

機関番号：34412
 研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2008～2010
 課題番号：20500172
 研究課題名（和文） 口腔機能とバイタルサインの無拘束計測による生活リズム分析と生活習慣病予防システム
 研究課題名（英文） A life rhythm analysis using unrestricted monitoring of the oral cavity function and vital signs for a lifestyle-diseases-prevention.
 研究代表者：
 松村 雅史（Masafumi Matsumura）
 大阪電気通信大学・医療福祉工学部・教授
 研究者番号：80209618

研究成果の概要（和文）：本研究では、バイタルサイン（心電図、体温、血中酸素濃度）と口腔機能（会話、笑い、食事）の情報により生活リズムを分析するネックバンド型無意識・無拘束センシングデバイスを開発した。本デバイスは、バイタルサインセンサと口腔機能のセンサを組み込み、ワイヤレスに生体情報を伝送することができる。本システムにより長期間計測を行い、ライフレコードを提示することで生活リズムがフィードバック可能であることを明らかにした。

研究成果の概要（英文）：In this study, we monitored vital signs and oral cavity function by developing an unnoticeable and un-restrictive neck-band-type of medical devices that has an embedded sensing device for vital signs. The device analyzes life rhythm and senses oral cavity function, and can wirelessly transmit gathered information. This system was used in prolonged measurements, and we showed clearly that we can provide feedback for life rhythm by analyzing a life rhythm record.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2009年度	500,000	150,000	650,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
総計	2,500,000	750,000	3,250,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：計測工学、生物・生体工学、バイタルサイン、口腔機能、無拘束計測

1. 研究開始当初の背景

生活習慣の乱れや欧米化により、生活習慣病の1つである糖尿病患者・予備軍は、740万人（2002年）から増加し、2010年には1000万人を超えると予測されている。この生活習慣病（高脂血症、動脈硬化、糖尿病、高血圧）の予防は、国民の健康づくりだけでなく医療費を抑制することから「健康日本」の最重要課題である。

最新の予防医学や内臓脂肪（過食・運動不足による肥満）の研究から、生活習慣病の初期段階であれば食事療法、運動療法、生活習慣（生活リズム）の見直しで改善できること

が明らかにされ、バイタルサイン（心電図、体温、血中酸素濃度、血圧）の情報に加えて、口腔機能（会話、笑い、食事）と行動の情報により生活リズムを分析し、生活習慣病予防するシステムが切望されている。

従来のバイタルサインおよび口腔機能計測の研究は、医学診断を目的として医学と歯学分野で別個に進められ、口腔機能とバイタルサイン情報の総合的な計測に基づいて、生活リズムを分析した研究は見当たらない。また、計測方法については医療機関での利用が想定され、日常生活で使用できるような無意識・無拘束センシングが実現されていない。

研究代表者は、生体情報の無意識・無拘束計測の研究を推進し、首もとに装着するネックバンド型マイクロフォンを用いた笑い声の分析と無意識・無拘束センシングシステム（爆笑計）の開発に成功した。そして、漫才や落語での爆笑回数とストレス低減量との関係から笑いの医学的効用を明らかにした。

2. 研究の目的

本研究では、生体情報の無意識・無拘束計測の研究を発展させ、口腔機能およびバイタルサイン情報の無意識・無拘束センシング技術とそれに基づく生活リズムの分析、生活習慣病初期段階での健康回復法の確立を目指す。具体的には、会話、食物摂取、バイタルサイン情報を無意識・無拘束に計測し、総合的・選択的に活用して、食事、会話、運動、睡眠などの行動を識別する。この行動認識から生活リズムの分析し、生活習慣病予防するシステムを開発する。

このような背景のもとに本研究では、次の3点を研究目的とする。

- (1) バイタルサインセンサと口腔機能のセンサを組み込んだネックバンド型無意識・無拘束センシングデバイスの開発
- (2) 生体用センサ情報の融合処理と生活リズムのモニタリング
- (3) 対話型の生活習慣病予防システムの試作

3. 研究の方法

(1) ワイヤレス-ネックバンド心電計：心電計は循環器系の診断、自律神経活動やストレスの評価に用いられている。この心電計を日常生活で利用することを目的として、本研究ではネックバンド方式心電図R波の無拘束誘導法を考案した。このネックバンド方式心電R波誘導法は、図1と図2のように首もとに能動電極を配置して心電図を誘導する無拘束計測方法であり、加速度センサ、口腔咽喉音のセンサを併用することで運動時や爆笑時の心電図R波（心拍数、R-R 間隔）計測に応用可能である。

本研究では、ネックバンド方式心電R波計測回路の小型化を行い、他のセンサ信号も同時に収集でき、持ち運び可能なワイヤレス生体信号計測システムを開発した。本システムはワンチップマイコンのシステムであり、名刺サイズで長時間計測ができ、無線通信機能を備えている。図3に示すように頸部で誘導された心電図は、心電アンプからワイヤレス生体信号計測システムに入力され（サンプリング周波数：200Hz）、LCDで逐次描画される。計測データは ZigBee 無線モジュール（XBee: Digi International 社、周波数帯域 2.4GHz、変調方式 DSSS 方式）により、シリアル通信（UART BaudRate: 9600bps）でPCに転送される。ワイヤレス生体信号計測システ

ムには、マイクロパワーのマイコン MSP430F169（動作周波数：8MHz、RAM 容量：2kB、8ch12bitAD、消費電流：1600 μ A）を用いた。マイコン搭載の携帯情報機器は、名刺サイズ：80×40mm、電池を含む重さ 51g、LCD(101×64dot)、ナビゲーションスイッチを搭載し、リチウム電池（3.7V）で動作する。

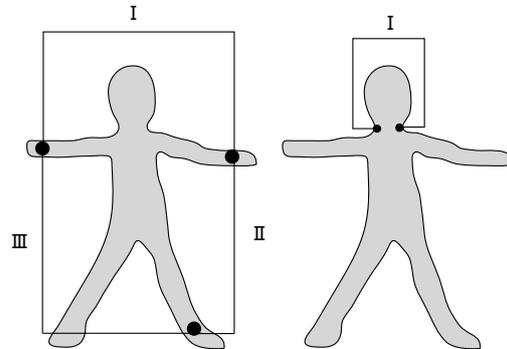


図1 四肢誘導とネックバンド型心電図R波誘導法



図2 ネックバンド型心電計測デバイス

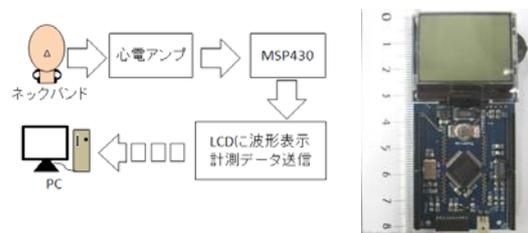


図3 ネックバンド型心電計と携帯情報機器

(2) ネックバンド型パルスオキシメータ：指型パルスオキシメータは、手術室やICU室などさまざまな臨床現場で主な計測機器として普及している。動脈血酸素飽和度（以下、SpO₂）の検出は、指尖部・前頭部・耳朶で計測可能とされている。しかし指型パルスオキシメータについて2つの病院でアンケート調査を行った結果74%の看護師が計測不可な経験があった。問題点として末梢循環障害や体動があり、手術侵襲は生体に有害な生理的反応をもたらすため、循環動態のバランスが崩れ血管の収縮から末梢循環障害を起こす影響がある。本研究では、末梢循環障害患者のSpO₂検出を目標とし、試作計測を行い採血データ SaO₂と比較を行う。

頸部に反射型光センサを組み込んだネックバンド型パルスオキシメータ（図4）を開発し、計測時間30分（サンプル数450）でSpO₂の計測を行う。次に、医療機関に協力して頂き末梢循環障害になりやすい患者を対象に指尖部と頸部のSpO₂を同時計測を行った。被験者は人工呼吸器装着患者4名（手術患者70～80代男性2名、ICU患者70～80代男性2名）である。また、センサは頸部接触部位を固定したままネックバンド型パルスオキシメータを試作し計測を行った。被験者は2名（健康者20代男性2名）である。

本法はSpO₂無意識・無拘束に測定できる利点から睡眠時無呼吸症候群（SAS）の簡易チェックへの応用に関する実証実験を行う。頸部にパルスオキシメータと接触型マイクロフォン（咽喉マイクロフォン）を装着し、睡眠時の呼吸音とSpO₂を同時計測する。



図4 ネックバンド型パルスオキシメータ

(3) 口腔咽喉音分析に基づく爆笑・嚥下回数の無拘束モニタリング：近年、笑い与健康促進に関する研究が注目されており、その中でも笑いによるストレス低減効果についての研究が盛んに進められている。しかし、これまでの研究では約1時間程度の笑いについての研究しかなく、また、ストレス評価の方法は一般的に問診やアンケート等を用いていたため、その評価は個人の判断に基づき主観的要素の影響を強く受けるものであった。

本研究では長時間のストレスを客観的すなわち定量的に評価することを目的に、唾液中のα-アマラーゼによってストレス評価を行い、1日の笑い回数と比較することで笑いとの関連を明らかにする。意識的に笑わない場合と笑う場合、それぞれ1日の爆笑回数とストレス値の増減を調べる。被験者は21～22歳の男女計6名である。

頸部に固定する接触型マイクロフォン（咽喉マイクロフォン）を用いて、ICレコーダで音声を収集する（MP3形式、サンプリング周波数：16kHz、量子化ビット数：16bit）。録音時間は10時から20時までの10時間である。収集した音声をMP3形式からWAV形式に

変換し、8kHzにダウンサンプリングを行い、LabVIEWを用いて爆笑部分の音声を抽出する。なお、本研究では『ハッハッハッハ』の音節が4回以上続いた笑いを爆笑と定義する。

ストレス値の測定は、唾液アマラーゼモニタ（NIPRO、12S000462）を用いて、唾液中のα-アマラーゼから測定する。測定は、10時から20時まで1時間毎、計11回行う。専用チップを用いて舌下から唾液を採取し、唾液アマラーゼモニタに差し込んでストレス値を計測する。1回の測定時間は約60秒である。ストレス評価の目安を表1に示す。

表1 ストレス評価の目安

ストレス値 [kU/L]	評価
0～30	ストレスなし
31～45	ストレス小
46～60	ストレス中
61～	ストレス大

(4) 口腔咽喉音の時系列的特徴抽出に基づく生活リズム分析：健康に過ごすためには、健康に対する意識を高めるとともに、規則正しい食生活、睡眠等が大切である。食事の不規則性や睡眠不足は健康を害する原因につながると報告されている。本研究では、成人における日常生活（安静時、食事時、睡眠時）の口腔咽喉音を収集し、嚥下分析を行い、日常生活における1日の嚥下頻度と生活リズムの変化を調べた。

被験者は成人男性3名（21～22歳）を対象に、咽喉マイクロフォンとICレコーダ（サンプリング周波数16[kHz]、量子化ビット数16[bit]）を用いて1週間（全計測時間約504時間）の口腔咽喉音を収集し、嚥下判定を行った。この時の嚥下頻度を計測した。さらに、安静時、食事時、睡眠時の嚥下頻度を比較するため、日常生活の動作（食事、睡眠）を記録してもらった。嚥下音の判定方法は、食事時や睡眠時の嚥下音声を分析するため、専門医の指導のもと視聴による分析とした。

4. 研究成果

(1) 心電図R波のワイヤレス計測：ネックバンド方式心電図R波の計測に用いた心電アンプは、差動増幅器、周波数帯域：5～40Hz、増幅率は97dBで生体信号計測システムと同じサイズになるように小型化した。また、心電アンプにはアクティブグランドを導入することで単電源による心電図計測を可能としている。

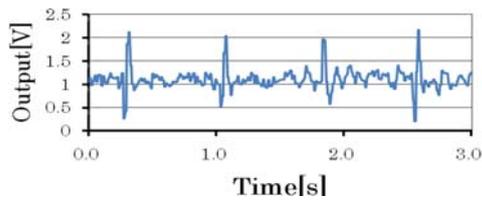


図5 ネックバンド心電計による心電図計測結果

被験者は健康成人男性6名(年齢22~23歳)で、安静座位にて1分の計測を行った。図5にワイヤレス生体信号計測システムにより得られた心電図を示す。また、6名すべての被験者の心電図R波をワイヤレスで計測できることが確認できた。今回はワイヤレス生体信号収集システム(送信側)と受信側のPCの距離は3mであったが、室内での最大通信距離は20m通信であり、広い空間でも利用可能であることを明らかにした。しかし、体動により雑音が混入することもあった。心電計測アンプの改良と体動による雑音低減法が今後の課題として残された。

ネックバンド方式で誘導した心電図を計測し、無線モジュールで転送するワイヤレス生体信号計測システムを開発し、心電図R波が計測できることを示した。本システムに搭載したマイコンにはデジタルインターフェイスも備えており、複数の3軸加速度センサ信号も同時に収集することも可能である。

(2) 手術中・ICUでの臨床応用

本研究では、手術患者を対象としており、頭部周辺に医療機器が装備されているため、指尖部と頸部のSpO₂についてSaO₂を基準に比較を行う。表2より、麻酔作用が深い手術患者では、指尖部と頸部ともにSaO₂との差は同じである。手術後で麻酔作用が浅いICU患者では、SaO₂との差が指尖部で6%であるのに対し頸部で差は0%である。

麻酔の深度による血流の変化は、正常状態と条件が変わった場合、指尖部より頸部が有効であった。この結果を参考に頸部での計測可能なセンサ接触部位は第一頸椎~第二頸椎間(頸部側後部)であった。装着した状態でも頸部清潔野を考慮し、治療を行うことが可能であるネックバンド型パルスオキシメータの試作を行った。表2より、頸部では体動が少ないため数値の乱れが少ない。患者にとって、四肢の拘束もなく、特にICUでは重度の指標として見栄えも悪くないという利点がある。

手術後のICU治療で末梢循環障害患者にとって頸部での計測は必要不可欠である。

1) 医療機関でアンケート調査を実施し、指

尖部SpO₂の計測不可な経験が74%と確認した。

- 2) 頸部でのSpO₂は指尖部に比べ有用性があると臨床データより明らかにした。
- 3) 頸部清潔野を考慮し、センサを第一頸椎~第二頸椎間に固定しネックバンドを試作した。

以上より、手術中・ICUと持続したデータ収集が可能となる。前頭部や耳朶での計測を比較対象に含め、頸部でのデータが有効ならば採血を施行せずに血液ガス検査の指標を導くことが可能であることを明らかにした。

表2 指尖部SpO₂と頸部SpO₂の比較

被験者4名	SaO ₂	指尖部SpO ₂ [%]		頸部SpO ₂ [%]	
		最小値	SaO ₂ との差(S.D.)	最小値	SaO ₂ との差(S.D.)
手術患者A	100	99	1 (0.4)	99	1 (0.5)
手術患者B	100	97	3 (0.5)	97	3 (0.5)
ICU患者C	100	94	6	100	0
ICU患者D	100	計測不可	計測不可	100	0

図6に睡眠時無呼吸症候群に関する計測結果を示す。咽喉マイクロフォンで無呼吸と判定された区間(①~⑥)においてSpO₂も90以下となることから呼吸が停止していると判断できる。ネックバンドにSpO₂センサと咽喉マイクロフォンを配置することで呼吸器系の機能ならびに睡眠時無呼吸症候群の簡易チェックに有効であることを明らかにした。さらに本計測法は携帯情報端末を利用することで、医療機関だけでなく在宅でも応用可能である。

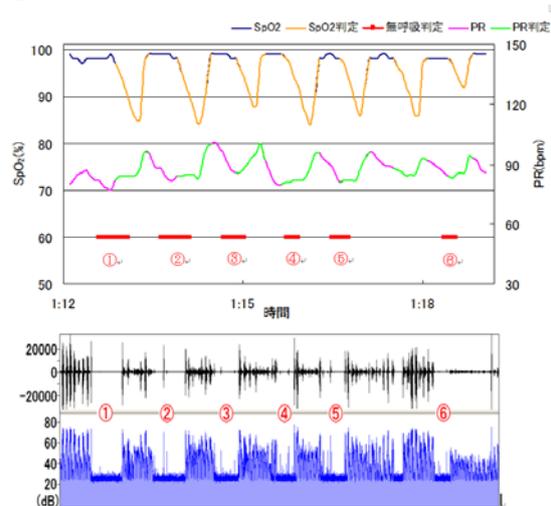


図6 睡眠時無呼吸症候群に関する簡易チェック

(3) 笑いとストレスに関する長期間計測

図7に被験者1名の笑い回数に変化をつけ

た2日間のストレス値の増減と、笑いありの日の爆笑回数を示す。10時と20時のストレス値を比較すると、笑いなしの日では20時の方が高く、笑いありの日では20時のほうが低いことが分かる。これは、昼間までに溜まったストレスが笑うことによって軽減したためであると考えられる。他の被験者5名の笑いあり・なしの日の1日のストレス値の平均値と2日間の差を表3に示す。笑いなしの日のほうが笑いありの日よりもストレス値の平均が高いことが明らかとなった。

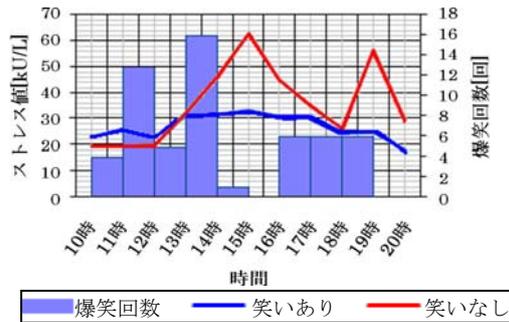


図7 笑いとストレスの同時計測結果

表3 1日のストレス値の平均値

		A	B	C	D	E
ストレス 値 [kU/L]	笑いあり	26.8	35.0	57.0	66.7	20.1
	笑いなし	35.7	38.4	82.9	81.4	20.8
	差	8.9	3.4	25.9	14.8	0.7

唾液中の α -アミラーゼによりストレス値を測定し、笑いありの日と笑いなしの日のストレス値の違いを調べた結果、笑い回数の違いによるストレス値の増減を明らかにした。

(4) 口腔咽喉音分析に基づく口腔機能と生活リズムのモニタリング：日常生活の報告により、安静時、食事時、睡眠時での嚥下頻度の変化を確認できた(図8)。日常生活の1時間あたりの嚥下頻度(表4)の計測結果より、各状態による嚥下頻度の変化が解った。各被験者とも安静時を基準に食事時の比較をすると、嚥下頻度は増加し、睡眠時では減少した。図9は1週間連続で口腔咽喉音を計測した結果である。嚥下頻度より睡眠、安静、食事を識別した。その結果、食事ならびに睡眠の時刻を検出することで、生活リズムのモニタリングを行った。図9の結果では、被験者Aは被験者Bと比べると、食事、睡眠の時間が不規則であることがわかる。

以上の結果より、1日の平均嚥下頻度を計測し、嚥下頻度で睡眠、食事、安静の状態を識別できることを明らかにし、生活リズムのモニタリングに応用できることを示した。

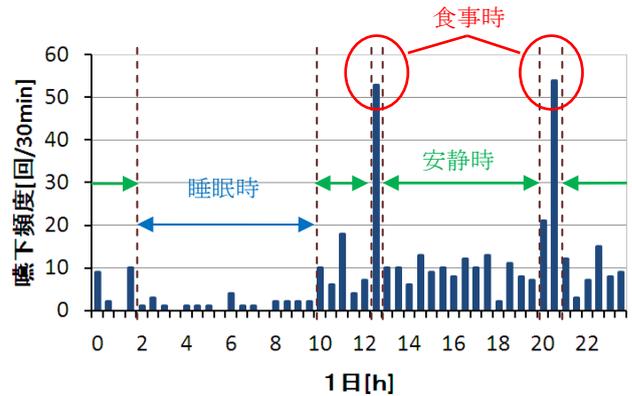


図8 24時間の嚥下頻度の計測結果

表4 30分あたりの嚥下頻度

嚥下頻度[回/30min]				
被験者	A	B	C	平均
安静時	9.1	8.0	40.8	19.3
食事時	31.8	37.0	57.2	42.0
睡眠時	1.7	1.5	1.7	1.6

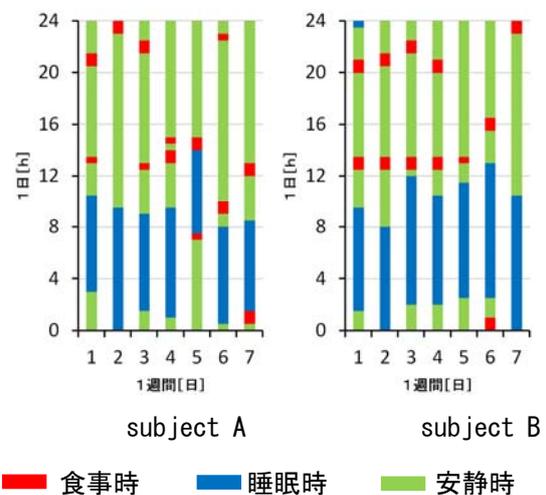


図9 1週間の生活リズムのモニタリング

図10の結果は、介護老人保健施設に入所中の高齢者を中心に計91名に対し、頸部に装着する咽喉マイクロフォンを用いて嚥下音を検知して嚥下時間間隔を計測した結果である。健常者、部分介護者、全介護者間で嚥下時間間隔を比較した結果、健常者に比べ要介護度高齢者の嚥下時間間隔が延長し、要

介護度の高い被験者ほど嚥下時間間隔が延長することが示された。高齢者の口腔機能の評価において嚥下時間間隔は有用なパラメータであることが明らかとなった。

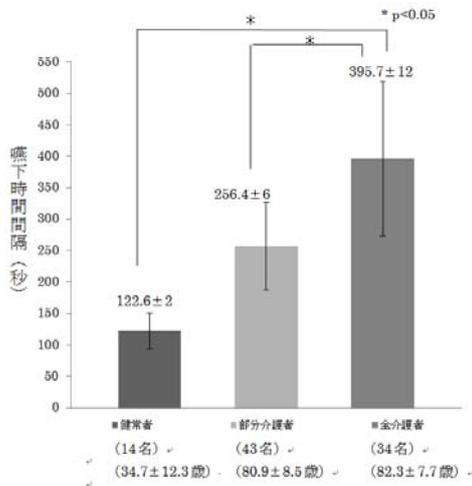


図10 各対象者群の年齢、平均嚥下時間間隔 (平均値±SD)、各グループ平均値の比較 (t検定, * p<0.05)

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4件)

- ① 辻村肇、岡崎浩也、土井英明、松村雅史：口腔咽喉音分析による嚥下回数の無拘束計測、電気学会論文誌C、査読有、Vol. 130、No. 3、pp. 376-382 (2010)
- ② 田中信和、野原幹司、小谷泰子、岡崎浩也、松村雅史、阪井丘芳：咽喉マイクロフォンを用いた嚥下回数測定デバイスの開発—妥当性の検討—、日本摂食嚥下リハビリテーション学会誌、査読有、Vol. 14、No. 3、pp. 229-237 (2010)
- ③ 酒井徳昭、松村雅史：タービン搭載型人工呼吸器が人工鼻の性能に与える影響、日本呼吸療法医学会誌、査読有、Vol. 27、No. 2、pp. 267-273 (2010)
- ④ 水野愛弓、奥村英史、岡崎浩也、櫃田 毅、松村雅史：ネックバンド方式による心電図R波の無拘束誘導法、電気学会論文誌C、査読有、Vol. 128、No. 11、pp. 1619-1624 (2008)

[学会発表] (計2件)

- ① Y. Kojitani and M. Matsumura：

Long-term monitoring system of laughing voice for relieving stress and promoting health -Laughometer-, International Symposium on Biological and Physiological Engineering、査読有、1B4-1、pp.80-83 (Jan. 13-14, 2008 Harbin, China)

- ② Mizuno A., Okumura H., and Matsumura M., A neck band type electrocardiogram monitoring system with active bio-electrodes for non-restraint lead method of ECG R wave, 4th European congress for Medical and Biomedical Engineering 2008、査読有、p.383(Nov. 26, 2008 Antwerp, Belgium)

[図書] (計1件)

- ① 松村雅史「高度マンマシンインターフェイスと情報技術の応用展開」の第3章 爆笑ネットワーク、シーエムシー出版、P227-237 (2009)

[産業財産権]

○出願状況 (計2件)

名称：Swallowing Frequency Measurement
 発明者：松村雅史
 権利者：大阪電気通信大学
 種類：米国特許、No. US-2010-0137726-A1
 番号：第12/648,754号
 出願年月日：2009年12月29日
 国内外の別：外国(米国)

名称：ELECTRODE DEVICE AND ELECTROCARDIOGRAPHIC MEASUREMENT DEVICE.

発明者：松村雅史
 権利者：大阪電気通信大学
 種類：米国特許、No. US-2010-0137726-A1
 番号：第12/520,966号
 出願年月日：2010年6月30日
 国内外の別：外国(米国)

○取得状況 (計1件)

名称：電極装置、心電図測定装置
 発明者：松村雅史
 権利者：大阪電気通信大学
 種類：特許
 番号：特許第4278709号
 取得年月日：2009年3月19日
 国内外の別：国内

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松村 雅史 (Masafumi Matsumura)
 大阪電気通信大学・医療福祉工学部・教授
 研究者番号：80209618