

## 흑소의 얼굴을 이용한 개체인식

김현태 池田善郎 西律貴久 이인복

# Identification of Japanese Black Cattle by the Faces for Precision Livestock Farming

H. T. Kim Y. Ikeda T. Nishizu I. B. Lee

### ABSTRACT

Recent livestock people concern not only increase of production, but also superior quality of animal-breeding environment. So far, the optimization of the breeding and air environment has been focused on the production increase. In the very near future, the optimization will be emphasized on the environment for the animal welfare and health. Especially, cattle farming demands the precision livestock farming and special attention has to be given to the management of feeding, animal health and fertility.

The management of individual animal is the first step for precision livestock farming and animal welfare, and recognizing each individual is important for that. Though electronic identification of a cattle such as RFID(Radio Frequency Identification) has many advantages, RFID implementations practically involve several problems such as the reading speed and distance. In that sense, computer vision might be more effective than RFID for the identification of an individual animal.

The researches on the identification of cattle via image processing were mostly performed with the cows having black-white patterns of the Holstein. But, the native Korean and Japanese cattle do not have any definite pattern on the body. The purpose of this research is to identify the Japanese black cattle that does not have a body pattern using computer vision technology and neural network algorithm.

Twelve heads of Japanese black cattle have been tested to verify the proposed scheme. The values of input parameters were specified and then computed using the face images of cattle. The images of cattle faces were trained using associate neural network algorithm, and the algorithm was verified by the face images that were transformed using brightness, distortion, and noise factors.

As a result, there was difference due to transform ratio of the brightness, distortion, and noise. And, the proposed algorithm could identify 100% in the range from -3 to +3 degrees of the brightness, from -2 to +4 degrees of the distortion, and from 0% to 60% of the noise transformed images. It is concluded that our system can not be applied in real time recognition of the moving cows, but can be used for the cattle being at a standstill.

Keywords : Cows face, Image analysis, Identification, Japanese block cattle, Associative memory.

## 1. 서 론

사람과 가축의 관계를 이해하고 보다 효율적인 사양 관리방법을 찾아내기 위해서 축산 현장에서는 많은 노력을 기울이고 있다. 이를 위해서 관리자는 어떻게 가축을 대하는 것이 생산성 향상 및 동물복지 차원에서 적절한가를 스스로 판단해야 한다(Hemsworth and Coleman, 1998). 가축의 개체인식은 인간과 동물과의 관계를 보다 원활하게 연결할 수 있는 현실적인 방법 중의 하나이다. 따라서 최근에는 여러 가지 형태의 개체인식 장치들이 개발되고 있다. 그 가운데 대표적

인 것이 바코드를 이용하는 방법이며, 최근에는 RFID(Radio Frequency Identification)를 이용하는 방법도 사용되고 있다.

RFID를 이용한 개체인식 방법은 인식에 필요한 시간과 작동거리의 제한이라는 문제점이 제기되고 있다(Geers et al., 1997). 최근에는 기술이 발달하여 판독거리는 0.8 m, 판독에 요구되는 대상물의 이동속도는 4 m/s까지 인식이 가능하다는 보고가 있다(Klindtworth, 1998). 이처럼 가축의 사양관리 자동화를 위해 선행되어야 할 기술인 개체인식에 전기전자기술이 이용되고 있다. 그러나, 가축의 생산을 위한 사육과정에서 정밀환경제어를 포함한 가축의 복지를

This article was submitted for publication in December 2003; reviewed and approved for publication by the editorial board of KSAM in May 2004.

The authors are Hyeon-Tae Kim, KSAM member, JSPS Researcher, Yoshio Ikeda, KSAM member, Professor, Takahisa Nishizu, Instructor, Division of Environmental Science and Technology, Graduate School of Agriculture, Kyoto University, Kyoto, Japan, and In-Bok Lee, KSAM member, Researcher, National Institute of Agricultural Engineering, Suwon, Korea.

Corresponding author; Hyeon-Tae. Kim, JSPS Researcher, Division of Environmental Science and Technology, Graduate School of Agriculture, Kyoto University, Kyoto, 660-8502, Japan; fax: +81-75-753-6171; e-mail: <bioani@kais.kyoto-u.ac.jp>.

고려한 사양관리를 생각하지 않으면 안 된다. 따라서 개체 인식과 동시에 정밀사육환경관리를 위한 측면까지 고려하면, 영상처리를 이용한 개체인식장치의 개발이 바람직할 것으로 판단된다. 영상처리기술을 이용한 젖소의 개체인식에 관련된 연구는 국내외에서 활발히 수행되어 왔다 (Kim, 2001. Morio et al., 2000. Morio et al., 2003). 대부분의 연구가 얼룩 무늬가 있는 홀스타인종을 대상으로 연구를 수행하였다. 그러나, 육용으로 이용되는 대부분의 소들은 무늬를 가지고 있지 않으며, 특히, 우리나라 한우나 일본의 흑소는 표피에 무늬가 없다.

본 연구에서는 정밀축산 및 가축의 복지를 고려한 사양관리의 필요성을 인지하고, 이를 위해 선행되어야 할 연구로서 영상을 이용한 개체인식기술에 대한 연구를 수행하였다. 특히, 특정한 무늬가 없는 흑소를 대상으로 실험을 수행하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 실험재료

실험에 이용된 흑소는 일본의 교토부 소재 교토대학 부

속목장에서 사육되고 있는 1~2년생의 육용 흑소 12 두를 대상으로 하였다. 입력영상은 관리인이 조사료를 제공할 때, 얼굴부분을 디지털카메라로 획득하였으며, 획득한 영상을 개체인식 알고리즘의 학습에 이용하였다. 사진의 촬영은 소가 사료를 섭취하는 동안 전면에서 경사지게 소의 양쪽뺨이 위치한 부분과 코 부분을 기준으로 촬영하였다. 획득한 칼라 영상을 학습을 위해 명암도(Gray level) 영상으로 변환하였으며, Fig. 1에 입력 영상을 나타내었다.

또한 배경에 대한 얼굴의 형상을 강조하기 위하여 CMYK(Cyan, Magenta, Yellow, Black) 모델에서 K 값을 분할한 영상을 학습에 이용하였다. 이 모델은 주로 인쇄 과정에서 Cyan, Magenta 및 Yellow의 3가지 색을 조합하여 자연색에 가까운 색을 만들어 내는 모델이며, 여기에서 검정색 부분을 강조하기 위해서 Black를 추가한다. 따라서 본 실험에서는 흑소의 검정색 얼굴영상을 강화하여 흑색에 가까운 화소값들이 인식과정에서 다른 배경에 대한 영향을 최소화할 수 있을 것으로 판단하였다. Fig. 2는 촬영한 흑소의 얼굴 영상을 K(black) 값으로 분할한 영상이며, 이 영상을 이용하여 명암도(Gray level) 영상에서와 같은 방법으로 학습을 행하였다.

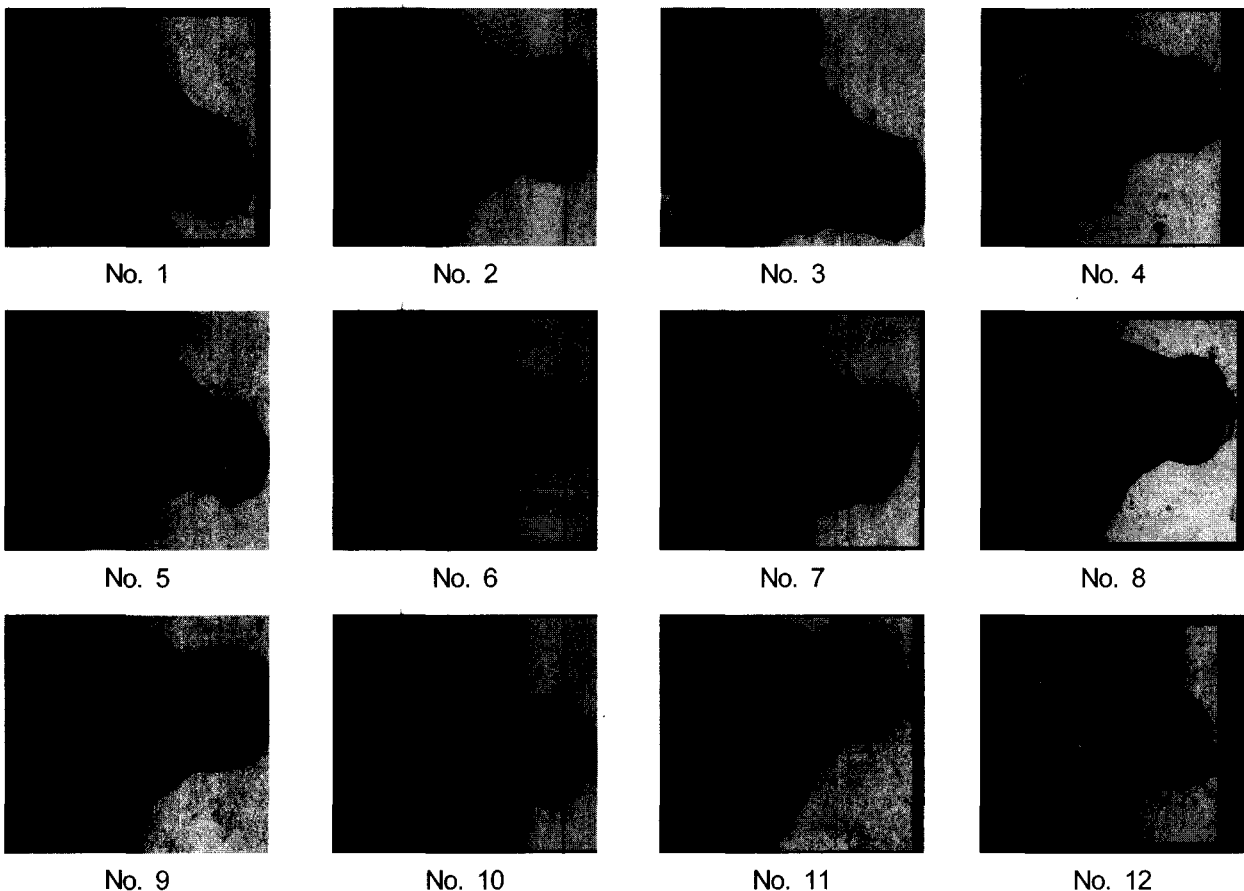


Fig. 1 Gray level image of Japanese black cattle faces.

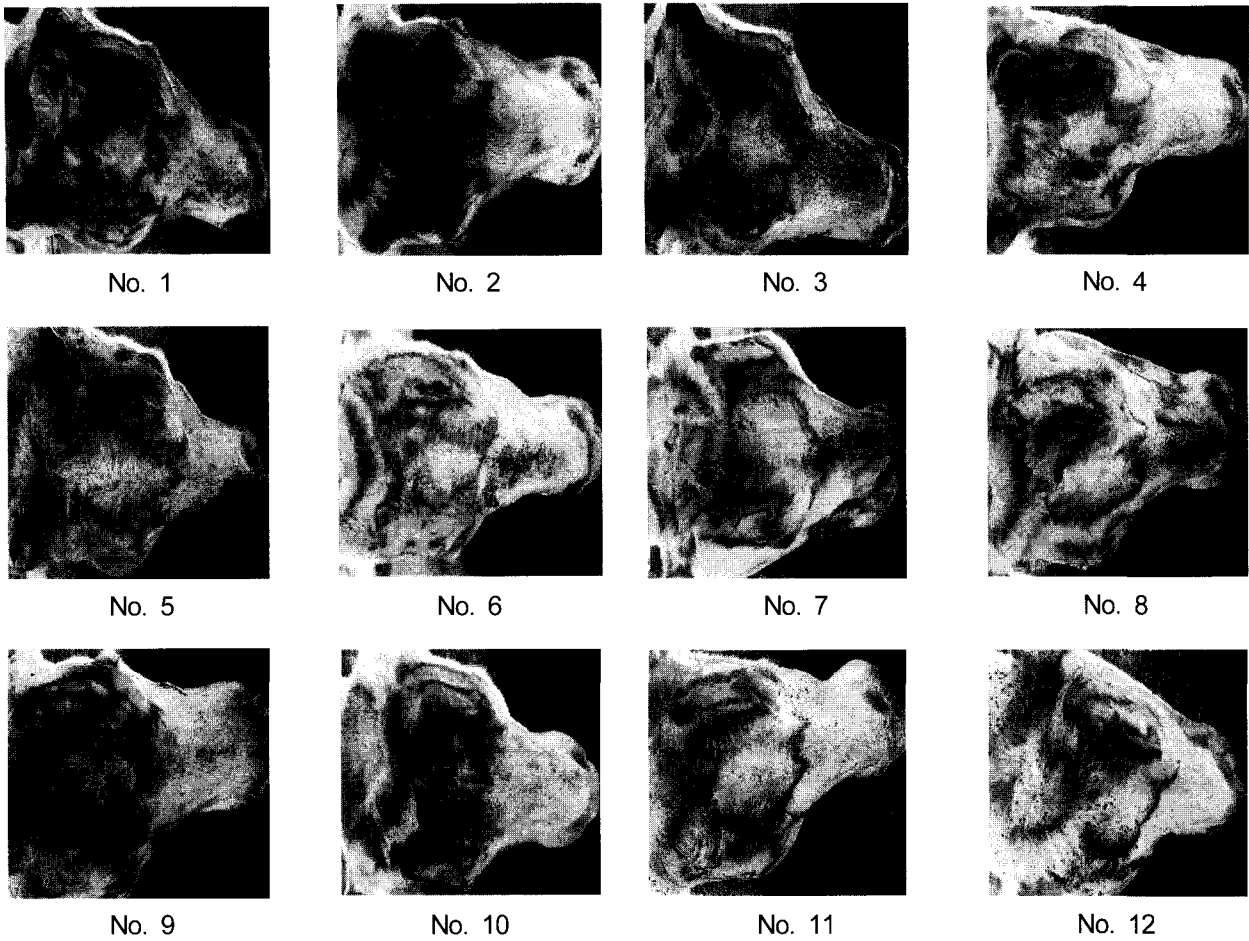


Fig. 2 K value image of Japanese black cattle faces.

나. 영상학습 및 복원

얼굴인식을 위한 영상자료는 디지털카메라를 통해서 획득한 영상을 명암도(Gray level) 영상으로 변환시켜 계산할 수 있도록 하였다. 디지털카메라에서 획득한 영상을 소의 빨과 코를 기준으로 800×500 영상의 크기가 되도록 인위적으로 얼굴영상을 정하였다.

이렇게 획득한 영상자료를 개체인식을 위한 학습자료로 이용하였다. 각 개체의 얼굴을 구별하기 위하여 연상메모리알고리즘을 이용하였다. 일반적으로 연상메모리알고리즘은 복원시간이 길다는 단점을 가지고 있으나, 최근 컴퓨터기술의 발달로 원하는 처리시간에 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단하였다. 또한 개체를 실시간으로 인식 처리하기 위해서는 처리시간을 단축하는 것이 중요하기 때문에 Eigen-vector를 이용한 얼굴인식 방법인 Eigenface 등이 제안되었다(Belhumeur et al., 1997. Turk et al., 1991).

그러나 Eigenface 방법에 비해서 복원의 효율을 향상시키고, 보다 정확한 정보를 이용하기 위해서는 원영상의 정보를 충분히 이용한 연상메모리 방법을 이용하는 것이

유리할 것으로 판단하였다.

혹소의 얼굴인식을 위한 학습알고리즘인 연상메모리는 연결강도 W를 아래와 같이 계산하였다.

$$\begin{aligned}
 W &= W_1 + W_2 + \varphi + W_m \\
 &= \sum_{m=1}^M s^T(m)t(m) \\
 &= s^T(1)t(1) + s^T(2)t(2) + \varphi + s^T(m)t(m)
 \end{aligned} \tag{1}$$

이렇게 오프라인으로 구한 W는 온라인에서 새로운 영상패턴  $x_k$ 가 입력되면, 출력패턴  $y_k$ 가 다음과 같이 계산되어 얼굴을 복원하게 된다.

$$y_k = x_k W \tag{2}$$

다. 실험방법 및 검증

본 논문에서 제안한 방법을 Fig. 3에 개략적으로 나타내었다. 구별하고자 하는 임의의 소 얼굴을 명암도(Gray level) 수준의 화소정보를 이용하여 위의 방법에 의하여 학습을 수행하여 연결강도 W를 구하였다.

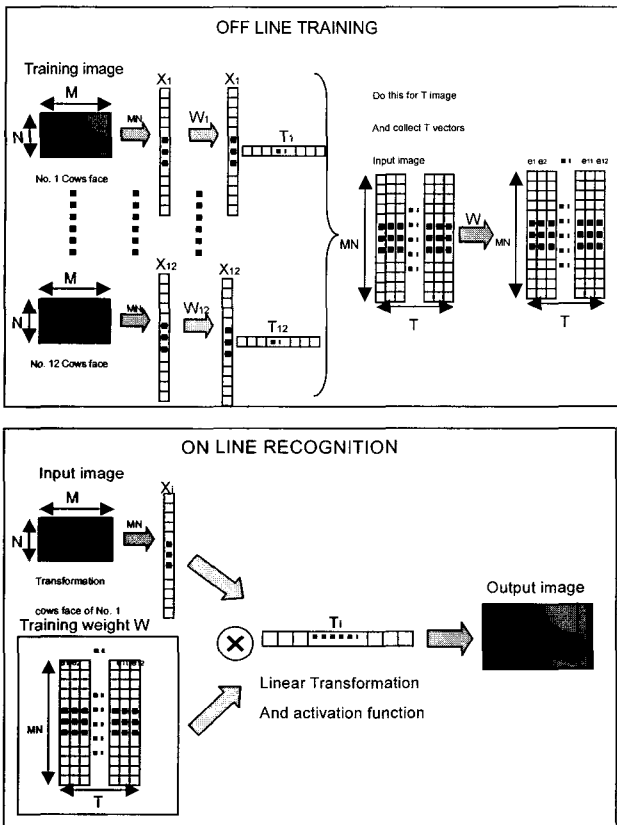


Fig. 3 An outline of the identification algorithm by Japanese black cattle faces.

이렇게 구한 연결강도를 이용하여 각각의 흑소 얼굴을 변형하여 인식(복원)이 가능한지를 Table 1과 같이 실험을 설계하였다.

본 실험에서 제안한 방법의 가능성을 검증하기 위해서 흑소 12 두의 얼굴을 학습한 후, 12 두의 흑소 얼굴을 여러 가지 형태로 변형하여 복원실험을 행하였다. 복원실험을 위한 변수로는 명도(Brightness), 왜곡률(Distortion) 그리고, 잡음도(Noise)로 하였다. 명도(Brightness)는 일반적으로

밝기의 변화가 심한 현장에서의 적용가능성을 검증하기 위한 변수이다. 왜곡률은 렌즈에 의한 가장자리 왜곡에 대한 부분을 검증하기 위해서 정한 변수이며, 잡음도는 렌즈나 소의 얼굴이 먼지 등에 의한 물리적 잡음에 대한 부분을 검증하기 위한 변수로 이용하였다. 명도는 어두운 쪽을 “-”, 밝은 쪽을 “+”로 정하였으며, -5가 가장 어두운 상태이며, +5가 가장 밝은 상태이다. 왜곡률의 경우, “-”는 영상의 가장자리에서 중앙으로 압축왜곡된 상태를 의미하며, “+”는 영상의 중앙에서 가장자리 방향으로 팽창왜곡된 상태를 의미한다. 여기서 단위로 이용한 “degree”는 수치적인 의미를 가지고 있지는 않으며, 단지, 상대적인 정도의 차이를 의미한다. 잡음도의 경우는 인위적으로 점차 비율에 따라서 증가하도록 부가하였다. 복원 실험을 위한 이러한 변수들의 영상변형은 상용화된 그래픽 프로그램인 Paint Shop Pro 6을 이용하였다. 변형의 정도는 Table 1과 같이 10단계로 나누었다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 학습

흑소 12 두의 얼굴을 디지털 카메라로 촬영하였다. 그리고 촬영한 영상의 명암도(Gray level) 정보와 CYMK 모델의 흑색 정보를 이용하여 개체인식을 시도하였다. 개체인식을 위한 알고리즘은 연상메모리를 이용하였다. 12 두의 얼굴 영상을 학습한 후, 학습한 12 두의 얼굴이 복원가능 한지를 판단하여 학습이 이루어졌는지를 판단하였다. Table 2는 학습한 원 영상을 이용하여 복원된 정도를 나타낸 표이다.

흑소의 얼굴을 이용한 각 개체의 구별을 위해서 신경 회로망의 연상메모리 알고리즘을 이용하였다. 실험에는 12 두의 소의 얼굴영상을 이용하였으며, 흑소의 얼굴영

Table 1 Experimental design for the verification of identification algorithm

Variables	Transformation image										
Brightness (degree)	- 5	- 4	- 3	- 2	- 1	0	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5
Distortion (degree)	- 5	- 4	- 3	- 2	- 1	0	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5
Noise (%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

Table 2 Result of the identification by the learned face image

Trained image	Number of cows											
	No. 1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12
Gray level	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
CMYT model	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

상의 특성을 고려하여 명암도 image와 CMYK 모델영상을 이용하여 학습과 복원실험을 행하였다.

실험을 위한 12 두의 얼굴을 연상메모리 알고리즘을 이용하여 학습하였으며, 학습이 적절히 일어났는지를 알아보기 위해서 학습에 이용한 얼굴연상을 이용한 복원실험을 행하였다. 그 결과, 흑소 12 두의 얼굴을 이용한 두 가지 형태의 영상에서 모두 정확하게 복원되는 것을 확인하였다.

따라서 구별하고자 하는 적절한 영상이 주어진다면, 본 알고리즘을 이용한 복원이 가능할 것으로 판단된다.

#### 나. 개체인식 검증

흑소의 얼굴을 이용한 개체인식에서 본 실험에서 이용한 인식방법의 효율에 대해서 검증하였다. 검증은 Table 1의 실험설계에서와 같이 원영상을 명도, 왜곡률, 잡음도 등의 변형영상으로 복원 실험하였다.

##### 1) 명도(Brightness)

흑소의 얼굴을 이용한 소의 개체인식 실험에서 원영상을 명도 값을 변경한 상태의 영상을 이용하여 복원 가능 여부를 검증하였다. 그 결과를 Table 3에 나타내었다.

흑소 얼굴의 명암도(Gray level) 영상을 이용한 복원 실험에서는 밝기가 +3 수준(degree)에서 -3 수준까지는 100% 복원이 이루어졌다. 그러나 +4 수준은 12 두 중 6 두만 복원되었으며, +5 수준에서는 1 두만 복원되었다. 또한 -4 수준에서는 11 두, -5 수준은 7 두가 복원되었다.

CMYK 모델을 이용한 흑소 얼굴의 복원실험에서 명도를 변형에 의한 복원 결과, 명암도의 복원실험과 같은 결과를 얻었다. 따라서 본 알고리즘을 이용한 복원실험에서는 명도가 4 이상의 경우에는 복원이 어려울 것으로 판단된다. 따라서 명도가 다양한 환경에서 보다 원활한 복원을 위해 인위적인 조명이 필요할 것으로 생각된다.

##### 2) 왜곡률(Distortion)

흑소의 얼굴을 이용한 소의 개체인식 실험에서 원영상을 왜곡된 상태의 영상을 이용하여 복원 가능 여부를 검증하였다. 그 결과를 Table 4에 나타내었다.

명암도 영상을 이용한 결과, -2 수준에서 +4까지는 12 두 전체가 복원 되었다. 그러나 -3 수준에서는 6 두가 복원되었으며, -4 수준에서는 3 두, -5 수준에서는 4 두만 복원되었다. 한편 +5 수준에서는 10 두가 복원 가능하였다.

CMYK 모델을 이용한 경우에는 -2 수준에서 +3 수준까지는 전부 복원되었으며, -3 수준은 11 두, -4 수준은 8 두, -5 수준에서는 8 두가 복원되었다. 또한 +4 수준에서는 11 두, +5 수준에서는 9 두의 흑소 얼굴의 복원이 가능하였다.

따라서, 위의 결과에서 비추어보면 왜곡된 영상의 경우에도 일정 수준 이상의 변형이 발생할 경우에는 복원이 불가능한 것으로 나타났다. 따라서 이러한 왜곡에 대한 복원율을 높이기 위해서는 카메라의 렌즈 등의 가장자리 왜곡이 거의 없는 것을 이용하여야 하며, 영상의 왜곡을 최소화하기 위해서 카메라와 물체가 일정거리 이상을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

##### 3) 잡음도(Noise)

흑소의 얼굴을 이용한 소의 개체인식 실험에서 원영상에 잡음도를 포함시켜 복원 가능 여부를 검증하였다. 그 결과를 Table 5에 나타내었다.

그 결과 명암도 영상을 이용한 학습과 복원실험에서는 50%까지 잡음도에서는 전체 복원이 가능하였으며, 60%는 11 두, 70%에서 7 두, 80%에서 5두, 90% 이상에서는 3 두만 복원이 가능하였다. 따라서 잡음도(Noise)이 포함되어 있는 상태에서는 60% 이상에서는 정확한 분리가 어려울 것으로 판단된다.

Table 3 Result of the identification by changing the brightness

(unit: heads)

Degree Trained image	-5	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5
Gray level	7	11	12	12	12	12	12	12	12	6	1
CMYK model	0	4	12	12	12	12	12	12	12	2	1

Table 4 Result of the identification by changing the distortion

(unit: heads)

Degree Trained image	-5	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5
Gray level	4	3	6	12	12	12	12	12	12	12	10
CMYK model	8	8	11	12	12	12	12	12	12	11	9

Table 5 Result of the identification by changing the noise

(unit: heads)

Ratio(%) \ Trained image	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Gray level	12	12	12	12	12	12	11	7	5	3	3
CMYK model	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	9

또한 CYMK 모델을 이용한 영상의 복원에서는 잡음도의 혼합정도가 90%까지 12 두 모두 복원되는 것을 알 수 있었다. 따라서 잡음도에 대해서 보다 능동적인 복원 및 흑소의 개체인식을 위해서는 CMYK 모델을 이용하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

었다. 따라서 잡음도에 대해서 보다 능동적인 복원 및 흑소의 개체인식을 위해서는 CMYK 모델을 이용하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

### 참 고 문 헌

#### 4. 요약 및 결론

본 연구에서는 흑소의 얼굴을 이용하여 개체인식을 위한 알고리즘을 개발하여 인식의 가능성을 검증하였다. 개체인식 알고리즘은 연상메모리법을 이용하였으며, 12 두의 흑소 얼굴을 구별할 수 있는지를 판단하였다. 학습에 이용한 영상은 12 두의 명암도(Gray level) 영상과 CMYK 모델영상을 이용하였다. 12 두의 흑소 얼굴을 학습한 후, 현장의 가변적인 상황을 고려하여 명도(Brightness), 왜곡률(Distortion), 잡음도(Noise) 등을 얼굴영상에 혼합하여 복원실험을 행하였다.

(1) 명도(Brightness)를 변경한 명암도 영상의 복원실험에서는 밝기가 +3 수준(degree)에서 -3 수준까지는 12 두, +4 수준에서는 6 두, +5 수준에서는 1 두가 복원되었으며, -4 수준은 11 두, -5 수준은 7 두가 복원되었다. CMYK 모델을 이용한 복원실험에서도 명암도와 같은 결과를 얻었으며, 빛의 밝기에 영향을 최소화하기 위해서는 인공조명도 고려해 볼 수 있다.

(2) 왜곡률을 변경한 명암도 영상의 복원실험에서는 -2 수준에서 +4 까지는 12 두, -3 수준은 6 두, -4 수준은 3 두, -5 수준은 4 두, +5 수준은 10 두가 복원 가능하였다. CMYK 모델을 이용한 경우에는 -2 수준에서 +3 수준까지는 12 두, -3 수준에서는 11 두, -4 수준에서는 8 두, -5 수준에서는 8 두, +4 수준은 11 두, +5 수준은 9 두가 복원되었다.

(3) 잡음도를 원영상에 포함시켜 복원실험을 행한 결과 명암도 영상을 이용한 경우에는 50%까지 잡음도에서는 전체 복원이 가능하였으며, 60%는 11 두, 70%에서 7 두, 80%에서 5 두, 90% 이상에서는 3 두만 복원되었다. 또한 CMYK 모델을 이용한 영상의 복원에서는 잡음도의 혼합정도가 90%까지 12 두 모두 복원되는 것을 알 수 있

1. Belhumeur, P., J. Hespanha and D. Kriegman. 1997. Eigenfaces vs. Fisherfaces: Recognition Using Class Specific Linear Projection. IEEE Trans. on PAMI 19(7):711-720.
2. Geers, R., B. Puers, V. Goedseels and P. Wouters. 1997. Electronic Identification, Monitoring and Tracking of Animals. CAB International, Wallingford.
3. Hemsworth, P. H. and G. J. Coleman. 1998. Human-Livestock Interactions: The Stockperson and the Productivity and Welfare of Intensively Farmed Animals. CAB International, NEW York, NY, USA, 153.
4. Kim, H. 2001. Measurement of Body Parameters, Weight and An Individual Analysis with the Cows (Holstein) by Using Image Processing. Sungkyunkwan Univ. Doctoral thesis.(In Korean)
5. Klindtworth, M. 1998. Untersuchung zur automatisierten Identifizierung von Rindern bei der Qualitätsfleischerzeugung mit hilfe injizierbarer Transponder. Dissertation, Forschungsbericht Agrartechnik des Arbeitskreises Forschung und Lehre der Max-Eythgeesellschaft Agrartechnik im VDI(VDI-MEG) 319.
6. Morio, Y. and Y. Ikeda. 2000. Development of Holstein Cow Identification System Using Black and White Patter, Proc. of the XIV Congress CIGR P2204.
7. Morio, Y., Y. Ikeda and K. Horibe. 2003. Holstein Identification with Robustness against Lighting Condition. Journal of the Japanese Society of Agricultural Machinery 65(2):94-110.(In Japanese)
8. Turk, M. and A. Pentland. 1991. Eigenfaces for Recognition. Journal of Cognitive Neuroscience 3(1):71-86.