論文審査の要旨および学識確認結果

報告番号	㊙／乙第　　号	氏　名	Mohammad Aimaduddin Atiq bin Kamisan

論文審査担当者：				
	主査	慶應義塾大学教授	博士(工学)	高野　直樹
	副査	慶應義塾大学教授	博士(工学)	荻原　直道
		慶應義塾大学准教授	博士(工学)	竹村　研治郎
		慶應義塾大学准教授	博士(工学)	宮田　昌悟

(論文審査の要旨)

Bachelor of Mechanical Engineering, Master of Medical Engineering Science, Mohammad Aimaduddin Atiq bin Kamisan 君の学位請求論文は “Biomechanical Study of Drilling Trabecular Bone and Lifting Maxillary Sinus Membrane in Oral Implant Surgery”（口腔インプラント手術における海綿骨ドリリングと洞底粘膜挙上に関する生体力学的研究）と題し、全 7 章で構成されている。

歯を失った際の治療法の一つである口腔インプラントは年々増加している反面、医療トラブルの件数も増え、国内で死亡事例も出ている。歯科学会の調査結果から、下顎骨のドリリング時の下顎管内の下歯槽神経損傷と上顎骨サイナスリフト時の洞底粘膜損傷による上顎洞炎症あるいはインプラント迷入の防止が急務であることがわかる。ともに暗視野で行われる術式であり、ミスを防ぐには医師が手で感じる力覚が重要となる。本研究では、力覚の定量化、および力覚を再現する口腔インプラント手術シミュレーターの開発を目指し、新鮮屍体を用いた計測と有限要素法による数値シミュレーションによるアプローチをとり、下顎骨ドリリング手術シミュレーターは歯科大学における演習授業にも登用され、力覚に関する新しい知見を得ている。

第 1 章は序論であり、研究の動機づけと目的を述べている。

第 2 章では口腔インプラント手術と対象となる骨および洞底粘膜の概要、ならびに確率的マルチスケール有限要素法による海綿骨ドリリング荷重の予測に関する過去の成果をレビューしている。

第 3 章と第 4 章は下顎骨ドリリングに関する研究成果を述べている。まず、第 3 章では、本研究で開発した下顎骨ドリリングに関する力覚体感型手術シミュレーターの装置設計、臨床医による評価、ならびに模型との比較の結果を述べている。新鮮屍体に対するドリリング荷重の計測結果から、皮質骨貫通時の力覚を得た後、熟練医による評価に基づき装置のチューニングを行った。次に、経験の異なる 7 名の臨床医による評価を行い、ドリリング時の力覚を決定している因子は荷重値、ドリリング速度および医師の手術経験が関与していることを示した。模型との比較においては、ドリリング速度が模型では非現実的であることを明らかにした。

第 4 章では、開発した手術シミュレーターを歯科大学において 24 名の学生に対する演習授業において使用し、手術経験がない学生でも力覚の主要な特性を理解できることを実証した。

第 5 章と第 6 章では上顎骨に対するサイナスリフトで問題となる洞底粘膜の力学的特性および血流阻害や粘膜破断につながるひずみ分布を得ている。第 5 章では、新鮮屍体より採取する洞底粘膜に対するサイナスリフト術を模擬する実験装置を開発している。破れやすい薄い粘膜を装置にセットする際に、医師が容易に扱えるように工夫されている。

第 6 章では、新鮮屍体による計測結果、非線形有限要素解析による洞底粘膜の材料モデルのキャリブレーションを行った上で、挙上時に粘膜に生じるひずみ分布を計算している。粘膜表面に発生するひずみであれば計測の可能性もあるが、挙上に用いる手術器具先端が半球状でない場合には、粘膜内部に発生するせん断ひずみが血流阻害に深く関連するという知見を得た。

第 7 章は結論であり、本研究で初めて得られた知見および課題点の整理を行った。

以上、本論文は、下顎および上顎に対する口腔インプラント手術の際に医師が感じる力覚に関する定量的な研究を独創的な実験装置の開発および数値シミュレーションにより行ったものであり、多くの新しい知見を得ている。社会還元まで見据えた独創的なアプローチは工学上寄与するところが大きく、歯科医学教育にとっても価値も高いものと認められる。よって、本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。

学識確認結果	学位請求論文を中心にして関連学術について上記審査委員会委員で試問を行い、当該学術に関し広く深い学識を有することを確認した。 また、語学（英語）についても十分な学力を有することを確認した。