

A Thesis for the Degree of Ph.D. in Engineering

Development of a method for maintaining arousal levels  
by inducing intrinsic motivation

January 2023

Graduate School of Science and Technology

Keio University

Yuki Mekata

# 主 論 文 要 旨

報告番号	① 乙 第 号	氏 名	目片 悠貴
<p>主論文題名： Development of a method for maintaining arousal levels by inducing intrinsic motivation (内発的動機づけの誘発による覚醒維持手法の確立)</p>			
<p>(内容の要旨)</p> <p>近年、航空機操縦や自動車運転などの人間・システム系における自動化が進んでいる。自動化に伴う監視中心の制御形態では、人間とシステムのインタラクションが減少・単調化することによる覚醒水準の低下が懸念され、このことは、非常時などに人間の介入が必用となる半自動システムの場合、事故等の要因となり得る。従来の覚醒維持のアプローチとして、睡眠管理や疲労管理に加えて、警告音や振動などの単純外的刺激を用いた手法が主に検討されており、実現場に取り入れられてきた。一方で、人の内的変化は、覚醒水準に影響を及ぼすことが知られているが、これに着目した覚醒維持手法は未だ確立されていない。そこで、本研究では、心理学理論および生理学理論に基づく仮説立てから、内発的動機づけの下位要因の支援を人間・システム系に組み込むことによる新たな覚醒維持手法を提案・検証した。</p> <p>第一に、自動運転 (SAE レベル 2 相当) への適用を想定し、心理学理論に基づく内発的動機づけの源泉の下位要因を支援する一方法として、ドライバの主体性、能力の発揮の実感、システム (自動車) との良好な関係構築を満たす音声情報の提示を考案した。ドライビングシミュレータによる実験から、これらの情報提示を行った条件において、内発的動機づけに関連する脳領域に賦活の傾向が見られること、脳波および自律神経系の生理指標に覚醒の傾向を示す反応が見られることが分かった。第二に、ドライバの顔画像データを取得し、覚醒水準をリアルタイムで 5 段階推定するモデルを構築した上で、内発的動機づけの誘発による覚醒維持効果を保証する情報提示タイミングを実験的に探索した。結果から、レベル 1 (覚醒水準最高) に対して遅くともレベル 4 に達するより前に情報提示を行う必要があることを明らかにした。第三に、内発的動機づけの誘発による覚醒維持手法の効果強度を、既存の単純外的刺激 (警告音、振動、香り、ガム咀嚼) による手法と比較した。結果から、同手法は既存の単純外的刺激による手法と同等かそれ以上の覚醒維持効果を有し、かつ、煩わしさや効果減衰が少ないことを明らかにした。</p> <p>以上のことから、監視中心の制御形態において、内発的動機づけを誘発する情報提示は、従来検討されてきた個人の疲労管理、単純外的刺激に次いで、人間の覚醒水準を維持する第 3 の手法として有効であることを明らかにした。</p>			

## Thesis Abstract

No. 1

Registration Number	<input checked="" type="checkbox"/> “KOU” <input type="checkbox"/> “OTSU” No. <span style="float: right; font-size: small;">*Office use only</span>	Name	Yuki Mekata
<b>Thesis Title</b> Development of a method for maintaining arousal levels by inducing intrinsic motivation			
<b>Thesis Summary</b> <p>With the recent development of automation in human-machine systems, the decline in arousal levels has become a challenge given the monitoring-centered control, and accidents might occur in a semi-automatic system that requires user intervention during emergencies. As conventional methods to maintain arousal levels, simple external stimulations have been studied and incorporated in addition to sleep and fatigue management. However, although changes in human psychological states are known to affect arousal levels, methods for maintaining arousal levels that focus on such changes have not yet been established. This study aimed to develop a new method for maintaining arousal levels by the incorporation of support for the subfactors of the sources of intrinsic motivation into human-machine systems based on psychological and physiological theories.</p> <p>First, assuming application to autonomous driving (SAE level 2), we structured an information presentation with the aim of supporting the subfactors of the sources of intrinsic motivation, such as voice information that support driver independence, realization of ability, and good relationship with the system (automobile). When this information is presented, the brain regions associated with intrinsic motivation tended to be activated, and the tendency of arousal was seen in physiological indices. Second, after constructing a model for estimating five-stage arousal levels based on face images, we examined the arousal levels at which information presentation would be effective, suggesting that information presentation was effective at least before level 4 (level 1 is the highest arousal). Third, we examined the effectiveness of the proposed method and compared it to simple external stimulations (sound, vibration, scent, and gum chewing). Information presentation aimed at inducing intrinsic motivation is as effective or even better at maintaining arousal levels than existing methods, with the added advantage of being less annoying and having decreased attenuation of effects.</p> <p>It suggests that the proposed method can be used for maintaining arousal levels as a third method after fatigue management and the simple external stimulation.</p>			