

フルハイビジョン裸眼立体ディスプレイを用いた手術シミュレータ

SATテクノロジー・ショーケース2017

■ はじめに

3Dディスプレイの普及が最も期待される応用分野は、医療手術等の作業シミュレータやロボットの遠隔操作である。2Dディスプレイが与える奥行き感は大まかな前後関係に留まり、正確な奥行き位置の情報は与えられない。ディスプレイの観察者が映像をもとに物理的な作業を行う場合、正確な奥行き知覚の欠如は作業効率を著しく低下させる。実際、先導的遠隔手術システムとして広く普及しているIntuitive Surgical社のda Vinciでは、両眼立体視が可能なディスプレイ装置が使われている。

このように、これまでも医療現場への立体ディスプレイの導入は試みられている。しかし、その多くは眼鏡式立体ディスプレイである。その理由として、現在市販の裸眼立体ディスプレイの解像度が、眼鏡式立体ディスプレイに比べて著しく低いことが挙げられる。一方、眼鏡式立体ディスプレイも、共同作業間で互いにアイコンタクトがとれないこと、眼鏡の煩わしさなどの欠点があり、眼鏡式立体ディスプレイと同等の画質を裸眼立体ディスプレイで実現することへの期待は大きい。

本プロジェクトでは、フルハイビジョンの解像度を有する裸眼立体ディスプレイを新たに開発し、肝臓手術シミュレータliversimのモニタとして実際に医療教育現場に導入することを目的としている。

■ 活動内容

1. フルハイビジョン裸眼立体ディスプレイの開発

フルハイビジョンの解像度を持つ裸眼立体ディスプレイを実現する手段として、われわれは2つの方式を提案している。一つは、凸レンズアレイを用いた時分割指向性バックライト方式で、もう一つは時分割パララックスバリア方式である。前者の大きな利点は、同時に複数人が観察可能であることである。一方後者は、観察者は一人に限定されるが、クロストークが低く高画質であること、装置の薄型化が容易なこと、製造コストが安価なことなどを利点にもつ。いずれの方式も、観察者位置を追従することで、観察者が移動しても立体視を維持し続けることが可能である。

凸レンズアレイを用いた時分割指向性バックライト方式の原理を図1に示す。光源とレンズアレイを要素レンズの焦点距離分離することで平行光を生成し、目と要素レンズのレンズ中心を結ぶ線の延長線上の点を光らせることで、指向性ライトを実現する。右目と左目に指向性光を交互に照射し、それと同期して手前の液晶パネルに右目用画像と

左目用画像を交互に提示することで立体視が可能となる。時分割表示であるため、120Hzのリフレッシュレートとフルハイビジョンの解像度を有する液晶パネルを用いることで、フルハイビジョンの立体像をちらつきなしに提示できる。また、観察者の位置が左右に移動したときは発光位置を右または左に動かし、観察者の位置が前後に移動したときは発光位置の間隔を変えることで、それぞれの目に指向性光を常に照射し続けることが可能となる。

この方式の最大の課題は画面の輝度の一様化である。要素レンズの中心を通る光と端を通る光では輝度が異なるため、図1の光学系をそのまま用いると、提示像にムラが発生する。この問題は、レンズアレイ内の各段のレンズ位置の位相が横にずれるように配置するとともに、液晶パネルの裏側に縦方向に指向性のある拡散板を挿入し、輝度の高い場所と低い場所を混合することで解決できる。横方向に光の拡散がないため、立体視も損なわれない。

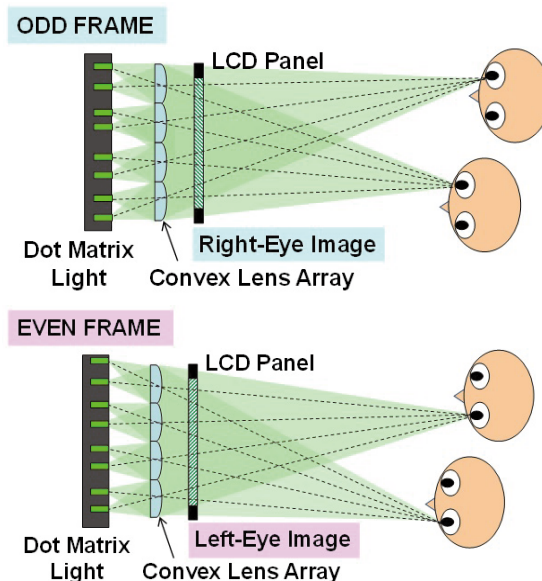


図1 時分割指向性バックライト式裸眼立体表示の原理

次に、時分割パララックスバリア式裸眼立体表示の原理を図2に示す。図の通り、4時分割表示で4視点分の画像を表示できるようにした上で、A,B視点を左目用画像、C,D視点を右目用画像を提示することで、点A,B間に左目があり、点C,D間の右目があるとき、クロストークのないフル

代表発表者 掛谷 英紀 (かけや ひでき)
所 属 筑波大学システム情報系
問合せ先 〒305-8573 茨城県つくば市1-1-1
TEL:029-853-5255 FAX:029-853-5255
kake@iit.tsukuba.ac.jp

■キーワード: (1) 高精細
(2) 医療画像
(3) 医学教育
■共同研究者: 吉田 篤史 (筑波大学)
大城 幸雄 (筑波大学)
大河内 信弘 (筑波大学)

解像度の立体像を観察することができる。この方式においても、パララックスバリアの位置と間隔を変えることで、観察者が前後左右方向に移動しても立体視を維持することが可能である。また、パララックスバリアの位置調整をピクセル単位からサブピクセル単位にすることで、クロストークが抑制できる視域を拡張することができる。この方式を用いた最新の装置は、クロストークを5.9%にまで抑制することに成功しており、解像度、クロストークのいずれにおいても眼鏡式立体ディスプレイと同等の画質が達成できている。

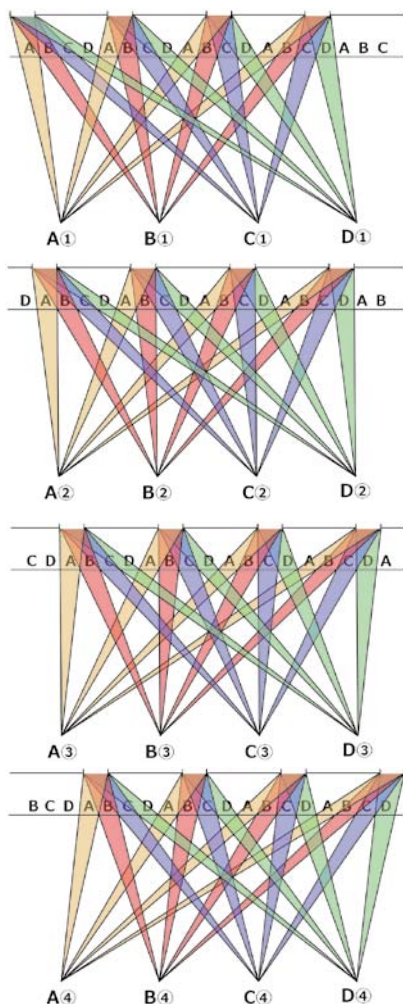


図2 時分割パララックスバリア式裸眼立体表示の原理

2. 手術シミュレータへの応用

前節で紹介した裸眼立体ディスプレイには、いずれも肝臓手術シミュレータliversimを実装可能である。このうち、時分割指向性バックライト方式については、liversimを実装した装置を既に1年以上、筑波大学医学群医学類の4年生から6年生を対象とした教育に実用している(図3)。

Liversimでは、実際の患者のCT画像から作成した臓器の3Dモデルを用い、糸をかけることによる臓器の変形、メスによる臓器の切離、血管の措置、腫瘍の抽出など、外科手術で行う基本手順が再現できるようになっている。装置を体験した学生に対するアンケートでは、血管の走行の把握、肝臓の形状変形のいずれの把握においても、3Dディスプレイを用いたシミュレータは従来の2Dディスプレイよりも統計的に優れているとの結果が得られている。また、この1年の間に輝度の向上とクロストークの低減を行い、それらの改良後、改良前に比べて上記項目の評価が統計的に有意に向上していることも確認している。

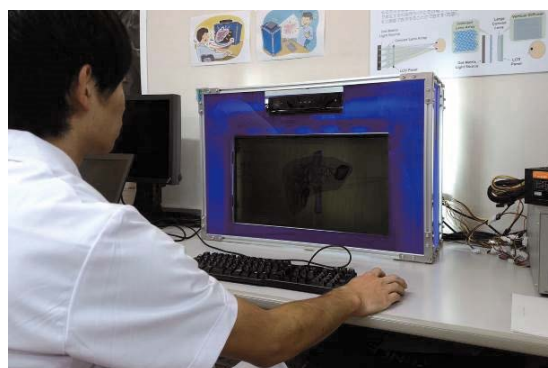


図3 時分割パララックスバリア式裸眼立体ディスプレイ

■ 関連情報等

【特許】

特願2013-26398

映像表示装置

出願人: 国立大学法人 筑波大学

発明者: 掛谷英紀 石塚脩太 向井拓也

特願2013-271647

時分割型パララックスバリア式裸眼立体映像表示装置

出願人: 国立大学法人 筑波大学

発明者: 掛谷英紀 張劬

500m級超高精度レーザー直尺を用いた 微小地面変動の連続観測技術の開発

SATテクノロジー・ショーケース2017

■ はじめに

高エネルギー加速器研究機構(KEK)の加速器研究施設では、KEK電子陽電子線形入射器の500m長直線部に對し超高精度レーザーアライメントシステムを利用してトンネル床面の微小変動の連続観測を平成28年1月7日から行っています。

本研究では、 $\pm 0.08\mu\text{rad}$ の範囲内に安定化された500m級の超高精度レーザー直尺とトンネル床面に分散配置した光センサーの自動計測技術を独自に開発しました。約半年に及ぶ観測データによると床面は決して不動ではなく、日々の動きは複雑で不規則ながらも全体的には一日当たり約 $5\mu\text{m}$ の大きさでほぼ一様に変位していることが初めて見いだされました。一日当たりの変位の大きさは髪の毛1本の太さと比べても極めて微小で500m級超高精度レーザー直尺により初めて計測が可能となりました。

この成果は、現在KEKが進めているスーパーBファクトリー計画(SKEKB)における入射器の性能向上に貢献するのみならず、次世代の長距離線形加速器における高精度アライメントへの応用や高度なビーム制御技術に大きく貢献するものと期待されます。

■ 活動内容

1. 電子陽電子の効率的な生成と安定した加速輸送

現在、KEKではSKEKBと呼ばれる高エネルギー電子陽電子加速器の試運転が開始されています。この実験では、70億電子ボルトの電子と40億電子ボルトの陽電子を衝突させ、生成するB中間子群の崩壊現象から様々な高エネルギー素粒子反応を検証することを目的としています。SKEKBは、電子と陽電子を供給する入射器とその電子と陽電子を衝突させるリングから構成されます。実験では工場のように大量にB中間子を生成させる必要があるため、いかに多くの電子と陽電子を効率的かつ安定してリングに供給するかが重要になります。

2. 超高精度アライメントへの挑戦

全長600mの入射器の最長直線部は500mにも及びます。リングに安定して電子と陽電子を入射するには、入射ビームの安定した加速・輸送が欠かせません。これを実現するには入射器を構成する多数の加速装置が一直線上に並んでいる必要があり、基準となる長い直尺が必要となります。さらに一時的に直線上に設置しても床面は不動とは限らないので長直尺を利用して微小変位を常時観測する

必要があります。

3. 微小地面変動の常時観測技術の進展

我々のグループは、長直尺としてレーザーを利用することにしました。レーザーの特性の一つは真空中では直進することです。この性質を利用すればレーザーを長直尺として応用することができます。この長直尺を頼りにすれば複雑で不規則に変動する床面変位の高精度な観測を常時行うことができます。

■ 成果・応用

500m長の床面は、日々の変動は極めて小さく長期的に連続観測することで複雑で不規則に変動する地殻変動の要因解明や地震などの大規模地殻変動の予兆現象の観測が可能になるかもしれません。

本成果の主目的は、長距離線形加速器の高精度アライメントへの応用を実証したのですが、500m級レーザー直尺を用いて複雑で不規則に変動する地面の微小変動の高精度観測にも応用可能であることを実証した世界で初めての成果です。本装置は、ダム事業、トンネル構築、堤防建設など高精度な長直尺を必要とする大規模土木事業などへの産業応用のみならず、地震や地殻変動を監視するための大規模観測網にも大きく貢献するものと期待されます。

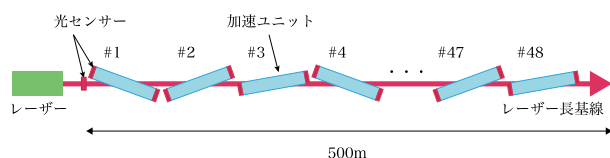


図1. KEK電子陽電子入射器の500m長直線部に並んだ48台の加速ユニット。加速ユニットの両端には高精度な光センサーが取り付けられています。レーザー装置から射出したレーザーは長基線を形成し500m長の直尺となります。レーザー長基線が光センサーの中心に一致するように加速ユニットを機械的に調整すれば48台の加速ユニットを精度よく一直線上に並べることができます。

代表発表者 諏訪田 剛(すわだ つよし)
所 属 高エネルギー加速器研究機構(KEK)
加速器研究施設
問合せ先 〒305-0801 つくば市大穂1-1
TEL: 029-864-5200-4597
FAX: 029-864-7529
E-mail: tsuyoshi.suwada@kek.jp

■キーワード: (1)レーザーアライメント計測技術
(2)微小地面振動計測技術
(3)長直線加速器のアライメント技術

■共同研究者:

KEK, 加速器研究施設 榎本嘉範
KEK, 加速器研究施設 柿原和久
KEK, 加速器研究施設 三川勝彦
KEK, 加速器研究施設 田中窓香
KEK, 加速器研究施設 肥後壽泰