

シングルタッチとダブルタッチの比較

CNC のスキャンタイムと計測の不確かさ

プローブ計測システムの繰り返し精度に最も大きな影響を及ぼすのは、機械がプローブトリガー入力を認識し、その入力に基づいて動作するプロセスである。これは機械とそのコントローラごとに固有の特性である。一般にプローブトリガー信号は、CNC に伝達および処理される数ある入力情報のひとつに過ぎない。プログラマブルロジックコントローラ (PLC) が、自身に入力されるすべての信号を順番に見ていくのに要する時間のことを、スキャンタイムと呼ぶ (標準的なプローブ計測入力を備えた典型的なコントローラの場合で 4ms 程度)。そのため、コントローラがプローブトリガー信号に反応するまでに最大で 4ms の遅延が生じる可能性がある。その間も機械は計測送り速度で動き続けている。この遅延が予測可能であったり、反復性があったりするのであれば、計測の繰り返し精度に影響を与えないように補正することができるが、予測もできず、反復性もない。プローブのトリガー信号は、スキャンタイムの始まりと終わりの間のどこかでコントローラによって処理される (図 1 参照)。

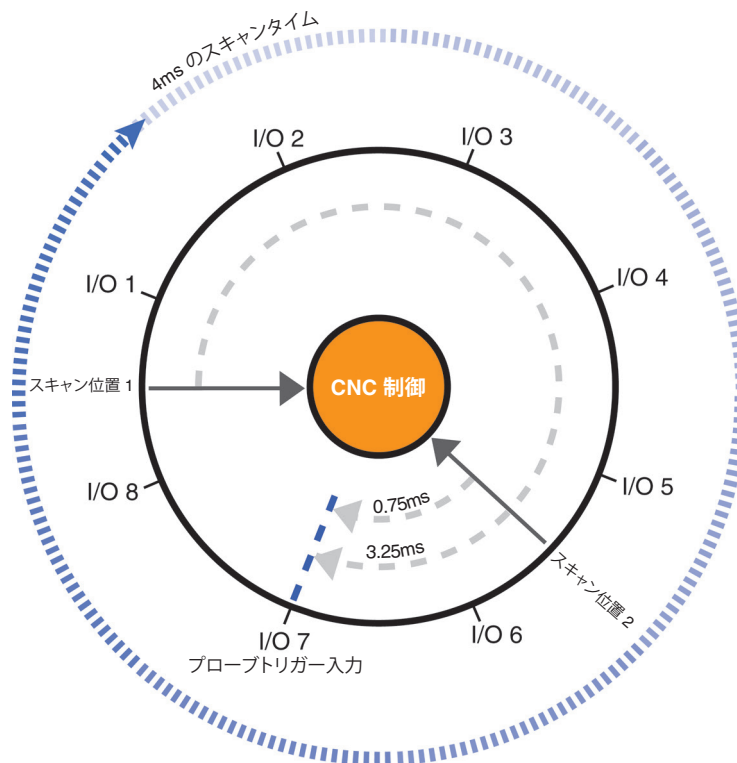


図 1: CNC のスキャンタイムと繰り返し精度の不確かさへの影響

例: プローブがスキャン位置 1 でトリガーすると、トリガー信号が工作機械のコントローラによって認識されるまでに 3.25ms の遅延が生じる。プローブの送り速度が 3000mm/min の場合、この時間で 0.162mm 移動する。一方、スキャン位置 2 でトリガーした場合には、トリガー信号は 0.75ms 後に認識される。その結果、プローブは 0.037mm 移動し、0.125mm の計測値の差が生じる。

繰り返し精度の不確かさ = スキャンタイム × 計測速度

この例では、不確かさが 4ms × 3000mm/min の 0.2mm である。

3000mm/min で最大 0.2mm 移動でき得ることから、スキャンタイムが 4ms の機械でトリガー信号に対しての応答に生じる不規則な遅延は無視できない。計測の繰り返し精度の不確かさは、図 2 に示すとおり、送り速度に正比例する。

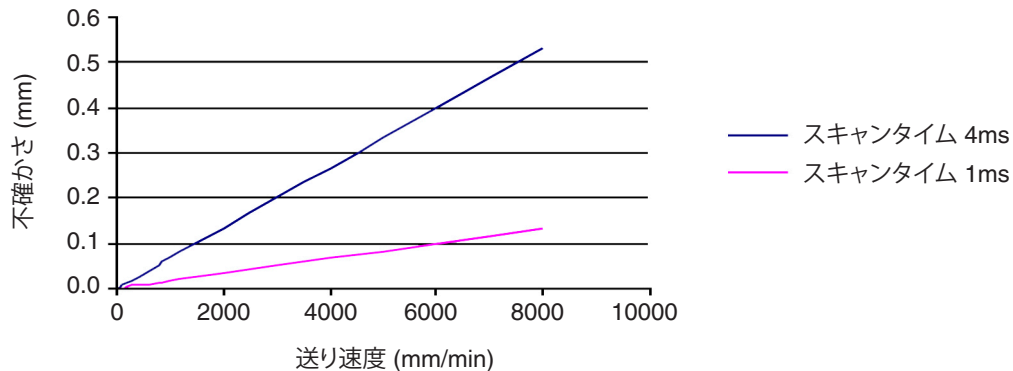


図 2: 不確かさ = 送り速度 × 応答時間の変動

現代のコントローラには、プローブのトリガー信号用の直接入力が備わっているものが多く、この入力はスキップ入力と呼ばれることが多い（標準装備の場合もあれば、有料オプションの場合もある）。このようなコントローラでは、プローブトリガー信号が効果的かつ瞬時に読み取られ、この信号を受け取ると現在の軸位置が「ラッチ」される。このタイプのプローブ信号入力を組み込んだコントローラの応答時間は、0.2ms (200μs) 以下であり、このスキャンタイムの場合、3000mm/min における移動量は 0.01mm 程度になる（不確かさ）。一部の直接入力コントローラは、応答（スキャン）時間がわずか 0.004ms (4μs) というものもあり、このようなコントローラの場合、3000mm/min でプローブ計測を行うと、測定の不確かさは 0.0002mm (0.2μm) 未満となる。

計測方式

計測対象の面の位置を見つけるベーシックな方法として、シングルタッチ方式とダブルタッチ方式がある。シングルタッチでは、面から離れたところからその面でトリガーするまで同じ速度で移動する方式である。トリガー後プローブは停止し、スタート位置に戻る。トリガー時の軸位置が CNC 内に格納され、面位置が算出される。前述のとおり、繰り返し精度の不確かさは送り速度に応じて変動する。

ダブルタッチはシングルタッチ方式よりも複雑な方式である。プローブは、トリガーするまで比較的速い送り速度でスタート位置から動き始める。トリガー後、プローブは停止し、指定された短い距離（引き戻し量）だけ面から離れ、送り速度を下げた 2 回目の計測を行う。2 回目のタッチは送り速度が下がっているため、スキャンタイムの長いコントローラでも最適な計測繰り返し精度を確保できる。この 2 番目のトリガー位置がコントローラ内に格納され、面位置が算出される（図 3 参照）。

送り速度 3000mm/min のシングルタッチ計測はサイクルタイムが 0.254 秒で、アプローチ速度 3000mm/min、計測送り速度 30mm/min のダブルタッチ計測はサイクルタイムが 0.444 秒で、0.19 秒余分に時間がかかっている。ただし、スキャンタイムが 4ms である機械でのシングルタッチ計測の繰り返し精度の不確かさが 0.2mm であるのに対し、同等のダブルタッチ計測の不確かさはわずか 0.002mm にとどまる。サイクルタイムには数多くの移動が関わっている点を考慮すると、タッチ移動でわずかに時間が延びたとしても、計測精度が 100 倍も向上することから、ダブルタッチ計測のほうが望ましいと考えられる。

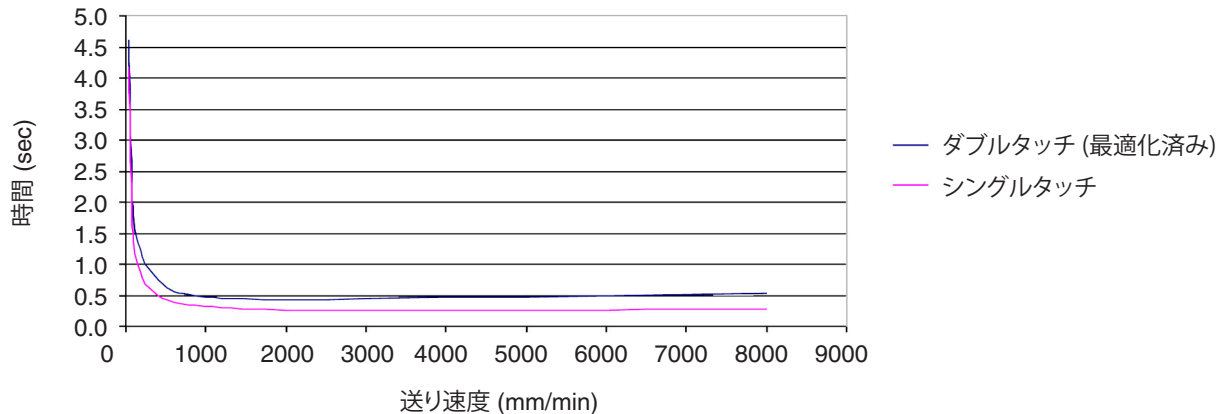


図 3: 単一面のシングルタッチ計測とダブルタッチ計測の比較

サイクルタイムをできるだけ短く抑えることが重要事項であることは言うまでもない。計測精度を損なうことなくサイクルタイムを最適化する方法については、TE413「計測サイクルタイムの最適化」で考察している。

ダブルタッチ計測ではサイクルタイムが延びるものの、トリガー信号の直接入力に対応した機械では、不確かさのレベルをプローブの繰り返し精度の範囲内に抑えるためにダブルタッチ計測を用いるのが賢明であろう。許容できる計測性能を得るためにダブルタッチ計測を採用すべきかどうかを判断するにあたっては、スキャンタイムを考慮することが極めて重要である。ダブルタッチ計測にしたことでサイクルタイムが数ミリ秒延びたとしても、計測の繰り返し精度と精度の向上がそれに見合うことが大半である。

最後に

- 工作機械のスキャンタイムは、オンマシンプローブ計測中の不確かさに大きく影響する。
- プローブ計測サイクルのセットアップおよび実施に際しては、そのサイクルの計測性能を最優先すべきであり、サイクルタイムは重要ではあるが二次的な目標にすぎない。
- トリガー信号の直接入力に対応した機械では、計測の不確かさが送り速度に比例するため、シングルタッチ計測は細心の注意を払って使用する必要がある。
- ダブルタッチ計測では、CNC コントローラの機能に関係なく、良好な計測結果が得られる。
- 機械の古い新しいを問わず大半の工作機械コントローラは、スキャンタイムが 1ms～4ms である。これらの機械で信頼できる計測を実現するためには、シングルタッチ計測は極めて控えめな送り速度で実行する必要がある。その結果、良好な計測結果を得るためには、サイクルタイムが同等のダブルタッチ計測よりもはるかに長くなってしまう。