



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	脊柱側弯症におけるロッド曲線形状が3次元体表面に与える影響 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	小甲, 晃史
Description	配架番号 : 2606
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(医学)
Dissertation Number	甲第14488号
Issue Date	2021-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/81868
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Terufumi_Kokabu_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士（医 学） 氏 名 小甲晃史

	主査	教授	矢部	一郎
審査担当者	副査	教授	生駒	一憲
	副査	教授	田中	真樹

学 位 論 文 題 名

脊柱側弯症におけるロッド曲線形状が3次元体表面に与える影響

(Impact of the rod shape in scoliosis surgery on the back surface)

申請者は側弯症患者の評価ツールとして、3D デプスセンサ画像から背表面の非対称性を検出するシステムを開発し検証した。原理検証試験では非対称性指数と X 線 Cobb 角との相関係数は 0.88 であり、多施設前向き臨床試験では相関係数 0.85 であった。更に、そのシステムに人工知能を組み入れることで相関係数は 0.91 に向上していた。また側弯症手術用プリベントロッド作成のため、過去に手術で使用されたロッド形状から、長さを考慮し、至適ロッド形状 10 種類を導出した。そのプリベントロッド使用の際に必要な椎間可動性が、椎間関節切除術により得られることを *in vivo* の検証で確認した。

審査にあたり、副査の生駒教授より本研究における 3D デプスセンサで被検者を撮影する際の被検者から得られるデータに関しての質問があった。申請者は被検者が前屈時の背表面を撮影し、その形状の 3 次元点群像を得ていると答えた。また人工知能を用いたシステムの機器としての大きさに関する質問があった。申請者は人工知能を用いたシステムは学習済みのデータをソフトウェアに実装して使用するため、特別なハードウェアが必要ではなく、パソコンと 3D デプスセンサで予測コブ角が算出可能であると答えた。椎間関節切除術がプリベントロッドを使用する際に必須の手技かという質問があった。申請者は必ずしも必須の手技ではないが、椎間可動性が不十分な場合は無理な矯正による骨折等のリスクもあるため、プリベントロッド使用には椎間関節切除術施行が前提となると答えた。副査の田中教授からは人工知能を用いたコブ角の予測に関して、側弯の部位予測に関する質問があった。申請者は今回の人工知能アルゴリズムで側弯の部位予測に関して検証した結果、胸椎カーブの予測 Cobb 角と実際の胸椎 Cobb 角との相関係数は 0.83 であったが、胸腰椎・腰椎カーブの予測 Cobb 角と実際の胸腰椎・腰椎カーブの Cobb 角との相関係数は 0.7 以下であり側弯の部位予測には限界があると答えた。更に Cobb 角の予測精度向上のため、年齢、性別、身長などの要素の学習に関する質問があったが、現在の畳み込みニューラルネットワークでは不可能なため、別なニューラルネットワークの構築が必要であり、工学部の共同開発者と相談が必要であると答えた。また、学校検診における精度向上のための正常例や低角度例のデータ収集に関する質問があった。申請者は当院の側弯外来初診患者でも一定数の正常例お

よび低角度例もあり、データを収集していると答えた。主査の矢部教授より、3D デプスセンサのシステムの検診での使用に関する質問があった。申請者は現時点では検診での精度を保証しているものではなく、側弯角の角度計の位置付けであるため、今後側弯検診で大規模臨床試験を行う必要があると答えた。また人工知能を用いた Cobb 角予測精度において、15° のカットオフ値で 25° 以上の症例 1 例を検出できなかったことに関する質問があった。申請者は側弯症患者の胸郭回旋変形が前屈姿勢で目立ち、それをシステムで検出しているが、側弯があっても回旋変形が弱い場合、実際より低値の予測 Cobb 角となる可能性があるかと答えた。側弯症のプリベントロッドに関しては、手術成績に関する質問があった。申請者はプリベントロッドの方が以前の曲げを行っていたロッドに比べて、固いカーブを持つ側弯症においても矯正時のロッド変形が少なく、矯正率が向上しており、手術成績が一定していると答えた。更にプリベントロッド使用による呼吸機能改善に関する質問があった。申請者は呼吸機能に影響を及ぼす Cobb 角は通常 80° 以上であり、今回プリベントロッドを作成する際のワーストケースでも 80° 程度の側弯症であった。そのためプリベントロッド使用は基本的に 80° 以下で考えており、使用した症例においてはプリベントロッドと以前の曲げを加えたロッドと呼吸機能改善に差のないことが予測されると答えた。また現在開発している成人脊柱変形に対するプリベントロッドに関して二次的後弯症にも使用できるかという質問があった。申請者は加齢変化による後弯症には使用する適応があるが、パーキンソン病などの後弯症を手術する場合、矯正時のロッド変形が少ないプリベントロッドは逆に **implant failure** が多くなり適応でない可能性があるかと答えた。

この論文は、3D デプスセンサ背表面画像による特発性脊柱側弯症を検出するシステムの開発とその有効性を示す論文である。加えて、回帰型畳み込みニューラルネットワークを組み込むことで精度向上も成し得ている。さらに至適ロッド形状 10 種類を見出し、プリベントロッドの開発にも成功している。これらの成果はすでに複数の論文で公表済みである。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取得単位なども併せ、申請者が博士 (医学) の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判定した。