

「CIVI方式3次元テレビジョンシステムの構築と遠隔操作への応用」 研究成果報告

掛谷英紀

kake@iit.tsukuba.ac.jp

筑波大学システム情報系

概要 本稿では、平成22年度から平成24年度までの3年間、言論責任保証を行った上で科学研究費補助金の支援を受けた「CIVI方式3次元テレビジョンシステムの構築と遠隔操作への応用」について、その成果を報告する。また、平成18年度から平成19年度までの2年間、言論責任保証を行った上で科学研究費補助金の支援を受けた「眼に優しい立体ディスプレイの研究」についてもあわせて報告を行う。

キーワード: 言論責任保証、成果報告、立体ディスプレイ、3次元テレビジョン

1. 背景

筆者は、平成22年度から平成24年度までの3年間、言論責任保証を行った上で、研究課題平成22年度から平成24年度までの3年間、言論責任保証を行った上で、研究課題「CIVI方式3次元テレビジョンシステムの構築と遠隔操作への応用」について科学研究費補助金の支援を受けた。言論責任保証の預託金については、言論責任保証協会会員、メディア情報検証学術研究会参加者、および他の希望者によって、研究費申請書とこの報告書を比較した上で行われることになっている(参考資料1)。

また、筆者は平成18年度から平成19年度までの2年間、言論責任保証を行った上で、研究課題「眼に優しい立体ディスプレイの研究」について科学研究費補助金の支援を受けた。この言論責任保証については、平成20年度に評価に参加することを希望する人を審査員として評価を行うことにしていたが(参考資料2)、審査員が集まらなかったため、「CIVI方式3次元テレビジョンシステムの構築と遠隔操作への応用」の評価と合わせて、同じ方式で同時に行うことになった。

そこで、本稿では、「眼に優しい立体ディスプレイの研究」、「CIVI方式3次元テレビジョンシステムの構築と遠隔操作への応用」の2つの研究課題について、成果報告を行う。

2. 研究実施の概要

言論責任保証の評価は、研究費申請通りの研究が行われたか(適正な予算規模であったか)という観点と、申請書の提案の実効性が示されたかという観点で行われることになっている。そこで、まずは、研究費申請時の研究計画と、研究期間に実施した研究の概要を比較して述べる。

2.1 眼に優しい立体ディスプレイの研究

「眼に優しい立体ディスプレイの研究」においては、申請書(参考資料3)にある通り、立体視特有の目の疲労や酔いの主な原因である輻輳調節矛盾(両眼の輻輳角と眼の焦点調節の間に発生する矛盾)を解決する方法として、高周波縞状パターンとシリンドラーレンズを用いる方式と、ボリュームエッジ表示と多視点表示方式を組み合わせる方式について、その有効性を検証する計画であった。

このうち、前者については、観察者の調節応答の測定と奥行き知覚精度の測定を行い、その成果を雑誌論文に報告している[1]。後者については、当初計画していたボリュームエッジ表示と多視点表示を組み合わせる方式から、より高画質が望める多視点ボリューム像提示方法に発展させて研究を行った。研究期間において完成した装置は、透明OHPフィルムに印刷したものを多層に重ねてボリュームディスプレイを

実現しており、電子ディスプレイの形では実現していなかったが、研究期間終了後、ハーフミラーによる光学合成する方式、およびカラーパネルとモノクロパネルを積層する方式で実装に成功した[2,3,4]。この方式を、筆者らは粗インテグラルボリューム表示方式(CIVI: Coarse Integral Volumetric Imaging)と名付けている。(研究課題「眼に優しい立体ディスプレイの研究」の成果については参考資料4、予算執行については参考資料5、6を参照されたい。)

2.2 CIVI方式3次元テレビジョンシステムの構築と遠隔操作への応用

研究課題「CIVI方式3次元テレビジョンシステムの構築と遠隔操作への応用」においては、上記課題で実現したCIVI方式の裸眼立体ディスプレイに対応したカメラシステムを構築し、ボリューム多視点方式のテレビジョンシステムを製作するとともに、その遠隔操作への応用可能性を検討する計画であった(参考資料7)。

CIVIはボリューム方式を組み合わせた立体ディスプレイであるため、各画素の奥行き情報を取得する必要がある。それを実現す手法を大別すると、アクティブな方法とパッシブな方法がある。アクティブな方法とは、パターン光を投影する、あるいはレーザー光でスキャニングをするなど、撮影対象に光学的投影を行うことで、対象の形状を把握する手法である。しかし、この方式では撮影環境・撮影対象に限られる、動画の取得は難しいなどの問題があった。

一方、パッシブな方法とは、アクティブな発光機構はなく、受光素子のみで対象の形状を把握する方法で、複数のカメラを使ったステレオマッチングや、異なる奥行きにフォーカスされた映像群の情報から奥行きを推定する方法などが知られている。この方法の場合、撮影環境の自由度は高いが、原理的にテクスチャが少ない箇所については奥行き推定が正しくできない。そのため、パッシブな方法で取得したボリュームデータは非常にノイズになり、取得した情報をそのまま3次元ディスプレイに受け渡しても、まともな立体像は提示できないという問題があるが、CIVIに3次元映像表示を行う場合、必ずしも全ての画素の奥行きが正しく把握されている必要はない。多視点表示を組み合わせているCIVIの場合、視差情報は多視点映像取得によって再現できるため、奥行き情報は焦点調節を再現するためだけに使われることになる。よって、焦点調節の手がかりとなるテクスチャがない箇所については、正確な奥行きを取得できなくても、それが提示する立体像の質に大きな悪影響を及ぼさないと予想される。つまり、パッシブなボリュームデータ

取得方法を用いても、その精度の悪さに影響を受けることなく、輻輳調節矛盾の少ない高品質の3次元映像提示が実現されると期待できる。

本研究では、パッシブな撮影方式として、1年目はカメラの焦点ボケを利用した方式[5]、2年目はマルチカメラによるステレオマッチング方式の実装[6]を試みた。焦点ボケを利用した方式については、十分な奥行き推定精度が得られなかった。一方、マルチカメラによるステレオマッチング方式では、十分な奥行き推定精度は得られたものの、リアルタイムでの計算に困難があった。そうした中、マイクロソフトのKinectなどのRGB-Dカメラが高性能かつ安価に提供されるようになったため、3年目はRGB-DカメラによるCIVI用撮影システムを構築し、実用に足るレベルの3次元テレビジョンシステムに漸くたどり着くことができた[7]。

こうした研究の進捗状況の遅れにより、当初3年目に予定していた遠隔操作への応用の検討については、研究期間中には本格的に実施することができなかった。この点については、研究期間中に構築したシステムを使って、現在研究を進めているところである。

撮影系の研究が遅れている間に、テレビジョンシステムとしての完成度を上げるための表示系における画質向上については、いくつかの成果があった。まず、レンズ系による収差の実時間補正方法を完成させた[8]。次に、目の細かいフライアイレンズを使って画像中のモアレや不連続な運動視差を解消する方法を完成させた[9]。さらに、偏心レンズを使った解像度向上方法[10]と、バックライト側の光源を工夫することによる偽像の抑制と省電力化を実現する方法[11]を提案し、それぞれその実装を行った。以上のように、表示系については英文雑誌論文4本分の成果を挙げることができた。このほかに、装置の厚みを抑えたまま、モアレと不連続な運動視差の問題を同時に解決する方法についても、現在雑誌論文への投稿を準備中である。(研究課題「CIVI方式3次元テレビジョンシステムの構築と遠隔操作への応用」の成果については参考資料8、予算執行については参考資料9～11を参照されたい。)

3. 提案手法の実効性

研究課題「眼に優しい立体ディスプレイの研究」で取り組んだテーマのうち、シリンダーレンズを用いた方式は、論文化には成功したものの、画質の問題などからその後研究は途絶えている。一方、CIVI方式の原型について、特許申請が1件特許化されている。この方式については、現在も研究が継続しており、産

業界からの共同研究の問合せなどもあり、一定の応用可能性は示されたとみることができる。

研究課題「CIVI方式3次元テレビジョンシステムの構築と遠隔操作への応用」についても、特許出願を多数行っており、そのうちバックライト側の光源を工夫することによる偽像の抑制と省電力化を実現する方法については、既に特許が登録されている。表示系については、研究課題「眼に優しい立体ディスプレイの研究」を継承するものであり、その部分の応用可能性については、上述の通り、ある程度認められているといえる。

撮影系を含めたテレビジョンシステムとしての評価、および遠隔操作への応用可能性の評価については、前節で述べたとおり、まだ研究自体が継続中の段階であり、現状では十分な評価ができるレベルまで達していない。

4. まとめ

本稿では、平成18年度から平成19年度までの2年間、言論責任保証を行った上で科学研究費補助金の支援を受けた「眼に優しい立体ディスプレイの研究」、および平成22年度から平成24年度までの3年間、言論責任保証を行った上で科学研究費補助金の支援を受けた「CIVI方式3次元テレビジョンシステムの構築と遠隔操作への応用」について、研究実施の概要と研究成果について報告を行った。

参考文献

- [1] 間野裕一郎, 掛谷英紀 (2011): シリンダーレンズを用いた輻輳調節矛盾の低減による奥行き知覚精度の向上, 映像情報メディア学会論文誌, 65, 84-90.
- [2] Kakeya, H. (2008): Coarse integral imaging and its applications, SPIE proceeding Volume 6803: Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems XV, 680317.
- [3] Kakeya, H. (2009): Improving image quality of coarse integral volumetric display, SPIE Proceedings 7237, 723726.
- [4] Kakeya, H (2011): Realization of undistorted volumetric multiview image with multilayered integral imaging, Optics Express, Vol. 19, Issue 21, pp.20395-20404.
- [5] 中尾篤夫, 掛谷英紀 (2011): 粗インテグラルイメージング法における撮像システムの構築, 3次元画像コンファレンス 2011 講演論文集
- [6] 石井康友 (2012): 多視点方式と奥行き標本方式を組み合わせた実写撮像表示手法の研究, 筑波大学理工学群工学システム学類卒業論文
- [7] Kakeya, H. and Ishii, Y. (2013): Real-Time Image Pickup

System for Multiview Volumetric 3D Display Using RGB-D Camera, Proc. of 3DSA

[8] Sawada, S. and Kakeya, H. (2012): Coarse Integral Volumetric Imaging with Flat Screen and Wide Viewing Angle, Journal of Electronic Imaging, Vol. 21, 0110004.

[9] Kakeya, H. Sawada, S. Ueda, Y. and Kurokawa, T. (2012): Integral volumetric imaging with dual layer fly-eye lenses, Optics Express, Vol. 20, Issue 3, pp.1963-1968.

[10] Sawada, S. and Kakeya, H. (2012): Integral volumetric imaging using decentered elemental lenses, Optics Express,

[11] Kakeya, H. and Kurokawa, T. (2013): Energy-efficient integral imaging with suppression of pseudo images, Optics Letters, Vol. 38, Issue 17, pp. 227-3229.

Vol. 20, Issue 23, pp. 25902-25913.