



Vectoflow

Vectoflow  
総合カタログ

# 流体力学測定用に カスタマイズされたソリューション

Vectoflowはニーズに合わせてカスタマイズ可能な、流速と流れ角を測定する製品やシステムを提供しています。コアテクノロジーのマルチホールプローブにより、流速、迎え角、静圧および全圧、さらには温度を測定。プローブの形状、サイズ、材質はご要望に合わせてカスタマイズすることができます。革新的な3Dプリンタによる積層造形法を採用し、高い堅牢性を実現。極めて過酷な環境でもご使用いただけます。



Example Multi-hole Probe Geometries



Miniature Probe, Head  $\Phi 0.9\text{mm}$



Kiel-type probes,  $\Phi 6$  and  $\Phi 3.6\text{mm}$



Custom 5-headed 5 hole-probe rake

Vectoflowは高精度で信頼性の高い流れ場のデータを提供します。一般的な形状だけでなく、アプリケーションに最適な形状や材質にてプローブを製造することができます。3Dメタルプリンティングテクノロジーにより、他の部品に組み込むための特殊形状のプローブも製作が可能です。

## Vectoflowの特徴



### カスタマイズ

3Dメタルプリンティングテクノロジーにより、あらゆる形状のプローブを造ることができます（ヘッド直径 $\geq 0.9\text{mm}$ ）。可能な材料は、チタン、インコネル、鋼、セラミック、プラスチックなどです。



### 高い堅牢性

当社のプローブは、積層造形法により継ぎ目のない一体型の成形が可能なため、過酷な環境でも高い耐久性と堅牢性があります。振動や極端な温度変化は私たちのデザインには問題ありません。



### 簡単なシステム統合

当社のマルチホールプローブは既存のシステムに簡単に統合できます。参照面、接続、およびソフトウェアは、ニーズに合わせて選択、カスタマイズが可能です。

## 製品とサービス

### 流速・角度、温度および圧力プローブ

- マルチプローブ（例：3、5、7、穴）
- 温度プローブと圧力プローブの組み合わせプローブ
- くし形プローブ
- 光ファイバ圧力センサ

### サービスとソフトウェア

- カスタムプローブの開発
- 既存のマルチホールプローブの校正
- 流れ解析とデータ収録のためのソフトウェア
- ターンキー測定システム

Vectoflowはカスタムメイドの流れ測定製品を提供しています。ドイツのミュンヘンに拠点を置く革新的な会社です。詳しくは、[www.vectoflow.de](http://www.vectoflow.de) をご参照ください。

# DATA SHEET

# iProbe

## PRODUCT NAME

iProbe

## TYPE

エアデータシステム一体型  
5孔プローブ

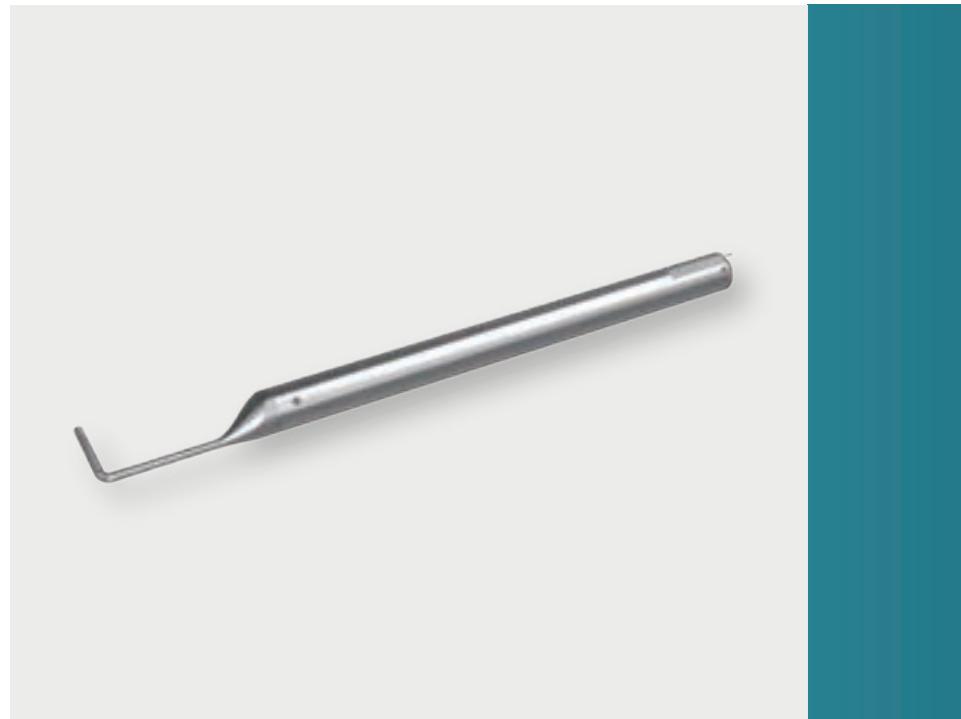


図1. USB接続可能なiProbe

## 概要

iProbe は、フロー計測のためのコンパクトなプラグ & プレイ・ソリューションです。iProbe は、圧力センサーとマイクロコントローラーを備えた 5 孔プローブで、圧力から流速と流角の変換データ処理をしながら、工学単位でダイレクトにデジタル出力することが可能。このシステムは、フィールドや研究室での計測に適しており、各種PCに接続して使用できます。

オプションの VectoVis Pro と一緒に使用することで、計測データをリアルタイムにモニターして記録することができます。

iProbe は光学式トラッカーにも対応しており Streamwise 社の ProCap システムと組み合わせて使用することが可能です。



図2. 先端部分の拡大図

## 寸法・形状

プローブ形状	L型
プローブ先端形状	Regular : 球形 Micro : 円錐形
ヘッドタイプ	5孔 (regular or micro)
重量	約 400 g (regular) 約 300 g (micro)
システム部寸法	258 mm x Ø 20 mm
ヘッド寸法	200 mm x 21 mm (regular) 100 mm x 10 mm (micro)
プローブ先端直径	4 mm (regular) 2 mm (micro)
固定部	片側扁平シリンダー
リファレンス面	Z軸に垂直な基準面
温度センサー	Pt100
材質	ステンレス

## 動作環境

動作温度	- 20 °C ~ 70 °C
媒体	空気およびその他の非腐食性ガス
湿度	0 ~ 95%, 結露がないこと

## プローブヘッドのオプション

iProbe は、標準 5 孔ヘッドとマイクロ 5 孔ヘッドの 2 つのヘッドオプションで構成可能です。

プローブ先端の圧力分布は、個々の風洞校正と関連付けられ、静圧、全圧、速度成分／流角を決定します。

## センサーとエレクトロニクス

iProbe には、プローブ先端の圧力を計測する 5 つの校正済み差圧センサーが搭載されています。これらの差圧計測の基準は、搭載された大気圧／絶対圧センサーによって提供されます。温度は内蔵の Pt100 測温抵抗体で計測します。

すべての圧力センサーは温度補償され、高い精度とドリフトが非常に少ないという特徴を有しています。

高い耐圧性能により、偶発的な過負荷に対する十分な保護機能を備えております。

圧力センサーのレンジは、お客様の用途に応じて設定可能です。

## 圧力センサー

圧力センサー	5つの差圧センサー（圧力レンジの選択が可能）
絶対圧センサー	大気圧 / 絶対圧センサー搭載
精度 <sup>1</sup>	最大. ±0.25% full scale 標準. ±0.1% full scale

<sup>1</sup> すべての圧力センサーは、全体的な精度を向上させるために校正されています。校正されていないセンサーのフルスケール精度は最大 ±2.0% です。

## センサーオプション

差圧レンジ (kPa)	最大マッハ数
0.25	0.06
0.50	0.08
1.00	0.12
2.50	0.18
5.00	0.25
10.00	—

## 測定誤差

角度	< $\pm 1^\circ$
速度	1.0 m/s未満または 1.0 %未満の いずれか大きい方
温度	< 1 K

## インターフェース

通信	USBによるホストPCとの通信 (設定およびデータ取り込み)
電源	5 V : USB供給
圧力リファレンス ポート	基準圧力用 $\varnothing 1.6$ mm 金属チューブ
プローブ接続	LEMO (EGG.0B.307)
ケーブル (一体型)	5 m ケーブル (FGG.0B.307) ~USB
サンプリングレート	最大 50 Hz

## ホスト PC との通信

USB 経由でデータの取得が可能です。転送レートは 50Hz まで設定可能。5V 電源は USB 経由で簡単に供給できます。

USB 経由で接続された場合、プローブはホスト PC に対して仮想 COM ポートとして認識されます。そのため、シリアル・プロトコルをサポートする様々なソフトウェアと通信すること可能です。

データの収集は VectoVis Pro を介して行うことができ、各データのライブビューや、.csv 形式のような汎用形式でのデータ記録が可能です。

## 出力データ <sup>2</sup>

データ名称	単位
P <sub>1</sub> ...P <sub>5</sub> (差圧)	Pa
P <sub>abs</sub> (絶対圧)	Pa
T <sub>tc</sub> (温度 Pt100)	°C
Theta (コーン角)	°
Phi (ロール角)	°
Alpha (迎角)	°
Beta (ヨ一角)	°
Vmag (速度の絶対値)	m/s
u (速度のx成分)	m/s
v (速度のy成分) )	m/s
w (速度のz成分)	m/s
P <sub>d</sub> (動圧)	Pa
P <sub>s</sub> (静圧)	Pa
$\rho$ (空気密度)	kg/m <sup>3</sup>
T <sub>tot</sub> (全温度)	°C
T <sub>s</sub> (静温度)	°C
M (マッハ数)	-
Alt (気圧高度)	m
AltAbs (絶対高度)	m
Num (counter)	-
Error	-

<sup>2</sup> 詳細はマニュアルを参照ください

# DATA SHEET

## Omni-iProbe

### PRODUCT NAME

Omni-iProbe

### TYPE

エアデータシステム一体型  
14孔全方向型オムニプローブ



図1. 14孔 Omni-iProbe 先端部分の拡大図



図2. Omni-iProbe

### 概要

Omni - iProbe は、フロー計測のためのコンパクトなプラグ&プレイ・ソリューションです。14孔プローブにセンサーとマイクロコントローラーを搭載し、データ処理しながら工学単位でダイレクトにデジタル出力することが可能。全方向性プローブヘッドにより最大で $\pm 160^\circ$ の流入角において計測ができ、迎え角が不明な場合や逆流が予想される用途に特に効果的です。

このシステムは、フィールドや研究室での計測に適しており、各種 PC に接続して使用できます。オプションの VectoVis Pro と一緒に使用することで、計測データをリアルタイムにモニターして記録することができます。

iProbe は光学式トラッカーにも対応しており Streamwise 社の ProCap システムと組み合わせて使用することが可能です。

## 寸法・形状

プローブ形状	ストレート
プローブ先端形状	球形
ヘッドタイプ	14孔
重量	約 460 g
システム部寸法	302 mm × Ø 25 mm
ヘッド寸法	200 mm
プローブ先端直径	7.5 mm
固定部	片側扁平シリンダー
リファレンス面	Z軸に垂直な基準面
温度センサー	Pt100
材質	ステンレス

## 動作環境

動作温度	- 20 °C ~ 70 °C
媒体	空気およびその他の非腐食性ガス
湿度	0 ~ 95%, 結露がないこと

## 校正

プローブ先端の圧力分布は、個別の風洞校正データと相関付けられ、静圧・全圧、流れの迎え角、および流速成分を決定します。

Omni - iProbe は最大 3 つの異なるマッハ数（最大マッハ 0.3）の校正データを保持できます。

## センサーとエレクトロニクス

Omni - iProbe には、プローブ先端の圧力を測定する 14 個の校正済み差圧センサーが搭載されています。これらの差圧測定の基準は、搭載された大気圧／絶対圧センサーによって提供されます。温度は内蔵の Pt100 測温抵抗体で計測します。

すべての圧力センサーは温度補償され、高い精度とドリフトが非常に少ないという特徴を有しています。

高い耐圧性能により、偶発的な過負荷に対する十分な保護機能を備えております。

圧力センサーのレンジは、お客様の用途に応じて設定可能です。

## 圧力センサー

圧力センサー	14個の差圧センサー（圧力レンジの選択が可能）
絶対圧センサー	大気圧/絶対圧センサー搭載
精度 <sup>1</sup>	最大. ±0.10% full scale 標準. ±0.05% full scale

<sup>1</sup> すべての圧力センサーは、全体的な精度を向上させるために校正されています。校正されていないセンサーのフルスケール精度は最大 ±2.0% です。

## センサーオプション

差圧レンジ (kPa)	最大マッハ数
0.25	0.06
0.50	0.08
1.00	0.12
2.50	0.18
5.00	0.25
10.00	—

## 測定誤差

角度	< $\pm 1^\circ$ (標準)
速度	1.0 m/s未満または 1.0 %未満の いずれか大きい方
温度	< 1 K

## インターフェース

通信	USBによるホストPCとの通信 (設定およびデータ取り込み)
電源	5 V : USB供給
圧力リファレンス ポート	基準圧力用金属チューブ $\varnothing 1.6$ mm
プローブ接続	LEMO (EGG.0B.307)
ケーブル (付属)	5 m ケーブル (FGG.0B.307 ~ USB)
サンプリングレート	最大 50 Hz

## ホスト PC との通信

USB 経由でデータの取得が可能です。転送レートは 50Hz まで設定可能。5V 電源は USB 経由で簡単に供給できます。

USB 経由で接続された場合、プローブはホスト PC に対して仮想 COM ポートとして認識されます。そのため、シリアル・プロトコルをサポートする様々なソフトウェアと通信すること可能です。

データの収集は VectoVis Pro を介して行うことができ、各データのライブビューや、.csv 形式のような汎用形式でのデータ記録が可能です。

## 出力データ <sup>2</sup>

データ名称	単位
P <sub>1</sub> ...P <sub>5</sub> (差圧)	Pa
P <sub>abs</sub> (絶対圧)	Pa
T <sub>tc</sub> (温度 Pt100)	°C
Theta (コーン角)	°
Phi (ロール角)	°
Alpha (迎角)	°
Beta (ヨ一角)	°
V <sub>mag</sub> (速度の絶対値)	m/s
u (速度のx成分)	m/s
v (速度のy成分) )	m/s
w (速度のz成分)	m/s
P <sub>d</sub> (動圧)	Pa
P <sub>s</sub> (静圧)	Pa
$\rho$ (空気密度)	kg/m <sup>3</sup>
T <sub>tot</sub> (全温度)	°C
T <sub>s</sub> (静温度)	°C
M (マッハ数)	-
Alt (気圧高度)	m
AltAbs (絶対高度)	m
Num (counter)	-
Error	-

<sup>2</sup> 詳細はマニュアルを参照ください



# DATA SHEET

# iProbe Wing

PRODUCT NAME

iProbe Wing

TYPE

統合型エアデータプローブ



図1. iProbe Wing 先端部分の拡大図



図2. iProbe Wing 統合型エアデータプローブ

## 概要

無人航空機（UAV）用に設計された、  
エアデータコンピュータ内蔵オールインワンプローブ

iProbe Wing は、精密なエアデータ取得のためのオールインワンソリューションです。単一のコンパクトな装置にて、対気速度、高度、温度、気圧、湿度といった重要な飛行パラメータを提供します。

主な特徴は以下の通りです：

- **堅牢なプローブヘッド設計：**
  - メタル 3D プリンティングによる優れた熱伝導性と耐食性
  - 重量制限が厳しい用途向けにアルミニウム製も用意
  - 全圧ポート用統合排水機構と、凍結や湿気による閉塞を防止する内蔵ヒーターを装備
  - 湿度・温度センサーを内蔵

- エアデータコンピュータ (ADC) を内蔵：**  
本体に内蔵された ADC が、センサーの生データを処理し、空力補正を行います。計算されたエアデータはその後、デジタルデータとして転送されます。
- 一体型センサー：**  
高精度な圧力、温度、湿度センサーを搭載し、正確な環境モニタリングを実現します。
- デュアルレンジ圧力センサー：**  
広範な動作環境において測定精度を最大化するため、2 レンジの圧力センサーをプローブに装備可能です。このデュアルレンジ構成により、低速飛行時と高速飛行時の両方で高精度な計測を行うことが可能です。
- 空力校正：**  
制御された条件下で得られた校正データに基づいた空力補正がリアルタイムで適用され、幅広い飛行プロファイルにおいて最適な精度が確保されます。

## 動作環境

動作温度	- 40 °C ~ 80 °C
媒体	空気
湿度	0 ~ 95%, 結露がないこと
速度	1 ~ 123 m/s
最大高度	約 5 km

## 電気仕様

消費電力	48 W (ヒーター最大出力時) 約 1 W (ヒーター非作動時)
電圧	16 - 28 V
データ出力率	100 Hz
接続プロトコル	シリアル (CAN または I2C)

## カスタマイズ

プローブはお客様の用途に合わせて特に以下の点においてカスタマイズ可能です：

- 機能性能
- センサーの計測範囲
- シングルレンジまたはデュアルレンジセンサー
- プローブヘッド形状
- プローブヘッド材質
- プローブ本体形状
- デジタルインターフェース
- 取付構成
- 機械的インターフェース
- ヒーター構成

## 機能

iProbe Wing は、エアデータプローブと処理ユニットを単一のコンパクトな装置に統合しています。4 本のネジで機体に固定でき、インターフェースは 1 本のコネクタで構成されています。

## 主な用途

- 小型軽量かつ信頼性の高いエアデータソリューションを必要とする無人航空機 (UAV) やその他の航空宇宙プラットフォームに最適です。

## 寸法・形状

寸法	185 mm x 60 mm x 35 mm
重量	< 80 g (316L) < 55 g (アルミニウム)
材質	ヘッド部：金属 (316L またはアルミニウム) マウント部：プラスチック

本装置は直流電源に接続し、CAN または I2C プロトコルによるデータ通信をサポートします。機内飛行制御システムとのシームレスに接続頂けます。プローブには保護キャップが付属しており、地上作業中の入力ポートの汚染や詰まりを防止します。

## 電源・ヒーター

iProbe Wing の先端には、氷の付着を防ぐ精密な温度制御を備えたヒーターシステムを搭載しています。これにより低温環境や高度が高い領域での使用においても正確かつ信頼性の高い性能が保証されます。

ヒーターは自動の閉ループ制御システムによって管理されます。内部温度が、設定された下限値を下回ると加熱が作動し、内部温度が設定された上限値を超えると停止するため、ユーザーの操作無しに安定した温度環境を維持します。

要求温度は通信チャネルを通じてユーザーが設定可能です。

## ヒーター

プローブ先端ヒーター 最大 48 W

ヒーター作動温度  
しきい値 < 7 °C (標準)

ヒーター停止温度  
しきい値 > 7 °C (標準)

## センサー

iProbe Wing には、1 つまたは 2 つの高精度温度補償型差圧・絶対圧センサーが搭載されています。

温度補償型圧力トランスデューサは、高い精度とドリフトが非常に少ないという特徴を有しています。

高い耐圧性能により、偶発的な過負荷に対する十分な保護機能を備えております。

デュアル圧力レンジを採用した iProbe Wing は、飛行速度に基づいて測定精度を動的に最適化するため、全飛行領域において最大のパフォーマンスを発揮します。高精度センサーは ±1.2 kPa、±2.5 kPa、±7.5 kPa の範囲でお選び頂けます。

本データシートに記載の値は標準的な圧力レンジです。このほか ±10 kPa 程度の追加レンジが精度と引き換えに対応することが可能です。お客様の用途に適したレンジの選定については、Vectoflowまでお問い合わせください。

iProbe Wing は熱電対を通して温度計測を致します。これにより様々なエアデータを精密に算出できます。

## 圧力計測

動圧	最大2個の差圧センサー
精度	標準 ±0.2% FS (最大 ±0.25% FS)
絶対圧	1個の大気圧センサー (標準 : 100kPa または 200 kPa)
絶対圧精度	標準 ±0.1% FS (最大 ±0.25% FS)

## 差圧センサーオプション<sup>1</sup>

差圧レンジ (kPa)	最大マッハ数 <sup>2</sup>
1.2	0.13
2.5	0.19
7.5	0.33

<sup>1</sup> 要望に応じて、その他のオプションもご用意可能です。

<sup>2</sup> マッハ数は、平均海面高度の大気条件を想定した国際標準大気条件下 (ISA) で計算された動圧に基づいています。

## 温度計測

温度計測	熱電対 タイプK
------	----------

精度	< 3 K
----	-------

## ホスト PC との通信

iProbe Wing は、CAN 2.0 および I2C プロトコルを介したデータ伝送が可能です。データ出力レートは最大 100 Hz です。

CAN バスプロトコルは、最大 1 メガボルトのボーレートで CAN 2.0A または CAN 2.0B 仕様に準拠して実装されています。簡単に取り込めるよう DBC ファイル（ベクトル形式）が提供されます。出力データの一覧については出力データ欄を参照ください。

## インターフェース

iProbe Wing は、シンプルな取り付けシステムと、電源供給および通信用のコネクタを備えています。

## コネクター

コネクター	S04B-PASK-2D
-------	--------------

## 出力データ

iProbe Wing の出力値の一覧を以下に示します。各出力値の詳細な定義と座標系については、製品マニュアルをご参考ください。

データ名称	単位
差圧	Pa
静圧	Pa
補正差圧	Pa
補正静圧	Pa
$\rho$ (空気密度)	kg / m <sup>3</sup>
Alt (気圧高度)	m
対気速度 - TAS	m/s
状態表示	-

データ名称	単位
差圧デジタルカウント	カウント
圧力センサーからの温度	°C
静圧デジタルカウント	カウント
ヒーター温度設定値	°C
周囲温度	°C
周囲相対湿度	%
ヒーター電流	A

## コマンド

iProbe Wing は、通信チャンネルを介して下記に示すパラメータの一部を設定することができます。コマンド構造については製品マニュアルを参照してください。

名称	通信チャンネル
動圧補正係数を設定	CAN / I2C
静圧補正係数を設定	CAN / I2C
ヒーター要求温度を設定	CAN / I2C

# DATA SHEET

## VectoFRAP

PRODUCT NAME

VectoFRAP

TYPE

高分解能計測プローブ



図1. ストレートヘッド型 VectoFRAP  
先端部分の拡大図



図2. ストレートヘッド型 VectoFRAP

### 概要

**最大 5kHz**

**高分解能フロー計測システム VectoFRAP**

Vectoflow の VectoFRAP は、5kHz の計測周波数で計測可能なフロー計測システムです。

3D 乱流計測、衝撃波現象、回転システムの非定常空力特性、CFD 検証など、高い測定周波数での計測が必要な場合に最適な選択肢となります。

プローブヘッドはメタル 3D プリンティングによる積層造形にて製造されており、形状設計の自由度や堅牢性など、様々なメリットを提供します。

## 寸法・形状

プローブ形状	ストレート, L型, コブラ
プローブ先端形状	円錐形, 4面カット
ヘッド寸法	60 mm x Ø 3 mm
ステム部寸法	247 mm x Ø 14 mm (5孔) 227 mm x Ø 14 mm (4孔)
リファレンス面	Z軸に垂直な基準面

## 計測仕様

角度精度	< ± 1°
マッハ数	M = 0.03 ~ M = 0.3
速度精度	< 1 m/s
温度範囲	- 20 °C ~ 70 °C
媒体	空気およびその他の非腐食性ガス
湿度	0 ~ 95%, 結露がないこと
角度範囲	± 60°
計測周波数	≥ 5000 Hz

## プローブヘッドのオプション

標準的な VectoFRAP 製品は、4 孔および 5 孔のマルチホールプローブ構成に対応し、ストレート、L 字型、コブラ型のプローブで提供されます。

プローブ先端の圧力分布は、個々の風洞校正と関連付けられ、静圧、全圧、速度成分／流角を決定します。

メタル 3D プリンティングによる積層造形により、プローブ形状は自由にカスタマイズ可能です。

形状やサイズをカスタマイズすることで、様々な設置環境や流路に対応することができます。

プローブヘッドの形状と長さにより、適用可能な測定周波数が決定されます。

## センサーとエレクトロニクス

VectoFRAP はプローブ先端付近に 4 個または 5 個の差圧センサーを搭載しています。

すべての差圧センサーは圧力レンジを選択できます。温度補償型圧力トランスデューサは、高い精度とドリフトが非常に少ないという特徴を有しています。

VectoFRAP プローブは -10 V ~ 10 V の範囲でアナログ電圧を出力します。電圧から圧力への（線形）変換係数は Vectoflow が提供します。

## 圧力センサー

圧力センサー	4つまたは5つの差圧センサー
圧力レンジ	±2.07 kPa または ±6.85 kPa
圧力精度	最大 ± 0.25 % FSS

## インターフェース

供給電圧	±12V ~ ±18V + GND デュアル電源
プローブ出力	アナログ -10V ~ +10 V
プローブ接続	LEMO (OB.309)
圧力リファレンスポート	Ø 1.0 mm 金属チューブ

## 周波数特性

圧力波がプローブの細い流路を通ってセンサーの膜まで伝わることによる信号の歪みを補正するため、各プローブは定格最大周波数まで校正され、プローブ先端に設置したセンサーに対する各流路ごとの振幅減衰量と信号遅延（位相シフト）が推定されます。

結果は伝達関数ファイルに保存され、取得した圧力データの補正に使用できます。

## 計測システム

Vectoflow は、最大 4 本のプローブを同時に駆動・測定するソリューションとして FastDAQ システムを提供しています。

Vectoflow の FastDAQ は USB ケーブルでコンピュータに直接接続可能です。

内部に NI-6210 USB I/O ユニットを搭載しているため、NI ライブラリを介して容易に制御できます。

## FastDAQ の基本仕様

供給電圧	5 V (LEMO コネクタ 0B.307 経由)
トリガー入力	プローブトリガ用 BNC入力×2
プローブ接続	最大 4 本 (LEMOコネクタ 0B.309)
ケーブル (同梱)	1.8 m LEMO FGG.0B.307 to USB Type A ケーブル x 1 10 m LEMO FGG.0B.309延長ケーブル x 1~4 (プローブ1本につき1本)
寸法	235 mm x 130 mm x 50 mm
I/Oデバイス	NI USB-6210
最大取得周期	毎秒 250 キロサンプル (合計)
入力レンジ	±10 V
解像度	16 bit



図 3. VectoflowのFastDAQデータ収集ユニット



# DATA SHEET

## Multi-Hole Probe

### PRODUCT NAME

Multi-Hole Probe

### TYPE

マルチホールプローブ

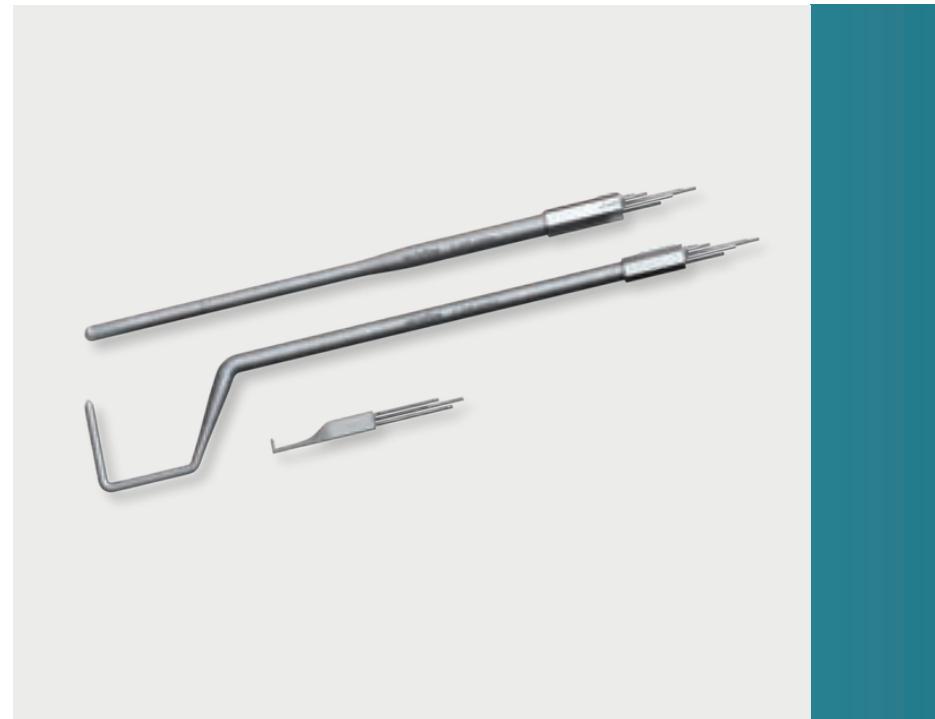


図1. 各種マルチホールプローブ：  
ストレートプローブ（1）  
コブラプローブ（2）  
マイクロプローブ（3）  
L字型プローブ（4）

### 概要

#### フルカスタマイズ可能な フロー計測用マルチホールプローブ

Vectoflow のマルチホールプローブは、3 孔、5 孔、7 孔と幅広くラインナップされ、最大  $\pm 60^\circ$  の広い流角に対応します。モータースポーツ、ターボ機械、ドローンなど様々な用途で使用されています。

メタル 3D プリンティングによる積層造形により製造され、形状設計の自由度や堅牢性など、様々なメリットを提供します。プローブは通常、内部チューブや溶接のない一体構造で成形され、内部リークを防ぎ、長寿命を実現します。

高度なカスタマイズが可能なため、ご要望に合わせて様々な用途に対応することができます。

## 寸法・形状

プローブ形状	ストレート, L型, コブラ, くし形
プローブ先端形状	円錐形, 三角錐, キール, 半球形, カスタム
最大長	< 100 mm (one part) > 100 mm (multipart designs)
最小標準直径	$\geq 3$ mm (micro $> 1.6$ mm)
材質	ステンレス, チタン, インコネル
接続部	$\varnothing 1$ mm または $\varnothing 1.6$ mm 圧力チューブ, カスタム
固定部	四角, 六角, 片側扁平シリンダー, カスタム
リファレンス面	Z軸に垂直な基準面
オプション	形状に依存した周波数校正, 温度計測 (熱電対またはPt100)

## 計測仕様

温度範囲	最大800°C (ご要望によりそれ以上も可)
角度範囲	$\pm 60^\circ$
角度精度	$< \pm 1^\circ$
マッハ数	$Ma = 0.01 \sim Ma = 0.95$
速度範囲 (ISA)	3.4 m/s $\sim$ 323 m/s
速度精度	$< 1$ m/s

## 測定誤差

マルチホール・プローブの測定誤差は、校正とデータ収集に使用する圧力スキャナーに大きく依存します。Vectoflow では、圧力レンジが想定される動圧を完全にカバーし、最大誤差が 0.1%FS 以下のスキャナーの使用を推奨しています。

流速が低いほど、図 2 に示すように (精度 0.05% FS の場合)、圧力測定誤差が流速決定に与える影響は大きくなります。

一般的に、高速度域では測定速度の 1 m/s または 1% のいずれか大きい方の誤差が予想されます。低速度域では、誤差は圧力スキャナーに依存し、速度が低下するほど増加します。

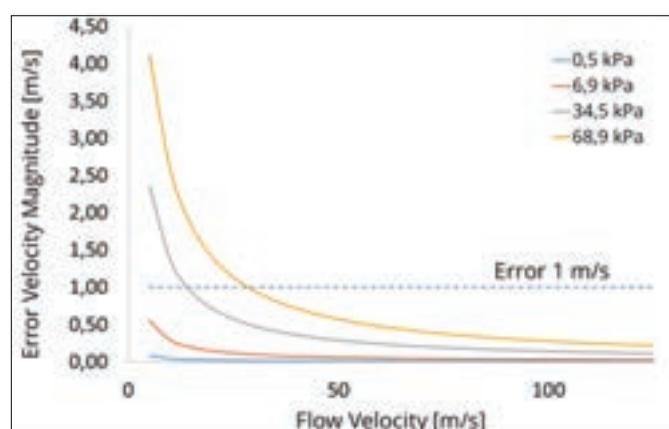


図 2. 精度0.05% FSの圧力スキャナにおける速度測定誤差と流速の関係

# DATA SHEET

# Omniprobe

## PRODUCT NAME

Omniprobe

## TYPE

14 孔  
全方向型プローブ



図 1. Omniprobe 先端部分の拡大図



図 2. 固定部：片側扁平シリンダー型

## 概要

Vectoflow のオムニプローブは、14 孔の全方向性プローブヘッドにより最大で  $\pm 160^\circ$  の流入角において計測が可能。迎え角が不明な場合や逆流が予想されるシーンでの計測に特に効果的です。

Vectoflow の他のプローブと同様に、メタル 3D プリンティングによる積層造形にて製造されており、形状設計の自由度や堅牢性など、様々なメリットを提供します。

## 主な用途

- ・ 風洞空力試験における全方向計測
- ・ ターボ機械における渦流と再循環のマッピング
- ・ 航空機および無人航空機 (UAV) のエアデータ計測
- ・ 自動車および産業用機器の空力研究
- ・ その他の産業・研究用途

## 寸法・形状

プローブ形状	ストレート, L型
圧力ポート数	14孔
最大長	< 200 mm (one part) > 200 mm (multipart designs)
プローブ先端径	> 7.5 mm
先端形状	球形
材質	ステンレス, インコネル, チタン
固定部	四角, 六角, 片側扁平シリンダー, カスタム
接続部	標準 1mm チューブ
リファレンス面	Z軸に垂直な基準面

## 動作環境

動作温度	最大 600 °C (ご要望によりそれ以上も可)
湿度	0 ~ 95%
媒体	空気およびその他の非腐食性 ガス

## 計測範囲

角度範囲	± 160°
角度精度	< ± 1°
速度範囲 <sup>1</sup>	約 4 m/s ~ 100 m/s
速度精度	±1 m/s または 測定速度の1%の いずれか大きい方
マッハ数 <sup>2</sup>	Ma = 0.01 ~ Ma = 0.30

1) ISA条件下 (15°C、静圧 101.325 kPa)

2) 校正範囲はマッハ数0.3まで、測定はそれ以上のマッハ数でも可能です

## 測定誤差

他のフロー計測プローブと同様にオムニプローブの測定誤差は、校正とデータ収集に使用する圧力スキャナーに大きく依存します。Vectoflow では、圧力レンジが想定される動圧を完全にカバーし、最大誤差が 0.1%FS 以下のスキャナーの使用を推奨しています。

流速が低いほど、圧力測定誤差が流速決定に与える影響は大きくなります。最大誤差 0.05% FS のスキャナーの例を図 2 に示します。

高速度域では測定速度の 1 m/s または 1% のいずれか大きい方の誤差が予想されます。低速度域では、誤差は圧力スキャナーに依存し、速度が低下するほど増加します。

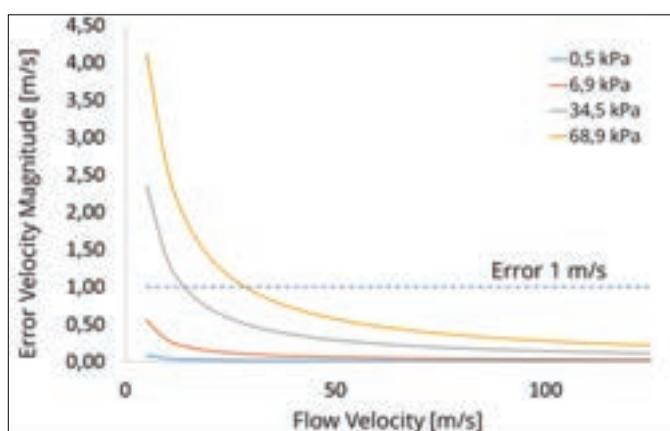


図 2. 精度0.05% FSの圧力スキャナにおける速度測定誤差と流速の関係

# DATA SHEET

# Kiel Pressure Probes

## PRODUCT NAME

Kiel Pressure  
Probes

## TYPE

キールプローブ



図1. キールプローブ（左側）と複数のキールプローブヘッドが取り付けられた櫛形プローブ（右側）



図2. マイクロキールプローブ ( $\varnothing 1.6 \text{ mm}$ )

## 概要

Vectoflow のキール圧力プローブは、最大  $\pm 58^\circ$  の迎角においてフローの全圧を計測することができます。メタル 3D プリンティングによる積層造形により製造され、形状設計の自由度や堅牢性など、様々なメリットを提供します。

キール圧力プローブは単体での提供、または指定数のプローブヘッドを備えた櫛形プローブとしての提供が可能です。Vectoflow のキールプローブは、全圧測定において少ない測定誤差で広い角度範囲をカバーします。

キールプローブは最小 1.6mm 径での製造が可能です（図 2 参照）。チューブ延長部の直径は、要求されるプローブ剛性に合わせて最大 8mm まで選択できます。

最適なサイズ決定に必要な計算も、ご要望に応じて対応可能です。

## 寸法・形状

プローブ形状	ストレート, L型, コブラ, カスタム
最大長	$\leq 100 \text{ mm}$ (one part design) $> 100 \text{ mm}$ (multipart designs)
最小標準直径	$\varnothing 1.6 \text{ mm}$ (マイクロキールプローブ) $\varnothing 5 \text{ mm}$ (標準サイズ)
材質	ステンレス, チタン, インコネル
固定部	なし, 四角, 六角, 片側扁平, 円筒形, ねじ切り, カスタム
接続部	標準 $\varnothing 1 \text{ mm}$ または $\varnothing 1.6 \text{ mm}$ 圧力チューブ, カスタム
使用温度	最大 $800^\circ\text{C}$ (ご要望によりそれ以上も可)

## 測定角度範囲

以下の表は、各種キールプローブの角度測定範囲の概要を示しています。

品番	プローブ径 [mm]	測定角度範囲 [°]
L_KP_f6ekk1	1.6	44
L_KP_7uhr31	2.0	50
S_KP_uxzszi	3.0	44
S_KP_bmaob5	3.8	48
S_KP_bcef5p	6.35	60
S_KP_rcpwit	6.5	51

## 計測仕様

角度範囲	$\leq \pm 58^\circ$ (標準サイズ) $\leq \pm 45^\circ$ (マイクロキールプローブ)
速度範囲	3 m/s ~ 343 m/s

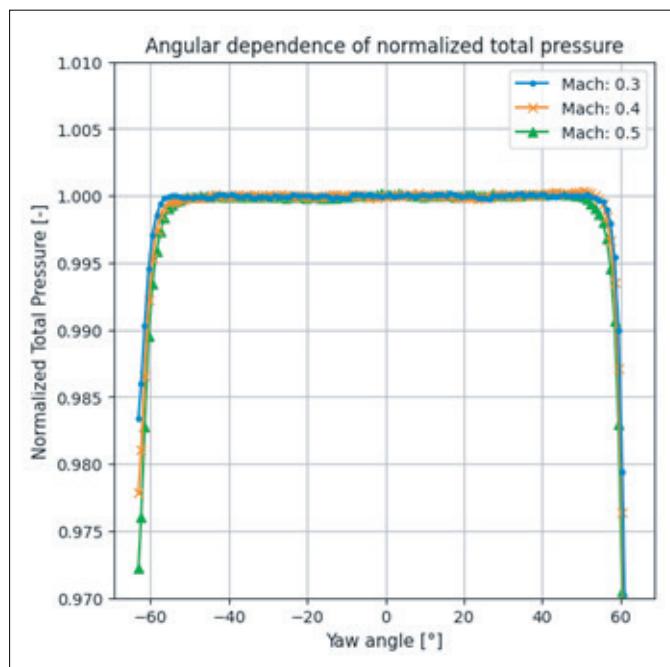


図3. 3つの異なる速度において、キールプローブで測定したヨー角の標準全圧。測定された全圧は、調査した3つの速度全てにおいて、 $[58.5^\circ, -60.5^\circ]$ の範囲の角度に対して99%の精度を有する

# DATA SHEET

# Kiel Temperature Probes

## PRODUCT NAME

Kiel Temperature  
Probes

## TYPE

キールプローブ



図1. キールプローブ（左側）と複数のキールプローブヘッドが取り付けられた櫛形プローブ（右側）



図2. マイクロキールプローブ ( $\varnothing 1.65\text{ mm}$ )

## 概要

### $\pm 50^\circ$ の広い流角で 高精度な測定を実現する温度プローブ

Vectoflow のキール温度プローブは、最大  $\pm 50^\circ$  の迎角においてフローの全温度を計測可能です。また、メタル 3D プリンティングによる積層造形により製造され、形状設計の自由度や堅牢性など、様々なメリットを提供します。

キール温度プローブは単体での提供、または指定数のプローブヘッドを備えた櫛形プローブとしての提供が可能です。

キールプローブは最小 1.65 mm 径での製造が可能です（図 2 参照）。

最適なサイズ決定に必要な計算も、ご要望に応じて対応可能です。

## 寸法・形状

プローブ形状	ストレート, L型, コブラ, カスタム
最大長	$\leq 100\text{ mm}$ (one part design) $> 100\text{ mm}$ (multipart designs)
最小標準直径	$\varnothing 1.65\text{ mm}$ (マイクロキールプローブ) $\varnothing 2\text{ mm}$ (標準サイズ)
材質	ステンレス, チタン, インコネル
固定部	なし, 四角, 六角, 片側扁平, 円筒形, ねじ切り, カスタム
温度センサー	Pt100または熱電対 (タイプN, タイプKなど)

## 計測仕様

温度範囲	最大 $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ご要望によりそれ以上も可)
角度範囲	$\pm 50^{\circ}$ (標準サイズ) $\pm 45^{\circ}$ (マイクロキールプローブ)
速度範囲	3 m/s ~ 343 m/s

## 定常状態到達時間

定常温度のフローにおけるキール温度プローブの安定化時間は、プローブの形状に依存し、小型のキール温度プローブでは1秒から、直径3.5mmのプローブでは10秒を超える範囲となります。

適切に収束したデータを取得するための測定時間は、全てのプローブで通常3秒以内です。

## 回復率

本来の温度 (全温度または滞留温度) に対する測定温度の補正のために、回復率 RT を以下のように定義します：

$$RT = \frac{T_c}{T_{tot}}$$

ここで、 $T_c$  はキール温度プローブによって測定された温度であり、 $T_{tot}$  は風洞の沈降室で測定された全温度になります。直径3.5mmのキール温度プローブの平均回復率をヨー角の関数として図3に示します：

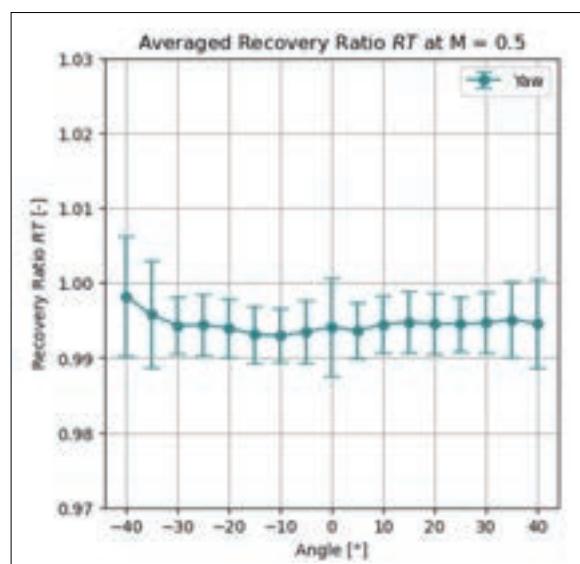


図3. 流速マッハ0.5におけるヨー角の関数としての回復率。値は33個の類似したプローブヘッドの平均値。エラーバーは標準偏差を示す。

## DATA SHEET

# Pitot Static Probe

### PRODUCT NAME

Pitot Static Probe

### TYPE

エアスピードプローブ



図1. ピトー静圧ヘッド部分の拡大図  
(静圧リング、ドレン、ヒーター搭載)

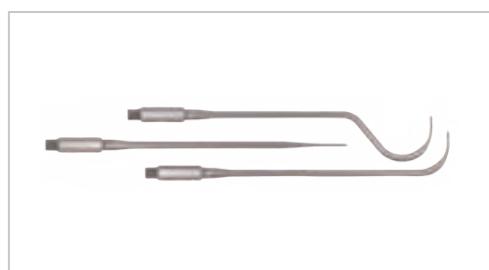


図2. 形状や長さをカスタマイズしたプローブ

### 概要

#### 速度計測用の堅牢なピトー静圧プローブ

Vectoflow のピトー静圧プローブは、無人航空機 (UAV)、ヘリコプター、航空機用途向けに精密な対気速度および圧力を計測する環境を提供します。

メタル 3D プリンティングによる積層造形により製造され、過酷な熱的・動的条件下でも卓越した堅牢性と安定した性能を発揮します。

ヒーターからプローブ先端への最適な熱流により結氷を防ぎ、排水ポートが水によるピトー管の閉塞を防ぎます。

長さ、材質、先端形状、取り付け方などのカスタマイズが可能で、ご要望に合わせて様々な用途に対応することができます。

## 寸法・形状

寸法	標準 185mm カスタマイズ可能
重量	< 80 g (316L) < 55 g (アルミニウム)
最小先端径	Ø 3 mm (ヒーター無し) Ø 8 mm (ヒーター付き)
材質	標準 : ステンレス カスタム : チタン, インコネル, 耐熱ステンレス
固定部	四角, 六角, 片側扁平シリンダー, カスタム
プローブ先端形状	楕円形
圧力ポート	標準 1.04mmバルジ付き チューブ

## 動作環境

動作温度	- 60 °C ~ 600 °C
媒体	空気

## 計測範囲

速度範囲	マッハ 0 ~ 0.9
速度精度	2 m/s または 測定速度の1%の いずれか大きい方

## 電源・ヒーター

Vectoflow のピトー静圧プローブには、氷の付着を防ぐ精密な温度制御を備えたヒーターシステムを搭載しています。これにより低温環境や高度が高い領域での使用においても正確かつ信頼性の高い性能が保証されます。

ヒーターは自動の閉ループ制御システムによって管理されます。内部温度が、設定された下限値を下回ると加熱が作動し、内部温度が設定された上限値を超えると停止するため、ユーザーの操作無しに安定した温度環境を維持します。

要求温度は通信チャネルを通じてユーザーが設定可能です。

## ヒーター仕様

プローブ先端ヒーター	最大 48 W
ヒーター作動温度 しきい値	< 7 °C (標準)
ヒーター停止温度 しきい値	> 7 °C (標準)

## 回復率

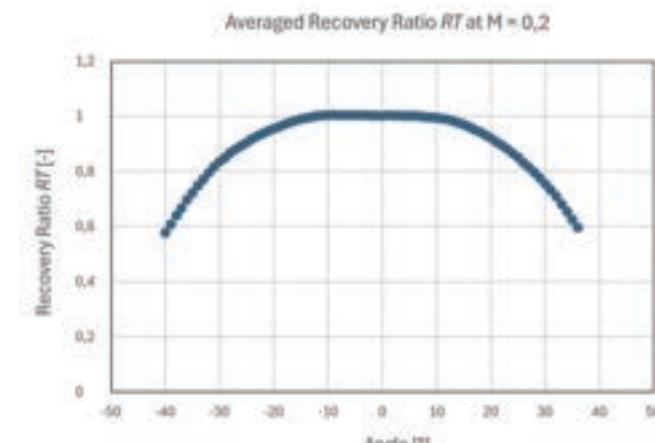


図 3. マッハ0.2における回復率

# DATA SHEET

# FastDAQ

PRODUCT NAME

FastDAQ

TYPE

圧力スキャナ／  
データ収集ユニット



図1. FastDAQの背面（トリガー端子, USB端子,  
電源端子）



図2. 4つの入力ポートを備えたFastDAQの前面

## 概要

コンパクトなオールインワン圧力測定器／データ収集  
ユニット

FastDAQ はコンパクトで軽量なデータ収集ユニットです。

最大 16 チャンネルに対応し、これは 5 孔プローブ 3 本分  
または 4 孔プローブ 4 本分に相当します。

FastDAQ は USB ケーブルで PC に直接接続可能です。内部  
に NI 6210 USB データ取得ユニットを搭載し、National  
Instruments ライブラリを用いて容易に制御できます。

Vectoflow の VectoFRAP 高周波プローブを含む幅広い高速  
応答プローブに対応し、FastDAQ は高度な空力試験装置に  
シームレスに統合できます。

## 仕様

供給電圧	5 V (LEMO コネクタ 0B.307 経由)
トリガー入力	プローブトリガ用BNC入力×2 (PFI0 and PFI1 on NI card)
プローブ接続	最大 4 本 (LEMOコネクタ 0B.309)
ケーブル (同梱)	1.8 m LEMO FGG.0B.307 to USB Type A ケーブル x 1 10 m LEMO FGG.0B.309延長ケーブル x 4 (プローブ1本につき1本)
寸法	235 mm x 130 mm x 50 mm
I/Oデバイス	NI USB-6210
最大取得周期	毎秒 250 キロサンプル (合計)
解像度	16 bit

# DATA SHEET

# VectoADP Beak

## PRODUCT NAME

VectoADP Beak

## TYPE

エアデータプローブ



図1. VectoADP Beakプローブ先端部分の拡大図



図2. TATセンサーを搭載したVectoADP Beakプローブ

## 概要

サブソニック、トランソニック、スーパーソニックでのエアデータ&フローパラメータを一体型システムで計測

VectoADP Beak は、亜音速（サブソニック）、遷音速（トランソニック）、超音速（スーパーソニック）の全飛行条件において、速度、迎え角、横滑り角などのフローパラメータを精密に測定できるように設計された多機能エアデータプローブです。

制御可能なヒーターが組み込まれ、3D プリンティングによる形状設計の柔軟性や、過酷な環境下でも動作可能な堅牢性といった特長を有しています。

Vectoflow の Eagle ADC などのエアデータコンピュータと組み合わせることで、航空機搭載用途向けのプラグアンドプレイソリューションを実現。有人・無人航空宇宙プラットフォーム向けに設計されています。

## 寸法・形状

プローブ形状	ストレート
圧力ポート数	5孔ヘッド + マルチ静圧孔リング + 背圧ポート
ヘッド寸法	$\geq 9\text{ mm}$ (ヒーター付 : $> 12\text{ mm}$ )
プローブ先端形状	円錐形／半球形

## 計測範囲

角度範囲	最大 $\pm 60^\circ$ (超音速領域で $\pm 20^\circ$ 以上)
角度精度	$< \pm 1^\circ$
速度範囲	$Ma = 0.1 \sim Ma = 2$ (設計要件による)
速度精度	マッハ 0.015 または 1% の いずれか大きい方
温度範囲	最大 $700^\circ\text{C}$

## 材質・構造

材質	ステンレス, チタン, インコネル
マウント	流線型ノーズコーン
ヒーター	防氷用カートリッジヒーター またはスパイラルヒーター

Vectoflow の他のプローブと同様に、メタル 3D プリンティングによる積層造形にて製造されており、形状設計の柔軟性や堅牢性など、様々なメリットを提供します。

プローブは通常、内部配管や溶接を伴わない一体成型で製造されるため、内部リークを防止し長期間使用いただけます。

さらに本プローブには、Pt100 または熱電対を用いた全空気温度 (TAT) センサーの搭載オプションに加え、防氷用ヒーターのオプション装備も可能です。

VectoADP Beak は、遷音速領域における流速測定の感度を向上させる特殊な圧力タップを備えた多孔プローブです。

亜音速流では  $\pm 60^\circ$  の範囲、超音速流では  $\pm 20^\circ$  以上の範囲で、流速、迎え角、横滑り角を計測することができます。

## 測定誤差

各エアデータプローブの測定精度は、ADC 内部で使用される差圧トランスデューサに大きく依存しますが、それ以外の要素もあります。

センサーは 0.25% FS の良好な精度を提供します。Eagle ADC に搭載の絶対圧測定は別センサーで行われ、最大誤差は 125 Pa です。ポート圧力から速度と流れ角を算出する数学モデルからも追加誤差が生じます。

Vectoflow 社内の経験則では、追加誤差の推定累積値は最大 0.87% です。これは 68% 信頼区間ににおける標準不確かさ 0.5% に相当します。

## 校正プロセス

Vectoflow では自社に校正用風洞を所有し、1 m/s からマッハ 1 まで対応しております（より高いマッハ数についてはご相談ください）。

Vectoflow では極めて厳格な品質保証体制を構築しており、これによりフロープローブの最高水準の測定精度を実現しています。

## 校正用風洞

- ・ 角度範囲：±155°（ヨ一角）、±180°（ロール角）
- ・ 最大出力：90 kW
- ・ 速度範囲：1 m/s ~ マッハ 1
- ・ 制御パラメータ：マッハ数、速度 (m/s)
- ・ 長期速度安定性：±0.25% (Ma = 0.1 時)

遷音速および超音速の校正については、Vectoflow は設計仕様と動作境界条件に応じて校正サービスを提供する複数の外部パートナーを有しています。

外部パートナー施設に関する詳細については、Vectoflow までお問い合わせください。

# DATA SHEET

## VectoADP Wing

### PRODUCT NAME

VectoADP Wing

### TYPE

エアデータプローブ



図1. VectoADP Wingプローブヘッドと静圧孔リングのクローズアップ



図2. VectoADP Wing のコネクタおよび取り付けインターフェース

### 概要

サブソニック、トランソニック、スーパーソニックでのエアデータ・フローパラメータを一体型システムで計測

VectoADP Wing は、亜音速（サブソニック）、遷音速（トランソニック）、超音速（スーパーソニック）の全飛行条件において、速度、迎え角、横滑り角などのフローパラメータを精密に測定できるように設計された多機能エアデータプローブです。

制御可能なヒーターが組み込まれ、3D プリンティングによる形状設計の柔軟性や、過酷な環境下でも動作可能な堅牢性といった特長を有しています。

Vectoflow の Eagle ADC などのエアデータコンピュータと組み合わせることで、航空機搭載用途向けのプラグアンドプレイソリューションを実現。有人・無人航空宇宙プラットフォーム向けに設計されています。

## 寸法・形状

プローブ形状	L型
圧力ポート数	5孔ヘッド + マルチ静圧孔リング + 背圧ポート
ヘッド寸法	$\geq 9\text{ mm}$ (ヒーター付 : $> 12\text{ mm}$ )
プローブ先端形状	円錐形／半球形

## 計測範囲

角度範囲	最大 $\pm 60^\circ$ (超音速領域で $\pm 20^\circ$ 以上)
角度精度	$< \pm 1^\circ$
速度範囲	$\text{Ma} = 0.1 \sim \text{Ma} = 2$ (設計要件による)
速度精度	マッハ 0.015 または 1% の いずれか大きい方

## 材質・構造

材質	ステンレス, チタン, インコネル
マウント	空気抵抗を抑え、機体に直接取付 可能な側面取付型
ヒーター	防氷用：カートリッジヒーター またはスパイラルヒーター

Vectoflow の他のプローブと同様に、メタル 3D プリンティングによる積層造形にて製造されており、形状設計の柔軟性や堅牢性など、様々なメリットを提供します。

プローブは通常、内部配管や溶接を伴わない一体成型で製造されるため、内部リークを防止し長期間使用いただけます。

オプションとして、防氷用のヒーターと空力補正があり、ご要望に応じて実装可能です。

VectoADP Wing は、遷音速領域における流速測定の感度を向上させる特殊な圧力タップを備えた多孔プローブです。

亜音速流では  $\pm 60^\circ$  の範囲、超音速流では  $\pm 20^\circ$  以上の範囲で、流速、迎え角、横滑り角を計測することができます。

## 測定誤差

各エアデータプローブの測定精度は、ADC 内部で使用される差圧トランスデューサに大きく依存しますが、それ以外の要素もあります。

センサー誤差最大 0.25%FS の良好な精度を提供します。Eagle ADC に搭載の絶対圧測定は別センサーで行われ、最大誤差は 125 Pa です。

ポート圧力から速度と流れ角を算出する数学モデルからも追加誤差が生じます。Vectoflow 社内の経験則では、追加誤差の推定累積値は最大 0.87% です。これは 68% 信頼区間における標準不確かさ 0.5% に相当します。

## 校正プロセス

Vectoflow では自社に校正用風洞を所有し、1 m/s からマッハ 1 まで対応しております（より高いマッハ数についてはご相談ください）。

Vectoflow では極めて厳格な品質保証体制を構築しており、これによりフロープローブの最高水準の測定精度を実現しています。

### 校正用風洞

- ・ 角度範囲：±155°（ヨ一角）、±180°（ロール角）
- ・ 最大出力：90 kW
- ・ 速度範囲：1 m/s ~ マッハ 1
- ・ 制御パラメータ：マッハ数、速度 (m/s)
- ・ 長期速度安定性：±0.25% (Ma = 0.1 時)

遷音速および超音速の校正については、Vectoflow は設計仕様と動作境界条件に応じて校正サービスを提供する複数の外部パートナーを有しています。

外部パートナー施設に関する詳細については、Vectoflow までお問い合わせください。

# DATA SHEET

# Eagle ADC

PRODUCT NAME

Eagle ADC

TYPE

エアデータコンピュータ



図1. Eagle ADCフロントパネル  
空気圧、電源コネクタ

## 概要

航空機向けの過酷な要求を満たすために設計された  
オールインワン エアデータコンピューター

Eagle ADC は Vectoflow における最高グレードのエアデータコンピュータで、高い耐久性と信頼性により過酷な環境下でも精度の高い計測を行えるよう設計されています。

RTCA DO-160G 規格に準拠し、堅牢性に加え、小型で軽量なパッケージで、多様な設置環境と可搬性を実現します。

高精度センサーと堅牢な演算コアを搭載した Eagle ADC は、圧力と温度のリアルタイム計測に加え、エンジニアリング値の正確な算出が可能。Vectoflow が校正した 5 穴プローブ、全温度 (TAT) プローブ、あるいはピトー静圧プローブと組み合わせることで、完全かつ高精度なエアデータソリューションを構築します。



図2. Eagle ADC背面パネル  
通信、アンテナコネクタ

## 寸法・形状

重量	約 600 g
寸法	80 x 120 x 50 mm (W x L x H)
筐体	アルミダイキャストケース

## 動作環境

動作温度	- 40°C ~ 85°C
媒体	空気およびその他の非腐食性ガス
湿度	0 ~ 95%, 結露がないこと

## 機能

Eagle ADC は、5 孔プローブと全空気温度 (TAT) プローブを備えたエアデータブームとのシームレスな統合を目的として設計されており、高精度な圧力・温度スキャナーとして機能します。

正確な圧力および温度信号を取得し、ピトープローブおよびピトー静圧プローブとも互換性があるため、様々なエアデータ計測用途に適応します。

接続したプローブからの入力と校正済みデータを用い、Eagle ADC は Vectoflow の高度なデータ軽減アルゴリズムを活用し、包括的なエアデータ特性を算出します。算出パラメータの詳細な一覧については「出力データ」欄を参照ください。

Eagle ADC は航空宇宙グレードの電気系・空気圧コネクタを採用し、プローブとライトコンピュータ双方へ、信頼性が高い堅牢な接続を保証します。

## 電源・ヒーター

Eagle ADC は、2 つの異なるヒーター・ソリューションを備えています：

### ・ 内部ヒーター

精密な温度制御を備えた本体内部ヒーターが、デバイス（特に圧力センサー）を動作温度範囲内に維持し、低温環境や高高度においても正確な性能を確保します。

### ・ 外部ヒーター用電源

Eagle ADC は、エアデータブームやピトープローブに内蔵されたヒーターに対しても電力を供給し、過酷な条件下でもプローブの高い性能を維持します。

Eagle ADC の電源供給には USB 経由の 5V、または DC 電源による 5 ~ 36V の 2 つの方法があり、ヒーターを使用する場合は、DC 電源が必須となります。電源に関する詳細は「インターフェース」欄を参照ください。ADC は接地することを推奨します。

## ヒーター

プローブヒーター	最大 150 W
----------	----------

内部ヒーター	最大 100 W
--------	----------

## センサー

Eagle ADC は、各チャンネルあたり 1 組または 2 組の高精度温度補償差圧センサーと、絶対圧センサー 1 つを搭載しています。温度補償型圧力トランスデューサは、高い精度とドリフトが非常に少ないという特徴を有しています。

高い耐圧性能により、偶発的な過負荷に対する十分な保護機能を備えております。

Eagle ADC はデュアル圧力レンジに対応しており、飛行速度に基づいて測定精度を動的に最適化して全飛行領域で最大のパフォーマンスを発揮します。センサーは ±65 Pa という低レンジから 1 MPa までの幅広い範囲で利用可能です。

お客様の用途に適したセンサー範囲の選定につきましては、Vectoflow までご相談ください。

Eagle ADC は熱電対または Pt100 サーミスタによる温度測定が可能です。これにより様々なエアデータを精密に算出できます。

さらに Eagle ADC には IMU が搭載されており、ジャイロセンサーと加速度計のデータを取得します。

## 圧力計測

差圧	5×2 set 差圧センサー
精度	標準 ±0.05% FS (最大 ±0.2% FS)
絶対圧	1個の大気圧センサー (標準：100kPaまたは200 kPa)
絶対圧精度	標準 ±0.1% FS (最大 ±0.25% FS)

## 温度計測

差圧	熱電対 (通常：タイプ K) またはPt100
精度	< 1 K

## ホスト PC との通信

Eagle ADC は、USB 2.0、CAN 2.0、または TCP/IP プロトコルを介したデータ伝送が可能です。データ出力レートは最大 100 Hz です。

USB 経由で接続された場合、ADC はホスト PC に対して仮想 COM ポートとして認識されます。そのため、シリアル・プロトコルをサポートする様々なソフトウェアと通信すること可能です。USB 接続は、デバイスの設定、統合、テストにおいて非常に使い勝手の良い接続方法となります。

CAN または TCP/IP 通信を使用する場合、5-36V の DC 電源が必要です。CAN バスプロトコルは CAN 2.0A または CAN 2.0B 仕様に準拠して実装され、ボーレートは最大 1 メガボードです。簡単に取り込めるよう DBC ファイル（ベクトル形式）が提供されます。TCP/IP 出力は USB モードと同じシリアル形式に従います。出力データの一覧は「出力データ」欄を参照ください。

## インターフェース

Eagle ADC のフロントパネルには、ADC とプローブを接続するインターフェースが配置されています。プローブの各チャンネルに接続するための空気圧コネクタとしてバルジ付きスチールチューブが設けられており、プローブからチューブリングへの配管を固定するためのクランプが用意されています。

また、前面にはヒーター電源と温度検知用として Glenair 806 シリーズコネクタが装備されています。

ADC 背面パネルには、別の Glenair 806 シリーズコネクタが、USB、CAN 2.0、イーサネット、電源入力用に配置されています。

さらに 3 つのステータス LED が搭載されています。

Glenair 806 コネクタは、MIL-STD-38999 シリーズ III の仕様を満たす小型化された円形コネクタです。

電源	5 V: USB供給 または 5 - 36 V: DC電源
圧力ポート	円形コネクタ ( Ø1.6mmバルジ付き チューブ x 8 )
ケーブル <sup>1</sup>	4-in-1 ケーブル - USB 2.0 - CAN (120 Ω終端抵抗付き) - イーサネットジャック - 電源用リード線

<sup>1</sup> ご要望に合わせて不要なポートを削除するなどのカスタマイズが可能です。詳しくは Vectoflow までお問い合わせください。

## 出力データ

Eagle ADC の出力値の一覧を以下に示します。

各出力値の詳細な定義と座標系については、製品マニュアルを参照してください。

データ名称	単位
P <sub>1</sub> ...P <sub>5</sub> (差圧)	Pa
P <sub>abs</sub> (絶対圧)	Pa
T <sub>tc</sub> (温度 Pt100)	°C
Theta (コーン角)	°
Phi (ロール角)	°
Alpha (迎角)	°
Beta (ヨ一角)	°
V <sub>mag</sub> (速度の絶対値)	m/s
u, v, w (速度のxyz成分)	m/s
P <sub>d</sub> (動圧)	Pa

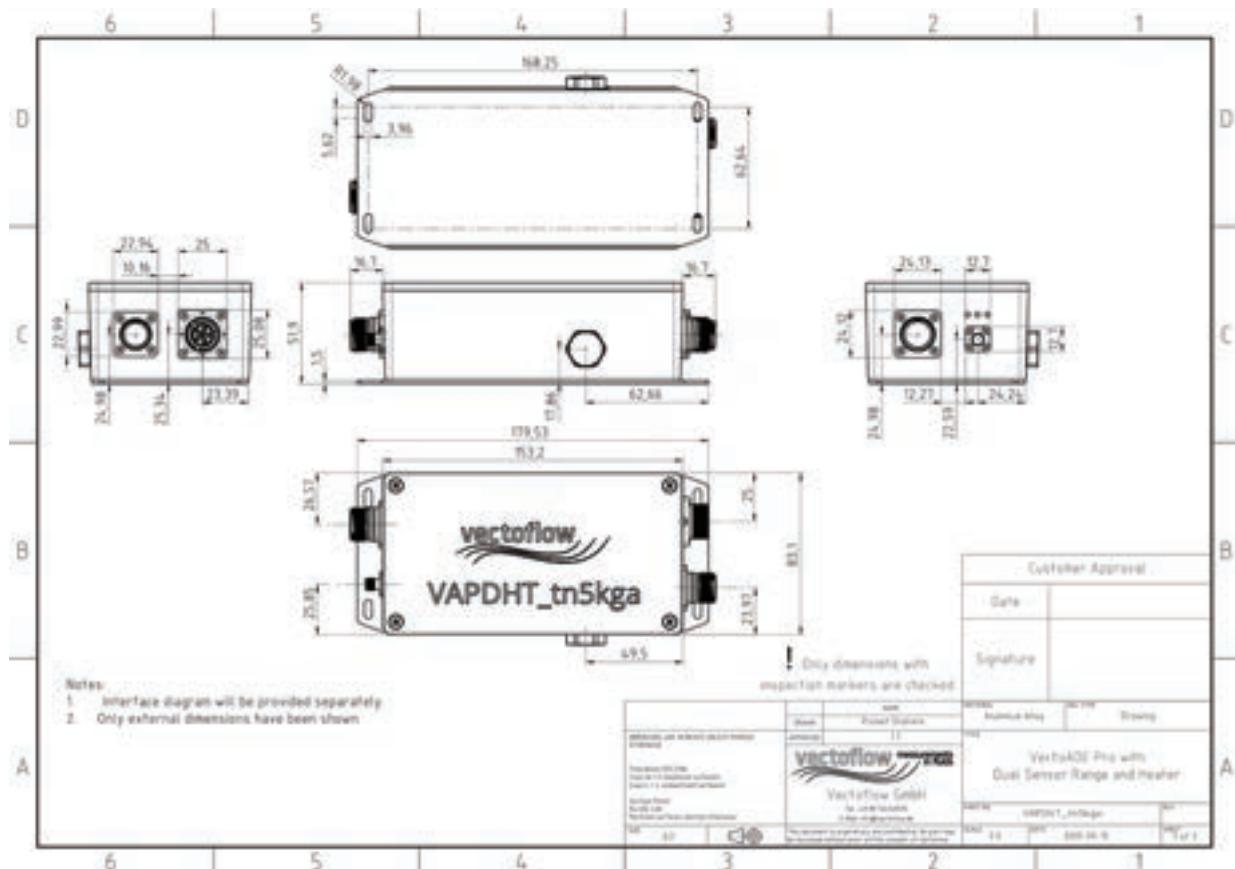
データ名称	単位	データ名称	単位
$P_s$ (静圧)	Pa	飛行高度照会 海里高度	m
$\rho$ (空気密度)	kg/m <sup>3</sup>	高度照会 地上高度	m
$T_{tot}$ (全温度)	°C	高度照会 海里高度	m
$T_s$ (静温度)	°C	気圧高度	m
M (マッハ数)	—	密度高度	m
Alt (気圧高度)	m	IMU速度不確かさ	m/s
AltAbs (絶対高度) m	m	ヨ一角、ピッチ角、ロール角	deg
Num (counter)	—	ジャイロスコープ X, Y, Z	rad/s
Error	—	加速度計 X, Y, Z	m/s <sup>2</sup>
指示対気速度 - IAS	m/s		
校正対気速度 - CAS	m/s		
等価対気速度 - EAS	m/s		
真対気速度 - TAS	m/s		
TASから導出される動圧	Pa		
TASから導出されるマッハ数	—		
局所音速	m/s		

## 耐環境性能

Eagle ADC は RTCA DO-160G 環境規格に準拠した試験を実施し、過酷な飛行環境下での性能を実証しています。

この堅牢性は、耐環境設計の筐体と MIL 規格認定コネクタによってさらに保証されています。

## 製品図面



# DATA SHEET

## Falcon ADC

PRODUCT NAME

Falcon ADC

TYPE

エアデータコンピュータ



図1. Falcon ADC

### 概要

Falcon ADC は、圧力および温度信号のリアルタイム取得を目的として設計されたエアデータコンピュータです。

エアデータプローブと組み合わせることで、風洞校正データに基づき、計測値の精密な演算を実現します。

Falcon ADC は 5 ポート版と 14 ポート版が用意されており、5 孔プローブ用にはデュアルまたはトリプル圧力レンジ構成が可能。広範囲のマッハ域で最適な精度を保ちます。また、Falcon ADC は高度な計測機能に加え、ヒーター付きのプローブにも対応しています。

出力データの一覧とヒーターシステムの詳細は、対応するデータシートを参照ください。



図2. Falcon ADC 前面のコネクタ

## 圧力センサー

Falcon ADC は、高精度で温度補償された差圧および絶対圧センサーを搭載しています。温度補償型圧力トランスデューサは、高い精度とドリフトが非常に少ないという特徴を有しています。

高い耐圧性能により、偶発的な過負荷に対する十分な保護機能を備えております。

圧力センサーは 0.25kPa から 1MPa までの広範囲で利用可能です。標準レンジ外のセンサーもご要望に応じて提供いたします。

Falcon ADC は 5 孔プローブ用のデュアルレンジおよびトリプルレンジ仕様を用意しており、1 つのデバイス内で広範囲のマッハ数における精度を動的に最適化できます。

お客様の用途に最適な構成につきましては Vectoflow までお問い合わせください。

## 温度センサー

Falcon ADC は、流速と密度を計算するために温度測定をサポートします。標準でタイプ K 熱電対および Pt100 測温抵抗体による温度測定をサポートします。

その他の熱電対や白金測温抵抗体の対応については、お問い合わせください。

## ホスト PC との通信

Falcon ADC は、USB 2.0、CAN 2.0、またはイーサネットを介したデータ伝送が可能です。データ出力レートは最大 100 Hz です。

USB 経由で接続された場合、ADC はホスト PC に対して仮想 COM ポートとして認識されます。そのため、シリアル・プロトコルをサポートする様々なソフトウェアと通信すること可能です。

CAN またはイーサネット通信を使用する場合、5-36V DC 電源が必要です。CAN バスプロトコルは CAN 2.0A または CAN 2.0B 仕様に準拠して実装されており、ボーレートは最大 1 メガバーです。

簡単に取り込めるよう DBC ファイル（ベクトル形式）が提供されます。TCP/IP 出力は USB モードと同じシリアル形式に従います。

出力データの一覧は「出力データ」欄に記載しております。各項目の定義および座標系に関する情報は製品マニュアルでご確認いただけます。

## ヒーター

Falcon ADC はヒーター付きプローブの電源として使用でき、低温環境や高高度での測定を可能にします。

最大 150W のヒーターに対応しており、用途に応じて除氷や防水に使用できます。ヒーターの電源には安定した直流電圧（通常 24 ~ 36V）を供給する必要があります。

## 寸法・形状<sup>1</sup>

重量	約 300 g
寸法	78 x 120 x 43 mm (W x L x H)
筐体	押出成形アルミニウム、 (オプションで脚の取り付けが可能)

<sup>1</sup> 構成によって仕様が異なる場合がございます

## 動作環境

動作温度	- 20 °C ~ 85 °C
媒体	空気およびその他の非腐食性ガス
湿度	0 ~ 95%，結露がないこと

## 圧力計測

<b>差圧</b>	最大14個の差圧センサー
<b>精度</b>	標準 $\pm 0.05\%$ FS (最大 $\pm 0.2\%$ FS)
<b>絶対圧</b>	1個の絶対圧センサー (標準 15 psia または 30 psia)
<b>絶対圧精度</b>	標準 $\pm 0.1\%$ FS (最大 $\pm 0.25\%$ FS)

## インターフェース

<b>USB2.0</b>	設定・データ取り込みにおける ホストPCとの通信
<b>CAN2.0a/b</b>	現場使用時のデータ取り込みと ヒーター制御
<b>イーサネット</b>	長距離におけるシリアルフォーマット でのデータ取得
<b>データ出力 レート</b>	最大 100 Hz
<b>入力電圧</b>	5 V: USB供給 または 5 - 36 V: DC電源
<b>圧力ポート</b>	$\Phi 1.6$ mm バルジ付きスチールチューブ
<b>標準ケーブル</b>	1.8m または 5m の USB2.0 Lemo ケーブル 5m CAN Lemo ケーブル 5m イーサネットケーブル 2m 電源ケーブル プローブヒーターおよび温度計用 ケーブル (オプション)

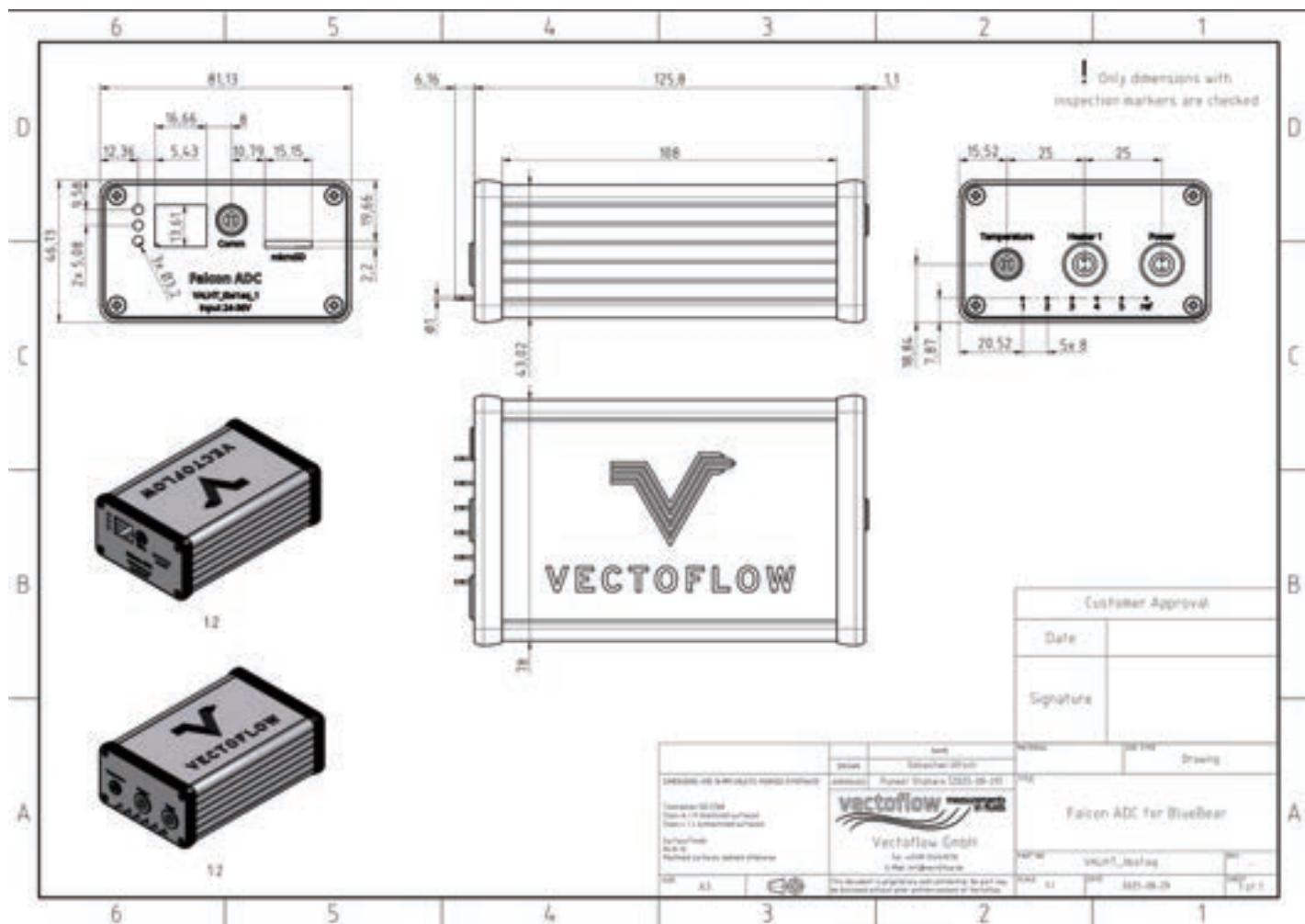
## 出力データ

データ名称	単位
$P_1 \dots P_5$ (差圧)	Pa
$P_{abs}$ (絶対圧)	Pa
$T_{tc}$ (RTDまたはTCの温度)	°C
Theta (コーン角)	°
Phi (ロール角)	°
Alpha (迎角)	°
Beta (ヨ一角)	°
$V_{mag}$ (速度の絶対値)	m/s
$u, v, w$ (速度のxyz成分)	m/s
$P_d$ (動圧)	Pa
$P_s$ (静圧)	Pa
$\rho$ (空気密度)	kg/m <sup>3</sup>
$T_{tot}$ (全温度)	°C
$T_s$ (静温度)	°C
M (マッハ数)	—
Alt (気圧高度)	m
AltAbs (絶対高度)	m
Num (counter)	—
Error	—
指示対気速度 - IAS	m/s
校正対気速度 - CAS	m/s
等価対気速度 - EAS	m/s
真対気速度 - TAS	m/s
TASから導出される動圧	Pa
TASから導出されるマッハ数	—
局所音速	m/s
飛行高度照会 海里高度	m
高度照会 地上高度	m
高度照会 海里高度	m
気圧高度	m
密度高度	m

## 補足資料

- Electrical ICD ( Interface Control Document )
- 製品マニュアル

## 製品図面



# DATA SHEET

# Windflower

## PRODUCT NAME

Windflower

## TYPE

5 孔ピトー管 + Eagle ADC



図1. ADCシステムを統合したWindflower



図2. Windflowerの取り付け部分

## 概要

Windflower 計測システムは、風力タービンのノーズコーンに設置された状態で動作するよう設計されています。

本システムはプローブとデータ収集装置（Eagle ADC）から構成され、80 日以上にわたる試験運転を通して、過酷な気象条件下での連続運転能力が検証されています。

- \* このうち 64 日間は降雨があり、さらに 35 日間は最低気温が 0 °C 以下でした。システムのオンボード・ヒーターは、動作条件下での結露と氷結の両方を防ぐことに成功し、試験後システムを分解しましたが、損傷や磨耗は見られず、メンテナンスなしでさらに 2,3 ヶ月は運用可能な状態でした。

## 寸法・形状

重量	約 3 kg
プローブ寸法	5孔プローブ ヘッド：160 mm × Ø 9 mm ブーム：1,580 mm × Ø 25 mm マウント：260 mm 全長：2,000 mm
材質	ヘッド：ステンレス ブーム：炭素繊維強化プラスチック マウント：PLA樹脂、ステンレス EagleADCケース ：アルミダイキャスト

## 動作環境

動作温度	- 20 °C ~ 50 °C
媒体	空気
湿度	0 ~ 95%
速度	5 ~ 25 m/s

## 圧力センサー

圧力センサー	5つの差圧センサー
精度	最大. ±0.25% full scale 標準. ±0.1% full scale

## 温度センサー

温度センサー	熱電対またはPt100
ヒーター	24 V @ 2 A (= 48 W)

## 測定誤差

角度 <sup>1</sup>	< ± 1°
速度	1.0 m/s または 1.0% の いずれか大きい方
温度	< 1 K

<sup>1</sup> ベルリン工科大学での試験運用にて検証

## インターフェース

通信	設定 (USB) データ収集 (USB/CAN)
電源	5 V: USB供給 または 24 V: CANバス供給
圧力ポート	Ø 1.06 mm 金属チューブ
ケーブル (付属)	1.8 m LEMO (FGG.0B.307 to USB A)
ケーブル (オプション)	1.8 m LEMO (FGG.0B.307 to D-SUB 9 for CAN)
最大データ伝送レート	16 Hz

## 出力データ

データ名称	単位
P <sub>1</sub> ...P <sub>5</sub> (差圧)	Pa
P <sub>abs</sub> (絶対圧)	Pa
T <sub>tc</sub> (温度 Pt100)	°C
Theta (コーン角)	°
Phi (ロール角)	°
Alpha (迎角)	°
Beta (ヨー角)	°
V <sub>mag</sub> (速度の絶対値)	m/s
u, v, w (速度のxyz成分)	m/s
P <sub>d</sub> (動圧)	Pa

## 出力データ

データ名称	単位
$P_s$ (静圧)	Pa
$\rho$ (空気密度)	kg/m <sup>3</sup>
$T_{tot}$ (全温度)	°C
$T_s$ (静温度)	°C
M (マッハ数)	-
ヨー・ピッチ・ロール (IMUによる)	°
ジャイロスコープ (X, Y, Z)	rad/s
加速度計 (X, Y, Z)	m/s <sup>2</sup>
磁力計 (X, Y, Z)	ガウス
Av_Theta (タービン 1 回転での コーン角の平均値)	。
Av_Phi (タービン 1 回転での ロール角の平均値)	。
Av_Alpha (タービン 1 回転での 迎角の平均値)	。
Av_Beta (タービン 1 回転での ヨー角の平均値)	。
Av_U, Av_V, Av_W (タービン 1回転で平均化した速度成分)	m/s



図3. (写真) デンマーク工科大学にある試験用タービンの先端部に設置されたWindflowerシステム

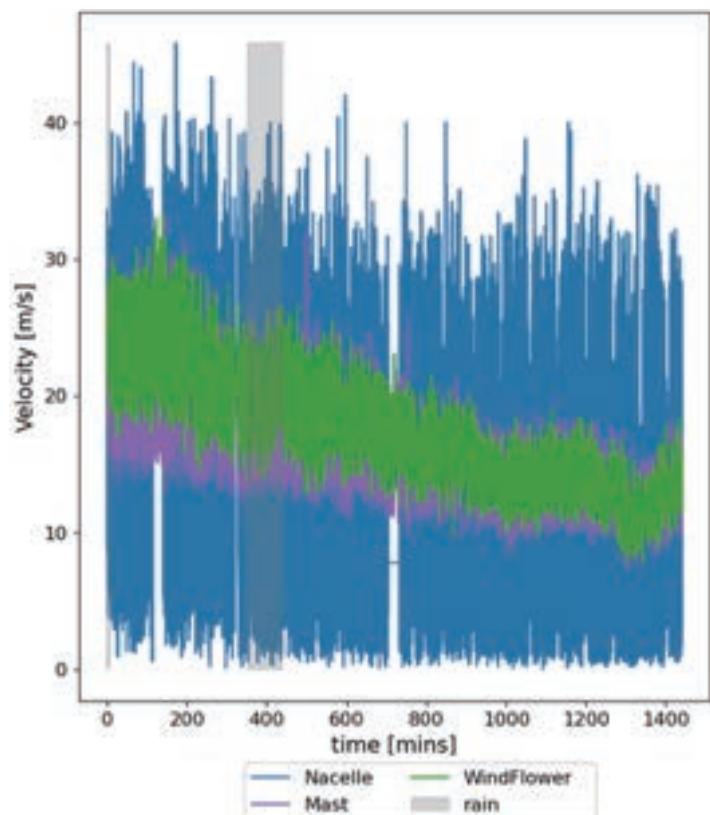


図4. デンマーク工科大学での検証期間中の標準的な日の速度プロット  
灰色の領域は雨天の検出を示す

## 検証試験

デンマーク工科大学 (DTU) で行われた検証試験では、地上 118m の試験用タービン前方に設置された測定用マストからのデータ、および試験用タービンの羽根の下流側に設置された音波風速計からのデータと Windflower のデータを比較しました。

この比較の結果は、図4と図5に示すように、精度と信号ノイズの点で Windflower システムの優れた性能を示しています。図3は、試験用タービンの機首に取り付けられたプローブの写真です。

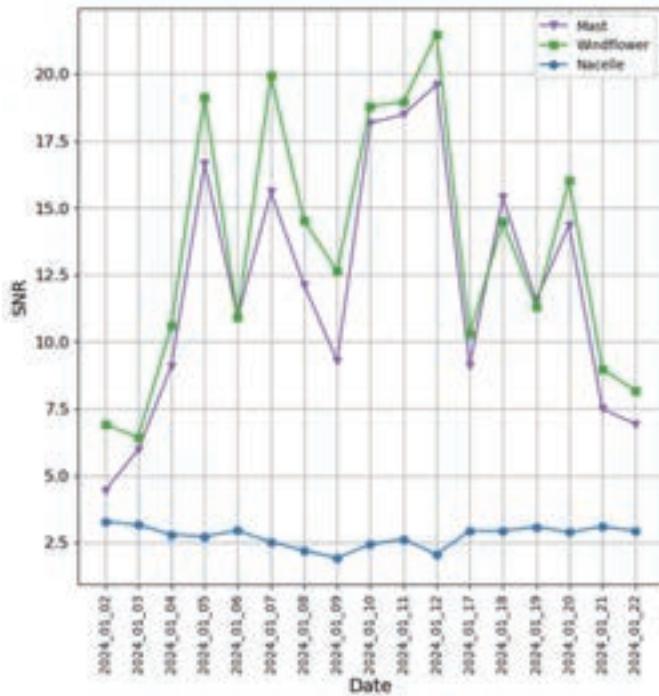


図5. Windflowerからの信号（緑の四角）、タービン上流の音波風速計（紫の三角）、羽根の下流側に設置した音波風速計（青の丸）の平均信号対雑音比（SNR）。  
SNRは3秒間のデータ長で計算し、1日あたりの平均を算出。  
SNRが高いほどノイズの少ない信号となる。

[2511A]



## 株式会社大手技研

ホームページ <https://www.ohtegiken.co.jp>  
E-Mail [main.sales@ohtegiken.co.jp](mailto:main.sales@ohtegiken.co.jp)



本 社 : 〒305-0856 茨城県つくば市観音台1-25-12  
TEL: **029-839-0777** FAX: 029-839-2288

テクノロジーセンター : 〒305-0856 茨城県つくば市観音台1-25-12  
TEL: 029-839-0778 FAX: 029-839-4488

関西 営業所 : 〒673-0016 兵庫県明石市松の内2-1-8 6F  
TEL: **078-926-1178** FAX: 078-926-1180