

移動式サイネージのための 昇降機構を用いた天井移動ロボット

上田 優弦^{1,a)} 高田 峻介¹

概要：商業施設向けの広告提示の手法として自律移動型サイネージが開発されている。しかし、人ごみの中を走行するロボットが歩行者の邪魔になってしまう。この問題に対し、本研究では未活用である天井空間を自律移動する2台のロボットを用いて、協調動作により広告の移動や回転および、パンタグラフによる広告の天井への収納、利用者の見える位置への展開が可能なロボットを示す。本稿にて2台の toio を用いたプロトタイプを作製し、荷重による移動や回転動作への影響、荷重とパンタグラフの昇降量の関係を検証する。

1. はじめに

空港や商業施設にて広告効果の高い場所に自律移動可能なサイネージロボットが開発、利用されている [1][2]。これらのサイネージロボットは LiDAR センサ等を用いて歩行者や障害物を回避できるが、大勢の人がいる環境において歩行者の邪魔になってしまう問題がある。

この問題に対し、本研究では未活用である天井空間を自律移動する2台のロボットを用いて、協調動作により広告の移動や回転および、パンタグラフによる広告の天井への収納、利用者の見える位置への展開が可能なロボットを示す。

2. 関連研究

本研究は天井空間を移動する2台のロボットを活用した移動型サイネージである。関連研究として移動型サイネージおよび天井を活用した群ロボットに関する研究を挙げ、本研究との差異を述べる。

2.1 移動型サイネージに関する研究

林らは TurtleBot2 を用いて自律移動するデジタルサイネージシステムを開発し、移動しながらのコンテンツ切り替えや博物館案内へ応用している [2]。長谷川らは自律移動型デジタルサイネージが人を探して追従するという生物らしさがもたらす情報伝達効果を研究している [3]。商業的にも THK の自律移動型サイネージロボットや ALSOK の An9-PR などが挙げられる [4][5]。

これらの手法は地上を走行するロボットを用いている

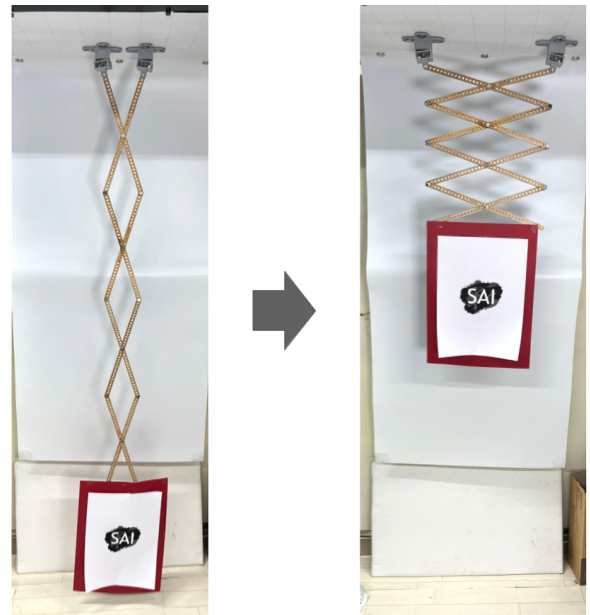


図 1 パンタグラフを搭載した天井移動群ロボット

が、提案手法は天井を活用することで人の邪魔にならずに広告提示できる点で異なる。

2.2 天井を利用した群ロボット

磁力を用いて天井を自律移動する群ロボットの研究として AeroRigUI[6] や ThrowIO[7] が挙げられる。AeroRigUI は天井を移動する群ロボットとライト等の物体を糸で繋ぎ、各ロボットの糸の巻き取りによって糸の長さを調節することにより、空中での物体の位置や向き、姿勢を制御する手法である。ThrowIO は天井を移動する群ロボットが磁石のついた物体を運搬し、協調動作により天井から落下させることが出来る。提案手法は2台のロボットおよびパ

¹ 神戸市立工業高等専門学校 電子工学科

^{a)} r120309@g.kobe-kosen.ac.jp

ンタグラフを用いることで、ロボットの位置関係のみで、位置・向き・昇降量がすべて決定できる点で異なる。

3. 実装

提案するロボットは磁性を持つ天井に磁石を介して貼り付き、走行が可能な2台のロボットの協調動作により広告を保持するパンタグラフの位置・向き・昇降量をコントロールするものである。ロボットには主にアタッチメント/パンタグラフ/ジョイントパーツの3種類のパーツを装着する。アタッチメントはロボットに天井に貼り付くための磁石を装着するパーツである。パンタグラフは2台のロボット間の距離に応じて昇降するパーツである。ジョイントパーツはアタッチメントとパンタグラフを接続するためのパーツであり、各ロボットが旋回してもパンタグラフの向きが変わらないようにする。

3.1 天井走行が可能な群ロボットとアタッチメント

ロボットには SONY 社製の toio^{*1}を用いる。toio に図2に示す磁石を搭載したアタッチメントを取り付け、天井に見立てた鉄板に貼り付き走行する。アタッチメントは3Dプリンタを用いて PLA で製作した。各重量は toio が 27g、アタッチメントが 13g である。使用した磁石を表1に示す。表1より磁力の弱い磁石を使用すると、磁力が足りずパンタグラフを昇降させる際にロボットが落下してしまう。また表1より磁力の強い磁石を使用すると、移動などの基本動作に影響が出てしまう。1台の toio に対して磁石 A を進行方向に対して左右に1つずつ、磁石 B を前に1つ装着した。磁石 B を前方向に1つのみとした理由は、toio が常にパンタグラフに引っ張られるため、パンタグラフと反対側の磁石 B を用いてその力の影響を減らすためである(図3)。

表 1 : 使用磁石一覧

磁石	直径 [mm]	穴 [mm]	厚さ [mm]	吸着力 [kgf]
A	18	3	3	3.92
B	14	なし	3	2.17

3.2 パンタグラフ

広告の昇降のために製作したパンタグラフを図4に示す。パンタグラフは 290mm×12mm×2mm の合板を組み合わせて製作した。合板の軽量化のために組み立て用の穴以外に、φ5の穴を7.5mm 間隔で合計32個開け肉抜きした。本研究では図4の赤枠で囲まれた部分を1段とし、パンタグラフ機構の重量は1段で13g、4段で52gである。伸ばし切ったパンタグラフの天井から先端までの距離は、アタッチメントやジョイントパーツも含め3段のとき85cm、4段のとき110cmである。

^{*1} ソニー株式会社. toio. <https://toio.io/>

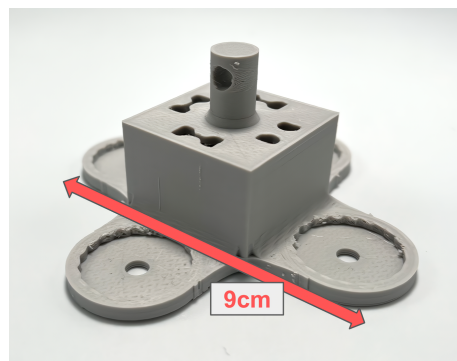


図 2 toio 用アタッチメント

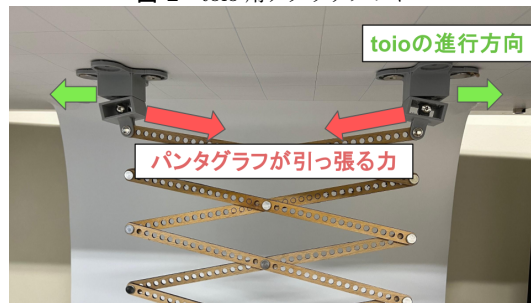


図 3 昇降時の toio にかかる力

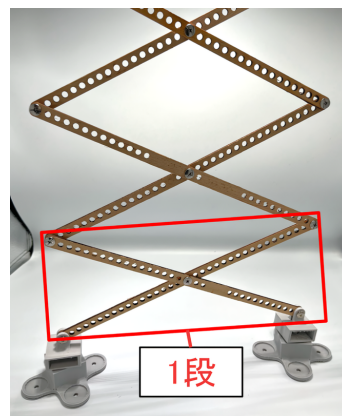


図 4 パンタグラフ

3.3 ジョイントパーツ

アタッチメントとパンタグラフを、図5に示すジョイントパーツを介して接続した。ジョイントパーツによって各ロボットの向きとパンタグラフの向きが同期しない。これによりロボットの旋回動作がパンタグラフの向きや高さに影響しない。またパンタグラフ昇降時にジョイントパーツが傾くことにより、アタッチメントにかかる力が分散され、より高く昇降できるように設計した。

4. 実験

実装したロボットの昇降における耐荷重を調べるためにパンタグラフの先端に重りをつけ、重りの重量と昇降距離の関係を測定した。

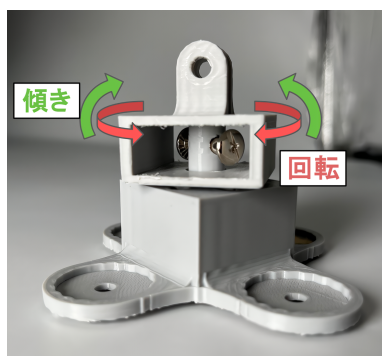


図 5 ジョイントパーツ

4.1 実験環境

実験環境を図 6 に示す。鉄板を天井として利用し、鉄板表面にロボットの自己位置や向き認識のために 3 枚の toio マットを繋げて貼り、その上を toio を走行させた。

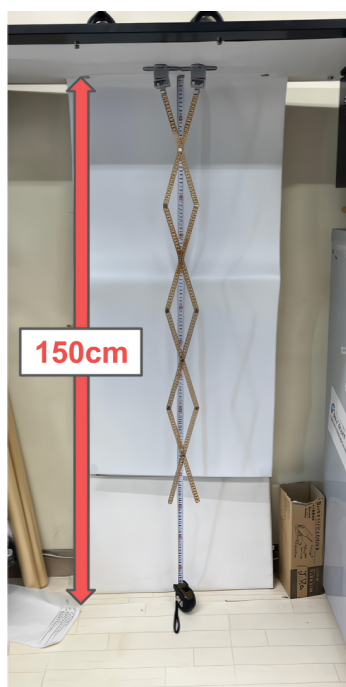


図 6 実験環境

4.2 走行実験

実装したプロトタイプを用いて、どの程度の荷重であれば走行、回転できるかを調査した。パンタグラフの先端に袋を取り付け、袋に重りとしてスティックシュガー（一本 6g）を入れる。各重量で直進走行とパンタグラフの回転ができるかを確認する。直進走行の実験では、toioDo^{*2}で 2 台の toio に「前に速さ 100 で 2 秒動かす」という命令を与えた。パンタグラフの回転実験では、片方の toio を軸に、もう片方の toio に「左タイヤを速さ 50、右タイヤを速さ 40 で 1 秒動かす」という命令を与えた。また回転実験は 2 台の toio

間の距離が 2cm と 4cm の 2 種類で測定した。実験結果を表 2 に示す。

直進走行の実験では、荷重が 90g を超えると直進できずに大きく横に逸れてしまった。回転実験では toio 間の距離が 2cm の時は 60g を、4cm の時は 30g を超えると toio が途中で動かなくなってしまった。どちらの実験においても、荷重を増やすと図 3 のようにパンタグラフが内側に引っ張る力が大きくなり、toio の片方のタイヤが浮き、直進や回転の動作に影響を与えたと考えられる。

表 2 : 走行実験結果

荷重	直進走行	回転 (2cm)	回転 (4cm)
0g	○	○	○
30g	○	○	×
60g	○	×	×
90g	×	×	×

4.3 荷重ごとのパンタグラフの昇降実験

実装したプロトタイプを用いて、どの程度の重さの広告を保持、昇降できるかを調査した。パンタグラフの先端に袋を取り付け、袋に重りとしてスティックシュガー（一本 6.3g）を入れ、重量の増加に対して昇降距離がどのように変化するかを評価した。重りをつけ、パンタグラフが伸びきっている状態から toio を動かし、パンタグラフを昇降させ、パンタグラフの先端が元の位置から何 cm 上昇したかを計測した。荷重は袋や袋をかけるフックも含めて 0g-100g の範囲で 6g 間隔に測定し、パンタグラフは 3 段組と 4 段組でそれぞれ実験を行った。袋と袋をかけるフックの重量は合わせて 24g である。図 7 は高さ 2.4m の天井における床からパンタグラフまでの距離の変化をグラフ化したものである。例として床からの距離を 180cm 空けたい場合、図 7 から 3 段のパンタグラフでは約 50g の荷重までかけられるのに対し、4 段のパンタグラフでは約 10g 程度しか荷重をかけられないことが分かる。

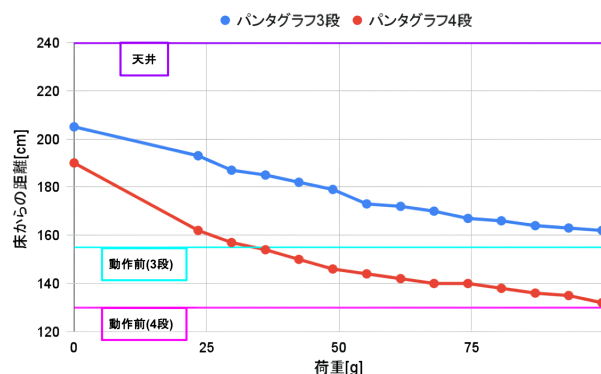


図 7 高さ 2.4m の天井における床からパンタグラフまでの距離

*2 ソニー株式会社.toio Do — toio (トイオ) <https://toio.io/do/>

5. 今後の課題

提案手法の課題を以下に示す。

5.1 耐荷重

4.2 節の重量実験の結果より、現状ではポスターなどの軽いものしか昇降出来ず、重いものを持ち上げることができない。原因として toio のパワー不足や磁石の力不足などが考えられるが、これ以上磁力が強い磁石を搭載すると、移動や toio の旋回など昇降以外の動作に影響が出てしまう。一般的な A3 のポスターは約 15g であるため昇降することが出来るが、デジタルディスプレイのような重いものを持ち上げるためには toio よりパワーが強いロボットを使用する必要がある。

5.2 パンタグラフの昇降と他の動作

また、プロトタイプにてパンタグラフが伸びきっている状態でないと移動や回転などの動作が行えない問題がある。図 3 のように、パンタグラフが縮んでいる状態では、内側にパンタグラフに引っ張られる力が働く。引っ張られる力に耐えて安定した昇降を行うため、提案手法では引っ張られる力の反対方向に磁石を搭載し、落下を防いでいる。しかし移動や回転を行うためには、まず toio が旋回しなければならない。toio が旋回すると、パンタグラフに引っ張られる力に対する磁石の位置が変わり、力に耐えられなくなり toio が落下する。そのため、パンタグラフが縮んだ状態では移動、回転は難しい。

広告の移動時には、歩行者の邪魔にならないように収納することを考え、今後はよりパワーの強いロボットへの変更や磁力の強い磁石を採用することで、改善を図る。

6. まとめ

本稿にて移動式サイネージを目的とした、パンタグラフでの昇降機構を用いた天井移動ロボットを示した。2 台の toio を用いてプロトタイプを作製し、サイネージの移動や回転、昇降などの動作を実装した。作製したプロトタイプを用いて、荷重による移動や回転動作への影響、荷重とパンタグラフの昇降量の関係を検証した。

一方で、軽量の物体でないと移動や回転、昇降を行えないことやパンタグラフが縮んだ状態では移動や回転を行えないなどの課題がある。今後は使用ロボットを toio から他のロボットに変更することによる耐荷重の増加、パンタグラフが縮んだ状態での移動や回転の実装を行う。

参考文献

- [1] 株式会社スマートロボティクス. デジタルサイネージロボット「Adrobot」-製品紹介-. <https://www.smartrobotics.jp/products/AdRobot> (Accessed: 2024/12/24)
- [2] 林 勇佑, 早川 栄一. TurtleBot2 を用いた自律移動可能なデジタルサイネージの開発. 第 79 回全国大会講演論文集, Vol.2017, No.1, pp.109-110, 2017.
- [3] 長谷川 大, 安彦 智史, 小林 裕, 佐久田 博司. 自律移動型デジタルサイネージにおける生物らしさがもたらす情報伝達効果. 情報システム学会誌, Vol.11, No.1, pp.1-12, 2015.
- [4] THK 株式会社.TOP SEED Solutions. <https://www.seed-solutions.net/> (Accessed: 2024/12/24)
- [5] 総合警備保障株式会社.【ALSOK ニュース】日本初、電子看板機能を搭載した自動走行型インフォメーションロボットを販売開始 https://www.alsok.co.jp/company/news/news_details.htm?cat=2&id2=307 (Accessed: 2024/12/24)
- [6] Lilith Yu, Chenfeng Gao, David Wu, and Ken Nakagaki. 2023. AeroRigUI: Actuated TUIs for Spatial Interaction using Rigging Swarm Robots on Ceilings in Everyday Space. In Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '23). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 235, 1–18.
- [7] Ting-Han Lin, Willa Yunqi Yang, and Ken Nakagaki. 2023. ThrowIO: Actuated TUIs that Facilitate “Throwing and Catching” Spatial Interaction with Overhanging Mobile Wheeled Robots. In Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '23). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 694, 1–17.