

# 角速度センサ TAG201シリーズ

## アプリケーションノート

### 改 訂 来 歴

訂正 番号	年月日	ページ	改 訂 理 由	作成	点検	承認

ED'N No. . .

DS' D	DATE	MODEL No.					TITLE						
CH' D	'12.6.6	TAG201共通					角速度センサTAG201シリーズ アプリケーションノート						
APP' D	DWG NO.	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	SHEET	
	<b>M N L 0 0 0 2 9 2 W 0 0</b>											<b>1 / 13</b>	

角速度センサTAG201シリーズ  
アプリケーションノート 目次

- 1.角速度センサ(ジャイロ스코ープ, レートジャイロ)とは
2. 型番と検出軸定義
- 3.標準仕様の見方(用語の解説等)
- 4.外部機器, 部品への接続方法
- 5.バイアスおよびノイズに関する用語の定義と分析
- 6.典型的な使用例
- 7.その他注意事項

第 版

	DWG NO.	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	SHEET
	M N	L	0	0	0	2	9	2	W	0	0	2 / 13

## 1. 角速度センサ(ジャイロ스코ープ, レートジャイロ)とは

角速度センサとは空間中の物体の回転角速度を計測できるセンサです。出力を時間で積分して角度にすることで取り付けられた物体の向きや姿勢を求めたり、出力をそのまま制御信号として利用して一定の向きや姿勢を維持するようなことに用いることができます。エンコーダーやレゾルバは回転軸のまわりの角度を計測するセンサであるのに対し、角速度センサは回転軸が存在しない、空間中の物体の回転角速度を計測するものです。

## 2. 型番と検出軸, 感度の定義

本製品は、図2、図3の矢印で示す方向に掛かる回転角速度に比例するアナログ電圧を出力するようになっており、検出軸方向により大きく2種類、また感度(単位角速度あたりの出力電圧)によってさらに4種類を用意し、合計8型式(表2)を標準仕様として用意しています。計測を行いたい軸の方向と、取り付ける基板の設置方向および必要なゲイムックルツ(検出範囲)・感度から、表2の8型式から使用目的に合致するものを選択ください。なお、以下のようなご要望があられる際には別途お問い合わせください。カスタム品として対応させていただきます。

- ・意図的に検出軸に傾きを持たせたタイプが必要な場合(これらは自動車のダッシュボードに搭載されるカーナビ等の用途を想定したものですので、通常の使い方の中で必要となることは少ないです。10°、20°に対応可能です)。
- ・より広い検出範囲をご希望の場合(～1000°/sまで対応可能です。ただし、使い方により、高い角速度での感度低下を無視できない場合がございますので、使用方法については別途ご相談ください)
- ・より早い周波数応答が必要な場合(60Hzまでは対応可能。それ以上は応相談)

面垂直(縦置き)タイプ: TAG201N0010~TAG201N0040

設置する基板(図1)の垂直軸(Z軸)方向の計測を行うのに適しています。

面内(横置き)タイプ: TAG201N1010~TAG201N1040

設置する基板(図1)の面内軸(X,Y軸)方向の計測を行うのに適しています。

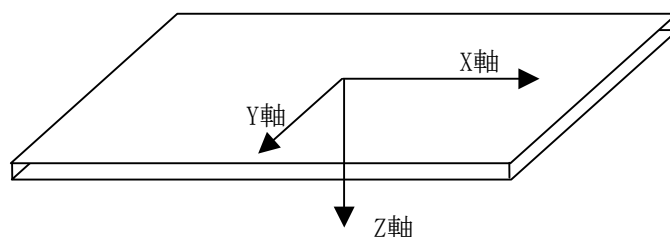


図1 設置基板の軸定義図

第 版

DWG NO.	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	SHEET
M N L	0	0	0	2	9	2	W	0	0		3 / 13

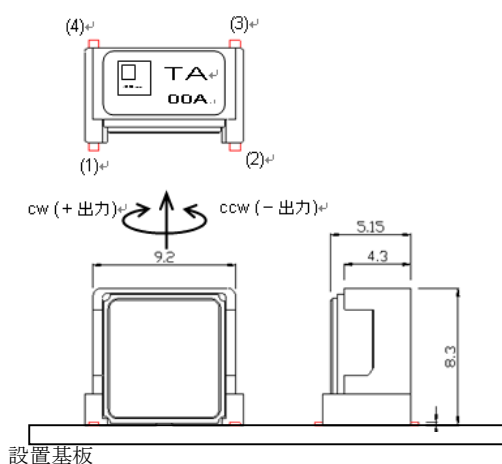


図2 面垂直タイプ TAG201N00\*\*の検出軸  
(\*\*=10,20,30,40)

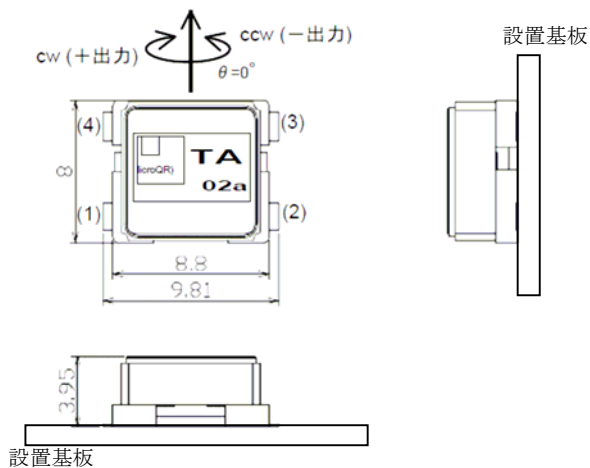


図3 面内タイプ TAG201N10\*\*の検出軸  
(\*\*=10,20,30,40)

表1 端子機能（面垂直、面内タイプ共通）

No	端子名	機能説明
(1)	Vout	ジャイロセンサ出力
(2)	Vcc	電源
(3)	TS	温度センサ出力（使用しない場合は無接続）
(4)	GND	接地

表2 TAG201シリーズ標準仕様一覧

型番	検出方向	ダイミックス（検出範囲）	感度	
TAG201	面垂直タイプ (図2)	N0010	±60° /s	25mV/° /s
		N0020	±100° /s	20mV/° /s
		N0030	±200° /s	10mV/° /s
		N0040	±300° /s	6mV/° /s
	面内タイプ (図3)	N1010	±60° /s	25mV/° /s
		N1020	±100° /s	20mV/° /s
		N1030	±200° /s	10mV/° /s
		N1040	±300° /s	6mV/° /s

第 版

DWG NO.	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	SHEET
M N L 0 0 0 2 9 2 W 0 0											4 / 13

### 3. データシートの見方

以下にTAG201N0030のデータシートを代表例とし、その見方について記載します。

#### 3.1 絶対最大定格

表3に示します。これは破壊限界値を示すもので、この条件の範囲外での使用はセンサの破壊につながりますのでお避けください。

表3 絶対最大定格

項	項目	最大定格	単位	備考
1	電源電圧	-0.3~+7.0	V	
2	動作温度	-40~+85	°C	
3	保存温度	-40~+85	°C	
4	耐衝撃性能	200	G	電源未投入状態でX,Y,Z軸,各1回

#### 3.2 動作条件

表4に示します。これは製品の標準的な動作条件を示します。

表4 動作条件

項	項目	規格			単位	条件
		MIN	TYP	MAX		
1	動作電圧	4.75	5	5.25	V DC	
2	ダイナミックレンジ	-200		200	deg/sec	
3	周波数応答性	-7		-2	dB	f=30Hz
4	起動時間			0.7	秒	25°C ± 2°C

動作電圧： 電源は1項の電圧範囲に設定もしくは調整して投入ください。

ダイナミックレンジ： 本製品で検出可能な角速度範囲を示します。これを越える角速度は検出できません。

周波数応答性： 速い角速度変化に対する追従性を示します。ここでは30Hzで変化する角速度が入力されたときの感度減衰をdB表示で示しています。-7dBで0.45倍、-2dBでは0.8倍の減衰を示しています。

起動時間： 電源投入後、正確な角速度計測が可能になるまでの時間を示します。

第 版

DWG NO.	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	SHEET
M N L 0 0 0 2 9 2 W 0 0											5 / 13

### 3.3 電気的特性(表5)

本製品の消費電流および、出力電圧に関する仕様となります。

表5 電気的特性

項	項目	規格			単位	条件
		MIN	TYP	MAX		
1	消費電流			6	mA	
2	最大出力電圧	V <sub>cc</sub> - 0.3			V	
3	最小出力電圧			0.3	V	
4	零点電圧	2.4	2.5	2.6	V	
		2.35	2.5	2.65	V	Ta= -40~+85°C
5	零点電圧安定性	-15		15	mV	起動後0.7秒~15分
6	感度	9.5	10.0	10.5	mV/deg/sec	
		9.0	10.0	11.0	mV/deg/sec	Ta= -40~+85°C
7	左右感度差	-0.5		0.5	%	
8	直線性	-0.5		0.5	%Fs	
9	他軸感度	-5		5	%	Ta= -40~+85°C
10	出力ノイズ			5	mVpp/5s	Ta= -40~+85°C
11	零点-電源変動係数	-20	0	20	%	起動後0.7秒~ V <sub>cc</sub> :4.75V~5.25V
12	感度-電源変動係数	-20	0	20	%	起動後0.7秒~ V <sub>cc</sub> :4.75V~5.25V

#### 2,3 最大出力電圧, 最小出力電圧:

出力電圧の範囲を示します。電源電圧V<sub>cc</sub>を+5.0Vとしたとき、0.3~4.7Vの範囲の電圧を出力することを意味します。計算上、±220°/sまでの出力電圧に対応します。

#### 4 ゼロ点電圧: 静止した条件下での出力電圧範囲です。

#### 5 ゼロ点電圧安定性: 電源投入後0.7秒~15分間のゼロ点電圧の変化量です。

4.5項は、誤差要因として重要なファクタであり、お使いのシステムの性能に影響を及ぼしますので、詳細は 項において対処法を解説します。

#### 6 感度: 出力電圧⇒角速度に変換する際の尺度係数です。 (出力電圧) ÷ (感度) =角速度 mV                      mV/°/s                      °/s の計算および単位となります。

#### 7 左右感度差: 時計回りの入力に対する感度と、反時計回りの入力に対する感度の差です。

#### 8 直線性: 入力角速度に対する出力角速度の誤差を示します。全角速度範囲(±200°/s =400°/s)での0.5% すなわち 2°/s以下の誤差ということになります。

#### 9 他軸感度: 検出軸以外の軸の入力角速度に対する感度を表します。

#### 10 出力ノイズ: 5秒間の出力波形を観察したときの電圧の振れ幅です。詳細にはノイズの時間成分の定義方法がありますので、これは5項に示します。

#### 11 ゼロ点電源変動係数: 電源電圧が変わったときのゼロ点電圧の変動を示します。

#### 12 感度電源変動係数: 電源電圧が変わったときの感度の変動を示します。

第 版

DWG NO.	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	SHEET
M N L 0 0 0 2 9 2 W 0 0											6 / 13

### 3.4 温度特性(表 6)

本製品は外部環境温度が変化したときに出力が変動します。その変化幅を表 6 に示します。

表 6 温度特性

項	項目	規格			単位	条件
		MIN	TYP	MAX		
13	零点電圧温度変化	-3.5		3.5	deg/sec	Ta= -40~+85°C
14	零点電圧温度変化量	-6		6	mV/2.5°C	Ta=0~60°C
		-13.5		13.5	mV/7.5°C	Ta= -40~+85°C
15	感度変化率	-3.0		3.0	%	Ta= -40~+85°C

13 零点電圧温度変化： 25°Cにおける零点電圧に対する条件に記された温度範囲内の零点電圧の変化量の角速度換算値です。

14 零点電圧温度変化量： 温度範囲内の任意の温度区間（2.5°C、7.5°C）における零点電圧変化量です。

15 感度変化率： 25°Cにおける感度に対する条件に記された温度範囲内の感度の変化率です。

### 4. 外部機器への接続の方法

#### 4.1 センサ出力をそのままお使いの場合

標準的な使用方法になります。この場合の本製品の接続方法を図 4 に示します。

- ・電源端子（2番ピン）は、保護抵抗（R1）およびバイパスコンデンサ（C1）を介して +5 Vに接続します。
- ・出力端子（1番ピン）は、バイパスコンデンサ（C2）および負荷抵抗（R2）の並列接続を介して次段に接続します（図 4 ではAD変換器）。なお、接続するAD変換器については4.3の記載を参考に選択ください。

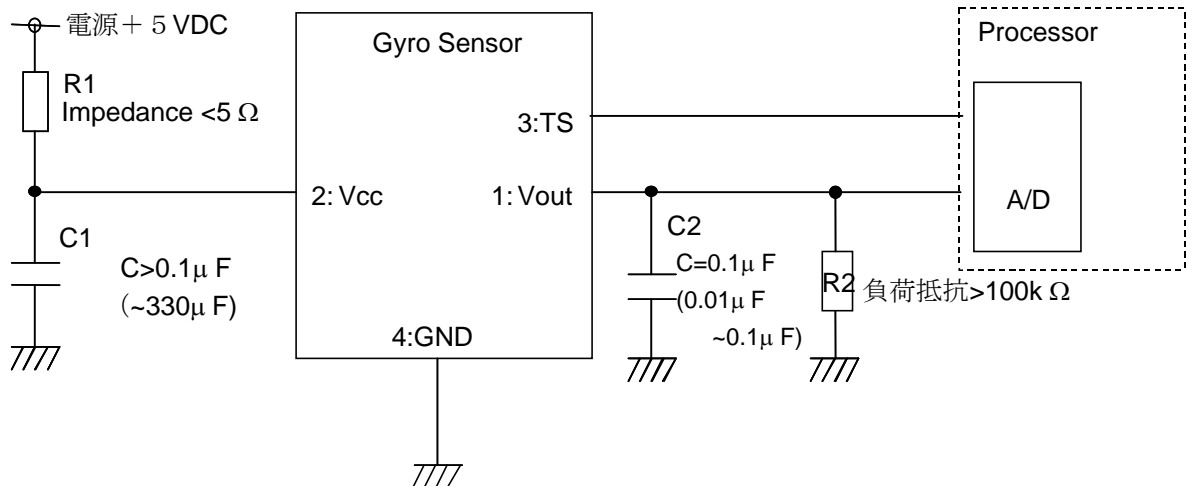


図 4 標準的接続方法

第 版

DWG NO.	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	SHEET
M N L 0 0 0 2 9 2 W 0 0											7 / 13

#### 4.2 センサ信号の増幅やフィルタリングを行う場合

低角速度域を高感度に計測したい場合、センサ信号の低域通過フィルタリングを行いたい場合の接続方法です（図5）。ここでは、0V基準にて±に出力が振れるように増幅すると同時に低域通過フィルタリング（ゲイン10倍、特性周波数6Hz）を行っています。負荷インピーダンス変動に対する耐性を上げる効果もあります。なお、接続するAD変換器については4.3の記載を参考に選択ください。

以下のような場合に本結線をお使いください。

- ・感度を上げたい場合（計測感度を上げたい、AD変換後の分解能を上げたい等）
- ・高周波ノイズを低減したい場合（低域のみの取得）
- ・負荷インピーダンス変動が大きい場合

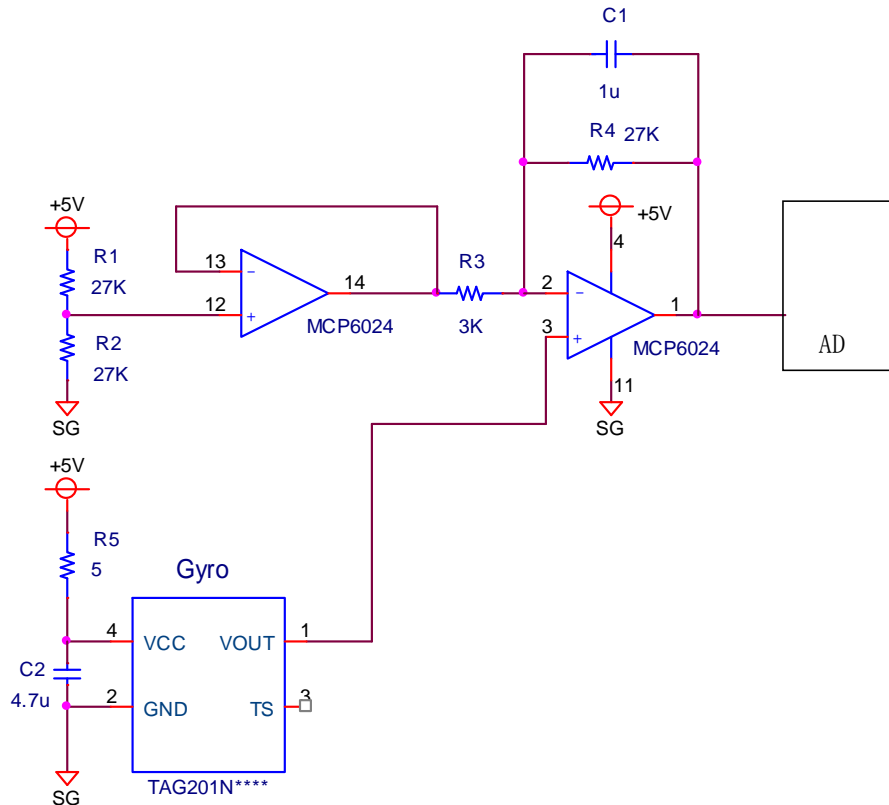


図5 センサ信号の増幅やフィルタリングを行う場合の結線

#### 4.3 AD変換に関する仕様

デジタル的に計測、制御を行う場合には必要な計測分解能に応じてAD変換器を選択する必要があります。4.1項の使い方の場合での典型的なAD変換器との組み合わせによる分解能を表7に示します。4.1項では+5V入力のAD変換器を利用することを想定します。高い分解能を必要とする使い方では、感度の高いジャロを使用すると同時にAD変換器のBIT数を考慮する必要があります。図5のような回路で電圧のスイング幅を確保したうえで増幅を掛けることも有効です。また、低いBIT数のAD変換器であってもサンプリングレートを上げることで実効的な分解能を上げることができます。概ねサンプルレートを1桁あげると分解能が2倍が目安ですが、5項（1）に示すバイアス不安定性以下はセンサ自体の測定限界となりますので、これ以上の分解能は得ることは困難です。

第 版

DWG NO.	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	SHEET
M N L	0	0	0	2	9	2	W	0	0		8 / 13



表7 AD変換器のBIT数と分解能 (° /s)

TAG201N****	感度	10bit	12bit	14bit	16bit
N0010 / N1010	25mV/° /s	0.195	0.049	0.012	0.003
N0020 / N1020	20mV/° /s	0.244	0.061	0.015	0.004
N0030 / N1030	10mV/° /s	0.488	0.122	0.030	0.008
N0040 / N1040	6mV/° /s	0.813	0.203	0.050	0.013

5. バイアスおよびノイズに関する用語の定義と分析

ジャイロの重要特性としてバイアスおよびノイズがあります。これらは、静止時に本来零であるべき信号に対し、DC的なプラス分（もしくはマイナス分）であるバイアスとAC的な変動であるノイズが重畳されていることを表現するパラメータですが、近年多種の用語で定義される傾向があり混乱を招く要因となっていますのでここで整理しておきます。

近年近年ジャイロのノイズ特性を統合的に解析する手法としてアラン分散が導入されています。これによるジャイロノイズの記述方法と、古くから用いられているジャイロバイアスの記述方法が似通っていることが混乱の原因となっています。この観点から、以下のパラメータについてここで改めて定義します。ここで、一般的には「零点の誤差」＝「バイアス」となります。なお、「オフセット」も同じ意味で使用されます。

- (1) バイアス不安定性, バイアス安定性
- (2) バイアス再現性
- (3) 角度ランダムウォーク
- (4) バイアスドリフト

その前にアラン分散について説明しておきます。

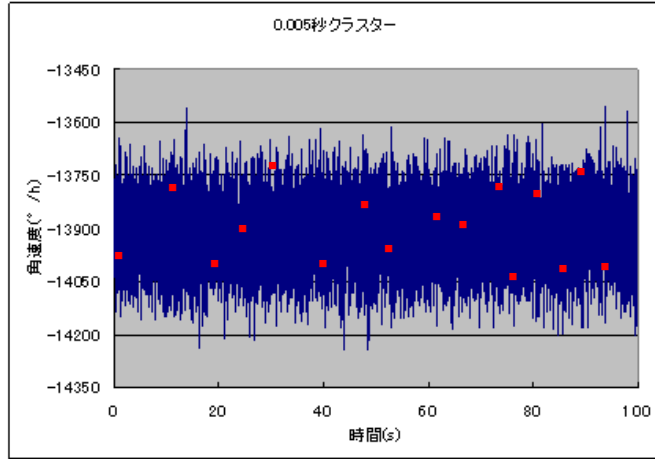
本法は、振動子の周波数安定性を評価するために考えられた統計的手法です。具体的には、(1)式に示す通り、得られたデータを一定の時間間隔に区切ることを、短い時間間隔から長い時間間隔まで行い、それぞれの平均値間のばらつきを計算するものです。そして、横軸をクラスター時間（平均をとる時間）、縦軸をアラン分散(σ)で表します。このイメージを図6に示します。

すなわち、ジャイロのバイアスデータにこれを適用することで、短い時間間隔では、平均効果によりホワイトノイズが低減していく様子を観察することができ、ある程度長い時間間隔では、ドリフトの成分を観察することができます。また、前者から後者への移行が見られる時間間隔には変曲点があり、この点はそのジャイロで正確に計測できる角速度の限界点としてバイアス不安定性(バイアスインスタビリティ)と定義される点になります。このプロットから、角度ランダムウォーク、バイアスインスタビリティ、ドリフトを読み取ることができ、ジャイロが持つノイズ分を1枚のグラフに表し、グラフからそれぞれの大きさを読み取ることができます(図7)。

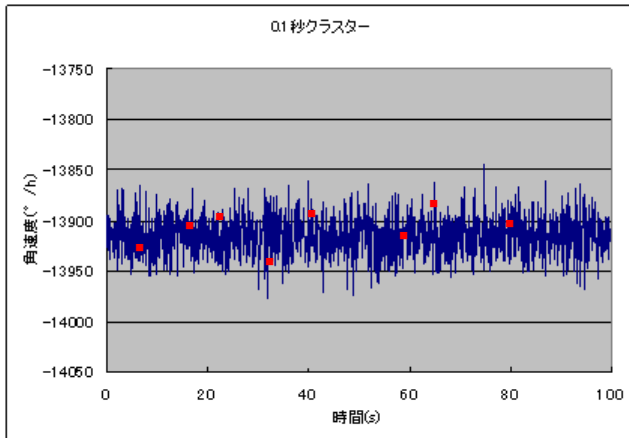
$$AVAR(\tau) = \frac{1}{2(n-1)} \sum_i [y(\tau)_{i+1} - y(\tau)_i]^2 \quad (1)$$

第 版

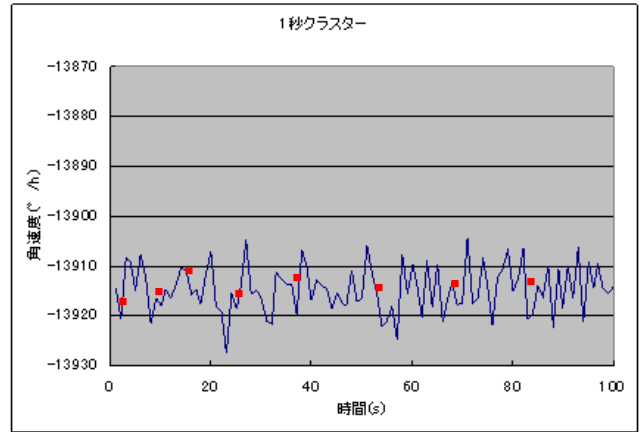
DWG NO.	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	SHEET
M N L 0 0 0 2 9 2 W 0 0											9 / 13



(a) 元データ (200Hz サンプルリング=0.005 秒クラスター)



(b) 0.1 秒クラスター



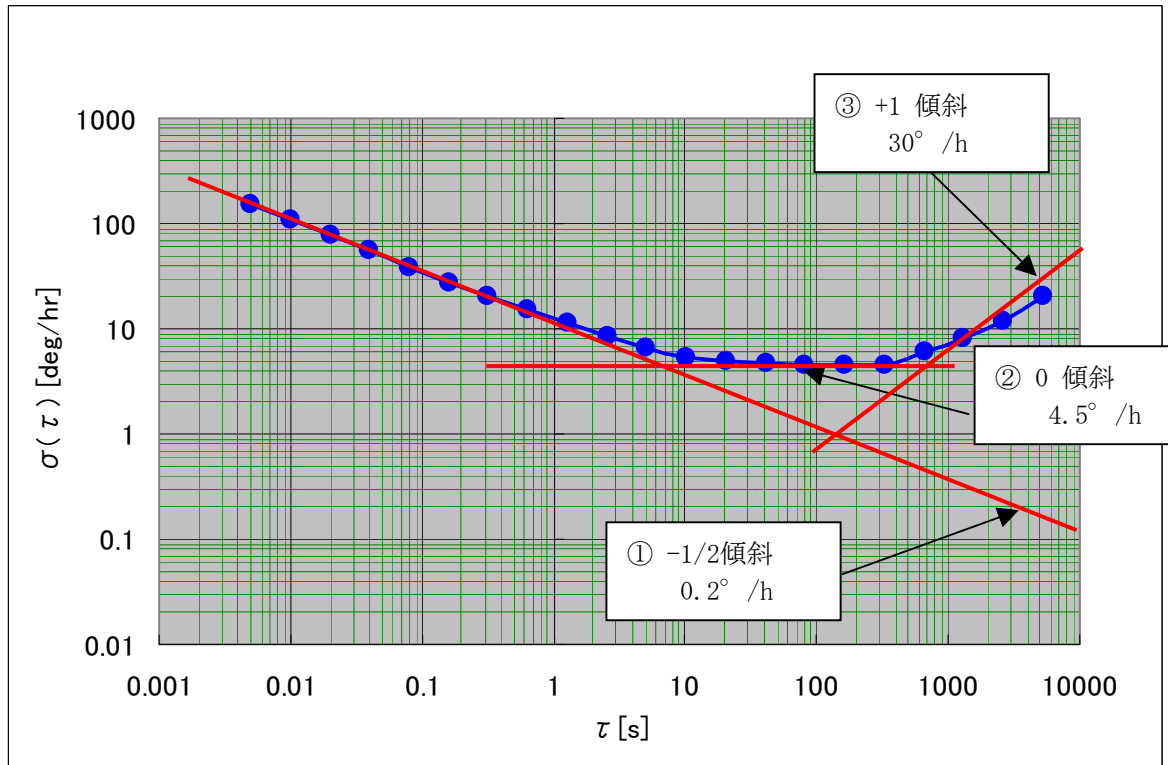
(c) 1秒クラスター

クラスター時間が長くなるほど平均値間のばらつきが小さくなっている。

図6 アラン分散のイメージ

第 版

DWG NO.	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	SHEET
M N L 0 0 0 2 9 2 W 0 0											10 / 13



① 角度ランダムウォーク

短いクラスター時間のプロットに $-1/2$ 傾きの直線をフィッティングする。  
 この直線の延長線とクラスター時間3600秒の交点を読む。  
 この値が角度ランダムウォーク(単位:  $^{\circ} / \sqrt{\text{Hr}}$ )である。  
 本図の場合は、 $0.2^{\circ} / \sqrt{\text{Hr}}$ となる。

② バイアスインスタビリティ

プロットが負の傾きから正の傾きに移行する際に傾きがゼロになる点(変曲点)での $\sigma$ を読む。この値に対して係数0.664で割ることで求める。  
 本図の場合、傾き0のところの $\sigma$ が $4.5^{\circ} / \text{h}$ と読み取れるので、バイアスインスタビリティは $6.7^{\circ} / \text{h}$ である。

③ Rate Ramp(ドリフト)

長いクラスター時間において $+1$ の傾きの直線をフィッティングする。  
 この直線とクラスター時間 $\sqrt{2}$ 時間(=5091秒)の交点を読む。  
 この値がRate Ramp(単位、 $^{\circ} / \text{h/h}$ )である。  
 本図の場合、 $30^{\circ} / \text{h/h}$ となる。

図7 アラン分散の読図例 (TAG201のtypical値)

第 版

DWG NO.	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	SHEET
M N L	0	0	0	2	9	2	W	0	0		11 / 13

(1) バイアス不安定性, バイアス安定性

そのジャイロにあらゆる補正を施すことで計測可能な最小の角速度と定義できます。これに対し(2)のバイアス再現性は、電源のON-OFFを繰り返した時の零点出力の変動幅を表すものであり、積分した角度を用いる慣性計測装置の性能を大きく左右するパラメータです。一般的にバイアス再現性のほうが大きな数値となり、小さい値で定義されたバイアス不安定性、安定性と混同し、積分誤差が小さいものと誤認することが起こりますので注意が必要です。本アプリケーションノートでは(1)(2)のパラメータを明確に区別して議論します。

本製品のバイアス不安定性は $10^{\circ}/h$  (@10秒)です。これは、オフセット分を考慮の上、本ジャイロの出力を10秒間平均することで $10^{\circ}/h$ 相当以上の角速度であればノイズとぎりぎり区別できることを意味します。

(2) バイアス再現性

電源ON-OFFを繰り返した時の零点出力のばらつきを表すパラメータです。慣性装置やIMUではバイアスをあらかじめメモリに書き込んでおき、その値と実際の出力の差を角速度出力としますので、あらかじめ定義したバイアスと実際の静止時出力の相違が大きな誤差要因となります。

本製品のバイアス再現性は  $\pm 0.1^{\circ}/s$  となります。これは、ジャイロ出力を積分して角度に直して使う場合に、最大1秒あたり $0.1^{\circ}$  (=1時間で $360^{\circ}$ )の誤差となることを意味しています。

(3) 角度ランダムウォーク

出力に重畳されているAC的なノイズのうち、周波数ごとの成分が一定の成分を表します(いわゆるホワイトノイズ)。このような角速度ノイズを積分して角度に直すと角度がふらつくように見える(いわゆる酔歩=ランダムウォーク)ためこのような名称で定義されています。

本製品の角度ランダムウォークはアラン分散のプロットから $0.2^{\circ}/\sqrt{H}$ となります。

(4) バイアスドリフト

出力が長時間かけてゆっくり変動する成分を表します。

6. 典型的な使い方の例

(1) 空間中の物体の角度を求める使い方

本製品は角速度に比例した電圧を出力します。角速度の単位は $^{\circ}/s$ ですので、角速度に時間を掛けることで角度に換算することができます。回転軸のない空間中の物体について計測可能です。

なお、角速度出力には誤差成分(バイアス、ノイズ)が乗っていますので、これらを適切な方法で除去することが必要です。バイアス分はあらかじめ零点としてメモリ等に格納しておきその値を差し引いたうえで角度換算を行います。この際には、5項(2)のバイアス再現性により精度が決定されます。バイアス再現性が問題となる場合には、使用の都度零点を求める(静止状態の時間帯を意図的に作る等)ことにより精度向上を図ることができます。ホワイトノイズについては、積分することでランダムウォークとなりますが、零を中心としたふらつきであるため、長時間にわたって角度を求める際には大きな問題とはなりません。短時間の変動をみるような空間安定用途では、使用するジャイロに配慮が必要となります。

(2) 角速度出力をそのまま利用する使い方

搭載した物体の角速度が零になるように制御を行う(空間安定)ような使用例があります。また、地球の自転の角速度を計測して真方位を求める使い方もありますが、本製品のバイアス不安定性(安定性)は $10^{\circ}/h$ であり、地球の自転角速度である $15^{\circ}/h$ を十分な分解能では計測できませんので、このような用途には不向きです。

第 版

DWG NO.	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	SHEET
M N L 0 0 0 2 9 2 W 0 0											12 / 13

7. その他注意事項

1. 本資料に記載されている内容は予告無しに変更することがありますので、ご用命の際は当社営業窓口にご確認ください。
2. 本資料に記載された動作概要や応用回路例は、電子部品の標準的な動作や使い方を示したもので、実際に使用する機器での動作を保証するものではありません。従いまして、これらを使用するにあたってはお客様の責任において機器設計を行なってください。これらの使用に起因する損害等については当社はその責任を負いません。
3. 本資料に記載された動作概要・回路図を含む技術情報は、当社もしくは第三者の特許権、著作権などの知的財産権やその他の権利の使用権または実施権の許諾を意味するものではありません。また、これらの使用において、第三者の知的財産権やその他の権利の実施ができることの保証を行なうものではありません。従いまして、これらの使用に起因する第三者の知的財産権やその他の権利の侵害について、当社はその責任を負いません。
4. 本資料に記載された製品は、通常の産業用、一般用、パーソナル用、家庭用等の一般的な用途に使用されることを意図して設計・製造されております。「ハイセフティ用途」即ち、極めて高度な安全性が要求され、仮に当該安全性が確保されない場合、社会的に重大な影響を与えかつ直接生命・身体に対する重大な危険性を伴う用途（原子力施設における核反応制御、航空機自動飛行制御、航空交通管制、大量輸送システムにおける運行制御、生命維持のための医療機器、兵器システムにおけるミサイル発射制御をいう）、ならびに極めて高い信頼性が要求される用途（海底中継機、宇宙衛星をいう）に使用されるよう設計・製造されたものではありませんので、ハイセフティ用途にはご使用にならないで下さい。また、お客様の装置がハイセフティ用途に該当する可能性がある場合は、事前に当社担当営業までご相談下さい。当社は、これらの用途に当該製品が使用されたことにより発生した損害等については、責任を負いません。

第	版
---	---

	DWG NO.	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	SHEET
	M N L	0	0	0	2	9	2	W	0	0		13 / 13