

行列式を用いた拡張テオ・ヤンセン様機構の特異姿勢解析国際会議を通じて得たこと

生命体工学研究科脳情報専攻 D2 古茂田 和馬



はじめに

私は、フランスのブサンソンで開催された国際会議 AIM 2014, IEEE /ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics に2014年7月8日から11日まで参加し、研究発表を行いました。この国際会議は地元フランス、ヨーロッパ、アメリカ、アジアと世界各国の大学から454件の応募があり、査読の結果309件の論文が採択されました。

会議の焦点

この国際会議の目的は、知的なメ

カトロニクスと Smart matter に関する最新動向や研究成果について報告および議論をすることです。センサやアクチュエータといった機器の特性から、ロボット工学や生体工学といった統合システム、または MEMS などのデバイス関連と様々な工学分野に関する研究報告が行われました。

研究概要

私は生物歩行を滑らかに再現するリンク機構を有する多脚ロボットの持つ歩容の拡張およびその数理的解析に関する研究を行っています。本国際会議では、生物骨格を模し、風力だけで砂浜を歩く多脚機構として知られるテオ・ヤンセン機構において、農地や災害地などの不整地を歩くために脚を高くあげる歩容パターンを生成する拡張方法の数理的解析および特異姿勢の解析手法を提案しました。マルチボディダイナミ

クスを用いてリンク機構を数理モデルとして表現し、解析できることを示しました。さらに機構のヤコビ行列を導出し、行列式を評価することによって、特異姿勢が解析でき、リンク機構の特定角が、姿勢の決定にとって重要な因子になることを明らかにしました。この特異姿勢の解析は、機能的な軌道を生成する際の評価関数になりえることがわかってきました。

国際会議の様子

会議初日の21日は、Prof. John M. DUDLEY によるフォトニクスの技術に関する招待講演から始まりました。招待講演後には、6つ部屋で口頭発表が行われました。私もこの日、脚ロボットのセクションにおいて、「行列式を用いた拡張テオ・ヤンセン様機構の特異姿勢解析」に関する発表を行いました。

歩行を再現するリンク機構には、シリアルリンク機構を用いる立場とパラレルリンク機構を用いる立場があります。シリアルリンク機構は、二足歩行モデルに用いられており、自由度が高い反面制御が煩雑です。

Hypothesis

- Finding moveable ranges before lock-up.
- TJM has three conditions determined by angle CO_2D .

(a) $CO_2D < \pi$ (b) $CO_2D = \pi$ (c) $CO_2D > \pi$

Can TJM classify a singular configuration depends on angle CO_2D ?

Formulation of the TJM using MBD

- Generalized coordinates are given as 36 parameters.

$$\{q_i = [x_i, y_i, \theta_i]^T \mid i = 1, 2, \dots, 12\}$$

Kinematic constraint equations

$$\Phi(q, t) = \begin{bmatrix} \Phi^K(q) \\ \Phi_{O_1}^{no(0)}(q, t) \end{bmatrix}_{36 \times 1} = 0$$

Jacobian matrix

$$\Phi_q = \begin{bmatrix} \frac{\partial \Phi(q, t)}{\partial q} \end{bmatrix}_{36 \times 36}$$

Theo Jansen-like mechanism (TJM)

- Transformation from the circle orbit to the ellipse orbit.
- Three legs can synchronize due to one crankshaft.
- Phase differences are 120 degrees.
- Minimum unit is constructed as six legs.

∠CO₂D が姿勢決定のパラメータになると仮説を立てた
マルチボディダイナミクスによるリンク機構の数理記述
滑らかな歩行を再現できるテオ・ヤンセン機構の模式図

パラレルリンク機構は自由度が低い反面、頑健性に富み、複雑な制御を必要としないという利点があります。私が研究対象としているテオ・ヤンセン機構もパラレルリンク機構であり、頑健性を有し、滑らかな歩行を再現することのできる機構です。パラレルリンクの問題点に、その機構の拡張性と数理記述の難しさが挙げられます。私たちは、このような問題に対して、自由度を増やすことによる機構の可動性の拡張および、多体系の剛体記述に有利な手法であるマルチボディダイナミクスを用いた数理解析を行いました。また同手法



会議にて拡張モデルを説明中の筆者

により、機構の位置と姿勢を表現するヤコビ行列の導出を行い、拡張テオ・ヤンセン機構に適応し、同機構の有する特異姿勢の解析を行えることを示し、本国際学会にて発表しました。

発表後、モデルの数理記述法に関して、妥当なモデルであるとのコメントをいただき、研究成果に手応えを感じる事ができました。また特異姿勢の解析方法については、今回提案した行列式を用いた方法が最善の方法であるかといった指摘もいただき、今後の研究における検討課題になりました。発表を通して、機構の姿勢解析方法について関心を持っている研究者が多く、様々な解析のための評価関数として用いられていることを再認識しました。解決すべき問題を研究者間で共有し、深く議論していくことが必要であると強く感じる事ができました。

ワークショップおよび工場見学

国際会議の前日には、ワークショップが、会議の後日には工場見学がありました。私はワークショップでは、Programmable matterに

関する講演に参加し、プログラムによつてどのように物理特性を制御するかについて学びました。工場見学では、ALSTOMグループの発電機工場を見学しました。薄い金属の板を重ね、加工していくことにより大型のタービンを製造していく過程は、見ていて圧巻でした。

おわりに

今回の国際会議を通じて得たことは、問題意識の共有です。如何にして、解かなければならない問題を研究者間で認識し、議論し、提起し、解くかということです。常にこの問



発電機製造工場を見学した際に

題意識を持つて研究に取り組まなければならぬということに再認識できました。このような気鋭の会議に参加できたのも、我妻広明准教授の朝夕惜しみないご指導ご鞭撻のおかげです。ありがとうございます。そして、国際会議参加における旅費支援につきましては、本明専会より貴重な奨学金を賜りましたことに、心より感謝申し上げます。



ブザンソンの城砦から霧に隠れた市街地を見渡して