$$SSE = e^T e = Y^T (I_n - H) Y$$

$$= Tr(SSE)$$

$$= Tr(Y^T (I_n - H) Y)$$

$(tr(AB) = tr(BA))$

$$= Tr((I_n - H) Y \cdot Y^T)$$

$$E(SSE) = E(Tr((I_n - H) Y \cdot Y^T))$$

$$= Tr(E((I_n - H) Y \cdot Y^T))$$

$$= Tr((I_n - H) E(Y \cdot Y^T))$$

$$= Tr((I_n - H) \cdot (\sigma^2 I_n + X\beta \beta^T X^T))$$

$$= Tr((I_n - H) \cdot \sigma^2 I_n) + Tr(\underbrace{(I_n - H) \cdot X}_{0}\beta \beta^T X^T)$$

$$= \sigma^2 Tr(I_n - H) + 0$$

$$= \sigma^2 (n - Tr(H)) = \sigma^2 (n - 2)$$

$Y = \begin{pmatrix} Y_1 \\ \vdots \\ Y_n \end{pmatrix}$, * $EY = X\beta$

* $\sigma^2\{Y\} = \sigma^2 I_n$.

* $E(YY^T) = \sigma^2\{Y\} + [E(Y)][E(Y)]^T$

$= \sigma^2 I_n + (X\beta)(X\beta)^T$

$= \sigma^2 I_n + X\beta \beta^T X^T$

* $(I_n - H) X = X - HX$

$= X - X = 0$

$Tr(H) = Tr(X(X^TX)^{-1}X^T)$

$= Tr((X^TX)^{-1}X^TX) = Tr(I_2)$

$= 2$

$I_n = \begin{pmatrix} 1 & & 0 \\ & 1 & \\ 0 & & \ddots 1 \end{pmatrix}$, $tr(I_n) = 1+1+\dots+1 = n$