

젓소 체중측정을 위한 영상처리 시스템

이대원·김현태

성균관대학교 생명공학연구소

An Image Processing System for Measuring the Weight of A Dairy Cattle

Lee D. W. and Kim H. T.

The Institute of Life Science and Technology, Sungkyunkwan University. Suwon, Korea, 440-746

Summary

The objective of this research was to design and construct an image processing system to measure easily and accurately cow's weight. The image processing system was built for a dairy cattle to be measured and estimated it's weight using camera and personal computer. The pixel numbers, which was derived from the image processing system, were counted to estimate the weight of a dairy cattle. They were utilized various ways for finding the relationships between pixel numbers and it's real weight.

Based on the results of this research the following conclusions were made:

1. It's weight could be estimated by using pixel numbers, which was captured from top and side camcras to measure it. The correlations with top-view pixel numbers, side-view pixel numbers, superficial area pixel numbers and the volume pixel numbers were 0.909, 0.939, 0.944 and 0.965.
2. 50 cattle was used to execute an experiment with the image processing system, but average errors were big to make out the good relationship between cow's weight and pixel numbers. In order to measure accurately a cattle weight, cattle groups would be divided by the age of cattle and further study should be carried out to be based on the results of this research.
3. The average time it took to perform the image processing to be measure it was 10 seconds, but it took 10 minutes for cattle to enter for measuring it's weight into the weighing system.

(Key words : Image processing, Weighing system, Pixels, Dairy cattle)

서 론

젓소의 사육두수는 다른 축종에 비해 증감 폭이 비교적 적다. 이는 국민 생활의 향상에 따른 우유의 소비가 꾸준히 증가하고 있어서

생산량이 비교적 안정적이기 때문이다. 이러한 젓소 사육에 있어서 체중 측정은 가장 중요한 관리 작업중의 하나이며, 체중의 측정을 통하여 젓소의 상태를 파악하고, 그에 따른 적절한 관리를 필요로 하기 때문이다. 그

러나 농장에서의 체중 측정은 거의 시행되지 못하는 실정이다. 시판되는 체중 측정기(우형기)가 있지만, 가격도 고가일 뿐만 아니라, 움직이는 젖소를 대상으로 하기 때문에 정확도에서도 문제점이 있다. 또한 우형기를 안으로 젖소를 유도하는 과정에서 젖소가 받는 스트레스로 인해 산유량의 감소를 초래할 수 있으며, 이 과정에서 많은 노동력이 필요하다. 따라서 보다 간편하고 정확한 젖소의 체중을 측정하기 위해서 체위의 계측을 통한 체중과의 상관관계를 이용하여 젖소의 체중을 간접적으로 계측한 결과 흉위가 가장 높은 상관관계를 가지고 있다고 보고하였다(정, 1993). 또한 패시체중측정을 위해서 영상처리를 이용한 연구 등이 시도되었으며(Brandle, 1996), 돼지의 체중과 영상정보와의 관계에 대한 연구도 보고되었다(Schofield, 1990). 이러한 대부분의 연구는 3차원의 부피값에 따른 체중의 환산이 불가능하였으며, 젖소에 대한 체중 측정 시스템의 개발은 아직 진행되어 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 젖소의 체중을 측정하기 위해 비접촉식 영상처리 시스템을 이용하여 젖소의 체중을 측정할 수 있는 영상처리를 이용하여 젖소의 체중측정 가능성을 구명하고자 수행하였다.

재료 및 방법

1. 공시재료

실험에 이용한 젖소는 축산기술연구소(수원소재) 유우사의 젖소를 이용하였다. 공시재료로 이용한 젖소는 전체 50두였다.

2. 실험장치

체중 측정을 위한 젖소 영상 입력을 위해

운동장에서 착유실로 이동하는 일정한 장소를 선정하였다. 이는 영상 입력시 조명과 측정거리에 따른 오차를 최소화하기 위한 것이다. 이렇게 실험장치를 설치한 후, CCD카메라를 이용하여 측면과 윗면의 젖소 영상을 측정하였으며, 실제 체중을 측정하기 위해서 실험장치의 바닥 가장자리 4지점에 각각 250kg이 측정 가능한 로드셀(Load cell)을 장착하였다. 카메라를 통해서 화소(pixel)수를 계산하기 위해서 비주얼 c^+ (visual c^+)를 이용하여 자동으로 영상획득 및 처리를 할 수 있도록 하였다. 측정 장치의 제원 및 형태를 나타낸 개략도는 Fig. 1에서 실제 제작한 사진은 Fig. 2에 나타내었다.

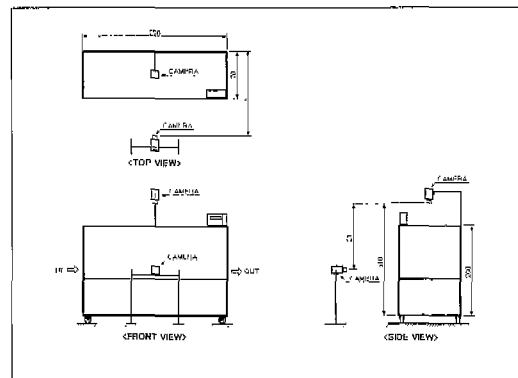


Fig. 1. Drawing of the weighing system.



Fig. 2. Picture of the weighing system.

영상처리를 위한 시스템은 주컴퓨터, 영상 처리 보드, 영상입력장치, 영상출력장치로 구성하였다. 조명장치는 실내 자연광 하에서 수행하였다. Table 1에 영상처리 시스템의 사양을 열거하였다.

주 컴퓨터는 Pentium III를 이용하였으며, 영상처리 보드는 일반 TV수신카드를 이용하였다. 영상입력 장치는 고체 촬상(CCD)형 카메라를 사용하였으며, 렌즈는 초점거리 4.8 mm인 수동 조절 렌즈를 사용하였다. 측면 카메라와 체중계 벽면까지의 거리가 265cm 이고, 윗면 카메라와 체중계 바닥면까지의 거리는 310cm가 되도록 하여 장치를 설치하였다. Fig. 3은 젓소영상 입력을 위한 시스템의 구성을 개략적으로 나타낸 그림이다.

3. 실험 방법

가. 젓소 외형 검출을 위한 영상처리

영상처리 알고리즘은 크게 전처리, 가장자리(edge)처리, 계측 단계로 나눌 수 있다. 전처리는 입력된 영상을 젓소의 인식이 용이하도록 획득한 영상을 거리와 조명에 대하여

보정하는 단계이며 가장자리 처리는 젓소의 가장자리를 검출하기 위해서 가장자리로 널리 이용되고 있는 소벨과 라플러스 가장자리 연산자를 이용하였다.

가장자리 연산을 수행한 후 젓소의 체중을 측정하기 위해서 먼저 배경 영상과 젓소가 시스템 내부에 들어간 상태의 영상과의 화소간의 빼기 연산을 수행하였다. 측면과 윗면 카메라를 통하여 빼기 연산을 수행한 수 젓소의 형상을 0, 배경을 1로 하여 이치화 하였다. 두 영상간의 빼기 연산은 절대값을 취하여 차이 값을 구하는 연산 방법을 택하거나, 절대값을 택하지 않고 영상에서 원하지 않는 값을 제거하는 방법이 있다. 영상처리 중에서 전처리 과정에서 많이 사용하는 연산 방법이면서 원하는 정보를 추출하기 위한 방법으로 가장 일반적이다. 또한 두 영상간의 차이를 구함으로써 어떤 물체가 이동 또는 출현 등을 할 수 있는 연산과정이다. 이를 구하기 위한 식은 다음과 같다.

$$\text{Output}(x, y) = | \text{Image}-(x, y) - \text{Image}-2(x, y) |$$

$$\text{Output}(x, y) = \text{Image}-(x, y) - \text{Image}-2(x, y)$$

Table 1. Specification of camera

Item	Model	Specification	
CCD Camera	ICD-703 (NTSC)	Pickup device	1/3" Interline transfer CCD
		Picture elements	771×492, 380,000pixel
		Scanning system	525 lines/59.94Hz, 2:1interfaced
		Frequency	H:15.734kHz, V:59.94Hz
		Horizontal resolution	480 TV lines
		S/N Ratio	50dB(p-p/rms)
		Shutter	1/60-1/80,000s
		Dimensions(WHD)	W70×H60×D140(mm)

나. 체중 계측 알고리즘

젓소 체중은 영상처리를 통하여 간접적으로 계측하기 위한 알고리즘을 두 가지 방법으로 구현하였다. 먼저 측면 영상과 윗면 영상의 젓소 외형과 체중의 다중회귀분석을 이용한 상관관계를 통하여 체중을 계측할 수 있도록 하였다. 두 번째는 두 개의 카메라를 통해 얻은 2차원 영상을 이용하여 표면적과 부피로 환산하여 체중과의 관계를 구명하였다.

a. 다중회귀식을 이용한 계산체중과 실체중

계산체중은 윗면, 측면 화소의 두 자료를 이용하여 다중회귀방정식으로 구하였다. 통계적 모형에서 반응변수 y 가 k 개의 회귀변수와 관계를 갖는다고 할 때 그 모형은 $Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \epsilon$ 로 쓸 수 있으며 이것을 k 개의 회귀변수를 갖는 다중선형회귀 모형 또는 다중회귀모형이라고 한다. 여기에서 $\beta_j (j=0,1,3,\dots,k)$ 를 회귀계수라고 하는데, 이 계수는 다른 회귀변수들이 일정할 때 하나의 회귀변수 x_i 가 한 단위 변화에 따른 반응변수 y 의 변화량이다. 이러한 이유로 모수 β_j 를 흔히 편회귀계수라고 부른다. 위의 식보다 복잡한 형태의 모형도 다중선형회귀 분석방법을 사용하여 분석할 수 있으며, 일반적으로 모수 β 들이 선형형태로 되어 있으면 어떤 경우라도 다중회귀 분석방법을 쓸 수 있다. 이러한 방법으로 본 연구에서의 두 영상의 화소자료를 이용하여 젓소 계산체중을 구하는 식을 다음과 같이 구하였다.

$$Y = 77.281532X_1 + 177.735519X_2 - 165.5264 \quad (1)$$

여기서, $X_1 =$ 윗면화소합 $\times 10^{-4}$

$X_2 =$ 측면화소합 $\times 10^{-4}$

$Y =$ 계산체중

윗면 카메라를 통해 입력된 영상과 실측된 체중과의 상관관계를 구하였으며, 측면 영상의 젓소 외형과 실체중과의 상관관계를 구하였다. 또한 측면 영상의 젓소외형과 윗면 영상에서 입력된 젓소 외형에 대한 화소 값을 종속 변수로 한 다중 회귀 분석을 이용하여 체중을 계산하였다.

b. 체표면적과 체적에 의한 체중 변환

윗면 화소와 측면 화소에 대한 체표면적과 부피를 구하기 위해 각 영상의 동일한 좌표에서 측면화소의 길이와 윗면 화소의 길이를 타원의 장단축으로 하여 표면적과 부피로 환산하였다. 윗면카메라의 화소정보를 타원의 단축, 측면 영상의 화소정보를 장축으로 하여 표면적과 부피를 구하였다. 표면적은 윗면화소와 측면화소의 각 면을 320개로 세분화하여 각 길이를 이용하여 다음의 식으로 구하였다.

$$S = \pi \sum \frac{a_i + b_i}{2} \quad (2)$$

여기서,

$S =$ 표면적

$a_i = i$ 행의 윗면화소합 ($i=1, 2, 3, \dots, 320$)

$b_i = i$ 행의 측면화소합 ($i=1, 2, 3, \dots, 320$)

체적도 표면적과 같은 방법으로 윗면화소와 측면화소를 이용하여 각 면을 320개로 세분화하여 전체를 합하여 구하였다.

$$V = \pi \sum \frac{(a_i + b_i)^2}{16} \quad (3)$$

여기서,

$V =$ 체적

$a_i = i$ 행의 윗면화소합 ($i=1, 2, 3, \dots, 320$)

$b_i = i$ 행의 측면화소합 ($i=1, 2, 3, \dots, 320$)

Fig. 3은 카메라를 통해 입력된 영상을 비주얼 C++을 이용한 프로그램에서 처리하는 과정을 보여주고 있다. 그림에서 윗 영상은 CCD카메라를 통하여 수신되는 입력 영상을 보여주고 있으며, 아래영상은 영상처리를 통한 젓소의 측면과 윗면의 외형 검출결과를 보여 주고 있다.

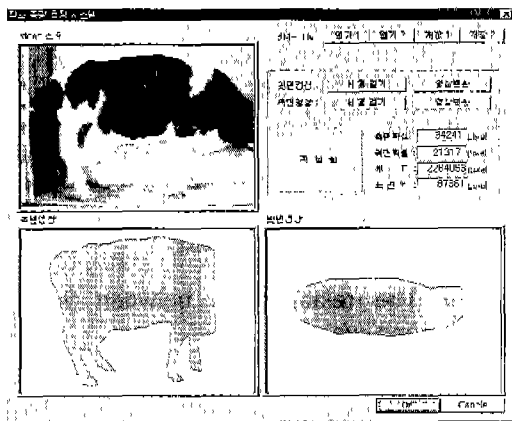


Fig. 3. The main screen of the image processing program.

결과 및 고찰

1. 측정장치를 통한 영상처리

Fig. 4는 현장실험에서 실제 젓소가 측정시스템 내부에 들어가 있는 상태를 나타내었다. 이때, 측면과 윗면에 설치된 CCD 카메라를 통하여 영상을 얻을 수 있도록 하였다. 또한 바닥에는 모서리 부분의 4지점에 로드셀을 부착하여 실제 체중을 측정할 수 있도

록 하였다. 젓소의 동선은 Fig. 4의 왼쪽으로 젓소가 들어오면 영상과 부계를 입력받은 후 오른쪽으로 나갈 수 있도록 하였으며, 이러한 과정을 거치는 동안의 시간은 약 10초 정도 소요되었다.



Fig. 4. The figure of real experiment.

2. 다중회귀식을 이용한 계산체중과 실제중

계산체중은 윗면, 측면 화소의 두 자료를 모두 이용하여 앞장의 식 (2)와 같이 다중회기방정식으로 구하였다. Fig. 5는 다중회귀방정식을 이용한 계산체중과 실제중과의 관계

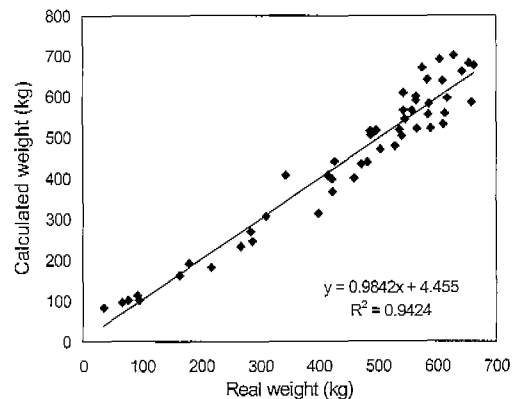


Fig. 5. The relationships between the cow weight and the calculated weight.

를 나타낸 것이다. 상관관계식은 $Y=0.9842X + 4.455$ 이며 상관계수(R^2)값은 0.9424이다. 여기에서는 650kg에서 700kg 사이의 편차가 심한 것을 알 수 있었다.

3. 화소 표면적과 체중

표면적은 윗면화소와 측면화소의 각 면을 세분화하여(320개) 각 길이를 이용하여 식(2)와 같이 화소의 표면적을 구하였다. Fig. 6은 실체중과 화소 표면적과의 관계를 나타낸 것이며, 상관관계식은 $Y = 0.0084X - 136.99$ 이며 상관계수(R^2) 값은 0.9439로 나타났다. 이는 다중회귀방정식에 의한 상관관계보다 높은 것을 알 수 있다. 이것은 젖소의 형상을 비교적 3차원에 가깝게 해석된 것으로 판단되었다.

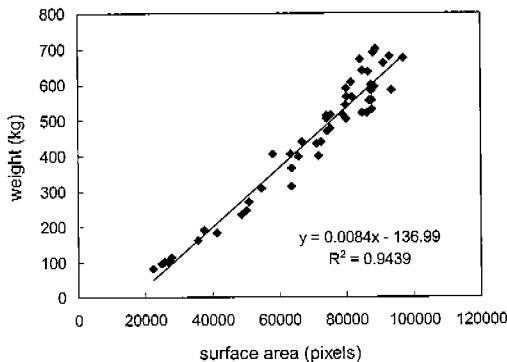


Fig. 6. The relationships between the cow weight and the surface area.

4. 화소체적과 체중

체적 역시 표면적과 같은 방법으로 윗면화소와 측면화소를 이용하여, 식 (3)에서와 같이 320번 합하여 구하였다. Fig. 7은 화소부피와 체중과의 관계를 나타낸 것이다. 상관관계식은 $Y = 0.0008X - 2.4318$ 이며 상관계

수(R^2)는 0.9651로 앞의 두 가지 방법에 비해 가장 높게 나타났다. 이는 젖소의 형상을 3차원 해석에 보다 근접한 결과로 판단되었다. 또한 다른 결과에서도 마찬가지로 400kg 이하의 젖소에서는 측정값이 거의 1차 회귀선에 부합되었지만, 400kg 이상에서는 오차가 큼을 알 수 있었다. 이는 젖소의 연령 및 상태에 따라 400kg 이상에서는 여러 형태의 젖소가 포함되어 있기 때문으로 판단되었다.

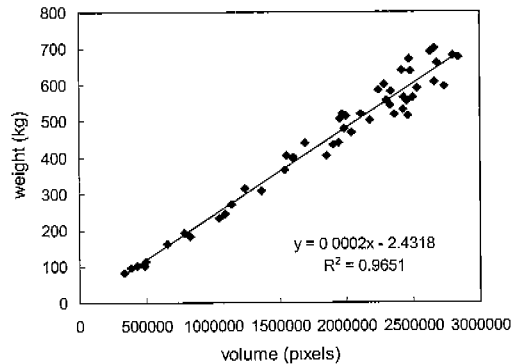


Fig. 7. The relationships between volume and weight.

5. 실험결과 분석

Fig. 8은 위의 3가지 방법을 이용하여 구한 화소, 계산체중과 실체중의 관계의 상관관계를 표시한 그림이다.

위의 결과에서 살펴보면 비교적 상관관계가 높은 것으로 나타났다. 그러나 상관계수가 높게 나왔다고 실제 체중계측에 있어서 정확도가 높다고 예측하는 것은 무리가 있을 것으로 판단된다. 따라서 상관계수만으로 실험의 유의성을 제시하기엔 미흡한 부분이 있다. 위의 선형회귀 그래프에서 알 수 있듯이, 데이터들이 직선식을 사이에 두고 분포 차이가 많이 나는 것을 알 수 있었다. 부피와 체

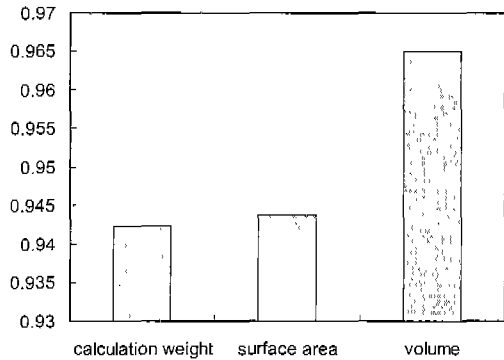


Fig. 8. The relationships between items.

중의 관계 그래프를 예로 들면 400kg까지는 거의 값들이 직선식에 부합되어 정확도가 있으나, 400kg 이상의 젓소의 데이터들은 편차가 많은 것을 알 수 있었다. 그래프 상에서 오차가 많이 나는 값들이 서로 상쇄되어서 결과적으로 R^2 값(상관계수)이 높게 나온 것이다. 이처럼 데이터들의 오차가 큰 이유는 우선 실험에 이용된 젓소의 개체수가 적었다는 것이다. 실험에 사용된 젓소를 개체군 별로 구분해보면 육성우, 임신우, 착유우, 건유우가 있고, 이외에 송아지, 숫소가 있어 이렇게 상태별로 6개체군으로 총 50마리의 소가 실험에 이용되었는데, 이들 개체군의 실험결과가 각각 특징이 있어 동일한 식에서 나타내기에는 무리가 있는 것으로 생각되었다. 위에서도 말했듯이 부피식에 있어서 400kg 이하의 육성우의 경우에는 정확도가 상당히 높았지만, 그 외의 젓소들은 정확도가 많이 떨어지는 것을 알 수 있었다. 따라서 정확한 연구를 위해서는 소를 상태별로 나누어 개체수를 확대할 필요가 있다고 생각되었다.

또한, 젓소를 카메라가 설치된 실험장치까지 유도하는 일도 쉬운 일이 아니었다. 사실 실험의 의도는 젓소의 체중 측정시 소요되는 많은 시간과 노동을 줄이고자 한 것이었는데, 소가 워낙 겁이 많은 동물이어서, 실험장

치까지 유도하는 데도 생각했던 것 보다 많은 시간과 힘이 들었다. 이런 부분은 측정장치의 연구와 함께 하나의 측정시스템으로서 같이 개발해야 할 과제로 생각되었다.

적 요

본 연구는 영상처리를 통한 보다 간편하고 정확한 젓소의 체중측정을 위해 수행되었다. 카메라와 개인용 컴퓨터를 이용하여 젓소의 영상을 받은 후 이의 화소 값들을 이용하였으며, 또한 여러 가지 방법으로 체중과의 관계를 회귀분석 방법을 하였다.

1. 본 실험의 결과 다중회귀식에 의한 계산체중, 화소표면적, 부피와 체중과의 상관계수는 각각 0.9424, 0.9439, 0.9651로 나타났으며, 젓소의 체중과 상관관계도가 높았다.

2. 실험에 이용된 젓소의 개체수를 50두 있었지만, 각각 상태별 체형의 차이로 인하여 일관된 회귀식을 적용하기에는 정확도 문제에서 다소 문제가 있었다. 그래서 각 개체군으로 나누어서 연구할 필요가 있을 것으로 판단되었다.

3. 젓소의 체중 측정시간은 10초에 불과하지만 실험장치까지의 유도과정은 평균 한 마리에 10분 정도가 소요되었다.

인 용 문 헌

1. Brandel, N. and Erik, J. 1996. Determination of live weight of pigs from dimensions measured using image analysis. *Computers and Electronics in Agriculture*. 15:57-72.
2. Lee, M. Y. and Ohh, B. K. 1985. Relation and Estimation of Heritabilities for Body Weight and Body Measurements of Korean

- Cattle(HAN-WOO). Korean Journal of Animal Science. 27(11):691-695(In Korean).
3. Schofield. C. P. 1990. An evaluation of image analysis as a mean of estimating weight of pigs. *Journal of Agricultural Engineering Research* 47:287-296.
 4. Yang, Y. H. and Ohh, B. K. 1989. Studies on the interrelationship between body weight and body measurements of korean native cattle (HAN-WOO). *Korean Journal of Animal Science*. 31(12):751-754(In Korean).
 5. 정석근, 한정대, 이종분, 김형신. 1993. 젓소 간이체중 측정방법에 관한 연구. 축산기술연구소보.