Journal of the
Military Operations Research
Society of Korea, Vol. 5, No. 2
December, 1979

請求優先順位에 따른 最適在庫管理
(Optimum Inventory Policy Associated with the Priority Order of Reguest)

張 基 德*

I 序 論

같은 品目이라도 使用部隊, 使用目的 等에 따라서 이 品目이 在存枯渴 (stock out)이 되었을 때 軍에 미치는 影響이 다르다. 이 때문에 各 軍에서는 使用部隊 및 使用目的에 따라 請求 및 払出優先順位를 規定하여 払出에 差等을 두는 것이다. 即 優先順位가 높은 請求에 対해 優先的으로 払出하고 優先順位가 낮은 請求는 払出에 制限을 가하는 것이다. 陸軍은 表1과 같이 請求 및 払出 優先順位를 指定하여 在庫水準이 安全水準 (safety level) 以下가 되면 優先順位 07~10의 請求에 대해서는 払出에 制限을 한다. 即 安全水準이 払出制限点 役割을 하여 現在庫가 安全水準以下일 때 낮은 優先順位의 請求에 대해 払出制限을 하는 것이다.

表1. 請求 및 払出優先順位(陸軍規定 4-7)

任務優先順位 \ 物資優先順位		긴요도지정부호 가	나	다
I	전투 및 전투지원장비,	01	03	07
II	보병사단및특수임무부대	02	04	08
III	기술병과및전술지휘부대	-	05	09
IV	행정근무부대	-	06	10

그러나 現行 払出制度는 그 基準이 漠然하다. 첫째는 物品의 受入予定日 (Due - In Date)에 関係없이 一定한 払出制限点을 使用하며, 둘째는 이 払出制限点으로 安全水準을 適用하고 있는데 安全水準 自体가 品目別 区分없이 一律的으로 정해져 있으며 그 根拠가 稀薄하다는 것이다.

本 論文에서는 優先順位를 2개의 群 (group)으로 分類하여 各 群別로 在庫枯渴費用을 推定하고, 이를 基準으로 낮은 優先順位로 이루어진 群에 대한 払出制限点을 受入予定日에 따라 可変的으로 하는 새로운 払出制度를 提示하고자 한다. 이는 在庫不足으로 높은 優先順位에 의한 請求에 払出을 하지 못하여 発生하는 在庫枯渴費用을 可能한 限 줄여서 軍需支援을 経済的이고 効率的으로 하려고 하는 것이다. 또 最適在庫管理는 이러한 払出制度만으로는 이루어지지 않으

* 国防管理研究所

므로 本 論文에서는 最適注文週期 및 注文量을 決定하는 方法 即 最適注文政策決定方法도 아울러 論議하고자 한다.

Ⅱ. 在庫枯渴費用 (stockout cost)

在庫管理問題에서 發生하는 費用要素로는 注文費 (ordering cost), 在庫維持費 (inventory holding cost) 및 在庫枯渴費用 等이 있다. 이 中에서 注文費와 在庫維持費는 過去의 實績資料로부터 比較的 容易하게 推定할 수 있다. 그러나 在庫枯渴費用의 推定은 쉽지 않다. 在庫枯渴費用은 需要가 發生하였을 때 在庫가 없어서 需要를 充足시키지 못하는 境遇에 생기는 費用으로 民間企業에서는 販売利益의 損失 (profit loss)를 在庫枯渴費用으로 使用할 수 있다. 그러나 軍에서는 無償去來가 大部分이고 有償去來가 成立된다고 하여도 販売利益이라는 것은 생각할 수 없다. 따라서 軍에서는 다른 方法으로 在庫枯渴費用을 구하여야 한다. 이에 軍에서 適用할 수 있는 在庫枯渴費用의 推定方法을 召介하면 다음과 같다.

(1) 在庫가 없으므로 해서 일어나는 武器体系効果度 (weapon effectiveness)의 減少를 費用으로 換算하는 方法

(2) 在庫가 없을 때 이 部品이 屬해 있는 次上의 部品의 価格 (price)을 在庫枯渴費用으로 使用하는 方法

(3) 在庫가 없을 때 緊急購買를 하므로 해서 發生하는 追加費用을 在庫枯渴費用으로 推定하는 方法

(1)의 方法이 가장 理想的인 方法이겠으나 効果度의 減少를 測定하기도 힘들뿐 아니라 이를 費用으로 換算하는 것이 힘들기 때문에 現実的으로는 実現 不可能한 方法이라 하겠다. (2)의 方法은 在庫가 없을 때 이 部品이 속해 있는 次上의 部品을 代身 使用해서 在庫枯渴을 防止할 수 있는 境遇에 한하여 使用할 수 있다. 即 이 次上의 部品도 在庫가 없다면 또 이 部品이 속해 있는 上位의 部品을 使用해야 한다는 問題가 發生하는 것이다. (3)의 方法은 緊急購買를 하더라도 物品의 受領까지는 一般購買보다는 빠르겠지만 어느 정도의 時日이 所要되므로 実際로 在庫枯渴을 防止하지는 못하기 때문에 緊急購買에 의한 追加費用을 在庫枯渴費用이라 할 수 없다.

本 論文에서는 在庫枯渴費用의 推定方法으로 다음과 같은 方法을 使用하고자 한다. [2]

π^* = 物品 1個当 在庫枯渴費用 (true cost of stocking out of one unit)

h = 在庫維持費用 (\$/\$ invest/year)

P_j = P_r {Lead time 동안의 需要 $\geq \pi_j$ }

a = 単価 (unit price)

N = 年間注文回数

라 할 때, 再注文点 (reorder point) 을 구하는 데 限界費用方法 (marginal cost approach) 을 使用하면 다음과 같다. j個째의 unit를 在庫로서 가질 것인가를 決定하기 위해서는 이 j個째의 unit를 在庫로 가질 때 發生하는 期待費用 (expected cost of stocking j_{th} unit) 과 갖지않을 때 發生하는 期待費用 (expected cost of not stocking j_{th} unit) 을 比較해서 j個째의 在庫를 가질 때의 費用이 j個째의 在庫를 갖지 않을 때의 費用보다 적으면 j個째의 unit를 在庫로 갖게 되는 것이다. 따라서

j個째의 unit를 在庫로 가질 때의 費用 = j個째의 unit를 在庫로 갖지 않을 때의 費用

이 될 때 이 j의 값이 再注文点이 되는 것이다. 그런데 j個째의 unit를 在庫로 가질 때의 費

用은 $(1-P_j)\ ah/N$ 이고 j 個째의 unit 를 在庫로 갖지 않을 때의 費用은 $P_j\pi^*$ 이므로 $(1-P_j)\ ah/N = P_j\pi^*$ 또는 $\pi^* = (1-P_j)\ ah/P_jN$ 이다. 그러나 실제로는 在庫枯渴費用을 모르기 때문에 再注文点을 구하는 데 在庫枯渴費用 π^* 대신에 在庫枯渴率이 어느 水準(α) 以下가 되는 在庫水準을 再注文点으로 使用한다. 即 $P_{j+1} \leq \alpha \leq P_j$ 가 되는 j 의 값을 再注文点으로 決定하는 것이다. 이 때 실제로 在庫枯渴費用이 얼마라고 指定하지는 않았지만 α 라는 값을 指定한 것이 在庫枯渴費用을 指定한 것과 같은 效果를 갖게 된다. 即 在庫枯渴費用을 $ah(1-P_j)/P_jN$ 으로 假定하여 앞에서 說明한 限界費用方法을 使用하여 再注文点을 구하면 $\pi^* = ah(1-P_j)/P_jN$ 이므로 $(1-P_j)\ ah/N = P_j\pi^*$ 가 되어 再注文点은 j 가 되고 在庫枯渴率$\leq\alpha$ 라는 基準에서 구한 再注文点과 一致한다. 따라서 α 의 값을 指定하는 것은 在庫枯渴費用을 指定한 것과 同一한 效果를 갖으므로 j 가 $P_{j+1} \leq \alpha \leq P_j$ 를 滿足할 때 $\pi = ah(1-P_j)/P_jN$ 을 在庫枯渴費用으로 使用하며 이를 imputed stockout cost 라고 부른다. 그런데 $P_{j+1} \leq \alpha \leq P_j$ 이므로 P_j 와 α 는 비슷하다고 볼 수 있다. 따라서 本 論文에서는 imputed stockout cost 로 $\pi = ah(1-P_j)/P_jN$ 대신에 $\pi = ah(1-\alpha)/\alpha N$ 을 使用한다. 이것은 imputed stockout cost 의 性質로 보아 P_j 보다는 α 를 使用하는 것이 妥当한 것으로 判斷되기 때문이다. 이러한 imputed stockout cost 의 適用例는 DODI 4140. 39 〔5〕, 〔6〕에서 볼 수 있다. imputed stockout cost 의 簡単한 例를 들면 다음과 같다.

$h = 0.16$ \$/\$ invest/year, $a = \$100$, $N = 4$ 일 때

$\alpha = 10\%$ 이면 $\pi = ah(1-\alpha)/aN = \$36$ 이고,

$\alpha = 5\%$ 이면 $\pi = ah(1-\alpha)/aN = \$76$ 이다.

이제 이 imputed stockout cost 를 本 論文에 適用시키는 問題를 살펴보기로 한다.

請求를 2個의 群으로 나누고 各 群(群1 및 群2)에 대해서 各各 α_1 및 α_2 라는 값을 指定하여 群1에 대해서는 在庫枯渴率이 α_1 以下가 되도록, 群2에 대해서는 α_2 以下가 되도록 한다면 群1 및 群2에 대한 在庫枯渴費用 π_1 및 π_2 는 各各 $\pi_1 = ah(1-\alpha_1)/\alpha_1N$ 과 $\pi_2 = ah(1-\alpha_2)/\alpha_2N$ 이다. 여기서 α_1 과 α_2 는 指揮官의 政策決心 (decision making) 事項이다.

在庫枯渴費用 π_1 및 π_2 가 갖는 意味를 다시 살펴보면 다음과 같은 特性이 있음을 알 수 있다. 本 論文의 目的인 最適払出政策을 決定하는 基準은 在庫維持費用과 在庫枯渴費用의 合을 最小化하는 것인데 이것은 群1 및 群2의 在庫枯渴率이 α_1 및 α_2 以下가 되도록 하는 制約條件下에서 在庫維持費用을 最小化하는 것과 같다. 왜냐하면 π_1 및 π_2 를 정하는 데 α_1 및 α_2 라는 값을 使用하여 各各에 대한 在庫枯渴率이 α_1 및 α_2 以下가 되도록 하였기 때문이다. 이것은 π_1 및 π_2 가 各各 $(1-\alpha_1)\ ah/N = \alpha_1\pi_1$ 및 $(1-\alpha_2)\ ah/N = \alpha_2\pi_2$ 를 滿足하는 값인 것을 보면 알 수 있다.

以外에 注文費 (ordering cost)와 在庫維持費 (inventory holding cost)는 表2와 같은 값을 適用한다. 〔9〕

表3. 조달원별 주문비와 재고유지비

조 달 원	주 문 비 (\$)	재고유지비 (%/\$/year)
FMS	6	16
OSROK	300	26
내 자	25	26

Ⅲ. 払 出 政 策

이 章에서 論議할 払出政策은 各 去来部隊에서 軍需司로의 物品請求를 請求優先順位에 따라 群1 (優先順位 01～06)과 群2 (優先順位 07～10)의 2個의 群으로 나누어 現在의 状態 (現在庫와 物品受入予定日까지의 日数)에 따라 請求部隊로의 物品払出与否를 合理的으로 決定하는 方法이다. 但 群1에 대해서는 在庫가 있으면 무조건 払出을 하고 群2에 대한 払出与否만을 決定하기로 한다. 여기서 払出与否의 決定基準은 現時点에서 受入予定日까지의 総費用 (在庫維持費用 + 在庫枯渇費用) 을 最小로 하는 것이다. 다시 말해서 現在状態에서 群2에 대해 払出을 하는 것이 払出을 하지 않은 것 보다 費用이 적게 들면 払出을 하게 되고 그렇지 않으면 払出을 하지 않는 것이다. 이러한 決定을 各 時点 (time point) 및 在庫水準 (inventory level) 에서 하는 것이 本 論文에서 다루고자 하는 払出政策이다.

受入予定日은 物品을 注文해서 이를 受領하는 時点을 말하는 것으로 発注 및 輸送時間(order and shipping time) 에 의해서 決定된다. 発注 및 輸送時間이 一定한 境遇와 그렇지 않은 境遇에 따라 受入予定日을 미리 알 수 있는 境遇와 受入予定日을 미리 알지 못하는 境遇가 생기게 된다. 本 論文에서는 受入予定日을 미리 알고 있는 境遇를 주로 다루기로 한다. 受入予定日을 알지 못하는 境遇는 発注 및 輸送時間에 대한 過去의 資料로부터 이에 대한 確率分布를 抽出하여 受入予定日의 分布를 알 수 있는 境遇에 限하여 論議하고자 한다.

1 . 受入予定日을 알고 있는 境遇

앞으로의 展開를 위하여 必要한 여러 記号 (notation) 들을 다음과 같이 定義한다.

D_1 = 한 単位期間[註1] (unit time period) 동안의 優先順位 群1에 의한 請求量

D_2 = 한 単位期間 (unit time period) 동안의 優先順位 群2에 의한 請求量

$P_x = P_r\{D_1 = x\},\ x = 0, 1, 2, \cdots$

= 한 単位期間동안에 群1에 의한 請求量이 x個일 確率

$Q_y = P_r\{D_2 = y\},\ y = 0, 1, 2, \cdots$

= 한 単位期間동안에 群2에 의한 請求量이 y個일 確率

$\lambda_1 = E[D_1] = \sum_{x=0}^{\infty} x P_x$

= 한 単位期間동안에 群1에 의한 請求量의 期待値

$\lambda_2 = E[D_2] = \sum_{y=0}^{\infty} y Q_y$

= 한 単位期間동안에 群2에 의한 請求量의 期待値

$F_x = \sum_{i=x+1}^{\infty} P_i$

= 한 単位期間동안에 群1에 의한 請求量이 ($x+1$)個 以上일 確率

$G_y = \sum_{j=y+1}^{\infty} Q_y$

= 한 単位期間동안에 群2에 의한 請求量이 ($y+1$)個 以上일 確率

h = 한 単位期間동안에 発生하는 単位当 在庫維持費用 ($／unit／unit time period)

註 : 1) 한 単位期間(unit time period)은 需要率(demand rate)에 따라 日, 週, 月 等으로 정해진다. 여기서는 年間請求回数(年間需要回数)를 基準으로 하여 年間請求回数가 10回 以上인 境遇는 週, 20回 以上인 境遇는 日을 単位期間으로 정하는 것이 바람직하다.

π_1 = 群 1 의 在庫枯渴費用 (\$/unit)

π_2 = 群 2 의 在庫枯渴費用 (\$/unit)

$\phi_n(i)$ = 現在庫가 i 個이고 受入予定日까지 n 期間 (time period)이 남아있을 때 最適払出政策에 따라 払出与否를 決定하는 境遇에 지금부터 受入予定日까지에 発生하는 総費用 (在庫維持費用 + 在庫枯渴費用)의 期待値

이제 受入予定日까지 n 期間이 남아 있고 現在庫水準이 i 個인 状態에서 群 1 에 의한 請求가 j 個, 群 2 에 의한 請求가 k 個 発生하였다면

(1) $j<i$ 이고 $j+k\le i$ 이면 最適払出政策은 다음 項들 中에서 어느 것이 最小인가에 의해서 決定된다. 即

$$\min\{(i-j-k)h+\phi_{n-1}(i-j-k;\pi_2+(i-j-k+1)h+\phi_{n-1}(i-j-k+1);\cdots;k\pi_2+(i-j)k+\phi_{n-1}(i-j)\}$$

가 어떤 값을 갖느냐에 따라 最適政策이 決定되는 것이다.

(2) $j<i$ 이고 $j+k>i$ 일 때는

$$\min\{(j+k-i)\pi_2+\phi_{n-1}(0);(j+k-i+1)\pi_2+h+\phi_{n-1}(1);\cdots;k\pi_2+(i-j)h+\phi_{n-1}(j)\}$$

에 의해서 最適払出政策이 決定되며

(3) $j\ge i$ 인 境遇에는 앞으로 発生할 総費用의 期待値는

$$(j-i)\pi_2+k\pi_2+\phi_{n-1}(0)$$

가 되며

(4) $j=k=0$ 일 때는 앞으로 発生할 総費用의 期待値는 $ih+\phi_{n-1}(i)$가 된다.

以上으로부터 費用函数 $\phi_n(i)$는 다음과 같이 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned}
\phi_n(0) = {} & P_0Q_0\phi_{n-1}(0)+P_0Q_1[\pi_2+\phi_{n-1}(0)]+P_0Q_2[2\pi_2+\phi_{n-1}(0)]+\cdots+P_1Q_0\\
& [\pi_1+\phi_{n-1}(0)]+P_1Q_1[\pi_1+\pi_2+\phi_{n-1}(0)]+P_1Q_2[\pi_1+2\pi_2+\phi_{n-1}(0)]+\cdots+\\
& P_2Q_0[2\pi_1+\phi_{n-1}(0)]+P_2Q_1[2\pi_1+\pi_2+\phi_{n-1}(0)]+P_2Q_2[2\pi_1+2\pi_2+\\
& \phi_{n-1}(0)]+\cdots\\
= {} & \lambda_1\pi_1+\lambda_2\pi_2+\phi_{n-1}(0)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\phi_n(1) = {} & P_0Q_0[h+\phi_{n-1}(1)]+P_0Q_1\cdot\min\{\phi_{n-1}(0);\pi_2+h+\phi_{n-1}(1)\}+P_0Q_2\cdot\min\{\pi_2+\\
& \phi_{n-1}(0);2\pi_2+h+\phi_{n-1}(1)\}+\cdots+P_1Q_0\phi_{n-1}(0)+P_1Q_0[\pi_1+\phi_{n-1}(0)]+\\
& P_1Q_2[2\pi_2+\phi_{n-1}(0)]+\cdots+P_2Q_0[\pi_1+\phi_{n-1}(0)]+P_2Q_1[\pi_1+\pi_2+\phi_{n-1}(0)]+\\
& P_2Q_2[\pi_1+2\pi_2+\phi_{n-1}(0)]+\cdots\\
= {} & (\lambda_1-F_0)\pi_1+(\lambda_2-P_0)\pi_2+P_0Q_0[\pi_2+h+\phi_{n-1}(1)]+P_0G_0\cdot\min\{\phi_{n-1}(0);\\
& \pi_2+h+\phi_{n-1}(1)\}+F_0\phi_{n-1}(0)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\phi_n(2) = {} & P_0Q_0[2h+\phi_{n-1}(2)]+P_0Q_1\cdot\min\{h+\phi_{n-1}(1);\pi_2+2h+\phi_{n-1}(2)\}+P_0Q_2\cdot\\
& \min\{\phi_{n-1}(0);\pi_2+h+\phi_{n-1}(1);2\pi_2+2h+\phi_{n-1}(2)\}+P_0Q_3\cdot\min\{\pi_2+\phi_{n-1}(0);\\
& 2\pi_2+h+\phi_{n-1}(1);3\pi_2+2h+\phi_{n-1}(2)\}+\cdots+P_1Q_0[h+\phi_{n-1}(1)]+P_1Q_1\cdot\\
& \min\{\phi_{n-1}(0);\pi_2+h+\phi_{n-1}(1)\}+P_1Q_2\cdot\min\{\pi_2+\phi_{n-1}(0);2\pi_2+h+\phi_{n-1}(1)\}+\\
& \cdots+P_2Q_0\phi_{n-1}(0)+P_2Q_1[\pi_2+\phi_{n-1}(0)]+P_2Q_2[2\pi_2+\phi_{n-1}(0)]+P_2Q_3[3\pi_2+\\
& \phi_{n-1}(0)]+\cdots+P_3Q_0[\pi_1+\phi_{n-1}(0)]+P_3Q_1[\pi_1+\pi_2+\phi_{n-1}(0)]+P_3Q_2[\pi_1+2\pi_2+\\
& \phi_{n-1}(0)]+\cdots+P_4Q_0[2\pi_1+\phi_{n-1}(0)]+P_4Q_1[2\pi_1+\pi_2+\phi_{n-1}(0)]+P_4Q_2[2\pi_1+\pi_2+\phi_{n-1}(0)+\cdot\\
= {} & (\lambda_1-F_0-F_1)\pi_1+(\lambda_2-2P_0-P_1)\pi_2+P_0Q_0[2\pi_2+2h+\phi_{n-1}(2)]+P_0Q_1\cdot
\end{aligned}$$

$min\{\pi_2+h+\phi_{n-1}(1);\ 2\pi_2+2h+\phi_{n-1}(2)\}+P_0G_1\cdot min\{\phi_{n-1}(0);\ \pi_2+h+\phi_{n-1}(1);\ 2\pi_2+2h+\phi_{n-1}(2)\}+P_1Q_0[\pi_2+h+\phi_{n-1}(1)]+P_1G_0\cdot min\{\phi_{n-1}(0);\pi_2+h+\phi_{n-1}(1)\}+F_1\phi_{n-1}(0)$

이므로 $\phi_n(i)$는 다음과 같음을 알 수 있다.

$$\begin{aligned}\phi_n(i)= & [\lambda_1-(F_0+\cdots+F_{i-1})]\pi_1+[\lambda_2-(iP_0+\cdots+P_{i-1})]\pi_2+P_0Q_0[i(\pi_2+h)+\\ & \phi_{n-1}(i)]+P_0Q_1\cdot min\{(i-1)(\pi_2+h)+\phi_{n-1}(i-1);\ i(\pi_2+h)+\phi_{n-1}(i)\}+\\ & P_0Q_2\cdot min\{(i-2)(\pi_2+h)+\phi_{n-1}(i-2);\ (i-1)(\pi_2+h)+\phi_{n-1}(i-1);\\ & i(\pi_2+h)+\phi_{n-1}(i)\}+\cdots+P_0Q_{i-1}\cdot min\{(\pi_2+h)+\phi_{n-1}(1);\ 2(\pi_2+h)+\phi_{n-1}(2);\\ & \cdots;\ i(\pi_2+h)+\phi_{n-1}(i)\}+P_0G_{i-1}\cdot min\{\phi_{n-1}(0);(\pi_2+h)+\phi_{n-1}(1);\\ & \cdots;\ i(\pi_2+h)+\phi_{n-1}(i)\}+P_1Q_0[(i-1)(\pi_2+h)+\phi_{n-1}(i-1)]+\\ & P_1Q_1\cdot min\{(i-2)(\pi_2+h)+\phi_{n-1}(i-2);(i-1)(\pi_2+h)+\phi_{n-1}(i-1)\}+\cdots\\ & +P_1Q_{i-2}\cdot min\{(\pi_2+h)+\phi_{n-1}(1);\ 2(\pi_2+h)+\phi_{n-1}(2);\cdots;(i-1)(\pi_2+h)+\\ & \phi_{n-1}(i-1)\}+P_1G_{i-2}\cdot min\{\phi_{n-1}(0);(\pi_2+h)+\phi_{n-1}(1);\cdots;(i-1)(\pi_2+h)+\\ & \phi_{n-1}(i-1)\}+\cdots+P_{i-1}Q_0[(\pi_2+h)+\phi_{n-1}(1)]+P_{i-1}G_0\cdot min\{\phi_{n-1}(0);\pi_2+h+\\ & \phi_{n-1}(1)\}+F_{i-1}\phi_{n-1}(0) \qquad \cdots\cdots (1)\end{aligned}$$

여기서 $A_n(i)=i(\pi_2+h)+\phi_n(i)$로 定義하면 式(1)은

$$\begin{aligned}\phi_n(i)= & [\lambda_1-(F_0+\cdots+F_{i-1})]\pi_1+[\lambda_2-(iP_0+\cdots+P_{i-1})]\pi_2+P_0Q_0A_{n-1}(i)\\ & +P_0Q_1\cdot min\{A_{n-1}(i-1);A_{n-1}(i)\}+P_0Q_2\cdot min\{A_{n-1}(i-2);A_{n-1}(i-1);\\ & A_{n-1}(i)\}+\cdots+P_0Q_{i-1}\cdot min\{A_{n-1}(1);A_{n-1}(2);\cdots;A_{n-1}(i)\}+P_0G_{i-1}\cdot min\\ & \{A_{n-1}(0);A_{n-1}(1);\cdots;A_{n-1}(i)\}+P_1Q_0A_{n-1}(i-1)+P_1Q_1\cdot min\{A_{n-1}(i-2);\\ & A_{n-1}(i-1)\}+P_1Q_2\cdot min\{A_{n-1}(i-3);A_{n-1}(i-2);A_{n-1}(i-1)\}+\cdots+P_1Q_{i-2}\cdot\\ & min\{A_{n-1}(1);A_{n-1}(2);\cdots;A_{n-1}(i-1)\}+P_1G_{i-2}\cdot min\{A_{n-1}(0);A_{n-1}(1);\cdots;\\ & A_{n-1}(i-1)\}+\cdots+P_{i-1}Q_0A_{n-1}(1)+P_{i-1}G_0\cdot min\{A_{n-1}(0);A_{n-1}(1)\}+F_{i-1}\\ & A_{n-1}(0) \qquad \cdots\cdots (2)\end{aligned}$$

가 되고 $V_n(i)=\pi_2+h+\phi_{n-1}(i)-\phi_{n-1}(i-1)$로 定義하면 $V_n(i)=A_{n-1}(i)-A_{n-1}(i-1)$이며 모든 n에 대해서 i의 增加函数가 된다. (이에 대한 証明은 附録 参照)

$V_n(i)$가 i의 增加函数이므로

$i_n^*=\max_i\{V_n(i)<0\}$를 滿足하는 i_n^*가 存在해서 $i\le i_n^*$이면 $A_{n-1}(i)<A_{n-1}(i-1)$, $i>i_n^*$이면 $A_{n-1}(i)>A_{n-1}(i-1)$가 되고, i_n^*가 期間 (time period) n에서의 払出制限点이 된다. 即 状態 (state) (n, i)에서 群2에 의한 請求에 대해서는 在庫水準이 i_n^*以下가 되면 払出을 하지 않는다. 例를 들어 보면 現在庫가 4個 ($i=4$)이고 受入予定日까지 n期間이 남은 狀態에서 $i_n^*=3$이고 群1에 의한 請求가 1個, 群2에 의한 請求가 2個이면 群2에 대한 払出与否는

$$min\{h+\phi_{n-1}(1);\pi_2+2h+\phi_{n-1}(2);2\pi_2+3h+\phi_{n-1}(3) \qquad \cdots\cdots (3)$$

에서 最小가 되는 것이 어느 項인가에 의해서 決定된다. 첫째 項이 最小이면 群2의 請求에 대해 2個를 모두 払出하고, 두번째 項이 最小가 되면 1個만 払出하고, 세번째 項이 最小이면 群2에 대해서는 払出을 하지 않게 되는 것이다. 그런데 (3)은

$$-\pi_2+min\{A_{n-1}(1);A_{n-1}(2);A_{n-1}(3)\}$$

와 같고 (equivalent) $i_n^*=3$이기 때문에 $A_{n-1}(3)<A_{n-1}(2)<A_{n-1}(1)$이 되므로

$$min\{h+\phi_{n-1}(1);\pi_2+2h+\phi_{n-1}(2);2\pi_2+3h+\phi_{n-1}(3)\}=2\pi_2+3h+\phi_{n-1}(3)$$ 이다.

따라서 (3)의 最小項이 세번째 項이므로 群 2에 대해서는 払出을 하지 않는 것이 最適이다. 다시 말해서 群 1의 請求에 払出을 하므로 해서 在庫水準이 3個가 되어 在庫水準이 払出制限点에 이르게 되어 群 1에 대한 払出을 하지 않는 것이 費用을 最小化 하는 것이다. 따라서 群 2에 대한 払出政策은 다음과 같다.

i) 現在庫가 i_n^* 個 以下이면 群 2에 대해서는 払出을 하지 않는다.

ii) 現在庫가 i_n^* 個보다 많으면 在庫水準이 i_n^* 以下가 되지 않는 範囲内에서 群 2에 대한 払出을 한다. 即 現在庫가 i 個이고 群 1의 請求가 d 個 発生하였다면 群 2에 대한 払出은 $(i - d - i_n^*)$ 内에서 하여야 한다.

i_n^*는 $\phi_n(i)$를 計算하기 前에 —— $\phi_{n-1}(i)$를 알면 i_n^*를 구할 수 있다. —— 구할 수 있으므로 $\phi_n(i)$를 計算하기 위해서는 式(2)와 같이 複雜한 方法을 択하지 않고도 簡便한 方法으로 구할 수 있다. 即 $\phi_n(i)$의 性質로부터 $i \leq i_n^*$이면

$$\phi_n(i) = [\lambda_1 - (F_0 + \cdots + F_{i-1})]\pi_1 + [\lambda_2 - (iP_0 + \cdots + P_{i-1})]\pi_2 + P_0 A_{n-1}(i) + P_1 A_{n-1}(i-1) + \cdots + P_{i-1} A_{n-1}(1) + F_{i-1} A_{n-1}(0) \quad (4)$$

이고, $i > i_n^*$ 또는 $i = i_n^* + k$일 때는

$$\begin{aligned}\phi_n(i) &= \phi_n(i_n^* + k) \\ &= [\lambda_1 - (F_0 + \cdots + F_{i-1})]\pi_1 + [\lambda_2 - (iP_0 + \cdots + P_{i-1})]\pi_2 + P_0 Q_0 A_{n-1}(i_n^* + k) \\ &\quad + (P_0 Q_1 + P_1 Q_0) A_{n-1}(i_n^* + k - 1) + \cdots + (P_0 Q_{k-1} + P_1 Q_{k-2} + \cdots + P_{k-1} Q_0) A_{n-1} \\ &\quad (i_n^* + 1) + (P_0 G_{k-1} + P_1 G_{k-2} + \cdots + P_{k-1} G_0 + P_k) A_{n-1}(i_n^*) + P_{k+1} A_{n-1}(i_n^* - 1) \\ &\quad + P_{k+2} A_{n-1}(i_n^* - 2) + \cdots + P_{i_n^* + k - 1} A_{n-1}(1) + F_{i_n^* + k - 1} A_{n-1}(0) \quad (5)\end{aligned}$$

임을 알 수 있으므로 식(4) 및 식(5)를 使用하여 式(2)보다 簡便하게 $\phi_n(i)$를 구할 수 있다.

2. 受入予定日이 確率変数인 境遇

이 節에서는 発注 및 輸送時間 (order and shipping time)이 일정하지 않아서 受入予定日을 正確히 알 수 없는 境遇의 最適払出政策決定方法을 論議한다. 即 発注 및 輸送時間에 대한 過去의 実績으로부터 受入予定日의 分布를 推定할 수 있다고 仮定하는 것이다.

最初時期 (initial time period)를 0라 하고 受入予定日이 t期일 確率을 r_t $(t = 0, 1, 2, \cdots, L)$라고 하자. 여기서는 便宜上 受入予定日은 어느 特定한 값 L을 넘지 않는 有限한 確率変数 (finite random variable)로 仮定한다. 또 物品의 受領은 期末에 発生한다고 仮定한다. 이제 n을 0와 L 사이의 任意의 期間 (time period)라고 할 때

$R_n = r_n / (r_n + \cdots + r_L)$로 定義하면 R_n은 $(n-1)$ 期末까지 物品이 受領되지 않은 状態에서 受入予定日이 n期일 条件附確率이다. 또한 $\bar{R}_n = 1 - R_n$은 같은 条件下에서 受入予定日이 $(n+1)$期 以後일 確率을 나타낸다. 따라서 現時点이 n期이고 現在庫水準이 i일 때 앞으로 発生할 総費用의 期待値 $\psi_n(i)$는 다음과 같다.

$$\begin{aligned}\psi_n(i) = &[\lambda_1 - (F_0 + \cdots + F_{i-1})]\pi_1 + [\lambda_2 - (iP_0 + \cdots + P_{i-1})]\pi_2 + P_0 Q_0 [\, i(\pi_2 + h) \\ &+ \bar{R}_n \psi_{n+1}(i)] + P_0 Q_1 \cdot min\{(i-1)(\pi_2 + h) + \bar{R}_n \psi_{n+1}(i-1);\ i(\pi_2 + h) + \bar{R}_n \\ &\psi_{n+1}(i)\} + P_0 Q_2 \cdot min\{(i-2)(\pi_2 + h) + \bar{R}_n \psi_{n+1}(i-2);\ (i-1)(\pi_2 + h) + \\ &\bar{R}_n \psi_{n+1}(i-1);\ i(\pi_2 + h) + \bar{R}_n \psi_{n+1}(i)\} + \cdots + P_0 Q_{i-1} \cdot min\{(\pi_2 + h) + \bar{R}_n \\ &\psi_{n+1}(1);\ 2(\pi_2 + h) + \bar{R}_n \psi_{n+1}(2);\ \cdots;\ i(\pi_2 + h) + \bar{R}_n \psi_{n+1}(i)\} + P_0 G_{i-1} \cdot min \\ &\{\bar{R}_n \psi_{n+1}(0);\ (\pi_2 + h) + \bar{R}_n \psi_{n+1}(1);\ \cdots;\ i(\pi_2 + h) + \bar{R}_n \psi_{n+1}(i)\} + P_1 Q_0 [(i-1) \\ &(\pi_2 + h) + \bar{R}_n \psi_{n+1}(i-1)] + P_1 Q_1 \cdot min\{(i-2)(\pi_2 + h) + \bar{R}_n \psi_{n+1}(i-2);\end{aligned}$$

$$(i-1)(\pi_2+h)+R_n\psi_{n+1}(i-1)\}+\cdots+P_1Q_{i-2}\cdot min\{(\pi_2+h)+\bar{R}_n\psi_{n+1}(1);\ 2(\pi_2+h)+\bar{R}\psi_{n+1}(2);\cdots;\ (i-1)(\pi_2+h)+\bar{R}_n\psi_{n+1}(i-1)\}+P_1G_{i-2}\cdot min\{R_n\psi_{n-1}(0);\ (\pi_2+h)+\bar{R}_n\psi_{n+1}(1);\cdots;(i-1)(\pi_2+h)+\bar{R}_n\psi_{n+1}(i-1)\}+\cdots+P_{i-1}Q_0[(\pi_2+h)+\bar{R}_n\psi_{n+1}(1)]+P_{i-1}G_0\cdot min\{\bar{R}_n\psi_{n+1}(0);(\pi_2+h)+\bar{R}_n\psi_{n+1}(1)\}+F_{i-1}\bar{R}_n\psi_{n+1}(0)\quad \text{if}\quad n<L$$

$$\psi_n(i)=0 \quad \text{if} \quad n=L \qquad \cdots\cdots \quad (6)$$

여기서 $A_n(i)=i(\pi_2+h)+R_{n-1}\psi_n(i)$로 定義하면 式(6)은

$$\psi_n(i)=[\lambda_1-(F_0+\cdots+F_{i-1})]\pi_1+[\lambda_2-(iP_0+\cdots+P_{i-1})]\pi_2+P_0Q_1\cdot min\{A_{n+1}(i-1);\ A_{n+1}(i)\}+P_0Q_2\cdot min\{A_{n+1}(i-2);A_{n+1}(i-1);A_{n+1}(i)\}+\cdots+P_0Q_{i-1}\ min\{A_{n+1}(1);A_{n+1}(2);\cdots;A_{n+1}(i)\}+P_0G_{i-1}\cdot min\{A_{n+1}(0);A_{n+1}(1);\cdots;A_{n+1}(i)\}+P_1Q_0\ A_{n+1}(i-1)+P_1Q_1\cdot min\{A_{n+1}(i-2);A_{n+1}(i-1)\}+P_1Q_2\cdot min\{A_{n+1}(i-3);A_{n+1}(i-2);A_{n+1}(i-1)\}+\cdots+P_1Q_{i-2}\cdot min\{A_{n+1}(1);A_{n+1}(2);\cdots;A_{n+1}(i-1)\}+P_1G_{i-2}\cdot min\{A_{n+1}(0);A_{n+1}(1);\cdots;A_{n+1}(i-1)\}+\cdots+P_{i-1}Q_0A_{n+1}(1)+P_{i-1}G_0\cdot min\{A_{n+1}(0);A_{n+1}(1)\}+F_{i-1}A_{n+1}(0)\ \text{if}\quad n<L$$

$$\psi_n(i)=0 \quad \text{if} \quad n=L \qquad \cdots\cdots \quad (7)$$

이 되고 $V_n(i)=(\pi_2+h)+\bar{R}_n[\psi_{n+1}(i)-\psi_{n+1}(i-1)]$로 定義하면 $V_n(i)=A_{n+1}(i)-A_{n+1}(i-1)$이 되며 모든 n에 대해서 i의 增加函数가 된다. (이에 대한 証明은 $\phi_n(i)$에 대한 証明과 같은 方法으로 할 수 있으므로 省略한다)

따라서 最適払出政策은 1節과 같고 또한 費用函数 $\psi_n(i)$의 計算도 1節과 같이 簡便하게 구할 수 있다.

Ⅳ. 注 文 政 策

Ⅲ章에서는 注文政策 (注文週期 및 注文量)이 주어진 状況에서 群1 및 群2에 의한 請求에 대한 어떻게 払出하는 것이 가장 最適인가에 대해서 論議하였다. 그러나 合理的인 注文政策이 樹立되지 않은 状況에서 払出政策만을 最適化하는 것은 部分的인 最適化 (local optimization) 에 不過하다. 即 最適注文政策이 先行되고 이에 따른 最適注文政策이 마련되어야 全体的으로 経済的이고 効率的인 在庫管理가 可能하다. 이 章에서는 最適注文政策 即 注文週期 및 注文量을 決定하는 方法을 論하고자 한다.

本 論文에서는 注文週期 및 注文量을 決定하는 方法으로 새로운 方法을 使用하는 것이 아니고 Ⅲ章의 結果를 根拠로 하여 決定하고자 한다. 注文週期가 주어졌을 때 発注 및 輸送時間(OST)이 一定하다면 物品의 受領間의 期間은 注文週期가 된다. 따라서 注文週期를 L이라 하고 Ⅲ章에서 定義한 費用函数 $\phi_L(i)$를 구하면 $\phi_L(i)$는 物品을 새로 受領한 時点에서 在庫水準이 i일 때 注文週期동안에 発生하는 在庫維持費用과 在庫枯渇費用의 合을 意味한다. 그런데 Ⅲ章에 의하면 $V_n(i)=\pi_2+h+\phi_{n-1}(i)-\phi_{n-1}(i-1)$이 i의 増加函数이므로 費用函数 $\phi_L(i)$는 i의 볼록함수 (convex function)이 되어 $\phi_L(i)$의 最小값이 存在하며, 이 때의 i의 값이 注文週期가 L일 때의 貯藏目標水準(stockage objective)이 된다. 이것은 注文週期동안 貯藏目標水準만큼의 在庫를 갖고 運営하는 것이 가장 経済的이라는 것을 말한다. 注文週期의 L일 때 $\phi_L(i)$를 最少로 하는 在庫水準 即 貯藏目標水準(SO)을 i_L로 表示하면 $\phi_L(i_L)$은 注文週期 L동안의 在庫維持

費用과 在庫枯渴費用의 合이다. 年間注文回数를 N이라고 하면 $N=360/L$이 되며 注文週期가 L일 때의 年間在庫維持費用과 在庫枯渴費用은 $N \cdot \phi_L(i_L)$이 된다. 또 1回 注文費用을 K라하면 年間注文費用은 NK가 된다. 따라서 注文週期가 L일 때의 年間総費用(注文費用 + 在庫維持費用 + 在庫枯渴費用)은

$$TC = NK + N \cdot \phi_L(i_L)$$

또는

$$TC = \frac{360}{L}\left[K+\phi_L(i_L)\right] \qquad (8)$$

이다. 式(8)로 부터 最適注文政策(注文週期 및 注文量)을 얻을 수 있다. 即 式(8)에서 L의 값을 変化시켜 보면 年間総費用을 最小로 하는 L의 값을 얻을 수 있으며 이 L의 값이 最適注文週期가 된다. 또 이때의 貯藏目標水準 SO는 最適注文週期를 L^*라 할 때 $\phi_{L^*}(i)$를 最小로 하는 값 即 i_{L^*}이므로 注文時点에서 実在庫水準 (現在庫 — 払出予定)을 A라 하면 이때의 注文量 Q는

$$Q = \mathrm{SO} - \mathrm{A} = i_{L^*} - A$$

이다.

이제 本 論文에서 提示한 方法에 의해 実際 資料를 利用해서 最適注文政策 및 最適払出政策을 決定하는 過程을 살펴 보기로 한다. 여기에서 使用한 品目은 在庫番号가 1005005910032이며 単価가 $ 46.57이고 調達源은 FMS이다. 調達源이 FMS이므로 在庫維持費는 $ 0.16/$/年이고 注文費는 $ 6이다. 이 品目의 最近 4年間의 請求回数가 17回이므로 単位期間(unit time period)으로는 日이나 週를 適用하기 困難하고 月을 適用하여야 한다. <表3> 으로부터 各群

表3. 最近 4年間 請求実績

순 번	請求日字*	優先順位**	請求量(個)
1	5147	13	2
2	5179	06	2
3	6080	03	3
4	6157	06	4
5	6193	13	2
6	6315	13	2
7	7132	03	1
8	7139	13	2
9	7194	13	4
10	8044	13	2
11	8055	13	1
12	8116	13	5
13	8208	06	2
14	8219	03	1
15	8262	03	2
16	8320	03	1
17	8342	13	1

* 請求日字의 맨처음 숫자는 년도를 나타내며 나머지 3자리 숫자는 Julian date이다.

** 지금 예를 들고 있는 品目이 空軍品目이기 때문에 우선순위가 13까지 있다.
공군의 경우는 01-08까지가 群1, 09-15까지가 群2로 分類된다.

別로 請求実績이 있었던 月数와 請求量의 分布를 보면 <表 4> 와 같다.

지금 P_x와 Q_y를 Ⅲ章과 같이 定義하면 4年 (48個月) 동안 請求가 없었던 달이 40個月이므로 $P_0 = Q_0 = \frac{40}{48} = .8333$ 이다. 또 P_1은 1個月동안 群1에 의한 請求量이 1個일 確率을 나타내므로 $P_1 = (1 - P_0) \cdot \frac{3}{8} = .0625$ 이다. 이와 같은 方法으로 P_x와 Q_y를 구하면 <表 5> 와 같다.

表4. 群別 請求量의 分布

群 1		群 2	
請求量	月数	請求量	月数
1	3	1	1
2	3	2	4
3	1	3	1
4	1	4	1
-	-	5	1

表5. P_x 와 Q_y

x	P_x	y	Q_y
0	0.8333	0	0.8333
1	0.0625	1	0.0208
2	0.0625	2	0.0833
3	0.0208	3	0.0208
4	0.0208	4	0.0208
-		5	0.0208

이제 $\alpha_1 = .05$, $\alpha_2 = .20$이라 仮定하고 最適注文政策 및 最適払出政策을 구하면 <表6> 및 <表 7> 과 같다. (이에 대한 電算프로그램은 附録 参照)

〈表6〉 주문주기별 년간비용

L	I	S
1	3	95.21
2	4	67.94
3	5	65.87
4	7	67.33
6	9	74.44
12	15	101.73

〈表7〉 最適払出政策

N	ISTAR
1	0
2	0
3	1

表6에서 보면 $L = 3$일 때 即 注文週期가 3個月일 때가 年間費用이 $65.27로서 最小가 된다. 따라서 最適注文週期는 3個月이며 이때 $i_L = 5$이므로 最適貯蔵目標水準은 5個이고, 請求量은 注文時点에서 貯蔵目標水準의 不足分이 된다. < 表 7 > 은 最適注文週期가 3個月이고 貯蔵目標水準이 5個일 때의 最適払出政策이다. 여기서 N은 受入予定日까지의 月数이고 ISTAR는 이 時点에서의 払出制限点이다.

V. 結 論

같은 品目이라도 使用部隊, 使用目的 等에 따라서 이 品目이 在庫枯渇이 되었을 때 軍의 任務遂行에 미치는 影響이 다르다. 이 때문에 各 軍에서는 使用部隊 및 使用目的에 따라 請求払出

優先順位를 規定하여 払出에 差等을 두는 것이다. 即 優先順位가 높은 請求에 대해 優先的으로 払出하고 優先順位가 낮은 請求는 払出에 制限을 가하는 것이다. 그러나 現在 施行되고 있는 払出制度는 그 基準이 漠然하다. 첫째는 物品의 受入予定日에 関係없이 一定한 払出制限点을 使用하며 둘째는 이 払出制限点으로 安全水準 (safety level)을 適用하고 있는 데 安全水準 自体가 品目의 区分없이 一律的으로 정해져 있기 때문이다.

本 論文에서는 請求 및 払出優先順位를 2個의 群 (category)으로 分類하여 各 群別로 在庫枯渇에 의한 影響을 費用으로 換算하는 在庫枯渇費用(stockout cost)을 推定하였고, 이를 基本으로 낮은 優先順位로 이루어진 群에 대한 払出制限点을 受入予定日에 따라 可変的으로 하는 새로운 払出制度를 提示하였다. 또 最適在庫管理는 払出制度만으로는 이루어 지지 않으므로 最適注文週期 및 最適注文量을 決定하는 方法 即 最適注文政策 決定方法을 提示하였다.

本 論文에서는 優先順位를 2個의 群 (category)으로 分類하였는 데 必要에 따라서는 3個의 群으로 分類할 수 있으며 이때의 注文政策 및 払出政策의 決定은 本 論文의 模型을 약간 修正만 하면 可能한 것이다. 또 앞으로 資料가 累積되면 모든 品目에 本 論文에서 提示한 方法을 適用할 수 있을 것으로 判断된다.

附 錄 1. $V_n(i)$는 모든 n에 대해서 i의 增加函数이다.

(証 明)

위의 性質을 証明하기 위해서 모든 n에 대해서 $\pi_1 - \pi_2 + V_n(1) > 0$ 임을 먼저 証明한다.

$\pi_1 - \pi_2 + V_1(1) = \pi_1 - \pi_2 + \pi_2 + h = \pi_1 + h > 0$ 이므로 $n=1$일 때 $\pi_1 - \pi_2 + V_1(1) > 0$ 이다. 이제 任意의 n에 대해서 $\pi_1 - \pi_2 + V_n(1) > 0$이라고 仮定하면

$$
\begin{aligned}
\pi_1 - \pi_2 + V_{n+1}(1) &= \pi_1 - \pi_2 + \pi_2 + h + \phi_n(1) - \phi_n(0) \\
&= \pi_1 + h + (\lambda_1 - F_0)\pi_1 + (\lambda_2 - P_0)\pi_2 + P_0 Q_0 A_{n-1}(1) + P_0 G_0 \cdot min \\
&\quad \{A_{n-1}(0); A_{n-1}(1)\} + F_0 A_{n-1}(0) - \lambda_1 \pi_1 - \lambda_2 \pi_2 - A_{n-1}(0) \\
&= P_0(\pi_1 - \pi_2) + h + P_0 Q_0 A_{n-1}(1) + P_0 G_0 \cdot min\{A_{n-1}(0); A_{n-1}(1)\} \\
&\quad - P_0 A_{n-1}(0) \\
&= P_0(\pi_1 - \pi_2) + h + P_0 Q_0 V_n(1) + P_0(1 - Q_0) \cdot min\{0; V_n(1)\} \\
&> P_0(\pi_1 - \pi_2) + P_0 Q_0 \cdot min\{0; V_n(1)\} + P_0(1 - Q_0) \cdot min\{0; V_n(1)\} \\
&= P_0[\pi_1 - \pi_2 + min\{0; V_n(1)\}] \\
&> 0
\end{aligned}
$$

이므로 모든 n에 대해서 $\pi_1 - \pi_2 + V_n(1) > 0$이다.

$n=1$일 때 $V_1(i) = A_0(i) - A_0(i-1) = \pi_2 + h$이므로 $n=1$일 때 $V_n(i)$는 i의 增加函数이다. 任意의 n에 대해서 $V_n(i)$가 i의 增加函数라고 仮定하면 $i_n^* = max\{V_n(i) < 0\}$를 満足하는 i_n^*가 存在해서 $i \le i_n^*$이면 $V_n(i) < 0$이고 $A_{n-1}(i) < A_{n-1}(i-1)$이며, $i > i_n^*$이면 $V_n(i) > 0$이 되고 $A_{n-1}(i) > A_{n-1}(i-1)$이다.

i) $i \le i_n^*$일 때 $V_{n+1}(i)$는

$$
\begin{aligned}
V_{n+1}(i) = \; & \pi_2 + h + [\lambda_1 - (F_0 + \cdots + F_{i-1})]\pi_1 + [\lambda_2 - (iP_0 + \cdots + P_{i-1})]\pi_2 + P_0 Q_0 \\
& A_{n-1}(i) + P_0 Q_1 A_{n-1}(i) + P_0 Q_2 A_{n-1}(i) + \cdots + P_0 Q_{i-1} A_{n-1}(i) + P_0 G_{i-1} A_{n-1} \\
& (i-1) + P_1 Q_0 A_{n-1}(i-1) + \cdots + P_1 Q_{i-2} A_{n-1}(i-1) + P_0 G_{i-2} A_{n-1} \\
& (i-1) + \cdots + P_{i-2} Q_0 A_{n-1}(2) + P_{i-2} Q_1 A_{n-1}(2) + P_{i-1} Q_0 A_{n-1}(1) + P_{i-1} G_0 \\
& A_{n-1}(1) + F_{i-1} A_{n-1}(0) - [\lambda_1 - (F_0 + \cdots + F_{i-2})]\pi_2 - [\lambda_2 - (i-1)P_0 - \cdots \\
& - P_{i-2}]\pi_2 - P_0 Q_0 A_{n-1}(i-1) - P_0 Q_1 A_{n-1}(i-1) - P_0 Q_2 A_{n-1}(i-1) - \cdots \\
& - P_0 Q_{i-2} A_{n-1}(i-1) - P_0 G_{i-2} A_{n-1}(i-1) - P_1 Q_0 A_{n-1}(i-2) - P_1 Q_1 A_{n-1} \\
& (i-2) - P_1 Q_2 A_{n-1}(i-2) - \cdots - P_1 Q_{i-3} A_{n-1}(i-2) - \cdots - P_{i-2} Q_0 A_{n-1}(1) \\
& - P_{i-2} G_0 A_{n-1}(1) - F_{i-2} A_{n-1}(0) \\
= \; & -F_{i-1}(\pi_1 - \pi_2) + h + P_0 V_n(i) + P_1 V_n(i-1) + \cdots + P_{i-1} V_n(1)
\end{aligned}
$$

이 되고

$$
V_{n+1}(i-1) = -F_{i-2}(\pi_1 - \pi_2) + h + P_0 V_n(i-2) + \cdots + P_{i-2} V_n(1)
$$

이므로

$$
\begin{aligned}
V_{n+1}(i) - V_{n+1}(i-1) &= P_{i-1}(\pi_1 - \pi_2) + P_0[V_n(i) - V_n(i-1)] + P_1[V_n(i-1) - V_n \\
&\quad (i-2)] + \cdots + P_{i-2}[V_n(2) - V_n(1)] + P_{i-1} V_n(1) \\
&= P_{i-1}[\pi_1 - \pi_2 + V_n(1)] + P_0[V_n(i) - V_n(i-1)] + P_1[V_n(i-1) - \\
&\quad V_n(i-2)] + \cdots + P_{i-2}[V_n(2) - V_n(1)] \\
&> 0
\end{aligned}
$$

이다.

ii) $i > i_n^*$일 때

$$\phi_{n+1}(i_n^*+1) = [\lambda_1 - (F_0 + \cdots + F_{i_n^*})]\pi_1 + [\lambda_2 - (i_n^*+1)P_0 - \cdots - P_{i_n^*}]\pi_2 + P_0 Q_0 A_{n-1}(i_n^*) + \cdots + P_0 Q_{i-1} A_{n-1}(i_n^*) + P_0 G_{i-1} A_{n-1}(i_n^*) + P_1 Q_0 A_{n-1}(i_n^*) + P_1 Q_1 A_{n-1}(i_n^*) + \cdots + P_1 Q_{i-2} A_{n-1}(i_n^*) + P_1 G_{i-2} A_{n-1}(i_n^*) + \cdots + P_{i_n^*} Q_0 A_{n-1}(1) + P_{i_n^*} G_0 A_{n-1}(1) + F_{i_n^*} A_{n-1}(0)$$

$$\phi_{n+1}(i_n^*+2) = [\lambda_1 - (F_0 + \cdots + F_{i_n^*+1})]\pi_1 + [\lambda_2 - (i_n^*+2)P_0 - \cdots - P_{i_n^*+1})]\pi_2 + P_0 Q_0 A_{n-1}(i_n^*+2) + P_0 Q_1 A_{n-1}(i_n^*+1) + P_0 Q_2 A_{n-1}(i_n^*) + P_0 Q_3 A_{n-1}(i_n^*) + \cdots + P_0 Q_{i_n^*+1} A_{n+1}(i_n^*) + P_0 G_{i_n^*+1} A_{n-1}(i_n^*) + P_1 Q_0 A_{n-1}(i_n^*+1) + P_1 Q_1 A_{n-1}(i_n^*) + P_1 Q_2 A_{n-1}(i_n^*) + \cdots + P_1 Q_{i_n^*} A_{n-1}(i_n^*) + P_1 G_{i_n^*} A_{n-1}(i_n^*) + P_2 Q_0 A_{n-1}(i_n^*) + P_2 Q_1 A_{n-1}(i_n^*) + P_2 Q_2 A_{n-1}(i_n^*) + \cdots + P_2 Q_{i_n^*-1} A_{n-1}(i_n^*) + \cdots + P_{i_n^*+1} Q_0 A_{n-1}(1) + P_{i_n^*+1} Q_0 A_{n-1}(1) + F_{i_n^*+1} A_{n-1}(0)$$

가 되므로 $\phi_n(i)$는 $i = i_n^* + k$일 때 다음과 같다.

$$\phi_n(i_n^*+k) = [\lambda_1 - (F_0 + \cdots + F_{i_n^*+k-1})]\pi_1 + [\lambda_2 - (i_n^*+k)P_0 - \cdots - P_{i_n^*+k-1}]\pi_2 + P_0 Q_0 A_{n-1}(i_n^*+k) + (P_0 Q_1 + P_1 Q_0) A_{n-1}(i_n^*+k-1) + \cdots + (P_0 Q_{k-1} + P_1 Q_{k-2} + \cdots + P_{k-1} Q_0) A_{n-1}(i_n^*+1) + (P_0 G_{k-1} + P_1 G_{k-2} + \cdots + P_{k-1} G_0 + P_k) A_{n-1}(i_n^*) + P_{k+1} A_{n-1}(i_n^*-1) + P_{k+2} A_{n-1}(i_n^*-2) + \cdots + P_{i_n^*+k-1} A_{n-1}(1) + F_{i_n^*+k-1} A_{n-1}(0)$$

따라서

$$V_{n+1}(i_n^*+k) = -F_{i_n^*+k-1}(\pi_1 - \pi_2) + h + P_0 Q_0 V_n(i_n^*+k) + (P_0 Q_1 + P_1 Q_0) V_n(i_n^*+k-1) + \cdots + (P_0 Q_{k-1} + P_1 Q_{k-2} + \cdots + P_{k-1} Q_0) V_n(i_n^*+1) + P_k V_n(i_n^*) + P_{k+1} V_n(i_n^*-1) + \cdots + P_{i_n^*+k-2} V_n(2) + P_{i_n^*+k-1} V_n(1)$$

이고

$$V_{n+1}(i_n^*+k+1) - V_{n+1}(i_n^*+k) = P_{i_n^*+k}[\pi_1 - \pi_2 + V_n(1)] - P_k V_n(i_n^*) + (P_0 Q_k + \cdots + P_k Q_0) V_n(i_n^*+1) + P_0 Q_0 [V_n(i_n^*+k+1) - V_n(i_n^*+k)] + (P_0 Q_1 + P_1 Q_0)[V_n(i_n^*+k) - V_n(i_n^*+k-1)] + (P_0 Q_1 + P_1 Q_0)[V_n(i_n^*+k) - V_n(i_n^*+k-1)] + \cdots + (P_0 Q_{k-1} + \cdots + P_{k-1} Q_0)[V_n(i_n^*+2) - V_n(i_n^*+1)] + P_{k+1}[V_n(i_n^*) - V_n(i_n^*-1)] + P_{k+2}[V_n(i_n^*-1) - V_n(i_n^*-2)] + \cdots + P_{i_n^*+k-1}[V_n(2) - V_n(1)]$$

이므로 $V_{n+1}(i_n^*+k-1) - V_{n+1}(i_n^*+k) > 0$ 이 되어 $V_n(i)$는 모든 n에 대해서 i의 增加函数이다.

附 録 2. 電算프로그램

```
      DIMENSION P(0:50)'Q(0:50)'F(0:50)'G(0:50)'V(0:5000)'A(0:5000)
      CALL FOPEN(S'"DATAILE"'"B")
      DO 1 I=0'50
      P(I) = 0.
      Q(I) = 0.
      F(I) = 0.
    1 G(I) = 0.
      READ(9'100) UT'JP'XK'H'A1'A2
  100 FORMAT (F10.0'5F10.2)
      READ (9'101) N'(P(I)'I=0'N)
      READ (9'101) M'(Q(I)'I=0'M)
  101 FORMAT(15/(16F5.4))
      WRITE (12'98)
   98 FORMAT(1H1'////'25X'65(1H-)' 46X'1H!'21X'1H!'/35X'1HL'10X'
      1H!'10X'11HI'10X'1H!'10X'1HS'/46X'1H!'21X'1H!'/25X'65(1H-))
      F(0)=1. -P(0)
      DR1=0.
      DO5 I=1'N
      F(I) = F(I-1) -P(I)
    5 DR1 = DR1+I*P(I)
      G(0)=1. -Q(0)
      DR2=0.
      DO 10 I= 1'M
      G(I) = G(I-1) - Q(I)
   10 DR2= DR2+I*Q(I)
      ZMIN=100000.
      M = 0
   12 READ(9'102) L
  102 FORMAT (15)
      IF(L.LT.0) GO TO 70
      HC = UP*H*UT/360.
   13 PI 1=(1. -A1)*HC*L/A1
      PI 2=(1. -A2)*HC*L/A2
      ND=2*L*(DR1+DR2)+6
      IF (M.EQ.0) GO TO 14
      WRITE (12'97)
   97 FORMAT (1H1'////'25X'43(1H-)'/46X'1H!'/35X'1HN'10X'1H!'8X'
      5HISTAR'1/46X'1H!'/25X'43(1H-))
   14 DO 15 I=0'ND
   15 V(I) = 0.
      N = 1
   20 SMALL = 10000.
      DO 25 I=0'ND
      A(I) = V(I)+I*(PI 2+HC)
      IF(SMALL.LE.A(I)) GO TO 25
      ISTAR=I
      SMALL=A(I)
   25 CONTINUE
      X = DR1
```

```
   Y = DR 2
   V (0) = N* (DR1*PI1 + DR2*PI 2)
   XMIN = V (0)
   IL = 0
   IA (ISTAR. EQ. 0)  GO' TO  40
   DO 35  I = 1'ISTAR
   X = X - F (I - 1)
   Y = Y - (1. - F (I - 1)
   V (I) = X*PI 1 + Y* PI 2
   I 1 = I - 1
   DO30 J=0'I 1
30 V(1) =V (I) + P (J ) *A(I - J)
   V(I) =V(I) + F (I1) * A(0)
   IF (XMIN. LT. V (I)) GO TO 35
   XMIN = V (I)
   IL = I
35 CONTINUE
40 I 2= ISTAR+1
   DO 65 I = I 2'ND
   K= I - ISTAR
   X = X - F (I - 1)
   Y= Y - (1. - F (I-1) )
   V (I) = X* PI 1+ Y* PI 2
   K1=K - 1
   DO 45 J = 0'K1
   DO 45 J1= 0'J
45 V (I) = V (I) +P (J1) * Q (J-J1) *A(I-J)
   DO 50 J 2 = 0'K1
50 V (I) = V(I) + P (J2) *G (K1- J 2) * A (I - K)
   IF (I. EQ. K)  GO TO  60
   V (I) = V (I) + P (K) * A (I - K)
   K 2 = K + 1
   I 3 = I - 1
   IF (I 3. LT . K2)  GO TO  60
   DO 55  J3 = K2'I3
55 V (I) = V (I) + P(J3) * A (ISTAR-J3 + K)
60 V (I) = V(I) + F (I - 1) * A (0)
   IF (XMIN . LT. V (I) ) GO TO 65
   XMIN = V (I)
   IL = I
65 CONTINUE
   IF (M. EQ . 0)  GO TO 66
   WRITE (12'96) N' ISTAR
96 FORMAT (46X' 1H!'/30X' 16' 10X' 1H! ' 5X' 16'/46X' 1H!'/25X' 43 (1H-) )
66 N = N + 1
   IF (N. LE . L)  GO TO 20
   IF (M. EQ. 1)  GO TO 75
   XMIN = 360. * (XK+ XMIN)/ (L * UT)
   WRITE(12'99) L'IL' XMIN
99 FORMAL(46X' 1H!' 21X' 1H!'/30X'16' 10X' 1H !' 5X'16' 10 X' 1H!' F13. 2'1
   /46X' 1 H!' 21X' 1H!'/25X' 65 ( 1H -))
```

```
      IF(ZMIN.LT.XMIN) GO TO 12
      ZMIN = XMIN
      LSTAR = L
      GO TO 12
   70 M = 1
      L = LSTAR
      GO TO 13
   75 STOP
      END
```

参 考 文 献

1. Derman, C., Finite State Markovian Decision Processes, Academic Press, 1970
2. Johnson, R. A., W. T. Newell, and R. C. Vergin, Operations Management - A Systems Concept, Houghton Mifflin Co., 1972
3. DOD, Procurement Cycles and Safety Levels of Supply for Secondary Items, DOD Instruction 4140. 39
4. Hq. of the Army, FM 38-2 Inventory Management
5. 陸軍本部, 陸軍規定 48 - 2
6. 陸軍本部, 팜플레트 710 - 21 - 1, 기지보급절차, 1979
7. 海軍本部 보급감실, 보급운영절차
8. 空軍本部, 空軍教法 67-1, 普及教法, 1976.
9. 洪陵機械, 在庫管理体制改善에 관한 研究, 1979