

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 24 日現在

機関番号：82626

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23560963

研究課題名(和文) ダイナミックインバージョン制御を用いた重力制御姿勢安定化飛行体の研究

研究課題名(英文) Research of the pendulum gravity control postural stabilization flight robot using dynamic inversion control

研究代表者

岩田 拓也 (Iwata, Kakuya)

独立行政法人産業技術総合研究所・知能システム研究部門・主任研究員

研究者番号：70356533

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円、(間接経費) 1,170,000円

研究成果の概要(和文)：ダイナミックインバージョン制御ソフトウェアを入れる組み込み制御回路の設計と回路基板の製作を行い、1/3スケールの実験機に搭載し実験を外乱に対する姿勢制御実験を行った。高いサンプリング周波数の角速度センサ(ジャイロセンサ)フィードバックと角加速度センサを組み合わせることで、摂動運動を抑制する効果が得られることが明らかとなった。これらの成果を利用して、新潟スカイプロジェクトにて、推進機関であるターボジェットエンジンの研究開発と、電動高推力2軸制御アクチュエータの開発、炭素繊維複合材による軽量構造機体の開発を実施し、振り安定制御式無人航空機を製作。研究成果の実応用を目指す。

研究成果の概要(英文)：The design of an inclusion control circuit and the manufacture of an electric circuit which put into dynamic inversion control software were performed, and it built in the test prototype of 1/3 scale, and conducted the attitude control experiment of as opposed to aerial disturbance for an experiment. It became clear that the effect which controls rolling motion is reduced by combining angular velocity sensor (gyroscope sensor) feedback and the angular acceleration sensor of a high sampling frequency. Using these results, in the Niigata sky project, the research and development of the turbojet engine which is a lightweight body, development of the electric high thrust control actuator of 2 axes, and lightweight body using a carbon fiber composite material is developed, and a pendulum stable control type unmanned aerial vehicle is manufactured. Real application of the result of research is aimed at.

研究分野：フロンティア

科研費の分科・細目：航空工学

キーワード：無人航空機

様式 C - 19、F - 19、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

無人航空機が社会に役立つデバイスとなるためには、航空機が巡航時降下しない危険高度150m以下での飛行により、地上へのサービスのためのアクセス性を向上させるため、低高度でも安定した姿勢バランス制御性を獲得しなければならない。

2. 研究の目的

低高度低速でも安定した姿勢バランス制御法の解明する。

3. 研究の方法

空気を介さず瞬時に働く重力を利用した振り子姿勢制御法を用いる。(図1)重力制御では、失速領域を含めた制御が可能となるため、相転移制御の研究を行う。また、ダイナミックインバージョン制御関数は非線形となるため、相転移制御を含めた不連続非線形制御法を明らかにする。(図2, 3)



図1 実機サイズの実験機による飛行実験

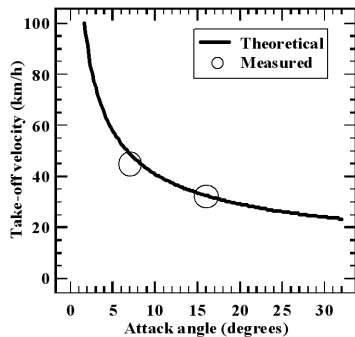


図2 翼迎角による飛行速度曲線

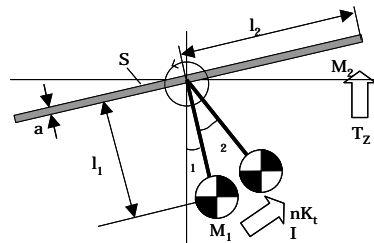


図3 ダイナミックインバージョン制御のためのモデル化

4. 研究成果

重力を用いた振り子制御では、タンポポの種子形状のような本質安定と、センサフィードバック制御による機能安全のハイブリッドによりロバストな安全性を得る。(図4)センサ計測値は図5の制御基板に入力され、図6

のアクチュエータを駆動し、環境や状況によっても安定制御を行う。

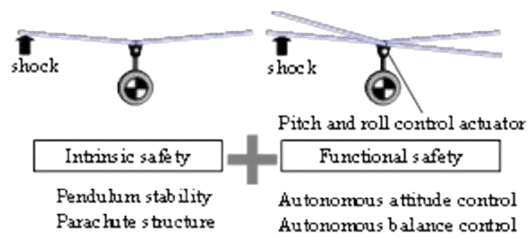


図4 機体姿勢安定の本質安全と機能安全

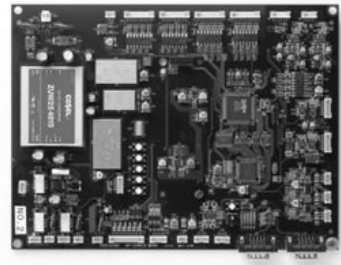


図5 姿勢制御回路基板

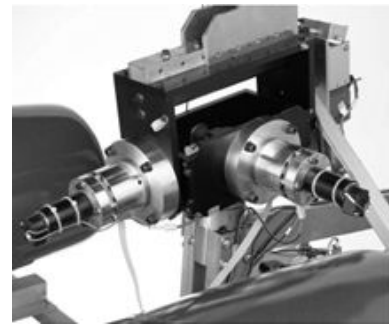


図6 姿勢制御用2軸アクチュエータ



図7 飛行実験機搭載の姿勢制御装置

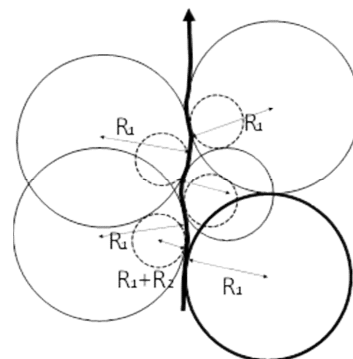


図8 フライトトラック曲線

図7に制御装置を搭載した実験機を示す。振り子であるため、飛行軌跡は図8のように振り子振幅 R_n の円弧の一部の組み合わせにより形成される。



図9 飛行実験の様子

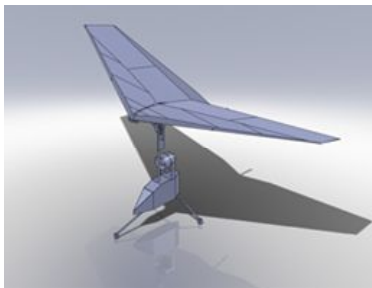


図10 1/3スケール実験機

飛行試験の様子を図9に示すが、実機サイズの実験機では姿勢制御実験が大掛かりになるため、図10に示す3分の1サイズの実験機を製作した。

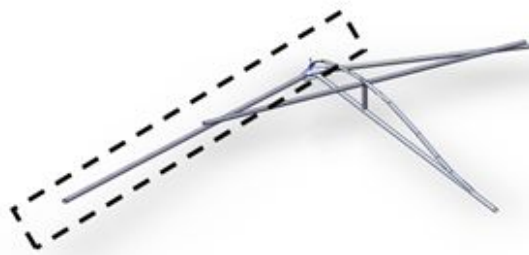


図11 1/3スケール機のフレーム

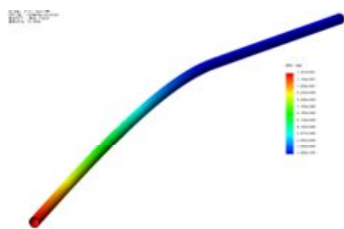


図12 フレームの強度シミュレーション



図13 フレームの応力シミュレーション

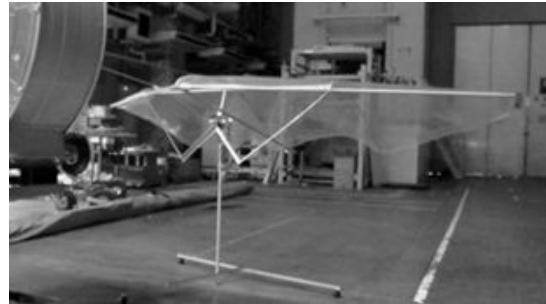


図14 実際に製作した1/3実験機

図11の機体構造は、翼面積2平方m、スパン2.8m、アスペクト比2.3、後退角60°、翼スパー挟角120°、上反角10°、捻下角10°、翼後縁上反角5°となっており、図12、13のように強度および応力のシミュレーションにより設計を行い、実際に図14に示す実験機を製作した。図15に姿勢制御地上実験の様子を示す。3機の送風機により乱流を生成している。図16は制御なしの場合で右に数秒で逸れる。



図15 姿勢制御地上実験



図16 制御無しでは右に逸れる

姿勢制御をONにすると、図17のようにいつまでも所定の位置に居続けることができる。



図17 姿勢制御中の様子

図17では、重力を用いた振り制御の非常に大きな振り錘のモデルからダイナミックインバージョン制御を行ったが、ジャイロによる角速度フィードバックでは、原点付近での摂動が生じることから、その摂動を減少させる制御の考案を行った。また、制御限界角の解明を行い、機能安全から本質安全に相転移する制御境界と、失速制御相への転移境界についての知見を得た。

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 6 件)

- 1) Aerial Cargo Robot (Cargo UAV), Kakuya Iwata, Osamu Matsumoto, *Journal of Robotics and Mechatronics*, Vol.26, No.3, pp.394-395, 2014/06
- 2) Research of Cargo UAV for civil transportation, Kakuya Iwata, Osamu Matsumoto, *Journal of Unmanned System Technology (JUST)*, 1-3, pp.89-93, 2013/12
- 3) Turbojet Engine for Aerial Cargo Robot (ACR), Kakuya Iwata, Osamu Matsumoto, *Journal of Robotics and Mechatronics*, 24-6, pp.1040-1045, 2012/12
- 4) 日本UAVの将来に向けて, 岩田 拓也, *航空情報*, 62-9, pp.98-103, 2012/09
- 5) UAVでの物資輸送と旅客輸送, 岩田 拓也, *航空情報*, 62-6, pp.90-95, 2012/04
- 6) Research of Cargo UAV for civil logistic, Kakuya Iwata, Osamu Matsumoto, *Proceedings of International Conference on Intelligent Unmanned Systems*, 1-1, pp.93-97, 2011/11

[学会発表](計 14 件)

- 1) 将来離発着システム(第3報), 岩田 拓也, 松本 治, 第57回宇宙科学技術連合講演会, 米子, 2013/10/09
- 2) ロボットハイウェイの研究開発, 岩田 拓也, 松本 治, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2013 (ROBOMEC2013), つくば国際会議場, 2013/05/23
- 3) Research of Civil Cargo UAV and UAV Highway, Kakuya Iwata, Twenty-fourth U.S.-Japan Technology Forum, Vanderbilt University, 2013/05/14
- 4) 将来離発着システム(第2報), 岩田 拓也, 松本 治, 第56回宇宙科学技術連合講演会, 別府国際コンベンションセンター, 2012/11/20
- 5) フィールドロボット技術の研究開発 ~モビリティロボットと飛行ロボット~, 松本 治, 岩田 拓也, 防衛技術シンポジウム2012, 東京, 2012/11/14
- 6) 新潟スカイプロジェクト, 岩田 拓也, 松本 治, 第50回飛行機シンポジウム, 新潟コンベンションセンター, 2012/11/06
- 7) ITロボット技術と無人機運用による航空の新発展, 岩田 拓也, 松本 治, 国際展示会 JAPAN INTERNATIONAL AEROSPACE EXHIBITION 2012, 名古屋ポートメッセ, 2012/10/12
- 8) 無人機による輸送産業構築の課題, 岩田 拓也, 松本 治, 第2回産業用無人航空機の現状と利用に関する研究会, 宇宙航空研究開発機構, 2012/09/20
- 9) UAV and robotics, 岩田 拓也, Twenty-third U.S.-Japan Technology Forum, Vanderbilt University, 2012/05/16
- 10) NIIGATA SKY PROJECT, 岩田 拓也, Conference on UAV Bordeaux, Bordeaux (ボルドー)(フランス), 2012/01/19
- 11) Research of Cargo UAV for civil logistics, Kakuya Iwata, Osamu Matsumoto, International Conference on Intelligent Unmanned Systems, Chiba, Japan, 2011/11/02
- 12) 重負荷用飛行ロボットの開発, 岩田 拓也, 中小企業のための航空機国際カンファレンス, 東京ビックサイト会議棟, 2011/10/28
- 13) 新潟市域における「環境対応型先進無人飛行機(UAV)用ジェットエンジン」の開発とその可能性, 岩田 拓也, 新潟市ビジネスフォーラム in 東京国際航空宇宙産業展, 東京ビックサイト会議棟, 2011/10/26
- 14) 空間移動ロボットの研究開発(第9報), 岩田 拓也, 松本 治, 日本ロボット学

- 会学術講演会，芝浦工大、2011/09/07
15) ロボット用ジェットエンジンの研究開
発（第1報），岩田 拓也、松本 治，
ROBOMECH2011，岡山、2011/06/27

〔図書〕（計 1 件）

- 1) 航空機関連分野技術に関する施策・事
業評価報告書，航空機関連分野技術に
関する施策・事業評価報告書，岩田 拓
也，経済産業省、2012/12/28
2)

〔産業財産権〕

出願状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

<http://staff.aist.go.jp/k.iwata/UAV/FlightTest.mpg>

<http://staff.aist.go.jp/k.iwata/UAV/TV20090625.mpg>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岩田 拓也 (IWATA Kakuya)

研究者番号：70356533

(2) 研究分担者

なし ()

研究者番号：

(3) 連携研究者

なし ()

研究者番号：