

ヨーロッパにおける自動制御界を視察して

大島 康次郎

はじめに

昨年 10 月 13~18 日の間スペインのマドリッドにおいて開催されたオートメーション国際会議 (Congreso Internacional De Automatica) に出席し、約 2 ヶ月にわたりヨーロッパ各国の自動制御関係の研究所、工場を視察する機会をえた。その間に見聞した範囲でヨーロッパにおける自動制御界の近況を述べてみよう。

1. マドリッドオートメーション国際会議

スペインの Instituto De Electricidad Y Automatica の主催で欧米各国のオートメーション関係会社のスポンサーのもとに開催された計算機、自動制御関係の国際会議で、各国からの出席者は司会、講演を含めて、スペイン; 18, アメリカ; 9, オースタリー, フランス, イギ

リス; 各 7, ドイツ, 日本; 各 4, イタリア; 3, ポーランド, ユーゴ; 各 2, チェッコ, デンマーク, オランダ, ノルウェー, スウェーデン, スイス; 各 1 の合計 16 ケ国, 69 名であった。出席者のうち著名な人達は Prof. H. Aiken (米), Prof. A. Walter (独), Prof. V. Broida, Prof. P. Naslin (仏), Dr. A.D. Booth, Dr. M.V. Wilkes (英) 等で主として計算機関係であった。わが国からは東大の山下教授(電気), 機械試験所の杉本所長と左治木課長および筆者の 4 名が出席した。山下教授は "The Recent Development of Electronic Computers in Japan", 杉本所長は "Numerically Controlled Machine Tools in Japan" 左治木課長は "The Application of Parametron to the Numerical Control of Machine Tools", 筆者は "A Digital Servomechanism Applied to the Numerical Control of Machine Tools" についてそれぞれ 30 分にわたる講演を行った。講演には英, 独, 仏, 西の 4 ケ国語が使用されイヤホンによって同時通

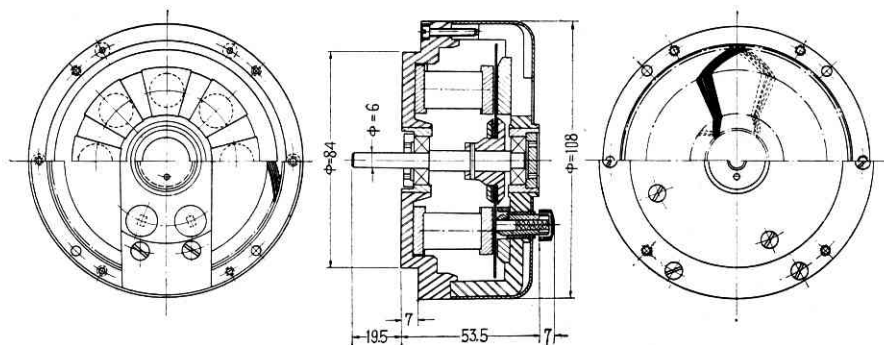


右より Prof. J.G. Santesmases (スペイン), Prof. H. Aiken (米), Prof. V. Broida (仏), J.A. Suanzes Fernandez 会長(スペイン), Gen. L.R. Groves (Remington Rand の Vice President) 等。

第 1 図 会議開会式における役員席



第 2 図 会議における聴講の模様



第 3 図 直流サーボモータ

訳がなされた。第 1 図, 第 2 図の写真は開会式における役員席および講演における聴講の様様を示したものである。

2. フランスにおける視察

パリにおいては SEA, Conservatoire National des Art et Métiers, Monsavon Soap Co. 等を見た。SEA は計算機, 自動制御関係の中規模の工場であるが, 汎用の真空管デジタル計算機, シミュレータ, 工作機の電子管式アナログ制御装置等の製品を出すとともに新しい制御用素子の開発を進めていた。最も興味をひいたのは現在実用化を急いでいる SERVALCO サーボモータとデジタル制御用素子 LOGIMAG であった。SERVALCO モータはプリント配線技術を活用したサーボモータで第 3 図に一例として TM 500 A 直流サーボモータの構造を示す。回転子は薄い円板の表裏両面にコンダクタをプリント配線技術によって設けたもので, コンダクタは放射状の直線部分と外縁, 内縁における表裏接続部分とから成っている。固定子には回転子軸と並列に配置した 8 個の永久磁石があって, その磁束が回転子軸の方向に生ずるようになっている。この磁束とコンダクタ放射状部分を流れる電流との相互作用によって回転トルクが生ずるのである。巻線と異なりコンダクタのターンは少なく図に示した形式のものでは 97 にすぎないので, コンダクタに 10A 以上の電流を流してアンペーターンの不足を補っている。コンダクタは銀メッキした銅で作り, 厚みが 5/100~30/100 mm で, 巾が mm の程度である。コンダクタが裸であることと熱の放散面が円板の全面にわたるため熱の放散がよく温度上昇はせいぜい 40°C である。直流モータに必要な整流作用はコンダクタに直接刷子を接触させて行わせている。図に示したものでは刷子の数が 4 個である。このモータでは逆起電力が極めて微小なため電氣的ダンピングが作用しないので, 動特性をよくするため渦流によるダンピングを与えている。そのため回転子の

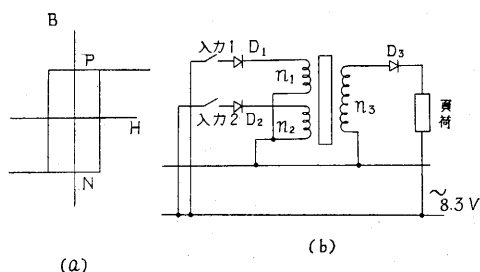
ベースにアルミを用いる。ダンピング付きのものでは 100 cps の入力変化に追従できる非常に速応的な特性をもたせることができる。第 4 図はダンピング付きモータのトルク-速度特性を示している。TM 500 A モータの主要な諸元を次に示す。

回転子直径: 90 mm, 回転子重量: 20 gr, 回転子慣性モーメント: 200 gr-cm², 常時使用におけるトルク: 600

gr-cm (100 rpm において), 瞬間最大トルク: 3,000 gr-cm, コンダクタ抵抗: 0.5 Ω , 空隙部磁束密度: 3,500~4,000 gauss, 逆起電力: 0.18 V (100 rpm において), ダンピングトルク: 400 gr-cm (100 rpm において)。

LOGIMAG はデジタル制御用の磁氣的なスイッチング素子で, 第 5 図(a) に示すような角形ヒステリシス特性をもったコアに二つの入力巻線と一つの出力巻線を施したものをポリエステルでモールドしてある。

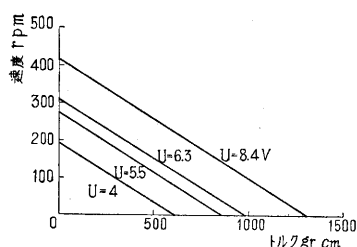
LOGIMAG 要素の結線は第 5 図 (b) に示す。供給電圧は 8.2V \pm 10%, 50 cps の交流で, 速応性を要すると



第 5 図 LOGIMAG

きは 20KC 等の周波数を用いる。図において入力として接点を示してあるが, 光電管その他のリレー制御回路への普通の入力が用いられる。図で, 入力 2 が開いた状態で, 入力 1 が閉じたとする。ダイオード D_1, D_3 によって巻線 n_1, n_3 には交互に異なった半波ごとに電流が流れる。そのためコアの状態は交互に P と N とに移り変わる。この変化によるインダクタンスのため負荷にはほとんど電流は流れない。入力 1 が開いているときは, コアの状態は変化しないので, 負荷には出力電流が流れる。これはリレーのブレイク接点に相当する。次に入力 1 を閉じたまま, 入力 2 が開閉した場合を考える。入力 2 が閉じたときは, n_1 と n_2 の巻線が逆になっているので相互に磁束が相殺しコアの状態が変化しないので出力電流が流れる。入力 2 が開いているときは出力電流は流れない。これはリレーのマーク接点に相当する。LOGIMAG の入力としては最低 10 mW を必要とし, 出力としては最大 130 mW が取り出される。大きなパワーを制御する必要があるときは磁気増幅器によってパワーを増幅する。このような LOGIMAG 要素は, それを用いてあらゆる論理回路が組み立てられるので, デジタル制御に利用することができる。

Conservatoire National des Art et Métiers では, Prof. Broida を訪ね, 学生実験用の施設を見せてもらった。毎週 3 時間の実験で半年間が 1 コースになっており, これの 2 コース分の施設が準備されていた。第 1 コースには液面のオンオフ制御; 圧力, 流量の空気圧式 PID 制御; 小形ガス炉の電気式温度制御等プロセス制御関係の題目が選ばれており, 第 2 コースには CR 回路の周波数特性の測定; シンクロを用いた計器サーボ; モータのサ



第 4 図 TM 500 A モータのトルク-速度特性

イラトロン、磁気増幅器、アンプリダイン制御等サーボ関係の題目が選ばれていた。この両方のコースを履習すれば、プロセス制御とサーボの基礎的事項が一通り実地に習得できるような仕組であった。

Monsavon Soap Co. では SEA のデジタル計算機 CAB 2124 の利用状況を見学した。150 種類にわたる製品について多くの顧客からの伝票をチェックし、また各種の統計を出すのに計算機が活用されていた。

3. イギリスにおける視察

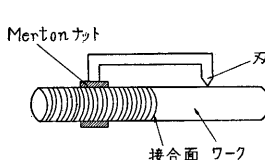
ロンドンにおいて Ferranti の計算機センタ、EMI, NPL, Imperial College, Elliot Automation Group の Pannellit Ltd., スコットランドのエジンバラに飛んで Ferranti の machine tools control division を視察した。Ferranti の計算機センタでは真空管式の汎用デジタル計算機 “Pegasus” を見学した。この計算機はすでに 9,000 時間以上稼動しているが、動作時間中に真空管の故障は皆無であった由、真空管の信頼性もここまでゆけば申し分ないという感じをもった。Pegasus 計算機は 5 分間単位でサービスに使われておりほとんど休まず活用されていた。プログラミングは依頼者の方で準備するのが 85% で、残りはセンタでもっているルーチンを組み合わせるか、他でもっているプログラミングを借用してなされるとのことであった。EMI では数値制御工作機を主として見学した。EMI の連続輪郭制御の方式はアナログサーボを利用したもので、指令は加工物の輪郭の主要点座標の数値が符号化されて穴あきテープに与えられるが、これを読み取り記憶するレジスタを D-A 変換に利用して、主要点座標に相当するアナログ電圧を発生させ、これを EMI 独自の抛物線ブリッジによって補間し、加工物輪郭に対応するアナログ電圧とし、これを入力としてサーボ弁を利用したアナログ油圧サーボを駆動する方式を採用している*。抛物線ブリッジは主要点の相隣る 3 点を通過する抛物線によってそれらの間を補間するようになっている。このようなアナログ方式では工具寸法の変更を補償する工具補償ユニットを付加できる利点がある。このユニットを利用すれば同じ指令テープであら削り、仕上げ削りの両方ができる点は有利である。EMI 方式はプログラミングが簡単で特別な計算機を必要としない点が大きな特徴になっている。たいていの場合、加工物輪郭の主要点は 0.5 in 間隔にとれば、0.001 in の精度でプログラミングできることが経験点に知られている。EMI の装置はパルスを用いる方式に比べて構造が簡単で、比較的安価にできることも有利な点である。しかし精度、融通性の点ではパルスを用いる方式

にはおよばないと思われる。EMI はすでに十数台の数値制御フライス盤を販売した実績をもっていた。また EMI ではボール盤の数値制御による自動位置決め装置を開発中で、その方式は数値指令を D-A 変換してインダクトシン検出と界磁制御直流モータを利用したアナログサーボを駆動するようになっていた。

NPL では Dr. Uttley の研究室で開発中の Conditional Probability Computer が興味深かった。これは五つの入力チャンネルをもっていて、各チャンネル個々に独立に事象がおこる数をカウントするカウンタ (5 個)、五つのチャンネルのうち 2~4 のチャンネルに、それぞれ組合わせて同時に事象がおこる数をカウントするカウンタ (${}_2C_2, {}_3C_3, {}_4C_4$ 個)、五つのチャンネルに同時に事象がおこる数をカウントするカウンタ (1 個) というように合計して 31 個のカウンタが設けられている。これらのカウンタは事象がおこるたびにコンデンサを充電し、その電荷によって数を指示する簡単なものである。コンデンサの電荷は適当に放電するようになっているから、コンデンサの電荷は比較的新しく事象のおこった数を示すことになる。いま五つのチャンネルに j, k, l, m, n の記号を与え、 j, k のチャンネルに事象がおこり、それと同時に l チャンネルに事象のおこる確率 $P_{jk}(l)$ は

$$P_{jk}(l) = \frac{(jkl) \text{ カウンタに記憶された数}}{(jk) \text{ カウンタに記憶された数}}$$

で与えられるから、この確率がある限界の値を超過すれば、 j, k と同時に l のチャンネルに事象がおこることを計算機が推論して、警報その他の出力信号を発するのである。Dr. Uttley は将来このような計算機を工業プロセスの制御に応用したいと語っていた。また NPL では後述する Ferranti の数値制御工作機の検出に用いられている微細な光学的回折格子 (最高 1 in に 5,000 本) の開発研究を完成しており、その施設を見せてもらった。これは Merton ナット法とよばれるもので、まず真鍮シリンドラに時計旋盤でサーボ機構を利用したピッチ補償を



第 6 図 Merton ナット

行つて微細なねじを切る。次に第 6 図に原理を示すように、このねじにフレキシブルな Merton ナットをかみ

合わせて、真鍮シリンドラと接合したワークに再びねじを切るのである。フレキシブルなナットを用いれば、これとかみ合ったねじのピッチが平均化されてナットが動くから、個々のピッチ誤差が平均化されてワークにはよりよいピッチのねじが切られることになる。このようにして作られたマスタにゼラチンのフィルムをはり、それを剝して、プラスチックをモールドして回折格子のレプリカを作成するのである。Imperial College では Prof. Tustin の研究室を見学

* 構成の詳細については下記文献参照。

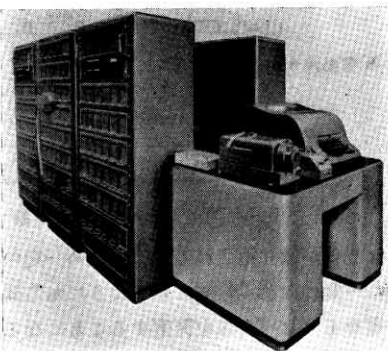
P.J. Farmer, Aircraft Production, 18, 4 (1956), 126.

P.J. Farmer, Aircraft Production, 19, 3 (1957), 90.

したが、人間のオペレータの動作解析といったサイバネックス関係の研究がなされていた。不規則信号発生器の信号によって動かされるブラウン管スポットを人間が手で追跡し、その動作がペンオシシロに記録される。これから動作解析に必要な相関関数を求めるのであるがその演算を自動化するため一種の専用データ処理装置を試作中であった。これはペンオシシロの記録の曲線をブラウン管スポットで光電的に自動追従させ、同時にブラウン管偏向電圧（これが曲線の y 座標に対応）を A-D 変換して、そのデジタル量を磁気テープに記録し、これからテープレコーダを利用した相関器によって相関関数を算出するという仕組みであった。

Panellit Ltd ではアナコム用のバンド幅 10 cps のサーボ掛算器、データ処理装置、記憶容量 50 万ビットの磁気円板、記憶容量 10 万ビットの磁気ドラム等を見学した。

エンジンバラの Ferranti 工場では数値制御工作機を見せてもらった。Ferranti の方式はデジタルサーボを利用したもので、フィードバックパルスの発生に回折格子の Moiré フリンジを利用した点に特徴をもっている*。2 次曲線であらわされる加工物輪郭の場合には方程式のパラメータと接点座標を穴あきテープに符号化して専用の電子計算機の入力とすることにより、計算機がこの輪郭に対応するパルス列を出方として発生するようになっている。このパルス列をいったん磁気テープに記録し、この指令磁気テープを入力として工作機の運動部



第 7 図 Ferranti の数値制御用電子計算機

分を駆動するのである。専用電子計算機は、第 7 図の写真に示したようなもので、現在エンジンバラにおかれていて、ここで顧客に対する指令磁気テープ作成のサービスを行っている。このように Ferranti は指令作成をメーカがサービスするというシステムを確立したのであって、これは数値制御工作機の実用化に寄与した。指令作成の場合の計算機時間は加工の際の実時間の 1/8 になっている。また一つの磁気テープで相当数の加工物を加工するから、1 台の計算機で平均して 50 台の数値制御工作機が受持てる見当である。近い将来指令作成のサービスはロンドンの計算機センタに移し、前述の Pegasus 計算機に digital differential analyzer を付加してそれによ

て行うようにするとのことであった。また指令磁気テープ作成の際に automatic curve plotter を利用して、任意の倍率で指令テープに与えられた加工物輪郭の作図を行わせ、これを指令テープに添えて顧客に提供する方式を採用しようとしていた。これは指令作成のミスを見つけるのに有効な方法と思われる。Ferranti 方式では工作機に付加する制御装置は指令磁気テープの再生によってえられるパルス列で工作機運動部分を駆動するデジタルパワーサーボである。これは磁気増幅器による電動機駆動の方式をとっている。フィードバックパルスの発生は前述した NPL の回折格子で 1 in に 500, 2,500 および 5,000 本のものを使用している。Ferranti の数値制御工作機に付属する制御装置だけの値段は £15,600 で、当時までに 15 台の販売実績をもっていた。指令テープ作成サービスは加工時間 1 時間当たり £3 見当であった。エンジンバラ工場にも機械加工の現場に 2 台の数値制御フライス盤を設備していて、航空機工場の下請けで非常に複雑な部品の加工を行っていた。現在、数値制御工作機の経済性が問題になっているが、その高額な初期投資にもかかわらず、部品加工のコストは従来の方法と比べて約 30% ぐらいになることを Ferranti では強調していた。このような加工コストの算定には、プログラミングの person 費、テープ作成のサービス料、工作機と制御装置の償却、運転と保守の一切の費用を含めて次のような経験公式を用いていた。

$$S = \frac{13}{N}P + \frac{58}{N}M + 53M$$

ここで、S: 一つの部品当りの加工コストでシリング単位、P: プログラミング時間で時間単位、N: 加工部品の数、M: 加工時間で時間単位である。プログラミング時間は接点 1 点当たり 2 分として算出する。

4. ドイツにおける視察

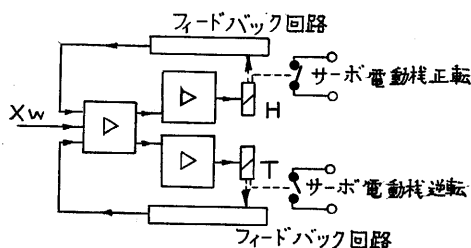
アーヘンとダルムシュタットの両工科大学、Hartmann & Braun、カールスルーエとミュンヘンの Siemens & Halske、工作機の Firma Heller、ミュンヘンの Max Plank Inst. を見学した。アーヘンの工科大学では、その工作機械研究所で、磁気テープを利用した旋盤の記録再生制御をみせてもらった。これはシンクロを用いて運動部分の動きを位相変調信号とし、これをパルス化して磁気テープに記録し、再生においてはサイラトロンによる電動機制御で運動部分を駆動する方式をとっていた。数値制御に関しては、期待に反して、デジタルサーボの基礎実験を行っている程度であった。ドイツにおいては数値制御工作機に対して関心はもつが実用化に関しては多分に懐疑的といった態度のように受けとれた。これは数値制御工作機を最も必要とすると思われる航空機工業が復活していないためではなかろうか。ダルムシュ

* 構成の詳細については下記文献参照。

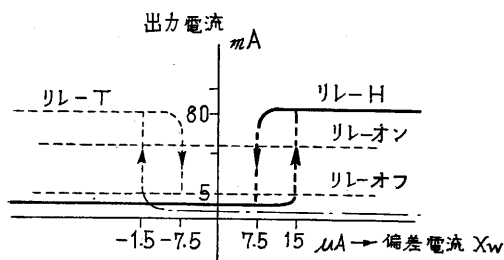
R.J. Farmer, Aircraft Production, 18, 7(1956), 256.

トの工科大学では Prof. Walter の計算機の研究室, Prof. Oppelt の制御工学研究室を見学した。後者においては, ガラス製蒸溜塔モデル, エンジンの速度制御系, 飛行機の自動操縦系モデル, デジタル素子, 人間オペレータの動作解析, 液面や圧力の制御系等 30 にもおよぶ学生用実験設備が研究室専属の試作工場の活用によって整備されつつあった。制御工学教育に対しては非常な熱の入れかたが感じられた。

Hartmann では Schoppe & Faeser 方式の電気式調節計 (inductive controller), 光電管を利用した Regelux 調節計, これらと関連ある各種変換器等を見せてもらった



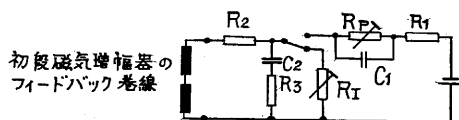
第 8 図 TELEPERM type S 調節計の構成



第 9 図 磁気増幅器の総合特性

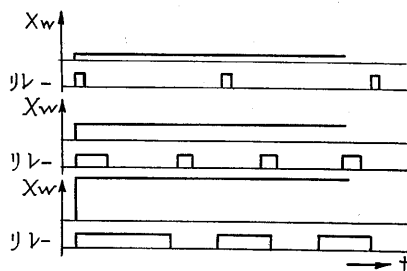
が, 前者の調節計は大きなプラントの計装に好評をえてかなり広く使われているとのことであった。

カールスルーエの Simens & Halske で興味をひかれたのは TELEPERM type S の調節計である。これは非線形性を活用した電気式調節計で, その構成は第 8 図に示すようになっている。制御量はすべて変換器によって直流電流として, 偏差電流が調節計に導かれる。調節計はこの偏差を線形動作で増幅するプッシュプル磁気増幅器, その出力でオンオフ的に動作する二つの出力段磁気増幅器, そのおのおのの出力によって動作する弁駆動サーボ電動機正逆転用リレー H, T およびこのそれぞれのリレーによって動作されるフィードバック回路より構成される。磁気増幅器の総合特性は第 9 図に示すようにヒ

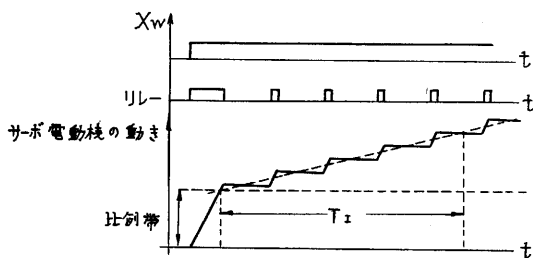


第 10 図 フィードバック回路の構成

ステリシスをもつオンオフ特性を呈する。またフィードバック回路は第 10 図に示すような構成になっている。いま偏差電流がある値以上になると一方のリレーが動作し, それによってフィードバック回路のコンデンサ C_2 が抵抗を介して充電され, 初段磁気増幅器のフィードバック巻線に流れる電流が増加する。このフィードバック電流が偏差電流を磁氣的に打ち消すようになると, リレーはもとの位置にもどりコンデンサ C_2 は抵抗 R_1 を介して放電する。したがってフィードバック電流は減少し第 9 図のヒステリシスの幅に相当するだけ減少すると, 再びリレーが動作しコンデンサ C_2 が充電されるといっ

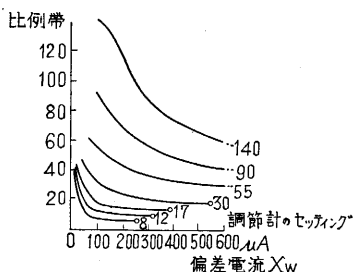


第 11 図 リレーの動作



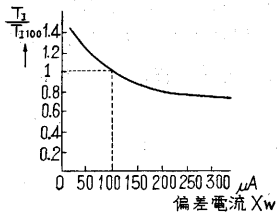
第 12 図 サーボ電動機の動き

た動作が繰り返される。このため一定の偏差に対するリレー動作は第 11 図に示すようにある間隔をおいてある幅をもったパルスが発生することになる。最初のパルスはその間にコンデンサがある電位まで充電される必要があるため幅が広い。以後のパルスの幅はヒステリシスに対応するだけだから狭い。しかもこのパルス幅は偏差に比例し, パルス間隔は偏差に逆比例する。このパルスによるサーボ電動機の動きは第 12 図に示すようにステップ状となる。これを同図の点線のように近似すると, 連続動作の PI 動作に相当することが分る。したがって最



第 13 図 比例帯の偏差による変化

初のパルス幅が比例帯を規定し, 後のパルス幅およびパルス間隔がリセット時間になる。比例帯はフィードバック回路の抵



第 14 図 リセット時間
の偏差による変化

抗 R_p 、リセット時間は R_r によって調整される。この比例帯およびリセット時間はそれぞれ第 13 図、第 14 図に示すように偏差によって変化する。この非線形性は偏差の大きいところでは早い応答を、偏差の小さいところではゆっくりした安定な応答を与えるので好ましい特性である。

Firma Heller では自動車エンジンブロック用 (15 ステーション) とギヤハウジング用 (40 ステーション) のトランスファマシンおよび電気—油圧式の自動盤を見せてもらった。後者は前後、左右、上下の 6 方向の運動を定めるノブ 20 をそなえ、このノブの設定によって 20 ステップの運動のシーケンスがプログラムでき、それぞれの運動の大きさはドッグとマイクロスイッチで定めるようになっていた。油圧駆動には斜板式回転モータを用いていた。この自動盤はプログラミングで操作に融通性をもたせることを狙ったもので、幾何学的に簡単な形状の加工には適しており、自動盤の今後進むべき方向を示唆していた。なおここで聞いたところでは工員の平均賃金が 500 D.M.、売上げは 20,000 D.M./year, person とのことであった。

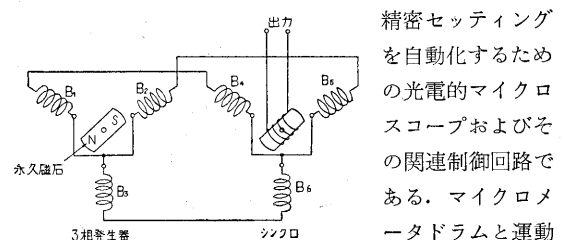
ミュンヘンの Siemens & Halske ではテレプリンタ、リレー、真空管製造工場を Max Plank Inst. für Physiks und Astrophysiks ではデジタル計算機およびパラメトロン基礎研究を見学した。

5. スイスにおける視察

Amsler, Oerikon, Reishauer, Hauzer および SIP の各社を視察した。このうち自動制御関係では、Oerikon の做い旋盤とジグ中ぐり盤の自動位置決めおよび SIP の Hydroptic-6 A のジグ中ぐり盤に付加する Automatic Repeating Device が主なものであった。Oerikon の新しい做い旋盤は縦送りに油圧伝達装置 (可変ストロークポンプと回転油圧モータの組合わせ) を用いて変速を容易にし、做い動作はスタイラスによるパイロット弁の動きで斜板式回転油圧モータを駆動してねじによって運動を与えるようになっている。同社のジグ中ぐり盤の自動位置決めはドッグによって設定する方式である。穴位置の X, Y 座標に相当してそれぞれの軸に設けられた 4 列の溝にドッグの位置をセットする。運動部分には空気マイクロが設けられていて、そのフラップがドッグによって動かされるようになっている。空気マイクロの背圧変化は水柱変化に変え、そのメニスカスの動きを光電管によってピックアップする。運動部分が送り電動機によって

送られ、所定の穴位置の近傍になるとドッグがフラップに触って背圧が上りメニスカスが上昇して光電管位置を過ぎる。このときリレーを動作して送り電動機を低速に切り換え、次にメニスカスが下降して光電管位置を過ぎるとき再びリレーにより送り電動機を停止して位置決めを完了する。ドッグの形状は上記動作に適するよう作られており、またドッグ位置の設定もそれに応じてなされる。この方式は最終の位置決め動作だけを自動化したもので、穴位置に応じたドッグの選択等には手動操作が必要である。

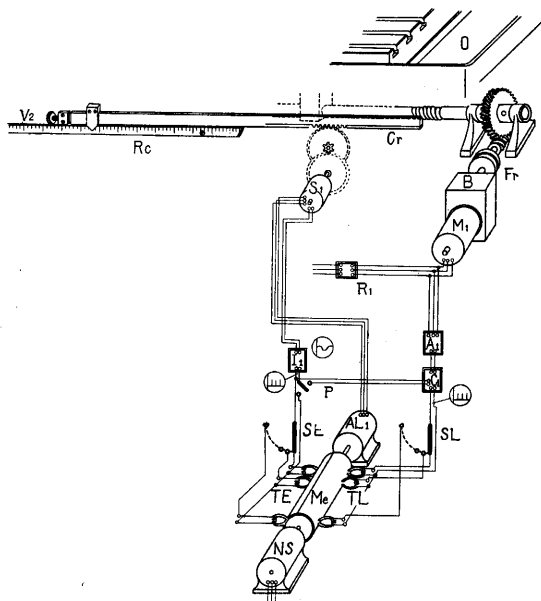
SIP の Automatic Repeating Device はジグ中ぐり盤をオペレータが手動で操作する運動を磁気的に記録しておいて、あとでこれを再生して自動的運転を行わせるのである。Hydroptic を手動でセットするときには、光学的マイクロメータのインデックスをマイクロメータドラムの回転によって穴座標の精密な下桁の値にあわせ、次に送りを動作させて固定スケールによって運動部分を座標上桁に対応する大体の位置にもたらし、その後でスケール目盛線の光学的像がマイクロメータのインデックスと一致するように精密位置決めを行うのである。SIP の自動位置決め装置はこの一連の操作を記録して自動的にそれを再現しようとするものである。その主要部はマイクロメータドラム位置とテーブルその他の運動部分のだいたい位置を記録、再生する装置と手動で最終的に行う



第 15 図 シンクロによる位相
変調信号を利用した検出

精密セッティングを自動化するための光電的マイクロスコープおよびその関連制御回路である。マイクロメータドラムと運動部分の位置はシンクロによる位相変調信号を利用して検出する。第 15 図に示すように 3 相発生器の永久磁石回転子の回転によりその固定子 3 相巻線に誘起する 3 相電圧をシンクロ固定子の 3 相巻線に導く。これによって生ずる回転磁界でシンクロ回転子巻線には交流電圧が誘起するが、その位相は回転子位置によって変化するから、マイクロメータドラムや工作機運動部分にラックピニオンによってシンクロ回転子を連動しておけば、それらの位置が位相変調信号に変換される。テーブルその他の運動部分の運動範囲は大きいから、それらに対しては精、粗の 2 速度シンクロ系を用いる。この方式の記録、再生には各部の運動に対してそれぞれ磁気ドラムを利用しており、ドラム回転は 3 相発生器の回転と 1:1 で連動する。マイクロメータドラムや運動部分が所定の位置にセットされたとき記録用ボタンを押して記録をする。このときシンクロからの位相変調信号の正

弦波はパルスに変換されて記憶用ヘッドによりドラムに記憶される。パルス周波数とドラム回転とが一致しているから、検出位置に応じたパルスの位相変化で位置がドラム周上の磁化された1点として記憶される。再生においては記憶用ヘッドと180°隔った位置に設けられている再生用ヘッドからパルスを取り出し、実際の位置に応じたシンクロからの入力パルスと位相比較回路で位相を比較して、この偏差でマイクロメータや運動部分の駆動電動機の回転を制御し位置決めを行うのである。第16図はテーブル位置の記録、再生制御装置の構成を示す。Meは磁気ドラムで30トラックをもつから30点の位置決めを可能とする。AL₁: 3相発生器、S₁: シンクロ、TE



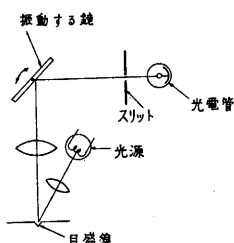
第16図 テーブル位置の記録、再生制御装置

: 記憶用ヘッド, TL: 再生用ヘッド, C₁: 位相比較回路, M₁: テーブル駆動電動機, F_r: 電磁ブレーキ, SE, SL: セレクタスイッチである。光電的マイクロスコップの原理は第17図に示すとおりである。振動する鏡によって目盛線の像をスリットに対して相対的に振動させる。スリットに目盛線の像が入ったとき光電管に入る光量が減るので、その出力からパルスを取り出される。このパルスでフリップフロップ回路をトリガするのであるが、目盛線が正しい位置にあるときは第18図(a)に示すようにフリップフロップ出力は±で等しい幅となり、位置がずれていると同図(b)に示すように幅が相違してくる。このフリップフロップ出力を整流すれば目盛線の位置偏差の大きさおよび向きに応じた大きさ

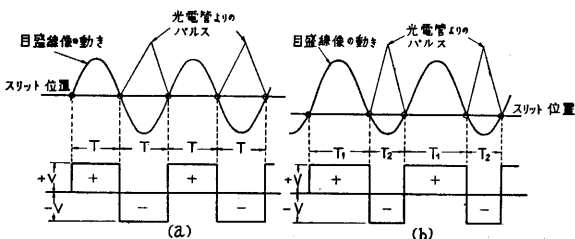
および極性の直流信号がえられる。この信号によってリレーを介して運動部分駆動電動機の減速および電磁ブレーキによる停止を行わせ精密位置決めをするのである。実際の構成は第19図に示す。図においてM: 振動する鏡, F: スリット, Ce: 光電管, S₂: シンクロ, M₂: マイクロメータ駆動電動機, R₁, R₂: 制御用リレーである。

おわりに

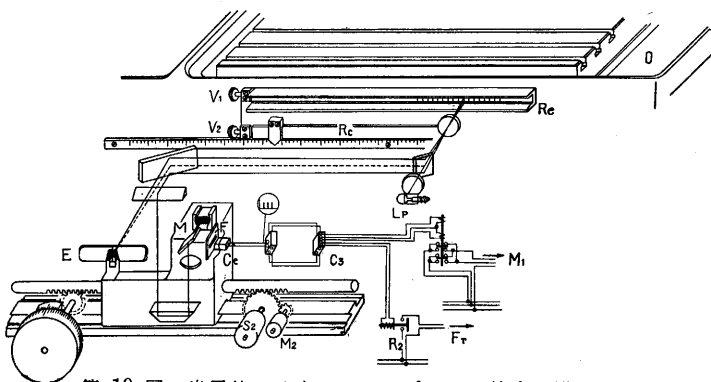
以上のほかにオランダで Philips, オースタリーで電磁クラッチによって有名な Heid の両工場を視察したが紙面の都合で割愛する。このように約25箇所の見学先をほぼ50日の間に駆足で視察したため詳しく調べるこ



第17図 光電的マイクロスコップの原理



第18図 光電的マイクロスコップの動作



第19図 光電的マイクロスコップによる精密位置決め用制御装置

とはできなかったが、浅く広くヨーロッパにおける自動制御界の近況を知ることができた。この一文がなんらかの参考ともなれば筆者の幸甚とするところである。

(1959. 5. 1)