

## 眼球・頭部協調運動を用いた作業者の安全余裕度評価 Evaluation of Safety Margin for Workers using Eye-head Coordination

小林賢司<sup>†</sup>, 山中 仁寛<sup>††</sup>

Kenji Kobayashi and Kimihiro Yamanaka

### 1.はじめに

様々なタスクを遂行する作業者は、動的に変化する多種多様な情報を認知しつつ、マルチタスク行動をすることが求められる。また、大規模な人間-機械系システムにおいては些細なミスでも重大な事故につながる恐れもあり、ミスのできない、情報処理負荷が高い業務が求められる。システムの安全性を確保するために作業者の余裕度を評価でき、余裕がなくなる前に業務の交代ができれば、ヒューマンエラーを未然に防ぐことが可能である[1]。例えば、車の運転中にドライバーが脇見状態にあるときや、眠気があるときなど、余裕がない場合に警告し、停止するよう指示できれば交通事故を防ぐことが可能である。

作業者の状態は、NASA-TLXなどを用いた主観的評価や、EEGやNIRSなどの脳情報を用いたもの、心拍変動や呼吸数などのバイタルサインを用いてメンタルワークロード(以下、MWL)の要因である眠気や緊張、不安などの様々な注意状態を個別的に評価することは可能であるが、総合的に評価する方法はほとんどなく、正常な判定が行われない可能性がある。従って、MWLを全体的に評価することができる指標の模索が課題となっている。

ここで、図1に処理資源モデルを示す。個人差はあるものの、情報処理資源量は有限であり、情報を処理する際は総資源から割り当てが行われ、その余剰部分が「余裕度」となる。MWLの増減による情報処理負荷の変化を直接計測することは困難である。しかしながら、情報処理負荷が上昇するに伴い、余裕部分が減少することと同様に、有効視野が狭窄する特性があることから[2]、作業者の安全余裕度を評価する方法として有効視野を用いることが可能であると考えられる。

先行研究では、運転中の眼球および頭部運動を計測し、複雑な処理や計算を経て有効視野を導出しているため、リアルタイム性に乏しい[3]。また、実用化を考えると、ユーザビリティを考慮してより簡易な算出過程、且つ被験者に対して非接触型の装置を用いることが課題となる。

以上のことから、本研究では、情報処理負荷を課した作業者の眼球・頭部協調運動を非接触型の装置を用いて計測する

実験を行い、作業者の余裕度を評価する新たな指標の提案を試みる。

### 2.実験概要

被験者は、書面にて参加の同意を得た男子大学生9名(21~23歳)とした。図2に示すように、被験者には、主課題としてドライビングシミュレータ(以下、DS, HONDA, DA-01)にて走行課題(10分の市街地コース)を課した。この時、被験者の眼球・頭部運動は非接触型の眼球・頭部運動計測装置(東陽テクニカ, Smart Eye Pro System-Rev. C)により計測した。さらに、副次課題として視標検出課題と数的課題を課した。視標検出課題は、従来法による有効視野を算出するための課題である[4]。DSのディスプレイに表示される視角1°の赤色背景に白抜きのレストランの被験者が検出した場合に、ハンドルに取り付けたボタンで応答するものである。一方で、数的課題は、3.0秒間隔で1桁の数字が背後のスピーカー(Logitech, LBT-TVSP100BK)から提示される音声に、被験者が応答するものである。数的課題は、なし(0backに相当)、2back, 3backの3条件とした。数的課題の難易度の評価には、正答率を指標として用いた。

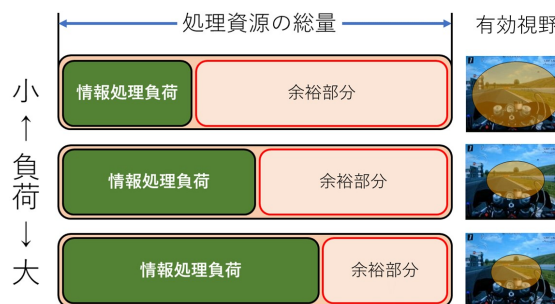
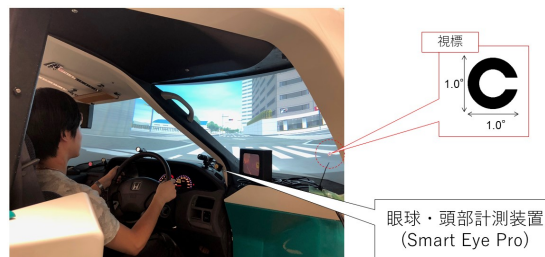


図1 処理資源モデルと有効視野



ドライビングシミュレータ (DA-01)

図2 実験システム

<sup>†</sup> 甲南大学 大学院, Graduate school of Konan University

<sup>††</sup> 甲南大学, Konan University

また、走行後、被験者には主観的評価アンケートであるNASA-TLXに回答してもらう。実験での数的課題の実施順序は、ランダムに行った。

### 3. 眼球・頭部協調運動を用いた余裕度推定法

眼球・頭部協調運動を用いて有効視野を算出する手順を説明する。視対象が有効視野外にある場合、頭部運動が先行して生起するという特性があるため、有効視野の境界を検出するには、眼球先行と頭部先行の切り替わる点、すなわち頭部先行率50%である点の視点移動量を抽出する必要がある。

まず、各条件での実験中の眼球・頭部協調運動から被験者の視点移動量(眼球運動量+頭部運動量)をそれぞれ抽出し、昇順に並び替え、連続する50データで頭部先行率と視点移動量の平均を算出する。最後に、これらをプロットして図を作成し、頭部先行率が50%となる視点移動量を求め、それを眼球・頭部協調運動を用いた余裕度推定値(≒有効視野)とする[3]。ただし、プロット点が50%の上下を行き来する場合は、50%となる最大の視点移動量を採用する。

### 4. 結果と考察

図3に、各課題の主観的評価アンケートの結果を示す。図より、数的課題の難易度が上昇するに伴い、AWWL得点も段階的に上昇しており、数的課題により、異なる難易度(余裕度状態)を提示できていることがわかる。

図4に、従来法により求めた各課題の有効視野を示す。図より、数的課題の難易度が上昇するに伴い、有効視野が狭窄しており、図3と同傾向を示している。

図5に、各課題の眼球・頭部協調運動を用いた余裕度推定値を示す。図4と同様、数的課題の難易度上昇に伴い、余裕度推定値が小さくなっていることから、主観的負担感が大きくなるに従って有効視野が狭窄する現象を、提案する手法により得られた値を用いても表現できているといえる。

これにより、提案する手法により得られた余裕度推定値はMWLを評価できる指標であることから、作業者の安全余裕度を評価できる簡易なパラメータであることを示した。

### 5. まとめ

本研究で提案した評価法は、作業者を想定した被験者の情報処理負荷の増加に伴い、有効視野が狭窄する現象を表現できる可能性を示した。また、提案手法は非常に簡便で算出過程が少なく、抽出処理が簡易であり、非接触型の装置のみで有効視野の算出に必要な眼球・頭部運動関連パラメータの取得が可能であり、ユーザビリティの観点からも有用であることから、今後の作業者の安全余裕度の評価において有益な知見であるといえる。

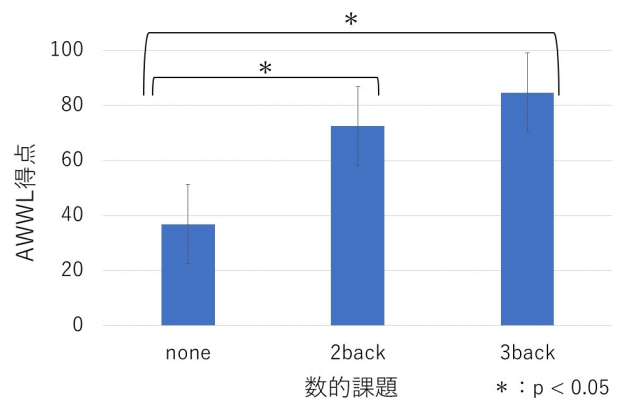


図3 主観的負担感

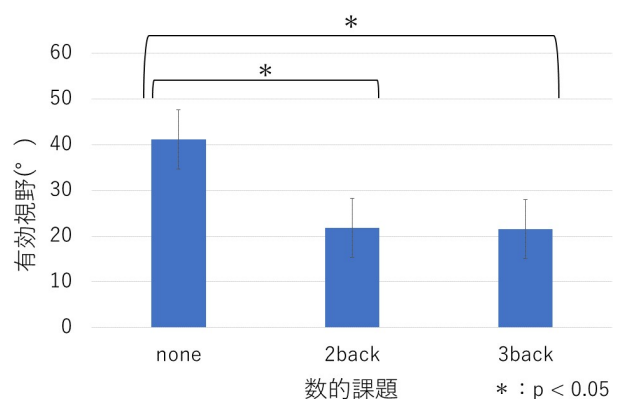


図4 有効視野(従来法による測定値)

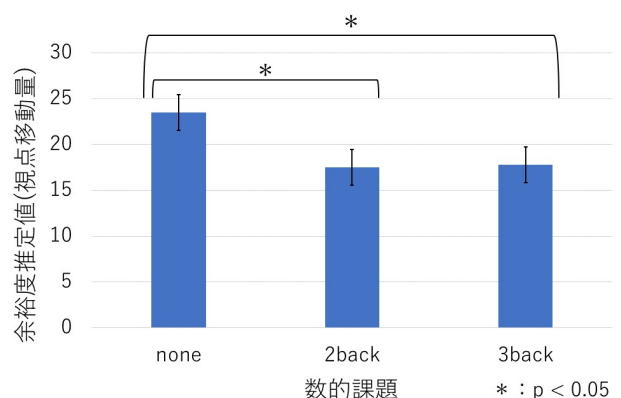


図5 眼球・頭部協調運動を用いた余裕度推定値

### 謝辞

本研究の一部は、私立大学等経常費補助金「大学間連携等による共同研究」の支援を受けたことを付記し深謝する。

### 参考文献

- [1] 施桂榮 他：労働科学, vol. 89, no. 6, pp. 197-205, 2013.
- [2] 三浦利明 他：信学技報, vol. 100, no. 444, pp. 17-22, 2000.
- [3] ヤマハ発動機株式会社 他：特願2018-151326, 2019-3-7.
- [4] 森島圭祐 他：ヒューマンインタフェース学会論文誌, vol. 21, no. 1, pp. 121-130, 2019.