

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 5 月 26 日現在

機関番号：15301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25462995

研究課題名(和文) 信号検出理論による歯根膜感覚の内的感覚決定プロセスに関する研究

研究課題名(英文) A study of internal decision-making about periodontal sensation by signal detection theory

研究代表者

沖 和広 (Ok, Kazuhiro)

岡山大学・医歯(薬)学総合研究科・助教

研究者番号：00346454

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、上顎左側第一大臼歯の歯根膜感覚感度を受信者操作特性曲線(Receiver Operating Characteristic Curve; ROC Curve)の観点から検討を加えた。ROC曲線の評価は、安静(control課題)、心理的ストレスとしての暗算課題(mental課題)、物理的ストレスとしての咬合負荷(bite課題)の前後における曲線下面積(AUC)を算出して行った。

本研究の結果から、10g重の荷重刺激に対するAUCは20g重のAUCに比べて有意に小さいことが全課題前に観察されたが、bite課題後には20g重AUCが減少することによって、この有意差関係がみられなくなった。

研究成果の概要(英文)：This study examined the sensitivity of periodontal sensation in upper left first molar in terms of Receiver-Operating Characteristic Curve (ROC curve). ROC curve of periodontal sensation was evaluated by calculating area under curve (AUC) before and after rest (control task), mental arithmetic as psychological stress (mental task) and occlusal loading as physical stress (bite task). This study showed that AUC of ROC in 10 gf loading was significant smaller than that in 20 gf loading before all tasks, however, after bite task, AUC of ROC in 20gf loading decreased, which caused significant difference not to appear.

研究分野：歯科補綴学

キーワード：歯根膜感覚 咬合感覚 信号検出理論 受信者操作特性

### 1. 研究開始当初の背景

歯科治療において咬合感覚は、補綴物の調整、外傷性咬合や慢性辺縁性歯周炎の咬合治療などの際に頻繁に取り扱う重要な感覚である。咬合感覚は歯、閉口筋、顎関節に存在する機械受容器からの求心性シグナルによって構成されるが、直接的に咬合に関与する歯において惹起される歯根膜感覚が占める役割は非常に大きい。歯根膜感覚は閾値概念に基づいた心理物理学的手法を用いて検討されており、その学術的価値は非常に高い。

しかし、その成果は咬合感覚あるいは歯根膜感覚の臨床的評価および治療行為に生かす取り組みとして未だ利用されていない。これは、従来の閾値概念に基づく感覚閾値データでは、閾値の大小の原因を調べられないため、「なぜこのような閾値を示すのか」という被験者の内的感覚決定プロセスが検討できないことが原因として考えられる。

### 2. 研究の目的

本研究は、歯根膜感覚の感覚決定プロセスを受信者操作特性 (Receiver Operating Characteristic; 以下、ROC) の観点から明らかにすることを目的とする。また、心理的および物理的ストレスが歯根膜感覚 ROC 曲線に与える影響も検討した。

### 3. 研究の方法

(1) 『荷重刺激の呈示-被験者反応の記録』の一元化による完全自動化計測システムの構築

本研究では、歯根膜感覚を評価するために、刺激荷重の呈示と被験者応答の記録を一元化することによって、計測を自動化させるシステムを構築した。

計測システムは、荷重刺激呈示動作プログラムを実行するプログラブルコントローラ (KEYENCE 社製 KV-5500; 以下、PLC)、リニアアクチュエーター、サーボモーター (KEYENCE 社製 SV-M005CS) およびサーボアンプ (KEYENCE 社製 SV-005L1) から成る荷重装置動作制御部、ヘッドギアにより装着される荷重装置、荷重検出用ロードセル (TEAC 社製 TC-SR 5N) からの出力を入力し、PLC に判定出力信号を出力するアナログ電圧計測計 (KEYENCE 社製、NR-600)、被験者が操作するタッチパネル (KEYENCE 社製、VT3-W4T(A)) から構成した。

荷重刺激呈示用のラダープログラムは、荷重装置動作制御部を動作させるためのモジュールプログラムとモジュールプログラムを予め書き込まれた順番に従って実行するメインプログラムから構成した。

本研究の荷重刺激呈示条件は、荷重なし、10g 重、15g 重および 20g 重の 4 種類とした。呈示条件ごとに 4 種類のモジュールプログラムを作成し、各々のプログラムにはモジュール呼び出し用識別番号を割り付けた。モジュールプログラムの実行回数は、25 回ずつとし

た。各モジュールプログラムをランダムな順序で実行するに際して、まず各モジュール識別番号 25 個から成る 100 個のランダム化モジュール識別番号数列を作成した。このランダム数列を PLC データメモリに書き込み、書き込まれたランダム化識別番号数列をメインプログラムから順番に読み出すことによって、各モジュールプログラムはランダムな順序で 25 回ずつ実行された。なお、ランダム化モジュール識別番号数列の作成、書き込みは 1 回の計測ごとに実施した。

荷重装置動作制御部のサーボモーターとリニアアクチュエーターの回転軸は、タイミングベルトを介して連動させた。本機構により、モジュールプログラムを実行することによって、サーボモーターの回転運動をリニアアクチュエーターのスライダ直線運動に変換した。

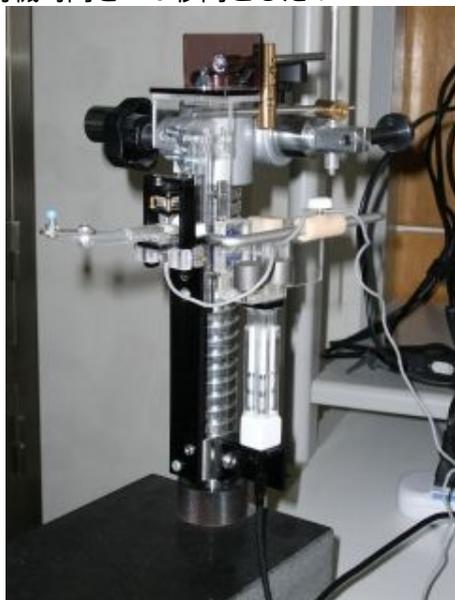


**【荷重装置動作制御部】**  
(左;サーボモーター,右;リニアアクチュエーター,これらの回転軸はタイミングベルトを介して連動している)

リニアアクチュエーターの直線運動は、ケーブルリリースを介して荷重装置の押し上げ動作に変換した。スライダのリリーススイッチ押し込み部表面には、ロードセル (TEAC 社製 TC-USR(T)17-2N-G) を設置し、荷重装置押し上げ動作に必要なスイッチ押し込み荷重を検出して、荷重なし条件の実行モジュール停止信号として利用した。

荷重装置は、リリース金属芯によって押し込まれるシリンダーとシリンダーに連結した小型リニアアクチュエーター、小型リニアアクチュエーターのスライダに接続する荷重用シャフト、荷重用シャフト端に接続し、上方への荷重を加えるロードセル付き荷重部から構成し、これらから構成される荷重装置を被験者に装着したヘッドギアに接続して荷重呈示試験を行った。リリース金属芯によってシリンダーが押し込まれると、小型リ

ニアアクチュエーター・スライダが押し上げられ、荷重部は被験歯咬合面に接触するまで上方に移動した。被験歯接触後には、規定の荷重量が荷重部から咬合面に垂直方向に発生するまでシリンダーはリリース金属芯によって押し込まれた。荷重部に発生した荷重量は、ロードセルからアナログ電圧計測器に電圧値として入力された。アナログ電圧計測器からは、荷重部荷重量 10g 重、15g 重および 20g 重のそれぞれに応じた判定出力信号が出力され、これらの信号がモジュール停止信号として PLC に入力された。実行モジュールの停止用信号が入力されると、サーボモーターは動作を 1 秒間停止後に、原点復帰運動を行った。以上の動作によって、荷重部は歯軸方向の規定荷重を被験歯咬合面に 1 秒間呈示後に初期位置に復位した。なお、荷重なし条件の動作には、荷重部の上方移動と咬合面垂直方向の荷重動作を行わないため、荷重部静止待機時間を 1.5 秒間とした。



**【荷重装置（校正用スタンドに設置）**  
**（中央下のシリンダーをその直下のケーブルリリース金属芯が押し上げることによって荷重部が上方に移動する）**

メインプログラムとモジュールプログラムによって実行される以上の動作の開始および停止は、PLC に接続した被験者用タッチパネルによって行った。被験者が開始画面上の開始ボタンを押すことによって、予め書き込まれた順番のモジュールプログラムが実行された。その後、画面は荷重評価画面に切り替わり、被験者は呈示荷重の評価を行った。評価は、“全然感じない”、“あまり感じない”、“なんとなく感じる”、“はっきり感じる”の 4 段階評定とした。被験者がいずれかの評価ボタンを押すと、そのボタンに対応したリリース出力が PLC に入力され、データメモリに記録された。評価終了後には、画面は開始画面に戻るとともに、メインプログラムは次の順番のモジュール読み込みを開始した。



**【被験者用タッチパネル（荷重評価画面）】**

以上により構成された本計測システムによって、4 種類の荷重刺激の 25 回ランダム呈示と被験者応答の取り込みを完全に自動化させて行うことが可能となった。なお実験者は、PLC に接続したパーソナルコンピュータのモニター上から実行中のモジュールの監視を行った。

## （2）実験プロトコル

本研究は、20～30 歳の成人 15 名（男性 7 名、女性 8 名、平均年齢 24.4 歳）を対象とし、上顎左側第一大臼歯の歯根膜感覚についての荷重呈示試験を行うこととした。全ての被験歯は生活歯で治療を要する齲蝕、歯周疾患に罹患していないものとした。



**【荷重装置荷重部の初期位置】**  
**（荷重部先端はシリコンゴムでコーティングし、口腔内挿入部分は感染防護用のディスプレイブルカバーで被覆されている）**

各被験者は、荷重装置取り付け用ヘッドギア、荷重部動作遮蔽用ゴーグル、外部雑音遮蔽用の防音材を内部に設置したヘッドホンと耳栓および携行可能な手首式血圧計（オムロン社製 HEM-6300F）を装着して、デンタルチェアに椅座位で着席した。ヘッドギアはデンタルチェアヘッドレストと連結し、頭位を保持した。PLC 接続コンピュータのスピーカーからは、サーボモーター駆動音を録音した音源をリピート再生して、荷重装置動作制御部の機械音が荷重刺激の判断材料とならないように配慮した。この音源は防音材付へ

ッドホンと耳栓を装着することによってわずかなレベルの音量となるように調整した。

以上の状態で10分間の安静後に1回目の荷重呈示試験(以下, test1)を実施した。test1実施後に10分間の休憩を取らせ,その後,3種類の課題のいずれかを行った。3種類の課題は,安静状態を10分間維持(以下, control 課題),心理的ストレスとしての暗算負荷を10分間実施(以下, mental 課題),物理的ストレスとしての噛みしめ動作(以下, bite 課題)とした。mental 課題は内田クレペリン検査<sup>®</sup>専用用紙を用いて実施した。bite 課題は,被験歯によって咬合力計(長野測器,オクルーザルフォースメーター GM10)を10kg重の強さで1分間噛みしめる動作を8分間の休憩を挟んで2回実施するものとした。各課題遂行直後に2回目の荷重呈示試験(以下, test2)を行った(以下,これら一連の作業を課題プロトコルとする)。



【荷重呈示試験実行中の様子】

身体恒常性の監視および各課題プロトコルにおけるストレス評価のため,携行型血圧計によって収縮期・拡張期血圧および心拍数を記録した。記録時期は, test1直前, test1直後, 各課題実施直前, 各課題実施直後, test2終了直後とした。

#### (3) データ解析

本研究では,荷重なし呈示をノイズ信号,荷重呈示をシグナル信号  $j$  ( $j = 10g$  重,  $15g$  重,  $20g$  重)とし,ノイズ信号とシグナル信号  $j$  についての  $2 \times 4$  表の被験者応答表を作成した。この4段階評定表から,いずれかの評定判定境界において被験者応答を陰性と陽性に二分した3つの  $2 \times 2$  表を作成し,それぞれの  $2 \times 2$  表からヒット率と誤警報率を算出した。これらの確率から各課題プロトコルの test1 および test2 におけるシグナル  $j$  についての ROC 曲線(以下,  $10g$  重呈示に対する ROC 曲線を ROC10,  $15g$  重呈示に対する ROC 曲線を ROC15,  $20g$  重呈示に対する ROC 曲線を ROC20 とする)を作製した。ROC 曲線の評価は,ROC 曲線の曲線下面積(Area Under Curve; 以下, AUC)を求めて行った。

#### (4) 統計解析

各課題前後の AUC の比較は,帰無仮説を課題前後の AUC が等しいとしたカイ二乗検定によって行った。また,ROC10 の AUC(以下, AUC10)と ROC15 の AUC(以下, AUC15)あるいは ROC20 の AUC(以下, AUC20)との比較も同様の方法で検討を加えた。

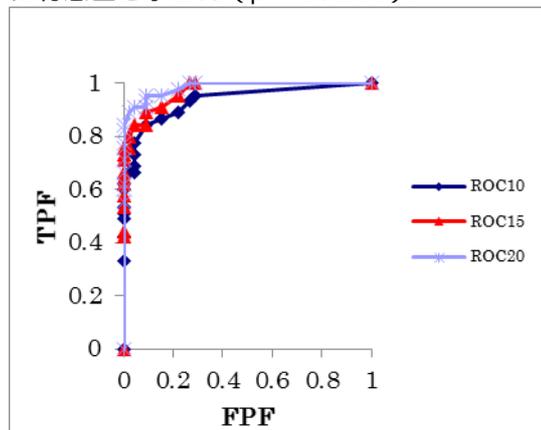
血圧および心拍数については,各測定時期を因子とした繰り返しのある一元配置分散分析を行った。なお,検定因子の球面性検定が棄却された場合,Greenhouse-Geisser のイプシロンによって自由度を調整後に分散分析を行った。事後検定として Bonferroni 検定を行い,有意な差を示す測定時期の組み合わせについて検討を加えた。

#### 4. 研究成果

##### (1) control 課題実施時の ROC (図1, 2)

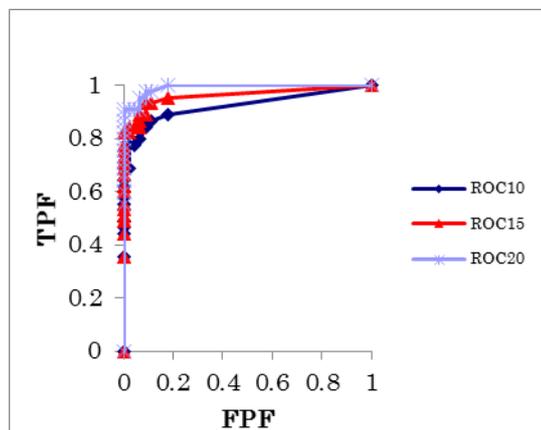
control 課題前の test1 実施時の ROC10, 15, 20 の AUC10, AUC15 および AUC20 は,それぞれ  $0.9378$  ( $p < 0.001$ ),  $0.9716$  ( $p < 0.001$ ),  $0.9852$  ( $p < 0.001$ )であった。これらは control 課題後に有意な変化を示さなかった。

AUC10 は課題実施前には AUC15 および AUC20 に対して有意差を示していたが(vs. AUC15;  $p = 0.0426$ , vs. AUC20;  $p = 0.0203$ ), control 課題実施後には AUC10 は AUC20 のみに有意差を示した( $p = 0.0065$ )。



【図1. ROC 曲線; control 課題前 test1】

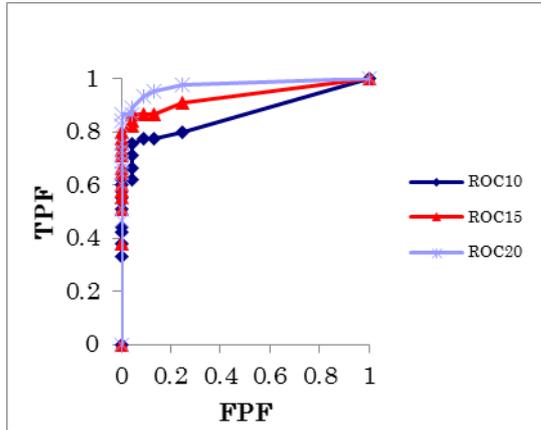
(TPF; True Positive Fraction(真陽性率), FPF; False Positive Fraction(偽陽性率))



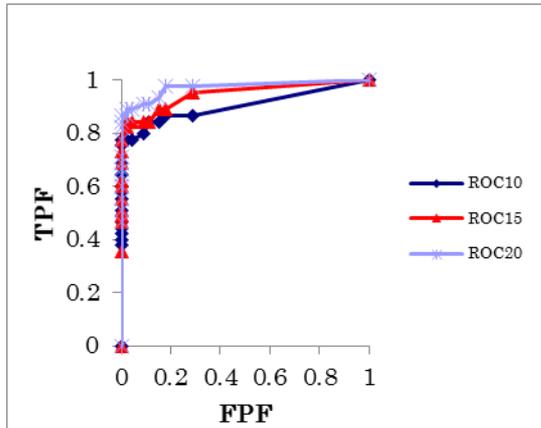
【図2. ROC 曲線; control 課題後 test2】

(2) mental 課題実施時の ROC (図3, 4)  
 mental 課題前の test1 実施時の ROC10, ROC15, ROC20 の AUC10, AUC15 および AUC20 は, それぞれ 0.8640 ( $p < 0.001$ ), 0.9338 ( $p < 0.001$ ), 0.9756 ( $p < 0.001$ ) であった. これらの値は mental 課題実施後に有意な変化を示さなかった.

AUC10 は課題実施前には AUC15 および AUC20 に対して有意差を示していた (vs. AUC15;  $p = 0.0070$ , vs. AUC20;  $p < 0.001$ ). また, AUC15 と AUC20 との間にも有意差が見られた ( $p = 0.0299$ ). AUC10 は mental 課題実施後にも AUC15 および AUC20 に対して依然として有意差を示したが, AUC15 と AUC20 との有意差はみられなくなった.



【図3 . ROC 曲線 ; mental 課題前 test1】



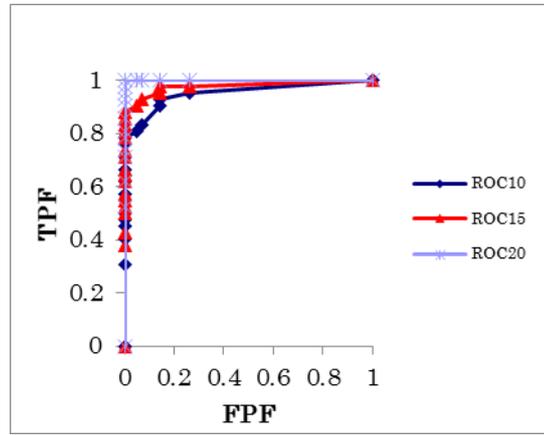
【図4 . ROC 曲線 ; mental 課題後 test2】

(3) bite 課題実施時の ROC (図5, 6)

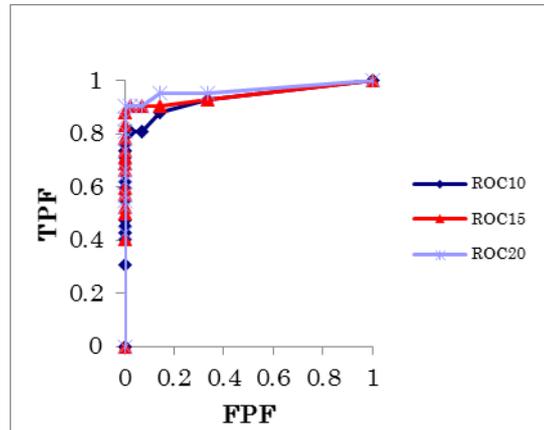
被験者の内女性 1 名が除外基準に抵触したため, 本課題プロトコルの解析対象は 14 名であった.

bite 課題前 test1 実施時の ROC10, ROC15, ROC20 の AUC10, AUC15 および AUC20 は, それぞれ 0.9521 ( $p < 0.001$ ), 0.9770 ( $p < 0.001$ ), 1.0000 であった. これらの値は bite 課題実施後に有意な変化を示さなかった.

AUC10 は課題実施前には AUC20 に対して有意差を示していたが ( $p = 0.0365$ ), bite 課題実施後には AUC20 は減少し, AUC10 との有意差は見られなくなった.



【図5 . ROC 曲線 ; bite 課題前 test1】



【図6 . ROC 曲線 ; bite 課題後 test2】

(4) 収縮期・拡張期血圧および心拍数

収縮期血圧は, 各課題プロトコルの測定時期を通じて有意差はみられなかった. 拡張期血圧は, mental 課題実施プロトコルの mental 課題直前に比べて test2 直後が有意に増加していた ( $p = 0.0223$ ).

心拍数は全ての課題実施プロトコルにおいて有意差を示す測定時期がみられた. control 課題実施プロトコルでは, 安静状態を維持する control 課題実施後に比べて, test1 直後の心拍数が有意に大きな値を示した ( $p = 0.0012$ ). mental 課題実施プロトコルでは, mental 課題実施直前に比べて実施直後は有意に心拍数が増加した ( $p = 0.0397$ ). bite 課題実施プロトコルでは, bite 課題実施直前に比べて test1 および test2 直後に有意な増加がみられた (vs. test1 直後;  $p = 0.0359$ , vs. test2 直後;  $p = 0.0234$ ).

Source	Type	平方和	自由度	平均平方	F 値	P 値
測定時期		327.7867	2.5847	126.8177	4.4701	0.0120
誤差(測定時期)		1026.6133	36.1859	28.3705		
誤差(被験者間)		9010.1867	14	643.5848		
全体		10364.5867	74			

【心拍数分散分析表】  
 (control 課題プロトコル実施時)

Source	Type	平方和	自由度	平均平方	F 値	P 値
測定時期		224.6667	4	56.1667	2.8549	0.0318
誤差(測定時期)		1101.7333	56	19.6738		
誤差(被験者間)		6778.2667	14	484.1619		
全体		8104.6667	74			

**【心拍数分散分析表】**  
**(mental 課題プロトコール実施時)**

Source	Type	平方和	自由度	平均平方	F 値	P 値
測定時期		197.9143	4	49.4786	3.4652	0.0139
誤差(測定時期)		742.4857	52	14.2786		
誤差(被験者)		6101.4429	13	469.3418		
全体		7041.8429	69			

**【心拍数分散分析表】**  
**(bite 課題プロトコール実施時)**

(5) 考察

各課題における ROC 曲線について

ROC 曲線は本研究のいずれの課題の前後においても有意な変化を示さなかった。しかし, bite 課題後には ROC20 は感度が減少することによって, ROC10 との有意差がみられなくなった。これらの所見から, 歯根膜感覚の感度評価は, 単独刺激を用いるよりも基準刺激と1つ以上の比較刺激を用いることが望ましいことが明らかとなった。また, 咬合負荷による物理的ストレスは歯根膜感覚の感度を低下させる可能性があることが示唆された。

血圧・心拍数について

本研究では, 収縮期血圧の有意な変動は観察されず, 拡張期血圧が test2 直後に有意な上昇を示したのみであり, 介入した各課題の血圧に対する影響はみられなかった。心拍数については, mental 課題において課題前後に有意差がみられ, bite 課題では課題実施前に比べて荷重呈示試験直後の心拍数が有意に増加していた。これらの所見から, 暗算負荷による心理的ストレスは心拍数増加の影響を及ぼすとともに, 本研究の荷重呈示試験自体に心拍数上昇効果がある可能性が示唆された。被験者は開口状態を維持して, 目前のタッチパネルを操作する必要があったことが, 試験自体の心拍数上昇の原因と考えられる。

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)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

取得状況(計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

〔その他〕

特記事項なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

沖 和広 (Kazuhiro Oki)

岡山大学・医歯(薬)学総合研究科・助教

研究者番号: 00346454

(2) 研究分担者

皆木 省吾 (Shogo Minagi)

岡山大学・医歯(薬)学総合研究科・教授

研究者番号: 80190693

西川 悟郎 (Goro Nishigawa)

岡山大学・大学病院・講師

研究者番号: 00172635