

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年6月15日現在

機関番号：33302

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2011

課題番号：22760196

研究課題名（和文）飛行ビークルのための多脚型対地適応システム

研究課題名（英文）

Multi-Leg System for Aerial Vehicles

研究代表者

土居 隆宏（DOI TAKAHIRO）

金沢工業大学・工学部・講師

研究者番号：40410633

研究成果の概要（和文）：

飛行ビークルの対地適応性を向上させるために搭載可能な脚機構のコンセプトを提案した。理想的な速度特性を持ち衝撃吸収をしやすい脚機構を平行リンクを用いて構成し、2脚モデル、3脚モデルを製作し、不整地での衝撃吸収と地形適応の動作試験を行った。クワッドローターのヘリコプターに本機構を搭載し、飛行と地形適応が可能であることを示した。飛行ビークル自体の移動自由度を利用し、省自由度で着地点を任意に選び胴体部を水平に保つことができる機構を考案し、実験により有効性を確かめた。

研究成果の概要（英文）：

As a system of aerial vehicle and landing gear for landing smoothly on general undulating ground, a concept of multi-leg system was proposed. Leg mechanisms that have symmetric parallel links for soft landing was developed and landing performance was verified. Flying performance loading every control, actuation and power equipments and landing performance maintaining its body horizontal on stepped ground were evaluated experimentally. Adaptive leg mechanism to irregular terrain with reduced number of actuators was proposed and landing performance was verified. That utilizes the DOFs of the aerial vehicle.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合 計
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
年度			
総 計	1,900,000	570,000	2,470,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学・知能機械学・機械システム

キーワード：ロボティクス，脚ロボット

1. 研究開始当初の背景

小型ヘリコプターを用いた飛行ロボットの研究が近年急速に進み、センサを使つての自律航行や様々なアクロバット飛行が可能となつてきている。ところが、その降着装置としてはスキッドやタイヤ、フロートなどが大多数であり、傾きの小さな平地でしか離着陸は困難であった。

飛行ビークルにとって災害救助などでヘリポート等のインフラが未完成な環境においては従来の降着装置では降りるすべがなく、ホバリングで上空に滞在し、種々の作業を行うことが一般的であったが、多大な燃料を消費し、航続距離が短くなるなどの問題点があった。

そこで、歩行ロボットなどで使われている多関節脚機構とその制御の知見を、飛行ロボットの対地適応システムに生かすことで、従来にない対地適応性が実現でき、不整地での離着陸が自由にできることから飛行ビークル、飛行ロボットの活動範囲が大幅に広がると考えられる。

2. 研究の目的

飛行ビークルの降着装置として使用可能な多脚・多関節からなる図1に示すシステムを提案し、小型モデルを用いた実験によりその有効性を示すことを目的とした。

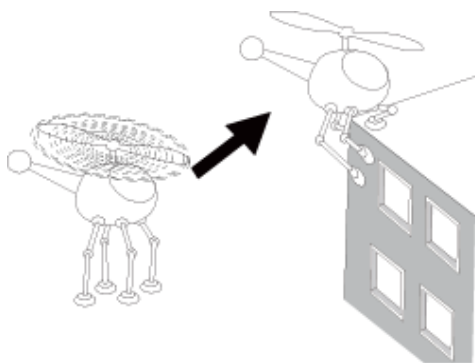


図1 多脚型対地適応システム

3. 研究の方法

(1) 飛行ビークルの降着装置に適した脚機構として初速が大きく、次第に減速することが可能な平行リンクからなる脚機構を考案し、その運動学、速度特性の解析を行う。

(2) 考案した脚機構案に基づき、実際に可動するモデルを、鉛直方向の特性を確認する1脚モデル、段差への適応を確認できる2脚モデル、自立可能な3脚モデルの順に開発する。

(3) 無線操縦可能なヘリコプター模型に提

案する平行リンクを有する小型の機構と接触センサを搭載し、飛行と着地実験を行う。

(4) 飛行ビークル自体の移動自由度を利用した、自由度を削減した機構の提案と性能検証を行う。

4. 研究成果

(1) 飛行ビークルの降着装置に適した脚機構として平行リンクを利用したものを提案した。脚機構に求められる特性としては、落下から脚先が接触した直後に高速に脚を引き上げる動作が必要であり、その後減速し、最終的に停止する。この特性は、落下速度に関わらず、すべてのソフトランディングに必要な特性である。このような特性はアクチュエータ制御により得ることもできるが、機構自体がそれに適した特性をもっていれば、アクチュエータの特性の良い領域で一定の回転数で駆動しながらソフトランディング動作が実現できる。これに適した図2に示す上下対称に機構的に拘束された平行リンクからなる機構を考案した。(1)が全体の形状、(2)が関節角度の一定変化に対する全体の高さ変化を表しており、最初に急激に降下し、しだいに変化がなだらかになる様子を表している。

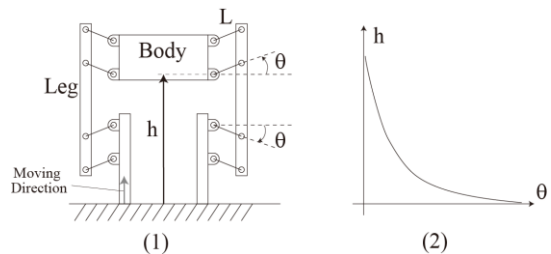


図2 平行リンクからなる衝撃吸収と対地適応機構

(2) 考案する脚機構の有効性を実機により示した。まず1脚モデルを開発し、平行リンクの上下対称形状の拘束のため、ギアを組み込んだ形とした。さらに、落下実験を行い、加速度を計測することで、提案する機構が製作可能なものであり、衝撃吸収性能を満たすことを確認した。次いで同様の機構を用いて図3に示す2脚モデルを開発し、衝撃吸収に加え、脚先の位置制御を利用して不整地に適応可能であることを示した。さらに3脚モデルを開発し、実際に胴体部を支持可能な3脚状態においてもタッチセンサを利用した着地と胴体保持制御が可能であることを示した。

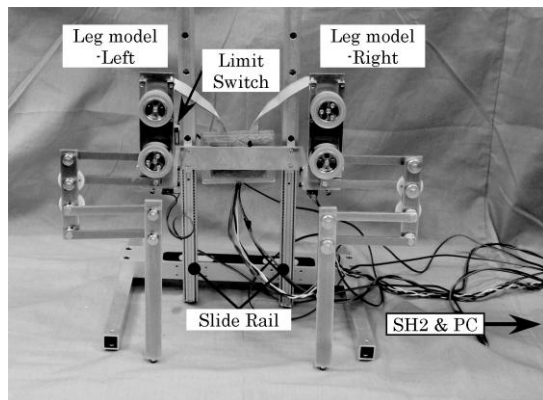


図3 2脚モデル

(3) ペイロードの大きい (1.2kg 程度) クワッドローターの模型ヘリコプター (GAUI330X) をベースに, そのペイロードに収まる形で搭載可能な小型軽量の脚モデルを開発した (図4). これには計測範囲が長いセンサと, 十分接近してから反応させる近接センサ, 加速度センサ, 制御用回路とマイコン, 動力源のバッテリーを含み, ローター制御は無線コントローラから, 脚部制御はマイコンからセンサにより自律的に制御できるように構成した. システムを積載した状態で飛行と着地動作が実現できることを確認した

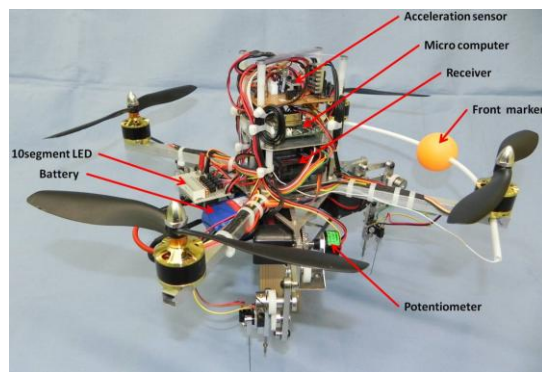


図4 飛行可能な多脚型対地適応システム

(4) 飛行ビークル自体の移動自由度を利用した省自由度機構の提案と性能検証を行った. 対地適応機構が着地点を任意に選択し, 胴体部を水平に保つのに必要とされる自由度構成を確認した. 通常 9 自由度を有する 3 脚機構に対して 5 自由度で着地点選択と胴体部保持が可能なリンク機構を提案し, 図5に示す機構を製作し, 実機を用いた実験により, 不整地への適応動作と, 胴体保持機能を確認した.

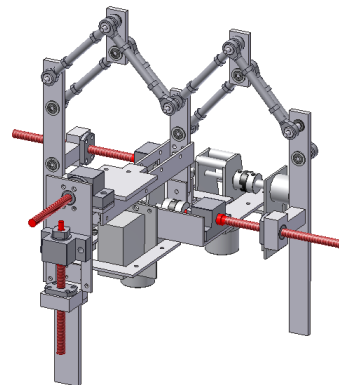


図5 省自由度脚機構

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 2 件)

①Takahiro Doi, Kazunori Miyata, Takamasa Sasagawa and Kenjiro Tadakuma, ``Multi-Leg System for Aerial Vehicles'', Journal of Robotics and Mechatronics, Vol.24, No.1, pp.174-179, 2012. (査読あり)

② Kazunori Miyata, Takamasa Sasagawa, Takahiro Doi, and Kenjiro Tadakuma, ``A Study of Leg-Type Landing Gear for Aerial Vehicles - Development of One Leg Model -'', Journal of Robotics and Mechatronics, Vol.23, No.2, pp.266-270, 2011. (査読あり)

〔学会発表〕(計 4 件)

①柴田知明, 土居隆宏, 多田隈 建二郎, “飛行ビークルのための省自由度対地適応機構の研究”, 第12回計測自動制御学会 システムインテグレーション部門講演会 2011 予稿集, 1M2-1, 2011, December, 1M2-1. (査読なし)
発表日 2011/12/23, 京都大学.

②笹川敬正, 宮田和典, 土居隆宏, 多田隈建二郎, “飛行ビークルのための多脚型対地適応システムの研究- 二脚モデルの動作試験-”, ロボティクス・メカトロニクス講演会'11 予稿集, 1A2-001, May, 2011. (査読なし)
発表日 2011/5/27, 岡山コンベンションセンター

③Takahiro Doi, Kazunori Miyata, Takamasa Sasagawa, and Kenjiro Tadakuma, ``Multi-Leg System for Aerial

Vehicles'', International Conference on
Advanced Mechatronics, 2010, 2C3-4,
October 4-6, 2010, Osaka University, Suita,
Osaka, Japan. (査読あり)
発表日 2010/10/6 大阪大学

④宮田和典, 笹川敬正, 土居隆宏, 多田隈建
二郎, ” 飛行ビークルのための多脚型対地適
応システムの研究- 一脚モデルの動作試
験”, ロボティクス・メカトロニクス講演会
'10 予稿集, 1A2-C22, 2010, 旭川 (査読な
し)
発表日 2010/6/1 旭川大雪アリーナ

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等
なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

土居 隆宏 (DOI TAKAHIRO)
金沢工業大学・工学部・講師
研究者番号: 40410633

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号: