

スキージャンプ・テイクオフ動作の移動境界流れ解析

山本敬三¹, 升光尚人², 川初清典², 清水孝一²
¹北翔大学, ²北海道大学大学院情報科学研究科

1. 目的

スキージャンプ・テイクオフ動作は、助走路のスキー滑降から空中飛行への移行動作であり、選手や指導者は経験的にこの動作の重要性を認識している。テイクオフ動作では瞬間的に身体を伸展することから、選手が受ける空気力は急激に変化する。我々の研究グループでは、これまで数値流体解析手法（CFD: Computer Fluid Dynamics）を用いて、このテイクオフ動作を静止姿勢の連続として分析する準動的な解析を行ってきた¹⁾。しかし、連続動作とは異なることから、誤差が予想されてきた。これに対し本研究では、CFDに移動境界条件を考慮し連続動作の流れ解析を可能とした。

2. 方法

ジャンパーモデルの構築にあたっては、先行研究に基づき 3 次元形状スキャナを用いて、関節可動人体模型（身長 0.18m）を CAD(Computer Aided Design)データとして取り込んだ¹⁾。モデルデータを上体（頭部+体幹+上肢）と大腿および下腿+足部の 3 セグメントに分割し、リンクモデルを作成した。動的解析では、上体と大腿のセグメントをそれぞれ並進および回転運動させることで、股・膝関節の伸展動作を模擬した。下記の計算条件で、動的および準動的解析を行い、渦度（風速ベクトルの回転）を算出した。

<計算条件>

解析ソフトウェア：PHOENICS2006

乱流モデル：k-ε モデル

風速：15m/s

計算格子幅：4mm

レイノルズ数： 2×10^5

動作時間：200ms

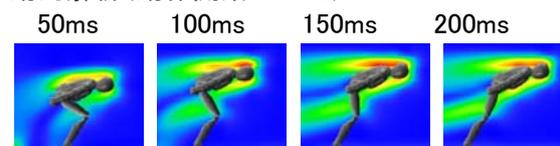
次に、セグメントの動作を変更し、異なるテイクオフ動作条件で解析した。ここでは、体幹迎角の角速度増加様式をパラメータとし、動作中に 1)一様に増加させる、2)動作開始後 50ms まで急激増加し、その後一定値を保つ、3)動作開始後 150ms まで一定値を保ち、その後、急激増加させる三動作について解析を行った。体幹迎角の変化は 30~35 度、膝角度変化は 60~170 度とした。この解析では、モデルサイズを拡大し、身長 1.8m、風速を 25m/s および時間分解能 10ms として計算させた。

3. 結果・考察

動的・準動的解析によるジャンパー周辺気流の渦度の分布を Fig.1 に示す。両者には

動作開始 50ms 時の姿勢において、すでに顕著な違いが見られ、動的解析では渦度が拡大する様子が観察された。一方、準動的解析では、渦流れが過小評価されることが分かった。

動的解析(動作開始は 0ms)



準動的解析

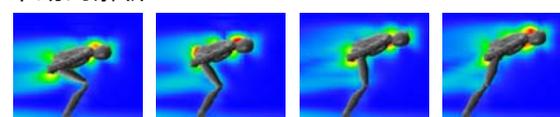


Fig.1 動的および準動的解析結果による渦度の分布(身体正中の矢状面)

前述の三種の動作様式に対する抗力の経時変化を Fig.2 に示す。動作開始後、抗力は一旦増加し減少するが、その後徐々に増加した。その変化は動作条件によって、大きな違いがあることが分かった。

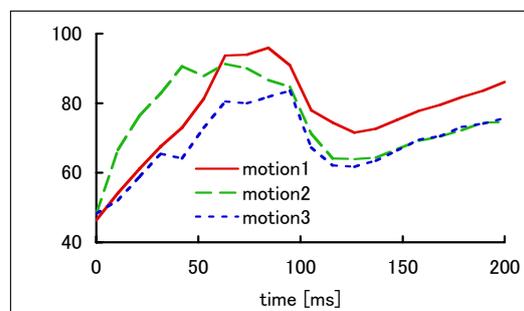


Fig.2 抗力の経時変化

4. まとめ

瞬間的な姿勢変化を伴うテイクオフ動作の CFD 解析では、動的・準動的解析で計算結果が大きく異なる。このため、動作の空力特性を評価するためには、動的 CFD の導入は不可欠である。

参考文献

¹ Naoto Masumitsu *et.al*(2008): Computational Fluid Analysis of Ski Jumping Takeoff: International Symposium on Winter Sports Sciences Commemorating the 2007 FIS Nordic Ski WC in Sapporo Proceedings: 41-44