一般口演 | 病院情報システム
一般口演12
病院情報システム
2019年11月23日(土) 09:00 〜 11:00 F会場 (国際会議場 3階中会議室302)

[3-F-1-05] 当院におけるロボット搬送システムの状況

○山下 暁士[1]、山村 秀弥[2]、宮城 英毅[1]、白鳥 義宗[1] （1. 名古屋大学医学部附属病院 メディカルITセンター, 2. 株式会社豊田自動織機 物流エンジニアリング部企画室）

キーワード：Robot, Automatic Transport System, Safety, Efficacy

【目的】自律型移動ロボットを用いた搬送システムの実証実験を行ったので、その状況を報告する。

【方法】当院では2018年２月、新棟４階にある外科系 ICU(以下 SICU)の開設に合わせて、その夜間の物流需要を賄うためにロボット搬送システムの実証実験を開始した。自律型移動ロボットとその運行管理システムの開発は豊田自動織機が行い、当院はロボットが移動できるための最低限の施設の改修と運用体制の構築を行った。

第1期の共同研究は院内で安全に使用できるか・業務に耐えられるかの検証と、将来に向けた課題の抽出を目的とした。搬送は SICUと検査部、薬剤部間で実施し、稼働時間は人通りの多い日勤帯を避け、17時から翌8時までとした。

【結果】2018年2月から翌年1月までの1年間で、 SICUから検査部への搬送件数は3162件、輸血部・検査部からSICUへの搬送件数は1556件、薬剤部から SICUへの搬送件数は519件であり、1日当たりの搬送件数は14.6件であった。搬送中の患者やスタッフへの衝突は1件もなく、搬送中の衝突などによる器物の破損などはなかった。

実際に使用しているスタッフへの聞き取り調査の結果、搬送システムに対する評価はおおむね良好であった。ユーザーの意見として、日勤帯にも使用したいが最も多かった。課題としては、安全性のため障害物から十分な距離をとって回避しており、進路に多くの障害物があると回避行動がとれず止まってしまうことがある。日勤帯で使用する場合、搬送路に多くの人がいる可能性が高く、多くの障害物の中でも止まらずに回避できるようにしていく必要がある。

【結論】当院にて自律型移動ロボットを用いた搬送システムの実証実験を行った。実証実験の結果はおおむね良好で、安全性、実用性は十分確認できた。今後はさらなるシステムの改良を行い、より広範な病院内搬送業務に使用できるシステムを構築していく予定である。

©一般社団法人 日本医療情報学会

当院におけるロボット搬送システムの状況

山下 暁士[*1]、山村 秀弥[*2]、宮城 英毅[*1]、白鳥 義宗[*1]

*1.名古屋大学医学部附属病院 メディカル IT センター, *2.株式会社豊田自動織機 物流エンジニアリング部企画室

Robot Transport System in Our Hospital

Satoshi Yamashita[*1] , Hideya Yamamura[*2] , Hidetoshi Miyagi[*1], Yoshimune Shiratori[*1]

*1 Medical IT Center, Nagoya University Hospital,

*2 Logistics System Engineering Dept., Toyota Industries Corporation

Objective: To report the results of PoC of a new transport system using autonomous mobile robots.

Method: PoC of robot transport system started in February 2018. The PoC aimed to verify safety and effectiveness in the hospital and to identify issues for the future. The transportation was carried out between the surgical ICU (SICU) and the Department of Clinical Laboratory, and between SICU and the Department of Hospital Pharmacy. Its working hours were from 17:00 to 8:00 the next day, avoiding the daytime shift with many walking patients and people.

Results: From February 2018 to January 2019, the number of deliveries from the SICU to the Department of Clinical Laboratory was 3,162, the number of deliveries from the Department of Clinical Laboratory to the SICU was 1,556, and the delivery from the Department of Hospital Pharmacy to the SICU The number of cases was 519, and the number of total deliveries per day was 14.6. There was no collision with the patient or staff during transportation, and there was no damage to the equipment due to the collision during transportation.

As a result of interviews with the staff, the evaluation of the transport system was generally good.

Conclusion: The results of the PoC were generally good, and the safety and effectiveness were confirmed. In the future, we plan to further improve the system and build a system that can be used for a wider range of in-hospital transport operations.

Keywords: Robot, Automatic Transport System, Safety, Efficacy

1. はじめに

病院には薬剤や検査検体などを搬送する業務が多数あり、大半は人手か従来型搬送システムに依存してきた。人手は看護師、薬剤師など医療職が大半で、業務時間が奪われるのが問題であった。ある病院では休日 1 日に薬剤搬送のみで 4 時間を要したと報告している [1]。

別の方法としてエアシュータやレール式搬送システムなど従来型の搬送システムがあるが、これらは導入だけで数千万円以上を要する。加えてレール等の設備がなければ搬送できないことから、レイアウト変更に工事が必要で、追加・変更の自由度は低い。故障すると部分的に搬送できなくなるため修理が必要で、維持費がかさむ。このため、年々厳しさを増している病院経営の中で従来型システムを採用することは困難になってきている。

これらの問題を解決するため、自律型移動ロボットを用いた搬送システムの研究が行われている。自律型移動ロボットは自身で経路を生成し、自己位置を認識しているため、経路を設定するためのガイドが不要であり、無軌道で移動できる。また、人や障害物を避けて走行可能である [2]。今後、ロボットを用いた搬送システムは日本中に普及していくものと考えられるが、そこに至る道はまだ遠い。普及に向けてまずは認知度を引き上げる必要がある。

当院では 2018 年 2 月より、(株)豊田自動織機と共同で自律型移動ロボットによる搬送システムの実証実験を行っている。第 1 期の実証実験が 2019 年 3 月に終了したので、現状を報告したい。

2. 目的

当院にて自律型移動ロボットを用いた搬送システムの実証実験を行ったので、その状況を報告すること。

3. 方法

3.1 ロボット搬送システムの準備の概要

自律型移動ロボット、ロボット運行管理システムの設計と開発は(株)豊田自動織機が担当した。当院はロボットが出入りできるよう、施設の改修などを実施した。ロボットと運行管理システムの間は Wi-Fi で通信を行うため、ロボットが通過する可能性のある廊下やエレベータホールには無線アクセスポイントを設置した。

搬送で使用されるエレベータは実証実験の時間帯は運行管理システムによって、扉の開閉、上下移動を管理することとした。本実証実験で使用するエレベータの中には自律型移動ロボットが侵入するとぎりぎりの広さのため、人間が中にいると危険なものもあった。そこで、安全を確保するために、実

証実験の時間が近づくと、エレベータ内部に人間がいないことを確認し、いなくなった時点で人間が操作できないようにし、ロボット搬送システムだけで占有する仕組みを構築した。実証実験の時間帯終了後は、すみやかに占有状態を解放するようにした。

SICU、検査部・輸血部、薬剤部の各自動ドアは、自動で開閉するようにした場合、ロボットと一緒に悪人が侵入してくる可能性を当該部署のスタッフに指摘されたため、ロボットが各部局のドアの前に到達した時点で運行管理システムから内部のスタッフの PHS、もしくは内線電話に連絡を入れ、中のスタッフが監視カメラでロボットの周囲に怪しい人物がいないことを確認してから自動ドアの解除ボタンを押すというシステムを構築した。

実際の搬送を行う部署のスタッフに対しては説明会を行ったが、その他のスタッフに対しては特に何の周知もしなかった。これは、本ロボット搬送システムは病院内の患者や家族も利用する廊下を走行することを前提としているため、ロボットの搬送路を利用する可能性のあるすべての人に対して周知をするのは困難だからである。周知をしなければ安全に利用できないのであれば、実用には足りないと考えたのである。院内の掲示も実証実験の時間帯に当該エレベータが使用不可になることに対する張り紙のみであった。

その他、ロボットの待機場所の設置や充電器の設置、運用ルールの策定や運用のための人のアサインなどを行い、準備は終了した。

3. 2 ロボット搬送システムの概要

ロボットの諸元を表 1 に示す。

システムはロボット運行管理システム用のサーバと、ロボット 4 台、内線に運行システムから連絡するための呼制御サーバと周辺アプリケーション、自動扉とエレベータの制御盤への通信のための設備、院内無線 LAN からなる（図 1）。ロボットは 2 台が SICU→検査部・輸血部への搬送をメインに行い（待機場所：SICU 内、SICU 入り口付近）、1 台が検査部・輸血部→SICU への搬送をメインに実施（待機場所：検査部付近）、1 台は薬剤部→SICU の搬送を主に行っている（待機場所：病棟地下 1 階の空きスペース）。

実際に搬送するには、まず各部署に配布したタブレットで搬送先を入力すると、待機場所から荷積み場所にロボットがやってくる。次に、到着したロボットに職員証のバーコードをかざすと運行管理システムに登録されている職員だけが認証され、荷物室の扉が解錠される。この認証システムにより、指定された職員以外の何者かが搬送中に積み荷を持ち出すことを防止している。扉を開け、中に荷物をおき、扉を閉めると自動的に施錠され、ロボットの画面に「出発」ボタンが表示される。

表 1　搬送用ロボットの諸元

ロボット寸法	500W×630D×1250H	mm
収納寸法	338W×460D×626H	mm
機台重量	120	kg
最大積載重量	30	kg
最大走行速度	3.6	km/h
最大登坂角度	5	度
最大乗越段差	10	mm
最大溝幅乗越	35	mm

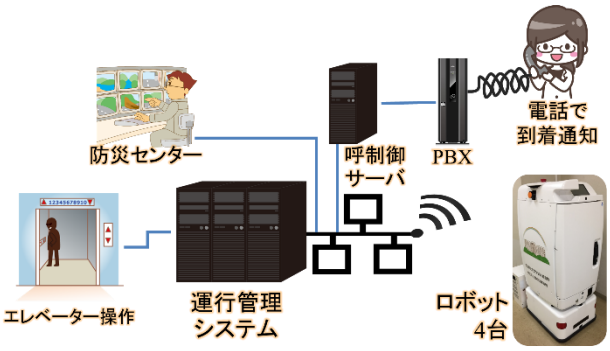

図 1　ロボット搬送システムの概要

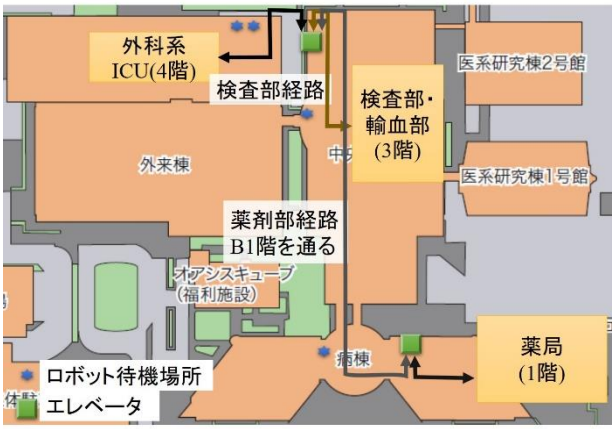

図 2　ロボットの搬送経路

れる。出発ボタンを押すと目的地にロボットが出発する。

ロボットには各所にセンサーが設置してあり、常に周囲を確認しながら走行している。障害物が搬送路上にあるとセンサーがそれを感知し、安全な距離を保って回避する。想定経路から外れても内部に地図を持っているため、自ら経路を再作成して目的地まで走行する。しかし、複数の障害物が密に置かれているなどによって回避のための経路が作成できなくなると、ロボットは停止してしまう場合がある。その場合は、当院の保守要員が現場に駆け付け復旧作業を実施する。

3. 3 実証実験の概要

本実証実験では、SICU に関係する物流搬送のみを対象とした。ロボットが人通りの多いエリアを通過することで衝突などをする可能性を考慮し、そのリスクを低減するために、搬送用のポーターを雇うのが困難な夜勤帯（17 時-翌 8 時）のみで実証実験を行うこととした。搬送ルートは SICU と検査部・輸血部、薬剤部間とした。

実証実験の目的は「院内で安全に使用できるかの確認」、「院内の業務に使用できるかの確認」、「将来（全日・全施設内での使用）に向けた問題点の抽出」とした。共同研究の趣旨の 1 つがロボット搬送システムの普及であり、その趣旨に反するような本院だけで実施できるような特別なものは一切扱わないこととした。

実際の評価項目は搬送実績、異常発生の有無、スタッフに対するアンケートとした。

4. 結果

図 3 に実証実験開始から 1 年間(2018 年 2 月～2019 年 1

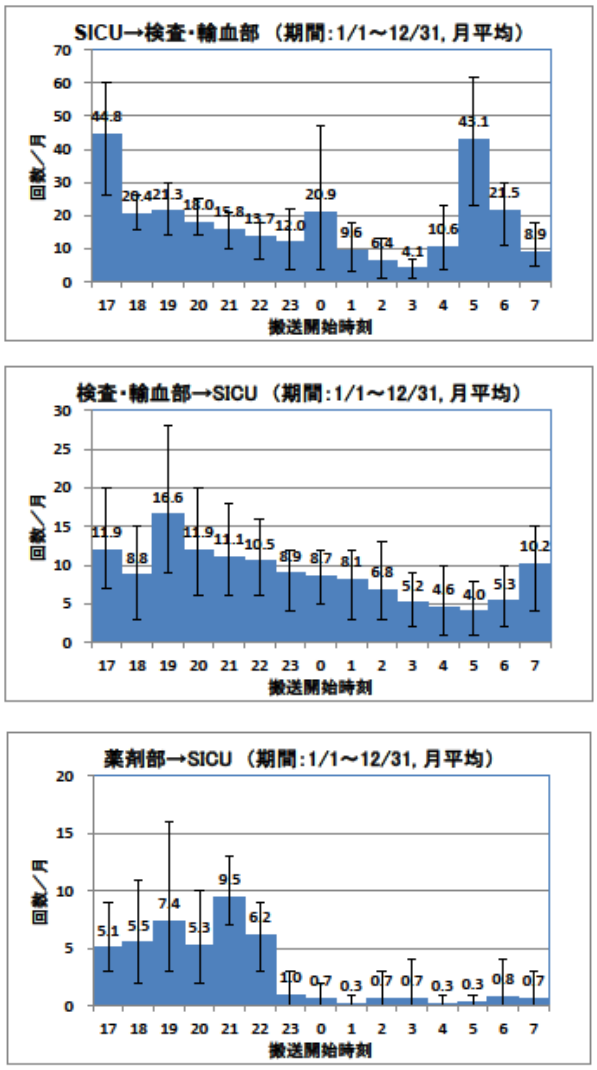

図 3　輸送時刻ごとの搬送件数(1 年間で)

月)の搬送件数の状況を示す。SICU→検査部の搬送は 3162 件、輸血部・検査部→SICU の搬送は 1556 件、薬剤部→SICU の搬送は 519 件であり、1 日当たりの搬送件数は 14.6 件であった。

SICU→検査部・輸血部の搬送では、17 時と 5 時～6 時の搬送件数が多かった。逆に、検査部・輸血部→SICU は輸血製剤の搬送が主であり、総じて時間帯による差異は認められなかった。薬剤部→SICU はほとんどの搬送が 22 時までに集中しており、それ以降の搬送はほとんど認められなかった。

SICU→検査部・輸血部の搬送では、呼び出しから目的地に到着までの時間は平均で約 10 分、薬剤部→SICU の搬送では平均で約 20 分を要した。

ロボットが停止する必要があるような重大な異常は稼働当初には週に数件ペースで発生していたが、現在はたまに発生する程度である。また、搬送中に患者やスタッフへ衝突してケガをさせたことは 1 件もなく、搬送中に備品などに接触して破損したことも全くなかった。

実証実験中に行ったアンケートでは、おおむね良好な評価が得られており、利用継続を希望する回答がほとんどであった。ロボットに対する要望では、日勤帯での利用を求める声が多かった。その他、稼働時間中のエレベータ占拠に対する懸念や搬送中に停止すると再稼働しない限り荷物が来なくなってしまうため、なるべく止まらないようにしてほしいとの意見、部署のドアを運行管理システムで自動制御してほしいという要望などが挙げられた。

5. 考察

今回、自律型移動ロボットを用いた搬送システムの実証実験について報告した。搬送件数に関しては、旧 SICU 時代にリニア搬送システムを使用していた時と比較しておよそ半分となっている（データ未提示）が、これはリニア搬送システムと比較して一度に運べる量が格段に増えているために、今まで複数回に分けて運んでいたもの（特に検体）を 1 回で搬送できるようになったことが関係しているものと考える。

SICU→検査部・輸血部の搬送では、夕方と早朝の件数が多かったが、これは夕方と朝では事情は異なると考えられる。夕方に関しては、ロボットが稼働する時刻が近づいてくると採血検体をロボットが稼働するまで待って（そうでないと誰かが検査部まで運ばなければならない）搬送するケースが多かったことが原因である（つまりは省力化目的である）。一方、早朝に関しては当院では毎日大量の検体が朝に発生するため、朝の採血で早めにデータがほしい場合には朝 5 時台に検体を送る必要があることが理由と考えられた（つまりは当院の特殊事情が原因である）。

薬剤部→SICU はほとんどの搬送が 22 時までに集中していたが、これは薬剤をすぐに取り寄せる必要があるのがその時間帯に多いためと考えられる。それは、当院の SICU は術直後の重症患者を受け入れるのがメインの業務であり、ほとんどの大手術が予定手術である当院では、SICU に入るような手術の終了が 23 時を超えることはまれだからである。このように搬送実績は単にロボットの実用性を確かめるために使用できるだけでなく、使用部局の業務の状況を浮き彫りにする有用なツールといえる。

SICU→検査部・輸血部の搬送では、タブレットでの指示入力から搬送終了までの時間は約 10 分、薬剤部→SICU の搬送は約 20 分かかったが、SICU と検査部の間を人間が移動するには 3-4 分かかり、SICU から薬剤部まで人間が行くのに 7-8 分かかるので、検査部や薬剤部に人が搬送することを考えれば、そこまで所要時間に差がないと思ってよいのではないかと考えている。

アンケートの結果はおおむね良好であったが、これは搬送システムがロボットしかなかったため、運んでくれればなんでもよかったという可能性はある。しかし、逆に言えば搬送システムとして本ロボット搬送システムがしっかり機能していたことを指し示しているとも考えられる。特に周知も取り決めもせず（搬送経路の廊下に物を置いて完全にふさいでしまわないようにはお願いしたが）、事故を起こしていないことも併せて考えると、当初の実証実験の目的である実用性と安全性は確認できたものと考える。

搬送ロボットの課題抽出に関しては常時行っており、適宜解消に向けた改善を行っているため、現時点で残っている課題は少ない。最大の問題点は、日勤帯のように廊下に患者やその家族がたくさんいる状況でも安全に、実用的なレベルで搬送できるかという点である。これに関しては、現在第 2 期の実証実験として休日日勤帯での運用に向けた準備を進めており、そこで明らかになるものと考えている。

6. 結論

当院にて自律型移動ロボットを用いた搬送システムの実証実験を行った。実証実験の結果はおおむね良好で、安全性、実用性は十分確認できた。今後はさらなるシステムの改良を

行い、より広範な病院内搬送業務に使用できるシステムを構築していく予定である。

参考文献

1) 加藤 進治. 小まめな搬送のロボット化 「自律搬送ロボット HOSPI」のお役立ち. 松下記念病院. 2011. [https://phio.panasonic.co.jp/kinen/pc/hospi/pdf/hospi_01.pdf (cited 2019/09/05)]
2) 村井亮介, 酒井龍雄, 上松弘幸, 中嶋久人, 三谷宏一, 北野斉. 自律移動ロボット群による搬送システムの実用化. 日本ロボット学会誌 2010; 28: 311-318.