

# 3次元デジタル設計造形コンテストに関する研究

—平成26年度 課題：フライング・プレーン—

岡本 周平\*・田丸 将也\*・森本 智博\*・瀬濤 喜信\*

## A study on the 3D digital design modeling contest

—A challenge of the flying plane in 2014—

Shuhei Okamoto\* , Masaya Tamaru\* , Tomohiro Morimoto\* and  
Yoshinobu Seto\*

### Abstract

The Yuge National College of Maritime Technology joined in the Japan College of Technology Design Competition in 2014. There are four categories in the competition, which are the spatial design, the structural design, the environmental design and the 3D digital design modeling contest. We participated in the 3D digital design modeling contest for the first time. Our ranking order is the 10<sup>th</sup> out of 35 teams. This paper shows how to design a plane and its carriage. The plane is designed by the PPsim which is the simulator for the paper plane. The product of a flight distance and duration is maximized by using the PPsim.

### 1. 緒言

全国高等専門学校デザインコンペティション（通称：デザコン）はロボットコンテスト、プログラミングコンテストとならぶ高専生のための大会である。

デザコンの始まりは、昭和52年(1977)に明石高専と米子高専の建築学科で行われた研究交流シンポジウムである。平成16年(2004)から主催は高等専門学校連合会となり、デザインの領域を「人が生きる生活環境を構成するための総合的技術」と捉え直し建築学科の枠を超えた全国の高専全体で取り組む「全国高等専門学校デザインコンペティション」へと変化した。デザコンは高度な実践的技術教育を受けている高専生が日頃の教育の成果を生かし生活環境関連のデザインや設計等を行うイベントで、高専が目指す創造性と実践力に富む人材の育成に寄与することを目的に開催されている[1]。

本校では2014年に八代で開催された第11回大会に初めて出場した。メインテーマは「よりそう」である。4部門あるなかの一つである3次元デジタル造形コンテストに挑戦した電子機械工学科5年生の取り組みと成果について、プレーンと台車の設計を中心に報告する。

### 2. 大会ルール

今年度の課題は「フライング・プレーン」である。メインテーマ「よりそう」に関連して風や空力を利用して飛ぶプレーンを作製する。3DCADを用いモデリング・解析を行い、3Dプリンタで造形したプレーンを用いて競技を行う。作製したプレーンと台車を用いて、図2-1のようなすべり台を滑走させた後プレーンを離陸させる。離陸直前にプレーンと台車を切り離し、離陸直後にすべり台の下から送風機の風を送ってプレーンを舞い上がらせ、プレーンの飛行距離と滞空時間を競う。さらに、設計コンセプトやCAE解析に関するプレゼンテーションによって設計技術力を競う。なお、プレーンと台車はABS樹脂を用いて3Dプリンタで製作する。またプレーンと台車のABS樹脂の総体積は150 cm<sup>3</sup>以下、造形時のABS樹脂製各部品の外形寸法は、100 mm×200 mm×200 mm以下とされ、このような制限のもとプレーンと台車を設計する。



図2-1 すべり台

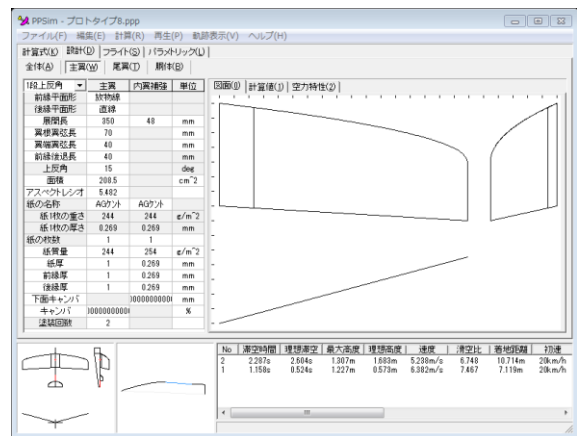


図3-2 PPSimによる設計画面

### 3. プレーンの設計

プレーンは出場までに2台の試作機を作製し、実験した。まず図3-1に示すプレーン1号機を作製した。この1号機は約3mしか飛ばなかった。1号機の質量は52gであり、自重に対する翼面積が不足していることが原因と考えられる。

そこで軽量化を図るため、紙飛行機型で作成することにした。紙飛行機型で作成するにあたって、PPSimという紙飛行機フライトシミュレータソフトを用いた(図3-2)。このPPSimが計算する飛行距離と滞空時間の積が最大になるように主翼形状を含む飛行機形状を設計した。

PPSimで計算された飛行機の各パーツ形状を3DCADで設計した。また、3DCADを用いてプレーン落下時の強度評価を行った。強度評価はプレーンが1800mmの高さから落下し、機首が地面と衝突したときを想定して行った。これにより飛行機の胴体部分の軽量化と落下に対する十分な強度を両立することができた(図3-3)。このプレーン2号機(図3-4)はバラストを含めて13gと大きく軽量化することができた。滞空時間より飛行距離を重視して重心位置は主翼翼根長の50%より機首よりに設定している。プレーン2号機の仕様を表3-1に示す。

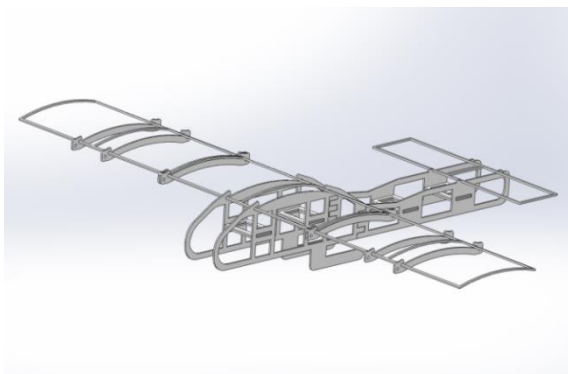


図3-1 プレーン1号機

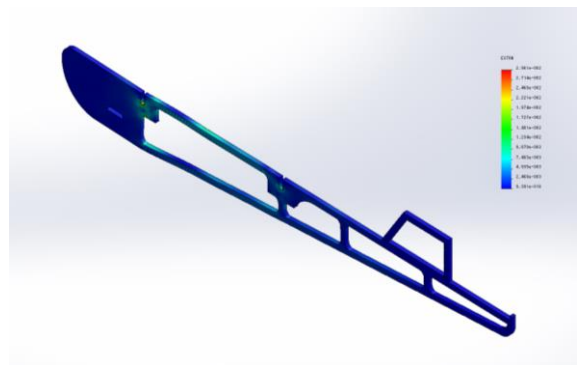


図3-3 胴体部分の強度評価

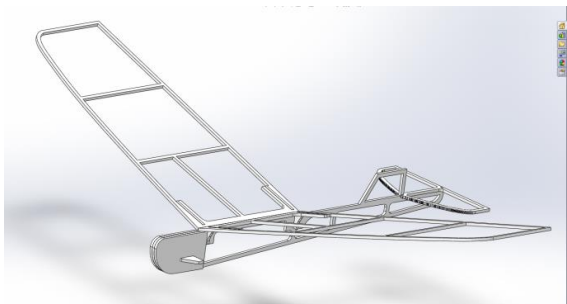


図3-4 プレーン2号機

表3-1 プレーン仕様

主翼	展開長	350 mm
	翼根翼弦長	70 mm
	翼端翼弦長	40 mm
	上反角	15°
水平尾翼	展開長	70 mm
	翼根翼弦長	30 mm
	翼端翼弦長	10 mm
垂直尾翼	展開長	15 mm
	翼根翼弦長	30 mm
	翼端翼弦長	10 mm

#### 4. 台車の設計

最初に設計・製作した台車は台車の持つ位置エネルギーのみをプレーンに伝えるような構造である(図4-1)。プレーンの脚部を台車上部に摩擦力のみで固定しており、台車がすべり台のストッパーに衝突するとプレーンが慣性力でスライドし台車と分離し離陸する。このような構造のため台車の最終速度とプレーンの初速度が等しくなり、実験の結果プレーンが打ち出される速度は10km/h程度であることがわかった。十分な飛行距離と滞空時間の実現にはプレーンの打ち出し速度は速ければ速いほどよいと考えられるが、限られた時間のなかで設計・製作するために、初期段階において台車は可能な限りシンプルな構造を採用した。

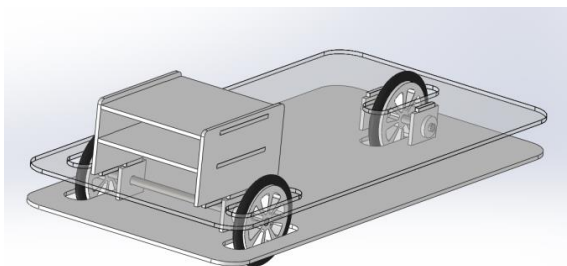


図4-1 台車1号機台車1号機を用いて多くの飛行実

験を重ねプレーンの基本形状が固まりつつあった。そこで問題となっていた打ち出し速度向上のために台車が衝突した際のエネルギーを有効に使用することを考えた。台車の持つ運動エネルギーをてこを利用したアームを回転させ、そのアームを使用してプレーンを打ち出す構造を考案した(図4-2)。回転軸やスライド構造をどのように実現するかが問題となった。車軸はルール上車軸以外の用途への使用が可能だったため、車軸を最大限活用できる構造を採用し、さらにすべり台のストッパーに衝突後台車がすべり台から落下しないように台車のフレームをストッパーより低く設計した。これらの構造によりプレーンの打ち出し速度が30km/h程度となり十分な打ち出し速度を実現することができた。また、安定したプレーンの飛行のためにプレーンの打ち出し角度を地面に平行に設定し、その実現のためにプレーンの主翼を左右で支える構造を採用した。この構造により、プレーンの打ち出し角度を地面に平行にできただけでなく、すべり台を台車が滑走中にプレーンが脱落するというトラブルも防ぐことができた。

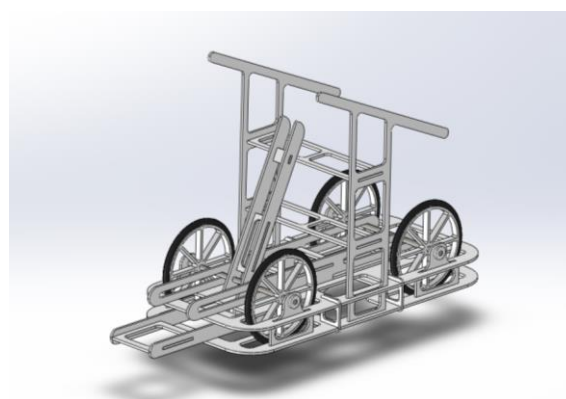


図4-2 台車2号機

さらに、ストッパーとの衝突に耐えつつ、より軽量化を図るために強度評価を行った(図4-3)。衝突部が高さ700mmから垂直落下したときを想定したシミュレーションを行った。これにより、衝突部がストッパーに衝突しても壊れない十分な強度を確保することができた。

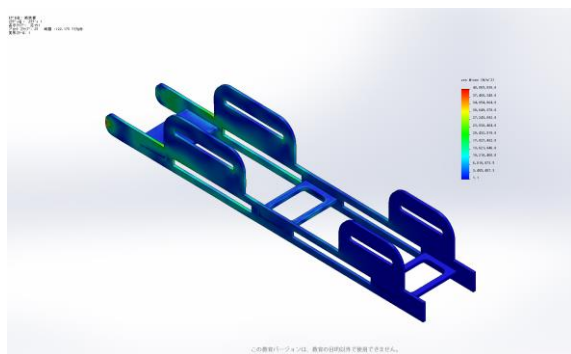


図 4-3 衝突部強度評価

新光社 (2013).

## 5. 結言

今回我々は、風を利用したプレーンと、そのプレーンを打ち出す台車を設計・製作した。特にプレーンの設計においては、3DCAD の強度評価シミュレーションと PPSim を用いた CAE で設計時間を大幅に短縮することができた。台車においては、高速にプレーンを打ち出すことができた反面、打ち出し角度において安定性を欠くこととなった。これは、プレーンを打ち出す際にアームとプレーンの摩擦力が問題となっていると推察される。

今後の研究課題として、

- ・安定した打ち出し機構をもつ台車の設計
- ・迎え角を考慮したプレーンの設計
- ・揚力を補うことのできる水平尾翼の設計

などが挙げられる。これらの研究を進めていくことで、更なる飛行距離と滞空時間の向上を図りたいと考えている。

## 参考文献

- [1] 谷上 欣也：高専デザコンの取り組みと成果，サレジオ工業高等専門学校研究紀要 35, 1-4, (2009)
- [2] 近藤 次郎：『飛行機はなぜ飛ぶか 空気力学の眼より』，講談社ブルーバックス (1993).
- [3] 小林 昭夫：『紙ヒコーキで知る飛行の原理 身近に学ぶ航空力学』，講談社ブルーバックス (1988).
- [4] 金田 徹：『3次元 CAE ツール[COSMOS シリーズ]による SolidWorks アドオン解析ツール利用入門』，技術評論社 (2008).
- [5] 二宮 康明：『日本で生まれ育った高性能紙飛行機 その設計・製作・飛行技術のすべて』，誠文堂