

擬複追従視仮説の検証 ～視知覚信号処理工学の礎～

吹抜 敬彦

イメトピア研究室

〒189-0012 東村山市萩山町3-28-1-813

fukinuki@m.ieice.org

1. はじめに

筆者は、さきに「擬複追従視仮説」(false multiple eye-pursuit)を提唱した¹⁾。これは、「ヒトは、擬似的に(あるいは実効的に)複数方向の動き対象(静止対象を含む)を同時に追従視している」という仮説である。

この仮説は、常識的には「あり得ない」としか思えない。知覚心理学では、古くから、「追従視は1方向に限る」という常識?に基いて多くの知見を得てきた。

筆者は、「動き錯視」を時空間3次元信号処理に基く通信理論の立場から解明したり^{3,6)}、 β 運動に関心を持った¹⁾。この過程で、本仮説を容認せざるを得ない現象を度々経験した。本仮説は、視知覚現象の定説/根本への挑戦である。

本稿では、まず、周知の諸現象からこの仮説を実証し、さらに「過去に上記の常識から導出/排除した定説」を見直す。

2. 擬複追従視の実証例

本仮説が否定された場合、定説は実験例と符合するのか、幾つかの例で検証する。

2.1 液晶TV受像機における動領域ボヤケ

(1)動領域ボヤケの説明法: ホールド型表示である液晶TV(ホールド率=100%)が実用化された当時、動領域ボヤケが問題になった。これには幾つかの説明法がある。

その一つ、周知の「追従視+網膜上の積分」⁴⁾(図1)は、即物的で非専門家にも判り易い。2016年夏季大会。

この説明で、例えば縦縞パターンがフレームの間(1/60 sec)にこの1ピッチ分だけ右行すると、1ピッチ分が1フレームの間に網膜上で積分され、縞模様が消える。即ち、解像度は著しく低下(動領域ボヤケ)する。

因みに、動領域ボヤケの解明では、「コマ表現を標準化周波数(フレームレート、コマ数/秒)fps=60Hzの時間領域の標準化と考え、これに伴うアパーチャ効果として解く」のが通信理論的には素直である⁶⁾。

(2)追従視から見た矛盾: 以下、図1を参照して、提唱した仮定を否定した場合のこの説明の矛盾を例記する。

- ケース1: 局所的に同じパターンの動領域と静止領域を含む画像を考える。動領域に合わせて追従視すれば、静止領域でも同じようにボヤケる筈だが、...
- ケース2: 静止領域を注視している時、動領域の上記ピッチの縞模様はボヤケずに観察出

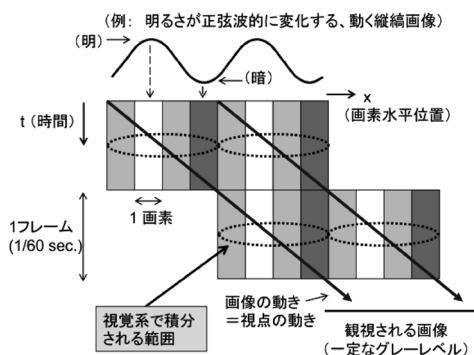


図1 栗田氏の「動きボヤケ知覚の視覚的メカニズム」による説明⁴⁾。(著者の承諾を得て使用)

来る筈だが、….

- ケース3:「水平移動する縦縞ブロック」と、これとは離れて独立した「垂直移動する水平縞ブロック」があるとき、注視するブロックのみがボヤケる筈だが、….
- その他、このような例は多数ある。

(3)矛盾から結論付けられること:前記の矛盾例では、何れも「筈だが、…」とあるが、現実には起きない。実は、例えば、静止領域を注視している時でさえ動領域を追従視している。逆も真である。あるいは、「動領域ボヤケ」が存在するのは本仮説が成立つからである。何故なら、成立しなければ動領域も静止領域も同様にボヤケる。換言すれば、本仮説が成立って初めて本説明は成立つ。

2.2 縞模様の出現/消滅

筆者は以前の当大会で、「ワゴンホイール効果の抑圧の実験デモを行った²⁾。図2にフレームレートfps=60Hzの動画像の1コマを示す。講演時間の制約から、図のように画面の上半と下半に2つの画像を表示した。

これらは中央の黒帯を挟んで連続しており、全く同一である。しかし、上半は左行するパターンに追従視するのに、下半は動き誘導信号(黒マーク)のお陰で右行して見える(左行成分は消滅し、右行成分が出現する)。

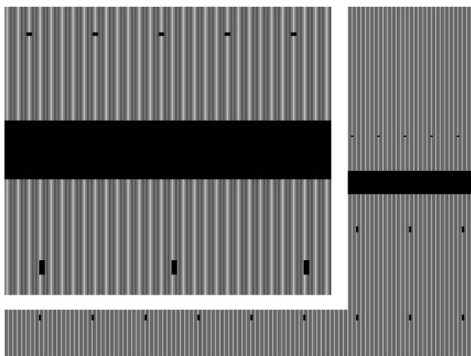


図2 画像例 (左上:拡大図)。

原図カラー。赤と緑の線返し(文献2参照)。

水平x:640画素,垂直y:480走査線,コマ:0~17の線返し,赤緑縞パターン:6画素をピッチとする正弦波。上半部では、2画素/フレームで左行する。下半部:動き誘導信号で4画素/フレームで右行する。

2.3 その他の擬複追従視実証例

多数ある。例えば、「鋭/鈍画像の繰返しによる鮮鋭化画像」、など。

逆に、反証は見つかっていない。

3. 視知覚における結論の吟味/見直し

3.1 所謂「運動による色知覚の混色」

図3(a)は、「時間毎、場所毎に、赤緑と色を変えて右行する縦帯」を「水平x-時間t」で示す⁵⁾。この帯のピッチは、静止画像としてみた時に縞が観視出来る程度とする。

この文献5の著者は、「運動刺激は視線を動かさずに観視する」ことを繰返し強調し、さらに、「従って、図(b)のように網膜上の混色はない。ところが実際は図(c)のように見える。視覚系の時空間解像度や眼球運動では説明出来ない」と続け、最後に、「このことから、同一軌道上の色信号が統一される」と結論付けている⁵⁾。

ここに、ある疑問とそれを解き明かす知見が生まれる。

(1)「視線を動かさないように」という指示は意味を持つのか:本仮説によれば、前述のように、静止領域を注視している時にも動領域を追従視している。本当にこの文献5)の著者が言うように視線は動いていないのか。上記の思考過程は正しいのか。

(2) 視線の移動は結果にどう影響するか:これを時空間周波数領域で解明する。このため、まず、赤Rおよび緑Gをそれぞれ次のように書換

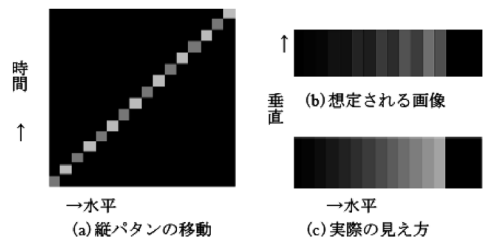


図3 時間・場所毎に色を変えて右行する縦線。

原図はカラーである。図(a)と(b)では、赤と緑が繰返し。図(c)では黄色となる。(文献3,5参照)(著者の承諾を得て使用。一部改変)

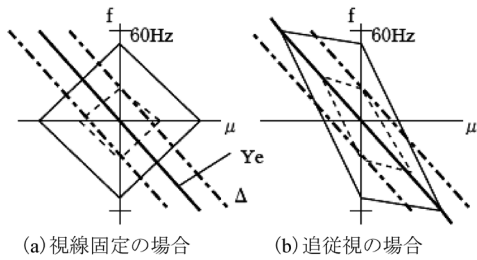


図4 所謂「運動による色知覚の変調」のスペクトル。太い実線：輝度 Y_e 成分，太い鎖線：色差信号 Δ 成分， μ ：水平周波数， f ：時間周波数，◇，変形◇：可視帯域（実線：輝度，点線：色差）

える。

$$R \equiv (R+G)/2 + (R-G)/2 \equiv Y_e + \Delta$$

$$G \equiv (R+G)/2 - (R-G)/2 \equiv Y_e - \Delta$$

即ち， R および G は，「変化しない成分 Y_e （黄色）」±「色差成分 Δ 」になっている。 Δ の時間周波数は30Hzである。これらの時空間スペクトルを図4に示す^{3,6)}。

本仮説を認めない図4(a)では，色差信号成分 Δ が色差信号の可視帯域内にあるので，赤緑の縞パターンが観視出来る。

一方，視線が追従視する（即ち，本仮説を容認する）図(b)では， Δ 成分が可視帯域から外れるので，黄色 Y_e 成分のみが観視出来る。

このように，図3(c)のように黄色く見える原因は，追従視による色差信号の可視帯域の変化によることが推察される。

3.2 類似の現象

前述第3.1節の議論は，「色知覚の混色」のみでなく，この文献5の著者の言う「色分解」⁵⁾についても同様に成立つ。

3.3 仮現運動（ β 運動）の吟味

β 運動の成因に関してかつて眼球運動説が提唱されたが，時の大御所 Wertheimer が「2方向に向かう追従視はあり得ない」を根拠に，否定した由⁷⁾。以降，そのままになっている。

筆者は，本仮説と強い残像により解明を試み，本稿で検証した新たな仮説を提唱した¹⁾。

4. 擬複追従視仮説の動作成因は何か

この仮説における動作は，通常の眼球運動で

は物理的に説明し難い。考えられる一つとして，例えば，画面の全部を見ている積りでも，実は，ある時点ではその一点のみを見て，それを高速に切替えているのか。それにはサッカードが関係するのか。

本発表の際，第3.1節（混色）の動作に関して，この動作の文献5の著者（心理学者）から，「脳はもっと多くの情報を取入れて処理していると考えられないか」とのコメントがあった。

なお，さきの発表1)で，筆者は「実験で確認したい」と述べた。しかし，検討を進めるにつれて，仮説の真の成因は逆にますます判らなくなった。このため，何を実験すべきか，目下決めかねており，具体的実験に到っていない。

5. 視知覚研究の総点検：むすびに代えて

本稿では，提唱した擬複追従視仮説について下記を検討した。

- i) 現在の多くの視知覚現象の定説が本仮説がなくても成立するかの吟味。
- ii) 過去に「複数方向の追従視はあり得ない」や「視線を固定」等の理由で導いた／排除した結論の見直し

筆者としては，仮説の妥当性が示されたと思う。「動領域ボヤケ」という言葉さえ，本仮説が成立して初めて存在し得る。

仮説の成因についてはよく判らない。しかし，現象として複数方向に追従視があるのは事実である。結果次第では，歴史を誇る視知覚研究の根幹が揺らぐ。少なくとも，ある現象の解明に当たって「複数方向の追従視はあり得ないから」や「視線を固定しているから」を根拠として結論を導くことは避けなければならない。

残された課題には，擬複追従視自体の成因究明がある。

古くは「地動説」も仮説であったが，多くの検証によって定説となった。本稿の仮説もかくありたい。今後さらに検証を進めるとともに，諸賢のご批判を仰ぎたい。

文 献

- 1) 吹抜敬彦：擬複追従視と仮現運動に関する仮説～視知覚信号処理工学の礎～, *Vision*, **26**, 90–93, 2014.
- 2) 吹抜敬彦：カラーワゴンホイール効果の動き誘導信号による抑圧～視知覚信号処理工学の礎～, *Vision*, **25**, 127–131, 2013.
- 3) 吹抜敬彦：仮現運動への疑問—時空間信号処理による動画像の解明—, *基礎心理学研究*, **26**, 89–96, 2007.
- 4) 栗田泰市郎：ディスプレイの時間応答と動画像表示画質, *Vision*, **24**, 154–163, 2012.
- 5) 西田真也：画像符号化技術を意識した人間の視覚系の研究, 画像符号化シンポジウム日本, 特別講演, Nov. 2006
- 6) 吹抜敬彦：視知覚信号処理学～動き錯視を通信理論で解く. 視知覚心理学と画像工学のために～, 自費出版, 2016 (5月)
- 7) 吉村浩一：運動現象のタキソノミー, ナカニシヤ書店, 2006, pp. 38–40.