

平成 22 年 5 月 20 日現在

研究種目：基盤研究 (C)
研究期間：2007 ～ 2009
課題番号：19500437
研究課題名 (和文) 超薄膜磁界センサを用いたモーションキャプチャーシステムによる嚥下時喉頭機能の解析
研究課題名 (英文) Analysis of a larynx function at swallowing by the motion capture system using a super-thin film magnetic field sensor
研究代表者 狩野 充浩 (KANO MITSUHIRO) 東北大学・大学院歯学研究科・大学院非常勤講師 研究者番号：10412936

研究成果の概要 (和文)：本研究の目的は嚥下における舌骨、喉頭蓋等の詳細な動きを解明することである。そのために複数の小型磁気マーカを用いた生体内でも使用可能な磁気式のモーションキャプチャーシステムを用いて実験動物 (ウサギ) の生体内において 3 次元的位置検出が可能なことを確認し、ウサギの安静時の嚥下における舌骨、喉頭蓋の詳細な動きについて基礎データの採取を行なった。

研究成果の概要 (英文)：The aim of this study was to measurement movement of hyoid and epiglottis at swallowing. In this study, It was revealed that three-dimensional position detection was possible in the living body of laboratory animals (rabbit) using some capture wireless magnetic markers in the magnetic motion capture system and date sampling of the movement of hyoid and epiglottis at swallowing was performed.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2008 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2009 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	2,800,000	840,000	3,640,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：解析評価、リハビリテーション、生体物理

1. 研究開始当初の背景

嚥下に関連する口腔、咽頭、喉頭の機能は、生活を営む上で、生理的な問題ばかりでなく、社会的にも必要不可欠な機能である。

近年の高齢化社会において、高齢者の死因の 1 つとして注目されている誤嚥性肺炎の原因菌に口腔内細菌が含まれていることや、口腔機能との連動で嚥下が成立するなどの点

から歯科においても重要な役割が期待されている嚥下機能について、複数の小型永久磁石をマーカとして生体内でも使用が可能な磁気式のモーションキャプチャーシステムを用いて嚥下に関わる舌骨、喉頭蓋などの器官の詳細な動きを解析することを目指した。

モーションキャプチャーシステムは、磁気式のものばかりでなく、LED 光源および CCD カ

メラを用いた光学式のものも含め、世界的に研究が進められており、医療の分野ばかりではなく、工学の分野、芸術の分野においても、その技術開発が活発に進められている。我々は、生体内の利用が可能な磁気式システムの分野において研究を進めており、世界に先駆けて、複数の小型永久磁石をマーカとする直流磁界式モーションキャプチャーシステムを完成させた。位置精度のさらなる向上のため、交流磁界式システムの開発にも着手し、有線の交流磁界式システムの開発にも成功した。今回は、この交流磁界式生体内モーションキャプチャーシステムでの基本技術に加え、我々が開発に成功した室温で動作する磁界センサとしては世界最高感度を有する高周波キャリア型薄膜磁界センサを導入することにより、位置検出精度の向上ばかりではなく、小型化にも成功したため、従来装置のように大がかりな磁界センサユニットを外部に設置する必要がなくなった。

本研究においてそのような磁気式モーションキャプチャーシステムを使用する利点としては

- ①磁気式であるため、咽頭、喉頭という遮蔽された空間でも使用可能であること
- ②従来システムではひとつに限られていた磁気マーカの運動を、複数のマーカに対し、同期的に捕捉することができるため、口腔、咽頭、喉頭全体の動きを点ではなく、立体として3次元的に測定することが可能であること
- ③従来システムでは外部に大がかりな磁界センサユニットを必要としたが、磁気マーカおよび磁界センサユニットの小型化により、ウサギなどの小動物に使用可能で、かつヒトにおいても違和感の少ない、機能に影響しないように設置が可能であること
- ④磁気マーカとして利用する薄膜コイルに対し、それぞれ異なった固有周波数を割り振ることにより、位置検出精度が向上すること、などがある。

本装置を用いて頭位の変化の影響や病的变化の嚥下に対する影響を含め、嚥下機能を詳細に解明することは、誤嚥の診断や予防につながり、非常に重要な意味を持つ。解析の中で誤嚥を生じる最も重要な要因を明らかにすることができれば、予防処置、介護方法の新たな知見、さらには治療方法の開発にもつながる。特に寝たきりの患者や、病気により正常な頭位、姿勢で嚥下ができない場合、誤嚥につながるかどうかという基本的な知識は看護、介護においても重要である。さらには頭頸部の病的な既往歴、年齢要因などから嚥下の問題を予防的に対処することができれば誤嚥性肺炎による死亡を防ぐ事も可能になる。このような研究は、世界的にみても殆ど行われておらず、医療分野だけでなく

社会的にも、その意義は非常に大きいものである。

2. 研究の目的

本研究グループでは、今までに多数のヒト剖検症例を用い、喉頭蓋、舌骨など嚥下に関連する器官の加齢変化を肉眼及び組織形態学的に検討してきた。その結果として舌骨は加齢に伴う骨性の癒合から可動性の低下と変形があること、喉頭蓋では、喉頭蓋の主な構成組織である喉頭蓋軟骨（弾性軟骨）が加齢に伴い石灰化すること、特に高齢男性において著明に喉頭蓋軟骨の石灰化が進行することを明らかにし、それらの嚥下機能への影響について考察した。一方で嚥下に関する機能的な研究については、X線を用いた方法による喉頭蓋の動きなどが検討されてきた。しかし喉頭蓋の病的変化の有無など個体差を明確にできないことやX線の被爆量を考え回数や症例数には限界があるため、舌骨、喉頭蓋の動きや加齢変化と誤嚥の関連については未だ明確な知見が得られていないのが現状である。

嚥下は、舌骨、喉頭蓋など多数の器官の複合的な働きで成り立つ。それらの器官の詳細かつ3次元的な動きについて多角的な解析を行なうことを目的として生体内でも使用が可能な磁気式のモーションキャプチャーシステムを用いてこれら嚥下に関わる器官のデータ採取、解析を行なうことを目標とした。

3. 研究の方法

今回使用するモーションキャプチャーシステムでは最新技術によって開発された複数の共振振動数の異なる超小型磁気マーカを用いて計測、データ解析を行なった。そのようなマーカを使用することによりマーカ相互間の磁場干渉が減少し、精度の高い計測が可能になった。更に動作解析に最も適した位置にセンサを配置し、センサ信号処理装置からの3次元データをリアルタイム表示できる動作解析用ソフトウェアの開発を行い、動作解析装置全体の正常動作の確認を行った。（図1参照）

実験動物にはウサギを用いて計測に先立ってあらかじめ外科的処置によって生体内の計測部位にモーションキャプチャーシステムのマーカを埋入した。その際同時に目的とする計測部位以外にも頭蓋の3箇所にもマーカを設置することにより、基準面を設定し、それに対する各計測部位の3次元的な動きを解析して生体内での位置検出が確実に行なえるようにした。外科的処置後は創部の治癒を待つために一定期間ウサギの経過観察を行ないマーカが埋入された部位に炎症、肉芽組織の形成などの異常所見がないことを確認した後、嚥下反射が消失しない深度の浅

い麻酔を行なって専用の固定装置で固定して計測を行なった。計測は、磁場、電波、振動などの影響を受けない環境で行なう必要があるため、それらが遮蔽された専用の部屋で行い、その際にウサギに嚙下させるものは水、軟食、硬食とした。(図2参照)

図1 動作解析装置の概略図

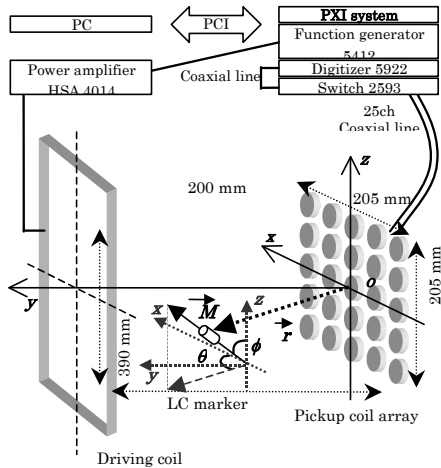
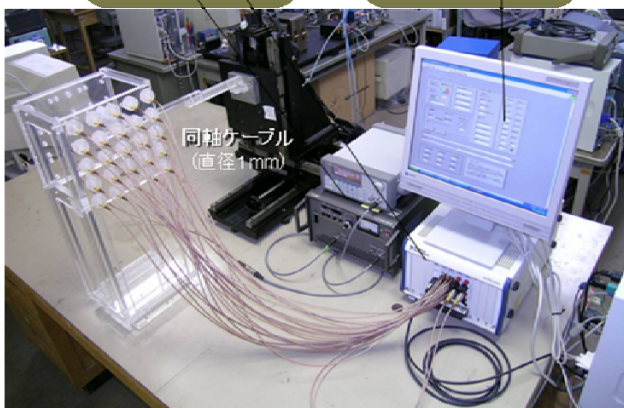
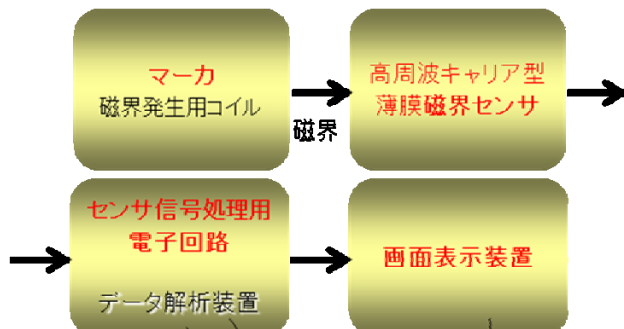


図2 本研究で使ったモーションキャプチャーシステムの概略図



4. 研究成果

実際にウサギにモーションキャプチャーシステムを使用して舌骨、喉頭蓋の基礎データを収集する前の予備実験として磁気マ

カの装着方法や装着場所、マーカを装着する際の動物への外科的侵襲による影響等を確認するために、事前にプラスチックでほぼ同じ大きさの模擬マーカを製作し実際の実験で使用するものと同年齢のウサギ(日本白色家兔、メス、体重3.35kg)の必要な部位に装着して装着方法と装着後の経過に問題がないことを確認した。

次に実際に磁気式モーションキャプチャーシステムのマーカの生体内に埋入した時の有害性や腐食の有無やデータの採取に問題がないかどうかを確認するためウサギの生体内にマーカを埋入し、一定期間経過を観察した後生体内で3次元的位置検出が可能であることを確認した。2週間の埋入では特に目立った腐食等はみられなかった。データの採取後にはマーカ埋入場所の周囲組織を切除し通法に従ってパラフィン包埋を行って組織切片を作成し、周囲組織の反応を確認した。装置を使った実験の際にはウサギの耳介の静脈を確保し、ネブタールを用いて浅い麻酔を行ない発砲スチロール製の固定台にゴムバンドで固定してデータ採取を行った。その上でウサギの安静時の嚙下における舌骨、喉頭蓋の基礎データの採取を行なった。

今回の結果をふまえた今後の検討課題として頭位の変化に対して嚙下時の舌骨、喉頭蓋の動きがどう影響を受けるか、健康ウサギで頭部の屈曲時、伸展時、回旋時におけるデータを採取し、その影響を検討することと、一定期間飼育した高齢ウサギにおける喉頭蓋弾性軟骨の石灰化などの喉頭部の病的変化がどう影響を与えるかについて組織学的評価を含めて検討し若年ウサギとの違いを比較検討することを予定している。その際には長期間飼育した高齢ウサギを使用するためその飼育を継続して行なっている。

更に病的変化の嚙下機能に対する影響については喉頭部の知覚の障害との関連について検討するため、喉頭蓋の知覚に関わる迷走神経あるいは舌咽神経を切断した状態での喉頭蓋の動きについてデータを採取し、切断前との違いを比較検討することや、口腔、頸部の筋の障害と嚙下機能の関連について体系的に検討をするため頸部筋組織の一部を切断した状態における喉頭蓋の動きについてのデータを採取し、正常時との違いを比較検討することについても今後の検討課題としている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕（計 0 件）

〔学会発表〕（計 0 件）

6. 研究組織

(1) 研究代表者

狩野 充浩 (KANO MITSUHIRO)

東北大学・大学院歯学研究科・大学院非常
勤講師

研究者番号：10412936

(2) 研究分担者

清水 良央 (SHIMIZU YOSHINAKA)

東北大学・大学院歯学研究科・助教

研究者番号：30302152

金高 弘恭 (KANETAKA HIROYASU)

東北大学・大学院医工学研究科・准教授

研究者番号：50292222