

知っているようで
知らない?

ユニパルスの

ロードセル

のおはなし

UNIPULSE



これを読めば
ロードセルのことが分かる

はじめに

ロードセルという言葉はエンジニアの方ならともかく、一般の方が耳にすることはほとんどないと思います。ロードセルとは簡単に言えば力をはかることができるセンサの一つです。これは「ロードセルなんて聞いたことがない」あるいは「詳しくは知らない」という方にロードセルについて少しでも知っていただければというおはなしです。

目次

1. 重さについて

- 質量と力の関係

2. ロードセルに関する基礎知識

3. ロードセルの原理

- 金属にはバネの性質を持つ部分がある
- ひずみゲージとブリッジ回路

4. 多種多様なロードセル

- ロードセルのタイプと荷重方向
- 温度影響について
- 性能と精度の確認方法

5. 重さと力をはかるために

6. ロードセルの選定方法

- 重さをはかる
- 力をはかる

7. アプリケーション例でご利用のイメージを

- はかりに使用される例
- 力測定に使用される例

8. 安全とより良い測定のために

- ロードセルの主な故障原因
- ロードセルアンプが必須
- ロードセルの設置
- 電気的な外乱にも配慮を

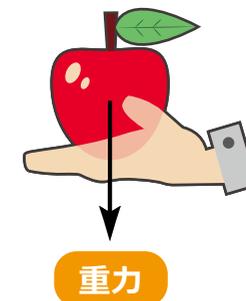
9. 用語解説

～このブックについて～

このブックはロードセルについて少しでも理解していただけるようご案内しています。詳しい情報を入手したい方はホームページまたは弊社計測営業部までお問い合わせください。

1. 重さについて

絵のようにリンゴを手にのせたとき、リンゴの重さを感じることができます。しかしこの際に感じている重さは、リンゴの質量[kg]だけではありません。リンゴが地球の重力によって落下しようとする力も同時に感じています。つまり重さをはかることは力を測定していることになります。



●質量と力の関係

力の単位はニュートンといい、Nで表記します。力Fと質量m、加速度aは、次のような関係になっています。

$$力F [N] = 質量m [kg] \times 加速度a [m/s^2]$$

それでは1Nという力はどのくらいなのでしょう？地球の重力により生じる加速度を重力加速度といいます。重力加速度は場所や高度により異なりますが、仮に $9.8m/s^2$ とした場合、右の絵のように102gの物体を手に乗せた際に感じている力は



$$0.102 [kg] \times 9.8 [m/s^2] = 0.996 [N]$$

となりおよそ1Nとなります。

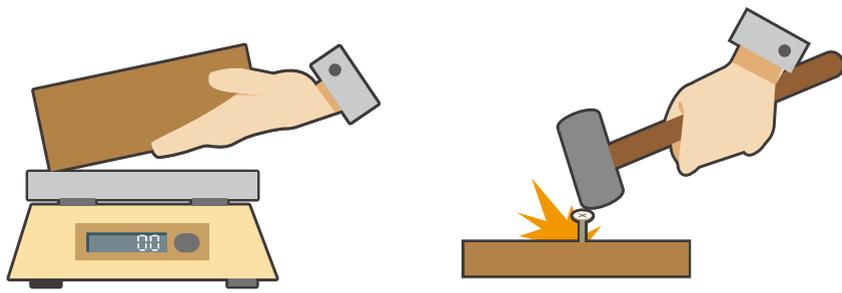
質量を測定する場合は基本的に現地で校正を行う必要があります。(重力加速度が異なるため)例えば、稚内と鹿児島では1kgの質量を同じ校正のはかりで測定してしまうと約1.2gの差がでてしまいます。

2. ロードセルに関する基礎知識

力をはかるセンサは他にもありますが、ロードセルは数多く利用されているセンサの一つと言えます。

ロードセルの利用方法は大きく分けて「重さをはかる」と「力をはかる」の二つになります。

ロードセルは主に……



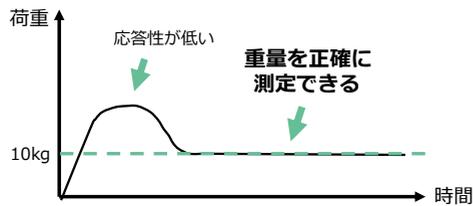
重さをはかる(はかり) と **力をはかる(力測定)** に使用されます。

どちらも基本的な原理は一緒ですが、使用目的に合わせて容量、形状、材質、性能、耐久性などを変えて作られています。

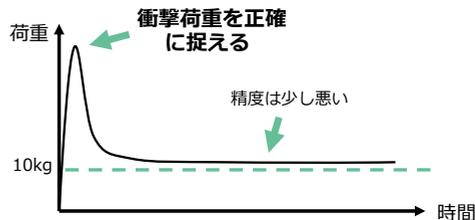
重さをはかる用途の場合

力をはかる用途の場合

10kg分銅をロードセルに落下させると……



重さをはかる用途では重量を正確に測定することが求められます。

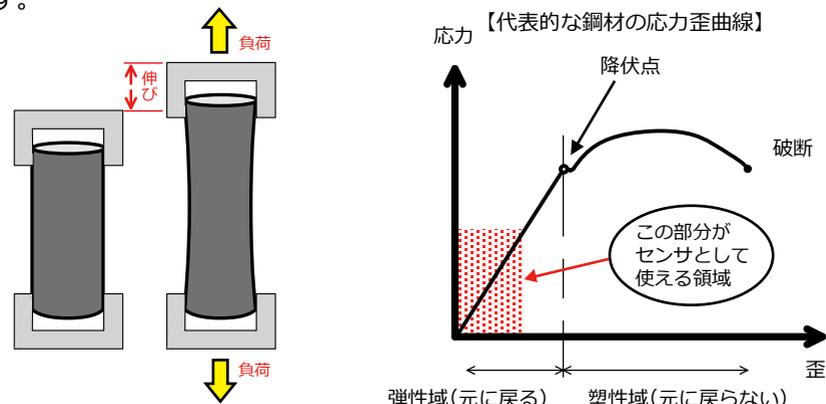


力をはかる用途では瞬間的な荷重を逃さず測定することが求められます。

3. ロードセルの原理

● 金属にはバネの性質を持つ部分がある

下図左のように金属の両端をつかみ、徐々に引っ張るとどうなるでしょうか。金属片はあるところまでは微小ながら伸びていき最終的には破断してしまいます。下図右は、金属が伸びていく過程を力と伸びの関係で表した代表的なグラフです。



金属が負荷に応じて伸びていく過程で「^{こうふくてん}降伏点」と呼ばれるところを過ぎると、金属は負荷がなくなっても伸びたまま戻らない状態になります。この降伏点より前を「^{だんせいいき}弾性域」、降伏点を越えたところを「^{そせいいき}塑性域」といいます。グラフをよく見ると、弾性域では負荷に応じて伸びが比例関係になっていることがわかります。この部分がちょうどバネと同じような特性となり、荷重センサとして使えます。

実際のロードセルでは、精度を高めたり、再現性や感度の向上を目的に特定の部分だけがひずむような加工をします。また材質も合金やステンレス、アルミなど目的に応じて選定されます。



ULS

耐摩耗性が高い
高硬度特殊鋼製ロードセル



PW25P

完全防水&高圧洗浄可の
ステンレス製ロードセル

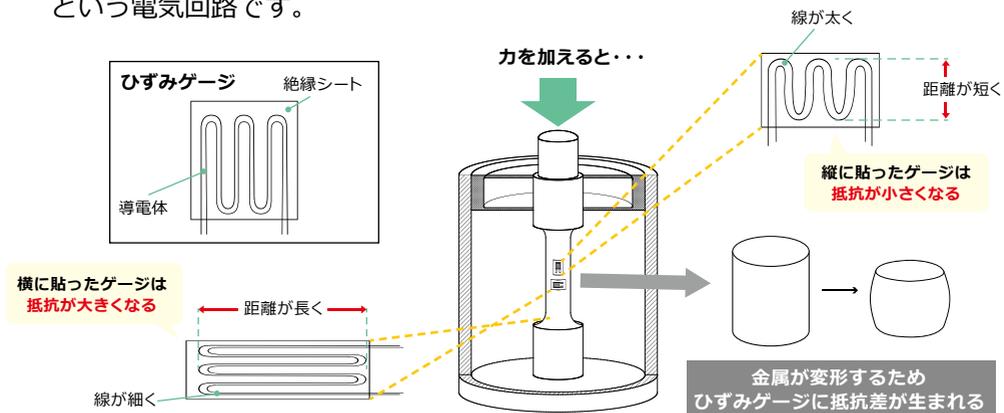


PW4M

小型・軽量の
アルミニウム製ロードセル

●ひずみゲージとブリッジ回路

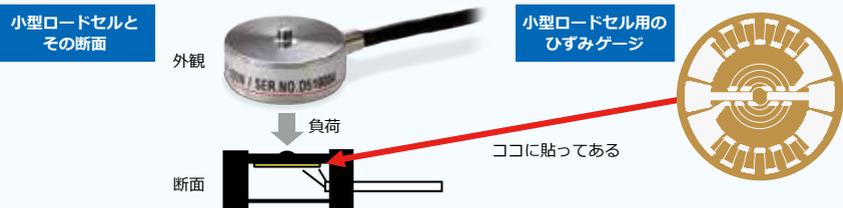
金属がバネのように力に応じてひずむことを説明しました。では、センサとして電気信号にするにはどのような仕組みになっているのでしょうか。それを実現するのは「ひずみゲージ」と呼ばれる金属箔の抵抗体と「ブリッジ回路」という電気回路です。



下図のようにひずみゲージでブリッジ回路を組み、指示計から電源(±EXC)を供給すると、微小な抵抗値の変化が電圧(±SIG)として出力されます。金属のひずみ量に比例して抵抗差が生まれると電圧出力(±SIG)が変化するため、力をはかることができます。



ユニパルスのロードセルのひずみゲージは各ロードセルに合わせて専用設計されており、ブリッジ回路も性能を向上させるためにアレンジされています。例えば、小型圧縮タイプのロードセルでは下記のようなひずみゲージが採用されています。



4. 多種多様なロードセル

ロードセルは重さ、力をはかるために実に様々な種類と容量があります。時には専用に設計・製作されることもあります。ロードセルのこの高い適応性が、力センサとして広く利用されている理由の一つなのかもしれません。一般的に商品化されているものの一部をご紹介します。

主に重さをはかるロードセル



主に力をはかるロードセル



USB58

ユニパルス製ロードセルの最高峰!!

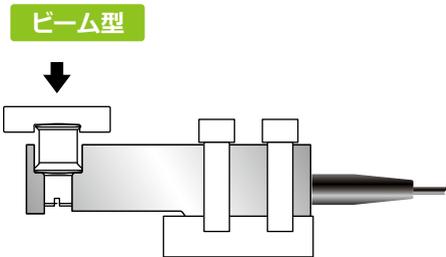
他を寄せ付けない圧倒的な高精度。非直線性、ヒステリシス、繰返し性の全てにおいて1/10000を実現。試験機や校正用ロードセルとしてご利用いただけます。



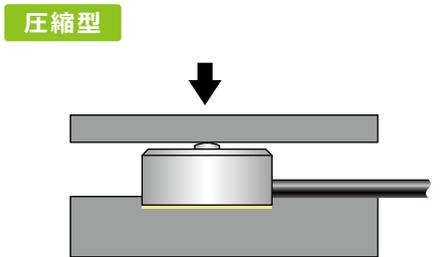
●ロードセルのタイプと荷重方向

ロードセルはそれぞれに荷重をかける方向が決まっています。ある程度の許容はあるものの、これを逸脱した場合は誤差要因となります。

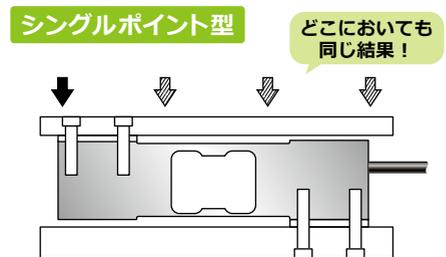
また、明らかに決められた荷重方向と違う力や容量を超えた力が加わった場合は破損に至るケースもあります。



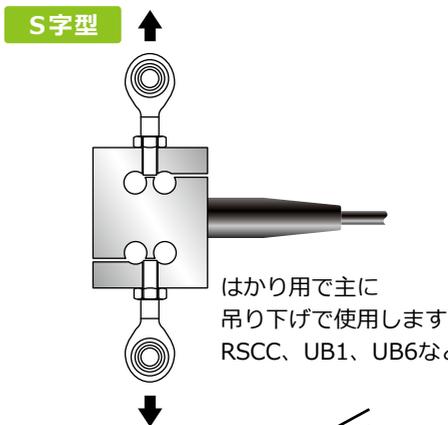
はかり用で3個または4個で使います。
HLCB1、Z6FC3、SB14など



汎用タイプで様々な仕様があります。
USB58、UNGS、UNBF、UNLS、UNMR、
UNCSR、UNCDW、UNLRSなど



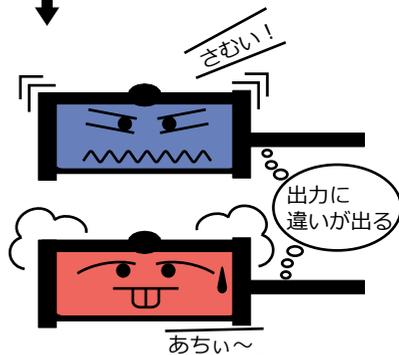
はかり用で1個で使います。
決められた積載面上でどこに置いても
同じ出力が得ます。
USC、PW4M、PW10A、PW27APなど



はかり用で主に
吊り下げで使います。
RSCC、UB1、UB6など

●温度影響について

温度変化の影響を受けるセンサはたくさんありますが、ロードセルもそのひとつです。高精度な計量・測定が必要かつ周囲温度の変化がある場合には、その影響を考慮する必要があります。



●性能と精度の確認方法

ロードセルの性能・精度を知るにはどこを見ればよいのでしょうか？

当社カタログのロードセルの仕様部分を例に簡単にご説明します。

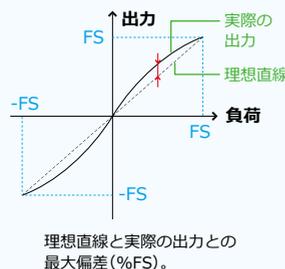
実際のロードセルの選定はこの後にご紹介しますが、アプリケーションに応じて性能を確認するのが一般的です。

カタログでの仕様の記載 USB58の場合

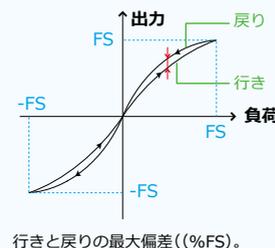
型式	USB58-200N, USB58-500N	
定格容量	200N, 500N	
定格出力	①	1mV/V \pm 1%
許容過負荷	②	150%R.C.
ゼロバランス	\pm 2%R.O.	
非直線性	③	0.01%R.O.以下
ヒステリシス	0.01%R.O.以下	
繰返し性	0.01%R.O.以下	
クリープ	④	0.03%R.O./30min
使用温度範囲	-10 \sim +70 $^{\circ}$ C	
許容温度範囲	-30 \sim +80 $^{\circ}$ C	
零点の温度影響	⑤ 0.015%R.O./10 $^{\circ}$ C以下	
出力の温度影響	0.015%R.O./10 $^{\circ}$ C以下	
入力端子間抵抗	1050 Ω \pm 15%	
出力端子間抵抗	1050 Ω \pm 1%	
推奨印加電圧	10V	
最大印加電圧	20V	
絶縁抵抗 (DC50V)	1000M Ω 以上	
ケーブル	ϕ 5 6芯シールドケーブル 5m 先端柳線	
ロードセル材質	アルミニウム合金	

- ① mV/V..... 1mV/V、印可電圧10Vなら定格容量の負荷が加わった際に10mV出力する。
- ② %R.C..... 定格容量に対する割合：200Nの200%なら400N
- ③ %R.O..... 定格出力に対する割合：1mV/Vの0.01%なら0.1 μ V/V
- ④ %R.O./30min..... 定格出力に対して30分後に変化する出力の割合。
- ⑤ %R.O./10 $^{\circ}$ C..... 定格出力に対して10 $^{\circ}$ C温度変化があった際の変化する出力の割合。

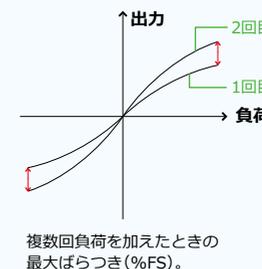
非直線性 Non-linearity



ヒステリシス Hysteresis



繰返し性 Repeatability

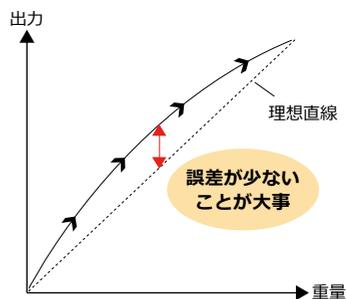
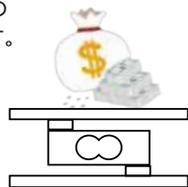


5. 重さと力をはかるために

前出のとおり、ロードセルを使用する用途は大きく分けて「重さをはかる(はかり用)」と「力をはかる(力測定)」に分類されます。
ではそれぞれに適したロードセルではどのような違いがあるのでしょうか。

はかりに適したロードセル

ロードセルを計量目的で使用する場合、いかに精度よく重量をはかるか、ということが求められます。
したがって、ロードセルのスペックは非直線性や繰返し性、場合によってはクリープなどの特性を重要視することが多くなります。

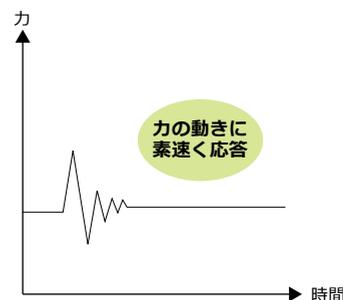


はかりに使用の場合

- 非直線性
- 繰返し性などを重視

力測定に適したロードセル

ロードセルを力の測定で使用する場合は動的な荷重の変化に追従できる応答性や過負荷に耐えられる許容過負荷などが重要視されることが多くなります。
力の測定ではクリープやヒステリシスなどの項目はあまり重要視されることはありません。



荷重測定に使用の場合

- 応答性
- 許容過負荷
- もチェックした上で
- 定格容量を選択

圧縮引張で使える小型小容量ロードセル

USM



定格容量1Nからの微小容量をご用意。
小容量だからこそ500%の耐負荷で安心。

URM

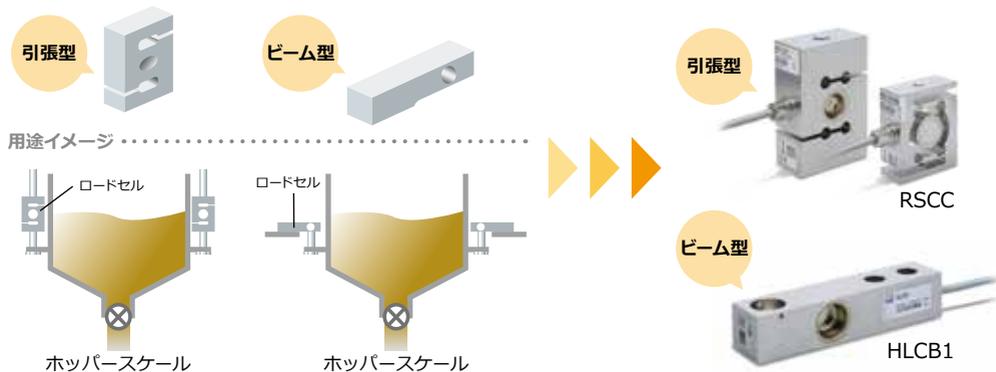


非直線性の0.03%の高精度。
50N~500Nまでの幅広いラインアップ。

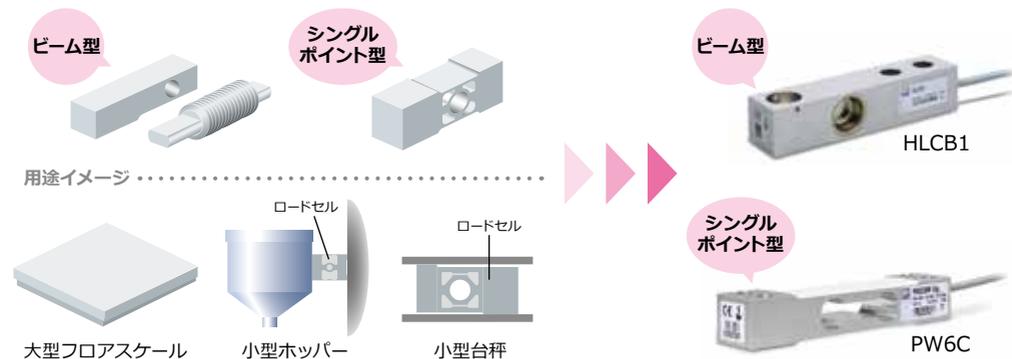
6. ロードセルの選定方法

●重さをはかる

吊ってはかる



載せてはかる



計量するもの大きさによって3個または4個で和算するタイプのもの、1個で計量するタイプのものの2種類があります。

完全防水の シングルポイントロードセル

食品生産ラインに最適。ハーメチックシールドにより完全防水、オールステンレスなので丸洗いOK。

PW15AH

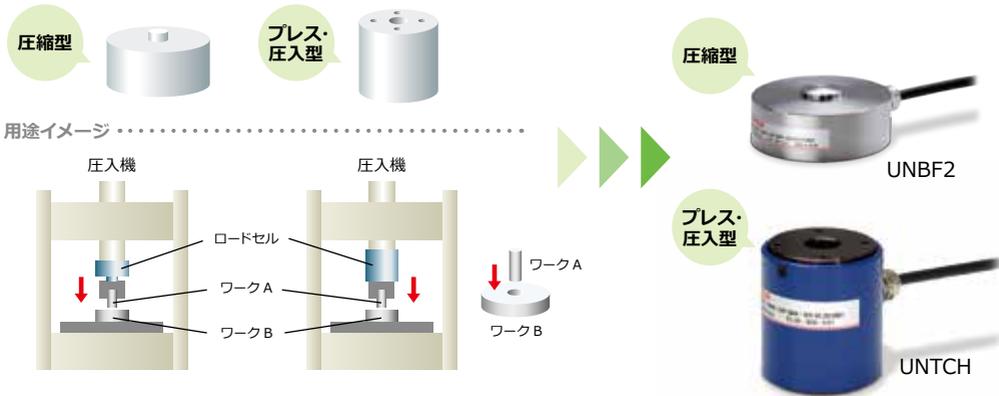


PW27AP

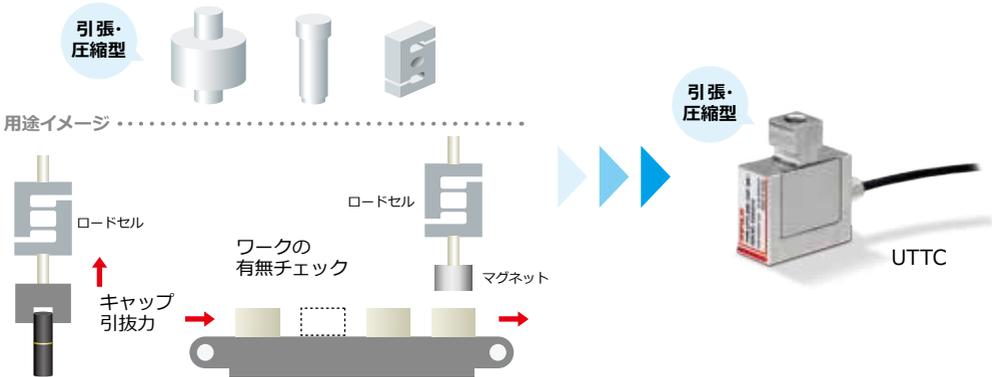


●力をはかる

圧縮力をはかる



引張力をはかる



アプリケーションに応じて応答性や過負荷による故障の危険性も考慮した上でロードセルを選定するのが望ましいでしょう。

コンパクトなのに大容量!

一般的なロードセルでは容量に比例してその外観も大きくなります。「スペースがない!」そんな時にはUSH、UCCをぜひご検討ください。

USH



- 10kN、20kN $\phi 26$
- 50kN $\phi 40$

UCC

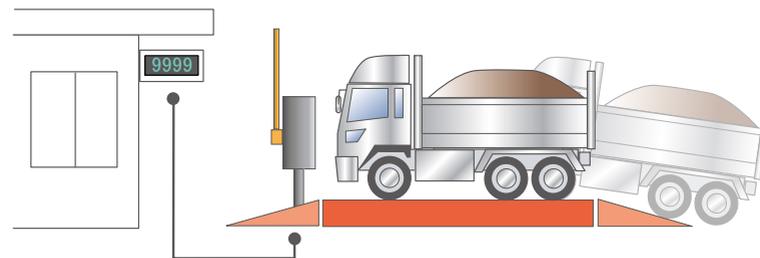


- 10kN、20kN $\phi 21$

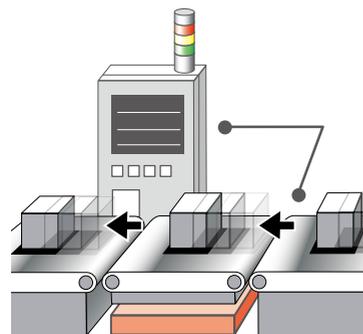
7. アプリケーション例でご利用のイメージを

●はかりに使用される例

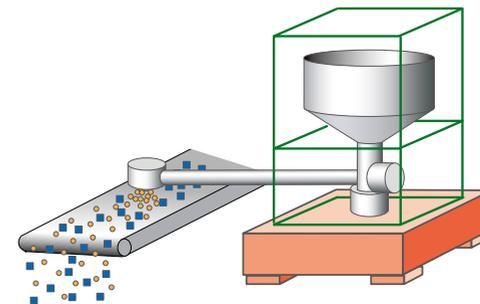
トラックスケール



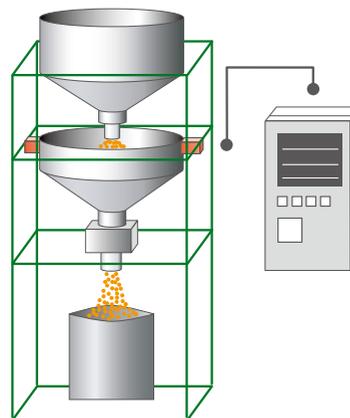
ウェイトチェッカー



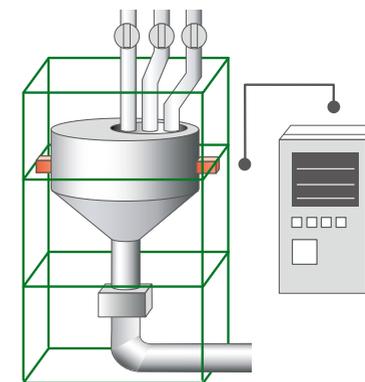
定量供給機 (ロスインウェイト)



パッカースケール

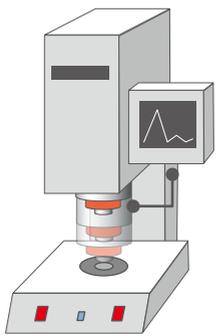


ホッパースケール

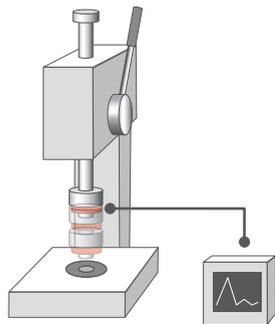


●力測定に使用される例

プレス機による圧入・カシメ

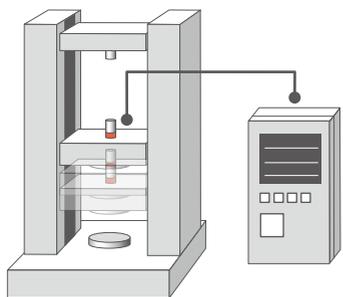


自動機の場合

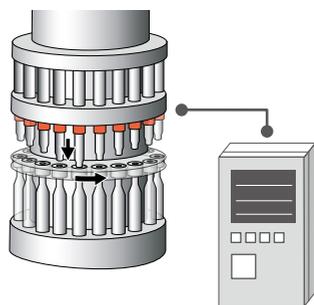


ハンドプレスの場合

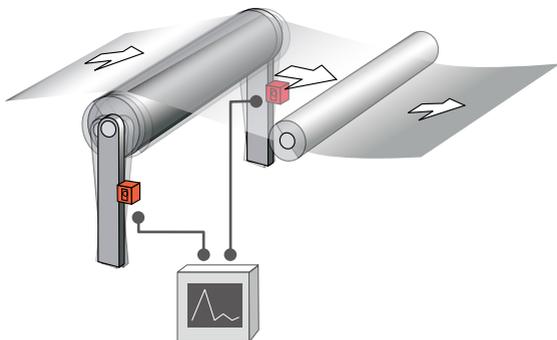
圧縮・引張試験機



打錠機



張力測定



8. 安全とより良い測定のために

●ロードセルの主な故障原因

ロードセルが破損してしまった原因をランキングにしてみました。圧倒的に多いのは過負荷による「破損」でした。単純に負荷がかかるだけでなく衝撃があったり、ねじられたり、場合によっては共振により思わぬ負荷がかかるということもあります。したがってご用途に応じて全容量の何%を常時使用するかを予め考慮して希望する精度にかなうか検討することをおすすめいたします。

ロードセルの故障原因ランキング

第1位 過負荷による破損

- 第2位 ケーブルの断線
- 第3位 腐食、浸水による破損
- 第4位 歪体の外的要因による損傷
- 第5位 過電圧による損傷

(当社調べによる)

「生産ラインをできるだけ止めたくない！」
そんな現場の声から生まれた新しいロードセル

Super Cell (スーパーセル)



「壊れにくい」新発想ロードセル誕生。

- 耐負荷500%で安心!
- 圧入時の振動にも強い!
- ロボットケーブルで断線にも強い!
- 高剛性で高応答!
- 全品出力調整のため、交換の際アンプの再校正不要!

〈Super Cellは100N~200kNまで全11種類〉

●ロードセルアンプが必須

ロードセルの出力は数mVと微弱な電圧の出力のため、ロードセルアンプが必須となります。ロードセルアンプの役割はこの微弱な信号を増幅することがメインです。

他にもロードセルへの印加電源やノイズ成分を除去するフィルタ機能が備えられているものが一般的です。また、用途に合わせて様々な種類があります。



ユニバリスのアンプ・指示計

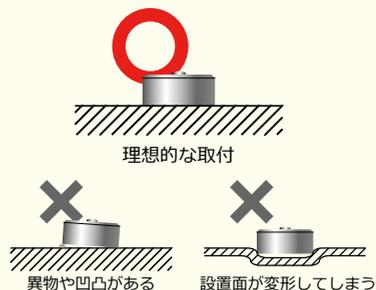
///CHECK!///

●ロードセルの設置

ロードセルの設置場所は必ず十分な強度を持たせてください。

負荷をかけるべき場所以外に負荷がかからないよう保護をし、ケーブルが引っ張られないよう固定することが望ましいでしょう。

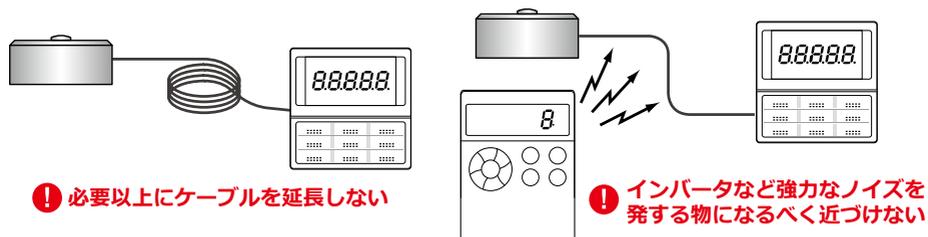
また、粉塵や水滴などがある環境ではロードセル自体の防塵・防水機能を確認し、必要に応じてロードセルの保護を行ってください。



●電気的な外乱にも配慮を

ロードセルで取り扱う出力は非常に微弱です。環境によっては電気的な外乱への配慮が必要となる場合があります。

特に工場などで利用する場合は、既に多数の電気を使用していたり、無線などの電波も使用していることがあります。必要以上にケーブルを延長するとそのリスクも大きくなります。



9. 用語解説

定格出力 …… 定格負荷出力から無負荷出力(ゼロバランス)を差し引いた値。印加電圧1V当たりの出力電圧で表す(mV/V)。

定格容量 …… 変換器がその仕様を保って測定できる最大負荷。

許容過負荷 …… 仕様は満足しないが、特性上永久変化を起こさない最大負荷。定格容量に対する百分率で表す(%R.C.)。

起歪体 …… 負荷に比例したひずみを発生させる部材。

クリープ …… 一定条件の下で、定格負荷を一定時間加えたときに現れる出力の変化。30分間における変化を定格出力に対する百分率で表す(%R.O./30min)。

繰返し性 …… 同一条件において繰り返し負荷したとき、負荷増加時の同一負荷に対する出力の差の最大値。定格出力に対する百分率で表す(%R.O.)。

ヒステリシス …… 定格負荷までの負荷増加時と負荷減少時に生じる同一負荷に対する出力の差の最大値。定格出力に対する百分率で表す(%R.O.)。

非直線性 …… 負荷増加時の校正曲線において、無負荷点と定格負荷点とを結ぶ直線に対する最大偏差。定格出力に対する百分率で表す(%R.O.)。

ゼロバランス …… 無負荷時の出力。定格出力に対する百分率で表す(%R.O.)。

推奨印加電圧 …… 変換器の使用上、最も適している印加電圧(V)。

絶縁抵抗 …… 変換器の電気回路と変換器本体間の直流抵抗。通常はDC50Vで測定する(MΩ)。

零点の温度影響 …… 周囲温度の変化に起因する無負荷出力(ゼロバランス)の変化。10℃当たりの変化を定格出力に対する百分率で表す(%R.O./10℃)。

出力の温度影響 …… 周囲温度の変化に起因する定格出力の変化。10℃当たりの変化を定格出力に対する百分率で表す(%R.O./10℃)。

最大印加電圧 …… 変換器の特性を変化させることなく加えられる最大の印加電圧(V)。

入力端子間抵抗 …… 標準試験温度において、無負荷で出力端子を開いた状態のもとで測定する入力端子間抵抗(Ω)。

ひずみゲージ …… ひずみの大きさを電気抵抗の変化にする素子。