HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	FDG-PETを用いた脳ブドウ糖代謝率測定における人工知能を活用した非侵襲的測定方法に関する研究［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	川内, 敬介
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(医理工学)
Dissertation Number	甲第15974号
Issue Date	2024-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/92246
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Kawauchi_Keisuke_review.pdf, 審査の要旨



Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称　　博士（医理工学）　　氏 名　　川内　敬介

審査担当者
主査　　教授　加藤　千恵次
副査　　教授　石川　正純
副査　　教授　合川　正幸

学位論文題名

FDG-PET を用いた脳ブドウ糖代謝率測定における人工知能を活用した非侵襲的測定方法に関する研究
(Studies on non-invasive measurement method using artificial intelligence in measuring cerebral metabolic rate of glucose using FDG-PET)

^{18}F-FDG ダイナミック脳 PET 検査は脳組織内のブドウ糖代謝量を定量画像として算出する検査だが、現状の解析法では、60 分間のダイナミック PET の撮像中に連続動脈血採血を実施し、動脈血漿の時間放射能曲線を得る作業が必要である。これは被検者に侵襲を与え、採血を行う医師も多量の被曝を受ける。そこで本研究ではダイナミック脳 PET 画像から動脈血漿の時間放射能曲線を人工知能のアルゴリズムを利用して算出する方法を考案し、非侵襲的に脳ブドウ糖代謝定量画像を得る研究を行った。川内敬介君は、人工知能のプログラム作成に必要な Python 言語を修得し、畳み込みニューラルネットワーク(CNN)による Deep learning の学習アルゴリズムを作成した。28 例のダイナミック脳 PET 画像と動脈血漿放射能曲線のデータを CNN に学習させ、別の 29 例のダイナミック脳 PET 画像から動脈血漿放射能曲線を非侵襲的に推定し、従来法と同等の脳ブドウ糖代謝定量画像を得ることに成功した。さらに CNN が PET 画像中のどの領域に注目して動脈血漿放射能曲線を推定したか可視化する Class Activation Mapping (CAM) のプログラムも自ら開発し、優れた研究成果を得た。この研究はダイナミック PET 検査のみに限らず、CT や MRI など、造影剤などを投与しながら撮像した様々なダイナミック医用画像から、人工知能のアルゴリズムを利用して、画像診断をさらに発展させる定量画像の推定が可能になることが期待される。

合川教授より、現状の人工知能はあくまでもサポートツールの域を出ないと思うが、本研究のように人工知能で動脈採血にとって代わるのはリスクがあるのではないかとの質問があり、確かに難しいことではあるが、学習に使用するデータを増加させることで精度を向上させることや動脈採血よりも侵襲性の低い静脈採血などの他の実データで代用したうえで人工知能による推定を実施するなどのアプローチが考えられるという旨の回答がなされた。

続いて石川教授より、腕に装着する小型検出器を開発する動脈血漿中の放射能量を直接測定するアプローチなどが考えられるのではないかとの質問があり、そのような装置が実現できれば動脈採血に置き換えることが可能かもしれないとの回答がなされた。また、^{18}F-FDG を用いた全身 PET 検査画像などであればより太い動脈の情報が得られるため学習データの増加に有効ではないかとの質問があり、こちらも有効な可能性があるという旨の回答がなされた。さらに、学習用データには 29 症例の各 22 フレームのダイナミックデータのうち、すべてのスライスのデータを使用したのかとの質問があり、各フレームの中から内頚動脈が最も明瞭に描写されている 1 スライスのみを使用しており、各症例につき 22 スライスの画像を使用している旨の回答がなされた。

最後に加藤より、プログラミングをする上での今回の研究のポイントは何かとの質問をしたところ、CAM を用いた人工知能の判断根拠の可視化に際して、通常の CAM では人工知能の注目部を 0%から 100%の連続的なカラースケールで表現するが、本研究においては敢えて注目度 70%以上の領域とそれ以下の領域の 2 色だけで可視化することによって人工知能が判断の際に特に重視した領域を重点的に可視化するためのコードを作成したとの回答がなされた。また、時系列データの扱いに特化した LSTM などのアルゴリズムを用いることでさらに性能が向上する可能性があるのではないかと質問したところ、確かに時系列的な変化を考慮することで性能が向上する可能性もあるが、症例数が少ない現状では時系列データとして扱うことでさらに学習に使用できるデータが減少してしまうため学習が困難になる可能性がある旨の回答がなされた。

審査員一同は、これらの成果を高く評価し、大学院課程における研鑽や修得単位なども併せ、申請者が博士（医理工学）の学位を受けるのに充分な資格を有するものと判定した。