

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年4月30日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2009～2011

課題番号：21310102

研究課題名（和文）RFIDの口腔内設置が連携する社会安全と健康増進のバリューチェーン

研究課題名（英文）Radio Frequency Identification implanted in the tooth could communicate with the outside world.

研究代表者

石幡 浩志（ISHIHATA HIROSHI）

東北大学・病院・助教

研究者番号：40261523

研究成果の概要（和文）：

携帯電話の通話操作で口腔内にある RFID と連携でき、電子決済やエントランスゲートなど、高いセキュリティレベルを要求される本人確認に対応、しかも自然な操作で素早い認証手段となる。この RFID に体温や血糖値を計測するセンサーを組み込み、生体情報をモニターするため、RFID を膜状して歯周組織内に設置するためにはならない電子媒体基板として、厚さ 10 μm の純チタンマイクロ多孔版を開発に成功した。

研究成果の概要（英文）：

Abstract—A radio frequency identification (RFID) transponder covering the 13.56 MHz band was adapted to be resized and sealed with biocompatible materials so that it could be placed in the periodontal tissue on the periodontal tissue regeneration therapy. We have found an arrayed pierce processing to thin titanium sheet with a micron order (Micro-pierce) as an appropriate barrier membrane and scaffold for the periodontal tissue regeneration. The biocompatible effect of the titanium mesh sheet was exclusive predominated. The new product of the micro-pierce titanium sheet is applicable to implanted electric devices to measure biological markers on using the periodontal tissue regeneration therapy.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	9,400,000	2,820,000	12,220,000
2010年度	3,500,000	1,050,000	4,550,000
2011年度	2,600,000	780,000	3,380,000
総計	15,500,000	4,650,000	20,150,000

研究分野：社会基盤(共通基礎研究)

科研費の分科・細目：社会基盤・安全システム

キーワード：RFID, IC タグ, 歯周再生治療, ステルス認証, 個人認証, 携帯電話

## 1. 研究開始当初の背景

2005年6月、米国で発覚した4000万件にも及ぶクレジットカード個人情報流出後に頻発した取引詐欺事件は、信用情報を盗用すれば他人のなりすましによる無権限取引が

容易であることを露呈し、電子決済の信頼性を根底から揺るがした。一方わが国でも普及がめざましい“お財布ケータイ”に代表される電子マネーについても、デポジットの盗難事犯が後を絶たず、顧客に対する損害補償制

度も整っていない。今や電子決済は、その利便性と裏腹のユーザーの自己防衛が欠かせないリスクが付き纏うが、それに対抗する防衛手段は“確かな”本人確認である。携帯電話に個人情報集中する一方、本人確認手段には不安が付きまとう。決済機能をはじめ、自宅や自動車のキーに至るまで携帯電話で行える今、そのセキュリティ問題が益々クローズアップされている。そこで暗証番号やパスフレーズに代わり、指紋や静脈パターンなどの生体情報を拠り所とした「バイオメトリクス」が普及しつつある。ところが、個人認証手段として生体情報を用いる際に、いまや個人情報が様々な業種においてかつて無いほど収集されている現状では、ひとたび個人が自らの生体情報を第三者に提供してしまうと、今度はその生体情報を抹消したくとも個人の側にはもはや根本的な消去手段が無く、その生体情報に纏わる社会的不利益に生涯つきまといられる危惧が拭えない。特に一般市民にとっては後ろめたさがあるが無かろうが、私的企業に蓄えられた生体認証用データが、警察などの捜査機関に利用されるような事態を恐れざるを得ない。ともすれば指紋など、レプリカのできる生体情報を何気なく提供していることが、突如として個人にふりかかる脅威となるかもしれないのである。

## 2. 研究の目的

携帯電話を顔に寄せるタイミング、すなわち通話操作がそのまま口腔内にある RFID と連携できる機会となり、電子決済やエントランスゲートなどでの本人確認手段として素早い認証手段となり、加えて RFID に体温や血糖値を計測するセンサーを組み込み、生体情報をモニターして糖尿病などの生活習慣病の予防や治療を支援するシステム開発を念頭に、生体親和性を施した RFID と血糖値計測用電極を口腔内に設置し、RFID との通信、血糖値計測を実証する。歯周病治療における歯周組織再生手術の際に用いられる歯槽骨再生誘導メンブレンに RFID を組み込む方法を考案した。これは歯槽骨再生用バリアメンブレン用のポリマー製フィルターを、純チタン製のミリポアフィルターに代えることで、GTR と GBR 療法を RFID 埋込の機会として利用するこれまでに無い方法である。歯周病で失われた歯槽骨、あるいはインプラント母床骨として顎骨骨梁高さを回復させる再生治療には、回復に長期を要する分、バリアメンブレンに長期耐久性が要求される課題に対応する方法であり、そのため本研究では 10 μm 厚のチタン薄板に対し孔径 20 μm、ピッチ 50 μm にて無数の貫通孔アレイを形成したマイクロ多孔板による純チタン・フルメタルバリアメンブレンを創製した。

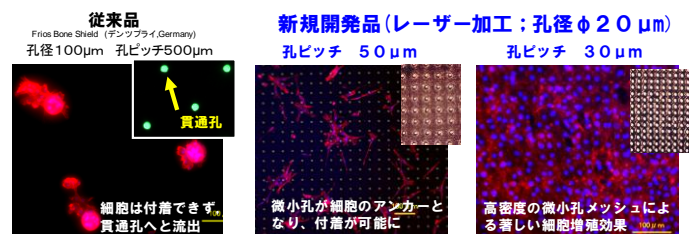
## 3. 研究の方法

—より制御された超微細チタン加工が創製した「マイクロメッシュ」による純チタン・フルメタルバリアメンブレンに対する細胞付着、増殖能—

歯科用インプラントや人工関節、頭蓋骨メッシュなどに使用される純チタンの高い生体親和性は疑いないものの、難加工材の側面を持ち特に微細精密機械加工は困難を極める。しかも純チタニウムは熱加工で周囲雰囲気に含まれる酸素や他の元素と容易に結合し変性し劣化するため、通常雰囲気下では微細精密加工法の主力であるレーザー加工が適用できなかった。しかし近年、パルスレーザーの急速な発達により、パルス幅を極限まで短縮しピークを高めたフェムト秒レーザーが実用化された。これは純チタンに熱変性をもたらす加熱の影響を抑え、高精細なトポグラフィー形成を可能とする。

本研究では ELID による機械冷間加工を主軸に試作品を製作したが、近い将来、このような非加熱レーザー加工での高精細トポグラフィーによる自在な形成が可能となる技術背景を鑑み、チタン材表面に歯根膜様組織を形成できる可能性のある純チタンでのマイクロメッシュ加工を試み、その細胞付着、増殖効果を検証した。試料は 10 μm 厚のチタン箔に φ20 μm の貫通孔を 50 μm ピッチして約 40,000 個、あるいは 30 μm ピッチに約 110,000 個形成したものであり、規則的配列をもつ穿孔アレイが形成された。試作品は 10 μm 厚さであっても金属として良好な物性を有しており、従来のポリマー性バリアメンブレンに十分匹敵する強度と柔軟性を有していた。この試料に対し、ヒト歯胚由来幹細胞を播種して同様にその細胞付着と増殖能を評価した。ヒト歯胚由来幹細胞を用いた理由は、この細胞が極めて強力な遊走能を有することから、歯根膜様組織生成に要求される、細胞増殖および組織化能に対する促進作用を検討するのに適切なためである。

・蛍光抗体染色像による培養細胞の観察  
—高密度微小孔形成によるトポグラフィー効果を培養細胞にて検証—



試作品上でヒト歯胚由来細胞を 72 時間培養したところ、マイクロトポグラフィーの無い従来品チタン(Frios® Boneshield, デンツプライ(独))では、開孔部に細胞塊が進入しながら流出する様相を呈し、その反面、材料表面に殆ど細胞の付着が全く認められな

かった一方、極めて高精細なトポグラフィ形成した試作品上では、微細孔をアンカーとして多数の細胞が付着・増殖し、その数は孔密度の高さに応じて明らかに増加した。試作品のマイクロメッシュは、良好な生体親和性に加え、培養細胞の付着と増殖を促進することが示唆された。マイクロメッシュ上では細胞が多数付着して盛んに進展・増殖したものの、多孔構造は細胞体が結合し足場となるアンカーとして作用し、メッシュのピッチが小さくなることで細胞増殖に対する飛躍的な促進効果を得られることが明らかとなった。

#### 4. 研究成果

もともと RFID を体内に埋め込む際に外部との通信に必要な箔状のチタン製アンテナは、ここで開発されたマイクロ多孔板を用いることが可能であるから、歯周組織埋込型 RFID の実現に向け大きく前進したこととなる。今回開発されたマイクロ多孔板は、生体に電子媒体を導入する際の基盤としてはうってつけであり、埋め込み型人工臓器等にも利用できる汎用性の高い技術でもある。生体埋め込み電子媒体の具体的デザインとそれを実現する新素材が開発されたことで、その臨床応用に大きく近づいたものと思われる。

さて、本報告時点の 2012 年においても、我が国で実際に行われている野蛮極まりない行為として、成田空港で実施されているハイジャック防止目的としたボディチェックがある。金属探査ゲートでアラーム原因が探知できないケースでは衆人環視の前でベルトを外させられたうえ、一段高い台上で全身をくまなく探られるという乗客にとっては極めて屈辱的な捜査である。これは例えば人工関節や義手・義足などを装着している方々は、その場で装具を外さない限り決して逃れることができないことから、米国同時テロ以降に導入されたこの検査を甘んじて受けることができずに海外旅行を断念する身障者が多数いると言う。その一方で、2008 年時点で当方が提案書式で警告していた、指紋なりすましによる入国禁止対象外国人の再入国の事実が 2010 年に発覚した。その方法はマスコミ等では公開されていないが、状況から見てまさしく 2008 年に我々が警告した皮状指紋レプリカ法による指紋偽装手段が悪用されたと見られる。指紋や静脈パターンに頼る本人確認方法すべからず欠陥が存在することは以前からも指摘され、且つその具体的問題点まで指摘されていた事実にもかかわらず、その欠陥をつかれ、入国禁止対象外国人をみすみす入国させてしまった無脳ぶりの一方で、善良な国民に対し前述の如き非人道的捜査を目下も強い続けるのは、国民に自らの権力を誇示するための見せしめとしか見えないのである。もはやこれはセキュリ

ティチェックに名を借りた卑劣な体罰行為であり、当局の見識と能力を疑うばかりである。指紋認証が真に取り締まるべきテロリストの入国阻止には全く無力となった現状を総括し、素直に反省し、真に有効なセキュリティのあり方を再検討すべきであり、実は今回の課題提案の最大の成果は、その警告が実際の指紋偽造によるなりすまし犯罪が生じる事が予見できた事にある。裏を返せば、学術的認識の欠如と研究努力を欠いた安全保障政策は、国民の害になるばかりか、むしろ国家をテロリストから危機にさらしてしまう可能性を如実に示したことであろう。本研究が我が国のセキュリティ政策は抜本的な転機を迎えていることを少しでも多くの国民が認識し、真に安全で国民を守るための国家像を探る一つの提案となれば幸いである。

#### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 8 件)

- ①石幡浩志, 岩間張良, 下村政嗣, 島内英俊 : 生体親和性高分子ハニカムフィルムを利用したティッシュエンジニアリングによる歯周組織再生法の創成, 日本歯科医学会誌 第 31 巻 p44-48, 2012. 査読有
- ②長峰 勝, 石幡浩志, 島内英俊 : チタンのマイクロピラス加工—再生医療をリードするものづくり—, 機械と工具 2011 年 11 月号 p58-62 査読有
- ③ Ishihata H, Kanehira M, Finger WJ, Shimauchi H, Komatsu M. “Effects of application of glutaraldehyde containing desensitizer formulations on reduction of dentin permeability” J Dent. Sci. 7, 105-110, 2012. 査読有
- ④ Ishihata H, Finger WJ, Kanehira M, Shimauchi H, Komatsu M. ” In vitro dentin permeability after application of Gluma® desensitizer as aqueous solution or aqueous fumed silica dispersion.” J Appl Oral Sci. 19, 147-153, 2011. 査読有
- ⑤ Ishihata H, Kanehira M, Finger WJ, Shimauchi H, Komatsu M, ” Effects of glutaraldehyde, HEMA, and Gluma Desensitizer on in vitro dentin permeability” International Journal of Contemporary Dentistry 2, 3-8, 2011. 査読有
- ⑥ Ishihata H, Shimauchi H, 他 9 名 (11 人中筆頭) ” Proliferation of Periodontal Ligament Cells on Biodegradable Honeycomb Film Scaffold with Unified Micropore Organization ” JBSE, 5: 252-261, 2010. 査読有
- ⑦ Ishihata H, Kanehira M, Nagai T, Finger WJ, Shimauchi H, Komatsu M. “Effect of desensitizing agents on dentin

permeability. ” Am J Dent. 22, 143-146, 2009.

査読有

- ⑧ Kanehira M, Finger WJ, Ishihata H, Hoffmann M, Manabe A, Shimauchi H, Komatsu M. “Rationale behind the design and comparative evaluation of an all-in-one self-etch model adhesive” J Dent. 37, 432-439, 2009. 査読有

〔学会発表〕(計 18 件)

- ① Hiroshi ISHIIHATA, Hiroyuki KANEKO, Mitsuru SHIMONISHI, Masashi KOMATSU, Hidetoshi SHIMAUCHI and Keiichi SASAKI, : “Development of 20 um Micro-pored Full-Titanium Membrane for Bone Argumentation”, 日本機械学会第 24 回バイオエンジニアリング講演会 Japan-Korea Joint Symposium “Biomechanics and biomaterials for hard tissue” Jan 8 2012 Toyonaka Osaka University. Osaka
- ② Nagayoshi Iwama, Hiroshi Ishihata, Takahito Kawano, Hidetoshi Shimauchi, Masatsugu Shimomura: Application of honeycomb patterned porous films as functional scaffold for periodontal regenerative therapy, JSPS/APCPI in yonsei Univ. Joint Seminar, 韓国, ソウル, 2012. 3. 8-2012. 3. 10
- ③ 岩間張良, 河野喬仁, 石幡浩志, 島内英俊, 下村政嗣, 歯周病と闘う高分子多孔質素材～ハニカムフィルムを用いたヒト歯根膜由来細胞の培養～, 第 39 回東北地区高分子若手研究会夏季ゼミナール, (2011. 7. 27-2011. 7. 29) 秋田県仙北市
- ④ 岩間張良, 石幡浩志, 河野喬仁, 下村政嗣, 島内英俊, ハニカムフィルム上における培養ヒト歯根膜由来細胞の形態とその分化, 第 54 回日本歯周病学会秋季学術大会, 日本, 下関市, (2011. 9. 24)
- ⑤ 岩間張良, 河野喬仁, 石幡浩志, 下村政嗣, 島内英俊, ハニカム状多孔質膜の歯周組織再生療法への応用, 第 33 回日本バイオマテリアル学会大会, 日本, 京都市, (2011. 11. 21-2011. 11. 22)
- ⑥ 石澤知寛, 佐藤秀明, 石幡浩志, 島内英俊, グレーシースケーラーによるヒト象牙質の搔爬試験 (切れ刃のすくい角と表面粗さの関係), 2011 年日本歯科保存学会秋季学術大会 大阪 2011 年 10 月 20～21 日
- ⑦ 田中大資, 佐藤秀明, 佐藤秀樹, 石戸谷重晴, 石幡浩志, 小松正志, ブラシ研磨による歯科用純チタンの精密研磨, 2011 年日本歯科保存学会秋季学術大会 (2011 年 10 月 20～21 日) (大阪市)

- ⑧ Nagayoshi Iwama, Masaru Tanaka, Hiroshi Ishihata, Masahiro Ara, Mitsuru Shimonishi, Masaru Nagamine, Noriaki Murakami, Sousuke Kanaya, Eiji Nemoto, Hidetoshi Shimauchi and Masatsugu Shimomura, Proliferation of periodontal ligament cells on the unified topographic pattern of the honeycomb pored scaffold, 2009 年 6 月 10 日 JSPS Colloquim(日本学術振興会主催: スtockホルム, スウェーデン王国)
- ⑨ Nagayoshi Iwama, Masaru Tanaka, Hiroshi Ishihata, Masahiro Ara, Mitsuru Shimonishi, Masaru Nagamine, Noriaki Murakami, Sousuke Kanaya, Eiji Nemoto, Hidetoshi Shimauchi and Masatsugu Shimomura, Effect of pore size of honeycomb films on the morphology, adhesion and proliferation of human periodontal ligament cells, 2009 年 7 月 8 日 Annual meeting 2009 of The Tissue & Cell Engineering Society(グラスゴー, 連合王国)
- ⑩ Hidetoshi Shimauchi, Masaru Tanaka, Nagayoshi Iwama, Hiroshi Ishihata, Masahiro Ara, Yoshihisa Murakami, Eiji Nemoto and Masatsugu Shimomura, A newly developed honeycomb pored film as a 3D scaffold for periodontal regeneration, 2009 年 9 月 14 日 American Academy of Periodontology (AAP) 2009 annual meeting (ボストン市, 米国)
- ⑪ N. Iwama, H. Ishihata, M. Shimonishi, M. Ara, H. Shimauchi, M. Shimomura, Effect of morphological surface motifs as intercellular flask in biocompatible honeycomb pored film on periodontal regeneration, Tenth International Symposium on Biomimetic Materials Processing (BMMP-10). Noyori Conference Hall, Nagoya University, Nagoya, Japan January 26 – 29, 2010
- ⑫ 岩間張良, 石幡浩志, 下西充, 村上宜央, 金谷聡介, 根本英二, 島内英俊, 田中賢, 荒雅浩, 下村政嗣, 多孔質ハニカムフィルムの歯周組織再生療法への応用に関する研究, 2009 年 5 月 27 日第 58 回高分子学会年次大会(ポートアイランド, 神戸市): 新型インフルエンザ流行に伴い大会中止, 抄録のみ
- ⑬ 佐藤秀明, 石幡浩志, 村岡直樹, 島内英俊, ダイヤモンド電着手用スケーラーの開発に関する研究, 2009 年 6 月 11～12

日第 130 回日本歯科保存学会春季学術大会(札幌コンベンションセンター, 札幌市)

- ⑭ 佐藤秀明, 佐藤秀樹, 小柳津善二郎, 石幡浩志, 小松正志, 歯科用 CP チタン製造体の精密研磨(第 2 報, 砥粒の種類の影響について), 2009 年 6 月 11~12 日第 130 回日本歯科保存学会春季学術大会(札幌コンベンションセンター, 札幌市)
- ⑮ 岩間張良, 石幡浩志, 下西 充, 村上宜央, 根本英二, 島内英俊, 長峰 勝. ハニカムパターン化スキヤフォールド上における歯周組織由来線維芽細胞の 3 次元接着挙動, 2009 年 第 38 回医用高分子シンポジウム(2009 年 7 月 27 日, 東京大学先端科学技術研究センター, 東京)
- ⑯ 岩間張良, 石幡浩志, 下西充, 村上宜央, 金谷聡介, 根本英二, 島内英俊, 田中賢, 荒雅浩, 下村政嗣, 長峰勝, 多孔質ハニカムフィルムの歯周組織再生療法への応用に関する研究, 2009 年 第 58 回高分子討論会(2009 年 9 月 16 日 熊本大学工学部黒髪キャンパス, 熊本市)
- ⑰ 石幡浩志, 岩間張良, 下西 充, 兼平正史, 小松正志, 島内英俊, 培養歯根膜由来線維芽細胞を用いたハニカムフィルムの多孔質スキヤフォールドとしての評価, 2009 年 第 52 回秋季日本歯周病学会学術大会(平成 21 年 10 月 11 日, 宮崎観光ホテル, 宮崎市)
- ⑱ 石幡浩志, 下村政嗣, 島内英俊, 生体親和性高分子ハニカムフィルムを利用したティッシュエンジニアリングによる歯周組織再生法の創生, 平成 21 年度第 26 回歯科医学を中心とした研究を推進する集い(平成 22 年 1 月 9 日, 日本歯科医師会館, 東京)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

- 出願状況 (計 2 件)
  - 名称: 医療用多孔プレート
  - 発明者: 小泉俊郎, 石幡浩志
  - 権利者: 株式会社ラステック, 新世代加工システム
  - 種類: 特許
  - 番号: 特許出願 2012-43877
  - 出願年月日: 2012 年 2 月 29 日
  - 国内外の別: 国内
- 取得状況 (計 1 件)
  - 名称: 多孔プレート, 機能的透過膜および人工臓器
  - 発明者: 長峰 勝, 石幡浩志
  - 権利者: 株式会社長峰製作所
  - 種類: 特許

番号: 特許公開 2011-142831  
取得年月日: 2011 年 7 月 28 日  
国内外の別: 国内

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

石幡 浩志 (ISHIHATA HIROSHI)  
東北大学・病院・助教  
研究者番号: 40261523

### (2) 研究分担者

島内 英俊 (SHIMAUCHI HIDETOSHI)  
東北大学・大学院歯学研究科 ・教授  
研究者番号: 70187425

庄司 茂 (SHOJI SHIGERU)  
東北大学・病院・講師  
研究者番号: 10142986  
(H21 のみ)

下西 充 (SHIMONISHI MITSURU)  
東北大学・病院・助教  
研究者番号: 40302153  
(H22 - H23)

### (3) 連携研究者

田中 賢 (TANAKA KEN)  
山形大学・大学院理工学研究科・教授  
研究者番号: 00322850