

没入環境における広視野角・高精細映像のデータ削減方法

A Compression Method of High-Resolution and Wide Images for Immersive Environment

生井 仁†
Hitoshi Namai

及川 道雄†
Michio Oikawa

足立 茂夫‡
Shigeo Adachi

1. はじめに

高臨場感ディスプレイ環境は、広視野角で高精細な映像を提示することで被験者に高い臨場感と深い没入感を与える。このような広視野角・高精細な映像データは一般にデータ量が膨大となる。現在我々が開発している映像提示システムでは、超高解像度(5472x1024,7040x1792 etc)の映像を表示することが可能である。遠隔地間でこれらの映像データを送受信するには非圧縮のまま伝送するのは困難であり、伝送容量を削減するための様々な方法が研究されている。

本稿では、被験者を一人に限定した場合のデータ削減の一手法について述べる。大画面スクリーンを予め複数の領域に分割し、被験者の視力を模擬したモデルを用いて被験者の視点位置に応じて、各領域に表示する映像データの画像解像度を決定し、PSNR (peak-signal to noise ratio) という指標を用いて、JPEG 圧縮における量子化レベルを変更することで、データ削減を行う。

2. 提案手法の概要

広視野角・高精細な映像を、臨場感を保ちつつ、映像データ量を削減する様々な方法が研究されている[1][2]。しかし、これらの方法は被験者の着目部分を高解像度に、それ以外の部分は低解像度という定性的な手法について述べたもので、空間分解能の決定手法等の定量的な部分については述べられていない。

そこで、我々は人間の視覚特性、および画像のデータ削減による画質の劣化に着目し、これらを考慮した手法を提案する。図1に提案手法の全体像を示す。提案手法の核となるデータ削減は、リサンプリング処理と JPEG 圧縮処理により行うが、人間の視覚特性を考慮して空間分解能を決定すること、および画像全体の画質が同等になるように量子化レベルを決定することが特徴である。

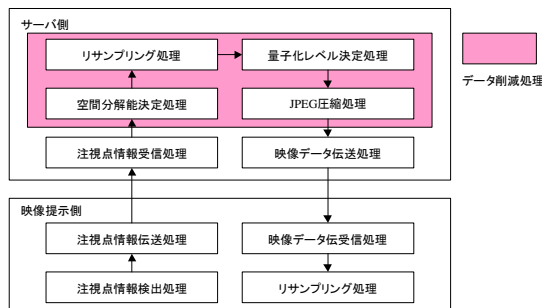


図1：提案手法の全体像

† (株)日立製作所 システム開発研究所,
Systems Development Laboratory, Hitachi, Ltd.

‡ 通信・放送機構 奈良リサーチセンター,
Nara Research Center, Telecommunications Advancement
Organization of Japan

3. 人間の視覚特性 (視力)

人間がものを見る時、その見え方は人間の生理的・心理的特性や、もの自体およびそれが置かれている環境によって決まるが、この時人間の生理的・心理的に普遍的な尺度を視力(visual acuity)という。視力とは細かいものを見分けられる能力のことであり、最小視認閾、最小分離閾、最小可読閾、副尺視力の4つの能力に分類することができる。

我々が通常視力という場合、最小分離閾を測定するランドルト環を使ったランドルト環視力のことをいい、角度(秒角)で表される。例えば、人間の平均的な視力である1.0は60秒角である。人間は視角にして約1°20'の大きさを持つ中心窩と呼ばれる部分の視力が大きく、ものを注視し詳細な情報を得る機能を持っている。それに対して中心窩以外に相当する部分は周辺視と呼ばれているところで、中心窩に比べ視力は急激に低下する。中心窩から30°ずれただけで視力は半分になり、5°を超えると1/10以下になるといわれている。また、中心窩から離れるにしたがって、認識できる対象のレベルも変化する。視軸から10°付近までは文字を認識することが、30°付近までは記号を識別することが、そして60°付近までは色彩を弁別することが可能である。[3,4]

そこで、被験者がいる視点位置、視線方向から、スクリーンを見たとき、被験者の空間分解能とほぼ等しくなるように、分割した各領域の映像データの画像解像度を設定し、映像データ量を削減する。[3-5]記述の事実をもとに式(1)のような視野角に対する人間の視力のモデルを仮定し、このモデルを用いて各分割領域の映像の画像解像度を決定する。

$$S_{\theta} = S_{\max} \times 0.05 + \frac{S_{\max} \times (1 - 0.05)}{1 + \theta} \quad (1)$$

ここで、 S_{\max} ：中心視における最大視力、 θ ：視野角(°)、 S ：視野角における視力である。

4. PSNR (peak-signal noise to ratio)

量子化やノイズなどにより画像劣化が生じるが、このように劣化した画像の品質を図るための指標として様々なものがあり、また、現在も研究されている。[5,6]

そのうち、客観的な映像評価指標の一つとしてPSNRが用いられている。PSNRの定義を式(2)に示す。

$$\text{PSNR}[\text{dB}] = 10 \log_{10} \frac{(I_{\max} - I_{\min})^2}{\frac{1}{MN} \sum_{i=0}^M \sum_{j=0}^N \{I(i,j) - I'(i,j)\}^2} \quad (2)$$

ここで、

I_{\max} ：原画像の最大輝度 I_{\min} ：原画像の最小輝度

$I(i,j)$ ：原画像の(i,j)の輝度値 $I'(i,j)$ ：劣化画像の(i,j)の輝度値

M : 画像の幅 N : 画像の高さ

である .

一般に ,

PSNR=40[dB] : 原画像と見分けがつかないくらい美しい

PSNR=30[dB] : 劣化が目につく

PSNR=20[dB] : 非常に汚く , 見るに耐えない

レベルであると言われている .

5 . 量子化レベルの決定

一般に画像品質と圧縮率とはトレードオフの関係にあるため , それらを考慮した量子化レベルの決定が必要になる . 圧縮率と画像品質 (PSNR) との関係を図 2 に示す . グラフが左上にいくほど画像品質が良く , 高圧縮な方法になる . また , 量子化レベル 10 毎にプロットしている .

原画像と見分けがつかないくらいの画像品質 (PSNR=40) にするためには , 空間分解能が 640x480 までの画像では量子化レベル 70~80 で , それ以下の空間分解能では量子化レベルとしてほぼ 100 に近い値で圧縮することが望ましいと考える .

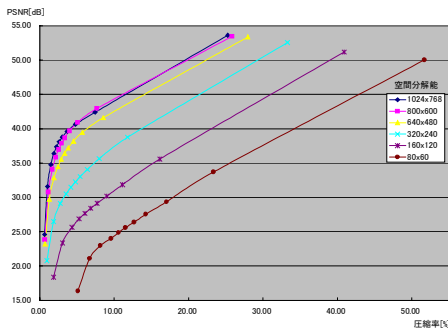


図 2 : 空間分解能における JPEG 圧縮率と PSNR との関係

5 . 検証実験

通信・放送機構 奈良リサーチセンター内の既設の設備を利用して , 提案手法による表示効果の検証を行った . 大型スクリーン (縦 13m x 横 2.5m) に 5472 x 1024 ピクセルの映像を縦 2 台 , 横 6 台並べた各プロジェクタに分割して投影する . 視点はスクリーン中心から 3m 離れた地点 (画角 130°) に固定する . 空間分解能に関しては , 式 (1) において , $S_{max}=1.0$ として実験を行った . 各分割領域の空間分解能と量子化レベルを図 3 に示す .

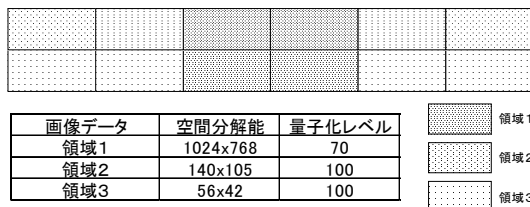


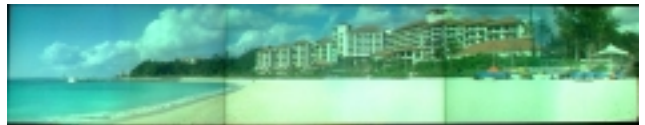
図 3 : 分割領域の空間分解能および量子化レベル

このようにして削減された画像を , VR 提示システムで表示するために , 再度本来の空間分解能 (1024x768) にリサンプリングしなおして , スクリーンに投影し , 想定した視点位置から目視評価を行った . リサンプリングする際の補間手法は , 領域 1 に関しては Cubic 法を , 領域 2 に関しては Bi-Linear 法を用いた .

5 . 結果とまとめ

実験結果を図 4 に示す . リサンプリング処理後の画像および , リサンプリング + JPEG 圧縮処理後の画像は , 被験者の位置から見た目視評価では , 分割領域の分解能の変化が分からない程度の連続性を保っていた .

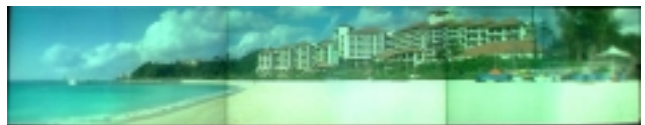
このことから , 視力のモデルに基づいた空間分解能の決定および , PSNR に基づいた量子化レベルの決定することの妥当性をそれぞれ確認することができた . また , データ量はトータルで約 600Kbyte (1Mbps で約 5 秒) であり , 静止画レベルであれば伝送を行うことが可能である .



(a) 原画像



(b) 提案手法 (リサンプリング処理後)



(c) 提案手法 (リサンプリング + JPEG 圧縮処理後)

図 4 : 実験結果

6 . 今後の課題

今後 , 動画像における時間分解能の検証 , およびネットワーク伝送における圧縮方法の検証を行う .

謝辞

本研究の一部は通信・放送機構によるものである .

参考文献

- [1] 廣瀬通孝, 佐藤慎一, 横山賢介, 広田光一, "人工現実感技術を用いた視覚的臨場感の伝達", 計測自動制御学会論文集, Vol.33, No.7, 716-722, 1997
- [2] Kazunori Shidoji, "Digital Stereoscopic Video System with Embedded High Resolution Images", VR 2001 Conference, pp. 191-197, 2001
- [3] 野呂影勇編, "図説エルゴノミクス", 日本規格協会, 1990.
- [4] 川人光男, 行場次朗, 藤田一郎 他, "視覚と聴覚", 岩波書店, 1994.
- [5] H.Ikeda, S. Dickerson, Y. Higaki, "Comparative study on narrow-bandwidth presentation of streaming educational videos," Journal of Faculty of Engineering, Chiba University, Vol. 49, No.1, pp.19-26, 1997.
- [6] 池田宏明, 的場成浩 小町祐史 他, "IEC62251 開発への取り組みと現状," 画像電子学会第 7 回 VMA 研究会, 2001.
- [7] ITU-T, "Audiovisual quality in multimedia services - Multimedia communication, delay, synchronization and frame measurement-," 1998.