

石英ガラスの内部にブルーレイディスク™並みの記録密度で デジタルデータの記録・再生に成功

100層記録による大容量化と3億年のデータ保存寿命の両立が可能に

株式会社日立製作所(執行役社長兼COO:東原 敏昭/以下、日立)は、このたび、京都大学大学院工学研究科 三浦清貴研究室と共同で、石英ガラス内部に、ブルーレイディスク™並みの記録密度となる100層のデジタルデータを記録、再生することに成功しました。今回、石英ガラスの奥深くに保存されたデータを再生する際に生じる、他層のデータの映りこみに起因するノイズの低減技術を新たに適用することで、100層という多層でのデータ記録、再生が行えることを検証しました。

石英ガラスは、耐熱性、耐水性に優れており、1,000°Cで2時間加熱しても保存データの劣化がないことをすでに実証しています。このことは、石英ガラスを用いたアーカイブが3億年を越えるデータ保存にも耐えうることを示しており、今後は歴史上重要な文化遺産や公文書、個人が後世に残したいデータなどの新たな長期保存技術として活用が期待されています。

情報の記録媒体が紙からデジタルデータへと急速に移行する中、長期保存技術の確立が求められています。特に、半永久的な保存が求められる文化遺産や公文書に対しては、温度や湿度などによる記録データの経年劣化がなく、いつの時代にも記録データを読み出すことができるストレージ技術が必要です。このような課題に対し、半導体や生物のDNAを用いてデジタルデータを長期保存するための技術開発が世界中で進められています。

日立は2009年に、デジタルデータの長期保存を目的に、耐熱性や耐水性に優れた石英ガラスに着目し、フェムト秒パルスレーザー*1で刻印したデジタルデータを光断層撮影法*2で読み出す手法を考案して、石英ガラスがストレージとして有用であることを確認しました。この技術を用いると、石英ガラス内部にレーザーの焦点位置を変えながら、屈折率の異なる微小領域(ドット)を形成することで多層記録が可能となります。2012年には京都大学と共同で、再生に光学顕微鏡を用いる手法を開発し、4層記録でCD並みの記録密度を、2013年には26層記録でDVD並みの記録密度を達成してきました。実用化に向けてさらなる高密度化を実現するためには記録層を増やす必要がありますが、ブルーレイディスク™と同等の記録密度を得られる100層クラスになると、石英ガラスの奥深くまで記録層が設けられることでドットの品質低下や、再生時に他層に記録されたデータの映りこみにより、再生エラーが顕著になるという課題がありました。

今回、日立と京都大学は共同で、石英ガラスの内部に100層を超える記録層で記録、再生を実現するための要件を見出し、100層での記録、再生の実証に成功しました。

今回、100層での記録、再生は、以下の技術を用いて実証しました。

(1)球面収差補正レンズの適用による、高品質なデータの記録と再生

データを記録するために石英ガラスの奥深くの記録層へ光を集光すると、その集光スポットには球面収差と呼ばれる、スポット品質を劣化させる現象が発生します。この劣化した品質のスポットでドットを形成する場合、レーザーを強める必要がありますが、強度の高いレーザーで得られる集光スポットは石英ガラスの奥行き方向に伸びてしまうため、他の記録層付近にもドットが形成され、再生時のノイズの要因となります。今回、球面収差補正レンズを採用することで、レーザーの強度を高めることなく記録時のスポット品質の劣化を抑制し、奥深くにある記録層にもドットを形成できることを確認しました。

また、再生に用いる光学顕微鏡にも収差補正レンズを適用することで、高品質の撮影画像が得られることを確認しました。

(2)ノイズ除去再生アルゴリズムの適用による再生エラーの低減

光学顕微鏡で撮影した画像からデータを再生する際には、ドットを"1"、ドットが生じない部分を"0"としてデジタル信号へ変換します。記録層が増えるにつれて、石英ガラス内部の奥深くにある記録層を撮影する際に、他層に記録されたドットの映りこみに起因するノイズが、顕著になることがわかりました。今回、このノイズへの対策として、ドットとノイズの識別に、その面積(サイズ)の情報を利用する画像処理アルゴリズムを適用しました。一定のサイズを満たさない画像信号はノイズとみなし除去することで、再生信号のエラー率を実用化の指標となる 10^{-3} よりも小さくできることを確認しました。

今回、層間距離 $60\mu\text{m}$ で、石英ガラスの両面から 50 層ずつ、計 100 層の記録と再生が行えることを検証しました。これは、石英ガラスを用いてブルーレイディスク™と同等の記録密度 1.5GB/inch^2 が可能となること示す成果であり、これらの技術により、さらなる多層化の可能性を見出すことができました。

日立は今後、さらなる記録密度の向上により、実用化をめざした実証実験を進めていきます。

なお、本成果は 2014 年 10 月 20 日から台湾で開催される光ストレージに関する国際シンポジウム「International Symposium on Optical Memory (ISOM2014)」にて発表する予定です。

また、この石英ガラス記録技術が 3 億年のデータ保存寿命を有することを活かし、画像を描画した石英ガラスを宇宙機に搭載することが決定されました。九州工業大学(学長:松永 守央)と鹿児島大学(学長:前田 芳實)が共同開発した、はやぶさ 2 相乗り小型副ペイロード「しんえん 2」に、3 億年後へのメッセージを込めた画像・文字列を描画した石英ガラスを搭載します。^{*3}

*1 フェムト秒パルスレーザー:レーザー光線 1 発の持続時間をパルス幅といい、そのレーザーパルスの持続時間を数兆~数百兆分の 1 秒にまで短パルス化したレーザー

*2 光断層撮影法:石英ガラス版を回転させながら、発光ダイオードを光源とする可視光線を照射して複数の投影画像の撮影を行い、計算処理によって石英ガラスの断層画像を復元する。

*3 宇宙機打ち上げについては、九州工業大学が 9 月 1 日に、鹿児島大学が 10 月 17 日に報道発表を実施。

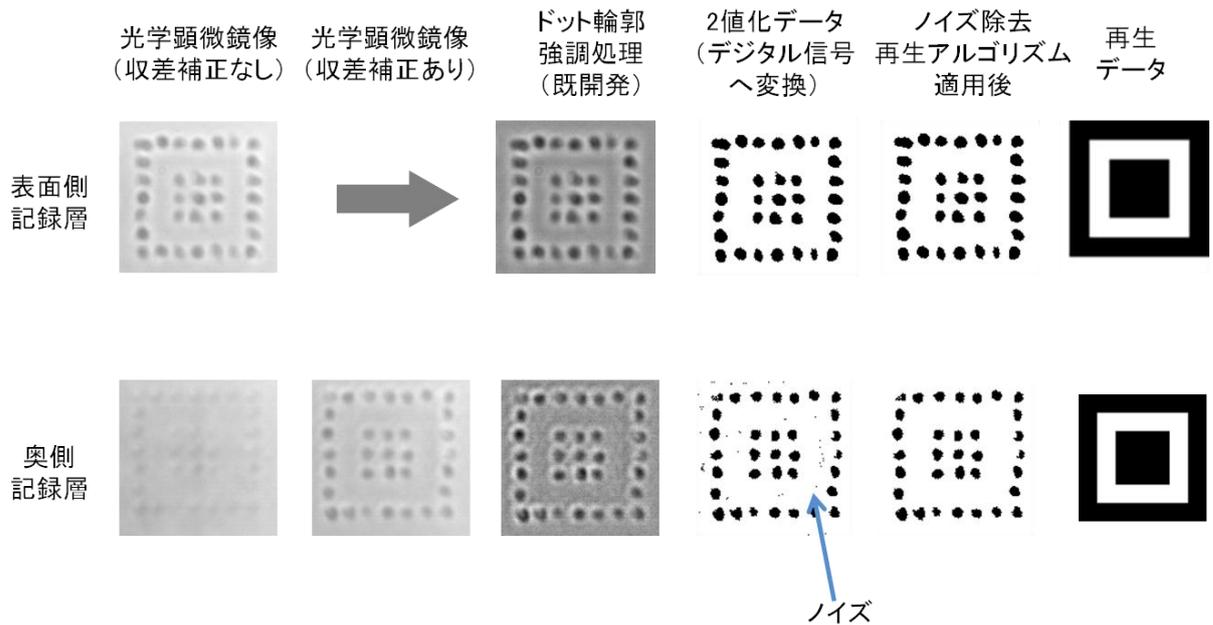


図1 データ再生のプロセス

■九州工業大学 ホームページ

<http://www.kyutech.ac.jp/>

■鹿児島大学 ホームページ

<http://www.kagoshima-u.ac.jp/>

■商標注記

Blu-ray Disc™(ブルーレイディスク)は、ブルーレイディスクアソシエーションの商標です。

■お問い合わせ先

株式会社日立製作所 中央研究所 企画室 [担当:木下、安井]

〒185-8601 東京都国分寺市東恋ヶ窪 1 丁目 280 番地

TEL:042-323-1111 (代表)

以上

このニュースリリース記載の情報(製品価格、製品仕様、サービスの内容、発売日、お問い合わせ先、URL 等)は、発表日現在の情報です。予告なしに変更され、検索日と情報が異なる可能性もありますので、あらかじめご了承ください。
