

(1) 引っかかり力 G

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

昇降器 引張荷重速度調整器

モーターおよび減速機

ワイヤー

荷重変換器

重錘 (質量40kg)

570 mm

780 mm

固定脚

移動用車輪

初期荷重調整器

ガイドレール

すべり片

1450 mm



写真3-15 引っかき力の測定状況

目 標 値		
引っかかり力	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

（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⁾ に準拠することとします。

測定サンプルは各床歩行路の中央部と端部から 300×300 mm 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 mm）を貼付したうえで床に重錘の重量 5 kgf を载荷した際に変位変換器で測定される変位量 D_g と、ゴムの代わりに同じ厚さの亚克力板を貼付して測定される変位量 D_a を求め、その差 $D = D_g - D_a$ 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）。

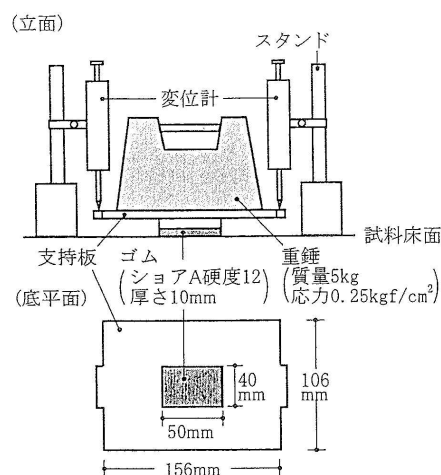


図 3-7 くい込み量測定装置の概要

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		
引っかかり力	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

（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°C 、 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、24mm 構造用合板、フローア材、50mm 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 10mm, 熱伝導率 $0.025\text{kcal/mh}^{\circ}\text{C}$ ）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°C 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。

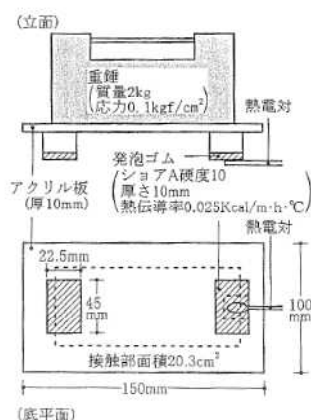


図 3－8 温度変化測定装置



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。

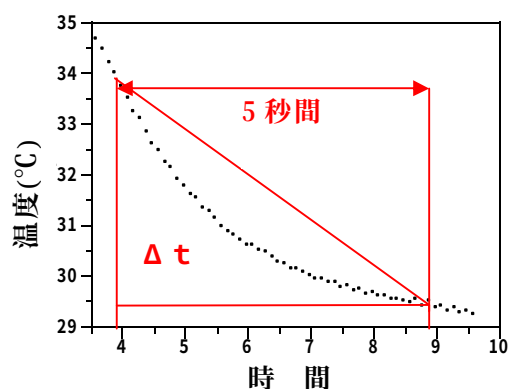
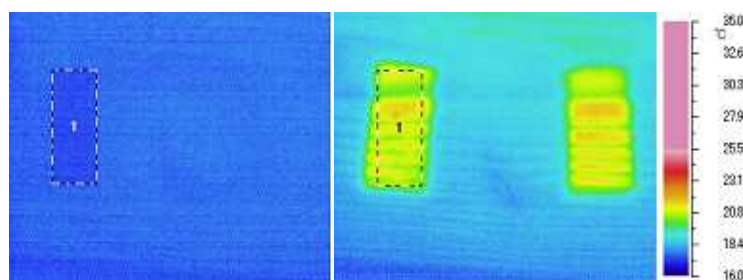


図 3－9 温度・時間曲線



初期の材料温度分布

T_i 秒後の温度

図 3－10 温度変化測定装置载荷前後の温度分

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 0.25mm^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。

$$\text{サーモ } \Delta T = (T_i \text{ 秒後の平均温度} - \text{初期の平均温度}) \times 5 / T_i$$

満たすべき性能値（目標値）

目 標 値				
引っかかり力	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）に準拠することとします。

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 箇所にて測定を行います。

このときの温度、湿度条件は、21℃、40%（無風状態）とします。

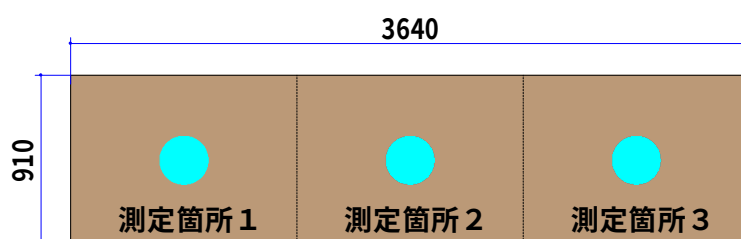


図 3-11 測定箇所

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 を徐々に増やしながら、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。

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

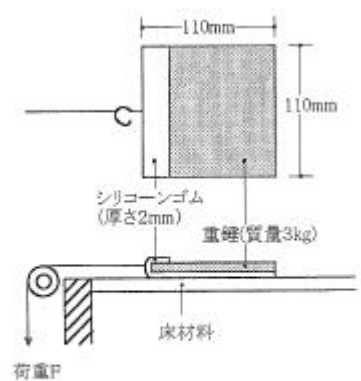


図-1 最大静止摩擦係数測定装置の概要(例)

図 3 - 1 2
最大静止摩擦係数測定装置



写真 3 - 1 9
最大静止摩擦係数測定状況

図 3 - 1 3 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 - 2 0)。

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。

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

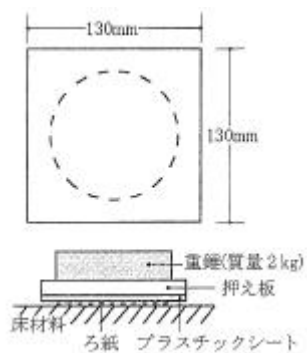


図 3 - 1 3 吸水速度測定装置



写真 3 - 2 0 吸水速度測定状況

満たすべき性能値（目標値）

目 標 値				
引っかかり力	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。

$$C.S.R' = P'_{max} / 196 \text{ (N)}$$

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 90×50mm の履き物の底を切り取り，床との接触面積が 60×50mm 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 10mm の独立発泡体樹脂板）を用いて同様の試験を行います，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。

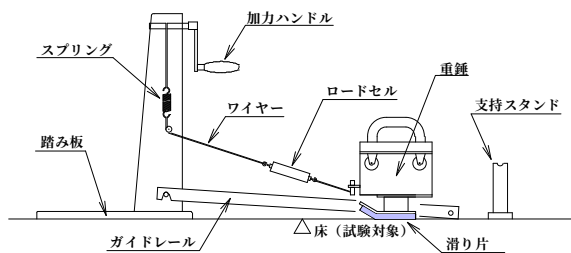


図 3-14 携帯型床の滑り試験機



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行う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	メーカー
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	Animatics Corporation
サーボモータ	(スマートモータ)	SV2315D	
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。

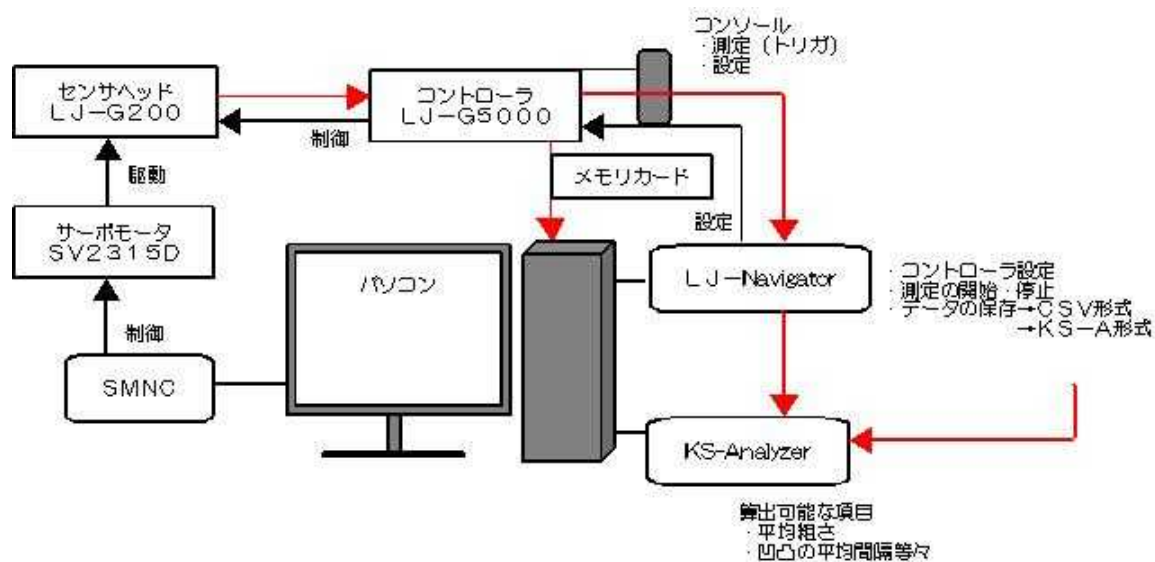


図 3－15 測定システムの概要

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。

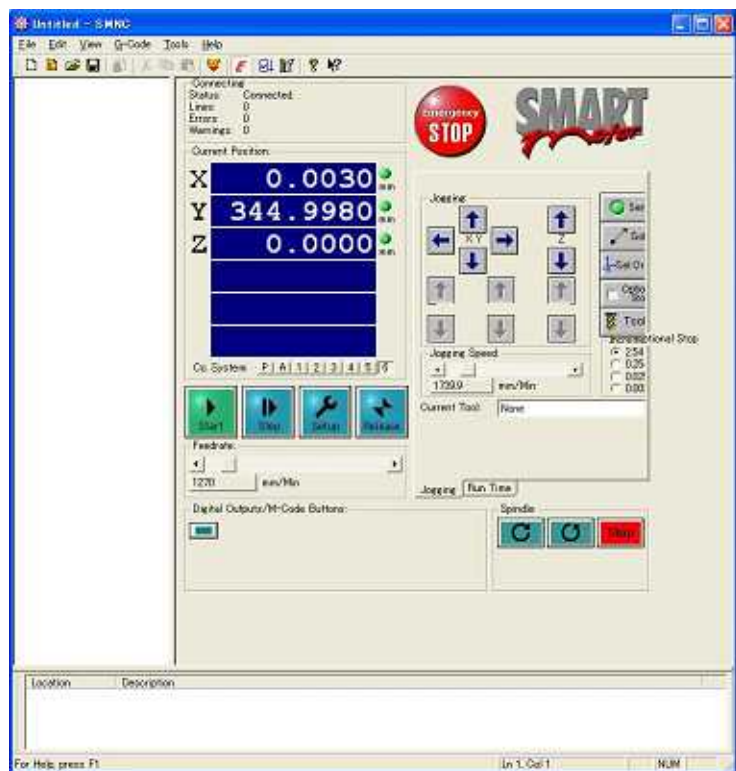


図3－16 SMNC 操作画面

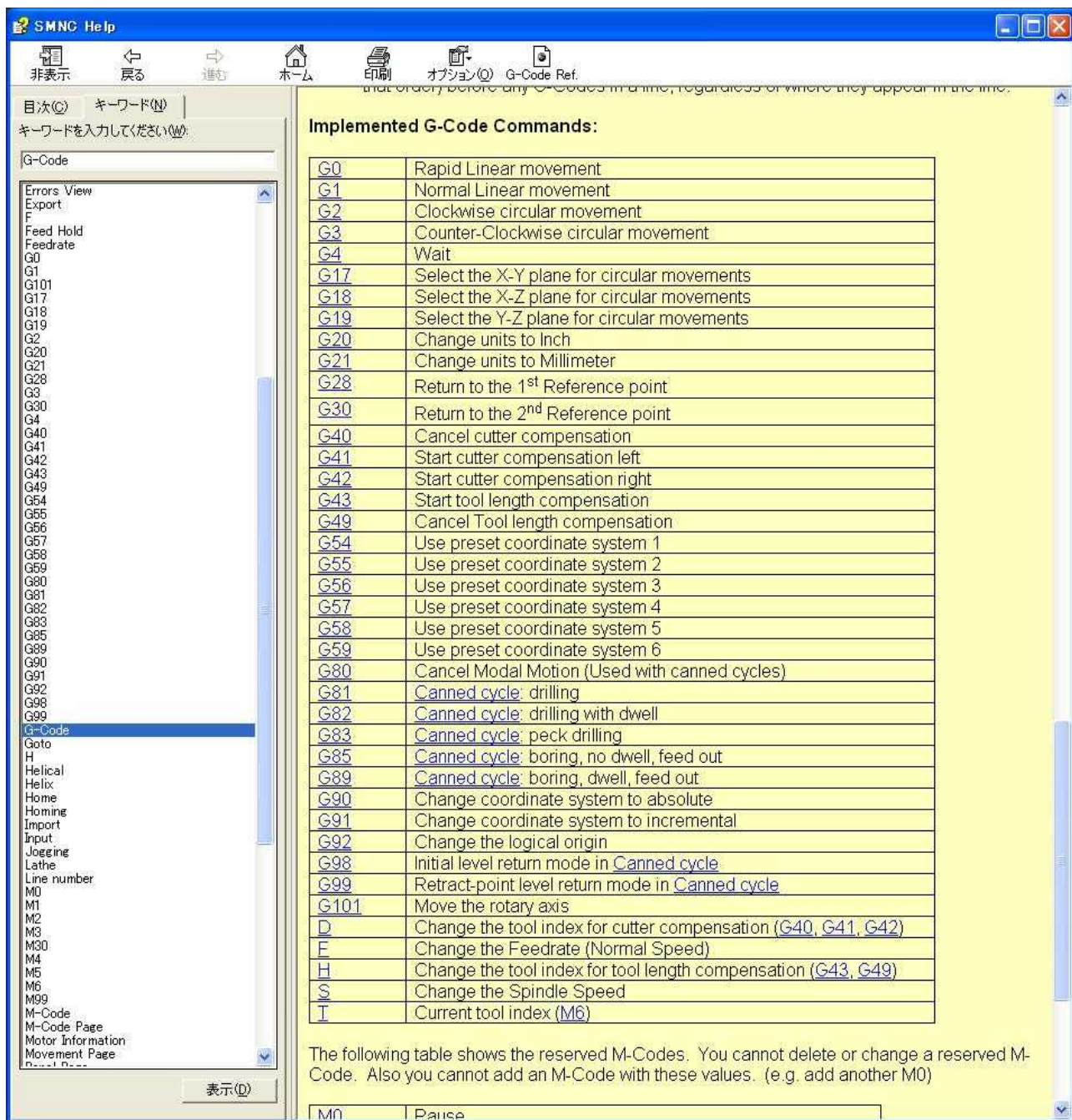


図 3 - 1 7 SMNC で使用する G-コード

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。

- ・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



図 3-18 LJ-Navigator の設定画面

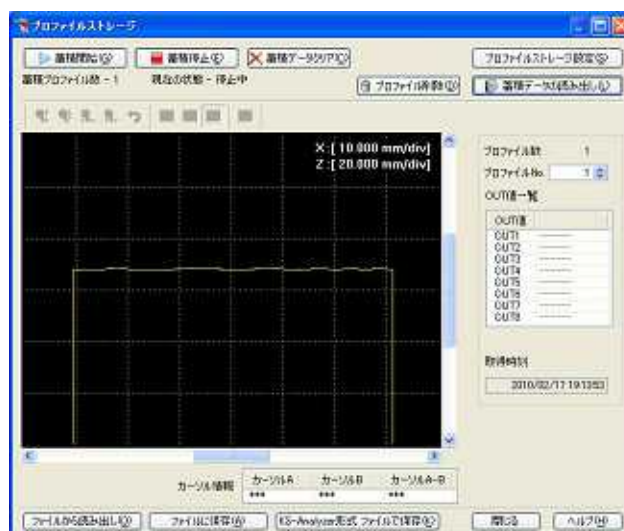


図 3-19 プロファイルストレージ画面

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 - 2 0）

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 - 2 0

プロファイルストレージ設定画面

③ 3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 - 2 1 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、簡単に JIS B 0601 粗さ形状パラメータの算出が可能となりました。

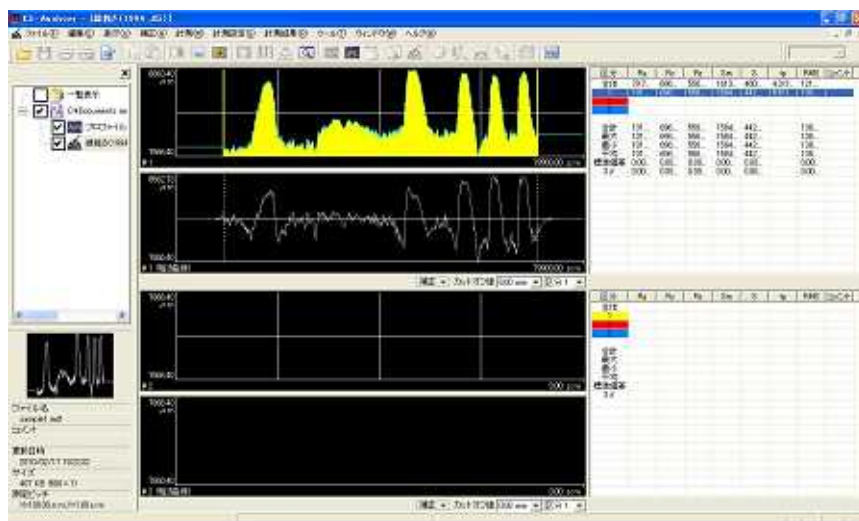


図 3 - 2 1 KS-Analyzer を用いた浮造り合板の表面形状の算出

図 3 - 2 2 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。

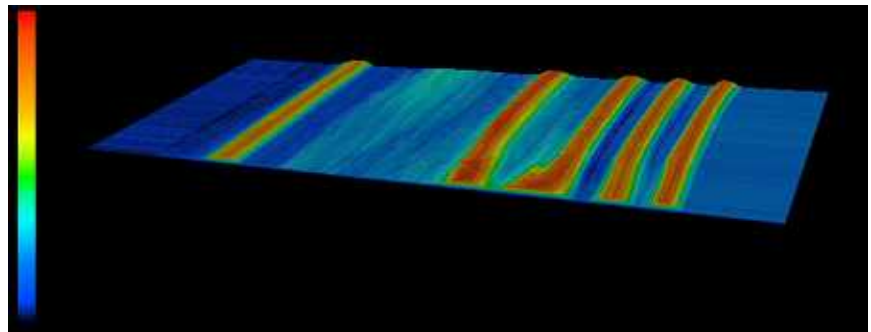


図3-22 KS-Analyzerを用いた浮造り合板表面の3次元可視化

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 mm
7.7
12.5
14.2
14.8
25.8
20.5
57.1

目標値			
算術平均粗さ	Ra	14 μm以上	26 μm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(ON0・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