平成 21 年度北海道地域イノベーション創出協働体形成事業(研究開発環境支援事業)
「道内針葉樹を用いた圧縮木質内装材等における表面加工技術と
官能・温冷感・接触感に関する評価技術の開発」

木の温かみを定量化し、それを実現する
表面加工技術マニュアル

地方独立行政法人北海道立総合研究機構

建築研究本部 北方建築総合研究所

森林研究本部 林産試験場

道内針葉樹を用いた圧縮木質内装材等における表面加工技術と官能・温冷感・接触感に関する評価技術
ー木の温かみえる化プロジェクトー　マニュアル　目次

１．マニュアルの目的と位置づけ ･････････････････････ 1

２．マニュアルの適用範囲 ･････････････････････ 2

３．官能・温冷感・接触感に関する評価技術 ･････････････････････ 3
３－１．評価技術の概要 ･････････････････････ 3
(1) 官能評価方法の事前検討
(2) 被験者実験を行うにあたっての条件設定
(3) 被験者実験の手順
(4) 被験者実験の実施条件および実施方法
(5) 被験者実験結果と各種物性値・性能値との関係
３－２．測定が必要な物性値・性能値とその範囲 ･････････････････････ 17
(1) 引っかき力G
(2) くい込み量D
(3) 温度上昇量サーモΔT
(4) 静止摩擦係数μ、吸水量W
(5) 床のすべり
(6) 表面形状の測定
1) 目的
2) 測定システムの概要
3) 測定方法

４．木の温かみえる圧縮木質内装材を実現する表面加工技術 ･････････････････････ 32
４－１．北海道産針葉樹材を用いた圧縮木材の試作 ･････････････････････ 32
(1) 樹種
1) カラマツ
2) トドマツ
3) エゾマツ
4) スギ
(2) 使用する部位
(3) 木目（木理）
(4) 寸法
1) 厚さ
2) 形状
(5) 含水率
(6) 設備・機器
1) 切削機械
2) ホットプレス装置
(7) 圧縮木材の試作
1) 加熱・軟化
2) 圧縮・変形
3) 乾燥あるいは形状固定
4) 放冷・解圧（開放）
5) スケジュール

(8) 主要道産針葉樹材を用いた圧縮木材生産技術
1) カラマツ
2) トドマツ
(9) 針葉樹圧縮木材生産技術を応用した表面加工技術
1) ドライングセット材への水蒸気処理による凹凸の付与
2) 木材同士のくい込みによる凹凸
(10) 官能試験用試験歩行路床材および壁材の試作
1) 第１回官能試験用試験材
2) 第２回官能試験用試験材
４－２．表面切削による表面加工技術の開発 ･････････････････････ 52
(1) 目的
(2) NC ルータの概要
1) データの解説
2) NC ルータの操作（SNC 使用マニュアル）
(3) 成果と課題

１．マニュアルの目的と位置づけ

北海道には，天然林に自生する針葉樹として，エゾマツ（クロエゾマツ，アカエゾマツ）やトドマツ，人工林として造林されたものに，カラマツや一部道南地域のスギがあります。

これらの針葉樹の用途は，ダンネージ（梱包材）やパルプチップが大半を占め，一部で柱や間柱，根太やたる木，下地合板といった住宅の見えない部分に使用され，写真１-１のような北海道らしい風景を構成する樹木でありながら，その加工品は人目に触れることが少ないのが現状です。

住宅・建物の目に触れる部分，すなわち内装材に使用するには，比較的硬くて傷もつきにくいという木材が好まれます。よってミズナラやマカバ，ハルニレやイタヤカエデといった広葉樹材が内装用の主流を占めてきました。これら広葉樹材は針葉樹材に比べて密度が高く，比較的硬くて傷もつきにくく，色や木目も多彩だからです。しかしながら広葉樹材は天然に自生していたものを利用してきたので，人工林のように植林による再生が追いつかず，資源が枯渇しつつあり，持続的に利活用が可能なまでに育林されてきた針葉樹材を利用することが必要とされています。

そこで，針葉樹材の密度を上げて，広葉樹材のように比較的硬く，傷つきにくくする技術の一つが圧縮木材，あるいは木材の圧密化と呼ばれる技術です。圧縮木材はその文字が示す通りに，木材を圧縮して容積を減少させ，密度を増加させます。それに伴って硬度や強度も向上しますが，同時に歩止まりは減少します。利点と欠点の同居した技術であると言えるでしょう。ですから，歩止まりが低下して原価が高くなった分を，付加価値でカバーしていかなければなりません。表面加工により付加価値を向上させることが可能であるならば，広葉樹内装材に代替する針葉樹内装材を広く普及・流通させることも可能となります。

本マニュアルは，北海道内の主要人工造林木であるカラマツ，トドマツを中心とした針葉樹材を圧縮木材とし，さらに付加価値を高めるために，従来にない凹凸を有する表面性状を付与することで，ダンネージ（梱包材）やパルプチップが大半を占めていた使用用途を、床材を中心とした内装用建材へ利用促進を図ろうとするものであります。

写真１－１　北海道の大自然を構成する針葉樹林

２．マニュアルの適用範囲

これまでの圧縮木材生産技術の適用対象とされてきた樹種（針葉樹）は，日本の主要人工造林木であるスギが中心となっています。北海道は亜寒帯に属するため植生が本州以南とは異なり，自生樹種（針葉樹）としてはトドマツ，エゾマツ（クロエゾマツ，アカエゾマツ）が主体であります。カラマツは成長の早さと耐寒性から，本州産のものが広く植林され，主要な人工造林木として普及・育林されたものであります。スギは比較的温暖な気候の道南地域に本州から移植されたものが人工林として育林されています。（写真２－１）

今回、対象としたものは無塗装のカラマツとトドマツであり，官能検査に用いたものは，より木目が明瞭なカラマツであります。対象とした材料は、無塗装木材であるため、造膜タイプ、半造膜タイプなどの塗装を施した材料に関しては適用範囲外とします。

写真２－１　北海道産主要針葉樹材（左よりトドマツ，カラマツ，アカエゾマツ，スギ）

３．官能・温冷感・接触感に関する評価技術

３－１．評価技術の概要

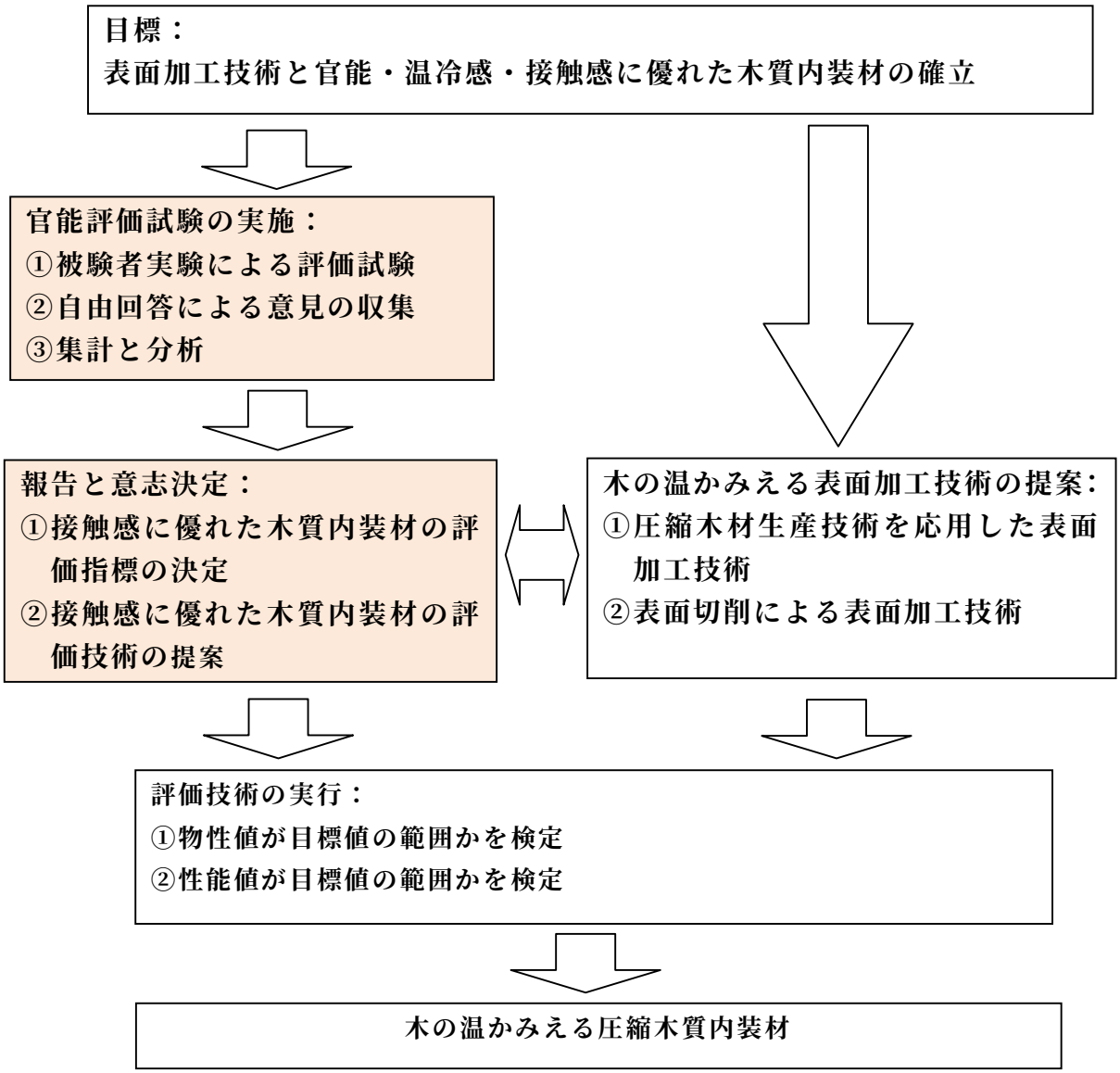
床材や壁材といった建材などは、強度や耐久性など建材としての各種必須性能に加えて、直接肌で触れたときの温かみや質感といった感覚的な性能が強く求められています。しかし、これら建材を供給する側には、感覚や嗜好といった官能的な要素を適切に評価する技術はありませんでした。

そこで、―木の温かみえるかプロジェクト―では、官能・温冷感・接触感を評価するための手法を確立し、木の素材感が適切に評価できる技術の確立を目指しました。マニュアルの構成を下記に記します。

――

人がものに触れたときにどのようにそのものを感じたかを、直接表現してもらう手法として官能評価があります。

――



（１）官能評価方法の事前検討

木の素材感（官能・温冷感・接触感）に対する官能評価の実施にあたっては、建築仕上げ材料の居住性や安全性について数多くの被験者実験を行っている[例えば、３－１、３－２、３－３)]東京工業大学大学院理工学研究科建築学専攻の横山裕准教授に指導を受け、実験計画、評価手法を構築し、評価技術の提案を行っていくこととしました。

床材の接触感に関しては、横山研究室の被験者実験用床歩行路（幅 0.9×長さ 3.6m）と同じ大きさのものを用い（写真３－１）、７段階の官能評価尺度を用いることとしました（写真３－２）。

写真３－１　被験者実験用床歩行路（横山研究室）

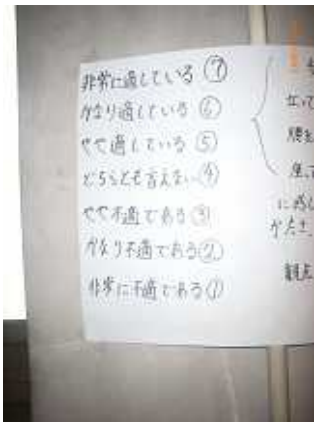


写真３－２　官能評価尺度

床歩行路の試験体は、24mm の構造用合板に乱尺で縦張りに釘止めしたもの（粘着テープ併用）を人工気象室床面に設置し、内壁試験体サイズは概ね 600mm×600mm とし、床上 1220mm～1820mm の高さになるように、12mm の構造用合板に留め具を用いて定尺で縦張りに固定し設置します（写真３－３～４）。

写真３－３　試験体取り付け、設置状況

写真３－４　内壁の設置状況

（２）被験者実験を行うにあたっての条件設定

官能試験を行うには、被験者、評価を行う場所や設備、被験者の対応や試験体の呈示をする人員が必要となります。製品を使用する人を想定し、被験者の性別、年齢構成を決定することが大切です（図３－１、図３－２）。被験者数は 30 名で行いました。

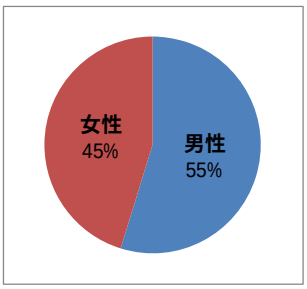


図３－１　被験者の性別

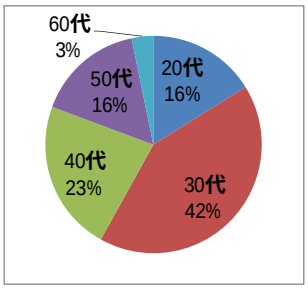


図３－２　被験者の年齢

実験場所は、温度、湿度の調整できる人工気象室に、被験者実験用の床歩行路と内壁を設置し、被験者実験を行いました。（写真３－５～７）。

人工気象室の温度、湿度は、通年に渡る積雪寒冷地住宅の室内環境や本州における夏期の室内環境を考慮して①16℃・50%、②21℃・40%、③27℃・70%の３条件とし、無風の状態で実験を行います。

写真３－５　床歩行路の足ざわり感評価　（靴下履きの状態）　（素足の状態）

写真３－６　床歩行路の手ざわり感評価

写真３－７　内壁の手ざわり感評価

（３）被験者実験の手順

被験者実験の手順は以下の通りです。

複数の被験者で同時に試験を行う場合は、他の被験者の聞きとり内容などをマスキングさせることが必要となります。今回は、会話の妨げとならない程度の音量でラジオ放送を流しました（表３－１）。

表３－１　実験手順

被験者集合		①健康状態の聞きとり 官能試験内容の説明	
人工気象室入室			ラジオ番組 ／会話の妨げにならない程度の音量 ／他の被験者の聞きとり内容のマスキング
椅子座安静	10分	②靴下の履き替え 着衣量の調整 官能試験内容の確認	
床歩行路官能試験 足ざわり／靴下	10分	③標準板と全ての試験体の表面 テクスチュアーを確認する。 ④評価値の聞きとり ⑤一番好きな試験体の選抜	⑤が終了した時点で次の被験者が入室
床歩行路官能試験 足ざわり／素足	10分	同（③→④→⑤）	
床歩行路官能試験 手ざわり	10分	同（③→④→⑤）	
内壁官能試験 手ざわり	10分	同（③→④→⑤）	
退室			

写真３－８　実験手順①

○実験開始前に健康状態などの聞きとりを行う。
○実験の内容を簡潔に説明する。

写真３－９　実験手順②

○入室後、規定の靴下に履き替えさせ、座り心地の良い椅子で安静状態を保つよう指示する。
○質問マニュアルに従って、実験の手順、留意点について簡潔に説明する。
○被験者自身が室内環境に適した服装に調整するように指示する。

写真３－１０　実験手順③

○標準板と試験体の表面テクスチュアーの確認を行わせ、評価が行えると被験者が判断できるまで、自由歩行を繰り返すよう指示する。
○官能試験担当者は、視覚情報や床のガタつきなど試験体施工上の不備と考えられる要因は、評価しないように指示する。

写真３－１１　実験手順④

○官能試験担当者は、試験体を無作為に指示し、７段階の評定尺度を記した用紙を呈示し、試験体が標準板に比べてどの程度好きか嫌いかを回答させる。
○官能試験担当者は、被験者からその理由をフリーアンサー形式で聞きとる。
○被験者の回答は、記録係が記録する。

写真３－１２　実験手順⑤

○全ての評価試験が終了した後、標準板を除く全ての試験体の再確認をさせ、一番好きな試験体を選ばせる。

床歩行路による手ざわり感、内壁による手ざわり感も同様の手順で行います。

床歩行路による手ざわり感の評価では、掌以外が試験体と接触するのを避けるため、市販の絨毯の上に座った状態で行います。

写真３－１３
床歩行路の手ざわり感評価試験状況

写真３－１４
内壁の手ざわり感評価試験状況

被験者が標準板と比較評価する時に、官能試験担当者が呈示する７段階の評定尺度は、

表３－２に示す通りです。

表３－２　７段階の評定尺度

非常に好き
かなり好き
やや好き
どちらとも言えない
やや嫌い
かなり嫌い
非常に嫌い

（４）被験者実験の実施条件および実施方法

被験者の対応や被験者への質問、聞きとり、記録などを官能試験担当者１名で行うことは困難なので、記録係１名を加えた計２名で対応します。

官能試験では、質問の仕方などによって被験者を無意識に誘導してしまうことがあるため、事前に質問内容に即したマニュアルを作製し、数回にわたるプレテストの中で官能試験担当者や記録係の訓練を行う必要があります。

一般的な比較対象（標準板）との直接的比較によって評価する試験体提示方法（比較評価）で、試験体がもつ属性を総合的に評価する総合評価で行います。

床歩行路の標準板は、市販されている複合フローリング材（塗装品）、内壁はビニールクロス（下地の石膏ボードにのり付け）とします。

評価項目は標準板と比べて好きか嫌いかのみとし、好みの差なし（どちらとも言えない）の回答を許す７段階の評定尺度を選定します。

被験者の負担を考慮し、試験に要する時間は 30～45 分以内を目標に定めます。

複数の試験体を連続して評価する場合は、最初に呈示した試験体の影響を受けて以降の評価が偏ることを避けるため、試験体はランダムに呈示します。

使用する質問マニュアルを以下に示します。

――

◆質問内容、質問マニュアル

〔実験室入室後〕

・こちらにおかけ下さい。
・こちらで靴下を履き替えてください。
・室内の温度や湿度になじんで頂くために、10 分程、待機して頂きます。
・その間に、実験の説明をさせて頂きます。

・寒くて我慢できなかったり、匂いなどで気分が悪くなった場合は、ご遠慮なく、お申し出下さい。
〔実験説明：全て触らせて、実験の趣旨をよりはっきりと伝えてから聞き取りを行うこと。〕
・体がなじみましたら、こちらの床材の上を歩いて頂いたり、あちらの壁材を触って頂きます。
・その時の足触り感、手触り感について、お聞きします。
・あまり深く考えずに、ご自宅の床や壁(内装材)だと思ってお答えください。
・掃除のし易さなどは考えないでお答えください。
・家具を置いた時のがたつきなどは考えないでお答えください。
・色の好み、違いは考えないでお答えください。
・それでは、お時間になりましたらお呼びしますので、おかけしてお待ち下さい。

〔床足触り：靴下〕
・お時間になりましたので、こちらへお越し下さい。
・一つ一つの床材について、好きか嫌いかをお聞きしますが、先ずその前に、これらの床材の上を、ざっとご自由にお歩き下さい。
・さて、それでは、先ず、こちらの床材についてお伺いします。
　ご自宅だと思って、ご自由に歩いてください。

【Q1】標準の床材と比べてどちらが好きですか？
　　この床材の方が非常に好ましい
　　この床材の方がかなり好ましい
　　この床材の方がやや好ましい
　　どちらとも言えない
　　あの床材の方がやや好ましい
　　あの床材の方がかなり好ましい
　　あの床材の方が非常に好ましい
　すべての試験体の比較評価が終わるまで【Q1】を繰り返す。
【Q2】どうして、こちらの床が好きなのか（嫌いなのか）理由をおしえてください。
　注意：[被験者が回答に躊躇する場合でも、決して,「さらさら」「べとべと」「ごつごつ」など〔温冷〕、〔乾湿〕、〔硬軟〕、〔粗滑〕などに関する用語、又は想像させるような誘導を行ってはならない。
【Q3】標準板を除く床材の中で、どれが一番好きですか？
【Q4】どうして、こちらの床が好きなのか（嫌いなのか）理由をおしえてください。
　注意：[被験者が回答に躊躇する場合でも、決して,「さらさら」「べとべと」「ごつごつ」など〔温冷〕、〔乾湿〕、〔硬軟〕、〔粗滑〕などに関する用語、又は想像させるような誘導を行ってはならない。

〔②床足触り：素足〕
・靴下を脱いで、素足で同じ試験をして頂きます。椅子へお戻り頂き、靴下を脱いで、先ほどのように、先ずは床材の足触りをご確認下さい。
・一つ一つの床材について、好きか嫌いかをお聞きしますが、先ずその前に、これらの床材の上を、ざっとご自由にお歩き下さい。
・さて、それでは、先ず、こちらの床材についてお伺いします。
ご自宅だと思って、ご自由に歩いてください。
【Q1】標準の床材と比べてどちらが好きですか？
この床材の方が非常に好ましい
この床材の方がかなり好ましい
この床材の方がやや好ましい
どちらとも言えない
あの床材の方がやや好ましい
あの床材の方がかなり好ましい
あの床材の方が非常に好ましい
すべての試験体の比較評価が終わるまで【Q1】を繰り返す。
【Q2】どうして、こちらの床が好きなのか（嫌いなのか）理由をおしえてください。
注意：[被験者が回答に躊躇する場合でも、決して,「さらさら」「べとべと」「ごつごつ」など〔温冷〕、〔乾湿〕、〔硬軟〕、〔粗滑〕などに関する用語、又は想像させるような誘導を行ってはならない。
【Q3】標準板を除く床材の中で、どれが一番好きですか？
【Q4】どうして、こちらの床が好きなのか（嫌いなのか）理由をおしえてください。
注意：[被験者が回答に躊躇する場合でも、決して,「さらさら」「べとべと」「ごつごつ」など〔温冷〕、〔乾湿〕、〔硬軟〕、〔粗滑〕などに関する用語、又は想像させるような誘導を行ってはならない。
〔③床手触り〕
・こちらにお座り頂き、手で床を触って頂きます。
・触り方は、特に決まっていません。手のひらや指先などで、ご自由に触って、質問にお答え下さい。
・両手を使って頂いてもかまいません。
・色については、評価の対象としませんので、目を閉じて頂いてもかまいません。
・さて、それでは、先ず、こちらの床材についてお伺いします。
ご自宅だと思って、ご自由に歩いてください。
【Q1】標準の床材と比べてどちらが好きですか？
この床材の方が非常に好ましい
この床材の方がかなり好ましい
この床材の方がやや好ましい
どちらとも言えない
あの床材の方がやや好ましい

あの床材の方がかなり好ましい
あの床材の方が非常に好ましい

すべての試験体の比較評価が終わるまで【Q1】を繰り返す。

【Q2】どうして、こちらの床が好きなのか（嫌いなのか）理由をおしえてください。

注意：[被験者が回答に躊躇する場合でも、決して,「さらさら」「べとべと」「ごつごつ」など〔温冷〕、〔乾湿〕、〔硬軟〕、〔粗滑〕などに関する用語、又は想像させるような誘導を行ってはならない。

【Q3】標準板を除く床材の中で、どれが一番好きですか？

【Q4】どうして、こちらの床が好きなのか（嫌いなのか）理由をおしえてください。

注意：[被験者が回答に躊躇する場合でも、決して,「さらさら」「べとべと」「ごつごつ」など〔温冷〕、〔乾湿〕、〔硬軟〕、〔粗滑〕などに関する用語、又は想像させるような誘導を行ってはならない。

〔④壁手触り〕

・一つ一つの壁材について、好きか嫌いかをお聞きしますが、先ずその前に、これらの壁材の上を、ざっとご自由にお触り下さい。

・さて、それでは、先ず、こちらの壁材についてお伺いします。
ご自宅だと思って、ご自由にお触り下さい。

【Q1】標準の壁材と比べてどちらが好きですか？

この壁材の方が非常に好ましい
この壁材の方がかなり好ましい
この壁材の方がやや好ましい
どちらとも言えない
あの壁材の方がやや好ましい
あの壁材の方がかなり好ましい
あの壁材の方が非常に好ましい

すべての試験体の比較評価が終わるまで【Q1】を繰り返す。

【Q2】どうして、こちらの壁が好きなのか（嫌いなのか）理由をおしえてください。

注意：[被験者が回答に躊躇する場合でも、決して,「さらさら」「べとべと」「ごつごつ」など〔温冷〕、〔乾湿〕、〔硬軟〕、〔粗滑〕などに関する用語、又は想像させるような誘導を行ってはならない。

【Q3】標準板を除く壁材の中で、どれが一番好きですか？

【Q4】どうして、こちらの壁が好きなのか（嫌いなのか）理由をおしえてください。

注意：[被験者が回答に躊躇する場合でも、決して,「さらさら」「べとべと」「ごつごつ」など〔温冷〕、〔乾湿〕、〔硬軟〕、〔粗滑〕などに関する用語、又は想像させるような誘導を行ってはならない。

――

（５）被験者実験結果と各種物性値・性能値との関係

７段階評定尺度の程度を非常に好きから非常に嫌いに向かって、7、6、5、4、3、2、1、の７つのカテゴリー尺度値によって分類し得点化し解析を行います。

一番好き回答率と評定尺度の平均得点の関係を図３－３に示します。

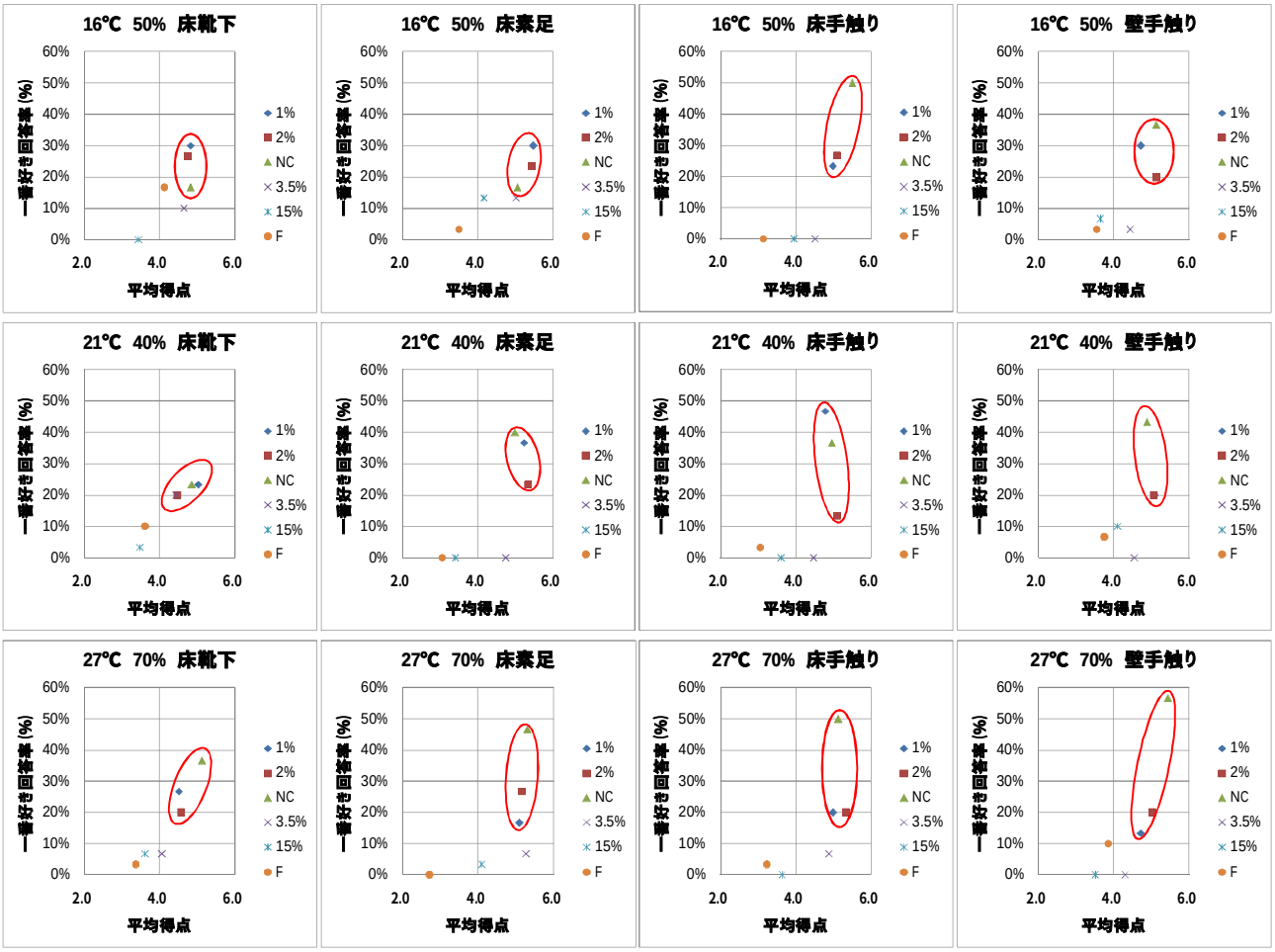


図３－３　一番好き回答率と平均得点の関係

全ての試験条件において、一番好き回答率と評定尺度の平均得点の関係に同様の傾向が認められ、一番好き回答率の高かった上位の 3 種は、平均得点も 4.5 以と上位を占めていました。

また、これら上位 3 種の一番好き回答率の合計は、全ての試験条件において７～10 割を占めており（表３－３）、表面に凹凸のある試料が好まれる傾向が確認できました。

表３－３　一番好き回答率上位３種の合計

条件	床－靴下	床－素足	床－手触り	壁－手触り
27℃ 70%	83%	90%	90%	90%
21℃ 40%	67%	100%	97%	93%
16℃ 50%	73%	70%	100%	87%

ここで、上位 3 種がどのような理由で嗜好評価が高くなっているのかを調べるため、上位 3 種の好きな理由を集計しました（表３－４）。

表３－４　上位 3 種が好きな理由①

16℃50% 床　靴下	16℃50% 床　靴下	16℃50% 床　素足	16℃50% 床　素足	16℃50% 床　手触り	16℃50% 床　手触り	16℃50% 壁　手触り	16℃50% 壁　手触り
すべり	30%	すべり	9%	すべり	7%	すべり	13%
凹凸	17%	凹凸	18%	凹凸	28%	凹凸	44%
乾湿	8%	乾湿	20%	乾湿	26%	乾湿	22%
硬軟	23%	硬軟	12%	硬軟	14%	硬軟	7%
温冷	21%	温冷	42%	温冷	25%	温冷	15%
合計	100%	合計	100%	合計	100%	合計	100%
21℃40% 床　靴下	21℃40% 床　靴下	21℃40% 床　素足	21℃40% 床　素足	21℃40% 床　手触り	21℃40% 床　手触り	21℃40% 壁　手触り	21℃40% 壁　手触り
すべり	34%	すべり	6%	すべり	6%	すべり	6%
凹凸	15%	凹凸	21%	凹凸	30%	凹凸	49%
乾湿	19%	乾湿	25%	乾湿	29%	乾湿	23%
硬軟	17%	硬軟	12%	硬軟	14%	硬軟	12%
温冷	15%	温冷	37%	温冷	21%	温冷	9%
合計	100%	合計	100%	合計	100%	合計	100%
27℃70% 床　靴下	27℃70% 床　靴下	27℃70% 床　素足	27℃70% 床　素足	27℃70% 床　手触り	27℃70% 床　手触り	27℃70% 壁　手触り	27℃70% 壁　手触り
すべり	29%	すべり	5%	すべり	4%	すべり	6%
凹凸	18%	凹凸	17%	凹凸	32%	凹凸	38%
乾湿	28%	乾湿	59%	乾湿	42%	乾湿	43%
硬軟	21%	硬軟	13%	硬軟	13%	硬軟	5%
温冷	3%	温冷	6%	温冷	9%	温冷	7%
合計	100%	合計	100%	合計	100%	合計	100%

上位 3 種が好きな理由は、履き物や温湿度条件の影響を受ける傾向は認められましたが、好きな理由の 7 割以上は、すべり感、凹凸感、乾湿感、硬軟感、温冷感の 5 因子で説明できることが確認できました（表３－５）。

表３－５　上位 3 種が好きな理由②

試験条件	16℃50%	21℃40%	27℃70%
床　靴下	すべり 硬軟 温冷	すべり 乾湿 硬軟	すべり 乾湿 硬軟
床　素足	凹凸 乾湿 温冷	凹凸 乾湿 温冷	凹凸 乾湿
床　手触り	凹凸 乾湿 温冷	凹凸 乾湿 温冷	凹凸 乾湿
壁　手触り	凹凸 乾湿 温冷	凹凸 乾湿	凹凸 乾湿

すべり感、凹凸感、乾湿感、硬軟感、温冷感の評価方法は、横山裕准教授らを中心とした日本建築学会の材料施工委員会内外装工事運営委員会傘下の常設委員会の一つとし

て設置されている床工事 WG が策定した、「床の性能評価方法の概要と性能の推奨値（案）」[3－4]に準じることとしました。

官能試験に用いた試験体の性能値の測定結果を表３－６に示します。

赤色の部分が、上位３種の性能値です。

表３－６　官能試験体の性能値測定結果

凹凸感		硬軟感		温冷感		乾湿感		すべり感		
引っかき力	くい込み量	局部変形量	くい込み量	温度低下量	温度上昇量	静止摩擦係数	吸水速度	靴下	素足	素足+汗
G (kgf)	D(mm)	δ (mm)	D(mm)	Δt (℃)	サーモΔT (℃)	μ	W(g/m²h)	C.S.R	C.S.R･BF	C.S.R･BF
11.59	1.85	0.123	1.85	7.05	2.01	0.18	136	0.25	0.371	0.269
13.52	1.64	0.263	1.64	7.09	2.1	0.17	126	0.279	0.425	0.309
15.26	1.71	0.23	1.71	6.8	2.39	0.09	314	0.312	0.36	0.4
14.73	1.75	0.207	1.75	6.52	2.29	0.09	294	0.283	0.332	0.44
14.72	1.75	0.233	1.75	6.47	1.76	0.08	283	0.28	0.363	0.326
14.63	1.83	0.287	1.83	6.1	2.24	0.08	199	0.301	0.343	0.445
15.01	1.9	0.155	1.9	6.23	2.18	0.07	241	0.272	0.34	0.468

すべり感は、靴下履きの条件でのみ応答が大きくなる因子であったことから、素足や手触りを含む条件の評価として適用することは難しいと考えられるため、すべり感に関しては評価指標から除くこととしました。

温冷感の性能値は、温度条件により応答が変わるため温度条件ごと（16℃50%、21℃40%、27℃70%）の検証を行いました（図３－４～５）。

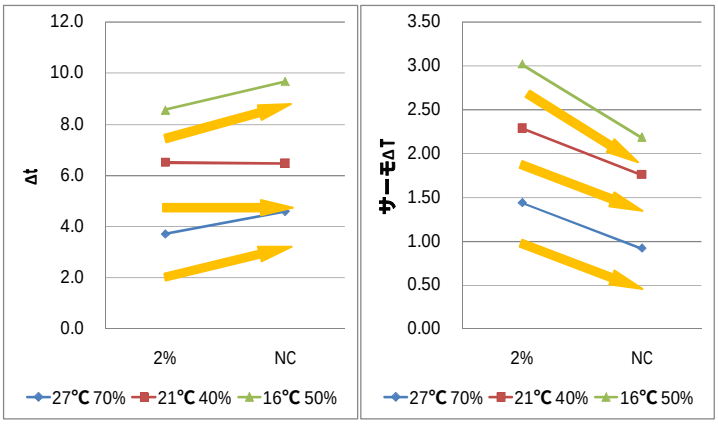


図３－４　Δｔ、サーモΔTの測定結果

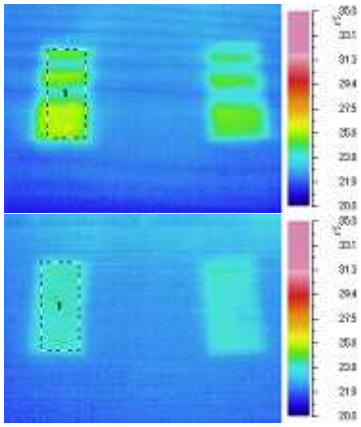


図３－５　表面温度分布

Δｔは温度測定位置が１箇所なのに比べ、サーモΔＴは 4000～6000（図は 4590）箇所の測定結果から平均値を求めたものであるため、サーモΔＴは凹凸や早晩材など熱特性の異なる部位の影響を受けにくいと考えられます（図３－４～５）。

今回用いた試験体のように、表面性状が不均一な材料の温冷感を示す場合、サーモΔＴを性能値として用いることとします。

硬軟感の性能を示す局部変形は、直に触れる表面材料だけでなく下地材を含む性能値となり、接触感に優れた床材・壁材の評価方法に適さないと考えられるため、評価指標としないこととします。

これまでの検討により、接触感の嗜好に関して高評価が得られる評価指標は、以下の

性能値で示すことができます。

●引っかき力Ｇ（凹凸感）
●食い込み量Ｄ（凹凸感、硬軟感）
●サーモΔＴ（温冷感）
●静止摩擦係数μ（乾湿感）
●給水速度Ｗ（乾湿感）

高評価材料として選択される割合が７～10 割の性能値と、各評価指標の嗜好度の傾向から、接触感の優れた材料の評価指標値（目標値）は、以下に示すものとなります。

	目 標 値			
引っかき力	G	14.7kgf 以上		
食い込み量	D	1.7mm 以上	1.85mm 以下	
温度上昇量	サーモΔT	1.75℃ 以上		
静止摩擦係数	μ		0.1 以下	
吸水速度	W	200g/m^{2}h 以上		

ここで提案する評価技術は、材料使用環境を室温 16～27℃、湿度 40～70%を適用条件とし、引っかき力Ｇ、食い込み量Ｄ、温度上昇量サーモΔＴ、静止摩擦係数μ、給水速度Ｗ（乾湿感）の 5 つの性能値を評価指標とした、床材、壁材の接触感に関する性能評価方法です。

性能値の測定方法の詳細を「３－２．測定が必要な物性値・性能値とその範囲」に示します。

対象とした材料は、無塗装木材であるため、造膜タイプ、半造膜タイプなどの塗装を施した材料に関しては適用範囲外とします。（この課題に関しては、今後の課題として検討をしていく予定です。）

３－２．測定が必要な物性値・性能値とその範囲

（１）引っかき力Ｇ

評価方法は、日本建築学会の材料施工委員会内外装工事運営委員会傘下の常設委員会の一つとして設置されている床工事 WG が策定した、「床の性能評価方法の概要と性能の推奨値（案）」[3－4)] に準じることとします。

測定サンプルは各床歩行路の中央部と端部から 300×300 ㎜程度を切りだしたものとします。

図３－６に、引っかき力の測定に用いるすべり試験機の概要を示します。実際に使用する履物の底を切り取ったすべり片を測定対象床上に置き、定速モーターでワイヤーを巻き取ることにより斜め上方 18°の方向に引っ張った時の荷重を、ワイヤーの間に取り付けた荷重変換器で測定します。すべり片は、重錘の下端に取り付けられたすべり片台座に貼付しています。この重錘は、当初昇降器で吊りあげられたガイドレール上にあり、測定時に昇降器を操作してガイドレールを下降させ、ガイドレールに支持されていた重錘の重量がすべり片を介して床に載荷された後、ワイヤー巻き取りが開始されるしくみになっています。ワイヤー巻き取りによる引張荷重の増加の割合（引張荷重速度）は、引張荷重速度調整器で制御します。また、巻き取り前のワイヤーのたるみ具合は、張力が３kgf となるよう、初期荷重調整器で調整します。すべり片の大きさは７×８㎝、重錘の質量は 40kg、引張荷重速度は 80kgf／sec とし、すべり片にショア A 硬度 35、厚さ３㎜の発泡ゴムを用い、さらに床表面にジョンソン・エンド・ジョンソン社製ベビーパウダーを２g／㎡散布した状態で、引張荷重の測定を行い、引張荷重の最大値 G を、引っかかりを表示する物理量（引っかき力）として求めます（写真３－１５）。

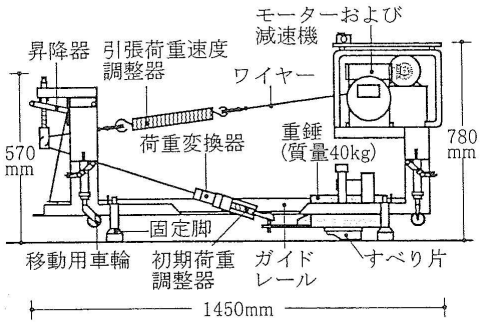


図３－６　すべり試験機の概要

写真３－１５　引っかき力の測定状況

満たすべき性能値（目標値）

目　標　値		
引っかき力	G	14.7kgf　以上
食い込み量	D	1.7mm　以上　1.85mm　以下
温度上昇量	サーモΔT	1.75℃　以上
静止摩擦係数	μ	0.1　以下
吸水速度	W	200g/m²h　以上

（２）くい込み量Ｄ

評価方法は、日本建築学会の材料施工委員会内外装工事運営委員会傘下の常設委員会の一つとして設置されている床工事 WG が策定した、「床の性能評価方法の概要と性能の推奨値（案）」[3－4] に準じることとします。

測定サンプルは各床歩行路の中央部と端部から 300×300 ㎜程度を切りだしたものとします。

図３－７にくい込み量測定装置の概要を示します。重錘底面にゴム（ショア A 硬度 12、厚さ 10 ㎜）を貼付したうえで床に重錘の重量５kgf を載荷した際に変位変換器で測定される変位量 Ｄｇと、ゴムの代わりに同じ厚さのアクリル板を貼付して測定される変位量 Da を求め、その差 D＝Dg－Da をくい込み量を表示する物理量として求めます（写真３－１６）。

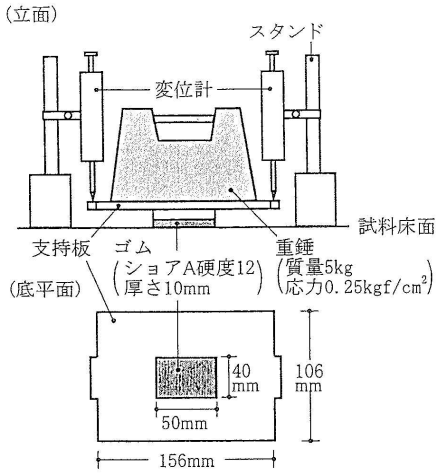


図３－７　くい込み量測定装置の概要

写真３－１６　くい込み量の測定状況

満たすべき性能値（目標値）

目　標　値		
引っかき力	G	14.7kgf　以上
食い込み量	D	1.7mm　以上　1.85mm　以下
温度上昇量	サーモΔT	1.75℃　以上
静止摩擦係数	μ	0.1　以下
吸水速度	W	200g/m²h　以上

（３）温度上昇量サーモΔＴ

温度上昇量サーモΔＴを測定する材料は、温度変化測定装置に比べ十分な大きさをもった測定ステージ上で行うものとします。

測定ステージは、実際の使用環境を考慮して、熱橋となりやすい下地などの構成材をすべて含むものとし、ステージ最下部には熱伝導抵抗の大きい材料（木材など）を挿入します（写真３－１７）。

このときの温度、湿度条件は、21℃、40%（無風状態）とします。

また、「床の性能評価方法の概要と性能の推奨値（案）」[3－4)] に準じて、温度低下量Δｔも同時に計測します。

写真３－１７　温度上昇量サーモΔＴ測定ステージ例
（左：上から、試験体、24㎜構造用合板、フロアー材、50㎜厚の集成材）
（右：測定ステージに設置された試験体の状況）

ステージに設置した試験体に、足裏と近似したやわらかさを持つ発泡ゴム（ショア A 硬度 10,厚さ 10㎜,熱伝導率 0.025kcal/mh℃)を鋼製重りの裏面２箇所に取り付けた温度変化測定装置を 35℃程度に温めたのち、床に載せ、発泡ゴム裏面に付けた熱電対により温度を測定し、本装置を床に載せてから 5sec 経過後の温度低下量Δｔと、ステージに設置したサーモグラフィー装置で、発泡ゴムが接触していた部分の材料の温度上昇量サーモΔＴを求めます。

温度変化測定装置の概要を図３－８　、写真３－１８に示します。

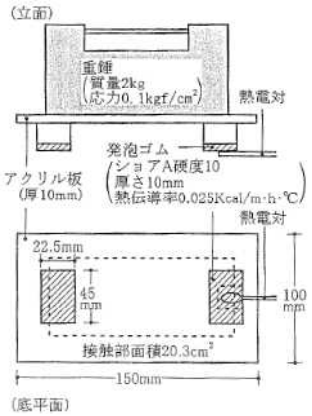


図３－８　温度変化測定装置

写真３－１８　温度変化測定装置

測定の結果得られるΔｔの温度・時間曲線の例を図３－９に、サーモΔＴの温度分布の例を図３－１０に示します。

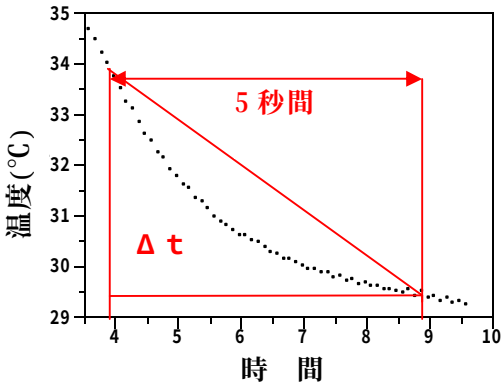


図３－９　温度・時間曲線

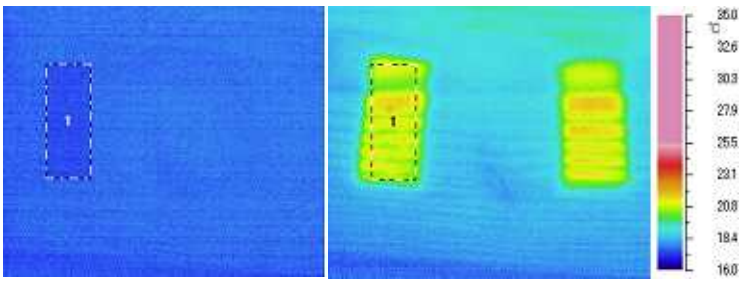


図３－１０　温度変化測定装置載荷前後の温度分

温度低下量は 0.1 秒間隔でデータロガーに記録し、温度・時間曲線から 5 秒経過後のΔｔを求めます。

また、ステージに固定したサーモグラフィー装置は、1 画素あたり 0.25㎜^{2}以下となるように測定距離を調整した後、1/60 秒以下の間隔で試験体表面の温度分布を計測し、温度変化測定装置が接触する前（初期の温度分布）と、試験体から離れた瞬間（T_i秒後）の温度分布から、発泡ゴムの接触していた部分の 5 秒経過後の温度上昇量サーモΔＴを、下式に従って算出します。

サーモΔＴ＝（T_i秒後の平均温度－初期の平均温度）×5／T_i

満たすべき性能値（目標値）

	目 標 値		
引っかき力	G	14.7kgf 以上	
食い込み量	D	1.7mm 以上	1.85mm 以下
温度上昇量	サーモΔT	1.75℃ 以上	
静止摩擦係数	μ		0.1 以下
給水速度	W	200g/m^{2}h 以上	

（４）静止摩擦係数μ、吸水量W

評価方法は、日本建築学会の材料施工委員会内外装工事運営委員会傘下の常設委員会の一つとして設置されている床工事 WG が策定した、「床の性能評価方法の概要と性能の推奨値（案）」[3－4] に準じることとします。

静止摩擦係数μ、吸水量Wは、人工気象室に設置された床歩行路試験体を用い、図３－１１に示す３箇所で測定を行います。

このときの温度、湿度条件は、21℃、40％（無風状態）とします。

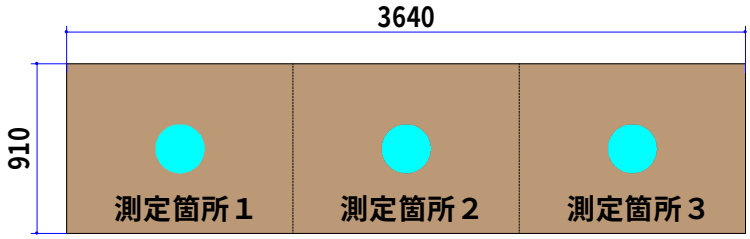


図３－１１　測定箇所

図３－１２に“最大静止摩擦係数測定装置”の概要を示します。

厚さ 2mm のシリコーンゴムをつけた大きさ 110×110mm、質量 3kg の重りを床上に設置し、引張荷重 F を除々に増やしながら、重りが動き始める時点のＦをばねばかりによって読み取ります（写真３－１９）。

最大静止摩擦係数μは、Ｆから下式に従って算出します。

$$\mu = F / (3 \times 9.8)$$

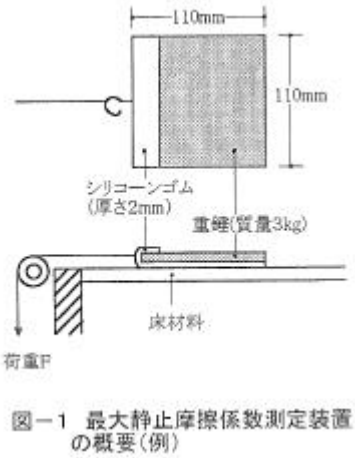


図３－１２
最大静止摩擦係数測定装置

写真３－１９
最大静止摩擦係数測定状況

図３－１３に“吸水速度測定装置”の概要を示します。

水 0.5ml を均一に吸収させた円形のろ紙（5B：直径 110mm)を床表面に接触させ、床に吸水させる床の吸水速度は、本装置を用いて測定される 60sec から 180sec までの質量増加量ΔMから算出します（写真３－２０）。

吸水速度Wは、質量増加量ΔMから、下式に従って算出します。

$$W = \Delta M / (63.6 \times 10^{-4} \times 0.05)$$

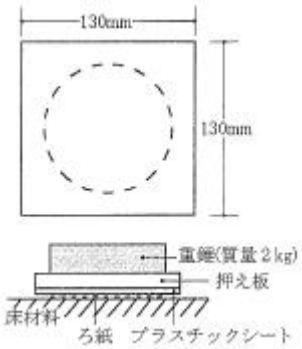


図３－１３　吸水速度測定装置

写真３－２０　吸水速度測定状況

満たすべき性能値（目標値）

	目 標 値		
引っかき力	G	14.7kgf 以上	
食い込み量	D	1.7mm 以上	1.85mm 以下
温度上昇量	サーモΔT	1.75℃ 以上	
静止摩擦係数	μ	0.1 以下	
給水速度	W	200g/m^{2}h 以上	

（５）床の滑り

①測定方法

測定方法は JIS A 1454：2005「高分子系張り床材試験方法」[3－5]において「6.14 滑り性試験」，および日本建築学会「床の性能評価方法の概要と性能の推奨値(案)」[3－4]において「A-6 すべり“その１ 履物着用の場合のすべり”，“その 2 素足の場合のすべり”」に規定されています。また今回使用した携帯型床の滑り試験機は，小野により従来の据置型滑り試験機とのデータの同一性が検証されています[3－6]。測定には図３－１４および写真３－２１に示す携帯型床の滑り試験機を用い，質量 20kg の重錘の底部に，滑り片を取り付け，加力ハンドルを回転させてワイヤーで斜め上方 18°の方向に引っ張った際に発生する引張荷重をロードセルで計測します。

重錘が動き出す際に発生する最大引張荷重Ｐ'max（N）から下式により C.S.R'（滑り抵抗係数）を算出します。

Ｃ．Ｓ．Ｒ' ＝ Ｐ'max／196（N）

滑り片には，実際にその床上で使用が想定される履き物等の接地面から 90×50㎜の履き物の底を切り取り，床との接触面積が 60×50㎜となるように重錘の底面に取り付けて測定します。

素足の場合には素足用の滑り片（ショアＡ硬度 20，厚さ 10㎜の独立発泡体樹脂板）を用いて同様の試験を行いますが，履物着用時と区別するために，滑り抵抗係数をＣ．Ｓ．Ｒ'・ＢＦと記述します。

但し、すべり感は、表３－５に示した通り靴下履きの条件でのみ応答が大きくなる因子であったことから、素足や手触りを含む条件の評価として適用することは難しいと考えられるため、すべり感に関しては評価指標から除くこととしました。

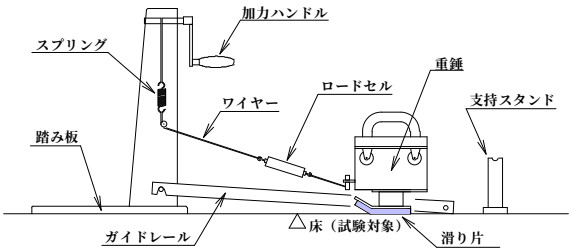


図３－１４　携帯型床の滑り試験機

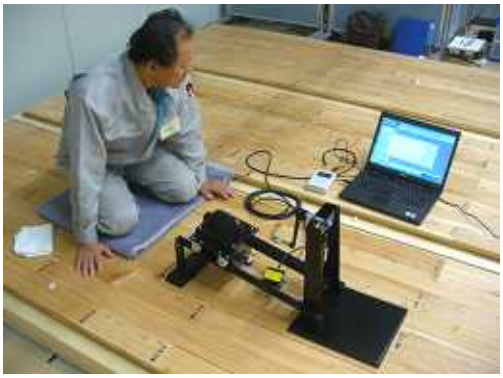


写真３－２１　床の滑りの測定

（６）表面形状の測定

1）目的

現在、木材や木製品の表面形状の測定は主に JIS　B 0601 に準じて、触針式の粗さ測定器を用いて測定されています。しかしながら、元々JIS　B 0601 金属やプラスチック製品の表面品質の管理を念頭に置いて制定された規格であり、微小な表面の凹凸を評価の対象としています。したがって、JIS を適用して木材や木製品の表面形状を評価しようとすると、木材特有の細胞組織が評価に影響を及ぼしたり、浮造り※やちょうな仕上げなど、表面にダイナミックな凹凸を持つ製品の表面形状の測定が不可能であるなど、そのまま適用できない製品も多々存在するといった問題を有しています。

そこで、本プロジェクトではレーザ変位計を用いた非接触型の表面形状測定装置を製作し、触針式の粗さ測定器では測定・評価の不可能であった木製品の表面形状の測定システムの開発を試みました。

※浮造りとは、主に針葉樹の表面を、ブラッシングなどをすることにより表面に凹凸を生じさせる、木材の伝統的な加工方法です。

2）測定システムの概要

① 測定装置

製作した測定装置を写真３－２２に、主要構成物品を表３－７に示しました。測定装置は、XY ステージ上に測定サンプルを置いて、そのサンプル上にサーボモータを用いてレーザ変位計センサヘッドを移動させてデータを収集する構造としました。サーボモータは X、Y および Z 方向にそれぞれ設置しました。サーボモータの駆動は、ソフトウェア SMNC を用いて制御しました。

写真３－２２　表面形状測定装置

表３－７　表面形状測定装置主要構成物品類

物品名		規格・仕様	メーカ
レーザ変位計	センサヘッド	LJ-G200	キーエンス
	コントローラ	LJ-G5000	
形状解析ソフト	KS-Analyzer	KS-H1A	
サーボモータ	（スマートモータ）	SV2315D	Animatics Corporation
ソフトウェア	SMNC		

②測定システム

測定システムの概要を図３－１５に示しました。上述のように、レーザ変位計のセンサヘッド（キーエンス製：LJ-G200）をサーボモータにより駆動させます。このサーボモータは SMNC によって、X、Y、Z の 3 方向それぞれで 0.1mm 単位での駆動距離の制御が可能となっています。

センサヘッド LJ-G200 は LJ-G5000 と連結されており、LJ-G5000 あるいは付属ソフト LJ-Navigator を用いてデータ収集条件の設定・制御が可能であります。また、LJ-Navigator により、収集したデータを CSV 形式や後述する 3 次元解析ソフト KS-Analyzer での読み込みが可能な形式に保存することができます。

LJ-Navigator にて保存されたファイルは、KS-Analyzer を使用して JIS に準じた算術平均粗さや凹凸の平均間隔などを算出することが可能です。

上記の一連の流れにより、サンプルの表面形状が、数値データとして収集されて解析可能な形式に保存され、JIS　B 0601 に準じた表面粗さなどの値として算出されます。

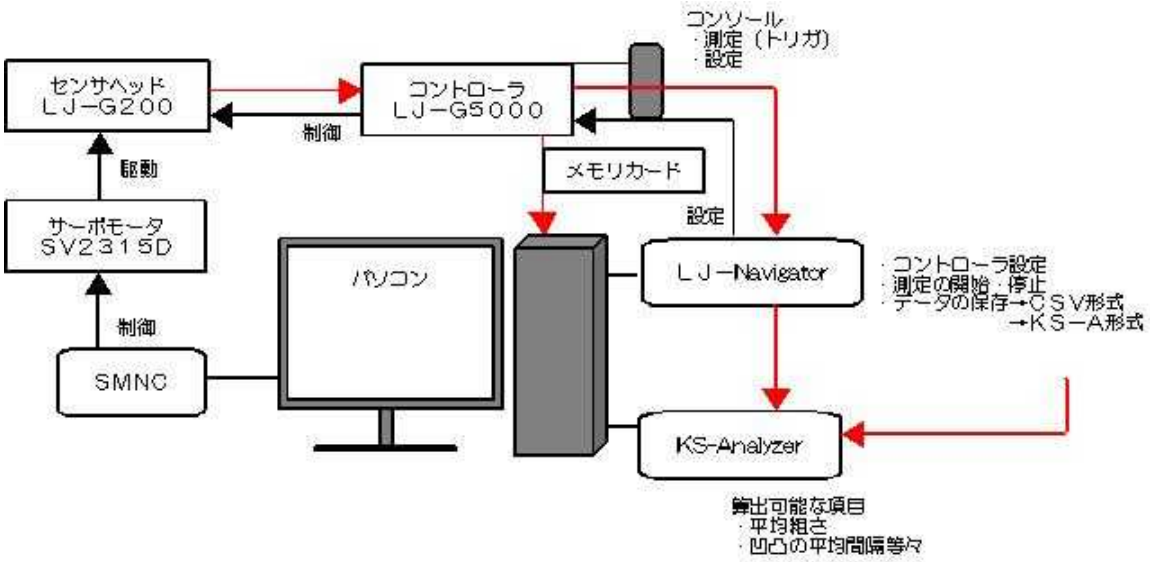


図３－１５　測定システムの概要

3）測定方法

ここでは、具体的な測定例として浮造り合板を用いてこれ以降の説明を行います。

① センサヘッドの駆動方法

センサヘッドの駆動には、SMNC を用いてパソコン上で数値制御により行います（図３－１６）。

SMNC の Go to new position に任意の値を入力してセンサヘッドをサンプルの測定（開始）箇所に移動します。さらに同一試験体で複数の測定箇所がある場合は、再び Go to new position または G-コードを入力することによりセンサヘッドを駆動します。この時、最初の測定開始位置を測定原点として設定するとその後の設定が容易です。SMNC で用いる G-コードを図３－１７に示しました。

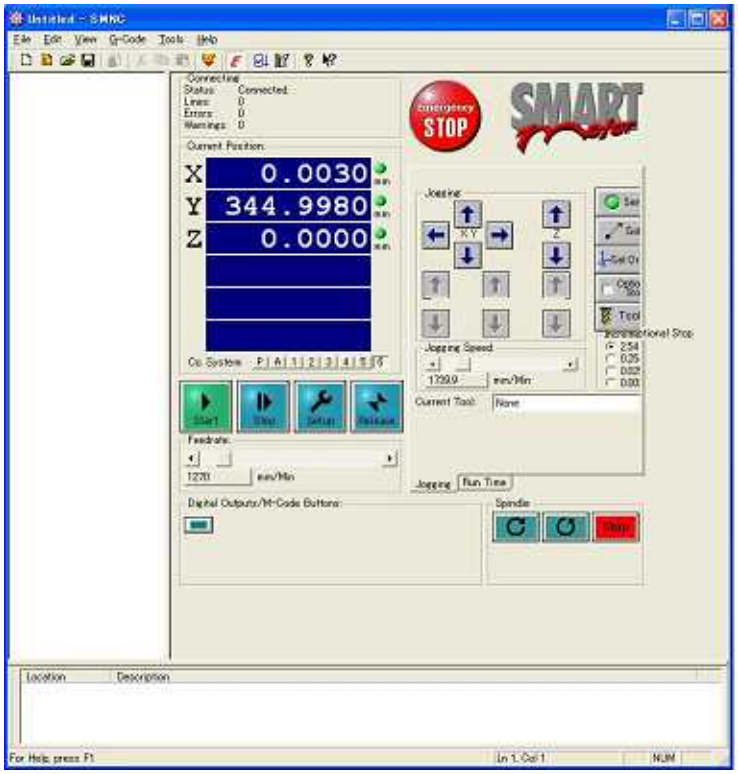


図３－１６　SMNC 操作画面

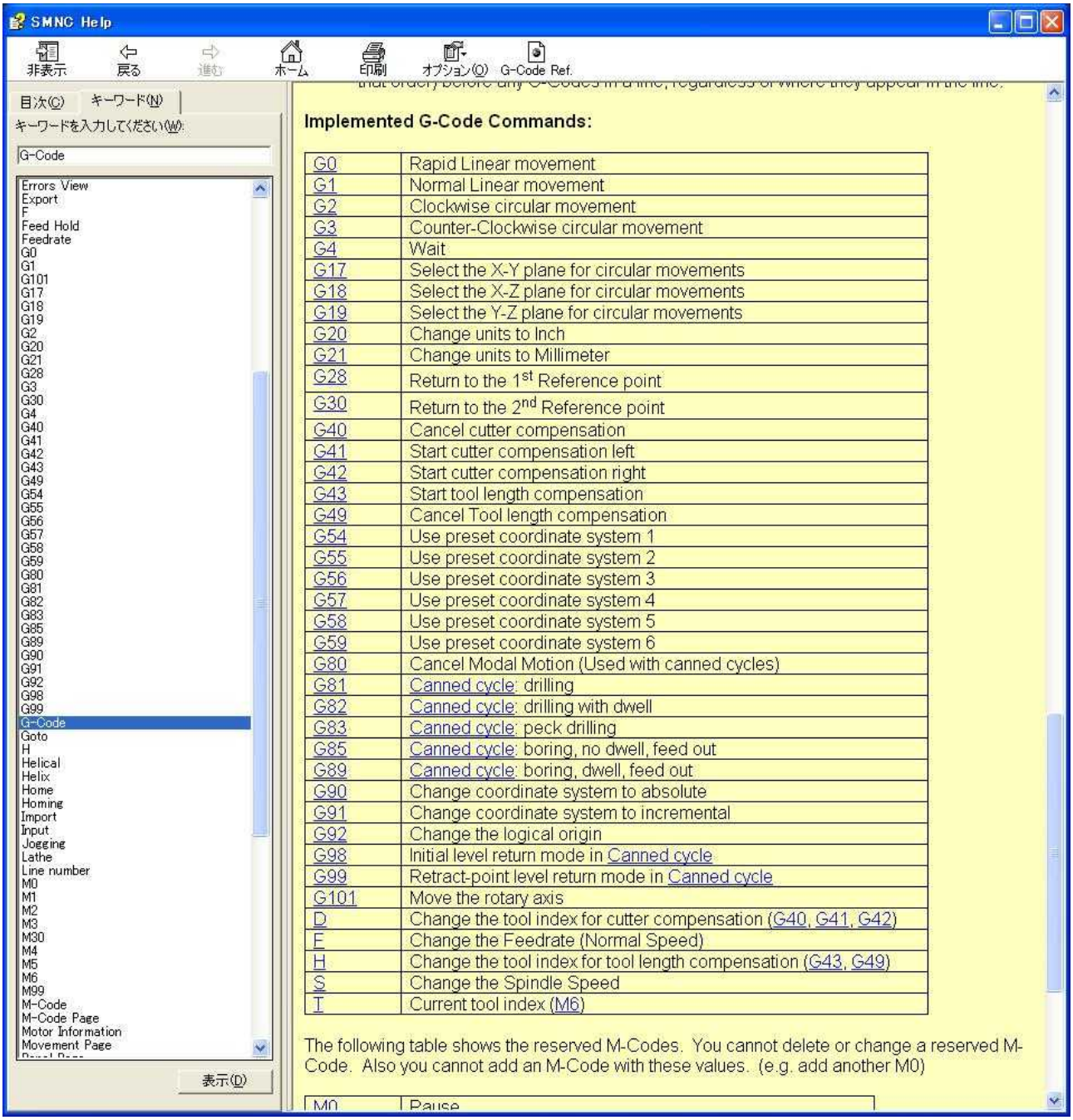


図３－１７　SMNC で使用する G－コード

② データの収集

センサヘッドの設定～データの収集・保存までを付属の LJ-Navigator を用いて解説します。

LJ-Navigator の設定画面を図３－１８に示した。サンプル上の 2 次元の凹凸データを 1 ライン毎に収集する場合は以下の手順により行います。

・LJ－Navigator の任意のプログラムを選択します。

・ヘッド設定タブのトリガ設定を選択します。

・トリガモードを外部トリガに、トリガ同期を ON にします。これにより、コンソールなどの外部トリガ入力時にのみセンサヘッドからレーザが放射されます。

・共通設定タブのデータ出力タイミングを選択し、データ出力タイミングをプロファイル更新時とします。

・上記の設定後に、コントローラへ設定を送信します。

・プロファイルストレージ画面の蓄積開始をクリックします。

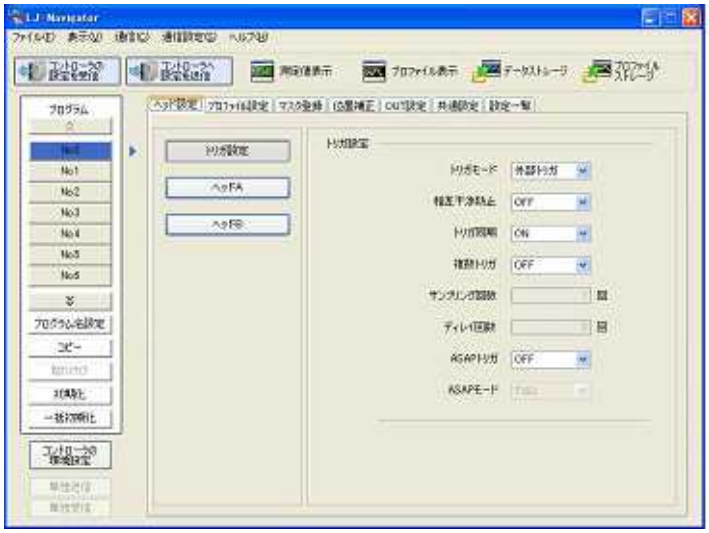


図３－１８　LJ-Navigator の設定画面

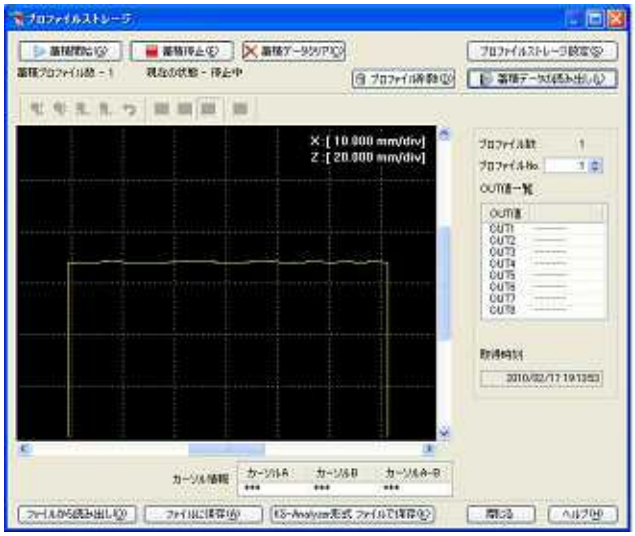


図３－１９　プロファイルストレージ画面

・コンソールを用いてトリガを出力すると、センサヘッドより、レーザ光が放射されて蓄積プロファイル数がカウントされます。

・蓄積を停止し、蓄積データを読み出すとデータが画面に表示されます。

・データを CSV 形式および KS-Analyzer 形式（後述の形状解析ソフト KS-Analyzer にて読み出し可能なファイル形式）にて保存します。

また、3 次元データを作成し、可視化表示や解析を行うのであれば、以下の手順により設定・データの収集を行います。

・SMNC を用いて測定したい範囲にセンサヘッドを駆動させる G-コードを記載します。

・LJ-Navigator の任意のプログラム No.を選択し、ヘッド設定タブのトリガ設定

を選択します。
・トリガ設定は連続トリガを選択します。これにより、常時レーザ光が放射され、連続的なデータ収集が可能となります。
・共通設定のプロファイルストレージ設定にて以下のように設定します（図３－２０）
　対象プロファイル　ヘッドA
　プロファイル数　任意の数
　ストレージ条件　常時となっていることを確認
・設定をパソコンへ送信
・SMNC を用いてモータを起動させ、センサヘッドを駆動。
・同時にプロファイルストレージ画面の蓄積開始ボタンをクリックして蓄積を開始します。
・設定したプロファイル数になると、蓄積は自動的に終了します。
・プロファイルデータを読み出して KS-Analyzer 形式にて保存します。

図３－２０
プロファイルストレージ設定画面

③3 次元解析ソフトによる表面粗さの計測
　形状解析ソフト KS-Analyzer を用いることで、収集したラインデータから JIS B 0601 粗さ形状パラメータの算出が可能です。
　図３－２１に浮造り合板のラインプロファイル計測結果を示しました。測定したサンプルに合わせたカットオフ値と計測範囲を選択することで、自動的に算術平均粗さ Ra などが算出されます。本プロジェクトに導入した KS-Analyzer を用いることで、複雑な演算をすることなく、簡便に JIS B 0601 粗さ形状パラメータの算出が可能となりました。

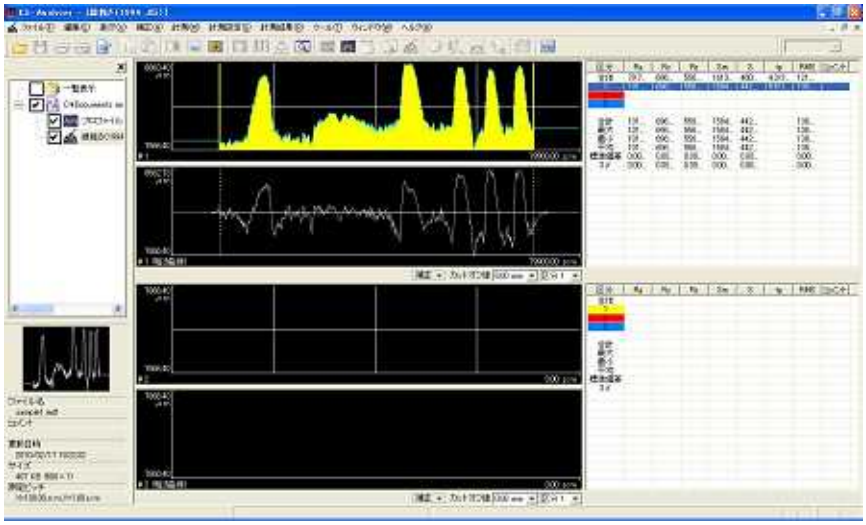


図３－２１　KS-Analyzer を用いた浮造り合板の表面形状の算出

　図３－２２に KS－Analyzer を用いて浮造り合板の表面形状を 3 次元可視化したものを示しました。浮造りによって生じる表面の凹凸を可視化することが可能でした。以上より、本プロジェクトで導入した表面形状測定システムによって測定例に示した浮造り合

板のように表面に大きな凹凸をもつ材料の測定が可能となりました。この測定結果より、本プロジェクトで官能試験に用いた床試験体の測定が可能な測定システムが構築されたことが確認できました。

また、官能試験に用いた試験体の表面形状の測定結果を表３－８に示しました。官能試験の結果上位３種の表面形状は赤色の部分になり、接触感の優れた材料の評価指標値（目標値）は、以下に示すものとなります。

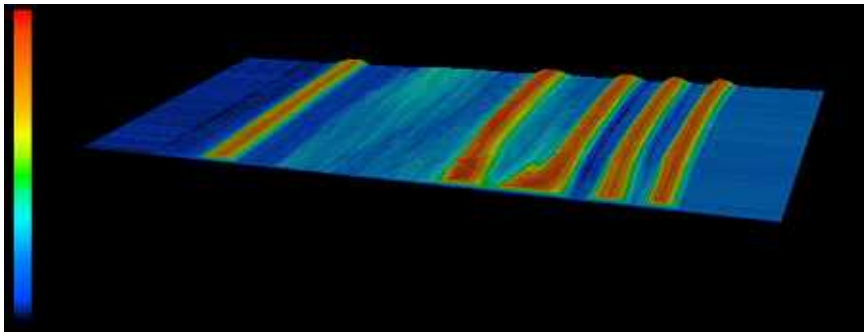


図３－２２　KS-Analyzerを用いた浮造り合板表面の３次元可視化

表３－８　表面形状の測定結果

算術平均粗さ
Ra（μm）カットオフ 0.8 ㎜
7.7
12.5
14.2
14.8
25.8
20.5
57.1

目標値	
算術平均粗さ　　Ra	14μm以上　26μm以下

[参考文献]

３－１）横山裕,小野英哲,稲垣太郎,高橋宏樹：高齢化にともなう歩行メカニズムの変化からみたすべりの評価の相対的変化の推定:高齢者の安全性からみた床のすべりの評価に関する基礎的研究 その1,日本建築学会構造系論文集,第 478 号,35-44,1995 年 12 月

３－２）横山裕,馬場峰雄,横井健：白杖による床の変化の認知に関する基礎的検討:白杖による床の変化の認知度合の表示方法(その 1),日本建築学会構造系論文集,第 617 号,23-30,2007 年 7 月

３－３）横山裕：床下地の凹凸に関する指標の提示, 日本建築学会大会学術講演梗概集, A-1, 1063-1066, 2005 年 9 月

３－４)日本建築学会材料施工委員会内外装工事運営委員会床工事ＷＧ,「床の性能評価方法の概要と性能の推奨値（案）」, 日本建築学会, 2008

３－５)日本規格協会, JIS A 1454：2005「高分子系張り床材試験方法」, 2005

３－６)小野英哲,携帯型床のすべり試験機(ONO･PPSM)の開発,日本建築学会構造系論文集,第 585 号,51-56,
日本建築学会, 2004

４．木の温かみえる圧縮木質内装材を実現する表面加工技術

４－１．北海道産針葉樹材を用いた圧縮木材の試作

ここでは，道産針葉樹の中でも人工林の持続的な利用が可能となりつつあるカラマツ，トドマツを中心に，圧縮木材の試作方法，表面加工への取り組みなどを説明します。

(1)樹種

木材は立木であれば，樹や葉の形などで樹種を見分けることは比較的容易です。北海道の針葉樹は人工造林木であっても，すでに十分な成長を遂げているものが多く，北海道の自然，風景を構成する重要な構成要素ですので，興味のある方も多いでしょう。トドマツはモミの仲間で，冬にも葉の落ちない常緑針葉樹でありクリスマスツリーとしても利用されます。北海道の原風景である針広混合林を構成する自生樹種であり，また成長が早いことから人工造林木としても広く植林，育林が成されています。カラマツは落葉松とも書かれるように，秋に黄葉し冬に葉を落とす落葉針葉樹で，春の新緑，夏の深緑，秋の黄葉，冬のシルエットと四季を通じて北海道の大自然に溶け込んでいます。しかしながらカラマツが本来北海道には自生しない本州からの植林木であるという事を知っている方は意外に少ないかもしれません。

さて重要なのは，板材などに製材された状態での樹種の見分け方です。樹種によって，圧縮木材の製造条件が変化することも予測されますので，手に取って目視やルーペでの簡易な観察を行うことで樹種を識別する目安を以下に示します[4－1)]。板材を業者に発注する場合には樹種を指定しますので，異樹種が混在するのは稀だと考えられますが，トドマツとエゾマツに関しては，材の外観が似ていて判別しにくいので注意が必要です。

1）カラマツ（写真４－１）

辺心材の境界は明瞭で，辺材は黄白色，心材は紅褐色。早晩材の移行は極めて急。木理は通直。肌目は疎。縦断面で樹脂道がヤニ条として認められる。気乾比重は 0.50 前後。マツ科カラマツ属。外観が類似するグイマツ（シベリアカラマツ）は比重が極端に高く重硬。

2）トドマツ（写真４－２）

辺心材の区別なく白色。早晩材の移行はやや急。木理は通直。肌目はやや疎。樹脂道（ヤニ条）はないが，傷害樹脂道を生じる。気乾比重は 0.40 前後。マツ科モミ属。

3）エゾマツ（クロエゾマツ，アカエゾマツ，写真４－３）

辺心材の区別がなく薄黄白色。年輪は比較的緻密で均一。早晩材の移行は緩やか。木理は通直。肌目は精。縦断面には細かい樹脂道（ヤニ条）が散在している。気乾比重は 0.43 前後。マツ科トウヒ属。

4）スギ（写真４－４）

辺心材の境界は明瞭で，辺材は白色，心材は淡紅色または暗赤褐色あるいは黒褐色。早晩材の移行は急で，木理は通直。肌目は疎。特有の匂いがある。気乾比重は 0.38 前後。スギ科スギ属。

写真４－１　カラマツ木口面

写真４－２　トドマツ木口面

写真４－３　エゾマツ木口面

写真４－４　スギ木口面

(2)使用する部位

木材の断面には年輪があり，丸い断面の木であれば同心円状に年輪を見ることができます。年輪の中央部分を随（芯）と呼びます。図４－１に随の有無による板材や柱材の呼び方を示します。圧縮木材に適するのは随を含まない芯去り材です。芯持ち材や芯がかり材では随の部分から割れを生じることがあります。また，随に近い 10～15 年輪分ほどは未成熟材と呼ばれ，材質が不安定であったり，木理が通直でなかったりします。その外側のドーナツ状の部分は成熟材と呼ばれ，比較的性能が安定している部分です。圧縮木材は圧縮前の原板の性質すべてを改質することはできないので，できれば芯去り材かつ成熟材の利用が望まれます。

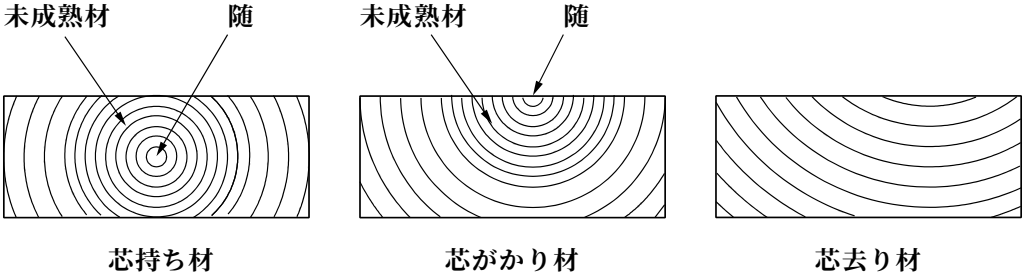


図４－１　木取り部位による材の名称

(3)木目（木理）

木材には同心円状の年輪がありますので，製材時の木取りによって板材表面に現れる木目が変わってきます。代表的な丸太断面の木取り部位と得られる木目（木口面）を図４－２に，板材表面に現れる代表的な木目を写真４－５に示します。板目の木目を有する板（板目板）においては，随に近い側を木裏，樹皮に近い側を木表と呼びます。一般的に木表側の方が節が少なく，仕上がりも美しいことから，内装材においては木表側を化粧面（見える側）に使うことが常識とされています。また板目は木材をイメージする際に最もポピュラーな木目であり，一般の方に板の絵を描いてもらうと，ほとんどが板

目となります。板目や節は欧米人に好まれる自然なイメージであるとされています。柾目は日本の在来建築における見掛かり部分の柱などに好んで用いられてきました。床柱には四方柾と呼ばれる特殊な木取りで得られる四面ともに柾目の柱が用いられています。また柾目には年輪間隔の広い荒目と呼ばれるものと，年輪間隔の狭い糠目と呼ばれるものがあります。追い柾は，板面の垂線に対して 30°～60°の角度の範囲に柾目の年輪が傾斜したもので，柾目よりも板材表面の年輪の間隔が広くなり，柾目よりも年輪が太く見えるのが特徴的です。

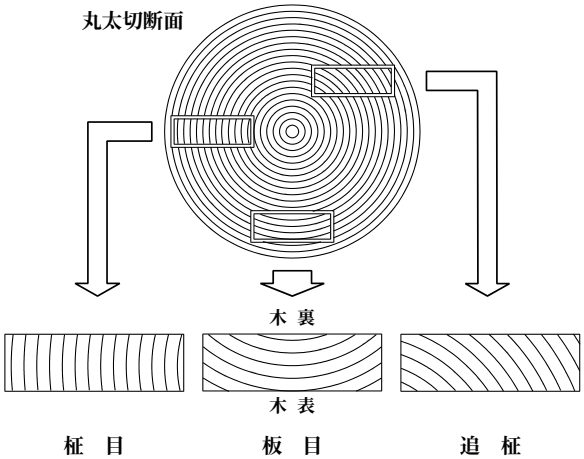


図４－２　木取り位置と木目との関係

写真４－５　板材表面の木目（左より 板目，柾目，追柾）

(4)寸法

1）厚さ

①原板の厚さ

仕上がり寸法と圧縮率から次式によって原板の厚さを逆算します。

原板の厚さ　＝　仕上り厚さ×100　／　（100　－　圧縮率(%)）

②圧縮率

圧縮率は次式により決定します。樹種や原板の密度，用途によって適切な圧縮率を設定する必要があります。また図４－３に圧縮率を模式図で示します。

圧縮率（%）＝　100 －（圧縮後の厚さ ／ 圧縮前の厚さ）×100

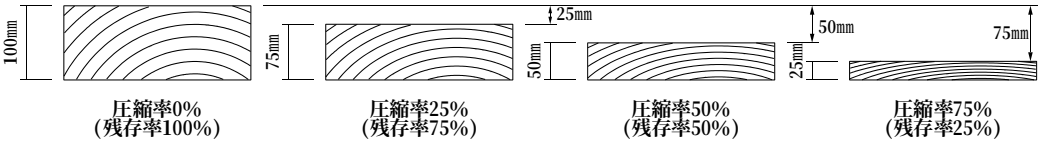


図４－３　板の厚さと圧縮率との関係

③厚さ精度

厚さが均一でないと，ホットプレスで板材を挟み込んで加熱・軟化させる際に，ホットプレスの熱盤に材料が触れることができず，十分な軟化が進まない状態となります。軟化が不十分なままで圧縮変形へと移行すると，割れや裂けの原因，あるいはプレス装置に過度な応力負荷をかけるおそれがあるため，厚さ精度には特に注意を払う必要があります。ホットプレスの能力や原板の初期含水率にもよりますが，本研究においては±0.1㎜程度の仕上がりとしています。厚さ精度を得るために，写真４－６に示す手押し鉋盤で基準面を削り出し，写真４－７に示す自動鉋盤で均一な厚さの板材に仕上げます。

また，帯鋸，丸鋸等での切断加工で切り放しの毳立った表面と，鉋盤等で毳取りや鉋削加工した表面では，圧縮後の仕上がり表面にも違いが生じますので，圧縮後の表面をそのまま意匠として利用する場合には，この段階での表面の仕上がり程度にも留意する必要があります。

写真４－６　手押鉋盤による基準面鉋削

写真４－７　自動鉋盤による厚さ規制

2）形状

図４－４に示すような幅反りや捻れ，曲りなどの形状的な不具合は，圧縮を施しても修正できない場合が多いと考えられます。また写真４－８に示す虫食い跡や腐れなどの障害についても修正することはできないので，原板の段階で検品・仕分けし，短尺材として利用可能なものは適切な長さに切断し，利用できないものは別規格での圧縮や，別用途への転用，返品等の適切な措置をとるようにするのが望ましいと考えられます。

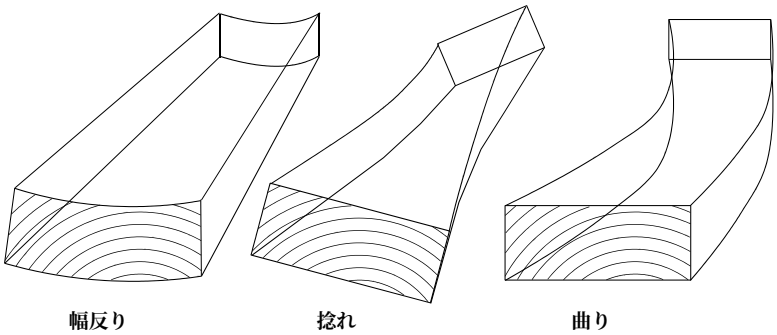


図４－４　原板に発生する形状的な障害

写真４－８　虫食い跡

(5)含水率

本研究における圧縮木材の試作においては，原板の含水率が 15%以下，できれば 10%程度であることが望ましいと考えられます。よって圧縮前の含水率の調製が重要となります。誘電率式含水率計や全乾法による含水率の算出により，含水率が 15%を超えるような原板は風通しの良い屋内で養生する，もしくは再乾燥させるなどして含水率を適正に調製する必要があります。

①誘電率式含水率計

写真４－９に示す含水率計を使用しました。これは測定対象となる板材の厚さ，比重を予め設定し，電極を木材に密着させることによって含水率を表示する方式のものです。比重は含水率計に付属の比重表より，カラマツ 0.49，トドマツ 0.38 の値を用いました。全乾法に比べると精度は低いとされますが，瞬時に値が表示され，ハンディーで使い勝手が良いため，木材乾燥の分野で広く利用されています。

写真４－９　誘電率式含水率計

②全乾法による含水率の算出

全乾とは対象となる木材を 105℃乾燥空気中に静置して，重量が恒量に達した状態を指します。全乾状態における重量を全乾重量とします。下式により測定時の含水率を算出します。この方法による含水率が木材の含水率測定で最も正確でオーソドックスな方法です。しかしながら，24～48 時間程度の乾燥時間を必要とし，含水率測定用の試験体は乾燥しきった状態となるため，他の用途には使えなくなります。また，試験体１体につき１つの含水率の値を測定するため，含水率分布などの測定には相当量の試験体を必要とします。

含水率（%）＝（測定時重量－全乾重量）×100 ／ 全乾重量

(6)設備・機器

本研究で圧縮木材の試作を行うに当たり，北海道立林産試験場の機械設備を使用しました。使用した機械設備の概要および利用目的等は以下の通りです。

1)切削機械

切削機械は圧縮用原板，および圧縮後の圧縮木材の長さ，幅，厚さを決める目的で使用しました。

①帯鋸盤（写真４－１０）

木材の長さ方向に沿って切断する機械です。圧縮用原板を長さ方向に縦割りにし，あらかたの厚さに分割する際に使用しました。

②リッパー（写真４－１１）

木材の長さ方向に沿って自動送材され丸鋸で切断する機械です。圧縮用原板，および圧縮木材の幅を決める際に使用しました。

③丸鋸振り下げ横切機（写真４－１２）

振り下げられた丸鋸によって，木材を幅方向に切断し，大まかに長さを決める機械です。圧縮用原板の長さ方向に分割する際や，曲り，捻れ，節の程度によって，利用可能な長さに切断するために使用しました。また，割れや抜け節，腐れなどの除去にも使用しました。

④丸鋸転車横切機（写真４－１３）

盤上部の丸鋸（転車）を，盤上に置いた木材に向けて手動で引き，木材を幅方向に切断して，大まかに長さを決める際に使用する機械です。圧縮木材の大まかな長さを決める際に使用しました。

⑤丸鋸昇降盤（写真４－１４）

下部から盤上に突き出した丸鋸に木材を手動で押し当て，送材することにより高い精度で切断する機械です。圧縮木材を仕上げる際の幅寸法決め，長さ寸法決めに使用しました。また，鋸刃をカッターに替えて面取りを行いました。さらに歩行路用の圧縮木材においては，下地面へのなじみをよくするために，裏面に鋸目（腰抜き）を入れました。

⑥手押し鉋盤（写真４－１５）

高速で回転する鉋刃で，手動送材により鉋削面の平滑性を得る機械です。圧縮用原板の厚さおよび長さ方向の通直性を得る基準面を出すために使用しました。

⑦自動鉋盤（写真４－１６）

高速で回転する鉋刃で，手押し鉋盤で得られた基準面の逆の面を自動送材して鉋削し，基準面との平行性と平滑性を得る機械です。圧縮用原板の厚さを精度よく仕上げるとともに，長さ方向の通直性を仕上げるために使用しました。

写真４－１０　帯鋸盤

写真４－１１　リッパー

写真４－１２　振り下げ横切機

写真４－１３　転車横切機

写真４－１４　昇降盤

写真４－１５　手押し鉋盤

写真４－１６　自動鉋盤

2）ホットプレス装置

ホットプレス装置は以下に示す林産試験場のものを使用しました。これら装置は，本来，木質系ボード類（パーティクルボードやファイバーボード）の試作のための装置であり，汎用性の高い開放型のものです。よって圧縮木材専用のプレスに用いられる密閉型蒸気噴射装置や高周波加熱装置，マイクロ波加熱装置，急速冷却装置等の付加的な機能は装備していません。

①実験用小型ホットプレス（写真４－１７）

最大加力：200ton

加熱範囲：雰囲気～300℃（電気ヒーター式）

熱盤寸法：500×500㎜（有効寸法 400×400㎜）

②実大試作用大型ホットプレス（写真４－１８）

最大加力：1,200ton

加熱範囲：110～210℃（蒸気式）

熱盤寸法：2,100×1,100㎜

（有効寸法 2,000×1,000㎜）

これらホットプレス装置を使用する場合には，圧縮対象となる試作品の上下に厚さ 5～10㎜ のジュラルミン板を介在させて，熱盤に損傷を与えないようにする必要がありま

す。

写真４－１７ 実験用小型ホットプレス　写真４－１８　実大試作用大型ホットプレス

(7)圧縮木材の試作

圧縮木材の生産方法は，加熱・軟化，圧縮・変形，乾燥あるいは形状固定，放冷・解圧（開放）という４つのプロセスから構成されます。

1）加熱・軟化

木材は温度が常温であれば吸水させることによって軟化し，また加熱と併用することでさらに軟化が促進されることが知られており，古くから曲げ木の技術として利用されてきました。木材は主にセルロース，ヘミセルロース，リグニンという３つの化学成分から構成されますが，湿潤条件におけるセルロースの軟化温度は 220℃以上，ヘミセルロースは 60℃以上，リグニンは 80℃以上とされています[4－2]。

図４－５に飽水状態のヒノキにおける，20℃のかたさを１とした時の温度とかたさの関係を示します[4－3]。温度が上昇するに従ってかたさが減少，すなわち軟化し，圧縮により変形しやすい状態になることがわかります。

セルロースの軟化温度にまで温度を上昇させると，他の成分に熱劣化が発生し，過乾燥も加わって木材そのものが硬いが脆い状態となります。

そこで本研究においては圧縮の対象とする木材（含水率 10%前後を前提とする）の軟化温度を 80℃として，圧縮対象とする木材部分を 80℃以上に加熱した後に加圧・圧縮による変形に供することとしました。

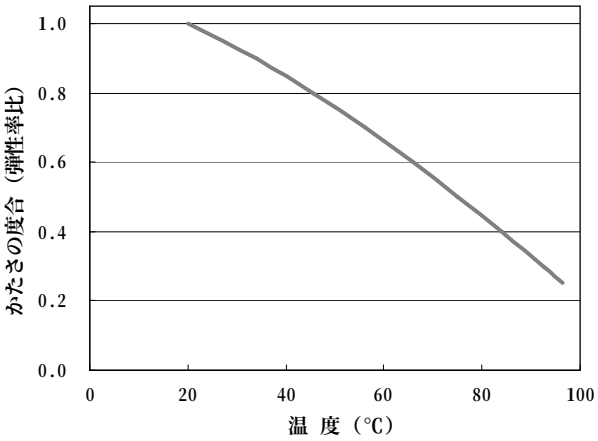


図４－５　温度とかたさとの関係

2）圧縮・変形

木材を常温かつ乾燥した状態で過度に圧縮すると，圧縮破壊が生じます。しかしながら前項で示したように，加熱・軟化処理を施すと図４－６に示すように，木材を構成する中空構造の細胞壁がしなやかに変形し，細胞内腔が潰れ，圧縮方向に寸法を減じていきます。特に早材部は細胞壁の壁厚が薄く細胞内腔も大きいため，大きな変形を示します。晩材部は細胞壁が厚く，細胞内腔も小さいため，変形量は小さくなります。移行材は早材部と晩材部の中間的な細胞壁構成であるため，中間的な変形を示すこととなります。また厚さ方向に圧縮することを横圧縮と呼びます。

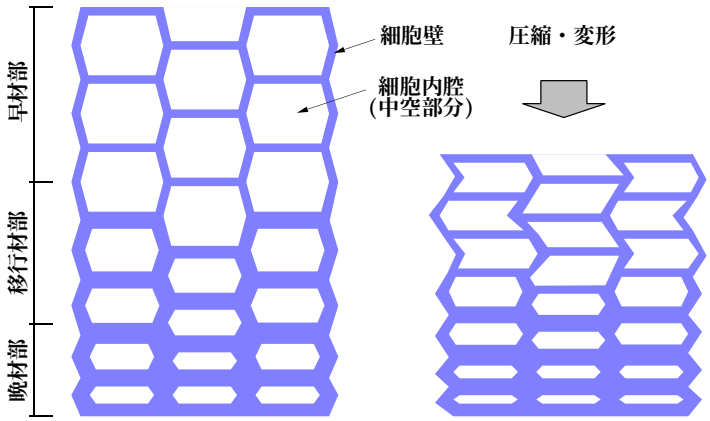


図４－６　細胞断面における圧縮・変形の模式

①全層圧密

全層圧密は圧縮原板の厚さ全体に渡って細胞壁の変形を発生させるもので，図４－７に示すように，板目板を例にとると，材厚内に含まれる年輪の幅が全てにおいて減少し，厚さを減ずる圧縮を指します。比較的高い圧縮率で用いる圧縮方法で，表面硬さや密度，曲げヤング係数の増加が得られます。しかしながら材の厚さが減じる分だけ，圧縮の時点で歩留まりも低下します。

全層圧密時における変形量と応力の関係は，図４－８に示すような曲線を描くとされ

ています。図中の[A：弾性域]は変形量と応力が比例する領域で，[D：降伏点]に達すると力の増大量は小さく，変形量が顕著に増大する[B：高原域]が現れます。ここで細胞壁の変形が進み，細胞壁同士が接触し始めると応力が増大する[C：圧密域]が現れます。[B：高原域]から[C：圧密域]への移行は穏やかで，境界は定められません。細胞内腔が消失に近い状態[E：細胞内腔消失点]になると，応力が急激に増大しはじめます[4－4)]。

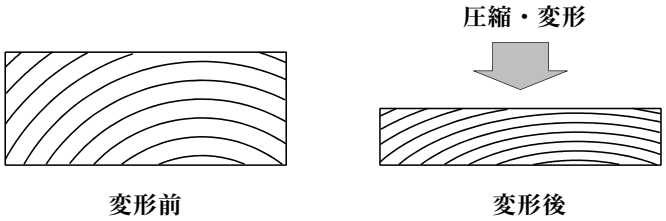


図４－７　全層圧密による材厚の減少

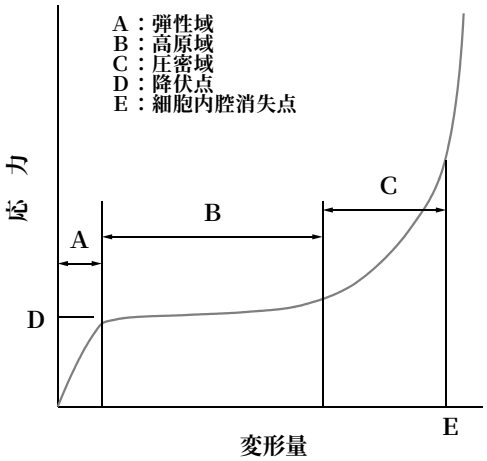


図４－８　横圧縮時における変形量と応力の関係

②表層圧密

表層圧密は圧縮原板の加熱された熱盤に接する表面に近い部分のみを図４－９のように圧密化するものです。両面の表層付近のみが圧密化されるのは，原板の含水率が一様で，比較的短時間両面を加熱された熱盤に接触させ，表層部付近の温度が上昇して軟化が促進した場合，あるいは木材の両側表面に水を塗布するなどして，両表層の含水率を上昇させ，軟化を促進させた場合などに発現します。片面のみの表層圧密は，熱盤を片側のみ加熱した場合や，原板の片側に水を塗布するなどして含水率を上昇させ，片面のみの軟化を促進させた場合などに発現します[4－5)]。

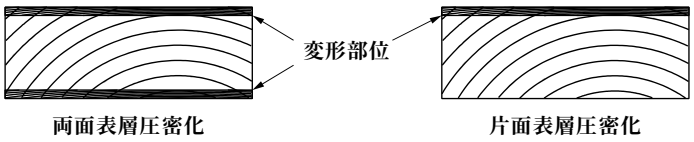


図４－９　表層圧密による変形部位

3）乾燥あるいは形状固定

①乾燥による形状の一時固定（ドライングセット）

ドライングセットは，高含水の原板を圧縮・変形させ，木材が乾燥するまでその形状を保持することによって，一時的に圧縮・変形時の形状を保たせることを指します。一般には通常の空気中において使用する際などには変形は保持されます。常に水が掛かったり，湿度が高い場所などに長時間放置すると，吸水，吸湿などによって高含水状態となって一部厚さが復元し，さらに熱が作用した場合などには厚さ方向に大きな寸法回復が発生するとされています。

本研究においては，圧縮・変形を，原板の内部温度が軟化温度以上，100℃以下の条件で処理し，余熱でさらに乾燥し，含水率が低下したものをドライングセット材として扱っています。

②加熱による形状固定

圧縮木材の形状固定法には，樹脂含浸と加熱処理とが代表的なものとしてあげられます。前者は，分子量の低い高浸透性のフェノール樹脂やメラミン樹脂を含浸させるもので，これらの樹脂によって細胞壁を疎水化して形状を固定するものです。本研究では後者の加熱処理を形状固定法としました。加熱処理による形状固定は，吸湿性の高い木材構成成分であるヘミセルロースが，吸湿性の低いフルフラールなどに変化するためであると考えられています。加熱処理は圧縮・変形時の熱盤温度を 180～185℃とし，圧縮・変形後にも熱盤温度を維持して材温を熱固定温度（180～200℃とされる）に一定時間保持することで行いました。なお，ここで言う形状固定とは，木材が本来持つ吸放湿に伴う寸法変化を 0 にするという意味ではなく，厚さの寸法復元を防ぐという意味で用いています。

4）放冷・解圧（開放）

原板の内部温度が 100℃以上の場合，内部の水分は加圧水蒸気となっており，圧力を除去すると内部の水蒸気が急激に膨張し，水蒸気爆発に近い現象をも引き起こします。軽度な場合でも写真４－１９に示すような割れや裂け，膨れ，パンクなどの現象となり，試作や製品化には至りません。そこで，内部温度が 100℃以下に低下するまで，熱盤間に圧縮材を挟んだままで放冷する必要があります。

ドライングセットの場合には，加熱条件が材温 100℃以下の設定ですので，このプロセスは必要なく，乾燥終了後にプレスを開放することができます。

加熱による形状固定を行った場合には，材料の内部温度が 100℃以下になったことを十分に確認した上で解圧し，圧縮材を取り出す必要があります。

写真４－１９　水蒸気による破裂の例

5）スケジュール

①ドライングセットの場合

ドライングセットにおいては，熱盤温度を 100℃とし，材の内部温度が 100℃以上とならないように設定して，図４－１０に示すようなスケジュールで圧縮を行いました。なお，表層圧密では圧縮率が小さく，圧力上昇も少ないことから全層圧密を例にとって示しています。

ドライングセット材に加熱による形状固定を別工程で行う場合，加熱温度としては 180℃～200℃が必要とされますが，圧力はほとんど必要ないため，多段ホットプレス等を利用した加熱・固定処理や，荷重を掛けた状態で高温の乾燥炉に投入するという方法も考えられます。

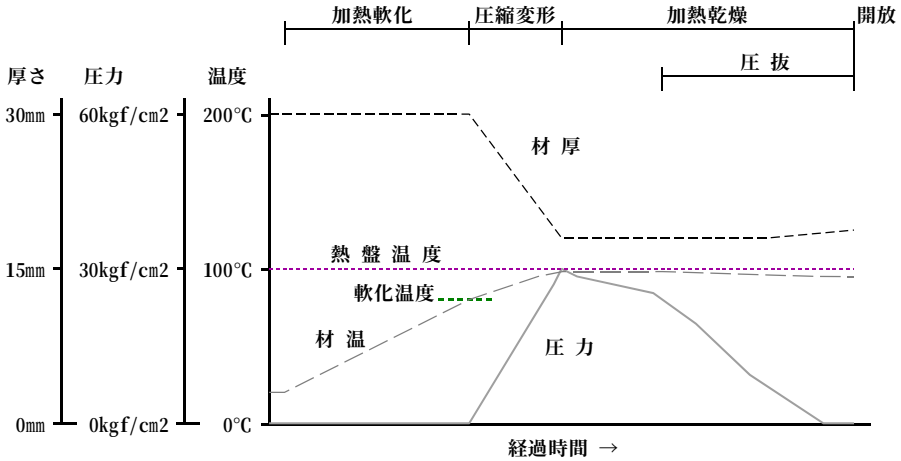


図４－１０　ドライングセットの場合の熱圧工程および主要ファクターの推移の例

②加熱による形状固定を同時に行う場合

圧縮・変形に引き続き，加熱による形状固定を行う場合のスケジュールを図４－１１に示します。熱盤温度を予め 180℃～200℃に設定しておき，熱盤の間に材料を挟み込む

ことによって加熱・軟化温度まで材温を上昇させます。続いて圧縮・変形を行い，その後に加熱による形状固定を行います。形状固定の終盤から並行して圧抜を開始し，放冷は材の内部温度が 100℃以下になるまで十分に冷却し，材内部の加圧水蒸気が液化して，割れや裂け，膨れを発生させるおそれがなくなってからプレスを上昇させ，材料を取り出します。

装置の説明で述べたように，本研究に用いたホットプレス装置は木質系ボード用の一般的な開放型です。よって蒸気噴射や高周波照射，マイクロ波照射などの加熱装置があれば加熱軟化の所要時間は著しく短縮することができると考えられます。また，材料を冷却するための機構があれば，放冷時間も著しく短縮できると考えられます。

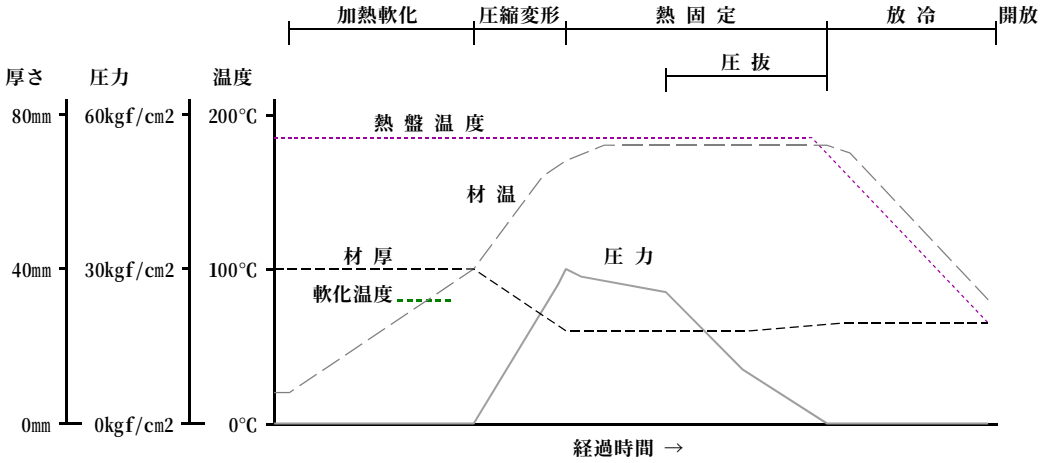


図４－１１　形状固定を同時に行う場合の熱圧工程および主要ファクターの推移の例

(8)主要道産針葉樹材を用いた圧縮木材生産技術

針葉樹圧縮木材の研究は，本州産のスギ材を中心に行われてきたため，道産針葉樹材を用いたデータは極めて少ないのが現状です。そこでカラマツ，トドマツにおける圧縮木材の生産条件等を検討しました。

材温の測定にはＫまたはＴ熱電対を用いて，材側面の中央部分にドリルを用いて細孔を材中心部に達する程度にまで開け，測温部が十分に材に触れるように配慮して測定しました。

また，材料の上下を厚さ 5mm のジュラルミン板で挟み込み，熱盤が損傷しないように配慮しています。

1）カラマツ

カラマツにおける圧縮率と加圧力との関係を図４－１２に示します。これは写真４－２０に示すように，厚さ約 30mm，幅約 13cm，長さ約 182cm，含水率約 10%のカラマツ原板５本を， 熱盤設定温度 185℃で同時に圧縮した際の実測例です。

弾性域は圧縮率 10%以下にあり，降伏点は 15kgf/cm^2 程度。高原域はやや傾斜の強い傾向にあり，高原域から圧密域への境界は不明瞭です。圧縮率が 60%を超えたあたりで細胞内腔が消失するものと考えられます。

また，加熱軟化における材温の上昇を図４－１３に示します。材温は室温から熱盤温

度に近いところまでスムースに上昇し，通常木材の乾燥で観察される 100℃での温度の横這いはほとんど観察されず，一部で若干，温度勾配の鈍化が見られる程度です。含水率が 10%程度であれば，このようにスムースに内部温度は上昇しますが，含水率が必要以上に高くなると 100℃での材温の横這いが発生することを確認しています。

圧縮率は表面の傷つきにくさ，主観的ではありますが効果的と考えられる爪での傷の有無で検討しました。圧縮率が 40%を超えると，爪での傷がつかなくなることから，床材への利用においては圧縮率 40%を標準とするのが適当であると考えられます。写真４－２１にカラマツを圧縮率 40%で圧縮する前後の外観を示します。壁材に利用する場合は，それより低い圧縮率，あるいは表層圧密で対応可能であると考えられます。

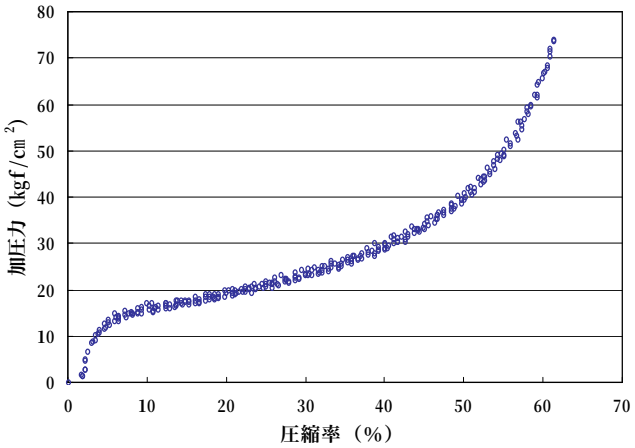


図４－１２　カラマツの圧縮率と加圧力との関係（例）

写真４－２０　カラマツ全層圧密材の試作

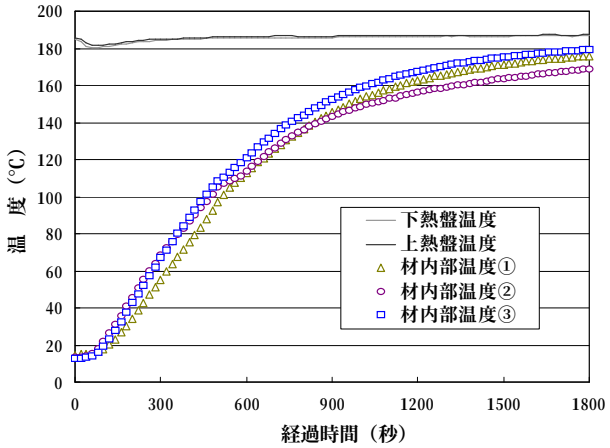


図４－１３　カラマツ加熱軟化時の内部温度変化

写真４－２１　全層圧密による圧縮前後のカラマツの外観

2）トドマツ

トドマツにおける圧縮率と加圧力との関係を図４－１４に示します。これは写真４－２２に示すように，厚さ約 25mm，幅約 10cm，長さ約 200cm，含水率約 7%のトドマツ原板５本を，熱盤設定温度 190℃で同時に圧縮した際の実測例です。

弾性域は圧縮率 5%以下にあり，降伏点は 15kgf/cm^2 程度。高原域は圧縮率 25%程度までゆるやかな傾斜で，その後傾斜を増しながら圧密域へと移行しており，高原域から圧密域への境界は不明瞭です。圧縮率が 65%を超えても細胞内腔が残存しているものと考えられます。

また，加熱軟化における材温の上昇測定例を図４－１５に示します。初期昇温がカラマツよりも迅速なのは材厚が 25mm とカラマツよりも 5mm ほど薄かったことや，熱盤の設定温度が 190℃と，カラマツ圧縮時より 5℃程度高かったことが原因として考えられます。120℃を超えたあたりからの温度上昇の低下は，トドマツの特徴とも考えられますが，サンプル数を増やさないと結論的なことは言えません。温度上昇カーブを見る限りでは 100℃での横這いもなく，スムーズな温度上昇が得られていることから，加熱軟化の効果には問題のないものと考えられます。

トドマツにおいても，表面への爪による傷のつきにくさから圧縮率を検討したところ，圧縮率が 55%を超えると，爪での傷がつかなくなることから，床材への利用においては圧縮率 55%を標準とするのが妥当であると考えられます。壁材に利用する場合は，それよりも低い圧縮率，あるいは表層圧密での対応が可能であると考えられます。

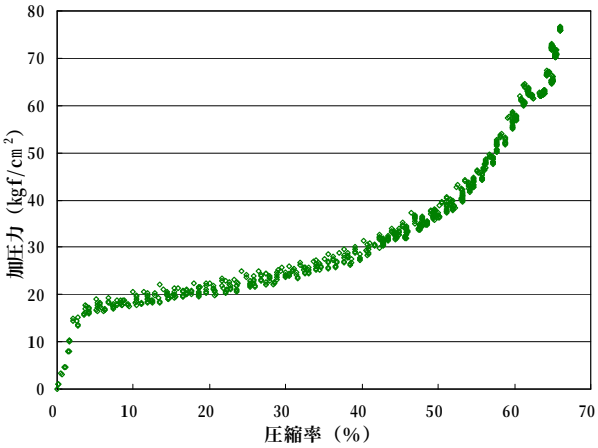


図４－１４　トドマツの圧縮率と加圧力との関係（例）

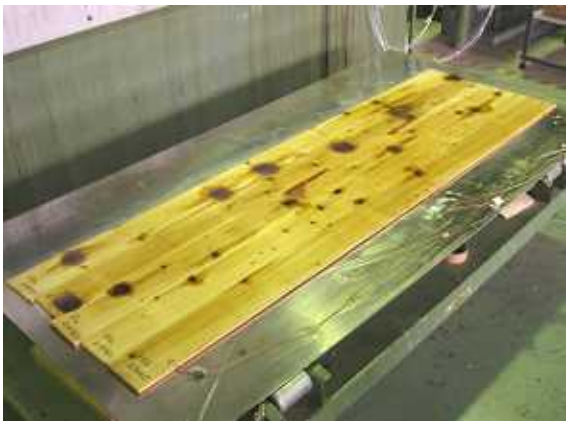


写真４－２２　トドマツ全層圧密材の試作

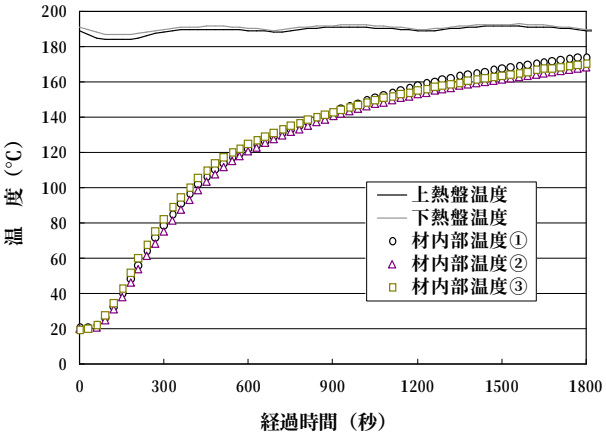


図４－１５　トドマツ加熱軟化時の内部温度変化

(9)針葉樹圧縮木材生産技術を応用した表面加工技術

主に木質系の床材をターゲットとして，圧縮木材生産技術を応用した表面加工，適度な凹凸の付与に取り組みました。床材は平滑であることが常識的とされていますが，適

度な凹凸はナチュラルな仕上がりとしてユーザーに好意的に受け入れられるとの前提で検討を進めました。

1）ドライングセット材への水蒸気処理による凹凸の付与

ドライングセット材は吸水や吸湿により圧縮方向の寸法が復元します。また，復元の度合いは早材＞晩材であり，加熱水蒸気に一定時間曝すなどして加湿・加熱してやると木目に沿って，早材部が滑らかに膨らんだ図４－１６のような凹凸，あるいは早材部の膨らみが晩材部を押し上げて木目が浮き上がった写真４－２３のような表面凹凸を得ることができます。

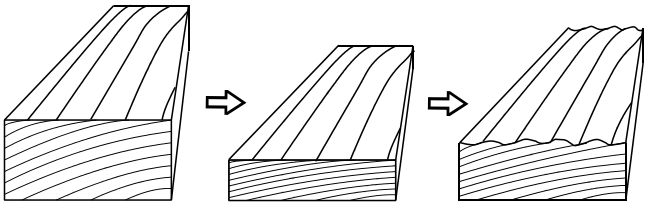


図４－１６　ドライングセット材の形状復元を利用した凹凸の付与

写真４－２３　木目の浮き上がった凹凸

2）木材同士のくい込みによる凹凸

通常の圧縮木材は，圧締盤の間に１層の木材を挿入して圧縮木材とします。それは厚さ精度を得るためにも必要なことです。ここでは，圧締盤の間に木材を２段に積層し，それを圧縮することで，木材同士の表面にくい込みを発生させ，それを凹凸とすることを試みました。

①同樹種積層圧縮

木目の明瞭なカラマツ材を積層し，通常のドライングセット手順に従って，加熱・軟化，圧縮・変形，乾燥のプロセスで凹凸の発現を検討しました。写真４－２４にカラマツ同士を積層して圧縮した際の木材同士の接触面のくい込み具合を，写真４－２５にくい込みによって形成された凹凸面を示します。接触面にできた圧縮時の凹凸は，硬い晩材部が，対面の柔らかい早材部にくい込んで形成されます。従って，凹凸の程度はコン

トロールが可能であるものの，お互いに木目を転写してしまうため，木目に沿った凹凸とはならないことがわかりました。

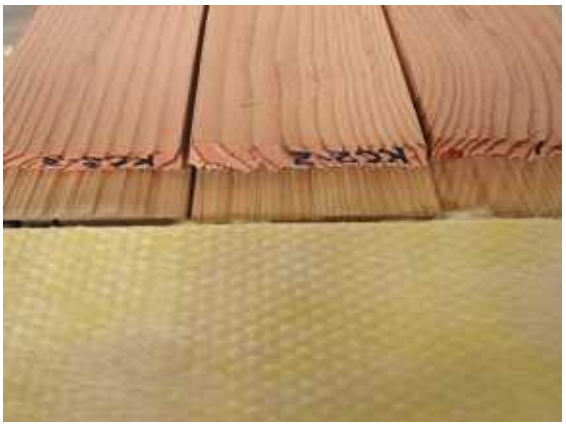


写真４－２４　同樹種積層による圧縮面

写真４－２５　同樹種積層圧縮面にできた凹凸

②異樹種積層圧縮

木目の明瞭なカラマツ材をメインに，カラマツに比べ密度が低く，比較的材質の柔らかいトドマツ材を木目の受け側として積層し，ドライングセット手順に従って圧縮を行いました。解圧直後のくい込みの様子を写真４－２６に，カラマツ表面に形成された凹凸の様子を写真４－２７に示します。トドマツがカラマツの木目によるくい込みを受け取る形となり，カラマツ側には木目に沿った凹凸が付与できることを確認しました。トドマツ側にはカラマツの木目が転写され，トドマツ側の木目とは無関係の凹凸付与となります。

写真４－２６　異樹種積層による圧縮面

写真４－２７　異樹種積層圧縮面にできた凹凸

(10)官能試験用試験歩行路床材および壁材の試作

官能試験に提供する床材および壁材としては，凹凸の程度がコントロールしやすく，木目に沿った凹凸が得られる，カラマツとトドマツによる異樹種積層圧縮によるカラマツ側表面凹凸材を用いることとしました。

この手法を用いることにより供給した圧縮木材は以下の通りです。樹種は全てカラマツで統一しました。

1）プレテストで使用した試験材

①平滑，全層圧密，圧縮率 40%

②凹凸，表層圧密，柾目，最大凹凸 0.6mm，1.5mm，4.5mm

③凹凸，表層圧密，板目，最大凹凸 1.5mm

2）官能試験用試験材

①平滑，全層圧密，圧縮率 40%

②凹凸，表層圧密，柾目，最大凹凸 4.5mm

③凹凸，表層圧密，柾目＋板目，最大凹凸 0.3mm，0.6mm，1.05mm

４－２．表面切削による表面加工技術の開発

(1)目的

本研究の目的は、建材の質感、接触感の評価技術を確立し、評価の結果を反映する製品の加工技術の開発である。

天然素材を使用している木質床材（フローリング材）などは、同じ色・模様等が存在せず、その木目に沿った凹凸によって質感や接触感が向上すれば木製品の優位性が得られる。しかし、現状では表面が平滑なフローリング材が流通しており、凹凸のあるフローリング材が消費者に受け入れられるかどうかの検証はなされていない。市場に受け入れられるような木製品らしいフローリング材などを開発するために、表面の凹凸の度合いなどが示す物性値と、質感、接触感などの性能値と、官能評価によって数値化した「好み」の度合いとの関係を得ることが求められている。

木材表面に凹凸をつける加工技術としてプレスによる表面圧縮は、短時間で一度に多くの材料を処理できることから、効率がよく木材が本来持つ木目を浮出たせて木製品らしさを引き出す点で最適である。

その反面、木目の不規律さで凹凸度がばらつくことが想定されたため、比較用として定量な凹凸を施す加工技術のひとつとして、あらかじめデータ化した表面の凹凸をNCルータで切削加工し平板に転写する方法を試みた。本章では、作成したデータの紹介とNCルータの操作方法等を記述する。

写真４－２８　NC ルータ

(2)NC ルータの概要

NC（Numerical Control）ルータは、広く普及している切削加工機で、木材加工のほか機械加工や樹脂加工などで用いられている（写真４－２８）。被削物を載せたテーブルが動くもの、刃物が取り付けられたヘッドが動くもの、加えて加工軸など複数部分が動くもの、複合型などいろいろな形式があるが、いずれもデジタル化した数値で動作が制御され、高精度で多彩な切削加工ができる。この制御用の数値は、NCコードと呼ばれるものが一般的で、制御方法(G－基本動作,M－補助動作,F－速度,S－主軸,T－工具)などと刃物と切削部分の位置関係をX, Y, Zで示した値である（図４－１７）。

```
%
F1000
G00X85.000Y1390.000
G03X55.000Y1360.000R30.000F1000
G01Y1030.000
G03X85.000Y1000.000R30.000
G01X330.834
G02X455.556Y933.333R150.000
G03X954.444R300.000
G02X1079.166Y1000.000R150.000
G01X1325.000
G03X1355.000Y1030.000R30.000
G01Y1360.000
G03X1325.000Y1390.000R30.000
G00X743.353Y1100.000
G01X665.767
G00X705.000Y1136.230
```

図４－１７　NC コード

NCコードの多くは、2次元（2D）や3次元（3D）のCAD（Computer Aided Design）プログラムで製造図面を作成し、CAM（Computer Aided Manufacturing）プログラムも

しくは NC ルータの制御部分で変換する。それぞれの CAD プログラムで作成した図面は独自の形式でデータ保存されるが、近年はプログラム間の互換性の高い形式でのデータ保存が可能となっている。今回のデータは、CAD プログラムは使用せず計測データの並び替えによって比較的汎用性のある DXF 形式のデータを作成した。

1）データの解説

１回目の官能試験によって「好まれる」結果となったフローリング材が敷き詰められた中央部から 3 枚抽出して、その表面の凹凸を計測したデータを並び替えて 3 次元のデータを作成し、
3D-CAD プログラムで、凹凸のデータが表現されていることを確認した（図４－１８）。
本データは一般に提供可能である。

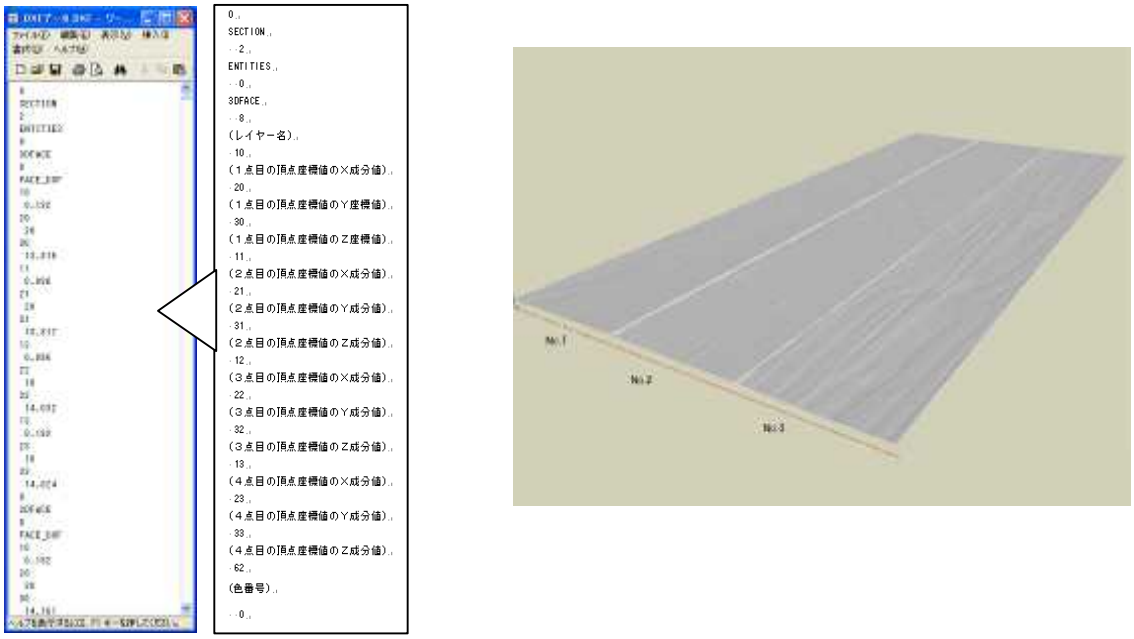


図４－１８　作成した DXF 形式のデータと 3D-CAD プログラムによる図示化

2）NC ルータの操作（SNC 使用マニュアル）　＊SNC:SHINX NC SYSTEM
－立ち上げ編－

①　電源 ON

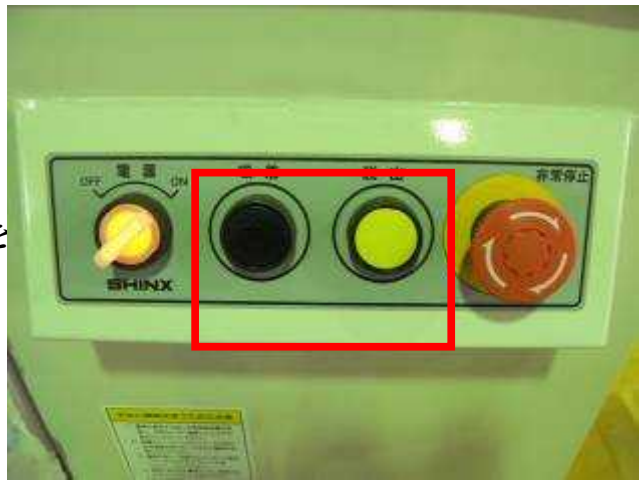
②　[終了]　選択。

③　【起動時のメインメニュー】

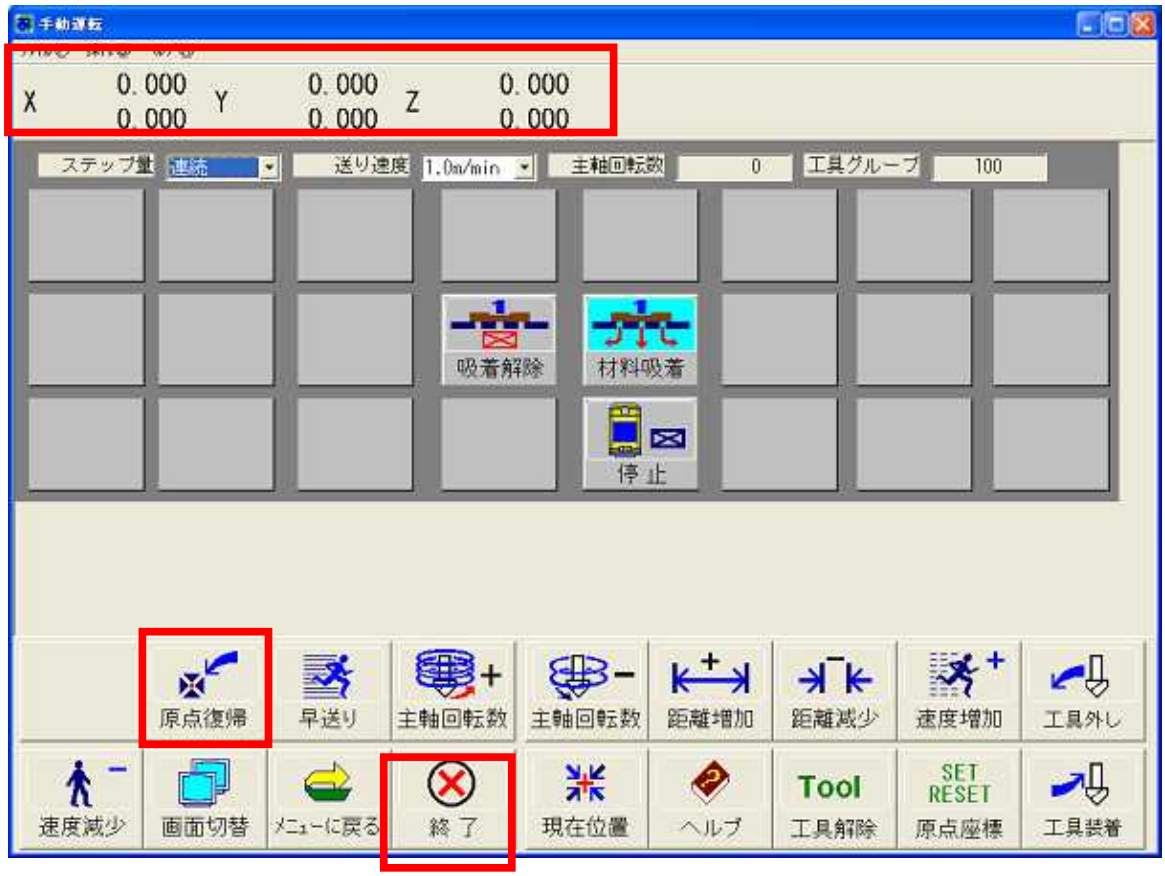
④　[F2　手動運転]選択。

⑤　アラーム画面が出現
　　→非常停止ボタン・脱出ボタンを

⑥　[F1　継続]選択で手動運転画面へ進む。



⑦【手動運転画面】



⑧ [原点復帰] クリックして、X, Y, Z がそれぞれ 0.00 になっていることを確認。

⑨ [終了] を選択。③のメインメニュー画面に戻る。

⑩ [F8 自動プロ]選択。

⑪以下の SNC 自動プログラムメニュー画面が表示される。

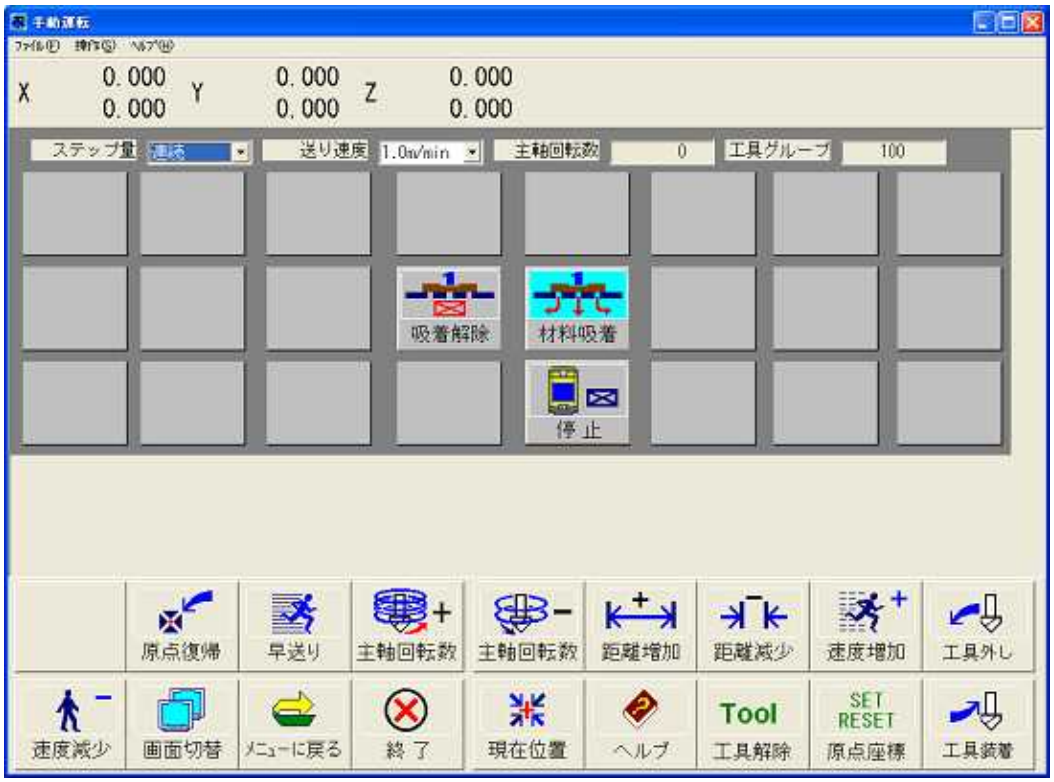
工具の設定をおこなう場合→ [工具パラメータ設定]

加工プログラム作成をおこなう場合
→ [加工データ入力]

―Z 軸 0 点合わせ編―

メインメニューより　[F2 手動運転]　選択

刃物を見やすい位置まで、キーボードを利用して操作する。



Y 方向移動：8 がマイナス方向、2 がプラス方向
X 方向移動：4 がマイナス方向、6 がプラス方向
Z 方向移動：. がマイナス方向、3 がプラス方向

移動範囲が大きいときには、[早送り]を使用してもよい。

もう一度、[早送り]をクリックすると解除。

刃物がテーブル面に近づいたら　[ステップ量]タブを使用して移動距離を制御。

テーブル面に刃先が着く程度のところで Z 方向の移動をストップ。

このときに、テーブル面にコピー用紙等を敷いて Z 軸 0 点合わせを行うと刃物、テーブルともに傷付かない。2 人で行うときは、1 人が紙を動かしながら指示を出す。

以上の手順で刃物の Z 軸 0 点合わせを行い、その時の Z 値を読み取る。

－工具パラメータ設定編－

【工具パラメータ　[工具仕様設定]】　画面

基準位置補正　X 軸（mm）　0.00mm
基準位置補正　Y 軸（mm）　0.00mm
基準位置補正　Z 軸（mm）　0.00mm　←　<u>Z 軸の 0 点合わせを行い、値を入力</u>（Z 軸 0 点合わせ編を参照）

材料上面逃げ量（mm）：切削終了時の刃の上がり量。50.00mm 程度にする。

カッター長さ（mm）：使用する刃物による。取り付けチャック部分からの刃の出の量
Z 軸ソフトリミット+（mm）：　　mm 程度
Z 軸ソフトリミット-（mm）：基準位置補正　Z 軸（mm）の値に２～５mm加える。符号は－。

回転数（rpm）：通常 12,000～18,000　←　シンクスの基準
切り込み切削送り速度（mm/min）：刃物が下りていくときの速度。
切削送り速度（mm/min）：材料を切削するときの速度。
表面切削送り速度（mm/min）：切削の始まりの速度、材料に近づいた時の速度。
カッター基準長さ（mm）：カッター長さと同じ値にする。

切削送り速度に対する割合（%）：　10R 以内の割合（%）　30.0
　　30R 以内の割合（%）　40.0

60R 以内の割合（%）　50.0
100R 以内の割合（%）　60.0
200R 以内の割合（%）　70.0
500R 以内の割合（%）　80.0　に設定

―加工データ設定編－

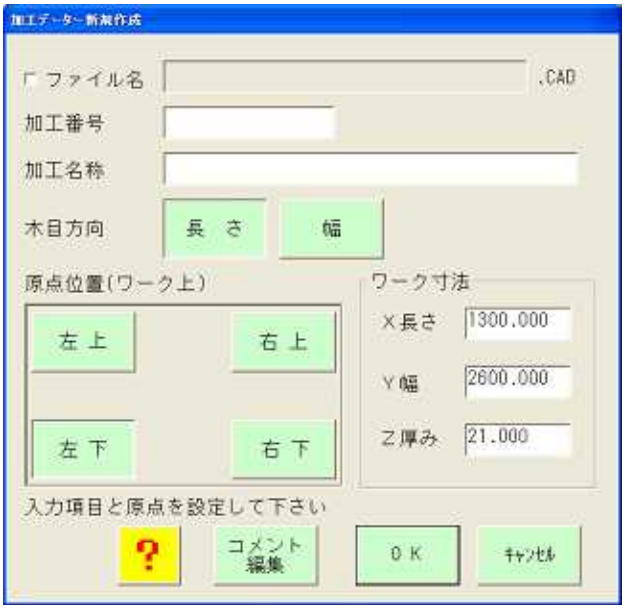
①メインメニューより、[Ｆ８　自動プロ]　呼び出し。

②SNC 自動プログラムメニュー画面より、[加工データ入力]　選択。

③以下の【自動プログラム加工データ管理】画面となる。

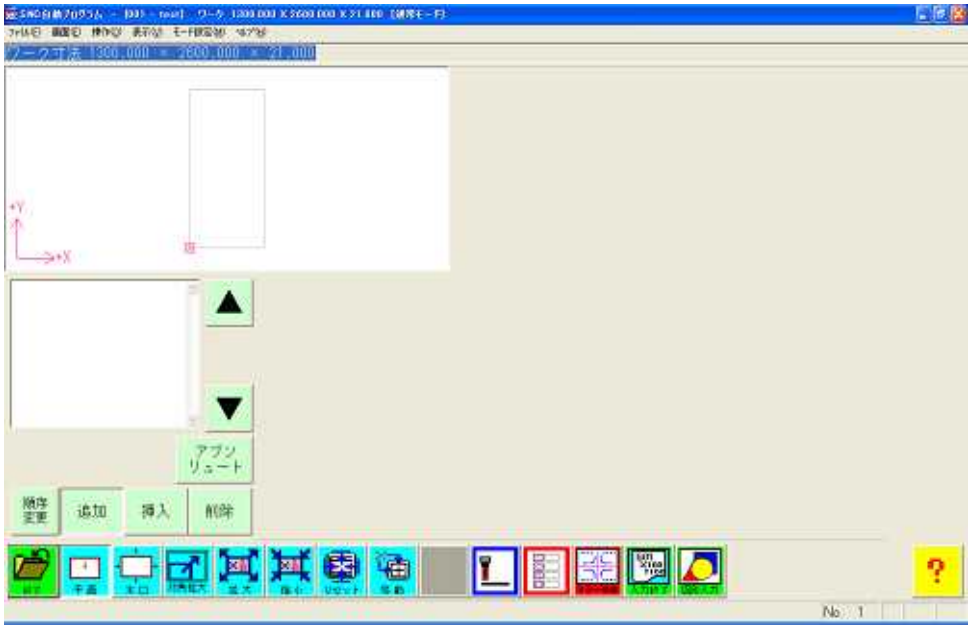
④加工プログラムを新たに作成する場合　→　[新規作成]　選択。

⑤以下の、加工データ新規作成画面となる。



⑥任意の加工番号と加工名称を入力。

⑦原点位置（ワーク上）の[左下]選択。
⑧ワーク寸法を入力。値はテーブル寸法でも、加工する材料の寸法でもどちらでもよい。
⑨テーブル寸法の場合は、Ｘ長さ：1300.00 ㎜、Ｙ幅：2600.00 ㎜、Ｚ厚み：材料厚さ　㎜。
⑩以上の入力を行ったら[ＯＫ]選択。



⑪以下の　ＳＮＣ自動プログラム　[加工番号－加工名称]　ワーク[ワーク寸法]　画面となる。
⑫Ⅰルータ入力　Ⅱマクロ入力　Ⅲ図形入力を用いて加工データの入力を行う

Ⅰ．ルータ入力を選択した場合

Ⅰ-①上記図中の→直線入力画面を例とする。

Ⅰ-②図内 a をワーク原点として、X、Y それぞれワーク原点からの加工開始位置の座標を入力する。

Ⅰ-③図内 b　[始点入力]　選択。

Ⅰ-④図内 c の画面に始点位置が×により表示され、b が反転し、[終点入力]下にが表示。

Ⅰ-⑤始点入力の時と同様に、加工終点の座標を入力し、[終点入力]　選択。

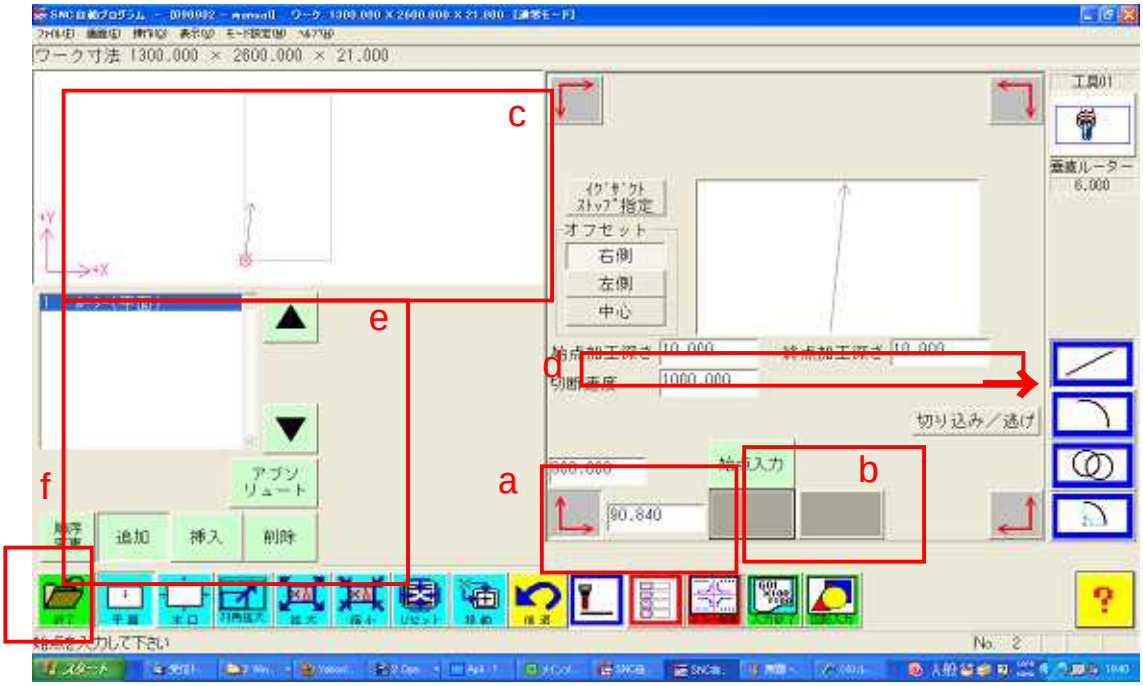
Ⅰ-⑥[終点入力]が反転し、横に[加工設定]が表示。

Ⅰ-⑦図内 d に始点加工深さ　終点加工深さを入力し、[加工設定]を選択。

Ⅰ-⑧図内 c に矢印→により加工工程が示される。

Ⅰ-⑨同時に図内 d に 1. ﾙｰﾀｰ（平面）と表示されていることを確認。この表示は加工工程を追加するたびに増加していく。不必要な加工工程を入力してしまった場合にはここより削除できる。

Ⅰ-⑩加工工程を追加したときに、工程の方向を示す→の順序が不自然でないことを確認する。



不自然な場合には図内 d[順序変更]により修正。

Ⅰ-⑪加工工程の入力がすべて終了したら図内 e[終了]選択。

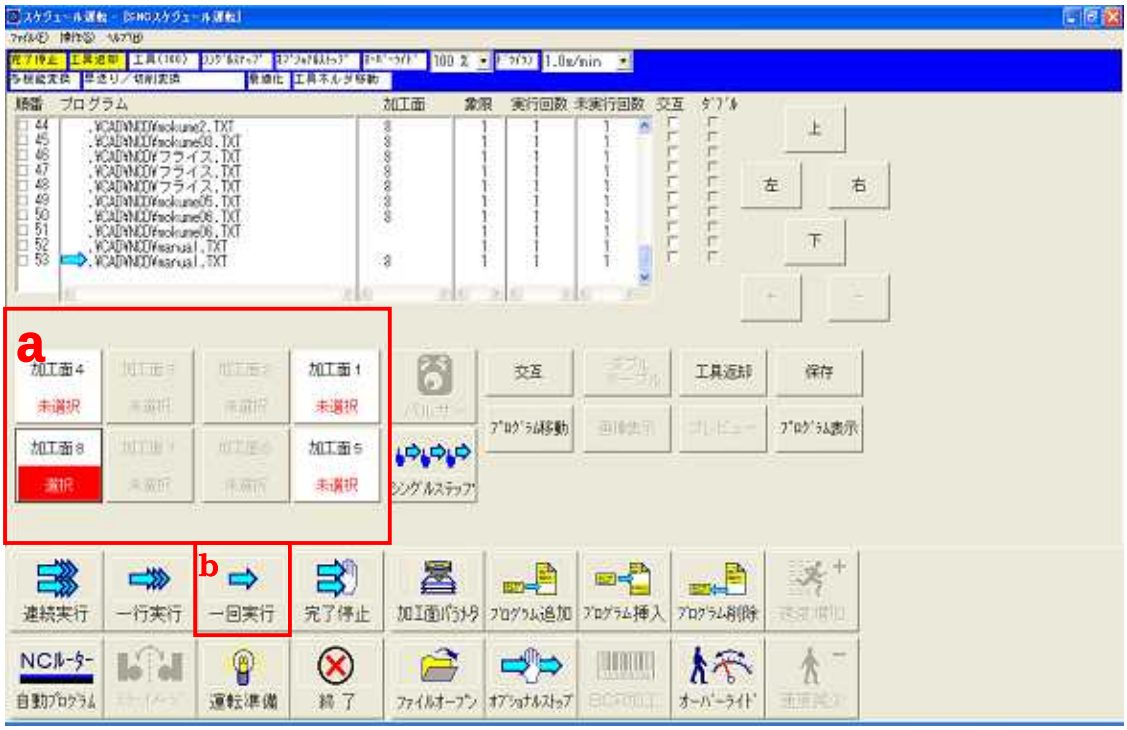
Ⅰ-⑫左の確認画面になるので、[はい]選択

Ⅰ-⑬加工情報が登録され、【自動プログラム加工データー管理】画面にもどる。

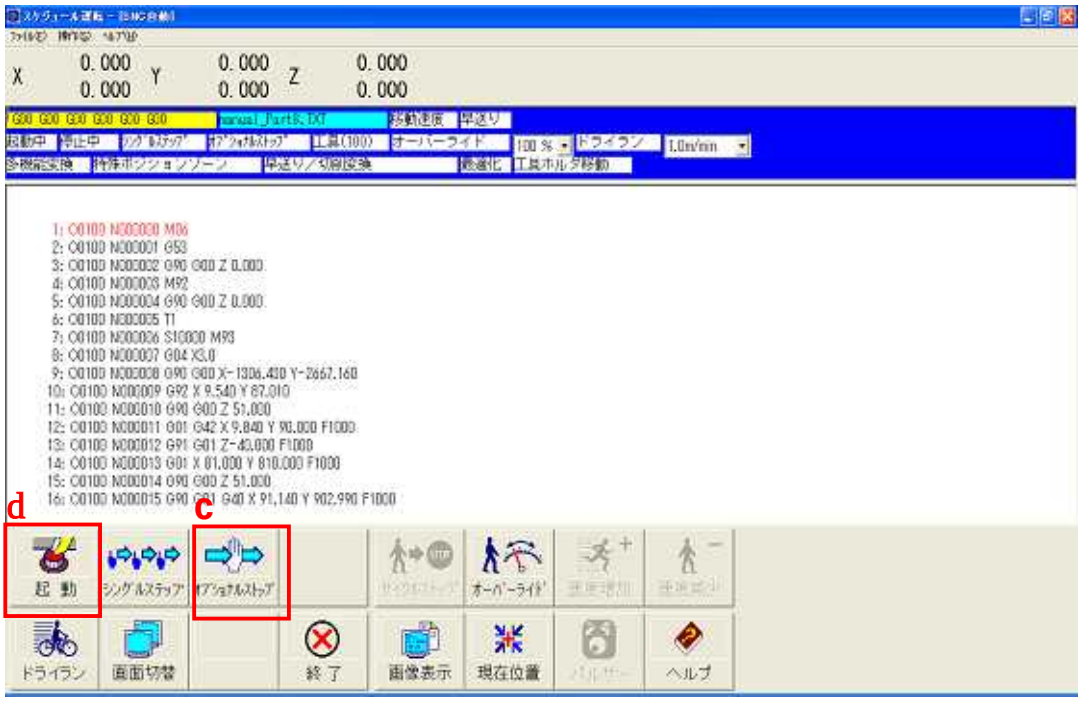
－自動プログラム加工編－

①［自動プログラム加工データ管理］　画面の　［加工実行］　選択。

②以下のスケジュール運転　［自動プログラムスケジュール運転］画面が表示。



③図内 a の加工面を選択。選択した加工面が赤で表示。
④図内 b の一回実行を選択。【スケジュール運転－SNC 運転】画面が表示。



⑤加工手順を１ステップずつ実行する場合、図中 c[シングルステップ]選択。
　→図中 d[起動]を選択する毎に、赤で示された G コードが一行ずつ実行される。
⑥再度[シングルステップ]選択でシングルステップモード解除。
⑦通常の運転の場合、[起動]選択。加工開始。

(3)成果と課題

NC ルータによって、表面に凹凸を持つ満足度の高いフローリング材の加工技術が確立された。しかし、多大な加工時間を要するため即時の実用化には課題を残した。本マニュアルにおいては、加工に使用したデータが提供可能であること、NC ルータの使用方法について記述した。

[参考文献]

４－１)日本木材加工技術協会，日本の木材，1984

４－２)伊藤洋一，木を圧縮する(1)，林産試だより，1995 年 12 月号，1-4，1995

４－３)古田裕三，矢野裕之，梶田 熙，飽水状態における木材の熱軟化特性，木材学会誌 41(8)，718-721，1995

４－４)則元 京，木材の横圧縮と加工，木材研究・資料，巻 30，京都大学木質科学研究所，1-15，1994

４－５)則元 京，最近の木材の物理加工の進展，日本木材青壮年団体連合会研修交流会資料，京都大学木質科学研究所，２４－59，1993