

## 장거리 능동 어탐의 연구

장지원 · 박종만 · 이윤희

부산 수산대학  
(1988년 2월 5일 접수)

## Long Range Active Acoustic System for Fish Finding

Jeewon CHANG, Jong Man PARK and Woon Hee LEE

Natal Fisheries University of Pusan  
(Received February 5, 1988)

For the purpose of making the detection range of fish detection system more longer and computerizing the system a parametric sound source, a timer and a digitizing circuit for the Apple II computer have been studied. The parametric sound of 5 KHz generated by passing AND gate two signals from carrier signal generator of 200KHz with modulator of 5KHz. This parametric acoustic source of 5KHz difference frequency had more higher directional resolution of 10 degrees than single frequency sound of 200KHz.

Peripheral interface adaptor MC 6821 was adopted for interfacing to the Apple II personal computer. The timer consisted of six decade binary coded decimal counters (74 LS 190), and the digitizing circuit consisted of a sample & hold (LF 398) and an A/D converter(ADC 0808). The timer with 10KHz clock pulse had the measuring time from 0.1msec to 100sec. This time measuring range was satisfactory for the aim of the fish finding acoustic system.

## 서 론

어탐(魚探)은 잠탐(潛探)과는 구조와 규모에 있어서 차이가 있다. 군용의 잠탐은 경제성을 고려하고 있지 않으나 어탐은 어업상 체산성을 고려해야 하므로 과도 하게 비싼 것은 보급이 어렵다. 어탐에 쓰이고 있는 주사식(走査式) sonar는 잠탐용 sonar와 짧은 깊은 많으나 측정거리에 있어서 상당한 차이가 있으며, 어탐은 실효거리 1km에서 1.5km 내외인 것 같다. 제작회사에 따라서는 2km의 가측거리를 표시하고 있을지라도 해황등을 고려하면 1.5km 이내 인 것으로 알려져 있으며, 실사용자가 보고하는 바에 의하면 가측거리는 실제로 이 보다 더 짧다. 따라서 육상의 radar에 의한 가측거리를 생각하면 비교도 되지 않는 가까운 거리에서만 이용되는 것이 어탐이라고 할 수 있다. 따라서 장거리 어탐이 요청되

는데 투자비용에 따라 장거리 어탐이 불가능한 것은 아니라는 점에서 이 방법의 연구가 필요하다고 생각된다. Searchlight 방식 보다도 전자주사형 다 변환기배열(多變換排列)식 송수파기를 이용하는 어탐이 비용이 많이 든다. 그러나 현재 제작회사가 출고하고 있는 것은 그 어느 것이나 어탐으로서 는 탐자거리가 상술한 거리를 상회하는 것은 없다.

장거리 어탐은 송파기의 출력이 문체인데 더출력 용의 송수파기의 구입이 쉽지 않다. PZT ceramic의 1Kw~6Kw의 한개 값이 1,000불에서 3,000불 정도이다. 대출력으로 하려면 이들의 배열이 필요하다, 따라서 그 배열에는 매우 큰 비용이 소요된다.

전기충격음원은 지질탐사 등에는 많이 이용이 되고 있으나 어탐에는 이용된 바 없다. 전기충격음원은 취급은 용이하나 고압이 되는 경우는 취급에 위험이 따른다는 점에서 기피감이 없지 않다. 핵수는

도전체이기 때문에 축전기의 전기축전에는 방전회로는 차단되어 있어야 하고 방전시 스위치 개폐에 폭음이 생기는 등의 결점이 있다. 과히 높은 전압이 아니면 SCR 소자를 이용하면 폭소음을 막을 수 있다. 기계적인 개폐의 경우도 밀폐된 용기를 이용하여 폭소음을 막을 수 있다. 가장 좋은 것은 역시 SCR 이용이 이상적인데 대전류의 취급에는 많은 SCR가 필요하며 다수 개의 SCR의 동시 개폐가 어려워 파손이 오기 쉬운 것이 결점이다. 전기충격음원에서 발생하는 음원의 주파수 범위는 충격장치의 전압에 따라 또는 축전기의 용량에 따라 음원 세력과 함께 약간의 차이는 있다. 그러나 대부분 수백 Hz의 저주파 대역이다.

따라서 여기서는 다소나마 현탐지거리를 연장한다는 뜻에서 parametric 송파를 어탐에 이용하는 것을 제안하며, 그 전체 구성과 함께 그 결과를 보고저 한다.

Parametric 음원은 방위분 해능이 우수하므로 탐지거리도 크게 할 수 있다는 이점이 있다. Parametric 음원 발생 방법은 두가지인데, 그 하나는 단일개의 송파기에 차주파수가 장거리로 전파하는 낮은 대역의 주파수가 되도록 높은 두 주파수의 발진기를 동시에 가동시키는 방법이며, 다른 하나는 둘의 송파기에서 서로 다른 높은 주파수의 음파를 송출하여 송파기 부근의 변조영역에서 차주파수의 음파를 구성시키는 방법이다. 여기서는 전자의 방식을 택하여 그것을 어탐 음원으로 이용하는 것이다.

수중음향현상의 최초의 기록은 Leonardo da Vinci에서 시작된다. 1826년에 J. Colladon 및 J.K.F. Strum 등이 수중음속을 측정 한 바 있다. 1911년에 R. A. Fessenden 이 동코일형 진동자를 개발하여 기계식 음탐이 시작되고, 1939년에서 1945년 사이에는 세계 대전을 겪으면서 군사적 이용이 증대되었고, 현재에 이르면서 전자산업의 발전과 함께 color 어탐 및 자원량 측정용 어량측정 장치에 까지 발전하였다. 앞으로는 어종 판별, 치수판별에까지의 발전이 내다보인다.

### 어탐의 System 구성

어탐은 일반적으로 발진기, 전력증폭기, 송신변환기, 수신증폭기, 표시기 등으로 된다. 그러나 여기서는 발진기가 둘 각각 200 KHz, 5 KHz 두 주파수로서 AND(논리적)시켜 5 KHz를 내도록 구성되며

이것을 혼합하는 논리소자가 있어 맥노리를 내게 된다. 이 맥노리파는 일정간격으로 출짓는데 일정한 길이(펄스폭)로 여단이(gate)로서 일정시간마다 반복하도록 한다. 반복률은 측정거리에 반비례 한다. 펄스폭은 1 msec~3 msec 사이로 조절할 수 있도록 하고 전력증폭기에서 증폭되어 송파기로 보내져 음파로 변환된다.

어군에서 반사된 음파는 수파기에 들어와 전기신호로 변환되고 증폭기에서 증폭되어 여단으로 보내지고 여기서 computer로 들어가게 된다. 음파발산 신호를 여단에 주는 순간 여단이 보내는 펄스는 전력증폭기로 보내지고 음파로 변환되어 음파가 발사됨과 동시에 computer에 내장된 측시장치(counting timer)가 작동하여 수신신호를 받는 순간 정지되고 발신과 수신간의 시간을 측정한다. 또 수신신호는 증폭기에서 증폭되어 표적강도에 비례하는 전압을 출력하고 이것을 computer가 계량계수변환기(A/D 변환기)로 디지털하여 입력한다. computer는 시간에 따른 거리 또는 길이에 따라 표적강도를 영상표시기에 지시하게 된다.

어탐 System의 블록도를 다음 Fig. 1에 보인다.

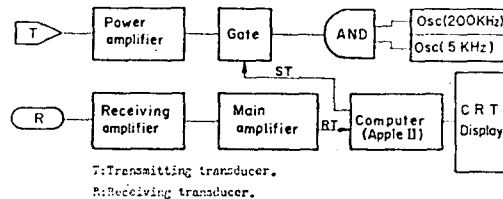


Fig. 1. Block diagram of fish detection system.

### 1. 개량 개수 변환장치

A/D 변환기는 ADC 0808을 사용하였으며 sample & hold 소자는 LF 398을 이용하였다. A/D 변환기의 변환속도는 100 usec 이고 clock pulse는 640 KHz를 사용하였다. LF 398, ADC 0808과 PIA MC 6821 사이의 연결도는 Fig. 2. 에 보인다.

Receiving amplifier로 부터의 신호는 sample & hold의 3번 analog 입력단자와 PIA의 PB<sub>6</sub> 단자에 입력된다. Computer interface (PIA)를 통하여 신호의 입력을 확인하면 PB<sub>5</sub> 단자를 통하여 sample & hold 신호를 LF 398의 8번 단자에 준다. 그러면 LF 398이 신호를 sampling 시켜서 그것을 품고 있는 동안 PIA의 PB<sub>4</sub> 단자에 start pulse를 computer가 보내면 신호는 digital 화 된다. 변환종료 신호 EOC를

검출하게 되면 digital화된 계수는 Ports PA<sub>0</sub>~PA<sub>7</sub>을 통하여 Computer의 memory에 입력된다.

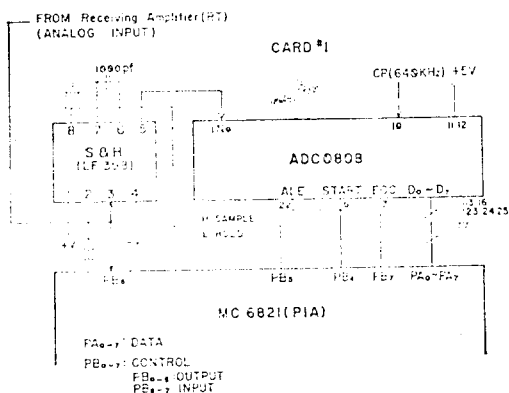


Fig. 2. Schematic diagram of A/D converter with PIA MC6821.

## 2. 측시장치(counting timer)

측시장치는 6자리의 계수장치(counter)이며 Apple II의 slot에 끼워서 쓸 수 있도록 하였다. Clock pulse의 주파수를 1MHz로 하면 1초에 10<sup>6</sup>-1을 계수할 수 있다. 그러나 어탐의 경우는 그렇게 높은 계수율은 필요한 것 같지 않다. 음속을 1.5 km/sec로 가정할때 clock pulse의 주기를 1/10 msec로 잡으면  $\frac{1}{10} \times 10^{-3} \times 10_6 = 100 \text{sec}$ 이므로 최소  $\frac{1}{10} \text{msec}$ 에서 100 sec까지 측정할 수 있으므로 굳이 거리로 환산하면 0.15 m에서 15 km가 되며, 측정거리로서는 0.075 m에서 75 km까지의 측정장치가 되므로 본 목적에는 충분하다고 생각된다.

Clock pulse는 1MHz의 crystal oscillator에서 triggered flip flop를 두번 통과시켜 한번에  $\frac{1}{10}$ 씩 분주시켜 10 KHz로 내린 것을 Fig. 2의 CP 단자에 이었다.

측시장치는 10진 계수소자 74LS190 6개, flip flop 소자 74LS374 3개를 써서 제작하였으며 computer와의 interface는 MC6821 두개를 썼다. 74LS190은 출력이 4개이고 74LS374는 입출력이 각각 8개이므로 74LS374 한개가 74LS190 둘을 연결시킬 수 있다. 74LS190은 preset가  $\overline{PL}=0$ 에서 가능하고  $\overline{PL}$ 가 1에서 set한 결과가 hold된다. 따라서 preset를 모두 0으로 하면  $\overline{PL}=0$ 에서 reset되는 셈이다. 그리고  $\overline{CE}$ 가 0에서 계수가 가능하고 1에서 계수불능이 된다. 74LS374는  $\overline{OE}=0$ 에서 출력이 가능하고 이때

CP (Fig. 2에서는 RP) 펄스가 들어가는 순간 출력된다.

동작은 처음  $RP=0, \overline{PL}=0, \overline{OE}=1$ 에서 계수장치는 reset되고  $\overline{PL}=1$ 로 바뀔때 따라 hold되며  $\overline{CE}=0$ 에서 계수를 시작한다. 그래서 일단 computer에서 PBo에 1을 신호로서 출력하면  $\overline{CE}=0$ 이 되는 동시에 Gate I (ST)에서 음파를 송파 시키도록 하였다. 수파기가 반사음파를 수신함과 동시에 이 신호가 Gate II에서 computer의 RT (Fig. 2)에 들어오면 트랜지스터가 도통되어 triggered flip flop 74LS74의  $\overline{SD}$ 가 0이 되면 set되어 이때 Q ( $\overline{CE}$  단자)는 1이 된다. 즉 계수가 중단된다. 다음 74LS374의  $\overline{OE}$  (PB<sub>3</sub>)를 0로 하면 계수결과를 출력시킬 수 있는 상태가 되고, 이 상태에서 RP (PB<sub>1</sub>)에 신호 1을 보내면 computer는 읽어 들인다. 계수회로와 computer와의 interface의 회로도들 Fig. 3에 보인다.

## 재료 및 방법

여기서 사용한 computer는 Apple II plus를 이용하였다. 이 computer는 입·출력 slot가 8개 있고 이용할 수 있는 것이 7개 있으므로 2-2에서 설명한 계수장치는 card로서 제작하여 slot에 끼워 사용하였다.

Parametric 음원의 실험은 Fig. 4와 같이 하여 실시하였다. 크기 5L×4W×4.5H m<sup>3</sup>의 콘크리트 수조에서 음원의 강도를 측정하기 위하여 음원으로 부터 수평으로 1m 떨어진 위치에 B&K Model 8100 hydrophon을 설치하고 measuring amplifier (Model 2607), level recorder (Model 2307), FFT analyzer (Onosokki CF400), Oscilloscope 등은 이용해서 특성을 조사하였다. 송파기는 turn table을 이용하여 360°회전시키면서 beam pattern을 그렸다. 수파한 음파는 band pass filter를 거쳐 FFT 분석기로 조사하였다. 송파하는 음파의 펄스폭은 0~msec로 하였고 수파기인 hydrophone은 styrofoam으로 방향성을 주기 위하여 3.5×6 cm<sup>2</sup>의 window를 가진 반사형 안테나를 붙여 사용하였다.

음원을 얻기 위한 발진기는 audio generator 등을 이용하였고 AND gate를 써서 parametric 신호를 발생시켜 이것을 gating 회로를 통하여 전력증폭기에 넣어 증폭하고 transmitting transducer를 통하여 음파를 발사시킨다. gating 회르는 음원의 pulse 폭을 0~3 msec 사이로 조절할 수 있도록 하였다.

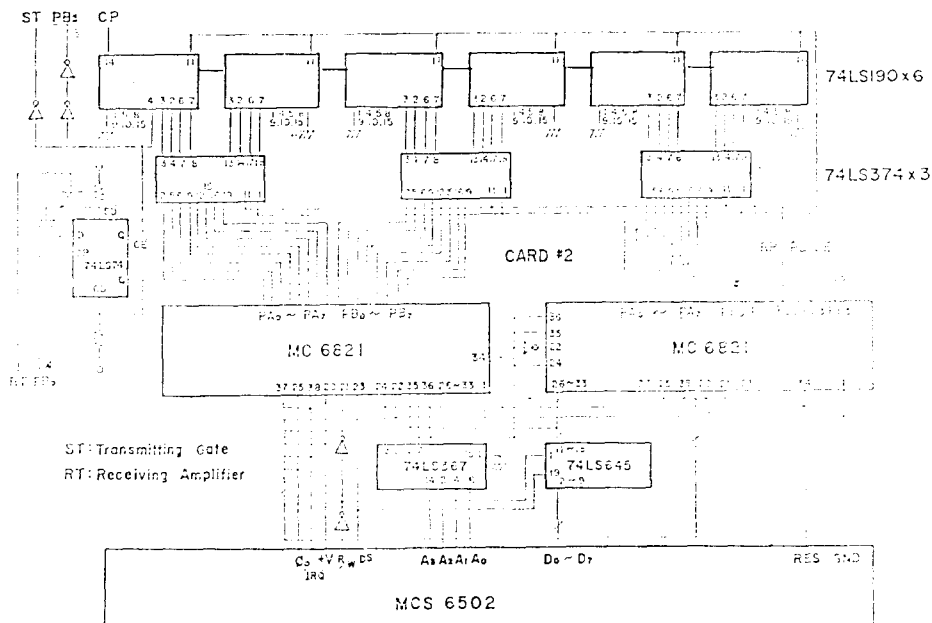
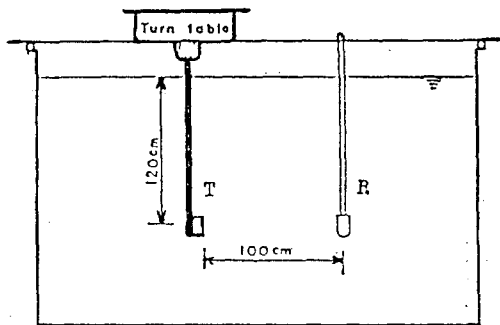


Fig. 3. Schematic diagram of timer.



T: Transmitter transducer.  
R: Receiver transducer

Fig. 4. Experimental setup for measuring beam patterns.

### 결과 및 고찰

본 system 을 동작시키기 위한 computer program 은 다음 Program 1 및 Program 2와 같다. Program 1은 A/D 변환기를 동작시키기 위한 것이고 Program 2는 timer 를 동작시키기 위한 것이다.

### Program 1

```

10 REM ADC-FIS-DETEC
20 INPUT N
30 DIM X(N), Y(N)
40 POKE-16177,0
50 POKE-16179,0
60 POKE-16178,63
70 POKE-16180,0
80 POKE-16177,4
90 POKE-16179,4
100 FOP I=0 TO N-1
110 A=PEEK(-16178)
120 IF A< > 64 THEN
110 130 POKE-16178,32
140 POKE-16178,0
150 POKE-16178,16
160 POKE-16178,0
170 B=PEEK(-16178)
180 IF B< > 128 THEN 170
190 D=PEEK(-16180)
200 X(I)=D
210 NEXT I
220 FOP J=0 TO N-1
230 Y(J)=INT (0.5+X(J)*1.96)/100
240 Z(J)=Y(J)*Y(J)
250 PRINT "Y(*;J;)"=";Y(J), "Z(*;J;)"=";Z(J)
260 NEXT J
270 STOP
280 END
    
```

장거리 능동여탐의 연구

Program 2

```

10 REM COUNTER LS190*6/LS374*3)
20 DIM B(8): HS=CHRS(8)
30 SN=-16193
40 POK SN, 0
50 POKE SN-2, 0
60 POKE SN-1, 0
70 POKE SN-3, 0
80 POKE SN, 4
90 POKE SN-2, 4
100 POKE SN-4, 0
110 POKE SN-6, 0
120 POKE SN-5, 15
130 POKE SN-7, 0
140 POKE SN-4, 4
150 POKE SN-6, 4
160 POKE SN-5, 0
170 P1=PEEK(SN-5)
180 IF P1 < > 48 THEN 170
190 POKE SN-5, 8
200 P2=PEEK(SN-5)
210 IF P2 < > 56 THEN 200
220 POKK SN-5, 12
230 P3=PEEK(SN-5)
240 IF P3 < > 60 THEN 230
250 POKE SN-5, 13
260 P4=PEEK(SN-5)
270 IF P4 < > 61 THEN 260
280 POKE SN-5, 4
290 P5=PEEK(SN-5)
300 IF P5 < > 52 THEN 290
310 POKE SN-5, 6
320 POKE SN-5, 4
330 P6=PEEK(SN-5)
340 IF P6 < > 52 THEN 330
770 RR=PEEK(SN-3)
780 GOSUB 1000
790 S1=SA+SB*10
800 RR=PEEK(SN-1)
810 GOSUB 1000
820 S2=SA*100+SB*1000
830 RR=PEEK(SN-7)
840 GOSUB 1000
850 S3=SA*10000+SB*100000
860 SS=S1+S2+S3
870 HOME
880 HTAB(10): VTAB(10): PRINT "SS=";SS;"
PULSES"
890 TT=SS/1000
900 HTAB(10): VTAB(11): PRINT "TT="; TT;
"MS"
910 HTAB(10): VTAB(13): PRINT "CONTINUE
(Y/N) <?>";H$;H$;
920 GET A$
930 IF A$="N" THEN 450

```

```

940 GOTO 160
950 STOP
1000 N=RR
1010 FOR H=1 TO 3:B(H)=0:NEXT
1020 I=0:SA=0:SR=0
1030 I=I+1
1040 N1=INT(N/2)
1050 B(I)=N-N1*2
1060 N=N1
1070 IF N>0 THEN 1030
1080 SA=1*B(1)+2*B(2)+4*B(3)+8*B(4)
1090 SB=1*B(5)+2*B(6)+4*B(7)+8*B(8)
1100 RETURN

```

Parametric 음원의 파형은 Fig. 5와 같다.

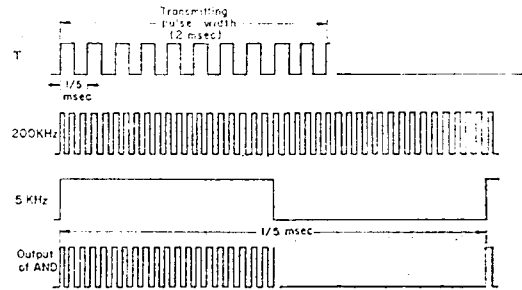


Fig. 5. Wave form of parametric sound.

200 KHz 단순음원과 이것을 5 KHz로 변조한 Parametric 음원의 beam pattern을 측정한 결과를 Fig. 6에 보인다. 그림에서 보는 바와 같이 200 KHz 단순 음원의 경우는 상당히 높은 주파수 임에도 불구하고 side lobe가 많이 생겼다는 것을 엿볼수 있으며, 변조된 parametric 음원의 경우는 거의 side lobe가 없고 200 KHz이 좁고 예리하다는 것을 알수 있다. 그러나 200 KHz의 경우는 주파수가 높아 전파에 따라 감쇠가 심하지만 그 변조파는 5 KHz 음파

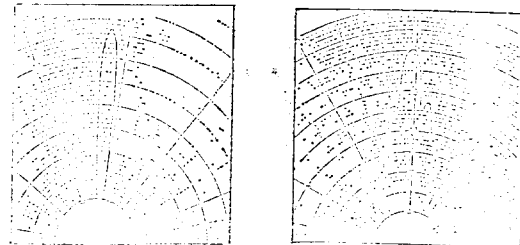


Fig. 6. Beam patterns of parametric source of 5KHz (a) and non-parametric acoustic source of 200 KHz(b).

와 같은 성질을 지니고 있으므로 보다 멀리 도달되는 성질이 있다. 이것은 일반적으로 고주파는 전파손실이 저주파 보다는 크다는 것이 알려져 있다는 점에서 명백하다. 앞으로 보다 강력한 음원의 이용에 의한 탐지거리의 확대를 위한 연구가 더욱 요망된다.

## 요 약

어탐 system의 장거리 탐지를 위한 차주파수 5 KHz의 parametric 음원과 system의 computer 화를 위한 연구 결과를 요약 하면 다음과 같다.

1. 200 KHz의 단일 주파수 음원보다 이것을 변조한 5 KHz의 parametric 음원의 지향각이 10° 내외로 예리하여 방위분해 능이 향상되었다.

2. 측시장치는 기존의 기계식보다 전자식이 비용이 적게 들고 탐지 거리의 범위를 0.075m~75 km까지 넓게 잡을 수 있었다.

3. Computer화는 다른 계측정보(선속, 방위 등)를 입력시켜 쉽게 필요한 자료를 산출할 수 있었다.

4. 수신 echo의 강도를 sampling하여 수치화 하고 있으므로 program에 의하여 기록 pattern의 분석이 가능하였다.

## 문 헌

1. P. J. Westervelt(1963) : Parametric acoustic array; JASA 35, 535-537.
2. R. T. Beyer(1974): Nonlinear Acoustics,

Brown University, 405.

3. T. G. Muir(1974): Nonlinear Acoustics and its role in sedimentary Geophysics of the sea, Physics of Sound in Marine Sediments, Plenum press, 241-291.
4. 이운희, 장지원 (1987): Parametric 음원의 어탐 이용에 관한 고찰, 한국 어업기술학회지, 23(4), 189-197.
5. C. H. Cooke(1968): Digital read out echo sounder, Electronic Engineering in Oceanography, Proc. IERE conf. Inst. ERE. 6, 1-6.
6. 西村實(1969): 魚群探知機の最遠周波數開する研究, 東海大學 海洋學部學位論文, 155.
7. R. C. Hallgren(1982): Interface projects for the Apple II, Prentice Hall, 3-69.
8. 李秉泰譯(1982): 周邊裝置의 製作, 電氣硏究社, 125-131.
9. 한수찬(1985): Apple 어셈블리, (株)교학사, 326.
10. 北川一雄(1981): 製御用マイコンの作り方使い方 オーム社, 24-33.
11. 横山直隆(1986): パソコンインターフェースの製作實習, 技術評論社, 184-231.
12. 佐藤清忠(1984): パソコンインターフェース考, CQ 出版社, 70-159.
13. 平田邦男(1985): パソコンによる物理計測入門, 共立出版株式會社, 164-175.