

海外事情

世界自動制御會議

高橋安人

今年の7月16日から21日まで、イギリスのCranfieldにある航空大學を會場にして、欧州でははじめての國際自動制御會議が開かれた。

主催はイギリス政府のD.S.I.R. (Department of Scientific and Industrial Research, 醫學と農學を除く自然科学の振興を目標にして1916年に設立された機關)であり、Birmingham大學のA. Tustin教授を準備委員長として計畫された。

自動制御はおどろくべき速さで進歩中の新しい重要分野だから、その代表的研究者を廣く世界各國から招いて大會を開き、しかも會期中は合宿して自由な討論を行うことによつて有意義な成果を得ようというのがこの會議のねらいであつた。

筆者はA. Tustin教授からこの會議への招きをうけ、D.S.I.R.も東京の英國大使館へ手配してくれた。しかし會議への出發に間に合う期日までは、筆者の申出に對し日本政府から何の回答もなかつた。したがつて以下は、D.S.I.R.から筆者へ贈られた會議次第書(14頁の小冊子)によつて、この注目すべき會議の概要を紹介する。

これによると會議には各國の専門家が参加し、基礎理論の研究からプロセス制御など工業の應用面にいたるものまで、廣く自動制御の全分野にわたる新しい數々の進歩を物語る論文を發表する。さらに會期中の2晩は、人體および經濟界の自動制御論に豫定されている。

第1日はD.S.I.R.長官の挨拶と、アメリカM.I.T.のサーボ機構研究所長G.S. Brown教授の講演、「注目すべき教育題目たる閉回路工学」で幕を開く。

第2日以降は午前9.15-10.45, 11.15-12.45, 午後2.00-3.30, 3.50-5.20の4部にわかれ、それぞれの時間内に最大3題目までの研究發表がある。ただし講演は前刷について要點を指摘する程度にどども、大部分の時間が討論に向けられるよう計畫してある。

つぎにプログラムの大要を紹介する:

第2日、一般理論

1部 安定判別(スイス, L.S. Dzung), 安定度判別およびHurwitz多項式の根の算定補助手段としての減衰度(ドイツ, A. Leonhard).

2部 サーボ系の周波特性と平均2乗偏差の關係(イギリス, J.H. Westcott), サーボ系最適特性の一問題(イギリス, J.M. Layton).

3部 電解槽應用のサーボ設計(イギリス, A.R. Boothroyd 他1), 傳達かん數法の一般化(カナダ, N.L. Kusters 他1).

4部 サーボ界への統計論の應用(フランス, M.J. Pélegrin), ノイズなどがあるときの最適應答の決定(イギリス, S. Jones).

第3日 プロセス制御

1部 定常状態理論のプロセス制御への應用(アメリカ, H.T. Marcy 他1); プロセス制御の諸問題(イギリス, N. Ream).

2部 空氣式自動調節計の特性(イギリス, A.R. Aikman 他1), 空氣式自動調節計の解析(オランダ, J.M.L. Janssen).

3部 検出および流動おくれの影響(イギリス, A.R. Aikman), プロセス用サーボの検討(アメリカ, W.H. Howe).

4部 プロセス制御に関する討論

夜の部 閉回路理論の經濟系への應用(イギリス, J.R.N. Stone およびA. Tustin),

第4日 非線型問題

1部 非線型制御回路解析序説(イギリス, W.E. Scott), 非線型系に関する一般力學の定理若干(イギリス, E.C. Cherry).

2部 非線型制御系の線型化(フランス, J. Loeb), オンオフサーボ機構の安定化(イギリス, A.M. Uttley 他1).

3部 非線型現象の展望およびそれらと制御系との關連(フランス, N. Minorsky), 非線型問題若干の安定判別(アメリカ, R.W. Jones).

4部 サーボ系の摩擦によるがたつき(イギリス, J.D. Harmer), バックラッシュのある系の傳達かん數解析(イギリス, J. Liversidge).

夜の部 人體の自然調節(イギリス, J. Young).

第5日 1, 2部, 間歇動作系; サンプリングサーボ特性(イギリス, C.H. Smith 他2), 機械計算法(アメリカ, G. McCann), 微差方程式(イギリス, B.M. Brown).

3部 人の操作; 人の追尾性能(イギリス, G. Gibbs), 人の傳達かん數(イギリス, J. North).

4部 不連続動作系; 階段式制御理論(ドイツ, H. Sartorius), その應用(ドイツ, R. Oldenbourg), その近似計算(ドイツ, W. Oppelt).

第6日 1部 水車の電氣油壓制御(スエーデン, A. Garde).

2部 交流サーボ系の設計(イギリス, D. Morris).

なお筆者もプロセス制御の論文を寄稿した。諸論文の前刷は近く到着の豫定だから、いずれ紹介する機会があると思う。(6-25, 記)

ソ聯における自動制御の研究

伊澤計介

自動制御の研究はソ聯でも最近10年ほどの間に急に活潑になつたようだ。

自動制御理論はその根本で振動理論と相通ずるところがあるが、ソ聯でも非線型その他の振動の研究が以前からあつて、それを利用しての自動制御理論が發表されている。また自動制御のよさについては、Kolmogorovがやつた定常不規則プロセス(stationary random process)の考え方を不規則擾亂に適用して、新しい觀點に立つたものが現れている。

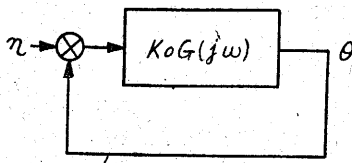
今次大戦中に國立の自動制御の研究所が設立され、さらに自動制御の専門誌Avtomatika i Telemckhanikaが年6回發行されているようであるが、資料の入手困難のためくわしいことはわからない。本稿は筆者の見ることできた少數の文献とアブストラクト誌(Math. Rev.とAppl. Mech. Rev.)を参照して書いた。

振動の研究ことに非線型振動の研究はソ聯でもかなり多い。したがつて、この結果を非線型制御の研究に利用した論文がだいぶある。たとえば、Andronov, Bautin¹⁾ 2³⁾などはBirkoff⁴⁾の點變換理論をクローン摩擦やバックラッシュをふくんだ制御系の解析に用いて安定性を

論じている。また Lourie,⁵⁾ Letov,⁶⁾⁷⁾ Bulgakov,⁸⁾ Bautin,⁹⁾¹⁰⁾ らの研究は、非線型振動の安定性に關する Liapounov, Poincaré, van der Pol らの結果を非線型制御の安定問題に應用したものである。

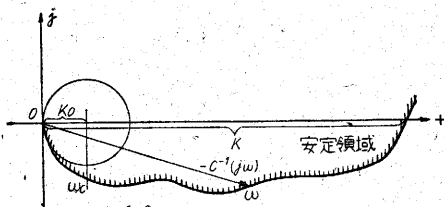
ラプラス變換、フーリエ變換などを用いての線型制御の論文もある、たとえばは、Bulgakov¹¹⁾ は複雑な線型微分方程式系のラプラス變換とマトリックスを用いた解法を導き、これを制御理論に應用することを考えているし、Kartevishvili¹²⁾ は制御系の特性方程式の根の代數的性質と安定性について述べている。Solodovnikov¹³⁾¹⁴⁾ は制御系の實周波數特性 $R(\omega)$ (系の周波數特性 $K_0G(j\omega)/(1+K_0G(j\omega))$ の實部、第 1 圖) と單位函數狀擾亂に對する應答 (インディシャル應答) $x(t)$ との關係について興味ある結果を出している。その要旨は：最大偏差 $\sigma \equiv \{x_{\max} - x(\infty)\}/x(\infty)$ を 0.18 以下におさえるためには $R(\omega) > 0, dR/d\omega < 0$ であればよい。 $\{x(t) - x(\infty)\}/x(\infty)$ が 0.05 より小さくなるまでの時間 (應答完了時間) は $t > \pi/\omega_c$ である (た

ゞしはじめて $R(\omega) = 0$ となる ω の値 ω_c とする)。 $\omega > \omega_c$ なる ω に對して $|K(\omega)/R(0)| < 0.1 \sim 0.2$ なら σ および應答完了時間を求めるとき $R(\omega)$ の $\omega > \omega_c$ の部分を無視してよい。



開いた : $K_0G(j\omega)$
 閉じた : $\frac{K_0G(j\omega)}{1 - K_0G(j\omega)}$

Meerov¹⁵⁾ はこの 第 1 圖 周波數特性の關係をさらに實用化した： $-G^{-1}(j\omega)$ のベクトル軌跡 $N(\omega)$ を既知として (この $N(\omega)$ 曲線により系が安定であるためには開いた回路の全體の増幅率 K_0 はどの範圍にあるべきかが知れる。こゝでは $K_0 < K$ 第 2 圖) これから前述の實周波數特性 $R(\omega)$ を求める方法を示し、 $N(\omega)$ 曲線とインディシャル應答 $x(t)$ との關係を導いている。そのおもな結論をひろくと、 $\sigma < 0.18$ にするためには a) 原點と $N(\omega)$ 曲線上の點との距離は ω とともに増す、b) K_0 を半徑、中心を $(K_0, 0)$ におく圓と $N(\omega)$ は交わらない (第 2 圖)、c) 原點と $N(\omega)$ 上の點とを結ぶべ



第 2 圖 $N(\omega)$ 曲線

クトルの實軸への投影は K_0 をこえないことなどが必要である。また $(K_0, 0)$ から實軸に立てた垂線と $N(\omega)$ は $\omega = \omega_c$ のところで交わり、應答完了時間は $t > \pi/\omega_c$ である。原點と $N(\omega)$ 上の點との距離が ω とともに増し、かつ $K_0/K < 0.1 \sim 0.2$ であれば σ と應答時間の計算に $N(\omega)$ 曲線の $\omega < \omega_c$ の部分を無視できる。Meerov

はこれを他勵磁の直流電動機速度制御系の設計に應用している。

制御の良さの研究は最近になつて各國で行われ、いくつかの結果が發表された。しかしそれらは擾亂としてきまつた形のもの (たとえば單位函數狀擾亂、定速度擾亂、正弦函數狀擾亂など) を假定し、これが加えられたときの制御應答に着目してよさの判定を行うといった研究がほとんど全部である (前述の Solodovnikov,¹⁴⁾ Meerov¹⁵⁾ の論文の一部もこれにふくまれる)。しかし實際には擾亂はたえまなく多種多様の形で起つていくと見る方が妥當であろう。發電機の出力電壓の制御系は負荷の不規則な變動でたえず擾亂されるし、飛行機を自動操縦する場合には、風や空氣の密度變化などによる翼の前面抵抗や揚力がたえず不規則に變つて擾亂となる。Kulebakin¹⁶⁾ はこのように不規則な擾亂が常に起つているときの制御系の研究が緊要であるとなし、Ulanov¹⁷⁾ や Bulgakov¹⁸⁾ などが不規則擾亂下での最大偏差を解析した。また Solodovnikov¹⁹⁾ は不規則擾亂に關する研究のもう一つの進み方を示した。これは Kolmogorov や Hinchin の定常不規則プロセス (stationary random process) に關する數理統計的研究をもとにして、擾亂が定常不規則であるときに制御の偏差 $\varepsilon(t)$ について $\sqrt{\varepsilon^2}$ を \min にする制御が最もよい (optimum) とし、 $\sqrt{\varepsilon^2}$ を \min にするように制御系の定數を決定する方法である。しかしこれはアメリカの Wiener, Rice, Phillips²⁰⁾ らの研究を参照した總合報告のように見うけられる。

以上のようにサーボ機構やオートパイロットなどの論文が多いのにくらべ、工業方面のプロセス制御に關する研究はあまり見あたらないが、Trapeznikov²¹⁾ の工業プロセスの制御系構成に關する一文中から次の意見を紹介しておく、“自動制御工學の工業における研究對象はもはや機器それ自身ではなく、それらの機器の構成する集合體である。こゝには制御装置とプロセスの結びつきに關する問題 (今までのほとんどすべての自動制御の研究はこの問題を扱つている) といろいろの制御系をさらに統合して一つの集合體にまとめあげること (いわゆる cascade control はこの考え方の第一歩と見られよう) の二つの問題がある。そして前者には 1) 最適構成、2) 精度、3) 動的應答、4) 信頼性、5) 費用などが關係し、後者には 1) 工業プロセスの Instrumentation の様式の調査研究、2) 制御對象の分類、適宜な制御方法および構成方法の研究、3) 研究結果の技術的經濟的検討、4) 制御經過の理論的實驗的調査などが關連をもつ。”

文 獻

1) DAN 43 (1944) 197, 2) DAN 46 (1945) 158, 3) DAN 46 (1945) 304, 4) Jour. de math. pures et appl. 7 (1928) 345, 5)* Appl. Mech. Rev. 1 (1948) 130, 6)* *ibid.* 2 (1949) 1, 7)* *ibid.* 3 (1950) 5, 8)* *ibid.* 4 (1951) 10, 9)* *ibid.* 3 (1950) 35, 10)* *ibid.* 2 (1949) 146, 11)# Math. Rev. 6 (1945) C6, 12)# *ibid.* 10 (1949) 518, 13)# Appl. Mech. Rev. 2 (1949) 25, 14)* *ibid.* 4 (1950) 208, 15) IAN OTN (1950) 1784, 16)# Appl. Mech. Rev. 4 (1951) 10, 17)* Math. Rev. 11 (1950) 40, 18)* Appl. Mech. Rev. 3 (1950) 331, 19) IAN OTN (1950) 1648, 20) Theory of Servomechanisms (1947) MIT Radiation Laboratory Series No. 25 262, 21) IAN OTN (1950) 1450. (参照文獻がアブストラクト誌のとき *印は Prikl. Mat. i Mekh. *印は Avtomat. i Telemekh. #印は DAN にその原論文があることを示す)