

7. 結 論

以上에서 說明한 바와 같이 傾船差를 Pitching과 Rolling의 境遇로 各各 分析한 理論에 依據한 自差修正의 原則에 따라 修正法을 完全히 改善한 것은 아니나 實用上 거의 問題가 되지 않으므로 本修正法으로 傾船差의 修正을 行하면 磁氣緯도가 變化하더라도 새로운 傾船差는 거의 생기지 않을 것으로 생각한다.

本修正法の 裝置를 一般船舶에 設置함에는 여러가지의 未備點과 어려움이 있어 乘船實驗은 다음 機會로 미루는 바이다.

參考文獻

- 1) 李鍾洛 ; 航海計器(第1卷).
- 2) 高木二郎 ; 磁氣コンパス의 理論と 自差修正.
- 3) 航海科要諦
- 4) T. H. O' Beiren: J. Inst. Navigation Vol. 2.
- 5) T. S. Arnold: Rev. of Scientific Instruments.



(1)

船舶의 自動操舵系統에 있어서 最適利得 및 最適微分時間決定에 關한 研究 (I)

河 注 植
李 哲 榮

A Study on the Determination of the Optimal Gain and Differential Time in the Automatic Control System of Ships

By
JOOSHIK HA
CHEOLYEONG LEE

目 次

- | | |
|------------------------|--------------------------------|
| 1. 序 論 | (2) 最適퍼래미터의 計算 |
| 2. 船舶自動操舵系의 傳達函數와 定常特性 | 4. 最適퍼래미터의 數值計算例 |
| (1) 브룩크線圖 | 5. 最適퍼래미터에 對한 檢討 |
| (2) 定常特性 | (1) 周波數應答의 共振值(M ,值)에 依한 檢討 |
| 3. 船舶自動操舵系의 最適調整 | (2) 아나로구 시뮬레이션에 依한 應答波形檢討 |
| (1) 評價函數의 選定 | 6. 結 論 |
| | 參考文獻 |

Abstract

It has been considered that the primary purpose of the automatic steering system is to keep the prescribed ship's heading as correctly as possible.

But, however correct the ship's heading is, in a practical engineering sense, it is meaningless if the energy required to control the ship's heading is too much.

Therefore, it can be said that the purpose of automatic steering system is to keep the ship's course stable with the minimum ship's course error (deviation) and the minimum rudder angle.

In this paper, for the optimal determination of adjustable parameters (gain and differential time) of automatic steering system, the authors define a new type of the performance function which is composed of square integral of deviation and of rudder angle as following;

船舶의 自動操舵系統에 있어서 最適利得 및 最適微分時間決定에 관한 研究

(2)

$$J = \int_0^{\infty} [\theta^2(t) + \alpha \delta^2(t)] dt$$

Where $\theta(t)$: deviation.

$\delta(t)$: rudder angle

α : a constant which shows the weight of above two values.

Then, optimal parameters minimizing the performance function are calculated by means of parseval's theorem and numerical computations, and the obtained optimal values of the parameters are examined and confirmed by means of the frequency response method and analog simulations.

As a result, it is found out that the method proposed by the author is very useful and effective.

1. 序 論

船舶의 自動操舵機는 船舶의 針路를 自動的으로 다른 針路로 變針하게 하는 自動變針作用과 船舶의 針路를 指定된 針路로 恒常 自動的으로 維持하게 하는 自動保針作用의 두가지 制御機能을 가지고 있다.

船舶이 大洋을 航海할 때에는 끊임없이 風·波浪 등의 外亂(disturbance)을 받게 되므로 自動操舵機의 機能은 大端히 重要하다. 即 自動操舵機의 設計 또는 퍼래미터 調整이 完全하지 못할 境遇에는 이로 인한 船舶의 지그재그型 運轉으로 航路의 延長을 超來할 뿐만 아니라 操舵機의 不必要한 빈번한 作動으로 馬力の 損失을 가져오며 또한 不必要하게 操舵角을 增加시킴으로써 遠心力의 分力, 舵의 抵抗, 斜航으로 인한 船體의 抵抗 등을 增加시키게 되어 結果적으로 馬力の 損失을 가져온다. 따라서 自動操舵機의 퍼래미터 調整의 良否는 船舶의 運航經費에 直接的으로 큰 影響을 미친다.²⁾⁶⁾

例로서 日本의 NITSEI MARU의 實船實驗結果에 依하면 上述의 要素中 斜航遠心力에 依한 抵抗이 가장 比重이 크며 이와 他抵抗을 合한 値가 5480kg, 그 때의 馬力損失이 375ps까지 이르는 境遇도 있음이 나타나 있다.⁶⁾

그러므로 自動操舵機를 最適狀態로 設計 또는 調整한다는 것은 船舶運航經費를 輕減한다는 見地에서 大端히 重要하다. 그러나 여기에 問題가 되는 것은 “最適”이라는 것에 對한 基準이다. 從來에 自動操舵機의 設計 및 퍼래미터 調整은 周波數應答法을 使用하여 位相여유(Phase margin), 利得여유(Gain margin), 周波數應答의 共振值(M, 值) 등을 基準으로 하여 行해왔다. 즉 一般的으로 M, 值가 어떤 범위(1.1~1.6)內에 들어오는 것이 좋은 狀態라는 막연한 基準에서 設計해온 것이 普通이었다. 그러나 一般的인 프로세스制御系나 서어보機構의 調整에 있어서도 마찬가지 이지만 이 基準은 그 理論의 根據가 희박하다.

이에 筆者는 最近의 시스템工學을 背景으로 하여 開發된 最適制御理論을 利用하여 自動操舵系를 最適狀態로 設計 調整하려한다. 그러기 위해서는 우선 最適의 基準이 되는 合理的인 評價函數(Performance Index)를 選定하여 이 評價函數를 最小로 하는 意味에서의 最適設計 또는 調整을 行하는 方法을 提案하고 이에 依해서 船舶의 自動操舵機의 設計者나 이를 運轉하는 一線實務者들에게 有用한 指針을 提供하고자 한다.

一般的으로 船舶自動操舵系를 最適設計 또는 最適 調整하는 데는 크게 나누어서 다음의 세가지 方法을 들 수 있다.

(1) 閉回路制御를 前題로 하지 않고 適當한 評價基準을 最小로 하는 最適制御入力 즉 最適操

舵角을 求하는 方法.

(2) 閉回路制御를 前題로 하여 適當한 評價基準을 最小로 하는 制御器 즉 最適自動操舵機를 設計하는 方法.

(3) 閉回路制御系에 制御器 즉 自動操舵機로서 現在 널리 作用되고 있는 PD制御器 또는 PID制御器등과 같은 制御器가 주어졌다고 하고 이의 最適퍼래미터를 決定하는 方法. 이 세가지 方法중 (1)이 가장 넓은 意味의 最適設計이고 (2)가 그 다음, (3)이 가장 좁은 意味의 最適設計이다. 그러나 (1)의 方法은 專用디지털計算機를 船舶에 搭載하지 않는 限 實現이 困難하며 비단 船舶에 限한 問題가 아니고 一般의인 프르세스制御系나 서어보機構등에서도 共通된 問題로 앞으로 보다 더 廣範圍하게 研究되어야 할 問題이다. 또한 現在 使用되고 있는 PD制御器보다 더욱 性能이 좋은 自動操舵機가 開發될 可能性이 없다고 할 수는 없으나 그 實用性 및 經濟的인 面을 考慮하거나 또는 船舶의 操舵角에서 施回角까지의 傳達函數가 1形이라는 點을 생각할 때 그 係數調整만 完全하다면 現段階로서는 現在의 PD制御器만으로도 自動操舵機로서 充分한 것으로 생각되는 까닭에 (2)의 方法은 큰 問題가 되지 않는다고 생각한다.

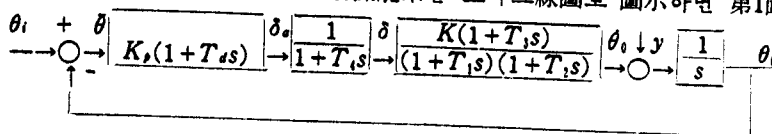
따라서 本研究에서는 上述한 세가지 方法중 (3)의 方法을 取하여 現在 船舶自動操舵機로서 一般의으로 實用化되고 있는 PD制御器의 最適퍼래미터를 決定하는 方法에 對해서 理論的 및 實驗的으로 考察해 보기로 한다. 여기서 最適퍼래미터의 計算은 디지털計算機로서 行하고 이 最適퍼래미터에 對해서 周波數應答의 共振值를 計算함으로써 從來의 方法과 比較檢討를 行하며 同時에 아나로구시뮬레이션에 依해 最適퍼래미터에 對한 自動操舵系의 應答波形을 分析하고 檢討함으로써 本方法의 妥當性과 實用性을 提示하기로 한다. 本研究에서는 다음과 같은 假定을 한다.

- 1) 自動操舵裝置에 있어서의 非線形要素의 影響은 無視한다.
- 2) 一定速度로 一定針路를 航行하는 船舶을 對象으로 하고 外亂에 의해서 생기는 偏角은 微小하다고 생각한다(10度以內)

2. 船舶自動操舵系의 傳達函數와 定常特性

(1) 블록線圖

現在 널리 使用되고 있는 船舶自動操舵系를 블록線圖로 圖示하면 第1圖과 같다. ^{21) 5) 6) 7)}



第1圖 船舶自動操舵系의 블록線圖

第1圖에서 δ_0 와 δ 는 各各 命令舵角과 操舵角이며, $1/(1+T_1 s)$ 는 命令舵角에서 操舵角까지의 操舵機關의 傳達函數이고 T_1 는 操舵機의 時定數이다. $K(1+T_2 s)/((1+T_1 s)(1+T_2 s))$ 는 船舶의 操舵角 δ 에서 施回角速度 θ_0 까지의 特性을 表示하는 傳達函數로서 여기서 T_1 , T_2 는 船舶의 進路安定性을 表示하는 時定數이고, T_1 는 操舵角速度에 關한 時定數이며 K 는 船舶의 操舵角과 施回角速度間의 定常利得이다. $K_p(1+T_d s)$ 는 現在 普遍的으로 使用되고 있는 自動操舵機(Auto pilot)

의 傳達函數로서 PD制御器의 役割을 하는 것이다. 이는 普通 微分 gyro 또는 trolly motor에 依해서 實現되는 것으로 K , 및 T_d 는 各各 自動操舵機의 比例感度 및 微分時間이다. 이 K ,와 T_d 의 두 定數가 調整可能한 퍼라미터로서, 第1圖처럼 構成된 自動操舵系의 特性은 이 두 調整係數의 값에 依해서 決定된다.

第1圖에서 θ 는 命令針路로써 이것이 이 피이드백 制御系의 設定值이며 θ_0 는 船舶의 施回角인 實針路이고 β 가 偏角 즉 針路誤差이다. 그리고 y 는 外亂으로서 本研究에서는 船舶의 施回角速度에 해당하는 外亂이 外部의 風波浪等에 依해서 船舶에 作用된다고 한다.

(2) 定常特性

一般的으로 自動制御系의 制御性의 良否를 評價하려면 定常應答과 過渡應答의 두가지 特性에 對해서 檢討를 해야한다. 過渡特性에 對해서는 다음 節에서 論하기로 하고 本節에서는 우선 第1圖에 表示한 自動操舵系의 定常特性에 對해서 살펴보기로 한다.

第1圖의 블록線圖로 부터 偏角 $\theta(t)$ 의 라프라스變換 $\theta(s)$ 는 1式과 같이 된다.

$$\theta(s) = \frac{1}{1 + \frac{G(s)}{s}} \theta_0(s) + \frac{s}{1 + \frac{G(s)}{s}} Y(s) \quad (1)$$

$$\text{단, } G(s) = \frac{K, K(1+T_d s)(1+T_i s)}{(1+T_1 s)(1+T_2 s)(1+T_3 s)} \quad (2)$$

(1) 式으로 表示되는 $\theta(s)$ 의 定常值에 對해서 調査하기 위하여 $\theta_0(s)$, $Y(s)$ 로서 다음의 두 가지 경우를 생각하기로 한다.

(1) $\theta_0(s) = \frac{1}{s}$, $Y(s) = 1$ (目標值 : 單位階段函數, 外亂 : 單位 임펄스函數)

이때의 $\theta(t)$ 를 $\theta_0(t)$, $\theta(s)$ 를 $\theta_0(s)$, 定常偏差를 ϵ 로 表示하면 ϵ 는 (3)式과 같이 計算된다.

$$\begin{aligned} \epsilon &= \lim_{t \rightarrow \infty} \theta_0(t) = \lim_{s \rightarrow 0} s \theta_0(s) \\ &= \lim_{s \rightarrow 0} \left[\left(\frac{1}{1 + \frac{G(s)}{s}} \frac{1}{s} + \frac{\frac{1}{s}}{1 + \frac{G(s)}{s}} \right) \right] \\ &= 0 \end{aligned} \quad (3)$$

(2) $\theta_0(s) = \frac{1}{s^2}$, $Y(s) = \frac{1}{s}$ (目標值 : 單位 속도 函數, 外亂 : 單位階段函數)

이때의 $\theta(t)$ 를 $\theta_0(t)$, $\theta(s)$ 를 $\theta_0(s)$, 定常偏差를 ϵ 라 하면

$$\begin{aligned} \epsilon &= \lim_{t \rightarrow \infty} \theta_0(t) = \lim_{s \rightarrow 0} s \theta_0(s) \\ &= \lim_{s \rightarrow 0} \left[s \left(\frac{1}{1 + \frac{G(s)}{s}} \frac{1}{s^2} + \frac{\frac{1}{s}}{1 + \frac{G(s)}{s}} \frac{1}{s} \right) \right] \\ &= \frac{1}{G(0)} + \frac{1}{G(0)} \end{aligned} \quad (4)$$

(5)

1973年 4月 韓國海洋大學論文集 第 8 輯

$$= \frac{2}{K, K}$$

(5)

와 같이 된다. (4)식의 第1項은 外亂에 依한 定常偏差인 바 이 경우에 있어서 이 두 偏差는 다 같고 K, K 에 反比例한다. 따라서 ϵ_0 를 적게 하려면 自動操舵機의 利得 K 를 可能한 限 크게 하는 것이 좋다.

實際 船舶이 自動操舵機에 依해서 一定針路로 航海 할 때 어떤 外亂에 依해서 偏角이 생겼을 경우 또는 一定角度만큼 變針하는 경우의 目標值 θ_i 의 變化는 (1)의 경우에 해당되고, 自動操舵機에 依해서 目標值를 一定速度로서 變化시키면서 航海하는 경우 즉 (2)의 경우는 거의 없다. 다음에 外亂 $y(t)$ 에 對해서 생각하면 船舶을 一定角速度로서 施回시키는 外亂이 連續的으로 作用되는 경우 즉 (2)의 경우는 그렇게 많지 않고 普通은 순간적으로 船舶에 施回角速度를 주는 外亂 즉 (1)의 경우가 많다. (3)式에서 알 수 있듯이 (1)의 경우의 定常偏差는 K 의 值에 關係 없이 恒常 0이다. (2)의 경우를 생각하면 K 의 值는 可能한 크게 取하는 것이 定常偏差만을 考慮할 때는 有利하나 K 를 크게 하면 自動操舵機의 感도가 커져 自動操舵系가 不安하게 되고 過度特性이 나빠질 可能性이 있다. 따라서 自動操舵機의 最適퍼라미터의 決定은 自動操舵系의 過渡特性 및 安定度등의 見地에서 行함이 合理的이라고 생각된다.

3. 船舶自動操舵系의 最適調整

(1) 評價函數의 選定

制御系의 過渡特性을 定量的으로 評價하는 때에는 周波數領域에서 行하는 方法과 時間領域에서 行하는 方法의 두가지가 있다. 이중 后者는 前者에 比해서 훨씬 直觀的이라는 利點이 있다. 時間領域에서 過渡特性을 評價하는 方法은 特定한 入力에 對한 應答波形을 檢討하는 것으로 이 入力으로서는 階段狀入力(step input)을 使用하는 것이 普通이며 지금까지 많이 使用되어 온 方法으로는 다음의 두 가지가 있다.

(1) 普通 取扱되는 自動制御系는 2次 以上の 高次系 이므로 주어진 高次系를 2次系로 近似시켜 그 2次系의 스텝응답(step response)의 減衰特性을 檢討하는 方法.

(2) 階段狀入力에 對한 誤差應答의 二乘積分 또는 制御面積絕對值積分의 大小로서 評價하는 方法.

(1)의 方法은 周波數領域에서 行하는 方法과 一對一로 對應하는 것으로 오래전부터 널리 使用되어 온 方法이나 減衰特性을 評價하는 基準이 모호하다. 한편 (2)의 方法은 評價 基準은 뚜렷하나 制御系의 傳達函數가 有理式이 아닐 때는 그 計算이 複雜하다. 또한 이 두가지 方法은 所望의 過渡特性을 갖도록 하는 것만을 目標로 하고 있으며 그러한 過渡特性을 갖도록 制御하는데 所要되는 動力은 전혀 考慮를 하고 있지 않다. 船舶自動操舵系의 경우 外亂 $y(t)$ 가 임펄스狀 또는 目標值인 命令針路 θ_i 가 階段狀으로 變하였을 경우 偏角 θ 는 可及的 적은 것이 좋으나 그렇게 하기 위하여 操舵機關을 너무나 빈번히 使用해야 한다면 綜合的으로 볼때 오히려 動力의 損失을 招來하게 된다.²⁾⁶⁾ 따라서 船舶自動操舵系의 過渡特性을 評價하는 때는 從來 一般的으로 使用되어 온 評價函數, 즉

$$J_1 = \int_0^{\infty} \theta^2(t) dt$$

(6)

(6)式으로 表示되는 偏角의 2乘積分項 (ISE) 以外에 操舵機關의 作動에 消要되는 에너지 까지 를 考慮한 評價函數를 選定하는 것이 合理的이다. 그런데 操舵機關의 作動에 所要되는 動力 은 操舵角 $\delta(t)$ 의 2乘에 比例한다고 볼 수 있으므로 操舵機關의 作動에 消要되는 에너지는 (7)式으로 表示되는 J_2 에 比例한다고 볼 수 있다.

$$J_2 = \int_0^{\infty} \delta^2(t) dt \quad (7)$$

그러므로 本研究에서는 (6)式과 (7)式을 組合하여 (8)式과 같은 評價函數를 定義하여 이 評價函數를 最小로 하는 自動操舵機의 最適 係數를 決定하기로 한다.

$$J = J_1 + \alpha J_2 = \int_0^{\infty} \bar{\theta}_1(t) dt + \alpha \int_0^{\infty} \delta^2(t) dt \quad (8)$$

여기서 α 는 J_1 과 J_2 의 加重度를 나타내는 係數(weighting coefficient)이다.

(2) 最適係數의 計算

序論에서 言及한 것처럼 自動操舵機는 自動保針과 自動變針의 두가지 機能을 가지고 있다. 따라서 自動操舵系의 過渡特性을 評價하려면 이 두가지 경우에 對해서 別途로 行하여야 한다. 즉 自動保針의 경우는 命令針路 θ_1 를 0으로 하고 外亂 $y(t)$ 가 임펄스狀으로 加하여 졌을 때의 過渡特性을 評價하고 自動變針의 경우는 外亂을 0으로 하고 命令針路가 階段狀으로 變하였을 때의 過渡特性을 評價하는 것이 合理的이다. 그러나 多幸히도 船舶의 自動操舵系는 第1圖의 브록線圖에서 알 수 있드시 어느 경우나 그 過渡特性은 같다. 즉 自動保針의 機能이 있으면 自動變針의 機能도 良好하다는 것이다. 따라서 여기서는 前者의 경우 ($\theta_1 = 0, y(t) = \text{임펄스함수}$)만을 考慮한다.

(8)式을 計算하기 위하여 第1圖에서 $Y(s)$ 에서 $\bar{\theta}(s)$ 및 $\Delta(s)$ ($\Delta(s) = L \delta(t)$)까지의 傳達函數를 各各 求하면 (9)式 및 (10)式과 같이 된다.

$$\frac{\bar{\theta}(s)}{Y(s)} G_1(s) = \frac{T_1 T_2 T_3 S + (T_1 T_2 + T_1 T_3 + T_2 T_3) S^2 + (T_1 + T_2 + T_3) S^3}{T_1 T_2 T_3 S^3 + (T_1 T_2 + T_1 T_3 + T_2 T_3) S^2 + (T_1 + T_2 + T_3) S + 1} \frac{K_1 K_2 T_4 S + K_1 K_2 T_4 S^2 + K_1 K_2 T_4 S^3}{K_1 K_2 T_4 S^3 + K_1 K_2 T_4 S^2 + K_1 K_2 T_4 S + K_1 K_2 T_4} \quad (9)$$

$$\frac{\Delta(s)}{Y(s)} G_2(s) = \frac{T_1 T_2 K_4 T_4 S + K_1 (T_1 T_2 + T_1 T_3 + T_2 T_3) S + K_1 (T_1 + T_2 + T_3) S + K_1}{T_1 T_2 T_3 S^3 + (T_1 T_2 + T_1 T_3 + T_2 T_3) S^2 + (T_1 + T_2 + T_3) S + 1} \frac{K_1 K_2 T_4 S^3 + K_1 K_2 T_4 S^2 + K_1 K_2 T_4 S + K_1 K_2 T_4}{K_1 K_2 T_4 S^3 + K_1 K_2 T_4 S^2 + K_1 K_2 T_4 S + K_1 K_2 T_4} \quad (10)$$

따라서 Parseval의 定理를 利用하면 (8)式은 (11)式과 같이 쓸 수 있다.

$$J = J_1 + \alpha J_2 = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} [G_1(j\omega)G_1(-j\omega) + \alpha G_2(j\omega)G_2(-j\omega)] d\omega \quad (11)$$

(9), (10)式과 같이 $G_1(s), G_2(s)$ 가 有理式일때 (11)式은 容易하게 計算되며 J_1, J_2 를 別途로 計算해보면 各各 (12)式 및 (13)式과 같이 된다.

$$J_1 = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} [G_1(j\omega)G_1(-j\omega)] d\omega = \frac{d_1^2 (a_2 a_3 a_3 - a_2 a_3^2) + a_2 a_1 a_3 (d_1^2 - 2d_1 d_2) + a_1 a_2 a_3 (d_1^2 - 2d_1 d_2) + a_1 d_1^2 (a_2 a_3 - a_1 a_1)}{2a_1 a_3 (a_2 a_3 a_1 - a_1 a_1^2 - a_1 a_1^2)} \quad (12)$$

$$J_2 = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} [G_2(j\omega)G_2(-j\omega)] d\omega$$

$$= \frac{c_1^2(a_2a_3a_4 - a_2a_3^2) + a_1a_2a_3(c_2^2 - 2c_2c_1) + a_1a_2a_3(c_3^2 - 2c_2c_1) + a_1c_1^2(a_2a_3 - a_2a_4)}{2a_1a_3(a_2a_3a_4 - a_2a_3^2 - a_2a_4^2)} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} \text{但 } a_1 &= d_1 = T_1T_2T_3 \\ a_2 &= d_2 = (T_1T_2 + T_2T_3 + T_1T_3) \\ a_3 &= (T_1 + T_2 + T_3 + T_1KK, T_4) \\ a_4 &= (1 + T_1KK, + KK, T_4) \\ a_5 &= KK, \\ c_1 &= T_1T_2K, T_4 \\ c_2 &= K_1(T_1T_2 + T_1T_4 + T_2T_4) \\ c_3 &= K_1(T_1 + T_2 + T_4) \\ c_4 &= K_1 \\ d_1 &= T_1 + T_2 + T_3 \\ d_2 &= 1 \end{aligned}$$

(12), (13)式을 (11)式에 代入하면 주어진 船舶에 對한 評價函數 J 는 K, T_4 및 α 의 函數가 된다. α 는 船舶運航에 있어서 航路의 延長에서 오는 損失(J_1)과 操舵機驅動에 要하는 馬力의 損失(J_2)에 對한 比를 나타내는 係數이므로 이는 船舶의 運航經費에 있어서의 全般的인 得失을 考慮하여 決定해야 할 定數이나 여기서는 簡便上 $\alpha=1$ 로 하여 J_1, J_2 를 같은 比率로 評價하기로 한다. 이렇게 하면 (11)式의 評價函數 J 는 自動操舵機의 調整係數 K, T_4 만의 函數 즉 $J(K, T_4)$ 로 된다. 따라서 K, T_4 의 最適値는 $J(K, T_4)$ 를 K 와 T_4 에 對하여 最小化함으로써 얻어지며 이 最適値는 (14)式을 만족한다. "

$$\begin{aligned} \frac{\partial J(K, T_4)}{\partial K} &= \frac{\partial J(K, T_4)}{\partial T_4} = 0 \\ \begin{pmatrix} \frac{\partial^2 J(K, T_4)}{\partial K^2} & \frac{\partial^2 J(K, T_4)}{\partial K \partial T_4} \\ \frac{\partial^2 J(K, T_4)}{\partial T_4 \partial K} & \frac{\partial^2 J(K, T_4)}{\partial T_4^2} \end{pmatrix} &: \text{positive definite} \end{aligned} \quad (14)$$

그러나 (14)式의 解를 理論的으로 求하는 것은 一般的으로는 容易하지 않으며 求한다 하더라도 (11)式의 $J(K, T_4)$ 가 K, T_4 에 對해서 單峰性(unimodal)이라는 條件이 없는 限 그것이 眞實한 最適値라는 保障은 없다. 왜냐하면 (14)式은 最適値에 對한 必要條件이기 때문이다. 따라서 $J(K, T_4)$ 의 最小化는 數値解에 依할 수밖에 없으며 이 數値解는 比較的 簡單히 行할 수가 있다.

4. 最適퍼라미터의 數値計算例

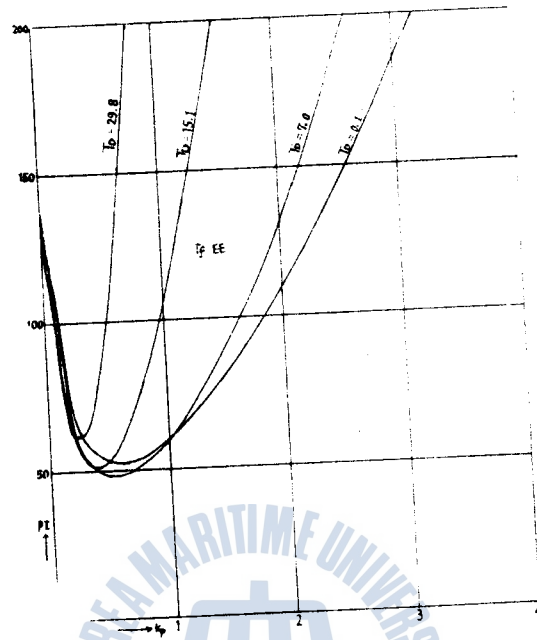
各種船舶의 代表的인 例로서 第1表"와 같은 操縱性能指數를 가진 船舶에 對해서 K, T_4 의 最適値를 計算해 보기로 한다.

船舶	積貨狀態	操 縱 性 能 指 數			
		T_1	T_2	T_3	K
T_1	滿載油槽船	90	10	25	0.07
C_1	" 貨物船	45	6	10	0.08
C_2	空船 "	12	2	5	0.06

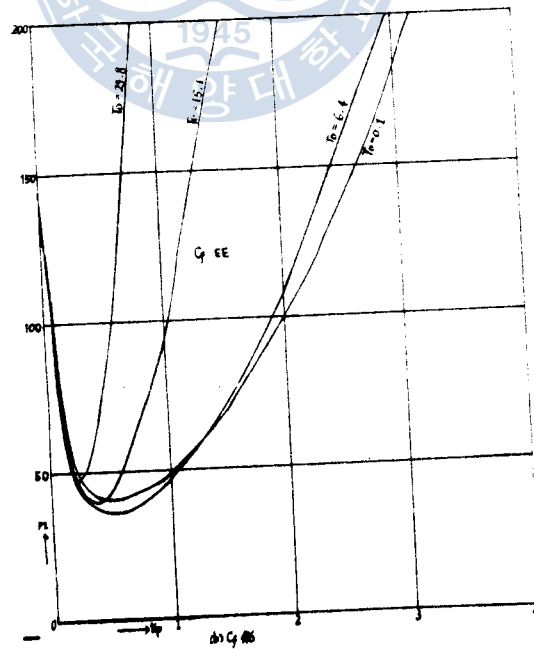
第1表 代表的인 船舶의 操縱性能指數

操舵機關의 時定數 T_1 는 普通 1.6~2.0程度이나 最近의 船舶에는 應答이 빠른 操舵機關이 設備되어 있는 點을 考慮하여 여기서는 1.6으로 하기로 한다. "

第1表의 船舶들을 例로하여 K, T_4 의 여러 가지 값에 對해서 評價函數 (P.I) $J(K, T_4)$ 의 값을 計算하여 이의 變化狀態를 圖示하면 第2圖 (a)~(c)와 같다.

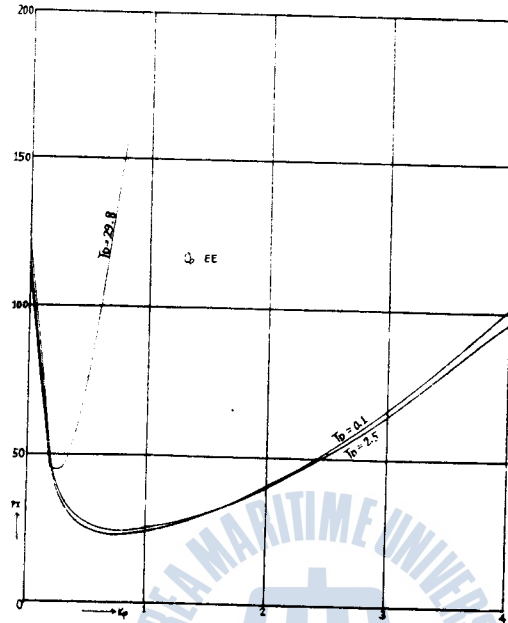


(a) T, 船



(b) C, 船

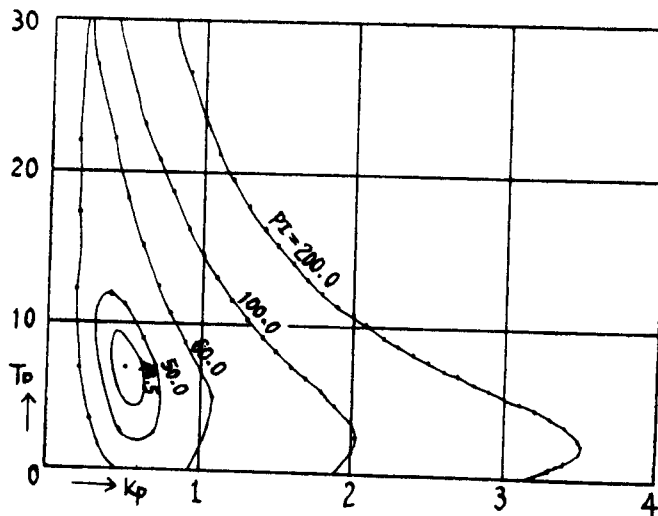
(9)



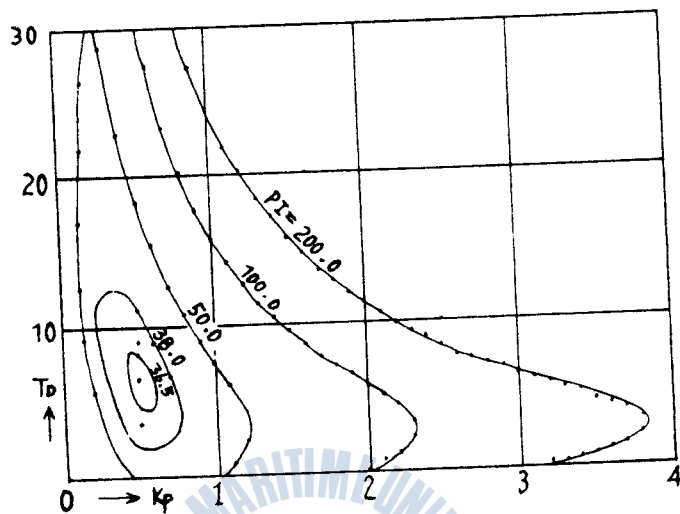
(c) C, 船

第2圖 評價函數 $J(K_p, T_p)$ 의 값

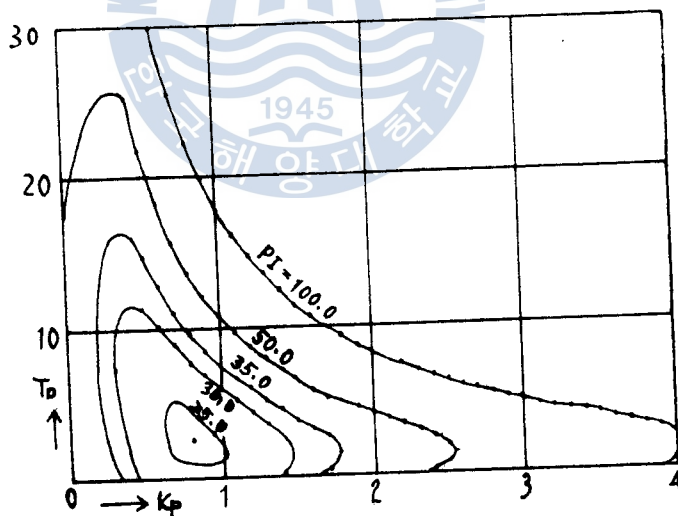
다음에 이들 船舶들에 對한 評價函數의 等高線의 模樣을 檢討하기 위하여 等高線을 圖示하면 第3圖 (a)~(c)와 같다.



(a) T_r 船



(b) C_f 船



(c) C_s 船

第3圖 評價函數 $J(K_p, T_d)$ 의 等高線

第3圖에서 等高線의 模樣은 若干 커그러져 있기는 하나 評價函數 $J(K_p, T_d)$ 가 K_p 值 및 T_d 值의 實用範圍內에서 單峰性이므로 勾配法(gradient method)등의 極值探索法을 利用하여 K_p, T_d 의 最適值를 求할 수가 있다. 第2表는 例의 船舶들에 對하여 얻어진 K_p, T_d 의 最適值를 나타낸다.

操縱係數 船 種	$K,$	T_d
T_f 船	0.5	6.9
C_f 船	0.5	6.4
C_s 船	0.8	2.5

第2表 K, T_d 의 最適值

一般的으로 自動制御系를 設計할 때는 M_r 值를 주고 이 M_r 值를 갖도록 設計를 할 경우가 많다. 이 경우 서어보機構에 對해서 는 M_r 值로서 1.25程度가 좋다고 한다. 勿論 이 1.25이라는 數字에 對한 確實한 理論的 근거가 있는 것은 아니지만 2次系의 경우 이 M_r 值와 系의 減衰率(damping factor) ζ 와의 사이에는 一定한 關係가 있어서 M_r 值를 1.25 ($\zeta=0.45$) 程度로 하는 것이 그 系의 임펄스應答 (impulse response)이나 스텝應答의 減衰特性이 經驗上으로 보아서 좋다는 것이다. 따라서 M_r 值는 自動制御系의 過渡特性의 良否를 나타내는 定數가 되는 것이므로 여기서는 系의 M_r 值를 計算함으로써 前節에서 計算한 最適퍼라미터에 對해서 檢討해 보기로 한다. 이 M_r 值는 다음과 같이 求할 수가 있다.

$$M_r = \max_{\omega} \frac{|\theta_o(s)|}{|\theta_i(s)|} \Big|_{s=j\omega}$$

$$= \max_{\omega} \frac{|G_o(s)|}{|1+G_o(s)|} \Big|_{s=j\omega} \dots\dots\dots (15)$$

$$\text{단 } G_o(s) = \frac{K_r K (1+T_d s)(1+T_1 s)}{s(1+T_2 s)(1+T_3 s)(1+T_4 s)}$$

T_f 船, C_f 船, C_s 船에 있어서 K_r, T_d 의 最適值에 對하여 (15)式에 依해서 計算한 M_r 值를 第3表에 나타낸다.

船 種	M_r
T_f 船	1.243
C_f 船	1.171
C_s 船	1.000

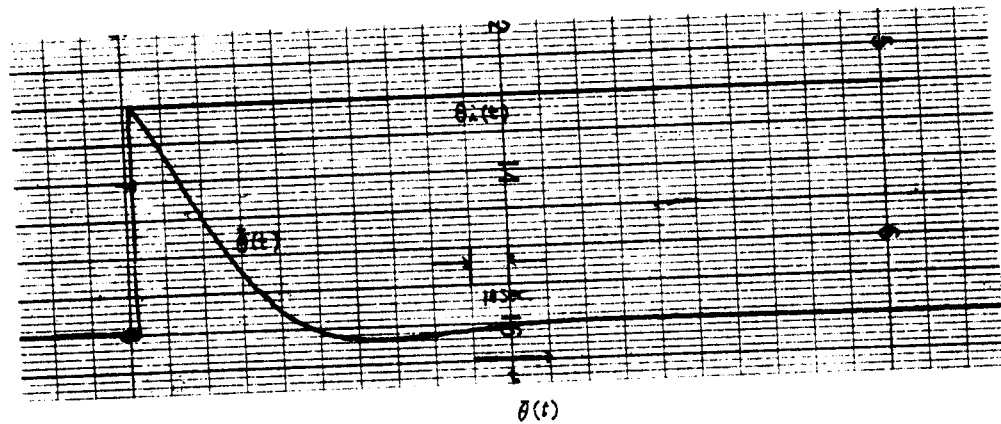
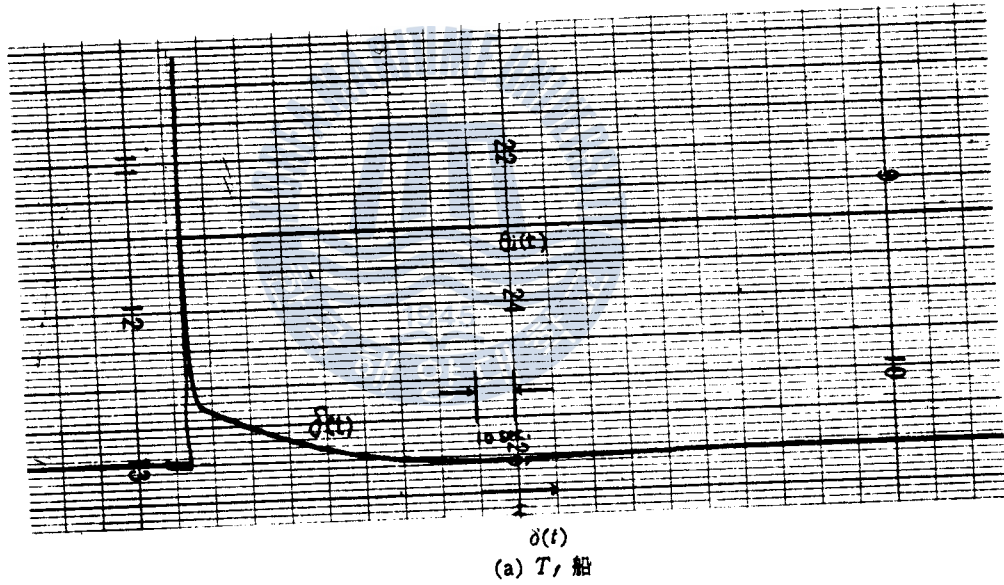
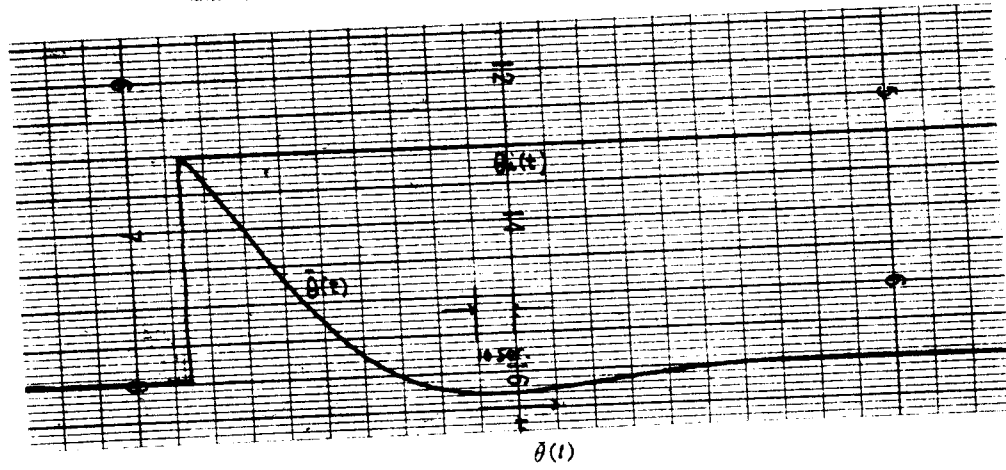
第3表 最適퍼라미터에 對한 M_r 值

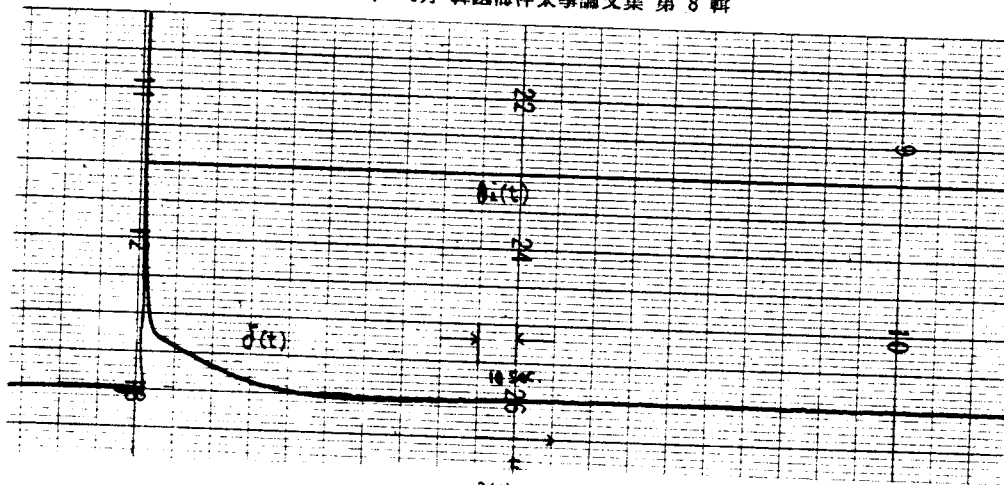
自動操舵系의 過渡特性 뿐만 아니라 操舵에 所要되는 動力까지를 考慮할 때 M_r 值는 船舶에 따라 差異는 있으나 大略 1.0~1.25 程度의 값이 좋다는 것을 第3表에서 알수 있다.

즉 過渡應答의 減衰特性이 약간 나빠지드래도 操舵機關을 적게 使用하는 것이 綜合的으로 볼 때 有利하다는 것이다.

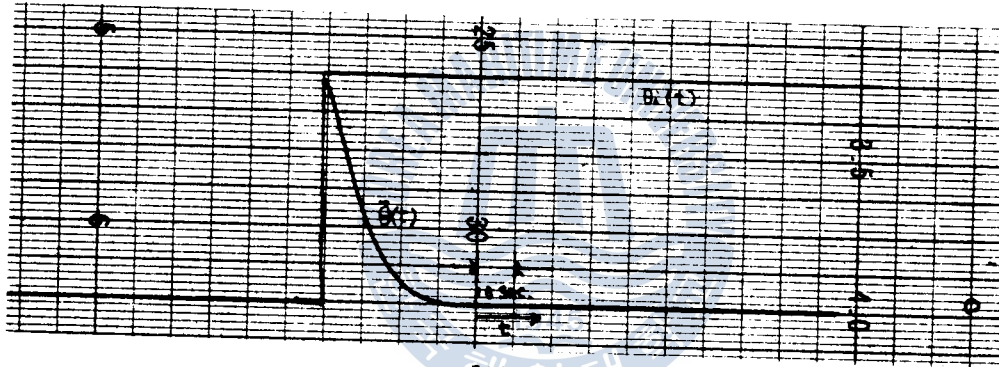
(2) 아나로구 시뮬레이션에 依한 應答波形 檢討

4節에서 計算한 K_r 및 T_d 의 最適值에 對한 應答는 實船實驗을 통하여 檢討함이 바람직한 일이나 이에 는 여러가지의 大型船舶이 動員되어야 하며 莫大한 經費가 所要됨으로 本研究에서는 아나로구計算機를 利用한 시뮬레이션(simulation)으로 最適퍼라미터에 對한 應答波形을 檢討해 보기로 한다. 즉, 第1圖에 表示한 自動操舵系에 있어서 外亂 $y(t)=0$ 이고 目標值 즉 命令針路角 θ_i 가 階段狀으로 變化할 때의 偏角 $\theta(t)$ 및 操舵角 $\delta(t)$ 의 波形을 아나로구計算機로 解析한 結果는 第4圖 (a)~(c)와 같다.





$\delta(t)$
(b) C_1 船



$\theta(t)$
(c) C_2 船

第4圖 $\theta(t)$ 및 $\delta(t)$ 의 스텝응답

第4圖에 나타난 波形들은 大體로 良好하며 이는 3節에서 提議한 評價函數가 合理的이며 本研
究에서 提案한 K , 및 T_s 의 最適值 決定方法이 有效함을 證明하고 있다. T_1 船, C_1 船에 있어서
는 整定時間이 若干 延誤가 있으나 이는 整定時間을 짧게 하기 위해서는 操舵機關을 많이 使
用해야 하므로 結果적으로 利益이 되지 못한다는 것을 나타내고 있다.

6. 結 論

以上 本論文에서는 船舶自動操舵系에 있어서

- (1) 偏角의 2乘積分과 操舵角의 2乘積分을 同時에 考慮한 새로운 評價函數를 定義하여
- (2) 이 評價函數를 最小로하는 意味에서 自動操舵機의 最適利得 (K_s) 및 最適微分時間 (T_d)을 求하는 方法을 提案하고
- (3) 數值計算 및 아나로구시뮬레이션을 通하여 本方法의 有効性을 提示하였다.

그 結果로서

- (1) 從來의 周波數應答法에 의한 設計에 있어서 基準이 되는 M_s 値는 1.25 程度가 좋다고 되어 있으나 操舵機의 驅動에 所要되는 動力까지를 考慮한 結果 M_s 値는 1.0~1.25 程度가 좋고
- (2) 從來의 M_s 値를 基準으로 하든 周波數應答法에 依하면 K_s , T_d 値가 一義적으로 決定되지 않으나 本方法에 있어서是一義적으로 決定될 뿐더러 그 理論的 根據가 明確하며
- (3) 古典的 制御理論(周波數應答法 등)과 現代 制御理論(最適制御 등)을 相互融合하여 使用하는 것이 實用性이 있는 좋은 結果를 얻을 수 있다는 것을 알았다.

앞으로

- (1) 實船實驗의 施行
- (2) 本研究에 있어서 無視한 自動操舵系에 있어서의 非線形要素의 影響
- (3) 本研究에서는 考慮를 하지 않았든 操舵角의 微分値에 對한 制限(操舵角이 階段狀에 가까운 變化를 하는 것은 實際에 있어서 物理적으로 困難함)
- (4) 各種船舶에 對한 K_s , T_d 의 最適値에 對한 表作成 등의 問題點에 對해서 더욱 研究되고 檢討되어야 할 것이다.

參考文獻

1. 元良誠三: "荒天中の 自動操舵 と Yawing について", 日本造船協會論文集 96號, pp. 61~68, 1954.
2. 小山健夫: "外洋航行中の 船의 最適自動操舵系에 關する 研究", 日本造船協會論文集 112號, pp. 18~35, 1968.
3. J. H. Westcott: "The minimum Moment of Error Squared Criterion"; A New Performance Criterion for Servo Mechanisms, Proc. IEE, Vol. 101, pp. 471~480, 1954.
4. 增淵正美: 最適制御入門, オーム社, 1966.
5. 李哲榮: "船舶自動操舵系의 最適調整에 關하여", 韓國海洋大學論文集 第7輯, pp. 1~14, 1972.
6. 野本謙作: "自動操舵의 安定性에 就いて", 日本造船協會論文集 第104號, pp. 53~61, 1958.
7. L. J. RYDILL: "A Linear theory for the steered motion of ships in waves", T. I. N. A., pp. 81~112, 1950.
8. I. SCHIFF and M. GIMPRICH: "Automatic steering of ships by proportional control", Trans. S. N. A. M. E. pp. 94~124, 1949.
9. 宇野利雄: 最大原理入門, 共立全書, pp. 31~39, 1967.
10. 伊澤計介: 自動制御入門, p. 128, オーム社, 1967.

詩의 存在性

李 庸 勳

On the Reality of Poetry

by

Lee Yong-Hoon

目 次

1. 詩와 詩人
2. 詩〈存在〉와 形態
3. 詩〈存在〉와 感情의 節制
4. 表現精神

Abstract

This paper is based on a proposition that "poetry must be existent." Poetry is not intention or a message, but a being and an object. And it is not a physical being but an expressive one. Poetry arouses emotional experience in us because it is the expressive reality.

The main reason why poetry could come into being as an expressive being is that there exist the following two factors. One is the 'form' and the other 'the control over emotion.' What gives artistic beauty to a work of art is nothing else than form. Poetry exists on the basis of such form. That is, form is the residence where poetry exists and the base of a poetical work as concrete artistic form.

Secondly, the force which makes poetry come into being as the expressive form is the control over emotion. It is possible for a poet to maintain the objective distance from the object, and to observe coolly and describe the object. Because of the control over emotion, poetry arouses emotion and lets us experience the world of imagination. In order to compose poetry as an expressive being, a poet must make expressive spirit be the proper poetical spirit which a poet should possess. It is the expressive spirit that makes it possible for poetry to give a precise description, which is the important aim of poetry. To be short, poetry must be emotion and a language which are well controlled, and restrained. And poetry must be an objective object which lets us experience emotion, which is the meaning of poetry as an expressive being.