

オートクレーブ製法による CFRP スケルトンカウルの作製*

長坂明彦*1・竹把悠*2・諏訪琢真*3・松原達郎*4・三尾敦*5・時村祐介*6・磯部浩己*7・白川伸幸*8

Production and Performance Evaluation of Skeleton Cowl Made of CFRP

NAGASAKA Akihiko, TAKETABA Yuu, SUWA Takuma, MATSUBARA Tatsuro, MIO Atsushi,
TOKIMURA Yusuke, ISOBE Hiromi and SHIRAKAWA Nobuyuki

キーワード：スケルトン，カウル，CFRP，オートクレーブ

1. 緒言

スケルトン¹⁾は、氷で作られたコースを鉄製のソリにうつぶせで乗り、頭を前にして滑走タイムを競う競技である。スケルトンは、2002年のソルレークオリンピックで再び正式種目となったことを機に注目を集めるようになった。また、1998年長野オリンピックのボブスレーおよびリュージュ競技の会場となったスパイラルは、2007年からナショナルトレーニングセンター競技別強化拠点に指定されている。

著者らは、これまでにスパイラルにおいてスケルトンのソリフレーム変形特性や合成加速度 a は垂直方向加速度 a_z が主となることについて報告してきた²⁾。しかしながら、リュージュ競技等に関する研究報告³⁾はあるが、スケルトン競技に関する研究は十分行われていない。

そこで本研究では、2014年のソチオリンピック等に向けてスケルトンのファイナルタイム（滑走タイム）を短縮することを目的として、CFRP製のスケルトンカウルの製作を行い、操作特性の評価を試みた。また、今回スケルトンカウルを製作する際に使用したプリプレグの材料特性を調べるために、引張試験を行った。また、今回新たにスケルトンカウルの製作を行い、カウルの性能や特性の評価を行った。

2. 実験方法

スケルトンの製作は、三菱レイヨン パイロフィル プリプレグ CF クロス TR3523 331KMP を使用し、オートクレーブ成形法で（図 1）、擬似等方で行った。（加圧力：0.3MPa、昇温：5°C/min、一時保持：90°C 15分間、二次保持：130°C 90分間）

滑走テストによる評価は長野市ボブスレー・リュージュパーク（以下スパイラル）で行った。図 2 にスパイラルのコースを示す。ここで、C1～C15 はカーブ番号を示す。また、 ST はスタートタイム、 MT は中間タイムおよび FT はファイナルタイム（滑走タイム）の位置を示す。

今回の被験者は 1 名であり、身長 172cm、体重 83.0kg、ソリの重量は 32.5kg である。この被験者は 2009 年度全日本スケルトン選手権にて 17 位の成績を収めている。

図 3 にソリのフレームを示す。フレームは溶接固定（ライオン製）で、左側がソリの進行方向となる。

加速度はコンパクトレコーダ、滑走時 3 軸加速度センサ（図 4）を滑走者が背負った状態で測定した。



図 1 オートクレーブ

* 2013 年 3 月 9 日 (社) 日本機械学会 北陸信越支部第 50 回総会・講演会にて一部発表

*1 機械工学科教授

*2 専攻科学生（平成 23 年度機械工学科卒業）

*3 信州大学学生（平成 24 年度機械工学科卒業）

*4 長野県ボブスレー・リュージュ連盟

*5 技術支援部

*6 有限会社トキムラ

*7 長岡技術科学大学准教授

*8 株式会社羽生田鉄工所

引張試験と疲労試験は JIS K 7164 と JIS K 7083 に従って行った。スケルトンカウルと同じ材料で、9 ply (厚さ約 2mm) 積層をし、カウルと同じ条件下で成形した。

3. 実験結果および考察

今回新たにカウルの製作を行った。現在選手が使用しているカウル (図 5) との形状、材質の違いによる性能の差を調査するために製作を行った。

このカウルは FIBT の規格¹⁾にのっとって作られている。この FIBT 規格に通らなければ、大会に出る事ができないので、図 6 の FIBT 規格に沿って製作を行った。

材質は、CFRP を使用した。また、形状は選手が使用している物は長さが約 1000mm であるが、FIBT 規格内である 1200mm ギリギリまで長くし、図 5 でわかるように、選手の物は裏側に少しへこみがあるが、そのへこみをなくしフラットな状態にした。これにより、全長を長くすることにより、人間の体がカウルから出ている部分を少なくし、面が滑らかなカウルの部分を多くすることによって、空気の乱れを少なくし、空気抵抗を減らすことにより、滑走タイムの短縮が期待できる。また、裏側をフラットにした理由としては、裏側がフラットなスケルトンのカウルが近年の流行であり、フラットにすることがどのような効果が出るのかを調査するためである。

製作手順

型の製作

オートクレーブ成型法で成型する際に使用する型の製作を行った。昨年度製作した GFRP 製カウルの型 (図 7) を非接触 3 次元測定機で測定し (図 8)、IGES データ (図 9) に変換し、パールボードを MC 加工機で加工した (図 10)。

オートクレーブ成型

1. 離形処理

上記の型に離形処理を行う。型に離型剤を塗り、ドライヤー等で焼きつける。これを何回か繰り返す。

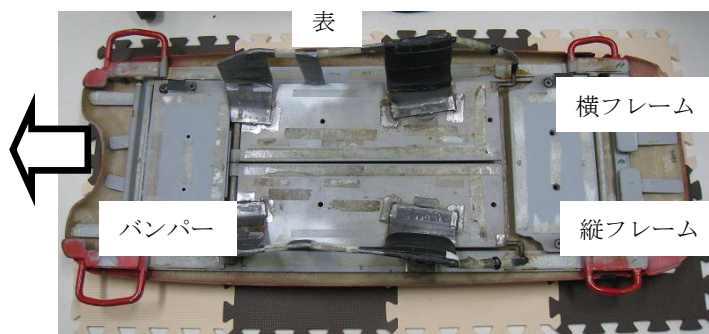


図 3 ソリフレーム

2. プリプレグ積層

型にプリプレグを積層する (図 11)。擬似等方で積層し、底面を 6ply、側面を 5ply 積層した。繊維方向に注意する必要がある。

3. 袋詰め

図 12 のようにバギングする。

4. 成型

オートクレーブに投入し、成型を行う。条件は、加圧力:0.3MPa、昇温:5°C/min、一時保持:90°C×15 min、二次保持:130°C×90min で行った。

5. 完成

製品を取りだし、カウル完成する (図 13)。その後、ダイヤモンド工具を装着してリユーターを用いてトリミング加工を行い、表面にクリアコーティングを施し、ランナーを取り付ける (図 14)。

図 15 に FRP の引張試験を示す。また、表 1 に FRP の機械的性質を示す。CFRP は GFRP と比べ、引張強さ TS が 1.8 倍、ヤング率 E が 2.5 倍の値が高いことがわかる。

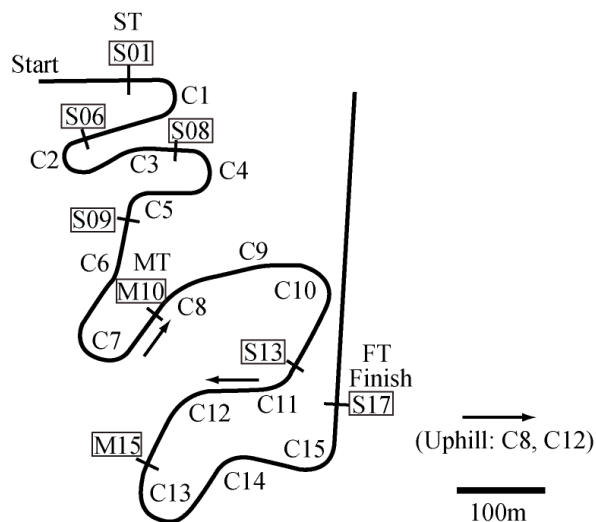


図 2 スパイラルコース



図 4 測定装置



図5 選手が使用しているカウル

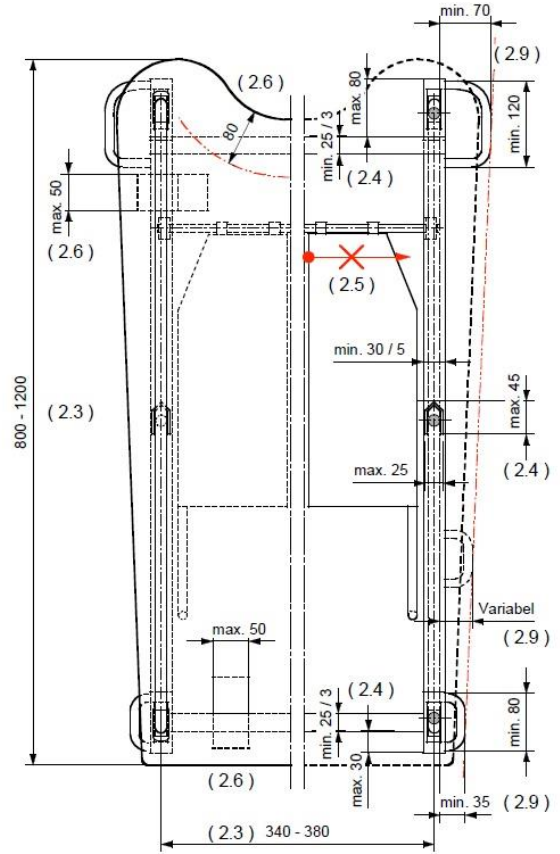


図6 FIBT規格



図7 カウルの雄型

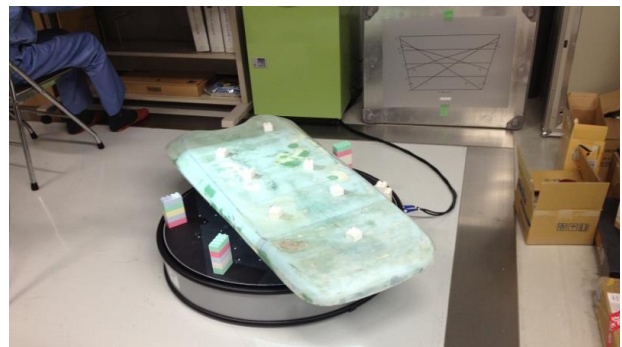


図8 非接触3次元測定

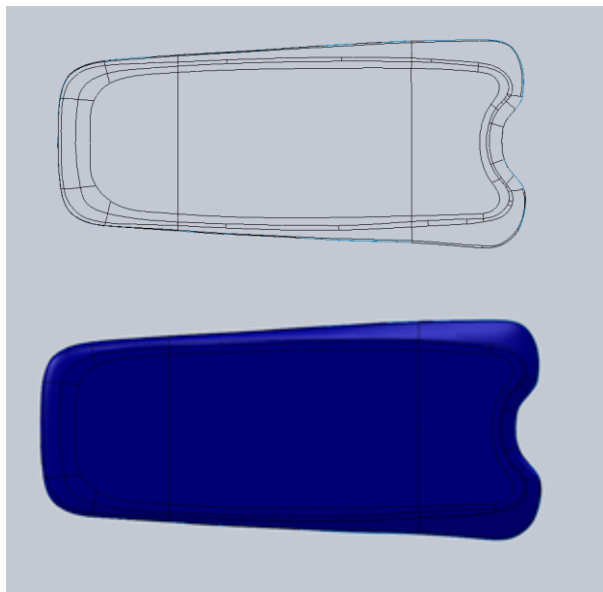


図9 IGESデータ

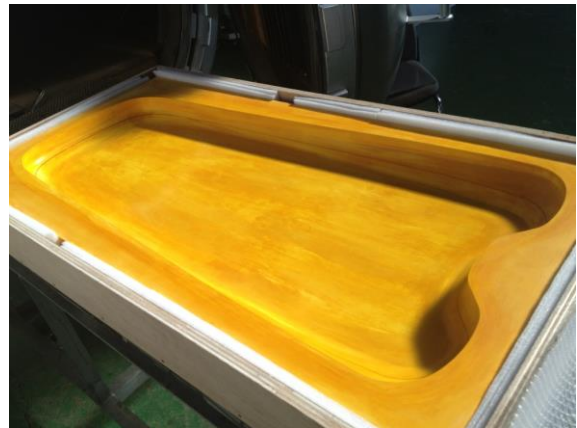


図10 パールボード型



図 11 積層

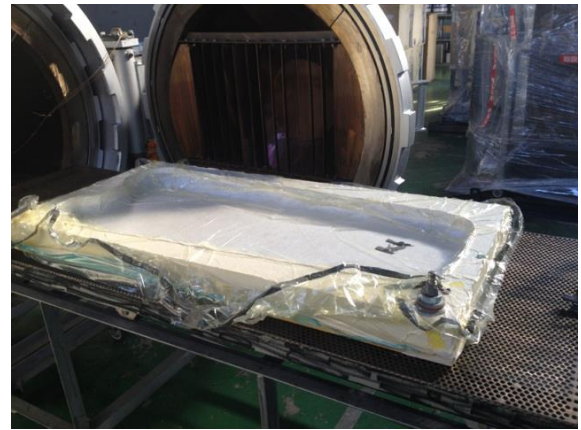


図 12 バギング

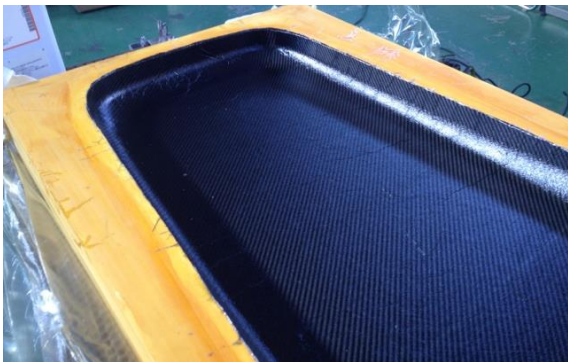


図 13 カウル完成



図 14 ランナー取り付け後

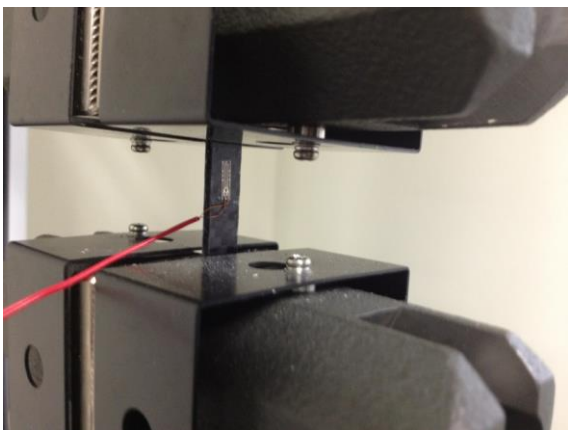


図 15 引張試験

表 1 FRP の機械的性質

Material	TS [MPa]	E [GPa]
CFRP	291	1.37
GFRP	165	0.55

(TS: tensile strength and E: Young's modulus)



図 16 滑走

今回新たに製作をしたカウルを実際に選手に滑走していただいた。選手に、操作性と直進性が向上し、CFRP の減衰率が高い特性により、走行中の振動が少なくなり、調子がいいとの感想を頂いた。

また、今回製作をしたカウルを使用して、スケルトンの第 14 回長野県選手権大会 (図 16) で 4 位ではあったが、昨年度よりもタイムを 1sec 近く縮めることができた。

今後、CFRP の機械的特性が本当に良い影響を及ぼしているかの実証と、3 次元加速度センサ等を用いて計測を行う予定である。

4. 結言

- 1) オートクレーブ成型法による CFRP 製のスケルトンそりカウルを成型することができた。
- 2) CFRP は GFRP と比べ、引張強さ TS およびヤング率 E の値がそれぞれ高い。

- 3) スケルトンそりカウルのトリミング加工は、ダイヤモンド工具を装着したリユータにより可能にした。

参考文献

- 1) FIBT International Skeleton Rules, 2012-2013.
- 2) 長坂明彦, 関翼, 内山了治, 渡辺誠一, 生駒良弘, 越和宏, 池田芳正, 松原達郎: スケルトンのソリフレイム変形特性, スポーツ産業学研究, 19, 2, (2009), pp. 113-118.
- 3) 長坂明彦, 関翼, 田中裕樹, 岡田拓真, 穂刈聡, 内山了治, 渡辺誠一, 生駒良弘, 越和宏: スケルトンの溶接構造ソリフレイムの操作特性, 長野体育学研究, 18 (2011), pp. 1-7.
- 4) 青木博夫, 宮尾芳一, 芳賀武, 浅川司, 藤沢謙一郎: 長野冬季オリンピックのリージュ競技結果に対する分析—上位者と下位者の比較—, 長野体育学研究, 10, (1999), pp. 17-24.