

2026 年 9 月 15 日

東京大学

科学技術振興機構 (JST)

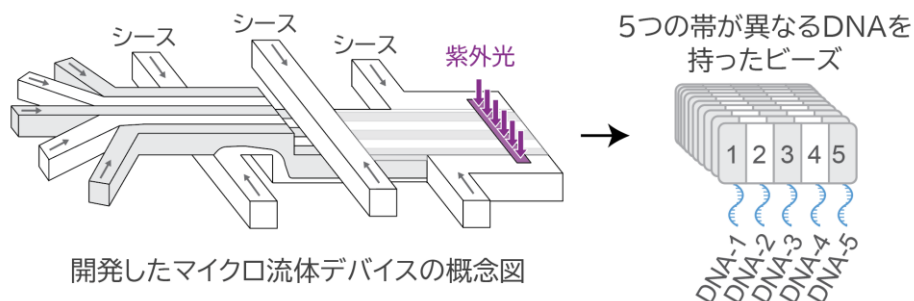
光配列バーコードビーズの大規模作製法を開発

——共通設計のビーズを毎時 100 万個超で作り、光配列コードを後から書き込む——

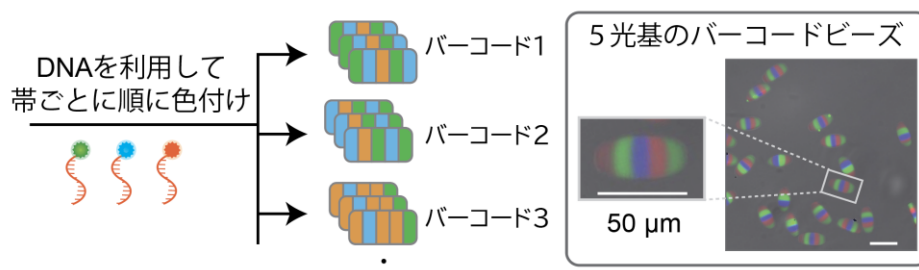
発表のポイント

- ◆髪の毛の太さほどの小さなビーズに、5 本の色の帯からなるバーコードを書き込む技術を開発。共通設計のビーズをまとめて作った後に、DNA を使って各帯に色コードを書き込み、多様な光配列を生成しました。
- ◆共通ビーズは毎時 100 万個超の速度で作製。64 色コード/帯を実測し、理論上は 10 億通り超 (64^5) のバーコード設計可能性を示すとともに、実験でも 3 万 5,155 種類のバーコードを確認しました。
- ◆11 日後の再撮像でもバーコードによりビーズを高精度に照合できることを実証。薬の候補、生体分子、細胞などを混ぜたまま識別・追跡する創薬・生命科学研究への応用が期待されます。

ステップ1: フローリソグラフィー^(注2)による、帯構造を持つビーズの作製



ステップ2: 各帯に色(=光基)を加えることでバーコード化



本研究で開発したバーコード作製技術

5 本の帯を持つマイクロ流体ビーズをマイクロ流体デバイスで大量に作製します。その後、各帯に異なる色と明るさを付けることで、さまざまなバーコードを書き込みます。

概要

東京大学先端科学技術研究センターの太田禎生教授と江口晃弘助教らによる研究グループは、連続した帯構造を持つ微小ハイドロゲルビーズ（注 1）を用いて、顕微鏡で読み取れる多種類のバーコードを大量に作る技術を開発しました。

本研究では、流れる材料を光で固めるフローリソグラフィー（注 2）を用いて帯構造を持つビーズを高速に連続作製し、作製後のビーズの各帯にさまざまな色と明るさの組み合わせ（=光基）を書き込めるようにすることで、多種類のバーコードを持つ小さなビーズ（～60 μm 、参考：一般的な髪の毛の太さは 50～100 μm ）を効率よく作製できることを示しました。

将来は、異なる薬の候補や生体分子をそれぞれのビーズに載せて追跡する技術へと飛躍させることで、高スループットな創薬スクリーニングや生命科学研究への応用が期待されます。

発表内容

創薬や生命科学の研究では、多数の薬の候補や生体分子を効率よく調べるため、それぞれを小さなビーズに載せ、まとめて反応させる方法が使われています。しかし、たくさんのビーズを混ぜてしまうと、「どのビーズに何が載っていたのか」を見分けるための目印が必要になります。そこで、ビーズに異なる色や模様を持たせ、顕微鏡で読み取る「光学バーコード」が利用されてきました。これまでも多種類の光学バーコードを作る方法はありませんでしたが、必要なバーコードを選んで作ることと、多種類のバーコードをまとめて作ることとを両立するのは困難でした。

そこで本研究では、「ビーズを作る工程」と「バーコードを付ける工程」を分ける新しい方法を開発しました。まず、5 つの帯からなるビーズを毎時 100 万個を超える速度で連続的に作製し、その後それぞれの帯を異なる色で染めることでバーコードを書き込みます。つまり、ビーズそのものは先にまとめて作っておき、必要なバーコードをあとから付けることができます。

バーコードをあとから付けるために利用したのが DNA です。DNA には、塩基の並び方（配列）によって、決まった相手と選択的に結合する性質があります。そこで、ビーズの 5 つの帯にそれぞれ異なる DNA を組み込み、対応する DNA に色素を付けて加えることで、狙った帯だけに色を付けられるようにしました。加える DNA の種類や量を変えることで、5 つの帯の色と明るさをさまざまに組み合わせ、異なるバーコードをあとから書き込むことができます。

実験では、5 万 9,049 通りのバーコードを設計し、実際に解析したビーズから 3 万 5,155 種類の異なるバーコードを確認しました。また、バーコードを付けたビーズを 11 日後に再び撮影したところ、73%のビーズを高い信頼度で再識別できました。この結果から、同じビーズを時間をおいて見分け、変化を追跡できる可能性が示されました。



図 1：光学バーコードビーズの顕微鏡画像

ハイドロゲルビーズの 5 つの帯がさまざまな色と明るさで染め分けられ、その組み合わせがそれぞれのビーズを見分けるバーコードとして機能します。

発表者・研究者等情報

東京大学

先端科学技術研究センター

太田 禎生 教授

江口 晃弘 助教

岩本 侑一郎 博士研究員

成田 晴香 博士研究員

Adrian Mabini Martin 学術専門職員

工学部

徳田 陽向 学部生

研究当時：教養学部 学部生

論文情報

雑誌名：Advanced Science

題 名：Decoupling Fabrication from Encoding: DNA-Addressable Template Microparticles for Large, User-Defined Optical Barcode Libraries

著者名：Akihiro Eguchi, Yuichiro Iwamoto, Hinata Tokuda, Haruka Narita, Adrian Mabini Martin, Sadao Ota

DOI：10.1002/adv.77407

研究助成

本研究は、科学技術振興機構（JST）戦略的創造研究推進事業 ACT-X（JPMJAX2534）、CREST（JPMJCR19H1、JPMJCR23B6）、革新的 GX 技術創出事業（GteX）（JPMJGX23B1）、先端国際共同研究推進事業（ASPIRE）（JPMJAP24B5、JPMJAP2416）の支援を受けて実施されました。また、本研

究は、日本学術振興会（JSPS）科研費（JP25H01359、JP24K23030、JP25K24884、JP25K17926）、上原記念生命科学財団、UTEC-UTokyo FSI Research Grant Program、武田科学振興財団、中谷財団の支援を受けて実施されました。

用語解説

（注 1）微小ハイドロゲルビーズ：水を多く含むゼリー状の高分子材料（ハイドロゲル）からできた、非常に小さな粒子。内部に DNA などの分子を組み込むことができる。

（注 2）フローリソグラフィー：液体を微細な流路に流しながら、光を照射して材料を固めることで、微小な粒子を連続的に作製する技術。光の当て方や流路内の液体の配置を工夫することで、さまざまな形状や構造を持つ粒子を作製できる。

問合せ先

（報道に関する問合せ）

東京大学先端科学技術研究センター 広報広聴・情報支援室

Tel：03-5452-5424 E-mail：press@rcast.u-tokyo.ac.jp

科学技術振興機構 広報課

Tel：03-5214-8404 E-mail：jstkohe@jst.go.jp

（JST事業に関する問合せ）

科学技術振興機構 戦略研究推進部 先進融合研究グループ

原田 千夏子（はらだ ちかこ）

Tel：03-6380-9130 E-mail：act-x@jst.go.jp