

## 〈展 望〉

## 制御工學의 推移와 機械工業에의 應用

李 奉 珍\*

## 1. 서 론

근년 산업계는 여러가지의 分野가 서로 영향을 미쳐 이복잡성이 複合된 system 내에서 그 합리화, 고효율화를 위한 탐색이 진행되어가고 있다. 工學의 각 분야들도 각기 進歩함에 따라 隣接하는 분야 사이에 境界 領域이 생겨 그 隣接境界를 다루는 학문의 가속된 발전으로 오늘날의 고도 산업구조를 형성했다 해도 과언이 아닌 것 같다. 制御工學이란 학문도 역시 이런 隣接境界를 다루는 技術工學이라 하겠는데 종래의 工學系 學問이 종적인 반면 이 制御工學은 횡적인 경계를 취급하는 소위 매개체적인 학문이라 하겠다. 따라서 制御工學은 인접된 분야와 상호 확산을 하면서 그 경계영역을 점차 넓혀가고 있다고 하겠다. 制御工學의 歷史的 배경이 어떤 것인가를 살펴 봄으로써 이 분야의 학문을 이해하고 나아가서는 이 학문이 實產業界 특히 기계공업을 中心으로 보았을 때 어떤 位置에 있는가를 확인함으로써 장차 이 分野의 전공을 지향하는 학도들에게 도움이 되었으면 하고 이 과제를 擇해 적어보기로 한 것이다.

## 2. 歷史的背景

自動制御는 18世紀 후반 James Watt의 调速機에서 시작이 되었다고 하겠다. 負荷와 入力の 변동에 대해서 자신의 回轉速度를 保持하는 성질이 약한 蒸氣機關의 出現이 feed back 制御를 필요로 하게 되었다고 생각할 수가 있다. 초기 蒸氣機關은 炭坑의 排水用 펌프를 운전하는데 사용이 되었는데 다시의 蒸氣機關에는 한 사람이 매달려서 실린더(cylinder)에 들어가는 蒸氣의 switch valve를 操作하지 않으면 안되었다. 이 回轉을 制御하는 governor의 發明이 먼저 James Watt의 蒸氣機關의 成功으로 제 일차 산업혁명의 발단에 이어 제 이차 산업혁명에서 중요한 역할을 하게 되

었는데 이것을 制御工學의 시초라고 하겠다. 당시 이 governor는 理論의인 것보다 實際의인 것이라 하겠는데 理論의인 면에서는 Watt의 發明으로 부터 約 一世紀後 電磁氣理論에서 有名한 J. C. Maxwell이 调速機에 對한 論文을 Proc. Royal Society誌上에 發表한 것이 始作이라고도 한다<sup>1)</sup>. 그 約 一世紀 사이에 蒸氣機關이 널리 普及이 돼 産業의 각 方面에 實用化가 되었으며 또한 發電用 水車 蒸氣 turbine등도 發明이 되어 governor의 技術도 그 應用分野가 넓어졌다. 그 結果 常識의인 판단으로 理解하기가 힘든 hunting 즉 速度制御를 하고 있는데도 불구하고 回轉速度가 周期的으로 크게 변동하는 現象이 나타나 制御가 不可能한 경우가 있음을 알게 되었다. 이 現象을 理解하여 對策을 세우기 위해 蒸氣機關 调速機系의 力學的 研究가 행해지게 되었다.

19世紀 後半에 E. J. Routh의 安定論이 發表되었는데 이것이 Routh가 调速系의 hunting 現象을 究明하기 위한 現象논문에 응모해서 당선됨으로써 世上에 널리 알려진 것이다<sup>2)</sup>.

같은 時期에 대륙에선 A. Hurwitz가 表現은 다소 다르나 같은 理論을 독립적으로 만든 것이 나중에 밝혀져 이것을 Routh-Hurwitz의 安定論이라 부르게 되었다. 이것은 制御系를 記述하는 미분방정식을 풀지 않고 系의 安定을 판별하는 최초의 방법이었다. 이 時代의 制御는 剛體의 機構에 의한 制御였으며 剛體의 力學的 手法에 의한 解析結果로서의 安定論의 탄생으로 특징 지을 수 있다. 19世紀 후반서부터 20世紀 初頭에 걸쳐서 水力發電이 始作이 되어 蒸氣 turbine의 實用化에 따라 動力 機構의 大型化로 调速 問題는 더욱 중요시 되었고 그에 따른 制御에 油壓등의 도입의 필요성이 생기게 되었다. Watt의 调速機에 있어서와 같이 단순한 剛體機構에 의한 운동의 전달 뿐만이 아니라 制御의 動作을 流體를 써서 보다 복잡하고도 고도의 것을 可能케 하였다. 그래서 微分方程式에 의해 系의 舉動을 解析하고 과도응답을 구하는 方法이 체계화 되어 制御의 目的과 御對象의 성질에 응해서 여러가지 특성을 제어장치에 구현

\* 正會員, 韓國科學技術研究所 自動制御研究室長

시킬 수 있게 되었다. 따라서 1930년대까지는 流體機構에 의한 制御 微分方程式에 의한 過渡應答 解析의 체계화 등으로 특징을 지을 수가 있다고 하겠다. 한편 制御理論도 점차 발달이 되어서 蒸氣機關의 調速理論으로 M. Tolle(1921)<sup>6)</sup> T. H. Stein(1926)<sup>4)</sup>, 선박 항공기 등 자동 조종 理論으로 Minorsky(1922)<sup>5)</sup> 그리고 G. Wunsh(1930)<sup>6)</sup>의 壓力 및 流量調整의 理論등은 체계적으로 制御理論을 結論 지은 저작으로 아직도 有名하다. 化學工業과 石油精製 工業의 操業 自動化 즉 process 制御의 技術 및 理論의 發展은 상기의 機械系의 制御技術 및 理論 보다는 좀 뒤 늦게 發展 했다고 하겠다. 20世紀까지는 주로 process 工業은 回分作業(batch process)가 주였으며 모두 操作이 手動으로 행해져 機械系의 制御와 흡사 했다고 하겠다.

20世紀 初에 이르러 石油의 精製 등 대규모화 함에 따라 급속도로 발달이 되었는데 process 工業이 오늘날 주로 사용되고 있는 공기식 제어 기기 등은 1930년대에 原理의 完成 했다고 볼 수 있다. 1940년대 세계 제 2차 대전의 계기로 인류의 지식과 기술이 비약적으로 진보를 거두게 되었는데 兵器의 개발을 위한 다수의 전자 공학 통신 공학 등 분야의 전문가들이 制御 문제에 참가하지 않을 수 없게 되었다. 그래서 통신 공학에서 H. Nyquist의 安定의 定理 이것은 전자관 발전기의 이론으로 등장한 Nyquist의 方法이 후에 H. W. Bode의 해 feed back 증폭기에 응용이 되어 線型系의 Laplace 변환에 기초를 둔 복소수 영역에서의 동특성을 취급하는 주파수 응답이 사용되게 되었다. 또한 制御裝置도 流體의 인 것 뿐만이 아니라 電子管을 사용한 것이 다져 진출을 보게 되었고 더욱이 電子管式의 analogue 計算機도 制御系 解析 設計에 사용이 되어 이 시대는 周波數 應答 analogue的 制御 電子管式 制御裝置의 進出등이 특징이라 하겠다.

또한 제 2차 대전의 初期에 당시 수세에 처해있던 영국이 작전 연구의 科學化의 소산인 OR (Operational Research)가 후에 美國으로 건너가 오늘날의 Operational Research가 되었다.

이것은 合理的인 의지 결정을 행하기 위하여 여러가지 data를 수학적으로 취급을 해서 그것을 의사 결정에 유용 시키는데 定量的으로 정보화 하는 것이었다. 여기엔 주로 통계 수학이 구사되어 電話交換에서의 Queuing theory 탐색이론, game theory, 후에 線型 計劃法(LP), 動的 計劃法(DP), 情報理論등이 가해져서 制御工學과 밀접한 관련을 가지게 되었다. 이것이 오늘날 system engineering이 되어서 情報理論,

Cybernetics 統計의 品質管理(SQC) 管理工學(IE) 등과 밀접한 淸澈 관련을 가지고 산업계에 도입이 되어 情報科學이란 境界領域을 形成했고 1948년 N. Wiener의 Cybernetics<sup>7)</sup>에서 自動制御系와 같은 機能이 生物體와 社會 現象中에도 포함되어 있다는 것이 지적이 되어 넓은 分野의 사람들의 관심을 일으켜 후에 C. E. Shannon의 情報理論이라는 論文<sup>7)</sup>은 1865년에 R. J. E. Clausius에 의해 熱力學의 分野에 도입이 된 entropy라는 개념이 情報의 定義에 활용이 되어 情報의 定量化에 길을 열었다.

同年 transistor의 發明 상품으로서의 電子計算機의 최초의 model이 발표되어 근대 計數制御에의 길이 열리기 시작 하였다. 1950년대에는 線型連續系의 理論이 완성에 가까와 짐에 따라 더욱 어려운 성질을 갖는 系에 대한 도전이 시도 되었다. 多變數系, dead time을 갖는 系, sample 值系, 비선형계, 不規則 入力를 갖는 系 등의 理論이 점차 체계화가 되어 갔다. 그런데 非線型系의 理論<sup>8-10)</sup>으로는 Flügge-Lotz와 Oldenburger의 bang bang 制御, sample 值制御系<sup>11-12)</sup>에선 有限時 向整定의 方法이 誕生되어 最適制御에의 길이 열렸다. 또한 目標值에 制御量을 접근 시킨다는 것이 아니고 最高의 효율을 가지도록 機關을 운전하는 최적화의 사고도 생기게 되었다.

그리고 항공기와 같이 환경등의 여건에 따라 動特性이 變하는 系에 對해서도 언제나 定常制御를 행하도록 制御裝置의 性質을 조절하는 適應系의 생각<sup>13)</sup>이 出現함과 同時에 운전중의 實時間에서 system의 動特性을 검지하는 문제가 중요시 되게 되었다. 한편 process 制御 分野에서도 中近東地方의 대유전 발견을 계기로 energy 자원이 일약 10배 이상으로 그 전망이 심에 따라 process 制御와 計裝도 급속한 진보를 보게 되며 대규모화 計裝의 집중화가 추진되어 따라서 각종 data 처리 장치가 도입, 장치 電子 計算機 應用에 대비해서 실제의 動特性 data가 비축 됐다고 볼 수 있다. 또한 system 工學이란 말과 개념이 최초로 제시된 것도 1950년이었다. 그 후 많이 읽혀졌던 Goods and Macbol란 책<sup>14)</sup>도 출판된 것이 1957년이며 1960년이 되어서 이 개념이 널리 活用 되었다.

1950년 이후 그간 半導體素子の 급격한 발달에 지지가 되어 電子計算機는 매년 새로운 방식이 채용되어 눈부신 발달을 이루었고 오늘날 역시 진보는 계속되고 있다. 1960년에 들어서서 IC(集積回路) 方式으로 移行이 되었고 오늘날엔 LSI(高密度集積回路) 方式으로 移行이 되고 있다. 電子計算機의 이와 같은 발달은 또한 그것

을 사용하는 巨大한 情報産業을 誕生케 하였다.

동시에 數學과 같은 基礎科學의 사고방식에도 커다란 變革時代가 왔다. 計算手段으로써 종래의 방대한 반복 계산이 용이해 지고 微分方程式을 쉽게 풀 수가 있게 되므로 종래와 같은 手計算에 의한 解決이 불용하게 되어 電子計算機 이용을 전제로 한 수학을 생각하게 되므로 수학 자체의 생각도 바꾸지 않으면 안된다는 사고가 대두되었다. 이와같은 생각으로 출발하게 된 制御 근대 제어 이론과 같이 DP(動的計劃的, Dynamic Programming)<sup>14-15)</sup>와 MP(最大値原理, Maximum Principle)<sup>16)</sup>의 手法이라 하겠다. 근대 制御理論의 出現과 그 후의 발전도 역시 軍事技術과 관련이 된다. 1950년대에 극히 단편적으로 밖에 표면에 나타나지 않았으나 軍事機密의 傘下에서 급속한 발전을 이루었던 미사일과 宇宙開發技術에 의한 많은 制御問題가 내포되어 있었다. 즉, 비행체를 목적의 궤도에 따라 자유롭게 조종하는 技術, 機内外의 狀態를 수시로 地上에서 파악하여 적절한 操縱指令을 줄 수 있게 하는 원격측정 및 操作技術과 이것을 연결하는 通信技術 등이다. 이 경우에는 각종 制御技術에서 從來의 장치에선 볼 수 없었던 異質의인 내용이 포함되어 있었다. 그 내용을 보면

1. 制御對象이 매우 멀리 떨어진 장소에서 대단히 빠른 속도로 이동하고 있다.
  2. 制御對象의 특성이 時間과 더불어 급격히 변화해 간다.
  3. 制御對象에 직결하는 檢出端과 操作端은 가급적 간단하고 확실하여야 된다.
  4. 制御對象으로 적제된 制御用補助 動力源이 매우 한정된 조건에 있다.
  5. 制御對象과 制御裝置를 연결하는 정보연결로는 複數個의 것을 서로 이용해야 된다.
  6. 航跡은 단 한번 경과해 버리면 종래와 같이 feed back에 의한 수정이 불가능하다. 또는 극히 제한된 여건에서만 가능하다.
  7. 制御의 정도가 종래의 것 보다 몇배나 높은 超高精度가 요구된다.
  8. 이와같은 여러가지 제약이 있으나 地上에 설치되어 있는 制御裝置엔 제한이 없다.
  9. 制御對象의 특성은 시시각각으로 변하지만 충분한 세부사항 까지 수학적으로 기술된 내용이 요구된다.
- 이와 같이 새로운, 특히 곤란한 개발과제에 대해서는 이미 OR의 개발이라든가 原子力 개발에서 활용한 group research 방법이 채용되었으리라 생각이 된다.

이 연구 방법은 우리나라에서는 1966년 KIST 창립과 더불어 도입된 연구방법이라 하겠다. 상기와 같은 과정에서 새로운 制御對象에 對한 적절한 制御를 하기 위해 생긴 理論이 그후 boom을 일으킨 近代 制御理論인 것이다. 1957년 세계최초의 人工衛星이 발사되어 성공한 후 소련이 미국을 한발 앞섰을 때를 전후해서 公認된 두이론이 있다.

미국의 R. Bellman의 dynamic programming<sup>14, 15)</sup> 그리고 소련의 L. S. Pontryagin의 maximum principle<sup>16)</sup>인데 그 내용을 보면 Bellman의 DP가 일반적이며 광범위한 응용성이 있는 반면 Pontryagin의 이론은 보다 특정한 목적엔 더욱 적절하고 결속이 되어 있었다는 것이 판명이 되었다. 그후 미국에선 이 Pontryagin의 理論이 boom을 가져오게 되었던 것도 예상이 되리라 생각한다. 1960년대에 들어서 근대 制御理論의 연구자가 급속히 늘어 그 응용分野도 制御工學 이외의 영역까지 뻗쳐져 갔다. 즉 DP는 앞서 이야기 한 것 같이 OR과 system工學의 分野로, MP는 같은 system工學分野와 變分法의 영역인 넓은 분야에서 최적성을 추구하는 많은 적용예를 볼 수가 있다.

한편 制御工學에서는 MP와 더불어 도입된 多次元狀態變數 vector를 써서 制御系의 舉動을 표현하는 手法이 일반화 되었다. 따라서 Routh-Hurwitz의 Nyquist-Bode의 安定判別法 代身 1892년 Lyapunov가 發表된 이래 빛을 못보던 Lyapunov의 정리<sup>18)</sup>가 근대 制御系의 安定論의 중요한 도구로 등장을 하게 되었으며 새로이 可觀測性(observability)과 可制御性(controllability)등의 개념<sup>19)</sup>이 도입되곤 했다. 이와같이 급속한 電子計算機의 발전과 때를 맞추어 1960년대는 大規模系의 program 수법에 의한 制御方式이 하나의 흐름이라 하겠다. 1970년대 역시 이 경향엔 다름이 없었으나 특기할만한 것은 IC로부터 LSI의 실용화가 진전이 되어 고성능 극소형화 그리고 超高精度 制御化가 이루어져 가고 있다고 하겠다.

이상을 요약해서 표1로 표시해 둔다.

### 3. 機械工業에의 制御技術의 應用<sup>25-39)</sup>

먼저 制御理論을 土臺로 한 制御技術이 機械工業에 어떻게 응용이 되느냐를 생각 하기에 앞서 機械工業에서의 制御技術의 분류를 해 보기로 한다. 機械工業의 입장에서 보면 대략 다음 3분류가 있을 수 있다. 즉,

1. 機械工業의 生産設備

표 1.

年 代	일 반	制 御 技 術	制 御 理 論	重 要 文 獻	傾 向
1700 1800	蒸氣機械의 실용화 各種機械의 발달	调速機의 발명 thermostat	调速系의 力學的 研究, 安定條件	调速系 (Maxwell, 1868) 安定條件 (Routh, 1877) (Lyapunov, 1892) (Hurwitz, 1895)	安 定 論
1900	動力機械의 대형화  自動車 航空機 및 그 것에 따른 대량생산 通信技術의 진전, 化學 工業의 발달	制御用補助動力의 드입 各種復元機構  光電管 process 制御裝置	微分方程式에 의한 過渡持生解析 制御對象의 性質을 고려한 制御裝置	非線形可路 振動論 (Van der Pol, 1927)	微分方程式에 의한 解析
1930 1940	電子管의 응용, 第2 次大戰시의 병기의 발달	飛行機 魚雷의 自動 操縱裝置 電子管應用裝置 高性能 servo 機構 의 발달, radar 人 間工學의 싹이름, 計 算機의 開發	線形制御理論의 確 立	安定判別法 (Nyquist, 1932) 歸還回路 設計 (Bole, 1940) (Kolmogorov, Wiener, 1941)	周波數應答中心의 線形理論
1950	일관공정의 발전 半導體素子の 개발 人間工學 各種工學의 급속한 발달 半導體部品の 발달  高性能飛翔體의 발달  各種産業의 大型化 system 工學	自動制御의 보급  自動化的 급속한 발 전  digital analogue 計算機械의 발달  system 制御	非線形理論의 싹이름 simple 靜的最適化, 適應制 御  最適制御理論, 情報 의 統計處理 simulation  狀態方程式의 導入	(Cybernetics Wiener, 1948) 最適化 (Li, 1952)  最短時間制御 (time optimal) (Lasalle, 1954) 最大原理(MP) (Pontryagin, 1956) 動的計劃法(DP) (Bellman, 1956)	線形理論의 擴張   最適制御理論
1950	生物工學  宇宙工學, 集積回路 (IC)開發	計算機 制御, 直接 digital 制御(DDC), pattern 認識 大型計算裝置의 가 능성	階層構造 學習制御系  制御理論의 기초적 연구 實察面으로의 반영	modern control (Kalman, 1951)	大規模系 program 手法

2. 機械工業의 製品

3. 새로운 産業分野

1은 機械裝置를 생산하는 maker의 입장에 서서 그 生産設備에 制御技術을 어떻게 응용을 허가느냐, 2는 機械裝置 plant 등을 生産하는 生産 maker로서 그것들에 어떻게 制御技術을 응용해서 제품화를 하느냐 3은 1, 2의 입장분단이 아니라 機械工業을 환경 정책등의 고도한 요청에 따라 制御技術을 활용한 整合성과 그의 것을 system의으로 진전시켜 가는 것이라 하겠다. 그

러던 상기의 3분류를 좀 더 자세히 기술해 보기로 한다.

### 3-1. 生産設備의 制御技術

機械工業에서 가장 그 이름에 적합한 生産設備라 하던 機械 組立工場이라 하겠다. 여기서는 機械, 切削, 組立, 檢査, 運轉등의 계 공정에 대해서 자동화를 중심으로 한 制御技術을 살펴 보기로 하자.

#### A. 機械切削 工程

機械工作工場에선 등력의 機械化, 작업의 機械化 후

自動化로선 먼저 copy (analogue) 制御工作機械가 油壓技術의 발전과 더불어 발달했다. 그후 다축制御의 각종 공작 機械가 실현이 되었다. 한편 電子技術의 발달과 더불어 발달된 數値制御(NC) 工作機械, 적응 制御 工作機械 또한 群制御 工作機械까지가 실용화 되기 시작하고 있다<sup>26)</sup>. 종래는 생산성의 향상이라는 점에서 이 工作法이 직접적으로 주목을 모았었다. 그러나 선진국에선 노동력 부족 熟練工不足, 品質維持의 향상이라는 시점에서 NC 工作機는 점차 증가해 왔었고 그간 oil shock 등 불경제적 impact가 있었으나 이分野는 여전히 증가 추세를 보이고 있는 것이 현황이라 하겠다. 더욱이 효율향상, 환경 안전성등의 개선의 입장으로 機械工作工程 또는 工作 line 이 검토가 되어 諸 문제점을 고려한 고도의 자동화 또는 무인화를 위한 연구가 성행되고 있다<sup>27)</sup>. 즉 NC(Numerical Control)<sup>28-30)</sup> CNC (Computer Numerical Control) DNC (Direct Numerical Control) System<sup>31-32)</sup>의 도입이 활발하다고 하겠다. 한편 이 분야의 우리나라 실정을 보면 1969년 9월 대한기계학회 산업기계 세미나에서 數値制御方式에 의한 金型製作을 筆者가 우리나라 처음으로 紹介<sup>34)</sup>한 이래 NCI 工作機 製作에 관한 事前 研究<sup>35-37)</sup> 및 國產化 開發 製作에 관한 研究<sup>38)</sup> 등을 거쳐 1976년 대망의 NC 旋盤이 한국 과학 기술 연구소 (KIST)의 기술진과 貨泉 機工社의 製作協助에 의해 國產第1號機 試作에 成功하였다<sup>39)</sup>, 이것은 貨泉 機工社의 기존旋盤을 NC 旋盤으로 改造한 것인데 그 改造 내용을 보면 기존 普通旋盤을 NC化 하기위해 靜剛性を 補強하였고 驅動機構와 移送機構의 systematic한 設計 그리고 動特性을 높이기 위해 驅動部分과 剛性部分의 共振에 對한 문제를 配慮함으로써 動剛性的 向上이 試圖되었다. 또한 工作機械와 NC 制御와의 interface인 操作制御와 出力增幅裝置가 새로 設計가 되어 있어 內容적으로는 기존 普通旋盤의 構造 및 機能面에서나 性能面에서 面目을 一新케 하였다고 하겠다. 이로써 우리나라도 드디어 NC 制御技術이 工作機械에의 應用 時代로 들어가게 됨은 함으로 반가운 일이라 하겠다.

#### B. 조립 검사

시운전 공정 부품의 가공후의 검사 또는 조립후의 검사에 있어서는 가능한한 정확성을 기하기 위해 검사의 자동화가 행해지고 있다. robot와 電子計算機로 구성되어 있는 自動檢査裝置가 그것인데 비교적 소규모이고 간단한 것은 이미 실현이 되고 있다. 한편 조립 공정에 있어서는 종래의 비교적 소형이고 多量生産인 경우는

自動車工場 등에서 볼 수 있는 것 럼처 transfer machine의 도입으로 이미 상당한 정도까지 自動化가 실현이 되어 있다. 또한 大型機械의 조립과 部品 블록(block)을 자동적으로 조작하고 조립할 필요가 있는데 여기엔 먼저 블록의 製作精度를 一定범위로 유지하는 것이 전제가 되어서 그 실현에 工業用 robot를 조립 line에 도입할 필요가 있다고 하겠다. 이와같이 工業用 robot는 單能的인 것으로부터 多能的인 것 까지 필요에 따라 개발연구가 되겠지만 視覺 觸覺을 갖는 robot 개발이 금후의 課題라고 하겠다.

#### C. 機械工場에 있어서 試運轉 試驗등의 自動化

이 문제는 그의 性格上 納入後의 正常 運轉時 보다도 여건이 엄하다고 하겠다. 즉 한쪽에서 性能試驗을 위한 測定項目이 증가함에 따라 또한 倅에선 安全性能에서 확인이 요구 된다고 하겠다. 이들을 효율좋은 처리를 하려면 計測 data 처리의 자동화가 필요하게 될 것이다. 一部分으로 실용화가 되어 있으나 역시 計測方法의 개발이 요망되고 있는 실정이다.

#### D. 機械工場

上述한 바와 같이 각 工程의 자동화가 進진 됨에따라 機械工場 自體의 자동화가 당연히 促進하게 된다. 이런 생각으로 출발된 것이 NC, CNC, DNC를 중추로한 機械工場內의 製造 管理의 自動化 System인 CAM (Computer Aided Manufacturing)<sup>41)</sup> 또는 IMS (Integrated Management System)<sup>42)</sup> 등의 연구개발이 활발하다고 하겠다.

### 3-2. 製品에 관한 制御技術

製鐵 化學 電力등의 plant에선 경제의 고도 성장과 더불어 多量生産을 위한 설비의 대형화와 고속화가 이루어 짐과 동시에 生産管理方式의 組織化와 合理化가 目的에 응해서 이루어져 왔다. 그 技術革新은 機械工業이 製作하므로 plant의 機械 裝置의 性能向上 高 효율 운전 자동화 省力化등의 요구가 되어 왔었다. 그것을 다하는 技術으로써 制御技術이 구사 되었으며 급속한 성장을 이룰 수가 있었다. 특히 製鐵工業에 있어서 자원이 없는 日本이 다른 先進諸國을 골라치고 당당히 世界的競爭力을 가질 수가 있었던 것은 일찌기 철강일관 plant의 근대적 生産方式에 의한 것 이외엔 없다고 하겠다. 이것을 지지하고 있는 것 중의 하나가 計算機를 大幅 채용한 관리와 制御技術이라 하겠다. 이 計算機 制御는 石油化學工業에 있어서도 불가결한 것이 되었으며 금후 운전의 최적화와 안전성 향상에 있어서도 制御

技術의 역할이 중시되고 있다고 하겠다. 종래의 技術이 종적인 반면 制御技術은 여러 分野의 技術, 가령 電氣, 電子, 金屬, 機械 및 化學工業과 管理등 모든 分野의 技術을 횡적으로 맺어 주는 性格이 매우 강하다고 하겠다. 특히 system 技術로 볼 때는 매우 공통적인 성격이 강하다. 따라서 일반적인 동향을 보면

(A) 制御 system의 階層化

plant를 구성하는 개개의 機械裝置에는 개별마다 自動制御裝置가 달려 있으며 최초 서로 連携가 없었던 개개의 制御裝置를 生産 process 단위로 통합하는 system 化가 행해지고 있다. 다음 生産 process 단위의 制御 system을 총괄해서 plant 全體의 管理와 직결하는 system 化가 이루어져서 制御 system의 階層構造 (hierarchiced structure)가 形成되고 있다.

(B) 複合的인 制御 system

종래는 각각 機械裝置에 feed back 制御 sequence 制御 監視 記憶裝置등 二 制御裝置를 製作하는 maker의 구분에 따라 독립되어 있었다. 그러나 plant 운영에 더욱 정확성을 찾기 위해 二 機能을 확충해 가다보니 서로 중복되는 부분이 나타나게 되었다. 따라서 근래엔 서로 복합하는 制御方式이 計算機 制御의 보급과 더불어 많아지고 있다.

(C) 광범위의 운전을 cover 하는 制御

종래의 plant 制御에선 시동 정지는 sequence 制御, 어떤 一定한 負荷 生産량 이상의 운전엔 feed back 制御에 의한 자동 운전 방법이 많았었는데 이들 일단을 광범위하게 cover하는 制御 system이 개발되고 있다.

(D) 制御內容의 다양화

制御 system이 복합적으로 됨에 따라 制御內容도 질적으로 변화해 보다 경제적인 운전 生産물의 품질 향상등을 목표로 한 最適制御도 실용화에 진전을 보게 되었다. 이것은 종래의 feed back 制御의 개념을 넘어선 새로운 制御의 分野라 하겠는데 그 내용은 최적 제어 최적화의 이론으로 정착화만 되는 것이 아니라 어느 범위에서 최적성을 찾느냐 그 적용 성격상 수법 적용도 달라지므로 制御系 구성만이 아니라 그 制御內容도 다양화한 향상이라 하겠다.

(E) system의 안전과 보호

종래부터 기계 장치의 보호방식이 검토되어 보호장치가 달려 있었으나 이들은 개개의 기계 장치를 대상으로 하였었다. 이들 기계 장치의 집합체인 process 또는 plant의 運用이 system 化 되면 일개의 機械裝置의 고장이 本의 부분에 연속적으로 파급해서 중대한 사고를

일으킬 가능성이 있다. 따라서 개개의 機械裝置의 制御를 보다 완전하게 신뢰성을 높임과 동시에 단일 고장이 생기더라도 파급범위를 최소한으로 하는 system 的 보호대책이 필요하다. 그 때문에 생산설비의 향상성 보호 회로 및 제어장치의 이중 삼중의 back up system을 생각 하기 쉽다. 생산설비와 제어장치에 冗長度를 갖게 하는 것은 설비비의 고가론 초래할 뿐만 아니라 단일 고장이 생겼을 때의 自動切換方式 기타 복잡성 때문에 소기의 목적을 달성하지 못할 때가 많다. 설비비등의 증가를 극력 억제하고 안전성을 높이려면 단지 plant의 상태가 이 상여부를 점검하는 기구의 신뢰성을 높이는 노력이 필요하다고 하겠다. 구체적으로는

(i) 檢出器의 신뢰성 향상

(ii) 복수개의 검출기 또는 복수의 종류의 檢出器의 조합으로 檢出의 신뢰성을 높이는 일 그리고

(iii) plant의 주요

근래의 檢出 정보를 써서 상태를 조직적으로 진단하는 방법등이 검토될 과제라 하겠다.

(F) system의 계획 설계에의 計算機의 活用, 制御裝置는 制御 때문에 부가된 장치이며 制御對象인 plant와 정합이 돼서 二 機能이發揮된다. 그러기 위하여 制御 system의 계획은 먼저 制御對象의 구성 내용등을 충분히 파악하여 二 制御目的을 분명히 함으로써 시작이 된 다음 制御의 기능과 장치 system의 설계가 행해 지는데 그 단계에선 simulation과 制御理論의 活用등에 計算機가 利用된다.

3-3. 새로운 産業分野에서의 制御技術의 역할

기성 개념에서의 機械工業은 機械工場과 plant의 機械와 裝置를 제조하는 産業이었다. 그러나 앞으로 전망이 되는 機械工業이란 機械裝置의 집합체로서 user 側과의 連携를 일층 강화한 human-machine system 化 방향의 산업으로 발전하리라 예상이 된다. 그때엔

- (1) 省資源 省 energy
- (2) 生態學的인 조화
- (3) 환경 오염과 파괴의 방지
- (4) 보다 인간적 노동으로의 이행
- (5) 여가의 활용

등으로 인간사회의 長期的 發展을 위한 機械工業을 향해서 가야 되리라 생각이 된다. 이러한 것들을 위해선 制御技術이 그 土臺가 되리라는 것은 앞서 기술한 바와 같이 믿는 바이다.

## 4. 맺는 말

制御工學의 역사적 배경을 위시해서 그 技術이 어떻게 機械工業에 利用이 되고 있고 그 추세가 어떤가를 기술해 왔다. 그 몇 개를 요약하면

(1) 機械工業의 장래는 개개의 機械裝置의 발달은 물론 이저너와 system 的 개발 또는 지식 집약형의 개발이 어느 산업보다 더욱 강하다는 것과 制御技術과 그 延長上에 있는 system 工學적인 手法이 더욱 活用이 되어 복합성의 경향이 있다는 것.

(2) 制御技術로서 計算機 制御와 공업용 robot 등의 보급이 됨에 따라 制御理論面엔 近代 制御理論의 活用이 불가피하게 될 것이라는 것.

(3) 制御裝置로서는 micro processor와 mini computer의 보급이 예상되며 따라서 program도 다양화가 돼서 이들을 포함한 大形 計算機 制御가 앞으로 예상이 된다.

(4) 따라서 앞으로의 機械 技術者는 특히 電子, 電氣 技術者는 機械를, 機械 技術者는 電氣, 電子를 이용할 줄 아는 制御 技術者가 필요하게 될 것이다. 앞으로 이分野의 關心을 가질 人을 위하여 加급적 많은 참고 문헌을 열거해 두었다.

## 參 考 文 獻

- 1) 田中實譯: 技術의 歷史 (1976), 岩波書店.
- 2) 高橋: 工學의 創造的學習法(昭 40) 오ーム社.
- 3) M. Tolle: Regelung und Kraftmaschinen. (1921), Springer.
- 4) T. H. Stein: Regelung und Ausgleich in Dampfanlagen, (1926), Springer.
- 5) Minorsky: Directional Stability of Automatically Steered Bodies, (1922).
- 6) G. Wünsch: Regler für Druk und Menge, (1930) Oldenbourg.
- 7) C. E. Shannon: Mathematical Theory of Communication, B. S. T. J., 27 (1948), 379, 623.
- 8) H. H. Good & R. E. Machol: System Engineering, (1957), Mc-Graw Hill.
- 9) R. T. Kochenburger: Trans. A. I. E. E., 1-69 (1956), 270.
- 10) I. Flügge-Latz: Discontinuous Automatic con-

- trol, (1952), Princeton Univ, Press.
- 11) J. R. Raggazzini & L. A. Franklin: Sampled Data Control Systems, (1958), Mc-Graw Hill.
- 12) J. T. Tou: Digital and Sampled-Data Control Systems, (1959), Mc-Graw Hill.
- 13) E. Miskin 外 4人: Adaptive Control Systems, (1961), Mc-Graw Hill.
- 14) R. Bellman: Dynamic Programming, (1957), Princeton Univ Press.
- 15) R. Bellman: Proc. Natl. Acad. Sci. S., 42 (1956), 767
- 16) L. S. Pontryagin: Proc. Acad. Sci. USSR, (1956-10).
- 17) N. Wiener: Cybernetics, (1948), J. Wiley.
- 18) J. La Salle & S. Lefschetz: Stability by Lyapunov's Direct Method with Application, (1961), Academic Press.
- 19) R. E. Kalman: On the General Theory of control Systems, (1960), Proc. of the 1st IFAC.
- 20) 藤井의: 制御工學, (1968), 岩波書店
- 21) J. T. Tou: Modern Control Theory, (1964), Mc-Graw Hill.
- 22) 高橋: システムと制御, (昭 43), 岩波書店
- 23) O. Lewis, Jr: Of Men and Machines, (1963), H Du T Ton Paperback.
- 24) S. F. Mason: A History of the Sciences, (1962), Co LLier Books.
- 25) 金田, 大野: 機械工業における制御技術의 現狀と將來日本機誌 Vol. 79, No. 686, (1976).
- 26) 稻葉: 精密機械, 41-1 (昭 50), 30.
- 27) 機械技術協會: 機械工場無化 Model 作成, (昭 49) 基本 System 設計委編.
- 28) Schultschik: Ann. C. I. R. P., 24-1 (1975), 361
- 29) French, D 的: Ann. of C. I. R. P. 24-1 (1975), 471.
- 30) Feicht E. J.: Proc. of 16th MTDR Conf., (1975), 49.
- 31) Gutt, B. 的: Proc. of 16th MTDR Conf., (1975), 23.
- 32) Weck, M. 的: Proc. of 16th MTDR Conf., (1975), 29.
- 33) Carrie, A. S.: Proc. of 16th MTDR Conf., (1975), 87.

- 34) 李奉珍 : 數値制御에 依한 金屬加工에 關하여, 大韓機械學會, 産業機械세미나, (1969.9)
- 35) 李奉珍의 1人 : 數値工作機械에 關하여, KIST, 새 기술, Vol. 2, No. 2, (1970).
- 36) 李奉珍 : 數値制御와 工作機械에의 應用, 大韓電子學會, Vol. 10, No. 4, (1973).
- 37) 李奉珍의 1人 : 數値制御工作機製作에 있어서의 設計上의 問題點에 關하여, 大韓機械學會, 應用力學세미나, (1974.5).
- 38) 李奉珍의 : 數値制御工作機械國産化에 關한 研究, MOST-KIST, (1973).
- 39) 李奉珍의 : 數値制御方式에 依한 國産化旋盤開發製作에 關한 研究 KIST, (1976).