

命中率 自動計測시스템 (ATSS) 紹介

林 榮 洙

1. 머릿말

垂直標的 (Vertical Target) 으로부터計測된命中率는小銃으로부터對戰車砲에이르기까지直射火器의 성능을 평가하는 중요한尺度가 된다.

命中率試驗[1]은 크게正確度試驗 (Target Accuracy Test) 과分散試驗 (Target Dispersion Test) 으로 나눌 수 있는데,前者는 연속발사된 경우標的의彈着點 (Impact Points) 들의平均값 (中心點) 이照準點 (Aiming Point) 으로부터얼마만큼 떨어져 있는지를 알아내는 것이고,後者は彈着點들이 그들의中心點으로부터 어느정도分散되어 있는지를 알아내는 것이다.

命中度を計測하는 종래의 방법은標的에 나타나는彈着點을 사람이直接標的에 접근하여 확인한 후 그座標를 기록하거나,垂直標的의 크기가 자 (Ruler) 로直接測定할 수 없을 정도로 큰 경우에는 시험이進行되는 동안彈着點의 위치와 순서를 대략 메모지에記錄해 두었다가 시험이終了된 후垂直標的을 떼어地面에 펼쳐놓고 정확한彈着點들의 위치를 자로測定하고, 이를 기초로해서手作業으로正確도와分散을 계산하는 방법이였다.

이러한 방법은試驗도중 표적의彈着點을測定할때射線 (Line of Fire) 으로의 접근으로인한人命의 위험부담을 안고 있을뿐 아니라人力과時間의浪費가 많으며,彈着點의中心을 정확하게 맞추지 못하면計測된座標값에誤差를 유발할 수 있기 때문에命中度を自動적으로計測할 수 있는 시스템開發의必要性이 부각되었다.

여기서는 다음章에서記述할命中率計測方法中映像標的計測技法을 이용하여科學研究所에서 개발한命中率自動計測시스템 (Automatic Target Scoring System, 이하 ATSS 로 약칭) 에 관하여說明하되紙面관계상,專門인內容說明은 될수 있는대로止揚하고 주로紹介에 중점을 두겠으며必要하면 ATSS 의 보고서[2]를 참고하기 바란다.

2. 命中率計測方法의 考察

命中度を計測하는 시스템의具現方法은彈着點을 검출하기 위해 사용하는標的 및 센서의 종류에 따라 다음과 같이 크게 다섯가지로 나눌 수 있다.

가. Light Beam Method

빛을 내보내고 검출하는素子の 쌍을 결합하여 X, Y 方向에格子標的 (Array Target) 을 만들고,彈 (Projectile) 이 표적을 통과할때 빛을遮斷하는 것을 검출하여 통과된 위치를 알아내는方法이다. 이 방법은 표적을交替할 필요가 없고,發射速度가 큰 경우에도適用할 수 있으나精密도가 떨어지고標的의 크기가 제한받으며, 센서가 시험도중 파괴될 수 있는短點이 있다.

나. Conductive Sheet Method

抵抗性導電物質이 발라져 있는 두板을 접촉되지 않도록中央에 종이등誘電物質을 샌드위치시켜 표적을 만들고,彈이 표적을 통과할때 두板間의 접촉으로 흐르는電流를測定함으로써

통과된 위치를 알아내는 방법으로 표적의 價格이 비싸고, 發(Round)마다 交替해야하며, 노이즈(Noise)의 영향을 받기 쉬운 短點이 있다.

다. Shock Wave Detection Method[1]

砲口로부터 발사된 彈이 壓電變換器(Piezo-electric Transducer)들이 들어있는 두개의 鐵材(Steel Rod)가 이루는 면을 통과할 때, 발생하는 衝擊波(Shock Wave)를 感知하여 통과된 위치를 알아내는 方法으로 표적을 交替할 필요가 없고, 發射速度가 큰 경우에도 적용할 수 있으나 誤差가 크고 彈速이 音速以上이어야 한다는 短點이 있다.

라. Electric Field Measurement Method

1980年 獨逸의 Harsenborg 와 Trinks[3]는 彈이 발사되어 自由飛行을 하는 도중 微量의 電荷를 띄게 된다는 현상에 着眼하여, 세계의 鐵材平板內를 통과할때 電荷에 의해 형성된 電界分布를 측정하고, 컴퓨터로 處理, 計算하여 彈이 통과한 위치와 彈의 速度를 알아내는 方法을 발표하였다. 이 方法은 컴퓨터의 計算時間이 0.5秒 정도 所要되므로 이보다 發射速度가 빠르면 사용이 불가능하고, 標的의 크기(鐵材平板의 크기)를 1m×1m 이상 크게 하기가 어렵다는 短點이 있다.

마. Video Target Scoring Method

彈이 통과한 자국이 있는 垂直標的을 비디오 카메라(Video Camera)로 바라보게 하고, 카메라로부터 나오는 映像信號를 받아들여 컴퓨터에 의해 통과된 자국의 위치를 알아내는 方式으로 受動的 命中率 計測에 사용되는 중이나 淸 標的을 그대로 사용할 수 있고, 淸調整機(Zoom Controller)를 부착하면 標的의 크기에 制限을 받지 않는 長點이 있으나, 컴퓨터 處理時間이 상대적으로 길기 때문에 發射速度가 큰 동시에 彈間의 發射順序가 중요한 경우에는 사용키 어려운 短點이 있다.

위에서 살펴본 바와 같이 각 方法들 사이에는 나름대로의 長短點이 있기 때문에 應用하는 곳에 따라 最善의 선택을 달리할 수 있다.

科學研究所에서 실시되는 現行 命中率試驗은 대부분 大口徑 火器에 치중하고 있으므로, 따라서 標的의 크기가 커야하며, 또한 發(Round)사이의 時間間隔이 십여분 이상 되기 때문에 Video Target Scoring Method가 最善의 方法으로 評價될 수 있고, 이 方法을 사용하여 개발된 ATSS가 科學研究所에서 現存 使用中에 있다.

ATSS는 小口徑 火器라 할지라도 發 사이의 순서가 중요하지 않은 모든 命中率 試驗計測에 이용할 수 있으므로 試驗場 뿐만 아니라 一般射擊場, 小銃射擊場, 小銃工場등에서 응용함으로써 計測能率을 향상시킬 수 있으리라 기대된다.

한편, ATSS와 유사한 시스템으로 1983年 美國에서 개발하여 現存 APG(Aberdeen Proving Ground)등지에서 命中率計測 標準裝備로 사용중에 있는 AVTSS(Automated Video Target Scoring System)[4]는 비디오 카메라와 컴퓨터를 사용하는 점에서 ATSS와 동일하나, 비디오 모니터상에 나타난 標的映像을 보면서 彈着點(Impact Points)들의 위치를 컴퓨터가 읽을 수 있도록 사람이 키(Key)操作을 해주어야 한다는 점에서 半自動式이라 말할 수 있다.

그러나 ATSS는 標的의 크기와 彈의 直徑만을 키보드를 통해 입력해 주면 컴퓨터가 自動적으로 彈着點의 위치를 알아내므로 完全自動式이라고 말할 수 있고, AVTSS에 비해 處理速度가 빠르고 효율적이다.

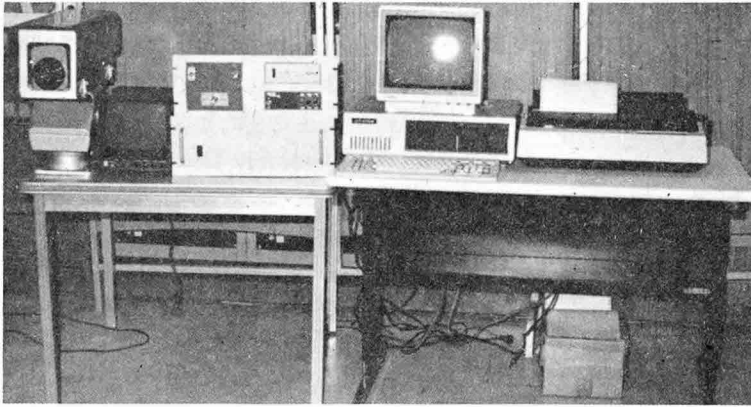
3. ATSS의 構成 및 原理

그림 1은 ATSS의 寫眞이다. ATSS는 크게 하드웨어 시스템과 소프트웨어 시스템으로 나눌 수 있다.

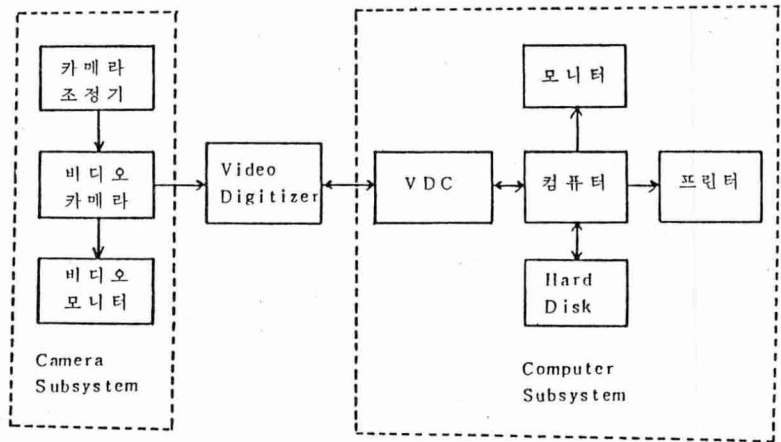
가. 하드웨어 시스템

ATSS의 하드웨어 시스템은 그림 2에서와 같이 Video Camera Subsystem, 映像信號를 A/D(Analog to Digital)變換하는 비디오 디지털이저, 그리고 디지털화된 畫像데이터를 처리하는 Computer Subsystem으로 구성되어 있다.

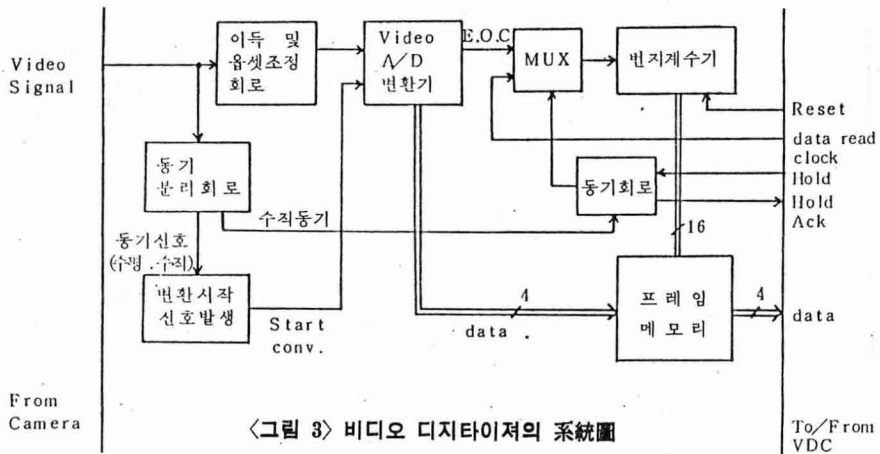
그림 2에서 비디오 디지털이저 및 VDC(Vi-



〈그림 1〉 ATSS 의 사진



〈그림 2〉 ATSS 하드웨어 계통도



〈그림 3〉 비디오 디지털라이저의 시스템圖

deo Digitizer Controller)는 직접 開發, 製作한 裝備로서 그림 3은 비디오 디지털라이저의 系統圖이다.

카메라에서 出力된 표적의 映像信號은 利得 및 음색調整回路와 同期分離回路의 두곳으로 入

力된다. 利得 및 음색調整回路에서는 利得 단인 Video A/D變換器의 入力사양에 맞추기 위해 映像信號의 振幅 및 음색을 조정해 주고, 同期分離回路에서는 Video A/D變換器로 들어가는 變換始作信號를 만들어 주기 위해 映像信號가

함유하고 있는 垂直 및 水平同期信號를 분리해 낸다. Video A/D 變換器로부터 출력된 한프레임(Frame)의 標的畫像데이터는 프레임 메모지에 저장되고 컴퓨터가 내리는 命令에 따라 VDC를 통해 컴퓨터內의 主메모리로 이동하게 된다.

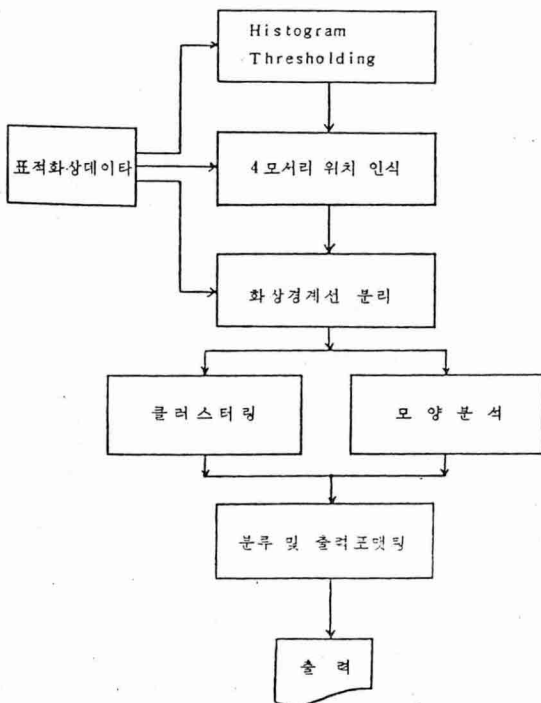
컴퓨터는 비디오 디지털이저로부터 標的畫像 데이터를 받아들이고, 이를 處理해서 彈着點들의 위치를 알아내며, 그 결과를 출력하여 프린터로 적어내는 일을 한다.

命中率을 計測하는 受動的인 방법과 비교해 볼 때, 비디오 카메라가 計測者의 눈의 역할을 代身한다면 컴퓨터는 計測者의 두뇌에 해당한다고 볼 수 있다.

Computer Subsystem은 메인프레임(Mainframe), 하드디스크(Hard Disk), 프린터, 그리고 VDC로 구성된다. 메인프레임은 IBM-PC/XT 互換機種이고, 하드디스크는 容量 10MByte의 Winchester型이며, 프린터는 도트 매트릭스(Dot Matrix)型이다.

나. 소프트웨어 시스템

ATSS의 소프트웨어는 MS-DOS(Microsoft



〈그림 4〉 ATSS의 소프트웨어 시스템圖

Disk Operating System)상에서 構造化 프로그래밍(Structured Programming)概念을 도입하여 대부분 파스칼(PASCAL)言語로 具現했고, 비디오 디지털이저를 콘트롤하는 部分은 Intel 8088 어셈블리 言語(Assembly Language)로 되어 있다. 그림 4는 ATSS의 소프트웨어 시스템에 대한 系統圖이다.

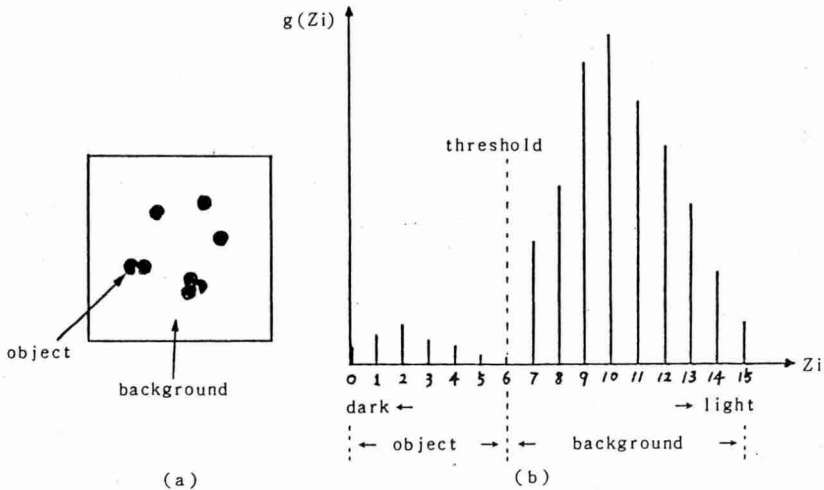
비디오 디지털이저로부터 들어온 標的畫像 데이터를 利用하여 회색레벨(Grey Level)에 대한 히스토그램(Histogram)을 만든다. 히스토그램이란 디지털畫像에서 회색레벨을 Z_i 라고 했을 때 그에 대한 畫素(Pixel)의 갯수 $g(Z_i)$ 의 表示, 즉 회색레벨의 分布度를 나타낸다. 이러한 히스토그램은 畫像에 대한 전체적인 特性을 잘 나타내고 있다. 그림 5는 標的畫像에 대한 히스토그램의 一例를 보인 것이다.

物體(彈着點)와 背景(標的)이 區分되는 회색레벨에서 極小點(Local Minimum)의 特性을 보인다. 이 點을 分離點(Threshold)으로 정하면 디지털畫像에서 物體와 背景을 명확히 區分할 수 있고, 畫像데이터는 二進係數(binary)形態로 간주할 수 있기 때문에 컴퓨터가 處理하기에 편리하게 된다.

히스토그램의 分離點이 결정되면 한 프레임內에 포함되어 있는 標的의 네 모서리의 위치를 알아내는 것이 가능하다. 이 네모서리의 位置座標는 다음에 說明할 Mapping을 할 때 入力데이터로 들어가게 된다.

標的의 네모서리의 위치를 알아내는 方法은 다음 절에서 說明할 順次處理方式의 境界線分離 알고리즘 中에서 順次處理部分을 응용하였다.

히스토그램에서 物體와 背景의 分離點을 알면 이를 기준으로 標的畫像空間에서 물체의 境界線을 분리하여 코드化하는 일을 해야한다. IBM-PC/XT의 主記憶容量과 속도의 제한 때문에 境界線分離에는 並列處理보다는 順次處理 알고리즘이 적합하게 되었고, 새로 考察되어 ATSS에 移植된 알고리즘은 여러 順次處理 알고리즘中의 하나인 Agrawala 알고리즘[5]과 接近方法은 비슷하고, 출력으로 物體의 체인코드(Chain Code)와 並列走査코드(Pararell Scan Code)를 발생케 하였다.



〈그림 5〉 표적 화상에 대한 히스토그램의一例

“順次處理”란 말은 TV의 走査方法처럼 디지털 畫像의 각 列(Row)은 왼쪽에서 오른쪽으로 移動하면서, 위로부터 아래로 라스터 스캔(Raster Scan)하며 處理하는 것을 말한다.

標의 映像을 包含하는 디지털 畫像에서 한번의 順次的 處理로부터 그 畫像內에 存在하는 物體(彈着點)들의 境界線에 대한 체인코드와 並列走査코드가 出力되고, 중첩된 物體가 나타날 때 分析을 위해 체인코드는 모양분석에, 並列走査는 클러스터링에 入力로 사용된다.

체인코드란 그림 6(a)와 같은 形態로 되어 있고, 物體의 境界線이나 曲線을 近似化시키는데 편리한 코드로 어떤 任意的 物體에 대한 체인코드의 例를 그림 6(b)에 나타냈다.

디지털 畫像內의 物體에 대한 閉境界線 經路와 走査線이 교차하는 點(境界點)들은 物體의 並列走査코드를 표시하는데 사용되며 그림 6(b)를 並列走査코드로 나타내면 다음과 같다.

$(y, X_L, X_R) : (2, 4, 4), (3, 3, 7), (4, 3, 8), (5, 2, 9),$
 $(6, 1, 8), (7, 1, 8), (8, 2, 5), (8, 7, 7)$

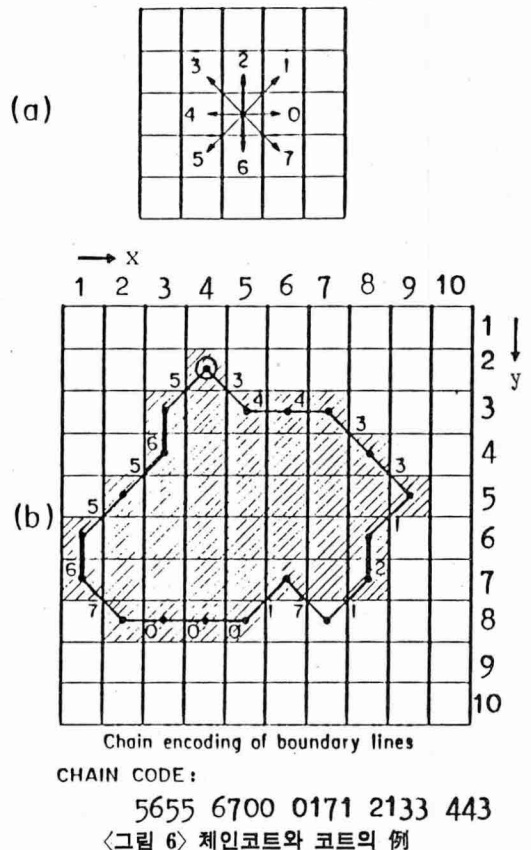
여기서 X_L 은 左境界點, X_R 은 右境界點을 나타낸다.

物體의 境界線을 분리하여 코드화하는 알고리즘은 獨創的인 것으로서 [詳細한 부분은 ATSS의 報告書를 참조하기 바란다.

위에서 說明한 標의 畫像의 順次的 處理過程에서 몇個의 彈이 연속하여 지나간 重疊物體 패턴이 나타나면 그 중첩패턴을 構成하고 있는 物體

들(Impact Holes)의 中心點을 찾아내야 한다.

일반적으로 클러스터링(Clustering) 技法만으로 대부분 分析이 가능하나 꽃무늬 形態로 여러개의 彈구멍이 중첩된 패턴의 分析은 模樣分析(shape analysis)을 적용한다.



〈그림 6〉 체인코드와 코드의 例

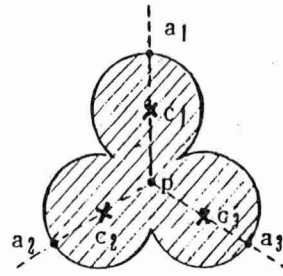
클러스터링이란 패턴認識 (Pattern Recognition) 技法中 無監督分類 (Unsupervised Classification) 의 일종이다.

패턴認識理論에서 중첩된 物體패턴을 하나의 클러스터 (Cluster) 라고 부를 수 있고, 이를 構成하는 各物體들을 분리하는 일은 한 클러스터를 몇개의 클래스 (Class) 로 나누는 것으로 볼수 있으며 이것을 클러스터링이라 부른다.

클러스터링의 여러方法中에 距離函數 (Distance Function) 를 이용하는 것이 있다. 패턴空間에서 한 패턴으로 부터 다른 패턴 사이의 距離 (Euclidian Distance) 가 상대적으로 작다는 것은 두 패턴의 類似性 (Similiarity) 이 큰것으로 볼수 있고, 두 패턴 사이의 距離가 어떤 基準 (Threshold) 距離보다 작으면 두 패턴을 동일한 클래스로 看做할 수 있다. ATSS에는 이 距離函數를 이용하는 클러스터 探索 알고리즘 (Cluster Seeking Algorithm) 을 適用, 具現했다.

模樣分析은 중첩된 物體의 체인코드를 사용하며 構成物體들의 中心點을 다음과 같은 方法으로 알아낼 수 있다. 그림 7은 세개의 彈이 지나간 重疊物體패턴으로 이런 패턴의 中心點 P 는 대체로 物體의 內部에 존재한다. 點 P로부터 境界線 체인코드를 따라 距離를 計算해 보면 분리하려고 하는 物體의 數와 동일한 數 (3) 의 最大點들 (a_1, a_2, a_3) 을 찾아낼 수 있다. 이 最大點들로부터 彈의 直徑만큼 P 點을 향해 들어온 點들 (c_1, c_2, c_3) 이 구하고자 하는 構成物體들의 中心點이 된다.

클러스터링과 模樣分析이 끝나면 디지털 標的 畫像內에 존재하는 物體 (彈着點) 의 位置 (x, y 座標) 가 出力되고 이어서 Mapping 이란 과정을 거



〈그림 7〉 모양분석

쳐 實標的에서의 彈着位置를 알아낸다.

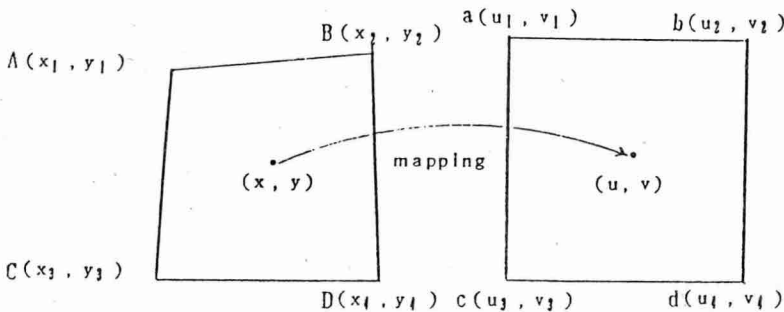
直射擊火器의 命中率를 計測하기 위해 설치되는 비디오 카메라는 발사된 彈에 맞아 損傷될 우려를 피하기 위해 標的과 直射火器의 砲口가 이루는 射線 (Line of Fire) 으로부터 벗어나서 標的의 前方에 얼마만큼의 角度를 이루는 곳에 位置시켜야 한다. 이 경우에 角 (View Angle) 이 커짐에 따라 正方形의 標的이 모니터 畫面像에 일그러지는 現象인 幾何學的 歪曲 (Geometric Distortion) 이 발생하게 된다.

따라서 그림 8과 같이 일그러진 標的 畫像을 復元하고 歪曲된 物體의 위치를 바로 잡아 주는 過程이 필요한데 이것을 Mapping 또는 幾何學的 補整 (Geometric Correction) 이라 부른다.

Mapping 이 끝나면 x, y 座標값의 크기順으로 分類 (Sorting) 를 하고, 彈着點들의 中心點과 標準偏差를 計算하여 標的의 그림과 함께 프린터에 적어내면 ATSS 의 일은 끝나게 된다.

4. 試驗結果 및 檢討

ATSS 를 개발하여 實驗室시험과 現場시험을 실시하였다. 實驗室시험은 實驗室內에서 標的과



〈그림 8〉 Mapping

彈着點의 크기가 다른 여러개의 가상 종이標의
을 壁에 붙여놓고 ATSS로 하여금 認識케하는
것이었고, 現場시험은 ATSS를 설치할 장소에서
500m 程度 떨어져있는 여러種類의 표적에
뚫려있는 彈着구멍을 ATSS가 認識하여 프린터에
그 位置와 平均값, 標準偏差를 적어내는 것이었다.
現場시험의 일 例로서, 그림 9는 合板으로
만든 크기 2,44m×2,44m의 標의寫眞 및 컴퓨터
에서 出力된 標의그림이고, 表 1은 ATSS가
認識한 彈着구멍의 位置座標와 實際 자로 測定한
값과의 比較表이다.

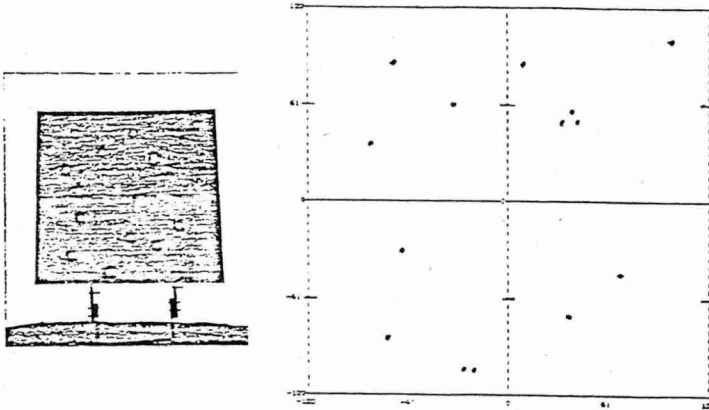
實驗室시험과 現場시험을 통해 나타난 ATSS
의 最大計測誤差는 1.23%였고, ATSS가 認識
할 수 있는 彈子명義의 最小直徑크기는 1.22m×
1.22m 크기의 표적에서 1.2cm(檢出比約 100 :
1)로 나타났다. 하드웨어를 약간 수정하여 A/D
變換器의 畫像 샘플링을 2倍로 늘리면 檢出比도
200 : 1로 증가할 것으로 예상된다.

〈표 1〉 彈着點의 位置測定 比較

Impact 번호	계측치[cm]		실제치[cm]		계측오차(계측치 - 실제치)[cm]	
	x	y	x	y	x	y
1	95	98	95	98	0	0
2	-70	87	-69	87.5	1	0.5
3	8	86	10	87.5	2	1.5
4	-33	59	-32	60	1	1
5	36	53	37	53	1	0
6	41	49	41	49	0	0
7	34	46	36.5	47	1.5	1
8	-81	35	-81	35	0	0
9	-62	-31	-62	-33	0	2
10	66	-43	66.5	-44.5	0.5	1.5
11	2	-59	4	-60	2	1
12	36	-70	37	-71	1	1
13	-72	-84	-72	-84	0	0
14	-21	-106	-20	-106	1	0
15	-26	-107	-25	-107	1	0

최대계측오차—x 방향 : 2cm (0.82%)
y 방향 : 2cm (0.82%)

평균계측오차—x 방향 : 0.73cm (0.3%)
y 방향 : 0.63cm (0.26%)



〈그림 9〉 現場시험의 표적사진 및 컴퓨터 처리결과

5. 맺는말

直射火器의 개발과정에서 性能評價를 위한 命
中度 試驗은 필수적이다. 兵器의 國產化라는 政
策下에 命中率 試驗에 대한 物量이 증가하는 추
세에서 시험의 正確도와 信賴도를 높일 수 있는
ATSS의 개발은 필연적이었다고 볼수 있다.

몇가지의 彈着點 檢出技法中에서 비디오 標

的計測技法을 이용하는 方法을 채택한 ATSS는
CCTV 카메라로 부터 들어온 標의의 黑白 映像
信號를 컴퓨터가 받아들일 수 있는 디지털값으
로 變換하여 IBM-PC/XT 호환 퍼스컴에서 處
理, 分析함으로써 標의상의 彈着點(Impact Po-
ints)의 座標를 알아내고, 正確도와 分散을 計算
하여 프린터에 出力하는 시스템이다.

畫像平面에서 物體의 境界線을 分離하는 새로
운 알고리즘을 개발, 소프트웨어에 移植하였고,

패턴認識과 Mapping 技法을 도입하여 彈着點 認識의 效率性和 正確性을 높였으며, 運用할 때 入力되는 變數가 적어 初步者라도 쉽게 運用할 수있도록 프로그래밍 되어 있다.

한편, 美國에서 개발된 AVTSS와 比較해 볼 때 ATSS는 自動化 面에서 더 우수한 計測시스템이라 評價할 수 있고, 處理時間도 빠르고 計測誤差는 비슷한 것으로 나타났다.

ATSS의 開發效果面에서 볼때 命中率 試驗의 정확도가 향상되었고, 所要人力과 計測時間이 단축되었으며, 試驗要員의 안전문제가 해결되었다.

또한 外國으로 부터 類似한 시스템 도입을 고려한다면 豫算上의 큰 節減效果和 技術蓄積이 이루어졌다고 말할 수 있고, 특히 퍼스컴을 이용하는 A/D 變換技術은 試驗場의 다른 計測分野에 크게 응용될 수 있다.

더우기 ATSS는 試驗場뿐 아니라 防衛産業體의 小銃工場, 射擊場등에 技術을 移轉, 활용하

면 計測能率을 향상시킬 수 있으리라 판단된다.

참고문헌

1. TECOM TOP 4-2-829, Vertical Target Accuracy and Dispersion, 9 April 1976.
2. 임영수, 命中率 自動計測시스템 (ATSS) 報告書, 1986, 1, 國防科學研究所
3. J.L. ter Harsenborg and H. Trinks, "Detection of Projectiles by Electric Field Measurements, IEEE Trans. Aerosp. Elestron., Syst., Ele Syst., Vol. AES-16, pp.750~754, Nov.1980.
4. TECOM Project No. 7-CO-RD2-API-008, Methodology Investigation of Assesment of the Automated Video Target Scoring System, Nov. 1983.
5. A.K. Agrawala and A.V. Kulkarni, "A Sequential Approach to the Extraction of Shape Features", Computer Graphics and Image Processing (CGIP) 6, pp.538~557, 1977.

