

ランダムドットステレオグラム における注視点提示による立体視支援手法

Stereoscopic Support by Displaying Depth Cue in Random Dot Stereogram

工藤慎也¹⁾, 岡崎龍太¹⁾, 蜂須拓¹⁾²⁾, 佐藤未知¹⁾²⁾, 梶本裕之¹⁾³⁾

Shinya KUDO, Ryuta OKAZAKI, Taku HACHISU, Michi SATO, Hiroyuki KAJIMOTO

1) 電気通信大学 大学院情報理工学研究科

(〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1, {kudo, Okazaki, hachisu, michi, kajimoto}@kaji-lab.jp)

2) 日本学術振興会 特別研究員

3) 科学技術振興機構 さきがけ

概要: ランダム・ドット・ステレオグラム (Random Dot Stereogram, RDS) は、一見ノイズのようだが一定の視差をもって見ると立体が浮かび上がる画像である。RDS を見るためには随意的に輻輳開散運動を調整する必要があるが、この調整能力には大きな個人差が存在し立体視が不可能な人も数多く存在する。我々は両眼の眼球運動を計測することで誰でも RDS を見ることが出来るシステムを提案する。これにより RDS は一種の情報隠蔽の手段として利用可能となると考えられる。本稿では予備的な検討として、輻輳性眼球運動が正しく生じている場合に RDS 立体視が確実に生じることを確認した。鏡像を用いてディスプレイ面奥に注視点を設けた場合に立体視成立の所要時間が減少することを確認した。

キーワード: ランダム・ドット・ステレオグラム, 視差, 輻輳開散眼球運動, 注視

1. はじめに

ランダム・ドット・ステレオグラム (Random Dot Stereogram, RDS) は一見ランダムなドットの集合に見えるが一定のパターンを持ち、視差をもって見ると立体が浮かび上がる画像である[1]. 認知的な面白さによるエンタテインメントとして数多くの書籍やアプリケーションが存在する。また RDS は文書隠蔽手法としても提案されている[2]. RDS は随意的に輻輳開散運動を行う必要があるが、この調整能力には大きな個人差が存在し、RDS による立体視が不可能な人も数多く存在する[3].

我々は両眼の眼球運動を計測し、リアルタイムで適切な視差のついた RDS を生成することで誰でも RDS を見ることが出来るシステムを提案する。これにより RDS は、ディスプレイ前の特定の個人には見ることが出来るが他人には見ることが出来ないという、一種の情報隠蔽の手段として利用可能となると考えられる (図 1).

本稿では予備的な検討として、輻輳性眼球運動が正しく生じている場合に RDS 立体視が確実に生じることを確認した。鏡像を用いてディスプレイ面奥に注視点を設けると、理論上正しい輻輳運動が生じると考えられる。この場合に、随意的な輻輳開散運動を要求する既存手法よりも立体視成立の所要時間が減少することを確認した。

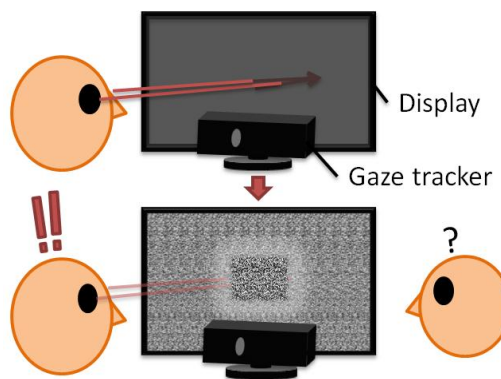


図 1 RDS 立体視支援の概念図

2. 手法

RDS のディスプレイ面上でのずれ量 x (mm), ユーザの瞳孔間距離 p (mm), 眼球-ディスプレイ間距離 d (mm)から、RDS の奥行き $depth$ (mm)を以下の式で求めることができる。

$$depth = \frac{d}{p-x} x \quad (mm) \quad (1)$$

この奥行き位置に指標を配置するために、ディスプレイ上にハーフミラーを設置し、ディスプレイ手前に指標を置

くことにより鏡像を提示する（図 2）。

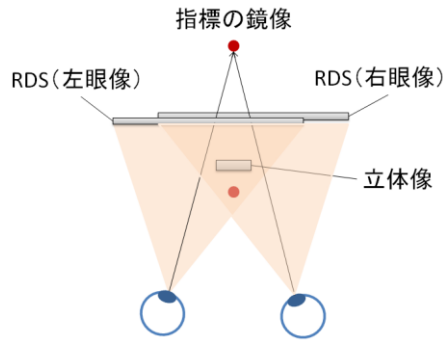


図 2 鏡像による奥行き指標を用いた RDS 立体視の補助

3. 実験

奥行き指標が随意的な輻輳開散運動が不可能な人々の立体視支援に効果があるか実験を行った。RDS の立体視を随意的な眼球運動で行う場合と奥行き指標を使う場合とで比較した。

3.1 実験環境

実験環境を図 3 に示す。眼球-ディスプレイ間を 700mm とし眼球位置がずれないように顎台で頭部を固定した。提示した RDS の左右画像間ずれ量は一般的な 20mm（用いたディスプレイでは 58pixel 分に相当する）とした。瞳孔間距離を一般的な 65mm としたため視差 20mm 時の視線奥行き位置は 311mm であり、その位置に鏡像を提示した。用いたディスプレイの解像度は 1920×1080pixel、視野角は 35.7 度×23.3 度である。RDS の描画には OpenGL を用いた。

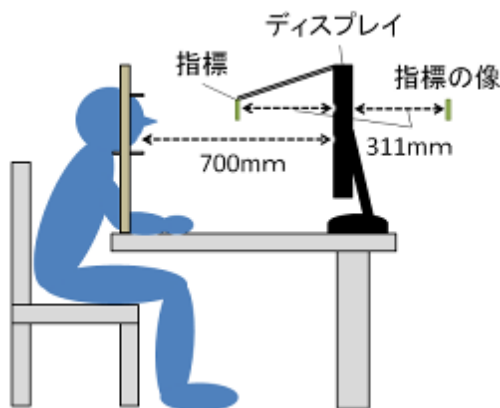


図 3 実験環境

3.2 実験条件

立体視ができていないか確認するために円形、四角形、三角形のいずれかの立体視が可能で 3 種類の RDS を用意しランダムに提示して回答させた。回答には円形、四角形、三角形に対応したテンキーの 1, 2, 3 キーを押下させた。図形の大きさは 20mm、位置はディスプレイ中央、眼球位置と同じ高さで提示した（被験者ごとに顎台の高さを微調整したため若干のずれが生じた）。随意的な眼球運動時の視差量の指標として 2 つの点を提示した。これは RDS を見るために一般的に用いられる指標であり、この 2 点が 3 点に感じられるように視差を調整すると立体視が成立する。

3.3 実験手順

随意的な眼球運動をする場合と鏡像を提示する場合の 2 手法において、実験概要の説明の後まず 1 分間の練習を行った。実験開始後 3 種類の RDS がランダムに表示され、立体図形を判別できたら対応したテンキーで回答させた。回答後 5 秒の休憩を取り、再びランダムに表示された立体図形を回答させ、これを計 10 回試行させた。5 秒間の休憩時、視差が生じないようにディスプレイ平面上を見るよう指示した。図形の判別にかかる時間を 2 手法それぞれにおいて測定した。随意的な眼球運動手法を先に行った被験者は 2 名（男 1 名、女 1 名）、鏡像提示手法を先に行った被験者は 2 名（男 1 名、女 1 名）で、実験順序の人数を統一し 2 手法において学習効果による差が生じないようにした。

3.4 実験結果

4 人中 3 人は随意的な眼球運動による立体視が不可能であった。一方で鏡像を用いた場合 4 人全員が立体視可能となり鏡像による奥行き指標提示の有効性が確認された。また随意的な眼球運動が可能であった 1 名に関して、2 手法における図形判別の平均時間を比較したところ、鏡像を提示した方が随意的な眼球運動よりも判別時間が減少した（図 4）。

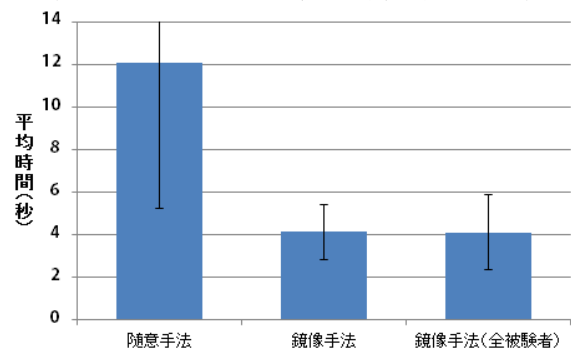


図 4 図形判別の所要時間

4. おわりに

我々は従来個人差が大きく安定した提示の難しかった RDS を、眼球運動計測によって安定化することで情報提示・隠蔽手法として利用することを提案した。本稿ではその予備的検討として、鏡像による奥行き方向の指標を用いて RDS の理論的視差と輻輳性眼球運動の視差を一致させた時に確かに立体視が容易になることを確認した。

今後は輻輳角検出に基づく RDS 提示を行うとともに、秘匿的な情報提示手段としての活用を探っていく。

参考文献

- [1] Thimbleby, Harold W., Stuart Inglis, and Ian H. Witten. Displaying 3D images: Algorithms for single-image random-dot stereograms. *Computer* 27.10, pp. 38-48, 1994.
- [2] Yi, Feng, Daoshun Wang, and Yiqi Dai. Visual secret sharing scheme with autostereogram. *IACR Cryptology ePrint Archive*, pp. 295, 2006.
- [3] 原島博, 3 次元画像と人間の科学, オーム社, pp. 152-163, 2000.

