

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

2023 年度

研究推進機構

## 目次

- ・ 準天頂衛星みちびきを用いた大規模災害時広域避難所管理システムの研究

安部 恵一

- ・ アシストスーツのためのエネルギー回生機能を持つ空気圧アクチュエータ

吉満 俊拓

# 準天頂衛星みちびきを用いた大規模災害時広域避難所管理システムの研究

研究者名：創造工学部 安部恵一

## 1. 研究の目的

現在、大規模な災害時は避難所に限らず、自宅避難や車避難など分散型避難を選択する被災者が増加している。このような課題を解決するため、クラウドサーバで分散型避難者の情報も全て管理できる広域避難者管理システム(Wide Area Disaster Victims Information Management System：以下 WAD-VIMS と呼ぶ)の開発が必要である。本研究が目指す WAD-VIMS は大規模である。加えて災害発生からの時間経過によって、避難所が行うべき対応は異なり、災害発生時に電力及び通信インフラが断絶しても迅速に避難所内の被災者の状況を把握し外部に発信する必要がある。その一方で、インフラが復旧し、災害発生から時間が経っても長期的な避難所生活を強いられる被災者は多く存在する。その場合は感染症対策やエコノミークラス症候群への予防など、被災者の健康状態を管理する必要がある[1][2]。また時間経過に伴って、被災者が所有する家屋の倒壊や半壊など被害状況の把握も必要となってくると考えられる。

そこで、本研究では Fig.1 に示すように以下の 4 段階のフェーズで研究開発を進めることで、最終目標の WAD-VIMS 実現を目指す。過去の我々の研究ではフェーズ 1 からフェーズ 3 までの開発は進めてきた。今回はフェーズ 4 の「広域の避難者管理」の実現を目指す。

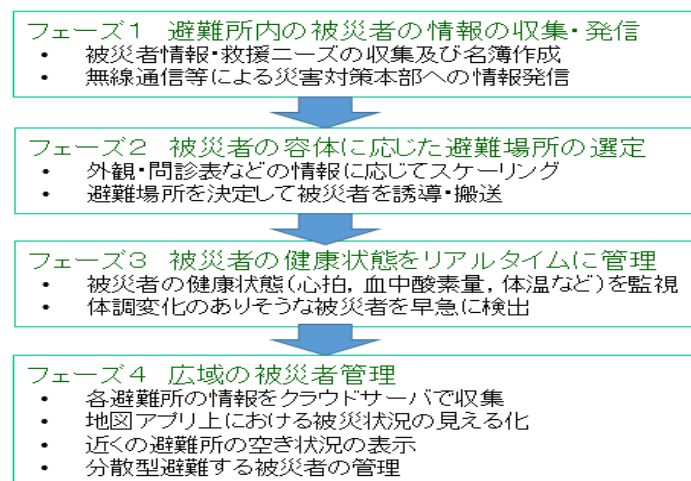


Fig.1 WAD-VIMS の研究フェーズ

## 2. 研究の必要性及び従来の研究

将来、東日本大震災のような大規模災害が発生したとき、電力・通信インフラの喪失が起こる可能性がある。実際に東日本大震災が起きたとき、ICT(Information and Communication Technology)が十分に活用できず、被災者情報等を迅速に発信することが不可能であった[3]。また避難所の出入りが激しかったため、被災者名簿自体が機能しなかったという報告がある。これらの問題を解決するために、我々は避難所管理システム(Refuge Management System:以下 RMS と呼ぶ)の開発[4]を行ってきた。この RMS[4]では ICT を活用して各避難所内の被災者の情報収集から被災者の一人一人の長期的な健康管理まで行い、かつ収集した被災者情報を簡易型無線などで発信できるシステムとなっている。この RMS の情報発信方法には、USB フラッシュメモリに保存し人手により持ち出せる他、簡易型無線通信及びアマチュア無線などで発信することは可能である。RMS は避難所単位での管理は可能である。しかし、将来、日本で南海トラフ巨大地震などの広域災害が発生した場合を想定すると、避難所単位ではなく広域エリアで被災者の管理を行う必要がある。この解決方法として、過去に我々が開発した RMS を各避難所に設置し、これらの RMS とクラウドサーバを連携することで全体の避難所及び被災者を一元的に管理できる広域被災者管理システムを提案[5]してきた。しかし、この手法には2点の課題が存在する。一つは通信インフラ断絶時でも常にインターネットに接続できる環境が必要になること。2点目は広域被災者管理システムを独自に開発しても、自治体などに受入れてもらうには相当な営業努力が必要となり、普及させるのに困難であること。これらの課題解決技術として、内閣府宇宙開発戦略推進事務局が推進する準天頂衛星みちびき[6]を用いた安否情報サービス、Q-ANPI が存在する。みちびきは日本全土の通信領域をカバーしており、かつ Q-ANPI サービスは内閣府が進めているため自治体などに受け入れてもらいやすいことから課題解決に繋がる技術と考えた。

よって、本研究ではこの Q-ANPI サービスを利用した広域避難者管理に着目した。

## 3. 期待される効果

準天頂衛星みちびきによる Q-ANPI サービスを利用することで避難所に設置された避難所管理 PC を通じて、被災者の安否情報を準天頂衛星管制局のクラウドサーバで収集するため、広域での避難所及び被災者を一元的に管理できる。準天頂衛星管制局のクラウドサーバには WebAPI を使って、管理情報を取得できるため、被災者情報の見えるかの独自のアプリを開発できる。

## 4. 研究の経過及び結果・評価

既存の Q-ANPI サービスでは、避難所に設置された避難所管理 PC に被災者の安否情報を登録する際の入力インターフェースとして2点が用意されている。一つはスマートフォン専用アプリを被災者が使用するスマートフォンにダウンロードして、避難所管理 PC に被災者安否情報を登録する方法である。もう一つは避難所管理 PC に直接キーボードで入力し登録する方法である。スマートフォンの専用アプリによる登録方法は、大規模災害で通信インフラが断絶された場合、事前に専用アプリを被災者自身のスマートフォンにインストールしていた人はスマートフォン

から安否情報を登録できるが、事前にインストールしていなかった人は通信インフラ断絶中に専用アプリをダウンロードできなくなり、安否登録をスマートフォンから行うことができなくなると考えられる。この対策として避難所管理 PC(Personal Computer)から直接キーボードで安否情報を登録することになるが、実際大規模災害のなか、避難所管理 PC に直接登録する人が大勢いた場合、大混雑を引き起こすことになると考えられる。この課題解決の手法として、Fig. 2 に示すデータベースを搭載した Web インターフェイスと既存の Q-ANPI サービスとを連携することで、既存のシステムを改変せず、かつ専用アプリを使わずに避難所 PC に直接安否情報を登録できるシステムを考案した。このシステムの実証実験を現在行っている。

また一方で、Fig. 3 に示すように Q-ANPI サービスを設置した日本全域の避難所を可視化するための Web アプリケーションの開発も進めている。

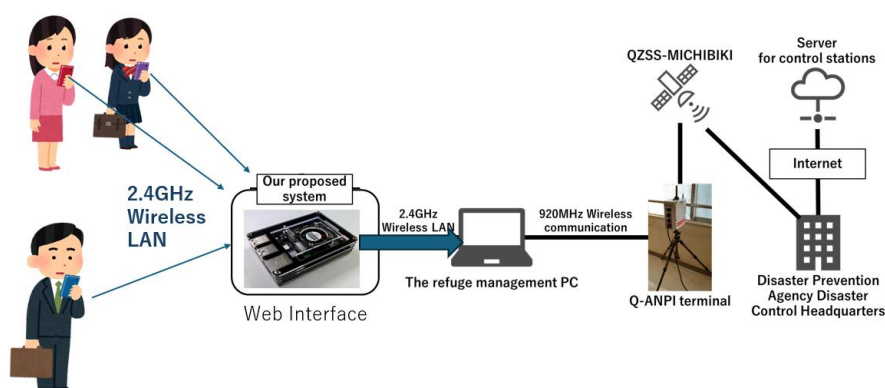


Fig. 2 Web インターフェイスと連携した Q-ANPI システムの概要



Fig. 3 Q-ANPI サービスを用いた広域避難所の可視化アプリケーションの概要

## 5. 今後の計画

今回開発したデータベースを搭載した Web インターフェイスを用いた実証評価していく予定である。また、広域避難者情報アプリケーション開発も進め、最終的にはシステム全体として使用可能かどうか検証を行っていく予定である。

## 6. 研究成果の発表

- [1] MITSUKI SAN0, TAKUMA SATO, MASAO ISSHIKI, KEIICHI ABE, "Development of a Disaster Safety Confirmation Collection System using Q-ANPI Service linked with Web Interface", International Workshop on Informatics (IWIN2023), pp.11-16, Sept. 2023. (査読有り採択)
- [2] 佐野 允紀, 田中 倫, 佐藤 匠真, 藤松 丈一郎, 安部 惠一, "Web インターフェースと連携した Q-ANPI による安否情報収集システムの提案", 第 85 回情報処理学会全国大会論文集, 6ZB-02, No. 3, pp. 341-342, Mar. 2023.

### <参考文献>

- [1] 認定特定非営利活動法人レスキューストックヤード (RSY) 常務理事 浦野 愛: "熊本地震における避難所運営の実態と課題～過去の震災における避難所の運営との比較～"  
<[https://www.isad.or.jp/pdf/information\\_provision/information\\_provision/h28/H28\\_dai3bu1.pdf](https://www.isad.or.jp/pdf/information_provision/information_provision/h28/H28_dai3bu1.pdf)> (参照: 2024 年 3 月)
- [2] 国土交通省 「熊本地震を踏まえた課題と論点」, < <https://www.mlit.go.jp/common/001135911.pdf>>, (参照: 2024 年 3 月)
- [3] 内閣府 (防災担当): 東日本大震災における災害応急対策の主な課題,  
<[https://www.bousai.go.jp/jishin/syuto/taisaku\\_wg/5/pdf/3.pdf](https://www.bousai.go.jp/jishin/syuto/taisaku_wg/5/pdf/3.pdf)>, (参照: 2024 年 3 月)
- [4] Kosuke Akasaka, Takayo Namba, Masao Isshiki, Keiichi Abe, "Proposal on Victims Information Management System", International Journal of Informatics Society (IJIS), Vol.12, No.1, pp.17-27, Aug. 2020
- [5] 皆川 大地, 岡本 直也, 安楽 昌佳, 安部 惠一, "外部ストレージ USB デバイスによる OS ブートを利用した低コスト型避難者情報管理システムの提案", 第 83 回情報処理学会全国大会論文集, 1W-06, No. 3, pp. 317-318, Mar. 2021.
- [6] 内閣府 「衛星安否確認サービス「Q-ANPI」」,  
<[https://qzss.go.jp/overview/services/sv09\\_q-anpi.html](https://qzss.go.jp/overview/services/sv09_q-anpi.html)>, (参照: 2024 年 3 月).

# アシストスーツのためのエネルギー回生機能を持つ空気圧アクチュエータ

研究者名: 情報システム学科 吉満 俊拓

## 1. はじめに

山岳救助や、土砂災害の救助作業は、不整地での作業が想定される為、長時間の活動は身体への負荷が大きく、疲労や怪我の発生が危惧される。その課題克服のためにパワーアシストスーツに着目し、不整地における身体的負担の軽減と継続的な活動性能の両立を目的として開発を行った。屋内用アシストスーツは、医療用・屋内作業用など研究開発が進められているが<sup>1)2)</sup>不整地などでの屋外活動を想定していない。

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を吸収し、回生エネルギーを生成するパッシブ式空気圧アクチュエータを有している。本システムは組み込まれた真空発生機構の絞りにより、降坂時の衝撃を吸収し、圧縮空気がエジェクタを通過する際に発生する真空圧を小型タンクに蓄積する。<sup>3)4)</sup>

本研究の空気圧回生システムは、降坂時の衝撃力吸収能力の向上を目的とし、短時間に放出される排気空気のエネルギーをエジェクタにより回生を行うシステムである。

## 2. 研究目的

本研究の回生システムは閉回路で構成されており、回路内部に圧縮空気を充填することでアクチュエータに空気圧バネを持たせ平地歩行時のアシストが可能となった。さらにエジェクタを用いた回生システムにより降坂時の下半身への衝撃を吸収しエネルギーを回生する。

新たに開発した閉回路回生システムの高い圧力下における衝撃吸収特性およびエネルギー回生特性を求め、軽量かつ高効率なアシストシステムを開発する。

## 3. アシストスーツの概要

山岳救助や災害時など、不整地・傾斜地での継続的に作業を行わなければならない状況において、身体的負荷の軽減・活動時間の延長と救助者自身の怪我防止を目的とした下肢パワーアシストスーツを開発する。求められる性能として軽量化、斜面での下肢の負担軽減・怪我の防止、長時間の活動、が挙げられる。アシストスーツの概要を以下の Fig.1 及び Table 1 に示す。

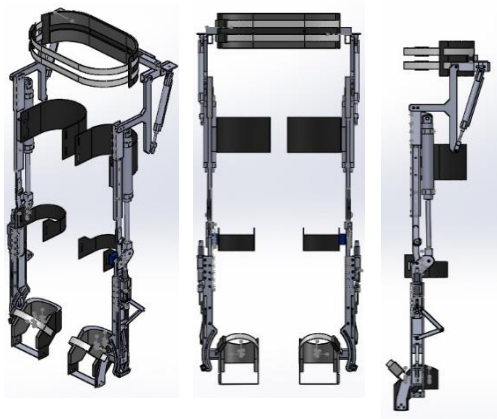


Fig.1 Assist Suit

Table 1 Assist Suit Elements

Size[mm]	973*475*266
Weight	7.1kg
Power Source	Pneumatic Cylinder(Φ32)
Knee range of motion	120Degrees

膝関節に加わる衝撃は登りよりも降りの方が大きくなり、疲労やそれに起因する怪我の原因と考えられる。その為当研究室におけるアシストスーツでは降坂時に膝関節へ加わる衝撃を空気圧シリンダ等のアシスト部で吸収することを目標とし、具体的にシリンダのロッド速度をヘッド側から排出される圧縮空気を流量制御することで衝撃吸収を目指すのが特徴となっている。

#### 4. 空気圧回生回路の構成

エジェクタは、真空圧を作り出す部品で、供給ポートへ圧縮空気を流し排気ポートから排出する際、吸引ポートから空気を巻き込み吸引する。この時吸引ポートにエアタンクを接続することで、タンク内の空気を吸引し真空圧を作り出すことが出来る。エジェクタを用いたエネルギー回生機構としてエジェクタサイクル機構<sup>5)</sup>が冷媒用フロンのような気液2相混合流におけるエネルギー回生システムである。

本システムは圧縮空気を用い、アクチュエータから排出された圧縮空気をエジェクタへ供給することで、吸引ポートに接続したタンク内に真空エネルギーを蓄積することでエネルギーを回生する。

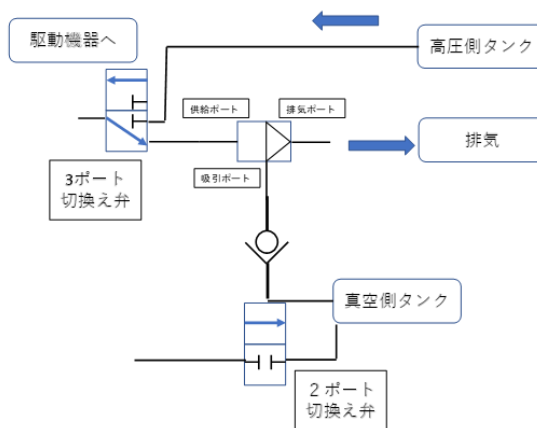


Fig.2 Energy Regeneration circuit

本研究のエネルギー回生システムは機械的可動部・電氣的可動部・センサ類を含まない構成である。空気圧回路は外部と隔離されたクローズド回路となっていて、回路内部は高圧力状態で維持される。

外力を加え収縮したアクチュエータのヘッド側から排出された圧縮空気は、エジェクタへと供給され、吸引ポートに接続されたタンクから吸引が行われる。タンク内の圧力が低下、初期圧力と比較し負圧となることで、エネルギーを回生する。その後圧縮空気は大気中に放出されずロッド側へ供給される。

外力を取り除くと、アクチュエータは伸展運動を行う。これはアクチュエータ内部のヘッド側と面積の差によって発生する。ロッド側から排出された圧縮空気は、チェック弁を通りヘッド側へ供給される。

#### 5. 実験装置

アクチュエータのロッドが高速移動し排気空気がエジェクタを通過することでエアタンク内の空気を排出し、タンク内の圧力低下としてエネルギー回生する。この時のエアタンク内の圧力低下に伴うタンク内の温度変化を押さえるために、エアタンク内にスチールウールを詰めることで、温度変化による計測結果の変化を抑制する。

衝撃印加時のみ動作するため、アクチュエータに加える外力として、独立した空気圧シリンダを、アクチュエータに対向で固定する。コンプレッサで圧縮した空気をレギュレタで調整し、電磁弁・電子回路を用いて制御を行う。アクチュエータを水平に固定しエジェクタ回生回路を接続する。回生回路内の圧力計測は計測にはアナログセンサを使用し、エジェクタを挟ん



でヘッド側，ロッド側に1つずつ設置する．センサのサンプリングタイムは10m/sとする．

## 6. 衝撃の吸収

本項目は回生回路に設けられたエジェクタによる衝撃減衰力の減衰係数を求めるものである．まず回路内圧力を大気圧～0.4MPaまで変化させ，各条件におけるアクチュエータの圧力変化を計測しロッドの速度を求めた．

次に回路内のエジェクタによって発生する粘性抵抗を求める．エジェクタによる粘性によりアクチュエータは等速となる．負荷用シリンダで加えた負荷を $N_l$ [N]，アクチュエータ伸張力を $F$ [N]，シリンダ摩擦力を $fc$ [N]，エジェクタが発生させる粘性力 $fv$ [N]とすると，収縮中の力は以下の式で表せる．

$$N_l = F + fc + fv \cdots \cdots (1)$$

エジェクタの粘性力 $fv$ について整理すると，下記の式なる．

$$fv = N_l - F - fc \cdots \cdots (2)$$

伸縮速度を $u$ [m/s]とすると，エジェクタによって発生する粘性係数 $c$ [Ns/m]は下記の式で表せる．

$$c = fv/u \cdots \cdots (3)$$

回路内圧力，試行回数ごとの粘性係数を Fig3 に示す．

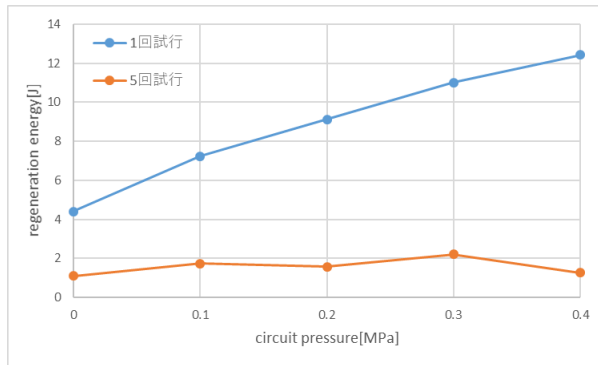


Fig.3 viscosity Coefficient

## 7. エネルギーの回生

エジェクタに加わったエネルギーに対して，空気圧回生回路がリサイクルするエネルギー量，さらには空気圧回生回路内圧力の変化に伴う，エネルギー回生効率の変化を求めるために実験を行った．

回生回路内圧力を大気圧～0.4MPaまで変化させ，それぞれの条件における，エアタンク内の圧力変化からエネルギー回生量を算出した．

エネルギー回生量を $J$ [J]，試行前後のタンク内圧力を $P_0$ ， $P_1$ [Pa]，エアタンク容積を $V$ [m<sup>3</sup>]とすると下記の式で表せる．

$$J = (P_0 - P_1) \times V \cdots \cdots (4)$$

Fig.6 に回生回路内圧力ごとのエネルギー回生量の変化を示す．

アクチュエータロッドの収縮距離を $l$ [m]とすると，エジェクタに加わったエネルギー $J_l$ [J]は下記の式となる．

$$J_l = N_l \times l \cdots \cdots (5)$$

エジェクタに加わったエネルギーに対しての回生効率は以下の式で求めた．

$$\text{Regeneration Percent} = J/J_l \cdots \cdots (6)$$

回路内圧力，試行回数ごとの回生効率を Fig.3 と Table2 に示す。

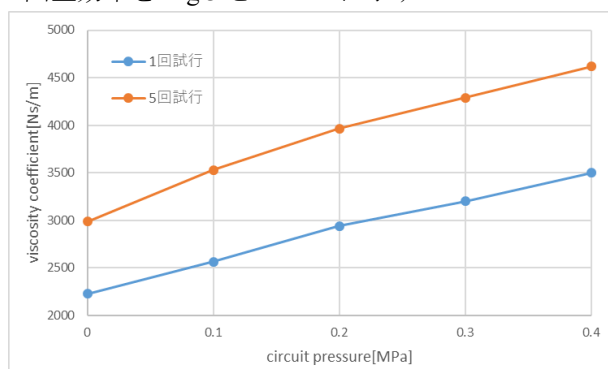


Fig.4 Regeneration Energy

Table 2 Regeneration Percent

Circuit pressure [MPa]	0.00 [MPa]	0.10 [MPa]	0.20 [MPa]	0.30 [MPa]	0.40 [MPa]
Regeneration percent	5.13%	8.43%	9.78%	10.62%	14.47%

## 8. まとめ

本研究では大気圧開放を行わない高圧力状態の空気圧回生回路を用いた，衝撃を吸収しエネルギーを回生する，エネルギー回生システムの開発を行った。

実験を通して衝撃の吸収はシリンダの伸展時間増加，エネルギーの回生はエアタンク内の圧力低下として計測を行うことができた。

衝撃の吸収とエネルギーの回生は空気圧回路内圧力が大気圧状態でも行われ，空気圧回路内圧力が高い程，衝撃吸収，エネルギー回生性能が共に向上することが求められた。

## 9. 今後の計画

今後の研究として，本システムを用いたアシストスーツを開発し，回生エネルギーによる省エネルギー効果・アシスト率の向上による疲労軽減効果の評価をおこなう。

## 10. 成果の発表

2023 年秋季フルードパワーシステム講演会にて発表