

# 不確実性を伴う離散事象システムの制御 — ストレス情報に基づく車載空調機の制御 —

[研究代表者] 小野木克明 (情報科学部情報科学科)  
[共同研究者] 兼重明宏 (豊田工業高等専門学校)

## 研究成果の概要

運転者の体調によって操作量を自動的に切り換える車載空調機の動作は、離散事象システムとしてとらえることができる。ここでは、予期せぬ車内外の環境の変化に対しても、迅速に対応することが必要となる。著者らはこれまでに不確実性を伴う離散事象システムの制御に関する一連の研究を進めてきた。本研究は、その成果をもとに、運転者のストレス情報に基づいた快適性および即応性に優れた車内送風システムの実現をめざすものである。この目的のもとで、令和元年度は、(1)車内外の環境や運転者の体質・体格の違いがストレスに及ぼす静的な影響（定常特性）、および送風状態の時間変化がストレスに及ぼす動的な影響（過度特性）について検討するとともに、(2)これらを表現することができる動的ストレスモデルを作成することを試みた。これによって、今後はこのモデルに基づいた車内送風システムの合理的な開発が期待される。

## 研究分野：システム工学

キーワード：離散事象システム，不確実性，確率ネットワークモデル，ストレス

### 1. 背景

ものや情報の流れの制御が中心となるシステムの動作は、離散事象システムとしてとらえることができる。離散事象システムの制御の難しい点は、同時進行的に、しかも非決定的に発生する複数の事象を互いに関連付けながら適切に制御することにある。一方、現実のシステムにおいては、その特性やシステムを取り巻く環境が頻繁に変化することも多い。したがって、そこでは突然の不確実性の発生にも即応できることが重要となる。著者らはこれまでに、不確実性を伴う離散事象システムを対象に、ものや情報の安定で円滑な流れを実現するための制御手法の開発を進めてきた。本研究は、これらの成果をもとに、予期せぬ環境変化にも即応できる車内送風システムの開発をめざすものである。

### 2. 研究目的

自動運転技術の開発が進むなか、今後はこれに合わせて運転者の体調や車内環境を常に適切な状態に保つための自動制御システムが不可欠となる。この種のシステ

ムの特徴として、制御対象が不確実性を伴う非線形性の極めて高いヒトであること、そのため連続制御としての扱いよりもむしろ離散制御の扱いが望ましいことが挙げられる。

このような背景のもとで、車内送風システムの一例として、図 1 に示すような運転者のストレスを制御変数に、車載空調機からの風を操作変数にもつシステムが考えられる。このシステムの最大の特徴は、運転者の体調に直結した生体情報であるストレスを制御変数に用いる点にある。これによって、車内外のさまざまな環境変化に対してもストレス軽減が可能となる車載送風機制御の自動化が期待できる。

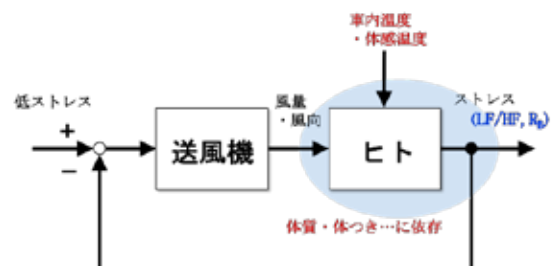


図 1 車内送風システム

本研究は図 1 のシステムの実現を最終目的とし、そのもとで、令和元年度は、(1)車内環境・運転者個人特性等の静的変化および風量・風向等の時間変化である動的变化がストレスに及ぼす影響の解析と、(2)それらを表現する動的モデルの作成、をめざした。

### 3. 研究方法

#### (1) ストレス定常・過度特性の解析

ストレスは刺激に対する緊張状態であり、それがいくつかの生体反応を引き起こす。その中に、心拍変動と脳機能がある。本研究では、ストレスの大きさは、前者については心電図データに含まれる血圧調節に由来する低周波数成分(LF)と呼吸変動に由来する高周波数成分(HF)から算出される LF/HF 比で、後者については脳波データに含まれる $\beta$ 波のパワー含有率 $R_B$ で算出することとした。

心電図および脳波データの収集は、車載空調機を想定した送風装置が設置された恒温室を利用した実験を通じて行った。実験は、被験者からの個人特性の申告を受けた後、最初に一定環境に保たれたなかで定常特性を、次いで送風状態を変化させながら過度特性を測定した。個人特性については体質、体格等の違いが、定常特性については環境温度、体感温度、湿度等の違いが、過度特性については風量、風向等のステップ変化がストレスに及ぼす影響を検討した。測定された脳波データの一例を図 2 に示す。LF/HF 比と $R_B$ の算出は、データ読み込み後、ノイズ除去、データ補間、再サンプリング、スペクトル解析を経て行った。なお、当該実験は生体情報の収集および個人情報解析を伴うため、実験は愛工大研究倫理審査委員会および共同研究先の豊田高専研究倫理委員会の承認のもとに実施した。

#### (2) ストレス動的モデルの作成

本研究では、(1)で得られた定常特性を図 3 に示すよう

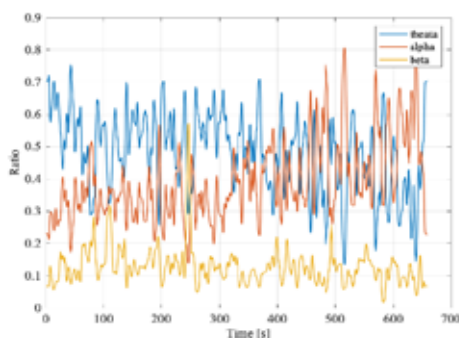


図 2 脳波データ

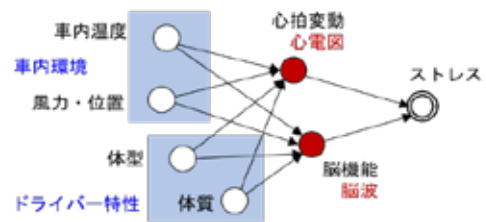


図 3 ストレスモデル

な要素間の因果関係をグラフで、その大きさを確率分布で記述した確率ネットワーク(図では確率分布を省略)でモデル化することとした。そして、これらの時間変化を表す過度特性はこのネットワークを同じ時間要素同士を幾重にも重ね合わせた動的確率ネットワークでモデル化することとした。

### 4. 研究成果

令和元年度に得られた結果を次にまとめる。

#### (1) ストレス定常・過度特性の解析

- ・体質・体型とストレスの間には顕著な傾向はない。
- ・ある温度を超えると環境・体感温度の差異がストレスに大きな影響を及ぼす。
- ・風量・風向の変化は1~2分程度の遅れを経てストレスに影響する。

#### (2) ストレス動的モデルの作成

作成した動的モデルの検証は現段階ではまだ不十分である。これは測定データ数が少ないことに加え、ストレスに関与する要因の抽出が不十分であることに起因すると考えられる。

### 5. 課題

運転者のストレスを実時間で測定することは現実には不可能である。3.でめざした動的ストレスモデルは、検出された環境変化から運転者のストレス変化を予測するとともに、制御側の選定に係るものでもある。これに供するモデルの作成は難しい課題ではあるが、実用的にも学術的にも極めて興味深い課題でもある。

### 参考文献

- 1) 兼重, 渡邊, 上木, 白井, 蓮見, 小野木, 澤田, “自動車車内空調システムに対する搭乗者生体情報の取得”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2019, 広島 (2019)