

日本およびヨーロッパにおける搾乳ロボットの開発と実用化への歩み

柏村 文郎

帯広畜産大学, 帯広市 080-8555

Development and state of the milking robot in Japan and European countries

Fumiro KASHIWAMURA

Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Obihiro-shi 080-8555

キーワード: 搾乳ロボット, 自動搾乳システム, カウトラフィック

Key words: Milking robot, automatic milking system, cow traffic

1. はじめに

世界の搾乳ロボット普及の現状をみると、先進地オランダを中心としてヨーロッパでは200戸以上の農家で利用されており、その普及台数は現在も急速な伸びをみせている(市戸, 1999 B)。日本では、平成11年10月現在において、公的試験研究機関4カ所、農家9戸、有限会社の牧場1戸に設置されている。まだ限られた数ではあるものの、搾乳ロボットは研究段階から普及段階に移行しつつある技術といえるであろう。しかし、これまでの事例をみると、オランダでは搾乳ロボットの利用を中止した農家もあり(高橋, 1999)、「搾乳ロボットは、何時でも何処でも誰にでも簡単に使える」という表現は誤解をまねくことも明らかになってきた(市戸, 1999 B)。普及段階にさしかかった搾乳ロボットについて、これまでの開発と普及の道筋を今一度振り返り、これからの普及の方向性を考えることも必要であろうと思われる。この総説では、これまで主に日本で公表された搾乳ロボットに関する記事、報告書および文献を整理し、また海外の研究を紹介する。日本でも搾乳ロボットが確実な発展をとげるためには、このような作業も必要であろうと考える。

2. 自動搾乳システム開発の経過

世界で初めて搾乳ロボットの特許申請が出されたのは、1971年の旧東ドイツであった(ROSSING and HOG-ERWERF, 1997 A)。しかしこのミルクローバは、4本のティートカップを装着するのではなく、1つのお椀のようなミルクローバを想定していたようである。4本のティートカップを装着する本格的な搾乳ロボットの開発を世界で最初に手がけたのは日本であった(福森, 1999; 農林水産技術会議, 1979; 野附, 1998; 生物系

特定産業技術研究推進機構, 1992)。農林水産省畜産試験場では、1972年から5年計画で立てられた「搾乳作業の省力化に関する研究」というテーマの中で、畜産試験場、農業機械化研究所、静岡県畜産試験場などの研究者および(株)オリオン機械の技術者が連携し、繋ぎ飼い牛舎用搾乳ロボットの開発が行われた。最終的にティートカップを装着することができるロボットの開発にこぎつけたが、当時は現在のようなコンピュータ技術が発達していなかったため、牛の動きに追従する実用的なロボットの開発までには至らなかった。そのときの教訓として次の3点が述べられている(野附, 1998)。①牛を力で押さえるべきではない、②乳頭のセンシングとティートカップの誘導はリアルタイムで行うべきである、③ティートカップは牛の動きに常に追従すべきである。これらの教訓は現在の搾乳ロボットでは全て実現されており、その教訓を踏まえた搾乳ロボットの開発が日本では遅れたことが悔やまれる。1970年代中頃にはドイツでもミルクパーラ用搾乳ロボットの開発が行われたが、この開発計画も研究段階で一時ストップしてしまったようである。

1980年代になるとコンピュータのめざましい発達とともに、西ヨーロッパ諸国に酪農の自動化を目指す機運が生まれた。特にオランダでは、1970年代から急速にフリーストール牛舎が普及したのに伴い、ネダップ(NEDAP)社は、放し飼いでの個体管理を実現するために電子個体識別装置を開発し、それを利用した濃厚飼料の個体別自動給飼装置の普及に力を入れた。牛はこの給飼装置へ1日数回訪問するが、そのとき自動的にティートカップを装着することができれば、頻回搾乳が可能になり、その結果乳量も増加することが想像された(PIRKELMANN, 1992)。オランダのIMAG-DLO(農業機械研究所)、フランスのCEMAGREF(農

業工学環境工学研究所), イギリスの AFRC (Silso 農業工学研究所), ドイツの FAL (農業経営技術研究所) といった各国の国立研究機関でも基礎的なロボット開発の研究が開始された (福森, 1989 A, 1989 B, 1993 A, 1993 B; ORDOLFF, 1993). 1983 年 4 月にオランダの Wageningen において, IMAG-DLO が中心となり, 第 2 回の "Automation in Dairying" と題するシンポジウムが開催され, 33 題の発表があった. その発表の主なものは, 自動給餌装置や乳汁電気伝導度計, 活動量計などであり, ティートカップ装着に関するものはドイツの発表 1 題 (ORDOLFF, 1983) のみであった. 1987 年に同じくオランダの Wageningen で第 3 回 "Automation in Dairying" のシンポジウムが開かれた. そこで発表された 47 題のうち 7 題 (イギリス 3 題, ドイツ 2 題, フランス 1 題, デンマーク 1 題) が搾乳の自動化に関するものだった (生物系特定産業技術研究推進機構, 1992). 次いで 1992 年 11 月に同地で開かれたシンポジウム "Prospect for Automatic Milking" において, ヨーロッパ各国・各社の搾乳ロボット開発の現状や実用化への展望が示されるに至って (全国酪農業協同組合連合会開発部, 1994), 搾乳ロボットが急速に現実性を帯びるようになってきた. そのシンポジウムは 5 つのセッションに分かれ, その発表は, A) 自動搾乳システムが 9 題, B) 乳質問題が 15 題, C) 搾乳頻度が 12 題, D) 牛群管理が 12 題, E) その他分野が 8 題, それにポスター発表が 20 題であった. そのシンポジウムには日本からも福森 (1993 A, 1993 B) や新出 (1993 A, 1993 B, 1994) など, その後の日本における搾乳ロボットの開発や普及に指導的役割を果たした研究者たちも出席した. このシンポジウムが与えたインパクトこそが搾乳ロボット時代の幕開けであったといっても過言ではないだろう.

オランダの IMAG-DLO (農業環境工学研究所) は, 今でこそ環境問題に研究の重点を移したが (森田, 1994), 当時は「酪農の自動化」や「自動搾乳」に関するシンポジウムの開催でみられるように, 国際的な搾乳ロボット開発の牽引役となったことは明白である. 搾乳ロボットを開発するに当たって最大の課題であったティートカップの自動装着方法については, 各国各社が独自のアイデアで開発を進めた (ORDOLFF, 1993; ROSSING and HOGEWELF, 1997A; 生物系特定産業技術研究推進機構, 1995, 1996). オランダでは, 1985 年に IMAG が中心となり, NEDAP 社 (個体識別装置), VICOM 社 (農業機械メーカー), PHILIP 社 (家電メーカー), NRS (乳牛検定組合) の連携体が組織され, 将来の農場自動化計画 (FARM2000) が企てられた. 現在, 搾乳ロボットの分野で一歩リードしているオランダのプロライオン (Prolion) 社やレリー (Lely) 社についても, 初期の FARM2000 計画に参画したメンバーの中から将来の可能性を信じた人間が会社を起

したり, また農業機械メーカーに搾乳ロボットの開発を促したようである.

オランダではその他にガスコイン・メロット (Gascoine Melotte) 社も搾乳ロボットの開発に着手した. しかし, 乳頭のセンシングにおいて後れをとり, 実用機完成には至っていない. オランダ以外では, イギリスの Silso 研究所が, 独自の開発を進めた搾乳ロボットは, 最近スウェーデンのアルファ・ラバル (Alfa-Laval) 社が改良して, VMS (Voluntary Milking System) として商品化しそうである (林, 1999). また, ドイツではデュセルドルフ (Duselfdolf) 社の開発した搾乳ロボットを酪農機器メーカーのウェストファリア (Westfalia) 社が商品化したようである.

さて日本においては, 1972~1977 年に行われた農林水産省畜産試験場での研究以降, しばらく搾乳ロボットの研究は中断されてしまった. 時をおいて, 1986~1989 年に道立根釧農業試験場と道立工業試験場が共同して, 搾乳ロボットの開発を行った. そこでは一定の成果が生まれたが (澤山ら, 1990), これも実用機の完成には結びつかなかった. その後, 1993 年に再び日本独自の搾乳ロボットを開発する計画が生まれ, 生研機構 (生物系特定産業技術推進機構) では繋ぎ飼育牛舎用搾乳ロボットの開発に着手した (平田, 1998, 1999). また, 同年にはオリオン機械(株), 生研機構, 畜産技術協会, ホクレン等が出資して, 搾乳ロボット開発会社であるエム・エー・ティー (MAT: Milking Automation Technology) 社が設立された. その成果として, 1999 年 11 月に日本独自の搾乳ロボット (デーリイドリーム) がオリオン機械(株) から発売された. 今後の日本製搾乳ロボットの普及が期待される.

3. オランダ製搾乳ロボットの日本への導入とその普及経過

〈帯広畜産大学〉

1989 年 9 月に帯広で開催された「寒冷地の農業技術に関するシンポジウム (ISAC)」に招待された IMAG-DLO 実験農場主任が当時オランダで開発している搾乳ロボットの状況を紹介した (ETTEMA, 1989). その講演は, 搾乳ロボットの実用化に近いことを印象づけるものであった (新出と松田, 1994). その後 1993 年 12 月に, オランダの搾乳ロボット (AMS: プロライオン社) が帯広畜産大学に, (株)クボタ社との共同研究という形で導入された (写真 1). その後この搾乳ロボットは, 1998 年 12 月までの 5 年間ほぼ休むことなく運転され, 実用化のためのノウハウが蓄積された (柏村, 1994, 1997; 新出, 1995, 1996 A). 当時導入された搾乳ロボットは完成されたものとは言い難く, その試験期間中にもメーカーによって逐次改良が進められ, 最大の課題であったティートカップ装着の確実性は急速に改良された. またフリーストール牛舎での搾乳ロ

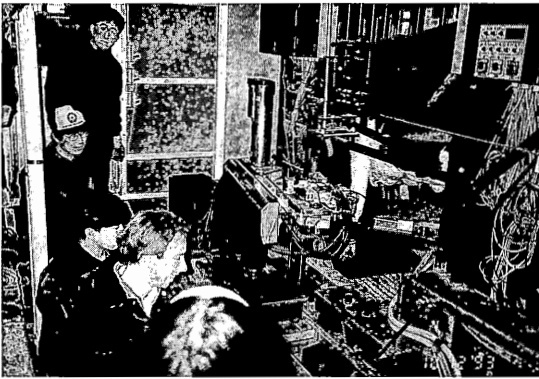


写真1 帯広畜産大学で初めて搾乳ロボットによる搾乳成功(1993年12月10日)

ロボットの利用形態は、導入当初行われた定刻搾乳からフリー搾乳と呼ばれる24時間体制の搾乳形態に漸次移行していった(柏村, 1997)。

〈農家への導入〉

プロライオン社の搾乳ロボット(AMS)は、1995年に十勝の酪農家に試験的に導入された(柏村, 1998 C)。それはその後、その酪農家が購入し、現在も引き続き使用されている。また、同社の搾乳ロボットは、国立または公立の試験研究機関(丹菊ら, 1998)が3カ所の他、栃木県の有限会社の牧場と北海道2戸と栃木県1戸の酪農家に設置されている。なお、この搾乳ロボットには、1ボックスから3ボックスまであり、利用している酪農家の搾乳頭数は80~100頭が多い。

レリー社の搾乳ロボット(アストロノート)がコーンズ・エージー社によって輸入され、1997年12月に北海道北広島市の酪農家に設置された(干場と梅津, 1999)。この搾乳ロボットは、1ボックスタイプで、フリーストール牛舎の中に比較的簡単に設置できる。搾乳頭数は60頭程度の牛群に適している。現在日本では、岩手県農業研究センター畜産研究所の他、北海道5戸と愛知県1戸の酪農家に設置されている。

4. 海外調査報告および日本での紹介

搾乳ロボットの海外調査はこれまで頻繁に行われてきた。報告書を中心に主なものを拾ってみると次の様なものがある。福森(1989 A, 1989 B)は、1987年にヨーロッパにおける農業機械化の視察を行うとともに前述のシンポジウム“Automation in Dairying”に参加し、ヨーロッパの搾乳ロボット開発の様子を報告している。さらに福森(1993 A, 1993 B)は、1992年にシンポジウム“Prospects for Automatic Milking”に参加するとともに、ヨーロッパ各国の搾乳ロボットの開発状況を視察した(全国酪農業協同組合連合会開発部, 1994)。当時の各国の開発状況は、フリーストール・ミルクングパーラシステムの調査報告書にも述べられている(畜産技術協会, 1993)。八谷(1995)は、

1994年にオランダ、ドイツ、フランスの搾乳ロボットの開発状況を調査し、それぞれの機械とくにセンシングの違いについて報告した(生物系特定産業技術研究推進機構, 1995)。干場ら(1996 A)は、1995年1月にオランダの搾乳ロボットの利用状況を調査し、その調査中に開催された農業機械見本市(Landbouw RAI 95)において、それまでほとんど情報の伝わってこなかったレリー社の搾乳ロボットが公表されたことを報告している。また干場ら(1997)は、その後もオランダの搾乳ロボットの搾乳状況を調査し、その稼働状況を報告している。市戸(1996)は、1995年7月にオランダ、ドイツの調査を行い、世界では約50台が実際に使われていると推定した。桑名(1996)は、1996年の視察調査において、レリー社の搾乳ロボットについて当時の最新情報を紹介した。さらに、最近の報告としては、農畜産業振興事業団(1997)や北海道立根釧農業試験場(1999)の報告書において、実際に利用しているオランダの農家を調査して、大変詳しい情報を載せている。それらの報告書では、オランダの酪農家が搾乳ロボットに期待するものとして、「労働の改善(搾乳作業の省力化)」と「生産性向上(頻回搾乳による10~20%の乳量増加)」が上げられている。その他、海外の農業および酪農雑誌に載った搾乳ロボット関連の記事が日本でも多く翻訳され、酪農雑誌によく紹介されるようになった。とくに最近のオランダに関する記事を読むと、近い将来搾乳ロボットの時代が訪れると予感されられる記事も見受けられる(市戸, 1999 A)。

搾乳ロボットそのものに関するさらに詳しい資料としては、生研機構がまとめた「搾乳の自動化に関する調査資料」という冊子があり(生物系特定産業技術研究推進機構, 1995, 1996)、その中で搾乳ロボット開発に関する工学分野の文献や1992年のシンポジウム“Prospects for Automatic Milking”で出されたプロシーディングの文献が多数翻訳されている。松本(1999)は、搾乳ロボット開発が具備すべき機械構成についてまとめている。また畜産技術協会では、1997年より「自動搾乳システム実用化推進事業」を開始し、これまで「自動搾乳システム定着化マニュアル情報集第1報(畜産技術協会, 1998)」と「自動搾乳システム事例情報集(畜産技術協会, 1999)」を刊行しており、日本における普及資料が次第に整備されつつある。さらに日本における搾乳ロボットの研究者らが執筆した「農業機械学会誌」の特集「搾乳ロボットの普及と開発の現状(平田, 1998; 市戸, 1998; 柏村, 1998 D; 喜田, 1998; 野附 1998)」や「畜産技術」の特集「搾乳ロボットの開発・普及の現状と今後の方向(福森, 1999; 長谷川, 1999; 林, 1999; 本田, 1999; 市戸, 1999 B; 柏村, 1999 B; 高橋, 1999)」には示唆に富む記事が多く、これから普及を進めるに当り貴重な参考資料となるだろう。

5. 日本における自動搾乳システムの研究

搾乳ロボットは特許の問題と深く関わっているため、その開発過程における研究成果は公表されにくい分野である。例えば、レリー社の搾乳ロボットに関しては、1995年に正式発表されるまで特許情報しかその存在を確かめるすべすらなかった。1993年に帯広畜産大学に導入されたプロライオン社のAMSはオランダのIMAG-DLOが開発に関与していたため情報は比較的オープンであったが、日本への導入当初は見学者が限定されたり、カメラ撮影が許可されなかった時期もあった。帯広畜産大学の研究成果(新出, 1997 C)は、学会などで主に口頭発表されているが、それを手がかりに研究の奇跡をたどると次のようになる。「カウトラフィックを制御するタイマコントロールゲートの効果」(堂腰ら, 1995), 「ミルクングバーラとの比較」(柏村ら, 1996 B), 「2回搾乳と3回搾乳の比較」(柏村ら, 1996 A), 「自由搾乳の試行」(新出ら, 1996 B), 「牛の馴致過程について」(堂腰ら, 1996; 須田ら, 1996), 「ロボット搾乳作業の調査」(干場ら, 1996 B), 「進入回数への影響要因」(新出ら, 1997 B), 「濃厚飼料給与の一時停止」(柏村ら, 1998 B), 「進入回数におよぼす搾乳受付間隔の影響」(柏村ら, 1998 A), 「放牧との組み合わせ」(柏村ら, 1999 A), 「搾乳方法が乳頭におよぼす影響」(古村ら, 1998) などである。

森田ら (1995, 1996 A; MORITA *et al.*, 1997) は、オランダのIMAG-DLOで乳牛の誘導方法における給餌戦略について報告している。また、同氏はカウトラフィックを中心とした自動搾乳システムの考え方を分かりやすく紹介している(森田, 1996 B; 畜産技術協会, 1998)。

ティートカップの装着技術に関する工学的研究は日本では余り多く公表されていないが、八谷ら (1996) は乳頭位置についての基礎的研究を行った。その成果は、生研機構が開発している繋ぎ飼牛舎用の搾乳ロボットに生かされている(八谷ら, 1999; 平田, 1998, 1999)。

日本の酪農家における搾乳ロボットの稼動状況調査は、干場ら (1998, 1999), 新出ら (1997 A) および柏村ら (1998 C) の報告が見られる。現在、レリー社製搾乳ロボットに関しては、岩手県農業研究センター畜産研究所の川村ら (1999) の研究成果が蓄積されつつある。また、プロライオン社製搾乳ロボットに関しては、農林水産省草地試験場の貴田ら (1999) の研究が期待される。

6. 搾乳ロボットに関する海外の研究者およびその研究

オランダでは、搾乳ロボットに関わる研究者のほとんどがIMAG-DLOに所属している。まず筆頭にあげ

られるのは、ROSSING (1994 A, 1994 B, 1997 A, 1997 B, 1998) であり、彼はこれまで「酪農の自動化」や「自動搾乳」の国際シンポジウムの開催に尽力し、また、工学分野から搾乳ロボットを分かりやすく解説した記事を書くことでよく知られている。KUIPERS and ROSSING (1996) もヨーロッパにおける搾乳ロボット開発の経過及び課題について分かりやすい記事を書いている。IPEMA (1992, 1997) は、「酪農の自動化」を当初から積極的に押し進めている研究者の一人で、とくに頻回搾乳に関する研究では貴重な報告をしている。行動関係では、KETELAAR-DE LAUWERE¹ (1992, 1996, 1998, 1999 A, 1999 B) と STEFANOWSKA (1997 A, 1997 B, 1999 A, 1999 B; METZ-STEFANOWSKA *et al.*, 1992, 1993) が精力的に研究進めており、カウトラフィックやワンウェイゲート、濃厚飼料の給与戦略による自発的進入の促進、セレクションユニットの効果、放牧との組み合わせなどの問題と取り組んでいる。また、DEVIR (1992, 1993 A, 1993 B, 1994, 1995, 1996 A, 1996 B) は、搾乳ロボットを乳牛管理のトータルシステムの一部として位置づけ、泌乳ステージや乳量、さらには体重変化など多くの情報を統合した乳牛管理の意志決定システムとしての考えを示している。その他、HOGVEEN *et al.* (1998) もカウトラフィックの問題を報告している。

ドイツでは、搾乳ロボットの第一人者である ORDLOFF (1983, 1993, 1997; KREMER and ORDLOFF, 1992) が筆頭となって、ドイツを含むヨーロッパの情報を発信しており、ARTMAN (1993, 1997) も搾乳ロボットの解説を報告している。またミュンヘン工科大学のPIRKELMANN (1992) は、早くから自動搾乳システムにおける給餌戦略の重要性を指摘している。

イギリスでは、Silso研究所のMOTTRAM (1991, 1992 A, 1992 B, 1993 A, 1993 B, 1994, 1995, 1997; FROST *et al.*, 1993) と STREET (1993 A, 1993 B) が、搾乳ロボットの開発当初から工学面で深く関わっている。イギリスでもロボット搾乳施設への自発的進入を促すために濃厚飼料給与法を操作する研究が、WINTER *et al.* (1992, 1995) や PRESCOTT *et al.* (1997, 1998 A, 1998 B) によって報告されている。

フランスでは、CEMAGREFで搾乳ロボットの開発が進められたが、その後の進展は余り報告されておらず、むしろオランダのIMAG-DLOと協同歩調をとっているようである。英語文献としては、MARCAL *et al.* (1994) による搾乳牛の優劣順位と自発的進入に関する行動的研究などがみられる程度である。

アメリカやカナダは、一般的に搾乳ロボットへの関心は低いですが、カナダのゲルフ大学にいたHurnik (1992) は、家畜福祉の面から搾乳ロボットについて報告している。また、ゲルフ大学で同教授と共同研究をしたUETAKE *et al.* (1997 A, 1997 B) は、牛の誘導

を制御する方法に関する研究を報告している。さらに、植竹 (1998) は、その知見について日本の酪農雑誌にも紹介しているので参考になる。また、アメリカのイリノイ大学の SPAHR (1997) は、電子工学分野のハイテク技術を酪農に応用する研究を古くから行っている研究者であるが、搾乳の自動化にも高い関心を示している。ただし、同氏は搾乳ロボットがアメリカで普及することには疑問を投げかけている。メリーランド大学の MILLER *et al.* (1995) は、ガスコイン・メロット社の搾乳ロボットを開発当初に導入して研究したが、その後の発展はみられていない。また、乳牛の行動学者として知られる ALBRIGHT (1992) も、従来型のミルクングパーラにおいて、搾乳室への自発的進入についての研究成果を報告している。

搾乳ロボットの研究は、開発当初は工学分野の報告が多くみられたが、次第に家畜行動学分野の報告が多くなってきた。それ以外の視点からの報告はまだ少ない。例えば、HARSH *et al.* (1994) は、アメリカとオランダにおける搾乳ロボットと従来型ミルクングパーラをコスト面から比較して、搾乳ロボットの経済性に疑問を投げかけた。一方、SONCK *et al.* (1995 A, 1995 B, 1998) は労働軽減の面からその優位性について報告をしている。搾乳ロボットの課題として、乳房炎の問題があるが、現在は乳汁電気伝導度で乳房炎を検知している。画像処理を利用した牛の乳房カラー (BULL *et al.*, 1996) や乳房炎のチェック (古村ら, 1995) などの報告もあるが、まだ決定的な対策はできていない。なお現在、検知した後の乳房炎処置の判断は、管理者に任されており、自動的に廃棄されるようにはなっていない。今後は、労働生産性や経済性の他、搾乳および牛乳処理に関する衛生面での研究が特に重要になると思われる。

7. 終わりに

以上大変おおざっぱであるが、日本およびヨーロッパにおける搾乳ロボット開発の経緯、日本での普及状況、さらには国内および海外の研究について述べた。搾乳ロボットは発展途上の技術であるので、今それを振り返っても中途半端であるのご指摘があるかも知れない。しかし、搾乳ロボットは今まさに開発段階から普及段階に入った技術であり、それは乳牛および人間の双方にとって大きな変革を求めるものとなると考えられる。これから 10 年後、さらには 20 年後には、今までとは全く違った酪農形態が生まれる可能性も秘めている。昭和 40 年代から急速に普及したミルクカーが古い酪農形態を大きく変えたように、いずれ搾乳ロボットもそのような経過をとるように感ぜられる。ミルクカーの普及経過は今や忘れ去られようとしているが、搾乳ロボットのこれまでの開発経緯を振り返り、今後の普及に備えることも意味のあることと思う次第

である。

文 献

- ALBRIGHT, J. L., A. R. CENNAMO and E. W. WISNIEWSKI (1992) Voluntary entrance into the milking parlor. In Prospects for automatic milking: Proceedings of the international symposium on prospects for automatic milking (Ipema, A. H., A. C. Lippus, J. H. M. Metz and W. Rossing eds.) 459-465. Pudoc Scientific Publishers. Wageningen. The Netherlands.
- ARTMANN, R. (1993) Entwicklung und erprobung bei melkrobotern. *Milchpraxis*, **31. Jg. (3)**: 139-148.
- ARTMANN, R. (1997) Sensor systems for milking robots. *Computers and Electronics in Agriculture*, **15**: 19-40.
- BULL, C. R., N. J. B. MCFARLANE, R. ZWIGGELAAR, C. J. ALLEN and T. T. MOTTRAM (1996) Inspection of teat by color image analysis for automatic milking systems. *Computers and Electronics in Agriculture*, **15**: 15-26.
- DEVIR, S. (1992) Control and management in the automatic milking system dairy farm. In Prospects for automatic milking: Proceedings of the international symposium on prospects for automatic milking (Ipema, A. H., A. C. Lippus, J. H. M. Metz and W. Rossing eds.) 315-321. Pudoc Scientific Publishers. Wageningen. The Netherlands.
- DEVIR, S., J. A. RENKEMA, R. B. M. HUIRNE and A. H. IPEMA (1993A) A new dairy control and management system in the automatic milking farm: Basic concepts and component. *J. Dairy Sci.*, **76**: 3607-3616.
- DEVIR, S., A. H. IPEMA and P. J. M. HUISMANS (1993B) Automatic milking and concentrates supplementation system based on cows' voluntary visits. In *Livestock Environment IV: Fourth international symposium* (Collins, E., ed.) 195-204. ASAE. Michigan.
- DEVIR, S. and J. H. M. METZ (1994) The fully automatic integrated dairy control and management system. In *Prospects for future dairying: Proceeding of the international symposium*. Alfa Laval Agri. Tumba. Sweden.
- DEVIR, S. (1995) The dairy control and management system in the robotic milking farm. Ph. D. Thesis. Wageningen Agricultural University. Wageningen. The Netherlands.
- DEVIR, S., H. HOGVEEN, P. H. HOGWERF, A. H.

- IPEMA C. C. KETELAAR-de Lauwere, W. ROSSING, A. C. SMITS and J. STEFANOWSKA (1996A) Design and implementation of a system for automatic milking and feeding. *Canadian Agricultural Engineering*, **38**: 107-113.
- DEVIR, S., J. P. T. M. NOORDHUIZEN and P. J. M. HUIJSMANS (1996B) Validation of a daily automatic routine for dairy robotic milking and concentrates supply. *J. Agric. Engineering Res.* **64**: 49-60.
- 堂腰 颯・柏村文郎・古村圭子・池滝 孝・新出陽三 (1995) 搾乳ロボット施設への牛の自発的進入を促進するためのタイマーコントロールゲートの効果. *日本家畜管理研究会誌*, **31**: 116-117.
- 堂腰 颯・柏村文郎・古村圭子・池滝 孝・新出陽三・中村隆三・林 正彦 (1996) 自動搾乳システムへの牛の馴致試験. *日本家畜管理学会誌*, **32** (Suppl.): 26-27.
- ETTEMA, F. (1989) Current progress of milking robot in the Netherlands. In *Proceedings of the first international symposium on agricultural technique for cold regions (ISAC)* (Shimada, T., H. Hidari, Y. Horikawa and F. Tsuchiya, eds.) 173-174. Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine. Obihiro.
- FROST, A. E., T. T. MOTTRAM, M. J. STREET, R. C. HALL, D. S. SPENCER and C. J. ALLEN (1993) A field trial of a teatcup attachment robot for an automatic milking system. *J. agric. Engng Res.*, **55**: 323-334.
- 福森 功 (1989 A) ヨーロッパでの農業機械化研究見聞記 (上). *畜産コンサルタント*, **298**: 60-66.
- 福森 功 (1989 B) ヨーロッパでの農業機械化研究見聞記 (下). *畜産コンサルタント*, **299**: 52-56.
- 福森 功 (1993 A) 欧州での搾乳ロボット開発研究見聞記 (I). *畜産コンサルタント*, **341**: 53-59.
- 福森 功 (1993 B) 欧州での搾乳ロボット開発研究見聞記 (II). *畜産コンサルタント*, **342**: 38-43.
- 福森 功 (1999) 搾乳ロボットの開発経過と市販の現状: その定義と研究開発の足取り. *畜産技術*, **534**: 6-10.
- 古村圭子・今西美幸・柏村文郎・新出陽三・河端真一・林 正彦 (1995) 画像診断による乳房炎自動検知化に関する研究. *日畜会報*, **66**: 882-888.
- 古村圭子・万中理子・柏村文郎・日高 智 (1998) 乳頭先端スコアに影響する要因について: 自動搾乳牛とパーラー搾乳牛との比較. *日本家畜管理学会誌*, **34** (Suppl.): 10-11.
- HARSH, S. B., R. B. M. HUIRNE, A. A. DIJKHUIZEN and R. W. GARDNER (1994) Automatic milking system: An economic evaluation. In *Dairy systems for the 21st Century: Proceedings of the third international dairy housing conference* (Bucklin, R., ed.) 102-110. ASAE. Michigan.
- 長谷川三喜 (1999) 搾乳ロボットの活用要件と留意点: わが国の現状における導入条件. *畜産技術*, **534**: 23-26.
- 八谷 満 (1995) 欧州における搾乳ロボット開発技術の近況. *日本家畜管理研究会誌*, **30**: 95-102.
- 八谷 満・二川 毅・松岡 智・市戸万丈・桑名 隆 (1996) 乳頭が示す挙動特性に関わる基礎的研究. *日本家畜管理学会誌*, **32** (Suppl.): 30-31.
- 八谷 満・平田 晃・桑名 隆・荊木義隆・比佐慶夫 (1999) 繋ぎ飼い用搾乳ロボットのシステム構造と適応性. *日本家畜管理学会誌*, **35** (Suppl.): 24-25.
- 林 孝 (1999) 我が国における搾乳ロボットの利用・普及に向けた課題: 普及・導入支援体制, その将来像について. *畜産技術*, **534**: 32-35.
- 平田 晃 (1998) 繋ぎ飼い牛舎における搾乳の自動化. *農業機械学会誌*, **60**: 152-154.
- 平田 晃 (1999) 繋ぎ飼い用搾乳ロボット. *畜産の研究*, **53**: 179-182
- HOGEEVEEN, H., A. J. H. van Lent and C. J. JAGTENBERG (1998) Free and one-way cow traffic in combination with automatic milking. In *Proceedings of fourth international dairy housing conference* (Chastain, J.P., ed.) 80-87. ASAE. Michigan.
- 北海道立根釧農業試験場編 (1999) オランダおよび国内における搾乳ロボット利用実態と導入のための諸条件. *北海道立根釧農業試験場*. 中標津.
- 本田善文 (1999) 搾乳ロボットの開発経過と市販の状況: 実用化された搾乳ロボットの基本構造・特徴. *畜産技術*, **534**: 6-10.
- 干場秀雄・池滝 孝・柏村文郎 (1996 A) オランダにおける搾乳ロボットの開発状況調査. *農業機械学会北海道支部会報*, **36**: 37-43.
- 干場秀雄・米田浩泰・池滝 孝・新出陽三 (1996 B) 自動搾乳システムの搾乳作業について. *日本家畜管理学会誌*, **32** (Suppl.): 28-29.
- 干場秀雄・新出陽三・平山秀介・時田正彦 (1997) オランダにおける三酪農家の搾乳ロボット稼働状況について. *日本家畜管理学会誌*, **33**: 17-25.
- 干場秀雄・出口 大・梅津一孝 (1998) 搾乳ロボットの搾乳性能に及ばず要因. *日本家畜管理学会誌*, **34**: 61-68.
- 干場秀雄・梅津一孝 (1999) 馬場牧場におけるL社製搾乳ロボットの特徴とその稼働状況について. *日本家畜管理学会誌*, **35**: 47-52.
- HURNIK, J. F. (1992) Ethology and technology: The role of ethology in automation of animal produc-

- tion processes. In Prospects for automatic milking: proceedings of the international symposium on prospects for automatic milking (Ipema, A. H., A. C. Lippus, J. H. M. Metz and W. Rossing eds.) 401-408. Pudoc Scientific Publishers. Wageningen. The Netherlands.
- IPEMA, A. H. (1992) Production, duration of machine-milking and teat quality of dairy cows milked 2, 3 or 4 times daily with variable intervals. In Prospects for automatic milking: Proceedings of the international symposium on prospects for automatic milking (Ipema, A. H., A. C. Lippus, J. H. M. Metz and W. Rossing eds.) 244-251. Pudoc Scientific Publishers. Wageningen. The Netherlands.
- IPEMA, A. H. (1997) Integration of robotic milking in dairy housing systems: Review of cow traffic and milking capacity aspects. *Computers and electronics in agriculture*, **17**: 79-94.
- 市戸万丈 (1996) オランダ・ドイツにおける搾乳ロボットの利用実態と開発動向. *農業機械化学会誌*, **58** (6): 119-122.
- 市戸万丈 (1998) 搾乳ロボット開発研究の現状と展望. *農業機械学会誌*, **60** (6): 138-142.
- 市戸万丈 (1999 A) 搾乳ロボットの開発研究と今後の展望. *dairy ニュース*, **19** (1): 3441-3450.
- 市戸万丈 (1999 B) 搾乳ロボットの開発・普及の現状と今後の方向: 搾乳ロボットを正しく理解するために (解説). *畜産技術*, **534**: 2-5.
- 柏村文郎 (1994) 搾乳ロボットと経営構造. *酪総研*, **173**: 8-10.
- 柏村文郎・大山 茂・古村圭子・日高 智・池滝 孝・新出陽三・中村隆三・林 正彦 (1996 A) 搾乳ロボットの实用化に関する研究: 2回搾乳と3回搾乳の比較. *日本家畜管理学会誌*, **32** (Suppl.): 22-23.
- 柏村文郎・吉田 寛・古村圭子・池滝 孝・新出陽三・中村隆三・林 正彦 (1996 B) 搾乳ロボットの实用化に関する研究: ミルキングパーラ搾乳とロボット搾乳の比較. 第91回日本畜産学会大会講演要旨, 45.
- 柏村文郎 (1997) 搾乳ロボットを使ってみてかんがえること. *ホルスタイン通信*, **516**: 1-4.
- 柏村文郎・池田 恵・古村圭子・日高 智・池滝 孝 (1998 A) 自動搾乳システムにおける搾乳受付間隔が1日の搾乳回数に及ぼす影響. *日本家畜管理学会誌*, **34** (Suppl.): 8-9.
- 柏村文郎・力丸宗広・古村圭子・日高 智・池滝 孝 (1998 B) 搾乳ロボットの实用化に関する研究: 濃厚飼料給与の一部停止が牛の搾乳施設訪問に及ぼす影響. 第94回日本畜産学会大会講演要旨, 254.
- 柏村文郎・成田芳樹・古村圭子・日高 智・池滝 孝 (1998 C) 搾乳ロボット導入農家における自由搾乳2群管理の実態調査. 第94回日本畜産学会大会講演要旨, 255.
- 柏村文郎 (1998 D) 搾乳ロボットと飼養管理. *農業機械学会誌*, **60** (6): 145-148.
- 柏村文郎・長谷川雅朗・小針結城・瀬尾哲也・古村圭子・日高 智・池滝 孝 (1999 A) 搾乳ロボットの实用化に関する研究: 放牧を取り入れた牛群管理. 第95回日本畜産学会大会講演要旨, 17.
- 柏村文郎 (1999 B) 搾乳ロボットの活用要件と留意点: 搾乳ロボット導入における留意点. *畜産技術*, **534**: 19-22.
- 川村輝雄・谷藤隆志・小梨 茂・高橋達典 (1999) L社製搾乳ロボットの稼働成績. 第95回日本畜産学会大会講演要旨, 17.
- KETELAAR-de LAUWERE, C. C. (1992) The use of a selection unit for automatic milking: Consequences for cow behaviour and welfare. In Prospects for automatic milking: Proceedings of the international symposium on prospects for automatic milking (Ipema, A. H., A. C. Lippus, J. H. M. Metz and W. Rossing eds.) 270-277. Pudoc Scientific Publishers. Wageningen. The Netherlands.
- KETELAAR-de LAUWERE, C. C., S. DEVIR and J. H. M. METZ (1996) The influence of social hierarchy on the time budget of cows and their visits to an automatic milking system. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, **49**: 199-211.
- KETELAAR-de LAUWERE, C. C., M. M. W. HENDRINKS, J. H. M. METZ and W. G. P. SCHOUTEN (1998) Behaviour of dairy cows under free or forced cow traffic in a simulated automatic milking system environment. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, **56**: 13-28.
- KETELAAR-de LAUWERE, C. C., A. H. IPEMA, E. N. J. van OUWERKERK, M. M. W. B. HENDRINKS, J. H. M. METZ, J. P. T. M. NOORDHIZEN and W. G. P. SCHOUTEN (1999A) Voluntary automatic milking in combination with grazing of dairy cows milking frequency and effects on behaviour. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, **64**: 91-109.
- KETELAAR-de LAUWERE, C. C., A. H. IPEMA, J. H. M. METZ, J. P. T. M. NOORDHIZEN and W. G. P. SCHOUTEN (1999B) The influence of the accessibility of concentrate on the behaviour of cows milked in an automatic milking system. *Netherlands J. Agr. Sci.*, **47**: 1-16.
- 喜田環樹 (1998) 搾乳ロボットの導入と利用上の技術的課題. *農業機械学会誌*, **60** (6): 142-145.

- 喜田環樹・市戸万丈・安藤 貞・天羽弘一・井上 卓 (1999) ロボット搾乳時の牛群行動・泌乳生理に関する基礎的研究. 日本家畜管理学会誌, **35** (Suppl.) : 26-27.
- KREMER, J. H. and D. ORDOLFF (1992) Experiences with continuous robot milking with regard to milk yield, milk composition and behaviour of cows. In Prospects for automatic milking: Proceedings of the international symposium on prospects for automatic milking (Ipema, A. H., A. C. Lippus, J. H. M. Metz and W. Rossing eds.) 253-260. Pudoc Scientific Publishers. Wageningen. The Netherlands.
- KUIPERS, A., and W. ROSSING (1996) Robotic milking of dairy cows. In Progress in dairy science (Phillips, C. J. C., ed.) 263-280. CAB International. London.
- 桑名 隆 (1996) ロボット搾乳のその後. 畜産コンサルタント, **383** : 40-44.
- MARCHAL, P., L. WALLIAN, G. RAULT and C. COLLEWET (1994) Investigations on the behavior of dairy cows during robotic milking. In Dairy system for 21st Century: Proceedings of the third international dairy housing conference (Bucklin, R., ed.) 415-425. ASAE. Michigan.
- 松本清高 (1999) フリーストール牛舎と搾乳ロボット. 畜産の研究, **53** : 173-178.
- METZ-STEFANOWSKA, J., P. J. M. HUIJSMANS, P. H. HOGWERF, A. H. IPEMA and A. KEEN (1992) Behaviour of cows before, during and after milking with an automatic milking system. In Prospects for automatic milking: Proceedings of the international symposium on prospects for automatic milking (Ipema, A. H., A. C. Lippus, J. H. M. Metz and W. Rossing eds.) 278-288. Pudoc Scientific Publishers. Wageningen. The Netherlands.
- METZ-STEFANOWSKA, J., A. H. IPEMA, C. C. KETELAAR-DE LAUWERE, E. BENDERS (1993) Feeding and drinking strategy of dairy cows after the introduction of one-way traffic into the loose housing system in the context of automatic milking. In Livestock Environment IV: Forth international symposium (Collins, E. and C. Boon ed.) 318-329. ASAE. Michigan.
- MILLER, R. H., L. A. FULTON, B. EREZ, W. F. WILLIAMS and R. E. PEARSON (1995) Variation in distances among teats of Holstein cows: Implications for automated milking. J. Dairy Sci., **78**: 1456-1462.
- 森田 茂 (1994) オランダ農業および環境工学研究所 (IMAG-DLO) より. 北海道家畜管理研究会報, **30** : 48-51.
- 森田 茂・S. DEVIR・C. C. KETELAAR-de Lauwere・A. C. SMITS・H. HOGVEEN・J. H. M. METZ (1995) 自動搾乳システムを利用したフリーストール牛舎での濃厚飼料給与量と乳牛の粗飼料採食行動の関連性. 日本家畜管理研究会誌, **31** : 14-15.
- 森田 茂・S. DEVIR・C. C. KETELAAR-de Lauwere・J. H. M. METZ (1996 A) 自動搾乳システムを利用した単方向移動型牛舎での乳牛の牛舎内移動特性. 第91回日本畜産学会大会講演要旨, 46.
- 森田 茂 (1996 B) 搾乳の自動化と乳牛の飼養管理システム. 北畜会報, **38** : 116-118.
- MORITA, S., S. DEVIR, C. C. K. De LAUWERE, A. C. SMITS, H. HOGVEEN and J. H. M. METZ (1997) Effects of concentrate intake on subsequent roughage intake and eating behavior of cows in an automatic milking system. J. Dairy Sci., **79**: 1572-1580.
- MOTTRAM, T. (1991) Design principles for automatic milking systems. Agric. Engineer, Summer: 39-42.
- MOTTRAM, T. (1992A) Design and management of automatic milking systems. Agric. Engineer, Autumn: 87-90.
- MOTTRAM, T. (1992B) Design and management of automatic milking systems Part II. Agric. Engineer, Winter: 115-118.
- MOTTRAM, T. (1993A) Design and management of automatic milking systems Part III. Agric. Engineer, Spring: 6-12.
- MOTTRAM, T. (1993B) Inspecting teat cleanliness for automatic milking. In Livestock Environment IV: Forth international symposium (Collins, E. and C. Boon ed.) 98-105. ASAE. Michigan.
- MOTTRAM, T., D. L. O. SMITH and R. J. GODWIN, (1994) Monitoring milk flow as an aid to management in automatic milking system. J. agric. Engng Res., **57**: 263-267.
- MOTTRAM, T., R. C. HALL, D. S. SPENCER, C. J. ALLEN and A. WINTER (1995) The role of the cow in automatic teat cup attachment. J. Dairy Sci., **78**: 1873-1880.
- MOTTRAM, T. (1997) Requirements for teat inspection and cleaning in automatic milking system. Computers and Electronics in Agriculture, **15**: 63-77.
- 農林水産技術会議編 (1997) 搾乳作業の省力化に関する研究. 農林水産技術会議研究成果 114, 156-182. 農林水産技術会議. 東京.

- 野附 巖 (1998) 搾乳技術の発展経緯と搾乳ロボットへの期待. 農業機械学会誌, **60** (6) : 134-137.
- 農畜産業振興事業団編 (1997) オランダの自動搾乳システムに関する調査報告書. 農畜産業振興事業団. 東京.
- ORDOLFF, D. (1983) Investigations on a system for automatic teat cup attaching. In Proceedings of the symposium: Automation in dairying. 287-290. IMAG. Wageningen. The Netherland.
- ORDOLFF, D. (1993) Developments in Robotic Milking. Buletin of the IDF., **279**: 25-32. 1993.
- ORDOLFF, D. (1997) Experiments on automatic preparation of milk samples in connection with milking robots. Computers and Electronics in Agriculture, **15**: 133-137.
- PIRKELMANN, H. (1992) Feeding strategies and automatic milking. In Prospects for automatic milking: Proceedings of the international symposium on prospects for automatic milking (Ipema, A. H., A. C. Lippus, J. H. M. Metz and W. Rossing eds.) 289-295. Pudoc Scientific Publishers. Wageningen. The Netherlands.
- PRESCOTT, N. B., T. T. MOTTRAM and J. F. WEBSTER (1997) Experiments studying the interaction between dairy cow behaviour and automatic milking. In Livestock Environment V: Proceedings of the Fifth International Symposium (Bottcher, R. W. and S. J. Hoff eds.) 1090-1097. ASAE. Michigan.
- PRESCOTT, N. B., T. T. MOTTRAM and J. F. WEBSTER (1998A) Effect of food type and location on the attendance to an automatic milking system by dairy cows and the effect of feeding during milking on their behaviour and milking characteristics. Anim. Sci., **67**: 183-193.
- PRESCOTT, N. B., T. T. MOTTRAM and J. F. WEBSTER (1998B) Relative motivations of dairy cows to be milked or fed in a Y-maze and an automatic milking system. Appl. Anim. Behav. Sci., **57**: 23-33.
- ROSSING, W., S. DEVIR, P. H. HOGWERF, A. H. IPEMA, C. C. KETELAAR-de Lauwere and J. METZ-STEFANOWSKA (1994A) Robotic milking: State of the Art. In Dairy systems for 21st Century: Proceedings of the third International dairy housing conference (Bucklin, R., ed.) 92-101. ASAE. Michigan.
- ROSSING, W., S. DEVIR, P. H. HOGWERF, A. H. IPEMA, K. MAATJE and J. H. M. METZ (1994B) Automation in Dairying. In Proceeding of the international symposium: Prospects for future dairying: A challenge for science and industry. Alfa Laval Agri. Tumba. Sweden.
- ROSSING, W. and P. H. HOGWERF (1997A) State of the art of automatic milking system. Computers and Electronics in Agriculture, **15**: 1-18.
- ROSSING, W., P. H. HOGWERF, A. H. IPEMA, C. C. KETELAAR-DE LAUWERE and C. J. A. M. de KONING (1997B) Robotic milking in dairy farm. Netherlands J. Agr. Sci., **45**: 15-31.
- ROSSING, W., E. AURIK and W. SMIT (1998) Robot milking systems and the integration the dairy farm. In Proceedings of fourth international dairy housing conference (Chastain, J. P., eds.). 61-70. ASAE. Michigan.
- 澤山一博・高橋裕之・三戸正道・森田 穰・松村信良・笹島克己・玉木哲夫・稲野一郎・島田実幸・高橋圭二 (1990) 搾乳ロボットの開発に関する研究. 北海道立工業試験場報告, **289** : 89-100.
- 生物系特定産業技術研究推進機構編 (1992) 搾乳ロボットの開発. 生研報告, No.27. 生物系特定産業技術研究推進機構. 大宮.
- 生物系特定産業技術研究推進機構・農業機械化研究所編 (1995) 搾乳の自動化に関する調査資料 (文献調査研究及び海外調査報告). 研究成績 6-2. 生物系特定産業技術研究推進機構. 大宮.
- 生物系特定産業技術研究推進機構・農業機械化研究所編 (1996) 搾乳の自動化に関する調査資料II. 研究成績 7-1. 生物系特定産業技術研究推進機構. 大宮.
- 新出陽三 (1993 A) 搾乳ロボットの現状と将来について. 酪総研, **167** : 1-3.
- 新出陽三 (1993 B) 群管理と搾乳の自動化. 日本家畜管理研究会誌, **29** (別号) : 39-46.
- 新出陽三・松田従三 (1994) 搾乳ロボットと酪農. 酪農研特別選書 No.30. 酪農総合研究所. 札幌.
- 新出陽三 (1995) 牛はモーモーと鳴きます: 搾乳ロボットの实用化にむけて. 酪総研, **182** : 12-13.
- 新出陽三 (1996 A) ロボット搾乳で気がついたこと. 酪総研, **199** : 6-7.
- 新出陽三・鈴木恵美子・植野昇壽・古村圭子・池滝孝・柏村文郎・中村隆三・林 正彦 (1996 B) 搾乳ロボットの实用化に関する研究: 定刻搾乳と自由搾乳の比較. 第 91 回日本畜産学会大会講演要旨, 46.
- 新出陽三・高間晴子・川原由紀子・古村圭子・柏村文郎・池滝 孝 (1997 A) 栃木県 R 牧場の搾乳ロボットの稼働状況について. 日本家畜管理学会誌, **33** (Suppl.) : 26-27.
- 新出陽三・河内賢一・星 綾子・古村圭子・柏村文郎 (1997 B) 搾乳ロボットの实用化に関する研究: 搾乳

- エリアへの牛の進入, 第 92 回日本畜産学会大会講演要旨, 89.
- 新出陽三 (1997 C) 搾乳ロボット利用技術の開発に関する研究. 平成 6 年度～平成 8 年度科学研究費補助金 (基盤研究 (基盤研究(A)(2)) 研究成果報告書.
- SONCK, B. R. and H. W. J. DONKERS (1995A) The milking capacity of a milking robot. *J. agric. Engng Res.* **62**(1): 25-37.
- SONCK, B. R. (1995B) Labour research on automatic milking with a human-controlled cow traffic. *Netherlands J. Agric. Sci.* **43**: 261-285.
- SONCK, B. R. and E. van ELDEREN (1998) Dynamic stochastic model of robotic milking of dairy cows: In *Proceedings of fourth international dairy housing conference* (Chastain, J. P., ed.) 71-79. ASAE. Michigan.
- SPAHR, S. L. and E. MALTZ (1997) Herd management for robotic milking. *Computers and electronics in agriculture.* **17**: 1-138.
- STEFANOWSKA, J., S. DEVIR and H. HOGEVEEN (1997A) Time study on dairy cows in an automatic milking system with a selection unit and one-way cow traffic. *Canadian Agricultural Engineering*, **39**: 221-229.
- STEFANOWSKA, J., A. H. IPEMA and C. E. VAN'T KLOOSTER (1997B) The use of a selection unit in robotic milking: results of experiments. In *Livestock Environment V: Proceedings of the fifth international symposium* (R. W. Bottcher, R. W. and S. J. Hoff eds.) 1080-1089. ASAE. Michigan.
- STEFANOWSKA, J., A. H. IPEMA, M. M. W. B. HENDRINKS (1999A) The behaviour of dairy cows in an automatic milking system where selection for milking takes place in the milking stalls. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, **62**: 99-114.
- STEFANOWSKA, J., N. S. TILIOPOULOS, A. H. IPEMA and M. M. W. B. HENDRINKS (1999B) Dairy cow interactions with an automatic milking system starting with 'walk-through' selection. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, **63**: 177-193.
- STREET, M. (1993A) Robotic milking. *Agric. Engineer, Spring*: 24-27.
- STREET, M., D. S. SPENCER and R. C. HALL (1993B) The Silso automatic milking system. *Measurement + Control*, **26**, September: 197-201.
- 須田 潤・柏村文郎・古村圭子・新出陽三・中村隆三・林 正彦 (1996) 搾乳ロボットの実用化に関する研究: 搾乳施設への牛の馴致過程について. *日本家畜管理学会誌*, **32** (Suppl.): 24-25.
- 高橋圭二 (1999) 搾乳ロボットの開発経過と市販の状況: 欧州と日本の普及・利用状況. *畜産技術*, **534**: 14-18.
- 丹菊将貴・江邑 明・栢田正博・佐々木一八・工藤茂 (1998) 自動搾乳システム (いわゆる搾乳ロボット) を利用した搾乳の実際について. *畜産技術*, **11**: 44-48.
- 畜産技術協会編 (1993) ドイツ, イギリスおよびオランダにおけるフリーストール・ミルクングパーラーシステムの実態. 畜産技術協会, 東京.
- 畜産技術協会編 (1998) 自動搾乳システム定着化マニュアル情報集第 1 集. 畜産技術協会, 東京.
- 畜産技術協会編 (1999) 自動搾乳システム事例情報集. 畜産技術協会, 東京.
- UETAKE, K., J. F. HURNIK and L. JOHNSON (1997A) Behavioral pattern of dairy cows milked in a two-stall automatic milking system with a holding area. *J. Anim. Sci.*, **75**: 954-958.
- UETAKE, K., J. F. HURNIK and L. JOHNSON (1997B) Effect of music on voluntary approach of dairy cows to an automatic milking system. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **53**: 175-182.
- 植竹勝治 (1998) ホールディングエリアでの長い待ち時間を補うために採食に費やす時間を切り詰める AMS 搾乳牛. *デーリイマン*, **48** (2): 40-41.
- WINTER, A., R. M. TEVERSON and J. E. HILLERTON (1992) The effect of increased milking frequency and automated milking systems on the behaviour of the dairy cow. In *Prospects for automatic milking: Proceedings of the international symposium on prospects for automatic milking* (Ipema, A. H., A. C. Lippus, J. H. M. Metz and W. Rossing eds.) 261-269. Pudoc Scientific Publishers. Wageningen. The Netherlands.
- WINTER, A. and J. E. HILLERTON (1995) Behaviour associated with feeding and milking of early lactation cows housed in an experimental automatic milking system. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, **46**: 1-15.
- 全国酪農業共同組合連合会研究開発部編 (1994) 搾乳関連施設シンポジウム. 全国酪農業協同組合連合会, 東京.