

自動制御型集材機の開発(第1報)

兵 頭 正 寛⁽¹⁾Masahiro Hyodo : On the Yarder based on
Automatic Control (1st Report)

要 旨：単線循環式架線における集運材作業は、集材機のオペレータが運転合に乗って、荷掛手・荷卸手の合図等にしたがって、運転する方式をとっている。

この集運材システムの省力化と、技術の容易化・安全性の向上をはかるため、自動制御機構を組み込んだ集材機の開発を考え、これに関する基礎研究を行った。

すなわち、適正張力を自動的に維持し、かつ、異常張力が発生した場合は、自動的に警報を発する(あるいは機械が停止する)ような電気回路機構を開発し、これを組み込んだ集材機の小型実験機を試作した。

これによると、集材機の運転は荷卸手が兼務でき、押ボタンスイッチの操作だけで循環索を引き込んだり、荷かけした材を横取りしたり、さらには荷卸場まで進行してきた材の停止、荷卸しなどの諸作動を安全に実施することができる。荷掛手と荷卸手の連絡は高声電話による。

なお、安全確保のために考慮した点はつぎのとおりである。

① 張力急増の場合の警報回路を作った。

② 緩衝起動ならびに緩衝停止回路が働いているときは、他の押ボタンスイッチを押さないようにするための警報を発する回路を作った。

目 次

は し が き	35
I 架線集材の現状と自動化手法導入の検討	36
1. 現在の方法	36
2. 自動化技術導入の可能性と前提条件	37
3. 決定した自動制御の内容	38
II 実験機の設計と製作	40
1. 機械の設計と製作	41
2. 制御回路の設計と製作	45
III 試験の結果と検討	52
1. 試験の結果	52
2. 今後の問題点	54
文 献	55
Summary	56

は し が き

この研究は、自動制御技術を軸とした集運材作業の基礎的研究である。

単なる集材機のリモートコントロールでなく、集運材作業全体についての自動化を目標としている。

集材機のオペレータは不要となり、荷卸手は荷卸しの操作をするのに、押ボタンスイッチを押すだけで

よい。荷掛手は高声電話で荷卸手に指示し、荷卸手はこの指示により、押ボタンスイッチを押せばよい。このようにして、ただ押ボタンスイッチを押すだけで、集運材作業の大部分が自動的に実行できる見通しである。

このことは、単に省力効果だけでなく、作業の安全性の向上、技術の容易化、腰痛障害や難聴等の労働災害の防止などにも効果が大きいと考えられる。

自動制御型集材機の小型実験機を試作して、実用機への見通しを得たので、ここに報告する。

梅田三樹男機械化部長、上田 実作業科長よりご指導を得たので、付記して感謝の意を表する。

I 架線集材の現状と自動化手法導入の検討

1. 現在の方法 (図 1 参照)

単線循環式架線 (別名: F 型架線, ジグザグ架線, 屈曲モノケーブル等多くの名称がある) は、現在民有林において、造林地の間伐材の搬出方法として、全面的に普及しつつあるが、この方法は間伐材の搬出に限らず、非皆伐施業にははなはだ都合な搬出方法であり、国有林 (青森営林局大間営林署ほか) でも天然林の択伐材搬出法として試験を開始している現状にあり、ここでは将来の非皆伐施業に対応する意味を含めて、この天然林の択伐材搬出法に使われる場合を主とした自動化手法をとりあげた。

単線循環索で集運材するためのもっと複雑な場合を想定すると、荷の運搬を行う循環索、循環索の緊張・弛緩のための張力調整索、荷掛場まで循環索を引きこむ引込索の 3 本の索を巻く 3 個のドラムを備えた集材機が必要である。

集材機オペレータは、荷掛手または荷卸手の指示にしたがって、ドラム回転の正逆・速度の大小、停止、発進をして、必要な仕事を行っている。

すなわち、集材するには、循環索をゆるめ、引込索を荷掛場まで引きこみ、材を循環索に縛りつけてのち、引込索をゆるめ、循環索を再び定張力になるまで緊張させると、材は循環索におらさがった形で停止する。

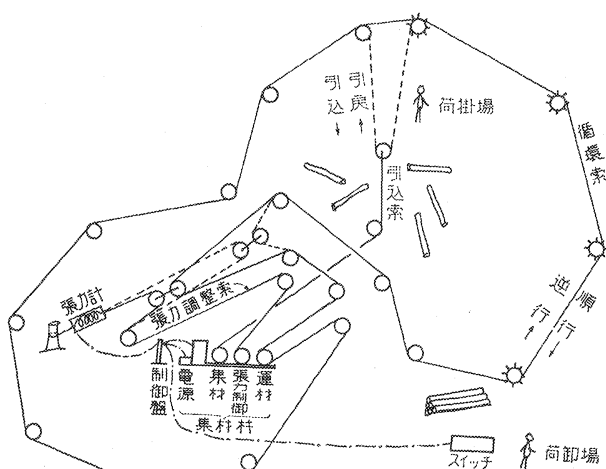


図 1. 自動制御による集運材のシステム
(破線は引込のとき、鎖線はケーブル)

運材するには、循環索を走行させたらい。

荷卸しするには、循環索の進行を停止させ、循環索をゆるめて材をおろし、再び循環索を緊張させてのち、運行させる。

その他、臨機にオペレータに指示を与えて、集運材を実行する。

以上を要約すると、荷掛手あるいは荷卸手の指示によって、オペレータは 3 箇のドラムの動きの組みあわせを作り、材の搬出に必要な索の動きをさせているのである。

2. 自動化技術導入の可能性と前提条件

（1）可能性

単線循環式軽架線の作業は、つぎの3者で実行されている。

- ① 荷 掛 け
- ② 集材機の運転
- ③ 荷 卸 し

これらのうち、どの部分が自動化できるであろうか。

① 荷掛け 荷掛手は、材を荷縛り索でくくり、荷吊り索を循環索に巻きつけ、さらに荷吊り索と荷縛り索を荷掛け鉤で連結する仕事をする。これらの作業は根本的に荷掛けの仕事のあり方を考え直さない限り、自動化技術は応用できそうにない。

② 集材機の運転 運転手は、荷掛手と荷卸手の指示により、つぎのような索の動きを管理する人である。すなわち、

ア、循環索の進行方向と速度の遅速

イ、引込索による循環索の横取り

ウ、張力調整索による循環索の上げ下げ

これを要するに、3本の点を使って、三次元の動きを自由に表現することができれば、それで足りる。

これらは完全に自動化できるはずである。そのためには、まず集材機の3個のドラムの回転が自由に制御できるように、例えば電磁クラッチと電磁ブレーキを装備し、これらを電氣的に制御することで、循環索の引込・停止・上昇・下降等の所要の動きを作り、これをスイッチで操作できるようにすればよい。

③ 荷卸し 荷卸し用のスイッチで操作できるが、操作は簡単なので、自動化の可能性は大いにある。

以上要するに、単線循環式架線による作業は、循環索に荷を吊り、集材機の運転により循環索を移動させ、荷卸場で荷卸しすることを繰り返す比較的単純な作業であるので、自動化技術の導入による合理化ができるはずである。

（2）電気利用上の諸問題

本報告であつかう集材機は自動化技術の応用によるものであるから、必然的に電気による制御が大前提としてあるので、電気利用上の諸問題（制約条件とそれへの対応）を考えておく必要がある。

① 電 力 制御用ならびに動力用ともすべて電力に頼れば設計製作ともに簡潔・確実にできるのであるが、山間での集材機作業では、原則として電力は他からの供給に頼ることができず、自給しなければならないので、作動用の電力量はなるべく少なくてすむように配慮する必要がある。このため、制御用だけに電力を使用し、動力はエンジンか油圧によるのが適当であろう。

② 電 圧 労働安全衛生規則*の第4章には安全衛生教育に関することが規程されている。すなわち、使用電源が50V以下の場合は特別教育を必要としないことになっている。

したがって、特別の資格を持たなくても運転ができる集材機にまとめあげるためには、対地電圧が50V以下の感電による危害の生ずるおそれのない電源を使用することが、実用上必要条件となる。

また、現実的な面から考えても、現場労務者は、商用電力のAC 100Vには一種の忌避感を持っている

*（昭47.9.30 労令32）第4章 安全衛生教育のなかで、（特別教育を必要とする業務）として第36条に列記してあるが、このなかで、対地電圧が50V以下であるもので感電による危害の生ずるおそれのないものを除く、とある。

が、バッテリーの形となっている電源は日常見なれているので安心感を持っている。

そこで、50 V 以下の直流に限定するのが实际的であろう。

③ ケーブル（電纜） 集材機を遠方制御するのに、無線にするか、有線にするか意見のあるところだが、無線にすると、取扱いは容易であるが、回路が複雑になり、雑音障害による故障のひん度が増える。有線は確実に故障の生ずる機会は少ないが、ケーブルをさばくのに煩わしい。

各々一長一短であるが、安価・確実・点検容易に主眼をおいて、まず有線から着手することにした。

この場合、ケーブルを利用することになるが、作業手は木材を扱う傍ら押ボタンスイッチを押すことになるから、ケーブルが小径で軽いことがのぞましい。

また、荷掛・荷卸の両方で扱わずに、比較的仕事が楽で、移動距離の少ない荷卸手だけで扱う形がのぞましいのではないか。

④ 回 路 回路はいうまでもなく、できるだけ簡潔な方がのぞましい。このため、作業者がある程度注意すれば防げる程度の安全管理は、回路には組み入れなくてもよいではないかと考える。

3. 決定した自動制御の内容

（程 度）

自動化の度合がすぎると、人の注意が散漫となり、仕事に対する情熱を失なわせる結果となり、不慮の事態が発生したときに敏速に対処できなくなるおそれがあるので、ある程度のところでとめる必要がある。

したがって、この研究では、人と自動化システムの協同作業という観点から検討することとした。

では、どこをどの程度自動化すべきかが問題となるが、荷掛作業はその作業内容の複雑さからみて困難であるので、まず作業の中心となる集材機のオペレータを不要にすることから出発し、つぎの段階では荷卸しの自動化の実現をはかり、最終的には、荷掛手だけで作業できるようなシステムを確立することを目指す。

（手 順）

現在使われている形の集材機は、幾多の試行錯誤を経て実用化されているものであり、その機構は十分信頼できるものと考えてよい。

そこで、自動化の研究を進めるに当たり、まず現行の集材機の機構をベースにして自動化につき検討し、つぎの段階として遠方制御しやすい形の集材機の機構を考えることとした。

すなわち、手順を整理すると、つぎのとおりとなる。

① 遠方制御が容易に可能なように、電磁クラッチと電磁ブレーキを軸とした実験用 3 胴型集材機を作る。

② ①を基にして、実用的な回路を作る。

③ ①、②で得られた知見を基として、実用型の自動制御型集材機の回路と機構について検討する。

以上のような考え方により、具体的には、自動化技術をつぎのように導入することにした。

（1）集材機の作動のユニット化

いままでのやり方は、荷掛手または荷卸手が機械のオペレータに合図して、オペレータはその合図にしたがって、例えば、引込の合図がきたら循環索のドラムにブレーキをかけて停止させ、張力制御のドラムはフリーにして、引込索のドラムにクラッチを入れて引込索をドラムに巻き込む……というように、作業

索にやらせる仕事に応じて、機械各部の動きの組み合わせを変えて提供していた。したがってオペレータはいわば、機械に必要な仕事をやらせる翻訳者にすぎない。

この過程をなくし、引込むとか停止とかの指令を出したら、直接作業索の操作が自動的に行えるようにしたい。

このためには、集運材作業の各作動に必要な集材機の各部の動きをユニット化すればよい（表3参照）。

（2）張力の自動制御

単線循環式集運材では、循環索を一定の張力に緊張することと、ゆるめることを繰り返して作業するのであるが、定張力にするには、当初張力を計器により検定し、オペレータがこのときの張りを循環索に目じるしをつけておき、この目じるしを見て、集材機の操作をしている。

この単純繰り返し作業を自動化する。

（3）緩衝起動と緩衝停止

循環索の速度を一挙に最適速度（例えば 1 m/sec）にすると、荷物がショックを受けて、荷縛り索がすべったり、作業者に危険を与えるので、緩衝起動の回路を作る必要がある。停止の際も同様である。

（4）安全対策

仕事を自動化するとともに、安全対策についても自動化できるところは自動化する必要があるが、これも程々にとどめるべきであり、必要以上にしたために、回路が複雑になり、故障の際の点検が困難になることは避けねばならない。

① 任意のどの押ボタンスイッチを2個以上同時に押しても集材機に故障を生じないようにする回路を作ることは可能であるが、回路が複雑になるので、これを避けるために、必ず1本の指だけで操作するという原則を先ず作り、これを厳守する。

これは、押ボタンスイッチの間隔が 15×25 mm あり、また、押ボタンスイッチを押して、作動する前にクリックが感じられる。また、作業者は電卓とかテーブルレコーダなどの押ボタン操作になじんでいることもあるので、原則を守るとはむずかしいことではないと考える。そこで、押ボタンスイッチ間のインターロック回路は作らないこととする。

② 異常張力が発生したときの処置。ある実用的な張力に保たれるように自動的に張力を調整するのであるが、なんらかの理由で、この定張力以上の異常に強い張力がかかったときには、機械は警報を発する（あるいは停止する）ようにする。

③ 緩衝起動開始から終了までのブザー。緩衝起動を行うときは、電磁クラッチへの付勢電圧を漸増させて行うのであるが、この間に他の押ボタンスイッチを押すと、クラッチへの電流の流れが中止され、ために原動機のトルクの集材機への伝動が十分でなくなるから、このような事態になるのを防ぐために、電圧が規定電圧に達するまでの間は、他の押ボタンスイッチを押すのを防ぐために、ブザーが鳴り続けるような回路を作る。

④ 緩衝起動復帰の開始から終了までのブザー。集運材とも起動時には電磁クラッチへの電流を、ある時間かけて漸増させるのであるから、機械の停止には、この回路を始動前に復帰させておかねば、次の緩衝起動が不可能となる。そこで、復帰するまで、警報を鳴り続けさせて、他の押ボタンスイッチを押さないように警告する。

（5）故障対策

本機は保守に不便な山地で使用され、しかも電気の取り扱いに不慣れな人が使用するものであるから、故障がなるべく生じないように、また、故障時の対策が容易にとれるように配慮が必要である。

そのため、つぎの各点につき、留意した。

① 使用電源 24 V のバッテリーとしたので、停電による故障が少なく、電圧の変動が少ない。

② 回路 できるだけ簡潔に、点検しやすいようにする。このため、安全回路はある程度省略し、取扱者の注意にまかせる。

③ 部品 部品は消費電力の少ない小型の標準品を使用し、部品種類ならびに部品数を極力少なくし、互換性があるようにする。

④ スイッチ箱は 1 個とし、また、押ボタンスイッチの数は必要最少限にとどめた。

以上の配慮をするが、なおかつ故障を生じたら、本機は集材機の機体とスイッチ箱の各ユニットを、制御盤のユニットにソケットでとりつける形をとっているので、各ユニットごとにさしかえることができる。そして後日故障部分を修理することができる。

II 実用機的设计と製作

実用機に必要な製作上の資料を安価かつ速やかに得るため、実用機の約 1/100 の出力にあたる 200 W のモータを原動機とする実験用小型集材機とその周辺機器を製作した。

本機の構造は、全形は、写真 1、図 2 に示すとおりである。① モータ (写真 2、図 3)、② 運材機 (写

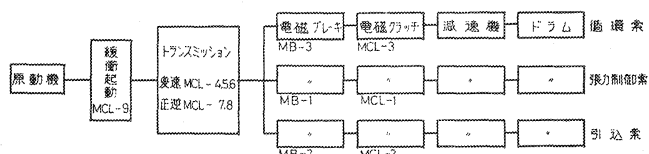


図 2. 集材機のブロック図

真 3、図 4)、③張力制御機 (写真 1)、④集材機 (写真 1)、および②、③、④に動力を伝えるためのトランスミッション部 (写真 2、図 3) ⑤から成っている。

いる。

そして、この②～④は図 3、4 に示すとおり、電磁クラッチとか電磁ブレーキを備えている。

また、この本体の付属装置として、⑥制御盤 (写真 4、5)、⑦張力自動調整装置 (写真 6)、⑧荷掛けおよび荷卸し用のスイッチ箱 (図 5) を備えている。

以上のうち、①～⑤については機械設計の項で、⑥～⑧については、2. 電気制御の部で述べる。

なお、本報告で使用するおもな制御記号を表 1 に示した。

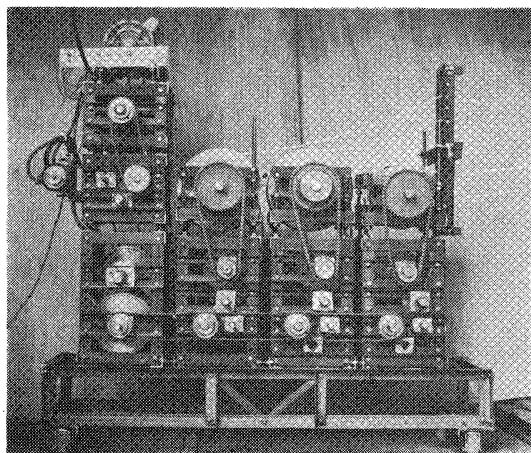


写真 1. 実験機の全体を示す

4 部より成り、左側よりトランスミッション部、集材部、張力制御部、運材部
トランスミッション部の上部白い横長の板は点検用の表示灯のセットである。

1. 機械の設計と製作

機械の設計には、機構学と力学の両面からの検討を要することはいうまでもないが、本機の製作は、制御回路を実証するのが目的であるから、力学的計算は要所だけにとどめ、機構的検討を主体とした。

(1) トランスミッション部

写真2、図3に示すとおり、トランスミッション部は最上部に原動機として200 Wのモータを備え、この回転力をチェーン伝動で、上から順に緩衝起動部、正逆回転部、変速部に伝えている。

表1. 本報告で使用したおもな制御記号

文字記号	英 語 名	名 称
BZ	Buzzer	ブザ
F	Fuse	ヒューズ
G・SL	Green Signal Lamp	緑色表示灯
RR	Reed Relay	リードリレー
LS	Limit Switch	リミットスイッチ
M	Motor	電動機
MB	Electromagnetic Brake	電磁ブレーキ
MC	Electromagnetic Contactor	電磁接触器
MCL	Electromagnetic Clutch	電磁クラッチ
N	Negative	直流電源の負極
P	Positive	" の正極
PBS	Push Button Switch	押ボタンスイッチ
R	Relay	継電器
	Resister	抵抗器
RF	Rectifier	整流器
RH	Rheostat	加減抵抗器
R・SL	Red Signal Lamp	赤色表示灯
T	Transformer	変圧器
THR	Thermal Relay	熱動継電器
TLR	Time-lag Relay	限時継電器
TS	Tumbler Switch	タンブラースイッチ

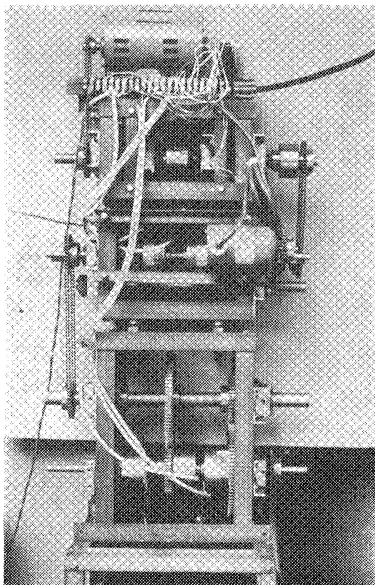


写真2. トランスミッションの機構を示す。上よりモータ、緩衝起動部、正逆転部、変速部。

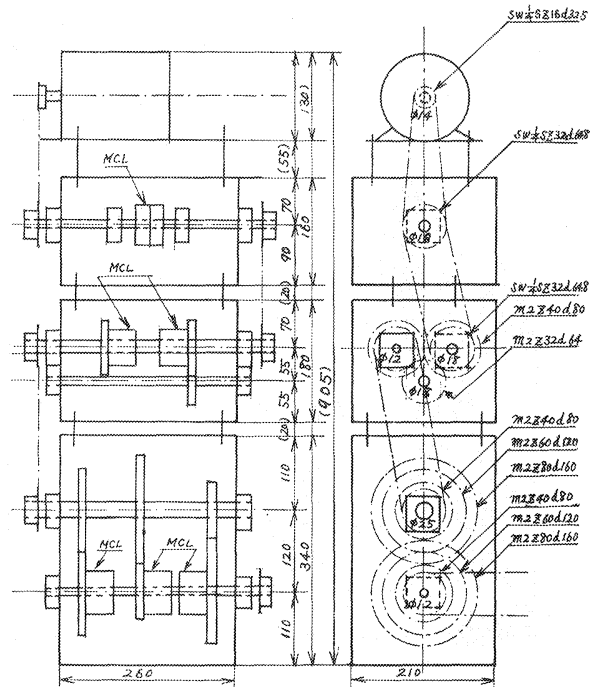


図3. トランスミッションの機構

上から順にモータ、緩衝起動部、正逆転部、変速部があり、これらをチェーン伝動で連結している。

(機 構)

① 緩衝起動部 衝撃を少なくして、回転力をモータから正逆回転部に伝える方法として、突合せ軸の乾式電磁クラッチ MCL* を使った。これに電流を漸増して流すと励磁電流がしだいに増えるので動力は入力軸から出力軸へ滑りながら伝えられる。したがって、緩衝起動ができる。

モータの回転数は 1,440 RPM で、モータと緩衝起動部の入力軸のチェーンホイールの直径比は 1:2 であるので、緩衝起動部の入力軸の回転速度は 720 RPM ($=1,440 \text{ RPM} \times 1/2$) である。

② 正逆転部 ①の出力軸から、チェーン伝動で、②の入力軸に、同径のチェーンホイールで動力を伝える。この軸には 2 個の MCL が取り付けられ、また、この軸から出力軸へ歯車で伝動するのに、直接 2 個の歯車をかみ合わせたものと、中間に 1 個入れたものの 2 組あるので、いずれかの MCL に電流を流すと、出力軸へは、正逆 2 通りの回転方向の動力が得られる。

③ 変速部 正逆転部の出力軸から変速部の入力軸へ回転力を伝動するのに、同径のチェーンホイールを使っているのので、入力軸の回転数は 720 RPM である。この軸には、図 3 に示すように、歯数がそれぞれ 40, 60, 80 の 3 通りの歯車を取りつけられ、出力軸には入力軸の 3 通りの歯車とかみあう歯数がそれぞれ 80, 60, 40 の歯車を取りつけられているので、各々の歯車にとりつけた MCL に電流を流すことにより、出力軸には、360 RPM ($=720 \text{ RPM} \times 40/80$)、720 RPM ($=720 \text{ RPM} \times 60/60$)、1,440 RPM ($=720 \text{ RPM} \times 80/40$) の 3 通りの回転数が得られる。

(力学的検討)

① モータの出力 実験に供する循環索の張力は 10 kg あれば実験の目的は一応達成できると考える。

必要な出力を求める。

ドラムの直径は 3 個とも 16 cm で、回転数は 60 RPM であるから、このトルク T [kgm] = 力 F [kg] × 半径 r [m] = $10 \text{ kg} \times 0.16/2 \text{ m} = 0.8 \text{ kgm}$ である。

動力 P [W] = 1 分間の回転数 [RPM] × トルク [kgm] = $60 \times 0.8 = 48 \text{ [W]}$ となるが、機械各部の摩擦があり、小型機であるために、機械効率が低いので、200 W のモータを使用する。

② 軸と軸受 トランスミッション部の軸回転数のもっともおそい(もっとも大きいトルクのかかる)軸は 360 RPM である。この軸を基にして軸径を求める。

軸回転数 $N = 360 \text{ [RPM]}$, $P = 0.2 \text{ [kw]}$ ($\approx 0.3 \text{ PS}$)、許容ねじり応力 $\tau = 500 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$ として、軸直径 $d = 0.8^{**} \text{ [cm]}$ となるが、採用した MCL、電磁ブレーキ MB の穴直径 12 cm と、既製歯車の穴径にしたがい、直径 12, 18, 25 cm の 3 通りを採用する。

軸受としてリング状の軸受(商品名:ドライメット)を用い、この周囲に溶融した減摩合金を流し込んで固定した。

③ 歯 車 歯車の穴径、MB、MCL の穴径、チェーンホイールの穴径などを総合し、また、できるだけ寸法数を少なくすることも工作の条件となるので、まず最終のドラム回転数である 60 RPM で、0.3 PS 伝動し得る歯車として、馬力一回転数—トルク関係図より、 $m = 2$ 、並幅 ($b = 12 \text{ mm}$)、半硬鋼 30~100 枚の歯車中より所要の回転数が得られ、工作に便利な穴径を有するものとして、図 3 に示す歯車を選んだ。

④ チェーンホイール これも工作の便と、トルクの観点から、ブッシュチェーンによる伝動(ピッチ 6.35 mm、モータ側的小スプロケットホイールの歯数 16、緩衝起動部側の歯数 32、伝動能力は 1,440 RPM のとき 0.6 kw)を採用した。

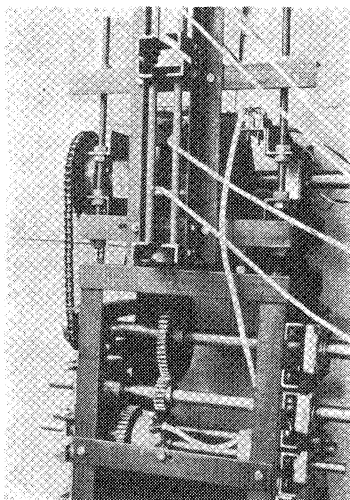


写真 3. 運材機の構造を示す

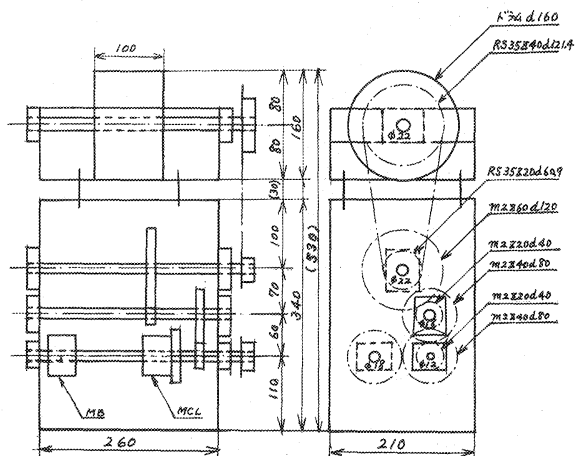


図 4. 運材機における減速機構と MB, MCL, ドラムの配置

* この報告では、扱いやすさの点から乾式を使用したか、実用化するには湿式の方が高寿命なので、この方が有利であろう。

** $d = 71.5^3 \sqrt{\frac{PS}{\tau \cdot N}} = 71.5^3 \sqrt{\frac{0.3}{500 \times 360}} = 0.8 \text{ (cm)}$

⑤ 骨 組 機械の骨組として、L 20×20×3 および L 30×30×3 のアングル材を使用し、6 mm の並目ネジで締結した。これらを用いた理由の第一は、工作の容易さと、他の部品とのバランスである。第二に、各部にかかる力は種々の荷重が組み合わさって作用しているが、経験的にこれらの材料の有効であることを認めているからである。

⑥ 注 油 実験機は比較的に少量の注油で事足りるので、軸受の上部に油元を作り、必要に応じて油さして注油する手動注油によった。

(2) 集材部、張力制御部および運材部 (写真3, 図4)

トランスミッションの出力軸を出た動力はチェーン伝動で、集材部、張力制御部および運材部に逐次等速で伝えられる。

(機 構)

各々の機構は皆同じである。図4によって説明すると、最下部の入力軸 (直径 18 mm) に入った回転力は、歯車により直径 12 mm の軸に装着した MCL の遊動部に固定した歯車に伝えられ、MCL に電流が流れないときは直径 12 mm の軸は回転しない。

電流が流れると MCL が動き、直径 12 mm の軸は回転する。(また同軸に MB がつけてあるので、MCL への通電を絶ち、MB に電流を流すと直径 18 mm の軸は回転していても、直径 12 mm の軸には制動がかかる。)

この回転力は逐次歯車で上方に伝えられ、最終段はチェーン伝動である。この間 1/12 に減速されるので、最終段のドラムの回転数は、トランスミッション部の出力軸の変速した回転数が 360 RPM, 720 RPM, 1,440 RPM であるので、30 RPM ($=360 \text{ RPM} \times 1/12$), 60 RPM ($=720 \text{ RPM} \times 1/12$), 120 RPM ($=1,440 \text{ RPM} \times 1/12$) となる。

(力学的検討)

① 軸 径 もっとも大きいトルクのかかるドラムと同軸のチェーンホイール (規格 Z 40 RS 35) の軸について計算すると、 $N=30 \text{ [RPM]}$, $P=0.3 \text{ PS}$, $r=500 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$ として、 $d=1.9 \text{ [cm]}$ * となるが、既製車の穴径をできるだけそのまま利用することと、寸法数を少なくする方針から直径 22 mm とした。

② チェーンホイール これは工作の便と、トルクの観点から最終段の伝動には、駆動側に歯数 20、従動側に歯数 40 の規格 RS 35 (ピッチ 9.525 mm) のチェーンを利用した。これは、100 RPM のとき 0.26 kw の伝動能力を持っている。

③ その他 その他についてはトランスミッションに準ずる。

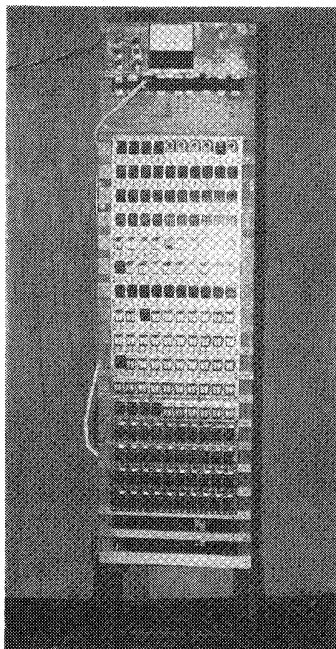


写真4. 制御盤の表面

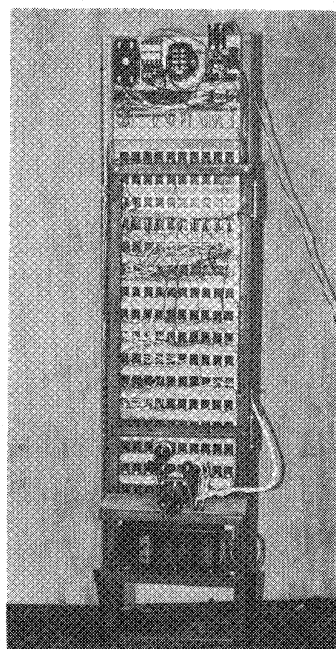


写真5. 制御箱の裏面

左上方が操作盤、その下方の横長の黒い部分はソケットであり、電気の入力源、機械部、張力制御部、スイッチ箱へソケットで連結する。中央がタイマーとリレー、下方の黒い箱に定電圧電源。

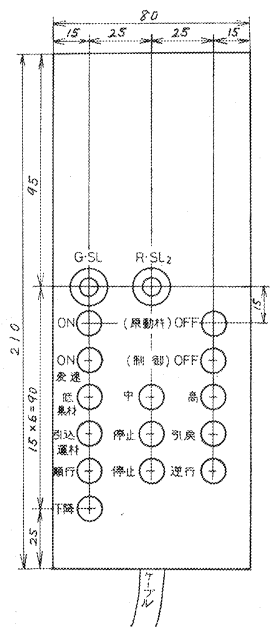


図5. スイッチ箱における表示灯と押ボタンスイッチの配置

$$* d = 71.5 \sqrt{\frac{PS}{r \cdot N}} = 71.5 \sqrt{\frac{0.3}{500 \times 30}} = 1.9 \text{ [cm]}$$

表2. 使用した主な電気部品

部 品 名	摘 要
直 流 電 源	リレー・タイマ・クラッチ・ブレーキの電源として、DC 24 V を必要とするので、このために、直流安定化電源 (3 A, NISTAC 製) を採用した。
モ ー タ	原動機用：前出の EC-DBA, AC 100 V, 0.2 kw 緩衝起動用：共栄通信 32 A-H 2-100, 30 RPM, DC 24 V, トルク 4 kgcm
電磁クラッチと電磁ブレーキ	出力 200 W, 720 RPM (モータ軸は 1,440 RPM であるがこれを 1/2 に減速して用いる) のモータのトルクは 0.28 kgm^* であるので、これにふさわしいものとして、電磁クラッチとして、神鋼電機製の形式 SF 250/BBM および SFC 250/BBM (静摩擦トルク 0.7 kgm, 容量 7 W, 軸穴径 12 mm) を、電磁ブレーキとして、同社製の形式 RF 250 (定格は SF 250/BBM に同じ) を使用した。
リ レ ー	リレーはこの回路の中心となるもっとも重要な部品である。消費電力が少ない小型の標準機種ナショナル AP 3242 (4 極, DC 24 V, コイル電流 37mA) を採用した。これはソケット取付板があり、また、この取付板に取りつけられる TLR も市販されている。
リードリレー	外部のスイッチと接続するリレーはすべてリードリレー (定格電圧 DC 24 V, 型式 LA 1, オムロン製。コイル抵抗 4,700 Ω , 定格電流 5.1 mA) を用いた。その理由は、コイル抵抗が高抵抗であるため、ケーブルの導体抵抗による電圧降下を少なくすることができるからである。
タ イ マ ー	ナショナル AD 1222 (0.1~3 秒), AD 1252 (0.5~10 秒) を用いた。
電 磁 開 閉 器	KHS-10, 0.2 kw, タイプ BM 15011
ブ ザ ー	コビシ DC 24 V, 50 ϕ
押ボタンスイッチ	日開 MB 2011
可 変 抵 抗 器	SK 社製 200 Ω , 25 W
ケ ー ブ ル	SW KK 製, 市内 CCP-P 0.5 mm $\times$ 10 対, 直径 9.5 mm, 1 km の重さ 90 kg
配 線	① 電線の大きさ。配線に用いる電線の大きさは、電流の大小に応じて使いわけられるけれども、種類が多すぎると煩わしいので、0.3 mm² および 0.75 mm² の 2 種類とした。 ② 線の色。交流部分は赤・青を使用し、直流部分は負極を黒とし、回路の内容別に赤・青・白を使い分けた。 ③ 電気配線の番号。制御盤から外部のスイッチ箱、張力制御器および機械部へ連絡する配線は、制御盤を出るとき、および外部の機器に入るときにマークバンドをつけて、後日の点検に便ならしめた。

* トルク $= \frac{200[\text{w}]}{720[\text{RPM}]} = 0.28[\text{kgm}]$

2. 制御回路の設計と製作

制御回路を設計するには、まずその対象となる事象の動きをよく理解し、制御技術の面からその対象を整理し、制御の程度を考えながら回路図を描いていくのが第一段階で、つぎの段階として、その回路の正否を知るために模型とか現物でチェックしながら実際に組んでいき、回路を仕上げるのが順序だと思う。

単線循環式架線における索の動きと制御回路の構成について、つぎに述べる (写真4, 5, 図5, 表2)。

(1) 電源の入断と警報回路 (図6)

① 回路全体の電源は AC 100 V である。これを開閉するスイッチ TS があるが、ON にすると電流は2個のヒューズ F をとおり、赤色表示灯 R・SL が点灯し、AC 100 V および DC 24 V の電流が回路に流れたことを表示する。

② 原動機 M_1 (AC 100 V, 200 W) への通電の開閉として操作盤上に押ボタンスイッチ PBS_1 と PBS_2 がある。 PBS_1 を押すと、電磁接触器 MC に電流が流れ、自己保持されて M_1 は始動する。また、 PBS_2 を押すと、自己保持が解けて、 M_1 は停止する。

PBS_5^* 、 PBS_6^* は遠方制御用の押ボタンスイッチであり、スイッチ箱上に設けてある。 PBS_5 は PBS_1 と、また、 PBS_6 は PBS_2 と同じ働きをする。

③ ブザ BZ の作動開始 (鳴り始め)。BZ はスイッチ箱中にあり、つぎの場合に鳴り始める。

引込索停止の PBS_{11} (図7) を押したとき。

このとき、 R_9-4a が閉じて、リレー R_1 は自己保持され、BZ は鳴り始める。

循環索停止の PBS_{14} (図7) を押したとき。このとき、 $R_{14}-3a$ が閉じて、 R_1 は自己保持されて BZ は鳴り始める。

緩衝起動回路に電流が流れ始めたとき (図15)。MCL₉ による緩衝起動回路が作動を開始すると、 R_{50} に電流が流れるので、 $R_{50}-1a$ が閉じて、BZ が鳴り始める。

過張力が発生したとき (図8)。 R_{25} に電流が流れて付勢され、 $R_{25}-1a$ が閉じ、BZ が鳴り始める。

④ BZ の作動停止 (鳴り終り)。引込索または循環索の停止により鳴り始めた BZ は緩衝停止が終了し、次回の緩衝起動に備えるため M_2 が逆回転し、起動前の状態に復帰したとき (and 回路)、 $R_{56}-1b$ が開くので、 R_1 による自己保持は解かれ、BZ は鳴り止む。

緩衝起動が完了したときに、リミットスイッチ LS_4 (図15) が閉じるので、 R_{49} による自己保持が解かれ、BZ は鳴り止む。

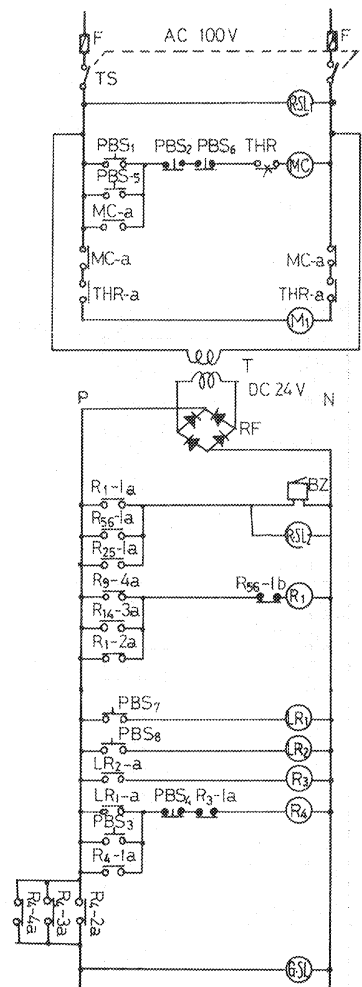


図6. 電源の入断と警報回路

* これは実験の便宜上つけたものである。実用上にも必要な場合は、消費電力の少ないリレーでフォローするのがよいと考える。

過張力の場合は、原因がとり除かれるまで鳴り続ける。

なお、R・SL₂ は BZ の鳴っている間中点灯して、スイッチ操作者の注意を促す。

⑤ PBS_{8, 4, 7, 8} の作動。これらは DC 24 V の開閉用である。PBS_{8, 4} は操作盤上にあり、PBS₈ は ON, PBS₄ は OFF 用である。PBS_{7, 8} はスイッチ箱上にあり、遠方制御用である。PBS₇ は ON, PBS₈ は OFF 用である。

リードリレー RR₁ および RR₂ はケーブル中の電圧降下を少なくするために使用した。(以下の RR はすべてこの理由で用いる)

緑色表示灯 G・SL はスイッチ箱上にあり、DC 24 V の電流の ON・OFF を示す。

(2) 押ボタンスイッチの回路 (図 7)

この回路は、各押ボタンスイッチを押すことにより、RR を通じて 4 接点のリレー数個に同時に電流を流して付勢させ、数個所の接点を同時に作動させる回路である。

(集 材)

① PBS₉ を押す (目的：循環索の引込) 循環索の引込をするには、張力調整索を緩めて循環索が自由に動けるようにしておいて、これを引込索で引き込んだらよい。トランスミッション部の正逆 2 方向のクラッチのうち、正方向のクラッチに電圧を印加し、速度の高低は負荷の大きさにより適當のクラッチに電圧を印加する。

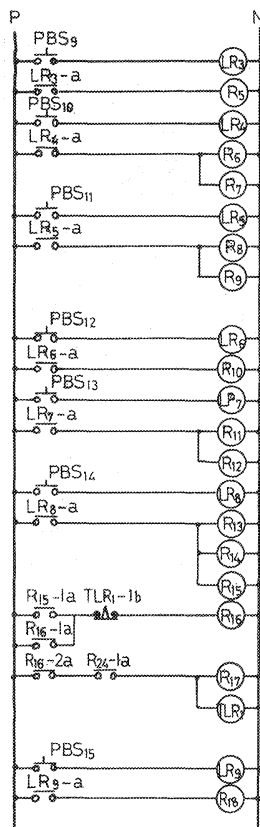


図 7. 押ボタンスイッチの回路

表 3. スイッチ操作による電流の流れ (ON : ○, OFF : ×)

PBS NO.		目 的	張 力 引 込 循 環						トランスミッション						緩衝 起 動	
			第1ドラム		第2ドラム		エンドレス ドラム		速 度			方 向				
			MCL MB		MCL MB		MCL MB		低	中	高	順行	逆行			
			1	1	2	2	3	3	4	5	6	7	8	9		
1	操作盤	原動機	ON													
2			OFF													
3		制電流	ON													
4			OFF													
5	遠方制御	原動機	ON													
6			OFF													
7		制電流	ON													
8			OFF													
9	集材	張込	×	×	○	×					手	動	○	×	○	始動
10		引戻	○→○	×	×						〃		○	×	○	始動
11		停止	×	○	×	○	×	○						×	×	○
12	運行材	順行					○	×			手	動	○	×	○	始動
13		逆行	×	○			○	×			〃		×	○	○	始動
14		停止	第1段階 ○→○	×	×	×	×	×			〃		○	×	○	始動
			第2段階					○								○
15	下降	×	×													
16	変速	低								○	×	×				
17		中								×	○	×				
18		高								×	×	○				

各 PBS の ON により集材機の各部への電流の ON・OFF を表示すれば、表3のとおりである。

R_5 : R_5-1b (図8) は開くので、 MB_1 および MCL_1 には電流が流れなくなり張力調整索はフリーの状態になる。

R_5-1a (図10) は閉じるので、 MB_2 は電流が流れず、 MCL_2 は電流が流れ付勢されるので引込索は作動できる状態となる。

R_5-2a (図13) は閉じるので、 MCL_7 には電流が流れて付勢され、 MCL_8 には電流が流れなくなるので、正転できる状態となる。

R_5-3a (図15) は閉じるので、緩衝起動を開始し、 $R_{51}-1b$ (図15) の開路により停止する。

緩衝起動をするには、モータのシャフトにカムと可変抵抗器をとりつけて、シャフトの正逆転により可変抵抗器の最大値と最小値のところで、 LS_4 と LS_5 の接点を開閉させ、これで MCL_9 への電流を通増あるいは通減させて行なった。(写真7, 8 参照)

② PBS_{10} を押す (目的: 循環索の引戻) 循環索の引戻をするには、引込索をフリーにして張力を定張力にすれば、定張力になる過程において、材は地面を引きづられていき、ついには、材は循環索にぶら下った形で停止する。

速度と正逆、緩衝起動については PBS_9 と同じ。

R_6 : R_6-1a (図8) は閉じ、 R_6-1b (図8) は開いて R_{27} の自己保持が解けるので、 $R_{27}-1b$ は閉じたままであり、 R_{28} に電流が流れ付勢され、 $R_{28}-1a$ は閉じて、したがって MCL_1 に電流が流れて付勢されて作動し、やがて張力調整索が適正張力となると MB_1 に電流が流れて付勢され、 MCL_1 に電流が流れなくなるので、索は固定される。

R_6-2a (図10) は閉じるので、 MB_2 および MCL_2 には電流が流れなくなり、引込索はフリーの状態になる。

R_6-3a (図13) は R_5-2a と同じ作動をし、逆転できる状態となる。

R_7 : R_7-1a (図15) は R_5-3a と同じ作動をし、緩衝起動を開始し、 $R_{51}-1b$ の開路により停止する。

③ PBS_{11} を押す (目的: 循環索の停止) 停止には、各ドラムに制動をかけ、トランスミッション部の速度および正逆部はフリーにし、緩衝起動で正転したモータを逆転させて、当初の位置に復帰させる。

R_8 : R_8-1a および R_8-2a (図8) はともに閉じるので、 MB_1 は電流が流れて付勢され、 MCL_1 には電流が流れないので、張力調整索は制動がかかり、固定される。

R_8-3a (図10) は閉じるので、 MB_2 は電流が流れて付勢され、 MCL_2 は電流が流れないので、引込索は制動がかかり、固定される。

R_9-1b (図11) は開き、 R_9-1a (図8) は閉じるので、 MCL_3 には電流が流れず、 MB_3 は電流が流れて付勢されるので、循環索は制動がかかり、固定される。

R_9-2a (図13) は閉じるので、 MCL_7 および MCL_8 は電流が流れず、正逆回路はフリーとなる。

R_9-3a (図15) は閉じるので、 M_2 は逆転し、当初位置に復帰する。

R_9-4a (図6) は閉じるので、BZ が鳴り始める。

(運 材)

④ PBS_{12} を押す (目的: 循環索の順行) 運材には順行 (荷の搬出方向) と逆行とあるのだが、これらに共通の条件として、張力が適正で、引込索と循環索がフリーである。そこで、この共通条件をまず

PBS₁₄ を押すことで設定して後、順行あるいは逆行の PBS を押すこととする。

そこで、順行の場合は、まず PBS₁₄ を押して後、循環索が順行するように MCL₃ に電流を流して付勢し、トランスミッション部の速度を手動で設定し、順行のため MCL₇ に電流を流し、緩衝起動のため MCL₉ にも電流を流せばよい。

R₁₀: R₁₀-1 a (図 11) が閉じ、R₁₀-1 b (図 14) が開くので、循環索は動ける状態となる。

R₁₀-2 a (図 13) は R₈-2 a と同じ作動をするので、正転できる状態となる。

R₁₀-3 a (図 15) は R₈-3 a と同じ作動をし、緩衝起動を開始し、R₅₁-1 b の開路により停止する。

⑤ PBS₁₃ を押す (目的: 循環索の逆行) 逆行の場合は、PBS₁₄ を押して共通条件をまず設定してのち、循環索が廻るように MCL₃ に電流を流し、トランスミッション部の速度を手動で設定し、逆行のため MCL₈ に電流を流し、さらに緩衝起動のため MCL₉ に電流を流せばよい。

なお、PBS₁₃ を押したときの瞬時の張力のゆるみのために MCL₁ に電流が流れることがあるので、これを防ぐため、MB₁ に電流を流し、MCL₁ に電流を流さないこととする。

R₁₁: R₁₁-1 a および R₁₁-2 a (図 8) は閉じるので、R₈-1 a および R₈-2 a が閉じるときと同じ作動をし、張力調整索は制動がかかり、固定される。

R₁₁-3 a (図 11) が閉じ、R₁₁-1 b (図 14) が開くので、R₁₀-1 a が閉じ、R₁₀-1 b が開いたのと同じ作動をし、循環索は動ける状態となる。

R₁₂: R₁₂-1 a (図 13) が閉じるので、MCL₇ に電流が流れず、MCL₈ に電流が流れるので、逆転できる状態となる。

R₁₂-2 a (図 15) は R₈-3 a と同じ作動をし、緩衝起動を開始し、R₅₁-1 b の開路により停止する。

⑥ PBS₁₄ (目的: 循環索の停止) 停止のときは、適正な張力のままで張力調整索を固定したらよい。この際、緩衝起動用の MCL₉ に電流を流すが、適正張力になり、制動がかかったら、MCL₉ への励磁電圧を漸減してゼロにし、つぎに順行、逆行を始めるときに緩衝起動できるようにするため、MCL₉ への電圧を増減するモータを逆転させておく。

R₁₃: R₁₃-1 a (図 8) が閉じ、R₁₃-2 a (図 8) が開くので、R₆-1 a が閉じ、R₆-1 b が開いたのと同じ作動をし、循環索は適正張力となり、制動がかかる。

R₁₃-3 a は閉じるので、R₈-2 a と同じ作動をし、引込索はフリーの状態になる。

R₁₃-1 b (図 11) および R₁₄-1 b (図 14) はともに開くので、循環索はフリーの状態になる。

R₁₄-1 a (図 13) は閉じるので、R₈-2 a と同じ作動をし、正転できる状態となる。

R₁₄-2 a (図 15) は閉じるので、R₈-3 a と同じ作動をし、緩衝起動を開始し、R₅₁-1 b の開路により停止する。

R₁₄-3 a (図 6) は閉じるので、R₉-4 a と同じ作動をし、BZ が鳴り始める。

R₁₅-1 a は閉じるので、R₁₆ は自己保持する。これは TLR₁ により数分の 1 秒後に解ける。

R₁₇: 張力が適正になると、R₂₄-1 a が閉じるので、R₁₇ およびタイマ TLR₁ に電流が流れ付勢される。

R₁₇-1 a (図 14) は閉じるので、MB₈ に電流が流れ、適正張力で固定される。

R₁₇-2 a (図 15) は閉じるので、R₉-3 a と同じ作動をし、M₂ は逆転し、当初位置に復帰する。

(下 降)

⑦ PBS₁₅ を押す (目的: 循環索の下降) 荷を下降させるには、PBS₁₄ による停止の状態をまず設定

したのち、張力回路への電流が流れなくすればよい。

$R_{18} : R_{18-1b}$ (図8) が開き、 R_5-1b と同じ作動をするので、張力調整索はフリーの状態となり、荷は下降する。

(3) 張力調整の回路 (図8)

この回路はある決められた値に、張力を維持し、過強張力となったら警報を発する回路である。

(装 置)

張力制御用に秤量 20 kg のばね秤を使い、この秤のばねの動きとともに動く鉄製の板カムをつけ (写真6)、これと接触する3個のリミットスイッチ LS との相対位置により、索張力のコントロールをしようとする。すなわち、図9のように配置すれば、緊張力の変化に応じて、各々リミットスイッチの接点の開閉は変わってくるので、この開閉の組み合わせを利用して、張力の制御をする。

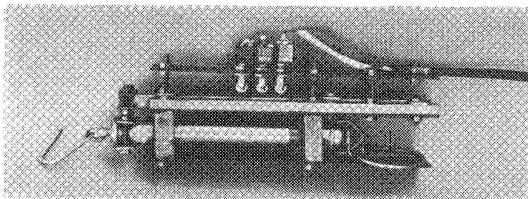


写真6. バネ秤を利用して作った張力制御器
下方の横に白く長いのがバネ秤であるが、この右側のリングを固定し、左方のフックに張力制御索をかける。バネ秤の伸びを上方に3個並んだマイクロスイッチで検出して張力を制御する。

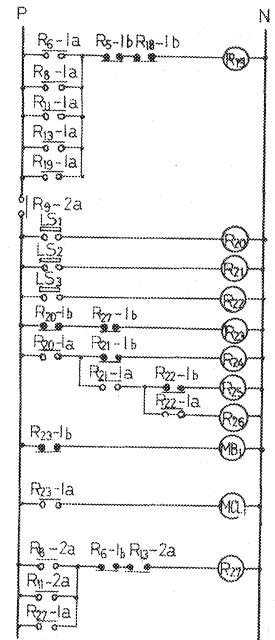


図8. 張力調整の制御回路

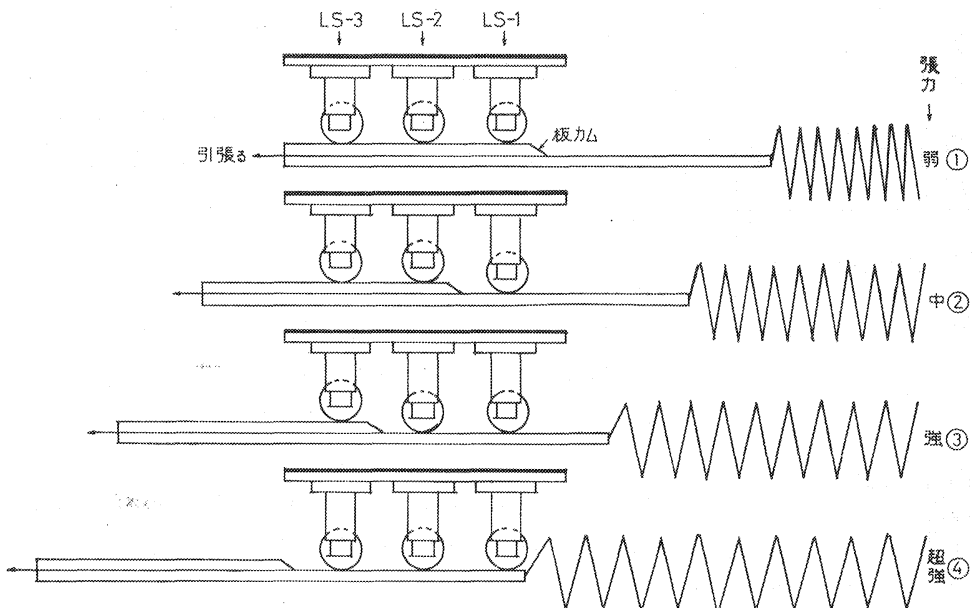


図9. 張力の強弱とスイッチの関係位置を示す

(張力制御回路)

そのために、図8のような回路を作った。その動きは、つぎのとおりである。

① R_6-1a , R_8-1a , $R_{11}-1a$, $R_{18}-1a$ が閉じると、自己保持回路ができ、回路に電流が流れる。 R_5-1b , $R_{18}-1b$ が開くと、自己保持回路は解けて、循環索の張力はフリーとなる。

② LS_1 , LS_2 , LS_3 が開

R_{28} : $R_{20}-1b$ は閉じ、 R_{27} が励磁されない限り $R_{27}-1b$ は閉じているので、 R_{28} は励磁される。(R_{27} の自己保持回路は MB_1 だけを作動させるためのものである)

$R_{28}-1b$ は開き、 MB_1 には電流が流れないから作動しない。

$R_{28}-1a$ は閉じて、 MCL_1 に電流が流れ、張力調整ドラムは循環索を緊張させる方向に回転する。

③ LS_1 が閉 ②により、ドラムが回転すると、しだいに張力は大きくなり、弱から中の張力になると、ばねは伸びて、 LS_1 は閉じる。

R_{20} : $R_{20}-1b$ は開くので、 R_{28} の励磁は解け、 MB_1 には電流が流れ、ドラムは制動され、 MCL_1 には電流が流れなくなる。

$R_{20}-1a$ は閉じて R_{24} は励磁され、 $R_{24}-1a$ (図7) は閉じる。

(警報回路)

④ LS_1 , LS_2 が閉 LS_1 および LS_2 がともに閉じると、 R_{25} が励磁され $R_{25}-1a$ が閉じて警報が鳴る。

⑤ LS_1 , LS_2 , LS_3 が閉 3個の LS が閉じると R_{26} に電流が流れるので、これまた警報回路に利用できる。

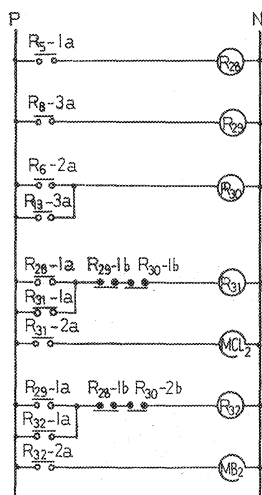


図10. 引込回路

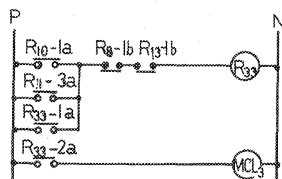


図11. 循環索の運行回路

試作当初 LS_1 と LS_2 がある時間閉じたときに警報を発し、衝撃的な過張力を生じて LS_1 , LS_2 , LS_3 の3個がともに閉じたときに機械を停止させるという2通りの回路を考えたのであるが、実用機の場合に2通り使うか、本報告のように1通りだけで済ますかは、今後に解決する問題として残し、とりあえず R_{26} を設定しておくに留めた。

⑥ 急激に張力が減ったとき このときも異常時であるので、対策を講ずる必要があるが、これはとくに自動制御によって機械を停止しなくても、人の五感で感知して対策を講じて遅くもないので、この回路は組み込まなかった。

(4) 引込回路 (図10)

これは引込索の制御である。

① R_{28} に電流が通ずると MCL_2 が作動し、 MB_2 は作動しない。

② R_{29} に電流が通ずると MB_2 が作動し、 MCL_2 は作動しない。

③ R_{30} に電流が通ずると MB_2 および MCL_2 はともに作動しない。

(5) 循環索の運行回路 (図11)

$R_{10}-1a$ または $R_{11}-3a$ が閉じると MCL_3 は自己保持され、 R_8-1b または $R_{18}-1b$ が開くと、 MCL_3 の自己保持は解かれる。

(6) 変速回路 (図12)

① PBS_{16} を押す (目的: 低速度) $R_{34}-1a$ が閉じるので MCL_4 は

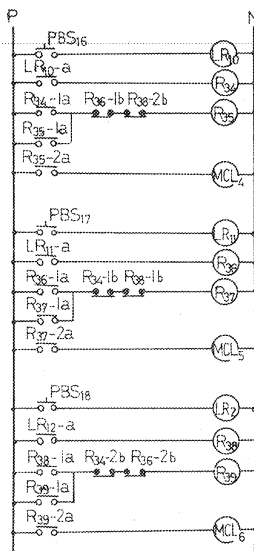


図12. 変速回路

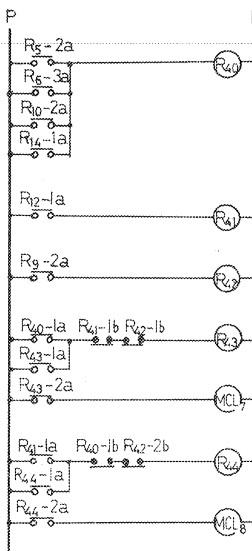


図13. 正逆回路

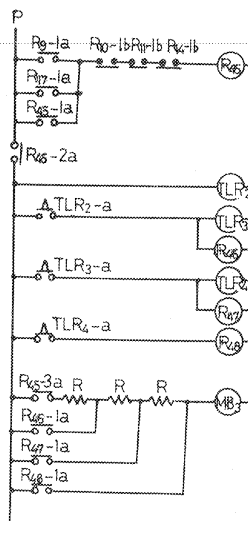


図14. 緩衝停止回路

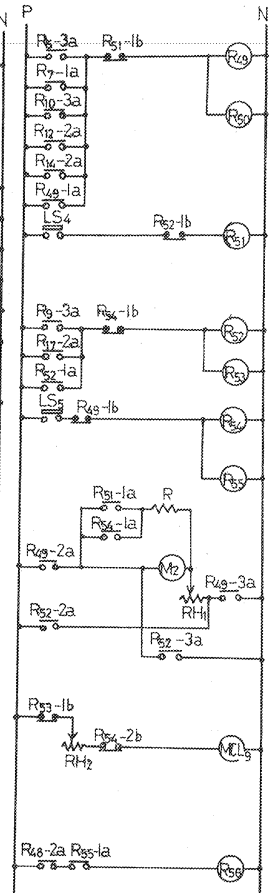


図15. 緩衝起動回路

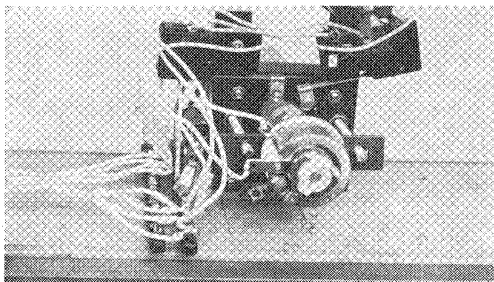


写真7. 緩衝起動用の電圧増減装置
モータの軸にカムと可変抵抗器がついている。モータが正回転すると抵抗値がしだいに減り、MCL-9 (図15) へ流れる電流が増加し、緩衝起動ができる。モータの回転と同時にカムが廻るので、これに接するマイクロスイッチのヒンジローラ・レバーが動いて抵抗値の両端のところでスイッチの接点が閉閉し、モータへの電流が入断する。モータが逆転すると抵抗値を起動前の状態に復帰する。

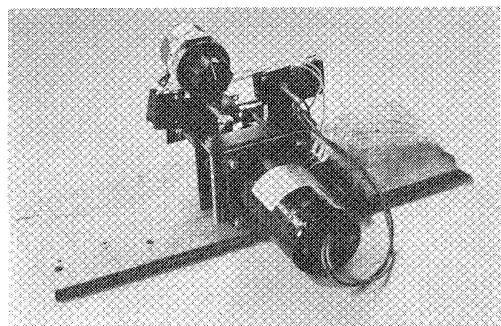


写真8. 緩衝起動用の電圧増減装置 (後部)
左上方に回転速度可変用の可変抵抗器がある。

自己保持され、R34-1b および R34-2b は開くので、MCL5 および MCL6 の自己保持は解かれる。

② PBS17 を押す (目的: 中速度) R36-1a は閉じるので MCL5 は自己保持され、R36-1b および R36-2b は開くので、MCL4 および MCL6 の自己保持は解かれる。

③ PBS18 を押す (目的: 高速度) R38-1a は閉じるので MCL6 は自己保持され、R38-2b および R38-

1b は開くので、MCL₄ および MCL₅ の自己保持は解かれる。

(7) 正逆回路 (図 13)

- ① R₄₀ に電流が通ずると、MCL₇ は作動し、MCL₈ は作動しない。
- ② R₄₁ に電流が通ずると MCL₈ が作動し、MCL₇ は作動しない。
- ③ R₄₂ に電流が通ずると MCL₇ および MCL₈ はともに作動しない。

(8) 緩衝停止回路 (図 14)

① R₄₅ に電流が流れると MB₃ に流れる電流は、TLR₂, TLR₃, TLR₄ により、段階的に増加するので、制動力がしだいに増加することになる。

(9) 緩衝起動回路 (図 15, 写真 7, 8)

① R₄₉ が励磁されると、M₂ は正転し、これで廻す加減抵抗器 RH₂ の抵抗は漸減し、MCL₉ に流れる電流は漸増するので、緩衝起動ができる。

RH₁ は M₂ の速度調節用である。

② R₅₀ が励磁されると BZ が鳴り始める。

③ M₂ が廻って RH₂ の抵抗がゼロに近くなると LS₄ を押すので R₅₁ に電流が流れて励磁し R₅₁-1b は開き、R₅₁-1a により瞬時停止用の保護抵抗器 R がローター刷子間回路を短絡させて M₂ は瞬時に停止する。

④ R₅₂ が励磁されると、R₅₁ の励磁は切られる。

R₅₂-2a および R₅₂-3a により M₂ は逆転する。

⑤ R₅₃ に電流が流れると R₅₃-1b が開き、MCL₉ は作動しなくなる。

⑥ R₅₄: M₂ が逆転すると LS₅ を押すので R₅₄ に通電し R₅₄-1b は開き M₂ への通電は切れ、R₅₄-1a が閉じるので、M₂ は瞬時に停止し、R₅₄-2b は開くので MCL₉ へ電流が流れなくなるので原動機から集材機への動力の伝達は絶たれる。

⑦ R₅₅: 緩衝回路が復帰すると R₅₅-1a が閉じるが、これと MB₃ による緩衝停止終了による R₄₈-2a の閉じるのが直列になって R₅₆ に入っている。R₅₆ に通電すると R₅₆-1b (図 6) が開き、BZ は鳴り止む。

III 試験の結果と検討

この研究の終局の目的は、各種の索張りに対応できる機能を持った自動制御型集材機とその制御回路を作ることにある。

その研究の手順としては、I-3. で述べたとおり、第一段階として現在使用されている代表的な集材機である 3 胴型集材機をベースにした小型のリモコン集材機を作り、この回路を完成し、第二段階として、実用型試作機を作り、現地適応試験を実施して実用化に持ちこむという手順をとった。

本項では、第一段階の研究の結果と今後に残された問題点について述べる。

1. 試験結果

本装置が設計どおり動くかを確かめるために、構内約 100 m² に索張りして試験を行なった(図 16~19)。

回路の動きは、スイッチの回路と並列につけた表示灯 (写真 1 参照) で点検することとし、索の動きは肉眼での観察による。

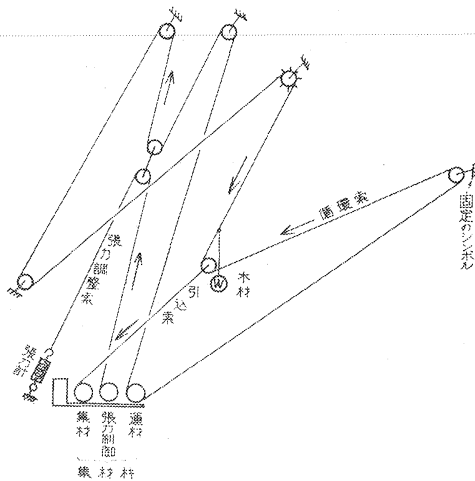


図16. テストによる索の動き一引込

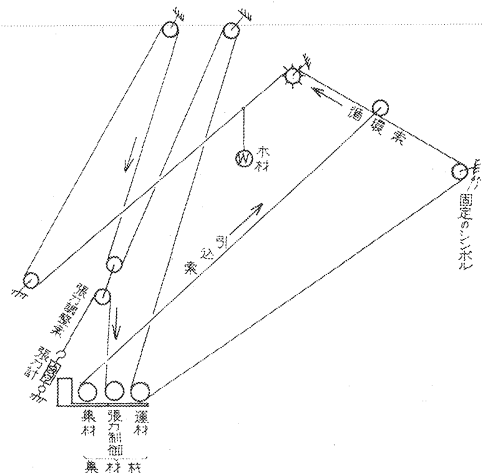


図17. テストによる索の動き一引戻

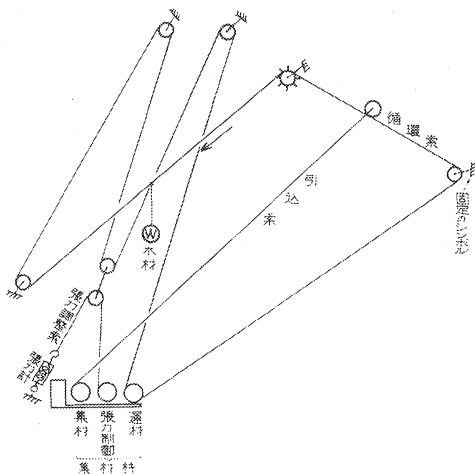


図18. テストによる索の動き一運材

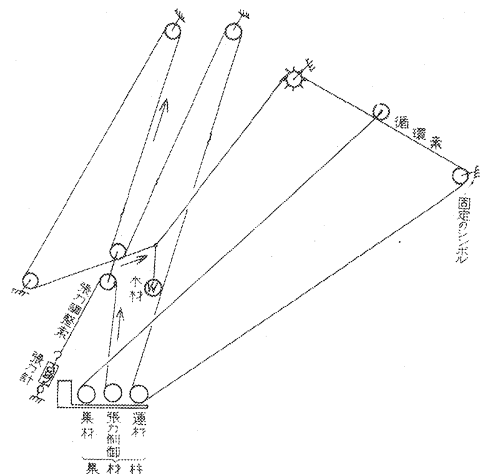


図19. テストによる索の動き一下降

試験を行うには PBS を押すことから始まるので、PBS の扱い方はかなり重要である。

PBS を押すには、静かに、適確に押したのち、直ちに手を離す。数秒間押し続けていると誤動作のもととなる。この際、相つらなる 2 個の PBS は絶体に同時に押ししてはならない。誤動作とか機械故障の原因となることがあるからである。

同時に押すのを防ぐため、PBS 間の距離は十分に広く (5 mm×25 mm) とってある。

また、本報告で使用した小型 PBS を押すと一挙に接点が閉とならず、手にクリックを感じたのち、さらに押すと接点が閉じる機構になっているので、誤動作をかなり防ぐことができる。

各 PBS を押した結果の作動状況を、ほぼ実際に扱う場合の順序にしたがって述べれば次のとおりである。

(1) 通電開始 (TS を上に倒す)

本機を操作するには、まず TS を上に倒すと R・SL が点灯する。これで通電が確かめられる。

(2) 原動機と制御回路の ON・OFF

これを行う PBS は表 3 に示すように、計器盤と、リモコン用スイッチ盤の両方にある。

原動機 (AC 100 V) の稼動開始と停止はモータの廻転と停止を肉眼で観察することで確かめられる。

また、制御部 (DC 24 V) への電流の ON・OFF は G・SL の点滅で確かめられる。

(変 速)

(3) 速度の設定 (PBS₁₆~PBS₁₈ を押す)

速度には低、中、高の 3 段階が設定できる。この 3 個の PBS 間には操作の安全のためにインターロック回路を設けてある。

各 PBS を押すと、回路どおり、機械部の回転速度が変化する。

(集 材)

(4) 引込 (PBS₁₁ を押したのち、PBS₉ を押す) (図 16)

引込をするには、まず停止スイッチ PBS₁₁ を押して、緩衝起動用の MCL₉ への電流が全く流れなくなるまで (この間 BZ が鳴る) 待ってのち、PBS₉ を押す。

PBS₉ を押すと緩衝起動が完了するまでの間再び BZ が鳴る (この間、他の PBS は押してはならない)。

PBS₉ を押すことで、循環索は引込索に引かれて引き寄せられる。

(5) 停止 (PBS₁₁ を押す)

引込と引戻がすんだら索を停止させるため PBS₁₁ を押すと、3 個のドラムに制動がかかってすべての索は停止し、緩衝起動用のモータは逆転し、最初の位置に復帰する。

(6) 引戻 (PBS₁₁ を押したのち、PBS₁₀ を押す) (図 17)

まず停止用押ボタンスイッチ PBS₁₁ を押すと緩衝起動用のモータは最初の位置に復帰する。

この後、PBS₁₀ を押すと、荷は循環索の下まで動いていき、荷が循環索にぶら下った形で停止する。

(運 材)

(7) 順行 (PBS₁₄ を押したのち、PBS₁₂ を押す) (図 18)

まず PBS₁₄ を押すと定張力になる (この間 BZ が鳴る)。

その後、PBS₁₂ を押すと、緩衝起動を開始する。

(8) 停止 (PBS₁₄ を押す)

第 1 段階で張力が適正となり、第 2 段階で循環索に制動がかかり、同時に緩衝起動用のモータは逆転を開始して、可変抵抗器の値が緩衝起動前の値に復帰してモータは停止する。

(9) 逆行 (PBS₁₄ を押してのち、PBS₁₃ を押す)

逆行 (荷の搬出と反対の方向) させるため、まず PBS₁₄ を押すと定張力になる (この間 BZ が鳴る)。

この後、PBS₁₃ を押すと、緩衝起動を開始する。

(下 降)

(10) 下降 (PBS₁₅ を押す) (図 19)

運材停止の状態後に、PBS₁₅ を押すと、循環索がゆるんで、荷は下降する。

2. 今後の問題点

小型実験機についての実験結果は上記のとおりであり、自動制御の可能性が明らかになった。

同時に、今後解決を要する問題点が明らかになった。

（1）集材機の作動のユニット化

集材機のリモコン研究の中心をなすのはこの発想である。これは PBS を押すことで、多くのリレーを同時に動かし、接点の数だけの仕事を、同時に、あるいは、ある時間おきて、シーケンス制御、あるいはフィードバック制御をすることができる。

また、同一の集材機を基にして、制御部だけをカセット式にして入れ替え、各種索張りに対応できるリモコン集材も可能となるので、今後索張りとして、これに対応するユニットの組み合わせの可能性と実用性について検討したい。

（2）張力の自動制御

張力の制御には、いくつかの考え方がある。

第1はこの報告で採用したように、索張力がある一定の値に達したらドラムにブレーキが作動する方法である。

第2は、ある一定の範囲内に索張力を維持する方法である。

単一のトランスミッションから各ドラムに動力を伝達する方法（現在の集材法はほとんどこの方式である）においては、各ドラムの回転方向がすべて同一方向となるので、第1の方法しかとることができない。

第2の方法は、張力制御のドラムが独立して動く機構をもった集材機に利用することができる。

本報告では第1の方法を採用したが、第2の方法も可能であるので、検討の材料としたい。

また、張力の検出方法についても、機械式電気式、油圧式とあるので、その実用性を検討する予定である。

（3）緩衝回路

緩衝起動、緩衝停止をリモコンで行うには、電流制御を行うことが实际的であると思うが、本報告では段階的に電圧を過渡する方法と、可変抵抗器を直流モータで回転させる方法を採用した。

前者は、固定抵抗と TLR を利用し、可動部がなく、故障が少なくてすむので、山地での利用に効果的であると考えますが、どの程度の TLR の数、間隔時間、抵抗値を設定したらよいかは、実用機について実験的に求めることができる。

後者は、電圧変化がスムーズであるので、緩衝にはもっとも適しているが、ただ可動部があるので、ひんぱんな使用にどの程度耐えられるかが、今後の問題点である。

（4）ケーブルか無線か

本報告では、市販の最小径のケーブル（直径 9.5 mm、1 km の重さ 90 kg）を利用した。これはリモコン装置の確実・安価を狙ったのだが、無線に比べて若干行動に不自由であると考えられる。

（5）安全管理のための自動化技術導入の程度

自動化技術を導入するに当たり、何を、どの程度自動化するかが一つの問題である。自動化できるものはすべて自動化したらよさそうであるが、ものによっては配線が複雑になったり、故障の際の点検がむずかしくなり、経費がかさむなどのマイナスの面がでてきて、実用に供せられない場合もあるだろう。

文 献

- 1) 中村英碩：ジグザグ集運材作業その考え方とやり方，日本林業技術協会，69 p.，(1973)
- 2) 杉田 稔：自動化機器の設計と製作，日刊工業新聞社，338 p.，(1968)

On the Yarder based on Automatic Control
(1st Report)

Masahiro Hyodo⁽¹⁾

Summary

For the purpose of reducing the number of forest workers engaged in skidding operations, safety of forest labor, and easier operation, some basic studies of yarder based on automatic control by means of a small-scaled experimental machine have been made, and comparatively good results were obtained.

This method does not need the operator of yarder. The worker can operate the yarder by only pressing the push button to make ON-OFF controls of the electric current.

There are still many problems to solve about the circuit system.

Received January 29, 1976

(1) Forest Mechanization Division