

医療用裸眼 3D ディスプレイシステム

東芝メディカルシステムズ(株)
研究開発センター
橋本 敬介



【はじめに】

医療の現場では、2枚の画像を交差法により立体視することは古くから行われてきた。これは、血管や疾患部などの複雑な構造を正確に把握したいというニーズの表れと言えよう。近年、CT装置をはじめとするモダリティ装置の性能向上によって高精細なボリューム画像を短時間で収集可能になり、画像診断ワークステーションを用いて複雑な立体構造を観察することが容易となった。しかし、従来の液晶ディスプレイでは、奥行情報が欠落した表示であり、影付けや画像回転を行うことで立体感を得ていた。また、専用眼鏡をかけて立体視するディスプレイが実用化されているが、眼鏡をかけることは煩わしく、裸眼のまま立体視できるディスプレイの実用化が期待されていた。本稿では、液晶テレビ グラスレス3Dレグザの開発を通じて培った裸眼立体視技術を応用して、商品化した当社の医療用裸眼 3D ディスプレイシステム HyperViewer についての技術解説を行う。

【HyperViewer の概要】

HyperViewerは、当社 X線CT装置 Aquilion ONE™ によって収集された3D画像を裸眼のまま立体視できる装置であり、Vital Image 社の画像処理エンジンを搭載した当社の画像診断ワークステーションVitreiaで処理を行った3D画像を表示する。裸眼3Dディスプレイの他に、高精細な立体視画像をリアルタイムに生成する高性能グラフィックスプロセッサ(GPU)による高速レンダリングエンジンを搭載したPCと操作用LCDディスプレイで構成されている(図1)。



図 1 HyperViewer の外観

Vitreia と HyperViewerは LANで接続し、放射線科に設置されたVitreiaで作成した3D画像を院内の各所に設置されたHyperViewerに配信できる。また、1台の HyperViewerで作成した裸眼立体視の設定を保存し、別のHyperViewerに転送することも可能である(図 2)。

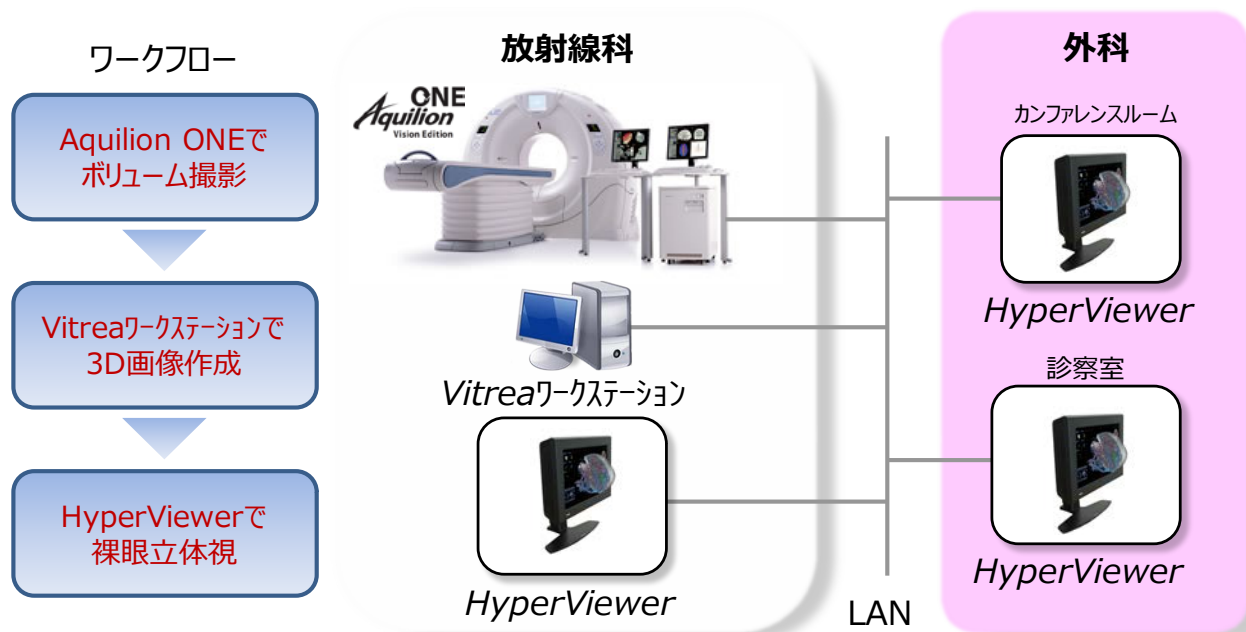


図 2 裸眼3Dディスプレイの利用例

【HyperViewer の立体視技術】

HyperViewerでは、インテグラルイメージング(II)方式と呼ばれる裸眼立体視技術を採用している。この技術は、インテグラル・フォトグラフィ(IP)方式という立体写真の撮影・再生技術¹⁾を応用しており、フィルム前面に2次元的に複数配置された微小レンズを通じて画像の記録と再生を行うものである。IP方式は、フィルムの解像度が高い場合にはホログラフィ同様に完全な空中像を再生できる²⁾理想的な立体視技術である。

1. II方式の原理

II方式では、複数の視点から見た画像から1枚の画像情報を合成し、液晶パネルに表示する。液晶パネル前面にはレンチキュラレンズが配置されており、液晶パネルの画素から放射された光は進行方向を制限されて、立体視が可能な光線空間(視域)を構成する。視域内では、観察者の両眼に異なる画像が入射するため、裸眼で立体視が可能となる。ディスプレイとの相対的な位置や距離によって、両眼に入射する画像が変化するため、運動視差を伴う自然な立体視³⁾が実現できる(図3)。

レンチキュラレンズ1つに配置される画像情報が多いほど立体感が向上し、視域が広がるが、液晶パネルの画素数は有限であるため、立体視画像の解像度が低下するというトレードオフの関係にある。HyperViewerでは、4K×2K高精細液晶パネル(3,840×2,400画素)を採用すると共に、視差の方向を立体知覚に有効な水平方向に限定した1次元II方式⁴⁾と9方向の視差画像を用いることにより、±15°の視域で高精細な3D解像度(1,280×800画素)を達成しており、同時に複数人による裸眼立体視を可能としている。

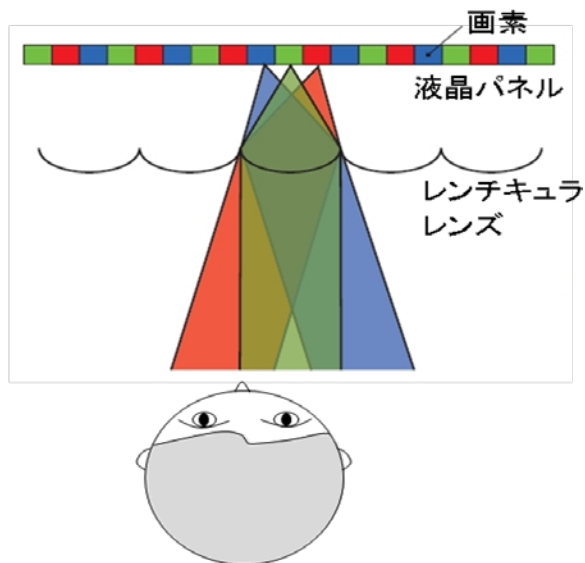


図 3 II 方式の原理

2. 裸眼立体視専用 3D パネル

高い3D解像度と均一な光線空間の構成を実現するため、精密な光学設計と微細な加工・製造技術が必要である。HyperViewerには、高い3D解像度を実現するためガラスレス3Dレグザ専用の3D液晶パネルを用いている。

一般的な液晶パネルでは、RGBの各画素が横方向順に配置される縦ストライプ(図4左)であるが、ガラスレス3Dレグザ専用パネルではRGBの各画素が縦方向に配置される横ストライプとなっており水平方向の3D解像度を高く保てる。レンチキュラレンズはシート状に構成され、減圧封止プロセスを用いて液晶パネル表面に高精度に貼り付けられている。また、レンチキュラレンズを通して見える各画素の面積(開口)が観察位置に依存せず一定となるように画素を斜めに配置することにより、3D画像に明るさの濃淡(モアレ)が発生することを防止している³⁾(図4右)。

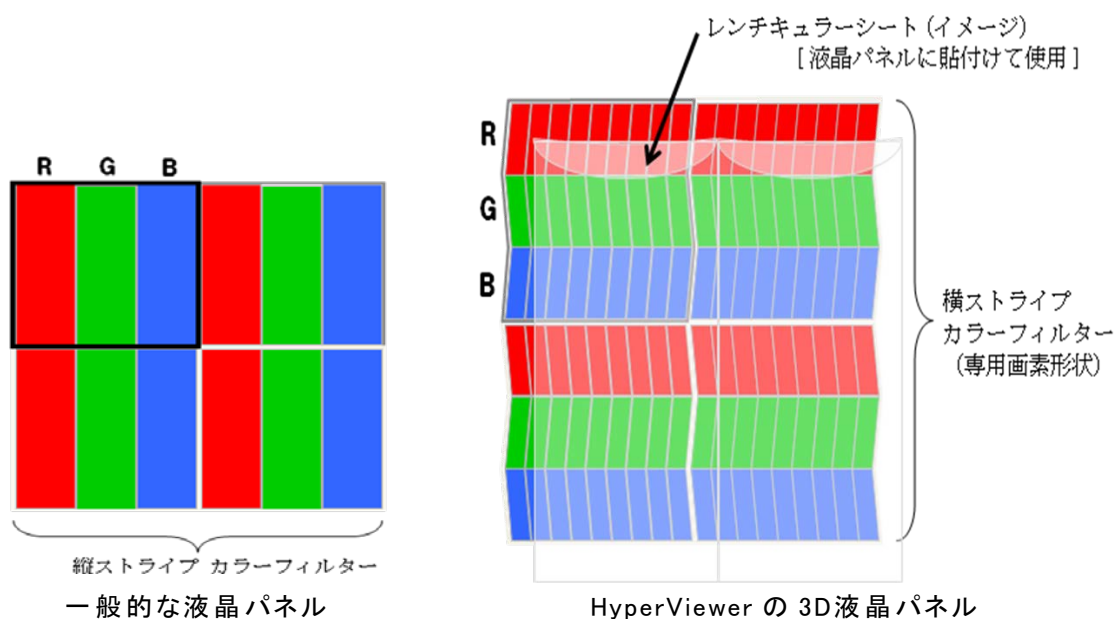


図 4 液晶パネルのRGB画素配列

3. 多視点リアルタイムレンダリング

複雑な立体構造の前後関係を把握するためには、単純な画像観察だけではなく、回転や拡大/縮小、クリッピング等の画像操作を高精細な画像を見ながら行えることが必要である。従来から利用されているソフトウェアエンジンでは、1方向からの画像レンダリングを実行できればよく、9視点からの画像レンダリング処理をリアルタイムに行うことは困難である。そのため、高性能GPU(Graphics Processing Unit)を用いた専用高速レンダリングエンジンを開発し、複数のGPUを並列動作させることにより、インタラクティブな操作性を実現した⁵⁾(図5)。

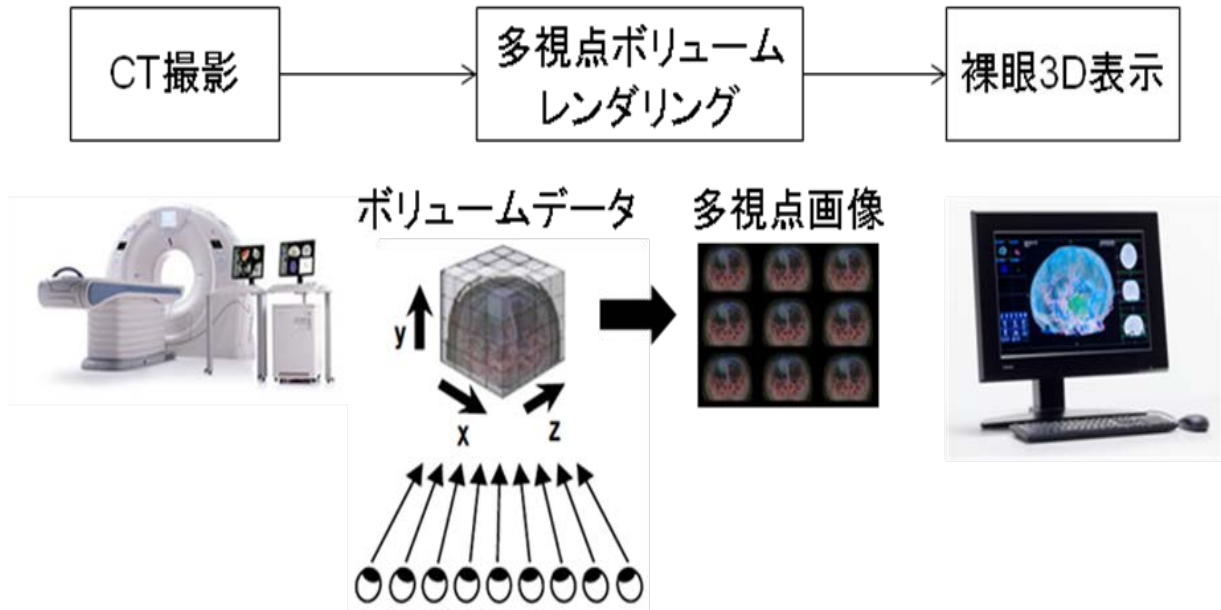


図 5 HyperViewer の処理フロー

4. 解像度特性に応じた立体感制御

II方式では、3D画像の解像度 β は表示オブジェクトの位置 d に依存して変化し、液晶パネル表面($d=0$)で最も高く、表示オブジェクトがパネル表面から遠ざかる(画像が飛び出す/奥まる)につれて低下する。したがって、高画質な立体視像を表示するためには、解像度が許容値 β_{\min} を下回らないように、立体感を制御する必要がある(図6)。

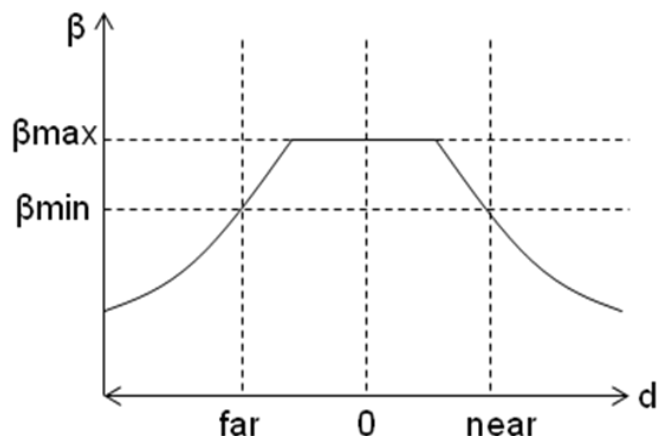


図 6 II方式の解像度特性

その実現のため、ユーザが操作画面内で指定できる画像の注目点と関心範囲の情報から、注目点を解像度の最も高い $d=0$ に配置し、また、関心領域が画像の飛出し限界($d=\text{near}$)から奥行き限界($d=\text{far}$)の範囲内で最大の立体感が得られるよう多視点レンダリングの視点位置を制御している。⁵⁾

【有用性】

独立行政法人 国立がん研究センター中央病院の放射線技師らにより実施された評価実験では、直径1~3mmの模擬血管を撮影したCT画像から生成したSVR(Shaded volume rendering)画像の観察において、HyperViewerによる裸眼立体視により、従来のLCDディスプレイよりも奥行き感を把握しやすいだけでなく、実世界における数mmの奥行の違いを直感的に把握できることが実証されている。尚、この実験結果は、2012年11月、RSNA(北米放射線学会)2012において報告され、Certificate of Merit 賞を受賞した。⁶⁾

【まとめ】

HyperViewerを用いることにより、Aquilion ONEで撮影した3D画像を裸眼のまま立体視することができる。複雑な立体構造の前後関係をひと目で把握できるため、高度で複雑な脳外科手術等の手術計画やシミュレーションに応用することで、手術の安全性や効率が向上するものと期待される。また、Aquilion ONEの連続撮影によって収集された4D画像を立体視することで、臓器の動きや血流動態までも裸眼立体視による観察が可能であり、幅広い臨床応用が期待される。さらに、同時に複数人で立体視が可能であり、カンファレンスや医学教育、インフォームドコンセント等での活用も期待される。

【参考情報】

- 1) Lippman, M.G.: Epreuves reversibles. Photographies integtals. Comptes Rendus de l' Academie des Sciences. 146, P.446-451 (1908)
- 2) Hoshino, H. et al: Analysis of Resolution Limitation of Integral Photography, J. Opt. Soc. Am. A. 15, 8, p,2059-2065 (1998)
- 3) 平山雄三ほか：グラスレス 3D レグザ(REGZA)のインテグラルイメージング方式と LCD パネル技術. 東芝レビュー, Vol.66 No.5, 10-13 (2011)
- 4) Hirayama, Y. et al: Flatbed-type Autostereoscopic Display Systems sing Integral Imaging Method. Digest of IEEE International Conference o Consumer Electronics (ICCE), Las Vegas, NV USA, 2006-0, IEEE P.125-126 (2006)
- 5) 爰島 快行ほか：医療用裸眼 3D ディスプレイシステム. 東芝レビュー, Vol.68 No.12, 34-37, (2013)
- 6) Suzuki, M, et al : 3D Visualization Capabilities of a Glasses-Free Medical 3D Display: Usefulness as an Integrated and Intuitive 3D Viewing Method, Radiological Society of North America (RSNA), RSNA 2012 Education Exhibit, LL-LINE 2520, (2012)