

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 15 日現在

機関番号：32702

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2009～2013

課題番号：21300085

研究課題名(和文) 3次元有効視野計測法の開発と、それに基づく人間の視空間情報収集特性の加齢変化

研究課題名(英文) Useful visual field in 3d space

研究代表者

齋田 真也 (Saida, Shinya)

神奈川大学・人間科学部・教授

研究者番号：90357054

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,000,000円、(間接経費) 4,200,000円

研究成果の概要(和文)：観察者が3次元空間内の情報処理を行う範囲を推定する方法の開発を行った。観察者に向かう移動物体に対する3次元有効視野の形状は観察者から奥行き方向に向かって樽型の形状をしていた。静止物体における奥行き探索課題のとき、両眼視差が1度以内では探索時間は手前ほど短かった。高齢者が視線を遠点から近点に移したときのターゲット検出に要する反応時間は若年者のそれより顕著に長かった。

眼球運動解析から情報処理能力の向上には有効視野の拡大のみではなく視線移動の効率化や認識時間の短縮など複数の質的に異なる方略が存在した。

研究成果の概要(英文)：The method of estimating the extent to which observer processes information in three-dimensional space was developed. The shape of the three-dimensional effective-visual-field when the objects were moving toward the observer was that of barrel in the depth direction from the observer. When the depth search task was done in still objects, and binocular disparity was within one degree, search time was shorter as they were presented nearer. Reaction time required for target detection when the elderly saw the close objects after seeing far ones was significantly longer than that of young people.

On eye movement analysis, a multiple and qualitatively different strategy which includes not only the expansion of the effective field of view but a reduction of recognition time and efficiency of eye movement can improve the information processing capability.

研究分野：感覚知覚心理学、認知心理学

科研費の分科・細目：情報学 感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：有効視野 3次元空間 制限視野 眼球運動 運動視差 速読・校正読み

1. 研究開始当初の背景

有効視野（外界から視覚情報を収集するとき、注視点を中心にある大きさの視野範囲からは情報を収集し、それより外側からはたとえ見えていてもその情報は使用しない。この使用することができる視野範囲のこと。）については文章や絵画などこれまで2次元的な平面上で検討されてきており、例えば自動車運転環境での有効視野については前方窓に投影される2次元的な視野範囲について視覚情報が作業課題に対して有効に利用できる範囲との観点で検討されてきたが、奥行き方向を含めた3次元でのそうした有効視野については検討されていなかった。

また、眼球運動から奥行き方向に対しても注意・認知状態を推定する試みは従来から行われているが、有効視野計測のように実刺激を用いる場合には多くの要因が影響するため、観察刺激や課題内容に応じて最適な解析法を検討する必要があるが系統立った研究はほとんど行われていなかった。

2. 研究の目的

視線を向けた位置を中心にある視野範囲が見え、それ以外は見えない状況を作り出す手法が制限視野であるが、前述したように今までは2次元平面で研究が進められていた。これを3次元方向に拡張するために、観察者から対象までの距離に応じて奥行き方向に制限をかける方法を開発した。これを用いて車の運転などの日常生活での研究成果の応用を考え、路面走行を想定した視覚的流動ボタンが提示される中で奥行き情報が適正に利用される範囲を両眼視差範囲の観点から検討するとともに、その範囲において視覚情報利用のしやすさを視覚作業パフォーマンスをもとに検討した。特に交通場面では移動中に即座に標識などを雑多な表示物のなかから検出・判断する必要があるが、高齢社会を鑑み、若年者、高齢者及びロービジョン者の探索時間の変化についても検討した。

制限視野法の元では視空間情報収集特性を解明するためには、被験者の注意状況や認知状態等を可能な限り詳細に把握する必要がある。視野制限時には必然的に眼球運動も計測されることから、課題実行中の認知状態等を推定する手法の開発と高精度化をめざし、特に経験や習熟度の向上と眼球運動の変化に着目してデータの収集と解析を行った。

3. 研究の方法

3次元有効視野を検討するための視覚刺激は、コンピュータにより作成されたCG映像を、両眼視差を利用する3Dディスプレイに提示することで実現した。また奥行き方向の視野制限についての方法を検討した結果、両眼視

差範囲の制限により行うこととした。計測項目として、主観評価（奥行き映像のなめらかさと鮮明さ、快適度など）や課題成績（視覚探索時間）などを用いた。

若年者、高齢者、ロービジョン者における探索課題として、色あるいは方向の異なる複数の短冊を奥行きが異なる位置にある第1画面と第2画面を一定のブランクを挟んで連続提示した。第2画面は第1画面のうち短冊の一つだけが色あるいは方向が異なっているものを検出するまでの時間を計測した。

被験者の注意状況や認知状態に関しては、視野制限下における読書等の様々な認知課題を用い、経験の異なる被験者や同一被験者に対する継続訓練等によって、情報処理能力と眼球運動の関係性を解析した。また瞳孔反応に着目し、認知的負荷や輝度等の変動要因の影響を検証した。さらに、3次元に拡張した際の視覚疲労を低減するため、提示・観察姿勢との関連性も比較検討した。

4. 研究成果

(1) 3次元有効視野の計測方法は幾つか考えられる。ここに示した方式は3次元空間内に一様に存在する刺激に対する作業効率から推定する方法で、ここでは車の運転などを踏まえて3次元空間内を飛来する複数の球（半径は奥行きに比例）に対してある特定の球を衝突させ消滅させる作業であった。飛来ボールは見かけの距離10mの遠方から出現し、出現範囲は縦3m、横は左右2.5、5、10mの3通りであった。いずれにおいても3次元内の捕獲範囲は観察者から奥行き方向に向かって縦に長い楕円の形状をしていた（図1）。

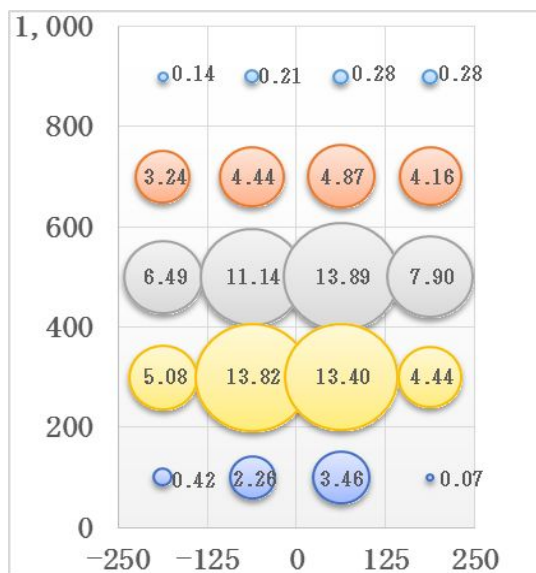


図1. 飛来ボールを捕獲した位置の空間分布(%)。各セクションの横軸は観察者を中心とした左右位置(125cmごと)、縦軸は両眼視差で提示した時の観察者からの見かけの距離(200cmごと)。

(2) 3次元有効視野を検討するための奥行き範囲の制限手法として、2次元空間周波数フィルタリングによる方法が考えられる。そこでまず実験1では、奥行き範囲の制限の有効性に関わる奥行き映像の鮮明さを、2次元空間周波数フィルタリングによる視覚的ぼけの程度と映像の単位時間フレーム数とを独立変数として検討した。その結果、単位時間フレーム数がある程度増加する(15 Hz)と、画像としてのぼけを増加させても映像としての鮮明さがあまり失われないことが示された(図2参照)。この結果を基に、奥行き範囲の制限手法として、以後は両眼視差提示範囲の制限を用い、実験2では運動成分による不快度の異なる奥行き範囲による影響を、実験3では異なる奥行き範囲による視覚探索時間への影響を調べた。

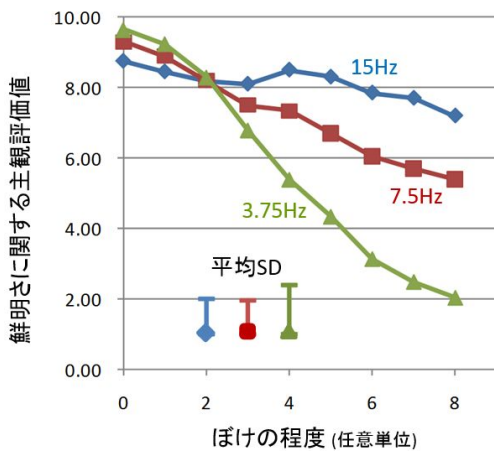


図2. 画像のぼけに対する映像の鮮明さ

実験2では、自動車運転環境に近い路面走行の立体映像において、運動成分(ピッチ運動)による不快度が視差範囲に応じてどの程度生じるかを明らかにすることで、奥行き情報が適正に利用される両眼視差範囲を検討した。その結果、ピッチ運動の最大速度が19 deg/sや31 deg/sの下で、両眼視差範囲が1 deg以内では、不快度は2Dと同程度であるが、

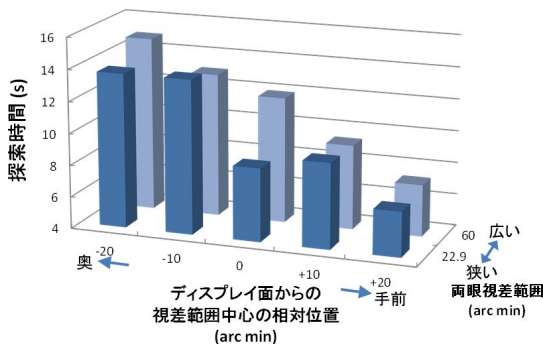


図3. 両眼視差中心と視差範囲による視覚探索時間への影響

それ以上の視差範囲では、範囲の増加とともに不快感が2Dよりもより増加することが示された。

そこで実験3では、両眼立体視による視差範囲を1 deg以内の2種類(22.9, 60.0 arc min)とし、ただしこの視差の中心位置を3Dディスプレイの手前、または奥にそれぞれ20, 10 arc min及びディスプレイ面上の5種類として、奥行き位置による視覚情報利用のしやすさを検討した。その結果、視差範囲が狭い方が、また視差中心位置がより手前の方が探索時間が短かった(図3参照)。このことは、視差範囲が一定であれば実寸距離でより狭い範囲に球体が集中する手前の方が探索が容易であることを示しており、3次元有効視野特性を示唆していると考えられる。

(3) 注意範囲の年齢の影響を観察するために、第1画面から第2画面に切り替わったとき色が変化したものを検出するまでの反応時間は図4に示したように70歳以上の緑内障や網膜色素変性の患者の反応時間は健康者より長かった。特に、この実験に参加した網膜色素変性の患者には視力が低い人が多いが、緑内障の患者には比較的視力が高い人がいる。いずれも視野障害が認められており、視力が1.0であっても、反応時間が長い人がいた。

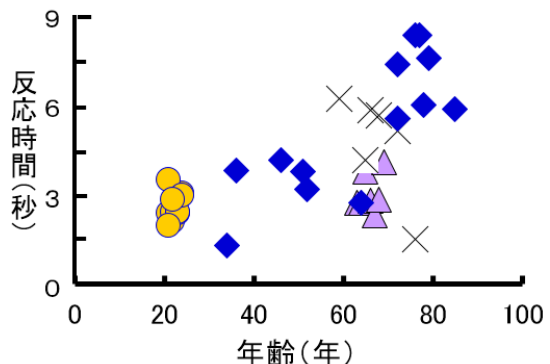


図4. 各年代の色差検出に要する反応時間。65-70歳高齢者、70歳代高齢緑内障患者、×網膜色素変性症患者

(4) 眼球運動と認知状態の関連性について、読書課題からは有効視野の空間的拡大だけではなく視線移動の効率化や認識時間の短縮など複数の質的に異なる方略が情報処理能力を向上させている可能性が明らかとなった。また、校正読みでは一定の情報容量に基づく振り返りが行われることが分かった。これらの成果により、眼球運動の解析が認知状態の推定に極めて有効であることが確かめられたとともに、推定に必要なパラメータが抽出できた。

次に認知的負荷が瞳孔反応に与える影響に関しても、チェンジブラインド課題に対する継続学習を行い、メンタルエフォートと瞳孔

反応の関係について解析した。また、認知的要因と光量などの物理的要因の相互作用についても、明るさ対比錯視課題により検討を行った。その結果、物理的要因よりも主観的要因が瞳孔反応に強く現れることが見出された。この発見は、瞳孔反応による認知的負荷の推定精度向上に有益となるだけでなく、視線位置とは異なる場所に向けられた視覚的注意を推定する手掛かりとしても有望であると考えられる。

3次元有効視野計測のためには被験者に立体映像を提示する必要があるが、どのような提示手法が視覚疲労を招きにくいかについても眼球運動の観点から検討した結果、提示方法の違いよりも被験者間で疲労や観察しやすさに大きなばらつきがあることが分かった。そこで頭部姿勢を測定したところ、頭部のヨー方向の回転運動が視覚疲労と強く相関することが見出された。このことは従来研究では見過ごされてきた要因であり、本研究のみならず立体映像技術全般に対しても大きなインパクトを与える可能性がある。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 6件)

横井健司: 視野制限下における視覚系と触系の感覚統合に関する研究.

防衛大学校理工学研究報告、査読有、Vol.51, No.1, 2013, pp.95-98.

和氣典二: 高齢者・ロービジョン者の認知特性からみた視環境研究の必要性.

照明学会誌, 査読有, 97巻, 第7号, 2013, pp.391-395.

Tanahashi S, Ujike H, Ukai K.: Visual rotation axis and body position relative to the gravitational direction: Effects on circularvection. i-Perception, 査読有, Vol.3, 2012, pp.804-819.

Segawa K, Ujike H, Okajima K, Saida S.: Perception of heading speed from radial flow depends on visual field. Optical Review, 査読有, Vol.19, 2012, pp.268-275.

Yokoi K, Tomita T, Saida S.: Improvement of Reading Speed and Change of Eye Movements. Kansei Engineering International, 査読有, Vol.11, No.3, 2012, pp.101-107.

Miyazaki Y, Wake H, Ichihara S, Wake T: Attentional bias to direct gaze in a dot-probe paradigm.

Perceptual and Motor Skills, 査読有, Vol.114, No.3, 2012, pp.1007-1022.

〔学会発表〕(計 6件)

和氣典二, 安間哲史, 吉本直美, 和氣洋美, 河本健一郎: 白内障手術前後における輝度及び色コントラスト感度, 第14回ロービジョン学会, 2013年10月11日, 川崎医療福祉大学

松下恭昌, 横井健司: 立体映像への能動性と頭部姿勢が視覚疲労に与える影響, 日本視覚学会, 2013年冬季大会, 2013年1月24日, 工学院大学

八木澤恵理, 斎田真也: 視空間知覚特性と触空間知覚特性の差異, 第38回(2012)感覚代行シンポジウム, 2012年12月4日, 産業技術総合研究所・臨海副都心センター

松井康暢, 横井健司: シミュレーターを用いた航空機操縦者の有効視野測定, 日本視覚学会, 2012年冬季大会, 2012年1月19日, 工学院大学

Ujike H: 3D Image Safety -Human factors and guidelines-, International 3D Fair 2010 in Shanghai, 2010年11月4日, 3D Exhibition Hall in Shanghai New Expo Center, Shanghai, China.

Ujike H.: Development of a model estimating discomfort level from global motion of moving images. The 2nd VIMS 2009, 2009年6月12日, Media Plaza of the Jaarbeurs Trade Mart in Utrecht, The Netherlands.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

斎田 真也 (SAIDA, Shinya)
神奈川大学・人間科学部・教授
研究者番号: 90357054

(2) 研究分担者

氏家 弘裕 (UJIKE, Hiroyasu)
(独)産業技術総合研究所・その他部局等・研究員
研究者番号: 40262315

和氣 典二 (WAKE, Tenji)
神奈川大学・視科学研究所・客員教授
研究者番号: 20125818

和氣 洋美 (WAKE, Hiromi)
神奈川大学・視科学研究所・客員教授
研究者番号: 80122951

横井 健司 (YOKOI, Kenji)
防衛大学校・応用科学群応用物理学科・准教授
研究者番号: 10345374