



高速走行軌道装置の加減速特性に関する研究

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: 2016-04-26 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 安田, 有佑, 神津, 亜実, 矢島, 淳, 中田, 大将, 吹場, 活佳, 溝端, 一秀, 棚次, 亘弘 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/00008727

高速走行軌道装置の加減速特性に関する研究

著者	安田 有佑, 神津 亜実, 矢島 淳, 中田 大将, 吹場 活佳, 溝端 一秀, 棚次 亘弘
雑誌名	室蘭工業大学航空宇宙機システム研究センター年次 報告書
巻	2009
ページ	46-50
発行年	2010-06
URL	http://hdl.handle.net/10258/00008727

高速走行軌道装置の加減速特性に関する研究

安田 有佑(航空宇宙システム工学専攻)

神津 亜実(航空宇宙システム工学専攻)

矢島 淳(機械システム工学科)

○ 中田 大将(航空宇宙機システム研究センター 博士研究員)

吹場 活佳(航空宇宙機システム研究センター 講師)

溝端 一秀(機械システム工学科 准教授)

棚次 亘弘(航空宇宙機システム研究センター長, 特任教授)

1. 緒言

1.1 高速走行軌道実験装置について

次世代型超音速航空機や再使用型宇宙機を設計する際にこれらの空力特性を確認するには、縮小模型を用い風洞試験を行なうことが一般的である。風洞実験によって基礎特性を確認した後に、実機の飛行実証フェーズとなる。しかしながら、フルスケール実機の構造特性や各コンポーネントの高速環境下における相互作用等は飛行実証まで明らかにされず、不慮の損失や回収不能を招く事態に陥ることもある。そこで、風洞試験と飛行実証の中間に位置づけられる「高速走行軌道装置」の設置・利用が効果的であると考えられる。高速走行軌道装置とは、台車に実機を搭載し、地上に敷設したレール上を走行させることで、高速環境下での機体性能を取得する装置である。加速には台車に別途搭載されたロケットやジェットエンジンを用いる。このような装置により、実機の特性を地上において繰り返し安全かつ確実に実証することができる。

本学航空宇宙機システム研究センターでは、3 km 級フルスケール高速走行軌道装置の設置計画を進めている。フルスケール軌道装置は、軌道幅は新幹線並の 1.4 m 程度、軌道長は 3 km 程度であり、10 G 程度以上の加速によってマッハ 2 程度の走行速度を実現する。また、軌道幅 1.4 m、軌道長 300 m、最高時速 400 km 程度のフルサイズ軌道装置については本センター白老実験場への設置を完了した (図 1)。



図 1 : フルサイズ軌道装置の概観 (白老実験場)

1.2 減速システムの重要性

3 km 級フルスケール高速走行軌道装置を実現するには加減速技術の確立が必須である。特に超音速で走行する台車を安全に減速・停止させる技術は重要である。当センターの計画している高速走行軌道装置では、減速時に台車の前部に取り付けられたすくい板（以下、バケットと呼ぶ）が矩形水路に突入することで制動を行なう「水制動方式」を採用予定である。理論的にこの方式は台車速度の二乗に比例した減速力を生ずるが、バケット形状によって比例係数が異なる。そこで、本研究では 6 種類のバケット形状を用い、制動力を実験的に比較検討する。本実験はフルスケール高速走行軌道装置の 1/10 ゲージ幅で作られた全長 100 m のサブスケール高速走行軌道装置（図 2）で行なわれた。



図 2：サブスケール軌道装置の概観（白老実験場）

3. 実験装置及び実験方法

走行スレッドは、推進機を搭載した推進スレッドと計測機器を搭載した計測スレッドに分かれている（図 3）。走行試験時には、後方から風防を装着した推進スレッドが前方の計測スレッドを押して走行する。台車重量はおよそ 20 kg（バケット、エンジン、燃料含む）である。加速は Jet Munt SL 社の Merlin160G ジェットエンジン（公称推力 160 N）で行なう。無線操縦でエンジン推力を調整し遠隔操作する。6 種類のバケットを図 4 に示す。形状は従来の平板バケット、半円筒バケットに加えて、U 字型バケットを用意した。走行スレッドの加速度計測には加速度センサ、エンジン推力と水制動力計測にはロードセルを用い、これらの機器は走行スレッド内に搭載する。また外部から、速度計測にスピードガン、動画撮影に車載カメラ、ハイスピードカメラ及びデジタルビデオカメラを使用する¹⁾。

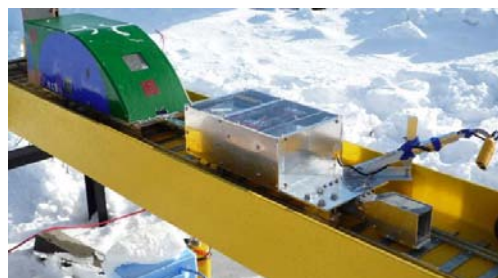


図 3：走行スレッド（前方）と推進スレッド（後方）

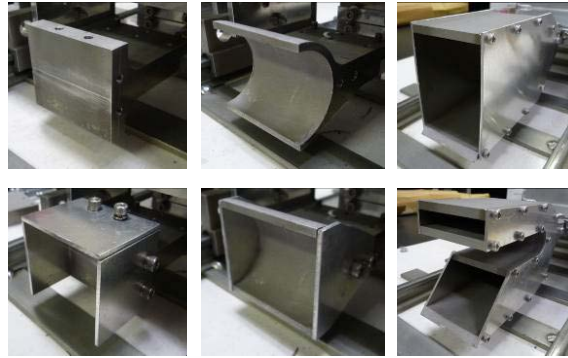


図4：6種類の水制動バケット（上段：壁なし 下段：壁あり）（左列：平板バケット 中列：半円筒バケット 右列：U字バケット）

4. 実験結果及び考察

速度と加速度の結果を図5に示す。なお、図5で示す計測結果のグラフはU字型バケット分離部有りの条件で、5回の計測結果の1つである²⁾。貯水部の水位は、基本的に水位30mmで行い、半円筒バケットのみ水位15mmのケースも行なった。バケット下面は水チャネル底部から数mm程度浮いているため、水位からバケット下面までの高さを引き、バケット内面の幅を掛けることでバケット断面積 A を算出した。実験で得られた制動力を理論最大制動力($2\rho Au^2$ ：水流が完全に反対方向に反射された場合の運動量変化)で除すことで制動係数を求めたものを表2に記す。各値は各バケット形状で得られた5回の試行の平均値であり、標準偏差を併記する。

平板バケットの場合には側壁の有無による影響が大きく現れた。側壁無しの場合、水が上方方向に大きく逃げていることがハイスピードカメラの動画から確認される(図6)が、側壁ありの場合にはバケット上側に装着した板が上方方向への水の逃げが防がれ、前方へ運動量変換される割合が高まったと考えられる。半円筒バケットやU字バケットでは、バケット上面の形状は側壁のあり、なしによって変わらないため、制動係数への影響も小さかったと言える。

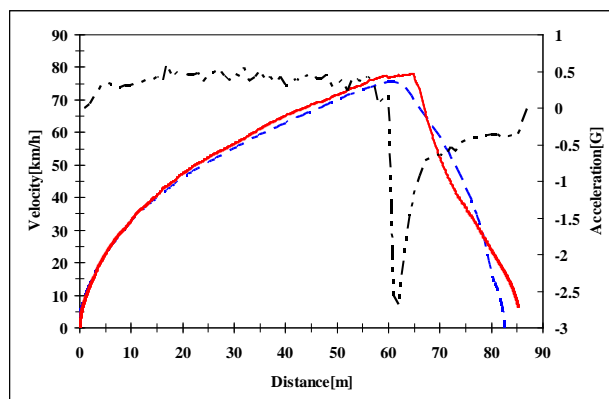


図5：スレッドの加減速プロファイルの一例（赤実線：加速度センサ積分値による速度，青破線：スピードガン計測による速度，黒二点鎖線：加速度センサによる加速度の値）

水深 15 mm のケースでは、水深 30 mm のケースと比べて 2 倍近い制動係数となった。車載カメラの映像からはバケット面上で水位がせりあがっていることが確認され、バケット断面積 A は大きくなっていったと考えられる。水深 30 mm のケースにおいては U 字型バケットが平板、半円筒バケットに比べて大きな制動係数を示した。このバケット形状ではすくった水を前方へ確実に噴射できたことが要因と考えられる。水制動時の動画においても、平板バケットと半円筒バケットで見られた上方向への水の逃げがほぼ見られなかった。以上から新しく提案した U 字型バケットは限られた水路断面積で最も効率的な制動を達成できると結論づけられる。



図 6：ハイスピードカメラによる水噴射撮像（平板バケット，側壁なし）

表 2：得られた制動係数

バケット名称	側壁(分離部)の有無			
	無し	有り	無し	有り
	水深 30 mm		水深 15 mm	
平板	0.25($\sigma=0.03$)	0.41($\sigma=0.03$)	---	---
半円筒	0.33($\sigma=0.04$)	0.37($\sigma=0.03$)	0.61($\sigma=0.06$)	0.68($\sigma=0.02$)
U 字型	0.55($\sigma=0.08$)	0.51($\sigma=0.03$)	---	---

5. 結論

100 m 級サブスケール高速走行軌道実験装置を用い、6 種類のバケット形状について制動係数を実験的に求めた。

- ・ 同一水位 (30 mm) の場合、U 字型バケットが他の形状に比べて大きい制動係数を示した。これは水の噴射方向が前方を向いており、運動量変化の効果を最大限に高めるからであると考えられる。
- ・ 水位 15 mm の実験結果では水位 30mm の 2 倍程度となった。これは水位の上昇 (造波) による実質のバケット断面積増によるものと考えられる。

参考文献

- (1) 安田有佑, 棚次亘弘, 吹場活佳, 高速走行軌道実験装置の研究, 第 53 回宇宙科学技術連合講演会講演集, 京都, 2009 年 9 月
- (2) 安田有佑, サブスケール高速走行軌道装置におけるスレッド走行性能評価, 室蘭工業大学修士論文, 2010 年 2 月