

## 高齢者の視機能と視覚的注意

石松 一真\*・三浦 利章\*\*

### Vision and Visual Attention in Older Adults

Kazuma ISHIMATSU\* and Toshiaki MIURA\*\*

This article reviews studies that investigated age-related characteristics of visual attention. It mainly focused on selective attention, divided attention, inhibitory function, and top-down control of attention. A great deal of research has shown that attentional function declines with aging. To understand the cause of age-related changes in visual attention, it is necessary to examine whether the interpretations of the changes are based on only the effects of several specific aspects of attention or the more general effects of processing speed. The studies reviewed here suggested both age-related reductions and preservations of attentional processes. Furthermore, there is increasing evidence that suggests that cognitive training and exercise can improve attentional abilities in older adults. When we consider how best to design real-world systems to aid in the correction of attention to task-relevant information, these age-related characteristics of visual attention should be taken into account.

**Key words:** cognitive aging, visual attention, useful field of view, attentional capture, visual search

運動機能をはじめ、感覚・知覚機能や認知機能が加齢に伴って変化することは周知の事実である。認知的加齢 (cognitive aging) 研究では“高齢者には何らかの機能低下がある”という仮定のもと、若年者を対象とした研究をベースにどのような課題で年齢差がみられるのかが検討され、高齢者におけるさまざまな認知機能の低下が指摘されている。本稿で取り上げる注意機能においても、課題に関連した情報を獲得するための選択的注意機能の低下<sup>1)</sup>や抑制機能の低下<sup>2)</sup>、分割的注意機能の低下<sup>3)</sup>など、高齢者での機能低下を示す多くの知見が報告されている<sup>4-8)</sup>。これら機能低下は、加齢に伴う処理資源 (注意資源) の減少<sup>9)</sup>や全般的遅延 (generalized slowing<sup>10)</sup>) などから説明されてきた。

ここでは、視覚情報処理に関与する注意 (視覚的注意) に焦点を絞り、特に、認知心理学や実験心理学的手法を用いた研究を取り上げ、高齢者の注意機能について解説する。

注意機能を認知心理学、実験心理学的に調べる上では、感覚機能や運動機能など注意以外の機能の介在を考慮する必要がある。注意機能に生じる加齢変化を議論するためには、注意以外の機能に生じる加齢の影響と注意機能そのものに生じる加齢の影響との切り分けが重要である。

そこでまずは、視機能に生じる加齢の影響について概観し、その後、視覚的注意に生じる加齢変化について考えていくことにする。

#### 1. 高齢者の視機能とその特性

視覚情報処理速度 (visual processing speed)、明順応 (light adaptation)、暗順応 (dark adaptation)、動体視力 (dynamic vision)、近視力 (near vision)、周辺視 (peripheral vision)、奥行き知覚 (depth perception)、コントラスト感度 (contrast sensitivity) などの視機能は加齢に伴って低下することが知られている<sup>11,12)</sup>。

\* 東京医科歯科大学難治疾患研究所神経外傷心理研究部門 (〒113-8510 東京都文京区湯島 1-5-45)

現所属：独立行政法人労働安全衛生総合研究所研究企画調整部 (〒214-8585 川崎市多摩区長尾 6-21-1)

E-mail: ishimatsu@h.jniosh.go.jp

\*\* 大阪大学人間科学研究科適応認知行動学研究分野 (〒565-0871 吹田市山田丘 1-2)

視機能低下の原因のひとつとして、感覚器官の生理的変化や白内障や緑内障などの眼疾患を無視することはできない。加齢に伴う生理的変化は、水晶体や網膜上の桿体細胞で顕著に現れる<sup>13,14</sup>。網膜上には、周辺視野からの情報を集める部位に多く分布し、刺激の詳細な判別よりも、動き、変化や物体の大まかな特徴を捉える能力に優れる桿体細胞と、視野の中心からの情報を集める部位により多く分布し、文字や記号などの細かな情報を取り入れるのに適した錐体細胞という特性の異なった神経細胞が配置されている。

視覚的注意機能に生じる加齢の影響を扱った研究を解釈する上では、このような感覚・知覚機能に生じる加齢変化を十分に考慮する必要がある。

## 2. 高齢者における視覚的注意機能とその特性

一言に“注意”といってもさまざまな機能がある。自動車の運転を例に考えてみると、運転者は、安全な運行（目的）を実現するために、信号や歩行者、他車の挙動など目的に関連した情報に対して選択的に、あるいは並行して“注意”を向けるとともに、その一方では目的に関連のない情報を無視することが必要となる。注意機能の加齢変化を扱った研究では、おもに若年者を対象に行われた実験パラダイムを高齢者にも適応し、高齢者の注意機能のどのような側面に若年者との差が生じるのかが検討されてきた<sup>7,15,16</sup>。

以下では、選択的注意 (selective attention)、分割的注意 (divided attention)、抑制機能 (inhibitory function)、トップダウン制御 (top-down control) について順に取り上げ、注意機能に生じる加齢の影響について整理する。

### 2.1 選択的注意

複数の情報の中から処理すべきある特定の情報を選択する際に働く機能を、選択的注意とよぶ。目的に合った情報を効率的に獲得するためには、目的に関連する情報に対して選択的に注意を向ける過程と、目的に無関連な情報を抑制する過程の両方が必要となる。

空間情報に基づく注意の選択特性を検討するための代表的な方法として、視覚探索 (visual search) と空間手がかり課題 (spatial cuing task) を取り上げる。

#### 2.1.1 視覚探索

視覚探索課題では、標的以外の視覚刺激 (妨害刺激) とともに呈示された標的の検出あるいは弁別を実験参加者に課し、探索画面の呈示から参加者の反応までの時間 (反応時間) を計測する。妨害刺激の個数を操作し、妨害刺激数に対する反応時間をプロットすると、一次関数でよく近似

できることが知られている。探索関数の傾きが 10 数 ms 以下の場合には効率的探索 (efficient search) とよばれ、妨害刺激の個数が増加しても反応時間はほとんど増加しない。一方、探索関数の傾きが 10 ms 以上の場合には非効率的探索 (inefficient search) とよばれ、妨害刺激の個数の増加に伴って反応時間も増加する。探索関数の傾きは、注意を逐次的に移動させながら刺激一つを処理するのに要した時間を反映すると考えられている<sup>16,17</sup>。

視覚探索課題では、刺激が入力されてから反応するまでの処理過程の中で、妨害刺激の個数には依存しない処理 (例えば標的が見つかったから実際に反応キーを押すまでの時間) などは、探索関数の切片に含まれると考えるため、探索関数の傾きには妨害刺激からの標的の選択に関与する注意過程のみが反映されることになる。例えば、視覚情報処理における処理速度の低下や動作速度の低下など、注意以外の処理に生じる加齢の影響は傾きには反映されないため、注意機能の加齢変化を検討する上で有効な課題のひとつと位置づけられている。

例えば緑色の丸を複数の緑色の四角形と赤色の丸の中から探す場合のように、標的が複数の特徴 (ここでは、色と形) の組み合わせによって定義されている結合探索 (非効率的探索) を用いた研究では、高齢者における探索効率 (傾き) の低下が指摘されている<sup>18</sup>。一方、効率的探索を用いた研究では、若年者に比べて高齢者の反応時間は増加するものの、探索効率には年齢差が認められていない<sup>18,19</sup>。探索効率にみられる高齢者と若年者との差は、妨害刺激数の増加<sup>20,21</sup> や標的と妨害刺激の類似性の増加<sup>22</sup> などによって標的の顕著性が低下した場合に顕在化する。

しかしながら、標的が呈示される空間位置や標的の特徴などに関する情報を事前に与え、標的の顕著性を高めることによって、高齢者の探索効率が向上するという結果<sup>19,23</sup> も報告されている (2.4.2 項参照)。

#### 2.1.2 空間手がかり課題

空間手がかり課題では、標的の出現位置に関する手がかり情報を事前に与え、標的である光点が呈示されるとできるだけ速く反応キーを押すよう実験参加者に教示した上で、光点が呈示されてから参加者がキーを押すまでの反応時間を計測する。手がかりの与え方には、標的の出現位置に手がかりを呈示する周辺手がかり法と標的が呈示される方向や位置を予告するシグナルを画面中央に呈示する中心手がかり法とがあり、周辺手がかりと中心手がかりでは手がかりの効果が異なる<sup>24</sup>。周辺手がかり法では、手がかりの有効性が長くても手がかりが呈示された場所に標的が出現した場合、それ以外の場所に標的が出現した場合よりも

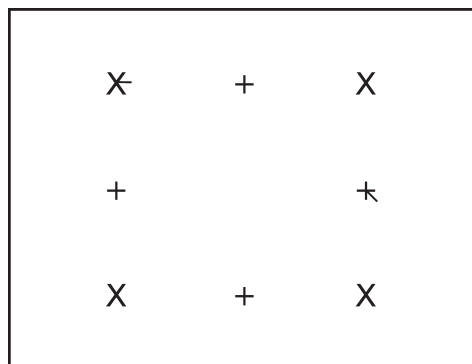


図1 刺激呈示画面の一例 (Somberg & Salthouse, 1982 をもとに作成)。標的：左上段“X”および右中段“+”から伸びた線分。

反応時間は短くなる。一方、中心手がかり法では、手がかりの有効性が低い場合には手がかりによる注意の誘導は生じない。手がかりによって指示された位置と同じ位置に標的が呈示される試行を有効試行 (valid trial)、異なる位置に呈示される試行を無効試行 (invalid trial) とよぶ。一般的に、標的に対する反応時間は、無効試行に比べて、有効試行で速くなる (手がかりによる促進効果)。

高齢者に対して周辺手がかり法を用いた研究では、高齢者と若年者で同程度の促進効果がみられたとする報告<sup>25)</sup>や高齢者で効果がより小さくなるという報告<sup>26)</sup>がある。中心手がかり法を用いた研究では、高齢者における反応時間の増加を指摘する報告<sup>27)</sup>や、高齢者では手がかりの効果が小さくなるという報告<sup>28)</sup>などがある。このように、空間手がかり課題を用いた研究では一貫した結果が得られていない。

研究間で結果が一貫していない原因のひとつに、注意以外の要因、すなわち感覚処理に生じる加齢の影響が考えられる。例えば、感覚処理における年齢差を考慮し、標的の提示時間を実験参加者ごとに調整すると、周辺手がかりの効果が年齢間で等しくなったという報告もある<sup>29,30)</sup>。

## 2.2 分割的注意

2つ以上の対象や課題を並行して処理する際に働く機能を、分割的注意とよぶ。複数の課題を効率的に遂行するためには、容量限界のある注意資源を各課題の難易度に応じて適切に配分することが必要となる。加齢に伴う分割的注意機能の低下は、おもに、実験参加者に2つ以上の課題を同時に課す二重課題 (dual task) を用いて検討されてきた<sup>3,15,31)</sup>。

### 2.2.1 二重課題

Somberg と Salthouse<sup>32)</sup> は、二重課題で生じる高齢者と若年者との差について、① 単独課題での年齢差が考慮

されていないこと、② 高齢者と若年者とは課題遂行時に採用する方略が異なっている可能性があること、を問題点として指摘し、両問題点を統制した上で、分割的注意に生じる加齢の影響を検討した。彼らは、4つの“+”で構成された刺激配列と4つの“X”で構成された刺激配列を同時に画面上に呈示し (図1)、その中に標的 (“+”ないしは“X”から伸びた線分) が存在するか否かの判断を実験参加者に求めた。片方の刺激配列にのみ注意を向ける単独課題での正答率が80~90%になるよう刺激配列の呈示時間を参加者ごとに調整し、課題難易度を統制した。2つの刺激配列に注意を配分する二重課題では、各々の刺激配列に向けるべき注意の割合を5段階設定し、教示によって参加者が採るべき方略を操作した。結果、教示に応じて2つの課題間で注意を配分する機能 (分割的注意機能) には年齢差がみられなかった。しかしながら、同様の手続きではあるがより難易度の高い課題を用いた研究では、若年者に比べて高齢者で二重課題での成績低下がより顕著になった<sup>33)</sup>。これらの結果は、二重課題で生じる年齢差には課題難易度が関与していることを示唆している<sup>31,34)</sup>。その他、二重課題での年齢差を規定する要因として、課題への習熟度がある<sup>35)</sup>。十分な訓練を積み、課題遂行に必要な注意資源を低減させることによって、高齢者が保有する注意資源の容量でも二重課題を円滑に遂行することは可能となる<sup>36-38)</sup>。

このように、高齢者における分割的注意機能の低下は、加齢に伴う注意資源の減少を仮定することによって十分に説明できる<sup>9,39)</sup>。

### 2.2.2 有効視野

視野内のある注視点の周りで、情報処理が可能な範囲を有効視野 (useful field of view) とよぶ。実験参加者には、画面中央に刺激が呈示される中心視野課題と、周辺視野に刺激が呈示される周辺視野課題とが課される。通常、周辺視野課題を単独で行う条件 (単独課題) と中心視野課題と同時に進行条件 (二重課題) とで反応時間や正答率が比較される。有効視野課題は中心視野と周辺視野での空間的な注意配分が求められるため、分割的注意の空間的特性を調べる課題として利用されている。有効視野は加齢に伴って縮小することが知られている<sup>40-43)</sup>。そのほか、妨害刺激の数や妨害刺激と標的の類似度、副次課題 (ここでは中心視野課題) の難易度などさまざまな要因によって有効視野の大きさは規定される<sup>15,44)</sup>。

Sekuler ら<sup>43)</sup> は、15歳~84歳までの176名を対象に、アルファベット1文字の同定を求める中心視野課題と光点標的の定位を求める周辺視野課題を実験参加者に課し、加



齢に伴う有効視野の縮小を報告した。彼女らの結果で注目すべきことは、中心視野課題と周辺視野課題とで加齢の影響の出方が異なる点である。中心視での処理が求められる中心視野課題では、眼球の調整能力の低下と一致して40歳ごろからパフォーマンスの低下が始まるのに対し、周辺視野課題では20歳代からすでにパフォーマンスの低下が始まっていた。これらの結果は、有効視野の機能低下は比較的若い年齢から始まっていることを示唆している。

加齢に伴う有効視野の縮小は、高齢運転者の自動車事故の問題を最もよく説明できることが知られている。BallとOwsleyら<sup>45)</sup>は、高齢運転者294名について、過去5年間の交通事故歴と視力をはじめとした視機能や記憶などの認知機能、有効視野の大きさなどを指標とした相関分析を行い、高齢運転者の交通事故歴と最も高い相関を示す指標は有効視野であることを報告した。有効視野課題は、自動車運転にかかわるさまざまな注意機能を単一の課題で測定できること、また、加齢に伴う有効視野の変化は視力などの変化に比べて自覚しにくいことなどから、実際場面での問題点を予測、評価する上でも有効な課題のひとつとして利用されている<sup>46)</sup>。

### 2.2.3 心理的不応期

2つの刺激が連続して呈示され、その双方の刺激に対してできるだけ早く反応することが求められた場合、2番目の刺激に対する反応が遅延する現象は心理的不応期 (psychological refractory period) とよばれている<sup>47,48)</sup>。心理的不応期パラダイムは、刺激の入力から刺激に対する反応の出力に至る情報処理の流れの中で、二重課題干渉が生じる処理段階、すなわち、2つ以上の情報を同時に扱うことの難しくなる処理段階を特定する上で有効な手法となっている。若年者を対象とした多数の研究から、刺激の同定にかかわる知覚処理、刺激に対する反応を決定する反応選択処理、決定した反応を実行する反応実行処理のうち、反応選択処理と反応実行処理において干渉が生じることが知られている<sup>49,50)</sup>。また最近では、知覚処理における干渉を示唆する結果も報告されつつある<sup>51)</sup>。

高齢者では若年者に比べて心理的不応期が増大することが知られている。心理的不応期に生じる年齢差は高齢者における分割的注意機能の低下から説明されている。しかしながら、知覚処理<sup>52)</sup>、反応選択処理<sup>53,54)</sup>、反応実行処理<sup>55,56)</sup>のいずれの処理段階でも年齢差を示唆する結果が報告されており、年齢差に起因する処理段階を特定するためには、今後さらなる知見の蓄積が必要であろう。

近年、分割的注意機能の訓練・学習効果に関する研究成果も増えつつある<sup>36,37,57)</sup>。Richardsら<sup>57)</sup>は、実験室内での有効視野課題を用いた1,2週間の訓練によって若年者、高齢者ともに有効視野が拡大すること、そして、その効果は少なくとも3か月は持続することを報告している。また一方では、分割的注意は、高齢者が長期間にわたって訓練を積んできた日常的な課題の遂行にも影響を及ぼすことがあるとする興味深い知見も報告されている。Sparrowら<sup>58)</sup>は、歩行課題と同時に、視覚課題、聴覚課題、視聴覚課題を実験参加者に課し、歩行課題を課さない場合の課題成績と比較した。彼らの結果で注目すべきことは、高齢者では視聴覚課題が歩行にも影響を与えた点である。この結果は、高齢者は、長期間にわたる訓練を通して自動処理のレベルにまで到達していると考えられている歩行行動に対しても、分割的注意による影響を受けてしまうことを示唆している。彼らの知見は、高齢者の日常生活における危険性を理解する上でも非常に重要である。

### 2.3 抑制機能

目的と関係のない情報の処理や不適切な行為を抑える機能は、抑制機能とよばれている。HasherとZacks<sup>5)</sup>は、高齢者におけるさまざまな認知課題での成績低下は、加齢に伴う抑制機能の低下によって説明できるとした。抑制機能を測定する課題として、ネガティブ・プライミング課題とストループ課題、および復帰の抑制を取り上げる。

#### 2.3.1 ネガティブ・プライミング課題とストループ課題

ネガティブ・プライミング (negative priming) とは、先行の試行で妨害刺激として無視された刺激が、次の試行で標的刺激として呈示された場合、標的刺激の処理が妨害される現象をさす<sup>59)</sup>。例えば、標的となる文字を同定し、その他の妨害刺激となる文字は無視する課題が実験参加者に課せられたとする。直前の試行で妨害刺激として呈示された文字が次の試行で標的として呈示されると、標的の同定は遅延する (ネガティブ・プライミング効果)。高齢者では無関連な情報に対する処理を抑制する機能が低下していると仮定すると、高齢者は妨害刺激に対する処理をうまく抑制することができず、ネガティブ・プライミング効果が減少することが予測される<sup>60,61)</sup>。しかしながら、高齢者においても若年者と同様にネガティブ・プライミング効果が生じるという抑制機能の低下が示されない結果も報告されている<sup>62,63)</sup>。

また、ストループ課題\*1 (stroop task) を用いた研究からも、抑制機能には年齢差がみられないという結果が報告

\*1 例えば、青色で書かれた「あか」という文字を呈示し、その文字の色名を答えさせるストループ課題では、「あか」という文字に引きずられずに「青」と答えることが求められる。

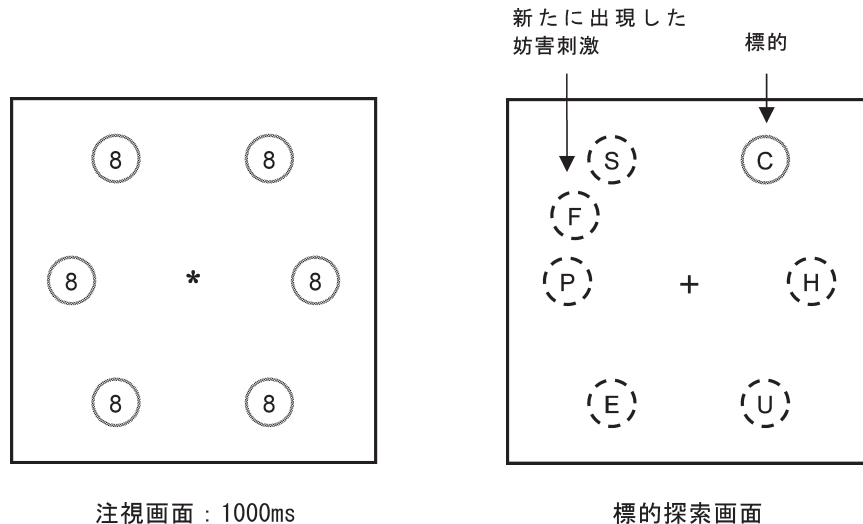


図2 眼球運動を指標とした視覚探索課題の注視画面と探索画面の一例 (Kramer, Hahn, Irwin, & Theeuwes, 2000 をもとに作成)。実線：灰色，破線：赤色。

されている<sup>64,65)</sup>。

### 2.3.2 復帰の抑制

周辺手がかり法を用いた課題 (2.1.2 項参照) において、手がかりの有効性が低く、かつ手がかりの呈示から標的が呈示されるまでの時間が 300 ms 以上になると、有効試行の反応時間が、無効試行の反応時間に比べて長くなることが知られている<sup>66)</sup>。この現象は、復帰の抑制 (inhibition of return: IOR) とよばれ、注意が一度向けられた位置に再度注意が向くという非効率性を防ぐための機能と考えられている。位置に基づく復帰の抑制 (location-based IOR) については、高齢者は若年者と同程度の効果が観察されている<sup>67,68)</sup>。一方、注意を一度向けた物体に再度注意が向くという非効率性を防ぐための機能と考えられている、物体に基づく復帰の抑制 (object-based IOR) に関しては、若年者では効果が観察されているものの、高齢者では観察されていない<sup>68,69)</sup>。

このように、抑制機能においても、加齢に伴って低下する機能と維持される機能とがある。こういった相反する知見の報告に対して、視覚経路の違い (腹側経路と背側経路) からの説明も試みられている<sup>69,70)</sup>。物体の形や色の処理に關与する腹側経路に依存した処理を求められる課題では高齢者における抑制機能の低下が観察されるのに対し、空間情報の処理に關与する背側経路に依存した処理を求められる課題では抑制機能の低下は認められていない。

### 2.4 トップダウン制御

視覚的注意における処理機構は、顕著な視覚情報に自動的に注意が誘導されるボトムアップ処理と、そのときの目的に従って意図的に注意を制御するトップダウン処理から

成り立っている。効率的に目的の情報を獲得するためには、トップダウン処理とボトムアップ処理との相補的な働きが重要となる。ボトムアップ処理には、視野内に生じた危険などの非予期事象の検出が可能となる利点がある反面、目的の対象や遂行中の課題から注意がそれてしまうという欠点もある。ここでは、注意の捕捉 (attentional capture) を取り上げ、意図、期待、予期に基づいたトップダウン制御に生じる加齢の影響について考えていく。

#### 2.4.1 注意の捕捉

観察者の意図に反して、ボトムアップ処理によって目立つ視覚対象に注意が誘導される現象を注意の捕捉とよぶ。

Kramer ら<sup>71)</sup> は、眼球運動を指標とした視覚探索課題 (oculomotor capture task) を用い、高齢者の注意の捕捉について検討した。彼らは、注視点を中心に 6 つの灰色の円を仮想円上に配置し、それぞれの円内に「8」を含んだ注視画面を実験参加者に呈示した (図 2 左)。注視画面呈示から 1 秒後、6 つの円のうちの 5 つが赤色に変化し、同時に、円内の「8」がアルファベットに変化した。参加者には、標的である色が異なった円 (灰色の円) に向けて視線を動かし、その中のアルファベットを報告するように教示した。また、色の変化と同時に、6 つの円以外の位置に新たな赤色の円 (妨害刺激) が 1 つ出現する条件を設定した (標的探索画面, 図 2 右)。灰色の円と赤色の円が等輝度の条件では、高齢者、若齢者ともに、新たに出現した赤い円に気がつかなかったにもかかわらず、全体の約 25% の試行で、視線が新たに出現した妨害刺激の方向に移動した。一方、新たな妨害刺激の出現に気がついた場合には、高齢者では約 36% の試行で妨害刺激が出現した方向への

視線の移動がみられたのに対し、若年者では約14%の試行でしかみられなかった。これらの結果は、高齢者は、意図的に眼球運動をコントロールしなくてはならない状況下でも、条件によっては課題に無関連な情報に注意が捕捉されてしまうことを示している。

また、注意の捕捉は、妨害刺激の出現だけではなく、消失によっても生じることが知られている。特に高齢者では、妨害刺激の出現を無視すること以上に、課題に関係のない視覚刺激の消失を無視することが困難であるとする研究結果も報告されている<sup>72)</sup>。

#### 2.4.2 期待・予期

2.4.1項で取り上げた注意の捕捉のように、トップダウン制御が効果的に機能しきれない場面はあるものの、標的の呈示位置や特徴に関する事前情報に基づいた期待や予期によって、高齢者は若年者と同程度の促進効果を示すことが知られている<sup>19,23)</sup>。このように期待・予期に基づいて意図的に注意を制御する機能は加齢の影響を比較的受けにくい。しかしながら、期待や予期が裏切られるなど、意図に反した位置に標的が出現した場合では、高齢者では大きな反応の遅延が生じる<sup>73,74)</sup>。例えば、有効視野課題を用いて、予期に基づく有効視野内での注意制御の年齢差を検討した研究<sup>73)</sup>では、中心視野課題とともに周辺視野課題を実施する二重課題条件において、高齢者は標的の出現に関する期待が裏切られると、標的に対する反応時間が増加するのみならず、例えば、標的でない視覚刺激を標的として反応するといった偽反応 (false alarm) が増加するという結果が報告されている (図3)。これらの結果から、高齢者は期待や予期に依存した注意制御を行っていることが示唆される<sup>73,75)</sup>。また、このような予期に依存した注意制御は、予期に反した事態への適切な対応が遅れるという欠点はあるものの、加齢によって減少した注意資源を効率的に活用しようとする適応的な制御方略であるとも考えることができる。

本稿では、視覚的注意機能に生じる加齢変化について、選択的注意、分割的注意、抑制機能、トップダウン制御に焦点を絞り、解説してきた。注意機能には、注意以外の機能に生じる加齢の影響を除外したあとでも年齢差が認められる機能と、年齢差の認められない機能とがある。また、加齢に伴う注意機能の低下は不可避なものではなく、訓練・学習によってある程度は向上させることが可能であることなどもわかってきた。このように、認知的加齢研究の最近の流れとしては、加齢に伴う機能低下に焦点を当てた研究から、低下した機能の維持・回復を目指した研究へと

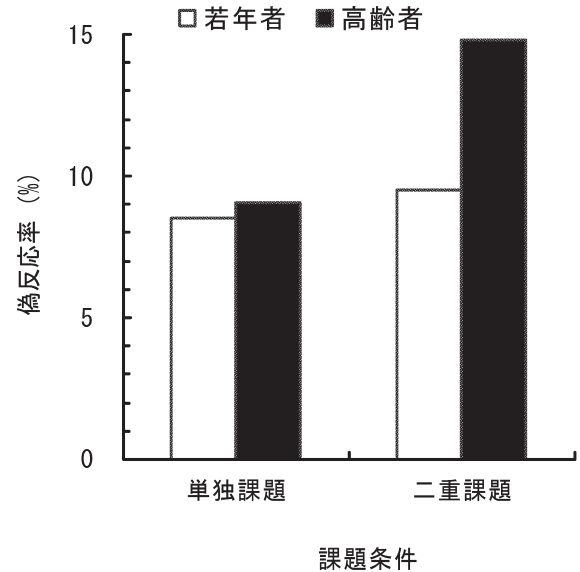


図3 偽反応率の条件間比較 (Ishimatsu, Miura & Sugano, 2002 をもとに作成)。

変わりつつあるようにも思われる。さらに脳イメージング研究からは、高齢者と若年者に同じ課題を課した場合でも、課題遂行中の脳の活動パターンや活動領域が異なっていることを示した成果も報告されており<sup>76)</sup>、今後は加齢に伴う機能低下を補う脳内メカニズムの解明へと研究が進んでいくことが期待される。

また実践的には、超高齢社会を迎えつつあるわが国において、視覚的注意機能に生じる加齢変化を十分に考慮した視環境の整備やシステム・デザインが今後ますます重要となっていくであろう。例えば、高齢者にとって使いやすい情報呈示機器を開発する際には、視覚情報の呈示方法に加え、不必要となった情報をいかに消すか、という点にも配慮することが必要となる。また、継時的に情報を呈示する場合には、高齢者における心理的不応期の長さを考慮し、継時呈示速度の速すぎるシステムは避ける必要が出てくるであろう。長年培ってきた経験に基づく予期が機能する環境においては、比較的効率的な情報獲得や処理が可能であるという高齢者の特性を考慮すると、情報の配置や機器の操作方法などは可能な限り統一する方向で開発を進めていくことが期待される。

#### 文 献

- 1) P. Rabbit: "An age-decrement in the ability to ignore irrelevant information," *J. Gerontol.*, **20** (1965) 233-238.
- 2) L. Hasher and R. T. Zacks: "Working memory, comprehension, and aging: A review and a new view," *The Psychology of Learning and Motivation*, ed. G. K. Bower (Academic press, New York, 1988) pp. 193-225.



- 3) P. Verhaeghen, D. W. Steitz, M. J. Sliwinski and J. Cerella: "Aging and dual-task performance: A meta-analysis," *Psychol. Aging*, **18** (2003) 120-126.
- 4) A. A. Hartley: "Attention," *The Handbook of Aging and Cognition*, eds. F. I. M. Craik and T. A. Salthouse (Erlbaum, Hillsdale, 1992) pp. 3-50.
- 5) J. M. McDowd and R. J. Shaw: "Attention and aging: A functional perspective," *The Handbook of Aging and Cognition*, 2nd ed., eds. F. I. M. Craik and T. A. Salthouse (Erlbaum, Hillsdale, 2000) pp. 221-292.
- 6) J. C. Cavanaugh and F. Blanchard-Fields: "Attention and perceptual processing," *Adult Development and Aging*, 4th ed. (Wadsworth/Thomson Learning, Belmont, 2002) pp. 176-207.
- 7) A. F. Kramer and J. Kray: "Aging and attention," *Lifespan Cognition: Mechanisms of Change*, eds. E. Bialystok and F. I. M. Craik (Oxford University Press, New York, 2006) pp. 57-69.
- 8) A. F. Kramer and D. Madden: "Attention," *The Handbook of Aging and Cognition*, 3rd ed., eds. F. I. M. Craik and T. A. Salthouse (Psychology Press, New York, 2008) pp. 189-249.
- 9) F. I. M. Craik and M. Byrd: "Aging and cognitive deficits: The role of attentional resources," *Aging and Cognitive Processes*, eds. F. I. M. Craik and S. Trehub (Plenum, New York, 1982) pp. 191-211.
- 10) J. Cerella: "Information processing rates in the elderly," *Psychol. Bulletin*, **98** (1985) 67-83.
- 11) W. Kosnik, L. Winslow, D. W. Kline, K. Rasinski and R. Sekuler: "Visual change in everyday life throughout adulthood," *J. Gerontol.*, **43** (1988) 63-70.
- 12) 長嶋紀一: "加齢に伴う感覚・知覚の変化," *心理学評論*, **27** (1984) 283-394.
- 13) G. L. Mancil and C. Owsley: "'Vision through my aging eyes' revisited," *J. Am. Optom. Assoc.*, **59** (1988) 288-294.
- 14) H. Gao and J. G. Hollyfield: "Aging of the human retina. Differential loss of neurons and retinal pigment epithelial cells," *Invest. Ophthalmol. Visual Sci.*, **33** (1992) 1-17.
- 15) 石松一真, 三浦利章: "分割的注意と加齢," *心理学評論*, **46** (2003) 314-329.
- 16) 熊田孝恒: "注意", 朝倉心理学講座第15巻 高齢者心理学 (朝倉書店, 2008) pp. 64-79.
- 17) 熊田孝恒: "視覚探索", *心理学評論*, **46** (2003) 426-443.
- 18) D. J. Plude and J. A. Doussard-Roosevelt: "Aging, selective attention, and feature integration," *Psychol. Aging*, **4** (1989) 98-105.
- 19) W. L. Whiting, D. J. Madden, T. W. Pierce and P. A. Allen: "Searching from the top down: Ageing and attentional guidance during singleton detection," *Q. J. Exp. Psychol.*, **58A** (2005) 72-97.
- 20) P. A. Allen, T. A. Weber and D. J. Madden: "Adult age differences in attention: Filtering or selection?," *J. Gerontol. Psychol. Sci.*, **49** (1994) P213-P222.
- 21) V. Kotary and W. J. Hoyer: "Age and the ability to inhibit distractor information in visual selective attention," *Exp. Aging Res.*, **21** (1995) 159-171.
- 22) M. S. Farkas and W. J. Hoyer: "Processing consequences of perceptual grouping in selective attention," *J. Gerontol.*, **35** (1980) 207-216.
- 23) D. J. Madden, W. L. Whiting, R. Cabeza and S. A. Huettel: "Age-related preservation of top-down attentional guidance during visual search," *Psychol. Aging*, **19** (2004) 304-309.
- 24) J. Jonides: "Voluntary versus automatic control over the mind's eye," *Attention and Performance IX*, eds. J. Long and A. Baddeley (Lawrence Erlbaum, Hillsdale, 1981) pp. 187-203.
- 25) A. A. Hartley, J. M. Kieley and E. H. Slabach: "Age differences and similarities in the effects of cues and prompts," *J. Exp. Psychol. Human*, **16** (1990) 523-537.
- 26) D. J. Madden: "Adult age differences in the time course of visual attention," *J. Gerontol. Psychol. Sci.*, **45** (1990) 9-16.
- 27) P. M. Greenwood, R. Parasuraman and J. V. Haxby: "Changes in visuospatial attention over the adult lifespan," *Neuropsychologia*, **31** (1993) 471-485.
- 28) C. L. Folk and W. J. Hoyer: "Aging and shifts of visual spatial attention," *Psychol. Aging*, **7** (1992) 453-465.
- 29) L. R. Gottlob and D. J. Madden: "Time course of allocation of visual attention after equating for sensory differences: An age-related perspective," *Psychol. Aging*, **13** (1998) 138-149.
- 30) D. J. Madden: "Aging and visual attention," *Curr. Dir. Psychol. Sci.*, **16** (2007) 70-74.
- 31) A. F. Kramer and J. F. Larish: "Aging and dual task performance," *Aging and Skilled Performance*, eds. W. A. Rogers, A. D. Fisk and N. Walker (Lawrence Erlbaum, Hillsdale, 1996) pp. 83-112.
- 32) B. L. Somberg and T. A. Salthouse: "Divided attention abilities in young and old adults," *J. Exp. Psychol. Human*, **8** (1982) 651-663.
- 33) T. A. Salthouse, J. D. Rogan and K. Prill: "Division of attention: Age differences on a visually presented memory task," *Mem. Cognition*, **12** (1984) 613-620.
- 34) J. M. McDowd and F. I. M. Craik: "Effects of aging and task difficulty on divided attention performance," *J. Exp. Psychol. Human*, **14** (1988) 267-280.
- 35) W. A. Rogers, E. L. Bertus, and D. K. Gilbert: "A dual-task assessment of age differences in automatic process development," *Psychol. Aging*, **9** (1994) 398-413.
- 36) H. L. Hawkins, A. F. Kramer and D. Capaldi: "Aging, exercise, and attention," *Psychol. Aging*, **7** (1992) 643-653.
- 37) A. F. Kramer, J. F. Larish and J. E. Strayer: "Training for attentional control in dual task settings: A comparison of young and old adults," *J. Exp. Psychol. Appl.*, **1** (1995) 50-76.
- 38) P. S. Tsang and T. L. Shaner: "Age, attention, expertise, and time-sharing performance," *Psychol. Aging*, **13** (1998) 323-347.
- 39) L. L. Wright: "Aging, divided attention, and processing capacity," *J. Gerontol.*, **36** (1981) 605-614.
- 40) K. K. Ball, B. L. Beard, D. L. Roenker, R. L. Miller and D. S. Griggs: "Age and visual search: Expanding the useful field of view," *J. Opt. Soc. Am. A, Opt. Image Sci.*, **5** (1988) 2210-2219.
- 41) 三浦利章, 石松一真: "高齢者の認知機能—視覚的注意・有効視野を中心として", *老年精神医学雑誌*, **16** (2005) 785-791.
- 42) R. Sekuler and K. Ball: "Visual localization: Age and practice," *J. Opt. Soc. Am. A*, **3** (1986) 864-867.
- 43) A. B. Sekuler, P. J. Bennett and M. Mamelak: "Effects of aging on the useful field of view," *Exp. Aging Res.*, **26** (2000) 103-120.
- 44) 三浦利章: 行動と視覚的注意 (風間書房, 1996).
- 45) K. Ball, C. Owsley, M. E. Sloane, D. L. Roenker and J. R. Bruni: "Visual attention problems as a predictor of vehicle crashes in older drivers," *Invest. Ophthalm. Visual Sci.*, **34** (1993) 3110-3123.
- 46) H. L. Pringle, D. E. Irwin and A. F. Kramer: "The role of attentional breadth in perceptual change detection," *Psychol. Bulletin and Rev.*, **8** (2001) 89-96.

- 47) C. W. Telford: "The refractory phase of voluntary and associative responses," *J. Exp. Psychol.*, **14** (1931) 1-36.
- 48) A. T. Welford: "The "psychological refractory period" and timing of high-speed performance: A review and a theory," *B. J. Psychol.*, **43** (1952) 2-19.
- 49) H. Pashler: "Dual-task interference in simple tasks: Data and theory," *Psychol. Bull.*, **116** (1994) 220-244.
- 50) R. De Jong: "Multiple bottlenecks in overlapping task performance," *J. Exp. Psychol. Human*, **19** (1993) 956-980.
- 51) B. Brisson and P. Jolicoeur: "Cross-modal multitasking processing deficits prior to the central bottleneck revealed by event-related potentials," *Neuropsychologia*, **45** (2007) 3038-3053.
- 52) G. Hein and T. Schubert: "Aging and input processing in dual-task situations," *Psychol. Aging*, **19** (2005) 416-432.
- 53) P. A. Allen, A. F. Smith, H. Vires-Collins and S. Sperry: "The psychological refractory period: Evidence for age differences in attentional time-sharing," *Psychol. Aging*, **13** (1998) 218-229.
- 54) J. M. Glass, E. H. Schumacher, E. J. Lauber, E. L. Zurbruggen, L. Gmeindl, D. E. Kieras and D. E. Meyer: "Aging and the psychological refractory period: Task-coordination strategies in young and old adults," *Psychol. Aging*, **15** (2000) 571-595.
- 55) A. A. Hartley: "Age differences in dual-task interference are localized to response-generation processes," *Psychol. Aging*, **16** (2001) 47-54.
- 56) A. A. Hartley and D. M. Little: "Age-related differences and similarities in dual-task interference," *J. Exp. Psychol. Gen.*, **128** (1999) 416-449.
- 57) E. Richards, P. J. Bennett and A. B. Sekuler: "Age related differences in learning with the useful field of view," *Vision Res.*, **46** (2006) 4217-4231.
- 58) W. A. Sparrow, E. J. Bradshaw, E. Lamoureux and O. Tirosh: "Ageing effects on the attention demands of walking," *Hum. Movement Sci.*, **21** (2002) 961-972.
- 59) S. P. Tipper: "The negative priming effect: Inhibitory priming by ignored objects," *Q. J. Exp. Psychol.*, **37A** (1985) 571-590.
- 60) J. M. McDowd and D. M. Oseas-Kreger: "Aging, inhibitory processes, and negative priming," *J. Gerontol.*, **46** (1991) 340-345.
- 61) S. P. Tipper: "Less attentional selectivity as a result of declining inhibition in older adults," *Bull. Psychonomic Soc.*, **29** (1991) 45-47.
- 62) A. F. Kramer, D. G. Humphrey, J. F. Larish, G. D. Logan and D. L. Strayer: "Aging and inhibition: Beyond a unitary view of inhibitory processing in attention," *Psychol. Aging*, **9** (1994) 491-512.
- 63) M. P. Sullivan and M. E. Faust: "Evidence for identity inhibition during selective attention in old adults," *Psychol. Aging*, **8** (1993) 589-598.
- 64) J. M. Kieley and A. A. Hartley: "Age-related equivalence of identity suppression in the Stroop color-word task," *Psychol. Aging*, **12** (1997) 22-29.
- 65) P. Verhaeghen and L. De Meersman: "Aging and the Stroop effect: A meta-analysis," *Psychol. Aging*, **13** (1998) 120-126.
- 66) M. I. Posner and Y. Cohen: Components of visual orienting," *Attention and Performance X*, eds. H. Bouma and D. G. Bouwhuis (Erlbaum, Hillsdale, 1984) pp. 531-556.
- 67) A. A. Hartley and J. M. Kieley: "Adult age differences in the inhibition of return of visual attention," *Psychol. Aging*, **10** (1995) 670-683.
- 68) C. S. McCrae and R. A. Abrams: "Age-related differences in object- and location-based inhibition of return of attention," *Psychol. Aging*, **16** (2001) 437-449.
- 69) J. McAuliffe, A. L. Chasteen and J. Pratt: "Object- and location-based inhibition of return in younger and older adults," *Psychol. Aging*, **21** (2006) 406-410.
- 70) S. L. Connelly and L. Hasher: "Aging and the inhibition of spatial location," *J. Exp. Psychol. Human*, **19** (1993) 1238-1250.
- 71) A. F. Kramer, S. Hahn, D. E. Irwin and J. Theeuwes: "Age differences in the control of looking behavior: Do you know where your eyes have been?," *Psychol. Sci.*, **11** (2000) 210-217.
- 72) K. Ishimatsu and T. Kumada: "Adult age difference of ignoring offset distractor at fixation," *J. Vis.*, **6** (2006) 978.
- 73) K. Ishimatsu, T. Miura and L. Sugano: "Effects of aging on the useful field of view: Predictability of target location and the distribution of attentional resource," *Perception*, **31**, Suppl. (2002) 169.
- 74) P. M. Greenwood and R. Parasuraman: "Attentional disengagement deficit in nondemented elderly over 75 years of age," *Aging Cognition*, **1** (1994) 188-202.
- 75) W. A. Rogers: "Attention and aging," *Cognitive Aging: A primer*, eds. D. C. Park and N. Schwarz (Psychology Press, Philadelphia, 2000) pp. 57-73.
- 76) R. Cabeza, S. M. Daselaar, F. Dolcos, S. E. Prince, M. Budde and L. Nyberg: "Task-independent and task-specific age effects on brain activity during working memory, visual attention and episodic retrieval," *Cereb. Cortex*, **14** (2004) 364-375.

(2008年4月24日受理)