J-015

広視野映像システムに必要なフレーム周波数の検討

－ 横方向動体視力の視角依存性 －

Frame Frequency for Wide Field of View Video System.

- Dependency of Dynamic Visual Acuity on Field of View -

松尾 康孝† 江本 正喜† 菅原 正幸†
Yasutaka MATSUO Masaki EMOTO Masayuki SUGAWARA

１． まえがき

広視野映像システムのフレーム周波数を決める要因として，動体視力[1]が考えられる．将来の映像システムでは広視野化が予想されるため，動体視力と視角（以下，FOV：Field of View）の関係を検討する必要がある．すなわち，広視野化によって追随視できる範囲が広がるため，動体視力が向上する可能性がある．この時，従来と同様なフレーム周波数では映像のぼけが検知されやすくなり，画質の低下を招く可能性がある．

そこで，我々は FOV が広がるに従って動体視力が向上するという仮説を立て，実験的に検証を試みる．実験では，横方向動体視力（以下，DVA：Dynamic Visual Acuity）の FOV 依存性を，スポーツビジョンで用いられる方法[2]に準じて測定した．同時に，眼球運動測定も行った．

なお，本稿では広視野映像システムとして，スーパーハイビジョン（以下，SHV：Super Hi-Vision）を想定する．開発が進められている SHV[3]は，フレーム周波数 60Hz，水平観視画角 100 度である．現行のハイビジョン（以下，HDTV：High Definition Television）はフィールド周波数約 60Hz，水平観視画角 30 度である．現行の NTSC （National Television Standards Committee）はフィールド周波数約 60Hz，水平観視画角 10 度である．

2. 実験

図 1 に実験の系統図を示す．実験は，FOV が 10，30，60，90，110 度の場合の DVA を測定した．DVA 測定機器は横方向動体視力計（Kowa Company. Ltd.）HI-10 を使用し，FOV 制限を行う幕を追加した．検査用チャートは，視力 0.025 相当の上下左右四方向のランドルト環を用いた．これは，0.75 cycle/度の空間周波数に相当する．スライドプロジェクタから投影されたランドルト環は，回転するガルバノミラーに反射してスクリーンの左端から右端へ移動し，一度消える．その後，再びスクリーンの左端から右端へ移動する動作を繰り返し，次第に速度が低下する．被験者は顎と額を固定し，ランドルト環を眼球運動のみで追う．そしてランドルト環の切れ目方向が判別できた時点で手元のボタンを押し，その方向を答える．このボタンを押した際のランドルト環の速度を DVA とする．さらに眼球運動測定により，被験者が視野中心でランドルト環の切れ目方向を判断したかについて確認を行う．

実験参加者は，20 歳から 35 歳の 22 名である．実験に先立ち，DVA 測定値が安定するまで約 1 時間の練習を行った．そして 1 時間休憩の後，5 種類の FOV に対して各 20 回ずつ，計 100 回の DVA 測定を行い，各 FOV においてその平均値を測定値とした．図 2 に各 FOV における実験参加者 22 名の DVA 測定平均値と標準偏差を示す．

実験参加者内要因を FOV（10，30，60，90，110 度）とした反復測定分散分析を行った結果，有意差が認められた（$F(2.898, 57.951)=223.818$，$p<0.001$）．次に FOV について対比を行った結果，全ての FOV の組合せにおいて有意差が認められた．

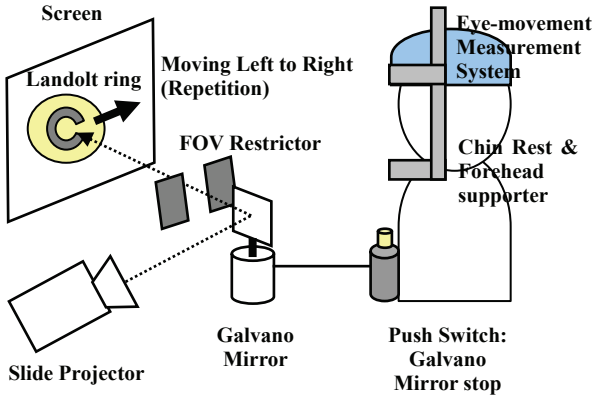

図１ 実験装置
Fig.1 : Experimental apparatus.

† 日本放送協会 放送技術研究所,
NHK Science & Technical Research Laboratories.

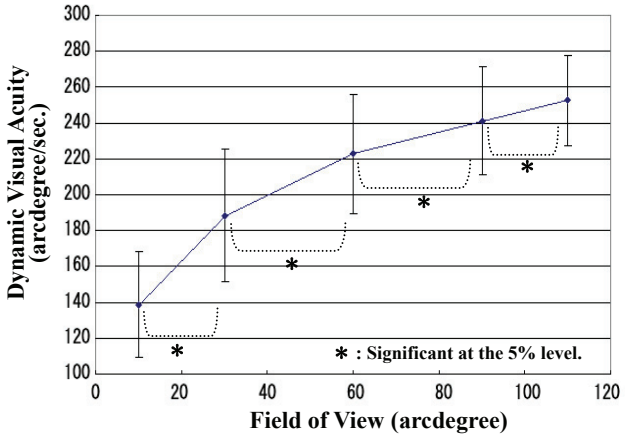

図 2　DVA 測定結果
Fig.2 : Results of Dynamic Visual Acuity measurement.

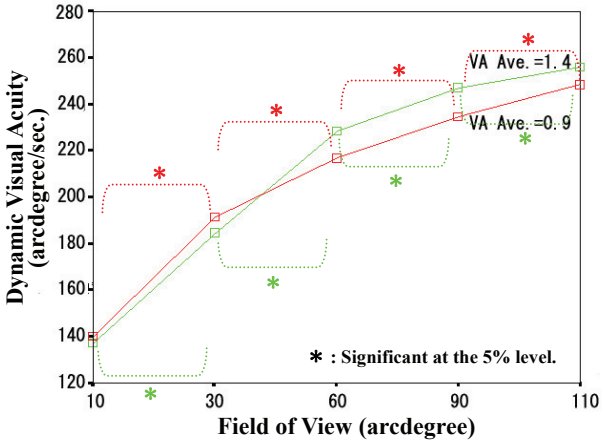

図 3　静止視力と DVA の関係
Fig.3 : Results of Visual Acuity and Dynamic Visual Acuity.

以上より，実験参加者 22 名の DVA 測定平均値は FOV が 10 度に比べて 30 度の場合は約 1.3 倍，110 度の場合は約 1.8 倍となり，FOV が広がるに従って DVA が向上するという仮説が検証された．この結果より，NTSC や HDTV に比べて広視野での観視を前提とした SHV では，60Hz 以上のフレーム周波数が必要となる可能性がある．

3. 考察

従来行われたスポーツビジョンの結果[2]と比較すると，図 2 の DVA は訓練されたプロスポーツ選手と同等である．これは実験前に安定した結果が得られるよう練習した結果であると推測され，同様の訓練効果が[4]で示されている．

次に，静止視力との関係を検討するため，図 3 に，被験者 22 名を静止視力（以下，VA：Visual Acuity）の良い群 11 名（平均視力 1.4）と悪い群 11 名（平均視力 0.9）に分けた際の反復測定分散分析結果を示す．分析の結果，被験者間要因（VA）において有意差は認められなかった（$F(1,20)=0.13$，$p=0.722$）．以上より，本実験条件では，DVA は VA に依存するとはいえないことが明らかとなった．これは，本実験で用いたランドルト環の空間周波数が実験参加者の VA に対してかなり低いためと推測される．

4. まとめ

本稿では，広視野映像システムに必要なフレーム周波数の検討のために，広視野映像観視時には，狭視野の場合より DVA が向上するという仮説の検証を行った．

FOV が 10，30，60，90，110 度の DVA を測定した結果，FOV が 10 度の場合に比べて，30 度の場合は約 1.3 倍，110 度の場合は約 1.8 倍となり，NTSC や HDTV に比べて広視野での観視を前提とした SHV では，60Hz 以上のフレーム周波数が必要となる可能性がある事が示された．

参考文献

[1] B.Brown: “Dynamic Visual Acuity, Eye Movements and Peripheral Acuity for Moving Targets”, Vision Research, Vol. 12, pp.305-321, 1972

[2] 真下一策 編：“スポーツビジョン－スポーツのための視覚学”, ISBN4-931411-32-0, NAP limited, Tokyo, Japan

[3] M.Sugawara, et al.: “Ultrahigh-definition video system with 4000 scanning lines”, SMPTE Motion Imaging, pp.339-346, 2003

[4] Long GM, et al.: “Training effects on the resolution of moving targets - dynamic visual acuity”, Human Factors, Aug, pp.443-451,　1989