

# 一致タイミング状況における移動標的の速度変化が bearing angle of the head の保持に及ぼす影響

The influence of the unexpected velocity change in coincident anticipation timing task to maintenance on bearing angle of the head

水落 洋志<sup>1)</sup>, 森 司朗<sup>2)</sup>, 中本 浩揮<sup>2)</sup>, 西菌 秀嗣<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>鹿屋体育大学大学院, <sup>2)</sup>鹿屋体育大学

<sup>3)</sup>鹿屋体育大学スポーツトレーニング教育研究センター

Hiroshi Mizuochi<sup>1)</sup>, Shiro Mori<sup>2)</sup>, Hiroki Nakamoto<sup>2)</sup>, Hidetsugu Nishizono<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>National Institute of Fitness and Sports in Kanoya, Graduate school of physical education

<sup>2)</sup>National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

<sup>3)</sup>National Institute of Fitness and Sports in Kanoya, Center for Sports Training Research and Education

## Abstract

The purpose of this study was to investigate that the influence of unexpected velocity changes in coincident anticipation timing task to maintenance on bearing angle of the head. Especially, we focused rate preservation bearing angle of the head (BAH) to the increased and decreased velocity change of the moving target in attainment point (2.8 - 3m). Participants were university students (n=10). The apparatus consisted to the measure 60 millimeters in diameter tennis ball was set up on the conveyer belt (3m×90m) having been controlled by the changeable type motor. Participants were required to leaves the point where the conveyer belt reaches by 4m, walks from the position of 90° and 45° agrees with the moving target and coincident anticipation timing in the interception area. The moving target departed from one end of the trackway at a constant velocity (0.45m/s · 0.65m/s · 0.85m/s) and for a part of the trials its velocity was gradually increased or decreased at the moving target velocity change from start point it experimented by using five conditions. These results indicate that participants was leaves the point where the conveyer belt reaches by 4m, walks from the position of 90° and 45° agrees with the moving target and coincident anticipation timing in the interception area walking performance in the preservation BAH time passes 50% of the whole the result similar to the previous work was shown. Furthermore, though two angles and the increased target velocity were similarity to the constant velocity but deviating of BAH has been shown up to 75% in the decreased target velocity since it begins to walk movement correction to the locomotion activity from showing the constant velocity to other speed conditions after that.

Key words : Bearing Angle , coincident anticipation timing, prospective motor control

キーワード : ベアリングアングル, 一致タイミング予測, 予測的運動制御

## I. はじめに

我々は、日常生活の中で多くの感覚情報を基に環境に見合った動作を遂行している。このような環境に見合った動作の遂行には、変化する環境の時空間的な予測が必要となり、そのための環境情報の抽出が行為の成否に影響する。例えば、時空間的な予測を必要とする一致タイミングに関する研究では、対象物と自己の動作を時空間的に一致させるために bearing Angle (以下;BA) が重要な情報源になることが明らかにされている (Chohan, 2006)。BA とは、本来、海上で船員らが使用している衝突回避用レーダー警報装置の衝突防止時に示される角度であるが (Le Brun, 2002)、一致タイミングのような捕捉行為の研究では、標的と行為者の位置関係から導かれる角度として用いられ (図 1)、適切な捕捉動作に不可欠な情報源の一つであるとされている (行為者の頭部位置と標的の角度を表す場合は、bearing angle of the head (以下;BAH; Chardenon et al., 2004) と呼ばれる)。

Chohan ら (2008) は、行為者が歩行によって自身の到達と移動標的の到達を捕捉エリアで一致させる課題を行う際の BAH を検証した結果、行為者と移動標的との BAH が移動標的へ到達するまでの間、一定に保持されていることを明らかにしている。

このように、BAH は視覚的な知覚情報源として、移動標的を捕捉するために自己の位置と移動標的が捕捉エリアに達するときの時間的タイミングを知覚するために利用されるものである。このような BAH の研究では人が移動する対象物を捕捉するメカニズムを明らかにするために重要な知見を与えるが、これまでの研究では移動標的の速度が等速条件で行われており、比較的安定した環境下での BAH の保持についてのみしか行われていない。

しかしながら、等速条件のみでは移動標的の速度に変化が生じていないことから行為者は移動標的から BAH を常に抽出していることで捕捉行為を成功させているかは明らかではない。したがって、連続的に変化をする加速・減速条件に対しての BAH の保持について検討することで、行為者が移動標的から常に抽出し捕捉行為を遂行していれば、時々刻々の変化が生じても等速条件と同じくある一定の時間まで BAH は保持されると考えられる。その一方で、

BAH が BA から逸脱を示した場合は、BAH を離散的に抽出しているものと考えられる。

以上のことから、本研究は速度変化が BAH の保持に与える影響を検証することを目的とした。

## II. 研究方法

### 2. 1. 実験参加者

対象は大学生 (男子 5 名;平均年齢 =  $22 \pm 0.2$  歳;平均身長 =  $172 \pm 6.0$  cm, 女子 5 名;平均年齢 =  $22 \pm 0.2$  歳;平均身長 =  $160 \pm 5.7$  cm) 計 10 名で、正常な視力及び視力矯正なしの実験参加者であり、本研究の目的、内容を説明した後に参加の同意を得た。また、本実験のプロトコルは鹿屋体育大学倫理委員会の了承を得て遵守して行った。

### 2. 2. 実験装置

可変型モーターによって制御されるベルトコンベア (長さ = 4.0m, 高さ = 90cm, 捕獲エリア = 0.2m) 上に直径 60mm のテニスボールを設置したものをを用いた。さらに、ベルトコンベア上の移動標的のスタート位置と 1.5m 位置に赤外線センサーを設置した。加速条件の速度変化は、スタート位置の赤外線センサーを移動標的が通過した時点で 0.45m/s の速度になり、スタートの位置から 1.5m の位置まで徐々に速度 0.65m/s に速度変化し、1.5m の位置で移動標的が赤外線センサーを通過した時点で捕捉エリアまで徐々に速度 0.85m/s に速度変化するように制御した (以下、加速条件と表記する)。また、減速条件は、スタート位置の赤外線センサーを移動標的が通過した時点で 0.85m/s の速度になり、スタートの位置から 1.5m の位置まで徐々に速度 0.65m/s に速度変化し、1.5m の位置で移動標的が赤外線センサーを通過した時点で捕捉エリアまで徐々に速度 0.45m/s に速度変化するようにした (以下、減速条件と表記する)。

### 2. 3. 実験課題

実験参加者は移動標的と自己の歩行を特定の地点で一致させる一致タイミング課題を行った。移動標的の速度条件として定速する 3 条件 (0.45m/s, 0.65m/s, 0.85m/s (以下;定速条件)) と、加速条件、減速条件の 5 条件を用いた。実験参加者の移動開始地点は、スタートラインからベルトコンベアの捕捉エリアに対して  $90^\circ$  と  $45^\circ$  の位置からとした (図 1)。

### 2. 4. 手続き

対象者は, Chohan ら (2008) の研究同様に耳に蛍光マーカーを装着し BAH を算出した. さらに, ベルトコンベアのモーター音によって速度変化を分別できないようにアイポットプレーヤーからのホワイトノイズを聞きながら試技を行った. 教示としてスタートライン (4m) から測定者の合図をもとに歩き始め, 移動標的を捕捉エリア内で捕捉することが求められた. その際, 走って移動標的を捕ること, 速く歩き捕捉エリアで待って移動標的を捕ることをしないように指示をした.

5 条件の速度変化をランダムにスタートラインからベルトコンベアの捕捉エリアに対して 90° と 45° の位置からそれぞれ 25 試行, 計 50 試行を行った. その際, 対象者が観察学習しないようにデモンストレーションはベルトコンベアを動かさずに行った. これらの試技は, 4 台のデジタルビデオカメラ (SONY 社製, DCR-HC62) によって撮影された (対象者歩行側方, 対象者後方, 到達地点, ボール側方).

## 2. 5. データ解析

測定終了後, 撮影された映像は, 動作解析ソフト DARTFISH (DARTFISH 社製) によって, 映像の 1 コマ (33ms) の区間ごとに歩行速度, 歩行距離, 移動標的の速度, 移動標的の距離, 時間ごとの BAH を以下の式によって算出した.

### 1) BAH の算出方法

$$BAH = \tan^{-1} \left[ \frac{\text{heady} - \text{bally}}{\text{headx} - \text{ballx}} \right]$$

Chohan ら (2008) の先行研究と同様に, スタート位置 90°, 45° の際, 保持される BAH としてベルトコンベアの軌道を x 軸, 到達地点から垂直な軌道を y 軸とし, 頭部の x 座標と頭部の y 座標の交点から導き出される座標位置を頭部位置とし, ボールの x 座標とボールの y 座標の交点から導き出される座標をボールの位置とし算出した (スタート位置 90° の BAH = 55°, スタート位置 45° の BAH = 88°) (図 1.  $\alpha \cdot \beta$  参照).

## 2. 6. 統計処理

各速度条件間に BAH の保持に差異があるかを検証するため, 各速度条件間の移動標的の到達時間の違いを考慮して, 条件間の時間軸を規格化し 0%, 25%,

50%, 75%, 100% の BAH を算出した.

統計処理として, ベルトコンベアに対し 90°, 45° の位置からの試技中における各速度条件間の 25% ほどの BAH に差異があるか検討するため, 速度 (等速 0.45m/s, 0.65m/s, 0.85m/s, 加速, 減速) × 相対位置 (25%, 50%, 75%, 100%) の 2 要因分散分析を行った. 主効果の検定には Bonferroni を用い, 交互作用が有意であった場合は単純主効果の分析を行った.

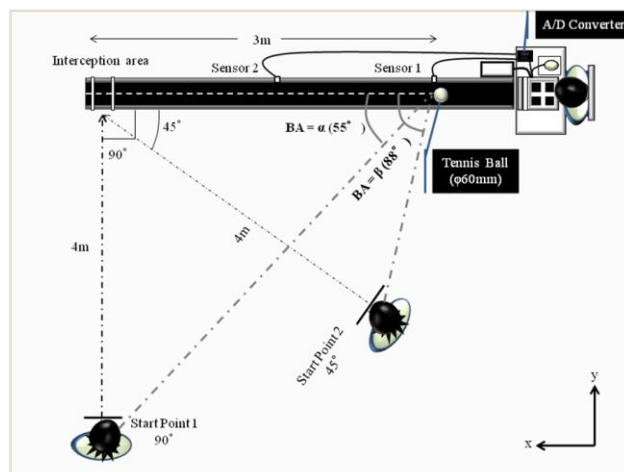


図 1. 測定方法

## III. 結果

スタート位置 90° の条件に関して, 各速度条件における課題遂行中の BAH と各速度条件の時間軸を規格化した場合の BAH を図 2-1 に示した. さらに, スタート位置 45° の条件に関しても同様に示した (図 3-1). ベルトコンベアの捕捉エリアに対し 90°, 45° の位置からスタートした試技中における各速度条件間の 25% ほどの BAH に差異があるかを検討するため, 2 要因の分散分析を行った. スタート位置が 90° の条件に関して, 各速度条件間の主効果 ( $F(4,36) = 588.16$   $p < .01$ ) 及び相対位置の主効果 ( $F(3,27) = 29.41$   $p < .01$ ) が有意であった. さらに, 各速度条件間と相対位置との交互作用 ( $F(12,108) = 28.49$   $p < .01$ ) がみられ, 単純主効果検定の結果, スタートから 25% の位置では, 等速 0.45m/s 条件の BAH は加速条件を除いた他の条件の BAH よりも小さく ( $p < .01$ ), 減速条件の BAH は他の条件の BAH よりも大きかった ( $p < .01$ ). また, スタートから 50% の位置でも同様の結果を示した. スタートから 75% の位置では, 等速 0.45m/s 条件の BAH は他の等速条件の

BA<sub>H</sub>よりも小さく ( $p < .01$ ), 等速 0.65m/s 条件の BA<sub>H</sub>は等速 0.85m/s 条件の BA<sub>H</sub>よりも小さかった ( $p < .01$ ). また, 加速条件の BA<sub>H</sub>は等速 0.65m/s, 0.85m/s 条件の BA<sub>H</sub>よりも小さく ( $p < .01$ ), 減速条件の BA<sub>H</sub>は等速 0.85m/s 条件の BA<sub>H</sub>よりも小さかった ( $p < .01$ ). スタートから 100%の位置では, 等速 0.85m/s 条件の BA<sub>H</sub>は加速条件の BA<sub>H</sub>よりも小さかった ( $p < .01$ ).

スタート位置 45° の条件に関して, 各速度条件間の主効果 ( $F(4,36) = 50.66 p < .01$ ) 及び相対位置の主効果 ( $F(3,27) = 28.75 p < .01$ ) が有意であった. さらに, 各速度条件間と相対位置との交互作用 ( $F(12,108) = 7.69 p < .01$ ) がみられ, 単純主効果検定の結果, スタートから 25%の位置では, 減速条件の BA<sub>H</sub>は他の条件の BA<sub>H</sub>よりも小さかった ( $p < .01$ ). スタートから 50%の位置では, 等速 0.65m/s 条件の

BA<sub>H</sub>は等速 0.45m/s 条件の BA<sub>H</sub>よりも小さく ( $p < .01$ ), 減速条件の BA<sub>H</sub>は他の条件の BA<sub>H</sub>よりも小さかった ( $p < .01$ ). スタートから 75%の位置では, 等速 0.45m/s 条件の BA<sub>H</sub>は他の等速条件の BA<sub>H</sub>よりも小さかった ( $p < .01$ ). スタートから 100%の位置では, 加速条件の BA<sub>H</sub>は等速 0.45m/s の BA<sub>H</sub>よりも小さく ( $p < .01$ ), 減速条件の BA<sub>H</sub>は等速 0.85m/s 条件の BA<sub>H</sub>よりも小さかった ( $p < .01$ ).

これらの結果より, スタート位置 90°, 45° の両条件とも歩行開始から相対位置 50%までの減速条件においては, 他の速度条件の BA<sub>H</sub>とは異なる値を示した. しかしながら, 歩行開始から相対位置 75%での減速条件の BA<sub>H</sub>は, 他の速度条件の BA<sub>H</sub>と類似していることから, 相対位置 50-70%の区間で歩行動作を修正したことが考えられる.

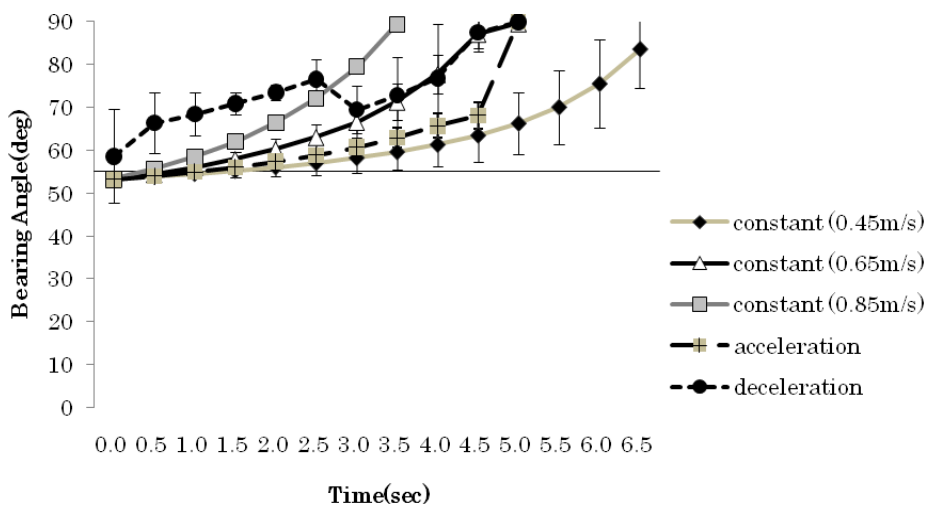


図 2.各速度条件における平均 BA<sub>H</sub> 及び標準偏差 (スタート位置 90°)

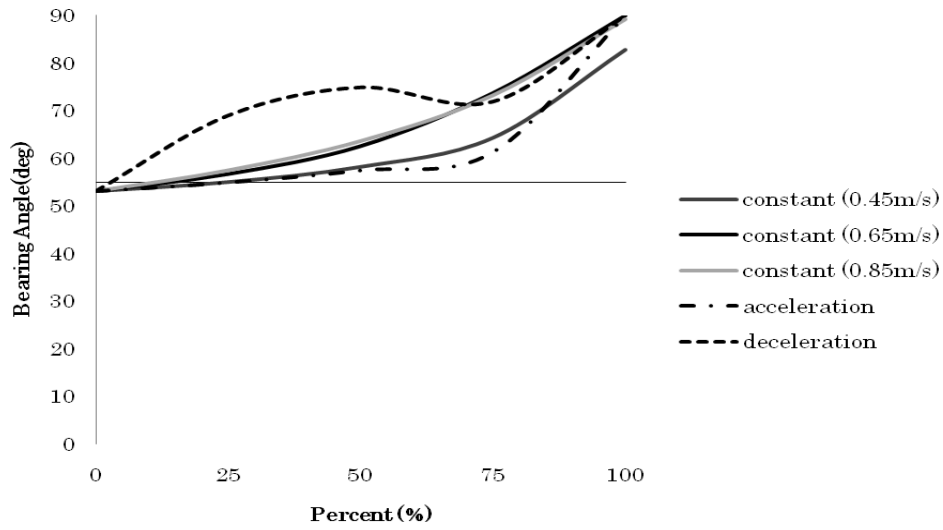


図 2-1.各速度条件の規格化 (0・25・50・75・100%) した  $\delta BA_H$  (スタート位置 90°)

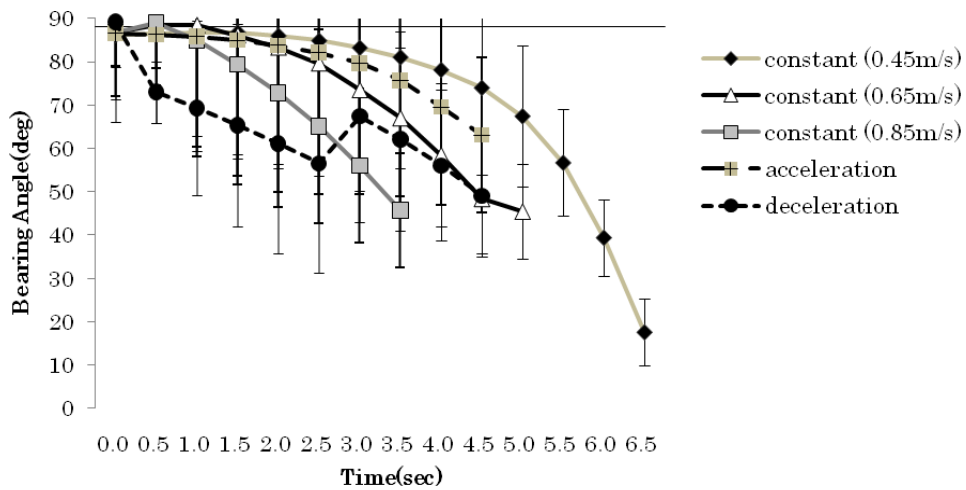


図 3.各速度条件における平均  $BA_H$  及び標準偏差 (スター位置 45°)

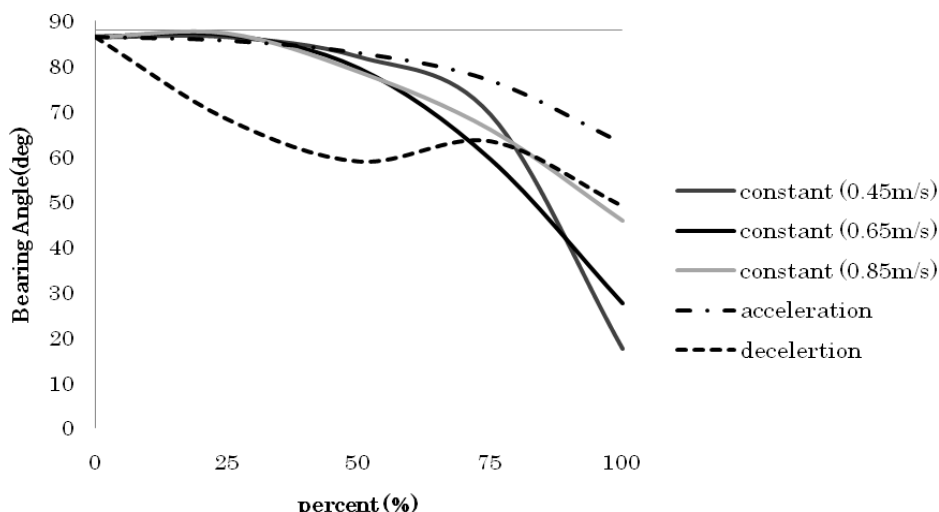


図 3-1.各速度条件の規格化 (0・25・50・75・100%) した  $\delta BA_H$  (スタート位置  $45^\circ$ )

#### IV. 考察

本研究の目的は、安定した環境下である等速条件 (0.45m/s, 0.65m/s, 0.85m/s) と、複雑な環境下である加速 (0.45m/s から 0.85m/s へ徐々に加速), 減速 (0.85m/s から 0.45m/s へ徐々に減速) 条件を用い、対象者のスタート位置 ( $90^\circ$ ,  $45^\circ$ ) からの  $BA_H$  に与える影響を検討することであった。

その結果、等速条件では両角度ともに歩行開始時間全体の 25-50% 程度で速度条件に  $BA_H$  の  $BA$  からの逸脱に差が認められ、この結果は、Charadenon (2004) と一致していた。さらに、本研究において扱った複雑な環境下である速度変化条件下での  $BA_H$  は、加速条件において等速条件と同様の結果が得られたが、減速条件に関しては、両角度とも歩行開始時から 75% にかけて等速、加速条件とは異なった  $BA_H$  の角度変化が認められたが、歩行開始時間全体の 75% から最終局面では、等速、加速条件と同様の結果を示していた。この点に関して、中本・森 (2008) は、移動標的の速度変化として一定の速度で開始点から移動し、ある特定の時点から急激に速度が増加する加速条件と速度が減少する減速条件を用いて一致タイミング課題における野球の熟達と運動修正の研究を行っている。その結果、減速条件に対して抑制が関わっていることを報告している。

本研究では、中本・森 (2008) と異なる移動標的の速度変化として、移動開始とともに時々刻々と速度が増加する加速条件と速度が減少する減速条件を用いて実験を行った。その結果、減速条件は歩行開

始時では等速、加速条件よりも  $BA_H$  は違う結果を示したが歩行開始時全体の 75% 以降では類似した結果を示していた。このことから歩行開始後の 75% 付近になると、運動の修正が行われたことが示唆された。このように、減速条件は、加速、等速条件とは異なった反応であった。つまり、減速条件での反応パターンは、前半と後半で異なる制御パターンプログラムを用いていた可能性が考えられる。Morice ら (2009) は、視覚情報による環境からの情報量によって予測性が高い場合には  $BA_H$  を用い、視覚情報からオンラインに修正している場合には異なった制御を用いているということを報告している。一方、複雑な環境下として用いた加速条件に関しては両角度からの  $BA_H$  は等速条件と類似した結果を示した。このことは、仮説上は加速条件も減速条件と同様に、複雑な環境での適応を検討したにもかかわらず、等速条件と類似した制御プログラムで行われていると考えられる。

以上から、等速、加速条件において類似した  $BA_H$  を示したことから移動標的を捕まえる予測の段階で角度を検出することで運動を調整できていることが示唆された。一方、減速条件においてはスタート位置  $90^\circ$ ,  $45^\circ$  の両角度とも歩行動作全体の 75% 付近で等速、加速条件と同様の結果を示していた。この結果より、減速条件では歩行開始時に他の速度条件とは違う速度で歩行を開始したものの  $BA_H$  は移動標的を捕まえるために角度検出を行い、運動修正が行われることが示唆された。しかしながら、終盤局面に

において他の速度条件と比べると最終局面の  $BA_H$  ( $BA_H$  平均 =  $56^\circ$  標準偏差  $\pm 5.27$ ) は他の指標と比べると標準偏差が大きいことから、個人間によって運動の修正における対応動作に違いがあると思われる。このことから今後、減速条件において個人間における運動修正の違いを検討する必要がある。

本研究の知見は、 $BA_H$  の保持のみに焦点をあて成人で研究を行ったが、今後は発達段階においていつごろから予測でき、 $BA_H$  の保持が出来るようになるか、さらに歩行速度変化や、立位置による視覚の影響の違いなどを検討する必要性があるといえる。

## V. 引用文献

- Antoine H. P. Morice, Matthieu Francois, David M. Jacobs, Gilles Montagne (2009). Environmental constraints modify the way an interceptive action is controlled. *Exp Brain*, 8, 1-15.
- Chardenon, A., Montagne, G., Buekers, M.J., & Laurent, M. (2002). The visual control of ball interception during human locomotion. *Neuroscience Letters*, 334, 13-16.
- Chardenon, A., Montagne, G., Laurent, M., & Bootsma, R. J. (2004). The perceptual control of goal directed locomotion: A common control architecture for interception and navigation. *Experimental Brain Research*, 158, 100-108.
- Chohan, A., Savelsbergh, G. J. P., Van Kampen, P., Wind, M., & Verheul, M. H. G. (2006). Postural adjustments and bearing angle use in interceptive actions. *Experimental Brain Research*, 171, 47-55.
- Chohan, A., Van Kampen, P., Savelsbergh, G. J. P. (2008). Children's use of the Bearing Angle in interceptive Actions. *Motor Behavior*, 1, 18-28.
- 中本浩揮・森司朗. (2008) 速度変化状況での一致タイミング課題における野球の熟達と運動修正との関係. *体育学研究* 53, 39-50.

## 補記

本論文は、概発表論文を査読を経て、一部修正をした。