



公益財団法人

日本国際医学協会誌

INTERNATIONAL MEDICAL NEWS

International Medical Society of Japan

Since 1925

目次

第459回 国際治療談話会 例会

時/2023年5月18日(木) Webにて講演

座長 (公財) 日本国際医学協会

理事 山崎 力 p.1 (12)

《第1部》

【感想】

サウンドスケープと展覧会 ～ その技術と展望

東京大学総合研究博物館 准教授 森 洋久 先生 p.2 (13)

《第2部》 画像診断における AI

【講演Ⅰ】 CT、MRIにおける AI および Radiomics の活用について

国際医療福祉大学成田病院 放射線科 放射線主任教授 桐生 茂 先生 p.6 (13)

【講演Ⅱ】 核医学診断・治療における AI の役割

北海道大学大学院医学研究院画像診断学教室 准教授 平田 健司 先生 p.8 (13)

※ () の数字は英文抄録の頁数

No.518
2023. July



●●●●●●●● 第 1 部 ●●●●●●●●

感 想

座長のことば



(公財)日本国際医学協会 理事
山 崎 力

カナダの作曲家Raymond Murray Schaferによって提唱されたサウンドスケープは、音の風景を表現する概念です。情報理工学を専門とする森洋久博士に、「サウンドスケープと展覧会～その技術と展望」というテーマで講演を行っていただきました。

自然をテーマとした展覧会では、川のせせらぎや鳥のさえずりなどの自然音を取り入れることで、よりリアルな体験が可能になります。しかしその一方で、展示物に直接関連しない音を取り入れることによって、新たな解釈や発見が生まれる可能性も指摘されました。さらに、サウンドスケープの要素を展示物に取り入れることで、展覧会の体験はより没入感を持ち、訪れる人々に感銘を与えることができます。展覧会とサウンドスケープの結びつきにより、視覚と聴覚が統合される新しい世界が創造される可能性が考えられます。

森博士の講演は、展覧会におけるサウンドスケープの活用方法を考える上で貴重な示唆を与えてくれました。このような取り組みによって、より豊かな体験が提供され、訪れる人々に感動と新たな気づきをもたらされることでしょう。

サウンドスケープと展覧会 ～ その技術と展望



東京大学総合研究博物館 准教授

森 洋久

昨今、サイバー空間のみならず、一般社会の隅々まで、多くの情報であふれている。それらの情報は、人々を取り込み、経済活動へと結び付けようとする。同じ情報が、異なるメディア・五感を通じて、同期的、協調的に人々に注がれる。執拗かつ反復的に浴びせられることにより、一人ひとりに、じっくりと考える暇を与えない。一般に、目に入ってきた情報を耳で確かめることで、情報は頭の中で増幅し記憶される。

このような情報過多の世界の音楽のことを、作曲家マリー・シェーファー(Raymond Murray Schafer 1933 - 2021) が、著書“The Tuning of the World,” (1977. 邦訳：鳥越けい子他 平凡社 1986.)の中で、ムーズックと称し批判している。社会の中に氾濫する意図的な音、恣意的な音から逃れ、音本来のあり方を考察し、感じ方を提案している。

では、このような社会に対して博物館としてどのようなアプローチがあるのだろうか。博物館の目的はものを観ることである。多くは、日常的にはあまり触れることのないものを観せることが多いだろうが、珍しいものが重要なのではなく、いつもの見方とは異なる方法や方向性で観ることに博物館の面白さがある。博物館が成立する以前の時代は、コレクターが世界中から蒐集した事物を家の部屋に飾り付け、人々に見せていた。その世界は、学問的な一貫性など考慮する発想など毛頭なく、とめどもない好奇心が満ちていた。

日常的に氾濫する情報に対して、異なる方法や方向性からの情報をみせるということを考えてどうであろうか。見るという感覚に着目すると、博物館における「もの」そのものが、すでに日常的な情報とは異なるものである。一方、聴く感覚はどうか。博物館を取り巻く音はどうだろうか。博物館で音が展示されることはないわけではない。しかし、その多くは説明音声である。情報社会の、執拗に反復され、協調することによって恣意的に注入される映像や音声を想像するならば、博物館のそれは、ムーズックの延

長線上にあるものだ。反復せず、協調しない音声や映像とはなんだろうか。展示される「もの」とは、一見相容れない音を会場で「展示」する方法を考えなければならない。

このような考察から、展覧会『疎と密 --- 音景 × コレクション』(2021.7.1 ~ 10.3 東京大学総合研究博物館本館)では、当館の17部門のそれぞれの一品を展示するとともに、天井から50本のスピーカーを吊り下げ、そのほかメインスピーカー4台を合わせて、リアルな音環境を実現した。滝の音(国営滝野すずらん国立公園 鱒見の滝)や船岡山で聴こえる大晦日の梵鐘の音を流した。展示物と音の間には何の関連性もない。しかし、この状況の中にはいると、それは滝のある自然の中に展示品を並べ閲覧している状況や、船岡山に展示物を並べて閲覧している状況の想像をかきたてる。博物館や美術館は立派な建物の中に展示品を並べている。自然の中に展示物を展開し、鑑賞することは、その展示物の所有や立派な建物の中に収集された経緯を忘れさせてくれる。展示物に対する新たな視点を提示してくれる可能性が生まれてくる。しかし、実際に自然の中に展示物を展開することは、太陽光、風雨その他の負荷があるために、実現することができないのである。

2022年3月18日~5月8日と2023年3月17日~5月7日の二回、東京タワーの150mの高さにあるメインデッキ1Fという博物館ではないスペースで展示とサウンドスケープの展示を行った。2022年は、江戸切絵図を、2023年はウィーン万国博覧会150周年をテーマとして展示を行なった。これに、48台の天井吊りスピーカーと2台のウーハーを使ってサウンドスケープを実現した。この展示では、録音技術を強化し、12本のマイクを使ってSLが目の前を通過する音を録音し、それを東京タワーの回廊型の展示空間に実現した。

2022年7月、ジャンル・クロスII『導かれるように間違ふ』では、演劇の中にサウンドスケープを取り入れることを試みた。西伊豆の磯の波音を20時間の長時間12チャンネルのマルチトラック録音を行ない、それを劇場に展開した。長時間録音によって、朝昼晩の1日の磯の変化が捉えられる。劇場が開場すると同時に、劇場内に磯の音が流れ始め、劇が終了し、客が帰途へ着くまで、連続した磯の音が途切れることなく流れ続け、ストーリーの起伏を背景音から支える。

『疎と密 --- 音景 × コレクション』で利用した滝の音と、波の音はホワイトノイズ型の音である。都会やビルディングにおけるホワイトノイズ型の音には、空調の音や、劇場の照明装置の音などがある。こういった人工的なホワイトノイズに滝の音、波の音を被せることにより、人工的な空間を自然な空間に変えることができる可能性がある。特に、波の音は緩急があるために、人工空間に流すと自然の音として認識されやすく、人工音のマスキングには適している。

参考ウェブページ：

<http://gbs.um.u-tokyo.ac.jp/soundscape/>



特別展示『疎と密 — 音景 × コレクション』展示風景



西伊豆波の音の録音作業風景

●●●●●●●●●● 第 2 部 ●●●●●●●●●●

画 像 診 断 に お け る AI

座長のことば

(公財)日本国際医学協会 理事
山 崎 力

「画像診断における AI」というテーマでプログラムを構成しました。国際医療福祉大学成田病院放射線科主任教授の桐生茂先生には、「CT、MRI における AI および Radiomics の活用について」、北海道大学大学院医学研究院画像診断学教室准教授の平田健司先生には、「核医学診断・治療における AI の役割」についてお話をいただきました。

医学・医療の画像診断において、Radiomics は、大量の医用画像から抽出した高次元の定量的なデータを用いて、疾患の診断、予後予測、治療効果の評価などを行う技術です。一方、Deep Learning がその中核をなす AI 診断は、ブラックボックスという言葉に代表されるように、論理的な思考過程はコンピューターに任せられ、我々はその全貌を理解することができません。放射線医療において莫大なデータを活用する CT、MRI 検査を例に、両者の関係について、桐生先生にお話をいただきました。

さらに、平田先生からは、Assisted Interpretation (支援された解釈)、Additional Insights (追加の洞察)、Augmented Image (拡張された画像) の3つの概念から、核医学検査の診断・治療領域において、AI が人間の能力を拡張し、より効率的な作業や意思決定を可能にするツールとして広く活用されていることを説明いただきました。

おふたりには、画像診断・治療の未来についても熱く語っていただきました。

講演 I

CT、MRI における AI および Radiomics の活用について



国際医療福祉大学 医学部
放射線医学講座 主任教授
桐 生 茂

画像診断は臨床において病変の診断や予後予測、治療効果判定に用いられるが、病変の位置、大きさや信号強度、造影効果など計測可能な尺度をもって病変が表現される。固形癌の治療効果判定に用いられるレシストにおいても指標として扱うのは病変の大きさである。臨床では、腫瘍内部の不均一さが病変のふるまいと関連することが経験される。同じ種類や大きさの病変であっても内部がより不均一であると悪性度が高く、予後が良好ではないことは稀ではない。しかし臨床においては腫瘍の不均一さを定量的に評価する定まった方法はなかった。近年、医療画像における病変の様々な画像特徴を定量的に扱う radiomics が注目されており、これにより病変の不均一さが定量的に評価可能になった。

Radiomics は放射線医学 “radiology” と網羅的解析を示す “-omics” を合成した用語である。画像における不均一さは腫瘍の増殖能、代謝活性、ゲノムのサブタイプなどに関連があるとされている。Radiomics 解析は病変に関心領域を設定して画像特徴量を抽出する。Radiomics 研究では画像特徴を表すために得られる多くのパラメータを多重共線性による回帰性の不具合を回避するために絞り込み、病変の性状や予後を予測するモデルを構築する。与えられた症例に特化したモデルは、過学習に陥る可能性があるため、外部症例によるモデルの検証は重要になる。

我々は CT における肝細胞癌の不均一性と治療後の予後の関連について radiomics を用いて検討した¹。肝切除前の肝細胞癌を対象として、単純 CT における画像特徴を解析した。5 年生存率および 5 年無病生存率を指標としたところ、radiomics 解析に相関がみられた。ダイナミック CT の radiomics 解析と肝細胞癌切除後の予後につい

でも検討した²。ダイナミック CT では複数撮像が行われるため、出力される画像が単純 CT のみよりも 4 倍の量になる。そのため、モデル構築にはランダムフォレストによる機械学習を用いた。得られたモデルが予後予測に有用であることを示し、さらにダイナミック CT において単純 CT の画像特徴が造影 CT よりも予後予測に意味があることを示した。臨床において肝細胞癌の画像診断において病変の検出にはダイナミック CT が有用であるが、予後予測においては単純 CT の radiomics 解析が有用であることを示した。

慢性肝疾患である非アルコール性脂肪肝炎は非アルコール性脂肪性肝疾患に含まれる病態で、肝繊維や悪性腫瘍などの肝疾患の原因となる。非アルコール性脂肪肝炎の診断は超音波下生検が必要であるが我々は単純 CT の radiomics 解析により非アルコール性脂肪肝炎の予測が可能か検討した³。血中ヒアルロン酸値を用いて肝臓に線維化が進行していないことが予測された群において 94%の正診率が得られた。肝実質の線維化は radiomics に影響を与えることが知られており、線維化の進行が予想された群においては正診率が低く、radiomics 解析は有効ではなかった。線維化が進行していない非アルコール性脂肪肝炎において radiomics 解析は予測に有用であり、肝生検を行う指標として補助的な役割を果たす可能性を示した。

Convolutional Neural Network(CNN)を用いたディープラーニングは日常でも大きなインパクトを示しているが、医学においては放射線医学では最初期より有用性が示されている。ディープラーニングはモデルが画像を直接扱うため、radiomics 情報の入出力がない。我々は肝腫瘍の鑑別、肝線維化の評価、パーキンソン症候群の鑑別などディープラーニングを用いた研究を行った。構築したモデルには画像の不均一さといった radiomics に注目していると推察されるものがあつたが実際にどの特徴に注目していたかは不明であつた。Radiomics は不均一性を人が理解できるようにした尺度であり、ディープラーニングが組み合わせることにより、人が注目していない画像特徴が明らかになることが期待される。ディープラーニングは画像の再構成に用いられ、臨床装置に実装されている。ノイズ除去や画像の高空間分解能化に有用であるが、病変や正常構造を不正確に描出する可能性もあり、導入時にはオンサイトでの検証が必要である⁴。

1. Sci Rep. 2017;7(1):12689.
2. Diagn Interv Imaging. 2018;99(10):643-651.
3. Eur Radiol. 2018;28(7):3050-3058.
4. Radiographics. 2023;43(6):e220133.

講演 II

核医学診断・治療における AI の役割



北海道大学大学院医学研究院 画像診断学教室
北海道大学病院 核医学診療科
平田 健司

「核医学診断・治療における AI の役割」と題した講演を行った。講演の最初の自己紹介で、私は 8 歳頃にプログラミングを始めたことを述べた。当時流行していたスーパーマリオブラザーズ（1985 年発売）やドラゴンクエスト（1986 年発売）といったゲームに魅せられ、これらのゲームを超えるような作品を創るべく、プログラミングの勉強を開始した。当時はインターネット検索もなく、学習リソースは本屋がすべてであった。同じ本を汚くなるまで読んだ。今日ではこうした勉強法はあまり一般的ではないと思われるが、今の勉強法よりも学習効果が高かったように思われる。

その後、2002 年に北海道大学医学部を卒業後は直ちに同大学の核医学教室に入局し、C++や C#を使って PET のビューアーや解析ソフトウェアを作成した。中でも 2014 年に発表した Metavol は、PET/CT の standardized uptake value (SUV)、metabolic tumor volume (MTV)、total lesion glycolysis (TLG) を簡単に測定し、テクスチャー解析もできるフリーソフトウェアとして、これまでに日本、アジア、アメリカ、欧州、北米、南米に多数のユーザーを得ている。2023 年 7 月 14 日現在、66 本の論文が Metavol を引用し、悪性リンパ腫、前立腺癌、脳腫瘍、心サルコイドーシスなど多様な疾患に利用され、多くの研究者の論文作成のお役に立っていると願っている。

2017 年頃からは、第三次 AI ブームが本格的になりつつあるのを見て、自分でも AI 研究を開始し、少しずつ論文を出せるようになってきた。使用言語も C 系から Python に切り替えた。C 系は高速ではあるが、機械学習のライブラリーの豊富さでは Python に軍配が上がる。講演の中ではいくつかの研究成果を紹介した。FDG-PET/CT 画像の

maximum intensity projection (MIP)画像から生理的集積だけを取り出し、逆に元画像からこれを除外することで、病的集積をハイライトする AI¹、乳癌の FDG-PET/CT における腋窩リンパ節転移の診断を補助する AI²、甲状腺癌の症例で T-131 治療前の FDG-PET/CT で転移部位別に腫瘍体積を測定し、臓器ごとに重み付けをして「補正腫瘍体積」を計算することで正確に予後予測するモデル³、腫瘍の診断目的に行われた FDG-PET/CT の心臓部分にテクスチャー解析を適用し、心臓サルコイドーシスの診断を補助する AI⁴、さらに同じ手法によって心臓サルコイドーシスの予後が予測できることを示した論文⁵、等の画質改善に関する研究の暫定結果等を紹介した。

核医学の AI を理解しようとするとき、3 つの AI に分類する方法は理解の一助になる⁶。AI は通常であれば artificial intelligence の略であるが、assisted interpretation, additional insights, augmented image という 3 つの backronym (略号から逆に作るフルレングスの語) を導入する。

assisted interpretation は、人間(専門医)の診断を gold standard (ground truth) とし、人間の診断に近づけることをゴールとした AI である。専門医は現在の診断プロセスをより速く正確に行うために、専門医以外の医師は専門医に近い水準の医療を行うために、AI を使用することができる。骨シンチグラフィーにおける BONENAVI がこれに相当するだろう。

一方、additional insights の概念は、ground truth を人間の診断よりも堅いマーカーに置く。例えば、遺伝子変異や生命予後である。こうすることで、人間の眼に見えないものを見ることが出来る AI を作る事がゴールである⁷。上記で紹介した我々の論文(2)も additional insights の研究である。AI が人間の眼を超えるので、AI が出力した結果を人間が論理的に正誤判定できないのが難点である。仮に、気づかないうちに dataset shift (患者背景の変化など) が生じて AI の性能が低下していたとしても、人間がそのことに気づくことができない。なお、dataset shift は実際に 2020 年の COVID-19 流行時に生じたと報告されている⁸。

augmented image は、画像を与えると画像を返す AI であり、放射線被ばくの低減、PET/MR における吸収補正、短時間撮影といった目的に使用される。ある放射性薬剤を使用して撮影された PET 画像から、別の放射性薬剤の分布を推定する試みもなされている⁹。

講演の最後には、核医学治療における AI の利用の可能性について述べた。現在の核医学治療は、線量測定に基づく患者選択が十分に行われているとは言えない。前立腺癌に対する Lu-177 PSMA 治療の臨床試験 (VISION study) でさえ、PSA の低下は半数以下でしか得られていない。これは、現在核医学治療がかなり安全側に寄せて行われており、多くの症例では投与量不足、治療不足になっているためと指摘されている¹⁰。核医学には theranostics と呼ばれる概念がある。therapy と diagnosis の 2 語を組み合わせた造語である。放射線の治療薬と同じ分布を示す放射線の診断薬を投与して

PET 撮影することで、治療前に薬剤の体内分布を定量的に知ることができる。各臓器の吸収線量を求め、副作用が許容できる範囲内での最大の投与量を決定するためにも有用な情報を与えるだろう。もう 1 つ、AI は新規薬剤の開発においても有力なツールとなる。膨大な化合物の中から有望なものを AI で選別し、“dry” な実験によって、“wet” な実験を減らす試みはすでに多くの研究所、製薬企業等で行われており、このように開発された核医学製剤が実用化される日もそう遠くはないと考えている。

文献

1. Kawakami M, Hirata K, Furuya S, Kobayashi K, Sugimori H, Magota K, Katoh C. Development of Combination Methods for Detecting Malignant Uptakes Based on Physiological Uptake Detection Using Object Detection With PET-CT MIP Images. *Front Med (Lausanne)*. 2020 Dec 23;7:616746. doi: 10.3389/fmed.2020.616746.
2. Li Z, Kitajima K, Hirata K, Togo R, Takenaka J, Miyoshi Y, Kudo K, Ogawa T, Haseyama M. Preliminary study of AI-assisted diagnosis using FDG-PET/CT for axillary lymph node metastasis in patients with breast cancer. *EJNMMI Res*. 2021 Jan 25;11(1):10. doi: 10.1186/s13550-021-00751-4.
3. Uchiyama Y, Hirata K, Watanabe S, Okamoto S, Shiga T, Okada K, Ito YM, Kudo K. Development and validation of a prediction model based on the organ-based metabolic tumor volume on FDG-PET in patients with differentiated thyroid carcinoma. *Ann Nucl Med*. 2021 Nov;35(11):1223-1231. doi: 10.1007/s12149-021-01664-x. Epub 2021 Aug 11.
4. Manabe O, Ohira H, Hirata K, Hayashi S, Naya M, Tsujino I, Aikawa T, Koyanagawa K, Oyama-Manabe N, Tomiyama Y, Magota K, Yoshinaga K, Tamaki N. Use of 18F-FDG PET/CT texture analysis to diagnose cardiac sarcoidosis. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2019 Jun;46(6):1240-1247. doi: 10.1007/s00259-018-4195-9. Epub 2018 Oct 16.
5. Manabe O, Koyanagawa K, Hirata K, Oyama-Manabe N, Ohira H, Aikawa T, Furuya S, Naya M, Tsujino I, Tomiyama Y, Otaki Y, Anzai T, Tamaki N. Prognostic Value of 18F-FDG PET Using Texture Analysis in Cardiac Sarcoidosis. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2020 Apr;13(4):1096-1097. doi: 10.1016/j.jcmg.2019.11.021. Epub 2020 Jan 15.
6. Hirata K, Sugimori H, Fujima N, Toyonaga T, Kudo K. Artificial intelligence for nuclear medicine in oncology. *Ann Nucl Med*. 2022 Feb;36(2):123-132. doi: 10.1007/s12149-021-01693-6. Epub 2022 Jan 14.

7. Gillies RJ, Kinahan PE, Hricak H. Radiomics: Images Are More than Pictures, They Are Data. *Radiology*. 2016 Feb;278(2):563-77. doi: 10.1148/radiol.2015151169. Epub 2015 Nov 18.
 8. Finlayson SG, Subbaswamy A, Singh K, Bowers J, Kupke A, Zittrain J, Kohane IS, Saria S. The Clinician and Dataset Shift in Artificial Intelligence. *N Engl J Med*. 2021 Jul 15;385(3):283-286. doi: 10.1056/NEJMc2104626.
 9. Wang R, Liu H, Toyonaga T, Shi L, Wu J, Onofrey JA, Tsai YJ, Naganawa M, Ma T, Liu Y, Chen MK, Mecca AP, O'Dell RS, van Dyck CH, Carson RE, Liu C. Generation of synthetic PET images of synaptic density and amyloid from 18 F-FDG images using deep learning. *Med Phys*. 2021 Sep;48(9):5115-5129. doi: 10.1002/mp.15073. Epub 2021 Jul 27.
 10. EANM Radiobiology Working Group:: Pouget JP, Konijnenberg M, Eberlein U, Glatting G, Gabina PM, Herrmann K, Holm S, Strigari L, van Leeuwen FWB, Lassmann M. An EANM position paper on advancing radiobiology for shaping the future of nuclear medicine. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2023 Jan;50(2):242-246. doi: 10.1007/s00259-022-05934-2.
-

発行人 石橋 健一

編集委員 伊藤 公一、近藤 太郎、市橋 光、村上 貴久
永井 良三、炭山 和毅、谷口 郁夫、山崎 力

編集事務 早川 裕子、西山 敏夫

発行所 公益財団法人日本国際医学協会

〒154-0011 東京都世田谷区上馬 1-11-9-3F

TEL03(5486)0601 FAX03(5486)0599

E-mail: imsj@imsj.or.jp URL: <https://www.imsj.or.jp/>

発行日 2023年7月31日

ISSN 0535-1405

No.518



INTERNATIONAL MEDICAL NEWS

International Medical Society of Japan

Since 1925

July 31, 2023



Published by International Medical Society of Japan,

Chairman, Board of Directors: Kenichi Ishibashi, MD, PhD

Editors: K. Ito, MD, PhD, T. Kondo, MD, PhD,

K. Ichihashi, MD, PhD, T. Murakami, PhD, R. Nagai, MD, PhD,

T. Sumiyama, MD, PhD, I. Taniguchi, MD, PhD, and T. Yamazaki, MD, PhD

1-11-9-3F Kamiuma, Setagaya-ku,

Tokyo 154-0011, Japan.

TEL: 03(5486)0601 FAX: 03(5486)0599 E-mail: imsj@imsj.or.jp <https://www.imsj.or.jp/>

The 459th International Symposium on Therapy

The 459th International Symposium on Therapy was held by the Zoom Webinar on May 18, 2023. Dr. Hirohisa Murakami, Director of the International Medical Society of Japan (IMSJ), presided over the meeting.

AI in diagnostic imaging

Introductory Message from the Chair

Tsutomu Yamazaki, MD, PhD

Director, IMSJ

【Discourse】

Soundscapes and Exhibitions - Techniques and Prospects

Hirohisa Mori Ph.D

Associate Professor

The University Museum, the University of Tokyo

Lecture I

Use of AI and radiomics in CT and MRI

Shigeru Kiryu

Chief and professor of Department of Radiology

Department of Radiology,

International University of Health and Welfare Narita Hospital

Lecture II

The role of AI in nuclear medicine diagnosis and therapy

Kenji Hirata, MD, PhD

Associate Professor

Department of Diagnostic Imaging, Graduate School of Medicine,

Hokkaido University, Sapporo, Japan

I gave a talk titled "The Role of AI in Nuclear Medicine Diagnosis and Therapy." In my self-introduction at the beginning of my talk, I mentioned that I started programming when I was around 8 years old. I was fascinated by games such as Super Mario Bros. (released in 1985) and Dragon Quest (released in 1986), which were popular at the time, and started studying programming to create something that would surpass these games.

At the time, there was no Internet search, and bookstores were all the learning resources I could find. I read the same books until they became dirty. This method of study is not so common today, but it seems to have been more effective than today's study methods.

After graduating from Hokkaido University School of Medicine in 2002, I immediately joined the Department of Nuclear Medicine at the same university, where I created PET viewer and analysis software using C++ and C#. Among them, Metavol, which I released in 2014, can easily used to measure SUV, MTV, and TLG of PET/CT, and can also perform texture analysis. As of July 14, 2023, 66 papers citing Metavol have been published in various diseases such as malignant lymphoma, prostate cancer, brain tumors, and cardiac sarcoidosis. I hope that Metavol has been helpful to many researchers in the preparation of their papers.

Around 2017, seeing the third AI boom coming into full swing, I started my own AI researches and gradually became capable to publish scientific papers. I started to use Python instead of C/C++. Although C/C++ is faster, Python is superior in terms of the richness of machine learning libraries. I introduced several research results: an AI that highlights pathological accumulation by extracting only physiological accumulation from maximum intensity projection (MIP) images of FDG-PET/CT images and conversely excluding it from the original images¹, an AI that diagnoses pathological accumulation in FDG-PET/CT images of breast cancer², a model that accurately predicts prognosis in thyroid cancer cases by measuring tumor volume by metastatic site in FDG-PET/CT before I-131 treatment and calculating "corrected tumor volume" by weighting each organ³, an AI that applied texture analysis to the cardiac portion of FDG-PET/CT performed for the diagnosis of tumors to aid in the diagnosis of cardiac sarcoidosis⁴, a paper showing that the same technique can predict the prognosis of cardiac sarcoidosis⁵, and preliminary results of a study on improving image quality.

When trying to understand AI in nuclear medicine, a classification into three types of AI is helpful⁶. AI usually stands for artificial intelligence, but we introduce three backronyms (full-length words made from abbreviations in reverse): assisted interpretation, additional insights, and augmented image. Assisted interpretation is AI that uses human diagnosis as the gold standard (ground truth), with the goal of approaching human diagnosis. The goal of the AI is to approximate the human diagnosis. Specialists can use AI to make the current diagnostic process faster, more efficient, and more accurate, while non-specialists can use AI to provide a level of care similar to that of specialists. BONENAVI in bone scintigraphy would be an example. The concept of additional insights, on the other hand, places the ground truth at markers that are more rigid than human diagnosis. For example, genetic mutations or prognosis. In this way, the goal is to create an AI that can see what the human eye cannot⁷. Our paper²

introduced above is also a study of additional insights, but the drawback is that since AI is beyond the human eye, humans cannot logically judge the results of AI output as correct or wrong. Even if AI performance deteriorates due to unnoticed dataset shifts (e.g., changes in patient background), humans cannot notice this⁸. The augmented image is an AI that returns an image when given an image, and is used to reduce radiation exposure, to correct absorption in PET/MR, and to perform shorter-time imaging. Attempts have also been made to estimate the distribution of different radiopharmaceuticals from PET images taken with one radiopharmaceutical⁹.

I concluded my talk by discussing the potential use of AI in nuclear medicine therapy. Current nuclear medicine therapy does not make use of dosimetry and many cases are under-dosed and under-treated¹⁰. Nuclear medicine has a concept called theranostics, a term coined by combining the words therapy and diagnosis. It would also give useful information by AI to determine the absorbed dose for each organ and to determine the maximum dose within which side effects are acceptable.

1. Kawakami M, Hirata K, Furuya S, Kobayashi K, Sugimori H, Magota K, Katoh C. Development of Combination Methods for Detecting Malignant Uptakes Based on Physiological Uptake Detection Using Object Detection With PET-CT MIP Images. *Front Med (Lausanne)*. 2020 Dec 23;7:616746. doi: 10.3389/fmed.2020.616746.
2. Li Z, Kitajima K, Hirata K, Togo R, Takenaka J, Miyoshi Y, Kudo K, Ogawa T, Haseyama M. Preliminary study of AI-assisted diagnosis using FDG-PET/CT for axillary lymph node metastasis in patients with breast cancer. *EJNMMI Res*. 2021 Jan 25;11(1):10. doi: 10.1186/s13550-021-00751-4.
3. Uchiyama Y, Hirata K, Watanabe S, Okamoto S, Shiga T, Okada K, Ito YM, Kudo K. Development and validation of a prediction model based on the organ-based metabolic tumor volume on FDG-PET in patients with differentiated thyroid carcinoma. *Ann Nucl Med*. 2021 Nov;35(11):1223-1231. doi: 10.1007/s12149-021-01664-x. Epub 2021 Aug 11.
4. Manabe O, Ohira H, Hirata K, Hayashi S, Naya M, Tsujino I, Aikawa T, Koyanagawa K, Oyama-Manabe N, Tomiyama Y, Magota K, Yoshinaga K, Tamaki N. Use of 18F-FDG PET/CT texture analysis to diagnose cardiac sarcoidosis. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2019 Jun;46(6):1240-1247. doi: 10.1007/s00259-018-4195-9. Epub 2018 Oct 16.
5. Manabe O, Koyanagawa K, Hirata K, Oyama-Manabe N, Ohira H, Aikawa T, Furuya S, Naya M, Tsujino I, Tomiyama Y, Otaki Y, Anzai T, Tamaki N. Prognostic Value of

- 18F-FDG PET Using Texture Analysis in Cardiac Sarcoidosis. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2020 Apr;13(4):1096-1097. doi: 10.1016/j.jcmg.2019.11.021. Epub 2020 Jan 15.
6. Hirata K, Sugimori H, Fujima N, Toyonaga T, Kudo K. Artificial intelligence for nuclear medicine in oncology. *Ann Nucl Med*. 2022 Feb;36(2):123-132. doi: 10.1007/s12149-021-01693-6. Epub 2022 Jan 14.
 7. Gillies RJ, Kinahan PE, Hricak H. Radiomics: Images Are More than Pictures, They Are Data. *Radiology*. 2016 Feb;278(2):563-77. doi: 10.1148/radiol.2015151169. Epub 2015 Nov 18.
 8. Finlayson SG, Subbaswamy A, Singh K, Bowers J, Kupke A, Zittrain J, Kohane IS, Saria S. The Clinician and Dataset Shift in Artificial Intelligence. *N Engl J Med*. 2021 Jul 15;385(3):283-286. doi: 10.1056/NEJMc2104626.
 9. Wang R, Liu H, Toyonaga T, Shi L, Wu J, Onofrey JA, Tsai YJ, Naganawa M, Ma T, Liu Y, Chen MK, Mecca AP, O'Dell RS, van Dyck CH, Carson RE, Liu C. Generation of synthetic PET images of synaptic density and amyloid from 18 F-FDG images using deep learning. *Med Phys*. 2021 Sep;48(9):5115-5129. doi: 10.1002/mp.15073. Epub 2021 Jul 27.
 10. EANM Radiobiology Working Group;; Pouget JP, Konijnenberg M, Eberlein U, Glatting G, Gabina PM, Herrmann K, Holm S, Strigari L, van Leeuwen FWB, Lassmann M. An EANM position paper on advancing radiobiology for shaping the future of nuclear medicine. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2023 Jan;50(2):242-246. doi: 10.1007/s00259-022-05934-2.