

加齢が視線の認知に与える影響

The Effect of Aging on Gaze Recognition

中本周平*1 加藤元一郎*2 浅間一*1 大武美保子*1*3
Shuhei Nakamoto Motoichiro Kato Hajime Asama Mihoko Otake

*1 東京大学人工物工学研究センター

Research into Artifacts, Center for Engineering, The University of Tokyo

*2 慶応義塾大学医学部精神神経科

Department of Neuropsychiatry, Keio University School of Medicine

*3 東京大学学術統合化プロジェクト(ヒト)

Science Integration Program – Humans, The University of Tokyo

This study examined the effect of aging on gaze recognition. 29 young and 23 elderly subjects participated in the experiment. Experimental results showed that elderly subjects reacted stronger to the direction of gaze cues than that of arrow cues. Moreover, appearance effect of cues were larger in younger subjects than in elderly subjects. These findings are expected to reveal the effect of aging on social cognitive function in comparison with that of autism, schizophrenia, and dementia.

1. はじめに

視線は我々の注意を強く引き付ける。視線の持つ力の一例である「視線効果」に関しては、これまで数多くの研究が行われてきた [Driver 99][Friesen 98]。これは他者の視線の先に出現したターゲットには視線反対方向よりも早く反応できるという現象で、他者が見ているものに注意を向け、周囲の環境を効率よく把握しようとするために起こるものだと考えられている。

視線を処理する脳領域についての研究も進められている。Akiyama らは、扁桃体を損傷すると他者の視線に注意を払わなくなり、上側頭溝を損傷すると視線方向の判断に困難を生じることを明らかにした [Akiyama 06a] [Akiyama 06b] [Akiyama 07]。しかし、視線の代わりに矢印を用いたタスクでは、いずれの患者も健常者との差が顕著ではなくなったことから、矢印と視線では処理を担う部位が異なっていることが示唆された。また、扁桃体や上側頭溝に何らかの異常があると考えられている自閉症や統合失調症の患者も、視線認知に関して健常者とは違った特性を持つとされている [Akiyama 08]。

加齢と注意の関係性を調べた研究も行われている。例えば、McCalley らは注意の分布をうまく説明するモデルが若者と高齢者で異なることを示し [McCalley 95]、Calder らは表情認知における加齢の影響が表情の種類によって異なることを示した [Calder 03]。しかし、視線認知実験において、モニタ全体にわたる範囲での加齢の影響を調べることは行われていなかった。

そこで本実験では、若者と高齢者の2集団について、視線が注意に与える影響の違いを明らかにすることを目的とする。その際、矢印という生物学的特徴を持たない手がかりと視線手がかりとの比較も行う。

	Young	Elderly
Age	23.0 ± 3.7	65.5 ± 10.8
Gender	M 22, F 7	M 11, F 12
Handedness	Right 20, Left 0	Right 21, Left 2

表 1: 実験の被験者 (Subjects)

2. 視線認知実験の方法

2.1 実験の構成

ターゲット出現の直前に現れる図形(手がかり, Cue)は「手がかりなし」、「矢印(左・中立・右)」、「視線(左・中立・右)」の7種類を用いた。手がかりなし条件は、モニタの中心に注視点を置いたときの注意の場、つまりもともと人間が持つ注意の特性を調べるものである。

ところで、ターゲットへの反応時間に影響を与える要素は、矢印や視線が示す左右の方向情報による影響(誘導効果)だけではない。注視点から遠ざかるにつれて減少する視覚由来の注意特性や、手がかりが出現したこと自体による影響(出現効果)の存在も考えられる。さらにその出現効果も、モニタに図形が出現したことによる効果(「図形の出現効果」とする)と生物学的特徴を持つ手がかりが表れたことによる効果(「顔の出現効果」とする)に分けて考えることができる。図形の出現効果は矢印条件の反応時間から手がかりなし条件の反応時間を引くことで、顔の出現効果は視線条件の反応時間から矢印条件の反応時間を引くことで求めることができる(図1)。

2.2 実験の手順

本実験の基礎的な部分は Posner Cueing Paradigm に基づく Akiyama らの手法と同様に行った。実験には A4 サイズ(高さ 210mm, 幅 297mm)のノート PC を用いた。被験者はモニタから約 50cm 離れたところに座り、キーボードを押す際には右手中指を用いた。被験者は若者 29 名と高齢者 23 名の計 52 名である(表 1)。実験用ソフトとして Macromedia 社の Flash8 を用いて作成したプログラムを用い、それをフルスク

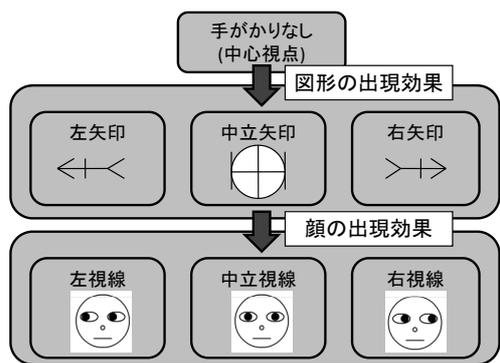


図 1: 各手がかりと各出現効果の関係 (Concept of Experiment)

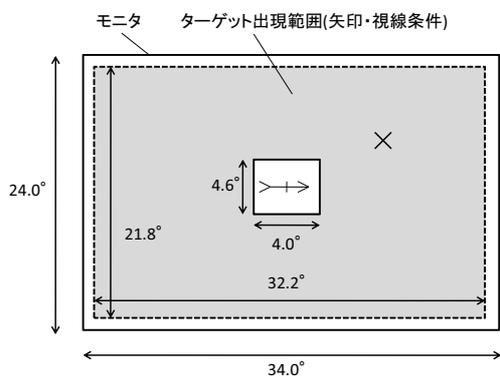


図 2: ターゲット出現範囲 (Range of Target Appearance)

リーンで表示した。実験は「手がかりなし」、「矢印 (左・中立・右)」、「視線 (左・中立・右)」の 3 条件からなっており、それぞれの条件について被験者は 1 分程度の休憩を挟み 100 回の試行を 2 セット行った (100 回 \times 3 条件 \times 2 セット = 計 600 回)。矢印・視線条件において左・中立・右のうちの方向手がかりが表示されるかはランダムである。さらに、3 条件の順番は被験者ごとに変え、条件の順番が偏らないようにした。各セットの前には試行数 10 回からなる練習を行い、その際に注視点を中心付近からできるだけ動かさないこと、矢印や視線の向きとターゲットの出現位置は関係ないことの 2 点を強調した。また過度の緊張を避けるため頭の固定等は行わず、できるだけ動かないようにと指示するにとどめた。

実験の流れは図 3 に示した通りである。まず、モニター中心に注視図形 (fixation point) が現れる。手がかりなし条件では十字型の図形、矢印条件では横に長い十字型の図形、視線条件では黒目が描かれていない顔である。そして 675ms 後、左・中立・右方向のいずれかの手がかりが提示される。手がかりが現れてからターゲットが出現するまでの時間 (待機時間: SOA) は、100ms, 300ms, 700ms の 3 種類からランダムに決定される。その後、後述する範囲におけるランダムな位置に x 字型のターゲットが現れる。被験者はターゲットが現れたらできるだけ早く正確にスペースキーを押すように指示されており、押すことにより 1 回の試行は終わり、同時に再び注視図形が表示される。この試行を 100 回連続して行うことで 1 セットが終了する。

ターゲット出現範囲は、手がかりなし条件においては左右

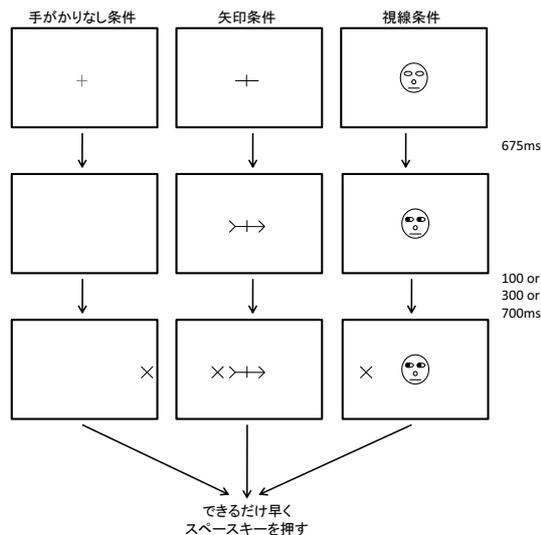


図 3: 実験の流れ (Flow of experiment)

$\pm 16.1^\circ$, 上下 10.9° の範囲に、矢印・視線条件においては手がかり出現位置付近である左右 $0^\circ \sim \pm 2.0^\circ$, 上下 $0^\circ \sim \pm 2.3^\circ$ を除く範囲とした (図 2)。

2.3 デザイン

2.3.1 手がかりなし

注視図形として長さ 1.0° の十字を中心に配置した。なお、手がかりなし条件では 675ms 後に注視図形を消すため、消えることの影響をできるだけ小さくするように、色を黒よりも薄いグレーとした (これ以外の図形は全て黒色である)。

2.3.2 矢印

注視図形として、長さ 2.0° と 1.0° の直線を垂直に交わらせたものを中心に配置した。さらに、中立矢印は直径 2.0° の円と左右に長さ 0.68° の縦線を付け加え、左・右矢印では $0.68^\circ \times 0.34^\circ$ の直線を矢の両端に付け加えた。

2.3.3 視線 (顔)

顔は性別・年齢・国籍といった要素の影響を取り除くため、楕円と直線からなる単純な図形で表した。

注視図形となる黒目が書き込まれていない顔は、輪郭は直径 2.0° の円を中心に配置し、目は $0.66^\circ \times 0.37^\circ$ の楕円を中心から左右に 0.45° , 上に 0.16° のところに、鼻は直径 $0.14^\circ \times 0.14^\circ$ の円を中心から下に 0.25° のところに、口は長さ 0.68° の直線を鼻から下に 0.43° のところに配置した。さらに手がかりとなる黒目は直径 0.27° の円を、左・右視線の場合は目の中心から 0.05° ずらして、中立視線の場合は目の中心と一致させて配置した。

2.3.4 ターゲット

$2.3^\circ \times 2.3^\circ$ の x 字型の図形を用いた。

2.4 解析方法

得られた反応時間に関して t 検定を行った。先行研究にならない、反応時間が 150ms 以下または 600ms 以上であるものは押し間違いによるものとして結果から除いた。なお、結果から除いた試行の数は全体で 2.2% であった。さらに、待機時間 100ms のデータは誘導効果が得られにくいために解析からは除外した。そして、視野を水平方向に 5 分割、垂直方向に 3 分割し、それぞれの範囲において平均反応時間を求めた。以降のグラフでは反応時間の軸を反転し、反応時間の早さが注意の高

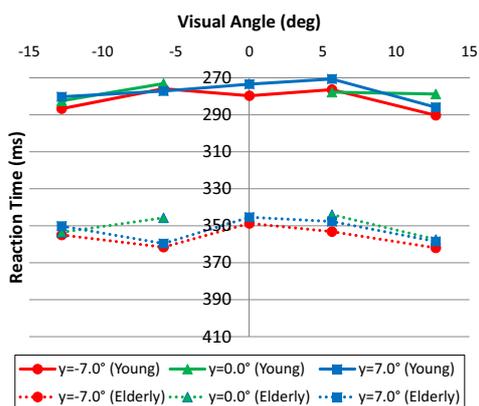


図 4: 手がかりなし条件の反応時間 (RTs without cue)

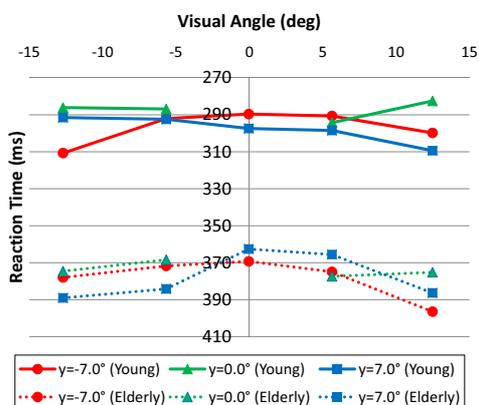


図 5: 左矢印条件の反応時間 (RTs for left arrow cue)

さとして表れるようにしてある。また、グラフの軸は画面中央を原点として、x は右方向を正方向とするモニタの x 軸を、y は下を正方向とするモニタの y 軸を表す。

3. 視線認知における加齢の影響

3.1 高齢者と若者における注意の分布比較

全ての条件において高齢者は若者よりも約 80ms 反応が遅かった (表 2)。さらに、両者ともにモニタ端に近づくにつれて反応が遅くなり、その度合いは高齢者のほうが大きくなる傾向が見られた。

手がかりなし条件においては、若者・高齢者ともに左右視野の差は見られなかった [$t(4006) = -0.14, p = 0.88$] [$t(2707) = -0.50, p = 0.62$] (図 4)。

左矢印条件においては、若者・高齢者ともに有意な差は見られなかったが、若者はわずかに左視野のほうが反応が早かった [$t(1322) = -0.74, p = 0.46$] [$t(907) = -0.09, p = 0.93$] (図 5)。右矢印条件においては、若者では有意に右視野のほうが反応時間が早かったが、高齢者では違いが見られなかった [$t(1299) = 2.82, p < 0.01$] [$t(925) = -0.06, p = 0.95$] (図 6)。

左視線条件においては、若者・高齢者ともに有意とまでは言えないが左視野のほうが反応時間が早かった [$t(1273) = -1.20, p = 0.23$] [$t(930) = -0.40, p = 0.69$] (図 7)。右視線条件においては、若者では右視野のほうが反応時間が早く、高齢者も有意までではないが右視野のほうが反応が早かった

	Young		Elderly	
Visual field	Left	Right	Left	Right
Without cue	279 ± 49	279 ± 48	352 ± 72	354 ± 71
Left arrow	293 ± 57	296 ± 52	376 ± 74	377 ± 72
Right arrow	301 ± 55	292 ± 56	374 ± 67	374 ± 68
Left gaze	286 ± 56	290 ± 55	375 ± 75	377 ± 77
Right gaze	295 ± 61	286 ± 53	376 ± 81	371 ± 78

表 2: 各条件の反応時間と標準偏差 (RT and SD in each condition)

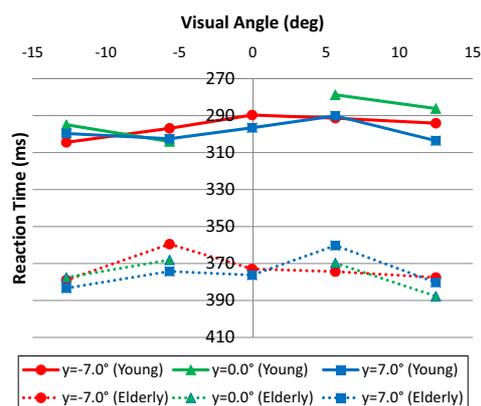


図 6: 右矢印条件の反応時間 (RTs for right arrow cue)

[$t(1298) = 3.13, p < 0.01$] [$t(891) = 0.79, p = 0.43$] (図 8)。

3.2 出現効果

本稿では図 1 の考えに基づき、矢印条件全体から手がかりなし条件の平均反応時間を引いたものを「図形の出現効果」、視線条件全体から矢印条件全体の平均反応時間を引いたものを「顔の出現効果」とし、若者と高齢者で比較した (表 3)。なお、この値が正であれば反応を遅らせる効果、負であれば反応を早める効果となる。

まず、図形の出現効果は若者が 26.6ms、高齢者が 21.0ms となり、手がかりの出現がターゲットへの反応時間を遅らせる度合いは若者のほうが大きいことが分かった。また、顔の出現効果は若者が -7.6ms、高齢者が -1.2ms となり、生物学的特徴を持つ手がかりが反応時間を早める度合いも若者のほうが大きいことが分かった。

4. 考察

4.1 高齢者と若者における注意の分布比較

まず全条件における傾向から、加齢によって注意全体が低下し、注意の範囲も狭くなることが示された。

矢印条件においては、若者では特に右矢印条件において指示方向における注意の高まりが見られたが、高齢者では見られなかった。一方視線条件においては、特に高齢者において、矢印条件よりも指示方向における注意の高まりが強い傾向がみられた。高齢者が視線に対して矢印よりも強く反応するという事は、矢印と視線では処理を担う部位が異なるという従来の知見から、部位によって加齢の影響の大きさが異なる可能性を示唆する。

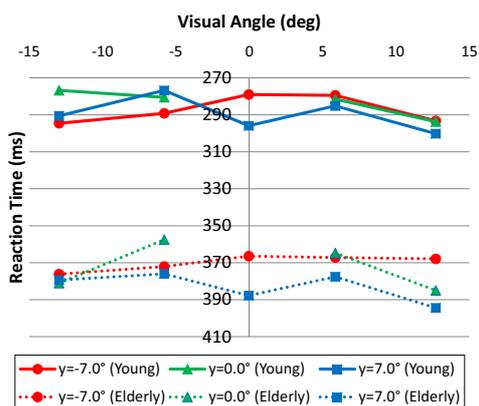


図 7: 左視線条件の反応時間 (RTs for left gaze cue)

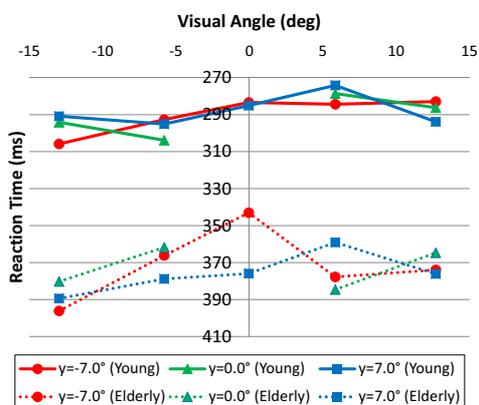


図 8: 右視線条件の反応時間 (RTs for right arrow cue)

なお、矢印条件で高齢者の注意が指示方向に誘導されなかったことは、高齢者でも誘導効果が見られた多くの先行研究と異なる [Akiyama 06b][Akiyama 08]。これは、先行研究ではターゲット出現位置が左右の2点であったのに比べ、モニタ上のあらゆる場所に出現させた本実験では、はるかに広い範囲にわたる注意を必要となり、相対的に手がかりへの注意が減ってしまったことに由来すると思われる。

4.2 出現効果

図形の出現効果はターゲットへの反応時間を遅らせ、顔の出現効果は反応時間を早めることが分かった。さらにその絶対値、つまり効果の大きさはともに高齢者のほうが小さいことが分かった。加齢が進むにつれて、ターゲットへの反応時間そのものが遅れるだけでなく、ターゲットが注意に与える影響も小さくなるというのは興味深い結果である。

5. 結論

本研究では加齢が視線の認知に与える影響を求めた。その結果重要な知見として、

1. 高齢者は矢印方向よりも視線方向に強く注意が誘導される
2. 高齢者は若者よりもターゲットが出現することによる効果（出現効果）が小さい

の2点が得られた。これは加齢が視線認知に関係する脳の部位の機能に何らかの影響を与えていることを示唆している。今

Subjects	of Figure		of Face	
	Young	Elderly	Young	Elderly
Appearance Effect (ms)	26.6	21.0	-7.6	-1.2

表 3: 出現効果 (Appearance effects)

後は、加齢が社会的認知に与える影響を自閉症、統合失調症、認知症などと比較しながら明らかにする予定である。

謝辞

本研究は、科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業さきがけ、文部科学省科学研究費補助金特定領域研究 移動知 (領域番号#454)、情報爆発 (領域番号#456) の支援を受けた。

参考文献

[Akiyama 06a] Akiyama, T., Kato, M., Muramatsu, T., Saito, F., Nakachi, R., and Kashima, H.: A deficit in discriminating gaze direction in a case with right superior temporal gyrus lesion, *Neuropsychologia*, Vol. 44, pp. 161-170 (2006)

[Akiyama 06b] Akiyama, T., Kato, M., Muramatsu, T., Saito, F., Umeda, S., and Kashima, H.: Gaze but not arrows: A dissociative impairment after right superior temporal gyrus damage, *Neuropsychologia*, Vol. 44, pp. 1804-1810 (2006)

[Akiyama 07] Akiyama, T., Kato, M., Muramatsu, T., Umeda, S., Saito, F., and Kashima, H.: Unilateral Amygdala Lesions Hamper Attentional Orienting Triggered by Gaze Direction, *Cerebral Cortex*, Vol. 17, pp. 2593-2600 (2007)

[Akiyama 08] Akiyama, T., Kato, M., Muramatsu, T., Maeda, T., Hara, T., and Kashima, H.: Gaze-triggered orienting is reduced in chronic schizophrenia., *Psychiatry Research*, Vol. 158, pp. 287-296 (2008)

[Calder 03] Calder, A. J., Keane, J., Manly, T., Sprengelmeyer, R., Scott, S., Nimmo-Smith, I., and Young, A. W.: Facial expression recognition across the adult life span, *Neuropsychologia*, Vol. 41, pp. 195-202 (2003)

[Driver 99] Driver, J., Davis, G., Ricciardelli, P., Kidd, P., Maxwell, E., and Baron-Cohen, S.: Gaze Perception Triggers Reflexive Visuospatial Orienting, *Visual Cognition*, Vol. 6, pp. 509-540 (1999)

[Friesen 98] Friesen, C. K. and Kingstone, A.: The eyes have it! Reflexive orienting is triggered by nonpredictive gaze, *Psychonomic bulletin & review*, Vol. 5, pp. 490-495 (1998)

[McCalley 95] McCalley, L. T., Bouwhuis, D. G., and Juola, J. F.: Age changes in the distribution of visual attention, *The Journals of gerontology. Psychological sciences and social sciences*, Vol. 50, pp. 316-331 (1995)