



オオワシII着陸ダイナミクス解析による衝撃吸収脚の設計

メタデータ	言語: jpn 出版者: 室蘭工業大学航空宇宙機システム研究センター 公開日: 2016-12-27 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 樋口, 健, 勝又, 暢久, 丹治, 陸, 高松, 伸広 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/00009114

オオワシⅡ着陸ダイナミクス解析による衝撃吸収脚の設計

○樋口 健（航空宇宙システム工学ユニット 教授）

勝又 暢久（航空宇宙システム工学ユニット 助教）

丹治 陸（航空宇宙総合工学コース 博士前期1年）

高松 伸広（航空宇宙システム工学コース 学部4年）

1. はじめに

小型無人超音速実験機オオワシ2号機（オオワシⅡ）は、繰り返し運用性確保のために離着陸用の脚を装備することが2012年度に計画された。脚の強度設計において荷重条件となるのは着陸時であるので、暫定着陸インターフェース条件のもとに、着陸ダイナミクスシミュレーションにより発生荷重を求め、いくつかの設計案を提案して荷重条件に合致する設計パラメータを求めた。

2. 設計条件

進入速度 180 km/h，迎角 18° という厳しい条件の中でも安全確実な着陸を実現する衝撃吸収脚の設計要求がある。設計条件は、

- ・ 機体が着陸時に安定した挙動を示すこと
- ・ 着陸時の衝撃加速度が 6 G以内に留まること
- ・ 脚のストロークを 15 cm以内に抑えること

である。そこで、

1. トラス型脚構造案
2. 迎角に合わせて傾けた胴体固定型主脚構造案
3. 迎角に合わせて傾けたトラス型主脚構造案

を順次考案し設計した。

3. 提案した脚

3-1. 2013年度提案の脚概案における問題点

昨年度（2013年度）は、暫定的な機体慣性諸元をもとに2次元モデル，すなわち縦方向の釣り合いのみ考慮したモデル（図1）にて，SimMechanicsを用いたダイナミクスシミュレーションを行って設計条件を満たすバネとダンパの組み合わせを定めた（図2）。しかし，この案では接地時に主脚取付部に大きな衝撃的モーメントが発生し，構造力学的には厳しい荷重となった。

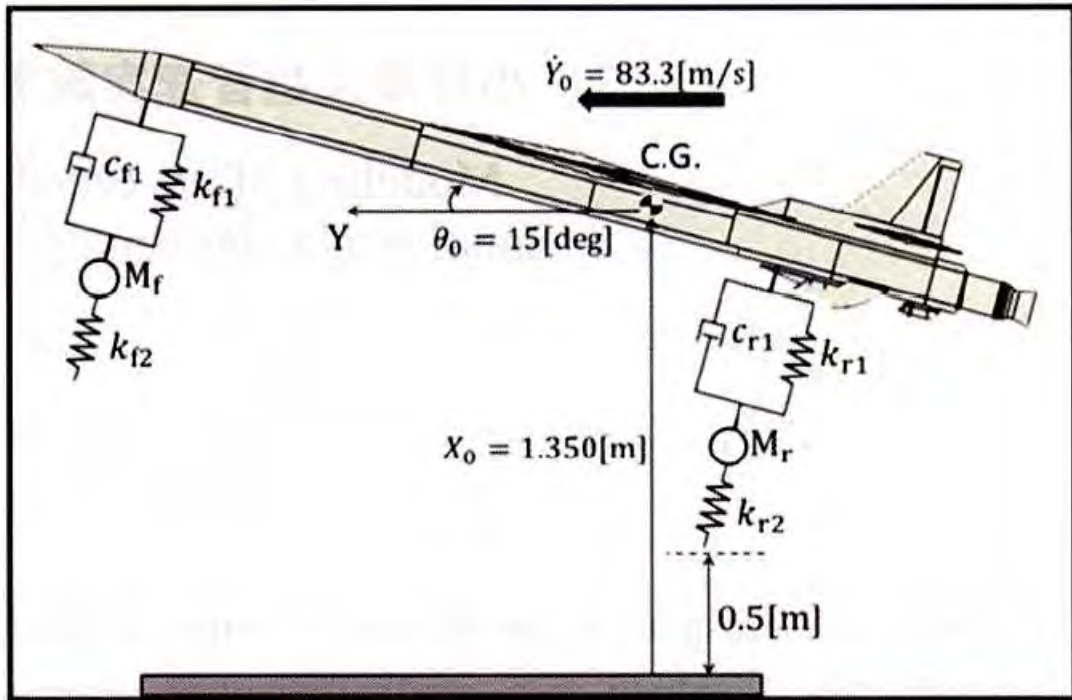


図1 2013年度の着陸ダイナミクスモデル

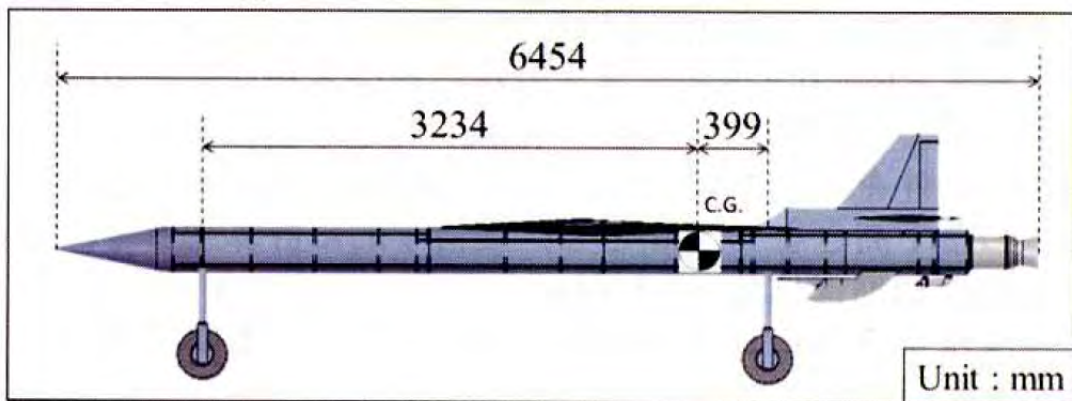


図2 2013年度の脚構造提案

3-2. トラス型脚構造案

本年度（2014年度）は、主脚取付部に過大なモーメントが入らないよう、2次元モデルにて先ずトラス構造を提案した（図3）。主脚の前後ストラットのうち、後側ストラットのみにバネとダンパが並列に入れられ、前側ストラットは付け根を回転中心にして回転するが、バネとダンパはない。

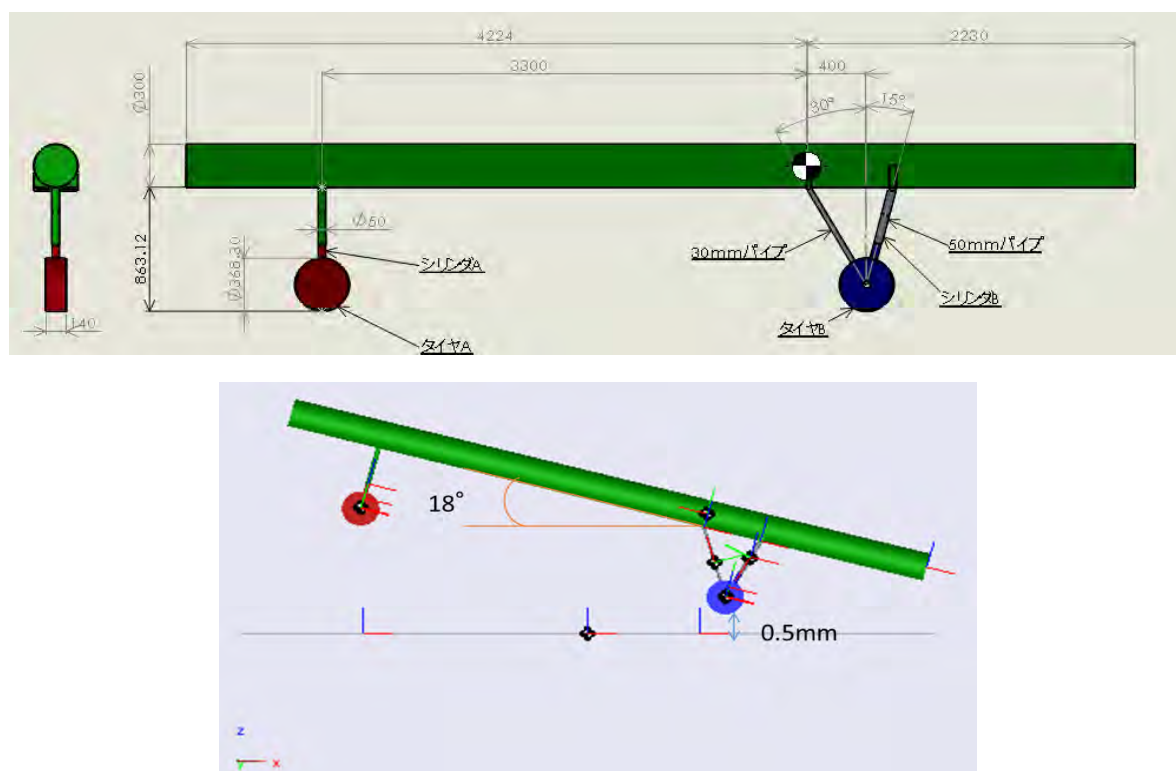


図3 トラス型主脚構造案

図3の案ではトラス型主脚構造案主脚取付部に過大なモーメント荷重が入ることは防ぐことができたが、後側ストラットの伸縮に応じて慣性の大きいタイヤが前側ストラットを半径として後側ストラット軸方向に動くことが原因となって、機体が前方に加速度を受けることがわかった。この機軸方向加速度は荷重条件を満足しないほど大きいものであった。前側ストラットの取付角を浅くし、後側ストラットの取付角を深くすれば機軸方向加速度を抑えられるが、非現実的な形状となった（図4）。

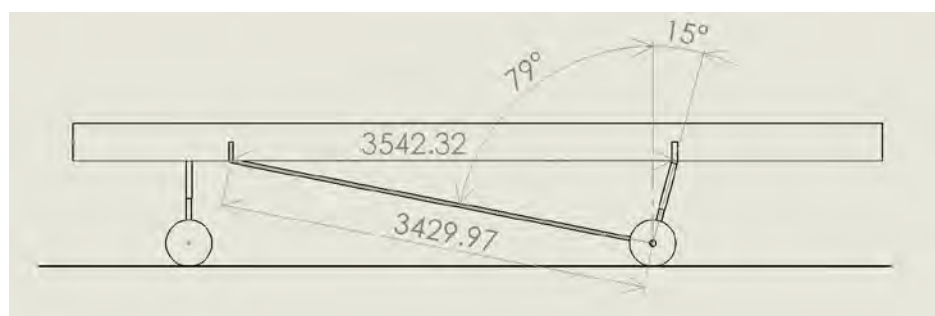


図4 トラス型主脚構造案における機軸方向加速度軽減案

3-3. 迎角に合わせて傾けた胴体固定型主脚構造案

オオワシ2号機は超音速機であるので、飛行速度の小さい着陸時には大きな機体迎角をとることにより自重と釣り合う揚力を得る。オオワシ2号機では着陸進入時の機体迎角は 18° にもなる。そこで、主脚を予め後ろ向きに 18° 傾けて取り付けておき、着陸時にバネとダンパが鉛直に反力を作るようにしておけば、主脚ストラットが鉛直に接地するため、接地時に機体前向き加速度を生じることはない(図5)。

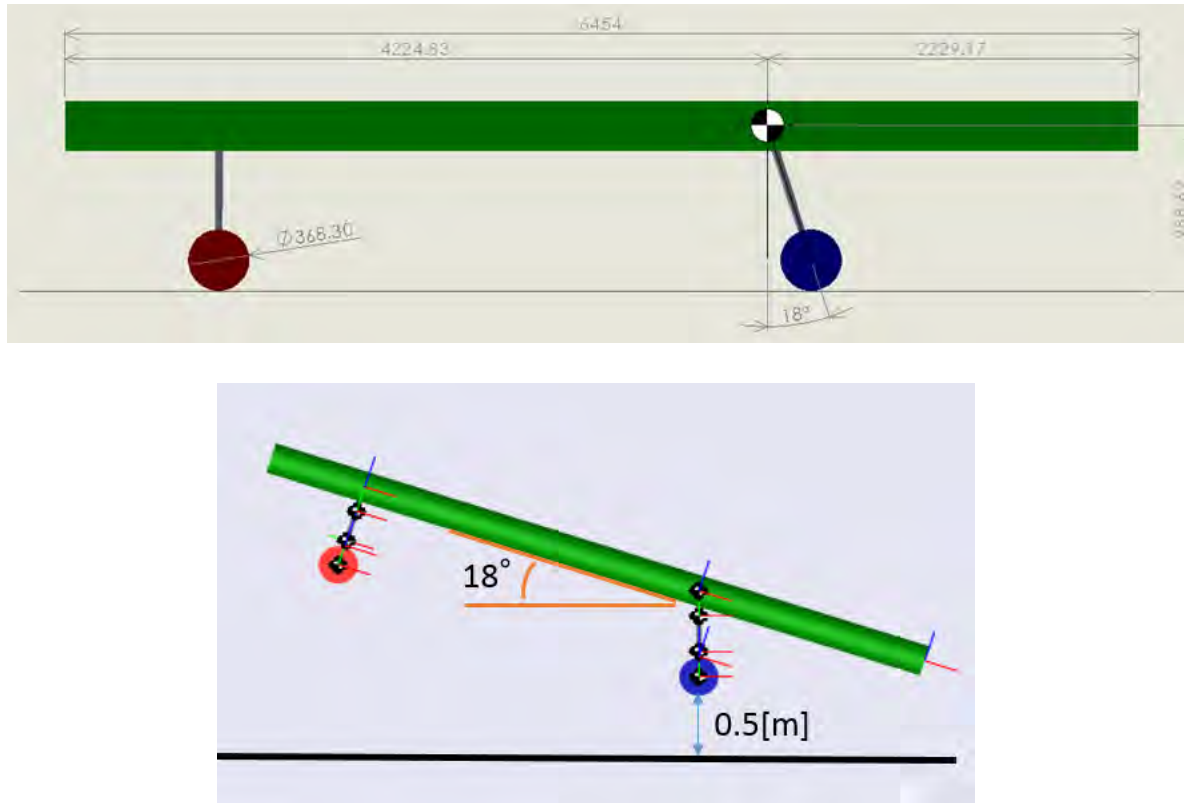


図5 迎角に合わせて傾けた胴体固定型主脚構造案

しかし、主脚ストラットが鉛直に接地するのは迎角が取付角と一致した場合だけであり、そうではない一般的な場合には、主脚取付部に大きなモーメントが衝撃的に入る。

3-4. 迎角に合わせて傾けたトラス型主脚構造案

図6は、図3と図5の良いところを組み合わせた案であり、機体に対してはストラット取付部に過大なモーメントが入らないようトラス構造とし、また、接地時に機体前向き加速度が生じないように、バネとダンパの動く方向は接地時にできるだけ鉛直となるよう迎角に合わせて後ろに傾けてある。図7および図8に機軸鉛直方向衝撃加速度および主脚縮み量をそれぞれ示すが、設計条件を満足するバネとダンパのパラメータ設定ができる。なお、ここではタイヤの回転慣性やドラッグシュートも理想化して取り入れてある。その解析条件を表1に示す。

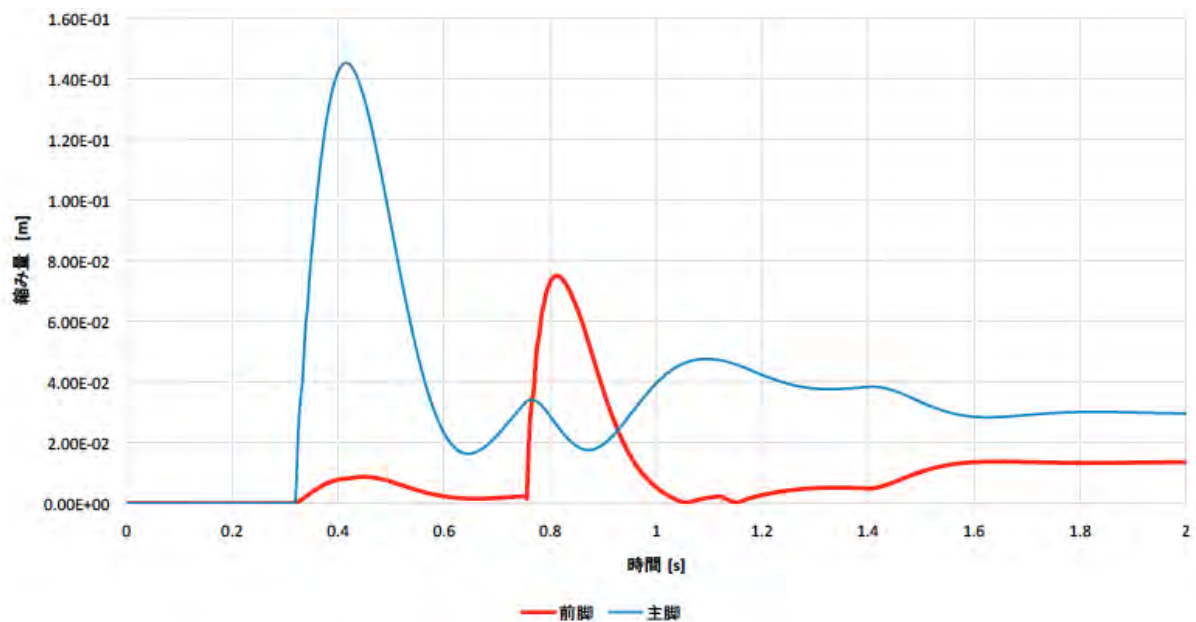


図 8 迎角に合わせて傾けたトラス型主脚構造案における主脚縮み量

表 1 迎角に合わせて傾けたトラス型主脚構造案の着陸ダイナミクス解析条件

機体重量	全体 胴体 前脚 後脚	244.4 [kg] 214.4 [kg] 10 [kg] 20 [kg]	
機体慣性モーメント [kg*m ³]	Ixx 10.2 Ixy 0.02 Izx 10.9	Ixy 0.02 Iyy 597 Izy 0	Ixz 10.9 Iyz 0 Izz 599
機体重心位置	機体先端から	4.2 [m]	
機体全長		6.4 [m]	
初期姿勢	迎角 初期高さ 初速	18 [°] 0.5 [m] 50.3 [m/s]	
前脚 前タイヤ	弾性係数 kf1 減衰係数 cf1 弾性係数 kf2	22000 [N/m] 1500 [Ns/m] 4.59×10^6 [N/m]	
主脚 後タイヤ	弾性係数 kr1 減衰係数 cr1 弾性係数 kr2	50000 [N/m] 2800 [Ns/m] 9.18×10^6 [N/m]	
タイヤ慣性による荷重	$\Delta t = 0.1$ 時 $\Delta t = 0.01$ 時	5000 [N] 50000 [N]	
ブレーキ	摩擦係数 μ	0.5	
ドラッグシュート	面積 S 抗力係数 Cd 空気密度 ρ	4.524 [m ²] 0.56 1.205 [kg/m ³]	

4. まとめ

設計条件を満たす構成案が提案できたので、今後は、ブレーキ、ドラッグシュート等の減速系のパラメータ設定、タイヤの回転慣性の影響の精査、着陸インターフェース条件からずれた場合の解析、三次元モデルでの着陸ダイナミクスシミュレーションを行う。