

ミリングマシンを導入する際は、自分自身で選択できるように知識をつける必要がある

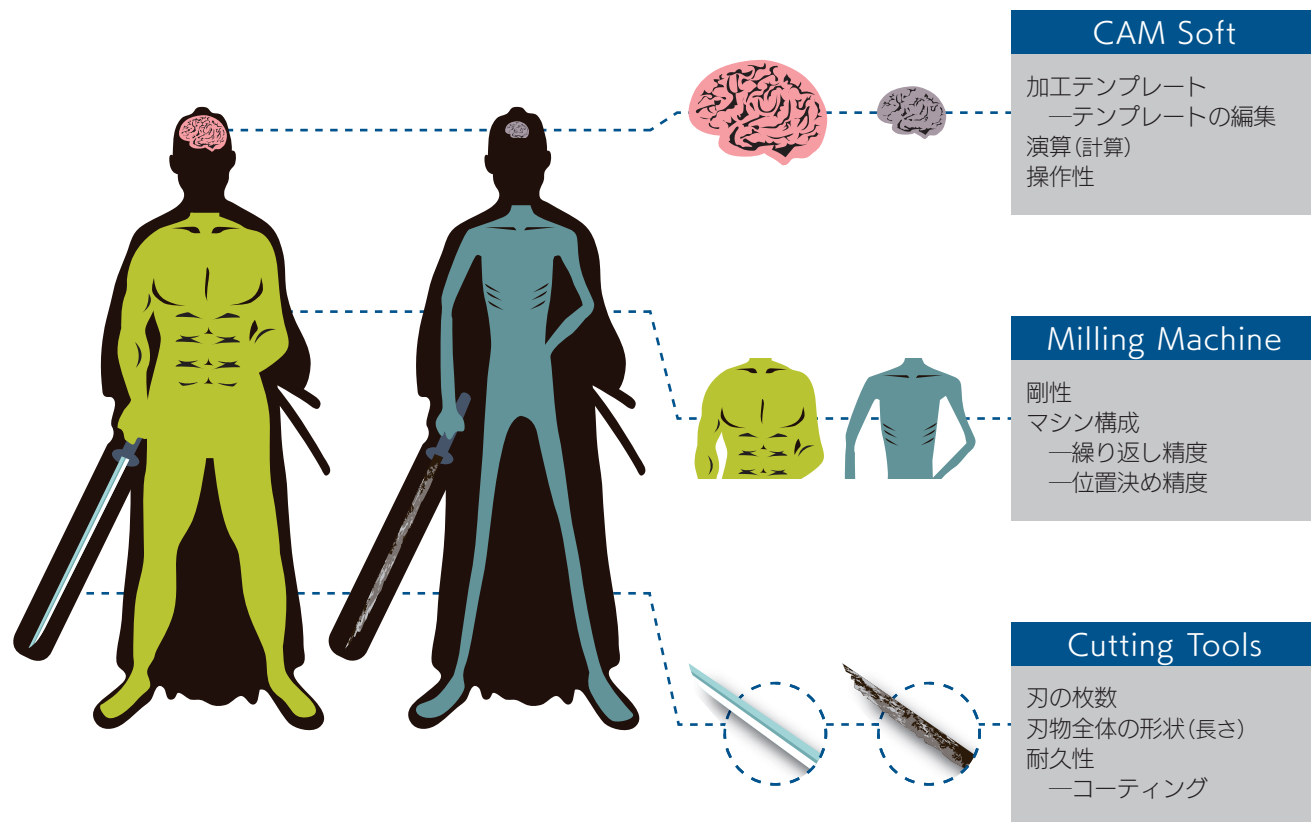


図 1-2-3 ミリングにおける 3 つの構成要素。

加工精度を決める 5 つの要素

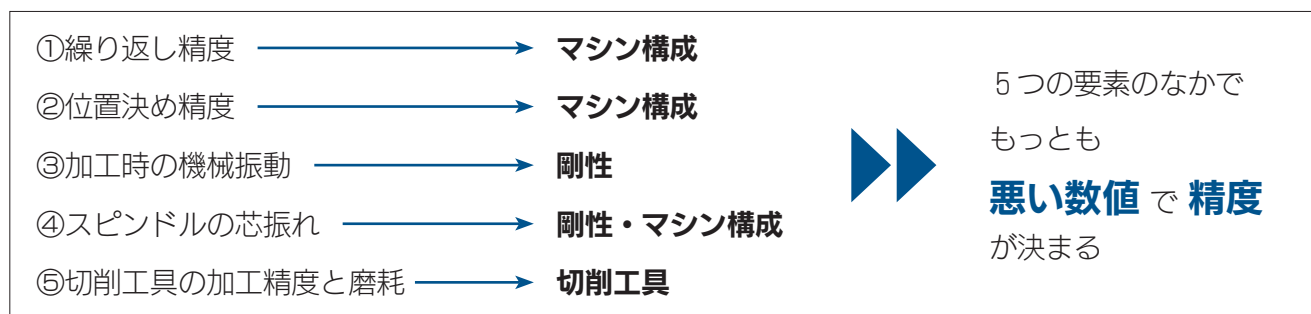


図 1-2-4 ミリングマシンの加工精度を決める要素は 5 つあり、そのなかのもっとも悪い数値で最終的な精度が決まる。

CAMソフトはミリングの構成要素のなかで頭脳に相当する。最近では加工パスという言葉が耳にすることも多くなったが、これは加工テンプレートと同じ意味である。簡単に説明すると切削する順番であり、ここには切削量、切削深さ、切削速度の要素も含まれる。なかには加工テンプレートの編集が可能なソフトを販売しているメーカーもあり、このソフトを用いることで加工時間の短縮や再現性の向上を目指して加工テンプレートを編集することも可能である。しかし、独自の加工テンプレートを使用することによって起きた加工の失敗、切削工具の破損、ミリングマシン自体の故障など、さ

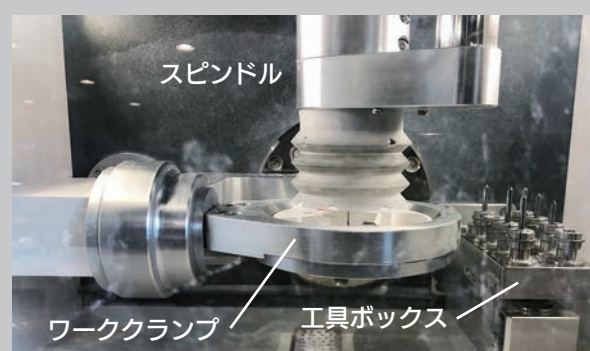
まざまなトラブルに対して自己責任で対応する必要があるため、しっかりとしたミリングの知識のあるユーザーでなければお勧めすることは難しい。

演算とは使用した加工テンプレートの切削順を計算する時間である。CAMソフトによっては加工トラブルを防ぐために時間をかけて演算するものもあり、演算時間が異なる。

また、ディスクの選択、設計の種類、マージン設定、サポートの追加、ネスティングの自動配置が各CAMソフトにより異なるため、操作性にも違いが生じる。

ミリングマシンにおいては剛性が重要である。剛性とは簡単にいえば頑丈さで、剛性が高いほど加工の際に起こる振れを少なくする。剛性の高さはマシンの大きさや重さに比例する。したがって、安定した加工を目指すなら、コンパクトなミリングマシンより大型のミリングマシンの方が圧倒的に有利である。当然、切削する材料の硬度によってミリングマシンに求められる剛性も変化する。

マシン構成とは、スピンドル・ワーククランプ・工具ボックス・モーターなどのミリングマシンを構成する要素である(右図)。たとえば、ミリングにおいてはひとつの加工に対してスピンドルがワーククランプ(クランプ)から工具ボックスに何度も移動して反復動作を行うため、その反復動作に精度が求められる。この精度を繰り返し精度という。一方、位置決め精度とは、切削対象物の指定の位置まで誤差なく動く精



度をいう。これらの精度はそれぞれの部品(マシン構成)の影響を受ける。また、モーターの能力については、現状、サーボモーターがよいとされている。その理由は、サーボモーターは座標の記憶機能を有しているからである。スピンドルは回転数とトルク値が重要で、何をメインに加工する仕様のマシンなのかによって求められるスピンドルは変わる。

切削工具(カッティングツール)は面の美しさや加工精度に影響を与え、シャンク径のサイズや刃の枚数によって最終的に得られる精度が変わる。また、刃物が長いほど振れの量が増え、短くなると振れの量は少なくなるが加工領域に制限が生じる。

また、切削工具によって耐久性は異なる。耐久性は加工対象物の硬度や切削工具のコーティングの有無によっても変わってくる。

機種によっては切削工具を交換するタイミングを表示してくれるミリングマシンもあるが、その表示は切削した数ではなく、加工時間によって算出される。しかし、クラウンのサイズやディスクのサイズにより切削量および切削時間は変わるため、ユーザーが個数を基準に交換タイミングを考えていると、メーカー側の基準との間にずれが生じてしまう。切削工具の寿命は、加工精度に大きく影響するため注意が必要である。

Chapter 4

1 パラメーターが同じでも 同じ加工結果になるとは限らない

CADソフトにおいて、加工精度に大きな影響を与える要素にパラメーターが挙げられる。Chapter 4では、おもにCADソフトのパラメーターについて解説していくが、その前に読者の方々に注意していただきたい点がある。それは、筆者のラボのパラメーターの数値をそのまま使用しても、同じ適合が得られるとは限らないということである。

まず、当然のことながら、使用するCAMソフトとミリングマシンによってパラメーターの適正值は変わる。ミリングの工程に直接関係する要素なので、これは多くの方に納得していただけたと思われる。さらに、使用しているスキャナーによってもパラメーターの適正值は変わる。たとえ同じ3Shape社のモデルスキャナーであっても、モデルスキャナーの機種が変わればそれ以外の要素(模型/CADソフト/設計/パラメーター/CAMソフト/ミリングマシン/シタリングファークネス)が同一であっても、結果は変わってくる(図4-1-1、2)。これはそのモデルスキャナーのスキャン精度が影響している。モデルスキャナーを新機種に買い替えた後に同じパラメーターでミリングした結果、フィットしなくなったという経験をされた方もいらっしゃるのではないかとと思う。同じ会社のスキャナーでも違いがあるのだから、他社のスキャナーでは当然パラメーターの適正

値が異なることは容易に想像できる。

ここまでは使用しているソフトや機器が異なることから、比較的理解が得やすいと思われる。だが、CAD/CAMにおいては、たとえ筆者と同じシステム(スキャナー/CADソフト/CAMソフト/ミリングマシン/シタリングファークネス)の組み合わせであっても、必ずしもパラメーターの適正值が同じとは限らないことを理解しておく必要がある。ミリングマシンの設置環境やコンディション、切削工具の摩耗具合など、あまりにも影響する要因が多すぎて、講演や文献でパラメーターの数値があまり具体的に紹介されないのもここが原因ではないかと思われる。だからこそ、自社の環境におけるパラメーターの適正值を探る必要があるのである。

ただ、自社の環境におけるパラメーターの適正值を探っていく上で、他社のパラメーターの数値がまったく役に立たないというわけではない。そこでまず本項では、弊社で日々使用しているスキャナー(E3、3Shape, 松風)とミリングマシン(MAXX DS200-5Z、Robots and Design, サンデンタル)の組み合わせでパラメーターのデフォルト値と適正值を、またE3とDWX-52D(ローランド ディー.ジー., 松風)との組み合わせでの適正值も紹介したい(図4-1-3~9)。

筆者のラボで所有しているモデルスキャナー



図4-1-1 a~c 筆者のラボで所有している3Shape社のE3(a)とD2000(b)。

1. パラメーターが同じでも同じ加工結果になるとは限らない

たとえ同じ3Shape社製であっても、スキャナーの機種が変わればパラメーターの適正值も変わる



図 4-1-2 a、b E3とD2000で同じ支台歯(a)、およびインプラント上部構造用のチタンベース(b)をそれぞれスキャンし、同じようにCADデザインを行い、同じパラメーターを設定後、GO2dental(GO2cam International)とMAXX DS200-5Zの組み合わせでミリングした。結果、ともにE3でスキャンしたデータの場合、適合は良好だがフィットが緩く、D2000でスキャンしたデータは適合とフィットともに良好であった。

なお、この結果からD2000のほうが優秀なスキャナーだと判断するのは間違いである。本実験はスキャナーの優劣を比較するものではなく、スキャナーの種類が異なればパラメーターの適正值が異なることを示す実験である。E3に適したパラメーターを設定すれば、本実験と反対の結果が得られる。

筆者のラボにおけるフィットに関するパラメーターの適正值を紹介する組み合わせ



図 4-1-3 スキャナーはE3(CADソフトは3Shape Dental System)、ミリングマシンはMAXX DS200-5ZとDWX-52Dで、ともにCAMソフトはGO2dentalを使用。

Chapter 5

2 | 加工テンプレートの編集が必要な症例とは？

基本的にデフォルトの加工テンプレートは、どの歯科技工士でも簡単に扱える簡略化された計算式で構成されている。しかし、臨床においては日々さまざまなデータを加工する必要がある、その中にはデフォルトの加工テンプレートでは対応できない症例

も出てくる。そういった症例に対応するには、デフォルトの加工テンプレートを編集する必要がでてくる。

本項では、弊社の日常臨床において、過去に加工テンプレートの編集を行ったシチュエーションの一部を紹介したい。

①細部まで加工を行いたい場合

筆者の目標は、ミリング後の形態修正を限りなく少なくすることである。ここまで再三にわたり述べてきたが、臼歯部咬合面の小窩裂溝(図5-2-1)、前歯部唇側面の表面性状、連続歯における歯間乳頭部などの隣接面(図5-2-2)、また、マージンの薄さなどは、CADソフトでいくら細部まで作り込んだとしても、その細部を加工可能な細い切削工具とその切

削工具に対応した加工テンプレートがなければ加工することはできない。多くの読者にとっても、加工テンプレートの編集を行って、最初に行いたいと考えるのはここではないかと思われる。

具体的にどのように考えて加工テンプレートを編集しているのかはChapter 5-5で解説したい。

CADデザインで細部まで作り込むだけでは加工結果には反映されない

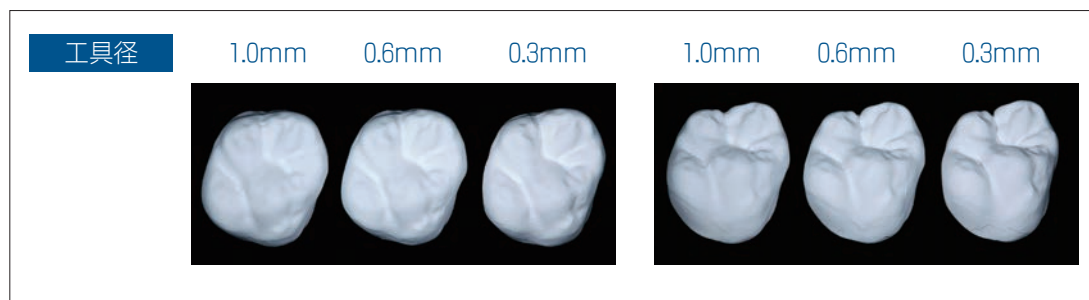


図5-2-1 同じデータを加工した場合の、仕上げに使用した切削工具径と、モノリシックジルコニアクラウンの咬合面における細部の再現性の変化。



図5-2-2 a、b 同じデータから湿式のミリングマシンにて加工したPMMA。aは既存の加工テンプレート+O型クランプを使用して0.6mmの切削工具で仕上げた状態。bは編集した加工テンプレート+C型クランプを使用して0.3mmの切削工具で仕上げた状態。

②細かい内面の加工を正確に行いたい天然歯症例

前歯部で支台歯が細く尖っているケースなどでは、デフォルトの加工テンプレートでは削り残しをなくすることが難しいケースも存在する。

このような場合も①のシチュエーションと同様

で、ミリングマシンに自身が求める加工が可能な切削工具が登録されていることと、その切削工具を使用するように加工テンプレートを編集することで正確な加工が可能になる(図5-2-3～5)。

内面の最終仕上げに使用した切削工具による違い

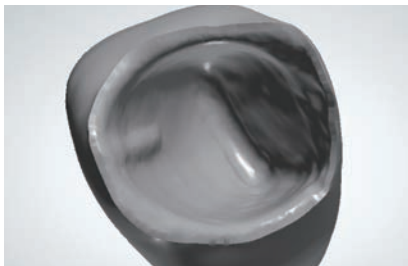


図5-2-3 臨床においては、前歯部の支台歯が細く尖っている症例に対応することも少なくない。

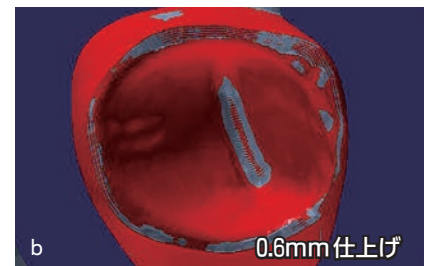
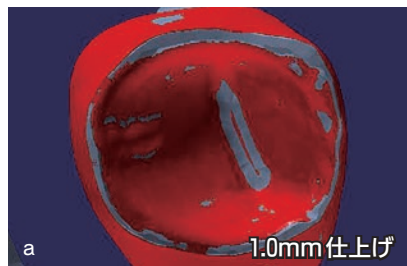


図5-2-4 a, b 1.0mmの切削工具(a)と0.6mmの切削工具(b)の仕上げ。理想的な支台歯の場合は、1.0mmの切削工具で内面の仕上げを行う加工テンプレートを使用しても削り残し(グレー部分)は少ないが、この症例のように支台歯の先端が尖っている場合は、より細い0.6mmの切削工具で内面の最終仕上げを行うことで削り残しを減らし、適合を改善できる。

切削工具径が異なるだけで有効長などが同じなら既存の加工テンプレートを流用可能なこともある

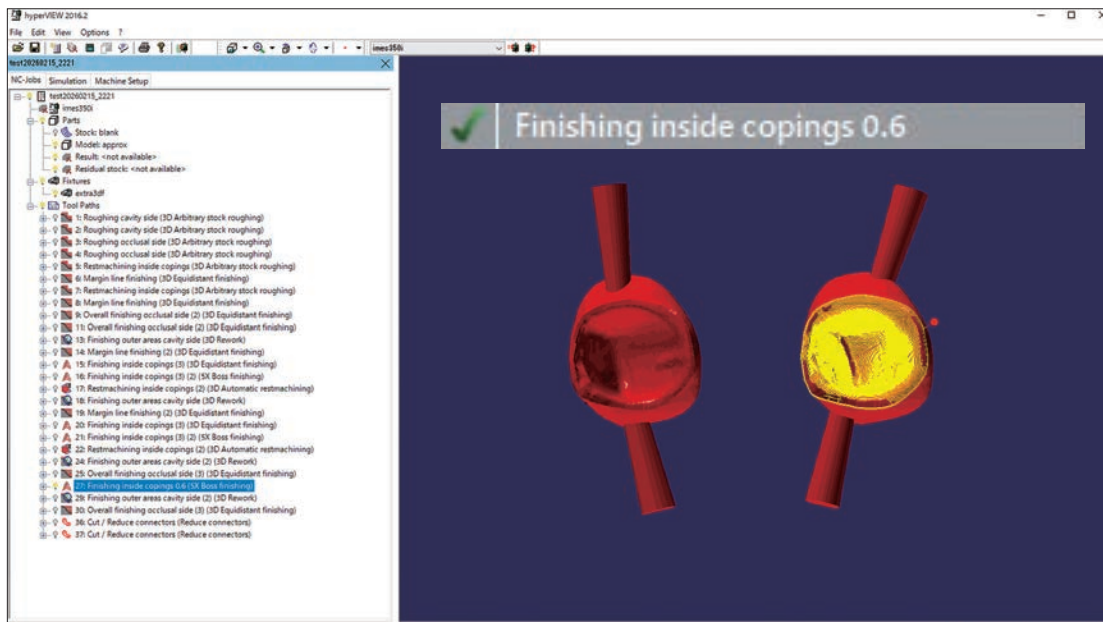


図5-2-5 0.6mmの切削工具を使用する加工テンプレートの編集をする場合、切削工具径が異なるだけで有効長などが同じであれば、既存の1.0mmの切削工具を使用する加工テンプレートをコピー&ペーストして内容を編集することで追加できる。スピンドルの回転数と送り速度の調整が必要になることもあるが、もっとも大事なのは使用する切削工具の種類を1.0mmから0.6mmに変更する点である(Chapter 5-5も参照)。もちろん各切削工具の有効長などが異なっている場合はCAMソフトの計算時にエラーが出るため、自分が使用したい切削工具については十分に理解しておく必要がある。