京都工芸繊維大学

氏　　名	さかい たかゆき **坂井　貴行**
学位(専攻分野)	博　士（学術）
学位記番号	博甲第 619 号
学位授与の日付	平成 23 年 9 月 26 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科・専攻	工芸科学研究科　先端ファイブロ科学専攻
学位論文題目	**紐の製造技能と物性に内在する「暗黙知」の工学的応用**
審査委員	(主査)教授　濵田泰以 教授　野村照夫 教授　西村寛之 村田機械株式会社研究開発本部京都 R&D センター主任部員　魚住忠司 圓井繊維機械株式会社代表取締役社長　圓井　良

論文内容の要旨

伝統工芸品産業は，我が国で長い歴史を有する産業であり，我が国の経済発展の基盤ともいえる「ものづくり」の原点をなすものである．長年にわたって蓄積されてきた知恵，先人達が築き上げて伝え続けられてきた知恵は，我々にとって大きな財産である．伝統工芸品に内在している知恵を活かし，先端技術と組み合わせ，新たな産業を創造することは，我が国の経済社会において重要な役割であるといえる．本論文では，伝統工芸品である紐に着目し，紐の製造工程，構造，物性，機能に内在する「暗黙知」を工学的に解明し，新たなものづくりへの工学的応用を検討した．本論文で対象とする紐とは，組紐および縄や調べ緒などの撚り紐である．組紐や縄，調べ緒の引張試験および断面観察により，紐の変形性能および内部構造を明らかにした．動作解析システムや筋電図測定システムを利用した生体力学的解析によって，紐の製造技能に内在する知恵「暗黙知」を突き止め「形式知化」を可能にし，それを用いて新しいものづくりが創成可能であることを実証した．

第 2 章では，組紐について，内部構造と変形性能の関係の解明を行うことを目的とした．組紐技術を用いると，紐の伸縮性を制御することが可能であることを利用し，「1．引き上げ手法により作製された組紐」，「2．突き上げ手法により作製された組紐」，「3．引き上げ手法により作製した組紐に対して，長手方向に配向した中央糸を挿入した組紐」，これら 3 種類の組紐に関して，引張負荷状態での断面の観察を行うことにより，紐の変形メカニズムの解明を行った．その結果，紐の変形性能は，弾性変形移行ひずみ ε_E で評価可能であることが明らかとなった．

第 3 章では，撚り紐における下撚りおよび上撚り角度が，紐の変形性能に及ぼす影響を定量的に明らかにすることを目的とした．糸撚り機を利用して機械的に撚り数を変化させた撚り紐を作製し，引張試験および断面観察を行い，その内部構造と力学的特性との関係について検討した．その結果，弾性変形移行ひずみ ε_E は，上撚り角度や，下撚り角度，繊維束内 V_f の増加に伴って増加することが明らかとなった．　繊維束内 V_f は下撚り角度の増加に伴い増加することから，撚り紐の変形性能は上撚り角度と下撚り角度をパラメータとする関数で表せることを明らかにした．

第 4 章では，撚り紐の 1 種である縄に注目し，熟練者と非熟練者の作製した縄の違いが，縄の変形性能に与える影響について検討した．熟練者の縄は，非熟練者の縄よりも繊維束間の接触状

態が密であり，2 本の繊維束間に力の伝達が発生し，変形性能が高いことを明らかにした．縄の変形性能には上撚り角度よりも下撚り角度のほうが強く影響することを明らかにした．第 3 章で導出された弾性変形移行ひずみ ε_E により，紐の変形性能を検証した結果，下撚り角度の違いが，弾性変形移行ひずみ ε_E に影響していることが示唆され，非熟練者の作製した縄よりも熟練者の作製した縄のほうが，変形性能が高いことが明らかとなった．

第 5 章では，縄綯い手技における動作の観点から熟練者と非熟練者の作製動作の違いについて検討した．縄綯い手技において熟練者と非熟練者の作製動作の数値化を三次元動作解析システムを用いて行った．その結果，右手第二中手骨骨頭の作業者に対して前後方向の軌跡長において，熟練者の方が非熟練者よりも約 150mm 長いという特徴が明らかとなった．すなわち，これは下撚り角度が大きくなる動作を意味しており，縄を綯う際のコツが数値化し示された．

第 6 章では，大鼓や小鼓などの伝統工芸品に使用されている紐「調べ緒」を対象に，職人が作製した調べ緒の変形メカニズムを検討した．さらに，生体力学的解析を用いて職人の調べ緒作製動作の検討も行った．職人の作製した調べ緒は，繊維束間および繊維束内部においては繊維同士がともに密着していることが観察された．この密着した構造を作製するためには，右腕の動作，すなわち尺骨偏位および肘の伸展と左腕の固定が必要であることが示唆された．第 3 章で導出された変形性能を表す関数のパラメータにより，紐の変形性能を検証した結果，調べ緒においても下撚り角度の違いが，弾性変形移行ひずみ ε_E に影響していることが示唆された．

第 7 章では，紐の製造技術を活かした工学的応用を目指し，連続繊維強化熱可塑性複合材料作製のための高含浸性中間材料となる組紐（Micro-braided Yarn）の開発を行った．この開発により，伝統繊維技術である組紐技術を応用すると，先端材料作製技術における新規高機能中間材料の創成が可能であることを示した．第 8 章では，本研究で得られた知見をまとめ，今後の展望について述べた．

論文審査の結果の要旨

本論文では，伝統工芸品である紐に着目し，紐の製造工程，構造，機能に内在する「暗黙知」を工学的に解明し，新しいものづくりの工学的応用を検討している．縄や調べ緒，組紐の引張試験および断面観察により，紐の力学的特性および内部構造を明らかにした．動作解析システムや筋電図を利用した生体力学的解析によって，紐の製造技能に内在する知恵「暗黙知」を突き止め「形式知化」を可能にした．これらの知見により，伝統技術の製造技能，すなわち職人技および職人の作製した工芸品の構造や力学的特性の「形式知化」が，先端材料の高機能化に応用を可能とする具体的な手法を確立した．また，本研究で提案した「職人技」とされる「暗黙知」を「形式知化」する手法の確立は，他の伝統技術にも応用できるものであり，伝統技術と先端技術を融合し，新たな社会価値を創出する重要な役割を担う一助になったことは，伝統産業の継承，伝統産業の活性化，伝統の技術による新産業創出など，我が国の経済社会おいても意義深いと考えられる．

本論文の内容は次の 7 報に報告されている．

1. Takayuki SAKAI, Satoshi OKUMURA, Hajime NAKAMURA, Asami NAKAI, Hiroyuki

HAMADA, Akio OHTANI“MECHANICAL PROPERTIES OF STRING/ROPE WITH DIFFERENT NUMBER OF TWISTING”Proceedings of 11th Japan International SAMPE Symposium & Exhibition, TC-4-3, pp.1-4 (2009)

2. Takayuki SAKAI, Daisuke HATANO, Yoshitaka TANAKA, Asami NAKAI, Akio OHTANI, “BRAIDING PULTRUSION SYSTEM FOR CONTINUOUS FIBER REINFORCED THERMOPLASTIC COMPOSITESPE-ANTEC Technical Papers, pp.482-485 (2011)
3. Takayuki SAKAI，Minayuki SHIRATO，Akihiro OHNISHI，Masashi KUME，Michitaro MAKI，Asami NAKAI，Yuji YAMASHITA，Tetsuya YOSHIDA “Biomechanical Analysis of an Expert’s Technique for Producing “Shirabeo ”Strings” Material Sciences and Applications（投稿中）
4. 大谷章夫, 坂井貴行, 仲井朝美“伝統的組紐の変形特性と内部構造に及ぼす影響”繊維学会誌（投稿中）
5. 坂井貴行，圓井良，仲井朝美，芳田哲也，圓井康三，久米雅“縄綯い手技の暗黙知と縄の物性”人間工学（投稿中）
6. 坂井貴行，白土男女幸，芳田哲也，山下雄二，仲井朝美“調べ緒作製過程の生体力学的特性と調べ緒物性”人間工学（投稿中）
7. 坂井貴行，白土男女幸，大西明宏，久米雅，牧道太郎，仲井朝美，山下雄二，芳田哲也“調べ緒の物性と調べ緒職人の生体力学的解析”日本機械学会論文集（投稿中）

以上の結果より，本論文の内容は十分な新規性と独創性，さらに伝統産業の継承，伝統産業の活性化, 伝統の技術による新産業創出があり, 博士論文として優秀であると審査員全員が認めた.