

電流検出抵抗器を用いた電圧測定

§0. 要約

一般に電流検出には数mΩ以下の抵抗器が使用されます。このような抵抗値の低い抵抗器を用いた電圧測定では、銅箔パターンの抵抗や抵抗温度係数、また電流経路や電圧の測定位置によって測定電圧が影響を受ける場合があります。これらの影響を最小化するための設計上の注意点を解説します。

§1. 銅箔パターンの抵抗と抵抗温度係数の影響

プリント基板のパターンに使用される銅箔の抵抗率は約 $1.7\mu\Omega\text{cm}$ であり、一般的な電子回路の設計では銅箔パターンの抵抗や抵抗温度係数を意識する事はほとんどありません。しかし、抵抗値が数mΩ以下の抵抗器を使用する回路では、銅箔パターンの影響を正しく理解し、適切な設計を行うことが重要です。

銅箔パターンの抵抗の影響をシミュレーションした結果を図1に示します。35 μm 厚みの銅箔パターンの中央と外周に電極を配置し、1Aの電流を流した場合の銅箔パターンの電圧降下は、図1右図の様になります。

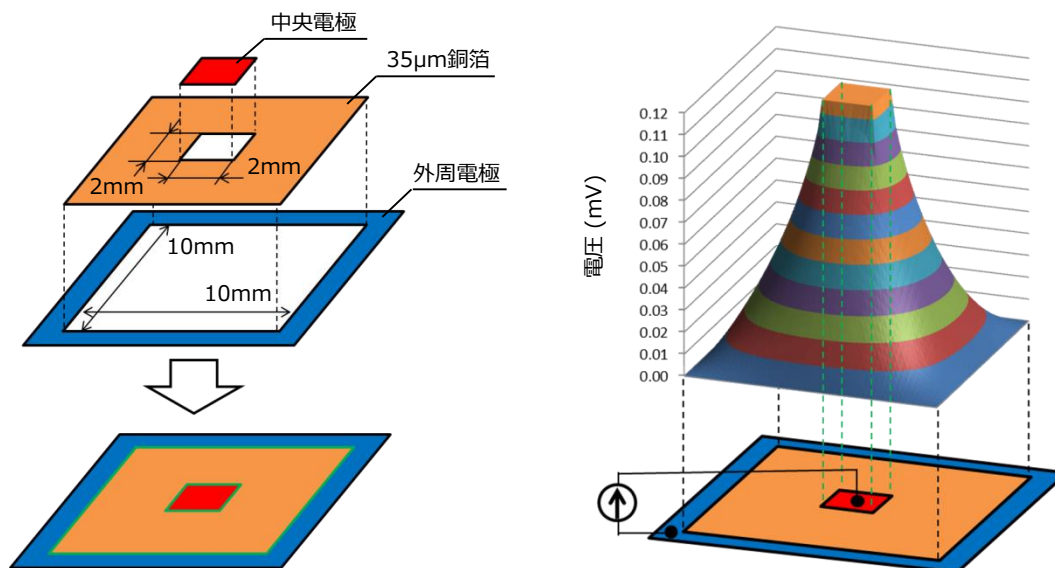


図1 銅箔パターンによる電圧降下

図1右図から、電圧降下は0.12mVになります。1Aの電流印加の為、銅箔パターンの抵抗値は0.12mΩとなります。

ご注意 この文書は予告なしに変更される場合があります。

技術的なお問い合わせはこちらよりお願いいたします。 https://www.koaglobal.com/tech_support/productsForm

本文のご利用に際しては、右記URLの免責事項に合意したものとみなします。 https://www.koaglobal.com/utility/disclaimer_TecDoc?sc_lang=ja-JP

電流検出抵抗器を用いた電圧測定

この銅箔パターンの抵抗値 $0.12\text{m}\Omega$ は、例えば $1\text{m}\Omega$ の抵抗器に対して12%に相当し、影響が無視できない大きさです。

銅箔パターンの影響として、抵抗温度係数への考慮も必要です。

電流検出抵抗器の抵抗温度係数は、多くの製品が 200ppm/K 以下です。それに対して銅箔パターンの抵抗温度係数は、 4000ppm/K 程度の大きな値です。

測定電圧に占める銅箔パターンの電圧降下の割合が大きくなると、銅箔パターンの抵抗温度係数の影響も大きくなります。

抵抗値が数 $\text{m}\Omega$ 以下の抵抗器を使用する場合は、銅箔パターンの影響を考慮して電圧測定位置を決定します。

抵抗器両端の電圧測定には、4端子（ケルビン）接続法を用いるのが一般的です。

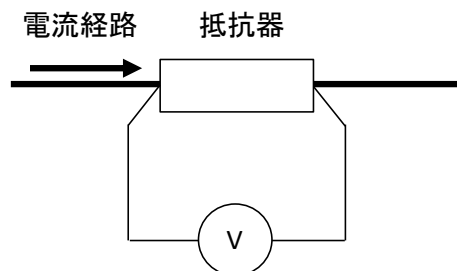


図2 4端子（ケルビン）接続法による電圧測定

理想の4端子接続法では、電流経路と抵抗器の接続点の電圧を測定する事で、測定系の電圧降下の影響を避けて、抵抗器の両端電圧を正確に測定できます。

しかし、実際には基板の銅箔パターンと抵抗器が面で接しているため、銅箔パターンの影響を全く受けない電圧の測定は困難です。また抵抗器に流れ込む電流の経路によって電圧降下の大きさが変わる事も、正確な抵抗器両端電圧の測定を難しくしています。

金属板チップ形低抵抗器TLRを参考に、推奨する電流経路と電圧測定位置を図3に示します。

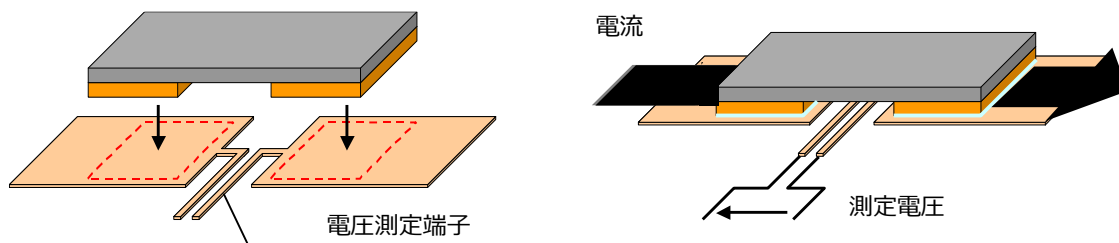


図3 推奨する電流経路と電圧測定位置

ご注意 この文書は予告なしに変更される場合があります。

技術的なお問い合わせはこちらよりお願いいたします。 https://www.koaglobal.com/tech_support/productsForm

本文のご利用に際しては、右記URLの免責事項に合意したものとみなします。 https://www.koaglobal.com/utility/disclaimer_TecDoc?sc_lang=ja-JP

電流検出抵抗器を用いた電圧測定

銅箔パターンの影響を最小に抑えるには、電流が直線的に通過するように抵抗器を配置し、電圧測定位置は部品搭載ランドの内側中央部にします。

図3の電流経路や電圧測定位置が実現できない場合は、銅箔パターンの影響が大きくなる原因を正しく理解し、その影響がより小さくなるよう設計する必要があります。以下に設計時の留意点を記します。

§2. 電流検出抵抗器の電極の効果

電流検出抵抗器の電極の有無は、測定電圧の誤差に大きく影響します。

電極部の電圧降下をシミュレーションした結果を図4に示します。(a)はTLR 6332サイズ 1mΩ、銅箔パターンの厚さは35μmです。TLRは銅電極を採用する事で、電極部の電圧降下を抑えていることが分かります。

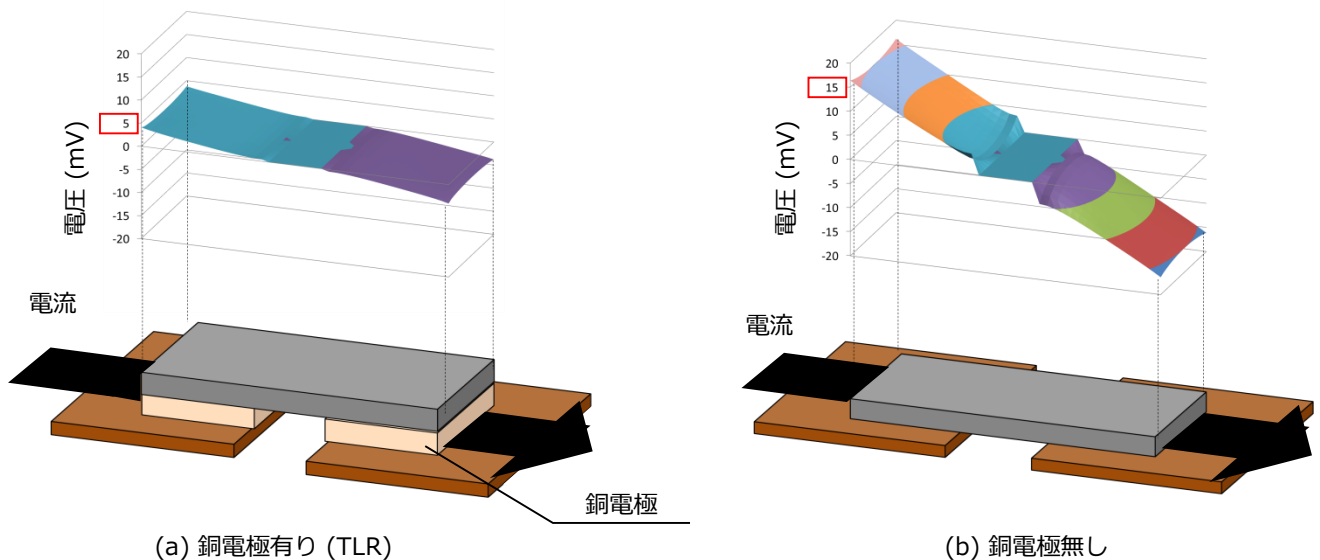


図4 銅電極の有り/無しによる電圧降下の違い

この様に、銅電極を設けた製品を使う事で測定電圧の誤差を軽減できます。

当社の電流検出抵抗器の多くは、銅電極を設ける事で、電圧降下の影響を低減しています。ただし電圧降下の低減効果は、銅電極の厚みや抵抗器の抵抗値によって異なりますので注意が必要です。

ご注意 この文書は予告なしに変更される場合があります。

技術的なお問い合わせはこちらよりお願いいたします。 https://www.koaglobal.com/tech_support/productsForm

本文のご利用に際しては、右記URLの免責事項に合意したものとみなします。 https://www.koaglobal.com/utility/disclaimer_TecDoc?sc_lang=ja-JP

電流検出抵抗器を用いた電圧測定

§3. 電流経路と電圧測定位置の影響

電圧測定位置を部品搭載ランドの内側中央部にしても、電流経路が直線的でない場合は、銅箔パターンの影響が現れます。

例として、電流が抵抗器を直線的に通過する場合（電流経路A）と、電流が抵抗器の直角方向から流入し同方向に流出する場合（電流経路B）、電流が抵抗器の直角方向から流入し逆方向に流出した場合（電流経路C）の、測定電圧の誤差と抵抗温度係数の違いを解説します。

シミュレーションモデルを図5に示します。電流検出抵抗器は、TLR3APの0.5mΩ、1mΩ、5mΩ、10mΩを使用しました。なお、TLR3APは抵抗値によって外形寸法が異なりますので、外形寸法の違いもシミュレーションモデルに反映しています。また、銅箔パターンの厚みは70μm、抵抗器の抵抗温度係数は0ppm/Kとしています。

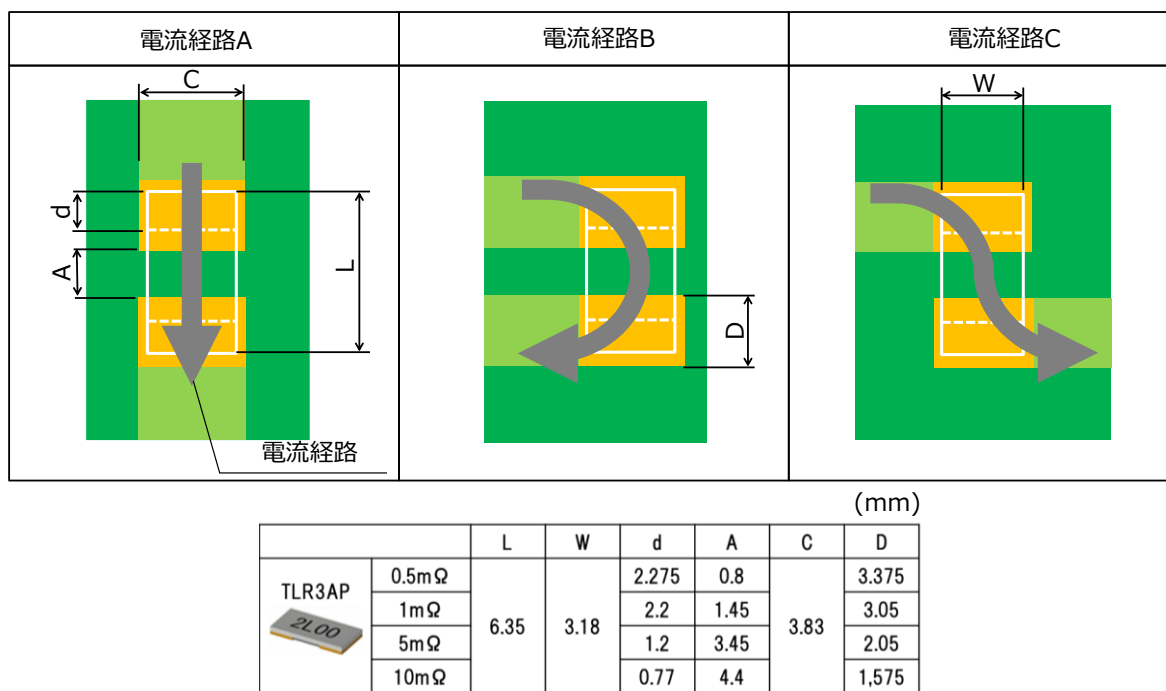


図5 シミュレーションモデル

図6のように電圧測定位置を抵抗器の中心 (X=0mm) に対して左右方向にずらした場合の測定電圧誤差を図7に、抵抗温度係数を図8に示します。

ご注意 この文書は予告なしに変更される場合があります。

技術的なお問い合わせはこちらよりお願いいたします。 https://www.koaglobal.com/tech_support/productsForm

本文のご利用に際しては、右記URLの免責事項に同意したものとみなします。 https://www.koaglobal.com/utility/disclaimer_TecDoc?sc_lang=ja-JP

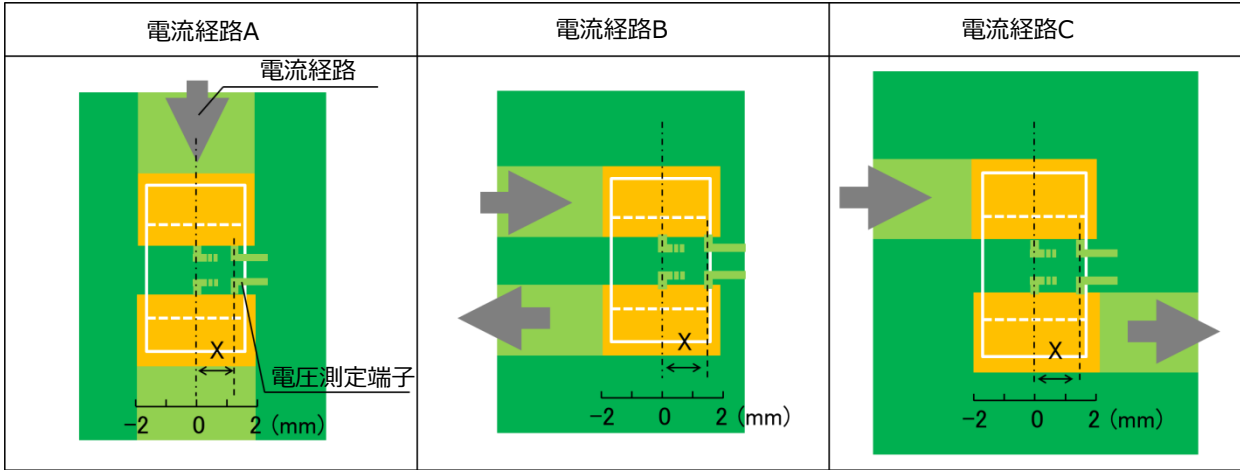
電流検出抵抗器を用いた電圧測定


図6 電圧測定位置

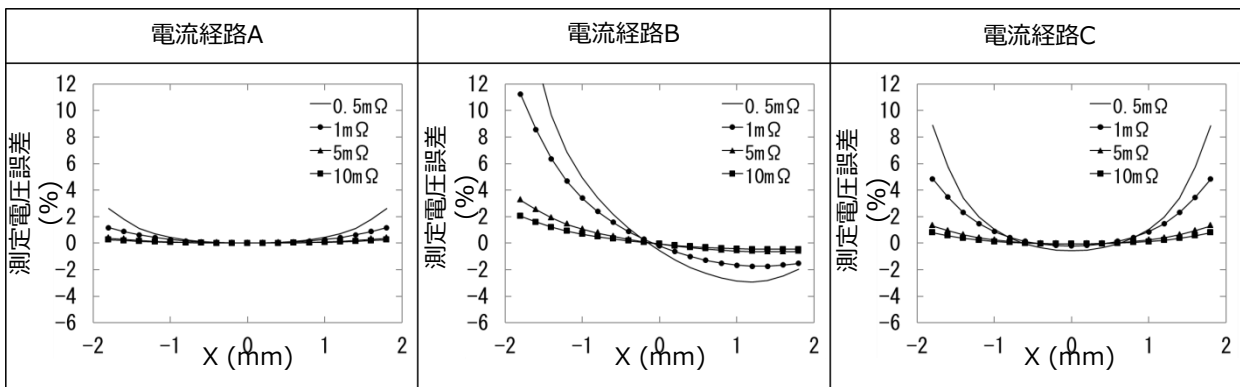


図7 電流経路と電圧測定位置による測定電圧誤差の変化

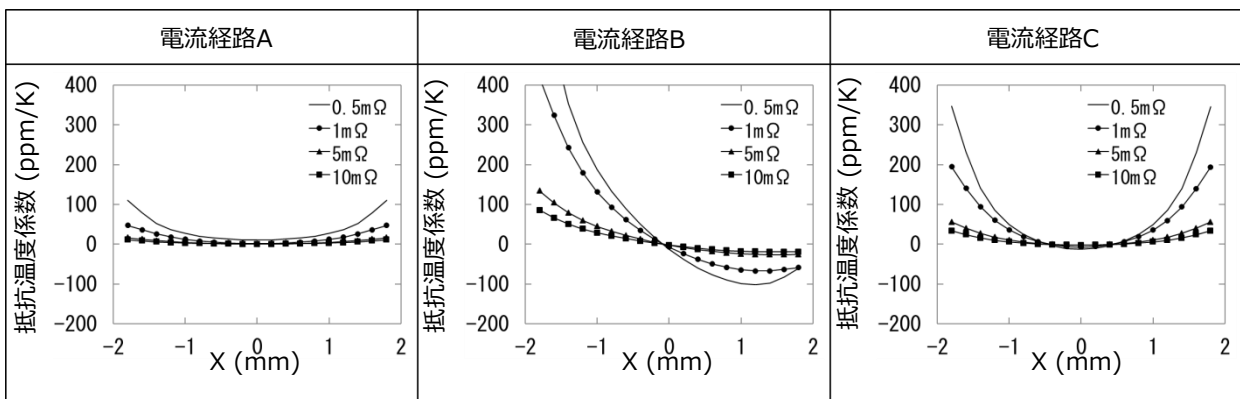


図8 電流経路と電圧測定位置による抵抗温度係数の変化

ご注意 この文書は予告なしに変更される場合があります。

技術的なお問い合わせはこちらよりお願いいたします。 https://www.koaglobal.com/tech_support/productsForm

本文のご利用に際しては、右記URLの免責事項に合意したものとみなします。 https://www.koaglobal.com/utility/disclaimer_TecDoc?sc_lang=ja-JP

電流検出抵抗器を用いた電圧測定

全ての電流経路において、抵抗器の抵抗値が低いほど銅箔パターンの影響が大きくなります。電圧測定位置の影響は、電流経路によって異なる事が分かります。電流経路Aは電圧測定位置 $X=0\text{mm}$ で測定電圧誤差と抵抗温度係数が最小になり、電圧測定位置が $X=0\text{mm}$ から離れるほど銅箔パターンの影響が大きくなります。電流経路Bは、電圧測定位置が右か左かによって影響が大きく異なり、影響が最小になる位置が、 $X=0\text{mm}$ ではなく左の方向に移動しています。電流経路Cは、影響が最小になる電圧測定位置が $X=0\text{mm}$ から右左両方向へ移動した位置にあります。また、電流経路B、Cは、電圧測定端子の接続位置が最適値を外れると、銅箔パターンの影響が電流経路Aに比べて著しく大きくなります。

以上の事から、直線的ではない電流経路の場合には、シミュレーションを用いた最適な電圧測定位置の設計を推奨します。

§4. 設計以外の要因による電圧測定端子の位置ズレの影響

電流経路や電圧測定端子の接続位置を適切に設計しても、基板の製造誤差や搭載位置のズレによって、銅箔パターンの電圧降下の影響が増大する場合があります。

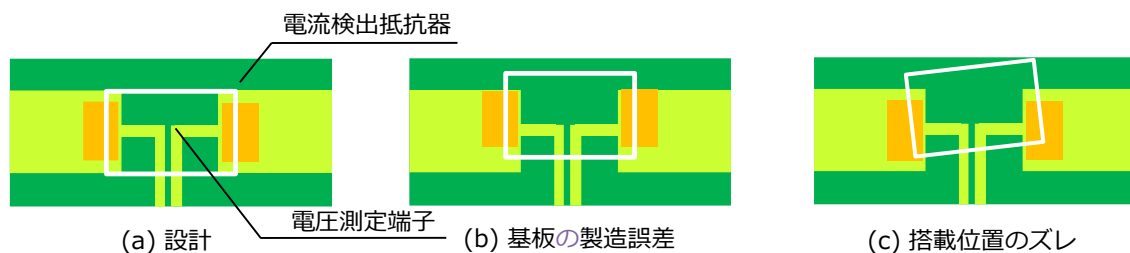


図9 設計以外の電圧測定端子の接続位置誤差

基板の製造誤差は、主にソルダレジストの位置合わせ精度に因ります。また、搭載位置のズレは、主に部品搭載機の精度に因ります。これらの誤差は、抵抗器のサイズが小さいほど測定電圧に大きく影響します。よって抵抗器サイズの選定は、定格電力の他に、プリント基板の製造精度や、部品搭載機の精度も考慮して決定します。

§5. まとめ

抵抗値が数 $\text{m}\Omega$ 以下の電流検出抵抗器で電圧を測定する場合には、下記の注意が必要です。

抵抗器への電流経路は、できるだけ直線的になるように設計します。電圧測定端子の位置は、電流経路が直線の場合は部品搭載ランドの内側中央部に、それ以外の場合は測定電圧誤差と抵抗温度係数が最小になる位置にします。

電流経路と電圧測定位置を最適にできない場合は、端子部に銅電極を設けた製品の使用を推奨します。

測定電圧の誤差や銅箔パターンの抵抗温度係数の影響は、抵抗器の抵抗値が高いほど緩和されます。消費電力が許容できる範囲で、できるだけ高い抵抗値の選定を推奨します。

ご注意 この文書は予告なしに変更される場合があります。

技術的なお問い合わせはこちらよりお願いいたします。 https://www.koaglobal.com/tech_support/productsForm

本文のご利用に際しては、右記URLの免責事項に合意したものとみなします。 https://www.koaglobal.com/utility/disclaimer_TecDoc?sc_lang=ja-JP

電流検出抵抗器を用いた電圧測定

TECHNICAL NOTE
テクニカルノート

抵抗器サイズの選定は、定格電力の他に、プリント基板の製造精度や、部品搭載機の精度も考慮して決定します。

電流が高速で変化する場合は、寄生インダクタンスへの考慮も必要です。寄生インダクタンスの影響はテクニカルノート「電流検出抵抗器の寄生インダクタンス影響」を参照して下さい。

電圧測定端子の最適な接続位置の検討には、シミュレーションの活用が有用です。当社による検討・提案をご希望の場合は、設計情報（パターン図、銅箔パターン厚み等）を添えてお問い合わせ下さい。

— 以上 —

ご注意 この文書は予告なしに変更される場合があります。

技術的なお問い合わせはこちらよりお願いいたします。 https://www.koaglobal.com/tech_support/productsForm

本文のご利用に際しては、右記URLの免責事項に同意したものとみなします。 https://www.koaglobal.com/utility/disclaimer_TecDoc?sc_lang=ja-JP