

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 10 日現在

機関番号：32616

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350778

研究課題名(和文) 運動物体に対する認知予測特性と運動制御スキルが捕捉パフォーマンス与える影響

研究課題名(英文) The effects that cognitive and anticipated properties and motor control skills give for catching performance on moving object

研究代表者

竹市 勝 (Takeichi, Masaru)

国土館大学・政経学部・教授

研究者番号：30265962

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、仮想環境において運動物体の認知・予測課題、運動制御課題を用いて実施した。様々な条件における実験結果から、運動物体の捕捉までの一連のプロセスの中で、予測プロセスにおいてエラーが生じる可能性が示唆された。

また、若年者群と高齢者群における運動物体の認知課題と予測課題の結果を比較することにより、可視条件における運動物体の認知特性に加齢の影響が顕著に表れることが判明した。

研究成果の概要(英文)：This study carried out by using cognitive and anticipation tasks and motor control task for moving object in virtual environment. Results in various conditions suggested the possibility that error occurred in anticipated process in the series of process up to catch of moving object.

Comparing with the results of cognitive task and anticipated task on young group and elderly group, we found out that the cognitive properties of moving object in visible condition were remarkably affected by aging.

研究分野：体育学

キーワード：捕捉動作 認知特性 予測特性 運動制御 加齢

1. 研究開始当初の背景

これまでの研究では、「認知 予測 運動制御」の一連のプロセスにおいて運動制御を除く認知から予測までの局面に着目し、その特性を検討してきた。運動物体の認知に関しては、表象的慣性 (representational momentum)、フラッシュラグ (flash-lag) など、位置認知エラーに関する報告がある。我々の研究では、遮蔽後の運動物体の位置予測タスクにおいて、運動物体の位置を過小評価する現象を発見した (予測速度低下現象)。この研究において、運動物体の認知位置や遮蔽物体の予測位置に関して、認知エラーや予測エラーを生じる (H14-16 科研費) ことを報告した。このように、認知、予測局面においてエラーを生じることから、目的の動作を失敗する要因が、認知や予測の局面に存在する可能性が考えられる。また、予測エラーも訓練により改善する (H19-21 科研費) ことを明らかにし、トレーニングへの応用の可能性を示唆した。

動作の最終プロセスである運動制御は、これまで研究から除いていたが、ここにもエラーの可能性が存在し、認知、予測特性の知見とあわせて考えると、各局面のパフォーマンスを個々に分離して検討し、捕捉動作全体のパフォーマンスに対するエラーの影響を検討することにより、捕捉動作を失敗する仕組みが明らかになると考え、本研究の着想に至った。

一方、実験環境構築の技術面において、認知、予測という心理的情報処理過程を測定評価する課題は、運動物体の再現性、正確性、設定条件の変更など、現実環境では精度や利便性に限界がある。このような点において、仮想現実感 (virtual reality: VR) 技術を用いたシステムは、物体運動の正確な速度や軌道の再現、あらゆる実験環境を簡単に設定、変更ができ、実験者の意図する課題や環境を自由に構築することが可能である。このような VR システムの優れた操作特性を活用し、詳細な認知予測実験を実施することにより、個々の局面パフォーマンスと全体の動作パフォーマンスとの関連について検討することが可能になると考える。例えば、各局面のパフォーマンスと捕捉動作の失敗要因について特定できれば、VR システムを利用し、認知・予測・運動制御の各局面に対して、現実環境では不可能なレベルの高度な課題 (例えば、160km/h の速球ピッチャーの投球を提示するなど) を設定し、訓練することも可能である。このように、心理的情報処理過程の認知、予測と運動制御局面へのトレーニングにより、打球や捕球などの捕捉動作や他の動作または運動パフォーマンスを向上させることができれば、これまでになかった新たなトレーニング方法の開発も可能であると考えたことから、本研究の着想に至った。

2. 研究の目的

本研究では、認知・予測・運動制御の3つの局面における能力に着目し、各局面の能力を評価する。データの解析から、認知・予測・運動制御の各局面におけるパフォーマンスと捕捉動作パフォーマンスの関連について検討することが第1の目的である。さらに各局面に積極的に働きかけるトレーニング (訓練) が、補足パフォーマンスにどのように影響するのか検討することを第2の目的としている。

本研究では、認知能力、予測能力、運動制御能力の評価から、捕捉動作の失敗要因の特定を試みる。失敗要因に対してトレーニングを行うことにより、動作パフォーマンスを向上させる。すなわち、部分的能力のトレーニングにより、全体的な運動パフォーマンスを向上させるという新たなトレーニング方法の開発に 응용が考えられる。このようなトレーニング法が開発されることにより、トップアスリートから障害者、幼児・児童から高齢者に至るまで、様々な人を対象に運動能力測定や評価、機能向上訓練など、スポーツに限らず、教育、福祉、医療などの各分野における幅広い応用が考えられる。従って、本研究は、体育学における新しい研究分野および研究手法の開拓に寄与し、今後さらに応用発展する可能性が考えられる。

3. 研究の方法

研究において使用する課題を仮想環境において構築し、構築されたシステムによって、各条件による課題実験を行い、データを収集した。

(1) 仮想環境 (視覚刺激の提示)

コンピュータにより視覚刺激を生成・制御し、22インチ CRT ディスプレイ上に描画した。描画速度は 100 frames/s、ディスプレイのリフレッシュレートは 100 Hz とした。被験者の目とディスプレイまでの距離は 0.5m とし、頭部の動揺を防止するために、固定装置に顎を接触させ課題を実施した (図1)。

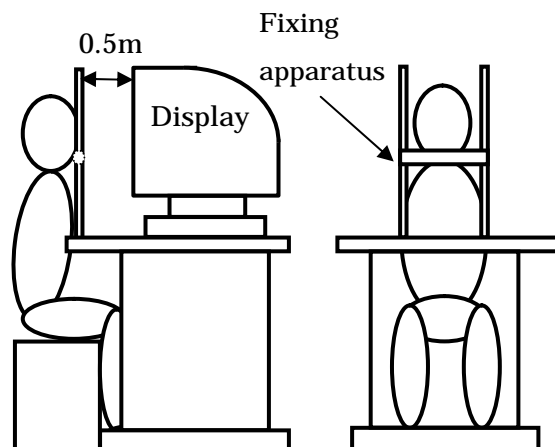


図1 実験セットアップ

(2) 課題用視覚刺激

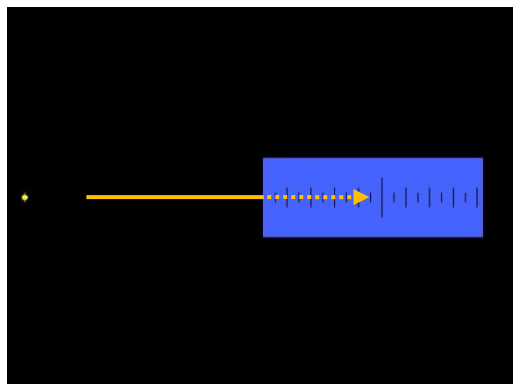
視覚刺激は、図 2a のようにディスプレイ上に表示された仮想環境をベースとして各種条件において課題を行った。ディスプレイに描画した視覚刺激は、画面の左端から右方向へ物体の水平方向等速直線運動を黒色の背景に再現した。運動物体は直径 0.65 deg の黄色の球体で、移動速度は 10 deg/s とした。運動物体のスタート位置は、画面左の位置とした。板は画面中央から右へ配置し水色とした。位置を回答する時刻の合図であるトリガー刺激は、板全体を水色から紫色へと変色させ提示した(図 2b)、板には位置の回答の基準となる目盛を等間隔に 18 個表示した。

仮想環境実験においては、統制条件、フロー条件、可視条件の 3 条件を設定した。

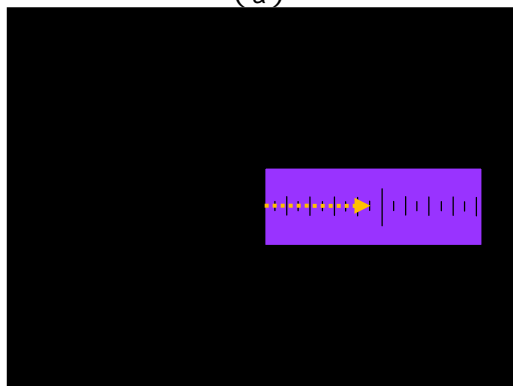
統制条件では、物体が画面左端から移動を開始し、画面中央部から板により遮蔽された。遮蔽後、トリガー刺激を提示した時の物体の位置を回答させた。

フロー条件では、統制条件と同様に、遮蔽後の物体位置を回答する課題を実施した。その際、物体の遮蔽と同時に板の上下に配置したストライプが、左から右に移動することで外乱を与えた(図 3)。

可視条件では、物体が画面左端から移動を開始し、板の前面を移動した。板前面の移動中にトリガー刺激を提示し、その時の位置を回答させた(図 4)。



(a)



(b)

図 2 視覚刺激画面 (a: 統制条件)
(b: トリガー刺激: 板の変色)

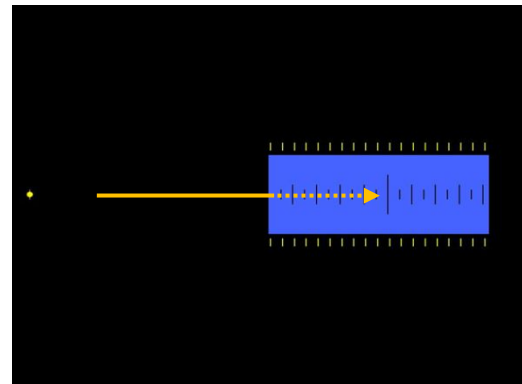


図 3 視覚刺激画面 (フロー条件)

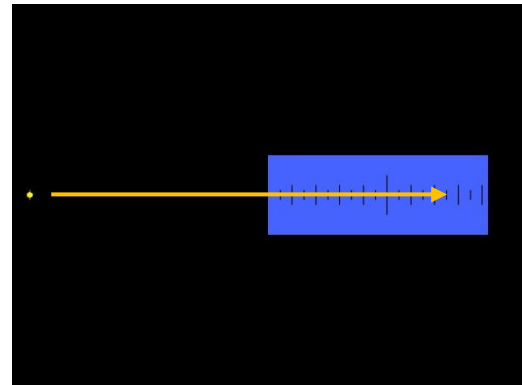


図 4 視覚刺激画面 (可視条件課題)

(3) 捕捉実験

被験者は、図 5 のようにそれぞれの手に直径 7.6cm のカップと直径 7.1cm ボールを持ち、楽な姿勢で構えた。捕捉課題では、ボールは肘から約 1m の高さを目安に自分で投げ上げた。その後、反対側の手に持ったカップで落下したボールを捕捉させた。捕捉時、カップは肘の高さの水平面を基準に移動させボールを捕捉するように指示した。捕捉課題は、10 回 3 セットの合計 30 回実施した。

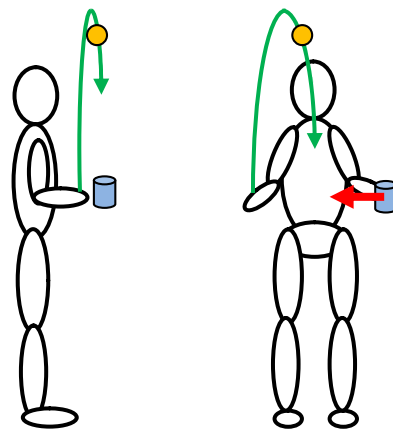


図 5 捕捉実験状況

(4) 予測課題 (統制条件) におけるマウスと指差しによる遮蔽後の物体追従課題

仮想環境における遮蔽後の物体運動をマウスや指差しにより、位置予測課題を実施した。図 2 で示した視覚刺激 (統制条件) を用いて、運動物体が左端から移動開始した後、

マウスポインタ（矢印）または指により、運動物体を追従し、遮蔽後もマウスのポインタや指先によって物体の位置情報をフィードバックしながら、遮蔽板の変色時の位置を回答させた。その結果を追従なしの位置予測課題結果と比較検討した。

（５）ゴルフパッティングの距離感への注意配分の影響

ゴルフパッティングの距離感について、注意配分減少による影響を検討した。パッティングにおけるボールへの注意配分を減少させるために、パッティングの直前に検者よりランダムな6桁の数字を口頭で提示し、被験者に記憶させた。パット直後にその数値を回答させた。通常のパッティング（統制条件）と記憶課題を追加したパッティング（記憶課題追加条件）を実施した。

パッティング練習用マット(90cm×10m)上にて、ボール(ダンロップ社製)をパター(ミズノ社製)にてパッティングを行わせた。距離感の変化を測定するための目標距離は、グリーンの上を測るためのステインプメーター(USGA公認)で3回測定した距離の平均値とした。距離感学習のために練習は10打行わせた。統制条件として目標へ5打行わせ、平均値と標準偏差を求めた。標準偏差が平均値の10%以下になった被験者のみ解析対象とした。その後、記憶条件を1打行わせた。練習後の距離感学習を抑制するために、打球位置から目標方向1mの位置に目隠しを設置し、それ以降の打球を遮蔽、フィードバックの一部を抑制した。

（６）色名单語判断課題における加齢の影響

被験者は、若年者群と高齢者群に分け、実験は異なる場所で実施した。若年者群には大学生と大学院生12名(20-28歳：男性8名、女性4名)が参加し、高齢者群には10名(61-78歳：男性5名、女性5名)が参加した。装置は、ノートPCと19インチモニターを使用した。

実験課題は、両群とも実験用ソフトウェアSuperLab 4.0(Cedrus)で制御し、被験者の反応には反応パッドRB-530(Cedrus)を使用した。

ターゲットはグレーで描画した「あか」または「みどり」のひらがな色名单語だった。プライムは4種類だった。単語・一致条件ではプライムとターゲットの単語が同じ場合を有効条件、異なる場合を無効条件とした。色条件ではプライムの描画色とターゲット単語の意味が同じ場合を有効条件、異なる場合を無効条件とした。

プライムの提示時間は150ms、プライムとターゲットの提示時間差(Stimulus onset asynchrony、以下SOA)は200msと1200msの2水準だった。

被験者は机の上に置かれたモニターに対し、観察距離が約70cmになるように座って実験

を行った。反応パッドのいずれかのボタンを押すと実験ブロックが開始された。開始と同時に画面中央に注視位置を示す明るいグレーの「+」記号が表示され、2000ms後に最初の試行のプライムが提示された。プライムは150ms後に消失し、再度「+」記号が提示され、所定のSOA経過後にターゲットが提示された。被験者は、ターゲット語が「あか」であるか「みどり」であるかを判断し、できるだけ正確かつ迅速に反応パッドのボタン(図6-b)を押して反応するように指示した。反応と同時にターゲットが消失し、2000ms後に次の試行が開始された。

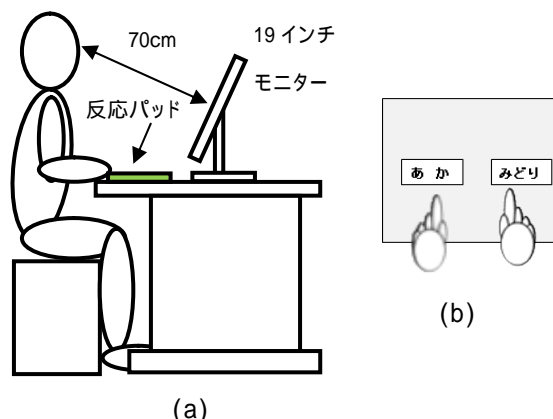


図6 色名单語判断課題の実験セットアップ (a)と反応パッド(b)

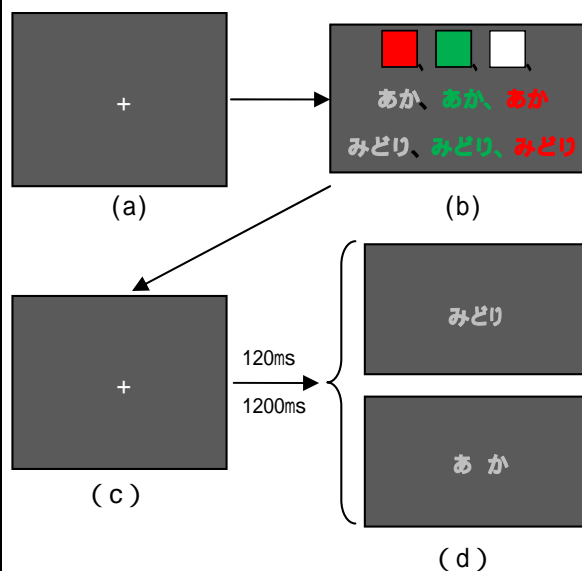


図7 色名单語判断課題 (a)開始時、(b)150ms提示、(c)ブランク、(d)ターゲット

（７）認知特性、予測特性における加齢の影響

仮想環境における60歳以上の高齢者の認知特性と予測特性について検討した。被験者は、若年者8名(19-38歳：男性5名、女性3名)と高齢者8名(64-81歳：男性3名、女性5名)であった。

実験課題は、実験用視覚刺激の統制条件、

フロー条件、可視条件を用いた。各条件における 20 施行について結果分析し高齢者群と若年者群を比較した。

実験手順は、前述の「研究の方法」(2)のとおりであった。

4. 研究成果

(1) 仮想環境における各課題(統制条件、フロー条件、可視条件)結果と捕捉成績

統制条件、フロー条件および可視条件と本研究で採用した今回の捕捉課題の成績について、特に相関関係は認められなかった。今後は、捕捉課題における難易度、実施方法および分析方法について更に検討し、認知特性、予測特性、運動制御能力との関係について明らかにしていくことが課題である。

(2) 統制条件における追従課題

マウストラッキングおよび指差しによるフィードバックを与え、運動物体の位置予測課題を実施した。

移動距離の予測錯覚への影響を調査する実験(n=6)の結果、追従課題無しの統制条件は実距離に対して、42.3%、フィードバック課題のマウス付加条件 40.3%、指差し付加条件 43.1%であった。統制条件とマウスや指先の付加条件との有意差は認められず、いずれの条件においても大幅な移動距離(予測位置)の予測錯覚が認められた(p<0.01)。この結果から、移動距離の予測錯覚は、指差し運動の運動制御プログラム作成以前の情報処理により生じている可能性が示唆された。

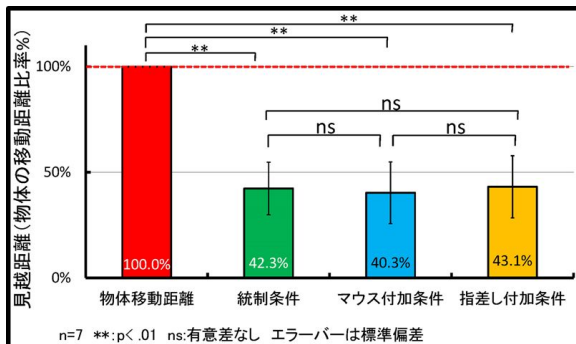


図 8 マウスと指先追従課題における予測位置

(3) パッティングにおける距離感への注意配分の影響

被験者 6 名中 4 名が、統制条件 5 打の標準偏差が平均値の 10%以下(8.15±1.23%, n=4)となった。この 4 名の統制条件の結果は、打球位置から目標までの距離を 100%とすると 102.4±7.46%であった。一方、ボールへの注意配分を減少させた記憶課題追加条件では、81.1±7.75%と、統制条件と比較して有意に減少(p=0.017, n=4)した。これは、物体への注意配分の減少により移動距離の予測が減少することを支持する結果となった。したが

って、ゴルフパッティングの距離感がボールへの注意配分減少によって変化する可能性が示唆された。そして、これらの結果から、ボールへの注意配分変化によるボールの距離感錯覚が、距離感学習の効率低下や、本番での距離感不全を引き起こす可能性が考えられた。

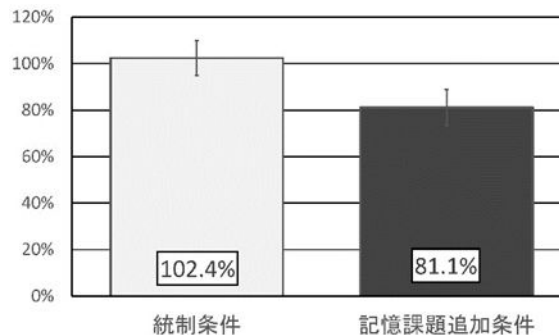


図 9 目標位置に対する統制条件と記憶課題追加条件のパッティング結果(n=4)

(4) 色名单語判断課題における加齢の影響

有効条件のみの結果を参加者群別に図 10 に示した。若年者群に比べて高齢者群の反応時間は全体的に長かった。

若年者群について、プライム条件と SOA を主効果とする 2 要因の分散分析を行ったところ、SOA の効果のみ有意だった(F(1, 11)=11.71, p<0.01)。プライムの効果と交互作用は有意でなかった(Fs(3, 33)=0.39, 2.20, ns)。高齢者群でも同様の分析を行ったところ、SOA の効果のみ有意だった(F(1, 9)=5.41, p<0.05)。プライムの効果と交互作用は有意でなかった(Fs(3, 27)=0.43, 0.63, ns)。

若年者群では、色名单語判断課題におけるプライムの効果は色判断課題に比べて明確でなかった。また本実験における全体的な反応時間は色判断課題よりも短く、SOA の効果も明瞭でなかった。これらのことから、若年者にとって単語判断課題は、プライムや SOA に関わらず十分に早く遂行できるようなものであった可能性が考えられる。反応時間の絶対値はほぼ同じであり、またプライムの効果がほとんど見られなかった。ただし、若年者群の結果が実験間で違っていることを考えると、この群で 2 つの課題がまったく同様に遂行されたとは考えにくい。高齢者にとっては、色判断課題と同様に、単語判断課題も容易に遂行できないものだった可能性も考えられる。

本研究では、高齢者群では反応時間の遅延化が認められた。加えて、色判断課題と単語判断課題の間で反応時間の違いが小さく、どちらの課題でもプライムの効果がほとんど認められなかった。つまり高齢者群では、若年者群で認められた単語処理の優位性が認められなかった。本研究の結果は、加齢による反応の遅延化は、色処理にも単語処理にも生じており、ここで用いた手続きでは単語処

理の方が相対的により遅延化することを示唆している。この点は、言語処理機能が比較的維持されるという指摘 (Salthouse, 2004) とは異なる可能性がある。

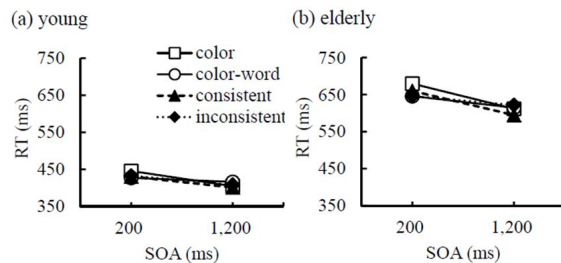


図 10 各プライムにおける反応速度

(5) 認知特性、予測特性における加齢の影響

板の左端を通過後視覚刺激提示(板の色)までの時間と回答位置から、運動物体の速度(deg/s)を求めた。物体の実速度 10deg/s に対して、高齢者群と若年者群における各条件での平均速度は、統制条件が 4.73 と 3.91、フロー条件が 4.06 と 3.62、可視条件が 8.27 と 9.24 ($p < 0.05$) であった(図 11)。

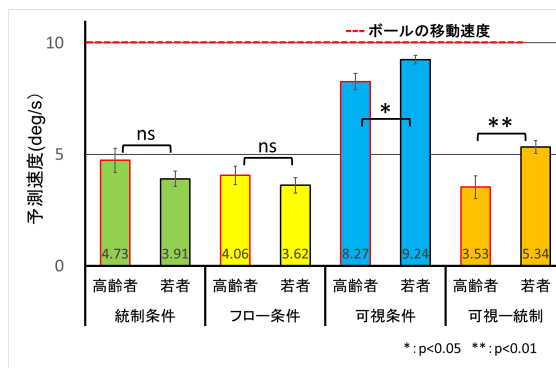


図 11 各条件における高齢者群と若年者群との速度比較 (deg/s)

統制条件とフロー条件における予測速度は、高齢者群が若年者群より大きい傾向を示した。可視条件における認知速度は、高齢者群が若年者群より有意に小さい値であった。また、認知速度から予測速度を引いた値は、高齢者が有意に小さい値であった ($p < 0.05$)。認知速度および認知速度と予測速度の差は年齢と高い相関を示した(図 12)。

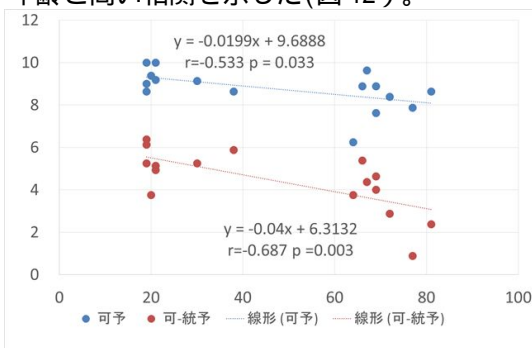


図 12 認知速度と年齢、(認知速度 - 予測速度) と年齢との相関関係

若年者において予測速度は、注意の分割により低下するとの報告があるが、加齢が予測に対する注意の分割の影響が小さくなる可能性が考えられる。可視物体の認知エラーが大きくなる点や認知速度と予測速度の差が小さくなる点などから、加齢が視覚情報処理と認知機能および脳内の速度表象に何らかの影響を与える可能性が考えられる。

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)

[学会発表](計 3件)

新井健之、竹市勝、ゴルフパッティングの距離感がボールへの注意配分減少によって変化する可能性 - ボールへの注意配分の減少が距離感を短く錯覚させる -、第 28 回日本ゴルフ学会研究発表抄録、2015 年 8 月 25 日、国土館大学(東京・世田谷)

新井健之、竹市勝、身体部位でのフィードバックによる物体の運動予測錯覚への影響 - 物体の運動予測における見越距離短縮錯覚のメカニズム解明の一考察 -、日本体育学会第 66 回大会、2015 年 9 月 6 日、ココパリゾート(三重県・津市)

Satoko Ohtsuka, Masaru Takeichi, Takeharu Seno, Effect of color and color-word cues on the following color-word discrimination task : aging study, European Conference on Visual Perception 2013, Perception supplement Vol.42, August 27th, 2013, Bremen Exhibition and Conference Centre (CCB), Bremen (Germany)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

竹市 勝 (TAKEICHI MASARU)
 国土館大学・政経学部・教授
 研究者番号：30265962

(2) 研究分担者

新井 健之 (ARAI TAKEIYUKI)
 高千穂大学・人間科学部・教授
 研究者番号：20397095

(3) 連携研究者

藤田 欣也 (FUJITA KINYA)
 東京農工大学・大学院工学研究院先端情報科学部門・教授
 研究者番号：30209051