



# Monthly FBNNEWS

月刊FBニュース

月刊FBニュースはアマチュア無線の電子WEBマガジン。ベテランから入門者まで、楽しく役立つ情報が満載です。

トップページ 2025年 5월호 지금 들리지 않는 무선과 회로 설계의 이야기 / 【테마 2】데시벨과 무선 공학 (제8화)

지금 들리지 않는 무선과 회로 설계의 이야기

## 【테마 2】데시벨과 무선 공학

### 제8화 등가 잡음의 내역

하마다 윤이치

2025년 5월 1일 게재

[제7화](#) 까지의 해설에서 무선 통신이 성립하는/하지 않는 것은 아날로그/디지털의 차이나, 변조 방식 등에 관계없이, 복조기 입력의 SNR에 의해 결정되는 것이 이해해 주신 것이 아닐까 생각 **합니다**. 는 「등가 잡음」이라고 칭해 전송 신호의 열화를 모두 잡음 전력으로 옮겨놓는다고 하는 정의였습니다.

#### 1. 열화의 4대 요인

#### NEWS

뉴스

도쿄·오사카의 아이들이 남극 쇼와 기지와 D-STAR에서 교신

뉴스

6월 21일 「아마추어 무선 입문 강좌 in 오사카」가 개강

뉴스

JARD, 전국 5곳에서 초보자 교신 세미나 등을 개최

뉴스

라디오 스카우팅 in 아이콤 라야마 연구소 2025 개최

#### 연재 기사

지금까지 통신로에 있어서는 여러가지 이유로 신호가 「열화한다」라고 말씀해 왔습니다. 다른 열화에는 어떤 것이 있습니까? 신호 열화의 요인을 분류하면 크게 "진폭 잡음 (열 잡음)" "위상 잡음" "비선형 왜곡" "선형 왜곡"이라는 4 가지로 분류할 수 있습니다.

### (1) 진폭 잡음 (열 잡음)

그림 1에 나타낸 바와 같이 신호 파형을 오실로스코프로 관측했을 때에 진폭 방향으로 발생하는 흔들림이나 랜덤 변동의 총칭입니다. , 신호와 구별하는 목적으로 잡음 으로서 취급하기 위해, 총칭으로서 편의적으로 「열잡음」이라고 표기되는 경우가 있습니다.진폭 잡음의 중첩은 신호의 SNR을 직접 [열화시킵니다](#) .

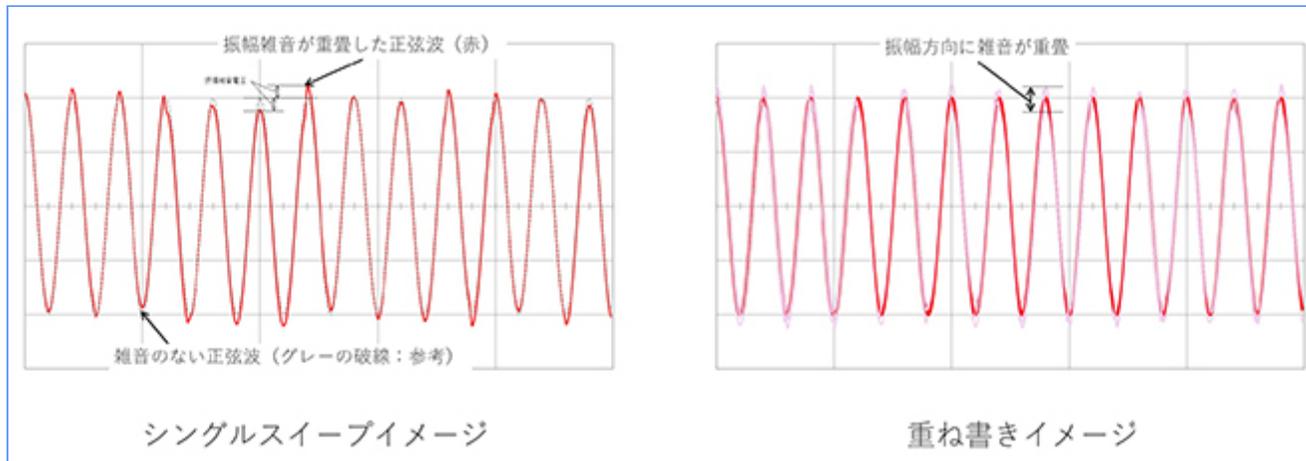


그림 1 진폭 잡음이 중첩 된 사인파의 관측 이미지

### (2) 위상 잡음·지터

그림 2에 나타낸 바와 같이 신호 파형을 오실로스코프로 관측했을 때에 시간 방향으로 발생하는 흔들

#### PHONE에서 즐기는 QRP 통신

제23회 도시에서의 50MHz 이동 운용을 즐기기 위한 안테나를 생각한다

#### Summits On The Air (SOTA)의 즐거움

그 91 간단 SOTA 운용지 20

#### 아파만햄의 무선과 자동차

제32회 모빌 & 아파만 운용에 도움이 되는 힌트

#### 신·일렉트로닉스 공작실

제37회 VMP-4를 사용한 50MHz 리니어 앰프

#### 마사코의 노래의 텃

제 12 회 오사카 · 간사이 박람회와 무선 노 세카이

#### HW Lab

제6회 EFHW 안테나의 프로토타입과 실험

#### 머리 체조 충전 장기

2025년 5월 출제

림이나 랜덤 변동의 총칭입니다. 일종의 위상 잡음입니다. 주파수나 위상의 흔들림은 FM·PM 방식에 있어서는 신호의 SNR을 직접 열화시킵니다.

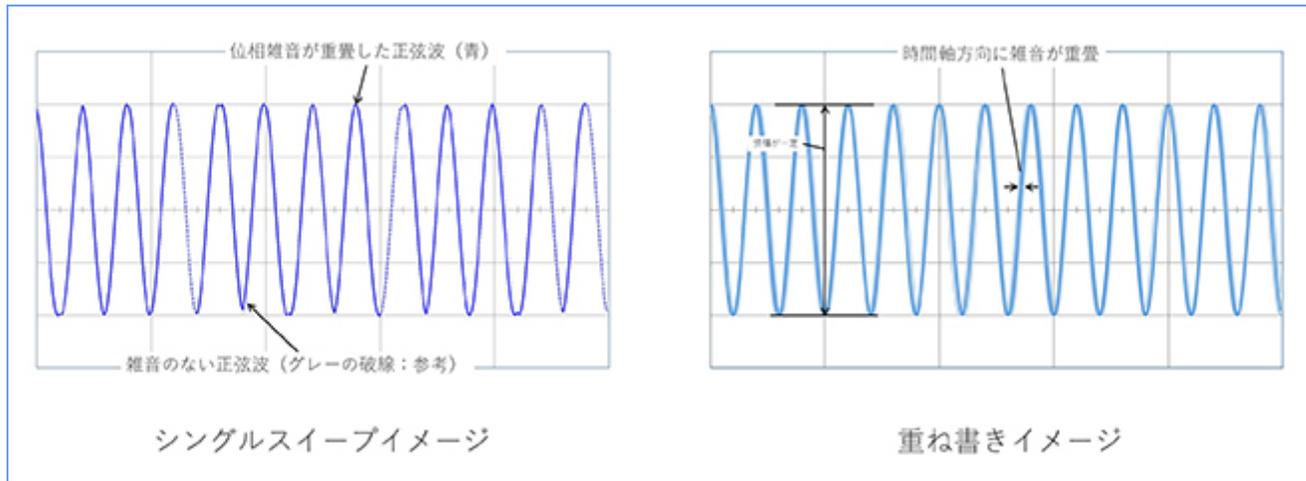


그림 2 사인파에 포함 된 위상 잡음의 관측 이미지

### (3) 비선형 왜곡

그림 3에 나타난 바와 같이 회로의 통과 특성의 비선형성(지수 특성과 포화 특성)에 기인하여 발생하는 신호 파형의 변형입니다. 파수축상에서 보았을 경우, 전기 신호가, 입출력 전달 함수가 비선형(이득이 입력 신호의 크기로 변화한다) 회로를 통과하면, [본 연재【테마1】삼각 함수의 곱셈과 무선 공학의 제2화 이후의 각 이야기](#) 에서 해설한 바와 같이, 신호를 구성하는 스펙트럼이 각각 곱해져, 새로운 스펙트럼이 발생합니다. 이 새롭게 발생한 스펙트럼의 전력이 「등가 노이즈 전력」으로서 중첩하는 것으로 신호의 SNR이 열화하게 됩니다.

비선형 왜곡은 원래 신호의 파형이 알려져 있지 않은 한 수신측에서 재생할 수 없습니다.

### 콘테스트 정보

2025년 4월 콘테스트 검토 및 2025년 5월 주목 콘테스트

### 일본 전국·이동 운용기

제116회 도쿄도 이시마무라 이동

### 오키라쿠 고쿠 라쿠 자기 군

그 48 최대 낙차!? 전국 랭킹 1위와 일본에서 가장 안 좋은 길의 역에서 이동 운용

### 아마추어 무선의 지금과 옛날

제30회 우라시마 타로가 되어 헤매고 있는 컴백조의 여러분에게

### 지금 들리지 않는 무선과 회로 설계의 이야기

【테마 2】데시벨과 무선 공학 (제8화)

### 피요 피요 라 7 @ 여성 부서

제 4 훈장 취미 만끽 시간

### JAIA 코너

RS-PW2 (아이콤 주식회사)

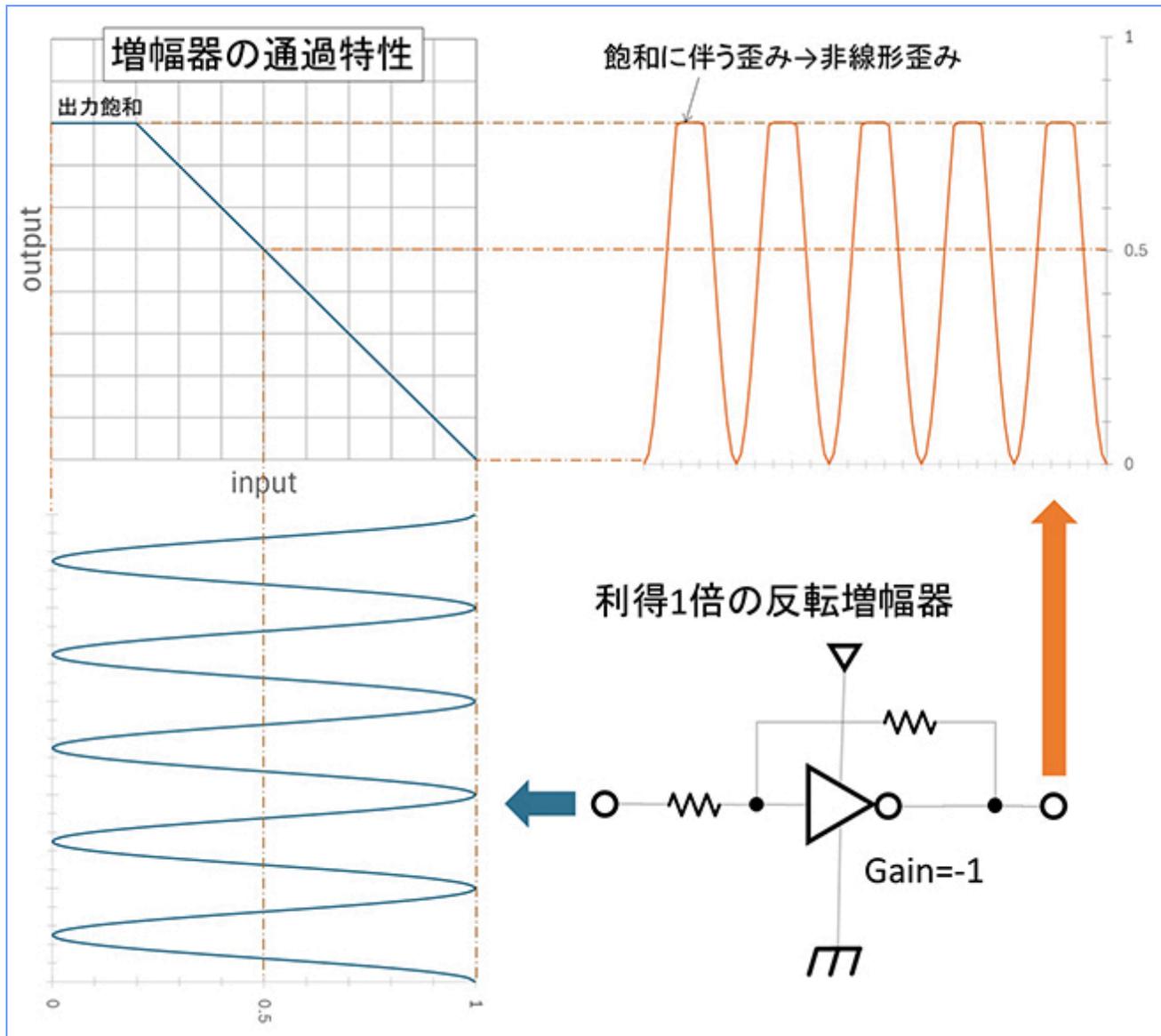


그림 3 비선형 왜곡

#### (4) 선형 왜곡

넷에서 「선형 왜곡」을 조사하면, 「새로운 주파수가 가해지지 않고 진폭이나 위상이 변화한 왜곡」이

[連載記事一覧](#)

[テクニカルコーナー一覧](#)

라고 하는 결과가 나옵니다. 무선통신의 경우 위성통신이나 LOS(예측통신)를 제외하고 100%가 해당됩니다), 경로차에서 발생하는 위상차에 의해 수신신호의 진폭에 변동이 발생하거나 주파수특성이 플랫폼하게 되지 않거나 합니다.

선형 왜곡은 전파로(지연 프로파일)가 알려지면 수신측에서 보정하여 원래 신호를 복원할 수 있습니다.

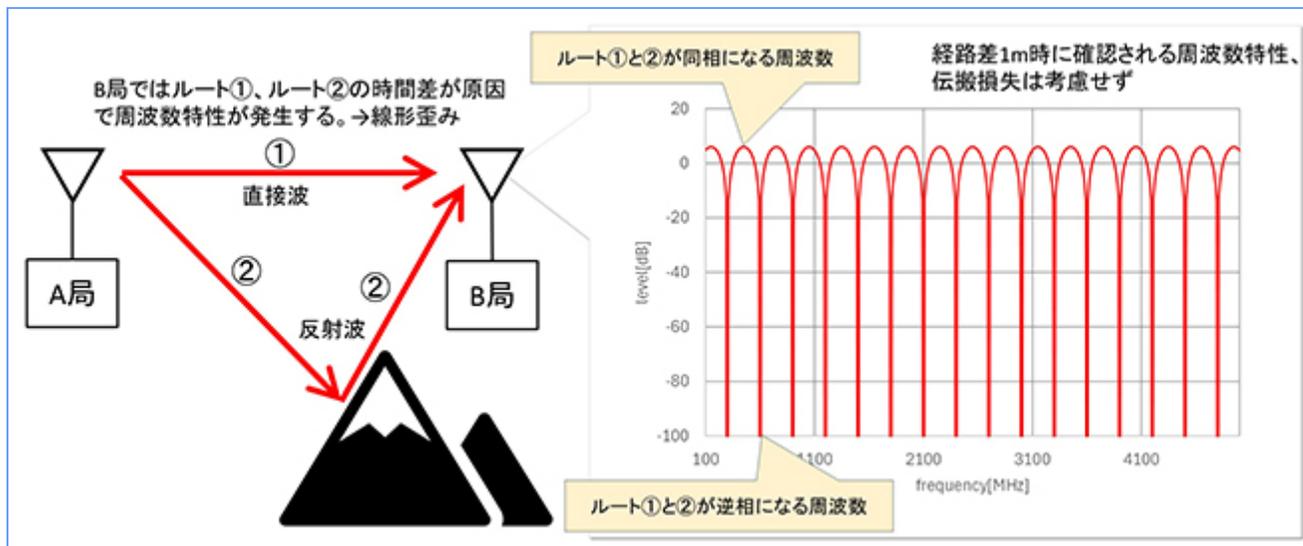


그림 4 선형 왜곡

그럼 이러한 4대 요인이 무선 통신기 속에서 어떻게 신호를 열화시키는지, 변조 방식마다 살펴 보겠습니다.

## 2. 아날로그 방식에서의 신호 열화

그림 5에 아날로그 AM(SSB/DSB) 방식의 열화 요인, 그림 6에 아날로그 FM 방식의 열화 요인을 나타냅니다. 꼬끼리)를 나타내고, 세로 방향은 각 부분에서 신호가 열화하는 이유를 나타내고 있습니다. 좋은 상태로 마지막에 남는 열화(통신 품질에 영향을 주는 열화), ○는 이들에 영향을 주지 않는 범위에 설계로 컨트롤하는 열화가 됩니다.

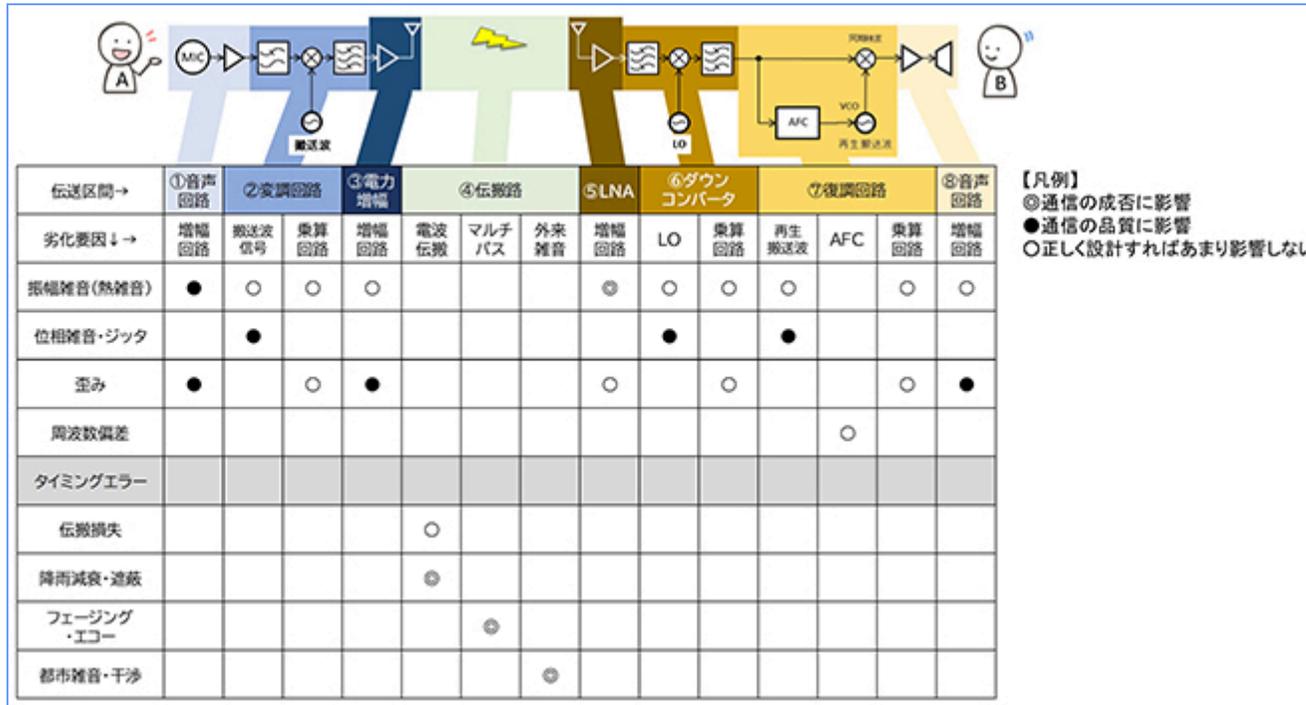


그림 5 아날로그 AM 방식의 열화 요인

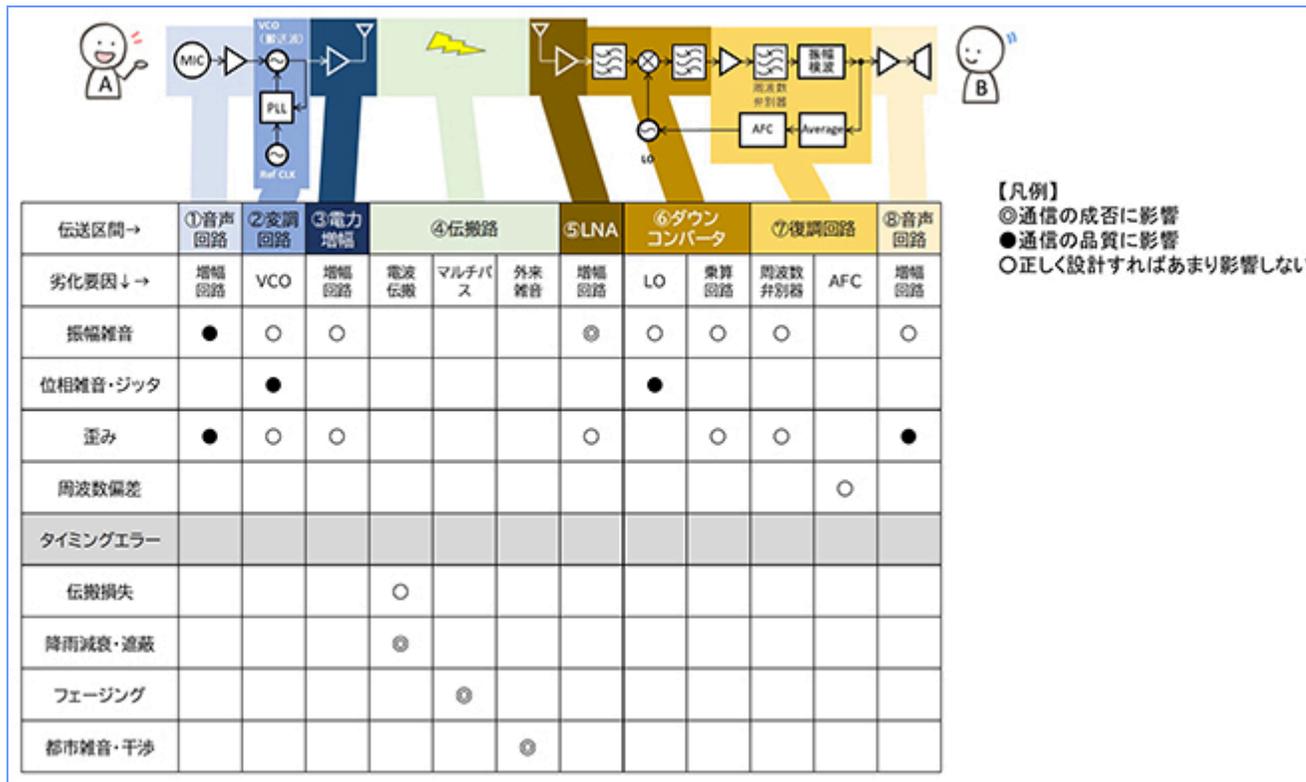


그림 6 아날로그 FM 방식의 열화 요인

- 송신측 음성 회로: A씨의 발하는 음성을 마이크로 전기 신호로 변환해 변조 회로에 필요한 진폭까지 증폭할 때, 오디오 증폭 회로의 진폭 잡음이 변환된 신호에 중첩(가산)됩니다 또 A씨의 목소리가 너무 크면 마이크나 후단의 증폭기로 비선형 왜곡이 발생합니다. 송신측의 음성 회로에서 발생하는 열화는 채용하는 변조 방식에 관계없이, 후단의 회로의 성능을 아무리 개선해도 끝까지 남기 때문에, 통신 신호의 품질 상한을 결정한다고 해도 과언이 아닙니다.
- 변조 회로: AM, FM 모두 반송파(VCO)의 위상 잡음이 통신 신호를 열화시킵니다.  
 FM 방식의 경우는 VCO의 발진 주파수를 음성 신호로 직접 변조하므로, 이 단계에서 음성 신호의 잡음에 직접 중첩되거나 곱해지지 않습니다. 폭 잡음으로 변환되어 음성 신호에 중첩됩니다. 통상,

반송파의 위상 잡음이 통신의 성부에 기여하는 것은 아닙니다만, 반송파의 SNR은 통신로의 SNR 상한을 결정하기 위해, ①과 같이, 통신의 품질 상한을 결정하는 열화 요인입니다.

- ③ 전력 증폭(회로): 여기서는 원하는 송신 전력을 얻기 위해 트랜지스터를 큰 진폭으로 동작시킬 필요가 있습니다. 이 때문에 신호를 열화시킵니다. 이 때문에 반송파의 진폭(엔벨로프)에 전송 정보를 올리는 AM 방식에서는 열화가 되어 통신의 품질 상한에 영향을 미칩니다.
- ④ 전파로: 공간의 확산에 기인하는 전파의 감쇠가 발생합니다. 신호의 감쇠는 직접적인 열화는 아닙니다만, 수신기 입력단의 SNR이 저하되기 때문에 결과적으로 열화가 됩니다. 강조나 상쇄가 발생해, 이른바 멀티 패스 왜곡(선형 왜곡)이 발생합니다.  
또한 HF대 등에 있어서는 전기 설비·조명 설비나 송전 설비로부터 복사되는 전자파의 주파수대와 신호 주파수가 입기 때문에, 이것들이 도시 노이즈로서 수신 신호에 중첩합니다. 이것은 채용하는 변조 방식에 관계없이, 통신의 성
- ⑤ LNA(저잡음 증폭 회로): LNA는 그 이름대로 미약한 신호를 증폭하기 위한 자기 잡음 전력이 작은 증폭기입니다만, 자기 잡음 레벨은 제로가 아니기 때문에, 다른 증폭기와 같이, 진폭 잡음을 중첩시킵니다. 의 잡음이 통신의 성공 여부를 결정합니다(소위 수신 감도 성능을 결정하는 요인).
- ⑥ 다운 컨버터: 기본적으로 ②의 변조 회로와 같은 처리가 되므로 열화의 발생 메카니즘도 같습니다. 즉 LO 신호의 진폭 잡음, 위상 잡음이 수신 신호에 승산됨으로써, 신호의 SNR이 열화하게 됩니다.
- ⑦ 복조 회로: AM 방식의 일반적인 복조 방식(재생 검파 방식)에서는 재생 반송파를 수신 신호에 곱하여 음성 신호를 꺼낼 때 재생 반송파의 위상 잡음이나 진폭 잡음이 함께 곱해져 신호 열을 발생시킵니다. 파는 수신 신호의 반송파에 주파수와 위상을 동기시킨 LO 신호입니다. 재생 반송파는 생성하지 않지만 ②에서 말한 바와 같이, 송신되어 온 반송파의 잡음이 복조된 신호에 중첩됩니다.
- ⑧ 수신측 음성회로: 복조한 음성신호를 증폭하여 스피커를 구동하기 때문에 트랜지스터를 대진폭으로 동작시킵니다.

### 3. 디지털 방식에서의 신호 열화

그림 7은 디지털 PSK (BPSK, QPSK,  $\pi / 4$  시프트 QPSK 등) 방식의 열화 요인을 보여줍니다. 씨의 귀에 도착할 때까지, 무선기의 각부에서 받는 신호 열화를, 무선 통신기의 주요 기능마다 나타낸 것입니다.표의 견해는 아날로그 방식과 같습니다.

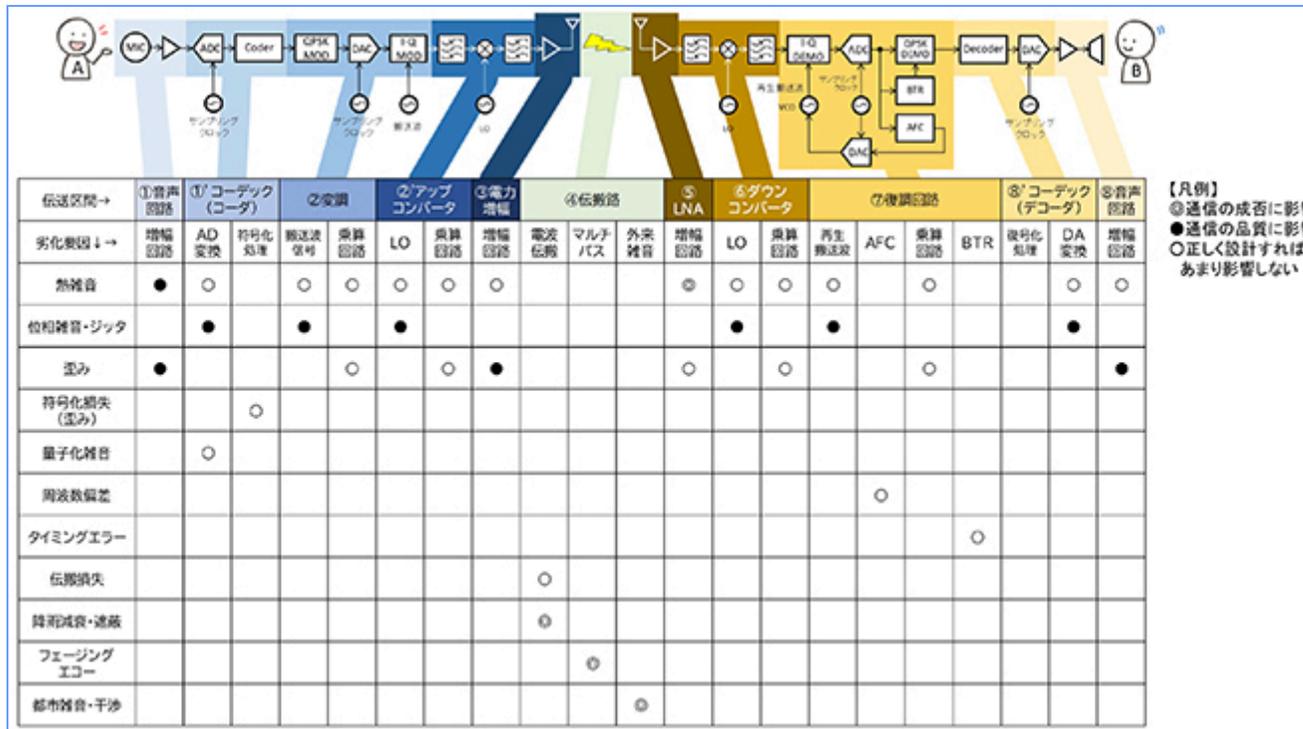


그림 7 디지털 PSK 방식의 열화 요인

①송신측 음성회로: 아날로그 방식과 같습니다. 디지털 방식에서는 음성을 부호화하는 코덱 처리를 위해 음성 신호를 AD 변환하여 디지털 부호화합니다만, 디지털 샘플링할 때의 샘플링 클럭에 지터가 존재하면, DA 변환해 아날로그 신호에 되돌렸을 때에 잡음 전력으로서 중첩해 열화의 요인이 됩니다.

- ② 변조 회로: 아날로그 회로와 동일합니다. 반송파의 위상 잡음이 변조 신호의 SNR의 상한을 결정합니다.
- ③ 전력증폭(회로): 아날로그 방식과 동일합니다. PSK계의 변조 신호는 본질적으로 AM이므로 반송파의 엔벨로프가 크게 변화합니다.
- ④ 전파로: 아날로그 방식과 동일합니다. 디지털 방식의 경우, 페이딩이나 에코에 대해서는 전송로를 추정하여 보정하는 기술을 적용할 수 있으므로 아날로그 방식과 비교하면 영향이 작아집니다.
- ⑤ LNA(저잡음 증폭 회로): 아날로그 방식과 동일합니다.
- ⑥ 다운 컨버터: 아날로그 방식과 같습니다.
- ⑦ 복조 회로: 아날로그 AM 방식의 재생 검파 방식과 거의 같아집니다. 디지털 방식의 경우는, 재생 반송파의 주파수·위상의 어긋남에 더해, 1/0 판정할 때에 시리얼 전송의 비트 타이밍을 정확하게 검출·동기시키지 않으면 비트 에러율의 열화에 연결됩니다.
- ⑧ 수신측 음성회로: ⑧ '코덱 처리에 있어서 DA 변환을 할 때 ①'과 마찬가지로 샘플링 클럭의 지터 영향을 받습니다. 이후는 아날로그 방식과 동일합니다.

## 4. 제8화의 정리

제8화에서는 무선 통신에서 발생하는 신호 열화의 4대 요인에 대해서 개요를 해설해, 그것들이 송신자로부터 수신자까지의 어느 곳에서 발생하는지를 부감적으로 해설했습니다. 이하, 제8화의 요점입니다.

- (1) 무선통신에 있어서의 통신로에서의 신호열화의 주요인은 ①진폭잡음, ②위상잡음, ③비선형왜곡, ④선형왜곡의 4항목이다.
- (2) 진폭 잡음은 증폭기가 발생하는 잡음이 주체이다.
- (3) 위상 잡음은 반송파나 주파수 변환을 위한 LO(국부 발진 신호)의 변동이 주체이다.

- (4) 비선형 왜곡은 송신 전력 증폭과 음성 회로의 대진폭 동작을 실시하는 부분에서 발생한다.
- (5) 비선형 왜곡은 주로 전파로에서 다중 경로 전파로 인해 발생합니다.
- (6) 디지털 방식에 있어서는 아날로그 방식에 있어서의 열화 발생 개소에 더하여, AD/DA 변환을 위한 샘플링 클럭 신호의 지터(위상 잡음)나 복조시의 비트 타이밍 추정 오차가 SNR 열화의 요인으로 가해진다.

제8화에서는 설명을 할애했습니다만, 이러한 열화 요인에는 전송 신호에 중첩(덧셈)되는 것과 곱셈되는 것이 존재합니다.제9화에서는 그 차이에 대해서 해설하고 싶습니다.



**지금 들리지 않는 무선과 회로 설계의 이야기 백 넘버**

|                                          |                       |
|------------------------------------------|-----------------------|
| 【테마 2】데시벨과 무선 공학 (제10화) 선형 왜곡(페이딩 현상)    | 2025年7月号 / 2025.7.1掲載 |
| 【테마 2】데시벨과 무선 공학 (제9화) 더해지는 잡음과 걸리는 잡음   | 2025年6月号 / 2025.6.2掲載 |
| 【테마 2】데시벨과 무선 공학 (제8화) 등가 잡음의 내역         | 2025年5月号 / 2025.5.1掲載 |
| 【테마 2】데시벨과 무선 공학 (제7화) 무선 통신의 성립 조건(그 3) | 2025年4月号 / 2025.4.1掲載 |
| 【테마 2】데시벨과 무선 공학 (제6화) 무선 통신의 성립 조건(그 2) | 2025年3月号 / 2025.3.3掲載 |

2025년 5월호 톱으로 돌아온다

Switch to a Smarter Operating Style  
**200W運用は、よりスマートに変わる。**  
**IC-7760**



**JAIA** 日本アマチュア無線機器工業会  
Japan Amateur Radio Industries Association

DigiHam Support  D-STARのことならお任せください  
**デジハムサポート** 

## 외부 링크

### 아마추어 무선 관련 기관/단체

---

[총무성 \(전파 이용 포털\)](#)   [총무성 \(전파 이용 전자 신청\)](#)   [일본 아마추어 무선 기기 공업회 \(JAIA\)](#)   [일본 아마추어 무선 연맹 \(JARL\)](#)  
[일본 아마추어 무선 진흥 협회 \(JARD\)](#)   [일본 무선 협회](#)

### 각 종합통신국/종합통신사무소

---

[홋카이도 종합 통신국](#)   [도호쿠 종합 통신국](#)   [간토 종합 통신국](#)   [신에츠 종합 통신국](#)   [호쿠리쿠 종합 통신국](#)   [도카이 종합 통신국](#)   [긴키 종합 통신국](#)  
[중국 종합 통신국](#)   [시코쿠 종합 통신국](#)   [규슈 종합 통신국](#)   [오키나와 종합 통신 사무소](#)

### 아마추어 무선 기기 메이커 (JAIA 회원)

---

[아이콤 주식회사](#)   [아츠덴 주식회사](#)   [알인코 주식회사](#)   [안테나 테크놀로지 주식회사](#)   [주식회사 에이오엘](#)   [코멧 주식회사](#)   [주식회사 JVC 켄우드](#)  
[다이 이치 전파 공업 주식회사](#)   [루소 재팬 주식회사](#)

[사이트의 이용에 대해서](#)

© 2025 월간 FB 뉴스 편집부 All Rights Reserved. 連絡先 : info2@fbnews.jp