

Yarn Path on a Mold for Double Sheet Bend Knotter

KIKURA Hirotaka, SHINTAKU Sukenori*, KINARI Toshiyasu, SHIMOKAWA Tomotsugu

*Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University,
Kakuma-machi, Kanazawa 920-1192, Japan*

Received 28 December 2007; accepted for publication 4 June 2008

Abstract

Knot strength is very important in processing ropes than other textile products. Thus double sheet bends are usually used in rope mills, because their knots are small and strong in order to tie two threads of yarn. These knots have been made by manual operation. These mills, therefore, are demanding to be able to make these knots automatically in order to improve process efficiency.

In this study, we have developed a knotter which is able to form a double sheet bend by using a set of molds. First, we designed a path to carve tracks on the surface of the mold by using the Dowker notation. But this path was too complicated to thread yarn through the path easily. Furthermore, it is desired that the knotter can be carried by a worker in rope mills. We, therefore, have moved and/or composed paths in order to obtain the simpler path for double sheet bends. Finally, we have integrated these molds and instruments such as air cylinders and linear guide ways in order to make a double sheet bend knot automatically.

Key Words: Double sheet bend, Mold, Yarn path, Dowker notation

型を使用した二重機結び機の型経路

木倉寛隆, 新宅救徳*, 喜成年泰, 下川智嗣

金沢大学大学院自然科学研究科

1. 緒言

糸のような長い物体を繋ぐ方法には、糸と糸を撚り合わせる方法や接着する方法、そして結ぶ方法がある。現在、糸を繋ぐ装置にはノッター[1]やスプライサー[2]があり、既に完成度の高い製品として市販されているが、未だ作業員の手によって結ばれている結び目も少なくない。例えば、織機のたて糸が切れたときは機結び[3]によってたて糸をつなぐ。また、ロープは他の繊維製品にも増して、引張りに対する強度がより重要であるため、素材であるヤーンとヤーンの結索には二重機結び[4]が使用されている。

我々は先に「型」を使用することで、容易に結び目の形を作る方法を示した。そして、ドウカーの表示法を使用し、「経路の移動」、「経路の合成」、「経路の分解」を行うことで、止め結びの型に掘られる溝の経路設計を行った[5]。一方、ロープの製造現場ではヤーン同士を強く結索する必要がある

ため、止め結びよりもさらに複雑な二重機結びを用いることが一般的である。二重機結びの経路をドウカーの表示法で設計した場合、止め結びに比べ非常に複雑な経路となるため、実用化する上で支障をきたし、経路の簡素化が重要となる。このため我々は先に報告した「経路の移動」、「経路の合成」、「経路の分解」を行うことによって、実用可能な経路を設計し、設計した二重機結びの経路を使用して型を作成した。併せて、空気流を用いて型に糸を通入し、型の開閉機構を取り付けることにより、二重機結びを自動的に形成することのできる機構を完成させた[6]。本論文では先に提案した、型の経路設計[5]手順を用いて、実用化には適さないような複雑な型の経路を、実用可能な経路に簡略化する手順を示す。

2. 二重機結びの経路設計

Fig. 1にドウカーの表示法[7]を利用した二重機結びの経路

* 連絡先：金沢大学大学院自然科学研究科機能機械科学専攻 920-1192 金沢市角間町
E-mail: sintaku@t.kanazawa-u.ac.jp, Tel: +81-76-234-4693, Fax: +81-76-234-4695

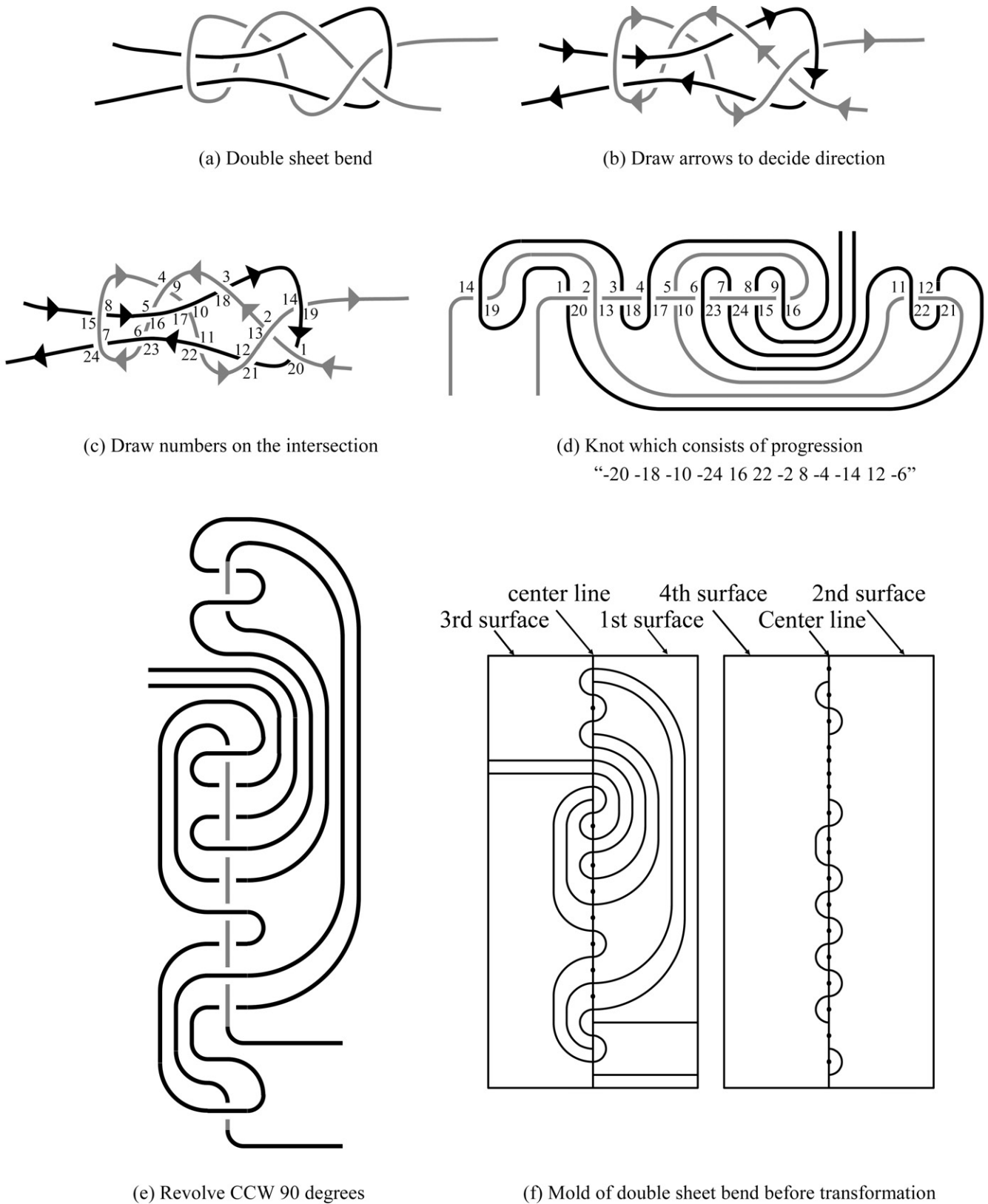


Fig. 1 Path design of double sheet bend by using Dowker notation.

設計を示す。まず、(a)のように二重機結びを用意する。先の報告[5]では結び目理論において結び目は閉曲線であると説明した。今回、工業的に使われている、閉じていない結び目を使用するが、仮に閉じた結び目を考えれば問題ないため、

一般的である工業的な結び目を使用する。(b)のように結び目に沿って矢印を描いていき、向きを付ける。そして(c)のように、ある交点を決め、その交点を1、次の交点を2というように順に番号を振っていく。最終的に1つの交点には偶

数と奇数の番号が1つずつ付くこととなり、“-20 -18 -10 -24 16 22 -2 8 -4 -14 12 -6”という数列を得ることができる。そしてこの交点に付いた番号に注目して、(d)に示すように交点が一直線になるように射影図を描きなおす。

次に射影図を経路に適応させることを考える。先の報告[5]と同様、4分割可能な型による経路を設計する。(e)は(d)を反時計回りに90°回転させて、交点を縦に並べたものである。また、説明のため、交点から縦に出ている線を灰色で表している。まず(e)の黒色の線の部分(交点から横に出ている線)を(f)の第1面と第3面にあると考える。この時、中心線は交点を通る縦の線である。次に(e)の灰色の線(交点から縦に出ている線)を考える。(e)で交点の下を通っている場合は(f)において第2面、交点の上を通っている場合は第4面となるように、交点が重ならないように経路を描く。以上の操作を行うことで、二重機結びの経路を描くことができる。

経路設計を行う上で重要な要素として、経路長さや曲率半径の大きさがある。ヤーンを溝に通入するためには掃除機の吸入空気流を使って吸引を行っているが、経路が長くなれば、抵抗が大きくなり吸引力が弱くなる。また、経路の曲率半径が小さくなれば、ヤーンを溝の壁面に押し付ける力が大きくなり、摩擦力も大きくなる。どちらも溝へのヤーンの通しやすさを議論するうえで重要な要素である。もちろん吸引力を大きくすることで、ヤーンを溝に通しやすくすることはできるが、装置の大型化や複雑化に繋がる。また、溝の断面積を拡大することで流量を大きくすることや、曲率半径を大きくすることでヤーンを溝に通しやすくすることもできるが、どちらも型の大型化に繋がる。現場ではしばしば小型なものが求められる。特に二重機結びはヤーンを繋ぐ場所がその時々で異なるため、装置を移動させる必要がある。そのため小型であり、かつ軽量なものが求められている。しかし、Fig. 1で設計した経路は長く、また曲率半径の小さなところ、特にある面から別の直角に交差した面に経路が曲がる場所が多いため実用性に乏しいと考えられる。また、経路が複雑であるため、型から取り出してもうまく結び目を締めることができない可能性もある。そこで先に報告[5]した「経路の移動」、「経路の合成」、「経路の分解」を行うことで、Fig. 1(f)の経路図を変形する。上記の問題を解決するために、経路長さが短く、曲率半径の小さなところを減らした単純な経路を目指す。

Fig. 2に二重機結びの変形過程を示す。今回、経路変形を説明するに当たり、経路の断面図を使用している。また経路の変形を行う直前の場所を灰色の線で表している。以下の手順により、簡潔化した二重機結びの経路を作成することができた。

経路を短くするためには「経路の合成」を行う必要がある。しかし、与えられた経路は直接「経路の合成」を行えない状態のため、「経路の移動」を行うことで「経路の合成」が行える状態にする。そして「経路の合成」を行うことで経路を短くする。

(1)→(2) 経路の移動, (2)→(3) 経路の合成 /

(3)→(4) 経路の移動, (4)→(5) 経路の合成 /
 (5)→(6) 経路の移動, (6)→(7) 経路の移動, (7)→(8) 経路の合成, (8)→(9) 経路の合成, (9)→(10) /
 (10)→(11) 経路の移動, (11)→(12) 経路の合成 /
 (12)→(13) 経路の移動, (13)→(14) 経路の移動, (14)→(15) 経路の合成, (15)→(16) 経路の合成 /
 (16)→(17) 経路の移動, (17)→(18) 経路の合成 /
 (18)→(19) 経路の移動, (19)→(20) 経路の移動, (20)→(21) 経路の合成, (21)→(22) 経路の合成, (22)→(23) /
 (23)→(24) 経路の移動, (24)→(25) 経路の合成, (25)→(26) 経路の合成 /
 (26)→(27) 経路の移動, (27)→(28) 経路の移動, (28)→(29) 経路の合成, (29)→(30) 経路の合成 /
 (30)→(31) 経路の移動, (31)→(32) 経路の移動, (32)→(33) 経路の合成, (33)→(34) 経路の合成, (34)→(35) /
 (35)→(36) 経路の移動, (36)→(37) 経路の移動, (37)→(38) 経路の合成, (38)→(39) /

(39)でどの経路に対しても「経路の移動」を行うことができなくなった。(39)は(1)に比べ十分経路が短くなり、また経路が直角に曲がる場所も減少しているため、その目的を十分に達成している。しかし、さらに経路変形を行うことで、より単純な経路を見つける可能性を模索する。そのために「経路の合成」とは逆の操作である「経路の分解」を行い、再度「経路の移動」を行えるようにし変形を行った。Fig. 1(39)~(53)に、本研究で発見した最も簡素化したと考えられる経路の変形過程を示す。

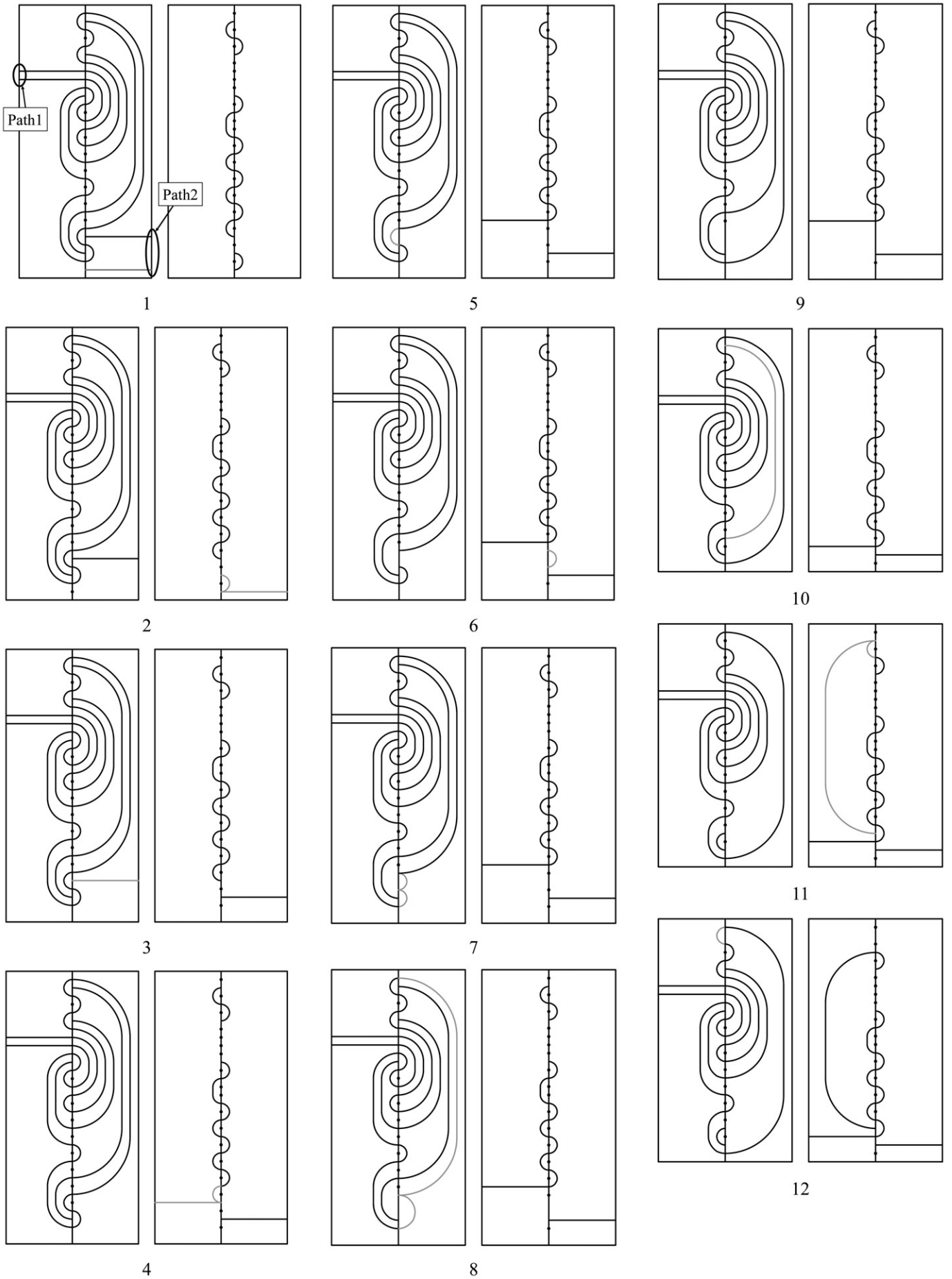
(39)→(40) 経路の分解, (40)→(41) 経路の分解, (41)→(42) 経路の移動 /
 (42)→(43) 経路の分解, (43)→(44) 経路の移動 /
 (44)→(45) 経路の分解, (45)→(46) 経路の移動, (46)→(47) 経路の移動, (47)→(48) 経路の移動, (48)→(49) 経路の合成 /
 (49)→(50) 経路の移動, (50)→(51) 経路の合成, (51)→(52) 経路の合成, (52)→(53) /

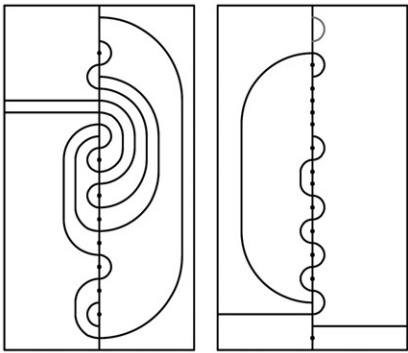
(1), (39), (53)の三つの経路を比較する。

「中心線を通る交点の数」に着目する。これは型の高さの指標となる。(1)は32個、(39)は15個、(53)は16個であり、(1)に比べ(39), (53)は十分に交点数が少なくなり型の高さが低くなったと言える。

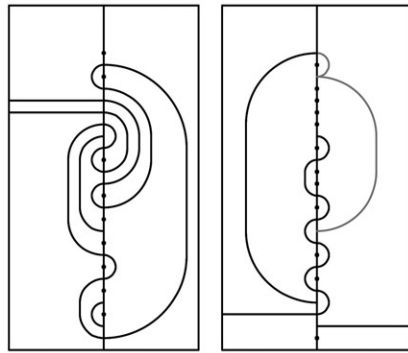
次に、「経路長さ」に着目する。これは糸の通しやすさの指標となる。交点間隔を10 mmとしてFig. 2に表した経路長さを計算すると、(1)の経路1は1364 mm、経路2は1177 mm、(39)の経路1は553 mm、経路2は536 mm、(53)の経路1は578 mm、経路2は524 mmであり、(1)に比べ(39), (53)は十分に経路が短くなりヤーンを通しやすくなったと言える。

また、「経路が直角に曲がる場所」に着目する。これも糸の通しやすさの指標である。(1)は6箇所、(39)は2箇所、(53)は0箇所である。他の指標が(39)と(53)ではほぼ等しいため「経路が直角に曲がる場所」の少ない(53)が最もヤーンを通しやすい経路と考えられる。

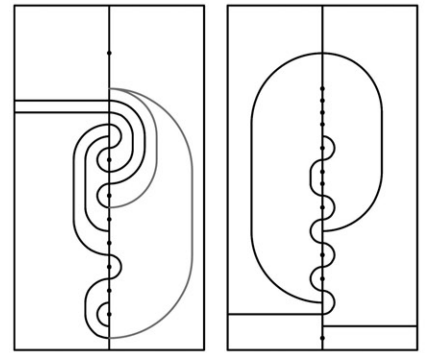




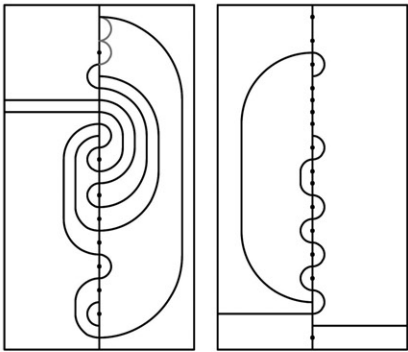
13



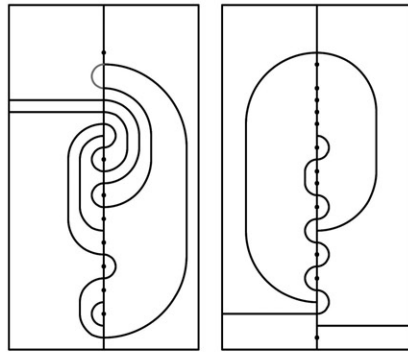
17



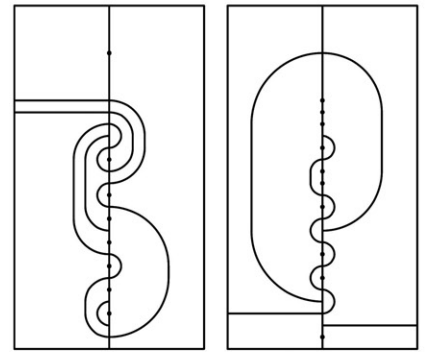
21



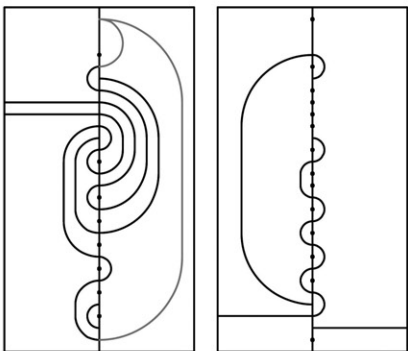
14



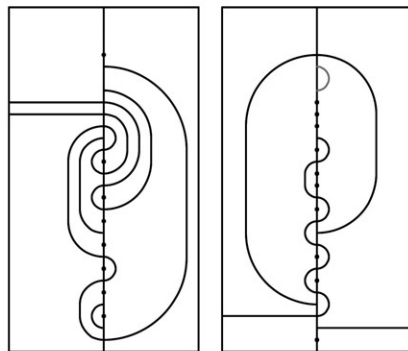
18



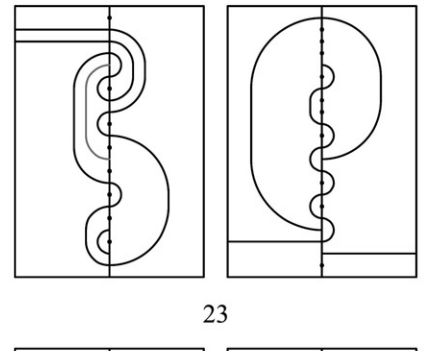
22



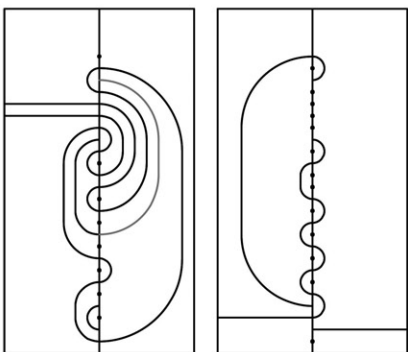
15



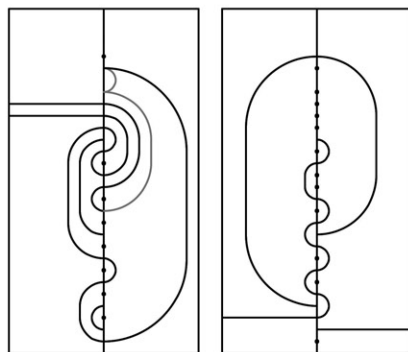
19



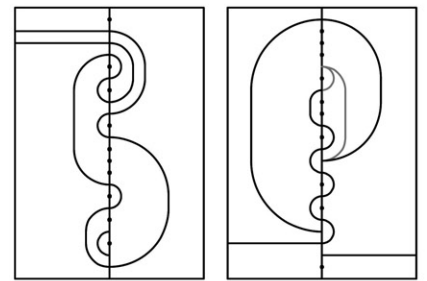
23



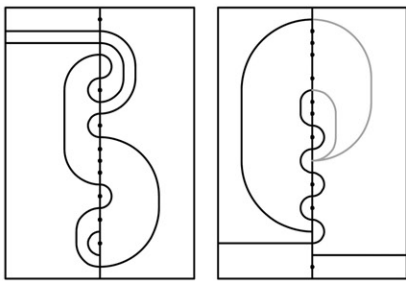
16



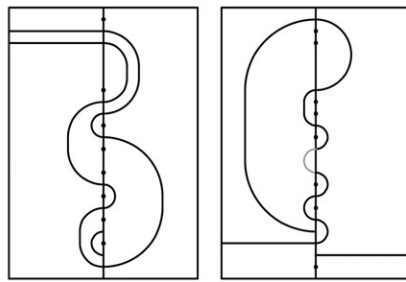
20



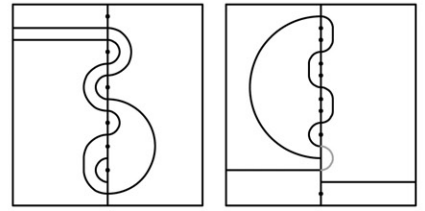
24



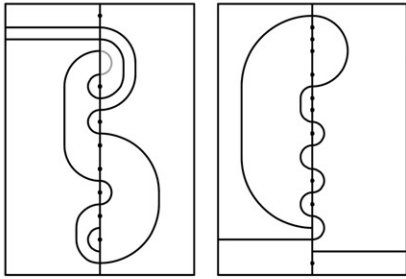
25



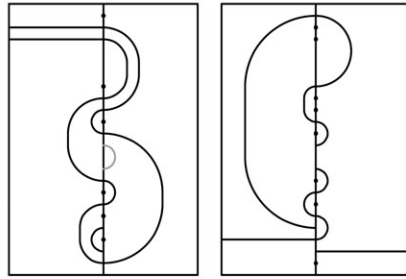
30



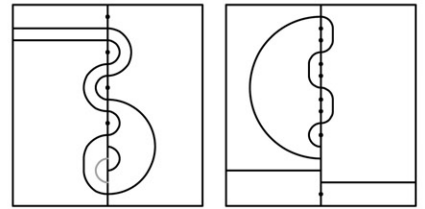
35



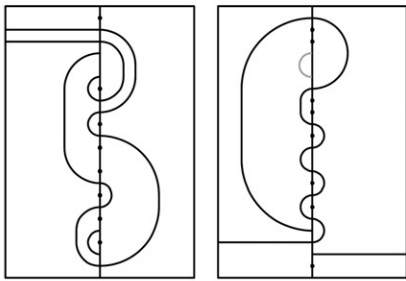
26



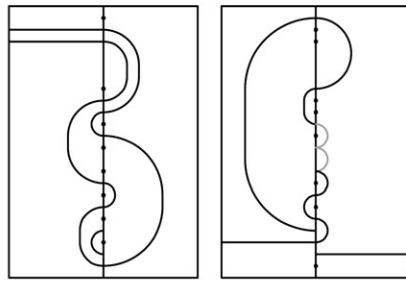
31



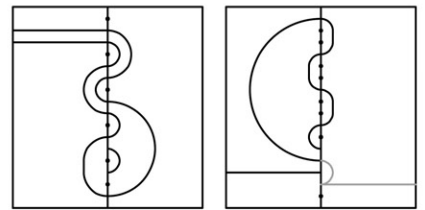
36



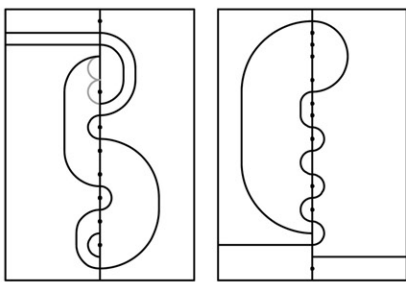
27



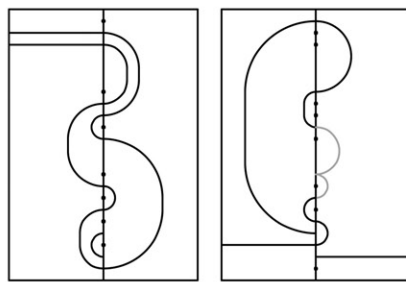
32



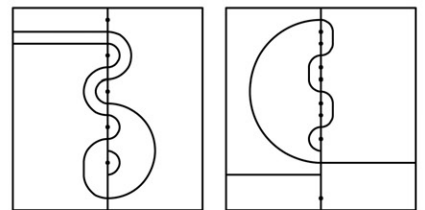
37



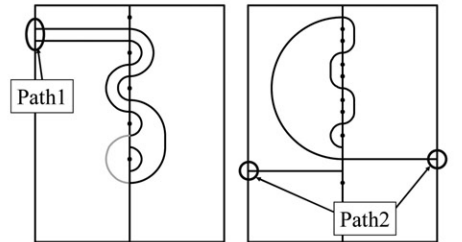
28



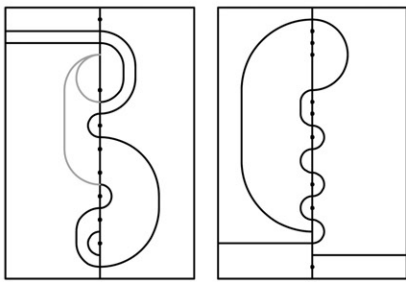
33



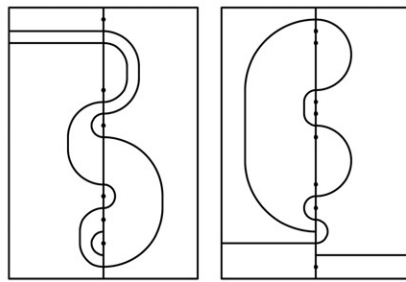
38



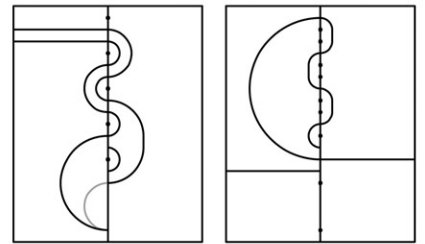
39



29



34



40

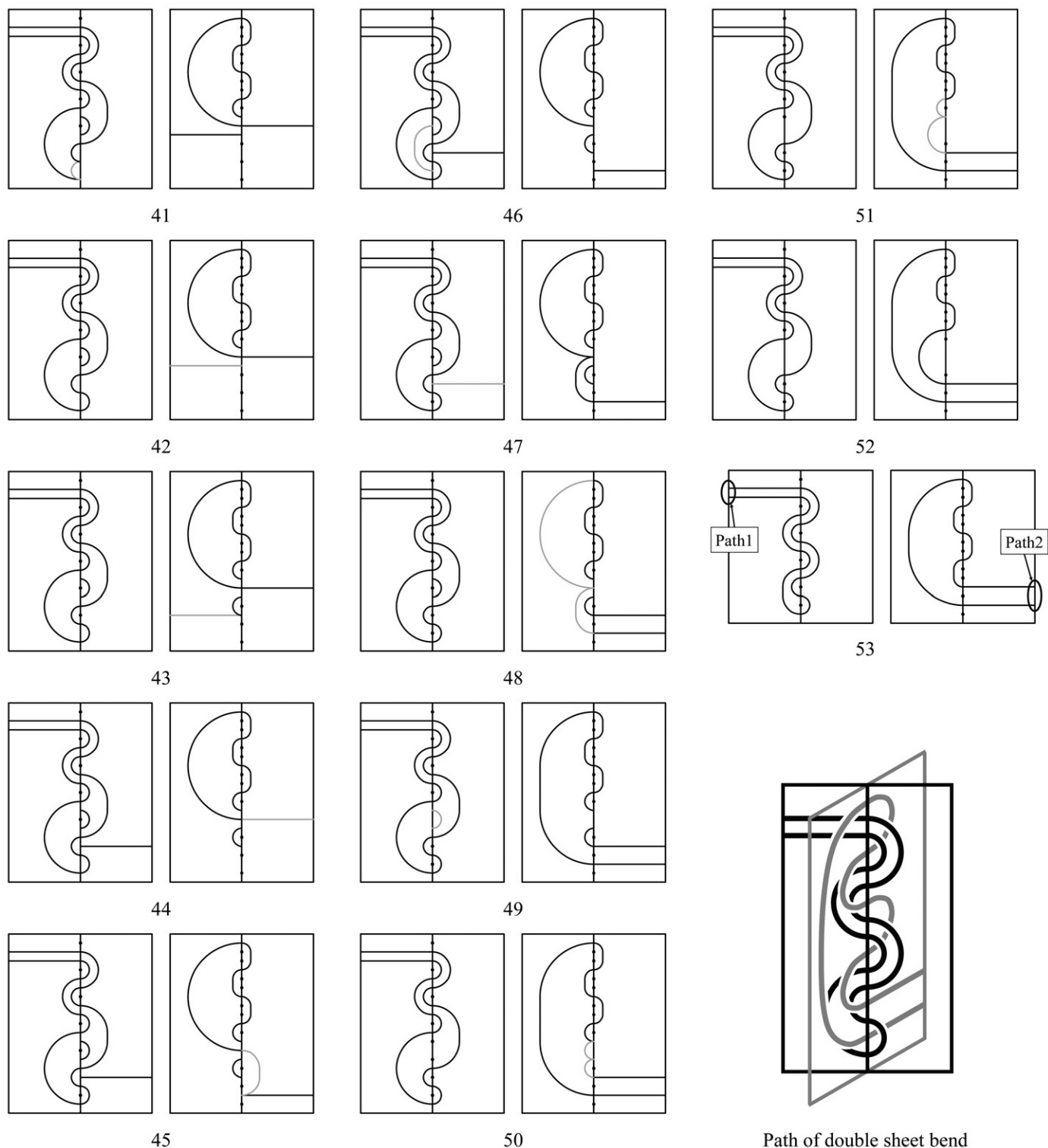


Fig. 2 Transformation process of double sheet bend.

3. 装置

前節ではFig. 2(53)の経路が最もヤーンを通しやすいと結論付けた。このFig. 2(53)の経路を使用して設計した二重機結びの型をFig. 3に示す。直径3 mmのヤーンを通すことを想定して、型に余裕を持って通すために溝は直径8 mmと

した。

Fig. 3に示した型を使用し、ヤーンの固定、型の開閉および結び目の締め込みを行う装置と組み合わせて、Fig. 4に示す結索機を試作した。(a)は型が閉じた状態で、このときにヤーンを通入し、結び目を形成する。(b)は型が開いた状態で、このときにできた結び目を取り出す。また、Fig. 4の平

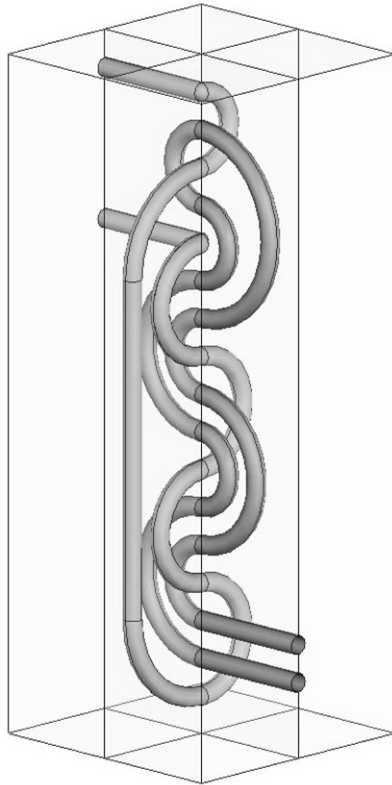


Fig. 3 Mold of double sheet bend.

面図を Fig. 5 に示す。(a)は型が閉じた図、(b)は(a)の型の部分を拡大した図、(c)は型が開いた図である。

結び目の形成方法を以下に示す。まず Fig. 5 (a)に示す型が閉じた状態で、A、B 2箇所を経路入口から型にそれぞれのヤーンを挿入する。ヤーンが溝の出口まで通入されたことを検知したら、Fig. 5(b)に示すA、Bの出口部分で通入されたヤーンを固定する。そしてエアシリンダ1とエアシリンダ2を駆動させ、Fig. 5 (c)に示すように型を開く。このとき、型

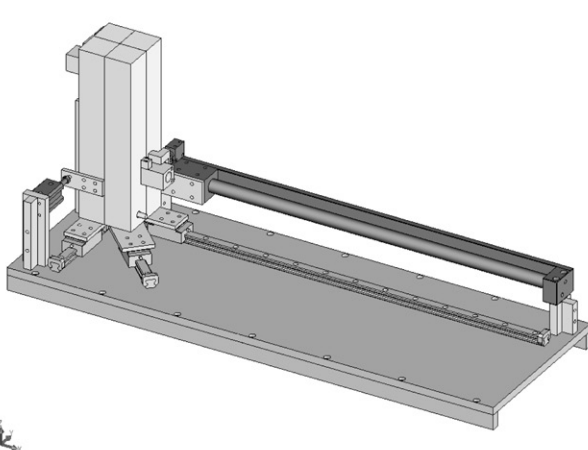
1は固定されており、型2はエアシリンダ1によって、型3と型4はエアシリンダ2によって移動される。それぞれの型の下にはリニアガイドが取り付けられており、型の移動を制御している。さらに型2にはヤーンを固定する装置が取り付けられているため、型2が開くと同時に結び目を締め込む作業を行う。最後にヤーンを固定する装置からヤーンを取り外し、結び目を得ることができる。

今回設計した装置では結び目のテールを短くすることができなかった。また、型は小さくなったが、結び目を締め込むためにロングストロークのエアシリンダを使用したため、結果的に装置自身は大きくなってしまった。今後、実用化にあたっては、これらの問題を改善していく必要がある。

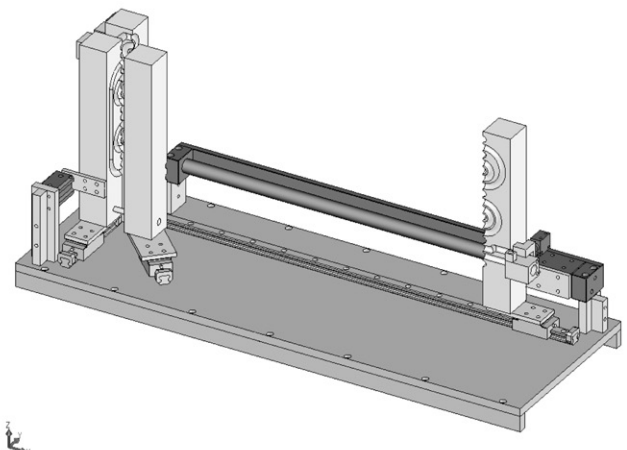
4. 結 言

ドッカーの表示法を利用し、二重機結びの経路設計を行った。しかし、設計した経路は複雑なものであり、ロープ作成用のヤーンとヤーンの結索機として実用化することは困難であった。そこで「経路の移動」、「経路の合成」、「経路の分解」を行うことで、経路の簡素化、型の小型化を図り、十分に実用化できる経路を得ることができた。そして、エアシリンダ等の周辺機器を取り付けることでヤーンの固定、型の開閉、結び目の締込を自動で行うことのできる結索機を試作した。試作した結索機にはいくつか実用化にあたって改善すべき点はあるが、本研究で提案した経路により、二重機結びが作成できることを実証した。本研究では試行錯誤により経路の移動・合成・分解を行って経路設計を行ったが、この過程を何らかの規則により推論できるシステムの開発も望まれる。

型の製作に関し、協力いただいた金沢大学技術支援センターに感謝します。

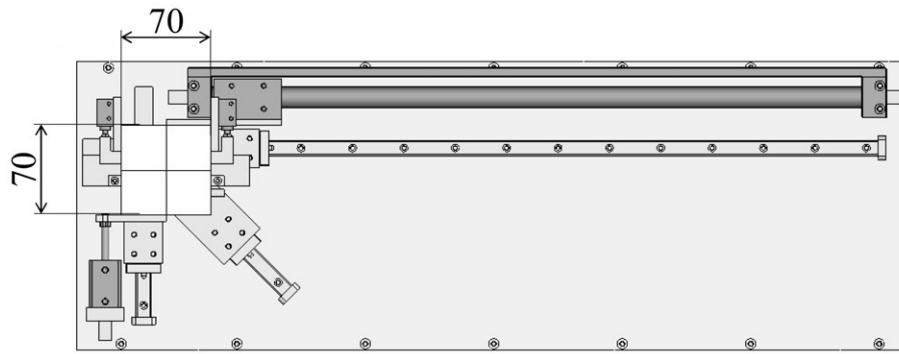


(a) Closed the mold

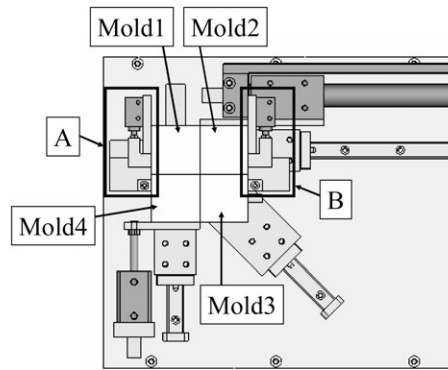


(b) Opened the mold

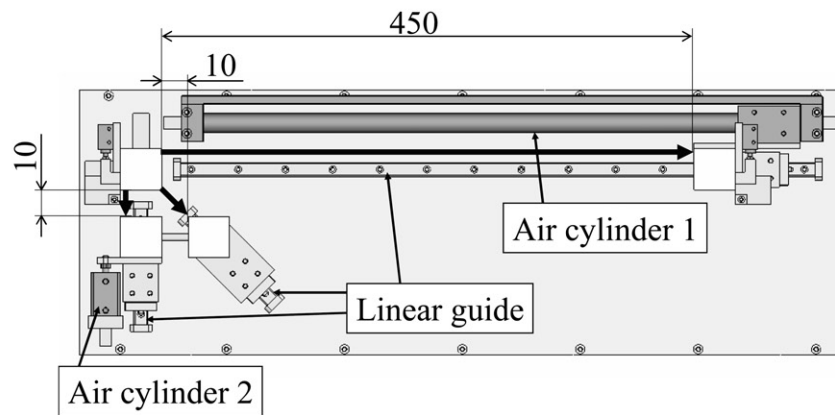
Fig. 4 Device which makes double sheet bend.



(a) Closed the mold



(b) Enlarged view



(c) Opened the mold

Fig. 5 Ground plan of device which makes double sheet bend.

References

- [1] Sen-i Sogo Jiten Henshu Innkai (2002) "Sen-i sogo jiten", p491, Senken Shinbunsha, Tokyo
- [2] Sen-i Sogo Jiten Henshu Innkai (2002) "Sen-i sogo jiten", p337, Senken Shinbunsha, Tokyo
- [3] Haneda O (2002) "Himo to ropu", p29, Ikeda Shoten, Tokyo
- [4] Tomita M (2004) "Ropu to himo musubi hyakka", p152, Shuhunotomoshia, Tokyo
- [5] Kikura H, Shintaku S, Kinari T, Shimokawa T, J Text Eng, **54**, 83-91
- [6] Shintaku S, Ishida S, Kikuchi J, Kikura H, TOKUKAI 2006-176333, Japan
- [7] Adams CC (1994) "The Knot Book", pp35-41, W. H. FREEMAN AND COMPANY, New York