

内装用針葉樹合板の製造とその視覚的評価

古田 直之 秋津 裕志
一宮 幸雄*¹ 高谷 典良*²

Manufacturing of Interior Softwood Plywood and Its Visual Evaluation

Naoyuki FURUTA Hiroshi AKITSU
Yukio ICHIMIYA Noriyoshi TAKAYA

We examined visual impressions of interior softwood plywood using the semantic differential method. The following results were obtained.

- 1) Knot dispersion ratio defined in this research was suitable as an index showing the grade of dispersion.
- 2) The score of "preferable" was different between male and female.
- 3) The correlation between metric lightness (L^*) and "bright" was high, but those between metric chroma (C^*) and "showy" and between arithmetic average roughness (R_a) and "flat" were low.
- 4) As a result of the factor analysis about the questionnaire result, the existence of the factor of "brightness" and the factor of "pleasure" were confirmed.
- 5) Plywood which used a rotary veneer as the face veneer had a low score for "pleasure".
- 6) Plywood which had continuity of veneer had a lower score for "pleasure" than plywood which did not have continuity of veneer.
- 7) The existence of loose knots did not have a great influence on the score of "pleasure".

Key words : interior plywood, sensory evaluation, factor analysis, knot, loose knot
内装用合板, 官能評価, 因子分析, 節, 抜け節

道産針葉樹材を用いて内装用合板を製造し, SD法によって, これらの視覚的な評価について検討した。その結果, 以下の結論が得られた。

- 1) 本試験で定義した節分散率は節のバラツキの程度を表す指標として適当であった。
- 2) 「好きな」の得点は男女間に違いが見られた。
- 3) 明度 (L^*) と「明るい」の相関は高かったのに対して, 彩度 (C^*) と「派手な」, 算術平均荒さ (R_a) と「平らな」の相関は低かった。
- 4) アンケート結果について因子分析を行った結果, 「明るさ」の因子と「快適さ」の因子の2因子が抽出された。
- 5) 表板にロータリー単板を用いたものは「快適さ」の得点が低かった。
- 6) 単板の連続性のあるものは, 連続性のないものに比べ, 「快適さ」の得点がやや低かった。
- 7) 抜け節の有無は「快適さ」の得点に大きな影響を及ぼさなかった。

1. はじめに

近年、合板用原木は南洋材から針葉樹材への樹種転換が急速に進められてきた¹⁾。しかし、これらの針葉樹合板を用途別に見ると構造用や型枠用が大半を占めており、今後は内装用等のその他の用途開発が重要となっている。今後、北海道内の人工林においてカラマツ、トドマツの中大径材の生産量の増加が見込まれており、これらの原木の有効利用という視点からも内装用針葉樹合板の開発は重要である。

現在、針葉樹材を内装用合板として利用する試みが一部でなされているが、その量はわずかである。この原因には、針葉樹材は内装用として使用できる良質な単板が得られにくいことや、材質的に薄物の突き板が製造しにくいことなどがあげられる。しかし、必ずしも良質の単板でなくても、木目や節等の配置や表面の仕上げ方法次第では視覚的に好まれる内装用合板が製造できる可能性がある。そこで、本試験では針葉樹特有の木目や節に着目し、単板の種類や配置、表面加工等の異なる様々なタイプの内装用合板を製造し、これらの視覚的性質と見た目の評価の関係をアンケート調査によって調べた。

なお、本研究の一部は第52回日本木材学会大会(2002年4月、岐阜)²⁾で発表した。

2. 実験方法

2.1 内装用合板の製造

道産カラマツ(末口径30~38cm)と道産トドマツ

(末口径30~46cm)の人工林材を切削し、スライス単板およびロータリー単板を得た。これらの単板を用いて内装用合板(90×180cm、厚さ9,12mm、5プライ)を製造した。心板と裏板にはロータリー単板を、表板にはスライス単板およびロータリー単板を使用した。接着剤にはメラミン・ユリア共縮合樹脂接着剤を用いた。製造した合板は第1表に示す12種類で、単板の種類、単板の連続性、節の有無、抜け節の有無、表面加工等がそれぞれ異なっている。表中の単板の連続性有とは同一フリッチから採取した単板を連続的にはぎ合わせたものであり、連続性なしとはすべて異なるフリッチから採取した単板をはぎ合わせたものである。合板A,B,CおよびG,H,Iはそれぞれ同様の木目のものと同じ順にはぎ合わせており、木目の印象および節の大きさや配置はほぼ同じであり、抜け節の有無およびエンボス加工の有無のみが異なっている。エンボス加工はナイロン製のワイヤブラシを用いたブラッシング法によって行った。製造した内装用合板の写真の一部を第1図に示した。

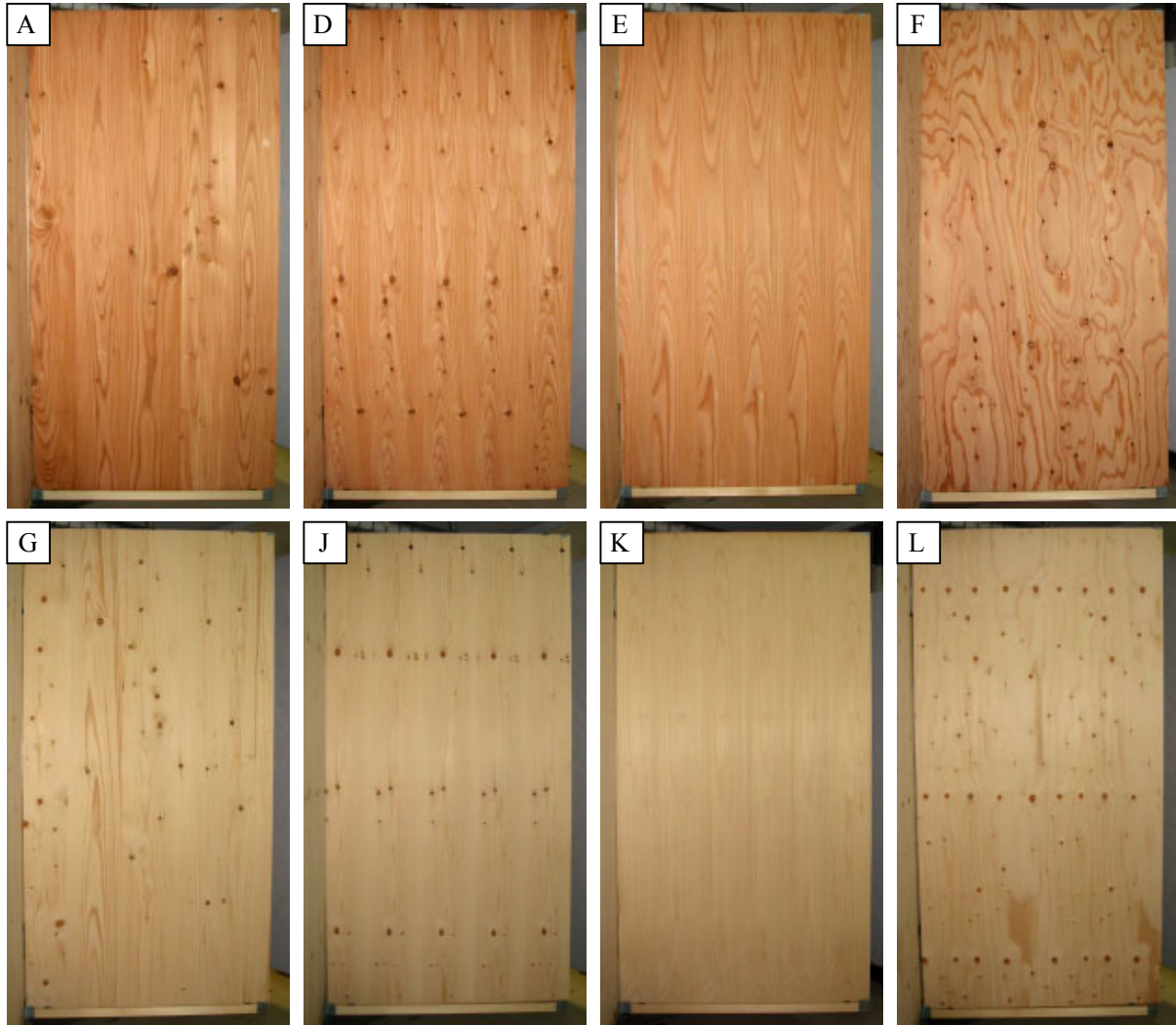
2.2 アンケート調査

内装用合板の木目や節の配置などを考慮した視覚的なイメージを評価するには、小型の試料や写真などを用いた評価よりも室内空間を実際にイメージできる形態での評価が望ましい。本試験では、できるだけ内装用合板の実際の使用環境に近い形を想定し、実大サイズ(90×180cm)の合板を用いた。合板は同じタイプのもを各種2枚ずつ製造し、2枚を1組とした回転式

第1表 製造した内装用合板の概要
Table 1. Interior plywood manufactured in this experiment.

記号 Symbol	樹種 Species	表板 Face veneer	節の有無 Existence of knots	抜け節の有無 Existence of loose knots	単板の連続性 Continuity of veneer	エンボス加工 Embossing
A	カラマツ <i>Larix leptolepis</i>	SL		x	x	x
B						
C						
D			x		x	
E						
F						
G	トドマツ <i>Abies sachalinensis</i>	SL		x	x	x
H						
I						
J			x		x	
K						
L						
		RO			x	

注)SL:スライス単板,RO:ロータリー単板, :有り,x:無し
Note)SL:sliced veneer;RO:rotary veneer; :exist;x:not exist

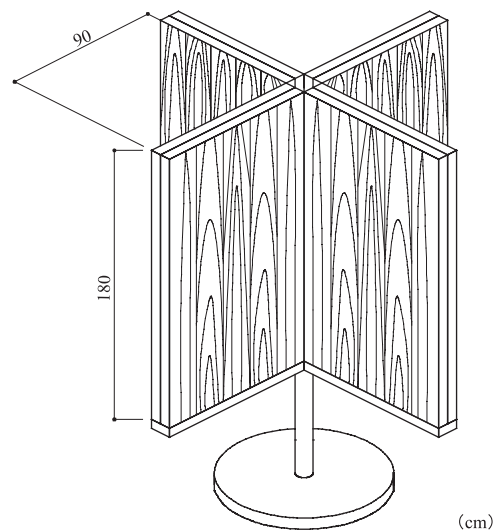


第1図 製造した内装用合板の例

Fig.1. Examples of the interior plywood manufactured in this experiment.

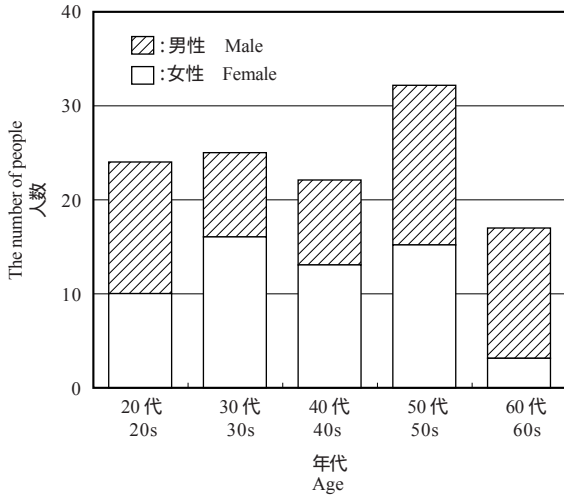
の内装用合板パネルを作成した(第2図)。

被験者は第3図に示す年代構成の20代から60代までの男女120名とした。試験室は室温20~22℃, 相対湿度50~60%の恒温恒湿室内とし, 内壁と天井を明度7の薄い灰色に仕上げた³⁾。試験室の概要を第4図に示した。試験室内の照明は電球型蛍光灯のみを用いた。内装用合板パネルを約2m離れた位置から被験者に見てもらい, SD法(Semantic Differential法)の7段階評価による官能評価を行った。本試験では, 樹種や単板の種類, 節の有無, 表面加工等の違いによる視覚的評価の違いを把握することを目的としているため, 形容語対には, これらの印象を表現できる言葉として, 第5図に示す8種を用いた。アンケート結果は, 左端を7点, 右端を1点として得点化した。アンケートに先立

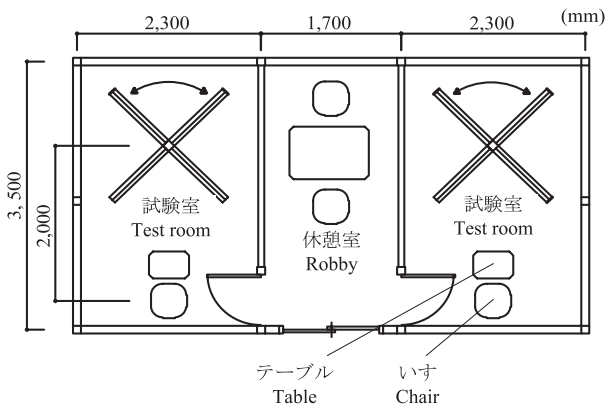


第2図 内装用合板パネル

Fig.2. Panel of interior plywood.



第3図 被験者の年代構成
Fig. 3. Age of test subject.



第4図 試験室の概要
Fig. 4. Test room.

ち、被験者にはその合板を内装に用いた部屋の中にあるものと想定すること、難しく考えずに直感で印を付けること、試験中には質問をしないこと等の指示を与えた。

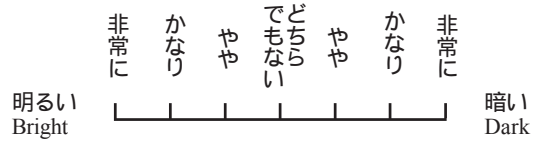
試験室内に一度に設置できる合板は8条件であるため、12種類の合板は4条件ずつ3種類のグループに分けた。この時、似通った合板同士が同じグループに入らないように配慮した。被験者1人あたり、2グループ(合計8条件)の合板パネルを呈示し、したがって、それぞれの合板の評価は80名の平均得点で算出した。

2.3 視覚的物理量の測定

2.3.1 合板の色彩と表面粗さの測定

アンケート調査が終了した内装用合板から7×14cmのサイズの試料を12片ずつ切り出し、色彩および表面粗さを測定した。色彩測定装置はスガ試験機製SM-6を

- | | |
|-------------------|-----------------------|
| 明るい
bright | 暗い
dark |
| 自然な
natural | 人工的な
artificial |
| 単調な
monotonous | 変化のある
changeiful |
| 軽やかな
light | 重厚な
heavy |
| 好きな
preferable | 嫌いな
not preferable |
| 派手な
showy | 地味な
simple |
| 平らな
flat | でこぼこした
rugged |
| 落ち着きのある
calm | 落ち着きのない
restless |



第5図 アンケート用紙の概要
Fig. 5. Outline of questionnaire.

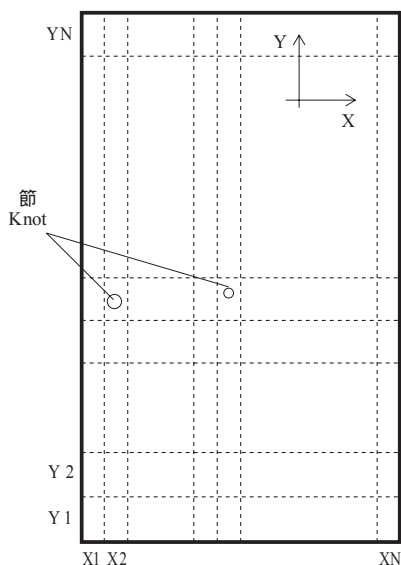
用いた。色の表示はL*a*b*表色系を用い、測定径は30mmで合板1枚当たり24点測定した。なお、測定位置はランダムとしたが、節の部分は計測値が大きく異なるため測定しなかった。

表面粗さ測定装置は小坂研究所製サーフコーダSE-30Dを用いた。触針先端半径250 μm、測定長さ25mm、カットオフ値0.8mmにおける算術平均粗さ(R_a)を測定した。測定は繊維と直交する方向のみとし、合板1枚当たり12点測定した。なお、合板BとHには抜け節が存在し、この部分は粗さ測定値が大きく異なるため測定領域に含めなかった。

2.3.2 合板の節配置の数値化

内装用合板の見た目の印象について、その要因を明確にするためには、内装用合板の木目や節の配置などの物理量を数値化する必要がある。仲村ら⁴⁾は有節パネルのイメージについて、節の径や配置とイメージの関係について検討しているが、今回はこれとは異なる手法を用いて節の配置についての数値化をおこなった。

まず、それぞれの内装用合板をデジタルカメラで撮影し、節の部分を黒、背景を白とした2値化画像に変換した。得られた2値化画像から画像解析装置(ニレコ製LUZEX F)を用いて、節の数、節位置の座標、および単位面積当たりの節の面積率である「節率」を求めた。



第6図 節分散率の算出法

注) N: 分割領域数, 図の例では, $KDR_x = 2/N$, $KDR_y = 1/N$

Fig. 6. Calculation method for knot dispersion ratio.

Note) N: Division number. In the example of figure, $KDR_x = 2/N$, $KDR_y = 1/N$

今回は節の位置の連続性が有る合板と無い合板を意図的に作成したため、節の数や節率の他に節配置のバラツキの度合いを表す指標が必要である。そこで、以下のような節分散率を定義した。

$$KDR_x = DNK_x / N_x$$

$$KDR_y = DNK_y / N_y$$

ここで、 $KDR_{x(y)}$ は X(Y)方向の節分散率を、 $DNK_{x(y)}$ は X(Y)方向の節を含む領域数を、 $N_{x(y)}$ は X(Y)方向の分割領域数を表している。

すなわち、合板の幅方向と長さ方向を、適当な数の分割領域によって区分し、区分された領域の中に節が含まれているかどうかを検討する(第6図)。節分散率は分割領域数によって大きく異なるが、今回はその合板の節の数を分割領域数に設定した。X(Y)方向について、節の数の領域に等分割し、分割されたそれぞれの領域に節が1つずつ含まれる場合、節分散率が最大で1となる。今回製造した合板の節の数は少ないもので38(無節を除く)、多いもので136となっており、合板1枚当たりの節数が十分に大きいため、節数で分割し相对比较を行うことは、節の分散度合いを推定するのに妥当と思われる。

なお、節を含む領域は節の重心位置の座標のみによって判断し、節の大きさは考慮していない。合板全

体の節分散率は X 方向と Y 方向の節分散率の積 ($KDR_{xy} = KDR_x \times KDR_y$)によって評価した。

3. 試験結果と考察

3.1 合板の視覚的物理量とアンケートの得点

測定した合板の視覚的物理量を第2表に示した。色彩に関しては同樹種間においては大きな差は見られなかった。算術平均粗さ (R_a) はエンボス加工を行った C および I が大きな値を示したが、それ以外の合板には大きな差は無かった。 KDR_y , KDR_{xy} は単板の連続性のある D および J が連続性のない合板に比較して小さな値を示した。すなわち節の配置に規則性のある合板では KDR_y , KDR_{xy} の値が小さくなり、本試験で用いた節分散率は節のバラツキの度合いを表す指標として妥当であると考えることができる。

それぞれの合板のアンケートの平均得点を第3表に示した。「明るい」、「軽やかな」の得点はトドマツが高く、「カラマツ」が低くなった。「自然な」の得点は他の形容語と比較して被験者間のバラツキが大きくなったが、平均するとスライス単板を用いたもの(A, B, C, G, H, I)がやや高い値を示し、節が連続的に並ぶ D, J や無節の E, K はやや低かった。また、ロータリー単板を用いた F および L は「好きな」、「落ち着いたある」の得点が比較的低く、「派手な」の得点が高くなった。

次に、アンケートによる平均得点の男女の差を、「軽やかな」と「好きな」について第7図に示した。「軽やかな」の得点は男女間に大きな差は見られなかった。これに対して「好きな」の得点は G, H を除き、男性の得点が高く、男女間の差について平均値の差の検定を行ったところ、5%水準で有意な差が認められた。特に、カラマツにおいては、すべての合板で女性の得点が低く、カラマツのような重厚感のある材料は、女性にはあまり好まれないものと考えられる。

合板の視覚的物理量とアンケート得点の相関係数を第4表に示した。 L^* と「明るい」の相関は0.97と非常に高くなった。これに対して、 R_a と「平らな」の相関は-0.12と低かった。この原因については、被験者は合板をおよそ2m離れた位置から見ており、この距離では表面粗さを正確に把握できないことが考えられる。また、 R_a は樹種による差がほとんどないのに対して、「平らな」の得点はカラマツが低く、トドマツが高くなっ

第2表 合板の視覚的物理量

Table 2. Vision physical quantities of plywood.

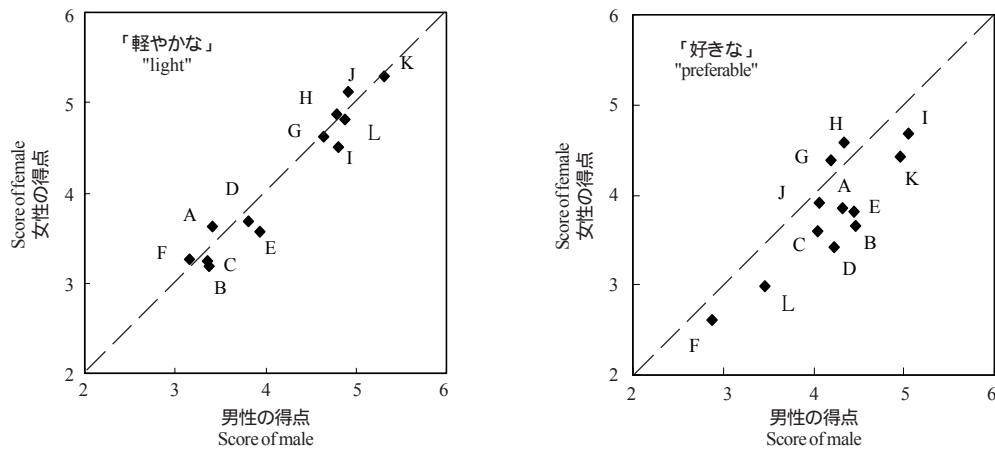
記号 Symbol	L*	C*	h	R _a (μm)	NK	KR (%)	KDR _X	KDR _Y	KDR _{XY}
A	65.9	27.1	71.8	3.8	38	0.64	0.54	0.73	0.39
B	65.0	28.0	73.1	3.6	46	0.78	0.55	0.67	0.37
C	66.1	27.9	74.1	8.3	41	0.76	0.63	0.72	0.45
D	67.8	26.6	72.7	3.9	71	0.78	0.59	0.46	0.27
E	67.3	29.1	73.9	3.0	0	0.00	-	-	-
F	66.8	25.2	76.0	2.4	68	0.72	0.59	0.70	0.41
G	80.1	22.6	88.5	3.8	56	0.63	0.57	0.65	0.37
H	80.5	23.1	89.1	3.8	52	0.66	0.60	0.61	0.37
I	80.8	22.6	87.9	6.3	55	0.85	0.54	0.59	0.32
J	80.3	22.8	88.7	3.5	70	0.77	0.66	0.18	0.12
K	79.5	25.0	89.2	3.6	0	0.00	-	-	-
L	82.5	20.0	89.0	3.8	136	1.15	0.57	0.40	0.23

注) L*, C*, h: L*a*b*表色系による明度, 彩度, 色相角, R_a: 算術平均粗さ, NK: 節の数, KR: 節率, KDR_{X(Y)}: X(Y)方向の節分散率, KDR_{XY} = KDR_X × KDR_Y
 Note) L*, C*, h: Metric lightness and metric chroma and metric hue angle in CIE L*a*b* color system; R_a: Arithmetic average roughness; NK: Number of knots; KR: Knot ratio; KDR_{X(Y)}: Knot dispersion ratio in X(Y) direction

第3表 アンケートの平均得点

Table 3. The average score obtained by the questionnaire.

記号 Symbol	明るい bright	自然な natural	単調な monotonous	軽やかな light	好きな preferable	派手な showy	平らな flat	落ち着いたある calm
A	3.91	4.98	3.09	3.53	4.01	3.78	3.53	3.91
B	3.73	5.20	2.86	3.31	4.13	3.68	2.94	4.15
C	3.86	4.73	3.06	3.30	3.85	4.28	3.20	3.36
D	4.23	4.18	3.68	3.73	3.75	3.98	3.26	3.84
E	4.26	3.81	4.51	3.79	4.19	3.88	4.33	4.23
F	3.65	3.55	2.49	3.19	2.71	4.39	2.64	2.48
G	5.45	5.13	3.56	4.64	4.26	3.79	3.95	4.09
H	5.46	5.26	3.95	4.82	4.44	3.70	3.90	4.24
I	5.36	5.18	3.23	4.64	4.86	3.95	3.89	4.24
J	5.53	3.96	4.80	5.00	4.00	3.73	4.70	4.29
K	5.79	4.39	5.03	5.33	4.71	3.65	5.73	4.99
L	5.73	3.60	4.18	4.83	3.19	4.14	3.75	3.25



第7図 「軽やかな」と「好きな」の男女別の得点
 Fig.7. Gender gap of score of "light" and "preferable".

第4表 合板の視覚的物理量とアンケート得点の相関

Table 4. Correlation between vision physical quantities of plywood and the average score obtained by the questionnaire.

	明るい bright	自然な natural	単調な monotonous	軽やかな light	好きな preferable	派手な showy	平らな flat	落ち着いたある calm
L*	0.97	0.06	0.56	0.94	0.33	-0.27	0.60	0.35
C*	-0.80	0.06	-0.26	-0.73	0.03	0.00	-0.25	0.03
h	0.95	0.07	0.54	0.93	0.33	-0.27	0.61	0.34
R _a	-0.05	0.37	-0.23	-0.10	0.26	0.28	-0.12	-0.03
NK	0.23	-0.21	-0.17	0.12	-0.53	0.35	-0.40	-0.51
KR	0.10	0.07	-0.40	-0.01	-0.35	0.34	-0.51	-0.47
KDR _X	-0.13	0.21	-0.54	-0.20	-0.36	0.28	-0.63	-0.49
KDR _Y	-0.44	0.48	-0.88	-0.51	-0.25	0.31	-0.80	-0.51
KDR _{XY}	-0.44	0.45	-0.86	-0.52	-0.28	0.36	-0.80	-0.54

注) L*, C*, h, R_a, NK, KR, KDR_{X(Y)(XY)}: 第2表参照
 Note) L*, C*, h, R_a, NK, KR, KDR_{X(Y)(XY)}: refer to Table 2

ているため、被験者は表面粗さ自体ではなく、木目のコントラストや節の有無で凹凸感を感じているものと思われる。節の数と節率は「好きな」、「落ち着いたある」と負の相関が認められ、節が少ないものを好む人が多かったと考えられる。節率よりも節の数の方が相関がやや高くなっており、節の大きさよりもその数が好みに影響することが示唆された。節分散率 KDR_Y、KDR_{XY} は「単調な」と高い負の相関があり、すなわち節分散率が大きいほど「変化のある」印象を持つことが明らかとなった。増田ら⁵⁾は彩度(C*)と「派手な」の間には高い相関関係があることを報告しているが、今回の試験ではそのような傾向は認められなかった。これは、今回の試験に用いた内装用合板は道産カラマツと道産トドマツのみであるため、彩度が20から30の狭い範囲に集中しており、「派手な」のイメージには彩度よりも木目や節などその他の要因が大きく影響したためと考えられる。

本試験は針葉樹材を用いた内装用合板では、どのようなタイプの合板が好まれるかを明らかにすることを第1の目的としているが、本試験で用いた視覚的物理量と「好きな」との間に高い相関を示すものは得られなかった。被験者は合板の明るさ、節の数や配置、木目模様などを総合的に見て好き嫌いを判定していると考えられる。本試験では木目模様の数値化を行っておらず、被験者の好みと視覚的物理量との関係を明らかにするには、木目模様やコントラスト等を含めた視覚的物理量の総合的な数値化が必要であると考えられる。

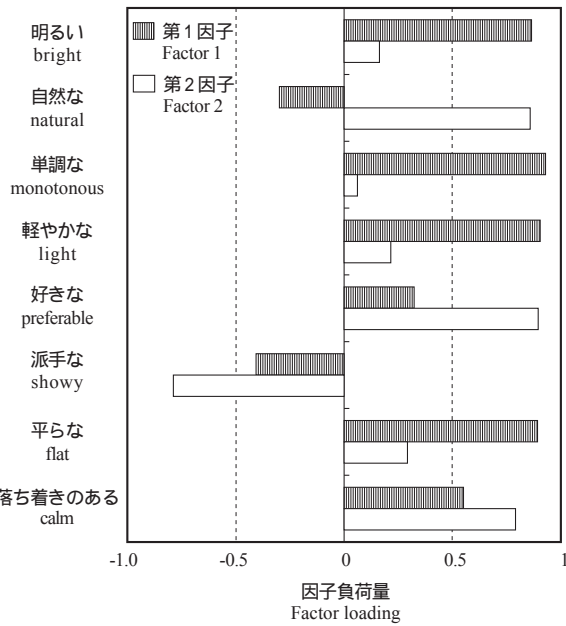
3.2 因子分析

アンケートで得られた結果を総合的に解釈するため

に第3表をもとに因子分析を行った。分析の際の共通性の推定には重相関係数を用い、バリマックス回転を行った後の因子負荷量および因子得点を求めた。因子分析では抽出する因子数をいくつにするかという問題がある。今回は第2因子までの累積寄与率は85.8%と十分大きく、第3因子以降の固有値は1未満で寄与率が小さかったため、抽出する因子数は2が妥当であると判断した。

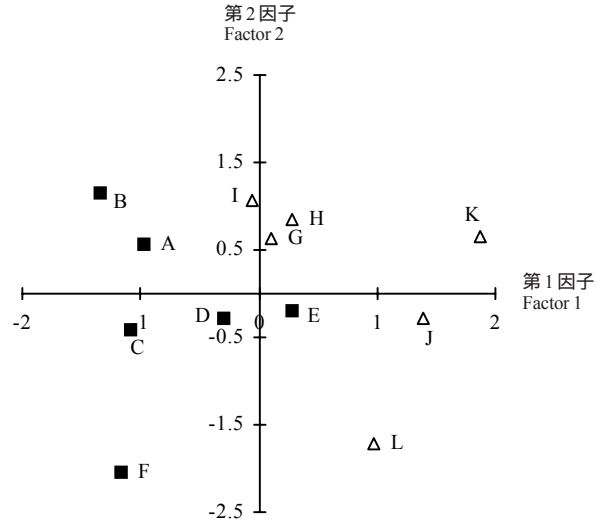
第8図に示すように、第1因子は「明るい」「軽やかな」等の負荷量が高いため、「明るさ」を表す因子であると解釈できる。すなわち、単純に材色等の物理的な性能を示す因子であると考えられる。第2因子は「好きな」「自然な」「落ち着いたある」等の負荷量が高いため、「快適さ」を表す因子であると解釈できる。これは、個人の嗜好を示すものと考えられ、内装用合板の評価の指標として重要であると思われる。安田ら⁶⁾は木質材料の視覚特性について検討した結果、5つの因子を上げており、第1因子は「明るさ、純粋さ、軽さ」、第2因子は「自然さ、あたたかさ」、第3因子は「感じのよさ、楽しさ」、第4因子は「表面粗さ」、第5因子は「動き、複雑さ」の因子としている。本試験での第1因子は安田らと同様であり、第2因子は安田らの第2、第3因子と対応していると考えられる。

それぞれの内装用合板の因子得点を第9図に示した。全体として、トドマツはグラフの右側に分布しておりカラマツは左側に分布しているため、トドマツは明るく軽快なイメージ、カラマツは暗く重厚なイメージを受けていることがわかる。表板にロータリー単板を用いたもの(F, L)は第2因子得点(「快適さ」)が低い



第8図 形容語と因子負荷量
Fig. 8. Relationship between adjectival and factor loading.

ため、よい印象を受けていないことがわかる。しかし、Lでは特に節の数が多かったため、ロータリー単板の影響ではなく節の数の影響を受けたことも考えられ、さらに検討する必要がある。無節のもの(E, K)は有節のもの(A, G)に比べ、第1因子得点(“明るさ”)は高くなっているが、“快適さ”はさほど変わらなかった。単板の連続性のあるもの(D, J)は連続性がないもの(A, G)に比べ、“明るさ”がやや高くなったが、“快適さ”はやや低くなった。トドマツはエンボス加工をすることによって(I)、“快適さ”がやや高まるが、カラマツ(C)は逆に低下した。これは、トドマツは木目が目立たないため、エンボス加工することで木目が浮き上がり良い印象になったと考えられるが、カラマツは木目のコントラストがはっきりしているため、エンボス加工することでそれがさらに浮き上がり、逆に重厚すぎる印象になったためと推察できる。今回の試験法では、抜け節のあるもの(B, H)と抜け節のないもの(A, G)の評価に大きな違いはみられなかった。これは、被験者はおよそ2m離れた位置では視覚的に抜け節を識別できなかったことも考えられるが、カラマツではBの「平らな」の得点が低いことから抜け節の部分の凹凸を認識していたとも考えられ、抜け節の存在は内装用合板の視覚的評価には影響を及ぼさないと考えられた。



第9図 それぞれの合板の因子得点
凡例) : カラマツ, : トドマツ
Fig. 9. Factor score of factor 1 and factor 2 of each plywood.
Legend) : *Larix leptolepis*; : *Abies sachalinensis*

4. まとめ

道産針葉樹のスライス単板とロータリー単板を用いて内装用合板を試作した。アンケート調査によって、これらの合板の視覚的な評価について検討した。その結果、以下の結論が得られた。

- 1) 本試験で定義した節分散率と「単調な」の相関は非常に高く、節分散率は節のバラツキの程度を表す指標として適当であった。
- 2) 男女間の得点の違いについて検討した結果、「好きな」の得点は男女間に違いが見られ、特にカラマツ合板に関しては女性の得点が低かった。
- 3) 視覚的物理量とアンケート得点の相関について、L*と「明るい」の相関は高かったのに対して、C*と「派手な」、Raと「平らな」の相関は低かった。
- 4) アンケート結果について因子分析を行った結果、「明るさ」の因子と「快適さ」の因子が抽出され、本試験で用いた8種類の形容語の得点はこれらの2因子に集約することができた。
- 5) 表板にロータリー単板を用いたものはスライス単板を用いたものに比べ、「快適さ」の得点が低かった。
- 6) 単板の連続性のあるものはないものに比べ、「快適さ」の得点がやや低く、スライス単板を用いた内装用合板では、木目や節が無作為に配置されるタイプが好まれるものと考えられた。

7) 今回の試験法では、抜け節の有無は“快適さ”の得点に大きな影響を及ぼさなかった。

文 献

- 1) 月刊WIDE, 5月号 2-9(1999).
- 2) 古田直之, 秋津裕志, 一宮幸雄, 高谷典良: 第52回日本木材学会大会研究発表要旨集, 554(2002).
- 3) 日科技連官能検査委員会編: “新版官能検査ハンドブック”, 日科技連, 638-639(1973).
- 4) 仲村匡司, 増田稔, 稲垣真由美: 木材学会誌,

39, 152-160(1993).

- 5) 増田稔, 仲村匡司: 京都大学農学部演習林報告, No.59, 273-282(1987).
- 6) 安田明, 増田稔, 満久崇磨: 木材研究資料, No.12, 81-101(1978).

- 技術部 合板科 -

- * 1: 技術部 加工科 -

- * 2: 技術部長 -

(原稿受理: 03.7.31)