一般口演 5

6 自由度顎運動解析用小型センサに関する研究

An investigation of small size sensor for six-degree-of-freedom jaw movement analysis

○北村万里子, 坂東永一, 薩摩登誉子, 郡 元治, 重本修伺,
石川輝明, 竹内久裕, 川口貴穂, 中野雅徳, 西川啓介

○ Mariko Kitamura, Eiichi Bando, Toyoko Satsuma, Motoharu Kori, Shuji Shigemoto,
Teruaki Ishikawa, Hisahiro Takeuchi, Takaho Kawaguchi, Masanori Nakano, Keisuke Nishigawa

徳島大学大学院ヘルスバイオサイエンス研究部咬合管理学分野
Department of Fixed Prosthodontics, Tokushima University Graduate School HBS

I. はじめに

食事時の咬合接触や, 睡眠中のブラキシズム, 顎機能障害患者の顎頭運動, クレンチングの実態など正確な顎運動データを入手することができれば解明できることは多いが, 現在市販されている6自由度顎運動測定器は, このような目的に適しているとは言い難い。

測定器が備えるべき要件は, 測定が簡便であり, 解析に耐える十分な情報量が得られることである。一对の3軸コイルを用いた6自由度顎運動測定器^{1,2)}は, これらの要件を満たす可能性が高い。

センサに用いる3軸コイルは小型である程, 使い勝手がよいと考えられる。そこで, 小型の3軸コイルについて検討することを本研究の目的とした。

II. 方 法

1. センサとしてのコイル

1) コイルが作る磁場

図1のように原点Oを中心とし, x y平面に存在する半径aの円形導線に電流Iが流れている場合の磁束密度は, 完全楕円積分KとEを用いて

$$A_{\phi}(r, \theta) = \frac{\mu_0 4Ia[(2 - k^2)K(k) - 2E(k)]}{4\pi(a^2 + r^2 + 2ar \sin\theta)^{1/2} k^2} \quad \dots \textcircled{1}$$

と表される³⁾。但し楕円積分の引数kは

$$k^2 = \frac{4ar \sin\theta}{a^2 + r^2 + 2ar \sin\theta} \text{である。}$$

図1 円電流が作る磁場³⁾

円電流から離れた点 ($r \gg a$) の場合

$$\left. \begin{aligned} B_r &\doteq \frac{\mu_0}{2\pi} (I\pi a^2) \frac{\cos\theta}{r^3} \\ B_{\theta} &\doteq \frac{\mu_0}{4\pi} (I\pi a^2) \frac{\sin\theta}{r^3} \end{aligned} \right\} \dots \textcircled{2}$$

と表すことができる³⁾。

2) コイルに生じる誘導起電力

式①, ②のIを時間的に変化する交流電流とすると, 作られる磁束も時間的に変化する。そのような空間にコイルをおくと,

$$V = -M \cdot dI/dt \quad \dots \textcircled{3}$$

与えられる誘導起電力を生じる⁴⁾。

比例定数Mは相互インダクタンスで, それぞれのコイルの面積, 巻数に比例する⁴⁾。

つまり, コイルが発生する磁場もコイルに誘導される起電力もコイルの面積が大きく巻数が多い程大きいので, センサを小型化した場合には, 信号が弱くなり広い

図2 試作した三軸コイル

空間を一様な精度で測定することは難しいが、近接した距離で微小な変化を検出するのには有利だということになる。そこで図2に示すようなセンサを試作して性能を検討した。

2. 被験者と被験運動

被験者は夜間睡眠時ブラキシズムの既往のある58歳男性1名で、被験運動は座位による各種限界運動と座位および仰臥位でのブラキシズム様運動とした。

Ⅲ. 結 果

1. センサ

新たに作製した3軸コイルは、一次コイルには0.15mH（東光社製，D31FU 888FU-151M）を，二次コイルには28 mH（KOA 社製，KE4513CTE283M）の既製インダクタを使用した。それぞれの既製インダクタを2個ずつ直列につなぎ，xyz 軸各方向に向くよう作製した。センサは一辺の大きさが約9 mmの立方体で，重量は約2 g（リード線を除く）であった。

校正実験の結果，位置分解能は咬頭嵌合位付近で14 μ m，最大開口位で350 μ m程度であった。

2. 顎運動

図3，図4に本測定器で測定した顎運動軌跡を示す。図3は切歯点における矢状面内限界運動，図4は座位および仰臥位での切歯点におけるブラキシズム様運動各2経路である。

矢状面内限界運動は，咬頭嵌合位付近では運動軌跡が

図3. 切歯点での矢状面内限界運動図

図4. 切歯点でのブラキシズム様運動
(実線：座位，破線：仰臥位)

滑らかであるのに対して，最大開口位付近では測定精度の低下により，滑らかさに欠けていた。

ブラキシズム様運動では，開口量はそれぞれ異なるが，歯軋り音を出している時は，座位および仰臥位ともにほぼ同じ運動であった。

Ⅳ. まとめ

本システムは，センサが非常に小さく，より生理的な状態で顎運動を測定でき，また咬頭嵌合位付近の微小な顎運動を検出できるという利点がある。したがって，睡眠時ブラキシズムにおける咬合接触の解析をはじめ，現在市販の測定器では測定困難な状態における顎運動測定の可能性が示されたものと考ええる。

今後，センサのさらなる小型化を図り，口腔内センサへと改良するとともに，電子回路部も小型化して携帯型6自由度顎運動測定器へと改良したい。

Ⅴ. 文 献

- 1) 川口貴穂：一対の三軸コイルでセンサを構成した6自由度顎運動測定器，四国歯誌，16(1)：33-42，2003。
- 2) 石川輝明，坂東永一，重本修何ほか：小型センサを用いた運動測定器の改良，補綴誌，47・110回特別号：78，2003。
- 3) Jackson, J. D. (西田 稔)：classical electrodynamics 3rd ed (電磁気学 (上) 原著第3版，253-256，吉岡書店，京都，2002)，2002。
- 4) 小出昭一郎：物理学，194-195，裳華房，東京，1982。