

CO₂レーザー加工による仏壇部品の品質向上に関する研究

デザイン・工芸部 中村寿一, 寺尾 剛, 藤田純一, 岩本竜一*
蔵前千秋**, 井料義郎**, 西多 誠***

Study on Improvement of Processing Butsudan Members by CO₂-LASER Cutting

Toshikazu NAKAMURA, Tuyoshi TERAOKA, Jun'ich FUJITA, Ryuichi IWAMOTO
Chiaki KURAMAE, Yoshirou IRYOU and Makoto NISHITA

仏壇彫刻部品の生産システムを分析し、CO₂レーザー加工が仏壇彫刻部品の生産に有効であるかを検討した。仏壇彫刻のデザインには、宗派、地方型、サイズ、仏壇構造等のデザイン要素があり、部品の種類が非常に多い。仏壇彫刻の構造は、立体感を表現するために、薄い板を積み重ねる構造になっており、CO₂レーザー加工を利用するのに適した構造である。手のみで仕上げた切削面あらかさ14.12 μm(RZ)と同等の切断面が、CO₂レーザー加工で得られ、そのまま仕上げ面として利用できることがわかった。また、CO₂レーザー加工を利用することで、従来の糸のこを用いた手作業中心の加工方法に比べ、相当の効率化が見込まれることがわかった。

1. 緒 言

仏壇彫刻部品の生産は、糸のこや、のみを用いた手作業が中心で、機械化が遅れており¹⁾、価格に占める人件費の割合が非常に高い。したがって、中国等の低賃金労働による低価格の仏壇彫刻部品が大量に輸入されている。平成8年度は、鹿児島県で約3万本の仏壇が製造されているが、その約90%は、輸入彫刻部品が利用されている^{2), 3)}。仏壇彫刻部品を専門に生産している彫刻業者は、非常に経営が厳しい状況にある。本県で生産されている仏壇彫刻部品は、ほとんどが特注品に限られ、生産量も減少しており、仏壇彫刻以外の製品の生産を余儀なくされている。

本県の仏壇業界は、彫刻部門の外に、宮殿部門、木地部門、金具部門等の7つの部門からなる分業体制をとっており、それぞれ企業が独立している¹⁾。全ての製造部門が一地区に残っているのは鹿児島県の川辺地区だけであり、川辺は、全国の仏壇業界に対し、仏壇部品の供給基地になっている。しかし、前述したように、このままでは彫刻部品が、川辺から供給できなくなるおそれがあり、伝統産業を継承するためにも、全ての仏壇加工が川辺で行える体制を、維持していく必要がある。業界から、仏壇彫刻部品の生産量の増加を目指した生産システムの改善が強く求められている。

近年、CO₂レーザー加工による金属以外の素材への利用化の研究が盛んに検討されている^{4), 5)}。CO₂レーザー加工の木質材料への実用例では、段ボール等の抜型(ダイボード)の製作や、表面から約0.5~1.0mmの深さで彫刻加飾するエ

ンボス加工、あるいは、厚さ約5mmのMDFボードを切り抜きホトケース等の小物の製作等が上げられる。

本研究は、仏壇彫刻部品の生産工程を分析し、問題点を抽出し、生産の効率化と共に品質の向上を図るために、CO₂レーザー加工が仏壇彫刻部品の生産に有効であるかを検討することが目的である。

2. 実験方法

2.1 仏壇彫刻部品生産工程の分析

彫刻部品メーカーにおいて、浄土真宗本願寺派の京都型仏壇に用いる彫刻部品の、材料の木取りから本彫りまでの生産工程を分析した。分析では、彫刻デザインの要素、部品の数、加工の手順、工程毎の作業時間等を把握し、問題点の抽出を行った。

2.2 CO₂レーザー加工による加工実験

2.2.1 供試材

金仏壇の彫刻材料に、最もよく利用されている北洋材のベニマツ{学名: *Pinus koraiensis* SIEB. et ZUCC. (Pinaceae, マツ科)}を供試材料とした。ベニマツは、早材部と晩材部との材質の差が小さく、全体に均質で、粘りがあり、のみが立ち易く、彫刻材料に適している。表1に供試材の性質を示す。

表1 供試材の性質

樹種名	気乾比重	含水率 (%)
ベニマツ	0.43	13.0

*機械技術部, ** (有)匠の家, ***澁谷工業(株)

2. 2. 2 NC加工データの作成

現在の仏壇彫刻部品の加工法と比較するために、彫り師が手作業で彫った部品から、加工用データを作成した。

図1に示すように、彫り師が彫った浄土真宗西本願寺派の京型22サイズ仏壇の一部品である「さがり」の外形輪郭を紙にトレースし、スキャナーで読みとり、輪郭データをDXFファイルに変換し、CAD・CAM自動プログラミングソフトで、レーザ加工用NCデータを作成した。

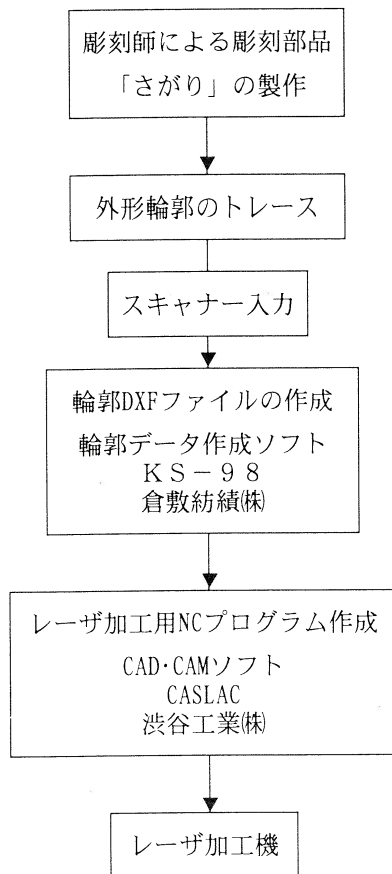


図1 レーザ加工用データ作成フロー

表2 レーザ加工条件

レーザ出力	280w~940w (CW)
送り速度	1.5m/min~2.0m/min
アシストガス	エアー (5kg/cm ²)
焦点	0

2. 2. 3 レーザ加工条件

CO₂レーザ加工機は、レーザ出力(定格出力CW:1,100W・PW:20,00W)、ワークテーブル(テーブル固定でレーザ

光がX軸・Y軸に移動するビーム・フライング方式)、レーザガス(CO₂2%, N₂26%, He72%), 渋谷工業(株)製のファルコン-Sを用いた。

加工条件を表2に示す。

2. 2. 4 レーザ切断面あらしの評価

切断面のあらしは、触針式の表面あらし測定機を用い、図2に示すように、23mm幅の切断面を1mmピッチで測定した。

レーザ切断面、手送りによる糸のこ切断面、あるいは、手彫りによる彫刻刀の切断面のあらしを、木端面(木繊維に平行な面)と木口面(木繊維に直交な面)で測定し、それぞれを比較した。レーザ加工面が、そのまま彫刻部品の仕上げ面として、利用できるかを検討した。

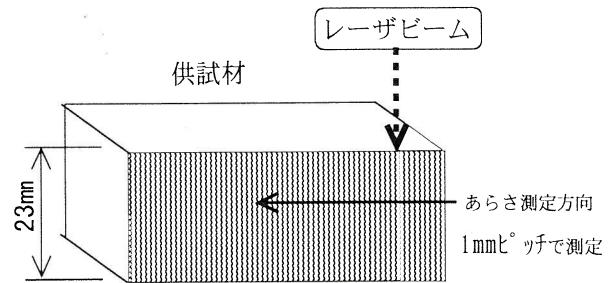


図2 切断面あらし測定位置

3. 結果及び考察

3. 1 仏壇彫刻部品のデザイン

仏壇のサイズは、扉を閉めた仏壇正面の幅を意味しており、22サイズとは、仏壇正面の幅が2尺2寸(約660mm)の仏壇を示している。川辺では、主に15サイズから36サイズの仏壇が生産されており、20サイズ前後のものが最も多く生産されている。浄土真宗本願寺派の京都型22サイズの仏壇に用いる彫刻部品を図3に示す。

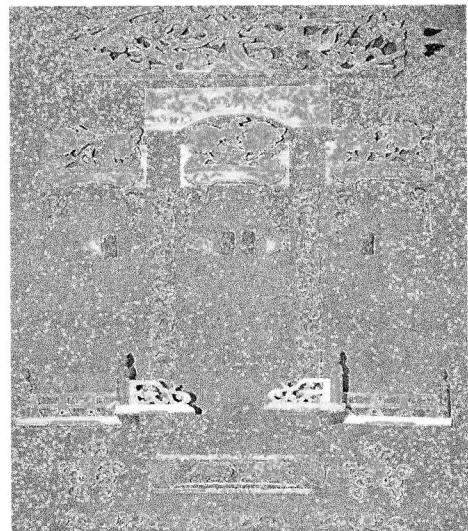


図3 浄土真宗京型22サイズの彫刻部品

部品には、欄間、小欄間、さがり、小さがり、勾欄、須弥壇、箱差、中段腰等があり、13のブロックに分けられ全部で98個のパーツで構成されている。

彫刻の絵柄は、仏壇の上の方に、雲、天女、鳳凰、中程には、唐草、花木、人物、象、下の方には水竜、唐獅子が多い。絵柄は、仏教の教えと密接に関係しており、中程にある須弥壇を境にして、上は極楽浄土、下は現世を表現している。したがって、仏壇上部には、空想の世界のデザインが多い。

仏壇には、宗派によって固有のデザインがある。各宗派の寺院からの強い意向がデザインに反映されている。特に絵柄のモチーフは、各宗派で異なり、彫り師の意向で勝手に柄を変えることはできない。しかし、最近では、消費者の仏壇に対する意識が変化している。仏壇は、単に祖先を供養するものという意識を持った、宗教色の薄れた無宗教の消費者が増え、仏壇のデザインも多様化の時代に向かっている。

仏壇彫刻のデザインには、宗派（浄土真宗、浄土宗、禅宗、日蓮宗等）、地方型（京型、大阪壇、名古屋壇、彦根壇、金沢壇等）、サイズ（15～36等）、仏壇構造（半台付、三方開き、ガマ戸、御堂作り等）等のデザイン要素があり、仏壇彫刻の部品の種類は相当の数になる。その数は、4,000以上になると言われている。同じ部品、絵柄であっても彫り師によって彫り方は異なり、それぞれ固有のデザインを持っており、彫り師はそのほとんどを頭と腕に覚え込んでいる。

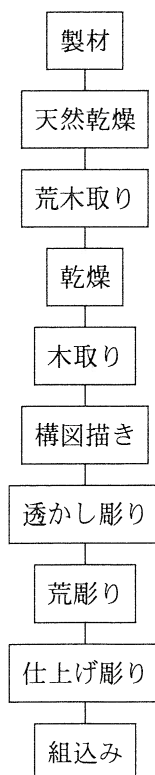


図4 仏壇彫刻の製造工程

3.2 仏壇彫刻部品の製造工程

仏壇彫刻の製造工程を図4に示す。以前は、透かし彫りの後と荒彫りの後にそれぞれ約1カ月ほどの乾燥期間をおいていたが⁽⁶⁾、現在では、乾燥条件が良くなったことと、短納期を迫られているために、木取りから組込みまでを一気に行っている。

木取りは、丸鋸や自動一面鉋盤等の木工機械を使用するが、構図描き以降は、ほとんどの作業を手で行う。

構図描きは、直接、板に描く。数量のあるものは、型紙に描き、それを写すことがあるが、現在では、小ロットの注文が多いために、ほとんど構図描きは直接材料に描かれている。左右対称の構図は、まず半分を描き、その絵を元に、カーボン紙を用い残り半分を写し描く。考えながらの作業であるので、欄間や小欄間、さがりなどは、この構図描きに、相当な時間を取られている。構図描き作業を図5、図6に示す。

構図描きが終了すると、ボール盤と糸のこを用い、中の透かしと外形の不要部分の切り取りを行う。透かしの作業を図7に示す。

手による本彫りを、図8に示す。

最後に、細かく彫られた彫刻部品を、塗装に支障が無い範囲で、接着剤で組み立てる。あるいは、分解ができるように、竹ぐしで組む。

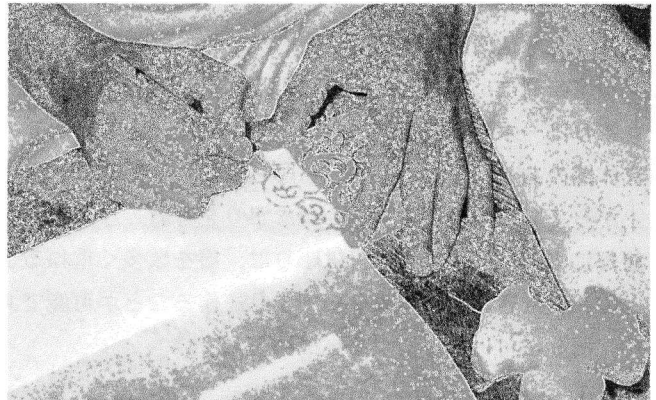


図5 構図描き作業



図6 構図描き作業



図7 透かし作業

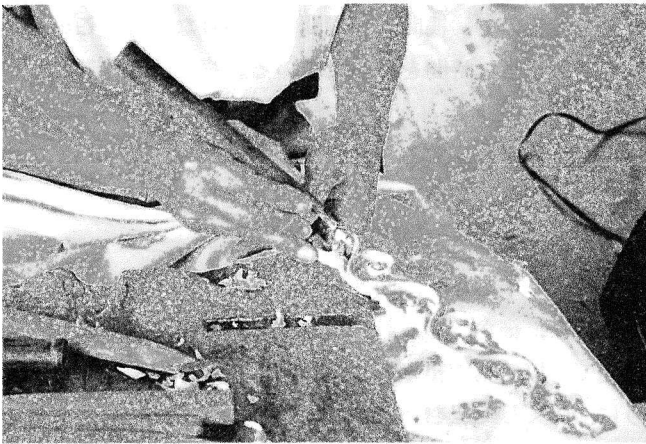


図8 本彫り作業

3.3 仏壇彫刻部品の構造

仏壇彫刻には、丸彫りと付け彫りの2種類の構造がある。丸彫りは一木彫りであり、付け彫りは、欄間や小欄間等の立体感のある部品に用いられる彫り方で、3~5の層で組上がっており、各層の絵柄のつながりを考慮しながら、各層毎に彫刻が行われる。付け彫りは、層を数多く重ねることで、奥行きのある複雑な彫刻製品を作ることが可能である。図9に付け彫りによる小欄間を示す。

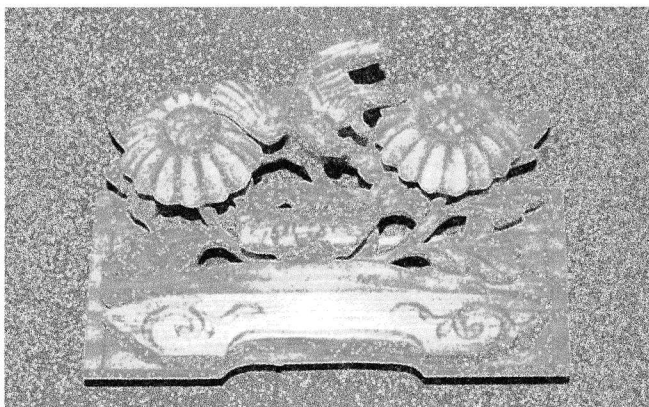


図9 付け彫り構造による小欄間
(高さ80×長さ160×奥行き50mm)

この付け彫りの構造は、CO₂レーザー加工に適している構造である。大型仏壇の欄間などは奥行きが100mmあるものもあるが、付け彫り構造であれば、薄い板の切断を繰り返せばいいので、CO₂レーザーを有効に利用することができる。CO₂レーザーで一度に100mmの厚みの材料を切り抜くことは、材料の炭化や、切断面の粗さ、切断時間等を考慮すれば実用的でない。

3.4 レーザ切断面あらしの評価

表3に、糸のこ、丸鋸、彫り師の彫刻刀による手彫りの切断面のあらし測定結果を示す。これらの3つの切断方法では、切断面が、ほとんど均一なあらし状態だったので、平均を示した。

糸のこでは、木口面と木端面のあらしの差が非常に大きく、木口面は木端面より約3倍のあらしがある。彫刻部品は、ほとんどの構図が曲線で構成されているので、糸のこの切断は木口切断が主になり、部品全体の切断面があらくなると思われる。

彫り師の彫刻刀による手彫り面のあらしは、木口面と木端面の差はあまりないが、木口面より木端面のあらしが大きい。糸のこの結果とは、逆の現象である。このことは、木口面は、逆目の発生が無く材質が均一なために、抵抗無く切削できるが、木端面は、彫刻刀で木繊維と平行に切削するので、逆目が発生しやすいため、切削面にむらが出るものと思われる。

表3 糸のこ、丸鋸、彫刻刀の切断面あらし

切断方法	繊維方向	平均あらし(RZ)
糸のこ	木口	29.03 μm
	木端	12.58 μm
丸鋸	木口	10.67 μm
	木端	10.00 μm
彫刻刀	木口	11.45 μm
	木端	14.12 μm

*糸のこ切断：手送り速度約600mm/min

CO₂レーザーによる切断では、出力を、940w、720w、460w、280wの4通りにし、送り速度を、1.5m/minに統一した。出力が280wにおいてのみ、一部切断されてない箇所があり、木口面で、板厚23mmに対し残り約5mmの切断が不完全であった。

図10、11に、出力940wと280wでの、切断深さとあらしの関係を示した。木口面が木端面よりあらしが大きく、切断深さが15mmをすぎたあたりからその差が顕著になり、深さ20mmあたりでは、その差が約2倍になる。

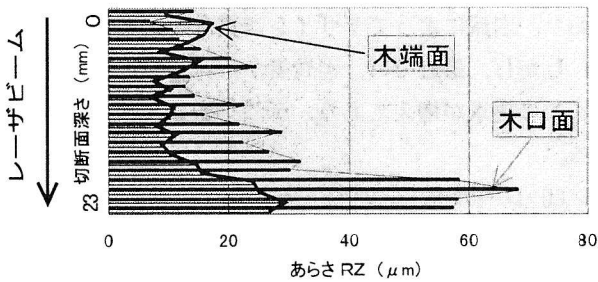


図10 CO₂レーザー切断による、切断深さとあらさの関係 (980w, F1, 500)

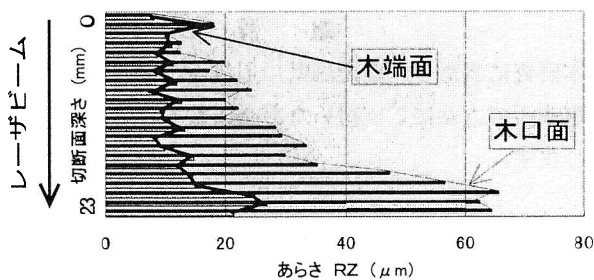


図11 CO₂レーザー切断による、切断深さとあらさの関係 (280w, F1, 500)

出力940wと280wを比較すれば、木端面においては差はあまり無いが、木口面において出力940wの方があらさが小さい。

CO₂レーザーが仏壇彫刻部品加工に有効であるかは、CO₂レーザー切断面の品質が、最低でも糸のこの切断面より優れていなければ、メリットがない。さらに、CO₂レーザー切断面が彫刻刀の切断面に近い品質であれば、そのまま仕上げ面として利用できる。表3の結果から、手彫りの木端面のあらさが14.12 μ m(RZ)である。この値を基準にして、CO₂レーザー切断面のあらさを検討すれば、以下のことがいえる。出力940wでは、木端面で深さ約18mmまで、木口面で深さ約12mmまでは、彫刻刀より、あらさが小さい。出力280wでは、木端面で深さ約18mmまで、木口面で深さ約6mmまでは、彫刻刀より、あらさが小さい。したがって、今回の加工条件においては、出力940wでは、板厚12mm以下の材料を、また、出力280wでは、板厚6mm以下の材料を仏壇彫刻材料として利用すれば、CO₂レーザー加工の利用がより有効である。

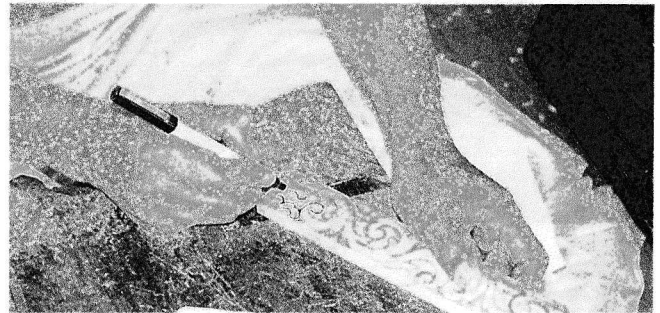
3. 5 レーザ加工による効率化の検討

浄土真宗西本願寺派の京型22サイズ仏壇の一部品である「さがり」において、従来の手作業中心の生産と、CO₂レーザーを用いた生産との、比較を行った。「さがり」の寸法は、厚さ9mm、幅35mm、長さ350mmである。

従来の方法を図12に示した。構図を描き、糸のこで切り抜くのに15分、さらに、彫刻刀で本彫りし、仕上げるまで

90分を要する。全体で「さがり」1本の加工に105分を要する。糸のこの加工精度が悪いため、25%の材料を本彫りで削りだしている。本彫り作業が長くなる理由として、彫り師は彫りながらデザインを整える、また、糸のこの切断面が凸凹しているため、糸のこの切断面を削り落とす必要があるためである。

CO₂レーザーを用いた方法を図13に示した。加工条件は、出力280w、送り速度1.5m/minである。CO₂レーザーの切断面は手彫りのあらさと同等に仕上げられているので、改めてのみで削る必要はない。また、切り抜きが完成の絵柄の輪郭に合わせて行われているので、彫りながらデザインを整える必要が無く、上面だけを彫刻すればよい。これらのことから、CO₂レーザーの切り抜きに1.5分、彫刻刀による本彫りに30分を要し、従来の方法に比べ作業時間を約1/3に短縮することができた。



(構図描き、作業時間10分)

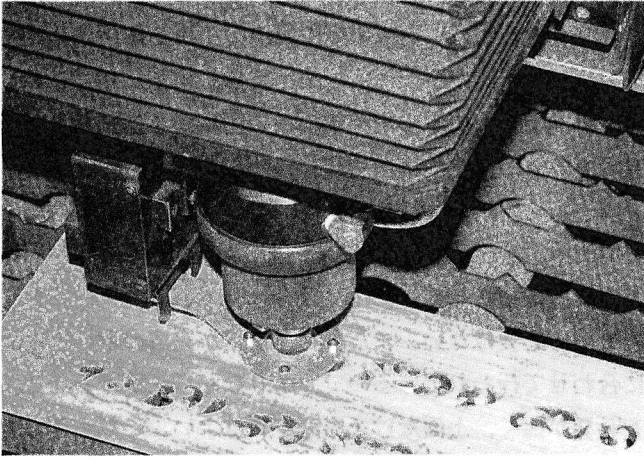


(糸のこによる透かし、作業時間5分)



(本彫り、作業時間90分)

図12 従来の方法による「さがり」の加工



(CO₂レーザーによる透かし彫り⁷⁾, 作業時間1.5分)



(本彫り, 作業時間30分)

図13 CO₂レーザーによる「さがり」の加工

4. 結 言

- (1) 仏壇彫刻のデザインには、宗派、地方型、サイズ、仏壇構造等のデザイン要素があり、部品の種類は、4,000以上になる。

- (2) 仏壇彫刻のデザインは、寺院の意向が強く反映されており、宗派によってデザインは異なる。
- (3) しかし、最近では、消費者から、宗教色の薄れたデザインの要求が増えており、デザインの多様化が求められる。
- (4) CO₂レーザー加工により、手のみで仕上げた切削面と同等の仕上がりを得ることができる。
- (5) 仏壇彫刻部品加工において、CO₂レーザー加工を利用することで、従来の糸のこを用いた手作業中心の加工方法に比べ、相当の効率化が見込まれる。

謝 辞

本研究に当たり、鹿児島県川辺仏壇協同組合をはじめ、各事業所の方々にご支援いただきました。ここに、謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 中村寿一ら：鹿児島県工業技術センター平成8年度研究報告, 10, 5-12
- 2) 鹿児島県川辺仏壇協同組合：川辺仏壇産地実態調査報告書, 26, (1996)
- 3) 宗教工芸社：宗教工芸新聞, 8-9, (1996, 5, 15)
- 4) 徳永忠儀ら：日本機械学会九州支部講演論文集No.978-2, 345-347, (1998)
- 5) ㈱産業技術サービスセンター：最新レーザー加工技術総覧, 302-315
- 6) 社団法人日本漆工協会：日本の伝統仏壇集, 65-80
- 7) 渋谷工業(株)：サイラスニュース, 35, (1997, 9, 15)