

# 超伝導浮上を用いた織機の開発

○小西 哉・中沢 賢・鳥海 浩一郎・坂口 明男  
信州大学 繊維学部

## 1. 研究の目的と意義

超伝導現象を応用した非接触動作する機械システムが、最近研究され始めている。これは、冷却された超伝導体上に永久磁石がピン止め効果により安定に浮上することや、均一磁場内で超伝導体が浮上したまま極めて損失の少ない状態で動くことを利用したものである。このような超伝導機械システムは高速で効率の高い動作を実現し、今までの機械装置では成しえなかった機能を実現することができる。

本研究では超伝導機械システムの一例として、横糸入れの工程に超伝導磁気浮上走行を用いた超伝導平面織機と、超伝導非接触浮上を用いた立体状の布を織る織機の一例として、筒状の布を織る超伝導環状織機の開発を目指している。磁気浮上走行は横糸入れの工程の効率を向上させ、非接触浮上は今まで織ることが困難だった立体状の布を織ることを可能にする。

## 2. 超伝導平面織機

横糸入れは製織の工程の中でも重要で、布の地合いや作業効率などに大きく影響し、技術の進歩も激しい部分である。初期の織機では横糸を持ったシャトルが使われ、このシャトルが縦糸の間を往復運動し、横糸がなくなるとそれを人の手により交換していた。後にシャトルの交換が自動化され、さらに現在はシャトルを使わずに直接横糸を入れる方法がとられている。直接横糸を入れる方法としては、エアーやウォータージェットにより横糸を飛ばすものや、レピアと呼ばれるバーが直接横糸を引っ張るものなどがあるが、制御が難しい、効率が悪いなどの問題点を有している。そこで超伝導磁気浮上走行を利用する横糸入れを考えた。均一磁場になるように磁石を敷いて磁石レールを作り、その上に超伝導体を浮上させる。超伝導体は磁石レールの上を極めて抵抗の少ない状態で動くことができるので効率がよく、また磁石レールから外れることがない自己復元機能を有しているので、制御が簡単なシステムにすることができる。

Fig.1 に製作した超伝導平面織機の横糸入れの概略を示す。横糸入れをする方向に均一磁場にな

るように Nd-Fe-B 磁石（長さ 40mm×幅 11mm×厚さ 6mm、磁化 1.1T）を 3 列に敷いて磁石レール（長さ 780mm×幅 33mm）を作り、その上に液体窒素で冷却した YBCO 超伝導体（直径 30mm×厚さ 10mm）を内蔵したシャトルを浮上させ（Fig.2）、縦糸の間を往復運動させる。磁石レールの下部には強磁性体プレートを置き、磁気回路を形成して磁束を収束させ磁気力を高めた。

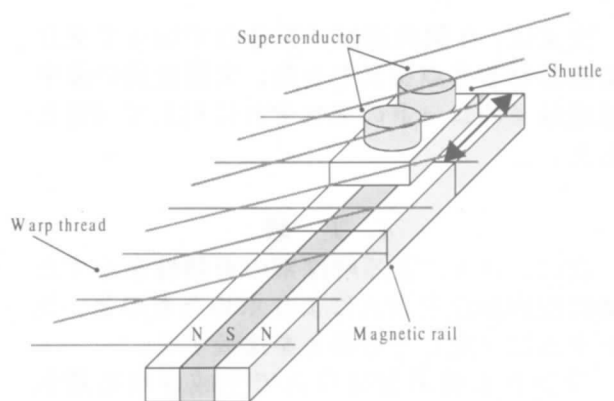


Fig.1 Schematic of wool threading in the planar loom.

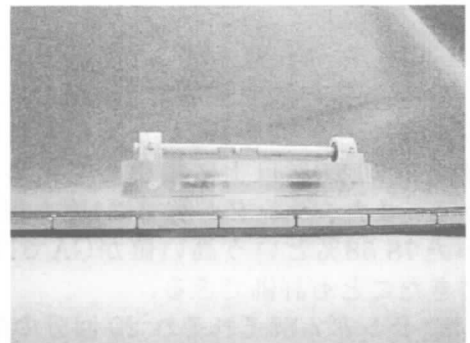


Fig.2 Levitating shuttle.

Fig.3 に製作した超伝導平面織機の写真を示す。縦糸の切り替えと箆の動作を 1 つのモータで駆動できるように、工夫してある。

将来的には横糸を搭載したシャトルを用いるのではなく、超伝導体が直接横糸を牽引する方式に改良する。さらに超伝導体を往復運動させるのはエネルギー効率が悪いので、磁石レールをトラック状にし超伝導体を周回運動させ、トラックの上面と下面で布を 2 枚織ることを考えている。

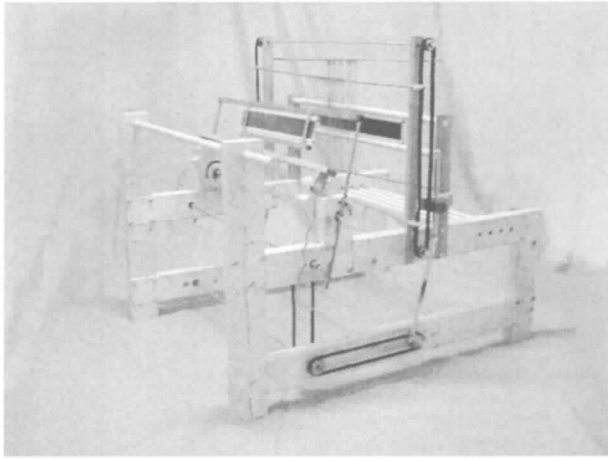


Fig.3 Superconducting planar loom.

### 3. 超伝導環状織機

円筒状の布は内圧が一定になるような部分の被覆としての需要があり、たとえば消防用のホースの製織法に特許[1]が公開されているが、今回の製織法はそれとは全く異なったものである。

円筒状の布を織る織機においては、縦糸を円筒状に配置しそれを円筒の半径方向に交互に開き、その間を横糸が通過する形態をとる。横糸を持ったシャトルを機械的に支持して回転させようとすると、縦糸や筈（おさ）が干渉してしまいシャトルの周回運動が不可能になる。そこで超伝導のピン止め効果による非接触浮上を利用することによりそれを可能にする。

シャトルを周回運動させる方法としては2種類考えられる。リング状の磁石レールの上を、超伝導体を内蔵したシャトルが周回運動する方法[2,3]と、超伝導体を内蔵したロータを周回運動させることにより、ロータ側面に非接触浮上する磁石を内蔵したシャトルを周回運動させる方法である。本研究では後者を選択した。これは後者のほうが超伝導体の冷却が容易であるためである。

本研究で開発中である超伝導環状織機の横糸入れの概略を Fig.4 に示す。中央のロータに超伝導体を埋め込み、液体窒素で超伝導体を冷却する。磁石を埋め込んだシャトルは内側の縦糸を挟んで超伝導体の真横に置かれ、ピン止め効果により宙に浮いている。ロータを回転させると、シャトルは非接触浮上したままロータに追従して周回運動することになる。ロータの駆動はパソコン制御されたステッピングモータにより行う。ステッピングモータを使用することにより、シャトルの位置決めを正確に行うことができる。

Fig.5 に製作した超伝導環状織機のプロトタイプを示す。この装置で磁石が空中浮遊したまま円運動することを確認することができた。その様子を Fig.6 に示す。

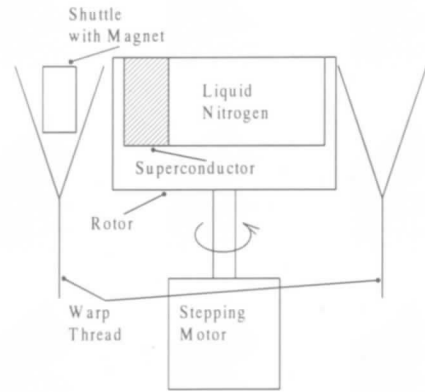


Fig.4 Side view of the superconducting circular loom.

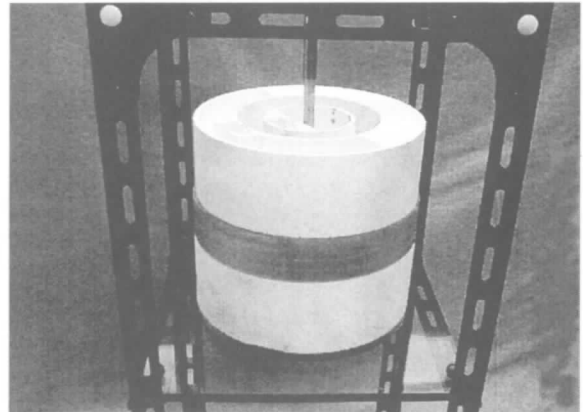


Fig.5 Proto-type superconducting circular loom.

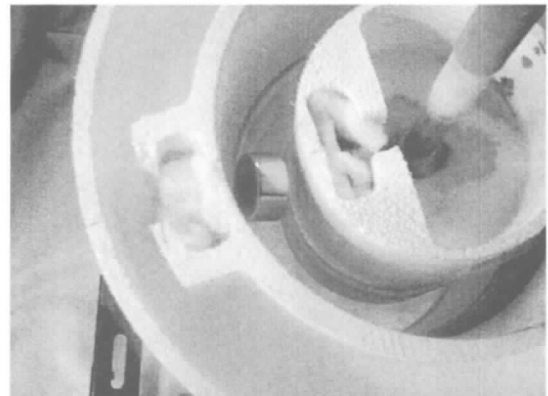


Fig.6 Levitating magnet.

縦糸の切り替え機構は電磁ソレノイドを使用して実現する。平面状の布を織る場合、縦糸の切り替えは全ての縦糸で同時に行うことができるが、円筒状の布の場合はシャトルが常に縦糸の間に存在するので、縦糸の切り替えを1本1本行う必要がある。シャトルの位置決めを正確に行う必要があるのはこのためである。

#### 参考文献

- [1] 櫻護謨 (株) : 「円筒織機」 特開平 11-117146
- [2] 鈴木,高重,田沼:固体物理,28,62-67(1993)
- [3] R.Zeng, V.Murashov, T.P.Beales, H.K.Liu, and S.X.Dou: Applied Superconductivity,5,201-204(1997)