

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解析・設計・制御に関する一連の研究を進めてきた。本研究は、そこでの成果をもとに、運転者のストレス情報に基づいた安定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2年度は、(1)車内外の環境の時間変化や運転者の体質・体格等の個人特性の違いがストレスに及ぼす静的および動的な影響（定常特性および過度特性）について検討するとともに、(2)これらから得られた環境・個人特性とストレスの間の因果関係を再現できるストレス推定モデルのプロトタイプを作成した。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，ストレス推定

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、逐次的、並行的、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、それらの発生を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囲む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方法の開発を進めてきた。本研究は、これらの成果をもとに、予期せぬ車内外の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必要となる。このシステムの特徴として、制御対象が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。

このような考えのもとで、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、将来、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。本研究は、このようなストレス情報に基づく車載空調機制御システムの開発を目的とするものである。

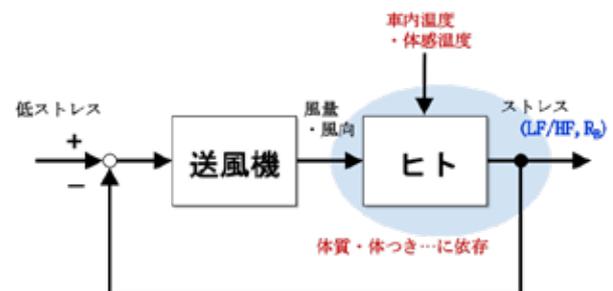


図1 車内送風システム

3. 研究方法・結果

図 1 に示すシステムを実現するにあたっては、ストレスの大きさを実時間で観測できる測定器が不可欠となる。しかし、そのような測定器の出現は、当分の間、難しいものと思われる。したがって、これを補う一つの方法として、車内環境の変化と運転者固有の特性がストレスに及ぼす影響を表すモデルを予め作成しておき、これによって時々刻々と変化していくストレスを推定することが挙げられる。令和 2 年度は、この種のモデルの構築をめざし、次のような検討を行った。

(1) ストレス定常・過度特性の解析

ストレスが引き起こす生体反応のなかには、①心拍変動と②脳機能があることが知られている。本研究では、ストレスの大きさを、①については心電図データのピーク間変動をパワースペクトル解析して得られる低周波数成分 LF と高周波数成分 HF の LF/HF 比で、②については脳波に含まれるβ波のパワー含有率 R_B で測定することとした（ストレスが大きいほど LF/HF、 R_B のいずれもその値が大きい）。

実験は、ある空調部品メーカーの協力のもと、直射日光を避けるために張られたテント内に設置された車を使って行った。被験者は特定の年代層に偏ることがないように選定した。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、次いで車内環境を変化させながら過度特性を測定した。LF/HF と R_B は、当研究室で開発した解析シ

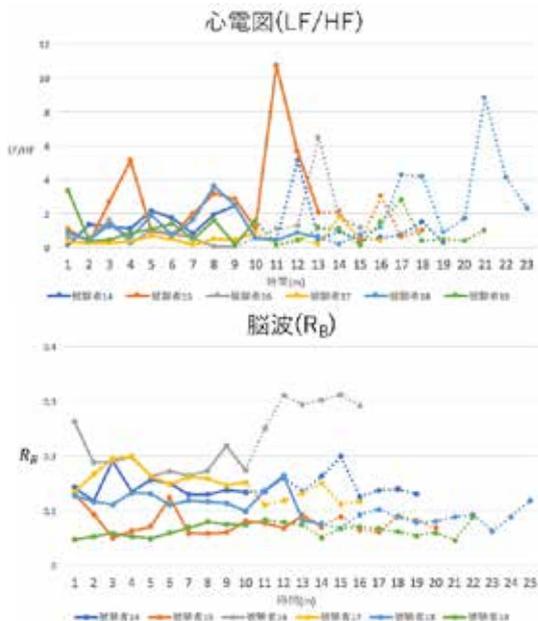


図 2 LF/HF、 R_B の算出

テムを用い、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算出した。実験は季節の影響を考慮し、夏季と冬季に実施した。なお、実験は生体情報の収集および個人情報の解析を伴うため、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) ストレス推定モデルの作成

(1)で得られた定常特性は図 3 に示すよう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。これによって、新たな車内環境および運転者の特質が得られるたびに、ストレスの大きさが確率的に推定されることとなる。図 3 の推定モデルは、本研究のなかでこれまでに行ってきたすべての類似実験の結果から構成された現時点までに得られているモデルの一部である。この推定モデルは実験数の増大とともに、さらに精緻なものになっていくことが期待できる。

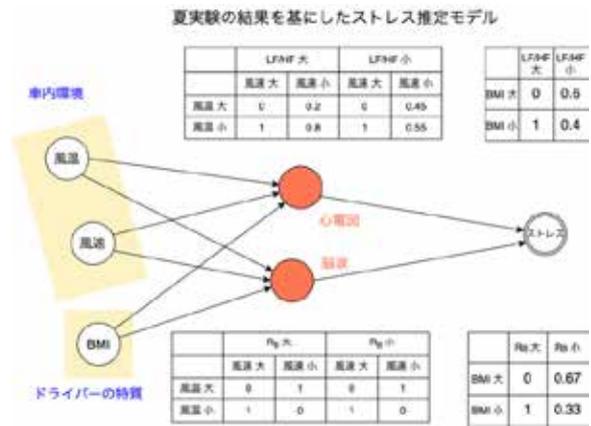


図 3 ストレス推定モデル

4. 課題

実システムに適用できるストレス推定モデルの作成にあたっては、体調変化をもたらす要因の抽出や、モデルに含まれる要素間の影響と遅れの大きさの見積もり等も必要となる。さらには、この種の確率ネットワークモデルに基づく制御方法の開発も必要となるが、これは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：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)