

착유 자동화를 위한 로봇 착탈 시스템

이대원 · 최동윤* · 김현태 · 이원희 · 권두중* · 한정대* · 이승기**

성균관대학교 생물기전공학과

Development of a Robotic Milking Cluster System

Lee D. W., Choi D. Y.*, Kim H. T., Lee W. H., Kwon D. J.*, Han J. D.*
and Lee S. K.**

Dept. of Bio-Mechatronic Eng. Sungkyunkwan University. Suwon, Korea 440-746

Summary

A Robotic milking cluster system with the manipulator for an automatic milking system was designed and built for farmer to work easily and comfortably during milking processing. The cluster system was composed of screws, cams and links for power transmission, DC motors, the Quick Basic one-chip microprocessor, the vision system for image processing, and tea-cups. Software, written in Visual C+ and Quick Basic, combined the function of image capture, image processing, milking cluster control, and control into one control. The unit was made to transfer from four fixed points to four teats with four teat-cups.

Performance tests of the cluster unit, the fully integrated system, were conducted to attach and detach the teat-cup on the teat of a artificial cow. The transfer programming provided for a teat-cup milking loop during the system starts and comes back the original fixed point at the manipulator of it for milking. It transferred the teat-cup with a success rate of more than 70%. The average time it took to perform the milking loop was about 20 seconds.

(Key words : Milking cluster system, Milking system, Automatic milking)

서 론

현재 우리 나라의 경우 젖소 50두 이상 사육하는 전업농이 1993년에 비해서 1997년에는 약 3배정도 증가하였으며, 낙농가의 수는 약 40%이상 감소하였다. 이는 다른 축산업과

마찬가지로 낙농업의 경우에도 전업화가 빠르게 진행되고 있다는 것을 의미한다. 또한 호당 사육두수도 약 1.6배 이상 증가한 것으로 농림부 통계에서 밝히고 있다. 이러한 경향은 현재의 열악한 축산기반을 고려해 볼 때, 대내외 경쟁력 측면에서도 계속될 것으로

* 축산기술연구소(National Livestock Research Institute, Suwon, Korea 441-350)

** 공주대학교 농공학과(Dept. of Agri. Eng., Kongju National Univ. Yesan, Korea, 340-800)

판단된다. 따라서 보다 경쟁력을 갖춘 우리나라의 낙농산업을 위해서 노동력 투하시간이 가장 많은 착유 작업의 자동화가 농업생산성 향상에 기반이 될 것으로 판단된다. 착유작업의 자동화는 착유 준비작업의 효율을 향상시키며 축산시설 자동화에 대한 시스템 개발의 욕구에 부응할 수 있으며, 우유의 생산현장에서 착유시설의 무인 자동화로 노동력 절감 및 인력착유에 따른 세균오염의 차단, 원유의 품질향상에 기여할 수 있다. 관행 착유시설의 경우 고가의 수입품에 의존하고 있어, 자동화착유기를 개발함으로써 외화를 절약하고 목장에서 손쉽고 값싸게 사용할 수 있는 자동화 시스템의 개발이 필요하다.

따라서 본 연구는 최근의 우리나라 낙농업의 열악한 환경에서 착유작업에 소요되는 노동력을 최소화하고, 궁극적으로는 1차 우유생산현장을 무인화하기 위한 전 단계로서 로봇착탈유니트를 개발하고자 한다.

착유로봇을 포함한 착유 자동화시스템의 경우 국내에서는 거의 연구가 되지 않고 있다. 이는 기존의 착유시스템의 경우도 80% 이상 수입에 의존하고 있는 현실적인 상황에서 첨단 착유시스템의 개발에 어려움이 있기 때문이다. 그러나 축산의 국내외적인 상황에서 언제까지나 외국의 시설과 제품에 의존할 수만은 없는 상황이다. 따라서 우리 낙농가

의 상황에 적절한 착유시스템의 국산화가 시급한 실정이다.

외국의 경우 가장 착유로봇의 연구 및 개발이 활발한 나라는 네덜란드이다. 네덜란드와 독일은 농가에 실험적으로 설치하여 직접 사용하고 있는 단계에 있으며, 영국, 프랑스 등이 뒤따르고 있다. 미국은 독자적인 착유로봇 개발은 하지 않고 있다. 이것은 착유작업에 고용인을 두기가 쉬운 사회적 배경이 원인이라 생각된다. 일본의 최초 착유로봇 연구는 1972년에 시작되었다. 국립종축시험장과 농업기계화연구소가 개발연구에 착수하였지만 성공하지는 못했다. 1988년에 오비히로 축산대학은 한냉지의 농업기술에 대한 국제심포지움을 개최하였으며, 이것을 계기로 일본에서의 착유로봇의 개발에 대한 관심이 급속히 증대되었다. 생물계 특정산업기술연구 추진기구를 중심으로 유럽의 착유로봇 개발상황을 조사하고 낙농자동화시스템을 개발하기 위한 회사도 설립하였다(新出과 松田¹⁰⁾).

재료 및 방법

1. 로봇착탈 시스템

본 연구에서는 자동착유시스템 개발을 위해 선행되어야 할 과제인 로봇착탈시스템 개

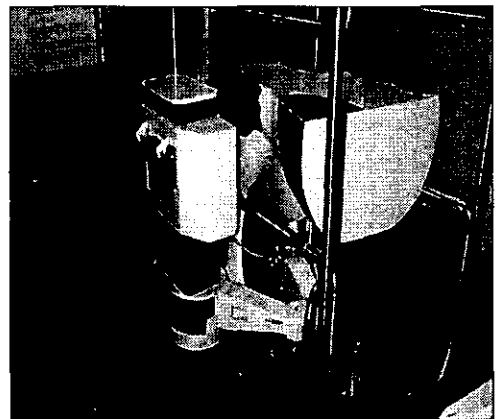
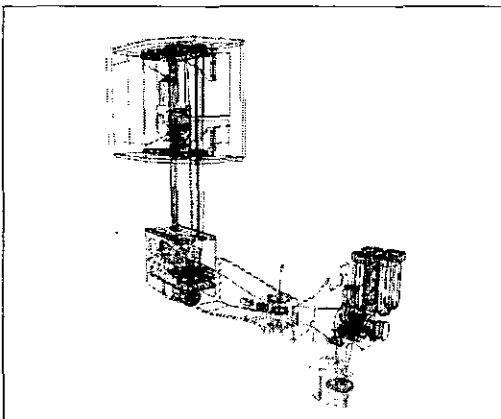


Fig. 1. Picture of manipulator for the milking cluster unit.

발을 위해 수행하였다. Fig. 1은 본 연구에서 개발한 시스템의 개략도와 사진을 나타낸 그림이다. 연구에 이용된 매니플레이터의 설계는 3차원 설계 컴퓨터 프로그램(3D max)을 이용하였다. 각종 프레임 및 부품 제작은 CNC 조각기를 이용 1/100mm의 정밀도로 제작하여 사용하였다.

2. 실험장치

로봇착탈 시스템 설계에 있어 고려해야 할

가장 중요한 것이 작업성능이다. 작업성능을 높이기 위해서는 로봇착탈 시스템의 각 관절을 통하여 목표로 하는 위치에 정확히 도달하여야 한다. 이를 위한 방법은 크게 모터의 정확성과 시스템의 각 링크구조물을 가볍게 만들어야 하는 것이다.

로봇착탈 시스템의 각 링크구조물을 가벼우면서도 견고하게 설계하고 회전 모멘트가 적게 걸리도록 모든 모터를 관절 외에 부착시키고, 동력은 타이밍 벨트로 전달하는 방식을 취하였다. 또한 구조물은 가볍고 강성이

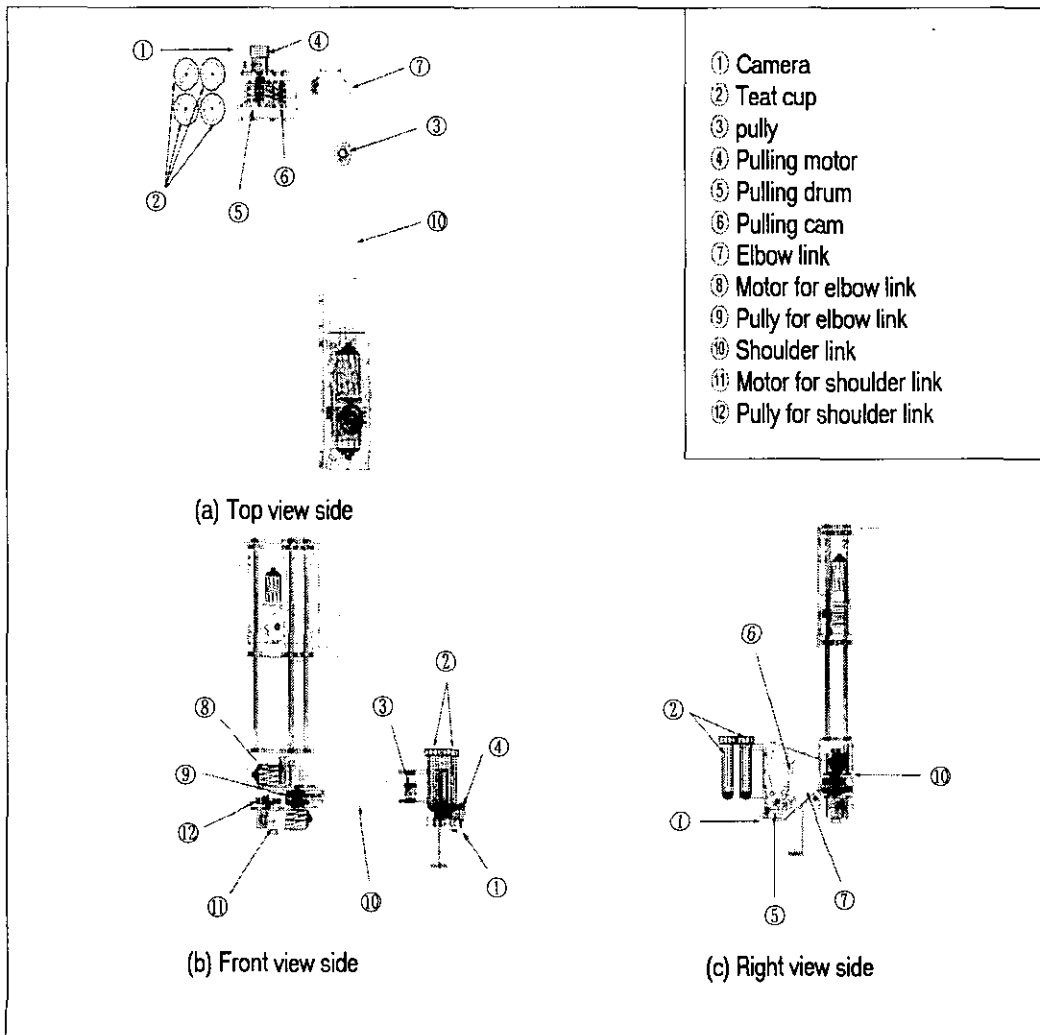


Fig. 2. A design of manipulator for milking cluster unit.

높은 재료인 드랄리늄 과 ABS수지를 사용하였다. 시스템의 구동원으로 DC 모터를 사용하였는데 이 모터의 사양은 정격 입력전압 DC 12V 최대 입력전류 3A로 감속비 53.9 : 1의 감속기어를 장착하고 있다. 출력축의 출력 토크는 60kg/cm 이고 백래쉬는 0.27° 이다. 모터 컨트롤러에 사용된 원칩컨트롤러로는 Compile Technology사의 Picbasic-5G를 사용하였다. 착유컵이 장착된 시스템의 위치제어를 위해서 카메라로부터 계산된 도달위치값을 전달하기 위해서 RS-232C 데이터 통신 방법을 이용하였다.

엘보우 링크 및 쇼울더 링크는 모두 5mm 의 ABS 수지를 이용해서 제작하였다. ABS 수지는 가벼울 뿐만 아니라 가공이 쉽고 내구성이 있어 적합하다고 판단되었기 때문에 사용하였다. 이렇게 함으로써 링크의 무게를 최소화하여 소모 전력을 줄일 뿐만 아니라

로봇착탈 시스템의 제어를 쉽게 하고 작동도 신속하도록 하였다.

그림 2에서 시스템의 전체적인 형태를 보여 주는 투상도이며, 시스템 제어를 위한 메인컨트롤러와 메니플레이터를 구동시키기 위한 모터 및 착유에 필요한 착유컵이 부착된 것을 알 수 있다. 그리고 착유컵에 장착된 와이어를 잡아당기거나 느슨하게 풀어줄 수 있는 모터가 장착된 착유컵 착탈구동장치 그리고 영상입력을 받기 위한 카메라와 입력된 영상이미지를 처리하기 위한 컴퓨터로 구성된다.

3. 작동방법

그림 3은 개발한 로봇착탈 시스템에 의해 착유컵이 유두에 장착되는 과정의 흐름도를 나타낸 그림이다.

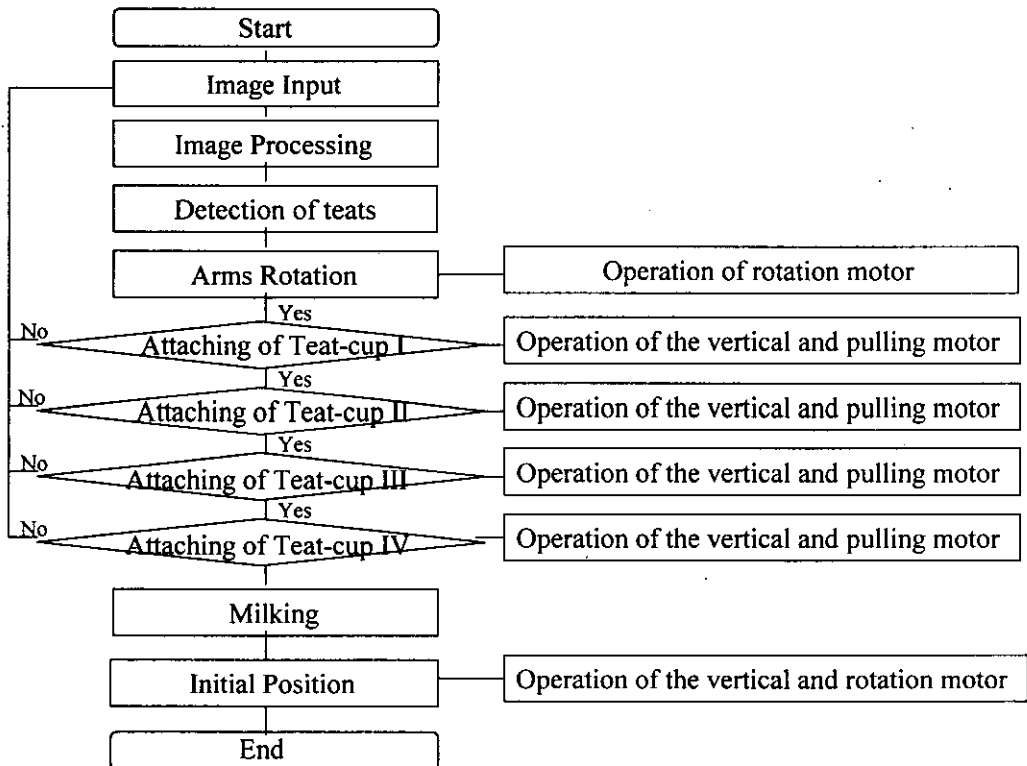


Fig. 3. Operating flow-chart of the milking cluster unit.

시스템의 작동순서는 먼저 젖소가 착유상에 위치하게 되면 그림 4에서 ①과 같이 움직려 있던 로봇착탈 시스템 가 작동하게 된다. 이때 관절이 각각 회전하며 착유컵이 젖소의 유두부근에 가도록 이동하게 된다. 그 다음 착유컵 착탈장치 상부에 부착된 카메라로 유방 전체를 읽어 들여 메인콘트롤러로 보내진다. 그 후 영상처리를 통해 젖꼭지 1번의 위치를 알아낸 후, 로봇착탈 시스템 수직이동모터를 작동시켜 시스템 전체가 수직으로 상승하게 되고 따라서 착유컵이 젖소의 유두에 부착하게 된다.

그 후 2번째 젖꼭지의 위치로 착유컵을 이동시키고 다시 시스템 전체를 수직으로 상승

시켜 2번째 착유컵이 2번째 젖꼭지에 부착되도록 한다. 나머지 젖꼭지도 같은 순서로 작동하여 4개의 착유컵이 차례로 유두에 부착된다. 또한 진공펌프에 의하여 착유되고 착유가 끝나면 느슨해진 모든 착유컵 착탈와이어를 착유컵 착탈 구동장치가 잡아당기게 한 후 시스템 전체를 수직으로 하강시키면 유두컵 4개가 동시에 젖꼭지로 부터 분리되어 진다.

4. 실험방법

본 연구에서 개발한 로봇착탈 시스템의 성능을 판단하기 위해서 영상처리에 따른 시스템의 위치도달을 위한 프로그램을 개발하였

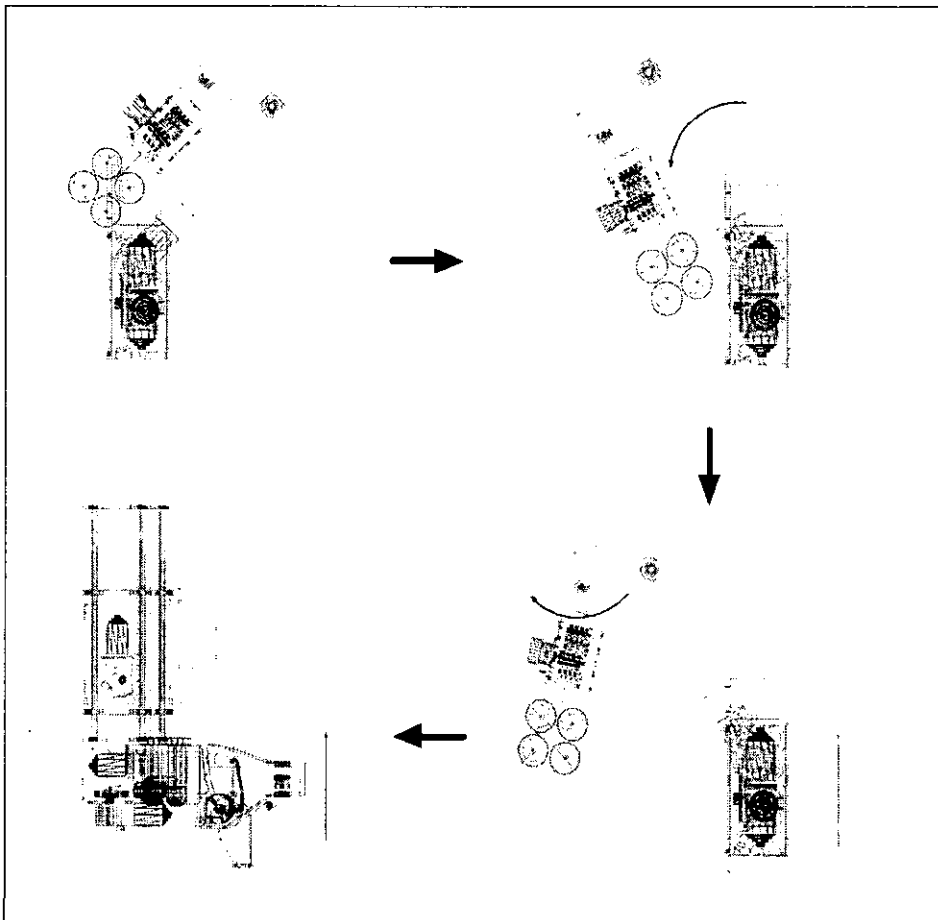


Fig. 4. Operating flow picture of the milking cluster unit.

Table 1. Successful attachment rate and milking time of teat-cup

Position of teats	High (50cm from the bottom)			Low (30cm from the bottom)			Average
	Front	Middle	Rear	Front	Middle	Rear	
Successful Attachment Rate(%)	70	70	70	80	80	70	73.3
Milking Time(sec)	21	20	20	19	19	20	19.8

다. 이 프로그램은 모형젖소가 고정되어 있는 경우를 기준으로 시스템을 작동하였다. 이를 위해서 실물크기의 모형젖소를 이용하여 착유컵의 유두 장착실험을 행하였다. 실제 농장에서는 착유시 젖소의 형태나 착유공간에 따라 뒷발 위치가 약간씩 차이가 난다. 이를 고려하여 3지점을 선정하여 모형젖소를 이동하면서 장착실험을 하였다. 또한 젖소의 개체별 차이에 따른 유두높이가 각각 다르다. 이러한 점을 고려하여 바닥에서 높이가 30cm, 50cm 인 두 가지 형태의 지점을 선정하였다. 따라서 각각 6지점의 위치에서 한 지점마다 10회 반복실험을 하여 착유컵 장착율을 측정하였다. 또한 착유작업시 착유시간에 따른 비유생리에 미치는 영향이 적지 않기 때문에 착유컵의 유두장착에 소요되는 시간을 각 실험마다 측정하였다.

결과 및 고찰

앞장의 실험방법을 기초로 착유컵의 유두 장착율과 장착시간을 측정한 결과 Table 1와 같은 결과를 얻었다. 위의 실험결과 평면의 차이에 따른 장착성공율은 각각 70%~80%로 큰 차이가 없었으나, 높이차이에 따른 장착성공율은 약 10%의 차이를 보였다. 이는 본 연구에서 설계 제작한 시스템의 작동범위의 한계에 따른 문제로 판단된다. 또한 착유컵 장착성공율이 완전하지 못한 이유는 모형젖소의 경우 착유중인 젖소와 비교해서 유두의

경도에 따른 영향도 있을 것으로 판단된다. 또한 실험에 이용한 펌프의 흡입압이 실제 착유실의 진공펌프의 압에 비해 매우 작은 것도 하나의 이유가 될 것으로 판단된다. 따라서 직접현장에서의 실험에서는 이와 다른 결과가 나올 것으로 생각되며, 장착성공율을 높이기 위해서 착유컵의 변형도 고려해 볼 필요가 있을 것이다.

또한 1회 장착에 소요되는 시간은 유두의 위치에 관계없이 약 20초였다. 이는 현장에서의 전체 착유시간을 10분 내외로 생각한다면 그다지 문제가 되지는 않을 것으로 판단된다.

그러나 장착성공율과 관련하여 실제현장에서는 착유컵 장착소요시간 동안에 젖소의 위치이동은 없어야 한다는 전제를 가지고 있다. 따라서 가능한 빠른 처리시간을 통해서 장착성공율을 향상시킬 뿐 만 아니라, 비유생리에도 유리하도록 장착시간을 최대한 단축시킬 필요가 있을 것으로 생각된다.

적 요

본 연구는 우리 나라 낙농업의 열악한 환경에서 착유작업에 소요되는 노동력을 최소화하고, 궁극적으로는 1차 우유생산현장을 무인화하기 위한 선행단계의 연구로 수행하였다. 착유시스템의 자동화를 위한 로봇착탈 시스템을 개발하기 위하여 수행한 결과는 다음과 같다.

1. 영상처리시스템을 이용하여 개발한 로봇

착탈 시스템은 모형젓소를 대상으로 장착성 공율을 측정한 결과 유두의 위치에 관계없이 비교적 양호한 결과를 얻었다. 그러나 현장에서 다양한 유두의 형태와 색에도 능동적으로 대처할 수 있는 영상알고리즘의 보완이 필요할 것으로 판단된다.

2. 착유로봇의 착유컵 장착시 70% 이상의 성공률을 보였으며, 장착시간도 약 20초로 나타났다. 이는 실제 장착실험에서는 소의 순간적 위치이동 등으로 차이가 있을 수 있을 것으로 판단되며, 장착시간은 크게 문제가 되지 않을 것으로 판단된다.

인 용 문 헌

1. Brown, G. K., and J. A. Throop. 1986. Apple sorting with machine vision. Trans. of ASAE, 17(1), pp17-19.
2. Frost, A. R., T. T. Mottram, M. J. Street, R. C. Hale, D. S. Spencer, and C. J. Alles. 1993. A Field of a Teatcup Attachmene Robot for an Automatic Milking System. Journal of Agricultural Engineering Research 55, 325-334.
3. Sonck, B. R., and H. W. J. Donkers. 1995. The Milking Capacity of a Milking Robot. Journal of Agricultural Engineering Research 62, 25-38.
4. Devlaemink, R. M. 1985. Vision systems and robotics in food processing. ASAE and SME, Proceedings of the Agri-Mation I Conference & Exposition, 27~37.
5. Groover, M. P., W. Mitchell, N. N. Roger, and N. G. Odrey. 1986. Industrial robots : Technology, programming and applications. McGraw Hill.
6. 近藤 直. 1996. 農業用ロボット開発の課題と展望(2) - ロボットハンドの研究開発の課題と展望. 日本農業機械學會誌, 58(1): 139-144.
7. 干場秀雄, 梅律一孝, 高畑英彦. 1998. 自動搾乳システムによる定時搾乳作業と連続搾乳作業の比較. 日本農業機械學會誌, 60(1):107-114.
8. 干場秀雄, 梅律一孝, 高畑英彦. 1996. 自動搾乳システムの搾乳効率. 日本農業機械學會誌, 58(4):105-114.
9. 徳田 勝, 並河 清. 1995. 畫像處理によるスイカ果實の識別. 日本農業機械學會誌, 57(2):13-20.
10. 新出陽三, 松田從三. 1994. 搾乳ロボットと酪農. 酪農綜合研究所.