

平成 22 年 5 月 20 日現在

研究種目：若手研究（スタートアップ）

研究期間：2008～2009

課題番号：20800053

研究課題名（和文） 身体運動に伴う感覚入力が視認に及ぼす影響

研究課題名（英文） Dynamic visual acuity under the influence of a somatosensory input

研究代表者

内田 雄介（UCHIDA Yusuke）

早稲田大学・スポーツ科学学術院・助手

研究者番号：00508252

研究成果の概要（和文）：

動体視力について、移動視標の予測や視認の主観性を含まない客観的定量化法を開発し、その方法を用いてアスリートと一般人の動体視力差を産み出す視覚生理学的メカニズムを明らかにした。その結果、両者の差が「網膜像を認知する能力」ではなく「動く視標に対して適切に目を向ける能力」に由来することが明らかになった。さらに、身体運動に伴う頸部筋紡錘による体性感覚入力が視認に影響を及ぼすことを明らかにした。このことは、スポーツにおいて「正確な視対象の識別」と「体の動き」が密接に関係している可能性を示唆する。

研究成果の概要（英文）：

About dynamic visual acuity (DVA), a method for DVA evaluation based on its objective quantification which excludes a prediction and the subjectivity of legibility for the target was proposed. Using this method, the physiologic mechanism of differences in the DVA between athletes and nonathletes was clarified. Data comparing athletes and nonathletes support the DVA reflects "the ability to turn the eyes appropriately to moving targets" rather than "the ability to perceive retinal images". Furthermore, DVA affected by the somatosensory input of cervical muscle spindle was investigated. The results of this study suggest that DVA involve factors that allow the somatosensory input. And it was shown that the move direction of targets and direction of the body are closely related.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,340,000	402,000	1,742,000
2009年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,540,000	762,000	3,302,000

研究分野：神経科学

科研費の分科・細目：健康スポーツ科学・スポーツ科学

キーワード：動体視力，眼球運動，視認，体性感覚

1. 研究開始当初の背景

| スポーツにおける視機能の重要性はすで

に多くの研究者によって指摘されている (Christenson & Winkelstein, 1988; Hitzman & Beckerman, 1993; Kioumourtzoglou et al., 1998; Stein et al., 1982)。しかしながら、そのアスリート群の視機能を調べる重要な測定項目の1つである横方向動体視力 (Dynamic Visual Acuity: DVA) 測定は、被験者の主観的な認知判断に基づいており、現在の測定法は必ずしも客観的な指標とは言い難い。さらに、その測定には視標の出現する方向やタイミング、その移動速度などにおいて予測可能な要因が含まれており、それらの要因が眼球運動制御に影響している可能性が考えられる。したがって、動体視力の視覚生理学的メカニズムを明らかにするためには、客観的に定量化された動体視力が必要とされている。また、現在まだ知られていないアスリートの優れた動体視力を支える生理学的メカニズムを明らかにすることはスポーツ科学において重要なことである。さらに、実際のスポーツシーンでは、頭を動かしながら視対象を識別する力が競技力に大きく関与することから、前述した動体視力の生理学的メカニズムに与える身体運動の影響を調べた。動く視覚刺激に対して体の動きを伴って素早く眼球を動かして視認する場合には、前庭感覚、体性感覚の入力を受けて脳幹網様体や脊髄由来のシグナルによって眼球運動に影響を与えることが知られている (Brandt, 2003)。しかし、眼球運動への種々の感覚入力が見認というヒトの認知レベルでどのような影響を及ぼしているのかは現在のところわかっていない。

## 2. 研究の目的

視標の大きさや動きの速度、移動する方向をランダムに変化させ、主観的で且つ動きの予測が可能であるという問題点を心理物理学的研究で用いられる強制選択法を用いて改善する動体視力の測定方法を確立すると共に、アスリート群と一般群の動体視力を比較することでその方法の有効性を示すことを第一の目的とした。その上で、動体視力を支える生理学的メカニズムを明らかにすることでアスリートの優れた動体視力を支える生理学的メカニズムを明らかにすることを第二の目的とする。最後の目的として、身体運動に伴う感覚入力と視認の関係を明らかにするために、頸部筋紡錘による体性感覚入力が見認にどのような影響を及ぼしているのかを調べた。具体的には、申請者が新しく開発した回転運動刺激装置を用いて体性感覚入力に伴う環境において目的1,2で行った実験と同様の視線計測を行い、その結果を感覚入力の無い条件で行った結果と比較検討した。感覚入力による脳内眼球運動制御系への調節メカニズムが細胞活動レベルで明らかにされてきているが、日常生活やス

ポーツシーンを想定する場合には、むしろ、その感覚入力の影響がヒトの「視認」という知覚認知的観点でどのように表現されているのかを明らかにすることのほうが重要であると考えた。これによって得られる知見は、ヒトの感覚入力を含めた眼球運動機能評価に貢献するだけでなく、高齢者化社会において問題となる眼球運動機能低下による事故防止やスポーツ選手の競技成績向上に繋がる眼球運動向上トレーニングの補助的ツールとして多用される可能性を有すると考える。

## 3. 研究の方法

実験では、野球部に所属する男子学生8名 (平均年齢 21.5歳 ± 1.4歳)、及び過去に運動部に所属経験を持たない健康成人男性8名 (平均年齢 21.8歳 ± 1.8歳) を被験者とし、前者をアスリート群、後者を一般群と定義した。視標の移動速度及び方向はランダムに決定され、被験者の顔前90°に広がる半円型のスクリーン上を移動する。視標に対する視認の正解率を心理物理曲線(1)で近似し (Yamamoto and Kitazawa, 2001)、正解率75%の移動速度を動体視力と定義した。その際、目を動かして視標を追う条件 (free-movement) と目を固視して視標を認知する条件 (eye fixation) について実験を行った。さらに、目を動かして視標を追う条件 (free-movement) で感覚入力を伴う実験環境として、回転刺激装置を用いて感覚入力を全く受けない条件 (条件 ) と、体性感覚駆動性眼球運動 (COR) を誘発する体幹部回転条件 (条件 ) について行なった。それぞれの条件における正解率と視標移動速度の相関を前述と同様に心理物理曲線で近似し、条件間の心理物理曲線の左右シフト量を統計学的に解析した。その際、COR誘発条件では左右ランダムに移動した視標を方向別に分けて解析を行った (図1)。

$$p_u(t) = (p_{\max} - p_{\min}) \int_{-\infty}^t \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_u} e^{-\frac{(\tau-d_u)^2}{2\sigma_u^2}} d\tau + p_{\min} \quad \dots(1)$$

- $t$  : 回転速度
- $p_{\max}$  : 最大正解率
- $p_{\min}$  : 最小正解率
- $du$  : 曲線のシフト量
- $u$  : 曲線の傾き

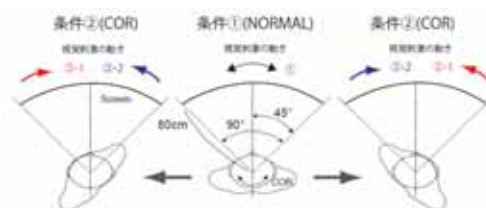


図1. 感覚入力条件と視標移動方向

#### 4. 研究成果

(1) 視標の移動予測及び視認の主観性の要素を排除し、客観的に動体視力を定量化することに成功した。このことで、眼球運動のみに着目した動体視力の生理学的メカニズムを明らかにすることが可能となった。動体視力トレーニングにおいて、眼球運動のみに着目した評価を行う場合に、本測定が有効であることが示された。

(2) 一般人とアスリートを比較したデータから、両者の動体視力差は「網膜像を認知する能力(Fixation)」の差ではなく「動く視標に対して適切に眼を向ける能力(Free movement)」を反映していることが明らかになった(図 2)。つまり、外眼筋を使って眼球を動かし日常的に動くものを追うことでアスリートの眼球運動機能が向上し、それが優れた動体視力に反映されていることが示唆された。アスリートの動体視力が一般人に比べ優れていることは知られていたが、その生理学的メカニズムを初めて明らかにした。眼球運動機能の向上が正確な視認を行うために重要であることが明らかになった。

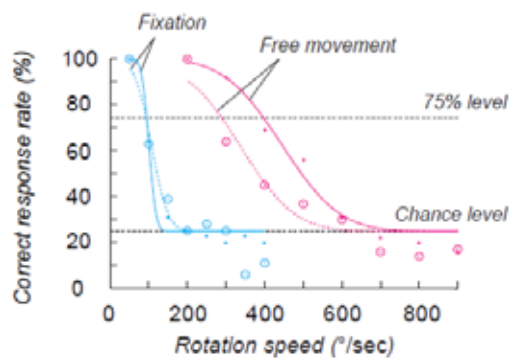


図 2. 各条件における正解率の近似

(3) 条件 1 の視認に対して、条件 2 で行った視認を視標の移動方向別に解析した結果、移動方向に依存して曲線が有意に左右方向にシフトしていた( $p < 0.05$ )。これは体幹部の回転に伴う体性感覚入力が見認に影響を与えていることを意味する。曲線のシフト関係から、頭部の位置は同じであっても、体の向いている方向から出現する視標を見認する場合において正解率が高いことがわかる(図 3)。本研究によって、体性感覚入力が見認に影響を及ぼし、さらに視標の移動方向と密接に関係することが明らかになった。このことは、スポーツにおいて「正確な視対象の識別」と「体の動き」が密接に関係している可能性を示唆する。感覚入力による眼球運動の変化については、記録した視線計測(サンプリング周波数 500Hz)の解析により今後明らかにしていく。眼球運動に与える感覚入力のゲイン調節の神経機構を細胞活動レベルではなくヒト行動実験で明らかにすることができた

ことは、スポーツ科学やリハビリテーション分野に応用可能となり大変意義のあるものとする。

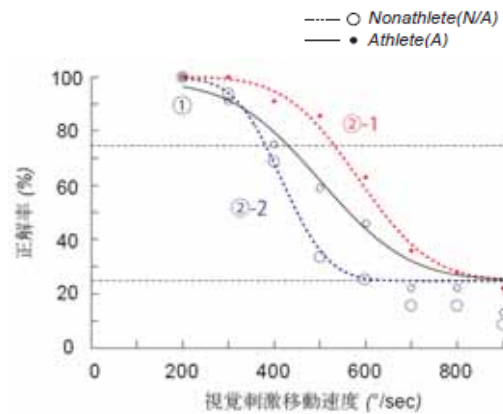


図 3. 感覚入力条件と正解率

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 2 件)

1. Y. Uchida, M. Honda (2010) A new quantitative method of dynamic visual acuity. *Human performance measurement*. (in revision) 査読有

2. Y. Uchida, M. Honda, S. Kitazawa (2010) The influence of eye fixation and free-movement for dynamic visual acuity in athletes and nonathletes. *Optometry and Vision Science* (in submission) 査読有

[学会発表](計 6 件)

1. 工藤大介, 内田雄介, 村上彰, 北澤茂、スポーツビジョン検査における練習効果の検討、第 114 回日本眼科学会総会、2010 年 4 月 15 日～4 月 18 日、名古屋国際会議場 (査読有)

2. 内田雄介, 北澤茂, 菅田雅彰、動体視力の個人差を産み出す生理学的背景、第 64 回日本体力医学会、2009 年 9 月 18 日～9 月 20 日、新潟市朱鷺メッセ (査読有)

3. 大前彰吾, 陸暁峰, 内田雄介, 高橋俊光, 北澤茂、経過時間を表現する補足眼野神経活動の研究、2009 年 5 月 28 日～5 月 30 日、自然科学研究機構 岡崎コンファレンスセンター (査読有)

4. 工藤大介, 内田雄介, 村上彰, 北澤茂、眼球運動と眼優位性の関連の検討、第 114 回日本眼科学会総会、2009 年 4 月 16 日～4 月 19 日、東京国際フォーラム (査読有)

5. 内田雄介, 北澤茂, 菅田雅彰、動体視力の定量計測及び評価、スポーツと脳、2009 年 3 月 14 日、早稲田大学東伏見キャンパス (査読無)

6. S. Ohmae, X. Lu, Y. Uchida, T. Takahashi, S. Kitazawa. Estimating saccade timing and targets from neural activity: Comparison

of the macaque frontal eye field and the supplementary eye field. 855.11/FF17 Society for Neuroscience 2008 (Washington, DC, USA, November 15-19, 2008) (査読有)

〔図書〕(計1件)

1. 内田雄介、文光堂、眼のサイエンス-視覚の不思議-, 2010、p.202-203

〔その他〕

ホームページ等

[https://www.wnp7.waseda.jp/Rdb/app/ip/ipi0211.html?lang\\_kbn=0&kensaku\\_no=5106](https://www.wnp7.waseda.jp/Rdb/app/ip/ipi0211.html?lang_kbn=0&kensaku_no=5106)

6 . 研究組織

(1)研究代表者

内田 雄介 (YUSUKE UCHIDA)

早稲田大学・スポーツ科学学術院・助手

研究者番号：00508252