弁別学習を利用した黒毛和種雌牛サブグループの音響誘導による分離

誌名	日本草地学会誌
ISSN	04475933
著者名	塚田,英晴 須藤,まどか 井村,毅 花房,泰子 深澤,充 小迫,孝実
発行元	日本草地学会
巻/号	50巻4号
掲載ページ	p. 349-354
発行年月	2004年10月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat

Grassland Science 50 (4) : 349-354 (2004)

弁別学習を利用した黒毛和種雌牛サブグループの音響誘導による分離

塚田英晴・須藤まどか*・井村　毅**・花房泰子***・深澤　充・小迫孝実

独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構畜産草地研究所放牧管理部
(329-2793 栃木県那須郡西那須野町千本松 768)
* 現在：独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構畜産草地研究所家畜生理栄養部
(305-0901 茨城県つくば市池の台 2)
** 現在：独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構近畿中国四国農業研究センター畜産草地部
(694-0013 島根県大田市川合町吉永 60)
*** 現在：独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構動物衛生研究所感染病研究部
(〒305-0856 茨城県つくば市観音台 3-1-5)
Department of Grazing Animal Production, National Institute of Livestock and Grassland Science, Senbonmatsu 768, Nishinasuno, Tochigi 329-2793, Japan
* Present address : Department of Animal Physiology and Nutrition, National Institute of Livestock and Grassland Science, Tsukuba, Ibaraki 305-0901, Japan
** Present address : Department of Livestock and Grassland Science, National Agricultural Research Center for Western Region, Kawai-Cho, Oda, Shimane 694-0013, Japan
*** Present address : Department of Infectious Diseases, National Institute of Animal Health, Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305-0856, Japan

受付日：2004 年 4 月 14 日/受理日：2004 年 6 月 10 日

Synopsis

Hideharu Tsukada, Madoka Sutoh, Tsuyoshi Imura, Yasuko Hanafusa, Michiru Fukasawa and Takami Kosako (2004) : Separation of the Japanese Black Female Cattle Sub-group by the Auditory Guidance Using Discrimination Learning. Grassland Science 50, 349-354.

We experimentally examined whether the sub-group of female cattle could be separated from its large group and be guided differently by each of two kinds of music. Six Japanese Black breeding female cattle divided into two groups (three animals each), were trained to be guided by the one of two different music using concentrate feed as reward. As a result, auditory guidance was conducted successfully under the both training conditions ; 1) each group was trained independently, and 2) two groups were mixed and trained together using each different correct answer corresponding to each of two different music. At the latter condition, however, many trials (140-240 trial) was needed for its success, and the interruption of the subordinate's access to feed bunk by the dominant was observed. The further research on auditory discrimination guidance such as using negative reinforcement seems to be necessary for applying the result to practical situations.

Key words : **Auditory guidance, Discriminate learning, Japanese Black cattle, Labor saving grazing technique.**

諸　　言

畜産農家の高齢化に伴い省力的放牧技術の開発が求められている。牛の学習能力を利用した音響誘導技術は，省力性に優れた技術として，Albright ら (1966)，上原ら (1969)，円通ら (1980) による先駆的研究以来，これまでに多くの研究がなされてきた。効果的な集畜を可能にするため，報酬の種類や提示間隔 (野田・太田垣 1994 ; 中原ら 1995)，訓練方法 (森下ら 1993 ; 野田・太田垣 1994 ; 中原ら 1995 ; 平野ら 1994)，リーダー牛の効果 (森下ら 1993 ; 平野ら 1994 ; 野田・太田垣 1995)，音源の種類や強度 (森下ら 1993 ; 三成ら 1994 ; 野田・太田垣 1994 ; 中原ら 1995 ; 三成ら 1994)，周波数特性 (圓通ら 1996)，音の提示場所 (中原ら 1995)，牧区の草の状態 (圓通 1993)，飼料摂取量や注射処理による影響 (圓通ら 1993)，誘導時の移動順位 (円通ら 1982) などが検討されてきた。しかしこれらは，多頭 1 群で育成されている公共牧場での管理を狙った技術であり，個人農家単位での集畜を念頭においてはいない。少数の牛を預託している個人農家にとっては，多数の牛の中から自分の牛だけを選択的に捕獲し，種付けや薬剤の塗布・治療といった健康管理をする必要がある。佐藤・中西 (1990) は楽器・音階・移調が異なる音楽を牛が聞き分けられることを報告しているが，このような牛の音楽弁別能力と音響誘導で用いられてきた学習能力を組み合わせることにより，異なる音源を用いた個体選択的誘導技術が可能と考えられる。現実場面では，各農家が独自の音楽に基づく誘導訓練をおこなうことにより，預託先の公共牧場で自分の牛だけを選択的に集畜することが期待できる。そ

一部は第 58 回発表会 (2003 年 3 月) において発表。

Table 1. Age and weight of subject cattle. Each figure is at the beginning of this study.

Name	Group	Weight (kg)	Age (months)
A101	A	412	44
A105	A	368	45
A923	A	310	57
B106	B	444	45
B824	B	388	69
B912	B	360	58

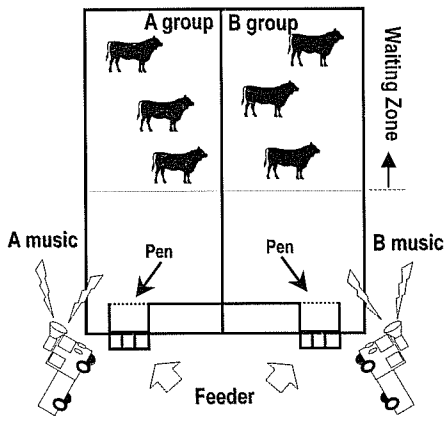

Fig. 1. A schema of the paddock at which the study was conducted.

こで本研究では，牛のもつ音楽弁別能力と音響誘導で用いられてきた学習能力を組み合わせることにより，特定の音楽を誘導刺激として学習した個体のみを選択的に誘導することが可能かどうかについて実験的に検討した。

材料と方法

1. 被験牛と飼養方法

黒毛和種繁殖雌牛（以下，被験牛）6頭を供試した。目視での個体識別を容易にするため，体の両側面，臀部および頭部の毛を，市販の脱色剤を用いて個体特有のパターンに脱色した。被験牛の体重及び年齢については表1に示す。1群3頭の2群（A群，B群）に分けて畜産草地研究所内のパドック（約2,500 m^2）で飼育し，パドック内で音響誘導訓練および弁別学習訓練を実施した（図1）。分離誘導学習訓練では，実験開始3日前から両群を同居させて片側のパドックで実験条件に馴致させ，実験中も全頭一群として飼育した。実験期間中，被験牛のDM要求量およびTDN要求量を十分満たす量の乾草を実験後に飼槽に給与して自由採食させ，水は水槽から自由飲水させた。ただし，夕方（午後6時頃）に飼槽の残滓を除去し，それ以降から翌朝の実験開始までの12-14時間絶食させた。

2. 音響誘導訓練

はじめに，実験施設への馴致と音響誘導学習を成立させるため，A群B群別々に以下の訓練および確認テストを実施した。実験は両群同時期に1日1セッションずつ実施し，乱数表を用いてセッションを行う順番をセッション毎に割り当てた。訓練フェイスでは，最初の4試行で，飼槽を設置したペン内に被験牛を集め（図1参照），音楽の提示と同時に実験者1が飼槽付近で音や声で被験牛の注意をひき，スタンチョンに頭を入れるように誘導した。被験牛が頭を入れた時点で飼槽内に肉用牛繁殖用配合飼料（以下配合飼料）70～210 gを報酬として給餌した。給餌作業は，飼槽の脇に待機している実験者2が1杯約70 gの配合飼料が入るカップで飼槽に補給する形式で実施した。5試行目からは，飼槽から約20 m離れた待機エリア（Waiting Zone）まで被験牛を移動させた後（図1参照），音楽を3分間提示した。音楽提示時間内に飼槽まで移動してスタンチョンに頭を入れた場合を正答，それ以外の場合を誤答とした。音楽提示後，実験者1が被験牛を待機エリアまで誘導し，待機エリアに2分間とどまっていること（待機時間）を確認後，次の試行を開始した。被験牛が待機エリアを離れて飼槽に近づいた場合には声をかけて待機エリアまで誘導し，待機エリアに到達してから待機時間の計測をやり直した。待機エリアまでの誘導，待機エリアに被験牛が待機しているか否かの確認は，すべて実験者1が行った。

A群にはバイオリンによるアップテンポの音楽（American Wake（The Nova Scotia Set）〔Riverdance on Broadway〕Celtic Heartbeat Ltd：以下，A音楽），B群にはケーナによるスローテンポの音楽（ヘイ・ジュード〔ムード音楽ケーナ〕株式会社大創産業：以下B音楽）をそれぞれ音源に用い，音源加工用ソフト（WaveSpectra for Windows Ver. 1.20）を用いて20秒から1分程度の演奏部分を繰り返す3分間のWaveデータに編集後，CD-Rに記録して使用した。音源の提示は，軽トラックに搭載したスピーカー（NP110，株式会社ノボル電機製作所）を用い，車載アンプ（YT-21，株式会社ノボル電機製作所）にCDラジオカセットレコーダー（CDF-E75，ソニー株式会社）を接続して実施した。円通（1987）は音響誘導時の音量として，55 db以上が望ましいと述べている。音源から最も遠い地点（約50 m）での音圧をデジタル騒音計（YC-30，ケニス株式会社）により測定したところ，平均75.4±3.04 *SD* db（n＝15）であった。

6試行連続して正答を示した時点で訓練フェイスを終了し，1セッション12試行からなる確認テストに移行した。確認テストでは，訓練フェイスの5試行目以降と同じ試行を繰り返し行い，1セッションの正答率が8割を2回連続して超えた場合，音響誘導学習が成立したと判断した。

3. 弁別学習訓練

音響誘導訓練で用いた2種類の音楽（A音楽，B音楽）のうちどちらか一方を各試行でランダムに3分間提示し（ただし，1セッション中での提示回数は，各音楽7回もしくは8回），A群に対する実験であれば，A音楽が提示されている時間内にスタンチョンに頭を入れた場合に，正答として報酬の配合飼料を与えた。B音楽が提示された時には，被験牛がペン内に侵入しなかった場合を正答と判定した。ただしこの場合には，正答であっても報酬を与えなかった。B群に対する実験では，A群とは逆にB音楽が報酬をともなう正答とした。上述した点以外については，音響誘導訓練と同様の方法

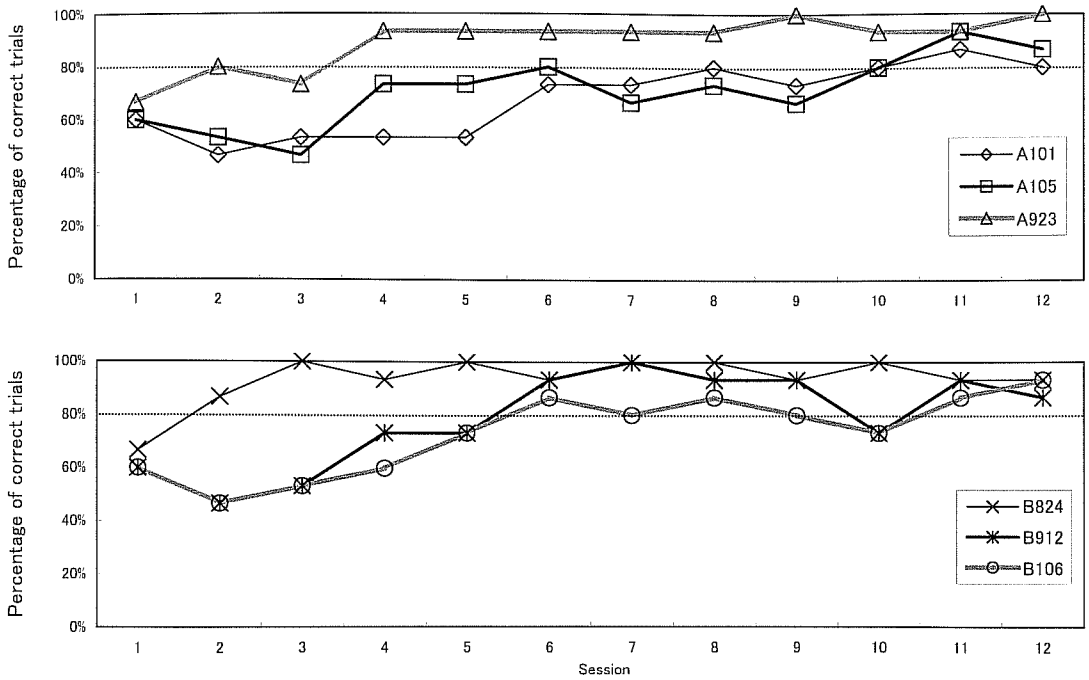

Fig. 2. The transitions of the percentage of correct trials in auditory discrimination learning were compared among cattle of A group (upper) and B group (lower). The broken line shows the level of statistically significance (χ^2 test, $p<0.05$).

で訓練を実施した。1セッション15試行（1セッション中での提示回数は，各音楽7回もしくは8回）からなる訓練を1日に1セッションずつ毎日繰り返し，各被験牛の正答率が2セッション続けて80%以上（χ^2検定で50%の正答率から5%水準で有意に異なる）になった時点で，学習が成立したと判断した。訓練の様子はビデオで撮影し，音楽提示から飼槽に頭をいれるまでの時間を録画した資料をもとに秒単位で測定した。

4. 分離誘導学習訓練

A群とB群，両方の牛を1群とし，その中からそれぞれの正答音楽に対応したサブグループのみを誘導する「分離誘導学習訓練」を実施した。弁別学習訓練と大きく異なる点は，正答となる反応が異なる被験牛が1群内に混在することである。音楽の提示方法，飼育報酬の与え方，正答の定義，学習成立の判断などは，弁別学習訓練に準じた。ただしここでは，1セッション当たりの試行数は20試行とした。

結　　果

1. 音響誘導訓練

全ての被験牛が速やかに音楽と報酬との関係を学習した。被験牛間で学習速度が異なり，各群で最も体重が重い被験牛（A101，B106）は，訓練フェイスの第1試行目から誤反応を全く示さなかった。学習成立が最も遅かった被験牛（A105）では，訓練フェイスで28試行を要した。一方，確認テストでは，全被験牛が100%の正答率を示した。

2. 弁別学習訓練

全ての被験牛で異なる音楽の弁別学習が成立した。B群では，7セッション（105試行）で学習の成立基準を満たしたのに対し，A群では，学習の成立基準を満たすのに11セッション（165試行）を要した。被験牛ごとに見ると，最も早いものでは3セッション（B824，45試行）で学習の成立基準を満たした（図2）。すべての被験牛で学習が成立していた12セッション目における正答時の飼槽への到達時間を比較すると，各群とも体重が重い被験牛では短く，体重が軽い被験牛では有意に長くなる傾向が認められた（図3）。

3. 分離誘導訓練

全ての被験牛が学習の成立基準を満たしたものの，弁別学習訓練と比べると学習成立までに多くの試行を要し，最も早い被験牛でも7セッション（B912，140試行；図4），最も遅い被験牛では12セッションを要した（A105，240試行；図4）。また，個別には学習の成立条件は満たしたものの，16セッション（320試行）を経ても全ての被験牛が同時に学習の成立条件を満たすことはなかった。しかし，正答および誤答での飼槽までの到達時間を比較すると，ほとんどの被験牛において誤答での到達時間の方が長くなった（図5）。この傾向は比較的早いセッションで顕著に現れており，例えばB106では，学習成立までには11セッションを要したにもかかわらず，誤答での飼槽到達時間が2セッション目から正答と比較して有意に長くなっていた（t-test, $p<0.05$）。

飼槽への到達時間は，B106といった体重の重い個体で短く，B824やA923といった体重の軽い劣位個体では長くなった（図6）。これには，体重の重いB106が，他の被験牛が飼槽に接近するのを妨害し，飼槽に入らせないようにする行動が影響していた。体重の軽い被験牛は，多くの試行において，

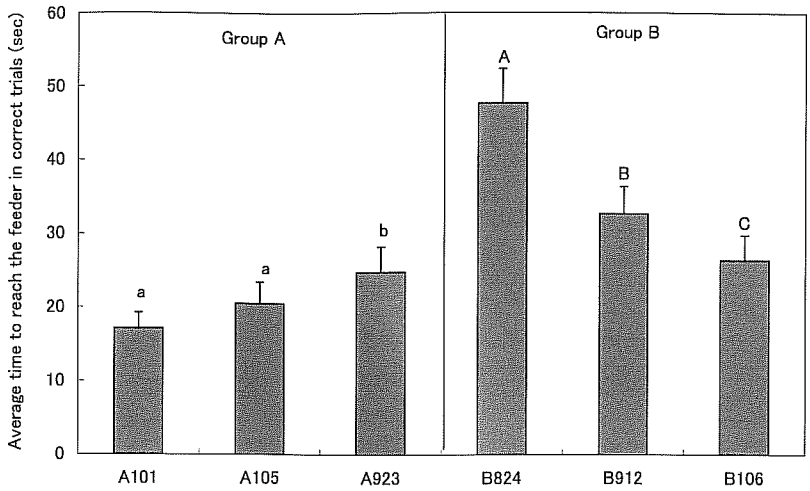

Fig. 3. Average time to reach the feeder in correct trials was compared in each cattle at the 12 sessions of auditory discrimination learning task. Error bars represent standard deviations. Different letters show statistically significance between cattle of each group (LSD, $p<0.05$).

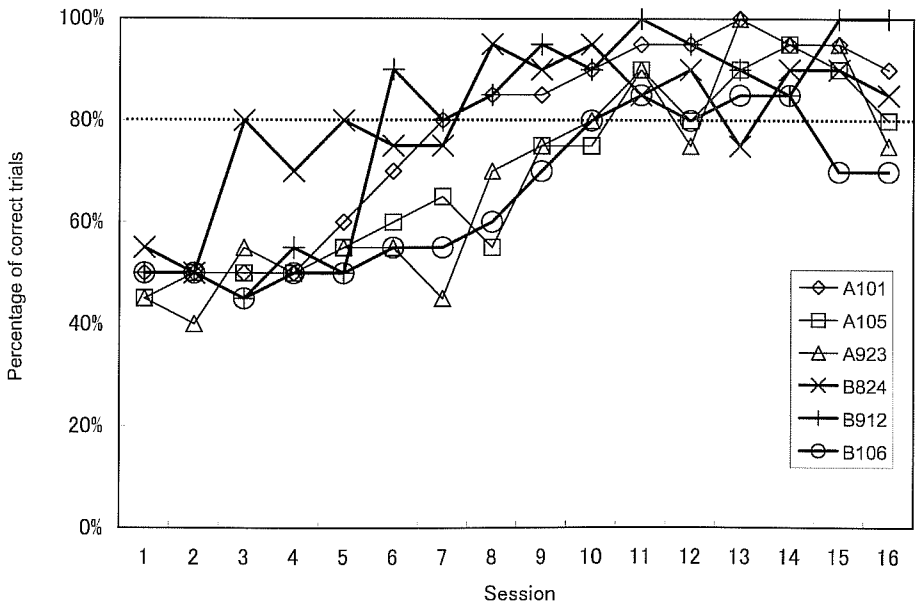

Fig. 4. The transition of the percentage of correct trials in auditory guidance using discrimination learning of each cattle. The broken line shows the level of statistically significance (χ^2 test, $p<0.05$).

B106の方へ視線を向けてB106の動きを確認してから飼槽への移動を開始した。

考　　察

放牧地における集畜作業では，農家レベルでの慣行的方法として，声をかけての呼び寄せとその反応に対する補助飼料や塩の給与による一種の強化学習を通じて農家が所有する牛群の誘導行為が行われてきた。しかしながら，これら個別牛群の分離・集畜作業が，管理者の姿や特定の動作などといった音響以外の手がかりを牛が利用することで成立していたかどうかについては明らかでなかった。一方，円通ら（1980, 1982）の一連の音響誘導に関する研究や佐藤・中西（1990）による牛の音楽弁別能力に関する研究から，音響刺激のみで牛が個別に集畜される可能性が示唆されてはいたが，本研究によって初めて，音響刺激のみを変化させることで，別々に学習させた牛群を分離・誘導できることが実証された。

本研究では，音楽の提示と給餌場への誘導を連合学習させる単純な音響誘導については，従来の研究と同様に極めて速

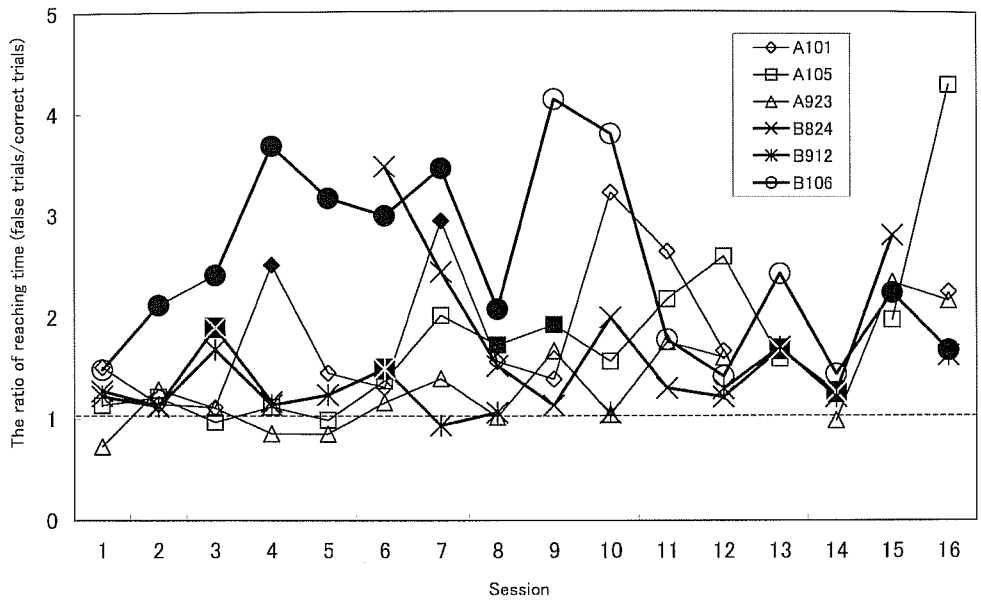

Fig. 5. The ratios of false against correct trials in terms of reaching time to the feeder were compared among cattle at the auditory guidance using discrimination learning task. Statistically significances are shown by filled symbols (t-test, $p<0.05$). The others are shown by open symbols.

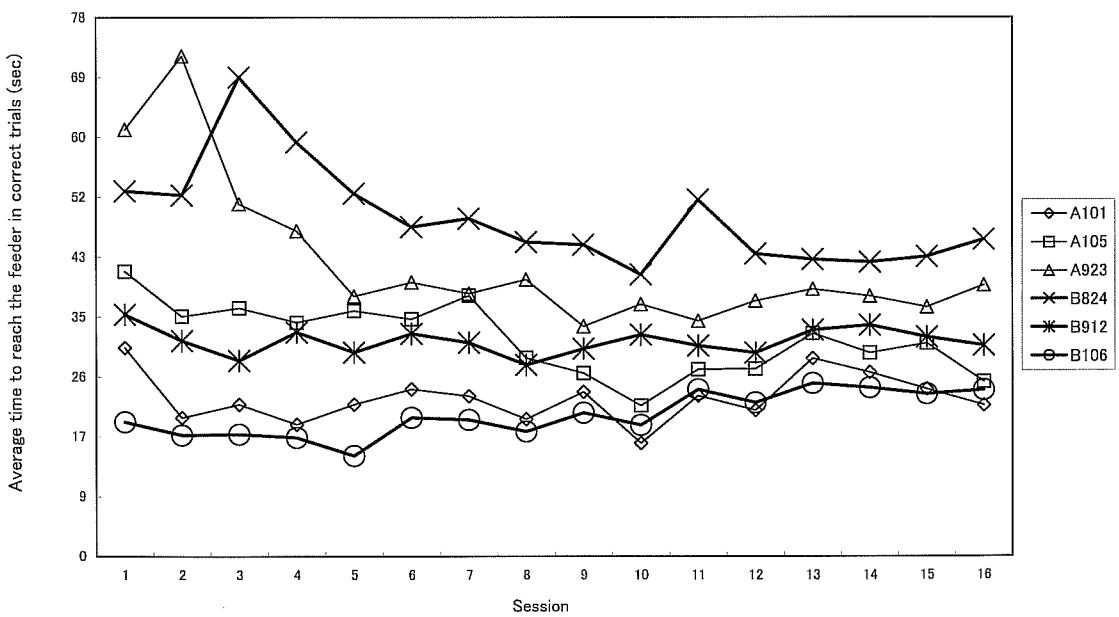

Fig. 6. The transitions of average time to reach the feeder in correct trials were compared among cattle at the auditory guidance using discrimination learning task.

やかに学習されることを確認したが，その一方で，異なる音楽を聞き分け，正しい音楽の提示時にのみ誘導されることを学習させるには100試行以上もの比較的長い訓練時間を要することが分かった。誤反応の多くは，大半の試行で最初に誘導反応を示す社会的順位の高い個体に他の個体が追随することで発生しており，音楽の提示と報酬との結びつきを単純な連合学習としてではなく，先導個体への追随行動を介する学習として成立している可能性が示唆された。これまでの音響誘導に関する研究でも，音響誘導学習個体が先導することで，未学習個体の学習を促進することが確認されている（森下ら 1993；平野ら 1994；野田 1995；野田・太田垣 1995）。また，報酬の手がかりとなる音響刺激を首輪に装着したポケットベルにより提示し，特定の個体以外には音響刺激が得られにくい条件下でも，ポケットベル未装着個体の誘導が可能で

あった（三成ら 1994）。弁別を必要としない音響誘導においては，畜舎やパドック内での音楽と報酬の提示が後の音響誘導の成立を向上させることが確認されているため（森下ら 1993；野田・太田垣 1994；中原ら 1995；平野ら 1994），他の音楽と区別して特定の音楽と報酬との結びつきを個体ごとに学習させるには，畜舎内であらかじめ非学習音の提示を交えながら，特定の音楽との結びつきのみを学習させる方法が有効と考えられる。

弁別誘導学習は，先導個体の影響のみならず，誘導時の個体間の到達時間と体重との関係から，社会的相互作用によっても影響されていることが示唆された。牛群内の社会的に優位な被験牛は，非学習音が提示された試行において，その提示音が正答に該当する劣位の被験牛がパドックに近づくのを妨害し，飼槽に頭を入れると頭を打ち付けて飼槽から追い出した。そのため，弁別誘導学習における正答率は，最優位個体であるB106の行動によって大きく左右されていた。円通ら（1982）は，音響誘導時の移動順位を解析することで，体重が重く角つつき順位の高い個体から先に誘導されることを明らかにしている。また，社会的順位の高い個体によって報酬餌が占有される問題点を指摘し，物理的もしくは化学的方法によって採食競合を緩和する必要性について言及している。弁別誘導学習においても，報酬による正の強化だけでなく，円通ら（1982）の指摘するような負の強化を実施することで学習効果を促進できる可能性が考えられる。

本研究では，牛の音楽弁別能力を利用することで特定の牛群を分離・誘導することが可能なことを明らかにしたが，現実場面でこの知見を応用するには，様々な工夫を必要とする。小迫ら（2004）は，公共牧場において農家が自分の預託牛だけを分離捕獲する上で役立つ軽トラック搭載型の捕獲器を開発し，音響誘導と組み合わせることで分離誘導捕獲が可能なことを紹介している。このような，未経験牛にとって新奇な機材を使用することにより，誤誘導個体を積極的に排除し，弁別誘導学習を効率よく実践できる可能性がある。応用面でのさらなる研究展開が望まれる。

引用文献

Albright JL, Gordon WP, Black WC, Dietrich JP, Snyder WW, Meadows CE (1966) Behavioral responses of cows to auditory training. J Dairy Sci 49 : 104-106

円通茂喜・安藤文桜・両角清一（1980）時間制限放牧における育成牛群の行動制御 Ⅲ. 条件音による牛群の誘導とその効率化. 草地試研報 16 : 128-142

円通茂喜・安藤文桜・両角清一（1982）時間制限放牧における育成牛群の行動制御 Ⅳ. 条件音による牛群誘導時の移動順位. 草地試研報 21 : 88-99

円通茂喜（1987）放牧牛群の誘導技術. 養牛の友 137 : 28-34

圓通茂喜（1993）滞牧による草生変化が音で放牧牛を誘導するときの食餌性条件反応に及ぼす影響. 日本家畜管理研究会誌 29 : 47-53

圓通茂喜・土肥宏志・山田明央（1993）飼料摂取量および注射痛が牛を音響誘導するための食餌性条件反応に及ぼす影響. 日畜会報 64 : 1031-1037

圓通茂喜・福川哈一郎・山田明央・土肥宏志（1996）放牧牛の音響誘導における適正周波数. 草地飼料作研究成果最新情報 11 : 111-112

平野幹典・森下賀之・常陸勝弘・藤原勝美（1994）複雑傾斜地における黒毛和種繁殖牛の牛群制御技術の開発. 京都碇高総牧試研報 15 : 46-60

小迫孝実・塚田英晴・深澤　充・須藤まどか・井村　毅（2004）拡声音響装置および自動ロックスタンチョン積載軽トラックを用いた放牧牛の誘導捕獲. 日草誌 50（別）: 140-141

三成淳夫・板垣勝正・森脇稔幸・高瀬守史（1994）複雑急傾斜地における黒毛和種繁殖牛の牛群制御技術の開発. 島根県立畜産試験場研究報告 29 : 11-20

森下賀之・藤野日出海・常陸勝弘・藤原勝美（1993）複雑傾斜地における黒毛和種繁殖牛の牛群制御技術の開発. 京都碇高総牧試研報 14 : 39-48

中原　仁・原田　護・山本　洋・塚本章夫・溝口　豊（1995）複雑急傾斜地における黒毛和種繁殖牛の牛群制御技術の開発. 岡山総畜セ研報 6 : 9-14

野田昌伸・太田垣進（1994）条件音による黒毛和種放牧牛の誘導技術の検討. 兵庫農技研報（畜産）30 : 45-48

野田昌伸（1995）条件音利用による肉用牛の誘導技術. 畜産コンサルタント 361 : 49-53

野田昌伸・太田垣進（1995）リーダー牛を利用した黒毛和種放牧牛の誘導技術. 兵庫農技研報（畜産）31 : 57-60

佐藤匡美・中西雄二（1990）牛の聴覚―音楽（曲）の聴き分け―について. 草地飼料作研究成果最新情報 5 : 109-110

上原　毅・中山元司・遠藤織太郎・後藤　弘・井上莞爾・染谷　潤（1969）家畜（牛）の行動制御に関する研究―音による乳牛行動の制御と誘導の可能性について―. 農電研報告 69020 : 1-20

要　旨

塚田英晴・須藤まどか・井村　毅・花房泰子・深澤　充・小迫孝実（2004）：弁別学習を利用した黒毛和種雌牛サブグループの音響誘導による分離. 日草誌 50, 349-354.

牛の音楽弁別能力を利用し，音楽の種類のみを変えることで牛群から別々の小群を分離・誘導することができるか，実験的に検討した。黒毛和種繁殖雌牛6頭を2群（各3頭）に分け，2種類の音楽を聞かせてどちらか一方の音楽だけに誘導されるよう濃厚飼料を報酬に訓練した。その結果，1群のみの訓練でも，2群を一緒にして1群のみを分離誘導する訓練のどちらでも音響誘導が成立した。しかし，後者では学習成立までに多くの試行（140-240試行）を必要とし，社会的優位個体による劣位個体の飼槽への接近妨害行動が確認されたため，現実場面への応用には負の強化などの工夫が必要と考えられる。

キーワード：音響誘導，黒毛和種牛，省力的放牧技術，弁別学習.