

神奈川工科大学

地域連携災害ケア研究センター

研究報告

第 3 号

2020 年度

目次

- ・ パワーアシスト機器 エネルギー回生システムの開発

ロボット・メカトロニクス学科 吉満俊拓

- ・ 防災無線をはじめとする ICT を用いた厚木市の防災システムのあり方に関する基礎的研究

ー防災放送（背景騒音）の長期観測及び、

DNN を用いた気象パラメータ推定法の確立とノイズマップの作成ー

情報メディア学科 上田麻理

パワーアシスト機器 エネルギー回生システムの開発

研究者名：所属学科 ロボットメカトロニクス学科 氏名 吉満俊拓

1. 研究の目的

近年自然災害等の救助活動が増加している。また、高齢化・少子化による労働力不足のため山間地における労働力不足もまた深刻化している。山間地などの不整地における屋外活動においては「長時間」「屋外で」「不整地・傾斜地帯を」活動する場合が多々あるため脚部、特に膝部に加わる負荷が大きくなり、それに起因する疲労や怪我の発生が危惧されている。一方、屋内用アシストスーツで採用されている機構は「自由度が少なくアシストが必要な方向を支える機能がある」か「関節に自由度はあるが、関節を支える機能はない」のどちらかに分類され屋外活動には適さない。

「不整地・傾斜地では活動を妨げない自由な動き」と、「怪我・捻挫が起きないように関節の動きを補助する」といった相反する機能を有するアシスト機器が求められている。

(株)デンソーが、自動車用エアコンの効率化を目的にエジェクタサイクル機構を開発し損失となっていたエネルギーの一部を回収することを可能とさせた。しかし、デンソーが開発したエジェクタサイクル機構は、フロンなどの 2 相流におけるエネルギー回生システムである。単相流を用いた流体機器においてエジェクタを用いたエネルギー回生システムを開発している例はなく、動作原理の解明、エネルギー回生システム用流体機器の開発を行う必要がある。

本研究は、単一相気体を用いた流体機器からの高圧排気エネルギー回生システムの開発を目的とする。

2. 研究の必要性及び従来の研究

国内では、医療用としてサイバーダイン社 HAL・屋内作業用としてマッスルスーツなどが研究開発が進められている。屋外活動を前提とした研究は、防衛装備庁におけるパワーアシストスーツ開発、海外ではアメリカロッキードマーティン社による HULC が研究開発されている。国内の研究はアクティブアシスト方式に偏り長時間の屋外活動を想定していない。

翻って、本研究の屋外活動用アシストスーツは長時間の屋外活動が可能となるよう研究開発を進めており他研究とは一線を画すものである。

3. 期待される効果

流体機器は、電動機器と比較してパワー密度が高く力制御が容易なことから幅広い分野

で用いられているが、簡易かつ効率の良いエネルギー回生システムがなく損失となるエネルギーの低減化が長年の課題であった。デンソーが、自動車用エアコンの効率化を目的にエジェクタサイクル機構を開発し損失となっていたエネルギーの一部を回収することを可能とさせた。しかし、アクチュエータとして用いられている流体機器における適用事例はなく、本研究の独創性を示すものである。

4. 研究の経過及び結果・評価

本研究の屋外用アシストスーツシステムは降坂時に膝関節へ加わる衝撃力を吸収するパッシブ式のアクチュエータを有している。本システムは流量制御用にサーボモータによりスピードコントローラの開度を制御することで衝撃力を吸収するがスピードコントローラは絞り機構により流出速度を制御するためエネルギーは散逸し利用することができない。

4.1 回生回路の概要

回生システムは機械的可動部・電気的可動部・センサ類を含まない構成である。駆動機器からの排気圧縮空気は、エジェクタへ供給され吸引ポートに接続された真空側タンクが負圧となりエネルギーを回生する。

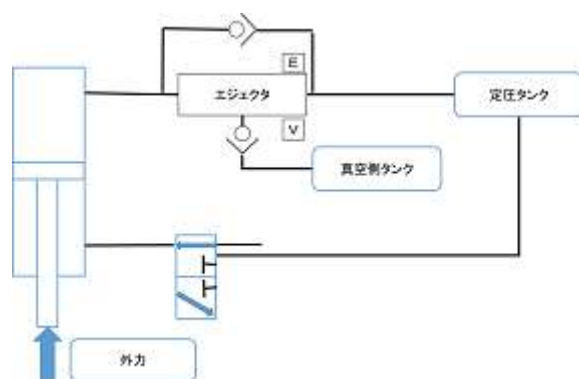


Fig.1 Energy regeneration system

回生により真空タンクに蓄積された負圧エネルギーは、切換え弁を経由し駆動機器に供給される。駆動機器への吸気の際は逆止弁を経由し、駆動機器へ圧縮空気を供給することで、損失となるエジェクタを経由しない。

空気圧駆動機器（空気圧シリンダ）ロッド側・ヘッド側に回生回路を取り付けることで複動シリンダの往復動作で排気空気が有するエネルギーを回生することができる。

4.2 アクチュエータ衝撃力吸収実験

エジェクタによるエネルギー回生はエジェクタサイクル回路4)があるが、本研究では、

真空発生機構の絞りによりシリンダの高速移動時の速度制御をおこないつつエジェクタにより生み出された真空圧を回生エネルギーとしてアクチュエータの駆動に活用するものである。その有効性を確認するため、サイズの異なるエジェクタによるシリンダ速度—負荷実験・シリンダ動作—真空圧実験の2種を行いその有効性を確認した。実験結果をFig2, 3に示す。

エジェクタのノズルによる流量制御が働き、エジェクタの有効面積が小さく、シリンダ速度が速いほど負荷が大きくなった。エネルギー回生実験として、小型圧力容器(容量18.0cc)をエジェクタに接続しシリンダの往復回数と圧力容器内の圧力を測定した。

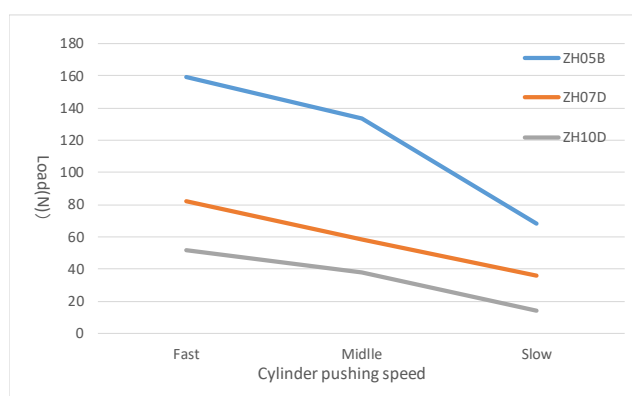


Fig.2 Actuator load experiment

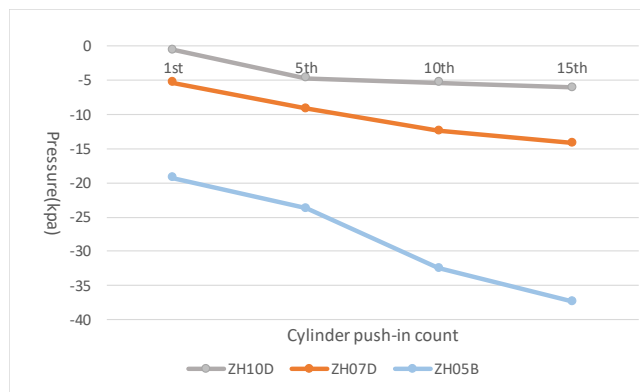


Fig.3 Ejector vacuum pressure experiment

4.3. エアタンクを用いた回生実験

身体的負荷が大きい降坂時の膝に加わる衝撃をアシストスーツに装着された回生システムが衝撃力を吸収している。空気圧シリンダのロッドが高速移動し排気空気がエジェクタ通過することでエアタンク内の空気を排出し真空エネルギーとして回生する。衝撃印加時のみ動作するためエジェクタには極めて短時間しか空気が通過しない。そこで、

衝撃印加時と同様にロッド側に負荷として圧縮空気 (0.1Mpa~0.5Mpa) を供給しロッドがヘッド側に移動する際の排出空気によるエアタンク内の内圧変化を測定した. 実験結果を Fig. 4 にしめす.

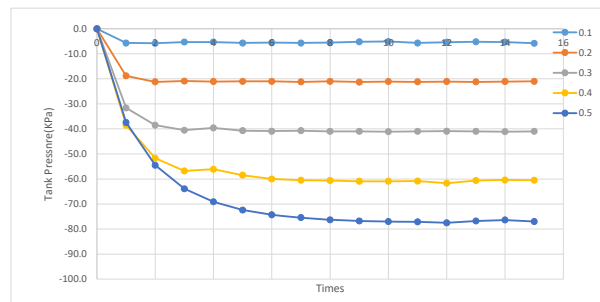


Fig. 4 Energy regeneration experiment results

シリンダへの負荷が 0.1~0.2MPa の実験ではシリンダが 2, 3 往復動作するとエアタンク内の圧力が変化しなくなった. 0.3MPa 以上では負荷が大きいほどエアタンク内の圧力が低くなり, 9, 10 往復動作したところで圧力変化がなくなった. エジェクタ内を高速で圧縮空気が流れることでより高い吸い込み力を発生している.

エジェクタの有効面積が小さく, シリンダへの負荷が大きいほどエアタンク内の圧力降下が大きくなった.

4, 4 まとめ

本研究では, 省エネルギーかつ長時間活動可能な屋外活動アシストスーツ用アクチュエータとして, 空気圧シリンダとエジェクタを用いた機構を提案した.

本研究が提案した機構により, 真空発生機構の絞りをを用いることで, 屋外活動における身体的負荷が大きい降坂時の衝撃を吸収し, エジェクタを圧縮空気が通過する際に発生する真空圧を小型タンクに蓄積することで 2 次利用が可能なシステムの有効性を確認できた.

5. 今後の計画

解明すべき課題点として下記 2 点を明らかにするものである.

- ・単相流におけるエジェクタ回路特性

エジェクタは流体機器において低真空発生装置として用いられている. 本研究はエジェクタ本来の用途とは異なる使用方法となる.

等温化圧力容器・エアパワーメータを用いて, 回生システムにより回収した空気圧エネルギーの測定実験を行う.

- ・回生エネルギーの蓄積方法

エジェクタは大気圧下で動作するが負圧状態の閉回路における動作は想定されていない。そこで、低真空状態に遷移中の閉回路内におけるエジェクタ吸入能力を実験より求める。

また、エジェクタによって回収されるエネルギーはタンク内に蓄積された負圧となる。負圧エネルギーの蓄積効率を求める流体回路・機器を開発する。

6. 研究成果の発表

特許出願済み

学会発表 2020 フルードパワーシステム学会 秋季講演会

防災無線をはじめとする ICT を用いた厚木市の防災システムの
あり方に関する基礎的研究
ー防災放送（背景騒音）の長期観測及び、
DNN を用いた気象パラメータ推定法の確立とノイズマップの作成ー

研究者名：情報学部 氏名 上田麻理

1. 研究の目的

本研究では、厚木市と連携して、厚木市における災害に対する各フェーズ（災害発生、避難、復旧）における迅速かつ正確な情報提供を行うための防災システムの構築を大目的とする。本研究では、①厚木市の防災放送の様々な状況での聴こえの状況を明らかにする。特に住宅や避難所等の屋内での聴こえの状況を明らかにする。その際、②多様なデータを取得するための簡易計測の方法としてスマートフォンにより建物の内外音圧レベル差を計測し、個々の屋内の聴こえを予測するアプリ開発や厚木市と協力して市民参加型の計測及び、評価のための社会システムを作る。③得られたデータに基づき聴こえに関する空間分布マップ（「気象」及び、「暗騒音」の影響を考慮した音の聴こえに関するハザードマップ）を作成して厚木市と共有可能なシステム構築を行う。さらに、④屋内などの聴こえ難い状況や難聴者、高齢者に配慮した防災放送と併用可能な視覚情報を含む AI などの ICT を活用した情報システムの提案を行う。同時にスマートフォンを持たない・持てない人のネット参加のセフティネットの構築も行う。

20 年度は上記①、③を特に明らかにすることを目的とした。※上記②は 19 年度に実施報告済みである。

2. 研究の必要性及び従来の研究

防災放送に関する研究は、2011 年に発生した東日本大震災以降増加しているが、その研究の多くは屋外の音響情報伝達に関するものであり、屋内のようなより、日常に近い状況を想定した調査研究は少ない。また、避難所の騒音によるストレスの調査などは行われているが、防災放送の聴こえや、難聴者・高齢者の聴こえに配慮した研究などはほとんどない。ICT・AI の活用や視覚情報等の組み合わせによる総合的な知見も未だ少ない。国際的な動向としては、現在 ISO/TC159（人間工学）、ISO/TC223（社会セキュリティ）で国際規格作成が進められているが、内容的には視覚情報に重点が置かれ、音響情報（聴覚情報）による安全確保についてはほとんど検討が進んでいないのが現状である。また、防災放送に関する研究は、2011 年に発生した東日本大震災以降増加しているが、その研究の多くは屋外の音響情報伝達に関するものである。AI 技術や視覚情報等の組み合わせによる総合的な知見はほとんどなく、本研究は独自性及び創造性に長けている。

また、地方自治体の防災や情報収集、情報公開に関しても、「音（音響・聴覚）」という視点でのアプローチは極めて少なく、防災放送をはじめとする ICT を用いた厚木市の防災システムの基盤（プラットフォーム）の構築は地方自治体などの行政にとっても先駆的といえる。

3. 期待される効果

厚木市の防災無線放送の聴こえの状況が改善される。また、このような試みが前例となることで厚木市以外の行政にとっても防災無線放送改善等の指針となりうる。最終的には防災無線放送の聴こえの現状が改善されることで、人命を救うことにつながる。

研究面では、現状においても(担当した卒研究生の)学会発表時には多くのオーディエンスからの良好な反応を得ている。今後の成果を海外ジャーナル等に発信していく予定であるが、それにより本学の地域連携力・厚木市のフットワークの軽さ・アクティビティ、学長の千里眼等も評価されることが予想される。

4. 研究の経過及び結果・評価

前述の通り 20 年度は特に、①大学周辺の子局の防災無線放送を対象として音響計測・DNN を用いた解析及び、厚木市関係者を対象とした②防災無線の聴こえの評価を行った。

① 試験用防災無線放送の長期観測結果の例

試験用防災無線放送(夕焼け小焼け)の気象影響や環境騒音の影響を検討するために、荻野子局の 1 基を対象として長期間の音源の観測を行った。観測は、音源から同心円状に約 100～250 m の位置で 10 日間ずつ音源は PCM レコーダー(Roland R-07, $f_s=96\text{ kHz}$, 16 bit)で収録し、その他は、風速(HOLDPEAK HP-866B-WM)、天候を観測した。同時に観測者が主観的な聴こえについて聴こえるか否かの 2 段階で評価した。さらに、環境騒音の計測を地点①、②、⑤の 3 地点で朝(6:30-7:30)、昼(11:00-12:00)、夕(15:30-16:30)、晩(18:30-19:30)に 1 週間実施した。Fig.1 に例として結果の一部を示す。

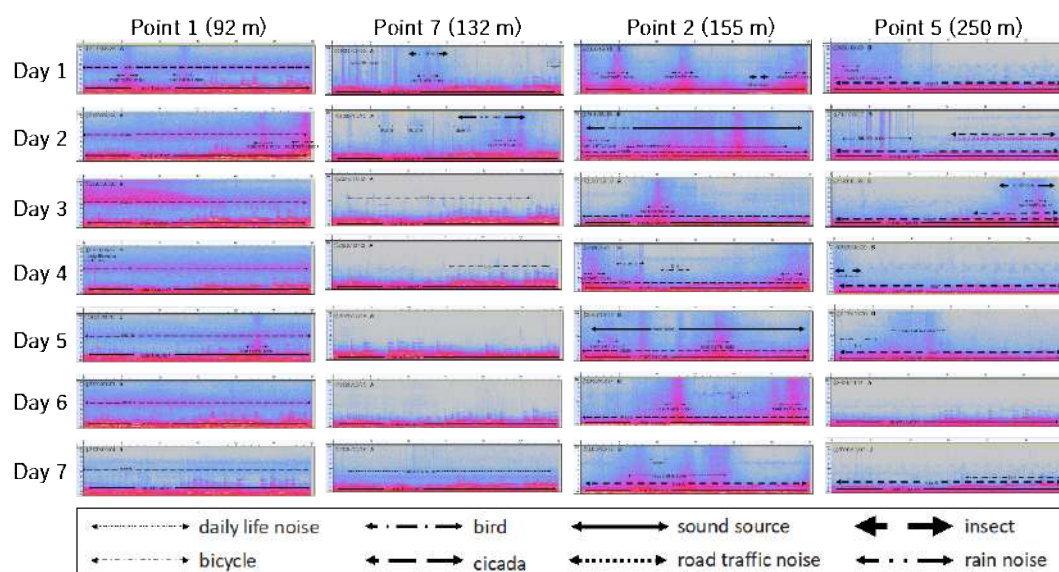


Fig.1 Spectrogram of administrative radio system.

主観的評価で最も聴こえの評価が高かった地点①と⑦，低評価だった地点②，⑤の 30 秒間のスペクトログラムである．音源からの距離によらず，交通量の多い道路沿いでは聴こえ悪い傾向にあった． 2020 年 12 月 26 日現在までに 100 日分のデータが得られているが，スペクトログラムの画像データを基に 2 クラス分類問題による聴こえの識別が可能か否かを行った結果，識別率(accuracy)は 60%程度であった．データ数の蓄積や時間データの取り扱いを今後の課題として AI を用いた聴こえの自動判定も行っていく予定である．

このような観測結果は，厚木市と神奈川工科大学地域災害ケア研究センター間で定期的に共有され，引き続き 2. の音声評価実験及び，長期観測を行っている．同時に防災無線放送が聴こえにくいエリアの対応を防災無線放送だけでなく，ICT による相補的な解決策についても模索中である．

② 防災無線の聴こえの評価の例

厚木市危機管理課の全面協力の下，防災無線放送の音声の聴こえ評価実験が行われた．当初計画された自作の環境評価アプリケーション※を用いた市民参加型の音声評価実験はコロナ禍の影響に加えて情報開示など様々な弊害があるため，厚木市関係者による小規模な評価実験から実施されることになった．実際の防災無線放送の音声の聴こえ評価は，不定期に放送される防災無線放送の音声を対象とした．対象は，厚木市内（16 か所）の公民館である．事前に実験方法・趣旨・注意事項などが厚木市危機管理課より説明された後，音声による防災無線放送が放送される 10 分～5 分前に電話で依頼するというものである．評価方法は，web による評価フォームを用いて，音声の理解の程度を 0～100 %で公民館毎に回答してもらった．第一回目の評価は 2020 年 10 月 7 日 16 時 5 分の放送時に実施した．

Fig.2 に公民館毎の防災無線放送の文章の内容の理解度を示す．全 16 個所の公民館のうち，15 個所の回答結果である．全ての公民館も夕刻時に放送される夕焼け小焼けの理解度は 100 %であるのに対し，音声の理解度は 80 %以上の公民館は 3 か所のみであった．厚木市危機管理課によると，防災無線放送の聴こえの確認は夕刻の試験放送を用いることが主で，音声を用いた確認はほとんどしていなかった．この知見から同様の防災無線放送の音声の評価実験を定期的を実施し，音声の理解度について今後は重点を置くことになった．

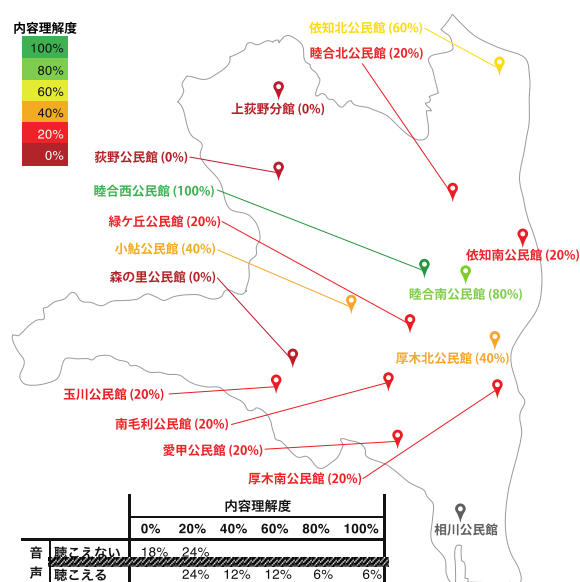


Fig.2 Auditory evaluation results for administrative radio system.

5. 今後の計画

2021 年度は特に音声にフォーカスする．引き続きサンプル数を増やしたうえで DNN 或いは CNN 解析を行っていく．同時に厚木市危機管理課と連携した音声放送のノイズハザードマップの作成，聴こえ困難個所の対策(ICT 等を用いた)の提案と実装を行っていく．

6. 研究成果の発表

Mari Ueda, Kotoka Nagai, Fumioki Koyama, Masaaki Hiroe, “Experimental investigation on sleep disturbance for transportation noise - follow-up test of the noise effect on sleep using recorded traffic noise”, ICBEN2020(2020).

寺嶋将隆, 三浦貴大, 中澤高洋, 小川喜道, 上田麻理, “地域連携による防災無線放送の音響的分析,” 日本音響学会春季講演論文集, pp.519-520
(防災関連研究成果のみ記載)