、程度が評価可能となる。過去いくつかの文献では DCE は DWI と診断能が同等との報告がされているが、近年では T2WI、DWI、DCE を合わせて評価することで診断精

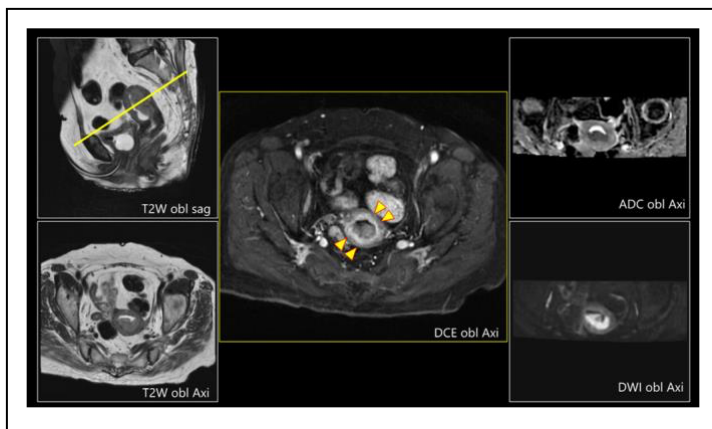


Fig. 1 子宮内膜癌の subendometrial enhancement(SEE)

度が高くなるとの報告¹⁾もあり、特に禁忌がない場合には造影しておくことが望ましい。

頸部間質浸潤の評価も T2WI, DWI, DCE にて行うが、ESUR ガイドラインでは造影後 4 から 5 分後の遅延相が有用と報告されている。

3. 付属器疾患

付属器腫瘍の評価において MRI に求められる役割は、由来臓器診断、質的診断、病期診断の 3 つである。その質的診断は形態評価、信号強度、拡散制限、造影剤による増強効果の程度を組み合わせで行われる。

卵巣腫瘍の良悪性の鑑別には、その組織型に関わらず DCE での造影パターンと拡散強調画像および ADC 値が重視されており、ダイナミックカーブによる視覚的評価を行うことも有用とされている。

また近年 American College of Radiology(ACR)から発表された、付属器腫瘍の良悪性鑑別における画像診断の標準化を目的とした Ovarian-Adnexal Reporting and Data System (O-RADS)²⁾では、詳細な造影効果の判定には DCE が推奨されており、TIC のパターンもスコアリングに反映される。撮像シーケンスは GRE 系 3D 脂肪抑制 T1 強調画像が用いられ時間分解能は 15 秒以下、スライス厚は 3mm 以下、造影剤注入後 4 分後まで撮像する必要がある。TIC を評価するための関心領域は子宮筋層と病変部に置かれ、その信号変化により評価される(Fig. 2)。O-RADS スコアは 0=評価困難、1=良性、2=ほぼ間違いなく良性で悪性の陽性的中率(PPV)が 0.5%未満、3=悪性腫瘍のリスクは低く、PPV は約 5%、4=悪性腫瘍のリスクは中程度で PPV が約 50%、5=悪性腫瘍のリスクが高く PPV は約 90%とされている。仮に子宮が存在しない場合や DCE が施行不可能な場合は TIC が取得できないためスコア 3 と 4 の病変は区別できない。また DCE の診断的意義については否定的な論文もあり、今後のさらなる検討が必要である。

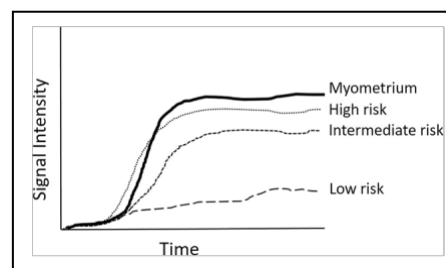


Fig. 2 付属器疾患の TIC
(参考文献2より引用)

4. その他の疾患

子宮頸癌の造影については、造影剤投与後早期(30 秒～60 秒後)に見られる腫瘍濃染が傍組織浸潤の評価に有用との報告があるが、ルーチンに加えるほどのコンセンサスは得られていない。子宮筋層病変ではエビデンスは十分ではないが、筋腫と肉腫の鑑別において T2 強調画像、拡散強調画像に加え DCE における早期一過性濃染、出血壊死の存在が診断の一助になる。また子宮筋腫における UAE 術前には筋腫の血流評価、治療効果の推定や経過観察に DCE が有用とされ、MRAngiography を追加することにより、骨盤内の動脈解剖の把握(総腸骨動脈分岐部、内外腸骨動脈分岐部、子宮動脈起始部など)も可能となる。特に子宮動脈起始部は解剖変異が多く、血管撮影時の手技に寄与し、子宮動脈の低形成や卵巣動脈優位の血流なども評価可能で、治療戦略決定に寄与する。遺残胎盤などの胎盤異常での DCE は遺残組織の血流の有無、背景に存在する癒着の有無など重要な診断に寄与するため児娩出後には積極的に行うべきである。

5. Permeability 解析について

DCE の信号変化を造影剤濃度に変換し、薬物動態解析を行うことで K^{trans} や V_e , V_p , K_{ep} などのパラメータを得ることができる³⁾。 K^{trans} は血流量と毛細血管の透過率(permeability)などの影響を受け変化し、他のパラメータについても婦人科疾患の治療効果判定や予後予測に寄与するとの報告がある。婦人科疾患においての文献、

撮像プロトコルについて紹介する.

参考文献

- 1) Bi Q, et al. The Diagnostic Value of MRI for Preoperative Staging in Patients with Endometrial Cancer: A Meta-Analysis. Acad Radiol. 2020;27:960-968
- 2) Sadowski EA et al. O-RADS MRI Risk Stratification System: Guide for Assessing Adnexal Lesions from the ACR O-RADS Committee. Radiology. 2022 Apr;303(1):35-47
- 3) P. S. Tofts, G. Brix, D. L. Buckley, J. L. Evelhoch, E. Henderson, M. V. Knopp, et al. Estimating kinetic parameters from dynamic contrast-enhanced T1-weighted MRI of a diffusible tracer: standardized quantities and symbols. J. Magn. Reson. Imaging, 10 (1999), pp. 223-232

第 83 回撮影部会 Q & A

学術企画③ ワークショップ

JSRT 撮影部会（一般分科会）、画像部会、JART 骨関節撮影分科会 合同企画

『X 線撮影の標準化を考える』

座長：りんくう総合医療センター （JSRT 撮影部会長）中前 光弘

滋慶医療科学大学大学院（JART 骨関節撮影分科会）安藤 英次

はじめに

大会初日の10月31日木曜日に第一会場の最終プログラムとして学術企画⑤「X 線撮影の標準化を考える」が開催された。当日の会場での質疑応答を中心に報告する。

1. 股関節X線撮影の現状について 菊原喜高(昭和大学病院):JART

JART が実施したアンケート結果を示し、正面撮影やルーチン撮影について施設間でばらつきがあることから、正面ではパテラホルンによる撮影を標準として、疾患別目的に応じた撮影法の選択を提案した。

安藤氏は、昭和大学病院ではパテラホルンで正面撮影をしている現状について質問した。

会場から、2方向目の撮影方法は外傷と非外傷で異なり、外傷なら軸位、非外傷(変形性股関節症)であればラウエンシュタインIが多かったが、オーダも「股関節(外傷)」、「股関節(非外傷)」と運用する方が良いのか？との質問があった。菊原氏は、夜間帯など整形外科以外の医師がオーダする場合は、その運用をすることで撮影目的がわかりやすくて良い。と回答した。

安藤氏は、JARTとしては今後オーダ名称の標準化も考えているとコメントして終了した。

2. 肩関節X線撮影の現状について 鈴木義曜(下田メディカルセンター):JART

正面、Y-view のポジショニングについて紹介し、地域の違いによるばらつきに関する傾向を示した。

会場から、地域性の違いは、医師の出身大学の違いによるものでは無いかと推測するが、診療放射線技師間で標準化するよりは、整形外科医師とコミュニケーションを取れる環境づくりが大切では無いかとのコメントがあった。鈴木氏は、正に医師とコミュニケーションを取ることが重要で、技師の世界で標準化されている撮影名称から選択していただくことで、医師の撮影技術に対する認識も統一されることを目指したい。

会場から、整形外科医師との連携は必要不可欠であるが、標準化の取り組みは、各自の施設内で行うのかまたは学会間で行うのか。その方向性はどうかとの質問があり、安藤氏は、整形外科学会の会長などと意見交換した経験から、鈴木氏が回答したように技師が主導で標準化すべきだとの意見を述べた。

撮影方法そのものを標準化するより、見たいものが正しく撮影できているかを判断することが大切では無いかとの問いに、鈴木氏は、まずは現場調査の段階であり、数年後にブラッシュアップしていきたいと回答した。また、安藤氏は、最終画像で何を満たすべきかを判断するのは疾患別撮影であり、将来的な目標にしている。

3. 撮影システムについて 関 将志(北里大学病院):JSRT撮影部会

JSRT 撮影部会一般分科会が進めている標準化への取り組みを紹介した。現時点で完成予定の叢書の内容を解説し、今後展開されるセミナーの目的を説明した。

会場からは、書籍だけではなくデジタルコンテンツでの販売を望む声があったが、関氏は、今後セミナー参加者には、特典としてデジタル版を提供できるように考えているとの回答があった。中前氏は、叢書の紙質を工

夫して、自由に記入できるため一人一人が気づきを書き込み学習できることを説明した。

最後に、関氏からこの叢書が完成形ではなく、多くの皆さんからご意見をいただいて改訂していきたいとのお願いがあった。

4. デジタルラジオグラフィ(DR)システムにおける画質と撮影線量の理解

東出 了(鈴鹿医療科学大学):JSRT 画像部会

X 線撮影において DR システムを理解して使用するために必要である「検出器の物理特性」、「診断参考レベル(DRLs)」、「DR システムにおける画質と線量の関係」の3点について解説をした。

会場からは、DR システムでは線量が過多になっていることをどのように理解や判断をするべきかについての質問があり、東出氏は Exposure Index などの指標を参考にはできるが、画像(ノイズや低コントラスト信号)を確認することが最も重要であると回答した。また、線量の過多を防ぐためには、検出器の特性(DQE など)を理解し、撮影線量の低減を考えるための知識と理解が必要になることを説明した。

5. 総合討論

会場から、今回のシンポジウムの内容を全てまとめて1冊の本に集約して欲しいとの要望があった。

また、標準化の必要性を痛感された方から、肩関節の標準化を要望する声があり、関氏に叢書での肩関節正面の質問がされた。今回の叢書には、まだ標準化されていない現状を踏まえて肩関節を掲載していないことが、関氏より説明された。

また、肩関節の撮影について、体位や入射角度だけでは無く上肢の位置まで踏み込んだ標準化の要望があった。安藤氏は、今までの教科書に肢位まで含めたポジショニングの記載が無かったが、今後は JART の分科会で取り組む計画があることが紹介された。

書籍化に関しては、疾患や診断に関する知識も掲載して欲しいとの要望があった。

まとめ

職人技であった撮影技術をエビデンスに基づいた撮影技術学として提供できるような取り組みが必要であり、そのためには技術の標準化が欠かせないことを確認して、プログラムを終了した。

学術企画⑭ ワークショップ

JSRT 撮影部会 (MR・CT 分科会), JART 画像等手術支援分科会 合同企画

『手術支援画像作成のためにすべきことは』

座長：新潟大学医歯学総合病院 (JSRT 撮影部会委員) 金沢 勉

柏葉脳神経外科病院 (JART 画像等手術支援分科会) 平野 透

本シンポジウムは2部構成で行われた。まずは3D画像の作成をするためには元画像の収集が肝心であることから、造影方法を含めたCT, MRIでの最適画像取得のための撮像技術について解説された。次に、最適化された画像をどのように作成し執刀医に伝えるかに焦点をあて、今回は頭部と腹部の領域でのワークステーションを用いた3D画像の作成や手術手技の理解と、執刀医が必要とする画像について解説された。

1. 最適化画像の取得のための撮像技術 (JSRT 撮影部会)

CT 撮像技術 瓜倉 厚志 (国立がん研究センター中央病院)

MR 撮像技術 垂脇 博之 (大阪大学医学部附属病院)

CT 撮像技術では、診断用か手術支援用なのかにより、造影方法を含めた撮像条件が異なることが示された。検査の目的別に多くのエビデンスを示しながら、主に Time Enhancement Curve について解説された。また、描出血管の血管径によってCT値が変化する症例が示された。MRI 撮像技術では、最適なMRI撮像パラメータについて、特に2D, 3D撮像の違いで、コントラスト重視なのかSNR重視なのかのバランスや、さらに使用機種や検査にかけられる時間等も鑑み最適化を行う必要があると解説された。また直腸癌を例に、術式の確定の為に分解能を優先させたDLR (Deep Learning Reconstruction) の使い方の一例が示された。

2. 手術支援画像の作成 (JART 画像等手術支援分科会)

手術支援画像(頭部) 大村 知己 (秋田県立循環器・脳脊髄センター)

手術支援画像(腹部) 田仲 健朗 (札幌医科大学附属病院)

頭部手術支援画像は、正確に構造物を描出することが最も重要とされた。脳動脈瘤や脳腫瘍を例に挙げ、ワークステーションでの見せ方の技術的な解説がされた。腹部手術支援画像については、手術支援画像の作成の取り組みについて自施設の運用例が示された。腹部は内視鏡等の低侵襲手術が多く行われるようになってきており、その特性をしっかりと把握し、手術適応や手術の難易度の理解が必要とされた。両領域ともに、手術体位や術式を画像作成者が確実に理解をして術者と同じ目線で画像を作成することが重要とされた。そのためには臨床医とのコミュニケーションを積極的に取り、さらにシステム化されることでフィードバックも受けやすい環境の構築が必要とされた。

3. 総合討論

総合討論では2つの話題が議論された。1つは、画像検査をする際に手術支援画像と診断画像では最適条件が違うとされたが、実際の臨床ではこれらを兼ねることが多いため、どうすれば良いかという内容である。これには、依頼内容を理解し、今後手術に利用されるかどうかなどの臨床経過を把握して、事前に撮像計画



に入れていくことが重要とされた。また、それにより造影方法も検討できるとされた。次に手術支援画像作成者を育成していく上で、うまくいかなかった事例の共有や教育方法について質問がされた。これには、手術支援に適切でない画像を共有したうえで適切な画像を見せて教育する方法が紹介された。また特に MRI では機種や磁場強度の違いによる画質の影響が大きいいため、必要な画像の本質を教えることで、最適な撮像条件を検討することが紹介された。また、マニュアルについての必要性も議論された。しかしマニュアルは一定レベルを担保するには利用価値は高いが、実際の症例ではマニュアル通りにいかないことがほとんどであることへの理解が必要で、やはり個別に対応していくしかない結論づけられた。併せて、領域毎の専門学会への参加も手術支援画像の作成スキルの向上には効果的とされた。



まとめ

手術支援画像の作成では、ワークステーションの急速な進歩により容易に作成できるようになったが、最適化された質の高い元画像の取得が重要である。しかし質の高い画像を得たとしても、手術支援に役立たない三次元画像は全く意味をなさない。この両者が最適化されることで真の手術支援画像が提供できるとまとめワークショップを終了した。



セミナー報告

第1回単純X線撮影における品質管理セミナー

北里大学病院（撮影部会委員）

関 将志

診療放射線技師の業務は多様化し、多くのモダリティに従事する機会が増えています。そのため、単純X線撮影は、新人からベテランまで多くのスタッフが従事する機会があるものの、専属担当者が不在の施設も少なくありません。そこで、撮影部会一般分科会では、2021・22 年度 学術研究班「単純X線撮影システムの標準化に関する研究」についての活動を行い、単純X線撮影における標準化を目的とした放射線医療技術学叢書(41)「単純X線撮影における品質管理マニュアル」を2024年8月23日に発刊しました。

この度、初学者を中心に単純X線撮影システムにおける品質管理の考え方、標準化に向けた取り組みについて、この叢書をテキストとして、以下のプログラムで「2024年第1回単純X線撮影における品質管理セミナー」を開催しました(オンデマンド視聴:2025年1月6日(月)～2025年1月24日(金)、Live配信:2025年1月25日(土))。

講義1. 叢書(41)「単純X線撮影における品質管理マニュアル」発刊の目的・意義

りんくう総合医療センター 中前 光弘

講義2. 画像の合格基準について(頭頸部・胸腹部・脊椎・骨盤部)

北里大学病院 山岸 雅史

講義3. 画像の合格基準について(上肢・下肢)

北里大学病院 関 将志

講義4. 装置の品質管理について(X線装置)

川崎市立井田病院 三宅 博之

講義5. 装置の品質管理について(検出器)

横浜労災病院 安田 涼太郎

講義6. 装置の品質管理について(モニター)

大阪医科薬科大学病院 五孝 大

【主なライブ配信 Q & A(抜粋)】

多数の質問の中から一部を抜粋して以下に報告します。

Q1:胸部側面撮影において、胸骨と肋骨が重ならない場合、マニュアルではどちらを優先すればよろしいでしょうか。

A :施設ごとでしっかりルールを作りマニュアルとして作成した方がいいでしょう。

* 講師の所属する施設では、胸骨で側面性を確認する施設や胸椎で側面性を確認する施設など様々であり、どの施設でも統一したルールのもと画像を判断していると回答でした。

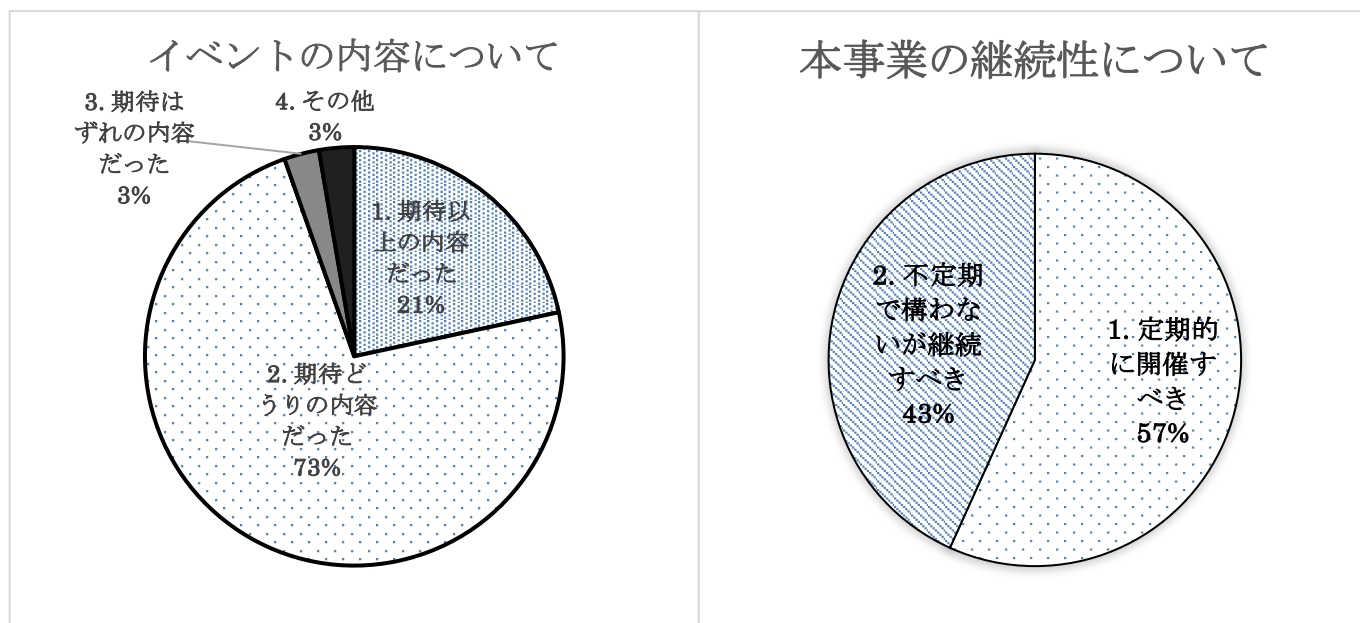
Q2:自施設で装置の品質管理を行いたいですがファントム等の貸し出しはありますか。

A :不変性試験と定期点検で実施する項目が異なります。ファントム等はメーカーから借りるなど相談してみてください。線量計については計測部会主催の簡易線量計作成セミナーに参加する方法もあります。また計測部会では線量計の貸し出しも行っています。ご検討ください。

Q3:各施設でマニュアルや合格基準等がありますか。救急撮影においても同様でしょうか。

A :講師の所属する施設では、マニュアルを整備しています。その上で診療に提供する画像の品質を担保しているかを確認することが重要です。救急撮影については、依頼医が撮影現場にいるため、依頼医に確認しながら臨床を進めていくのはどうでしょうか。

【アンケート結果(抜粋)】



感想

- ・当院での撮影マニュアルを改定したいと思います。
- ・今回のようなテーマのものは、実技型セミナーであってもよいと思います。
- ・当施設でも全ての技師が携わるのにも関わらず、一般撮影はあまり勉強会がなく、責任者としても、試行錯誤しております。今後ともいろいろな勉強会の開催を希望します。
- ・施設の垣根を越えた標準化に向けてとても素晴らしいご講演でした。疾患によって観察したい箇所が異なるため、施設を超えた完全な標準化は難しくご講演であったように施設内で基準を設けることが重要と感じました。撮影者によるバラツキが多い荷重撮影の標準化に向けたご検討ができると嬉しく思います。
- ・事前の動画の内容をさらに分かりやすく、ポイントを押さえて説明してくださっていたので、とてもスムーズに理解することができました。
- ・新装置を導入したため、テキストを参考に品質管理を進めていきたいと思います。また、当院では撮影の合格基準を設けたマニュアルがないため、テキストを参考に撮影の合格基準を含んだマニュアルを作成したいと思います。

撮影部会として、単純 X 線撮影をテーマとした初めてのセミナーではありましたが、多くの方に参加いただき、単純X線撮影システムにおける品質管理の考え方、標準化に向けた取り組みについて解説できたセミナーでした。2025 年度も引き続き、「第2回単純 X 線撮影における品質管理セミナー」を開催予定です。ぜひご参加いただき、一緒に標準化に向けて取り組んでいけたらと思います。

最後になりますが、本セミナーで使用したテキスト(叢書(41)「単純X線撮影における品質管理マニュアル」)は技術学会ホームページの書籍ウェブショップよりご購入いただけます。ぜひご購入いただき「第2回単純 X 線撮影における品質管理セミナー」にご参加ください。



セミナー報告

第9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

2024 年 9 月 21 日(土), 22 日(日)に東北支部に共催を頂き, 東北大学星陵キャンパス星陵会館にて第 9 回 CT 応用セミナーを開催しました. 本セミナーでは CT 画像計測法の理解と習得に加え, 学術発表から論文化への方法の理解を目的として開催しています. 今回からプログラムの見直しを行い, CT 画質評価の理解を深めるため「概論」の講義を追加し, CT 画像の画質評価の基礎から最新の評価方法と画質評価の手順と注意点, 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, 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を含め, 学術研究のための基礎から応用までを含めた, 充実したプログラム構成としました.

CT 画像計測のトップランナーである金沢大学の市川勝弘先生, 北海道科学大学の佐藤先生を中心に講義を進め, 参加者からの質問にも詳細かつ丁寧に回答を頂きました. 2 日間開催のメリットを活かし, ディスカッションの時間も十分に取ることが出来たため, 参加者の理解をより深めることが出来たと考えます. 受講後のアンケート調査でも回答者全員から「期待以上の内容であった」とご意見を頂くことが出来たことから, セミナーの内容は高評価を頂いたものと思います. 講師の皆様, 東北支部の関係者の皆様, そしてセミナーを熱心に受講いただいた参加者の皆様に深く感謝申し上げます.

2025 年度は, 中部支部にご協力いただき, 第 10 回のセミナーを 9 月 20 日(土), 21 日(日)に開催を予定しています. 知識豊富な講師と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.

本セミナーですが 2025 年度が最後の開催となります. 対面で多くの事を深く学べる最後のチャンスかもしれません, 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 9 回 CT 応用セミナープログラムと, 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 ~ 13:50 CT 画像の画質評価 概論

金沢大学 市川 勝弘

14:00 ~ 15:20 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

15:30 ~ 16:50 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

17:00 ~ 17:50 CT 画像の画質評価最前線(含む, Photon-counting CT)

金沢大学 市川 勝弘

17:50 ~ 18:00 本日のまとめ

【2 日目】

9:00 ~ 11:00 画質評価演習 (PC を用いた計測演習)

11:10 ~ 11:40 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

11:40 ~ 12:10 プレゼンテーション技術論(ひとつ上を行くために)

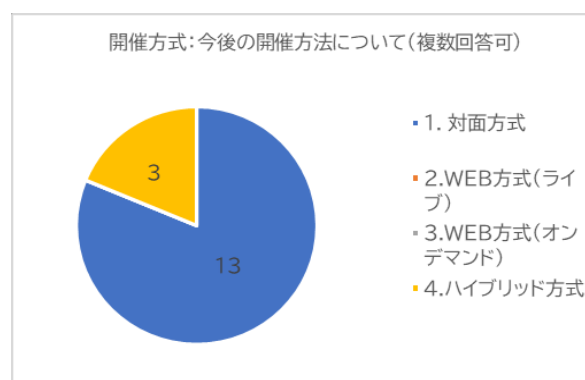
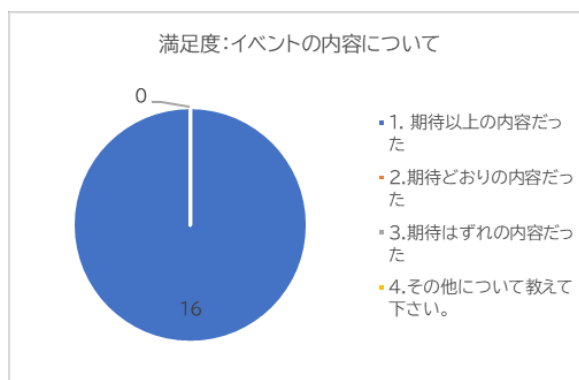
金沢大学 市川 勝弘

12:10 ~ 13:00 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

13:00 ~ 13:25 総合討論

○アンケート結果(抜粋)



- ・ この度は貴重な機会をありがとうございました。とても勉強になりました。また東北部会でこのような機会があれば、参加させていただきたいです。ありがとうございました。
- ・ 講師及び、運営スタッフの皆様にご感謝申し上げます。学びの多い有意義な 2 日間でした。演習中、処理に手間取ってしまった時でも、個別に教えて頂けたので助かりました。理解を深めるために、リピート参加もありだなと思いました。

○ セミナーの様子



第6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

2024年11月24日(日)に関東支部に共催を頂き、千葉県柏市にある富士フィルム株式会社ヘルスケアテクニカルアカデミーにて第6回実地で学ぶMRI安全管理セミナーを25名の参加者で開催しました。本セミナーは、MRI装置の物理的な特性（吸引力、トルク、発熱など）やMRI検査を安全に実施するために管理すべき事項を理解することで、事故のない安全なMRI検査を行うことを目的としています。また、本セミナーを通じてMRIの安全性に興味を持ち、多くの会員が安全性の研究を行ってもらうことで、本分野での研究が活発になることを目指しています。

本セミナーの最大の特徴は、実地で学ぶということであり工場見学と実機を使った実験をプログラムに取り入れています。工場見学では、普段決して見ることのできない実際の組み立てラインを富士フィルムの社員に説明してもらい、傾斜磁場コイルやRFコイルなどの工程段階などを見学することができました。実機を用いた実験では、発熱実験と吸引実験の2グループに分けて行いました。発熱実験では、RFをファントムに照射しbody coilの両側付近の温度上昇により、患者の両腕に火傷のリスクが高くなることを学びました。また吸引実験では、ASTMにおけるMR適合性規格に基づく変位力・回転力の実験を、様々な体内デバイスなどを用いて行いました。

講義では、最初に坂井先生から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解説をいただきました。次に、福澤先生からインシデント事例から学ぶMRI安全管理として、MRIの安全管理を通して他職種と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解説頂きました。

2025年度は、東京支部にご協力いただき、秋に第7回実地で学ぶMRI安全管理セミナーを行う予定としています。撮影部会としての工場見学を伴ったセミナーは次回が最後となります。開催会場の都合上、人数を限定としたセミナーとなるため、早めの申し込みをお勧めします。



① MRI 工場見学

② 講義

1) 「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」

つくば国際大学 坂井 上之

2) 「インシデントから学ぶMRIの安全管理」

国家公務員共済組合連動会 虎の門病院 福澤 圭

3) 「ASTMにおけるMR適合性規格に基づく変位力・回転力の実験方法」

熊本大学病院 森田 康祐

③ 実機を使ったMRI実習(ヘルスケアテクニカルアカデミー実験室)

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

第 96 回・97 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

2024 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 96 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:2024 年 8 月 17 日・18 日

会場:名古屋医療センター 外来管理診療棟

受講者:46 名(会員 21 名, 非会員 25 名)

体調不良による欠席 1 名, 台風の影響による欠席 1 名により受講者は 46 名となった

② 第 2 回(第 97 回)乳房撮影ガイドライン・精度管理研修会

東北支部(担当:齋政博)

日時:2024 年 8 月 17 日・18 日

会場:新潟大学医歯学総合病院・新潟医療人育成センター

受講者:45 名(会員 16 名, 非会員 29 名)

体調不良による欠席 3 名により受講者は 45 名となった

・研修会は, 精中機構の開催マニュアルに沿って行う.

受講者の発熱や体調不良は自己申告とし, 手指消毒をこまめに行い, 不織布マスクの常時着用を徹底した.

・講義は e-learning による事前学習を取り入れ, 研修会当日は 1 日目に品質管理, 読影, ポジショニング, 臨床画像評価の実習を行い, 2 日目に筆記試験, 読影試験を行った.

・研修会後に実施したアンケートでは, ほとんどの受講者が非常に満足または満足と回答しており, 研修会の充実性が伺われた. 中でもポジショニングを見直すことができ改善点がわかった, 読影方法を再認識できた, 品質管理実習では実際に配置することにより理解が深まった等の感想が多く, 対面で開催することの重要性を再認識することができた. 半面, 実習時間が足りなかったとの意見もあり, カリキュラム時間に関しては検討が必要と思われる.

セミナー報告

第 14 回ディ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(DMMG)を基礎から学ぶセミナー

ディジタルマンモグラフィシステム (DMG) が 2000 年に米国食品医薬品局 (Federation and Drug Administration: FDA) の承認を受けてから四半世紀を迎える。日本では、2005 年より 40 歳以上の女性を対象としたマンモグラフィによる乳がん検診が始まり、2010 年前後には、ディジタルシステムの割合がアナログシステムを上回り、90%以上の施設がディジタルシステムを導入したことが予想される^{1,2)}。日本放射線技術学会 撮影部会では、アナログシステムからディジタルシステムへの移行期に、ポジショニングの基本の重要性を伝えるとともに、ディジタルシステムならではの特徴を理解した装置の品質管理や被ばく管理、画像情報の保存と管理に関した複合的な知識・技術の提供を行ってきた。2020 年を過ぎて、DMG の割合は 90%を超えたと予想されており、ディジタルシステムが当たり前となった時代において、どのような知識や技術を習得すべきか、またその最適な学習形態について検討を進めている最中、COVID-19 感染拡大によって学び方の形も変わり、試行錯誤を繰り返し、オンライン主体のセミナー提供に移行した。

2. 第 14 回 DMMG セミナー概要

上述した DMG の承認の約 10 年後となる 2011 年にはディジタル乳房トモシンセシス (Digital Breast Tomosynthesis: DBT) が FDA に承認され、同年には日本国内でも第一号機が稼働した。しかしながら、その後 10 年強、保険収載には至らず、2024 年の診療報酬改定においてようやく保険適用となった。この新たな動きに対し、第 14 回 DMMG セミナーにおいても、DBT を含めた内容へと更新した。一方で、ディジタル化および DR 化によって、再撮影の回数が増加しているという報告もあり、装置の高性能化に関わらず、「乳腺を最大限に受像機内に納める」というポジショニングの重要性は変わらないことから、各工程のポイントを改めておさらいするために、ポジショニングに関する講義を再度加えた。

さらに DMMG セミナーでは、オンデマンド講義に加え、講義内容の理解を深めることと、各分野における各種疑問を解消することを目的に、生配信セミナーも行っている(表 2)。2024 年 7 月 8 日に厚生労働省が、「GSDF キャリブレーション機能付き画像診断用ディスプレイ」を一般医療機器の分類として追加し、「特定保守管理医療機器」と指定したことを受け、ディスプレイの管理に関する最新情報の提供も行った。

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
① 基本に立ち返るポジショニング技術		皆川 梓
② 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
③ 2D・3D 画像処理～ディジタル画像の基礎と画質	画像	西川 祝子
④ デジタルマンモグラフィの保存と管理～マンモグラフィと標準規格～	医療情報	坂本 博
⑤ トモシンセシスと被ばく管理	防護	広藤 喜章
⑥ 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）
10:05-11:35	オンデマンド講義の補足と解説
11:40-11:55	質疑応答
11:55-12:00	閉会挨拶（撮影部会・一般撮影分科会長 三宅博之）

3. オンデマンド講義の視聴回数

第14回 DMMG セミナー参加登録者数は102名で、オンデマンド講義公開1カ月間の視聴回数は、講義①から⑥までそれぞれ、152、204、174、143、148、140回となった。本セミナーは、公開後3週間ほどで生配信を行い、予習復習ができるようにしている。オンデマンド講義は、学習者自身に合わせたペースで学習できること、また、繰り返し視聴することで理解を深めらるメリットがある。一方で、何度見直しても理解が及ばなかったり、決められた時間内で届けられる内容が限られているため、学習者の知りたい内容すべてを網羅できないなどの限界点がいくつかあることから、講師とのコミュニケーションを通じて疑問を解消することも大事である。そのため、事前のアンケートを実施するようにし、生配信セミナーにて講義の解説とともに質問への回答の時間を設けている。類似したセミナーや勉強会が多数存在する中、そのニーズの高さを改めて感じる事ができた。

また、オンデマンド登録者全員が少なくとも1回は全講義を視聴したと仮定すると、どの講義も繰り返し視聴されていたと推察される。特に、品質管理の視聴回数が多かったことから、2023年4月1日に発刊された図1の叢書に対する関心の高さが垣間見られた。



図1. 叢書(14-4)乳房撮影精度管理マニュアル(改訂版)（日本放射線技術学会書籍ウェブショップより転写転用）

4. 生配信セミナーの参加状況

1時間未満の視聴者および講師を除き、54名が視聴し、セミナー参加登録者数の50%以上が生配信セミナーに参加した。品質管理に関する事前質問に対して、「品質管理の実践においては、資料は常に最新のものを参照する」よう強調した。何が最新かの判断に迷うことが常であるが、そうした情報も学会の各専門分科会にて情報発信されているため、活用してもらいたい。また、各メーカー、機種に依存する因子もあることから、メーカーとの綿密なコミュニケーションも重要である。また、第77回(2024年度)国家試験より、「医用モニタ」の表記から「画像診断用ディスプレイ」に表記が更新された。前述の通り、2024年7月の交付を受けた変更であり、本セミナーにおいてもいち早く最新情報を提供できた。


なお、生配信セミナーの内容については、見逃し配信や資料の配布は行っていないが、今回、講師陣からのご厚意で補足資料1, 2, 3の提供があった。アナログからデジタルの転換期であった1990年代には、フィルム画像とデジタル画像の画質の違いやそれぞれのメリット、デメリットの議論が湧いたが、X線利用効率の高いFPDが検出器に採用されたことによって、CRシステムと比較して線量低減も可能となり、かつ、画質も向上したことで、

FPD 搭載の装置導入が後押しされた^{3,4,5,6,7)}。フィルム画像とデジタル画像の違いを学ぶ機会は少ないが、是非、過去資料も参考に氏、デジタル画像の処理、保存、管理の理解を深めてもらいたい。

補足

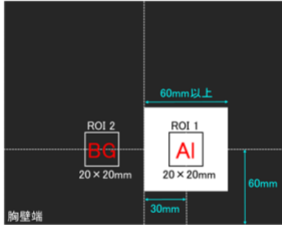
デジタル画像の基礎を理解する必要性

日常的な品質管理
(ファントム画像評価)



156・ステップファントムにROIを設定
平均画素値と標準偏差を測定

定期的な品質管理
(CNR確認)



AI板がある場所・ない場所にROIを設定
平均画素値と標準偏差から算出

最近ではマンモグラフィの診療を運用するうえで
デジタル画像の基礎知識が必要とされる

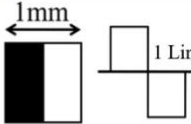
4

補足

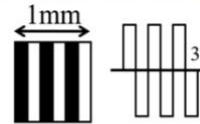
標本化と量子化

空間分解能
[LP/mm]

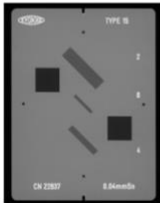
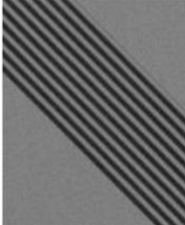
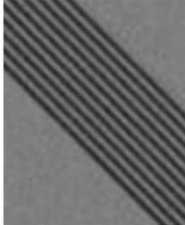
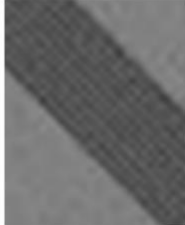
1 mmの中にLine Pair?



1mm
幅0.5 mm



1mm
幅0.167 mm

SCTF測定チャート

2 LP/mm
幅250μm

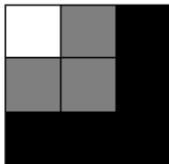
4 LP/mm
幅125μm

8 LP/mm
幅62.5μm

5

補足

標本化と量子化



システムA
3bit (8階調)

0	3	7
3	3	7
7	7	7

システムB
10bit (1024階調)

0	511	1023
511	511	1023
1023	1023	1023

- 「白がより白く、黒がより黒くなる」ということではない。
- 濃度分解能（画素値）はシステムによって異なる。
- 画素値が大きい = コントラストが高い とは限らない。

⇒ 使用している装置の濃度分解能を把握する。

7

補足 階調処理とウィンドウ処理の違い

階調処理

- ・画像処理。画像自体に付加する。
- ・最近では装置が自動的に付加する。被写体位置で変化する場合あり。
- ・測定画素値が変化する。

ウィンドウ処理

- ・モニタ上での視覚的なコントラストを調整する。
- ・初期値は装置が自動的に付加するが、ユーザーによる調整は容易。
- ・測定画素値は変化しない。

表示ウィンドウレベル(WL)・ウィンドウ幅(WW)を変更

9

補足 階調処理とウィンドウ処理の違い

＜品質管理の際の作業＞

モニタ上でROIを囲むとき
模擬試料と重なっていないか心配

ダイナミックレンジのステップが見えない

画像処理の変更 ⇒ ×

ウィンドウの変更 ⇒ ○

(解析時は目的部位が見やすいように調整してOK)

10

補足 放射線画像の画質特性

・日常点検
・SCTF
・(画像歪み)

解像特性
(MTF、空間分解能など)

・日常点検
・CNR
・ラグ効果
・ダイナミックレンジ

コントラスト特性
(入出力特性・特性曲線)

・日常点検
・X線出力
・AECの性能、CNR
・ラグ効果

ノイズ特性
(NNPS、RMS粒状度)

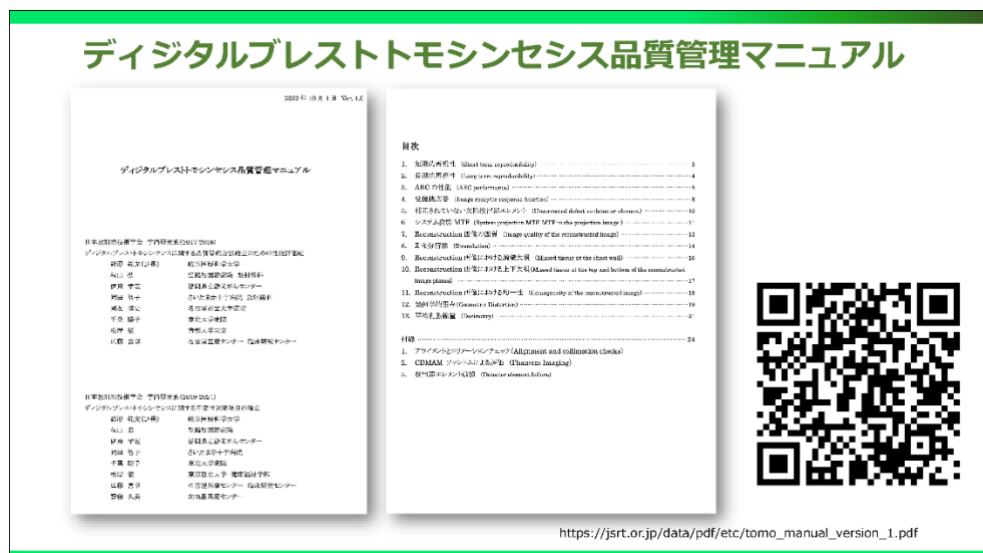
総合評価
DQE

精度管理は各項目の網羅もしている。
定められたタイミングでの精度管理は重要。

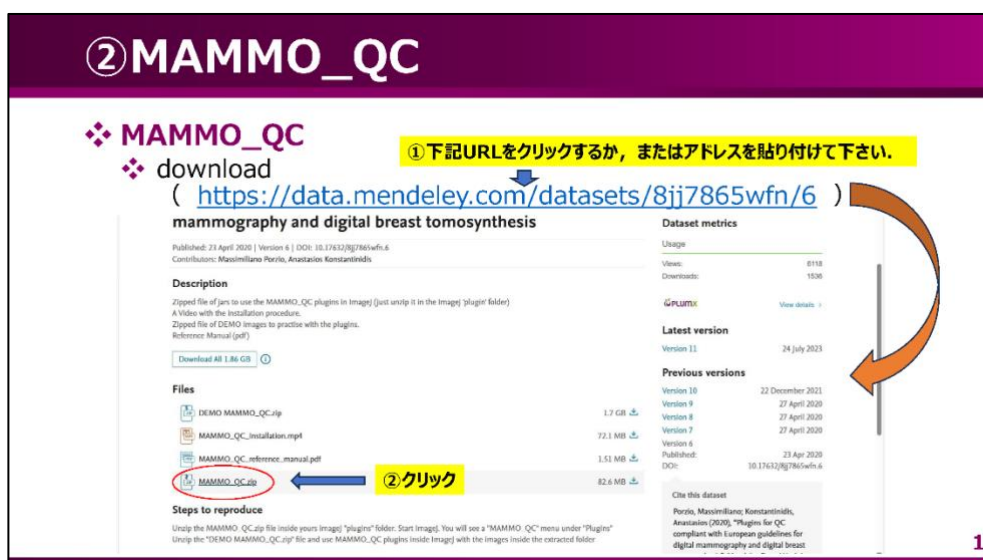
※ 分類は発表者の主観による。

11

補足資料1.「2D・3D 画像処理～デジタル画像の基礎と画質～」 西川 祝子 先生よりご提供



補足資料2.「トモシンセシスと被ばく管理」廣藤 喜章 先生よりご提供



補足資料3.「マンモグラフィの品質管理～叢書(39)改訂のポイント～」斎 政博 先生よりご提供

5. 参加者さんからの声

セミナー終了時に行ったアンケートでは、24 名から回答が得られ(回答率 44.4%)、参加動機(複数回答)としては、知識向上のためが最も多く(23 名、95.8%)、専門性(研究)を高めるためが 6 名(25%)、その他の目的としては、「マンモと電子カルテ、RIS や PACS の関係について学びたかった」「勉強会開催のため」などがあった。内容の満足度は、「期待以上」54.2%、「期待通り」41.2%と高い満足度が得られた。マンモグラフィを始めたばかりの参加者にとっては少し難しい内容であったとのコメントもあった。セミナー費用においては、「高い」と回答したものが 25%おり、費用に対する納得感を高めることの課題が残っている。類似のセミナーや勉強会が増えているが、学会が主催する専門的な講義・セミナーへの付加価値への理解を促すことも仮題である。一方で、こうした勉強会が認定などのポイントに加算されるように学会としても取り組んでいく必要があると考える。

表2. 参加者からのコメント

お疲れさまでした。最新情報をありがとうございます。
各種学会に参加していても知らない情報もいくつかあったので、貴重なセミナーでした。開催ありがとうございました。
撮影技術について、改めて基礎に振り返り学ぶことができた。自分の撮影を再度みなおし、後輩育成に役立てていきたいです。ありがとうございました。
セミナー全体を通して、大変勉強になりました。繰り返し視聴出来るのも助かります。 また、質問に対してお答えいただきありがとうございました。
以前、現地での参加を複数回していますが、その際は資料の配布がありました。オンラインでも PDF など資料配布していただけた方がありがたいです。

6. おわりに

DMMG セミナーは日本放射線技術学会の各専門部会の協力を得て、分野横断的なセミナー内容の提供に努めている。DMMG セミナーの継続開催に対する要望が強く、一個人としては、再撮影基準の検討やImageJの使用方法など、マンモグラフィ検査に従事する診療放射線技師や関連する専門家のニーズに合わせた情報提供や、聴講者との情報交換の場も積極的に設けていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 鈴木昭彦, et al. マンモグラフィ検診ソフトコピー診断の現状と問題点. 日本乳癌検診学会誌, 2015, 24.1: 50-53.
- 2) 篠原範充; 西垣智鈴. マンモグラフィシステム導入数の変遷に関する調査. 日本乳癌検診学会誌, 2023, 32.1: 85-89.
- 3) 堀田勝平. デジタルマンモグラフィの撮影技術. 日本乳癌検診学会誌, 2007, 16.2: 170-178.
- 4) 松本政雄. 医用画像, この 10 年. 日本写真学会誌, 2008, 71.1: 9-13.
- 5) 斉藤啓一. デジタル化を加速する医用画像における X 線検出器. 日本写真学会誌, 2009, 72.6: 379-385.
- 6) 井手口忠光; 東田善治. 医用画像における画質評価の役割—デジタルマンモグラフィ装置の評価—. Medical Imaging Technology, 2011, 29.1: 2-9.
- 7) 小寺吉衛. デジタル化時代の画像評価—アナログ画像とどこが異なるのか—. 日本放射線技術学会雑誌, 2012, 68.4: 509-518.

公益社団法人 日本放射線技術学会 撮影部会 2024 年度事業報告

1. 第 82 回撮影部会(第 80 回総会学術大会)を開催した。

(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 千葉井市立海浜病院 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

① 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

「デジタルブレストモシセン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

② 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

③ 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)を開催した。

(1) 学術企画③:一般分科会(画像部会、JART 骨関節撮影分科会 共催)

10 月 31 日(木) 16:10～18:00(第 1 会場(劇場))「X線撮影の標準化を考える」

司会 りんくう総合医療センター 中前 光弘

司会 滋慶医療科学大学大学院 安藤 英次

①股関節 X 線撮影の現状について 昭和大学病院 菊原 喜高

②肩関節 X 線撮影の現状について 下田メディカルセンター 鈴木 義曜

③撮影システムについて 北里大学病院 関 将志

④デジタルラジオグラフィシステムにおける画質と撮影線量の理解 鈴鹿医療科学大学 東出 了

(2) 学術企画⑤: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)

11 月 1 日(金) 10:00～11:50(第 1 会場(劇場))「診療放射線技師による STAT 画像報告」

司会 順天堂大学医学部附属順天堂医院 木暮 陽介 司会 岐阜医療科学大学 西出 裕子

① STAT 画像報告における pre/post アンケート報告 昭和大学病院 片桐 江美子

② 施設内での STAT 画像報告体制の変化:小規模病院 奥州市総合水沢病院 高橋 伸光

③ 施設内での STAT 画像報告体制の変化:中規模病院 済生会熊本病院 高本 聖也

④ 施設内での STAT 画像報告体制の変化:大規模病院 順天堂大学医学部附属順天堂医院 赤津 敏哉

⑤ STAT 画像症例の見落としをしないためのポイント 国立病院機構水戸医療センター 田中 善啓

⑥ 一般撮影画像を支える放射線技術 りんくう総合医療センター 中前 光弘

⑦ CT 画像を支える放射線技術 岐阜大学医学部附属病院 三好 利治

⑧ MRI 画像を支える放射線技術 熊本大学病院 森田 康祐

(3) 学術企画 14:CT・MR 分科会(JART 画像等手術支援分科会 共催)

11 月 2 日(土) 10:00～11:50(第 1 会場(劇場))「手術支援画像作成のためにすべきことは」

司会 新潟大学医歯学総合病院 金沢 勉

司会 柏葉脳神経外科病院 平野 透

- ① CT 撮像技術 国立がん研究センター中央病院 瓜倉 厚志
- ② MR 撮像技術 大阪大学医学部附属病院 垂脇 博之
- ③ 脳神経領域の手術支援 秋田県立循環器・脳脊髄センター 大村 知己
- ④ 腹部領域の手術支援 札幌医科大学附属病院 田仲 健朗

3. セミナーを開催した。(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)

① 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:8月 17 日(土)・18 日(日)

会 場:名古屋医療センター(名古屋市)

申込者:68 名、受講者:48 名、出席者:46 名(会員 16 名、非会員 29 名、欠席 3 名)

② 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:10 月 12 日(土)・13 日(日)

会 場:新潟大学医歯学総合病院(新潟市)

申込者:80 名、受講者:48 名、出席者:45 名(会員 21 名、非会員 25 名、欠席 2 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:10 月 1 日～10 月 31 日(Vimeo 使用)

視聴回数:①152、②204、③174、④143、⑤148、⑥140

LIVE配信:10 月 26 日(土)10:00～12:00

申込み者:102 名(LIVE 参加者:64 名)

(3) 第 9 回 CT 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:東北大学星陵キャンパス 星陵会館・星陵オーデトリウム 2 階 大会議室

申込み者:19 名(会員 18 名非会員 1 名) 参加者:18 名(1 名欠席)

(4) 第 6 回実地で学ぶ MRI 安全管理セミナー(関東支部)

開催日:11 月 24 日(日)10:00～17:00

会 場:富士フイルム株式会社 ヘルスケアテクニカルアカデミー(千葉県柏市)

申込み者:25 名 参加者:25 名(会員 22 名, 非会員 3 名)

(5) 第 1 回単純 X 線撮影標準化セミナー

オンデマンド配信:2025 年 1 月 6 日(月)～ 2025 年 1 月 24 日(金)

LIVE配信:2025 年 1 月 25 日(土) 10:00 ～ 12:00

申込み者:97 名(LIVE 参加者:67 名)

4. 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した。

5. 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。

6. 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。

7. 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。

8. 宿題報告ならびにシンポジウムの推薦をした。(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, 学術委員会へ推薦した。

9. 部会委員会を開催した。(6 回)

第 1 回 3 月 12 日(火):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 29 日(月):web 会議

第 4 回 9 月 3 日(火):web 会議

第 5 回 2025 年 1 月 10 日(金):web 会議

10. 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。

11. 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。

12. 乳房撮影ガイドライン普及班(班長:小山 智美)

(1) 第 96 回乳房撮影ガイドライン精度管理研修会を開催した。(教育委員会・中部支部・日本乳がん検診精度管理中央機構共催)

開催日:8月 17 日(土)・18 日(日)

会 場:名古屋医療センター(名古屋市)

申込者:68 名、受講者:48 名、出席者:46 名(会員 16 名、非会員 29 名、欠席 3 名)

(2) 第 97 回乳房撮影ガイドライン精度管理研修会を開催した。(教育委員会・東北支部・日本乳がん検診精度管理中央機構共催)

開催日:10 月 12 日(土)・13 日(日)

会 場:新潟大学医歯学総合病院(新潟市)

申込者:80 名、受講者:48 名、出席者:45 名(会員 21 名、非会員 25 名、欠席 2 名)

(3) 班会議を開催する。

会期:2024 年 12 月 28 日(火):聖路加国際病院+Web(ハイブリッド開催)

公益社団法人 日本放射線技術学会 撮影部会 2025 年度事業計画

1. 第 84 回撮影部会(第 81 回総会学術大会)を開催する。

(1) テーマ A(一般分科会):2025 年 4 月 11 日(金) 午前 F203+204 室

教育講演

司会:山品博子(福島県立医科大学)

タイトル「これからの乳がん検診と精密検査」

講師:久保田一徳(獨協医科大学 医学部・埼玉医療センター)

ワークショップ

テーマ「マルチモダリティで考える乳がん検診と精密検査」

司会:山品博子(福島県立医科大学)、渡辺恵美(三河乳がんクリニック)

①「精度向上を目指したデジタル乳房トモシンセシスを用いた乳がん検診」

富樫 聖子(東京都予防医学協会)

②「乳がん検診における超音波併用の有用性と人材育成」 黒蔵 邦夫(日本医療大学)

③「MRI での精密検査～押さえどころ～」 林 藍花(市立四日市病院)

④「乳房専用PET の現状と将来の方向性」 板垣 孝治(京都大学医学部附属病院)

(2) テーマ B(CT):2024 年 4 月 12 日(土) 午前 F203+204 室

教育講演

司会:瓜倉 厚志(国立がんセンター中央病院)

「CT 画像の高解像化 — SNR から見るその効果 —」 市川 勝弘(金沢大学)

ワークショップ

「高精細な CT 画像が診断に与えるインパクト」

司会: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)

①「中枢神経領域における高精細 CT の応用と展望」 茅野 伸吾(東北大学病院)

②「循環器領域の高精細 CT」 木寺 信夫(名古屋市立大学病院)

③「胸部・肺における高精細 CT 画像の可能性」 仲宗根 進也(大阪大学医学部附属病院)

④「腹部領域の高精細 CT」 瓜倉 厚志(国立がんセンター中央病院)

⑤「高精細 CT を用いた骨微細構造解析への可能性」 橋口 修卓(長崎大学病院)

(3) テーマ C(MR):2024 年 4 月 13 日(日) 午前 F203+204 室

教育講演

司会:山村 憲一郎(徳島文理大学)

「婦人科の MR 撮像」 中井 豪(大阪医科薬科大学)

ワークショップ

「婦人科 MRI:疾患描出のポイント」

司会:森田 康祐(熊本大学病院)、金沢 勉(新潟大学医歯学総合病院)

①「モーション対策のための検査前準備と体動補正シーケンス」 伊原 陸(小樽市立病院)

②「撮像オリエンテーションと MRI ベーシックシーケンス」 神岡 尚吾(広島大学病院)

③「機能画像や 3D シーケンス」 根本 整(東北大学病院)

④「造影ダイナミックシーケンス」 曾宮 雄一郎(神戸大学医学部附属病院)

(4) 専門部会講座

① 一般(入門編):骨・関節撮影・撮影技術

司会:関 将志(北里大学病院)

「真の肩関節正面撮影をもとにした正しい肩関節撮影法の実際」 難波 一能(とうかい整形外科かわげ)

② CT(専門編):臨床技術 IV 循環器(心臓・大血管)

司会:三好 利治(岐阜大学医学部附属病院)

「循環器領域における心臓 CT の役割」 望月 純二(みなみ野循環器病院)

③ MR(専門編):MRI・高速 MRI

司会:森田 康祐(熊本大学病院)

「高速 MRI 高速撮像法の理解と臨床応用」 福島 啓太(杏林大学医学部附属病院)

2. 第 85 回撮影部会(第 53 回秋季学術大会:札幌)を開催する.

(1) 撮影部会 A:一般分科会(北海道支部 整形外科専門委員会 共催)

教育講演:「(仮)骨粗鬆症の診断と治療」

講師:(技師)未定

ワークショップ「(仮)骨密度領域における基本をおさえ, AI, Deep Learning の可能性を問う」

① (仮)骨密度検査における再現性のポイント 講師:(技師)未定

② (仮)AI, Deep Learning の基礎 講師:(技師)未定

③ (仮)機械学習を用いた骨粗鬆症予測モデルの開発 講師:(技師)未定

④ (仮)椎体自動抽出法の開発 講師:(技師 or メーカー)未定

⑤ (仮)X 線画像データから骨密度を予測する 講師:(技師)未定

(2) 撮影部会 B:分科会合同

教育講演:「(仮)臨床・心臓」

講師:(循環器内科医師)未定

ワークショップ「(仮)心臓の撮像」

① 講師:(技師)未定

② 講師:(技師)未定

③ 講師:(技師)未定

④ 講師:(技師)未定

(3) 専門部会講座

① 一般:「(仮)骨密度検査における部位の違いと装置の精度管理」

骨・関節撮影・撮影技術・撮影法とポジショニングの理解

講師:(技師)未定

② CT:未定

③ MR:「(仮)上腹部の MRI 検査」

MRI 撮影技術と臨床応用Ⅱ・MRI 検査Ⅱ(体幹部)

講師:愛媛大学医学部附属病院 白石 泰宏

(4) JSRT-JCS 合同シンポジウム

テーマ「虚血性心疾患」(未定)

① 講師:(JCS 医師)未定

② 講師:(JSRT 技師)未定

- ③ 講師: (JSRT 技師) 未定
- ④ 講師: (JSRT 技師) 未定
- 3. セミナーを開催する. (教育委員会, 各地方支部)
 - (1) 第 15 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 LIVE 配信: 未定 定員: 100 名
 - (2) 第 10 回 CT 応用セミナー (中部支部)
開催日: 2025 年 9 月 20 日 (土)・21 日 (日)
会場: 未定 定員: 30 名
 - (3) 第 7 回実地で学ぶ MRI 安全管理セミナー (東京支部)
開催日: 未定
会 場: 富士フイルム株式会社 ヘルスケアテクニカルアカデミー (千葉県柏市)
定員: 30 名
 - (5) 第 2 回単純 X 線撮影標準化セミナー
オンデマンド配信: 未定 LIVE 配信: 未定 定員: 100 名
- 4. 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.
- 5. 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.
- 6. 研究奨励賞を選考する. (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, 表彰委員会に推薦する.
- 7. 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.
- 8. 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 83 回総会シンポジウムのテーマおよび座長, 第 84 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.
- 9. 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 10 日 (木): パシフィコ横浜 (横浜市)
 - 第 3 回 9 月 (未定) web 会議 (一般分科会)
 - 第 4 回 11 月 (未定) web 会議
 - 第 5 回 2025 年 1 月 (未定) web 会議
- 10. 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.
- 11. 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84回撮影部会の予定

日時：2025年4月10日（木）～13日（日）

会場：パシフィコ横浜

テーマA：一般分科会

「乳がん診療を極める～各モダリティの撮影技術押さえどころ～」

テーマB：CT分科会合同

「高精細CTの臨床」

テーマC：MR分科会合同

「婦人科MRI：疾患描出のポイント」

■ 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。

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、パシフィコ横浜で開催される第81回日本放射線技術学会総会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では、教育講演として獨協医科大学 医学部・埼玉医療センターの久保田 一徳 先生に『これからの乳がん検診と精密検査』題してご講演していただき、ワークショップでは「乳がん診療を極める～各モダリティの撮影技術押さえどころ～」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BはCT分科会の企画です。教育講演では金沢大学医薬保健研究域保健学系 市川 勝弘 先生に、『CT画像の高解像化 — SNRから見るその効果 —』と題してご講演していただきます。ワークショップでは「高精細なCT画像が診断に与えるインパクト」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CはMR分科会の企画です。教育講演では大阪医科薬科大学 放射線医学教室 中井 豪 先生に、『婦人科のMR撮像』と題してご講演していただきます。ワークショップでは「婦人科MRI：疾患描出のポイント」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：関

撮影部会誌 よりよい撮影技術を求めて Vol.33 No.1 通巻84 2025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

ホームページアドレス <http://www.jsrt.or.jp>