

体育館における球技スポーツ競技者のグレアに関する研究  
(その2) 競技者視線動の修正手法と解析結果例

正会員 ○牧野準司\*1  
同 森 太郎\*2  
同 羽山広文\*3  
同 絵内正道\*4

画像解析 三次元座標解析 近似関数  
二分法 競技者視線動

1. 研究の背景と目的

地域開放を目的とした小・中規模の体育館の照明計画は、必要照度、照度均斉度の確保、輝度分布、演色性といった、JIS規格を満たすためだけの物理的環境の整備に留まっている。激しく移動する競技者がどのような状況で照明障害を受けるかという配慮にまでは至っていない。また、温熱環境に比べ、光環境に関しては使用者側の「競技しやすさ」を評価する基準も無いのが現状である。

例えば、試合中は照明の場所に合わせてプレーする場所を選ぶことはできない。また、競技に集中するため、照明が視界に入る場所を前もって予測する余裕も無い。グレアが発生する瞬間は、突発的であり、競技に支障を与えると前報<sup>(5)</sup>で多数報告されている。

以上のような背景の元で、本報では、競技の連続写真の画像解析を行い対象物の三次元座標位置を算出。それを元に競技者の視線を追跡し、視覚化するシステムを開発した。そのシステムを用いて解析を行った。

2. 修正前のデータに生じている問題とその要因

対象物の三次元位置座標を取得するため、画像解析により CCD カメラ2台に対しての競技者頭部とボールの写真座標 (図1) を取得。それらの写真座標を用いて、カメラの空間内位置座標を Newton-Raphson 法により収束計算で算出。対象物 (競技者頭部、ボール) の三次元座標を算出。競技者頭部とボールを結ぶ直線を描いた。その直線と天井面との交点を、競技者の天井面における視線の到達点とした (図3)。詳細は前報<sup>(5)</sup>に記述。

図3は競技者の視線を体育館の天井面に視覚化した図である。競技者の視線はギザギザした挙動を見せている。通常、競技者とボールの軌跡は滑らかな線を描くはずである。図1の各点の軌跡を線で結んだ図を抽出 (図2) すると、それらの軌跡はギザギザになっていることが確認された。またそれらは、競技者頭部とボールが近づいたときほど顕著に発生していた。この問題は、図1の画像解析の段階で生じたものと考えられ、それらを修正し、滑らかにすることが、実際の視線動に近いものにするために必要だと考えた。

3. 競技者頭部とボールの軌跡の修正手法の提案と結果

(a) 修正手法

①競技者頭部の動きとボールの動きには画像解析による写真座標計測で誤差が発生。それら計測値に対し近似関数 (二次関数) を描き (図4)、その近似関数の式を表計算ソフト上で取得。その際、競技者の軌跡は2つ以上の近似関数から成る場合があり、一つの動作を複数に分割してそれぞれの近似関数の式 (二次関数式(1)) を取得。

②近似曲線上の任意の点  $(x', y')$  に対し、近似関数の導関数を求め、接線ベクトル  $V1(1, 2x' + b)$  を取得。

③画像解析による写真座標  $(x, y)$  の①の接点に対する方向ベクトル  $V2(x-x', y-y')$  を取得。

④  $V1$  と  $V2$  の直交条件、内積  $V1 \cdot V2=0$  となる  $(x', y')$  を算

A Study on Glare on a Sports-Player in a gymnasium

Part2.Modified Method for the Sight-Line of Sports-Players

$$y = f(x) = ax^2 + bx + c \quad (1)$$

$$2a^2x'^3 + 3abx'^2 + (b^2 + 2ab - 2ay + 1)x' + (bc - by - x) = 0 \quad (2)$$

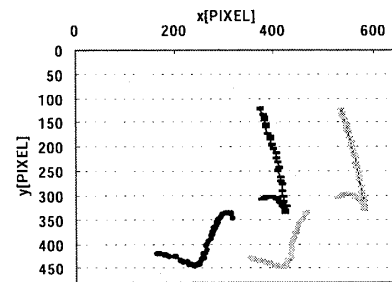


図1. 対象物の写真座標

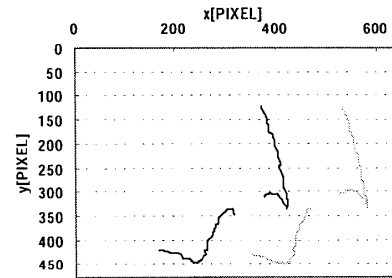


図2. 写真座標の軌跡抽出

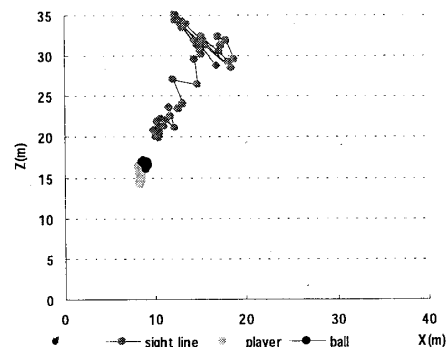


図3. 競技者の天井面に対する視線の到達点追跡結果

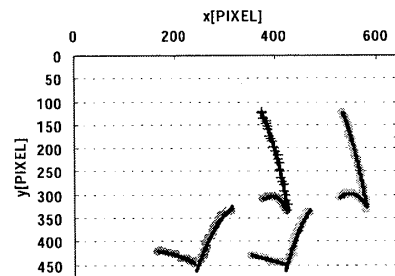


図4. 近似関数

MAKINO Junji, MORI Taro  
Enai Masamiti, HAYAMA Hirohumi

出し、計測値を近似関数値上の近傍点へと修正。それを展開すると、三次方程式(式(2))となったためこれを二分法を用いて算出。

b) 修正結果

前述の(a)の手法を用いてPC上で写真座標の修正を行った。その結果から取得した写真座標をもとに三次元座標を算出し、それぞれの軌跡を画像作成ソフトにて作成した(図5,6)。それらをもとに競技者の視線を算出し、画像を作成した(図7)。修正前は比較的広く散在していた点も修正後はより狭い範囲内に集まっていることが確認された。

4. 競技者視線動の解析とその理解

前報<sup>④</sup>のアンケート結果より照明障害が多く報告されたスパイク時とオーバーハンドパス時(高めのボール)に関し視線追跡を検討した。

a) スパイク時の視線挙動

図8からスパイク時の視線は主に以下の①~③に分けられると考えた。①ボールはほぼ等速度でコート中央のセッターに対して落下して行く。②競技者が助走を終えジャンプをする。頭部が上部に向かって急速に上がり、同時に競技者の頭部に対しボールが近づいてくる。③頭部の動きは放物線となり、その最上部でボールがもっとも近づく。センタースパイクの場合、視線の分布は①と③の二ヶ所に主に収束した。また、視線の天井面への軌跡はA方向に沿って動いていることが確認された。

b) オーバーハンドパス時の視線挙動

B方向に視線が天井面上で直線的に移動していることが確認された。オーバーパスはスパイクに比べ、頭部が静的な動きをするために画像解析の段階でボールを比較的正確に追うことができた。そのため競技者の視線の誤差が少なく比較的滑らかに描かれたと考えた。

プレーは領域X内で行われた。プレーはネットに対してほぼ対称に為されるため、ネットをはさんで反対側(X側)にも同様の軌跡が描かれると考えた。

視線の動きにはそれぞれ特徴があることが確認された。今後は、データをさらに蓄積して、競技者視線の挙動特性を理解する。それを元に体育館の照明設計の際に、視線が集中する場所への配置を避けることや照明の取り付け角度等を検討する材料への発展を目標とする。

5. 総括

- ①画像解析で生じたブレの原因を考え、近似値を与えることで、それらを修正する方法を検討した。
- ②競技者の視線動を電算機上で解析した結果、競技者の視線動にはそれぞれに特徴があることが確認された。
- ③競技者の視線動の検討は体育館の照明計画に発展する可能性があることを確認した。

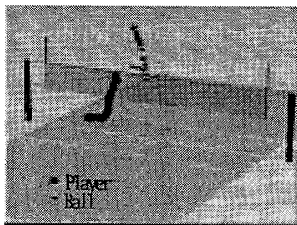


図5. 修正前の三次元画像

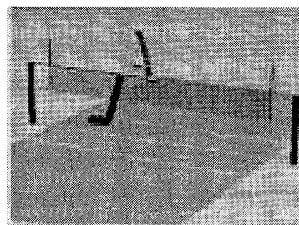


図6. 修正後の三次元画像

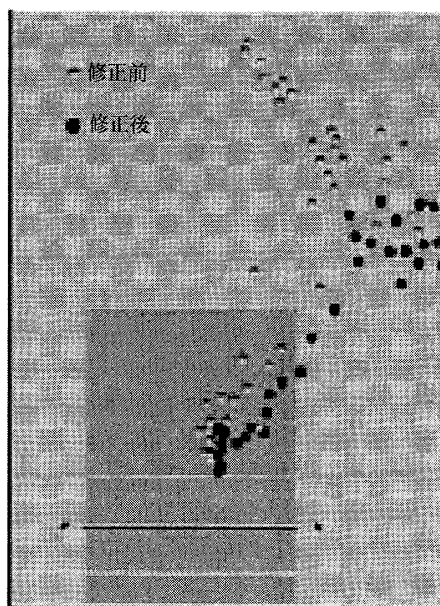


図7. 計測値の修正前と修正後の視線追跡結果

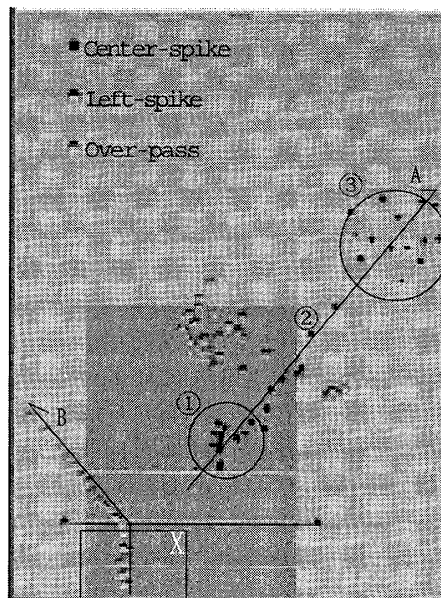


図8. 数種の動作の天井面に対する視線追跡結果

[参考文献] (1)村木広和/田中成典/古田均: デジカメ活用によるデジタル測量入門, 森北出版株式会社, 2000 (2) William H. Press, Saul A. Teukosky, William T. Vetterling, Brian P. Flannery: Numerical Recipes in C, 技術評論社, 2003 (3) 小西崇永: 自由浮遊バグを用いた大規模空間の気流動の可視化に関する研究, 卒業論文, 1998 (4) 岩崎電気株式会社: スポーツ施設照明, 岩崎電気株式会社, 2000 (5) 森太郎: 体育館における球技スポーツ競技者のグレアに関する研究(その2) バレーボール競技者へのアンケート結果と視線動解析手法の概要, 日本建築学会大会, 2004

謝辞: 本研究は、科学研究費補助金(若手研究B, 課題番号: 14750489, 研究代表者: 森太郎)の補助を受けた, 記して感謝の意を表す。

\*1 北海道大学大学院修士課程  
 \*2 釧路工業高等専門学校助教授  
 \*2 北海道大学大学院工学研究科教授・工博  
 \*3 北海道大学大学院工学研究科助教授・博士(工学)

\*1 Graduate School, Hokkaido Univ  
 \*2 Assoc. Prof., Kushiro Inst. of Tech  
 \*3 Prof., Graduate School, Hokkaido Univ., Dr. Eng.  
 \*4 Assoc. Prof., Graduate School, Hokkaido Univ.