アーカイラス株式会社
2024 年 12 月 6 日

金ナノ粒子でオンリーワンアセットを保証する
―総務省SCOPE受賞技術をICTスタートアップリーグに展開―

令和6年度「スタートアップ創出型萌芽的研究開発支援事業」
テーマ「ステルスタグ検出ベータ機試作」

概要　アーカイラス株式会社は令和6年度「スタートアップ創出型萌芽的研究開発支援事業」ICTスタートアップリーグの支援で、金ナノ粒子でオンリーワンアセットを保証する基礎技術を開発しました。

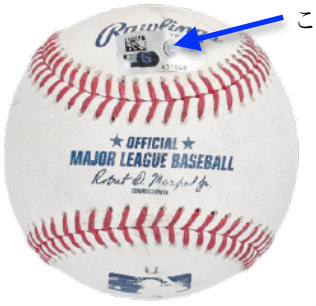

図１ 50号ホームランボール（Goldin）

https://goldin.co/item/sept-19-2024-shohei-ohtani-becomes-first-member-of-50-50-club-actual-553vh1

図２ 市販されているメジャーリーグ公式球

世界で唯一の大谷選手の50号ホームランボールにはシールが貼ってあります（図１）が、シールは剥がされたり流用されます。シールそのものが偽造され、普通のメジャーリーグ公式球（図２）に貼り付けた偽物が出回ることもあるかも知れません。

金ナノ粒子から産まれたアーカイラスのステルスタグは図３のように目には見えませんが、今回のプロジェクトで試作した検出器でレーザーを当てると、署名となる波形が明瞭に出現します（図４, 図５）。従来の装置は焦点合わせなど操作が煩雑でしたが、一般の人でも使い易いデスクトップ型の検出器を新たに開発しました。ラベルやシールに頼ることなくオンリーワンアセットそのものを保証する基礎技術となります。プロジェクト完了後には、波形署名を利用して循環型経済におけるトレーサビリティや偽造防止のための技術に育てあげ、社会の安全安心を守るビジネスを提供します。

図３ 普通のボールに見える
（テープは位置の目安）

図４ レーザーを当てると特殊な波形が出現

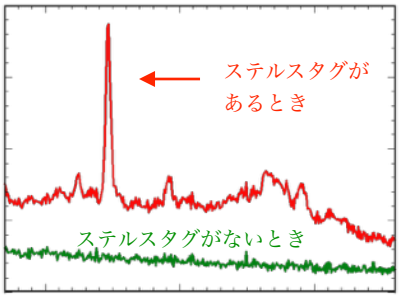

図５ 実測した波形の例
（測定時間１秒）

１．社会背景

私たち人間の生活空間（フィジカル世界）のさまざまな商品には、デジタル情報を書き込んだラベルやシールが貼られており、サーバーやコンピューターのデジタル情報（サイバー世界）と紐付けられています。商品が「いつ、どこで、どのように、誰によって」製造され、流通し、消費されているのかを可視化するトレーサビリティの確保が、それらラベルやタグの役割です。従来の不用物を廃棄するリニア型経済から資源として再利用する循環型経済では、貴重な資源を有効活用し環境に配慮するために、原料・製品・廃棄品のトレーサビリティがさらに求められます。

しかし、従来のラベルやシールを商品に貼り付けても、剥がされたり流用される恐れがあります。ラベルそのものを偽造される場合もありました。偽造問題は世界的に重大な課題であり、被害総額は年間4兆6,800億ドルに達するとされています。

従来のラベルやシールでは、商品そのものを保証できないことが原因のひとつです。そこで、マイクロタガントと称される微小な人工物微粒子を直接商品に付けて判別しようという試みが為されていますが、表面のある程度の面積に塗布しなければならなかったり、包装ビニール袋の外からは判別できないなどの制限がありました。私たちはマイクロタガントよりもさらに微小で、目に見えない光を発現する金のナノ粒子のフォトニクス現象に着目しました。

２．研究プロジェクトの経緯と成果

アーカイラスの福岡隆夫代表は、起業前に、同志社大学、兵庫県立大学、京都大学の研究員として金ナノ粒子の自己集合と、そのナノ構造が発現する表面増強ラマン散乱というフォトニクス現象に長年取り組んでいました。表面増強ラマン散乱は、金や銀のナノ構造のプラズモン共鳴という現象により、ナノ構造に吸着した分子のラマン散乱強度が増幅される現象です。この研究は、極微量の金ナノ粒子をナノタグとして、発現する表面増強ラマン散乱信号を判別に用いるというアイデアに発展しました（図６）。微小なナノタグはリアルな物に取り付ける見えないタグ（ステルスタグ）として機能し、偽造防止が可能になります。表面増強ラマン散乱の波形は分子の種類に特有で明瞭に識別できるので、その組み合わせからデジタル情報と関連付けることができます。ナノタグを用いることで、多くの情報を商品の外観を損ねることなく密かにタグ付けすることが可能となります。

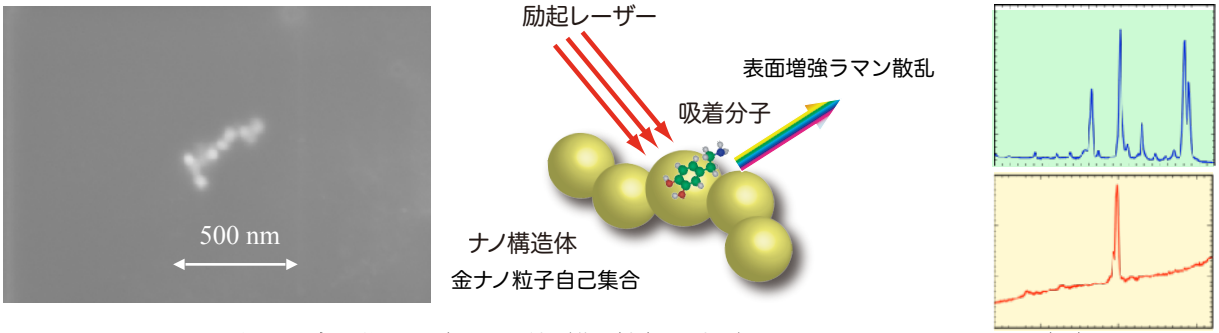

図６ 金ナノ粒子の自己集合の電子顕微鏡画像（左）、表面増強ラマン散乱のイメージ（中）、出現した波形の例（右）。

2020年には東洋大学理工学部山口明啓教授（当時兵庫県立大学）、京都大学大学院工学研究科鈴木基史教授と共に、総務省が実施している「戦略的情報通信研究開発推進事業(SCOPE)」の研究開発課題「高セキュリティなプラズモニック印鑑の創製とクラウド認証の研究開発」に採択されました。その研究成果は高く評価され、2024年1月に総務省SCOPE研究開発奨励賞を受賞しました（図７）。

図７ 総務省SCOPE研究開発奨励賞と共同研究グループ（右から鈴木教授、山口教授、福岡）。

2022年には起業化候補人材を発掘育成する国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）のNEDO Entrepreneurs Program (NEP)に、研究開発課題「プラズモニック偽造防止技術ステルスナノビーコンの事業展開」が採択されました。これを機会に、化学（福岡）、物理（山口教授）、薬学（愛知学院大学薬学部安永峻也講師）の専門領域を異にする研究者3名が出資してアーカイラス株式会社を起業し、2024年にはnano tech 2024のNEDOブースに展示を行いました。

本ICTスタートアップリーグの研究課題「ステルスタグ検出ベータ機の試作」では、総務省SCOPE研究を継続し、これまでの研究を発展させその社会実装を目指しています。そのためにナノタグからの表面増強ラマン散乱信号を簡便に検出する装置のベータ機を試作しました（図４）。このベータ機では従来の分光器ではほとんど省みられることのなかった取り扱いの容易さと、次の開発課題であるクラウド認証技術開発のための機能が備わっています。

３．波及効果、今後の予定

トレーサビリティを確保したサプライチェーンのセキュリティが求められています。パリで開催されたviva tech 2024 Japanパビリオンへの出展は、大手ブランド企業からも注目を集めました。各社は自社製品のビッグデータを集めているからです。またある飛行機メーカーでは、不正規品のチタン素材が混入した事件がありました。そしてEUでは原料、製品、廃棄品についてトレーサビリティを保証するデジタル製品パスポートという仕組みが始まります。本研究は、経済効果500兆円と言われる循環型経済に対応した近未来インフラとして、安全安心で豊潤な社会の実現に役立ちます。

そのために、ナノタグインクの創成、インクジェットによる精密印刷や微小領域への印刷技術の開発、ナノタグを読み取る簡便で安価な検出器の開発、出現した波形をAIで強化した新しい手法で照合する研究開発を今後進めて行くとともに、国内外の企業との連携を探っています。

＜用語解説＞

・プラズモン共鳴：プラズモンとは貴金属ナノ粒子の中の自由電子の集団振動で、ナノ粒子の表面にまとう光である。金ナノ粒子を液中で自己集合化させ、ナノ粒子が鎖状に連結したプラズモニックナノ構造体では、長軸方向の局在プラズモン共鳴が励起され、あたかもアンテナやレンズの様に光を集めて、ナノ構造近傍の化学分子のラマン散乱が著しく増強される「表面増強ラマン散乱（SERS：Surface Enhanced Raman Scattering ）」現象が生じる。

・ラマン散乱：分子が振動して分子の分極率も変化するような分子に光が照射されると、振動に対応したエネルギーが吸収され、分子が励起される。また励起された分子はエネルギーを放出する。すると、照射光の波長よりも長波長にずれた光と、短波長にずれた光が微弱ながら観察される。この現象がラマン散乱であり、波長のずれは分子の構造に特有のラマンシフトとなるので、波形は分子特有となる。

・表面増強ラマン散乱：貴金属ナノ構造体のプラズモン共鳴の作用により、ナノ構造体に吸着した分子のラマン散乱強度が著しく増強される現象である。増強度は、通常のラマン散乱の10万倍以上になる。

・「ステルスナノビーコン」：偽造防止対策がリバースエンジニアリングされ、原理が見抜かれると模倣されるリスクがある。そこで我々は、独自技術によって自己集合化させた貴金属ナノ粒子に秘密のレポーター分子を固定し、レーザーを照射したときに発する固有の光シグナルで認証を行うプラズモニックナノタグを創製した。従来の偽造防止技術とまったく異なり、光・ナノ・化学・物理を暗号鍵とするので模倣困難な技術である。目に見えない超極微量のナノ構造体が光シグナルを発するので「ステルスナノビーコン」と名付けた。

＜主要論文＞

1) Physically Unclonable Functions Taggant for Universal Steganographic Prints, **T. Fukuoka**, Y. Mori, T. Yasunaga, K. Namura, M. Suzuki, and A. Yamaguchi, *Sci. Rep.*, 12, 985(2022). https://doi.org/10.1038/s41598-022-04901-z
2) Physical stability of stealth nanobeacon using surface-enhanced Raman scattering for anti-counterfeiting and monitoring medication adherence: Deposition on various coating tablets, T. Yasunaga, **T. Fukuoka**, A. Yamaguchi, N. Ogawa, H. Yamamoto, *Int. J. Pharm.*, 624, 121980(2022). https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2022.121980
3) Plasmonic Nanotags for On-dose Authentication of Medical Tablets, **T. Fukuoka**, T. Yasunaga, K. Namura, M. Suzuki, and A. Yamaguchi, *Adv. Mater. Interfaces*, 10(20), 2370064(2023). https://doi.org/10.1002/admi.202370064
4) Application of Stealth Nanobeacon for Traceability Assurance in Pharmaceutical Tablets via Surface-Enhanced Raman Scattering during the Tablet Coating Process, Toshiya Yasunaga, **Takao Fukuoka**, Akinobu Yamaguchi, Noriko Ogawa, Hiromitsu Yamamoto, *Int. J. Phar*m., 666, 124810(2024). https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2024.124810

＜解説記事＞

1) 医薬品製剤のトレーサビリティについて: 表面増強ラマン散乱を用いたマイクロタガント技術による On-Dose Authentication の紹介, 安永峻也, 山口明啓, **福岡隆夫**, 製剤機械技術学会誌, 33(3), 213-219(2024).
2) 金ナノ粒子自己集合体のPUF（physically unclonable functions）を利用したステルスナノビーコン, **福岡隆夫**, フォトニクスニュース, 9(2), 93-97(2023).
3) 物流のトレーサビリティを担保するナノ構造, **福岡隆夫**, 安永峻也, 山口明啓, エレクトロニクス実装学会誌, 26(5), 506-512(2023). https://doi.org/10.5104/jiep.26.506
4) 医薬品製剤のトレーサビリティを担保するmicrotaggant技術：偽造医薬品対策と流通・服薬管理への可能性, 安永峻也, **福岡隆夫**, 山口明啓, 小川法子, 山本浩充, 薬学雑誌, 142(11), 1255-1265(2022). https://doi.org/10.1248/yakushi.22-00147

＜研究に関するお問い合わせ先＞

氏名（ふりがな）　福岡隆夫（ふくおかたかお）
所属・職位　　アーカイラス株式会社・代表取締役
E-mail： info2100@archilys.com　Web： https://www.archilys.com
Facebook： https://www.facebook.com/archilys/
LinkedIn： https://www.linkedin.com/company/archilys/